

Le photo-injecteur de ThomX : un modèle simplifié

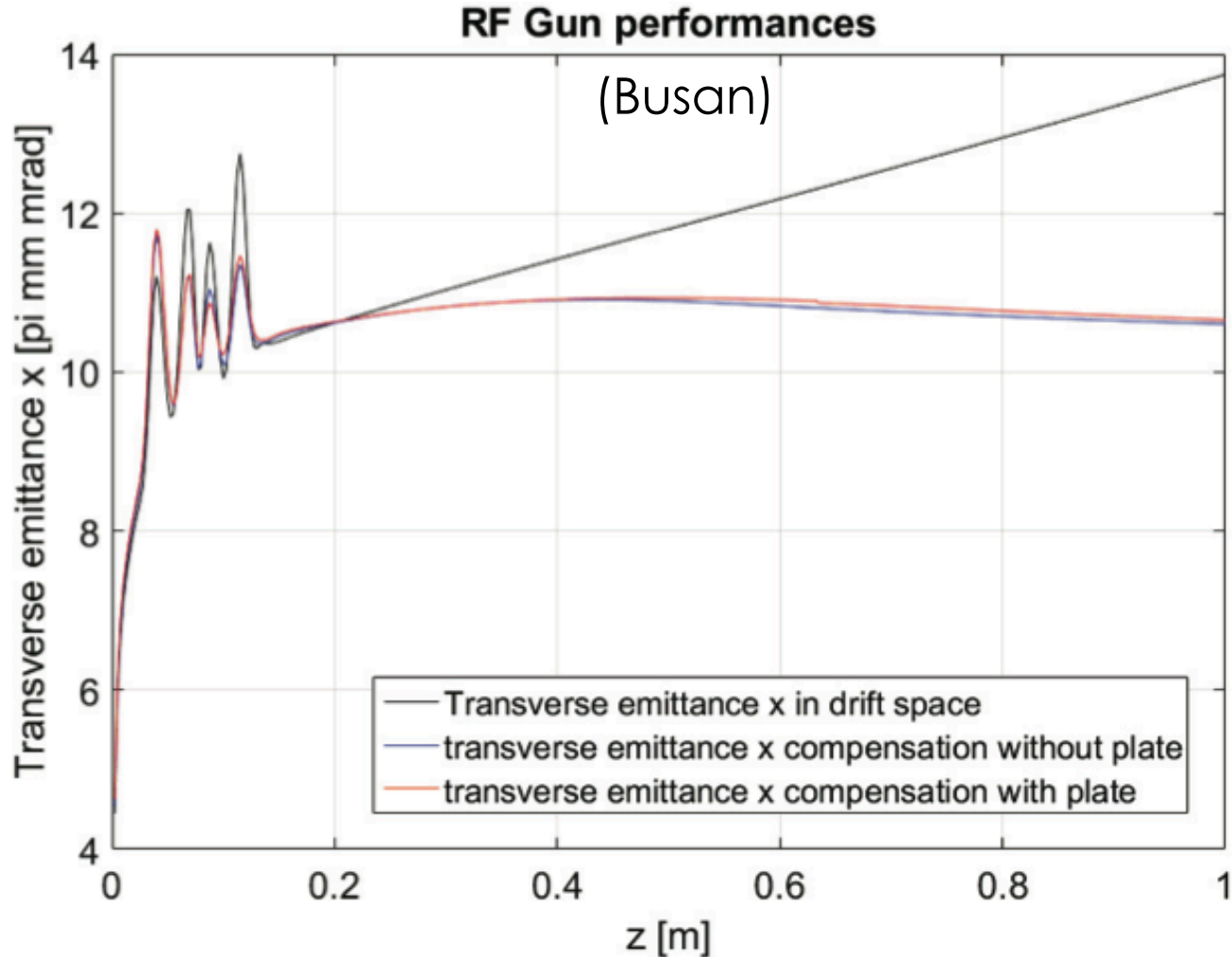
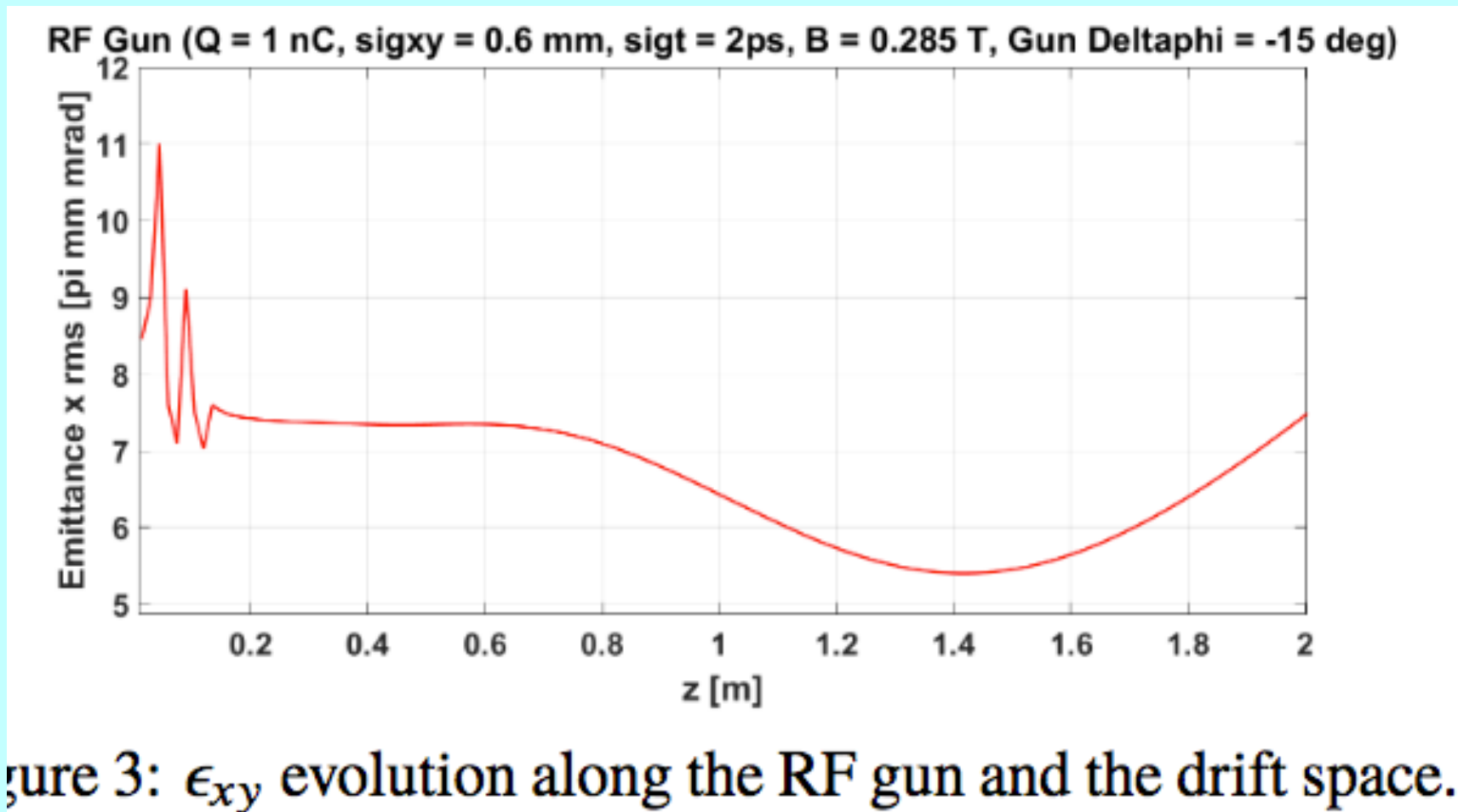


Figure 3: rms normalised transverse emittance x as a function of distance. Total bunch charge 1nC. Laser parameters: rms $\sigma_r = 1\text{mm}$, rms $\sigma_t = 4\text{ps}$. Drift space (black line), solenoids without plate (blue line) and solenoids with plate (red line).

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.

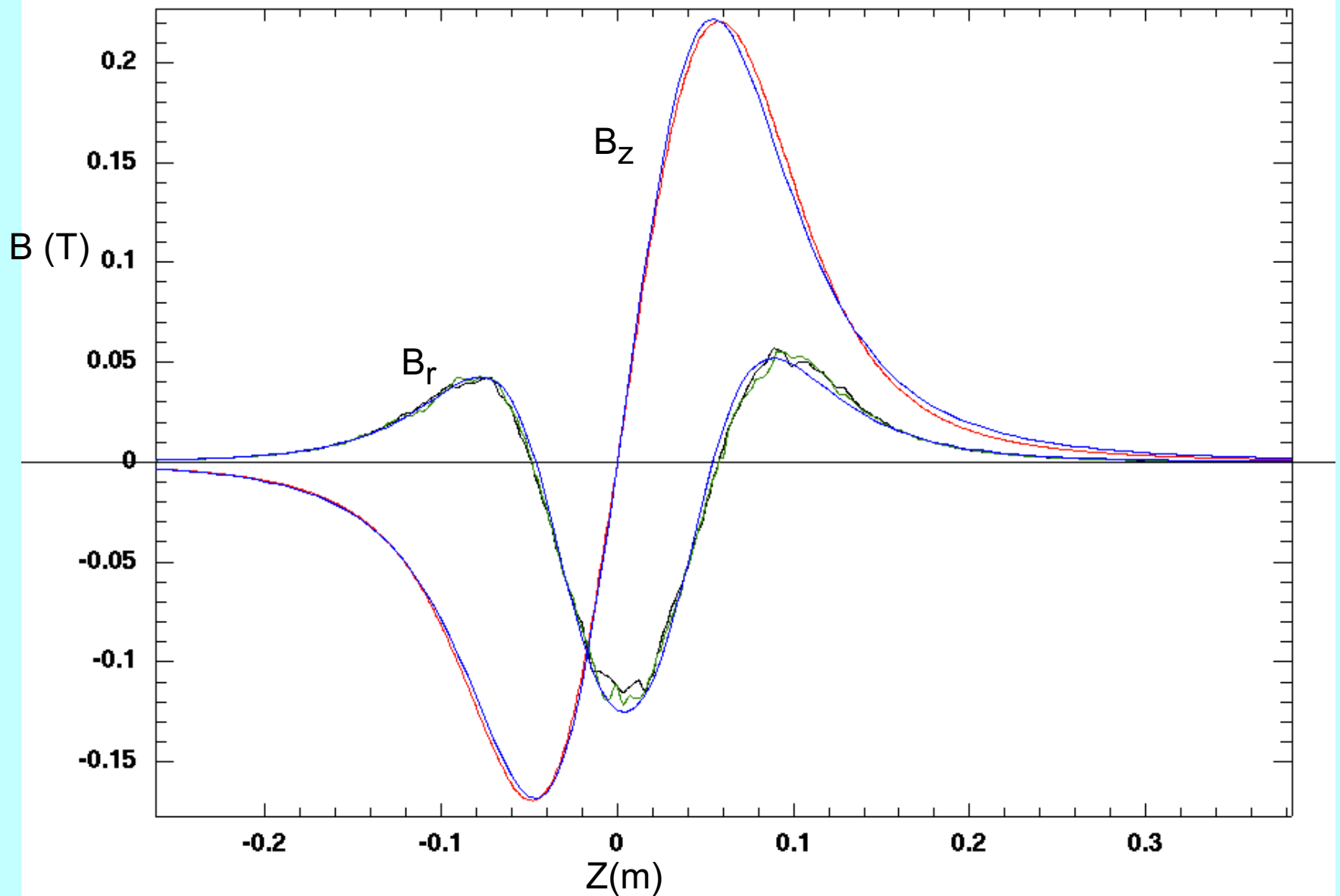
Visualiser

- 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

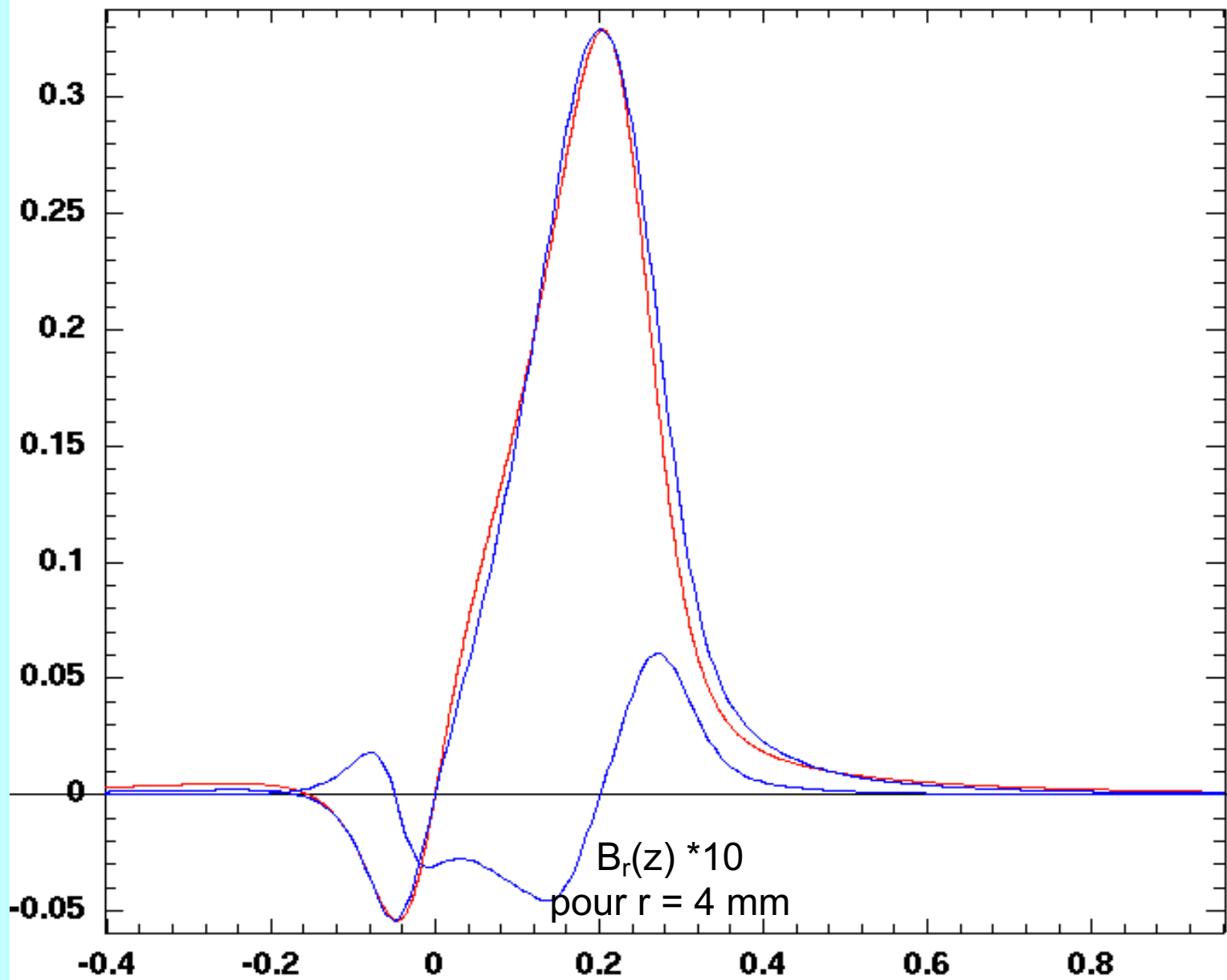
- Champ RF : onde stationnaire, $E_{0z\text{ RF}} = 80 \text{ MV/m}$
composantes $E_{r\text{ RF}}$ et $B_{\theta\text{ RF}}$ prises en compte
- Le champ magnétique des solénoïdes mesuré est approximé par des expressions analytiques ($B_z(z)$ et $B_r(z)$)
- Paquet de e^- *cylindrique homogène* (dont les dimensions varient tout au long de son parcours dans le photo-injecteur)
- Impulsion laser de rayon 1 mm et de durée 8 ps
($\sigma_z \sim 1,2 \text{ mm}$)
- $Q = 1 \text{ nC}$
- Effet de la charge image du paquet d' e^- sur la photocathode calculé
- Pas de collisions internes au paquet d'électrons



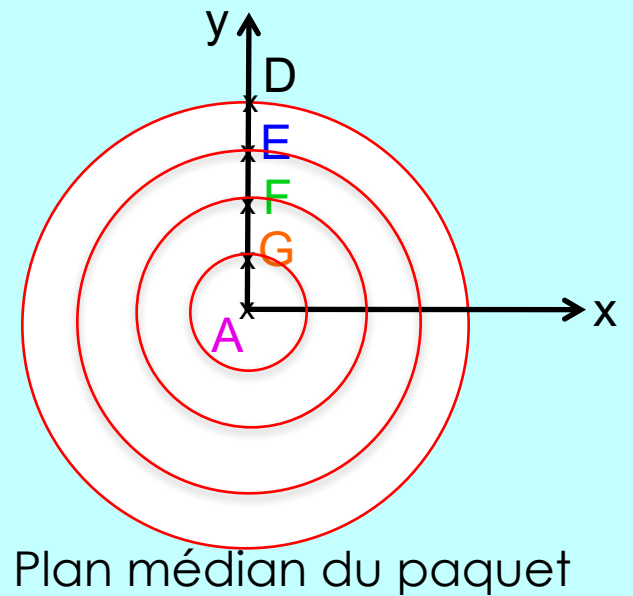
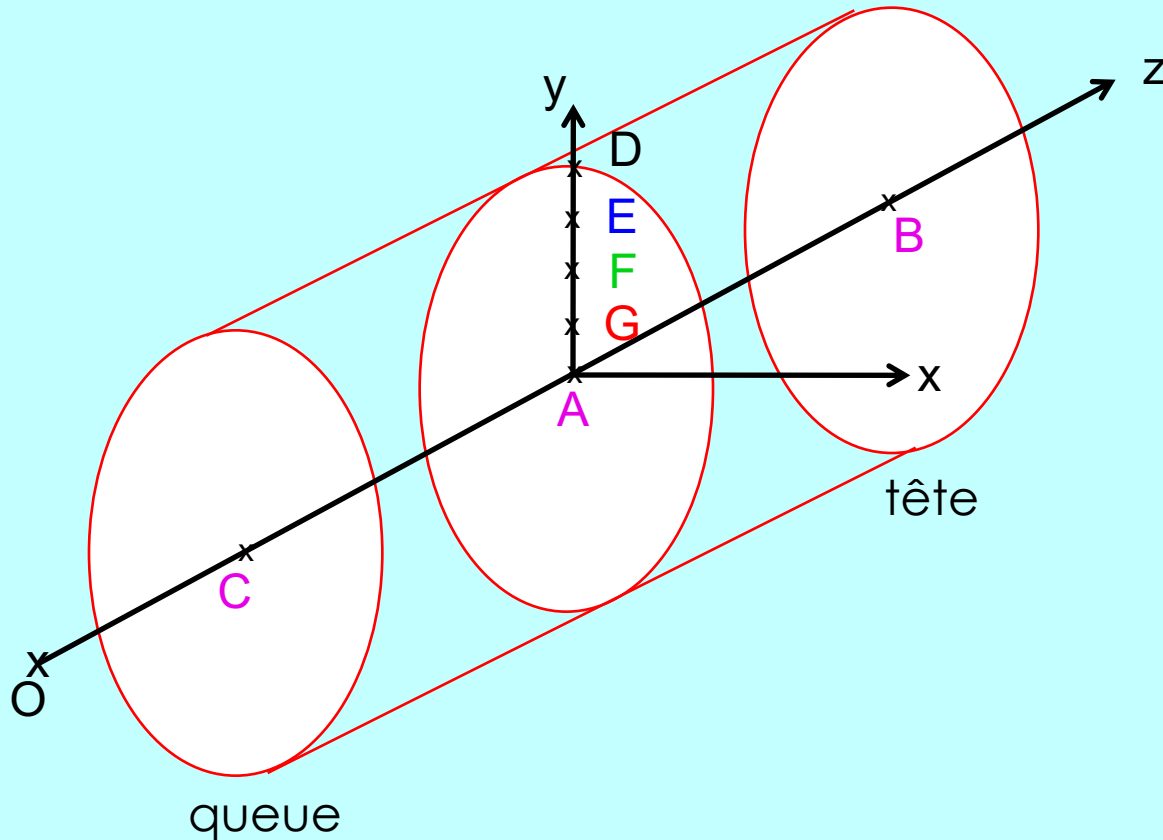
En rouge ou noir : mesures, en bleu : approximation analytique
($B_r(z) * 10$ pour $r = 4$ mm)

