

# Le photo-injecteur de ThomX : un modèle simplifié

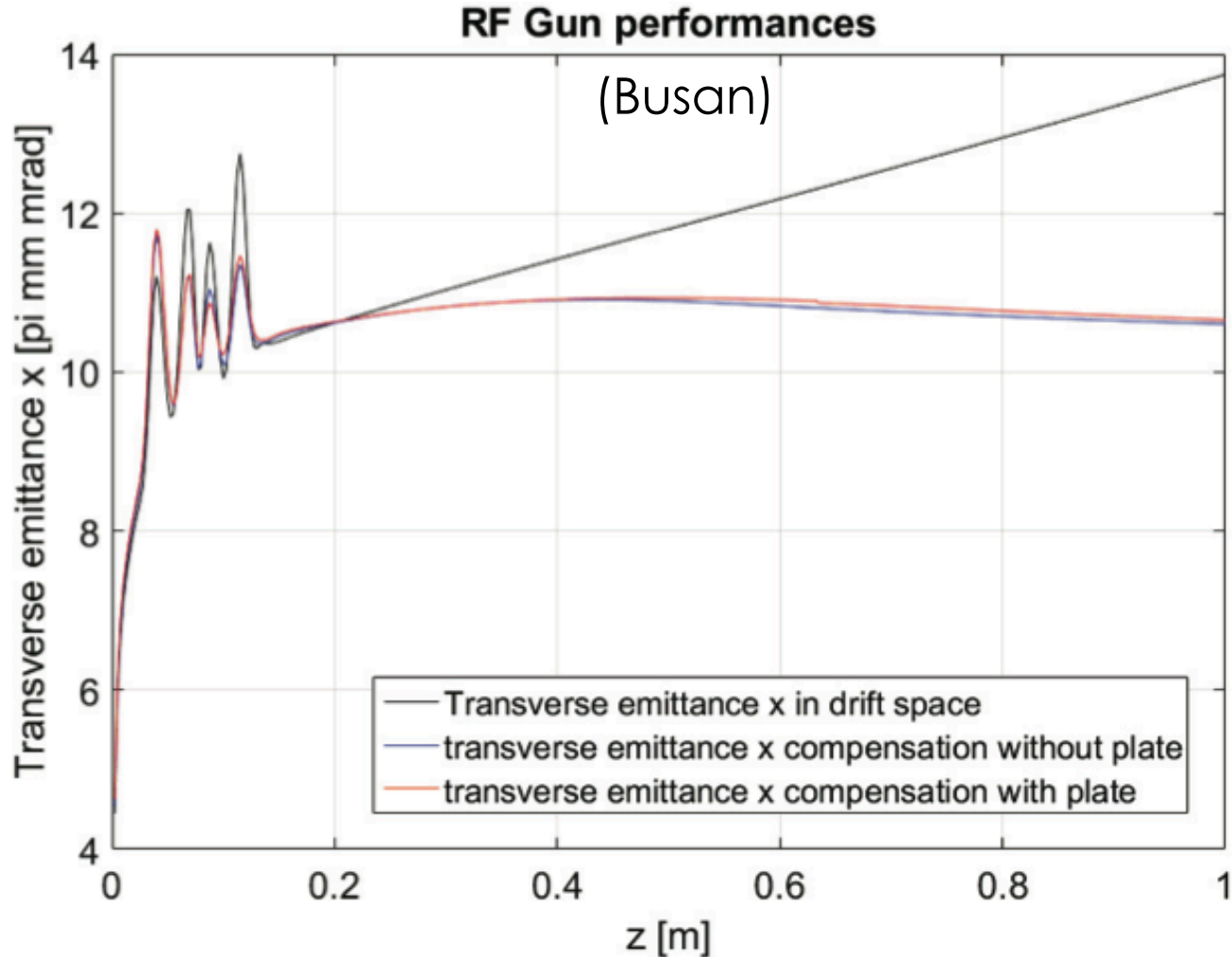
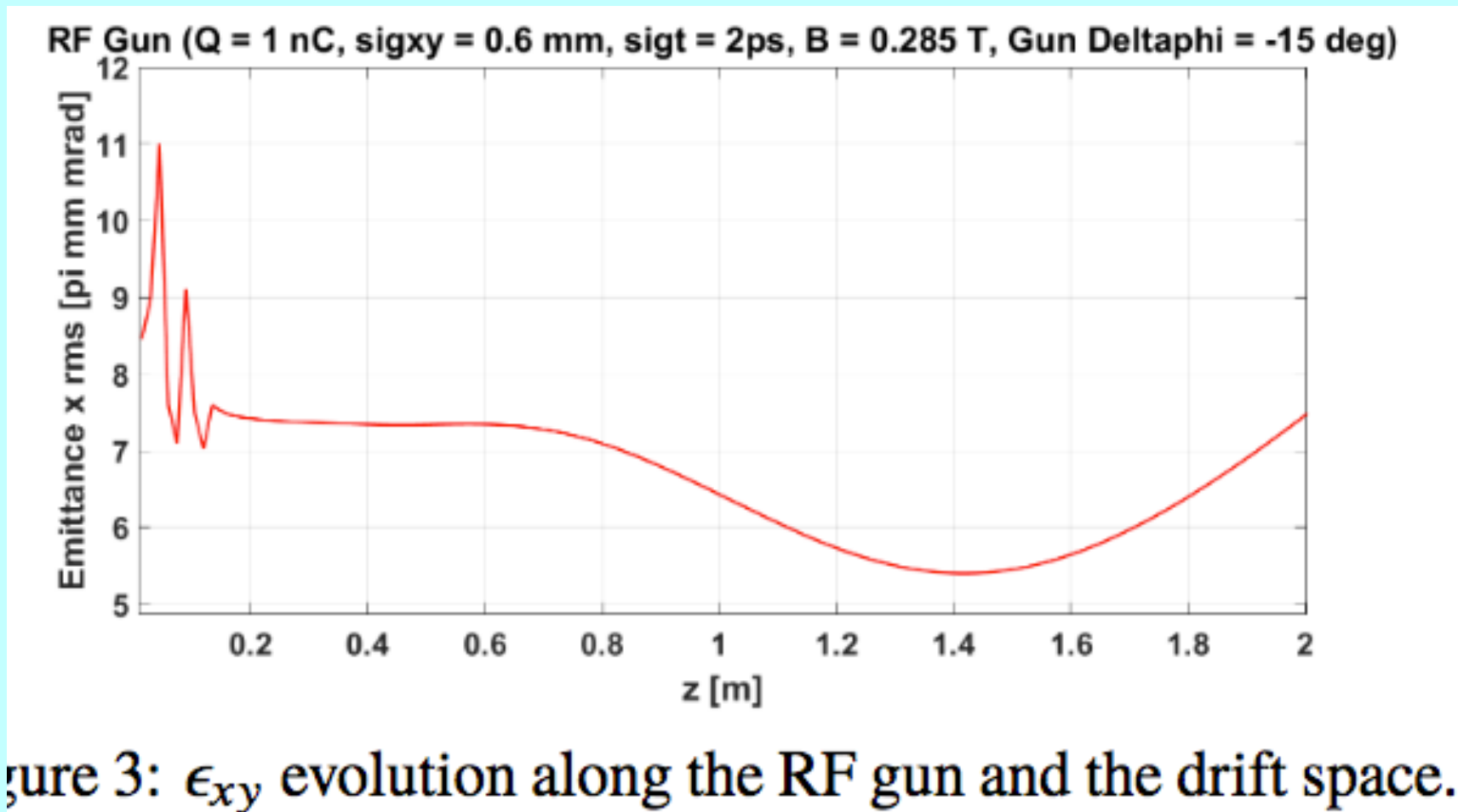


Figure 3: rms normalised transverse emittance x as a function of distance. Total bunch charge 1nC. Laser parameters: rms  $\sigma_r = 1\text{mm}$ , rms  $\sigma_t = 4\text{ps}$ . Drift space (black line), solenoids without plate (blue line) and solenoids with plate (red line).

# Emittance du photo-injecteur (Copenhagen)



# Objectifs

*Estimer, à la sortie du photo-injecteur,*

- l'énergie des  $e^-$
- leur dispersion en énergie
- les dimensions du paquet d'électrons
- l'espace de phase occupé par les  $e^-$
- l'importance relative des divers paramètres dont dépendent les performances de l'instrument.

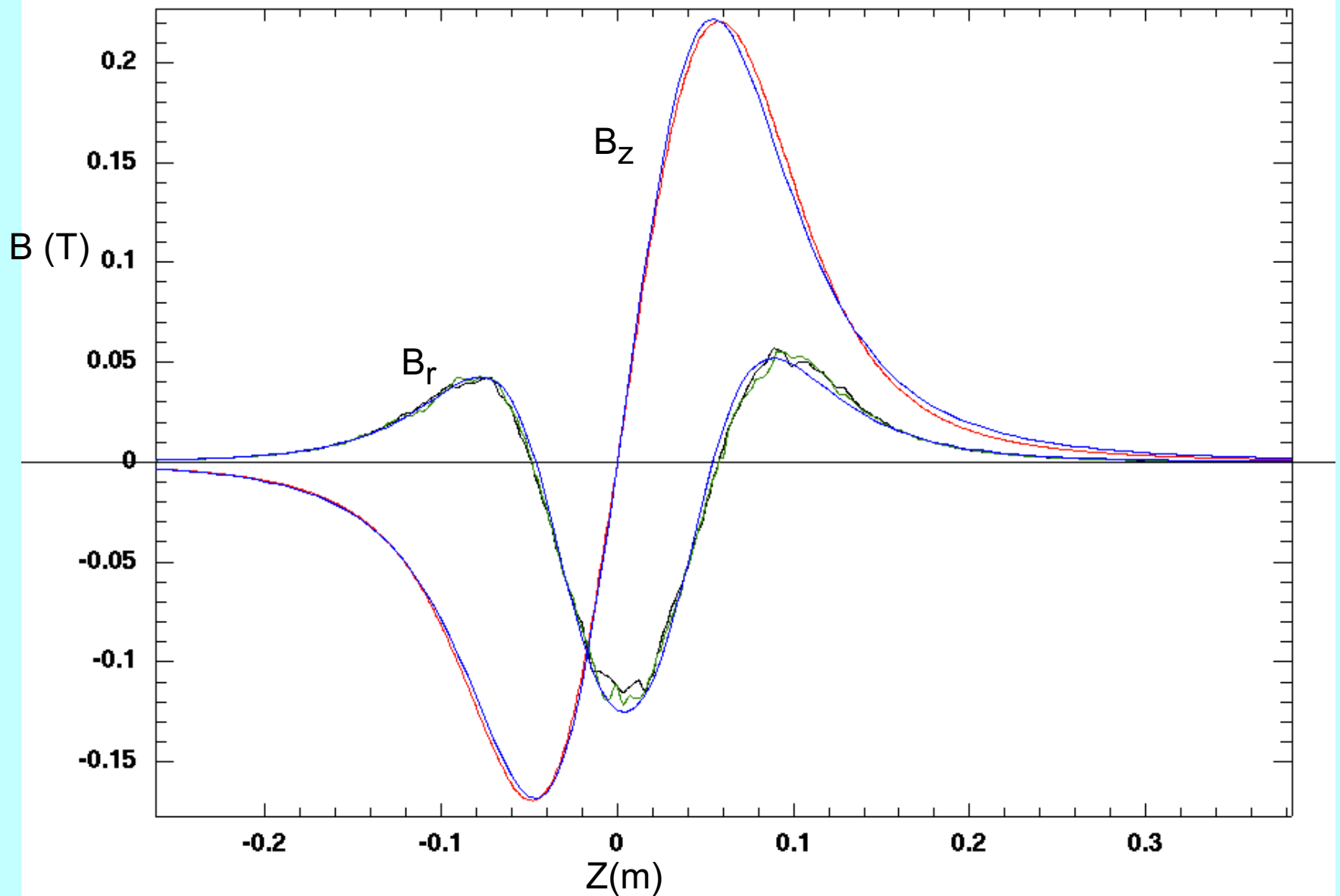
*Visualiser*

- les trajectoires des  $e^-$  tout au long de l'injecteur,
- en particulier : l'effet de lentille des solénoïdes sur ces trajectoires.

*En tenant compte des effets de charge d'espace.*

# Le modèle

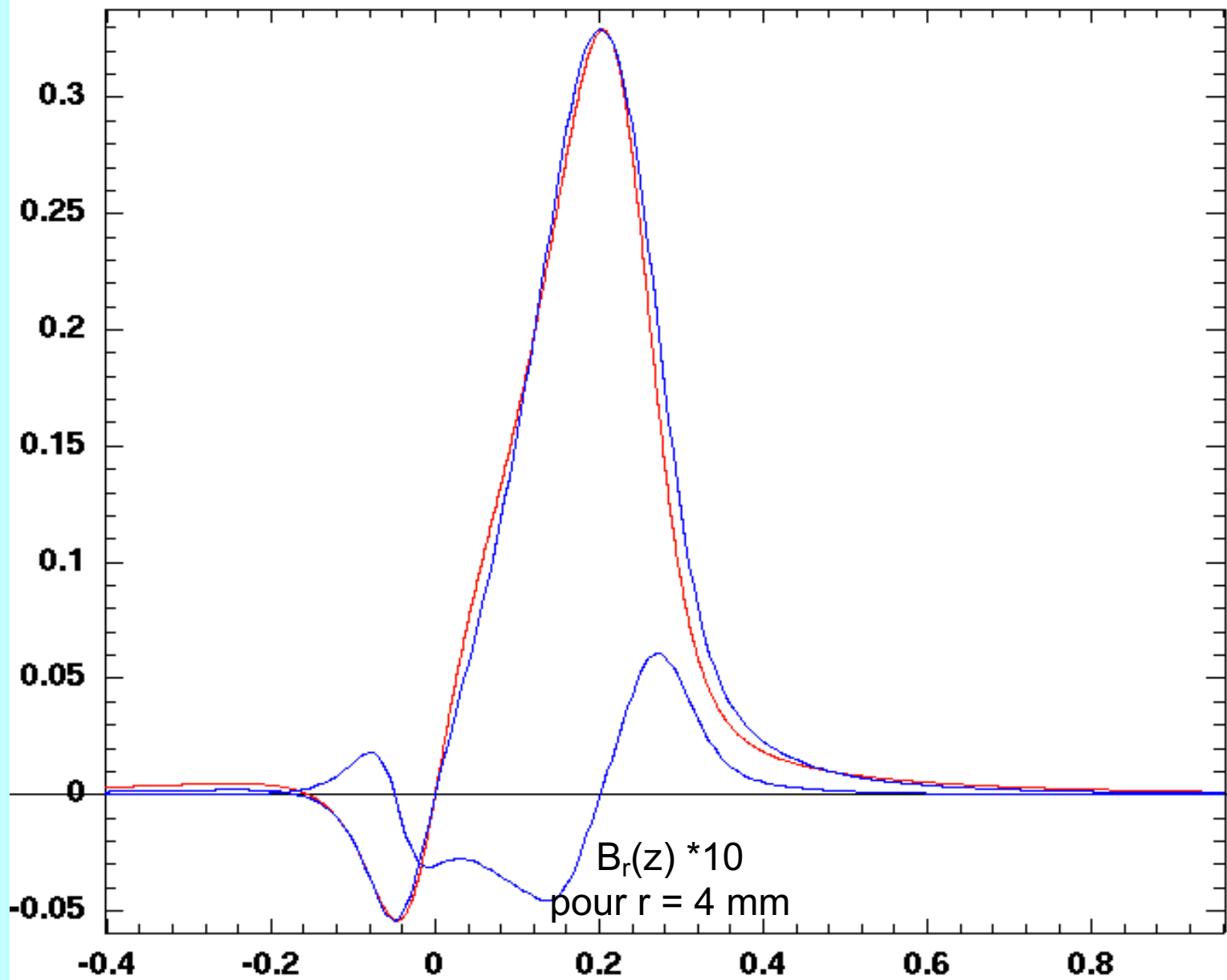
- Champ RF : onde stationnaire,  $E_{0z\text{ RF}} = 80 \text{ MV/m}$   
composantes  $E_{r\text{ RF}}$  et  $B_{\theta\text{ RF}}$  prises en compte
- Champ magnétique mesuré, approximé par une  
expression analytique ( $B_z(z)$  et  $B_r(z)$ )
- Paquet de  $e^-$  *cylindrique homogène* (dont les  
dimensions varient tout au long de son parcours dans le photo-  
injecteur)
- Impulsion laser de rayon 1 mm et de durée 8 ps  
( $\sigma_z \sim 1,2 \text{ mm}$ )
- $Q = 1 \text{ nC}$
- Charge de la photocathode due à l'extraction  
des  $e^-$  prise en compte
- Pas de collisions internes au paquet d'électrons



