

INSTRUMENTATION DE L'AIMANT M1
POUR LA PREMIERE MISE SOUS COURANT ET L'EXPLOITATION
(CAPTEURS INTERNES)

A. Hervé, C. Leschevin, C. Lesmond

Ce papier est un résumé des discussions qui ont eu lieu au CERN et à SACLAY. Il ne couvre que l'instrumentation effectivement en place sur l'aimant lors de la première mise sous courant. Sont entr'autres exclus tous les capteurs qui ne servent qu'à des tests antérieurs.

Le câblage interne devra être très soigné pour éviter la perte prématurée de capteurs et les court-circuits. Seul du fil isolé téflon sera utilisé (dimension AWG26^{*}). De façon à éviter les couplages des paires ou des tierces torsadées seront utilisées partout.

1. MESURES DE NIVEAUX D'HELIUM LIQUIDE

La mesure de niveaux se fera à l'aide de jauges supraconductrices type SEE. On aura par cryostat (Fig. 1):

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

Ces jauges seront prévues pour être changeables avec le minimum d'intervention sur les enceintes.

(*) AWG 26 0.16 mm²

- 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 on aura:

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

Nota: Les jauges des cols sont équipées de câbles indépendants

2. PRISES DE POTENTIEL

2.1 Prises de Potentiel (Fig. 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 aura par cryostat:

- 14 jonctions à surveiller

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

- 1 tierce (+,-, garde).

Nota: Par sécurité chaque fil de la tierce sera protégé au niveau de la jonction par une résistance métallique bobinée Sfernice de 10 K Ω

2.2 Mesure de la Répartition de Potentiel dans la Bobine (Fig. 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, sauf pour la mesure de la tension totale aux bornes des bobines (Fig. 2).

3. MESURES DE TEMPERATURE

3.1 Mesure de la Température moyenne des Galettes (Fig. 3)

Cette mesure est exécutée en faisant circuler pendant le refroidissement un courant de 1A 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 (Fig. 4)

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

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

On aura par cryostat:

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

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

- 1 paire pour l'alimentation 1 mA.

- 1 paire pour la lecture.

3.3 Mesure de Température sur les Enceintes à Hélium (Fig. 5)

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

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

On aura par cryostat:

- 16 thermomètres

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

- 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 de l'Ecran thermique (Fig. 6)

Cette mesure sert à contrôler la température de l'écran. Elle sera faite à l'aide de thermomètres pelliculaires Micro Mesure type CLTS alimentés avec un courant constant de 1 mA.

On aura par cryostat:

- 10 thermomètres, 3 situés sur la jupe de support en verre epoxy près de chaque échangeur et 4 autres répartis le long de l'écoulement du gaz sur l'écran.

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

- 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 1 point des Entrées de Courant (Fig. 7)

De façon à mesurer le gradient thermique à l'extrémité chaude des entrées de courant, et par là même agir sur le débit de gaz de refroidissement les traversant, une jauge platine de 100 Ω sera placée à 70 mm sous le début des ailettes. Cette jauge sera isolée galvaniquement de la bobine et sera prévue pour être remplacée.

On aura par cryostat:

- 2 résistances platine 100 Ω

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

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

Nota: chaque sonde est équipée d'un câble indépendant.

4. JAUGES DE CONTRAINTES

4.1 Sur les Tirants de Prétension des Bobines (Fig. 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 cablées en 1/4 de pont.

Par cryostat on aura:

- 2 jauges sur 8 tirants.

C'est une mesure de bas niveau, si l'on veut balancer l'influence des lignes, il faut par jauge:

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

4.2 Sur les Tirants de Prétension de la Jupe (Fig. 9)

Ces jauges servent à mesurer la précontrainte des tirants en titane (TA6V) lors de la mise en compression de la jupe et de la précontrainte par rotation de la bride chaude.

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

Par cryostat, on aura:

- 2 jauges sur 5 tirants

C'est une mesure de bas niveau, si l'on veut balancer l'influence des lignes, il faut 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 la Jupe (Fig. 10)

Ces jauges servent à mesurer la précontrainte par rotation de la bride chaude de la jupe et à mesurer la contrainte maximale sur la jupe lors de la mise sous courant.

Ce sont des jauges cryogéniques Micro Mesure type WK-15-125AD-350 option W câblées en 1/2 pont pour éliminer les effets thermiques.

Par cryostat, on aura:

- 6 jauges

C'est une mesure de bas niveau, si l'on veut balancer l'influence des lignes, il faut par groupe de 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 (Fig. 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 sera équipée de façon à suivre les contraintes au niveau des encastrement 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 aura:

- 8 jauges

C'est une mesure de bas niveau électrique, si l'on veut balancer l'influence des lignes, il faut 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 (Fig. 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 jupe de support aux excitations de la détente.

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

On aura 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. spécial par capteur.

Nota: Ces coax. 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, seront des traversées SVT BAC type HS (à souder) embase No 5 42 contacts de \emptyset 1 mm.

La platine de sortie du tank à vide comportera un sas branché comme un pompage interjoint et donc chaque câble comptera 2 traversées étanches une à souder sur l'enceinte et l'autre à visser (Fig. 13).

7. CABLES

Les 2 câbles adaptés aux connecteurs choisis sont les suivants:

Type A 21 paires Filotex PR ETUDE 35889 ed. 1

B 14 tierces Filotex PR ETUDE 35887 ed. 1

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 Filotex PR ETUDE 35888 ed. 1

Ce câble a une tension de service de 750 V (test à 2500 V). Il est protégé par une tresse en cuivre étamé, un écran à haute efficacité contre les parasites d'origine électromagnétique et une gaine extérieure en PVC.

Type E 1 coax. Kistler

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 la Fig. 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 portera son numéro complet (imprimé à l'aide d'une pince KABEX) sur un manchon en gaine thermo retractable. Ces manchons, qui seront enfilés sur les paires ou les tierces dès le câblage des jauges, seront accessibles en permanence pour contrôle, Ils seront retractés derrière les embases au dernier moment.

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 à 14 représentent les éléments de mesure du cryostat No 1, les éléments correspondants du cryostat No 2 s'en déduisent par une symétrie par rapport au plan médian entre les bobines.

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	-

$\alpha = 1$ 1er cryostat
 $\alpha = 2$ 2ème cryostat

TABLEAU 3

REPARTITION DES MESURES SUR LES CABLES INDIVIDUELS

No de la paire	Températures des entrées de courant		Jauges de niveau dans col	
	M 1 α 0600 type C	M 1 α 0700 type C	M 1 α 0900 type C	M 1 α 1000 type C
	M 1 IP α 41 UP α 42	M 1 IP α 42 UP α 42	M 1 IL α 07 UL α 07	M 1 IL α 08 UL α 08

