



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 25/02/2011

MEMO TECHNIQUE :	X
COMPTE RENDU :	
DIVERS :	

N° NOTE PHIL :	2011-002

***Limitation du logiciel PARMELA lors de l'utilisation de cartes POISSON
pour modéliser un élément magnétique.***

BROSSARD Julien
brossard@lal.in2p3.fr

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

Diffusion : équipe PHIL, SERA, Département accélérateur, liste GCCAO (Groupe « Code de Calcul Accélérateur » d'Orsay)

I : Introduction

L'étude de la dynamique faisceau avec le logiciel PARMELA présente, lorsqu'on utilise plusieurs cartes POISSON¹, un comportement étrange. En effet, en utilisant – pour modéliser les solénoïdes « B3 » et « B5 »² de la ligne PHIL³ – des cartes POISSON, on constate (voir Figure 1) que les distributions transverses (x,y) du paquet électronique présentent - dès la sortie canon - un trou au centre du paquet, où seul la particule nominale apparaît (en x=y=0).

II : Mise en évidence du phénomène

Deux⁴ calculs PARMELA sur la ligne PHIL permettent de mettre en évidence ce phénomène. Le premier calcul utilise pour « B5 » la carte de champ magnétique « Poimil_010.psfl » donné par le logiciel POISSON. Le second calcul utilise la carte de champ de « B5 » où la composante Br a été artificiellement annulée sur toute la grille. Lors des deux calculs, le solénoïde « B3 » est modélisé à l'aide de la carte POISSON «Pois_I_120.psfl »

Remarques : 1/le fichier PARMELA ayant été utilisé pour ces 2 études est reproduit dans l'annexe de ce document.

2/ Le solénoïde de contre-champ n'est pas modélisé.

3/ La bobine « B3 » est alimentée par un courant de 120 A. Dans le modèle POISSON utilisé, le champ magnétique de ce solénoïde n'est perceptible que dans la zone comprise entre $z^5=-20,53$ cm et $z=59,47$ cm (largueur : 80 cm).

4/ La bobine « B5 » est alimentée par un courant de 10 A. Dans le modèle POISSON utilisé, le champ magnétique de ce solénoïde n'est perceptible que dans la zone comprise entre $z=180,9$ cm et $z=280,9$ cm (largueur : 100 cm).

5/ Le fichier PARMELA et les 2 « cartes POISSON » utilisés pour obtenir les résultats de cette note sont disponibles à l'adresse suivante : <http://phil.lal.in2p3.fr/spip.php?rubrique92>

II.1 : Distributions obtenues avec le solénoïde « B5 » modélisé par sa carte POISSON

La Figure 1 présente l'évolution de certaines caractéristiques du paquet le long de la ligne PHIL, pour les positions définies dans le tableau 1, lorsque les solénoïdes B3 et B5 sont modélisés avec leur cartes POISSON respectives. Cette figure montre qu'à partir de la quatrième position apparaît un trou dans la distribution transverse du paquet.

