



LABORATOIRE DE L'ACCÉLÉRATEUR LINÉAIRE

IN2P3-CNRS et Université PARIS-SUD

Centre Scientifique d'Orsay - Bât 200 - B.P. 34

91898 ORSAY Cedex (France)

Tél. : +33 1 64 46 83 12

Fax : +33 1 69 07 14 99

Web PHIL : <http://phil.lal.in2p3.fr>

Web LAL : <http://www.lal.in2p3.fr>



PHIL : PHoto Injecteur au LAL

Orsay, le 07/06/2010

MEMO TECHNIQUE :	X
COMPTE RENDU :	
DIVERS :	

N° NOTE PHIL :	2010-006

Annulation de l'induction magnétique sur la photocathode de la ligne PHIL : cas du canon AlphaX.

Brossard Julien

brossard@lal.in2p3.fr

Version électronique disponible :
<http://phil.lal.in2p3.fr/spip.php?rubrique92>

Diffusion: Personnel SERA + équipe PHIL.

I : Objectif et description des bobines

La but de cette note est la détermination (par la simulation) du courant d'alimentation de la bobine de contre-champ de la ligne PHIL équipée du canon AlphaX permettant d'annuler la composante axiale de l'induction magnétique au niveau de la photocathode. Cette opération est nécessaire pour compenser la partie linéaire de la force de charge d'espace et ainsi améliorer l'émittance du faisceau [1]. Cette note s'applique au canon AlphaX [2] équipé des bobines IS1D-4709 (contre-champ) et IS1D-4710 (focalisation) [3]. Les bobines sont placées comme le mentionne le synoptique de PHIL Version 0.2 du 11 décembre 2009 (voir [4] et Figure 1).

Remarque: dans cette note, les bobines sont supposées parfaitement alignées et l'induction magnétique au niveau de la photocathode est supposée être la somme vectorielle des inductions générées par les 2 bobines modélisées individuellement.

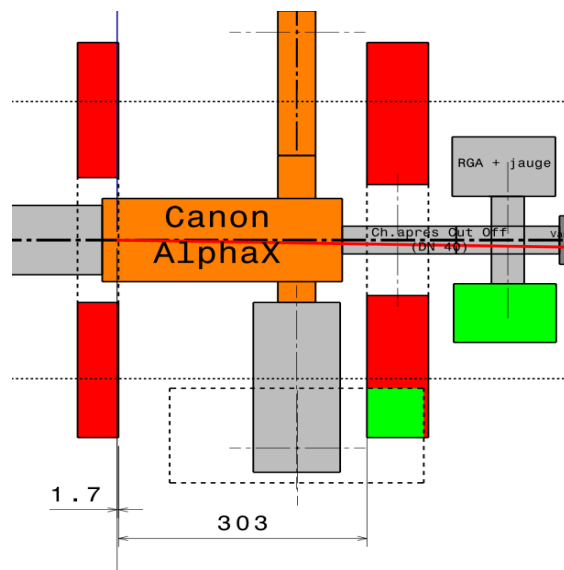


Figure 1: Position (en mm) des bobines par rapport à la photocathode du canon AlphaX [4]. La photocathode est située à 1.7 mm «à l'intérieur» de la bobine de contre champ (IS1D-4709). Les faces «internes en regard» des bobines sont espacées de 303 mm.

II : Valeur de B_{z_foc} au niveau de la photocathode

Une modélisation POISSON de la bobine de focalisation a été effectuée pour des courants entre 50 et 300 ampères en utilisant des paramètres d'entrée similaires. La Figure 2 montre les profils de l'amplitude de l'induction magnétique $B_{z_foc}(z,r=0)$ le long de l'axe magnétique de la bobine de focalisation pour différents courants d'alimentation. Les courbes rouges de cette figure (pour $I=250$ et 290 A) présentent des oscillations numériques non physiques induites par une mauvaise paramétrisation des entrées de POISSON. Dans le reste de cette étude, ces résultats seront ignorés (ou éventuellement approximés linéairement par les plus proches voisins).

