

CONTROLES SUR LES TOLES "USINOR" DESTINEES AUX DIPOLES EPA

M. Bôle-Feysot

1. INTRODUCTION

Ces contrôles ont pour objet de vérifier que les tôles d'acier produites par Usinor pour les dipôles EPA sont conformes aux spécifications PS/PSR/PB/Spec. 82-5.

Cet acier provient d'une coulée de 72 Tonnes. (52 Tonnes destinées aux culasses des dipôles et 20 T qui seront mises en réserve au CERN).

Cet acier a été laminé à chaud dans les usines de FOS SUR MER, puis laminé à froid dans l'usine de MONTATAIRE (Oise), jusqu'à une épaisseur de 1,5 mm. Les tôles ont subi un traitement de décarburation thermo-mécanique (succession de recuits et de laminages à froid, faisant passer le taux de carbone de 0,057% à 0,0015%. Voir Annexe 1.

Les tôles ont été produites en 8 couronnes de 9 tonnes chacune. Les couronnes ont été numérotées de 436 à 443. De chaque couronne, le fournisseur a prélevé 3 tôles échantillons :

La première, au début de la couronne (Repère D)

La 2ème, au milieu (Repère M)

La 3ème, à la fin (Repère F).

On a ainsi 24 échantillons représentatifs de l'ensemble de la production.

## 2. ASPECT VISUEL

Pas de défaut apparent. Le bleuissage est régulier.

## 3. CONTROLE DES EPAISSEURS

A part 2 points (437 M et 443 M) l'épaisseur moyenne des tôles est de  $1,50 \text{ mm} \pm 0,03$ . Voir résultats Figure 1. Chaque point de cette figure est la valeur moyenne de 3 mesures faites dans la largeur des bandes. L'un au milieu, les deux autres à 100 mm des bords.

En moyenne, le milieu des tôles présente une surépaisseur de 0,006 mm par rapport aux épaisseurs mesurées dans les bords.

## 4. RESISTANCE ELECTRIQUE DU BLEUISSAGE

Mesure faite sur un empilage de 64 tôles de  $100 \times 100 \text{ mm}^2$  représentant une hauteur d'environ 100 mm et mises sous pression verticale réglable.

Les courbes de la Figure 2 montrent la variation de résistance en fonction de la pression, pour 3 paquets de tôles prises au début, au milieu et à la fin de chaque Couronne.

La résistivité minimum spécifiée était de  $10 \text{ m}\Omega \cdot \text{m}$  pour une pression de  $1 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$ .

(La résistivité d'un bloc de fer pur massif serait de l'ordre de  $10^{-4} \text{ m}\Omega \cdot \text{m}$ ).

## 5. CONTROLES DES PROPRIETES MAGNETIQUES DES TOLES

### 5.1. Préparation des anneaux pour les mesures

24 anneaux, 1 par échantillon ont été usinés autour avec l'appareillage que B. Pincott nous a prêté. Chaque anneau de diamètre intérieur 76 mm et diamètre extérieur 114 mm est constitué par empilage de 8 tôles.

## 5.2. Mesures magnétiques

Les mesures magnétiques ont été faites sur l'équipement que le groupe aimant du Lab.II a mis à notre disposition.

- a) Mesures de l'induction de chaque anneau pour les 3 valeurs de champ magnétisant spécifiées.

$$\text{soit } H_1 = 40 \text{ A.m}^{-1} \text{ (Figure 3)}$$

$$H_2 = 1200 \text{ A.m}^{-1} \text{ (Figure 4)}$$

$$H_3 = 24000 \text{ A.m}^{-1} \text{ (Figure 5)}$$

- b) Mesure du champ coercitif maximum - voir Figure 6.

## 6. CONCLUSIONS

Pour tous les échantillons, toutes les valeurs de B sont supérieures aux minima spécifiés et toutes les valeurs de  $H_c$  sont inférieures au maximum spécifié.

Les échantillons qu'Usinor nous a livrés répondent aux conditions de la spécification.