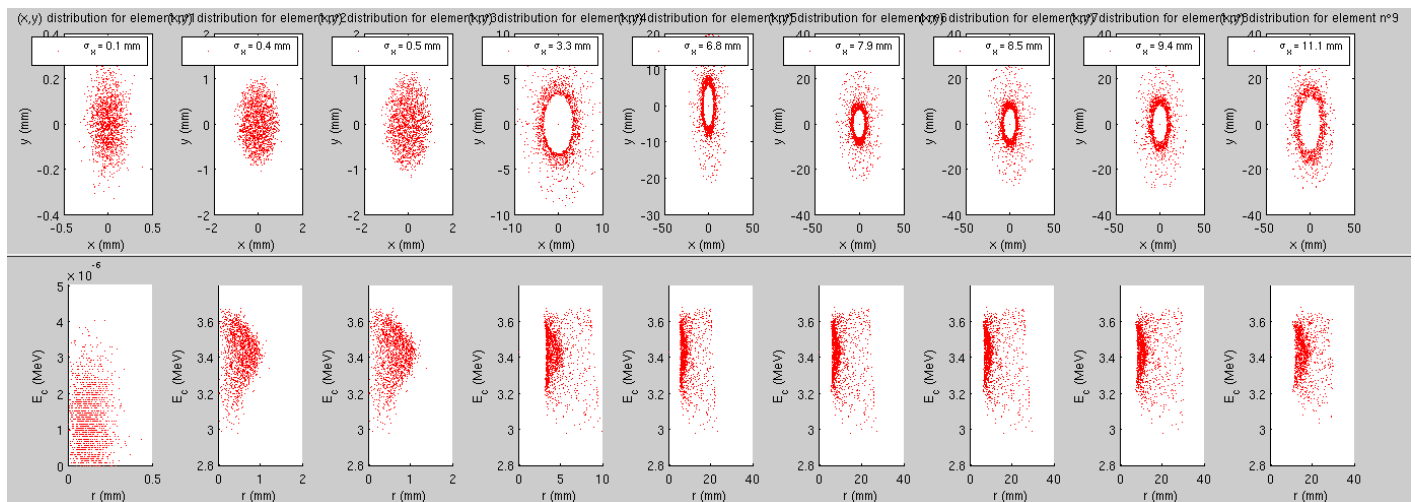


Figure 1 : de gauche à droite : évolution des propriétés du paquet depuis la photocathode jusqu'à l'abscisse $z=332,7$ cm, lorsque les solénoïdes B3 et B5 sont modélisés avec des cartes POISSON. Les positions sont décrites dans le tableau 1. Première ligne : distributions transverses (x,y) en mm. Deuxième ligne : distributions (r,E).

	Position 1	Position 2	Position 3	Position 4	Position 5	Position 6	Position 7	Position 8	Position 9
Z (cm)	0	17.7	20	95.4	160.9	180.9	192.5	230.9	332.7

Tableau 1 : abscisse – le long de la ligne PHIL - des 9 positions où les distributions transverses sont étudiées.

- 1 La « carte POISSON » est une option du logiciel PARMELA permettant de modéliser – lors du calcul de dynamique faisceau – la présence d'un champ magnétique extérieur (exemple : le champ d'un solénoïde). Cette « carte » donne les valeurs des composantes (Br,Bz) de l'induction magnétique sur une grille rectangulaire régulière (r,z) issue d'une simulation POISSON.
- 2 La bobine dite « B3 » ou « IS1D-4710 » se trouve à la sortie du canon (voir <http://phil.lal.in2p3.fr/spip.php?article37>). La bobine dite « B5 » ou « ISP1D0015 » se trouve au voisinage du milieu de la ligne PHIL (voir <http://phil.lal.in2p3.fr/spip.php?article38>).
- 3 <http://phil.lal.in2p3.fr/> , voir plan ici : <http://phil.lal.in2p3.fr/spip.php?rubrique28>
- 4 Ces deux premiers calculs ont été réalisés avec un sigma radial du laser à 0.1 mm. Tout les autres calculs – de cette note – (sauf mention explicite) admettent un sigma radial de 1 mm pour le laser.
- 5 La position $z=0$, correspond à la position de la photocathode.

II.2 : Distributions obtenues avec le solénoïde B5 modélisé par sa carte POISSON où Br a été artificiellement annulée partout

La Figure 2 présente l'évolution de certaines caractéristiques du paquet le long de la ligne PHIL, pour les positions définies dans le tableau 1, lorsque le solénoïde B5 est modélisé par sa carte POISSON où la composante Br a été artificiellement annulée partout. Cette figure montre qu'aucun trou n'apparaît dans la distribution transverse.

