

CEA-R 2589 - DELCROIX Victor, JEANNE Georges, MITAULT Gérard,  
SCHULHOF Pierre

SILOETTE, MODELE NUCLEAIRE DE SILOE

Sommaire.- Siloette est le modèle nucléaire de SILOE. On décrit ses diverses installations : bassins, bâtiments, auxiliaires, contrôle... Des précisions sont données sur les précautions prises pour y utiliser des éléments usés.

1964

Commissariat à l'Energie Atomique - France

CEA-R 2589 - DELCROIX Victor, JEANNE Georges, MITAULT Gérard,  
SCHULHOF Pierre

SILOETTE, SILOE NOCK-UP

Summary.- SILOETTE is the SILOE nock-up. The main installations are described : various tanks, building, auxiliaries, cystes of control... Précisions are given about precautions taken for using spent fuel elements.

1964

Commissariat à l'Energie Atomique - France



**"SILOETTE"**  
**MODELE NUCLEAIRE DE SILOE**

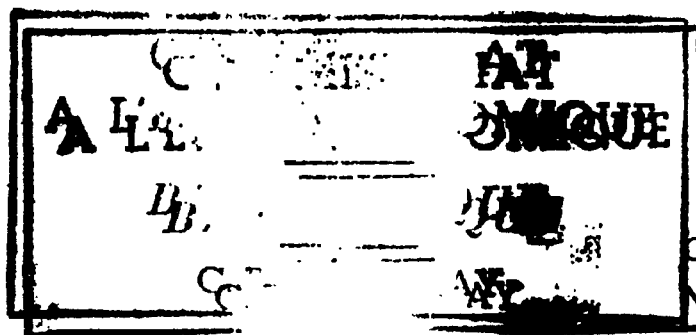
par

Victor DELCROIX , Georges JEANNE  
Gerard MITAULT , Pierre SCHULHOF

**Rapport C E A - R 2589**

**1964**

Fa

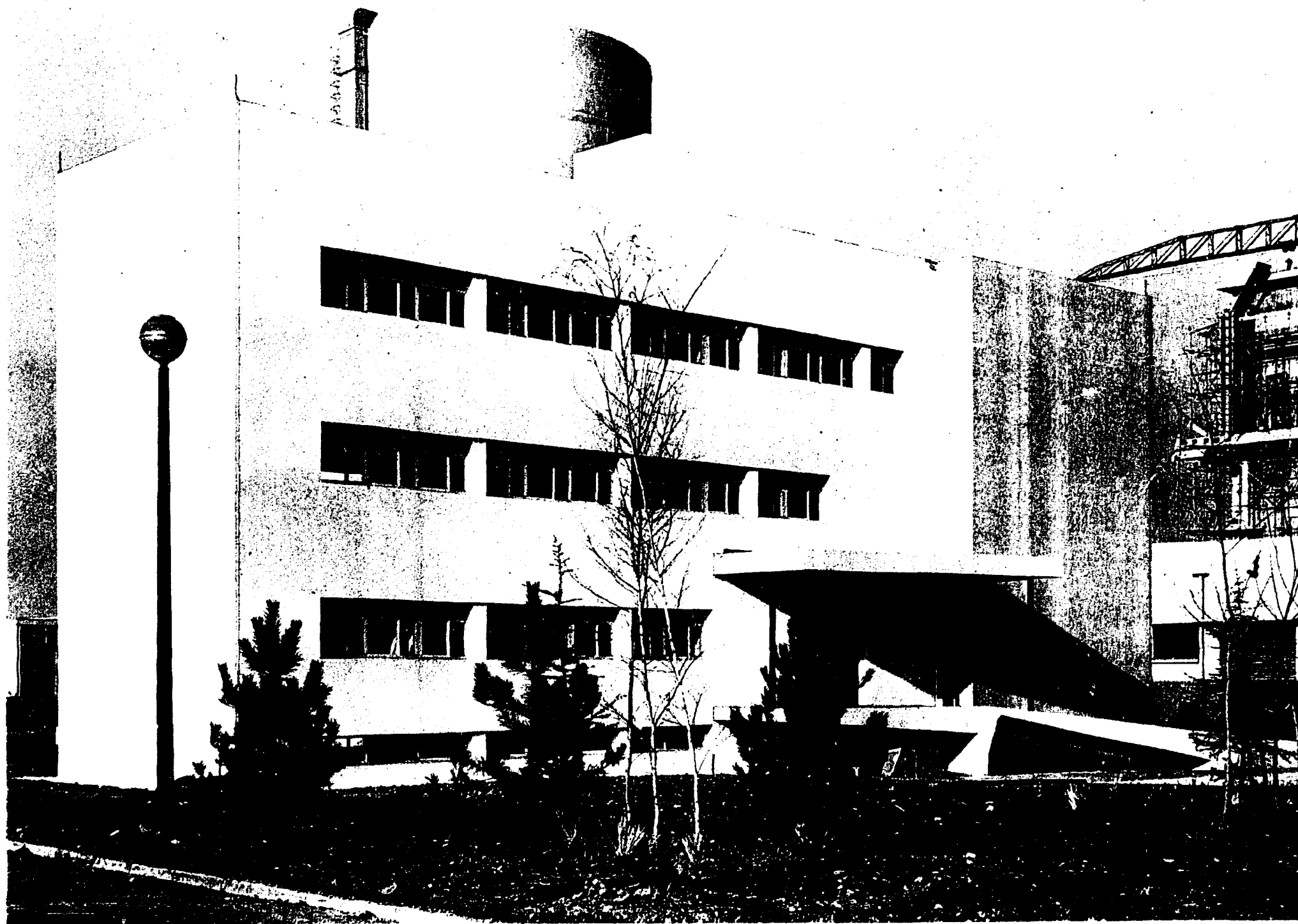


CENTRE D'ÉTUDES  
NUCLEAIRES DE GRENOBLE



*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.*



Vue générale de SILOETTE.



## TABLE DES MATIERES

I. - GENERALITES

II. - ETUDE DU SITE

III. - DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

- 3.1 Bâtiments
- 3.2 Circuits d'eau
- 3.3 Ventilation
- 3.4 Electricité
- 3.5 Coeur et mécanismes de commande des barres
- 3.6 Contrôle neutronique
- 3.7 Contrôle santé
- 3.8 Circuits de sécurité
- 3.9 Salle de contrôle

IV. - FACILITES EXPERIMENTALES ET MANIPULATIONS PREVUES.

ANNEXE.

- Bibliographie.





## I. GENERALITES

### 1.0. BUT

La réalisation de la pile **SILOETTE**, ou modèle nucléaire de **SILOE**, a été envisagée pour permettre :

. d'effectuer des mesures de routine de physique des piles concernant en particulier :

- . le coeur de **SILOE** (neuf ou usé) et le coeur de **MELUSINE**,
- . les influences en réactivité des manipulations que l'on se propose d'y mettre,
- . les valeurs des flux susceptibles d'y régner.
- . l'étalonnage de barres et le positionnement de chambres.

d'effectuer des études de physique des piles non directement en rapport avec l'exploitation des piles et n'exigeant pas de puissance élevée, entre autres :

- . manipulation de neutrons pulsés,
- . sortie de faisceau neutronique.

### 1.1. HISTORIQUE

**SILOETTE**, dont la construction avait été retenue dès Octobre 1960 utilisera le 2ème coeur de **SILOE**, qui a fonctionné provisoirement sous le nom de **MELUSINE II** dans le hall de **MELUSINE** pendant la construction de **SILOE**.

Les grandes lignes du projet **SILOETTE** ont été définies dans l'avant-projet du réacteur **SILOE** [1].

A la différence de **MELUSINE II**, on envisageait d'étudier dans **SILOETTE** des coeurs composés en tout ou partie d'éléments usés.

Il est apparu nécessaire de ce fait de donner au hall pile des caractéristiques d'étanchéité et de résistance à la surpression adéquates.

Le coût de SILOETTE s'en trouvait largement accru ; pour limiter les investissements, il fut décidé d'adjoindre à SILOETTE le bassin de stockage des éléments usés des réacteurs du C.E.N/G, ce qui permet une réduction des moyens de manutention et des circuits auxiliaires.

Des considérations d'ordre fonctionnel ont finalement conduit à l'adoption d'un ensemble comprenant :

- . le réacteur SILOETTE proprement dit
- . le bassin de stockage des éléments usés (qui peut être utilisé éventuellement comme irradiateur industriel)
- . le réservoir de stockage de l'eau épurée, utilisé également pour le stockage de l'eau éventuellement contaminée des piscines de SILOE et de MELUSINE (disposition adoptée à la demande de la Sous-Commission de Sécurité des Piles, après examen du rapport de Sécurité de MELUSINE).

## 1.2. PROBLEMES POSES

Du point de vue de la sécurité, l'ensemble offre les traits principaux suivants :

. le réacteur SILOETTE aura un cœur le plus souvent constitué d'éléments usés. Il présentera donc des risques potentiels comparables à ceux de SILOE, avec une probabilité d'incidents plus grande due au fait qu'y seront menées des expériences critiques. Par rapport à MELUSINE II, cette pile présente donc deux différences fondamentales :

- . utilisation d'éléments irradiés dans un flux de 10 MW
- . enceinte étudiée pour avoir des caractéristiques de résistance à la surpression et un taux de fuite permettant de pallier les conséquences d'un incident survenant à ces éléments.

MELUSINE II a déjà fait l'objet d'un rapport préliminaire de sûreté, suivi d'un permis de construire, et d'un rapport de sûreté, suivi d'une licence d'exploitation. Les appareils de contrôle utilisés dans SILOETTE sont à quelques modifications près ceux de MELUSINE II. Il en résulte que la présente étude est essentiellement consacrée à l'enceinte de SILOETTE et aux dispositifs annexes qui y sont rattachés.

. le bassin de stockage des éléments usés présente potentiellement des risques plus grands que le réacteur lui-même, mais la probabilité d'incident paraît infinitésimale [ 2 ]; aucune enceinte étanche n'est prévue.

. le bassin de stockage d'eau épurée ne présente de risques potentiels que lorsqu'il est utilisé pour le stockage d'eaux contaminées par suite d'un incident de fonctionnement de SILOE ou de MELUSINE.

### 1.3. CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DE SILOETTE

Type : piscine

puissance maximum : 100 kW (intermittent )

flux thermique maximum : environ  $10^{12}$  neutrons/cm<sup>2</sup>/s

combustible : Uranium enrichi à 90

modérateur : eau déminéralisée

réfrigération : convection naturelle

Le coeur de SILOETTE est construit pour pouvoir atteindre une puissance de 100 kW, mais celle-ci ne sera qu'occasionnelle.

## II. ETUDE DU SITE

Cette étude a été faite dans les rapports de sécurité de MELUSINE et de SILOE [3] et [4]

Nous en rappelons ici les grandes lignes :

a/ SILOETTE est implantée sur l'ancien polygone d'artillerie de GRENOBLE, au coin sud du terrain appartenant au C.E.N/G, entre MELUSINE et le Drac (Voir plan joint). Ce terrain a la forme d'un carré dont un des côtés est bordé par le Drac qui coule à cet endroit du SE vers le NW. SILOETTE n'est donc séparée des faubourgs de FONTAINE que par une distance de 250 m et des avancées Nord-Ouest de GRENOBLE que par une distance de 500 m. Elle est située à moins de 700 m des usines MERLIN-GERIN.

b/ La nappe phréatique circule à moins de 1 m 50 du niveau du sol. L'égout du centre baigne dans cette nappe. Aucun rejet actif dans l'égout n'est possible.

c/ Au niveau de SILOETTE :

. 35% des observations correspondent à des vents de vitesse inférieure à 2 m/s.

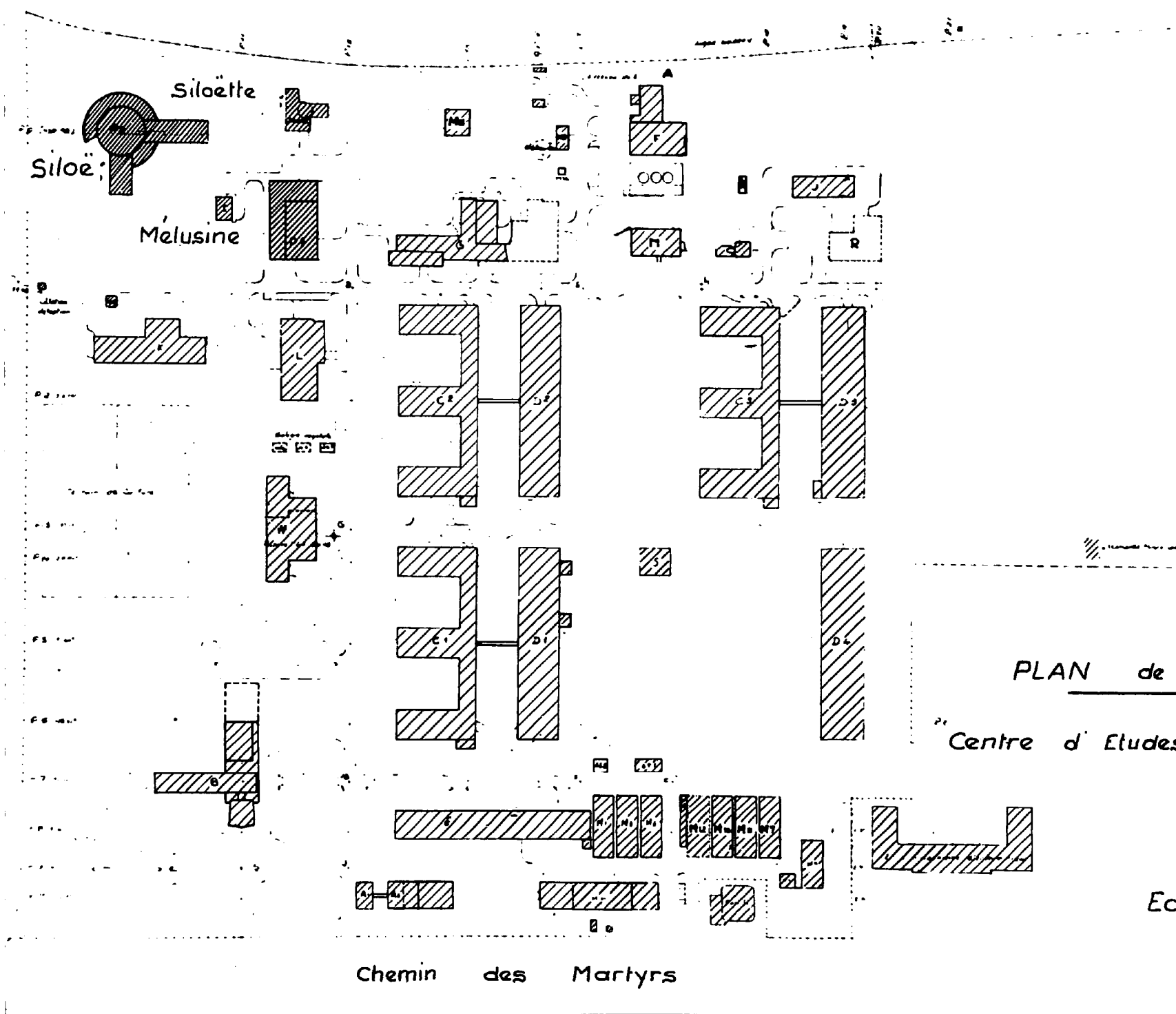
. 65% des observations correspondent à des vents de vitesse supérieure à 2 m/s.

parmi lesquels : 50% de vent de NW  
50% de vent de SE

En gros, de 10 h à 20 h, le vent souffle vers le SE à une vitesse supérieure à 5 m/s.

de 02 h à 10 h, le vent souffle vers le NW avec une vitesse moins forte ; un régime d'inversion est assez fréquent entre 2 h et 6 h.

d/ La pile ne paraît pas avoir à redouter exagérément les conséquences des inondations (sauf en cas de rupture très improbable des digues du Drac).



*200*  
*anatomique*

PLAN de MASSE

Centre d'Etudes Nucléaires  
 de GRENOBLE

Echelle  $\approx \frac{1}{3300}$

e/ Si jusqu'à une date récente, les seuls séismes locaux paraissaient dûs aux tassements des alluvions fluvio-glaciaires des vallées de l'Isère et du Drac, un récent réveil de l'activité sismique s'est produit dans la région de CORRENCON / VILLARD-DE-LANS à une trentaine de kilomètres au Sud de GRENOBLE, dans une région réputée aséismique (VERCORS). Diverses secousses se produisirent entre le 12 avril et le 7 juin 1962, et il est difficile de porter un jugement sur l'évolution de ce nouveau fait.

La force de ces secousses est demeurée inférieure à 8.

### III. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

#### 3.1. BATIMENTS (Fig. A et B)

##### 3.1.0. Généralités

Ils se composent de :

- un hall pile cylindrique
- un bassin de stockage d'éléments usés, auquel est accolé le réservoir de stockage (400 m<sup>3</sup>) de l'eau épurée
- un local des physiciens
- une aile " accès et bureaux "
- un couloir technique

Un même radier supporte l'ensemble hall pile, bassin de stockage, réservoir d'eau épurée. Sur ce radier, repose un massif de béton ordinaire (béton de protection légèrement armé). Ce béton est destiné à fournir la protection biologique nécessaire :

- autour du coeur du réacteur : 2,10 m d'épaisseur sur 5 m de haut à partir du radier, et 0,60 m d'épaisseur sur les 3 m supérieurs.
- autour du bassin de stockage d'éléments usés sur côtés non accolés au bloc pile ou au réservoir d'eau épurée : respectivement 1 m d'épaisseur pour la face extérieure, et 1,80 m d'épaisseur pour la face latérale sur toute la hauteur du bassin.

Ce massif reçoit :

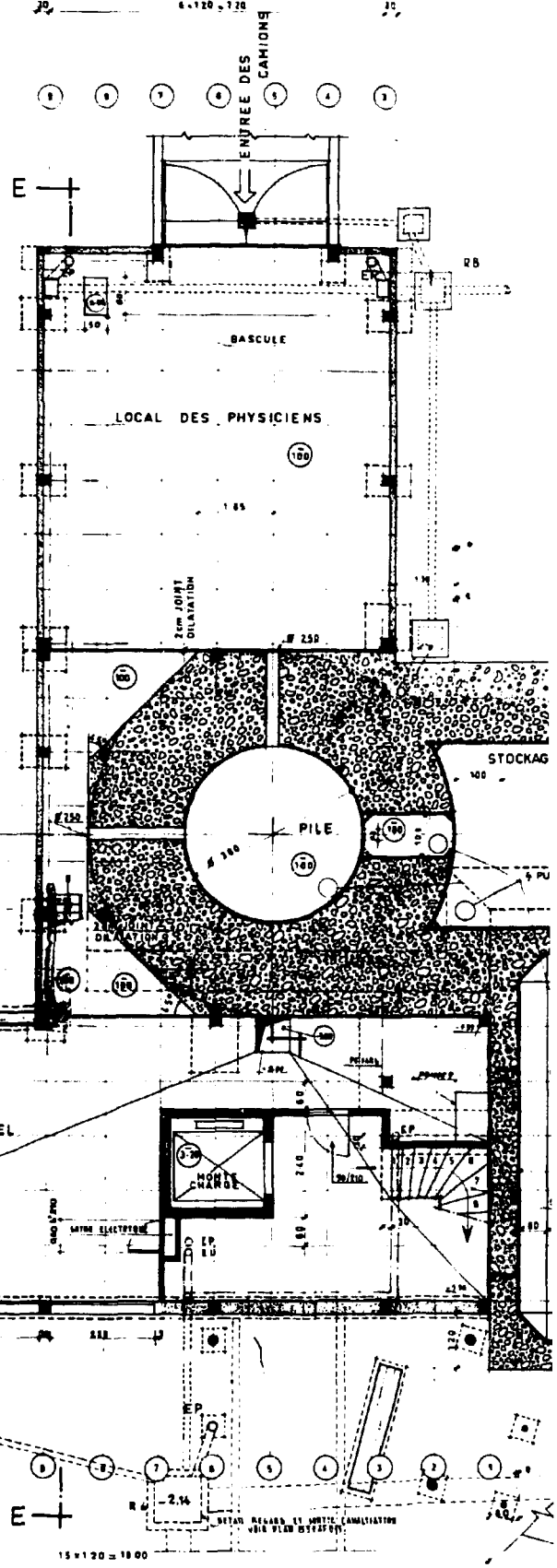
- la cuve de la piscine, cylindre de 3,80 m de diamètre, percée notamment d'un canal de transfert d'éléments combustibles et de 2 canaux pour sortie de faisceau.
- la cuve du bassin de stockage d'éléments usés de section sensiblement rectangulaire 7 x 3 m
- la cuve du bassin de stockage d'eau épurée de section rectangulaire 8,50 m x 6,10 m.

.. / .





4-120-170



B

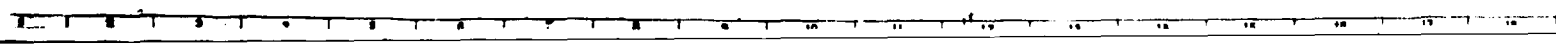
C

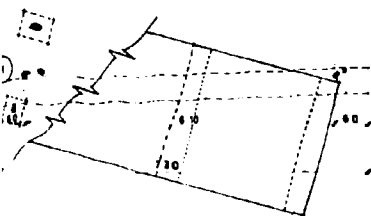
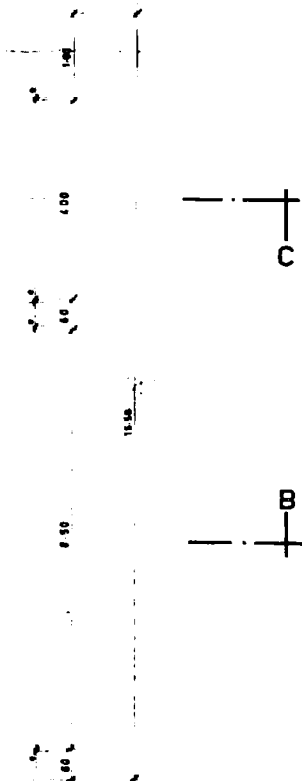
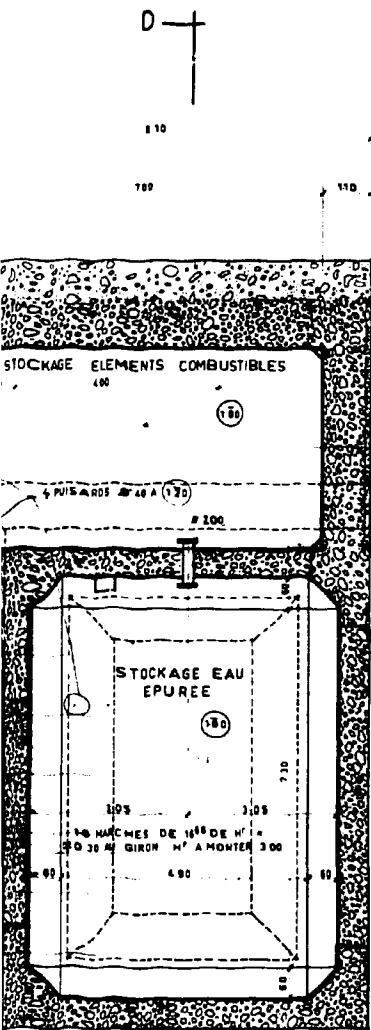


E

25 60

A

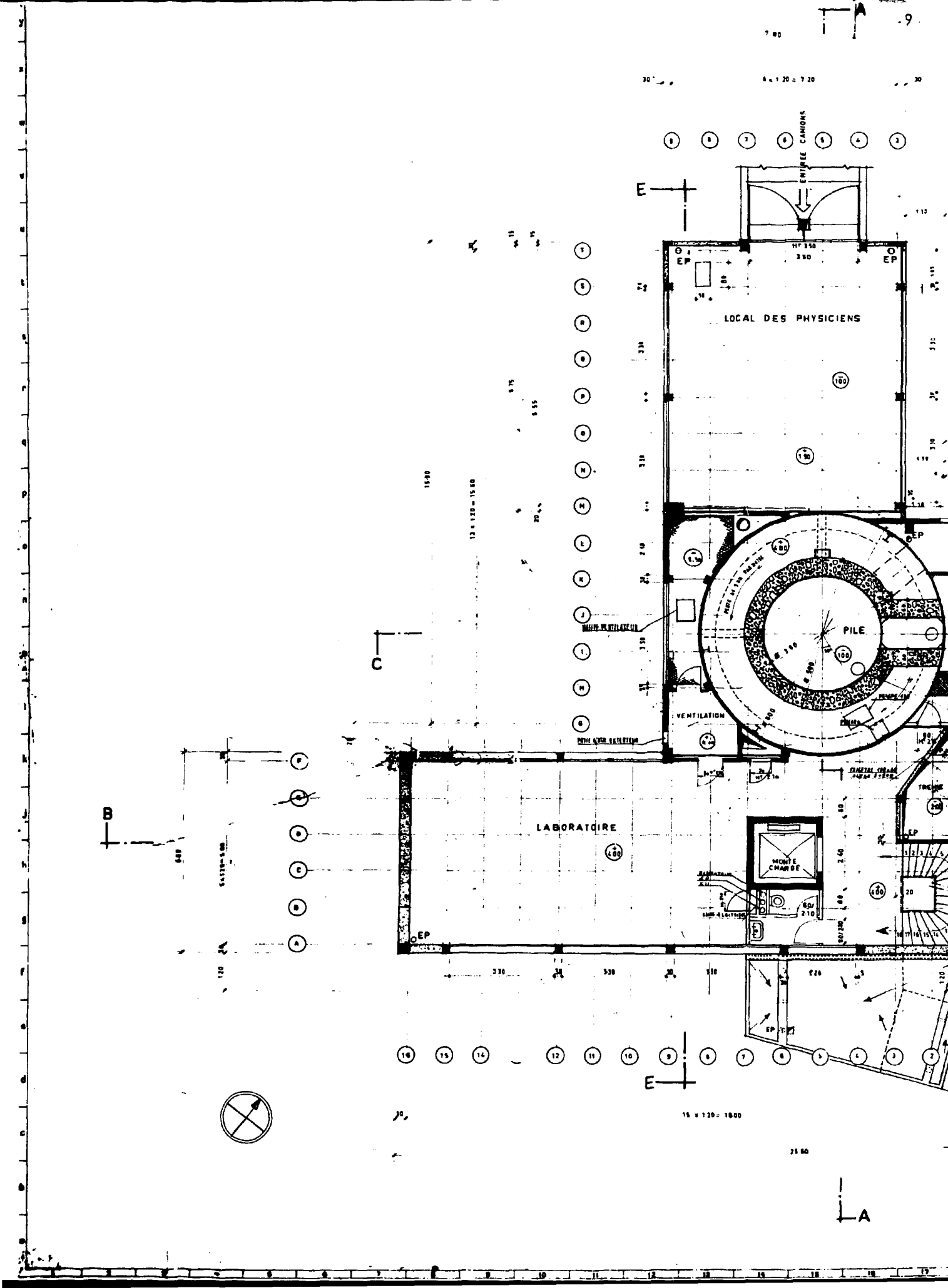


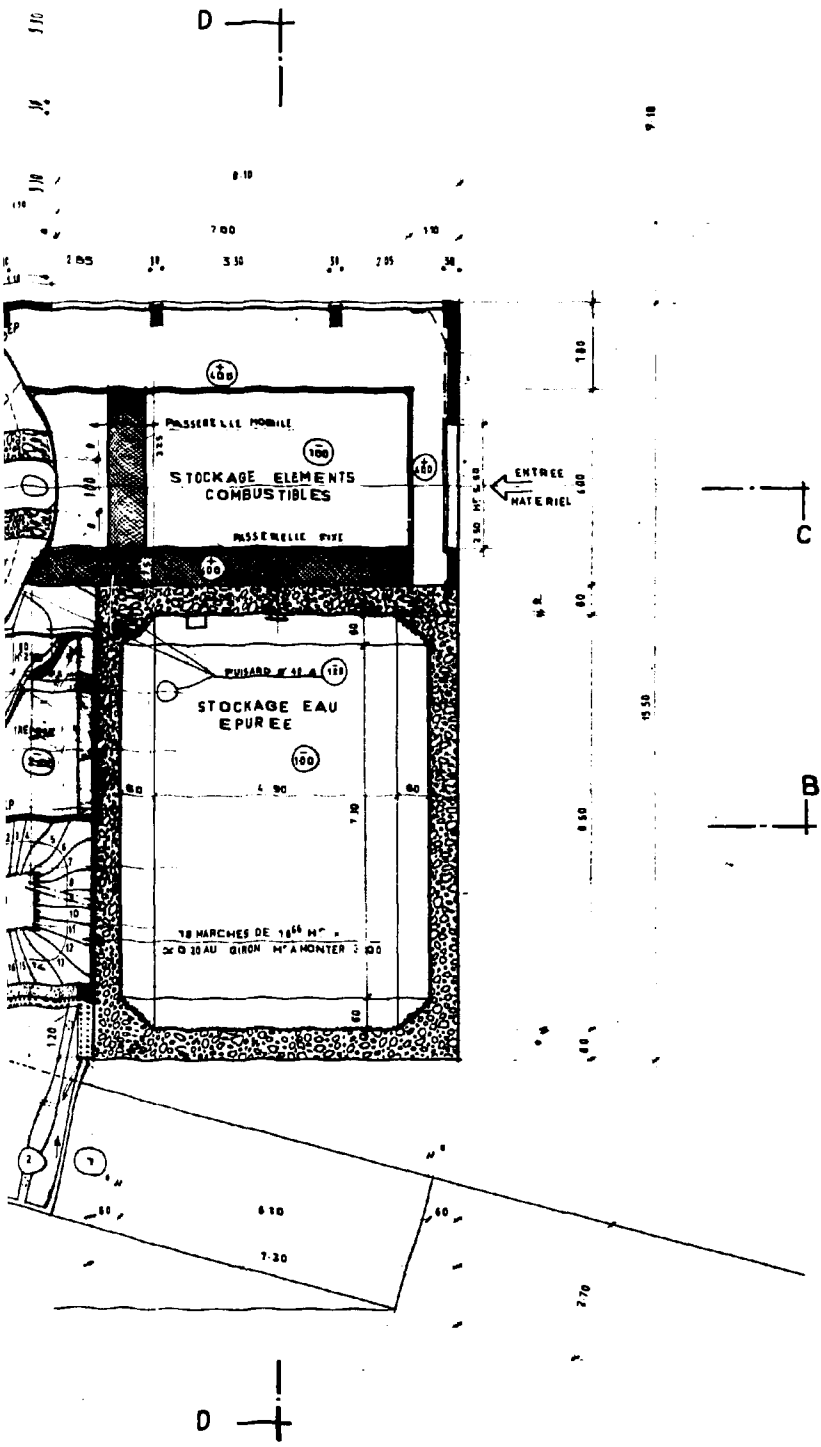


**NOTA**  
 LES DIMENSIONS DE LA PILE, DE L'ECLUSE, DU BASSIN DE STOCKAGE  
 DES ELEMENTS COMBUSTIBLES ET DU RESERVOIR D'EAU EPUREE  
 SONT DES DIMENSIONS INTERIEURES - POUR LES COTES DE BÂTIMENT  
 TENIR COMPTE DE L'EPaisseur DES TOLES  
 M.B. LES COTES « REPRESENTANT LES EPASSEURS DE TÔLE

