

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

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

**Présentation du sujet**

Le sujet proposé cette année portait sur l'étude du comportement d'un transducteur électrodynamique, à savoir le haut-parleur. Ce sujet comportait 4 parties indépendantes pour lesquelles les questions étaient très diversifiées. En effet, elles abordaient aussi bien des connaissances purement théoriques acquises pendant le cours que la mise en œuvre de démarches de modélisation, de résolution et d'analyse qui sont abordées dans les activités de travaux dirigés ou travaux pratiques. Les 61 questions de ce sujet offraient une réelle possibilité d'expression pour les candidats tant par leur complexité (allant de la question de cours jusqu'à des problématiques beaucoup plus fines d'analyse, en passant par des questions purement calculatoires) que par les domaines disciplinaires touchés (électricité, électromagnétisme, thermodynamique, optique, cinématique, asservissement...). Aussi le jury ne pourrait que conseiller aux candidats de parcourir la totalité du sujet avant de commencer à composer.

La première partie du sujet, plus théorique, portait sur l'étude du fonctionnement d'un haut-parleur et abordait les différents aspects de fonctionnement avec les points de vue électrique, mécanique et énergétique du système. Dans une seconde partie, la validation de certaines caractéristiques du haut-parleur en vue de son asservissement était abordée.

La troisième partie, orientée vers les sciences, se concentrait sur l'étude globale d'une machine de trancannage permettant de réaliser le bobinage d'un haut-parleur. La dernière partie portait sur l'étude de l'asservissement en vitesse et en accélération du dispositif étudié.

**Résultats des candidats français**

Le tableau présente la répartition des notes des candidats. La moyenne de l'épreuve s'établit à 8,34 avec un écart-type de 3,33. La répartition est proche d'une loi gaussienne.

$0 \leq N < 4$	46	6,43 %
$4 \leq N < 8$	305	42,66 %
$8 \leq N < 12$	271	37,90 %
$12 \leq N < 16$	74	10,35 %
$16 \leq N \leq 20$	19	2,66 %
Total	715	100 %
Nombre de copies : 715		
Note moyenne : 8,34		
Écart-type : 3,33		

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 ce ne sont pas celles qui ont fait la différence sur la notation finale.

La figure 2 illustre la fraction de candidats ayant abordé chaque question. Un déséquilibre important est apparu dans le traitement des parties et les questions des dernières sous-parties ont permis de départager les meilleurs candidats. Les parties I et II, les plus proches du cours et au début de sujet, ont été traitées par la majorité des candidats. Assez peu de candidats se sont intéressés à la partie III, illustrant ainsi une désaffection pour une étude mécanique pourtant abordable par un étudiant de 1ère année. Ainsi, ceux qui ont mené à bien l'étude du système de trancannage se sont généralement démarqués des autres candidats. La partie IV a été davantage abordée que la précédente, mais globalement assez mal réussie, illustrant très certainement la fatigue des candidats après un sujet assez long.

Comme chaque année, il est rappelé que 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. L'analyse critique des résultats numériques exprimés ainsi que la vérification de leur homogénéité sont vivement recommandées. Enfin, il est essentiel de justifier les réponses apportées : une réponse juste mais non argumentée ne reçoit pas la totalité des points.

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. Nous rappelons également qu'il est primordial de traiter les questions dans l'ordre proposé avec les notations imposées par le sujet. En effet, les 61 questions du sujet traitées dans un ordre aléatoire peuvent poser un certain nombre de difficultés aux correcteurs. Les candidats n'ayant pas scrupuleusement suivi cette recommandation ont été sanctionnés et ont perdu des points.

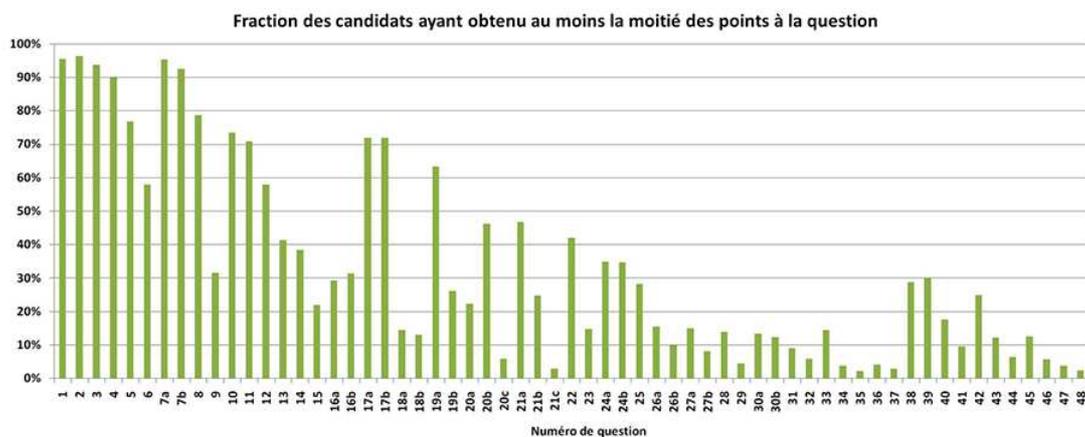


Figure 1 - Taux de réussite des candidats par question.

