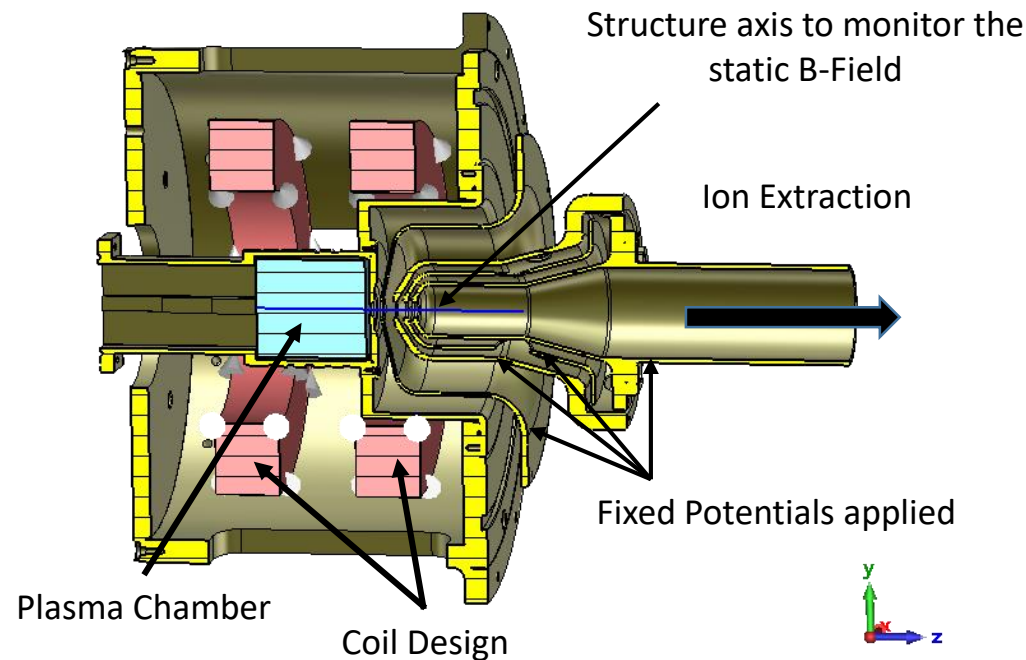


Simulation d'une source d'ions légers

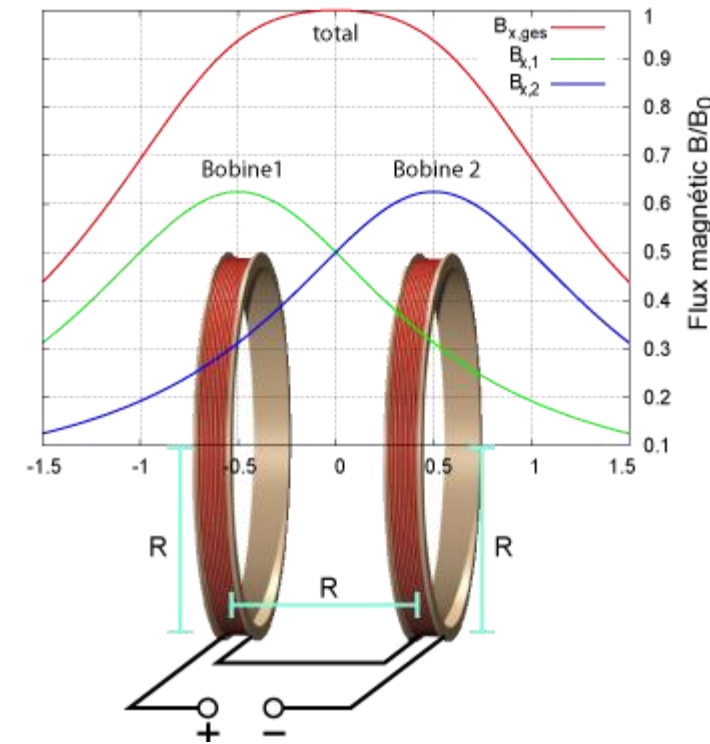
G. Ferrand



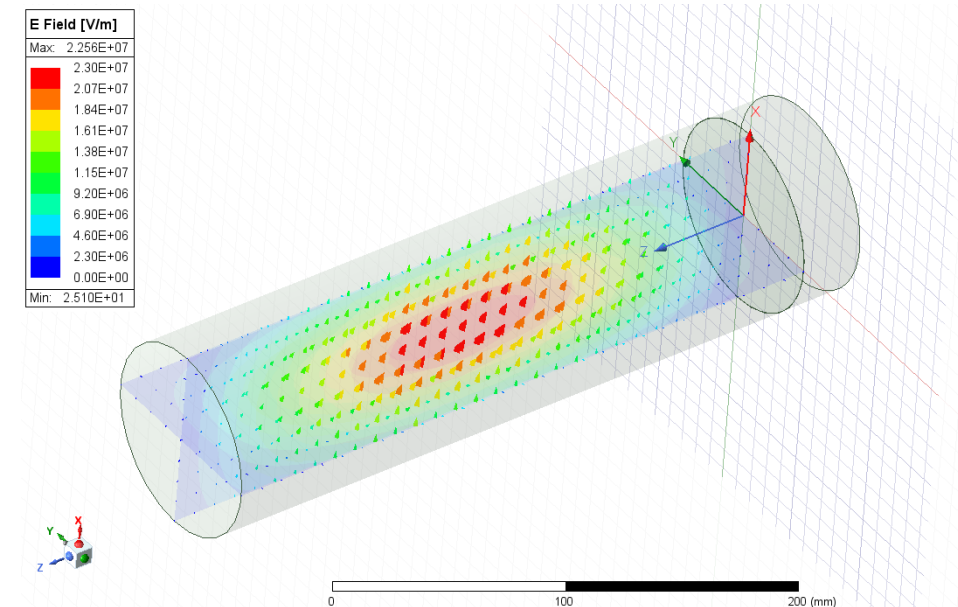
- Source d'ion type ALISES, avec chambre centrale tubulaire, et 2 (voire 3) solénoïdes pour le champ magnétique.
- Pour le moment, seulement ions H_n^+ à partir de gaz H_2 .



