

MESURES MAGNETIQUES DE DEUX DIPOLES DE LA LIGNE DE TRANSFERT

AA-PS : BTI 8055S

G. Suberlucc
M. Tardy

1. INTRODUCTION
2. PRINCIPES ET PRECISIONS DES MESURES
 - 2.1 Système de coordonnées et alignement
 - 2.2 Alimentation en courant
 - 2.3 Mesure de l'homogénéité de $\int Bdz(X,Y) = f(X,Y)$
 - 2.4 Mesure de la magnétisation.
3. MESURES MAGNETIQUES
 - 3.1 Mesures préliminaires
 - 3.2 Ajustements magnétiques
 - 3.3 Courbes de magnétisation

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.

Associés à d'autres dipôles, deux dipôles massifs, du type SPS-MDX, seront installés dans cette ligne de transfert pour rattraper les différences de niveaux entre les machines AA et PS. Ces deux dipôles sont alimentés en série et sont nomenclaturés sous un seul nom : BTI 8055S.

L'objet du présent rapport est de décrire les propriétés magnétiques de ces dipôles pour cette application.

2. PRINCIPES ET PRECISIONS 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 le gabarit prévu à cet effet. La précision de l'alignement est meilleure que $\pm 0,3$ mm sans tenir compte de l'erreur systématique du gabarit.

2.2 Alimentation en courant

Les dipôles sont alimentés en courant continu avec l'alimentation Hazemeyer entre 0 et 240 A. Avant chaque mesure l'aimant est cyclé entre 0 et 240 A comme défini au paragraphe 3.1.2.

Précision de la mesure du courant :

Erreur relative sur la valeur absolue : $\epsilon_a < \pm 0,04\%$

Erreur relative aléatoire : $\epsilon_r < \pm 0,02\%$

pour $I > 150$ A

2.3 Mesure de l'homogénéité de $\int Bdz(X,Y) = f(X,Y)$

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

$$\int Bdz(0,0) = \frac{I_{th}}{4 \times A_s} \times \frac{\int_0^t edt(0^\circ + 180^\circ)}{I_1} - \frac{\int_0^t edt(180^\circ + 0^\circ)}{I_2}$$

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 2m de long; pour cet aimant $A_s = 1,56809$ m.

$\int_0^t edt$ = Intégration de la tension induite dans la bobine de mesure pendant la rotation de 180° de celle-ci.

2.3.2 L'homogénéité du champ intégré sur la longueur est mesuré en déplaçant la bobine jusqu'aux coordonnées X,Y.

La valeur finale est la moyenne d'un aller et d'un retour.

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

avec :

$$\Delta \int Bdz(0 \rightarrow X,Y) = \frac{I_{th}}{A_s} \times \frac{\int_0^t edt}{I_1}$$

$\int Bdz(0,0,)$ I_{th}, A_s = comme défini au paragraphe 2.3.1.

$\int_0^t edt$ = Intégrale de la tension induite dans la bobine pendant son déplacement de 0 vers XY ou de XY vers 0.

I_1 = Courant mesuré pendant le déplacement de la bobine.

2.3.4 Précision de la mesure :

Erreur relative sur la valeur absolue : $\leq \pm 0,2\%$

Erreur relative aléatoire : $\leq \pm 0,05\%$

2.4 Mesure de la magnétisation

Les mesures sont faites à $X = Y = 0$. Les principes de mesure de I et de $\int Bdz(0,0)$ sont définis aux paragraphes 2.2 et 2.3.

La mesure de $B(0,0,0)$ est faite sur le même principe que celle de $\int Bdz(0,0)$ mais avec une bobine courte BLC1/c de 3 cm de long et de constante $A = 0,048005 \text{ m}^2$.

Dans ce cas l'erreur relative sur la valeur absolue devient $\leq \pm 0,4\%$.

3. MESURES MAGNETIQUES

3.1 Mesures préliminaires

3.1.1 Réparage des polarités

L'aimant est câblé de telle sorte que l'on ait le pôle Nord à sa droite lorsqu'on regarde les connexions. La figure 1 montre les polarités de l'aimant.

3.1.2 Cyclage de l'aimant

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

I_{\max} = 240 A
Pente = 200 A/s
Durée des plateaux = 1,5 s

3.1.3 Détermination du point de fonctionnement

Il est spécifié $\int B_N dz(0,0) = 0,56 \text{ Tm}$; avec les shims définitifs nous avons obtenu $I_N = 220 \text{ A}$.

3.1.4 Simulation magnétique

Avec une tôle de fer doux ayant le même profil que l'aimant nous avons simulé le deuxième dipôle. La variation de champ intégré sur la longueur, au courant nominal, est restée inférieure à la reproductibilité de la mesure. Toutes les mesures ont donc été faites sans simulation magnétique.

