

6
FERMILAB

JAN 18 2001

GANIL

GRAND ACCELERATEUR NATIONAL D'IONS LOURDS - CAEN
LABORATOIRE COMMUN IN2P3 (CNRS) - DSM (CEA)

GANIL - S - 00 - 02

Etalonnage des tensions HF de CIME par la méthode des rayons X

*M. Di Giacomo, A. Villari, J.F. Leyge, L. Menager,
D. Allal, G. Bouvet, M. Lechartier, G. Schmiechen.*



GANIL S 00 02



Étalonnage des tensions HF de CIME par la méthode des rayons X

*M. Di Giacomo, A. Villari, J.F. Leyge, L. Menager,
D. Allal, G. Bouvet, M. Lechartier, G. Schmiechen.*

Introduction

Les forts champs électriques présents dans un résonateur en fonctionnement provoquent l'émission d'électrons qui, accélérés dans l'espace électrode – retour de masse et brusquement ralentis dans le conducteur opposé, produisent un rayonnement X de freinage (bremstrahlung) à large spectre. La limite supérieure de ce spectre correspond aux électrons qui ont acquis une énergie dont la valeur en keV est égale à celle en kV de la tension accélératrice maximale. L'analyse du spectre émis permet donc un étalonnage précis des tensions HF des cavités en conditions opérationnelles.

1 Conditions de mesure

Nous avons utilisé un détecteur Ge (prêt SPR) refroidi à l'azote liquide, de sensibilité 0,3 keV et une chaîne d'acquisition standard.

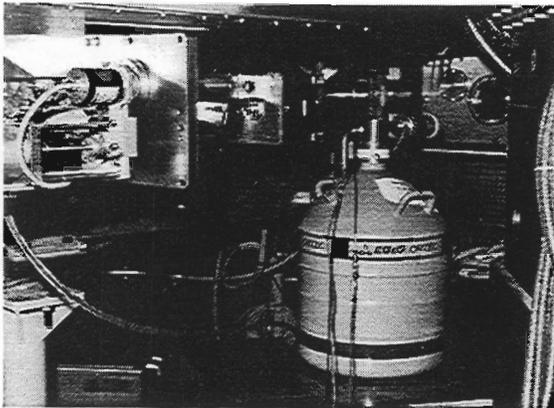


Fig . 1 : Installation du détecteur

L'étalonnage des canaux d'acquisition a été effectué à l'aide d'une source de Ba-133 émettant de raies à 30.9, 35, 52.9 79.6 et 81 keV, 18 heures après la mise en froid du détecteur.

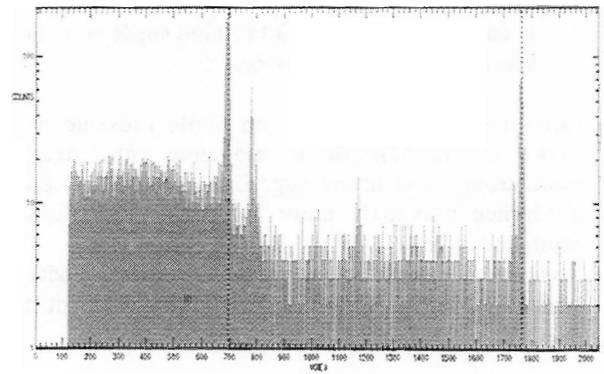


Fig . 2a : spectre source étalon

Le détecteur a été placé derrière un hublot en plexiglas (ép 20 mm), sur la bride rectangulaire du deuxième déflecteur électrostatique.

La fenêtre était donc située sur le plan médian, perpendiculairement à l'axe des cavités. Pour disposer de spectres bien définis, nous avons maintenu le taux de comptage autour de 350 coups par seconde avec des temps d'acquisition d'environ 10 minutes.

