

EPREUVE ECRITE DE PHYSIQUE 2

par **Henri CORTÈS, Maître de Conférences à la retraite**

Le présent bilan, dressé avec la contribution de l'ensemble des correcteurs de l'épreuve, a surtout pour vocation d'éclairer les futurs candidats quant à la manière d'orienter leurs efforts, à l'avenir. Il est donc opportun de rappeler ici que "les principes directeurs du programme de PC consistent en une promotion résolue de l'expérience et de la compréhension physique des phénomènes étudiés". En outre, toutes notions doivent être exprimées sous forme claire et concise ; les mises en équations doivent être rigoureuses et les résolutions conduites au moyen de connaissances mathématiques suffisantes. Bon nombre de copies ont répondu à ces critères, à la fois bien rédigées et révélatrices de bon sens physique, faisant état de connaissances concrètes et précises, donnant des démonstrations bien argumentées et ajoutant souvent des remarques pertinentes.

S'il est à noter que la longueur du sujet n'a pas permis à beaucoup de candidats de tout aborder, en revanche, l'ensemble étant très modulaire, aucune question n'est restée sans bonne réponse, un petit nombre de fois tout au moins. Cependant seul le premier problème a été traité aussi correctement qu'espéré, les candidats ayant été majoritairement déroutés par le bilan thermique du second problème ; beaucoup ont cru ainsi devoir utiliser un laplacien et les résultats sont un peu en retrait par rapport à ceux de l'an dernier, pour une épreuve au demeurant plus facile.

Plus fréquemment que l'an passé, la présentation a été trop négligée, écriture illisible, présentation non structurée. Réponses données sans un schéma explicatif ! On regrette aussi les déficiences du langage : manque de précision qui traduit des connaissances lacunaires, fautes de syntaxe et de grammaire, fautes d'orthographe tant pour les mots d'usage courant que pour les noms propres.

Le programme de la filière PC insistant sur la nécessité de développer chez l'étudiant le goût de l'expérience et du concret, on ne pourra s'étonner que de nombreuses questions se terminent par une application numérique, rémunérée chaque fois par quelques précieux points !

Attention cependant : une application numérique sans unité ou avec une unité incorrecte ne rapporte pas de point. Une réflexion du type "ce résultat est sûrement faux" doit être accompagnée d'une justification. Juger un résultat numérique "trop grand" ou "trop petit" ne peut se faire qu'en comparant la valeur obtenue à un ordre de grandeur connu.

PROBLÈME I : FENTES D'YOUNG

1) Questions préliminaires

1.1) On attendait qu'il soit dit que la diffraction se manifeste par la propriété qu'ont les ondes de contourner des obstacles, effet imprévisible selon les lois de l'optique géométrique. Beaucoup de fausses justifications limitant la validité de l'optique géométrique à l'approximation de Gauss ont été constatées. Les tautologies du type : "La diffraction s'écarte de l'optique géométrique parce qu'on ne peut précisément pas l'expliquer au moyen de l'optique géométrique" n'ont évidemment pas non plus rapporté de points !

1.2) Très peu savent énoncer le principe de Huyghens-Fresnel, *a fortiori* opérer la distinction entre les contributions de Huygens et de Fresnel, alors qu'il s'agit du premier élément du cours.

Si la notion de source secondaire est en général évoquée, par contre les développements sont mal maîtrisés ; on confond notamment sommation des amplitudes avec sommation des intensités ou bien diffraction avec diffusion, interférences avec diffraction, voire principe d'Huygens-Fresnel avec théorème de Malus. Quelquefois la réponse se réduit à une unique intégrale dans laquelle les paramètres ne sont pas définis.

1.3) Peu de bonnes réponses ; le montage de Fraunhofer semble souvent inconnu des candidats. Confusions entre les conditions de Fraunhofer et les conditions de Gauss. La condition de la taille de l'objet diffractant est rarement évoquée.

1.4) La majorité des candidats sait qu'il doit y avoir cohérence des ondes mais beaucoup moins peuvent expliquer ce que cela veut dire. Même si ceux qui ont bien répondu en évoquant la longueur de cohérence d'un train d'onde sont assez nombreux, beaucoup d'autres pensent qu'il suffit que les pulsations soient identiques.

2) Réglage du goniomètre

Le protocole est rarement connu ; les opérations à effectuer sont trop souvent données dans le mauvais ordre. Cette question est pourtant intégralement dans l'esprit du programme de PC !

3) Observation du faisceau diffracté par une fente très fine

Cette question a été généralement bien traitée, cependant l'expression de la différence de marche a souvent été donnée sans aucune justification.

Bien que cela n'ait pas été demandé, nombreux sont ceux qui, n'ayant pas vu que la phase évolue orthogonalement aux directions d'observation, ont invoqué le théorème de Malus pour affirmer le contraire.

4) Bifente d'Young

4.1 & 4.2) Des candidats trouvent $\cos \theta$ au lieu de $\sin \theta$, sans doute par confusion avec la question précédente.

4.3) Le calcul de l'amplitude complexe $\underline{S}$ est correct le plus souvent, mais le passage à l'intensité n'est pas toujours réussi. Rappelons que $I = \underline{S} \underline{S}^*$ (à une constante multiplicative près) et non $\underline{S}^2$ ou $\langle \underline{S}^2 \rangle$ ni $\text{Re}(\underline{S}^2)$. Les candidats qui écrivent $\langle \underline{S} \underline{S}^* \rangle$ se trouvent bloqués par la moyenne temporelle, en fait inutile ici.

