



1/ CONSIGNES GÉNÉRALES :

Cette année, le sujet de Physique de la filière PC était constitué, pour la première fois, d'un unique problème qui abordait l'étude de deux procédés physiques de transmission d'un signal. Dans ce problème, on se proposait d'étudier et de comparer le câble coaxial (partie I) et la fibre optique (partie II) comme supports de distribution de signaux. Ces deux parties étaient indépendantes. La partie I était constituée de deux sous-parties et la partie II était constituée de cinq sous-parties. Ces sous-parties étaient globalement indépendantes. Comme les années précédentes, les sous-parties comportaient plusieurs points d'entrée indépendants, ce qui devait permettre aux candidats d'aborder les divers aspects des problèmes.

L'approche proposée pour appréhender une problématique qui revêt une grande importance pratique était assez classique. Elle a été conçue pour balayer une bonne partie du programme PCSI/PC et les candidats ont pu exprimer leurs compétences sur les aspects qui leur convenaient le mieux (calculs, réflexions qualitatives, etc.). Les correcteurs l'ont trouvée bien agencée et cohérente avec de multiples questions nécessitant interprétation et bon sens. Outre les traditionnelles évaluations de connaissance du cours et de l'agilité dans les calculs classiques (compétence REALISER), l'esprit critique et le sens physique étaient sollicités (compétences ANALYSER et VALIDER). Il n'y a apparemment pas eu de difficulté de compréhension du sujet.

La première partie était plus courte que la seconde. Elle traitait du câble coaxial supposé parfait dans la sous-partie I.1 alors que dans la sous-partie I.2, on tenait compte de la résistivité du fil pour affiner le modèle. La sous-partie I.1 était très proche du cours. La modélisation sans perte permettait de démontrer que les variables $u(x,t)$ et $i(x,t)$ vérifiaient toutes les deux une équation de propagation de D'Alembert. La suite des questions conduisait au choix de l'impédance mise en extrémité du câble pour optimiser la puissance transmise. L'introduction d'une résistance linéique dans la sous-partie I.2 conduisait à une autre équation de propagation de l'onde de tension et permettait de définir l'atténuation linéique de puissance du signal, ce qui sera un élément de comparaison avec la fibre optique étudiée en partie II. De nombreux résultats étaient fournis, ce qui devait permettre de ne pas rester bloqué par une question.

La seconde partie traitait de la fibre optique et s'intéressait notamment à la comparaison de deux types de fibres. La première sous-partie pouvait être assimilée à une question de cours sur l'optique géométrique et permettait d'introduire un point essentiel pour la suite : la réflexion totale. Il semble que ce lien n'est pas été vu par de nombreux candidats. La sous-partie II.2 détaillait la propagation des rayons dans la fibre à saut d'indice. Elle était très proche du cours et devait permettre aux candidats de glaner de nombreux points. La sous-partie II.3 avait le même objectif mais pour une fibre à gradient d'indice et permettait de comparer ces deux types de fibres. Elle demandait plus de sens physique. Elle a départagé les étudiants qui ont bien compris le sujet et qui maîtrisent bien leur cours, des étudiants dont les connaissances sont fragiles. La sous-partie II.4, uniquement qualitative, concernait l'étude du multiplexage par longueurs d'onde à partir d'un document. Elle faisait appel à l'esprit d'analyse et de compréhension d'un dispositif. Elle a été traitée de manière très disparate par les candidats. Enfin, la sous-partie II.5 était consacrée aux pertes associées à l'usage de la fibre optique et permettait, entre autre, de faire des comparaisons avec le câble coaxial.

Sur 50 questions, les étudiants ont en moyenne traité 35 à 40 questions. Voici quelques remarques des correcteurs pouvant permettre d'expliquer pourquoi ce sujet s'est révélé, en pratique, trop long :

- beaucoup de candidats ont avancé lentement sur les questions classiques, le cours est trop souvent non maîtrisé,
- nombreux sont ceux qui se sont enlisés dans des calculs qui n'aboutissaient pas,

- non lecture de l'énoncé en entier en début d'épreuve ainsi, des questions simples mais situées en fin d'énoncé non pas été traitées.

