

## EPREUVE ECRITE DE PHYSIQUE 2

par **Henri CORTÈS, Maître de Conférences à la retraite**

Du présent bilan, dressé avec la contribution de l'ensemble des correcteurs, il résulte que cette épreuve, composée pour 2/3 de questions sur le programme de "spé" et pour 1/3 sur le programme de "sup", a été plutôt bien traitée par les candidats : il y a moins de très mauvaises copies que par le passé et surtout un nombre plus élevé de copies substantielles, agréables à lire, incluant parfois d'excellents commentaires.

L'épreuve a, semble-t-il, permis aux candidats de donner leur pleine mesure. Des étudiants qui, dans une épreuve moins guidée et comportant moins de questions indépendantes, auraient rendu copie blanche ont pu montrer qu'ils avaient acquis des connaissances au cours de leurs classes préparatoires et ont pu être classés efficacement. Quant aux candidats les plus brillants, ils ont montré leur qualité en répondant aux questions délicates et surtout en traitant une grande partie de l'épreuve, laquelle a probablement été perçue comme trop longue dans la majorité des autres cas.

On note globalement un effort particulier pour la présentation et la clarté de la rédaction bien qu'encre trop de "présentations" restent difficiles à décrypter, regrettamment brouillonnées et parfois à la limite du lisible. Parallèlement, force est de constater une détérioration inquiétante de l'orthographe et de la grammaire !

Toutes les questions ont été abordées bien que de manières très inégales. Le premier problème, proche du cours, a été en général bien réussi, ce qui n'a pas été le cas du second, plus en rapport avec l'expérimentation. A ce propos, il semble utile de rappeler que la filière PC est - d'abord - une filière expérimentale et que les questions posées ne faisaient appel qu'à des connaissances de base que tout étudiant de cette filière devrait maîtriser.

Bien qu'un relevé de toutes les fautes commises, ça et là, ne puisse que noircir exagérément le tableau, il paraît nécessaire de signaler quelques exemples notoires, systématiquement sanctionnés lors de la correction :

\* Des erreurs dans les questions de cours ; attention aux signes !

\* Des inhomogénéités dans les expressions algébriques comme  $\left( \frac{1}{r^4} - \frac{1}{r^2} \right)$ ,

\* des égalités entre vecteurs et scalaires, des inversions comme  $\operatorname{div} \left( \begin{array}{c} \vec{\phantom{a}} \\ \operatorname{grad} \vec{E} \end{array} \right)$ .

\* Des intégrales sans terme infinitésimal.

\* Des applications numériques absentes ou bâclées, données trop souvent sans indication d'unité ou dont l'ordre de grandeur est aberrant (une constante de temps  $\tau = 1,4 \cdot 10^{357}$  s ;  $n^* = 8,5$  électrons libres par  $\text{m}^3$ , une densité négative, ...).

\* Des raisonnements absurdes ( $\tau$  est un temps, il est donc homogène à un temps, ...).

\* Des absences de schémas, inadmissibles en optique ou en électrocinétique.

\* Des résultats définitifs non simplifiés.

## PROBLÈME I :

### MOUVEMENTS DE CHARGES ÉLECTRIQUES EN MILIEUX NEUTRES

#### 1) Cas d'un milieu conducteur

1.1) On est surpris et inquiet du nombre non négligeable de candidats qui ignorent l'expression de la force électrique sur une charge, ou encore si l'électron est chargé positivement ou négativement ; quelques-uns envisagent même les deux possibilités bien que le texte ne laisse aucun doute à ce sujet ! Cette force est, un petit nombre de fois, donnée égale à la force coulombienne exercée entre deux charges ponctuelles situées on ne sait où !

1.2) Le paramètre  $\tau$  a été trop fréquemment qualifié de "*temps caractéristique au bout duquel le régime permanent est atteint*". Seuls les meilleurs candidats ont précisé qu'il fallait attendre  $3\tau$  pour que la progression avoisine 95% de sa valeur asymptotique ou  $5\tau$  pour s'en étendre à 99%.

