

Modélisation d'un champ magnétique dans PARMELA.

Est-il possible de créer automatiquement une famille
d'éléments « COIL » approximant correctement le
champ initial ?

DRAFT...

J.Brossard, F.Poirier

brossard@lal.in2p3.fr, poirier@lal.in2p3.fr

*Désolé, les diapo-slides sont en **Fran-*g*lish** !!*

There are 3 different methods used to describe a magnetic field in PARMELA (Version

5.03 Orsay implementation) :

- « FIELD » subroutine (« COIL » card is used)
- « FIELDLAL » subroutine (« FOCLAL » card is used)
- « SOLNOID » subroutine (« SOLENOID » or « CELL » card is used)

« FIELD » : create a finite family of « COIL » elements inducing a resultant B field identical to the input.

$$B_{input}(z; r=0) = \sum_{(COIL=1)}^{(COIL=N)} B_z^{COIL}(z; r=0)$$

where $B_z^{COIL}(z; r=0) = (\mu/2) * I_{COIL} r_{COIL}^2 / (r_{COIL}^2 + (z - z_{COIL})^2)^{1.5}$

is the field generated by one loop of I_{COIL} current, with radius r_{COIL} , located at z_{COIL} .

- $\mu = 1.2566$ est la perméabilité du vide (en $\mu\text{H.m}^{-1}$).
- I_{COIL} est l'intensité parcourant la bobine (en A).
- r_{COIL} est le rayon intérieur de la bobine (en cm).
- z_{COIL} est la position du centre de la bobine (en cm) le long de l'axe $r=0$.

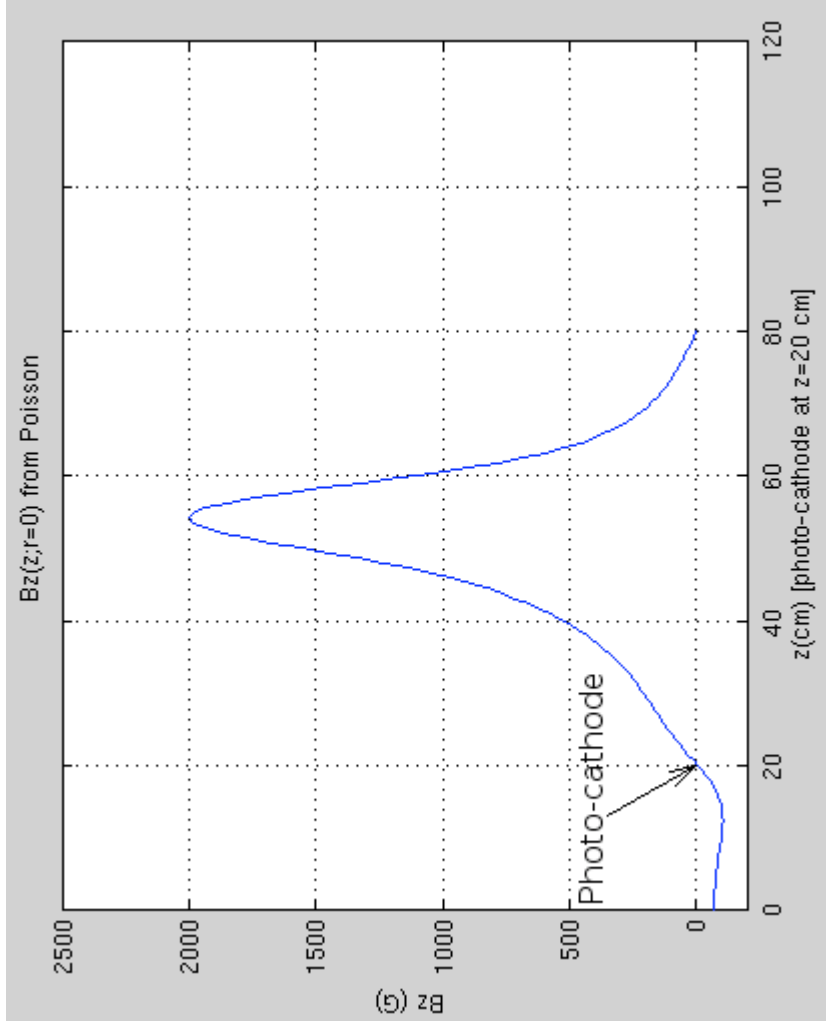
Pb : How to find $(I_{COIL}, r_{COIL}, z_{COIL})_{COIL=1:N}$?

« FIELDLAL » : read an input file containing $B(z, r=0)$ values. *Pb* : B_r always 0 !

« SOLNOID » : used for a finite length solenoid.

