

Epreuve écrite de Physique, Filière MP (XULSR)

L'épreuve de Physique filière MP s'intéressait à la stabilité mécanique de systèmes mécaniques simples. Le sujet se décomposait en trois parties indépendantes, qui étudiaient respectivement la hauteur maximale d'une tour constituée de billes aimantées, la flexion d'une feuille et le chant d'une flûte de champagne.

Les trois parties du problème étant largement indépendantes, la plupart des candidat.e.s ne sont pas resté bloqué.e.s, et ont dans l'ensemble pu aborder un grand nombre de questions (27/45 en moyenne)

Pour les 1692 candidat(e)s de nationalité française ayant passé l'épreuve, la moyenne des candidat(e)s est de 9,77 avec un écart-type de 3,16. Pour les 463 candidat(e)s de nationalité étrangère, la moyenne est de 8,08 et l'écart-type est de 3,16.

Remarques générales :

* Un nombre préoccupant de candidat.e.s connaissent mal voire ignorent complètement les lois de l'équilibre mécanique. On rappelle qu'une position est un équilibre si l'énergie potentielle y est extrémale, et que cet équilibre est stable si l'énergie potentielle est y minimale. Ces conditions s'expriment respectivement sur la dérivée première et la dérivée seconde de l'énergie potentielle par rapport aux coordonnées spatiales. On ne peut pas déduire la stabilité d'un équilibre à partir de la dérivée première uniquement, ni à partir de la dérivée temporelle, ni à partir du signe de l'énergie potentielle.

* Les énergies potentielles sont définies à une constante près. Ainsi, on convient usuellement de définir une origine des énergies potentielles. L'énoncé précise ici que l'origine des énergies est associée à la configuration de référence correspondant à un édifice rectiligne vertical, information qui a été bien souvent négligée. L'annulation de l'énergie potentielle n'est pas porteuse d'informations mécaniques a priori. En revanche, le sens de variation de l'énergie potentielle est important : l'énergie potentielle de pesanteur ne peut pas augmenter lorsqu'on s'approche du sol, ni l'énergie élastique diminuer quand on étire la structure. Beaucoup de candidat.e.s ont manifestement omis de s'interroger sur le sens de variation des énergies potentielles.

* Lorsqu'une question demande explicitement de donner une réponse en fonction de certains paramètres, il est important de réduire l'expression finale jusqu'à obtenir les paramètres demandés. De même, les candidat.e.s doivent s'efforcer de simplifier les expressions mathématiques, manifestement simplifiables (identification de facteurs multiplicatifs, simplification de fractions, etc.)

* En physique, une grandeur n'est pas grande ou petite dans l'absolu, mais doit toujours être comparée à une autre grandeur.

* Le nombre de candidat.e.s effectuant les applications numériques semble augmenter, mais un nombre important de copies continuent de les boudier. Par ailleurs, les candidat.e.s doivent fournir une valeur numérique avec un nombre de chiffres significatifs raisonnable. Le résultat ne doit contenir aucun symbole mathématique (facteur π , racine carrée...), et l'unité doit clairement apparaître.

* Remarques sur la rédaction et la présentation des copies : un nombre étonnamment faible de candidat.e.s a conscience de l'importance de la mise en page, qui permet d'assurer la bonne lisibilité et compréhension de leur travail. Quelques rappels : le numéro de question doit être mis en évidence à gauche, il doit être identifiable d'un coup d'œil, et le texte doit être indenté par rapport à celui-ci. Il faut sauter des lignes entre chaque question. La réponse à une question doit être un bloc identifiable avant même de commencer la lecture. Les réponses (mots clefs, équations,...) doivent être mises en évidence (encadrées, soulignées, séparées du reste du texte). Par ailleurs, il n'est pas nécessaire de s'excuser de la qualité perfectible de sa propre copie ou du peu de soin accordé à la rédaction de celle-ci ou à certains schémas effectivement discutables.

Remarques question par question :

Question 1 : La consigne n'impose pas d'explicitier ou de redémontrer l'expression mathématique des lignes de champ. Le jury ne peut que s'inquiéter dès cette première question de voir des représentations exotiques, tels des soleils rayonnants, des arcs-en-ciel, des chevelures, des pâquerettes ou d'autres figures moins avouables encore.

