

Les Caractéristiques en Opération du Faisceau Booster en Décembre 1974

MPS/BR/
Note 75-8

- J. P. Delahaye -

L'opération continue du Booster comme injecteur du PS pendant la totalité du dernier run de l'année 1974 a permis pour la 1^{er} fois

- a) de chiffrer l'ordre de grandeur des variations des différentes qualités du faisceau Booster en opération
- b) de définir une limite inférieure de ces qualités à fournir dans une période prolongée
- c) de fixer une valeur moyenne de ces caractéristiques que l'on peut à ce stade de développement considérer comme opérationnelle.

Des mises à jour régulières de ces qualités permettront ainsi de suivre l'évolution du Booster.

"Dynamic Log" :

Ces valeurs ont été déduites des mesures systématiques et parfois fastidieuses relevées "à la main" par les EIC et opérateurs PSB puis portées dans un Dynamic Log.

Ce Dynamic Log rassemble toutes les mesures de "Qualité de faisceau" (intensité, efficacité, émissions) ainsi que les principaux paramètres de réglage conditionnant ces qualités.

Il poursuit un triple but :

- mettre le poids sur les qualités de faisceau
- améliorer et organiser la surveillance et par là même

la qualité et la reproductibilité de ces caractéristiques.
- établis des liaisons entre certains réglages et certaines qualités
Afin de faciliter et ainsi de systématiser ces mesures, un programme de relevé autant que possible automatique est en préparation.

2 Mesure des dimensions de faisceau

a) Transversales :

Ces mesures directement à 800 KeV ne sont pas possibles en parasite de l'opération : En effet, le déplacement sur le fil Top du faisceau par le processus de synchronisation et par les éléments de correction d'orbite pour l'éjection oblique à perdre sur les cibles 30 à 50% des particules.

Aussi, la mesure par la méthode des cibles des dimensions transversales du faisceau contenant 95% de l'intensité totale est effectuée 350 ns après l'injection à une énergie de 440 KeV.

La normalisation, par la suite, à $\beta\gamma = 1,57$ (800 KeV) ou à $\beta\gamma = 1$ n'est alors valable que si les faisceaux particuliers à chacun des anneaux ne présentent pas de blow-up. Peu tout le long du cycle et en particulier dans la dernière partie comprise entre 440 KeV et 800 KeV.

Ce problème de l'évolution des emittances normalisées le long du cycle et donc de la crédibilité des résultats est étudié en Appendice

b) Longitudinales :

La mesure de la longueur des paquets est réalisée grâce à une pick up large bande, à 800 KeV directement -

3 Détermination des emittances ϵ et densité δ :

Transversal:

L'emittance au point de mesure est déduite du diamètre A du faisceau à l'aide d'abaques (Grapho-Tables) $\epsilon = f(A)$ paramétré Q .
Cette emittance est ensuite normalisée à 800 MeV et à $\beta\gamma = 1$.

$$\epsilon_{800 \text{ MeV}} = \epsilon_{\text{mesuré}} \times \frac{\beta\gamma_{\text{mesure}}}{\beta\gamma_{800 \text{ MeV}}} = \epsilon_{\text{mesuré}} \times \frac{1,09}{1,57} = \epsilon_{\text{mesuré}} \times 0,69$$

$$\epsilon_{\beta\gamma=1} = \epsilon_{\text{mesuré}} \times \frac{\beta\gamma_{\text{mesure}}}{\beta\gamma=1} = \epsilon_{\text{mesuré}} \times \frac{1,09}{1}$$

La densité se déduit immédiatement compte tenu du titre de protons

$$\delta_v^H = \frac{N_p}{\epsilon_v^H}$$

Longitudinal:

L'aire (en mrad) d'empaquetage est déduite de la longueur à l'aide de courbes (PPS/BR Note/74-2) avec comme paramètre V_{RF} .

L'emittance (en mrad) du faisceau est déterminée en multipliant l'aire d'un paquet par le nombre de paquets.

Cette emittance peut être exprimée en 2 unités

$$\text{soit } \left(\frac{\Delta p}{m_0 c}, \Delta\phi_{RF} \right) \text{ en mrad}$$

$$\text{soit } \left(\frac{\Delta E}{h\nu_s}, \Delta\phi_{RF} \right) \text{ en eV} \cdot \text{sec.}$$

$$\text{avec la relation } \epsilon_L (\text{mrad}) = \left(10^{-3} \frac{R}{h} m_0 c \right) \epsilon_L (\text{eV} \cdot \text{s})$$

$$\text{dans le Booster et le PS : } \epsilon_L (\text{mrad}) = 0,0156 \epsilon_L (\text{eV} \cdot \text{sec})$$

La densité longitudinale est ensuite calculée

$$\delta_L = \frac{N_p}{\epsilon_L}$$

nous exprimons la densité en $p/\text{eV} \cdot \text{s}$.

l'emittance en mrad.

4 Variation des Qualités respectives de chacun des anneaux:

Les fig 1 et 2 montrent l'évolution au cours des jours du nombre de protons accélérés à 800 MeV ainsi que des émissions transversales et longitudinales pour chacun des anneaux, et respectivement pour les intensités normales ($2,5 \cdot 10^{12}$ ppp) et intermédiaires ($6,5 \cdot 10^{12}$ ppp), après normalisation à 800 MeV et à $\beta\gamma=1$

Les fig 3 et 4 représentent l'évolution correspondante des densités transversales et longitudinales pour ces 2 intensités.

Le tableau 1 chiffre pour chacun des anneaux la valeur moyenne, le % de variation et la valeur la plus mauvaise obtenue au cours du run de chacune de ces qualités.

Le tableau ci dessous rassemble leurs valeurs moyennes aux quatre anneaux ainsi que les limites inférieures de ces qualités (après normalisation à $\beta\gamma=1$)

		Intensité normale: $2,5 \cdot 10^{12}$ ppp		Intensité intermédiaire: $6,5 \cdot 10^{12}$ ppp	
		Valeur moyenne et % de variation	Limite inférieure	Valeur moyenne et % de variation	Limite inférieure
N_p	10^{12} ppp	$2,4 \pm 9\%$	2,2	$6,6 \pm 6\%$	5,5
E_H	π mmmrad	$15,4 \pm 10\%$	18,5	$36,8 \pm 6\%$	43,5
E_V	π mmmrad	$9,6 \pm 8\%$	11,5	$13,4 \pm 26\%$	19
E_L	mrad	$9,1 \pm 9\%$	10,5	$12,7 \pm 14\%$	13,5
δ_H	10^{12} p/ π mrad	$1,6 \pm 18\%$	1,4	$1,8 \pm 7\%$	1,7
δ_V	10^{12} p/ π mrad	$2,6 \pm 16\%$	2,3	$5,1 \pm 23\%$	4,0
δ_L	10^{12} p/cv.s	$0,94 \pm 18\%$	0,65	$1,7 \pm 10\%$	1,4

L'ordre de grandeur des variations en opération s'établit:

Intensité

Emissions

Densité

5 Variation des qualités avec l'intensité:

La fig 5 représente la variation des emittances et des densités horizontales, verticales et longitudinales normalisées à $\beta\gamma = 1$, en fonction du nombre de protons accélérés à 800 GeV.

Les valeurs portées sont les valeurs moyennées précédemment.
Notons tout particulièrement:

1°) de 0 à $4 \cdot 10^{12}$ ppp:

croissance continue des emittances et des densités

2°) au dessus de $4 \cdot 10^{12}$ ppp:

les emittances verticales et longitudinales paraissent se saturer ce qui entraîne une croissance correspondante des densités.

l'emittance horizontale continue à augmenter pratiquement linéairement et la densité horizontale reste constante.

