

AT - MTM

AT-MTM-IN-2009-00X

EDMS no: **XXXXXX**

2009-01-14

Mesures magnétiques d'un dipôle MDX avec entrefer de 52 mm.

R. Chritin / AT-MTM

Distribution: AT-MTM personnel scientifique & R. Chritin, J-M. Dutour, P. Leclère,

Résumé:

Mesures d'un dipôle de type MDX afin d'en déterminer les caractéristiques magnétiques précises après shimming.

1. INTRODUCTION

Ces dipôles MDX sont des éléments de correction dont le montage peut être horizontal ou vertical, et dont les entrefers peuvent mesurer 52, 80 ou 100 mm. L'aimant mesuré ici (numéro de série 9) possède un entrefer de 52 mm. Un aimant de ce type mais avec un entrefer de 100 mm a été mesuré en 1995, puis en 2008..

2. PRINCIPE ET PRÉCISION DES MESURES

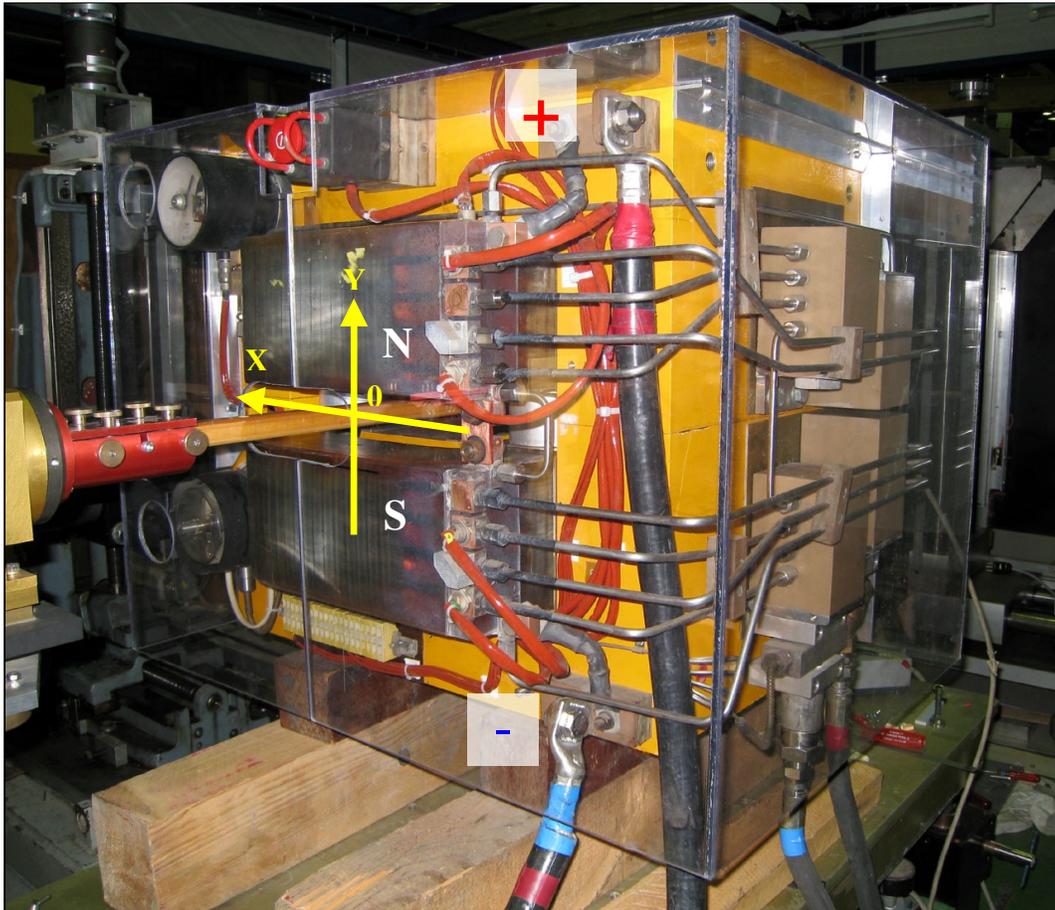
2.1 Présentation

2.1.1 Système de coordonnées et alignement

Le gabarit d'alignement de cet aimant n'étant pas disponible, le positionnement de la bobine de mesure par rapport à l'aimant a donc été réalisé en prenant pour référence les faces polaires de l'aimant.

La précision de positionnement estimée était de $\pm 0,02$ mm.

Le système de coordonnées et les polarités de branchement utilisés pour cet aimant apparaissent sur la photo ci-dessous, prise sur notre banc de mesure.



2.2 Principe et précision des mesures

2.2.1 Mesure du champ au centre

Le champ au centre est mesuré avec la bobine courte (3 cm) BLC1/C, incluse au centre de la bobine longue (2 × 1 m) BLC1/L.

