

attribuée, avec pourtant six copies écrites ? Cependant, les correcteurs ont également eu le plaisir de lire les devoirs écrits par des étudiants très brillants, par exemple un devoir contenant 72 % de l'ensemble des questions parfaitement traitées.

## Physique II

### Présentation du sujet

Le sujet est consacré à l'étude de problèmes liés aux explosions nucléaires. La première partie met en évidence l'existence d'une masse critique pour une boule d'uranium 235. La seconde proposait une étude de la séparation isotopique de l'uranium par diffusion gazeuse. Les deux dernières parties abordaient les problèmes liés au blindage par une feuille métallique, en vue de se protéger des champs électromagnétiques intenses émis lors de l'explosion d'une bombe nucléaire.

### Analyse globale des résultats

La première partie a été abordée par la quasi totalité des candidats. Les applications numériques y jouaient un rôle important. Cette partie testait par ailleurs la compréhension et l'aptitude à résoudre une équation de bilan local avec terme de source.

La seconde partie invitait à effectuer un décompte de molécules s'échappant par un orifice pendant un intervalle de temps infinitésimal, pour évaluer le nombre de cellules de diffusion gazeuse nécessaires à l'enrichissement d'uranium à des fins civiles ou militaires.

Dans la troisième partie, on étudiait les effets du blindage par une feuille métallique en comparant les résultats de deux dispositifs expérimentaux (avec et sans feuille). Les savoir-faire en jeu concernaient essentiellement les circuits linéaires en régime harmonique.

Enfin, dans la quatrième partie, on montrait que le passage d'un fil électrique à travers une feuille de blindage permet à de l'énergie électromagnétique de pénétrer dans l'enceinte que l'on veut protéger, quelle que soit la taille du trou ménagé dans la feuille de blindage. Après une étude électrocinétique en régime transitoire, le candidat était évalué sur sa capacité à déterminer des champs pour des distributions de courants ou de charges donnés, puis à passer des champs aux grandeurs énergétiques.

### Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux candidats

#### Partie I - La désintégration de l'uranium 235

##### A – Diffusion de neutrons

L'absence de donnée sur les masses atomiques des isotopes 235 et 238 de l'uranium a constitué pour beaucoup de candidats une difficulté insurmontable. L'interprétation de l'équation de bilan local du nombre de neutrons a été généralement traitée, avec parfois des confusions entre diffusion et convection. L'identification de  $\tau$  comme temps caractéristique a été généralement effectuée, mais parmi les candidats qui ont voulu donner plus de détails, beaucoup ont donné une interprétation erronée (période d'un système périodique ...).

##### B – Masse critique

Beaucoup de candidats souffrent de techniques de calculs incertaines. En introduisant prématurément la constante  $\alpha$  définie dans l'énoncé, la majorité des candidats ne s'est pas préoccupée du signe du coefficient du terme d'ordre 0 dans l'équation différentielle, ce qui leur interdisait de fait les solutions sinusoïdales, et ne leur autorisaient que des solutions en exponentielles ne satisfaisant pas aux exigences d'annulation et de conditions aux limites. Plus grave, certains ont proposé des solutions sinusoïdales alors que l'équation différentielle qu'ils obtenaient n'en avait manifestement pas.

L'interprétation de la différence entre les cas  $v' > 0$  et  $v' < 0$  a donné lieu à de nombreux contresens (création de neutrons dans un cas, consommation dans l'autre...). Parmi les suggestions de conditionnement d'une arme nucléaire, nous avons trouvé beaucoup de réponses aberrantes (stocker à basse température, stocker séparément l'uranium et les neutrons, embarquer une masse inférieure à la masse critique ...)

#### Partie II - Principe de la séparation isotopique par diffusion gazeuse

##### A – Diffusion gazeuse à travers une petite ouverture

Cette partie a été relativement mal traitée. On peut relever de fréquentes confusions entre masse d'une molécule et masse molaire, entre constantes de Boltzmann et constante molaire R des gaz parfaits, entre quantité de matière et densité particulière. Le choix de l'hexafluorure d'uranium au détriment de l'hexachlorure a souvent été attribué indûment à des arguments de réactivité chimique (électronégativité comparée, toxicité du chlore...).

