

Résumé de la réunion technique numéro 19 du LP

le 22 février 95

Présents: R.Bossart, I.Kamber, B.Frammery, J.C.Godot, J.H.B.Madsen,
G.Metral, J.Mourier, J.P.Potier, L.Rinolfi, G.Rossat

Sujet: Possibilités d'alimentation du groupeur et du prégroupueur du
LILV par le MDK13.

1 Introduction

Le MDK03 qui à une puissance nominale HF de 35 MW est utilisé à 4 MW pour alimenter le système de groupement du LILV. Notre objectif est de le remplacer, *sans risquer de perturber le fonctionnement et la fiabilité du faisceau LIL*, par une dérivation de puissance prise sur le MDK13. Le MDK03 ainsi libéré pourrait être utilisé dans le cadre des activités CTF2. Une proposition pour permettre de transférer deux modulateurs, MDK03 et MDK25 vers le CTF à déjà été faite en novembre 94 (PS/LP/Note 95-12(Tech.)).

Une première réunion sur ce sujet a eu lieu en novembre 94 (cf PS/LP note 94-56(Tech)). A son issue un programme d'études a été défini pour la période de fin 94 afin de répondre aux différentes questions soulevées concernant le comportement de ce groupeur à onde stationnaire quand il est alimenté:

- avec une onde HF rectangulaire présentant une inversion de phase.
- avec une onde HF de type LIPS, soit inversion de phase classique soit avec une phase variable programmée.

La réunion du 22 février 95 avait pour but de revoir les résultats des essais de décembre 94 rapportés par G.Rossat et de définir la suite des activités pour 95.

2 Résultats des essais de fin 94

Nous en présentons ici un résumé, le compte rendu complet n'étant pas encore disponible.

Fonctionnement avec une phase fixe entre MDK03 et MDK13

Le remplacement du MDK03 par une dérivation de puissance sur le MDK13 conduit, contrairement à maintenant, à une différence de phase fixe entre le groupeur et les sections accélératrices 11 à 14. Durant la période d'opération de novembre, les phases du MDK03 et du MDK13 en électrons ont été ajustées de façon à avoir la même différence de phase qu'en positons. Ce mode de fonctionnement n'a pas amené de perturbations significatives dans le fonctionnement en électrons.

Mesures à bas niveau

Une première série de mesures à été effectuée sur le groupeur de réserve mis sous vide et à sa température d'accord de 28 deg; l'alimentation en HF se faisait depuis un coupleur PKI ou PLI via un amplificateur de 1kW. Le schéma correspondant est en figure 1.

Comportement du groupeur avec une onde de type "PKI"

Il est représenté en figure 2.2 (photo non disponible durant la réunion). Pour mémoire, nous montrons en 2.1 le comportement du groupeur avec une onde HF rectangulaire usuelle. Le niveau HF obtenu au moment du passage du faisceau avec une onde "PKI" est de l'ordre de 30% du niveau habituel sans inversion de phase où la cavité est remplie.

Ce fonctionnement, dans l'hypothèse où la puissance du klystron reste fixée à 24 MW, conduirait à prélever 12 MW H.F. en sortie de klystron pour obtenir un niveau de 4 MW durant le passage du faisceau et à laisser 12 MW pour les sections 11 à 14 n'est pas souhaitable pour la production de positons; en outre il risquerait de conduire à des claquages vu le très haut champ électrique qui serait atteint dans le groupeur lors de l'inversion de phase, avant le passage du faisceau. Enfin le faisceau passant dans la remontée à forte pente du niveau H.F. le groupement risque d'être relativement instable.

Comportement du groupeur avec une onde de type "PLI"

Sur les figures 3.1 à 3.3 nous montrons les signaux de puissances directes du groupeur qui correspondent respectivement à des formes d'onde LIPS différentes:

- Forme LIPS "classique" avec inversion de phase de 180 deg.
- Formes obtenues avec une phase variable à l'entrée du LIPS, pour 2 valeurs différentes du timing de début de la variation de phase.

Dans les 3 cas le niveau H.F. crête appliqué au groupeur a été ajusté à la même valeur 7.5 W. On peut constater que le niveau crête atteint dans le cas de l'onde LIPS avec inversion, environ 20 mW, est très inférieur à celui atteint avec la phase variable, environ 50 mW.

Mesures sur le pré-groupeur

Le pré-groupeur n'étant pas équipé de boucles de mesures, seul le signal de puissance réfléchi a été observé pour une alimentation via une onde "PKI" puis une onde "PLI". Les photos correspondantes sont en figure 4.1 et 4.2. La puissance réfléchie ne présente pas de particularités risquant d'amener des difficultés ultérieures.

Mesures à haute puissance H.F. sur le LILV

Nous rapportons ici les mesures faites sur la machine juste avant l'arrêt d'hiver.

Gain d'énergie selon le mode de fonctionnement du LIPS

Ici l'alimentation du groupeur et du pré-groupeur se faisait de façon standard. Pour une même puissance H.F. envoyée au LIPS13 soit 24 MW, l'énergie maximum des électrons a été mesurée avec BSP15. Pour les deux formes d'onde reproduites sur les figures 5.1 et 5.2 on trouve:

1. LIPS avec inversion de phase classique $\Delta E = 215$ MeV
2. LIPS avec phase variable $\Delta E = 196$ MeV

Ces deux résultats sont cohérents avec les mesures effectuées sur la section accélératrice du CTF.

Groupeur et pré-groupeur alimentés avec une onde LIPS classique

La suite des essais faisceaux a été faite avec l'inversion de phase classique, le temps ayant manqué pour travailler avec la phase variable.

Afin de simuler autant que possible la situation où l'on se trouverait avec le pré-groupeur et le groupeur alimentés depuis la sortie du LIPS13 le montage de la figure 6 a été employé.

Sur la figure 7.1 nous montrons les conditions standards de fonctionnement, sur la 7.2 le comportement avec onde LIPS. On peut remarquer que la forme de l'enveloppe H.F. est un peu moins propre que sur la photo 2.2 (ici la puissance crête est de l'ordre de 7.9 MW).

Vers le centre de la photographie on peut voir une trace verticale correspondant au passage du faisceau: il passe alors que le niveau H.F. est environ à 75 % du niveau maximum.

Groupement et accélération du faisceau

L'alimentation du système de groupement se faisant dans les conditions montrées figure 6, nous avons réglé la puissance et la phase de la H.F. délivrée au groupeur et au pré-groupeur de façon à retrouver des conditions normales de production de faisceau. Après quelques itérations nous avons pu arriver à des résultats comparables aux conditions normales avec une puissance lue sur le "peak-power meter" du MDK03 de 4.7 MW, cette lecture étant très floue du fait que cet appareil intègre un peu aux échelles de temps de variation d'amplitude de l'onde mesurée. En figure 8 nous reproduisons les transmissions obtenues le long du LILV ainsi que la dispersion d'énergie correspondante.

