

- PHYSIQUE II - Filière MP

I) REMARQUES GENERALES

Le sujet de Physique II porte, cette année, sur le rôle du rayonnement dans la décharge de deux condensateurs dans un circuit non inductif et de résistance nulle. Des connaissances en électrostatique, en électrocinétique et sur le rayonnement électromagnétique ainsi qu'une compréhension fine de l'approximation des régimes quasi stationnaires, sont nécessaires à la résolution de cette épreuve bien équilibrée qui permet de se faire une idée des compétences techniques et conceptuelles des étudiants.

On note la présence, plus affirmée cette année, de candidats très faibles dont le niveau n'est pas du tout adapté aux exigences requises par le Concours Commun « Mines Ponts ». A l'autre extrémité du spectre, comme chaque année, brillent quelques étudiants qui font honneur à l'enseignement dispensé en classes préparatoires.

II) REMARQUES PARTICULIERES

L'analyse qui suit, a pour objectif d'apporter un éclairage assez précis sur les réactions des candidats, leurs qualités et leurs insuffisances.

Question 1

L'expression de l'énergie emmagasinée par un condensateur n'est pas toujours connue.

Question 2

Certains considèrent a priori que les deux condensateurs en série portent une charge finale égale à la charge q_{10} . Il faut bien sûr écrire la conservation de la charge et l'égalité des tensions aux bornes des deux condensateurs pour obtenir la bonne solution.

Question 3

Lorsque les deux questions précédentes sont traitées correctement, la réponse est évidente.

Question 4

Beaucoup affirment qu'en régime permanent la tension aux bornes de la résistance R est nulle et qu'en conséquence la tension finale aux bornes des condensateurs est identique à celle de la deuxième question. C'est inexact. Il faut rajouter la conservation de la charge si l'on veut prouver que l'état final des condensateurs est indépendant de R .

Quelques rares candidats remarquent que la résistance modifie seulement la cinétique du passage de l'état initial à l'état final des condensateurs.

D'autres, plus nombreux, se contentent d'un oui ou d'un non en guise de réponse, ne récoltent aucun point mais provoquent l'agacement du correcteur en ce début de copie.

Question 5

Cette question facile n'est traitée correctement que par moins d'un candidat sur cinq. Le lien algébrique entre la charge d'un condensateur et le courant n'est pas perçu comme essentiel. Il en résulte des erreurs pénibles de signe, dues au laxisme des notations, qui font que la stabilité du circuit passif R - C n'est pas toujours assurée. Malheureusement un grand nombre d'étudiants n'a pas même conscience de ce problème. Il est vrai que beaucoup d'entre eux identifient l'énergie Q à la puissance joule dissipée dans la résistance et évitent ainsi la désagréable divergence d'une intégrale.

Question 6

Il n'est pas rare de voir la constante de temps écrite $\tau = 1/RC$.

La réponse à la deuxième question est aléatoire. Le rappel de la signification de l'approximation des régimes quasi-stationnaires est nécessaire pour vérifier si elle s'applique ou non au circuit de la figure 1.

Question 7

Il s'agit simplement de remarquer que la spire vérifie l'inégalité $a \ll c \tau$ traduisant le critère ARQP. Dans le cadre des régimes quasi-stationnaires, la conservation de la charge s'écrit $\text{div}(\mathbf{j}) = 0$, ce qui assure effectivement l'uniformité du courant à tout instant dans la spire.

Cette question n'a pas été comprise. La source des difficultés des élèves réside sans doute dans la notation imprécise du texte $i(t - MP/c)$. Le problème consiste à vérifier que $i(M, t) \approx i(M', t)$ pour M et M' points de la spire alors que les élèves pensent implicitement que le courant de spire est une onde. Logiquement ils vérifient alors que le déphasage de l'onde de courant le long de la spire est négligeable devant le temps caractéristique τ de variation du courant. En réalité, il y a un champ électromagnétique de célérité c , uniforme à l'échelle de la spire car $a \ll c \tau$ qui y induit un courant uniforme à tout instant.

Certains candidats explicitent clairement leur erreur en écrivant que le courant parcourt la spire en un temps $2\pi a/c$.

Question 8

Cette question est généralement bien traitée. Rappelons simplement que lorsqu'on invoque un argument de symétrie, il faut être précis. Les lignes de champ du potentiel vecteur dans la jauge de Lorentz ne sont pas orthogonales au plan d'antisymétrie mais coupent orthogonalement les plans d'antisymétrie de la distribution des courants.

Question 9

Que de maladresses et de lourdeur dans les calculs. On lit parfois une page entière pour la justification du développement du courant au deuxième ordre près en $a/c \tau$.

