

## Commentaire général

Il est bon de rappeler, cette année encore, les principales caractéristiques de l'épreuve écrite de Physique au Concours 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 (électrocinétique, thermodynamique et optique ondulatoire 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 (circuits électriques et étude d'un câble coaxial cette année). Le concepteur du sujet essaie, dans la mesure du possible, d'y présenter deux ou trois parties indépendantes (électrocinétique des régimes stationnaires et électrocinétique des régimes alternatifs sinusoïdaux 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 : l'électrocinétique (étude des outils de base), la thermodynamique (étude de deux modèles simples d'atmosphère), l'optique ondulatoire (étude d'un interféromètre classique) et la diffusion (étude d'un phénomène de transport de matière à symétrie radiale). Les différentes parties **A**, **B**, **C** et **D** sont totalement indépendantes.

### A–Électrocinétique

L'exercice est un « grand classique » : il s'appuie sur les premiers cours d'électricité.

#### A.I. Générateurs : passage entre modèles équivalents de Thévenin et de Norton

- L'étude des réseaux, en électrocinétique comme en électronique, ne peut être abordée sans une maîtrise de ces outils obligatoires.
- Malheureusement, ce paragraphe n'est pas la « formalité » que l'on attendait !
- Le passage entre ces modèles « MET » et « MEN » peut se traiter sans démonstration.

#### A.II. Association de générateurs

- L'association, en parallèle, de deux générateurs définis par leurs c.é.m. et résistance en parallèle, ne présente, là aussi, aucune difficulté particulière.

- Il est toujours vivement conseillé de vérifier continuellement l'homogénéité des diverses expressions littérales manipulées, pour éviter les aberrations.

### A.III. Montage diviseur de tension et montage diviseur de courant

- Là encore, les résultats sont issus d'une démonstration triviale. Les correcteurs ont ici, comme dans les questions précédentes, admis les résultats sans exiger les justifications d'usage.
- Les candidats peuvent prendre conscience que ces relations demeurent des outils indispensables à l'étude des réseaux électrocinétiques.

### A.IV. Intensité $i$ du courant qui circule dans une branche d'un circuit

- La méthode de résolution est laissée au choix du candidat, mais il est évident que les relations étudiées précédemment sont directement utilisables dans ce paragraphe.
- Nous avons cependant apprécié l'utilisation du théorème de Millman.
- Le schéma de la figure 7 peut se simplifier progressivement et aboutir à un circuit constitué d'une seule maille.

## **B–Thermodynamique**

C'est l'occasion d'étudier deux modèles classiques et simples d'atmosphère terrestre, en équilibre dans un champ de pesanteur uniforme.

### B.I. Généralités

- Le passage de l'équation fondamentale  $\overline{grad} P(M) = \rho(M) \overline{g}$  à l'équation différentielle locale reliant les grandeurs  $P(z)$ ,  $\rho(z)$ ,  $g$  et  $z$  ne se fait pas sans problème : l'erreur de signe et l'absence d'homogénéité montrent le manque de concentration des étudiants. Ces derniers devraient se souvenir, qu'en montant en altitude, la pression diminue !
- Si l'équation d'état du gaz parfait est connue, l'expression de la masse volumique  $\rho(z)$  de l'air, en fonction de  $P(z)$ ,  $T(z)$ ,  $\overline{M}$  et  $R$ , n'apparaît pas toujours correctement.

### B.II. Premier modèle (atmosphère isotherme)

- Un premier modèle simple consiste à considérer que la température de l'atmosphère est une grandeur uniforme et constante :  $T(z) = T_0$ . Dans la recherche de l'expression littérale de la pression  $P(z)$ , l'intégration de l'équation différentielle locale  $dP(z) = -\rho(z) g dz$  aboutit rarement, car elle se traduit le plus souvent par une non séparation des variables ou une recherche de primitive avec oubli de la constante. Ce problème est récurrent, et la remarque apparaît pratiquement chaque année, dans le rapport du Concours DEUG.
- À noter, au passage, l'erreur grossière qui consiste à considérer  $\rho(z)$  constante !
- Les applications numériques sont les mal aimées des questions. Elles ne sont pas subsidiaires et ne font pas « perdre du temps » ! Elles ont équitablement leur place dans le barème, à la condition, bien sûr, que le résultat soit exprimé avec la bonne unité.
- L'unité de  $H$  est proposée avec complexité, alors que c'est une simple longueur.

