

MESURES MAGNETIQUES SUR L'AIMANT TBH

M. Chanel, G. Suberlucq

1. Généralités
2. Principes et précisions des mesures
3. Mesures magnétiques en régime établi
4. Mesures magnétiques en régime dynamique
5. Conclusions

Figures

I. GENERALITES

1. L'aimant TBH (Transfer Bending Horizontal) est un aimant pulsé, qui est utilisé pour défléchir le faisceau issu du Booster, soit vers le PS, soit vers la ligne de mesure 800 MeV et le bouchon de faisceau.
2. Particularités de TBH :
 - Pour s'adapter aux spécifications électriques et magnétiques la section normale au champ magnétique a une forme trapézoïdale. De ce fait nous trouverons des mesures avec "bobine droite" et avec "bobine courbe" (voir Fig. 2).
 - Pour diminuer les distorsions introduites par le champ de fuite l'aimant est du type à "plaques miroir". Pour cette raison, nous trouverons une courbe montrant la décroissance du champ magnétique aux extrémités.
3. Spécifications requises :
 - Spécifications techniques (CERN/PS/BR 76-2)
 - Exigences optiques de TBH pulsé (MPS/BR Note/75-26).

II. PRINCIPES ET PRECISIONS DES MESURES

1. Schémas synoptiques et cycles de mesures (voir Figs. 3,4,5).
2. Définitions du système de coordonnées (voir Fig. 1).
3. Volume de l'entrefer mesuré (voir Fig. 2).
4. Précisions des mesures en régime établi :
 - Mesure de I : $\pm 3 \times 10^{-4}$ sur la valeur absolue;
 $\pm 2 \times 10^{-4}$ sur les valeurs relatives.
 - Mesure de $\int edt$: $\pm 4 \times 10^{-4}$ sur la valeur absolue;
 $\pm 2 \times 10^{-4}$ sur les valeurs relatives.

- Mesure de B et $\int B dl$: $\pm 7 \times 10^{-4}$ sur la valeur absolue;
 $\pm 2.5 \times 10^{-4}$ sur les valeurs relatives.

Ceci constitue l'erreur maximale.

5. Reproductibilité des mesures en régime établi :

- Mode opératoire : montage et démontage des bobines de mesure de leurs supports ainsi que du système de positionnement, ceci à 3 jours d'intervalle.
- Bobine droite et bobine courte : $\pm 2.5 \times 10^{-5}$ sur 40 points de mesure.
- Bobine courbe : $\pm 5 \times 10^{-5}$ sur 12 points de mesure.

6. Précision des mesures en régime dynamique :

- Mesure du courant i et de la tension u : $\pm 1^0/00$ sur la valeur absolue.
- Mesure du champ intégré sur la longueur : $\pm 9 \times 10^{-4}$ sur la valeur absolue et $\pm 2 \times 10^{-4}$ sur les valeurs relatives.
- Calcul de R et L à $\pm 1\%$ (due à l'erreur graphique).
- Pour la comparaison de i et $\int B dl$ l'erreur est $\pm 2^0/00$ de i ou $\int B dl$, soit une incertitude sur le temps de $\pm 420 \mu s$ (du même ordre de grandeur que le retard mesuré de $\int B dl$ sur i).
- Pour la comparaison de $\int B dl$ sans et avec chambre à vide, l'erreur est de $\pm 2 \times 10^{-4}$ sur $\int B dl$, soit une incertitude sur le temps de $\pm 50 \mu s$ ($\pm 4\%$ du retard mesuré).

III. MESURES MAGNETIQUES EN REGIME ETABLI

1. Champ intérieur : $B_0 = 0.5199 \text{ T}$ à $I = 260 \text{ A}$ et $x = y = 0$,

- homogénéité du champ intérieur (voir Fig. 6).

$$B(0,0) = f(I) \text{ en } s = 880 \text{ (voir Fig. 7),}$$

- la saturation à 350 A est inférieure à $1^0/00$. Une mesure en $s = 1450 \text{ mm}$ à l'endroit le plus défavorable montre une saturation inférieure à 1%, au même courant.

2. $\int B dl$ sans shim :

- a) Bobine droite : $\int B dl(0,0) = 0.7947 \text{ Tm}$ à $I = 260 \text{ A}$ et $x = y = 0$
- homogénéité du champ (voir Fig. 8)
- b) Bobine courbe :
- homogénéité du champ (voir Figs. 9 et 10).

3. $\int B dl$ après "shiming" : voir forme et montage des "shims" (Fig. 1).

Remarque : dans ce type d'aimant la correction est faite sur les plaques miroir, au centre. Elle a pour effet de réduire la longueur magnétique équivalente à l'endroit où elle est appliquée. La forme des "shims" sera donc le complément de celle habituellement déterminée sur les aimants conventionnels.

- a) Bobine droite : $\int B dl(0,0) = 0.7939 \text{ Tm}$ à $I = 260 \text{ A}$ et $x = y = 0$
- homogénéité du champ (voir Fig. 11)
- $\int B dl = f(I)$ (voir Fig. 12).

À $I = 350 \text{ A}$ la saturation au centre de l'entrefer est inférieure à $30/100$.

- b) Bobine courbe :
- homogénéité du champ (voir Figs. 13 et 14).

4. Champ rémanent :

- a) Champ intérieur en $x = y = 0$:

Après cyclage de - à + 260 A, $s = 880 \text{ mm}$ $B_r = 1.2 \times 10^{-4} \text{ T}$
 $s = 1450 \text{ mm}$ $B_r = 1.6 \times 10^{-4} \text{ T}$.

- b) Champ intégré sur la longueur en $x = y = 0$:

Après cyclage de courant de - à + 260 A, $\int B_r dl = 1.4 \times 10^{-4} \text{ Tm}$.

5. Longueur magnétique et angle de déviation :

- a) $l_{eq} = 1.5271 \text{ m} = \text{longueur des pôles} + 67 \text{ mm}$.

La courbe de décroissance du champ en fonction de la longueur est indiquée à la Fig. 15.

- b) $\theta = 0.6259 \times 10^{-3} \text{ rad/A}$.

IV. MESURES MAGNETIQUES EN REGIME DYNAMIQUE

1. $u, i = f(t)$ (voir Figs. 16 et 17).

De ces deux courbes on peut tirer en appliquant :

$$u = Ri + L di/dt$$

$$R = 0.4 \Omega \text{ à } t = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$L = 0.37 \text{ H pour un } di/dt = 1230 \text{ A/s.}$$

2. $\int Bdl, i = f(t)$ (voir Fig. 18).

Le retard de $\int Bdl$ sur le courant i est plus petit que les variations de temps dues aux incertitudes des mesures. Néanmoins on peut estimer qu'il est inférieur ou au plus égal à 500 μs .

3. Influence de la chambre à vide (voir Figs. 19 et 20)

La "loupe" (Fig. 20) permet de déterminer un retard dû à la chambre à vide d'environ 1.2 ms, soit $4,4 \times 10^{-3} \text{ Tm}$ d'erreur sur le champ, pendant le temps de montée.

V. CONCLUSIONS

1. L'aimant après avoir été corrigé répond largement aux spécifications requises : $\pm 5 \times 10^{-4}$ à $\pm 40 \text{ mm}$.

- Côté spectrométrie : $\pm 1 \times 10^{-4}$ à $\pm 50 \text{ mm}$

- Côté PS : $\pm 1 \times 10^{-4}$ à $\pm 50 \text{ mm}$.

2. Le champ magnétique suit le courant de façon satisfaisante.
3. L'influence de la chambre à vide correspond à ce qui avait été prévu et accepté.
4. Tableau récapitulatif.

TABLEAU RECAPITULATIF

	à 260 A	Pour 1 A	Unités
B	0.5199	2.002×10^{-3}	T
$\int Bd1$	0.7939	3.055×10^{-3}	Tm
l_{eq}	1527	 	mm
θ	162.7	0.6259	mrad
$R_{40 \text{ } ^\circ\text{C}}$	0.4	 	Ω
L	0.37	 	H

Distribution (ouverte) :

