

INSTRUMENTATION DE L'AIMANT M1 POUR L'EXPLOITATION

A. Hervé, C. Leschevin, C. Lesmond

Cette note, une actualisation de la note EF/EHS/TE 78-9, décrit les capteurs réellement montés sur les deux bobines; elle tient aussi compte naturellement de diverses modifications (par exemple le remplacement en cours de projet de la jupe de support époxy par des colonnes et 8 tirants en titane de suspension).

Le câblage interne a été réalisé avec du fil isolé téflon AWG 26. De façon à éviter les couplages, des paires, des tierces ou des quarts torsadés de chez Filotex ont été utilisés partout, soit :

- paire ETF G 26 étude 55175
- tierce ETF G 26 étude 55176
- quarte ETF G 26 étude 55177

1. MESURES DE NIVEAUX D'HELIUM LIQUIDE

La mesure de niveaux se fait à l'aide de jauges supraconductrices type SEE. On a par cryostat (Figs. 1.1 et 2.1) :

- 3 jauges pour la mesure sur toute la hauteur des bobines pour suivre le niveau pendant le remplissage. Ces jauges sont doublées par sécurité.
- 2 jauges en parallèle dans les cols pour suivre et réguler le niveau pendant l'exploitation.

Ces dernières jauges sont facilement démontables. La position altimétrique des diverses jauges est représentée sur les Figs. 1.1(a) et 2.1(a).

- Pour mémoire, on peut citer que 2 jauges du même type sont prévues dans le dewar tampon pour pouvoir y lire et réguler le niveau du liquide.

Ce sont des mesures de haut niveau électrique, par jauge au sein des bobines, on a :

- 1 paire pour l'alimentation
- 1 paire pour la lecture.

Par jauge dans le col, on a:

- 1 coax. pour l'alimentation et le signal.

Nota: Les jauges des cols sont équipées de câbles indépendants, M1 α 0900 et M1 α 1000 ($\alpha = 1,2$).

2. PRISES DE POTENTIEL

2.1 Prises de Potentiel (Figs. 1.2 et 2.2)

Cette mesure sert à vérifier la qualité des contacts. Elle se fait en utilisant le courant de transport du conducteur à une valeur stabilisée et en mesurant la chute de potentiel le long de la jonction.

On a par cryostat:

- 14 jonctions à surveiller

C'est une mesure de bas niveau électrique, par jonction on a

- 1 tierce (+, -, garde).

Nota: Par sécurité la tierce est protégée au niveau de la jonction par deux résistances métalliques bobinées Sfernice de 10 K Ω .

2.2 Mesure de la Répartition de Potentiel dans la Bobine (Figs. 1.3 et 2.3)

Cette mesure sert à vérifier qu'aucun court-circuit n'existe pendant la charge ou la décharge.

C'est une mesure de haut niveau électrique qui se fait en utilisant les tierces fixées sur chaque jonction (voir 2.1). Il n'y a pas de fils supplémentaires à prévoir. Le potentiel total aux bornes de l'enroulement supraconducteur (UB α 02; $\alpha = 1,2$) est aussi extrait de la même manière.

Le potentiel aux bornes de chaque bobine ($UB \alpha 01$; $\alpha = 1,2$) est lu à l'aide d'un câble supplémentaire ($M1 \alpha 0800$; $\alpha = 1,2$) fixé directement en haut des entrées de courant à travers 2 résistances Sfernice bobinées de $10 \text{ k}\Omega$ (voir Figs. 1.2, 2.2, 1.7 et 2.7).

Le potentiel total aux bornes des deux bobines UB000 est fabriqué à l'aide des câbles $M1 \alpha 0800$ ($\alpha = 1,2$), (voir Figs 1.2 et 2.2).

3. MESURES DE TEMPERATURE

3.1 Mesure de la Température moyenne des Galettes (Figs. 1.3 et 2.3)

Cette mesure est exécutée en faisant circuler pendant le refroidissement un courant de quelques ampères dans la bobine à l'aide d'une alimentation spéciale et en lisant la chute de potentiel le long d'une galette. On n'obtient qu'une température moyenne, mais cela permet de vérifier la symétrie de refroidissement entre les 2 bobines et aussi la bonne répartition de température à l'intérieur d'une bobine.

C'est une mesure de haut niveau électrique qui se fait en utilisant les tierces fixées sur chaque jonction (voir 2.1). Il n'y a pas de fils supplémentaires à prévoir.

3.2 Mesure de la Température du Gaz dans l'Enceinte Hélium (Figs. 1.4 et 2.4)

Cette mesure sert à surveiller le gradient vertical de température à l'intérieur de chaque enceinte pendant le refroidissement.

La mesure se fait à l'aide de thermomètres pelliculaires Micro Measure, type CLTS, alimentés avec un courant constant de 1 mA.

On a par cryostat:

- 6 thermomètres situés dans le plans médian de la bobine.

C'est une mesure de haut niveau électrique; par jauge on a :

- 1 paire pour l'alimentation 1 mA.
- 1 paire pour la lecture.

3.3 Mesure de Température sur les Enceintes à Hélium (Fig. 1.5 et 2.5)

Cette mesure doit permettre de détecter les gradients thermiques dangereux lors du refroidissement ou du réchauffage.

Cette mesure est faite par des thermomètres pelliculaires Micro Mesure type CLTS alimentés avec un courant constant de 1 mA.

On a par cryostat:

- 16 thermomètres

C'est une mesure de haut niveau électrique, par jauge on a :

- 1 paire pour l'alimentation 1 mA
- 1 paire pour la mesure.

Nota: Les fils des 8 jauges situées à l'extérieur de l'enceinte à hélium sortent par la platine du tank à vide.

3.4 Mesure de la Température des Courts-Circuits thermiques des Plots et de l'Ecran thermique (Figs 1.6, 1.6(a), 2.6, 2.6(a)).

Cette mesure sert à contrôler la température des courts-circuits thermiques des plots et de l'écran. Elle est faite à l'aide de thermomètres pelliculaires Micro Mesure type CLTS alimentés avec un courant constant de 1 mA.

On a par cryostat:

- 10 thermomètres, 3 situés sur 3 des plots de la couronne de support, 1 situé sur le tube hélium qui refroidit les courts-circuits des plots avant de parcourir l'écran, 6 sur les écrans.

C'est une mesure de haut niveau électrique, par jauge on a :

- 1 paire pour l'alimentation 1 mA
- 1 paire pour la lecture.

Nota: Ces fils sortent par la platine du tank à vide.

3.5 Mesure de la Température en 2 Points des Entrées de Courant (Figs 1.7 et 2.7)

De façon à mesurer le gradient thermique à l'extrémité chaude de chacune des entrées de courant, et par là même agir sur le débit de gaz de refroidissement les traversant, une première jauge platine de 100 Ω est placée à 70 mm sous le début des ailettes. Cette jauge est isolée galvaniquement de la bobine et est remplaçable. Une seconde jauge de platine est placée au niveau de la tête de raccordement de façon à pouvoir réguler la chauffarettte et par là même éviter le givrage des têtes.

On a, par cryostat:

- 4 résistances platine 100 Ω

C'est une mesure de haut niveau électrique, par jauge on a :

- 1 paire pour l'alimentation 1 mA
- 1 paire pour la lecture.

Nota: chaque sonde est équipée d'un câble indépendant, M1 α 0600 et M1 α 0700. ($\alpha = 1,2$) pour les jauges du premier type et M1 α 1700 et M1 α 1800.
($\alpha = 1,2$) pour les jauges du deuxième type.

4. JAUGES DE CONTRAINTES

4.1 Sur les Tirants de Prétension des Bobines (Figs 1.8 et 2.8)

Ces jauges servent à mesurer la précontrainte des tirants lors du serrage des bobines, puis, ensuite, à surveiller le tassement des bobines lors de la mise sous courant.

Ce sont des jauges cryogéniques Micro Measure, type WK-15-125-AD-350 option W câblées en 1/4 de pont.

Par cryostat, on a :

- 2 jauges sur 8 tirants

C'est une mesure de bas niveau, pour balancer l'influence des lignes on a par jauge :

- 1 tierce (2 fils pour fermer le pont et 1 fil pour la lecture).

4.2 Sur les Tirants périphériques de Prétension de la Couronne à Plots (Figs 1.9 et 2.9)

Ces jauges servent à mesurer la précontrainte des tirants en titane (TA6V) lors de la mise en compression de la couronne à plots. Elles fournissent aussi des indications dynamiques sur les vibrations axiales des bobines.

Ce sont des jauges cryogéniques Micro Mesure type WK-15-125AD-350 option W câblées en 1/4 de pont.

Par cryostat, on a :

- 2 jauges sur 5 tirants

C'est une mesure de bas niveau; pour balancer l'influence des lignes, on a par jauge :

- 1 tierce (2 fils pour fermer le pont et 1 fil pour la lecture).

Nota : Ces fils sortent par la platine du tank à vide.

4.3 Sur les Tirants de Suspension des Bobines (Figs 1.10 et 2.10)

Ces jauges servent à mesurer la précontrainte des tirants en titane de suspension des bobines et à surveiller leur comportement durant la mise sous courant. Elles fournissent aussi des indications sur les forces magnétiques assymétriques dues à la présence de masses de fer, et des indications dynamiques sur les vibrations radiales des bobines.

Ce sont des jauges cryogéniques Micro Mesure type WK-15-125AD-350 option W câblées en 1/4 pont.

Par cryostat, on a :

- 8 jauges

C'est une mesure de bas niveau, pour balancer l'influence des lignes, on a par jauge :

- 1 tierce (2 fils pour fermer le pont et 1 fil pour la lecture).

Nota: Ces fils sortent par la platine du tank à vide.

4.4 Sur les Cryostats (Figs 1.11 et 2.11)

Cette mesure est destinée à surveiller les contraintes dans les enceintes à hélium lors de l'essai de pression et de la mise sous courant.

Une section radiale est équipée de façon à suivre les contraintes au niveau des encastres des viroles minces et des fonds épais.

Ce sont des jauges cryogéniques Micro Mesure du type WK-15-125AD-350 option W câblée en 1/4 de pont.

Par cryostat, on a :

- 8 jauges

C'est une mesure de bas niveau électrique, pour balancer l'influence des lignes, on a par jauge :

- 1 tierce (2 fils pour fermer le pont et 1 pour la lecture).

Nota: Les fils des 4 jauges situées à l'extérieur de l'enceinte hélium sortent par la platine du tank à vide.

5. MESURES D'ACCELERATION (Figs 1.12 et 2.12)

Cette mesure sert à déterminer la réponse dynamique de la masse de la bobine et de l'enceinte à hélium sur le ressort de la couronne à plots aux excitations de la détente.

Cette mesure est faite à l'aide d'accéléromètres piézoélectriques, Kistler type 817 A.

On a par cryostat :

- 2 accéléromètres (pour pouvoir compenser la perte d'un capteur pendant le refroidissement).

C'est une mesure de charge qui demande:

- 1 coax. par capteur.

Nota : Ces coax. (M1 α 1500 et M1 α 1600, $\alpha = 1,2$) sortent par la platine du tank à vide.

6. CONNECTEURS

Sauf pour les jauges ayant des câbles indépendants (résistances, platine, accéléromètres, jauges de niveau des cols et la prise de potentiel aux bornes de chaque bobine), toutes les traversées étanches, que ce soit sur la platine du tank à vide ou la platine de l'enceinte hélium, sont des traversées SVT BAC type HS (à souder) embase No 5 42 contacts de Ø 1 mm.

La platine de sortie du tank à vide comporte un sas branché comme un pompage interjoint et donc chaque câble compte 2 traversées étanches, (Figs 1.13 et 2.13).

7. CABLES

Les 2 câbles adaptés aux connecteurs choisis sont les suivants:

Type A 21 paires	}	Metallurgica Bresciana
B 14 tierces		

Ces câbles ont une tension de service de 600 V (test à 2200 V). Ils sont protégés par une tresse en cuivre étamé, un écran à haute efficacité contre les parasites d'origine électromagnétique et une gaine extérieure en PVC.

Type C 2 paires

D 1 tierce

Ce câble a une tension de service de 500 V. Il est protégé par une gaine extérieure en PVC.

Type E 1 coax.

8. REPARTITION DES MESURES

Les mesures sortant par la platine de l'enceinte hélium sont réparties entre les câbles selon le Tableau 1, celles sortant par la platine du tank à vide selon le Tableau 2 et les mesures ayant des câbles indépendants selon le Tableau 3.

Les divers câbles de chaque cryostat sont représentés sur les Figs 1.14 et 2.14.

9. NUMEROTATION

Les éléments de mesure sont numérotés en accord avec la note CERN/EF/EHS/TE 78-8 tandis que les câbles sont numérotés en accord avec la note CERN/EF/EHS/TE 78-4 (révisée). Chaque paire et tierce porte son numéro complet (imprimé à l'aide d'une pince KABEX) sur un manchon en gain thermo retractable.

Le cryostat No 1 est le cryostat situé côté détente de RCBC tandis que le cryostat No 2 est celui situé côté optique. Les figures 1.1 à 1.14 représentent les éléments de mesure du cryostat No 1. En général les éléments correspondants du cryostat No 2 s'en déduisent par une symétrie par rapport au plan médian entre les bobines. Les figures 2.1 à 2.14 représentent cependant les éléments de mesure du cryostat No 2 car il y a quelques exceptions.

TABLEAU 1

REPARTITION DES MESURES SUR LES CABLES SORTANT SUR LES COLS DE
L'ENCEINTE HELIUM

No de la paire	M 1 α 0100 type A	M 1 α 0200 type A	
1	M 1 IL α 01	M 1 UL α 01	
2	02	02	
3	03	03	
4	04	04	
5	05	05	
6	06	06	
7	M 1 IT α 01	M 1 UT α 01	$\alpha = 1$ 1er cryostat
8	02	02	$\alpha = 2$ 2ème cryostat
9	03	03	
10	04	04	
11	05	05	
12	06	06	
13	07	07	
14	09	09	
15	11	11	
16	13	13	
17	15	15	
18	17	17	
19	19	19	
20	21	21	
21	-	-	
No de la tierce	M 1 α 0300 type B	M 1 α 0400 type B	M 1 α 0500 type B
1	M 1 UC α 01	M 1 US α 01	M 1 US α 15
2	02	02	16
3	03	03	33
4	04	04	35
5	05	05	37
6	06	06	39
7	07	07	-
8	08	08	-
9	09	09	-
10	10	10	-
11	11	11	-
12	12	12	-
13	13	13	-
14	14	14	-

TABLEAU 2

REPARTITION DES MESURES SUR LES CABLES SORTANT PAR LA PLATINE DU TANK A VIDE

No de la paire	M 1 α 1100 type A	M 1 α 1200 type A
1	M 1 IT α 08	M 1 UT α 08
2	10	10
3	12	12
4	14	14
5	16	16
6	18	18
7	20	20
8	22	22
9	23	23
10	24	24
11	25	25
12	26	26
13	27	27
14	28	28
15	29	29
16	30	30
17	31	31
18	32	32
19	-	-
20	-	-
21	-	-
No de la tierce	M 1 α 1300 type B	M 1 α 1400 type B
1	M 1 US α 17	M 1 US α 31
2	18	32
3	19	34
4	20	36
5	21	38
6	22	40
7	23	-
8	24	-
9	25	-
10	26	-
11	27	-
12	28	-
13	29	-
14	30	-

α = 1 1er cryostat

α = 2 2ème cryostat

TABLEAU 3

REPARTITION DES MESURES SUR LES CABLES INDIVIDUELS

No de la paire	Température des entrées de courant au niveau des ailettes		Jauges de niveau dans col	
	M1 α 0600 type C	M1 α 0700 type C	M1 α 0900 type E	M1 α 1000 type E
1	M1 IP α 41	M1 IP α 42	M1 UL α 43	M1 UL α 08
2	UP α 42	UP α 42		

U Bobine	
No de la tierce	M1 α 0800 type D
1	M1 UB α 01

Températures des entrées de courant sur les têtes		
No de la paire	M1 α 1700 type C	M1 α 1800 type C
1	M1 IP α 43	M1 IP α 44
2	UP α 43	UP α 44