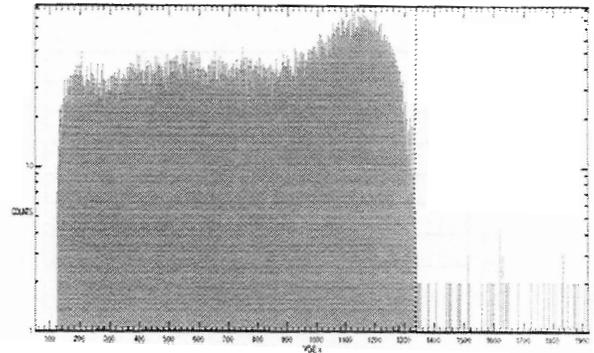


Fig . 2b : exemple de spectre à 60 kV

L'épaisseur du hublot a empêché la mesure de tensions inférieures à 40 kV, tandis que des épaisseurs d'Al de 20 et 16 mm ont été interposées pour réduire le taux de comptage à 55 et 70 kV. Enfin, les mesures ont été effectuées sur une cavité

à la fois, l'autre étant éteinte ou à une tension beaucoup plus basse.

2 Paramètres mesurés

Nous avons effectué des mesures à 4 fréquences : 9.6, 11.2, 12.8 et 14.4 MHz et à divers niveaux de tensions (régulés). Les tables en annexe 1 contiennent donc, outre la tension demandée (consigne):

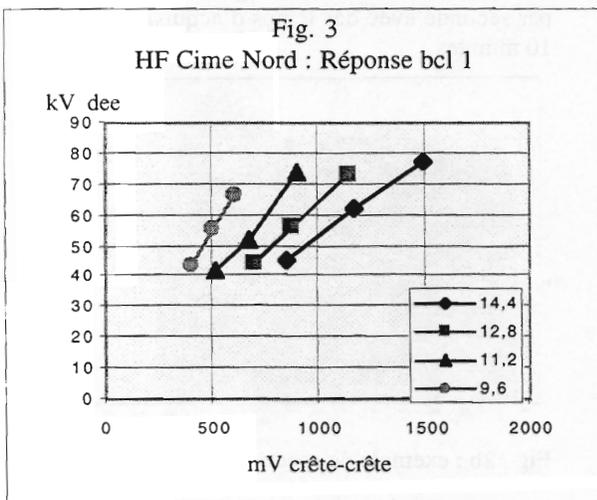
1. la valeur $V_{réf}$ de l'étalon de tension (référence pour la régulation d'amplitude, actuellement sur la bouclette 3)
2. le niveau de sortie de la bouclette 1 (mV et dBm)
3. le canal correspondant à la limite supérieure du spectre en énergie des rayons X.

Nous avons évalué la tension réelle présente en cavité sur la base de la moyenne entre deux estimations de la limite supérieure du spectre. La différence maximale entre les deux estimations étant de l'ordre de 1 kV

Nous avons ensuite représenté les diverses données sous forme de plusieurs diagrammes qui aident à interpréter la fiabilité de l'ensemble des mesures.

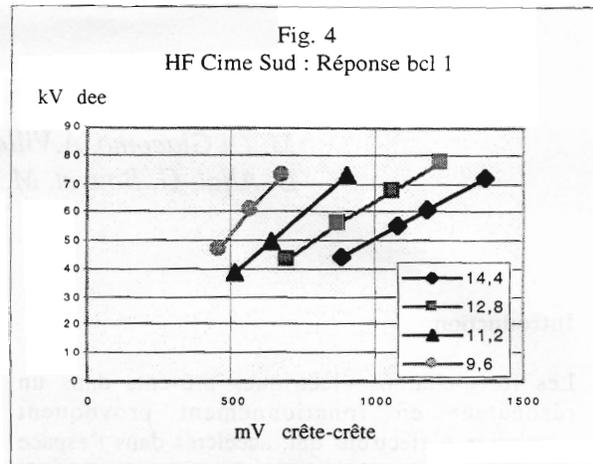
3 Diagrammes V_{dee} en fonction de V_{bcl} .

Ces diagrammes montrent des courbes qui, dans l'hypothèse où les caractéristiques du résonateur (R_{shunt}) et des bouclettes (coefficient de couplage) sont indépendantes du niveau de tension, devraient correspondre à des droites passant par l'origine des axes.