Concernant ce dernier point, comme plusieurs candidats ont commencé par la partie II, ce qui pouvait se concevoir, pour optimiser leur « pêche » de points, on aurait pu penser qu'ils avaient lus les recommandations de l'année dernière qui rappelaient l'intérêt d'une démarche active de recherche de points, ce qui supposait bien d'avoir lu l'ensemble de l'énoncé afin de lister les questions qui paraissaient accessibles. Mais, dans plusieurs cas, la première partie qui ne demandait, au début, que de mettre en application les lois des nœuds et mailles, n'a jamais été traitée, ce qui est surprenant...

Beaucoup de points ont été perdus sur les questions 16 et 21 où il s'agissait de compléter un schéma partiellement reproduit sur l'énoncé. Les questions 43 à 47, très proches du cours et rapportant de nombreux points mais situées en fin d'énoncé n'ont pas été assez souvent traitées. Les questions 48 (du moins le début), 49 et 50 étaient qualitatives et simples. Elles devaient permettre de récupérer de nombreux points mais elles aussi ont été délaissées sans doute parce qu'elles étaient les dernières de l'énoncé. On peut également noter que la question 15, qui demandait d'énoncer les lois de Snell-Descartes relatives à la réflexion et la réfraction de la lumière en les accompagnant de schéma a, bizarrement, été rarement traitée correctement. Enfin, le cours est non maîtrisé et différentes notions sont confondues (diffraction, dispersion, absorption,...).

Néanmoins, ce sujet permettait à un étudiant sérieux et efficace de valoriser ses connaissances, ses savoir-faire et d'obtenir une note honorable, bien que plus basse que l'année dernière du fait des raisons précédemment évoquées. Les candidats qui ont traité le plus de questions sont globalement ceux qui ont eu les meilleures notes. Quelques (mais trop rares) excellentes copies nous ont été proposées, où la majorité des questions posées ont trouvé réponses, avec succès. Malheureusement, certaines autres copies étaient quasiment vides. Une partie non négligeable des candidats n'a absolument pas eu « l'esprit concours » et n'a quasiment rien fait.

Comme l'année dernière, nous avons constaté chez de nombreux candidats un manque de rigueur dans les calculs, sans doute accentué par le fait qu'ils savent par avance le résultat à obtenir. Cela a même conduit à des tentatives de « passage en force » pour obtenir le résultat, qui sont très malvenues. L'honnêteté qui consiste à constater que le calcul n'aboutit pas au résultat demandé est toujours préférable. Il ne faut d'ailleurs pas oublier que, dans le barème, des points sont prévus pour les étapes intermédiaires au sein d'une question. **Les correcteurs lisent avec attention la totalité des réponses écrites.**

Par ailleurs, il faut être particulièrement attentif aux unités et au respect de l'homogénéité des expressions. Il a aussi été noté **un manque de rigueur scientifique dans l'expression écrite**. Beaucoup de candidats rencontrent des **difficultés de rédaction et ont du mal à communiquer** : vocabulaire inadapté, explications embrouillées, etc. Certains ont aussi répondu « à côté » de la question sans doute parce qu'ils l'avaient mal lue, ce qui est dommage car il y avait de très nombreux points à obtenir pour qui savait lire correctement un énoncé... Certains font références à la physique quantique pour expliquer ce qui leur semble étonnant...

Nous avons également relevé que beaucoup effectuaient des **calculs sans schéma** en électricité comme en optique. Ce **manque de rigueur** a été particulièrement dommageable. Par ailleurs, certains changent de notation sans les expliciter, ce qui là aussi est dommageable.

Enfin, nous avons noté cette année, pour un nombre important de candidats, une non maîtrise de savoirs mathématiques : résolution d'équation différentielle, utilisation de notation complexe, développement limité,...

Les correcteurs notent une bonne qualité générale des présentations des copies. Mais attention, certains ont une écriture minuscule et illisible qu'il faut, bien évidemment, s'attacher à bannir. La rédaction est trop souvent réduite à sa plus simple expression. **Il est regrettable de constater que de nombreux candidats se permettent de répondre à une question par l'écriture d'une relation sans aucun commentaire ou justification.** Le barème 2018 a tenu compte, comme l'année précédente, de la qualité de présentation et de rédaction des copies. Il faut penser à écrire lisiblement et éviter les ratures « à tout va » (utiliser des brouillons). Pour les prochaines sessions du concours, il

importe de maintenir la qualité de présentation des copies et d'améliorer leur rédaction (la communication écrite est au cœur du métier d'ingénieur). Ces dernières remarques sont identiques à celles du rapport de l'année dernière.