Remarque : sur la Figure 2 l'abscisse «z» de la face «arrière» de la bobine de focalisation est située à 51 cm. La photocathode est donc située – dans ce repère – à 20.53 cm. La position de cette origine (définie lors des calculs POISSON) est arbitraire.

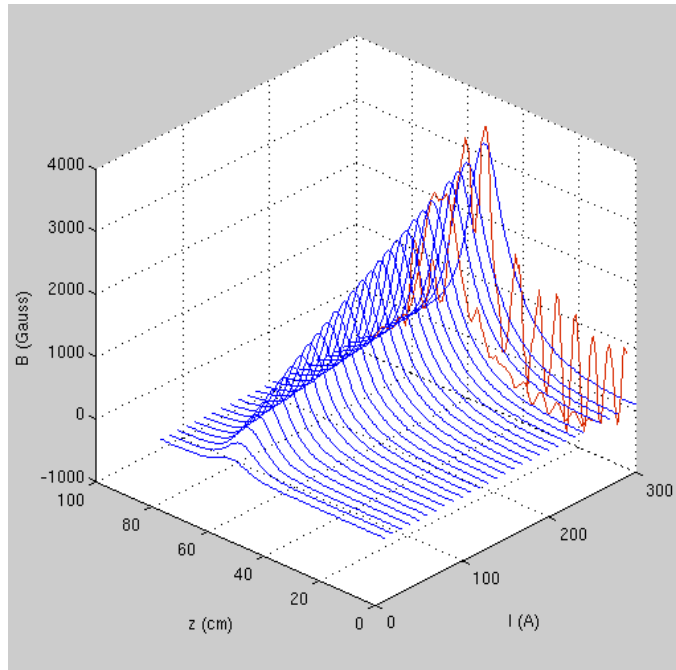


Figure 2: Amplitude B_{z_foc} [G] en fonction de z [cm] et du courant [A] dans la bobine de focalisation (ISID-4710). L'origine de l'axe des «z» est arbitraire.

La Figure 3 montre l'évolution du champ B_{z_foc} généré par la bobine de focalisation au niveau de la photo-cathode. Cette courbe présente un comportement quasi-linéaire pour un courant d'alimentation entre 40 et 300 A. L'approximation affine de cette courbe dans le domaine $40 < I \text{ (A)} < 300$ obéit à la formule suivante : $B_{z_foc_photocathode}[\text{G}] = 0.73 * I_{foc}[\text{A}] - 17.89$.