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

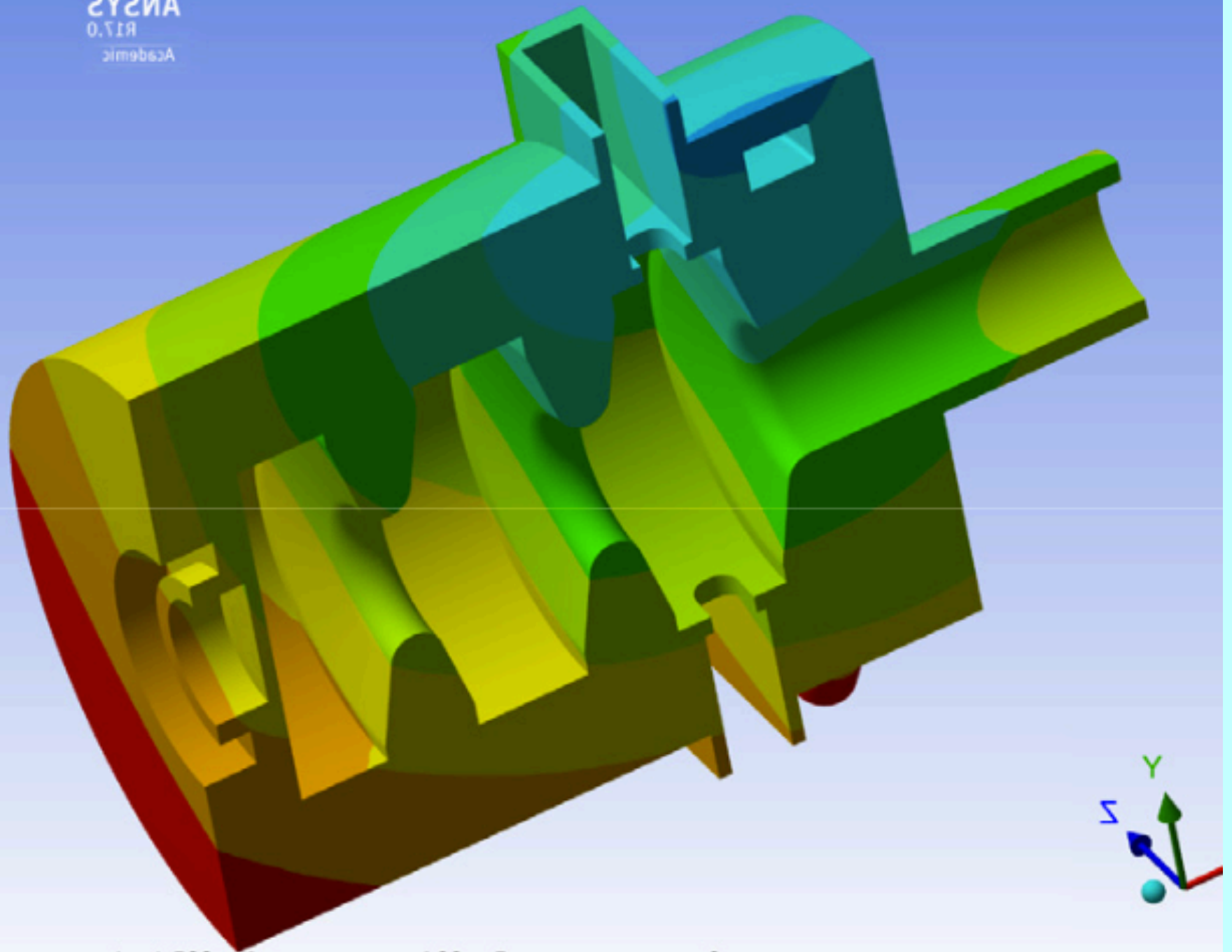
En rouge :
données,
en bleu :
approximation
analytique

