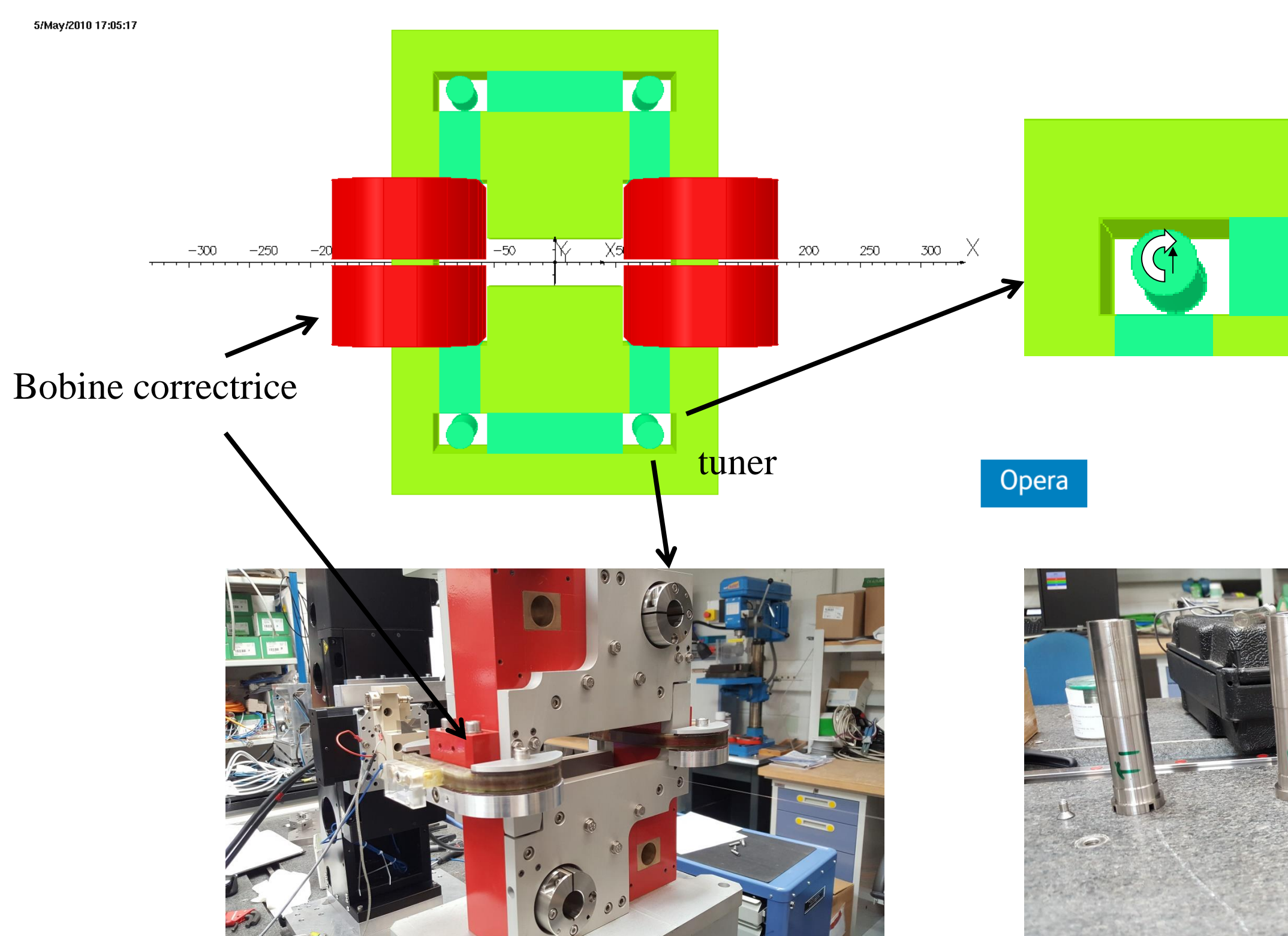
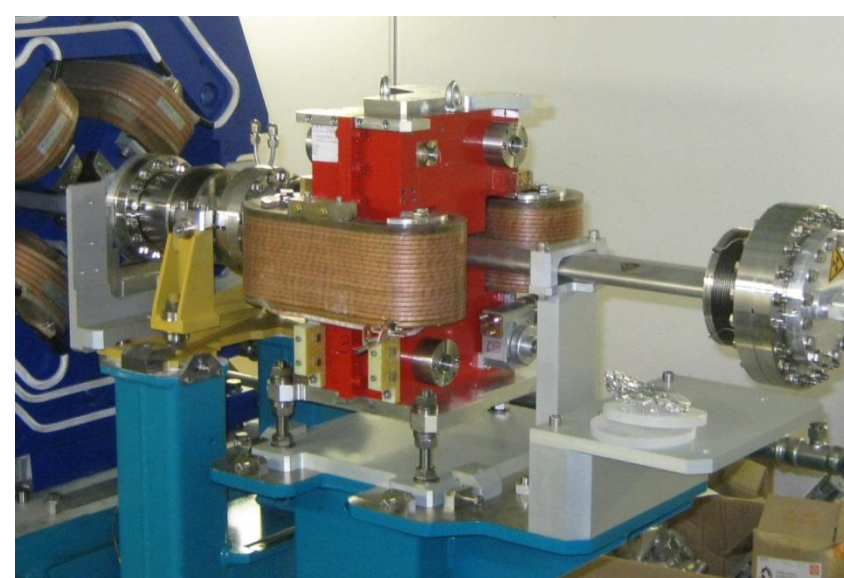