3°) entre les intensités normale ($2,5 \cdot 10^{12}$ ppp) et intermédiaire ($6,5 \cdot 10^{12}$ ppp):

la densité horizontale se conserve

les densités verticales et longitudinales doublent.

Remerciements:

Je profite de cette petite note pour remercier les EIC et Opérateurs PSB qui ont permis grâce à de nombreuses longues et fastidieuses l'établissement de toutes ces données, dont le relevé sera automatisé au maximum grâce au "Dynamic Log".

Distribution: (ouverte)

BPC - BOC - BR Team leaders

Appendice : Evolution le long du cycle Boosté des Emittances Transversales normalisées

Les fig. 6, 7, 8 et 9 montrent l'évolution des emittances horizontales et verticales des anneaux 1, 2, 3 et 4 après normalisation à $\beta\gamma = 1$ et ceci pour un nombre moyen de particules par anneau de $1,8 \cdot 10^{12}$ p.p.p.

Precision des mesures :

Des mesures systematiques et reproductibilités et de precision ont toujours abouti aux mêmes ordres de grandeur :

$$\left. \begin{array}{l} \text{Par exemple : } \phi = 40 \pm 0,4 \text{ mm} \\ \phantom{\text{Par exemple : }} \epsilon = 71 \pm 2\pi \text{ mm} \cdot \text{mad} \end{array} \right\} \frac{\Delta \epsilon}{\epsilon} = \pm 3\%$$

C'est la valeur généralement adoptée pour la suite

Emittances Horizontales :

Aucun des anneaux ne peut être frappé d'un blow-up horizontal : En effet, une valeur commune peut être trouvée à tous les points de mesure dans la limite de la marge d'erreur. D'autre part aucune loi systematique n'apparaît clairement.

Emittances Verticales :

Par contre, en vertical, les anneaux 2 et 4 semblent présenter un blow-up lent de l'ordre de 15%

La faible precision ainsi que le trop petit nombre de mesures ne permettent pas de tirer de façon sûre des conclusions de certaines ressemblances qui semblent apparaître pour les 4 anneaux dans

l'évolution de leur émittance verticale.

- léger blow-up ($\sim 5\%$) dans les 150 à 200 premiers ns
- diminution dans les 150 ns suivantes

(inexplicable par une perte hors du poisson, de particules, laquelle occasionnerait une diminution au moins égale en horizontal).

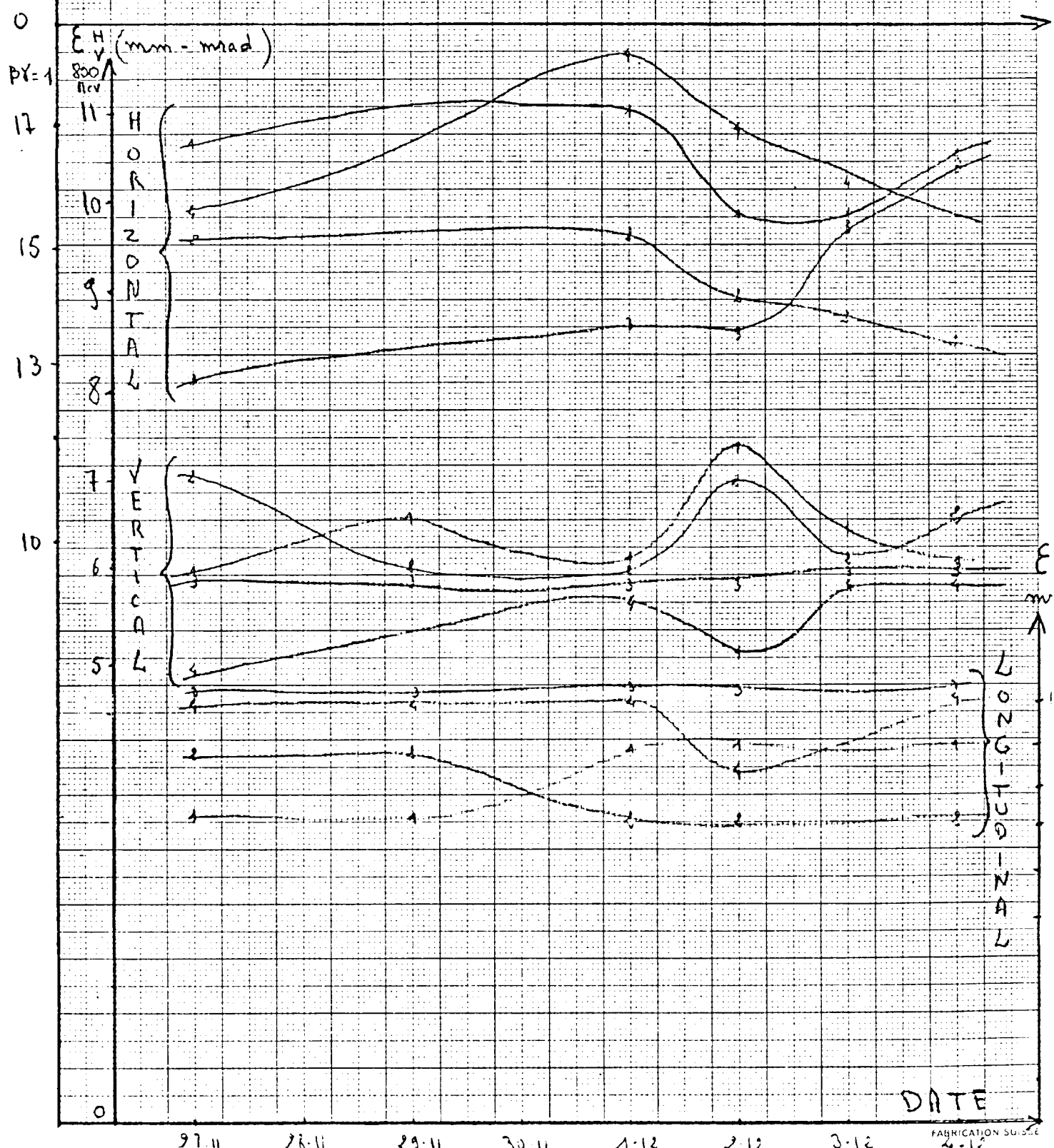
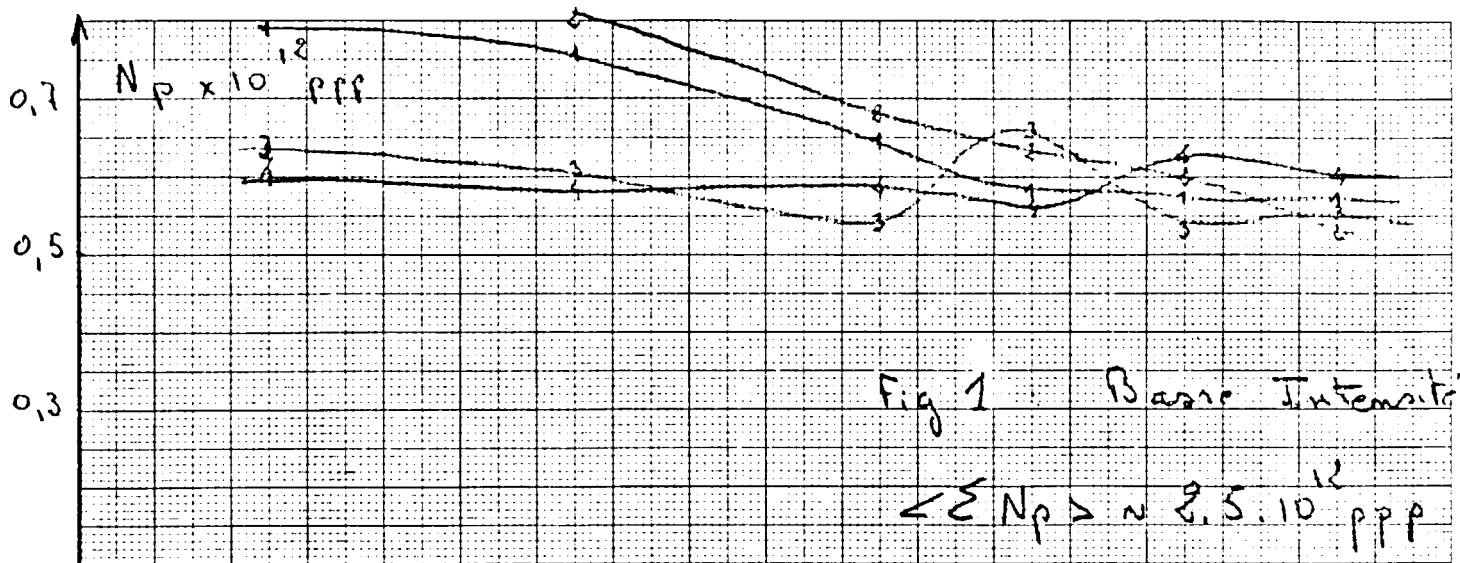
- fort blow up ($\sim 10\%$) dans les dernières 200 ns.

