

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

**LE TRAITEMENT ET LE CONDITIONNEMENT  
DES DECHETS RADIOACTIFS SOLIDES**

par

**P. CERRE et E. MESTRE**

**Rapport C.E.A. n° 2147**

**CENTRE D'ETUDES  
NUCLÉAIRES DE SACLAY**

CEA 2147 - CERRE P. et MESTRE E.

LE TRAITEMENT ET LE CONDITIONNEMENT DES DECHETS RADIOACTIFS SOLIDES (1962).

Sommaire.- Les études antérieures, dont les résultats ont été confirmés par des essais, nous ont conduits à réaliser une installation semi-industrielle de traitement et d'enrobage des déchets radioactifs solides.

Le rapport a pour but de préciser les moyens mis à notre disposition dans une unité pilote qui, outre son rôle de banc d'essai, a pu être exploitée en routine. C'est donc aussi un bilan de son exploitation qui est présenté.

---

CEA 2147 - CERRE P. et MESTRE E.

THE TREATMENT AND CONDITIONING OF SOLID RADIOACTIVE WASTE (1962)

Summary - Previous studies, the results of which have been confirmed by experiments, have led us to build a semi-industrial plant for the treatment and coating of solid radioactive waste.

This report details the means at our disposal in a pilot plant which, apart from being used for tests, was also routine-operated. It is thus possible to give also an appreciation of its operation in this report.

Service de Contrôle des Radiations et de Génie Radioactif

LE TRAITEMENT ET LE CONDITIONNEMENT DES DECHETS  
RADIOACTIF SOLIDES

par

P. CERRE et E. MESTRE

## **LE TRAITEMENT ET LE CONDITIONNEMENT DES DECHETS RADIOACTIFS SOLIDES**

En l'état actuel de nos connaissances et quel que soit le mode adopté d'évacuation définitive des déchets radioactifs solides, il ne semble pas possible d'en envisager le rejet, en vrac, sans protection de longue durée.

L'accroissement sensible d'année en année du volume de déchets produits et stockés dans des emballages provisoires de résistance limitée, constitue un danger potentiel important, en particulier dans le cas où un incendie viendrait à se produire (30 à 40 p. 100 de déchets combustibles).

Contrairement à ce que l'on pourrait croire, le temps n'arrange rien. La plus grande partie des déchets est contaminée par des produits de fission, et si l'on peut escompter une certaine décroissance, elle se trouve loin de compenser les inconvénients résultant de la dégradation des emballages provisoires destinés à empêcher la dispersion de la contamination.

Il était donc indispensable de mettre au point un procédé de protection de ces déchets, procédé qui assurerait un confinement absolu de longue durée, des éléments contaminés et une protection biologique contre le rayonnement.

A cet objectif n° 1 s'en ajoutait un autre : ne pas adopter une technique qui engage l'avenir, mais qui permette au contraire la reprise des déchets, leur manipulation et leur transports vers un lieu définitif d'évacuation.

Les premiers résultats des études faites à cet égard ont déjà fait l'objet de communication <sup>1)</sup>, mais leur application au stade semi-industriel restait à faire, aussi avons-nous mis en route dès le mois de juillet 1960, une petite installation expérimentale destinée :

- à abaisser le prix de revient de l'opération
- à réduire le stock de déchets solides entassés à Saclay.

Au cours de cette exploitation nous avons donc été amenés à modifier la technique décrite au Congrès de Monaco.

Aussi nous proposons-nous dans ce rapport d'exposer :

- le procédé actuellement adopté
- les résultats obtenus tant sur le plan technique que sur le plan économique.

## 1 - TRAITEMENT DES DECHETS

Le prix de revient de la protection des déchets est assez élevé aussi est-il rentable de procéder d'abord à une réduction du volume ou de l'encombrement des déchets.

---

1) Traitement et conditionnement des déchets radioactifs solides par P. CERRÉ (Rome 1959, Monaco 1960).

### 1. 1. Réduction de volume ou d'encombrement.

Les principales méthodes utilisées sont le cisailage et la compression.

- Les tubes et barres subissent un tronçonnage dans une cisaille du type industriel. La cisaille entièrement capotée et protégée permet le tronçonnage d'éléments contaminés ou irradiés. Une forte ventilation aménagée sur la cisaille limite les risques de pollution atmosphérique et de surface. L'air est aspiré au niveau du couteau puis est filtré à travers des caissons contenant des papiers filtres de grande efficacité.

La protection biologique du personnel pendant les manipulations est assurée par un mur de béton de 30 cm d'épaisseur qui entoure la cisaille.

L'alimentation de celle-ci se fait soit par le haut, les barres à cisailer tombant dans une trémie d'alimentation du canal de cisailage, soit directement par le canal de cisailage à travers lequel les barres sont poussées jusqu'au couteau.

Les tronçons de 15 à 20 cm de long sortant de la cisaille aboutissent au circuit de traitement par l'intermédiaire d'une goulotte.

- Le tronçonnage se fait également par découpage à l'arc dans le cas où les éléments ne peuvent être passés à la cisaille. Une cellule spécialement aménagée et ventilée sera montée pour cette opération qui requiert des précautions en vue de limiter les risques de pollution radioactive. Le personnel travaillant à ce poste sera équipé de masque et de vêtements spéciaux et dans certains cas de scaphandres complets.

- La Station de Traitement des Déchets Solides dispose également d'une presse de 100 tonnes qui permet la compression des déchets tels que chiffons, papiers, métaux mous, etc... Les paquets ainsi constitués dans cette presse sont placés dans un panier qui est dirigé vers le traitement définitif. Certains déchets sont comprimés avec le fût métallique qui

les entoure de façon d'une part à éviter un retour au volume initial après compression, pour les déchets élastiques (feuilles de plastique en particulier), d'autre part à réduire le volume mort du fût qui est contaminé par les déchets qu'il contient. Une presse de 400 tonnes va bientôt permettre la compression des fûts métalliques contenant des métaux et des terres contaminées. Une réduction de volume d'un facteur 5 environ permettra de réaliser une sérieuse économie dans le traitement des déchets.