1.3) De fréquentes erreurs de signe, rencontrées à la question précédente, sont souvent corrigées en changeant le signe de la relation donnant la densité de courant en fonction de la vitesse, à l'exception de quelques candidats qui ne sont pas gênés de trouver une conductivité négative !

1.4) Beaucoup n'ont pas une idée claire de la classification des ondes en fonction de leur fréquence ; trop peu ont reconnu, en fin de question, le domaine des infrarouges.

#### 2) Cas d'un milieu diélectrique

2.1) Question assez bien traitée sauf par ceux qui ne maîtrisent pas les notations complexes.

2.2) Les équations de Maxwell sont presque toujours sues bien que les noms qui leur sont affectés soient quelquefois donnés au hasard ou distordus. Les abréviations telles que M.A, M.F, M.G et M.F ne sont pas admises !

2.3) Les développements limités, mêmes simples comme ceux du premier ordre, causent de plus en plus de soucis aux candidats : parmi ceux qui ont bien répondu à la question (2.3.a) beaucoup se sont trompés dans la suivante (2.3.b).

La loi de Cauchy a pris différents noms : formule bien connue de Descartes, loi empirique d'Euler, loi de Rydberg, Malus, Liebnitz, Beer-Lambert, Clausius, ... !

Le phénomène de dispersion est fréquemment dénommé réfraction, diffraction, diffusion, absorption, astigmatisme, ... !

Pour interpréter la décomposition d'un faisceau polychromatique, quelques-uns ont oublié d'ajouter au fait que la vitesse évolue avec la longueur d'onde, le fait que l'angle de réfraction dépend de la vitesse.

2.4) Le développement limité de  $\sin(r_0+\theta)$  a posé de gros problèmes !

Si l'angle  $\theta$  a souvent été correctement déterminé, par contre la valeur de  $\tan(\alpha)$  l'a été plus rarement, ceci faute d'avoir eu l'idée de tracer le rayon  $O\Phi'$  qui est parallèle aux rayons incidents.

#### 3) Examen préliminaire de la loi de BIOT et SAVART à la lumière des équations de Maxwell

3.1) Le passage de l'expression de base de la loi de Biot et Savart à la formule donnée, souvent laborieux, a donné une impression très défavorable face aux excès de mauvaise foi !

3.2) Des réponses s'appuyant sur des arguments de symétrie mal justifiés. Jamais de dessin et mauvaise manipulation des coordonnées sphériques.

3.3) Trop de calculs faux ou non simplifiés.

3.4) De bons commentaires de la part de quelques candidats qui ont remarqué que la solution affine du temps ( $B = at+b$ ), qui se déduit "mathématiquement" des calculs, devait - *d'un point de vue physique* - être réduite à une fonction indépendante du temps ( $B = b$ ), faute de pouvoir être sans cesse croissante.

#### 4) Rayonnement d'un dipôle oscillant

4.1) Quelques erreurs d'étourderie qui auraient pu être corrigées par un contrôle d'homogénéité.

4.2) Pour justifier la condition  $A_2 = 0$  qui permet d'écarter le terme en  $f(t+r/c)$ , puisqu'il introduirait une vitesse de phase négative, la grande masse des candidats prétend éliminer une solution "explosive", en affirmant que le terme en  $\exp(i\omega r/c)$ , dont l'argument est imaginaire, tend vers l'infini à très grande distance !

Le résultat a rarement été mis sous la forme d'un produit vectoriel, cependant nécessaire pour aller au bout de l'analogie.

4.3) Beaucoup de résultats non simplifiés. Composantes du champ rarement obtenues.

4.4) Erreurs de projection et/ou de signe, le rayon qui part de la côte  $z > 0$  étant en avance de phase sur celui qui passe par  $O$  et non le contraire.

#### 5) Antenne filaire émettrice

5.1) L'intégrale du rayonnement n'a été qu'exceptionnellement bien posée.

