

**Composition de Physique et Sciences de l'Ingénieur, Filière MP
(X)**

Rapport de MM. Cyril CRÉVOISIER, Yannick DESHAYES et Mathieu MOUNAUD, correcteurs.

Présentation du sujet

Le sujet proposé cette année portait sur les méthodes de mesures de lumière.

La première partie du sujet portait sur l'interaction lumière matière basée sur les phénomènes de transitions électroniques ainsi que la notion de distribution de porteurs de charges libres. Le sujet est relativement approfondi puisque l'on traite de l'émission de lumière, des phénomènes de recombinaisons, de diffusion et de réabsorption.

La seconde partie se concentrait sur l'étude des méthodes de mesures d'un signal optique. La mesure d'un signal optique, généralement superposé au bruit environnant (thermique, électronique,...), nécessite, pour des signaux relativement faibles issus de phénomènes de photoluminescence ou de fluorescence, un système électronique basé sur la détection synchrone. Cette partie est traitée de manière très complète dans le sujet. Les notions de traitement numérique du signal sont également abordées. Pour terminer, les notions de bruit sont traitées en fin de sujet.

Résultats des candidats français

Le tableau présente la répartition des notes des candidats. La moyenne de l'épreuve s'établit à 9,51 avec un écart-type de 4,12. La répartition est proche d'une loi Gaussienne.

$0 \leq N < 4$	63	8,46 %
$4 \leq N < 8$	214	28,72 %
$8 \leq N < 12$	270	36,24 %
$12 \leq N < 16$	146	19,60 %
$16 \leq N \leq 20$	52	6,98 %
Total	745	100 %
Nombre de copies : 745		
Note moyenne : 9,51		
Écart-type : 4,12		

La figure 1 donne le taux de réussite des candidats à chaque question. Une question est considérée comme réussie si le candidat a reçu au moins la moitié des points. Certaines questions ont été réussies par une grande partie des candidats, mais ne sont pas celles qui ont fait la différence sur la notation finale. Cette année, les différentes parties ont été traitées de manière homogène et les dernières questions de chaque partie ont permis de départager les meilleurs candidats. Ce résultat montre clairement une adéquation parfaite entre le sujet posé et la formation des candidats principalement en physique.

Comme chaque année, l'attention des futurs candidats est attirée sur le fait que des applications numériques fort simples ont fait perdre des points à une bonne partie des candidats. Il est rappelé que la valeur numérique d'une grandeur physique doit être obligatoirement suivie d'une unité, sans quoi le résultat est considéré comme faux.

Reprenant les termes des rapports des années précédentes, nous souhaitons insister à nouveau sur l'importance de la qualité de la rédaction (précision, concision et propreté) dans l'appréciation d'une copie. Un raisonnement clair, concis et bien exprimé a bénéficié d'une notation plus favorable que la simple énonciation du résultat juste. De plus, il est important de traiter les questions dans l'ordre proposé avec les mêmes notations. En effet, les 48 questions du sujet traité dans un ordre aléatoire peuvent donner un certain nombre de difficultés aux correcteurs. Les candidats n'ayant pas scrupuleusement suivis cette recommandation ont été sanctionnés et ont perdu des points.

