

## 1/ PRÉSENTATION DU SUJET

Le sujet « Lumière et changements de référentiels : de l'éther luminifère à la relativité restreinte » était composé de 4 parties indépendantes. Il interrogeait les candidats sur les domaines suivants :

- interférométrie,
- loi de composition galiléenne des vitesses,
- électromagnétisme,
- filtrage harmonique,
- simulation informatique avec discussion des résultats.

L'ensemble se référait aux programmes de physique et "d'informatique pour tous" de MPSI et MP.

Dans ce sujet, qui offrait plusieurs thématiques indépendantes, les candidats ont pu mettre en œuvre de nombreuses compétences à la fois techniques (questions où il fallait mener à bien des calculs) et qualitatives (questions de sens physique). Des questions de cours jalonnaient également le sujet pour tester les connaissances des candidats.

## 2/ APPRÉCIATION GÉNÉRALES

### Sur la forme

Certaines copies manquent de soin dans la présentation : des écritures peu soignées demandent des efforts de déchiffrement. Parfois les numéros de questions ne sont pas indiqués, ou ne correspondent pas à la numérotation de l'énoncé, ce qui est particulièrement pénible à la correction. On rappelle aussi que des résultats clairement mis en valeur (par exemple par soulignement ou encadrement) constituent un point appréciable qui est pris en compte dans le barème.

### Sur le contenu

On déplore le manque de soin dans les écritures : par exemple, aucune différence de notation entre un vecteur et sa norme, le point de produit scalaire entre deux vecteurs est quasi systématiquement manquant. À noter aussi l'omission du petit « rond » sur le symbole 'intégrale' pour indiquer que le domaine d'intégration est une surface fermée ou un contour fermé.

Le vocabulaire scientifique est trop souvent pauvre et approximatif.

De nombreux candidats doivent faire un effort sur l'expression, l'orthographe et la conjugaison (« galiléen », « applicant », « référenciel »). Oubli des accents sur les participes passés, erreurs dans les accords au pluriel ou au féminin (« des aire égale », « fil infinie », « on travail », « ils tournes », « il appartient », « analogique » au lieu d'analogue...).

À propos des thèmes abordés, on peut relever les points suivants :

#### Interférométrie

La formule de Fresnel pour les interférences de 2 ondes parfaitement cohérentes ne semble pas connue de tous les candidats. Les relations entre retard temporel, déphasage et ordre d'interférence sont parfois difficilement retrouvées.

#### Loi de composition galiléenne des vitesses

On note beaucoup d'erreurs dans la représentation graphique de la loi de composition vectorielle des vitesses, sans compter des schémas souvent bâclés.

#### Électromagnétisme

Les théorèmes de Gauss et d'Ampère sont connus et l'étude des symétries et des invariances est plutôt bien menée, alors qu'elle n'était pas explicitement demandée dans l'énoncé. Ce point positif a été une bonne surprise pour les correcteurs.

#### Filtrage harmonique

Le rôle de la cellule (R,C) n'a pas toujours été identifié à un filtrage passe-bas pour récupérer la composante continue du signal d'entrée. Ce filtre pourtant élémentaire et étudié en travaux pratiques, ne devrait plus avoir de secret pour les candidats.

#### Partie « informatique pour tous »

Quand elle a été abordée, elle a donné lieu à d'assez bons résultats. Cependant, le corps du programme donné dans l'énoncé n'a pas toujours été respecté.

#### Questions de cours

Elles sont trop souvent mal maîtrisées avec des réponses au mieux imprécises, au pire complètement fausses ou incohérentes.

## 3/ REMARQUES SPÉCIFIQUES

### PARTIE I

**Q1.** La représentation graphique de la loi de composition vectorielle des vitesses a posé beaucoup de problèmes. Les schémas des vecteurs sont souvent bâclés, voire illisibles. L'attribution des normes des vitesses est souvent erronée et/ou incohérente avec le schéma des vitesses donné par le candidat. Enfin, certains candidats trouvent pour solution des normes ne figurant pas parmi les quatre propositions fournies dans l'énoncé !

**Q2.** On note des difficultés à exprimer une durée de parcours. On trouve par exemple, dans

certaines copies :  $\tau_1(\alpha) = \frac{L}{v_{a1} + v_{r1}}$ .

L'écriture d'un développement limité à un ordre donné pose quelques problèmes indépendamment de l'erreur présente dans le formulaire de l'énoncé. De nombreux candidats n'ont, fort heureusement, pas été gênés par cette erreur car, soit ils n'ont pas utilisé le formulaire, soit ils sont passés par la forme factorisée de  $\tau_1(\alpha)$  en  $(w/c)^2$ . Toutefois, afin qu'aucun candidat ne soit pénalisé, nous avons tenu compte dans la notation des difficultés que cette erreur de formulaire a pu occasionner (à juste titre) à une minorité de candidats.