Evaluation du coupleur

Dans ces conditions la valeur du coupleur qui devrait être installé à la sortie du LIPS13 pour alimenter le groupement peut être évaluée à partir des photos reproduites sur les figures 7.2 et 7.3. La valeur du coupleur est comprise entre 12 et 13 dB. Les mesures de puissance crête qui produisent ces valeurs sont très délicates et elles devront être confirmées par d'autres essais lors du démarrage 95.

3 Proposition de modification du réseau H.F. du MDK13

Une proposition pour la modification du réseau H.F. afin d'alimenter l'ensemble pré-groupeur groupeur depuis la sortie du LIPS 13 en préservant les procédures actuelles de réglage a été faite; elle est représentée sur la figure 9; elle comporte:

1. Un coupleur, placé en sortie du LIPS13, de l'ordre de 10 à 13 dB. Sa valeur sera figée après les mesures qui seront faites début 95 (voir plus loin) de façon à pouvoir autant que possible fonctionner avec l'inversion de phase ou la phase variable et en tenant compte du niveau de puissance minimum où l'on accepte de faire fonctionner le MDK13 tout en conservant un groupement correct.
2. Une fenêtre H.F. de 5MW de puissance pour faire la transition vide vers SF6.
3. Un atténuateur variable afin de pouvoir maintenir une puissance définie pour le groupement si la puissance du klystron 13 ou la compression de puissance du LIPS13 sont variées.

4. Un phaseur afin d'ajuster la phase d'entrée du faisceau dans la section 11.
5. Un coupleur de mesure.
6. Un "S" en guide d'onde pour passer du niveau du klystron 13 à celui du klystron 03.

Le matériel pourrait être obtenu de la façon suivante:

1. Le coupleur devra être commandé, aucun de ceux dont nous disposons n'étant convenable. Un appel d'offres est en cours pour un coefficient de couplage compris entre 10 et 13 dB et une puissance de crête identique à celle disponible en sortie de LIPS (J.H.B.Madsen). La commande devrait partir début avril 95.
2. La fenêtre H.F. proviendra des réserves LIL/CTF ainsi que le coupleur de mesure.
3. L'atténuateur et le phaseur seront prêtés par le CTF.
4. Le "S" nécessaire au changement de niveau sera soit commandé soit réalisé en guide d'onde souple vu la faible puissance H.F. à transporter.
5. Les modifications des guides d'ondes seront étudiées par J.C.Godot et A.Ruck.

4 Discussion

Différents points ont été mentionnés:

- Il apparaît important qu'avant de "libérer" le MDK03 une expérience suffisante soit acquise et que l'année 1995 peut être mise à profit pour fonctionner dans des conditions comportant une partie des modifications envisagées. Rappelons par ailleurs que ces changements d'alimentation via le MDK13 devront être réversibles.
- Le LILV devenant non PPM avec la suppression du MDK03, le schéma actuel où le MDK13 produit une énergie différente pour les électrons envoyés directement au LILW (160 MeV) et le faisceau servant à la production des positons (210 MeV), devra être abandonné. Selon les cas de figures, la distribution en puissance des différents klystrons devra être adaptée. Des propositions faites dans une discussion postérieure à cette réunion figurent en annexe 1. Dès le démarrage 95 ces schémas seront essayés durant l'opération pour gagner de l'expérience.
- Le fonctionnement avec inversion de phase est celui qui donne le maximum de gain d'énergie, mais en considérant la figure 3.3 par rapport à la 7.1 il peut être observé que l'alimentation par la phase variable est plus favorable du point de vue remplissage du groupeur à la fois pour le niveau HF et pour la stabilité de ce niveau par rapport aux fluctuations en temps de l'onde H.F. Par contre avec la phase variable, il y a un peu moins de gain en énergie dans les sections accélératrices. Des essais sur le fonctionnement en phase variable sont nécessaires.
- Actuellement le pré-groupeur et le groupeur en service sont accordés pour une température de 30 dg identique à celle des sections 11 à 14. Une même station de régulation de température d'eau pourrait être utilisée pour l'ensemble. Ceci supprimerait la station du 03, qui fonctionne, avec une charge thermique insuffisante et éviterait les dérives relatives de température entre le groupeur et les sections suivantes. Par contre, en cas de

fonctionnement avec le groupeur de réserve qui est accordé pour 28 dg, la température des sections 11 à 14 (sections à onde progressive) devrait être abaissée également à 28 dg et le LIPS13 réaccordé ce qui est probablement possible, mais doit être vérifié.

Dans le cas de l'inversion classique, du fait que le faisceau passe à 75% de la puissance maximum dans le groupeur, le champ maximum atteint sera environ 15 % plus haut que dans le cas actuel; des observations avec une puissance appliquée supérieure à celle nécessaire seront utiles pour voir quelle est la marge avant l'apparition de claquages.

5 Calendrier des études des expériences et des travaux

Essais au démarrage 95

Dès que le LILV sera disponible, pour des transmissions nominales le long du LILV, comparaisons de l'accélération de faisceaux haute intensité:

1. Avec le LIPS utilisant l'inversion de phase
2. Avec la phase variable et un timing de début de programme permettant un remplissage efficace du groupeur.

Ces essais confirmeront la valeur du coupleur et permettront d'observer d'une part la stabilité du groupement pour un LIPS avec inversion de phase, d'autre part le gain d'énergie possible avec la phase variable pour un groupeur rempli complètement.

Production de faisceau en 95

- Fonctionnement avec l'énergie du LILV en non PPM.
- la distribution de puissance entre les différents klystrons sera celle envisagée pour 96.
- Durant une période de MD, ou en MD parasite, nous ferons des essais de fonctionnement avec la température des sections 11 à 14 ainsi que celle du LIPS abaissée à 28 dg.

Préparations mécaniques et H.F., essais de fin 95 (vers la semaine 46)

Pour cette période, commande et fabrication des différents éléments, coupleur, guides d'ondes, préparation des modifications, avec pour objectif la mise en service durant la période de tests de fin 95.

Les modifications auront lieu soit avant soit après les irradiations pour LHC, selon que le changement sera plus ou moins rapide à mettre en place (à estimer avant octobre 95). Cette période devrait nous permettre d'évaluer les performances du LILV dans la configuration finale et de gagner suffisamment d'expérience sur ce type de fonctionnement en 96.

6 Coordination

Les études seront coordonnées par J.P.Potier et les modifications H.F. par G.Rossat.