3.1.5 Centre magnétique longitudinal

Nous avons trouvé un décalage du centre magnétique longitudinal par rapport au centre mécanique de la culasse de $-0,45 \text{ mm}$. Si l'on veut en tenir compte il suffit de réduire l'épaisseur des plots d'appui du gabarit de $0,45 \text{ mm}$.

3.2 Ajustements magnétiques de l'aimant

Les aimants furent livrés par le SPS avec deux types de shims

- les "shims" pour champs faibles
- les "shims" pour champs élevés.

Les figures 2 et 3 représentent $\int Bdz(X,Y) = f(X,Y)$ à I_N dans l'intervalle :

- $60 < Y < 60$ mm $\Delta Y = 10$ mm
- $15 < X < 15$ mm $\Delta X = 15$ mm

L'application pour AA étant comprise entre ces deux cas nous avons déterminé un nouveau "shim" dont les dimensions sont données sur la figure 4. Les figures 5 et 6 représentent $\int Bdz(X,Y) = f(X,Y)$ dans les mêmes conditions que précédemment mais avec les nouveaux "shims" pour les deux dipôles.

3.3 Courbes de magnétisation

Le tableau 1 donne $\int Bdz(0,0)$; $B(0,0,0)$; $Leq. = f(I)$ et la figure 7 représente la variation du coefficient de magnétisation en fonction du courant à $X = Y = 0$.

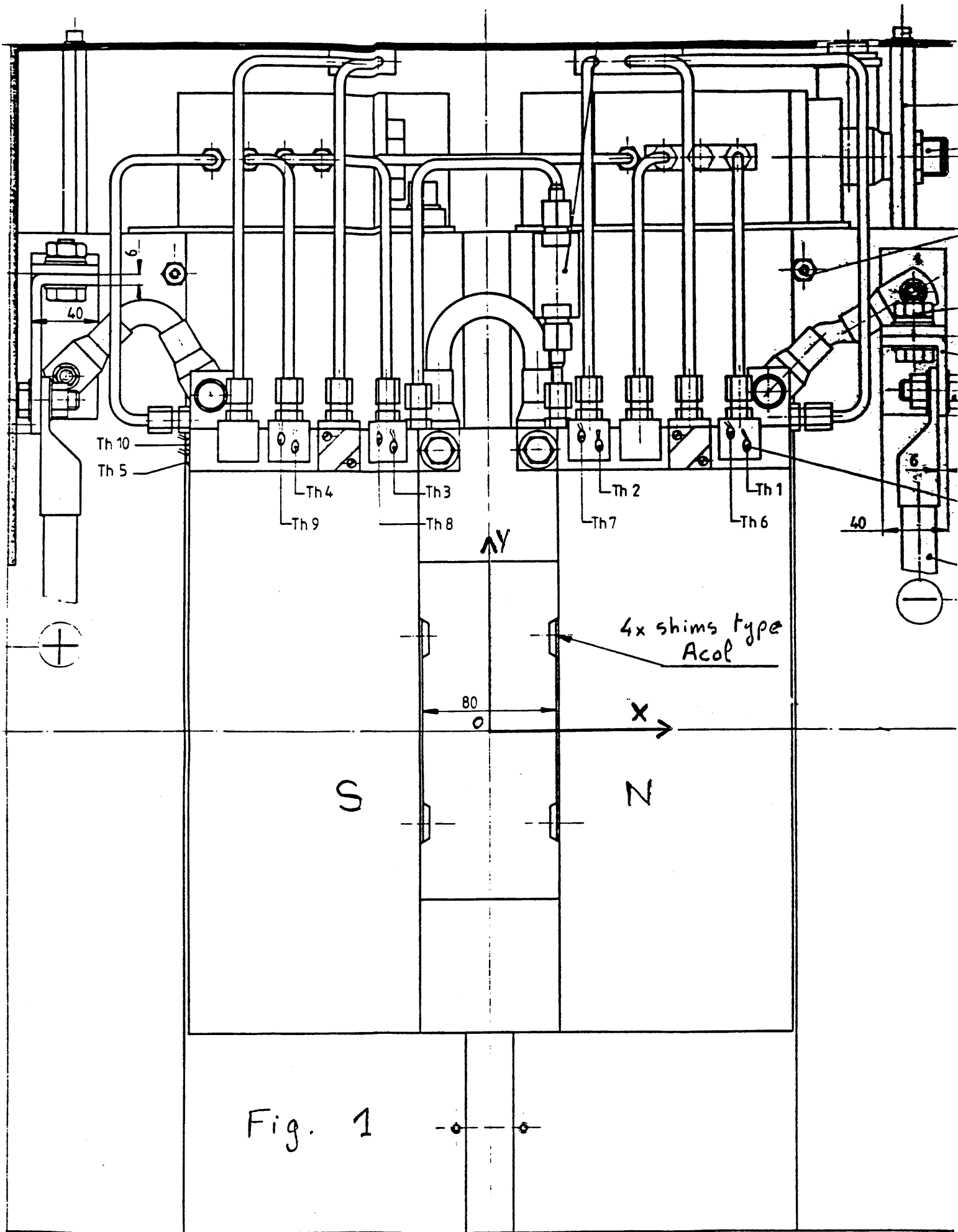
$$K_{\text{réf}} = \frac{\int Bdz(I = 100 \text{ A}) - \int Bdz_{\text{rémanent}}}{I = 100 \text{ A}} \text{ ou } \frac{B(I = 100 \text{ A}) - B_{\text{rémanent}}}{I = 100 \text{ A}}$$