On peut imaginer que le flux d'électrons accélérés charge la cavité produisant une réduction progressive de la résistance *shunt*, ce qui induit une

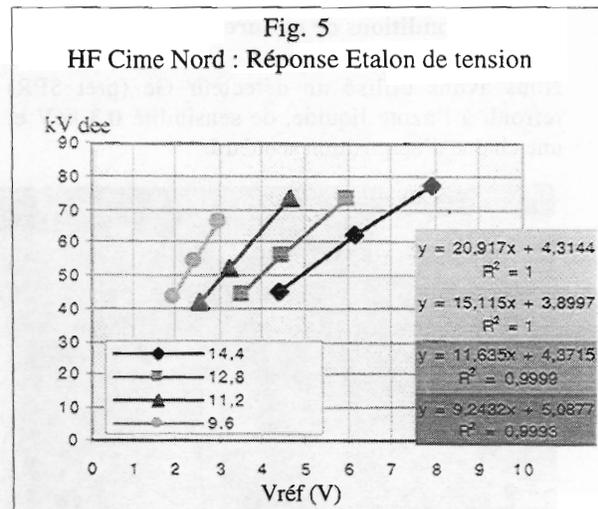
légère flexion des droites. Cependant, les diagrammes montrant des fréquences auxquelles la réponse est pratiquement linéaire et d'autres auxquelles la flexion est dans les deux sens, il est difficile de trancher entre de problèmes de mesure



ou de charge du résonateur.

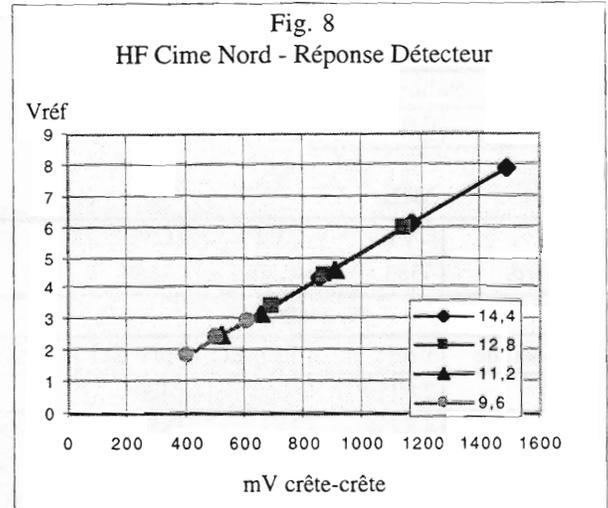
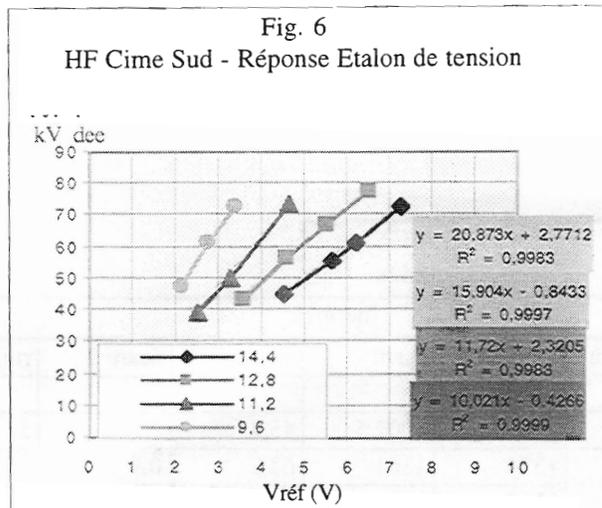
4 Diagrammes V_{dee} en fonction de $V_{réf}$

Ces diagrammes montrent pour les deux cavités, les relations qui, en fonction de la fréquence, transforment les valeurs en kV de consigne en valeurs en Volt pour l'étalon de tension ($V_{réf}$).

