

## ÉPREUVE ÉCRITE DE PHYSIQUE 2

---

### REMARQUES D'ORDRE GÉNÉRAL

#### 1. Erreurs courantes

Un certain nombre de correcteurs ont fait remonter des erreurs récurrentes liées à des relations littérales non homogènes, à des applications numériques fausses même si elles ont été très majoritairement traitées, tout ceci émaillé d'erreurs de signes et d'absence d'unités.

Il est fortement suggéré aux candidats de systématiser l'usage des équations aux dimensions pour vérifier rapidement un résultat.

Une pratique laborieuse de la trigonométrie la plus élémentaire (exemple : annulation d'un cosinus !) est également déplorée chez un nombre significatif de candidats.

Il est, en outre, regrettable que les questions appelant un commentaire ou une conclusion ne soient pratiquement jamais correctement traitées, avec en lieu et place un verbiage -appris par cœur- de phrases entières restituées de façon parcellaire sans qu'elles aient été manifestement bien comprises des candidats.

#### 2. Autres remarques

Les candidats, et en particulier les plus faibles, ont manifestement bien su tirer partie du sujet en grappillant des points sur des applications numériques à partir de calculs non nécessairement aboutis.

Une absence de rigueur (absence de flèches sur les vecteurs qui ne les différencient pas des quantités scalaires) et de concision (grande disparité dans l'amplitude rédactionnelle, avec des copies allant de 1 à 28 pages !) est vivement déplorée chez certains candidats et de ce point de vue, ces derniers dans leur globalité devraient s'interdire d'utiliser à tout propos l'adjectif « clair », car toute affirmation nécessite une justification.

### RAPPORT DÉTAILLÉ

#### A – OPTIQUE

##### Partie I

Pour commencer par un satisfecit, il est à noter qu'un nombre très significatif de questions ont été traitées de façon satisfaisante par un grand nombre de candidats dans la sous-partie « interférométrie à deux télescopes ». Il n'en demeure pas moins vrai qu'il est étonnant à ce niveau de voir certains ne pas savoir écrire les coordonnées d'un vecteur ou de ne pas maîtriser les développements limités (et donc de ne pas pouvoir calculer les différences de marche demandées dans le sujet).

A l'inverse, certains, mais trop peu nombreux, ont su se simplifier la vie en faisant intelligemment l'analogie avec les trous d'Young.

De manière globale, les calculs relatifs à la plus petite distance angulaire et les applications numériques associées, au contraste (certaines fois dépassant la valeur unité !) et à la différence de marche supplémentaire  $L_r$ , n'ont pas été traités de façon satisfaisante.

Concernant la sous-partie « fibre optique », si le début a été globalement bien résolu avec parfois des erreurs dans la détermination de la longueur  $a$ , la justification dimensionnelle qui permet d'arriver aux unités proposées ( $\text{ps km}^{-1} \cdot \text{nm}^{-1}$ ) n'a presque jamais été menée complètement, les candidats se contentant d'affirmations péremptoires.

Quant au calcul du paramètre  $V$  justifiant le régime monomode, dont le critère était explicitement donné dans le texte et ne demandait donc aucune connaissance particulière, il a été tout simplement ignoré alors qu'il s'agissait d'une simple application numérique.

## Partie II

Concernant la sous-partie « alimentation électrique et lentilles de Fresnel », les lois de Descartes et formules du prisme sont en général connues des candidats. En revanche un certain nombre d'entre eux n'ont manifestement pas fait attention à l'orientation des angles, pourtant très clairement explicitée sur les schémas. Ceci a provoqué de fâcheuses erreurs de signes (en particulier sur  $A$ ). De fait, les calculs de la tangente de l'angle  $A_k$  et du paramètre  $\beta = 1/2$  n'ont pas souvent abouti, même si quelques candidats ont deviné sa valeur.

En corollaire, de trop nombreuses confusions sont à déplorer entre la tangente et le sinus de l'angle  $i_k$ , ce dernier étant pourtant explicitement demandé dans le texte et dans le même esprit, entre degrés et radians dans les applications numériques.

La fin de cette sous-partie a été trop peu traitée malgré le caractère très accessible des questions posées, semblant refléter de surprenantes difficultés en optique géométrique sur des systèmes aussi simples que les lentilles plan - convexe et convexe - convexe.

La sous-partie « Positionnement du satellite et interféromètre de Sagnac » a été très peu abordée par les candidats et quand elle l'a été, énormément d'erreurs ont été commises sur le parcours le plus long, trop souvent donné de façon péremptoire, sans justification aucune. Les quelques candidats qui s'y sont essayés ont fait preuve d'une imagination débordante qui force l'admiration (par exemple : à la sortie de l'interféromètre, on observe un faisceau laser, un trou dans la diffraction et même un point qui clignote, ...).

