

EPREUVE DE PHYSIQUE

Durée : 4 heures

PRESENTATION DU SUJET

Le problème comportait deux parties totalement indépendantes.

- La première partie présentait divers dispositifs utilisés dans l'expérience VIRGO, dont le but est la détection des ondes gravitationnelles prévues par Einstein. L'ensemble est basé sur l'interféromètre de Michelson, dont l'un des bras varie, de façon extrêmement faible, lors du passage d'une onde gravitationnelle. L'étude commençait par montrer comment la configuration donnant la sensibilité maximale rendait le dispositif très sensible aux fluctuations de puissance du Laser, puis présentait une méthode de modulation (de Pound Drever et Hall) permettant de contourner cette difficulté, fournissant ainsi l'occasion d'étudier l'électronique de filtrage employée.
- La deuxième partie étudiait une source possible d'ondes gravitationnelles : l'effondrement d'un système binaire d'étoiles à neutrons. Il s'agissait d'un problème à deux corps, étudié dans une situation très simplifiée (questions très proches du cours).

COMMENTAIRE GENERAL DE L'EPREUVE

Le sujet abordait plusieurs domaines des programmes de première et de seconde année : l'optique, l'électronique et la mécanique. La difficulté des questions était très progressive, plusieurs d'entre elles étant pratiquement des questions de cours et de nombreux résultats intermédiaires étaient fournis.

Il apparaît que les candidats ont une connaissance très superficielle du cours. Par exemple, le phénomène d'interférences se limite chez beaucoup d'entre eux à l'emploi de formules apprises par cœur (ou stockées en machine) mais les hypothèses ne sont pas maîtrisées.

Plusieurs questions sans calcul permettaient à la fois de guider le candidat dans sa réflexion et d'évaluer ses capacités à présenter clairement une analyse qualitative des problèmes. De ce point de vue, la déception est grande : ces questions sont souvent soigneusement évitées ou bâclées (et souvent rédigées dans un français incompréhensible).

Une question, d'ailleurs assez bien réussie, portait sur le travail effectué dans l'année en Travaux Pratiques (à propos de l'interféromètre de Michelson).

De façon plus générale enfin, nous avons constaté chez de très nombreux candidats un manque de rigueur mathématique inquiétant. Les questions (rares) nécessitant plus de deux lignes de calcul ont été catastrophiques.

ANALYSE DETAILLEE

PREMIERE PARTIE : Partie A

A1*a. Bien traitée dans l'ensemble.

A1*b. Trop de candidats utilisent sans démonstration la formule du cours et ne se conforment pas aux notations, très précises de l'énoncé. Le sens concret de I_0 (éclairage dû à une source seule) est souvent mal compris.

A1*c. Un nombre important de copies oublie de préciser que les déphasages sont exprimés modulo 2π .

A2*a. et b. Bien traitées dans l'ensemble. Il est satisfaisant de voir que le TP cours sur l'interféromètre de Michelson a marqué les esprits. Beaucoup décrivent très correctement la procédure d'obtention du contact optique.

A2*c. Le développement limité demandé, pourtant simple, a posé de sérieuses difficultés à la majorité des candidats. En cas d'échec, les questions suivantes ne pouvaient être traitées correctement.

A3*a. Question bien traitée dans l'ensemble, mais certains candidats énoncent un contresens physique en invoquant le fait que les éclaircissements peuvent être additionnés parce que les pulsations sont très proches et qu'elles peuvent être confondues en première approximation.

A3*b et c. Questions de cours, assez souvent bien traitées ; de plus certains candidats ont commis une confusion en donnant sans démonstration l'expression de $V(\delta)$ correspondant à un doublet spectral.

A3*d. La rigueur et le soin de la représentation laissent à désirer. Beaucoup représentent $V(\delta)$ et non sa valeur absolue, ou confondent $|V(\delta)|$ avec $\text{sinc}^2(x)$.