Méthode « empirique » utilisée au SERA pour déterminer les COILS

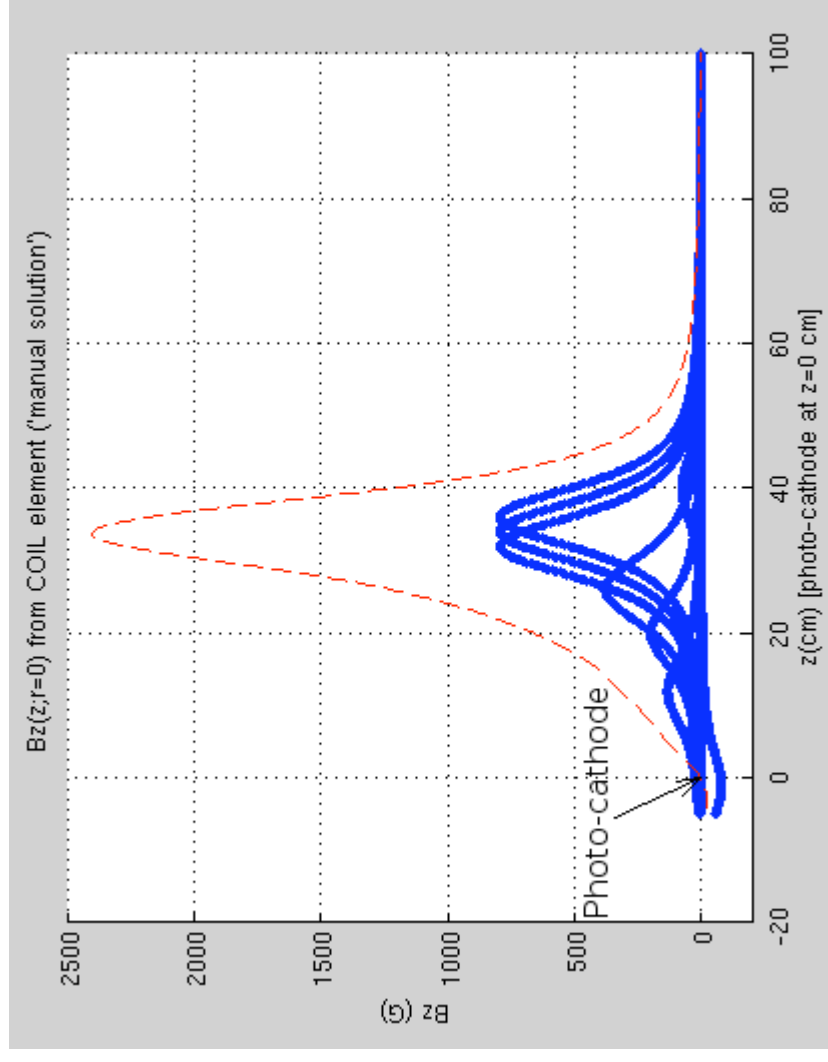
Modèle Poisson



Solution « by-hand »
based on 9 « COIL » elements



Modèle de « COILS » via Parmela



Méthode « automatique » proposée n°1

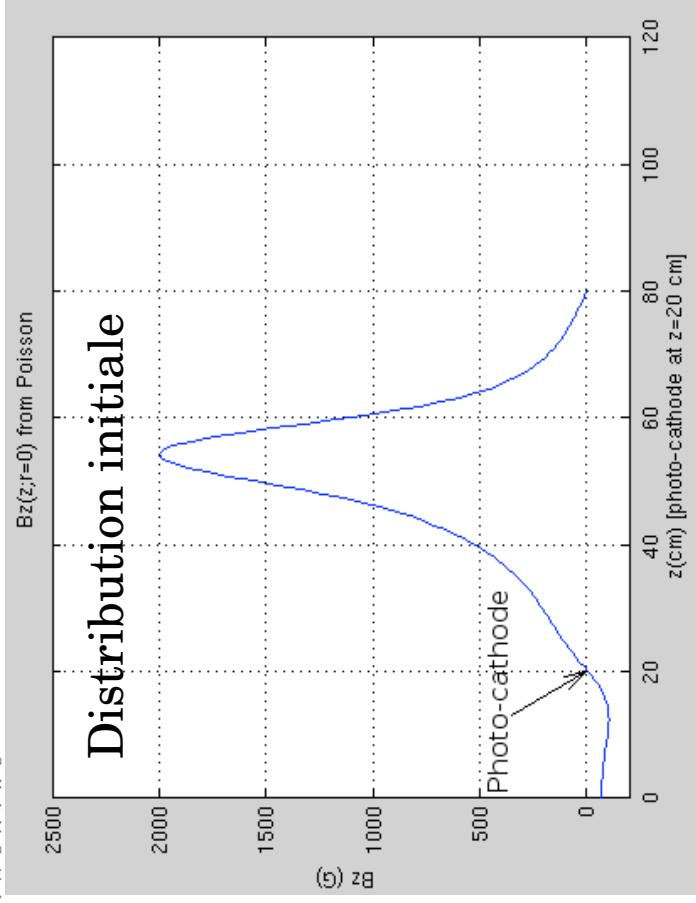
- 1/ Identifier les extremums locaux de la distribution B_z d'entrée.
- 2/ S'il y a plus de N maximums locaux, restreindre le choix aux N plus importants. (idem pour les minimums).
- 3/ Générer (au plus) $2*N$ «éléments COIL » afin de «localement tuer » ces extremums. Le zCOIL coïncide avec la position de l'extremum local. Le l_{COIL} et r_{COIL} sont « judicieusement » choisis.
- 4/ Soustraire le résultant des $2N$ éléments à la distribution initiale
- 5/ Utiliser le résidus comme distribution initiale

4/ On ré-itérer les étapes 1 à 5 un certain nombre de fois ($n > 20$ par exemple) et on sélectionne sur l'ensemble de ces itérations celle qui s'approche le plus de la distribution d'entrée.

Application de la méthode à 2 distributions B_z ($r=0$) :

- Champ B_z autour d'un photo-injecteur (ex: PHIL avec canon Alphax)
- Champ B_z d'un AMD ($B_{max} = 6T$, $L=50$ cm).

Méthode 1, cas n°1 : champ Bz autour d'un photo-injecteur

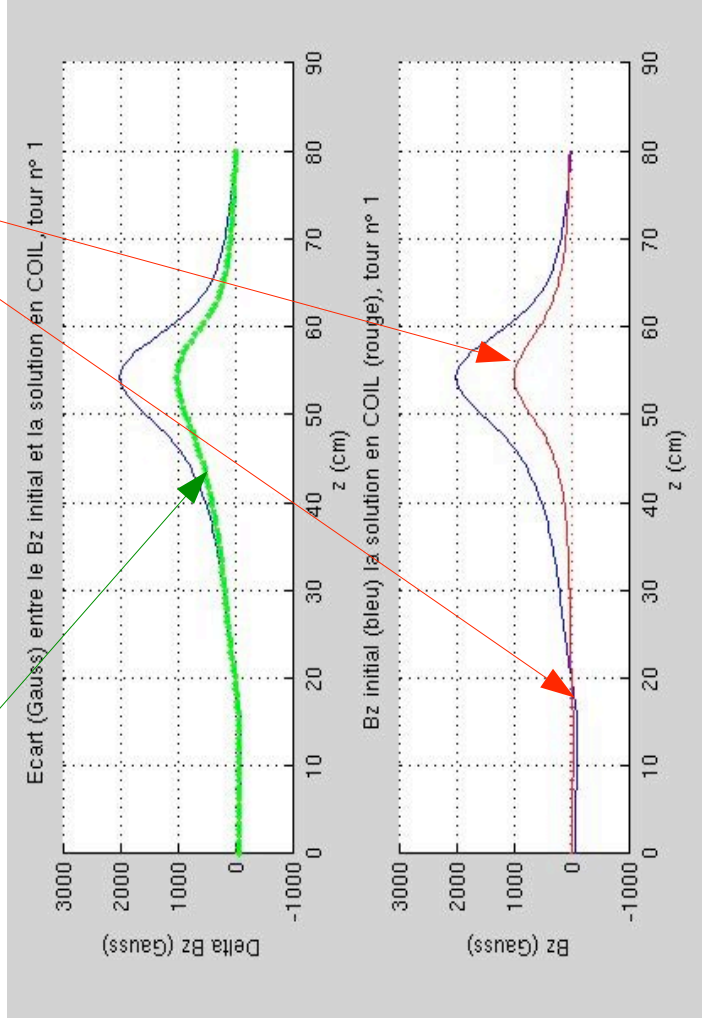


Dans cet exemple

- N=8
- la distribution initiale est donnée sur 116 points.
- zmin=0, zmax=80 cm.

