

Composition de Physique, Filière MP

Rapport de MM. Florin CONSTANTIN et François DEVREUX, correcteurs.

La composition de physique concernait cette année l'étude de la compression de la matière par une onde de choc. Elle comprenait trois parties indépendantes et bien équilibrées : électromagnétisme, thermodynamique et optique. La première partie a été traitée dans la quasi-totalité des copies. Ensuite, les efforts se sont dispersés et les résultats des parties II et III sont nettement plus faibles. Certains candidats ont cherché à glaner des points dans les questions qui leur paraissaient faciles. Cette stratégie de « grappillage » ne se révèle généralement pas payante.

Les notes des candidats français se répartissent selon le tableau suivant :

$0 \leq N < 4$	51	3,3 %
$4 \leq N < 8$	405	26,6 %
$8 \leq N < 12$	685	44,9 %
$12 \leq N < 16$	318	20,9 %
$16 \leq N \leq 20$	65	4,3 %
Total	1524	100 %
Nombre de copies : 1524		
Note moyenne : 9,78		
Écart-type : 3,37		

La moyenne se situe à 9,7 avec un écart-type de 3,4. Il y a 13 notes inférieures à 2 (potentiellement éliminatoires) et 8 très bonnes copies (notes supérieures à 19). L'énoncé accordait un poids important aux applications numériques. Il est surprenant de constater que près de 40% des calculs effectués donnent des résultats faux (statistique établie sur environ 200 copies). À titre d'exemple, voici quelques valeurs amusantes relevées (parmi des dizaines) pour le libre parcours de l'électron à la question I.9 : $6,01 \cdot 10^{40}$ m, $3,93 \cdot 10^{-41}$ m, 1537 m, 66000 km, 4,4 cm, $1,56 \cdot 10^7$ m.Mol⁻¹... La dynamique totale s'étale de $1,5 \cdot 10^{-113}$ m à $2,35 \cdot 10^{74}$ m, soit 187 ordres de grandeur. La validité de ces résultats époustouffants est assez rarement mise en cause par les candidats. Ils sont le plus souvent livrés sans commentaires, mais parfois avec un commentaire justificatif : « l'électron se déplace toujours très librement » pour $l=2,35 \cdot 10^{63}$ m (en effet!). Ce genre de résultats montre clairement un déficit grave de sens physique chez certains candidats. Les conversions d'unités, assez nombreuses dans ce problème, se sont avérées difficiles (souvent 10^{27} [électrons].m⁻³ = 10^{33} [électrons].cm⁻³).

Les commentaires qualitatifs qui sont demandés dans l'énoncé permettent d'évaluer la compréhension du phénomène physique en jeu. Les candidats doivent développer des idées à partir des pistes données dans le texte du problème, sans se limiter à une simple paraphrase de l'énoncé. On s'attend sur ce point qu'ils sachent identifier les éléments

pertinents de l'ensemble du problème mais aussi montrer du sens critique en les mettant en rapport avec leur culture générale scientifique.

Discutons à présent les résultats obtenus pour chaque question du problème.

I. Interaction onde électromagnétique-plasma

I.1 Question évidente ... sauf pour ceux qui font intervenir la masse dans le bilan des charges.

I.2-3 Questions faciles le plus souvent bien traitées, bien que quelques candidats aient des difficultés avec la notation complexe.

1.4 La relation de dispersion par un plasma est traitée en cours et apparemment bien mémorisée. C'est probablement ce qui explique que, bien qu'assez technique, cette question a été plutôt bien réussie.

1.5 Suite logique de la question précédente et réussie dans les mêmes proportions.

1.6 Question plus sélective. Les bonnes copies donnent la réponse correcte et la justifient.

1.7 Voir commentaire général sur les applications numériques.

1.8 Parmi les hypothèses à lever, beaucoup ont sélectionné la bonne, mais peu ont su expliquer pourquoi.

1.9 L'énergie coulombienne est parfois écrite $e^2 = (4/\pi\epsilon_0 r^2)$. Pour les valeurs fantaisistes du libre parcours des électrons, voir ci-dessus.