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

Accéléromètres	
M 1 α 1500 type E	M 1 α 1600 type E
M 1 UA α 01	M 1 α UA α 02

α = 1 1er cryostat

α = 2 2ème cryostat

M 1

$\alpha = 1$ 1^{er} cryostat
 $\alpha = 2$ 2^{ème} cryostat

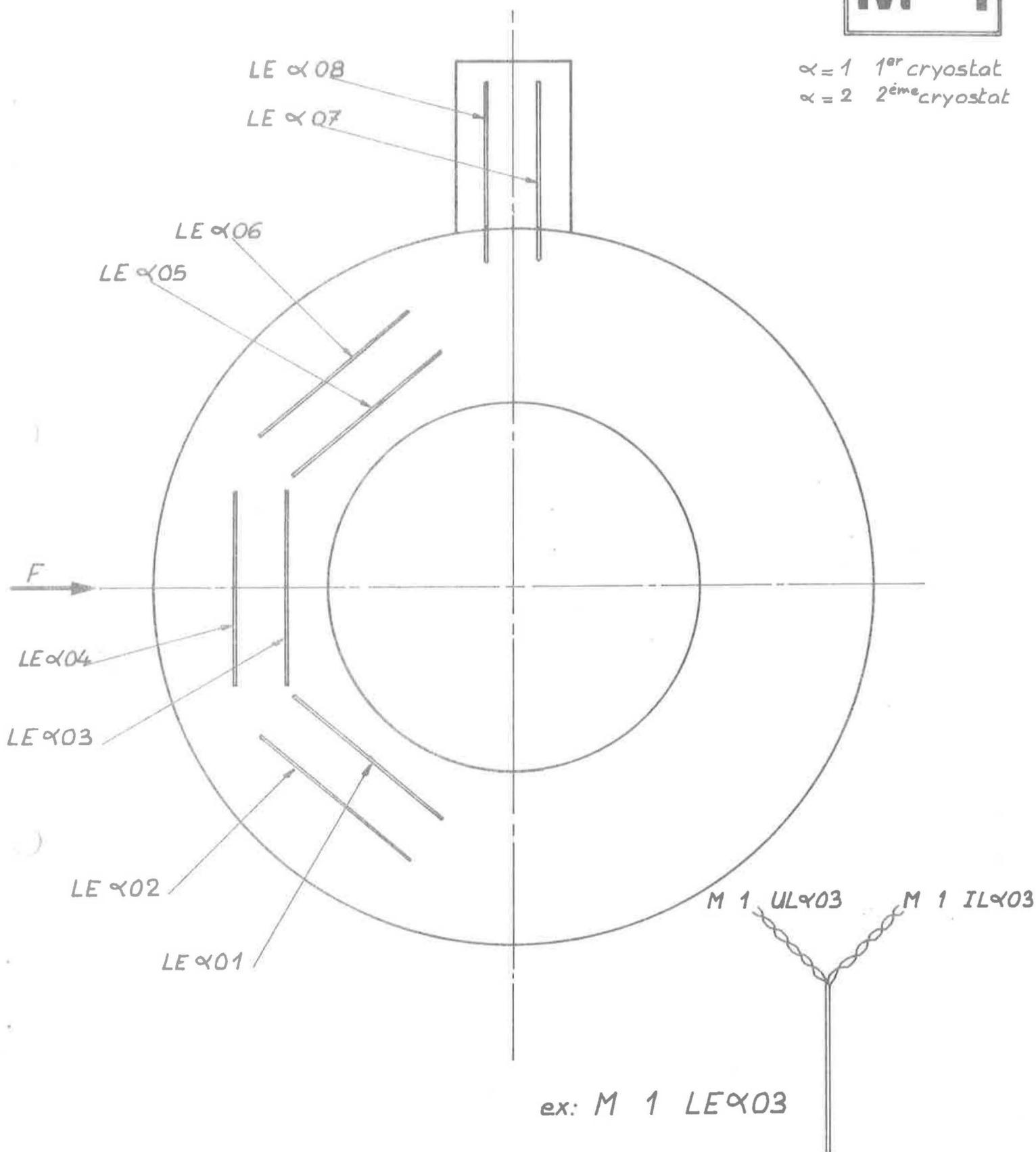


Fig: 1 MESURE DE NIVEAU D'HELIUM LIQUIDE

$\alpha=1$ 1^{er} cryostat
 $\alpha=2$ 2^{ème} cryostat

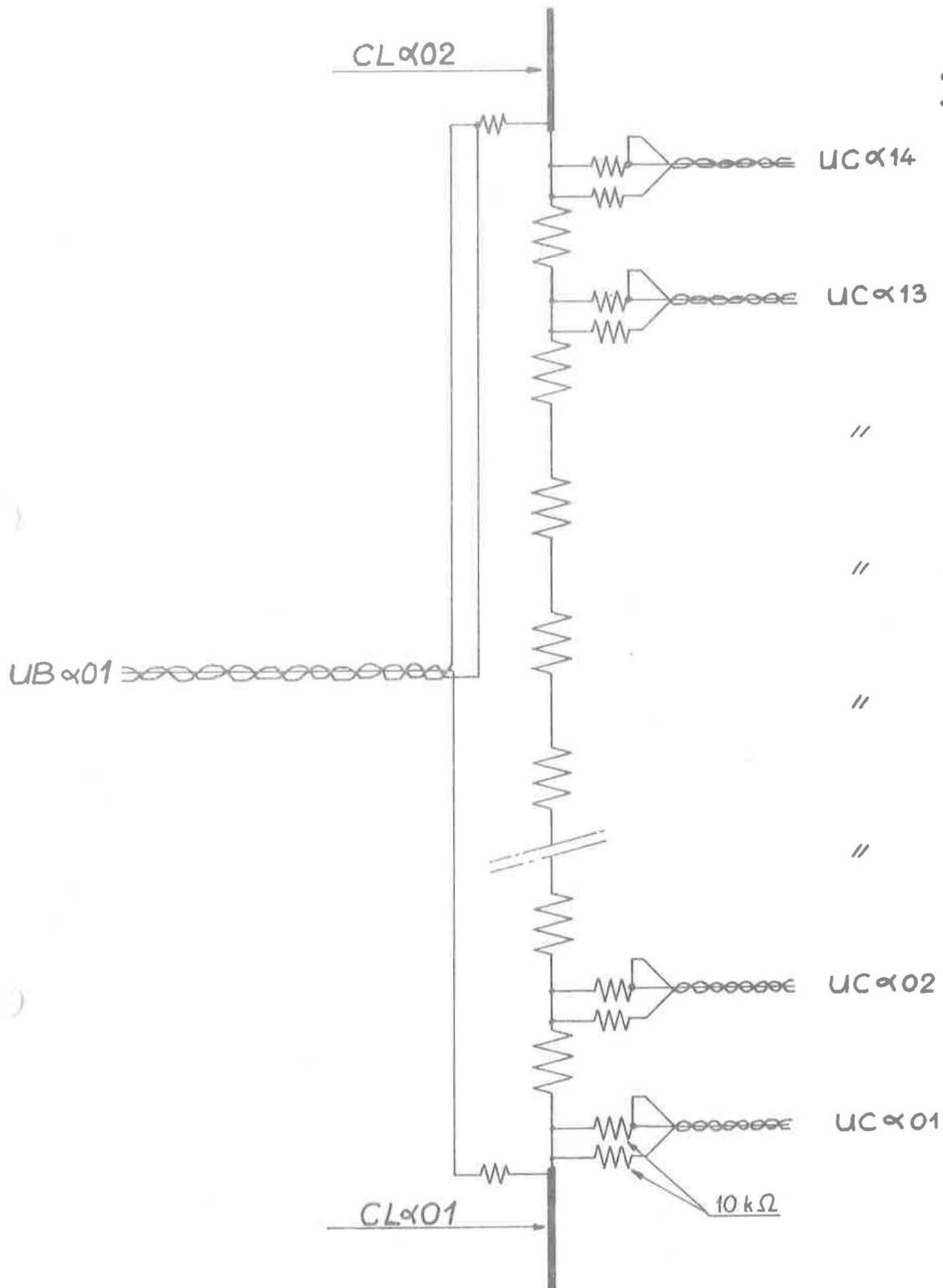


