



1/ PRÉSENTATION DE L'ÉPREUVE

L'épreuve de modélisation invitait les candidats à étudier la génération de vagues dans un bassin à l'aide d'un dispositif original. Le sujet était relativement long et comportait quatre parties qui balayaient des domaines variés, permettant l'évaluation de nombreuses compétences relevant des programmes de mathématiques, physique et sciences de l'ingénieur.

La première partie, qui ne comportait pas de questions, permettait de présenter le support de l'étude et le contexte.

La deuxième partie était consacrée à la phase préparatoire à l'utilisation de la boule à vagues dans un bassin, à savoir sa mise à l'eau. L'objectif de cette partie était d'établir un modèle simple de comportement de la boule suspendue à un câble et déplacée par un chariot. Pour cela, il était d'abord procédé à l'identification d'un paramètre du modèle puis à la validation du modèle par comparaison d'une simulation à un résultat d'expérience. Cette deuxième partie se concluait par l'exploitation du modèle pour la détermination de deux éléments du cahier des charges. Elle utilisait notamment les compétences associées à la détermination des solutions générales et particulières d'équations différentielles linéaires à coefficients constants d'ordre 2, avec utilisation d'une courbe comme point de départ de la résolution. Un travail sur le signe du discriminant de l'équation caractéristique, ainsi qu'un développement limité pour linéariser l'équation différentielle étaient attendus de la part des candidats. Cette analyse était complétée par une partie graphique, avec calcul de la vitesse, puis de l'accélération de la boule. Il s'agissait de déterminer des applications affines, puis de dériver.

La troisième partie proposait une approche probabiliste pour évaluer le temps réel de fonctionnement de la boule à vagues. Cette partie permettait aux candidats de traiter des probabilités totales, des matrices, des valeurs propres, des puissances de matrices, des systèmes linéaires pour aboutir à une modélisation du temps d'utilisation.

La quatrième et dernière partie visait à déterminer les conditions permettant d'obtenir les vagues de plus grandes amplitudes possibles avec une puissance réduite. Pour cela, le principe de fonctionnement de la boule à vagues était d'abord brièvement étudié. Ensuite, un modèle permettant de tenir compte de la réflexion des vagues sur les bords du bassin était mis en place. À partir de ce modèle, une fonction de transfert liant l'amplitude des vagues générées et l'effort d'excitation était déterminée. L'étude du diagramme de gain de cette fonction de transfert permettait de répondre à la problématique. Une question plus ouverte portant sur l'enrichissement du modèle proposé concluait l'étude. Cette partie utilisait également le théorème de Pythagore, ainsi qu'un calcul élémentaire d'intégrale.

2/ REMARQUES GÉNÉRALES

Pour cette deuxième année, le sujet a été globalement mieux traité que celui de l'an dernier. La plupart des candidats ont traité un nombre important de questions et n'ont pas semblé surpris par l'épreuve. L'intégration des mathématiques, de la physique et des sciences de l'ingénieur tout au long du sujet n'a pas posé de problème. Des efforts sur la rédaction ont été remarqués, ainsi que dans la présentation.

Les questions étaient de difficulté variable, allant de la simple « équation de droite » (une des moins bien réussies) aux plus complexes.

3/ REMARQUES PARTICULIÈRES QUESTION PAR QUESTION

Q1 - Cette question, qui portait uniquement sur le cours de physique ou de sciences de l'ingénieur, a été traitée par moins de la moitié des candidats. Quelques candidats en ont profité pour réciter leurs cours, parfois sur une page complète, tandis que beaucoup restent très (trop) vagues. « La dérivée de l'énergie cinétique est égale à la somme des puissances » a été une réponse fréquente dans laquelle il aurait été souhaitable de préciser qu'il s'agit de

l'énergie cinétique galiléenne d'un système et des puissances extérieures galiléennes à ce système ainsi que des puissances intérieures.

Q2 - Le calcul de l'énergie cinétique de la boule était demandé et pour cela, il était nécessaire de déterminer la vitesse de son centre de gravité par rapport au référentiel galiléen. Le calcul de la vitesse, au programme de physique et de sciences de l'ingénieur de première année, n'est pas maîtrisé par de nombreux candidats. Le vecteur directeur du vecteur vitesse est trop souvent erroné.

Q3 - Après un bilan des puissances à prendre en considération, le candidat devait exprimer celles-ci en fonction des données du problème. Plusieurs candidats considèrent que les puissances sont des grandeurs vectorielles.