Jean-Pierre Potier

Possible scenari for LILW klystron RF power distribution at the 1995 startup

G.Metral, J.P.Potler, L.Rinolfi

Gain for each configuration 1 MDK for 2 or 4 sections and with or without LIPS, in MeV/MW^{0.5}

. Rough figures

MDK with 2 Acc no Lips	21.24	MDK13	44.96 Mev/MW ^{0.5}
MDK with 2 Acc 1 Lips	32.00		
MDK with 4 Acc 1 Lips	45.00		

Pw = SQRT(MeV/total gain)

Standard 1994 LILW setting						
MDK13 =24 MW		peak field in ACS25/26=			9.20 MV/m in 2526	
	Unit	MDK25	MDK27	MDK31	MDK35	Sum
Present	Mev/MW ^{0.5}	21.24	45.04	44.80	21.24	
Energy gain	MeV	82.81	175.60	174.66	82.81	515.88
Klystron power	MW	15.20	15.20	15.20	15.20	

Same power in MDK 27 as will be available for ACS 11 to 14 in 1996 = 22 MW NO LIPS25						
MDK13 =24 MW		peak field in ACS25/26=			9.20 MV/m in 2526	
	Unit	MDK25	MDK27	MDK31	MDK35	Sum
Present	Mev/MW ^{0.5}	21.24	45.04	44.80	21.24	
Energy gain	MeV	82.81	211.26	148.58	70.45	513.09
Klystron power	MW	15.20	22.00	11.00	11.00	

Same power in MDK 27 as will be available for ACS 11 to 14 in 1996 = 22 MW but with LIPS25						
MDK13 =24 MW		peak field in ACS25/26=			17.32 MV/m in 2526	
	Unit	MDK25	MDK27	MDK31	MDK35	Sum
Present	Mev/MW ^{0.5}	32.00	45.04	44.80	21.24	
Energy gain	MeV	98.63	211.26	138.08	65.47	513.44
Klystron power	MW	9.50	22.00	9.50	9.50	

Same power in MDK 27 as will be available for ACS 11 to 14 in 1996 = 22 MW but with LIPS25 and MDK35 OFF						
MDK13 =24 MW		peak field in ACS25/26=			22.12 MV/m in 2526	
	Unit	MDK25	MDK27	MDK31	MDK35	Sum
Present	Mev/MW ^{0.5}	32.00	45.04	44.80	21.24	
Energy gain	MeV	125.98	211.26	176.38	0.00	513.62
Klystron power	MW	15.50	22.00	15.50	0.00	

Annex 1

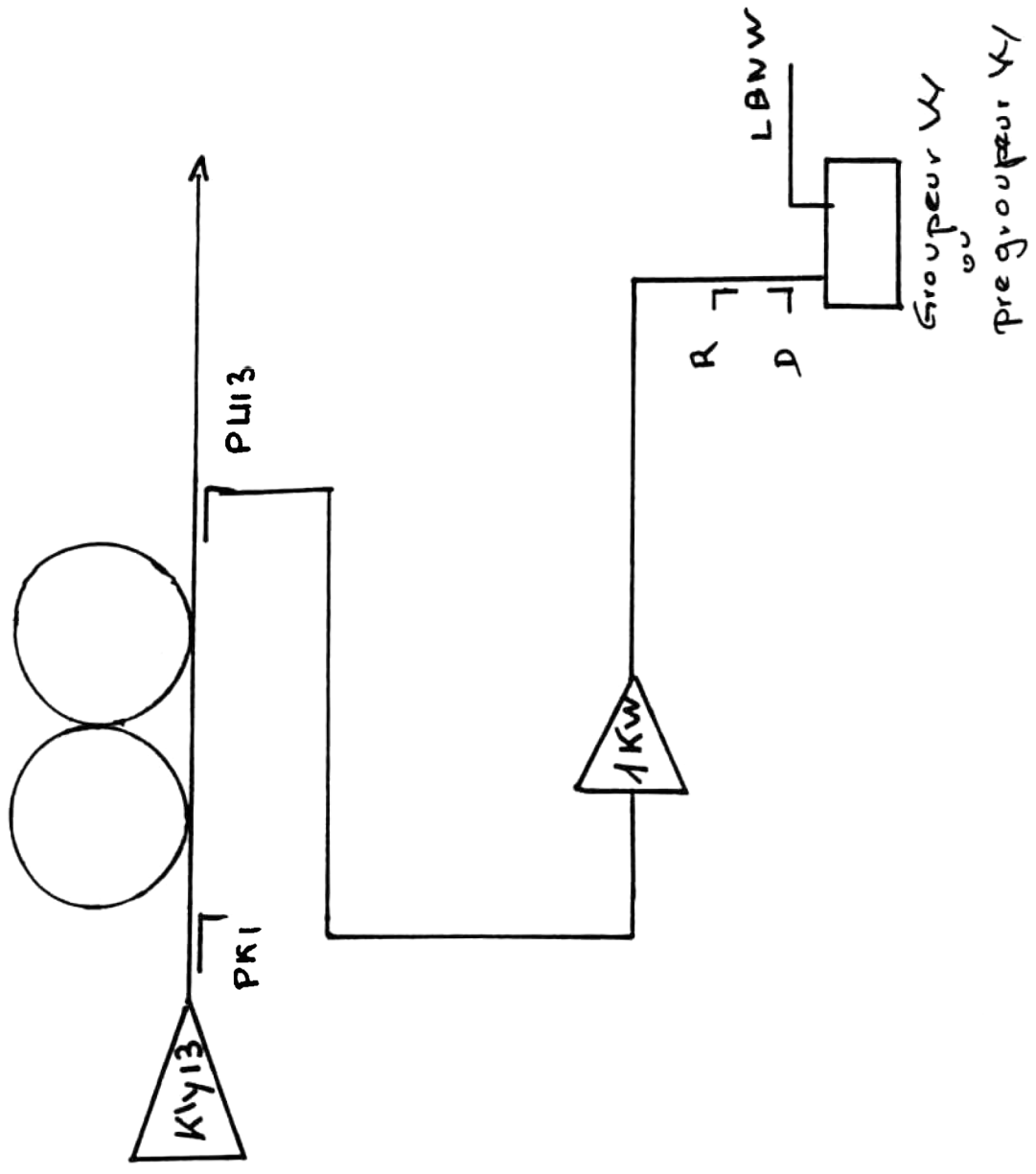
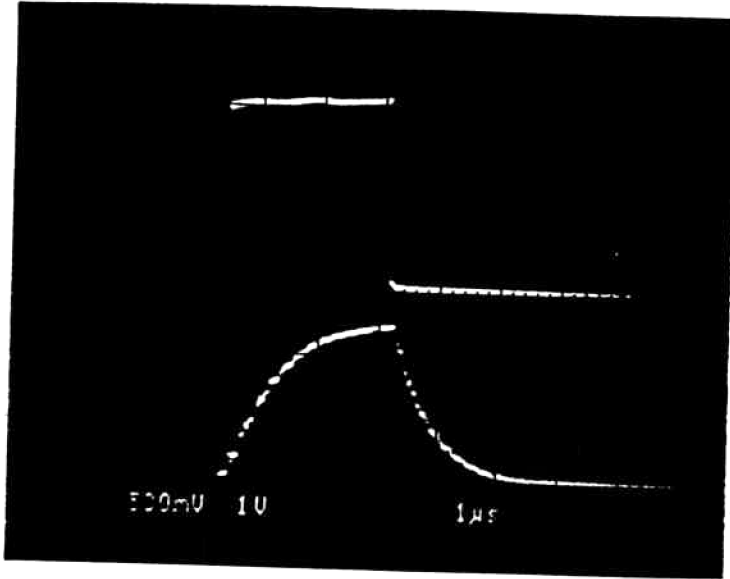