Fig: 2 PRISES DE POTENTIEL SUR CONNEXIONS
ET BOBINES

$\alpha = 1$ 1^{er} cryostat
 $\alpha = 2$ 2^{eme} cryostat

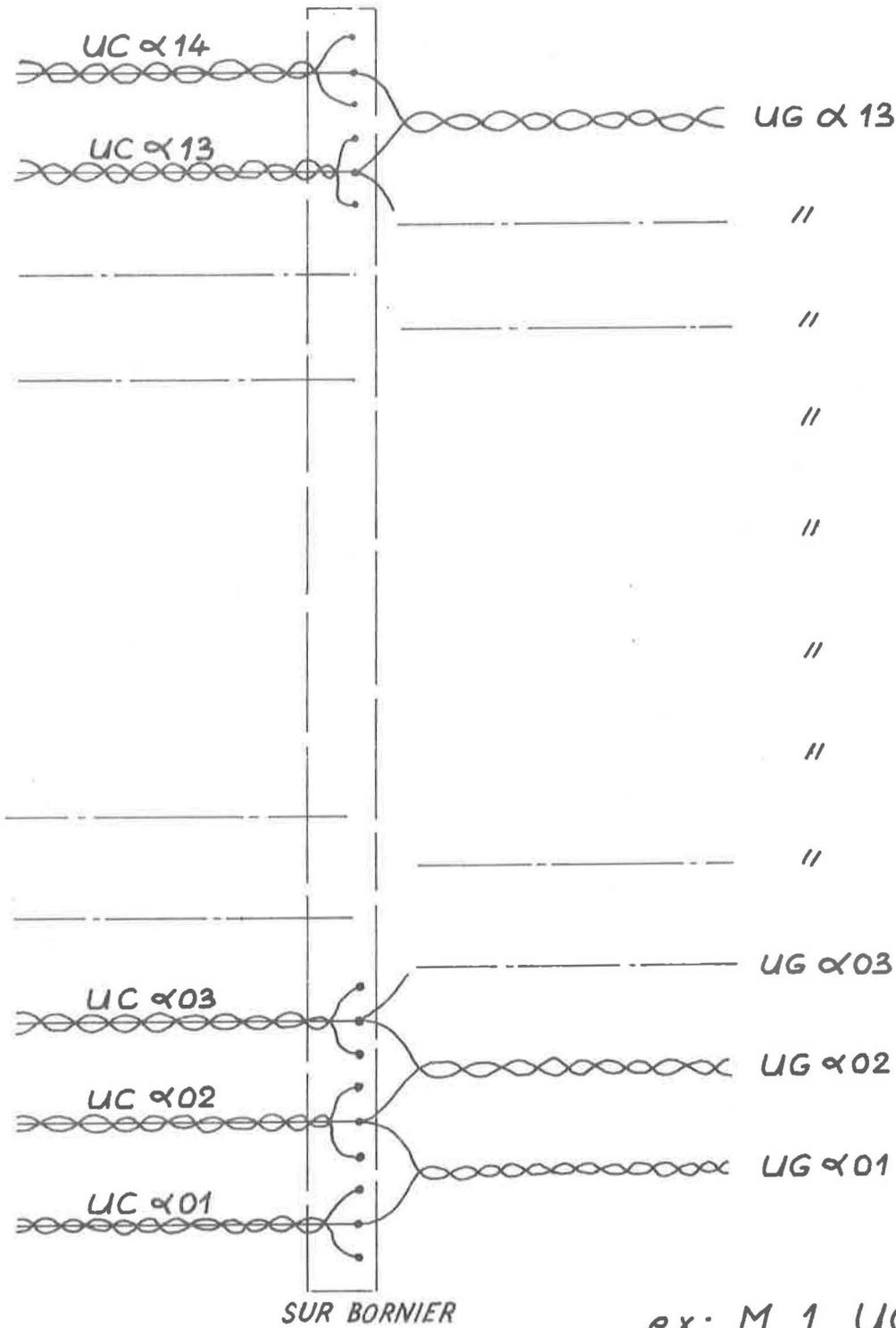


Fig:3 REPARTITION DE POTENTIEL DANS LES BOBINES
CABLAGE SUR REPARTITEUR EXTERIEUR

M 1

$\alpha=1$ 1^{er} cryostat
 $\alpha=2$ 2^{eme} cryostat

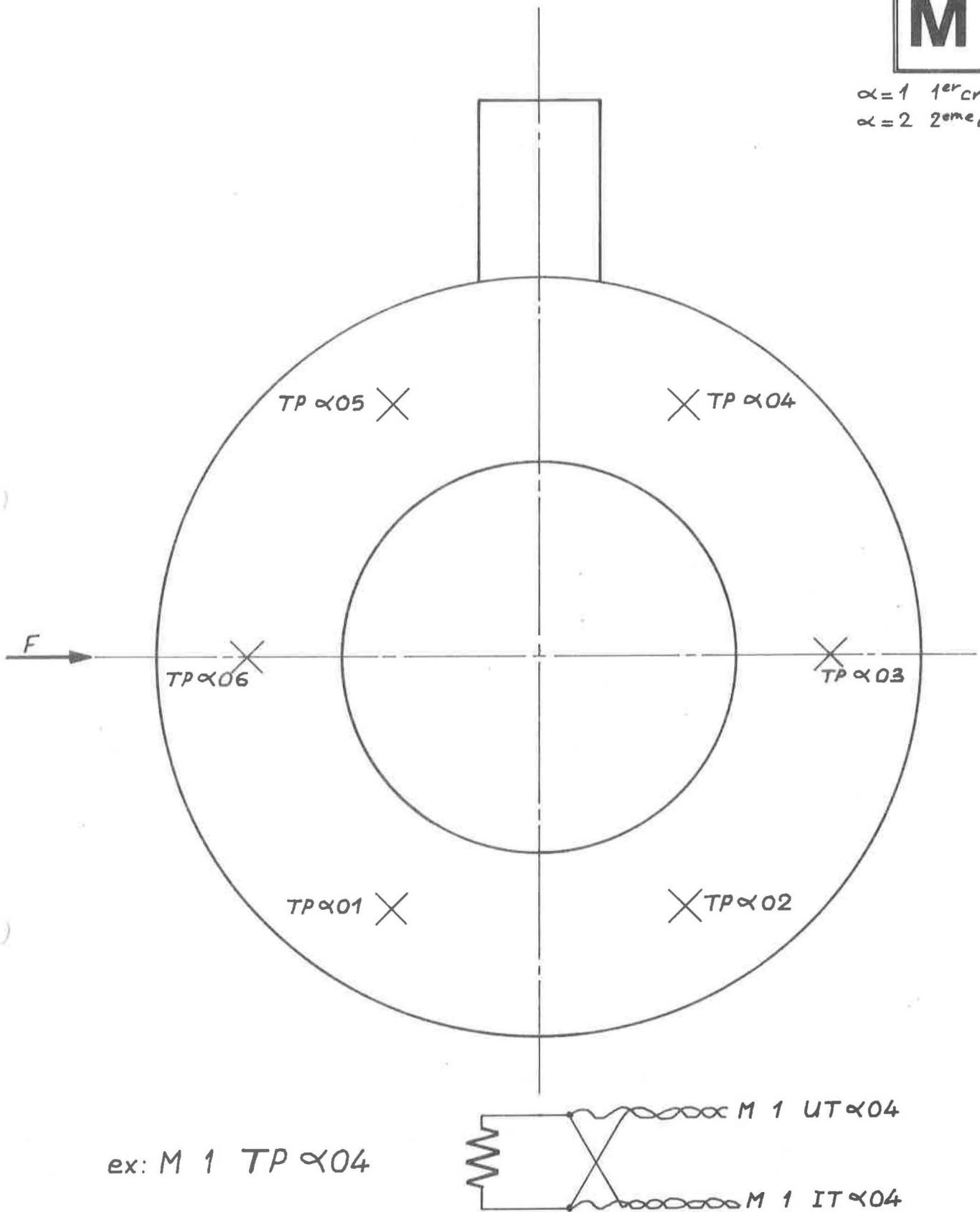
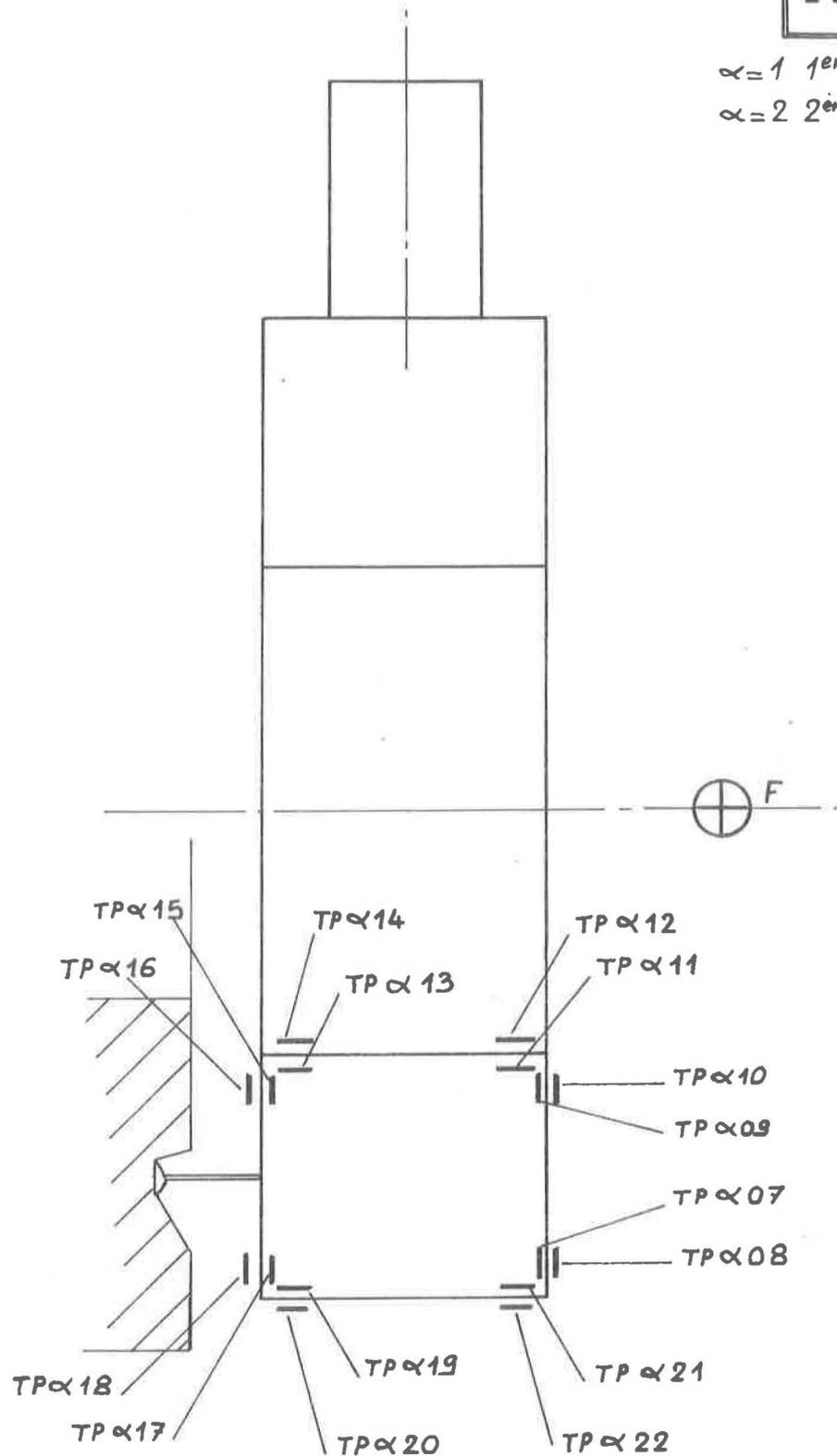