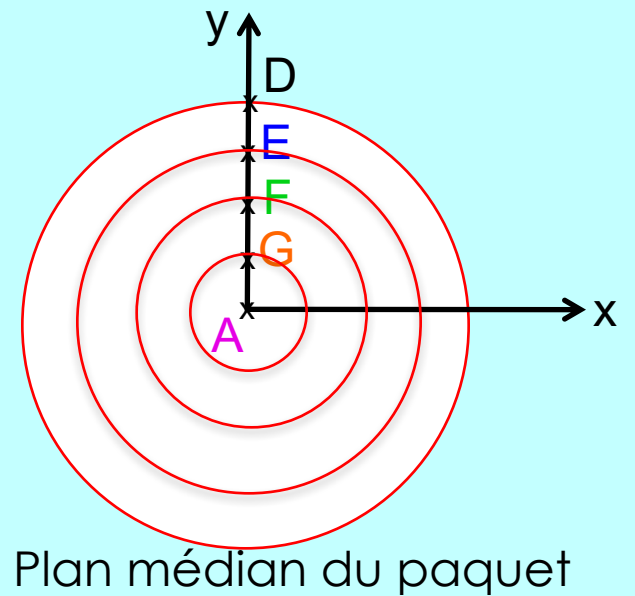
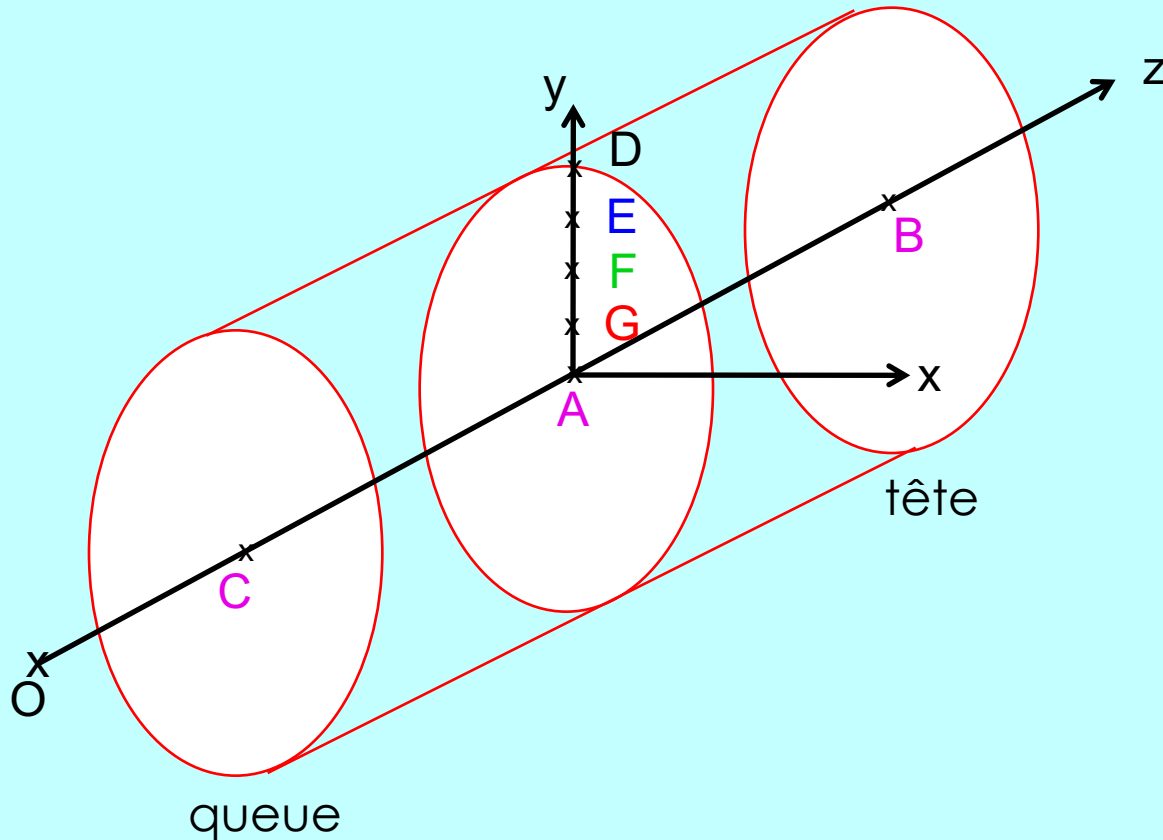
En rouge ou noir : mesures, en bleu : approximation analytique  
( $B_r(z) * 10$  pour  $r = 4$  mm)

/home/canon:Bz%(z-1065.801)/1000.

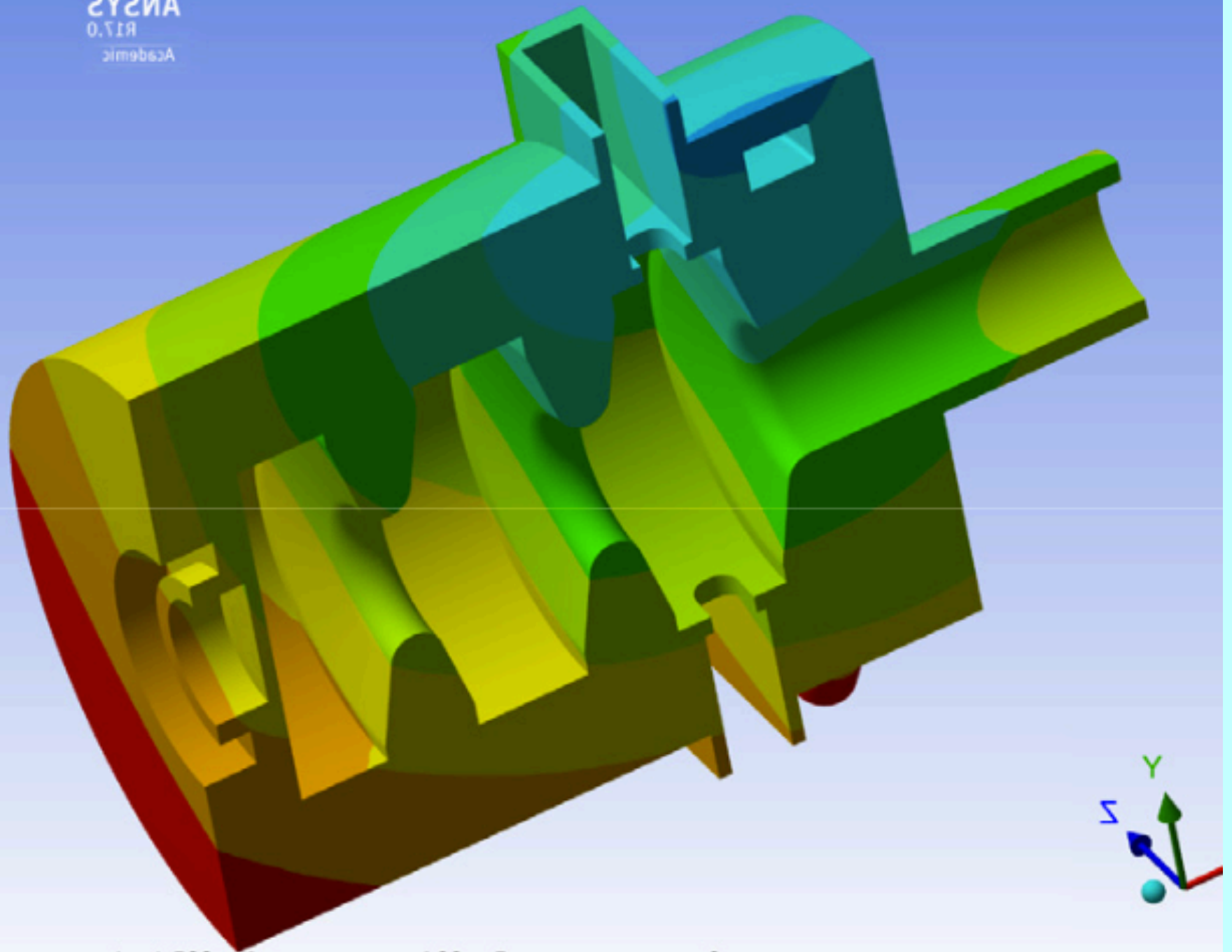
En rouge :  
données,  
en bleu :  
approximation  
analytique