Equipe Aimant

J.P. Delahaye

H. Fiebiger

G. Nassibian

K.H. Reich

K. Schindl

H. Schönauer

Chefs d'équipe BR

Chefs de groupe PS

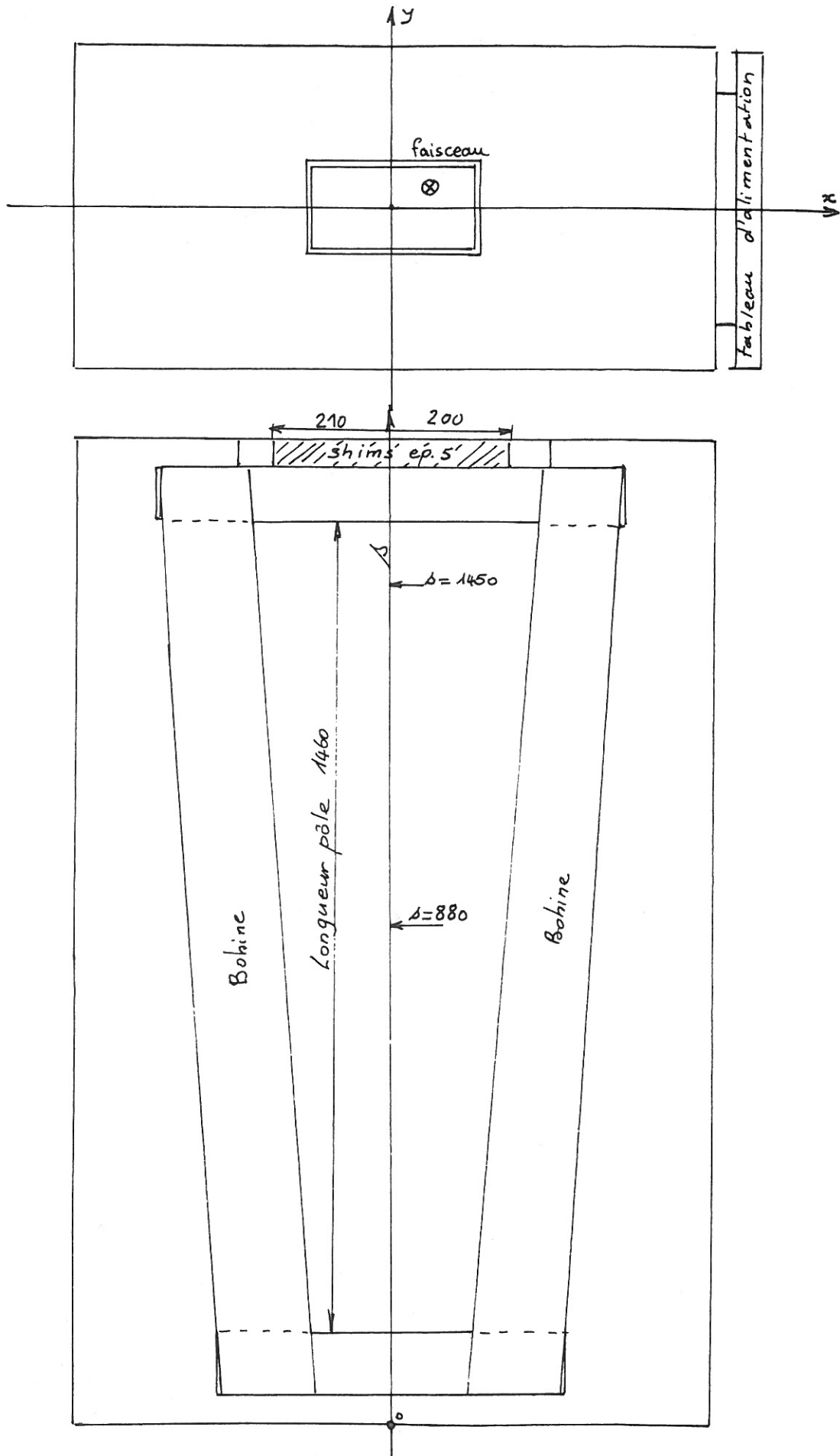
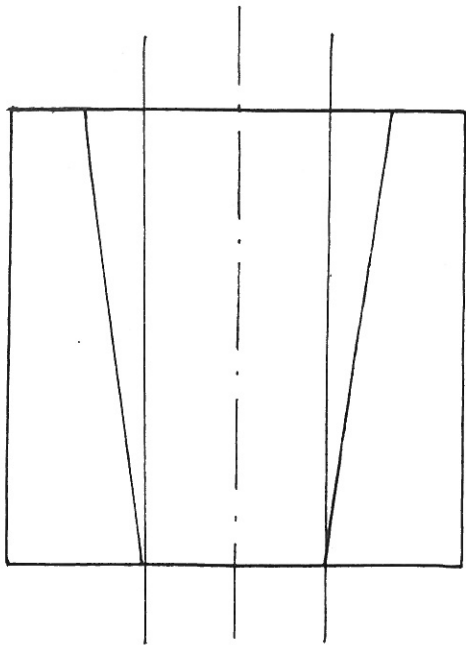
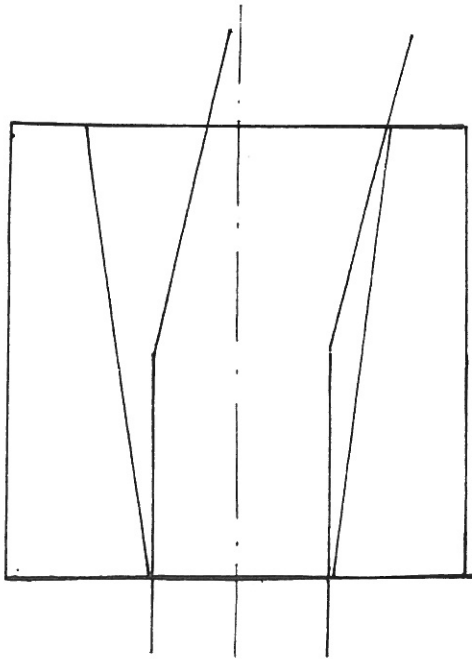


Figure 1 : système de coordonnées

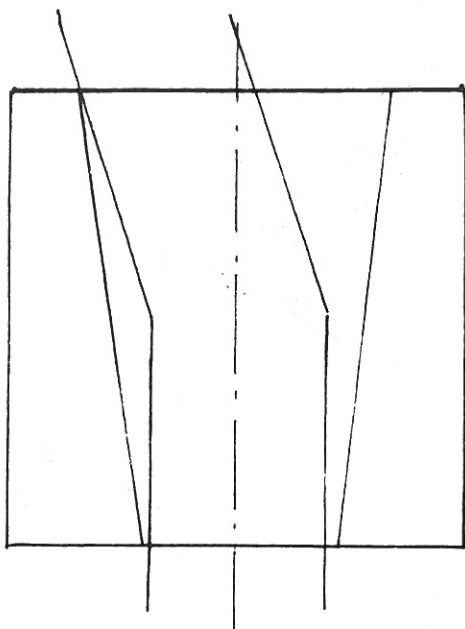


Bobine droite



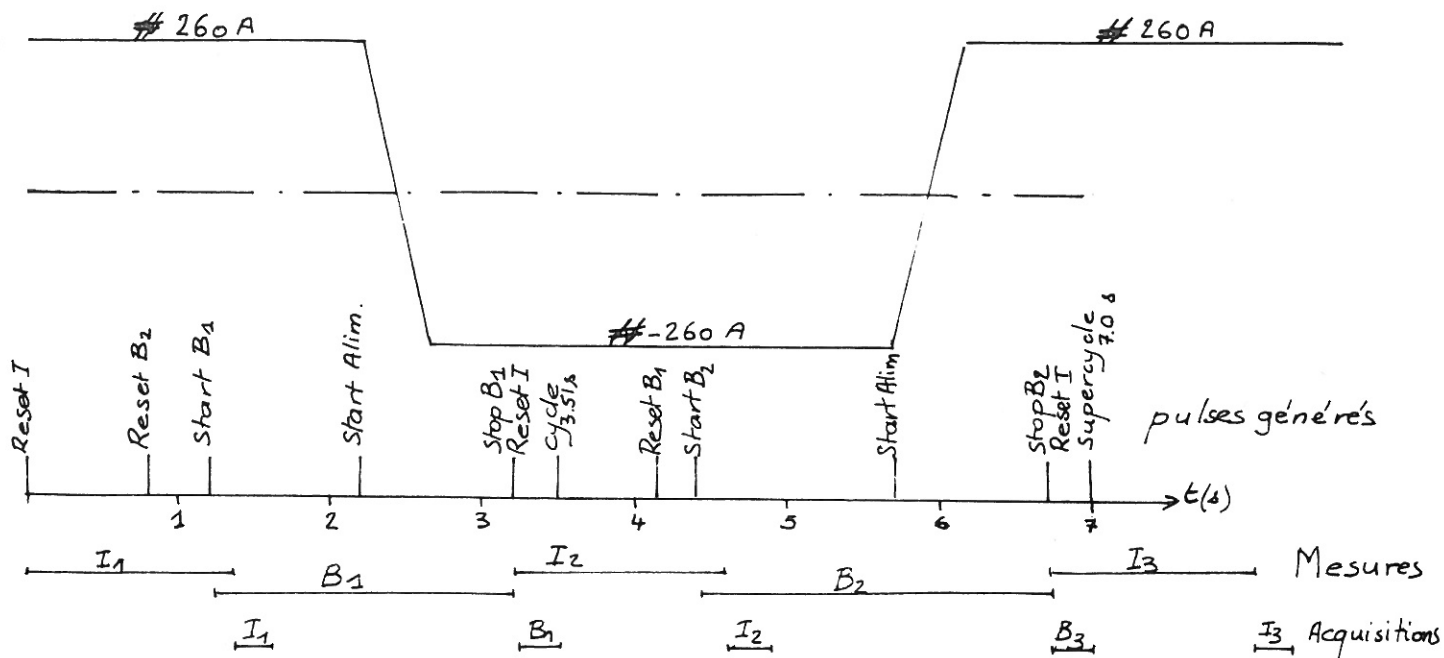
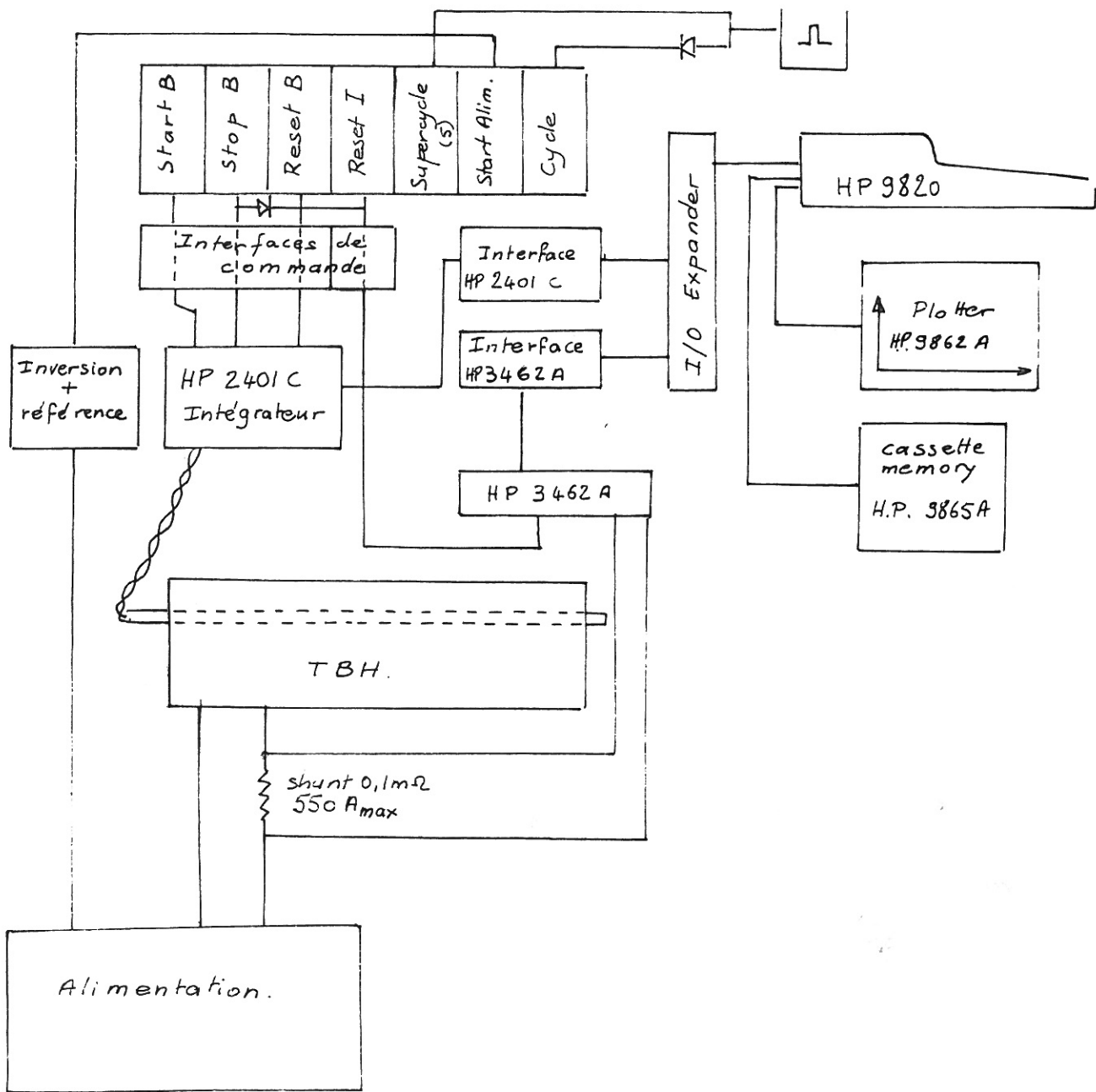
Bobine courbe
côté PS