Le principe de mesure est basé sur l'intégration de la tension induite avec un intégrateur digital type AT-680-2036 de fabrication CERN (VFC de 500 Khz) apparaissant aux bornes d'une bobine en rotation dans un champ magnétique fixe. La mesure s'effectue en faisant tourner 2 fois la bobine par pas de 180°, tel que:

Avec :

$$B_{(0,0)} = \frac{I_{th}}{4A} \cdot \sum_{n=1}^{n=2} \left| \int U_n dt / I_{mes} \right| \quad [T]$$

Courant théorique auquel on veut normaliser la mesure.

A Coefficient de calibration de la bobine BLC1/C.
($A = 4,7980 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$ et $|\epsilon_A| \leq 1,5 \cdot 10^{-3}$).

I_{mes} Courant effectif de mesure. Devrait être compris entre $\pm 2 \cdot 10^{-3}$ du courant théorique pour que la non linéarité de la courbe de magnétisation soit négligeable.

$\int U_n dt$ Intégration de la tension induite pendant la variation de courant
($|\epsilon_a| \leq 3 \cdot 10^{-3}$).

2.2.2 Mesure du champ intégré

Le principe de mesure du gradient intégré est le même que pour le champ au centre, mais c'est dans ce cas la bobine de champ longue BLC1/L qui fut utilisée, tel que :

$$\int B_{(x,y)} = \frac{I_{th}}{4A_s} \cdot \sum_{n=1}^{n=2} \left| \int U_n dt / I_{mes} \right| \quad [T.m]$$

Avec :

I_{th} Courant théorique auquel on veut normaliser la mesure.

A_s Coefficient de calibration de la bobine BLC1/L. ($A_s = 1,5769 \text{ m}$ et $|\epsilon_{A_s}| \leq 1,5 \cdot 10^{-3}$). L'erreur due au millimètre manquant est prise en compte dans le programme de mesure.

I_{mes} Courant effectif de mesure. Devrait être compris entre $\pm 2 \cdot 10^{-3}$ du courant théorique pour que la non linéarité de la courbe de magnétisation soit négligeable.

$\int U_{ndt}$ Intégration de la tension induite pendant la variation de courant ($|\epsilon_{AS}| \leq 1.5 \cdot 10^{-3}$).

Remarque : les valeurs A et As sont corrigées en prenant en compte l'impédance d'entrée de l'intégrateur et l'impédance des bobines de mesure.

2.2.3 Longueur équivalente

La longueur équivalente est déterminée en divisant la valeur du champ intégré par la valeur du champ au centre de la bobine, soit :

$$L_{\text{éq.}} = \frac{\int Bdl}{B_0} \quad [\text{m}]$$

2.3 Alimentation et courant

Le quadripôle était alimenté par une alimentation de type Tekelec T700. La mesure du courant s'effectuait au moyen d'un DCCT externe 1000 A (100 A/V), dont le signal était lu par un voltmètre HP 3456.

La précision de mesure obtenue est de:

- Incertitude sur la valeur absolue pour $I \geq 50$ A: $|\epsilon_a| \leq 5 \cdot 10^{-4}$
- Erreur relative aléatoire pour $I \geq 50$ A: $|\epsilon_r| \leq 5 \cdot 10^{-4}$

2.4 Précision des mesures

- Gradient au centre :

- Incertitude sur la valeur absolue pour $I \geq 50$ A : $|\epsilon_a| \leq 5 \cdot 10^{-3}$
- Erreur relative aléatoire pour $I \geq 50$ A : $|\epsilon_r| \leq 5 \cdot 10^{-4}$

- Gradient intégré :

- Incertitude sur la valeur absolue pour $I \geq 50$ A : $|\epsilon_a| \leq 3 \cdot 10^{-3}$
- Erreur relative aléatoire pour $I \geq 50$ A : $|\epsilon_r| \leq 5 \cdot 10^{-4}$

