

## Banque PC - ENS/X/ESPCI - Session 2017

### Rapport sur l'épreuve écrite de Physique B

Écoles concernées : ENS (Paris) – ENS de Lyon – ENS Paris-Saclay - École Polytechnique – ESPCI

Coefficients (en pourcentage du total d'admission) :

Ulm : option chimie 4,3%

Lyon : 8,8%

Cachan : option physique 11,9%, option chimie 6,8%

Ecole Polytechnique : 4,3%

ESPCI : 3,7%

Membres du jury : Thibaut Divoux, Mathieu Gibert et Timothée Toury

La composition de physique B du concours 2017 concernait quelques aspects de la physique des ondes dans les plasmas. Ce sujet très complet et soigneusement guidé donnait l'occasion aux candidats de découvrir le phénomène de transparence d'un plasma induit par la propagation d'une onde intense. Ce sujet comportait deux parties connectées avec néanmoins quelques questions indépendantes et mobilisait différents aspects du programme ayant trait à la propagation des ondes, la mécanique des fluides et la thermodynamique.

La première partie était la plus proche du programme de classe préparatoire et permettait de remettre à plat les hypothèses simplificatrices du modèle de plasma couramment rencontré par les candidats. La réponse du plasma à une onde plane progressive et monochromatique était alors examinée pour construire la relation de dispersion du plasma. Le cas de la transparence électromagnétiquement induite faisait l'objet de la seconde partie du sujet.

Cette composition comportait de nombreuses applications numériques et donnait aux candidats l'occasion de discuter sans calcul et par le biais de schémas simples, les phénomènes physiques rencontrés. Ce sujet a permis de classer les candidats de la section PC de façon efficace comme en témoigne la répartition des notes ci-dessous. Malgré la longueur du sujet, certains candidats ont fait preuve d'un excellent sens physique et ont réussi à traiter la quasi-totalité du sujet. Nous leur adressons nos chaleureuses félicitations et leur souhaitons une excellente continuation.

Répartition des notes	Nombre de Copies	%
$0 \leq N < 4$	144	10.07
$4 \leq N < 8$	524	36.64
$8 \leq N < 12$	463	32.38
$12 \leq N < 16$	221	15.45
$16 \leq N \leq 20$	78	5.45

Hélas, comme tous les ans, certaines erreurs récurrentes auraient pu être évitées et une lecture attentive des rapports des années précédentes aurait permis à bon nombre de candidats d'éviter de perdre des points « bêtement ». Nous rappelons à nouveau les points essentiels auxquels les candidats devraient porter plus d'attention lors de la rédaction de leur copie. Des commentaires linéaires pour chaque question suivent ces remarques générales.

- **Il est impératif de comparer des grandeurs qui ont les mêmes dimensions.** Nous avons été surpris par le nombre conséquent de copies dans lesquelles les candidats comparent des vitesses à une grandeur adimensionnée, un champ électrique à un champ magnétique, etc. Une relecture attentive de la copie par le candidat devrait lui permettre de détecter ce type d'erreur.
- **Il est absolument nécessaire de répondre aux questions de façon précise.** Éviter les réponses vagues comme « l'ordre de grandeur de la longueur d'onde de De Broglie est raisonnable donc le cadre classique est le plus approprié ». L'emploi de termes scientifiques doit être précis – on constate par exemple de nombreuses confusions entre les concepts d'électron relativiste, de mécanique classique et quantique. La réponse à ces questions éclaire le correcteur sur la compréhension des phénomènes physiques par le candidat. Un soin particulier doit donc y être apporté.
- **Attention à bien numéroter les réponses aux questions.** Certains candidats oublient encore régulièrement de numéroter leur réponse et répondent de façon désordonnée aux questions de l'énoncé. Il est alors délicat pour le correcteur de savoir quelle question est traitée et de pouvoir attribuer des points.
- **Il faut accorder un soin tout particulier aux applications numériques.** Rappelons que les résultats numériques sans unité ne rapportent absolument aucun point. Nous avons eu le cas cette année d'une copie dans laquelle aucune des applications numériques présentées n'était accompagnée d'unité ! Une application numérique appelle en général un commentaire concis, mais pertinent suivant le cadre du calcul effectué : l'hypothèse est-elle validée ? Pourquoi ? La valeur est-elle positive ou négative ? L'ordre de grandeur est-il raisonnable ? Est-il compatible avec des valeurs fournies dans l'énoncé ou bien obtenues dans les questions précédentes ? Il est essentiel que les candidats gardent ces questions en têtes lorsqu'ils proposent une application numérique assortie d'une unité.

D'une manière générale, l'objectif des sciences physiques est de donner du sens à des phénomènes observés. Les candidats doivent donc, autant que possible, montrer qu'ils donnent du sens à ce qu'ils manipulent (expressions, approximations, concepts, valeurs numériques, courbes...) Ça nécessite une présentation rigoureuse et des commentaires concis et éclairants.

## Partie I

Q1. Question sans difficulté bien réussie dans l'ensemble. Quelques réponses surprenantes tout de même, par exemple : « *Lorsqu'un atome d'argon reçoit une décharge, celui-ci expulse*

*l'électron ce qui est analogue à l'expulsion d'un boulet par un canon* ». Une réponse allant un peu plus loin que le simple rapport des masses pouvait être bienvenue

Q2. Question bien réussie dans l'ensemble. Quelques erreurs dans l'expression de l'énergie d'interaction électrostatique.

Q3. Plusieurs candidats ont écrit  $l \sim n_0^{-1}$  ce qui est nécessairement faux, à cause du de la dimension des grandeurs. Nous attendons des candidats qu'ils sachent exprimer une longueur à partir d'une densité volumique. La possibilité de négliger l'effet des collisions a rarement été justifiée correctement.