- Q3.** Idem à Q2. Le changement de signe entre  $\tau(\alpha)$  et  $\tau(\beta)$  est en général bien vu.
- Q4.** La donnée de  $\Delta p$  permet de traiter la suite en cas d'erreur, mais aussi de repérer quelques candidats qui modifient les résultats précédents de manière induue pour parvenir à la bonne formule...
- Q5.** Cette question est rarement abordée. Quand elle l'est, de nombreux candidats indiquent que l'interfrange est modifié, ou bien évoquent des franges circulaires alors que l'énoncé rappelait que les franges étaient rectilignes...
- Q6. a)** Confusions référentiel/repère. Un référentiel n'a pas de barycentre ou de centre (erreur très répandue). De nombreux candidats écrivent « un référentiel héliocentrique... » laissant penser qu'il en existe plusieurs...
- b)** Les lois de Képler énoncées par les candidats sont souvent approximatives et leur numérotation est parfois erronée. Les candidats ne pensent pas toujours à préciser que le Soleil est positionné à l'un des foyers des orbites elliptiques. Pour la loi des aires, de nombreux candidats parlent de la surface (ou de l'aire) balayée par une planète au lieu de l'aire balayée par le rayon vecteur soleil-planète. Enfin, certains candidats veulent restreindre la 3<sup>e</sup> loi de Képler aux orbites circulaires.
- c)** Le vocabulaire doit être plus soigné. Les candidats parlent de vitesse de rotation de la Terre autour du soleil pour parler de sa vitesse de révolution. Ils utilisent le terme de vitesse de la Terre quand il s'agit d'évoquer la vitesse du centre de la Terre.
- Q7.** La valeur de  $\Delta p$  a fréquemment laissé penser qu'il était question de brouillages. De nombreux candidats indiquent que cette variation n'est pas détectable car elle est inférieure à 1 (ou à 0,5) et n'ont pas fait le lien avec la sensibilité  $i/100$  indiquée dans l'énoncé. Enfin, la valeur de  $\Delta p$  est parfois exprimée en mètre !?
- Q8.** La possibilité d'une mobilité de l'éther dans le référentiel héliocentrique est rarement envisagée. Peu de candidats ont fait l'application numérique de la vitesse d'éther minimale détectable.

## **PARTIE II**

**Q9. à Q11.** Questions réussies dans l'ensemble.

**Q12.** Le fait que les charges sont immobiles dans ( $R'$ ) n'a pas toujours été invoqué pour justifier que  $\vec{B}' = \vec{0}$ . Cette simple justification suffisait pourtant (plutôt que de se lancer dans des explications

parfois farfelues, comme par exemple d'assimiler le fil à un solénoïde infini).

**Q13.** Le point de produit scalaire dans  $\vec{E} \cdot d\vec{l}$  ou  $\vec{B} \cdot d\vec{l}$  est quasi-systématiquement oublié. Il en est de même du « petit rond » dans  $\oiint$  ou  $\oint$  indiquant que la surface ou le contour sont fermés. Les théorèmes de Gauss et d'Ampère sont en général connus (on note toutefois que la permittivité diélectrique ou la perméabilité magnétique du vide sont parfois oubliées). L'étude des symétries et des invariances est menée correctement. La surface de Gauss et le contour d'Ampère sont en général bien précisés (on rappelle pour ce faire l'utilité d'un schéma !). Plusieurs candidats ont perdu du temps à calculer les champs à l'intérieur du fil, alors que seules les valeurs à l'extérieur étaient demandées : il faut lire attentivement l'énoncé !  
On trouve parfois de grossières erreurs comme par exemple le choix d'un disque pour surface de Gauss ! On déplore aussi que les expressions du volume, de la surface latérale d'un cylindre, de l'aire d'un disque et du périmètre d'un cercle, ne soient pas connus de tous les candidats !

**Q14.** La majorité des candidats donne  $I = \lambda_f V_e$  sans justification, ou par analyse dimensionnelle. Beaucoup semblent ignorer l'expression d'un vecteur densité de courant électrique et son lien avec l'intensité électrique.

**Q15.** Question qui n'a pas posé de problème quand elle a été abordée.

**Q16.** Beaucoup de candidats concluent à une dilatation des longueurs alors qu'ils ont trouvé  $\lambda > \lambda_f$ .

### PARTIE III

**Q17.** La définition du référentiel géocentrique est souvent incomplète ou imprécise et le mouvement de la Terre dans ce référentiel réserve quelques surprises : on peut lire par exemple que c'est « un référentiel lié au centre de la Terre » ou bien « le référentiel lié à la Terre », puis que « la Terre y est immobile, mais en rotation sur elle-même » !  
Peu de candidats précisent que la rotation de la Terre se fait autour de l'axe des pôles.

Enfin, en ce qui concerne la relation entre  $\Omega_T$  et  $T_j$ , on voit souvent l'expression  $\Omega_T = \frac{2\pi R_T}{T_j}$ .