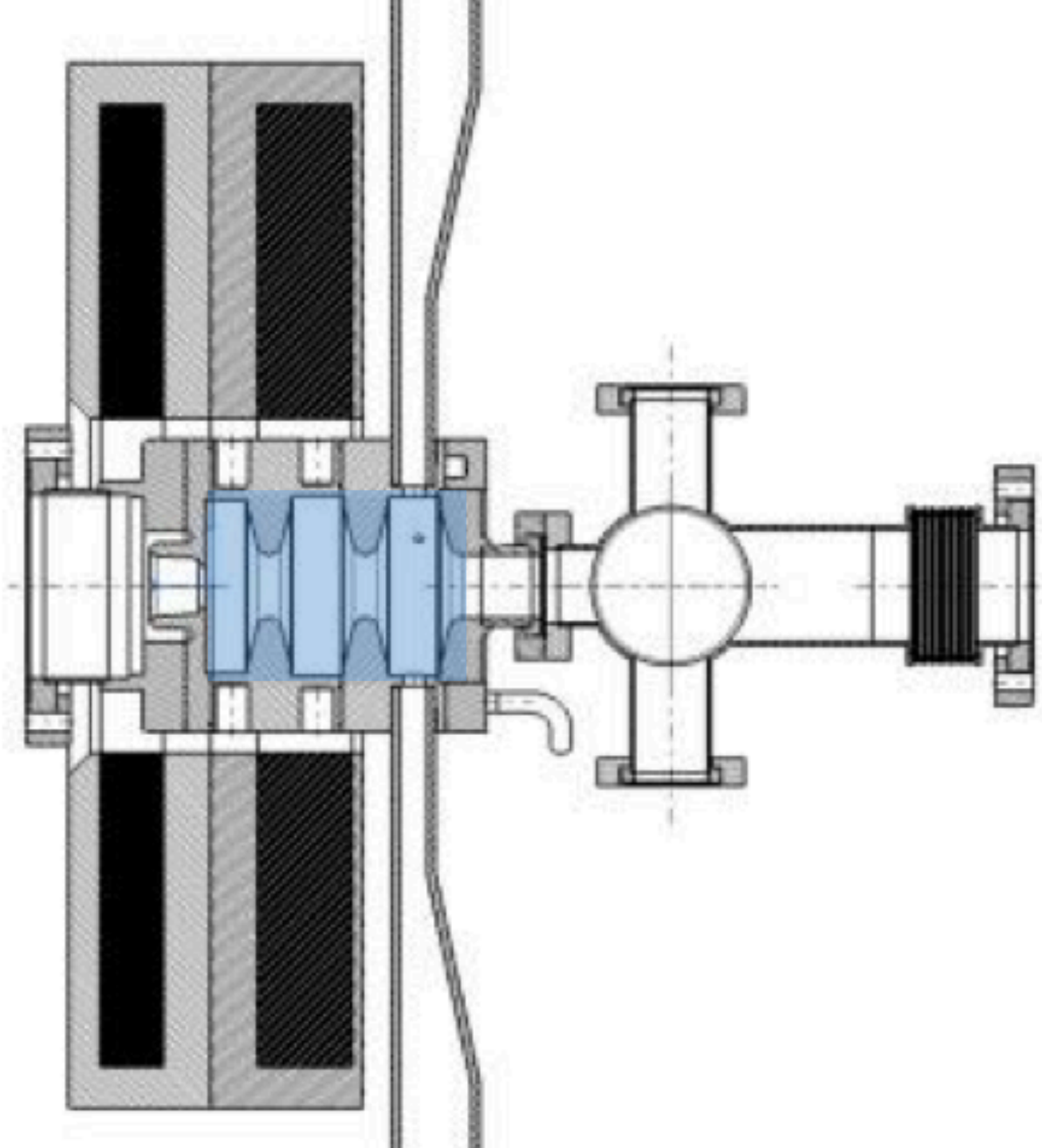


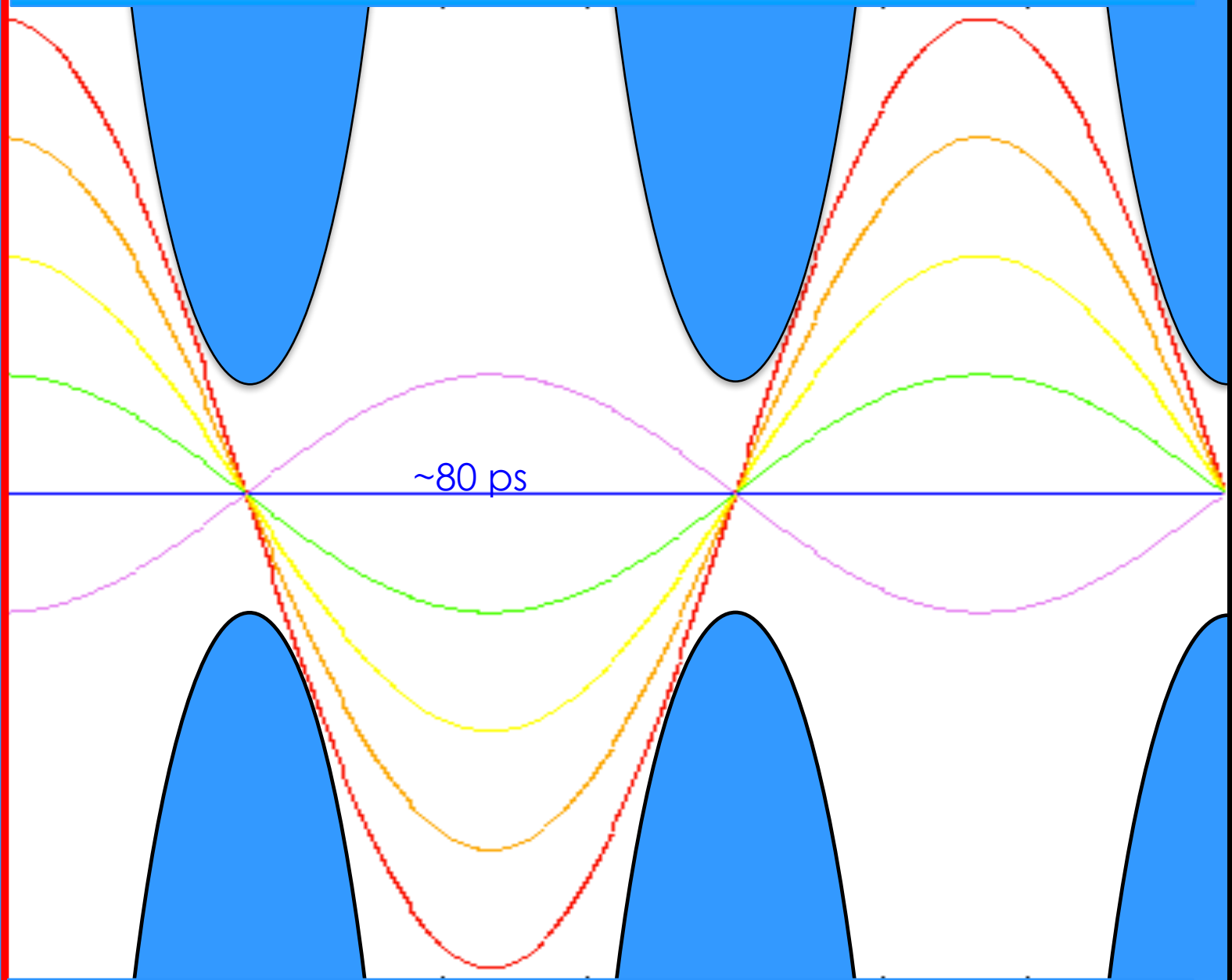
Modèle pour le paquet d'e⁻



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

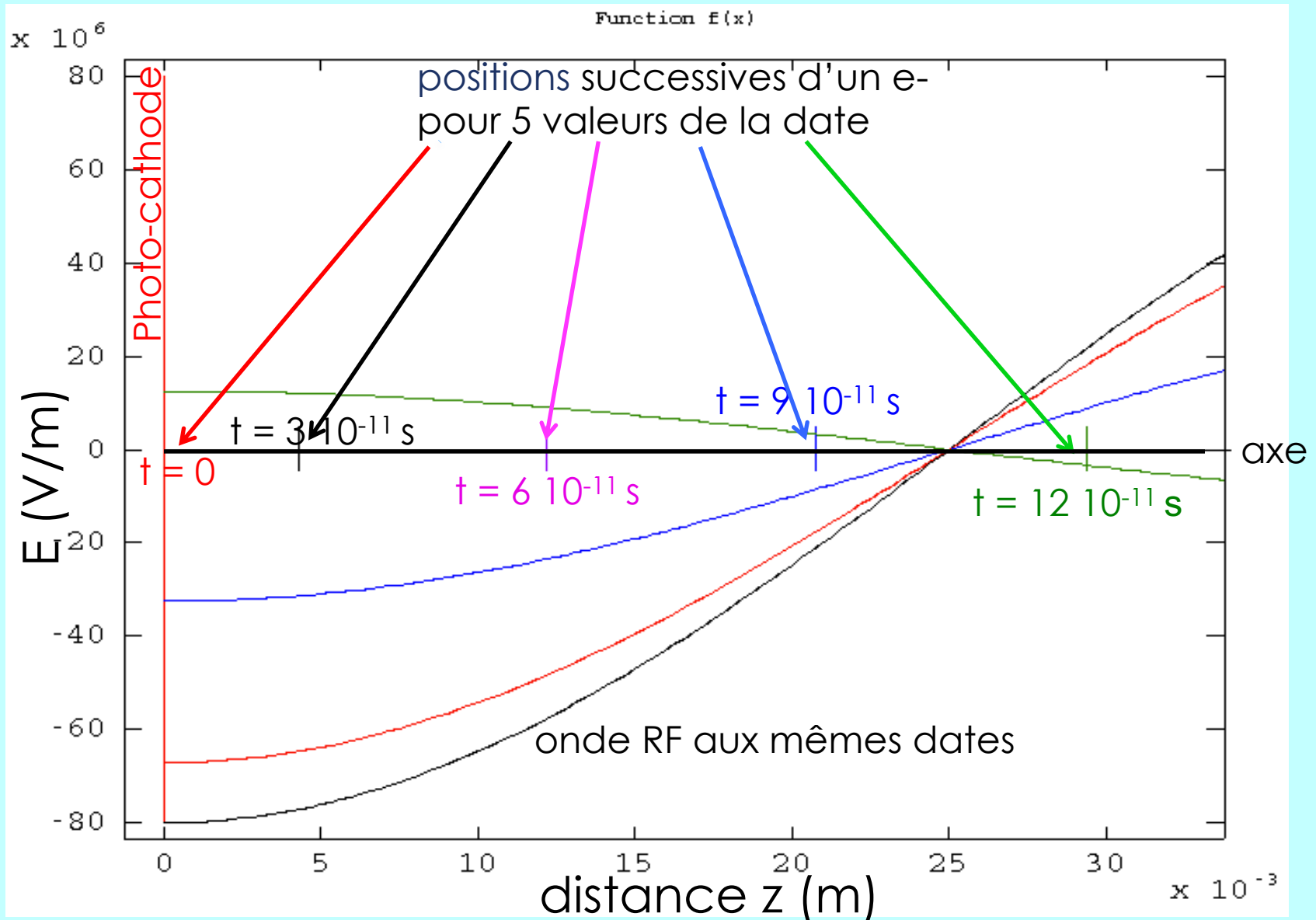




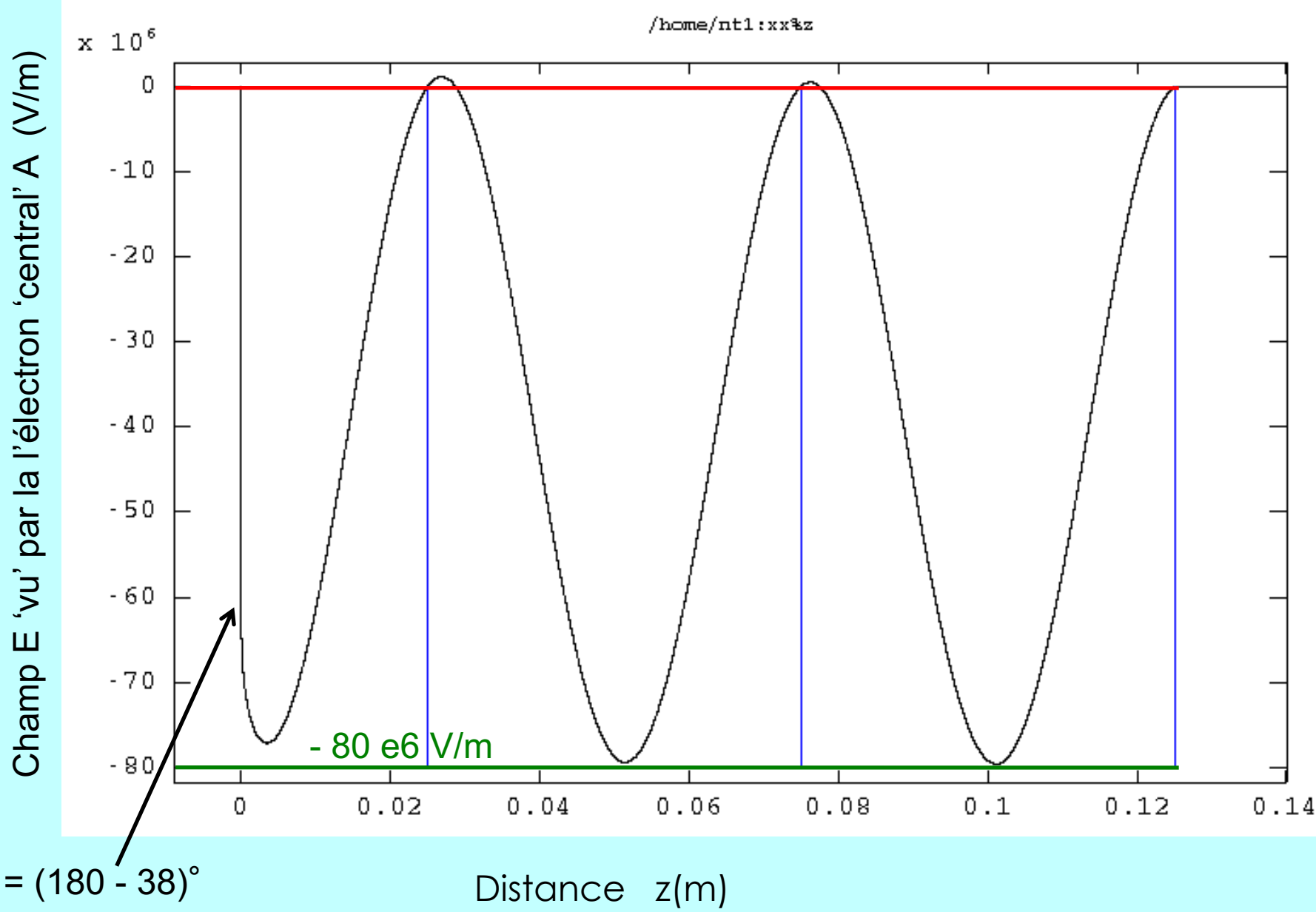


~80 ps

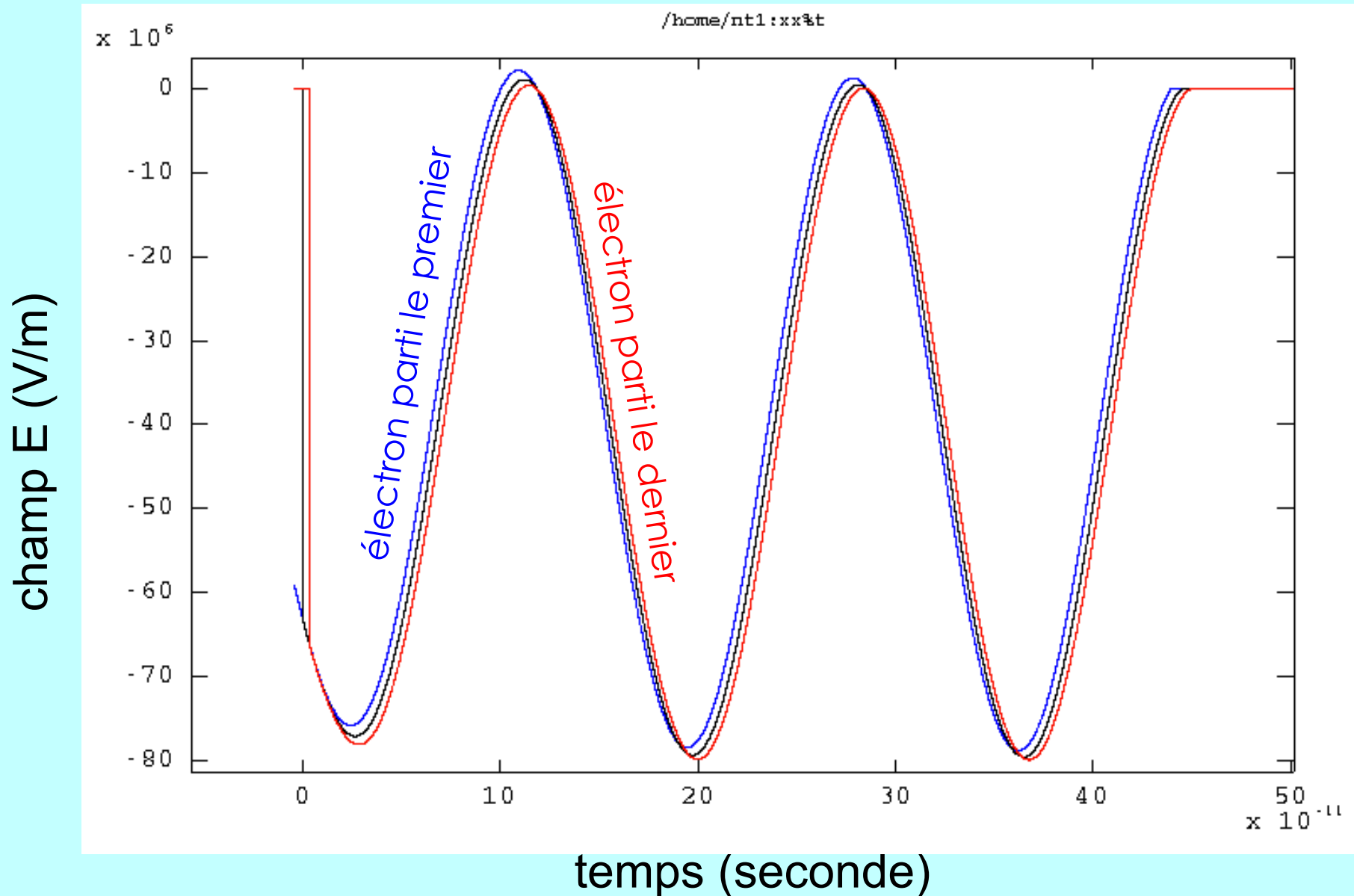
Synchronisation laser-RF



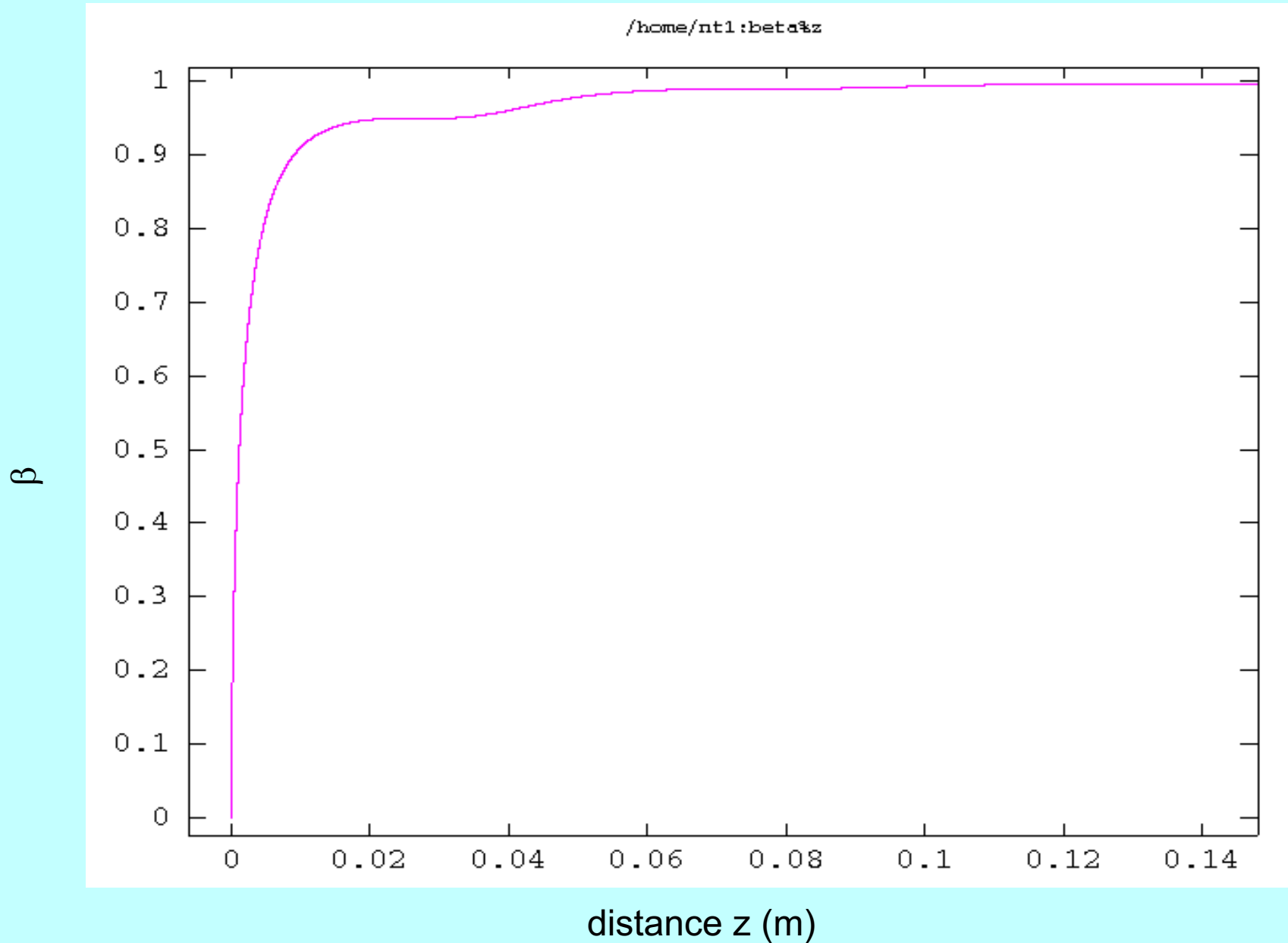
Champ RF vu par l'électron central pour $\Phi_0 = (180 - 38)^\circ$



