

1/ CONSIGNES GÉNÉRALES

Le sujet, intitulé « considérations sur une raie spectrale » étudie la largeur de raies d'émission sous plusieurs aspects (oscillateurs amortis, perte d'énergie par rayonnement, mesure interférométrique, élargissement par effet Doppler). Il touche plusieurs parties du programme de MPSI-MP : on y trouve de la mécanique, de l'électromagnétisme ondulatoire, de l'optique ondulatoire, de la physique quantique et de la physique statistique. Il est constitué de plusieurs parties largement indépendantes entre elles. La calculatrice est interdite mais des calculs d'ordre de grandeurs sont demandés.

2/ REMARQUES GÉNÉRALES

Dans l'ensemble, ce sujet contient de nombreuses parties directement issues du cours de physique de MPSI-MP et des applications directes. Il valorise donc les candidats sérieux. Il contenait des parties un peu calculatoires et d'autres plus qualitatives, de nature à tester la compréhension physique des phénomènes.

Si les correcteurs ont vu peu de copies vides, ils déplorent une rédaction souvent minimaliste, voire bâclée. Ils attendaient des justifications qui ont souvent été escamotées, à leur grand regret. Les candidats qui ont sérieusement tenté les calculs d'ordre de grandeur ont été récompensés.

Si les parties sont indépendantes entre elles dans une large mesure, les correcteurs regrettent une lecture trop linéaire du sujet de la part de certains candidats qui ont du mal à saisir l'objectif des différentes parties qui jalonnent ce sujet. Il est conseillé aux candidats de consacrer plus de temps à la lecture et à la compréhension des grandes idées développées dans l'énoncé même si celui-ci peut paraître long.

Le traitement de la partie d'optique ondulatoire a globalement été décevant. Les schémas sont souvent parachutés sans légende ni explication, les démonstrations du cours de MP sont restituées avec beaucoup de confusion. Les candidats, peu nombreux, qui ont vraiment essayé de répondre précisément à ces questions en invoquant les théorèmes appropriés ont montré une bonne compréhension de cette partie. La notion de cohérence temporelle n'est pas encore bien comprise.

La partie « Informatique (Pour Tous) » a eu un succès très mitigé dans l'ensemble, mais elle a permis à beaucoup de candidats ayant eu des difficultés dans les autres parties de glaner des points précieux en montrant une bonne compréhension de l'algorithme proposé. Si certains candidats ont mal compris les questions posées, la plupart de ceux qui se sont investis dans ces questions ont proposé des réponses pertinentes et intéressantes.

3/ REMARQUES SPÉCIFIQUES

PARTIE I

L'unique question de cette partie a été plutôt correctement traitée.

PARTIE II

- Q2.** La question a été traitée sans difficultés majeures.
- Q3.** Si les candidats identifient facilement les plans de symétrie et les invariances, certains d'entre eux, qui ont traité les invariances avant les symétries, en déduisent que le vecteur champ magnétique ne dépend ni de θ ni de ϕ , sans se rendre compte que c'est faux en terme de direction.
- Q4.** Trop peu de candidats précisent l'orientation de la surface de Gauss et beaucoup de candidats perdent un temps précieux à déterminer le champ électrique à l'extérieur de la boule, alors que ce n'est pas demandé.
- Q5.** L'identification de la force comme une force de rappel élastique a été très rare. La plupart des candidats l'identifient comme une sorte de « force d'inertie d'entraînement attractive », ou comme une force centrifuge.
- Q6.** Trop de candidats traitent cette question en coordonnées sphériques sans connaître l'expression de l'accélération (qui est d'ailleurs hors programme). Ils oublient de passer en coordonnées cartésiennes et n'établissent pas que la trajectoire reste selon l'axe (Oz). D'autres candidats ne reconnaissent pas l'équation différentielle d'un oscillateur harmonique.
- Q7.** Trop d'erreurs dans la définition du moment dipolaire électrique associé. De nombreux candidats arrivés au bon résultat ne répondent pas complètement à la question qui voulait explicitement l'amplitude et la pulsation.
- Q8.** Beaucoup de candidats arrivent avec des longueurs d'ondes supérieures au km et ne font aucun commentaire, sauf peut-être certains qui affirment alors qu'il s'agit d'un rayonnement infrarouge !
- Q9.** Les chocs avec des molécules d'air ou d'autres électrons sont les principales causes de l'apparition d'une force de frottement d'après beaucoup de copies. Le rayonnement n'est quasiment jamais invoqué.
- Q10. Q11. Q12. Q13.** Certains candidats ont extrait la mention « l'électron n'est soumis à aucune autre force » et ont supprimé la force de rappel élastique à ce stade. Ils se sont donc peu retrouvés dans les solutions proposées et n'ont donc pas saisi l'objectif ni le contexte de la question. Ainsi, ils ont recherché l'énergie potentielle associée à la force de frottement. Pour le reste, la résolution vectorielle de l'équation différentielle a posé beaucoup de problème.
- Q14.** Question convenablement traitée la plupart du temps. Mais certains candidats, ayant manifestement l'intuition de la réponse, ont énormément de mal à formuler simplement les choses. Les correcteurs ont vu beaucoup de longs développements qui ont dû prendre du temps au candidat.

