
PHYSIQUE

Rapporteur Monsieur Michel MARTEL

I - Présentation du sujet :

Le sujet de l'épreuve de Physique comportait trois problèmes totalement indépendants permettant de vérifier les connaissances des candidats sur les deux années de préparation aux concours. Il portait sur les programmes de première et deuxième année.

Les trois problèmes présentaient des questions de difficultés variables afin de permettre aux candidats de trouver matière à s'exprimer.

Le premier problème abordait le thème des interférences lumineuses avec le dispositif des trous d'Young. L'étude, menée progressivement, permettait de traiter qualitativement puis quantitativement le phénomène. Enfin, deux modifications du dispositif interférentiel étaient envisagées, permettant ainsi de mettre en évidence la bonne compréhension du phénomène physique étudié.

Le deuxième problème se rapportait aux ondes électromagnétiques et étudiait tour à tour :

- la propagation des ondes électromagnétiques dans le vide,
- la réflexion d'une onde plane progressive monochromatique sur un conducteur parfait,
- la superposition de deux ondes planes progressives monochromatiques et les interférences entre ces deux ondes.

La troisième partie traitait de la mécanique en référentiel non galiléen : l'étude portait sur le mouvement d'un anneau assujéti à se déplacer sans frottements sur une tige en rotation autour d'un axe fixe vertical à vitesse angulaire constante. Cette étude différenciait le cas où la tige se trouvait dans un plan horizontal et le cas où la tige faisait un angle quelconque avec l'axe de rotation.

L'ensemble du sujet était conçu pour pouvoir être réalisé et rédigé dans la durée impartie de quatre heures. Malheureusement trop de candidats n'ont pas su gérer intelligemment le temps imparti. Sur un certain nombre de copies, l'ensemble des questions est abordé, mais ce nombre reste malheureusement trop faible.

La grande majorité des questions était proche du cours. L'épreuve était progressive et les candidats étaient guidés tout au long des différents problèmes. Des rappels mathématiques relatifs aux notions utilisées étaient présents dans le sujet. Quant au problème de mécanique, le début de l'énoncé comportait des rappels de cours sur la mécanique en référentiel non galiléen.

II - Remarques générales :

Pour la plus grande satisfaction du jury certaines copies, malheureusement trop peu nombreuses, étaient de bonne qualité et traduisaient un travail sérieux et approfondi du programme de physique au cours des deux années de préparation. D'autres copies au contraire reflétaient une méconnaissance du cours de base et un manque flagrant de travail.

Dans une trop grande proportion de copies, les candidats abordent les questions les plus immédiates (très proches du cours) dans chaque problème mais n'arrivent pas à donner de consistance à leurs copies. Ils donnent ainsi l'impression d'un survol du sujet, d'une pêche aux points, sans arriver à mettre en évidence une pleine compréhension d'un thème physique donné.

Il est rappelé aux candidats que l'épreuve de physique porte sur les programmes des deux années des classes préparatoires et qu'il n'est pas judicieux de faire des impasses, ni en fonction de ses propres goûts, ni en fonction de statistiques concernant les sujets abordés lors des concours. Tout le programme de physique doit être connu, même ce qui peut correspondre aux dernières semaines du programme de spéciale (optique ou ondes électromagnétiques).

Il est toujours surprenant de voir les copies quasi blanches de certains candidats qui, après deux années passées en classes préparatoires, n'essaient même pas d'aborder les questions ultra classiques et triviales.

Il a été remarqué que trop de candidats négligent les justifications des réponses qu'ils apportent notamment lorsque les questions sont qualitatives, malgré la demande explicite de justification dans le sujet.

Si certains candidats produisent une rédaction claire et dans laquelle il est aisé de suivre le déroulement de leur raisonnement, un trop grand nombre, au contraire, propose des réponses lapidaires qui ne permettent pas de suivre leur pensée et de juger la validité de la réponse donnée.

Sur certaines copies, les candidats présentent des résultats qui sont de toute évidence inhomogènes. Il est nécessaire de porter un regard critique sur les résultats présentés. Il est du plus mauvais effet de présenter des réponses sans aucun sens physique, en contradiction totale avec le bon sens. En particulier, dans le cas du problème de mécanique, il est difficile d'envisager un mouvement sinusoïdal de l'anneau sur la tige en rotation. Il faut veiller à maintenir la cohérence entre les solutions obtenues dans un problème et le sens physique de ces solutions.