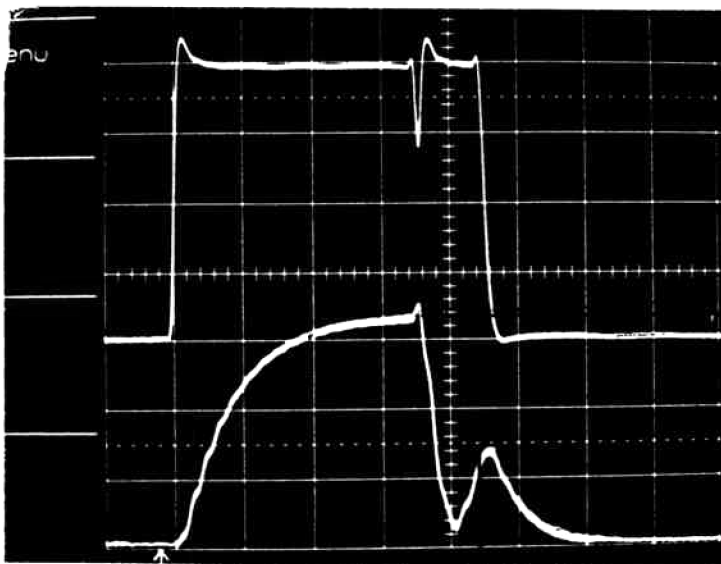
Figure 1



Buncher
 Fonctionnement normal
 PBVI 500mV/div.

LBNW 1V/div.
 1μs/div

Fig: 2-1



Buncher alimenté
 à travers PKI 13

PBVI = 500W
 50mV/div.

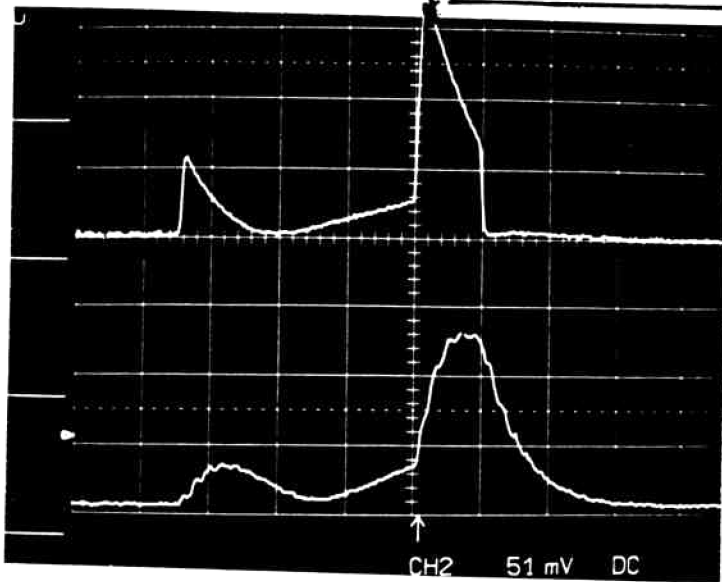
6.5mW LBNW sans ampli

1mW 20mV/div

↓
 faisceau

Fig. 2-2

tests Das niveau du Boncher de reserve



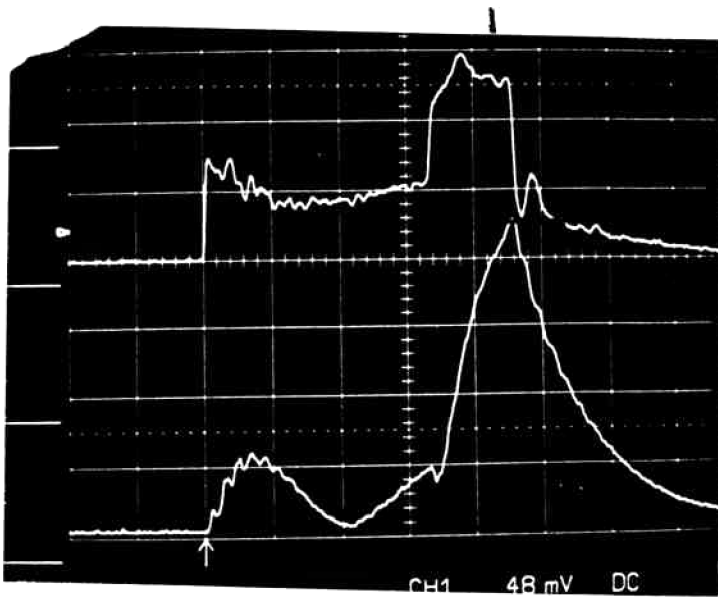
7,5W PLI 13
avec PKI 13-24MW
20mV/div.

Sortie boncher

19mW LBNW
+ ampli 1W
1μs/div.