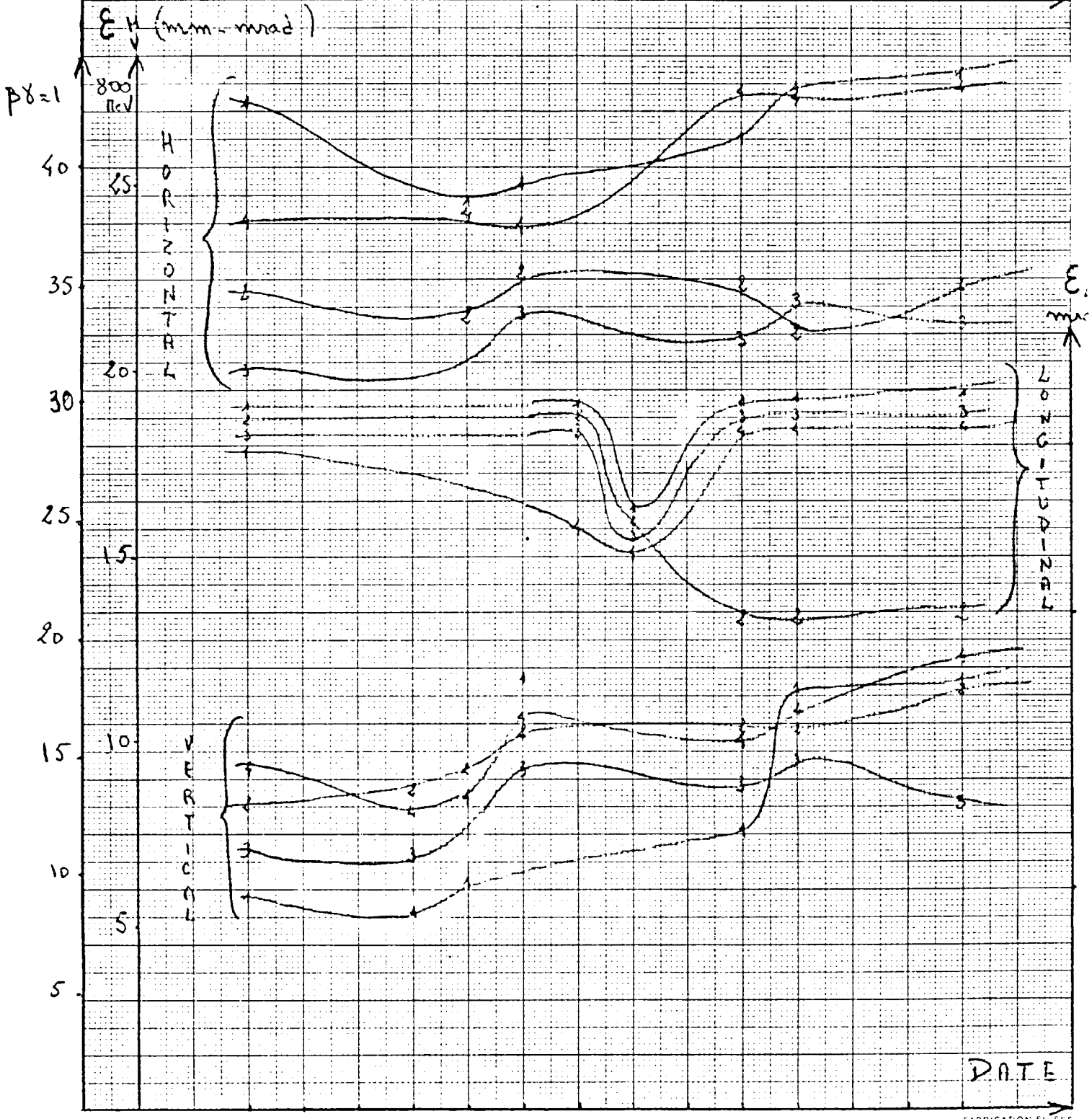
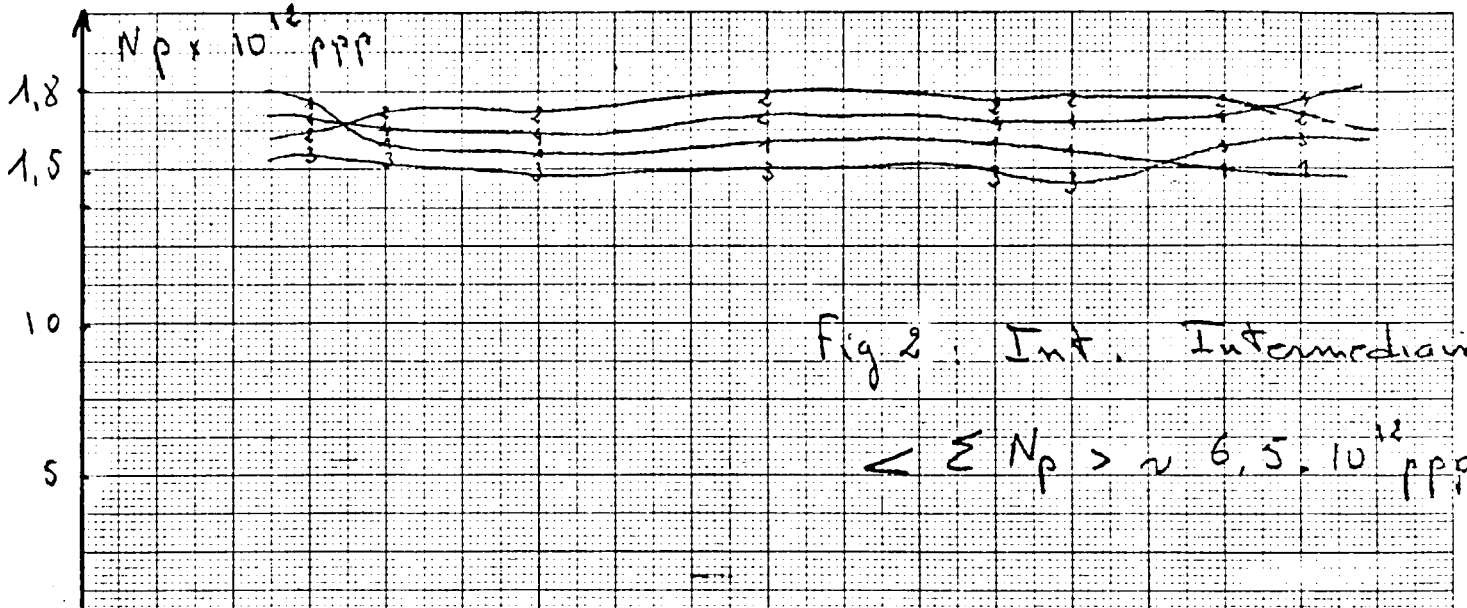
Il est ainsi difficile de conclure sur la validité des mesures effectuées à une énergie de 450 MeV puis normalisées à 800 MeV.