Accéléromètres	
M1 α 1500 type E	M1 α 1600 type E
M1 UA α 01	M1 α UA α 02

α = 1 1er cryostat

α = 2 2ème cryostat

Vue suivant A

M 1

1^{er} cryostat

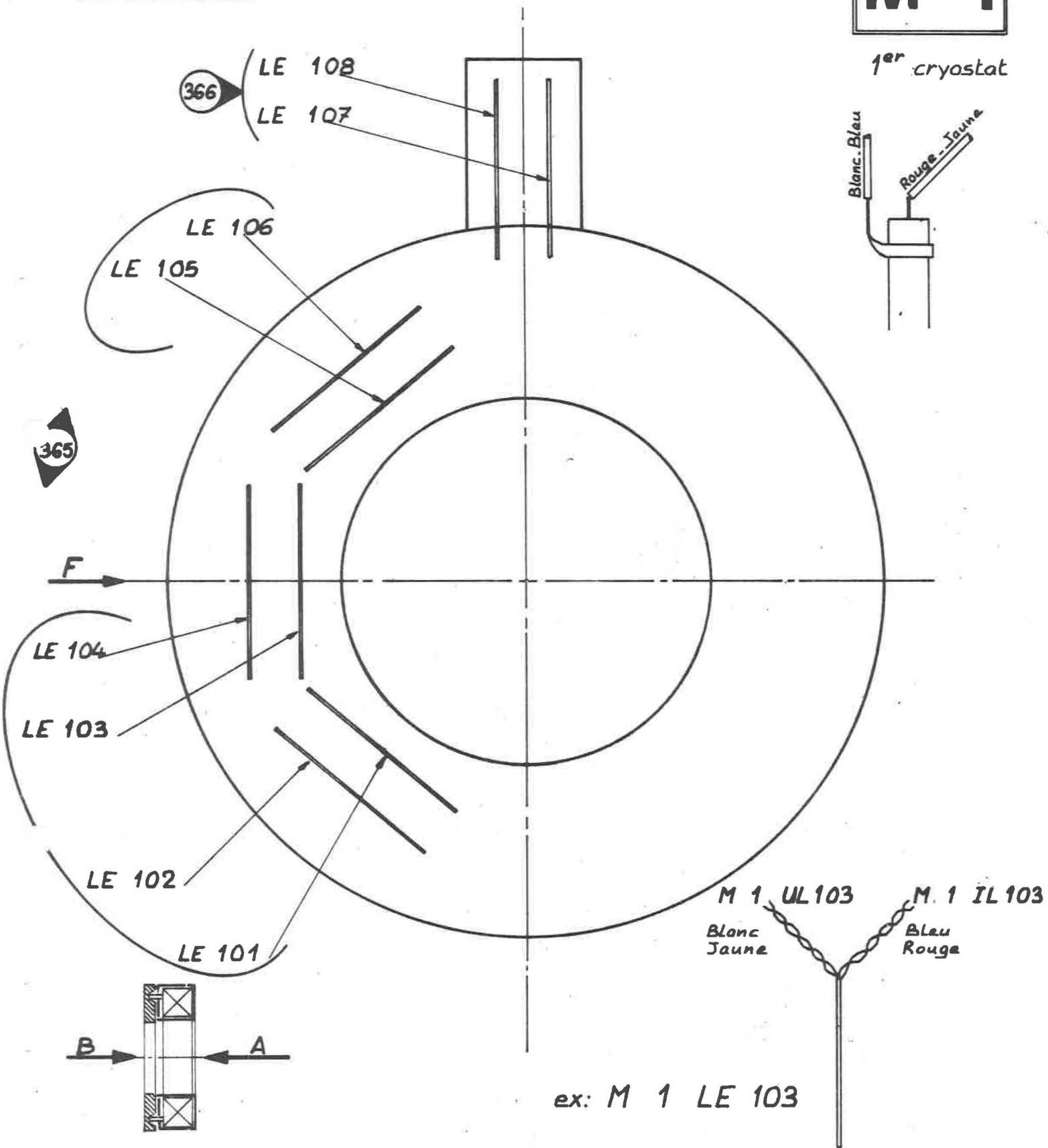


Fig:1_1 MESURE DE NIVEAU D'HELIUM LIQUIDE

EHS.M1 - Sondes de niveau

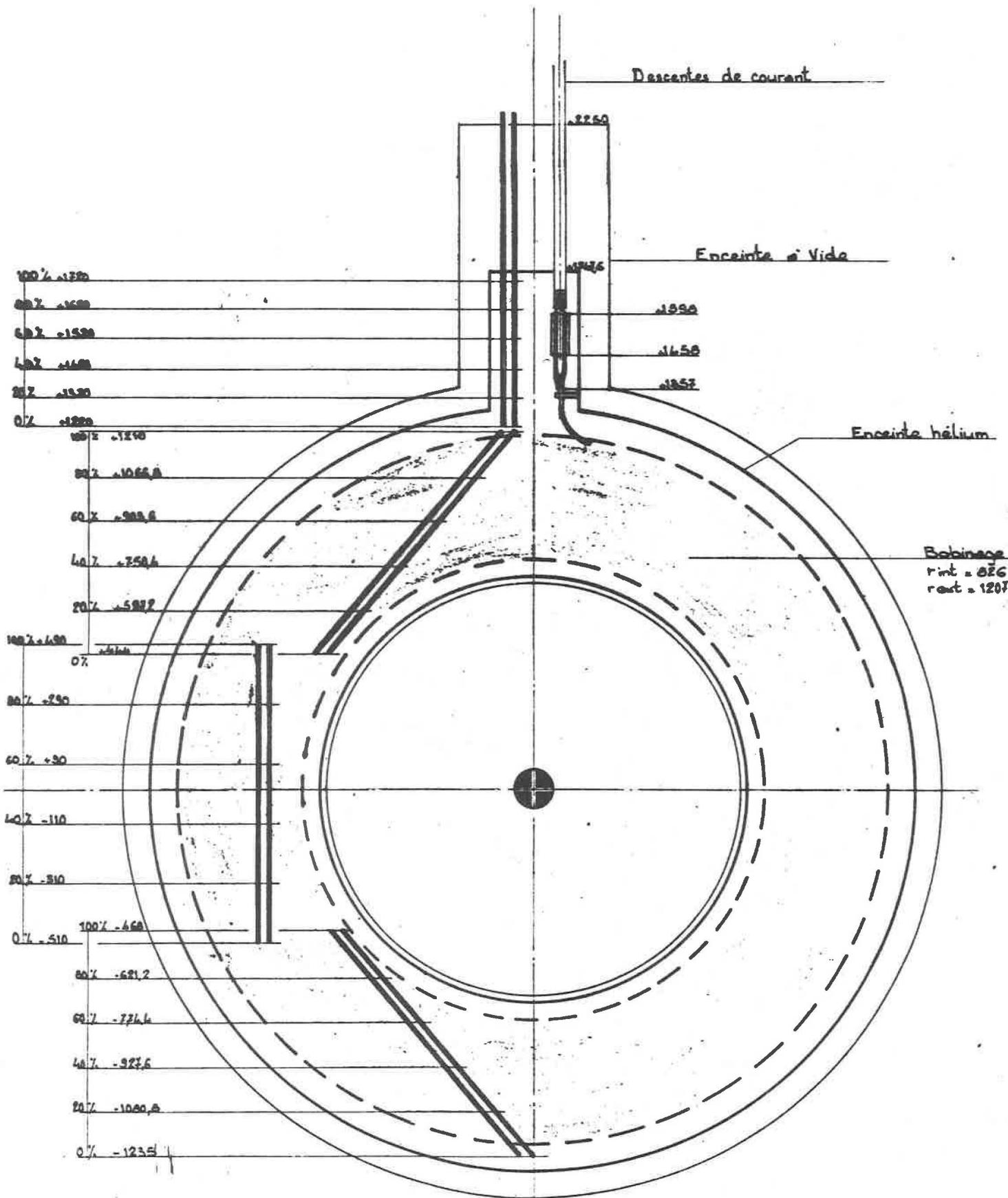


Fig: 1.1.a

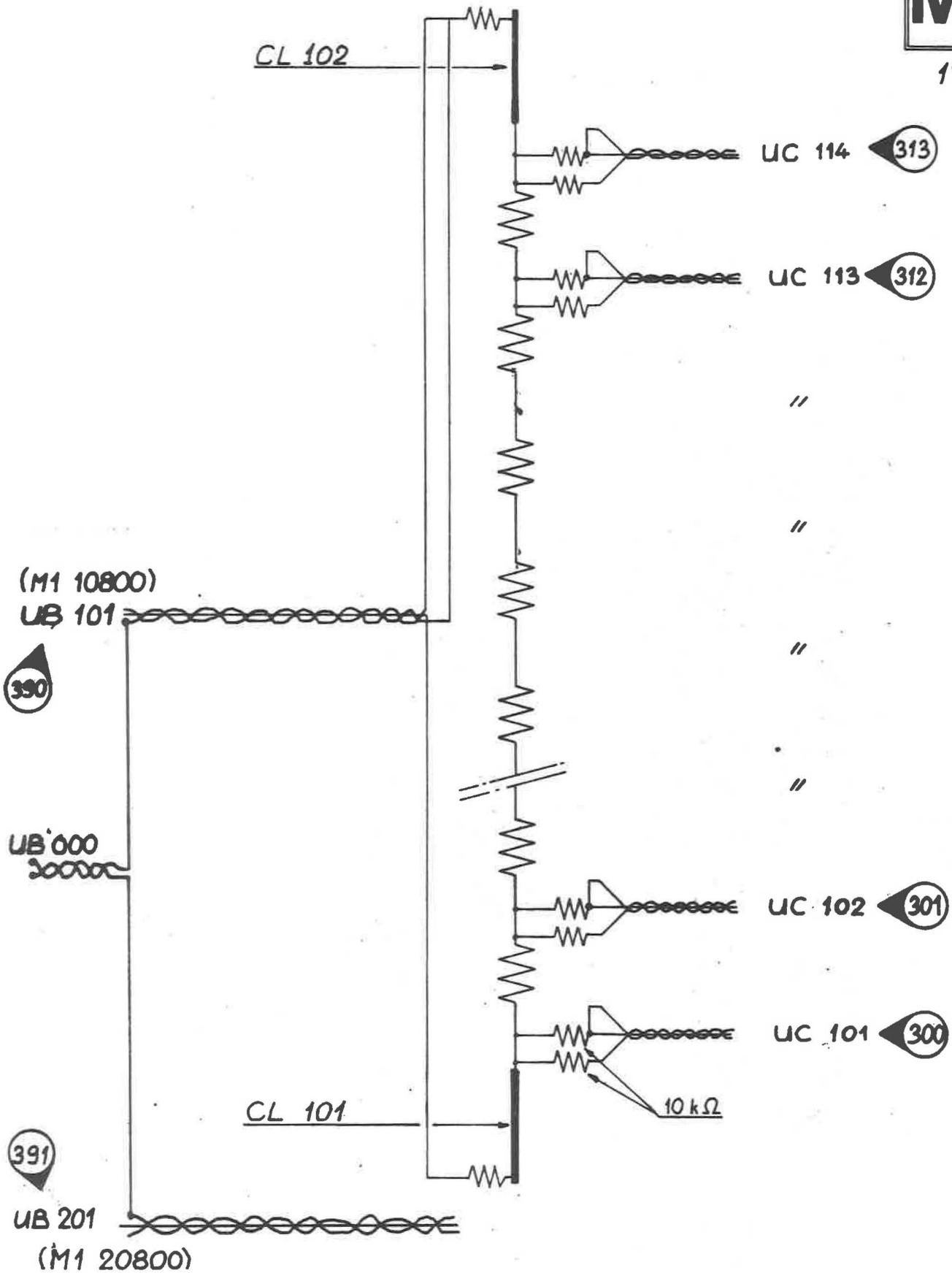


Fig:1_2 PRISES DE POTENTIEL SUR CONNEXIONS ET BOBINES

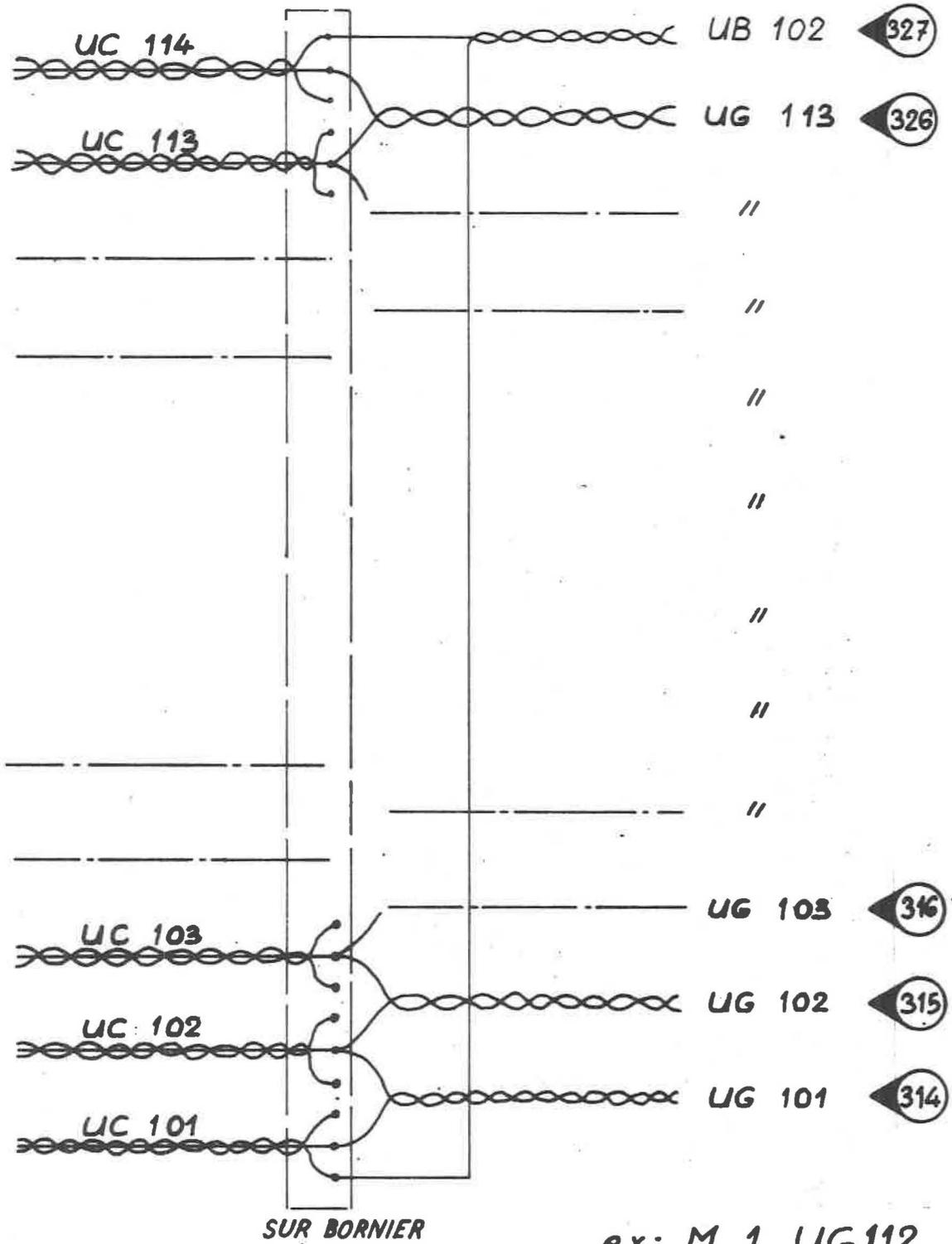
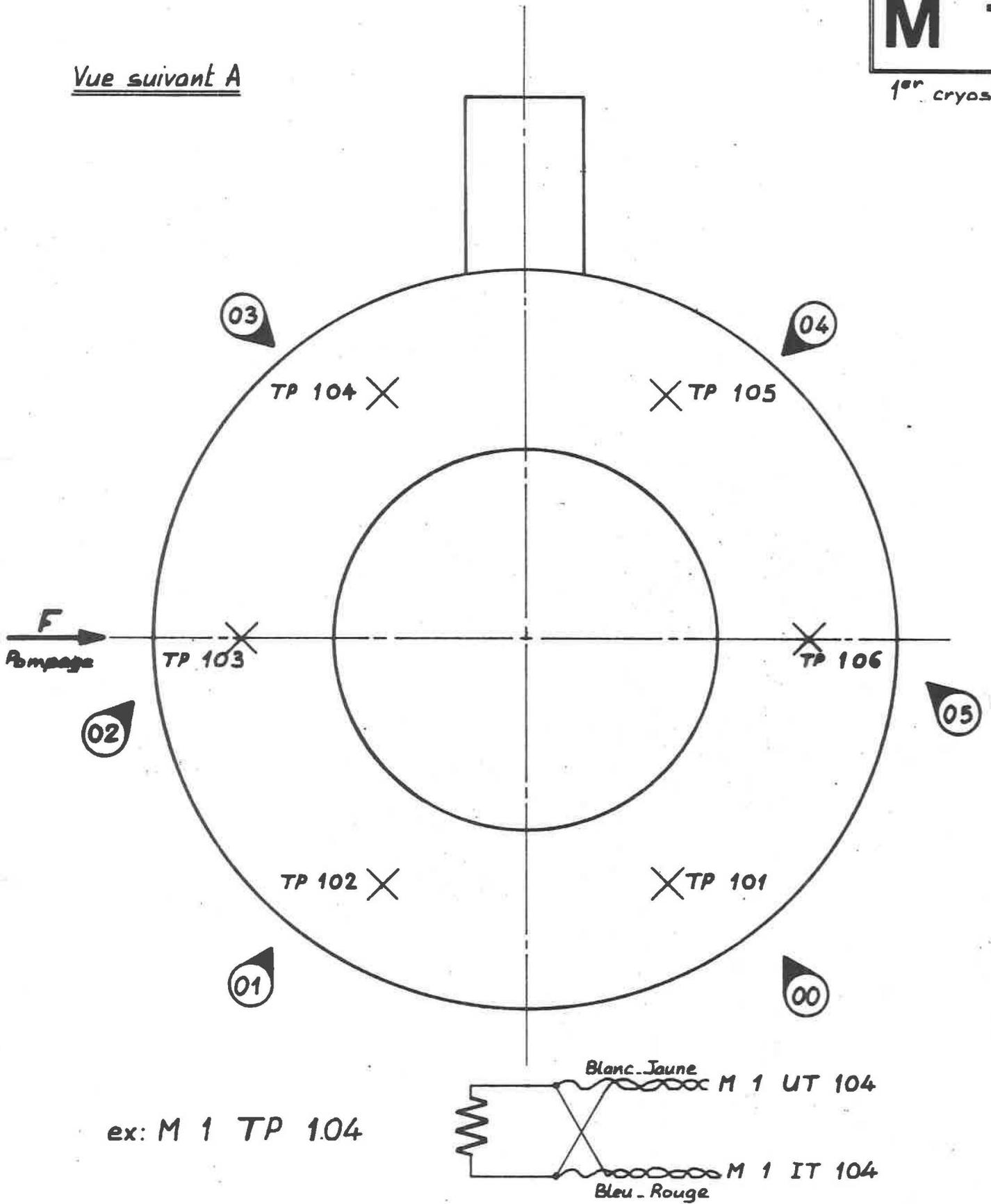