- Nous ne citerons ici que pour mémoire, l'incinération des déchets qui présente de très gros avantages sur les autres méthodes de traitement. Une étude est actuellement en cours pour la réalisation d'un incinérateur qui permette la combustion des déchets contaminés en évitant tout risque de dispersion de la pollution.

## 1.2. Limitation de la contamination ou de l'irradiation.

Dans certains cas, il est nécessaire de traiter au préalable le déchet afin de limiter toute contamination ou irradiation au cours du traitement définitif. C'est ainsi que les cadavres d'animaux sont traités par bétonnage préalable dans les fûts qui les contiennent.

Les déjections d'animaux ainsi que les substances boueuses sont bétonnées en surface dans le fût qui les contient de façon à éviter tout épandage de liquide radioactif au cours du traitement ou de la manutention.

Enfin certains déchets de métaux irradiés présentent une radioactivité telle qu'il est indispensable au préalable, soit de les bétonner dans un récipient, soit de les entourer de plomb avant le conditionnement définitif.

## 2 - CONDITIONNEMENT

### 2.1. Principe du conditionnement et matériel.

Le conditionnement des déchets solides après traitement consiste à enrober ces déchets dans du béton de façon à former un conglomérat qui ne possède aucun vide interne. Le schéma I placé en annexe montre la coupe d'un bloc dans lequel le déchet est exactement centré par rapport à l'ensemble.

Dans un coffrage métallique, on place un lit de galets puis un tube en U. Entre les branches du tube on place un panier rempli de déchets solides. On complète l'ensemble du coffrage avec du galet, puis on injecte un coulis de ciment liquide par une des branches du tube d'injection, le ciment sortant à la partie inférieure du coffrage remplit complètement ce dernier et tous les interstices entre les déchets.

L'épaisseur de béton qui entoure le déchet est normalement, et pour un déchet faiblement contaminé, de 15 cm environ. Cependant le procédé de traitement permet, en faisant varier la géométrie du coeur constitué essentiellement par le déchet, de faire également varier l'épaisseur du béton de protection.

Les blocs qui ont pour dimensions :

- hauteur : 130 cm
- diamètre : 130 cm

ont une épaisseur de protection calculée de telle sorte que les doses d'irradiation au contact et à un mètre respectent les normes internationales de transport des colis de substances radioactives soient :

- 200 milliroentgens/heure au contact du bloc,
- 10 milliroentgens/heure à 1 mètre du bloc.



Un abaque (annexe II) permet au responsable de la station de déterminer les épaisseurs de béton de protection en fonction de l'irradiation  $\gamma$  relevée au contact du colis de déchets nu.

Nous allons décrire successivement le matériel utilisé pour la fabrication des blocs.

### 2. 1. 1. Le coffrage (schéma III).

Le schéma III montre le coffrage constitué de trois parties

- La culotte ou encore fond du coffrage qui est solidaire d'un chariot,
- Le corps du coffrage, c'est un cylindre qui s'ouvre en deux parties suivant des génératrices diamétralement opposées,
- Le sommet, qui est un tronc de cône, possède deux ouvertures diamétralement opposées pour laisser passer le tube d'injection.

Ces trois parties sont assemblées à l'aide de clavettes et l'étanchéité est assurée par des joints de caoutchouc.

### 2. 1. 2. Le tube d'injection et le panier.

Dans le coffrage décrit au paragraphe précédent vient se placer un tube en U qui épouse la section droite du coffrage et dont l'axe se trouve environ à 7 à 8 cm du bord intérieur de celui-ci.

Le tube d'injection apparaît à la partie "sommet" du coffrage par deux ouvertures diamétralement opposées.

Le schéma IV donne la coupe du tube dont une branche est obturée avant l'orifice inférieur. Cette branche possède cependant des orifices qui permettent en cas de bouchage de l'autre branche de reprendre l'injection par celle-ci, le ciment liquide envahit le moule à partir du niveau où l'injection a été interrompue.

Le panier est un orthocylindre de 1 m environ de diamètre (pour

les déchets faiblement contaminés). Le fond ainsi que les bords jusqu'à une hauteur de 20 cm sont en tôle. Le cylindre est en métal déployé.

### 2.1.3. Le béton.

Ainsi que nous l'avons dit précédemment, l'ensemble est complété avec du galet à l'anneau de 40 - 70, puis on injecte un coulis de ciment liquide.

Le coulis est préparé dans un malaxeur à haute turbulence.

La composition du coulis est la suivante :

Ciment CPAL 210/325 .....	100 kg
Sable granulométrie O-2 .....	200 kg
GRDA ou Kieselguhr (plastifiant) .....	170 cm <sup>3</sup> ou 4,5 kg
Eau .....	65 kg

Le coulis est envoyé sous une pression de 1 à 2 kg/cm<sup>2</sup> et l'injection se fait ainsi très lentement.

## 2.2. Autres types de blocs.

Outre le bloc classique que nous venons de décrire, on utilise trois autres types de blocs.

### 2.2.1. Le petit bloc 95 x 115.

Ce bloc est utilisé pour conditionner les fûts métalliques du type 200 litres qui ont pour dimensions : hauteur = 800, diamètre = 600, ce qui laisse une protection biologique de 17 cm autour du fût.

Dans ces blocs sont placés des fûts de déchets incompressibles tels que :

- les cadavres d'animaux bétonnés
- les boues provenant du traitement chimique des effluents liquides.

