

MESURES MAGNETIQUES D'UN DIPOLE SPECIAL DE LA

LIGNE DE TRANSFERT AA-PS : BTI 8005

G. Suberluçq  
M. Tardy

1. INTRODUCTION

2. PRINCIPE ET PRECISION DES MESURES

2.1 Système de coordonnées et alignement

2.2 Alimentation en courant

2.3 Mesure de l'homogénéité de  $\int Bdz(0,y)$ ,  $B(0,y) = f(y)$

2.4 Mesure de la magnétisation

3. MESURES MAGNETIQUES

3.1 Mesures préliminaires

3.2 Mesure de l'homogénéité de  $\int Bdz(0,y)$ ,  $B(0,y) = f(y)$

3.3 Mesure de la magnétisation

3.4 Mesure du centre magnétique longitudinal

4. CONCLUSION

REFERENCES

## 1. INTRODUCTION

L'implantation de l'anneau ACOL autour de l'actuel Accumulateur d'Antiprotons nécessite une nouvelle conception de la ligne de transfert AA-PS. Compte tenu des limitations de place entre les deux anneaux, un nouvel aimant a été spécifié <sup>1)</sup> et construit : BTI 8005.

L'objet du présent rapport est de décrire les propriétés magnétiques de ce dipôle à déflexion verticale.

## 2. PRINCIPE ET PRECISION DES MESURES

### 2.1 Système de coordonnées et alignement

La figure 1 montre le système de coordonnées que nous avons utilisé.

L'alignement est réalisé en prenant l'entrefer comme référence. La précision de l'alignement est de  $\pm 0,5$  mm dans les plans X et Y.

### 2.2 Alimentation en courant

Le dipôle est alimenté en courant continu avec l'alimentation Hazemeyer entre 0 et 550 A.

Avant chaque mesure, l'aimant est cyclé entre 0 et 550 A comme défini au paragraphe 3.1.

Précision de la mesure du courant :

Erreur relative sur la valeur absolue :  $\epsilon_a \leq \pm 2 \times 10^{-4}$

Erreur relative aléatoire :  $\epsilon_r \leq \pm 1 \times 10^{-4}$

### 2.3 Mesure de l'homogénéité de $\int Bdz(0,y)$ , $B(0,y) = f(y)$

2.3.1 La valeur de référence à  $X = Y = 0$  est obtenue par rotation de  $180^\circ$  de la bobine de mesure. La valeur finale est la moyenne de 2 rotations.

$$\int Bdz(0,0) = \frac{I_{th}}{2A} \frac{\int_0^t e_1 dt(0^\circ \rightarrow 180^\circ)}{I_1} - \frac{\int_0^t e_2 dt(180^\circ \rightarrow 0^\circ)}{I_2}$$

avec :  $I_{th}$  = Courant théorique auquel on souhaite faire la mesure.

$I_1, I_2$  = Courant effectivement mesuré pendant la rotation de la bobine, il doit être voisin de  $I_{th}$  à  $\pm 10^{-3}$  près.

$A_S$  = Constante spécifique de la bobine de mesure BL3 de 2 m de long; pour cet aimant  $A_S = 1,5694$  m.

$\int_0^t \text{edt}$  = Tension induite pendant la rotation de la bobine.

Idem pour la mesure de  $B(0,0)$  mais avec :

$A$  = Constante de la bobine courte BLC1/C de 3 cm de long :  
 $A = 0,048005 \text{ m}^2$ .

2.3.2 L'homogénéité du champ est mesurée en déplaçant la bobine jusqu'aux coordonnées  $X, Y$ . La valeur finale est la moyenne d'un aller et d'un retour.

$$\text{EPS}(X, Y) \text{ en } \% = 50 \left[ \frac{\Delta \int \text{Bdz}(0 \rightarrow X, Y) - \Delta \int \text{Bdz}(X, Y \rightarrow 0)}{\int \text{Bdz}(0, 0)} \right]$$

$$\text{avec } \Delta \int \text{Bdz}(0 \rightarrow X, Y) = \frac{I_{\text{th}}}{A_s} \times \frac{\int_0^t \text{edt}}{I_{\text{mesure}}}$$

$\int_0^t \text{edt}$  = Intégrale de la tension induite pendant le déplacement de la bobine de 0 vers  $X, Y$  ou de  $X, Y$  vers 0.