Fig. A-1

GC	8-74-62	Plan de construction des ouvrages de génie civil destinés à être réalisés par le maître d'ouvrage. Le présent plan est soumis à l'approbation de l'Administration.	
EX	AL 11-8-62	POUSSES-PON-LAND ELECTRIQUE - JONCTEURS-POMPE 1-11° CHANGEMENT	a
EX	AL 2-7-62	SUPPRESSION CP (E) (A)	b
EX	AL 13-6-62	CHANGE 110V - 220V - 220V - 110V - 220V - 110V	c
EX	AL 14-5-62	MODIFICATIONS G.P. - CANTONNEMENTS - VITRAGE - POUSSER	d
EX	AL 2-4-62	MODIFICATIONS A LA DEMANDE DE C.E.A. DU 27-4-62	e
<b>INDATOM</b> 48 Rue La Sablonnière Paris 87 Ce bâtiment est la propriété de C.E.A. et ne peut être réutilisé sans son autorisation. <b>M N P</b> <b>PLAN AU NIVEAU -1.00</b> GROS ŒUVRE      GENIE CIVIL <b>C.E.A.</b> <b>SILOE</b> INDATOM      832 AF005			

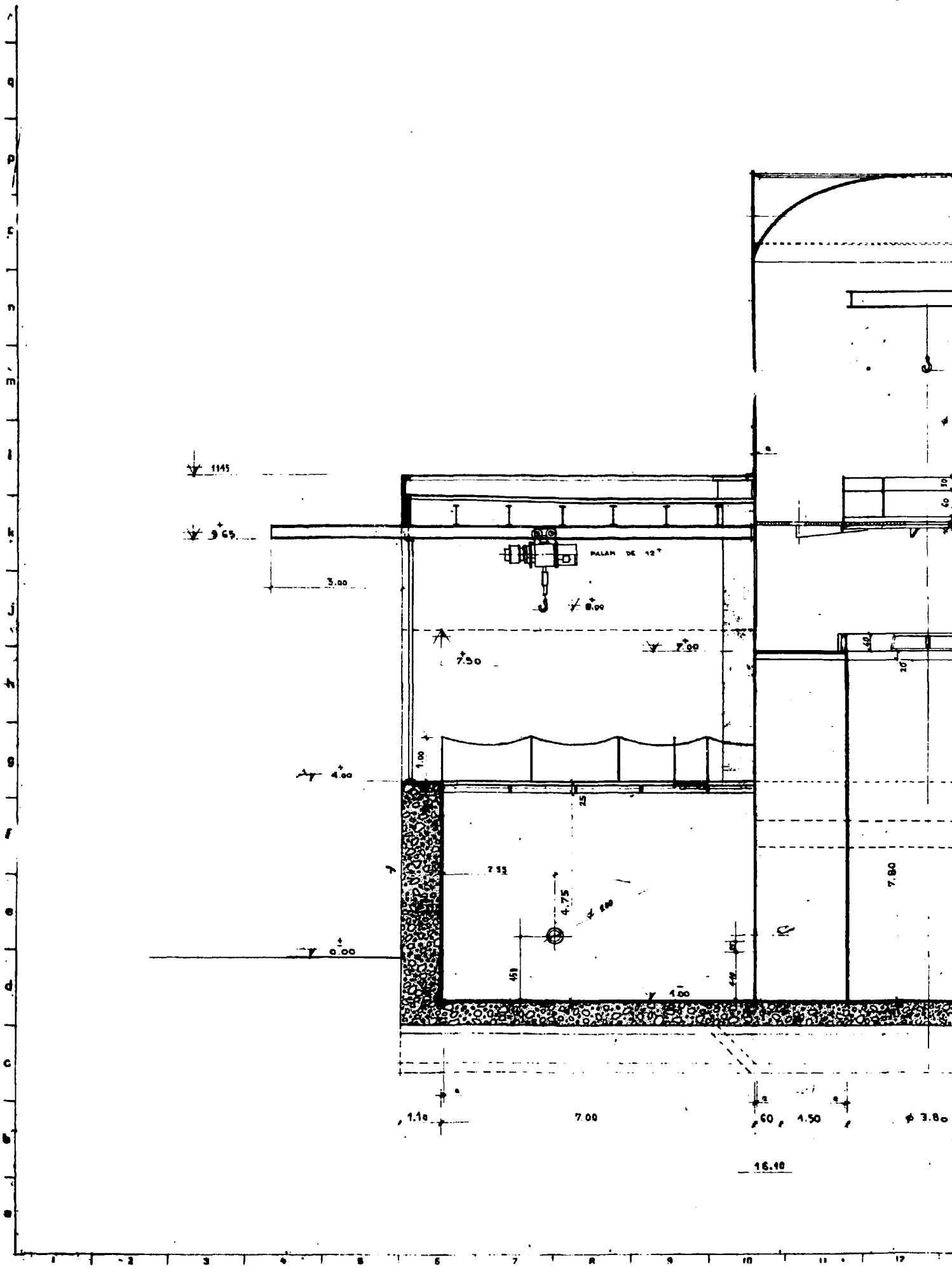




**NOTA :**  
 LES DIMENSIONS DE LA MIE, DE L'ÉCLUSE, DU BASSIN DE STOCKAGE  
 DES ÉLÉMENTS COMBUSTIBLES ET DU RÉSERVOIR D'EAU ÉPURÉE  
 SONT DES DIMENSIONS INTÉRIEURES. POUR LES COTES DE  
 BETON TENIR COMPTE DE L'ÉPAISSEUR DES VOILES.  
 LES COTES S'IMPRIMENT LES DIMENSIONS DE TOLE.

Fig. A-2

INDATON	
M N P	
PLAN AU NIVEAU + 4.00	
GROS ŒUVRE	GENIE CIVIL
C.E.A.	SILOE
INDATON	8.32 AF008



1145

965

3.00

PALAN DE 12"

8.00

7.50

7.90

4.00

1.00

0.00

2.55

4.75

2.00

4.51

1.00

7.80

1.10

7.00

60

4.50

φ 3.80

16.40



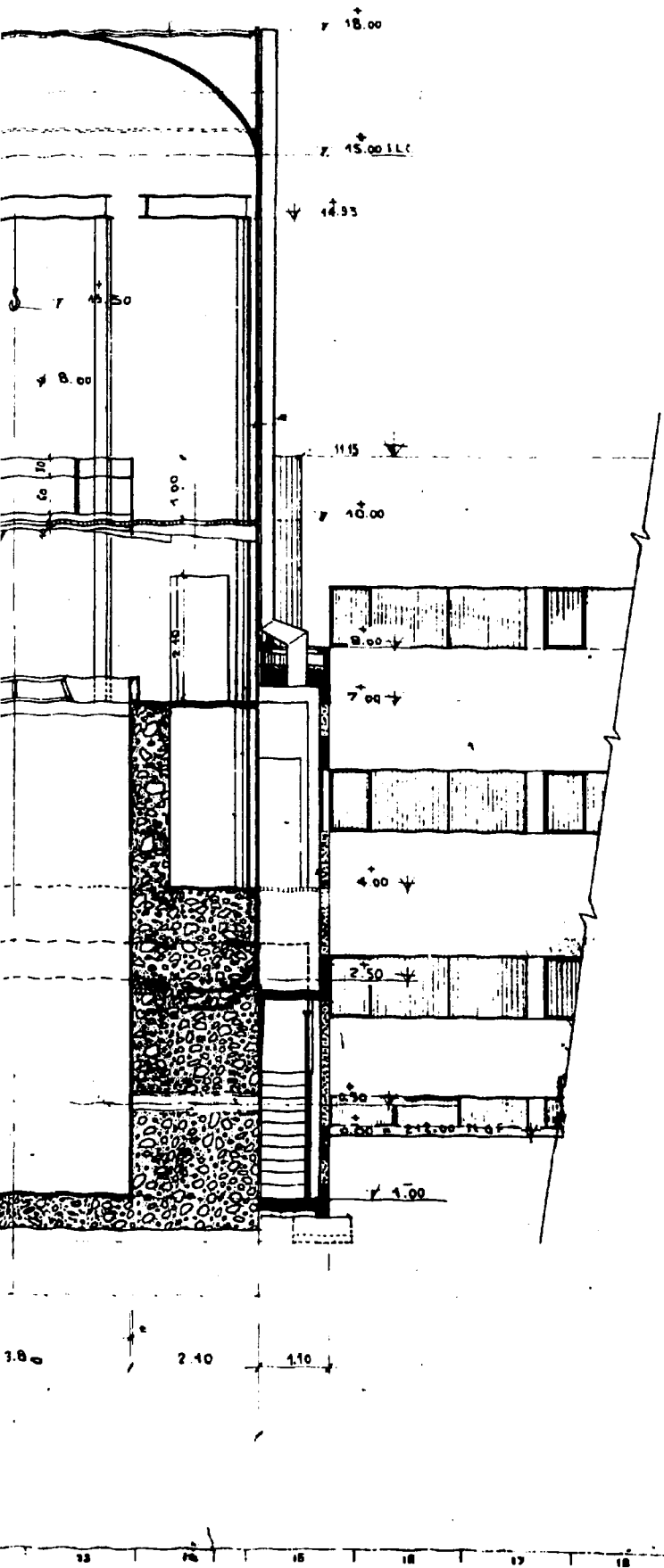


Fig. B

CD	5.10.62	PLANCHER METALLIQUE AU DESSUS DU PUIT 4 + 1000 - TRENIERES POUR PASSAGES DE GAINES - PLANCHER 10.00 - GAINES EXTRACTION VENTILATION - PLANCHER VENTILATION	
DA	AL 16-6-62	MARQUEE 1-7.00 - ACROTERE +800	D
DE	AL 21-6-62	SUPPRESSION TOLE DANS BASSIN DE STOCKAGE - TRAPPE ENTRE +1005-1000	C
DF	AL 28-6-62	VITRAGE - TERRASSES-SARRE (DEPS-54 BOLLER) PULVERISATEUR 100 B	E
VER	DES DATES	FOUNTY (C.E.A. DU 27.5.62)	IND
	1/50	INDATOM	
	DATE	48 Rue La Boétie Paris 8 <sup>e</sup>	
	15.3.62	Ce document est la propriété de C.E.A. et ne peut être répliqué sans son autorisation.	
	DESSINE	<b>M N P</b>	
	VERIFIE	<b>COUPE C-C</b>	
	VISE	BROS ŒUVRE	GÉNIE CIVIL
	ONS	<b>C.E.A. SILOË</b>	
		DÉPARTEMENT DE CONSTRUCTION DES PILES	
		ARCHITECTE INDUSTRIEL	
		<b>INDATOM</b>	
		832 AF 008	



### 3 1 1. Hall Pile

C'est un bâtiment cylindrique de dimensions générales intérieures :

diamètre : 8 m  
hauteur intérieure : 11 m (distance entre sommet coupole et niveau + 7)  
" extérieure : 18 m

Le cylindre métallique est ancré dans le bloc de béton de protection. Il est conçu pour résister à une surpression intérieure de 2,50 m d'eau.

Il est percé au niveau + 7 d'un sas (personnel), d'un panneau démontable (clair 1,90 m x 0,80 m) donnant accès au bassin de stockage des éléments combustibles, et au niveau + 4 d'une soupape casse-vidé. Ce cylindre métallique est en acier. Il est doublé intérieurement de polyuréthane recouvert de fibre de verre et polyester.

Le hall comporte :

- au centre, la piscine, cylindre de 3,80 m de diamètre sur 8 m de hauteur.
- au niveau + 4, galerie disponible ménagée dans le béton de protection, où est installée l'installation d'épuration de l'eau des différents bassins.
- au niveau + 7 se trouve l'étage expérimental. Son plancher est réalisé en plaques métalliques amovibles capables de supporter une charge de 500 kg/ m<sup>2</sup>.  
Un passage de 1 x 1 m est ménagé dans ce plancher. Ce passage est destiné à permettre l'accès normal à l'installation d'épuration, et pourra être utilisé pour l'essai des perches de comptage.
- au niveau + 10 se trouve l'étage contrôle de **SILLETTE**, son accès est assuré à partir du niveau + 7 par une échelle métallique. Son plancher peut supporter une charge de 500 kg/ m<sup>2</sup>. Il est constitué de plaques métalliques amovibles.  
L'enlèvement de certaines de ces plaques permet d'accéder au-dessus du coeur.
- **Moyen de manutention**
  - . une poutre roulante, d'une force de levage de 500 kg hauteur libre minimum sous crochet : 6 m
  - . un moyen exceptionnel est prévu pour permettre la manutention de poids de 3,5 T. Il comprend une poutre fixée sous le plancher + 10 prolongeant le rail du monorail de 12 T du bassin de stockage des éléments combustibles. Cette poutre est normalement démontée et stockée à **MELUSINE** (poids de la poutre : 550 kg).



### **Piscine - Canal de transfert**

La piscine est un cylindre de 3,80 m de diamètre sur 8 m de hauteur en acier ordinaire recouvert intérieurement de revêtement SULTRO destiné à protéger celui-ci contre l'action de l'eau déminéralisée.

La cote entre le fond du cylindre et la surface libre est de 7,80 m. Elle est percée de 4 ouvertures principales :

- 2 de diamètre 300 mm à 1,50 m au-dessus du fond de la cuve, l'une au droit du local des physiciens, l'autre à 90° du côté opposé au bassin de stockage des éléments usés. Sur chacune de ces deux ouvertures est soudée une manchette de même diamètre débouchant à l'extérieur de la protection de béton. Dans l'immédiat seule la manchette débouchant dans le local des physiciens sera utilisée, l'autre manchette recevant à l'extérieur une tige boulonnée. La manchette débouchant dans le local des physiciens sera utilisée pour les manipulations suivantes (cf. chap. IV) :

. Neutrons pulsés avec utilisation d'un accélérateur et éventuellement

. Sortie de faisceau neutronique :

Tous ces mouvements nécessiteront une piscine vide d'eau ou presque.

- 1 de diamètre 250 mm à 1,10 m au-dessus du fond de la cuve faisant communiquer la piscine avec le canal de transfert.

- 1 de diamètre 400 mm au bord de la base du cylindre (puisard).

Le canal de transfert est destiné à faire passer les éléments combustibles entre le bassin de stockage et la piscine, ou vice-versa. Il est composé de plaques d'acier de même qualité que celui du cylindre piscine recouvertes de la même protection formant le fond et les parois verticales du canal. Les extrémités de ces plaques sont soudées d'un côté à la cuve cylindrique, de l'autre à la cuve du bassin de stockage.

Sa section est d'environ 1 x 2,10 m.

Une gouttière est fixée dans le fond du canal pour faciliter le transfert des éléments. Deux vannes font communiquer le canal, l'une avec la piscine, l'autre avec le bassin de stockage. Elles sont placées l'une dans le canal de transfert, l'autre dans le bassin de stockage des éléments combustibles (un seul volant de commande pour les deux vannes). Le diamètre utile des vannes est de 25 cm.

Pour des raisons de protection, la hauteur d'eau dans le canal est la même que celle de la piscine, soit 7,80 m,

### 3 1.2. Bassin de stockage des éléments usés

a/ le bassin de stockage est abrité dans un bâtiment rectangulaire de dimensions générales : 6,10 m x 5,80 m, hauteur : 11,15 m (sommet/niveau Ø).

Un monorail électrique, d'une force de levage de 12 T, dessert la partie du bassin servant au déchargement des containers de transport des éléments et une distance d'environ 3 m à l'extérieur. La hauteur libre sous crochet est de 4 m.

L'accès du personnel se fait au niveau : 4 par une porte assurant une communication avec l'étage correspondant de l'aile bureaux. Cette porte présente pour la sécurité de l'ensemble une grande importance.

L'accès du matériel (au niveau : 4) est assuré par une porte d'un clair de 5,50 m x 2,50 m donnant sur l'extérieur.

#### b/ Cuve

La cuve du bassin de stockage des éléments usés est en acier de même qualité que celui de la piscine, recouvert de la même protection. Ses dimensions générales sont 7 m x 4 m . hauteur : 5 m.

Cote entre fond de la cuve et surface libre : 4,75 m.

Les éléments usés sont stockés sur des grilles supports prévues pour 9 éléments. Chacune repose sur un double corniérage fixé dans le fond de la cuve. Les éléments s'enfichent dans les grilles comme dans la grille support du coeur du réacteur.

Les grilles 42 x 42 cm sont séparées entre elles de 58 mm sur un même rang et au minimum de 35 cm des parois de la cuve. 16 grilles peuvent être mises en place au total permettant de stocker simultanément 144 éléments.

Le stockage des éléments usés fait l'objet d'un rapport spécial adressé à la Sous-Commission des masses critiques [ 2 ].

Une passerelle légère, mobile, dessert le bassin.

#### c/ Remarque

Il est à noter que le hall du bassin de stockage n'est pas à la vue du tableau de contrôle de SILOETTE .

### 3.1.3. Réservoir d'eau épurée

Ce réservoir est destiné à recevoir 400 m<sup>3</sup> d'eau épurée. Son enveloppe est en béton armé. La cuve est en acier recouvert de Silitro ; ses dimensions sont : 8,50 x 6,10 m, hauteur : 8,20 m (sommet/cote -1).

Cote entre fond du réservoir et surface libre : 8,00 m .

La pomperie de mouvement d'eau (pompe P-9) est située dans le sous-sol du bâtiment bureaux.

L'eau de ce réservoir peut être envoyée dans les cuves à effluents de SILOE pour dilution et rejet.

.../.

### 3.1.4. Local des physiciens

Ce local, de forme rectangulaire, a les dimensions suivantes : 7,80 x 8,75 m, hauteur : 8,00 m (sommet/niveau  $\phi$ ).

La charge au sol prévue est de : 5 T/m<sup>2</sup>.

Une dalle de béton de 0,80 m x 0,50 m x 1 m, distincte de l'ensemble du plancher, est prévue pour l'utilisation d'une balance de haute précision.

A la cote + 7, on s'est réservé la possibilité de mettre un pont roulant d'une force de levage de 5 T, desservant l'axe du canal. Une porte, d'un clair de 3,50 m x 3,50 m, est prévue côté opposé au réacteur.

Le local des physiciens pourra être utilisé :

- pour l'étude des neutrons pulsés, avec un accélérateur de 150 kV environ. La protection sera alors réalisée à l'intérieur du local par des blocs de béton convenablement disposés (cf. chap. IV).

- pour l'étude sur faisceau sorti avec une protection du genre de celle utilisée à MELUSINE .

Il est à noter qu'il n'existe aucune liaison visuelle entre la salle des physiciens et le pupitre de commande de SILOETTE .

### 3.1.5. Aile " Accès Bureaux ".

Bâtiment de construction classique de dimensions : 6,60 x 18 m, hauteur : 11,15 m (sommet/niveau  $\phi$ ).

Il comprend :

- un sous-sol : stockage-atelier. Distribution électrique
- un rez-de-chaussée : loge-gardien, trois bureaux
- étage cote + 4 : laboratoire, salle électronique, accès au bassin de stockage, installation de ventilation du hall pile.
- étage cote + 7 : salle de comptage, sas accès hall pile, accès réservoir de stockage eau épurée.

Un escalier et un monte-charge 500 kg desservant l'ensemble des différents niveaux.

### 3.2. CIRCUITS D'EAU

Quoique de dimensions modestes, SILOETTE est dotée d'un ensemble de circuits d'eau assez complexe. Il y a lieu de distinguer :

- le circuit d'épuration des divers bassins propres à SILOETTE
- le circuit de transfert d'eau déminéralisée commun à SILOETTE , SILOE et MELUSINE
- le circuit de trop pleins et d'eaux usées.

#### 3.2.1. Circuit d'épuration (Fig. C).

La piscine du hall pile, le bassin de stockage des éléments usés et le réservoir de stockage de l'eau épurée sont alimentés en eau de ville déminéralisée par la station d'épuration " inactive " de MELUSINE .

Le circuit d'épuration a deux fonctions :

- maintenir la pureté de l'eau déminéralisée des divers bassins à une valeur élevée ( $2M\Omega/cm$ )
- éliminer la puissance fournie par le coeur et garder la piscine à une température  $32^{\circ}C$ .

Situé à l'intérieur de l'enceinte étanche (entre les cotes + 4 et + 7), il comprend :

a/ une pompe de circulation ( P 100 )

débit : 10 m<sup>3</sup>/h

hauteur manométrique engendrée : 30,5 m CE

vitesse de rotation : 2900 t/mn

puissance absorbée : 2,5 kW

puissance du moteur : 4 kW

b/ un échangeur de chaleur

puissance évacuée : 100 kW soit 86 000 K cal/h

dimensions :  $\phi = 350$  mm                      L = 4 300 mm

.. / .

# CIRCUIT d'EPURATION

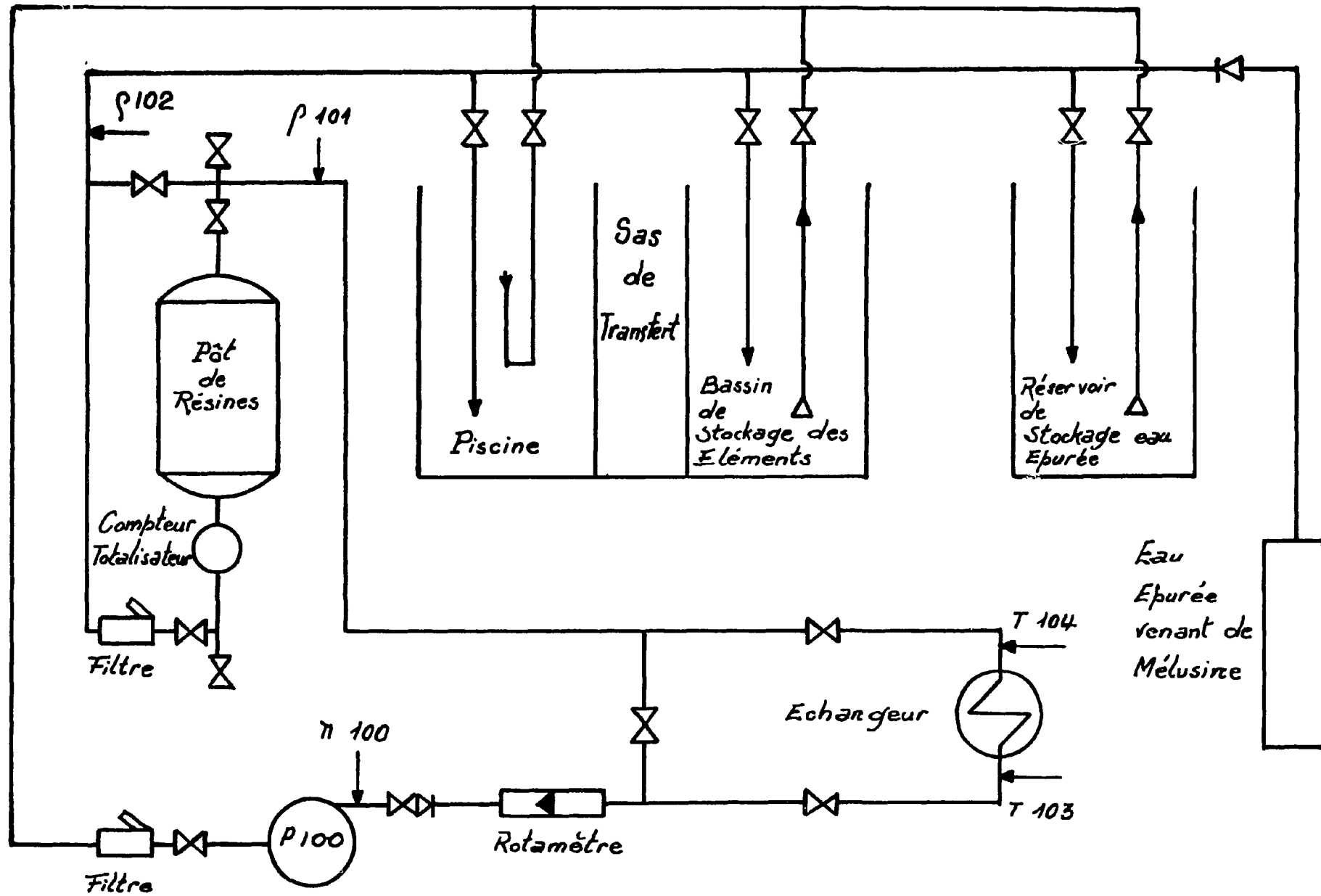


Fig. C

DESIGNATION	COTE CALANDRE	COTE FAISCEAU
Fluides	Eau déminéralisée	Eau industrielle
Débit	8 m <sup>3</sup> /h	15 m <sup>3</sup> /h
<u>Températures</u>		
entree	32°C	12°C
sortie	21,2°C	17,7°C

c/ Un échangeur d'ions

bac cylindrique vertical :  $\phi = 550$  mm  $h = 1\ 500$  mm

volume des résines : 250 l

dont résine cation 80 l et résine anion 170 l.

d/ Un appareillage divers

- deux filtres, un à l'amont, l'autre à l'aval du circuit, arrêtent les produits dont la granulométrie est supérieure à 100 microns.

- un indicateur de pression ( $\pi$  100) local au refoulement de la pompe

- un rotamètre

- deux prises de résistivité, l'une à l'amont, l'autre à l'aval de l'échangeur d'ions avec possibilité d'enregistrement sur un enregistreur 2 voies placé sur le tableau de commande de la pompe (P 100).

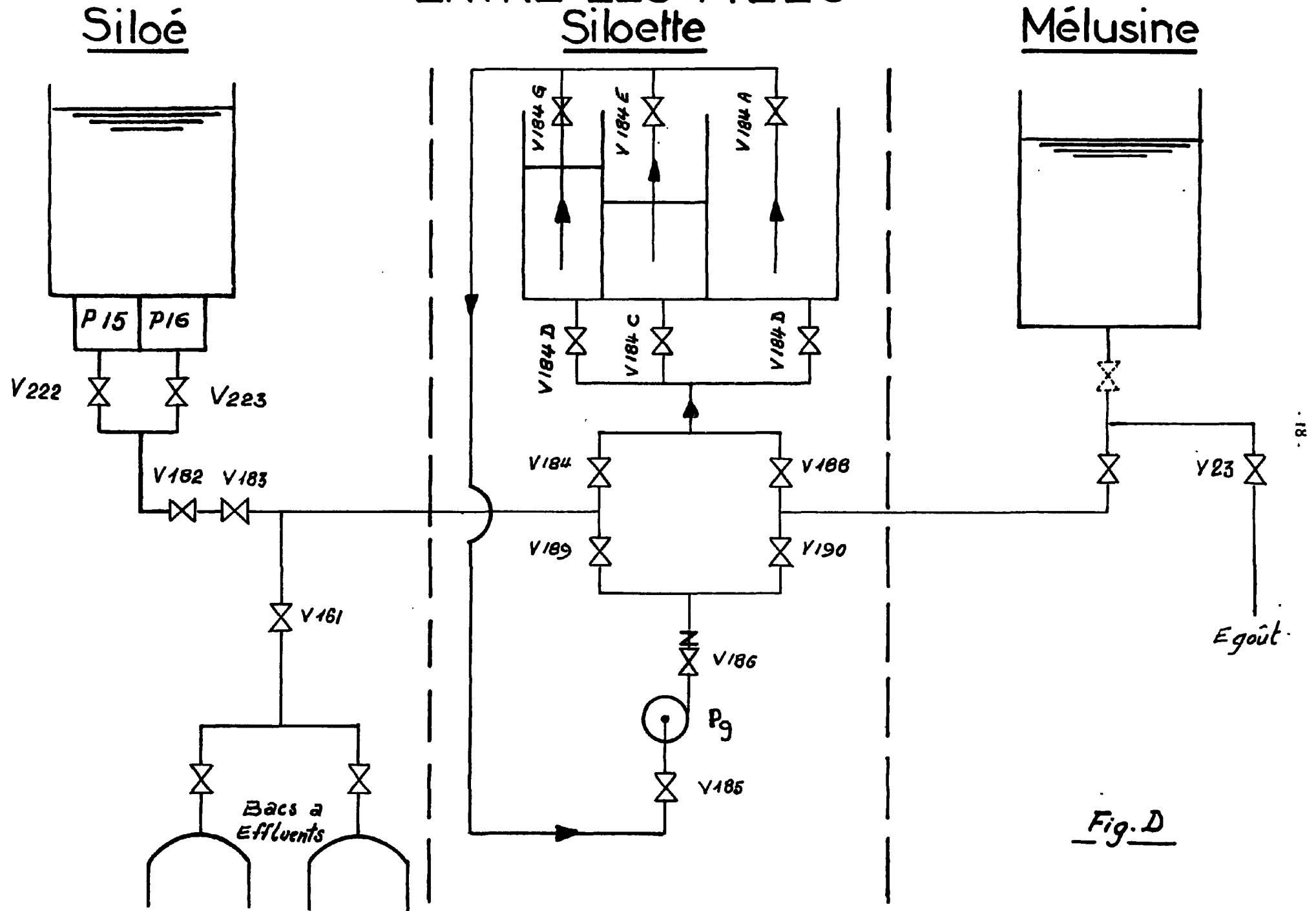
- deux thermomètres T 103 et T 104 gradués de -10° à + 100°C, placés respectivement à l'entrée et à la sortie de l'échangeur.

- un compteur totalisateur à la sortie du pot de résines.

L'eau à épurer est prélevée au fond des bassins à l'exception de la piscine où elle est prélevée à la partie supérieure. Le schéma de principe est facile à suivre sur la Fig. C.

Toutes les commandes de vannes sont manuelles, la commande de la pompe se fait localement. Une signalisation d'état de cette dernière est prévue au bandeau du pupitre.

# SCHEMA DU CIRCUIT DE TRANSFERT ENTRE LES PILES



Une installation de transport hydraulique des résines entre **SILOETTE** et l'installation de régénération commune à **MELUSINE** et **SILOE** sera mise en place ultérieurement.

