

2 - PHYSIQUE

2.2 - Épreuves écrites

2.2.D - PHYSIQUE II - Filière MP

I) REMARQUES GENERALES

Le problème était composé de trois parties totalement indépendantes, qui étudiaient des situations où intervient la dérivée de l'accélération, appelée « secousse ».

La première concernait l'expérience, assez classique qui consiste à tirer brusquement une nappe sur laquelle on a posé un objet (une assiette). Dans la seconde, les candidats étaient amenés à discuter du comportement de deux ressorts en série lorsqu'on applique une secousse à l'extrémité du système. La dernière partie posait le problème de la force de réaction due au rayonnement émis par une particule chargée accélérée.

Les remarques qui suivent, illustrées d'exemples glanés au cours de la correction, sont destinées aux futurs candidats; au delà du problème particulier qui change d'année en année, il demeure un ensemble de méthodes générales qu'il est indispensable de maîtriser, et des travers qu'il serait bon d'éradiquer.

I.1 - Questions du type « montrer que.. »

Certains énoncés de problèmes posent des questions sans donner d'indications sur la réponse attendue. D'autres, comme celui-ci, guident beaucoup les candidats et fournissent une bonne partie des résultats. Il va de soi que dans ce cas, une réponse exacte n'est pas suffisante; les correcteurs attendaient donc des démonstrations rigoureuses pour les formules à démontrer et des commentaires physiques pertinents.

Ainsi, pour la question 19, *interpréter* l'équation fournie ne signifie pas la paraphraser en remplaçant les symboles mathématiques par des mots; écrire simplement que l'énergie rayonnée est opposée au travail de la force de réaction ne suffit pas non plus; les correcteurs attendaient que l'on justifie cette égalité par un bilan d'énergie rigoureux dans lequel chaque terme est défini avec précision. Très peu de candidats ont vu que F_{rad} est la force exercée par le champ sur la particule et que l'énergie **reçue** par la particule de la part du champ s'exprime alors de deux façons :

$$- (\text{énergie rayonnée}) = \text{travail de } \mathbf{F}_{\text{rad}}.$$

Ces questions donnent trop souvent lieu à des réponses qui tiennent plus du bluff que de la démarche scientifique. Un tel comportement est à proscrire absolument car les correcteurs démasquent sans peine les séquences du type « {résultat intermédiaire faux} **donc** {résultat exact} », les « parachutages » d'équations non justifiées, les signes moins qui deviennent miraculeusement plus à la ligne suivante, et toutes autres manœuvres cousues de fil blanc; les points attribués à la question ne sont, bien sûr, pas donnés, et de plus le candidat perd toute crédibilité pour le reste de la copie.

En revanche, ceux qui à la question 8 ont avoué « *j'admets le résultat* $\alpha (t_c - t_1)^3 = 6 (R + r)$ » ont pu avoir les points attribués aux applications numériques.

I.2 - Questions qualitatives

Il ne faut pas confondre qualitatif et opinion subjective ou charabia approximatif. Un raisonnement qualitatif doit être rigoureux et s'appuyer sur des considérations précises. La question 9 en est un bon exemple.

Ceux qui se sont contentés d'affirmer péremptoirement « R_1 (ou R_2) se brise en premier » sans aucune justification n'ont eu aucun point pour cette affirmation.

D'autres se sont lancés dans des explications confuses comme cet émule de Nostradamus :
« *Si on tire doucement sur R_2 , le système a le temps de se stabiliser, c'est à dire de R_1 grandit autant que R_2 . Mais R_1 n'est tiré que du côté de la masse car la force exercé par le plafond est une force qui*

compense l'effort de R_1 . Mais R_2 lui sera tiré par l'utilisateur et par R_1 au travers de la masse. Subissant plus d'effort, R_2 cassera.

Si on tire rapidement cela va créer une sorte de vide dans lequel la masse tombera donc la force exercée sur R_1 augmentera, due à l'accélération de la masse et donc R_1 cassera. ».

Plus enraciné dans le concret, un autre propose une solution qui introduit d'autres hypothèses dans le modèle : « Si on tire plus rapidement c'est R_1 qui se brise en se détachant du plafond ».

Un autre, enfin, se contente de : « Physiquement, on peut dire que... (affirmation parachutée) ».

Il faut rappeler que la physique est au même titre que les mathématiques (et d'autres disciplines) une école de rigueur où l'analyse des phénomènes ne se réduit pas à une vague intuition ; l'adverbe « physiquement » ne peut servir à masquer une analyse imprécise.

Autre exemple à la question 30 :

« v est donc déterminée par la force extérieure aux instants postérieurs à t , ce qui est logique puisque cela traduit l'influence des forces depuis le début du mouvement, ce qui explique l'accélération »

Est-ce cela, la logique ? Plus généralement, il convient de se méfier des pseudo évidences, ou de locutions utilisés machinalement comme *par définition* :

« ...car par définition, la réaction tangentielle est opposée à la vitesse de glissement ».

Désolé, mais cela est une propriété de la réaction tangentielle (à condition de préciser de quelle vitesse de glissement il s'agit), mais cela ne peut être une définition même partielle.

Les questions qualitatives, ou d'interprétation sont en général bien dotées dans le barème, bien plus que celles qui ne portent que sur des propriétés mathématiques qui devraient être assez triviales pour un candidat MP. Il est donc formellement déconseillé de les sauter.

I.3 - Applications numériques

La remarque précédente vaut pour les AN et leur interprétation. Rappelons à ce sujet quelques vérités déjà largement ressassées mais qui ne semblent pas encore évidentes pour tous.