Idem pour la mesure de  $B(X, 0)$  avec bobine courte BLC1/C

## 2.4 Mesure de la magnétisation

Les mesures sont faites à  $X = Y = 0$ . Les principes de mesure de  $I$  et de  $\int \text{Bdz}(0, 0)$  sont définis aux paragraphes 2.2 et 2.3.1.

La mesure de  $B(0, 0, 0)$  est faite sur le même principe que celle de  $\int \text{Bdz}(0, 0)$  mais avec la bobine courte BLC1/C.

## 3. MESURES MAGNETIQUES

### 3.1 Mesures préliminaires

#### 3.1.1 Cyclage de l'aimant

Avant chaque mesure, l'aimant a été cyclé au moins 10 fois avec une impulsion de courant de :

$$I_{\text{max}} = 550 \text{ A}$$

$$\text{Pente} = 600 \text{ A/S}$$

$$\text{Durée des plateaux} = 1 \text{ s}$$

### 3.1.2 Détermination du point de fonctionnement

Il est spécifié <sup>2)</sup>  $\int B_N(0,0)dz = 1,67 \text{ Tm}$ , nous avons obtenu à  $I_N = 417,9 \text{ A}$ ;  $\int B_N dz(0,0) = 1,67034 \text{ Tm}$ .

### 3.2 Mesure de l'homogénéité de $\int Bdz(0,Y)$ , $B(0,Y) = f(Y)$

Les mesures sont faites dans l'intervalle :

$$-80 \text{ mm} \leq Y \leq 80 \text{ mm} \text{ pour } X = 0$$

et à  $I = 200 \text{ A}$ ;  $417,9 \text{ A}$  et  $550 \text{ A}$

La figure 2 montre l'homogénéité de  $\int Bdz(0,y)$  et  $B(0,y)$ .

La figure 3 est une loupe de la précédente dans l'intervalle  $-60 \leq y \leq 60 \text{ mm}$ . On peut remarquer qu'à  $200 \text{ A}$  l'aimant n'étant pas saturé, on retrouve sur la courbe 1 la surcompensation introduite dans le profil (courbe 4 à  $I_N$ ). Au courant nominal  $I_N = 417,9 \text{ A}$ , l'effet de saturation ramène  $\int Bdz(0,y)$  dans la zone de "bon champ" spécifiée <sup>2)</sup>. Il n'est donc pas nécessaire de "shimmer" cet aimant. Enfin à  $550 \text{ A}$  la surcompensation, introduite dans le profil, est insuffisante pour compenser les effets de la saturation.

### 3.3 Mesure de la magnétisation

Le tableau 1 donne  $\int Bdz(0,0)$ ,  $B(0,0,0)$ ,  $\text{Leq.} = f(I)$  et la figure 4 représente la variation du coefficient de magnétisation en fonction du courant.

à  $X = y = 0$

$$K_{\text{réf.}} = \frac{\int Bdz(I=200 \text{ A}) - \int Bdz_{\text{rémanent}}}{I = 200 \text{ A}} \quad \text{ou} \quad \frac{B(I = 200 \text{ A}) - B_{\text{rémanent}}}{I = 200 \text{ A}}$$

$$K(I) = \frac{\int Bdz(I) - \int Bdz_{\text{rémanent}}}{I} \quad \text{ou} \quad \frac{B(I) - B_{\text{rémanent}}}{I}$$

$$\text{Eps}(I) = 100 \times \frac{K(I)}{K_{\text{réf.}}} - 1$$

Sur cette courbe on voit que la saturation augmente de 9% lorsque l'on passe du courant nominal au courant maximum.

### 3.4 Mesure du centre magnétique longitudinal

Nous avons déterminé le décalage du centre magnétique longitudinal par rapport au centre mécanique. Le décalage est de -0,4 mm. Il fut pris en compte <sup>3)</sup> lors du positionnement des supports de mire Taylor-Hobson servant à l'alignement de l'aimant dans la ligne de transfert.

## 4. CONCLUSION

Au courant nominal, cet aimant est dans les spécifications sans qu'il soit nécessaire de l'ajuster.