### **B – Mise en cascade de cellules de diffusion gazeuse**

Parmi les candidats qui étaient en mesure de répondre à cette question, beaucoup ont oublié la contribution des atomes de fluor aux masses molaires  $M_{235}$  et  $M_{238}$ . L'utilisation de la centrifugation et de la séparation électromagnétique a été souvent proposée.

### **Partie III - Blindage par une feuille métallique**

#### **A – Ordre de grandeur du champ électrique à grande distance**

La notion de densité volumique d'énergie électromagnétique ne semble pas assimilée par une majorité de candidats. L'unité correcte de champ électrique n'est donnée que par une minorité de candidats.

#### **B – Étude de l'expérience A**

De trop nombreux candidats ne savent pas reconnaître un passe-haut du premier ordre et mettre sa fonction de transfert sous forme canonique, puis se contentent d'affirmer identifier un filtre d'ordre 1 sur une vague représentation graphique, sans indication d'échelles. Dans les pires cas, il y a confusion entre réponse indicielle et réponse harmonique. La confusion entre intensité instantanée du courant et son amplitude  $I_m$  est fréquente.

#### **C – Étude de l'expérience B**

Cette partie a été abordée avec succès par de bons candidats.

### **Partie IV - De la difficulté de blinder efficacement**

#### **A – Étude electrocinétique**

L'établissement de l'équation différentielle d'ordre 1 a constitué un obstacle inattendu, surmonté seulement par la moitié des candidats. L'exploitation des conditions initiales, trop rarement justifiée a été également décevante.

#### **B – Champ magnétique créé par le fil parcouru par $i$**

La notion de densité volumique de courant n'est pas toujours comprise, et parfois confondue avec l'intensité. Les arguments de symétrie ne sont pas souvent explicités comme il se doit, avec identification de la cause et de l'effet. L'application du théorème d'Ampère est souvent mal rédigée, le choix du contour pas toujours explicité, et l'intensité du courant enlacé souvent mal évaluée. On peut noter que certains candidats parviennent miraculeusement au bon résultat pour le champ magnétique alors que leur étude de symétrie les avait conduit à une direction fausse de ce champ magnétique.

#### **C – Champ électrostatique dans l'ouverture**

Certains candidats confondent les milieux (milieux conducteurs et vide entre les conducteurs).

#### **D – Champ électrique dans le fil parcouru par un courant**

On retrouve la défaillance fréquente sur l'unité correcte de champ électrique.

#### **E – Champ électrique dans l'espace inter-armatures en régime variable**

Il était nécessaire d'identifier la cause, à savoir le champ magnétique variable, et l'effet, le champ électrique induit.

#### **F – Transfert d'énergie électromagnétique**

L'expression du vecteur de Poynting est connue, mais son interprétation, si elle est connue, est souvent exprimée de façon confuse, voire incorrecte (une puissance n'est pas un vecteur, une puissance n'est pas une énergie...).

### **Conclusion**

Parmi les conseils que l'on peut donner aux futurs candidats, reprenons les suggestions de l'an dernier, qui restent d'actualité :

- procéder à une lecture complète de l'énoncé ;
- rédiger de façon explicite (choix d'un domaine d'intégration, loi physique mise en oeuvre) ;
- faire des schémas clairs et lisibles ;
- soumettre le résultat final à un contrôle d'homogénéité dimensionnelle ;
- ne pas réduire les applications numériques à un simple calcul numérique : il faut également se soucier de l'unité, se limiter à un nombre raisonnable de chiffres significatifs ;
- s'assurer d'une gestion rigoureuse des expressions vectorielles : une réponse du type "vecteur = scalaire" ne peut être considérée comme correcte.

On peut rajouter la nécessité de respecter l'ordre des questions de l'énoncé ; les candidats rendant une copie dont l'ordre des réponses paraît aléatoire font perdre du temps au correcteur, ce qui ne le met pas dans les meilleures dispositions au moment de l'évaluation.