Ce type de bloc est fabriqué de la même manière que les gros blocs 130 x 130, mais ne possède pas de panier intérieur.

### 2.2.2. Le gros conteneur préfabriqué.

Afin de permettre la dépose directe des déchets solides dans des conteneurs présentant une protection biologique, il existe un conteneur de dimensions extérieures : hauteur = 130 cm, diamètre = 130 cm. Ce conteneur préfabriqué en ciment armé présente une cavité utile de hauteur = 100 cm, diamètre = 100 cm.

Ce conteneur est amené sur les lieux de production des déchets et peut être rempli au fur et à mesure. La protection biologique de 15 cm qui constitue la paroi du bloc permet son stockage à proximité de certaines installations. Sa fermeture est effectuée au moyen d'un couvercle de tôle doublé d'une feuille de plomb.

Lorsque le conteneur est plein ou encore lorsque l'irradiation au contact ou à 1 m atteint les limites admissibles pour le transport, il est enlevé au moyen d'un palonnier de levage qui prend appui en trois points de la paroi du conteneur. Ces trois points d'amarrage sont constitués par des tubes de 10 cm de longueur noyés dans la protection biologique et centrés sur l'axe du bloc.

A l'aire de stockage, le couvercle est retiré et l'on complète le volume utile avec du galet. Le conteneur est alors injecté par un orifice latéral situé au bas du conteneur.

### 2.2.3. Le petit conteneur préfabriqué.

De dimensions extérieures : hauteur = 115 cm, diamètre = 95 cm, ce conteneur est en tout autre point semblable au modèle décrit au 2.2.2.

Il est conçu pour recevoir les déchets de faibles dimensions directement sur le lieu de leur production. En particulier lorsqu'une protection biologique est indispensable pour respecter les normes de transport.

### 2. 3. Le circuit de traitement.

Le schéma V et les quelques vues qui suivent (VI à IX) montrent le circuit de traitement des déchets solides. Une partie de ce circuit est abritée sous un tunnel dont l'épaisseur des parois au-dessus du niveau du sol est de 30 cm. Dans cette partie du circuit, les déchets radioactifs sont mis en place et le coffrage complété par du galet est conduit au poste d'injection. Le personnel est ainsi protégé contre le rayonnement pendant toutes les opérations qui suivent la mise en place des déchets. Les coffrages circulent sur des rails placés au fond du circuit et sont tractés au moyen d'un câble commandé par un treuil à main.

Les éléments du coffrage nettoyés intérieurement et graissés pour éviter une adhérence du ciment aux parois sont assemblés. Le fond du coffrage est garni avec des galets, puis le tube en U est mis en place, laissant apparaître les extrémités du tube. On place alors un panier à l'intérieur du coffrage et l'ensemble est conduit, soit au poste de cisailage où les déchets tronçonnés tombent dans le panier par l'intermédiaire d'une goutte, soit au poste de chargement des déchets en vrac.

Les déchets sont placés dans le panier de trois façons différentes suivant leur contamination ou leur irradiation :

- les déchets peu contaminés et emballés de façon à ce qu'il n'y ait plus aucun risque de dispersion d'ions radioactifs sont placés directement dans des paniers qui sont alors conduits sur le circuit de traitement et positionnés dans le coffrage.
- les déchets contaminés et non emballés sont placés avec précaution dans le panier préalablement positionné dans le coffrage.
- les déchets donnant une dose d'irradiation qui présente un risque pour le personnel sont transférés directement du conteneur de protection qui a servi à leur transport dans le panier positionné au préalable dans le coffrage.

Ainsi que nous l'avons dit au paragraphe 2.1., les dimensions du panier ou de la cavité dans laquelle les déchets sont placés doivent tenir compte des doses d'irradiation définies au contact et à un mètre du bloc fini. Dans certains cas où le déchet est très fortement irradiant, un récipient en plomb destiné à contenir le déchet remplace le panier. Le transfert du déchet du conteneur dans le coffrage se fait par chute verticale du déchet, le conteneur étant placé sur le toit du tunnel de protection du circuit. Un jeu de miroirs permet de suivre à distance l'opération.

Le déchet étant mis en place on complète le coffrage avec des galets puis l'ensemble est conduit au poste d'injection. Le personnel à l'abri de l'irradiation introduit des canes d'injection dans les deux extrémités du tube en U. L'injection du coulis de ciment dure environ 20 minutes. Elle est stoppée lorsque le coulis recouvre la surface des galets.

Les blocs ainsi injectés sortent du tunnel et sont acheminés vers une voie de garage où se fait la prise. Quarante huit heures après l'injection on effectue le décoffrage.

#### 2.4. Le stockage des blocs.

Les blocs extraits du circuit par un engin de levage sont manutentionnés par l'intermédiaire d'un étrier qui vient s'adapter aux extrémités apparentes du tube d'injection (schéma X).

Les blocs sont stockés durant 8 jours avant d'être conduits sur une aire de stockage provisoire où ils sont alors gerbés (vue XI).

Les déchets ainsi confinés dans des blocs de béton sont hors d'atteinte des intempéries et ne présentent plus de risques en ce qui concerne la dispersion des ions radioactifs. Leur protection respecte, ainsi que nous l'avons dit, les normes internationales de transport des produits radioactifs.

Les blocs peuvent être stockés sur le sol ou encore peuvent être immergés.

Des essais d'immersion dans une cuve pendant plus d'un an n'ont montré aucune migration des ions radioactifs.

## 2. 5. Le contrôle des blocs.

Pendant toutes les phases des opérations, des contrôles d'irradiation sont effectués de façon à permettre le travail dans des conditions satisfaisantes.

De plus, des prélèvements d'eau de ressuage sont effectués au moment de l'injection du coulis de ciment, lorsqu'il s'agit d'un déchet très fortement contaminé.