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

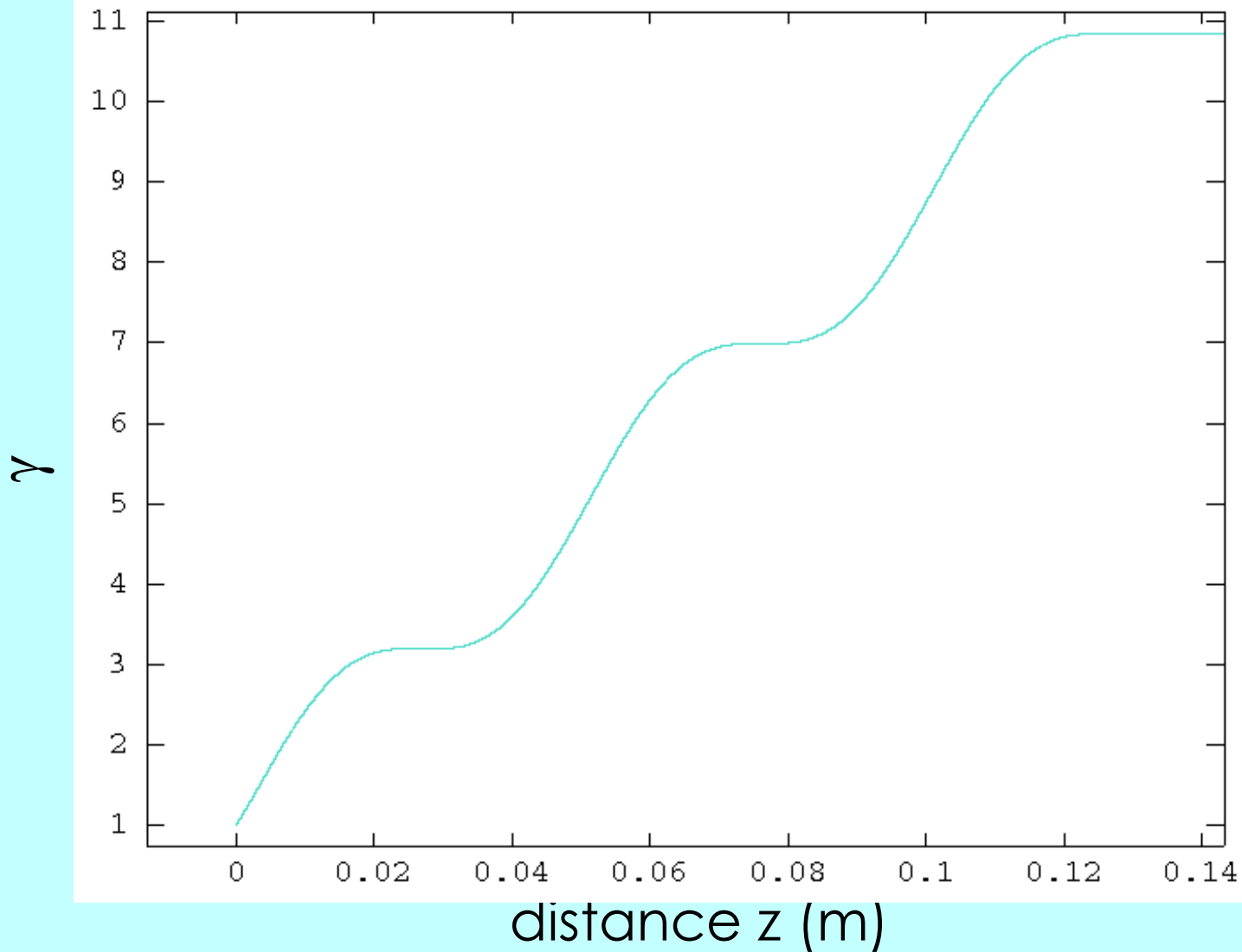


Paramètre relativiste β



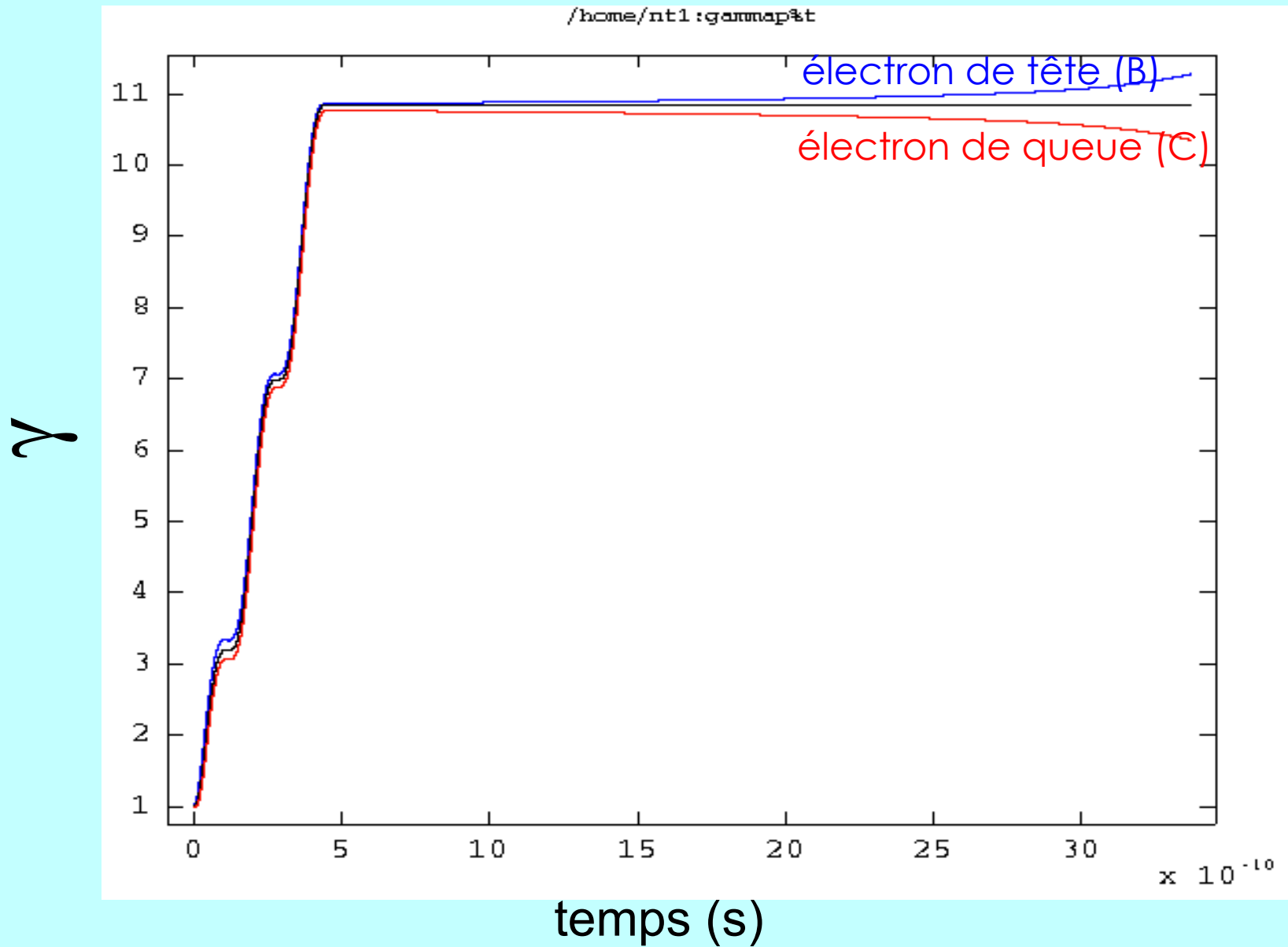
Paramètre relativiste γ

/home/ntl:gamma%z

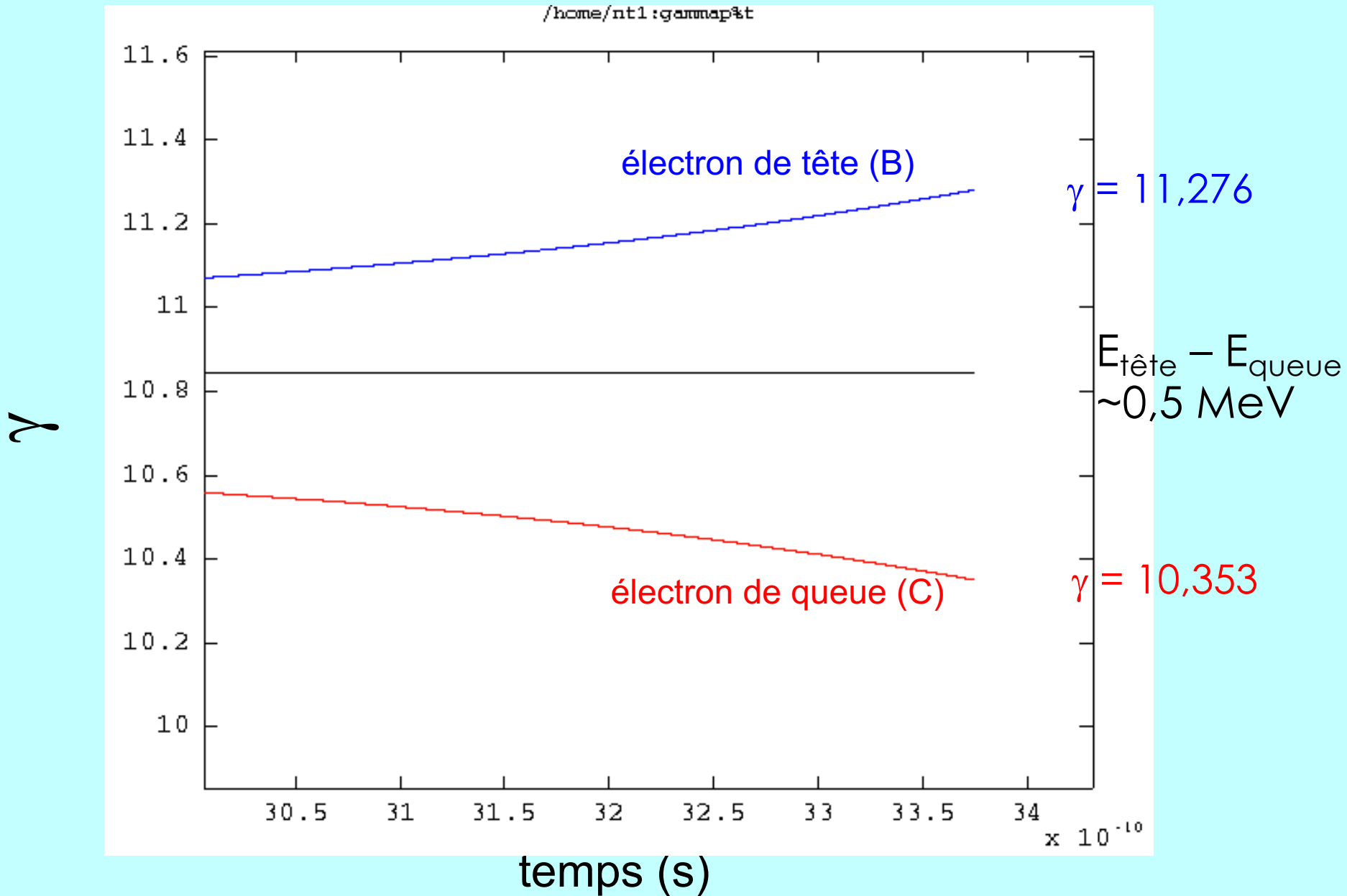


$\gamma_{\max} = 10,85$

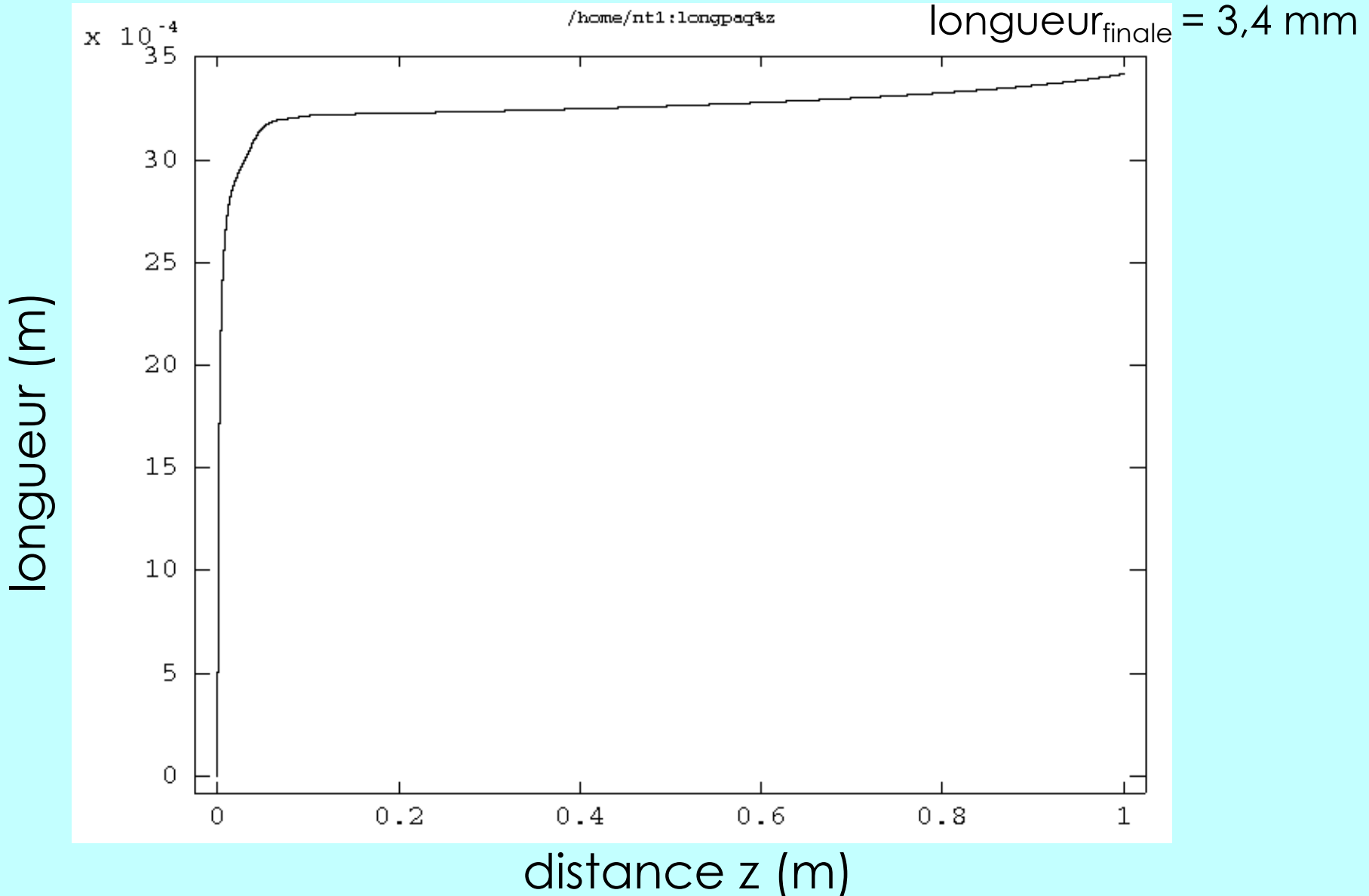
Dispersion en énergie (1)



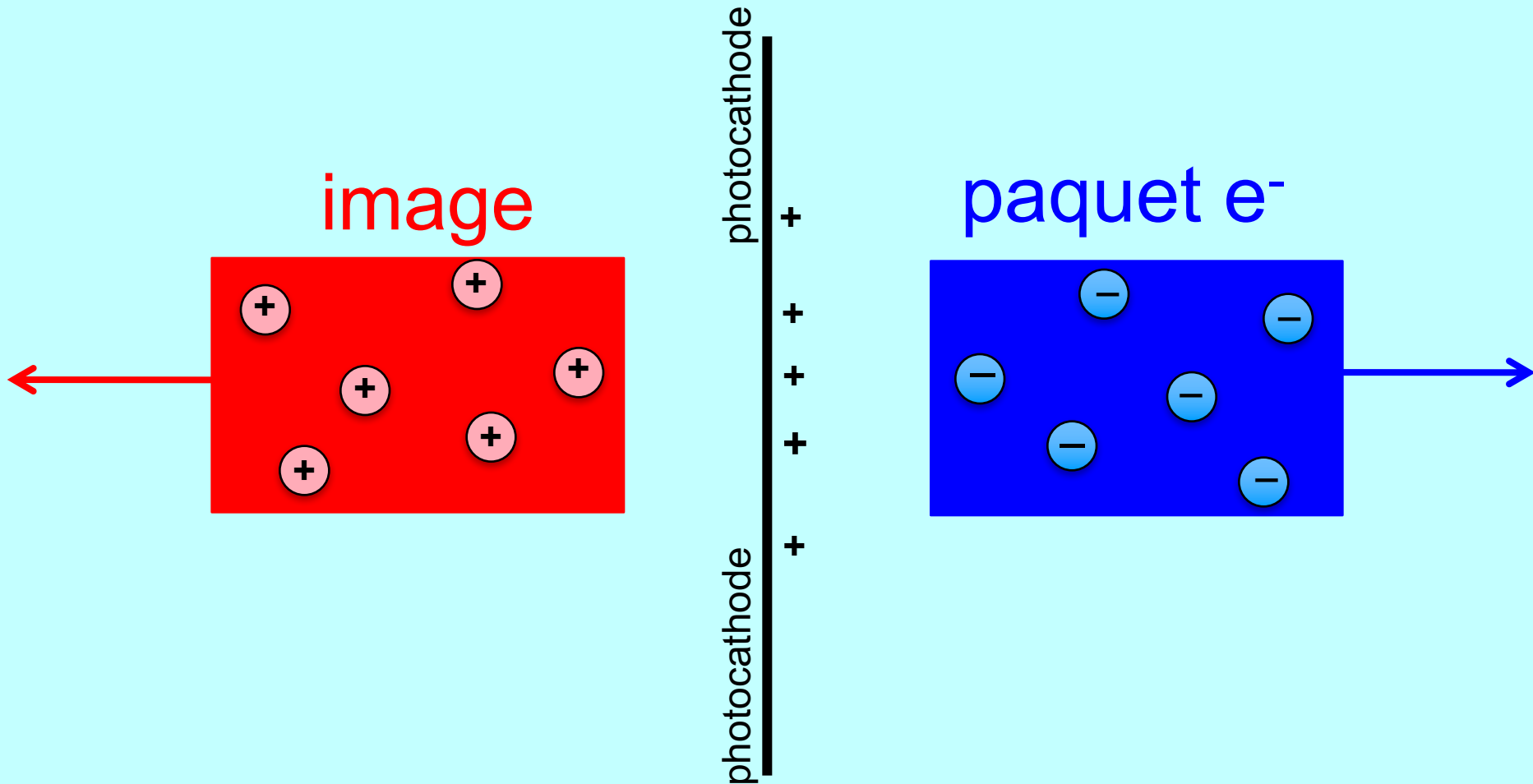
Dispersion en énergie (2)



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



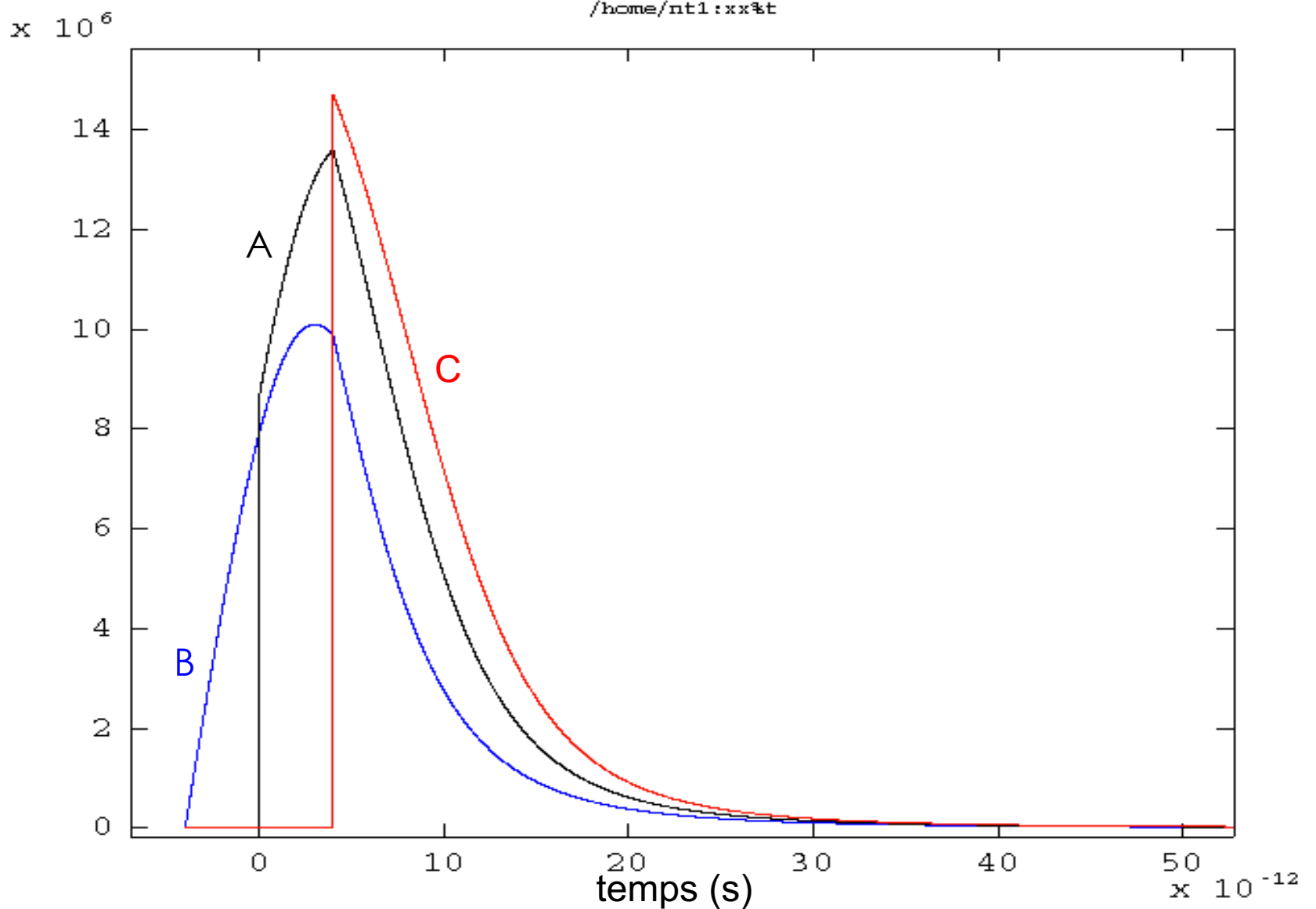
La charge image



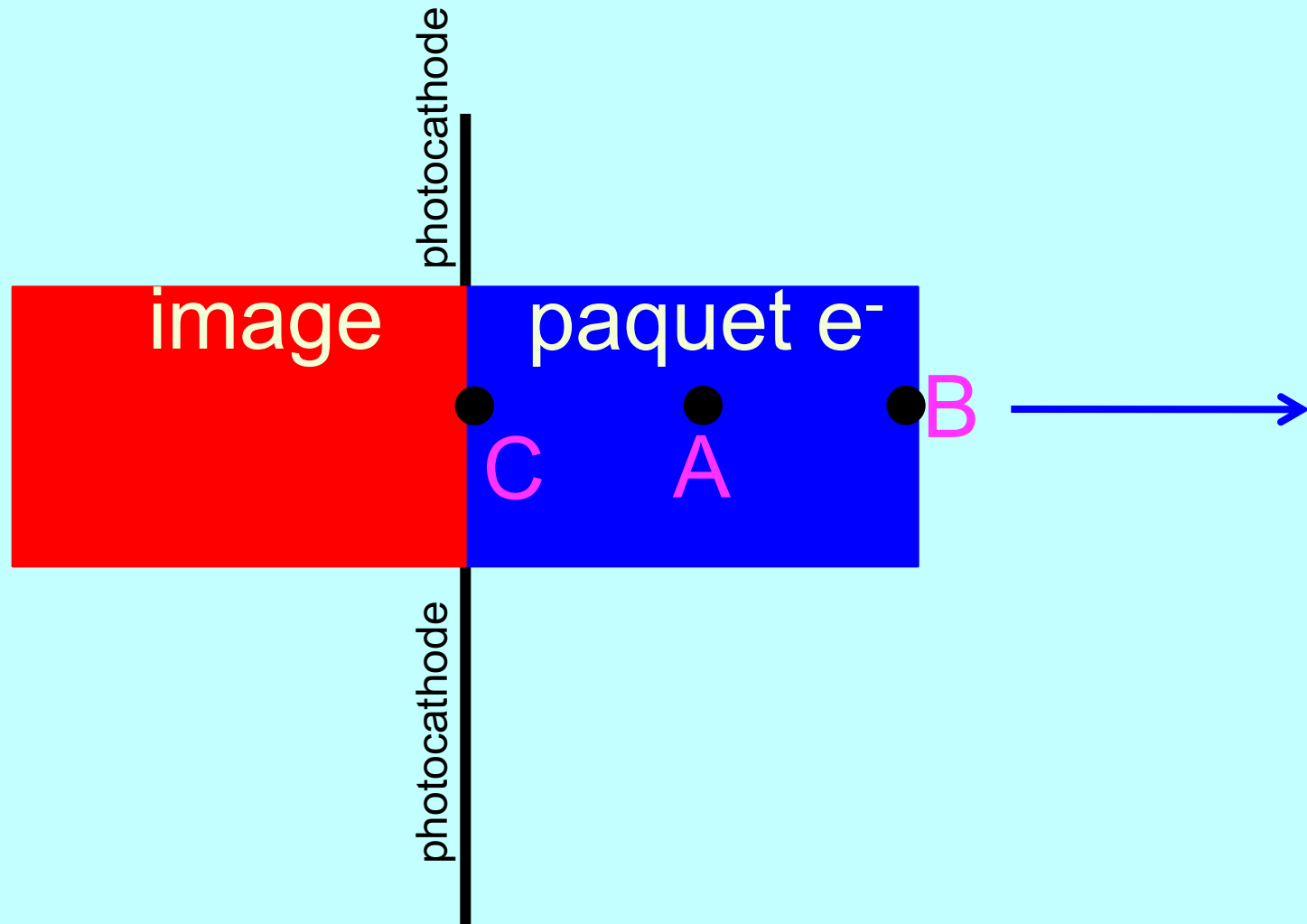
NB. L'électron A a une vitesse $c/2$ au bout de 17 ps (parcours : 1,2 mm)

Effet de la charge image sur la photocathode (cas d'une photocathode en Cu)

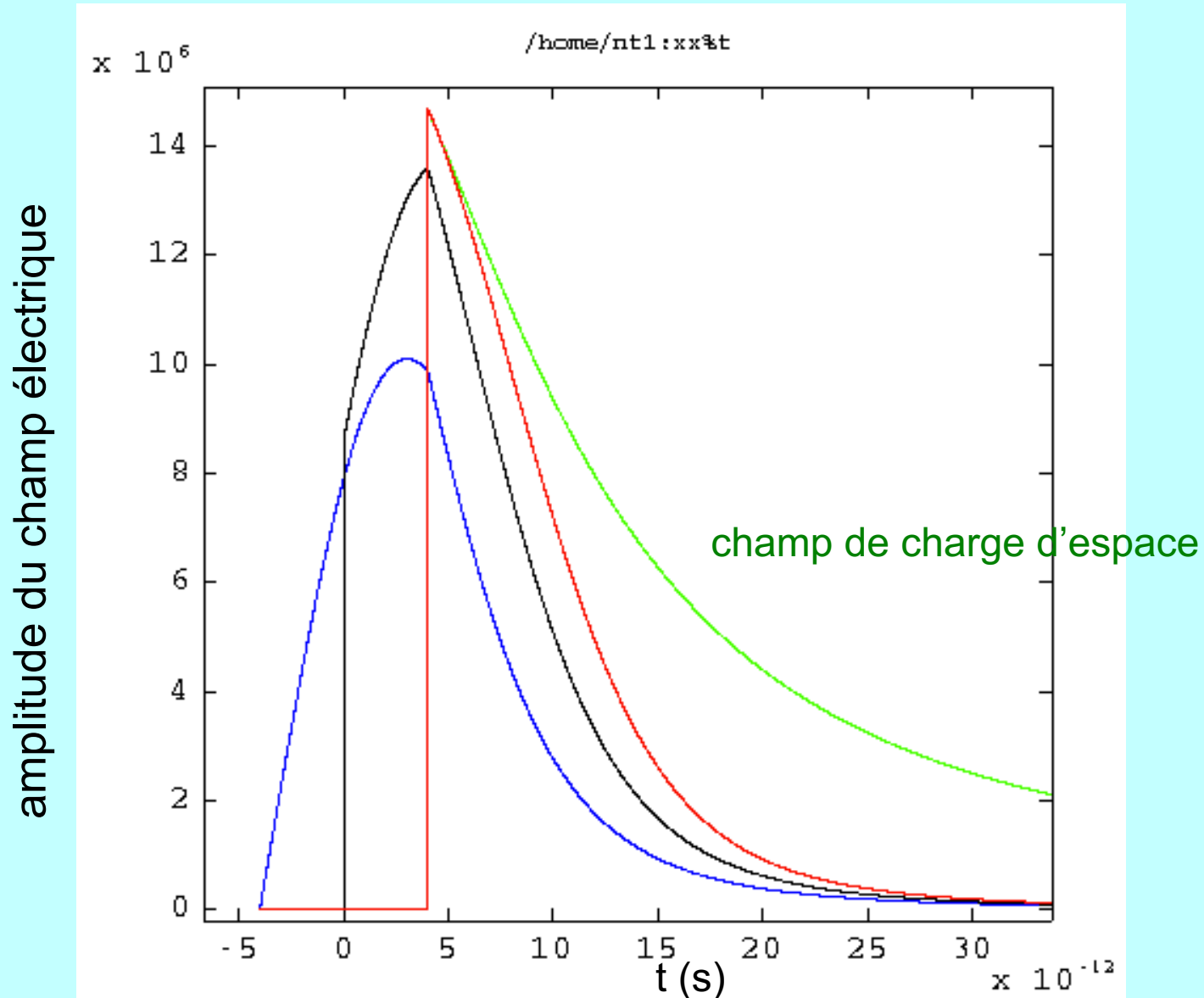
Champ électrique vu par les électrons A, B, C (V/m)