### 3.2.2. Circuit de transfert (Fig. D)

Ce circuit permet :

- les mouvements d'eau à l'intérieur de chaque bassin de **SILOETTE** (piscine, sas de transfert, bassin de stockage des éléments, réservoir de stockage eau épurée.)
- les mouvements d'eau entre ces différents bassins
- la liaison de chaque bassin avec les piles **MELUSINE** et **SILOE**
- l'envoi d'eau vers les cuves à effluents de **SILOE**.

Il comprend essentiellement :

- a/ une pompe (P9)      débit : 100 m<sup>3</sup>/h  
                                 hauteur manométrique engendrée : 13 m CE  
                                 puissance absorbée : 8,2 CV  
                                 puissance du moteur : 10 CV

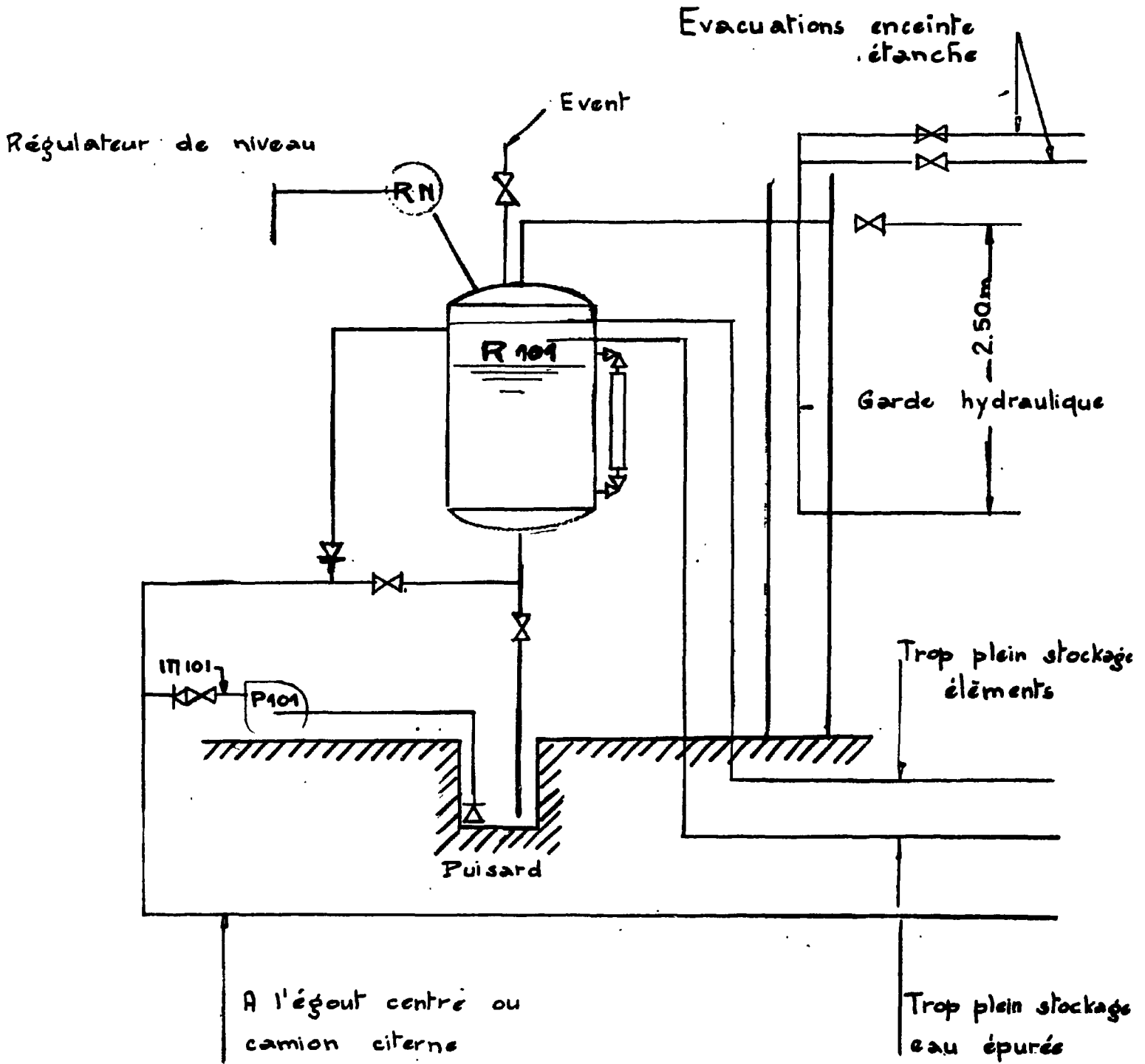
b/ l'appareillage suivant :

2 manomètres ( $\pi$  9 et  $\pi$  9 bis) installés respectivement à l'amont et à l'aval de la pompe P9.

Toutes les commandes de vannes sont manuelles, la commande de la pompe P9 se fait localement au niveau -2. Un arrêt automatique de cette dernière est provoqué par un niveau "haut" du bac tampon (cf. § 3.23).

Le fonctionnement de l'installation et les possibilités de fausse manoeuvre ont fait l'objet d'une étude particulière [ 5 ] Signalons que cette étude avait fait apparaître la nécessité d'une vanne supplémentaire sur la liaison circuit primaire de **MELUSINE** - circuit de transfert Cette vanne (V 6 B) a été installée.





- Fig E -

### 3 2 3. Circuit de trop-pleins et d'eaux usés (Fig. E)

Les eaux usées et les trop-pleins des divers bassins aboutissent à un bac tampon (R 101) de 2 m<sup>3</sup>, avant d'être rejetées par gravité dans les égouts. Les écoulements en provenance de l'enceinte étanche passent par l'intermédiaire d'une garde hydraulique de 2,50 m alimentée en eau industrielle.

Le bac tampon est équipé d'une garniture de niveau et d'un contacteur de niveau Magnétron. Ce dernier (niveau " haut ") provoque l'arrêt de la pompe P9 et déclenche une alarme locale. Cette alarme est reportée également au pupitre de contrôle.

Les purges des différents collecteurs et appareils sont réunies dans un puisard dont les eaux sont relevées et envoyées à l'égout au moyen d'une pompe de puisard ( P 101 ) d'un débit de 5 m<sup>3</sup>/h. Bac tampon, garde hydraulique, puisard et pompe sont installés au niveau -2.

## 3.3. VENTILATION

### 3.3.1. Généralités

Seul le hall pile du MNP est ventilé en ventilation forcée, cette installation assure :

- le conditionnement de l'air : 6 renouvellements heure, chauffage en hiver, réfrigération en été.
- la mise en dépression de l'enceinte par rapport à l'extérieur, la dépression est réglée à 10 mm d'eau.
- la filtration de l'air extrait de l'enceinte.
- la possibilité d'isoler l'enceinte après accident et de la dégonfler progressivement.

Les installations de ventilation sont rassemblées dans un local accolé à l'enceinte étanche au niveau + 4 et accessible à partir du bâtiment bureaux.

# CIRCUIT DE VENTILATION

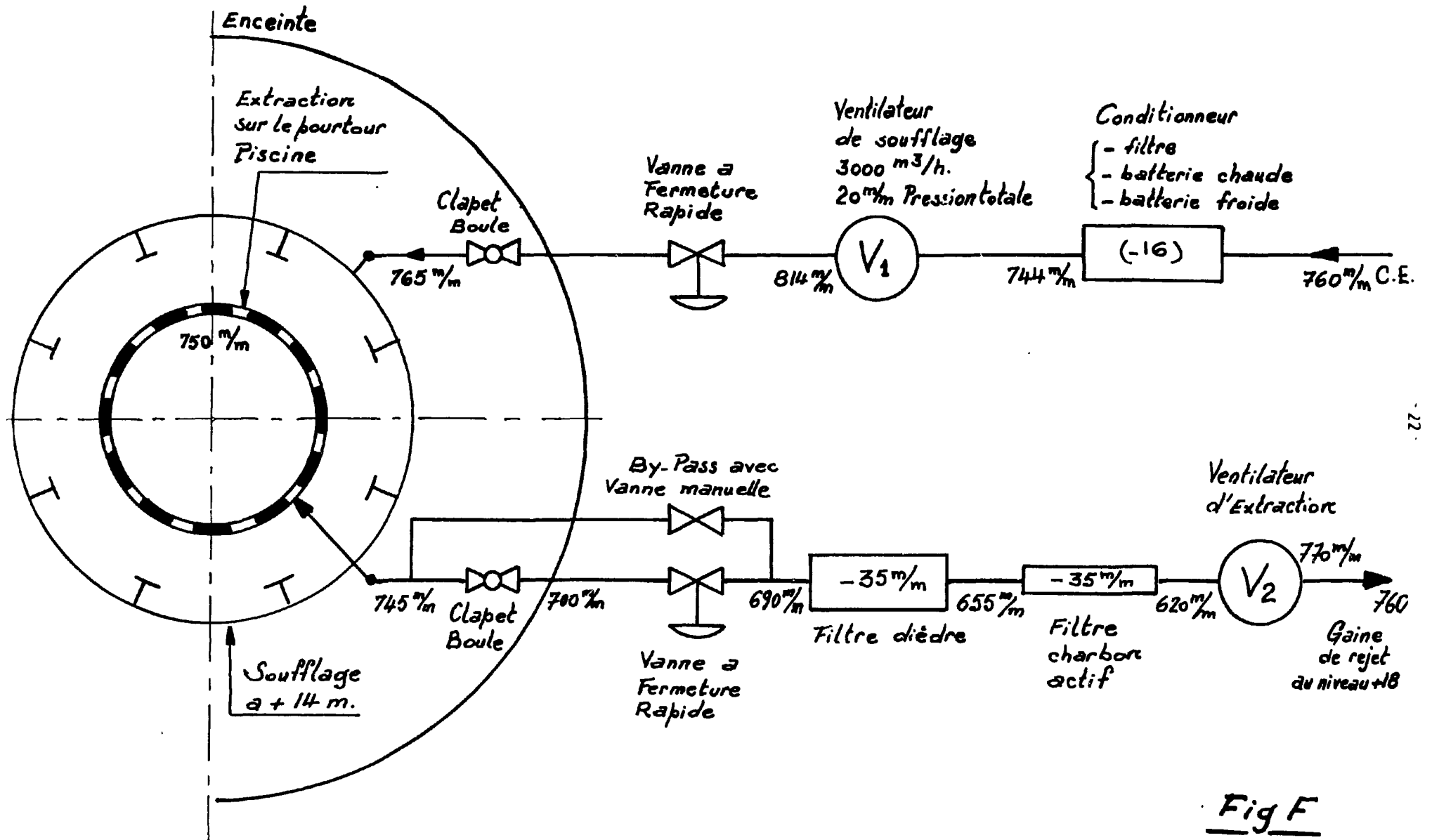


Fig F

### 3 3 2. Description (Fig. F)

Les installations de ventilation comprennent une station d'admission d'air :

- . Conditionneur avec filtre, batterie froide, batterie chaude
- . Registre manuel de réglage
- . Ventilateur d'admission
- . Vanne à fermeture rapide : fermeture en 1 seconde.

Une station d'extraction d'air :

- . Vanne à fermeture
- . Ventilateur d'extraction débit
- . Filtre à dièdres amiante d'efficacité 99,99 % de pouvoir d'arrêt pour des particules de 0,1
- . Filtre à iode d'efficacité 99,9 %.

Un réseau très simplifié de gaines assure le soufflage et la reprise de l'air dans l'enceinte.

Deux clapets du type "à boule" sont installés sur les gaines de ventilation dans l'enceinte après la vanne d'admission et avant la vanne d'extraction.

Un clapet de ce type est réalisé par une boule creuse en acier inox placée à l'intérieur de deux troncs de cônes opposés par la base. En position de repos, cette boule se trouve dans la partie basse de deux cônes. Lorsque la vitesse de l'air dépasse une certaine valeur, elle entraîne la boule qui va s'appuyer sur l'un des deux cônes assurant une obturation relative de la gaine.

La boule retombe dès qu'elle n'est plus appuyée par la pression de l'air.

La vanne et le clapet d'extraction sont by-passés par un tuyau de faible diamètre formé d'une vanne manuelle. Une cheminée extérieure rejette l'air au niveau du toit de l'enceinte.

La manutention du filtre à dièdres se fait par palan et sa sortie est prévue dans le local des physiciens.

Aucune protection biologique n'est installée autour du filtre.

Le débit des ventilateurs est de 3000 m<sup>3</sup>/h, leur charge est de 70 et 150 mm d'eau.

Les vannes à fermeture rapide sont des vannes type papillon commandées par vérin pneumatique.

### 3.3.3. Fonctionnement normal

L'ensemble de l'installation est commandé depuis un tableau du local ventilation.

La mise en route normale se fait dans l'ordre :

- Ventilateur d'extraction  $V_2$
- Vanne d'extraction  $E_2$
- Vanne d'admission  $E_1$
- Ventilateur d'admission  $V_1$

Un verrouillage empêche l'ouverture de  $E_2$  si  $V_2$  n'est pas en marche. En outre la fermeture de  $E_2$  est assurée automatiquement par un pressostat différentiel si la pression à l'intérieur de l'enceinte est supérieure à la pression atmosphérique ce qui est possible au démarrage de l'installation. Il est donc nécessaire d'appuyer sur le bouton ouverture de  $E_2$  pendant quelques secondes. Dès que la dépression est effective, on peut lâcher le bouton.

L'ouverture de  $E_1$  est faite ensuite sans difficulté, puis la mise en route de  $V_1$  qui est verrouillé par l'ouverture de  $E_1$ .

L'arrêt de l'installation se fait dans l'ordre inverse. Une fausse manoeuvre est sans importance :

- la fermeture de  $E_1$  entraîne l'arrêt de  $V_1$  et augmente simplement la dépression dans l'enceinte jusqu'à 150 mm d'eau, ce qui est sans danger. Les opérateurs sont avertis dès que la dépression dépasse 20 mm d'eau.

L'enceinte peut supporter une dépression de 400 mm d'eau.

La soupape casse-vide est tarée à 250 mm d'eau.

La fermeture de  $E_2$  entraîne dès que la dépression cesse la fermeture de  $E_1$  et l'arrêt de  $V_1$ .

L'arrêt de  $V_2$  entraîne la fermeture de  $E_2$ .

La dépression de 10 mm est réglée par le registre manuel installé à l'admission. Elle est contrôlée sur un manomètre différentiel. Cette dépression risque d'évoluer dans le temps. Si elle devient nulle, les vannes se ferment automatiquement. Si elle dépasse 20 mm, le voyant "Dépression normale" s'éteint sur le tableau de commande du local ventilation. Ce voyant est reporté au pupitre de contrôle général.

Un autre manomètre différentiel permet de contrôler l'état de colmatage du filtre d'extraction et de détecter une éventuelle crevaision.

## 4 ACCIDENTS POSSIBLES

Certains de ces accidents : fermeture intempestive de vannes ou arrêt intempestif de ventilateurs ont été examinés plus haut.

### Panne d'alimentation électrique

L'installation de ventilation est alimentée par le réseau secouru. Elle sera donc réalimentée rapidement (interruption de courant 1,6 sec) par les Diesel du Centre. Toutefois, la courte interruption de courant aura arrêté l'installation qui est autocontrôlée. Elle devra être remise en route.

### Panne d'alimentation en air comprimé.

Les vannes ne peuvent être manoeuvrées à distance. Elles peuvent évidemment toujours être manoeuvrées sur place par leur commande manuelle mais la sécurité n'est plus assurée. Pour éviter cette situation, un pressostat assure la fermeture automatique des vannes lorsque la pression d'air comprimé atteint 3 kg/cm<sup>2</sup>, pression à laquelle il est encore possible de les manoeuvrer. Toute l'installation de ventilation s'arrête.

### Accidents de la pile

Ces accidents peuvent entraîner une activité de l'air extrait sans surpression, ou avec surpression.

Des chambres d'ionisation installées sur la gaine d'extraction avant et après les filtres assurent en cas d'activité anormale de l'air extrait la fermeture des vannes E<sub>1</sub> et E<sub>2</sub> s'il n'y a pas surpression.

S'il y a surpression, le manostat différentiel ordonne aussi la fermeture des vannes.

Dans ces deux cas, V<sub>1</sub> s'arrête, E<sub>1</sub> et E<sub>2</sub> se ferment, V<sub>2</sub> reste en marche.

Cette surpression dans le cas de SILOETTE peut atteindre 2 500 mm d'eau. Il a été supposé que cette surpression pouvait s'établir instantanément, ou du moins dans un temps court vis-à-vis du temps de fermeture des vannes (1 seconde)

Il faut donc protéger contre la surpression le caisson des filtres, le conditionneur, le manomètre différentiel. On risque en effet une rupture des filtres qui supportent au maximum une pression de 500 mm d'eau, une rupture du conditionneur avec inondation du local ventilation, une mise hors service du manomètre différentiel qui seul permet de contrôler l'état de pression dans l'enceinte après dégonflage. Ce manomètre supporte au maximum 50 mm d'eau.

Le manomètre est protégé par la fermeture d'une électrovanne actionnée par un pressostat. Les filtres et le conditionneur sont protégés par les clapets à boule qui s'appliquent sur leur siège pour 500 mm d'eau à l'extraction, 150 mm d'eau à l'admission. Les vannes se ferment ensuite.

Le dégonflage de l'enceinte est alors permis par le by-pass d'extraction qui laisse passer un débit d'air toujours inférieur au débit nominal si la surpression reste inférieure à 2500 mm d'eau. Dès que la surpression devient inférieure à 50 mm d'eau, (vérifié au manomètre différentiel qui est alors remis en service), il est possible d'ouvrir la vanne E<sub>2</sub>, le ventilateur V<sub>2</sub> qui n'a pas été arrêté remet l'enceinte en dépression avec un débit égal à celui des fuites (de l'ordre de 10 m<sup>3</sup>/jour).

Le "Scramm ventilation" peut être commandé depuis le pupitre de contrôle qui dispose d'une signalisation d'état des vannes E<sub>1</sub> et E<sub>2</sub> et des ventilateurs V<sub>1</sub> et V<sub>2</sub>. Une commande de ce scramm est reportée à MELUSINE.

**Accidents de la pile doublé d'un mauvais fonctionnement des vannes à fermeture rapide**

Les vannes à fermeture rapide sont des organes sûrs qui doivent en outre faire l'objet d'une surveillance suivie et d'un essai hebdomadaire. Il n'est toutefois pas strictement impossible qu'elles ne se ferment pas au cours d'un accident. Deux cas sont possibles selon que c'est la vanne E<sub>1</sub> ou la vanne E<sub>2</sub> qui ne se ferment pas.

**1er Cas :**

la vanne d'admission E<sub>1</sub> ne se ferme pas. Dans ce cas, le ventilateur V<sub>1</sub> ne s'arrête pas car son arrêt est commandé par la fin de course fermé de la vanne E<sub>1</sub>.

Si la surpression est inférieure à 70 mm d'eau, la puissance de V<sub>1</sub> est suffisante pour empêcher la sortie d'air par l'admission.

Si la surpression est supérieure à 150 mm d'eau, le clapet à boule obture la gaine d'admission et limite à une valeur très faible la perte d'air.

Il est impossible d'assurer avec certitude pour le clapet à boule et a fortiori pour tout autre clapet une fermeture pour une surpression inférieure à 150 mm. Entre 70 et 150 mm, la fermeture du clapet est incertaine et un risque de sortie d'air par les gaines d'admission existe avec filtration grossière par le filtre d'entrée. Le caisson de conditionnement ne sera pas endommagé par cette surpression.

Il semble préférable dans ce cas de limiter le débit de fuite par l'admission en laissant E<sub>2</sub> ouvert et V<sub>2</sub> en service.

2eme Cas :

la vanne d'extraction  $E_2$  ne se ferme pas.

Dans ce cas, si la surpression est inférieure à 500 mm d'eau, l'extraction se fait normalement avec un débit inférieur à trois fois le débit nominal. Les filtres résistent à ce débit et leur pouvoir filtrant est presque inchangé.

Si la surpression est supérieure à 500 mm d'eau, le clapet à boule se ferme et le dégonflage se fait par le by-pass.

Le retard de fermeture ou même la non fermeture de  $E_2$  n'entraînent pas de conséquences graves.

Par contre, nous avons vu que la non fermeture de  $E_1$  était plus grave et que les dangers en étaient réduits si la non fermeture de  $E_1$  entraînait la non fermeture de  $E_2$ . L'installation est donc réalisée de façon à ce que le scamm ventilation commande la fermeture de  $E_1$  dont le contact de fin de course fermeture entraîne l'arrêt de  $V_1$  et la fermeture de  $E_2$ .

### 3.4. ELECTRICITE

#### 3.4.1. Alimentation

SILOETTE est alimentée en 380 V/triphasé neutre sorti à partir de l'installation BT de SILOE par deux départs :

- 80 kVA sur le jeu de barres  $U_1$  (secourues par le diésel)
- 80 kVA sur le jeu de barres  $U_2$

#### 3.4.2. Principe de la distribution - Bilan de puissance (Fig. G)

- La ligne de 80 kVA secourue alimente l'armoire de ventilation, le tableau d'éclairage, un coffret de regroupement divers, et par l'intermédiaire d'un transformateur 380/220/127 V 30 kVA, l'installation de contrôle et les coffrets " laboratoire " (partie secourue)

- L'autre ligne de 80 kVA alimente les coffrets " laboratoire " (partie non secourue) le matériel de manutention (monorail 12 T, poutre roulante, monte-charge), les pompes P 100, P 101 et P 9.

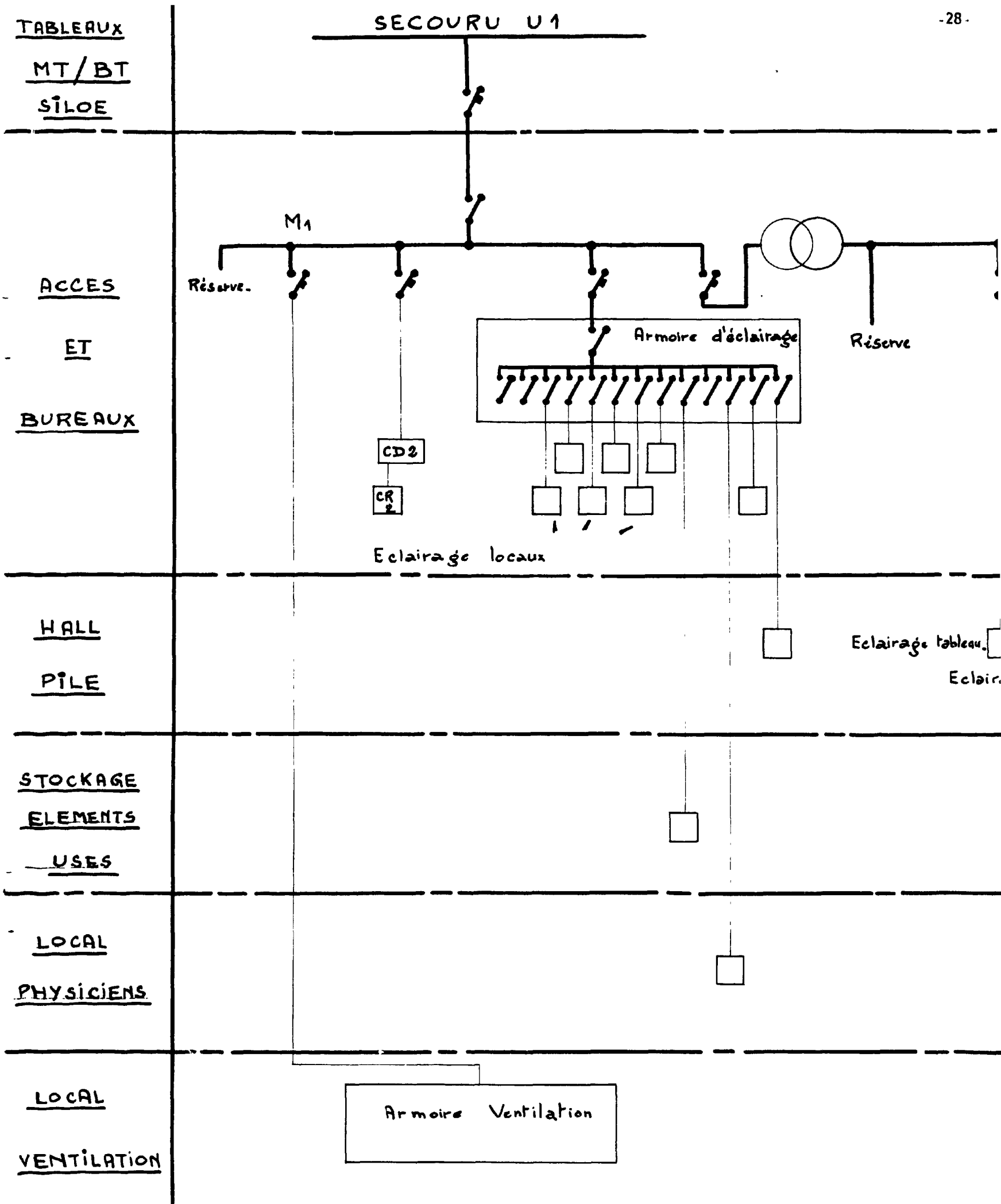
Le bilan de puissance s'établit comme suit :

. Jeu de barres secourues  $M_1$

- Ventilation : 12 kVA
- Eclairage : 13 kVA

.. / .





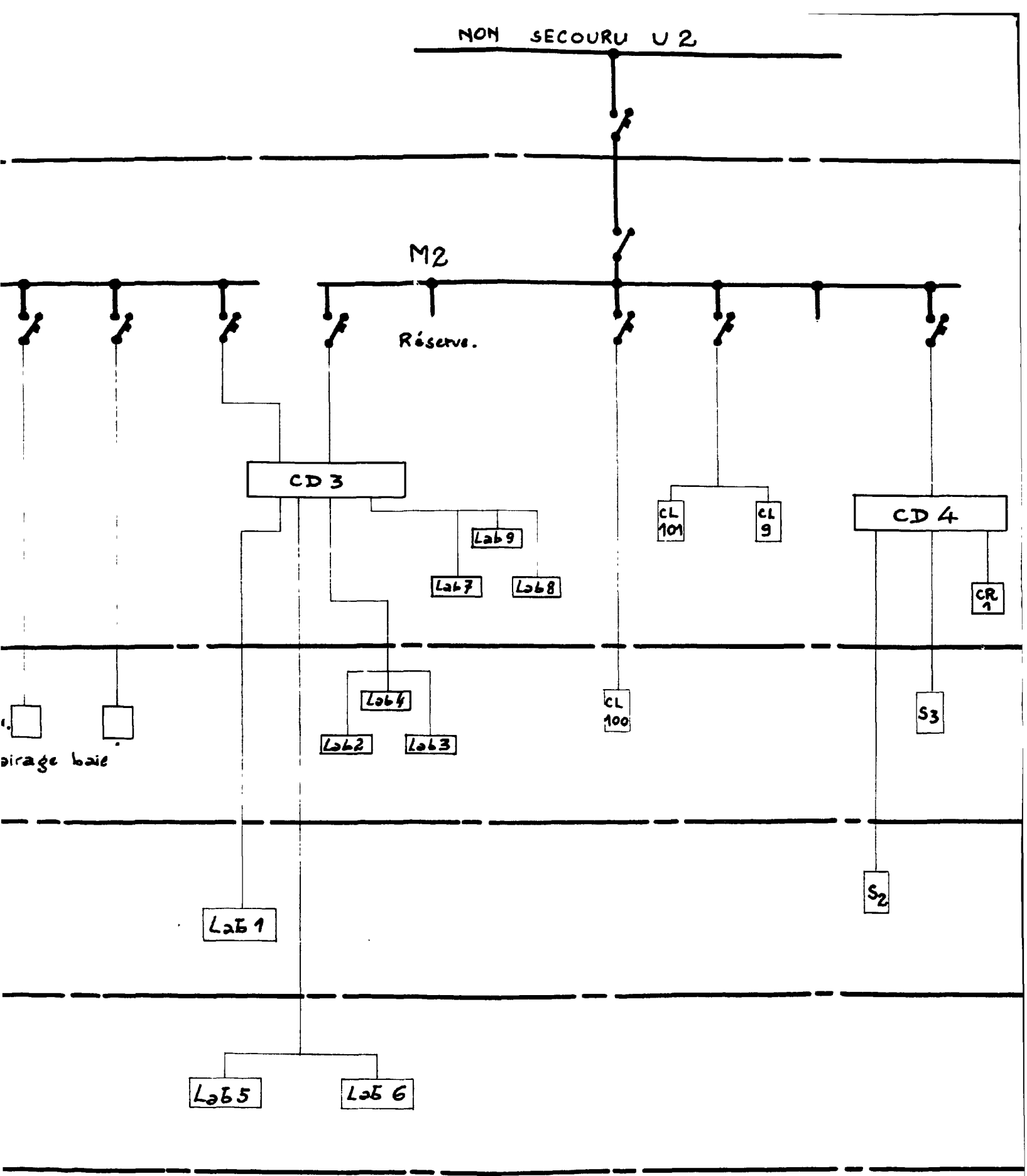


Fig. 9.



Contrôle : 5 kVA  
Coffrets de  
laboratoire : 30 kVA (puissance absorbée)  
Divers : 10 kVA

Jeu de barres non secourues M 2

Coffrets laboratoire : 35 kVA (puissance absorbée)

Manutention : 30 kVA

Pompes diverses : 15 kVA

### 3.4.3. Description de l'installation

3.4.3.1. Un tableau principal de distribution placé au niveau .2 du bâtiment bureaux groupe les arrivées en provenance de SILOE , les départs vers les circuits de distribution, l'armoire d'éclairage.

3.4.3.2. Des coffrets de regroupement au nombre de 4 groupent sur un seul départ plusieurs appareils ayant des fonctions analogues :

- coffret CD1 niveau + 4 bâtiment bureaux concernant le conditionnement de l'air
- coffret CD2 niveau + 7 bâtiment bureaux pour le sas
- coffret CD3 niveau + bâtiment bureaux pour les coffrets " laboratoire "
- coffret CD4 niveau + bâtiment bureaux pour le matériel de manutention.

3.4.3.3. Des coffrets de commande locale assurent la protection, la signalisation et la commande des récepteurs qu'ils contrôlent.

- . CL1 niveau + 4 bâtiment bureau - Commande locale de la ventilation
- . CL2 niveau + 10 - hall étanche - Répartiteur contrôle
- . CL3 , CL4 , CL5 , niveau + 7 bâtiments bureaux et hall étanche - Commande du sas
- . CL9 niveau -2 bâtiment bureaux - Commande pompe transfert P 9
- . CL 100 niveau .2 bâtiment bureaux - Commande pompe puisard P 101

S<sub>2</sub> niveau + 4 bassin stockage éléments usés . Commande du monorail de 12 T

S<sub>3</sub> niveau + 10 hall étanche . Commande de la poutre roulante.