La correction des copies a fait ressortir un certain nombre d'erreurs récurrentes qui font l'objet de l'analyse détaillée ci-après.

2/ REMARQUES SPÉCIFIQUES :

Partie I – Le câble coaxial

Il semble que beaucoup de candidats aient des difficultés à bien comprendre la différence entre la réalité physique et ce qu'est la façon dont on la simule par un modèle. Ainsi, nombreux ont, semble-t-il, considéré, que le câble coaxial était physiquement constitué d'une « bobine » sans comprendre que la bobine dessinée sur le circuit de la figure 2 n'était qu'une façon imagée de prendre en compte les effets selfiques du coaxial.

I.1 – Le câble coaxial parfait

Q1. La diversité des réponses a été révélatrice de l'absence de sens pratique chez beaucoup. Erreurs fréquentes : « le courant revient par l'isolant, par effet de peau, par réflexion, par induction,... ».

Q2. Question très proche du cours. Bien traitée dans l'ensemble même si un nombre non négligeable de candidats ne maîtrisent pas les lois des nœuds et des mailles. Certains essaient de "flouer" le correcteur en faisant disparaître des signes ou des termes d'une ligne à l'autre du raisonnement. Attention, ce n'est pas parce que le résultat est donné que l'on ne doit pas être rigoureux dans la démonstration, au contraire.

Q3. La démonstration pour obtenir les équations de propagation est globalement bien maîtrisée. Par contre, rares sont ceux qui ont bien montré la dimension de la vitesse des signaux. Certains ne comprennent pas le concept de dérivée seconde.

Q4. Alors que la question est clairement posée : on demande une interprétation physique des deux termes dans chaque expression, certains se contentent de donner la signification des grandeurs physiques ω , k ...

Q5. Des confusions avec l'impédance acoustique. Le résultat est bien trop souvent donné sans justification. L'unité de ρ est rarement donnée en Ω , mais en V/A ou bien encore en H/F.

Q6. Quand le candidat a eu « le courage » de se lancer dans le calcul, les réponses obtenues étaient souvent justes.

Q7. Inégalement abordée. L'adaptation d'impédance est plutôt bien connue, qualitativement...

I.2 – Le câble coaxial avec pertes

Q8. Peu de réponses satisfaisantes. La plupart ont confondu les causes (résistivité) et les conséquences (l'effet Joule est presque toujours cité). Les termes « origine physique » n'ont pas été compris.

Q9. Globalement bien traitée. Même si certains essaient de tricher puisque le résultat est donné.

Q10. Bien traitée.

Q11. Les termes de propagation et d'atténuation apparaissent souvent, même si il ya des confusions entre les notions de propagation et de dispersion. Plusieurs fois, on a pu lire : « α est physiquement un réel et β est physiquement un imaginaire »...

Q12. Beaucoup d'erreurs de signe.

Q13. La majorité des candidats ayant traité cette question obtiennent 2 points de bonus avec des raisonnements très propres.

Q14. L'effet de peau est rarement évoqué contrairement à l'effet Joule.

Partie II – La fibre optique

II.1 – Généralités

Q15. Très décevant. La première loi (rayons réfracté et réfléchi dans le plan d'incidence) est très souvent oubliée. Le plan d'incidence n'est que trop souvent pas défini. La loi sur la réflexion a parfois été escamotée au profit de la réflexion totale... Les angles sont parfois repérés par rapport à la surface du dioptre et non par rapport à la normale.

Q16. Dessin très souvent faux. Beaucoup n'ont pas vu que le rayon incident était confondu avec la normale et ont donc considéré une réflexion/réfraction sur la surface air/verre. A la question « quelles lois peut-on vérifier avec cette expérience ? », les candidats se limitent à citer les lois de Descartes. Rares sont ceux qui prennent la peine d'indiquer qu'on peut mesurer des angles, correctement indiqués sur le schéma, permettant d'en déduire les lois en question.

