

## 2.2.C - PHYSIQUE I - Filière PSI

### I) REMARQUES GÉNÉRALES

2009 était l'année mondiale de l'astronomie. C'est sur un thème astronomique que l'épreuve de Physique I proposait aux candidats du concours commun de tester leurs connaissances et savoir-faire sur un large éventail de thèmes du programme.

Le sujet comportait de nombreuses parties indépendantes formées de questions de difficulté très variable. Il a permis un bon classement des candidats, certaines copies de très bon niveau ayant montré une bonne compréhension de tous les sujets abordés, tandis qu'à l'autre extrémité de l'échelle des notes, certains candidats n'étaient manifestement pas préparés au niveau d'exigence du concours. En particulier, certaines questions très faciles (question 2, début de la question 9, questions 16, 17 et 22) ou formant de simples questions de cours (questions 23, 27, 28) ont été très mal traitées, à la surprise attristée des correcteurs.

D'une manière générale, la présentation des copies est en progrès. Les candidats ont dans leur immense majorité fait l'effort de rédiger avec soin leur copie : questions numérotées, résultats mis en valeur et commentés, phrases explicatives rédigées en français correct, calculs et équations introduits par quelques mots de justification. Le jury tient à *remercier* les étudiants de cet effort et souhaite *encourager* les candidats aux futures sessions du concours à poursuivre dans cette voie. Il suffit sans doute ici de faire remarquer que la copie brouillonne, raturée, illisible ou incompréhensible est, dans ce contexte, sanctionnée peut-être plus encore que par le passé.

Au-delà de cet aspect très positif, le jury souhaite signaler certaines erreurs fréquemment rencontrées dans les copies du concours 2009, en souhaitant que les candidats aux sessions futures s'inspirent de ces remarques pour mieux s'y préparer.

### II) REMARQUES PARTICULIERES

#### 1. Un point incontournable : la durée de l'année

La question 17 est au programme de terminale S. Elle n'a pourtant pas été traitée comme elle aurait dû l'être dans la moitié des copies. Le jury forme des vœux ardents pour que les candidats au concours commun s'obligent, dans les années à venir, à savoir traiter *sans hésiter et sans erreur* le mouvement circulaire dans un champ de gravitation.

On peut aussi remarquer à propos de cette question, qu'un minimum d'esprit critique est exigé à propos des applications numériques. Que peut penser un correcteur du candidat qui établit pour période du mouvement de la Terre autour du Soleil une valeur de quelques minutes, puis encadre soigneusement un tel résultat ?

#### 2. Deux graves difficultés sur des questions fondamentales

##### À propos de l'énergie potentielle en mécanique

L'expression de l'énergie potentielle dont dérive un champ de forces conservatif est un point essentiel du programme. Il a causé bien des soucis aux candidats dans les questions 9 (discussion du caractère lié ou non du mouvement d'une étoile) et 18 (expressions des énergies potentielles de pesanteur et d'inertie d'entraînement).

Rappelons donc que :

- l'expression de l'énergie potentielle d'un mobile ponctuel dans un champ newtonien est un résultat *exigible*, que les candidats doivent connaître *et* savoir retrouver, *en particulier* avec le bon signe ;
- la discussion du caractère lié ou non d'un mouvement se fait sur la base de l'étude du signe de l'énergie *mécanique*, à condition que l'origine des énergies soit bien *fixée à zéro*.

Les candidats qui ont abordé la question 18 ont eu beaucoup de difficultés à exprimer la force d'inertie d'entraînement (et son sens axifuge). Ceux qui l'on fait ont eu encore plus de mal à établir une expression convenable de l'énergie potentielle associée, souvent à la suite d'un choix maladroit du système de coordonnées.

### À propos de la réflexion métallique

Justifier la nullité du champ électrique dans un conducteur à partir des seules équations  $\rho = 0$  et  $\mathbf{j} = \mathbf{0}$  n'est pas acceptable.

Passer des relations de passage pour le champ électromagnétique aux relations de passage pour le vecteur d'onde n'est manifestement pas du tout une question facile, peut-être du fait que certains étudiants n'ont pas une représentation claire de ce que signifie effectivement le terme  $\mathbf{k} \cdot \mathbf{r}$  dans la phase  $(\omega t - \mathbf{k} \cdot \mathbf{r})$  d'une onde plane progressive et harmonique.

Rappelons ici que, dans le cas *a priori* plus complexe de la réflexion sur un diopstre, le programme officiel de la classe PSI stipule :

*Partant de la continuité des composantes tangentielle des champs  $\mathbf{E}$  et  $\mathbf{B}$  on montre que la composante tangentielle du vecteur d'onde est commune aux ondes incidentes, réfléchie et réfractée ; on en déduit les lois de Descartes pour les vecteurs d'onde.*

Le jury a de la peine à croire que ceux qui n'ont pas su traiter cette situation dans le cadre *simplifié* de la question 23 (en l'absence d'onde transmise) auraient su le faire dans le cas plus général du programme. Manifestement, cette compétence n'est pas acquise et la question a légitimement contribué au bon étalement des notes.

