

**Observations sur la Stabilité des Faisceaux  
de Positons produits par LIL du 11 au 29. 7. 1988**

R. Bossart, B. Canard, E. Chérix, J.P. Delahaye  
P. Fernier, K. Hübner, I. Kamber, H. Kugler,  
J.H.B. Madsen, G. Metral, P. Pearce, K. Priestnall,  
J.P. Potier, A. Riche, G. Rossat, H. Ullrich

**Introduction**

Pour les premiers essais de faisceau dans la ligne d'injection TI18 et dans l'octant 8 de LEP, des faisceaux positons ont été produits par le LPI avec une intensité constante de  $2 \times 4$  bunches de  $2 \cdot 10^{10}$  ppb. Suite aux essais LEP, le SPS a continué ses essais pour mettre au point un supercycle avec protons, positons et électrons et a amélioré sa limite d'intensité des positons jusqu'à  $2.6 \cdot 10^{10}$  positons par bunch accélérés à 20 GeV/c.

Malgré ces beaux résultats, pour lesquels LPI et PS ont fourni des faisceaux constants, l'accélérateur linéaire LIL a connu des problèmes de stabilité d'énergie, ce qui a conduit à des taux d'accumulation variables dans EPA. Heureusement l'accumulateur EPA a pu absorber la plupart de ces variations, si elles n'étaient pas trop importantes ( $> 25\%$ ). Grâce à la surveillance par les opérateurs du HCR, les variations d'énergie du LIL ont pu être compensées. En parallèle, une campagne d'observation a été menée pour découvrir les causes de ces instabilités d'énergie pendant ces jours de grande chaleur où le thermomètre à l'extérieur des bâtiments a souvent dépassé  $30^\circ\text{C}$ .

**Fluctuations d'Énergie du Faisceau  $e^+$**

Les variations d'énergie des positons à la sortie de LIL ont été observées à l'aide du moniteur de position HIP.UMA 22 dans la ligne d'injection vers EPA. Les signaux analogiques  $\Delta$  et  $\bar{I}$  ont été observés sur un oscilloscope rapide Tektronix 7104, voir photos 1 et 2.

La position du faisceau  $\Delta x$  et l'écart relatif  $\Delta E/E$  de l'énergie étaient mesurés par:

$$\Delta x = 33 \text{ mm } \Delta/\Sigma = 33 \text{ mm} \cdot \pm 15 \text{ mV}/100 \text{ mV} = \pm 5 \text{ mm}$$

$$\Delta E/E = - \Delta x/D_x = \pm 5 \text{ mm}/1.28 \text{ m} = \pm 4\text{‰}$$

D'une manière générale, quatre types de fluctuation d'énergie ont été observées:

- a) variations rapides de pulse LIL à pulse LIL vraisemblablement dues à la stabilité des alimentations des modulateurs vis-à-vis des variations du réseau 380 V perturbé par le booster.
- b) variation sporadique pendant un cycle avec un mauvais taux d'accumulation dans EPA, causée par panne intermittente dans la boîte logique du phaseur 03.
- c) variation lente avec une période d'environ 20 minutes corrélée avec la période de variation de la température de l'eau de refroidissement des sections accélératrices, voir Fig. 3.
- d) variation journalière avec une période de 24 heures lorsque la température extérieure dépasse 25°C jusqu'à 32°C, ce qui fait monter la température ambiante dans la galerie des klystrons de 23°C à 27°C.

En général pendant la nuit et pendant la matinée, l'énergie du faisceau  $e^+$  était assez stable et la marge  $\Delta E/E$  était de  $\pm 4\text{‰}$  pour injecter et accumuler avec un rendement de 27 -- 30% dans EPA. Lorsque la position des positons sur le moniteur HIP.UMA22 déviait de  $\pm 5 \text{ mm}$ , l'opérateur au HCR réajustait l'énergie du faisceau avec le timing d'inversion de phase des cavités LIPS 27 ou 31.

### Fluctuations des Alimentations HT

La puissance RF fournie par un klystron ( $P = 15 - 35 \text{ MW}$ ) dépend fortement de la haute tension ( $V = 190 - 270 \text{ kV}$ ) appliquée à la cathode du klystron<sup>1]</sup>:

$$P = \eta \cdot \mu p \cdot V^{5/2}, \text{ avec}$$

P: puissance RF

$\eta$ : rendement du klystron

$\mu p$ : pervéance du klystron,  $\mu p \cong 2 \cdot 10^{-6} \text{ AV}^{-3/2}$

V: tension de cathode

Dans les sections accélératrices, le champ RF confère au faisceau l'énergie E:

$$E = \sum_{i=1}^N \sqrt{\frac{R_S L P_i}{S}} \quad , \text{ avec}$$

$R_S$ : impédance de shunt des sections accélératrices,  $R_S = 53 \text{ M}\Omega/\text{m}^2$ )

$L$ : longueur d'une section accélératrice,  $L = 4,6 \text{ m}$

$P_i$ : puissance RF fournie à l'entrée de la section  $i$ :  $P_i = \gamma_i P_k$

$\gamma_i$ : facteur tenant compte de la multiplication de puissance par les cavités LIPS et des pertes d'insertion des guides d'onde entre klystron et section  $i$ .

$P_k$ : puissance RF du klystron

Une variation de la tension entraîne une variation relative de puissance  $\Delta P/P$  et par cela une variation d'énergie  $\Delta E/E$  du faisceau:

$$\Delta P/P = 2,5 \Delta V/V,$$

$$\Delta E/E = 0,5 \Delta P/P = 1,25 \Delta V/V$$

Quand le klystron travaille en saturation, la puissance de sortie est pratiquement constante par rapport à de petites variations de la puissance d'entrée. Le point de travail de tous les klystrons a été ajusté pendant l'arrêt machine en février 1988, et depuis tous les klystrons travaillent près de la saturation, sauf KLY35 où la haute tension a été montée à 260 kV pour tester les filtres HT.

Pendant la période 11 - 29. 7., il a été constaté que plusieurs klystrons fournissaient occasionnellement des puissances RF assez instables, dont les variations pulsées atteignaient 1% environ. En même temps que ces instabilités RF on entendait un sifflement pulsé provenant des transformateurs d'impulsion HT des modulateurs.

Une observation plus détaillée de la haute tension des modulateurs MDK25 et MDK35 a révélé des fluctuations de la régulation des alimentations à HT à certains moments dans le supercycle  $T = 1,2 - 2,4 - 3,6 - 4,8 \text{ sec.}$  etc. Ces instabilités ne se produisaient pas régulièrement aux intervalles indiqués. Un wattmètre mesurant la tension RMS du réseau électrique 380 V qui alimente les modulateurs a indiqué des chutes de tension de l'ordre de 1 à 2% pendant 0,1 à 0,2 sec. au même rythme que les instabilités de puissance RF des klystrons.

Ces observations laissent supposer que les régulations des alimentations à HT des modulateurs ne sont pas assez rapides pour régler les chutes de tension sur le réseau 380 V. Ces perturbations du réseau 380 V sont provoquées vraisemblablement par le fonctionnement simultané pulsé des trois machines: booster, PS et LIL alimentées par le même réseau électrique EDF.

Une dérive importante de la haute tension a été observée sur tous les modulateurs entre midi et minuit du 26. 7. 1988 (Fig. 1). En particulier sur le modulateur MDK35 la puissance HF de sortie et la haute tension ont été enregistrées (Fig. 2). La tension du MDK35 avait été baissée de 260 kV à 220 kV pour que le klystron travaille en saturation, avec une puissance RF de 16,8 MW. A 17.00 h, la puissance RF était montée à 17.7 MW et l'impulsion interne de l'alimentation HT qui enclenche le circuit D'Quing avait dérivé depuis le centre de la fenêtre de régulation à l'extrême position "Low limit". Cette montée de puissance était directement liée à la montée de tension du modulateur.