Ces mesures seront donc reprises de façon plus précise et plus détaillée.

Tableau 1: Valeurs moyennes et usages des
des Qualités des 4 faisceaux Boosters

		Basse Intensité $\langle \Sigma N_p \rangle \sim 2,5 \cdot 10^{12}$ PPP					Intensité Intermédiaire $\langle \Sigma N_p \rangle \sim 6,5 \cdot 10^{12}$ PPP				
Anneau		1	2	3	4	Ensemble 4 anneaux	1	2	3	4	Ensemble 4 anneaux
N_p 10^{12} PPP	Valeur moyenne	0,60	0,61	0,58	0,59	2,40	1,61	1,71	1,59	1,69	6,6
	% de variation	7	13	12	4	9	4	3	6	3	6
	Val. minimale	0,57	0,53	0,54	0,58	2,20	1,59	1,67	1,50	1,66	5,5
E_H π mmrad	Valeur moyenne	16,4	14,2	14,4	16,5	15,4	41,2	34,4	31,8	39,8	36,8
	% de variation	5	7	15	12	10	5	3	7	9	6
	Val maximale	17,3	15,2	16,5	18,5	18,5	42,5	35	34	43,5	43,5
E_V π mmrad	Valeur moyenne	10,1	10,3	9,4	8,6	9,6	10,9	15,2	12,2	15,5	13,4
	% de variation	14	9	2	8	8	37	24	22	22	26
	Val maximale	11,5	11,2	9,6	9,3	11,5	15	19	15	19	19
E_L mrad	Valeur moyenne	8,1	7,8	10,5	9,96	9,09	13,1	11,9	13,1	12,7	12,7
	% de variation	10	11	0	15	9	15	15	15	10	14
	Val maximale	8,2	8,7	10,5	10,5	10,5	13,5	13,5	13,5	11,5	13,5
δ_H 10^{12} p /mmrad	Valeur moyenne	0,38	0,45	0,41	0,36	1,60	0,39	0,50	0,50	0,43	1,8
	% de variation	20	23	19	13	18	4	3	10	11	7
	Val minimale	0,34	0,40	0,34	0,31	1,39	0,38	0,48	0,45	0,38	1,6
δ_V 10^{12} p /mmrad	Valeur moyenne	0,63	0,66	0,62	0,69	2,60	1,54	1,15	1,31	1,11	5,1
	% de variation	30	8	13	13	16	31	22	19	20	23
	Val minimale	0,51	0,60	0,57	0,64	2,32	1,06	0,90	1,06	0,91	3,9
δ_L 10^{12} p /mmrad	Valeur moyenne	1,08	1,14	0,73	0,83	0,94	1,58	1,86	1,51	1,72	1,6
	% de variation	30	16	10	18	18	13	11	10	6	10
	Val minimale	0,84	0,95	0,65	0,70	0,65	1,51	1,65	1,40	1,57	1,4





$$\int \frac{H_v}{v} \times 10^{17} \text{ p/TT rad m}$$

Fig 3 Basse Intensité

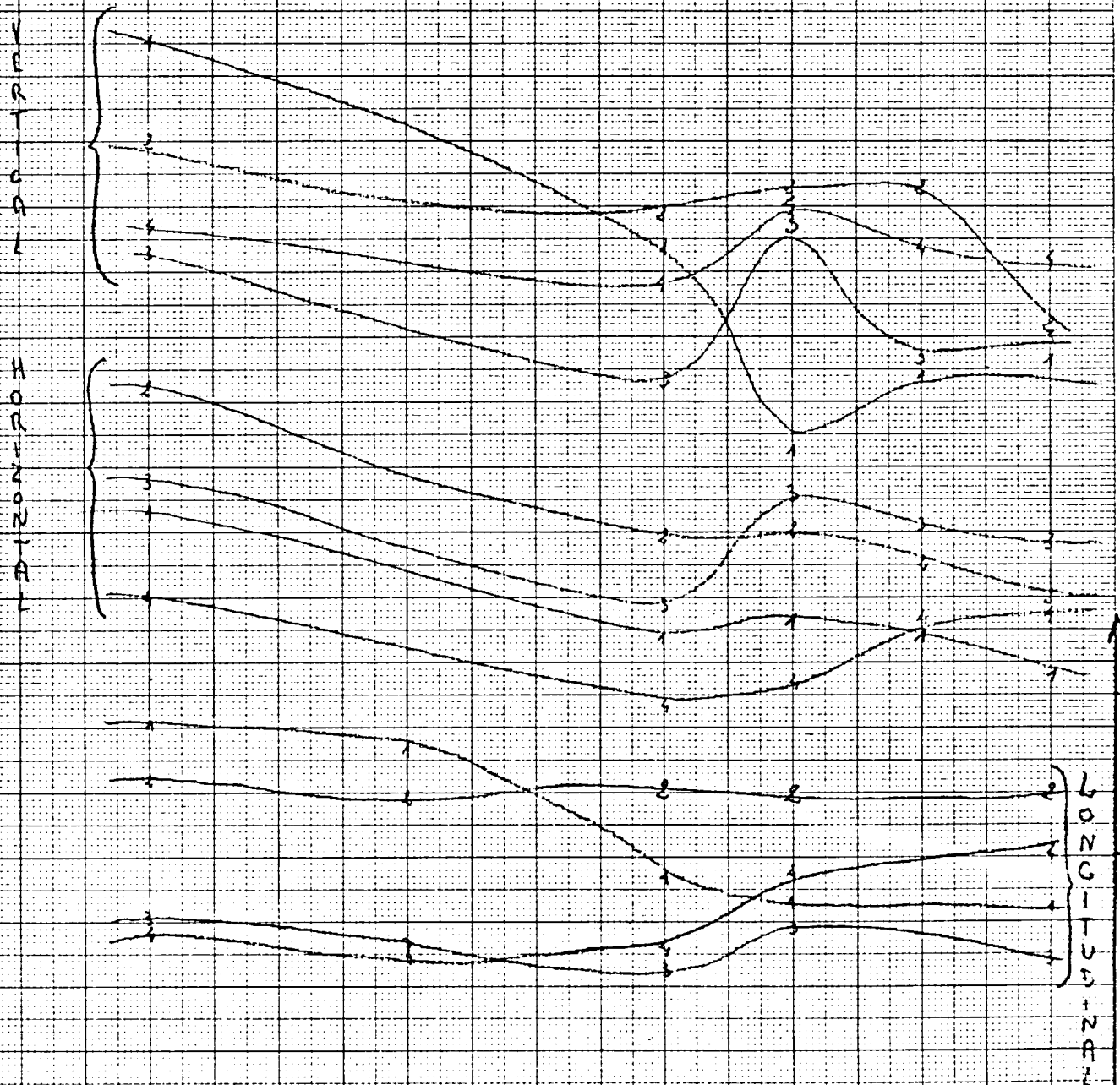
$$\langle \Sigma N_p \rangle \sim 2,5 \cdot 10^{12} \text{ p/pp}$$