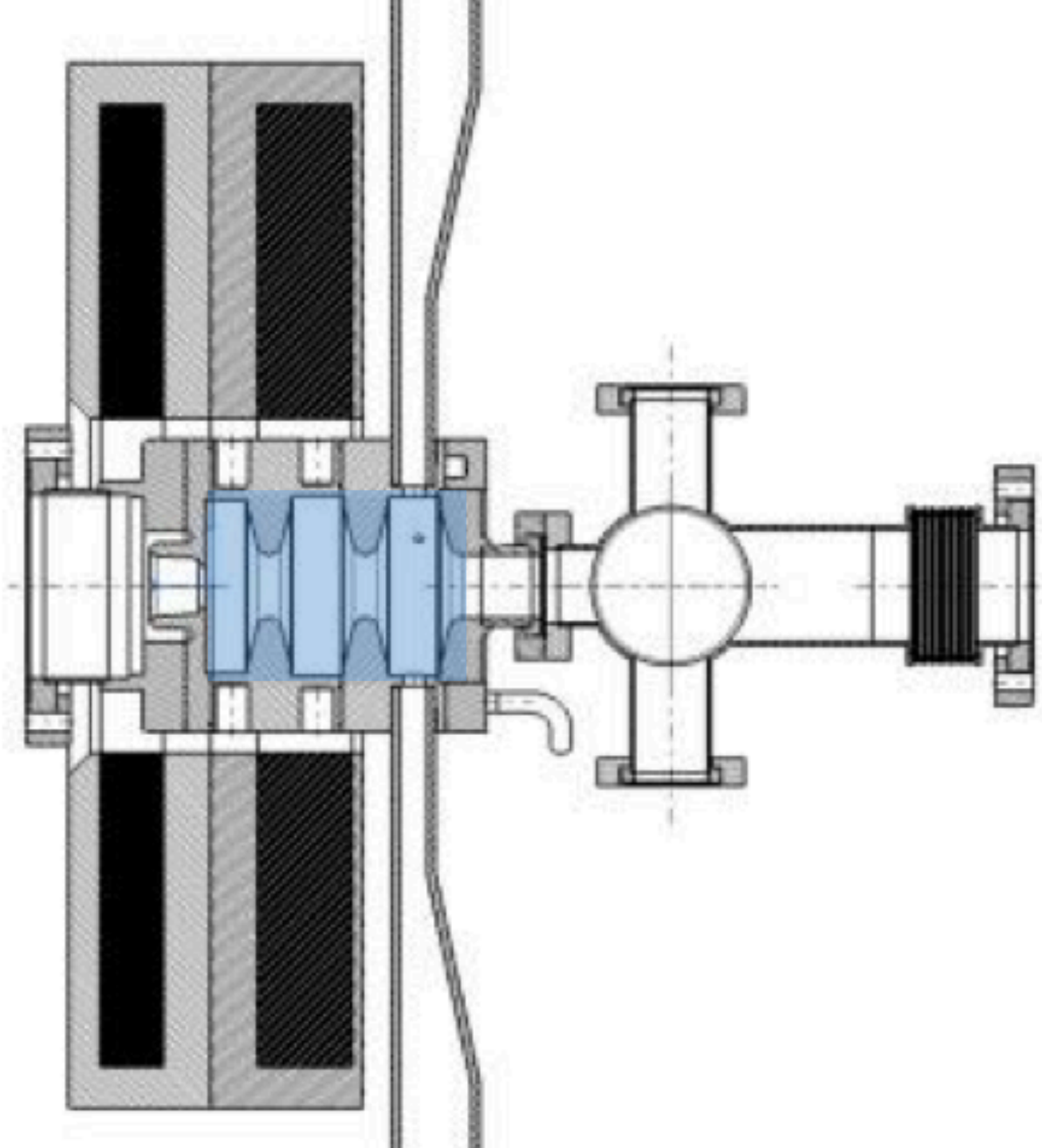


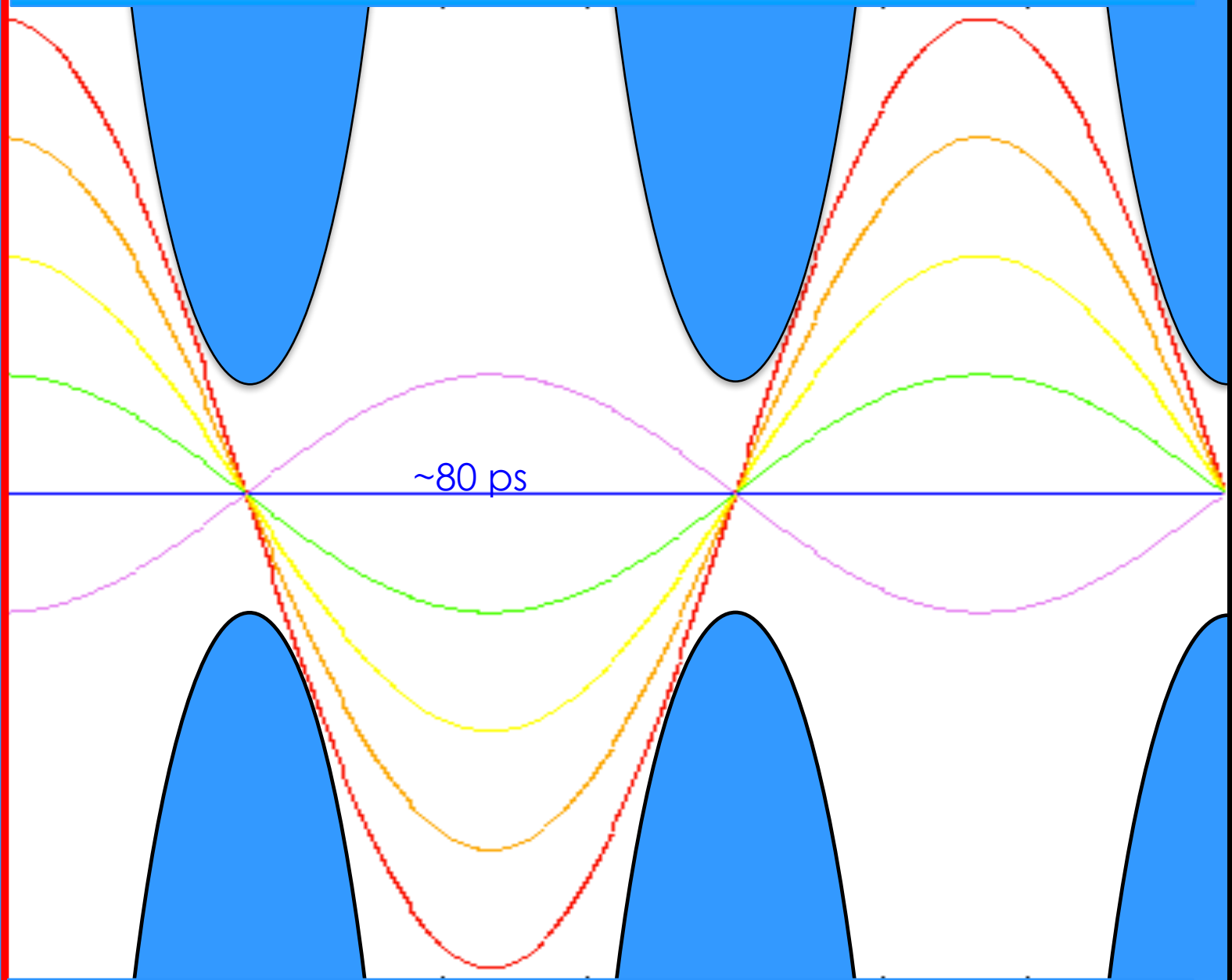
# Modèle pour le paquet d'e<sup>-</sup>



Noter le code des couleurs pour les électrons D, E, F et G

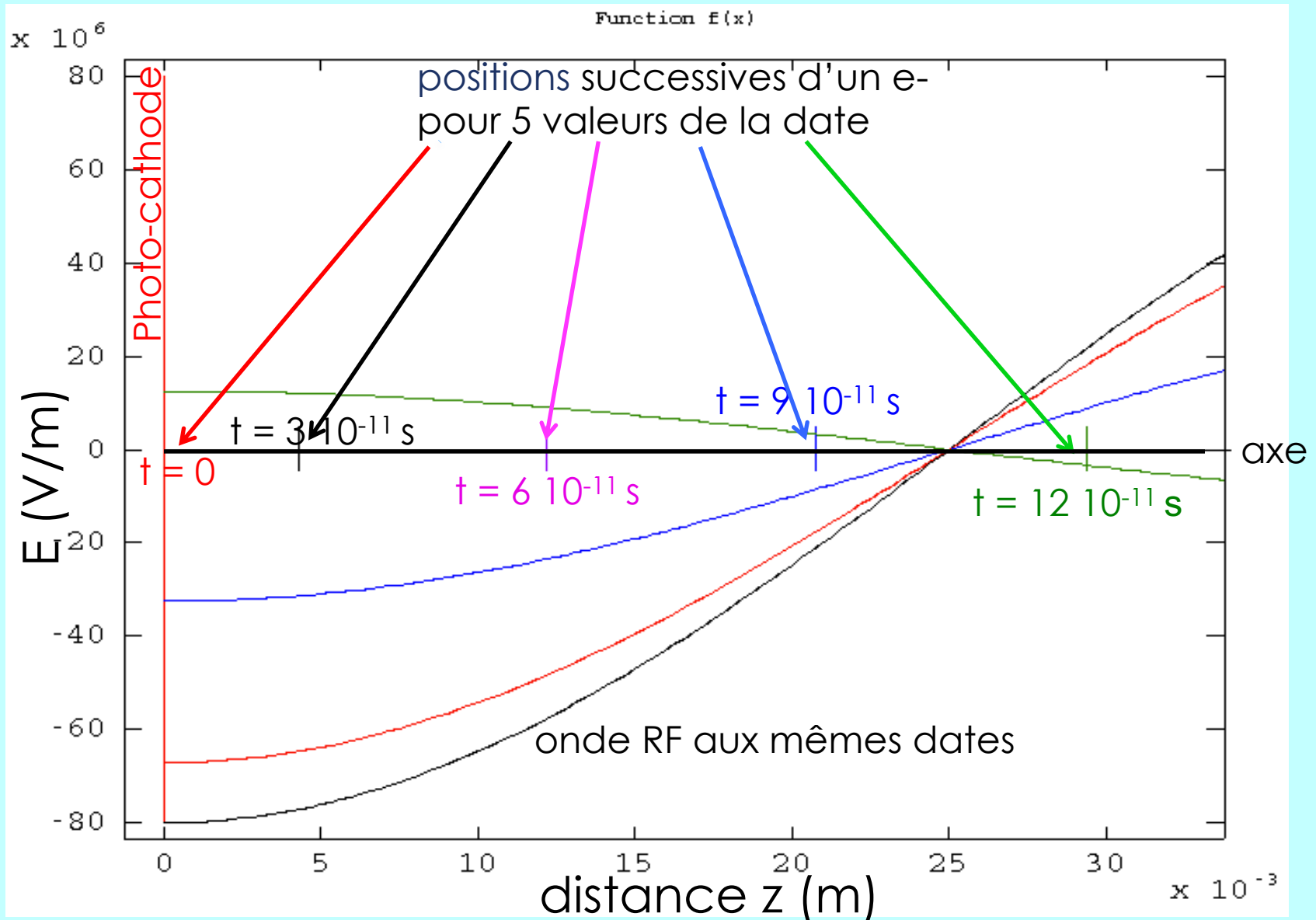




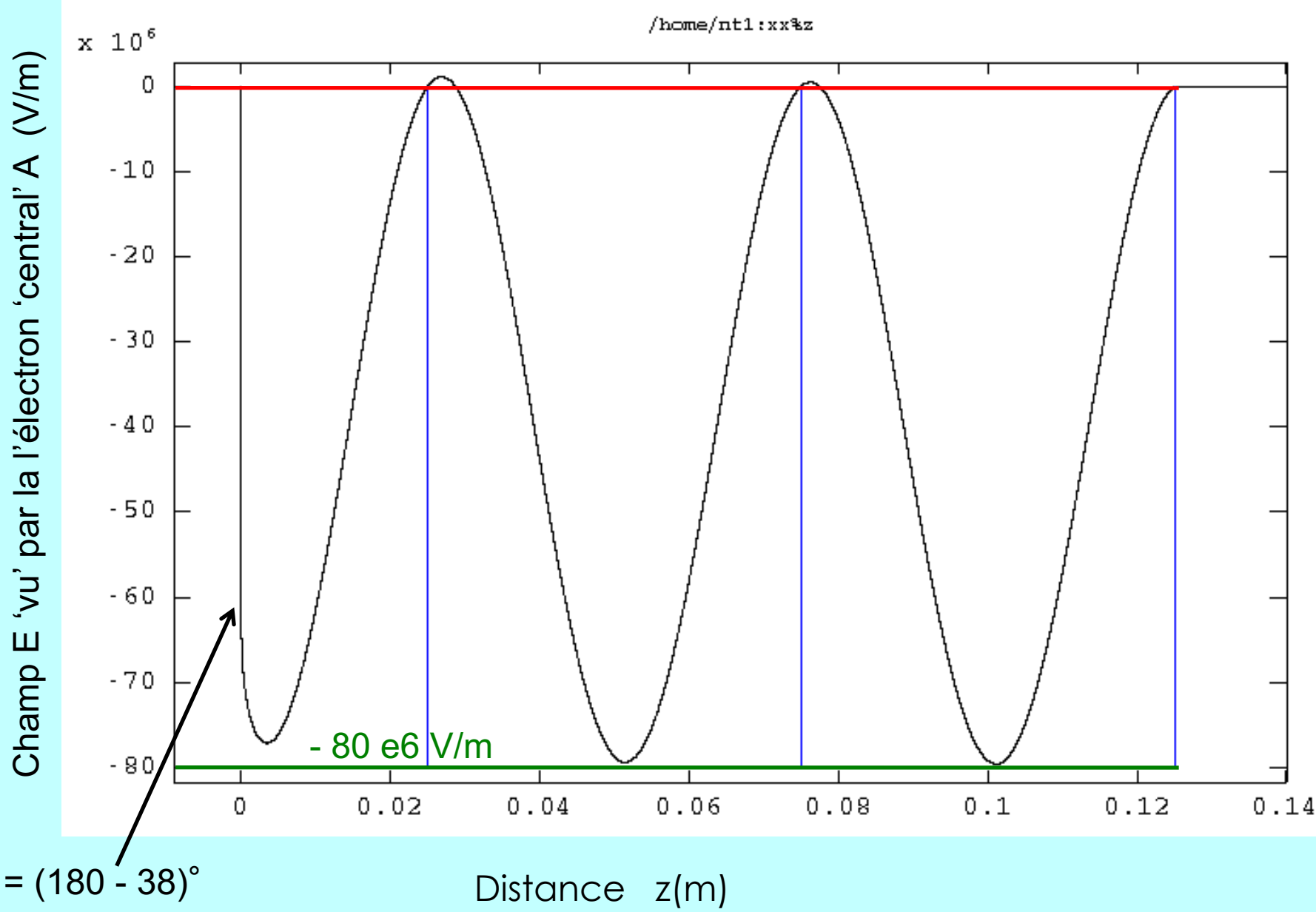


~80 ps

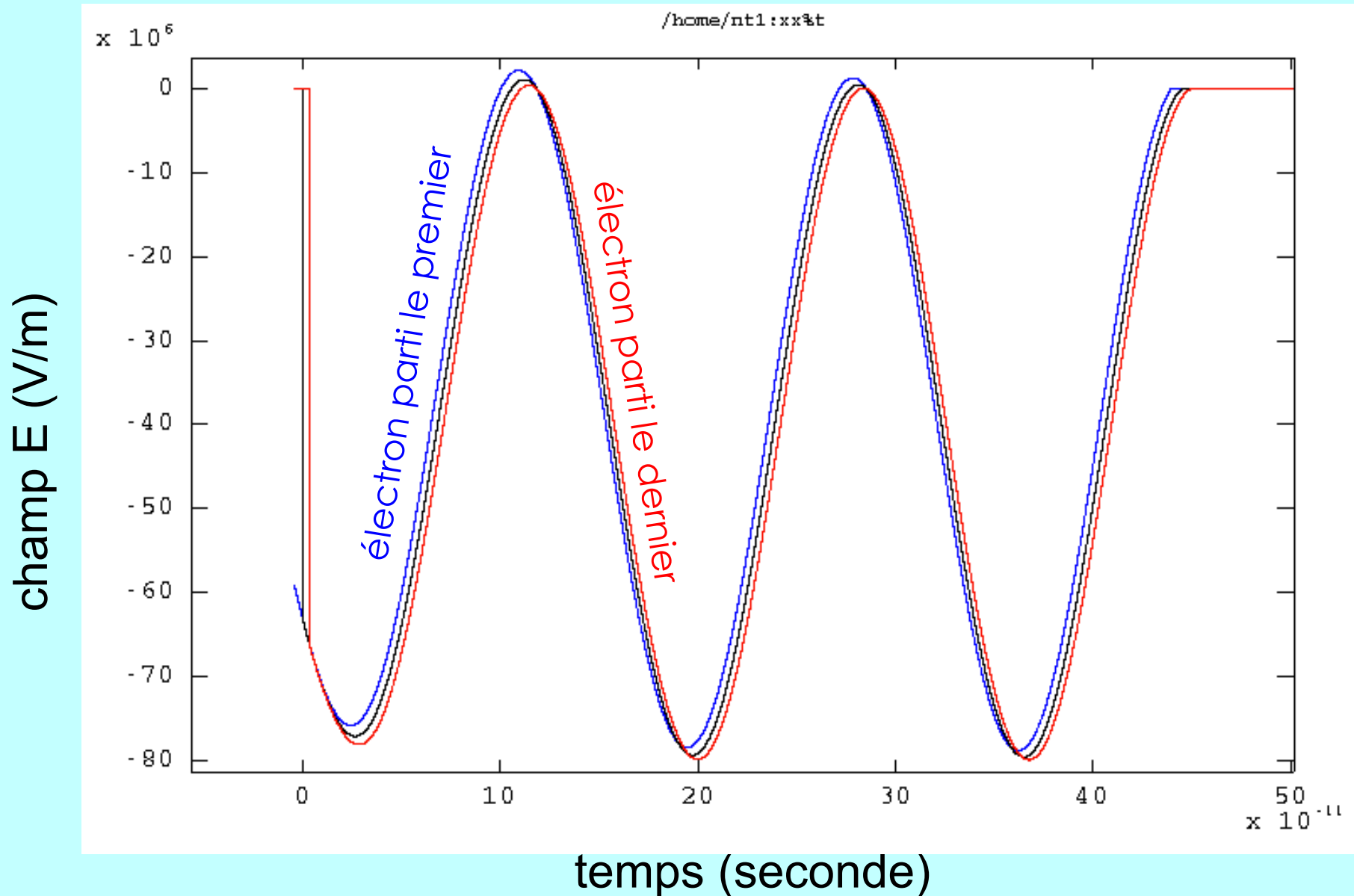
# Synchronisation laser-RF



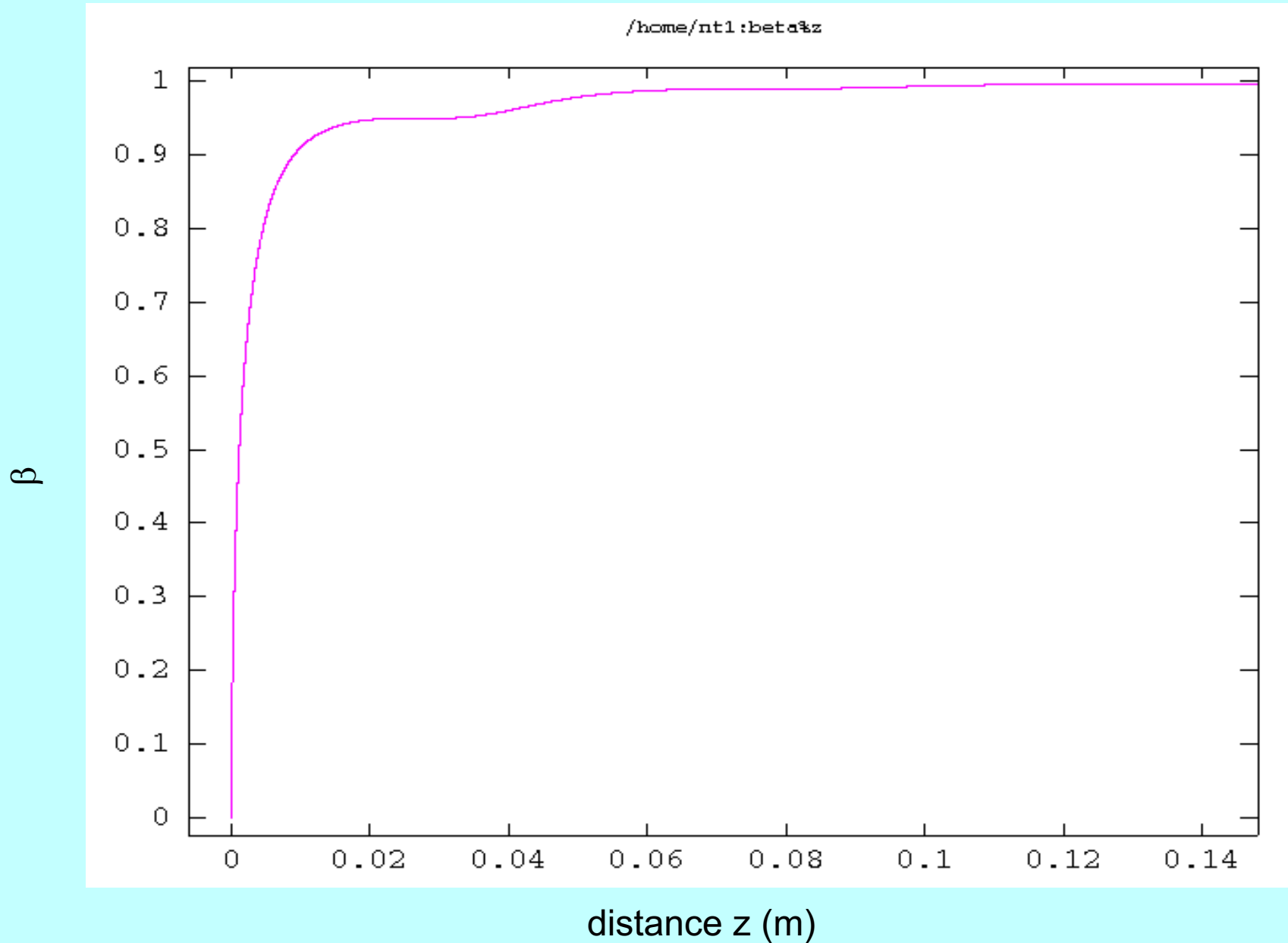
# Champ RF vu par l'électron central pour $\Phi_0 = (180 - 38)^\circ$



