

MISE A LA MASSE DES CHAMBRES A VIDE DU PS

M. Bôle-Feysot, F. Emery, M. Zahnd

1. PRINCIPES GENERAUX

- 1.1 Les chambres à vide doivent être à la masse.
- 1.2 Pas n'importe comment.
- 1.3 Continuité pour les signaux HF.

2. SOLUTIONS ADOPTEES POUR LA MACHINE PS

- 2.1 Pour l'isolations des chambres.
 - a) Isolation des portions de chambres entre-elles.
 - b) Isolation des chambres dans les unités d'aimant.
 - c) Isolation des chambres dans les sections droites.
- 2.2 Pour les mises à la masse.
 - a) Chambres dans une unité d'aimant.
 - b) Chambres dans une section droite.
- 2.3 Pour la circulation des signaux HF.

3. RELEVÉ DE L'ÉTAT DE L'ISOLATION ET DES MISES A LA MASSE

- 3.1 Dans les unités.
- 3.2 Dans les sections droites.
- 3.3 Défauts relevés sur les brides de couplage du vide.
- 3.4 Situation des circuits RF et des ponts court-circuit.

4. RECOMMANDATIONS

- 4.1 Aux responsables des équipements des sections droites.
- 4.2 Aux responsables des chambres à vide.

5. RESPONSABILITES ET CONTROLES

- 5.1 Responsabilité LHC/VAC.
- 5.2 Responsabilité incombant aux propriétaires d'équipements.
- 5.3 Responsabilité PS/RF.
- 5.4 Responsabilité SL/MS et PS/PA/IN.
- 5.5 Personnes compétentes

6. COURANTS ADMISSIBLES DANS LES BOUCLES

1. PRINCIPES GENERAUX

1.1 Les chambres à vide doivent être à la masse.

Les chambres à vide du PS côtoient des circuits électriques pouvant présenter des défauts d'isolement (PFW, bobines des unités, équipement de section droite). De ce fait, mais aussi pour éviter qu'elles ne se chargent statiquement, elles doivent impérativement être mises à la masse générale de l'anneau PS.

1.2 Pas n'importe comment.

Les mises à la masse ne doivent pas engendrer des boucles de courants induits. Ces chambres à vide étant placées dans un champ magnétique variable, les mises à la masse ne doivent pas reboucler les circuits présentant des tensions induites. Ces tensions sont induites par les unités de l'aimant principal, mais peuvent aussi l'être par les aimants auxiliaires des sections droites.

1.3 Continuité pour les signaux HF.

Le signal HF, image du faisceau, doit pouvoir circuler le long de la chambre à vide, sur toute la circonférence du PS.

2. SOLUTIONS ADOPTEES POUR LA MACHINE PS

La chambre à vide de la machine PS a été divisée en 200 parties :
100 parties dans les unités d'aimant,
et 100 dans les sections droites.

Le principe adopté est d'isoler les 200 portions de chambre et que chaque portion de chambre ne soit mis à la masse qu'en un seul point.

2.1 Solutions adoptées pour l'isolation des chambres

a) Isolation des portions de chambres entre elles.

Cette isolation est obtenue par émaillage des brides de couplages situées en amont et en aval de chaque section droite, ainsi que du collier de serrage des brides. (Responsabilité LHC/VAC).

b) Isolation des chambres dans les unités d'aimant.

La chambre est montée sur des supports isolants. Au montage, des précautions sont prises pour qu'elle ne soit pas en contact avec les parties métalliques de l'unité.

c) Isolation des chambres dans les sections droites.

Par construction, les chambres devraient être isolées des équipements des sections droites. Si la chambre fait partie de l'équipement, l'isolation peut être faite au niveau du support. Dans tous les cas, le principe d'une mise à la masse unique devrait être respecté.

2.2 Solutions adoptées pour l'isolation des chambres

Si les trois conditions précédentes sont réalisées, la mise à la masse des chambres est effectuée comme suit :

a) Chambre dans une unité d'aimant.

Elle est mise à la masse en un seul point, par un câble accessible et facilement déconnectable. Ce point est pris sur la fixation de la pompe ionique, en aval de l'unité.

b) Chambre dans une section droite.

Elle est mise à la masse de la chambre de l'unité qui précède la section droite. Cette liaison est faite par un pont court-circuit monté en parallèle sur le couplage amont de la section droite.

NB. Si la chambre à vide d'une section droite est mise à la masse par l'équipement, on ne met pas le pont court-circuit.

Tous les autres cas doivent être analysés et les câbles de masse ne sont reconnectés que s'ils ne risquent pas d'engendrer des courants induits par les unités d'aimant.