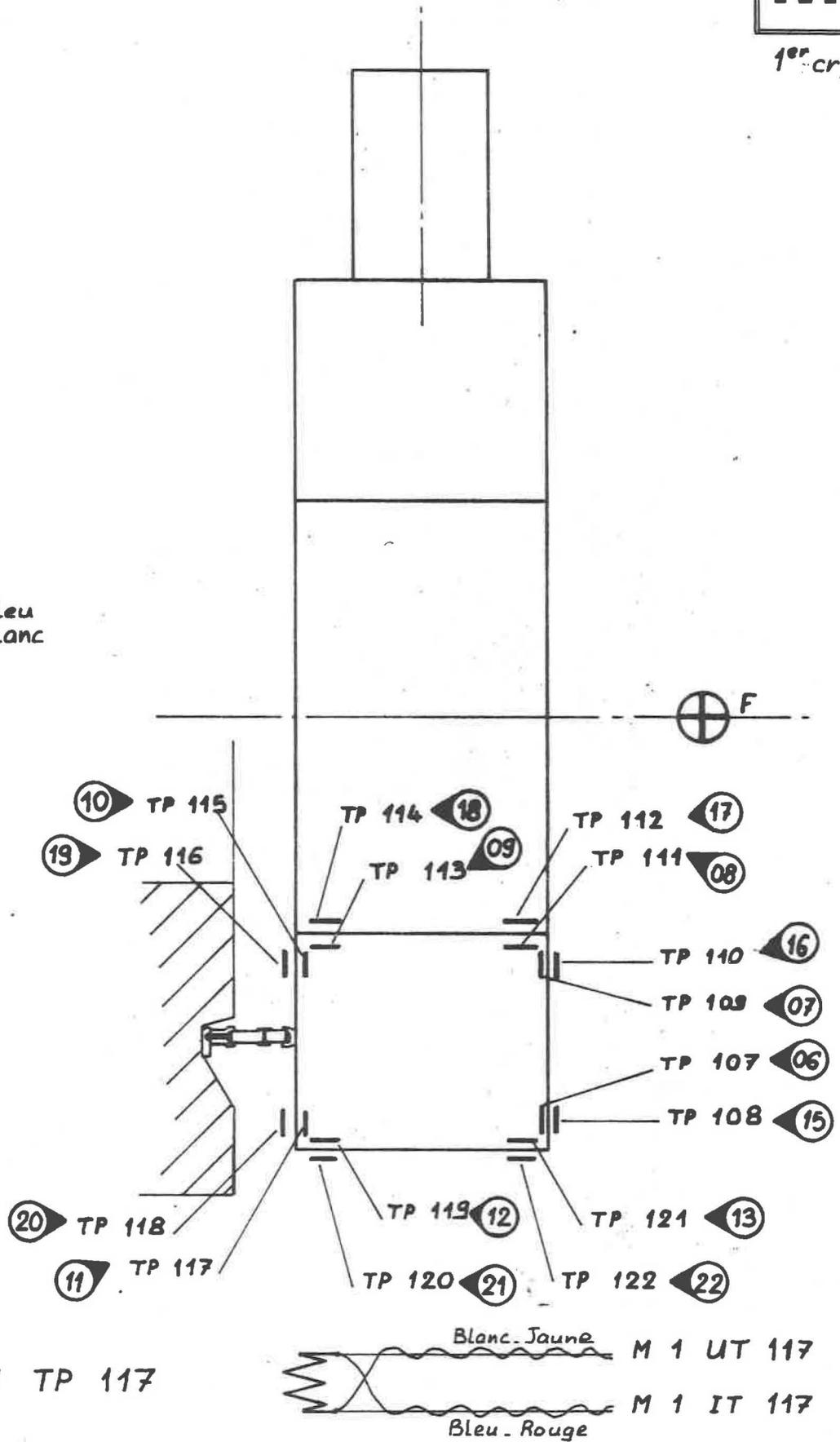
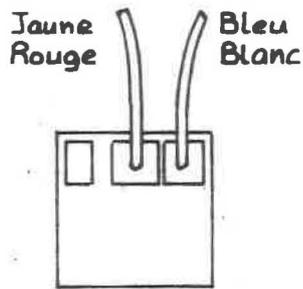
Fig:1.3 REPARTITION DE POTENTIEL DANS LES BOBINES
CABLAGE SUR REPARTITEUR EXTERIEUR

Vue suivant A



ex: M 1 TP 104

Fig:1.4 MESURE DE TEMPERATURE AU SEIN DES BOBINES
(DANS PLAN MEDIAN)



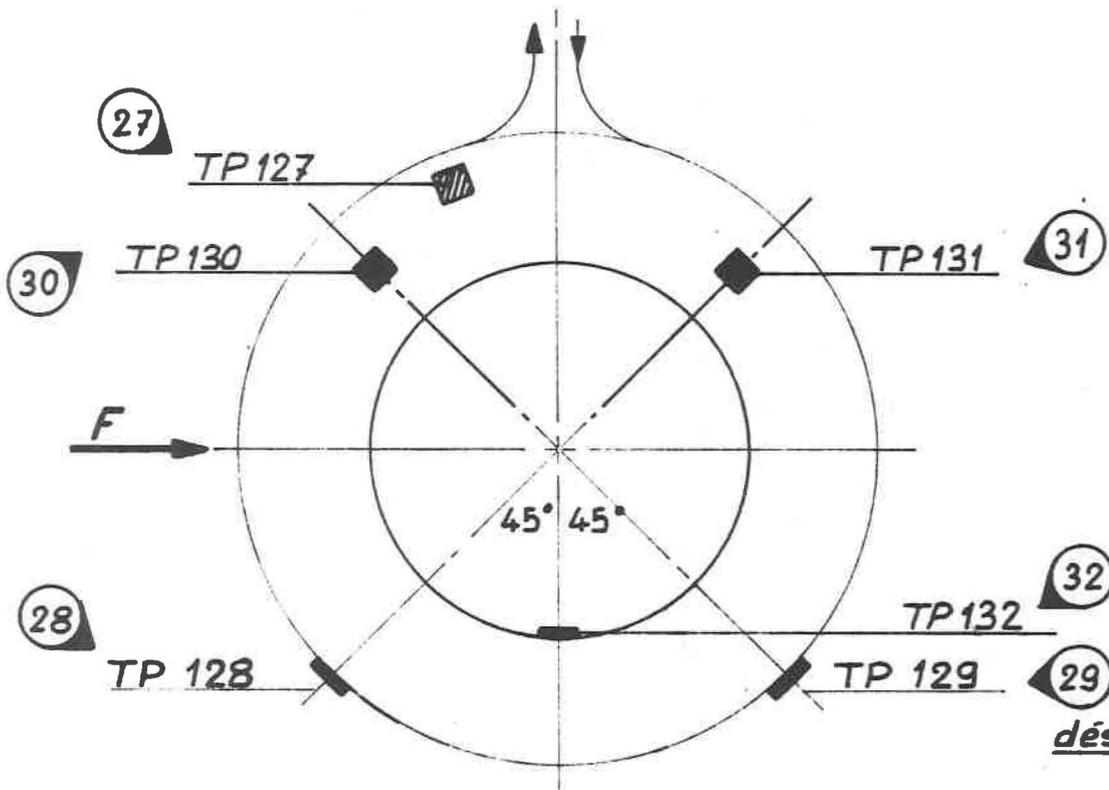
ex: M 1 TP 117

Fig:1.5 MESURE DE TEMPERATURE SUR LES ENCEINTES HELIUM

Vue suivant A

M 1

1^{er} cryostat



désignation des écrans

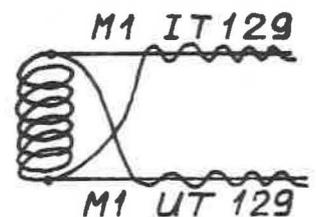
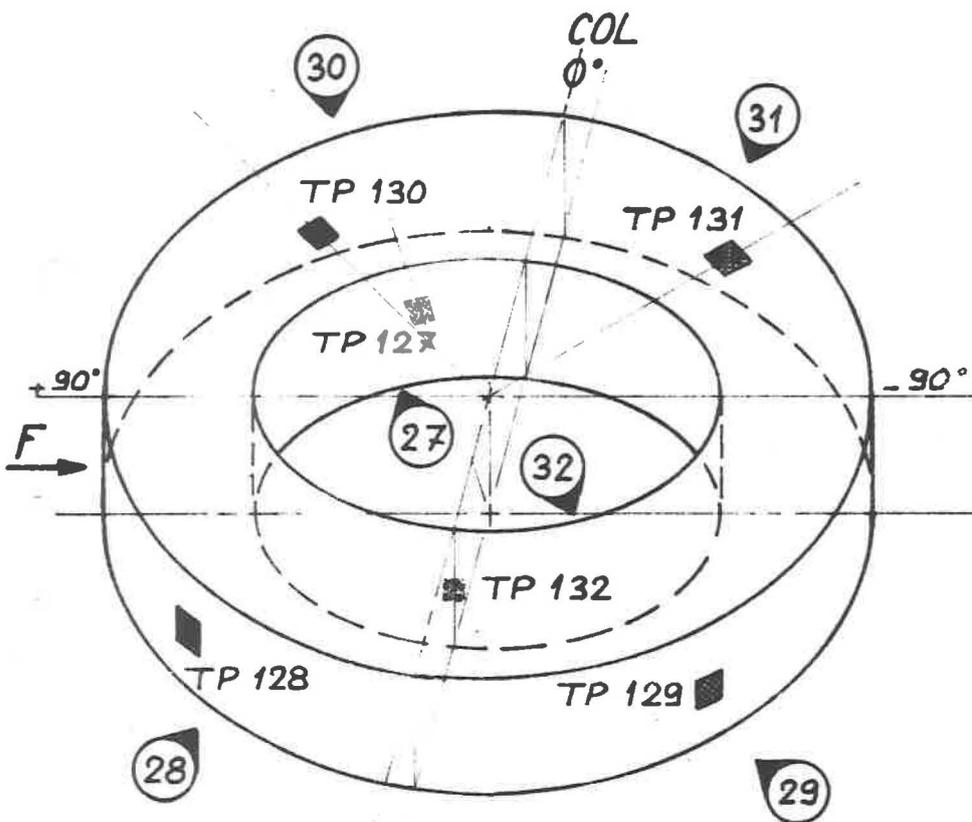
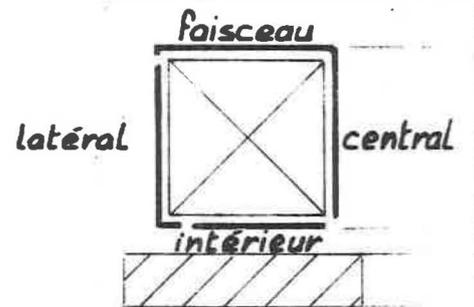


Fig:1.6 MESURE DE TEMPERATURE SUR LES ECRANS

Vue suivant A

M 1

1^{er} cryostat

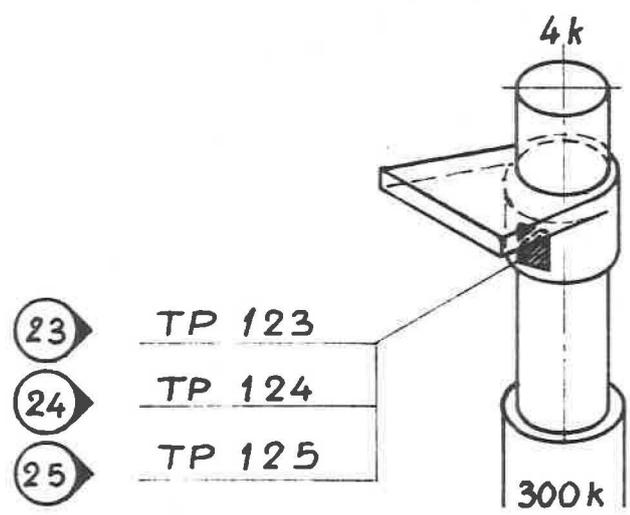
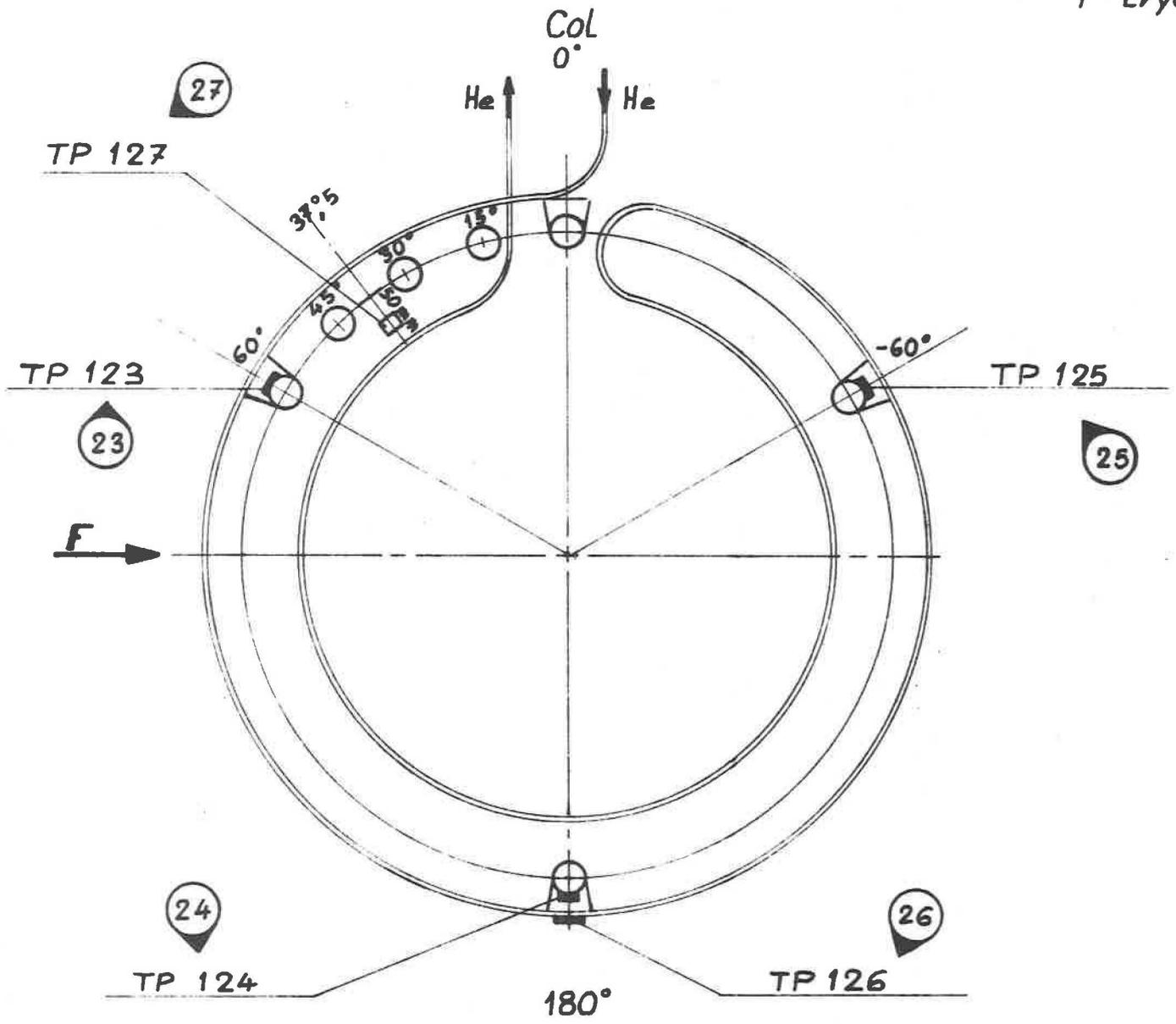