2 extremums locaux --> 2 éléments « COIL »
« Résidu » après la première itération

Etape n°1

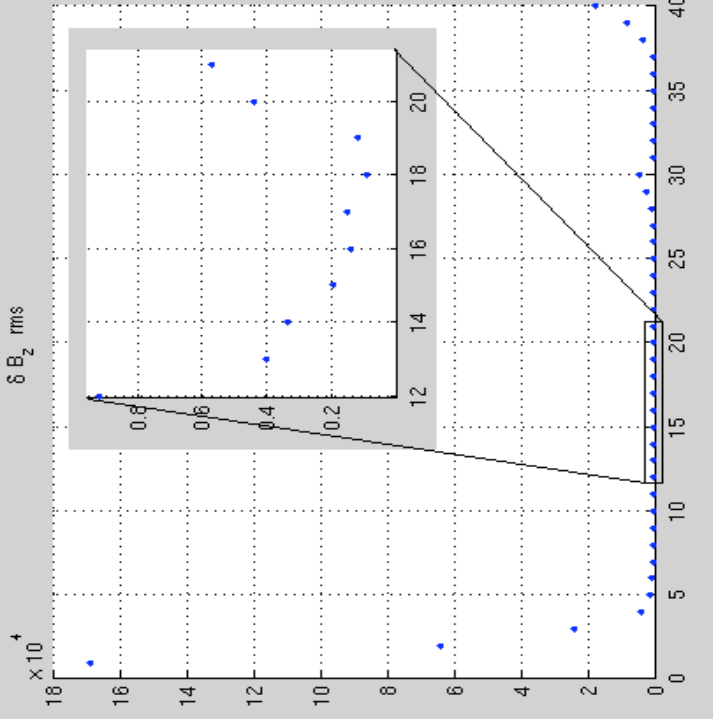
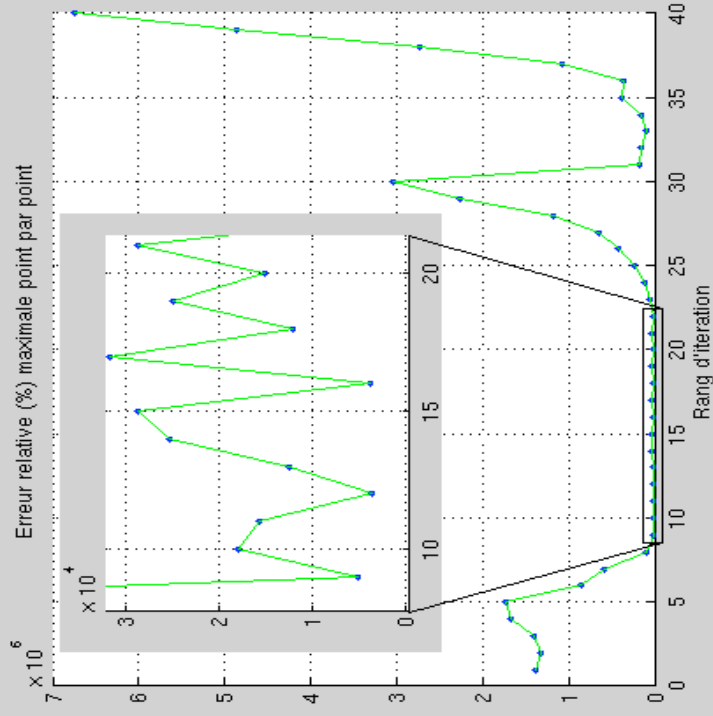
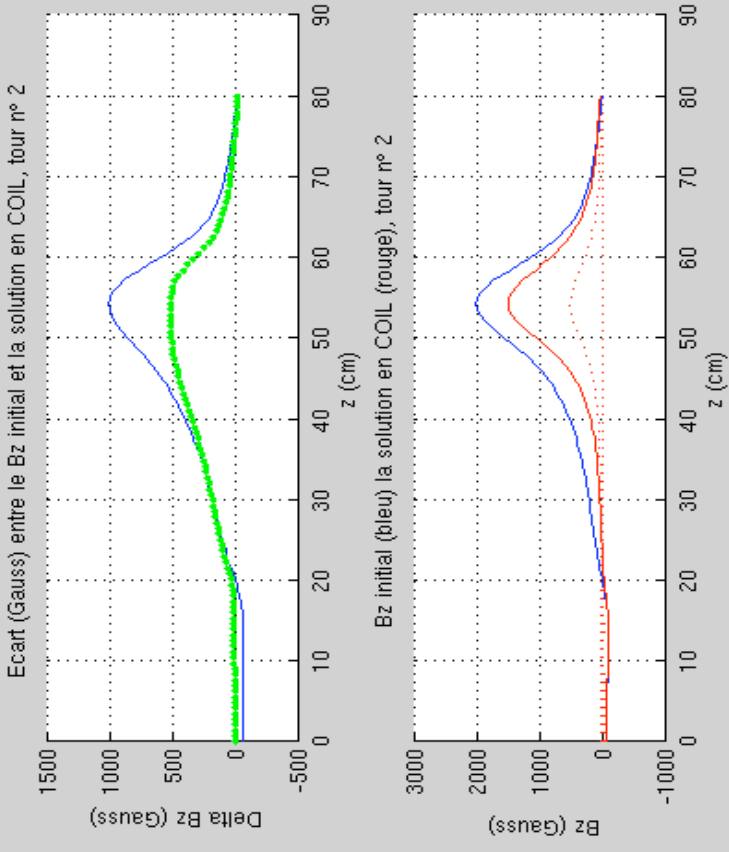


Etape n°2

On itère 40 fois, et on recherche la solution s'approchant au mieux de la distribution initiale. 2 critères utilisés :

- l'écart maximal relatif (en %) point à point
- l'écart rms sur l'ensemble de la distribution

Solution retenue : itération n° 18.