Le jury apprécie toujours lorsque les candidats signalent que le résultat qu'ils ont obtenu n'est pas correct et qu'ils s'en sont rendus compte, cela démontre un sens critique.

Sur certaines copies, au sein même d'une question, il est arrivé de voir plusieurs affirmations en totale contradiction les unes avec les autres. Il faut veiller à maintenir un minimum de cohérence immédiate dans sa copie.

Dans le premier problème, une question portait sur les longueurs d'onde des radiations visibles. Le jury a relevé un (trop) grand nombre de réponses fausses et dont le contenu traduisait un manque de connaissances générales sur ce domaine élémentaire.

Le jury rappelle aux candidats qu'il est indispensable de faire preuve d'une certaine rigueur dans les notations utilisées. De plus, dans le cas où le candidat utilise des notations qui n'ont pas été définies dans le sujet, il est indispensable de détailler ces notations.

La clarté et la qualité de présentation des copies sont des éléments à ne pas négliger. Le fait d'aérer les copies, de soigner l'écriture, de mettre en évidence les résultats obtenus améliore la lisibilité de la copie et ne peut qu'apporter davantage de faveur de la part des correcteurs. Le jury ne juge pas le sens physique des candidats en examinant la qualité de leur orthographe, mais il est néanmoins du plus mauvais effet de se rendre compte qu'un candidat ne maîtrise pas les règles les plus élémentaires de la grammaire française.

Il est rappelé aux candidats qu'ils doivent respecter la numérotation des questions du sujet et faire apparaître clairement cette numérotation dans leurs copies.

Les réponses à certaines questions sont erronées à cause d'une mauvaise lecture du sujet et des détails des questions.

Enfin le jury rappelle qu'il est recommandé à chaque candidat de parcourir l'ensemble du sujet dès le début de l'épreuve pour lui permettre de repérer les parties et les questions sur lesquelles il sera le plus efficace.

III – Remarques concernant le sujet traité question par question :

Premier problème : Interférences lumineuses : dispositif des trous d'Young

Première partie : réalisation pratique du dispositif

1/ Elargisseur de faisceau

Le schéma du dispositif a été donné par une bonne partie des candidats. Le jury souhaitait voir préciser sur le schéma les foyers de chaque lentille et la nature de ces foyers (objet ou image).

La valeur du rapport $\frac{d_{ap}}{d_{av}}$ était fautive dans de nombreux cas et dans les cas où elle était juste la rédaction apportée ne mettait pas en évidence, le plus souvent, le raisonnement fait.

2/ Un laser He-Ne de longueur d'onde dans le vide $\lambda = 632,8$ nm émet dans le rouge.

Il est difficilement acceptable de constater que trop de candidats ne connaissent pas les longueurs d'onde et les couleurs respectives qui correspondent aux limites du spectre de la lumière visible. Bon nombre de réponses mettent en évidence des rayons UV moins énergétiques que des rayons IR.

Deuxième partie : description qualitative du phénomène

3/ Existence d'un champ d'interférences

3.1/ Il fallait ici simplement mentionner le fait que dans le cadre de l'optique géométrique il apparaissait sur l'écran deux taches lumineuses correspondant aux deux trous.

L'existence d'un champ d'interférences fait appel à l'aspect ondulatoire de la lumière et à la diffraction.

3.2/ Le schéma représentant le champ d'interférences a été correctement traité dans la majorité des copies.

4/ Description de la figure d'interférences

Les réponses aux questions n'ont été que rarement justifiées.

4.1/ La figure d'interférences fait apparaître des franges d'interférences. Beaucoup de candidats ont vu apparaître des anneaux...

4.2/ Si l'on obture l'un des deux trous, il suffisait de dire qu'en présence d'un seul trou on n'avait plus d'interférences.

4.3/ L'interfrange de la figure d'interférences ne dépendant pas de y , une translation de la plaque suivant l'axe Oy n'induisait pas de modification de la figure.
Par contre une translation selon l'axe Ox induisait une translation identique de la figure d'interférences.

4.4/ Il fallait dans cette question détailler l'effet d'une translation d'axe $z'z$ de l'écran sur l'interfrange et sur la luminosité de la figure d'interférences.

