

EPREUVE ECRITE DE PHYSIQUE

---

**Présentation**

Comme chaque année, nous nous permettons de rappeler les principales caractéristiques de l'épreuve écrite de Physique au Concours « CCP DEUG-L2 ».

L'objectif de l'écrit de Physique est de contrôler les connaissances de base que doivent maîtriser les étudiants, après deux années passées à l'Université. La conception du sujet n'a pas d'autres prétentions.

L'écrit est composé de deux parties.

- La partie **I** (tronc commun pour les 3 options) repose sur trois ou quatre exercices indépendants et simples. Les candidats sont interrogés dans tous les domaines du programme [thermodynamique (principes de la thermodynamique et phénomènes de transport) et électricité (électronique et électrocinétique) cette année]. Les exercices ne font appel qu'à un outil mathématique simple. Ils sont à la portée de tous ceux qui travaillent régulièrement et normalement. Les formules, qu'on pourrait trouver stockées dans une bonne calculatrice, sont le plus souvent rappelées.
- La partie **II**, réservée aux options Physique et Mathématiques, est plus ambitieuse. Elle s'articule autour d'un thème donné (électromagnétisme cette année). Le concepteur du sujet essaie, dans la mesure du possible, d'y présenter deux ou trois parties indépendantes (électrostatique et ondes électromagnétiques cette année).

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**Sur la perte des outils mathématiques de base

- Parfois démoralisant... Les candidats, chaque année plus nombreux, perdent la maîtrise des relations mathématiques, même les plus élémentaires... Comment peut-on écrire  $A = B + C \Leftrightarrow B = A + C$  ou  $A = B/C \Leftrightarrow AB = C$  ?

Sur le raisonnement

- On se demande si certains candidats se relisent ou font attention à ce qu'ils écrivent : il n'est pas rare qu'ils se contredisent d'une ligne à une autre ou au sein d'une même phrase.
- Le résultat des applications numériques n'est ni contrôlé, ni critiqué !

Sur la rédaction

- Certes une épreuve scientifique n'est pas une dissertation, mais la réflexion et la communication dans les domaines scientifiques nécessitent un vocabulaire précis et rigoureux. Un nombre inquiétant de copies sont écrites quasi phonétiquement. Les candidats doivent avoir conscience qu'une mauvaise maîtrise du français constitue de plus en plus fréquemment un handicap pour trouver un emploi.

### Sur la présentation

- Certaines copies sont de véritables torchons... qu'il faut déchiffrer ! C'est malheureusement regrettable !
- Il serait très souhaitable que les candidats évitent l'utilisation d'une encre trop claire et de mauvaise qualité qui ne facilite pas la lecture des copies et rend la correction pénible. Il serait bon d'éviter l'encre « bleue claire » délavée, par exemple...
- Dans le barème, des points de présentation sont dédiés à chacune des parties. Les correcteurs tiennent donc compte réellement du soin apporté à la copie.

## Analyse des différentes parties du sujet

### Partie I

Cette année, les matières abordées sont : la thermodynamique (ses deux principes et la notion de potentiel thermodynamique, puis diffusion thermique à l'intérieur d'un barreau radioactif) et l'électricité (simulation d'une inductance élevée grâce à un montage électronique). Le sujet se compose de trois parties **A**, **B** et **C** totalement indépendantes.

### A – POTENTIEL THERMODYNAMIQUE

Partie décevante, souvent très mal traitée. La mauvaise maîtrise des outils mathématiques de base en est probablement la raison.

#### I. Questions préliminaires

- Les étourderies commencent dès le début. L'expression  $dH = T dS + V dP$  est rappelée dans l'énoncé, ce qui se traduit sur la copie par l'égalité...  $dS = (dH/T) + (VdP/T)$ . Manque d'attention et de concentration...
- L'intégrale de  $dP/P$  conduit malheureusement (et sans hypothèses), trop souvent, à  $\Delta P/P$ .
- Etourderie : beaucoup de candidats aboutissent, avec une erreur de signe, à  $\Delta S = n R \ln (P_B/P_A)$ . Une vérification rapide aurait pu éviter cette erreur.