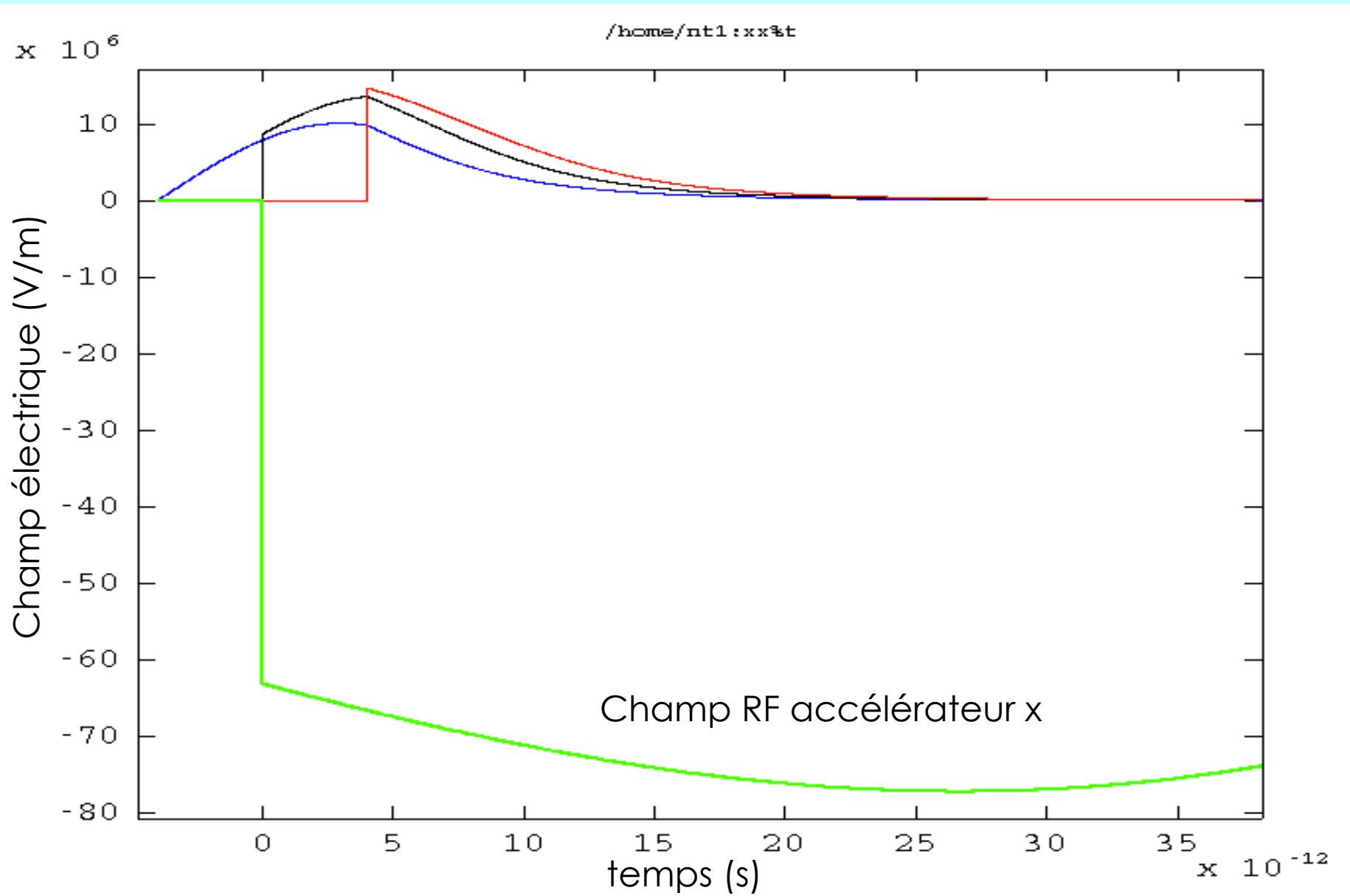
Une vérification



Comparaison du champ de charge d'espace et du champ dû à l' 'image' sur la cathode

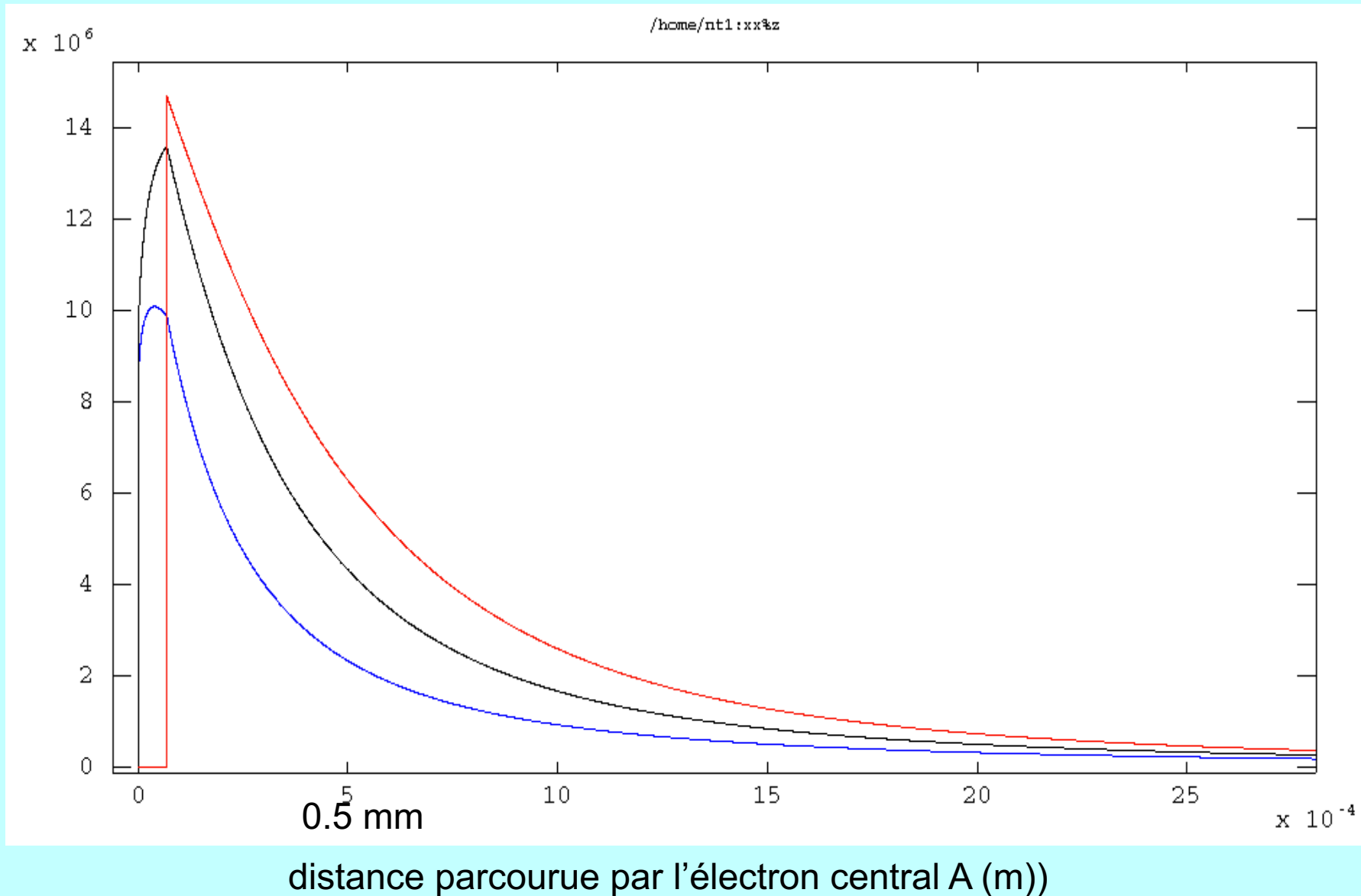


Comparaison du champ électrique dû à l'image dans la photocathode au champ RF accélérateur

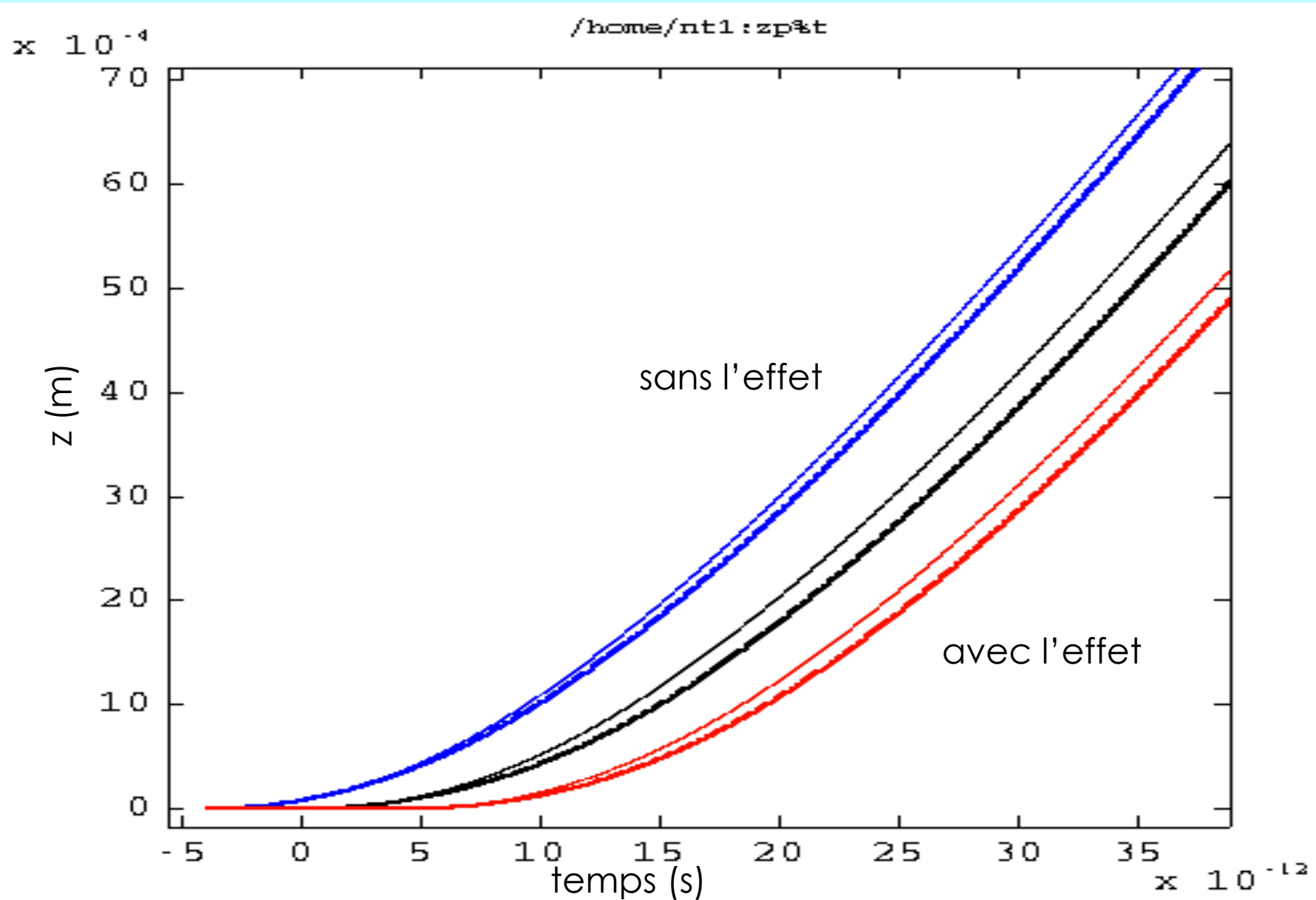


Effet de la charge image sur la photocathode (cas d'une photocathode en Cu)

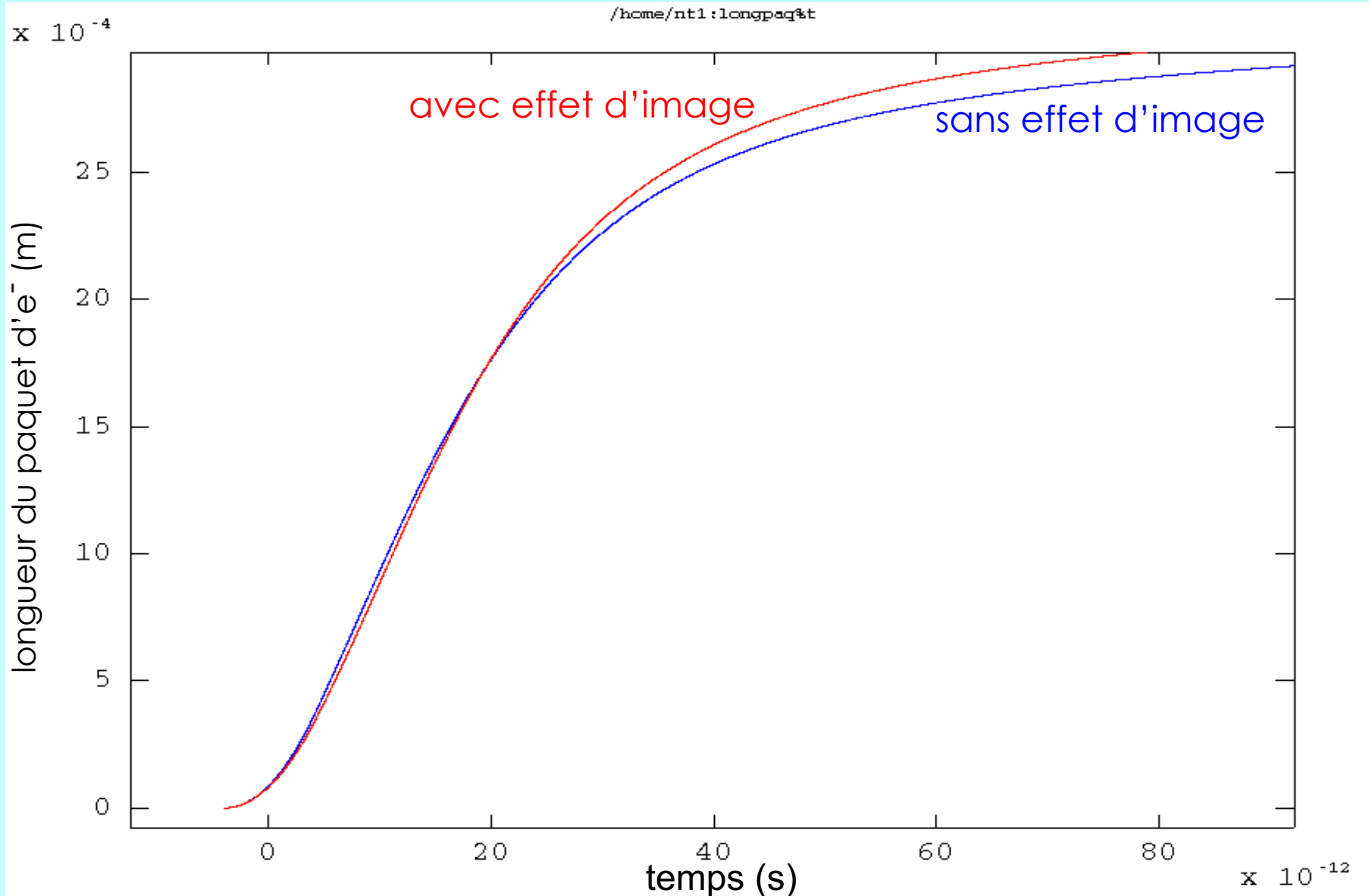
Champ électrique vu par les électrons A, B, C (V/m)



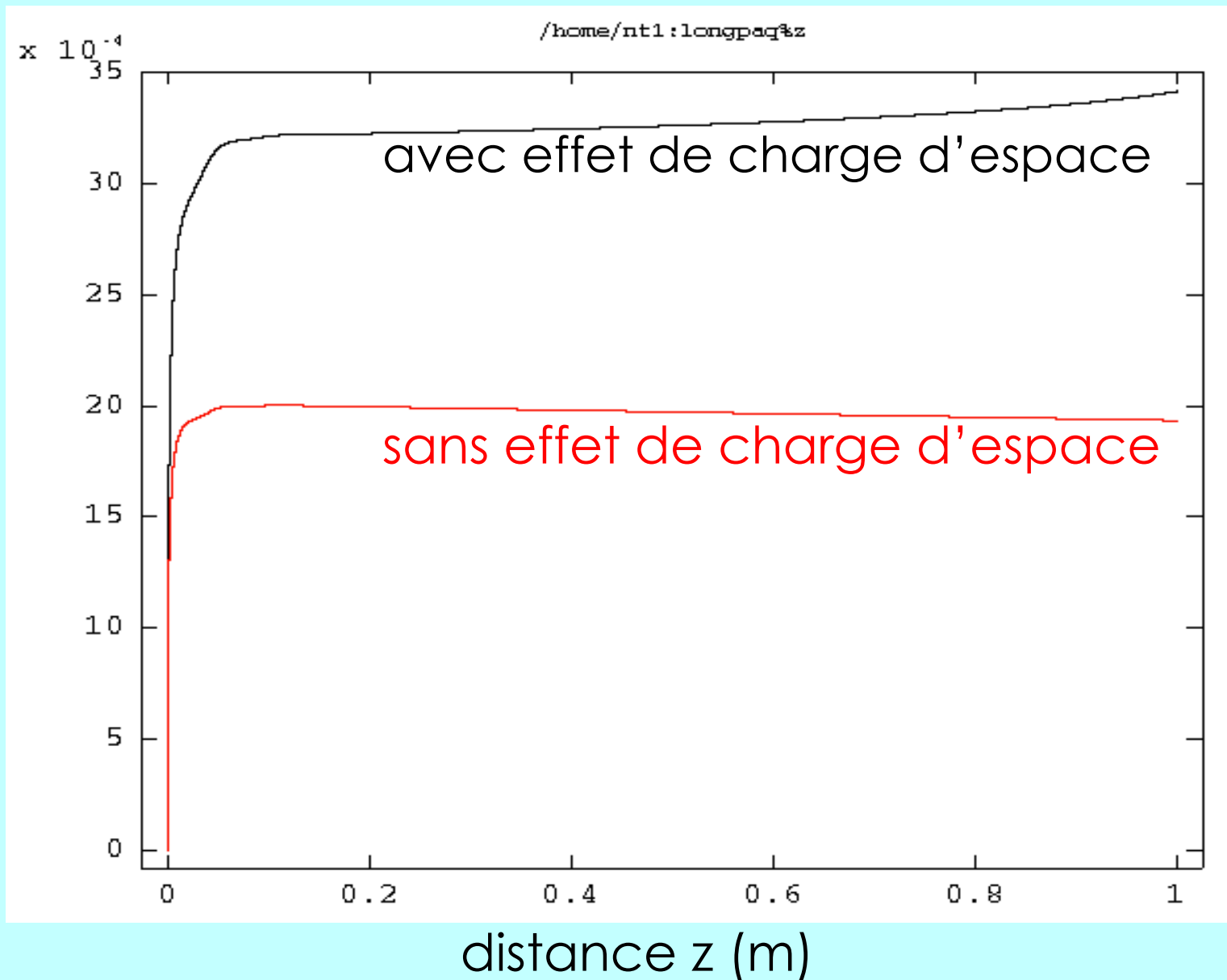
Effet de la charge image sur le mouvement des électrons A, B et C