Troisième partie : description quantitative du phénomène

5/ Différence de chemin optique

5.1/ Cette question a été globalement correctement traitée. Seuls quelques candidats n'ont pas utilisé correctement l'origine du repère que l'énoncé imposait.

5.2/ Le déroulement du calcul de la différence de chemin optique en utilisant un développement limité a été mené de manière satisfaisante dans une majorité de copies. Certains candidats ont eu tendance cependant à passer trop rapidement sur les étapes importantes du calcul (factorisation de D puis apparition du facteur $1/2$ dans le développement limité).

5.3/ La plupart des candidats n'a pas vu ici que l'indépendance de $\delta(M)$ par rapport à y entraînait de manière immédiate l'invariance de la figure de diffraction lors de l'utilisation de fentes. La modification de la luminosité de la figure a été abordée dans un très petit nombre de copies.

6/ Intensité lumineuse de l'onde résultante

6.1/ Beaucoup d'aberrations dans cette question. L'onde issue d'un trou arrive au point M après être passée par le trou. Il faut donc faire apparaître un retard dû au temps de propagation et pas une avance...

6.2/ De nombreux candidats ont fait des erreurs de calcul en utilisant les relations trigonométriques qui étaient pourtant rappelées dans l'énoncé.

6.3/ Tous les candidats n'ont pas réellement saisi, bien que l'énoncé le précise, que le terme indépendant du temps constituait l'amplitude de l'onde. Même si cette méthode n'est pas celle employée dans son cours, un candidat doit à ce niveau être capable d'envisager une autre méthode.

6.4/ Il est rappelé que si la fonction cosinus est bien 2π périodique, la fonction cosinus au carré est, quant à elle, π périodique.

6.5/ L'allure du graphe de I_M en fonction de x devait faire apparaître le fait que la valeur minimale de l'intensité est nulle et devait donner une forme acceptable à la fonction cosinus carré (ce n'est pas une succession d'arcades...).

6.6/ La position de la frange d'ordre 0 a été donnée dans bon nombre de copies.

Quatrième partie : modification du dispositif interférentiel

7/ Interposition d'une lame à faces parallèles

Lorsque la différence de chemin optique $\delta'(M)$ au point M entre les rayons issus de S_1 et S_2 a été calculée cela l'a été avec des raisonnements insuffisamment rigoureux notamment au niveau des signes.

Dans les cas où la différence de chemin optique $\delta'(M)$ a été correctement calculée, l'exploitation de l'expression correspondante a été menée de manière satisfaisante le plus souvent.

8/ Inclinaison du faisceau laser

Les modifications induites par l'inclinaison du faisceau laser ont été vues le plus souvent mais développées de manière trop peu rigoureuse.

Deuxième problème : Ondes électromagnétiques

Première partie : préliminaires

Propagation d'ondes électromagnétiques dans le vide

1/ De trop nombreuses erreurs dans l'énoncé des quatre relations de Maxwell. Il fallait ici préciser la signification de ρ et de \vec{j} notamment.

2/ La détermination des équations de propagation des champs \vec{E} et \vec{B} dans une région sans charges ni courants a été globalement bien menée.

3/ Onde plane progressive monochromatique

Le jury attendait ici que le candidat réalise tour à tour la double dérivation temporelle et la double dérivation par rapport aux coordonnées d'espace.

4/ Structure de l'onde plane progressive monochromatique

Cette partie n'a été menée correctement et rigoureusement que sur un nombre très réduit de copies. Certains candidats ont utilisé avec succès les notations complexes malgré l'absence de détails concernant ces notations. Il aurait été bon que ces candidats définissent un minimum les notations complexes utilisées.

5/ Vecteur de Poynting

5.1/ L'expression du vecteur de Poynting $\vec{\Pi}$ est fautive dans certains cas. Quant à la signification et à l'unité associée, rares sont les copies satisfaisantes.

5.2/ Cette question a été traitée mais de manière peu rigoureuse. Il fallait notamment préciser la direction du vecteur de Poynting.

Deuxième partie : réflexion d'une onde plane progressive monochromatique sur un conducteur parfait

6/ Conditions aux limites

Il suffisait d'écrire sans démonstration les conditions aux limites en précisant la signification des termes \vec{j}_s et σ . Les notations concernant les composantes tangentielles et normales doivent être claires.

