

INT 149/88

ETUDE D'UN GYROTRON
DE 39 GHZ

André PERRENOUD

Août 88

Centre de Recherches en Physique des Plasmas
Association Euratom - Confédération Suisse
Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne

TABLE DES MATIERES

1. Introduction	2
1.1 Spécifications	
1.2 Géométrie des bobines (Oxford Instruments)	
2. Choix des paramètres principaux	4
2.1 Résonateur	
2.2 Faisceau d'électrons	
3. Canon d'électrons	6
3.1 Cathode	
3.2 Courants dans les bobines	
3.3 Simulations numériques	
3.4 Influence de la tension d'électrode (V_e)	
3.5 Influence du courant dans la bobine du canon	
4. Caractéristiques théoriques du gyrotron	9
4.1 Efficacité et courant d'accrochage	
4.2 Pertes ohmiques	
4.3 Modes parasites	
5. Collecteur	11
5.1 Variante 1: 3 bobines	
5.2 Variante 2: 4 bobines	
6. Conclusions	13
Figures	14
Appendices	
A) Superconducting magnet for 60 / 70 GHz gyrotron tube	
B) Liste des fichiers de données	

1. INTRODUCTION

Ce travail fait suite à l'étude d'un gyrotron à 42 GHz (INT 143/87) Outre l'abaissement de la fréquence à 39 GHz, les modifications principales sont les suivantes:

- diminution du rayon d'entrée de la cavité de telle sorte que le mode TE_{01} soit en coupure et ne puisse se propager en arrière vers le canon,
- centrage du faisceau d'électrons sur le premier maximum radial du TE_{02} ,
- utilisation d'un aimant standard (Oxford Instruments) pour raccourcir les délais de livraison,
- durée des impulsions portée à 100 ms.

1.1 Spécifications

- * Gyrotron classique pulsé de 39 GHz
- * Mode TE_{02}
- * Diamètre du tube de sortie: 6.35 cm (2.5")
- * Puissance HF: 300 kW avec un faisceau de 10 A et 80 kV
- * Durée maximale des impulsions: 100 ms
- * Charge thermique maximale au collecteur: 0.7 kW/cm²
- * Utilisation: démarrage de TCA (tests) et TCV

1.2 Géométrie des bobines

Le système de bobines supraconductrices pour gyrotrons de 60 / 70 GHz d'Oxford Instruments se compose de 3 bobines (fig. 1). Les dimensions approximatives des enroulements peuvent être déduites du schéma inclu dans la notice du fabricant (appendice 1).

bobine	z1	z2	r1	r2	
1	-9.45	-1.73	7.62	11.43	cm
2	1.73	9.45	7.62	11.43	
3	-28.45	-25.91	10.16	13.80	

Le diamètre intérieur du cryostat est de 10.16 cm (4.1") dans la zone d'interaction et de 15.24 cm au niveau de la cathode. Lors d'une étude préliminaire (GT-45) ABB-EKR a estimé le diamètre du canon à 13 cm environ. Le tube du gyrotron devra donc être mis en place par le bas.

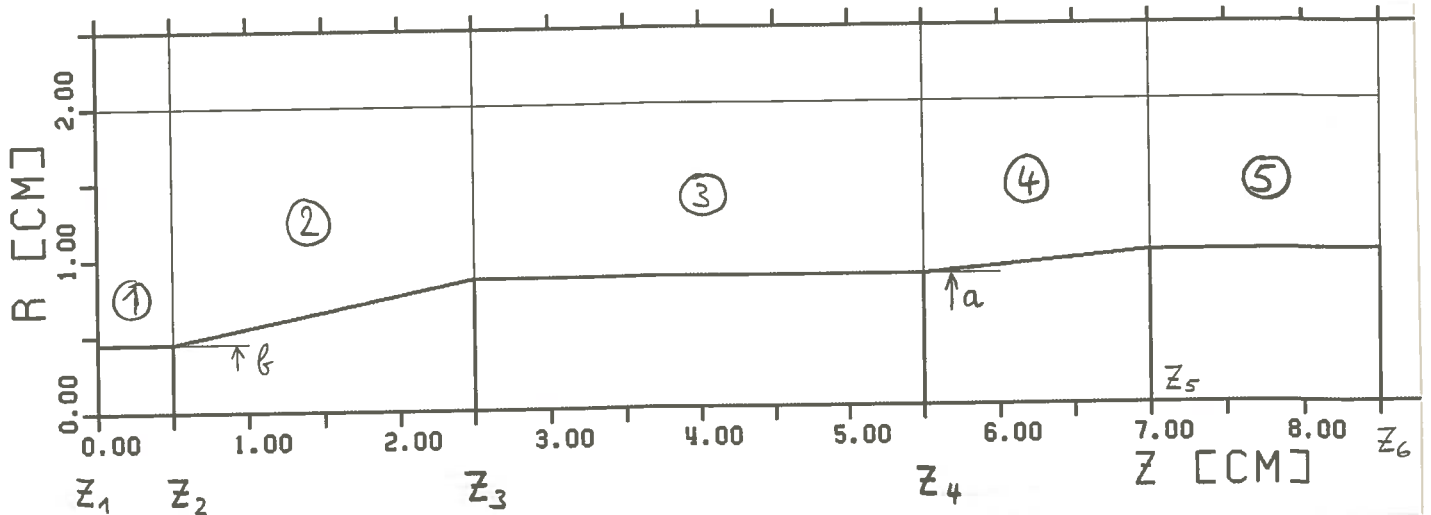
Dans la zone d'interaction, le champ est homogène à 0.1 % à l'intérieur d'un cylindre de 3 cm de long et de 5 mm de diamètre. Cela devrait suffire car la largeur à mi-hauteur du champ RF dans la cavité est de 2.7 cm.

2. CHOIX DES PARAMETRES PRINCIPAUX

Les notations et conventions sont en principe les mêmes que dans l'étude INT 143/88.

2.1 Résonateur

Le résonateur comporte 5 sections. Il s'agit de déterminer tout d'abord le rayon (a) de la section centrale et le rayon (b) du col.



Longueur d'onde à $f = 39$ GHz: $\lambda = \frac{c}{f} = 7.687$ mm

Mode TE_{02} : $k_{\perp} a = \gamma_{02}$ ($\gamma_{mp} = p^{\text{ième}}$ zéro de $J'_m(x)$)

$$\text{d'où: } a = \frac{\gamma_{02}}{k_{\perp}} = \gamma_{02} \cdot \frac{\lambda}{2\pi} = 7.0156 \cdot \frac{\lambda}{2\pi} = 8.583 \text{ mm.}$$

Col d'entrée en coupure pour le TE_{01} : $k_{\perp} b < \gamma_{01}$

$$\text{d'où: } b < \frac{\gamma_{01}}{k_{\perp}} = \gamma_{01} \cdot \frac{\lambda}{2\pi} = 3.8317 \cdot \frac{\lambda}{2\pi} = 4.688 \text{ mm.}$$

Choisissons $b = 4.5$ mm.

Peuvent encore se propager dans le col:

$$TE_{21} \quad (\gamma_{21} = 3.0542)$$

$$TE_{11} \quad (\gamma_{11} = 1.8412)$$

L'indice azymuthal m étant différent, la conversion de mode devrait être négligeable. Néanmoins le TE_{21} a la même symétrie azymuthale que le TE_{22} dont la fréquence de résonance est proche du TE_{02} (cf section 4.4). Donc prudence avant de produire de longues impulsions en TE_{22} .

L'affaiblissement de l'amplitude du TE_{01} décroît exponentiellement. En dessous de la fréquence de coupure, l'exposant de propagation est purement réel:

$$= \sqrt{\left(\frac{\gamma_{01}}{\beta}\right)^2 - \left(\frac{\omega}{c}\right)^2} = 0.24 \text{ Np/mm}$$

Pour avoir une atténuation d'un facteur 10 sur l'amplitude:

$$l = \frac{\ln 10}{\alpha} = 9.7 \text{ mm.}$$

La forme du résonateur a ensuite été déterminée par approximations successives au moyen du programme CAVFIL9. On peut faire varier le facteur de qualité en jouant sur la longueur de la partie médiane.

	z_3	z_4	z_5	z_6	a	b	f rés	Q
A)	25	50	65	80	8.64	4.5	39.006	236
B)	25	55	65	85	8.624	4.5	39.015	364
C)	25	60	65	90	8.617	4.5	39.003	530
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[GHz]	

2.2 Faisceau d'électrons

Le modulateur H.T. existant sera utilisé. La puissance maximum vaut:

$$P_e = V_{\max} \cdot I_{\max} = 80 \cdot 10 = 800 \text{ kW}$$

$$\text{Prenons } V = 80 \text{ kV, d'où } \gamma_0 = 1.157$$

$$\text{Anisotropie } \alpha = 1.5 ; \beta_{\parallel 0} = 0.279 ; \beta_{\perp 0} = 0.418.$$

Le faisceau étant maintenant centré sur le premier maximum du TE_{02}

$$\text{on a } R_e = \frac{\gamma_{11}}{\gamma_{02}} \cdot a = \frac{1.8412}{7.0156} \cdot a = \underline{2.25 \text{ mm.}}$$

Champ magnétique dans la zone d'interaction:

$$B_0 = \frac{m_e}{e} \gamma_0 \omega \left(1 - \frac{\beta_{\perp 0}^2}{2} \Delta \right) ; \quad \frac{e}{2\pi m_e} = 27.992 \text{ GHz/Tesla}$$

$$\text{A l'optimum } \Delta = 0.5, \text{ d'où } \underline{B_0 = 1.542 \text{ Teslas}}$$

$$\text{Rayon de Larmor: } r_L = \frac{m_e \gamma_0 \beta_{\perp 0} c}{e B_0} = \underline{0.535 \text{ mm.}}$$

L'espace entre l'enveloppe du faisceau et le col du résonateur ($b - R_e - r_L = 1.7 \text{ mm}$) est suffisant pour garantir un alignement sans problème des composants du gyrotron.

3. CANON D'ELECTRONS

Le canon est du type MIG à 3 électrodes. Les paramètres géométriques sont définis à la fig.2.

3.1 Cathode

Position par rapport au champ magnétique: $z_k = -28$ cm

Facteur de compression $\alpha_c = B_0 / B_k = 16$

Rayon de la partie émissive: $R_k = \sqrt{\alpha_c} \cdot R_e = 9$ mm

Longueur de la partie émissive: $l_k = 3$ mm

Surface émissive: $2\pi R_k l_k = 1.70$ cm²

Densité de courant à 10 A: 5.9 A/cm² (identique au canon du GT-120)

3.2 Courants dans les bobines

Avec $B_0 = B_z(z=0.) = 1.54$ T, le tableau ci-dessous explique le choix de la position de la cathode.

At(1)	At(2)	At(3)	z_k	$\alpha_c = B_0/B(z_k)$
180360	180360	0	-26	12.47
			-27	13.95
			-28	15.55
			-29	17.28
			-30	19.14
--> 179870	180900	-496	-28	16.0
[At]	[At]	[A]	[cm]	

Le profil du champ B_z est montré à la fig.1.

3.3 Simulations numériques

Comme toujours de nombreux tâtonnements sont nécessaires jusqu'à l'obtention d'un faisceau acceptable avec $\alpha = 1.5$ et une dispersion sur α inférieure à 10%.

Les paramètres suivants ont été retenus (en cm):

Cathode:

$$R_k = 0.9, \quad \alpha_1 = \alpha_2 = 35^\circ, \quad l_k = 0.3, \quad R_t = 1.6, \quad R_{c1} = 0.5$$

Electrode:

$$d_k = 1.1, \quad R_{e1} = 1.3, \quad d_e = 3.2, \quad R_{c2} = 0.5, \quad R_{c3} = 0.3, \quad R_{e2} = 3.5$$

Anode et tunnel d'électrons:

$$d_{an} = 2.8, \quad R_{c4} = 0.5, \quad \beta = 3.5^\circ, \quad R_b = 0.6, \quad d_b = 10., \quad R_{b2} = 0.5, \\ d_{b2} = 13.$$

3.4 Influence de la tension d'électrode V_e

Run	V_e [kV]	$\alpha = \frac{\beta_{\perp o}}{\beta_{\parallel o}}$	$\beta_{\perp o}$	R_e [mm]
89	22.	0.714 ± 4.6 %	0.291 ± 2.8 %	2.36 ± 11 %
88	23.	0.836 ± 3.1 %	0.321 ± 1.8 %	2.49 ± 12 %
87	24.	0.981 ± 2.7 %	0.350 ± 1.4 %	2.65 ± 10 %
86	25.	1.04 ± 4.5 %	0.360 ± 2.1 %	2.37 ± 17 %
85	26.	1.23 ± 5.4 %	0.388 ± 2.0 %	2.34 ± 17 %
84	27.	1.54 ± 7.2 %	0.416 ± 2.0 %	2.34 ± 17 %
83	28.	2.62 ± 24.7 %	0.461 ± 2.6 %	2.55 ± 16 %

Les moyennes sont faites sur 40 particules. α est représenté à la fig.3.
La dispersion sur α vient principalement de $\beta_{\parallel o}$.

3.5 Influence du courant dans la bobine du canon

Run	At(3) [A]	$\alpha = \frac{\beta_{\perp 0}}{\beta_{\parallel 0}}$	$\beta_{\perp 0}$	R_e [mm]
91	+500	1.130 ± 3.9 %	0.374 ± 1.6 %	2.41 ± 15 %
90	0	1.225 ± 4.4 %	0.387 ± 1.7 %	2.32 ± 16 %
84	-496	1.52 ± 7.2 %	0.416 ± 2.0 %	2.34 ± 17 %
93	-600	1.76 ± 14.5 %	0.432 ± 3.0 %	2.46 ± 14 %
92	-1000	time limit (effet miroir)		

Lorsqu'on tient compte de la forme de la cavité, la vitesse parallèle des électrons décroît à cause de la chute de potentiel due à la charge d'espace, ce qui a pour conséquence de modifier légèrement les résultats ci-dessus.

Run	V_e	α	$\beta_{\perp 0}$	R_e
95	27.	1.73 ± 14.2 %	0.426 ± 3.1 %	2.39 ± 14 %
96	26.5	1.49 ± 11.6 %	0.411 ± 3.2 %	2.54 ± 15 %

Les trajectoires sont montrées à la fig.4.

4. CARACTÉRISTIQUES THÉORIQUES DU GYROTRON

4.1 Efficacité et courant d'accrochage

Trois résonateurs différents ont été étudiés. Leurs dimensions sont données à la page 5. Les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous.

résonateur	Q	profil RF FWHM	I_{start}	Efficacité à 10 A	Efficacité maximum	à
A	236	2.5	2.4	36 %	44 %	18
B	364	2.75	1.15	44 %	44 %	9.5
C	530	3.0	0.63	36 %	44 %	5.5
		[cm]	[A]			[A]

Le profil en z du champ RF est montré aux figs. 5a - 5c et l'efficacité aux figs. 6a - 6c.

Du point de vue de l'efficacité à 10 A, le résonateur B est quasiment optimal. La puissance RF extraite du faisceau est de 350 kW environ. Ce chiffre surestime vraisemblablement l'efficacité réelle du gyrotron. Pour des raisons simplificatrices évidentes, le programme suppose un champ magnétique uniforme et ne tient compte ni de la dispersion de la vitesse des électrons, ni de la chute de potentiel due à la charge d'espace du faisceau. Enfin, on suppose que seul le bon mode (TE_{021}) est excité, cf section 4.3.

4.2 Pertes ohmiques

Conductivité électrique du cuivre OFHC à 200° C: $\rho = 3.6 \cdot 10^7 (\Omega \cdot m)^{-1}$

Pour le résonateur B, à $I = 10$ A:

Total: $P_{ohm} = 4.7$ kW

Localement: 1.42 kW/cm² (valeur max.)

4.3 Modes parasites

En théorie, tous les modes TE en dessus de la fréquence de coupure peuvent exister si la condition de résonance (qui dépend du champ magnétique) est satisfaite. Le mode parasite le plus ennuyeux dans notre cas est le TE_{221} car son courant d'accrochage est minimum non loin de la valeur de champ B où l'efficacité à 10 A du TE_{021} est maximum. Le tableau ci-après résume la situation dans le cas du résonateur B.

Par rapport à l'étude précédente, le mode TE_{511} a disparu. Il est quasiment impossible de l'exciter avec un faisceau d'électrons de 2.25 mm de rayon.

mode		f [GHz]	Q	courant d'accrochage		B optimal à 10 A [T]
m	p q			Istart [A]	B [T]	
0	2 1	39.015	364	1.15	1.540	1.497
2	2 1	37.310	329	1.25	1.475	
0	2 2	39.618	94	8.0	1.530	
2	2 2	37.932	82	12.3	1.466	

Les figs 7, 8 et 9 montrent l'allure du profil en z du champ RF dans le résonateur. La fig.10 montre le spectre des modes en fonction du champ magnétique. Expérimentalement, il faudra travailler à une valeur de champ supérieure à 1.497 T pour être sûr de n'exciter que le TE_{021} .

Pour compléter l'étude, nous avons également calculé analytiquement le spectre du gyrotron:

- avec un profil RF supposé gaussien pour les modes avec $q = 1$ (progr. ISTART3, INT144/88), voir fig. 11a;
- avec un profil sinusoïdal (progr. ISTART4, INT145/88), voir fig.11b.

Les différences d'avec la fig.10 s'expliquent par l'asymétrie du profil RF et la grande sensibilité de Istart par rapport à L, la longueur effective d'interaction. Néanmoins, ces calculs simplifiés donnent rapidement (3 à 4 s CPU sur CYBER) une idée du spectre des modes.

5. COLLECTEUR

Le tube de sortie du gyrotron a un diamètre de 6.35 cm (2.5"). En plaçant des bobines autour, il est possible d'étaler la zone d'impact des électrons et de diminuer ainsi la charge thermique par cm^2 . Les simulations numériques des trajectoires ont été faites sur 2 tronçons: d'abord depuis la zone d'interaction ($z = 0$) jusqu'à $z = 30$ cm (up-taper, voir fig.12), puis en repartant de cet endroit jusqu'à la fin du collecteur.

En $z = 30$ cm le rayon du faisceau est compris entre 7 et 14 mm.

Sans bobines de collecteur les électrons interceptent la paroi du guide entre 53 et 77 cm, soit sur une surface de 480 cm^2 . Si l'on suppose que les 800 kW du faisceau sont uniformément répartis selon z , la puissance déposée est de 1.67 kW/cm^2 . Sur cette zone le champ magnétique axial décroît de 150 à 40 Gauss environ (fig.13).

5.1 Variante 1 3 bobines (n°4 à 6)

Rayon intérieur des enroulements: 7 cm
 " extérieur " " : 11 cm

Positions en z et courants:

$Z1(4) = 55, Z2(4) = 65, AT(4) = 760 \text{ At}$
 $Z1(5) = 75, Z2(5) = 85, AT(5) = 930 \text{ At}$
 $Z1(6) = 95, Z2(6) = 105, AT(6) = 550 \text{ At}$

Les courants sont choisis de telle sorte que:

$B_z(60) = 150 \text{ G}, B_z(80) = 105 \text{ G}, B_z(100) = 40 \text{ G}.$

Dans ces conditions, la zone d'impacts s'étend de $z = 55$ à $z = 95$ cm, soit sur 800 cm^2 , ce qui nous donne 1000 W/cm^2 . C'est plus que la valeur spécifiée (700 W/cm^2).

5.2 Variante 2 4 bobines (n°4 à 7)

Rayon intérieur des enroulements: 8 cm
 " extérieur " " : 12 cm

Positions en z et courants:

$Z1(4) = 55, Z2(4) = 65, AT(4) = 768 \text{ At}$
 $Z1(5) = 75, Z2(5) = 85, AT(5) = 1193 \text{ At}$
 $Z1(6) = 95, Z2(6) = 105, AT(6) = 1003 \text{ At}$
 $Z1(7) = 115, Z2(7) = 125, AT(7) = 715 \text{ At}$

Les courants sont choisis de telle sorte que:

$B_z(60) = 150 \text{ G}, B_z(80) = 120 \text{ G}, B_z(100) = 90 \text{ G}, B_z(120) = 60 \text{ G}.$

Dans ces conditions, la zone d'impacts s'étend de $z = 56$ à $z = 112$ cm, soit sur 1120 cm^2 , ce qui nous donne 720 W/cm^2 (fig.14).

En conclusion, avec 4 bobines on a assez de degrés de liberté pour répartir le charge thermique sur une surface suffisante. Les simulations ne tiennent pas compte de la puissance cédée au champ RF par les électrons. La valeur de 720 W/cm^2 est donc à considérer comme pessimiste en fonctionnement normal. L'effet gyrotron a certainement pour conséquence d'augmenter la dispersion des électrons et donc d'influencer la position de la zone des impacts. Un ajustement expérimental des courants dans les bobines du collecteur est à prévoir. Il est indispensable de pouvoir mesurer le profil de température le long du collecteur.

6. CONCLUSIONS

Dans cette étude, les dimensions principales de certains composants du gyrotron ont été fixées.

