

Examen du 17/11/2016

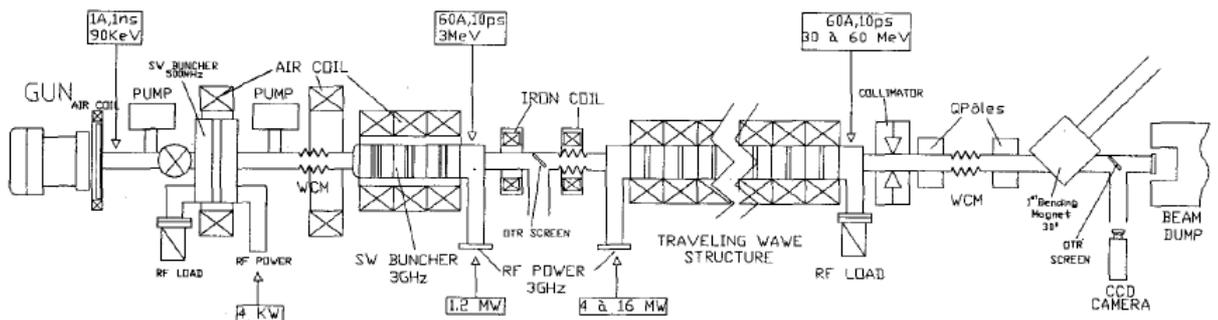
Cours de N. Delerue

Documents autorisés (supports de cours et formulaires)

[Correction]

1. **Questions de cours (10 points)**

- 1.1. Faire un schéma d'un injecteur thermoïonique pouvant accélérer des électrons jusqu'à 20 MeV. Identifiez 3 composants importants d'un injecteur thermoïonique en décrivant leur influence sur les performances du faisceau produit. (7 points).



*Exemple de réponses acceptables :*

*Cathode : permet de produire les électrons.*

*Canon thermoionique : important pour la qualité du faisceau.*

*Pré-groupeur, groupeur : permet de raccourcir le paquet d'électrons.*

*Section accélératrice : permet d'accélérer le faisceau.*

*Pompage ultra-vide : important pour la qualité du faisceau.*

*Source RF/Klystron : nécessaire pour l'accélération des particules.*

*Réponses refusés :*

*Laser, photocathode : ces composants ne sont pas présent dans un injecteur thermoïonique.*

- 1.2. L'énergie de première ionisation de l'Hélium est de l'ordre de 24.6eV, celle du Lithium de 5.4eV et celle du carbone 11.3 eV. Discuter de ces différences en vous appuyant sur la structure atomique de ces éléments. (3 points)

*L'Hélium est un gaz rare : sa dernière couche électronique est pleine et il est donc difficile à ioniser. C'est pour cela que son énergie d'ionisation est élevée. Le Lithium a un seul électron sur sa dernière couche donc il est très facile à ioniser, son énergie d'ionisation est basse. Le carbone ayant plusieurs électrons sur sa couche externe il se situe entre les deux.*

## 2. Source d'Hélium 2+ (10 points)

- 2.1. L'accélérateur SPIRAL2 peut accélérer, entre autres, des ions  ${}^4\text{He}^{2+}$ . Une ionisation par laser des atomes d'hélium est-elle envisageable ? Donner au moins un avantage et un inconvénient de cette méthode appliquée à l'Hélium. (2 points)

*L'avantage d'une ionisation par laser serait sa sélectivité mais cette méthode a une section efficace très faible et surtout il faudrait un laser produisant des photons de 24.6eV ce qui n'est pas réaliste.*

- 2.2. La méthode choisie pour créer ces ions est d'utiliser une source ECR. Quelle doit être l'énergie acquise par les électrons dans la résonance afin qu'ils puissent ioniser (au moins une fois) l'Hélium ? (1 point)

*Voir question 1.2 : 24.6eV.*

- 2.3. La fréquence de résonance des électrons est donnée par :

$$f_L = \frac{eB}{2\pi\gamma m_e}$$

En prenant 50 eV comme énergie des électrons et 1 Tesla comme champ magnétique, calculer la fréquence de résonance. (2 points)

*Application numérique : 28GHz*

- 2.4. Quelle sera la densité de coupure (cut-off density) pour cette source? [La formule est donnée dans le cours] (2 points)

*Application numérique :  $10^{19} \text{m}^{-3}$*

- 2.5. Une source ECR peut aussi produire des électrons pourtant de telles sources ne sont jamais utilisées dans ce but. Pourquoi ? Vous discuterez de la qualité et de la pureté du faisceau d'électron produit et de la complexité d'une source ECR par rapport à un photoinjecteur par exemple. (3 points)

*Une source ECR est plus complexe à mettre en œuvre qu'un canon thermoionique ou un photocanon : dans une source ECR il faut une source RF très haute fréquence et les électrons vont être extraits après diffusion multiple donc auront une moins bonne émittance. Le faisceau d'électron serait éventuellement pollué par des ions négativement chargés (mais ceux-ci peuvent être éliminés par un aimant).*