# Champ électrique accélérateur RF 'vu' par les électrons A, B et C

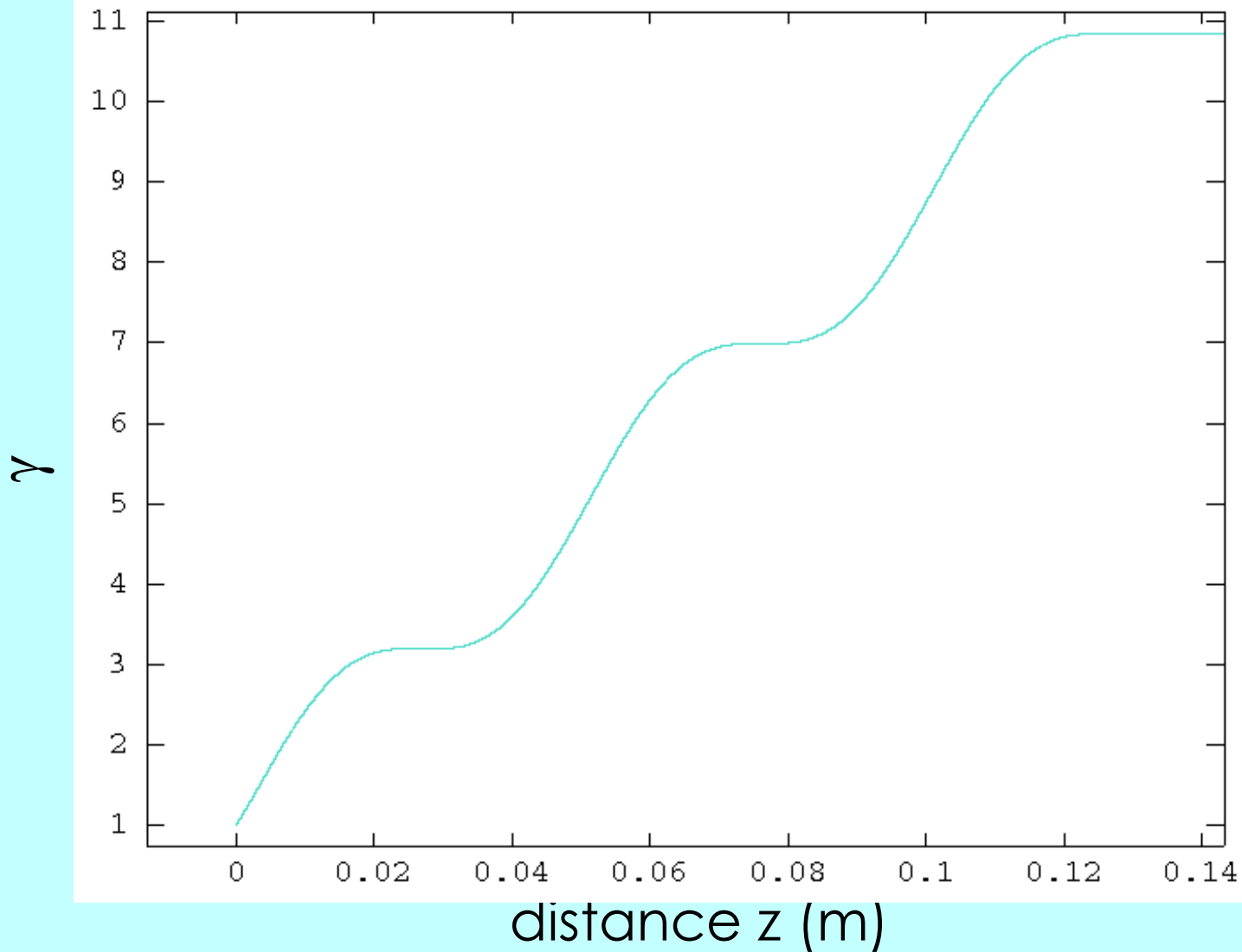


# Paramètre relativiste $\beta$



# Paramètre relativiste $\gamma$

/home/ntl:gamma%z



$\gamma_{\max} = 10,85$

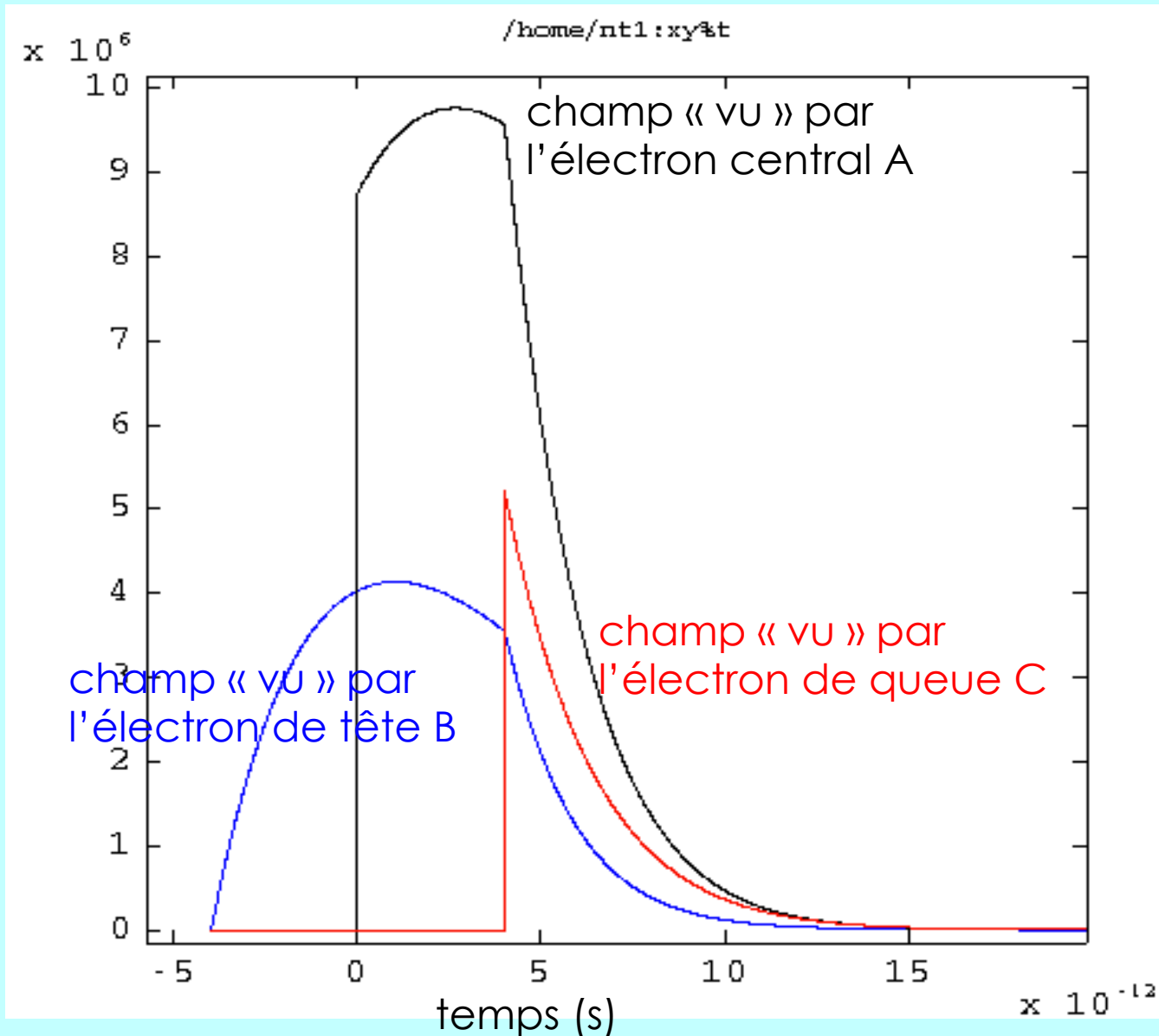
# Charge image sur la photocathode

(cas d'une photocathode en Cu)

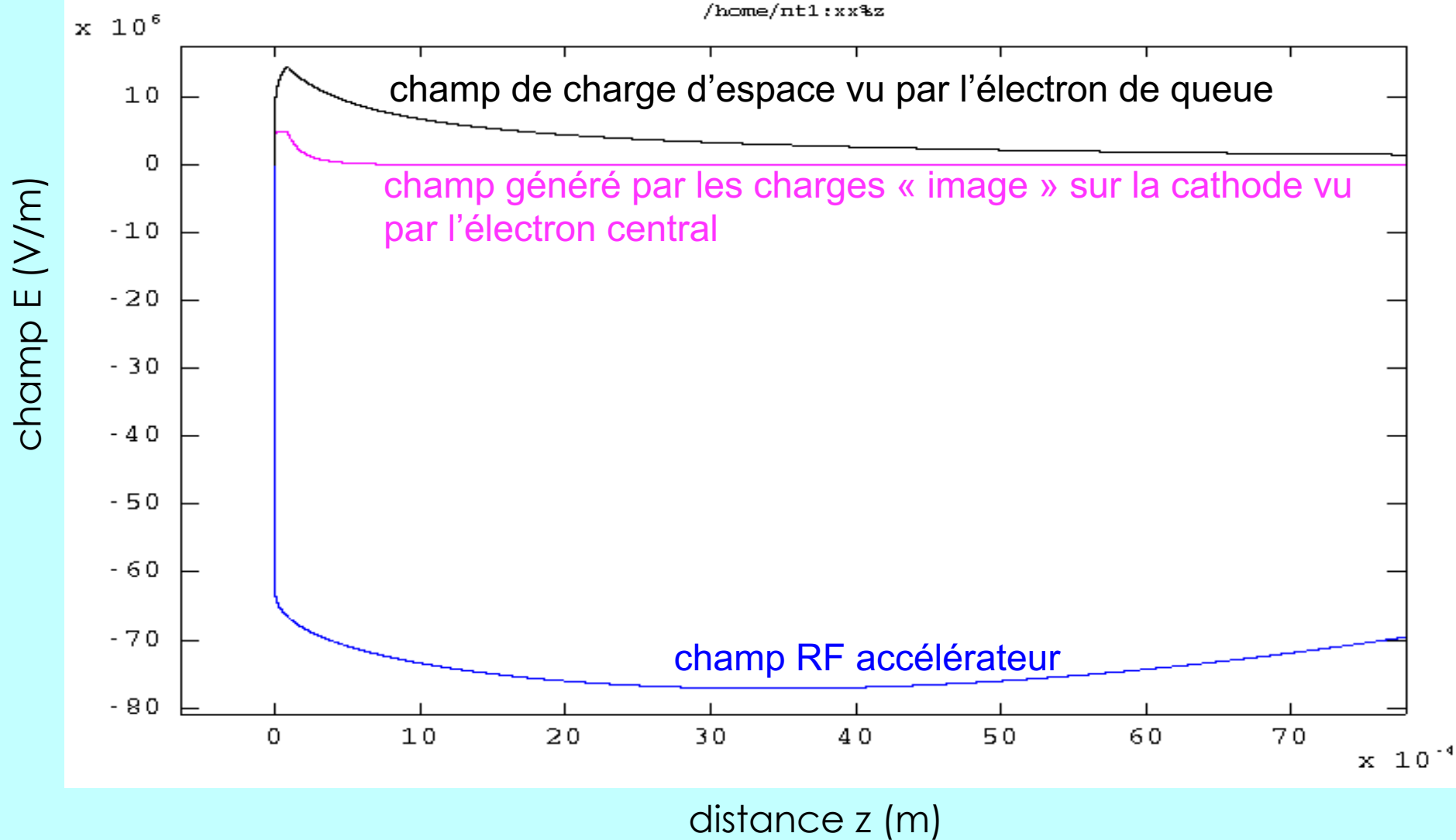
- En prenant un électron de conduction par atome de Cu,  $10^{-9}C$  se trouve dans un volume de photocathode de  $\pi * 1\text{mm}^2 * 2,3 * 10^{-14} \text{ m}$  (soit une épaisseur de  $2,3 * 10^{-8} \mu$ )
- *En absence de neutralisation* de la charge image, celle-ci produit un champ max (sur l'axe) de  $18 * 10^6 \text{ V}$  qui décroît rapidement avec  $Z$  (facteur  $\frac{1}{2}$  à  $z \sim 0.6 \text{ mm}$ ).
- La constante de temps de relaxation d'un métal est  $\tau = m_e \sigma / (ne^2)$  ( $\sigma =$  conductivité,  $n =$  nbre d' $e^-$  de conduction par  $\text{m}^3$ )
- Dans le cas du Cu,  $\tau \sim 2,4 * 10^{-14} \text{ s}$  à la température ambiante
- J'ai pris une constante de temps de neutralisation de la charge image qui vaut **100 fois** cette valeur de  $\tau$  !

# Intensité du champ de la charge « image » située sur la photocathode

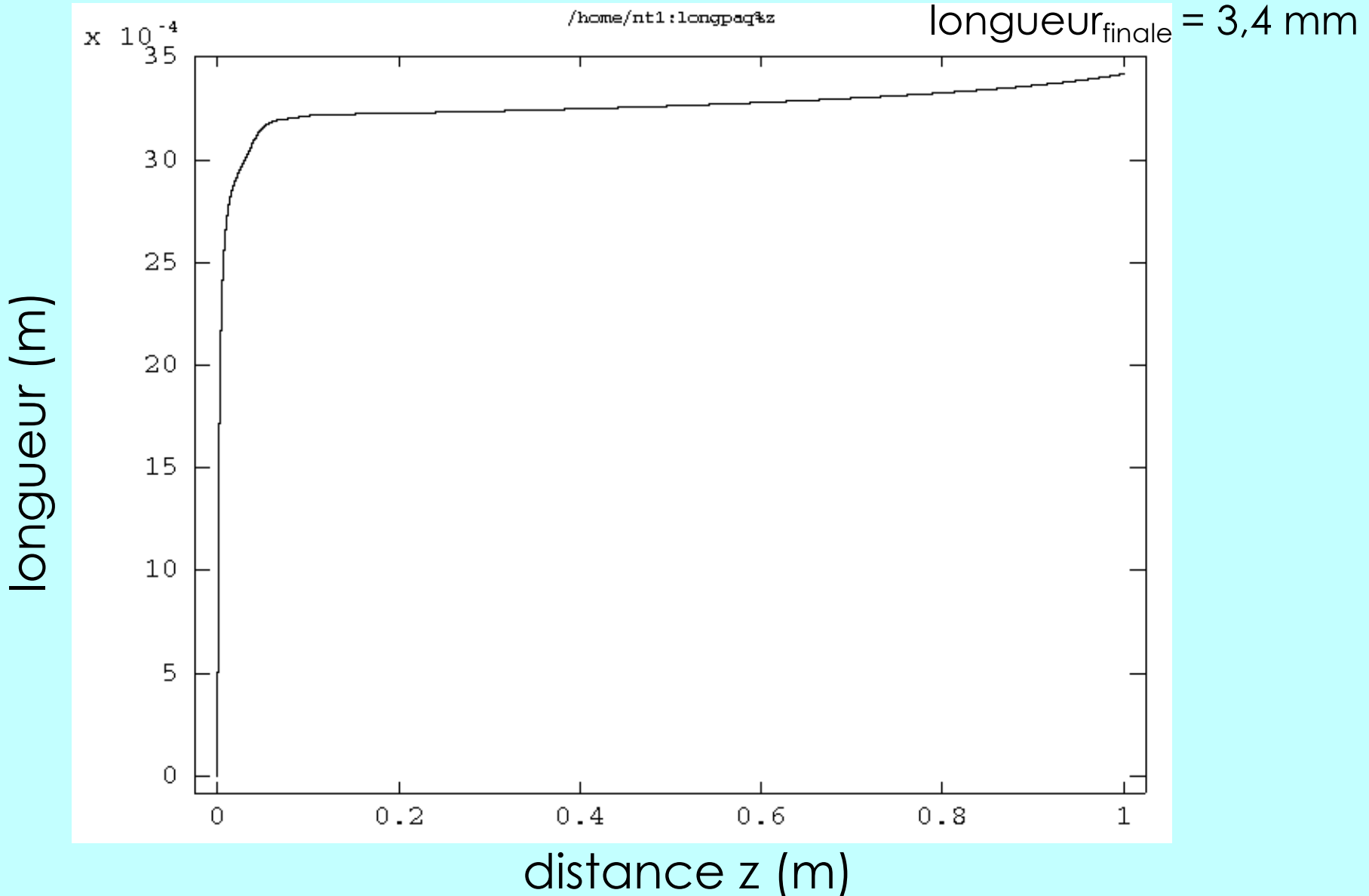
champ électrique produit par la charge « image » (V/m)



