

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

Présentation du sujet

Le sujet proposé cette année portait sur l'étude des phénomènes de ralentissement et de freinage. Il était composé de deux parties complètement indépendantes.

La première partie du sujet portait sur l'étude des effets de marée existant entre deux corps célestes en mouvement, avec application au système Terre-Lune. Après une étude de l'équilibre statique entre les deux corps et de leurs déformations dues aux effets de marée, le sujet faisait appel à un raisonnement basé sur l'étude de l'énergie mécanique du système pour en déduire les ordres de grandeur caractéristiques de l'établissement de l'équilibre entre Terre et Lune.

La deuxième partie s'intéressait au freinage d'un véhicule sur un pont. Dans une première sous-partie, la modélisation d'un pont composé de trois tabliers par des oscillateurs harmoniques couplés permettait d'établir les modes de vibrations du pont et d'en déduire les déformations du pont lors d'un freinage du véhicule. Dans une deuxième sous-partie, le freinage était étudié du point de vue du véhicule.

Recommandations générales

Comme chaque année, nous rappelons aux futurs candidats que la valeur numérique d'une grandeur physique doit être obligatoirement accompagnée d'une unité, sans quoi le résultat est considéré comme faux. De nombreuses questions portant sur une simple application numérique ont fait perdre des points à une majorité des candidats, faute de rigueur dans le calcul et d'absence d'unité. Un commentaire sur le résultat, notamment en cas de valeur aberrante, est apprécié.

Nous rappelons également que tout résultat doit être motivé par le raisonnement ayant permis d'y aboutir, l'énonciation simple du résultat, même juste, n'étant pas suffisant pour obtenir le maximum des points.

Enfin, 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 des copies).

Résultats des candidats français

Le tableau 1 présente la répartition des notes des candidats. La moyenne de l'épreuve s'établit à 9,13 avec un écart-type de 3,97. La répartition est proche d'une loi Gaussienne.

$0 \leq N < 4$	63	8,58 %
$4 \leq N < 8$	247	33,65 %
$8 \leq N < 12$	262	35,69 %
$12 \leq N < 16$	122	16,62 %
$16 \leq N \leq 20$	40	5,45 %
Total	734	100 %
Nombre de copies : 734		
Note moyenne : 9,13		
Écart-type : 3,97		

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 comme réussie si le candidat a reçu au moins la moitié des points. Certaines questions, généralement les premières de chaque partie, ont été réussies par un grand nombre de candidats, mais ne sont pas celles qui ont fait la différence sur la notation finale. Ce sont généralement les dernières questions de chaque partie qui ont permis de départager les meilleurs candidats.

Cette année, la première partie a été traitée en priorité par les candidats, avec un taux de succès aux questions plus important. Les candidats ayant réparti leur temps entre les deux parties ont pu avoir de très bonnes, voire d'excellentes notes

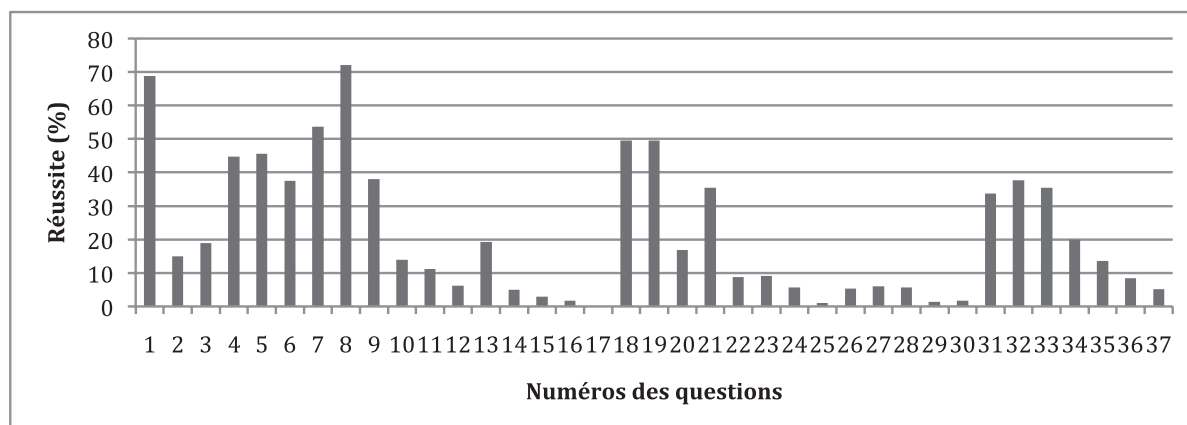


Figure 1 : Taux de réussite des candidats par question

Partie I : Marées et synchronisation d'oscillateurs

I.1 Étude qualitative (questions 1 à 4) : Cette première partie a été traitée par la majorité des candidats. Les questions étaient pour la plupart une application directe de notions de cours. Les questions 2 et 3 qui reposaient sur la notion d'équilibre entre 2 corps ont été très mal réussies. Les applications numériques, parfois farfelues et trop récemment dépourvues d'unité, ont également été pénalisantes pour les candidats.