1,0

0,5

0,1

0



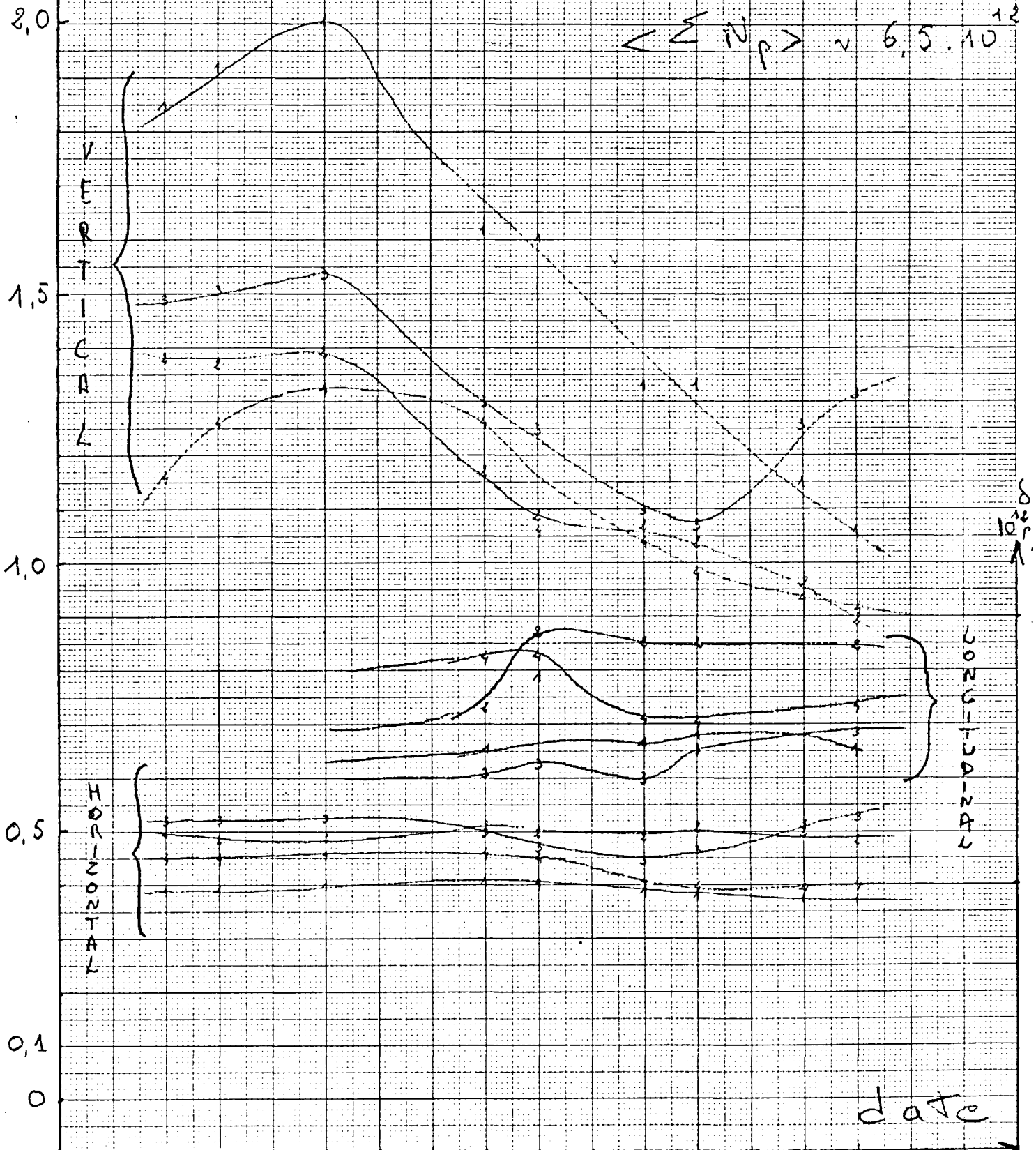
date

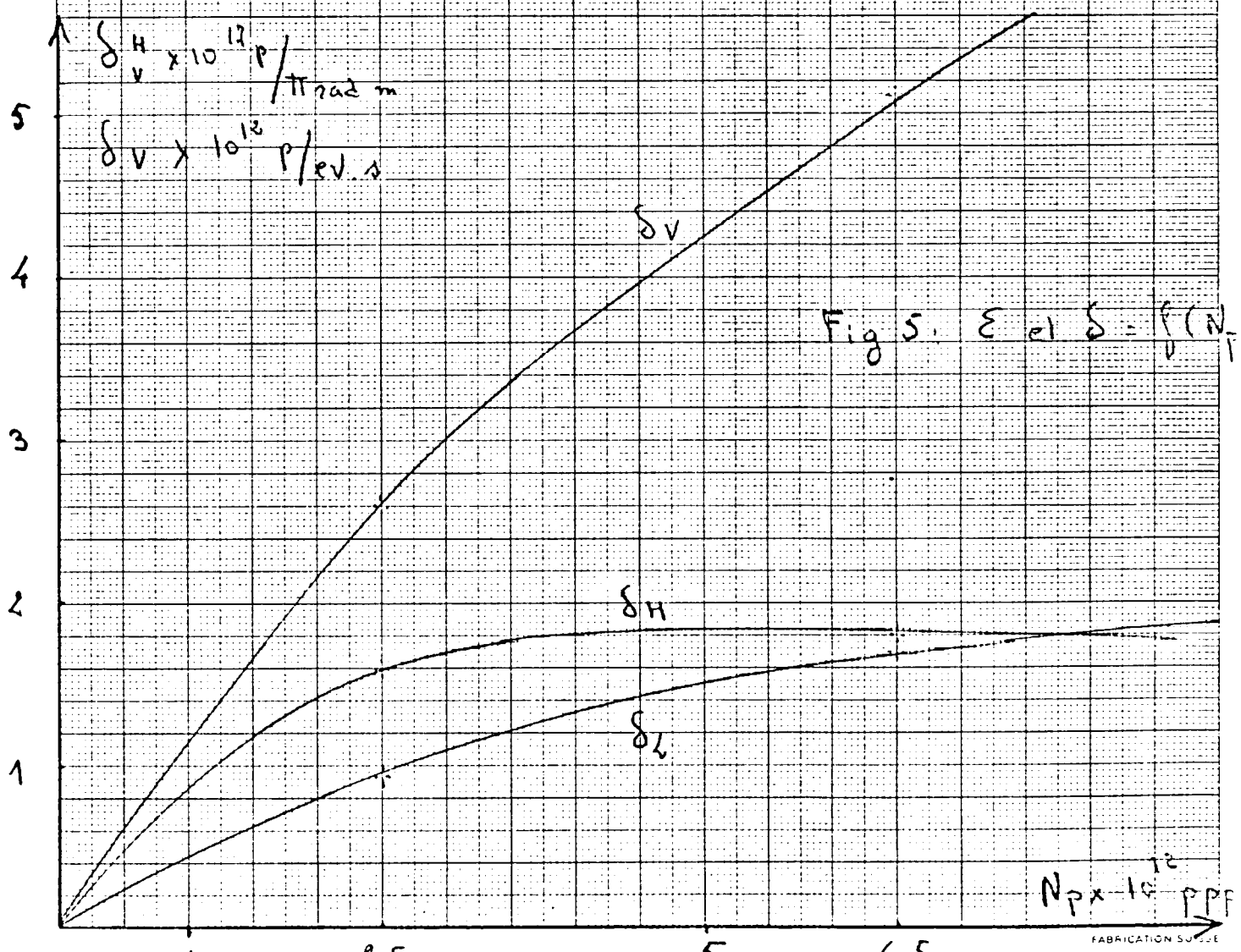
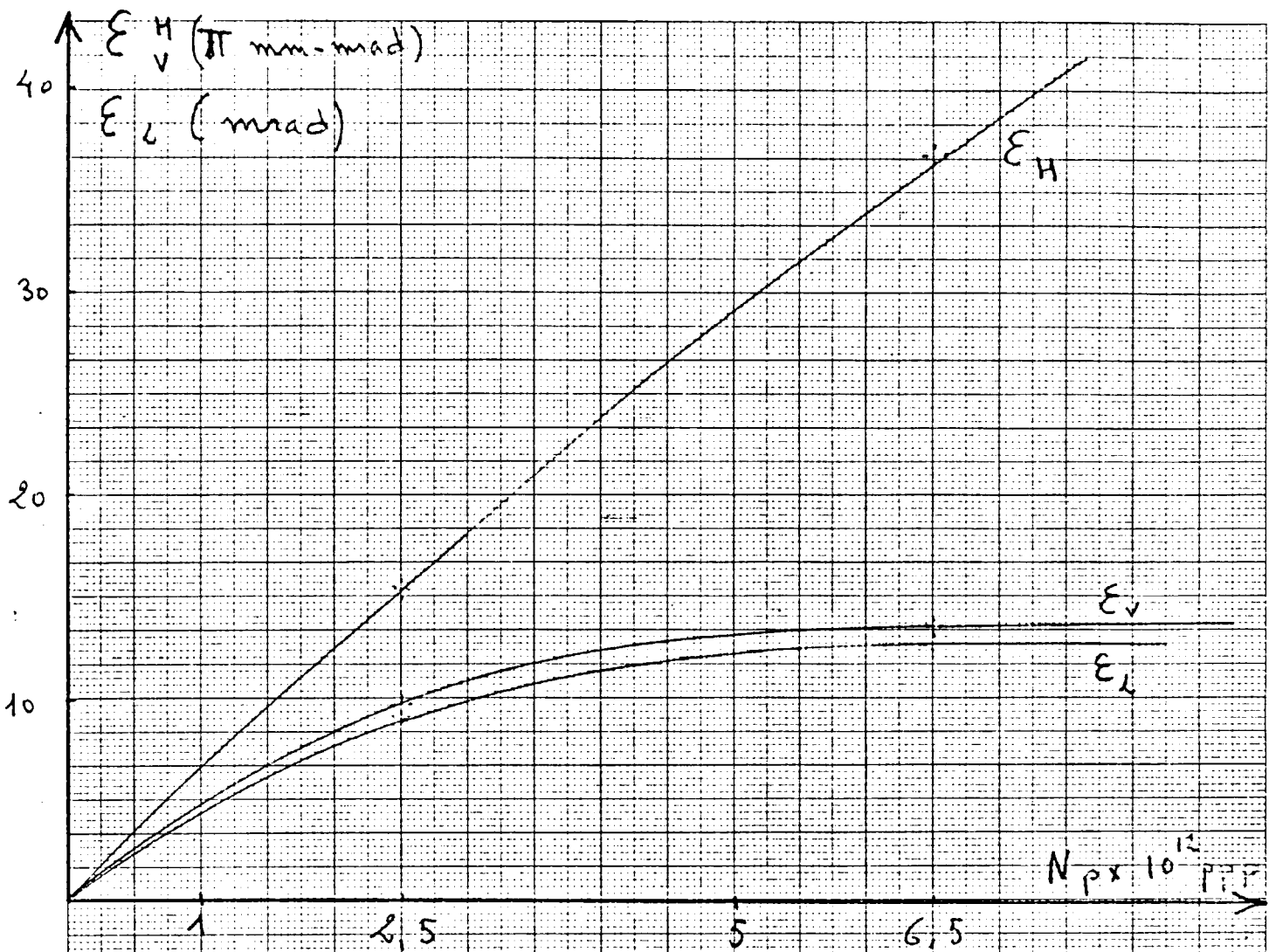
$$\frac{\delta H}{v} \times 10^{17} \text{ P} / \pi \text{ rad m}$$