Fig:1.6bis SONDES DE TEMPERATURE SUR ECRAN INTERIEUR ET PLOTS

M 1

1^{er} cryostat

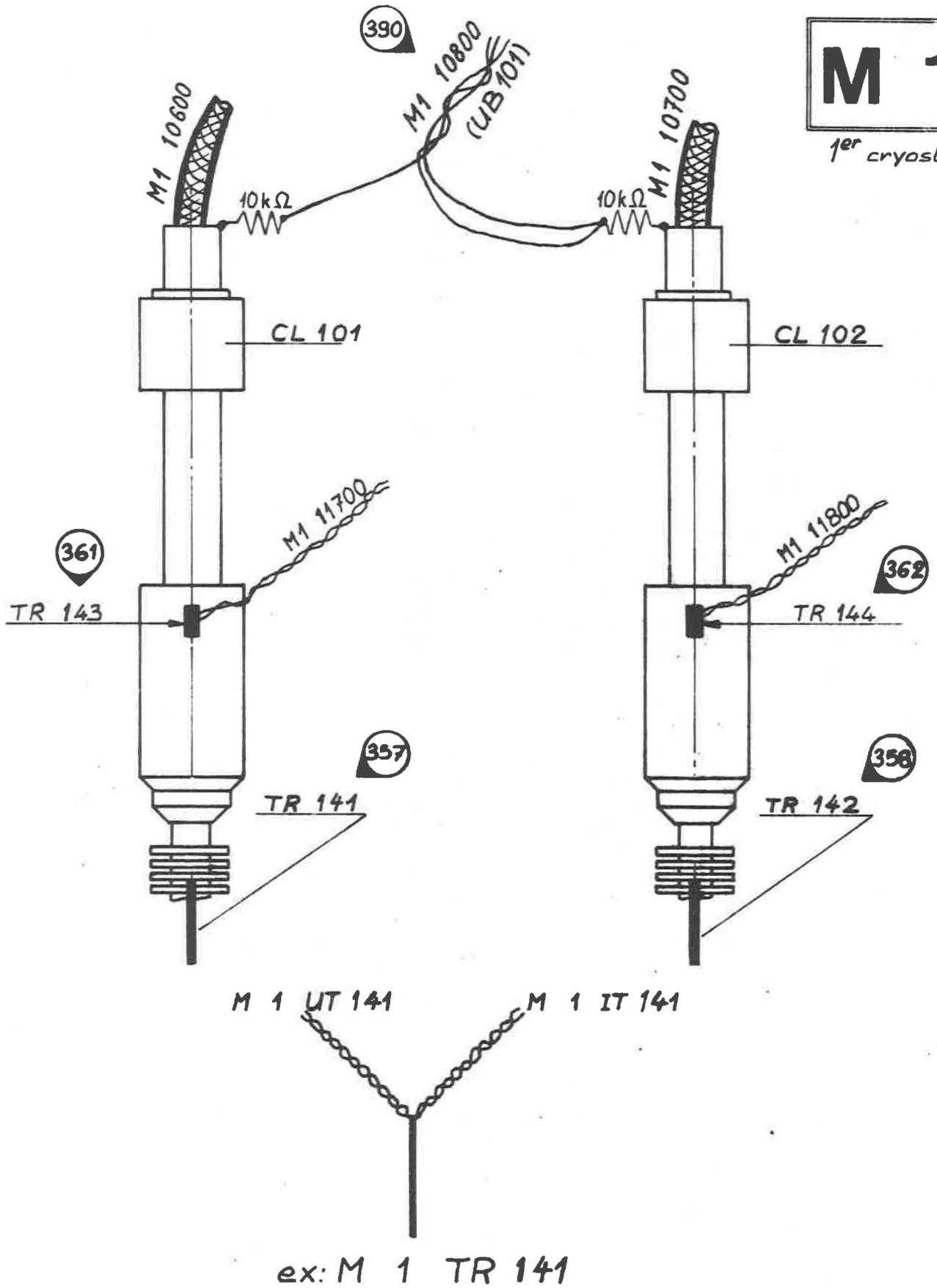
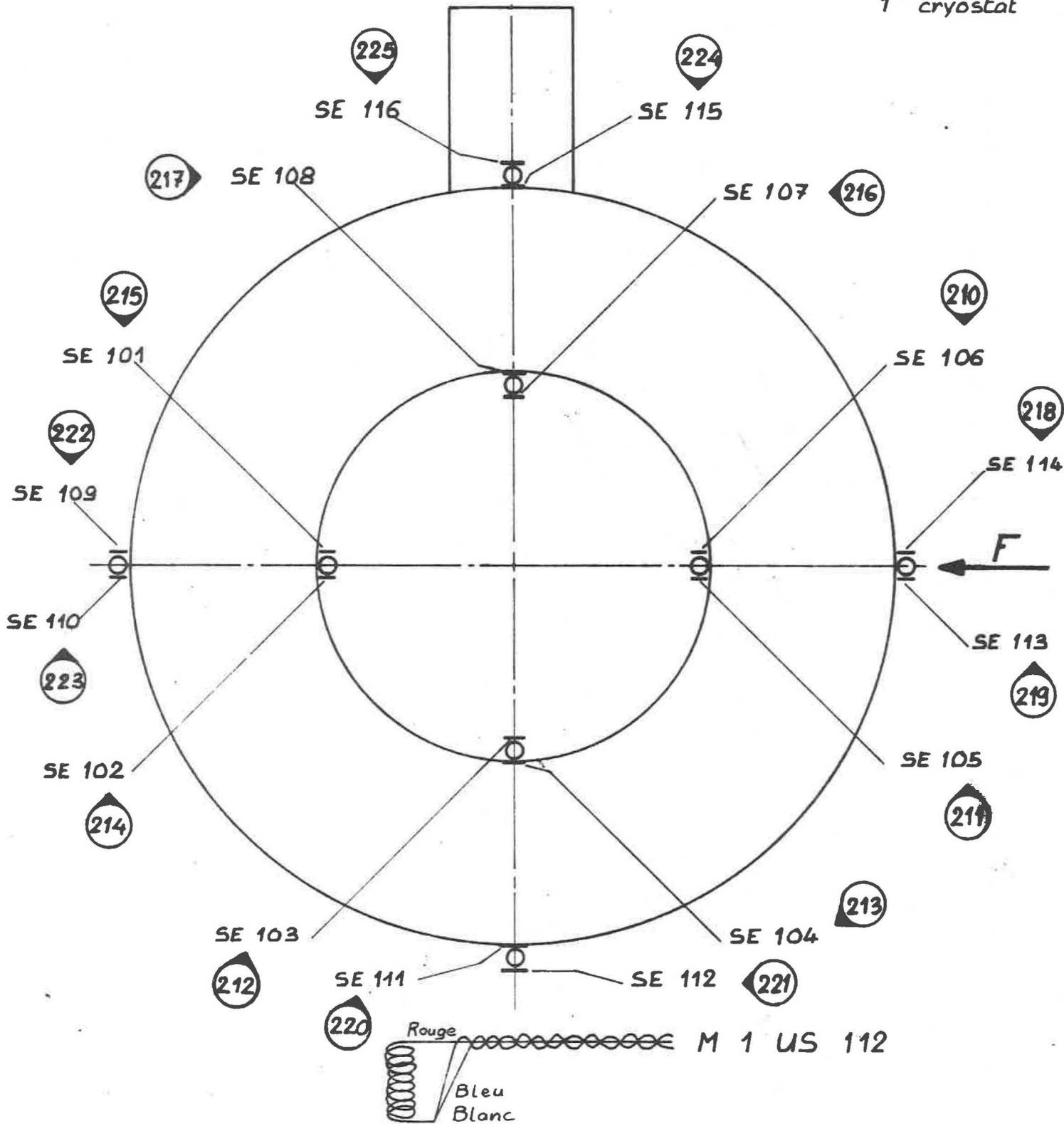


Fig:1.7 MESURE DE LA TEMPERATURE EN UN POINT DES ENTrees DE COURANT

M 1

1^{er} cryostat

Vue suivant B



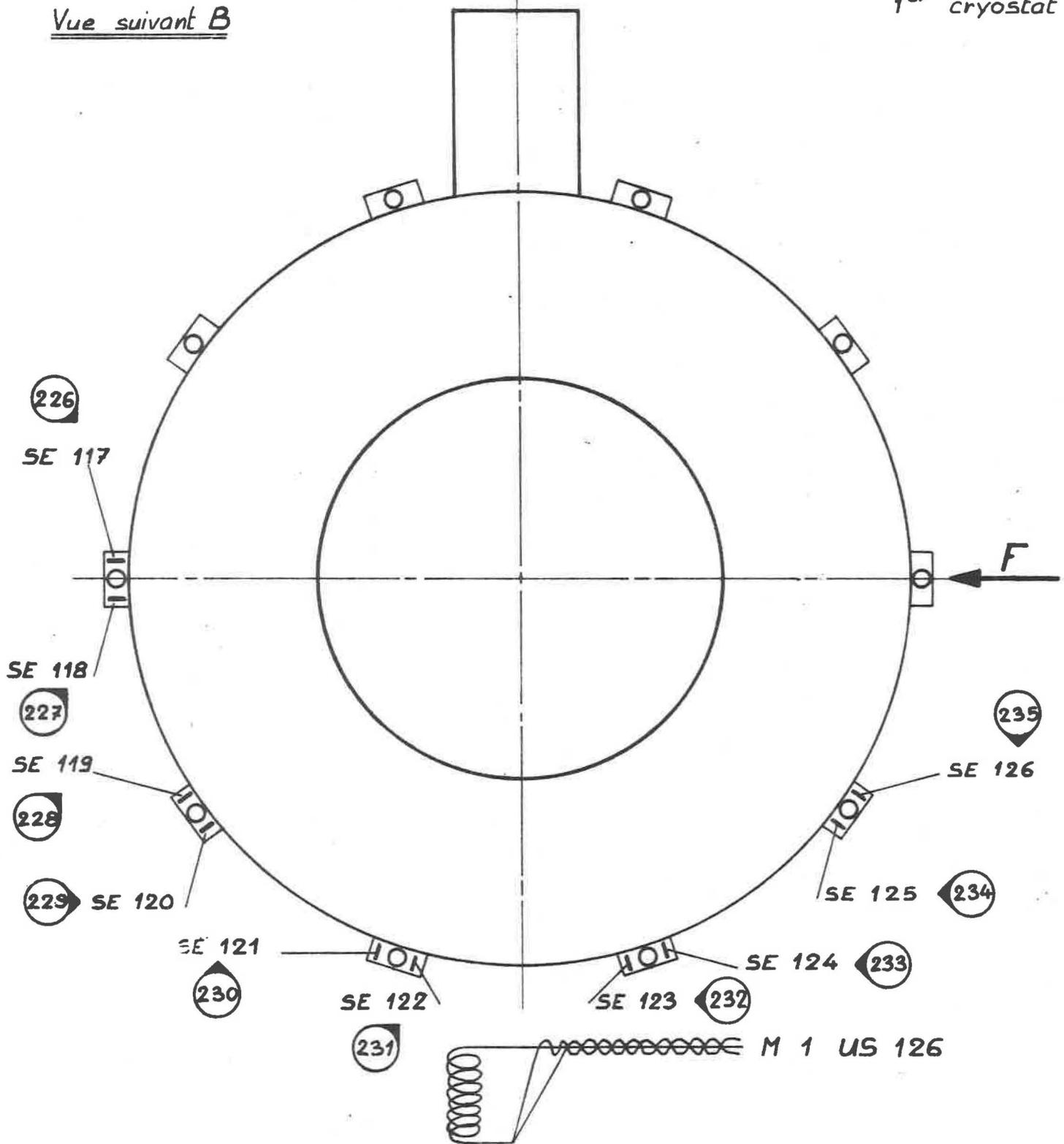
ex: M 1 SE 112

Fig: 1.8 JAUGES DE CONTRAINTE SUR LES TIRANTS AZ 5G
DE PRETENSION DES BOBINES

M 1

1^{er} cryostat

Vue suivant B



ex: M 1 SE 126

Fig:1.9 JAUGES DE CONTRAINTES SUR LES TIRANTS TITANE PERIPHERIQUES

M 1

1^{er} cryostat

Vue suivant B

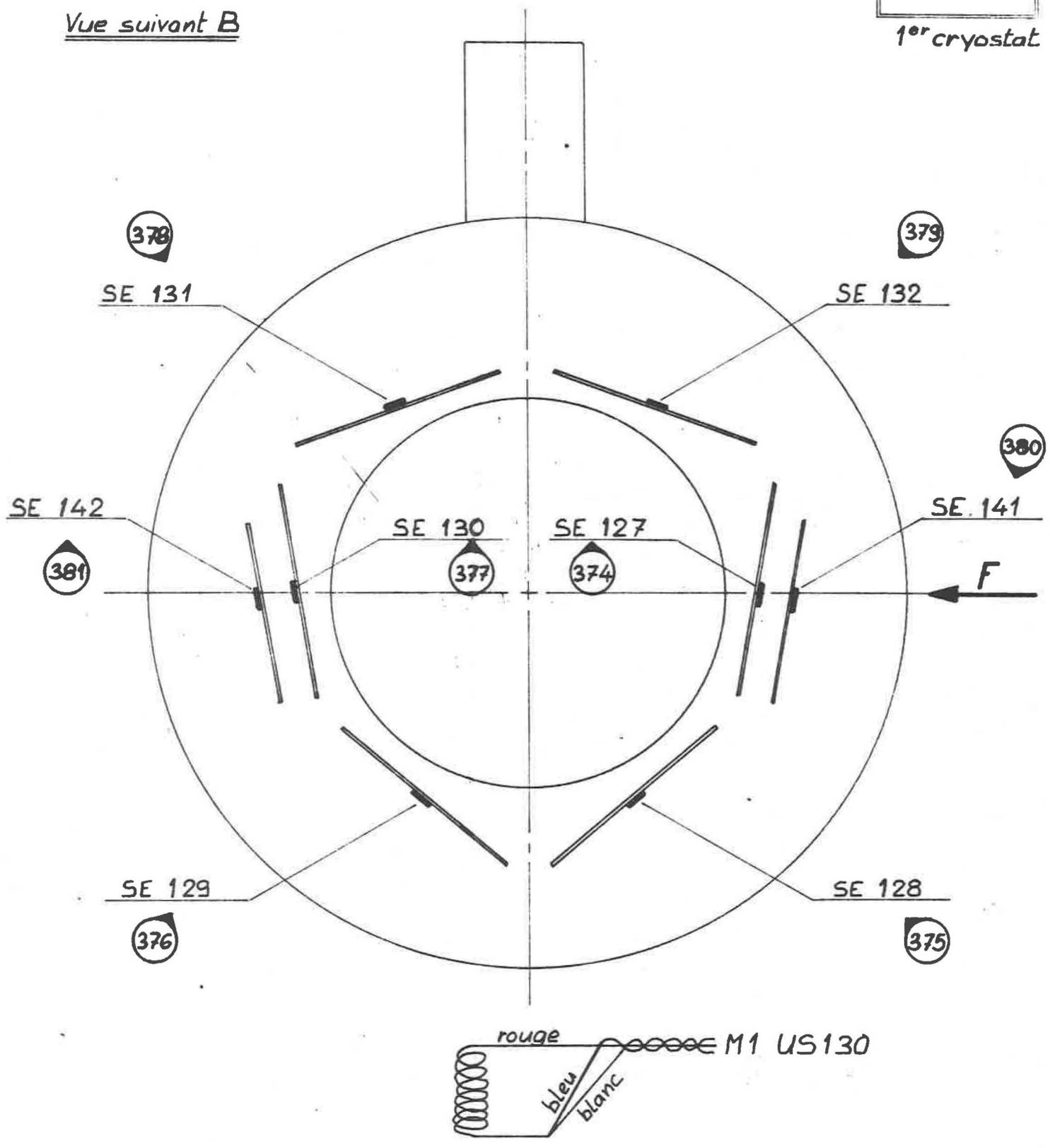
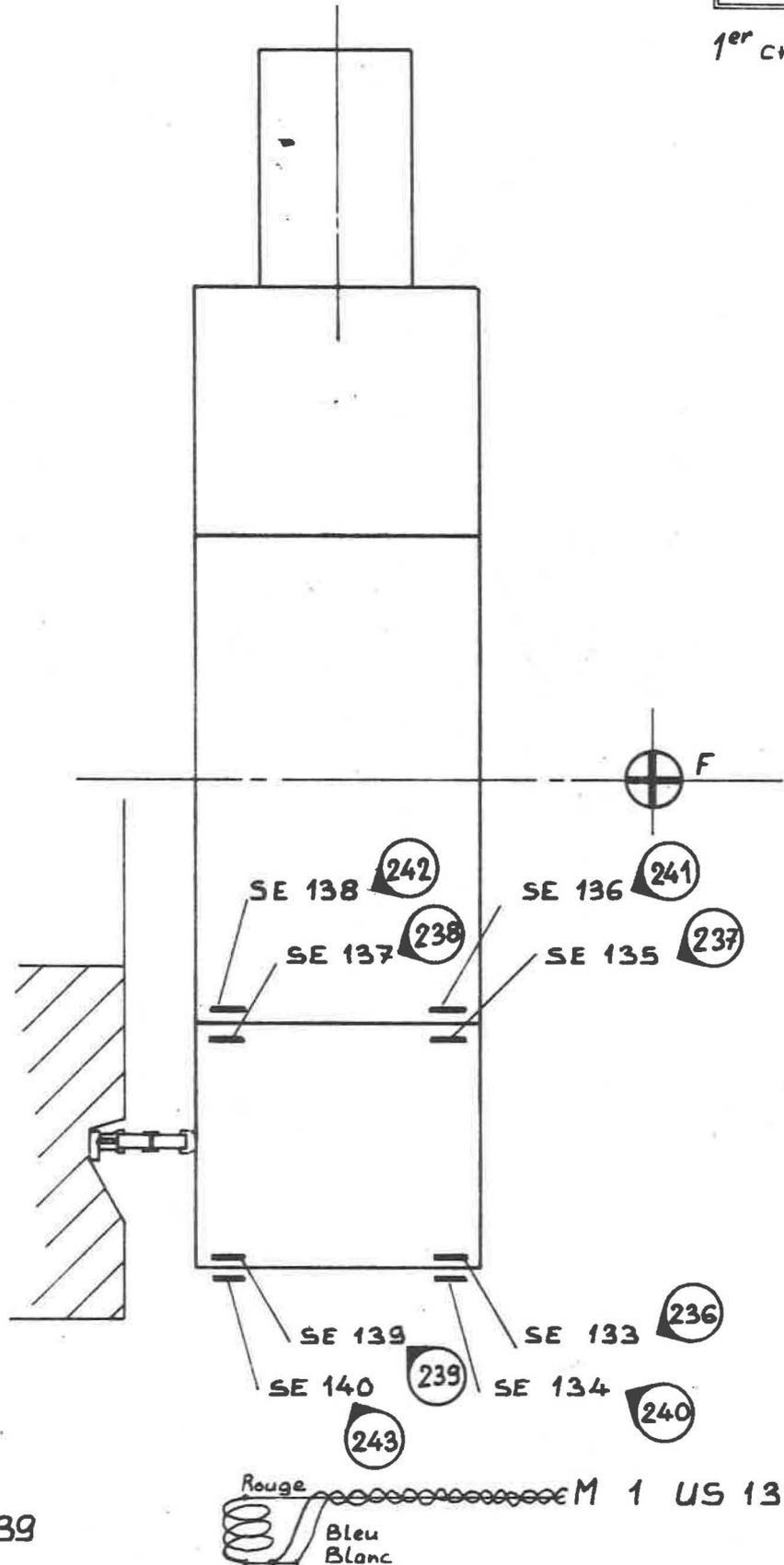