Les tôles correspondantes peuvent être utilisées pour la fabrication des dipôles EPA.

## 7. MESURES COMPLEMENTAIRES

Parmi ces échantillons, nous avons pris : le 441 M qui semble représenter l'acier le moins performant du point de vue magnétique, et le 439 D qui est l'un des meilleurs.

Les courbes  $B = f(H)$  et  $\mu = f(H)$  de ces deux anneaux sont représentées en Figure 7.

La courbe de la Figure 8 est la représentation de la perméabilité moyenne en fonction de l'induction. Elle pourra être utilisée pour les calculs de champs par ordinateur. (Programmes MAGNET, POISSON, etc.)

8. REMERCIEMENTS

Mes remerciements vont aux personnes qui m'ont aidé de leurs conseils ou en mettant leur équipement à ma disposition, en particulier à B. Pincott et J. Leroux, sans oublier les autres.

Distribution :

Membres du groupe PSR

J. Leroux, SPS

B. Pincott, PS

J. Vlogaert, SPS

1. DETAIL DU TONNAGE (issu de la coulée n° 19.970)

Format	N°Bobine	Nbre de paquets	Poids brut total	Nb total de feuilles	Repérage paquets	Epaisseur	Destination
890 x 1670 x 1,50 mm	88.436	6	9,840 t	534	1+2+3+4+5+6	153/100	CERN à GENEVE
	88.442	6	9,830 t	534	1+2+3+4+5+6	152/100	
	TOTAL	12	19,670 t	1068			
	88.437	6	9,810 t	534	1+2+3+4+5+6	151/100	PARSONS à BIRMINGHAM
	88.438	5	8,210 t	445	1+2+3+4+5	152/100	
	88.439	5	8,210 t	445	1+2+3+4+5	152/100	
	88.440	6	9,810 t	534	1+2+3+4+5+6	152/100	
	88.441	6	9,760 t	534	1+2+3+4+5+6	152/100	
	88.443	6	9,580 t	515	1+2+3+4+5+6	156/100	
	TOTAL	34	55,380 t	3007			
890x1600 x 1,50mm	88.444	8	11,230 t	560	1+2+3+4+5+6+11+12	151/100	PARSONS à BIRMINGHAM
	88.445	7	9,400 t	468	1+2+3+4+5+6+21	153/100	
	TOTAL	15	20,630 t	1028			

∗∗ Il s'agit de l'épaisseur en axe de la tôle échantillonnée au milieu de chaque bobine

