

Sciences physiques

Physique

Un problème bien ancré dans l'esprit de la filière PSI qui a mis en valeur les candidats ayant une solide culture et un bon savoir-faire.

Cette épreuve met également en évidence quelques points, dont certains fondamentaux, sur lesquels les futurs candidats devraient se pencher.

1 - Exploitation numérique des mesures.

C'est la base de la démarche scientifique. Une mesure, dans un système d'unité précisé, ne se limite pas à un nombre, mais doit s'accompagner d'une appréciation de la confiance qu'il convient d'accorder à ce nombre. C'est la notion d'incertitude.

Une façon très condensée d'annoncer simultanément le résultat d'une mesure et son incertitude consiste à indiquer clairement le nombre de chiffre significatif retenu. On distinguera par exemple les deux résultats suivants :

$$\alpha = 1,0.10^4 = 10.10^3 \text{ et } \beta = 1.10^4 \neq 10.10^3$$

L'énoncé a scrupuleusement respecté la notation. Le jury attendait la même attention des candidats et a sanctionné un nombre de chiffres significatifs inexact : trop grand, le résultat prétend à une précision illusoire ; trop faible, il dévalorise le travail expérimental effectivement réalisé.

L'appréciation des valeurs numériques obtenues peut être discutée de façon plus approfondie que le simple dénombrement précédent. Une autre approche doit être connue des candidats : c'est la détermination de l'incertitude attribuée à une grandeur mesurée «indirectement».

Manifestement les rudiments des «calculs d'incertitudes» ne font pas partie de la culture des étudiants aucun ne songe à préciser l'incertitude avec laquelle la température est déterminée à partir de la mesure... de la longueur d'onde de l'onde ultrasonore. L'appréciation de cette incertitude est pourtant indispensable pour prétendre que cette mesure est erronée. Il convient de ne pas confondre erreurs et incertitudes et de ne pas proposer comme sources d'erreurs, des causes d'incertitudes.

Notons enfin que la seule façon de qualifier la précision d'une mesure est de calculer sa précision relative. L'interprétation d'une précision est liée à l'usage que l'on veut faire de cette mesure.

2 - L'amplificateur opérationnel en régime saturé

L'analyse du comportement d'un amplificateur opérationnel n'est pas du tout la même en régime linéaire et en régime saturé. Le premier régime «plaît» beaucoup aux étudiants. Ils retiennent facilement qu'en écrivant $e_+ = e_-$, on obtient s , le résultat étant valide si $s \in [-V_{sat}; +V_{sat}]$. Par contre en régime saturé, on «sait» a priori que $s = \pm V_{sat}$, le signe devant être le même que celui de $\varepsilon = e_+ - e_-$ il convient donc de déterminer séparément e_+ et e_- pour chaque valeur possible de s et d'observer la cohérence (ou non) du résultat. Et bien, en se limitant aux meilleures copies (le premier tiers des candidats), alors que 65% d'entre eux effectuent correctement le calcul de e_+ , seulement 10% s'intéressent à e_- !

On comprend donc que la suite de cette dernière partie du problème soit traitée de façon catastrophique. Notons tout de même que les bons candidats n'ont pu accorder que trop peu de temps à cette étude, ayant avec raison, déroulé ce long problème dans l'ordre proposé.

3 - A propos de quelques outils usuels de la physique

a - Attention aux notations vectorielles et aux mesures algébriques. De fautes de signe conduisant par «miracle» ou par compensation aux bons résultats, ne donnent aucun point.

Exemples :

- dérivation ou intégration d'un cosinus
- sens du champ électrique dans un condensateur plan
- sens de la discontinuité de D à une interface

b - Ne pas confondre diagramme linéaire et diagramme logarithmique ou semi-logarithmique. Un module de fonction de transfert peut se représenter dans un diagramme qui ne soit pas de Bode !

c - Une détermination d'unité SI ne consiste pas à proposer une fraction accumulant toutes les unités de l'expression étudiée, surtout si celle-ci est sans dimension. On ne saurait pas non plus se satisfaire de l'expression μSI . Exemple : $\pi = 3,14 \mu SI$!

4 - Une lacune surprenante concernant la modélisation du comportement d'un système linéaire.