Du fait de la forte saturation du dipôle, l'homogénéité du champ magnétique intégré sur la longueur se dégrade rapidement lorsque l'on s'éloigne du courant nominal.

## REFERENCES

1. "Technical specification of dipole magnet for the AA-PS transfer line", PS/PSR/Spec. 84-3.
2. D. Cornuet, S. Maury, Communications privées
3. Ph. Cartier, Communications privées.

## Distribution :

Membres de la Section MA du groupe PSR  
Y. Baconnier  
E. Jones  
S. Maury  
T. Sherwood

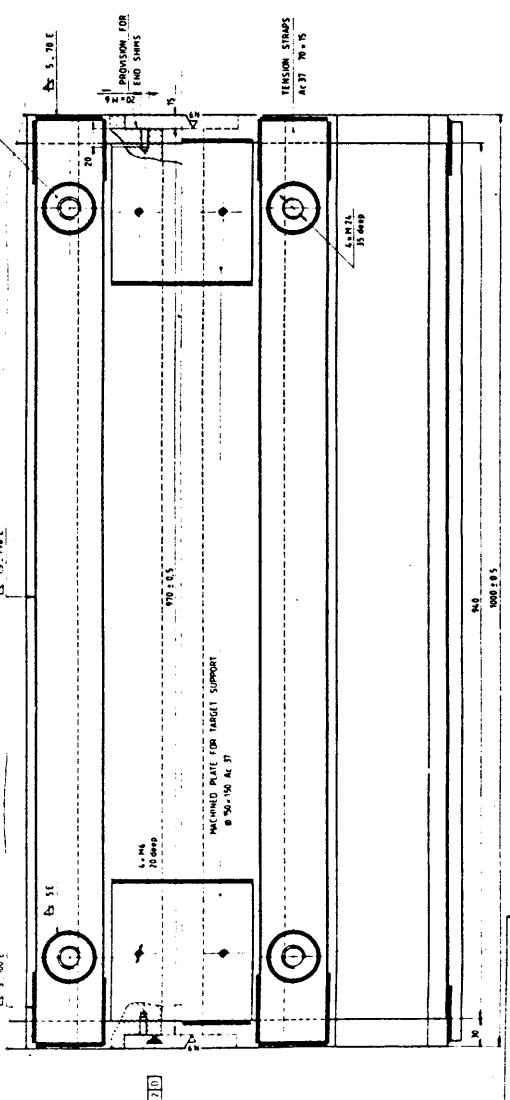
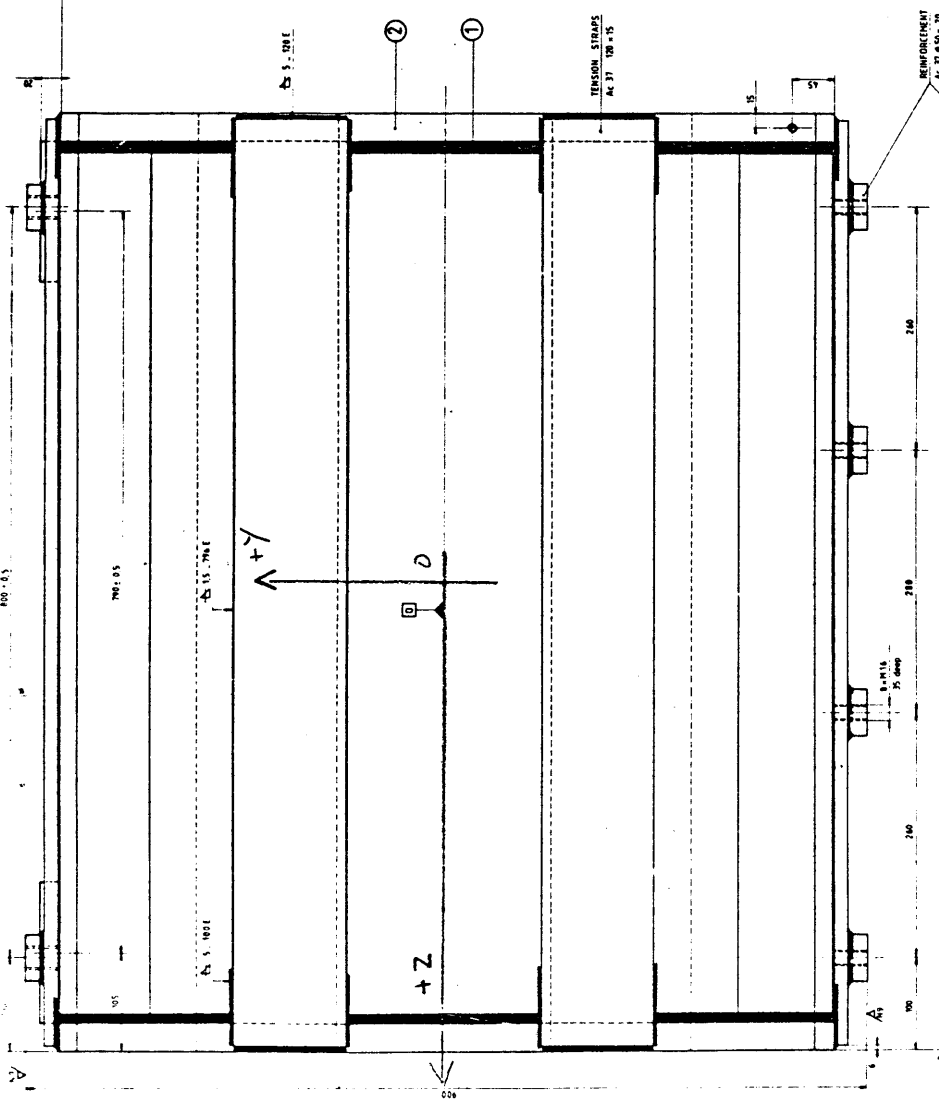
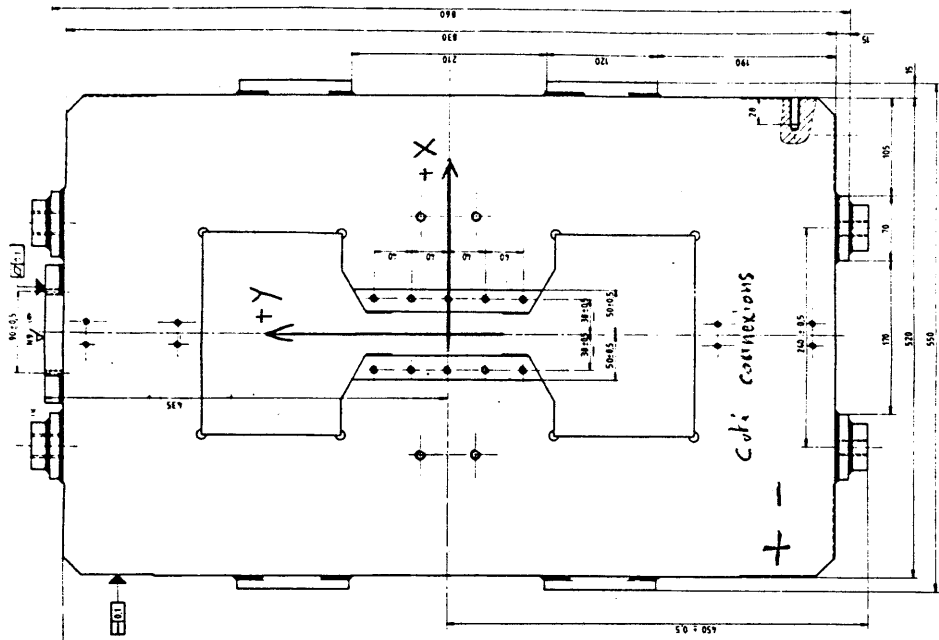
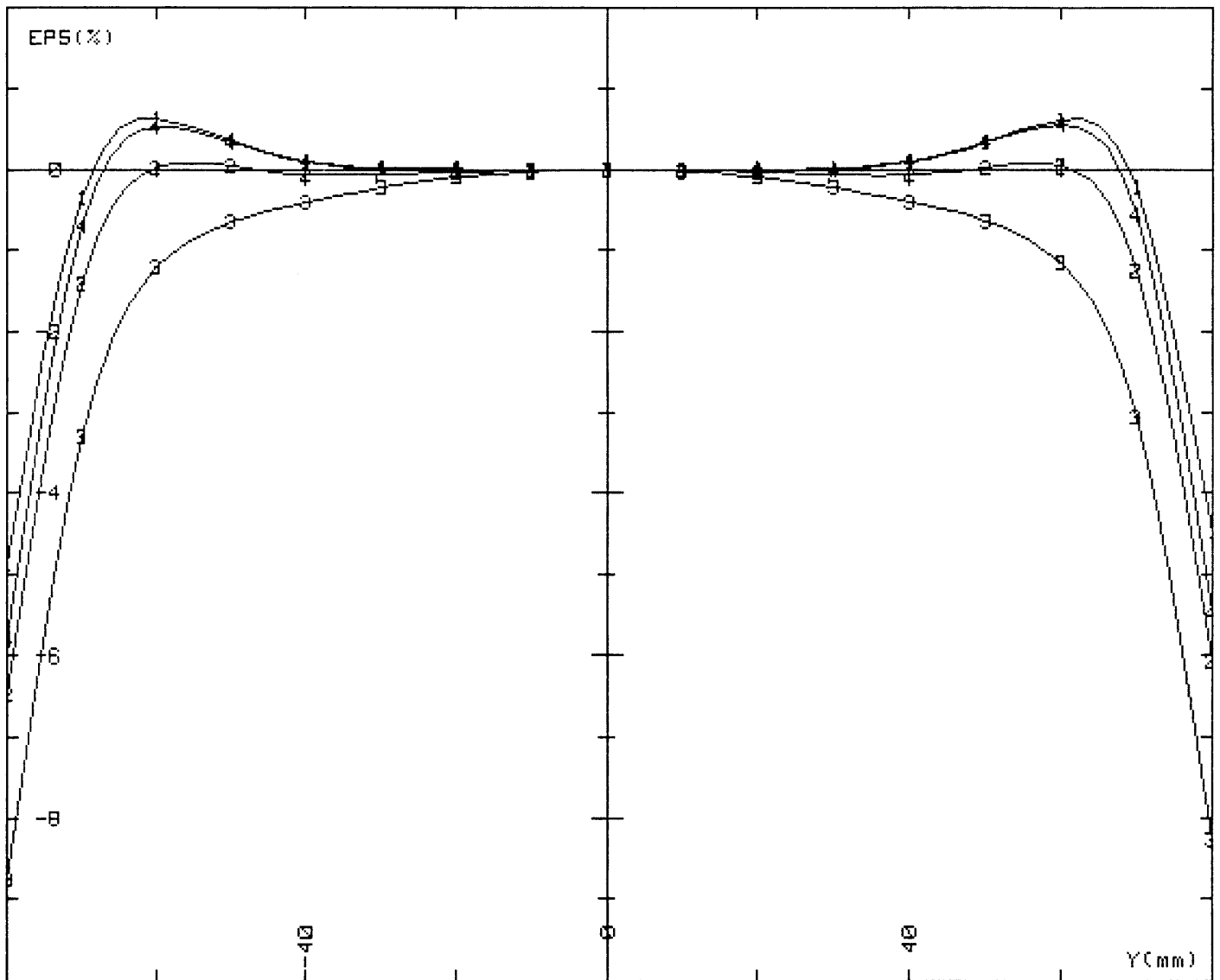