Inversion de phase
classique

Fig. 3-1

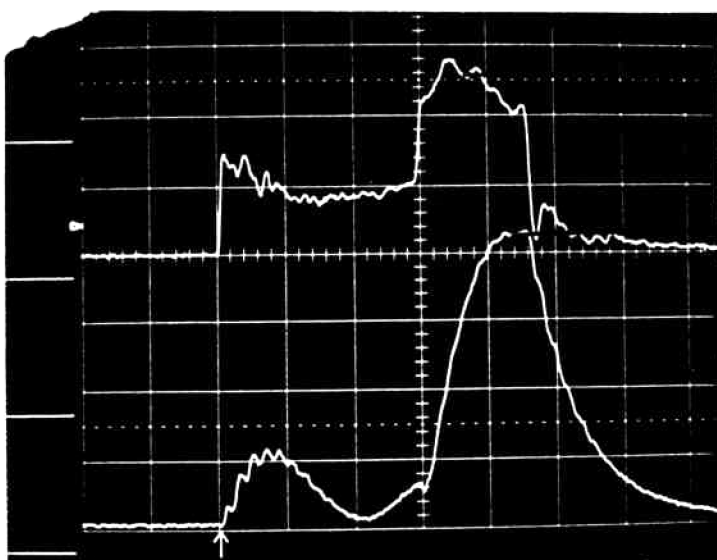


7,5W PLI 97 0,1V/div
avec PKI = 18MW

54mW sortie boncher.
+ ampli 1W
50mV/div.

début phase programmée
après 3,4 μs.

Fig. 3-2.



7,7W PLI 97
avec PKI = 18MW
0,1V/div

50mW Sortie boncher
+ ampli 1W
50mV/div.

début phase programmée
après 3 μs

Fig. 3-3

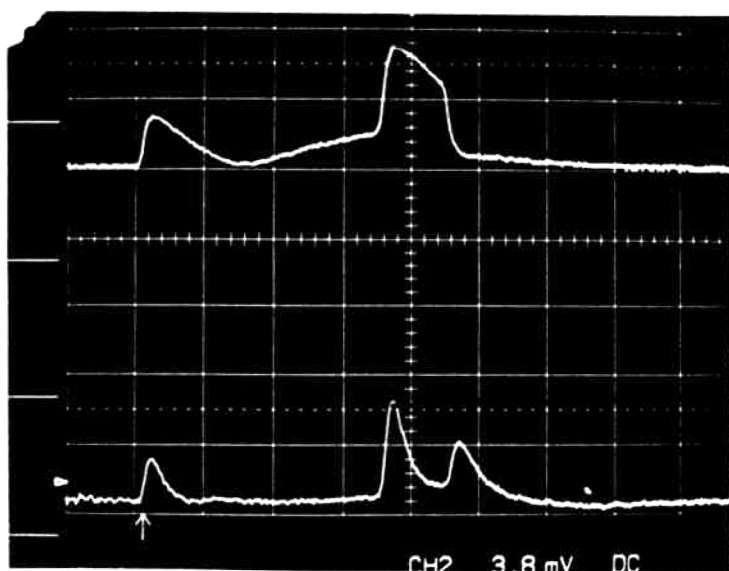
Mesure sur le prébuncher de réseau sous vide
à 28°



370W PKI 13
0,1V/div.

32,6W réfléchi prébuncher
PPWR
20mV/div.

Fig. k-1

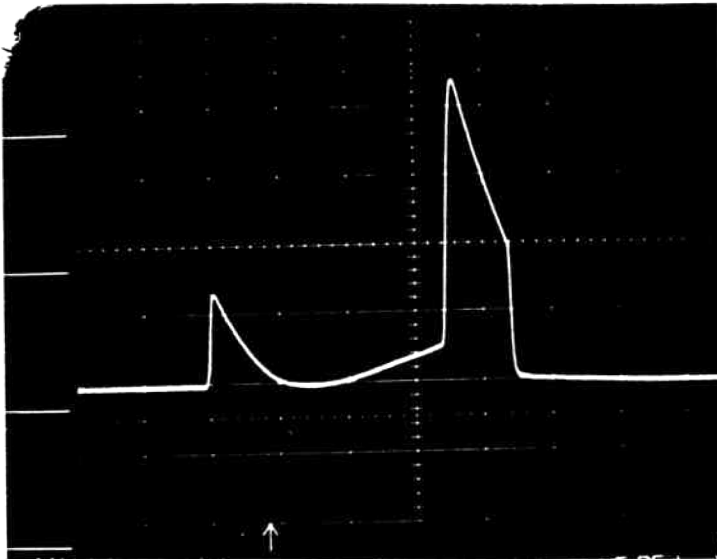


370W PLI 13
0,1V/div

7W réfléchi prébuncher
10mV/div

Fig. k-2

Alimentation du klystron 13 avec phase variable



référence

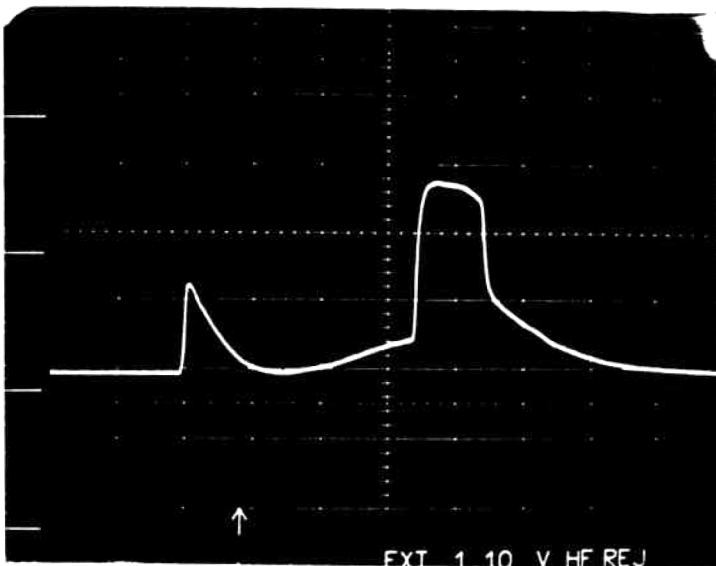
PSI 13 avec $PKI=24MW$

0,2v/div

Energie faisceau V
215 MeV.