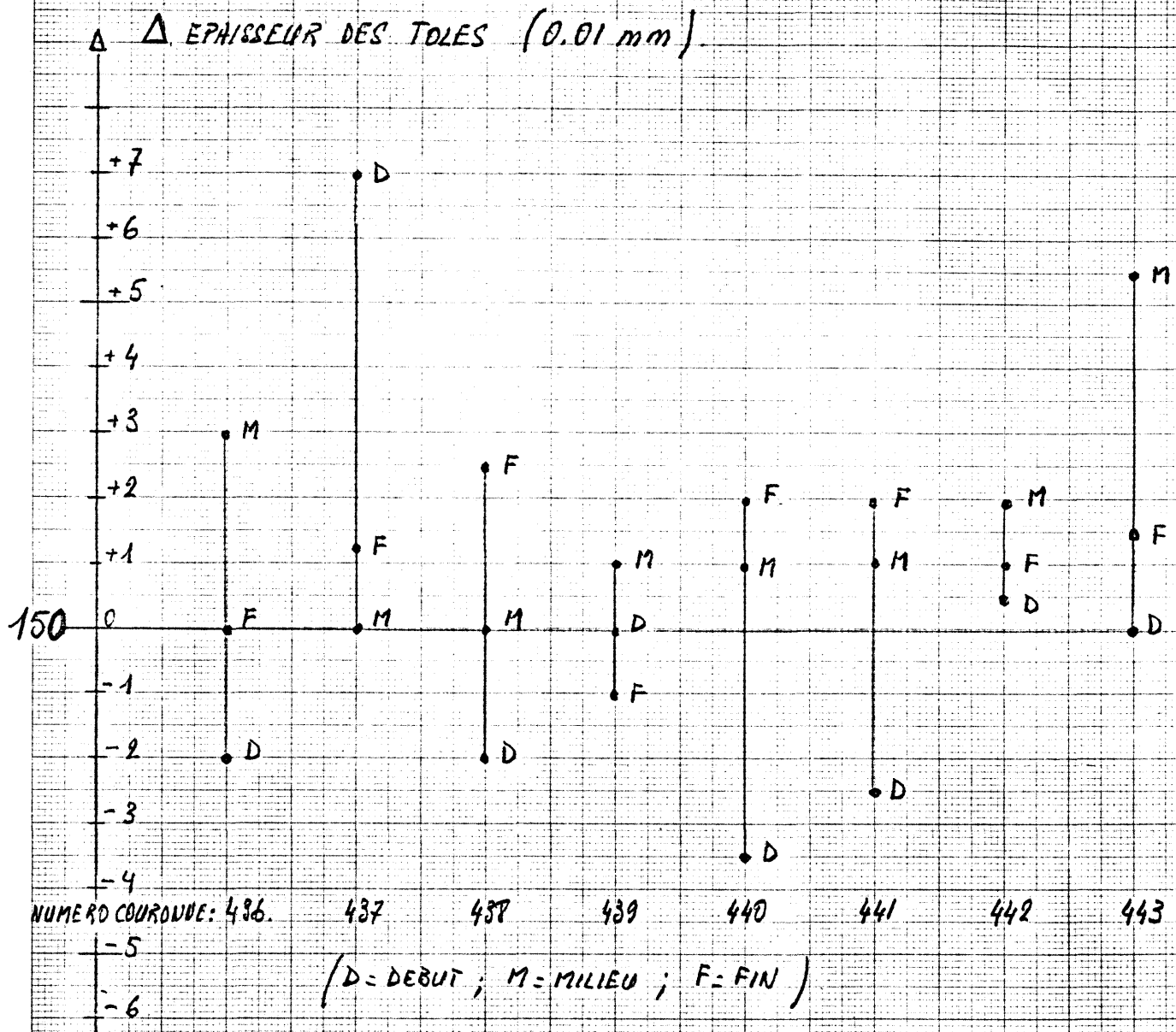
2. COULEE N° 19970

Eléments	C	Mn	P	S	Si	Al	Ni	Cr	Cu
Analyse coulée	57	236	13	10	0	0	16	21	6
Analyse produit	1,5 ∗	219	12	9	0	0	15	16	7

∗∗ Après décarburation, valeur moyenne sur 5 échantillons (1,2 à 1,8)

3. NIVEAU MOYEN

des caractéristiques mécaniques	de la résistance de surface (méthode CERN)
Nombre d'échantillons = 10	Nombre d'échantillons = 5
E (N/mm <sup>2</sup> ) # 118 (113 à 125)	Sous charge 5 kg/cm <sup>2</sup> : Rs # 1780 milliohms x c (1265 à 2425)
R (N/mm <sup>2</sup> ) # 238 (234 à 245)	Sous charge 10 kg/cm <sup>2</sup> : Rs # 1600 milliohms x c (1140 à 2150)
A% # 40 (33 à 45)	
HRB # 22 (18 à 26)	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <b>USINOR - METALLURIE</b>                      Service Métallurgique                      LABORATOIRE                 </div>	(garantie ≥ 300 milliohms x cm <sup>2</sup> ) ∗ 0,0015 % C