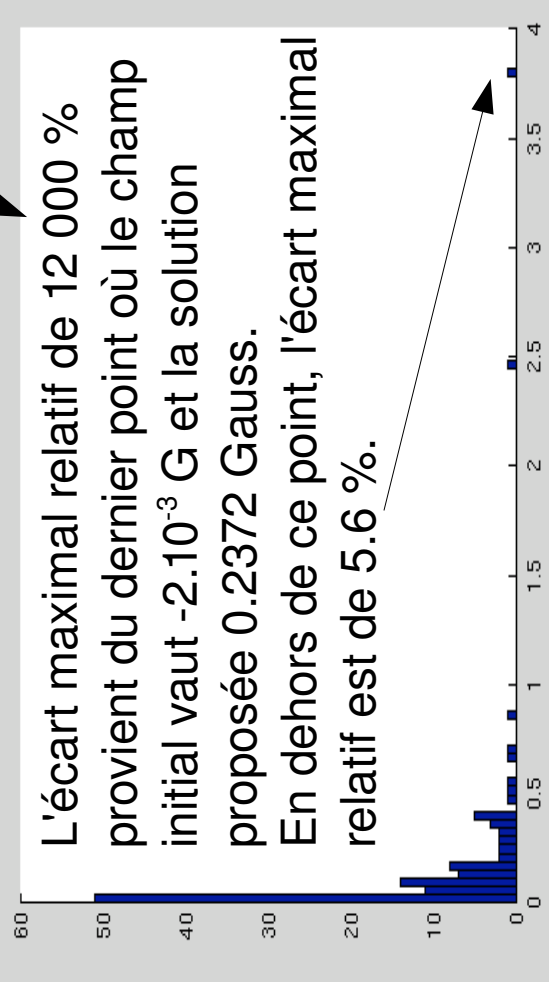
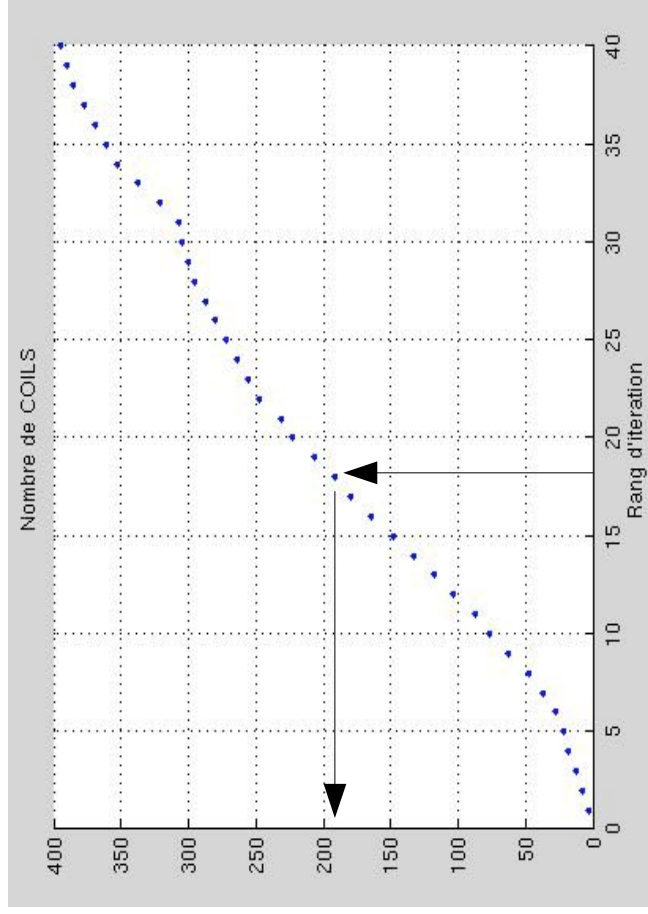
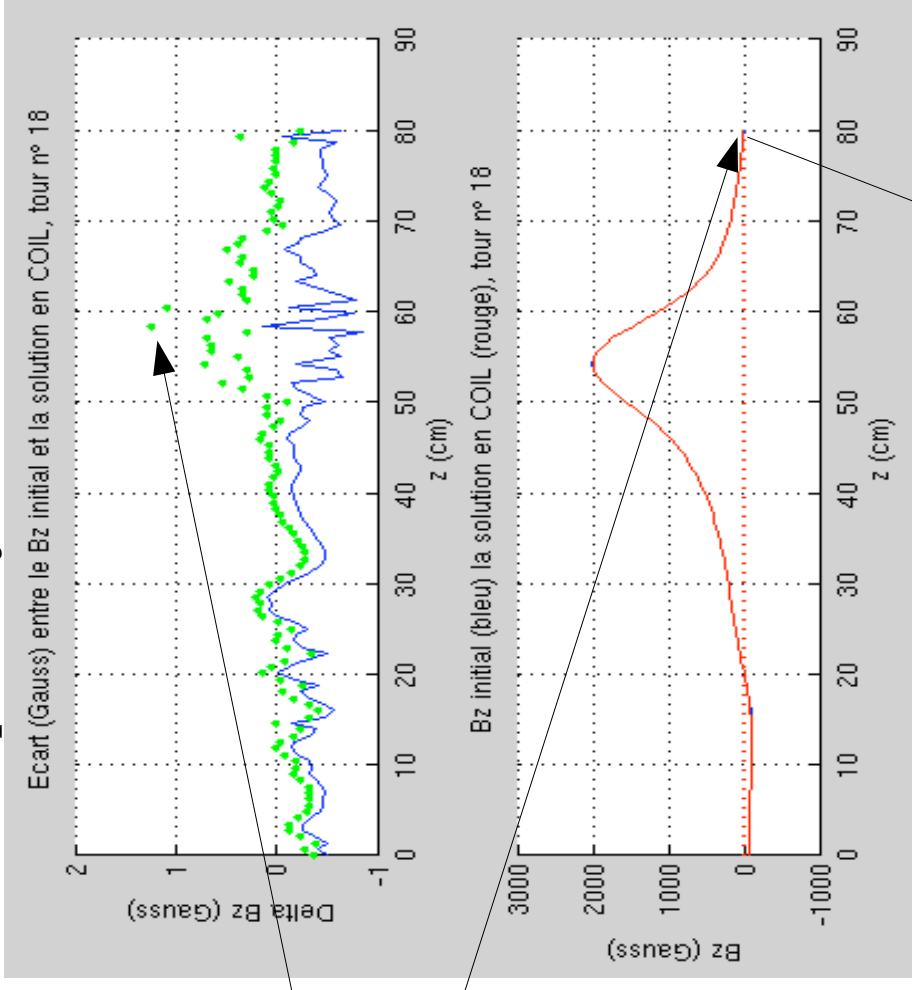


La méthode ne converge pas !

Méthode 1, cas n°1 : champ Bz autour d'un photo-injecteur

La solution de la 18-ième itération nécessite 191 éléments COILS et induit :

- un écart maximal en valeur de 1,2 Gauss.
- un écart maximal relatif de 12 000 %
- Un écart rms de 0,09 Gauss.