### **3. Au fil de l'énoncé**

L'énoncé débutait par des questions (1. à 10.) relevant largement du bon sens et d'une mise en équation minimale. Souvent bien traitée, cette partie a pourtant révélé des difficultés sérieuses dans certaines copies :

- à la question 1. une explication simple (corroboree par les calculs menés à la question suivante) suffisait. Quelques candidats l'ont remplacée par des phrases confuses relatives à un modèle de « big bang » mal compris ;
- à la question 6. confusion entre le *signe* de  $v_r$  et le *sens de variation* (au cours du temps ?) de la même grandeur. Quelques candidats ne connaissent pas l'ordre du spectre visible en fonction des longueurs d'onde, à moins qu'ils n'aient voulu retrouver à tout prix le *redshift* de l'énoncé ;
- à la question 7. l'exploitation du tableau de valeurs numériques est souvent hasardeuse, et la conversion en kilomètres par seconde et par million d'années lumière est une étape redoutable pour certains ;
- la question 8. proposait une application numérique pour l'âge estimé de l'univers. Le jury a été surpris (mais apparemment pas les candidats) de valeurs remarquablement basses (un million d'années) ou hautes ( $10^{37}$  milliards d'années), preuve sans doute que la culture générale astronomique fait défaut à certains... à moins qu'ils n'aient simplement oublié de se *relier d'un œil critique* ?
- enfin, à la question 10. une affirmation (même présentée comme « évidente ») ne remplace pas une démonstration (qui peut d'ailleurs s'écrire sans une seule ligne de calculs).

Les questions suivantes (11. à 15.) ne sont pas classiques pour les candidats de la filière et le jury a pu apprécier les efforts de certains pour mettre en équation les phénomènes souvent traités dans les ouvrages et revues de vulgarisation. Il lui faut pourtant signaler ici certaines insuffisances :

- à la question 11. (qui faisait pourtant explicitement référence à des *ordres de grandeur connus*), le jury a considéré avec bienveillance bien des réponses un peu approximatives, mais les

correcteurs n'ont pu que manifester leur surprise devant les notions d'*ondes magnétiques* ou d'*ondes radioactives* proposées par certains au sujet du rayonnement fossile ;

- à la question 14. il était essentiellement demandé de faire un changement de variable simple. Un nombre très élevé de candidats ne sait pas mener ce calcul. Peut-être faut-il y voir l'effet pervers de l'oubli d'écriture de l'*élément différentiel* dans l'expression d'une intégrale ? On peut aussi remarquer que, si une calculatrice affirme que  $h^3 = 0$  lorsque la constante de Planck  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ , c'est la calculatrice qui a tort.

- à la question 15. (certes difficile), beaucoup de candidats se découvrent des qualités d'acrobate quand il s'agit de justifier des propriétés d'une évolution *adiabatique* au moyen d'un modèle *isotherme* ! De manière plus générale, le jury préfère toujours attribuer des points aux candidats honnêtes présentant des résultats incomplets qu'à ceux qui aboutissent *coûte que coûte* à la formule demandée par l'énoncé.

La partie suivante (questions 16. à 20.) traite un problème classique de dynamique du point. En plus des remarques déjà faites plus haut concernant le mouvement annuel de la Terre, signalons ici :

- qu'à la question 16. *estimer* une erreur relative ne veut pas dire *affirmer* qu'elle est faible ou encore moins *inventer* une valeur numérique (« c'est sûrement moins que 1% ») ;
- que pour toutes les applications numériques, un nombre *raisonnable* de chiffres significatifs associé à une mention *explicite* de l'unité associée (l'abréviation « SI » n'étant pas admise) sont les conditions *nécessaires* à l'attribution des points prévus au barème ;
- que les questions 19. et surtout 20. et 21. ont été très peu abordées.

Pour finir, les questions 22. à 30. décrivaient la réflexion métallique en incidence oblique, pour justifier l'équation d'état  $p = u/3$  d'un gaz de photons. La question 22. a en général été bien traitée, mais la suite de cette partie a réservé quelques désillusions aux correcteurs. En plus des remarques déjà faites plus haut à propos de la question 23. citons ici :

- que la question 25. demande les expressions *réelles* des champs **E** et **B**, et qu'il fallait bien expliciter et simplifier ici ces expressions ;
- à la question 26. de très nombreuses confusions entre densité volumique d'énergie *u* et densité surfacique de puissance (ou vecteur de Poynting). Ces grandeurs sont certes liées mais sûrement pas interchangeables ;
- à la question 30. la simple évocation d'une décomposition en série de Fourier ne permet pas de justifier une propriété d'une grandeur *non linéaire*, à moins de s'appuyer sur le théorème de Parseval, ce qu'on négligé de faire la plupart des candidats qui ont abordé cette question.

### **III) CONCLUSION**

Au-delà des difficultés particulières à l'épreuve proposée cette année, le jury tient à féliciter encore une fois les candidats sérieux qui ont rendu une copie agréable à lire, pleine de bonne physique ou parfois de doutes légitimes, portant les indices indiscutables d'une réflexion rigoureuse et d'une relecture attentive.

Le jury encourage les candidats aux futures sessions du concours à s'inspirer de l'exemple des meilleurs de leurs aînés. Qu'ils n'oublient pas les règles essentielles du genre :

- *connaissance du cours* ;
- *rigueur dans les raisonnements* ;
- *soin dans les calculs*
- *vérification de la vraisemblance des résultats*,

Qu'ils s'astreignent à une rédaction soignée et lisible et le jury, reconnaissant, leur attribuera les points qui récompensent une bonne préparation suivie d'une bonne composition !