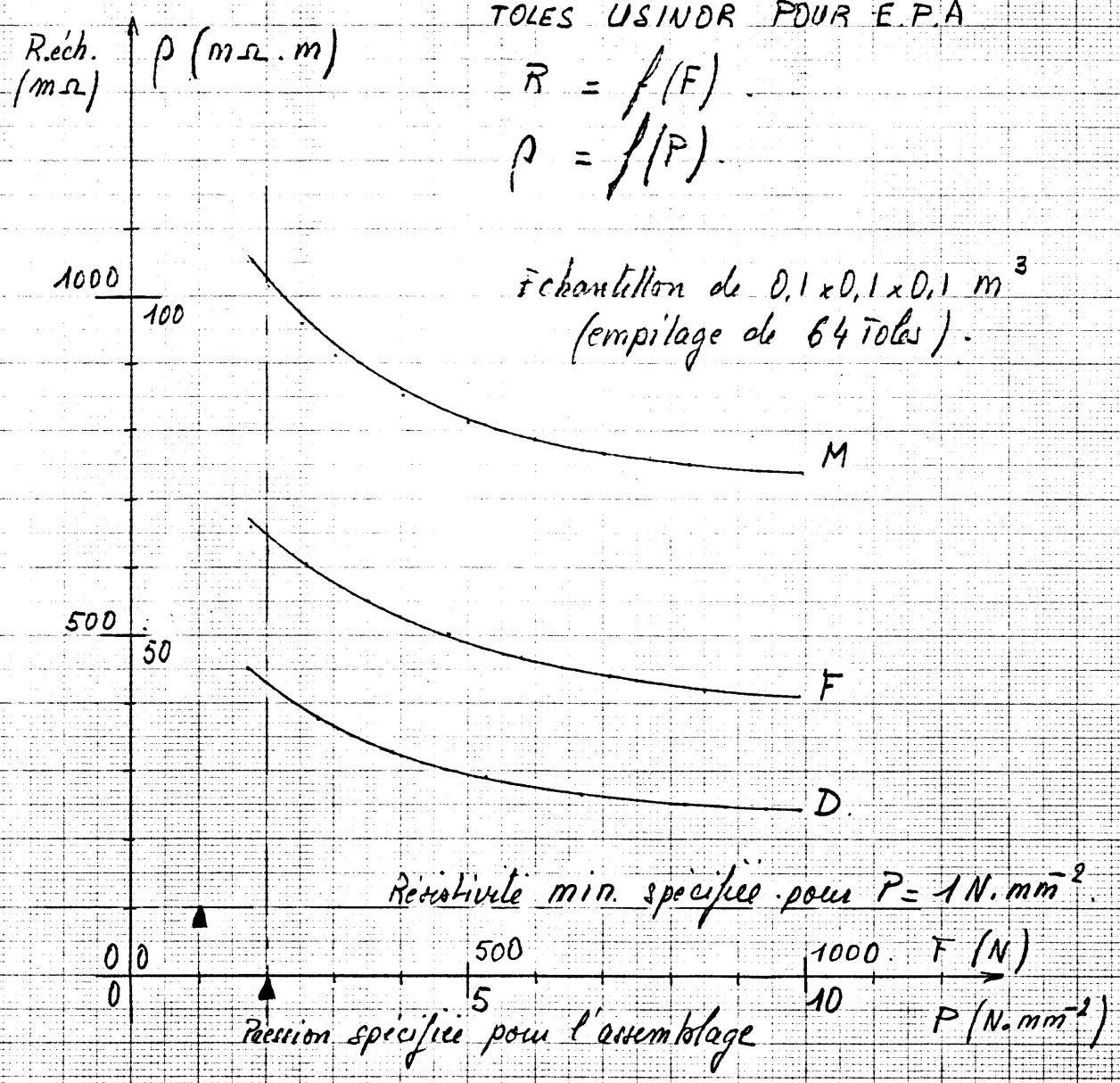
TOLES POUR DIPOLES EPA. (USINDR)  
 CONTROLE DES EPAISSEURS.

M.B.F 23.03.84. Fig 1

TOLES USINER POUR E.P.A

$$R = f(F)$$

$$\rho = f(P)$$



23.03.84

FIG. 2.

$\uparrow B (T)$  POUR  $H = 40 A.m^{-1}$

0.25

0.20

0.15

NUMERO COURONNE: 436.