- Le canon à électron développé dans le lère étude et dont ABB a déjà fait des dessins préliminaires doit être modifié. La cathode est identique à celle du GT-120.
- Le détail du tunnel (beam duct) (structure absorbant la RF) reste à définir. Même technologie que pour les gyrotrons déjà développés.
- Les dimensions du résonateur TE_{021} sont fixées.
- Le collecteur à une charge thermique raisonnable.
- Une fenêtre à simple disque d' Al_2O_3 a été proposée dans l'étude précédente. Avec des impulsions de 100 ms, l'élévation de température au centre serait de $10^\circ C$ par impulsion. Un refroidissement est donc à prévoir. La contrainte tangentielle est de 25 MPa environ, soit 10 fois inférieure à la valeur de rupture.
- Les diagnostics n'ont pas encore été étudiés. Idéalement on devrait disposer des mesures suivantes:
 - puissance de sortie (calorimètre, coupleur(s))
 - fréquence (mixer, analyseur de spectre)
 - pureté du mode (k-spectro ?, analyse du champ lointain ?)
 - détecteurs d'arc
 - température de la fenêtre
 - profil de température dans le collecteur
- La ligne RF de transmission n'a pas encore été étudiées. Quelle sera son influence sur le gyrotron (réflexions) ?
- L'influence de la transition (up-taper) entre le résonateur et le guide d'onde n'a pas encore été étudiée. En principe, on dispose d'un espace suffisant pour une transition douce qui minimise la conversion de mode ($TE_{02} \rightarrow TE_{01}$ ou TE_{03}).

FIGURES

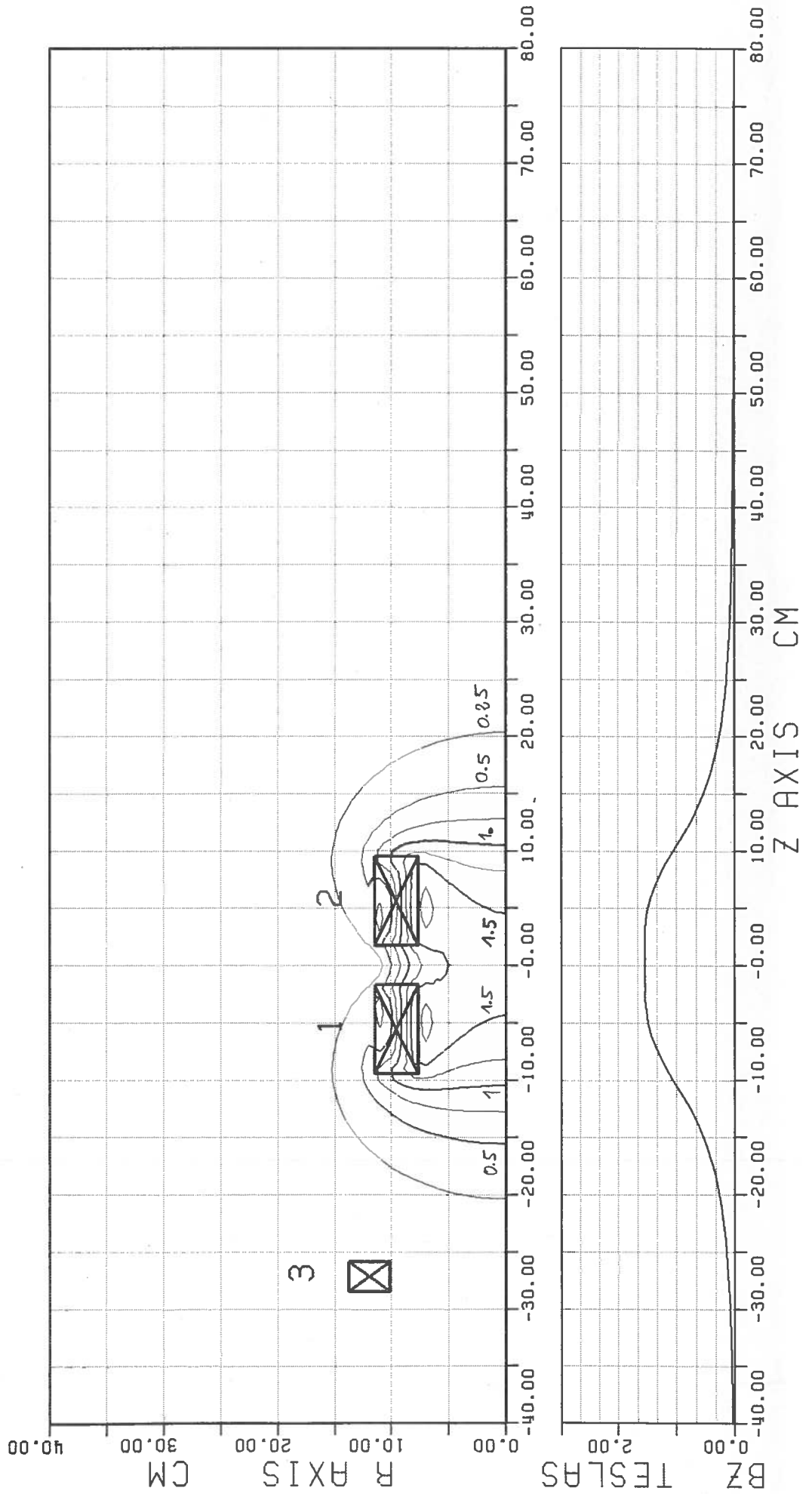
- Fig. 1 Disposition des bobines supraconductrices.
- Fig. 2 Définition des paramètres du canon à électrons.
- Fig. 3 Anisotropie en fonction de la tension d'électrode V_e .
- Fig. 4 Trajectoires des électrons de la cathode à la zone d'interaction.
En haut: sans la cavité; En bas: avec.
- Fig. 5a Profil du champ RF ($Q = 236$)
- Fig. 5b Profil du champ RF ($Q = 364$)
- Fig. 5c Profil du champ RF ($Q = 530$)
- Fig. 6a Efficacité et courant d'accrochage ($Q = 236$)
- Fig. 6b Efficacité et courant d'accrochage ($Q = 364$)
- Fig. 6c Efficacité et courant d'accrochage ($Q = 530$)
- Fig. 7 Profil du champ RF du TE_{221} ($Q = 329$)
- Fig. 8 Profil du champ RF du TE_{022} ($Q = 94$)
- Fig. 9 Profil du champ RF du TE_{222} ($Q = 82$)
- Fig. 10 Spectre des modes entre 1.37 et 1.62 Teslas
- Fig. 11a Courant d'accrochage en fonction de B. Modes TE_{mp1}
(Profil RF supposé gaussien, calcul analytique)
- Fig. 11b Courant d'accrochage en fonction de B. Mode TE_{mpq}
(Profil RF supposé sinusoïdal, calcul analytique)
- Fig. 12 Trajectoires électroniques après le résonateur de $z = 0$ à $z = 30$ cm (uptaper).
- Fig. 13 Trajectoires électroniques depuis $z = 30$ cm.
Sans bobines autour du collecteur.
- Fig. 14 Trajectoires électroniques depuis $z = 30$ cm.
4 bobines autour du collecteur.

CONTOUR PLOT OF STATIC MAGNETIC FIELD
 OXFORD INSTR. MAGNET @ 39 GHZ

GYROTRON PROJECT
 CAPP 88/07/11. 15.52.28.

COIL	CURRENT A* 10^6	CURRENT DENSITY A/CM**2
1	.17987E+06	.61153E+04
2	.18090E+06	.61503E+04
3	-.49600E+03	-.53647E+02

Fig. 1 Disposition des bobines supraconductrices.



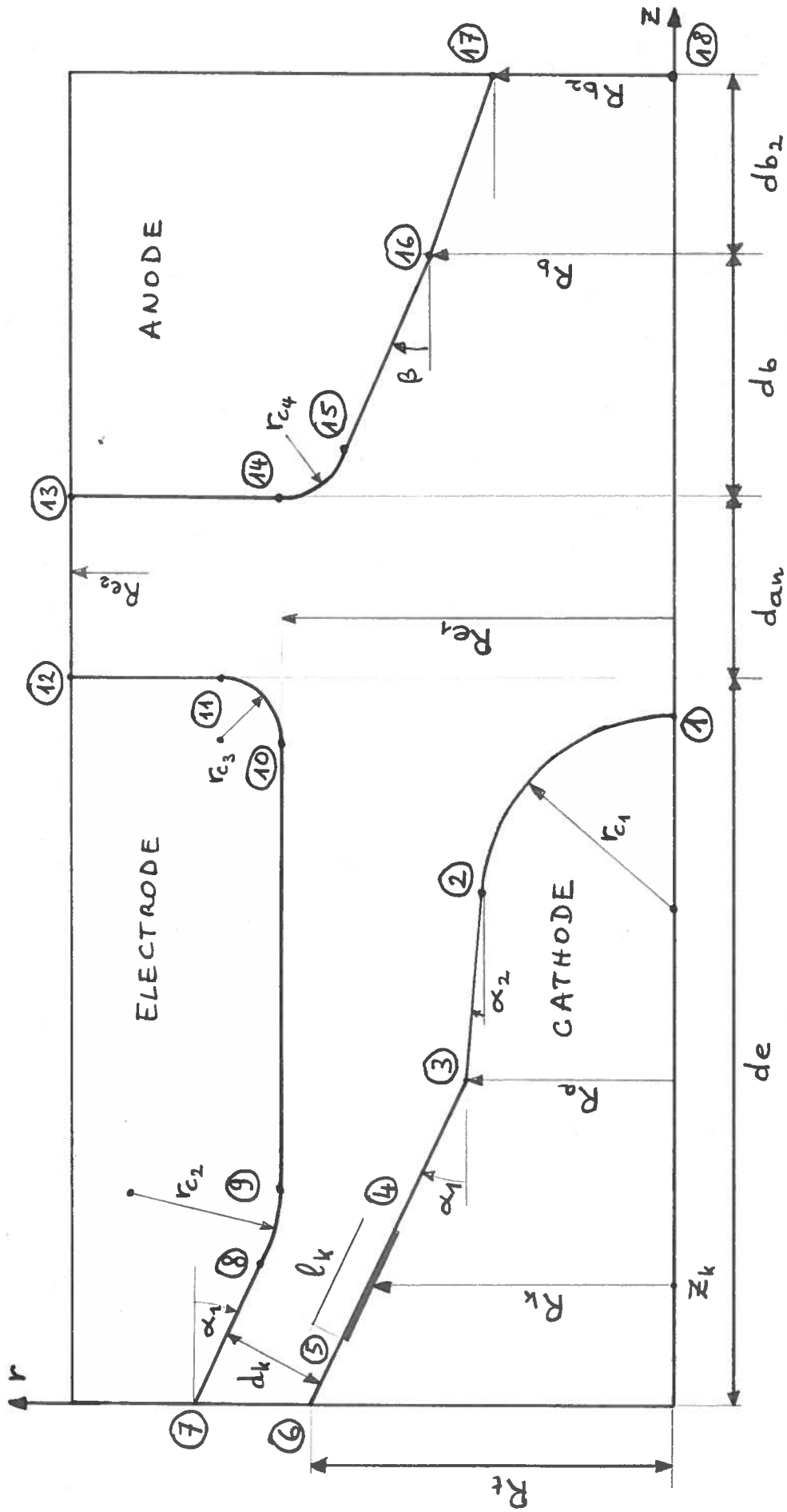


Fig. 2 Définition des paramètres du canon à électrons.

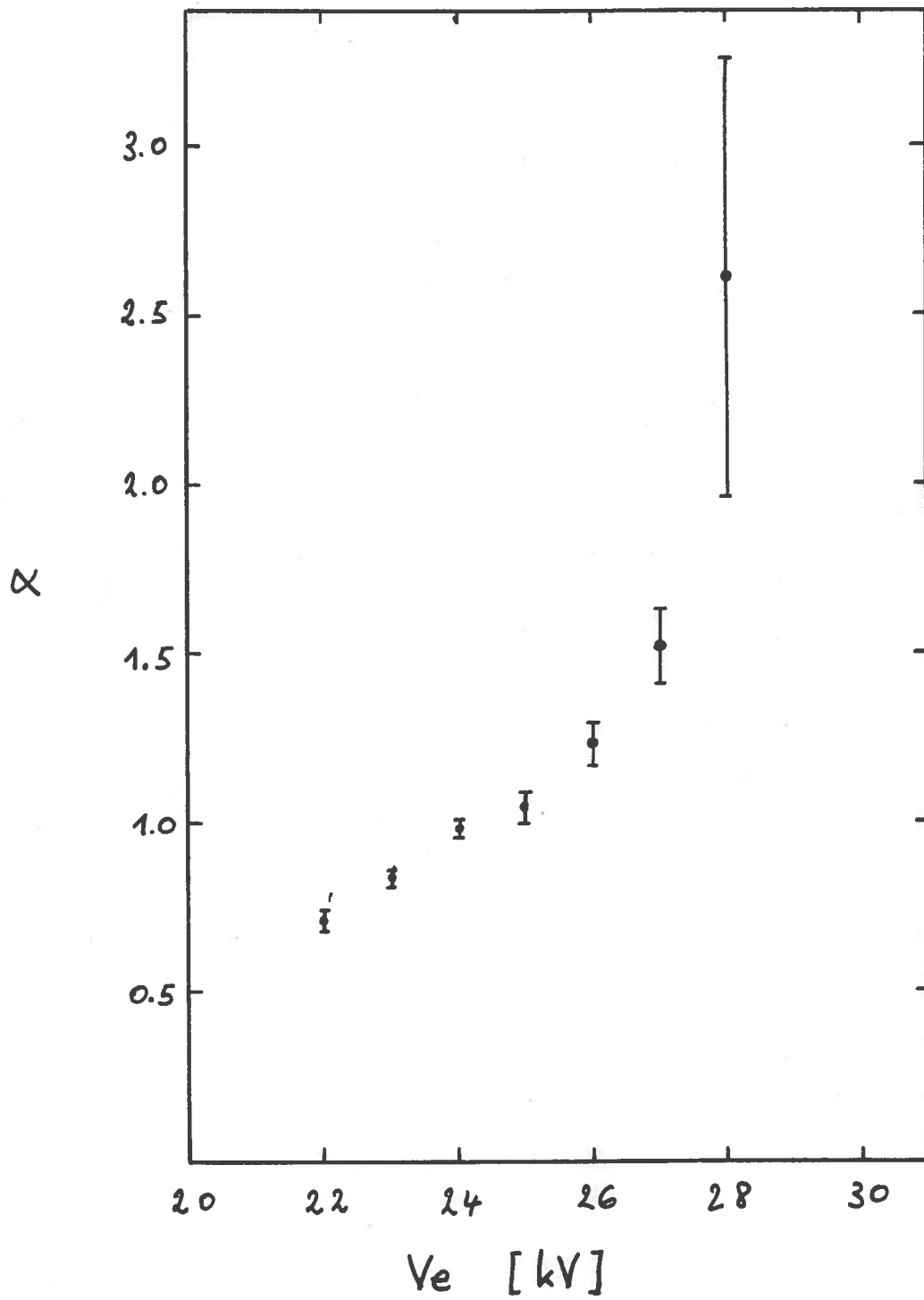
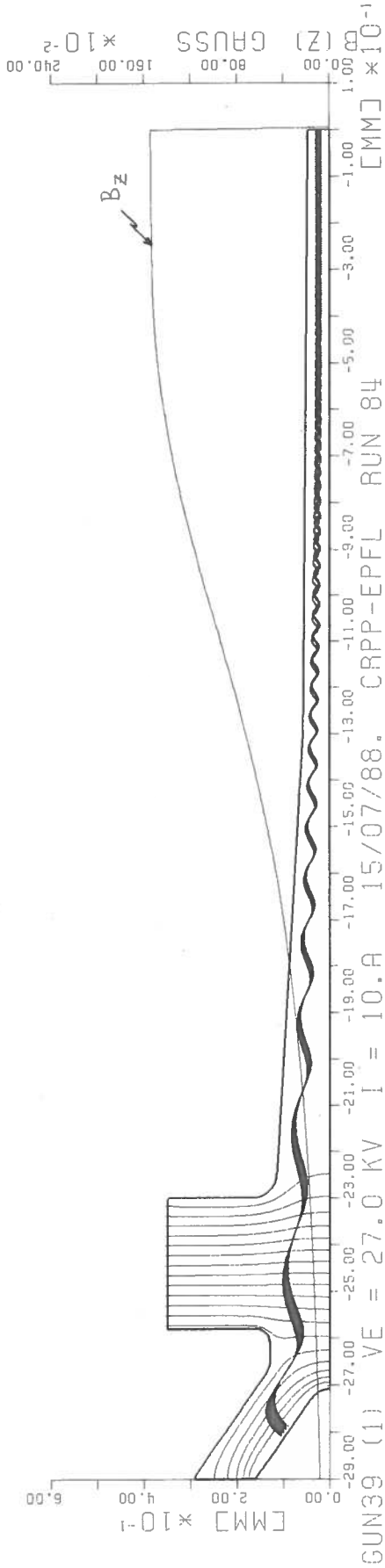


Fig .3 Anisotropie α en fonction de la tension d'électrode V_e .

88/07/15.

RAY STATISTIC
 RMEAN =0.00234 RDEV =16.904 %
 ZVMEAN=0.27493 ZVDEV =4.708 %
 RTMEAN=1.52019 RTDEV =7.199 %
 VPMEAN=0.41653 VPDEV =1.995 %
 GMEAN =1.15417 GDEV =0.039 %



88/08/05.

RAY STATISTIC
 RMEAN =0.00254 RDEV =14.684 %
 ZVMEAN=0.27766 ZVDEV =7.566 %
 RTMEAN=1.49250 RTDEV =11.834 %
 VPMEAN=0.41076 VPDEV =3.218 %
 GMEAN =1.15196 GDEV =0.043 %

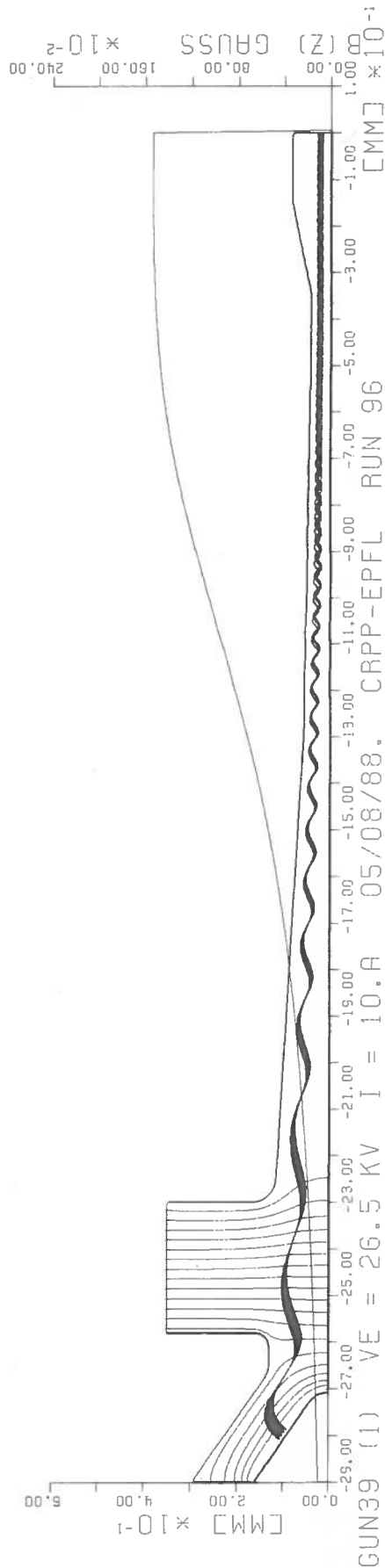


Fig. 4 Trajectoires des électrons de la cathode à la zone d'interaction.

En haut: sans la cavité; En bas: avec.

