

Commentaire général

Nous tenons, cette année encore, à rappeler les principales caractéristiques de l'épreuve écrite de Physique au Concours National DEUG.

L'objectif de cet écrit 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 (électromagnétisme, thermodynamique 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 physiciens, est plus ambitieuse. Elle s'articule autour d'un thème donné (problèmes thermiques liés au stockage des déchets nucléaires cette année). Le concepteur du sujet essaie, dans la mesure du possible, d'y présenter deux ou trois parties indépendantes (diffusion thermique, transferts thermiques et machine frigorifique 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.

Nous soulignons, cette année, le manque d'attention et de concentration des candidats au cours de la lecture d'un énoncé. Ce dernier "regorge" de renseignements intéressants qui permettent de résoudre un bon nombre de questions. Les candidats bien entraînés ne manquent pas d'en tirer profit. Rappelons la nécessité de bien lire le libellé des questions. Écrire, donner, rappeler, établir, démontrer, justifier, ... ne sont pas des synonymes. Pour les premiers termes, il suffit d'écrire simplement des formules sans démonstration, pour les seconds, il s'agit de proposer un raisonnement scientifique construit.

La signification physique des termes et des résultats semble trop souvent absente, d'ailleurs l'analyse critique de ces derniers provient rarement de l'initiative du candidat. Ajoutons que l'étude de l'équation aux dimensions est souvent d'un grand secours pour vérifier la validité d'une expression littérale. Les grandeurs physiques dimensionnées doivent apparaître avec une unité (du Système International, le plus souvent). Le nombre de chiffres significatifs doit être adapté à la précision de la mesure, et doit être en accord, en général, avec les données de l'énoncé. L'utilisation du multiple ou du sous-multiple d'une unité est trop souvent omise.

Rappelons enfin que les applications numériques doivent toujours suivre les calculs littéraux. Il est illusoire d'utiliser les valeurs numériques d'entrée de jeu, et tout au long du raisonnement, un peu à l'image d'un programme informatique qui ne servirait qu'une seule fois !

Nous regrettons l'utilisation parfois aléatoire des signes (+) et (−) dans les équations, souvent rectifiés miraculeusement d'une ligne à l'autre, ainsi que l'exploitation des expressions différentielles (avec dérivées partielles) non homogènes.

Un bon point pour ceux qui, malgré un échec dans la démonstration et le traitement mathématique du problème, parviennent à proposer une explication du phénomène présenté, à donner une interprétation des faits observés, voire de prévoir l'évolution d'une situation : l'occasion de faire preuve d'un bon sens physique. L'approche qualitative d'un problème nous semble souvent aussi importante que l'étude quantitative.

Analyse des différentes parties du sujet

Partie I

Cette année, les matières abordées sont : l'électromagnétisme (étude des conséquences de la variation du flux du champ magnétique), la thermodynamique (étude d'un compresseur), et l'électrocinétique (étude d'un filtre passe-bande).

A – Électromagnétisme

L'exercice est un « grand classique » : étude du mouvement d'une barre conductrice sur deux rails métalliques parallèles, placés dans le champ magnétique.

A.I. Cadre horizontal dans un champ magnétique uniforme et constant

- La définition du champ électromoteur étant généralement méconnue, le signe du courant induit i , compte-tenu de l'orientation donnée sur la figure de l'énoncé, n'est pas donné correctement.
- Les formules qui permettent d'accéder aux principales grandeurs scalaires et vectorielles (flux, f.é.m. et force de Laplace) ne sont qu'approximatives.
- Le problème posé par la résolution des équations différentielles est récurrent : échec de la séparation de variables, ou oubli de la vérification de la solution aux limites.

A.II. Cadre incliné dans un champ magnétique uniforme et constant

- Dans le calcul du flux ou de la résultante des forces d'induction, le non-respect des formules vectorielles conduit trop souvent les candidats dans l'impasse.
- Dans l'inventaire des forces qui s'exercent sur la barre, les dessins sont de taille réduite, peu clairs et parfois volontairement ambigus. Rappelons qu'en physique, les schémas sont généralement d'une grande importance, riches d'enseignement, et ils traduisent bien souvent le niveau de compréhension des candidats. À partir de dessins faux ou approximatifs, les étudiants n'aboutissent jamais.

B – Thermodynamique

C'est l'occasion d'étudier la compression réversible d'un gaz dans un compresseur parfaitement calorifugé.

B.I. Étude énergétique des transformations

- La confusion entre adiabatique et isotherme est surprenante : la rigueur imposée par la thermodynamique ne supporte pas de telles erreurs !
- Le diagramme $P_i = f(V_i)$ proposé par la majorité des candidats montre que ces derniers sont loin de faire preuve d'un bon sens physique.
- Le calcul du travail reçu (sous forme de travail de forces de pression) par un système thermodynamique gazeux, au cours d'une adiabatique, comme au cours d'une isotherme, pose toujours d'énormes problèmes.

- La détermination de l'expression du travail massique w , reçu par l'unité de masse de fluide ayant transité dans le compresseur, est délicate. L'égalité $w = \Delta h$, dans le cas des compresseurs calorifugés, est inconnue.

