

Guide de câblage du cryostat à dilution

Félix Piédallu

Juin 2015

Table des matières

1	Tâbles de câblage	1
1.0.1	Câbles en manganin	1
1.0.2	Câbles bleus blindés (tresse)	3
1.0.3	Boîtier de filtrage	3
2	Boîtier de filtrage	3
2.1	Connexions du bloc	4
2.2	Compartimentage du bloc	4
2.3	Câblage du bloc	4
2.4	Préparation de l'Écosorb	4
3	Soudure des prises μD	4
4	Connexion avec la canne	4
5	Tresse	4
6	Câblage des lignes RF	4
6.1	Guide de fabrication des câbles	4
6.2	Thermalisation des câbles RF	5
7	Caractérisation des câbles au VNA	5
7.1	Création de la nouvelle trace	5
7.2	Paramètres du VNA	6
7.3	Calibration du VNA	6
7.4	Lancement d'une mesure	6
7.5	Enregistrement d'une mesure	6

1 Tâbles de câblage

L'"entrée" est à gauche, la "sortie" en haut de chaque tableau.

Les indices en rouge correspondent aux lignes haute impédance (= utilisables avec les grilles rapides)

1.0.1 Câbles en manganin

Les indices de l'entrée sont numérotés à partir du scotch métallisé.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1				33.3													
2			32.9														
3																32.5	
4										32.3							
5													32.8				
6						33.0											
7									33.1								
8																	32.8
9								33.1									
10														34.0			
11		32.7															
12															32.8		
13							33.0										
14					33.3												
15												32.7					
16											32.9						
17	32.8																

1.0.2 Câbles bleus blindés (tresse)

Résistance de tous les fils : $0.2 - 0.3\Omega$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1														×			
2		×															
3				×													
4					×												
5																×	
6												×					
7			×														
8															×		
9											×						
10										×							
11							×										
12													×				
13	×																
14								×									
15						×											
16									×								
17																	×

1.0.3 Boîtier de filtrage

Résistance de tous les fils : $0.2 - 0.3\Omega$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1									×								
2				×													
3																	×
4					×												
5														×			
6							×										
7																×	
8												×					
9						×											
10											×						
11			×														
12								×									
13															×		
14		×															
15													×				
16	×																
17										×							

2 Boîtier de filtrage

B.o.M :

- 10 × Vis M2
- 2 × Prises μD femelle
- 4 × Vis M1 + écrou + 2 rondelles (pour les prises)
- ×

2.1 Connexions du bloc

Le bloc est connecté grâce à des prises μD . Les vis d'entrée sont "maison", les vis de sortie sont des vis Allen 2.5mm.

2.2 Compartimentage du bloc

Afin de filtrer les micro-ondes des lignes DC, nous faisons passer les 17 câbles par un boîtier rempli d'Écosorb.

Malheureusement, l'Écosorb peut abîmer les soudures et les câbles au bout de quelques cycles de refroidissement. Nous avons donc décidé de compartimenter ce boîtier pour protéger les connexions.

Des pièces en PLA vont alors être imprimées. Elles ont été dessinées grâce à OpenSCAD et converties au format STL.

2.3 Câblage du bloc

On utilise 17 câbles bleus de 80cm. Ces câbles sont entortillés autour d'une chute de câble coaxial. On les passe alors d'abord dans les pièces en PLA puis on les soude sur les prises μD .

2.4 Préparation de l'Écosorb

On fait un mélange d'écosorb avec 1,18% de catalyseur (en poids) : Ici on a mélangé 2,5g de catalyseur pour 212g de pâte. Il faut d'abord bien homogénéiser la pâte avant de mélanger.

Le mélange sèche en quelques jours. Il faut donc faire attention à poser le bloc bien à l'horizontale (en pensant aux prises).

3 Soudure des prises μD

Les prises μD sont assez fragiles, il ne faut pas appuyer trop sur les pins avec le fer. La technique est de remplir la pin d'étain, puis de glisser le fil dedans sans avoir à apporter d'étain.

Il est préférable de mettre une gaine thermorétractable à une soudure sur deux.

4 Connexion avec la canne

On utilise une prise μD (vis maison) que l'on fixe sur le bouchon de la canne. Faire attention au sens de branchement, en fonction de l'aménagement du cryostat (normalement un trait au feutre noir indique le sens).

5 Tresse

Entre le boîtier de thermalisation et de filtrage, les câbles sont blindés par une tresse d'aluminium. Il est préférable de faire passer les câbles une fois qu'une prise μD est soudée.