GYROTRON PROJECT

MODE: TE(0, 2, 1)

RESONANT FREQUENCY = 39.006 GHZ

QUALITY FACTOR = 236.1

REFL. COEF. = .0000E+00 .0000E+00

88/08/18

10.30.30

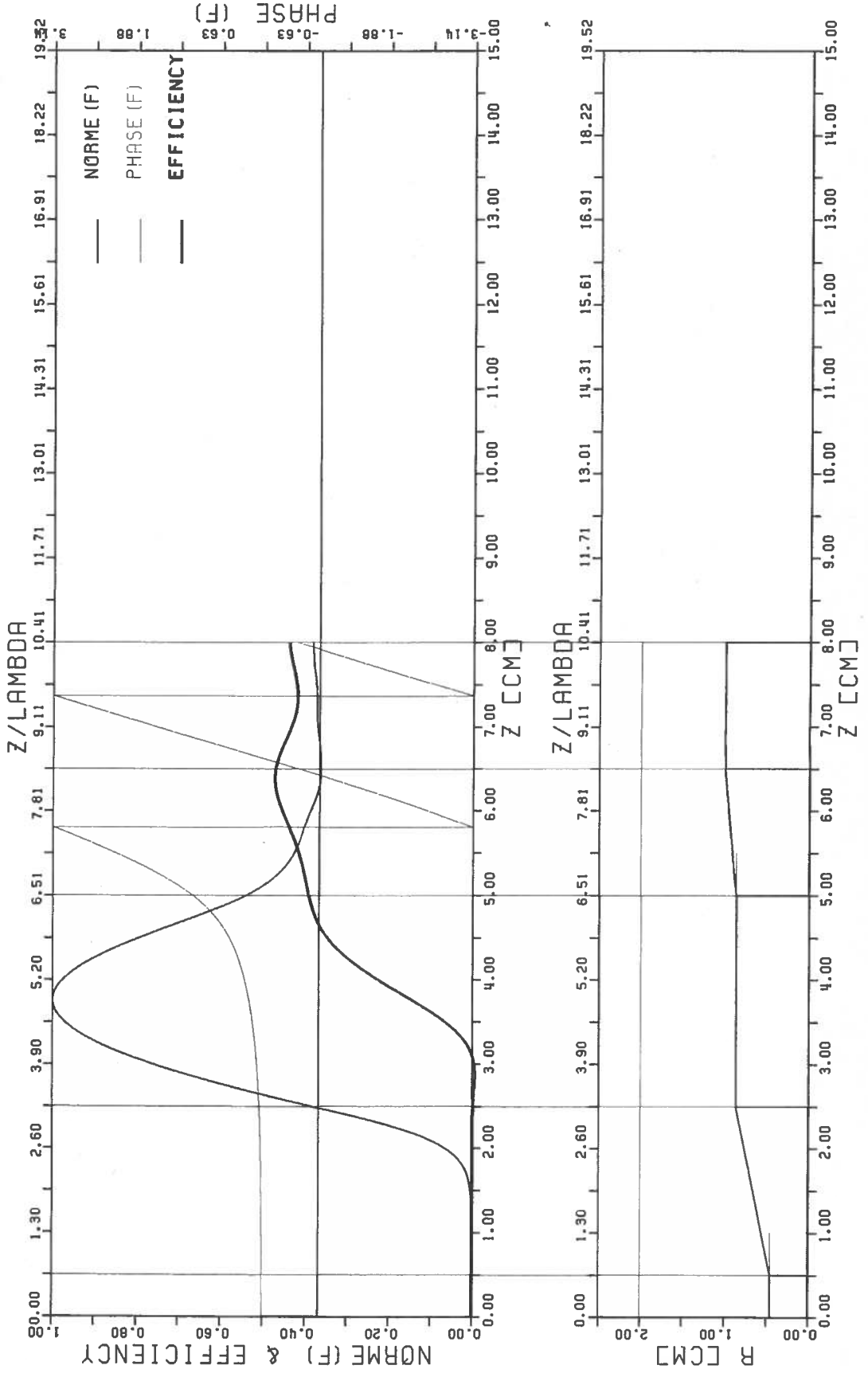


Fig. 5a Profil du champ RF (Q = 236)

GYROTRON PROJECT

MODE: TE (0, 2, 1)

RESONANT FREQUENCY = 39.015 GHz

QUALITY FACTOR = 363.9

REFL. COEF. = .0000E+00 .0000E+00

88/08/19

05.46.23

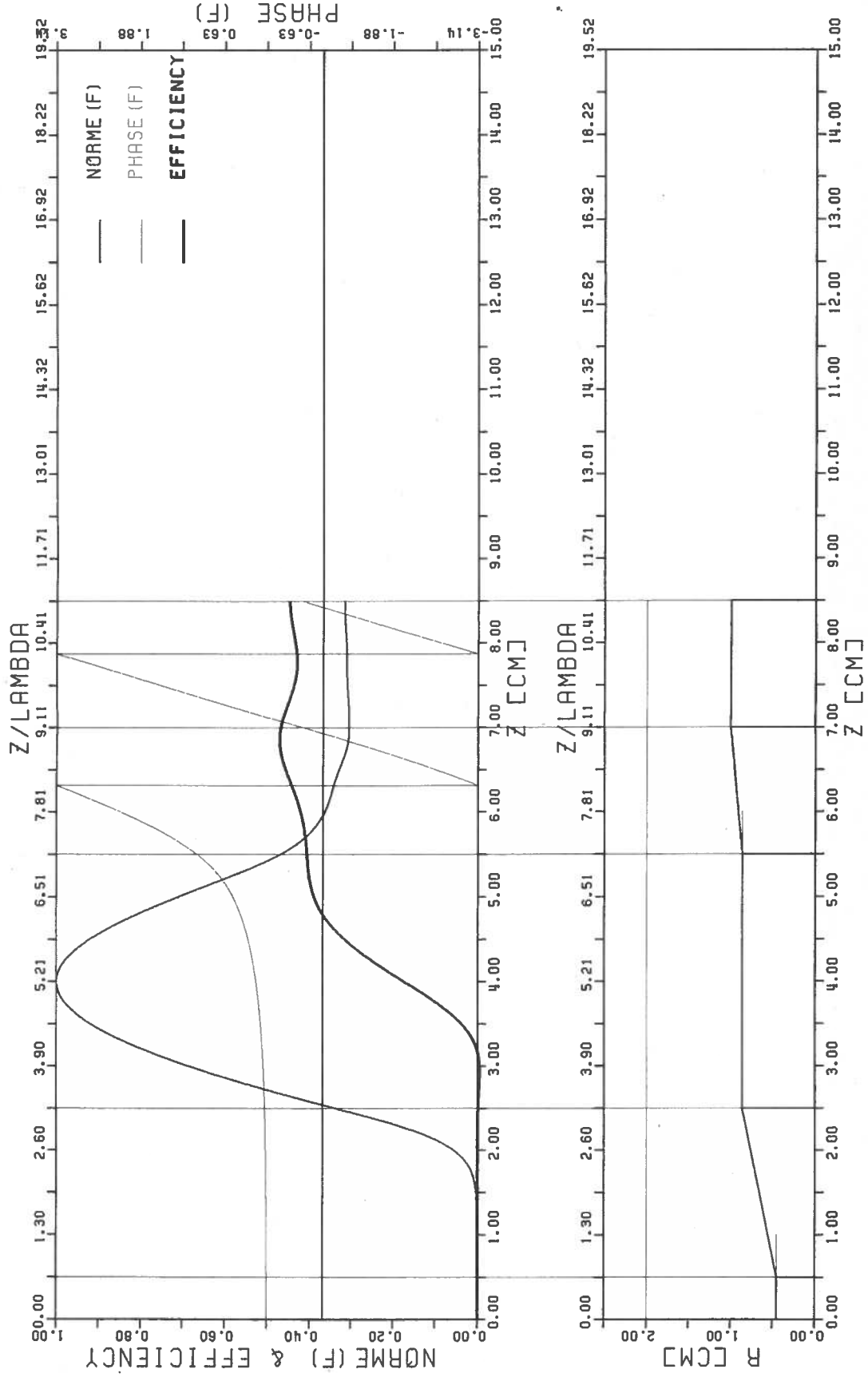


Fig. 5b Profil du champ RF (Q = 364)

GYROTRON PROJECT

MODE: TE (0, 2, 1)

RESONANT FREQUENCY = 39.003 GHZ

QUALITY FACTOR = 530.0

REFL. COEF. = .0000E+00 .0000E+00

88/08/19

08.31.38

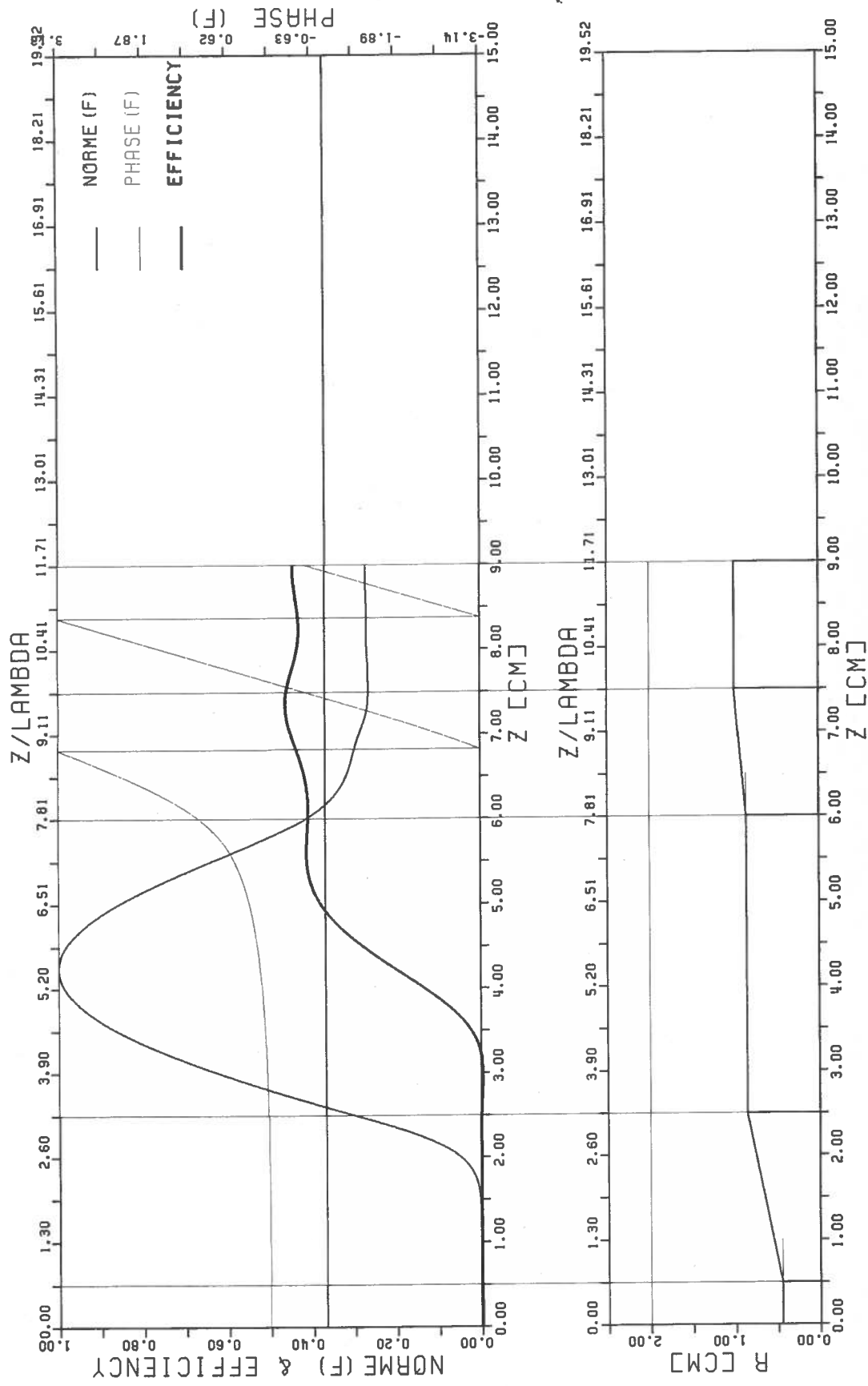
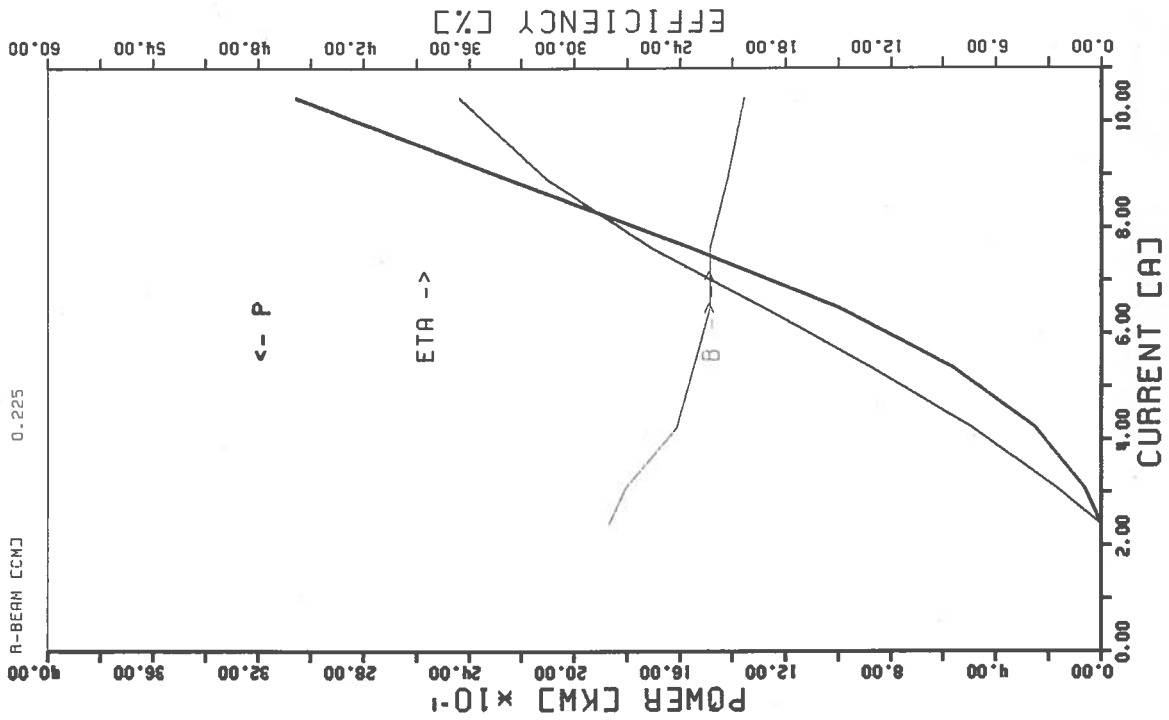


Fig. 5c Profil du champ RF (Q = 530)

OPTIMUM_POWER_VS_CURRENT

Q-FACTOR 236
 MODE TE 0 2 1
 F-RES [GHZ] 39.006
 U-CATH [KV] 80
 ALPHA 1.50
 R-BEAM [CM] 0.225



STARTING_CURRENT_VS_B

COLD-0 236
 MODE TE 0 2 1
 COLD-F [GHZ] 39.006
 U-CATH [KV] 80
 ALPHA 1.50
 R-BEAM [CM] 0.225

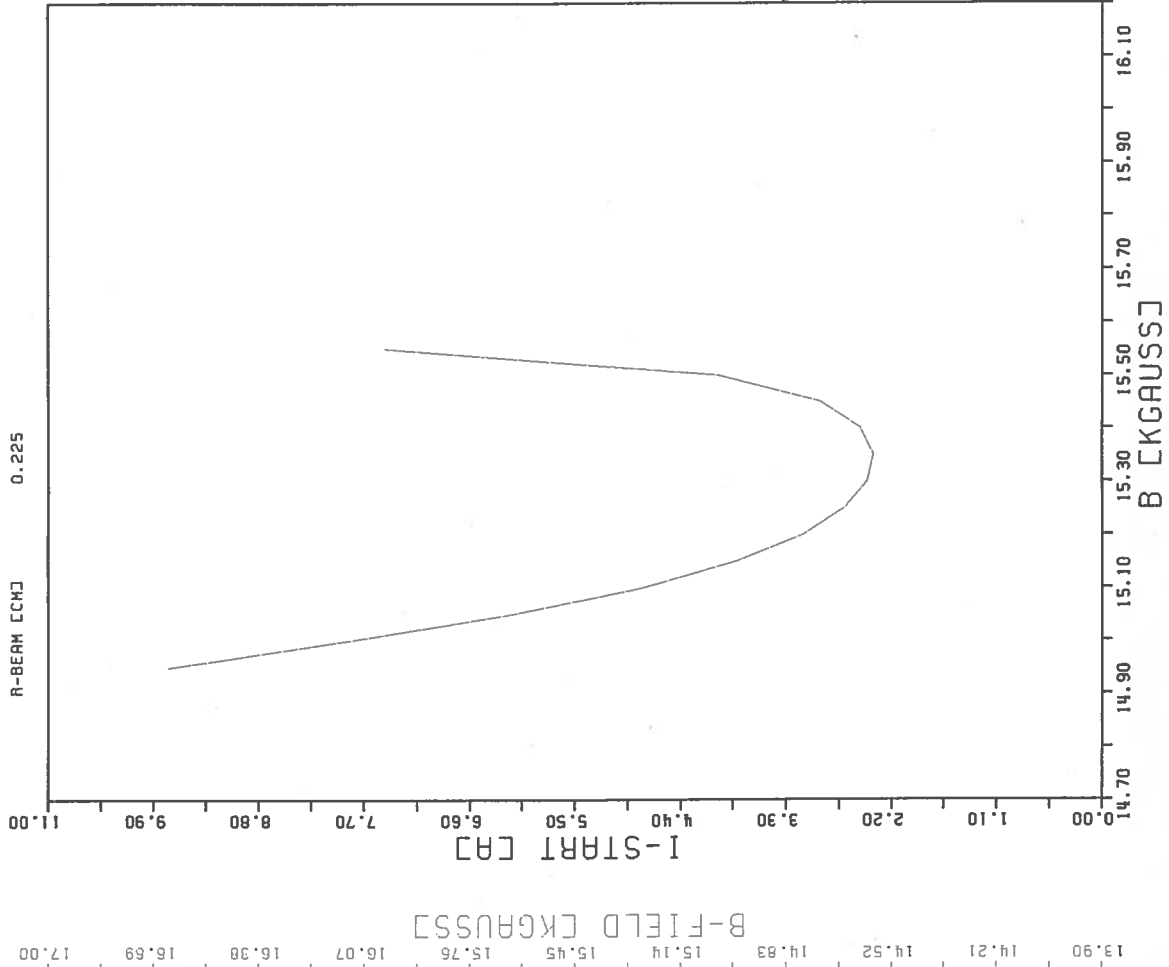
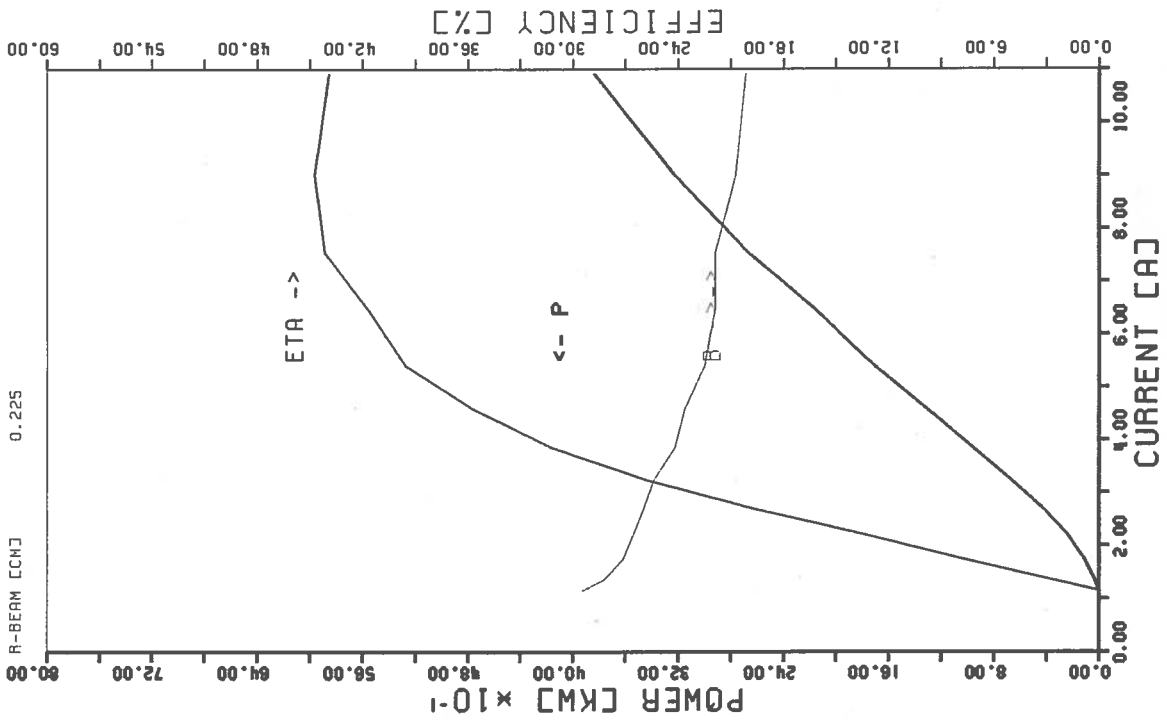


Fig. 6a Efficacité et courant d'accrochage (Q = 236)

OPTIMUM_POWER_VS_CURRENT

Q-FACTOR 364
 MODE TE 0 2 1
 F-RES [GHZ] 39.015
 U-CATH [KV] 80
 ALPHA 1.50
 R-BEAM [CM] 0.225



STARTING_CURRENT_VS_B

COLD-0 364
 MODE TE 0 2 1
 COLD-F [GHZ] 39.015
 U-CATH [KV] 80
 ALPHA 1.50
 R-BEAM [CM] 0.225

MINIMUM :