A3*e.f. Ceux qui ont trouvé $|V(\delta)|$ concluent facilement. Les autres répondent parfois à la question en introduisant le modèle des trains d'onde, sans s'appuyer sur l'analyse précédente, qui justifie ce modèle.

Partie B

B1*a. Bien réussie.

B1.b*. Même commentaire qu'au **A.1*c.** les maxima (ou minima ou points d'annulation) d'une fonction trigonométrique posent des difficultés : valeurs fausses, ou incomplètes (oubli des modulus).

B2*a et b. Bien traitées dans l'ensemble.

3. Filtrage du signal détecté

Cette partie, pourtant souvent abordée, a été très mal réussie. Visiblement l'immense majorité des candidats n'a pas compris la notion de filtrage d'un signal.

B3*a. Nombreuses erreurs : l'emploi du filtrage passe bande est mal justifié. Certains proposent seulement un filtrage passe bas.

B3*b. On voit souvent les schémas équivalents (à haute ou basse fréquence) correct ; mais le comportement qui en est déduit est souvent faux ou non justifié.

B3*c. Question totalement ratée. Manifestement, le calcul de la fonction de transfert d'un filtre actif n'est plus vraiment maîtrisé.

B3*d.e. Question de cours, les résultats sont acceptables mais le placement des asymptotes dans le diagramme est souvent faux. La largeur de la bande passante est souvent connue mais beaucoup plus rarement justifiée.

B.4.

Très peu de copies abordent cette question. La notion de superposition est complètement ignorée. Les expressions exactes de A_{Ω} et $A_{2\Omega}$ se comptent sur les doigts d'une main, pour l'ensemble des copies.

DEUXIEME PARTIE

1*a., b. Questions de cours correctement traitées, même si la justification du caractère plan du mouvement est rarement claire.

1*c., d. Questions (pratiquement du programme de Terminale) souvent bien traitées.

1*e. Le signe de E_m est trop rarement commenté.

2. Système binaire

2*a. Très curieusement, cette question a été très mal réussie. Des justifications totalement surréalistes ont pu être relevées :

« Le point B est soumis aux actions des deux masses, qui se compensent et donc le point B est pseudo-isolé » ! ou encore « les deux points A_1 et A_2 ayant un mouvement rectiligne uniforme (!), c'est également le cas de leur milieu ! »

Répetons une fois de plus qu'un raisonnement mécanique n'a de valeur que si le système matériel que l'on considère est correctement précisé.

2*b. L'orientation des axes du référentiel barycentrique est très souvent oubliée.

2*c. Question de cours. Les résultats sont connus (expression de μ souvent exacte), mais la justification correcte est plus rare.

2*d. Les bonnes réponses sont très rares (le facteur 2 est le plus souvent oublié).

2*e. Même remarque

2*f. Souvent correct.

3*a. et b. Abordées mais parfois sans justification (Théorème de Koenig non énoncé).

3*c. Pratiquement aucune réponse exacte.

Les questions 4 et 5 ont été traitées par très peu de candidats. Notons tout de même :

4*a. La justification de l'effondrement du système est rarement correcte.

4*c. Assez bien réussie par ceux qui l'ont abordée.

ANALYSE DES RESULTATS

Après le traitement informatique d'usage, le barème étant ramené à 20, la moyenne de l'épreuve s'élève à 8,37 (écart-type de 4,35).

CONSEIL AUX FUTURS CANDIDATS

Les conseils sont toujours les mêmes et tombent sous le sens :

- Apprendre le cours de façon plus exigeante. La connaissance des formules ne suffit pas en elle-même. Il faut en comprendre le sens concret et en connaître le domaine d'application.
- Soigner les questions qualitatives et s'y entraîner pendant l'année.
- S'entraîner au calcul en résolvant soi-même les exercices (plutôt qu'en lisant des corrigés) et en menant les calculs jusqu'au bout.