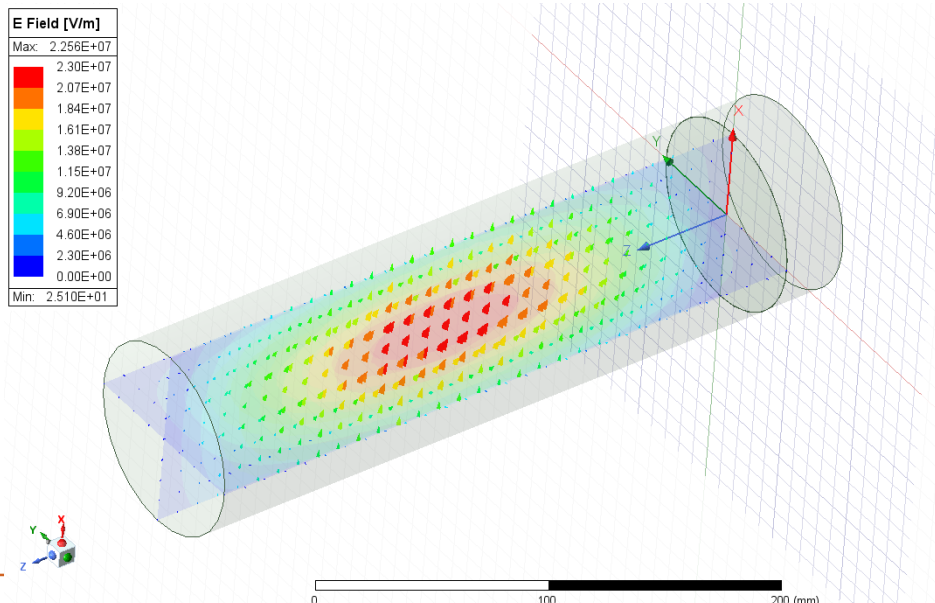
- Le champ magnétique ne dépend pas du contenu de la chambre plasma... *en principe*. (Est-ce que les courants e^- et H^+ peuvent avoir un impact significatif ? Sans doute pas).
- Peut être calculé de façon analytique en fonction des courants. Pas besoin de maillage.