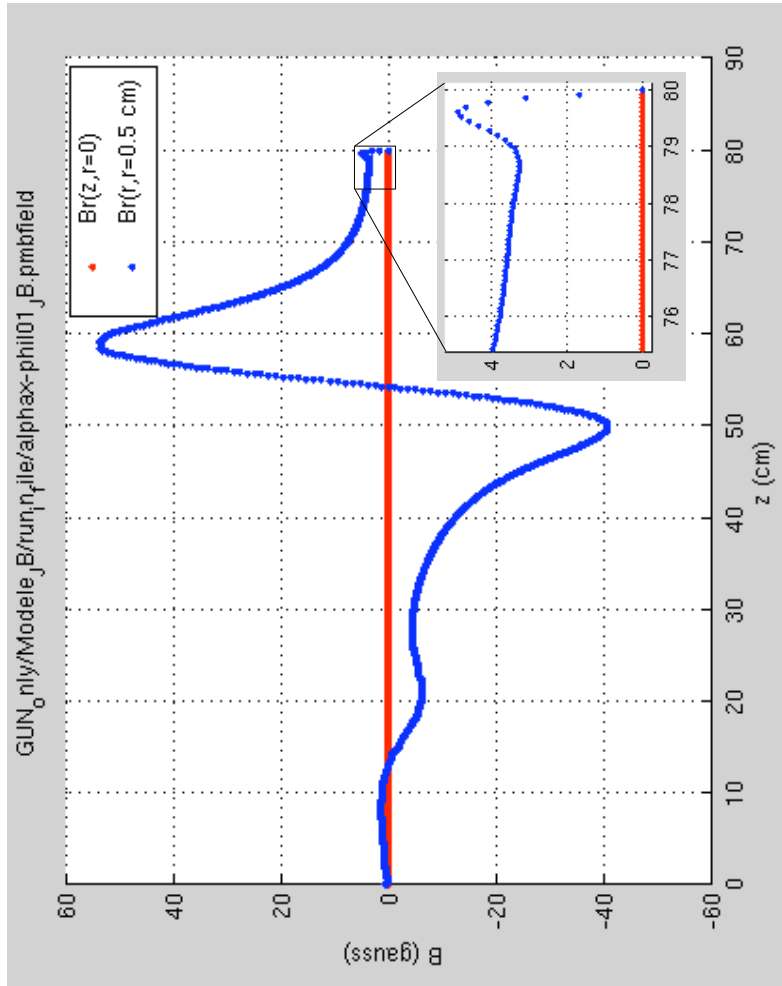
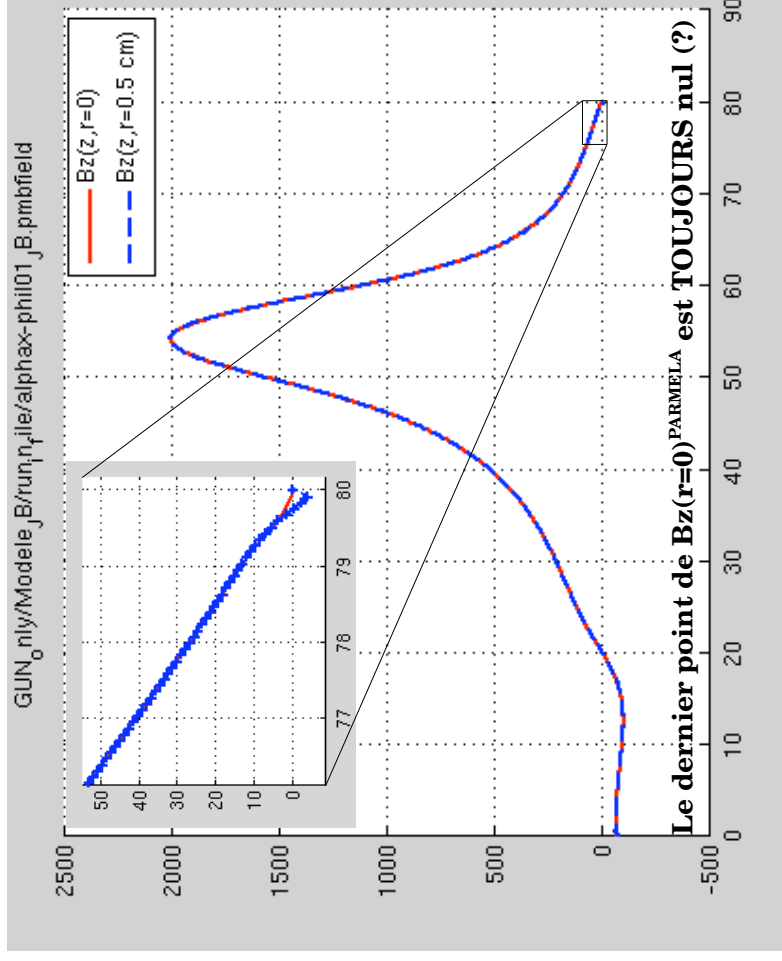
Temps de calcul # minute.