Il suffit pour obtenir de manière rigoureuse le développement de A_ϕ à l'ordre 1 en a/r de remarquer que a/PM est déjà un terme d'ordre 1 en a/r qui s'écrit, à l'ordre 2 près, tout simplement a/r .

Question 10

La composante dominante du champ magnétique est selon u_θ dans la zone de rayonnement. Parmi ceux qui obtiennent l'expression correcte du champ magnétique, bien peu montrent que B_θ/B_r est de l'ordre de $r/c\tau$. On lit plutôt des inégalités du type $r^2 \gg r$ pour des points éloignés de la spire. Décidément les règles d'homogénéité n'ont guère été respectées cette année.

Question 11

Dans la jauge de Lorentz le potentiel scalaire retardé est nul pour la spire électriquement neutre. L'équation liant le champ électrique E au potentiel vecteur permet l'obtention immédiate de l'expression du développement asymptotique de E . Une majorité préfère utiliser l'équation de Maxwell-Ampère ou même, de façon encore plus maladroite, celle de Maxwell-Faraday. Ceux qui ont conclu que la composante magnétique dominante était B_r obtiennent par l'équation de Maxwell-Ampère un champ E polarisé selon u_ϕ mais qui est, hélas, proportionnel à la dérivée première du courant i par rapport à $u = t - r/c$.

Les résultats du cours sur la structure de l'onde plane électromagnétique sont souvent mal restitués.

Question 12

Cette question de cours n'a posé aucun problème à ceux qui ont su répondre aux questions 10 et 11.

Question 13

La formulation très ouverte de cette question a laissé perplexe la presque totalité des candidats. L'enjeu de la deuxième partie du problème consiste à montrer qu'une distribution magnétique dipolaire, variant sinusoidalement dans le temps, rayonne de l'énergie selon les mêmes modalités qu'une distribution dipolaire électrique oscillante. Pour passer d'une expression de la puissance moyenne rayonnée à l'autre, il suffit d'écrire $p = m/c$ où p et m désignent respectivement les moments dipolaires électrique et magnétique.

Question 14

Cette question a été très sélective. Un bilan énergétique est indispensable. Les conventions de tension et de courant sont données dans l'énoncé. Les méthodes frauduleuses sont ainsi facilement détectées et impitoyablement sanctionnées.

Question 15

Il faut d'abord remarquer que l'équation est non linéaire. Cette équation ne possède donc aucune représentation complexe et ses solutions sont nécessairement réelles. Le calcul montre que parmi les solutions exponentielles $V_0 \exp(st)$, on ne trouve que deux possibilités pour s dont $s = 0$. La non linéarité interdit l'emploi du théorème de superposition. Beaucoup de candidats pensent que toutes les racines complexes non réelles de $KC s^5 + 1 = 0$ sont aussi solutions.

Question 16

Question correctement traitée.

Question 17

Seules quelques très rares copies soulignent que l'énergie rayonnée correspond à l'énergie manquante de la première partie.

Question 18

L'identité portant sur la variable q ne peut-être obtenue que par un bilan énergétique qui est parfois ignoré.

Question 19

Il ne suffit pas de remarquer que Kq^4 s'exprime en Ohm pour justifier le vocable de résistance radiative, il faut encore prouver que, d'une certaine manière, Kq^4 se comporte comme une résistance. $Kq^4 i^2$ correspond, en quelque sorte, à la puissance dissipée par effet joule par la boîte noire X de pseudo résistance Kq^4 .

Question 20

Le tableau numérique proposé est inexact. Aucun candidat ne l'a remarqué.

Les commentaires attendus consistent à interpréter les zones du diagramme asymptotique

$\ln(Kq^4/R)$ fonction de $\ln(R)$

en termes de déclin radiatif ou de déclin ordinaire. Ajoutons que ce diagramme asymptotique se détermine facilement à partir de l'équation

$$Kq^5 + Rq - 1/C = 0.$$

Question 21

Il s'agit de montrer numériquement que le circuit passif R-L-C possède deux constantes de temps différent de plusieurs ordres de grandeur et se comporte au bout d'une durée de l'ordre de la plus faible des constantes de temps comme un circuit R-C. Une façon rapide de procéder consiste à montrer que $L/R \ll RC$. Encore une fois, de nombreux élèves comparent des grandeurs non homogènes par exemple L/R et $1/RC$ ou RC et LC .

Question 22

La question parfois abordée a été traitée correctement, les éléments de la réponse étant fournis dans l'énoncé.

Question 23

La question n'est presque jamais abordée.