Enfin, des frottis sont effectués sur le sommet et sur les parois de tous les blocs dès leur séchage et avant leur stockage définitif. Ces frottis sont effectués au moyen d'une bande adhésive qui est appliquée sur la surface du bloc. Les comptages consécutifs n'ont jamais révélé la moindre radioactivité sur la surface des blocs.

## 3 - PRODUCTION DES DECHETS ET BILAN DU TRAITEMENT DES DECHETS RADIOACTIFS SOLIDES

### 3. 1. Production des déchets.

Le Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay produit annuellement 800 à 900 m<sup>3</sup> de déchets solides radioactifs (année 1960).

Ces déchets peuvent être classés de la façon suivante :

- déchets compactables	environ	450 m <sup>3</sup>
- déchets métalliques	"	130 m <sup>3</sup>
- déchets verrerie	"	1 m <sup>3</sup>
- déchets non compactables	"	38 m <sup>3</sup>
- déchets divers	"	220 m <sup>3</sup>
- déchets de bois	"	10 m <sup>3</sup>

### 3.2. Bilan du Traitement des déchets solides.

Tout d'abord les quantités de matières premières entrant dans la fabrication d'un bloc sont les suivantes :

- Ciment 500 kg
- Sable 900 kg
- Galets 1 700 kg
- Kieselghur 22 kg ou GRDA 850 cm<sup>3</sup>

Ces quantités varient avec l'épaisseur de protection biologique.

Mais on peut sur une production annuelle déterminer un prix de revient du mètre cube des déchets traités et conditionnés.

Ce prix s'établit aux environs de 1 000 NF le mètre cube. Dans ce prix de revient intervient la main d'oeuvre. Or, la station pilote qui est en exploitation depuis 1960 ne peut assurer qu'une fabrication journalière de 5 à 6 blocs.

Une usine qui doit produire 10 à 15 blocs par jour sera très prochainement mise en service et pourra être exploitée avec la même main-d'oeuvre, d'où un abaissement très sensible du prix de revient du mètre cube. Enfin les moyens de traitement des déchets (compression, cisailage, incinération) permettront dans un très proche avenir de réduire considérablement le volume des déchets et par suite le prix de revient du mètre cube des déchets solides.

C'est là l'objectif principal qu'il est indispensable d'atteindre après avoir résolu, ainsi que nous l'avons fait, le problème principal du confinement du déchet dans un ensemble où il ne présente plus de risques radioactifs.