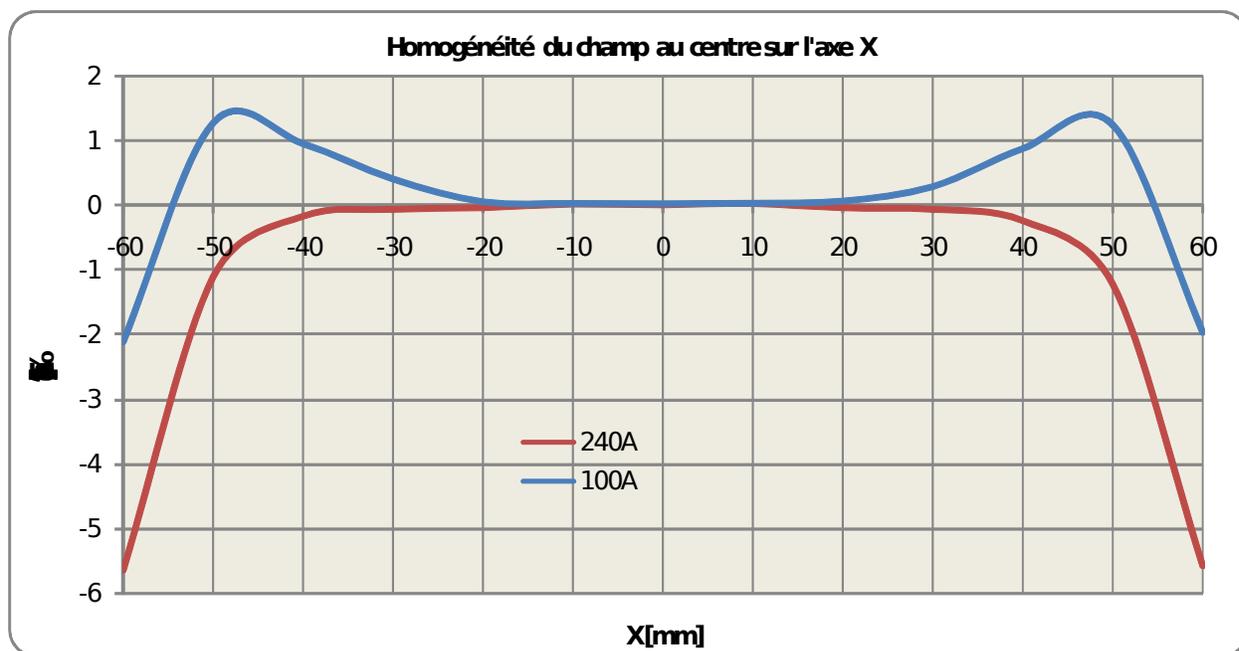
- Longueur équivalente :

- Incertitude sur la valeur absolue : $|\epsilon_a| \leq 6 \cdot 10^{-3}$

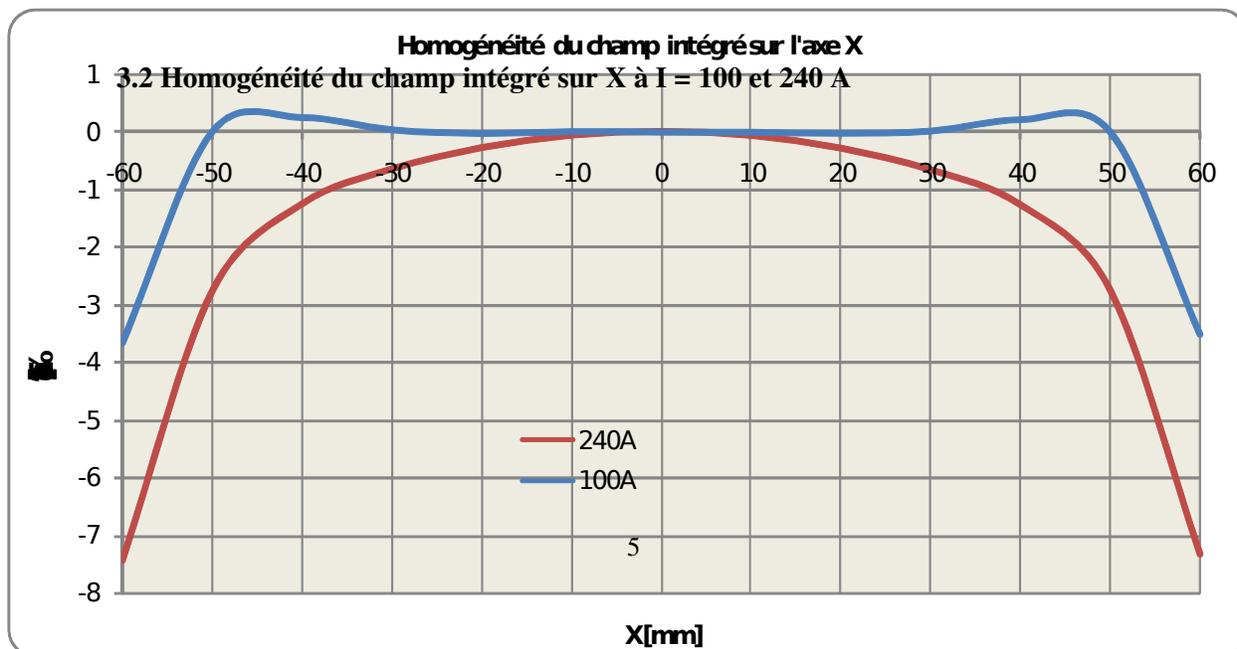
3. MESURES MAGNÉTIQUES

L'aimant a été mesuré pour des courants de 100 et 240 A (courant nominal de l'aimant) pour le champ intégré et le champ au centre, et jusqu'à 240 A par pas de 50 A pour les courbes de magnétisation.

