

## 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 concernait l'étude de différents mécanismes d'étude du temps, sous différents aspects, à travers cinq parties largement indépendantes. Les deux premières parties se concentraient l'une sur l'étude classique des clepsydres et de l'écoulement de l'eau, l'autre sur le fonctionnement d'un oscillateur mécanique. Les trois autres parties, plus orientées électronique et sciences de l'ingénieur, s'intéressaient respectivement au fonctionnement d'une horloge à quartz, à son asservissement par l'intermédiaire d'une boucle à verrouillage de phase, et enfin à l'établissement d'un régime stable dans un oscillateur électrique non linéaire.

### Résultats des candidats

Le Tableau 1 présente la répartition des notes des candidats. La moyenne de l'épreuve est de 8,1, avec un écart-type de 3,1. La répartition est proche d'une gaussienne, avec une médiane à 7,9 et une asymétrie de 0,35.

$0 \leq N < 4$	94	8,4%
$4 \leq N < 8$	476	42,8%
$8 \leq N < 12$	432	38,8%
$12 \leq N < 16$	99	8,9%
$16 \leq N \leq 20$	12	1,1%
Total	1113	100%
Nombre de copies : 1113		
Note moyenne : 8,10		
Écart-type : 3,10		

Tableau 1 : Résultat de l'épreuve P & SI filière MP

La figure 1 donne le taux de réussite des candidats à chaque question. Une question est considérée réussie si le candidat a reçu au moins la moitié des points. Certaines questions ont été globalement bien réussies par les candidats, mais ce ne sont pas ces questions qui ont fait la différence.

La figure 2 illustre la fraction de candidats ayant abordé chaque question. Un déséquilibre important est apparu dans le traitement des parties. Les **parties I, III et IV**, les plus proches du cours, ont été traitées par la majorité des candidats. Assez peu de candidats se sont intéressés à la **partie II**, illustrant ainsi une désaffection pour une étude

mécanique qui bien qu'ardue était assez classique dans son approche. Ainsi, ceux qui ont mené l'étude de l'oscillateur mécanique à bien se sont généralement démarqués des autres candidats de bon niveau. La **partie V** n'a été que peu abordée, mais globalement bien réussie, illustrant peut-être la fatigue des candidats après un sujet assez long et varié.

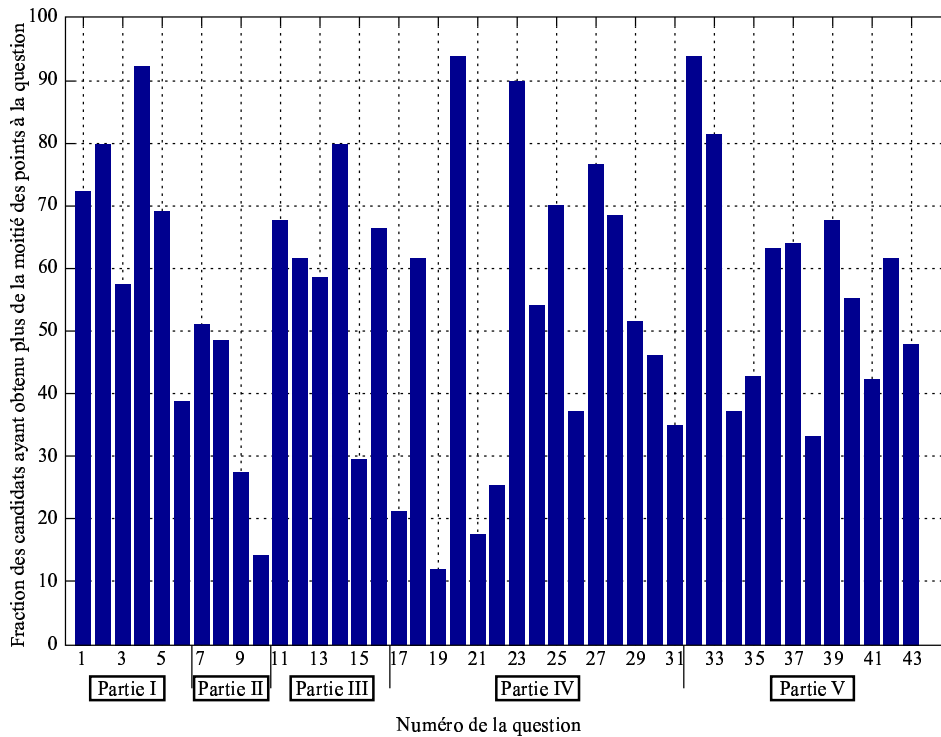


Figure 1 - Taux de réussite des candidats par question.