J-START [A] 1.151
 B-FIELD [KG] 15.420

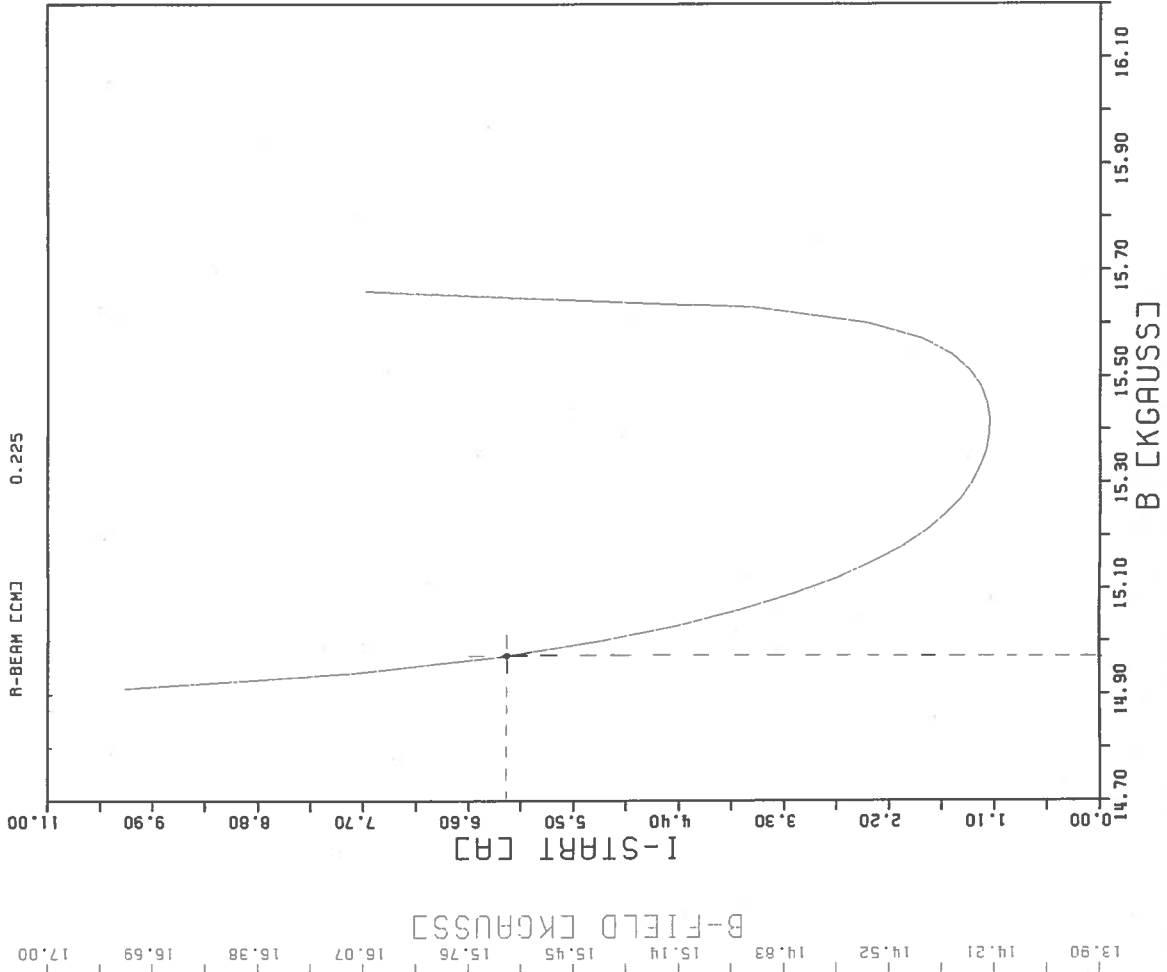
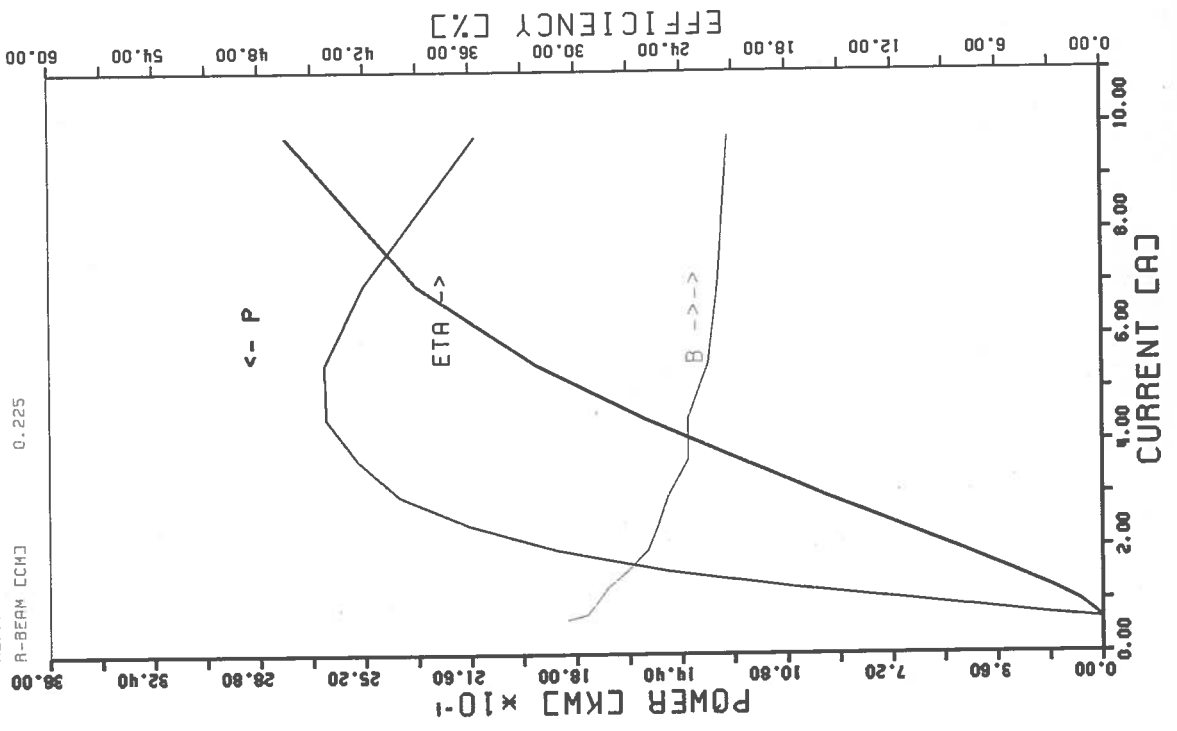


Fig. 6b Efficacité et courant d'accrochage (Q = 364)

OPTIMUM_POWER_VS_CURRENT

Q-FACTOR 530
 MODE TE 0 2
 F-RES [GHZ] 39.003
 U-CATH [KV] 80
 ALPHA 1.50
 R-BEAM [CM] 0.225



STARTING_CURRENT_VS_B

COLD-Q 530
 MODE TE 0 2
 COLD-F [GHZ] 39.003
 U-CATH [KV] 80
 ALPHA 1.50
 R-BEAM [CM] 0.225

MINIMUM :
 I-START [A] 0.627
 B-FIELD [KG] 15.480

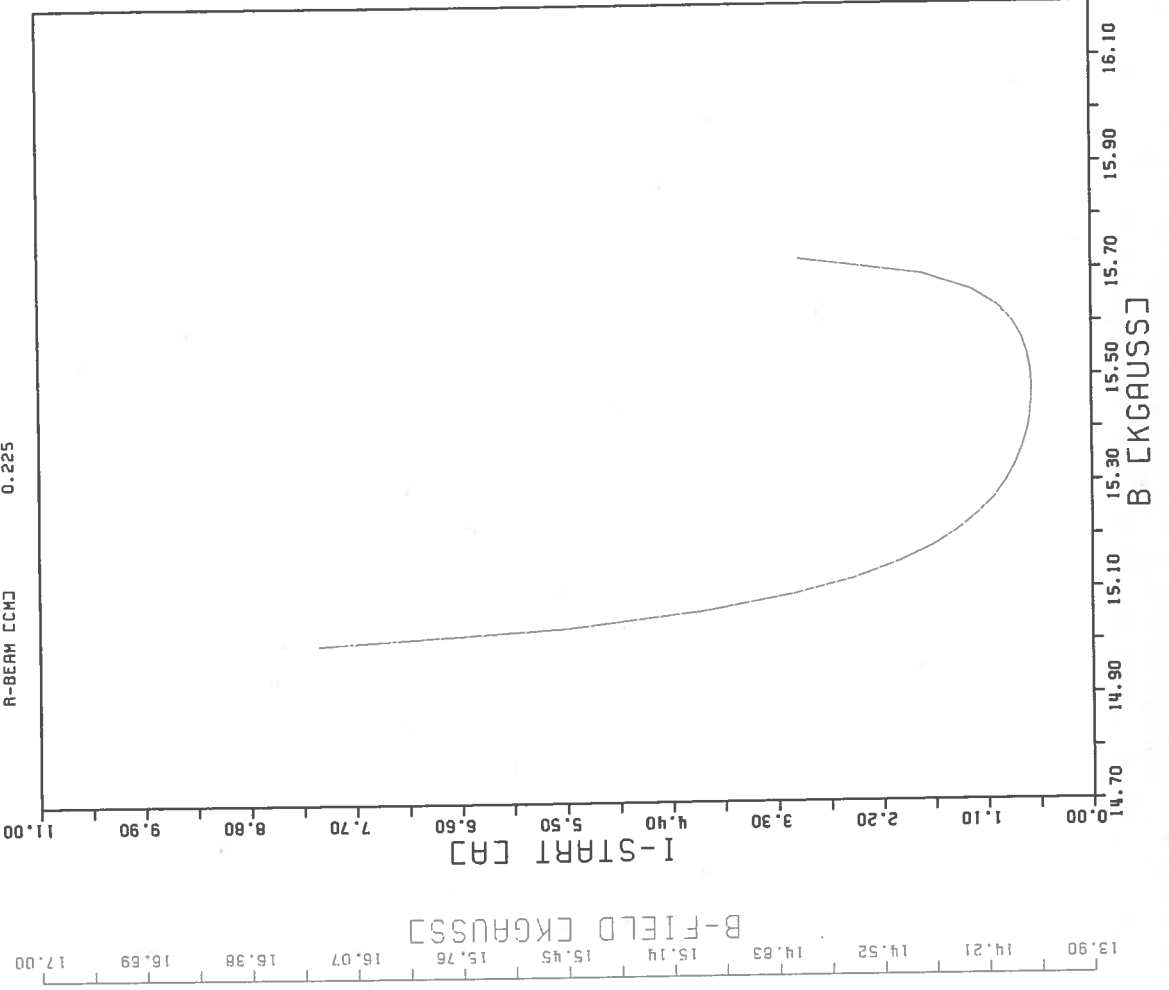


Fig. 6c Efficacité et courant d'accrochage (Q = 530)

GYROTRON PROJECT

MODE: TE(2, 2, 1)

RESONANT FREQUENCY = 37.310 GHz

QUALITY FACTOR = 328.8

REFL. COEF. = .0000E+00 .0000E+00

88/08/20

03.06.59

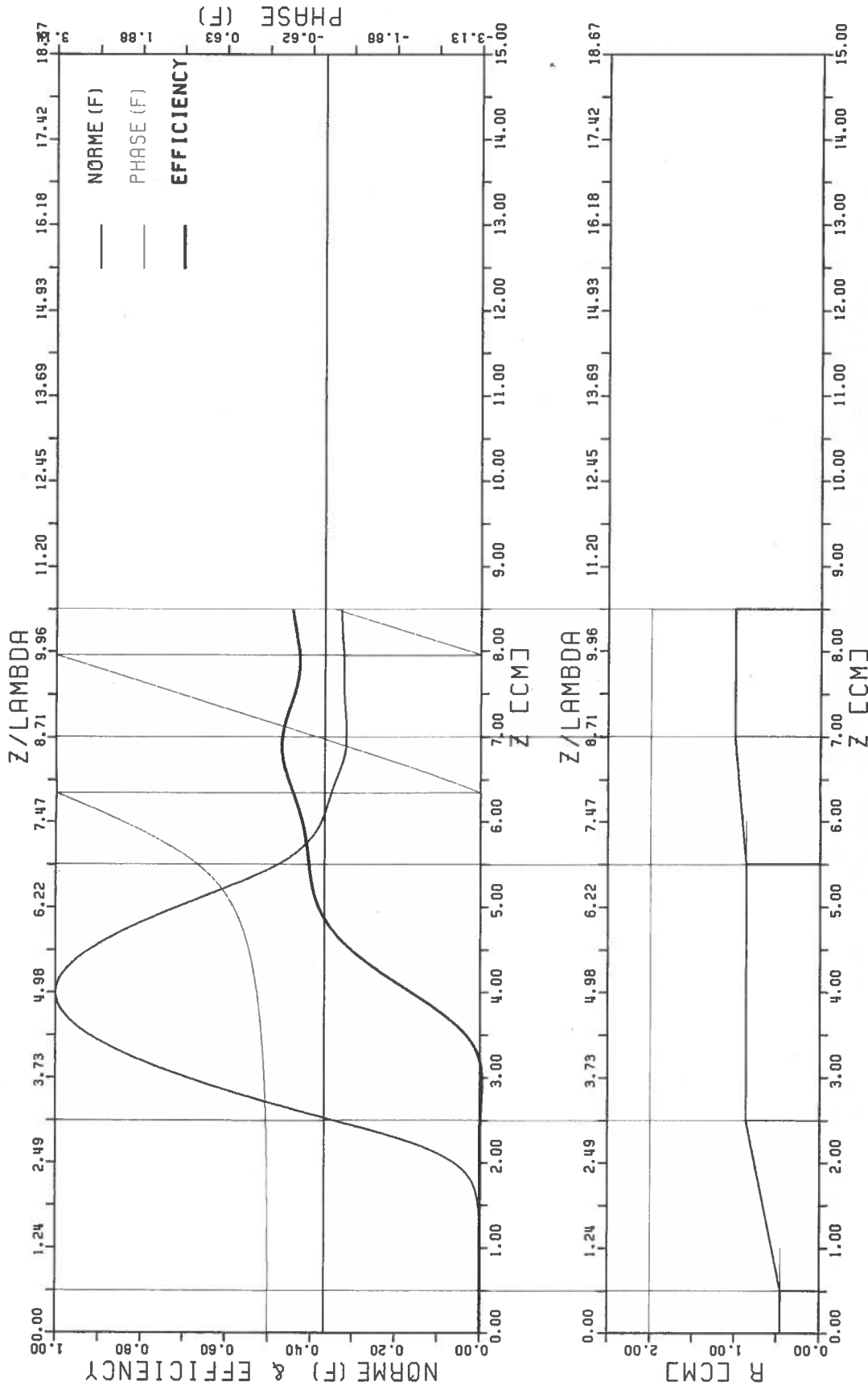


Fig. 7 Profil du champ RF du TE₂₂₁ (Q = 329)

GYROTRON PROJECT

MODE: TE (0, 2, 2)

RESONANT FREQUENCY = 39.618 GHZ

QUALITY FACTOR = 93.7

REFL. COEF. = .0000E+00 .0000E+00

88/08/20

03.08.38

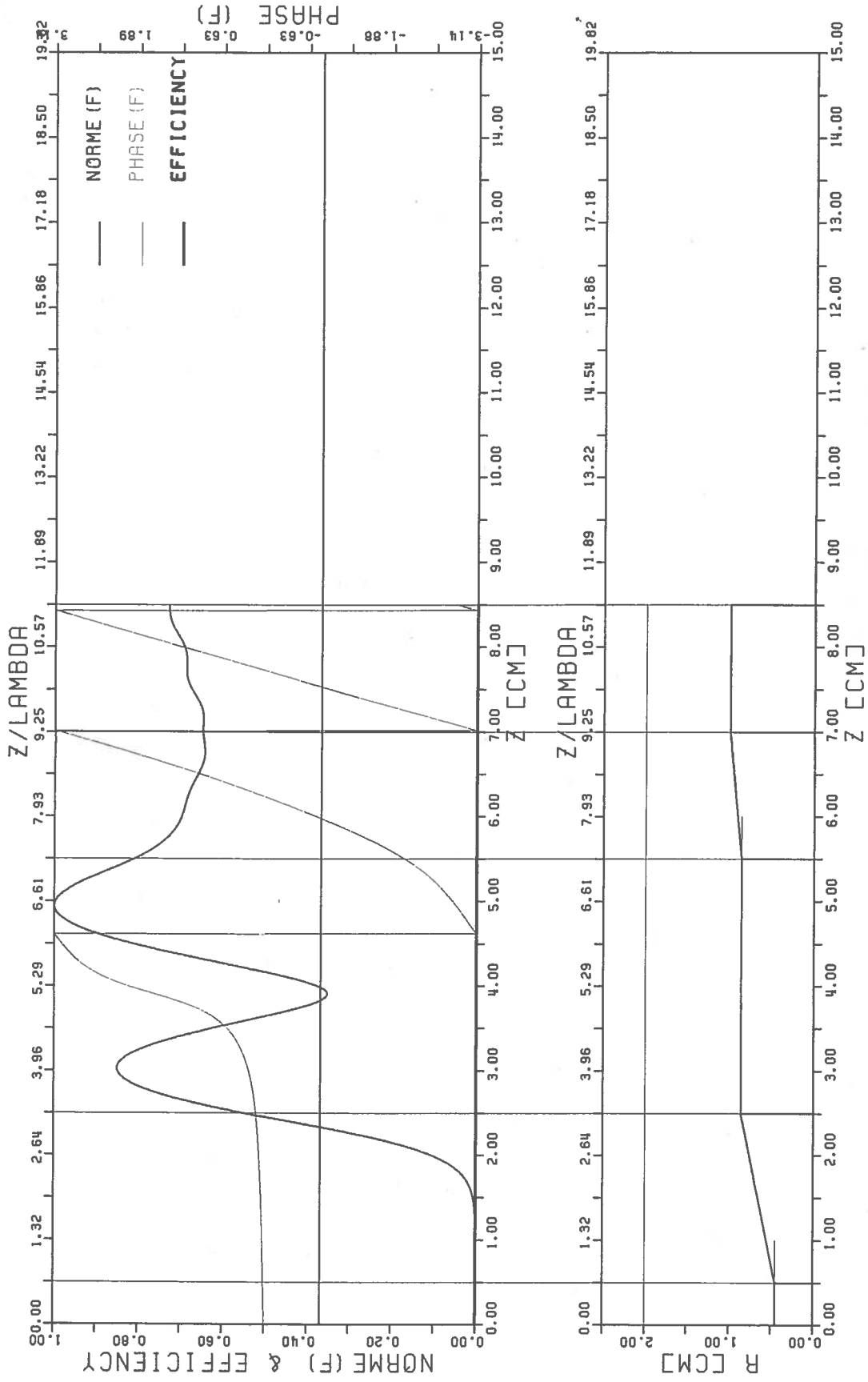


Fig. 8 Profil du champ RF du TE₀₂₂ (Q = 94)

GYROTRON PROJECT

MODE: TE (2, 2, 2)

RESONANT FREQUENCY = 37.932 GHZ

QUALITY FACTOR = 82.2

REFL. COEF. = .0000E+00 .0000E+00

88/08/20

03.11.26

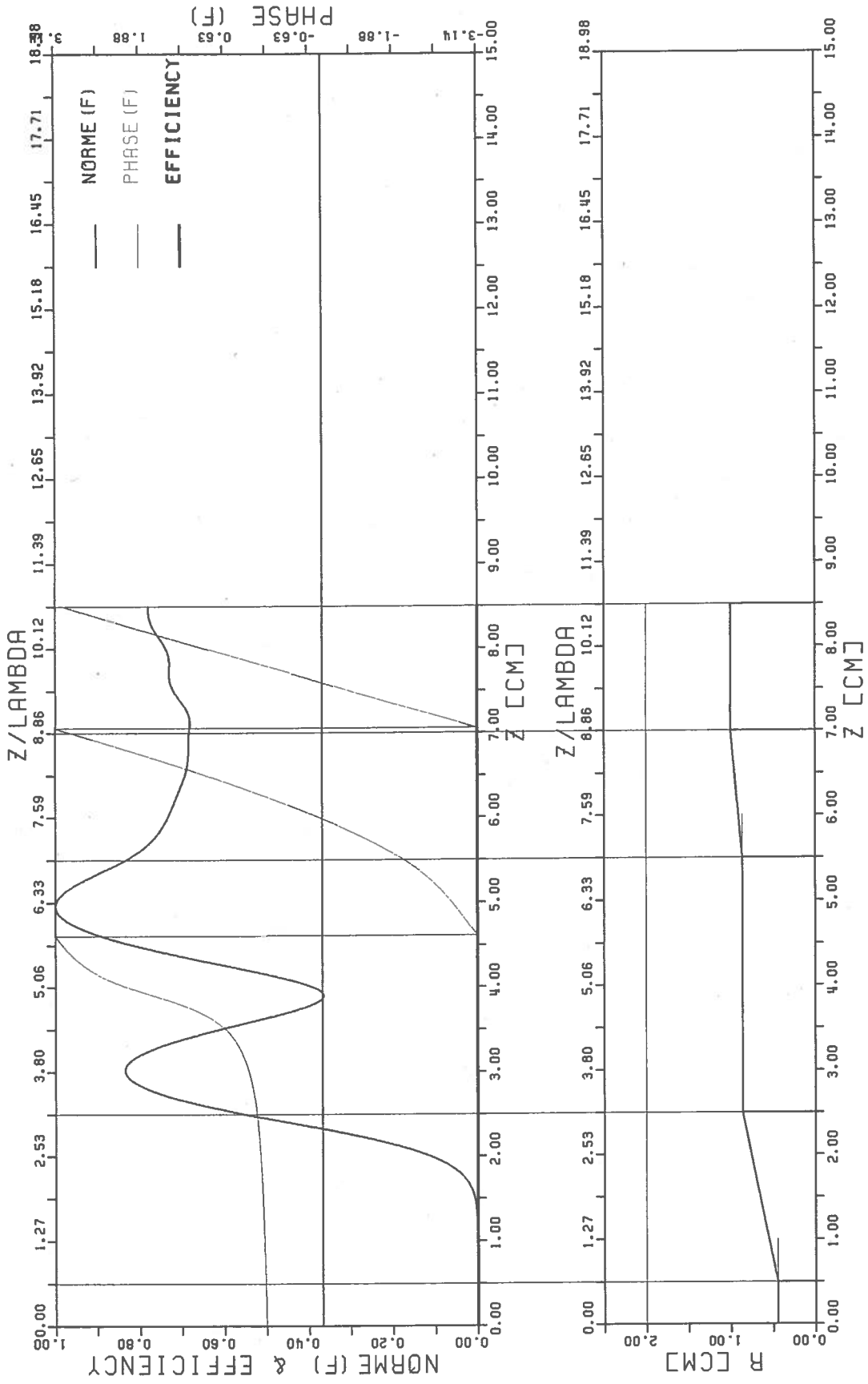


Fig. 9 Profil du champ RF du TE₂₂₂ (Q = 82)