Fig 4: Intensity

Intermediate

$$\langle \sum iV_p \rangle \approx 6,5 \cdot 10^{12}$$

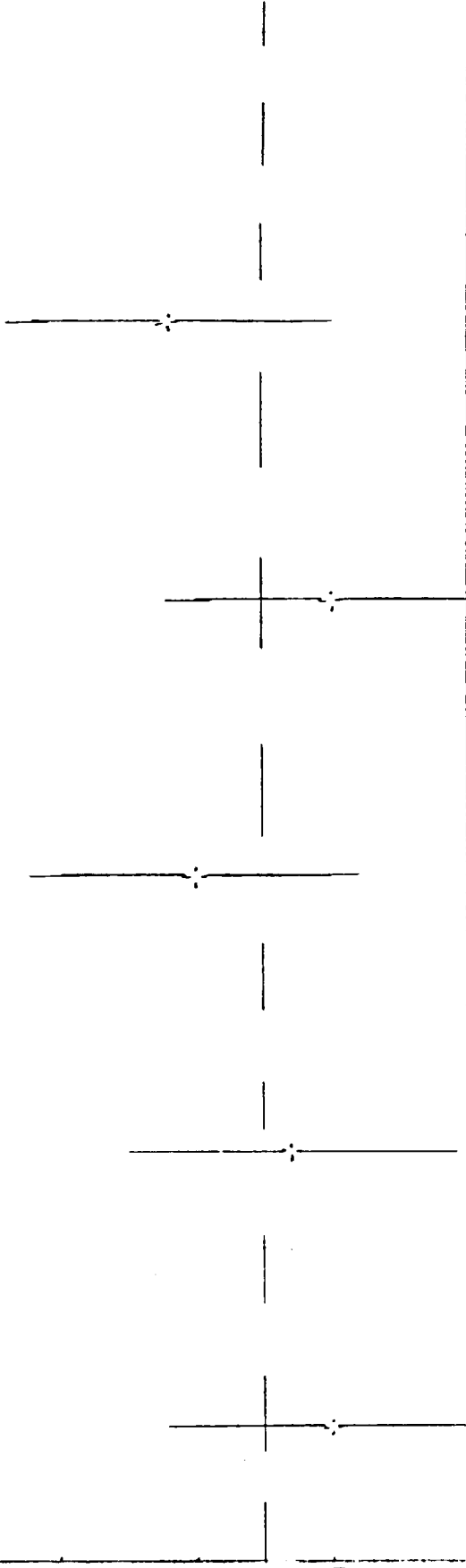




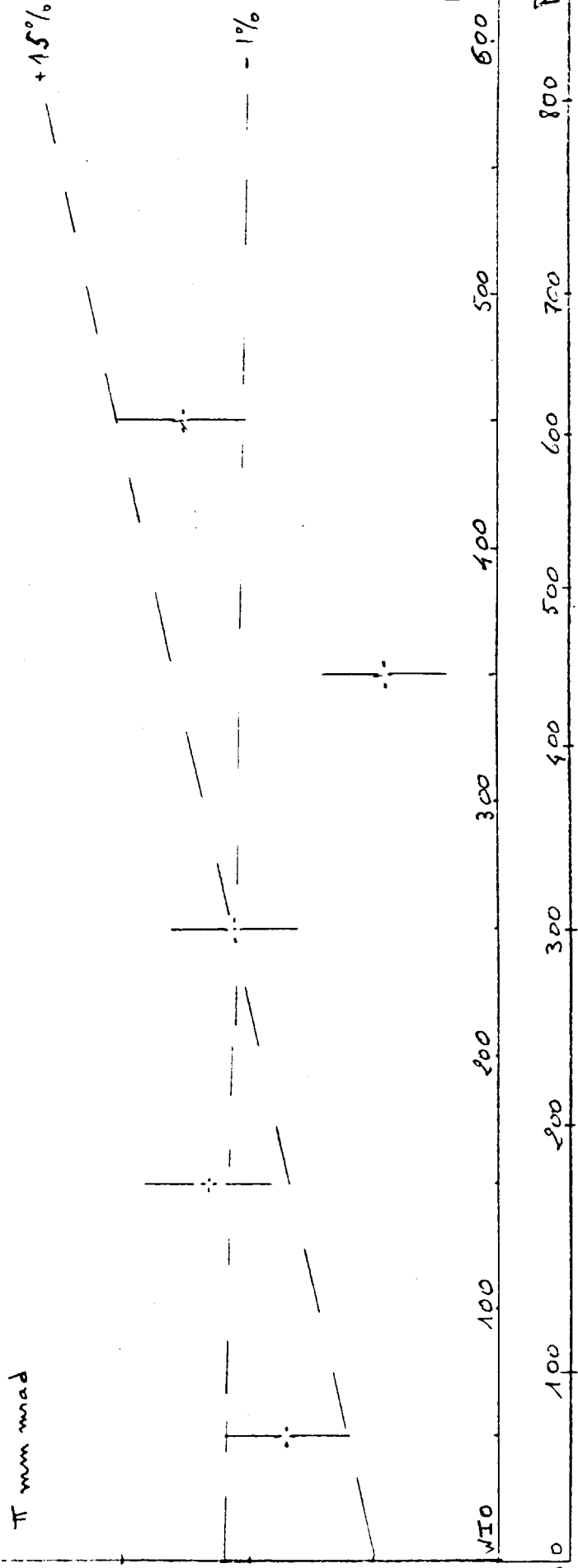
E_H (normalized $\beta\gamma = 1$)
 π mm mrad