**Q18.** Des erreurs sur le sens du mouvement du vent d'éther et sur l'expression de  $w(\varphi)$ .

**Q19. a)** Quand la question est abordée, on trouve souvent  $c-w(\varphi)$  au lieu de  $c+w(\varphi)$  et  $c-w(\varphi+\Delta\varphi)$  au lieu de  $c+w(\varphi+\Delta\varphi)$  et pas d'explication (un schéma pouvait pourtant être très utile).

**b) et c)** Le développement limité de  $\tau_1$  est généralement bien fait, mais il y a eu des difficultés à trouver Y.

**Q20. et Q21.** RAS

**Q22.** Très peu de compréhension physique de l'expérience MGP et du rôle du petit rectangle AEFD.

**Q23.** RAS

#### PARTIE IV

- Q24.** Erreur fréquente sur l'expression de la surface de la boucle de fibre :  $N_t 2\pi RL$  au lieu de  $N_t \pi R^2$ .
- Q25.** La formule de Fresnel ne semble pas connue de tous les candidats. Le pré facteur  $I_0/2$  est souvent présent mais non justifié.
- Q26. a)** La plupart des candidats font la remarque attendue sur la parité de la fonction cosinus.
- Q26. b)** Le calcul de  $\kappa$  est en général obtenu, mais pour l'influence des paramètres, il ne suffit pas d'indiquer que l'on peut jouer sur la longueur d'onde ou le nombre de tours : il faut préciser si on doit augmenter ou diminuer ces grandeurs.
- Q26. c)** La dépendance en  $\Omega$  de la sensibilité n'est souvent pas repérée.
- Q27. a)** RAS.
- Q27. b)** Un manque de rigueur dans la manipulation des fonctions trigonométriques. Par exemple, on voit souvent l'égalité  $\sin(n\pi) = 1$  où  $n$  est un entier, sans discussion sur la parité de  $n$  !
- Q28.** RAS.
- Q29, Q30.a), Q30.b) et Q31.** Questions souvent correctement traitées quand elles sont abordées.
- Q32.** Quand le filtrage passe-bas est bien identifié, son intérêt et la condition sur  $f_c$  l'est moins. La représentation d'un gabarit succinct pouvait aider à trouver cette condition.
- Q33.** Certains candidats n'ont pas su régler leur calculatrice en radians et donnent une valeur de 31 radians alors qu'il s'agit de  $31^\circ$ , soit 0,54 radians.
- Q34. a)** Curieusement cette question, pourtant facile, n'a pas été toujours bien traitée.
- Q34. b) et c)** RAS.
- Q35. et Q36.** Pas de problème de fond à signaler, mais une rédaction insuffisante.
- Q37.** Certains candidats ne respectent pas le corps de programme donné dans l'énoncé et proposent d'autres solutions. Il serait davantage apprécié que les consignes de l'énoncé (qui indiquait de compléter les lignes de programme manquantes) soient respectées.  
Du point de vue de la complexité, la concaténation est une mauvaise idée pour ajouter un élément à la fois à une liste : utiliser la méthode `append` et proscrire `L=L+[terme]`.  
On déplore de nombreuses erreurs sur les bornes des boucles `for`.  
Beaucoup de candidats ont écrit la fonction RK(P) sans s'appuyer sur  $r$  et  $k$  définis à la Q36, ce qui conduit à plusieurs évaluations de la même expression  $f(p_n, u_n)$ .
- Q38.a) b) c) et d)** Questions peu traitées.

## 4/ CONCLUSION

Le sujet était long, mais il a permis aux candidats d'explorer différentes parties en repartant facilement sur de nouvelles questions quand ils ont bloqué. Malgré les défauts sur la qualité de la rédaction et sur le soin de la présentation déplorés par l'ensemble des correcteurs, nous avons trouvé de très bonnes copies avec des réponses bien structurées. Ces candidats, qui ont montré une bonne compréhension du sujet avec une bonne maîtrise du cours, ont prouvé qu'ils ont réalisé un consciencieux travail de fond pendant leur préparation. Nous ne pouvons ici que les féliciter et conseillons aux futurs candidats, pendant leur année scolaire de MP :

- de bien travailler le cours dans l'objectif de maîtriser les compétences exigibles du programme, y compris celles marquées aux travaux pratiques,
- de revoir et travailler avec la même rigueur que ci-dessus le cours d'informatique pour tous et les compétences exigibles associées,
- de s'approprier les questions posées et de respecter les consignes demandées par une lecture attentive du sujet,
- de s'exercer à produire des copies bien rédigées et bien présentées. La clarté des explications, la précision du vocabulaire et la rigueur des raisonnements sont un gage de réussite.

Avec tous nos encouragements aux futurs préparateurs et notre confiance renouvelée à leurs professeurs !