

2.2 - Epreuves écrites

2.2. A - PHYSIQUE I - Filière MP

I) REMARQUES GENERALES

Le problème abordait deux moyens de transport hypothétiques. Le premier relevait de la mécanique du point. La mécanique du solide intervenait dans le second.

Le premier, appelé métro gravitationnel, permet de se déplacer rapidement dans un tunnel entre deux points de la surface de la Terre.

Le second, appelé ascenseur spatial, permet d'aller facilement de la Terre vers l'espace.

Aucune question ne nécessitait de raisonnement très complexe. Un étudiant connaissant bien son cours pouvait avoir une excellente note.

La rédaction est globalement meilleure que les années précédentes. Néanmoins, certains candidats n'encadrent aucun résultat prenant alors un double risque.

Un résultat correct, perdu au milieu d'un fouillis d'équations, peut passer inaperçu et ne pas rapporter de points. En obligeant le correcteur à scruter les détails de la copie, on attire son attention sur les incohérences de calcul ou de raisonnement.

L'expression « on a » est couramment utilisée en mathématiques pour introduire une énumération d'hypothèses. Par déformation, de nombreux candidats commencent systématiquement leurs réponses par « on a », quel que soit ce qui suit, produisant ainsi des phrases incohérentes. Une copie qui commence par « on a la Terre est à symétrie sphérique » produit forcément un effet désastreux.

Pire encore, certains candidats sont des adeptes du « on a que », comme dans « on a donc que \vec{g} est colinéaire à ».

Pour être clair, il suffit de faire des phrases simples (sujet, verbe, complément) : Le vecteur \vec{g} est donc colinéaire à, par exemple.

Les applications numériques demandées étaient nombreuses et représentaient au total un quart des points du barème. Il fallait respecter les trois chiffres significatifs demandés par l'énoncé, sous peine de n'avoir que la moitié des points, voire aucun point si le nombre de chiffres donnés était farfelu (certains candidats recopient tous les chiffres donnés par la calculatrice !).

Les applications numériques sont destinées à susciter des commentaires *pertinents* de la part des candidats.

En fin de seconde année de CPGE, on ne peut pas se contenter de dire c'est grand, c'est petit, c'est peu, c'est beaucoup ou c'est colossal. De tels commentaires, sans valeur scientifique, ne peuvent rapporter de points. Il faut donner des comparaisons chiffrées comme : c'est 100 fois plus grand que telle chose usuelle.

Nous y reviendrons question par question.

II) REMARQUES PARTICULIERES

Pour chaque question, nous indiquons entre parenthèses le pourcentage de réussite (une question non traitée étant considérée comme non réussie).

Question 1 : (75 %) Les symétries et invariances de \vec{g} sont souvent bien traitées, mais parfois de façon trop longue. Il suffisait de citer les bons plans de symétrie et ainsi que l'invariance selon θ et φ . Le théorème de Gauss est souvent donné au signe près car la notion de flux *sortant* échappe visiblement à de nombreux candidats.

Question 2 : (85 %) Il fallait justifier proprement la forme donnée pour E_p . Cela passait obligatoirement par $\delta W = \vec{F} = -E_p$ ou $\vec{F} = -E_p$. Des candidats espèrent s'en sortir en disant simplement par intégration de F . Pire encore, certains raisonnent sur la norme de \vec{F} , alors que le signe est indispensable pour définir une énergie (sinon, comment interpréter les minima ?). On trouve des intégrales sans élément différentiel, ainsi que des dérivées temporelles de E_p au lieu de dérivées spatiales. De telles lacunes sur une notion aussi fondamentale que l'énergie ne

devraient pas exister en fin de CPGE. Les candidats intellectuellement malhonnêtes sont sanctionnés. Nombreux sont ceux qui ont une expression erronée de la force et qui, pourtant, trouvent l'énergie potentielle demandée.