Dérive de la haute tension avec la température ambiante et dans le temps  
(26. 7. 1988)

Modulateur	07.00 h.	16.30 h.	18.00 h.	Dérive/h.
MDK 03	- 188 kV	- 190 kV	- 191 kV	+ 500 V/h
MDK 13	- 256 kV	- 257 kV	- 256 kV	0
MDK 25	- 223 kV	- 217 kV	- 215 kV	- 1340
MDK 27	- 235 kV	- 243 kV	- 245 kV	+ 1700
MDK 31	- 217 kV	- 218 kV	- 219 kV	+ 330
MDK 35	- 259 kV (11.00 h) (-220 kV)	- 223 kV	- 224 kV	+ 330
Temp. ambiante	20°C	26.5°C	27°C	+1°C/h

La dérive des valeurs est mesurée à partir de 12.00 h.

### Variations lentes de la température d'eau dans les sections accélératrices

La stabilité de phase entre les sections accélératrices et le faisceau dépend d'une façon critique de la stabilité en température des sections accélératrices. Sur les sections ACS 25 + 26 on a constaté une variation de phase de  $9^\circ$  pour un changement de température de l'eau de refroidissement de  $1^\circ \text{C}$ ]. Ce déphasage réduit l'énergie gagnée par le faisceau de la cavité accélératrice. La stabilité d'énergie dépend aussi du phasage entre les cavités accélératrices. Pour cette raison les guides d'ondes sont refroidis à l'eau. Une estimation des effets de déphasage est donnée en Annexe I.

Les variations de phase des klystrons, des cavités LIPS et des parties communes des guides d'onde provoquées par des changements de température sont compensées par le système de phasage asservi sur la ligne de référence.

Pendant la première semaine (11 - 17. 7. 1988) des variations de température  $\Delta T = \pm 0.25^\circ\text{C}$  de l'eau de refroidissement dans les structures accélératrices ont été enregistrées alors que l'énergie et l'intensité du faisceau variaient à la sortie de LIL-W (HIP.UMA 22) avec la même périodicité, voir Fig. 3.

Les enregistrements de la Fig. 3 laissent supposer que les variations lentes de l'énergie du faisceau sont causées par des variations de température de l'eau de refroidissement qui peuvent être différentes pour chacun des 6 circuits hydrauliques de LIL. Il est prévu de faire un développement machine pour mesurer l'effet de température sur l'énergie du faisceau.

Une estimation provisoire de l'effet de température peut être faite si l'on admet que la seule cause de la variation d'énergie dans Fig. 3 est la variation de température des cavités ACS 25 et 26, ce qui n'était pas toujours le cas pendant la période de production des leptons pour SPS et LEP:

énergie fournie par ACS 25+26 :  $E_2 = 100 \text{ MeV}$

variation d'énergie LIL-W :  $\Delta E = \pm 1\% / 100 \cdot 500 \text{ MeV} = \pm 0.5 \text{ MeV}$

variation température ACS 25+26:  $\Delta T = \pm 0.25^\circ\text{C}$

coefficient de température des cavités:  $r_2 = \frac{\Delta E}{E_2} / \Delta T \leq 2\% / ^\circ\text{C}$

Cette estimation du coefficient de température des cavités est pessimiste et dépend de l'erreur de phase  $\varphi$  entre les cavités et le faisceau (Annexe 1). Mais ces mesures démontrent que la température de l'eau de refroidissement doit être stabilisée à  $30^\circ\text{C}$  typique avec une fourchette de  $\pm 0.1^\circ\text{C}$ .

La régulation de température de l'eau de refroidissement dans les échangeurs de chaleur est assez délicate et ne dépend pas seulement de la charge calorifique dans les cavités (6 - 9 kW), mais aussi de l'échauffement par turbulence et du fonctionnement pulsé du corps de chauffe. Les paramètres de la régulation PID tels que gain et constantes de temps doivent être ajustés soigneusement à l'aide d'un enregistreur de température qui permet de détecter des variations lentes de l'ordre de  $\pm 0.1\%$  avec des variations de 15 - 60 minutes. Il est prévu d'installer un enregistreur fixe dans chaque échangeur de chaleur.

Pendant les arrêts courts des klystrons, les corps de chauffe devraient être enclenchés dans les échangeurs. Malgré cela il ne sera pas possible de stabiliser parfaitement la température dans les cavités car le temps de révolution de l'eau dans le circuit hydraulique est de 15 à 30 min.

## Stabilité de la ligne de référence et des phaseurs

La phase des klystrons de puissance est réglée par un phaseur qui comporte un châssis RF et un châssis G64. Le châssis RF mesure la phase entre la ligne de référence et l'entrée RF dans la section accélératrice. Un déphaseur magnétique permet d'introduire un déphasage programmable entre la sortie de la ligne de référence et l'entrée du klystron de puissance. Le châssis G64 contient un microprocesseur 6809 avec les valeurs de consigne pour les phases mesurées qui sont différentes pour l'accélération des électrons et positons. En fonctionnement PPM et en boucle fermée, la phase est ajustée par un processus d'itération exécuté par le microprocesseur à la fin de chaque période  $e^+/e^-$ .

Il a été constaté que certains cycles avec un mauvais taux d'accumulation dans EPA de 60 - 80% du taux normal arrivaient de temps à autre. Ces instabilités sporadiques ont disparu quand le phaseur 03 a été débranché de la commande PPM. Avec la commande PPM reconnectée on a pu voir sur un détecteur de phase "Watkins Johnson" branché en parallèle avec le phaseur que le mauvais taux d'accumulation était provoqué par une erreur de phase de  $80^\circ$  dans le système d'asservissement du phaseur 03! Cette erreur n'était pas signalée par la boîte logique et on a pu la reproduire par la suite en mode locale en rechargeant toujours la même phase. A chaque rechargement de la phase en boucle fermée, un processus de 3 à 10 itérations à 10 ms d'intervalle est lancé pour apairer la phase mesurée par la tête RF à la valeur de consigne  $CCV \pm 1$  bit. Or, sporadiquement il y a eu mauvais fonctionnement et le processus d'itération s'est arrêté après le premier pas quand le phaseur avait été mis à la valeur de consigne CCV. La cause de cette panne n'est pas claire et sera étudiée à l'aide d'un système de diagnostic branché au microprocesseur par un interface RS 232.

Une instabilité du déphaseur magnétique a été découverte avec le détecteur de phase "Watkins Johnson" branché en parallèle avec le déphaseur magnétique du phaseur 03. Le déphasage n'était pas stable, mais oscillait (200 Hz?) entre deux niveaux distincts séparés de  $1,5^\circ$ . Depuis le changement du châssis G64 cette instabilité a disparu.

Hormis la panne sporadique du châssis G64 du phaseur 03, il n'y a pas eu de défektivité dans les phaseurs. Les alarmes "overflow" des phaseurs 31 et 35 sont dues à des causes externes, probablement à une augmentation de puissance à l'entrée RF du détecteur de phase. Pendant la prochaine période d'opération, les niveaux RF à l'entrée de la tête RF seront notés en même temps que les niveaux SIN et COS à la sortie des démodulateurs ajustés pour 3,5V.

La stabilité des phaseurs a été un souci constant. Pour vérifier la reproductibilité du phasage des klystrons, le détecteur de phase "Watkins-Johnson" a été branché entre la ligne de référence et la première section accélératrice de chaque klystron.

La reproductibilité  $\Delta\varphi$  de la phase était de  $\pm 2^\circ$  pendant les périodes d'observation de 30 minutes et de  $\pm 5^\circ$  dans la journée entre 10 et 18 heures. Ces variations causent des fluctuations d'énergie:

$$\Delta E/E = 1 - \cos\Delta\varphi \approx 0,5 \Delta\varphi^2.$$

Les variations d'énergie correspondantes atteignent  $0,6\%/_{00}$  en 30 minutes et  $4\%/_{00}$  dans la journée. Les grandes variations de  $4\%/_{00}$  en énergie sont dues à la montée de température pendant les après-midi, quand il fallait changer les valeurs CCV de  $\pm 5^\circ$  par rapport au matin.

### Climatisation de l'air dans la galerie des klystrons

Dans la galerie des klystrons, la température a suivi un cycle diurne et a été surveillée par un enregistreur fourni par L. Alcaras/ST. Pour une journée bien ensoleillée, les températures suivantes ont été enregistrées dans la galerie (Fig. 4):

3 h	6 h	9 h	12 h	15 h	18 h	21 h	24 h
21°	20°	21°	23°	26°	27°	25°	21°

La température de l'air dans la galerie est réglée par une climatisation. L'air est refroidi ou chauffé par deux échangeurs de chaleur. Pour la période de grande chaleur il a été nécessaire de modifier le programme journalier de la climatisation et de fermer les volets d'air frais à partir de 10 h et de les rouvrir pendant la nuit. Pour maintenir la température de l'air entre 20 et 25° C, l'air de la galerie est refroidi par des batteries de refroidissement alimentées par de l'eau à 12°C.

