

**Composition de Physique B, Filière PC
(XELC)**

Rapport de Mme Anne TANGUY, MM. Thibaut DIVOUX et Timothée TOURY, correcteurs.

Le sujet propose l'étude de quelques propriétés d'optique non linéaire des matériaux diélectriques, et notamment la génération de seconde harmonique ainsi que l'effet Kerr optique. Il s'agit d'un sujet de difficulté standard pour ce type d'épreuve qui a été moyennement bien traité.

L'ensemble du sujet a été abordé. En général, les premières questions de chaque partie ont été assez bien traitées. L'interdépendance des questions au sein de chacune des parties a pénalisé les candidats restant distants du sujet ainsi que ceux se livrant à la méthode du grappillage de points.

La répartition des notes est assez centrée. Il y a peu de copies médiocres, mais nous regrettons le faible nombre d'excellentes copies. Ce sujet a tout de même permis de classer les candidats de façon satisfaisante et l'ensemble du spectre de notation a été décrit de 0 à 20. Les candidats dont la note est supérieure à la moyenne semblaient cependant mieux préparés que les autres : ils ont traité les 3 parties de façon homogène et n'ont pas montré de lacune grave. C'est souvent la rapidité d'exécution qui a fait la différence dans ce cas.

La répartition des notes des candidats est la suivante :

| | | |
|-------------------------|------|--------|
| $0 \leq N < 4$ | 156 | 11,7 % |
| $4 \leq N < 8$ | 409 | 30,8 % |
| $8 \leq N < 12$ | 558 | 42,0 % |
| $12 \leq N < 16$ | 189 | 14,2 % |
| $16 \leq N \leq 20$ | 16 | 1,2 % |
| Total | 1328 | 100 % |
| Nombre de copies : 1328 | | |
| Note moyenne : 8,46 | | |
| Écart-type : 3,51 | | |

En ce qui concerne la forme, la qualité de la présentation des copies est très inégale. Un résultat difficilement lisible, laissant un doute trop important au correcteur, peut s'avérer pénalisant. Les phrases ambiguës sont à proscrire. Un strict respect des notations et de la numérotation des questions est impératif. L'orthographe d'un nombre trop important de copies est inacceptable. *Il est attendu que le résultat final à une question soit encadré ou souligné.* Les candidats devraient avoir à l'esprit que le correcteur fait autant d'efforts pour lire une copie que le candidat en a mis à l'écriture.

Rappelons que les résultats proposés sans démonstration ni explication, même justes, ou encore les résultats en désaccord avec le calcul précédent laissent planer le doute quant à leur origine et ne sont pas valorisés par les correcteurs. Toute tentative malhonnête visant à faire croire à la justesse d'une démonstration ou bien passant sous silence un décalage manifeste entre le résultat obtenu par le candidat et celui inscrit dans l'énoncé a été pénalisée. A chaque calcul, il faut au moins indiquer les étapes principales, sinon, tous les points ne peuvent être attribués en cas de résultat juste.

Il est important de lire soigneusement l'énoncé et de tenir compte de toutes les hypothèses fournies. De trop nombreux candidats n'ont pas suivi le cadre de lecture qui leur était proposé et ont rapidement abouti à une impasse. De même, il est important de ne pas « plaquer » ses connaissances sur le sujet : les questions posées ne sont pas nécessairement identiques à celles d'un exercice déjà traité. Il faut répondre à la question posée et non pas à celle d'un exercice que l'on croit reconnaître.

La vérification de l'homogénéité des résultats a permis à certains candidats d'identifier leurs erreurs ou de vérifier la réponse finale qu'ils proposaient. C'est bien, et nous encourageons les candidats à rendre cette démarche systématique. Néanmoins, rappelons que construire un résultat par une seule analyse dimensionnelle ne constitue pas une démonstration et ne remplace pas une démarche rigoureuse complète lorsque celle-ci est explicitement demandée dans l'énoncé.