Effet de la charge image sur la longueur du paquet en fonction du temps

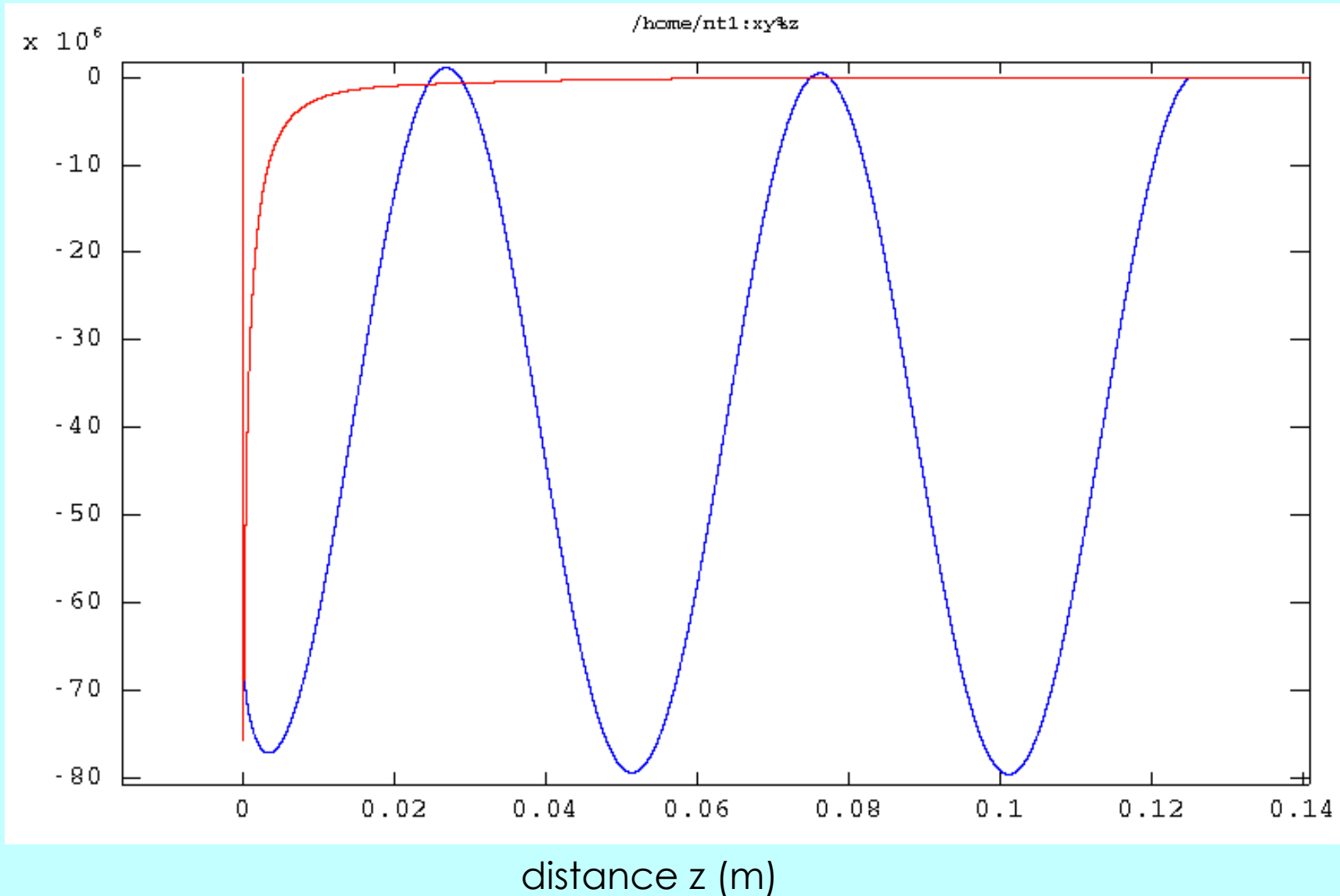


Longueur totale ($\sim 2 \sigma_z$) du paquet : effet de la charge d'espace



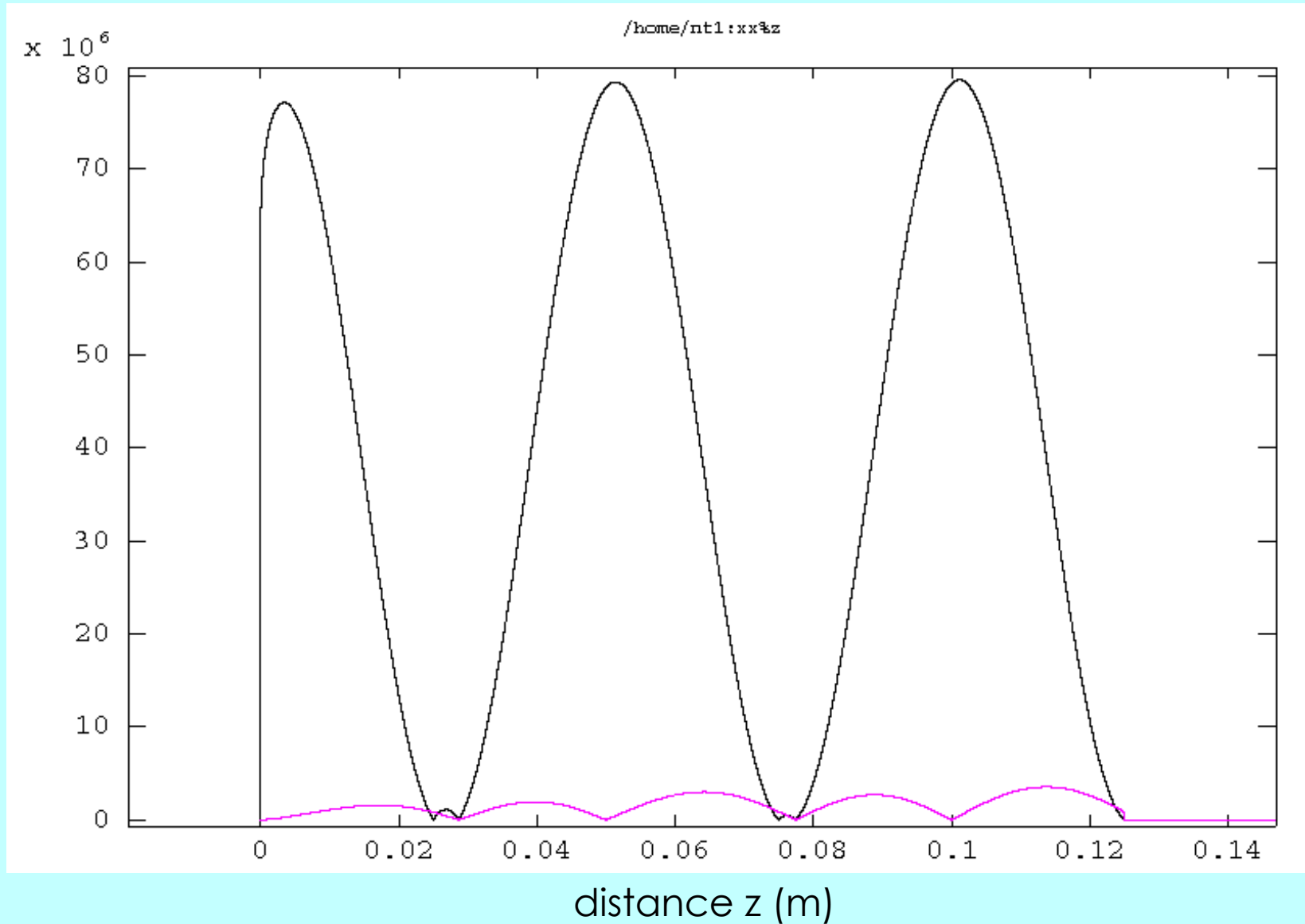
Champ *transverse* de charge d'espace **x5** agissant sur l'électron 'périphérique' D

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

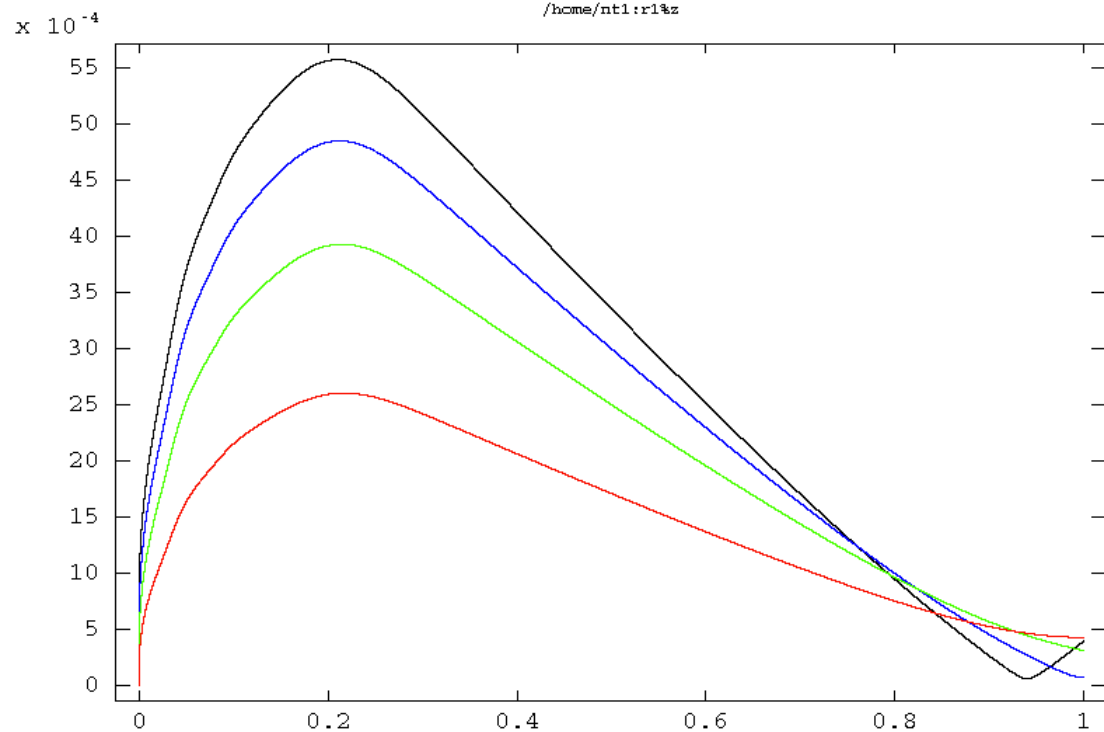


Champ électrique $E_{r\text{ RF}}$ radial (1)

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

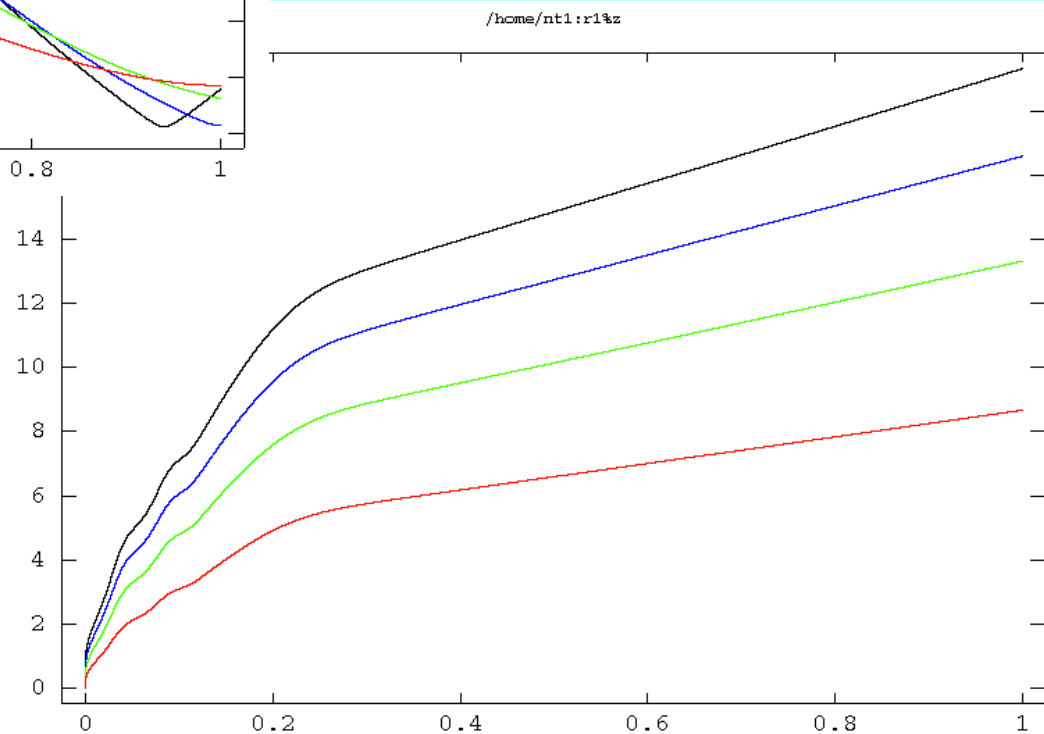


Champ électrique E_r RF radial (2)

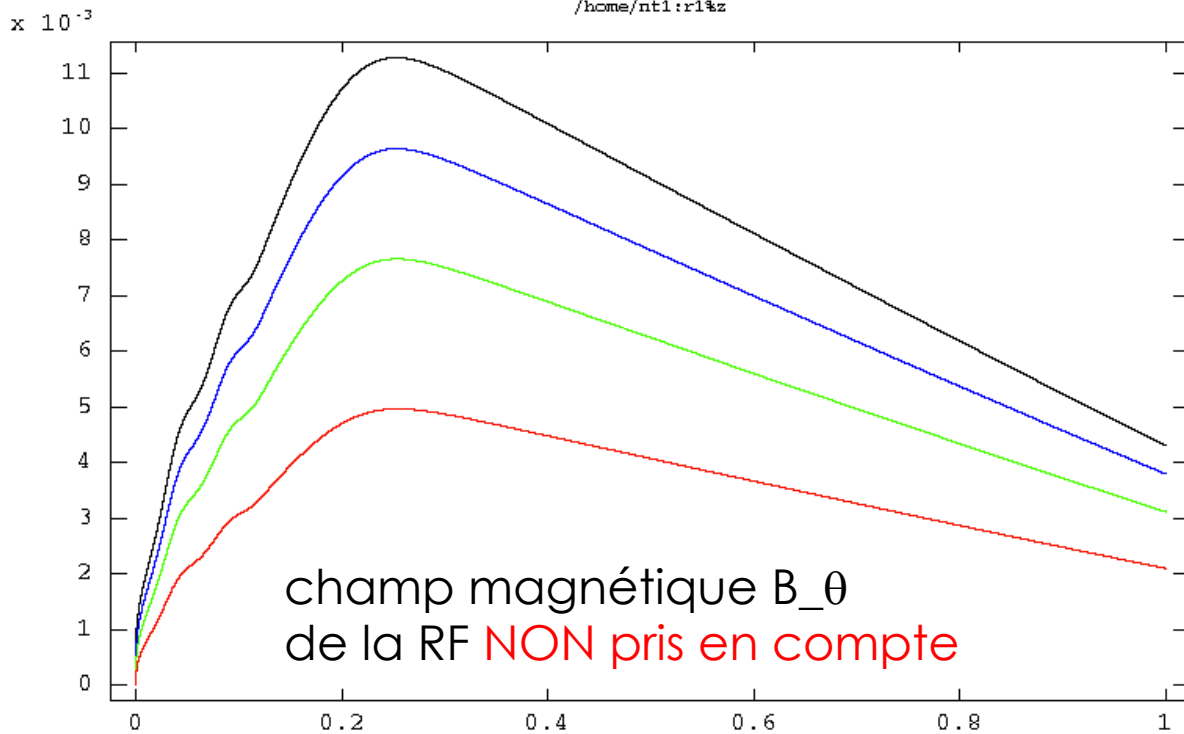


trajectoires **en absence** des
champs RF transverses
($B = 0.617 * B(\text{diapo}\#7)$)

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

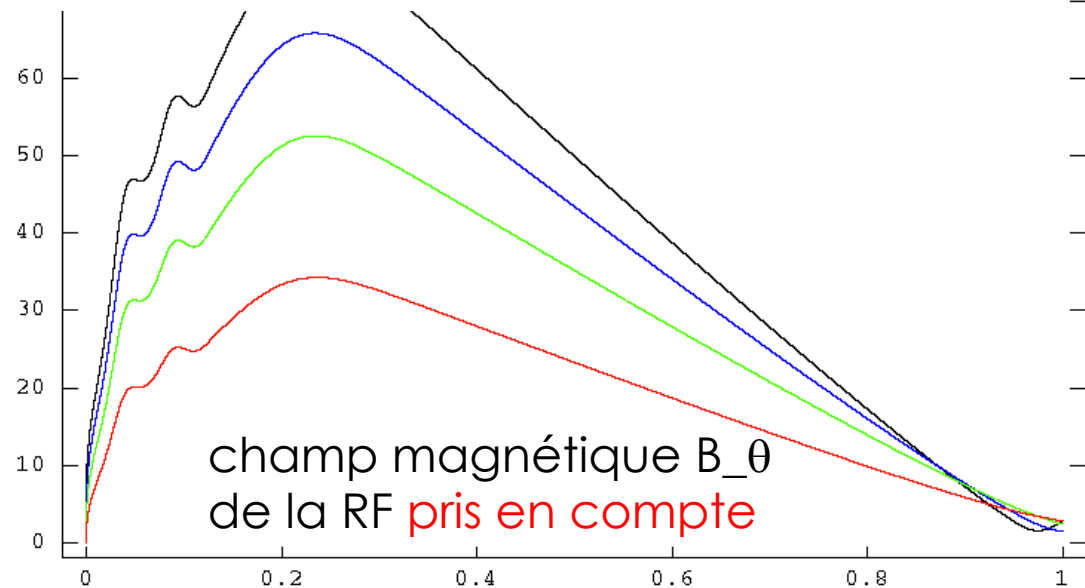


Champ magnétique RF $B_{\theta RF}$



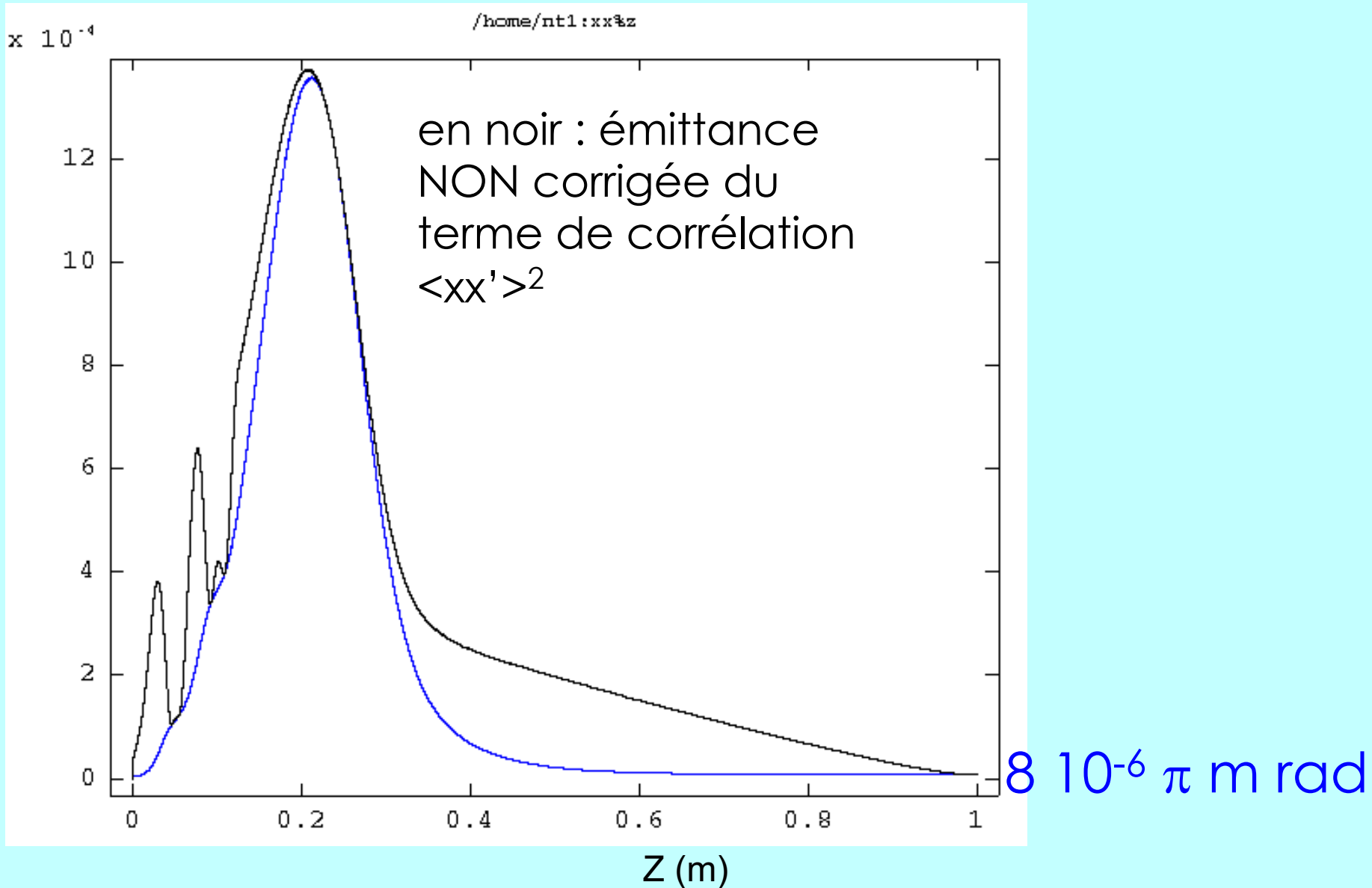
Trajectoires des e^-
D, E, F et G :
distance à l'axe
du photo-injecteur