Les deux blocs de climatisation ne sont pas assez puissants pour maintenir la température de l'air dans la galerie à 25°C et on a constaté les températures suivantes le 26 juillet à 18 h.

Température à	Bloc 1	Bloc 2
Entrée air galerie	28° C	28° C
Mélange derrière volets	27° C	29° C
Sortie air de soufflage	21° C	25° C
Entrée eau ) batterie de	12° C	13° C
)		
Sortie eau ) refroidissement	18° C	14° C

A ce moment, la température de l'air sur l'enregistreur situé entre MDK 25 et 27 atteignait 27°C. En comparant les températures entre les deux blocs de climatisation, il apparaît que la batterie de refroidissement du bloc 2 ne refroidissait pas suffisamment l'air.

Il est très important de mieux stabiliser la température dans la galerie parce qu'elle se répercute sur tous les autres systèmes, notamment sur la régulation des alimentations HT des klystrons, l'élongation des guides d'onde dans la galerie, la stabilité du booster klystron et de la ligne de référence, la reproductibilité du système d'asservissement des phases des klystrons, le bon fonctionnement du timing, la précision des détecteurs RF, etc. Pour tous ces systèmes, le cycle journalier de la température ambiante, variant entre 20 et 27° C dans la galerie, a eu des répercussions sur leurs performances. Ce sont surtout les montées rapides de température en cours d'après-midi qui ont créé des déséquilibres thermiques dans les équipements, et l'humidité élevée a pu affecter les composants sous haute tension.

Pour réduire ces variations de température par période de grande chaleur, il est proposé de modifier le programme des deux groupes de climatisation pendant le mois de juillet et de fixer la température de consigne à 23 - 25° C pour la galerie des klystrons. De plus, un meilleur rendement des batteries de refroidissement pourrait contribuer à éviter des montées de température au dessus de 26° C pour une température extérieure de 32° C.

### Timing des cavités LIPS

L'énergie du faisceau à l'entrée dans l'accumulateur EPA a été ajustée à 500 MeV à l'aide du timing de l'inversion de phase dans les cavités LIPS. En accord avec les calculs de A. Fiebig <sup>4)</sup> et G. Bienvenu <sup>2)</sup>, l'énergie maximum est obtenue, si la phase RF est inversée 0,9  $\mu$ s avant le passage du faisceau dans les sections accélératrices. Si cet intervalle dépasse les limites  $0,9 \pm 0,15 \mu$ s, l'énergie du faisceau diminue rapidement. Un autre paramètre pour régler la puissance RF de la cavité LIPS est de retarder la production RF du klystron par le timing SRFP.

L'enclenchement RF du klystron et l'inversion de la phase sont pilotés par des commutateurs à diodes PIN à l'entrée des klystrons. Les commutateurs à diodes PIN ont bien fonctionné et leurs impulsions SRFP et SRFI ont été correctes à tout moment. Aucune fluctuation de puissance, qui aurait été causée par les PIN-switches, n'a été observée à la sortie des cavités LIPS.

Le timing de la cavité LIPS 27 avait été ajusté pour fournir l'énergie maximum, et il fallait diminuer le timing SRFI de 52 ns pour réduire l'énergie du faisceau de 1,8 MeV. Puisque la cavité LIPS 31 avait été choisie pour régler l'énergie du faisceau à l'entrée de EPA, elle travaillait nettement en dessous de sa puissance maximum et fournissait 18 MeV de moins que LIPS 27. Alors, une augmentation du temps d'inversion SRFI de LIPS 31 par 15 ns seulement a produit un incrément de 1,8 MeV. A cause des deux modes de fonctionnement différents, il était tout-à-fait normal que la cavité LIPS 27 soit peu sensible aux petites variations du timing SRFI, tandis que LIPS 31 a été utilisé fréquemment pour ajuster l'énergie à l'entrée de EPA.



## Acceptance EPA

L'acceptance de l'accumulateur EPA a été vérifiée le 20. 7. 88 à 9 h et à 16 h. Avec une dispersion d'énergie du faisceau LIL assez semblable, la marge d'énergie  $\Delta E/E$  pour une injection correcte dans EPA atteignait  $\pm 4\%$  le matin et seulement  $\pm 2\%$  l'après-midi, quand la température ambiante de la machine avait augmenté.

La marge d'énergie "SRFI" a été mesurée avec le moniteur HIP.UMA 22 en changeant le timing SRFI de l'inversion de phase sur la cavité LIPS 27 jusqu'à ce que le taux d'accumulation EPA ait baissé de 10%:

20. 7. 1988	9.00 h	16.00 h
$\Delta E/E$ (fig. 5)	$\pm 10 \times 10^{-3}$	$\pm 8.5 \times 10^{-3}$
Marge SRFI	$\pm 4 \times 10^{-3}$	$\pm 2 \times 10^{-3}$
Acceptance RF EPA	$\pm 14 \times 10^{-3}$	$\pm 10.5 \times 10^{-3}$

La somme de la dispersion d'énergie du faisceau (fig. 5) et de la marge d'énergie pour l'injection dans EPA correspond assez bien à l'acceptance théorique de EPA qui s'élève à

$$\Delta E/E = \pm 14,5 \cdot 10^{-3}$$

pour une énergie  $E = 500$  MeV et une tension de cavité  $V_c = 40$  kV <sup>5)</sup>.

La réduction de l'acceptance EPA était typique les après-midis où la température montait à 30° C à l'extérieur. En même temps, les instabilités de LIL étaient plus fortes. Il y avait des moments critiques où il fallait fréquemment réajuster l'énergie LIL pour compenser des variations d'énergie de l'ordre de 2%/00.

## Conclusions pour améliorer la stabilité de LIL

1. La régulation de la haute tension des modulateurs est sensible à la température ambiante dans la galerie (Fig. 2). Le coefficient de température est de l'ordre de  $\pm 5 \cdot 10^{-3}/^\circ\text{C}$  température ambiante. Les perturbations du réseau 380 V (2 % rms) ont causé des fluctuations de puissance à la sortie des klystrons (1 MW pour KLY35, Fig. 2).
2. Il est nécessaire d'améliorer la stabilité de la haute tension des modulateurs pour des températures de 20 - 27° C (Fig. 4).

3. Puisque la régulation des alimentations HT est très sensible aux perturbations du réseau 380 V causées par le Booster qui était alimenté par le même transformateur 18 kV, il est proposé de mieux isoler et, si possible de séparer les réseaux 380 V des deux machines Booster et LPI.
4. S'il n'est pas possible de stabiliser les alimentations HT des modulateurs pour des températures 20 - 27° C, il faudra programmer la climatisation de la galerie pour des variations de température entre 24 et 26° C pendant la période estivale et réajuster les régulations HT pour cette température.
5. Il est nécessaire de stabiliser la température de l'eau de refroidissement des sections LIL à  $\pm 0,1^\circ$  C et de surveiller la régulation de chaque circuit d'eau par un enregistreur.
6. Les variations lentes de l'énergie du faisceau provoquées par le système de refroidissement à l'eau peuvent être corrigées par une contre-réaction qui agit dans des limites précises sur le temps d'inversion de LIPS 27 selon l'énergie du faisceau mesurée par le moniteur HIP UMA 22. Malheureusement, cette méthode ne peut pas être appliquée aux variations d'énergie rapides des alimentations HT des modulateurs.
7. Il faut changer la boîte logique du phaseur 03 pour supprimer les panes intermittentes de phasage du groupeur V, ce qui a causé de mauvais taux d'accumulation dans EPA.
8. Pour éviter des alarmes "overflow" dans les phaseurs, il faut ajuster l'amplitude maximum des têtes HF à  $\pm 3,5$  V et surveiller la puissance RF provenant de la ligne de référence.
9. Il est nécessaire de stabiliser la puissance et la durée de l'impulsion RF du booster klystron pour des températures 20 - 30° C.