Inversion phase classique

Fig. 5.1

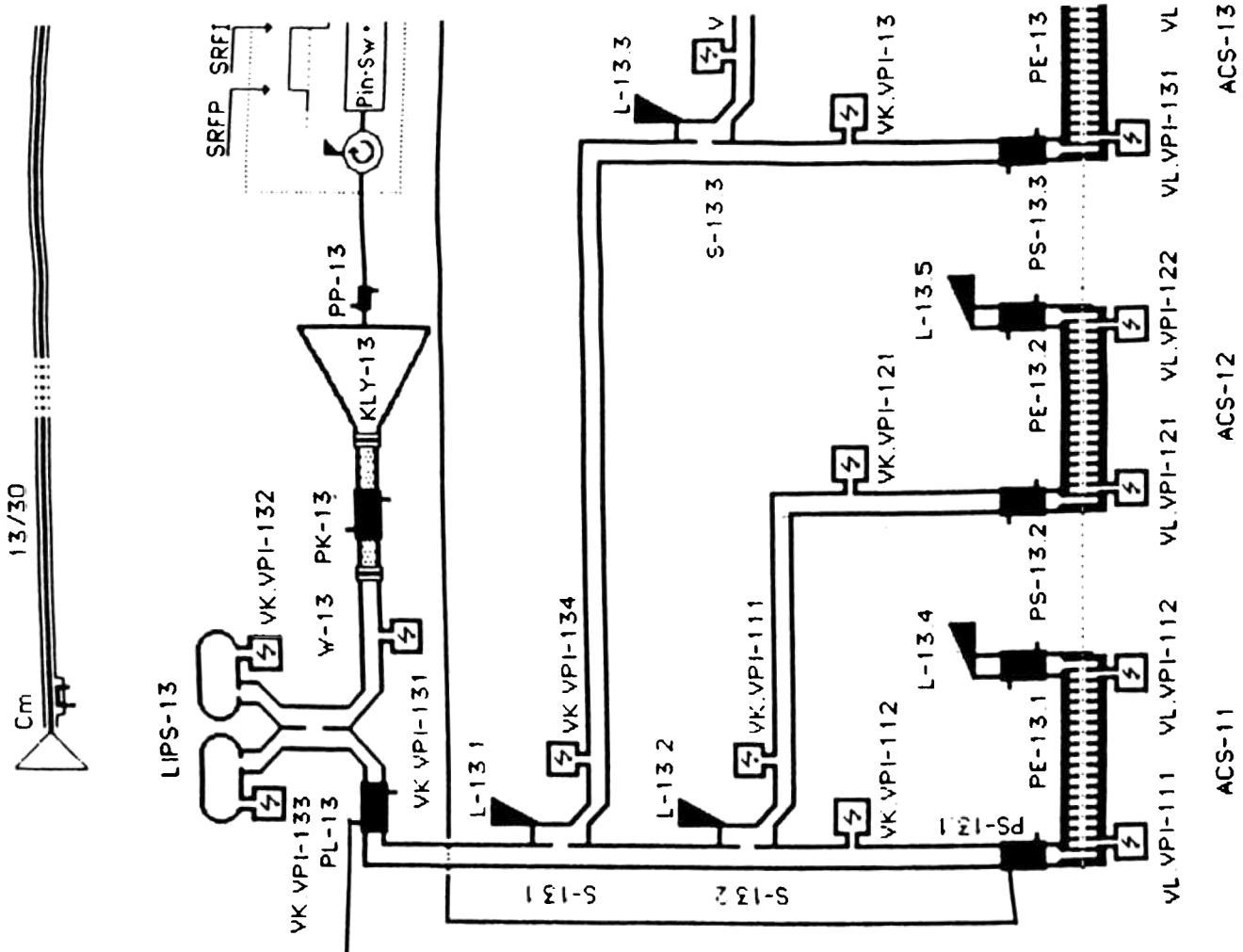


PSI 13 avec $PKI=24MW$
0,2v/div.

phase variable
Step 60° + rampe

Energie faisceau V
 ≈ 196 MeV

Fig. 5-2



*Alimentation des Groupes
et Prégroupes depuis PLI13 et
l'ensemble 1 kW sur TDK Ø3*

RF-NET

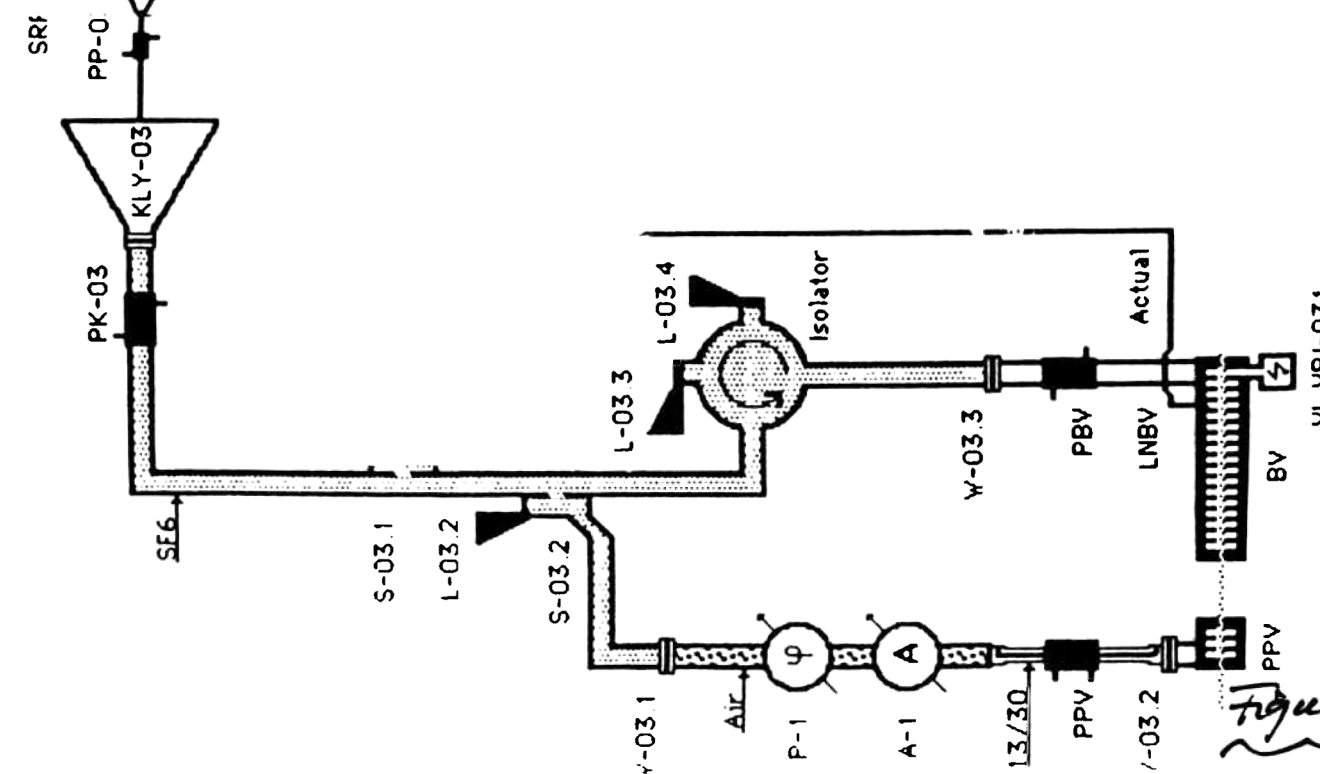
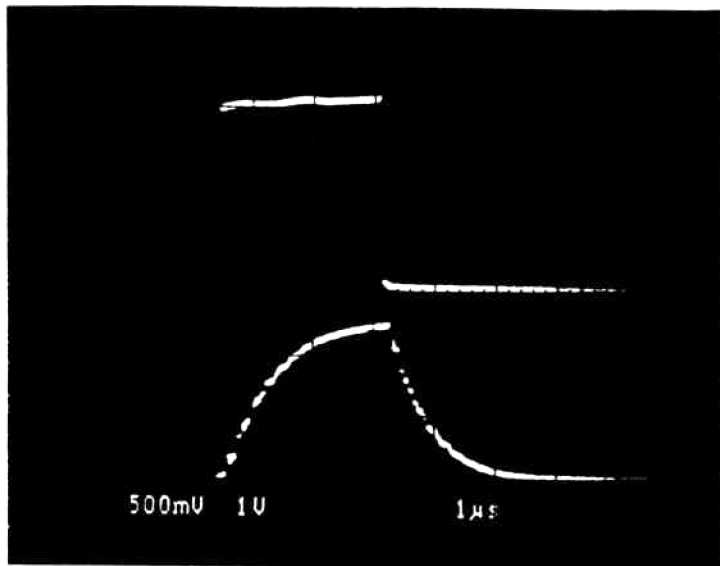