Question 3 : (70 %) La question précédente invitait à utiliser la méthode énergétique. Les candidats qui l'ont fait ont traité la question sans problème. Une bonne partie des candidats a utilisé la deuxième loi de Newton. Malheureusement, l'énoncé définissait $\vec{P}H = x(t)$, ce qui est inhabituel. Ainsi, x était positif lorsque P était à gauche de l'origine H et sa vitesse et son accélération étaient respectivement les opposées de \dot{x} et \ddot{x} . Très peu de candidats (moins de 5 %) l'ont remarqué, ce qui a donné lieu à une roulette russe sur les signes dans la seconde loi de Newton. **Pour ne pas pénaliser tout le monde, le jury a été très indulgent. Malencontreusement, l'énoncé déclarait : la seule force qui s'applique sur P est la force de gravitation au lieu de la seule force qui travaille. Cette erreur de vocabulaire a souvent conduit à l'écriture de la relation $m\ddot{x} = mg(r)$, qui est bien sûr fausse car les vecteurs ne sont pas colinéaires. Heureusement, une projection providentielle sur faisait rentrer les choses dans l'ordre. Là encore, le jury a fait semblant de ne pas voir cette incohérence dans les copies, puisque celle-ci était imputable à une inexactitude d'énoncé. Quelques très rares candidats ont relevé l'incohérence en faisant intervenir la réaction normale des parois du tunnel. Le jury les a gratifiés d'un bonus.** On peut déplorer que les candidats ne fassent pas preuve de bon sens : une masse soumise à la seule force de gravitation et lâchée sans vitesse initiale devrait plonger vers le centre de la Terre. Nombreux sont ceux qui donnent la solution sinusoïdale à l'équation (fausse) $\ddot{x} - \omega^2 x = 0$.

Question 4 : (65 %) Le résultat correct est souvent donné, malgré une incohérence fréquente sur le signe (voir question 3), qui donne aux candidats une vitesse *décroissante* dans la première phase du mouvement, alors que la masse est clairement en train d'accélérer. Des valeurs absolues providentielles et l'indulgence du jury ont permis un score acceptable pour cette question. Ici encore, les candidats qui ont fait preuve de bon sens ont été récompensés par un bonus.

Question 5 : (46 %) Les candidats qui ont la bonne formule pour la vitesse (éventuellement au signe près) ont bien réussi la question. Nombreux sont ceux qui ont été pénalisés par le non respect des trois chiffres significatifs pour l'application numérique.

Question 6 : (43 %) De nombreux candidats justifient que la norme de vitesse est constante par le fait que la force appliquée est centrale *et a une norme constante sur le trajet*. Seul le premier des deux arguments est correct et une telle réponse est considérée comme fausse. Les candidats doivent savoir qu'il ne faut pas livrer les arguments en bloc. Le jury attend une justification rigoureuse, surtout sur une question de niveau terminale S.

Question 7 (20 %) Question traitée sans problème par ceux qui avaient abordé correctement les questions précédentes. Le jury attendait une comparaison explicite de la durée du trajet (environ 50 minutes pour aller d'un bout à l'autre de la Terre) avec la durée usuelle d'un tel trajet (une douzaine d'heures par avion). Trop de candidats se contentent de : le trajet est très court, ce qui ne leur a pas rapporté de points.

Question 8 : (26 %) La formulation de l'énoncé (tunnel radial ou circulaire) était ambiguë. Tout calcul cohérent donnant un ordre de grandeur numérique correct a été accepté. Il fallait comparer le volume trouvé (environ $7 \cdot 10^8 \text{ m}^3$) à un volume connu (montagne, piscine olympique, tunnel sous la Manche, etc.) pour rendre compte de l'énormité du projet. Notons qu'une fraction non négligeable de candidats ne sait visiblement pas que l'aire d'un disque est $S = \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2$. Certains se contentent de multiplier la longueur du tunnel par son diamètre pour calculer le volume, malgré une évidente erreur d'homogénéité.

Question 9 : (44 %) Cette question a été traitée sans problème par les candidats qui ont pris la peine de poser correctement l'équation aux dimensions $[F] = [\rho]^\alpha [v]^\beta [L]^\gamma$.

Question 10 : (12 %) La puissance $P = \vec{F} \cdot \vec{v}$ est souvent connue mais la suite du raisonnement a eu peu de succès. Certains candidats, qui commencent bien, concluent, suite à une simple erreur de calcul, en proposant une

pression dans le tunnel de plusieurs centaines ou milliers de bars. En raisonnant physiquement, on pouvait prévoir que masse volumique, et donc la pression dans le tunnel devait être beaucoup plus *faible* que sur Terre afin de minimiser les frottements sur le métro à très grande vitesse. Il faut toujours tester qualitativement si les valeurs numériques trouvées ont un sens.