2.3 Pour la circulation des signaux HF (circuits RF by-pass).

Pour que le signal HF image du faisceau puisse circuler le long des chambres à vide, sur toute la circonférence du PS, un circuit RC série, (1 Ohm, 0.4 uF) est monté en parallèle sur toutes les brides qui ne sont pas équipées du pont court-circuit de mise à la masse.

3. RELEVÉ DE L'ÉTAT DE L'ISOLATION ET DES MISES À LA MASSE (Situation en février 1995).

3.1 Dans les unités.

Les chambres dans les unités sont toutes isolées au montage. La mise à la masse principale est correctement faite, en aval de l'unité, par un câble souple de 16 mm². Ce câble devrait être le seul point de masse de la chambre alors que l'on trouve systématiquement 2 câbles de contrôle du vide qui amènent une masse sur la chambre. Si une masse parasite ne peut être trouvée sur la chambre de l'unité, il faut déconnecter ces 3 câbles pour éviter les courants de boucle.

Après déconnexion des câbles et des ponts court-circuit sur les brides, l'isolation des chambres a été vérifiée et remise en état.

Les chambres des unités 28, 56, 58, 83 et 92, ont un défaut d'isolement qui n'a pas pu être localisé. On a fait en sorte que ces défauts d'isolation n'engendrent pas de courants de boucle.

3.2 Dans les sections droites.

Par construction, beaucoup de chambres à vide font partie des équipements, et ne peuvent donc pas être isolées. Cette situation ne facilite pas les contrôles et comporte des risques de boucle de courants avec l'unité située en aval.

Remarque.

Dans les sections droites comportant des masses multiples, il faut voir aussi le problème des courants qui peuvent être induits par les aimants auxiliaires des sections droites (dipôles, quadrupoles gamma jump...).

Après démontage des ponts court-circuit sur les brides d'accouplement du vide, on a pu faire la liste des sections droites isolables et de celles qui ne le sont pas, soit par construction, soit qu'elles présentent un défaut qu'on n'a pas pu trouver.

CHAMBRES ISOLABLES									CHAMBRES A LA MASSE									
	1	2			5		7		100			3	4		6		8	9
				14	15				10	11	12	13			16	17	18	19
20		22		24	25		27		29		21		23		26		28	
30		32	33		35		37		39		31			34		36		38
40	41		43						49			42		44	45	46	47	48
50		52	53		55				59		51			54		56	57	58
60	61	62	63				67	68	69					64	65	66		
70			73				77	78			71	72		74	75	76		79
80			83	84			87	88			81	82			85	86		89
90									99		91	92	93	94	95	96	97	98

3.3 Défauts relevés sur les brides de couplage du vide.

Les mesures d'isolation faites sur les chambres, dans les unités et dans les sections droites, ont mis en évidence des défauts qui ne peuvent être expliqués que par des court-circuits sur les brides de couplage des chambres à vide. Ces défauts se situent aux endroits suivants :

- SD 17 : Le tube à vide est isolé de la masse des équipements. La masse parasite est amenée par le couplage aval de la SD. (Entre SD17 et MU17).
- SD 24 : Le couplage amont (entre MU23 et SD24) présente une résistance de l'ordre de 200 Ohm. On a quand même monté un court-circuit en parallèle sur cette résistance.
- SD 26 : Court-circuit sur le couplage entre MU25 et SD26.
- SD 27 & MU 28 : La SD27 est à la masse de l'équipement. Après avoir déconnecté les mises à la masse de la chambre de MU28, celle-ci est toujours à la masse. Ou bien le couplage est en court-circuit, ou bien on a une masse parasite sur la chambre de MU28 ou bien on a les deux ? A revoir.
- SD 45 : La chambre de la SD est à la masse de l'équipement (Kicker). Le couplage amont, entre MU44 et SD45, a une résistance d'une centaine d'Ohm.
- SD 48 : La chambre de la SD est à la masse alors qu'il n'y a pas d'équipement. C'est le couplage amont qui paraît être en court-circuit (entre MU47 et SD48).
- MU 56 & SD 57 : La chambre de MU56 a une masse parasite. Les deux chambres des SD adjacentes sont à la masse des équipements qu'on ne peut pas