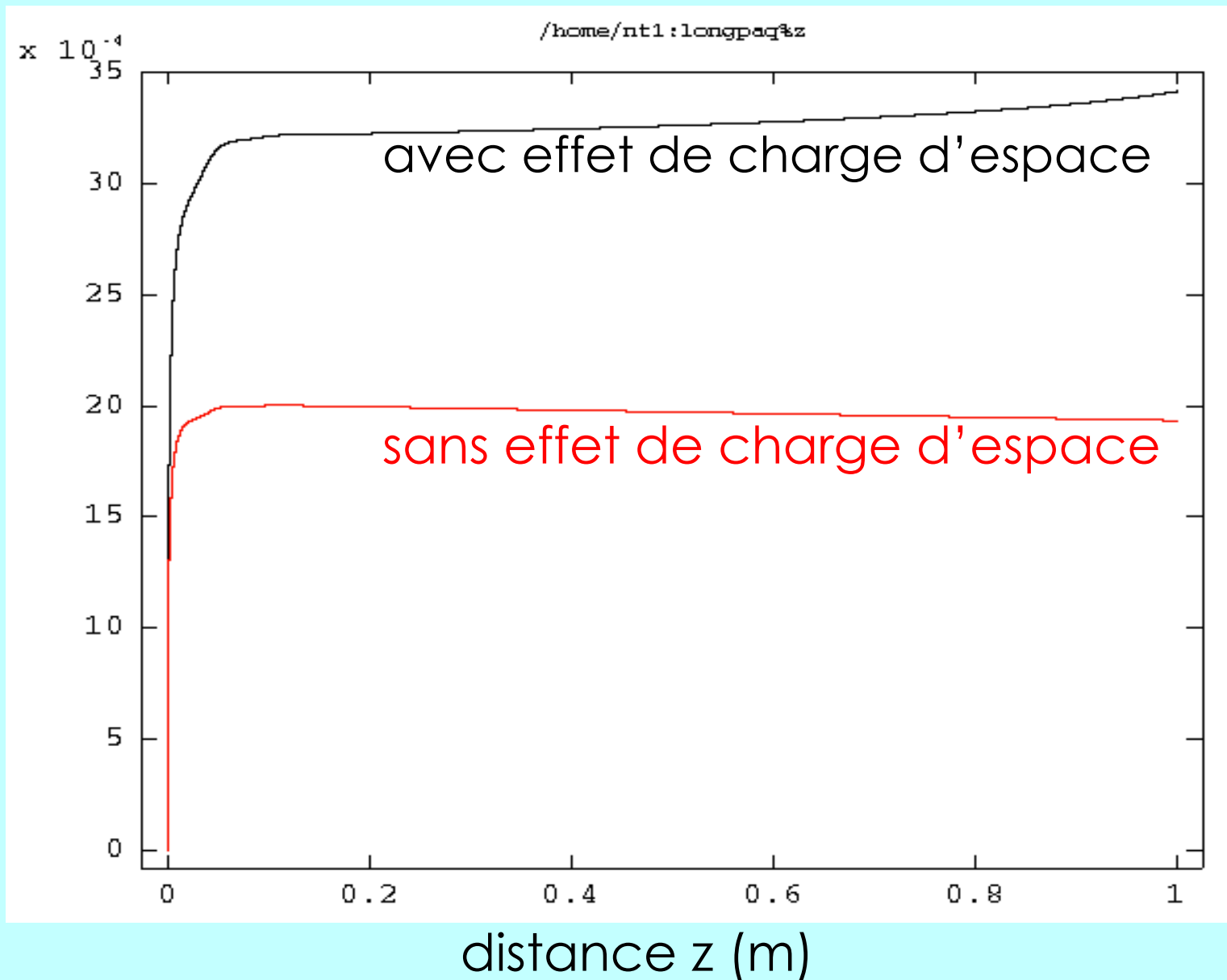
# Champ électrique longitudinal accélérateur (RF) vs champ de charge d'espace vs champ des charges « image » dans la cathode



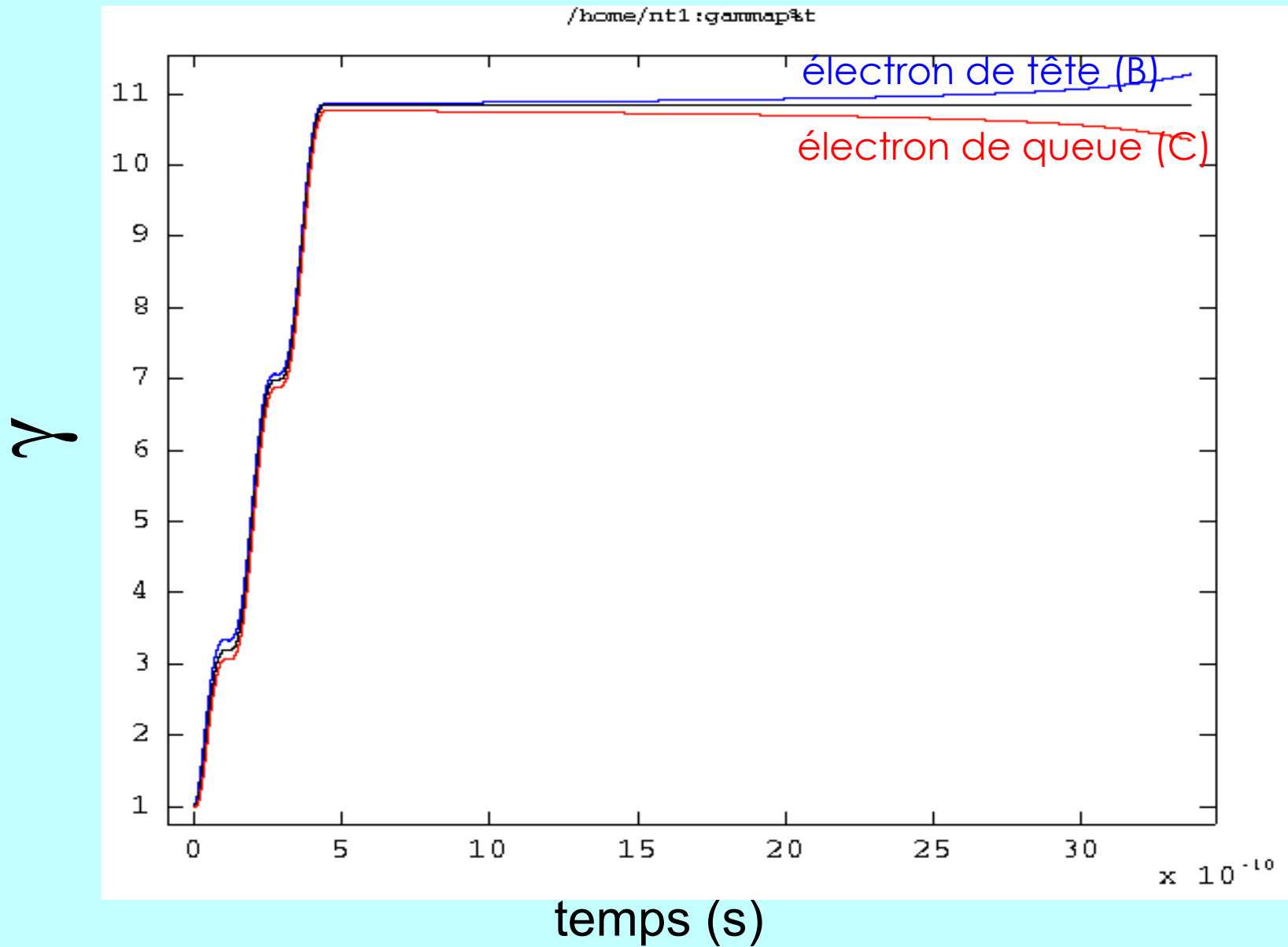
# Longueur totale ( $\sim 2 \sigma_z$ ) du paquet



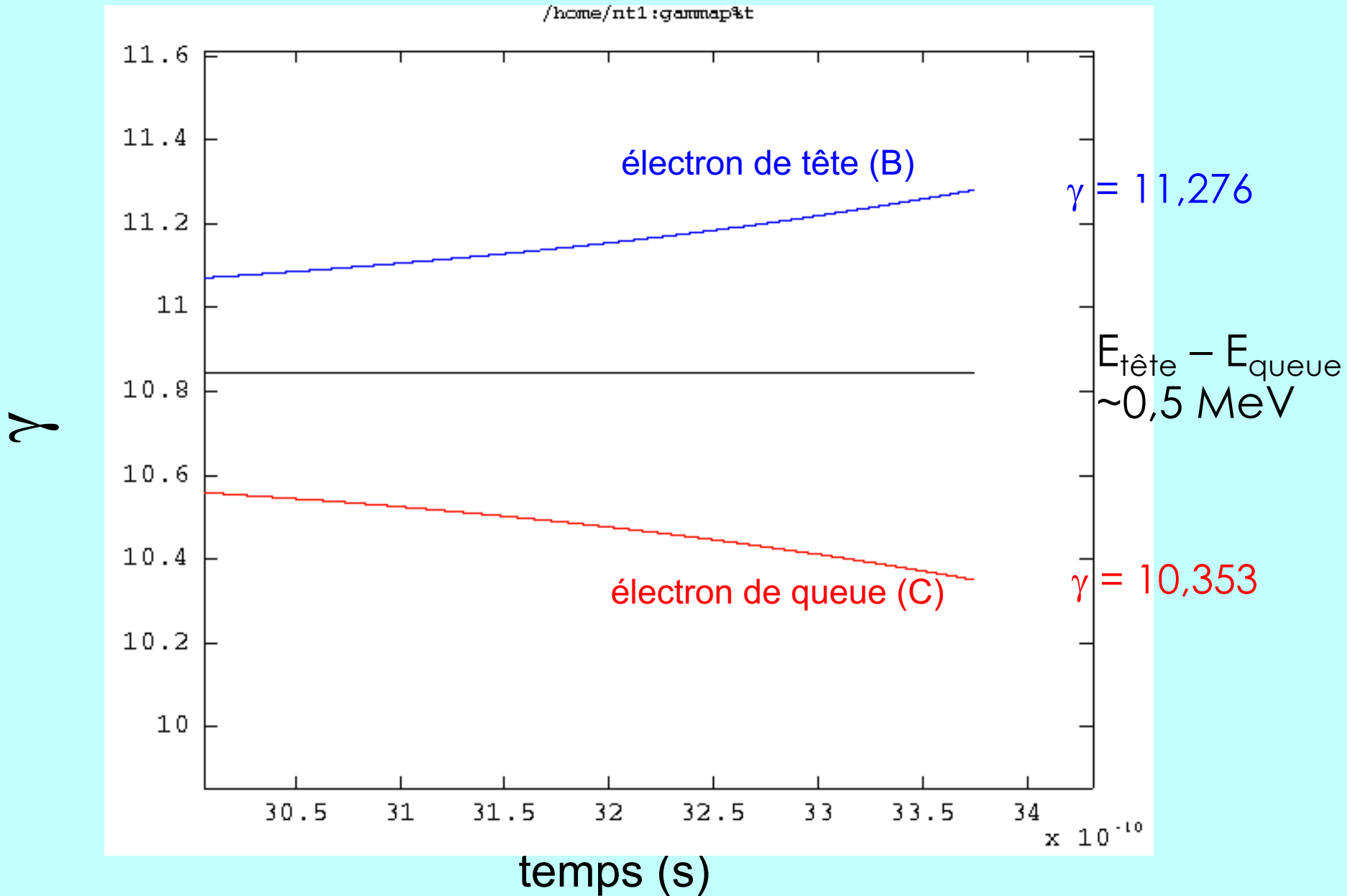
# Longueur totale ( $\sim 2 \sigma_z$ ) du paquet : effet de la charge d'espace