Faisceau →



Bobine courbe
côté spectrometrie

Figure 2



$$B = \frac{I_0}{2} \left\{ \frac{|B_1|}{|I_1| + |I_2|} + \frac{|B_2|}{|I_2| + |I_3|} \right\} \quad I_0 = 260 \text{ A.}$$

Figure 3 : mesures en régime établi

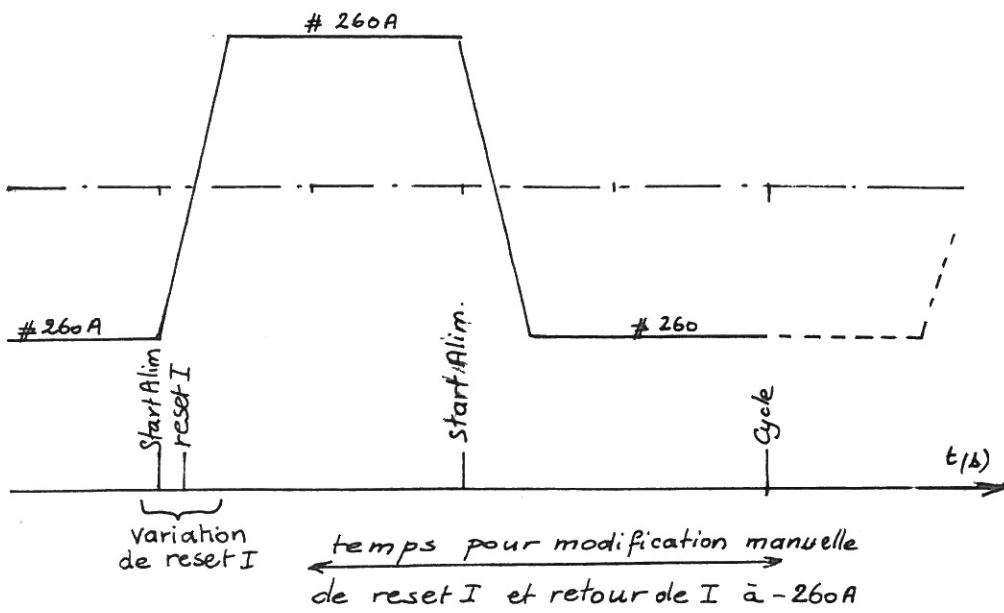
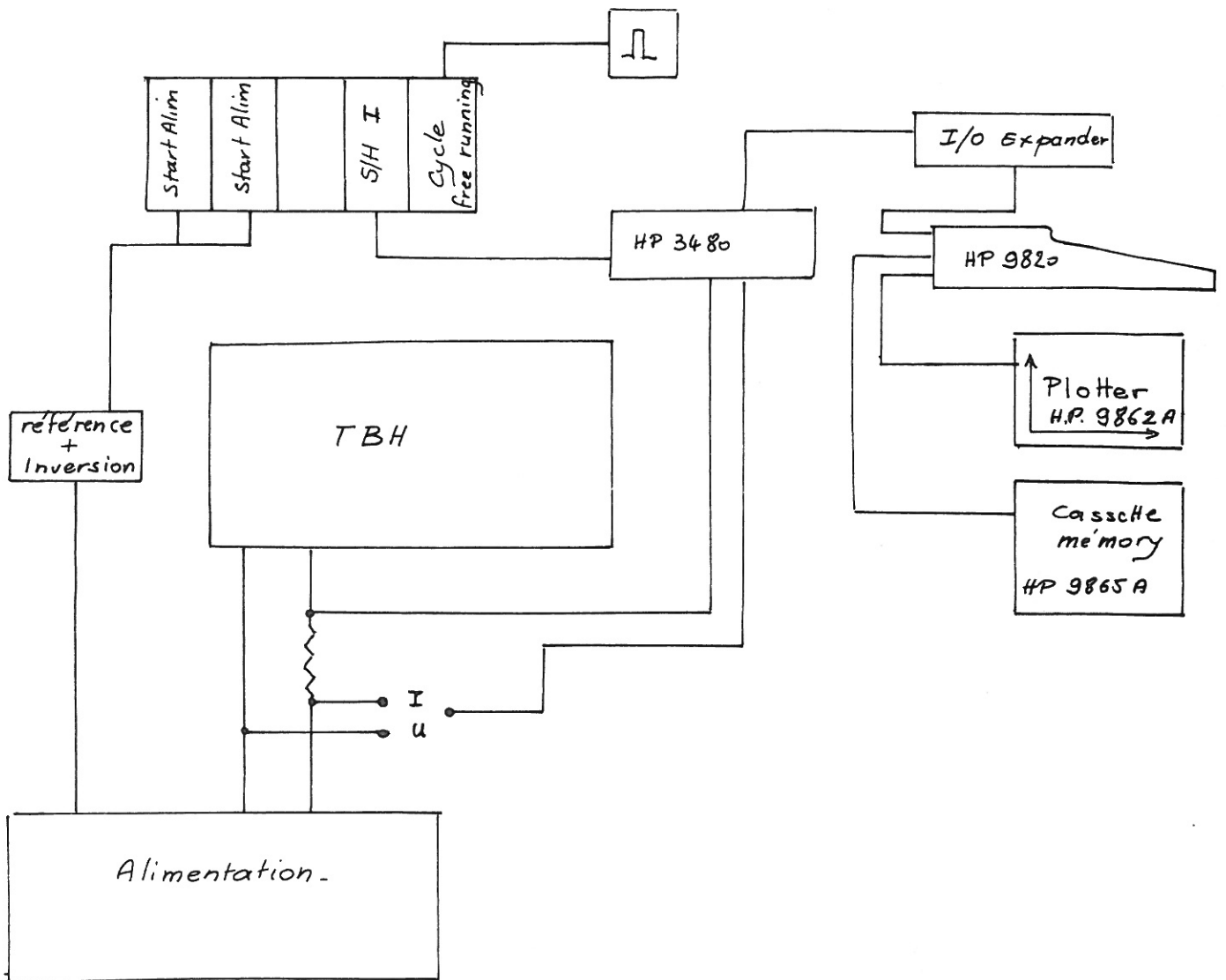


Figure 4 : mesures en régime dynamique U et I

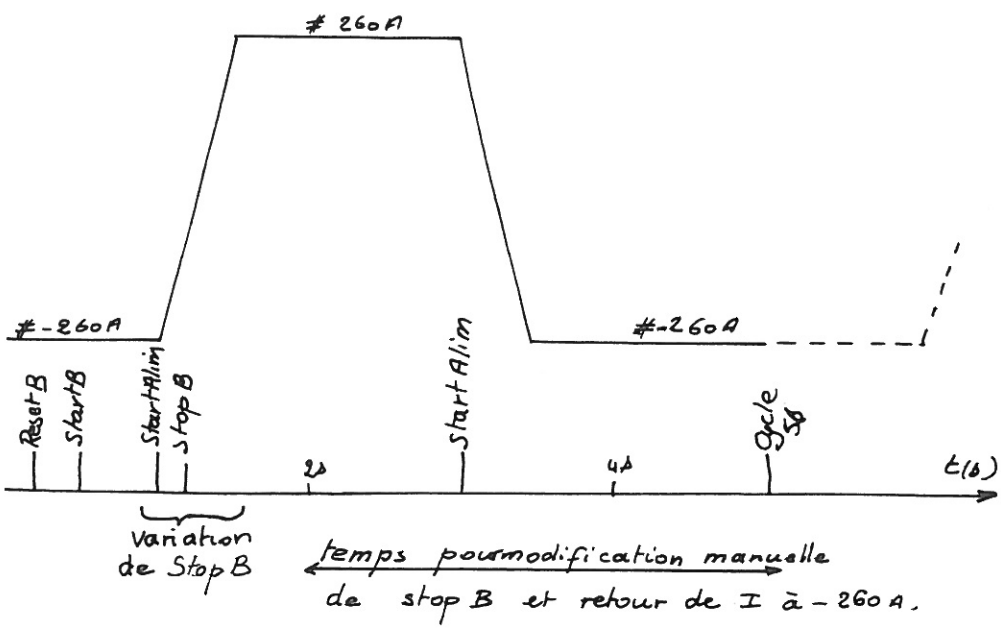
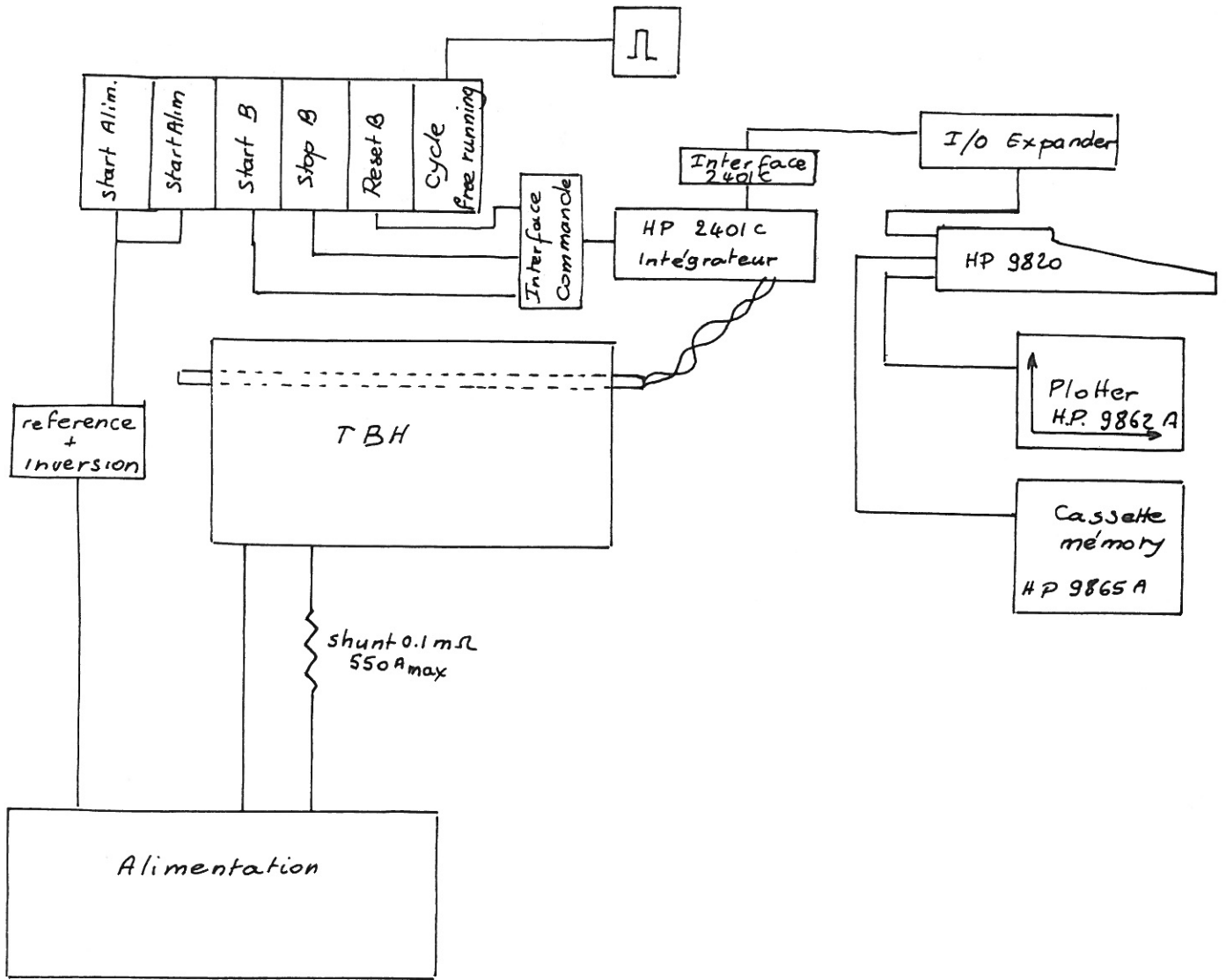