Fig 6: Anneau 1

$$\langle N_p \rangle = 1.70 \cdot 10^{12} \text{ PPP}$$



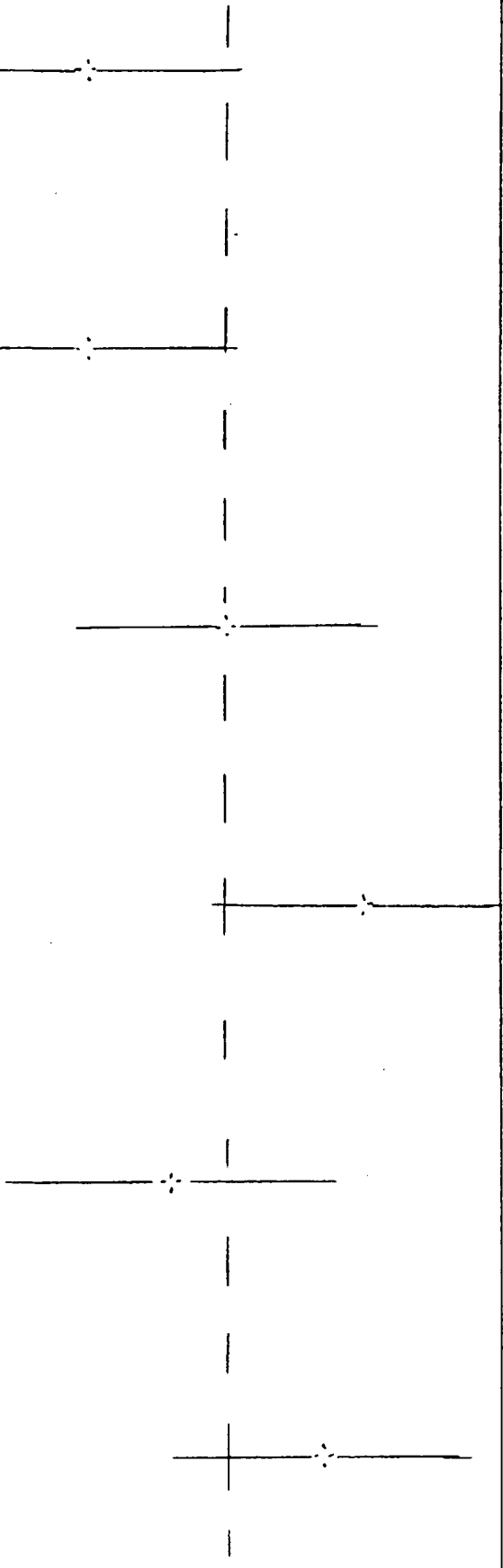
E_V (normalized $\beta\gamma = 1$)
 π mm mrad



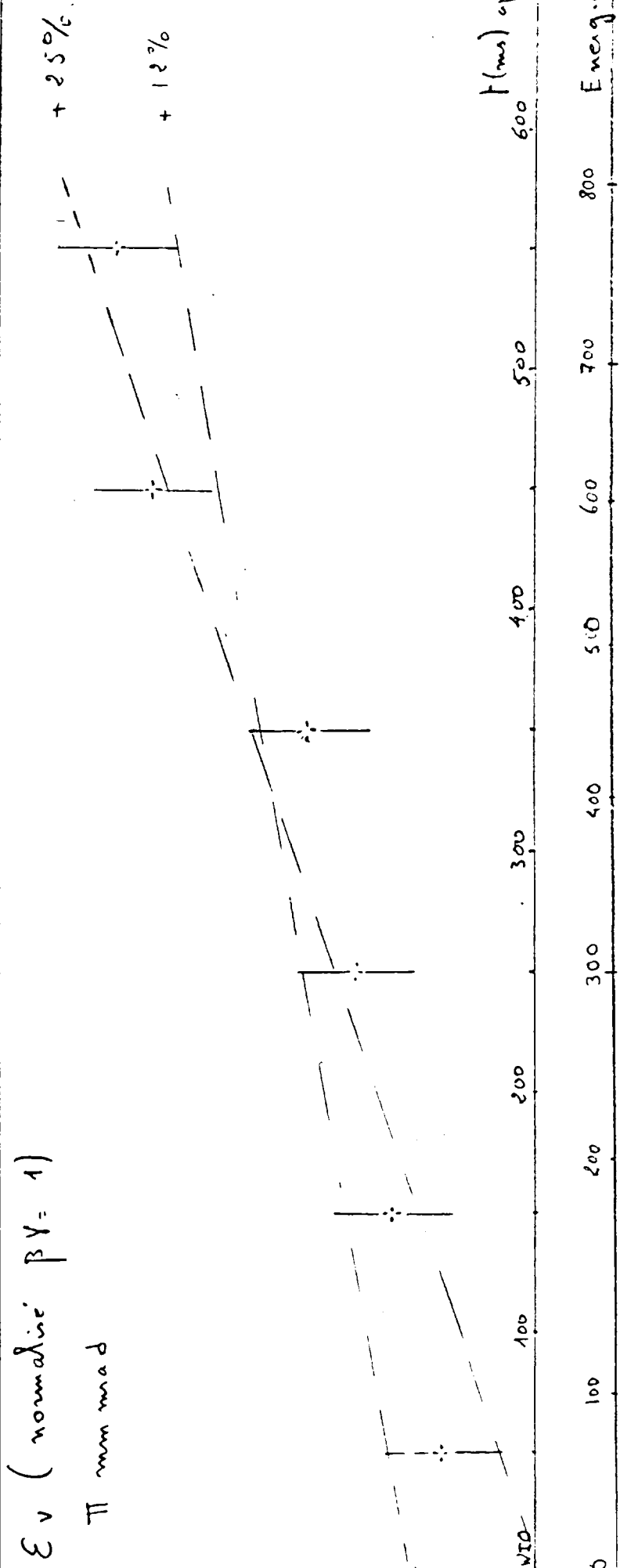
t (ms) after injection
 600
 800
 1000
 Energy (π eV)

