

# RAPPORT EPREUVE PHYSIQUE A

## PRESENTATION DU SUJET

Le sujet de l'épreuve A de Physique comportait 4 parties largement indépendantes, s'articulant autour du thème de la microscopie.

Il faisait appel à des notions très diverses des programmes des classes PTSI et PT.

Ont ainsi pu être testées les connaissances des candidats en optique géométrique, optique ondulatoire, mécanique, électromagnétisme, électricité et électronique.

## COMMENTAIRE GENERAL

Les correcteurs ont pu apprécier une grande majorité de copies bien présentées et bien rédigées.

Mise à part l'avant dernière question du sujet, très rarement abordée, et jamais résolue, toutes les questions ont souvent eu l'occasion d'être traitées.

Même si un nombre non négligeable de questions faisaient appel aux notions de base du cours, les correcteurs attendent un minimum de justification et très souvent une démonstration, plutôt qu'une formule toute faite tirée du cours, et souvent mal adaptée aux notations ou conventions du sujet.

On note par ailleurs beaucoup de difficultés dans le calcul mathématique, ainsi que dans le calcul numérique.

Les candidats ont pu traiter en moyenne un tiers du sujet, et certains ont pu dépasser les trois quarts.

## ANALYSE PAR PARTIE

### **Partie A**

Cette partie est globalement bien traitée.

Les conditions de Gauss prennent parfois une tournure quelque peu surprenante, genre « rayons cohérents, ou rectilignes ou encore monochromatiques ». On confond parfois ces conditions avec leur objectif.

On note quelques erreurs de signe dans l'application des relations de l'optique géométrique.

A quelques rares exceptions près, le grandissement et le grossissement sont bien donnés sans unité.

La lecture de la vis micrométrique a posé problème à la grande majorité des candidats ; quelques rares candidats ont remarqué que la vis avait été dévissée et non vissée, mais ce détail n'a pas été sanctionné pour ceux qui donnaient une valeur cohérente avec son incertitude. Vu qu'il s'agit d'une vis micrométrique, cette dernière ne pouvait pas être de l'ordre du mm. Quelques candidats ont pensé, à juste titre, à diviser leur estimation par  $\sqrt{3}$  ; là encore, l'oubli de ce facteur n'a pas été sanctionné.

La bonne épaisseur de la lame de verre n'a quasiment jamais été obtenue, car on utilise souvent la relation  $e = \epsilon/n$  ou  $\epsilon/2n$  ou encore  $\epsilon/n-1$ , sans la moindre démonstration du reste.

Pour les domaines d'émission de la lampe spectrale, certains candidats se contentent de donner des intervalles de valeurs ; l'ultraviolet se transforme relativement souvent en infrarouge, ou plus rarement en rayon X.

La célérité de la lumière est le plus souvent correcte, mais on peut trouver des valeurs quelque peu surprenantes, allant de  $3 \cdot 10^{-4} \text{ m.s}^{-1}$  à  $30 \text{ m.s}^{-1}$ .

Le sens de propagation de l'onde est parfois confondu avec sa direction de polarisation.

Le phénomène de diffraction qui limite les instruments d'optique, se transforme parfois en phénomène de réfraction, ou de stigmatisme, de dispersion ou encore d'interférences ; les candidats évoquent aussi parfois des problèmes d'usure des lentilles, comme par exemple la rouille !

### **Partie B**

Un nombre non négligeable de candidats font partir l'électron de l'armature 1.

Même si l'équation de Poisson est le plus souvent établie correctement (à condition toutefois de ne pas considérer  $V$  comme un vecteur), le potentiel est souvent obtenu à la va vite et le champ électrique donné seulement en norme ou au signe près.

La vitesse atteinte est souvent obtenue par une intégration erronée de la deuxième loi de Newton (on intègre d'un côté par rapport au temps et de l'autre par rapport à la distance), alors que l'application du théorème de l'énergie cinétique conduit bien plus rapidement au résultat.

Il convient de préciser que cette vitesse obtenue dans un modèle classique n'est plus valable dans le modèle relativiste considéré dans la suite.

Concernant la trajectoire de l'électron dans un champ magnétique, ce dernier est représenté comme un vecteur centripète dans un nombre non négligeable de copies.