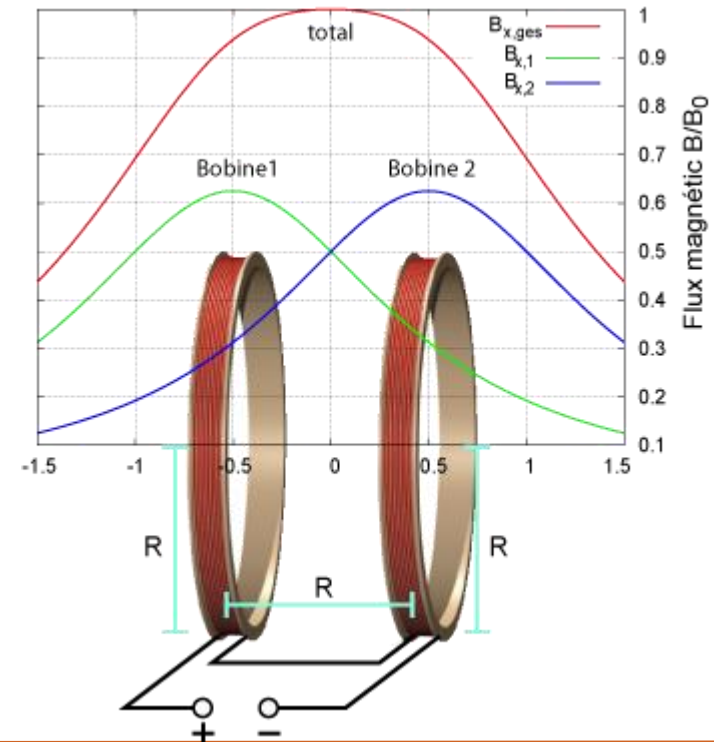
- Comme on souhaite une résonance « ECR » (Electron Cyclotron Resonance). Il faut que le champ E soit perpendiculaire au champ B , qui lui-même est longitudinal.
- Donc uniquement des modes TE_{nm} .
- Le plus simple nous semble le TE11 (celui utilisé sur BETSI).



- Même si la chambre plasma est axisymétrique :
 - Champ magnétique axisymétrique,
 - Mais champ E non axisymétrique. Donc problème non axisymétrique.

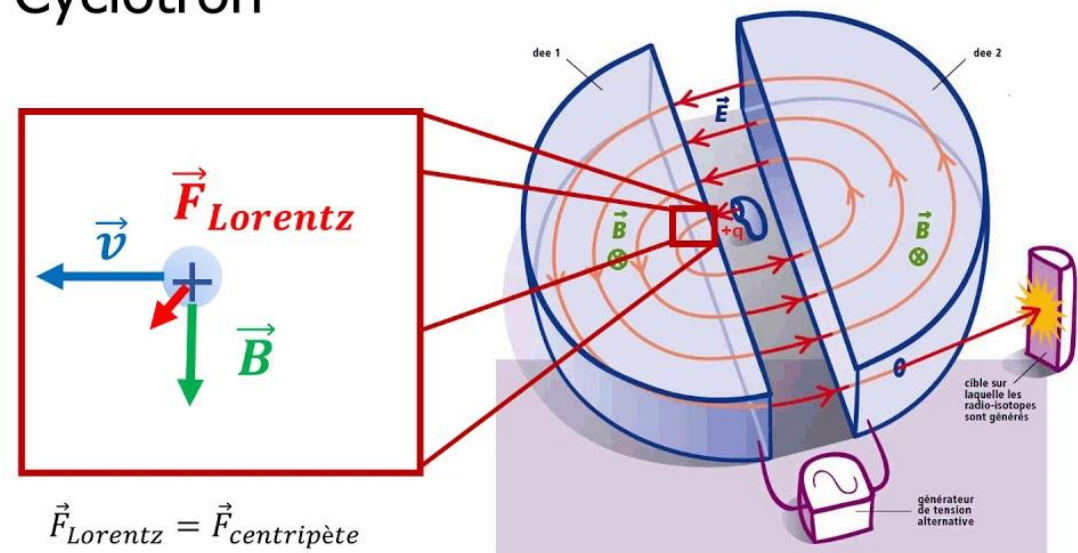


Ansys 2023 R1



- « ECR » : trajectoire des électrons en rotation.
- Equation générale dans le plan perpendiculaire à B (si $\gamma \simeq 1$):
 - $\frac{m}{q} \frac{d\tilde{v}}{dt} = -j\tilde{v}B_0 + E_0 \cos(\omega t + \phi)$
 - Diverge si $\omega = \frac{B_0 q}{m}$.
 - Sinon, battements.