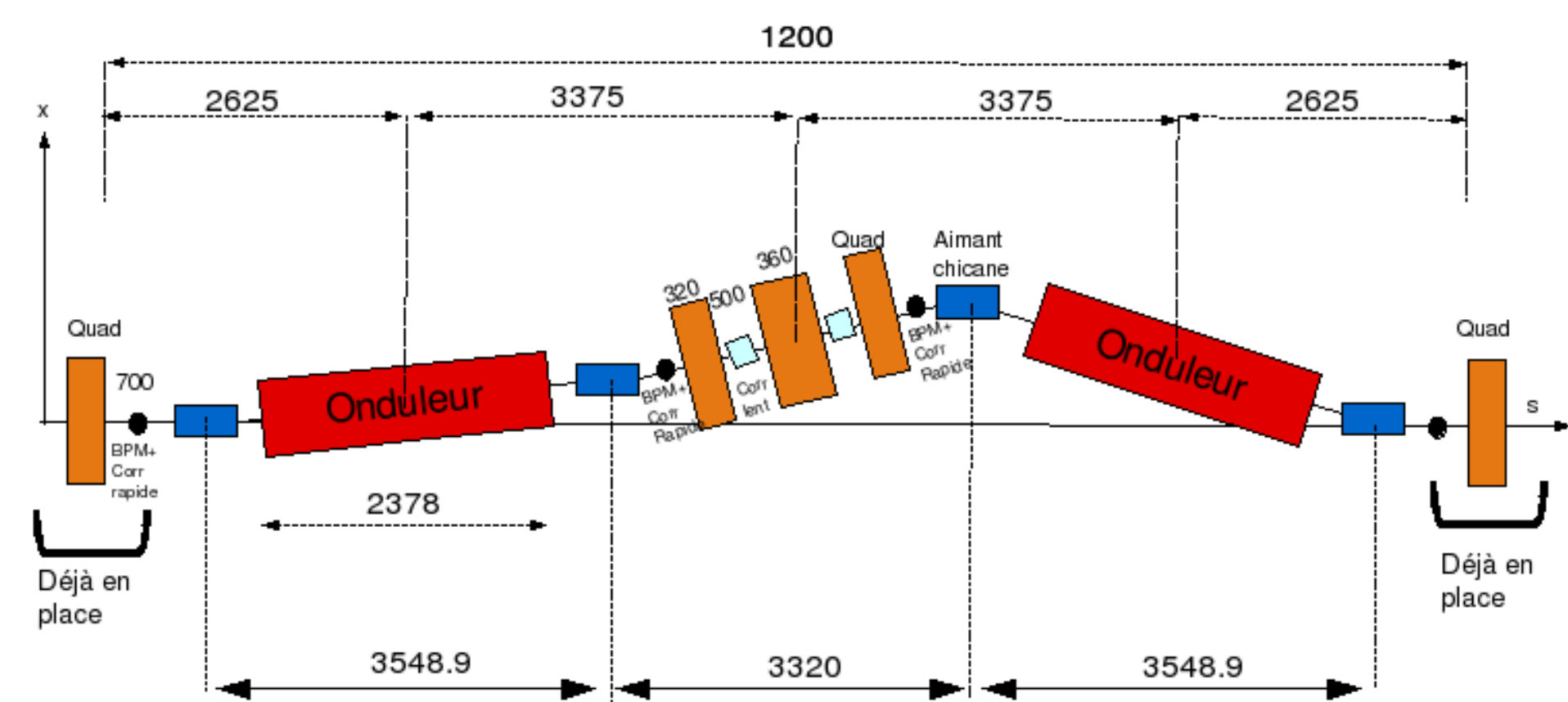


