

PHYSIQUE I - Filière MP

I) REMARQUES GENERALES

Le sujet proposé comportait trois problèmes indépendants sur la mécanique du solide et la statique des fluides dans un référentiel non galiléen. Cependant on peut découvrir quelques analogies dans le traitement de certaines questions.

Nous avons constaté que les difficultés rencontrées par les candidats proviennent essentiellement :

- de connaissances élémentaires insuffisantes en mathématiques : résolution d'équations différentielles simples, primitive d'une fonction avec un vecteur dont la direction varie ...
- d'une analyse physique des conditions aux limites souvent inexactes. Les sciences physiques ne sont pas que discussion, encore faut-il avoir un raisonnement reposant sur une réflexion cohérente.

Les correcteurs ont été sévères pour les candidats qui maquillent leur résultat pour arriver à la formule demandée. En revanche, ils considèrent avec bienveillance ceux qui constatent leur erreur de raisonnement.

Il est regrettable que les candidats ne vérifient pas l'homogénéité des relations trouvées, cela aurait pu éviter bien des déboires à certains.

Les candidats doivent également réaliser que les réponses aux questions demandant de rétablir un résultat fourni par l'énoncé ne sont pas évaluées de la même façon que celles consistant à établir une relation que le texte ne donne pas. Dans le premier type de questions, ce sont bien évidemment les qualités de la rédaction, la rigueur de l'argumentation qui sont prises en compte, et non pas l'obtention du résultat, parfois de façon plus ou moins miraculeuse, à la dernière ligne de calculs parfois illisibles et/ou inextricables.

En mécanique, on devra attacher de l'importance aux points suivants :

- la précision du référentiel d'étude, l'indication de son caractère galiléen ou non ;
- la définition précise du système mécanique étudié ;
- le bilan exact des actions subies par ce système en cohérence avec le choix du référentiel choisi (en évitant notamment de faire intervenir des forces d'inertie dans un référentiel galiléen !) ;
- l'écriture du théorème de la mécanique utilisé avec des notations convenables : les grandeurs vectorielles doivent être représentées par des caractères surmontés d'une flèche, et on évitera absolument l'emploi d'une même notation (sans flèche) pour désigner tour à tour un vecteur, sa norme et sa projection sur tel vecteur unitaire !

Notons enfin que les confusions entre référentiel d'étude et repère de projection sont fréquentes.

Les notions de condition initiale et de condition limite sont souvent invoquées l'une pour l'autre.

L'amélioration de l'orthographe est certaine. Cependant certaines copies sont encore un peu trop illisibles.

De façon générale, les candidats ont souvent abordé avec plus ou moins de succès l'ensemble de l'épreuve.

Nous avons trouvé de très bonnes copies mais aussi de très mauvaises. On peut se demander comment après deux ans voire trois ans de classes préparatoires, ces candidats ne peuvent pas répondre aux questions les plus élémentaires du problème.

II) REMARQUES PARTICULIERES

Ces remarques concernent les principales difficultés dans certaines questions :

1. La formule générale de la statique des fluides $\text{grad } p = \mathbf{f}$ (volumique) n'est pas au programme de première année. Bon nombre de candidats la connaissent mais l'appliquent très mal. La démonstration de la formule proposée a été souvent l'objet de calcul farfelu. En particulier le bilan de force est réalisé sur une couronne de rayon r , d'épaisseur dr et de hauteur H , $d\mathbf{f} = dp \, d\mathbf{S}$;

- oubli de préciser le référentiel choisi,
- confusion entre force de Coriolis et force d'entraînement

Les correcteurs ont donc été très bienveillants sur cette question.

Pour la dépendance de p avec la cote z , nous attendions un petit raisonnement simple en considérant par exemple le cas simple d'un fluide incompressible et non pas des justifications de symétrie, de poids qui compense la force d'Archimède

2. Question traitée par la plupart des candidats à part quelques exceptions. Pour les questions suivantes les candidats confondent m la masse d'une molécule de fluide et la masse du fluide

3. Question souvent incomprise.

Certains candidats expriment la conservation de la masse volumique. D'autres font appel à des formules savantes de mécanique des fluides $\text{div } \boldsymbol{\mu} \mathbf{v} + \partial \boldsymbol{\mu} / \partial \mathbf{t} = \mathbf{0}$. Le facteur de Boltzmann intervenant dans la relation a rarement été reconnu.

4. Une minorité de candidats recherche la constante d'intégration en se référant à l'état de repos : ce n'est plus le même problème, car la "constante" d'intégration dépend a priori de la vitesse de rotation $\boldsymbol{\omega}$!! Attention aux affirmations dogmatiques du type : " On ne peut pas déterminer la constante d'intégration. ", suivie d'un point final.

Cette question, ainsi que les 5. et 7. ont fait apparaître des confusions entre la situation où le fluide est un gaz parfait, et la situation où le fluide est incompressible, ou peu compressible.

5. Le coefficient de compressibilité isotherme est mal défini. Il s'ensuit que le résultat $\chi_T = -\chi_0$ ne donne lieu à aucun commentaire.

6. Il faut d'après le texte intégrer la relation [1] par séparation de variables et ensuite faire l'approximation à l'ordre un. Bon nombre de candidats ont donné une résolution un peu simpliste sans justifier leur approximation.