Cyclotron

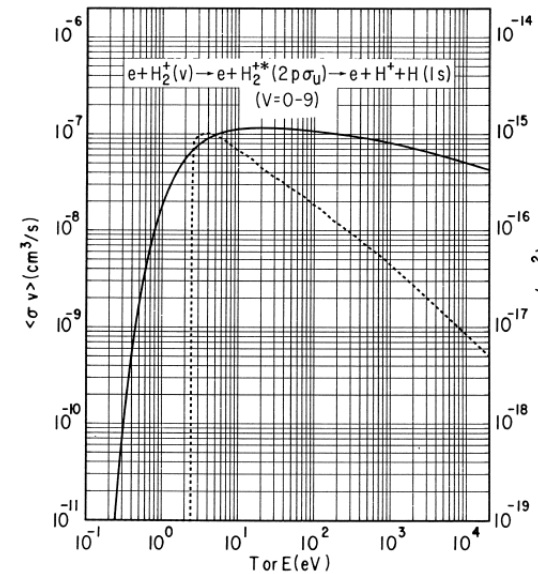
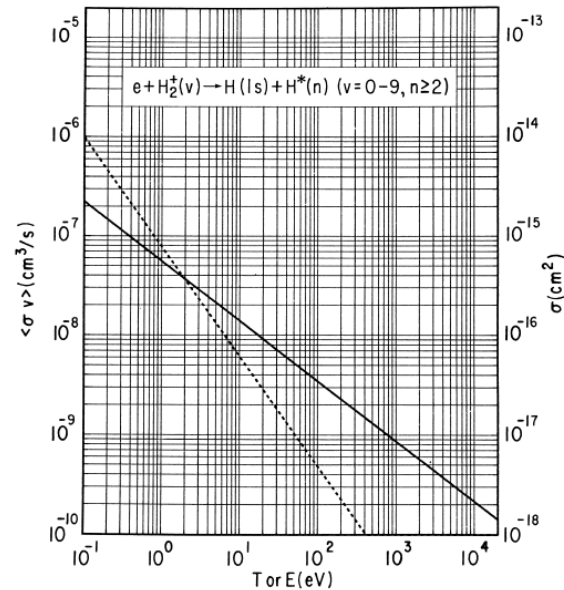
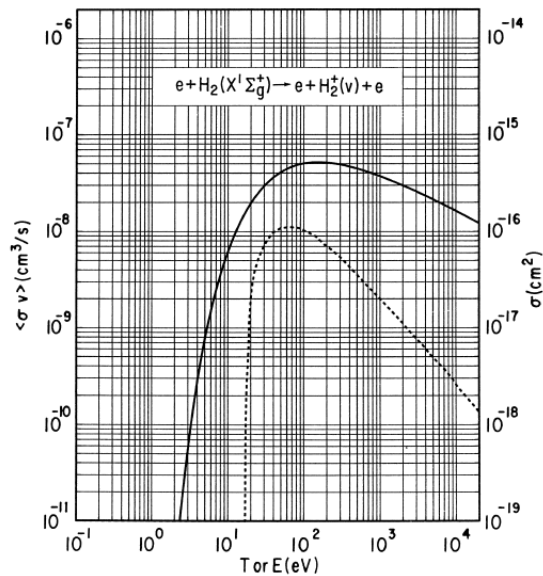