Thibaut Mutin, Fabrice Marteau, Charles Kitegi, Mourad Sebdaoui, Alain Lestrade, Olivier Marcouillé, Marie-Emmanuelle Couprie, Synchrotron SOLEIL, Gif-sur-Yvette, France.

## Résumé

Une chicane magnétique, composée de quatre dipôles constitués d'aimants permanents a été construite pour dévier le faisceau d'électrons horizontalement (0.5, 5.38, 11.88 et 6 mrad) sur une section droite longue de l'anneau SOLEIL. Afin d'atteindre avec précision ces valeurs critiques, on mesure leurs intégrales de champ (théoriquement 4.57, 49.12, 108.46 et 54.78 mTm), qu'on ajuste au moyen de quatre aimants permanents cylindriques (tuners) qui équipent chaque dipôle. Les mesures sont réalisées à l'aide d'un banc de mesures au fil tendu qui décrit une trajectoire circulaire. Ce dernier est connecté à un voltmètre afin de mesurer le flux magnétique. Un traitement mathématique des tensions induites permet de connaître le contenu harmonique du champ créé par les dipôles. Leurs géométries et le mécanisme de variation du champ magnétique en fonction de la position angulaire des tuners seront présentés. Enfin, le banc de mesure, les procédures de calibration et les résultats des mesures magnétiques seront également détaillés.

## Chicane Nanoscopium



Dipôle magnétique sur banc de mesure à fil tendu



Aimants « tuner » cylindriques

Le réglage des dipôles s'effectue à l'aide des aimants tuners. Ceux-ci permettent de régler finement l'intégrale de champ magnétique verticale  $I_z$  au centre du dipôle. Les bobines correctrices vont quant à elles permettre d'ajuster cette intégrale de champ à distance et en présence du faisceau d'électrons.