7. Si l'écriture de la conservation de la masse est ici le plus souvent correcte, le résultat du calcul de K est souvent inexact : la formule trouvée est inhomogène. Peu de candidats ayant obtenu l'expression correcte de K ont su faire remarquer que cette solution approchée ne dépendait pas de χ_0 , on pouvait passer à la limite $\chi_0 \rightarrow 0$, et obtenir ainsi le comportement du fluide incompressible. Cette même incapacité s'est manifestée à la question 16.

9. Question souvent convenablement traitée.

10. Evidemment la relation donnée était incorrecte mais la plupart des candidats abordant cette question ne s'est pas laissé surprendre.

Certains retrouvaient la relation $mc_{GP}^2 = k_B T$ de façon étonnante : $\frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} k_B T$ or $c = v$ donc ..., ou encore trouvaient la relation demandée sans avoir mentionné l'anomalie de l'énoncé.

La levée du paradoxe portant sur le comportement incompressible du gaz parfait demandait un certain recul dont quasiment aucun candidat n'a su faire la preuve. A noter que cette question nécessitait

de recourir à un DL au deuxième ordre du dénominateur de l'expression fournie en 3 pour retrouver l'expression trouvée en 7.

11. La définition de la tension était donnée avec suffisamment de précision dans l'énoncé. $T(r)$ était la projection de $\mathbf{T}(r)$ suivant l'axe radial. Cela revenait aussi à considérer le poids négligeable et donc d'admettre que $T(r)$ est radial.

Ecrire simplement $dT + \lambda dr r \omega^2 = 0$ sans justification n'est pas une démonstration.

Le bilan des actions mécaniques subies par un élément "dr" de tige faisait souvent intervenir $\mathbf{T}(r)$ au lieu de son opposé, ce qui n'empêchait pas les candidats d'obtenir le bon signe lors de la projection sur le vecteur unitaire radial \mathbf{u}_r .

Trop souvent, la quantité "dT", (voire **grad** T !) est apparue sans aucune justification.

12. 13. et 14. Confusion sur les conditions aux limites. Lorsque la barre est reliée ou non à un support, le principe d'interaction peut justifier une condition aux limites. On a souvent rencontré l'erreur du type "la tige est fixée en 0, donc $t(O) = 0$..."

Les solutions sont souvent inexactes en contradiction avec les commentaires des candidats.

15. La résolution de l'équation différentielle est abordée avec équation sans second membre et méthode de la variable de la constante alors qu'il suffisait de séparer les variables et de faire l'approximation ensuite.

16. Question souvent bien traitée avec de bons résultats

17. et 18. Le théorème du moment cinétique est bien appliqué. Encore quelques rares candidats qui considèrent le moment de la quantité de mouvement comme moment cinétique de la barre ou qui le rajoute à $J_0 \ddot{\theta}$.

Il en est de même pour le théorème de l'énergie cinétique appliqué sous la forme : $dE_C/dt =$ Puissance des forces. Il est dommage de ne pas définir l'énergie mécanique et de préciser sa constante car cela permet par la suite de terminer les calculs. Encore quelques candidats pour qui :

$$E_C = \frac{1}{2} mv_G^2 \text{ ou } E_C = \frac{1}{2} J_0 \dot{\theta}^2 + \frac{1}{2} mv_G^2.$$

Le fait de trouver des résultats différents par les deux méthodes semble peu déconcerter les candidats ou ne donne lieu à aucun commentaire ?

19. L'application du théorème du centre d'inertie est appliquée convenablement mais un bon nombre de candidats ne voit pas le lien avec les expressions de $\dot{\theta}$ (fonction de θ) et $\ddot{\theta}$ (fonction de θ).

D'autres candidats écrivent que $\mathbf{R} + \mathbf{P} = \mathbf{0}$ en considérant la cheminée immobile dans la position θ ??

20. L'énoncé était, il est vrai, ambigu car une liaison pivot était mal adaptée pour décrire l'action du sol sur la cheminée. Les examinateurs ont admis les solutions $R_u = 0$ ou $R_x = 0$. Certains candidats traduisent cette relation en exprimant $\cos(\theta)$ en fonction de $\dot{\theta}$ et $\ddot{\theta}$ sans se préoccuper du sens de leurs résultats.

Les résultats de cette question sont nécessaires pour bien traiter les questions suivantes.

21.22 et 23. Des calculs rigoureux permettent de trouver les bons résultats.

Le tracé de la courbe montre que l'effort de cisaillement est le plus important à la base de la cheminée, et non au point où la dérivée de Sv s'annule.

24. La question n'est pratiquement pas abordée ! Il est dommage de perdre des points, car les candidats pouvaient fort bien utiliser la relation fournie par le texte pour établir le lieu de la cheminée subissant une torsion maximale.

Les examinateurs attendaient un commentaire des photos en les reliant aux résultats des questions 22 et 24. Ce commentaire n'a été que rarement fourni.

III) CONCLUSION

Ce sont toujours les mêmes :

-Lire le texte et le relire au cours de la résolution car des informations sont souvent données que l'on occulte en première lecture

-Eviter des commentaires trop longs

-Réfléchir sur le résultat d'un calcul

- S'appliquer à rédiger correctement et soigner la présentation des résultats

Toute réponse à une question est notée même si les précédentes n'ont pas été traitées. Lorsqu'on est bloqué dans une progression, pour gagner des points, il faut savoir rechercher dans tout le problème des questions dont on peut donner une solution.