437

438

439

440

441

442

443

(D = DEBUT ; M = MILIEU ; F = FIN)

0.1

0.05

VALEUR MINIMALE SPECIFIEE POUR  $H = 40 A.m^{-1}$

TOLES USINOR POUR DIPOLES E.P.A.

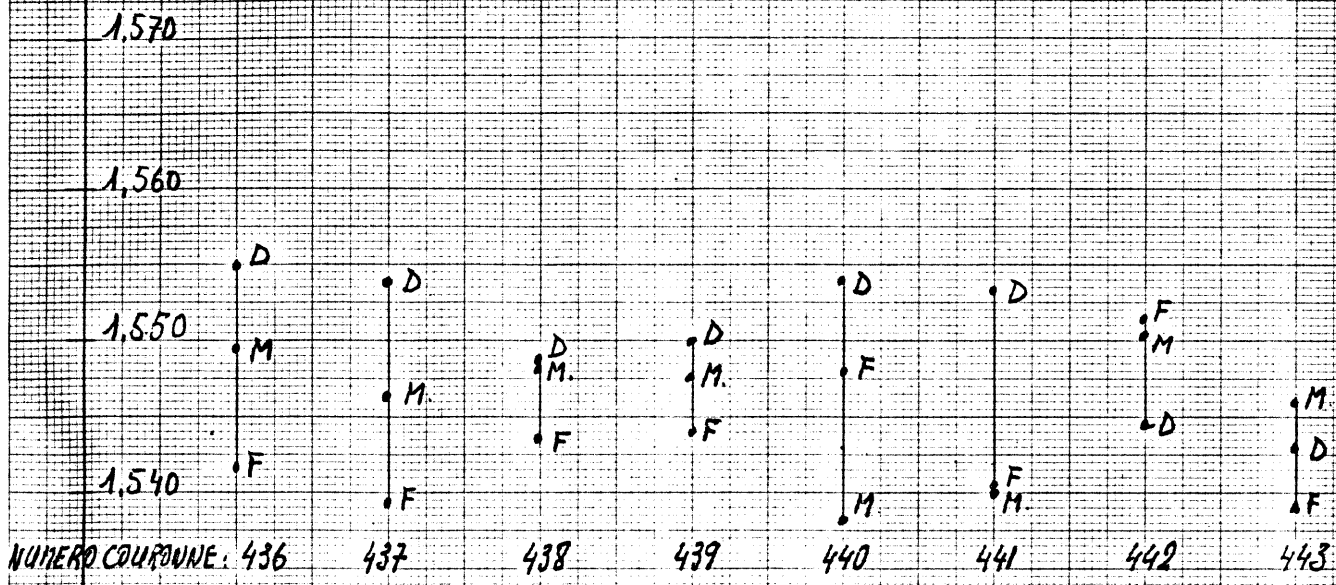
0.00

Fig 3

23.03.84. M.B.F.



B (T) pour  $H = 1200 \text{ A.m}^{-1}$



(D = DEBUT; M = MILIEU; F = FIN.)

1.500 MINIMUM SPECIFIE POUR  $H = 1200 \text{ A.m}^{-1}$

1.490  
1.480

TOLES USINOR POUR DIPOLES E.P.A.

26.03.84 M.B.F.  
Fig 4

A  
B (T) POUR  $H = 24000 \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$

2,300

2,200

NUMEROUS COUVERNE: 436

437

438

439

440

441

442

443

(D = DEBUT ; M = MILIEU ; F = FIN)

2,100

2,000

MINIMUM SPECIFIE POUR  $H = 24000 \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$