Figure 5 : mesures en régime dynamique f_{BDE}

1.5E-03
EPS
TBH 04-05-77

DES/BS = F<<X>>Y >
BOBINE COURTE S2

1.0E-03
BK/0> = .51985T

PLAN Y 0 -50MM
1 0MM
2 50MM

5.0E-04
COURANT 260A

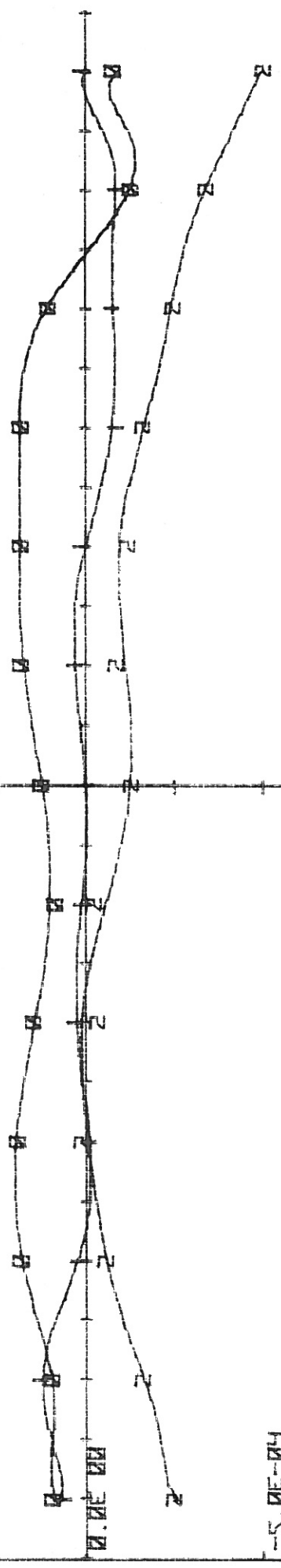
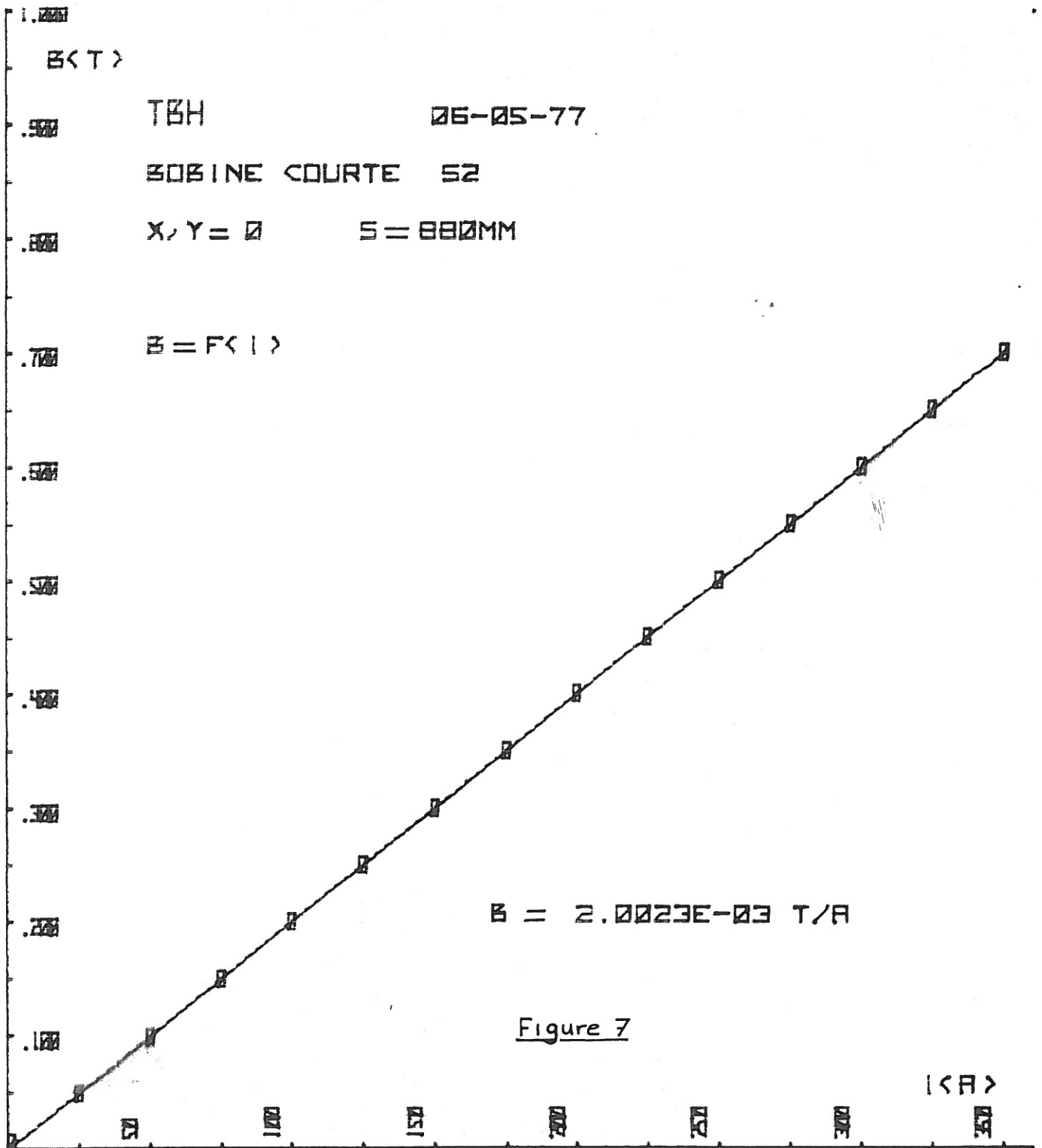


Figure 6

1.0E-03
1.1E-03
1.2E-03
1.3E-03
1.4E-03
1.5E-03
01- 02- 03- 04- 05- 06- 07- 08- 09- 10- 11-
><<X>>



1.5E-03
EPS

DSEBDL/SBDL = F(X, Y)
SANS SHIM

1.0E-03

5.0E-04

0.0E-04

-5.0E-04

-1.0E-03

TBH 04-05-77

BOBINE DROITE B1+B4

SBDL<0,0> = .7947TM

PLAN Y 0 -50MM
1 0MM
2 50MM

COURANT 260A

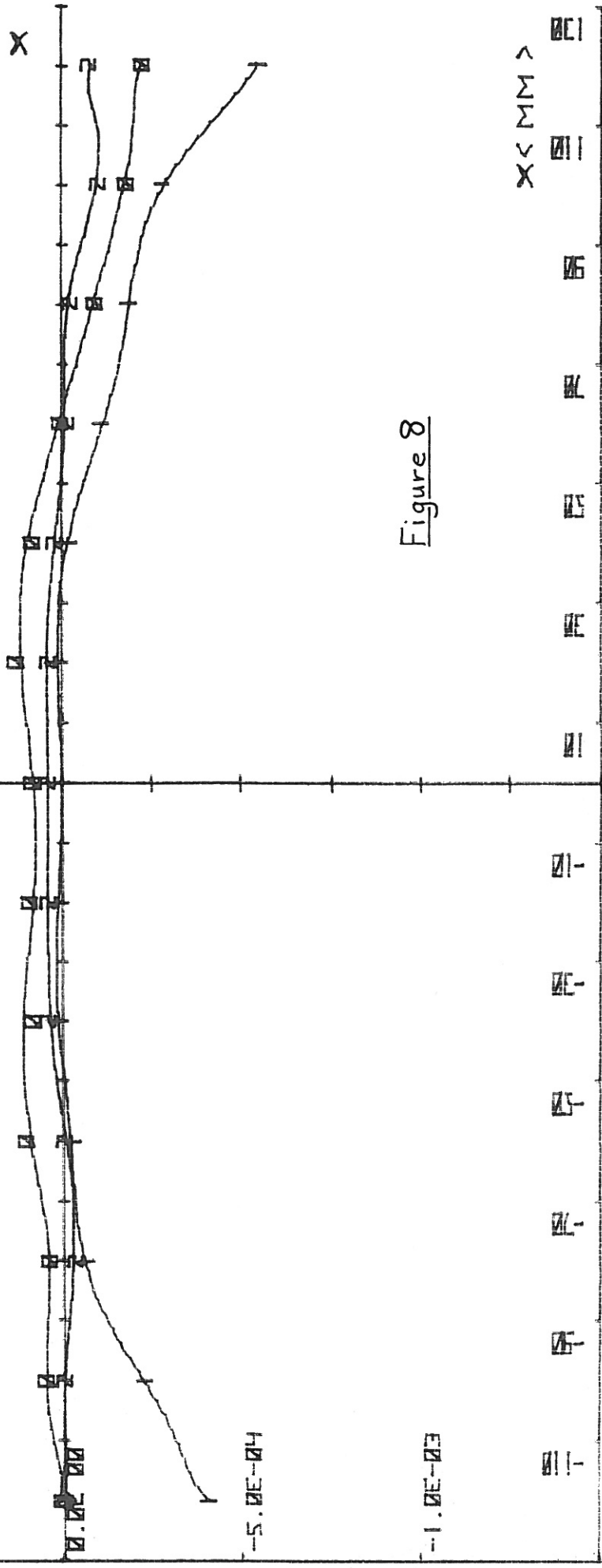


Figure 8

110 100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0

1.5E-03
EPS

DSEDL/SBDL = F(X,Y)