Fig: 1.10 JAUGES DE CONTRAINTES SUR LES TIRANTS TITANE DE SUSPENSION

M 1

1^{er} cryostat

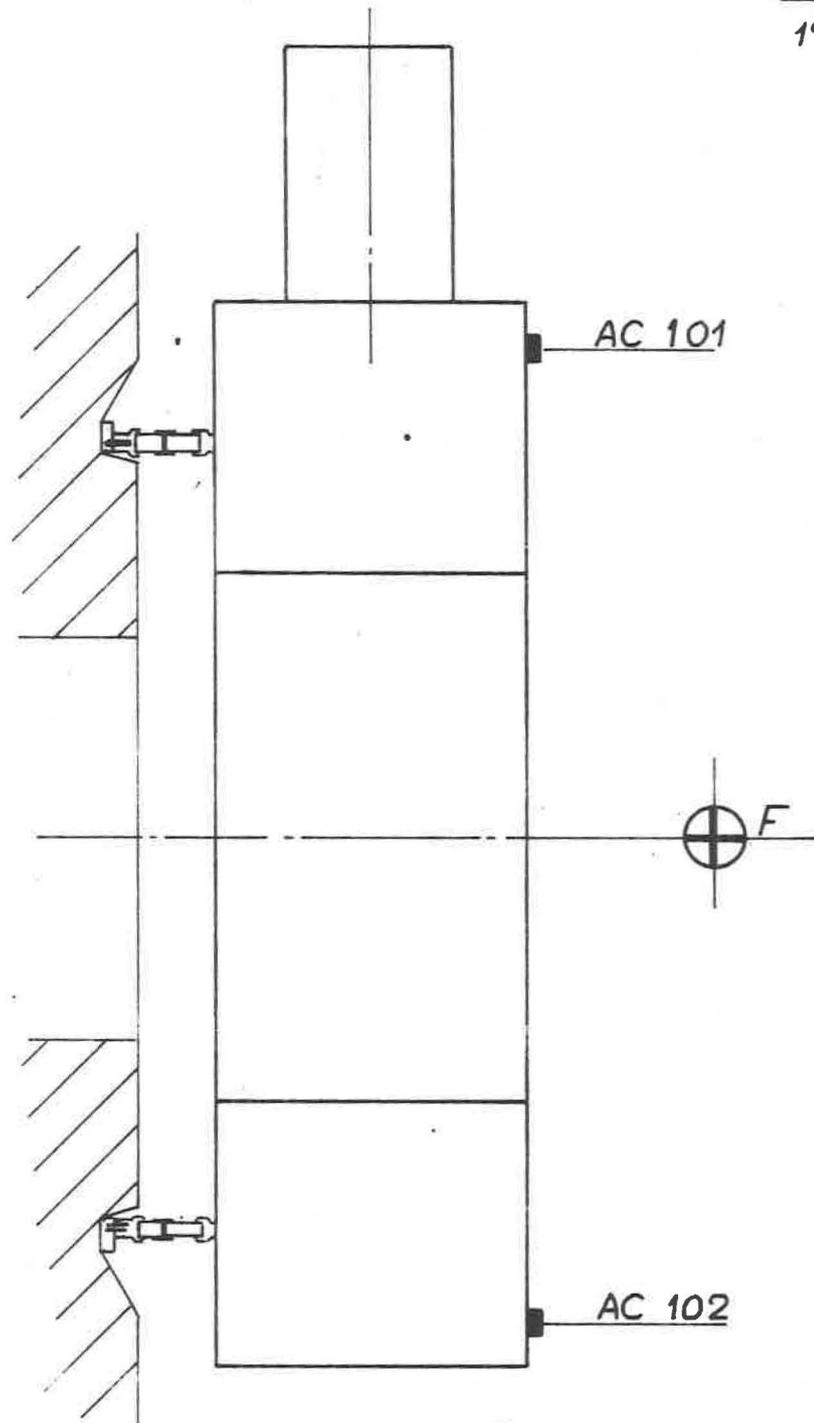


ex: M 1 SE 139

Fig:1.11 JAUGES DE CONTRAINTE SUR LES CRYOSTATS

M 1

1^{er} cryostat



ex: M 1 AC 101

Fig:1.12 MESURES D'ACCELERATION SUR LES CRYOSTATS

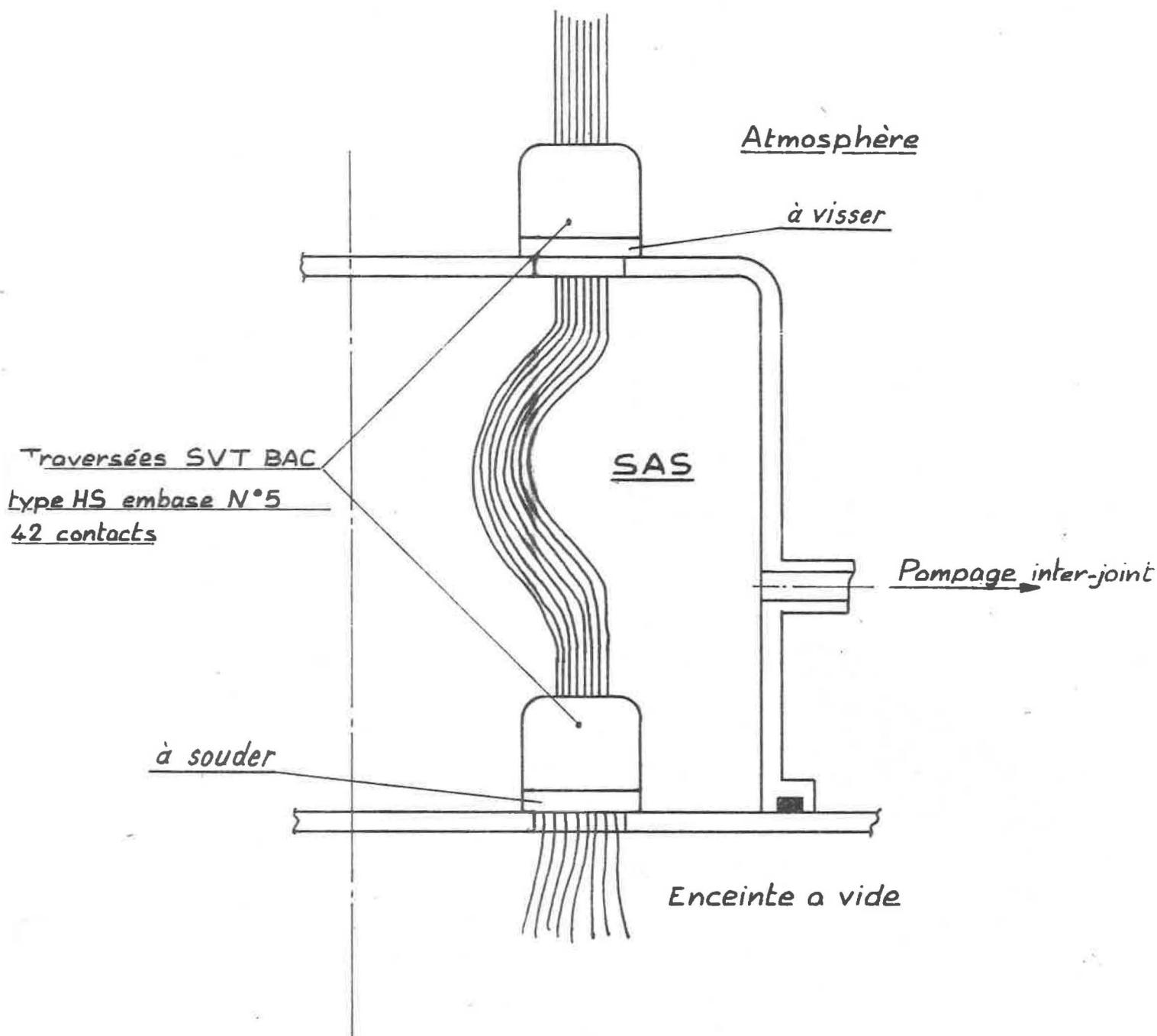


Fig: 1_13 SAS DE SORTIE POUR LES MESURES SORTANT
DU TANK A VIDE

M 1
1^{er} cryostat

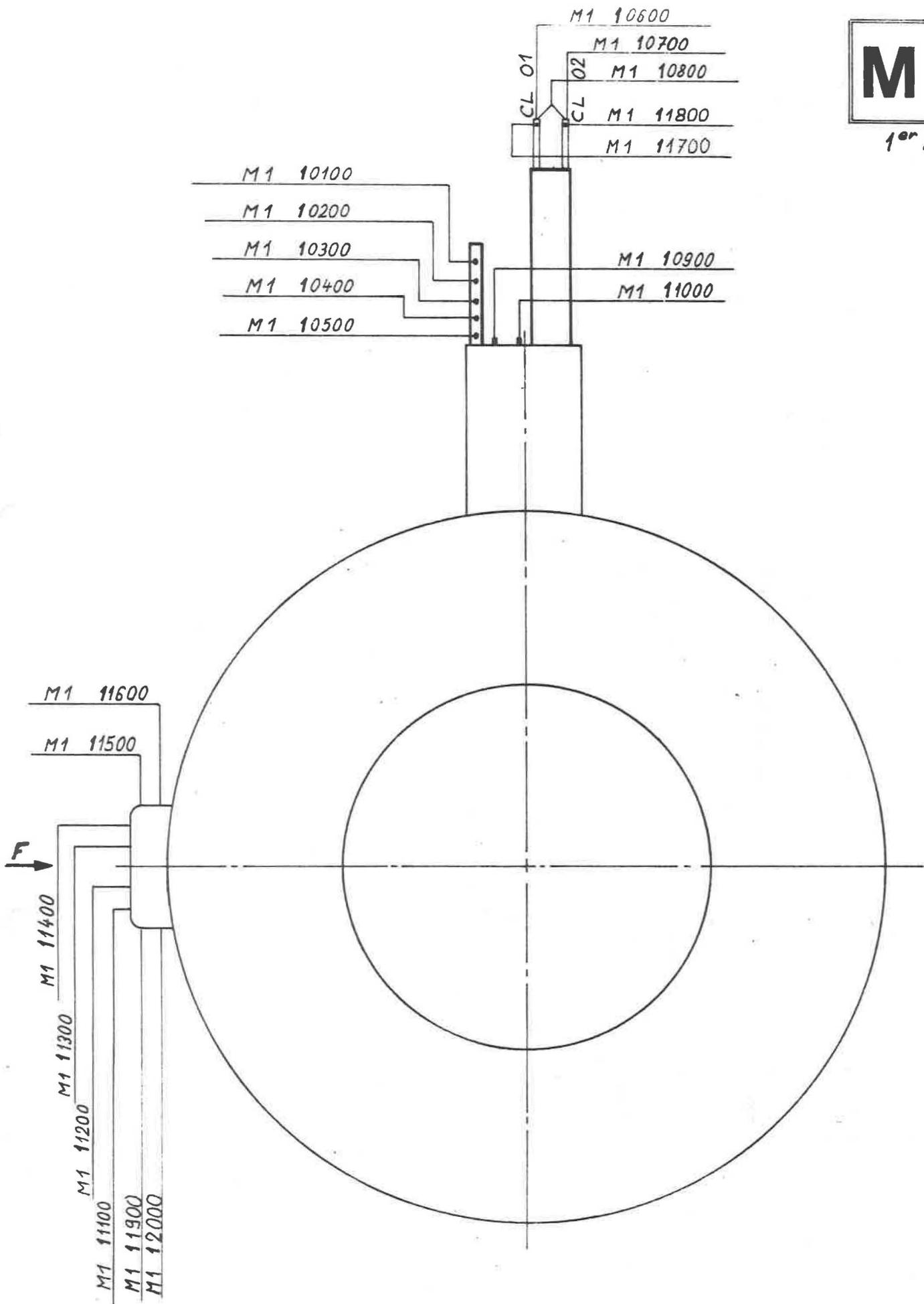
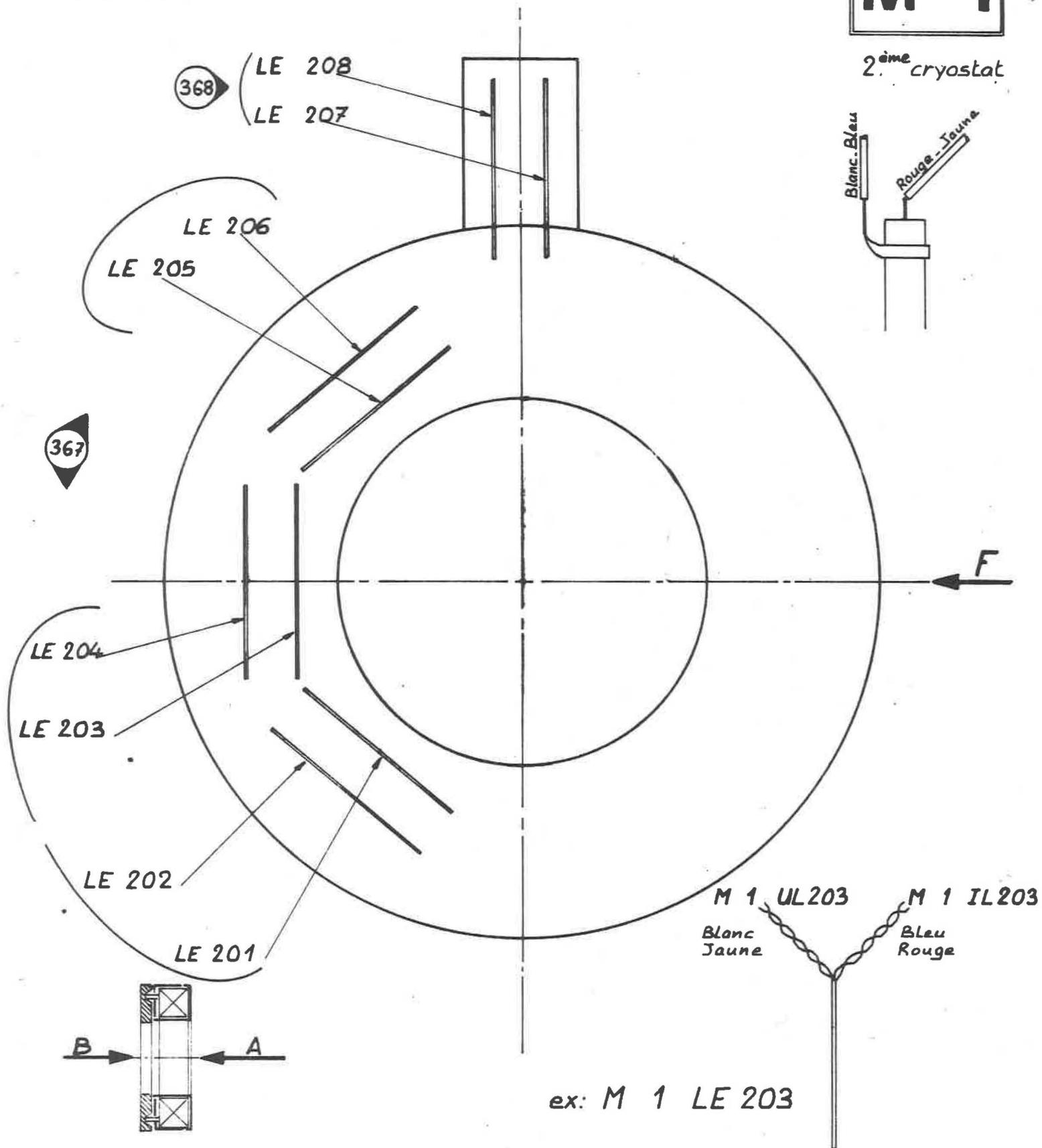