Q4. Attention, de très nombreuses applications numériques sans unité.

Q5. Les réponses satisfaisantes ont été rares. L'expression de la longueur d'onde de De Broglie est mal connue des candidats qui proposent de nombreuses formules dont les expressions sont manifestement dimensionnellement incorrectes. De plus, de très nombreuses applications numériques sont données sans unité et on peut lire très régulièrement des comparaisons dépourvues de sens, comme  $\lambda_{DB} \ll 1$  ou encore  $\lambda_{DB} \gg h$ , y compris dans de très bonnes copies. Enfin, quand bien même l'expression de la longueur d'onde de De Broglie est correcte et l'application numérique pourvue d'une unité, on peut trouver des longueurs de De Broglie de l'ordre de 2000 m avec comme conclusion « le cadre classique l'emporte ». De même, nous avons pu lire à de nombreuses reprises la phrase suivante : « on utilise le cadre classique plutôt que quantique, car les particules ici sont relativistes ». La définition et l'interprétation physique de la longueur de De Broglie sont à revoir.

Q6. De nombreux candidats n'ont pas remarqué que la vitesse du son était donnée dans l'énoncé et ont proposé une expression fautive.

Q7. Attention à l'utilisation des relations de structure : de nombreux candidats supposent que l'onde se propage à vitesse de la lumière ce qui n'est pas le cas. Quelques erreurs dans le passage de l'expression de Maxwell-Faraday en notation complexe. Enfin il ne suffit pas de laisser le champ  $B$  sous forme d'un produit vectoriel. Il fallait effectuer explicitement ce produit vectoriel pour obtenir tous les points.

Q8. Les réponses non justifiées ne rapportent pas de points. La notion de polarisation est souvent à revoir.

Q9. Beaucoup de confusion entre les termes suivants : homogénéité, isotropie, dichroïsme, pouvoir rotatoire, etc.

Q10. Les réponses sans justification ne rapportent pas de points.

Q11. On a pu lire à de nombreuses reprises que l'équation (2) traduit le principe fondamental de la dynamique appliqué à un seul électron. Les applications numériques sans unité ne rapportent pas de points. L'approximation des milieux continus est très mal comprise.

Q12. Cette question a donné lieu à de très nombreuses comparaisons directes entre des grandeurs n'ayant manifestement pas la même dimension :  $B/E \gg 1$ ,  $v_\phi \ll 1/E_0$ ,  $v_\phi \ll E_0$  ou encore  $v_\phi \ll 1$ , etc. Affirmer  $v \ll v_\phi$  sans aucune justification ne rapportait pas de point.

Q13. Quelques erreurs dans la manipulation des nombres complexes. Certains candidats n'acceptent pas d'avoir des expressions complexes pour  $v_x$  et  $v_y$ . Peu de copies présentent la bonne réponse. L'utilisation des identités remarquables pour simplifier une expression n'est pas toujours spontanée.

Q14. On a pu lire dans plusieurs copies que « la puissance est proportionnelle au carré du champ électrique ». Certes, mais le préfacteur est essentiel pour faire des applications numériques. Ici encore de nombreuses applications numériques sont rapportées sans unité. L'ordre de grandeur de la pulsation cyclotron est en général correct. En revanche, rares sont les copies qui présentent des valeurs correctes pour  $E_0$  et  $a$ .

Q15. Peu de candidats ont utilisé l'équation de continuité. Les justifications vagues ne rapportent pas de point.

Q16. Très peu de candidats ont su répondre à cette question.

Q17. Question sans difficulté qui a été très souvent bâclée. Nous attendions une justification soigneuse de l'équation de Maxwell-Gauss :  $\text{div}\vec{E} = 0$ .

Q18. Les calculs de nombreux candidats aboutissent à une impasse, car ils sont conduits de façon peu compacte et peu soigneuse.

Q19. Les applications numériques sans unité ne rapportent pas de point. On trouve de nombreuses unités aberrantes, par exemple des fréquences exprimées en Ohm ou en m/s.

Q20. Lorsqu'elle était abordée, cette question était bien réussie.

Q21. Peu de copies présentent une réponse complète. Nous avons pu lire quelques perles comme la phrase suivante : « le plasma durcit au fur et à mesure que l'onde progresse sur une longueur  $d$ , c'est comme les fluides non newtoniens ». Attention une onde évanescence ne propage pas d'énergie.

Q22. Peu de copies donnent la bonne réponse à cette question.

## Partie II

Q23. Question sans difficulté et bien réussie dans l'ensemble. Soulignons tout de même qu'il est essentiel de citer explicitement le numéro des questions utilisées pour aboutir au résultat.

Q24-25. Questions trop souvent bâclées et pour lesquelles nous n'avons que rarement pu attribuer l'ensemble des points prévus. On ne peut pas linéariser une expression sans justification préalable.

Q26. Recopier le résultat donné dans l'énoncé avec une justification approximative ne rapporte pas de point.

Q27-28. Questions bien traitées dans l'ensemble. Attention cependant à ne pas utiliser la Loi de Lenz hors de son cadre (pour le champ électrique par exemple).

Q29. Les candidats ayant abordé cette question ont systématiquement fourni des applications numériques assorties d'une unité.

Q30. Question sans difficulté qui a été bien réussie lorsqu'elle est abordée.

Q31. Seules les bonnes copies ont abordé cette question avec succès.

Q32. Question sans difficulté qui a été bien réussie lorsqu'elle est abordée. Il était essentiel de préciser  $k_s^2 > 0$  pour avoir l'ensemble des points.

Q33. Seules quelques copies présentent la bonne réponse à cette question.

Q34-35. Questions délicates réussies par quelques candidats. La notion de dispersion n'est pas maîtrisée.