1.0E-03
SPNS SHIM

5.0E-04

-5.0E-04

-1.0E-03

TBH 04-05-77

BOBINE COURSE B1+B4

COTE PS

PLAN Y 0 -50MM
1 0MM
2 50MM

COURANT 260A

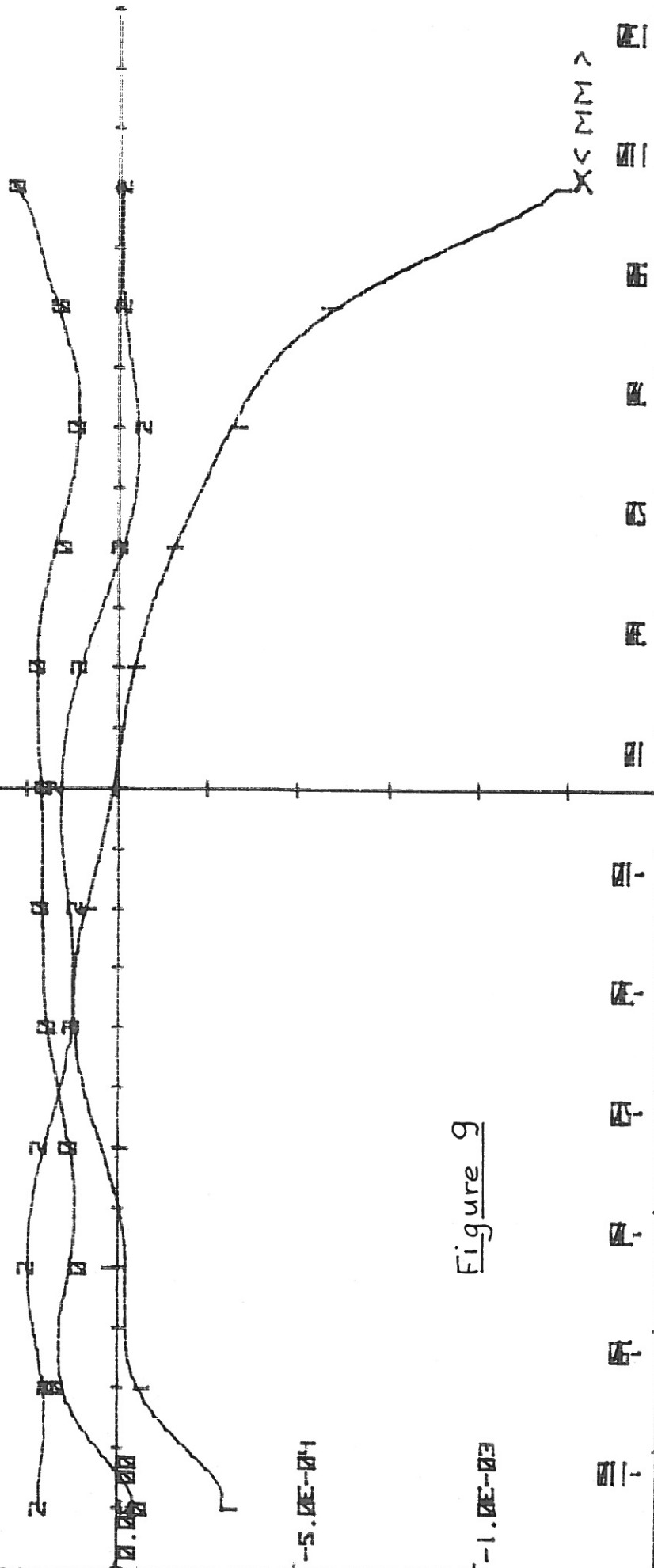


Figure 9

X<MM>

1.5E-03
EPS

DSEDL/SEDL = F(X, Y)