FIGURE : 1

DRAWING FOR TENDER  
 DESIGN POUR COMMISSION  
 No. 100 under your attention

|              |   |                |  |
|--------------|---|----------------|--|
| NO. PLATE    | 1 | REVISION       |  |
| DATE         |   | BY             |  |
| DESIGNED BY  |   | CHECKED BY     |  |
| PROJECT      |   | PS C 0502 14 0 |  |
| TITLE        |   | DIPOLE MAGNET  |  |
| SCALE        |   | 1:2            |  |
| SHEET NO.    |   | 1              |  |
| TOTAL SHEETS |   | 1              |  |



ACOL BTI 8005 : mesure de l'homogeneite  $\int Bdz(0,y), B(0,y)=f(y)$  23/10/1985

COURBE 1 :  $\int Bdz(0,y) = f(y)$  à  $I = 200.0$  A ;  $\int Bdz(0,0) = 0.82192$  Tm  
 COURBE 2 :  $\int Bdz(0,y) = f(y)$  à  $I = 417.9$  A ;  $\int Bdz(0,0) = 1.67034$  Tm  
 COURBE 3 :  $\int Bdz(0,y) = f(y)$  à  $I = 550.0$  A ;  $\int Bdz(0,0) = 1.99203$  Tm  
 COURBE 4 :  $B(0,y) = f(y)$  à  $I = 417.9$  A ;  $B(0,0) = 1.60405$  T

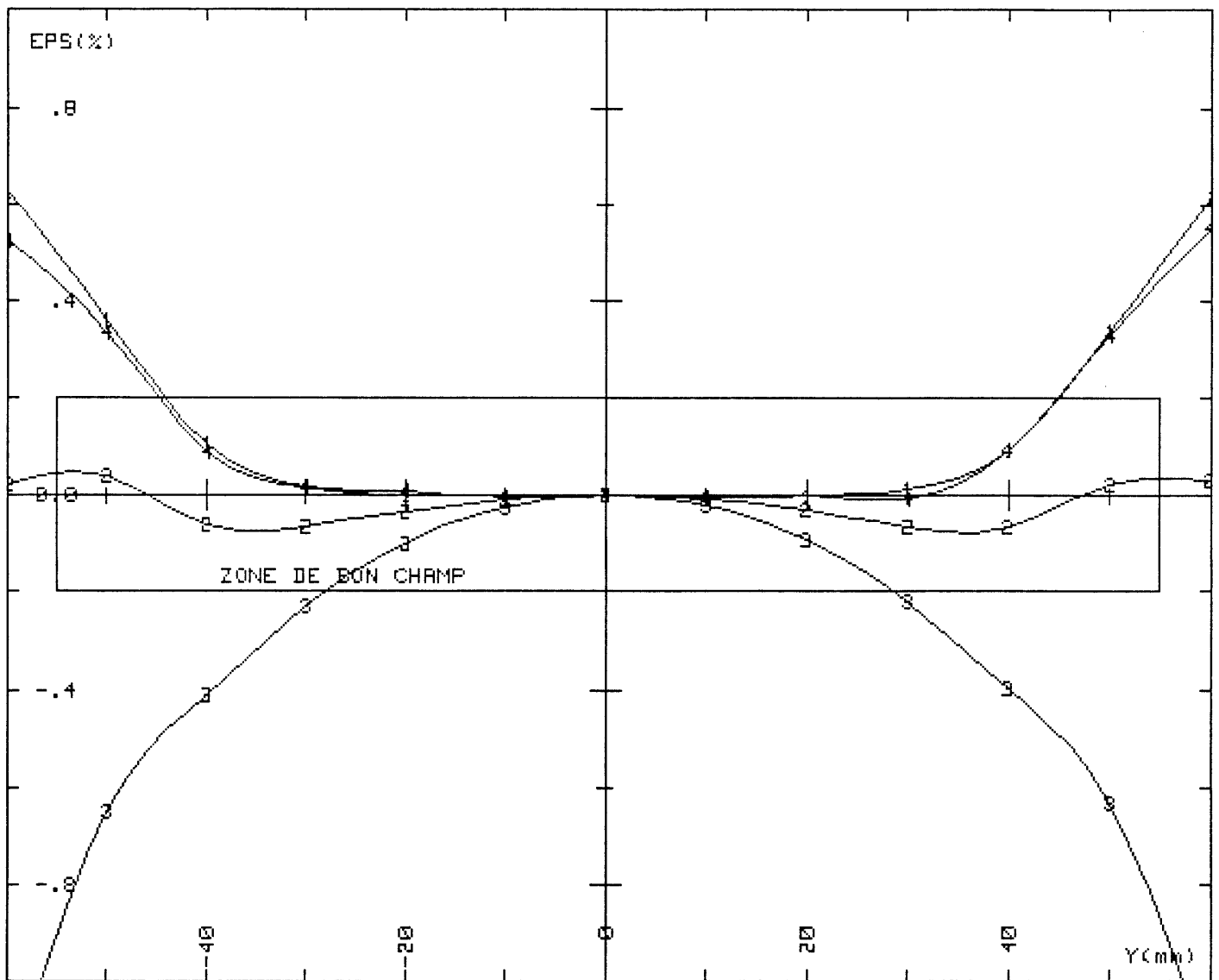
DIPOLE ACOL BTI-8005  
 MESURE SANS SHIMS