1,900

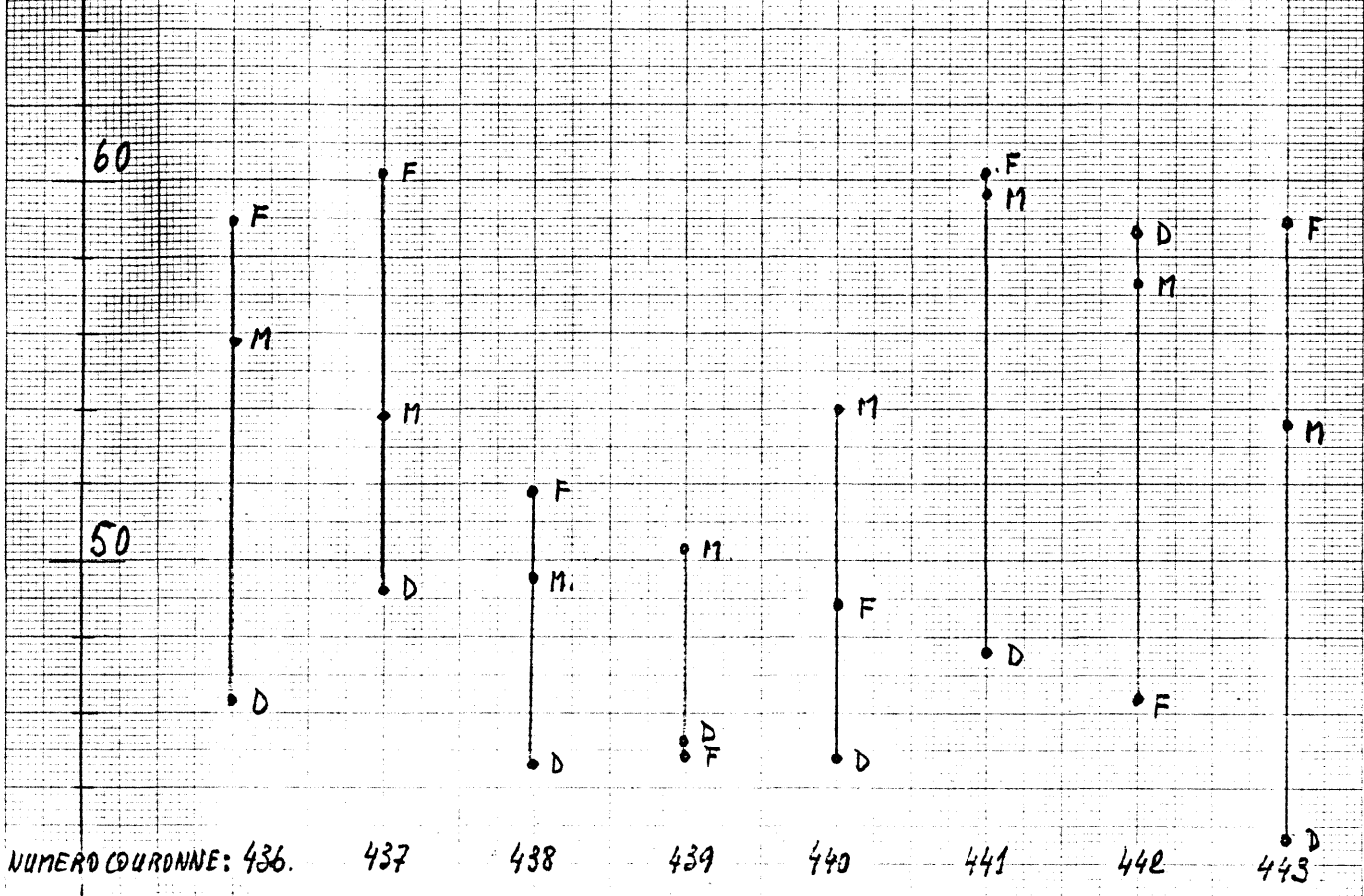
TOLES USINOR POUR DIPOLES E.P.A.

26.03 84. M.B.F.