Fig: 4 MESURE DE TEMPERATURE AU SEIN DES BOBINES
(DANS PLAN MEDIAN)

M 1

$\alpha=1$ 1^{er} cryostat
 $\alpha=2$ 2^{ème} cryostat

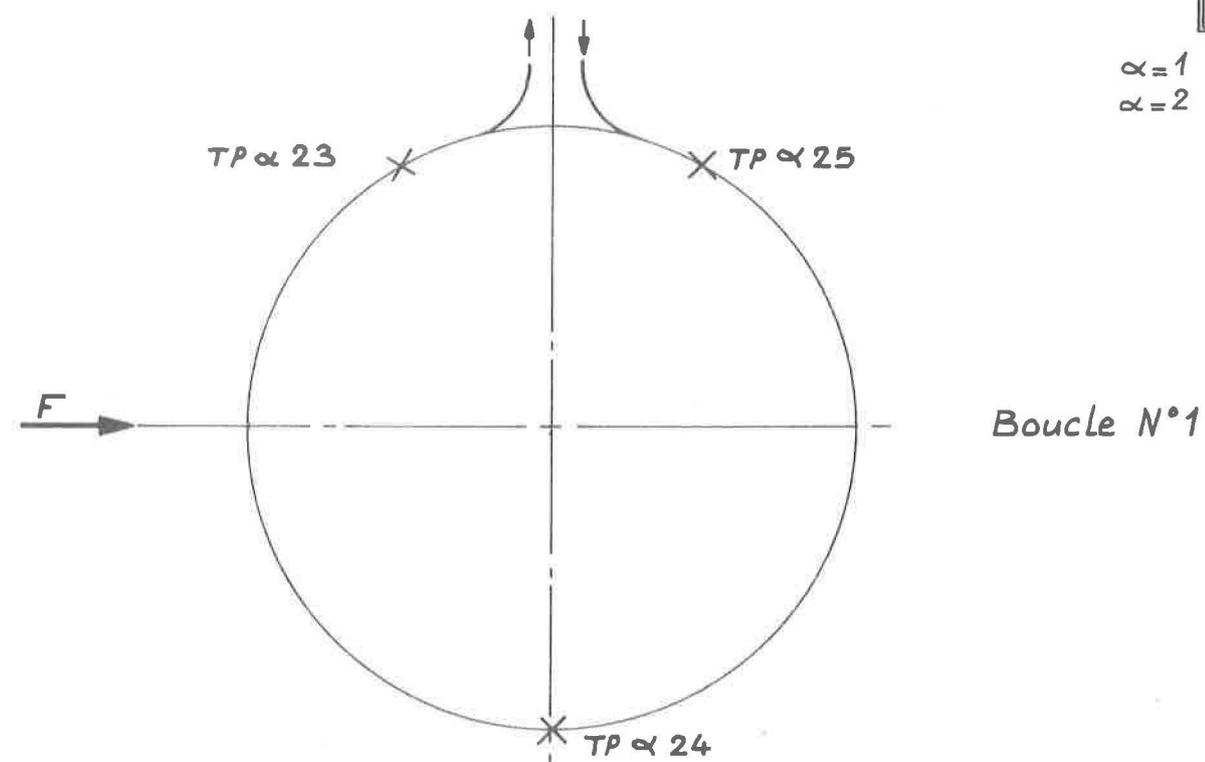


ex: M 1 TP α 17

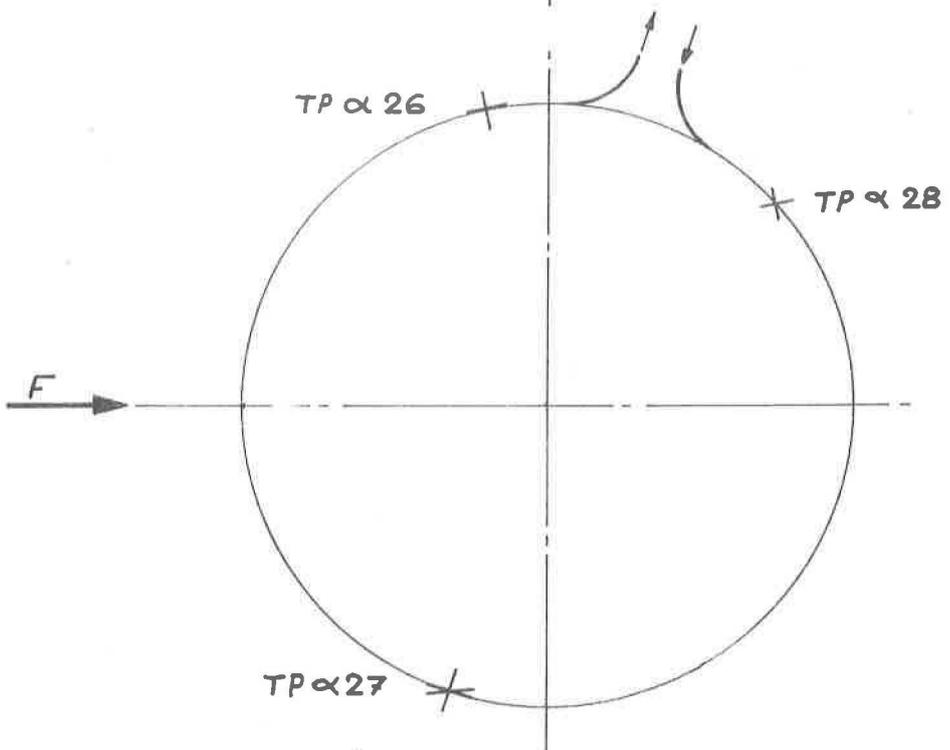


Fig: 5 MESURE DE TEMPERATURE SUR LES ENCEINTES HELIUM

$\alpha=1$ 1^{er} cryostat