STARTING_CURRENT_VS_B

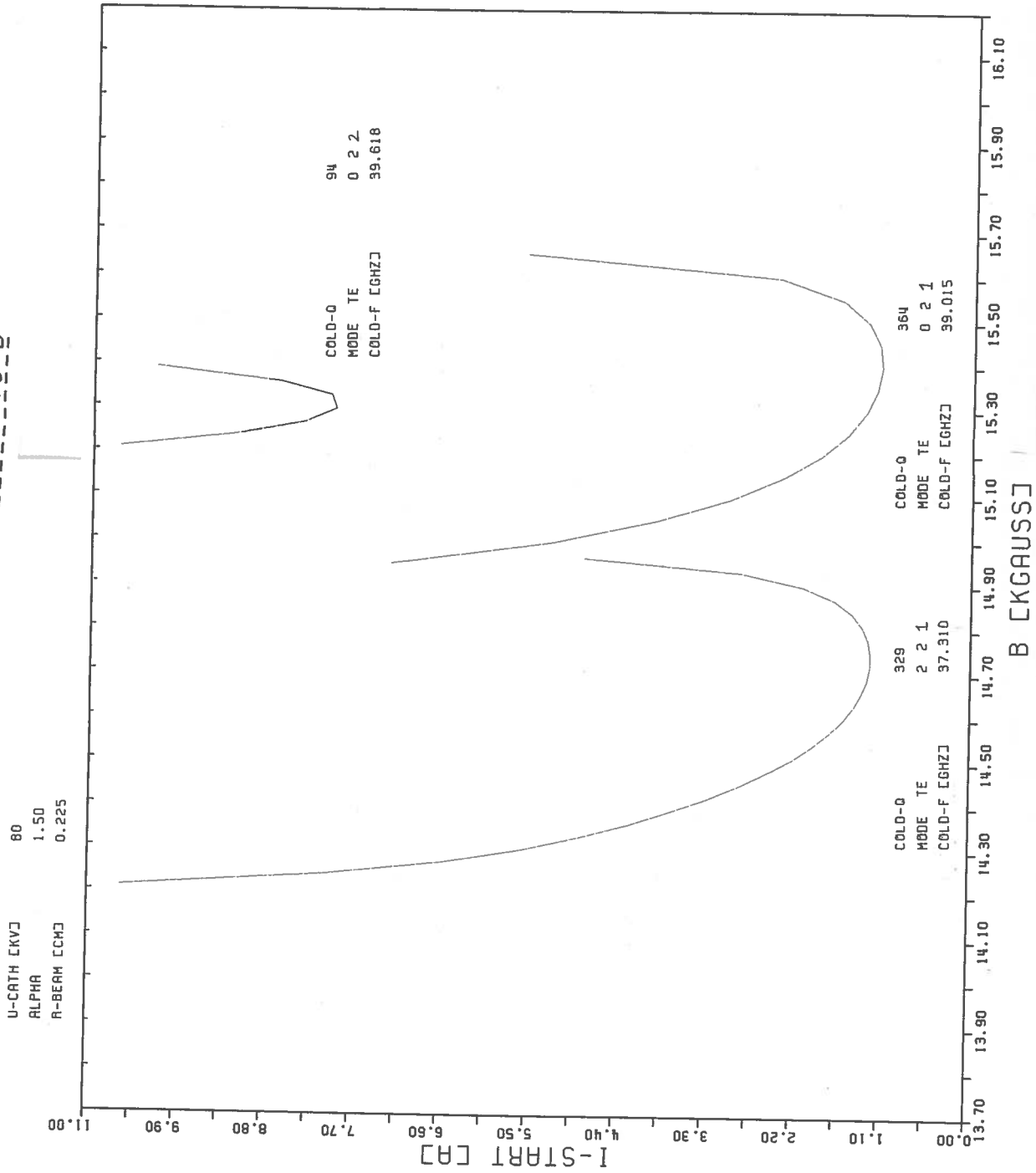
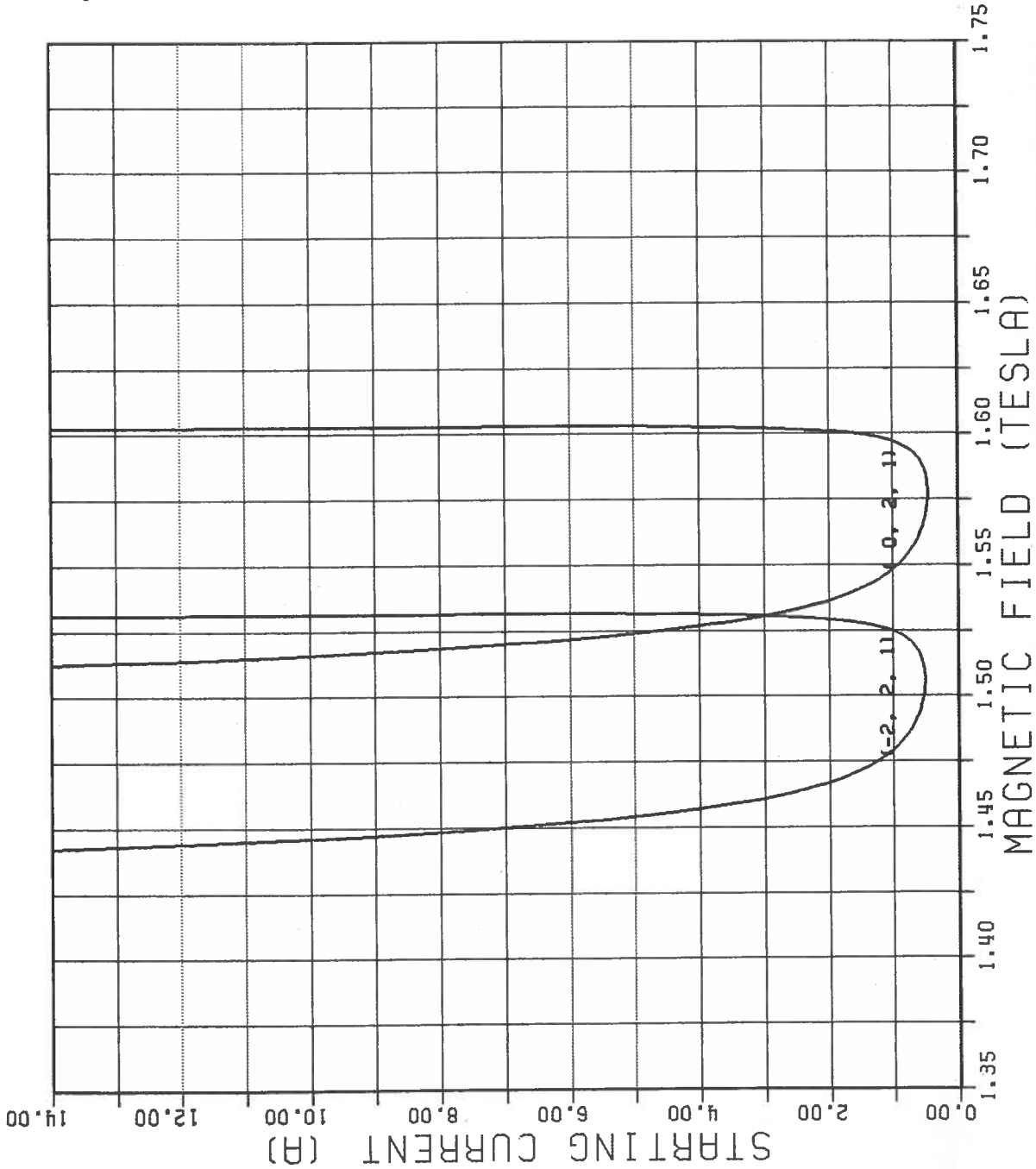


Fig. 10 Spectre des modes entre 1.37 et 1.62 Teslas

STARTING CURRENT VERSUS STATIC MAGNETIC FIELD PROGRAM ISTART3

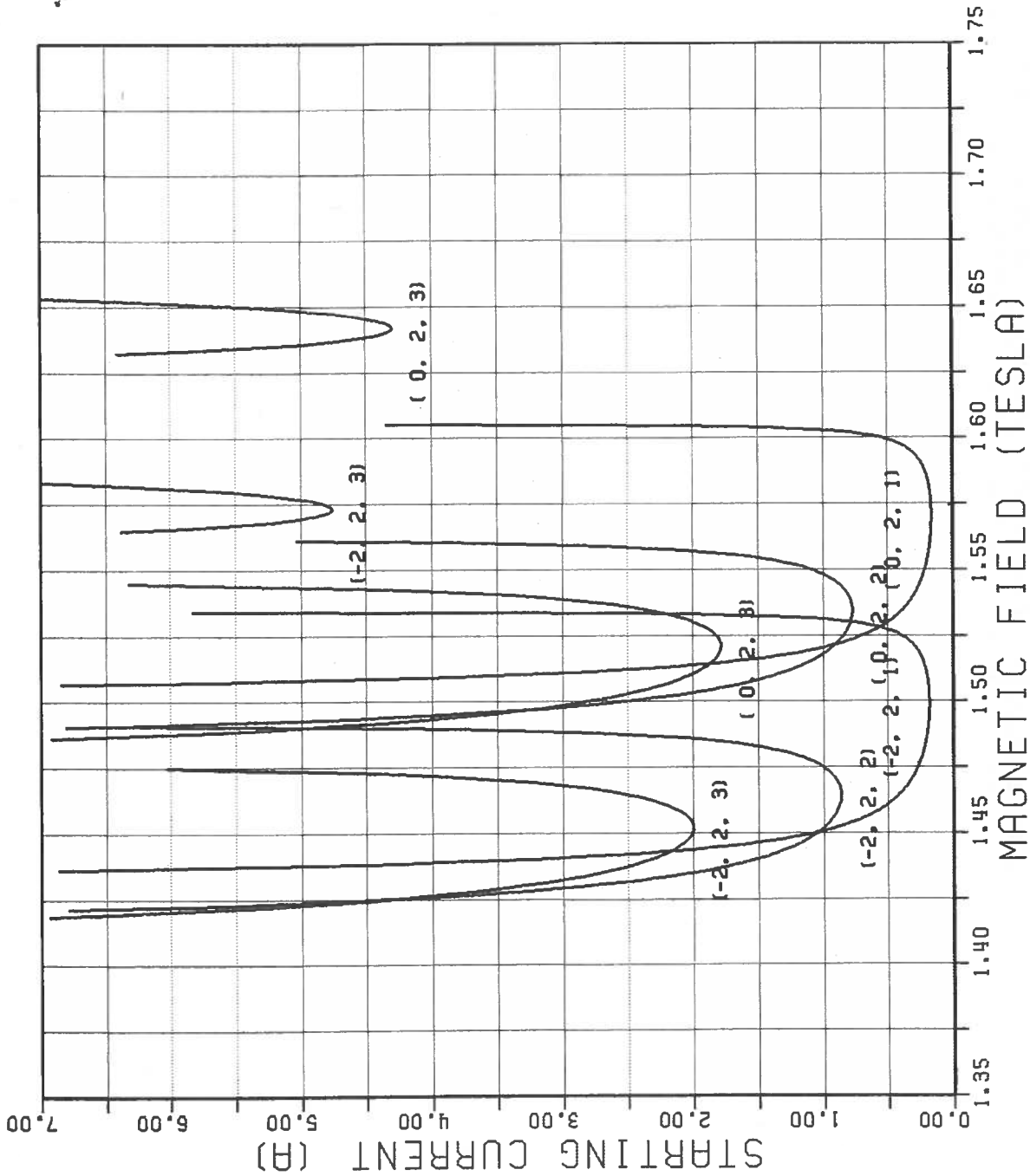


RESONATOR RADIUS: 8.58 MM
 GAMMA: 1.1566
 ALPHA: 1.5000
 BEAM VOLTAGE: 80.00 KV
 ANNULAR BEAM RADIUS: 2.25 MM
 HARMONIC #: 1

MODE	L [MM]	Q	FREQUENCY [GHZ]
TE (0, 2, 1)	36.0	530.	39.000
(2, 2, 1)	36.0	460.	37.260
(5, 1, 1)	36.0	430.	35.665

Fig. 11a Courant d'accrochage en fonction de B. Modes TE mp1
(Profil RF supposé gaussien, calcul analytique)

STARTING CURRENT VERSUS STATIC MAGNETIC FIELD PROGRAM ISTART4



RESONATOR RADIUS: 8.58 MM

GAMMA: 1.1566
ALPHA: 1.5000
BEAM VOLTAGE: 80.00 KV
ANNULAR BEAM RADIUS: 2.25 MM
HARMONIC #: 1

MODE	L [MM]	Q	FREQUENCY [GHZ]
(0, 2, 1)	45.0	530.	39.142
(0, 2, 2)	45.0	133.	39.565
(0, 2, 3)	45.0	59.	40.260
(2, 2, 1)	45.0	480.	37.428
(2, 2, 2)	45.0	120.	37.870
(2, 2, 3)	45.0	53.	38.596
(5, 1, 1)	45.0	430.	35.820
(5, 1, 2)	45.0	108.	36.282
(5, 1, 3)	45.0	48.	37.038

Fig. 11b Courant d'accrochage en fonction de B. Mode TE_{mpq}
(Profil RF supposé sinusoïdal, calcul analytique)

88/08/06.

RAY STATISTIC
RMEAN = 0.01036 RDEV = 17.667 %
ZYMEAN = 0.49072 ZYDEV = 0.674 %
RTMEAN = 0.18831 RTDEV = 19.588 %
VPMEAN = 0.09228 VPDEV = 18.941 %
GMEAN = 1.15442 GDEV = 0.031 %

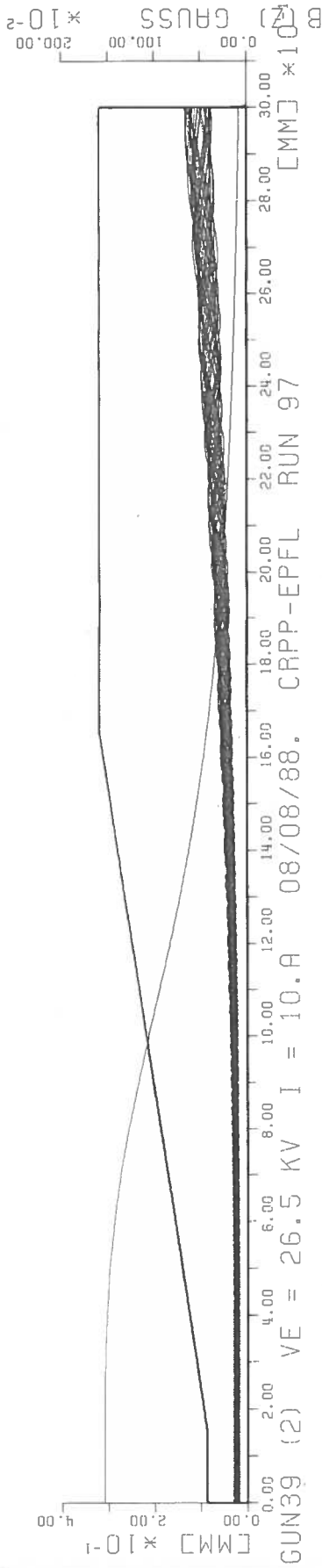


Fig. 12 Trajectoires électroniques après le résonateur de $z = 0$ à $z = 30$ cm (uptaper).

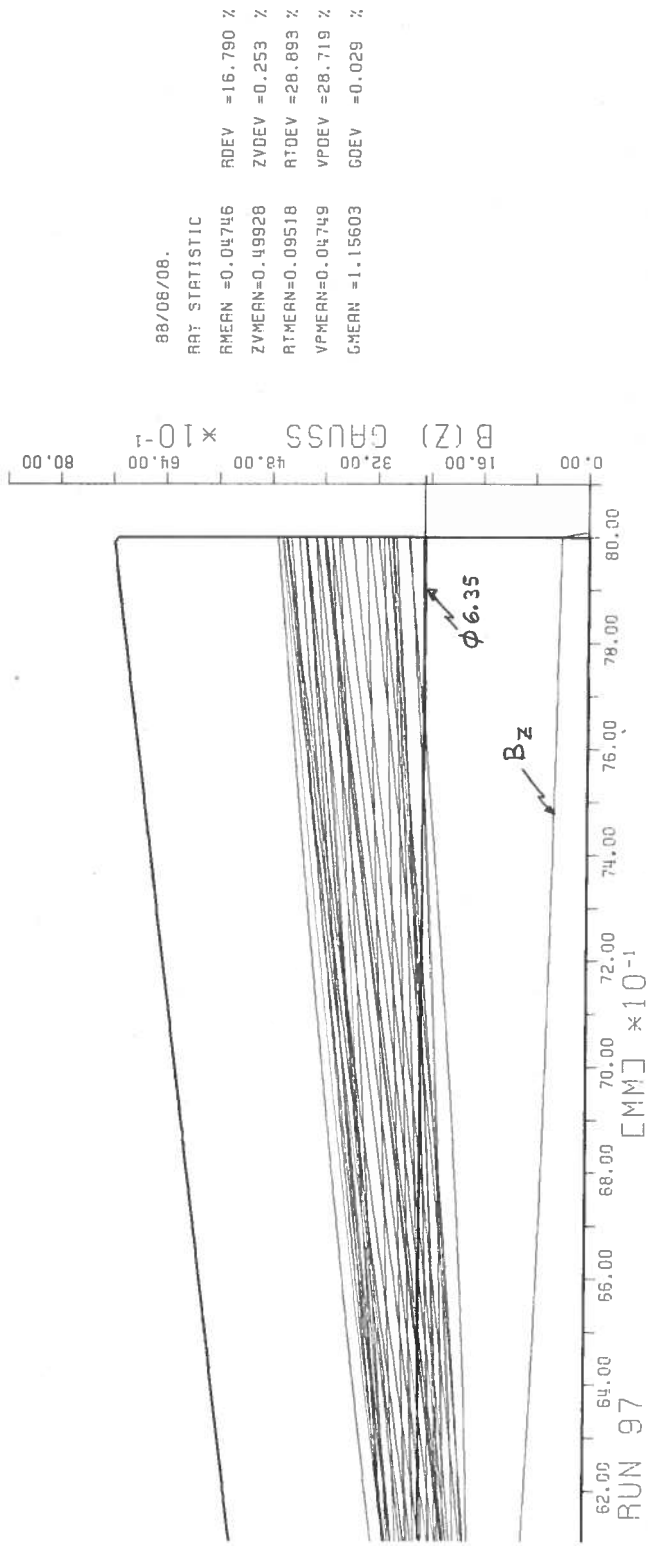
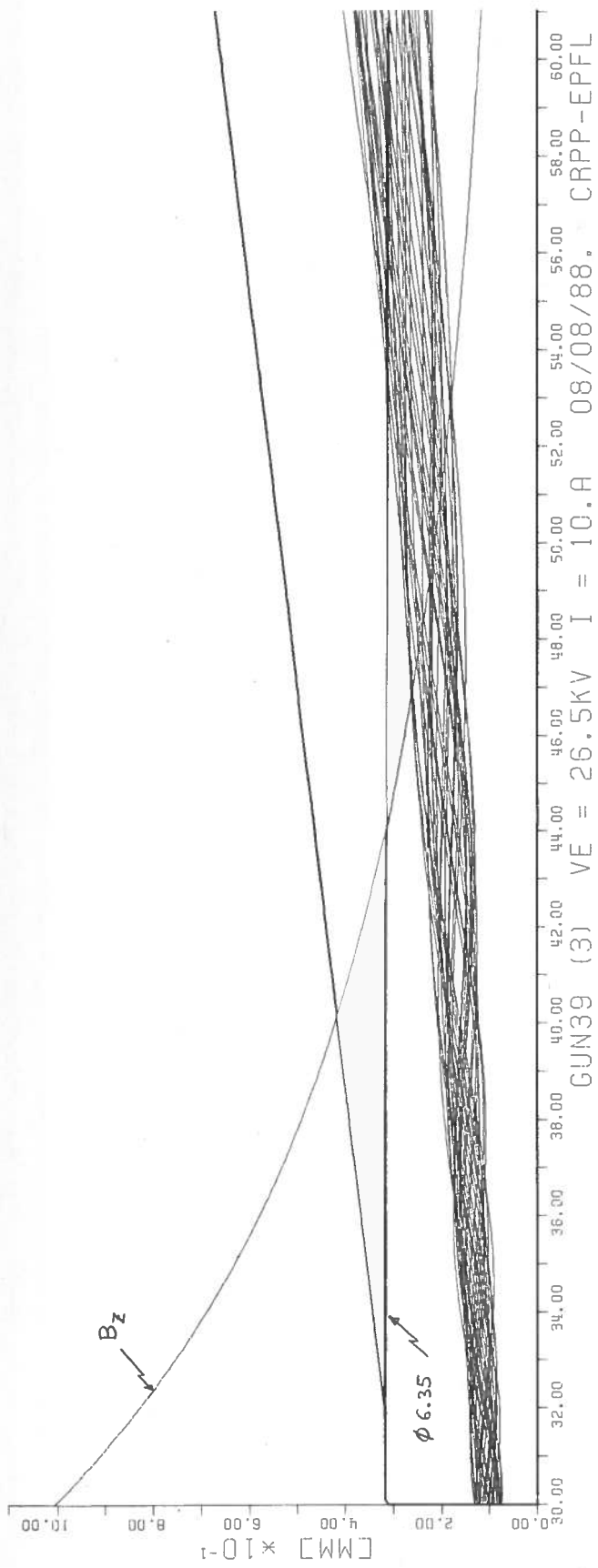


Fig. 13 Trajectoires électroniques depuis $z = 30$ cm.
 Sans bobines autour du collecteur.