### Recommandations pour surveiller la stabilité de LIL

1. Enregistrer la température et l'humidité relative de l'air dans galerie et tunnel avec instruments ST fournis par M. Alcaras.
2. Enregistrer la température de l'eau pour les 6 circuits de refroidissement. Enclencher le chauffage en permanence, si l'effet d'hysteresis est trop grand.
3. Surveiller la haute tension des klystrons: logging  $U_k$ ,  $I_k$ ,  $T_{\text{tank}}$  chaque heure par programme de console (background task). Enregistreur analogique pour surveiller les instabilités rapides des alimentations HT des modulateurs.

4. Mesurer l'effet des coupures de phase du Booster sur le réseau 380 V de LPI avec un analyseur FFT (25 kHz). Surveiller les perturbations du réseau 380 V avec un analyseur du taux des harmoniques de 50 Hz, instrument disponible au Service Electrique.
5. Enregistrer puissance RF du booster klystron. Enregistrer phase entre buncher V et ligne de référence avec détecteur WJ.
6. Logging des facteurs de calibration des phaseurs: offset, gain, phase MAG en closed loop.
7. Enregistrer  $\Delta$  et  $\Sigma$  de HIP/HIE.UMA22 pour surveiller l'énergie LIL.
8. Envoyer signaux  $\Delta$  et  $\Sigma$  de HIP/HIE.UMA22 du HCR à la galerie (rack du phaseur 03 ou 13). Envoyer également intensité stockée dans EPA.
9. Observer impulsion faisceau du linac V avec moniteur de phase MFS 11 et 25. Mesurer la distribution d'énergie avec SEM grid HIP.MSH 20.

### Références

- <sup>1]</sup> J.P. Perrine, Utilisation des Klystrons 35MW et des Thyratrons KU 275 C Note PS/LPI 87-32.
- <sup>2]</sup> G. Bienvenu, Gain d'Energie dans les sections LIL-W en mode LIPS, LAL PI 86-17/T (24. 9. 1986).
- <sup>3]</sup> P. Brunet, K. Hübner, A. Riche, G. Rossat, D. Warner, Measurement of beam momentum gain in accelerating sections ACS25, 26 PS/LPI Note 86-21.
- <sup>4]</sup> A. Fiebig, Parameter Setting and Energy Multiplication Factor of LIPS, PS/RF Note 83-3 (1983)
- <sup>5]</sup> S. Bartalucci, Calculation of some RF dependent parameters for EPA, PS/LPI Note 86-31.

## Annexe 1

## Effet de température sur les guides d'onde

Sur les guides d'onde dans la galerie des klystron on a constaté une augmentation de température du cuivre  $\Delta T = 0,5^\circ\text{C}$  pour une augmentation de l'air ambiant de  $5^\circ\text{C}$  ( $20 - 25^\circ\text{C}$ ). La longueur des quatre guides d'onde d'un même réseau LIPS (type 3) diffère de  $l = 9\text{ m}$  entre le plus court et le plus long. L'élongation thermique  $\Delta l$  des guides d'onde cause un déphasage  $\Delta\varphi$  entre les sections accélératrices:

$$\Delta\varphi = 2\pi \Delta l / \lambda_g = 2\pi l k \Delta T \sqrt{1 - (\lambda_0 / \lambda_c)^2} / \lambda_0, \text{ avec}$$

$$k = 16 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}, \text{ coefficient de température du cuivre}$$

$$\lambda_g = \text{longueur d'onde dans le guide}$$

$$\lambda_0 = c/f = 100 \text{ mm}, \text{ longueur d'onde libre}$$

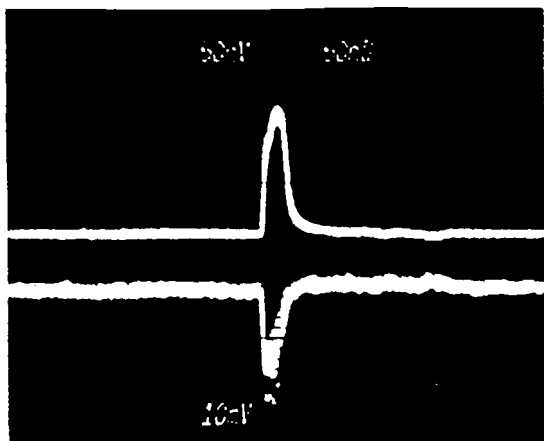
$$\lambda_c = 2a = 144,3 \text{ mm}, \text{ longueur d'onde de coupure}$$

$$\Delta\varphi/\Delta T = \underline{\underline{0,4 \text{ deg}/^\circ\text{C}} \text{ pour } l = 9 \text{ m}}$$

## Beam position monitor HIP.UMA 22

-----

shows energy fluctuations of LIL on 24. 7. 1988



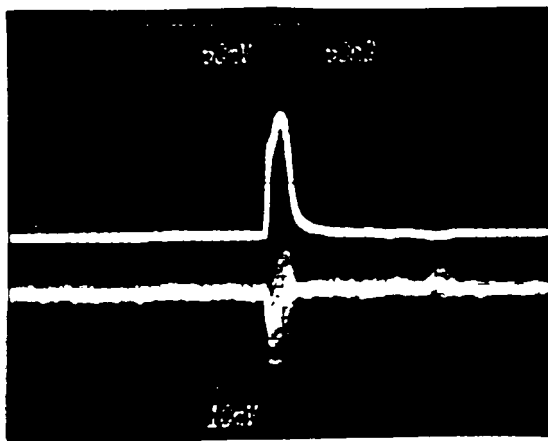
**Photo 1 50 ns/div**

up:  $\Sigma = 50 \text{ mV/div}$  or  $4 \times 10^8 \text{ ppb/div}$

down:  $\Delta = 10 \text{ mV/div}$  or  $\Delta E/E = 2.5 \times 10^{-3}/\text{div}$

camera exposure time = 0.5 - 1.5 sec

note zipping of  $\Delta$  - signal



**Photo 2 50 ns/div**

up:  $\Sigma = 50 \text{ mV/div}$  or  $4 \times 10^8 \text{ ppb/div}$

down:  $\Delta = 10 \text{ mV/div}$  or  $\Delta E/E = 2.5 \times 10^{-3}/\text{div}$

camera exposure time = 0.5 - 1.5 sec

note underswing of  $\Delta$  - signal due to beam loading ( $\sim 2 \times 10^{-3}$ )