$$\vec{F}_{\text{Lorentz}} = \vec{F}_{\text{centripète}}$$

$$qvB = m \frac{v^2}{r}$$

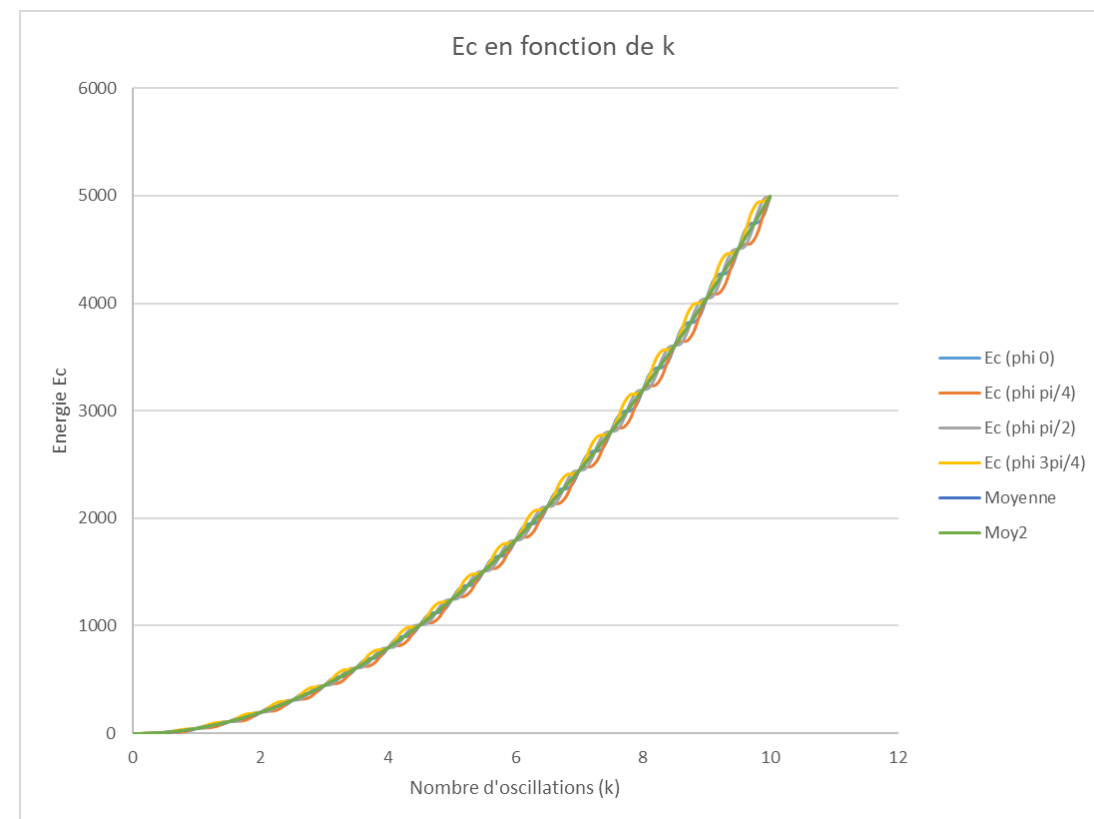
$$r = \frac{mv}{qB}$$

- On peut reprendre l'étude très complète de Ratko Janev 1987 « Elementary Processes in Hydrogen-Helium Plasmas ».
- On a tout un tas de courbes comme celle-ci :

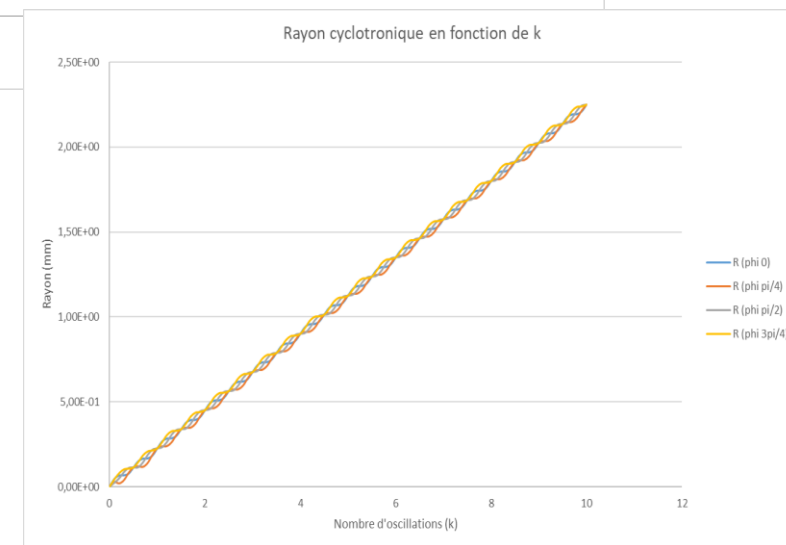
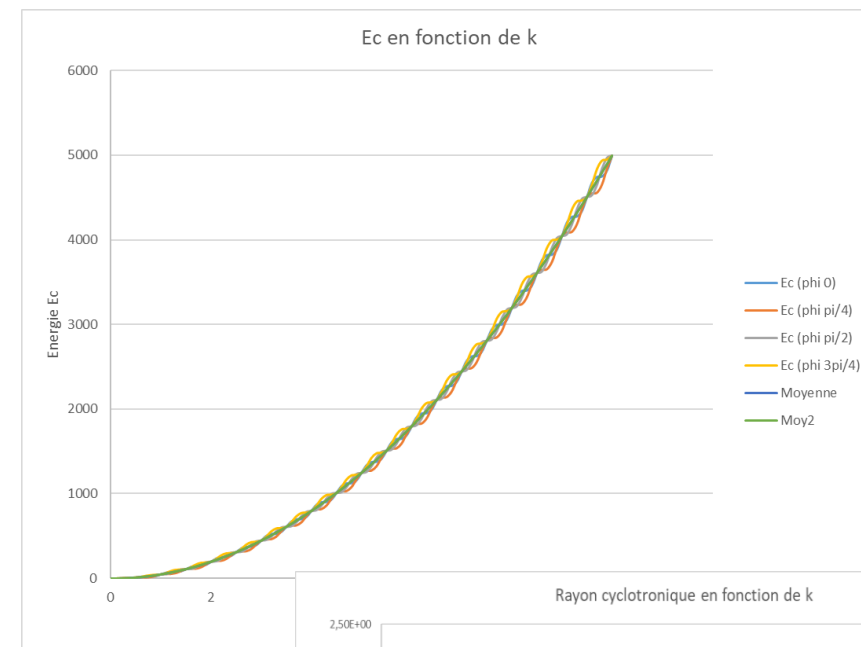


Globalement, les réactions ont lieu pour des énergies cinétiques < 10 keV
Non relativiste pour l'électron.