1.0E-03
SANS SHIM

5.0E-04

0.0E 00

-5.0E-04

-1.0E-03

01-

02-

03-

04-

05-

06-

07-

08-

09-

10-

11-

12-

13-

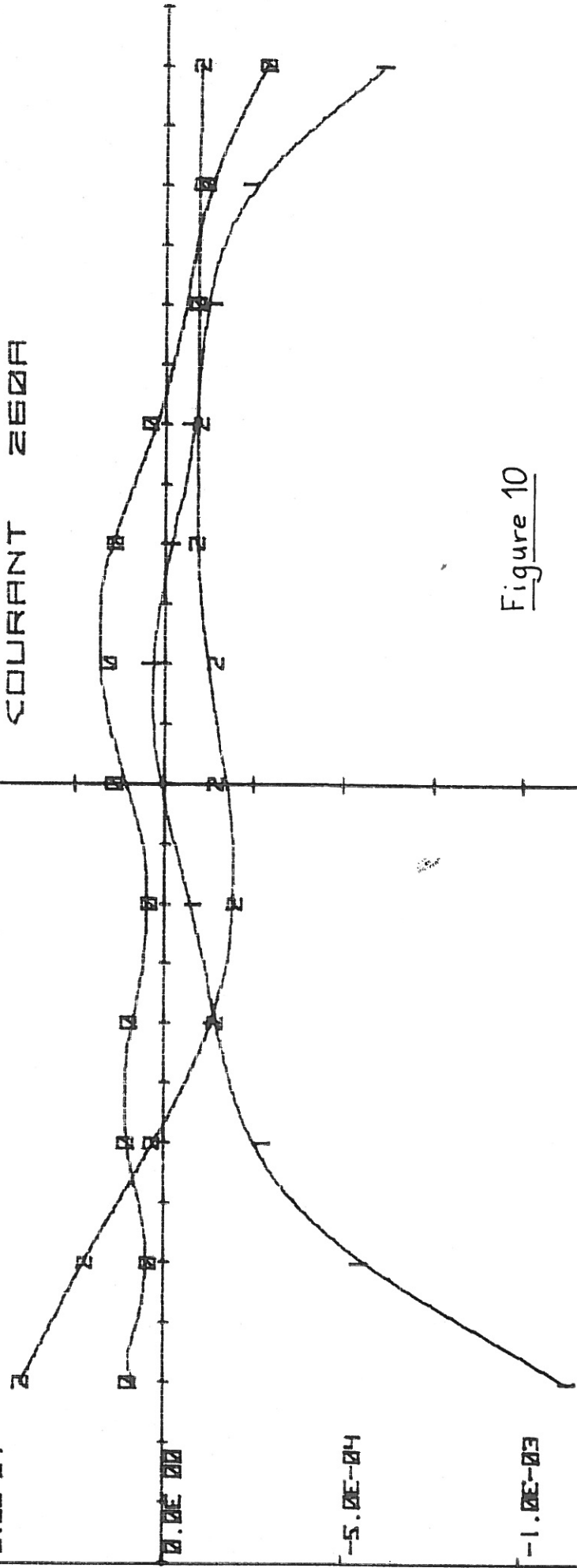
TBH 04-05-77

BOBINE COURBE B1+B4

COTE SPECTROSCOPIE

PLAN Y 0 -50MM
1 0MM
2 50MM

COURANT 260A



X<MM>

Figure 10

1.5E-03
EPS

D SBDL / SBDL = F(X, Y)
2 SHIMS < 4 I 0 X 5 > 5 0

1.0E-03

5.0E-04

-5.0E-04

-1.0E-03

TBH 13-05-77

BOBINE DROITE B1+B4

SBDL .7939 TM

PLAN Y 0 -50MM
1 0MM
2 50MM

COURANT 260A

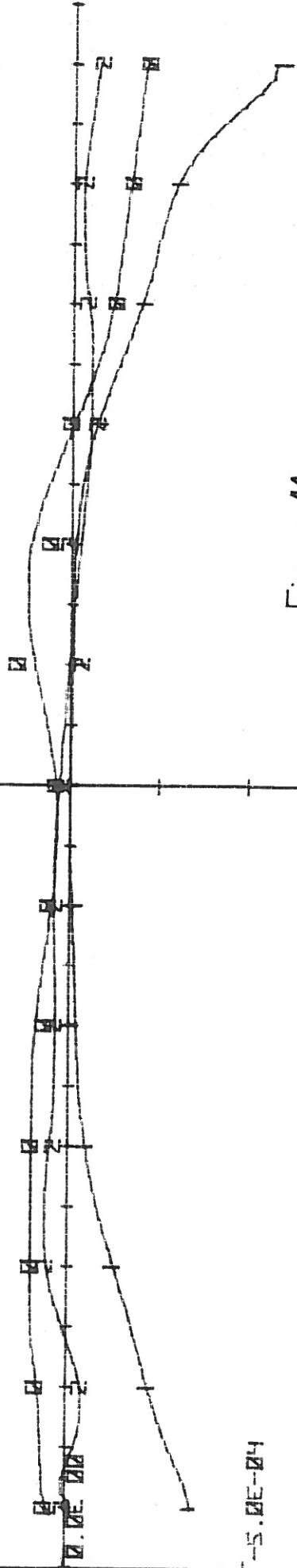


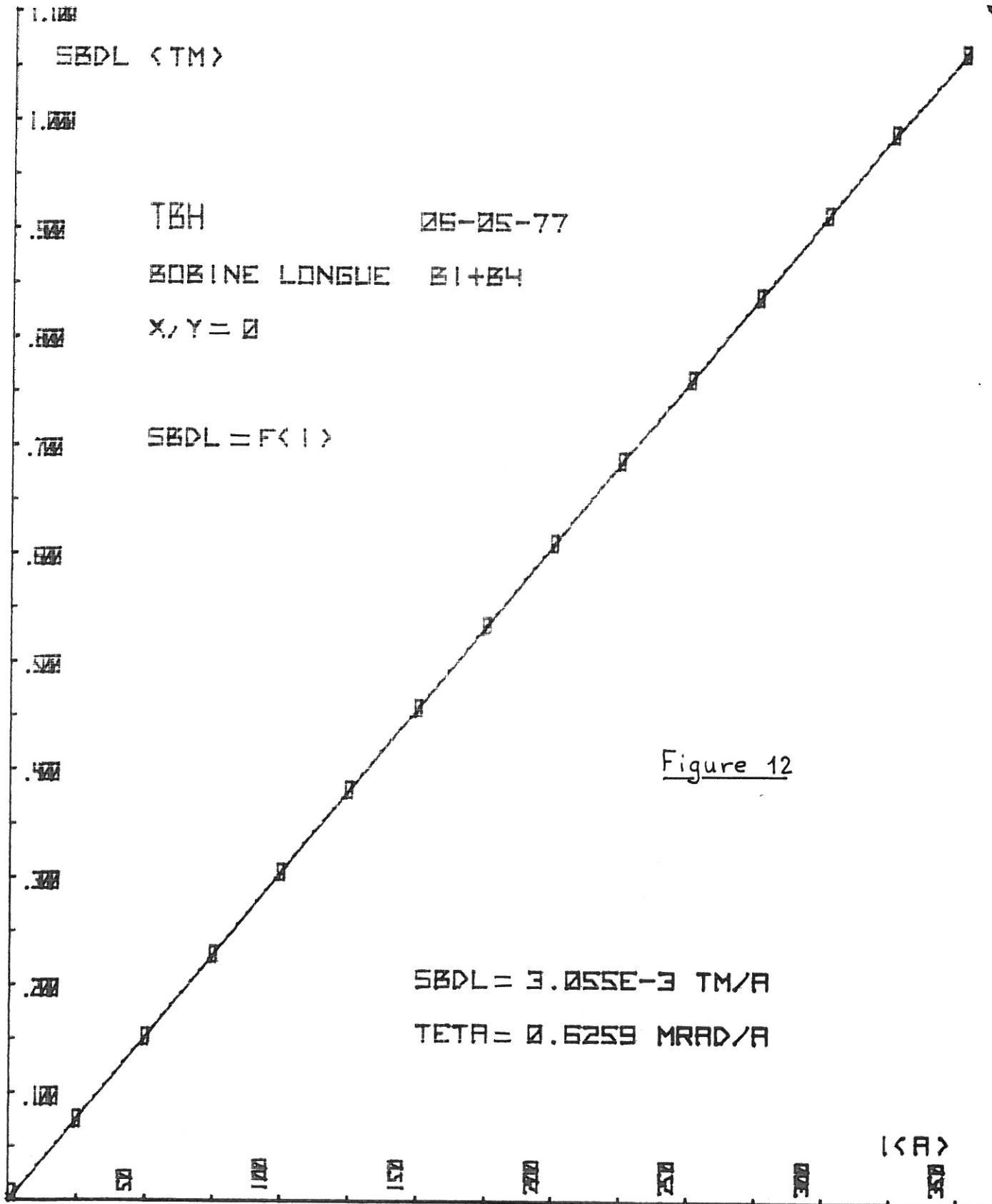
Figure 11

DEFINITIFS

SHIMS

X<MM>

011- 012- 013- 014- 015- 016- 017- 018- 019- 020- 021-



1.5E-03
EPS

DSEDL/SBDL = F<X,Y>
2 SHIMS <410XS>S0

1.0E-01

5.0E-04

0.0E 00

-5.0E-04

-1.0E-03

01-

05-

02-

05-

0E-

01-

01

0E

05

02

06

011

0E1

TBH 13-05-77

BOBINE COURBE B1+B4

COTE PS

PLAN Y 0 -S0MM
1 0MM
2 S0MM

COURANT 2E0A
2



Figure 13

DEFINITIFS

SHIMS

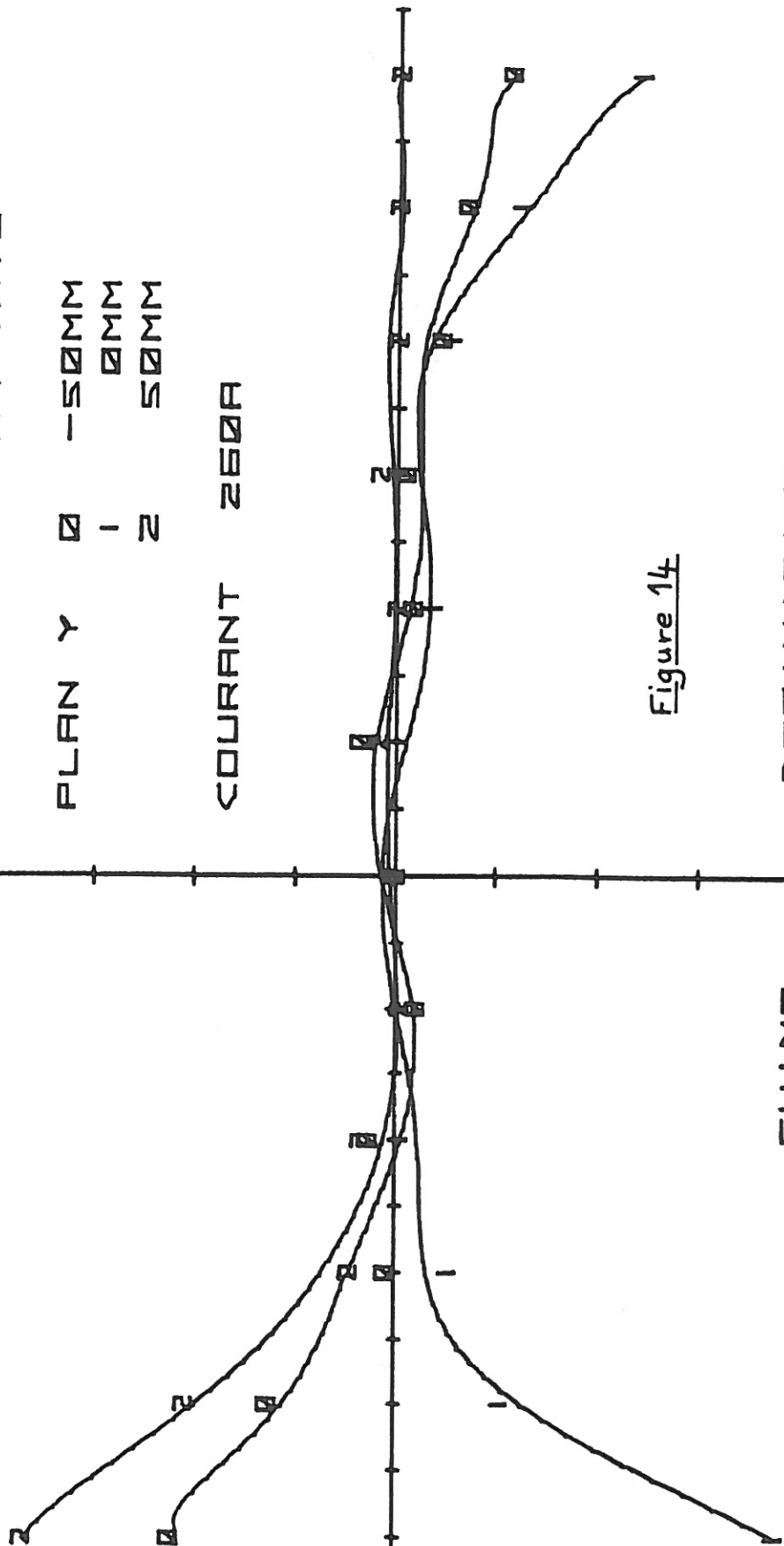
1.5E-03
EPS

D SBDL / SBDL = F(X, Y)

1.0E-03

2 SHIMS < 410XS > 50

5.0E-04



-1.0E-03

SHIMS

TBH 13-05-77

BOBINE COURSE B1+B4

COTE SPECTROMETRIE

PLAN Y 0 -50MM

1 0MM

2 50MM

COURANT 260A

Figure 14

DEFINITIFS

X<MM>

01-

02-

03-

04-

05-

06-

07-

08-

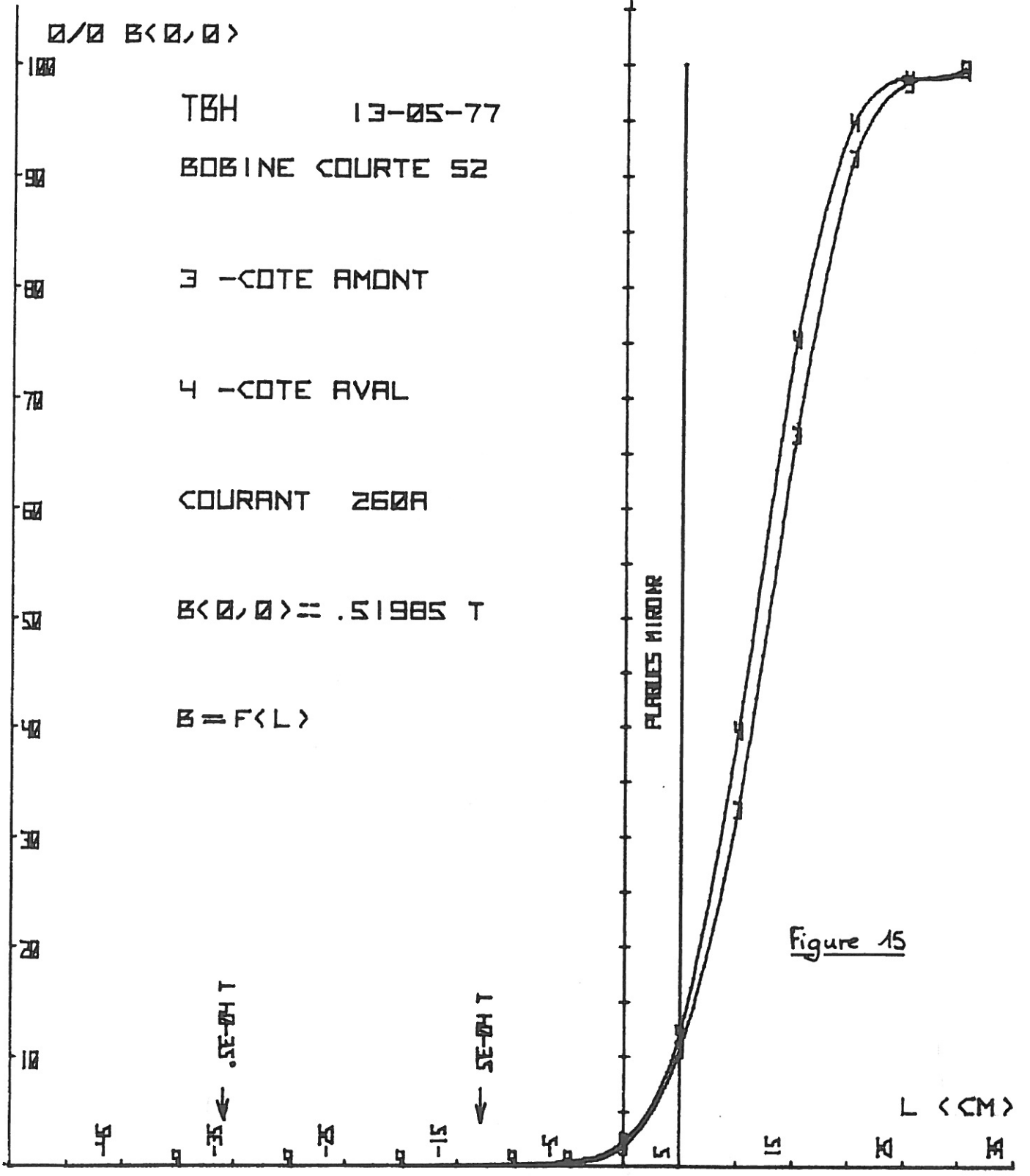
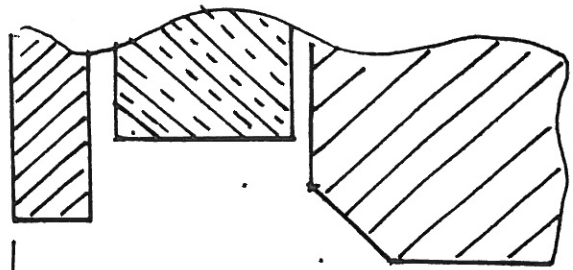
09-