### B.III. Second modèle (atmosphère à gradient thermique)

- Un deuxième modèle établit que l'atmosphère présente un gradient thermique  $\lambda$  constant. La température  $T(z)$  est une fonction affine de l'altitude  $z$ , selon la loi :  $T(z) = T_0 + \lambda z$ . La remarque précédente, au sujet de la résolution des équations différentielles, se confirme, là aussi.
- Nous devons mentionner la difficulté, purement mathématique, d'intégrer l'expression différentielle :  $[1/(T_0 + \lambda z)] dz$ .

## C–Optique ondulatoire

On étudie le contrôle interférométrique de l'homogénéité d'un matériau réalisé grâce au dispositif expérimental des trous d'Young, placé dans le vide.

### C.I. Étude du champ d'interférences au niveau du plan (P), sur l'axe Oz

- Le tracé des rayons (1) et (2), issus de la source S, atteignant respectivement les trous S<sub>1</sub> et S<sub>2</sub>, et interférant en un point M, d'ordonnée z, sur l'axe Oz, est rarement couronné de succès. Les bases de l'optique géométrique ne sont visiblement pas maîtrisées. La représentation des rayons lumineux est catastrophique.
- L'indication, sur le même dessin, de la différence de marche  $\delta(M)$  entre les rayons (1) et (2) [ou différence entre les chemins optiques  $(SM)_2$  et  $(SM)_1$ ], est souvent fantaisiste. Les propriétés des chemins optiques à travers une lentille mince sont méconnues.
- Le dessin du système de franges d'interférences dans le plan yOz est rarement, et physiquement, acceptable.
- La question 8), concernant la modification du dispositif dans le but d'obtenir des franges plus lumineuses, n'a été correctement traitée que dans moins de 1 % des cas.
- Ce paragraphe s'appuie sur un grand classique des cours à l'Université. Les examinateurs ne peuvent que constater les impasses faites par les candidats.

### C.II. Contrôle de l'homogénéité d'un matériau

- Sur le trajet des rayons diffractés par le trou S<sub>1</sub>, est placée, parallèlement à l'écran (E), une lame mince (L), transparente, d'épaisseur e et d'indice n. L'expression classique de la différence de marche  $\delta(O)$  des rayons qui interfèrent au point O, en fonction de n et e, est manifestement connue et souvent donnée correctement.
- Les questions suivantes n'ont pas inspiré les étudiants. Cependant, lorsque cette partie est abordée, elle est correctement traitée.
- Nous devons regretter les explications intuitives dans le déplacement du système de franges vers les z croissants.

## D–Diffusion de matière

Des neutrons ( ${}^1_0n$ ) lents sont produits par une source (S), de forme sphérique, de centre O et de rayon R. À l'extérieur de la source, au temps t et en tout point M du milieu (M), les particules sont soumises au phénomène de diffusion régi par la loi de Fick.

### D.I. Généralités sur la diffusion

- Les propriétés de la diffusion unidimensionnelle radiale ne sont pas toujours bien acquises.
- L'expression vectorielle de la loi de Fick est donnée dans l'énoncé. Ainsi, l'équation vectorielle qui relie  $\vec{j}(r,t)$  et  $\frac{\partial N^*(r,t)}{\partial r}$  peut être facilement déduite.
- Le flux  $\Phi(r,t)$  du vecteur  $\vec{j}(r,t)$  à travers la surface sphérique, de centre O, de rayon  $r \geq R$  et d'aire  $S = 4\pi r^2$  n'est pas toujours calculé correctement.
- L'unité de D est souvent aberrante : 2 à 3 % de bonnes réponses sur les copies !

### D.II. Diffusion des neutrons dans un milieu non absorbant

- La principale propriété du flux  $\Phi(r,t)$  en régime stationnaire est d'être constant, ce qui permet de déterminer son expression à partir des données de l'énoncé.
- Le problème de l'intégration des équations différentielles de base, déjà signalé à plusieurs reprises dans ce commentaire, se retrouve ici dans l'établissement de la loi de distribution  $N^*(r)$ .