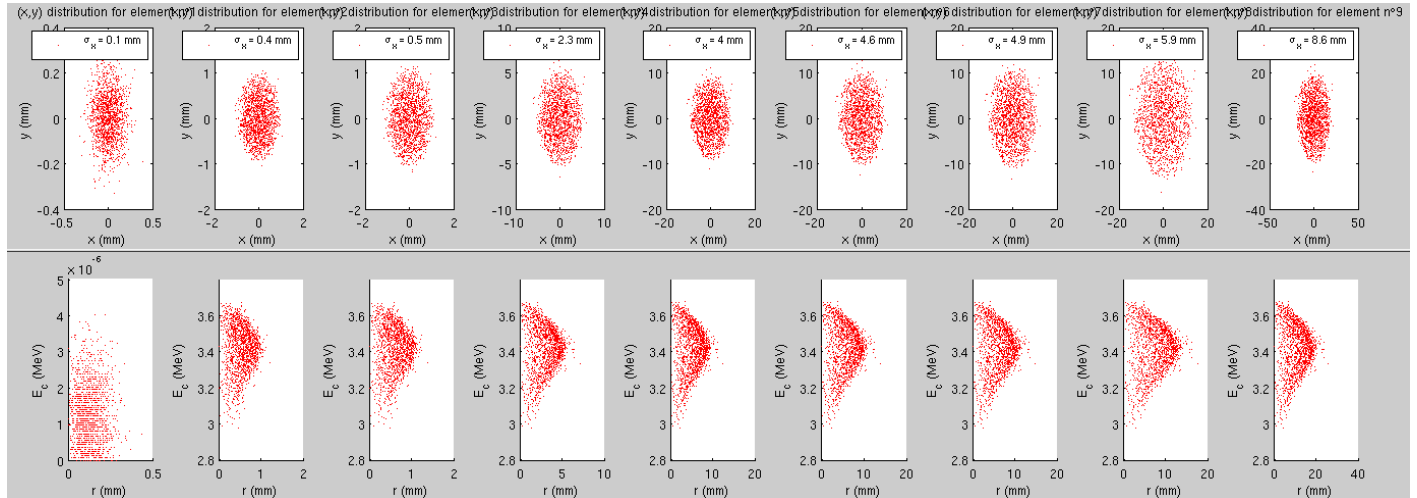


Figure 2: de gauche à droite : évolution des propriétés du paquet depuis la photocathode jusqu'à l'abscisse $z=332,7$ cm, lorsque le solénoïde B5 est modélisé avec une carte POISSON où $Br=0$ partout (B3 modélisé par sa carte POISSON). Les positions sont décrites dans le tableau 1. Première ligne : distributions transverse (x,y) en mm. Deuxième ligne : distributions (r,E_c) .

II.3 : Comparaison des résultats

La première conclusion de la comparaison de ces résultats pourrait être d'incriminer uniquement la composante Br du solénoïde B5 dans l'apparition de ce trou. Or, en comparant les figures précédentes, on constate qu'elle diffère à partir de la quatrième position (à $z=95,4$ cm). Or, à cette distance, le champ magnétique de « B5 » n'est pas encore « vu » par le paquet. Ainsi, il ne devrait pas y avoir de différence. Il y a donc une erreur. Afin d'identifier l'origine de celle-ci, deux modélisations supplémentaires ont été entreprises. La première, consiste à modéliser « B5 » avec une carte POISSON contenant un champ Br et Bz nul partout; la seconde consiste à supprimer intégralement B5 du modèle. Les résultats sont présentés ci-après.

III : Modélisation avec un solénoïde « B5 » nul

III.1 : Distributions obtenues avec le solénoïde « B5 » modélisé par la carte POISSON nulle ($Br=Bz=0$ partout)

La Figure 3 présente l'évolution de certaines caractéristiques du paquet le long de la ligne PHIL, pour les positions définies dans le tableau 1, lorsque le solénoïde B5 est modélisé par sa carte POISSON où les composantes Br et Bz ont été artificiellement annulées partout.