*Manuscrit reçu le 18 avril 1962*



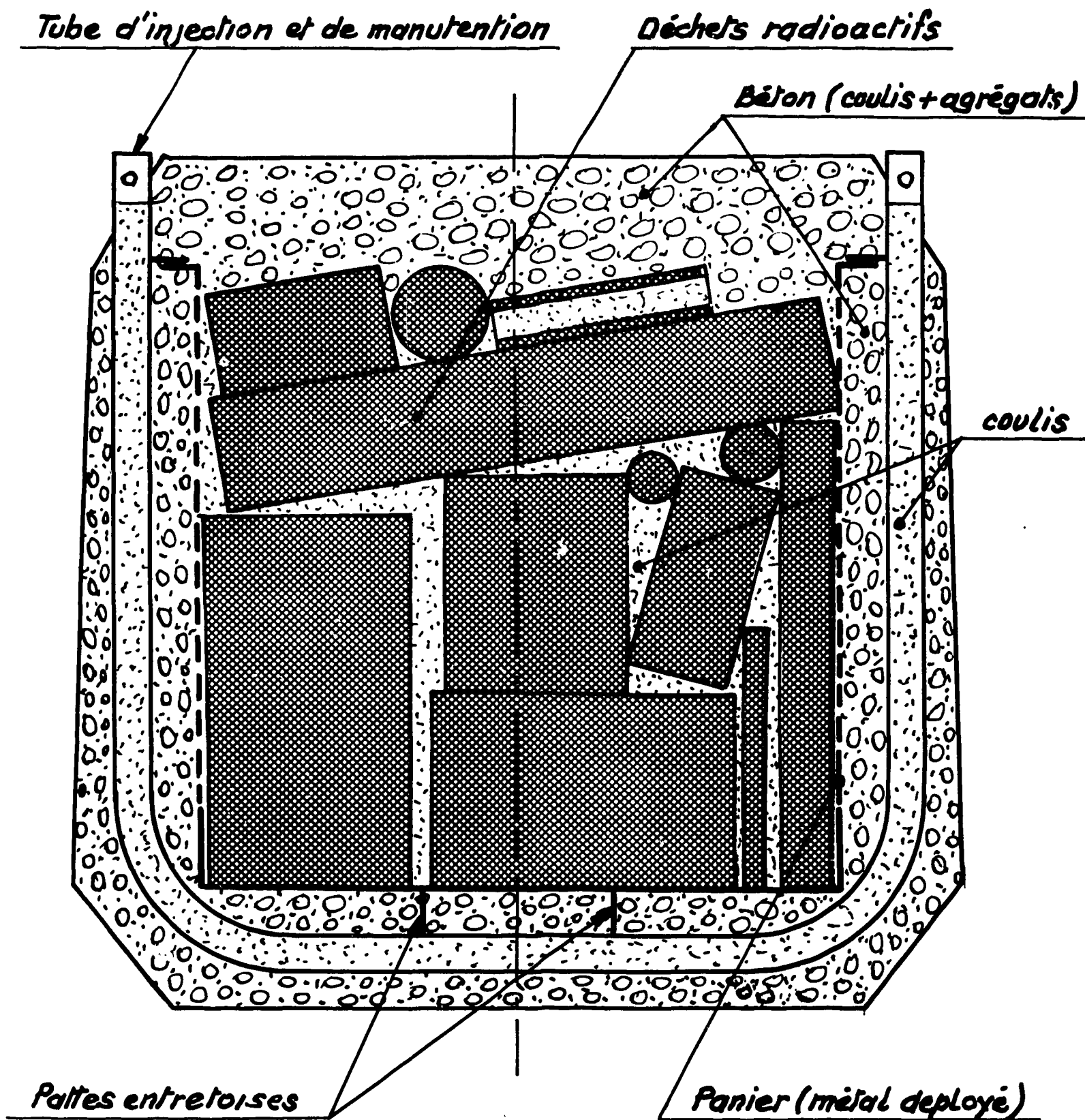
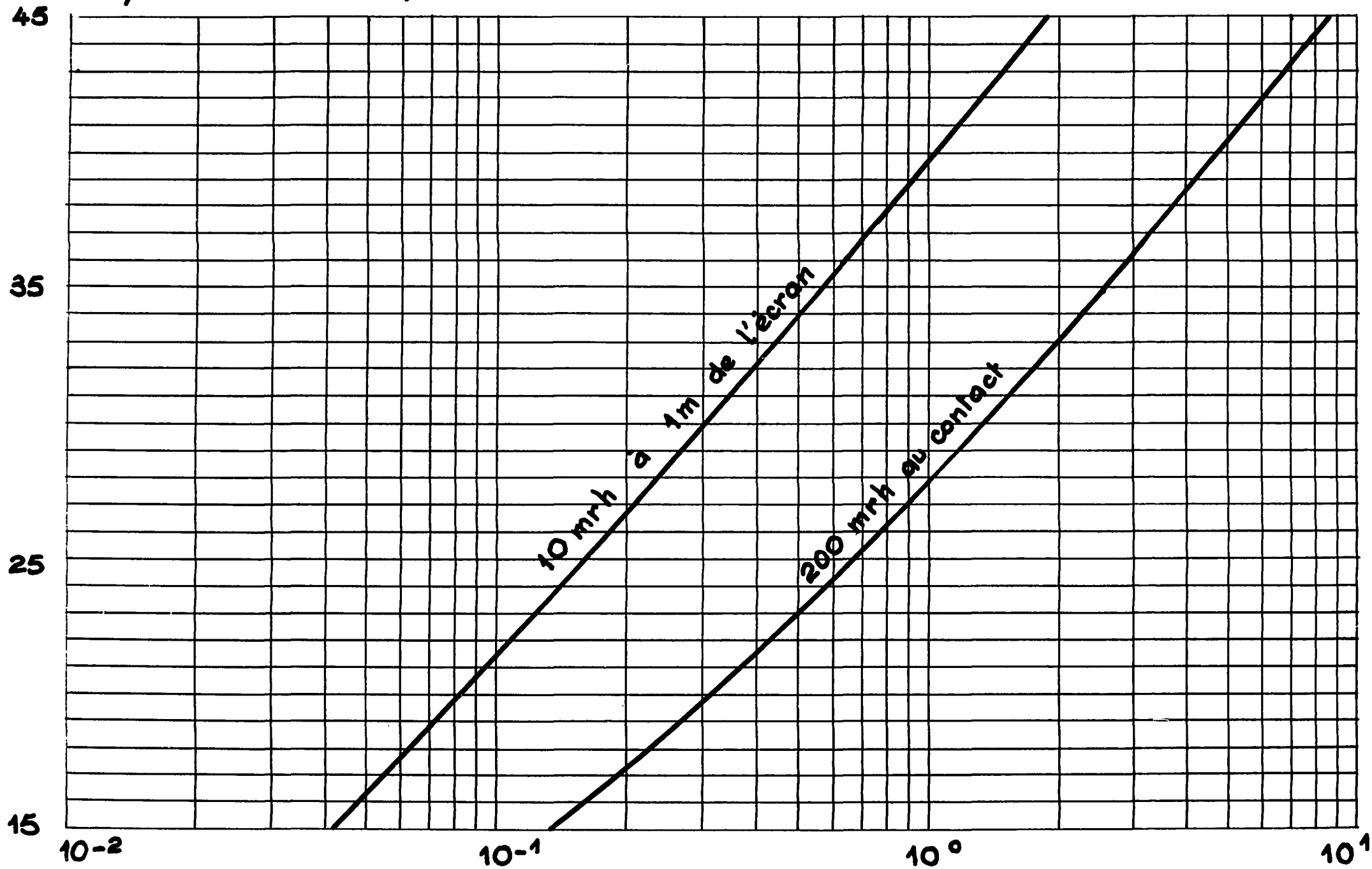


Schéma I - Coupe d'un bloc.