5.2) La structure de l'onde électromagnétique plane est rarement reconnue.

Le vecteur de Poynting est très mal maîtrisé. Souvent écrit sous forme complexe, on voit parfois sa valeur moyenne déduite de  $\langle \exp(2i\omega t) \rangle = 1/2$  ! Dans leur grande majorité, les candidats en donnent seulement la définition ainsi que celle de la puissance par unité de surface puis s'arrêtent, sans plus. La notion d'éclairement n'est pas assimilée, bien qu'elle figure au programme sur les interférences lumineuses.

5.3) Rares calculs exacts.

#### 6) Diffusion de Rayleigh dans le visible

6.1) Peu de définitions convaincantes de la diffusion de Rayleigh, souvent confondue avec le critère de Rayleigh de la diffraction.

6.2) Quelques rares réponses exactes.

### PROBLÈME II : "CONTRARIÉTÉS" EXPÉRIMENTALES

#### 1) Un voltmètre récalcitrant !

1.1) Division inconsidérée par  $\sqrt{2}$  des valeurs de tension déjà données en valeur efficace.

1.2) La notion de diviseur de tension est oubliée ; trop de calculs compliqués et souvent faux à partir des lois de Kirchhoff.

1.3) Beaucoup trop de candidats ont affirmé que, pour avoir une bonne mesure, il fallait choisir un voltmètre avec une résistance interne négligeable, affirmation d'autant plus surprenante que dans la question suivante (2) il est bien indiqué que des précautions ont été prises pour avoir une impédance interne très supérieure aux résistances du circuit.

## 2) Un oscilloscope perturbant !

Beaucoup encore, sans voir le problème de masse, ont cru que la résistance interne du voltmètre perturbait le circuit !

## 3) Une diode en danger !

3.1) Réponses majoritairement correctes.

3.2) La continuité de la tension aux bornes du condensateur, entre les instants  $t=0^-$  et  $t=0^+$  apparaît rarement sous forme explicite. On voit le condensateur se comporter comme un fil !

3.3) La résistance minimale est en général donnée bien que quelques explications laissent à désirer.

## 4) Un suiveur paralysé !

4.1) Trop peu affirment que  $V_s = \pm V_{sat}$ .

4.2) Peu ont pensé à simplifier l'expression de  $V_s(t)$  en utilisant  $A \gg 1$ . L'interprétation de l'instabilité est mal comprise. Trop peu concluent correctement  $V_s \rightarrow -V_{sat}$  et non pas  $-\infty$ .

4.3) On trouve la sortie en contact direct avec le générateur d'entrée ou des boucles en court-circuit sur la masse ou encore une résistance dans la boucle du circuit repris sur la figure 4a.

4.4) On attendait qu'il soit dit que le suiveur est un adaptateur d'impédance, c'est-à-dire un étage avec une impédance d'entrée grande et une impédance de sortie faible, ou encore un amplificateur de puissance à tension constante. Son utilisation pour vérifier le bon fonctionnement de l'amplificateur opérationnel est certes utile mais accessoire !

## 5) Un oscilloscope en danger !

La continuité du courant traversant l'auto-inductance, entre les instants  $t=0^-$  et  $t=0^+$  apparaît rarement sous forme explicite.

Bien que la formule régissant la tension aux bornes de l'auto-inductance soit en général écrite correctement, une grande majorité des réponses donnent une tension nulle à l'ouverture du circuit.

Moins d'un pour cent des candidats donnent le positionnement correct de la diode qui évite la surtension à l'ouverture du circuit.

## 6) Une mise au point impossible !

La condition de Bessel  $D > 4f'$ , au programme des TP, est parfois citée de mémoire, mais bien souvent sans être justifiée. Certains ont osé affirmer qu'on ne peut obtenir une image réelle d'un objet réel avec une lentille convergente !

## 7) Des interférences invisibles !

L'incohérence entre les émissions de deux sources distinctes est rarement clairement expliquée.