

Commentaire général

L'objectif de l'écrit de physique du concours DEUG 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 physiciens et les chimistes) repose sur trois ou quatre exercices indépendants et simples. Les candidats sont interrogés dans tous les domaines du programme (thermodynamique, électrostatique, électrocinétique et optique géométrique 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 physiciens, est plus ambitieuse. Elle s'articule autour d'un thème donné (étude de différents aspects de l'induction électromagnétique, cette année). Le concepteur du sujet essaie, dans la mesure du possible, d'y présenter deux ou trois parties indépendantes (régime transitoire dans une bobine, étude d'un filtre du premier ordre, phénomènes dissipatifs liés à l'induction, 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.

Analyse des différentes parties du sujet

Partie I

Cette année, les matières abordées sont : la thermodynamique (quelques aspects du corps pur eau), l'électrostatique (étude de quelques répartitions simples de charges), l'électrocinétique (associations de dipôles) et l'optique géométrique (focométrie).

A – Thermodynamique

Le corps pur eau est étudié. La relation de Clapeyron est rappelée. Nous devons reconnaître que, dans l'ensemble, les candidats n'apprécient pas la thermodynamique et que cette partie ne rencontre pas beaucoup de succès. Cette matière demeure un "tabou".

A.I. Transferts de chaleur

Il s'agit de calculer (§.I.1) la variation d'enthalpie qui accompagne la fusion d'un bloc de glace dont la température initiale est inférieure à 0°C. C'est une simple détermination de chaleur Q_{pe} (à pression extérieure constante, $Q_{pe} = \Delta H$). Il est nécessaire de décomposer en deux étapes : élévation de température, suivie du phénomène de fusion. On utilise le fait que H est une fonction d'état. Le paragraphe suivant (§.I.2) exploite la méthode des mélanges en calorimétrie : l'occasion d'écrire que la somme des ΔH algébriques est nulle $[\Delta H_{ML} + \Delta H_{MS} = 0]$.

A.II. Cessation d'un état métastable

Là aussi, le caractère "fonction d'état" de H est d'un grand secours, car la cessation de l'état métastable est souvent brutale. Certains candidats s'aident d'ailleurs de diagrammes énergétiques. L'ensemble, isolé thermiquement, permet d'écrire :

$$\Delta H_{\text{échauffement liquide surfondu}} + \Delta H_{\text{solidification}} = 0, \text{ avec } \Delta H_{\text{solidification}} = -M_S L_f$$

Bien qu'une partie de la réponse se trouve dans l'énoncé (§.II.1), peu d'étudiants imaginent le bon état final. Mentionnons au passage que le calcul de la variation d'entropie ΔS du corps pur (§.II.3) est exceptionnellement mené à son terme.

A.III. Diagramme du corps pur

Si le diagramme est souvent correctement dessiné (§.III.1), le calcul de la pente de la tangente à la courbe de changement d'état n'aboutit que rarement (§.III.2). Il suffit pourtant d'exploiter la formule de Clapeyron ! La pente de la courbe de fusion du corps pur est négative : une augmentation de pression, à température constante, entraîne la fusion de la glace. L'utilisation des crampons pour les randonnées sur glacier reste malheureusement une énigme pour bien des candidats !

B – Électrostatique

C'est l'occasion d'étudier le champ et le potentiel créés par des répartitions simples de charges.

B.I. Potentiel électrostatique $V(r)$

On étudie une répartition de charges à symétrie sphérique de centre O . La valeur algébrique $E(r)$ du champ électrostatique est donnée en tout point M de l'espace. L'expression $V(r)$ correspondante est demandée : il suffit d'intégrer l'égalité $dV(r) = -E(r)dr$ en tenant compte de la continuité du potentiel et de la valeur de V à l'infini (§.I.1). Pour les étudiants qui peuvent aboutir, le tracé de la courbe représentative de la fonction $V(r)$ ne pose pas de problème (§.I.2).

B.II. Charge volumique $\rho(r)$

La formule, qui permet de déterminer la charge volumique $\rho(r)$, est donnée dans l'énoncé : les candidats ne sont pas toujours très attentifs (§.II.1) ! Quel dommage, d'autant plus que les calculs ne présentent aucune difficulté !

B.III. Charge totale q_o

Il faut se souvenir que la charge d'une couche élémentaire, d'épaisseur dr , s'écrit $dq = \rho(r)4\pi r^2 dr$ (§.III.1). Le calcul de la charge totale s'obtient par simple intégration (§.III.2). L'application du théorème de Gauss permet de montrer que la distribution volumique est équivalente, d'un point de vue électrostatique, à une charge électrique ponctuelle, placée au point O (§.III.3).

B.IV. Deux charges ponctuelles

Cette partie permet d'appliquer la loi de Coulomb, sous sa forme vectorielle (§.IV.1). Rappelons que les champs électriques s'ajoutent vectoriellement en un point, alors que les potentiels s'y ajoutent algébriquement (§.IV.2).

C – Électrocinétique

On étudie divers montages électriques

C.I. Générateur équivalent

Ce paragraphe permet de se rendre compte que l'application simple du théorème de Thévenin (§.I.2) devient très vite un problème insurmontable pour bon nombre de candidats ! Ce paragraphe se termine par un petit calcul différentiel que quelques trop rares candidats ont mené avec brio (§.I.4).

C.II. Générateur en opposition

La détermination de l'intensité du courant qui circule dans une branche de circuit à deux mailles est un problème classique (§.II.1). Plusieurs méthodes sont à la disposition des candidats (lois des mailles, théorème de superposition, théorème de Thévenin, etc.). Les démarches sont généralement bien abordées, mais le manque de pugnacité arrête trop souvent les candidats dans leur résolution. Le paragraphe se termine par une application pratique : comment relier deux batteries d'accumulateurs entre elles (§.II.4) ? La réponse n'est pas toujours évidente. On pourrait ajouter que le pragmatisme donnera la solution, le moment venu...