- Q15.** Beaucoup de candidats répondent que la fonction renvoie un tableau de 3 valeurs sans les donner. Peu de réponses correctes pour la troisième valeur.
- Q16.** Mis à part quelques oublis d'initialisation et/ou d'incrémentation en fin de boucle, cette question a été correctement traitée.
- Q17.** Les candidats qui ont pris la peine de distinguer période propre et pseudo période sont rarissimes.
- Q18.** Les réponses sont évasives et non justifiées. Les candidats qui ont remarqué une décroissance différente entre les deux représentations graphiques proposées sont rares.

PARTIE III

- Q19.** La hiérarchie des distances est souvent aléatoire. Le moment dipolaire est considéré comme une longueur qui est comparée à la longueur d'onde par exemple.
- Q20. Q21.** Correctement traitées dans l'ensemble. Mais certaines erreurs de signe devraient raisonnablement alerter les candidats pour ce qui est de la propagation de l'énergie EM.
- Q22. Q23.** Les définitions sont à peu près connues mais les calculs sont parfois difficiles. Beaucoup de candidats se contentent de multiplier l'expression du vecteur de Poynting par la surface de la sphère et semblent ne pas s'inquiéter de retrouver une expression dépendant de $\sin(\theta)$ au carré.
- Q24.** Cette première évaluation de la durée du train d'onde a posé beaucoup de problèmes. L'ordre de grandeur du moment dipolaire a constitué une difficulté que beaucoup n'ont pas surmontée.
- Q25. Q26. Q27.** Ces questions ont été peu ou mal abordées. On peut noter une erreur de signe fréquente pour l'écriture du bilan énergétique. Les valeurs trouvées pour τ ne sont pas commentées.

PARTIE IV

- Q28.** Les correcteurs s'attendaient à des réponses correctes pour cette question de cours. Il en a résulté des figures approximatives, où la présence du miroir « image » n'est généralement ni justifiée ni énoncée comme telle. Les rayons lumineux sont assez approximatifs.
- Q29.** Le calcul rigoureux de la différence de marche, question de cours dont le résultat a été donné dans l'énoncé, n'est présent que dans de très rares copies.
Le principe du retour inverse de la lumière ou, à défaut, l'égalité des chemins optiques relativement au point M de l'écran fait l'objet d'une simplification calculatoire sans aucun commentaire. Le théorème de Malus se réduit souvent à l'égalité de chemins optiques entre un point source et deux points d'une même surface d'onde.
- Q30. Q31.** La notion de perte de cohérence liée à l'élargissement spectral d'une source n'est pas clairement comprise, ou du moins pas clairement formulée. Beaucoup de candidats confondent « anti-coïncidence » et

« interférences destructives ». Le critère semi-quantitatif de brouillage se réduit dans le meilleur des cas à une inégalité sans autre explication.

Q32. L'intervalle de temps évoqué n'est que très rarement considéré comme la durée séparant l'arrivée des trains d'onde.

Q33. Q34. Q35. Les calculs sont très souvent menés à peu près à leur terme, mais les résultats obtenus ne sont pas exploités. Le graphe donnant l'éclairement est rarement juste, les correcteurs ont pu s'étonner de courbes très surprenantes. Les valeurs de tau trouvées sont très rarement commentées et encore moins comparées entre les différentes parties.

PARTIE V

Q36. Q37. Q38. Q39. Ces questions ont été correctement traitées dans l'ensemble, à quelques erreurs près : confusion entre la vitesse de déplacement de l'émetteur et la célérité de l'onde, oubli de T_0 dans l'expression de t_2 .

Q40. Q41. Ces questions ont été réussies dans l'ensemble, même si la nullité de la fonction d'onde à l'extérieur du puits n'est que très rarement évoquée pour énoncer les conditions aux limites en $x = 0$ ou $x = L$. Beaucoup d'erreurs lors de l'application numérique, qui aboutit parfois à des résultats tels que 10 puissance 44 Joule pour l'énergie du niveau fondamental d'un atome, sans susciter de réaction.

Les questions suivantes n'ont été que partiellement traitées.

Q48. Le théorème d'équirépartition de l'énergie plus ou moins bien énoncé, permet à certains candidats de donner l'expression de l'énergie moyenne.

Q49. Les différentes fréquences sont correctement données par les rares candidats qui ont traité cette question. L'ordre de grandeur n'est quant à lui jamais abordé pour ainsi dire.

4/ CONCLUSION

En conclusion, s'il a été difficile aux candidats de finir le sujet, on peut constater que toutes les parties ont été abordées dans la plupart des copies. Les correcteurs déplorent en général la pauvreté des commentaires physiques dont ils sont friands.

On peut regretter également que les candidats se trouvent en difficulté sur des notions largement évoquées en cours, sur la résolution d'équations différentielles assez simples.

Les correcteurs ont pu néanmoins apprécier de bonnes copies démontrant un travail sérieux et une volonté de rigueur, de clarté. Ils n'ont pas manqué de valoriser ces copies.