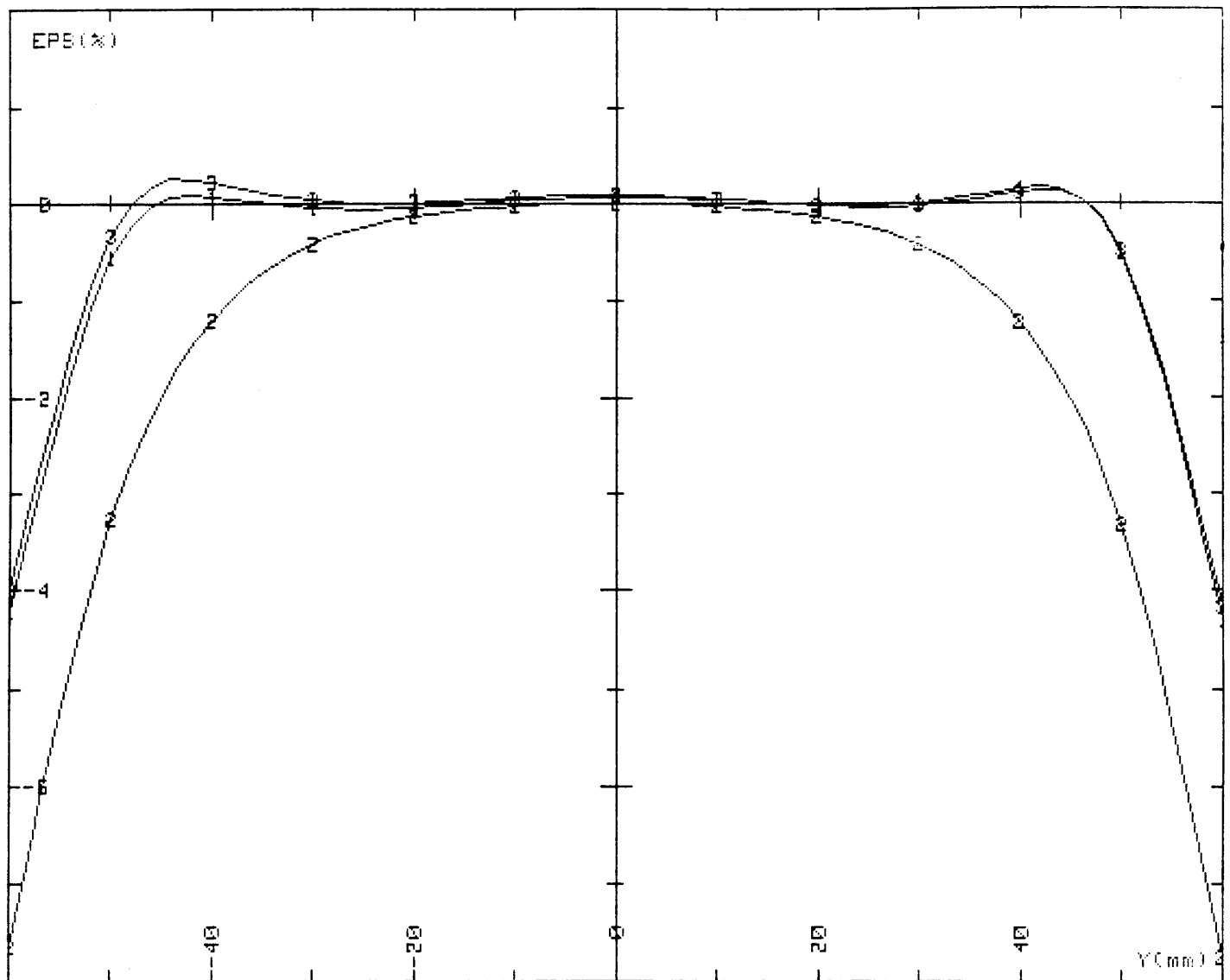
$$K_{(I)} = \frac{\int Bdz(I) - \int Bdz_{\text{rémanent}}}{I} \text{ ou } \frac{B(I) - B_{\text{rémanent}}}{I}$$

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

Distribution :