Concluons ce retour de correction en rappelant que les rayons lumineux se propageaient dans la fibre et non dans le vide.

## B - ÉLECTROMAGNÉTISME

### Partie III

#### Appareil de mesure du champ magnétique B : Le teslamètre

##### III.1 L'amplificateur opérationnel « idéal »

Les régimes de fonctionnement de l'AO sont souvent correctement définis, mais il apparaît quelquefois une confusion entre régimes linéaire/saturé et régimes statique/dynamique.

L'identification de la linéarité et de la saturation ne s'est pas faite systématiquement sur la caractéristique de transfert  $s(\varepsilon)$  et la partie linéaire de cet AO « idéal » ne se trouvait pas toujours avec une pente infinie.

Le fait d'indiquer que les courants entrée  $i_+$ ,  $i_-$  et la tension différentielle d'entrée  $\varepsilon$  sont nuls par la relation  $i_+ = i_- = \varepsilon = 0$  est un raccourci « mathématique » mais non « physique ».

Enfin cette question, se terminant par la signification des symboles « triangle » et «  $\infty$  » dans le rectangle représentant l'AO, s'est soldée par un taux de réponses correctes faible (une sur deux cents copies corrigées). Sachant que le rapport d'oral de physique du concours 2011 MP indiquait en page 2/6, « *Les propriétés de l'AO sont toujours aussi mal connues (linéarité, saturation) et aucun des candidats ne connaît la signification des symboles  $\triangleright$  et  $\infty$  sur les AO* », cela laisse à penser que dans un futur proche, les candidats maîtriseront la signification de ces deux symboles, à moins qu'ils ne consultent pas les rapports d'écrit et d'oraux en physique.

### III.2 Montages de base avec AO

Le théorème de Millman fut souvent appliqué avec succès à la détermination des  $K_i$  reliant les tensions de sortie et d'entrée dans les quatre montages.

Les noms proposés qualifiant le montage 3 furent variés : « *aplatisseur, protecteur, sommateur, ...* » alors que la relation  $s_3 = K_3(e_1 - e_2)$  laissait envisager une notion de différence de tensions, donc d'un montage « *soustracteur* ». Très peu de candidats l'ont identifié sous la forme de « *soustracteur ou d'amplificateur différentiel* ». Le montage 4 est souvent nommé comme un « *amplificateur* » sans préciser qu'il était « *non inverseur* ».

### III.3 Conception d'un teslamètre

L'utilité du montage « *suiveur* », dans la chaîne électronique, n'a jamais été définie clairement.

Quant au rôle du « *décaleur* », nous avons souvent lu « *qu'il décalait* » les tensions. Le passage de la *f.e.m.* de sortie  $U_c$  du capteur ( $U_c = 0,25V_{cc} + 20B$ ) en ( $U_s = K.B$ ) en bout de chaîne laissait penser que le *décaleur* pouvait jouer un rôle dans la suppression de la composante  $0,25V_{cc}$ . Si  $U_s = K.B$  fut obtenu par l'ensemble des candidats, la valeur de  $K$  ne comprenait pas d'unité. La valeur  $K = 100 \text{ V.T}^{-1}$  s'est retrouvée sur 2 ou 3 copies sur 200.

## Partie IV

### Phénomènes de lévitation de types électrostatique et magnétique

#### IV.1 Lévitation «électrostatique»

##### IV.1.1 Force électrostatique à la surface d'un conducteur

La relation de continuité du champ  $E_e$  est moins présente dans les copies que celle de la discontinuité du champ  $E_i$  à la traversée de l'élément de surface  $dS$ . Le conducteur à l'équilibre conduit bien à

$E(M_1) = \mathbf{0}$  et le théorème de Coulomb est bien appliqué pour conduire à  $E(M_2) = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \mathbf{n}$ .

L'expression de :  $\mathbf{E}(M_0) = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \mathbf{n}$  n'est pas toujours correctement démontrée mais conduit au bon résultat de  $k = \frac{1}{2\epsilon_0}$  dans la formulation de la force  $d\mathbf{f}$ .

#### IV.1.2. Force agissant sur une calotte sphérique

La densité superficielle de charge  $\sigma$  d'une sphère de rayon  $R$  portée au potentiel  $V$  est bien explicitée en fonction de  $V$ , de  $\epsilon_0$  et de  $R$ .