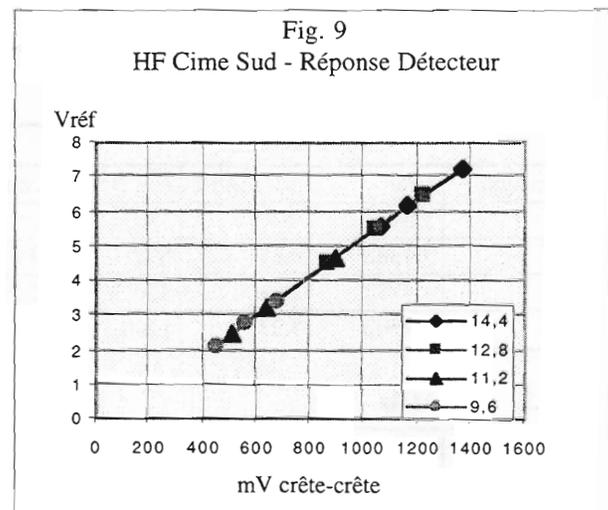
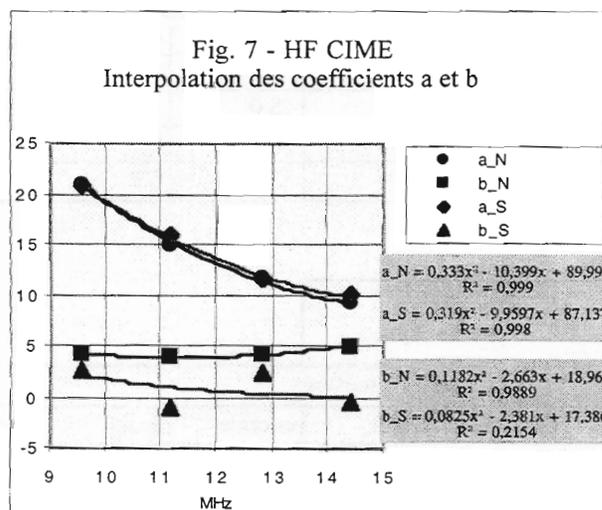


Ces courbes aussi devraient être linéaires ($ax+b$), avec un coefficient b non nul à cause de la réponse du détecteur de la boucle de régulation.

L'interpolation linéaire à chaque fréquence donne de bons résultats, confirmés par le diagramme des coefficients a et b en fonction de la fréquence (figure 7). Seule la courbe $b(f)$ Sud présente un comportement fortement irrégulier, ce qui laisse penser à un problème de mesure.



L'interpolation polynomiale des données permet de calculer les coefficients a(f) et b(f) ($y=ax+b$) à utiliser pour les fréquences pour lesquelles nous ne disposons pas de mesures.



5 Diagrammes V_{réf} en fonction de V_{bcl}

Ces valeurs de la table permettent d'obtenir les courbes des figures 8 et 9, courbes proportionnelles à la réponse des détecteurs et d'en vérifier l'excellente linéarité. Les points hors alignement à 11,2 MHz pour la Nord et 9,6 MHz pour la Sud, confirment la probabilité d'erreurs de mesure.

Conclusion

Ces mesures ont permis d'obtenir des précisions de l'ordre du kV sur la valeur de la tension de consigne et ont montré une sous-estimation des tensions des cavités, jusqu'alors basée sur la valeur de la puissance incidente et de la résistance *shunt*

des résonateurs.^[2] Des résultats meilleurs pourraient sans doute être obtenus avec une interprétation en ligne des données ce qui permettrait de refaire les mesures éventuellement douteuses.

Parallèlement, l'impression que la résistance *shunt* des résonateurs soit plus élevée que calculée, pourra être confirmée seulement après un étalonnage précis des puissances incidentes.

Références

- 1) J. Sura et al., *X-rays calibration of the superconducting Cyclotron Dee Voltage*, LNS Catania 03/95
- 2) M. Di Giacomo : *CIME: First power tests of the RF System*, Les Nouvelles du GANIL n. 62

CAV NORD: Mesures d'étalonnage tensions cavités aux rayons X

8/02/00

interpol. étalonnage	
-1,3924	0,04671

14,4 MHz

Nord	CV1 5583	CV2 9130	CV3 7189				CCT 8628		
résonateur				mesures					
consigne	Vréf	dBm Bcl 1	mV Bcl 1	canal min	canal max	canal	energie	écart	run
20	2,0279	-3,53	420						
40	4,3736	2,61	850	1000	1005	1002,5	45,4	0,2	5
55	6,133	5,4	1170	1354	1374	1364	62,3	0,9	3
70	7,8923	7,53	1490	1683	1706	1694,5	77,8	1,1	1