# Dispersion en énergie (1)

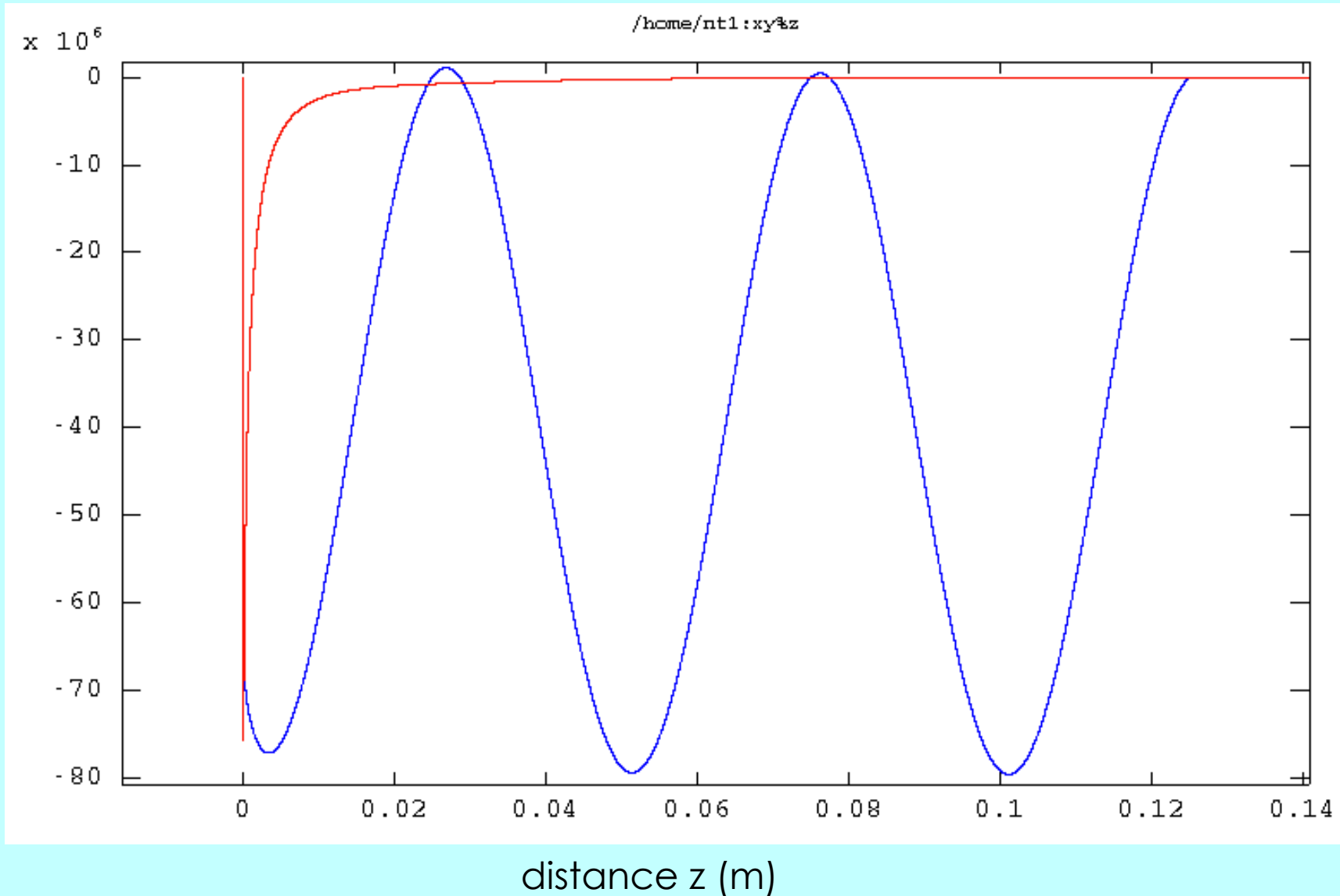


# Dispersion en énergie (2)

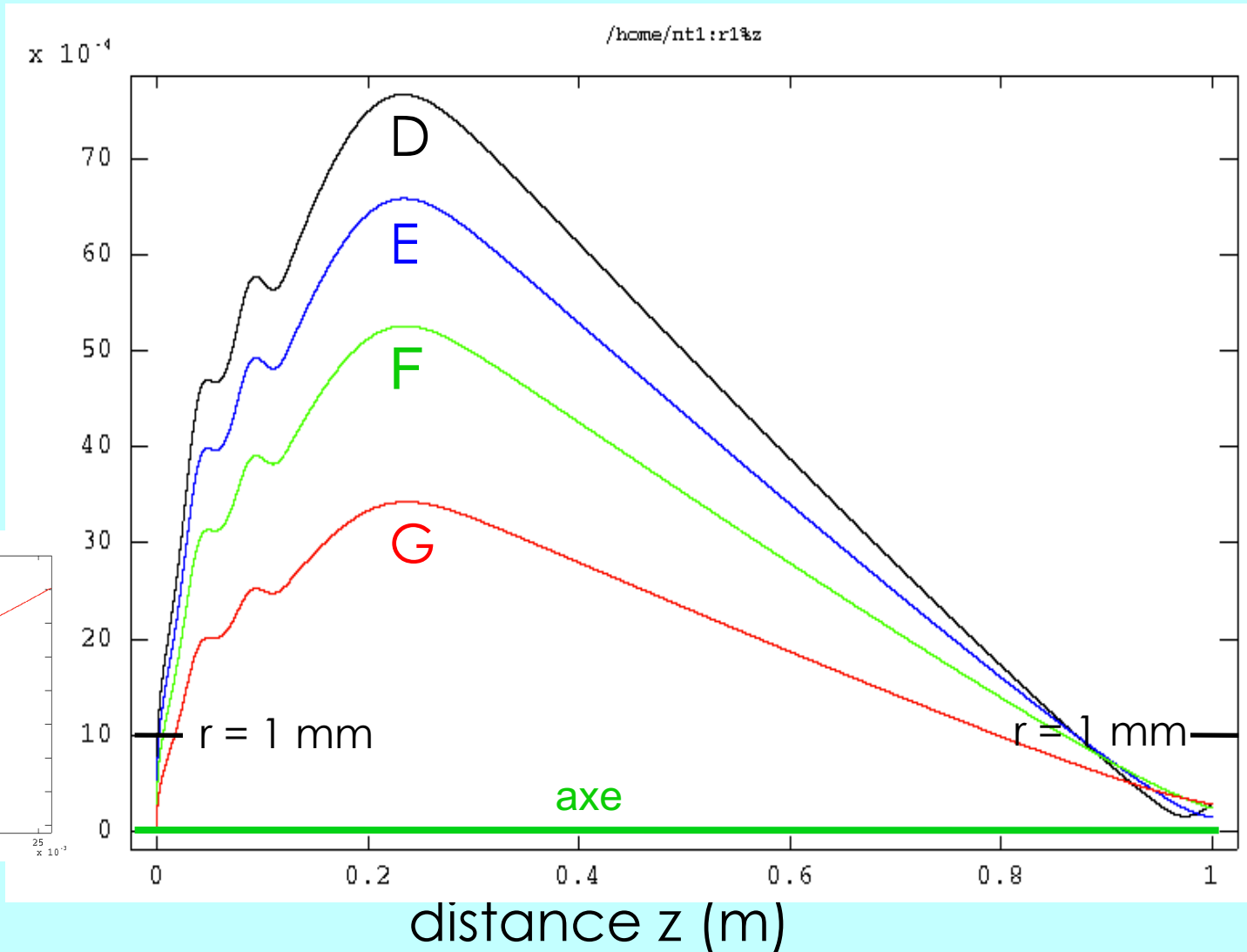


# Champ *transverse* de charge d'espace **x5** agissant sur l'électron 'périphérique' D

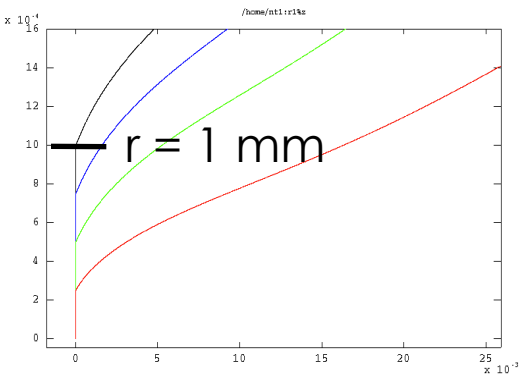
**E\*5** transverse agissant sur l'électron périphérique (D) (V/m)



# Trajectoires de D, E, F et G : distance à l'axe du photo-injecteur

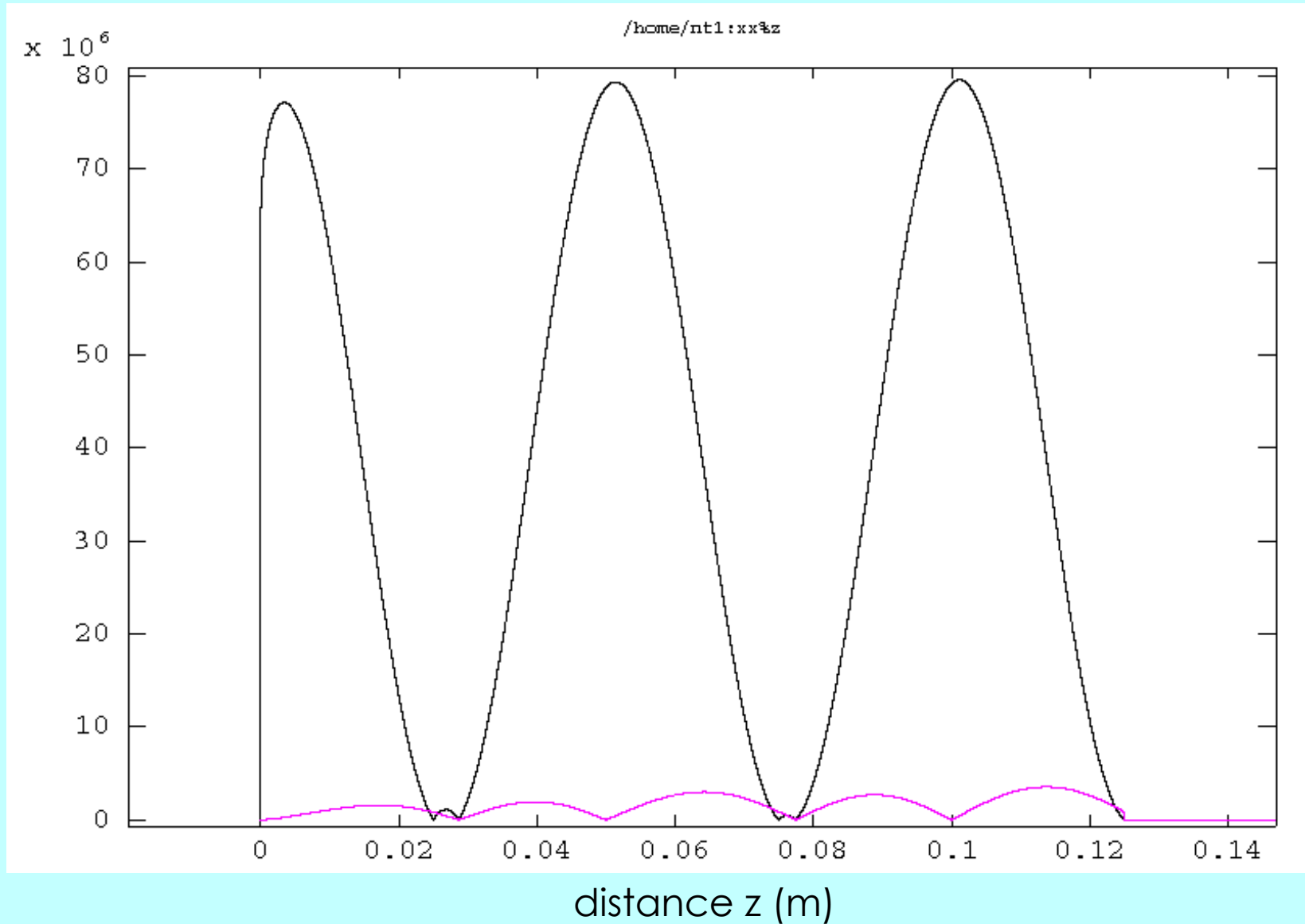


zoom

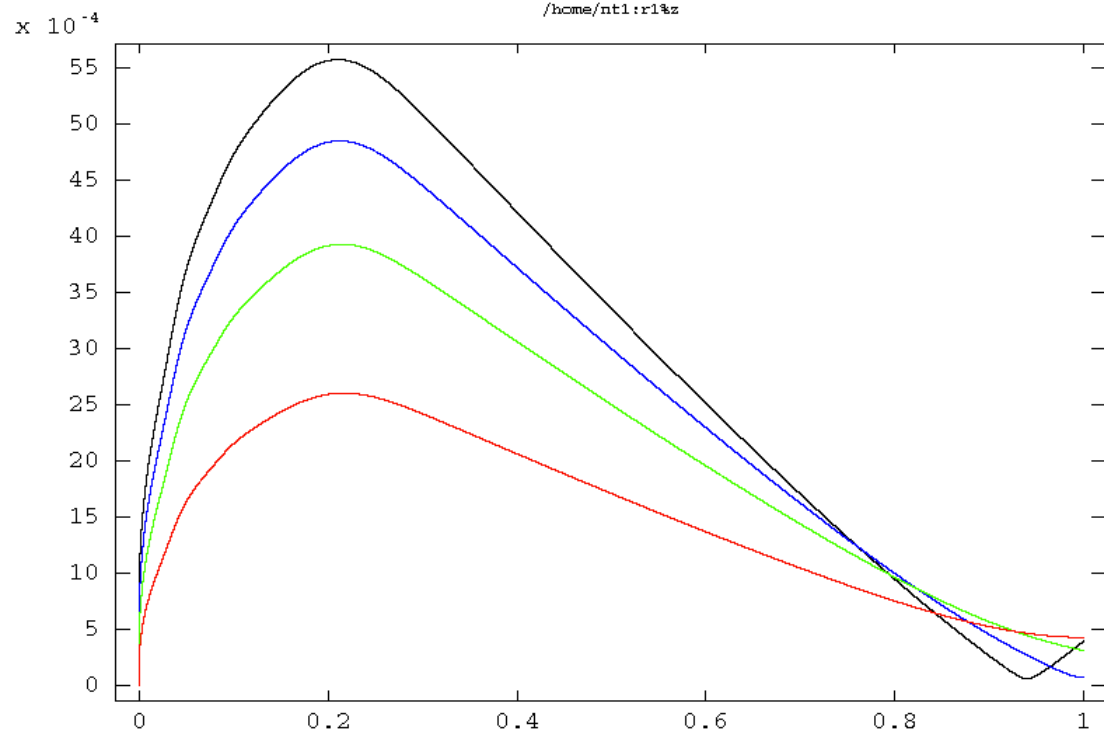


# Champ électrique $E_{r\text{ RF}}$ radial (1)

Intensité du champ  $E_{r\text{ RF}}$  (en magenta)  
comparée à celle de  $E_{\text{accélérateur}}$  (en noir)

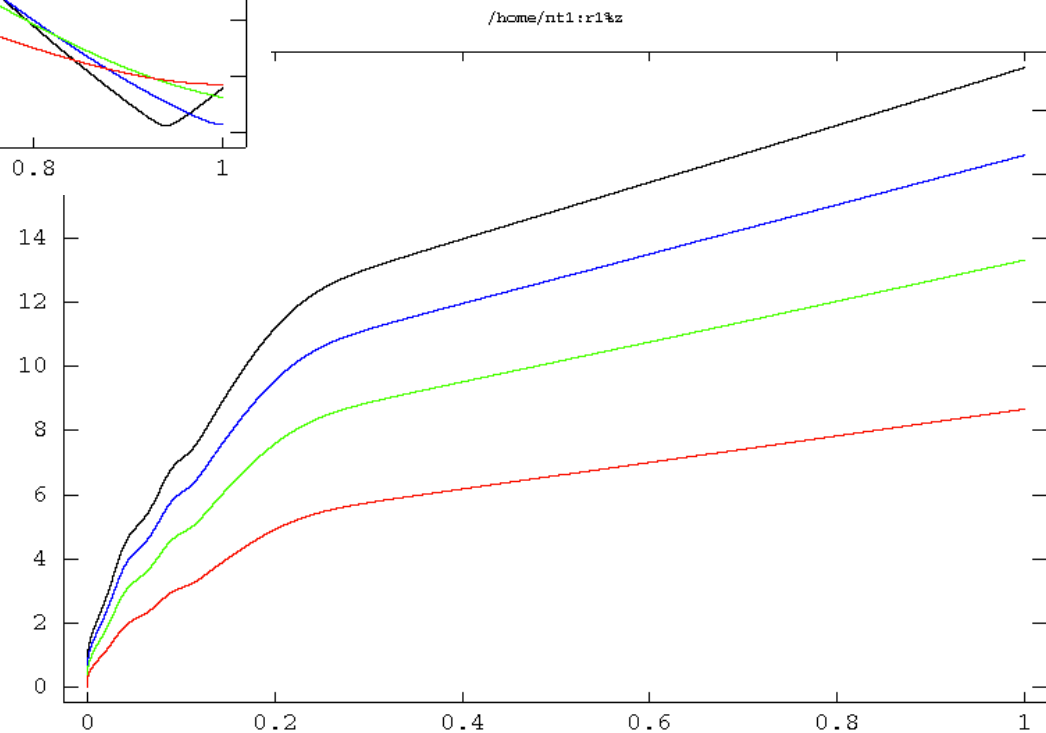


# Champ électrique $E_r$ RF radial (2)

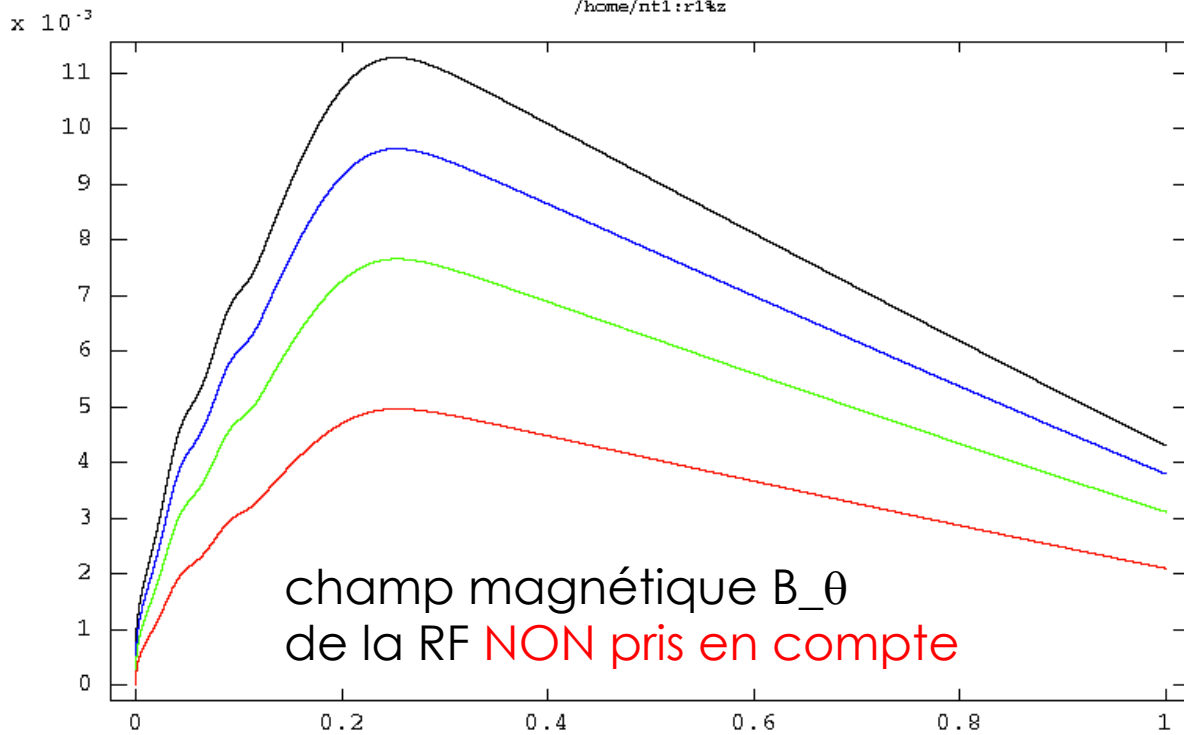


trajectoires **en absence** des champs RF transverses  
( $B = 0.617 * B(\text{diapo}\#7)$ )