#### II. Évolution isotherme et isochore d'un système gazeux

- Le volume des gaz doit être exprimé en fonction des données ( $n_1$ ,  $n_2$ ,  $L$ ,  $S$ ,  $x$  et  $R$ ). Il a souvent été exprimé sous la forme  $V_1 = n_1 R T_0/P_1$ ...
- Il est demandé d'exprimer la variation d'entropie  $\Delta S(x)$  mise en jeu, au cours de la transformation, par l'ensemble des  $(n_1+n_2)$  moles de gaz parfait. Les candidats prennent cette question au pied de la lettre en démarrant le calcul avec l'expression différentielle  $dS = (n_1 + n_2) R (dP/P)$ , alors que les  $n_1$  et  $n_2$  moles de gaz appartiennent à des systèmes différents et évoluent avec des paramètres différents.
- Suivent ensuite d'innombrables erreurs de calcul dans les dérivations  $d\Delta S(x)/dx$ .
- Sans compter sur le manque de concentration des étudiants... Comment peut-on écrire l'égalité  $x_0 = n_1 = n_2$  sans se poser des questions ?
- $\Delta F(x) < 0$  pour tout point  $x \neq x_0$ . L'énergie libre  $F$  d'un système fermé, au cours d'une évolution isochore et monotherme, voire isotherme, ne peut que diminuer ( $F$  : potentiel thermodynamique).
- Le déplacement du piston de l'abscisse  $x$  à l'abscisse  $x_0$  est un processus spontané dans les conditions de l'énoncé :  $x_0$  est une position d'équilibre car  $dF = 0$ .

## B – BARREAU DE COMBUSTIBLE NUCLEAIRE

Il s'agit, dans ce paragraphe, de modéliser la diffusion thermique et de proposer une loi de répartition des températures à l'intérieur d'un barreau radioactif. Ce chapitre de la thermodynamique n'a pas les faveurs des candidats qui échouent le plus souvent et très rapidement. Cet exercice de base pourrait être l'un des premiers problèmes sur les phénomènes de transport posés en Travaux Dirigés à l'Université.

- Nous devons déplorer le manque de sens physique de certains étudiants : un nombre non négligeable a choisi (à tort, bien sûr) une diffusion axiale de la chaleur, donc selon l'axe  $Oz$ ...
- Lorsque la diffusion radiale est préférée, une infime minorité (environ un candidat sur vingt) considère, à juste titre, qu'en régime permanent, la chaleur créée à l'intérieur du cylindre de rayon  $r$  diffuse à travers la surface latérale  $S(r)$ .
- La relation entre le flux thermique et le vecteur  $j_{th}$  est généralement donnée correctement.
- Une vérification de l'homogénéité des formules aurait évité l'utilisation, à tort, de formules telles que  $\Phi = 2\pi r p$  ou  $\Phi = p/\pi r^2$  (avec  $\Phi$  en W et  $p$  en  $W m^{-3}$ ) par exemple !
- Certains semblent penser que, puisque toute la chaleur finit par « passer » par la surface latérale extérieure  $r = R$ , la température  $y$  est maximale... ce qui donne parfois des allures de courbes très étonnantes, avec un minimum sur l'axe et un maximum en  $r = R$ ...

## C – SIMULATION D'UNE INDUCTANCE ELEVEE

L'électronique permet de simuler des inductances élevées, quasi-idéales. Le circuit proposé comporte deux amplificateurs opérationnels (AO) idéaux, en fonctionnement linéaire. Il s'agit de montrer que ce dipôle se comporte comme un dipôle «  $r, L$  » en dérivation.

- Il est illusoire de s'attaquer aux problèmes d'électronique avec des outils aussi peu efficaces que les lois de Kirchhoff ! Ces lois sont les bouées de sauvetage, les dernières, après avoir tout essayé. Elles sont utiles si le circuit est simple, sinon, on joue avec le feu ! Le théorème de Millman est tellement pratique ! A condition de ne pas oublier la moitié des termes. Mais cela demande de l'entraînement...
- Ce théorème de Millman peut s'écrire en tout point, mais n'est pas applicable partout, notamment au point P où l'intensité du courant « sortant » du premier AO n'est pas connue !
- Resurgissent les problèmes mathématiques où l'égalité  $(1/r) + (1/jL\omega) = 1/(r+jL\omega)$  a été écrite de nombreuses fois...