10-

11-

12-

13-



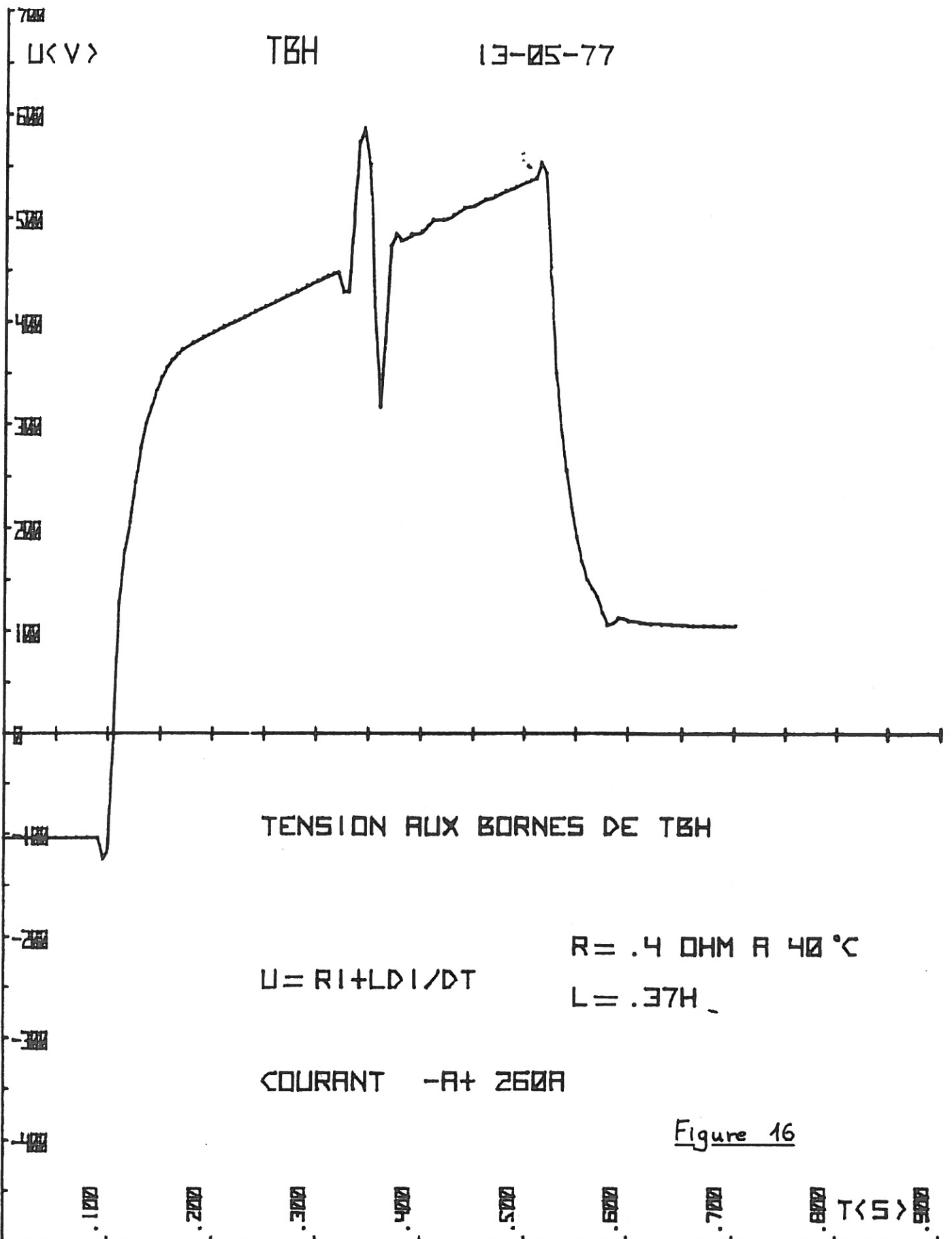


Figure 16

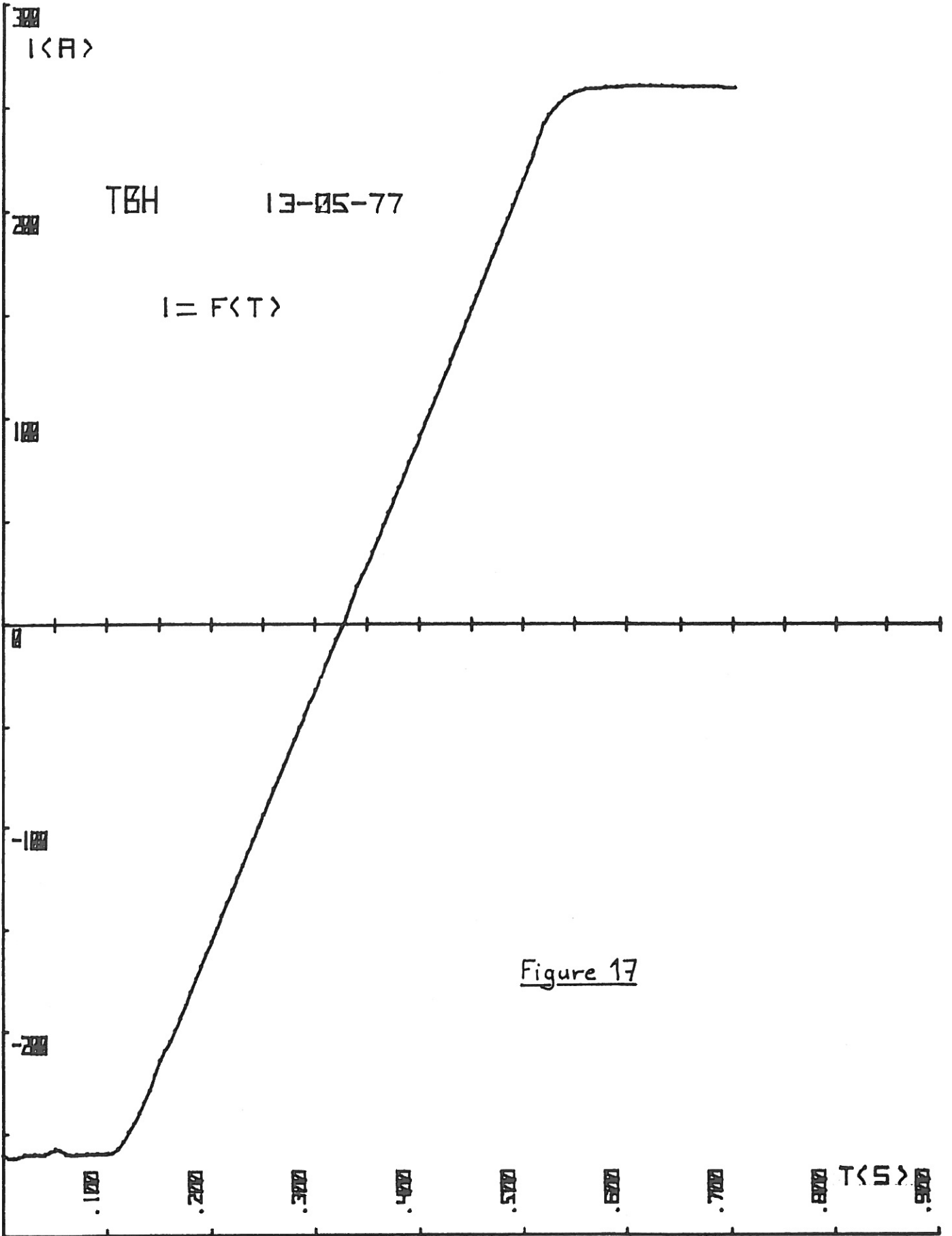


Figure 17

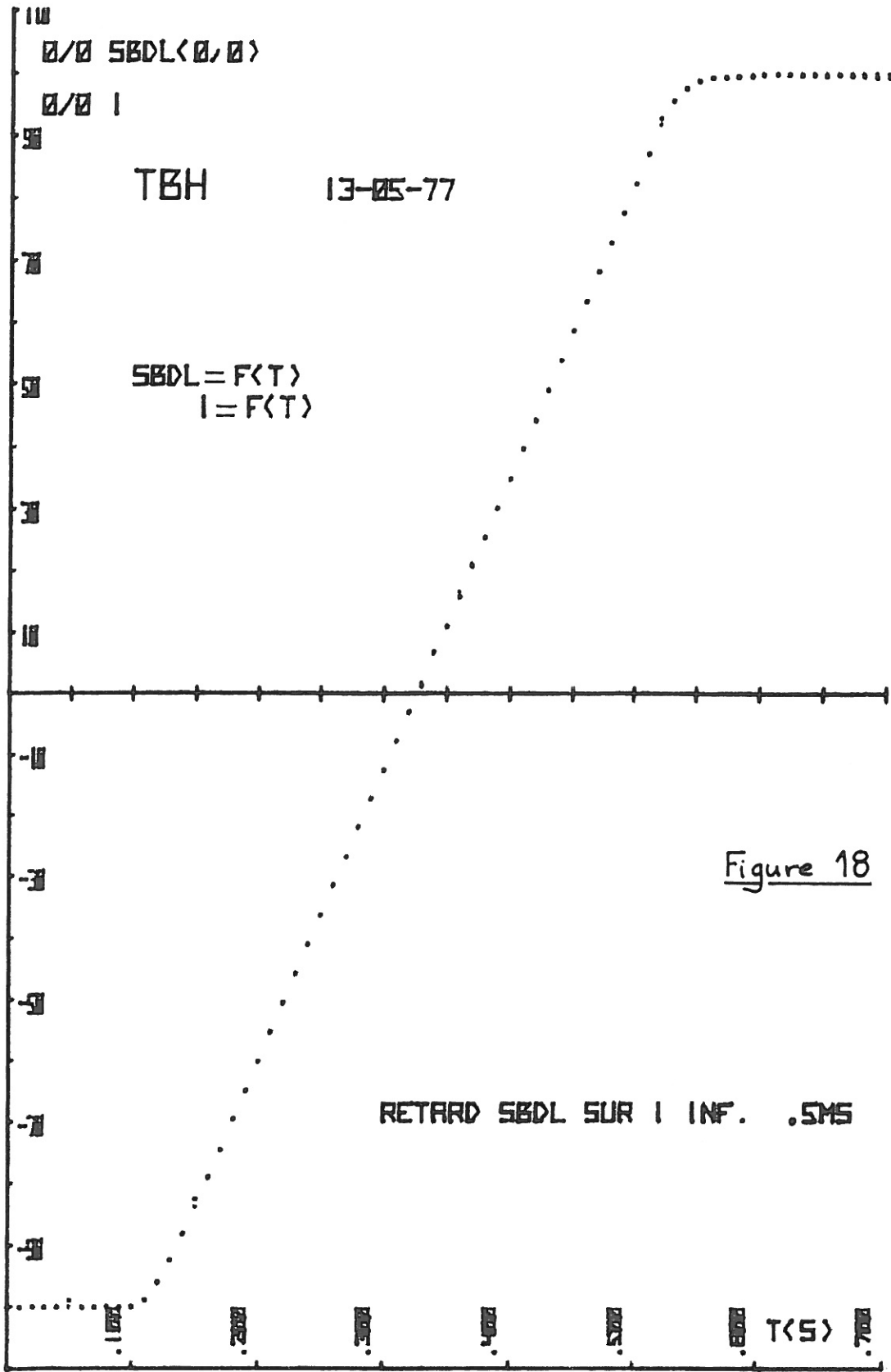
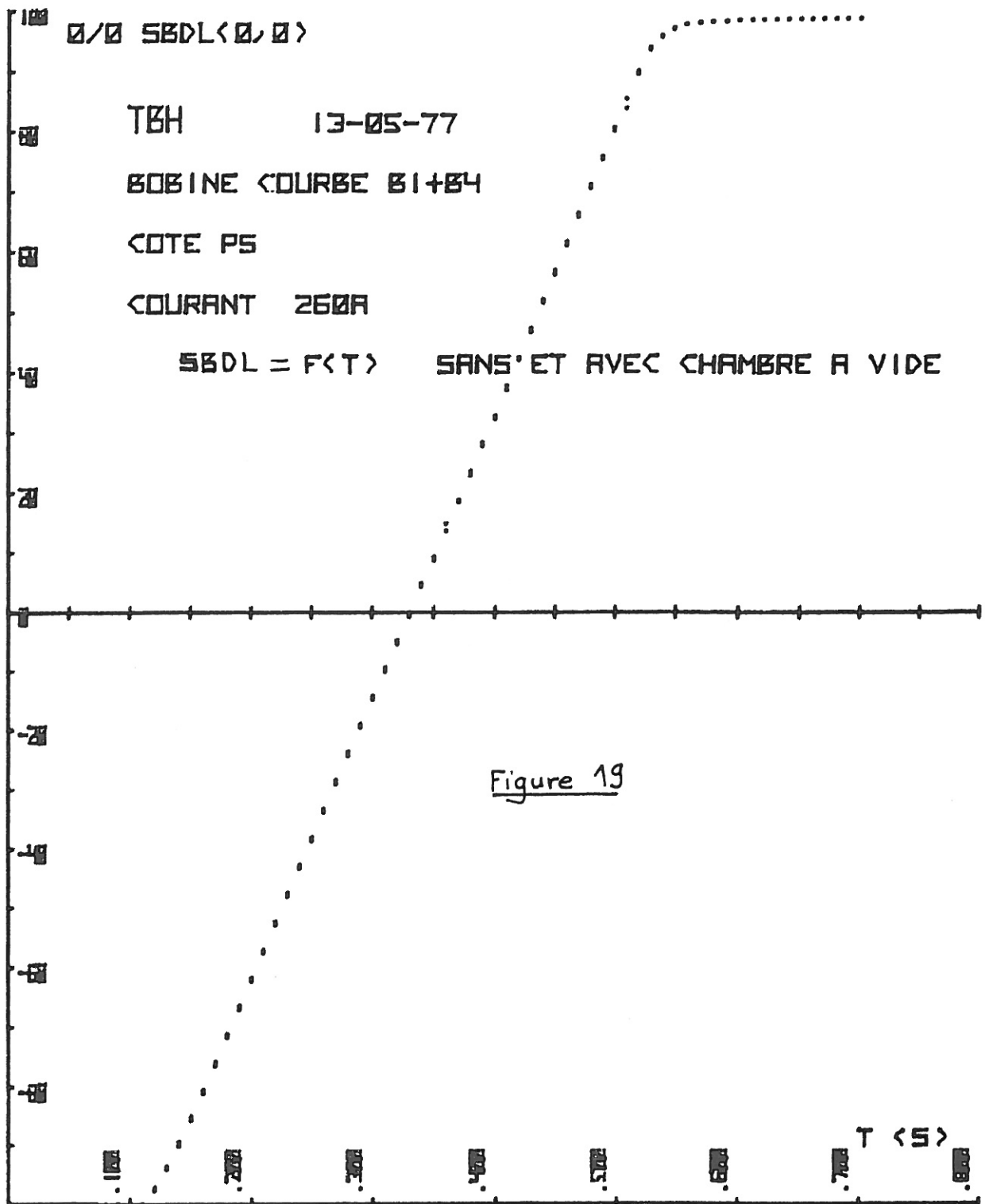
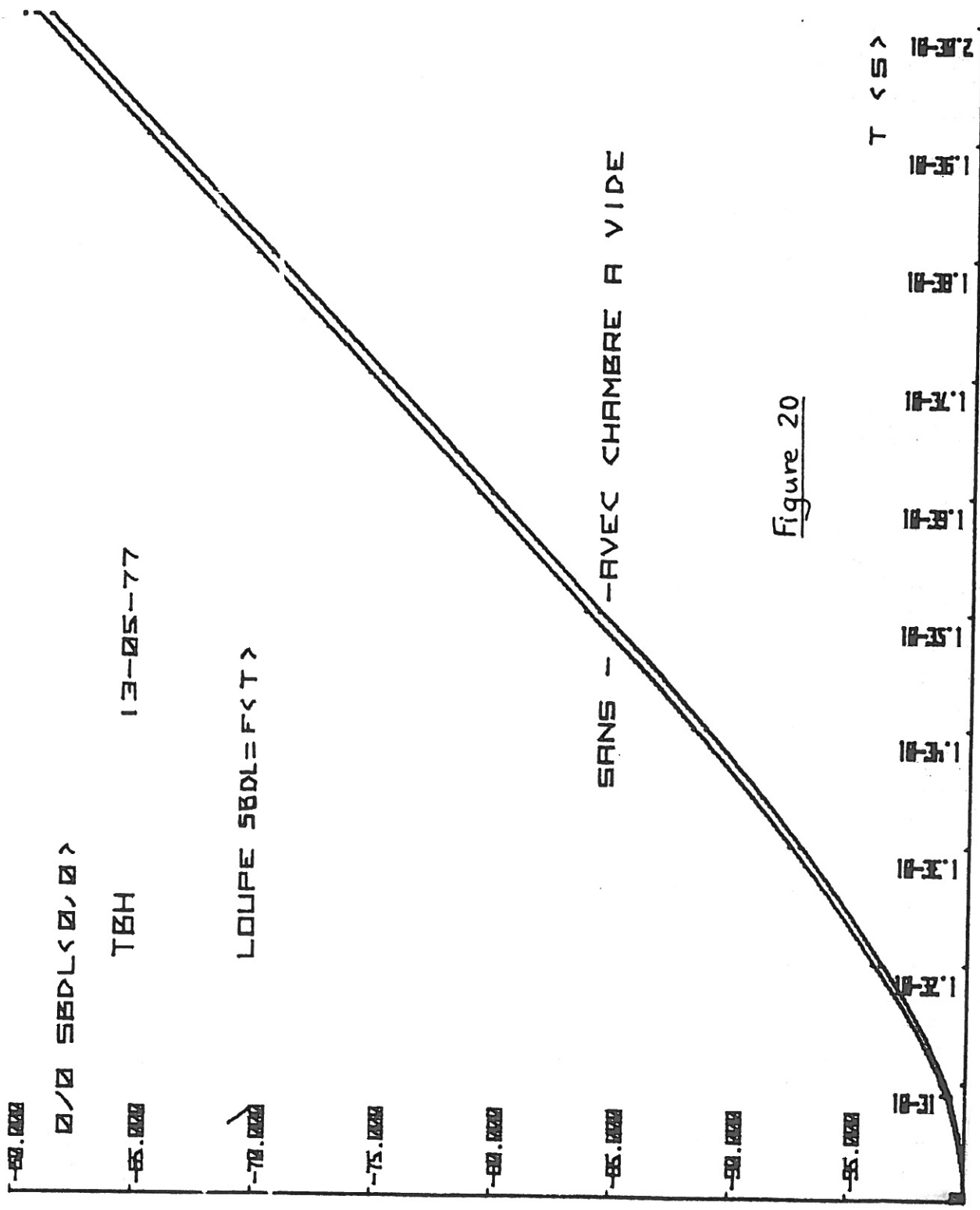


Figure 18





100.000
 0/0 SBDL < 0/0 >

85.000 TBH 13-05-77

70.000 LOUPE SBDL = F < T >

75.000

60.000

55.000

50.000

45.000

SANS - AVEC CHAMBRE A VIDE

Figure 20

100.000
 95.000
 90.000
 85.000
 80.000
 75.000
 70.000
 65.000
 60.000
 55.000
 50.000
 45.000
 40.000
 35.000
 30.000
 25.000
 20.000
 15.000
 10.000
 5.000
 0.000