Fig 5

$H_c \text{ max (A.m}^{-1}\text{)}$  Après magnétisation à  $24000 \text{ A.m}^{-1}$

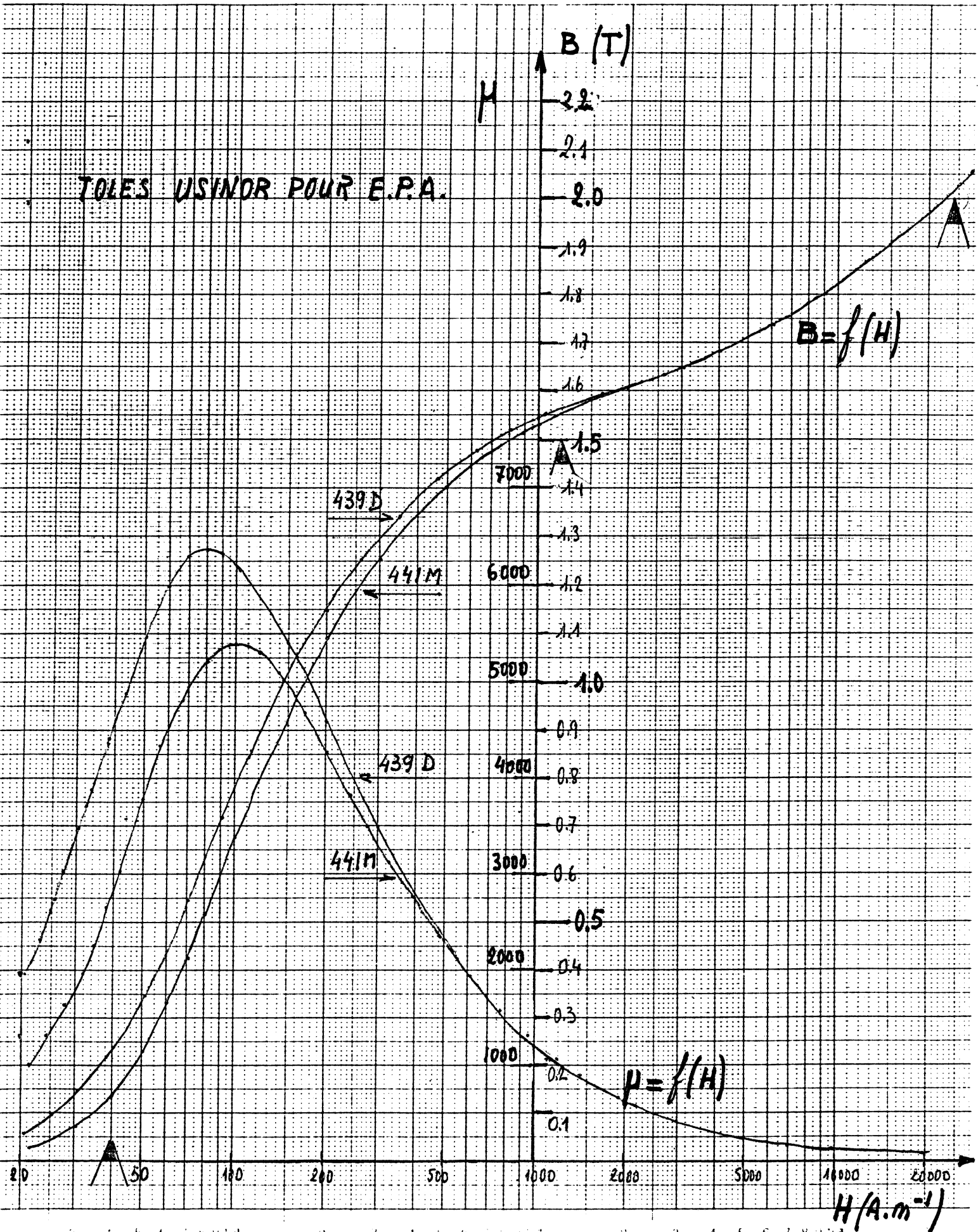
VALEUR MAXIMALE SPECIFIEE



(D = DEBUT ; M = MILIEU ; F = FIN)

TOLES POUR DIPOLES E.P.A  
USINOR.

TOLES USINOR POUR E.P.A.