## Partie II

Cette année, la matière abordée est : électromagnétisme à la surface d'un métal (électrostatique et guide d'ondes) répartis en deux parties **A** et **B** totalement indépendantes. Cette partie **II** a rencontré plus de succès et a été largement mieux traitée que la partie **I**.

### A – CHARGES A LA SURFACE D'UN METAL

#### I. Plan infini chargé dans le vide

- Comment peut-on admettre, avec un plan infini  $yOz$  chargé, que le champ  $\vec{E}(M)$  créé en tout point de l'espace puisse s'écrire  $\vec{E}(M) = E \vec{e}_y$  ? Un manque criant de sens physique...

- L'application du théorème de Gauss n'a pas toujours été couronnée de succès... malgré la simplicité du cas d'espèce.
- La relation vectorielle locale, entre le champ électrostatique  $\vec{E}(M)$  et le potentiel électrostatique  $V(M)$ ,  $\vec{E}(M) = -\overrightarrow{\text{grad}} V(M)$  est très mal exploitée, souvent à cause de lacunes mathématiques de base.
- Peu d'étudiants pensent à ce qui se passe pour les valeurs négatives de  $x$ .
- Les candidats ne sont pas à leur travail : Le vecteur  $\vec{e}_x$  mute... et devient  $\vec{e}_r, \vec{u}, \vec{i}$  ou  $\vec{n}$ . De quoi y perdre son « latin ».
- Beaucoup oublient que le potentiel est continu en tout point de l'espace.

## II. Surface métallique chargée

- Mêmes remarques que précédemment...

## III. Présence d'une charge d'espace supplémentaire

- Mêmes remarques que précédemment...
- Pour tout observateur situé à une distance supérieure à  $\ell$ , la surface métallique apparaît non chargée (condition d'écrantage).

# **B – GUIDE D'ONDES**

## I. L'onde incidente

- La relation de dispersion est bien connue, tout comme la direction de propagation de l'onde incidente.
- Les fonctions trigonométriques de base, ainsi que le produit vectoriel, ne sont pas toujours bien dominés. De quoi entraîner une avalanche d'erreurs...

## II. Réflexion, sous incidence oblique, sur la surface métallique parfaitement conductrice

- Le vecteur d'onde du rayon réfléchi ( $\vec{k}' = \alpha \vec{e}_x + \beta \vec{e}_y$ ) ne respecte pas toujours les lois de Descartes (égalité des angles d'incidence et de réflexion et rayon réfléchi dans le plan d'incidence).

## III. Superposition des deux ondes

- Les opérations vectorielles ainsi que celles concernant les nombres complexes ne se sont pas toujours très bien déroulées.

## IV. Guide d'ondes simplifié

- Une onde est progressive harmonique si sa dépendance au temps est sinusoïdale. Les composantes des deux champs électromagnétiques sont en «  $\cos(\omega t - \beta_y)$  » ou «  $\sin(\omega t - \beta_y)$  » : l'onde est donc une onde progressive dans la direction  $O_y$ .
- Une onde est plane si ces deux champs demeurent orthogonaux au vecteur d'onde et donc à la direction de propagation. Ce qui n'est pas le cas ici.
- Si  $\beta = 0$ , le champ ne se propage pas, mais oscille sur place, d'où l'expression « onde stationnaire », de la forme  $y(x,t) = F(x) \cdot G(t)$ .

## Conclusion

Pour réussir cette épreuve, il est nécessaire de bien dominer les bases fondamentales du programme, grâce à un travail assidu. Les étudiants ne peuvent se contenter de connaissances approximatives dans les notions essentielles.

Comme chaque année, nous constatons que les bonnes copies ont été composées par des étudiants bien entraînés, dans les trop rares centres de préparation désormais bien connus... Les enseignants y ont décidé de s'investir sans compter au service de leurs étudiants. Ce travail remarquable a d'ailleurs pour conséquences d'établir un « appel d'air » efficace et de promouvoir le sérieux et la renommée de leur Université.

---