*Épaisseur de béton 2,3 en cm*



- Schéma II - *Intensité d'irradiation en R/h*

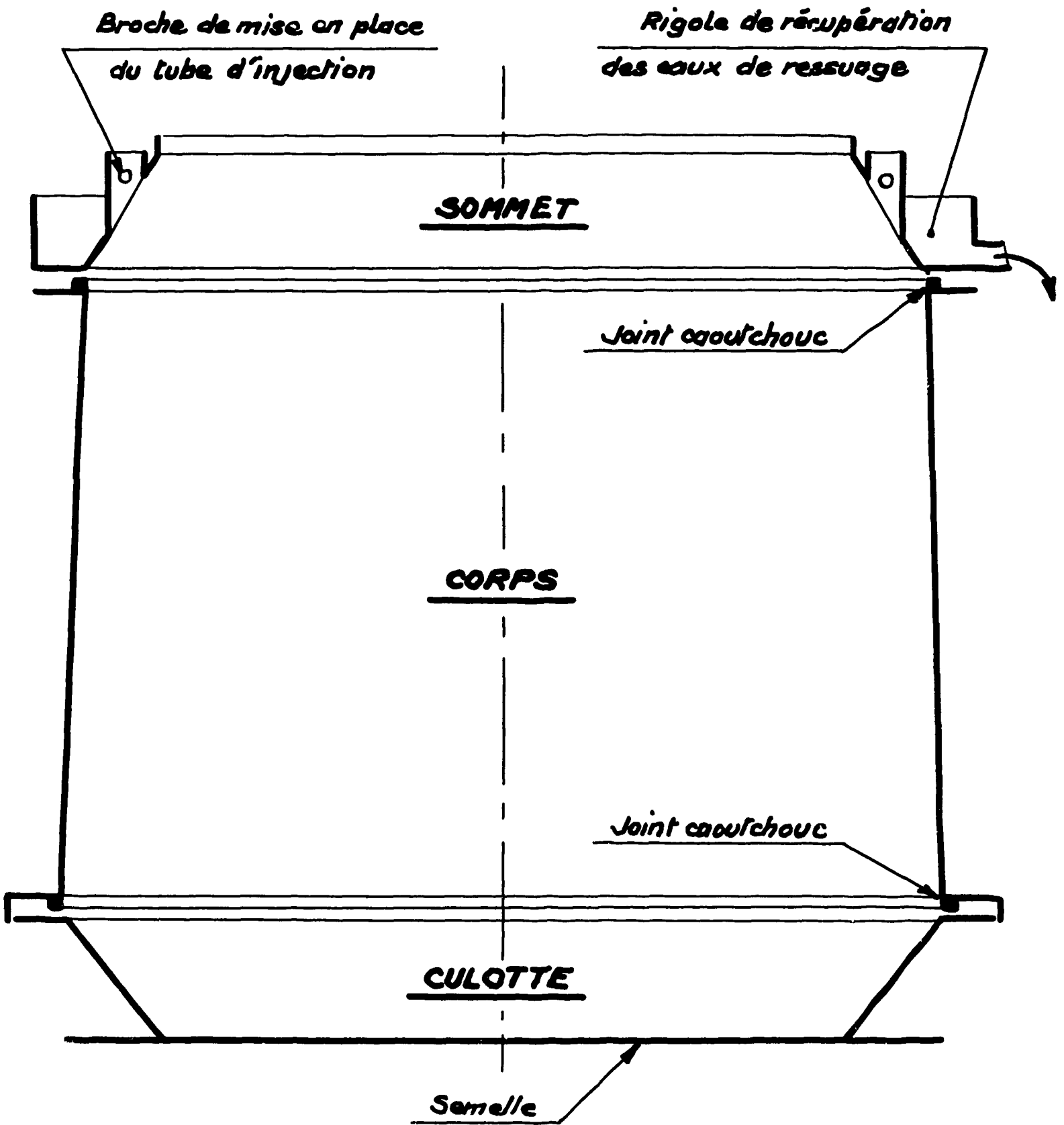


Schéma III - Coupe d'un coffrage.