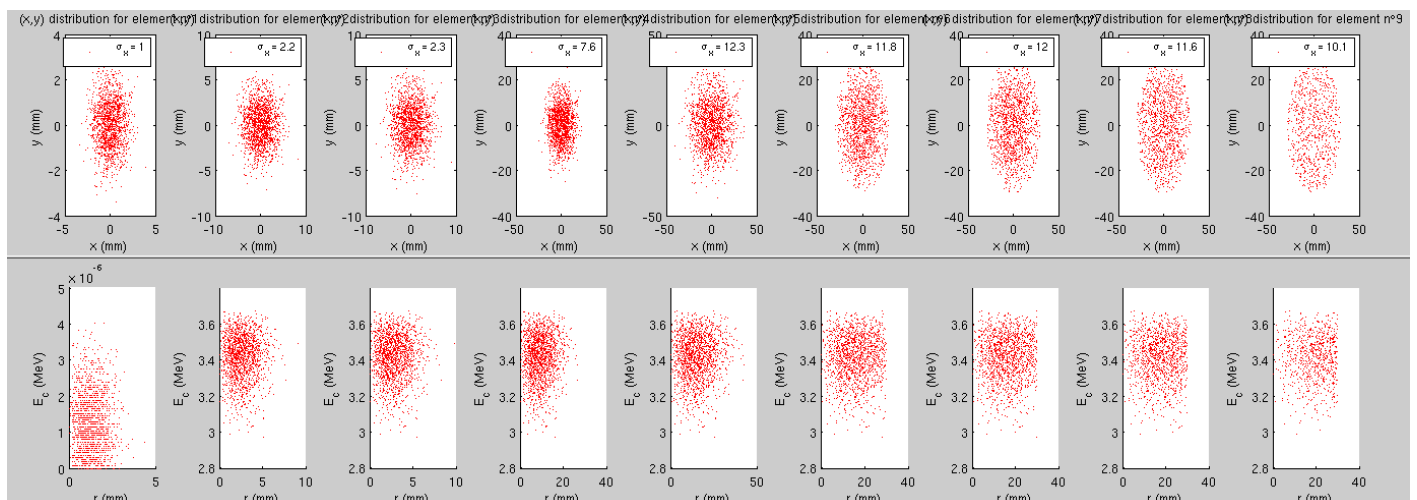


Figure 3: de gauche à droite : évolution des propriétés du paquet depuis la photocathode jusqu'à l'abscisse $z=332,7$ cm, lorsque le solénoïde B5 est modélisé avec une carte POISSON où $Br=Bz=0$ partout (B3 modélisé par sa carte POISSON). Les positions sont décrites dans le tableau 1. Première ligne : distributions transverse (x,y) en mm. Deuxième ligne : distributions (r,E_c) .

III.2 : Distributions obtenues sans le solénoïde B5

La Figure 4 présente l'évolution de certaines caractéristiques du paquet le long de la ligne PHIL, pour les positions définies dans le tableau 1, lorsque le solénoïde B5 est absent du modèle PARMELA.