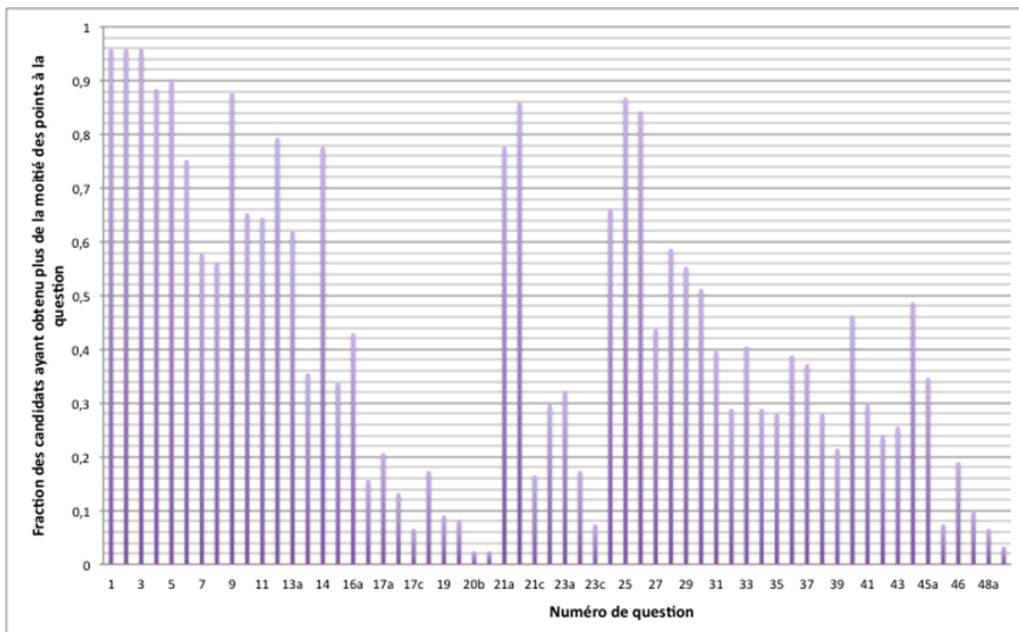


Figure 1 - Taux de réussite des candidats par question.

Partie I : Production du signal

I.1 Caractéristique de l'excitation : Cette première partie a été bien traitée par près de 90% des candidats. Les questions sont issues du cours et n'ont pas présenté de difficultés majeures. Quelques candidats n'ont pas touché ces questions mais cela reste un taux très faible.

I.2 Génération de porteurs : La seconde partie de l'étude a été moins bien traitée et principalement les questions 7 et 8. Les candidats semblent avoir des difficultés à traiter les questions sur les calculs numériques (question 6 < 80%) et ne savent pas réaliser correctement un bilan photonique. Nous pouvons relever des exotismes dans les réponses assez surprenant (question 7). La question 8 n'a pas été correctement traitée malgré le résultat affiché dans la question. Il suffisait d'effectuer une intégrale entre 0 et l'épaisseur de l'échantillon de l'expression de G_e .

I.3 Temps de vie des porteurs : Cette partie composée de deux questions a été moyennement bien traitée. La question 9 portant sur la dimension de B a été bien traitée malgré quelques réponses relativement surprenantes. La question 10, plus subtile, a été traitée avec moins de réussite. Pour répondre, il suffisait d'évaluer dn/dt en remarquant que $n \ll (n_0 + p_0)$ pour traduire la condition de petits signaux. Dans ces conditions, on retrouve une équation du type : $\frac{dn}{dt} + \frac{n}{\tau} = 0$. On pose $\frac{1}{\tau} = B(n_0 + p_0)$. On montre bien que τ est indépendant de n .

I.4 Diffusion de porteurs : La partie diffusion de porteurs a été moins bien traitée que les précédentes parties. Le bilan des porteurs photocréés a encore posé des problèmes à de nombreux candidats. Pourtant l'équation de diffusion était intégralement donnée et on pouvait aisément retrouver les différentes contributions. La résolution de l'équation différentielle a été relativement bien traitée par un grand nombre de candidats. Les calculs numériques ainsi que les interprétations associées semblent vraiment poser des problèmes aux candidats.

I.5 Recombinaisons en surface : Cette partie a été mal comprise par un grand nombre de candidats. Mis à part la question 14 traitant des dimensions de S , relativement bien traitée, les candidats ont assez mal compris le phénomène de recombinaisons de surface. L'interprétation de la question 15 mettait en jeu les courants de surface mis en évidence par le courant de diffusion $-qD \left(\frac{dn}{dx} \right)_{x=0}$ au regard de la recombinaison de surface exprimée par $-qSn(0)$. Le paramètre S étant relatif à une vitesse, on montre donc que la densité de porteurs diminue en surface par ce phénomène physique. On retrouve assez simplement la solution de la question 16 puis son interprétation physique en question 17.

I.6 Réabsorption de la lumière émise : Cette dernière partie est la partie la plus mal traitée par l'ensemble des candidats. Elle est, sans doute, la plus difficile et justifie tout de même la difficulté éprouvée par les candidats. Seules quelques excellents candidats se sont frottés à ces difficultés avec brio.