trajectoires en **ne prenant**  
en compte que  $E_r$  RF



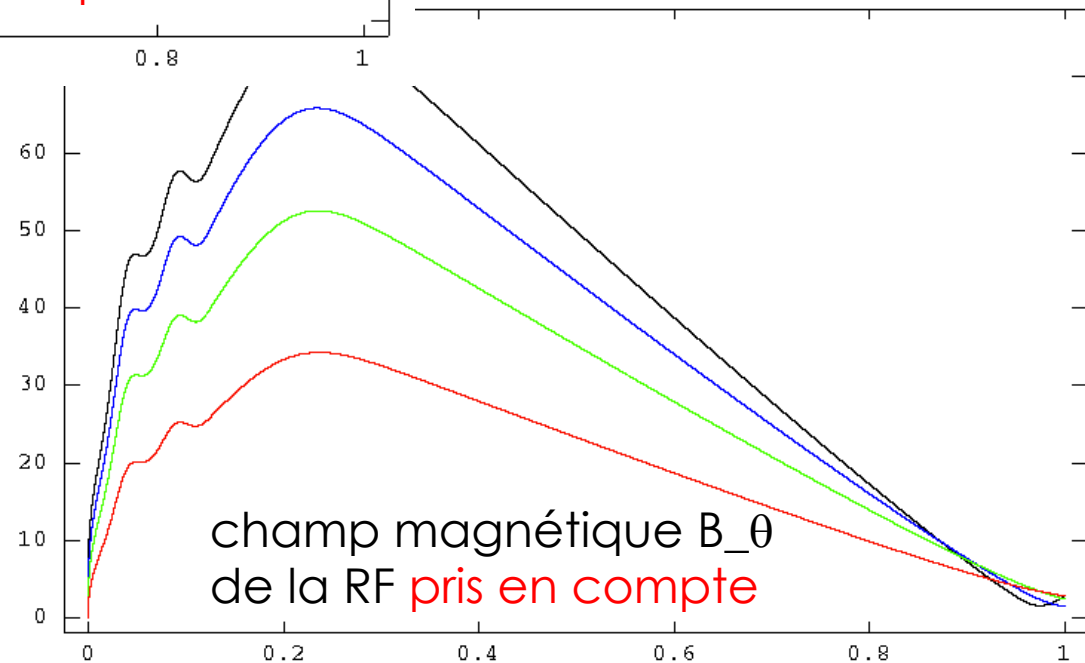
# Champ magnétique RF $B_{\theta RF}$



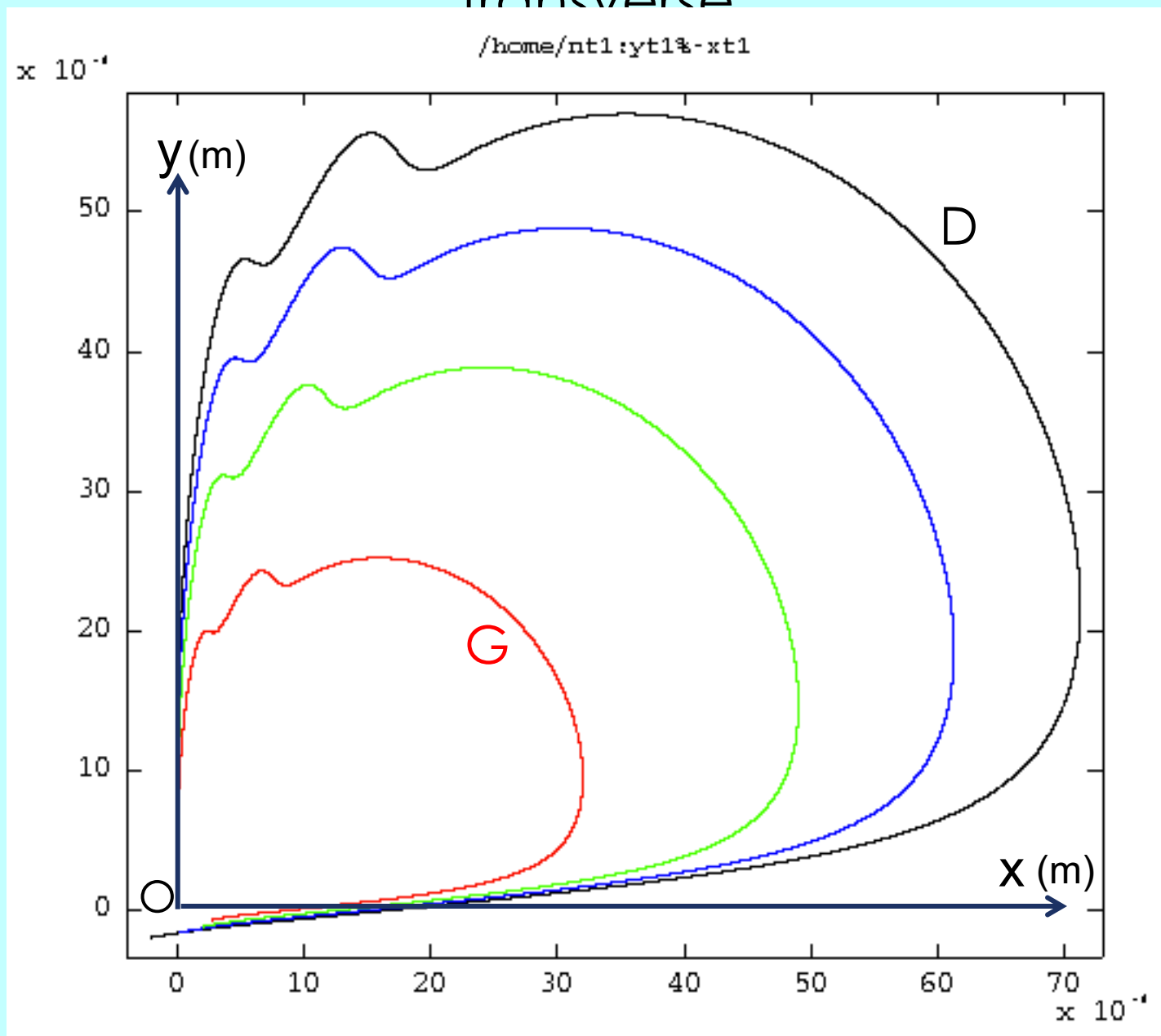
Trajectoires des  $e^-$   
D,E,F et G :  
distance à l'axe  
du photo-injecteur

/home/ntl:r1kz

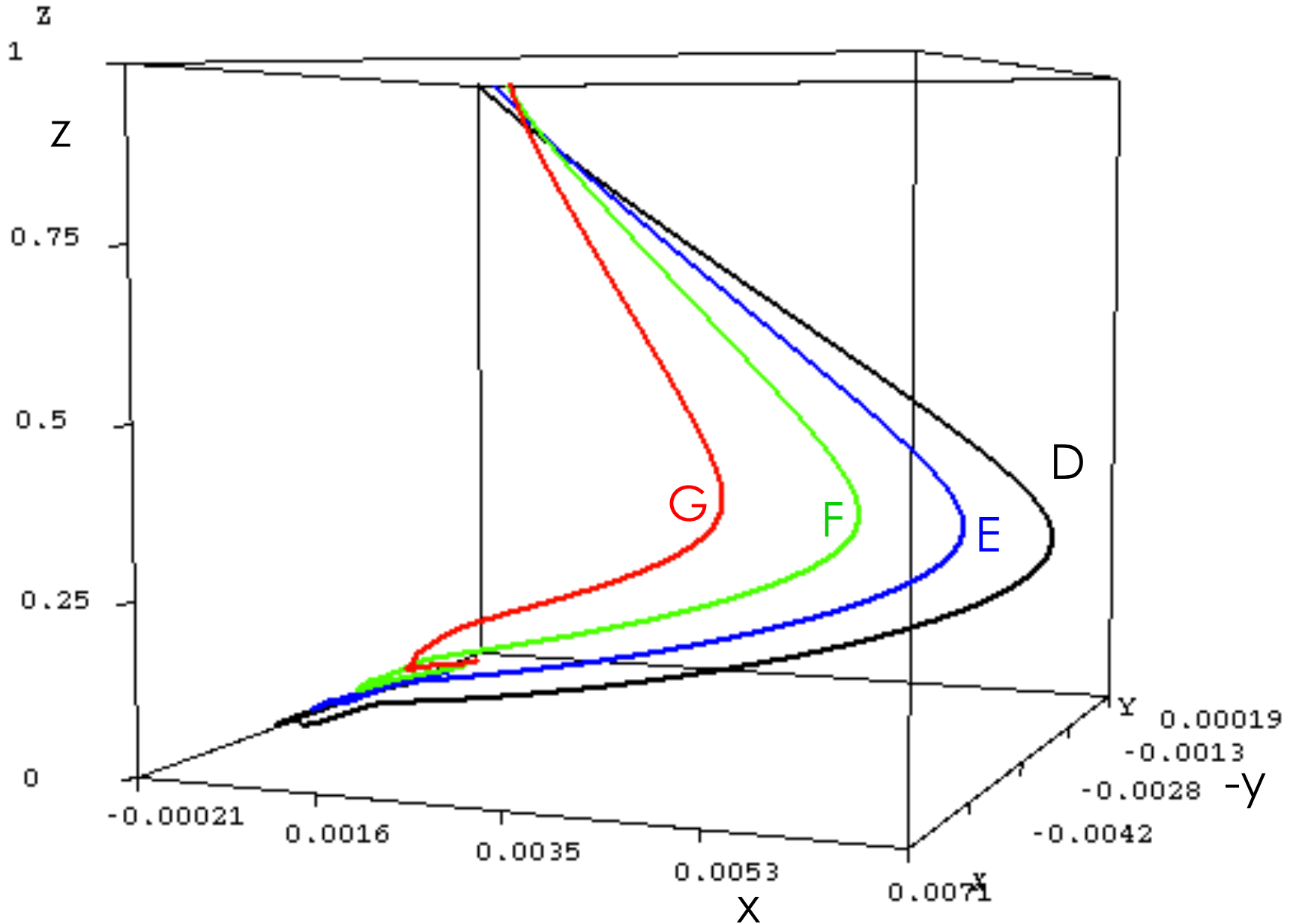
(dans ces graphes  
 $E_{r RF}$  est pris en compte  
et  $B = .755*B$ (diapo #7)



# Trajectoires de D, E, F et G projetées sur le plan transverse

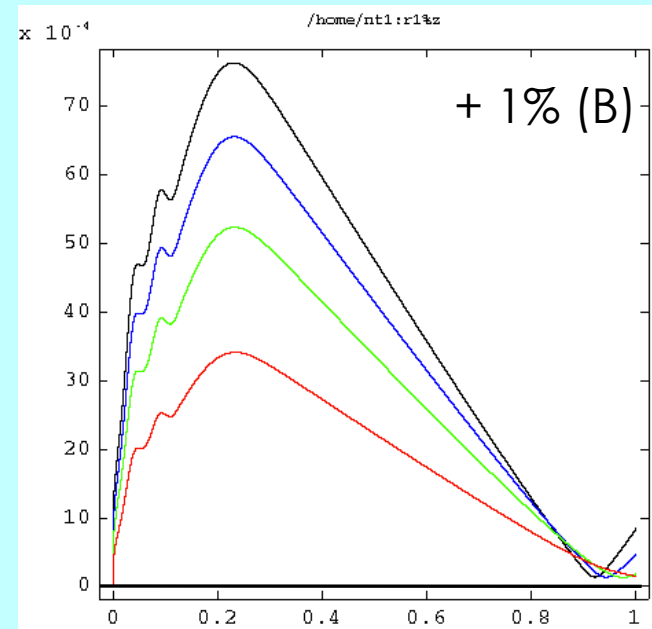
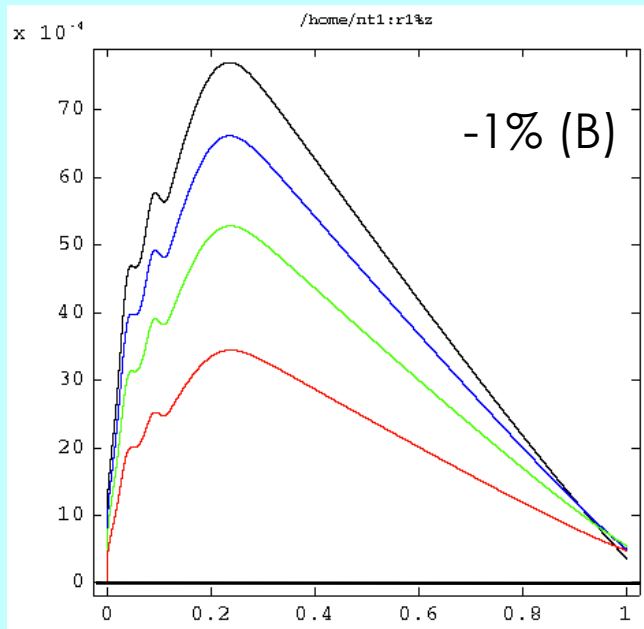
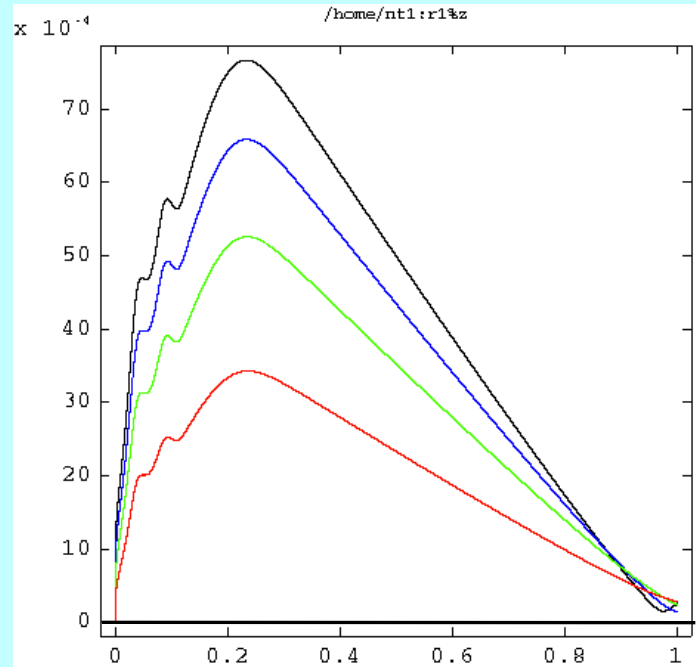