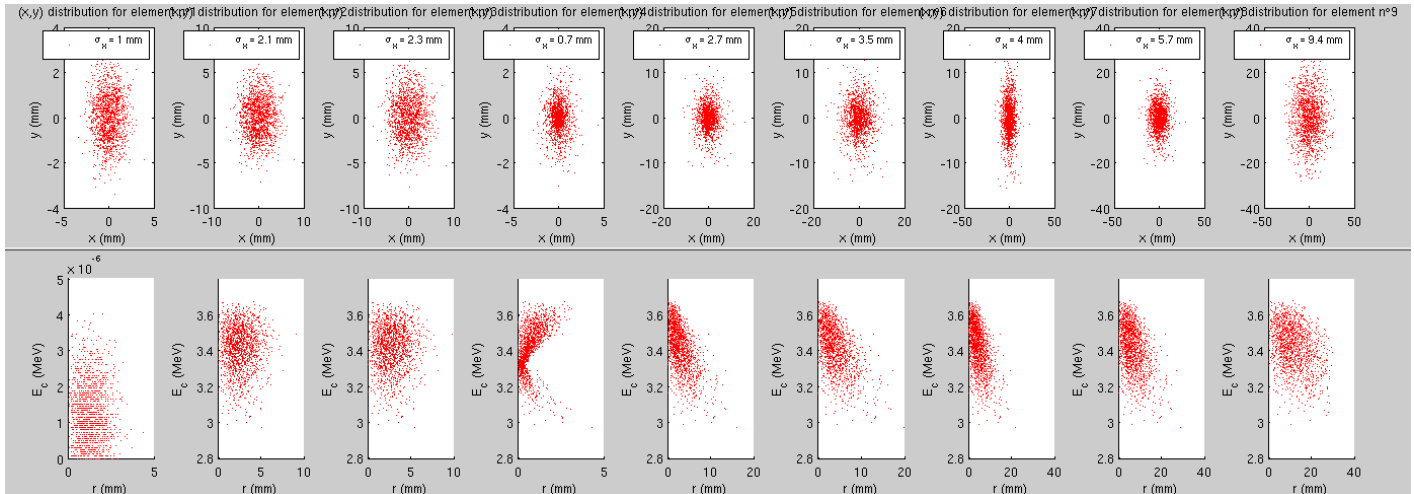


Figure 4: de gauche à droite : évolution des propriétés du paquet depuis la photocathode jusqu'à l'abscisse $z=332,7$ cm, lorsque le solénoïde B5 est absent du modèle (B3 toujours modélisé par sa carte POISSON). Les positions sont décrites dans le tableau 1. Première ligne : distributions transverses (x,y) en mm. Deuxième ligne : distributions (r,E) .

III.3 : Comparaison des résultats

Les figures 3 et 4 montrent que la modélisation d'un élément magnétique à l'aide d'une carte POISSON contenant un champ nul partout n'est pas identique à l'absence de cet élément. Cette carte a donc un effet qu'elle ne devrait pas avoir. Il a été supposé que PARMELA ne gérait pas correctement les cartes POISSON lorsqu'il y en a plusieurs sur un seul fichier d'entrée. Pour cela, un autre calcul a été réalisé en supprimant totalement les cartes de B3 et B5 (la ligne ne possède ainsi plus aucun élément magnétique). Le résultat est présenté ci-dessous.

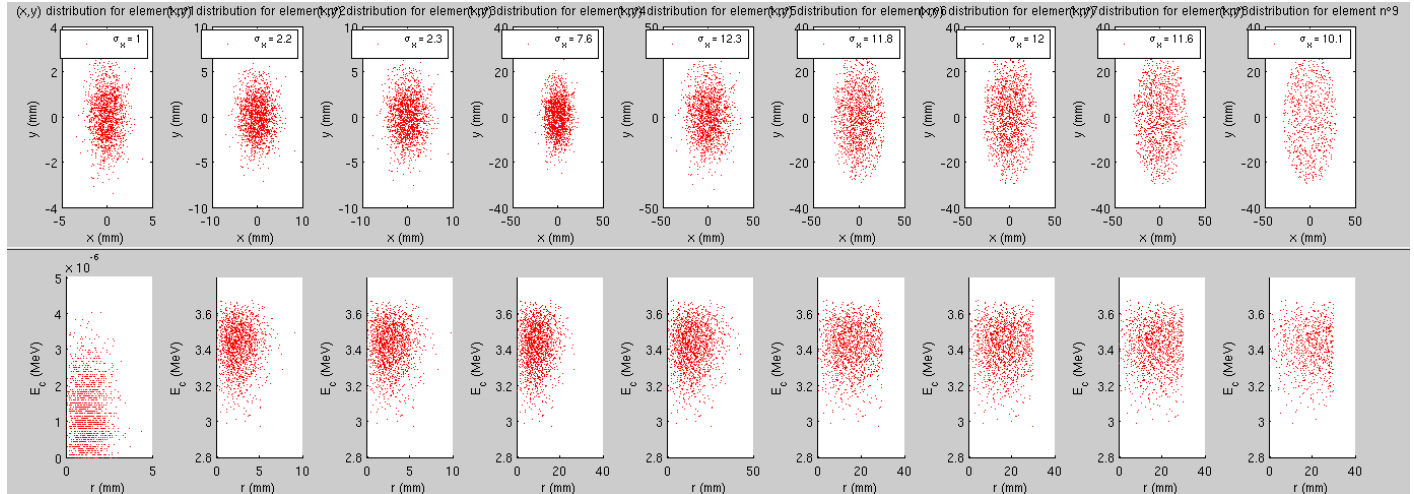


Figure 5: de gauche à droite : évolution des propriétés du paquet depuis la photocathode jusqu'à l'abscisse $z=332,7$ cm, lorsqu'il n'y a aucun solénoïde sur la ligne. Les positions sont décrites dans le tableau 1. Première ligne : distributions transverses (x,y) en mm. Deuxième ligne : distributions (r,E) .