 $\alpha=2$ 2^{eme} cryostat

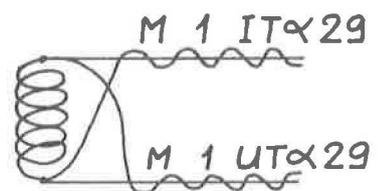


Boucle N°1



Boucle N°2

- Sur Ecran
- TP α 29
 - TP α 30
 - TP α 31
 - TP α 32



ex: M 1 TP α 29

Fig: 6 MESURE DE TEMPERATURE SUR LES ECRANS

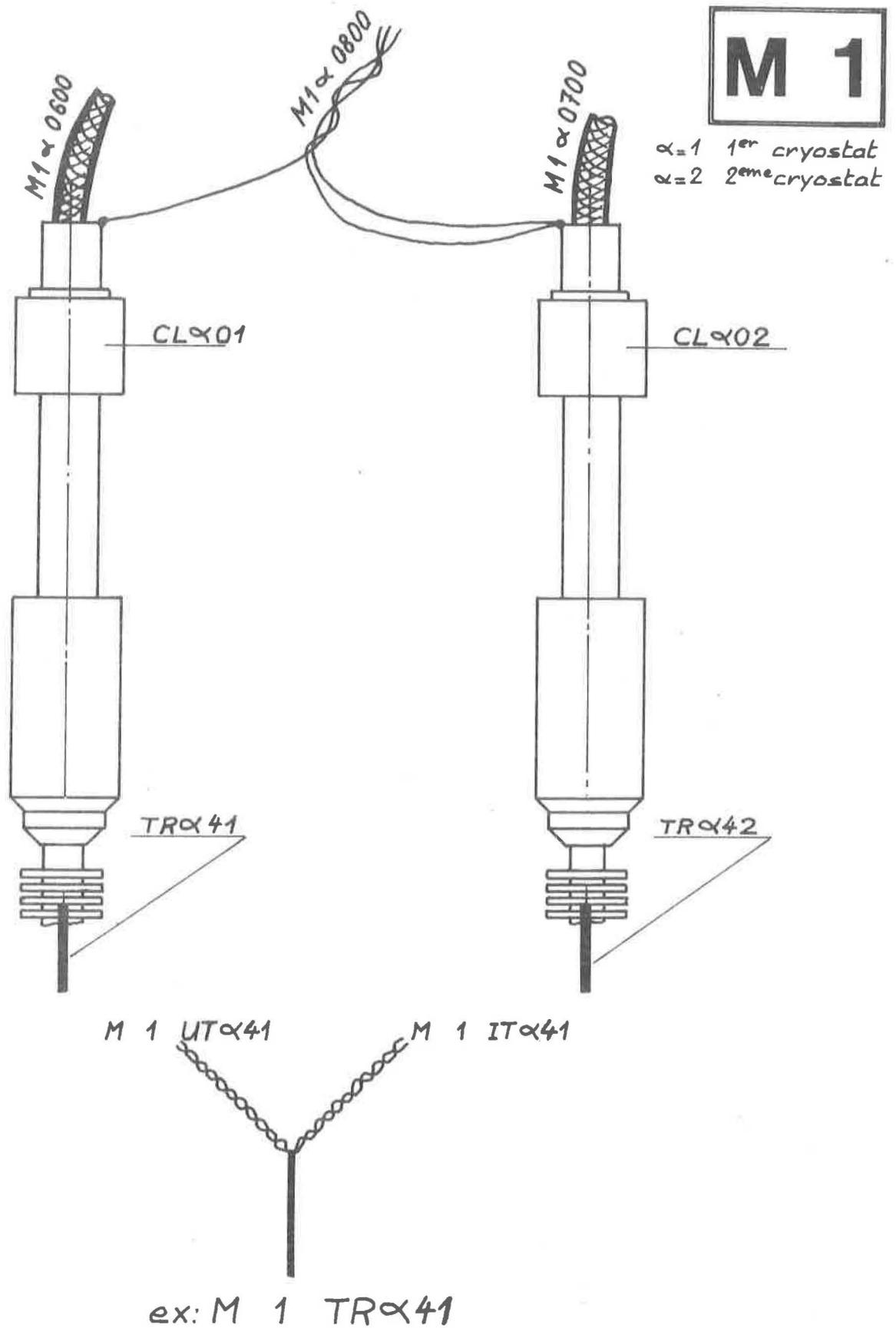
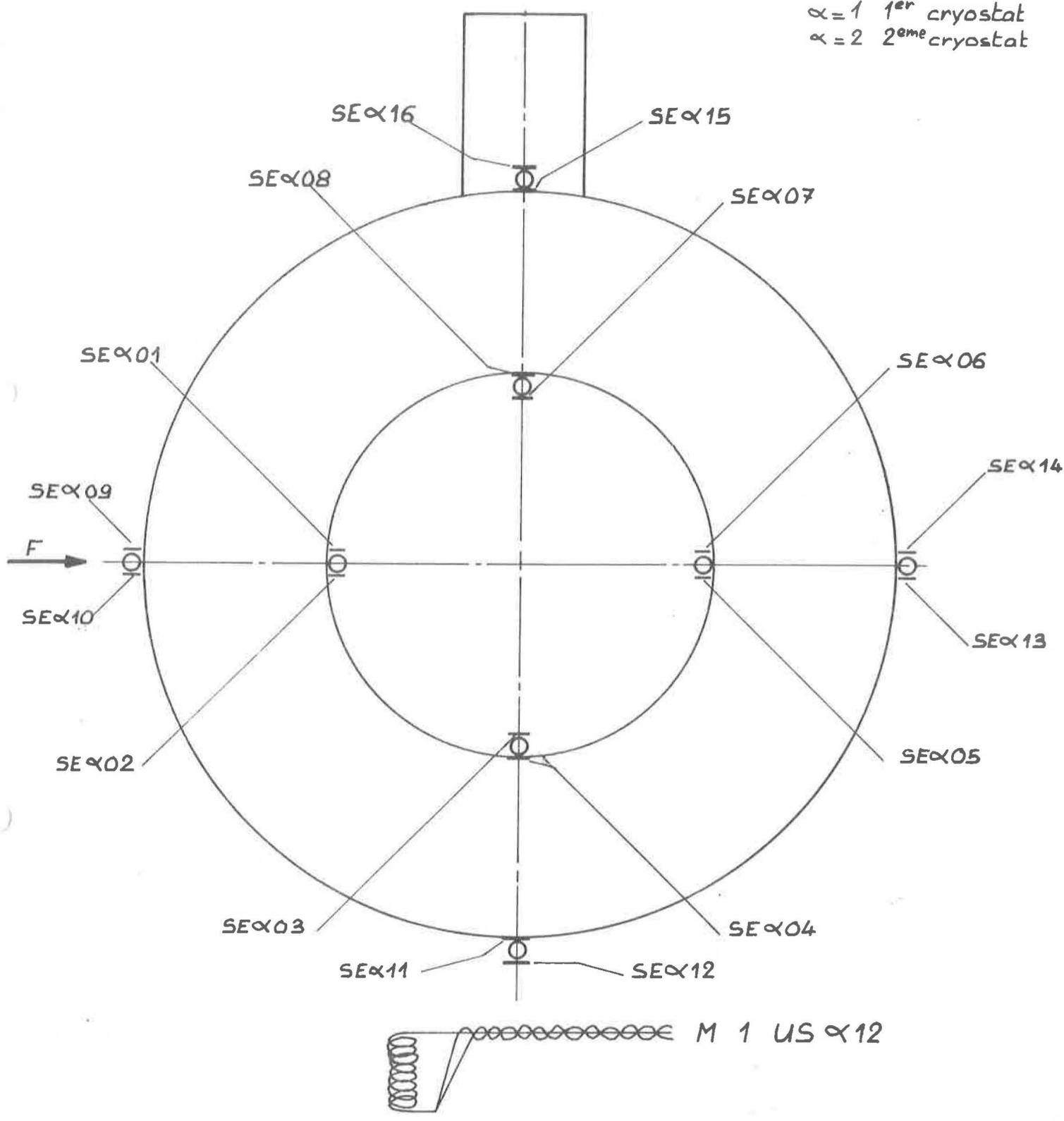


