

candidats sous-estiment manifestement les effets pénalisants. Le symbole d'implication n'est toujours pas devenu un synonyme de *donc*, et une page de calculs sans issue, clos par des points de suspension ou par la formule magique *n'aboutit pas* sera toujours prise pour ce qu'elle représente : une incorection vis-à-vis du correcteur.

On l'aura compris, ce rapport met également l'accent sur des travers constants soulignés dans les copies et nous souhaitons qu'il permettra de rappeler aux futurs candidats que ces éléments, tout secondaires qu'ils sont en apparence, sont aussi pour les correcteurs des éléments d'appréciation.

## Sciences physiques

### Physique

L'étude de l'orbite d'un satellite héliosynchrone et de son module de radionavigation constituait le thème de l'épreuve de cette année. Ce choix a permis d'élaborer un sujet diversifié puisqu'il comportait une partie de mécanique (forces de gravitation), une partie d'électronique (traitement du signal) et une partie d'électromagnétisme (effet Doppler et réflexion d'une onde sur un miroir). De longueur et de difficultés raisonnables, ce problème a permis un bon étalement des notes.

#### Partie I.A – Premier modèle du champ de gravitation

Cette première partie, proche du cours, guidant bien les candidats, a été assez bien réussie dans l'ensemble. Cependant, nous avons constaté qu'un nombre important de candidats n'a pas défini de manière convenable le référentiel géocentrique. De même, nous avons été surpris que de nombreux candidats oublient de citer l'énergie mécanique du satellite comme grandeur invariante ; ils évoquent toujours le moment cinétique, puis, la constante des aires et parfois aussi le rapport  $\frac{T^2}{a^3}$  entre le carré de l'amplitude et le cube du demi-grand axe de l'ellipse.

L'origine O des axes a très souvent été placée au centre de la trajectoire elliptique et non en son foyer. Le nom donné au vecteur  $\vec{E}$  a souvent été fantaisiste : vecteur vitesse initiale, vecteur de Frénet, vecteur accélération, vecteur ellipse, vecteur de Landau, vecteur de « Lunge », et même ... vecteur champ électrique !

#### Parties I.B et I.C – Deuxième modèle du champ de gravitation

Curieusement, le calcul des composantes  $\vec{g}_r$  et  $\vec{g}_\lambda$  du champ de gravitation a comporté de nombreuses erreurs, de signes évidemment, d'oubli du facteur  $\frac{1}{r}$  dans la seconde composante et même erreur dans le calcul de la dérivée du facteur  $\frac{1}{r^3}$ .

Une très grande proportion de candidats a exprimé convenablement le vecteur rotation  $\vec{\Omega}$  du référentiel  $R_i$  par rapport au référentiel  $R_a$ . Par contre, la suite de cette partie, plus difficile, n'a donné de résultats à peu près satisfaisants que dans les très bonnes copies. Les candidats ont souvent mélangé les différents référentiels et ne savaient pas trop quelles étaient les grandeurs qui étaient constantes, quelles étaient celles qui variaient peu et quelles étaient celles qui variaient vraiment. Certains n'ont pas hésité à se lancer dans des calculs interminables (parfois 2 pages bien remplies de dérivées de toute sorte) du moment cinétique  $\vec{\sigma}_o$  du satellite dans le référentiel  $R_a$ , puis de sa dérivée  $\left(\frac{d\vec{\sigma}_o}{dt}\right)_{R_a}$  dans ce même référentiel.

Les étudiants ayant abordé la fin de cette partie, ont presque tous calculé la vitesse apparente du soleil dans le référentiel géocentrique en prenant une période d'une journée au lieu d'une année.

#### Partie II.A – Mesure d'altitude

Pratiquement tous les candidats ont trouvé les expressions des tensions  $e_2(t)$ ,  $e_3(t)$  et  $e(t)$ , avec parfois une erreur de signe, mais très peu d'entre eux ont réussi à simplifier l'expression de  $e(t)$  dans le cas d'une faible profondeur de modulation ( $kk_0M(t) \ll 1$ ) ; ils trouvent alors  $e(t) = A_e \cos(2\pi f_0 t)$  en occultant totalement le terme de modulation.

L'expression du signal de sortie du filtre passe-bas n'a pratiquement jamais été fournie mais de nombreux candidats ont proposé un filtre passe-bas correct (mais parfois surprenant).

#### Partie II.B – Mesure de vitesse

Si nous avons parfois eu des manifestations physiques de l'effet Doppler assez « originales », la plupart des candidats a donné à la première question des réponses satisfaisantes. De même, la transformation galiléenne des champs  $\vec{E}$  et  $\vec{B}$  ne leur a pas posé de trop grosses difficultés.