On peut constater que ce dernier résultat (Figure 5) est identique à celui obtenu (Figure 3) lorsque le solénoïde B3 est modélisé en utilisant une carte POISSON et le solénoïde B5 modélisé avec une carte « POISSON nulle partout ». Cet exemple montre que la dernière carte POISSON rencontrée dans un fichier PARMELA écrase toutes les précédentes. Donc, la version actuelle de PARMELA ne permet pas d'utiliser plusieurs cartes POISSON dans un même fichier d'entrée.

IV : Dernier exemple

Afin de vérifier cela sur un autre exemple (avec ici, un sigma radial laser de 0.1 mm), j'ai réalisé un calcul PARMELA en remplaçant la première carte POISSON du fichier PARMELA par la seconde (à savoir le fichier « Pois_I_120.psfld » a été remplacé par le fichier « Poimil_010.psfld »). Ainsi, si la dernière carte POISSON écrase les précédentes, alors ce calcul devrait donner le même résultat que la première figure de ce document. Les résultats sont présentés ci-dessous :

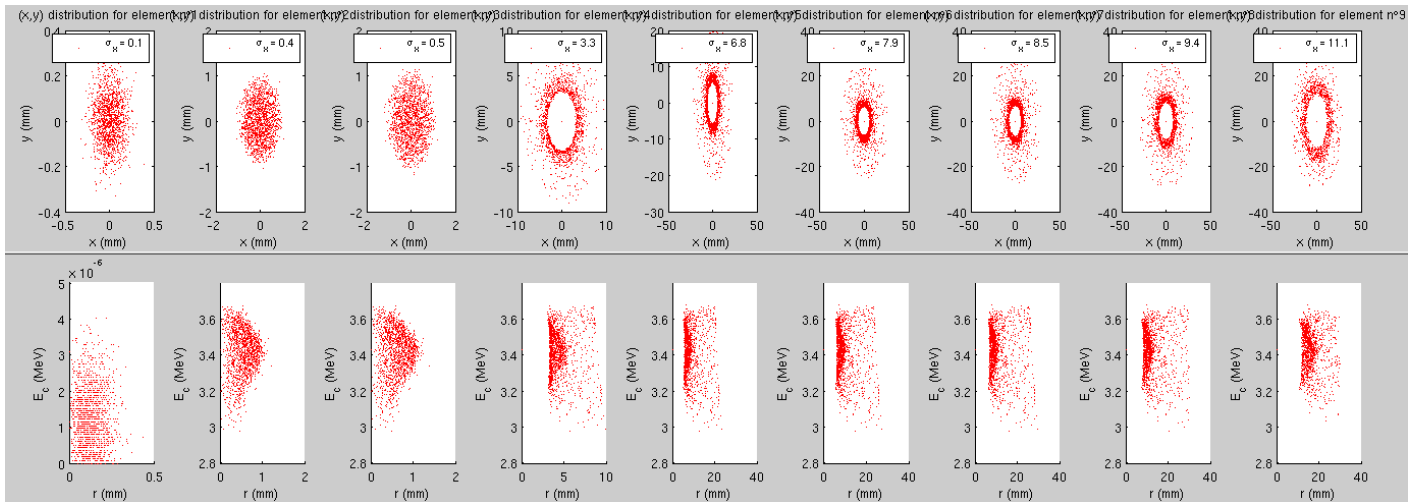


Figure 6: de gauche à droite : évolution des propriétés du paquet depuis la photocathode jusqu'à l'abscisse $z=332,7$ cm, lorsque les solénoïdes « B3 » et « B5 » sont modélisés avec le modèle POISSON du solénoïde « B5 ». Les positions sont décrites dans le tableau 1. Première ligne : distributions transverses (x,y) en mm. Deuxième ligne : distributions (r,E) .

On retrouve exactement le même résultat que lorsque les solénoïdes « B3 » et « B5 » sont modélisés avec POISSON (Figure 1).

Remarque : Lorsqu'un fichier PARMELA contient plusieurs cartes POISSON, non seulement le champ (B_r, B_z) utilisé lors du calcul est toujours celui contenu dans la dernière carte apparaissant dans le fichier d'entrée mais encore les paramètres « zoff » et « rmult » sont aussi toujours ceux de cette dernière carte.