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

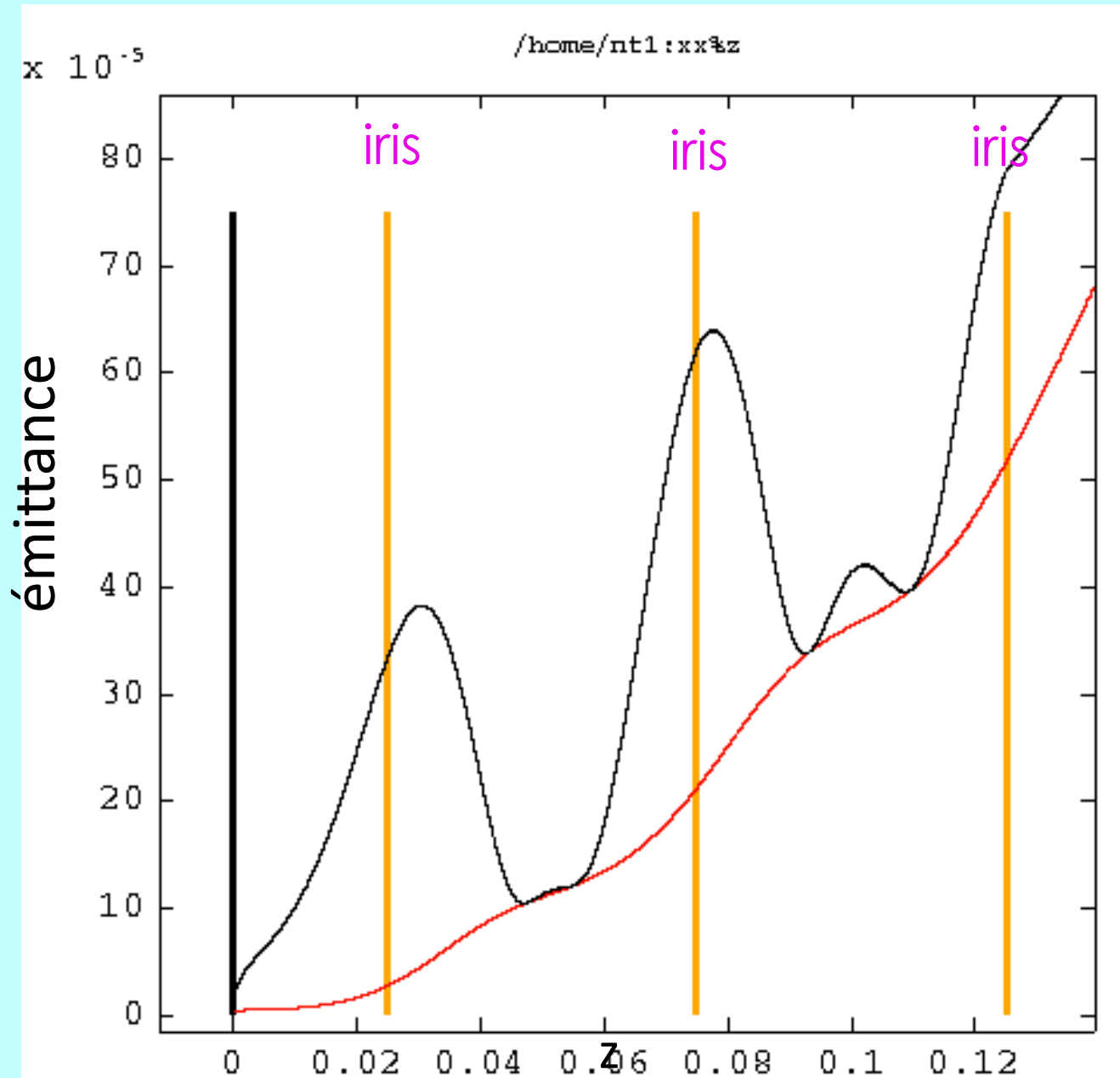


Emittance transverse

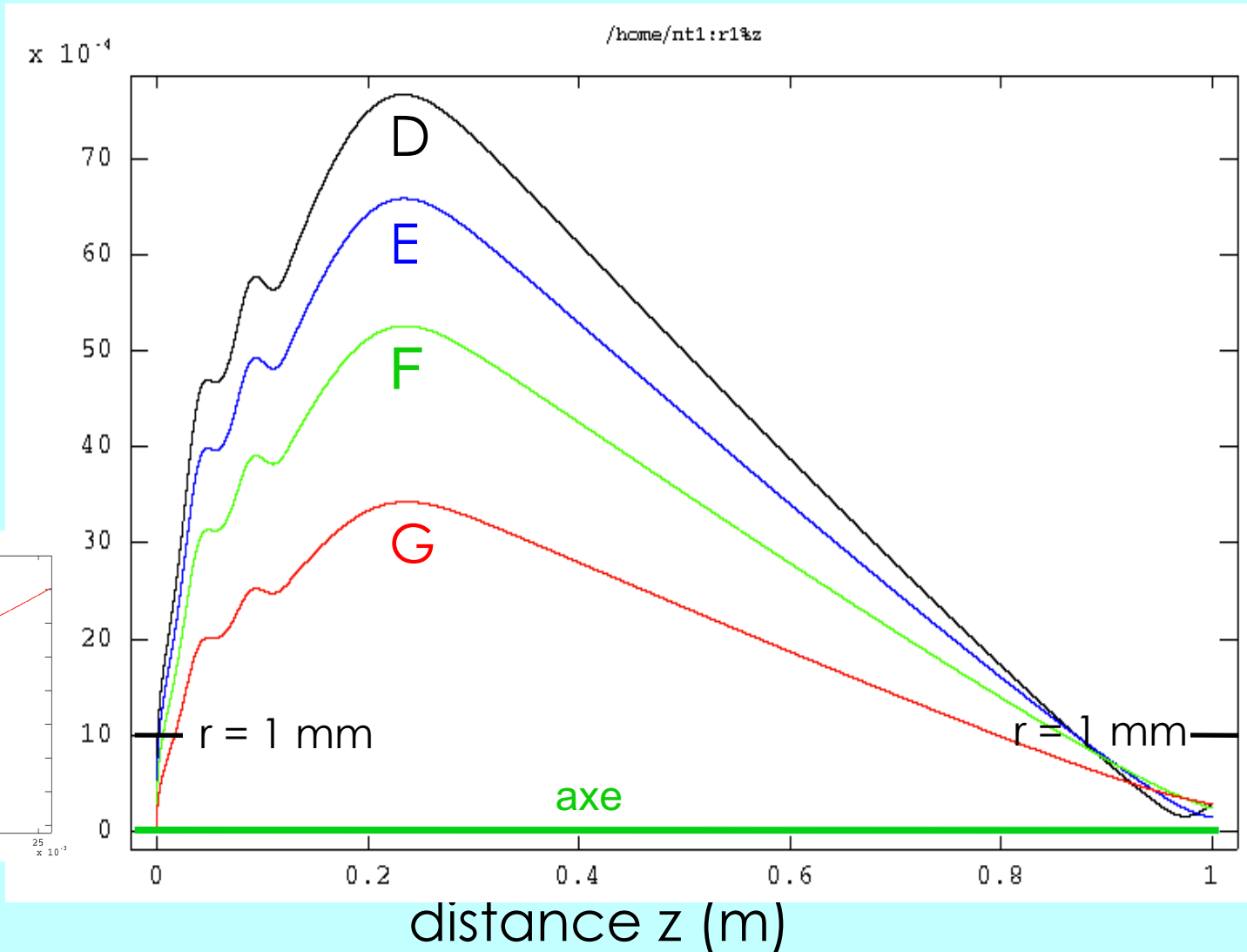
$$\varepsilon = \sqrt{(\langle x^2 \rangle \langle x'^2 \rangle - \langle x x' \rangle^2)}$$



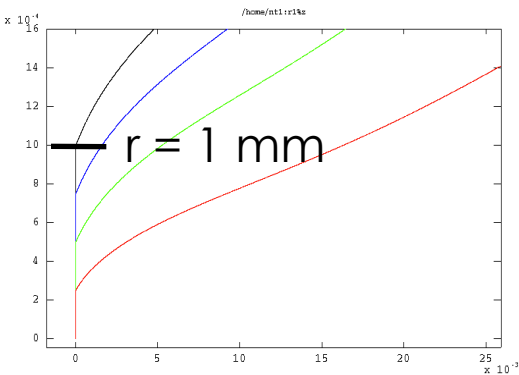
Zoom sur la figure de la diapo précédente



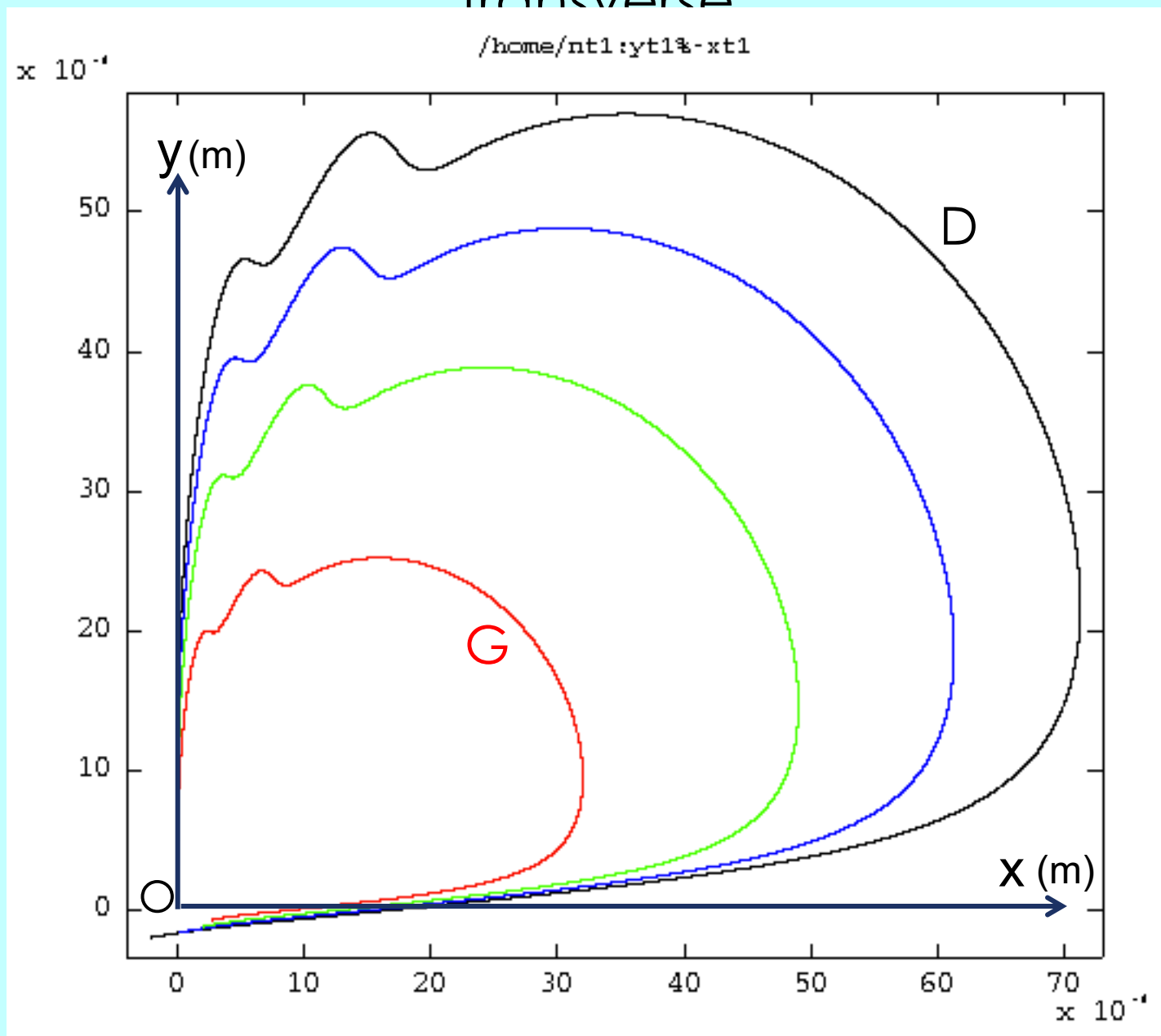
Trajectoires de D, E, F et G : distance à l'axe du photo-injecteur