$$I_z = \int_{-\infty}^{+\infty} B_z ds$$

**Intégrale de champ magnétique verticale**  
 $B_z$  champ magnétique vertical  
 $S$  coordonnées longitudinales

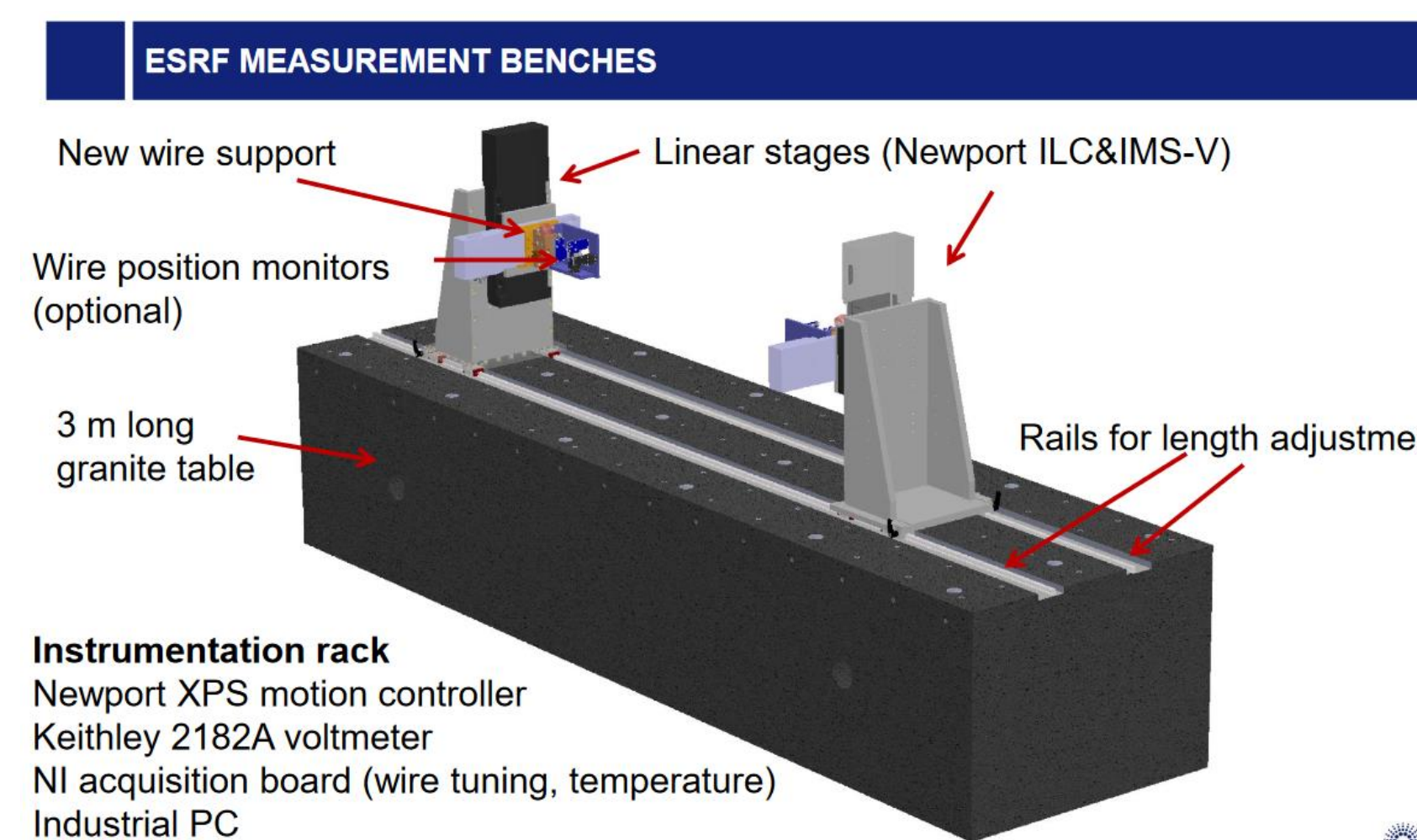
## Protocole de mesures

Dans un premier temps, le centre magnétique du dipôle doit être trouvé. Pour cela, une première mesure de l'intégrale de champ magnétique verticale  $I_z$  en fonction de la position  $z$  a été réalisée. Le fit de la courbe permet de calculer la valeur de  $z$  pour laquelle l'intégrale de champ est minimale. Une seconde mesure en fonction de la position  $x$ , en fixant  $z$  à la valeur trouvée précédemment. Le fit permet de calculer la valeur de  $x$  pour laquelle l'intégrale de champ est maximale. Ces mesures sont répétées jusqu'à obtenir des valeurs convergentes à 10μm près.

Le tuner T1 est installé et on mesure l'intégrale de champ au centre magnétique en fonction de l'angle de rotation de l'aimant, par pas de 45°. Le fit de la courbe obtenue permet de déterminer l'angle pour lequel la composante sinusoïdale de l'équation vaut 0. L'aimant est alors positionné à cet angle afin de réduire dans un premier temps sa contribution au minimum. L'opération est répétée pour les aimants T2, T3 et T4.

L'angle de correction est alors calculé à l'aide des équations de chacun des aimants afin d'atteindre la valeur théorique voulue.

Enfin, la bobine correctrice est calibrée en mesurant l'intégrale de champ au centre magnétique en fonction du courant.



Le Bec, G., J. Chavanne, and Ch Penel. "Stretched wire measurement of multipole accelerator magnets." *Physical Review Special Topics-Accelerators and Beams* 15.2 (2012): 022401.

### Banc de mesures à fil tendu.

Un fil est tendu entre les deux supports. Le fil décrit un mouvement circulaire au centre du dipôle et est connecté à un voltmètre mesurant les tensions induites.

Une décomposition harmonique est appliquée au signal mesuré. Dans le cadre d'un dipôle, nous nous intéressons à la première harmonique, dont le paramètre  $b_1$  correspond à l'intégrale de champ  $I_z$ .