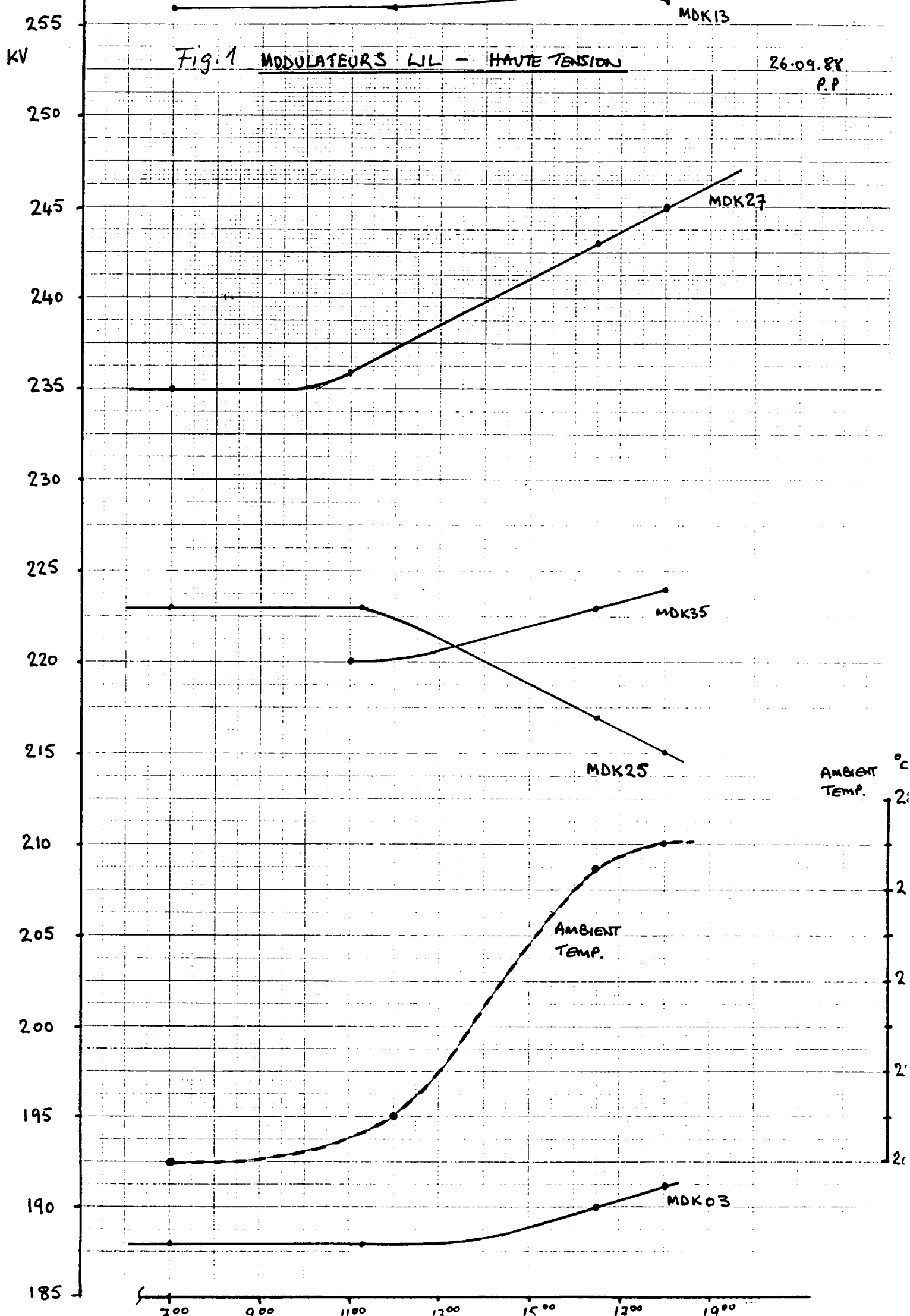
Accumulation rate of EPA decreases by  $> 10\%$  if

$$- 40 \text{ mV} \leq \Delta \leq + 10 \text{ mV} \text{ for } \Sigma = 120 \text{ mV.}$$

-----

Fig. 1 MODULATEURS LIL - HAUTE TENSION

26.09.88  
P.P



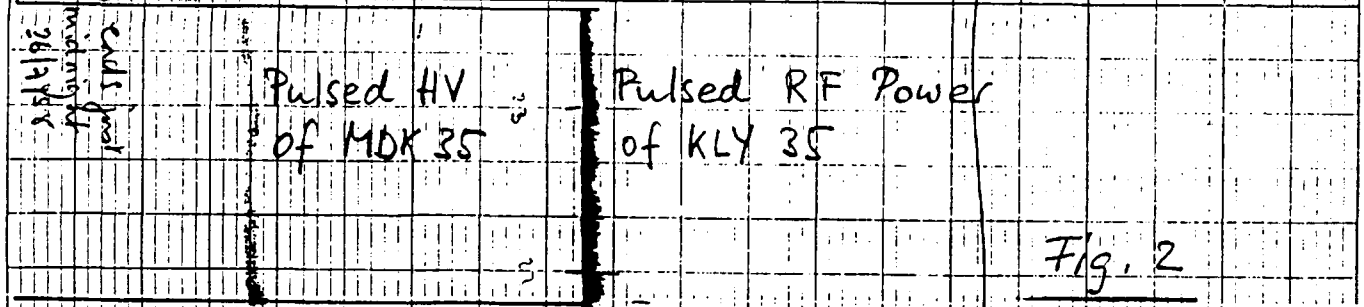
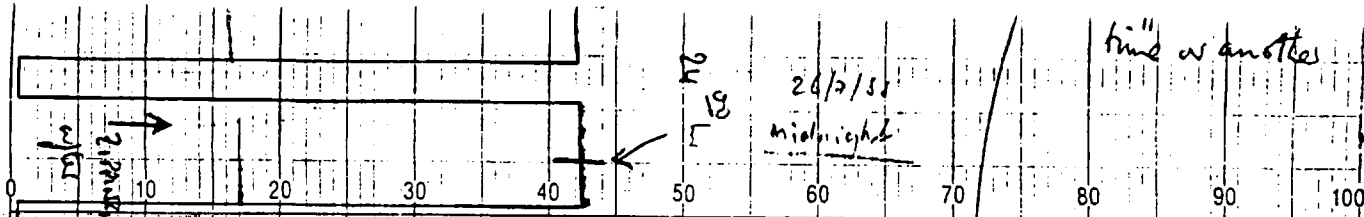
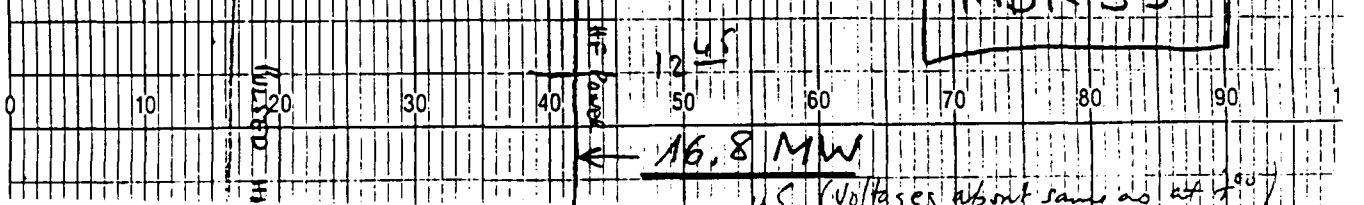
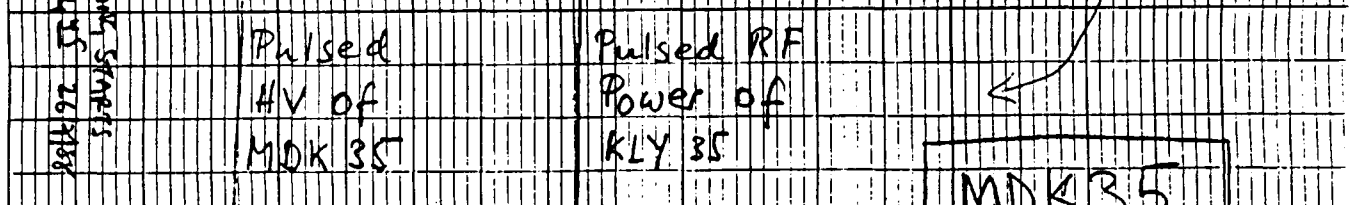
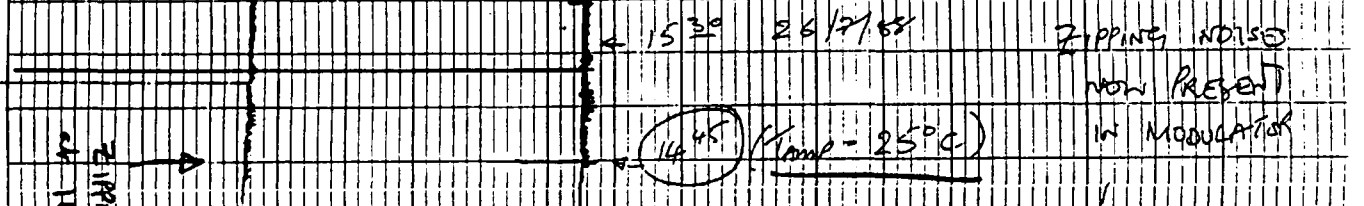
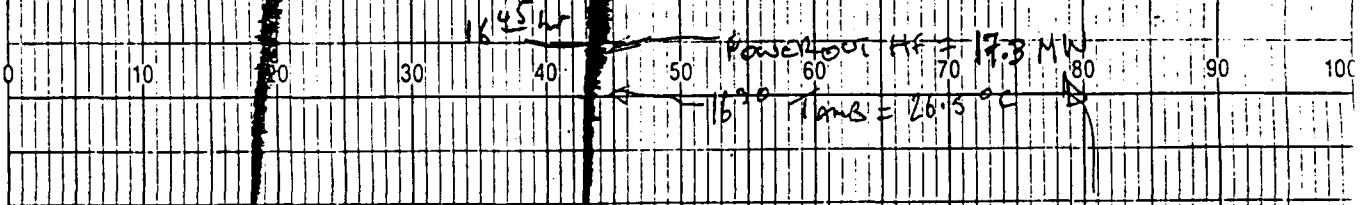
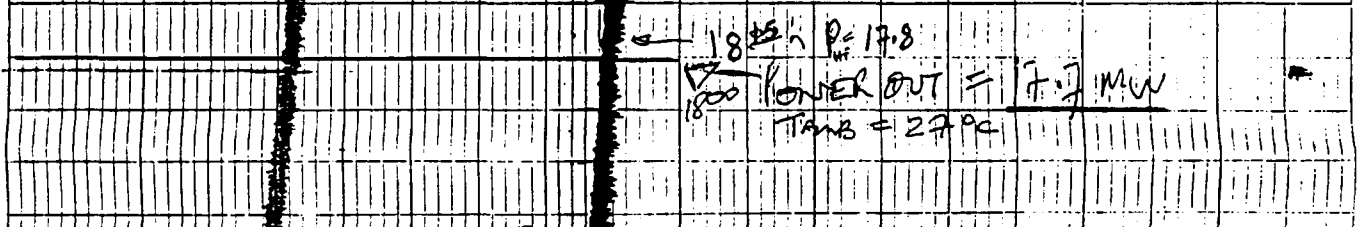
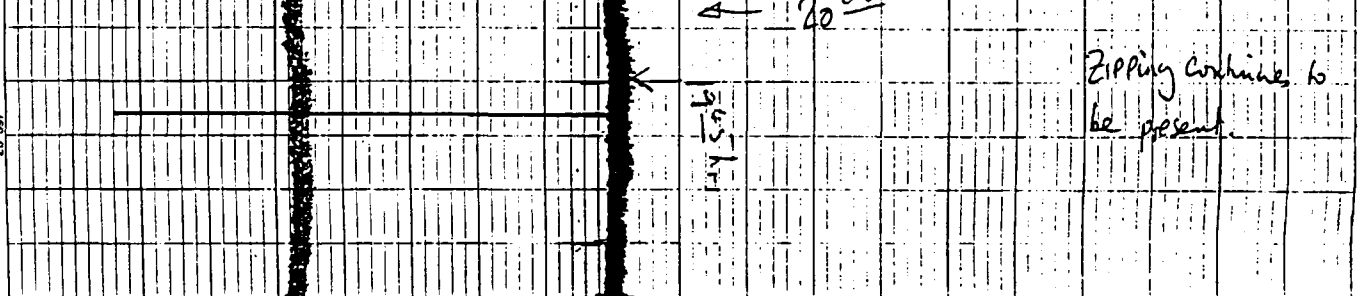
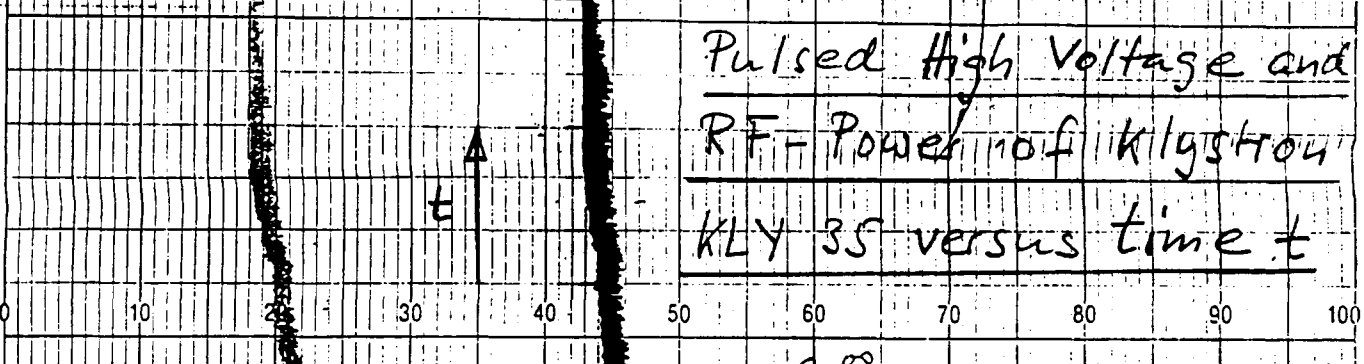