6 Câblage des lignes RF

6.1 Guide de fabrication des câbles

Voici une liste des étapes à suivre pour fabriquer un câble coaxial connectorisé.

Il est préférable de cintrer le câble et de souder un connecteur avant de prendre les mesures et de couper le câble.

On utilisera du matériel des deux mallettes.

Il faut nettoyer le bout après chaque étape de limage/coupe avec de l'air sec.

Cintrage du câble On utilise la cintreuse. Pour chaque câble il faut faire un "U" pour éviter les interférences d'un étage à l'autre, et pour avoir une certaine souplesse du câble.

Pour faire :

- 1/4 tour : il faut 15mm de câble
- 1/2 tour : il faut 29mm

Dénudage Il faut dénuder quelques millimètres du câble pour souder la pin sur l'âme du câble coaxial. On utilisera le support **21B** ainsi que la petite scie. Il faut aller doucement sans appuyer, jusqu'à ce qu'on sente que c'est "lisse".

Ensuite, il faut retirer la gaine avec un scalpel et limer pour retirer les restes d'isolant et pour adoucir les angles.

Soudure de la pin centrale On fixe la pin sur l'âme du câble, puis on serre le tout en place avec la pièce **W60** Il ne faut pas oublier l'entretoise **W56** entre la pin et l'isolant encore en place.

Pour souder il suffit de chauffer l'extérieur de la pin tout en positionnant le fil d'étain sur le trou sur le bord de la pin.

Soudure de la prise extérieur On fixe sur la prise mâle une prise femelle factice **W14M (81)** qui permet de positionner comme il faut la prise. Comme à l'étape précédente on serre le tout en place.

Le plus efficace est de faire un tortillon d'étain au-dessus de la prise, que l'on chauffe. En étant un peu patient l'étain va fondre et rentrer naturellement dans la prise.

Fixation de l'isolant La dernière étape est de mettre l'isolant entre la prise et la pin. on utilise la pièce **W52 (W53)** que l'on serre à la clé dynamométrique. On place l'isolant à l'intérieur, et on pousse d'un coup avec la pièce complémentaire.

Mesure du câble nécessaire Maintenant il faut prendre la dimension de câble à couper.

Sur le montage il faut prendre la dimension entre les deux

6.2 Thermalisation des câbles RF

Les câbles RF se thermalisent grâce aux pinces dorées (sur les câbles *et* sur les atténuateurs). On utilise l'Apiezon N pour avoir un bon contact thermique avec la pince.

Une des vis de chaque pince permet de fixer un fil de cuivre doré (elle est donc plus longue que les autres).

Sur câble Rg405 : 3 vis 10mm + 1 vis 16mm

Sur atténuateur : 1 vis 16mm + 1 vis 2mm

7 Caractérisation des câbles au VNA

Il faut enfin caractériser les câbles coaxiaux fabriqués au VNA afin :

- de vérifier qu'ils n'ont pas été abîmés (mal cintrés)
- d'avoir les valeurs exactes d'atténuation des câbles à la fréquence de mesure, afin d'avoir une mesure la plus précise possible.

7.1 Création de la nouvelle trace

- Il faut se placer dans une "fenêtre" libre (clic-droit > Créer fenêtre)
- Menu Trace > New Trace.
- Sélectionner les tracés correspondants aux ports utilisés (S33, S34, S43, S44 par exemple)
- Sélectionner un Channel disponible pour ne pas risquer d'influencer d'autres mesures sur d'autres fenêtres.

7.2 Paramètres du VNA

Nombre de points : 12801 (menu Sweep)

Puissance : -20dB et Power On (Menu Power)

Gamme de mesure : 1GHz - 20GHz et 4-8GHz

IF Bandwidth : 1kHz (menu Avg)

7.3 Calibration du VNA

Avant toute mesure il faut calibrer le VNA. Nous utilisons la calibration électronique (Boîtier N4691-6006).

Menu Response > Cal Wizard

Use Electronic Calibration (ECal) > 2 Ports (sélectionner les ports branchés) > ECal Thru As... (do Orientation)

Cliquer sur Measure > Finish (pas Save).

7.4 Lancement d'une mesure

Vérifier que l'on est en Power On. Dans le menu Trigger, cliquer sur Single (mesure unique).

7.5 Enregistrement d'une mesure

File > Save As. Filetype : CSV.

Les fichiers sont nommés dans le format "yyyymmdd_cableX_GammeDeFréquences.csv".