7/ Détermination du champ électromagnétique résultant

7.1/ Question souvent traitée mais manque de rigueur. Il fallait faire apparaître notamment le fait que le champ électrique réfléchi se propage dans le sens opposé au champ électrique incident. Il ne suffisait pas de traiter l'amplitude du champ électrique réfléchi.

7.2/ Il est rappelé que le vecteur d'onde de l'onde réfléchie est dirigée suivant le vecteur $-\vec{e}_x$. L'expression du champ magnétique réfléchi est quasiment toujours fausse.

7.3/ Les expressions du champ électrique \vec{E} et du champ magnétique \vec{B} sont rarement justes à cause des erreurs commises dans les deux questions précédentes. Ici, l'onde est stationnaire.

8/ Le vecteur de Poynting $\vec{\Pi}$ d'une onde stationnaire ne transporte pas d'énergie. Rares sont les candidats qui le savent car le fait d'obtenir un résultat contraire ne les préoccupe pas !

Troisième partie : superposition de deux ondes planes progressives monochromatiques

9/ Le calcul demandé dans cette question a été mené correctement dans l'ensemble même si les parties précédentes n'avaient pas été correctement traitées.

10/ L'onde résultante n'est pas plane.

11/ Quelques trop rares copies mentionnent le phénomène d'interférences et font le parallèle avec la première partie.

Troisième problème : mécanique en référentiel non galiléen

Première partie : la tige OA est dans le plan horizontal

1/ Le sujet reprenait les résultats de cours les plus importants. Malgré cela, certains candidats n'ont pris en compte qu'une seule force d'inertie, d'autres ont compacté les deux en une seule bien que les droites d'actions soient différentes.

Les expressions vectorielles sont dans de trop nombreux cas erronées et mettent à mal le reste de la résolution du problème.

Dans certaines copies, le schéma n'est pas en accord avec les expressions vectorielles, notamment quant à la direction des forces.

La réaction de la tige ne se fait pas seulement selon l'axe Oz .

2/ En se plaçant dans le référentiel lié à la tige, l'accélération à prendre en compte était uniquement suivant le vecteur \vec{e}_r ($\vec{a} = \ddot{r}\vec{e}_r$).

La technique à appliquer était simple mais les résultats dépendaient étroitement de ceux de la question précédente. Une erreur de signe dans cette question compromettrait gravement la cohérence des réponses aux questions suivantes.

3/ L'intégration a donné lieu à des solutions fantaisistes sans aucun sens physique, notamment avec des solutions sinusoïdales.

La prise en compte des conditions initiales pour la détermination des constantes est trop souvent mal détaillée, voire même pas détaillée du tout.

4/ L'anneau quitte la tige quand son abscisse est égale à la longueur de la tige.

5/ Dans le référentiel de la tige, la vitesse est obtenue par simple dérivation de l'expression de l'abscisse r de l'anneau.

Il fallait penser ici à prendre en compte la loi de composition des vitesses pour calculer la vitesse dans le référentiel du laboratoire.

Deuxième partie : la tige fait un angle α quelconque avec l'axe (Δ)

6/ Il fallait ici faire la différence entre le vecteur unitaire de la tige et le vecteur \vec{e}_r .

Cette question n'a été correctement traitée que dans une très faible proportion de copies.

7/ Même remarque que pour la question 2.

8/ L'intégration de l'équation différentielle est peu fréquente.

9/ La condition d'équilibre a été donnée par certains candidats mais l'exploitation n'a été que rarement menée à bien à cause d'erreurs dans les questions précédentes.

10/ Les quelques candidats qui ont abordé le problème de la stabilité de l'équilibre n'ont pas su le faire le plus souvent avec la rigueur nécessaire et en utilisant l'indication de l'énoncé relatif au signe de la résultante des forces.

IV - Conseils :

Le jury rappelle que cette épreuve correspond à un concours d'école d'ingénieurs.

La réussite aux concours est conditionnée par un travail qui porte sur l'ensemble des deux années de préparation.

Les candidats doivent prendre en compte les conseils, remarques et critiques faites par le jury pour les aider à réussir.

Il est indispensable de lire la totalité du sujet au début de l'épreuve pour repérer ainsi les parties ou questions qui peuvent être traitées rapidement. Cela permet ainsi d'éviter de rester coincé sur certaines alors que d'autres sont au contraire tout à fait abordables.

PHYSIQUE