Fig. 2  
Pulsed High Voltage and RF-Power of Klystron KLY 35 versus time t



MDK 35

Voltages about same as at 100V

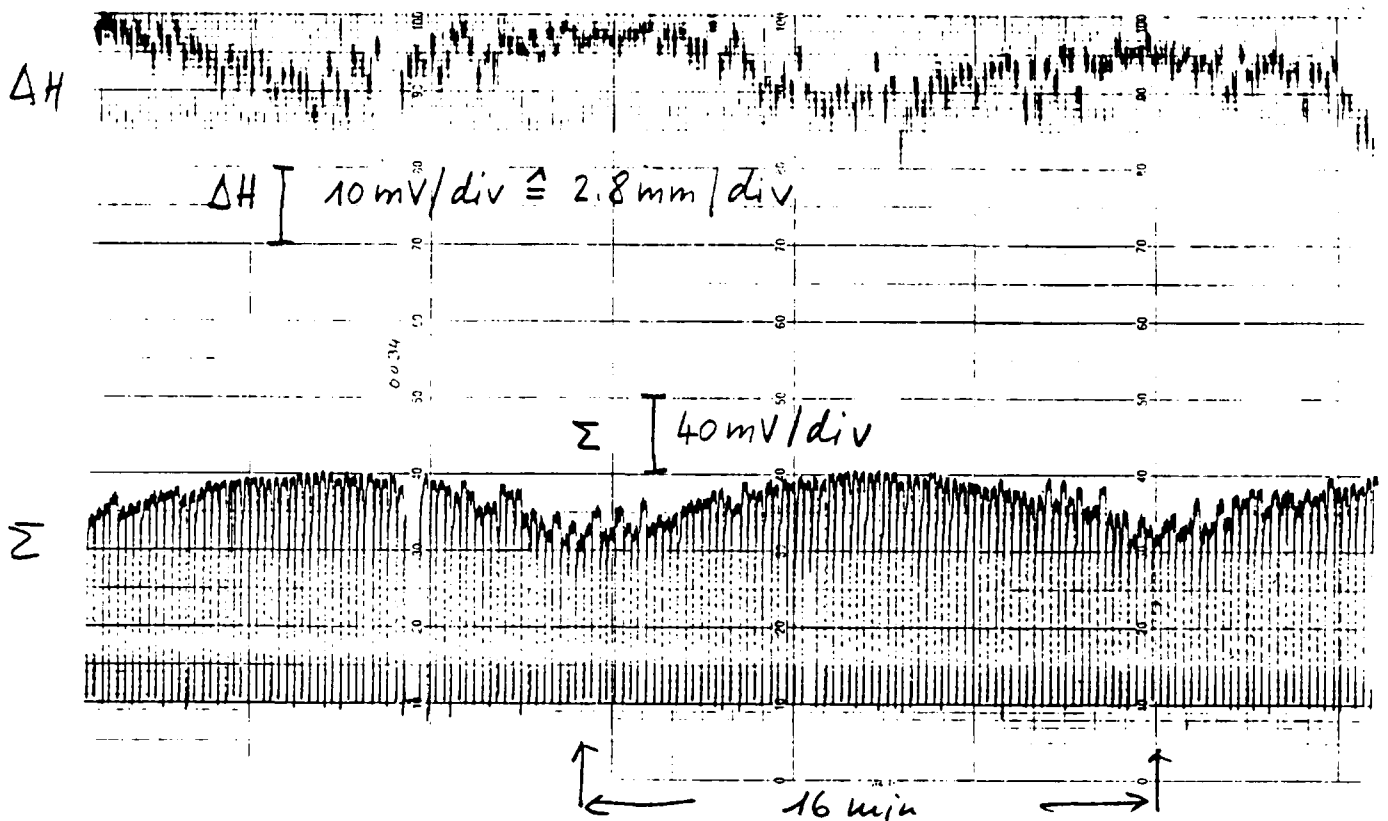
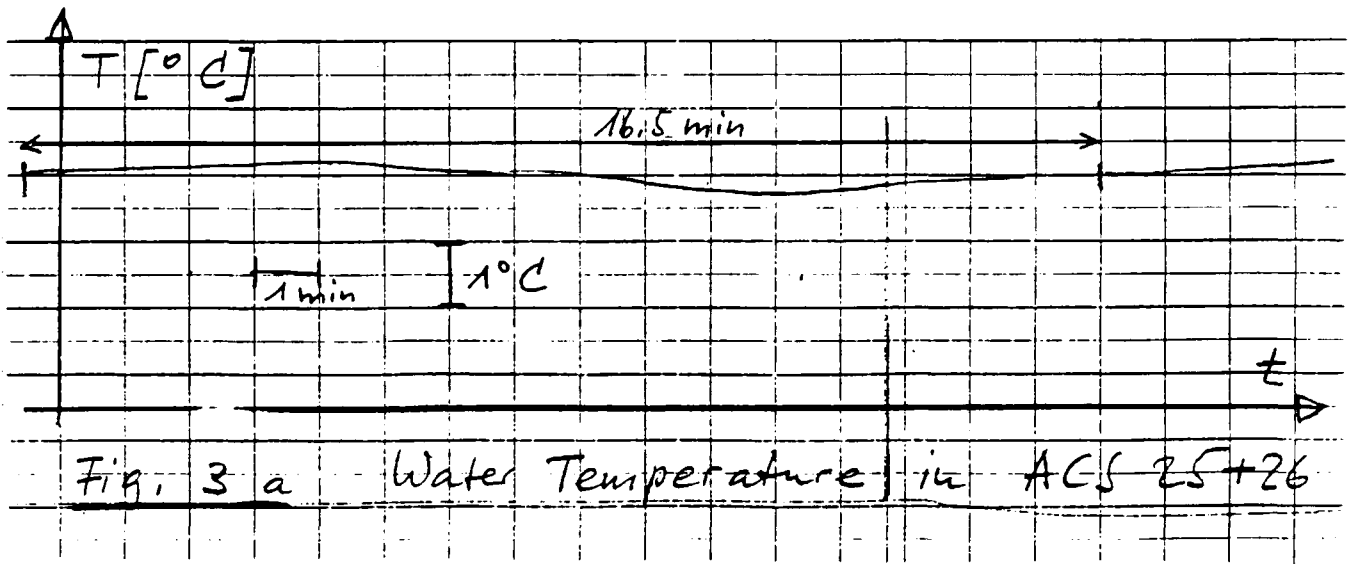