V : Conclusions et perspectives

Cette étude de dynamique faisceau réalisée sur la ligne PHIL à l'aide du logiciel PARMELA a mis en évidence une limite de ce logiciel (dans sa version actuelle du LAL, au 1 avril 2010). En effet, cette étude montre que la modélisation d'un élément magnétique à l'aide d'une carte POISSON ne peut être utilisée plus d'une fois dans un même fichier PARMELA. Cela est probablement dû au fait que l'appel d'une carte POISSON dans le programme PARMELA écrase les informations qui ont été précédemment stockées lors de l'appel d'une autre carte POISSON. Une analyse détaillée du code source permettrait d'étayer de manière plus certaine cette hypothèse. Je suggère donc d'entreprendre les démarches suivantes :

- Mise à jour du manuel PARMELA, mentionnant explicitement l'existence de la limitation identifiée dans cette note.
- Modification du code source PARMELA afin de supprimer cette limitation. Après validation de cette étape, une nouvelle modification du manuel sera nécessaire.

Une alternative consisterait (tant que les champs magnétiques des cartes POISSON utilisées ne se superposent pas) d'utiliser la fonction « INPUT 4 » de PARMELA, qui permet à l'utilisateur de définir la distribution d'entrée. Ainsi, en utilisant une telle option, on peut créer N fichiers PARMELA (décrivant ainsi la ligne considérée en N morceaux consécutifs distincts). Chacun de ces N morceaux pourra contenir une carte POISSON. L'utilisation de l'option « INPUT 4 » permettra d'assurer la continuité de la propagation des particules d'un fichier à l'autre. Cette solution alternative n'est cependant pas envisageable pour une étude de dynamique faisceau où plusieurs champs magnétiques se superposent (exemple : modélisation de la dynamique faisceau dans un photo-injecteur équipé d'une bobine de focalisation en sortie et d'une bobine de contre-champ).

L'utilisateur de PARMELA peut toujours utiliser l'option « COILS » pour modéliser plusieurs éléments magnétiques, mais l'obtention des inductions magnétiques hors de l'axe ne sont pas celles de POISSON. En effet, dans ce modèle, les composantes B_r et B_z du champ hors de l'axe sont calculés via les dérivées successives du champ B_z sur l'axe.

VI : Annexe

VII : Fichier Parmela utilisé (ici σ radial laser = 0.01 cm):

TITLE

Ligne de faisceau PHIL avec le canon alpha X

RUN /n0=1 /ip=999 /freq=2998.652 /z0=0.0 /W0=1.0e-6 /itype=1

OUTPUT 0

OUTPUT 6

ZLIMIT 20.0

INPUT 10 /np=1500 /sigt=3.6 /tmax=10.0 /sigr=0.01 /rmax=0.5 /W0=1.0e-6

/dw0=1.0e-6 /dwt=10.0 /ran=2

CELL /l=17.7 /aper=1.2 /iout=1 /phi0=075.0 /E0=60.0 /nc=1 /dwtmax=1.0 /sym=-1

CFIELD 1

alphaXchamp

DRIFT /l=2.3 /aper=3.0 /iout=1

POISSON /zoff=-20.53 /rmult=1.0

Pois_I_120

DRIFT /l=75.4 /aper=3.0 /iout=1

DRIFT /l=65.5 /aper=5.0 /iout=1

DRIFT /l=20.0 /aper=3.0 /iout=1

POISSON /zoff=0.0 /rmult=1.0

Poimil_010

DRIFT /l=11.6 /aper=3.0 /iout=1 ! position ecran#1

DRIFT /l=38.4 /aper=3.0 /iout=1 ! position milieu bobine focalisation

DRIFT /l=101.8 /aper=3.0 /iout=1 ! position entree fentes (si L=230 mm et epais=2mm)

ZOUT

SCHEFF /beami=-6.24220e+08 /nprog=2 /point=-1.7

START /wt=0.0 /dwt=10.0 /nsteps=200000 /nsc=20 /nout=10

end