Méthode 1, cas n°1 : champ Bz autour d'un photo-injecteur

Sortie de PARMELA (*.pmfiled file) :
1001 points entre zmin et zmax

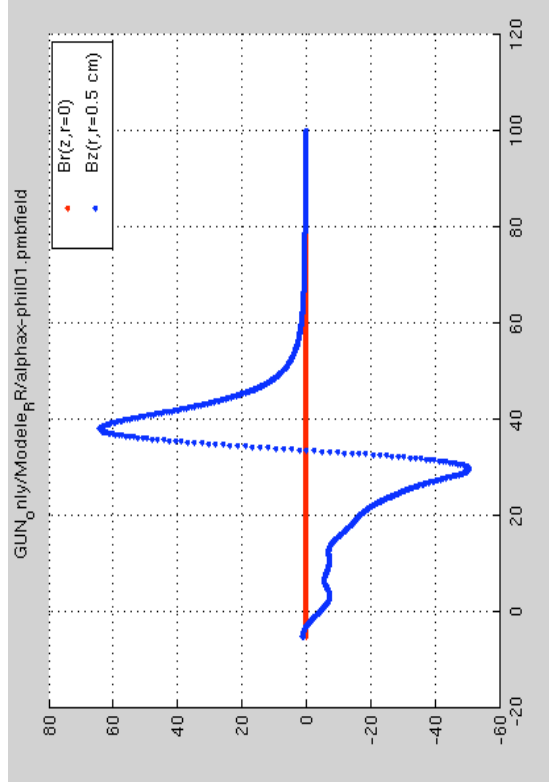
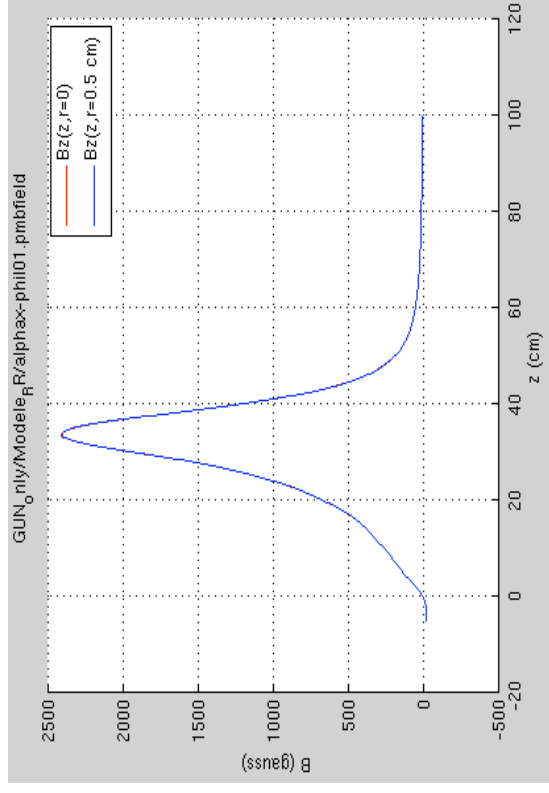
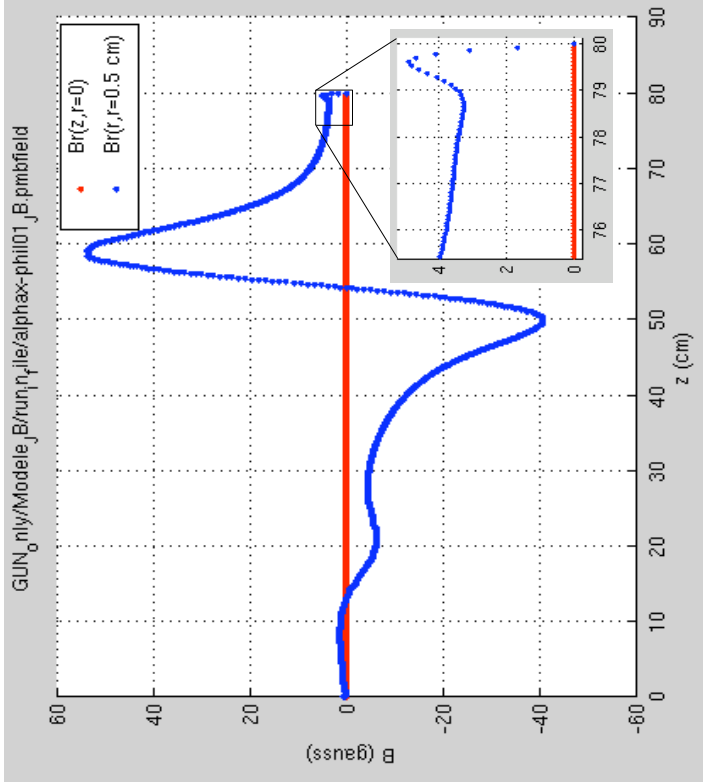
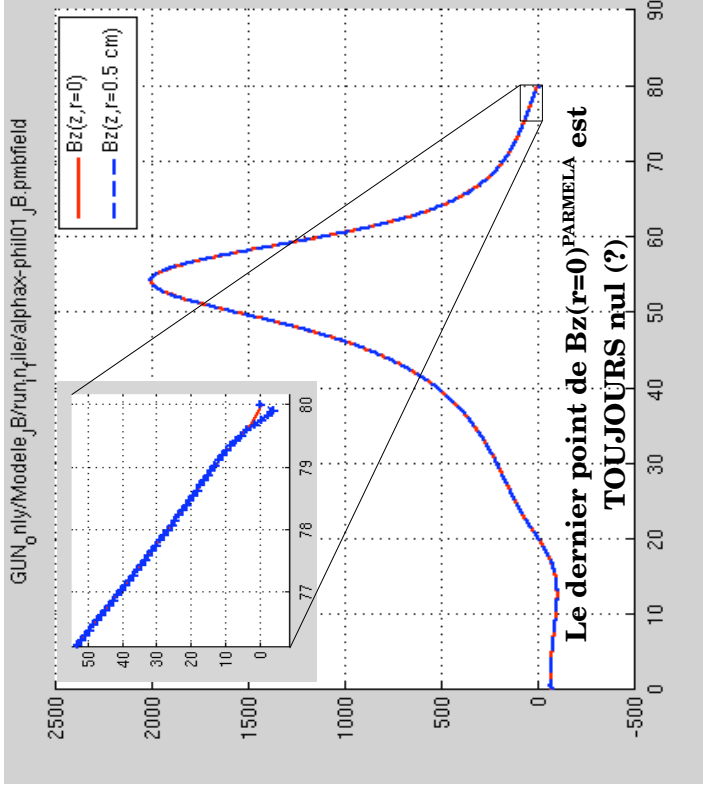
La symétrie de révolution permet de déterminer les composantes Bz et Br pour r≠0 par les dérivées successives de Bz(r=0) :

$$B_z(z, r) = B_z(z, 0) - r^2 \frac{d^2 B_z}{dz^2} + \frac{r^4}{16} \frac{d^4 B_z}{dz^4} - \frac{r^6}{576} \frac{d^6 B_z}{dz^6} + \dots$$

$$B_r(z, r) = -r \frac{dB_z}{dz} + \frac{r^3}{8} \frac{d^3 B_z}{dz^3} - \frac{r^5}{192} \frac{d^5 B_z}{dz^5} + \dots$$


La distribution « Br » pour r=0.5 cm (en sortie de Parmela) a un comportement globalement « agréable », avec une petite anomalie numérique en z= 80 cm. La modélisation du champ magnétique semble donc « globalement » correcte.

Méthode 1, cas n°1 : champ Bz autour d'un photo-injecteur



La distribution « Br » pour $r=0.5 \text{ cm}$ (en sortie de Parmela) a un comportement globalement « agréable », avec une petite anomalie numérique en $z=80 \text{ cm}$. La modélisation du champ magnétique semble donc « globalement » correcte.