3.4.3.4. Des coffrets " laboratoire " du même type que ceux de SILOE sont disposés aux endroits suivants :

- Coffret LAB 1 - niveau + 4 bassin stockage éléments usés
- coffret LAB 2 . LAB 3 - niveau + 7 hall étanche
- coffret LAB 4 . . . . . niveau + 10 hall étanche
- coffret LAB 5 . LAB 6 - niveau - 1 local physiciens
- coffret LAB 7 . LAB 8 - niveau + 4 bâtiment bureaux
- coffret LAB 9 . . . . . niveau + 7 bâtiment bureaux.

Chaque coffret reçoit deux sources :

. une source non secourue : 380 V . 50 Hz ( 3 . 16 A )

. une source secourue : 220 V . 50 Hz ( 3 . 16 A )

12 prises 220 - 127 V ( 10 A )

La puissance installée par coffret est considérable, toutefois compte tenu du coefficient d'utilisation probable, il est prévu de ne pas dépasser : 35 kVA sur le réseau non secouru,  
30 kVA sur le réseau secouru.

3.4.3.5. L'éclairage est réalisé en majeure partie par tubes fluorescents dont l'alimentation est faite sous 220 V pris entre phase et neutre. Les prises de courant sont alimentées par ce réseau. Il n'est pas prévu d'éclairage de secours, l'éclairage normal étant secouru au bout de 1,6 sec en cas de défaillance du secteur.

3.4.3.6. Deux circuits de masse indépendants existent :

- un circuit de masse " physiciens " destiné essentiellement à servir de connexion équipotentielle
- un circuit de masse des appareils.



Ensemble des tabourets du coeur et du mur de plomb de protection des chambres

### 3.5. COEUR ET MECANISMES DE COMMANDE DES BARRES

#### 3.5.1. Caractéristiques générales

- Type : piscine, hétérogène
- Modérateur : eau ordinaire déminéralisée
- Puissance maximum de fonctionnement : 100 kW
- Flux thermique à 100 kW : environ  $10^{12}$  neutrons / (cm<sup>2</sup>) (sec)
- Combustible : Uranium enrichi à 90 %
- Refroidissement : convection naturelle.

3.5.2. Les éléments constitutifs du coeur et la grille support de ces derniers sont identiques à ceux de SILOE. Pour plus de détails, on se reportera avantagement au chapitre II du Rapport de Sûreté de SILOE [4] p. II-6 à II-10.

La grille du coeur est supportée par un tabouret en AG3 net (Fig. H) fixé au fond de la cuve par l'intermédiaire de 4 pieds. Ces pieds sont munis de vis calantes d'un modèle analogue à celles du tabouret de MEL. II. Elles permettent d'ajuster le niveau de la grille.

Les chambres neutroniques sont supportées par un tabouret également en AG3 net (Fig. J) accolé au tabouret précédent sur un côté. Un mur de plomb (Fig. K) d'épaisseur 15 cm assure la protection des chambres. Ce mur d'un poids total d'environ 1 400 kg est en trois parties pour des facilités de manutention. La position des chambres sur ce tabouret est réglable.

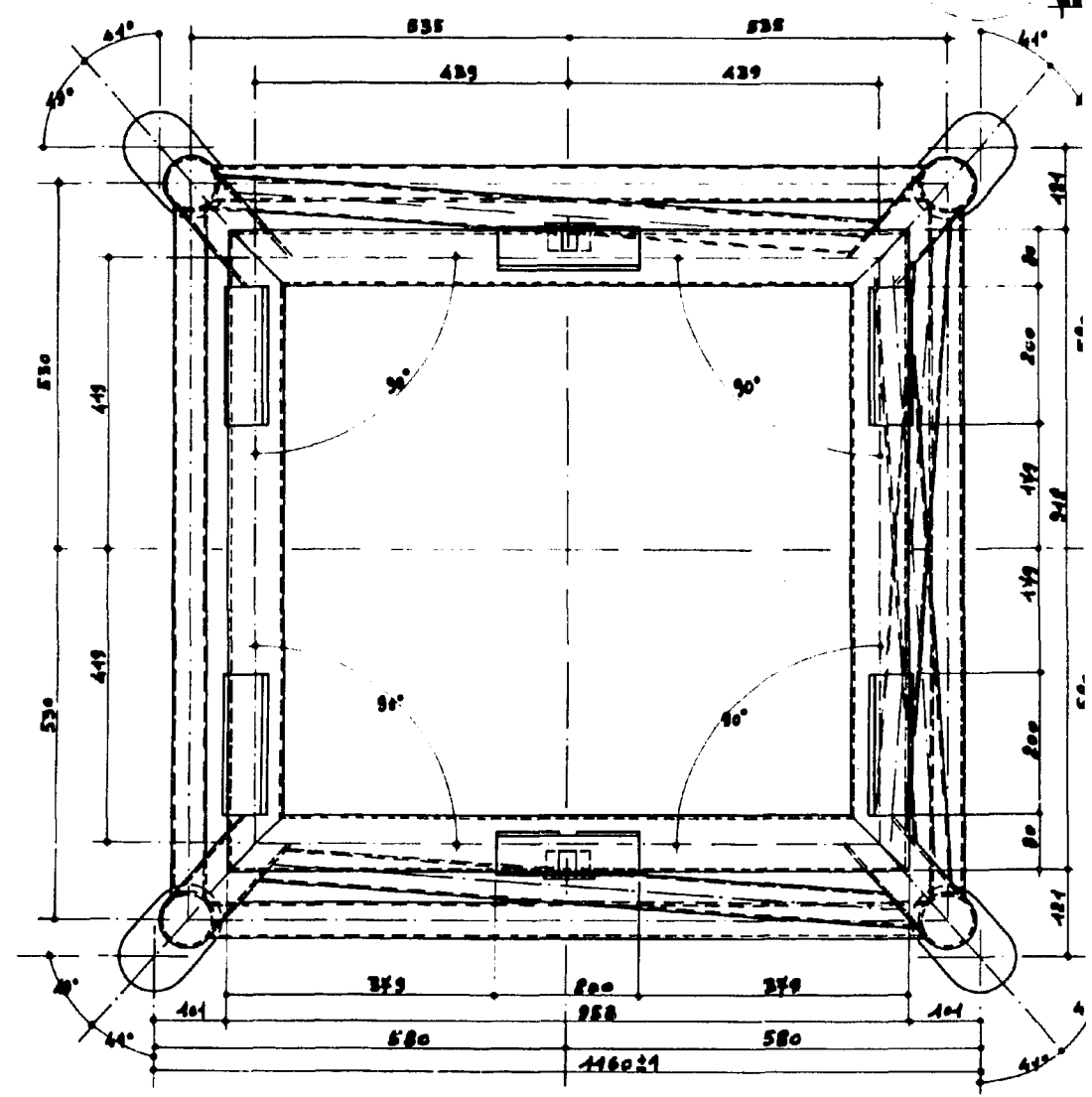
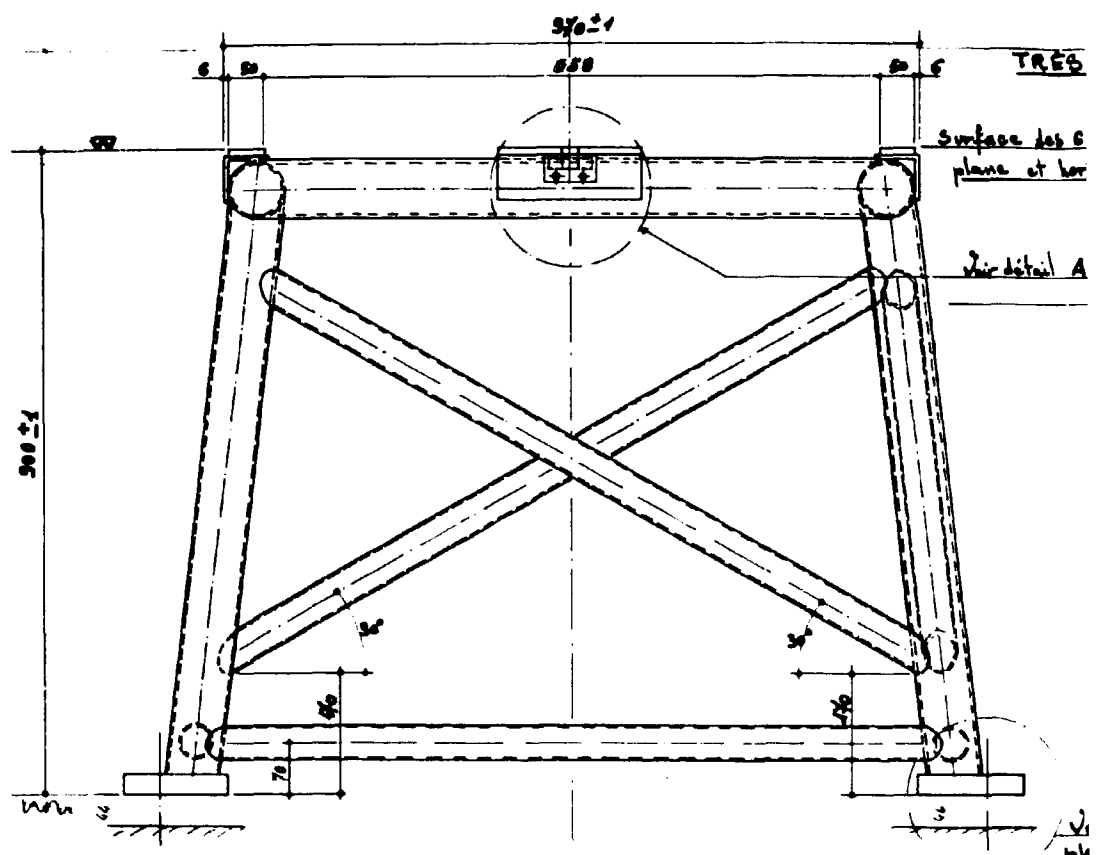
#### 3.5.3. Barres de contrôle

Par rapport à MELUSINE II et SILOE, le bilan de réactivité est inchangé. Rappelons que, contrairement à SILOE, les barres de contrôle ne sont pas banalisées ; il y a 5 barres de compensation sécurité en moyenne de 2 700 pcm chacune et une barre de pilotage de 500 pcm environ.

On ne monte en principe qu'une barre de compensation-sécurité à la fois. La vitesse d'introduction de réactivité, pour une barre de contrôle, est de 5 pcm/sec. Il est matériellement possible de monter simultanément 2 barres.







**ES IMPORTANT**

56 bragues parfaitement horizontales

A duplex n: 263

Voir détail B du plan n: 263

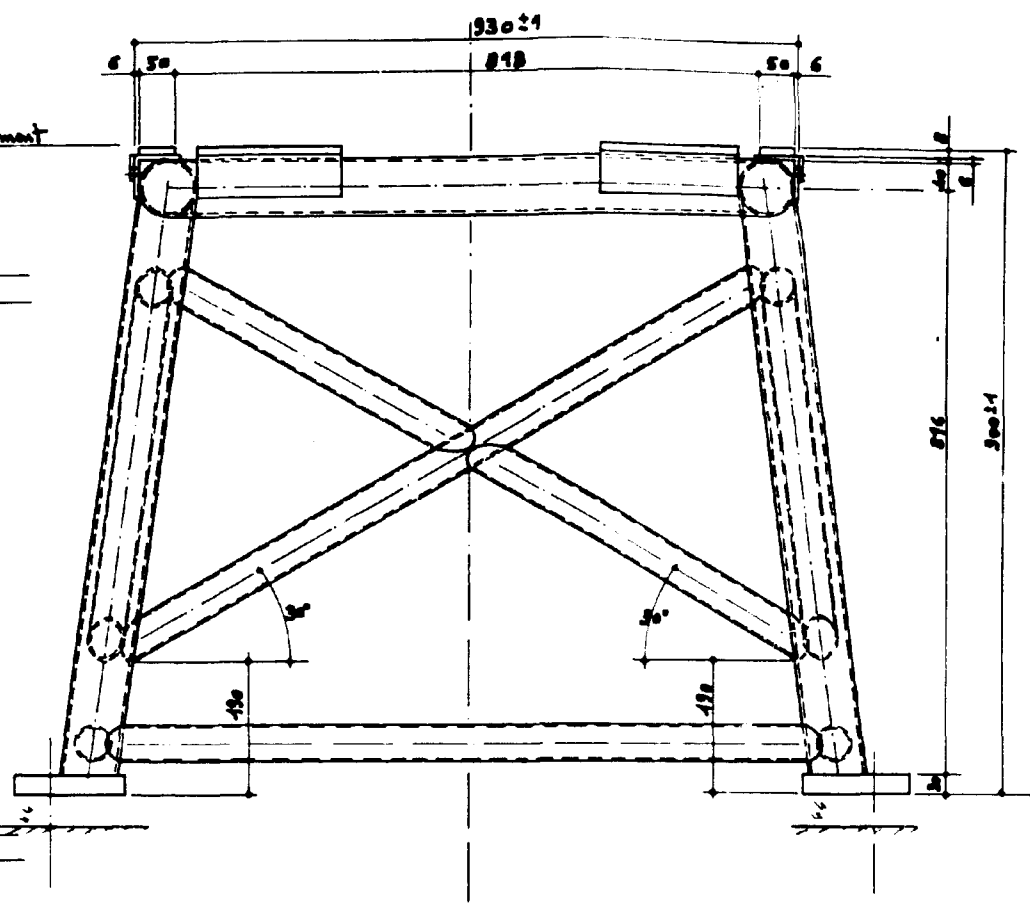
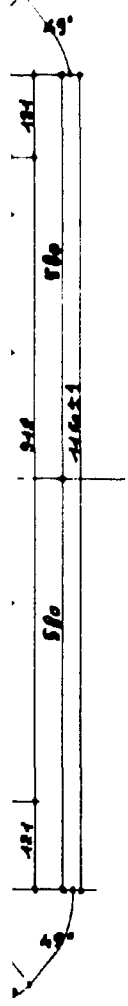
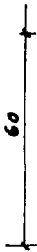
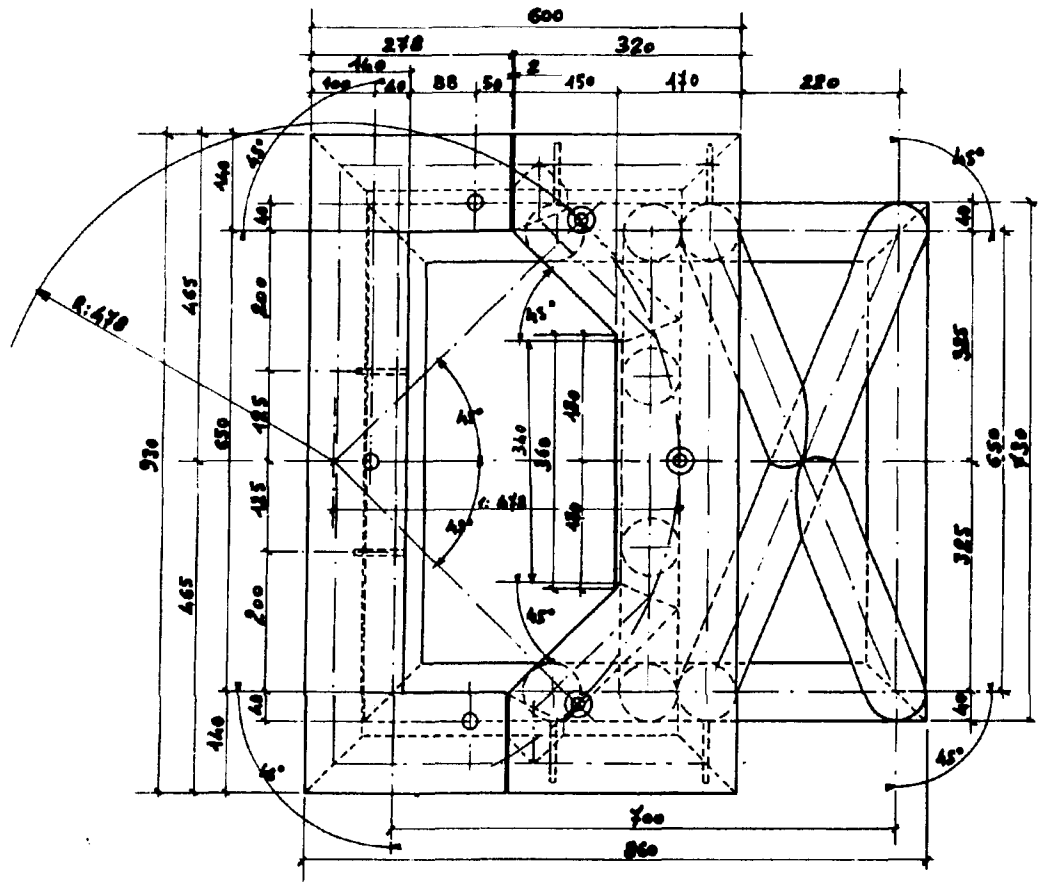
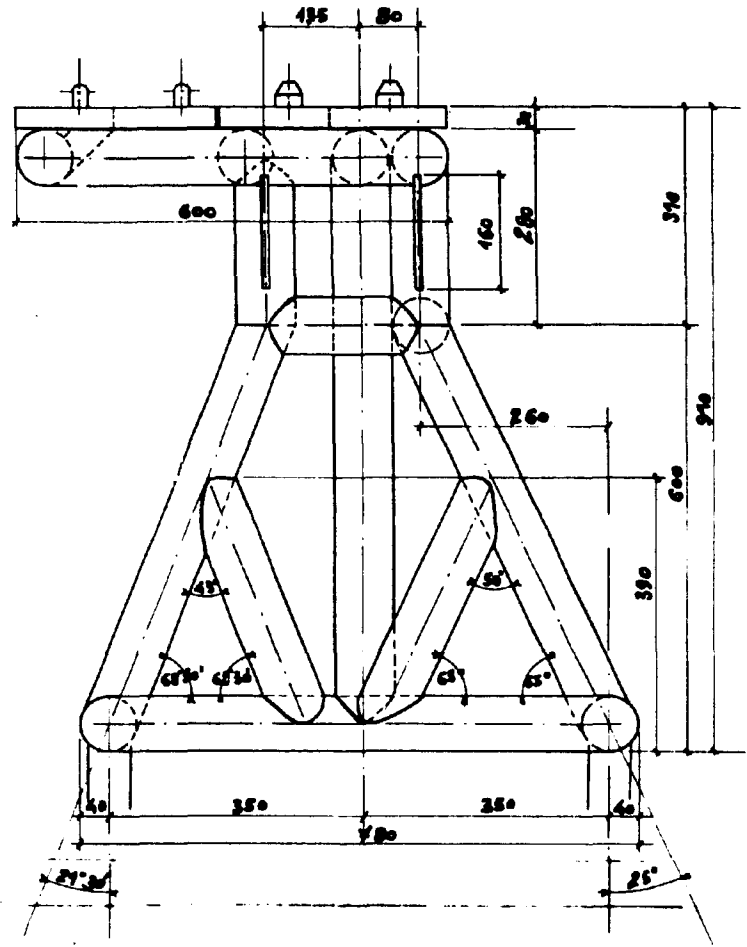


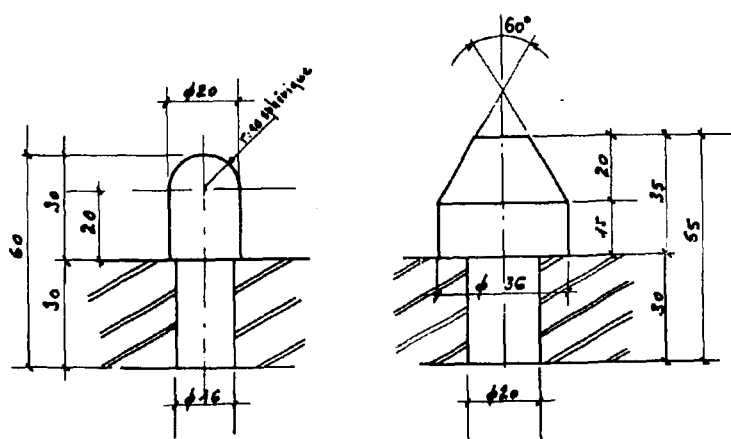
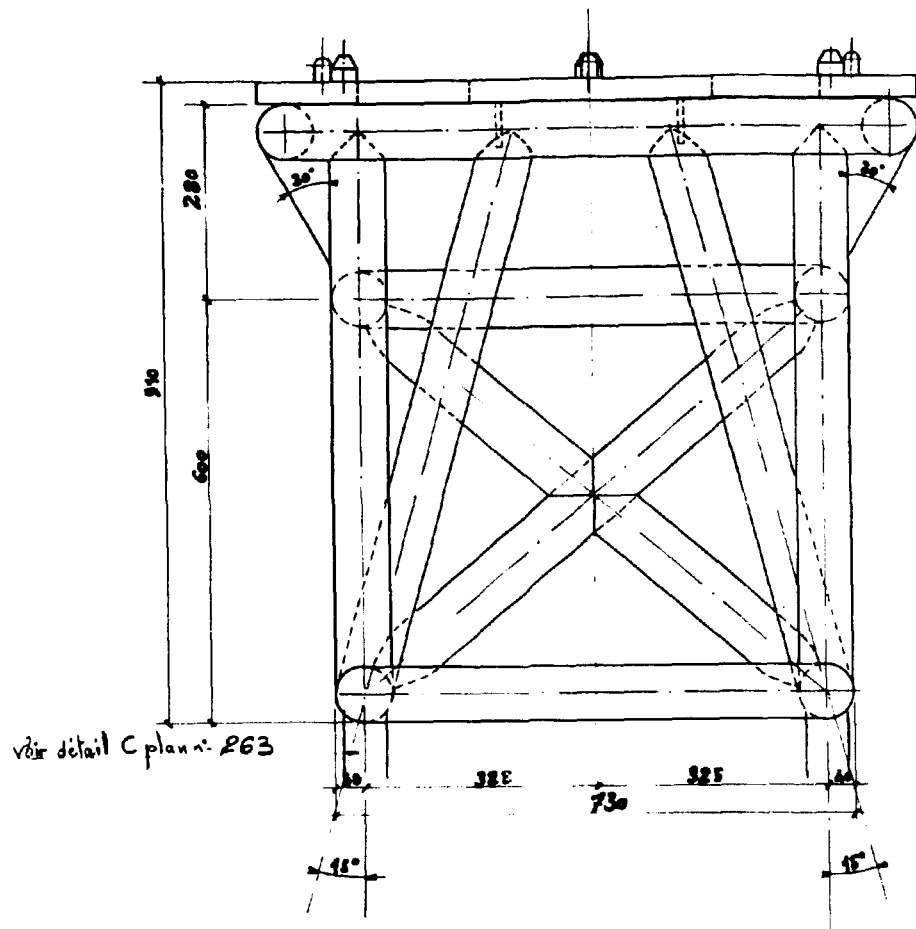
Fig. H

Ensemble assemblé, bonne présentation.



22				
21				
20				
19				
18				
17				
16				
15				
14				
13				
12				
11				
10				
9				
8				
7				
6				
5				
4				
3				
2				
1				
Représentation	Dimension	Désignation matière	Autr	Observation
				Métal
				Traitement
				Finition
				Poids
				Tolérances g <sup>l</sup>
Date	Représentation	Désignations	Vues	~ Surfaces brutes
Modifications				~ Surfaces usinées
COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE				~ Surfaces usinées
CENTRE D'ETUDES NUCLEAIRES DE GRENOBLE				~ Surfaces usinées
Pièce: TABOURET COEUR				~ Surfaces usinées
ENSEMBLE: 'SILOETTE'				~ Surfaces usinées
Ech: 1/5 EPI 261				~ Surfaces usinées
Reproduction interdite sans autorisation (loi du 11 Mars 1957)				~ Surfaces usinées
Date: 1963				~ Surfaces usinées

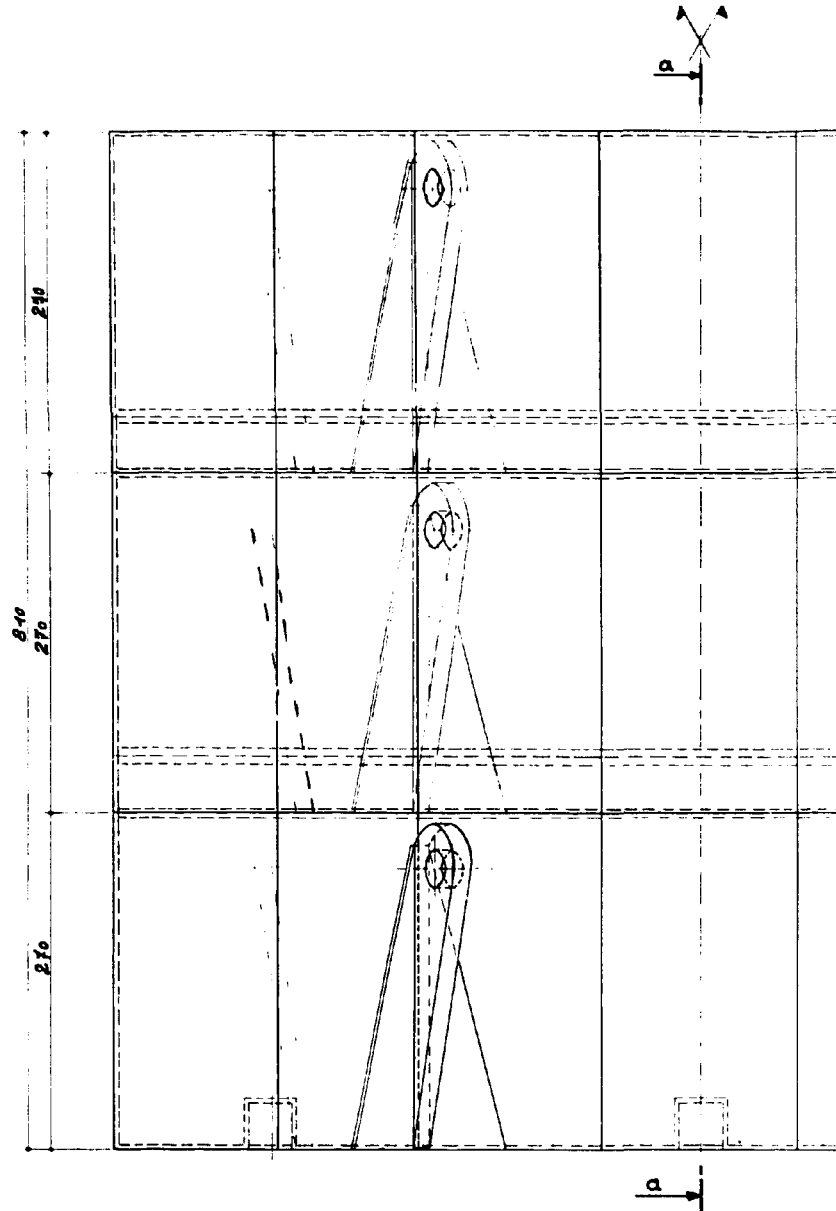
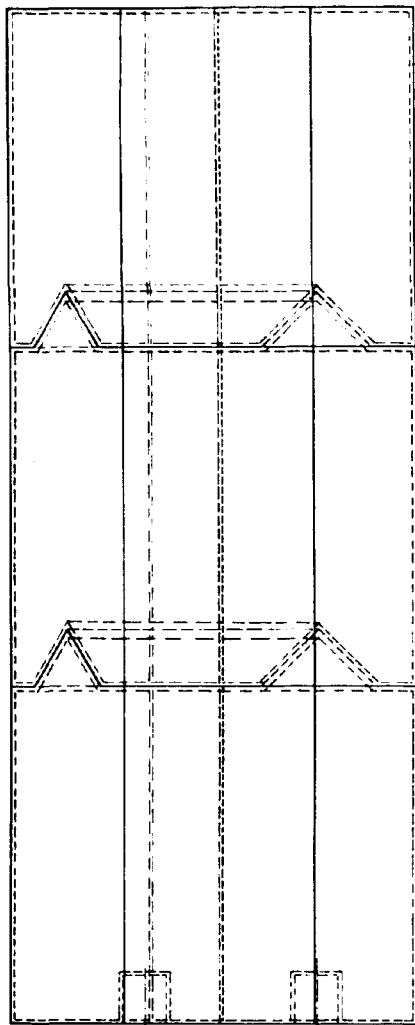




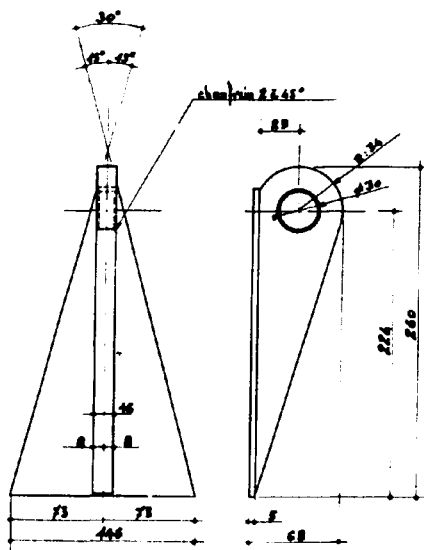
ÉCHELLE: 1

Fig. J

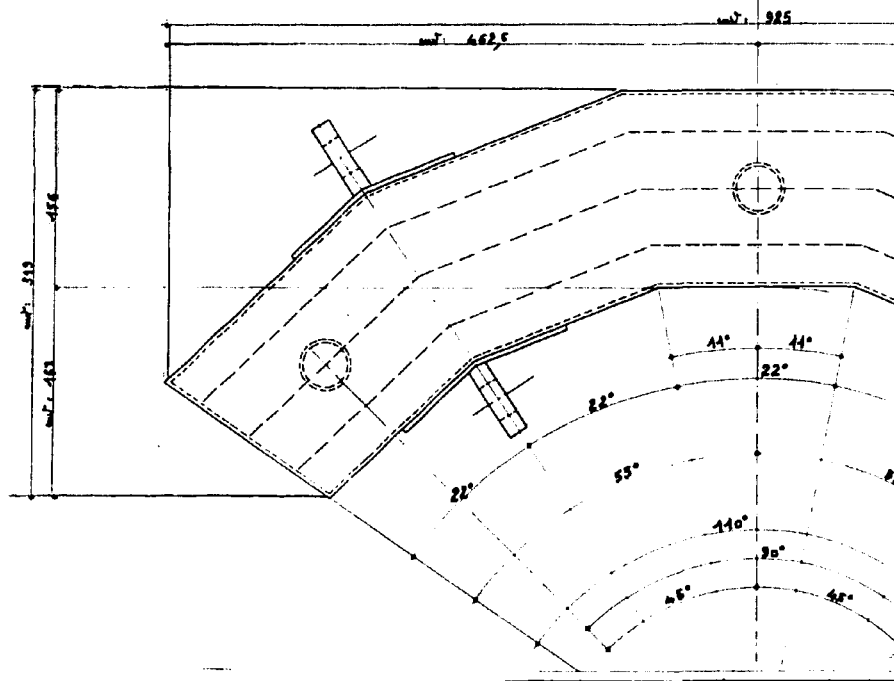
		Matériau: <b>ALU 6061</b>	
		Traitement:	
		Finition:	
		Poids: <b>0,10 kg</b>	
		Tolérance $\mu$ :	
Date	Repère	Désignations	Vitré
Modifications			
COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE			
CENTRE D'ÉTUDES NUCLEAIRES DE GRENOBLE			
Pièce: <b>TABOURET - MUR DE PLOMB.</b>			
ENSEMBLE: <b>"SILOETTE"</b>			
Échelle: <b>1/5 EPI - 262</b>			
		Reproduction interdite sans autorisation (loi du 11 Mars 1957)	
		Vérifié par: <b>[Signature]</b>	
		Dessiné par: <b>[Signature]</b>	
		Date: <b>1964.10.1</b>	