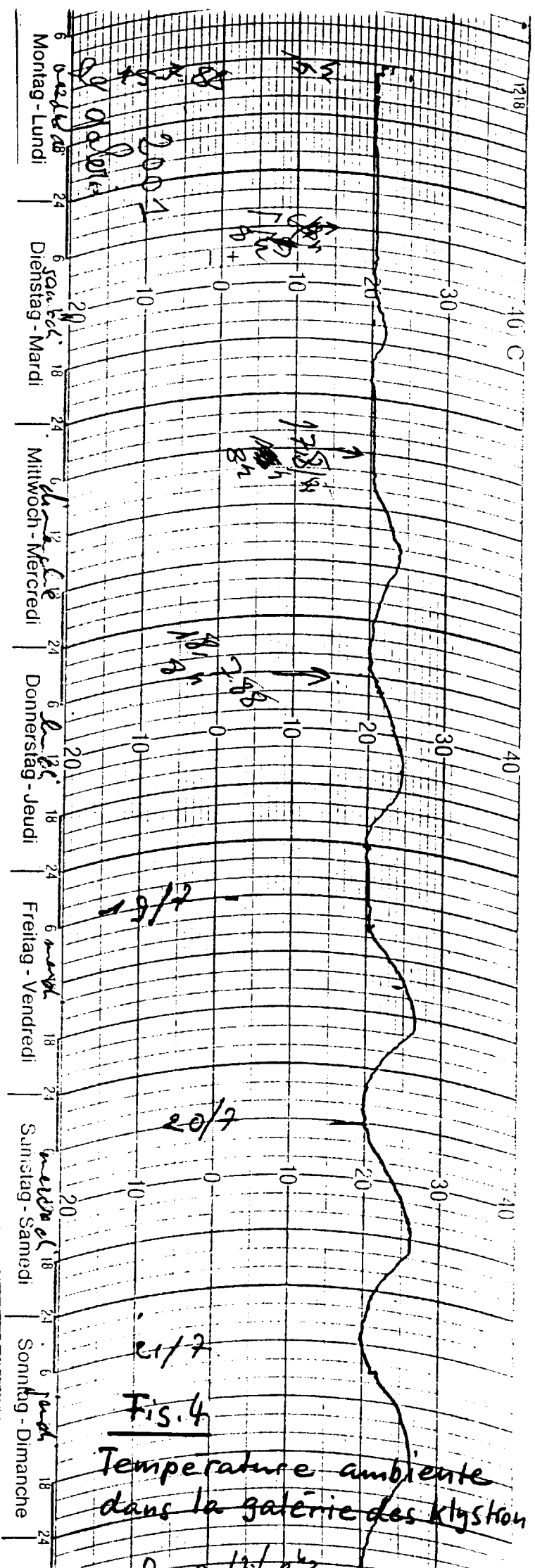
Fig. 3 b Beam position ( $\Delta H$ ) and beam intensity ( $\Sigma$ ) measured by HIP, UMA 22 versus time:

Beam Position :  $\Delta x = 33 \text{ mm } (\Delta H / \Sigma) = 2.8 \text{ mm/div}$

Beam Energy :  $\Delta E / E = \Delta x / D_x = 2 \% / \text{div}$  ( $D_x = 1.28 \text{ m}$ )

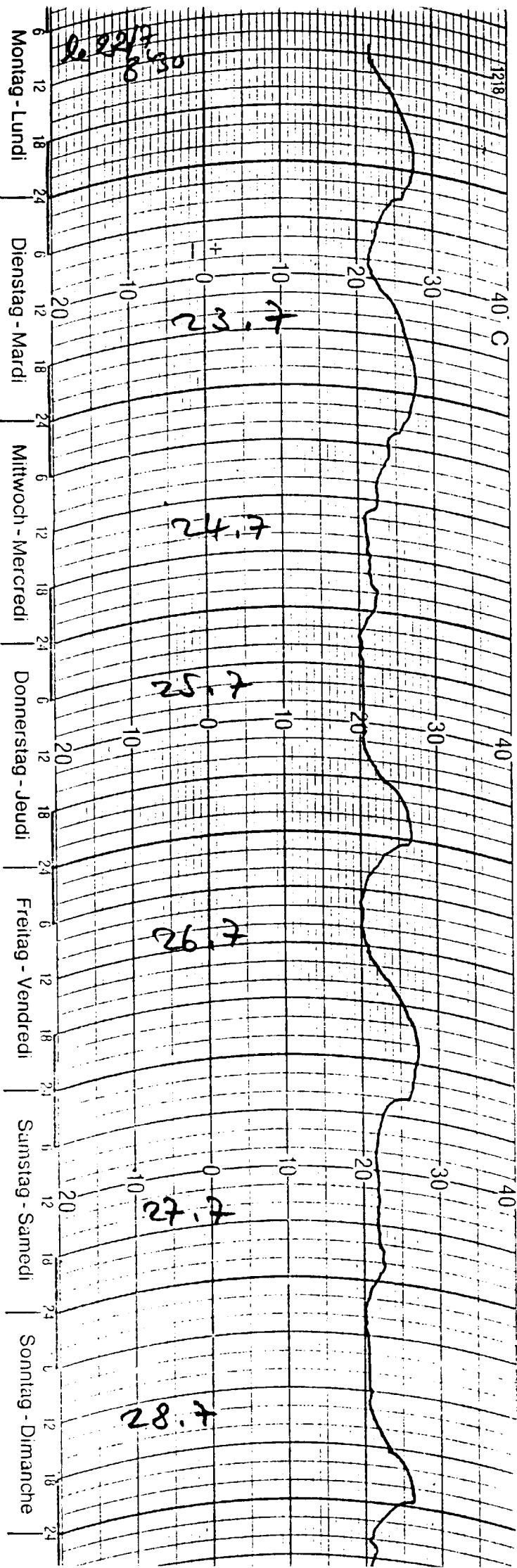
Beam Intensity :  $\Delta \Sigma / \Sigma = \pm 20 \%$