Le simple fait que ce champ magnétique soit uniforme suffit, pour beaucoup de candidats, à justifier que le mouvement est uniforme ; là encore, le théorème de l'énergie cinétique est trop souvent délaissé, et on préfère tenter d'expliquer que l'accélération est constante voire nulle.

Les plans d'antisymétrie de la distribution de courants dans la bobine sont relativement souvent remplacés par des plans de symétrie ; ce qui fausse les propriétés du champ magnétique.

Les calculs des dernières questions, s'ils sont traités, le sont le plus souvent correctement, même si l'expression de la distance focale image est parfois inversée par simple étourderie.

## **Partie C**

Si les courants d'entrée de l'A.L.I. idéal sont toujours considérés comme nuls, le gain, au lieu d'être infini, devient parfois nul ou égal à l'unité.

Peu de candidats ont mentionné que la tension de sortie de l'A.L.I. 1 ne dépassait pas 3V en valeur absolue (lecture graphique) pour justifier sa linéarité.

Rappelons également que cette linéarité n'a rien à voir avec celle des différentes tensions, ni avec leur éventuelle continuité. Par ailleurs, si la plupart des candidats savent que la tension aux bornes d'un condensateur est continue, rappelons tout de même que sa simple présence dans un circuit n'assure pas la continuité de tout ce qui l'entoure.

Les candidats abusent un peu de la notation complexe pour la mise en équation du circuit et s'arrêtent à une expression en  $j\omega$  ou bien avec un signe intégrale, alors qu'on attendait plutôt des expressions claires de la tension  $u(t)$  ; par ailleurs, le calcul de la question 1.7, bien que ne présentant pas de difficulté majeure, est rarement mené à son terme. De même, les valeurs numériques des 3 résistances sont très rarement obtenues.

Rares sont les candidats qui donnent le bon comportement récepteur ou générateur de la photodiode, et encore plus rares sont ceux qui mentionnent que la convention récepteur est celle fixée dans l'énoncé.

L'expression de  $K$  est quasiment toujours obtenue, mais la valeur numérique de  $k$  beaucoup plus rarement.

## **Partie D**

Dans cette partie, les résultats sont beaucoup trop souvent donnés sans démonstration et sans tenir compte des définitions de  $\phi$  et de  $a$  proposées dans l'énoncé. On essaie même d'extrapoler l'expression de l'éclairement obtenu pour 2 fentes au cas de 3 fentes.

Le tracé de la courbe est le plus souvent correct, mais on trouve aussi pas mal de valeurs numériques farfelues.

L'âge du capitaine est le plus souvent correct, mais on trouve aussi des âges très variés s'échelonnant entre 20 et 75 ans, et même post mortem. On confond parfois « à quel âge » et « en quelle année ».

Un candidat a quant à lui estimé que 54 ans était un âge raisonnable pour obtenir un prix Nobel !

## **CONCLUSION**

Le sujet semble avoir rempli son objectif en testant les connaissances des candidats dans des domaines variés. Les calculs demandés étaient d'une difficulté très raisonnable et les candidats ne doivent pas reculer devant quelques lignes de calcul.

Même s'il s'agit de résultats connus, ils doivent être démontrés ou justifiés, et surtout adaptés au sujet.

Les membres du jury sont satisfaits d'avoir pu lire de très bonnes copies, avec un nombre plutôt faible de très mauvaises notes, et souhaite que ce rapport soit utile aux futurs candidats.

## PHYSIQUE B

Durée : 4 heures

### *Sujet de Chimie*

(Durée : 2 heures)

Le sujet comportait trois parties indépendantes. La première partie était consacrée à l'étude des propriétés atomiques du cuivre. La seconde partie s'intéressait à un procédé d'obtention du cuivre métallique à partir de chalcoppyrite. La dernière partie présentait un dosage du cuivre dans un alliage.

Le jury a apprécié la qualité de la présentation de la majorité des copies. Les réponses étaient en général suivies d'une argumentation. Le jury tient à rappeler aux candidats que les réponses non justifiées n'ont pas pu être évaluées.