3.1 Homogénéité du champ au centre sur X à I = 100 et 240 A

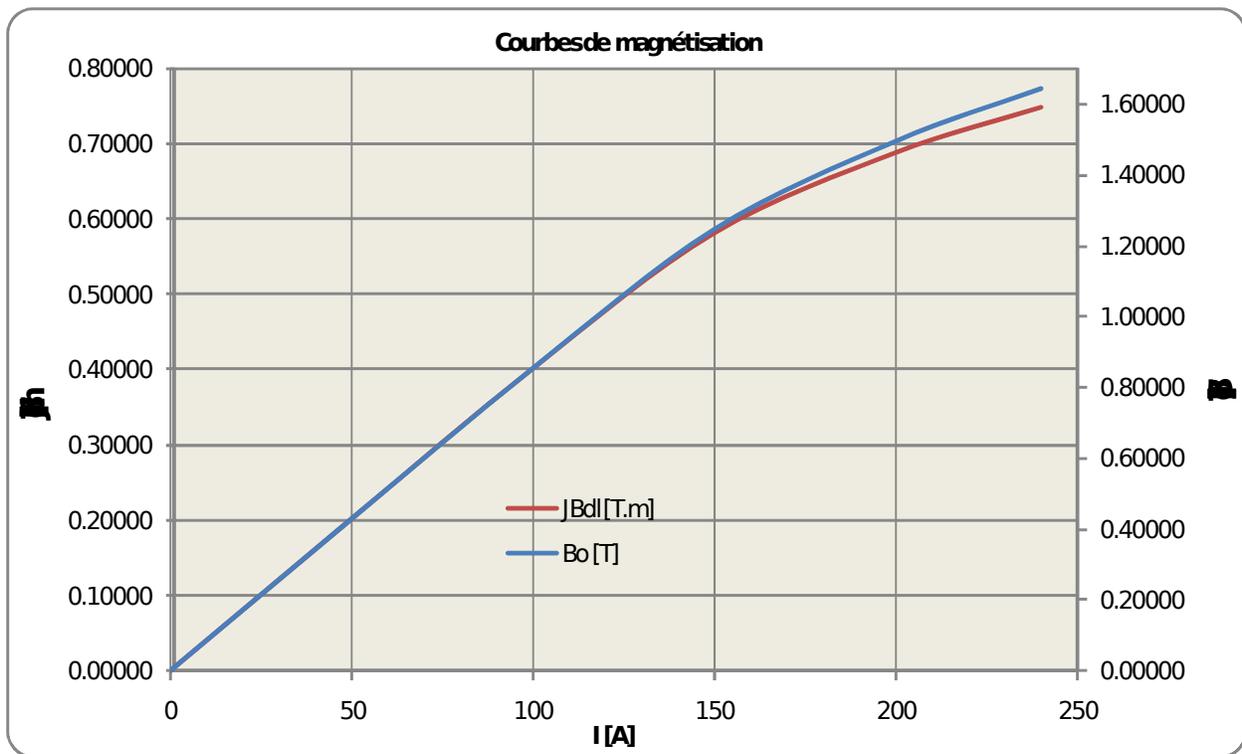


L'homogénéité sur $X = \pm 40$ mm est comprise entre $\pm 6 \cdot 10^{-3}$.



L'homogénéité sur $X = \pm 40$ mm est comprise entre $\pm 7.10^{-3}$

3.3 Courbes de magnétisation



Les courbes montrent que cet aimant entre en saturation à partir d'un courant de 140 A.

Tableau de valeurs et longueurs équivalentes

I [A]	JBdl [T.m]	Bo [T]	Leq [m]
0	0.00014	0.00030	/
50	0.20233	0.42952	0.471
100	0.40234	0.85485	0.471
150	0.58217	1.24704	0.467

200	0.68901	1.49642	0.460
240	0.74919	1.64450	0.456

3.4 Tableau récapitulatif

	Aimant type MDX
Résistance [Ω]	0.3
Inductance à 100 Hz [mH]	221
B_0 [T] à 240 A	1.64450
$\int Bdl$ [T.M] à 240 A	0.74919
Longueur équivalente à 240 A [m]	0.546
Longueur de culasse de l'aimant [m]	0.400
Entrefer [mm]	52

4. CONCLUSION

...

Référence :

[1] AT-MA NOTE 95/94 D. Cornuet, G. Patron