### D.III. Absorption des neutrons par réaction nucléaire

- Le volume élémentaire  $dV$  de la couche sphérique de rayon  $r$  et d'épaisseur  $dr$  est bien  $dV = 4\pi r^2 dr$ .
- Le bilan de particules s'écrit  $\delta N_e = \delta N_s + \delta N_c$ .
- La suite du problème, qui passe par une équation différentielle un peu plus ambitieuse, n'est pas abordée.

## **Partie II**

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

### **A–Câble coaxial en régime continu**

Les paragraphes **I** et **II** sont réservés à l'étude de la loi d'Ohm, la partie **III** à l'étude de la résistance de la gaine d'isolant comprise entre les deux armatures, et les parties **IV** et **V** à l'étude d'un modèle pouvant rendre compte des propriétés électriques du câble.

#### A.I. Loi d'Ohm locale

- Les électrons libres sont soumis à une force de freinage  $\vec{f} = -\frac{m}{\tau} \vec{v}$ . Les causes maladroitement citées sont les chocs entre électrons, les frottements avec l'air, les parois ou l'isolant, les pertes par effet inductif, etc. ! Les chocs des électrons libres contre les atomes et les divers défauts du réseau sont rarement cités.
- L'application de la relation fondamentale de la dynamique conduit à des erreurs de signe regrettables.
- Le problème de l'intégration des équations différentielles se retrouve ici une nouvelle fois...
- Certaines vitesses limites des électrons dans le métal se retrouvent supérieures à la vitesse de la lumière. La signification physique des termes et des résultats semble trop souvent absente, tout comme d'ailleurs l'analyse critique de ces derniers.
- La conductivité  $\sigma$  se retrouve munie avec des unités le plus souvent fantaisistes et aberrantes.

#### A.II. Résistance d'un conducteur cylindrique

- Il est demandé de rappeler la relation entre  $I$  et  $\vec{j}$ . Malheureusement, la notion de flux n'est pas toujours maîtrisée.
- Nous soulignons, chaque 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. Certaines lois sont rappelées dans le sujet : la loi d'Ohm locale  $\vec{j} = \sigma \vec{E}$ , ainsi que la relation  $\vec{E} = -\overline{\text{grad}} V$ . Il est ensuite demandé d'écrire l'équation qui lie le vecteur densité de courant  $\vec{j}$  à la dérivée  $\frac{dV(x)}{dx}$ . Le taux d'échec est impressionnant !
- Les expressions de résistances négatives sont, elles aussi, à regretter.

#### A.III. Résistance de la gaine d'isolant imparfait

- Dans les mêmes conditions que précédemment, il est demandé d'écrire l'équation qui lie la densité de courant  $j(r)$  à la dérivée  $\frac{dV(r)}{dr}$ . Les réponses sont aussi désastreuses.
- La surface du cylindre, de rayon  $r$  et de hauteur  $\ell$ , vaut  $S = 2\pi r \ell$ .

#### A.IV. Étude du câble coaxial

- La loi des nœuds s'écrit  $i(x) = i(x+dx) + di_f$ , dans la tranche élémentaire d'épaisseur  $dx$ .
- La manipulation, avec difficulté, des expressions différentielles, dans ce paragraphe, se traduit par des équations aberrantes et surtout non homogènes.

#### A.V. Modélisation simple du câble

- Le câble peut être modélisé par un circuit, constitué d'une chaîne de  $n$  modules identiques comportant chacun trois résistors. Cette partie semble être un ballon d'oxygène dans le problème.
- Le calcul des résistances équivalentes et des tensions est le plus souvent correct. Il est à regretter que certains candidats n'arrivent pas à établir la relation simple de récurrence.

### **B–Câble coaxial en régime sinusoïdal**

Le problème se place dans le cadre de l'approximation des régimes quasi stationnaires (A.R.Q.S.). Le câble est alimenté par une source de tension alternative sinusoïdale.

- Le schéma électrique équivalent à une tranche élémentaire de ligne coaxiale, d'épaisseur  $dx$ , est étudié. Les dipôles composant cet élément conducteur sont à identifier.
- Malheureusement les grandeurs élémentaires associées sont des grandeurs finies (oubli du terme  $dx$ ), ce qui sème la confusion dans le traitement des équations différentielles. Ceci constitue un lourd handicap pour la suite de la résolution du problème. Cette partie n'a que peu inspiré les candidats.

### **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.

---