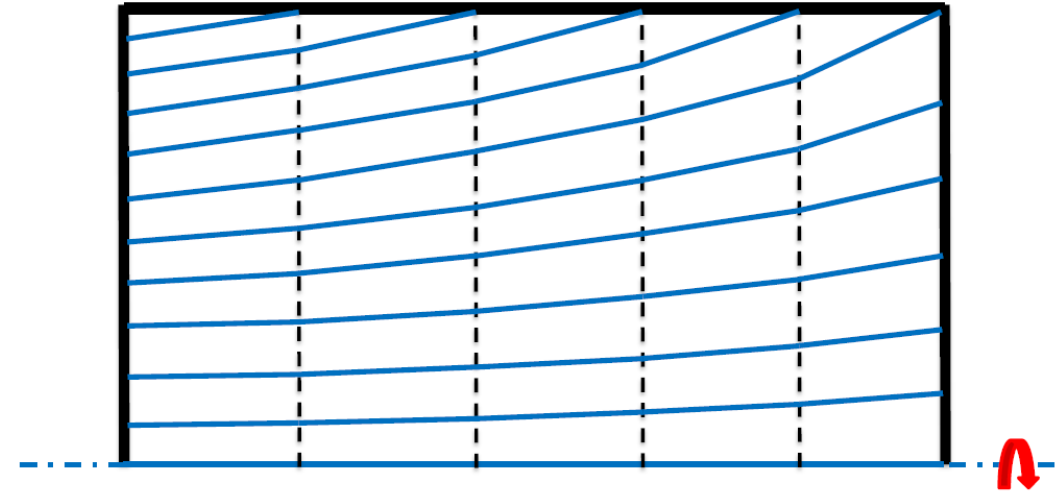
- Si on se place dans le cas divergent $\omega = \frac{B_0 q}{m}$, on voit que les électrons ont très rapidement trop d'énergie cinétique.
- Il est donc nécessaire de rester dans un régime de battements, que l'on peut ajuster selon l'énergie cinétique maximale désirée.



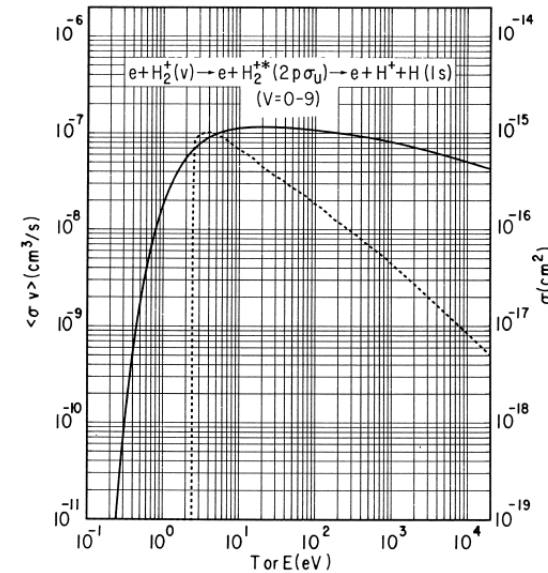
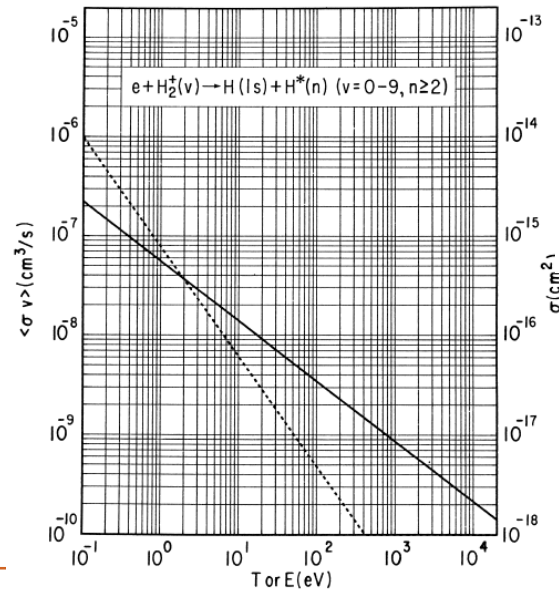
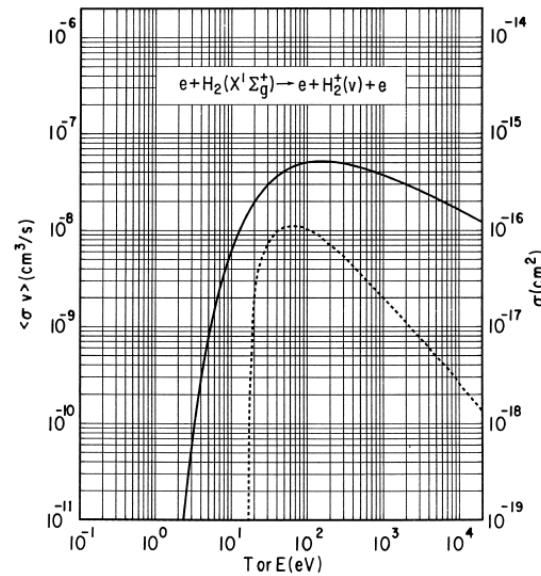
- Si on n'excède pas une énergie de l'ordre de 1 keV, les électrons se déplacent dans un « tube » de rayon inférieur à 1 mm à 0.075 T.
- Ce qui est bien inférieur à la taille de la chambre.