Partie II : Détection du signal

II.1 Détection synchrone : Cette partie composée de deux sous-parties traite d'un élément de l'électronique relativement avancé. Le traitement de cette partie par les candidats a été très inégal. Lorsque les questions étaient de cours, le pourcentage de réussite était supérieur à 80% mais on est tombé à moins de 20% pour des questions moins élémentaires. Le principe de la détection synchrone a été mal compris par les candidats puisqu'une grande partie des questions dépassent rarement 30% de bonnes réponses. La partie réalisation d'une détection synchrone a été mieux comprise puisque l'on dépasse les 50% de réussite aux différentes questions. L'analyse de la question 24 est simple puisque la fonction $u(t)$ est décomposée en Série de Fourier impaire dont les fréquences sont : $f_n = (2n + 1)f_0$. L'analyse rapide de la transmittance du filtre permettait de voir que nous avons un passe-bande. Cependant il semble assez difficile pour certains candidats

d'effectuer une étude relativement simple d'un filtre passe bande qui reste, tout de même, très abordable.

II.2 Échantillonneur bloqueur : Cette partie, très électronique numérique, a été relativement mal comprise puisque les candidats ont très rarement dépassé les 50% de réussite aux questions. La question 28 était élémentaire puisque la réponse était dans le texte : $v_e(t) = K_0 e(t)V(t)$. La question 29 était simple en se rappelant que 95% de la valeur limite est atteint en 3RC (Réponse indicielle à un système du 1^{er} ordre), RC étant la constante de temps. La question 30 est très simple et il est très curieux que 50% des candidats n'arrivent pas à répondre correctement. Lorsque l'interrupteur est ouvert, le condensateur se décharge dans la résistance R_u . Il en est de même pour la question suivante sauf si on ne connaît pas bien les caractéristiques d'entrée d'un AOP. L'impédance d'entrée d'un AOP étant de plusieurs $T\Omega$ même pour un 741, on comprend aisément que la décharge du condensateur reste très faible. Pour terminer, il est relativement surprenant que les candidats ne sachent pas esquisser la réponse d'un premier ordre de type RC. C'est un élément de base de l'électronique. De plus, nous rappelons l'importance de définir les éléments de base d'un tracé tels que : nom des grandeurs sur les axes, unités, points caractéristiques...

II.3 Restitution du signal après traitement : Cette avant-dernière partie a été bien mal traitée puisque moins de 40% de réussite aux questions ont été relevé. On remarquera que les candidats semblent bien fâchés avec l'électronique puisqu'un simple calcul de résistance équivalente a posé problème. En effet, dans la question 33, de proche en proche, en commençant par la droite du circuit, on trouve une résistance équivalente égale à R . La question suivante est élémentaire puisque le courant se divise de manière égale ($2R$) dans un pont diviseur de courant. La question 35 ne pose aucun problème en écrivant la loi d'ohm sur chaque partie du circuit. Par récurrence on trouvait le résultat. Les candidats ne savent plus écrire les nombres en base 2. Pourtant, l'écriture de i_s était relativement explicite et on ne pouvait trouver que : $2^{-n} \sum_{k=0}^{k=n} e_k 2^{n-k}$. Les réponses à la question 37 ont surpris les correcteurs et montrent que certains candidats n'ont rien compris à cette partie. Le codage pour un nombre supérieur à 250 est évidemment 8 bits. La question 38 était un convertisseur tension courant. Cette réponse était explicite dans le schéma puisque l'on entrainait une tension pour en sortir un courant i_s . De plus, la fonction de transfert calculée en question 35 confirmait cette réponse. Pour la dernière question un filtre passe bas est suffisant pour lisser le signal.

II.4 Quelques aspects pratiques : La dernière partie traite d'un aspect du traitement du signal le plus complexe : le bruit. On débute par le bruit de quantification, inhérent aux systèmes numériques. Les quelques candidats ayant répondu à ces questions ont souvent bien réussi. On remarquera que les candidats n'ayant pas réussi la partie précédente n'ont quasiment pas touché cette dernière partie. Le bruit d'origine physique a été assez peu traité mais certains candidats ont vraiment bien réussi cette partie très difficile.