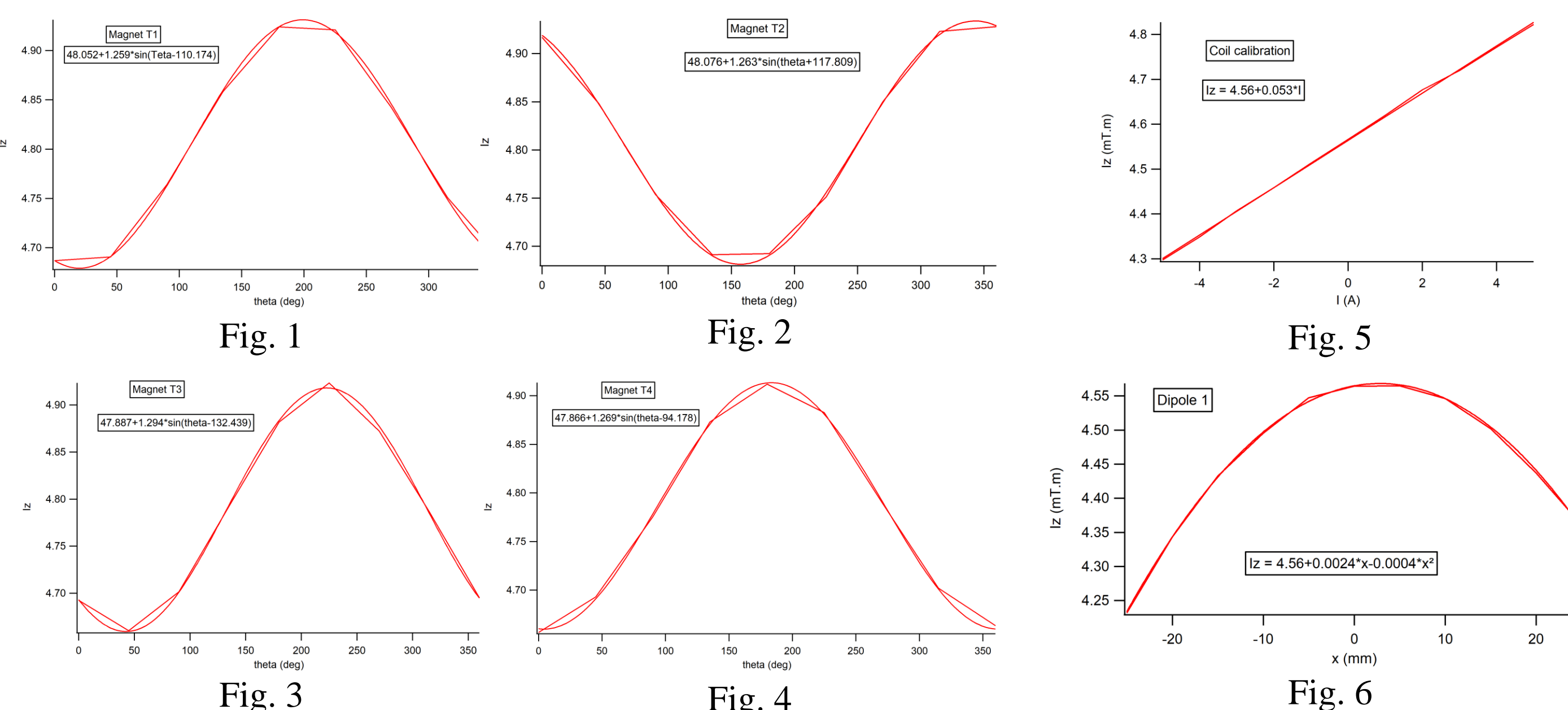
$$\sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\theta + b_n \sin n\theta) \left( \frac{\rho}{\rho_0} \right)^n$$

## Dipôle 1

**Fig. 1 à 4** - Mesures et fit des intégrales de champ  $I_z$  (mT.m) au centre, en fonction de l'angle de rotation  $\theta$  (deg) pour chaque aimant tuner T1, T2, T3 et T4.