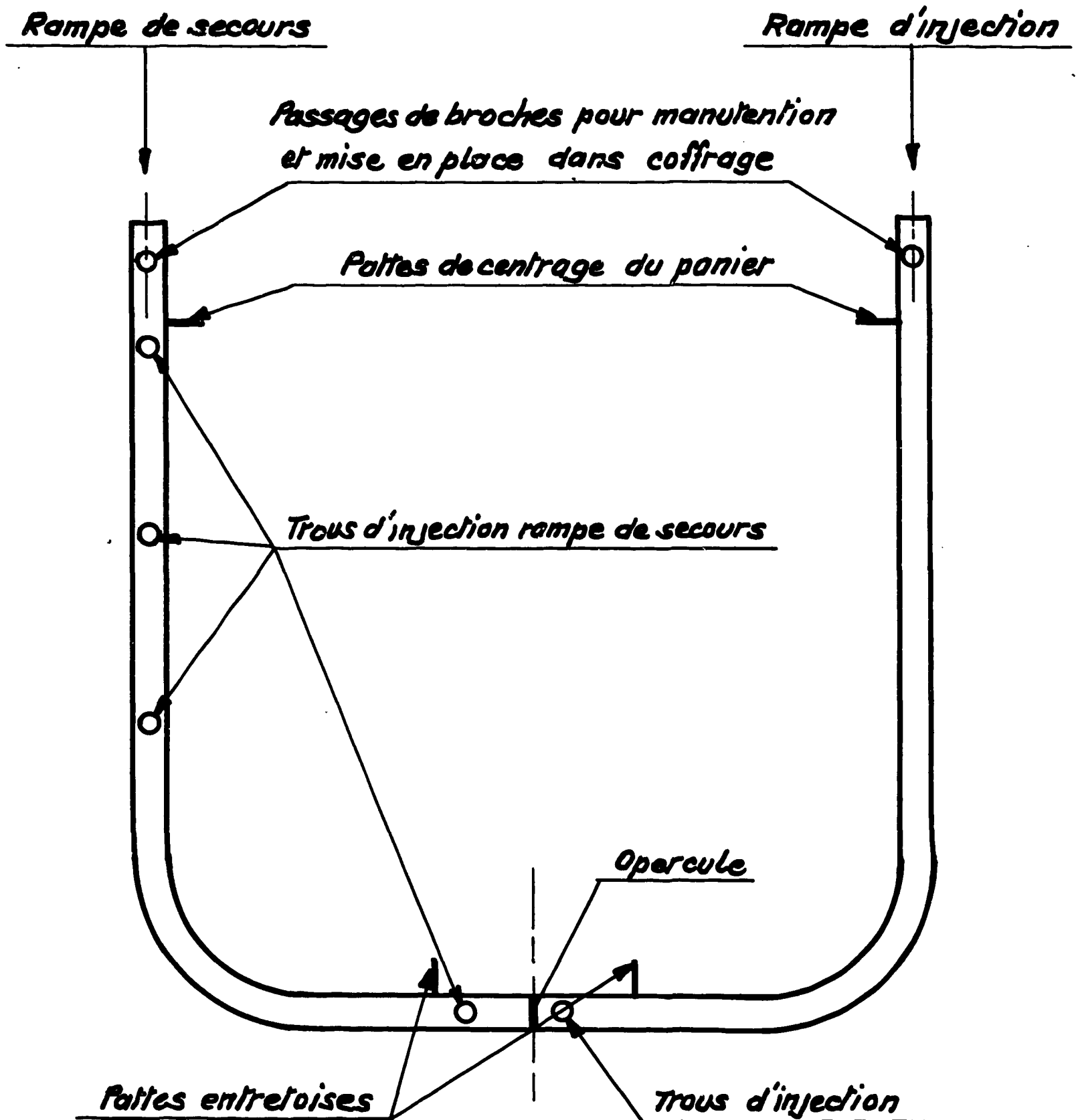


Schéma IV - Coupe d'un tube d'injection.

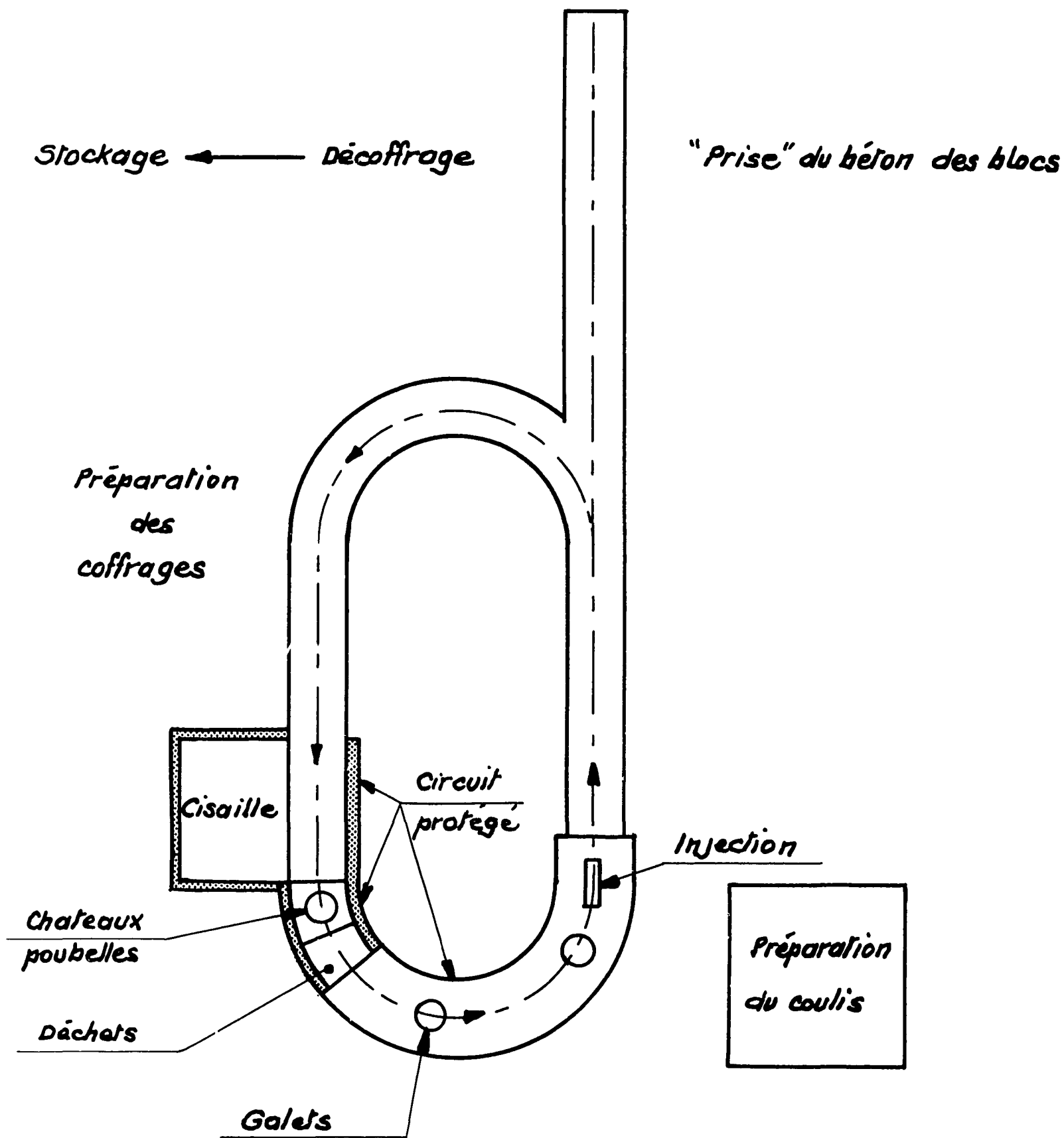


Schéma V - Circuit de l'usine pilote.