Q4 - Cette question découlait des précédentes en invitant le candidat à appliquer le théorème de l'énergie cinétique à l'ensemble {boule + câble}. Les candidats ayant bien traité les questions précédentes ont globalement bien réussi cette question. Quelques candidats ont choisi d'utiliser le principe fondamental de la dynamique pour déterminer l'équation de mouvement demandé, ce qui était tout à fait possible, à condition toutefois d'utiliser le théorème du moment dynamique et pas le théorème de la résultante comme l'ont fait la plupart d'entre eux.

Q5 - Les notations utilisées pour les développements limités ne sont bien souvent pas correctes, il manque fréquemment l'erreur commise.

Q7 - La déduction du signe du discriminant est en général correcte, mais elle n'est pas toujours justifiée et la valeur numérique n'est pas toujours donnée.

Q8 - Certains candidats essaient à tout prix de placer des éléments de cours, il fallait ici se servir des notations données. Par ailleurs, plusieurs se trompent dans le signe du discriminant.

Q9 - Cette question invitait les candidats à justifier la présence d'un écart entre une courbe de simulation et une courbe expérimentale, ce qui constitue un point central des programmes de sciences de l'ingénieur. Quelques candidats ont proposé, à juste titre, une remise en question des hypothèses formulées précédemment. Beaucoup d'autres ont simplement annoncé que « la courbe de simulation étant parfaite et la courbe expérimentale réelle », celles-ci ne pouvaient être identiques. Le capteur utilisé a également été régulièrement mis en cause. Il est dommage qu'une telle question, au cœur des problèmes de modélisation, ait été si mal traitée.

Q11 - On demandait des applications affines, celle de la phase 3 a rarement été correctement faite, les accélérations déterminées sont donc fausses.

Q13 - La question a été mal comprise : les candidats ont eu tendance à vouloir trouver les valeurs des constantes de l'équation différentielles en utilisant la solution générale et pas la somme des solutions générale et particulière.

Q15 - Beaucoup de candidats utilisent des valeurs approchées dans les réponses, ce qui est incorrect.

Q16 - À partir d'une courbe de simulation, les candidats devaient identifier les quatre phases de déplacement du chariot. Cette question, qui faisait appel à la compréhension de la conséquence d'un changement brusque d'accélération, a été beaucoup traitée, mais avec peu de succès.

Q17 - Cette question, qui consistait à déterminer à l'aide de la courbe fournie si le cahier des charges était respecté, a été bien traitée par la plupart des candidats.

Q18 - Les candidats ont peu traité cette question qui nécessitait un raisonnement géométrique pour déterminer le lien entre l'angle de balancement et la précision de position horizontale.

Q24 - On observe un grand nombre de rédactions pour le moins aléatoires du théorème : il faut plus de précision dans les réponses. Par exemple, beaucoup de candidats confondent U et son polynôme caractéristique.

Q20/21 – Dans ces question, un minimum de calculs était attendu et pas uniquement les réponses de la calculatrice.

Q30 - Cette question a globalement été bien traitée mais plusieurs candidats, après avoir écrit correctement une fermeture géométrique, ne vont pas jusqu'au bout du raisonnement.

Q31 - Une démarche claire était ici attendue des candidats : système auquel on applique le PFD, bilan des actions mécaniques extérieures, équation utilisée.

Q32 - Très peu de candidats ont vu qu'il fallait utiliser le théorème de Pythagore.

Q38 - Un changement de variable permettait d'obtenir très rapidement le résultat attendu. Cette question a été peu abordée.

Q39 - Environ la moitié des candidats qui ont abordé cette question l'ont bien traité. Les autres n'ont pas su, pour la plupart, appliquer la transformée de Laplace à une fonction retardée alors qu'elle était donnée dans l'énoncé.

Q40 - Une proportion importante de candidats n'a pas vu que l'échelle des abscisses était une échelle logarithmique. Le principe consistant à se placer à la première fréquence de résonance a été vu par de nombreux candidats.

Q41 - Cette question de conclusion du sujet a permis de valoriser les candidats qui ont compris que la réflexion sur les bords du bassin était prise en compte et qui ont proposé d'autres phénomènes tels que l'atténuation de l'amplitude des vagues au cours du temps.

4/ CONSEILS ET ENCOURAGEMENTS POUR L'ANNÉE SUIVANTE

Il est clairement apparu que des efforts ont été fournis pour trouver des passerelles entre les enseignements de mathématiques et de sciences appliquées. Il nous paraît important de continuer dans cette voie. Bien lire l'énoncé, s'adapter aux notations, expliquer les raisonnements, rédiger les solutions et faire attention à la rigueur doivent être des points prioritaires pour les futurs candidats.

5/ HISTOGRAMME

Nombre de copies : 1066

Moyenne : 9,83 / 20

Écart-type : 3,60