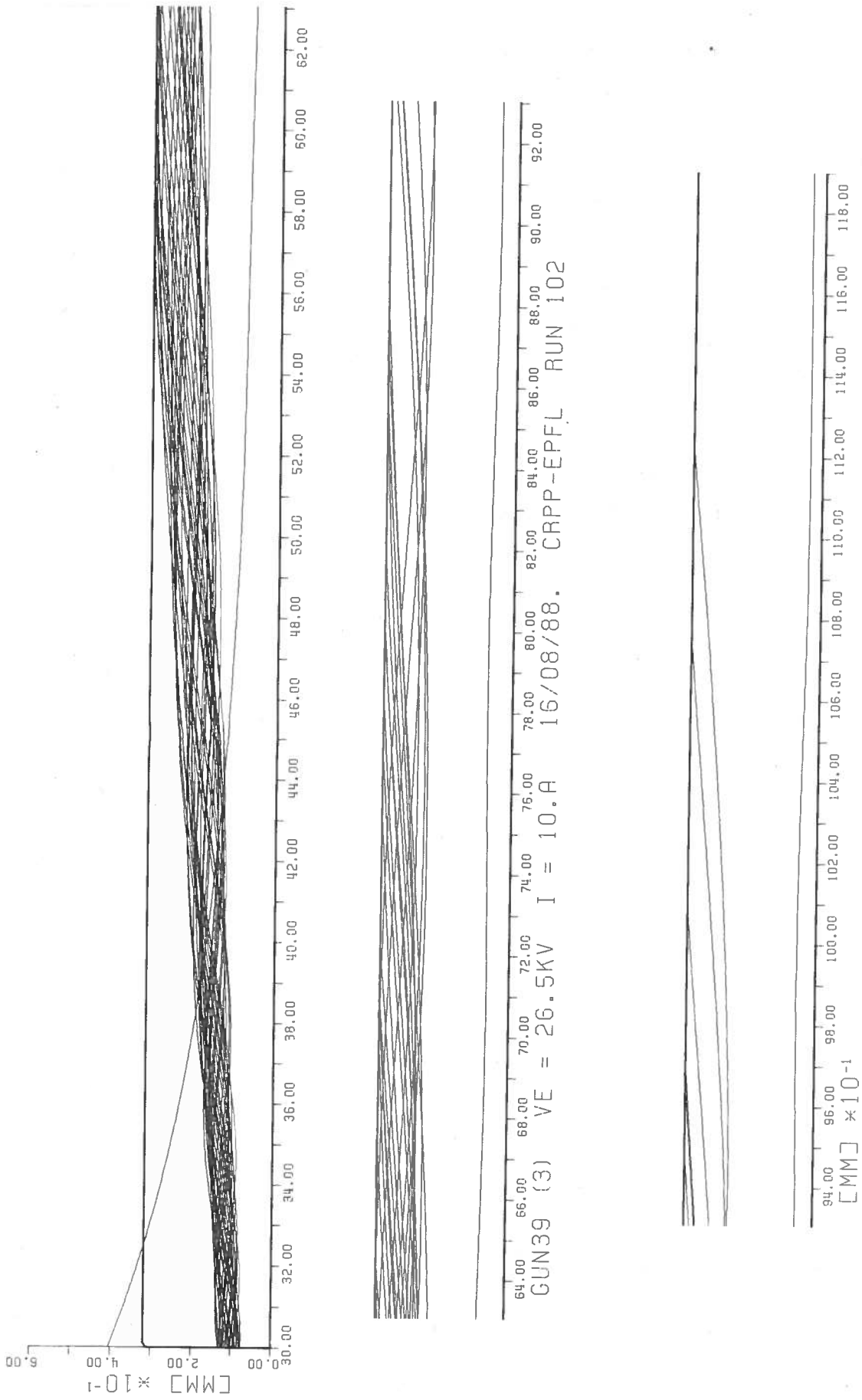


Fig. 14 Trajectoires électroniques depuis $z = 30$ cm.
 4 bobines autour du collecteur.

APPENDICE A

Superconducting magnet system for 60 / 70 GHz

Gyrotron tubes

The magnet system, illustrated on the attached drawing, is designed to interface with any commercially available 60/70 GHz gyrotron tube. It provides all the magnetic field requirements in the cavity and cathode regions of the tube, although specific applications may involve additional room temperature coils to trim the field in the cathode region.

The Cryostat.

The cryostat is designed to fulfill the requirements demanded by the operating characteristics of the tube. It provides a 100mm diameter room temperature base tube plus all necessary fixings for locating and mounting the tube.

Precautions taken during the design and assembly stages ensure accurate alignment between the mechanical and magnetic axes, and the absence of any potentially magnetic material within the magnet bore, since the importance of minimising the transverse component of field along the beam axis is recognised as being of paramount importance to the efficient operation of the tube. To provide additional potential for aligning the magnet the cryostat features a unique mechanism which permits adjustment of the helium reservoir and therefore magnet whilst the system is cold and the magnet energised. The alignment can then be verified against a direct measurement of the transverse component of the field.

A single angled service neck provides all the access ports to the helium reservoir, leaving a large free area around the tube collector area for the connection of ancillary equipment. The liquid nitrogen fill and vent ports are similarly arranged to be clear of the body of the cryostat.

The Superconducting Magnet.

1. Axial Coils.

The magnet consists of three separate axial coils wound on a solid aluminium alloy former. Two of the coils form a Helmholtz pair centred on the cavity, and when energised to the same current produce a field of up to 35 KG that is flat and homogeneous to within $\pm 0.1\%$ over a 5mm diameter by 30mm axial length. If energised differentially they are capable of producing a field of up to 25KG with a taper of up to 5% over ± 15 mm centred on the cavity. The third coil is located close to the gun region of the tube, and is normally energised in opposition to the cavity coils in order to both reduce and level the stray field from the cavity coils in the gun region.

All the coils are independently energised to provide flexibility and ease of use. A protection circuit is wired in parallel with the coils to provide full protection in the event of an accidental quench. The circuit consists of a network of resistors and diodes which serve to dissipate the energy liberated during a quench whilst preventing the development of potentially high voltages across the magnet terminals. The inclusion of diodes minimises the leakage current through the circuit during normal energisation of the magnet, so minimising both the lag between the magnet and charging currents and the helium consumption resulting from ohmic heating within the circuit.

Superconducting switches can be fitted to the magnet if required.

2. Transverse Coils.

In addition to the axial coils the magnet incorporates a set of transverse field coils centred on the cavity and providing up to 100G in the X and Y planes. These offer the facility for adjusting the alignment of the beam over range of approximately ± 0.5 degrees, and can be used to minimise the beam leakage current without the need for any mechanical alterations or interruption of a test cycle.

Ancillary Equipment.

The system is completed by an electronics console containing all the power supplies required to operate the magnet, along with helium and nitrogen level meters. The precise configuration depends on the system configuration, particularly on whether the magnet is fitted with superconducting switches. If switches are not fitted, all the power supplies are energised using a magnet controller, which will automatically energise all the coils to preset current and provide an alarm signal if they subsequently change by more than 1%. In the absence of switches fewer power supplies are required since the coils can be energised sequentially. Monitoring of the field is achieved using 3 Hall probes mounted on the outside of the cryostat and connected to a central unit which provides a signal if the output changes by 1% or more. All the electronic units are mounted in a 19" rack.

System Specifications.

Maximum Field	3.5 T
Homogeneity	$\pm 0.1^\circ$ over 30mm by 5mm diameter cylinder centred on cavity. (Optional 5% gradient over ± 15 mm at maximum 2.9T cavity field)
Transverse Field	$< 0.2\%$ of axial field $\Omega - 40$ cm below cavity.
Helium Volume - total	40 l
- useful	30 l
Helium Consumption	approx 250cc/hr (if switches on magnet) approx 350cc/hr (no switches, zero current) " 550cc/hr (" " , full current)
Nitrogen Volume	23 l
Nitrogen Consumption	approx 550 cc/hr

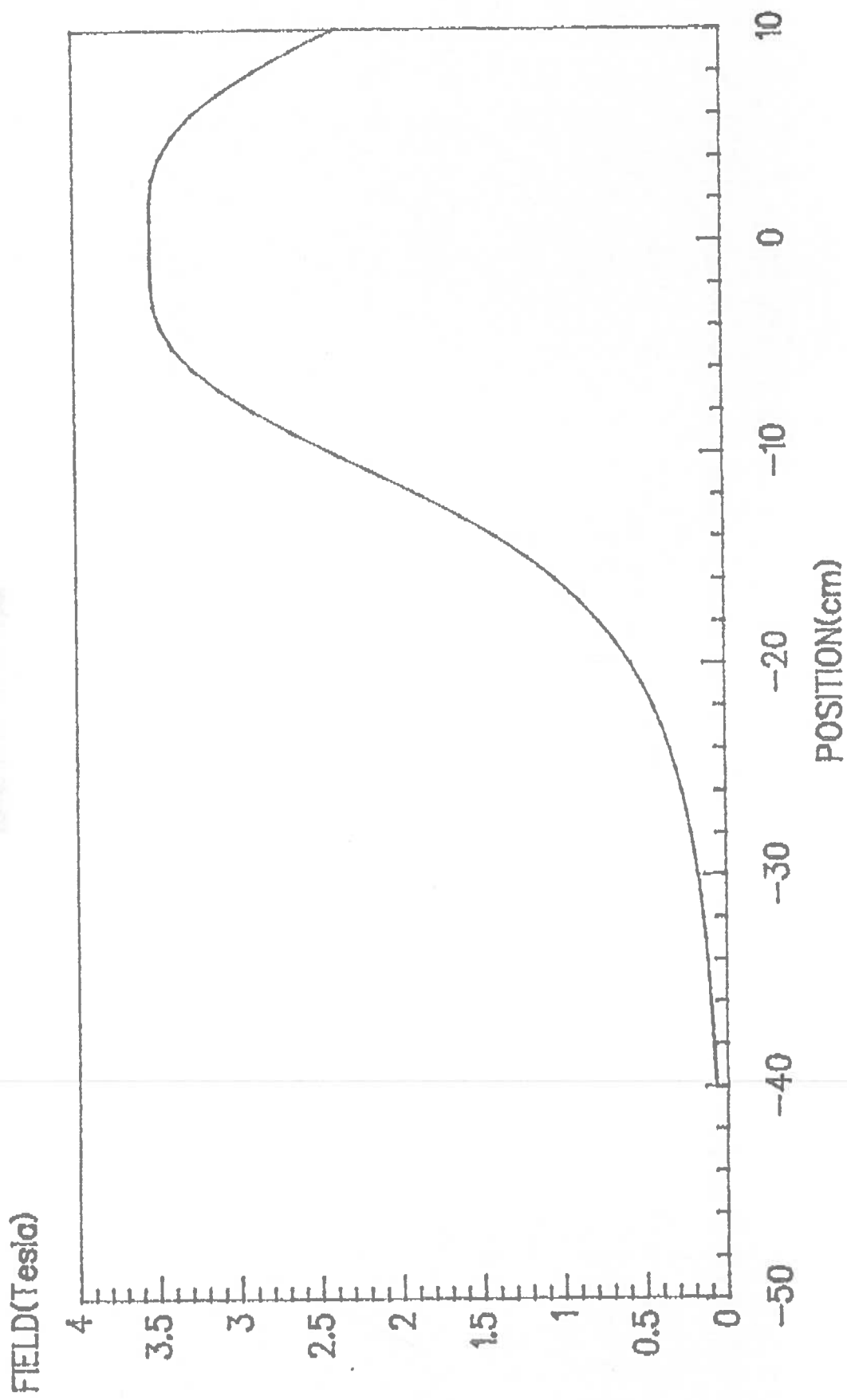
CAVITY COIL PROFILES

GUN COIL

1. LOWER - CENTRE -5.54cm 2. UPPER - CENTRE +5.54cm

Z(cm)	Bz(T)	Bz(T)	Bz(T)
-40	0 0.022922	0.05085	-0.04499
-39	0 0.024442	0.055241	-0.05106
-38	0 0.026098	0.060141	-0.05795
-37	0 0.027906	0.065626	-0.06572
-36	0 0.029882	0.071782	-0.07436
-35	0 0.312040	0 0.077717	-0.08382
-34	0 0.311094	0 0.083539	-0.09394
-33	0 0.037039	0.095407	-0.10450
-32	0 0.03992	0.105489	-0.11503
-31	0 0.043104	0.116991	-0.12499
-30	0 0.04663	0.13016	-0.13370
-29	0 0.050543	0.145297	-0.14046
-28	0 0.054899	0.16276	-0.14464
-27	0 0.05976	0.182988	-0.14581
-26	0 0.065193	0.206511	-0.14385
-25	0 0.071301	0.233974	-0.13897
-24	0 0.07817	0.266162	-0.13164
-23	0 0.085926	0.30403	-0.12255
-22	0 0.094712	0.348733	-0.11239
-21	0 0.104697	0.401662	-0.10181
-20	0 0.116086	0.464471	-0.09134
-19	0 0.129123	0.539094	-0.08135
-18	0 0.144102	0.627728	-0.07208
-17	0 0.161379	0.732751	-0.06366
-16	0 0.181386	0.856541	-0.05612
-15	0 0.204644	1.001119	-0.04944
-14	0 0.23179	1.167573	-0.04357
-13	0 0.263598	1.355217	-0.03844
-12	0 0.301009	1.560579	-0.03396
-11	0 0.345162	1.776458	-0.03006
-10	0 0.397428	1.991558	-0.02668
-9	0 0.459443	2.191141	-0.02373
-8	0 0.53312	2.358919	-0.02116
-7	0 0.620637	2.479689	-0.01892
-6	0 0.724365	2.541902	-0.01696
-5	0 0.846689	2.539474	-0.01524
-4	0 0.989676	2.472645	-0.01374
-3	0 1.154507	2.347943	-0.01242
-2	0 1.340662	2.177261	-0.01125
-1	0 1.544908	1.975976	-0.01021
0	0 1.760348	1.760348	-0.00930
1	0 1.975976	1.544908	-0.00848
2	0 2.177261	1.340662	-0.00776
3	0 2.347943	1.154507	-0.00711
4	0 2.472645	0.989676	-0.00653
5	0 2.539474	0.846689	-0.00601
6	0 2.541902	0.724365	-0.00554
7	0 2.479689	0.620637	-0.00512

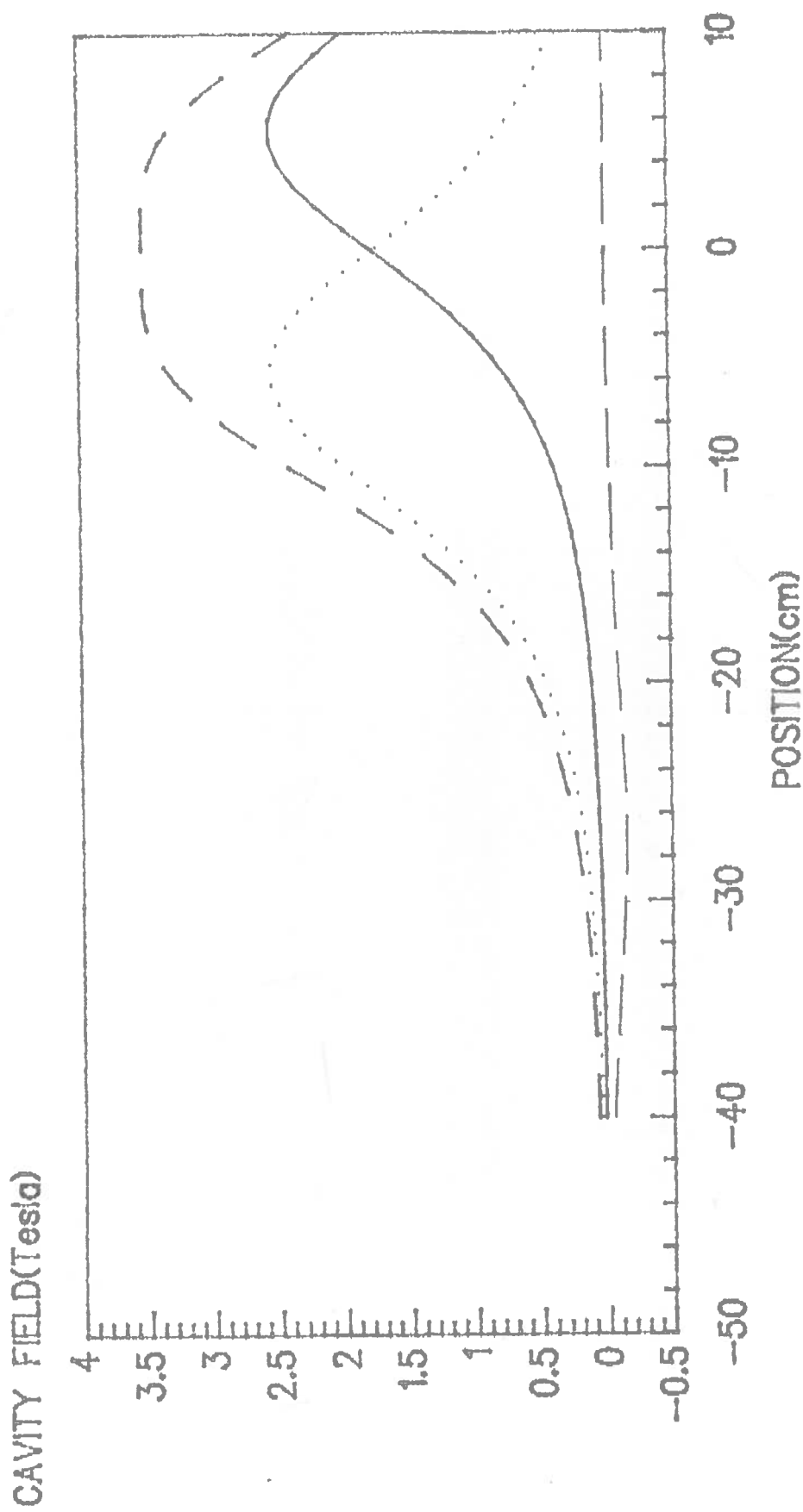
AXIAL PROFILE -- ALL COILS ENERGISED



Position rel. to cavity centre

AXIAL COIL PROFILES

Cavity coil 1 Cavity coil 2 Both cavity coils Gun coil



Position rel. to cavity centre

APPENDICE B

LISTE DES FICHIERS

Fichiers de commandes sur CYBER UN=AP1

- GUNTOC Création des programmes exécutables sur CRAY:
EGUN, BOUNDY, MAGNET.
- JMAG391 Calcule la carte de champ magnétique (pot. vecteur) à partir
du courant dans les bobines. 1ère section.
- JMAG392 Idem, 2ème section.
- JMAG393 Idem, 3ème section.
- GUN391 Simulation des trajectoires (EGUN), 1ère section.
- GUN392 Idem, 2ème section
- GUN393 Idem, 3ème section sans collecteur
- GUN393B Idem, 3ème section avec collecteur
- PLOTG45 Dessin du canon sur Versatec (Cyber)
- RMAG39 Dessine les lignes de contour du champ $|B|$
- NSCTOC Création du programme exécutable sur CRAY: CAVFIL9
- CR39A Champ E du résonateur, efficacité du gyrotron TE_{021}
 $Q = 236$
- CR39B Idem, $Q = 364$
- CR39C Idem, $Q = 530$

JOBST,STLYY. FILE: GUNTOC
USER,AP1,.
JOB,JN=EGUNTOC,MFL=720000,T=20.
ACCOUNT,AC=20002,APW=SANDRA,US=AP1,UPW=,NUPW=.

*
***** FILE GUNTOC *****
*
* PRODUCE AN EXECUTABLE VERSION ON THE CRAY OF:
*
* EGUN HERRMANNSFELDT CODE
*
* MAGNET MAGNETIC FIELD COMPUTATION (VECTOR POTENTIAL)
*
* BOUNDY TRANSLATE GUN GEOMETRY TO BOUNDARY SEGMENTS
*

ACCESS, DN=MAGNET, NA, UQ.
DELETE, DN=MAGNET, NA.
RELEASE, DN=MAGNET.
FETCH, DN=COMPILE, TEXT='GET, OLDPL=MAGNTL2/UN=AP1.GET, MAGCORN.'
'UPDATE, I=MAGCORN, F, L=0.CTASK.'.
CFT, I=COMPILE, B=BIN, L=0.
LDR, DN=BIN, NX, AB=MAGNET.
SAVE, DN=MAGNET, RT=100, PAM=R:E.
RELEASE, DN=COMPILE:BIN:MAGNET.

ACCESS, DN=BOUNDY, NA, UQ.
DELETE, DN=BOUNDY, NA.
RELEASE, DN=BOUNDY.
FETCH, DN=COMPILE, TEXT='GET, OLDPL=GUNNWPL/UN=AP1.GET, BOUNDYC.'
'UPDATE, I=BOUNDYC, Q, L=0.CTASK.'.
CFT, I=COMPILE, B=BIN, L=0.
LDR, DN=BIN, NX, AB=BOUNDY.
SAVE, DN=BOUNDY, RT=100, PAM=R:E.
RELEASE, DN=COMPILE:BIN:BOUNDY.

ACCESS, DN=EGUN, NA, UQ.
DELETE, DN=EGUN, NA.
RELEASE, DN=EGUN.
FETCH, DN=COMPILE, TEXT='GET, OLDPL=GUNNWPL/UN=AP1.GET, GUNCOR/UN=AP1.'
'UPDATE, I=GUNCOR, Q, L=0.CTASK.'.
CFT, I=COMPILE, B=BIN, L=0.
LDR, DN=BIN, NX, AB=EGUN.
SAVE, DN=EGUN, RT=100, PAM=R:E.
RELEASE, DN=COMPILE:BIN:EGUN.