Figure 6

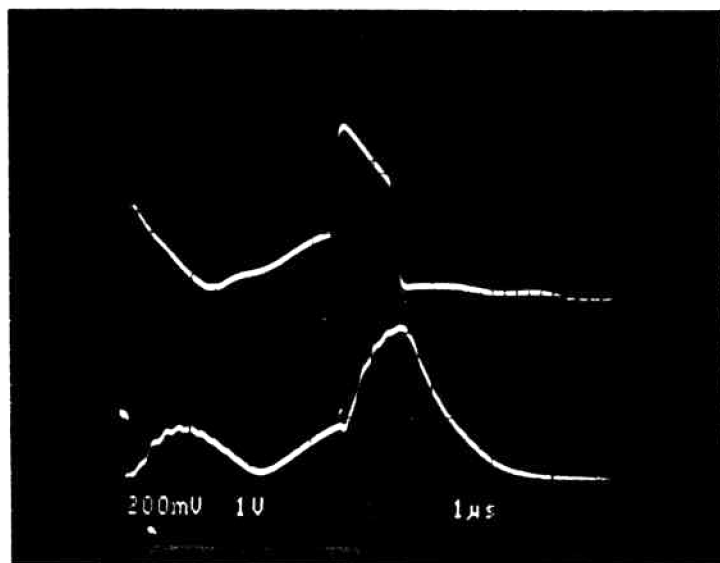


PBVI 500 mV/div.

LBNV 1V/div.

Buncher alimenté normalement
 \Rightarrow groupement correct

Fig. 7.1



PKI 03
 7.9 MW; lue 7 MW
 sur PPH 03

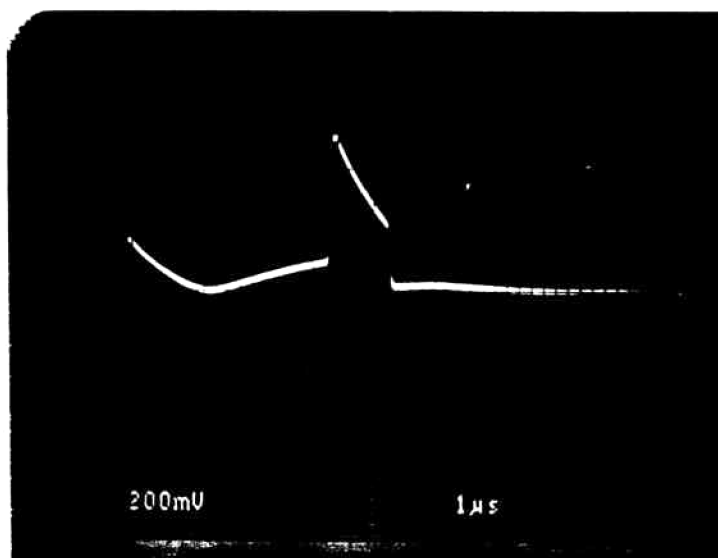
200mV/div.

LBNV 1V/div

Buncher alimenté
 à partir de PLI 13
 + ampli

\Rightarrow groupement correct

Fig. 7-2



PLI 13
 160 MW; lue PPH = 115 MW
 200mV/div.

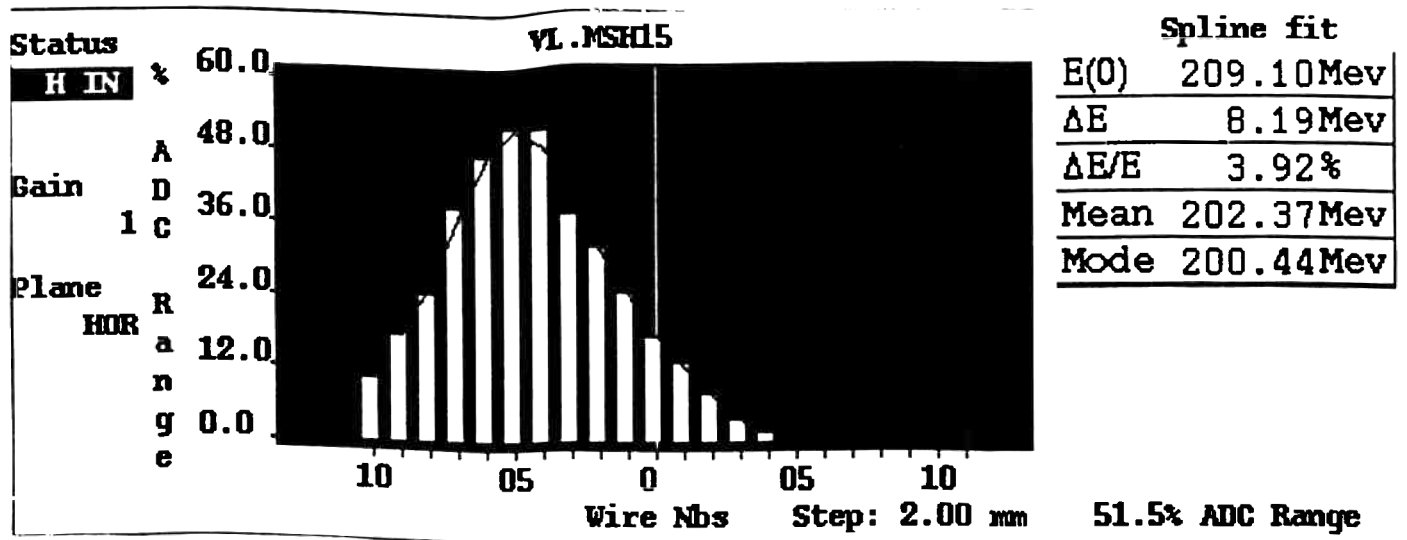
Puissance de sortie
 du LIPS 13

Fig. 7-3.