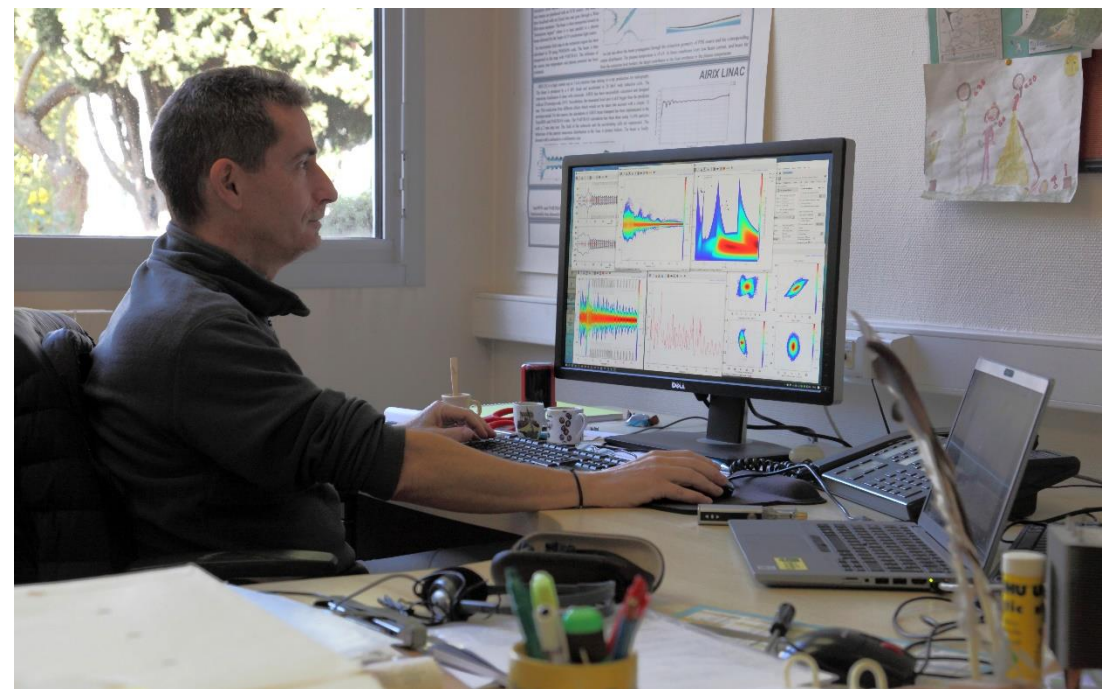
- D'où l'idée que les électrons se déplacent essentiellement le long du champ B .
- Définir un maillage qui suit le champ B pourrait peut-être simplifier la résolution du problème.
- Les électrons passent d'une maille à l'autre, toujours dans la même direction.