Question 11 : (60 %) La définition de l'orbite géostationnaire est trop souvent imprécise, mais le calcul de son rayon est souvent correct. Certains candidats, qui donnent une définition complètement erronée de l'orbite géostationnaire, arrivent au bon rayon. Comprennent-ils ce qu'ils calculent ?

Question 12 : (20 %) Le champ de pesanteur (gravitation + accélération d'inertie d'entraînement) et la tension dépendent de la position r sur le câble. Par conséquent, seul un raisonnement *local*, sur un élément $[r, r + r]$, pouvait mener au résultat. Les nombreuses tentatives de raisonnement *global* sur tout le câble ont échoué. Les forces d'inertie d'entraînement ont souvent été oubliées, faute d'avoir précisé le référentiel.

Question 13 : (12 %) Les valeurs numériques demandées sont souvent données avec un nombre de chiffres significatifs erroné. La question sur le module d'Young, hors-programme, n'a presque jamais été abordée.

Question 14 : (15 %) Cette question de cinématique élémentaire rapportait beaucoup de points, notamment grâce aux applications numériques. Le résultat est très décevant. Sous prétexte que l'accélération valait $a = 1,00 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, de nombreux candidats n'ont pas écrit le a dans les calculs. Ils ont été sanctionnés. Il ne faut jamais mélanger le numérique et le littéral, au risque de faire des fautes d'homogénéité.

Question 15 : (7 %) La majorité des candidats répond : puisque z varie peu, la force de gravitation est quasiment constante. Les expressions varient peu et quasiment constante sont irrecevables. Il fallait donner *une valeur numérique* de la variation relative de $|\vec{G}|$. En ce qui concernait la force à négliger, beaucoup de candidats ont répondu au hasard, sans justification numérique. Pour le bien-être de tous, rappelons que, dans un ascenseur, il vaut mieux que la tension du câble ne soit pas négligeable devant le poids de la cage d'ascenseur.

Question 16 : (8 %) Les candidats n'ont pas précisé le référentiel ni fait de bilan des actions sur l'ascenseur. Faute d'arguments solides (il fallait invoquer la force de Coriolis), ils ont avancé des explications souvent pleines de non-sens physiques. Le jury a alors pu constater que les candidats n'ont en général pas compris que le câble, qui s'étend bien au delà de l'orbite géostationnaire, reste tendu naturellement par la force d'inertie axifuge.

Question 17 : (32 %) Le résultat est souvent donné au signe près. Beaucoup de candidats traduisent bien la relation de non glissement, mais continuent en déclarant que $\vec{v}(I \in \text{fil}) = \dot{z}$, ce qui est faux dans le référentiel terrestre. Leur démonstration est alors non recevable.

Questions 18 et 19 : (2 %) Comme souvent, la mécanique des systèmes a fait des ravages. Si la question a souvent été abordée, presque aucun candidat n'a suivi la méthode enseignée. Il faut préciser le système, le référentiel, faire un bilan des actions mécaniques, puis énoncer clairement le théorème utilisé, en précisant en quel point pour le théorème du moment cinétique. L'action du câble sur les cylindres a été presque systématiquement oubliée. C'est pourtant grâce à sa composante tangentielle que l'ascenseur peut monter !

Question 20 : (0,5 %) Très rarement abordée, cette question devait être résolue par une application numérique.

III) CONCLUSION

Dans cette épreuve, le barème a permis de classer efficacement les candidats. Pour les futurs candidats au concours, le jury aimerait rappeler les conseils suivants.

Pour la mécanique, il faut faire des schémas, vérifier les orientations (cf. question 3) et représenter les forces (cf. questions 18 et 19). Toujours écrire une phrase d'introduction avant un calcul. Cette phrase doit contenir le nom

de la loi ou du théorème appliqué. Vérifier l'homogénéité des résultats.

Vérifier qu'un vecteur est égal à un autre vecteur et non à un scalaire. Toute intégrale doit contenir un élément différentiel. Encadrer le résultat final. A la fin de chaque question, relire rapidement ce que l'on a écrit pour vérifier que les explications sont claires et cohérentes avec ce qui précède.

L'expérience montre que les candidats qui suivent ces conseils obtiennent de bonnes notes.