Fig:1.14 ORIGINE DES DIVERS CABLES SORTANTS DU CRYOSTAT N°1

Vue suivant A

M 1

2^{ème} cryostat



ex: M 1 LE 203

Fig:2.1 MESURE DE NIVEAU D'HELIUM LIQUIDE

EHS.M1 - Sondes de niveau

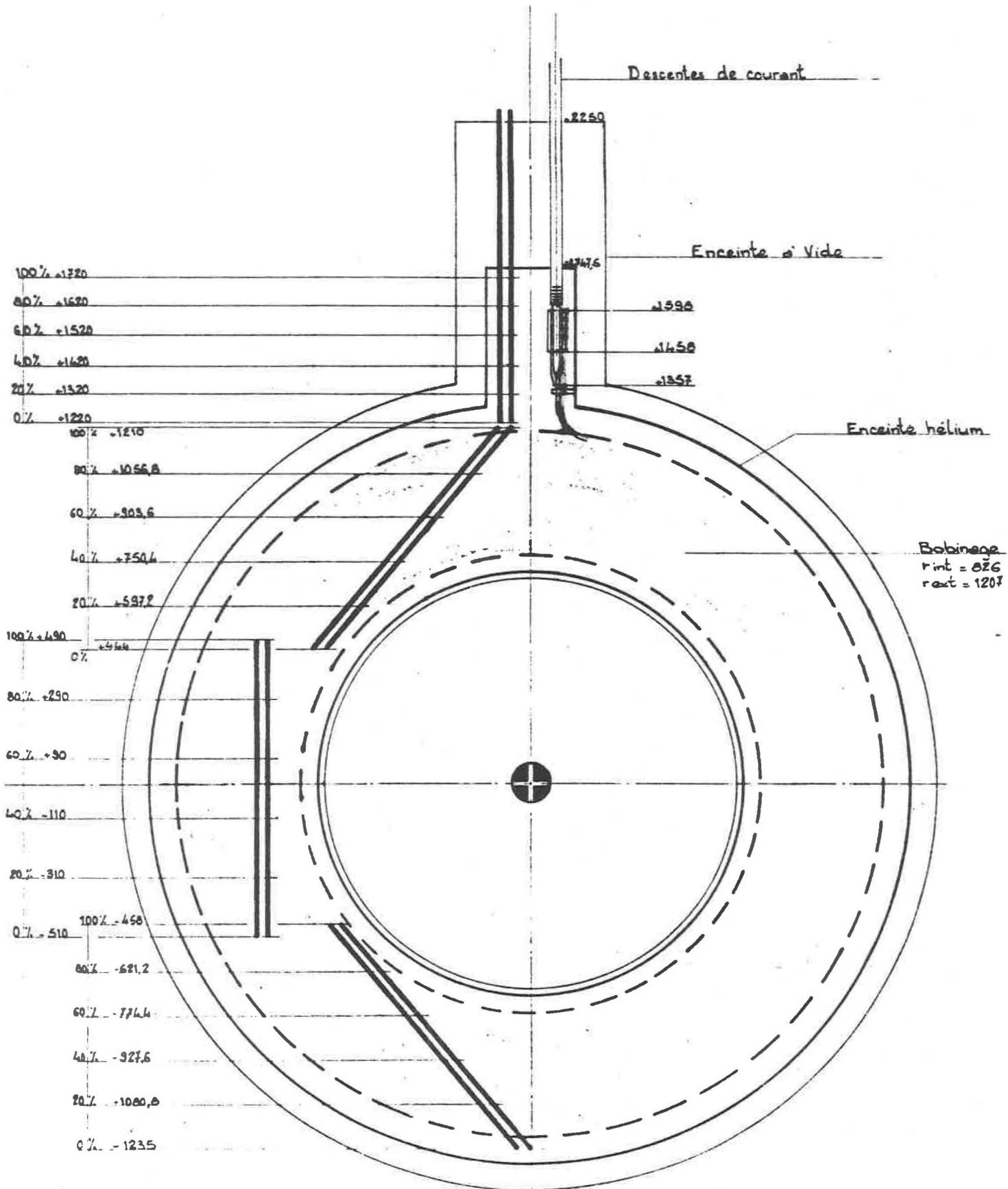


Fig: 2_1_a

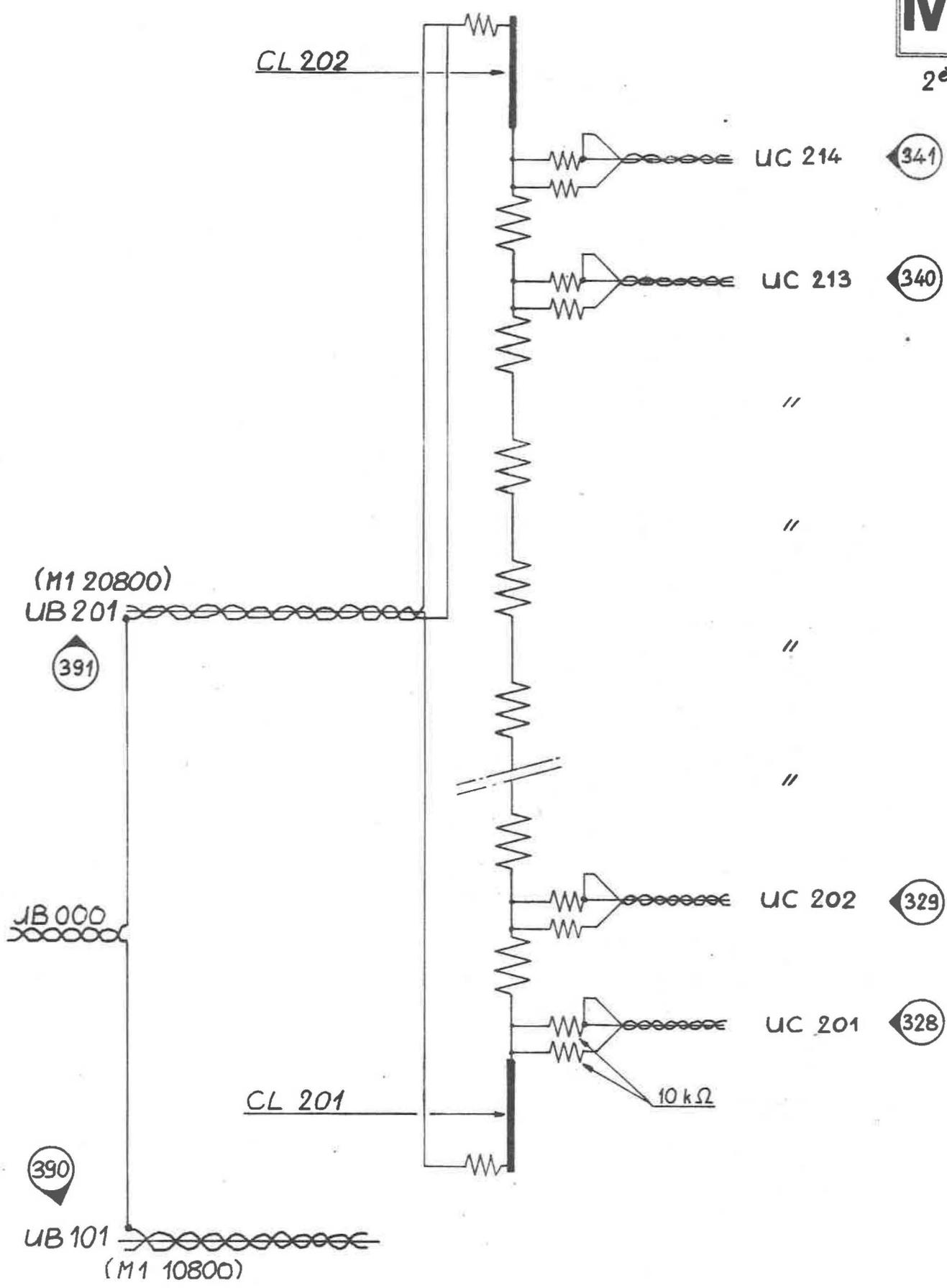


Fig:2.2 PRISES DE POTENTIEL SUR CONNEXIONS ET BOBINES

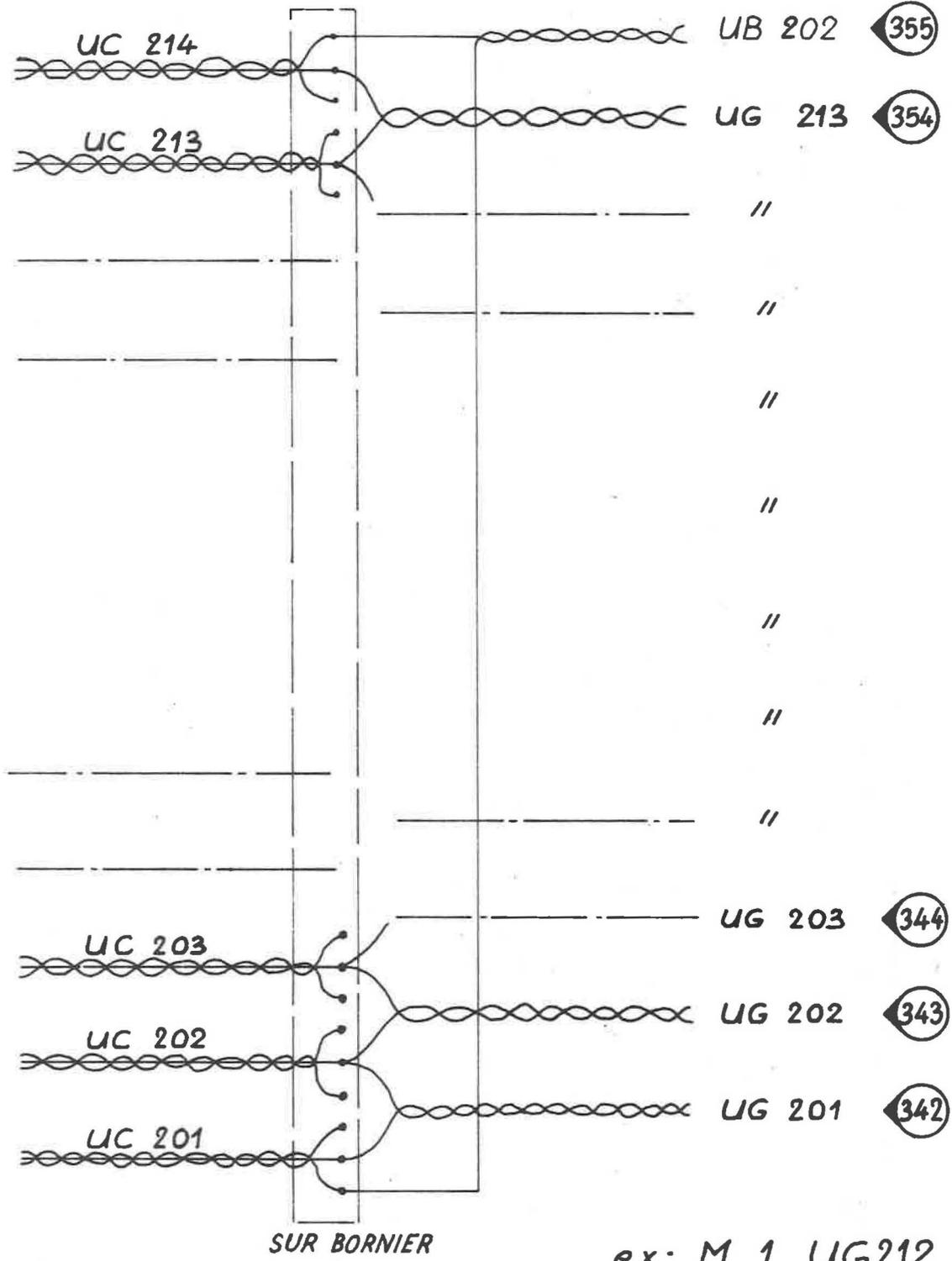
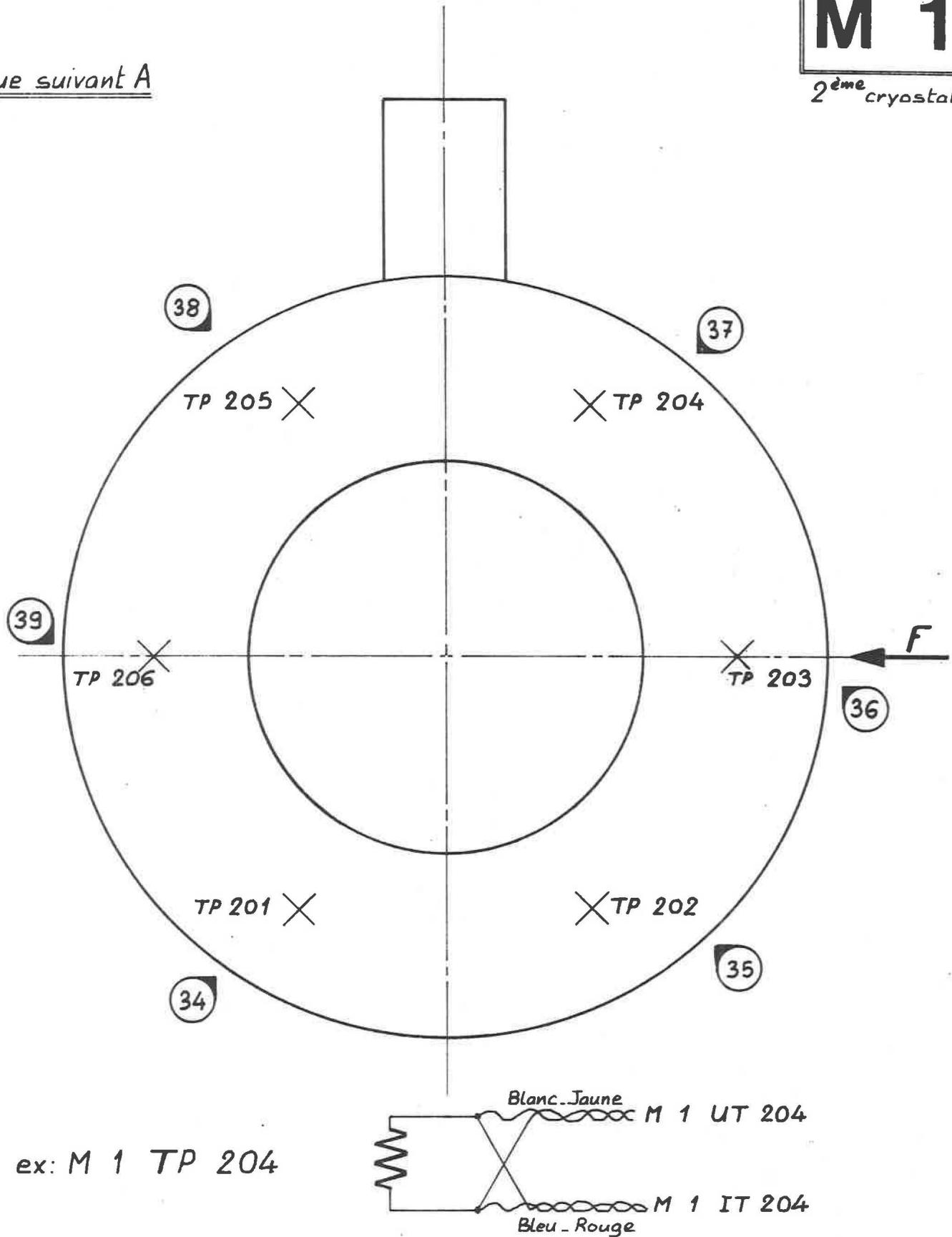


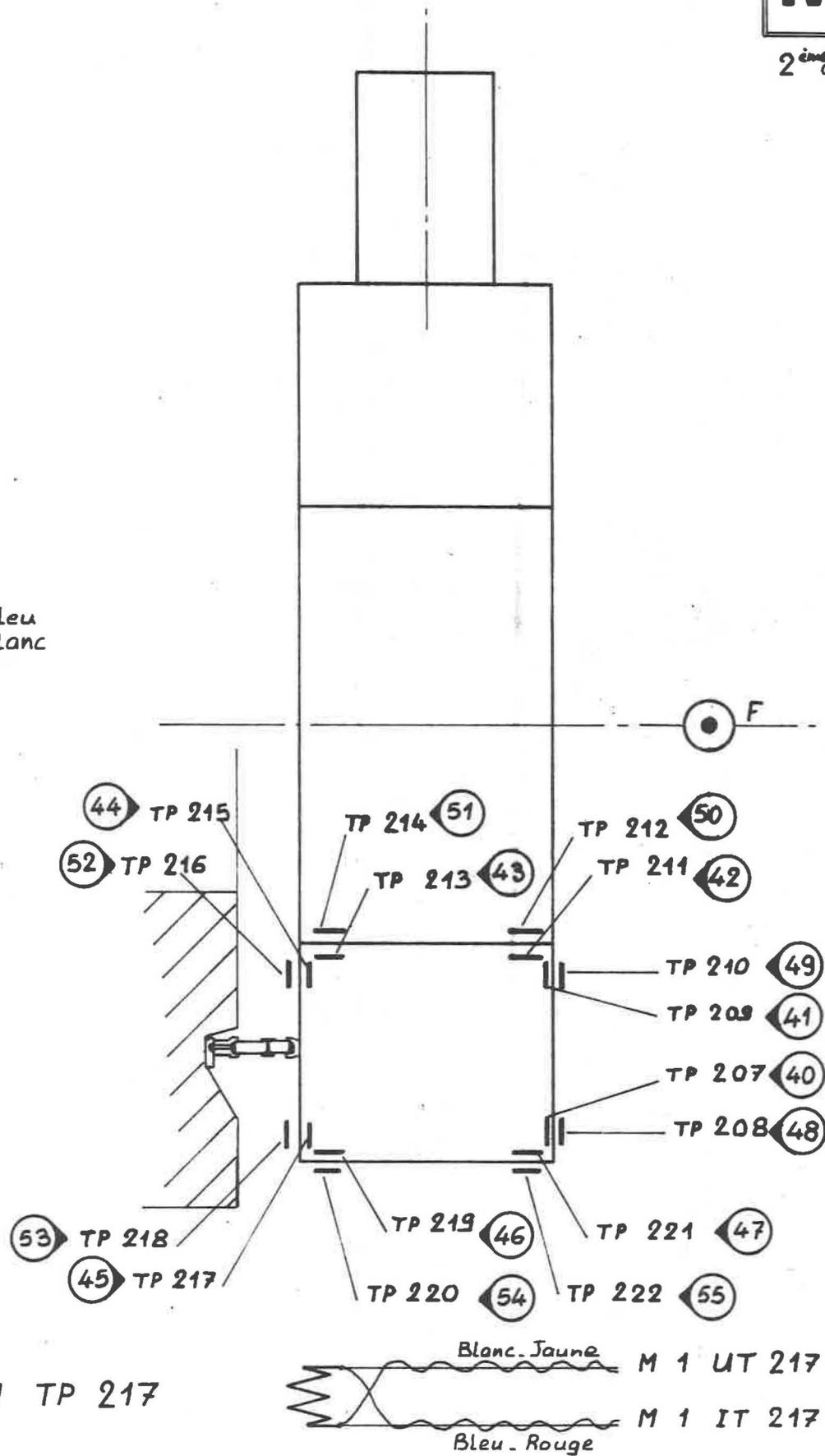
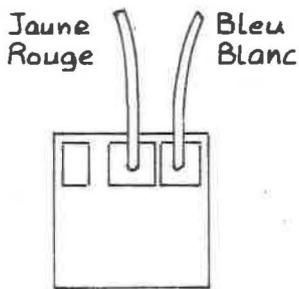
Fig:2.3 REPARTITION DE POTENTIEL DANS LES BOBINES
CABLAGE SUR REPARTITEUR EXTERIEUR

Vue suivant A



ex: M 1 TP 204

Fig:2.4 MESURE DE TEMPERATURE AU SEIN DES BOBINES
(DANS PLAN MEDIAN)