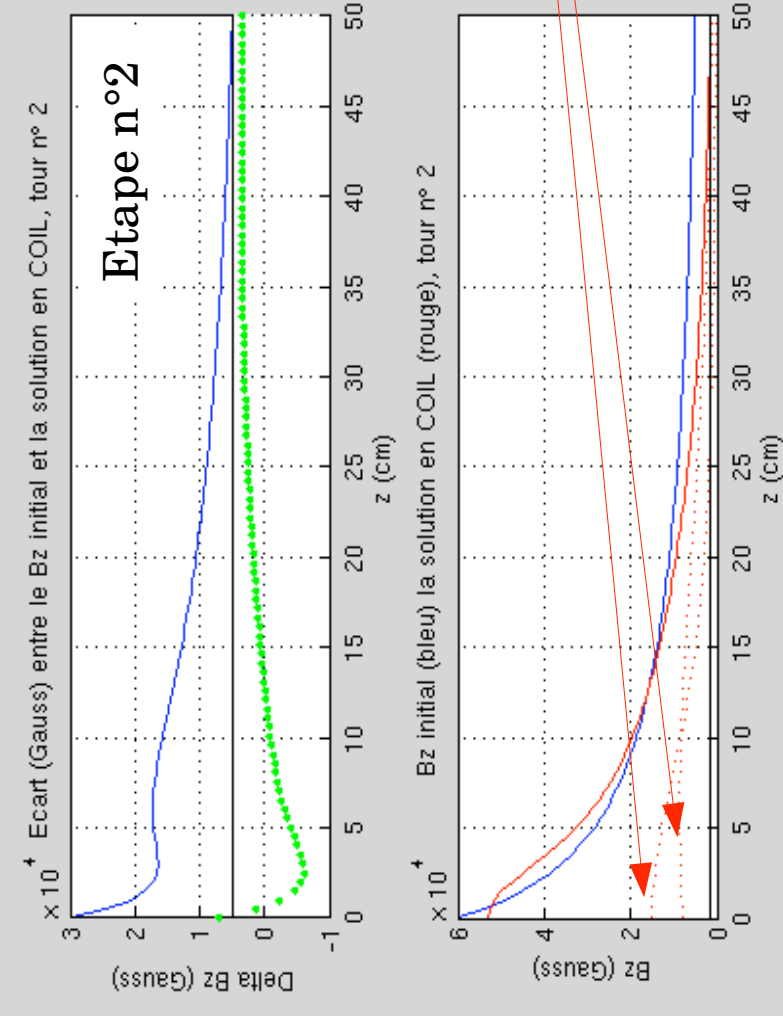
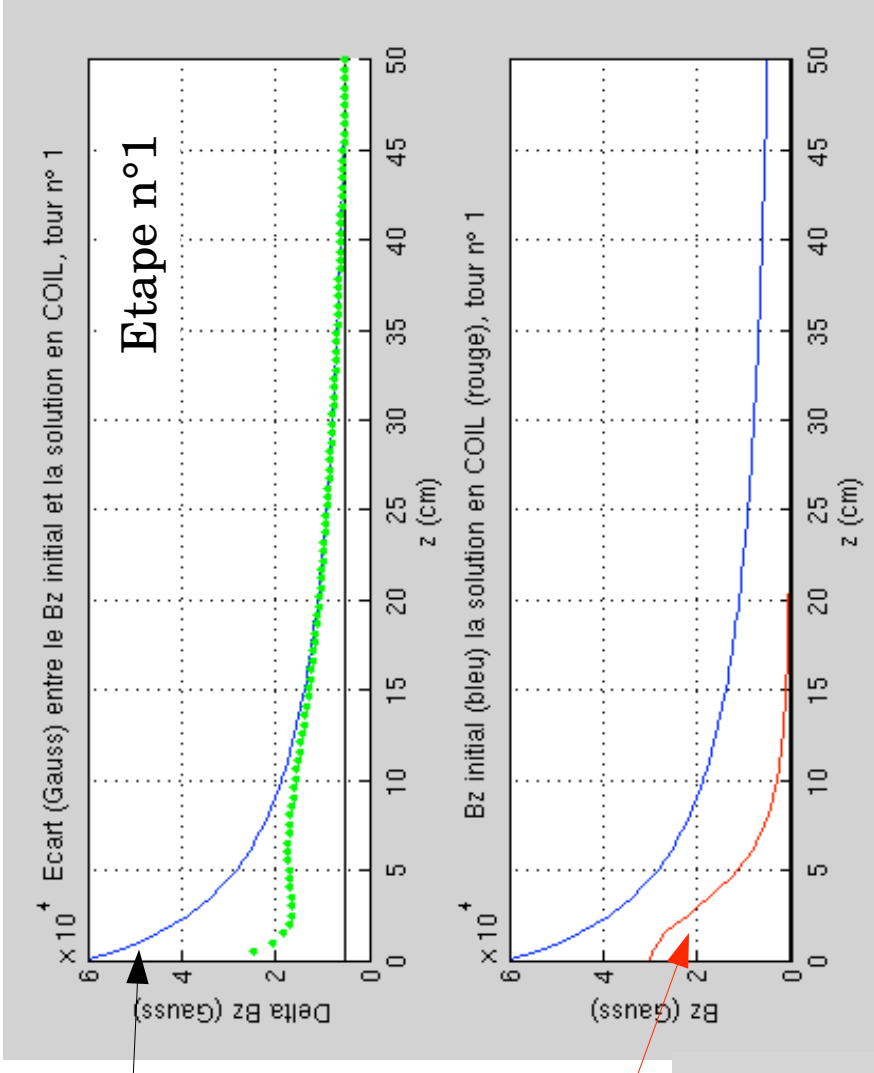
Méthode 1, cas n°2 : champ Bz autour d'un AMD

Distribution initiale

Dans cet exemple

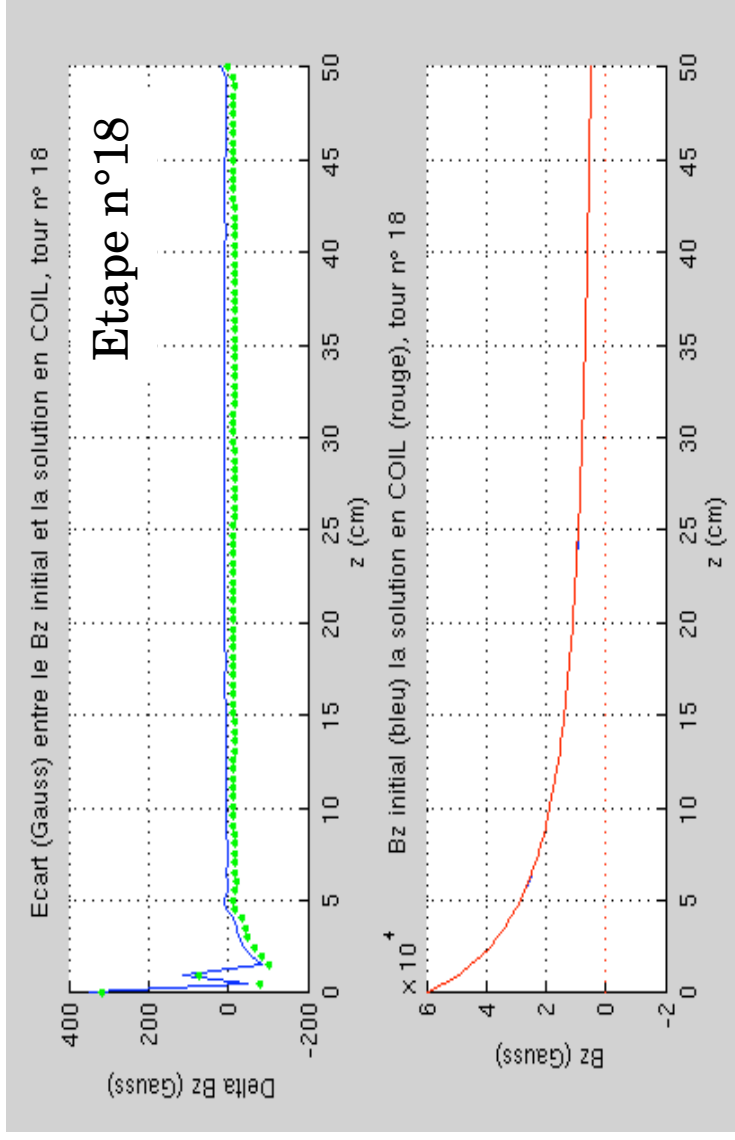
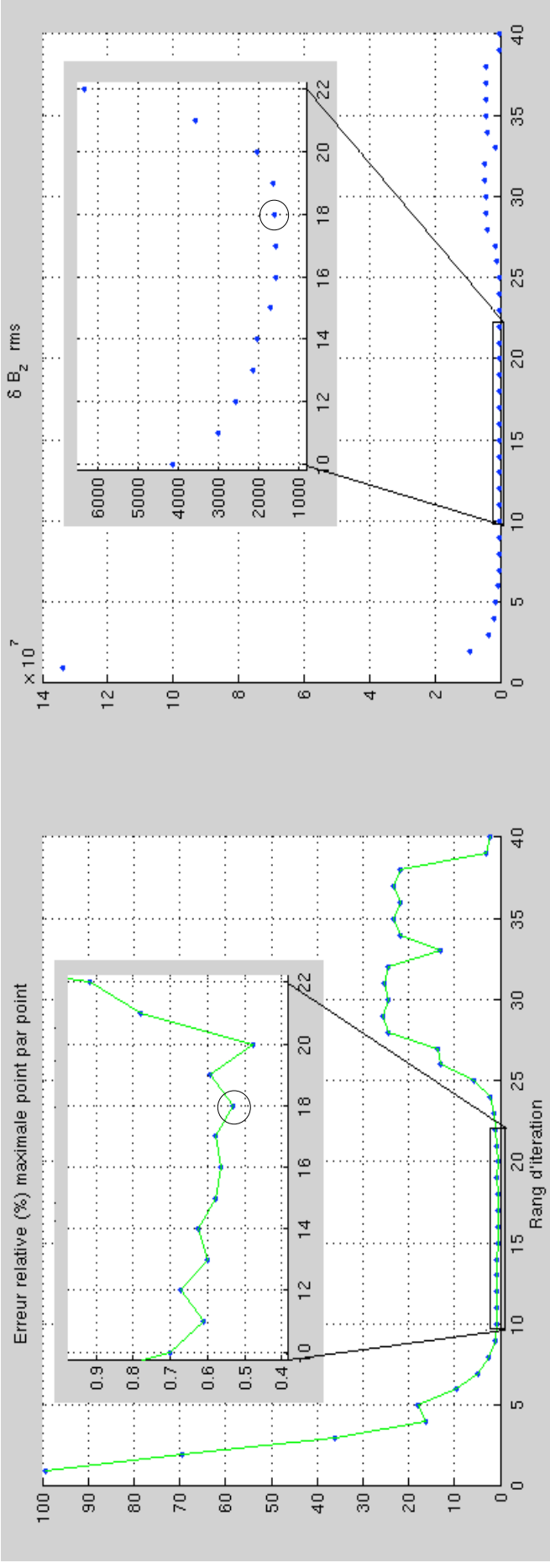
- N=8
- la distribution initiale est donnée sur 100 points.
- zmin=0, zmax=50.