**Fig. 5** - Calibration de la bobine correctrice

**Fig. 6** - Mesures et fit des intégrales de champ  $I_z$  (mT.m) en fonction de la position  $x$  (mm) du fil tendu.

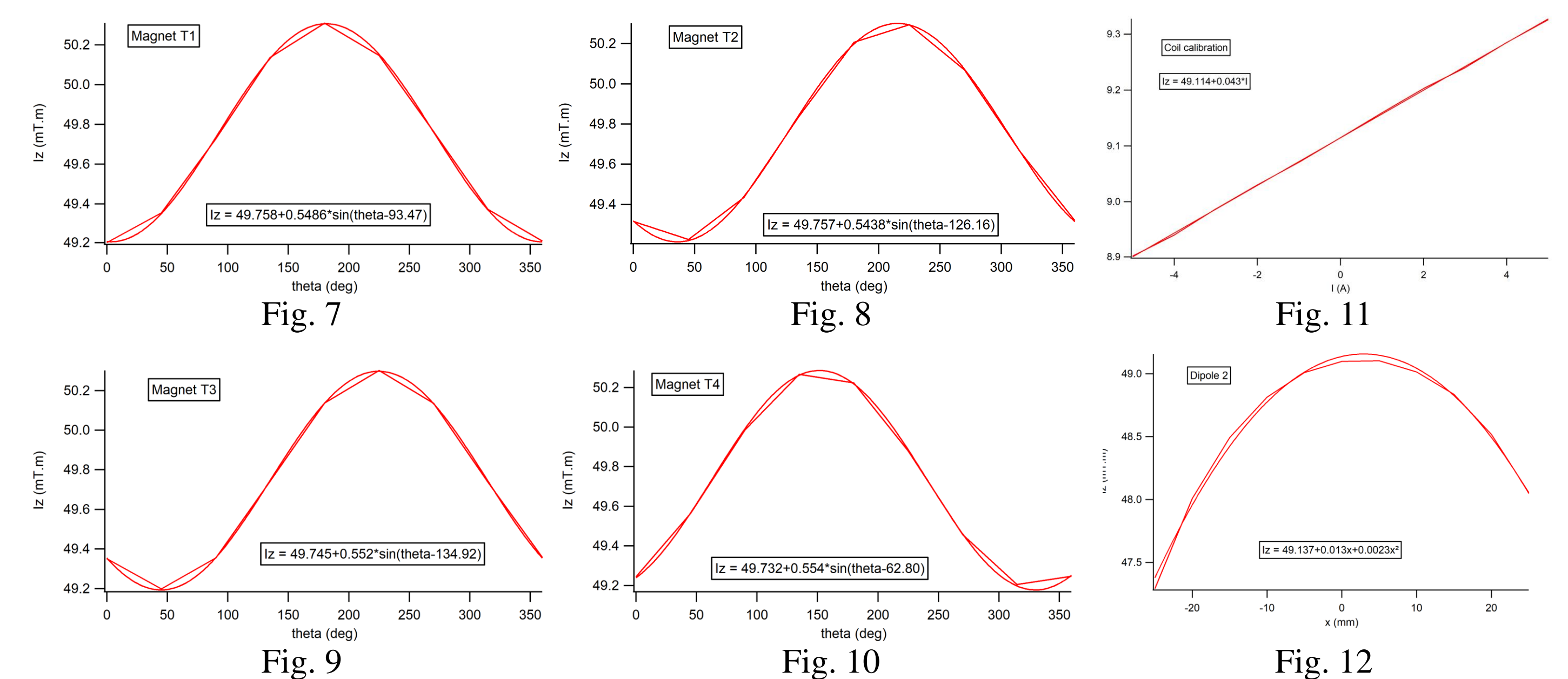


## Dipôle 2

**Fig. 7 à 10** - Mesures et fit des intégrales de champ  $I_z$  (mT.m) au centre, en fonction de l'angle de rotation  $\theta$  (deg) pour chaque aimant tuner T1, T2, T3 et T4.