1.10 Question sélective. Une analyse dimensionnelle aurait pu donner la réponse ou au minimum permis d'éviter les réponses fautives.

II. Onde de choc ; aspects thermodynamiques

II.1.1-4 Ces questions simples permettaient de bien juger la solidité des connaissances physiques de base, indépendamment de toute aisance mathématique. La conservation de la masse est généralement exprimée de manière correcte, celle de la quantité de mouvement un peu moins souvent. Beaucoup n'ont pas vu qu'une force ne travaille que si elle déplace son point d'application et ont oublié de tenir compte de la variation de l'énergie cinétique dans le bilan énergétique. Certains l'ont aussi placée du « mauvais » côté de l'équation-bilan.

II.1.5 La démonstration de l'équation donnée dans le texte supposait d'avoir trouvé la réponse correcte aux quatre questions précédentes. Le jury a peu apprécié les copies qui prétendaient la démontrer avec une, deux, voire trois et même dans quelques rares cas quatre réponses fausses.

II.1.6 Bien que la réponse à cette question fût guidée par la suite du problème, moins

d'un quart des copies ont su la trouver.

II.2.1-5 Questions plus faciles, proches du cours et mieux traitées. Néanmoins, un certain nombre de candidats appliquent avec automatisme la loi de Laplace $PV^\gamma = \text{Cte.}$, sans se soucier de savoir si la transformation est réversible. Par ailleurs, l'opinion la plus couramment répandue parmi les candidats est que le rapport γ pour un gaz monoatomique vaut $3/2$, la valeur correcte ($5/3$) n'arrive qu'en deuxième position suivie de $5/2$, $7/5$ et plus rarement $4/3$, 2 , 1 ...

II.3.1 La vitesse du son dans l'air est généralement connue (parfois qualifiée de vitesse du son dans le vide).

II.3.2 Question un peu calculatoire qui, à ce stade de l'épreuve, a connu un taux de réussite assez faible.

II.3.3 Voir la remarque ci-dessus sur la valeur de γ pour un gaz monoatomique.

II.3.4 Question plutôt bien traitée par ceux qui l'ont abordée.

II.4.1-4 Ces questions comportaient essentiellement des applications numériques avec des manipulations de changement d'unités. Bien qu'il s'agisse en principe d'un exercice assez facile, les résultats sont très médiocres : moins de 10% de réponses correctes aux questions II.4.3 et II.4.4.

III. Détermination de la vitesse de l'onde de choc

III.1.1-2 Questions de cours généralement bien traitées.

III.1.3 À partir de cette question, les résultats se dégradent nettement. En effet, le schéma des surfaces d'ondes, qui conditionnait le traitement de la suite du problème, est rarement correct.

III.2.1-3 Questions faciles ... à condition d'avoir un bon schéma des surfaces d'ondes.

III.3 Parmi les (rares) candidats ayant abordé cette question, certains ont ajouté dans l'expression du terme d'interférences la contribution de la différence de chemin optique et ... celle du retard temporel correspondant.

III.4.1 La démonstration de l'expression de l'intensité donnée dans le texte supposait d'avoir traité correctement les questions III.2 et III.3. On trouve néanmoins des copies qui obtiennent le « bon résultat » sans ces prérequis.

III.4.2 Question facile, que l'on pouvait traiter en admettant le résultat de III.4.1.

III.5.1-3 Les questions relatives à l'exploitation de l'interférogramme et les applications numériques de III.5.3 étaient faciles et pouvaient être traitées sans avoir résolu les questions précédentes. Elles ont cependant été peu abordées (sauf III.5.1) faute de temps.

III.6. Question traitée correctement par les rares candidats qui l'ont abordée.