AUDIT, LO=L:P:A.

```

JOBST,STLYY.      FILE JMAG391: CREE LE FICHIER DU CHAMP B POUR EGUN
USER,AP1,.      39 GHZ GYROTRON 1ERE SECTION
JOB,JN=MAG39,MFL=400000,T=400.
ACCOUNT,AC=20002,APW=SANDRA,US=AP1,UPW=,NUPW=.
*
*PRINT THE OUTPUT
*DISPOSE,DN=$OUT,SDN=OUT,DC=ST,TEXT='CTASK.ROUTE,OUT,TC=13.',DEFER.
*
ACCESS,DN=MAGNET,OWN=AP1.
ACCESS,DN=VECT39,NA,UQ.
DELETE,DN=VECT39,NA.
RELEASE,DN=VECT39.
MAGNET.
SAVE,DN=VECTORA,PDN=VECT39,RT=100.
DISPOSE,DN=$OUT,SDN=OUT,DC=ST,TEXT='CTASK.ROUTE,OUT,UJN=F39C,DC=WT.'
'GET,GUN391/UN=AP1.GO,GUN391.'.
EXIT.
/EOF
$SELECT
  NCOAX=+1, NFORCE=0, NPRINC=0,
$END
$DATA2
  NBF=1,
  NPTR= 80, RPI= 0.,   DRP=0.0005,
  NPTZ= 800, ZPI=-0.35, DZP=0.0005,
$END
$COILS
  NC=3, UN=3,
$END
$TRAJ
  NT=0, R1=0.05, IMAX=500, Z0=-0.6, Z11=0.4,
$END
$DATA
  Z1(1)=-0.0945,Z2(1)=-0.0173,A1(1)=0.0762,A2(1)=0.1143,AT(1)=179870.,
  Z1(2)= 0.0173,Z2(2)= 0.0945,A1(2)=0.0762,A2(2)=0.1143,AT(2)=180900.,
  Z1(3)=-0.2845,Z2(3)=-0.2591,A1(3)=0.1016,A2(3)=0.1380,AT(3)=-496.,
  KSWI=2,
$END
$LINES
$END

```

```

JOBST,STLYY.      FILE JMAG392: CREE LE FICHIER DU CHAMP B POUR EGUN
USER,AP1,.      39 GHZ GYROTRON  2EME SECTION
JOB,JN=MAG39,MFL=400000,T=400.
ACCOUNT,AC=20002,APW=SANDRA,US=AP1,UPW=,NUPW=.
*
*PRINT THE OUTPUT
*DISPOSE,DN=$OUT,SDN=OUT,DC=ST,TEXT='CTASK.ROUTE,OUT,TC=13.',DEFER.
*
ACCESS,DN=MAGNET,OWN=AP1.
ACCESS,DN=VECT392,NA,UQ.
DELETE,DN=VECT392,NA.
RELEASE,DN=VECT392.
MAGNET.
SAVE,DN=VECTORA,PDN=VECT392,RT=100.
DISPOSE,DN=$OUT,SDN=OUT,DC=ST,TEXT='CTASK.ROUTE,OUT,UJN=F392,DC=WT.'
'GET,GUN392/UN=AP1.GO,GUN392.'.
EXIT.
/EOF
$SELECT
  NCOAX=+1, NFORCE=0, NPRINC=0,
$END
$DATA2
  NBF=1,
  NPTR= 80, RPI= 0.,   DRP=0.0005,
  NPTZ= 800, ZPI=-0.05, DZP=0.0005,
$END
$COILS
  NC=3, UN=3,
$END
$TRAJ
  NT=0, R1=0.05, IMAX=500, Z0=-0.6, Z11=0.4,
$END
$DATA
  Z1(1)=-0.0945,Z2(1)=-0.0173,A1(1)=0.0762,A2(1)=0.1143,AT(1)=179870.,
  Z1(2)= 0.0173,Z2(2)= 0.0945,A1(2)=0.0762,A2(2)=0.1143,AT(2)=180900.,
  Z1(3)=-0.2845,Z2(3)=-0.2591,A1(3)=0.1016,A2(3)=0.1380,AT(3)=-496.,
  KSWI=2,
$END
$LINES
$END

```

```

JOBST,STLYY.      FILE JMAG393: CREE LE FICHIER DU CHAMP B POUR EGUN
USER,AP1,.      39 GHZ GYROTRON  3EME SECTION
JOB,JN=MAG39,MFL=400000,T=400.
ACCOUNT,AC=20002,APW=SANDRA,US=AP1,UPW=,NUPW=.
*
*PRINT THE OUTPUT
*DISPOSE, DN=$OUT, SDN=OUT, DC=ST, TEXT='CTASK.ROUTE,OUT,TC=13.', DEFER.
*
ACCESS, DN=MAGNET, OWN=AP1.
ACCESS, DN=VECT393, NA, UQ.
DELETE, DN=VECT393, NA.
RELEASE, DN=VECT393.
MAGNET.
SAVE, DN=VECTORA, PDN=VECT393, RT=100.
DISPOSE, DN=$OUT, SDN=OUT, DC=ST, TEXT='CTASK.ROUTE,OUT,UJN=F393,DC=WT.'
'GET,GUN393B/UN=AP1.GO,GUN393B.'
EXIT.
/EOF
$SELECT
  NCOAX=+1, NFORCE=0, NPRINC=0,
$END
$DATA2
  NBF=1,
  NPTR= 100, RPI= 0.,   DRP=0.001,
  NPTZ=1200, ZPI= 0.25, DZP=0.001,
$END
$COILS
  NC=7, UN=3,
$END
$TRAJ
  NT=0, R1=0.05, IMAX=500, Z0=-0.6, Z11=0.4,
$END
$DATA
  Z1(1)=-0.0945,Z2(1)=-0.0173,A1(1)=0.0762,A2(1)=0.1143,AT(1)=179870.,
  Z1(2)= 0.0173,Z2(2)= 0.0945,A1(2)=0.0762,A2(2)=0.1143,AT(2)=180900.,
  Z1(3)=-0.2845,Z2(3)=-0.2591,A1(3)=0.1016,A2(3)=0.1380,AT(3)= -496.,
  Z1(4)= 0.55  ,Z2(4)= 0.65  ,A1(4)=0.08  ,A2(4)=0.12  ,AT(4)=  768.,
  Z1(5)= 0.75  ,Z2(5)= 0.85  ,A1(5)=0.08  ,A2(5)=0.12  ,AT(5)= 1193.,
  Z1(6)= 0.95  ,Z2(6)= 1.05  ,A1(6)=0.08  ,A2(6)=0.12  ,AT(6)= 1103.,
  Z1(7)= 1.15  ,Z2(7)= 1.25  ,A1(7)=0.08  ,A2(7)=0.12  ,AT(7)=  715.,
  KSWI=2,
$END
$LINES
$END

```

JOBST,STLYY. FILE GUN391: GYRO 39 GHZ SECTION 1
 USER,AP1,.
 JOB,JN=GUN39,MFL=720000,T=600.
 ACCOUNT,AC=20002,APW=SANDRA,US=AP1,UPW=,NUPW=.
 *
 * ELECTRON GUN DESIGN : COMPUTATION ON CRAY, PLOT ON CYBER
 *
 ACCESS, DN=BOUNDY, OWN=AP1.
 ASSIGN, DN=ZOUT, A=FT09.
 ASSIGN, DN=TAPE6, A=FT06.
 BOUNDY.
 REWIND, DN=ZOUT.
 COPYD, I=ZOUT, O=\$OUT.
 RELEASE, DN=ZOUT.
 *REWIND, DN=TAPE6.
 *COPYD, I=TAPE6, O=\$OUT.
 REWIND, DN=TAPE6.
 COPYD, I=TAPE6, O=INSUGUN.
 REWIND, DN=INSUGUN.
 RELEASE, DN=BOUNDY:TAPE6:ZOUT.
 *
 REWIND, DN=INSUGUN.
 ACCESS, DN=VECTORA, PDN=VECT39.
 ASSIGN, DN=ZOUT1, A=FT09.
 ACCESS, DN=EGUN, OWN=AP1.
 EGUN.
 *
 * SAVE DATA FOR NEXT SECTION
 *
 ACCESS, DN=OGYR391, NA, UQ.
 DELETE, DN=OGYR391, NA.
 RELEASE, DN=OGYR391.
 REWIND, DN=OUTGUN1.
 SAVE, DN=OUTGUN1, PDN=OGYR391.
 *
 * SAVE PLOTGUN AND DATPLT ON CYBER (INPUT FILES OF PLTGUN)
 *
 DISPOSE, DN=PLOTGUN, DC=ST, TEXT='CTASK.ROUTE, PLOTGUN, UJN=TAPE1, DC=WT.', WAIT.
 DISPOSE, DN=DATPLT, DC=ST, TEXT='CTASK.ROUTE, DATPLT, UJN=TAPE12, DC=WT.'
 'GET, PLOTG45/UN=AP1.GO, PLOTG45.GET, JMAG392/UN=AP1.GO, JMAG392.''.
 *
 REWIND, DN=ZOUT1.
 COPYD, I=ZOUT1, O=\$OUT.
 RELEASE, DN=INSUGUN:NRNZ:EGUN.
 *

File GUN391, suite

EXIT.

REWIND, DN=ZOUT1.

COPYD, I=ZOUT1, O=\$OUT.

/EOF

GUN39 (1) VE = 26.5 KV I = 10.A 09/08/88. CRPP-EPFL RUN 97

\$INPUT0

RLIM= 70, ZLIM= 580, POTN=6, INTPA=.TRUE.,

\$END

\$INPUT1

POT=0., 80000., 0., 0., 0., 26500., MI=3, TYME=100.,

LSTPOT=0,

\$END

\$INPUTB

RR0=0., ZZ0=-120., ZORG=-29.00000, ZLENGT=0.0,

\$END

000

3.5, 29., 0.05, 0., 1.913, 4, 0/
'A', 4, 55., 0., 1.413/
'L', 4, 0.706, 145./
'L', 1, 0.300, 145./
'L', 4, 1.070, 145./
'L', 0, 1.343, 90./
'L', 6, 2.706, -35./
'A', 6, 35., 1.800, 2.504/
'L', 6, 0.396, 0./
'A', 6, 90., 1.600, 2.900/
'L', 6, 1.905, 90./
'L', 0, 2.800, 0./
'L', 2, 1.850, -90./
'A', 2, 86.5, 1.682, 6.530/
'L', 2, 9.518, -3.5/
'L', 2, 8.000, -1.0/
'L', 2, 1.500, 0./
'L', 2, 2.030, 11.6511/
'L', 2, 1.500, 0./
'L', 0, 0.865, -90./
'E'/'

888

\$INPUT4

MAXRAY=40, NMAG=0,

\$END

\$INPUT5

RC=17.8, ZC=22.5, NS=50, UNIT=.0005, ZEND=580,

ZMAG=586, SPC=1., AV=10, AVR=10., STEP=.2, ERROR=10.,

DENS=5.90000, MAGORD=4, RMAG=18.0, SX= 30., SY=14.,

CZ=400., CR=147., CM=243000.,

IZS=19,

\$END

/EOF

JOBST,STLYY. FILE GUN392: GYRO 39 GHZ SECTION 2
 USER,AP1,.
 JOB,JN=GUN39,MFL=720000,T=600.
 ACCOUNT,AC=20002,APW=SANDRA,US=AP1,UPW=,NUPW=.
 *
 * ELECTRON GUN DESIGN : COMPUTATION ON CRAY, PLOT ON CYBER
 *
 ACCESS, DN=BOUNDY, OWN=AP1.
 ASSIGN, DN=ZOUT, A=FT09.
 ASSIGN, DN=TAPE6, A=FT06.
 BOUNDY.
 REWIND, DN=ZOUT.
 COPYD, I=ZOUT, O=\$OUT.
 RELEASE, DN=ZOUT.
 *REWIND, DN=TAPE6.
 *COPYD, I=TAPE6, O=\$OUT.
 REWIND, DN=TAPE6.
 COPYD, I=TAPE6, O=INSUGUN.
 REWIND, DN=INSUGUN.
 RELEASE, DN=BOUNDY.
 *
 REWIND, DN=INSUGUN.
 ACCESS, DN=VECTORA, PDN=VECT392.
 ACCESS, DN=OUTGUN1, PDN=OGYR391.
 ASSIGN, DN=ZOUT1, A=FT09.
 ACCESS, DN=EGUN, OWN=AP1.
 REWIND, DN=TAPE6:OUTGUN1.
 COPYR, I=TAPE6, O=INSUGUN, NR.
 SKIPF, DN=INSUGUN.
 COPYR, I=OUTGUN1, O=INSUGUN, NR.
 REWIND, DN=INSUGUN.
 RELEASE, DN=OUTGUN1.
 EGUN.
 *
 * SAVE DATA FOR NEXT SECTION
 *
 ACCESS, DN=OGYR392, NA, UQ.
 DELETE, DN=OGYR392, NA.
 RELEASE, DN=OGYR392.
 REWIND, DN=OUTGUN1.
 SAVE, DN=OUTGUN1, PDN=OGYR392.
 *
 * SAVE PLOTGUN AND DATPLT ON CYBER (INPUT FILES OF PLTGUN)
 *
 DISPOSE, DN=PLOTGUN, DC=ST, TEXT='CTASK.ROUTE, PLOTGUN, UJN=TAPE1, DC=WT.', WAIT.
 DISPOSE, DN=DATPLT, DC=ST, TEXT='CTASK.ROUTE, DATPLT, UJN=TAPE12, DC=WT.'
 'GET, PLOTG45/UN=AP1.GO, PLOTG45.GET, JMAG393/UN=AP1.GO, JMAG393.'.
 *
 REWIND, DN=ZOUT1.
 COPYD, I=ZOUT1, O=\$OUT.
 RELEASE, DN=INSUGUN:NRNZ:EGUN.
 *

File GUN392, suite

EXIT.

REWIND, DN=ZOUT1.

COPYD, I=ZOUT1, O=\$OUT.

/EOF

GUN39 (2) VE = 26.5 KV I = 10.A 08/08/88. CRPP-EPFL RUN 97

\$INPUT0

RLIM= 70, ZLIM= 600, POTN=6, INTPA=.TRUE.,

\$END

\$INPUT1

POT=0., 80000., 0., 0., 0., 26500., MI=3, TYME=100.,

LSTPOT=0,

\$END

\$INPUTB

RR0=0., ZZ0=-100., ZORG=0., ZLENGT=0.,

\$END

000

3.5, 30., 0.05, 0., 0.04999, 0, 0/

'L', 0, 0.04999, 180./

'L', 0, 0.86, 90./

'L', 2, 1.5, 0./

'L', 2, 15.178, 8.7645/

'L', 2, 13.5, 0./

'L', 0, 3.175, -90./

'E'/'

888

\$INPUT4

MAXRAY=40, NMAG=0,

\$END

\$INPUT5

ISTART=3, SKAL=1., ZO=-580.,

RC=17.8, ZC=22.5, NS=50, UNIT=.0005, ZEND=600,

ZMAG=606, SPC=1., AV=10, AVR=10., STEP=.2, ERROR=10.,

DENS=5.90000, MAGORD=4, RMAG=18.0, SX= 31., SY=14.,

CZ=400., CR=147., CM=243000.,

IZS= 3,

\$END

/EOF

```

JOBST,STLYY.    FILE GUN393: GYRO 39 GHZ  3EME SECTION
USER,AP1,.
JOB,JN=GUN39,MFL=720000,T=600.
ACCOUNT,AC=20007,APW=SANDRA,US=AP1,UPW=,NUPW=.
*
*  ELECTRON GUN DESIGN : COMPUTATION ON CRAY, PLOT ON CYBER
*
ACCESS,DN=BOUNDY,OWN=AP1.
ASSIGN,DN=ZOUT,A=FT09.
ASSIGN,DN=TAPE6,A=FT06.
BOUNDY.
REWIND,DN=ZOUT.
COPYD,I=ZOUT,O=$OUT.
RELEASE,DN=ZOUT.
*REWIND,DN=TAPE6.
*COPYD,I=TAPE6,O=$OUT.
REWIND,DN=TAPE6.
COPYD,I=TAPE6,O=INSUGUN.
REWIND,DN=INSUGUN.
RELEASE,DN=BOUNDY.
*
REWIND,DN=INSUGUN.
ACCESS,DN=VECTORA,PDN=VECT393.
ACCESS,DN=OUTGUN1,PDN=OGYR392.
ASSIGN,DN=ZOUT1,A=FT09.
ACCESS,DN=EGUN,OWN=AP1.
REWIND,DN=TAPE6:OUTGUN1.
COPYR,I=TAPE6,O=INSUGUN,NR.
COPYR,I=OUTGUN1,O=INSUGUN,NR.
REWIND,DN=INSUGUN.
RELEASE,DN=OUTGUN1.
EGUN.
*
*  SAVE PLOTGUN AND DATPLT ON CYBER (INPUT FILES OF PLTGUN)
*
DISPOSE,DN=PLOTGUN,DC=ST,TEXT='CTASK.ROUTE,PLOTGUN,UJN=TAPE1,DC=WT.',WAIT.
DISPOSE,DN=DATPLT,DC=ST,TEXT='CTASK.ROUTE,DATPLT,UJN=TAPE12,DC=WT.'
'GET,PLOTG45/UN=AP1.GO,PLOTG45.'.
*
REWIND,DN=ZOUT1.
COPYD,I=ZOUT1,O=$OUT.
RELEASE,DN=INSUGUN:NRNZ:EGUN.
*

```

```
File GUN393, suite
EXIT.
REWIND, DN=ZOUT1.
COPYD, I=ZOUT1, O=$OUT.
/EOF
GUN39 (3) VE = 26.5KV I = 10.A 15/08/88. CRPP-EPFL RUN 101
$INPUT0
RLIM= 85, ZLIM=1000, POTN=6, INTPA=.TRUE.,
$END
$INPUT1
POT=0., 80000., 0., 0., 0., 26500., MI=3, TYME=100.,
LSTPOT=0,
$END
$INPUTB
RR0=0., ZZ0=-50., ZORG= 30., ZLENGT=0.0,
$END
000
8.5, 100., 0.10, 0., 0.09999, 0, 0/
'L', 0, 0.09999, 180./
'L', 0, 3.180, 90./
'L', 2, 15., 0./
'L', 2, 55.08, 2.94/
'L', 2, 30.07, 3.80/
'L', 0, 8.010, -90./
'E'/
888
$INPUT4
MAXRAY=40, NMAG=0,
$END
$INPUT5
ISTART=3, SKAL=0.5, ZO=-300.,
RC=17.8, ZC=22.5, NS=50, UNIT=.0010, ZEND=1000,
ZMAG=1006, SPC=1., AV=10, AVR=10., STEP=.2, ERROR=10.,
DENS=5.90000, MAGORD=4, RMAG=36.0, SX=101., SY=28.,
CZ=400., CR=147., CM=243000.,
IZS= 3,
$END
/EOF
```

File GUN393B, suite

EXIT.

REWIND, DN=ZOUT1.

COPYD, I=ZOUT1, O=\$OUT.

/EOF

GUN39 (3) VE = 26.5KV I = 10.A 16/08/88. CRPP-EPFL RUN 102

\$INPUT0

RLIM= 85, ZLIM=1000, POTN=6, INTPA=.TRUE.,

\$END

\$INPUT1

POT=0., 80000., 0., 0., 0., 26500., MI=3, TYME=100.,

LSTPOT=0,

\$END

\$INPUTB

RR0=0., ZZ0=-50., ZORG= 30., ZLENGT=0.0,

\$END

000

8.5, 100., 0.10, 0., 0.09999, 0, 0/

'L', 0, 0.09999, 180./

'L', 0, 3.180, 90./

'L', 2, 100., 0./

'L', 0, 3.190, -90./

'E' /

888

\$INPUT4

MAXRAY=40, NMAG=0,

\$END

\$INPUT5

ISTART=3, SKAL=0.5, ZO=-300.,

RC=17.8, ZC=22.5, NS=50, UNIT=.0010, ZEND=1000,

ZMAG=1006, SPC=1., AV=10, AVR=10., STEP=.2, ERROR=10.,

DENS=5.90000, MAGORD=4, RMAG=36.0, SX=101., SY=28.,

CZ=400., CR=147., CM=243000.,

IZS= 3,

\$END

/EOF

PLOTG45. A.PERRENOUD CRPP PLOT GYROTRON GUN
USER,AP1,.
CHARGE,*.
SETTL,*.
ATTACH,PLTGUN.
QGET,UJN=TAPE1.
QGET,UJN=TAPE12.
PLTGUN.
RASTER.
* PAPIER NORMAL
*ROUTE,GLDX..
* PAPIER NORMAL + ENVOI PAR LA POSTE
*ROUTE,GLDX,FC=PC.
* PAPIER CALQUE
ROUTE,GLDX,FC=CA.

```

MAGNET.                FILE: RMAG39                CONTOUR PLOT OF MAGNETIC FIELD
USER,AP1, .            39 GHZ GYROTRON
CHARGE,*.
SETTL,*.
PURGE,OM39/NA.
ATTACH,MA.
MA,INPUT,OUTPUT,OM39.
SAVE,OM39.
GET,PLTM45.
FTN5,I=PLTM45,L=0,ANSI=0.
REWIND,OM39.
LGO,OM39,OMAGN2.
RASTER.
ROUTE,GLDX.FC=PC.
GET,PLTM1.
FTN5,I=PLTM1,L=0,ANSI=0,B=PLT.
REWIND,OM39.
GET,CLEANUP.
CLEANUP.
REWIND,OM39.
PLT,OM39,OMAGN2.
RASTER.
ROUTE,GLDX.FC=PC.
(EOR)
CONTOUR PLOT OF STATIC MAGNETIC FIELD
OXFORD INSTR. MAGNET   39 GHZ
$SELECT
  NCOAX=1, NFORCE=0, NPRINC=0,
$END
$DATA2
  NBF=1,
  NPTR= 41, RPI=0., DRP=0.01,
  NPTZ=171 , ZPI=-0.4, DZP=0.01,
$END
$COILS
  NC=7, UN=3,
$END
$DATA
  Z1(1)=-0.0945,Z2(1)=-0.0173,A1(1)=0.0762,A2(1)=0.1143,AT(1)=179870.,
  Z1(2)= 0.0173,Z2(2)= 0.0945,A1(2)=0.0762,A2(2)=0.1143,AT(2)=180900.,
  Z1(3)=-0.2845,Z2(3)=-0.2591,A1(3)=0.1016,A2(3)=0.1380,AT(3)= -496.,
  Z1(4)= 0.55 ,Z2(4)= 0.65 ,A1(4)=0.08 ,A2(4)=0.12 ,AT(4)= 768.,
  Z1(5)= 0.75 ,Z2(5)= 0.85 ,A1(5)=0.08 ,A2(5)=0.12 ,AT(5)= 1193.,
  Z1(6)= 0.95 ,Z2(6)= 1.05 ,A1(6)=0.08 ,A2(6)=0.12 ,AT(6)= 1003.,
  Z1(7)= 1.15 ,Z2(7)= 1.25 ,A1(7)=0.08 ,A2(7)=0.12 ,AT(7)= 715.,
  KSWI=0, KSWIC=0, KSWZ=0,UNIT=1.,
$END
$ADJUST
NP=6,
ZZ1(1)= 0.0, BZZ(1)=1.5400, WEIGHT(1)=1.,
ZZ1(2)=-0.280, BZZ(2)=0.0963, WEIGHT(2)=1.,
ZZ1(3)= 0.600, BZZ(3)=0.0150, WEIGHT(3)=1.,
ZZ1(4)= 0.800, BZZ(4)=0.0120, WEIGHT(4)=1.,
ZZ1(5)= 1.000, BZZ(5)=0.0090, WEIGHT(5)=1.,
ZZ1(6)= 1.200, BZZ(6)=0.0060, WEIGHT(6)=1.,
$END

```

JOBST,STLYY. * FILE NSCTOC/UN=AP1 * PUT CAVFIL9 TO CRAY
USER,AP1,.
JOB,JN=NSCTOC,MFL=150000,T=20.
ACCOUNT,AC=20002,APW=SANDRA,US=AP1,UPW=,NUPW=.