12,8 MHz

Nord	CV1 5100	CV2 8347	CV3 6040				CCT 7057		
résonateur				mesures					
consigne	Vréf	dBm Bcl 1	mV Bcl 1	canal min	canal max	canal	energie	écart	run
20	1,5196	-5,75	330						
40	3,4888	0,85	690	980	1008	994	45,0	1,3	15
50	4,4733	2,69	870	1235	1251	1243	56,7	0,7	13
65	5,9502	5,23	1140	1597	1611	1604	73,5	0,7	11

11,2 MHz

Nord	CV1 4355	CV2 7324	CV3 4670				CCT 4779		
résonateur				mesures					
consigne	Vréf	dBm Bcl 1	mV Bcl 1	canal min	canal max	canal	energie	écart	run
20									31
30	1,8074								29
40	2,5108	-1,785	522	926	936	931	42,1	0,5	27
50	3,2141	0,22	666	1151	1157	1154	52,5	0,3	25
70	4,6210	3,13	904	1605	1613	1609	73,8	0,4	23

9,6 MHz

Nord	CV1 3260	CV2 6275	CV3 1400				CCT 1298		
résonateur				mesures					
consigne	Vréf	dBm Bcl 1	mV Bcl 1	canal min	canal max	canal	energie	écart	run
20									
40	1,8828	-3,97	404	963	975	969	43,9	0,6	21
50	2,43	-2	506	1210	1215	1212,5	55,2	0,2	19
60	2,9771	-0,4	607	1452	1460	1456	66,6	0,4	17

ANNEXE 1

CAV SUD: Mesures d'étalonnage tensions cavités aux rayons X

14,4 MHz

Sud	CV1	CV2	CV3	CCT					
	5480	9143	7446	8706					
résonateur				mesures					
consigne	Vréf	dBm Bcl 1	mV Bcl 1	canal min	canal max	canal	energie	écart	run
40	3,967	1,8	770	884	917	900,5	40,7		6
45	4,518	2,875	874	988	996	992	44,9		7
55	5,62	4,65	1070			1231	56,1		8
60	6,1714	5,43	1170	1339	1353	1346	61,5		4
70	7,2734	6,78	1370	1568	1592	1580	72,4		2

12,8 MHz

Sud	CV1	CV2	CV3	CCT					
	4975	8330	6506	7148					
résonateur				mesures					
consigne	Vréf	dBm Bcl 1	mV Bcl 1	canal min	canal max	canal	energie	écart	run
20	1,6293	-5,27	349						
40	3,5704	0,92	694	955	979	967	43,8	1,1	14
50	4,5409	2,88	872	1223	1247	1235	56,3	1,1	12
60	5,5113	4,5	1050	1460	1482	1471	67,3	1,0	10
70	6,4818	5,91	1220	1685	1705	1695	77,8	0,9	9

11,2 MHz

Sud	CV1	CV2	CV3	CCT					
	4284	7363	4948	4888					
résonateur				mesures					
consigne	Vréf	dBm Bcl 1	mV Bcl 1	canal min	canal max	canal	energie	écart	run
30	1,8031	-4,45	383						28
40	2,5154	-1,85	515	867	888	877,5	39,6	1,0	26
50	3,2277	0,11	638	1100	1112	1106	50,3	0,6	24
70	4,6521	3,11	900	1593	1603	1598	73,3	0,5	22

9,6 MHz

Sud	CV1	CV2	CV3	CCT					
	3195	5871	3400	1445					
résonateur				mesures					
consigne	Vréf	dBm Bcl 1	mV Bcl 1	canal min	canal max	canal	energie	écart	run
45	2,1487	-3,02	453	1037	1055	1046	47,5	0,8	20
55	2,7646	-1,04	567	1335	1343	1339	61,2	0,4	18
65	3,3804	0,53	678	1585	1601	1593	73,0	0,7	16

kV	protection derrière 20 mm plexiglass :
70	16 + 20 mm Al
55	20 mm Al
40	rien

ANNEXE 2