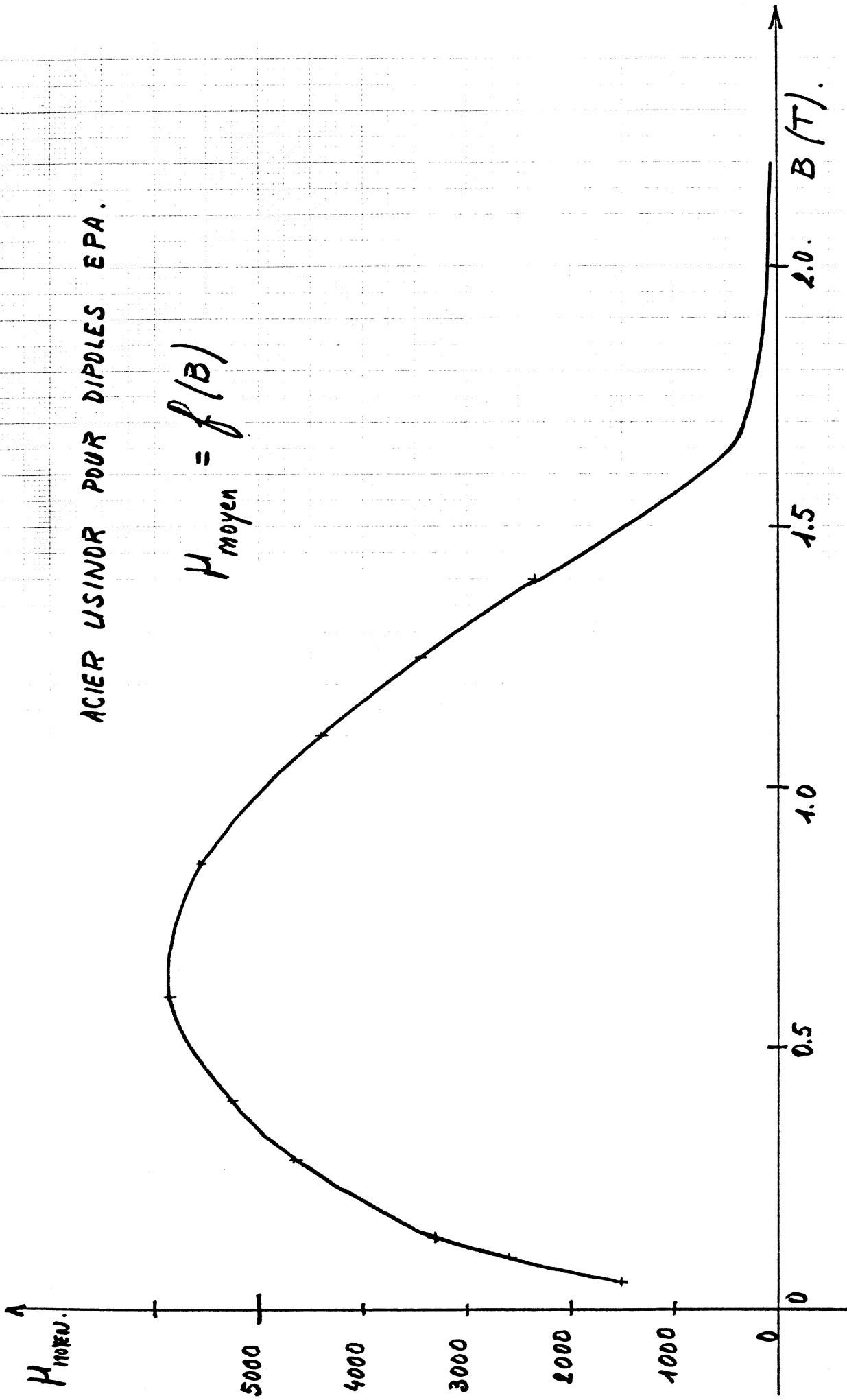


▲ MINIMA SPECIFIES

Mars 1984. M.B.F.  
Fig 7.

ACIER USINOR POUR DIPOLES EPA.

$$\mu_{\text{moyen}} = f(B)$$



22.03.84. M.B.F.

Fig 8.