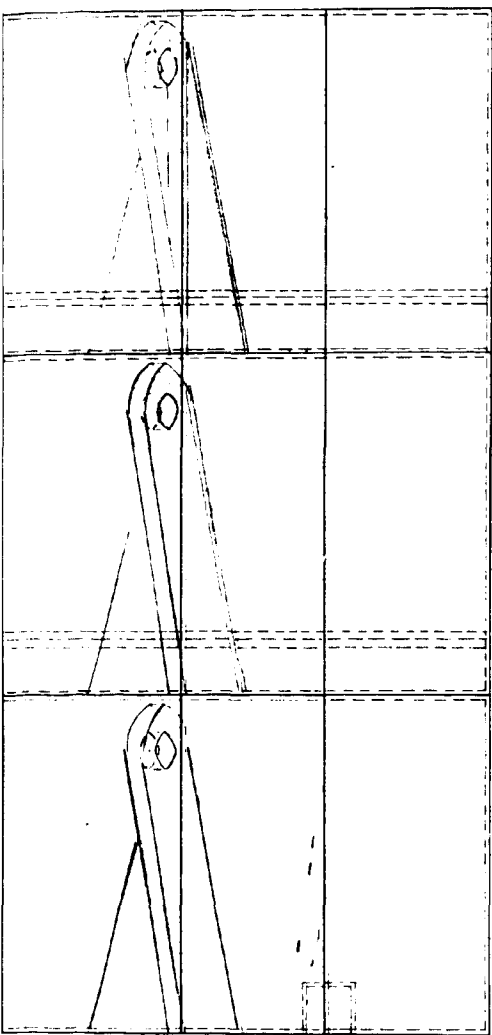


Détail d'une oreille, sur chaque bloc de plomb à oreilles semblables seront soudés

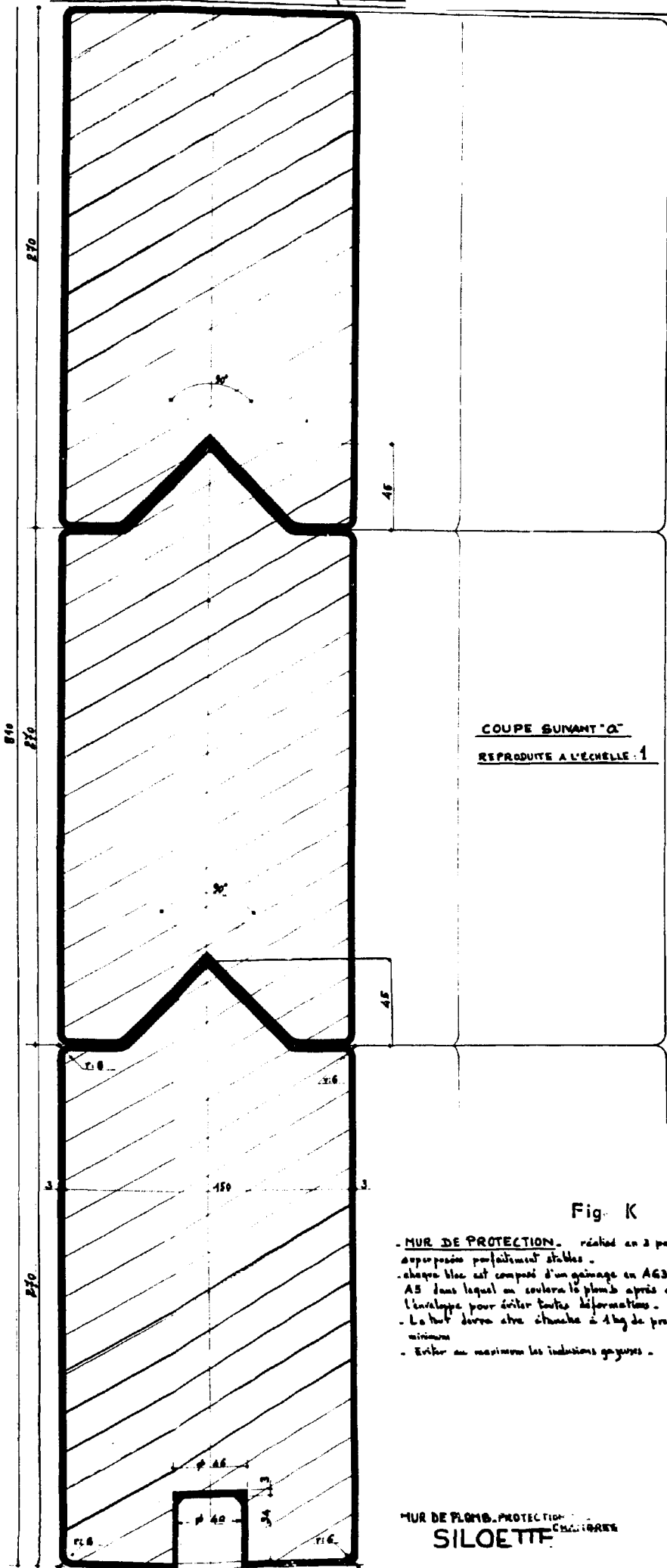
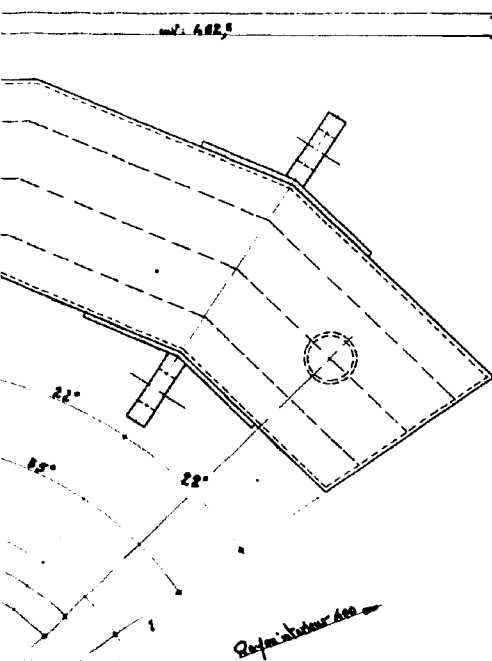


VUE EN PLAN DU MUR DE PLOMB





PLOMB.



COUPE SUIVANT "A"  
 REPRODUITE A L'ECHELLE 1

Fig. K

- MUR DE PROTECTION. réalisé en 2 parties superposées parfaitement stables.
- chaque bloc est composé d'un gainage en AGS MET ou en A5 dans lequel on soulève le plomb après avoir soufflé l'enveloppe pour éviter toute déformation.
- Le tout devra être étanche à 1 kg de pression extérieure minimum.
- Eviter au maximum les inclusions gazeuses.

MUR DE PLOMB. PROTECTION  
 SILOETTE



La vitesse d'introduction de réactivité pour la barre de réglage peut varier de 0, à 40 pcm/sec. Cette valeur maximum a été choisie de façon à permettre de compenser l'introduction et la sortie de détecteurs.

Une étude faite au calculateur analogique montre que cette vitesse maximum est compatible avec les sécurités période des périodemètres, qui n'ont pas besoin d'être shuntées pour permettre un fonctionnement correct du pilotage.

Cependant, si l'expérience de SILOETTE montrait l'existence de difficultés, la vitesse d'introduction de réactivité de la barre de pilotage serait limitée à une valeur comprise entre 20 et 40 pcm/seconde.

Le temps de chute des barres (mesure du décollage à la position basse) est de 435 millisecondes. Les barres ont été mises en place dans MELUSINE II en Avril 1962. Elles ont toujours donné satisfaction.

Les barres de compensation-sécurité sont en carbure de bore fritté aluminium. Le gainage est réalisé en acier inoxydable.

La barre de pilotage est en acier inoxydable.

#### 3.5.4. Source de neutrons

Le démarrage du coeur est assuré par 4 sources de 12 curies de Sb-Be. L'emplacement des sources est choisi de façon à ce que l'angle solide utile soit voisin de  $2\pi$ . Une telle source, compte tenu de la position de la chambre à fission, donne un taux de comptage d'environ 3 c/s, ce qui est une limite inférieure de comptage.

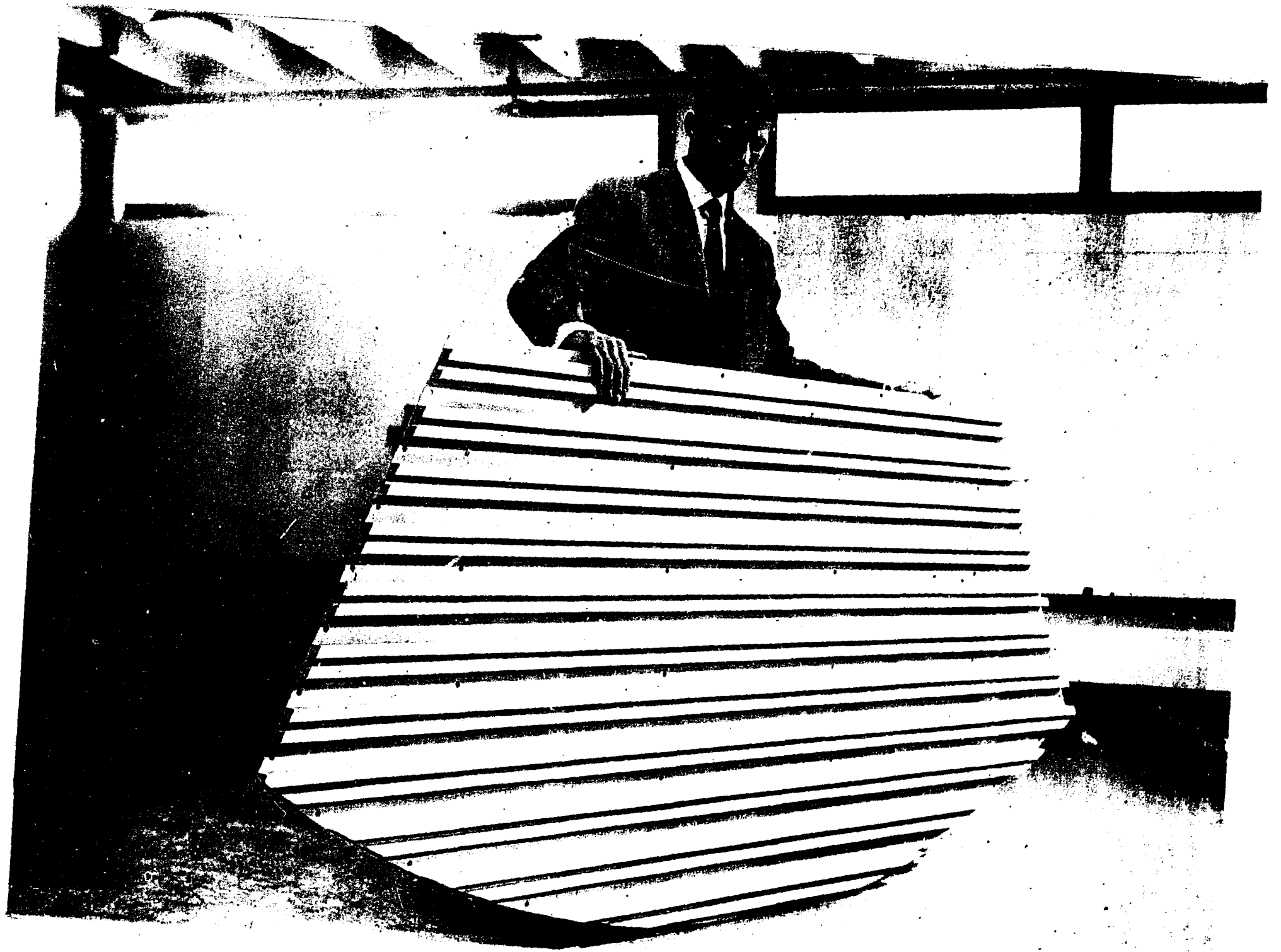
#### 3.5.5. Mécanismes de commande des barres

Six poutrelles creuses reposent sur un plancher supporté par un corniérage solidaire de la cuve de la piscine.

Cinq poutrelles supportent les barres de compensation-sécurité .

Une poutrelle supporte la barre de pilotage.





*Plaque support des mécanismes de commande des barres.*

### 3.5.5.1. Plancher support (Fig. L et Fig. M)

Il est constitué d'une plaque sur laquelle sont soudés des profilés oméga. On dispose ainsi d'un grand nombre de rainures permettant le logement des têtes des boulons de fixation des poutrelles. L'adoption de ce dispositif donne une grande souplesse de positionnement des borres de contrôle.

L'ensemble du plancher est fixé sur le corniérage support par 41 goujons de  $\phi$  10 mm. Il n'a pas été prévu de système de sécurité pour un arrachement dans le sens vertical d'une poutrelle. En effet, la force de levage de la poutre roulante (500 kg) et la solidité du corniérage support font qu'un tel incident est impossible.

### 3.5.5.2. Les poutrelles

Elles sont fixées sur le plancher support décrit ci-dessus par l'intermédiaire de boulons. Les têtes de ces derniers sont prisonnières de rainures qui permettent aux extrémités d'occuper à peu près n'importe quelle position au-dessus du coeur. Elles portent les mécanismes de commande de barres, et chacune d'entre elles est reliée à un tube de protection dans lequel coulisse la barre.

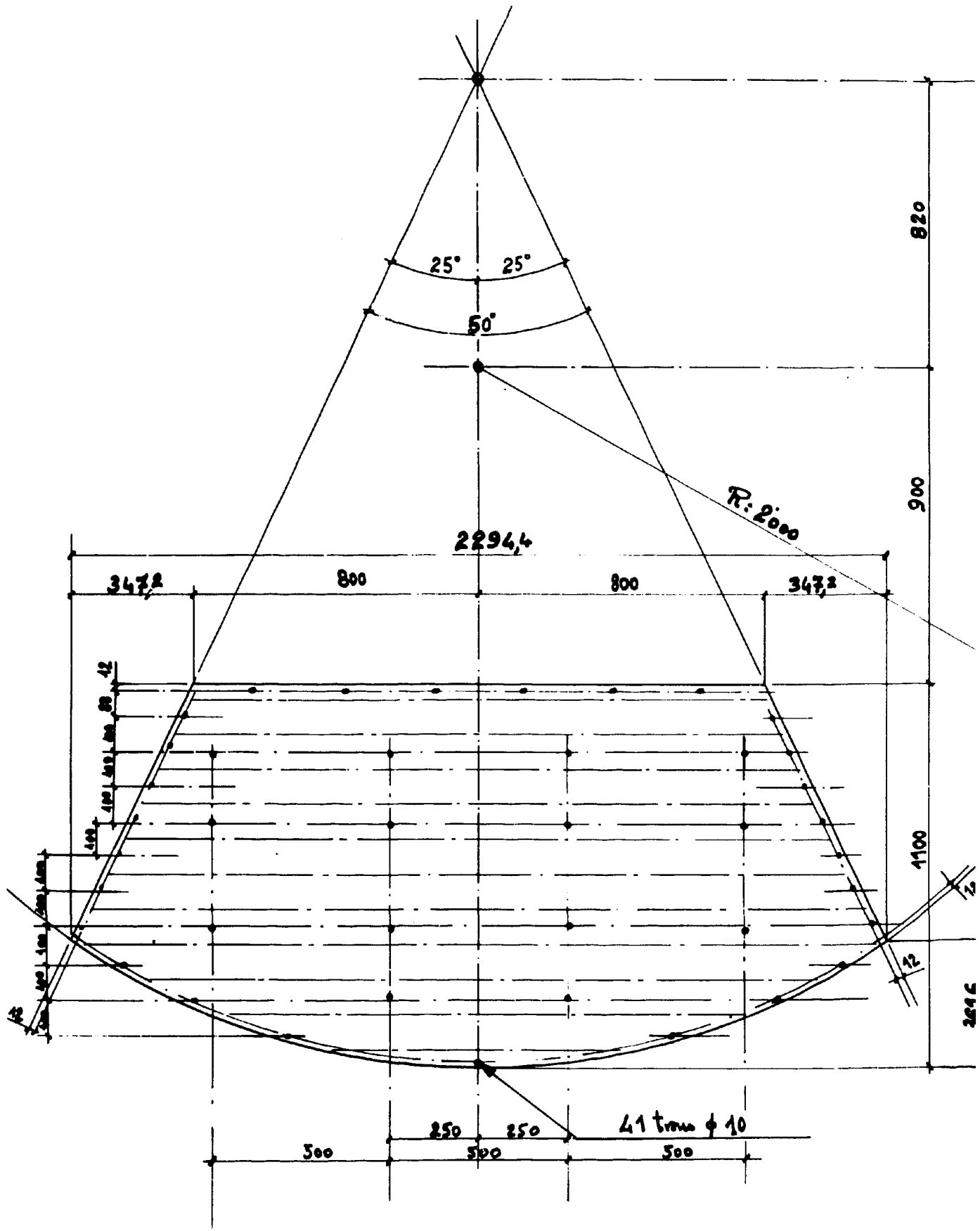
Les six poutrelles sont semblables. Elles sont faites de tôle de fer. Leur section est rectangulaire, elle diminue de largeur au fur et à mesure qu'on s'éloigne du bord de la cuve. A l'extrémité de la poutrelle, se trouve une poulie à gorge sur laquelle passe le ruban de soutènement des barres et le câble d'alimentation des électro-aimants.

### 3.5.5.3. Mécanismes

Les mécanismes de commande de barres sont de deux types :

a/ Cinq mécanismes de barres de compensation-sécurité. Ils sont constitués d'un réducteur avec moteur triphasé incorporé (moteur BERNARD 1/75 CV), fixé sur le flanc de la poutrelle par fixation à flasque. L'axe de sortie du réducteur aboutit à la poutrelle. Il porte un embrayage SIGMA sur lequel pivote le tambour servant à embobiner le ruban. Ce tambour est fait de celoron, il porte des dents sur le pourtour extérieur qui attaquent le sel syn d'indication de position de barre par un train d'engrenages.

Le rapport de multiplication de cet engrenage est 70. Un synchro-récepteur faisant un tour pour 1 cm, entraîne un compte-tour dont la dernière molette, celle des unités, tourne à la même vitesse que l'arbre du synchro-récepteur.



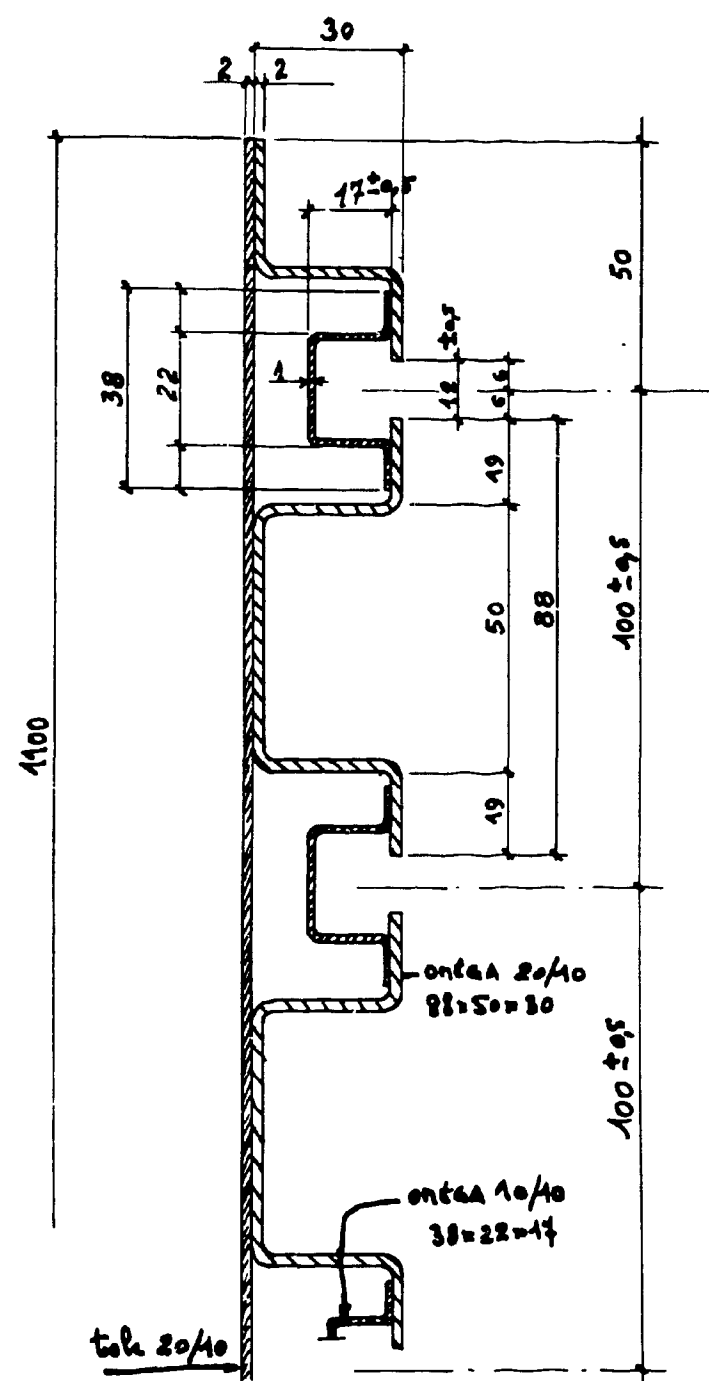
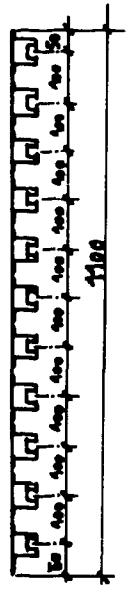
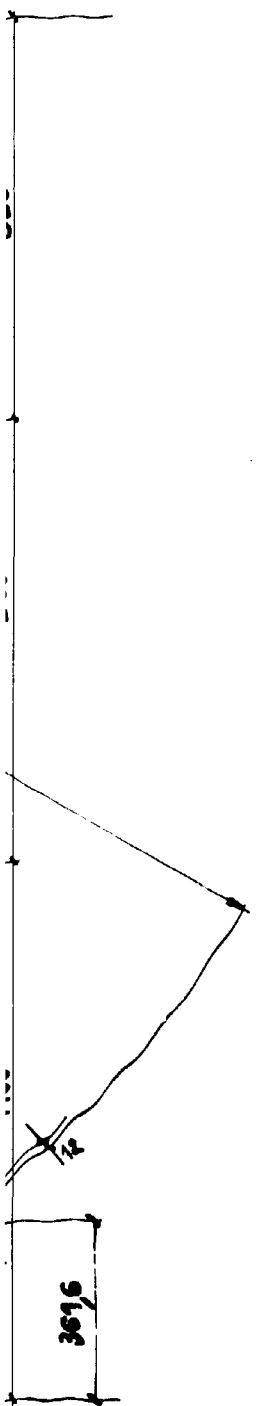
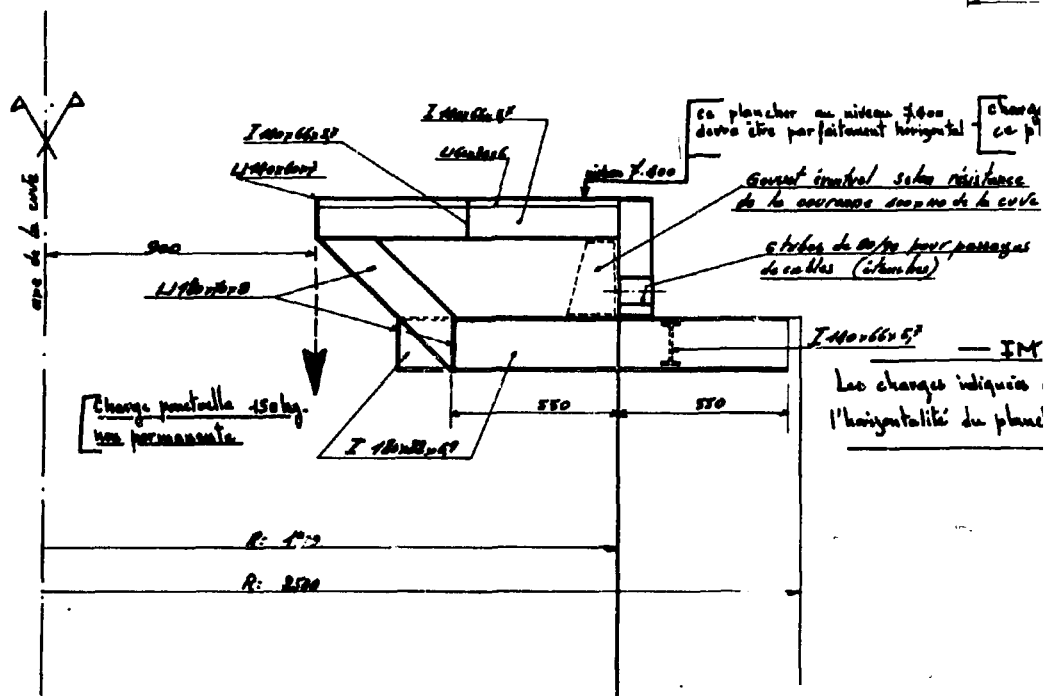
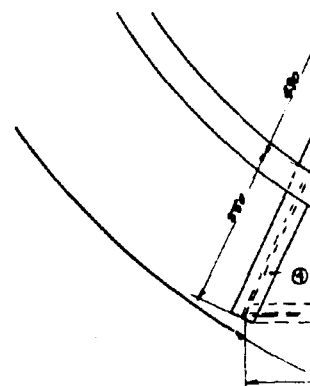
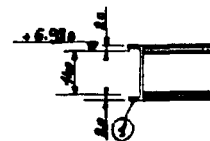
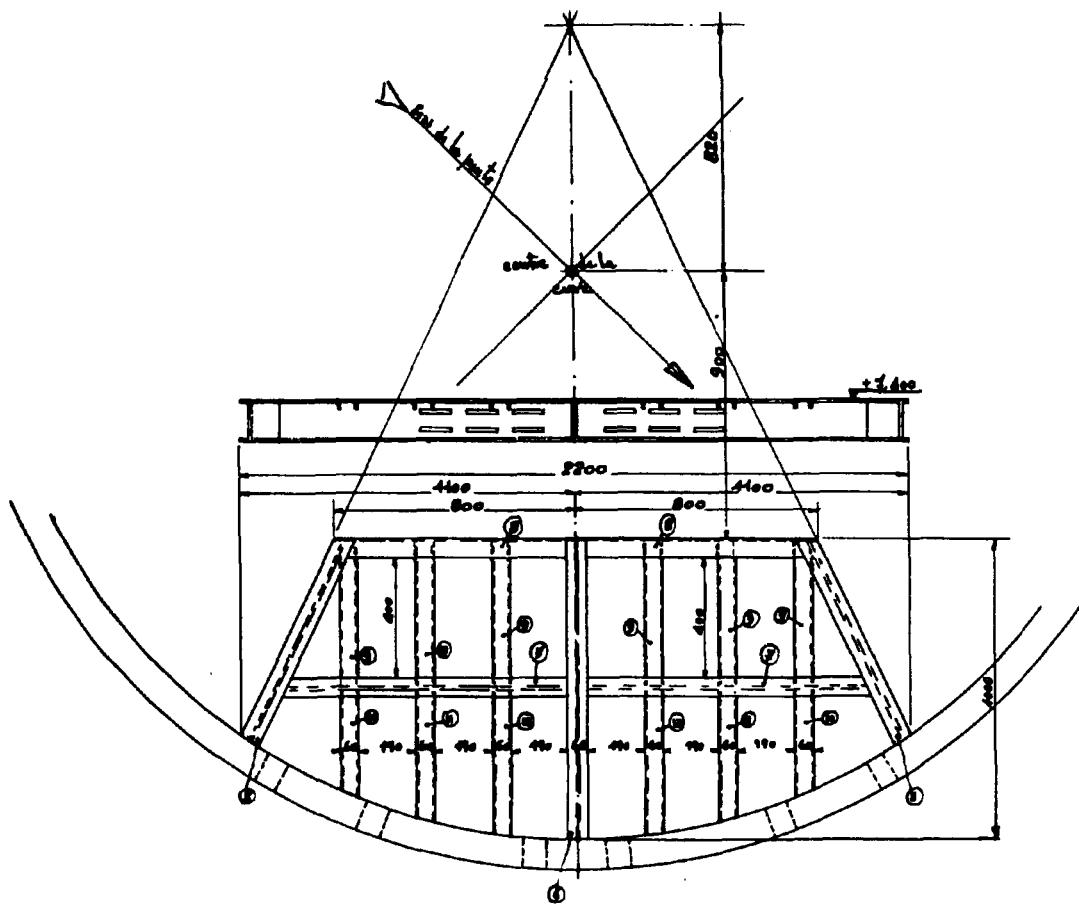
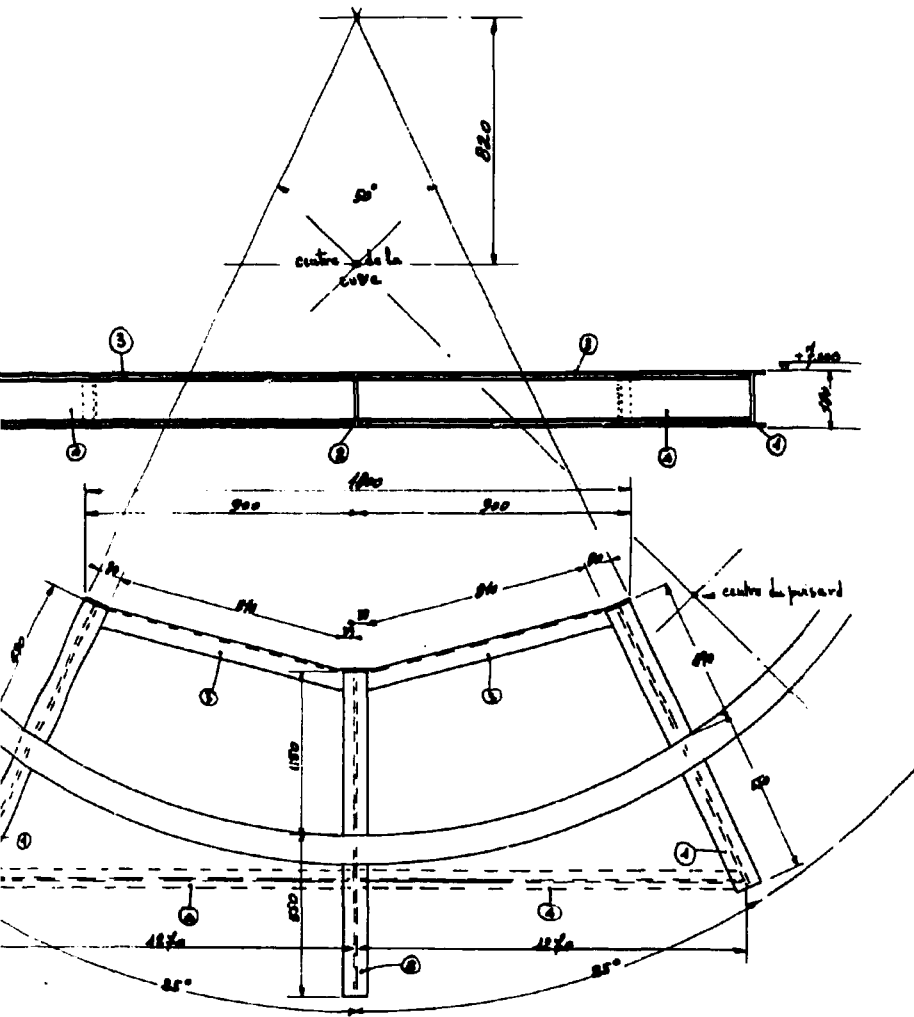