Voici une liste non-exhaustive des erreurs qui reviennent à de trop nombreuses reprises dans les copies et que nous souhaiterions voir disparaître à la prochaine session :

- quelques ordres de grandeur incontournables sont à connaître, ou à savoir retrouver rapidement, comme la taille typique d'un atome par exemple. Pour cette dernière, les ordres de grandeurs proposés par les candidats s'échelonnent cette année du femto-mètre au dixième de millimètre !
- Comparer deux grandeurs n'ayant pas la même dimension est une erreur grave. On ne peut ainsi pas comparer un champ électrique à un champ magnétique ;
- le champ électrique est souvent exprimé à l'aide d'unités extravagantes (Tesla, Newton, Farad, $C.m^{-1}$. . .), erreur surprenante à ce niveau, sans compter les ordres de grandeur donnés parfois sans aucune unité ;
- les conversions d'unités sont souvent fausses. Et les calculs de fractions avec des puissances de 10, donnent lieu à des résultats aberrants vis-à-vis desquels les candidats font preuve de peu d'esprit critique ;
- chaque graphe doit être accompagné d'un commentaire donnant une interprétation physique simple aux limites hautes ou basses du tracé, ou encore à l'existence d'asymptotes ou d'éventuelles divergences ;
- il est faux d'écrire que $10^{-8} \simeq 0$. Ce qui est « petit devant 1 » n'est pas nécessairement à assimiler à une valeur nulle. Par ailleurs, un champ électrique de $10^{11} V.m^{-1}$ n'est pas « énorme », de même que $10^{16} rad.s^{-1}$, n'est pas une quantité « très rapide » comme nous avons pu le lire à plusieurs reprises ;
- rappelons qu'un vecteur ne peut pas être égal à un scalaire ;

Le sujet est un support pour que le candidat puisse exprimer ses compétences et ses qualités. Il permet d'évaluer la rigueur, les connaissances, le recul, le savoir-faire acquis ainsi que l'honnêteté intellectuelle et la capacité à reconnaître ses erreurs.

Partie I

(I.1) a. & b. Il s'agit d'une question sans difficulté. Pourtant, peu de candidats ont été capables d'utiliser convenablement le théorème de Gauss et de répondre avec rigueur. Les approximations du type $r \sim a$ à partir d'une force de Coulomb sont évidemment fausses, ainsi que les calculs d'intégrales ne tenant pas compte de la distribution spatiale des charges, qui sont les erreurs les plus fréquemment trouvées. Certains ont choisi d'écrire le résultat (juste) sans explication, ce qui n'est pas suffisant, ou assorti d'une explication rapide et fautive, ce qui n'a pas non plus été accepté. Les questions a. et b. ont été notées indépendamment, ce qui a permis à certains candidats d'avoir une question b. juste avec une explication insuffisante ou fautive en a. Les principales erreurs trouvées sur la question b. concernent les calculs d'ordre de grandeur.

(I.1) c. Les réponses étaient très souvent correctes pour cette question. Les erreurs portaient en général sur le signe du résultat.

(I.1) d. Les réponses manquaient ici souvent de précision. Par exemple : « C'est la pulsation de l'électron » ou « du système » – non précisé- ou « c'est une raideur » – ce qui est faux dimensionnellement.

(I.2) a. & b. Les hypothèses sont généralement bien connues. Négliger la force magnétique sans explication est insuffisant. Fournir un très grand nombre d'hypothèses parmi lesquelles le correcteur est supposé choisir celles qui sont pertinentes pour la suite de la composition est pénalisant.

(I.3) a. & b. La définition de la polarisation a posé problème à un petit nombre de candidats. On trouve aussi quelques erreurs de signes.

(I.3) c. Il s'agissait de tracer la fonction $1/(1-x^2)$. De façon surprenante, un très grand nombre de graphes sont faux. C'est une fonction simple que tous les candidats devraient pouvoir esquisser après 2 ans de classe préparatoire. Donner un tableau de variation en lieu et place d'un graphe ne rapporte pas de point. Enfin les commentaires sont très souvent absents ou peu pertinents. Une grandeur physique qui diverge mérite un commentaire de la part des candidats.

(I.3) d. Il est toujours bon d'obtenir une expression analytique simple dans un premier temps, à partir de laquelle le candidat peut ensuite estimer un ordre de grandeur. Se lancer à l'aveugle dans un ordre de grandeur a rarement été payant.

Partie II

(II.A.4) Peu de bonnes réponses pour cette question. C'est un ordre de grandeur important qu'il faudrait savoir retrouver rapidement.

(II.A.5) Les candidats qui ont répondu à cette question correctement sont rares. Nous avons pu relever de nombreuses erreurs sur le lien entre la puissance du laser et le vecteur de Poynting. Les erreurs sont d'autant plus inacceptables qu'elles sont fausses dimensionnellement.