I.2 Considérations énergétiques (questions 5 à 12) : Les premières questions de cette partie ont dans l'ensemble été bien traitées par les candidats. Elles faisaient appel aux notions de bases de l'énergie cinétique. À nouveau, la notion d'équilibre entre 2 systèmes semble avoir posé problème aux candidats (question 10), ce qui a pénalisé le traitement des dernières questions, malgré la présence de la solution dans l'énoncé.

I.3 Stabilité du système Terre-Lune (questions 13 à 17) : Cette partie, qui reposait principalement sur une application et une analyse qualitative des résultats précédents, n'a pas été réussie. Des réponses souvent surprenantes sur les ordres de grandeur des phénomènes temporels mis en jeu (questions 15 et 16) montrent que la plupart des candidats n'ont pas exercé d'esprit critique sur leur résultat. La question 15 nécessitait de reprendre le résultat (fourni) de la question 12 et de l'interpréter en terme de puissance dissipée.

Partie II : Freinage sur un pont

II.1 Influence des variations de température sur un ouvrage d'art (questions 18 et 19) : Cette partie a été abordée par l'ensemble des candidats mais réussie uniquement par la moitié d'entre eux. Elles sont un exemple particulièrement frappant du manque de rigueur dans les applications numériques et dans la formulation d'un raisonnement clair et justifié. Une réponse en un mot ou, à l'opposé, sous forme d'une liste « à la Prévert » non justifiée ne serait être considérée comme suffisante.

II.2 Modes propres (questions 20 à 26) : Cette partie reposait sur la modélisation de la structure du pont sous forme d'une suite d'oscillateurs harmoniques couplés. L'analyse des résultats révèle une très mauvaise compréhension des élèves des oscillateurs couplés et des modes d'oscillations. En particulier, moins de la moitié des candidats a réussi à exprimer l'énergie potentielle élastique associée à 3 oscillateurs couplés (question 20). Il suffisait pourtant de ne pas considérer les modes de translation du centre de masse et de rotation autour de la droite support pour obtenir l'expression souhaitée issue d'une application directe du cours. La question 23 nécessitait de combiner l'énergie potentielle des deux points centraux avec celles des 2 ressorts situés aux extrémités du pont. L'identification avec l'équation proposée nécessitait essentiellement de la rigueur et du soin. La question 24 consistait en une simple recombinaison du résultat précédent. Les questions 25 et 26 qui portaient sur l'identification des modes propres eux-mêmes n'ont pratiquement pas été abordées par les candidats.

II.3 Freinage d'un véhicule (questions 27 à 30) : Cette partie n'a pratiquement pas été abordée par les candidats. Elle reposait pourtant sur une simple interprétation de l'équation donnée en introduction de cette partie. En considérant que le freinage était instantané, et que les travées n'ont pas eu le temps de se déplacer, la conservation de la quantité de mouvement appliquée à la première travée donnait directement les conditions initiales nécessaires à la résolution de l'équation différentielle. Lorsqu'elle a été abordée, la question 28 a été relativement bien traitée par les candidats. Elle permettait d'aboutir

directement à l'équation régissant un mouvement quasi-périodique amorti. Un développement limité au 1^{er} ordre permettait alors de montrer que lorsque les systèmes sont découplés, il n'y a aucun transfert de mouvement du premier tablier vers le second.

II.4 Discussion de quelques hypothèses (questions 31 à 37) : La question 31 a été globalement bien réussie par les candidats. Elle nécessitait juste d'isoler le véhicule, de faire le bilan des forces s'y appliquant et d'écrire que le moment dynamique résultant en G est nul. Une simple application du théorème de l'énergie cinétique donnait la réponse à la question 32. Pour résoudre la question 33, les 3 hypothèses à retenir étaient : (i) l'uniformité de la pression de contact $2 \rightarrow 1$; (ii) le vecteur normal en M est z; (iii) le glissement en M entre 1 et 2. L'application directe des hypothèses d'équilibres statiques et dynamiques donnait alors la réponse. La question 34 nécessitait de prendre en compte le facteur 2 sur les couples, provenant de l'existence de 2 garnitures de freinage. Les 3 dernières questions, très peu abordées mais très bien réussies lorsqu'elles l'ont été, reposaient sur une application directe du cours. Une nouvelle fois, on a pu noter une difficulté des candidats à relier les calculs théoriques des parties précédentes à un exemple concret d'application.