**Fig. 11** - Calibration de la bobine correctrice

**Fig. 12** - Mesures et fit des intégrales de champ  $I_z$  (mT.m) en fonction de la position  $x$  (mm) du fil tendu.

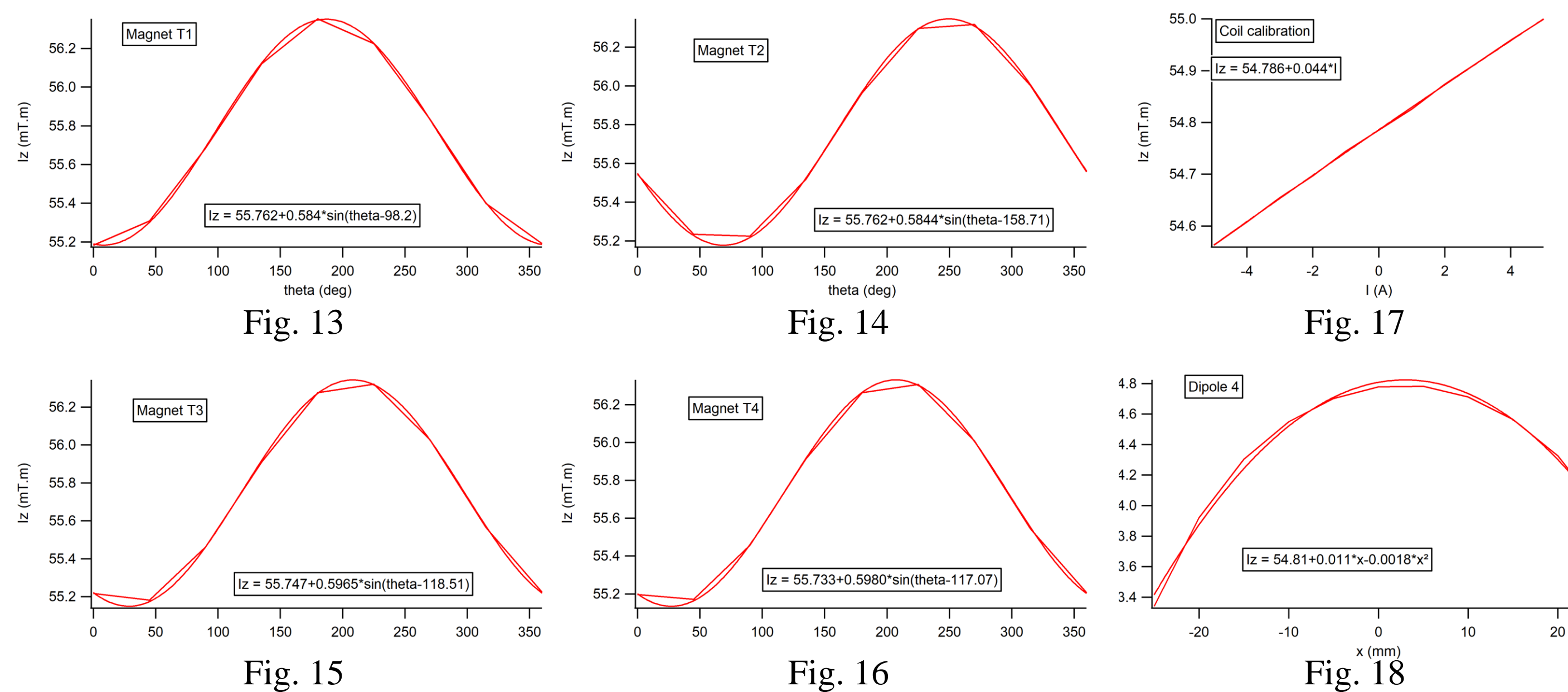


## Dipôle 4

**Fig. 13 à 16** - Mesures et fit des intégrales de champ  $I_z$  (mT.m) au centre, en fonction de l'angle de rotation  $\theta$  (deg) pour chaque aimant tuner T1, T2, T3 et T4.

**Fig. 17** - Calibration de la bobine correctrice

**Fig. 18** - Mesures et fit des intégrales de champ  $I_z$  (mT.m) en fonction de la position  $x$  (mm) du fil tendu.



## Synthèse des résultats et conclusion

	Dipôle 1	Dipôle 2	Dipôle 4
<b><math>I_z</math> théorique (mT.m)</b>	4.57	49.12	54.78
<b><math>I_z</math> avant corrections (mT.m)</b>	4.80	49.73	55.74
<b><math>I_z</math> finale (mT.m)</b>	4.57	49.11	54.78

Le dipôle 3 n'a pu être caractérisé suite à des soucis au montage de ses aimants permanents.

Les courbes pour les aimants tuners montrent une différence significative du coefficient entre les couples de tuners T1 / T2 et T3 / T4 pour chaque dipôle. De nouvelles mesures seront entreprises pour expliquer cette différence.

Les résultats finaux montrent un écart maximum de 0.02% entre les valeurs théoriques et les valeurs obtenues après réglage.