Fig. L

**ENSEMBLE SOUDÉ PAR RÉISTANCE**

				Matière <i>acier de construction</i>	
				Traitement	
				Finition <i>bonne présentation</i>	
				Poids	
				Tolérance g <sup>10</sup> <i>± 0.1</i>	
Date	Repère	Désignations		Visse	~ Surface brute
← Modifications →					
<b>COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE</b>					
<b>CENTRE D'ETUDES NUCLEAIRES DE GRENOBLE</b>					
<b>PLANCHER</b>					
Pièce : <i>Support des mécanismes</i>				<input type="checkbox"/> Surface usinée dégrossie <input checked="" type="checkbox"/> Surface usinée sans passe de finition <input checked="" type="checkbox"/> Surface finie qualité de graissage <input checked="" type="checkbox"/> ou autres finitions en toutes lettres <input checked="" type="checkbox"/> Super finition à l'outil de coupe (dilatés légers)	
ENSEMBLE : <b>SILOETTE</b>				Nbr de pièces : <i>1</i>	
Ech. <i>1/1</i>				Reproduction interdite sans autorisation (loi du 11 Mars 1902)	
EPI <i>264</i>				Dessiné par : <i>[Signature]</i>	
				Date : <i>[Signature]</i>	





charge uniformément répartie sur le plancher 220kg sur.

des cuve

gal

**IMPORTANT**

les ci dessus ne doivent pas affecter plancher f.400

descriptions	Epaisseur	nb	désignation	Long. unitaire	Poids Total.
plan de base	1	2	I.P.N. 180x82x69	440	46
	2	1	-	1100	24
niveau f.400	3	2	L.P.N. 180x70x8	929	41
	4	2	I.P.N. 140x66x57	1270	37
plancher	5	2	-	750	22
	6	1	-	793	16,5
niveau f.400	7	2	-	340	28
	8	2	L.P.N. 140x60x7	418	26
niveau cuve	9	6	60x80x6	488	12,5
	10	2	-	365	8,5
niveau f.400 et niveau f.400	11	2	-	445	4
	12	2	-	490	4,5
niveau cuve	13	2	140x60x7	500	16
	14	1	-	640	10
niveau f.400	15	6	Tube 80x90	140	4

**SILOE**

**M . N . P .**

Fig. M

**PLAN D'AMÉNAGEMENT DE LA PLATE-FORME niveau f.400 et f.400.**

CUVE et PLAN 884 AF 404

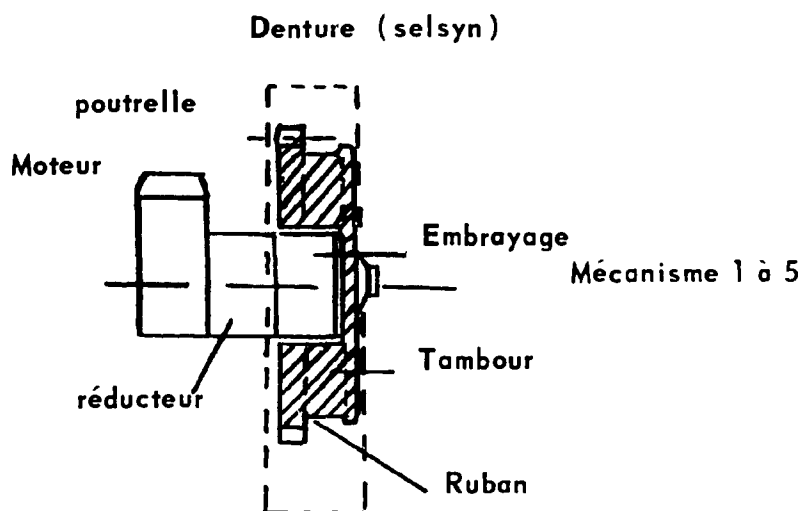
884 AF 802

GRENOBLE LE 15.3.62

GUICHARD  
ETUDES DE FILLES



L'affichage se fait directement en millimètres (cf Fig. N). Les chiffres ont 7 mm de haut. Leur lecture ne présente pas de difficultés.



La circonférence du tambour enrouleur de ruban est suffisante pour lever les barres en un peu moins d'un tour, ce qui évite le doublement du ruban sur celui-ci. Le tambour porte également des butées de fin de course (haute et basse) interdisant la montée (butée haute) ou la descente (butée basse), et des secteurs d'indication de barre haute et basse. Ces 5 mécanismes sont à fonctionnement irréversible (vis tangente).

Le mécanisme anime chaque barre d'un mouvement uniforme de vitesse 1 mm/s, soit 5 pcm/s d'efficacité moyenne. Comme on peut commander la montée de deux barres simultanées, on peut en fait introduire 10 pcm/s par la montée de barres de compensation de sécurité.

Le moteur **BERNARD** est commandé depuis le panneau de droite du pupitre par une clé téléphonique à 2 positions stables (descente-arrêt) et une position instable (montée), (manoeuvrée vers le haut, elle fait monter la barre) (Fig. O). Deux Voyants Mors signalent le déplacement de la barre et son sens.

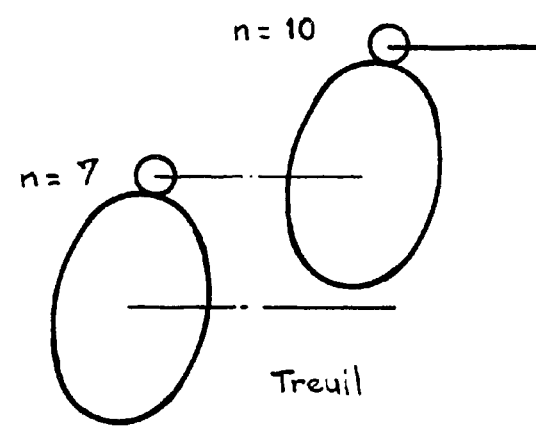
En cas de chute de barre, le courant est coupé dans les embrayages en même temps que dans les électro-aimants (5 cm avant la butée basse, l'on réexcite les embrayages pour éviter de réembobiner le ruban en sens inverse).

#### b/ Un mécanisme de barre de pilotage - (Fig. P)

Ce mécanisme est analogue aux autres, mais ne comporte pas d'embrayage et le rapport de démultiplication utilisé est différent. Le moteur utilisé est diphasé.

Le système de butée de signalisation et de repérage de position de la barre est identique au précédent.





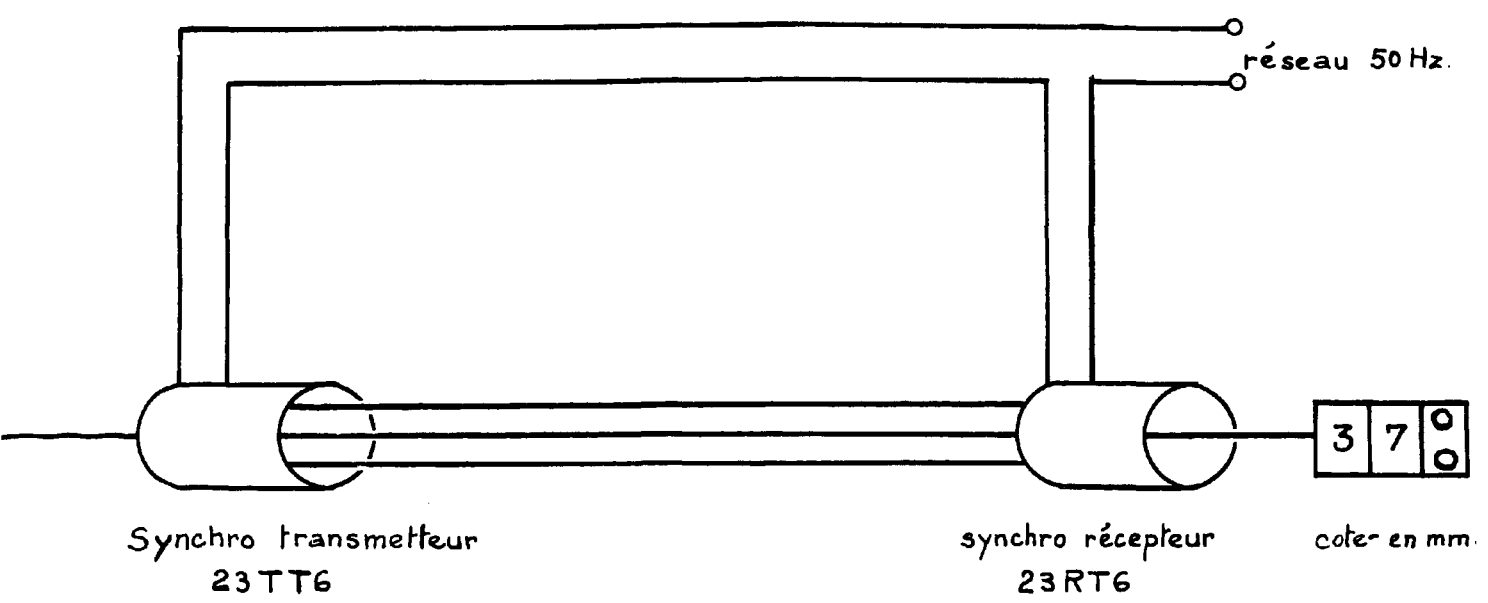
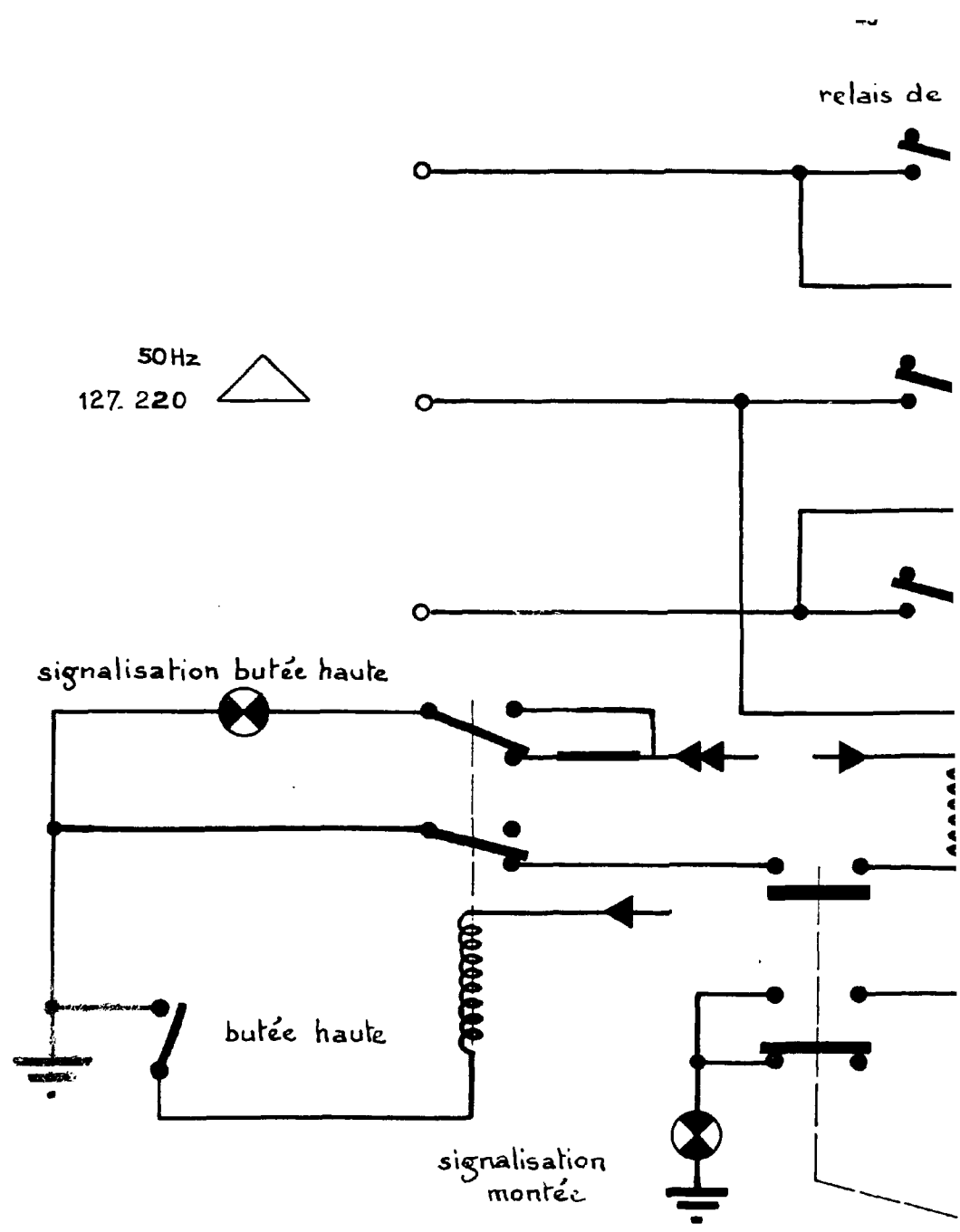


Fig. N

<h1>Affichage de la position des barres</h1>			Modification		
Commissariat à l'Energie Atomique			Ind.	Date	Visa
CENTRE D'ETUDES NUCLEAIRES DE GRENOBLE			---	---	---
Echelle: _____	Dessiné par: <u>N.G.</u>	Reproduction interdite sans autorisation (loi du 11.03.1902)		<b>EL/NU 101</b>	
Date : <u>28.9.61</u>	Vérifié par: _____	<small>MULTI-PLANS NQR 13-75</small>			



50Hz  
127. 220

signalisation butée haute

butée haute

signalisation montée

▼ 24v.

▼▼ 48v.

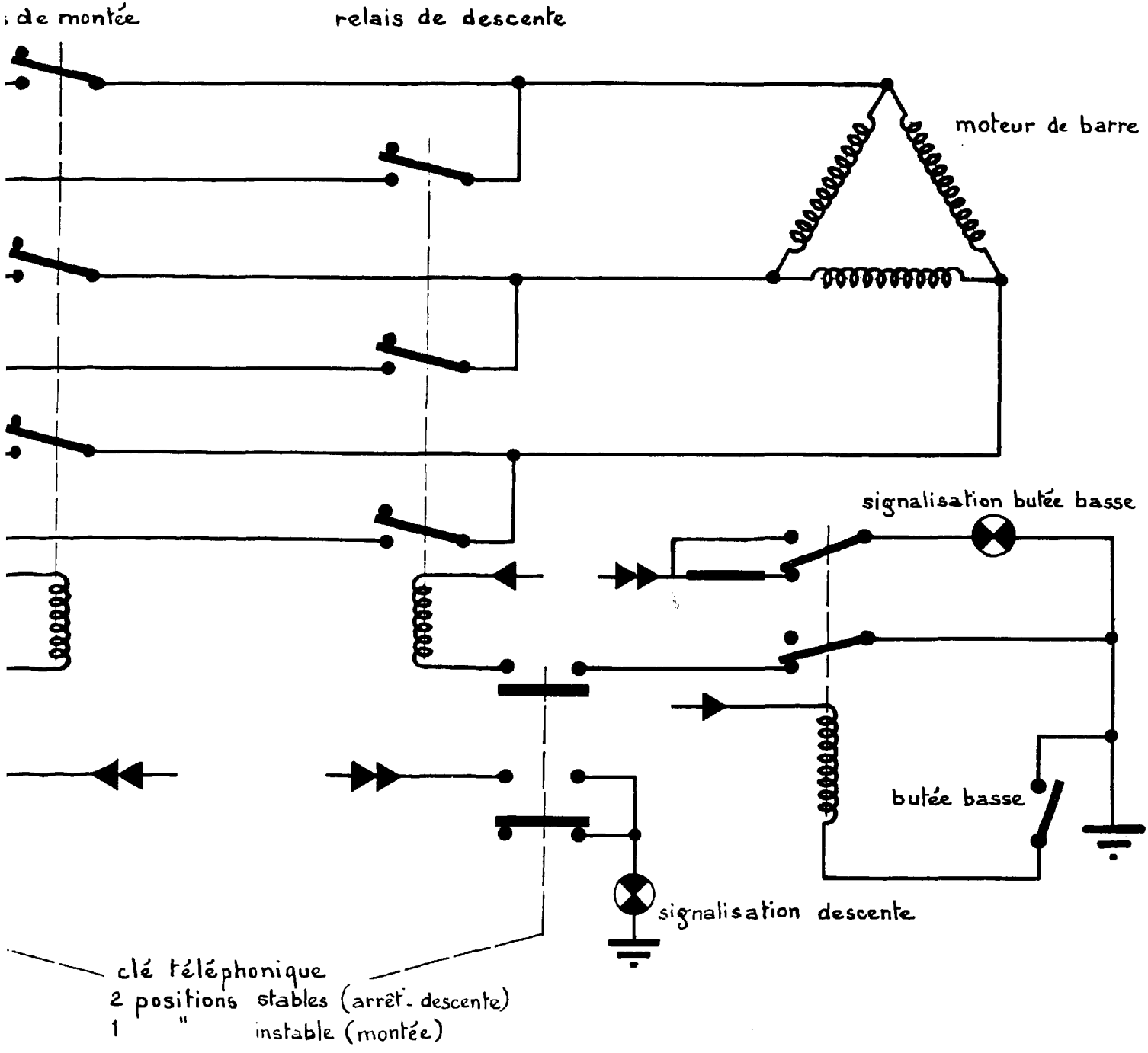


Fig. 0

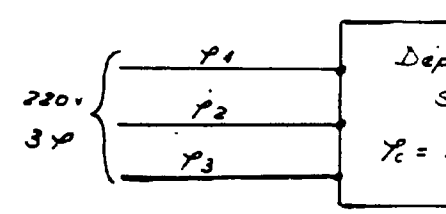
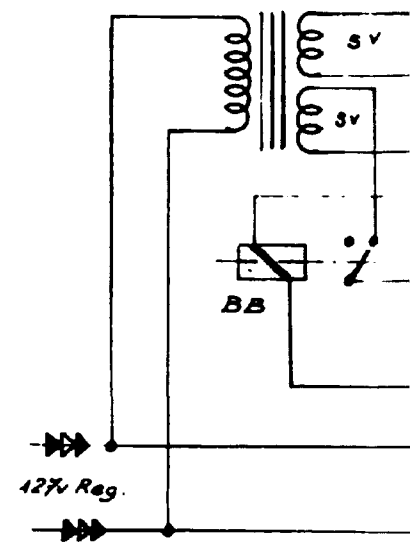
<h1>Commande des barres de compensation</h1>			Modification		
			Ind.	Date	Visé
Commissariat à l'Energie Atomique CENTRE D'ETUDES NUCLEAIRES DE GRENOBLE			—	—	—
Echelle: _____	Dessiné par: <u>NG.</u>	Reproduction interdite sans autorisation (loi du 11.03.1902)		<b>EL/NU 100</b>	
Date : <u>28.9.61</u>	Vérifié par : _____				

# Mélusine II



## Commutation des moteurs BP.

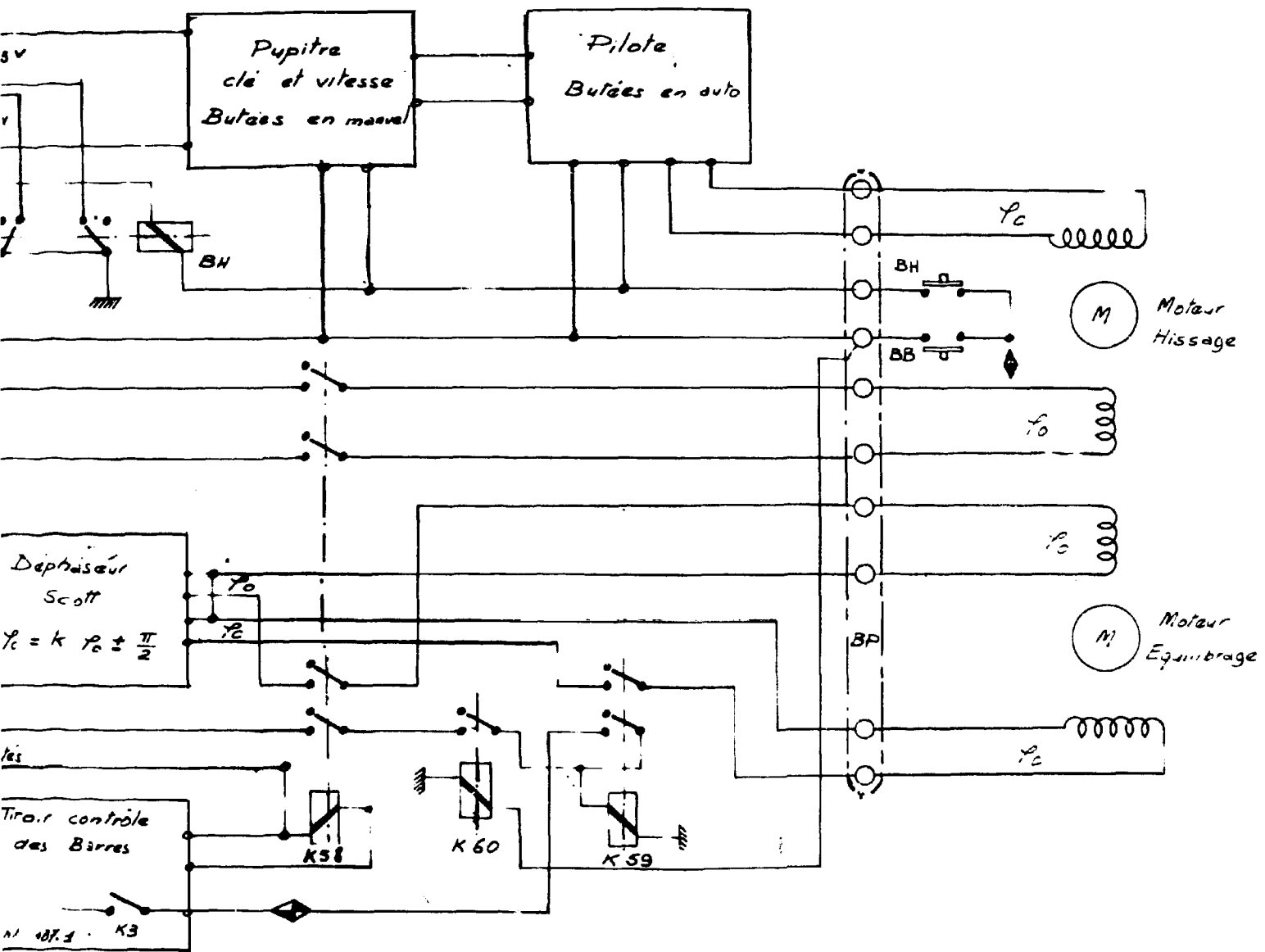
### Schema d'ensemble



Chaine des sécurités

Tiroir  
des  
EL N° 102

Ancien n° NU 107.5 Changé le 31-10-83				
11500 pour SIKOETTE				
Modifications	Demandeur	Date	Visa	Ind
		1/10/68		
<b>COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE</b>				
<b>CENTRE D'ETUDES NUCLEAIRES DE GRENOBLE</b>				
Dessiné par	ROUGEON	Reproduction interdite sans autorisation (loi du 11 Mars 1962)		EL. NU 358X 412
Le	19-10-62	Verifié par		



Commutation des moteurs BP.  
- Melusine II -

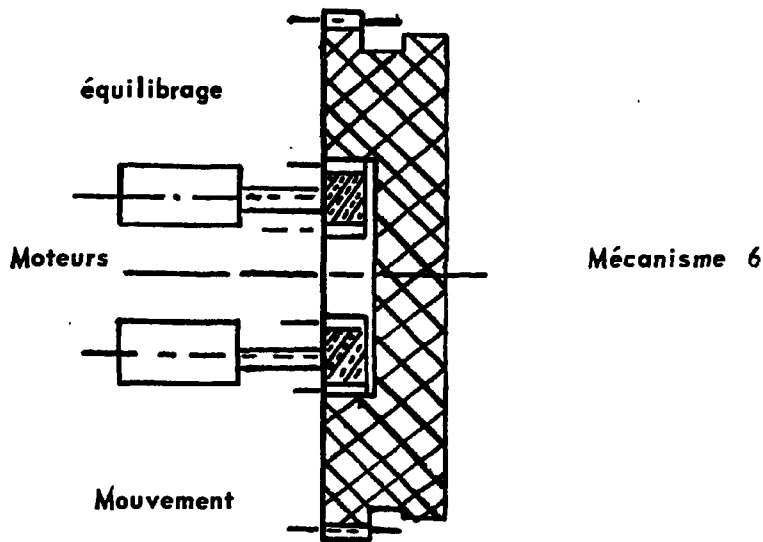
Fig. P



POSITION ACTIONS DU COMMUTATEUR	B. P.	INT	H. P.
Sécurité des chaînes BP	Normales	shuntées si niveau min. suffisant sur chaîne log. de montée en puissance	shuntées si niveau min. suffisant sur chaînes log. de montée en puissance
Hautes tensions sur chaîne BP	Normales	Normales	Stoppées
Galvanomètre $\frac{\Delta P}{P_0}$	Relié à la chaîne linéaire de pilotage BP	Relié à la chaîne linéaire de pilotage BP	Relié à la chaîne linéaire de pilotage HP
Alarme $\pm 10\%$	Reliée à la chaîne linéaire BP (seulement en automatique)	Reliée à la chaîne linéaire BP (seulement en automatique)	Reliée à la chaîne linéaire HP
Signal de pilotage	Issu de la chaîne linéaire BP	Issu de la chaîne linéaire BP	Issu de la chaîne linéaire HP
Signalisation BP - pupitre central	Allumée	Allumée	Eteinte
Signalisation HP - pupitre central	Eteinte	Eteinte	Allumée
Minuterie	hors service	démarre dès qu'on est sur la position 1 alarme clignotante s'allume au bout de 5''	hors service
Chaîne de stabilisation	Circuits correcteurs en circuits	Circuits correcteurs en circuits	Circuits correcteurs en circuits
Signalisation des sécurités et alarmes BP	Signalisation normale	Signalisation normale	shuntée si niveau min. sur chaîne log. de montée en puissance. Voyants en demi-teinte.
Signalisation de la sécurité HP. P. min. sur chaîne de montée en puissance	shuntée	en service	en service



Le poids de la barre est équilibré par un moteur Contraves alimenté par un transfo à broches et le mouvement est assuré par un moteur CSF. Les 2 moteurs attaquent une couronne dentée placée à l'intérieur du tambour.



En cas de chute de barre, le courant est coupé uniquement dans l'électro-aimant.

La barre de pilotage est commandée soit en "manuel", soit en "automatique". Le choix est assuré par un commutateur à deux positions situé en haut à gauche du panneau central de commande.

- Commande en "manuel".

Dans ce cas, l'opérateur a le choix entre deux commandes : une commande par clé téléphonique du même type que celle des barres de compensation, vitesse 10 mm/s, soit 10 pcm/s environ. Cette commande doit permettre à l'opérateur un pilotage facile. La seconde est une commande de vitesse, elle permet de faire varier continûment la vitesse de la barre de réglage de - 4 cm/s à + 4 cm/s, soit  $\pm 40$  pcm/s, c'est la commande rapide de la barre. Les tensions fournies par ces commandes attaquent l'ampli de puissance du moteur CSF.

- Commande en "automatique".

La boucle se referme par l'ampli de pilotage. La stabilisation se fait soit à partir de la chaîne BP, soit à partir de la chaîne HP (voir ci-dessous).

Une alarme indique alors les erreurs de pilotage entraînant une puissance réelle différente de plus ou moins 10% de la puissance affichée.

c/ Récapitulation des actions du commutateur Manuel Automatique.

	MANUEL	AUTOMATIQUE
Signalisation manuelle	Allumée	Eteinte
Signal d'entrée	Commande de vitesse fixe ou variable	Signal $\frac{P}{P_0}$ avec correction tachymétrique
Alarme $\pm 10\%$	Hors service	en service

3.5.5.4. Le ruban

Le ruban d'acier inox, épaisseur 25/100 mm, largeur environ 20 mm, est fixé par une extrémité à l'électro-aimant de la tête de barre, par l'autre au tambour d'enroulement. Il remonte dans un tube de protection et passe par dessus la poulie fixée à l'extrémité de la poutrelle. Comme la poulie se trouve logée dans la section creuse de la poutrelle, il passe directement de son tube de protection à l'intérieur de la poutrelle ; puis toujours à l'intérieur de celle-ci, il vient s'embobiner sur le tambour par le bas de celle-ci. Le câble de l'électro-aimant est fixé au ruban sur la plus grande partie de celui-ci. Il ne se désolidarise du ruban que dans l'espace compris entre la poulie de renvoi et le tambour enrouleur. Un boudin du type " téléphone " absorbe la course de l'extrémité du câble, lors des mouvements de la barre.