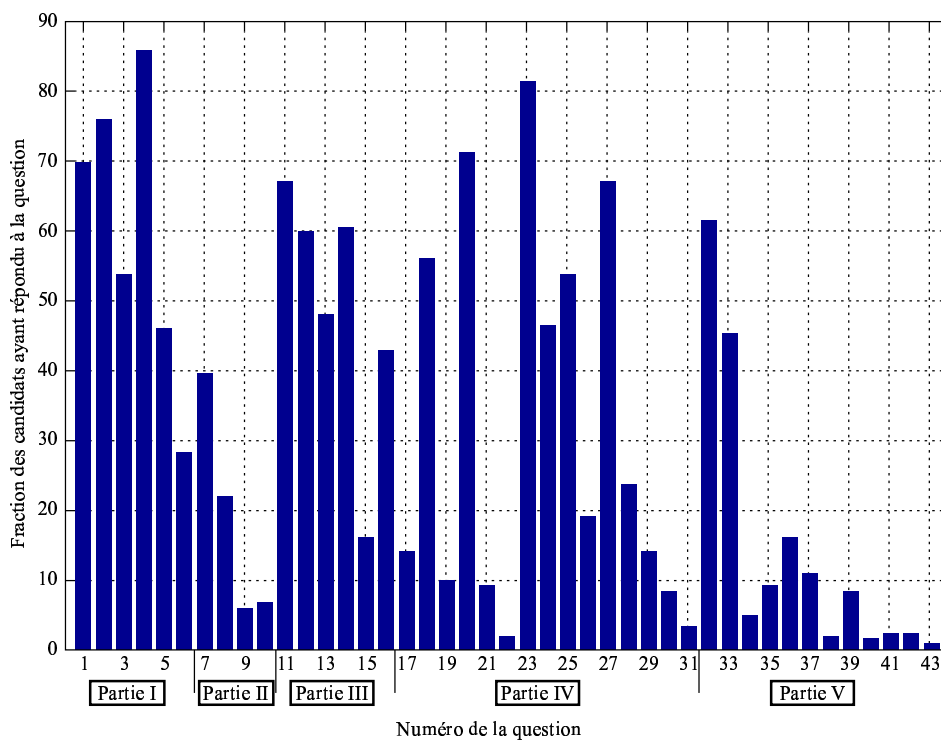


Figure 2 - Taux de candidats ayant abordé chaque question.

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. De plus, l'analyse critique des résultats est vivement recommandé (une montre affichant un retard de plusieurs jours sur un mois ne semble pas choquer certains candidats).

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. Le fait d'exposer sa démarche permet de montrer :

- la compréhension du problème,
- la maîtrise des méthodes de résolution,
- l'aptitude à expliquer aux autres un problème posé.

## **Partie I : Clepsydre**

Cette première partie comportait 6 questions permettant de montrer les limites d'utilisation d'une clepsydre et d'apporter une solution simple à son fonctionnement. Les questions **1** à **5** ont été généralement bien traitées. Il est cependant regrettable que la majorité des étudiants se contentent d'écrire une équation, telle celle découlant du théorème de l'énergie cinétique, sans aucune justification et parfois même sans citer son nom. Concernant la question **6**, un nombre surprenant d'étudiants s'est révélé incapable de tracer l'allure de la relation  $z(R)$ , tout en fournissant des temps d'écoulement très fantaisistes (pouvant aller de quelques microsecondes à plusieurs heures). L'explication du montage de Ctésibios (si l'on souhaite un débit constant, il suffit que l'alimentation en eau du vase se fasse avec un débit supérieur à celui de la sortie, le surplus s'écoulant par débordement) n'a que peu été donnée.