L'explication tendant à prouver que la résultante des forces agissant sur la calotte est portée par l'axe ( $\Delta$ ) n'est pas d'une clarté rédactionnelle évidente. Quelques candidats se sont abstenus de dessiner en traçant un schéma sans commentaire.

Dans le calcul des projections  $df_1$  sur l'axe ( $\Delta$ ) et  $d\Sigma$  sur le plan (P), si l'expression  $df_1 = df \cos \theta$  ne posait pas de problème, celle de  $d\Sigma$  se présentait souvent sous différentes formes erronées :  $d\Sigma = dS \sin \theta$  voire  $dS \cos^2 \theta$  et non  $dS \cos \theta$ .

Enfin, dans l'expression du module de la résultante des forces  $f$  s'exerçant sur la calotte sphérique, les différents résultats ne font pas apparaître le coefficient 1/2 ou le facteur  $\pi$ .

#### IV.1.3. Phénomène de « lévitation électrostatique »

Cette question n'a été que rarement abordée et quand le potentiel minimum  $V_{\min}$  est donné, un facteur 2 en provenance de  $k$  est absent.

### IV.2 Lévitation « magnétique »

#### IV.2.1 Sphère chargée au repos

L'expression de  $Q$  en fonction de  $\sigma$  et de  $R$  n'a posé aucun problème pour la plupart des candidats en dehors de ceux qui éprouvent toujours des difficultés à connaître la surface d'une sphère. On hésite entre  $2\pi R^2$  et  $4\pi R^2$  et même, le volume de la sphère est présent dans quelques copies !

L'expression du champ électrostatique  $\mathbf{E}(M) = E(r)\mathbf{e}_r$  est souvent posée sans évoquer les charges dans l'utilisation des règles de symétrie et les invariances du système.

Si les expressions du champ électrique intérieur et extérieur à la sphère sont très souvent obtenues, le théorème de Gauss utilisé n'est pas toujours explicité correctement : les « flèches » des vecteurs manquent, le «  $\cdot$  » du produit scalaire est absent, l'intégrale «  $\oiint$  » ne s'applique pas toujours à

une surface fermée et la charge «  $Q_i$  » intérieure à la surface fermée n'est pas précisée. Le potentiel électrostatique qui découle de ce champ n'a pas posé de problème mais quelques candidats ont perdu un signe «  $-$  » dans une intégration.

#### IV.2.2 Sphère chargée en mouvement de rotation

Puisque le résultat était donné ( $dI = j_0 R \sin \theta d\theta$ ), sa justification n'était pas toujours cohérente en partant de  $dI = j_s \cdot dS$  où la notation  $dS$  devait représenter une longueur.

L'expression de  $dI$  donnée devait servir au calcul du champ magnétique  $\mathbf{B}(C)$ , mais l'utilisation de la formule de  $\mathbf{B}(M)$ , donnée dans le rappel en début de question, en adoptant  $a = R$  et non  $a = R \sin \theta$  a conduit à une intégration en  $\sin^4 \theta$  et non en  $\sin^3 \theta$ , dont le résultat était donné. Cette erreur concernant le rayon de la spire s'est reportée dans l'expression de la surface  $S$  lors du calcul des moments magnétiques  $d\mathbf{M}$  et  $\mathbf{M}$  où nous devons retrouver une intégration de  $\sin^3 \theta$ .

#### IV.2.3. Phénomène de « lévitation magnétique »

Cette dernière partie du sujet fut très peu abordée. La détermination de  $j_0$  et du moment magnétique  $\mathbf{M}$  en fonction du champ  $B_0$  dépendait de l'expression de  $\mathbf{B}(C)$  trouvée précédemment.

L'expression correcte de l'énergie potentielle  $E_p$  en fonction de  $B_0$  n'est trouvée que très rarement. Enfin, tous les candidats qui abordent cette question indiquent que la sphère se déplace afin que son énergie potentielle soit minimale.

## CONCLUSION

La présence de questions de cours en optique a certainement permis à un nombre significatif de candidats de montrer qu'ils l'ont -pour partie- assimilé. De là à faire preuve de recul et d'un sens physique dans les raisonnements qualitatifs, seules quelques très bonnes copies l'ont montré. Si un effort indéniable a été fait dans la présentation des copies chez la plupart des candidats (résultats soulignés, encadrés ou écrits dans une couleur différente, moins de ratures, numérotation correcte des questions traitées, schémas soignés...), l'orthographe, le manque de concision dans la rédaction et le défaut de vocabulaire spécifique, demeurent hautement perfectibles.

---