# Trajectoires dans l'espace des $e^-$ D,E,F et G



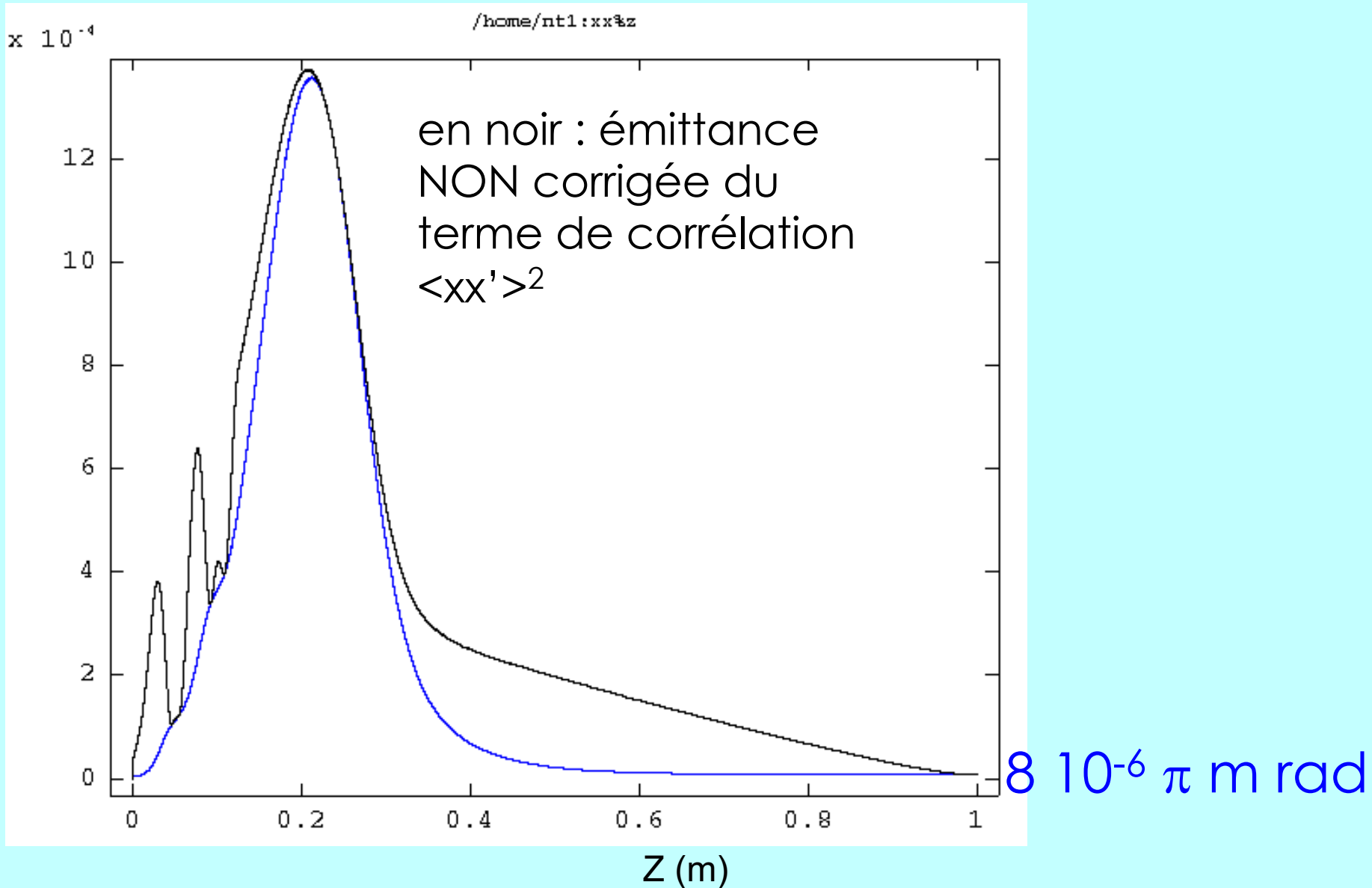
# Réglage de la focalisation

$B_{\text{diapo } 7} \times 0.755$



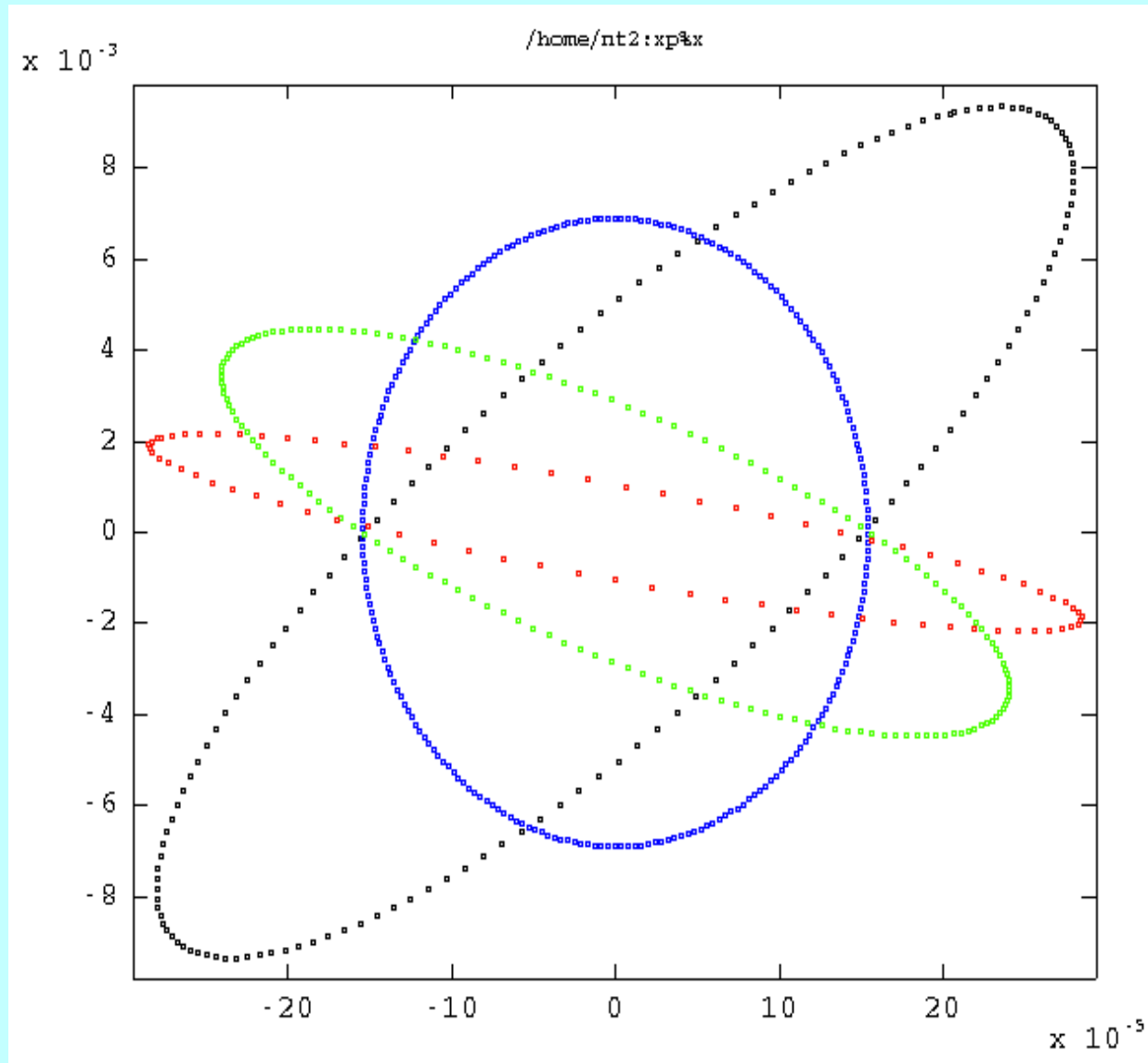
# Emittance transverse

$$\varepsilon = \sqrt{(\langle x^2 \rangle \langle x'^2 \rangle - \langle x x' \rangle^2)}$$



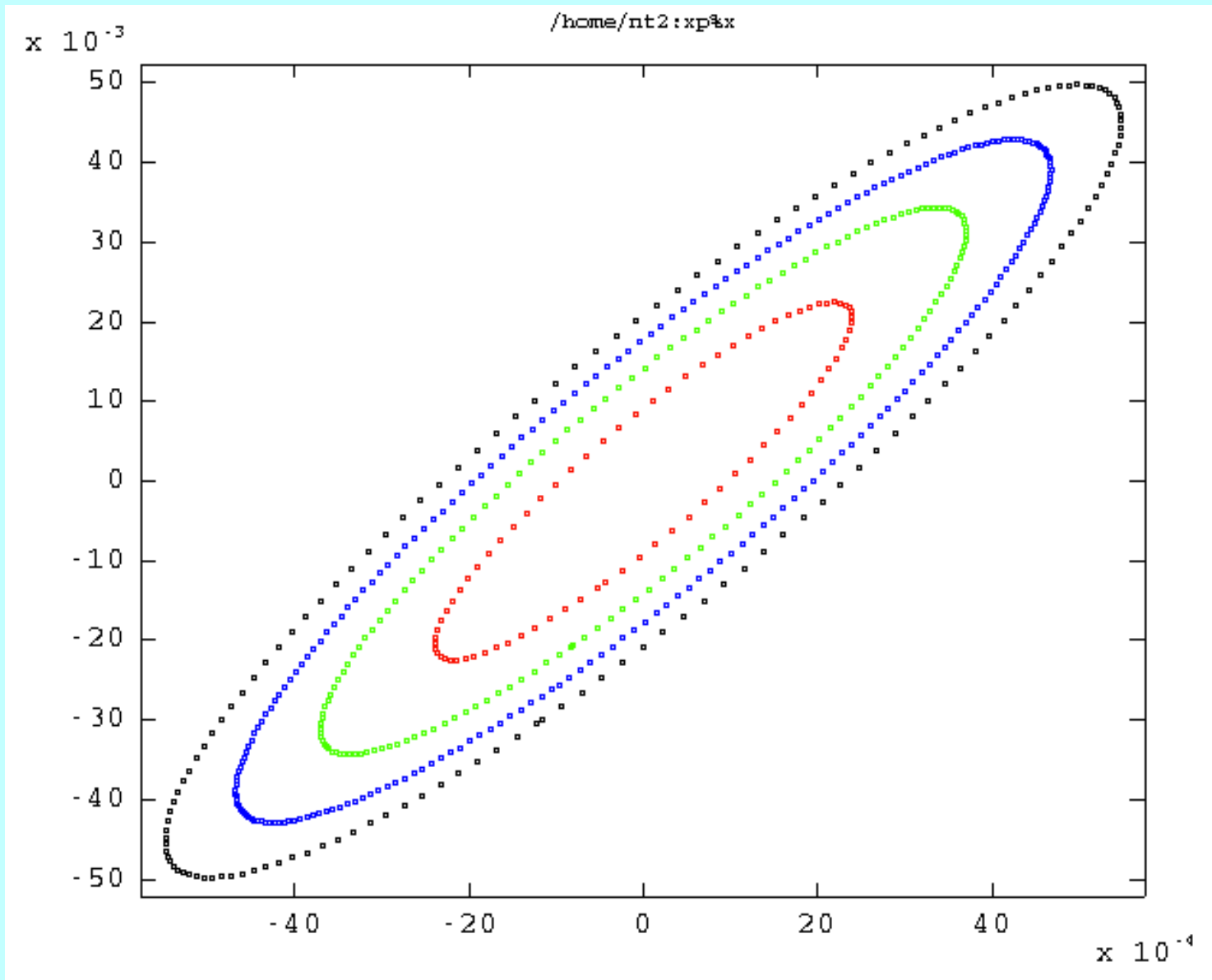
# Corrélations en sortie du photo-injecteur

$X'$



$X$

# Corrélations à $z = 7,9$ cm



$X'$

$X$

# Emittance transverse

$$\epsilon = \sqrt{(\langle x^2 \rangle \langle x'^2 \rangle - \langle x x' \rangle^2)}$$

RF Gun (Q = 1 nC, sigxy = 0.6 mm, sigt = 2ps, B = 0) x 10<sup>-4</sup>

/home/nt1:xxkz

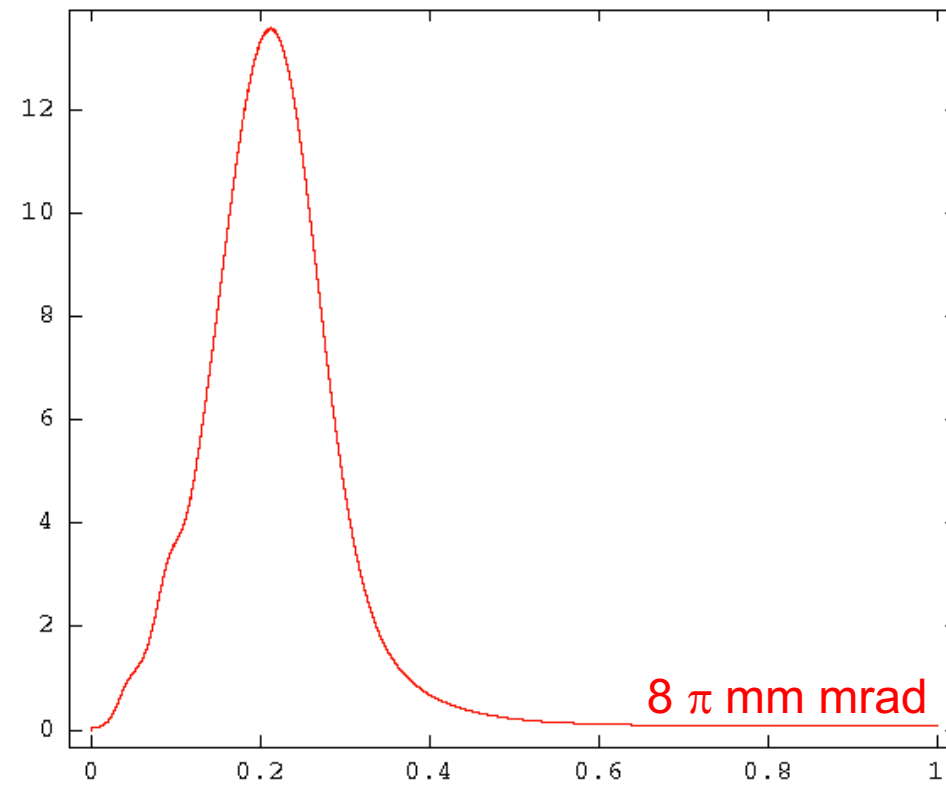
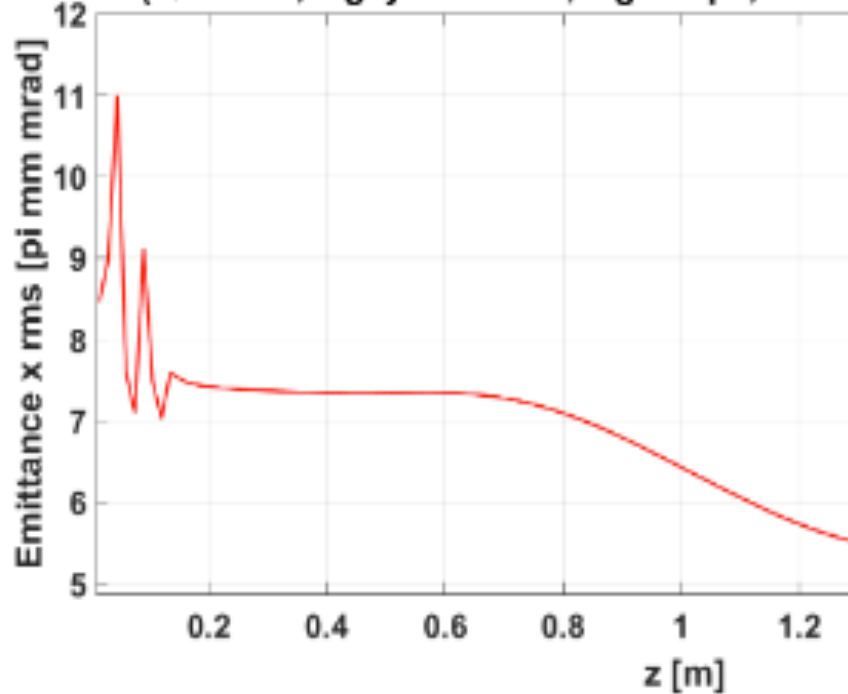


Figure 3:  $\epsilon_{xy}$  evolution along the RF g

Z (m)

FIN