- Une valeur n'est petite ou grande que comparée à une autre de même nature.
- Il est aussi bon de connaître quelques valeurs typiques et d'avoir quelques points de repère, de façon à ne pas tirer de conclusion fautive d'une étude théorique exacte. Toujours pour la question 5 :
« $T = 11,4 \text{ N}$; un enfant ne pourrait jamais fournir une telle force équivalente au poids d'une masse de 100 kg ! ».

- Certains candidats n'ont toujours pas conscience que tous les chiffres d'un résultat numérique doivent avoir une signification. De façon caricaturale, on a vu à la question 14 la réponse :

$$\ll \alpha_L = 176,78 \text{ m.s}^{-3} \gg$$

Ce candidat aurait donc la faculté de faire une lecture précise à 10^{-5} près en valeur relative sur le graphique donné dans l'énoncé ? Il a, en fait, perdu « bêtement » quelques morceaux de point. L'opérateur humain doit rester maître de sa calculatrice au lieu de se laisser entraîner par elle à écrire n'importe quoi.

- Plus surprenant à ce niveau, on a vu certaines réponses inhomogènes par suite d'un mélange entre résultat littéral et application numérique, comme aux questions 3 et 4 :

$$\ll x_a = \frac{1}{2} f g t^2 = t^2 \gg (!) \text{ sous prétexte que les valeurs de } f \text{ et } g \text{ étaient telles que } fg = 2 \text{ m.s}^{-2}.$$

Même si dans un système d'unités déterminé la valeur numérique de x_a et celle de t^2 coïncident, il n'est pas possible d'affirmer l'égalité entre une distance et un temps au carré.

I.4 - Rigueur des définitions

Un résultat exact repose sur un raisonnement rigoureux portant sur des objets définis avec rigueur. Cette qualité intellectuelle essentielle (pas seulement dans le domaine scientifique!) est hélas souvent malmenée. Nous sommes conscients que les candidats sont dans des conditions de stress qui peuvent expliquer certaines bizarreries, mais les correcteurs ne peuvent que les sanctionner. Par exemple :

« La vitesse de glissement s'oppose au mouvement de la nappe »

Faut-il rappeler que la vitesse de glissement **du solide A par rapport au solide B** est opposée à la force de frottement **exercée par B sur A** ? Si on ne précise pas de quelle vitesse de glissement et de quelle force il s'agit, l'affirmation n'a aucun sens.

Question 10 : Que peut signifier la « force du ressort » ou la « force appliquée au ressort » ? Au système mécanique {ressort} sont appliquées deux forces qui sont opposées dans le cas du ressort de masse nulle. Il est donc indispensable de préciser « force exercée par R_1 sur la masse m », etc..

Il est en revanche possible de parler de la *tension* du ressort, cette grandeur scalaire et intensive étant définie sans ambiguïté : la tension est positive si le ressort est tendu, négative s'il est comprimé.

De plus, on attendait à cette question que les candidats n'appliquent pas sans justification la force F à la masse m ; en appliquant le théorème de la résultante cinétique au ressort R_2 de masse nulle, on justifie que la force exercée par R_2 sur m est égale à F et que $F = T_2 \mathbf{i}$.

II) REMARQUES PARTICULIERES

- Question 3 : Certains écrivent que, le déplacement et la vitesse de l'assiette étant négligeables, son accélération est nulle ; c'est bien évidemment faux car $x_a = \frac{1}{2} a t^2$ tend vers 0 pour $t \rightarrow 0$ même si a est non nulle.

- Question 21 : l'identification entre F et $m \tau da/dt$ est possible car la relation intégrale est vraie pour tout (t_1, t_2) et toute valeur de v .

- Question 10 : On voit certains candidats (MP, rappelons-le) appliquer les conditions initiales, non à la solution de l'équation différentielle complète, mais à la solution de l'équation sans second membre..

- L'ironie n'est pas franchement à conseiller ; au moins ne s'y aventurer qu'à coup sur ! On a trouvé pour la question 5 :

« Le seul enfant capable de réussir l'expérience s'appellerait Hercule car $F \gg 1$ »

Joli « flop » ; notre humoriste ne sait donc pas que « $F \gg 1$ » est grossièrement inhomogène ?

Arrêtons-là ce catalogue (très partiel) de perles et terminons sur une note optimiste en citant des remarques intéressantes et donc valorisées par le correcteur.

Question 5 :

« la formule trouvée pour x_n implique $x_n < 0$ pour t très petit ; ce résultat paradoxal est certainement lié à l'hypothèse du glissement dès $t = 0$ » Bien vu et bravo !

« la modélisation est approximative : le frottement n'a plus la même expression lorsque l'assiette est partiellement en contact avec la table ». Tout à fait exact.

Question 24 :

« Pour que la modélisation proposée soit exacte, il faut que $\mathbf{a}(t_0) = \mathbf{0}$ » Bonne remarque.

Notons au passage que ces excellentes remarques sont brèves. La concision est aussi une qualité attendue d'une bonne copie.

III) CONCLUSION

L'impression finale du correcteur est comme toujours mitigée. Elle est globalement pessimiste sur l'ensemble des copies : entorses graves à la rigueur scientifique, copies indigentes, ignorance des bases de la mécanique ou des bilans d'énergie.

Si on se limite au tiers supérieur (soit à peu près aux admissibles), l'impression prend un tour nettement plus optimiste. Ces copies, bien que loin d'être parfaites, proviennent de candidats qui ont compris l'essentiel et

qui sont capables de raisonnement scientifique. Les correcteurs leurs doivent de ne pas être sortis totalement déprimés de leur travail de correction, et leurs présentent leurs vœux de réussite pour la suite de leurs études.