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





BTI 8055 MDX 48 : mesure de l'homogeneite $\int Bdz(X,Y) = f(X,Y)$ 02/12/1985

$\int Bdz(0,0) = .56058 Tm$ à $I = 219.9 A$

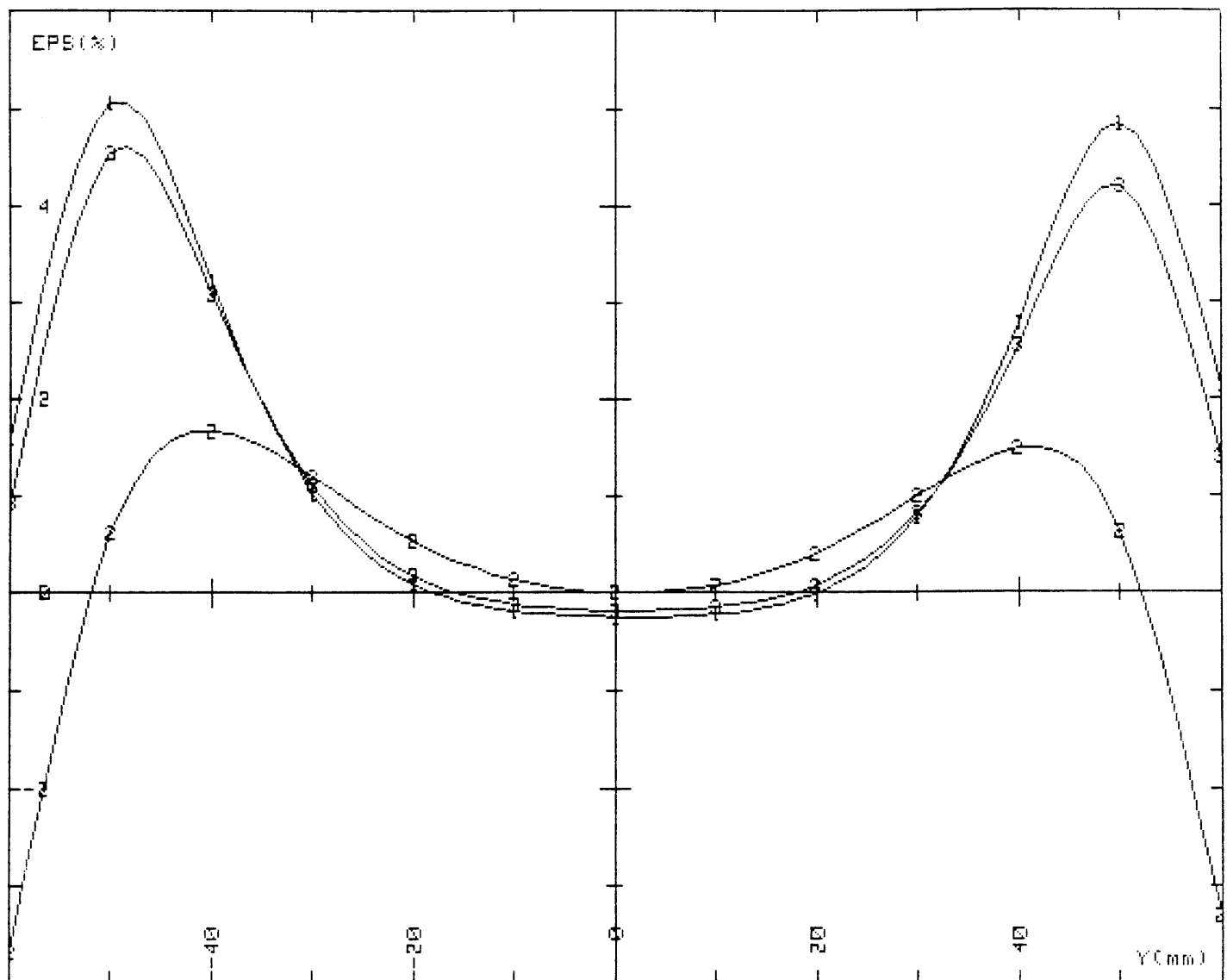
COURBE 1 : X = -15 mm
 COURBE 2 : X = 0 mm
 COURBE 3 : X = 15 mm

MESURE D'UN AIMANT ACQL BTI 8055S TYPE SPS MDX No 48
 AVEC SHIMS MINCES POUR CHAMP FAIBLE

COURANT CONTINU ; MANUEL ; DIPOLES ; HOMOG.(X,Y)
 MESURE INTEGREE ; BOB. BL3 ; HP 2401C ; ATTENUATION NON
 TENSION ; HP 3490 ;

Nom du fichier : H00801 disque DATA 2

FIGURE : 2



BTI 8055 MDX 84 : mesure de l'homogeneite $\int Bdz(X,Y) = f(X,Y)$ 29/11/1985

$\int Bdz(0,0) = .56038 \text{ Tm}$ à $I = 221.7 \text{ A}$

COURBE 1 : X = -15 mm
 COURBE 2 : X = 0 mm
 COURBE 3 : X = 15 mm

MESURE DE L'AIMANT ACOIL BTI 8055S TYPE SPS MDX No 84
 AVEC SHIMS EPAIS POUR CHAMP ELEVE

COURANT CONTINU ; MANUEL ; DIPOLES ; HOMOG.(X,Y)
 MESURE INTEGREE ; BOB. BL3 ; HP 2401C ; ATTENUATION NON
 TENSION ; HP 3490 ; ;