## **Partie II : Mouvement horloger mécanique**

Cette partie n'a été que peu (et mal) traitée par les candidats. Elle comprenait un large texte introductif à partir duquel pouvaient être extraites les informations nécessaires au traitement des 4 questions suivantes. Cette partie, moins guidée que les autres, nécessitait particulièrement d'établir un raisonnement clair et argumenté afin de la mener à bien. La question **7**, la mieux traitée, reposait sur l'établissement de la fréquence d'oscillation du balancier à partir de l'équation du mouvement appliqué au balancier. L'expression du moment d'inertie du cercle et des masselottes permettait de résoudre facilement les questions **8** et **9**. La notion de dérivée partielle semble cependant inconnue de la plupart des candidats. Là encore, les applications numériques ont donné lieu à quelques résultats

surprenants. Concernant la question **10**, il est rappelé que les liaisons plano-ponctuelle, rotudière, voire roturière n'existent pas.

### **Partie III : Horloge à quartz**

Cette partie concernait l'étude classique d'une horloge à quartz et a été la partie la mieux traitée par les candidats. Les notions de facteur de qualité et de résonance (questions **14** et **15**) semblent cependant ne pas avoir été assimilées par les candidats qui n'ont pas su exploiter convenablement les figures 8 et 9. Généralement, l'épreuve a montré que l'exploitation de graphiques, tant dans l'établissement du raisonnement que dans la résolution d'une question, était une difficulté certaine qui ne devrait pas exister pour des étudiants de classes préparatoires et futurs ingénieurs. La réponse à la question 16 (avance ou retard) est juste une fois sur deux.

### **Partie IV : Asservissement d'une horloge à quartz à un signal de référence**

Cette partie consistait en l'étude d'une boucle à verrouillage de phase à l'aide de deux sous-parties. La première sous-partie (questions **17** à **22**) s'intéressait à l'étude générale de la boucle. Elle a fait apparaître une difficulté manifeste à différencier les notions de fréquence et de phase par les candidats. L'étude de la stabilité de la boucle (question **18**) a été particulièrement décevante. Il est inconcevable que de futurs ingénieurs ne soient pas capables d'identifier le point stable de fonctionnement d'un système, que ce soit par un raisonnement physique simple ou par l'intermédiaire d'une représentation graphique. La résolution de la question **19** nécessitait une bonne compréhension de la notion de filtre passe-bas et de coupure des basses fréquences. Enfin, les questions **21** et **22**, il est vrai particulièrement ardues, n'ont été que peu et mal abordées par les candidats.

La deuxième sous-partie (questions **23** à **31**) reprenait l'étude de la boucle à verrouillage de phase à l'aide de la transformation de Laplace. Cette notion est bien maîtrisée par les candidats. Cependant, ce n'est pas du tout le cas du tracé des diagrammes de Bode dont la méconnaissance n'est pas du niveau d'élèves de classe préparatoire. Il est rappelé aux candidats qu'un diagramme de Bode fait intervenir à la fois un diagramme de gain et un diagramme de phase. Il est particulièrement regrettable que les tracés asymptotiques de ces diagrammes soient si mal connus. De même, la majorité des candidats ne maîtrise pas les notions de marge de gain et de phase (questions **25** à **27**) ce qui n'est pas acceptable. Lorsqu'elles ont été traitées, les questions **28** et **29** ont généralement été menées à bien mais là encore, la différence entre fréquence et phase semble rester floue. La réponse à la question **31** (quand elle a été traitée) a permis de vérifier une bonne compréhension de l'intérêt d'une boucle à verrouillage de phase.

## Partie V : Oscillateur non linéaire entretenu ; modèle électrique du balancier

Cette partie concernait l'entretien électrique d'un résonateur par résistance négative. Elle n'a été abordée que par un nombre très restreint de candidats et a parfois fait la différence entre les candidats de bon niveau. La question **35** a fait apparaître la mauvaise maîtrise par les candidats des notions d'énergie et de puissance dans un circuit électrique, de même que de la définition du facteur de qualité d'un circuit (rejoignant le constat fait pour la partie **III**).