La cristallographie et la thermochimie sont des domaines assez bien maîtrisés par les candidats. L'oxydoréduction et la chimie des solutions semblent leur poser plus de difficultés. Certains candidats n'arrivent pas à ajuster convenablement une équation de réaction

La première partie faisait référence à des documents. Une lecture attentive permettait d'extraire l'information nécessaire. Beaucoup de candidats n'ont pas trouvés le bon nombre de neutrons par erreur de lecture ou de calcul. Dans l'ensemble les configurations électroniques sont justes et les règles assez bien justifiées. Dans la partie cinétique, les candidats n'ont pas tous vu que le temps de demi-réaction ne dépendait pas des conditions initiales. La partie cristallographique a été bien traitée par les candidats. Cependant certains d'entre eux ne prennent pas en compte la multiplicité de la maille.

La seconde partie du sujet comportait trois études. L'étude cristallographique de la chalcoppyrite a été convenablement traitée. L'étude thermodynamique de l'obtention du cuivre a été assez bien réussie par les candidats. Cependant le terme « état standard de référence d'un élément » est souvent oublié. Les déplacements d'équilibres n'ont pas toujours été justifiés. L'étude du raffinage électrolytique du cuivre a été moins réussie par les candidats. L'interprétation des courbes intensité potentiel est rarement faite. Les réponses données par les candidats sont très rarement justifiées. Peu de candidat se sont intéressés à la valeur de la tension imposée. Les termes anodes et cathodes doivent être définis

La troisième partie du sujet a été moins bien traitée par les candidats.

En oxydoréduction, certains candidats n'utilisent pas les demi-équations pour ajuster les équations de réaction, les résultats sont alors rarement justes. Les échelles d'oxydoréduction ne sont pas toujours utilisées. Très peu de candidats savent que les ions oxonium sont aussi des oxydants.

Le calcul des potentiels standard a rarement été fait. Le calcul du pH n'a pas été souvent abordé et les résultats ne sont pas toujours justes. Le dosage des ions  $\text{Cu}^{2+}$  par les ions iodure a rarement été traité.

FAYNOT Philippe

## CONDITIONNEMENT D'AIR & FLUIDE À GLISSEMENT DE TEMPÉRATURE

### Présentation

Il s'agit, dans ce problème, d'étudier le principe d'une pompe à chaleur (PAC), destinée au chauffage d'une maison d'habitation. La machine prélève de l'énergie dans l'atmosphère extérieure et cède ensuite de l'énergie thermique à l'air intérieur de l'habitation (PAC air-air).

Beaucoup de questions sont « basiques » et indépendantes les unes des autres : des étudiants, un peu motivés, peuvent s'exprimer dans chacun des paragraphes proposés.

### Remarques générales

- L'écriture et l'exploitation de formules non homogènes révèlent un manque de rigueur certain qui conduit souvent le candidat à l'échec. Un très grand flou règne dans les notations  $d$ ,  $\delta$  et  $\Delta$ , et l'utilisation des lettres minuscules pour les grandeurs massiques n'est pas toujours d'usage. Ainsi, il est courant de lire par exemple :  $dh = W_i + Q$ .
- Rappelons que la variation d'une grandeur  $A$ , entre l'état initial et l'état final, s'écrit  $\Delta A = A_{final} - A_{initial}$  ! Nous trouvons trop fréquemment l'égalité  $\Delta A = A_{initial} - A_{final}$  dans les applications numériques !
- La confusion entre entropie  $s$  et enthalpie  $h$  est rencontrée dans une fraction non négligeable de copies.
- Un résultat numérique doit être contrôlé, voire critiqué. Certains candidats signalent un résultat aberrant, mais évitent de remonter en amont pour tenter de corriger l'erreur. Les autres restent de marbre devant ce type de résultat.
- Un certain nombre d'erreurs classiques persiste, comme l'oubli des constantes d'intégration [cf. question 8 sur l'allure de l'isobare dans le diagramme entropique  $T = f(s)$ ]. Ce qui conduit le plus souvent à une expression non homogène qui ne semble pas perturber le candidat.
- Les termes propres aux machines thermiques sont peu connus : désurchauffe, sous-refroidissement, surchauffe, etc.
- Nous relevons un certain manque de concentration des étudiants ! Au cours du devoir, certains confondent les fluides qui se trouvent dans ou autour de la machine : le fluide réfrigérant est successivement le R 407 C, puis l'air (intérieur ou extérieur), puis l'eau, etc. D'autres font appel à la solidification du fluide...
- L'usage des acronymes est très fréquent (PPSF, PPSO, PPTI, etc.). Toutefois, d'autres acronymes apparaissent (BUSF ?) et il serait bon que le candidat définisse l'acronyme la première fois qu'il l'utilise.
- Les correcteurs constatent une amélioration dans la présentation des copies. Dans l'ensemble, et à l'exception de quelques compositions quasiment illisibles, de gros efforts sont accomplis.
- Les candidats gagneraient beaucoup à se munir de feutres ou de stylos de couleurs pour tracer les cycles sur les abaques, ce qui serait vraiment apprécié par les correcteurs.
- Rappelons que dans le barème, des points sont dédiés au soin apporté à la composition.