Nom du fichier : H00701 disque DATA 2

FIGURE : 3

Shims pour dipôles type M17X

8 pièces AC 37 étiré à froid

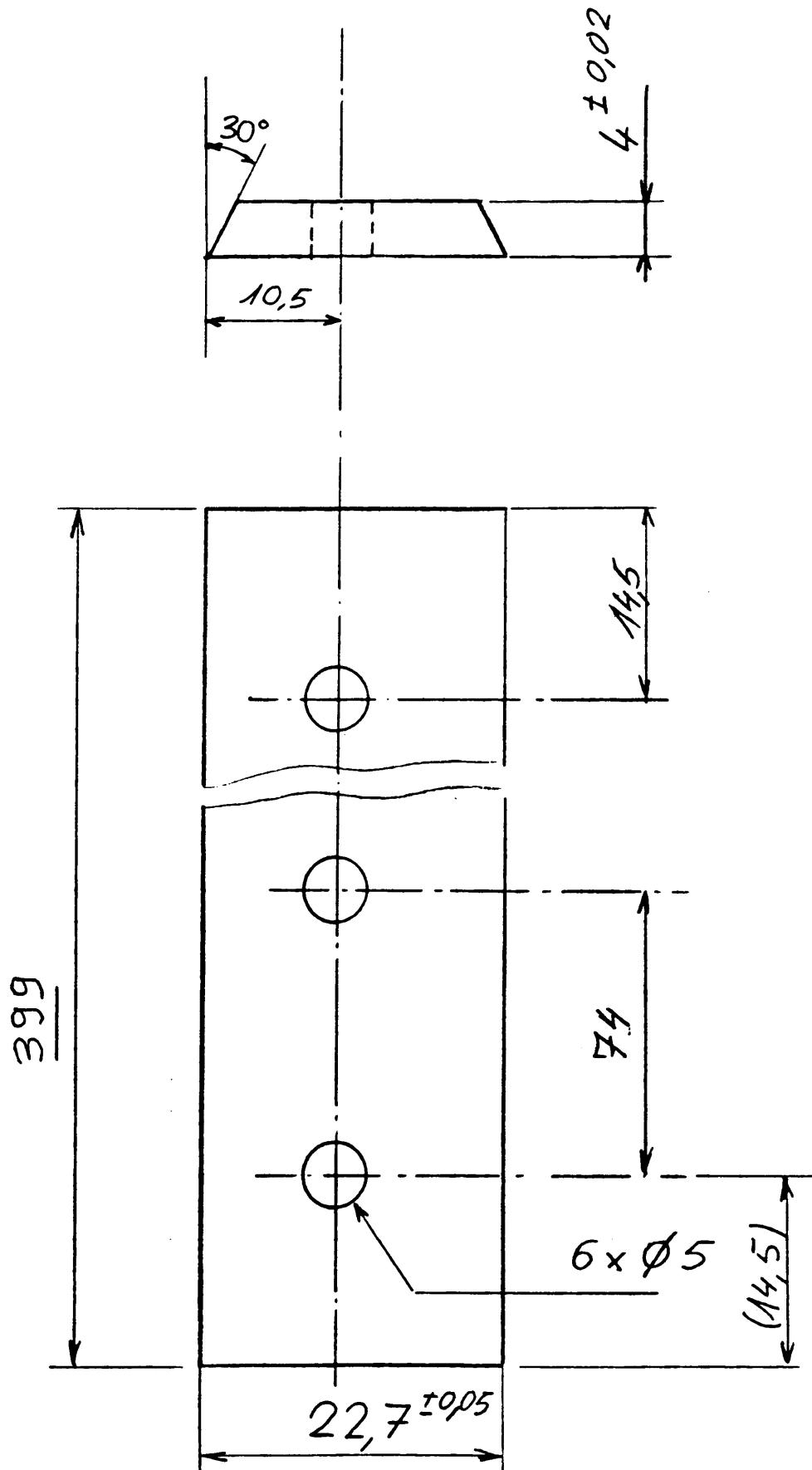
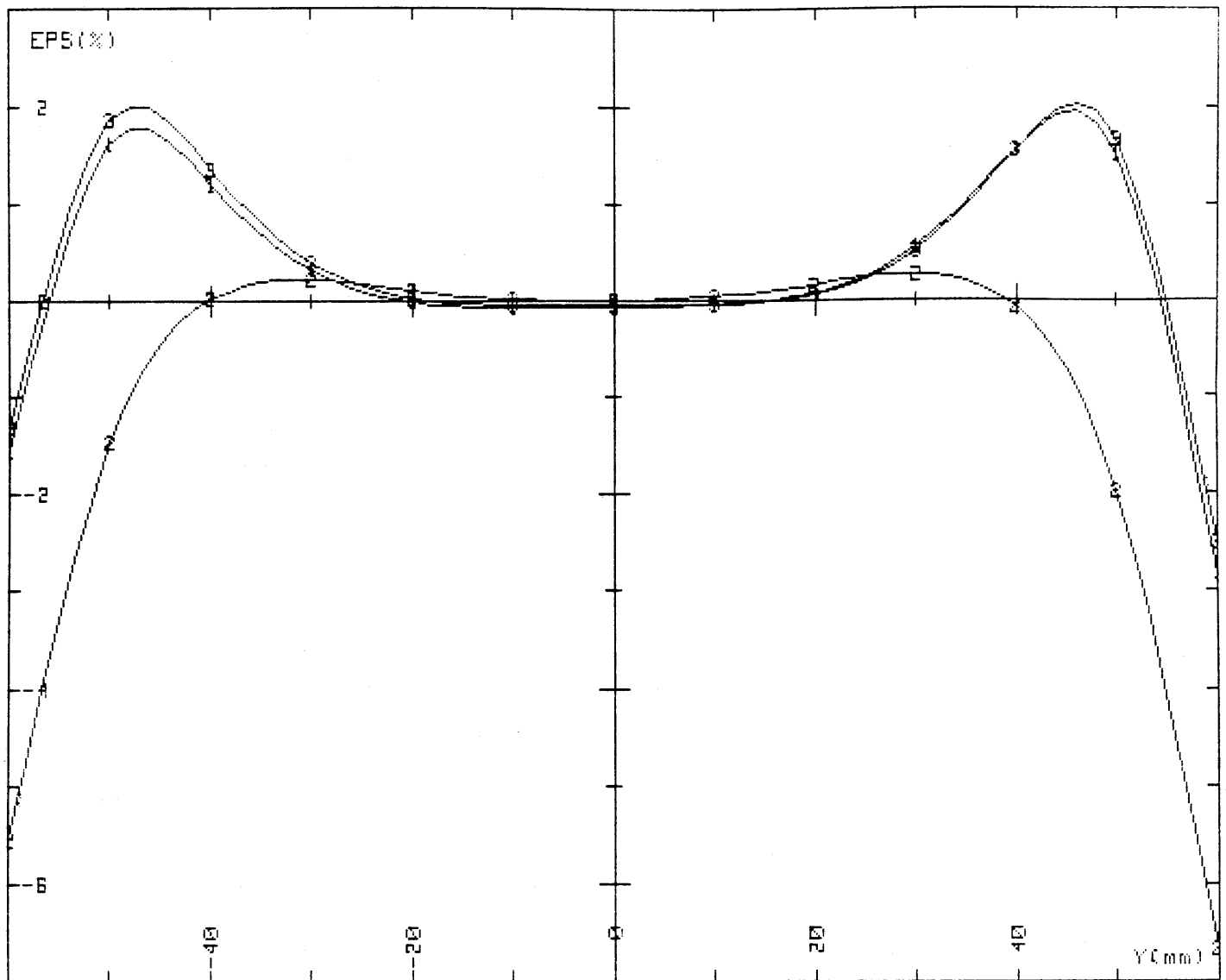