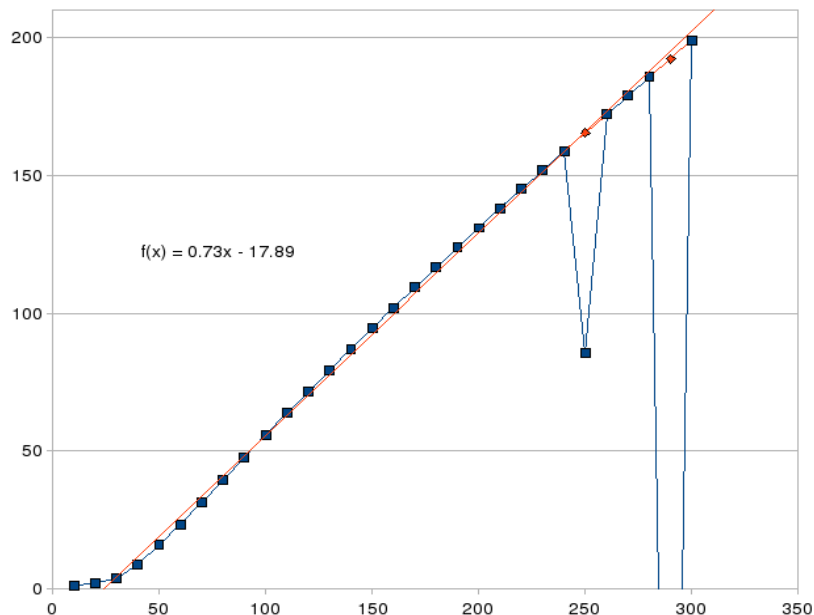


Figure 3: Evolution de l'amplitude (en Gauss) de l'induction magnétique axiale générée par la bobine de focalisation au niveau de la photocathode en fonction du courant (Ampères) d'alimentation de cette bobine (cas PHIL avec AlphaX). Segment rouge : approximation affine pour I compris entre 40 et 300 A.

III : Valeur de $B_{z_{cc}}$ au niveau de la photocathode

Une modélisation POISSON de la bobine de contre-champ a été effectuée pour des courants entre 10 et 150 ampères en utilisant des paramètres d'entrée similaires. La Figure 2 montre les profils de l'amplitude de l'induction magnétique $B_{z_{cc}}(z;r=0)$ le long de l'axe magnétique de la bobine de contre-champ pour différents courants d'alimentation.

Remarque : sur la Figure 4 l'abscisse «z» de la face «arrière» de la bobine de contre-champ est située à 35.8 cm. La photocathode est donc située – dans ce repère – à 40.63 cm. La position de cette origine (définie lors des calculs POISSON) est arbitraire.

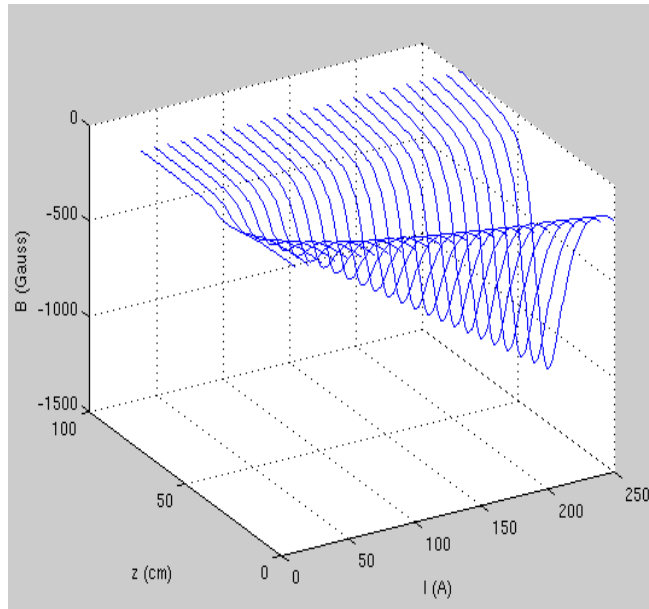


Figure 4: Amplitude $B_{z_{cc}}$ [G] en fonction de z [cm] et du courant [A] dans la bobine de contre-champ (ISID-4709). L'origine de l'axe des «z» est arbitraire.

La Figure 5 montre l'évolution du champ $B_{z_{cc}}$ généré par la bobine de contre-champ au niveau de la photo-cathode. Cette courbe présente un comportement linéaire sur l'ensemble du domaine $40 < I \text{ (A)} < 300$. Ainsi on peut l'approximer par la formule suivante : $B_{z_{cc_photocathode}}[\text{G}] = -3.09 * I_{cc}[\text{A}]$.