- déconnecter. On n'a donc pas pu trouver quel couplage, amont ou aval, était en défaut.
- MU 58 : La résistance de fuite est de l'ordre de 1000 Ohm.
On n'a pas pu isoler la chambre de MU58.
La résistance de fuite est de l'ordre de 2000 Ohm. Si cette résistance reste dans cet ordre de grandeur, les courants induits peuvent être considérés comme négligeables.
- SD 63 : Le couplage aval de la SD63 est en court-circuit. On a déconnecté la masse de MU63. La chambre de MU63 ne doit pas être remise à la masse.
- SD 67 : Le couplage amont de la SD67 est en court-circuit.
- SD 75 : Défaut sur le couplage entre MU74 et SD75.
- SD 76 : Défaut d'isolation entre SD76 et MU77.
- MU 83 : La chambre de MU83 a une masse parasite qu'on a pas trouvée. Ce n'est ni le couplage SD83-MU83 ni MU83-SD84.
Le plus probable, c'est le couplage de la pompe turbo.
- SD 88 : Légère fuite sur le couplage aval (SD88-MU88).
- MU 92 : Un des couplages amont ou aval a une résistance de fuite de l'ordre de 2000 Ohm.

Remarques.

Les tensions induites étant faibles, (de l'ordre de 6V), les boucles dont les résistances sont supérieures à une dizaine d'Ohm engendrent des courants trop faibles pour perturber le champ d'une unité d'aimant.

Ces défauts d'isolement doivent cependant être traités comme des court-circuits car ils ne sont pas stables dans le temps. L'isolation peut se dégrader sous l'effet de la tension ou du courant induits. Ils peuvent aussi varier avec les contraintes mécaniques dues aux mises sous vide ou à la pression atmosphérique, et aux dilatations thermiques.

3.4 Situation des circuits RF et des ponts court-circuit.

Dans toutes les sections droites qui ont pu être isolées, les chambres ont été mises à la masse par les ponts court-circuits montés sur les couplages amont de la section droite. Sur tous les autres couplages, on a monté des circuits RF By-pass.

La réponse en fréquence de l'impédance des brides équipées des circuits RF a été mesurée par G. Schneider.

Le relevé de la situation est en annexe. Ce fichier EXCEL peut être consulté sur PC "G:\HOME\G\GSC\BYPAS4.XLS".

Remarques.

Etant donné que les chambres à vide des sections droites sont maintenant mises à la masse de la chambre de l'unité qui précède, on pourrait remplacer une quarantaine de RF by-pass par des ponts court-circuit.

Si cette opération peut améliorer la qualité du faisceau, elle peut être envisagée, sans problème si on prend certaines précautions.

4. RECOMMANDATIONS

4.1 Aux responsables des équipements des sections droites.

Par construction, faire en sorte que les équipements solidaires des chambres à vide soient isolés et mis à la masse en un seul point, facilement déconnectable. (Autant que faire se peut).

4.2 Aux responsables des chambres à vide.

Après le montage d'un couplage, l'isolation doit être constatée bonne avant de mettre sous vide. Elle doit être revérifiée après la mise sous vide et avant de reconnecter les câbles de masse.

Pour les brides qui sont en défaut, selon la liste ci-dessus, on peut :

- soit programmer une vérification systématique des couplages défectueux. Cette vérification pourrait se faire à l'arrêt de 1997, dans tous les secteurs mis en pression atmosphérique,
- soit attendre que l'on ait une intervention à faire sur une SD défectueuse pour régler le problème.

Il va de soi que la première solution est préférable. D'autres isolations peuvent se dégrader et causer des problèmes dans le fonctionnement du PS.

5. RESPONSABILITES ET CONTROLES

5.1 Responsabilité LHC/VAC :

- Isolation des chambres à vide dans les unités, ainsi que de leur mise à la masse en un seul point.

NB. La localisation d'une masse parasite est faite en collaboration avec SL/MS et/ou PS/PA/IN.

- Isolation des couplages en amont et en aval des sections droites, ainsi que des couplages de raccordement à des équipements à la masse.
 - Isolation et mise à la masse de leurs équipements dans les sections droites.
 - mise à la masse des chambres dans les sections droites (avec PS/RF pour le démontage et le remontage des circuits).
- Après dépose du pont court-circuit, la chambre doit être constatée isolée. L'information est donnée à PS/RF qui a la charge du remontage du circuit.

NB : La recherche d'une masse parasite se fait avec la participation des responsables des équipements de la section droite.

Toutes ces isolations doivent être vérifiées systématiquement à la fin de l'arrêt annuel, ainsi qu'après toute intervention importante, sur les chambres à vide ou les équipements.

5.2 Responsabilité incombant aux propriétaires d'équipements.

Pour les équipements montés sur, ou autour de la chambre à vide, les techniciens responsables de ces équipements doivent vérifier :

- L'isolation vis-à-vis de la chambre à vide, pour les équipements normalement isolés.
- La mise à la masse de ces équipements.