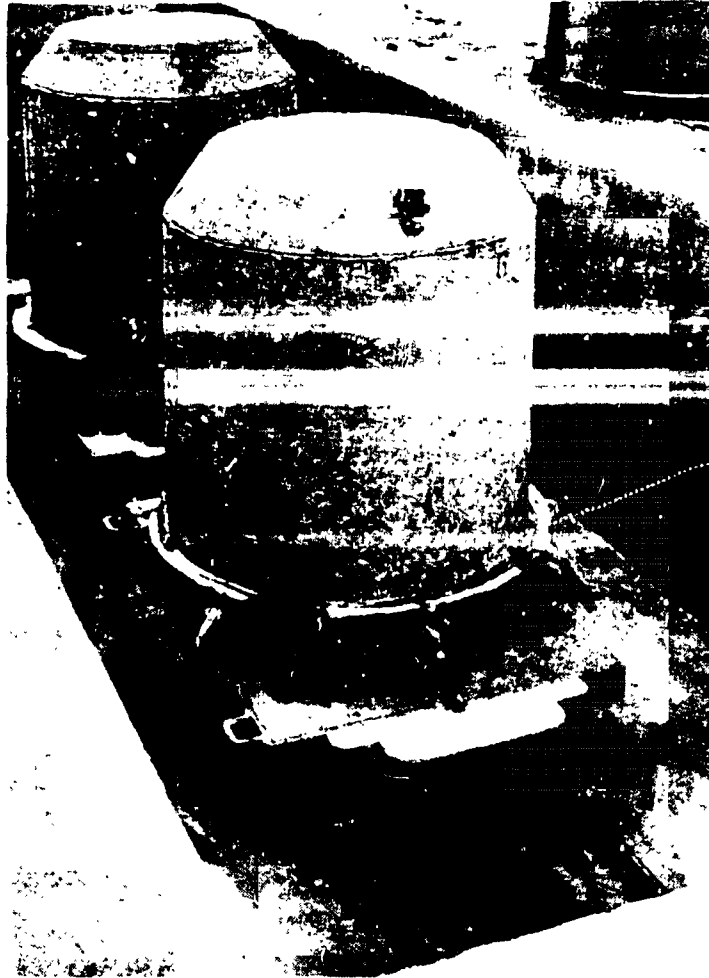
VI - Circuit de traitement.



VII - Culottes des coffrages.



VIII - Blocs après injection et décoffrage.



IX - Vue sur un bloc de béton démoulé.



XI - Le stockage.

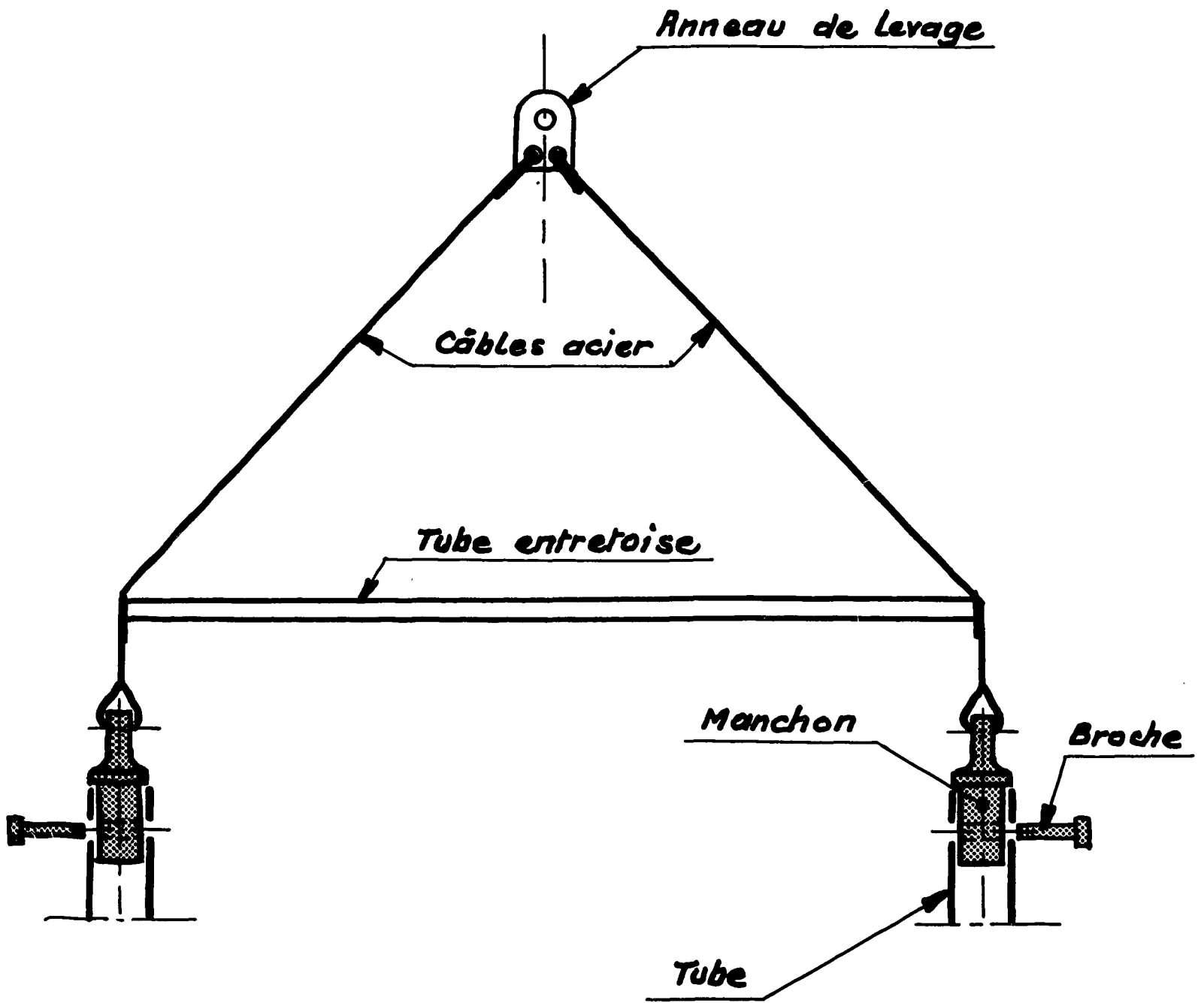


Schéma X - Palonnier de levage des blocs.



**FIN**