Charge (E8) e+ e- L I L POSITRONS Thu Dec 15 19:00:58

ECM01	-3738.2	-304.4	Meas: 88	HOR (mm)	VER (mm)
UMA11	-2003.1	-163.6	UMA11	4.2	-0.4
UMA12	-2656.7	-190.0	UMA12	-0.4	-2.7
UMA13	-1732.2	-147.9	UMA13	1.4	0.1
UMA15	-1683.4	-149.7	UMA15	1.2	-0.3
UMA22	0.0	-1.2	UMA22	111.1	111.1
UMA25	-11.2	0.0	UMA25	111.1	111.1
UMA27	-0.3	-0.6	UMA27	111.1	111.1
UMA29	-0.3	-0.3	UMA29	111.1	111.1
UMA30	-0.3	0.9	UMA30	111.1	111.1
UMA31	0.6	-0.9	UMA31	111.1	111.1
UMA32	2.2	-0.9	UMA32	-0.4	6.7
UMA33	0.0	-2.3	UMA33	111.1	111.1
UMA34	-0.3	0.0	UMA34	111.1	111.1
UMA35	-0.3	0.0	UMA35	111.1	111.1
UMA36	-0.3	-0.7	UMA36	111.1	111.1
UMA37	0.3	-0.6	UMA37	111.1	111.1
HIEUMA00	0.0	-0.7	HIE.UMA00	111.1	111.1
HIEUMA22	0.0	-1.9	HIE.UMA22	111.1	111.1
HIPUMA22	0.3	-0.2	HIP.UMA22	111.1	111.1
HIEUMA01	0.0	0.0	HIE.UMA01	111.1	111.1

Wilson



Transmission et spectre d'énergie du faisceau LILV, avec alimentation du groupeur via PLI 13 (voir figure 7)

Figure 8

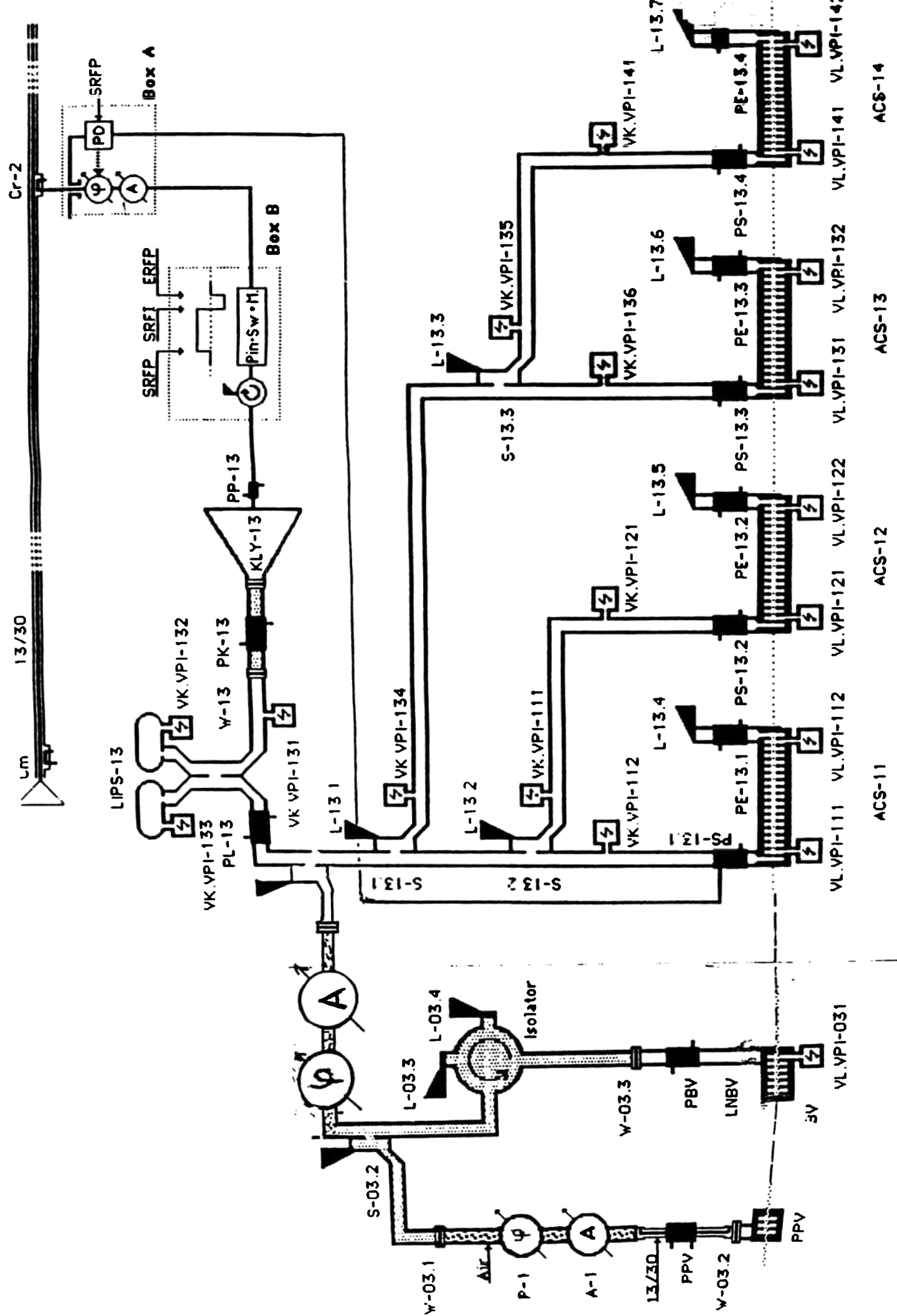


Figure 9

Distribution

R. Bossart/PS
J.P. Delahaye/PS
I. Kamber/PS
B. Frammery/PS
J.C. Godot/PS
G. McMonagle/PS
J. Madsen/PS
G. Metral/PS
J. Mourier/PS
B. Pincott/PS
P. Pearce/PS
G. Rentier/PS
G. Rossat/PS
L. Rinolfi/PS
A. Ruck/PS
G. Suberlucq/PS
G. Yvon/PS
D. Warner/PS

J. Boillot/PS
R. Garoby/PS
J. Gruber/PS
H. Haseroth/PS
H. Koziol/PS
S. Maury/PS
F. Perriollat/PS
J.P. Riunaud/PS