Fig:7 MESURE DE LA TEMPERATURE EN UN POINT DES ENTrees DE COURANT

M 1

$\alpha = 1$ 1^{er} cryostat
 $\alpha = 2$ 2^{eme} cryostat

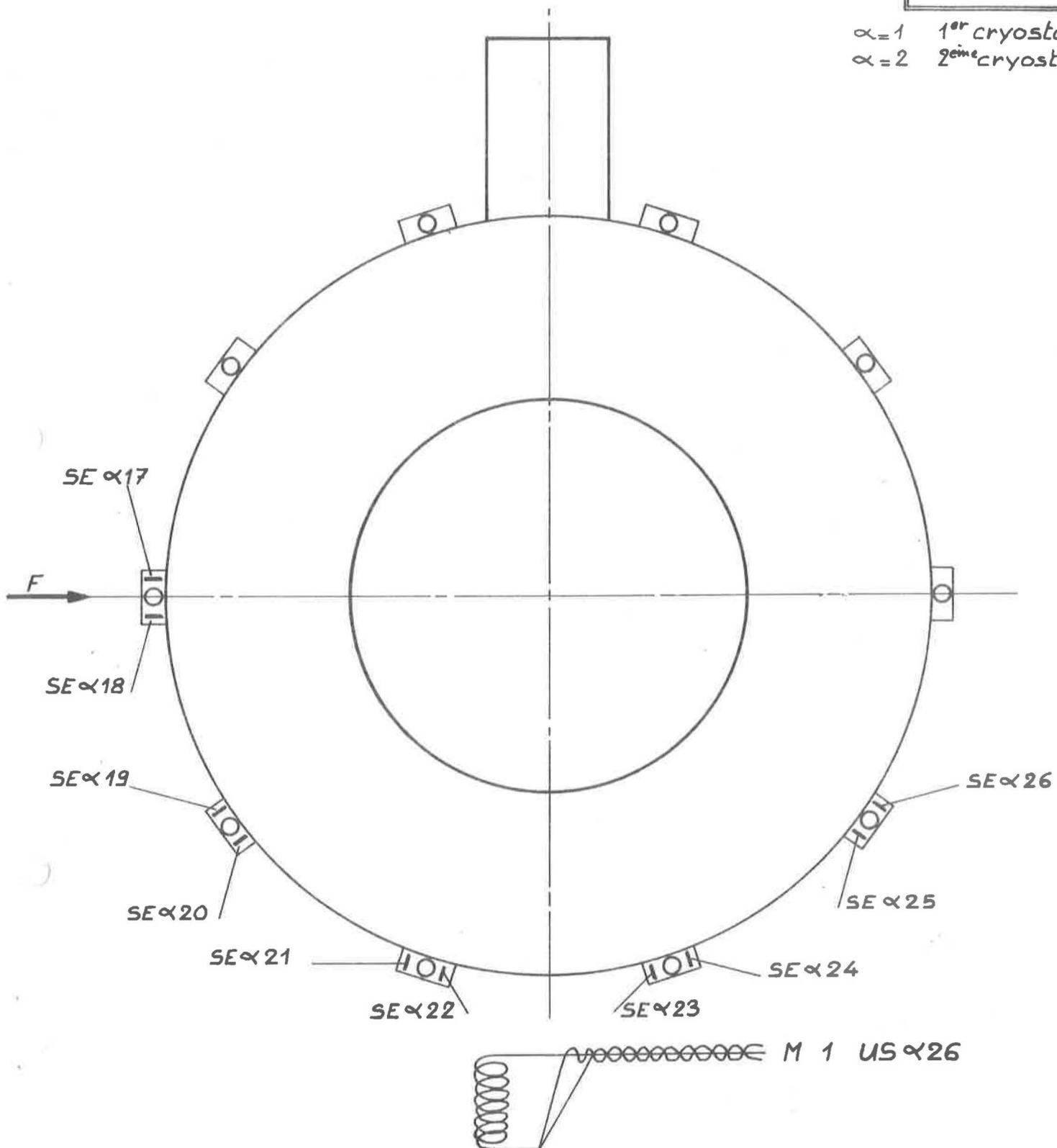


ex: M 1 SE α 12

Fig: 8 JAUAGES DE CONTRAINTE SUR LES TIRANTS DE PRETENSION DES BOBINES

M 1

$\alpha=1$ 1^{er} cryostat
 $\alpha=2$ 2^{eme} cryostat



ex: M 1 SE $\alpha 26$

Fig: 9 JAUAGES DE CONTRAINTES SUR LES TIRANTS DE PRETENSION DE LA JUPE

M 1

$\alpha=1$ 1^{er} cryostat
 $\alpha=2$ 2^{ème} cryostat

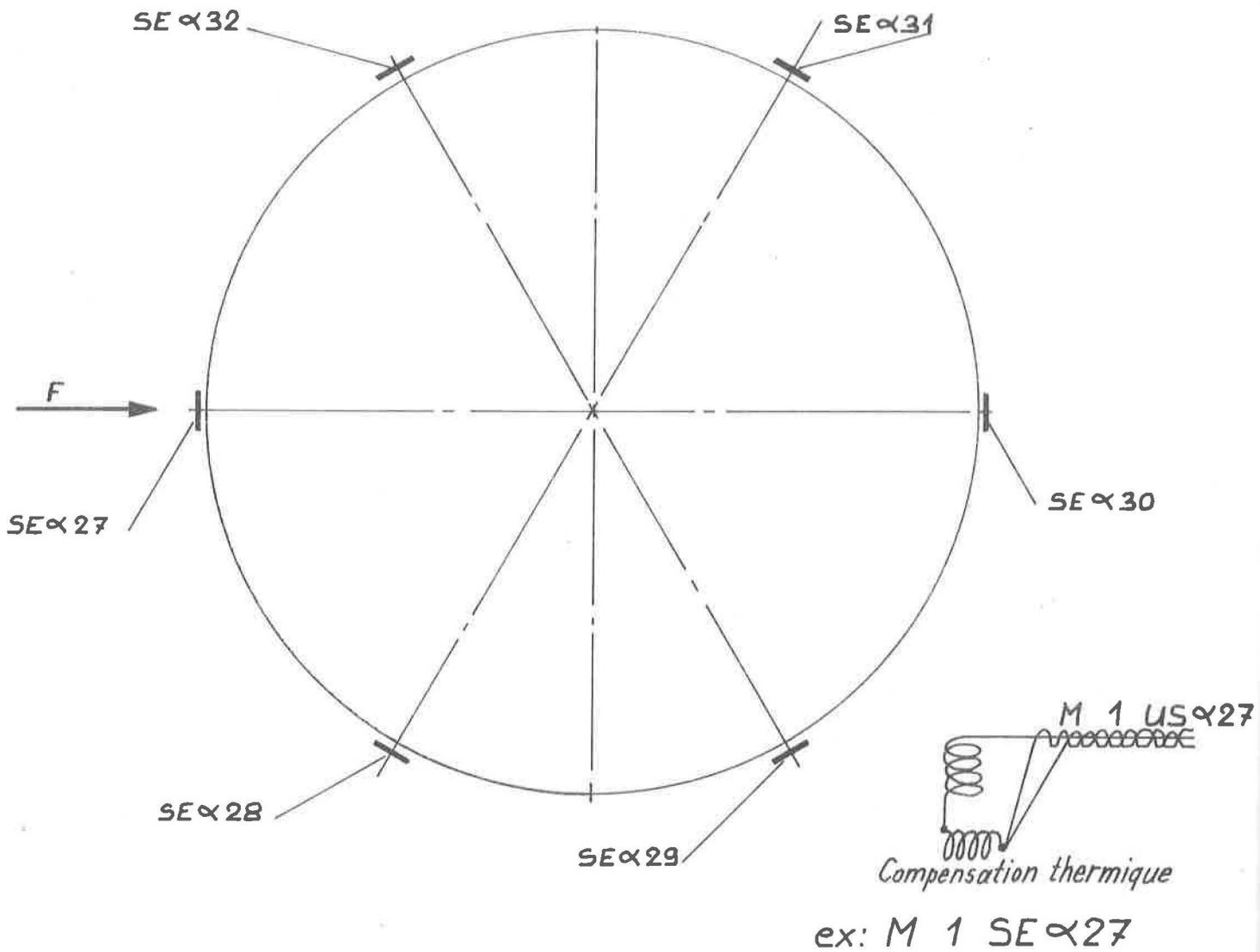
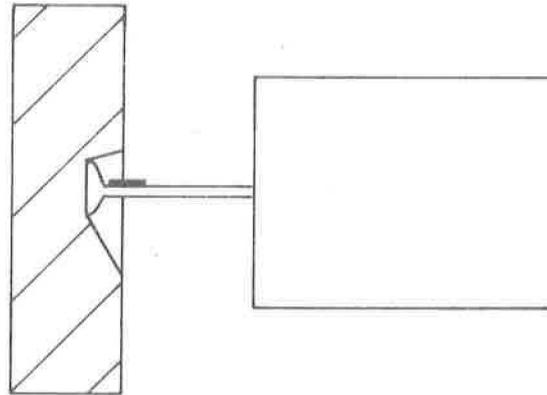
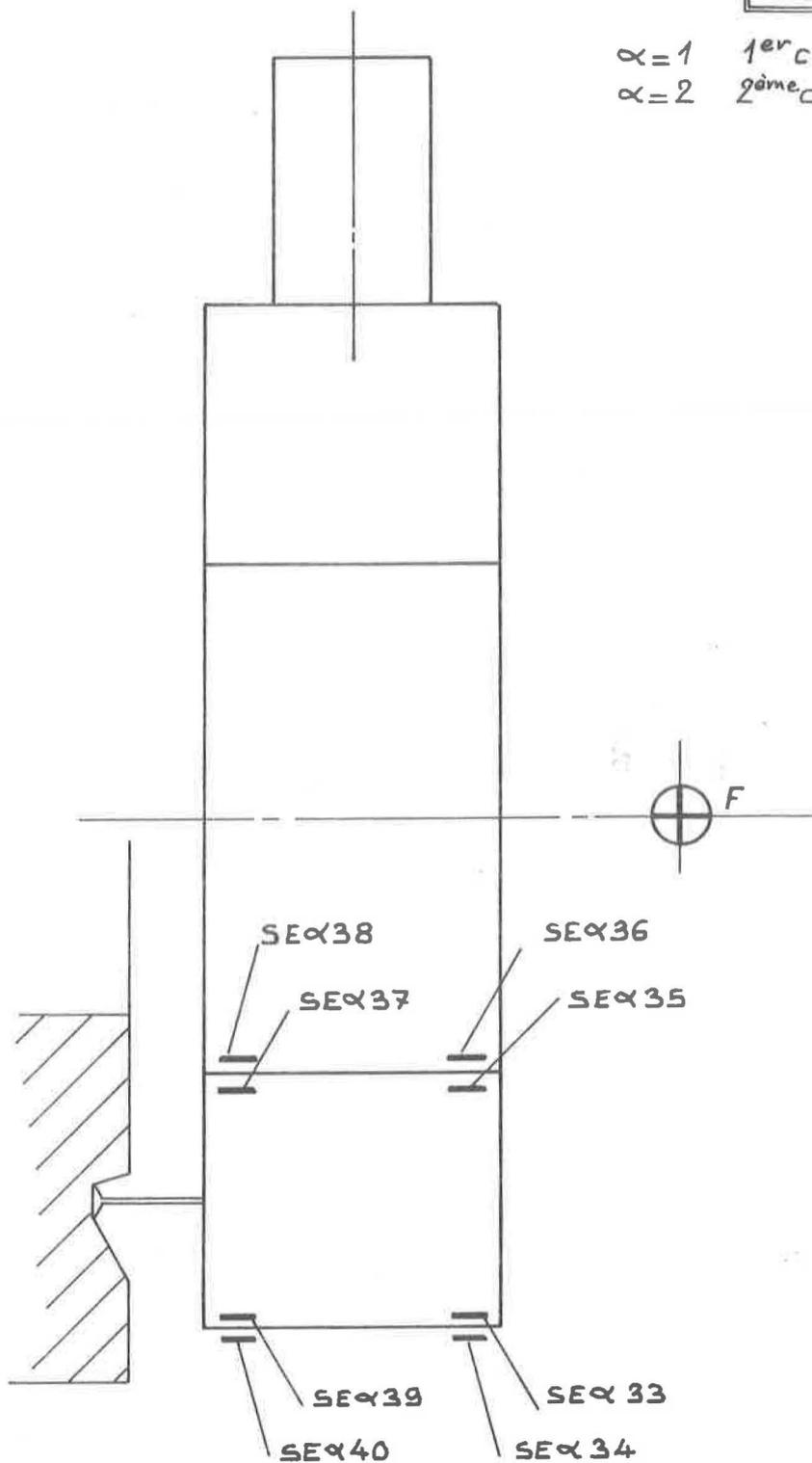