B.II. Compresseurs et détendeurs

- Les compresseurs isenthalpiques calorifugés n'existent pas ! Il ne peut y avoir de compression adiabatique sans travail transféré.
- Les détendeurs calorifugés sans pièce mobile ne mettent en jeu aucun travail, donc l'égalité $w = 0 = \Delta h$ peut être écrite : ce sont des détendeurs isenthalpiques.

C – Électrocinétique

On étudie un filtre « passe-bande », puis on détermine les caractéristiques d'une bobine.

C.I. Filtre « passe-bande »

- Ce paragraphe est en général bien traité. Les notions d'impédance complexe et de fonctions de transfert sont bien maîtrisées. Cependant, le changement de variable $x = \omega / \omega_0$ se heurte à des difficultés mathématiques importantes.
- L'étude de la bande passante n'est pratiquement jamais réalisée.

C.II. Détermination des caractéristiques de la bobine

- La lecture de l'oscillogramme permet d'obtenir des renseignements précieux pour la suite du problème. Cette opération, qui ne nécessite pas un travail délicat, est décevante. Les résultats se montrent parfois aberrants.
- Sur l'oscillogramme, une première tension, qui est en avance de phase sur une seconde, atteint son maximum avant l'autre.

Partie II

Le problème **II**, composé de deux parties, permet d'envisager différents aspects du transfert de chaleur.

A – Diffusion thermique

Les paragraphes **I** et **II** sont réservés à l'étude de la diffusion de chaleur, l'occasion de côtoyer un phénomène technologique lié aux grandes branches industrielles : génie civil, génie énergétique, génie électrique, génie mécanique....

A.I. Conduction thermique simple dans un matériau

- Ce paragraphe porte sur l'écoulement de chaleur à travers une paroi, comprise entre deux faces planes, infinies et parallèles, maintenues à des températures constantes.
- Si la loi de Fourier est rappelée, la relation entre le flux thermique, le vecteur densité de flux thermique et l'aire de la section ne l'est pas, ce que doivent déplorer certains candidats.
- Il est demandé de réaliser un bilan des flux thermiques (entrant et sortant), sur la tranche cylindrique élémentaire comprise entre les plans d'abscisse x et $x + dx$, dans le but de sortir l'équation différentielle de la diffusion thermique. L'énoncé, riche en précisions, ne permet pas à la plupart des étudiants d'aboutir. Certains essaient des combinaisons entre λ , μ et c_v , pour définir la constante A , sans toujours respecter l'homogénéité de l'expression (**1**).
- En régime stationnaire, il est aisé d'écrire l'égalité : $\partial T(x,t) / \partial t = 0$, et d'en déduire une expression affine de $T(x)$.

A.II. Diffusion thermique dans un combustible nucléaire

- Le milieu, toujours soumis à l'écoulement thermique, est maintenant le siège d'une création interne de chaleur due à la radioactivité résiduelle.
- Les bilans d'énergie sont là aussi massacrés. Rarement homogènes, les équations différentielles sont d'une grande incohérence et ne mènent nulle part.
- Le candidat, doué d'un bon sens physique peut, sans avoir traité les questions qui précèdent, proposer l'allure de la courbe $T(x)$ et déterminer l'abscisse x_m pour laquelle la température est maximale.

A.III. Refroidissement par échange radioconvectif

- Ce paragraphe est l'occasion de comparer les performances du refroidissement par eau à celles du refroidissement par air (échange radioconvectif).
- Signalons, au passage, que la plaque métallique de protection de la paroi est sans résistance thermique et d'épaisseur négligeable. Le régime permanent, qui n'autorise aucune accumulation d'énergie en un point, implique donc l'égalité du flux de conduction et du flux radioconvectif.

B – Machine thermique frigorifique

Une installation frigorifique assure le maintien de la salle de stockage des déchets à une température modérée. Le paragraphe **I** propose un retour sur les diagrammes du corps pur et les paragraphes **II** à **VI** proposent l'étude du fonctionnement de la machine thermique ditherme.

B.I. Diagrammes du corps pur

- Le diagramme $P = f(T)$ est relativement connu, même si les pentes des courbes sont parfois fantaisistes. Même remarque pour le réseau des isothermes d'Andrews dans le diagramme $P = f(u)$.
- En revanche, la représentation du cycle est aléatoire et manque d'un certain bon sens. La suite est malheureusement hypothéquée.

B.II à VI. Cycle du corps pur dans la machine thermique

- Il est nécessaire de se souvenir que la compression isentropique entraîne l'utilisation des formules de Laplace.
- L'énoncé donne la solution $\Delta h = w$. Remarquons que le problème **I** du sujet en demandait la démonstration.
- L'étape **B** \rightarrow **C** ne peut pas être correctement traitée si le cycle est mal représenté dans §.B.I. En effet, l'étape **B** \rightarrow **B'** est un refroidissement isobare de gaz parfait, et l'étape **B'** \rightarrow **C** est une liquéfaction réversible.
- Si la relation entre la fraction massique x et les enthalpies massiques inspire les étudiants, la suite est plutôt chaotique, probablement par manque de temps.
- L'efficacité frigorifique ε_{fr} de l'installation n'est pas un rendement, c'est le rapport « utile/investissement ».

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.