(II.B.6) Les bonnes réponses à cette question se comptent sur les doigts d'une main : ce n'est pas parce qu'on ajoute un terme au développement limité qu'il est nécessairement pertinent pour la question de la partie précédente! De nombreuses réponses font par ailleurs référence à un développement limité sans préciser la variable adimensionnelle concernée.

(II.B.7) Question bien réussie dans l'ensemble. Néanmoins, plusieurs candidats n'ont pas calculé correctement la force subie par le nuage électronique de la part du noyau.

(II.B.8) a. & b. Cette question a été globalement assez bien traitée. C'est en partie sur des questions de ce niveau que se répartissent les candidats.

(II.B.8) c. Très peu de réponses pertinentes à cette question pourtant facile : une confusion totale entre le terme a_0 et la position d'équilibre en l'absence de champ.

(II.B.8) d. La qualité des réponses est dans le prolongement de celles des réponses données aux questions (II.B.8) a. et b.

(II.B.8) e. On retrouve ici les difficultés de la question 1.3.c. Le graphe de P_{2w} est peu souvent assorti d'un commentaire. Là encore, insistons sur le fait que tout graphe, toute esquisse mérite un commentaire physique court.

(II.B.8) f. Une analyse dimensionnelle permettait de répondre rapidement. L'intérêt pratique de cette propriété a été souvent mal compris, et a donné lieu à beaucoup de réponses hors de propos.

(II.B.8) g. Peu de réponses pertinentes pour cette question qui est au cœur de la physique abordée dans cette composition.

(II.C.9) On regrettera les nombreux oublis de la permittivité relative. Il est important de toujours repartir de la définition du vecteur de Poynting pour laquelle nous avons été particulièrement étonnés de trouver un grand nombre d'erreurs (mélange entre définition complexe et définition réelle, absence de la permittivité μ_0 qui est souvent remplacée par la pulsation, etc).

(II.C.10) La compatibilité du système d'équation (11) avec la conservation de l'énergie a souvent été montrée avec succès. En revanche ce résultat n'a été que rarement interprété correctement dans le cadre du problème.

(II.C.11) Question généralement bien traitée. Beaucoup de candidats se sont contentés d'une équation du 2^e ordre. Obtenir l'équation au premier ordre nécessitait d'identifier avec soin les conditions aux limites.

(II.C.12) à (II.C.15) Seuls les candidats ayant répondu correctement à la question II.C.11 pouvaient poursuivre correctement. Ces questions ont été traitées sans difficulté par les meilleures copies. La question C.15 pouvait être traitée indépendamment, mais peu de candidats s'en sont aperçus.

Partie III

(III.A.16) à (III.A.18) Ces questions, très semblables à celles de la partie II ont été traitées en général avec le même taux de succès. La question (III.A.18) a été l'occasion de plusieurs tentatives malhonnêtes. Mieux vaut reconnaître que l'expression obtenue n'est pas celle recherchée plutôt que de prétendre retrouver l'expression de l'énoncé.

(III.A.19) Les seules erreurs concernent des erreurs de calcul dans le développement limité.

(III.A.20) Cette question ne nécessitait aucun calcul et n'a pas reçu tout le succès escompté.

(III.A.21) Calcul facile mais peu traité, ou avec des erreurs de conversion d'unités.

(III.B.22) Il n'était pas nécessaire de redémontrer le résultat. Nous avons constaté des erreurs, principalement sur la place de l'indice n_L . Il faudrait savoir faire le lien entre l'indice d'un milieu, la longueur d'onde dans le milieu et la longueur dans le vide.

(III.B.23) De nombreuses erreurs sur le fait que l'angle traditionnellement mis en jeu dans la loi de Descartes n'était pas celui défini dans l'énoncé. Par ailleurs l'écriture brute de la loi n'a pas ou peu été valorisée : il était nécessaire de faire le lien avec les quantités d'intérêt introduites dans l'énoncé (équation 16). Cette question a manifestement fait l'objet d'une attention de dernière minute de la part des candidats.

(III.B.24) Directement liée aux deux questions précédentes, cette question a été peu abordée. Les bonnes réponses sont rares.

(III.B.25) Un peu de bon sens physique sur ce problème (si E_0 s'annule, il n'y a plus d'effet Kerr optique), permettait d'entrevoir la réponse. Une justification brève était attendue. Insistons sur le fait que cette question était accessible pour les personnes investies dans cette 3^{ème} partie, y compris par ceux n'ayant pas complètement terminé les calculs précédents.