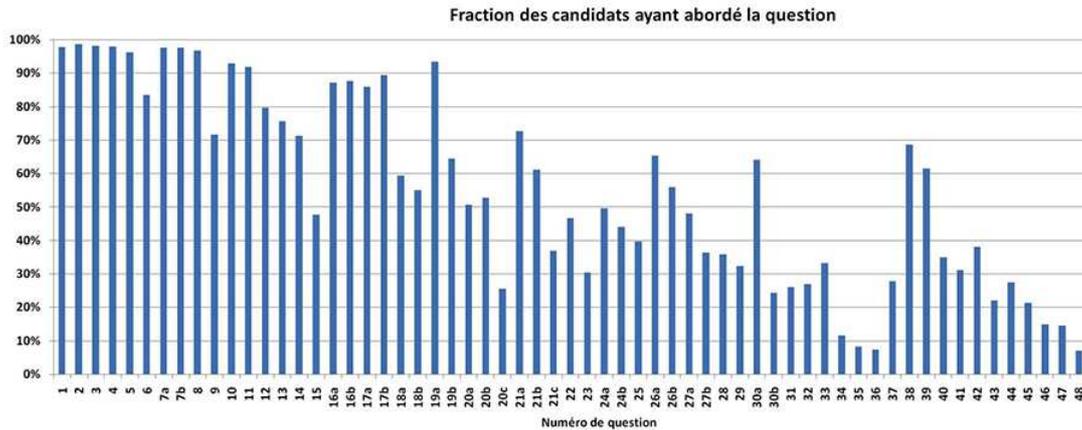


Figure 2 - Taux de réponse des candidats par question.

## Partie I : Fonctionnement de base du haut-parleur

**I.1 Équation électrique :** Cette première partie a été bien traitée par la majorité des candidats. Les questions permettaient de mettre en place l'équation électrique du haut parleur en vue de son couplage électromécanique (Partie I.3). Quelques candidats n'ont pas abordé ces questions mais cela reste dans un taux très faible.

**I.2 Équation mécanique :** La seconde partie traitant de l'étude mécanique a été globalement bien traitée. On ne peut que regretter que les questions où le résultat attendu est un calcul numérique à l'image de la question 6 ne fassent pas l'objet d'autant d'attention que les questions plus théoriques. En effet, le jury rappelle qu'un ingénieur doit être capable de modéliser le comportement d'un système mais également de faire la critique qualitative et quantitative du résultat de la simulation. Cette question a donc été traitée de façon très superficielle par un certain nombre de candidats ( $\sim 40\%$ ). Les échecs rencontrés à la question 8 proviennent surtout du fait que la question n'a pas été traitée dans son intégralité.

**I.3 Aspects énergétiques :** Il est assez surprenant que cette partie n'ait pas été mieux traitée. Les réponses aux questions 10, 11 et 12 permettant d'effectuer ces bilans énergétiques et la mise en place du couplage ont été fortement sanctionnées si les candidats se contentaient de donner la réponse sans aucune justification. La question 13 a été discriminante si les étudiants ne connaissaient pas la formule de la valeur moyenne d'une fonction périodique  $\left\langle \frac{df}{dt} \right\rangle = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{df}{dt} dt$ .

**I.4 Phénoménologie de la suspension pneumatique en enceinte close :** La dernière partie de l'étude du fonctionnement de base a été assez peu abordée et mal traitée. En effet, cette partie axée sur la thermodynamique nécessitait de considérer l'adiabaticisme de l'évolution du gaz dans le caisson. Ainsi pour la question 14, il en résultait l'équation suivante  $\frac{dP}{P} + \gamma \cdot \frac{dV}{V} = 0$ . En résolvant cette équation on pouvait en déduire la « raideur » du gaz :  $k = \gamma P_0 \frac{\Sigma^2}{V_0}$ . Naturellement la question 15 posait des problèmes si la question précédente n'avait pas été correctement traitée.

## Partie II : Impédance électrique du haut-parleur

**II.1 Schéma électrique équivalent du haut-parleur :** Les questions 16, 17 et 19 ont été abordées par près de 90% des candidats. Malheureusement l'imprécision, voire l'inexistence des justifications proposées explique le taux d'échec fort important pour la question 16. La question 17 n'a pas posé de problèmes particuliers aux candidats qui l'ont abordée. La question 19 étant une question purement calculatoire, le taux d'échec se révèle être malheureusement trop important.

La question 18 a été, bien souvent, mal traitée et de nombreuses erreurs ont été observées.

**II.2 Mesures électriques :** Cette partie a été la moins abordée de la partie 2 et assez mal traitée. Elle correspondait à ce qui peut être demandé aux étudiants en TP de physique. A sa grande surprise, le jury constate que les étudiants ne sont pas forcément familiarisés avec cette approche expérimentale consistant à donner un sens physique aux différentes modélisations qui peuvent être mises en œuvre.