Par contre, l'étude de la réflexion de l'onde électromagnétique sur le miroir mobile n'a pas donné de résultat convenable. Les condi-

tions aux limites imposées aux champs  $\vec{E}$  et  $\vec{B}$  sur le miroir ont été très mal retranscrites (confusion entre  $x$  et  $x'$ , parfois absence de  $x$  ou  $x'$ , et même condition limite écrite en tout point). Pratiquement tous les candidats se sont focalisés sur le calcul des amplitudes des champs et en ont oublié l'essentiel à savoir le calcul des fréquences ; ils trouvent très souvent des pulsations  $\omega_i$  et  $\omega_r$ , égales sans s'en émouvoir alors qu'ils étudient l'effet Doppler. En outre, ils ne se sont jamais posé de questions en écrivant à la question suivante que les résultats obtenus sont tout à fait conformes avec la formule proposée par l'énoncé sous la forme  $f_r = f_i \left(1 - \frac{v_0}{c}\right)$ .

À la question pourquoi a-t-on  $|E_r| < |E_i|$ , la plupart des étudiants a répondu par un calcul plus ou moins douteux et n'a pas compris qu'il fallait justifier ce résultat par un commentaire physique.

Notons enfin que le jury a été très indulgent dans la notation de cette partie étant donné qu'il y a ambiguïté à utiliser la transformation galiléenne du champ électromagnétique pour étudier la réflexion d'une onde sur un miroir mobile.

Si le calcul des vitesses  $|V_r|$  fut souvent correct, celui des incertitudes  $\Delta|V_r|$  le fut rarement.

## Partie II.C – Mesure d'angles

Les étudiants ont ici grappillé quelques points. Cependant, les signaux en  $A_1$  et  $A_2$  de la forme  $A_e \cos 2\pi f \left(t + \frac{D_1}{c}\right)$  et  $A_e \cos 2\pi f \left(t + \frac{D_2}{c}\right)$  furent relativement nombreux et l'analogie avec les interférences optiques a toujours été très superficielle.

## Conclusion

Nous avons indiqué l'an dernier que nous serions nettement plus sévères avec les candidats qui négligeaient la présentation de leurs copies. C'est donc ce que nous avons fait pour favoriser les candidats qui avaient fait un réel effort de rédaction.

# Physique-Chimie

Le sujet se compose de deux problèmes de physique indépendants et d'un problème de chimie.

L'ensemble porte sur le programme de seconde année.

## Partie I : Alternateur de bicyclette

Un grand nombre de candidats n'a pas compris qu'une bobine comportant  $N$  spires placées dans un plan était tout simplement une bobine « plate » et non un solénoïde.

Ensuite, des fautes surprenantes sont à déplorer telles que celles commises dans le calcul du produit scalaire où l'on trouve  $\sin(wt)$  ou pire  $wt$  à la place de  $\cos(wt)$ .

La transcription dans le domaine complexe de l'équation différentielle vérifiée par  $i(t)$ , méthode à laquelle certains candidats ne pensent pas, est délicate pour beaucoup d'entre eux :

- « en régime permanent » est traduit par  $\frac{di}{dt} = 0$  !
- le terme en  $\sin wt$  pose un gros problème.

Dans l'étude du filtre, les comportements hautes et basses fréquences sont rarement évoqués.

L'expression de l'argument du filtre n'étant pas classique, elle donne lieu à beaucoup de résultats faux.

Un bon nombre de copies fait apparaître l'expression du couple exercé sur un dipôle magnétique sous forme exacte.

Peu de candidats ont abordé la réalisation pratique, pourtant traitée très correctement par quelques étudiants. Il était tout à fait possible de progresser dans cette partie en utilisant les expressions données dans l'énoncé.

## Partie II : Thermorégulation d'un cycliste

Cette deuxième partie a été abordée par la grande majorité des candidats.

La loi de Stefan est connue mais les candidats oublient de rappeler que la puissance envisagée est surfacique.

On note aussi beaucoup de fautes de signes dans l'expression de la puissance échangée par le corps humain avec l'extérieur. Les applications numériques qui en découlent (plage de températures) sont donc fausses.

Il est regrettable que l'expression de la surface d'une sphère ne soit pas connue par tous les candidats, «  $4/3$  » apparaît trop souvent !

Il est expressément demandé dans l'énoncé de faire un bilan énergétique entre deux sphères de rayon  $r$  et  $r + dr$  afin d'établir l'équation de la chaleur dans cette zone. Des candidats se contentent de parachuter «  $\Delta T$  », qu'ils ne connaissent pas en coordonnées sphériques et qu'ils n'ont du reste pas à connaître. Ils trouvent souvent une expression erronée pour la température alors qu'elle était donnée dans le texte, s'en étonnent à peine et considèrent qu'il y a une erreur dans l'énoncé ! Certains poursuivent les calculs avec leur expression, d'autres prennent quand même celle de l'énoncé.

Rappelons qu'une équation différentielle vérifiée par la température  $T$  ne doit pas comporter la densité de courant  $j$  qui est fonction