4.4) A propos de la détermination du rapport D/λ à partir de l'indicatrice d'intensité fournie :

- certains candidats ont fait l'erreur d'utiliser la valeur du rapport des intensités pour $\theta=\pi/2$ et $\theta=0$ alors que cette valeur provenait en fait du terme de diffraction donc de d/λ .

- d'autres candidats ont considéré que, puisque l'intensité était maximale pour $\theta=\pi/2$, le déphasage dans cette direction était obligatoirement égal à exactement 2π , alors que cela pouvait en être n'importe quel multiple.

- quelques autres ont voulu exploiter des valeurs d'angles ou de rayons polaires mesurées de manière bien imprécise sur la figure, elle-même légèrement déformée à l'impression.

A signaler aussi des applications numériques soit manquantes soit inexactes, parfois en raison de confusions entre radians et degrés.

4.5) La détermination de la largeur des fentes a été souvent bien réussie. Dans de nombreux cas, c'est une mauvaise connaissance des fonctions trigonométriques (périodicité, valeurs d'annulation) qui empêche les candidats d'obtenir l'interfrange angulaire.

5) Mesure de l'indice de l'air

5.1) Le sens de rotation des franges est rarement bien justifié. Beaucoup de raisonnements biaisés s'appuient sur la loi de réfraction de Descartes pour dire que, l'indice baissant dans la partie vide d'air, l'angle de réfraction doit augmenter dans le sens horaire.

5.2) L'étude du compensateur a été réussie sauf confusions entre $\tan A$ et $\sin A$ ou $\cos A$.

5.3) L'amplitude résultante n'étant pas réelle, certains obtiennent une intensité complexe.

Quelques candidats trouvent la valeur de l'angle de rotation, mais très peu en maîtrisent et interprètent le signe.

5.4) Attention à ne pas déduire de $\varepsilon = KP/T$ que $\Delta\varepsilon = KP/\Delta T$!!!

Les candidats ne connaissent pas la différentiation logarithmique, pourtant utilisée en TP.

PROBLÈME II : MISE EN EQUILIBRE THERMIQUE

1) Analogies

Beaucoup de réponses confuses.

En transformant $U = RI$ en $T = R_{th} \Phi$, nombreux sont ceux qui oublient que l'on ne peut définir que des différences de potentiel ce qui, dans le cadre de l'analogie, ne permet de considérer que des différences de température.

La relation $\vec{j} = -\gamma \text{grad } V$ est rarement donnée comme analogue à la loi de Fourier.

Pour certains, l'effet Joule dans les conducteurs est un frein à la conduction thermique. Pour d'autres, l'analogie mathématique est une raison suffisante pour assurer l'identité des propriétés physiques !

Quasiment personne n'évoque la sensation de froid au contact de la main sur un métal, preuve d'une bonne évacuation de la chaleur.

2) Mise en température d'une éprouvette

- Le schéma proposé n'a pas vraiment été compris. La loi des nœuds relative aux puissances thermiques (c'est-à-dire le bilan thermique) n'est pas apparue clairement dans la mise en équation du chauffage de l'éprouvette. Elle se trouve trop souvent remplacée par la loi des mailles !

- Les candidats ont voulu trouver la solution dans une équation de diffusion thermique avec un laplacien, sans voir qu'il suffisait de résoudre une simple équation différentielle du premier ordre.

- Curieusement, certains ont voulu se raccrocher à la loi de Kirchhoff connue en thermochimie concernant les enthalpies de réaction !!!

- Il y a eu souvent confusion entre puissance électrique et puissance thermique.

- Les flèches "tension" ont été trouvées plus fréquemment dans le mauvais sens que dans le bon !!!

- A noter quelques oublis de diviser l'intégrale de la puissance par la durée t^* dans le calcul de la puissance moyenne.

- Rares ont été ceux qui ont su mener à terme le bilan thermique dans le cas de la deuxième méthode de chauffage.

3) Etude du capteur de température

- Cette question d'électrocinétique et la suivante ont été les plus traitées du problème.

- Mais dans ces deux questions, il a souvent manqué les schémas indispensables pour définir les grandeurs (tensions, intensités, charge de condensateur) apparaissant dans les calculs.

- L'expression de l'intensité I_2 a souvent été donnée sans dire qu'elle n'est justifiée que par le mode de fonctionnement linéaire de l'AOP ($\varepsilon=0$).
- La relation $I_1/I_2 = R_2/R_1$ a souvent été utilisée, mais plus rarement convenablement justifiée.
- Une erreur fréquente a été de vouloir appliquer le théorème de Millman au point M, ce qui n'est pas valable, puisque la diode entre M et A est un composant non linéaire.

4) Etude du multivibrateur à amplificateur opérationnel

- La continuité des grandeurs électriques dans un circuit, lors de la fermeture d'un interrupteur, est à considérer impérativement et certains candidats l'oublient puis aboutissent à des résultats absurdes où les courbes $V_+(t)$ et $V_-(t)$ ne se coupent pas.
Toutefois, ceux qui ont abordé cette question l'ont, en général, fait convenablement et ont compris le fonctionnement du montage.
- Plusieurs utilisent avec succès le théorème de Millman en régime sinusoïdal pour déterminer l'équation différentielle liant, en régime quelconque, la tension V_+ ou V_- à la tension V_S , sans se rendre compte que cette méthode "artificielle" ne permet pas d'obtenir les valeurs initiales de V_+ ou V_- .
- Certains candidats traitent les capacités purement et simplement comme des résistances en écrivant par exemple $V_+ = \frac{R}{R + C_0} V_S$.