E_H (normalisé $\beta_V = 1$)
 π mmrad

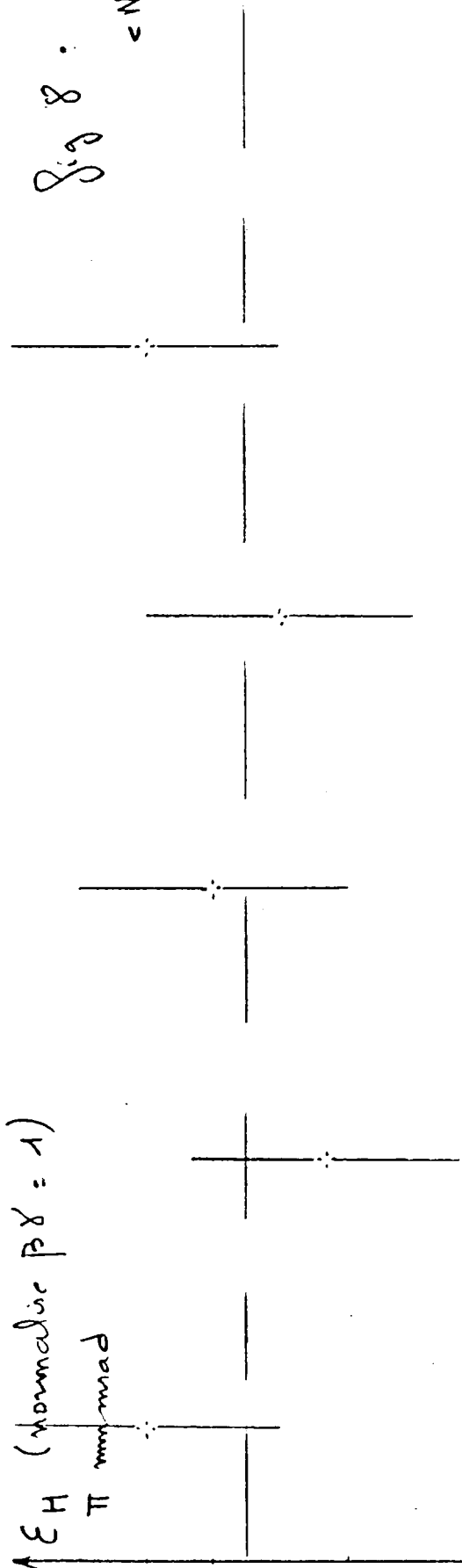
Fig 7: Anneau \mathcal{L}
 $\langle N_p \rangle = 1.80 \cdot 10^{12}$ pps



E_V (normalisé $\beta_V = 1$)
 π mmrad

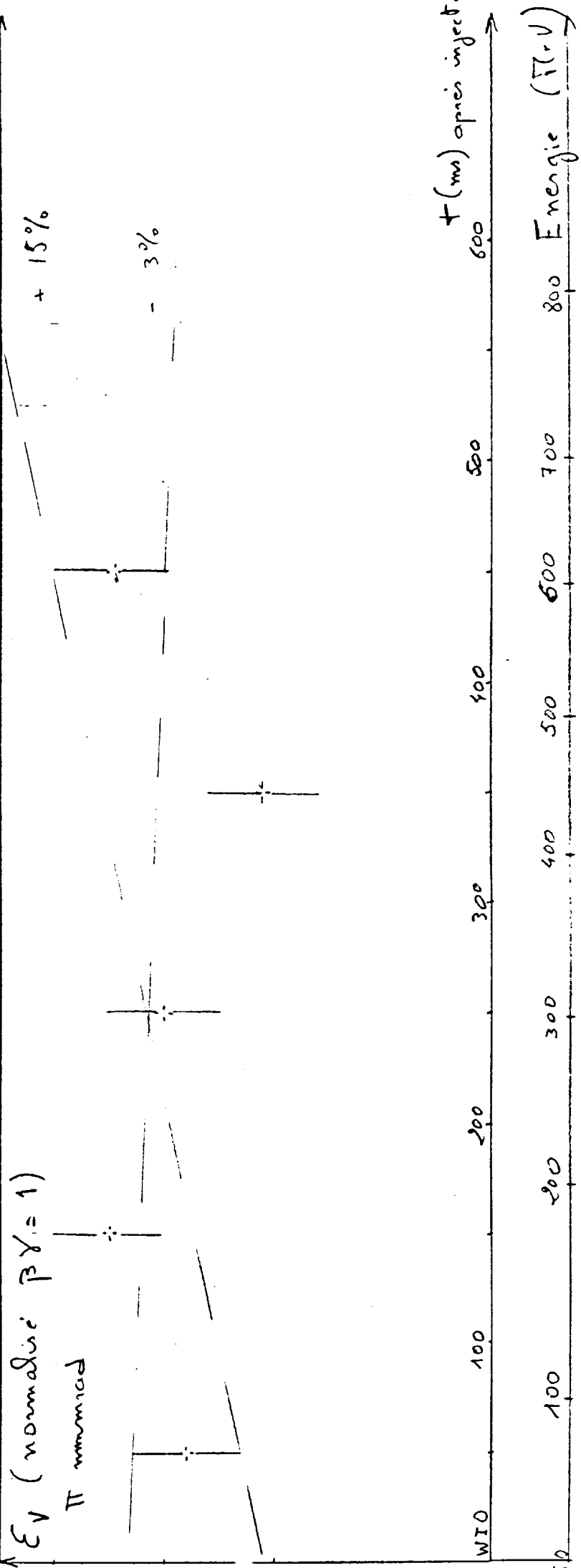


ϵ_H (normalisé $\beta\gamma = 1$)
 π mmrad



Sig 8 : Anneau 3
 $\langle N_P \rangle = 1,90 \cdot 10^{12}$ PPP

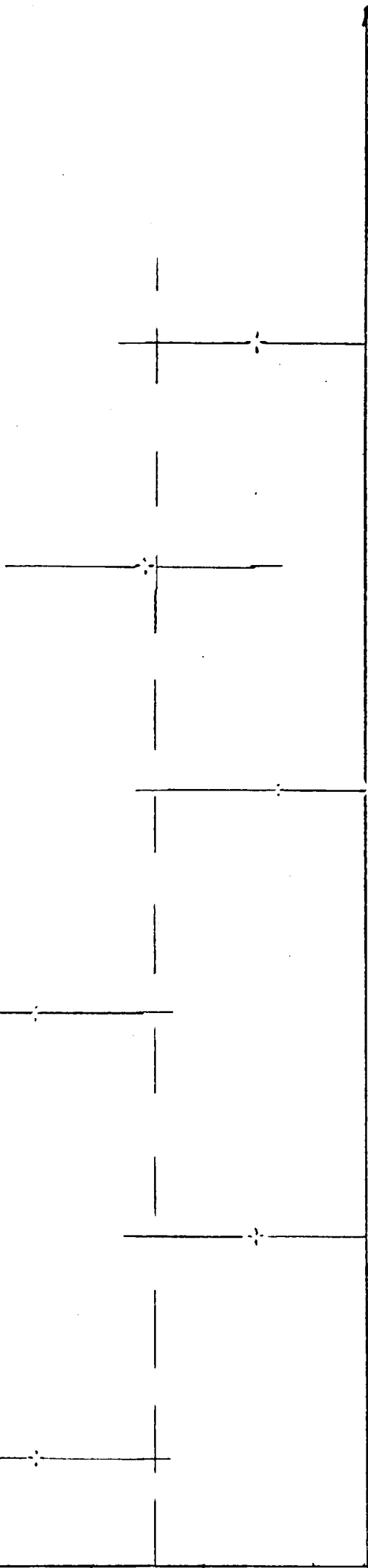
ϵ_V (normalisé $\beta\gamma = 1$)
 π mmrad



t (ms) après injection
 600 800 Energie (TeV)

ΣH (normalised $\beta \gamma = 1$)
 π mm mod

Sig 9 : Amrean 4
 $\langle N_p \rangle = 1,70.10^{12}$ PPF



ΣV (normalised $\beta \gamma = 1$)
 π mm mod