D – Optique géométrique

La question d'optique géométrique tourne autour de la méthode focométrique de Bessel. Le schéma de montage sur le banc optique est donné dans l'énoncé. La formule de Descartes est rappelée.

D.I. Mesure de la distance focale image d'une lentille divergente

La construction de l'image de l'objet **AB** pose parfois quelques problèmes (§.I.1) ! La méthode de Bessel est décortiquée, démontée, jalonnée, etc. (§.I.2 à 5). Mais ce n'est pas assez pour conduire le plus grand nombre à la réussite ! Un nombre trop important d'étudiants est en "délicatesse" avec les grandeurs algébriques de l'optique géométrique. On ne peut tenir longtemps, dans une démonstration, avec des valeurs absolues.

D.II. Mesure de la distance focale image d'une lentille divergente

La lentille, de focale f' , est en réalité constituée de deux lentilles minces accolées. La relation des vergences, si elle n'est pas connue, peut aisément se redémontrer : $V = V_I + V_{II}$ (§.II.1). Vient ensuite une question délicate mettant en jeu des inégalités (§.II.2). Quelques candidats brillants ont réussi à résoudre cette question, qu'ils en soient félicités.

Partie II

Le problème **II**, composé de deux parties, permet d'envisager différents aspects de l'induction électromagnétique.

A – Électrocinétique

Les paragraphes **I** et **II** exploitent la présence d'une bobine d'induction dans un circuit électrique simple.

A.I. Régime transitoire dans une bobine

Une source idéale de tension alimente une bobine d'induction, d'inductance L et de résistance r , et un résistor, de résistance R , montés en série. Même si les étudiants n'ont été que légèrement sanctionnés, beaucoup d'étourdis ont oublié de considérer la résistance r . Malgré cela, nombreux ont été ceux qui ont pu engrangé un maximum de points. Seules les courbes, correspondant à la tension "créneau", ont été approximatives (§.I.6).

A.II. Circuit linéaire en régime sinusoïdal

Un grand classique ! L'étude de filtre du premier ordre, très prisée des candidats, a donné des résultats encourageants. Même si la caractéristique principale de ce type de filtre (§.II.3) n'a pas toujours été donnée correctement (les notions de filtre "passe-bas" et de filtre "passe-haut" sont souvent confondues), les amplitudes complexes (§.II.1) et autres fonctions de transfert (§.II.2) sont assez bien connues des étudiants.

B – Électromagnétisme

Les paragraphes **I** et **II** proposent l'étude de quelques phénomènes dissipatifs liés à l'induction. Il s'agit d'un conducteur métallique, en mouvement dans une région de champ uniforme et constant (application au freinage électromagnétique d'un disque métallique en rotation) et d'un matériau conducteur immobile, soumis à un champ magnétique variable (application au chauffage par induction). Afin de résoudre plus aisément le problème, l'expression du champ électromoteur est rappelée. Les candidats, qui s'engagent dans cet exercice, vont très loin, et de fort belle manière. C'est avec un plaisir non dissimulé que les correcteurs parcourent leurs copies. Les autres, peut-être par manque de ténacité, de motivation, de combativité ou bien à cause d'une certaine fragilité, ne se sentent pas concernés par cette partie, pourtant bien à leur portée.

B.I. Disque métallique en rotation dans un champ magnétique

L'expression du champ électromoteur se simplifie (§.I.1) en un produit vectoriel intéressant. Les questions s'enchaînent ensuite, en jalonnant la démarche. Il suffit de se laisser guider ! Même si la loi d'Ohm est parfois un obstacle, les questions suivantes peuvent être traitées. Rappelons au passage que le champ magnétique ne s'applique pas sur la totalité du disque métallique : le champ électromoteur peut donc agir dans un circuit fermé, car des boucles de courant peuvent prendre naissance dans le matériau en rotation. L'application de ce dispositif électromagnétique est classique : il s'agit du freinage des pièces conductrices en rotation (frein-ralentisseur des poids lourds).

B.II. Matériau conducteur soumis à un champ magnétique variable

Ce paragraphe commence par le calcul du champ magnétique à l'intérieur d'un solénoïde infiniment long. Question classique (§.II.1), d'autant plus que la formule du champ créé par une spire est donnée dans l'énoncé. On fait appel ensuite au potentiel vecteur $A(\rho, t)$ associé au champ. Tous les renseignements sont donnés, en début d'énoncé comme dans la question (§.II.2). Les étudiants attentifs sont les grands gagnants. L'expression du champ électromoteur se simplifie ici d'une autre manière : le conducteur est immobile, mais le champ, bien qu'uniforme, est variable (§.II.3). Le tracé de quelques lignes de courants induits (courants de Foucault) est demandé : il s'agit bien sûr de cercles concentriques. Tout comme dans la partie I, la dissipation par effet Joule (§.II.4) de ces courants induits occupe la fin du problème.

Conclusion

Pour réussir cette épreuve, il est nécessaire de bien dominer les bases fondamentales du programme. Les étudiants ne peuvent se contenter de connaissances approximatives dans les notions essentielles. Soulignons, cette année, le manque d'attention et de concentration des candidats au cours de la lecture de l'énoncé. Ce dernier "regorge" de renseignements intéressants qui permettent de résoudre un bon nombre de questions. Les candidats bien entraînés dans des préparations universitaires sérieuses et dynamiques, ne manquent pas d'en tirer profit.