

## 5. Physique 2

### 5.1. Introduction

Ce sujet de 4 heures, pour lequel la calculatrice était autorisée, s'intitule « Laser à électrons libres ».

Étudiant le XFEL (Laser à électrons libres à rayons X), il s'articule en trois parties : le canon à électrons, l'accélérateur linéaire et l'ondulateur.

Au gré de ces parties, le sujet aborde de nombreux thèmes de première année et de deuxième année :

- diffusion thermique ;
- électromagnétisme ;
- mécanique (y compris relativiste, le sujet comportant une annexe spécifique à ce propos) ;
- électronique ;
- optique ondulatoire.

Le sujet comporte par ailleurs une question dite « ouverte » demandant au candidat un esprit de synthèse et de la prise d'initiative. Il permet aux candidats de mettre en œuvre toutes les compétences attendues en physique en CPGE.

### 5.2. Analyse globale des résultats

Le sujet comportait de nombreuses questions proches du cours (**Q2, Q5, Q6, Q12, ...**) permettant à tous les candidats de mettre en avant leurs connaissances. Ces questions ont d'ailleurs globalement été bien traitées (exception faite de la question **Q2** sur la diffusion thermique).

Les candidats ont été sensibles à la contextualisation du problème et ont été soucieux d'interpréter correctement leurs résultats numériques.

Encore trop de copies ont été sanctionnées concernant la présentation et le soin (beaucoup de ratures, notamment).

Les candidats ont souvent su s'appuyer sur des schémas de manière efficace.

En revanche, les conversions d'unités posent trop souvent problème, notamment entre eV et J. Même si la mécanique relativiste n'est pas au programme, l'annexe fournie était suffisamment claire pour que les candidats s'adaptent et ne soient pas déstabilisés.

Les candidats ne sont trop souvent pas à l'aise avec la notation différentielle, en particulier lors des bilans thermiques.

Dans de trop nombreuses copies, les notations de l'énoncé (les indices en particulier) ne sont pas respectées, ce qui conduit à des pertes de points facilement évitables.

On retrouve par ailleurs encore trop de résultats encadrés non homogènes. De même, il est important de rappeler qu'une analyse dimensionnelle ne constitue en aucun cas une démonstration.

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

**Q1** Question estampillée « ouverte » qui pouvait se traiter de différentes manières ; mais les candidats oublient trop souvent de rappeler l'hypothèse « régime permanent » qui est critique ici.

**Q2** Question classique de cours de bilan thermique sur une « tranche » qui paradoxalement a rarement été bien traitée : oubli de définition du système, manque d'explication sur la manière dont le premier principe est utilisé, notations différentielles absentes ou incohérentes, oubli de rappel du régime permanent. De trop nombreuses copies confondent même bilan de particules et bilan thermique.

**Q3, Q4, Q5** Globalement bien traitées, même sans avoir fait la question **Q2**.

**Q5** Le passage d'une équation de d'Alembert vectorielle à la relation scalaire est rarement bien justifié.

**Q6** Attention, cette méthode de séparation des variables est classique et doit être maîtrisée.

**Q7** Question généralement bien traitée.

**Q9** Quelques erreurs d'homogénéité. Se rappeler que l'unité de  $B$  est la même que celle de  $\frac{E}{c}$  est d'une grande aide en électromagnétisme.

**Q10** Attention de ne pas oublier l'unité de  $B$  qui est le tesla. Trop d'erreurs sur le préfixe M « méga » :  $10^6$ .

**Q11** Question qui demandait une lecture de tableau et une référence aux questions précédentes. Rappelons aux candidats qu'une réponse au hasard, non justifiée, ne peut rapporter de points.

**Q12** Attention : faire la norme d'un rapport de deux vecteurs n'a pas de sens ; il s'agissait de faire le rapport de deux normes.

**Q13 à Q15** La prise en main du facteur de Lorentz avec l'aide de l'annexe n'a dans l'ensemble pas posé de problèmes.

**Q15** Il fallait compléter un tableau de valeurs numériques données avec un nombre clair de chiffres significatifs : le jury a été attentif au respect de ces chiffres significatifs.

**Q16** Question très simple, mais où les candidats ont souvent cherché des choses compliquées et perdu du temps.

**Q17** Attention au lien entre énergie et puissance. Ici  $E_c$  dépendait du temps ; une intégrale temporelle était donc attendue.

**Q19** Question généralement bien traitée. Attention, un minimum de justification est attendu avant d'écrire une équation : « D'après la loi des mailles... ».

**Q20** Cette question peu guidée n'a pas été souvent abordée. Beaucoup de candidats n'associent la chaîne d'oscillateurs infinie qu'à l'approximation des milieux continus, ce qui n'était pas le cas ici.

**Q21** Les schémas en lien avec la corde de Melde ont été globalement réussis.

**Q22** Les candidats ne doivent pas oublier que, même lorsqu'il s'agit d'utiliser un document du sujet, les résultats (ici des choix de fréquences) doivent être soigneusement justifiés.

**Q23** Il fallait placer des points sur un graphe après avoir calculé leurs coordonnées. Malheureusement, trop de candidats calculent uniquement l'abscisse (ou l'ordonnée) et placent le point « au hasard... » sur la droite proposée. Le jury a particulièrement été attentif à ceux qui ont vraiment placé les points rigoureusement.

**Q24** Attention au signe de la force : trop de schémas font apparaître un changement de signe de la force (or, même intuitivement, il s'agit d'un accélérateur).

**Q31** Trop de candidats oublient de mentionner qu'il s'agit d'une onde plane progressive harmonique.

**Q32** Question assez classique, mais trop de copies mélangent partie réelle, norme et valeur absolue.

**Q37** Question d'analyse assez difficile : beaucoup de candidats y voient des interférences, ce qui n'est pas le cas.

**Q38** Pratiquement aucune copie ne parle de « cohérence spatiale ».

## 5.4. Conclusion

Comment souvent, le jury conseille aux candidats une lecture attentive et précise du sujet (notamment les annexes) et du vocabulaire employé (« calculer », « exprimer », etc.).

Par ailleurs, un certain nombre de points perdus pourraient facilement ne pas l'être : ceux en lien avec un résultat non homogène et ceux dus à une copie non soignée.

Dans l'ensemble, le jury a rencontré de nombreuses copies correctes, avec un traitement satisfaisant des questions proches du cours, ce qui montre un travail sérieux globalement.

Beaucoup de très bonnes copies ont été également vues : les candidats ont été sensibles à ce sujet traitant des nombreux domaines de première et deuxième année autour de ce thème des lasers à électrons. Cela laisse augurer de très bonnes choses dans le contexte d'études en écoles d'ingénieurs, études exigeantes scientifiquement.