II.2 – La fibre optique à saut d'indice

Q17. Question très classique mais passablement réussie. Peu de candidats indiquent que pour obtenir une réflexion totale à l'interface air/gaine, il faut $i > i_L$. D'autres considèrent qu'il n'y a pas de réfraction en entrée de fibre, donc que l'angle d'incidence sur la gaine est $\pi/2 - \theta$! Les notations utilisées ne sont souvent pas indiquées sur un schéma ! Beaucoup d'expressions (correctes !) du style $\arcsin(n_c((\arcsin(n_g/n_c))))$ voire plus compliquées : il faut simplifier les expressions au maximum.

Q18. et Q19. Des erreurs dans les calculs mais la grande majorité des candidats indiquent correctement les valeurs des angles.

Q20. Question assez peu traitée en raison des erreurs aux questions Q18 et Q19.

Q21. Les candidats n'ont pas réalisé que l'objectif était de comparer les impulsions entre l'entrée et la sortie. C'est pourquoi il était demandé, dans un premier temps, de reproduire la figure 6 (impulsion en entrée de fibre) pour, dans un deuxième temps, représenter l'allure de l'impulsion en sortie de fibre. La plupart des candidats ont uniquement représenté le signal en sortie, d'autres que le signal en entrée...

Q22. Résultat souvent donné sans justification. Le critère de Shannon a été appelé en renfort ?!

Q23. Question rarement traitée.

II.3 – La fibre optique à gradient d'indice

Q24. Souvent bien traitée même si certains ont dû considérer que l'indice du cœur dépendait de x ...

Q25. La relation entre les n_{j-1} , n_j , n_{j+1} et les i_{j-1} , i_j , i_{j+1} est trouvée comme l'expression de $\left(\frac{dy}{dx}\right)^2$, mais la démonstration menant à $n(y) \cdot \cos\varphi = \text{cste}$ est rarement bien menée.

Q26. Des horreurs pour certains qui ne reconnaissent pas l'équation différentielle, pourtant classique, d'un oscillateur harmonique et intègrent en considérant le second membre comme étant constant : ils obtiennent ainsi un profil parabolique !

Q27. La justification que les deux O.N. sont identiques n'est quasiment jamais donnée.

Q28. Il y a une confusion fréquente entre la distance parcourue par les rayons et leur chemin optique.

Q29. Beaucoup de réponses erronées.

II.4 – Le multiplexage par longueurs d'onde

Q30. Bien pour beaucoup de candidats.

Q31. De bonnes choses. Mais certains représentent une onde incidente et la propagation de plusieurs ondes distinctes dans la fibre. D'autres ne représentent pas le multiplexeur ni le démultiplexeur.

Q32. On a une définition du mot « réciproque » tout droit sortie d'un dictionnaire mais trop peu souvent en lien avec le multiplexage.

Q33. Souvent une paraphrase du document, mais peu de candidats ont évoqué la dépendance de l'angle avec la longueur d'onde.

II.5 – Pertes associées à l'usage de la fibre optique

Q34. L'équation différentielle est souvent trouvée même si son établissement manque de rigueur.

Q35. Souvent correcte si la Q34 l'était.

Q36. Étonnamment peu de bonnes valeurs numériques et que de trop rares commentaires.

Q37. Le choix de la longueur d'onde est exact mais beaucoup ignorent qu'elle se situe dans le domaine de l'IR.

Q38. Souvent correct malgré un vocabulaire approximatif. Certains confondent volume et masse.

Q39. Manque de rigueur pour certains qui pensent que les photons sont des particules chargées.

Q40. Une mauvaise lecture de l'énoncé a souvent conduit les candidats à avoir un terme en $k \cdot (x(t) - l_0)$ et non en $k \cdot x(t)$. Le repère était bien défini comme étant en C.

Q41. Le régime sinusoïdal forcé n'est pas maîtrisé. De nombreux candidats se sont limités à une solution du régime transitoire et donc à représenter une amplitude qui fluctue de façon sinusoïdale !

Q42. Quasiment personne n'a vu qu'il fallait prendre le premier harmonique. Quelques très rares candidats ont noté que leur résultat n'était pas en accord avec la figure 11 et la question 37.

Q43. à Q46. Ces questions très proches du cours ont plutôt été bien réussies par les candidats qui les ont abordées. Il manque quelques justifications. On devine que les candidats connaissent le résultat.

Q48. Quasiment jamais traitée.

Q49 à Q50. Questions simples qui ne demandaient que des schémas élémentaires mais majoritairement délaissées des candidats alors qu'il y avait des points à prendre.