## Analyse des différentes parties du sujet

### Analyse documentaire et culture générale (questions 1 à 4)

- Les réponses fantaisistes, que nous passons volontairement sous silence, sont beaucoup trop nombreuses !
- Dans l'ensemble, les documents fournis ne sont que peu exploités : la notion de glissement de température évoquée n'est pas comprise.
- Les fluides frigorigènes ont une nomenclature spécifique. Le code se compose de la lettre « R » suivie de 2 à 5 chiffres qui découlent de sa structure moléculaire (exemple : R 32). La lettre R signifie « réfrigérant ».
- Le bouclier atmosphérique, qui filtre les UV énergétiques, est la « couche d'ozone ». Rappelons que l'excès de dioxyde de carbone atmosphérique n'est pas un problème lié à la couche d'ozone.
- L'effet qui contribue au réchauffement climatique global est « l'effet de serre ». À noter que toutes les orthographes possibles du mot serre sont acceptées... même si certaines prêtent beaucoup à sourire...
- Le fluide R 407C n'est pas un corps pur. Dans la zone d'équilibre liquide-vapeur, les isobares horizontales croisent les isothermes. À pression constante, la température de bulle (début d'ébullition) est inférieure à la température de rosée (fin d'ébullition). Lorsque le point représentatif du corps pur progresse dans le sens des  $v$  croissants à pression constante, la température progresse (cf. document 3), ce qui est lié à la présence d'isothermes, considérées comme des segments de droite, forcément de pente négative. La question n'est pas comprise ! Par manque d'attention, de nombreux candidats utilisent la loi des gaz parfaits ou considèrent les pentes des courbes des isothermes d'Andrews hors domaine diphasé. Les schémas, lorsqu'ils sont présents, montrent d'ailleurs une pente négative... sauf sous la courbe de saturation... où l'isotherme est représentée par une horizontale !

### Cycle et diagrammes (questions 5 à 10)

- Un premier cycle sans ambiguïté est à compléter sur feuille annexe. Il est regrettable de retrouver, dans de trop nombreuses copies, compresseur et détendeur en lieu et place des échangeurs, pourtant bien identifiés grâce aux flèches d'échange thermique avec l'atmosphère extérieure et l'intérieur de l'habitation.
- Trop d'étudiants oublient qu'un fluide circule dans la machine et qu'il y subit des changements d'état dans les échangeurs de chaleur.
- Beaucoup perdent de vue que la liquéfaction dans le condenseur est un processus exothermique (rarement clairement évoqué, bien que phénomène à la base du fonctionnement de ce type de machines) responsable d'un transfert thermique au profit de l'habitation. Par manque de réflexion, certains situent malheureusement le condenseur à l'extérieur.
- Certains affirment, avec beaucoup d'imprécisions, que le cycle est récepteur parce qu'il reçoit de l'énergie de la part de l'extérieur. Mais de quel type d'énergie s'agit-il ?
- Les diagrammes sont plutôt bien dessinés, bien que parfois à peine lisibles. Cependant, le diagramme  $P = f(v)$  est celui qui est le moins bien maîtrisé des trois.
- La justification de l'irréversibilité des échanges thermiques dans les échangeurs est peu convaincante, mais comme aucune transformation réelle ne l'est, nous acceptons de nombreux « arguments ». Rappelons qu'un échange thermique réversible entraîne, par définition, l'égalité des températures de la source et du fluide. Le mot désordre est un peu employé à toutes les « sauces » comme argument passe partout...
- Pour limiter la création d'entropie de nombreux candidats proposent un transfert thermique adiabatique...