$EPS(1,2,3) = 100 * (\int Bdz(0,y) / \int Bdz(0,0) - 1)$   
 $EPS(4) = 100 * (B(0,y) / B(0,0) - 1)$

Traitement des fichiers : H00501,H00502,H00503,H00504 Disque DATA 2

Nom du fichier : H00505 disque DATA 2

FIGURE : 2



ACOL BTI 8005 : mesure de l'homogeneite  $\int Bdz(\theta,y), B(\theta,y)=f(y)$  23/10/1985

COURBE 1 :  $\int Bdz(\theta,y) = f(y)$  à  $I = 200.0$  A ;  $\int Bdz(\theta,0) = 0.82192$  Tm  
 COURBE 2 :  $\int Bdz(\theta,y) = f(y)$  à  $I = 417.9$  A ;  $\int Bdz(\theta,0) = 1.67034$  Tm  
 COURBE 3 :  $\int Bdz(\theta,y) = f(y)$  à  $I = 550.0$  A ;  $\int Bdz(\theta,0) = 1.99203$  Tm  
 COURBE 4 :  $B(\theta,y) = f(y)$  à  $I = 417.9$  A ;  $B(\theta,0) = 1.60405$  T

DIPOLE ACOL BTI-8005  
 MESURE SANS SHIMS

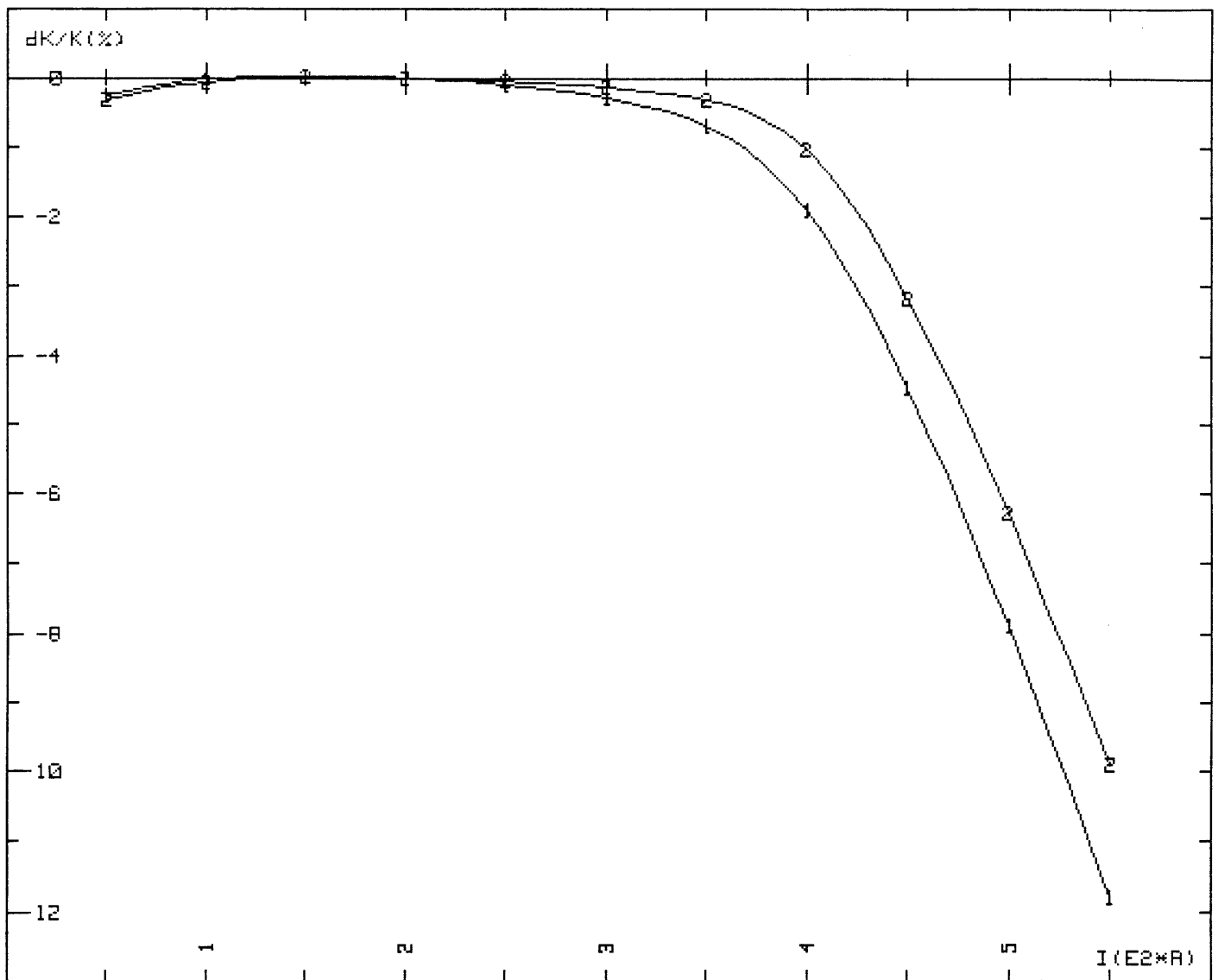
$EPS(1,2,3) = 100 * (\int Bdz(\theta,y) / \int Bdz(\theta,0) - 1)$   
 $EPS(4) = 100 * (B(\theta,y) / B(\theta,0) - 1)$