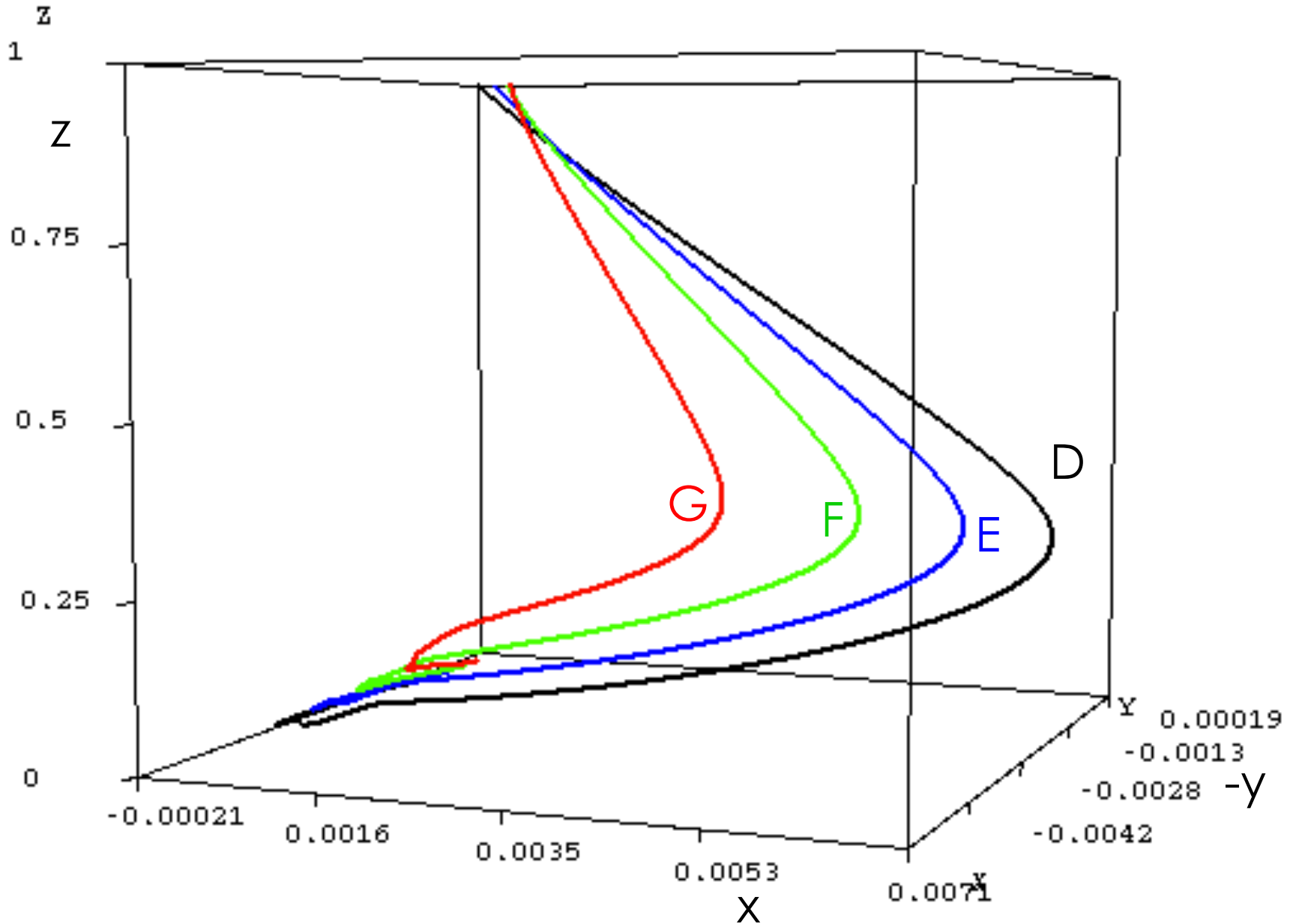
zoom



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

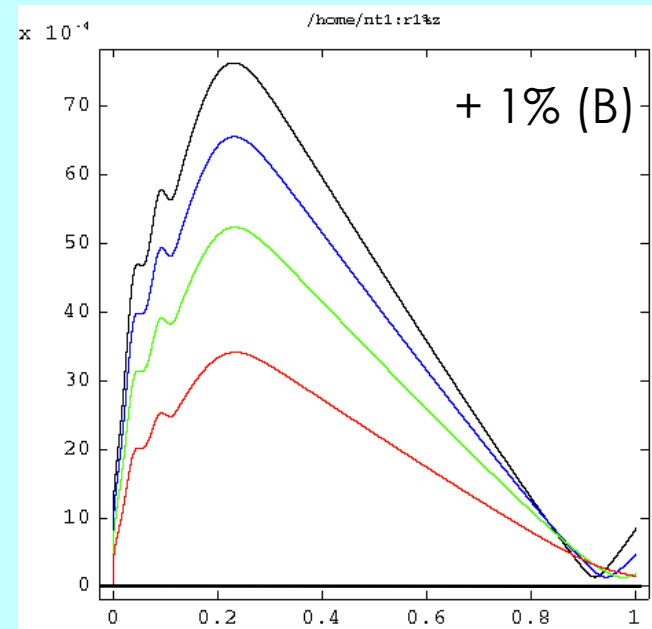
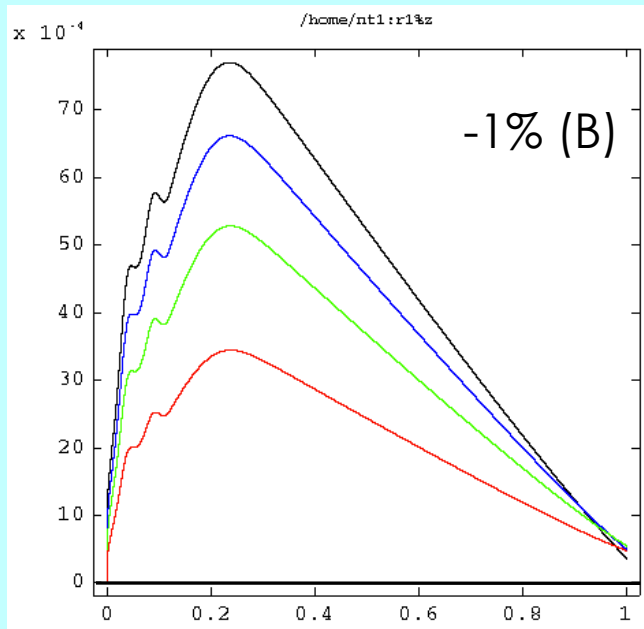
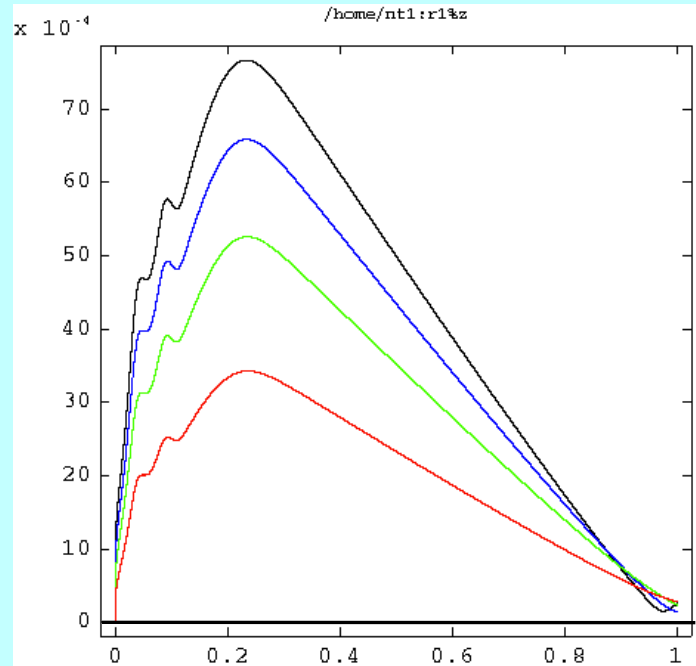


Trajectoires dans l'espace des e^- D,E,F et G



Réglage de la focalisation

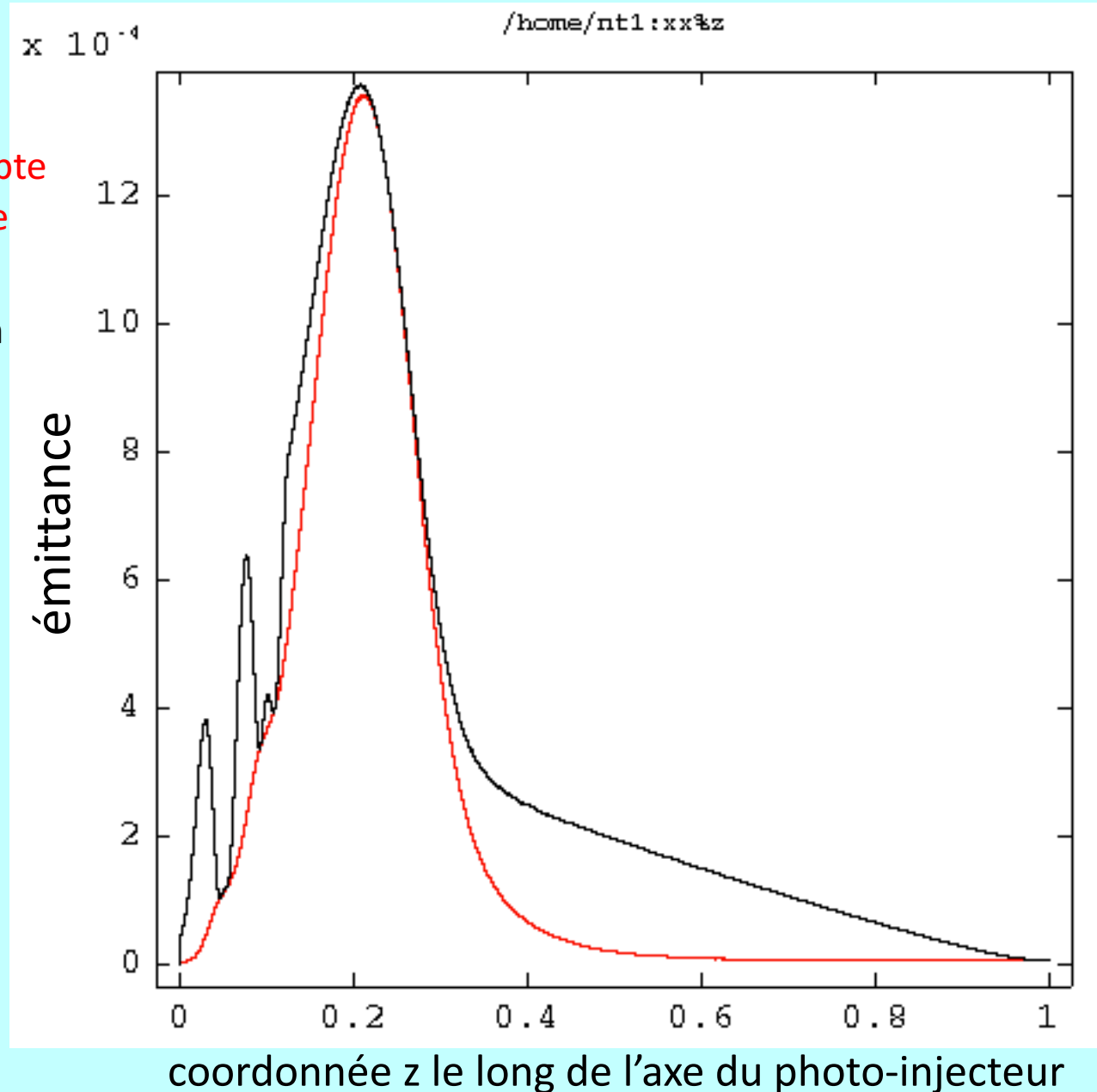
$B_{\text{diapo } 7} \times 0.755$



Emittance du paquet d'e⁻ versus z

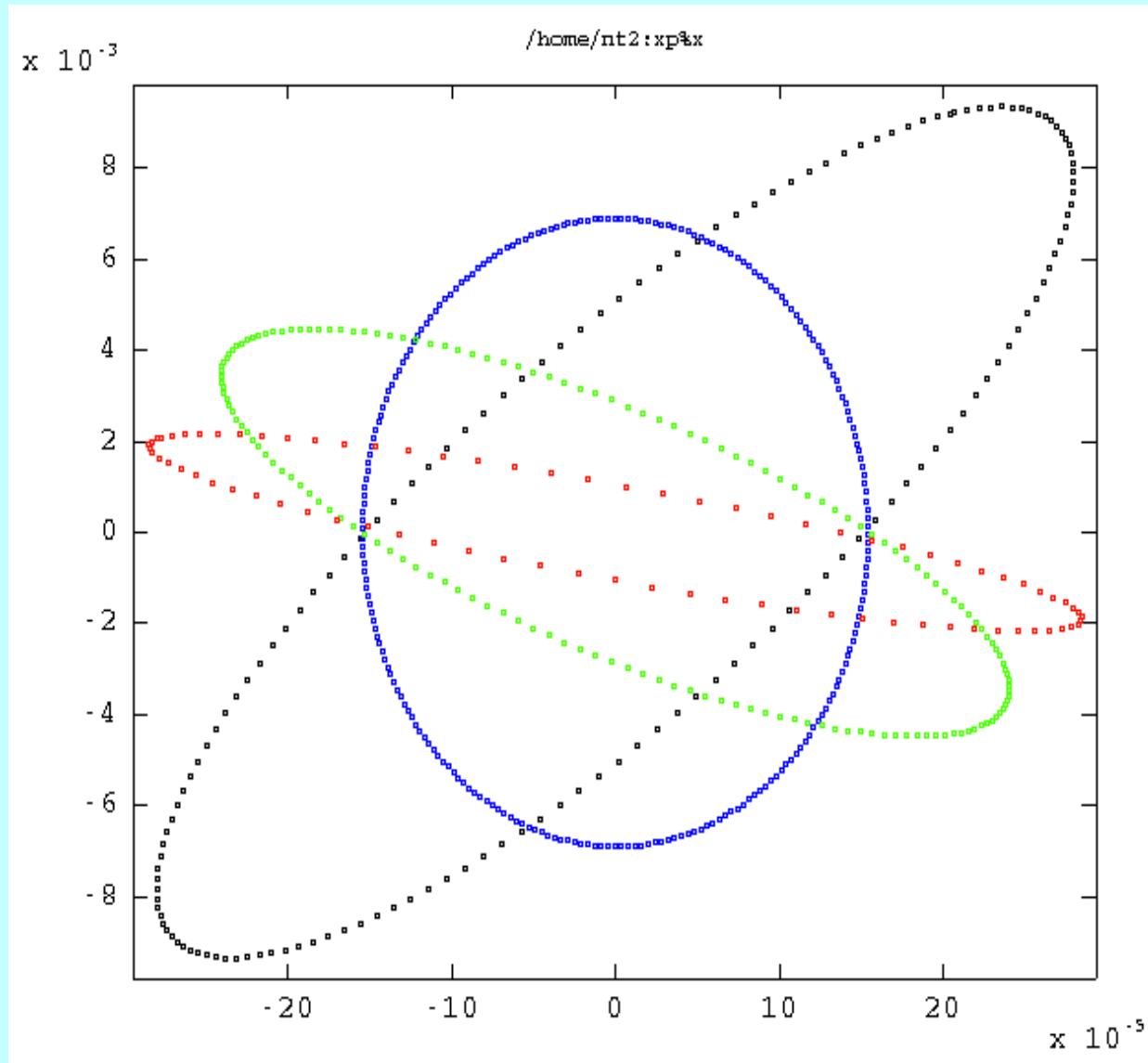
courbe rouge : terme de
corrélacion x x' pris en compte
dans le calcul de l'émittance

courbe noire : terme de
corrélacion x x' NON pris en
compte



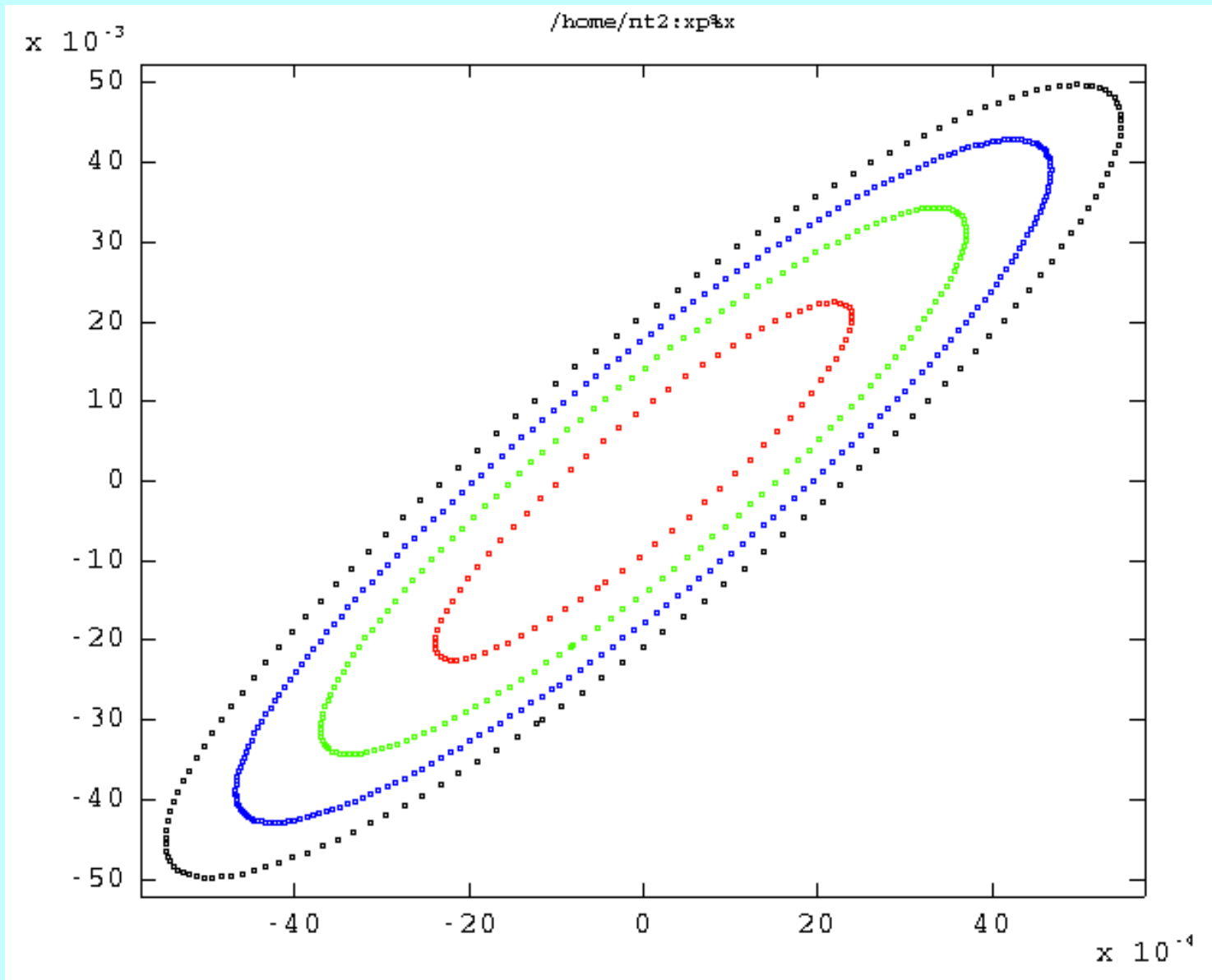
Corrélations en sortie du photo-injecteur

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 10⁻⁴

/home/nt1:xxkz

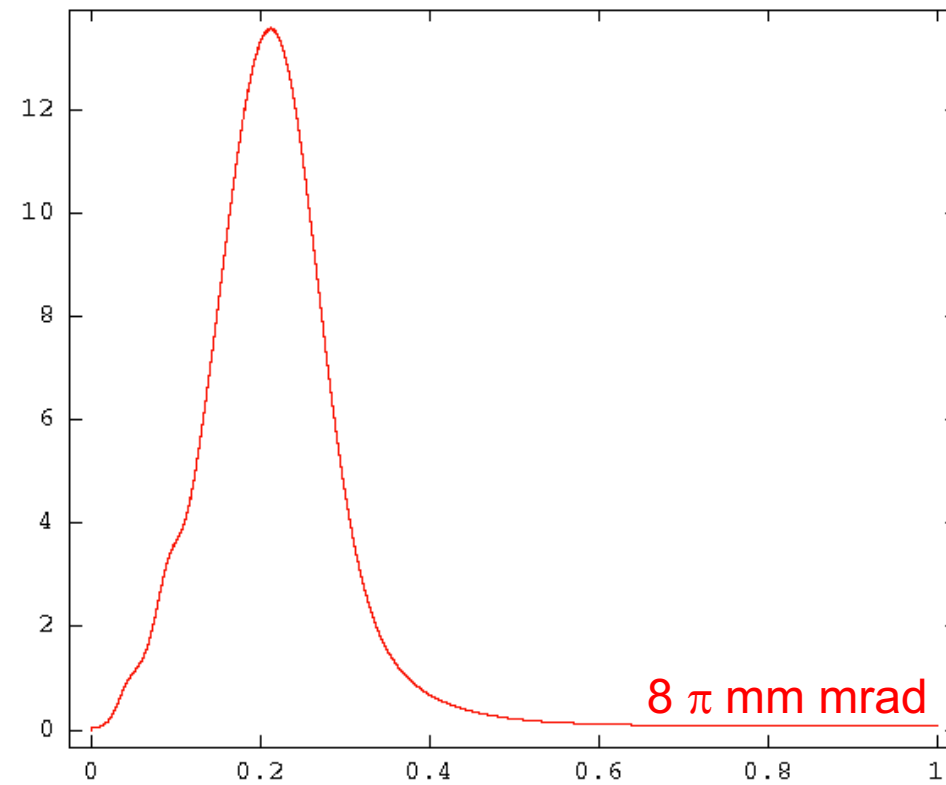
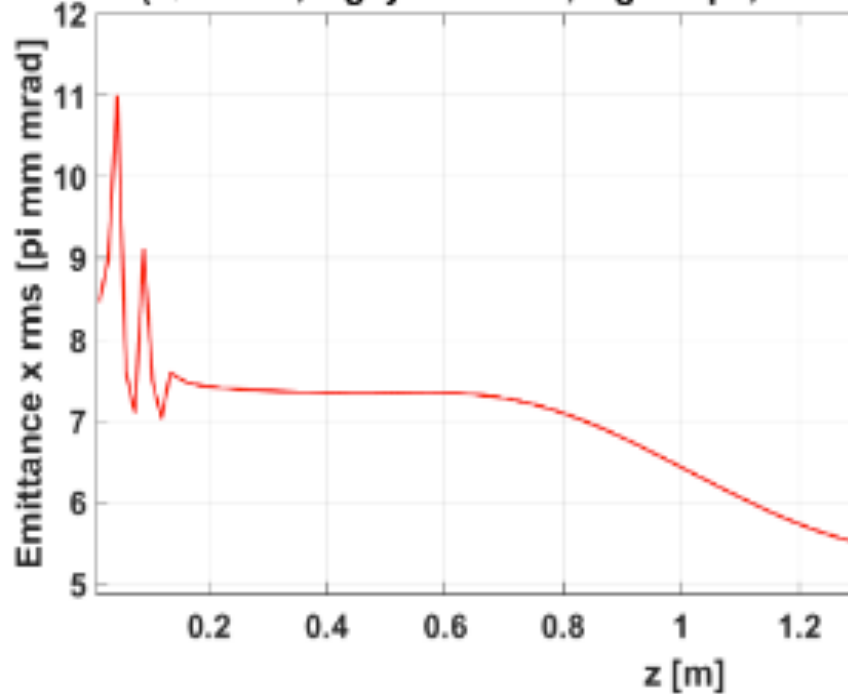


Figure 3: ϵ_{xy} evolution along the RF g

Z (m)

FIN