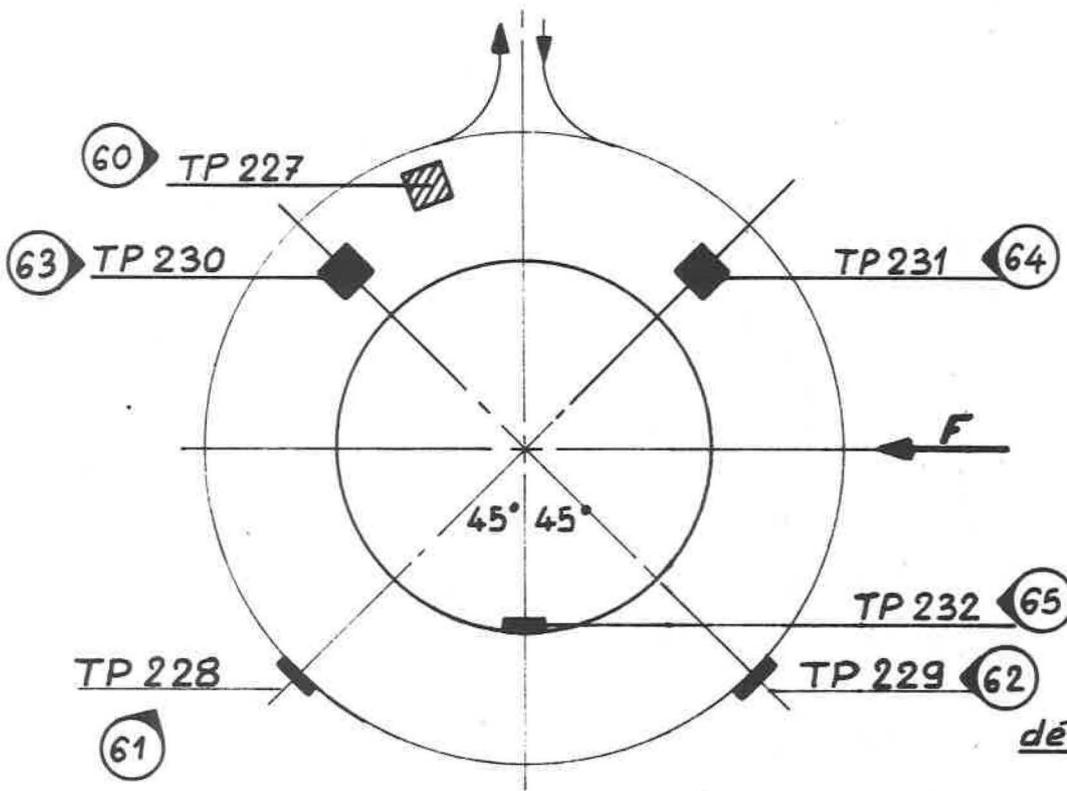
ex: M 1 TP 217

Fig:2.5 MESURE DE TEMPERATURE SUR LES ENCEINTES HELIUM

Vue suivant A

M 1

2^{ème} cryostat



désignation des écrans

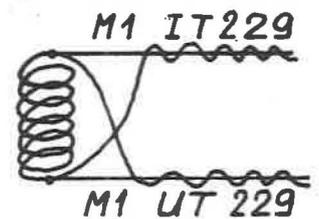
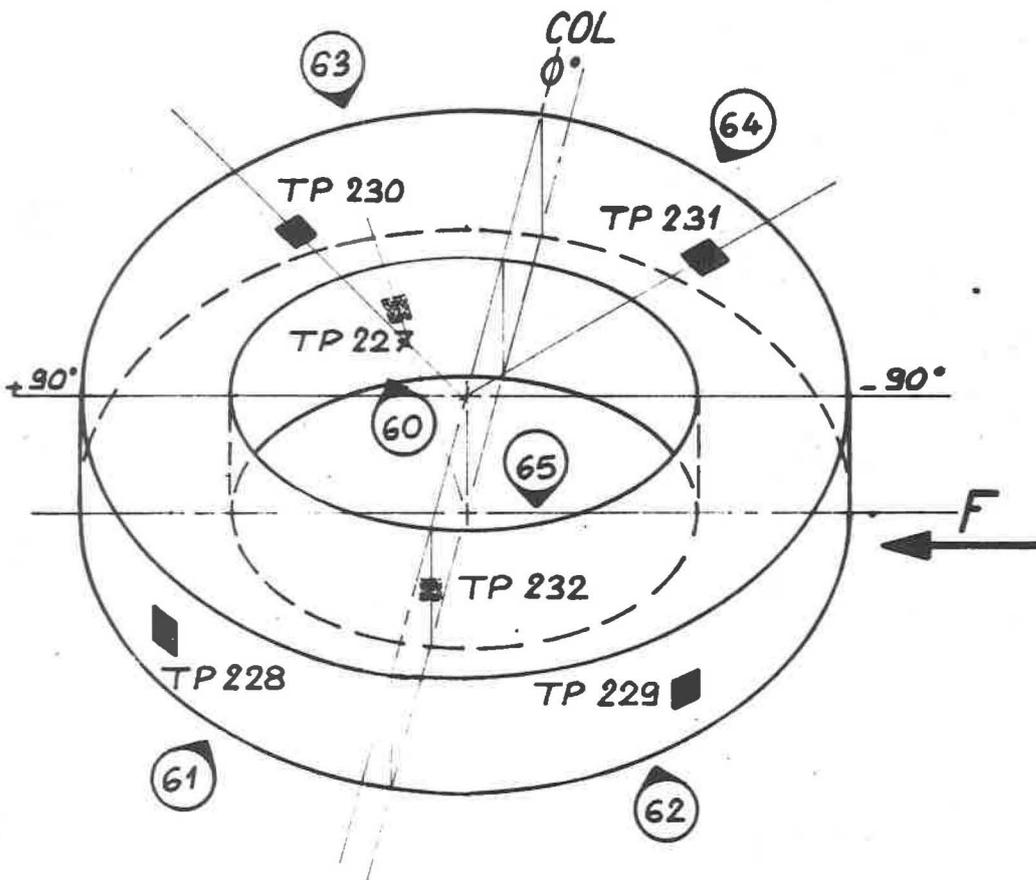
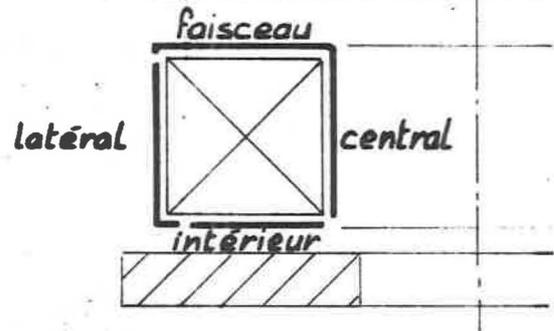


Fig:2.6 MESURE DE TEMPERATURE SUR LES ECRANS

Vue suivant A

M 1

2^{ème} cryostat

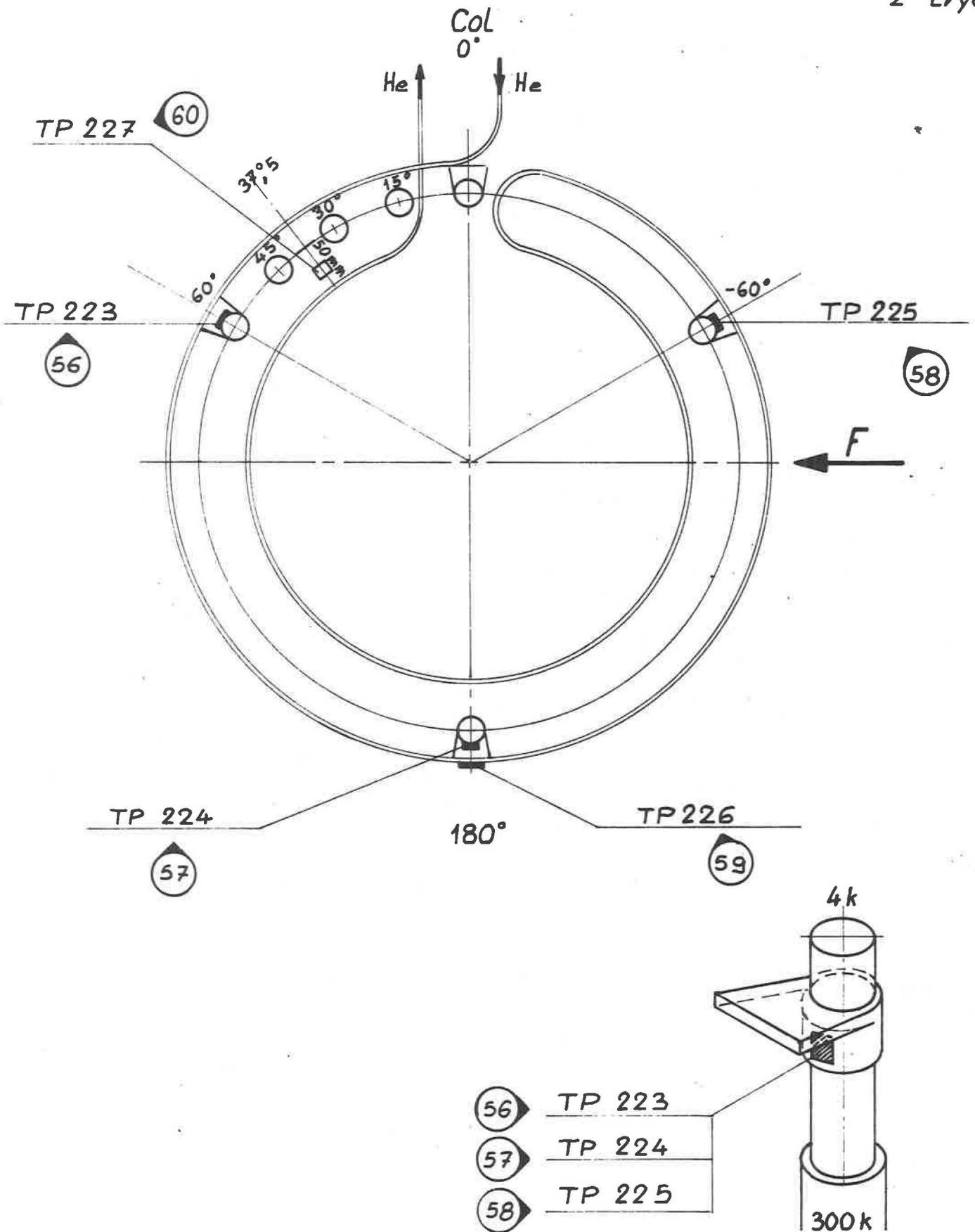
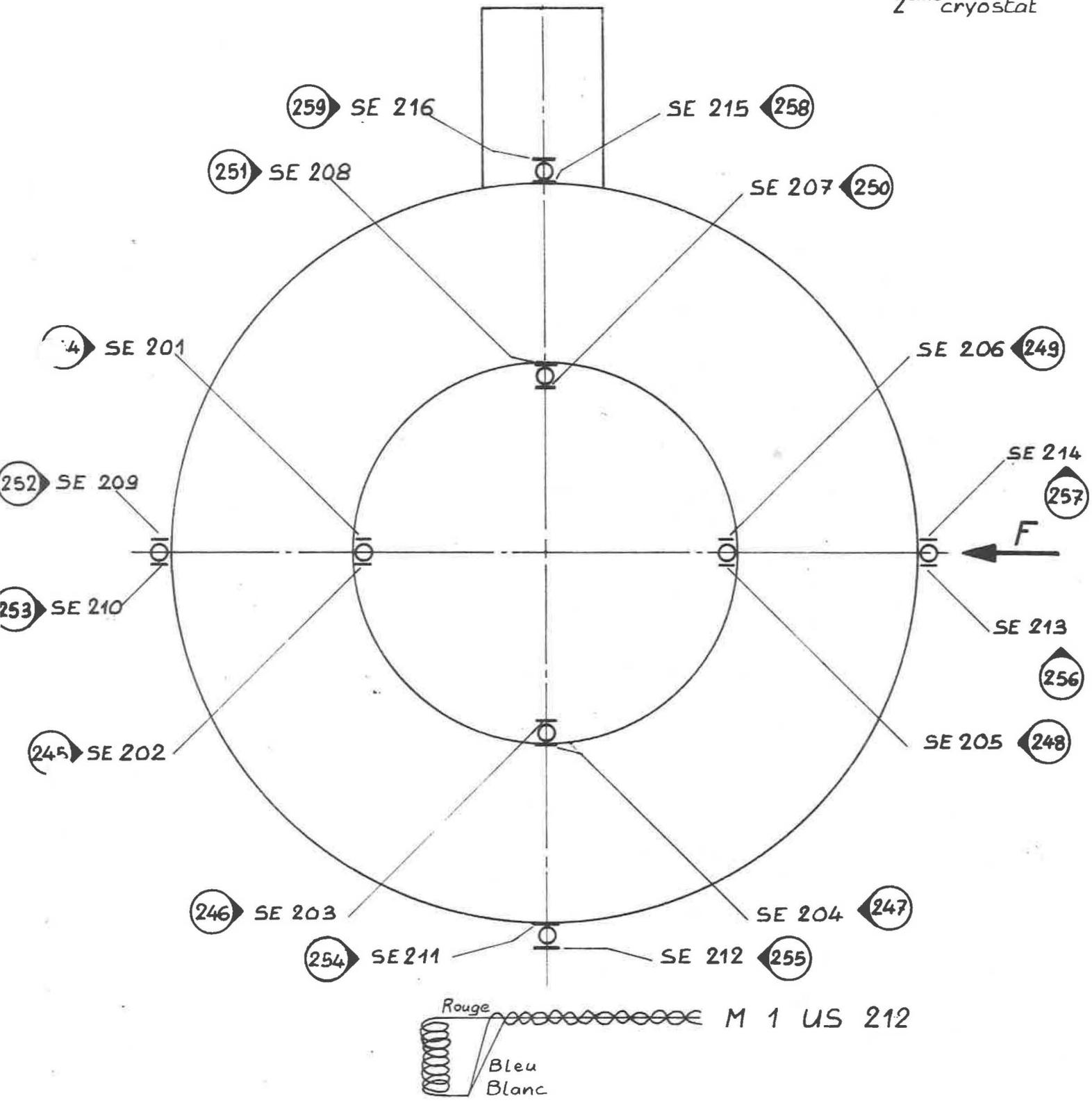