Figure 4.

Cartier Ph. 05/12/85



BTI 8055 MDX 48 : mesure de l'homogeneite $\int Bdz(X,Y) = f(X,Y)$ 10/02/1986

$\int Bdz(0,0) = .56038 Tm$ à $I = 220 A$

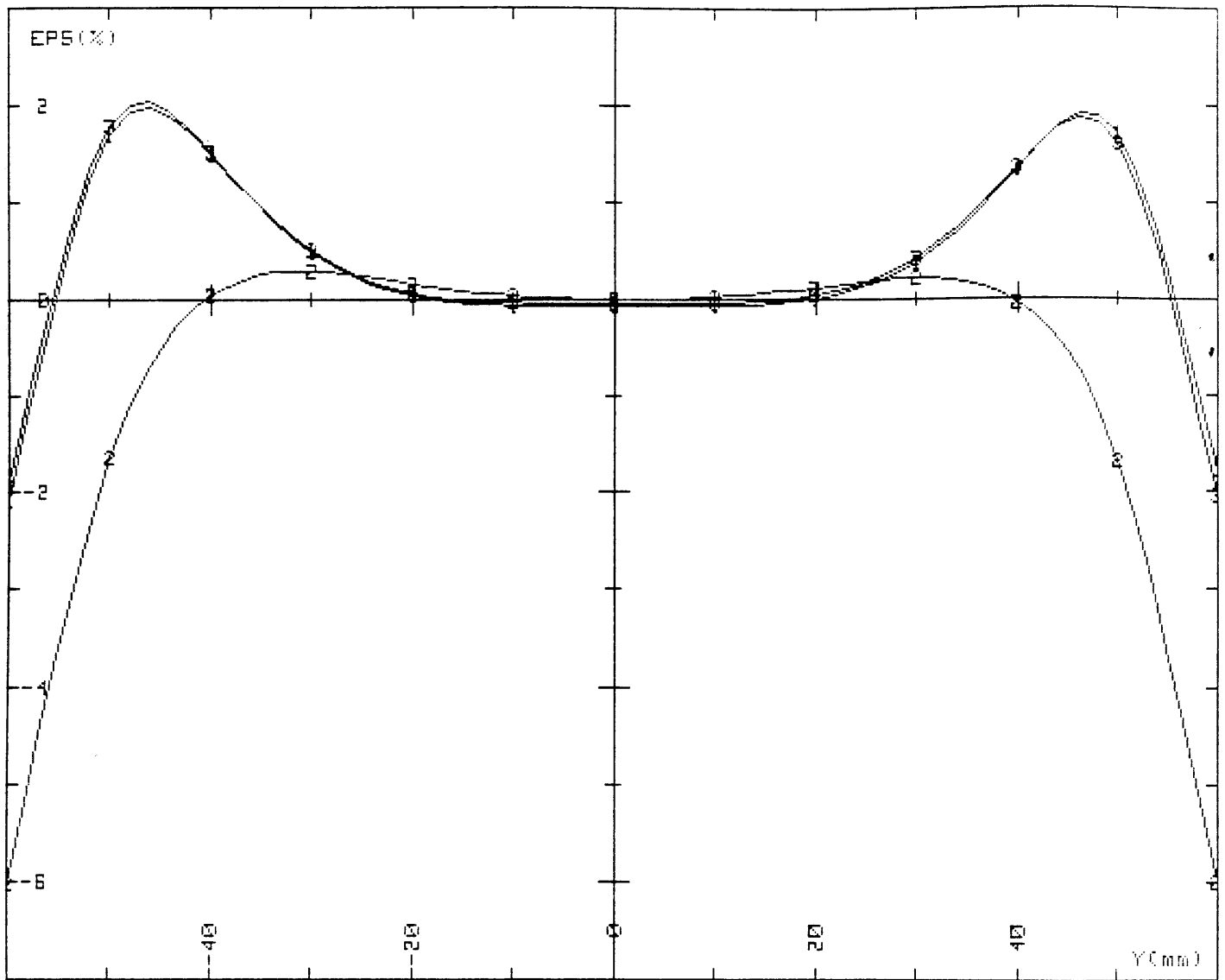
COURBE 1 : X = -15 mm
 COURBE 2 : X = 0 mm
 COURBE 3 : X = 15 mm

MESURE DE L'AIMANT ACOL BTI8055S TYPE SPS : MDX No 48
 AVEC SHIMS TYPE ACOL

COURANT CONTINU ; MANUEL ; DIPOLES ; HOMOG.(X,Y)
 MESURE INTEGREE ; BOB. BL3 ; HP 2401C ; ATTENUATION NON
 TENSION ; HP 3490 ; ;

Nom du fichier : H01501 disque DATA 2

FIGURE : 5



BTI 8055 MDX 84 : mesure de l'homogeneite $\int Bdz(X,Y) = f(X,Y)$ 11/02/1986

$\int Bdz(0,0) = .55950 Tm$ à $I = 220 A$

COURBE 1 : X = -15 mm
 COURBE 2 : X = 0 mm
 COURBE 3 : X = 15 mm

MESURE DE L'AIMANT ACOL BTI8055S TYPE SPS : MDX No 84
 AVEC SHIMS TYPE ACOL

COURANT CONTINU ; MANUEL ; DIPOLES ; HOMOG.(X,Y)
 MESURE INTEGREE ; BOB. BL3 ; HP 2401C ; ATTENUATION NON
 TENSION ; HP 3490 ; ;