### **Étude de la compression (questions 11 à 16)**

- La réponse à la question **13** est quasi-systématiquement non rigoureuse. Le lien entre irréversibilité et signe de la variation d'entropie est bien trop fréquent : l'augmentation d'entropie, constatée numériquement ou graphiquement, est le seul argument évoqué pour justifier de l'irréversibilité de la transformation **A-B** ! Aucune mention relative à l'absence d'entropie échangée ( $s_e = 0 \text{ J K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$  du fait du caractère adiabatique de la compression) ou, par conséquent, à l'entropie créée  $s_c$  forcément positive...
- La question **15** est l'occasion pour le candidat de rencontrer, pour la première fois dans cette épreuve, le « PPSO ». Malheureusement, peu de démonstrations « propres », partant de l'écriture complète du premier principe en éliminant successivement les termes absents (énergie cinétique et énergie potentielle massiques, puis transfert thermique massique), sont présentées ! Dans une grande majorité de copies, l'équation du PPSO n'est jamais écrite, ne serait-ce qu'une seule fois ! La réponse se traduit trop souvent par  $\Delta h = w$ , sans en indiquer l'origine ni le cadre d'utilisation, sans la moindre explication... Alors, les correcteurs ont pris la décision de sanctionner lourdement ce type de réponses brutes !

### **Passage dans le condenseur (questions 17 à 19)**

- Certains candidats appliquent le premier principe en considérant que chaque organe de la machine est un système fermé.

### **Passage dans le détendeur (questions 20 à 22)**

- La transformation (ou laminage) dans le détendeur est isenthalpique : la démonstration est souvent expéditive, sans aucune explication. Certains affirment que la transformation est isenthalpique puisqu'un détendeur est toujours isenthalpique...

### **Passage dans l'évaporateur (questions 23 à 25)**

- Les candidats expliquent la nécessité de l'étape **G-A** de surchauffe par le fait que le fluide doit être totalement vaporisé à l'entrée du compresseur, mais aucune explication n'est donnée sur cette impératif ! Petit moment de détente quand on apprend que « les gouttelettes d'eau (comprendre gouttelettes de fluide) dédommageraient le compresseur » ...

### **Coefficient de performance (questions 26 à 31)**

- Beaucoup trop de candidats proposent des valeurs de COP, pour les pompes à chaleur destinées au chauffage des maisons individuelles, situées entre 0 et 1 !
- Certains ne comprennent pas que le chauffage électrique, de rendement 1, peut être comparé au COP.
- Écrire que la PAC présente un « avantage écologique » sans justifier n'apporte rien. Trop peu d'arguments de poids sont donnés par les candidats.
- Dans la question **31**, les explications rigoureuses, évoquant à la fois l'augmentation de  $q_{cond}$  et le maintien de  $w_{AB}$ , sont rares.

### **Fonctionnement de l'installation domestique (questions 32 à 35)**

- Cette partie, sur le fonctionnement de l'installation, est peu abordée (peut-être par manque de temps) et surtout mal maîtrisée.

- Dans le meilleur des cas, la notion de bilan thermique est évoquée. De nombreux candidats se perdent dans une longue démonstration portant sur la diffusion thermique et la loi de Fourier, phénomènes hors sujet ici. La plupart des étudiants se lancent dans l'équation de « la chaleur » et perdent du temps précieux.
- Les questions **33** à **35** ne sont abordées que de façon superficielle et n'aboutissent que dans les meilleures copies.

### **Conclusion**

Les meilleurs candidats peuvent traiter la quasi-totalité du sujet ce qui montre que ce dernier est approximativement calibré en longueur.

Pour réussir cette épreuve, il est nécessaire de bien dominer les bases fondamentales du programme, grâce à un travail assidu. Il ne suffit pas de se contenter d'appliquer les formules, mais aussi de souligner les raisons de leur utilisation et, surtout, de leur simplification. Les étudiants ne peuvent se contenter de connaissances approximatives dans les notions essentielles.

**Fin du commentaire**