Fig:2.6.bis SONDES DE TEMPERATURE SUR ECRAN
INTERIEUR ET PLOTS

M 1

2^{ème} cryostat

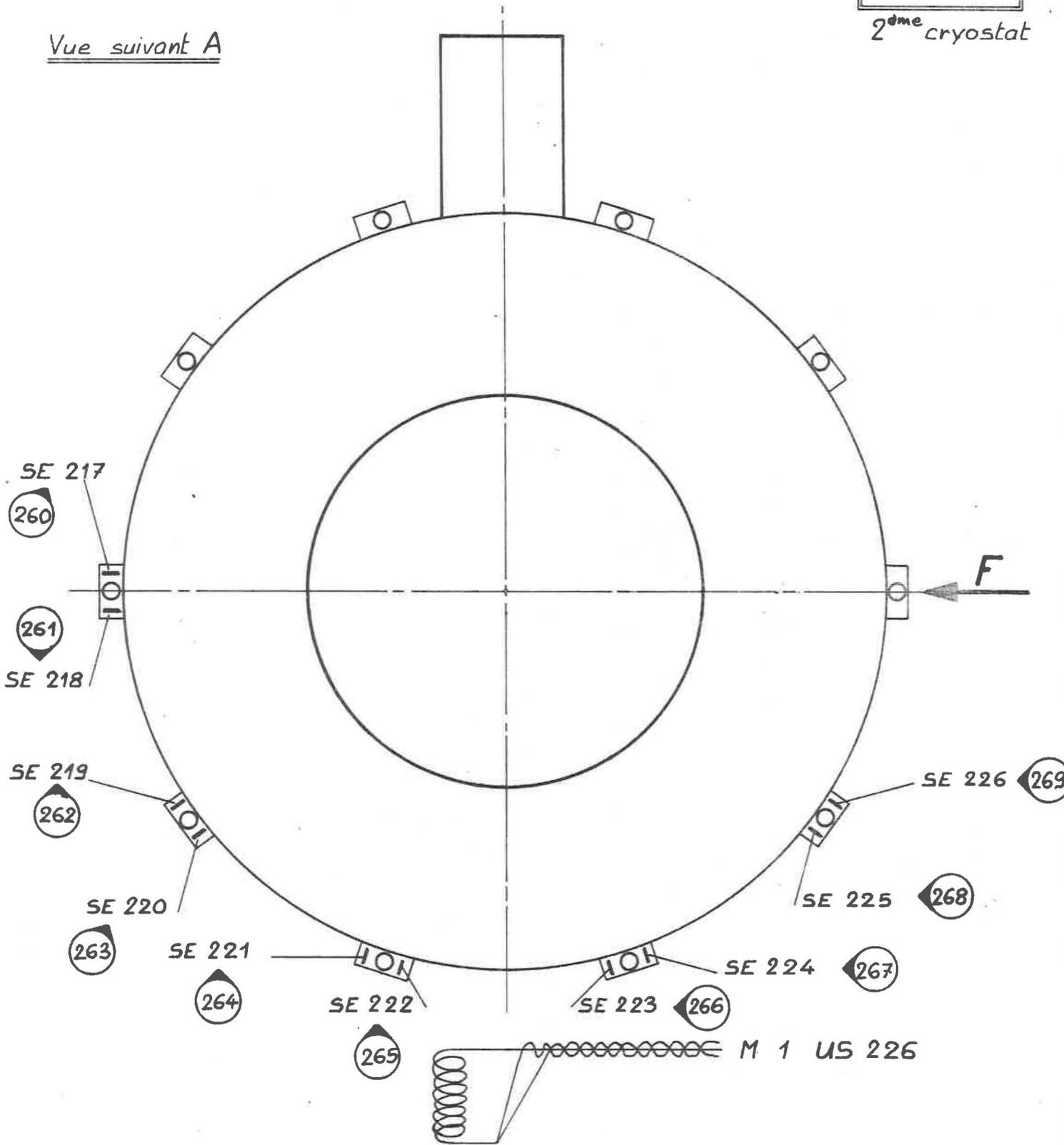
Vue suivant A



ex: M 1 SE 212

Fig: 2.8 JAUGES DE CONTRAINTE SUR LES TIRANTS AZ5G DE PRETENSION DES BOBINES

Vue suivant A



ex: M 1 SE 226

Fig.2.9 JAUGES DE CONTRAINTES SUR LES TIRANTS TITANE PERIPHERIQUES

Vue suivant A

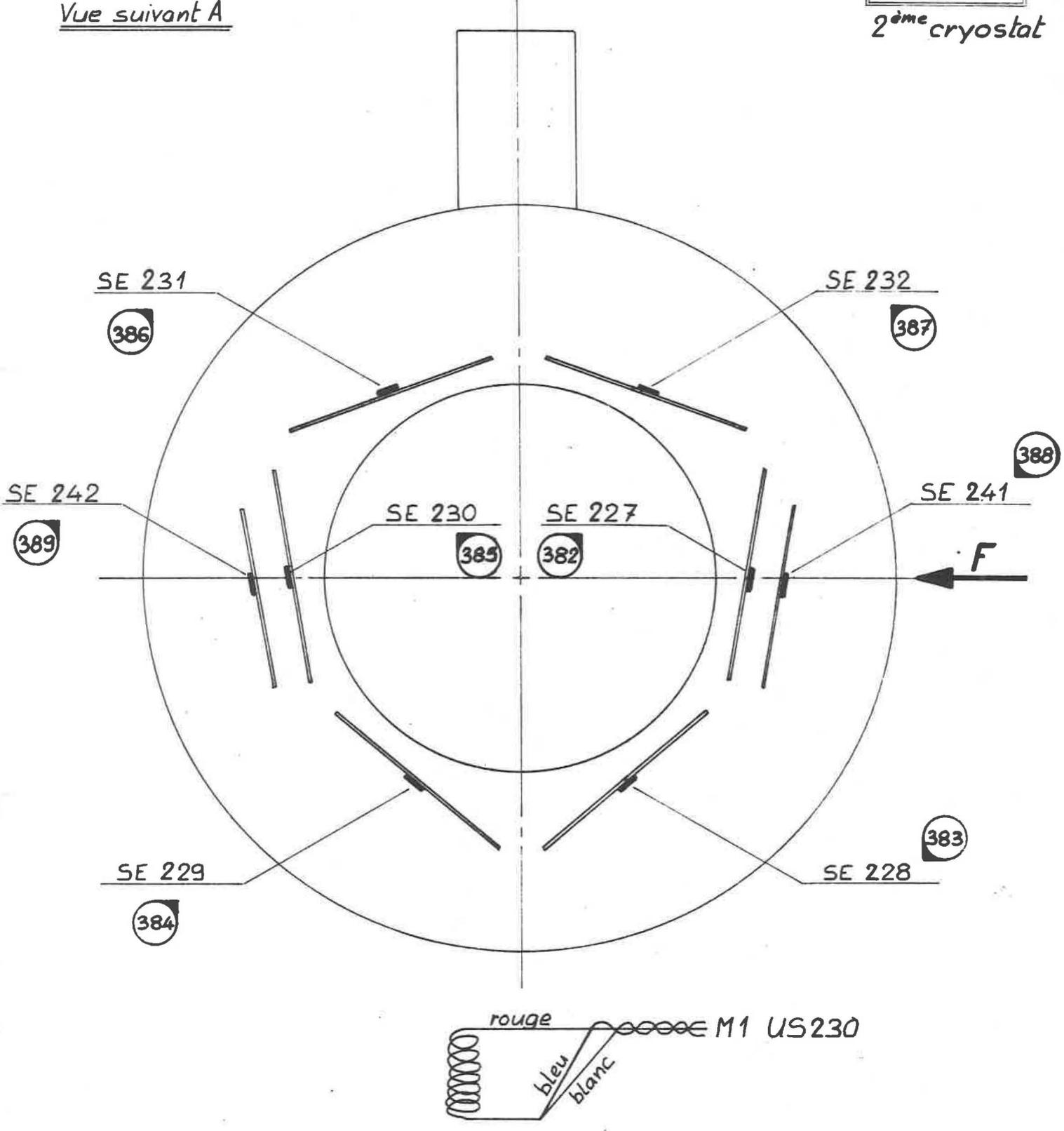
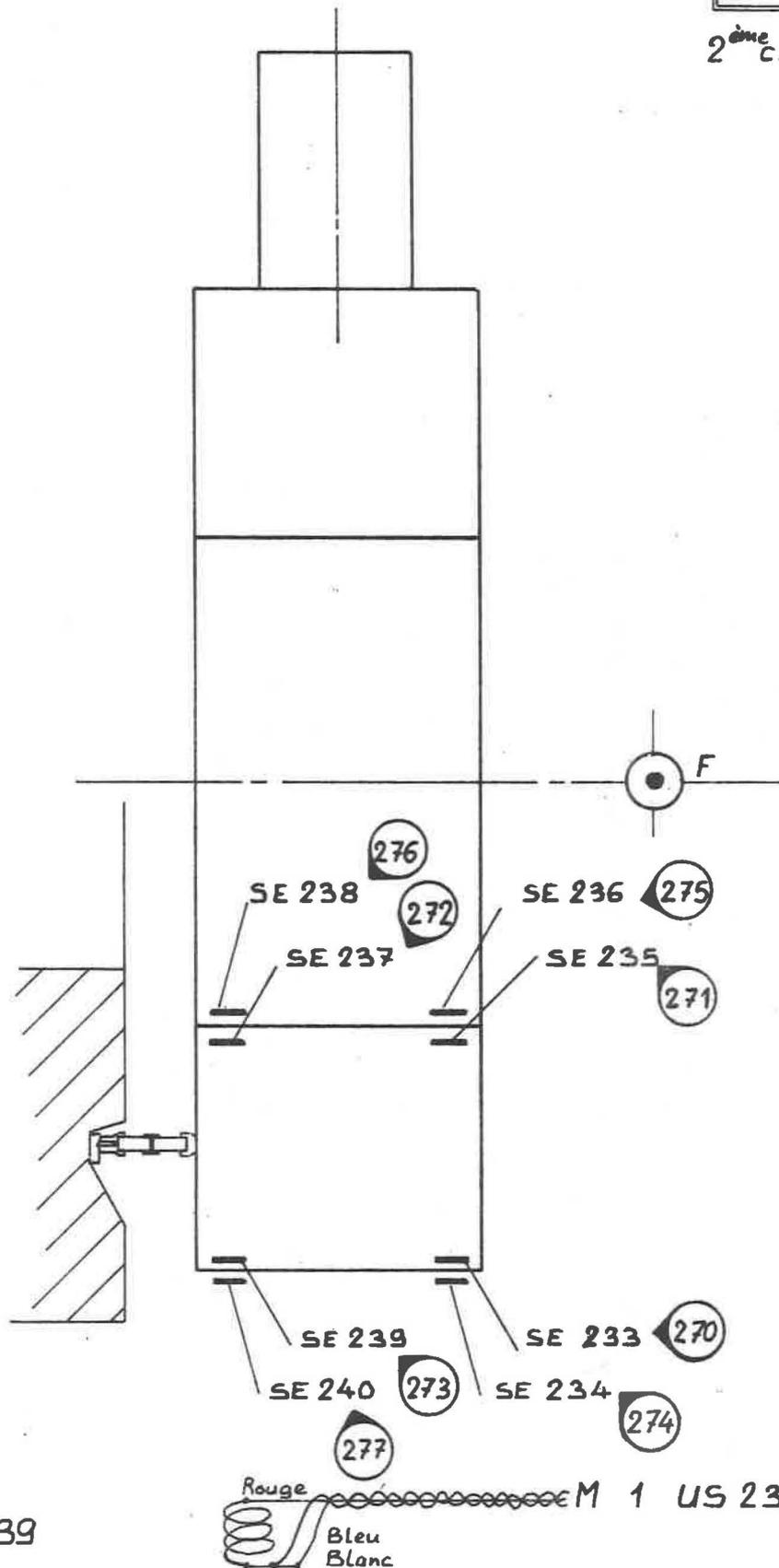


Fig:2.10 JAUAGES DE CONTRAINTES SUR LES TIRANTS TITANE DE SUSPENSION

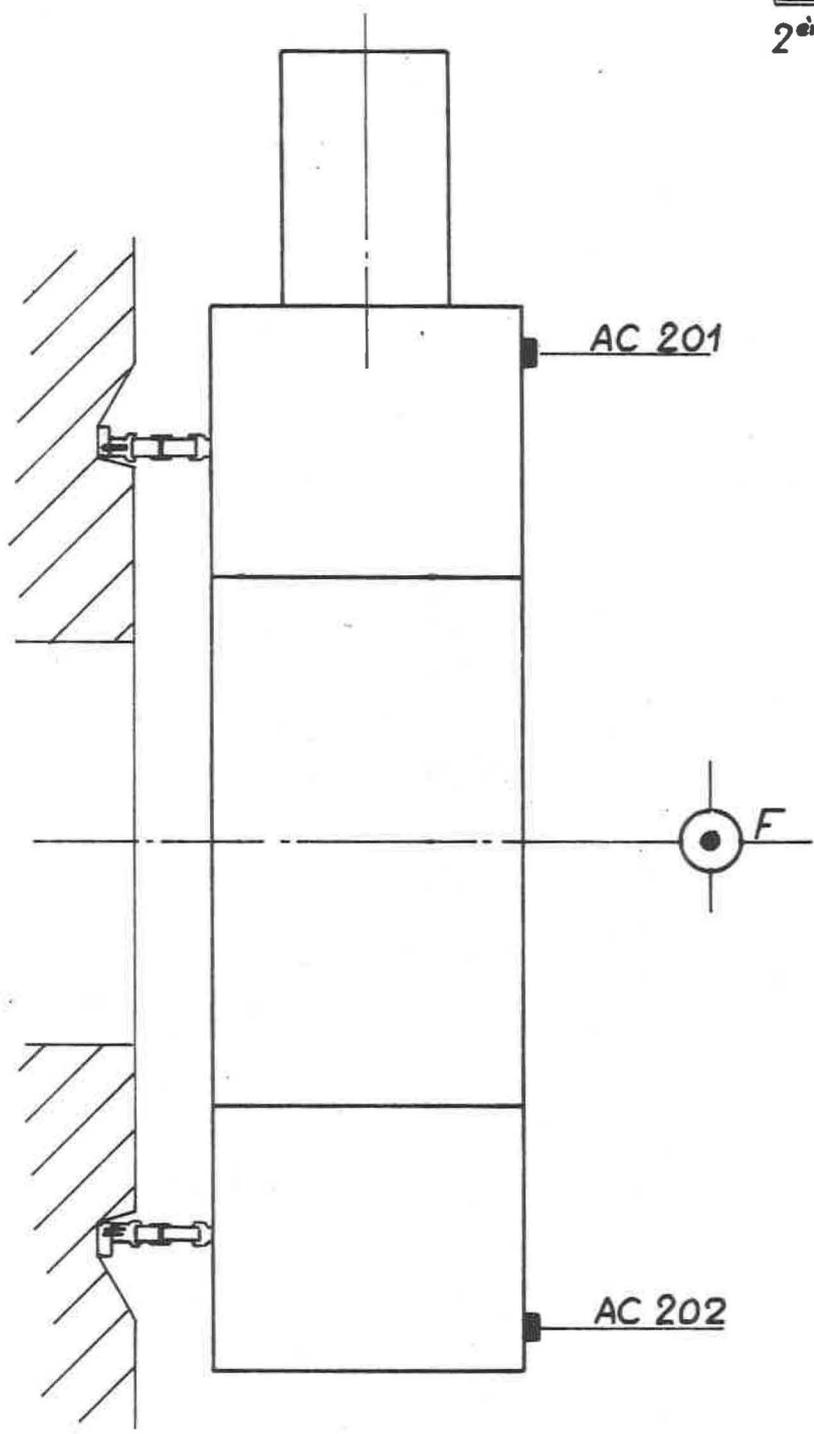
M 1

2^{ème} cryostat



ex: M 1 SE 239

Fig:2.11 JAUAGES DE CONTRAINTE SUR LES CRYOSTATS



ex: M 1 AC 201

Fig:2.12 MESURES D'ACCELERATION SUR LES CRYOSTATS

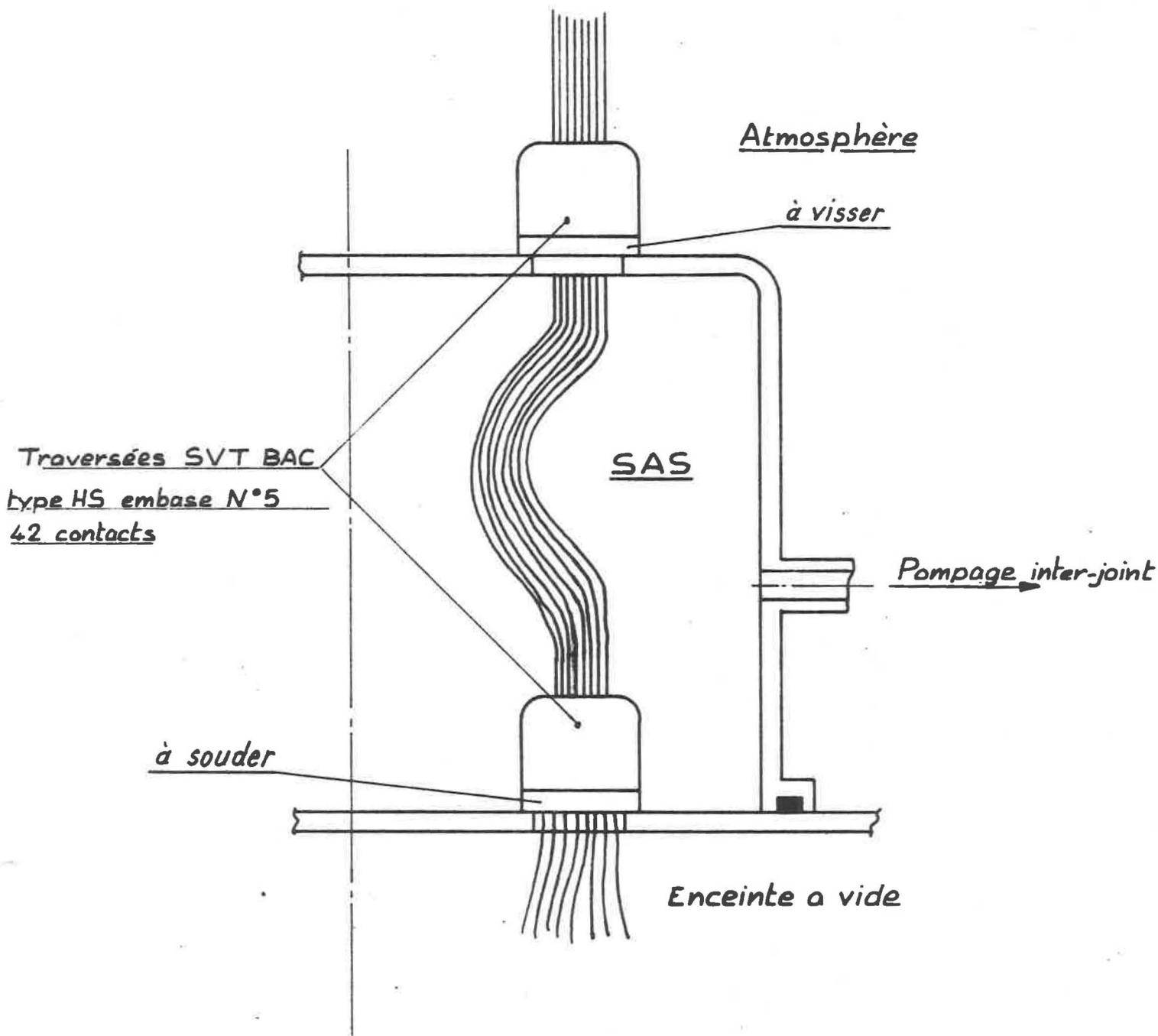


Fig:2.13 SAS DE SORTIE POUR LES MESURES SORTANT DU TANK A VIDE

M 1

2^{ème} cryostat

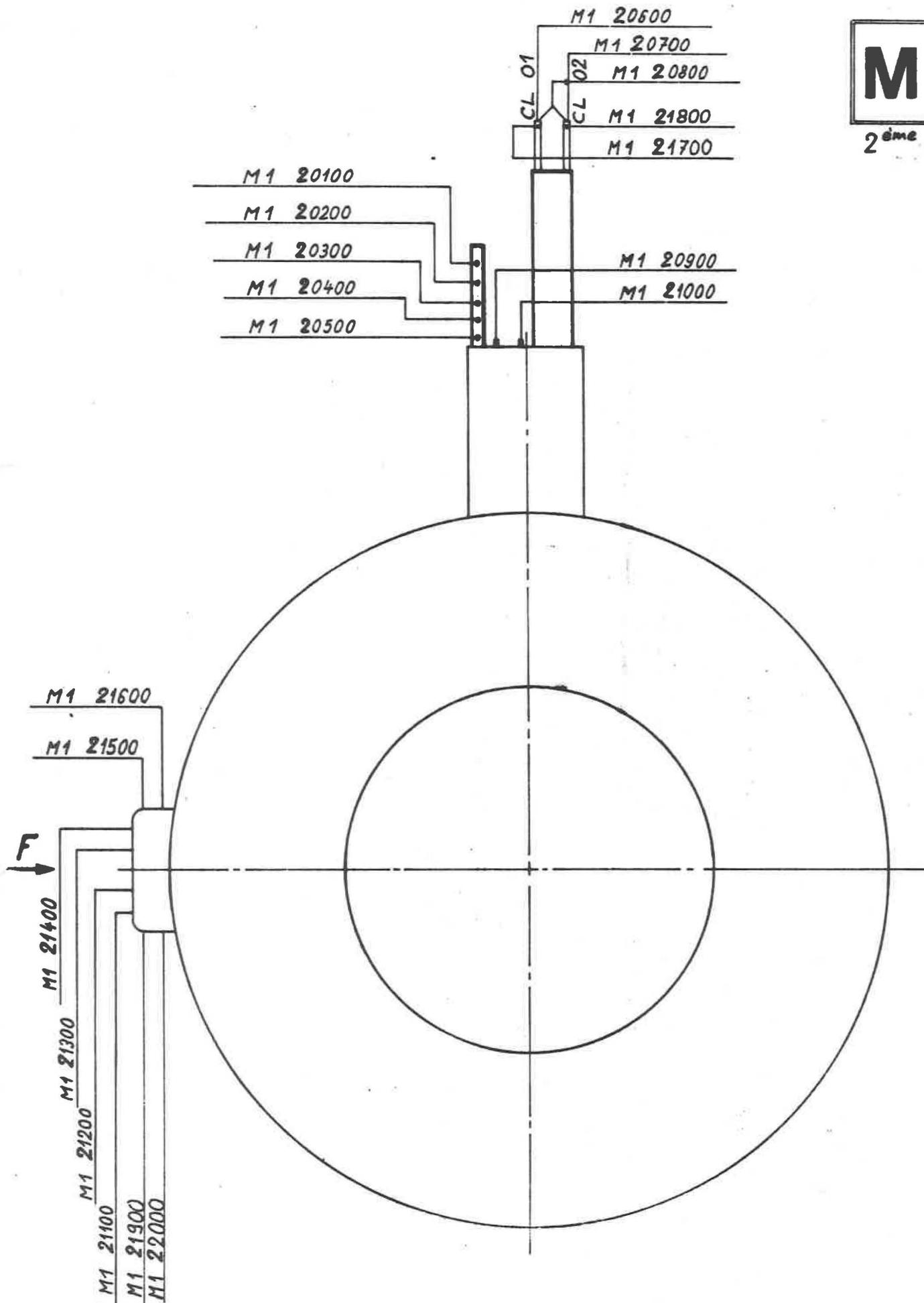


Fig:2.14 ORIGINE DES DIVERS CABLES SORTANTS DU CRYOSTAT N° 2