- Pour les sections droites à masses multiples, il faut vérifier que ces masses ne font pas de boucles de courant sur les aimants pulsés des sections droites.

5.3 Responsabilité PS/RF.

- Pose et dépose des circuits RF by-pass et ponts court-circuits.
- Présence et bon fonctionnement des circuits. La présence d'un circuit sur chaque couplage doit être vérifiée systématiquement avant la remise en opération du PS.
- Mise à jour et diffusion du fichier "Condensateurs de passage pour sections droites du PS".

5.4 Responsabilité SL/MS et PS/PA/IN.

- Mesure des courants de boucle.

Il consiste à mesurer les courants qui circulent dans les câbles de masse des unités quand l'aimant est pulsé. Ce dernier contrôle est effectué annuellement, dès que l'aimant est remis sous tension. Il peut être répété juste avant le démarrage avec faisceau, si entre temps, l'accès à la machine a été possible pour les travaux des groupes.

5.5 Personnes compétentes

Les personnes actuellement compétentes dans les groupes désignés ci-dessous sont:

Pour LHC/VAC,	C. Burnside, M. Brouet.
Pour SL/MS,	F. Emery
Pour PS/PA	M. Bole-Feysot, M. Zahnd.
Pour PS/RF,	G. Schneider.

6. COURANTS ADMISSIBLES DANS LES BOUCLES

Le courant dans une boucle est constant pendant toute montée du champ magnétique. C'est donc à l'injection qu'il cause la plus grande perturbation.

Ces courants ont pour effet de diminuer le champ magnétique de l'unité, donc de diminuer l'angle de déflexion de l'unité.

Ordres de grandeur.

Dans le PS, une déflexion de 0.1 milliradian déplace le faisceau de 2.2 mm. au point le plus haut.

Sur une unité, la déflexion de 0.1 milliradian est obtenue avec :

10 Ampère-tours de courant de boucle à l'injection des protons,
ou 2.8 Ampère-tours à l'injection des leptons.

Si les limites des courants de boucles admissibles peuvent être assez facilement calculés pour une unité, les perturbations dues à plusieurs petits courants dans plusieurs unités sont plus difficilement appréciables.

Tous les ans, on relève la présence de petits courants sur quelques unités (quelques = 2 à 5). Si ces courants sont inférieurs à 1 Ampère-tour, l'expérience montre que l'opération peut s'en accommoder.

Si les courants sont plus importants, on déconnecte les mises à la masse qui les véhiculent.

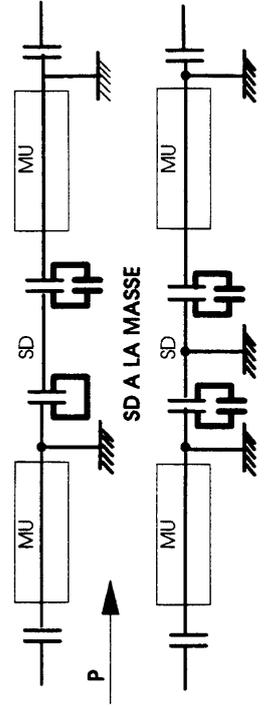
DISTRIBUTION

Condensateurs de passage pour sections droites du PS

Releve du 02 / 95

S	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10			
	Amont	Aval																				
D	U	Z	U	Z	U	Z	U	Z	U	Z	U	Z	U	Z	U	Z	U	Z	U	Z	U	Z
0	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
10	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
20	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
30	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
40	U	Z	U	Z	U	Z	U	Z	U	Z	U	Z	U	Z	U	Z	U	Z	U	Z	U	Z
50	Z	Z	U	Z	U	Z	Z	Z	U	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
60	U	Z	U	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
70	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
80	Z	Z	U	Z	U	Z	U	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
90	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z

SD ISOLEE



Z = Circuit RC serie
 U = Pont court-circuit
 Zp = Condensateur sur pince

Chefs de groupe PS

M. Bole-Feysot
P. Bossard, SL/MS
M. Brouet, LHC/VAC
C. Burnside, LHC/VAC
R. Cappi
C. Carter
M. Corcelle
D. Cornuet, SL/MS
F. Emery, SL/MS
P. Konrad
G. Lobeau
P. Maesen
G. Martini
K.D. Metzmacher
P. Odier
D. Rosset
JM. Roux, EST/ESI
G. Schneider
E. Schulte
C. Steinbach
M. Thivent
B. Williams
M. Zahnd