Question 2 : La question précise bien le repère qui doit ici être préféré.

Question 3 : Les ordres de grandeurs trouvés pour le champ magnétique se sont échelonnés entre 10^{-11}T et plusieurs dizaines de T. Il était pertinent de comparer la valeur trouvée à l'intensité du champ magnétique terrestre, mais encore fallait-il avoir le bon ordre de grandeur en tête.

Question 4 : La relation $\theta_1 = 2\theta$ ne serait pas vraie si le roulement n'était pas sans glissement. Cette propriété doit donc nécessairement être explicitement mentionnée.

Question 5 et 6 : Un nombre très important de copies confondent l'absence de glissement et l'absence de frottement. Ce sont bien les frottements solides qui empêchent la bille de glisser. La réaction ne travaille pas, non pas parce qu'elle serait normale au point de contact, mais parce que le point de contact a une vitesse nulle.

Les forces de Lorentz et de Laplace ont été régulièrement abusivement citées.

Invoquer l'énoncé, qui précise qu'"aucune cause de dissipation de l'énergie mécanique n'est prise en compte" ne constitue pas une réponse suffisante.

Question 8 : Beaucoup d'incohérences de signe ont été relevées.

Question 10 : La simplification de " $1+2^2/10$ " n'était correcte que dans 30% des cas.

Question 11 : Le signe de l'énergie potentielle gravitationnelle exprimée en fonction de θ était incorrect dans un nombre alarmant de copies.

Question 12 : On rappelle que $\sin^2$, contrairement à $|\sin|$, a une tangente horizontale en 0. De nombreuses fonctions non dérivables en 0 ont été représentées.

Question 14 : Un facteur de qualité compare la fréquence propre d'oscillation d'un système à son taux de dissipation. Le système étant ici conservatif, il n'y a pas de dissipation, et Q ne saurait être interprété comme un facteur de qualité. Dans environ 10% des copies, la dérivation par rapport à θ fait apparaître des dérivées temporelles rendant l'expression in-homogène. Il était rare voir figurer les mots "oscillateur harmonique".

Question 16 : Beaucoup de J' sont devenus J dans cette question. L'application numérique a rarement été abordée.

Question 17 : Une situation où les $n < N$ premières billes seraient maintenues immobiles, et où les $(N-n)$ billes au sommet de la chaîne oscilleraient peut être décrite à l'aide du modèle discuté ici, en considérant une tour de $(N-n)$ billes. En revanche, le modèle ne permet pas de décrire la propagation d'une onde - l'évocation d'une chaîne qui serpente a alors parfois été judicieusement proposée.

Question 23 : Une énergie potentielle gravitationnelle qui croît lorsque l'objet se rapproche du sol devrait amener le/la candidat.e à s'interroger sur la validité de sa réponse.

Question 24 : Le résultat est obtenu à partir de la seule énergie potentielle. Rajouter l'énergie cinétique de la tour de N billes nécessite soit de calculer le moment d'inertie de la structure, soit d'argumenter sur le fait que la stabilité statique de l'équilibre ne dépend pas des termes cinétiques (montrant au passage l'inefficacité de la démarche). Plusieurs candidat.e.s ont repris tel quel le calcul des questions 14-16 et réintroduisent parfois sans précaution le J' de la question 10.

Question 26 : Il est insuffisant de dire qu'une grandeur est petite, il faut préciser par rapport à quelle quantité et les deux quantités doivent être homogènes.

Question 27 : La re-démonstration de l'énergie potentielle de type élastique a souvent donné lieu à une erreur de signe. Par ailleurs, on a souvent vu apparaître le gradient de l'élongation...

Question 28 : L'expression de l'énergie emmagasinée par une fibre de section élémentaire, avant intégration sur la lame, n'a que rarement été proposée.

Question 33 : Les densités du papier et de l'eau ont parfois été judicieusement reliées pour conduire à un ordre de grandeur admissible.

Question 35: le facteur $1/2$ dans l'expression de l'énergie cinétique a souvent été omis.

Question 39 : Lorsque seule la condition au bord en 0 est considérée, la relation $\sin(2 k \pi) = 0$ ne permet pas d'affirmer que k doit être entier - les demi entiers vérifient également cette contrainte.