1 extremum local --> 1 élément « COIL »



2 extrema locaux --> 2 éléments « COIL »

Méthode 1, cas n°2 : champ Bz autour d'un AMD



La solution de la 18-ième itération nécessite 127 éléments COILS et induit :

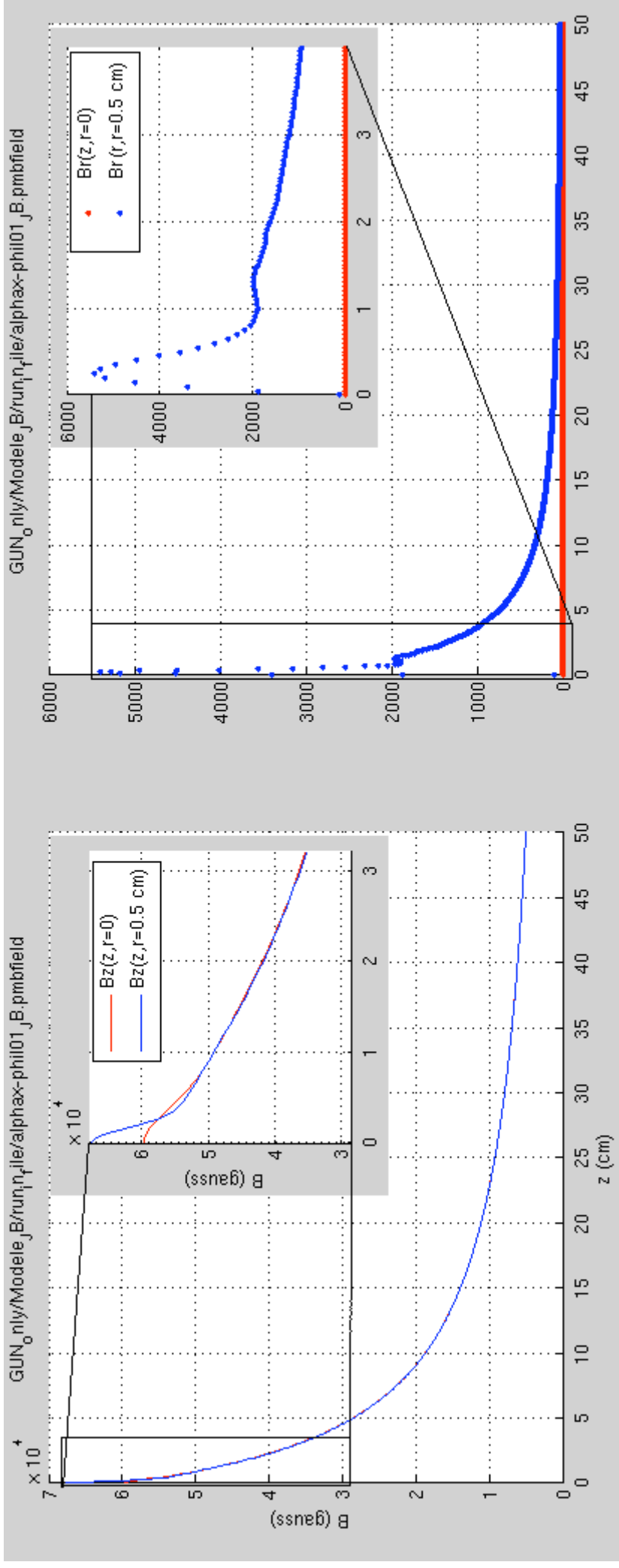
- un écart maximal en valeur de 318 Gauss.
- un écart maximal relatif de 0,53 %
- Un écart rms de 1604 Gauss.

La méthode ne converge pas !

Temps de calcul # minute

Sortie de PARMELA (*.pmfiled file) :

1001 points entre zmin et zmax



Ces oscillations de Br sont dûe à une « mauvaise » pente de l'approximation $B_z(z, r=0)$ par les 127 éléments « COIL »

Il est donc nécessaire de « contraindre » les dérivées de $B_z(r=0)$ autant que possible.

Conclusion ...

Methode 1 :

- probablement meilleur que la méthode empirique
- beaucoup plus rapide que la méthode empirique
- ne converge pas
- nécessite une éventuelle vérification de la solution proposée
- ne contraint pas suffisamment les dérivées de B_z

Méthode 2 (inversion de matrice)

- non présentée ici (voir slides de F. Poirier).

END