Nom du fichier : H01601 disque DATA 2

FIGURE : 6

(Xref, Yref) = (0, 0) mm

$$L_{eq} = \int B dz(I) / B(I)$$

MESURE DE L'AIMANT ACOIL BTI8055 TYPE SPS : MDX No 48
 AVEC SHIMS TYPE ACOIL

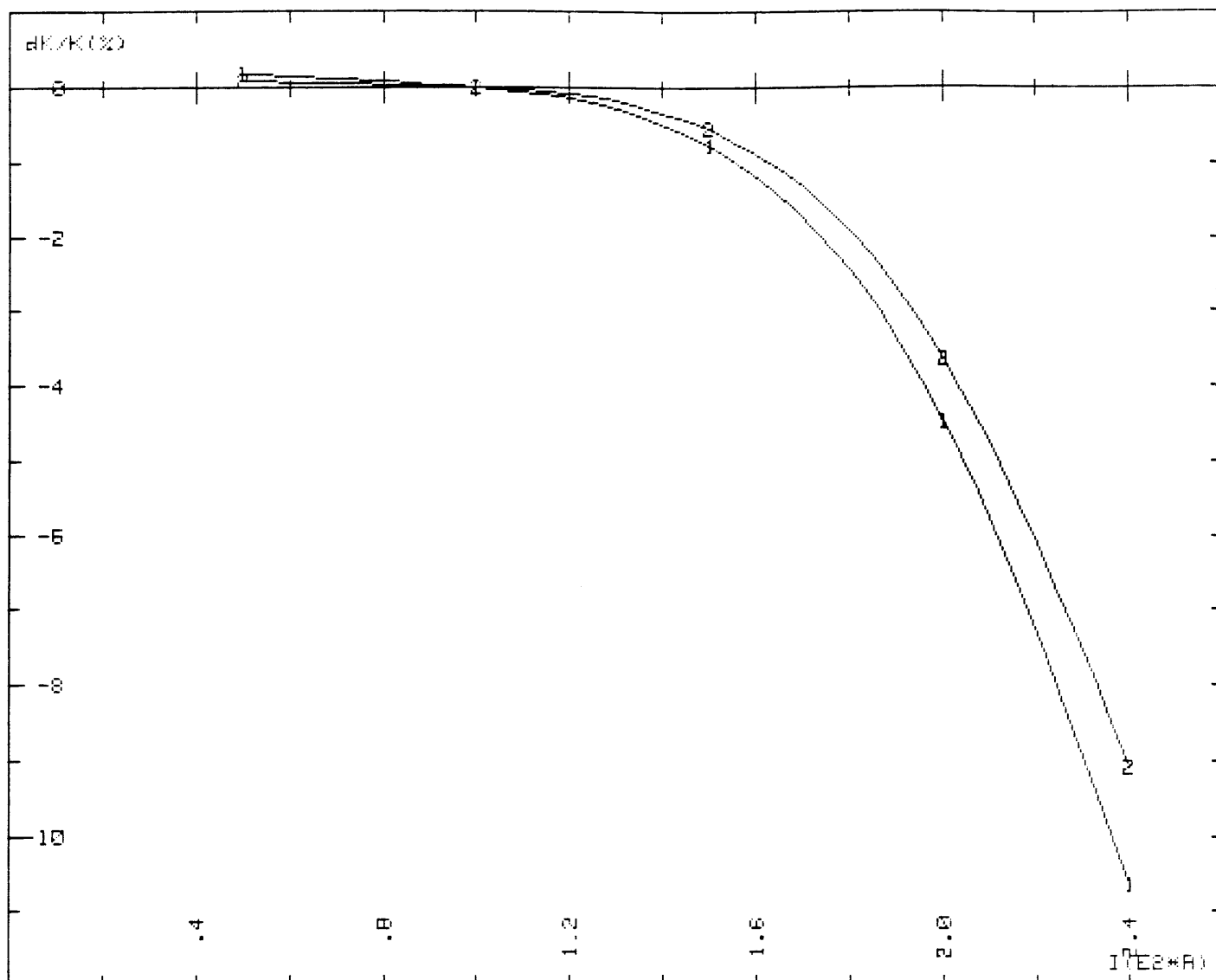
Traitement des fichiers : BI1501, BI1502 disque DATA 2

$\int B dz = f(I)$; $B = f(I)$; $L_{eq} = f(I)$ à $X = Y = 0$ mm

AVEC SHIMS TYPE ACOIL

COURANT A	$\int B dz$ Tm	B T	Long.eq mm
0.00	.00017	.00019	881.67
50.00	.13807	.28202	489.57
100.00	.27544	.56335	488.94
150.00	.40988	.84024	487.81
200.00	.52607	1.08550	484.64
240.00	.59044	1.22907	480.39

TABLEAU No 1



BTI 8055 MDX 48 : Calcul des coefficients de magnetisation
 (Xref, Yref)=(0,0) mm

10/02/1986

Mesure $\int Bdz(0,0)$: COEFFICIENT DE MAGNETISATION : $K = .0027527 \text{ Tm/A}$ à $I = 100 \text{ A}$

Mesure $B(0,0,0)$: COEFFICIENT DE MAGNETISATION : $K = .0056316 \text{ T/A}$ à $I = 100 \text{ A}$

COURBE 1 : $\int Bdz = I * K * (1 + dK/K / 100) + \int Bdz_{\text{remanent}}$ $\int Bdz_{\text{rem}} = 1.700E-04 \text{ Tm}$

COURBE 2 : $B = I * K * (1 + dK/K / 100) + B_{\text{remanent}}$ $B_{\text{rem}} = 1.928E-04 \text{ T}$

MESURE DE L'AIMANT ACOL BTI8055 TYPE SPS : MDX No 48
 AVEC SHIMS TYPE ACOL

Traitement des fichiers : BI1501, BI1502 disque DATA 2

FIGURE : 7