Fig: 10 JALIGES DE CONTRAINTES SUR LA JUPE DE SUPPORT

M 1

$\alpha=1$ 1^{er} cryostat
 $\alpha=2$ 2^{ème} cryostat



ex: M 1 SE α 39

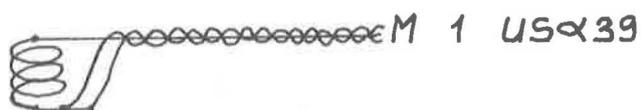
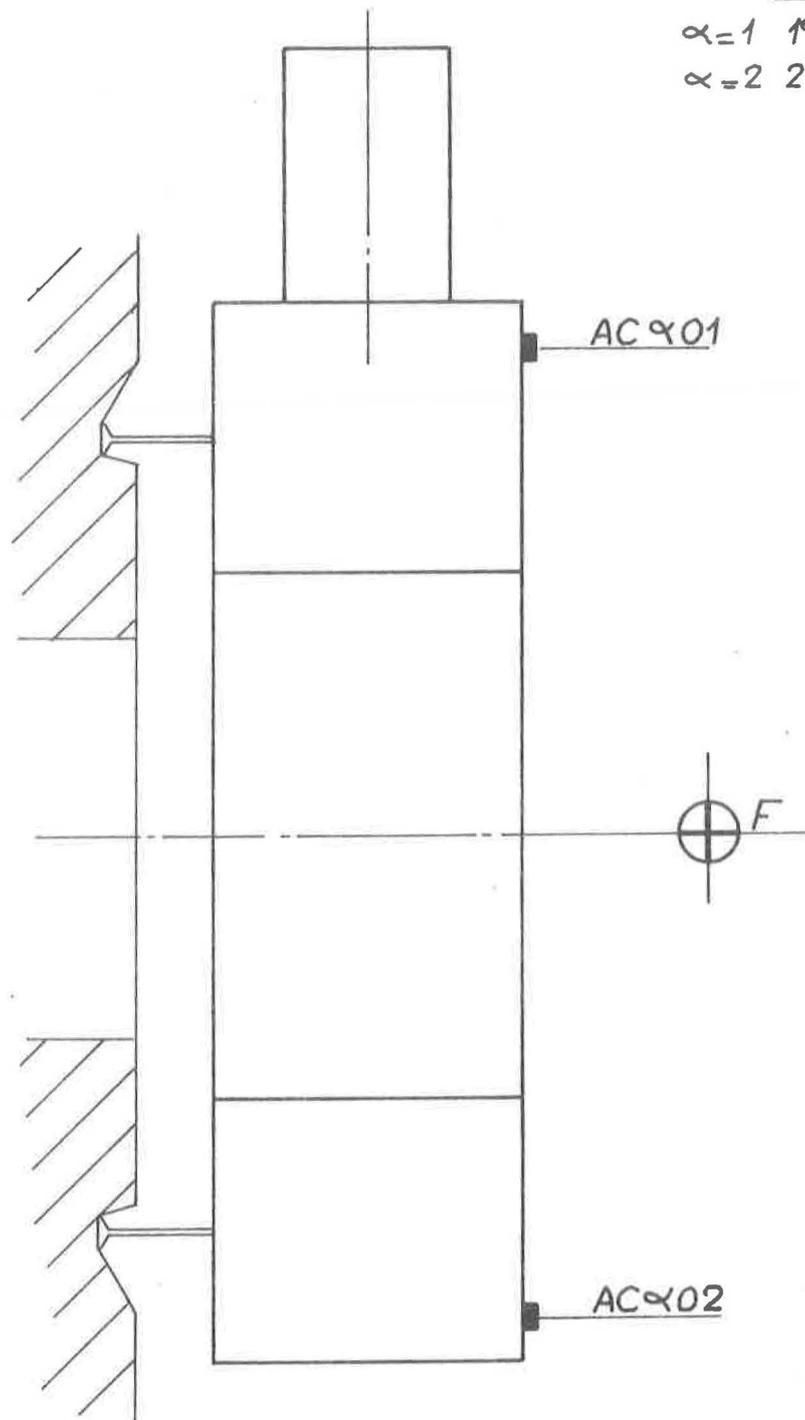