Fis.4

Temperature ambiante dans la galerie des klystron



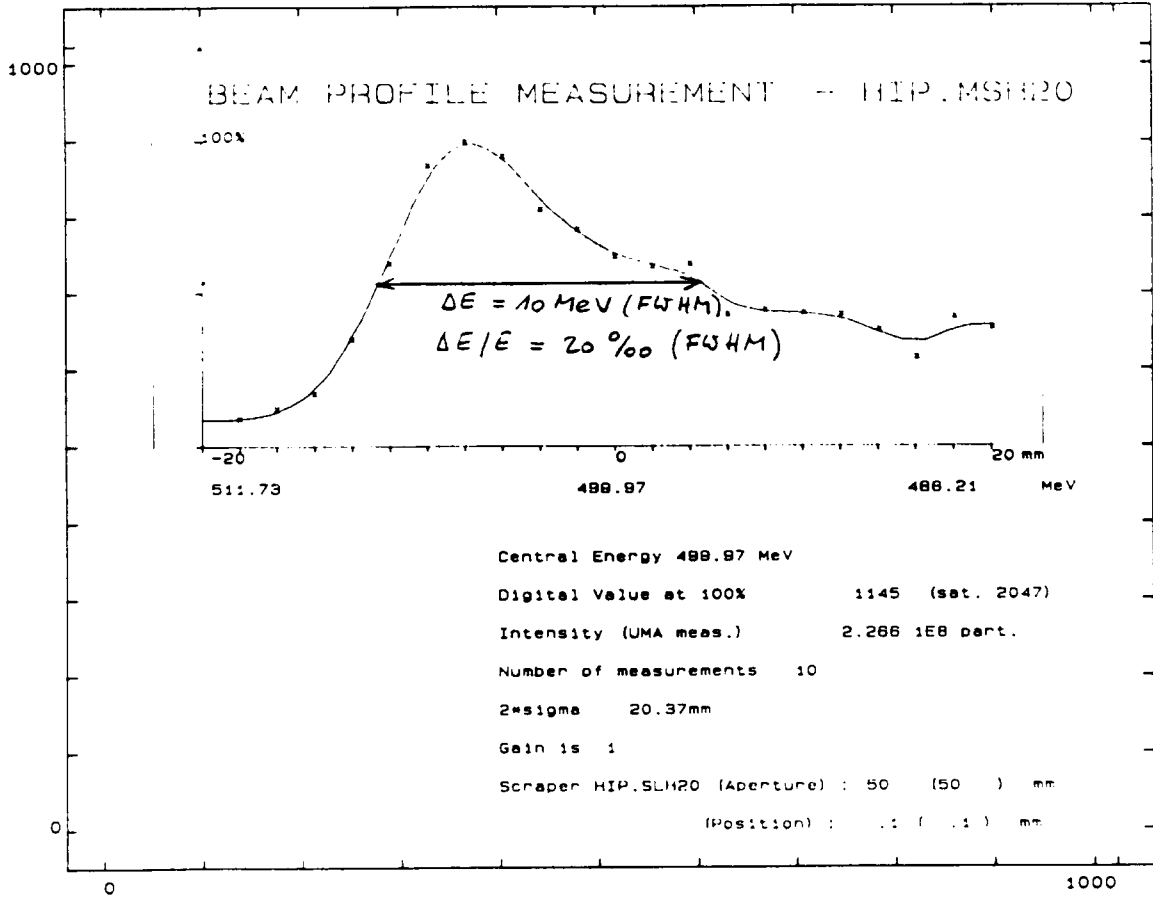
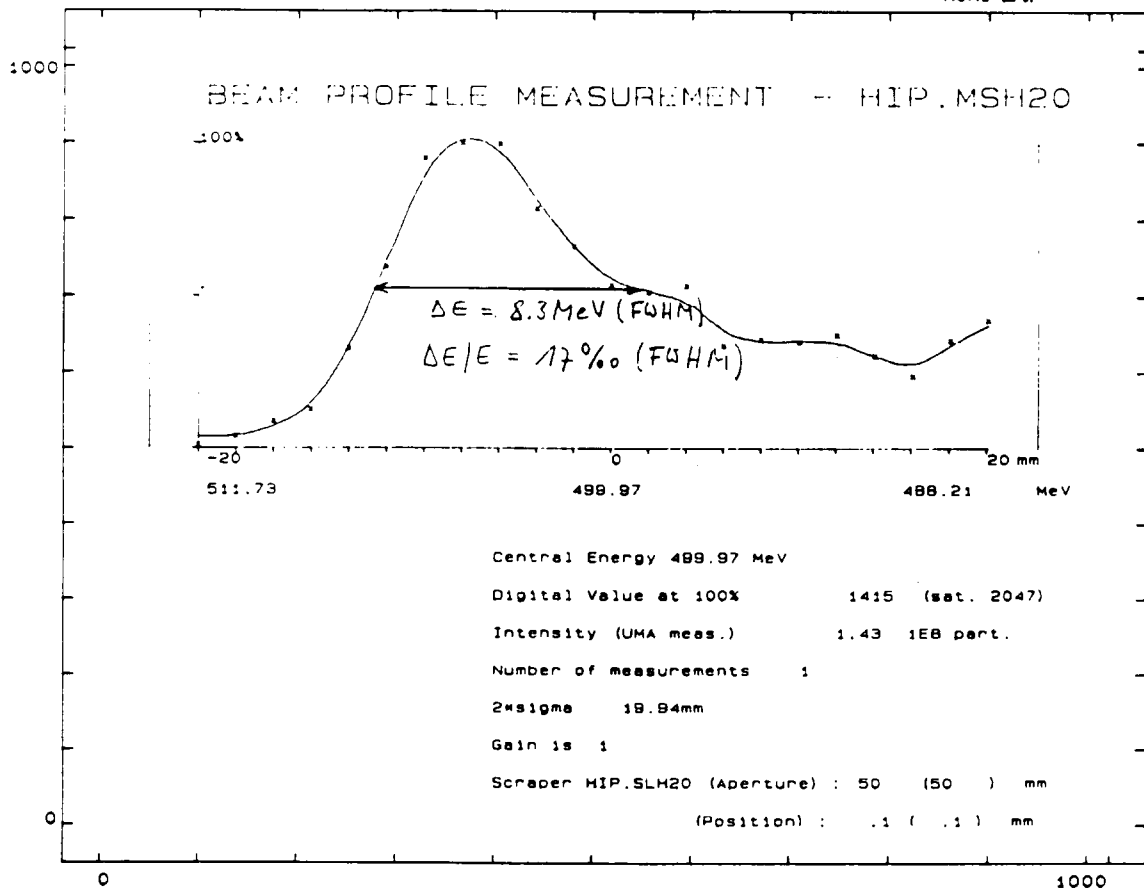


Fig. 5



Distribution:

Y. Baconnier	J.H.B. Madsen	D. Blechschmidt	
S. Battisti	E. Marcarini	M. Bouthéon	
A. Bellanger	P. Marti	B. Frammery (OP)	
R. Bertolotto	O. Martin	D.J. Warner	
R. Bossart	G. Metral (OP)		
B. Canard (OP)	B. Nicolai	A. Albiker	] ST/CV
E. Cherix (OP)	D. Pearce	L. Alcaras	
E. Chevalley (OP)	Y. Pellegrina	A. Scaramelli	
J.P. Delahaye	J.P. Potier		
P. Fernier (OP)	K. Priestnall (OP)		
J.C. Godot	W. Remmer		
H. Guemara	A. Riche	D.J. Fiander	] PS/RF
K. Hübner	L. Rinolfi	A. Fiebig	
I. Kamber	G. Rossat	R. Garoby	
H. Kugler	J.-C. Thomi	S. Hutchins	
		A. Krusche	
		J.J. Merminod	
		K. Metzmacher	
		P. Pearce	
G. Coudert			
L. Coull			
B. Godenzi			
J. Gruber	PS/PO		
F. Hoffmann			
D. Rivalli			
H. Ullrich			
W. van Cauter			