La première approche de ce comportement est constituée par un modèle du second ordre lorsque le système étudié n'a pas la simplicité d'un premier ordre. C'est donc à juste titre que l'étude d'un tel modèle est un point central du cours de physique. L'étude de la

réponse indicielle est en générale bien menée. Mais il n'en va pas de même de l'étude de la réponse fréquentielle. Dans ce problème, il s'agissait d'un passe-bande. Le calcul des fréquences de coupure conduit une fois sur deux, pour les meilleurs, après un calcul laborieux, à des résultats faux, même si la relation bande passante- facteur de qualité est en générale connue.

5 - Quelques précisions diverses

a - Pourquoi une onde s'atténue-t-elle au cours de sa propagation ?

- D'abord à cause de la non directivité du faisceau (l'énergie se répartit sur une surface plus grande).
- Accessoirement parce que le milieu est absorbant.

b - Pourquoi un système dissipe-t-il de l'énergie ?

- D'abord parce qu'il en fournit à d'autres (ex : rayonnement du quartz piézo-électrique, d'un haut-parleur etc...)
- Accessoirement à cause de frottement.

Toute dissipation d'énergie n'est donc pas nécessairement une dégradation de celle-ci. La viscosité de l'air ne peut pas être évoquée à la place du rayonnement. Un terme du type $-h dv/dt$ peut modéliser une force de frottement visqueux, mais il peut aussi modéliser une «force» de rayonnement.

6 - Errata

Signalons aux futurs utilisateurs de ce problème une erreur typographique dans la dernière application numérique : $T_3 = 25\mu s$ et non $25ms$. Cette erreur, par ailleurs évidente dans le contexte, n'a eu que très peu de conséquences pour les candidats : ils ont été très peu nombreux à aborder les applications numériques de cette partie du problème. Certains ont remarqué cette erreur !

7 - Conseils généraux

Pour terminer, nous rappellerons aux candidats, avec insistance, de ne pas se pénaliser par des erreurs de présentation sur la forme et sur le fond de leur prestation écrite.

Sur la forme, on évitera ainsi de :

- remplacer par une succession de formules mathématiques excessives la démonstration physique littérale attendue,
- remplacer systématiquement des phrases justificatives par des expressions du type : or, car, pour, soit, et, donc, ainsi, d'après, comme, etc.,
- présenter une écriture illisible, la réponse risquant d'être mal interprétée,
- ne pas numéroter les pages de la copie
- ne pas préciser clairement la partie abordée, désignée dans l'énoncé (exemple IV, B, 1, c, iv),
- ne pas mettre en évidence (par exemple en soulignant) les réponses aux questions posées dans l'énoncé.

Sur le fond :

- Vous trouvez un résultat numérique aberrant (par exemple une température ambiante égale à $5K$ ou à 10^6K) : il ne suffit pas de le constater. Songez alors aux causes usuelles d'erreurs : erreurs d'homogénéité ou d'unité. C'est seulement en corrigeant les erreurs que l'on gagne des points !
- L'analyse dimensionnelle est importante (cf. remarque ci-dessus) mais cependant à elle seule, elle ne peut suffire à démontrer complètement une relation. Il manquera toujours la valeur d'un coefficient non dimensionné.
- Linéariser une modélisation, c'est d'abord préciser les termes considérés comme étant du premier ordre (par exemple en acoustique : suppression, variation de masse volumique, vitesse d'écoulement et leurs dérivées).
- Les erreurs d'énoncé restent une exception rarissime. Lorsque vous trouvez un résultat différent de celui promis par l'énoncé, faites d'abord l'hypothèse de votre propre erreur avant de penser à celle du concepteur du sujet !

Physique-Chimie

Le sujet :

Le sujet de Physique-Chimie PSI 2001 abordait les thèmes suivants :

- L'étude des propriétés magnétiques de deux matériaux ferromagnétiques (ferrite et alliage ferreux) ainsi que la propagation d'ondes électromagnétiques dans la ferrite.
- L'alimentation d'un moteur (hacheur).
- Les propriétés comparées d'hydroxydes ferreux en solution aqueuse et la structure cristalline d'oxydes de fer.