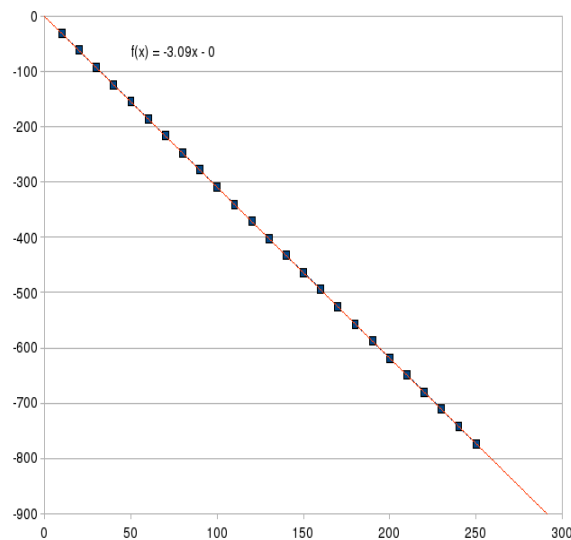


Figure 5: Evolution de l'amplitude (en Gauss) de l'induction magnétique axiale générée par la bobine de contre-champ au niveau de la photocathode en fonction du courant (Ampères) d'alimentation de cette bobine (cas PHIL avec AlphaX). En rouge : approximation affine pour I compris entre 10 et 250 A.

IV : Détermination des conditions pour annuler l'amplitude axiale de l'induction magnétique sur la photocathode.

Disposant des relations affines reliant le champ des bobines de focalisation et de contre-champ au niveau de la photocathode en fonction de leur courant respectif, il est désormais aisé de déterminer les conditions entre I_{foc} et I_{cc} permettant d'annuler l'induction magnétique axiale à cet endroit.

En effet, l'annulation¹ s'obtient par : $B_{z\ foc\ photocathode} + B_{z\ cc\ photocathode} = 0$

$$\text{Soit : } 0.73 * I_{foc} - 17.89 - 3.09 * I_{cc} = 0$$

$$\text{Ainsi } I_{cc} = \frac{0.73 * I_{foc} - 17.89}{3.09}$$

La table Table 1 montre quelques couples de valeurs satisfaisant cette relation.

Ifoc (A)	Icc (A)	Ifoc (A)	Icc (A)	Ifoc (A)	Icc (A)
50	6.0	140	27.3	230	48.5
60	8.4	150	29.6	240	50.9
70	10.7	160	32.0	250	53.3
80	13.1	170	34.4	260	55.6
90	15.5	180	36.7	270	58.0
100	17.8	190	39.1	280	60.4
110	20.2	200	41.5	290	62.7
120	22.6	210	43.8	300	65.1
130	24.9	220	46.2		

Table 1: Valeurs de I_{foc} et I_{cc} permettant d'annuler l'amplitude B_z au niveau de la photocathode (Cas PHIL-AlphaX).

V : Conclusions

L'induction magnétique des bobines de focalisation (IS1D-4710) et de contre-champ (IS1D-4709) de PHIL a été modélisée – le long de l'axe du faisceau théorique - à l'aide du logiciel POISSON. La relation existant entre le courant d'alimentation de ces bobines et l'induction magnétique générée au niveau de la photocathode (dans le cas du canon AlphaX) ont été déterminées et – dans un certain domaine de définition - approximées par des relations affines.

Ces données ont ensuite permis de déterminer la relation analytique (entre les 2 courants d'alimentation) permettant d'annuler l'induction magnétique axiale au niveau de la photocathode.

Remarques:

1/ dans cette note, les bobines sont supposées parfaitement alignées et l'induction magnétique au niveau de la photocathode est supposée être la somme vectorielle des inductions générées par les 2 bobines modélisées individuellement.

2/ les résultats de cette note ne s'appliquent au canon AlphaX.

VI :Références :

[1] : B. E. Carlsten, "New photoelectric injector design for the Los Alamos National Laboratory XUV FEL accelerator", Nucl. Instr. Meth. in Phys. Research A 285 (1989), 313.

[2] : <http://phil.lal.in2p3.fr/spip.php?rubrique84>

[3] : <http://phil.lal.in2p3.fr/spip.php?rubrique49>

[4] : <http://phil.lal.in2p3.fr/spip.php?rubrique28>

1 Dans l'hypothèse d'absence de couplage magnétique entre les bobines.