* PRODUCE AN EXECUTABLE VERSION OF CAVFIL9 ON THE CRAY
*
* COLD CAVITY AND NON SELF-CONSISTANT PARTICULE CALCULATION.

ACCESS, DN=CAVFIL9, NA, UQ.
DELETE, DN=CAVFIL9, NA.
RELEASE, DN=CAVFIL9.
FETCH, DN=NSC, TEXT='GET, NSC/UN=AP1.CTASK.'.
CFT, I=NSC, B=BIN, L=0.
LDR, DN=BIN, NX, AB=CAVFIL9.
SAVE, DN=CAVFIL9, RT=100, PAM=R:E.
AUDIT, LO=L:P:A.
/EOF

File RMAG39, suite

(EOR)

```
C      KSWI
C      0      COMPUTES THE FIELD (BR,BZ) PRODUCED BY ALL COILS. ONLY
C              THE RESULTING FIELD IS WRITTEN IN TAPE7.
C
C      1      WRITES SEPARATELY IN TAPE7 THE FIELD PRODUCED BY EACH COIL
C              FOR THE GIVEN CURRENT.
C              USE THE PROGRAM "MAGNET2" TO CHANGE THE CURRENTS, TO SUM UP
C              THE RESULTING FIELD AND TO PRODUCE THE INPUT FILE FOR
C              PLOTTING PROGRAM "PLTM1".
C
C      4      FINDS NC COIL CURRENTS SO THAT THE FIELD ASSUMES NC SPECIFIED
C              VALUES. WRITES THE RESULTING FIELD INTO TAPE7.
C
C      5      FIND THE COIL CURRENTS BY TRYING TO MINIMIZE THE SUM OF
C              THE SQUARES OF THE CURRENT DENSITIES UNDER THE CONSTRAINT
C              THAT THE B FIELD ASSUMES NP VALUES AT NP GIVEN POINTS.
```

C-----
--

JOBST,STLYY. * FILE CR39A: RESONATOR FOR THE 39 GHZ GYROTRON
USER,AP1,.

JOB,JN=CR39A,MFL=150000,T=1000.

ACCOUNT,AC=20002,APW=SANDRA,US=AP1,UPW=,NUPW=.

*

* COLD CAVITY AND NON SELF-CONSISTANT PARTICULE CALCULATION.

* THE SOURCE IS NSC/UN=AP1.

* (USE GO,NSCTOC TO PUT CAVFIL9 ON THE CRAY.)

*

ASSIGN,DN=PLFIL1,A=FT10.

ACCESS,DN=CAVFIL9.

CAVFIL9.

*

DISPOSE,DN=PLFIL1,DC=ST,TEXT='CTASK.ROUTE,PLFIL1,UJN=CDES45,DC=WT.'

'GET,NSCPLOT/UN=AP1.GO,NSCPLOT.GET,CR39B/UN=AP1.GO,CR39B.'

EXIT.

DUMPJOB.

DEBUG,BLOCKS,MAXDIM=10:10.

FLODUMP.

*

/EOF

\$PHYDAT

MTEMN = 0,

NTEMN = 2,

NSHARM = 1,

B0 = 1.86400,

E0 = 1.0E+03,

RB0 = 2.250E-03,

VOLTAG = 80.E+03,

VTVZ = 1.50,

XI0 = 1.00,

NORBIT = 64,

WWTHICK=0.00434, WWEPSI=1., WWTANDL=0.,

\$END

\$MAGDAT NFIELD=2,

PZB(1)=0.0, BFIELD(1)=1.864000,

PZB(2)=0.40, BFIELD(2)=1.864000,

\$END

\$DATA3 NEFEXT=25, DELTAE=6.00E5,

NBFEXT=30, DELTAB =0.005,

XNEWB0=1.0, B0START=1.620,

DRAWCAV=1.0, DRAWETA=2.0,

FIXFREQ=1.0,

RROWRK=0.245081962450000E+12, RIOWRK=0.518913414150000E+09,

ONLYCAV=0.0,

DRAWOPT=1.0, CURRMAX=11.0,

IWRITE=2,

ICONT=0, NCONT=12, NDASH=9,

CVAL(1)=0.05, CVAL(2)=0.6,

DRAWIS=1.0,

IFIXR0=1, NLU=0,

\$END

File CR39A, suite

\$DATA1 NSEG=5 ,NZ=2048, MODE=1, NFREQ=3, FREQ=39.E+09,

\$END

\$SCALIN ISCALIN=0, FREQNEW= 8.E+09, MNEW=0, NNEW=2,

\$END

\$DATA2 Z(1)=0.0000, R(1)=0.00450, IOPTINP=1,

Z(2)=0.0050, R(2)=0.00450,

Z(3)=0.0250, R(3)=0.00864,

Z(4)=0.0500, R(4)=0.00864,

Z(5)=0.0650, R(5)=0.01000,

Z(6)=0.0800, R(6)=0.01000,

\$END

\$ZROTL DXSTEP=1.0E3, TOLFIN=500.,

\$END

/EOF

* RB0 : BEAM RADIUS AT THE CAVITY INPUT
* VTVZ : RATIO (V-TRANSVERSE/V-PERP)
* XI0 : VALUE OF THE CURRENT USED FOR THE CAVITY LOSSES CALCULATION
* NORBIT : # OF PARTICLES
* NEFEXT : # OF ELECTRIC FIELD VALUES USED IN THIS RUN , STARTING AT E0
* DELTAE : ELECTRIC FIELD INCREMENT
* NEBEXT : # OF MAGNETIC FIELD VALUES USED IN THIS RUN , STARTING AT B0
* IF XNEWB0=0 OR AT B0START IF XNEWB0=1
* DELTAB : MAGNETIC FIELD INCREMENT
* DRAWCAV: CAVITY'S SHAPE ,E-FIELD AND EFFICIENCY PROFILES DRAWING
* IF = 1
* DRAWETA: = 0 :NO DRAWING
* = 1 :DRAWING OF CAVITY & PARTICULE EFFICIENCY VS E-FIELD
* FOR EACH B VALUE
* = 2 :DRAWING OF CAVITY & PARTICULE EFFICIENCY VS E-FIELD
* ONLY FOR THE B-FIELD WHICH GIVES THE BEST EFFICIENCY
* ONLYCAV: = 1 :STOPS THE CALCULATION AFTER THE WAVE EQUATION IS
* SOLVED
* DRAWIS : = 1 :DRAWS THE STARTING CURRENT CURVE
* ILOF : # OF REAL OMEGA CALCULATED TO HAVE A FIRST ESTIMATE
* OF THE RESONANT FREQUENCY. (USED ONLY IF FIXFREQ=0)
* IFIXR0 : = 1 : KEEP THE CAVITY INPUT RADIUS GIVEN IN THE NAMELIST
* = 0 : THE RADIUS OF THE NFREQ-TH SECTION IS PUT SUCH
* THAT THIS SECTION IS AT CUT-OFF FOR FREQ & CALCU-
* LATES BACKWARDS THE INPUT RADIUS
* (KEEPING THE SHAPE)
* NLU : = 0 : SEGMENTS ARE LINEAR, AND YOU HAVE SHARP ANGLES
* BETWEEN THE SEGMENTS.
* = 1 : THE OUTPUT ANGLE OF THE CAVITY IS "ROUNDED"
* BY A CUBIC FUNCTION
* WPEPSI : REAL PART OF THE RELATIVE DIELECTRIC CONSTANT OF
* THE WINDOW MATERIAL.IF WPEPSI=1.0 THE PROGRAM DOES
* NOT INCLUDE ANY REFLECTION AT THE END OF THE CAVITY.
* TANDL : TANGENT(Delta) OF THE WINDOW MATERIAL (NOT USED)
* WWTICK : WINDOW THICKNESS (METER).IF WWTICK IS SET SMALLER THAN
* 1.0E-5 THE PROGRAM COMPUTES THE THICKNESS CORRESPONDING
* TO THE MINIMUM REFLECTION (LAMBDA/2. IN THE WINDOW)
* THE THE OUTPUT VALUE IS THEN GIVEN OUT.

```

JOBST,STLYY.      * FILE CR39B:  RESONATOR FOR THE 39 GHZ GYROTRON
USER,AP1,.
JOB,JN=CR39B,MFL=150000,T=1000.
ACCOUNT,AC=20002,APW=SANDRA,US=AP1,UPW=,NUPW=.
*
*      COLD CAVITY AND NON SELF-CONSISTANT PARTICULE CALCULATION.
*      THE SOURCE IS NSC/UN=AP1.
*      (USE GO,NSCTOC TO PUT CAVFIL9 ON THE CRAY.)
*
ASSIGN,DN=PLFIL1,A=FT10.
ACCESS,DN=CAVFIL9.
CAVFIL9.
*
DISPOSE,DN=PLFIL1,DC=ST,TEXT='CTASK.ROUTE,PLFIL1,UJN=CDES45,DC=WT.'
'GET,NSCPLOT/UN=AP1.GO,NSCPLOT.GET,CR39C/UN=AP1.GO,CR39C.'
EXIT.
*****
DUMPJOB.
DEBUG,BLOCKS,MAXDIM=10:10.
FLODUMP.
*
/EOF
$PHYDAT
  MTEMN  = 0,
  NTEMN  = 2,
  NSHARM = 1,
  B0     = 1.86400,
  E0     = 1.0E+03,
  RB0    = 2.250E-03,
  VOLTAG = 80.E+03,
  VTVZ   = 1.50,
  XI0    = 1.00,
  NORBIT = 64,
  WWTICK=0.00434,  WWEPSI=1.,      WWTANDL=0.,
$END
$MAGDAT  NFIELD=2,
         PZB(1)=0.0,      BFIELD(1)=1.864000,
         PZB(2)=0.40,    BFIELD(2)=1.864000,
$END
$DATA3  NEFEXT=25,      DELTAE=6.00E5,
        NBFEXT=30,      DELTAB =0.005,
        XNEWB0=1.0,     B0START=1.620,
        DRAWCAV=1.0,    DRAWETA=2.0,
        FIXFREQ=1.0,
        RROWRK=0.245138362450000E+12,  RIOWRK=0.336802814150000E+09,
        ONLYCAV=0.0,
        DRAWOPT=1.0,    CURRMAX=11.0,
        IWRITE=2,
        ICONT=0,        NCONT=12,          NDASH=9,
        CVAL(1)=0.05,   CVAL(2)=0.6,
        DRAWIS=1.0,
        IFIXR0=1,      NLU=0,
$END

```

File CR39B, suite

\$DATA1 NSEG=5 ,NZ=2048, MODE=1, NFREQ=3, FREQ=39.E+09,

\$END

\$SCALIN ISCALIN=0, FREQNEW= 8.E+09, MNEW=0, NNEW=2,

\$END

\$DATA2 Z(1)=0.0000, R(1)=0.00450, IOPTINP=1,

Z(2)=0.0050, R(2)=0.00450,

Z(3)=0.0250, R(3)=0.008624,

Z(4)=0.0550, R(4)=0.008624,

Z(5)=0.0700, R(5)=0.01000,

Z(6)=0.0850, R(6)=0.01000,

\$END

\$ZROTL DXSTEP=1.0E3, TOLFIN=500.,

\$END

/EOF

* RB0 : BEAM RADIUS AT THE CAVITY INPUT
* VTVZ : RATIO (V-TRANSVERSE/V-PERP)
* XI0 : VALUE OF THE CURRENT USED FOR THE CAVITY LOSSES CALCULATION
* NORBIT : # OF PARTICLES
* NEFEXT : # OF ELECTRIC FIELD VALUES USED IN THIS RUN , STARTING AT E0
* DELTAE : ELECTRIC FIELD INCREMENT
* NEBEXT : # OF MAGNETIC FIELD VALUES USED IN THIS RUN , STARTING AT B0
* IF XNEWB0=0 OR AT B0START IF XNEWB0=1
* DELTAB : MAGNETIC FIELD INCREMENT
* DRAWCAV: CAVITY'S SHAPE ,E-FIELD AND EFFICIENCY PROFILES DRAWING
* IF = 1
* DRAWETA: = 0 :NO DRAWING
* = 1 :DRAWING OF CAVITY & PARTICULE EFFICIENCY VS E-FIELD
* FOR EACH B VALUE
* = 2 :DRAWING OF CAVITY & PARTICULE EFFICIENCY VS E-FIELD
* ONLY FOR THE B-FIELD WHICH GIVES THE BEST EFFICIENCY
* ONLYCAV: = 1 :STOPS THE CALCULATION AFTER THE WAVE EQUATION IS
* SOLVED
* DRAWIS : = 1 :DRAWS THE STARTING CURRENT CURVE
* ILOF : # OF REAL OMEGA CALCULATED TO HAVE A FIRST ESTIMATE
* OF THE RESONANT FREQUENCY. (USED ONLY IF FIXFREQ=0)
* IFIXR0 : = 1 : KEEP THE CAVITY INPUT RADIUS GIVEN IN THE NAMELIST
* = 0 : THE RADIUS OF THE NFREQ-TH SECTION IS PUT SUCH
* THAT THIS SECTION IS AT CUT-OFF FOR FREQ & CALCU-
* LATES BACKWARDS THE INPUT RADIUS
* (KEEPING THE SHAPE)
* NLU : = 0 : SEGMENTS ARE LINEAR, AND YOU HAVE SHARP ANGLES
* BETWEEN THE SEGMENTS.
* = 1 : THE OUTPUT ANGLE OF THE CAVITY IS "ROUNDED"
* BY A CUBIC FUNCTION
* WPEPSI : REAL PART OF THE RELATIVE DIELECTRIC CONSTANT OF
* THE WINDOW MATERIAL.IF WPEPSI=1.0 THE PROGRAM DOES
* NOT INCLUDE ANY REFLECTION AT THE END OF THE CAVITY.
* TANDL : TANGENT(Delta) OF THE WINDOW MATERIAL (NOT USED)
* WWTHICK : WINDOW THICKNESS (METER).IF WWTHICK IS SET SMALLER THAN
* 1.0E-5 THE PROGRAM COMPUTES THE THICKNESS CORRESPONDING
* TO THE MINIMUM REFLEXION (LAMBDA/2. IN THE WINDOW)
* THE THE OUTPUT VALUE IS THEN GIVEN OUT.

```

JOBST,STLYY.      * FILE CR39C:  RESONATOR FOR THE 39 GHZ GYROTRON
USER,AP1,EPFL.
JOB,JN=CR39C,MFL=150000,T=1000.
ACCOUNT,AC=20002,APW=SANDRA,US=AP1,UPW=BOXON,NUPW=BOXON.
*
*      COLD CAVITY AND NON SELF-CONSISTANT PARTICULE CALCULATION.
*      THE SOURCE IS NSC/UN=AP1.
*      (USE GO,NSCTOC TO PUT CAVFIL9 ON THE CRAY.)
*
ASSIGN,DN=PLFIL1,A=FT10.
ACCESS,DN=CAVFIL9.
CAVFIL9.
*
DISPOSE,DN=PLFIL1,DC=ST,TEXT='CTASK.ROUTE,PLFIL1,UJN=CDES45,DC=WT.'
'GET,NSCPLOT/UN=AP1.GO,NSCPLOT.'
EXIT.
*****
DUMPJOB.
DEBUG,BLOCKS,MAXDIM=10:10.
FLODUMP.
*
/EOF
$PHYDAT
MTEMN = 0,
NTEMN = 2,
NSHARM = 1,
B0     = 1.86400,
E0     = 1.0E+03,
RB0    = 2.250E-03,
VOLTAG = 80.E+03,
VTVZ   = 1.50,
XI0    = 1.00,
NORBIT = 64,
WVTHICK=0.00434,   WVEPSI=1.,       WWTANDL=0.,
$END
$MAGDAT  NFIELD=2,
          PZB(1)=0.0,      BFIELD(1)=1.864000,
          PZB(2)=0.40,    BFIELD(2)=1.864000,
$END
$DATA3   NEFEXT=25,        DELTAE=6.00E5,
          NBFEXT=30,      DELTAB =0.005,
          XNEWB0=1.0,     B0START=1.620,
          DRAWCAV=1.0,    DRAWETA=2.0,
          FIXFREQ=1.0,
          RRWRK=0.245065943850000E+12, RIOWRK=0.231209532150000E+09,
          ONLYCAV=0.0,
          DRAWOPT=1.0,    CURRMAX=11.0,
          IWRITE=2,
          ICONT=0,        NCONT=12,          NDASH=9,
          CVAL(1)=0.05,   CVAL(2)=0.6,
          DRAWIS=1.0,
          IFIXR0=1,       NLU=0,
$END

```

File CR39C, suite

\$DATA1 NSEG=5 ,NZ=2048, MODE=1, NFREQ=3, FREQ=39.E+09,

\$END

\$SCALIN ISCALIN=0, FREQNEW= 8.E+09, MNEW=0, NNEW=2,

\$END

\$DATA2 Z(1)=0.0000, R(1)=0.00450, IOPTINP=1,

Z(2)=0.0050, R(2)=0.00450,

Z(3)=0.0250, R(3)=0.008617,

Z(4)=0.0600, R(4)=0.008617,

Z(5)=0.0750, R(5)=0.01000,

Z(6)=0.0900, R(6)=0.01000,

\$END

\$ZROTL DXSTEP=1.0E3, TOLFIN=500.,

\$END

/EOF

* RBO : BEAM RADIUS AT THE CAVITY INPUT
* VTVZ : RATIO (V-TRANSVERSE/V-PERP)
* XI0 : VALUE OF THE CURRENT USED FOR THE CAVITY LOSSES CALCULATION
* NORBIT : # OF PARTICULES
* NEFEXT : # OF ELECTRIC FIELD VALUES USED IN THIS RUN , STARTING AT E0
* DELTAE : ELECTRIC FIELD INCREMENT
* NEBEXT : # OF MAGNETIC FIELD VALUES USED IN THIS RUN , STARTING AT B0
* IF XNEWB0=0 OR AT B0START IF XNEWB0=1
* DELTAB : MAGNETIC FIELD INCREMENT
* DRAWCAV: CAVITY'S SHAPE ,E-FIELD AND EFFICIENCY PROFILES DRAWING
* IF = 1
* DRAWETA: = 0 :NO DRAWING
* = 1 :DRAWING OF CAVITY & PARTICULE EFFICIENCY VS E-FIELD
* FOR EACH B VALUE
* = 2 :DRAWING OF CAVITY & PARTICULE EFFICIENCY VS E-FIELD
* ONLY FOR THE B-FIELD WHICH GIVES THE BEST EFFICIENCY
* ONLYCAV: = 1 :STOPS THE CALCULATION AFTER THE WAVE EQUATION IS
* SOLVED
* DRAWIS : = 1 :DRAWS THE STARTING CURRENT CURVE
* ILOF : # OF REAL OMEGA CALCULATED TO HAVE A FIRST ESTIMATE
* OF THE RESONANT FREQUENCY. (USED ONLY IF FIXFREQ=0)
* IFIXR0 : = 1 : KEEP THE CAVITY INPUT RADIUS GIVEN IN THE NAMELIST
* = 0 : THE RADIUS OF THE NFREQ-TH SECTION IS PUT SUCH
* THAT THIS SECTION IS AT CUT-OFF FOR FREQ & CALCU-
* LATES BACKWARDS THE INPUT RADIUS
* (KEEPING THE SHAPE)
* NLU : = 0 : SEGMENTS ARE LINEAR, AND YOU HAVE SHARP ANGLES
* BETWEEN THE SEGMENTS.
* = 1 : THE OUTPUT ANGLE OF THE CAVITY IS "ROUNDED"
* BY A CUBIC FUNCTION
* WPEPSI : REAL PART OF THE RELATIVE DIELECTRIC CONSTANT OF
* THE WINDOW MATERIAL.IF WPEPSI=1.0 THE PROGRAM DOES
* NOT INCLUDE ANY REFLECTION AT THE END OF THE CAVITY.
* TANDL : TANGENT(DELTA) OF THE WINDOW MATERIAL (NOT USED)
* WWTHICK : WINDOW THICKNESS (METER).IF WWTHICK IS SET SMALLER THAN
* 1.0E-5 THE PROGRAM COMPUTES THE THICKNESS CORRESPONDING
* TO THE MINIMUM REFLEXION (LAMBDA/2. IN THE WINDOW)
* THE THE OUTPUT VALUE IS THEN GIVEN OUT.