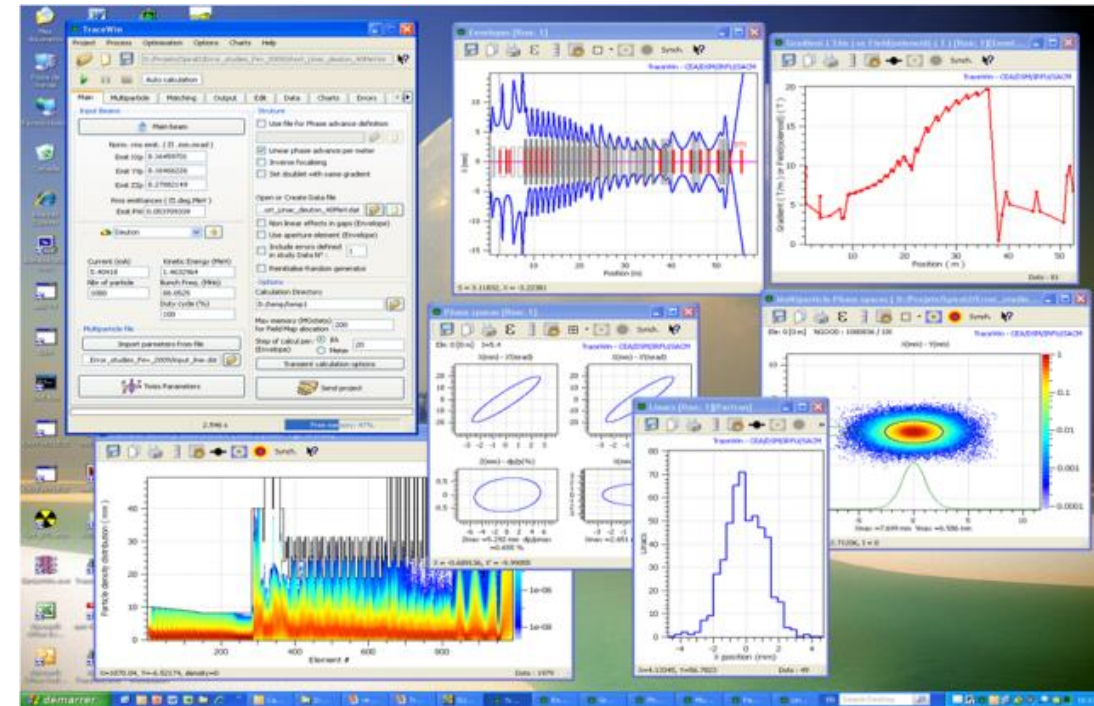
- Comme indiqué précédemment, il y a beaucoup de réactions chimiques possibles.
- Simulation des interactions possibles.
- Simulation des chocs (transfert énergie/mouvement).



- Question ouverte pour le moment.
- Code type « Particle in cell » ?
Utilisation d'un code existant ?
Bibliothèques déjà existantes au CEA ?
- Code plasma ? Warp ? CSL ?

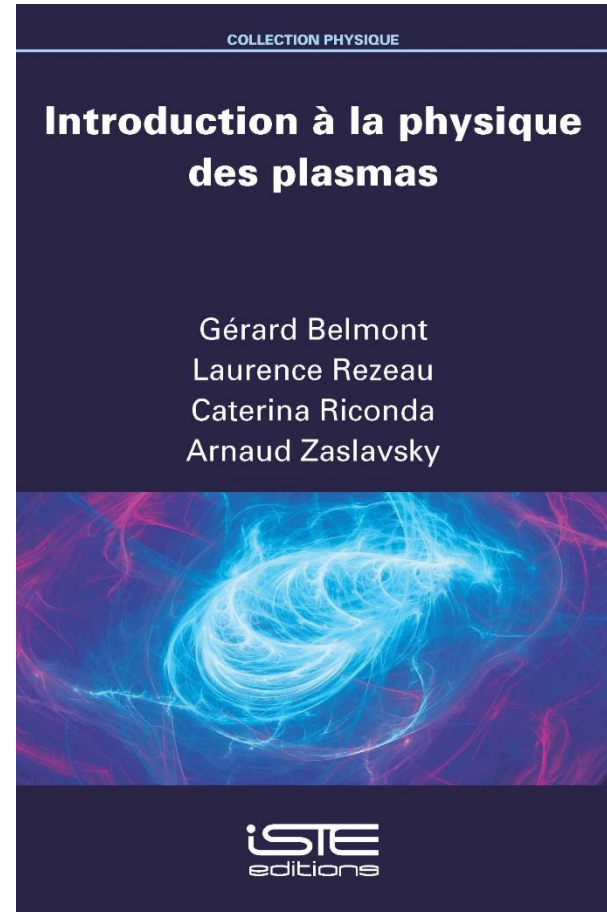


- Codes en partie déjà existants.
- A compléter au niveau de la zone d'extraction → Affiner les modèles d'émittance en sortie de la chambre plasma.



- Calcul du champ électrostatique formé par le plasma.
- Consommation RF de la cavité en présence du plasma.
- Echauffement de la cavité.
- Entrée de gaz.
- Etc.

- Il faudrait sans doute se rapprocher des spécialistes des plasmas.
- Peut-on intégrer des codes plasmas dans notre code de simulation de source ?



- Actuellement : Un stagiaire qui travaille sur le calcul des champs RF et magnétique dans la source d'ion
- A partir de mars : Un thésard qui travaillera sur la simulation des sources.

- Questions ?