3.5.5.5. L'électro-aimant

L'électro-aimant est fixé au ruban, il coulisse dans le tube guide d'électro-aimant qui prolonge le tube de protection du ruban, et qui vient s'emmancher, au moyen d'une jupe, sur le cylindre de l'amortisseur hydraulique. La jupe coulisse librement sur le cylindre. L'électro-aimant est alimenté par un câble. On a vu que le courant est coupé dans les embrayages magnétiques des barres de contrôle en même temps que dans les électro-aimants (5 cm avant la butée basse, l'on réexcite les embrayages pour éviter de réembobiner le ruban en sens inverse).

Ce dispositif permet le repêchage des barres sans perdre le temps qui serait nécessaire à faire descendre les électro-aimants. Il double la sécurité de largage par les électro-aimants.

Le circuit de commande se compose de tous les contacts " TRAVAIL " placés en série, des relais de sortie des divers tiroirs. Le courant d'excitation des électro-aimant est coupé par deux relais multiples CLARE dont les contacts sont en série. La tension d'alimentation 24 V SR est

en l'air ; des réseaux pare-étincelles sont placés aux bornes des contacts des relais CLARE. Le courant d'excitation des embrayages est commandé également par un relais multiple CLARE branché en parallèle sur les relais des électro-aimants. Un microrupteur commandé par une came du tambour se ferme lorsque l'aimant arrive à 5 cm de la tête de barre. Il reste alors à repêcher manuellement sur 5 cm la barre de compensation-sécurité. La barre de pilotage, qui peut se déplacer à grande vitesse, doit être repêchée manuellement.

#### Signalisation barre accrochée

On mesure en permanence l'inductance de la bobine de l'électro-aimant. La variation de la tension alternative injectée, suivant que la tête de barre est collée ou décollée, fait basculer un relais électronique qui commande la signalisation.

#### 3.5.5.6. Tête de barre

L'électro-aimant colle sur une tête de barre qui est fixée sur le piston de l'amortisseur hydraulique.

#### 3.5.5.7. Barre et prolonge de barre

La barre est reliée au piston sur lequel se trouve la tête de barre, par une prolonge (d'environ 15 cm) en acier inoxydable, de section semblable mais légèrement plus forte. Cette prolonge permet d'avoir un jeu réduit au passage de l'axe du piston sans créer de danger de coincement en cas de gonflage de la barre.

#### 3.5.5.8. L'élément de contrôle et son montage

L'élément de contrôle, du type normalisé, porte le cylindre de l'amortisseur. Le coulisement entre celui-ci et la jupe du tube de protection de l'électro-aimant permet le montage de la baïonnette de fixation du tube de protection du ruban à la poutrelle. Un anneau ad'hoc verrouille la baïonnette.

3.5.5.9. Résumé

	<b>COMPENSATION BARRES DE SECURITE 1 à 4</b>	<b>COMPENSATION BARRES DE SECURITE 5</b>	<b>BARRE DE PILOTAGE</b>
<b>Efficacité</b>	2 700 pcm	2 700 pcm	500 pcm
<b>Vitesse (cm/seconde)</b>	0,125	0,125	de 0 à 4,8
<b>Variation de réactivité (pcm/seconde)</b>	5	5	de 0 à 40
<b>Nature de la barre</b>	carbure de bore	gadolinium-samarium	acier inox
<b>Gainage</b>	acier inox - 15/10	acier inox - 15/10	" "
<b>Embrayage</b>	oui	oui	non
<b>Electro de largage</b>	oui	oui	oui
<b>Course totale (cm)</b>	66	66	66
<b>Course utile (cm)</b>	60	60	60

### 3.6. CONTROLE NEUTRONIQUE

#### 3.6.1. Généralités

Le contrôle neutronique de SILOETTE est prévu pour fonctionner aussi bien avec un coeur vierge qu'avec un coeur usé. L'essentiel du contrôle neutronique de MELUSINE II se trouve ici ; la modification principale porte sur la localisation et la protection des détecteurs.

Le réacteur reste prévu pour fonctionner dans deux plages :

- entre 1 W et 100 W pour mesures de flux thermiques (1)
- entre 100 W et 100 kW pour mesures de flux rapides et pour l'étude de l'effet de température .

Il en résulte que deux zones de fonctionnement, munies de sécurités indépendantes et complètes, ont été prévues. Le passage de la basse à la haute puissance nécessite donc le shunt de certaines des sécurités basse puissance.

Les sécurités haute puissance, elles, ne sont jamais shuntées.

Les électroniques des chaînes de mesures neutroniques sont placées dans un tableau de contrôle. (cf § 3-9). Ce tableau est alimenté en 48 V par l'intermédiaire d'un convertisseur statique 127 V 48 V. Il n'existe pas de réseau à sûreté totale. L'alimentation du contrôle neutronique est prise sur le jeu de barre secours.

#### a/ Mesures BP

Deux chaînes de basse puissance équipées de CFU 2 servent :

- l'une au démarrage
- l'autre au pilotage et la mesure fine de puissance.

Ces chaînes sont munies de sécurités shuntables sur le tableau qui sont shuntées au cours du passage à haute puissance. Une chaîne de sécurité associée à une chambre CCC2B complète ces chaînes basse puissance ; cette chaîne commande une sécurité de niveau qui ne peut être shuntée. L'on ne peut donc passer en haute puissance qu'en remontant cette chambre. Pour que la garantie soit totale, il a été prévu un système interdisant l'accrochage des barres lorsque la chaîne de sécurité BP n'est pas en position basse.

Le risque de repasser de HP à BP sans que la chambre de sécurité soit en position basse est très faible, car une telle réduction de puissance ne sera réalisée pratiquement que par la chute de barres.

../.

(1) Cette plage ne sera utilisée qu'avec des coeurs vierges.

**b/ Mesures HP**

Deux chaînes haute puissance sont équipées de CCC2B. Elles servent :

- l'une à la montée en puissance
- l'autre au pilotage et à la mesure fine de puissance.

Elles sont munies de sécurités shuntables sur le tableau. Une chaîne de sécurité associée à 1 chambre CCC2B complète ces chaînes haute puissance. Elle est munie d'une sécurité non shutable.

**3.6.2. Détecteurs - Caractéristiques - Emplacement - Mouvement**

**a/ Caractéristiques**

**Chambre à fission CFU2**

- dimensions :  $\phi = 48$  mm L = 300 mm Poids = 1 Kg
- sensibilité aux neutrons : 0,14 C/n/cm<sup>2</sup>/s
- plateau : 400 à 1 400 V
- charge développée par fission :  $1,510 \cdot 10^{13}$  Cb
- charge développée par une particule  $\alpha$  :  $810 \cdot 10^{15}$  Cb
- nombre maximum de particules  $\alpha$  émises :  $10^5$  /s
- capacité : 50 pF
- temps de montée de l'impulsion : 0,3 à 0,4  $\mu$  s.

**Chambres continues**

- CCC2B
- dimensions :  $\phi$  59 mm L = 395 mm Poids = 1 Kg
- sensibilité aux neutrons :  $1,24 \cdot 10^{-14}$  A/n/cm<sup>2</sup>/s
- sensibilité aux  $\gamma$  :  $8,5 \cdot 10^{-12}$  A/R/h

.../.

#### b/ Emplacements

Ils ont été déterminés dans la note d'étude EL/NU 30 [7]. Ces chambres se trouvent dans des cannes étanches (longueur 7 m - diamètre 66/70 mm), fichées dans un tabouret spécial distinct de la grille du coeur (voir § 3.5.2). Deux ajustements sont prévus :

- l'un perpendiculairement à la face verticale du coeur,
- l'autre perpendiculairement au plan horizontal du tabouret.

les chambres, à l'exception d'une, sont protégées du flux  $\gamma$  des éléments usés par un mur de plomb de 15 cm d'épaisseur et de 100 cm de haut environ. Celui-ci est complété par des ailes qui augmentent la protection latérale.

#### c/ Mouvements

Les détecteurs  $CFU_2$  des chaînes de démarrage et de pilotage BP, les détecteurs CCC2B des chaînes logarithmiques et linéaires HP et sécurités HP sont fixes. Seul est mobile le détecteur de la chaîne de sécurité BP qui se déplace devant le mur de plomb entre une position basse (coeur vierge fonctionnant en BP) et une position haute hors flux (coeur usé). Ces trois détecteurs sont couplés à 2 chaînes de sécurité. Sur l'une des voies, on trouve l'un des détecteurs HP, sur l'autre voie on trouve le détecteur BP et l'autre détecteur HP qui débitent leurs courants dans le même amplificateur.

#### d/ Liaison détecteur - préamplificateur

A la sortie des cannes, les câbles de liaison chambre-préamplificateur pénètrent dans un tube souple de vinyle fixé par un serre-joint à la canne. Le débattement vertical de la canne ne gêne pas la liaison électrique.

### 3.6.3. Chaînes de mesure neutronique.

(Voir tableau ci-contre)

## 3.7. CONTROLE SANTE

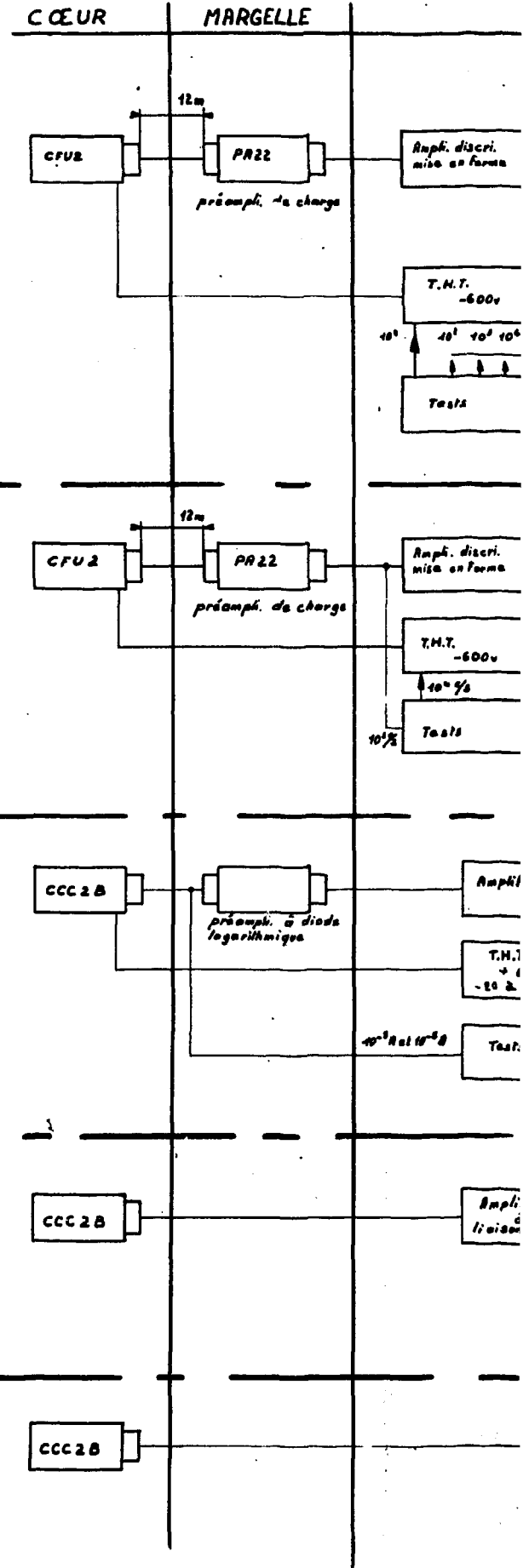
### 3.7.1. Généralités

La protection du personnel est assurée :

../. .



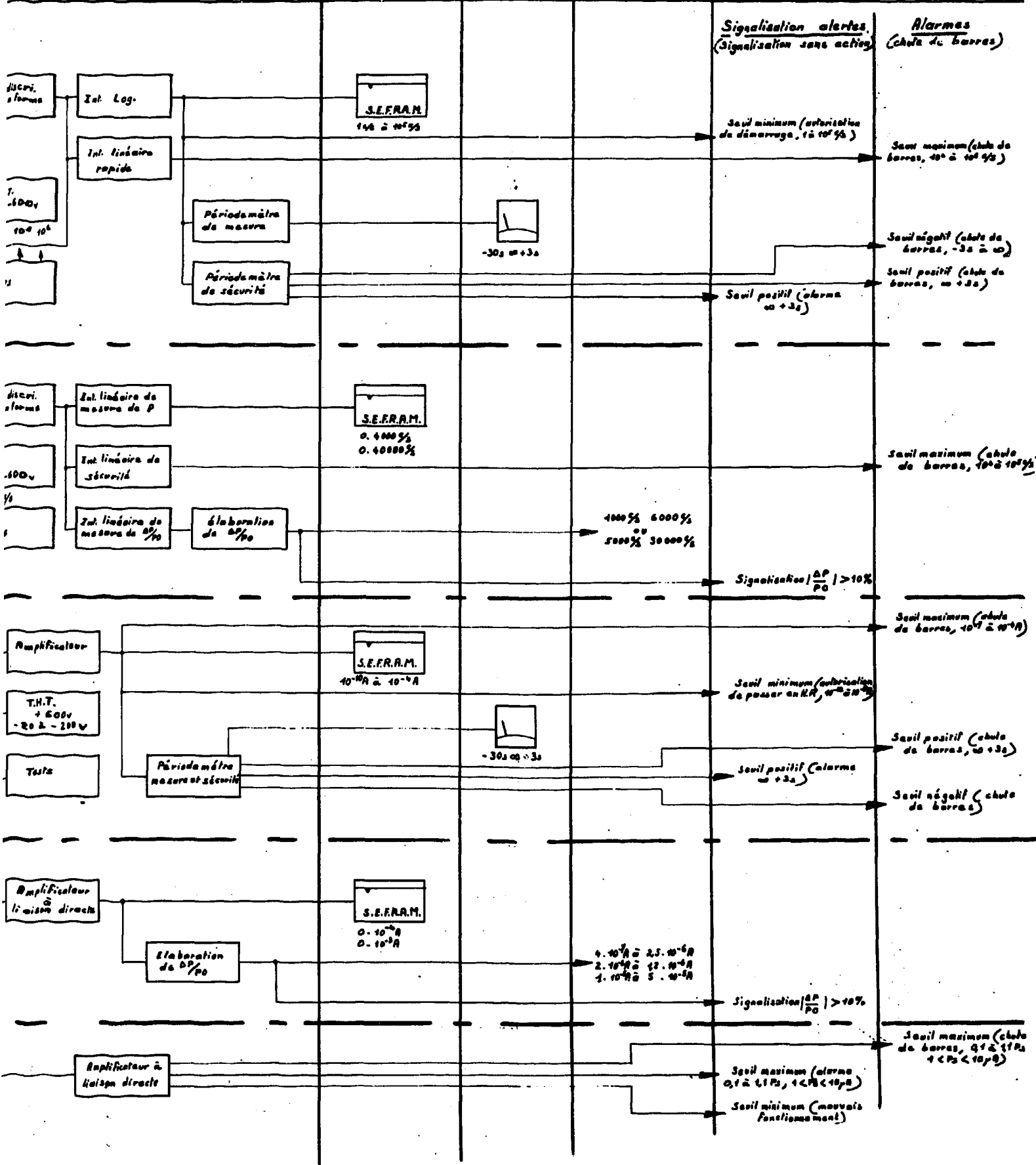




Sillette  
Liaisons neutroniques

**TABEAU**

**ENREGISTREURS INDICATEURS PILOTE ALARMES • ACTIONS DE SÉCURITÉ**





### 3.7. CONTROLE SANTE

#### 3.7.1. Généralités

La protection du personnel est assurée :

- contre les risques d'irradiation et de contamination interne par un certain nombre de détecteurs reliés à une baie santé dite " principale " , placée dans le hall pile au niveau + 10.

- contre les risques de contamination externe par des appareils permettant des contrôles individuels des mains, des pieds et des vêtements.

La protection du site est assurée par des mesures de l'activité de l'air rejeté à l'extérieur, en provenance du hall pile. Les appareils permettant ces mesures sont situés à l'extérieur du hall et reliés à une baie santé dite " secondaire " , placée également à l'extérieur du caisson étanche, au niveau + 1 .

En cas de dépassement de l'intensité ou de l'activité maximum admissible, un châssis " Alarme " incorporé à la baie principale santé assure une signalisation lumineuse sur un synoptique fixé au-dessus du pupitre de commande ; pour certains détecteurs, cette signalisation est répétée localement.

Les indications de certaines voies de mesure sont enregistrées :

- sur un enregistreur inséré dans le tableau de contrôle pour les mesures concernant la protection du personnel.

- sur un enregistreur placé dans la baie secondaire santé pour les mesures intéressant la protection du site.

#### 3.7.2. Détecteurs du hall pile.

##### 3.7.2.1. Rayonnement $\gamma$ et neutrons thermiques.

Une chaîne de mesure assure cette détection. Elle comprend :

- a/ détecteurs : chambre d'ionisation type C32 recouverte d'une bande de cadmium (épaisseur 0,7 mm - largeur 28 cm). Préamplificateur associé type PCCL50. Cet ensemble est placé au niveau + 7, à la verticale du coeur et fixé sous l'une des poutrelles de support des mécanismes de commande des barres.

- b/ amplificateur : amplificateur à courant continu logarithmique à deux voies type ACCL50.

Cet amplificateur est situé dans la baie principale santé.

c/ enregistreur : enregistreur type CCE RMC4 (4 voies) placé dans le tableau de contrôle.

### 3.7.2.2. Activité poussières

Les mesures sont assurées par un enregistreur d'aérosols radioactifs type EAR 622 B placé au niveau + 7 . L'aspiration est effectuée au voisinage de la surface de l'eau piscine. Seule la voie directe est suivie par l'enregistreur RMC4 du tableau de contrôle.

### 3.7.3. Détecteurs du hall des physiciens

#### 3.7.3.1. Rayonnement $\gamma$ et neutrons thermiques

Chaîne identique à celle du hall pile et comprenant :

- une chambre d'ionisation type C32 et le préamplificateur associé type PCCL50.
- une des voies de l'amplificateur à courant continu logarithmique type ACCL50 de la baie principale santé
- une des voies de l'enregistreur RMC4 du tableau de contrôle. Le détecteur est placé sur un berceau mobile à la hauteur de l'axe du canal.

#### 3.7.3.2. Neutrons rapides

Une chaîne comprenant :

- un bloc détecteur, type DBF1 composé d'un tube compteur à BF3 type 3NE12 dans un bloc de paraffine ( $\phi$  : 33 cm L : 42 cm) et d'un préamplificateur incorporé.
- un ensemble de comptage logarithmique type ECLBF10 placé dans la baie principale santé.
- une des voies de l'enregistreur RMC4 du tableau de contrôle. Le bloc détecteur DBF1 est placé sur le même berceau mobile que la chambre C32 de la chaîne  $\gamma$  - neutrons thermiques.

### 3.7.4. Détecteurs du bassin de stockage des éléments usés

Deux détecteurs de rayonnement  $\gamma$  sont placés au niveau + 4 dans le hall du bassin de stockage des éléments usés : les indications de ces détecteurs autonomes ne sont pas enregistrés ; les dépassements des seuils sont signalés en local et sur le synoptique du tableau de contrôle.

### 3.7.5. Détecteurs du bassin de stockage de l'eau épurée

Aucune mesure permanente de l'activité de l'eau stockée n'est prévue. Des mesures discontinues peuvent être effectuées au moyen d'un détecteur portatif composé d'une sonde à scintillateur NaI (TI) et d'un amplificateur portatif transistorisé. La sonde est alors introduite dans un tube obturé à l'une de ses extrémités et plongeant jusqu'au fond du bassin. Ce tube en A5 a comme dimensions : longueur = 8,20 m -  $\phi$  Extérieur : 90 mm -  $\phi$  intérieur : 80 mm).

### 3.7.6. Détecteurs de l'activité de l'air rejeté

Deux chaînes de mesure comprenant chacune.

a/ détecteur : chambre différentielle type CD22 et préamplificateur associé type PCCL50

b/ amplificateur : une des voies de l'amplificateur à courant continu logarithmique type ACCL60 (construction C.E.N/G) de la baie secondaire santé.

c/ enregistreur : une des voies de l'enregistreur CCE type RMC3 incorporé à l'amplificateur ACCL60.

Des piquages sur la gaine de ventilation permettent la mesure de l'activité de l'air en aval et en amont des filtres à iode (local ventilation, niveau +4). La circulation de l'air dans les chambres CD22 est assurée par deux pompes JOUAN, débit 28 litres/minute.

### 3.7.7. Détecteurs de la contamination du personnel

Un portique  $\beta, \gamma$  est placé dans le sas d'entrée du hall pile ; il permet la détection de corps radioactifs, d'activité supérieure à  $10 \mu\text{C}$ , transportés intentionnellement ou non par le personnel.

Un détecteur de contamination des surfaces type IPAB est également placé dans le sas ; il permet la mesure de la contamination des mains, des chaussures et des vêtements.

### 3.7.8. Signalisations

- les signalisations lumineuses relatives aux détecteurs du hall pile, du hall des physiciens et du bassin de stockage des éléments usés sont rassemblés sur le synoptique " Santé " placé au-dessus de la partie droite du tableau de contrôle.

- les signalisations lumineuses relatives aux chambres différentielles CD22 figurent également sur le synoptique ventilation placé au-dessus de la partie gauche du tableau de contrôle.

- des signalisations sonores sont placées dans la baie principale " Santé " et en quelques lieux de mesure.

- des coffrets de raccordement sont placés sur les lieux de mesure, à proximité des détecteurs ; certains de ces coffrets locaux comportent des signalisations lumineuses et sonores.

- les seuils de déclenchement des alarmes sont ajustables ; leur dépassement entraîne les signalisations suivantes :

1er niveau d'alarme : voyant blanc

2ème " " : voyant orange et sonnerie

3ème " " : voyant rouge et sirène.

Le 3ème niveau d'alarme ( 100 LMA ) de la chambre C32 du hall pile entraîne la chute des barres.

Le tableau ci-joint résume l'emplacement des détecteurs, des électroniques associées et leurs fonctions.

- les sirènes correspondant au 3ème niveau d'alarme peuvent être actionnées directement par un bouton - poussoir " Evacuation " placé sur le pupitre de commande.

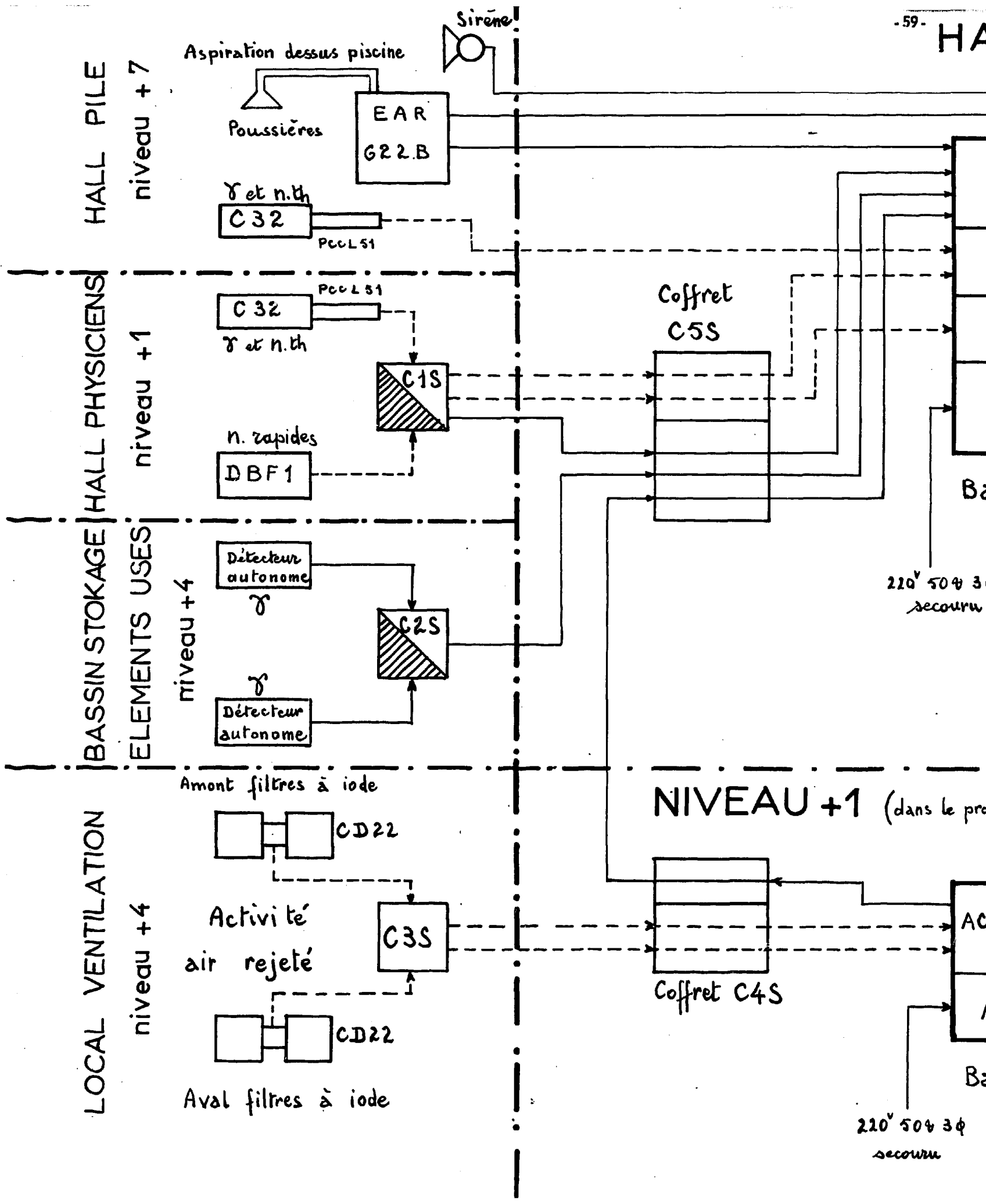
- une clé " Test " au tableau de contrôle permet de vérifier le fonctionnement du réseau alarme santé, y compris le châssis relais de la baie principale.

- le réseau " Santé " est schématisé sur le plan joint.

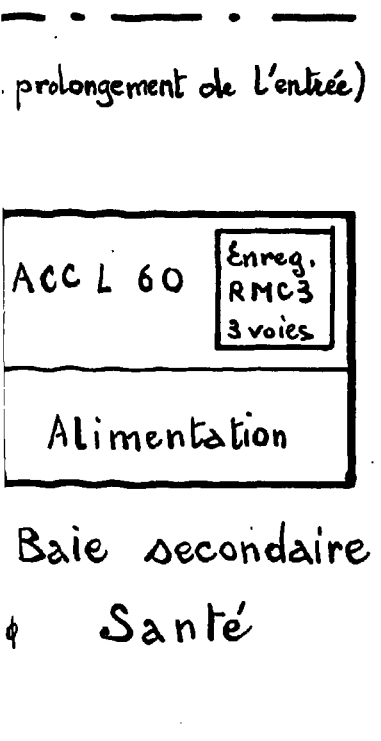
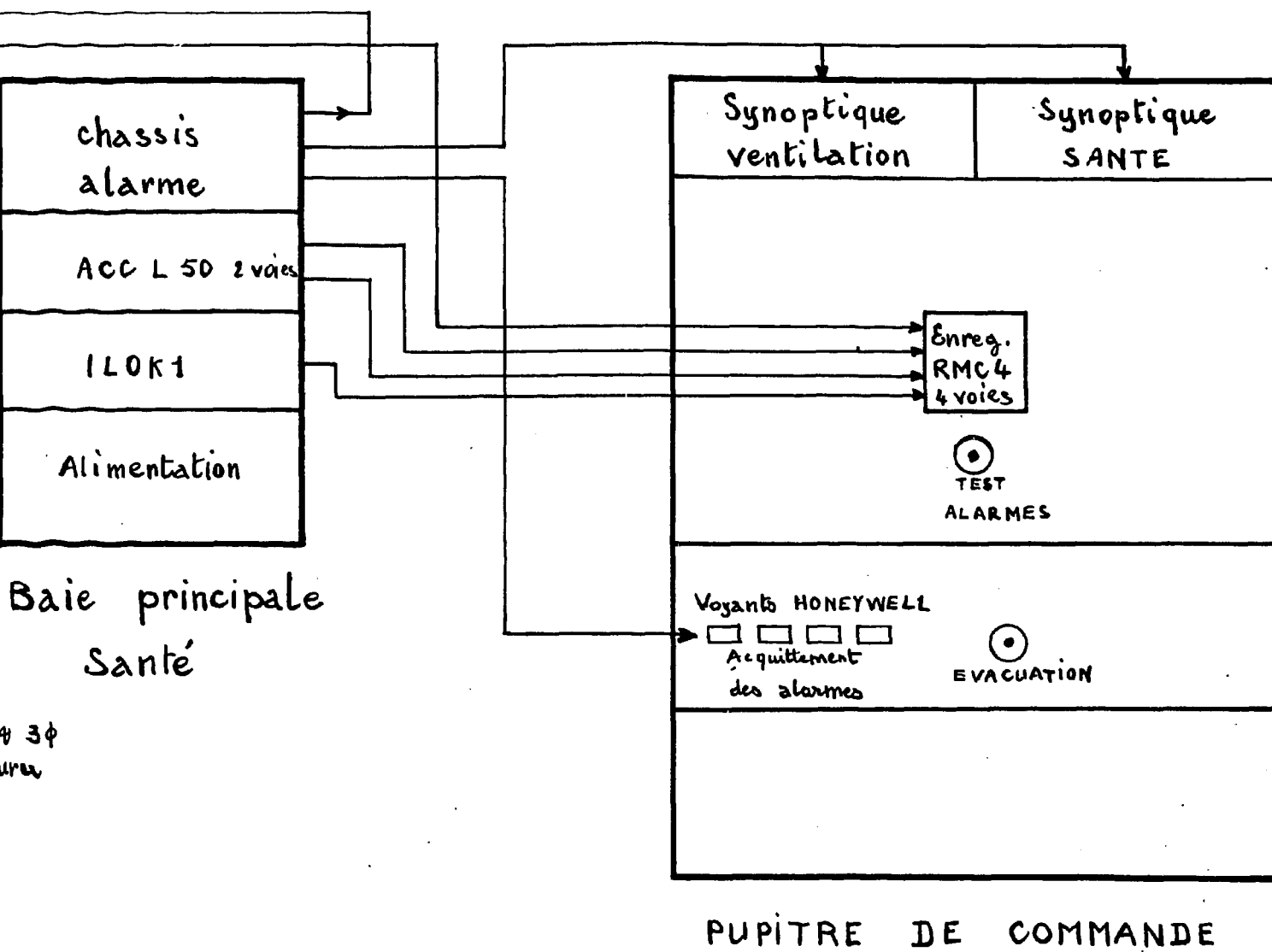
**CONTROLE DES RADIATIONS**

EMPLACEMENT	MESURE	DETECTEUR	ÉLECTRONIQUE	ENREGISTREUR	GAMME DE MESURE	SIGNALISATIONS				OBSERVATIONS
						synoptique voyant	A. sonore	coffrets voyant	locaux A. sonore	
<b>LOCAL VENTILATION</b>			<b>BAIE SECONDAIRE</b>							
mont filtres à iode	Activité air rejeté	Ch. différ. CD22	Ampli à courant continu log. ACC L60 2 voies	CCE type RM3 de de la baie secon- daire	10 <sup>-6</sup> à 1 C/m3	niveau 1 2 3	sonnerie			1 voie disponi- ble sur l'enre- gistreur
mont filtres à iode	Activité air rejeté	Ch. différ. CD22	Ampli à courant continu log. ACCL 60 2 voies		10 <sup>-6</sup> à 1 C/m3	niveau 1 2 3	sonnerie			
<b>HALL PHYSICIENS</b>	Neutrons rapides.  γ et neutrons th	Compteur à BF3 dans bloc paraffine DBF1  Chambre 24 I C 32	<b>BAIE PRINCIPALE</b> ensemble de comptage log. ECLBF10 Ampli à courant continu ACCL50	CCE type RM4 du pupitre de com- mande.	0,1 à 100.000 n/cm2/s  0,41 mR/h à 41 R/h	niveau 1 2 3  niveau 1 2 3	sonnerie sirène  sonnerie sirène	niveau 1 2 3  niveau 1 2 3	sonnerie sirène  sonnerie sirène	
<b>HALL PILE</b> (dessous piscine)	γ et neutrons th  Activité β poussières	Chambre 24 I C 32  EAR 622 B	Ampli à courant continu ACCL50		0,41 mR/h à 41 R/h  3.10 <sup>-11</sup> à 1,7.10 <sup>-5</sup> c/m3 pour des β	niveau 1 2 3  niveau 3	sonnerie sirène  sirène			Chute de barres enregistrement voie directe
<b>BASSIN STOCKAGE ÉLEMENTS USES</b>	γ  γ	Scintillateur plastique φ 50 I 90  Scintillateur plastique φ 50 I 90	Détecteur γ autonome  Détecteur γ autonome	néant  néant	0 à 250 mR/h  0 à 250 mR/h	niveau 1 2 3  niveau 1 2 3	sonnerie sirène  sonnerie sirène	niveau 1 2 3  niveau 1 2 3	sonnerie sirène  sonnerie sirène	





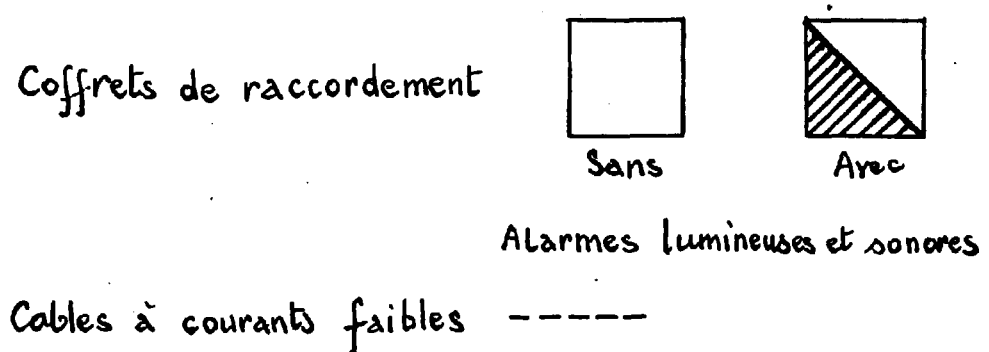
# HALL PILE - NIVEAU +10



## SILOETTE

Fig. Q

### RESEAU SANTE





### 3.8. CIRCUITS DE SECURITE

Toutes les sécurités sont actionnées dans le cas d'un manque d'alimentation de la chaîne de mesure correspondante.