Traitement des fichiers : H00501,H00502,H00503,H00504 Disque DATA 2

LOUPE DU FICHIER : H00505

FIGURE : 3





ACOL BTI 8005 : Calcul des coefficients de magnetisation  
 (Xref,Yref)=(0,0) mm

23/10/1985

COEFFICIENT DE MAGNETISATION :  $K = \int Bdz / I = .0041041 \text{ Tm/A}$  à  $I = 200 \text{ A}$   
 COEFFICIENT DE MAGNETISATION :  $K = B / I = .0038997 \text{ T/A}$  à  $I = 200 \text{ A}$

COURBE 1 :  $\int Bdz = I * K * (1 + dK/K/100) + \int Bdz_{\text{remanent}}$   $\int Bdz_{\text{rem}} = 1.089E-03 \text{ Tm}$   
 COURBE 2 :  $B = I * K * (1 + dK/K/100) + B_{\text{remanent}}$   $B_{\text{rem}} = 1.292E-03 \text{ T}$

DIPOLE ACOL BTI-8005  
 MESURE SANS SHIMS

Traitement des fichiers : BI0501, BI0502 disque DATA 2

FIGURE : 4

DIPOLE ACOL BTI-8005  
MESURE SANS SHIMS

Traitement des fichiers : BI0501,BI0502 disque DATA 2

$\int Bdl=f(I)$  ;  $B=f(I)$  ;  $Leq=f(I)$  à  $X = Y = 0$  mm

MESURE SANS SHIMS

| COURANT<br>A | $\int Bdl$<br>Tm | B<br>T  | Long.eq<br>mm |
|--------------|------------------|---------|---------------|
| 0.00         | .00109           | .00129  | 842.54        |
| 50.00        | .20578           | .19569  | 1051.55       |
| 100.00       | .41142           | .39102  | 1052.17       |
| 150.00       | .61692           | .58632  | 1052.20       |
| 200.00       | .82191           | .78125  | 1052.05       |
| 250.00       | 1.02611          | .97572  | 1051.65       |
| 300.00       | 1.22886          | 1.16968 | 1050.60       |
| 350.00       | 1.42749          | 1.36193 | 1048.14       |
| 400.00       | 1.61161          | 1.54499 | 1043.12       |
| 450.00       | 1.76560          | 1.70054 | 1038.26       |
| 500.00       | 1.89118          | 1.82886 | 1034.08       |
| 550.00       | 1.99193          | 1.93409 | 1029.91       |

TABLERAU No 1.