Fig: 11 JALIGES DE CONTRAINTE SUR LES CRYOSTATS

M 1

$\alpha=1$ 1^{er} cryostat
 $\alpha=2$ 2^{ème} cryostat



ex: M 1 AC α 01

Fig: 12 MESURES D'ACCELERATION SUR LES CRYOSTATS

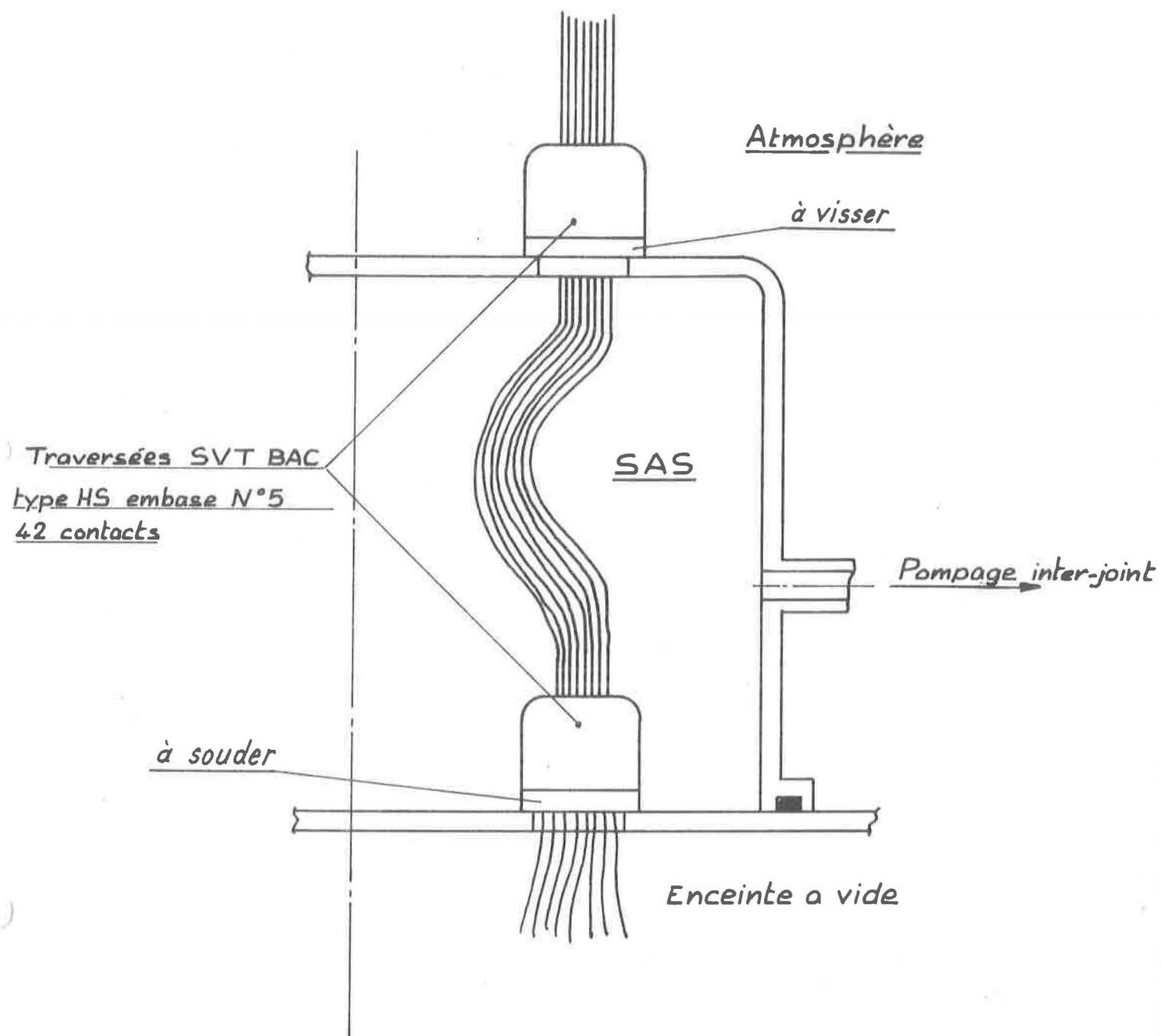


Fig: 13 SAS DE SORTIE POUR LES MESURES SORTANT
DU TANK A VIDE

M 1

$\alpha = 1$ 1^{er} cryostat
 $\alpha = 2$ 2^{ème} cryostat

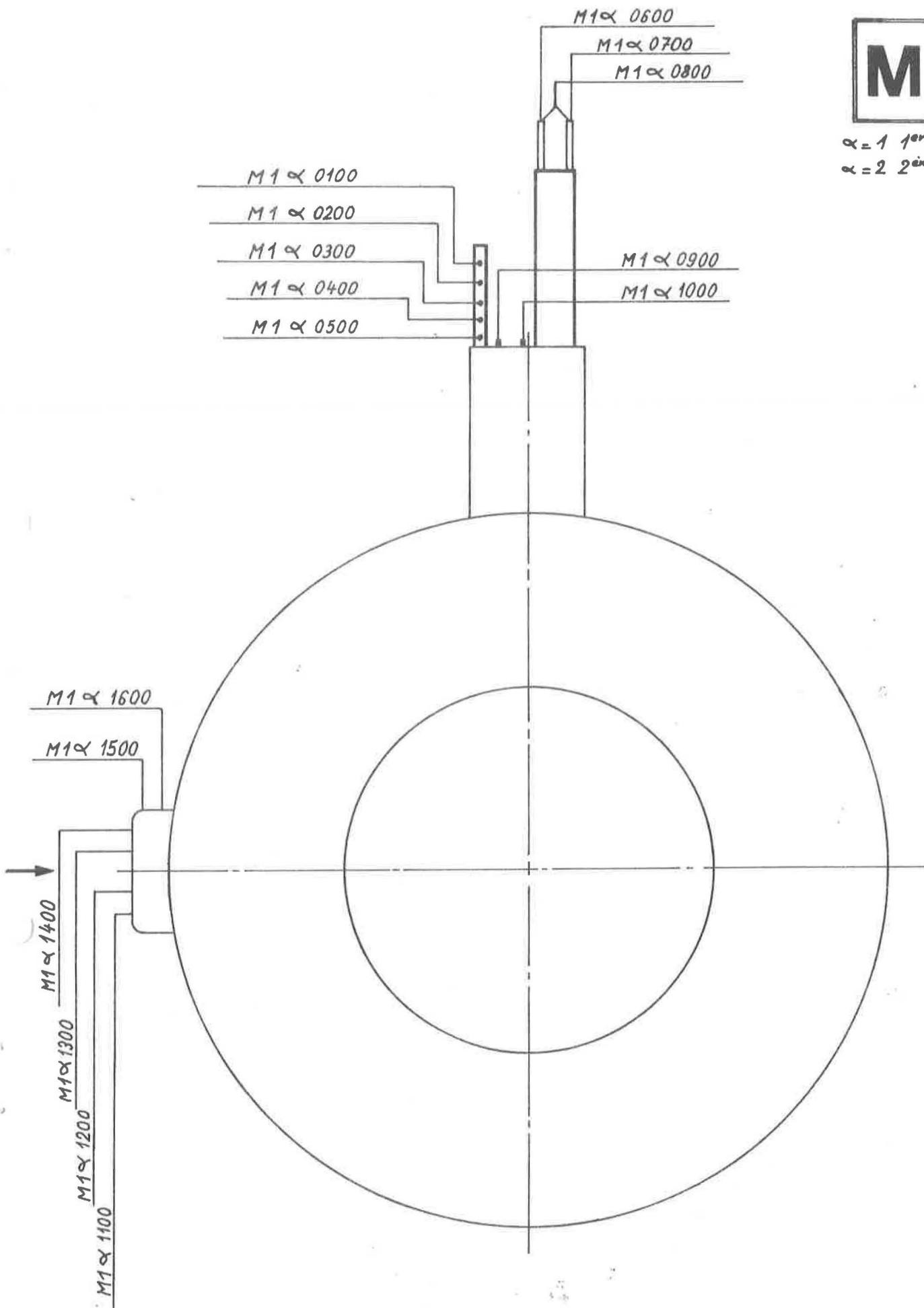


Fig: 14 ORIGINE DES DIVERS CABLES SORTANTS DU CRYOSTAT N°1