#### 3.8.1. Sécurités, signalisation, réarmement, shunt (Fig. R)

Nous distinguerons deux types de sécurités, celles qui peuvent être court-circuitées manuellement, et celles qui ne peuvent pas l'être.

**Sécurités court-circuitables :** elles sont au nombre de 11 :

- la sécurité extérieure (normalement fermée par un cavalier)
- la sécurité minimum sur la chaîne logarithmique de démarrage
- la sécurité maximum sur la chaîne logarithmique de démarrage
- la sécurité du temps de doublement 0 sur la chaîne logarithmique de démarrage
- la sécurité du temps de doublement 0 sur la chaîne logarithmique de démarrage
- la sécurité maximum sur la chaîne linéaire BP
- la sécurité minimum sur la chaîne de montée en puissance
- la sécurité maximum sur la chaîne de montée en puissance
- la sécurité du temps de doublement 0 sur la chaîne de montée en puissance
- la sécurité du temps de doublement 0 sur la chaîne de montée en puissance
- la sécurité 100 LMA de la chaîne de santé du pont du coeur.

**Sécurités non court-circuitables :** elles sont au nombre de 8 :

- clé de démarrage de SILOETTE
- arrêt depuis le tableau de SILOETTE
- arrêt de la ventilation

1. sécurité externe
2. minimum chaine log. de démarrage
3. maximum " " " "
4. Td. < 0 sur la chaine log. de démarrage
5. Td. > 0 " " " "
6. maximum chaine linéaire B.P.
7. disponible
8. minimum chaine montée en puissance (P. log. H.P. min.)
9. maximum chaine montée en puissance
10. Td. < 0 " " "
11. Td. > 0 " " "
12. chambre C32 pont du cœur

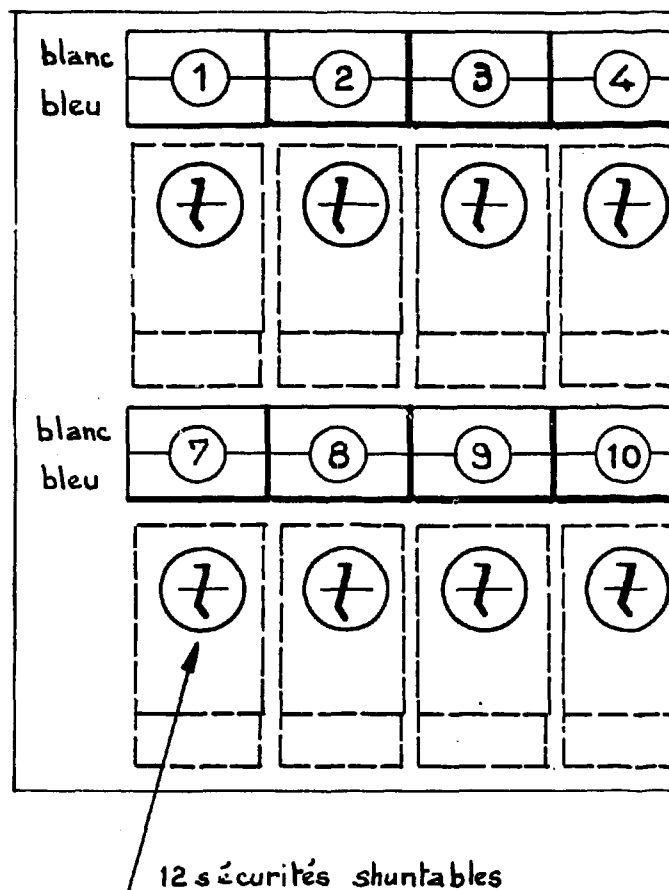
Sécurités non court.circuitables

- A. maximum chaine de sécurité 1
- B. chaînes sécurité basse
- C. seram ventilation
- D. maximum chaine de sécurité 2
- E. disponible
- F. " "

Alarmes

- a. Td. < +10s. BP.
- b. P > 90% PS<sub>1</sub>
- c. niveau haut du bac R101
- d. dépression anormale dans le hall
- e. bouton BP. INT. HP. sur intermédiaire depuis plus de 5mn.
- f. disponible
- g. Td < +10s HP
- h. P > 90% PS<sub>2</sub>
- i. réarmement des alarmes sonores santé
- j. signalisation et réarmement des alarmes santé
- k. " " " " " " " " " " " "
- l. " " " " " " " " " " " "

1er niveau  
2ème "  
3ème "



12 sécurités shuntables

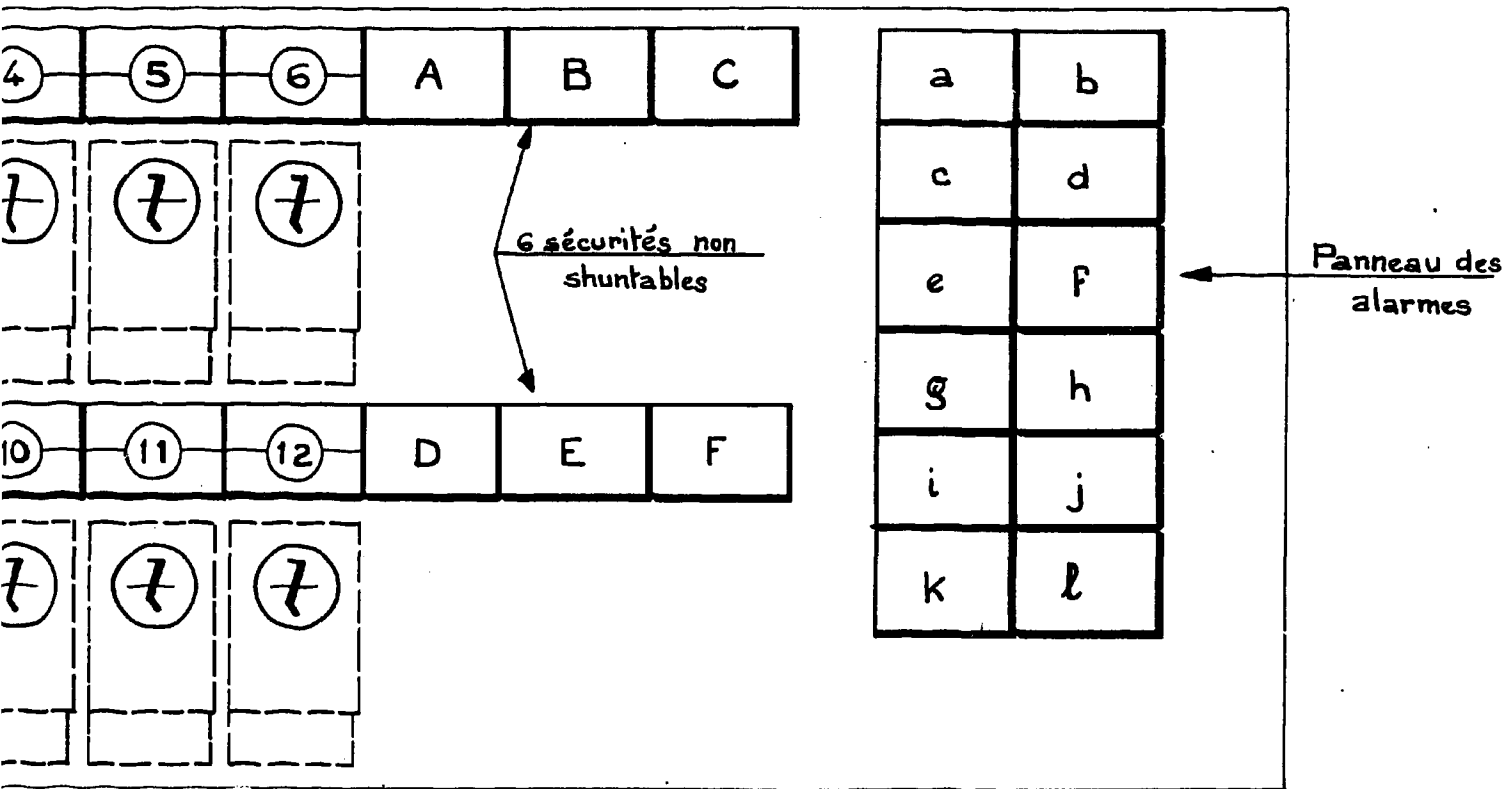


Fig. R

<h1>Panneau des signalisations SILOETTE</h1>		Modification		
		Ind.	Date	Visa
Commissariat à l'Energie Atomique CENTRE D'ETUDES NUCLEAIRES DE GRENOBLE		---	---	---
Echelle: <u>1/2</u>	Dessiné par: <u>M.G.</u>	Reproduction interdite sans autorisation (loi du 11.03.1902)		<b>EL/NU 42</b>
Date : <u>9-10-61</u>	Vérifié par: _____			



- arrêt des chaînes de sécurité ( 2 )
- contact de position basse sur la chaîne de sécurité mobile

Le court-circuit des sécurités se fait par une serrure commandée par une clé.

La signalisation des sécurités et alarmes est double : sonore et lumineuse.

#### Signalisation sonore

- a/ une cloche à deux tonalités résonne pour chaque cause de chute de barre
- b/ une sonnerie retentit pour chaque alarme
- c/ un ronfleur dans la baie principale s'active en action si l'intensité de rayonnement dépasse le 2ème niveau
- d/ une sirène retentit si l'intensité de rayonnement dépasse le 3ème niveau.

**NOTA** : toutes les signalisations sonores sont réarmées depuis le tableau de contrôle.

#### Signalisation lumineuse

Chaque sécurité court-circuitable dispose de deux voyants, un bleu et un blanc normalement éclairés en demi-teinte ( afin de s'assurer de leur bon fonctionnement ).

- le voyant bleu s'allume pleine teinte quand la sécurité est shuntée manuellement.
- le voyant blanc s'allume pleine teinte quand la mesure correspondante a dépassé le seuil prévu. ( Les sécurités non court-circuitables disposent d'un seul voyant blanc qui s'allume pleine teinte ).

Les voyants, les réarmements et les clés du shunt sont rassemblés sur le panneau de gauche du pupitre de commande.

Toutes les sécurités doivent être réarmées manuellement après fonctionnement pour permettre le redémarrage du réacteur. Les circuits de sécurité des diverses chaînes de mesure fonctionnent en " trigger " ( le relais décolle en cas de dépassement mais recolle dès que la grandeur est revenue à la valeur normale ), et non en bascule.



### 3.8.2. Alarmes

La liste est la suivante :

En basse puissance :

- $T_d < + 10$  s voyant blanc
- $P > 90 \% P_s$  (sur les chaînes de sécurité) voyant blanc ( $P_s$  étant le seuil de déclenchement affiché).
- Alarme : 5 minutes sur position intermédiaire (voyant bleu).

En haute puissance :

- $T_d < + 10$  s voyant blanc
- $P > 90 \% P_s$  (2 chaînes) voyant blanc ( $P_s$  étant le seuil de déclenchement affiché).

Ventilation :

- dépression anormale du hall.

Santé :

- niveau 1 : jaune
- niveau 2 : orange
- niveau 3 : rouge

soit au total 10 alarmes lumineuses situées sur la droite du panneau de gauche du pupitre de contrôle.

Sur le panneau, sont rassemblés également la signalisation du trop plein du bac R 101 et le réarmement des alarmes sonores santé.

### 3.8.3. Les changements de gamme de puissance

Le changement se fait par un commutateur à 3 positions :

../. .

- basse puissance (BP)
- position intermédiaire (INT)
- haute puissance (HP)

Une minuterie et une alarme lumineuse (panneau alarmes et sécurité) interdisent de demeurer longtemps en position intermédiaire, (temps limité à 5 minutes).

Du tableau situé à la fin de ce paragraphe, il résulte que :

#### 1. Passage BP à HP

- On ne peut monter en puissance que si la chaîne logarithmique de montée en puissance fonctionne.
- Il faut remonter la chaîne de sécurité qui était en position basse, sinon la chute des barres se produira à 200 W.

#### 2. Passage de HP à BP

- On passe d'abord en position intermédiaire afin de mettre en route les hautes tensions (2 minutes environ) et de s'assurer qu'on a les indications normales sur les chaînes de mesure BP.
- La chambre mobile de sécurité doit être remise en position basse, deux voyants en haut et à droite du panneau central signalent sa position.
- On peut alors passer sur la position BP (on chutera les barres si on est passé alors que la puissance était encore trop élevée).

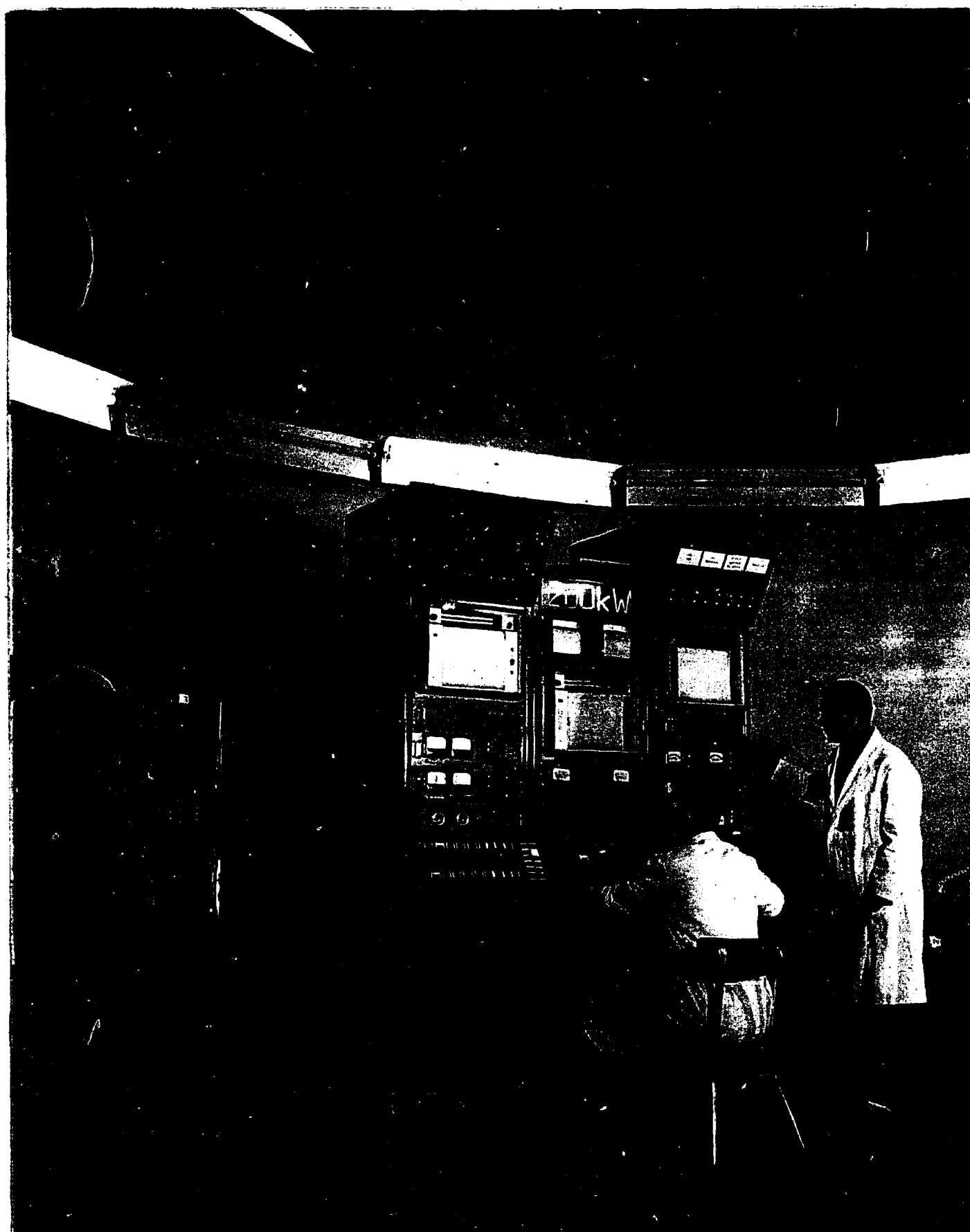
#### 3- En position " Intermédiaire " on peut faire les fausses manoeuvres suivantes :

- fonctionner à BP en manuel ou automatique avec les sécurités BP shuntées (à l'exception de la chaîne de sécurité).
- monter en puissance, alors que tous les appareils de mesures commutables de BP à HP sont encore sur BP.

Les sécurités HP restent en fonction.

Pour ces raisons, il y a intérêt à régler la minuterie à un temps aussi bref que possible.

../. .



SILOETTE - Salle de contrôle

### 3.9. SALLE DE CONTROLE

Elle est située au niveau + 10 du hall étanche. Elle comprend :

- Le pupitre de contrôle de MELUSINE II ( Fig. S) auquel ont été ajoutés deux synoptiques en bandeau
- Deux baies de mesures neutroniques
- Deux baies santé dont l'une baie secondaire santé, se trouve au rez-de-chaussée du bâtiment bureaux.

#### 3.9.1. Synoptiques

Ce sont des synoptiques d'états ;

l'un représente le circuit de la ventilation avec :

- les ventilateurs soufflage et extraction (marche ou arrêt)
- les vannes amont et aval (ouvertes ou fermées)
- le sas du hall (ouvert ou fermé)
- l'état de la dépression dans le hall
- le niveau d'activité de l'air vu par les chambres différentielles en amont et en aval des filtres à iode.

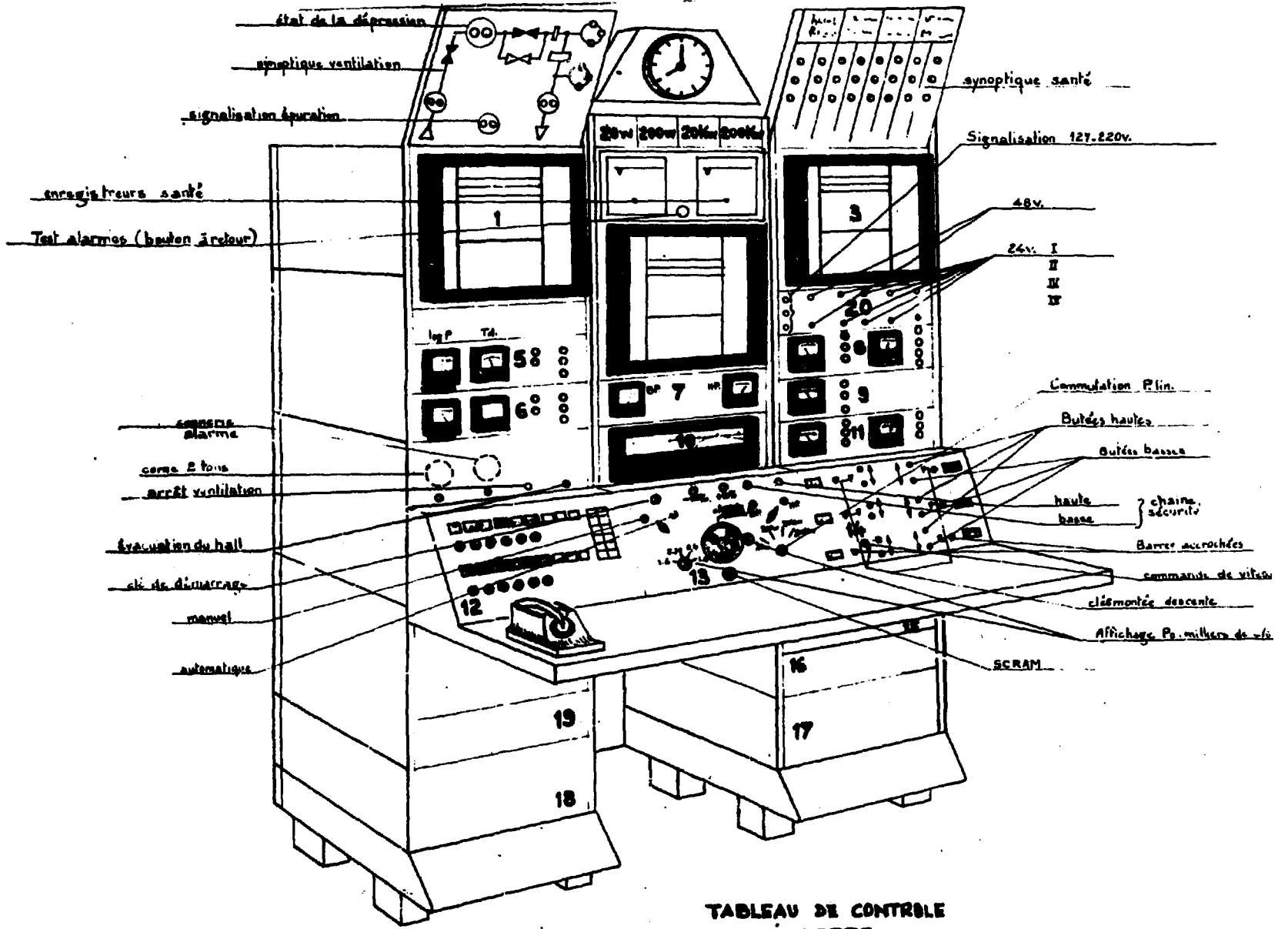
l'autre représente les 4 postes surveillés par le contrôle santé à savoir :

- le hall étanche : une voie  $\gamma$ , une voie poussière
- le hall des physiciens : une voie  $\gamma$ , une voie neutrons rapides
- le bassin de stockage des éléments usés : 2 voies  $\gamma$
- les chambres différentielles en amont et en aval des filtres à iode ;

#### 3.9.2. Liaisons

Elles comportent :

.. / .



**TABLEAU DE CONTRÔLE  
SILOETTE**

- 1 P. log. B.P.
- 2 P. lin. B.P. ou H.P.
- 3 P. log. H.P.
  
- 5 Chaîne log. de démarrage
- 6 Chaîne linéaire B.P.
- 7 Indicateurs de temps de doublement B.P. et H.P.
- 8 Chaîne log. de montée en puissance
- 9 Chaîne linéaire de pilotage H.P.
- 10 Galvanomètre  $\frac{dP}{dt}$
- 11 Chaines de sécurité
- 12 Panneau des voyants d'alarme et de chute de barre
- 13 Panneau central de commande
- 14 Panneau de commandes des barres B.C. et B.R.
- 15 Chassis de commande de B.R.
- 16 Commande des électroaimants
- 17 Conversion 127.220 . 40v.
- 18 Chassis des 24v. B.R.
- 19 Régulateur Drusch.
- 20 Commandes électrotechniques et Signalisation

Fig. 5

Panneau de contrôle SILOETTE



a/ une liaison par interphone entre :

- tableau de contrôle SILOETTE (poste directeur).
- bassin de stockage des éléments usés (poste secondaire)
- local des physiciens (poste secondaire)

b/ des liaisons par téléphone auto-générateur.

1: Réseau propre à SILOETTE entre :

- . hall étanche ( niveau + 10  
( niveau + 7  
( épuration
- . Stockage eau épurée
- . Stockage éléments combustibles usés
- . Local ventilation
- . Local physiciens
- . Installations de transfert (Pompe P9)
- . Entrée (poste gardien)
- . Tableau de distribution électrique.

2: Réseaux communs à SILOE et MELUSINE

- . Boucle de sécurité (cf § III 913 a - Rapport de Sûreté de SILOE)
- . Boucle de contrôle circuit d'eau (cf § III 913 d - Rapport de Sûreté de SILOE).



#### IV. - FACILITES EXPERIMENTALES ET MANIPULATIONS PREVUES

##### 4.1. Généralités

**SILLETTE** est dotée de deux canaux radiaux. L'un de ces canaux débouche dans le local des physiciens, l'autre dans le couloir d'accès à ce local. L'utilisation de ce dernier n'est pas prévue pour l'instant.

Le niveau + 7 du hall étanche est en principe réservé aux expérimentateurs.

Le réservoir de stockage de l'eau épurée pourra éventuellement être utilisé pour des expériences diverses telles que la tenue de certains matériaux dans l'eau déminéralisée.

##### 4.2. Canaux radiaux

Ils sont constitués uniquement d'un faux canal en acier inoxydable muni d'un léger décrochement à la moitié de leur longueur et d'une bride à chaque extrémité.

##### 4.2.1. Canal non en service

Une tige de 2 cm d'épaisseur, en acier inoxydable, est vissée sur la bride côté piscine ; l'intérieur du faux canal est obstrué par un bouchon en béton gainé d'acier ordinaire. Le bouchon est muni côté extérieur d'une bride pleine vissée sur la bride extérieure du faux canal. Poids du bouchon : 600 kg environ.

##### 4.2.2. Canal en service

Le faux canal débouchant dans le local des physiciens, sera utilisé pour pulser le cœur de **SILLETTE** à l'aide d'un accélérateur. Cette expérience est en cours d'étude et doit faire sous peu l'objet d'un rapport qui sera soumis au Groupe Local de la Sécurité des Réacteurs au même titre qu'un autre dispositif expérimental. A titre indicatif, le bouchon dont sera muni ce faux canal sera percé en son centre d'un trou de diamètre  $\phi = 115$  mm pour passage du prolongateur de l'accélérateur. La partie annulaire du bouchon entre trou intérieur et faux canal sera rempli de béton. Le trou central en l'absence de manipulation comportera un volet de plomb de 8 cm d'épaisseur, 150 cm de polyéthylène et un bouchon complémentaire en plomb de 40 cm de long.

**4.3. Le niveau + 7 du hall étanche est équipé en :**

- . air comprimé
- . eau déminéralisée : une prise d'eau,
- . électricité : 2 coffrets type laboratoire.

**4.4. Programme des manipulations prévues**

**1/ Mesures de Physique des réacteurs**

- . Etude de configurations nouvelles du coeur
- . Mesures de flux
- . Etude de l'antiréactivité de barre
- . Etude de la réactivité de dispositifs expérimentaux.

**2/ Mesures de neutronique**

- . Mesures en neutrons pulsés
- . Mesures de diffraction neutronique.

**3/ Essais de matériel électronique de contrôle des réacteurs**

**4/ Essais de nouveaux détecteurs solides ou de type conventionnel**

- . Neutrons thermiques
- . Neutrons rapides
- . Gamma.

**ANNEXE**

**Bibliographie**

- [1] - Avant-projet SILOE
- [2] - Rapport de criticité sur le stockage des éléments usés dans SILOETTE
- [3] - Rapport de sûreté MELUSINE - (Octobre 1960)
- [4] - Rapport de sûreté SILOE (Rapport C.E.A. n° 2307 - 1963)
- [5] - Etude sur la possibilité d'évacuation intempestive par gravité ou pompage d'eau, SILOE , MELUSINE , SILOETTE (Note EPI/63-282)
- [6] - Calcul des flux neutroniques et  $\gamma$  derrière le mur de plomb de SILOETTE  
Position des chambres (note EPI/63-433)
- [7] - Position des chambres de contrôle neutronique de SILOETTE (note EL/NU 30)
- [8] - Rapport préliminaire de sûreté de SILOETTE

**FIN**