Ainsi la question 20 traitant du protocole expérimental a été très mal traitée, tandis que l'analyse de résultat (question 21) a été mieux appréhendée dans son ensemble. La question 22 consistait « seulement » à déterminer la pulsation propre d'un système masse-ressort. L'évidence du résultat a conduit certains étudiants à ne pas justifier le raisonnement, contrairement à ce qui était attendu. Les applications numériques, pour celles qui ont été données avec les unités correctes, ont donné lieu à de surprenantes réponses comme la masse d'un film souple sur le haut parleur de 20 kg. Ce genre de réponse démontre le manque d'analyse critique des résultats de la part de certains candidats. Ce genre d'erreur, d'autant plus s'il se répète dans la copie, ne peut que laisser une mauvaise impression sur la qualité du candidat qui a composé.

La question 24 fait intervenir un comportement classique visible à l'oscilloscope sur la dégénération de l'ellipse de Lissajoux en un segment de droite. Enfin la question 25 ne posait pas de problème pour les capacités d'analyse d'un étudiant de CPGE.

**II.3 Mesures interférométriques :** Cette partie d'analyse qualitative n'a été que très rarement bien traitée. La plupart des étudiants a essayé d'aborder les différentes questions en fournissant des justifications incomplètes et imprécises. À titre d'exemple, la notion de différence de marche n'a été que très peu trouvée parmi les 715 étudiants ayant composé. Aussi, nous avons constaté un taux d'échec très important (85%) et valorisé les réponses de qualité.

## Partie III : Fabrication d'une bobine multi-couches

**III.1 Principe d'une machine de bobinage :** Cette partie de cinématique, vue en première année, a pour objectif de déterminer la vitesse du boîtier de trancannage afin de réaliser un bobinage régulier pour la qualité de restitution du son du haut-parleur. La question nécessitait de mettre en place la condition de non-glissement et d'exploiter une

composition de vitesse. La difficulté résidait donc dans l'analyse de cette composition de vitesse en formulant les hypothèses nécessaires sur les mouvements relatifs des différents solides, notamment que la vitesse relative entre 1 et 5 est portée par  $z_5$ . Un schéma succinct du paramétrage en rotation aurait permis aux étudiants de traiter beaucoup plus facilement cette question plutôt que des calculs sans justifications. En effet, les questions suivantes s'appuyant sur ce premier résultat, n'ont été traitées que par quelques étudiants et très maladroitement. L'assimilation à une liaison hélicoïdale a semblé dérouter un certain nombre de candidats qui ne connaissent la loi de mouvement associée que de manière trop superficielle. Les justifications proposées pour la question 32 ont parfois été « jetées sur la copie » sans prendre la peine de faire une phrase.

**III.2 Réglage du système en fonction du diamètre du fil :** Les questions 33 à 35 ne posaient aucune difficulté dès l'instant qu'on pensait à réaliser une bobine à spires jointives. Pour la question 36, nous ne pouvons que regretter que trop peu étudiants aient proposé un schéma explicatif des solutions proposées. Les rares candidats qui l'ont fait en ont été récompensés.

#### **Partie IV : Asservissements du haut-parleur**

Les commentaires imprécis de la question 37 n'ont pas été valorisés.

**IV.1 Préliminaire : Courbe de réponse de la membrane :** On rappellera qu'une courbe, même si c'est une esquisse, doit être parfaitement repérée par ses axes. Un grand nombre de candidats a été sanctionné pour ce type d'erreur, même si les calculs et l'allure de la courbe étaient bons. Enfin l'analyse du module de la fonction de transfert comme étant le gain entre l'entrée et la sortie du haut-parleur aurait pu permettre à certains étudiants de proposer des justifications ayant un sens pour la question 38.

**IV.2 Asservissement de vitesse :** Les questions 39 et 40 sont des questions élémentaires sur des systèmes asservis (calcul et analyse qualitative de la fonction de transfert d'un système du second ordre). Les réponses sont trop souvent incomplètes et/ou imprécises. Un bon nombre de candidats a perdu des points sur ces questions. Concernant la question 41, les candidats sont trop nombreux à mal connaître l'influence des actions intégrales et dérivées des filtres sur la stabilité d'un système.

**IV.3 Asservissement d'accélération :** Les questions 42 et 43 n'étaient pas difficiles, mais les calculs se sont révélés laborieux et les commentaires sont restés de très basse qualité certainement. Cela est certainement dû à l'arrivée à la fin du sujet pour la très grande majorité des étudiants.

**IV.4 Asservissement mixte par matériaux actifs :** La question 44 permettait aux étudiants de faire le lien entre la distance du capteur à la membrane et la conséquence du retard de phase généré pour le système. Les questions 45 à 48 restaient assez classiques avec une analyse assez fine des paramètres de la fonction de transfert calculée.