

# Physique

## Présentation du sujet

Le sujet est constitué de quatre parties indépendantes dont le centre d'intérêt consiste en l'étude de l'impact d'un bolide sur la Terre. Les thèmes abordés — mécanique du point, mécanique des fluides, statique des fluides, thermodynamique, ondes sonores, physique des ondes — appartenaient aussi bien au programme de première année que de seconde année.

## Analyse globale des résultats

Le sujet est progressif et les quatre parties ont été traitées par les candidats avec des succès divers notamment la partie I) concernant la mécanique du point, ainsi que les bilans macroscopiques proposés dans la partie III). De nombreuses questions demandaient de faire des applications numériques : le jury a sanctionné les résultats qui ne respectaient pas un nombre de chiffres significatifs conforme à l'énoncé ou au bon sens.

## Commentaires sur les réponses apportées

### Partie I

**I.A.1** Certains candidats ont cru que le simple fait de parler de la transitivité d'un référentiel galiléen (« Un référentiel galiléen est un référentiel en translation rectiligne uniforme par rapport à un autre référentiel galiléen ») suffisait à le définir. D'autres présentent plutôt une version optimiste d'un tel référentiel : « Un référentiel galiléen est un référentiel où tout se passe bien »). Il était en fait demandé de citer, en entier, le principe d'inertie.

**I.A.3** Donner sans aucun calcul la vitesse  $v_T$ , ou la troisième loi de Kepler ou l'expression de l'énergie ne permettait pas d'obtenir les points de cette question. Le jury attendait une véritable démonstration par l'écriture du principe fondamental de la dynamique puis la résolution. On rappelle que l'accélération dans le repère de Frenet est hors programme et que son utilisation (non indispensable ici) nécessite une démonstration.

**I.B.2** Beaucoup d'erreurs de signe sur l'expression de l'énergie potentielle, ce qui rendait difficile la suite de cette partie. Par ailleurs, la nature de la trajectoire étant donné par le signe de l'énergie mécanique, le jury attendait sa détermination sur un cas particulier connu ( $r$  infini).

**I.B.3.a** L'application du théorème du moment cinétique pour le bolide en  $O$  permettait de répondre à la question.

**I.B.3.b** Il fallait justifier laquelle des deux racines était possible.

### Partie II

**II.A.1** Cette question n'a pas posé beaucoup de problème aux candidats.

**II.A.2** Question plutôt réussie même si certains candidats se trompent pour l'expression de  $H_a$ .

**II.A.3** Attention aux erreurs de lecture : certains candidats ont compris « calculer la masse volumique de l'air au niveau du sol et la hauteur  $H_a$  » par « calculer la masse volumique de l'air au niveau du sol et à la hauteur  $H_a$  ».

**II.B.1.a** Le nombre de Reynolds était très grand (de l'ordre de  $10^{11}$ ). L'argument  $Re \gg 1$  ne permettait pas de conclure que la vitesse est quadratique : c'est à partir de  $10^3$  que le coefficient de trainée est à peu près constant.

**II.B.1.b** Il était attendu une comparaison chiffrée des deux termes (poids du bolide et force de trainée). Rappelons que pour comparer deux grandeurs, il est impératif qu'elles aient la même dimension.

**II.B.2.a** Il ne fallait pas oublier que la force de trainée a tendance à freiner, ce qui signifie la présence d'un signe « moins » devant  $F_t$ . Cette erreur peut sauter aux yeux lorsque l'application numérique qu'elle engendre affiche une vitesse après freinage supérieure à la vitesse initiale. Cet état de fait a laissé trop de candidats sans réaction.

### Partie III

**III.B** Certains candidats, pour simplifier les calculs et la manipulation des opérateurs d'analyse vectorielle, ont malheureusement pris l'initiative de considérer que l'onde sonore était plane et donc ne dépendait que d'une seule variable d'espace. Cela ne pouvait pas rapporter de points.

**III.B.3.b** L'application numérique pour la célérité du son dans l'air a vu des résultats fantaisistes comme le très classique :  $c_a = 11 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  (il faut penser à exprimer  $M_{\text{air}}$  en  $\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$  et non pas en  $g \cdot \text{mol}^{-1}$ ). La culture scientifique devrait permettre d'éviter de faire ce genre d'erreur ou de se poser des questions sur le résultat. Le bon sens devrait provoquer un certain étonnement de réaliser qu'une voiture est à Mach 3 sur une route nationale avec cette valeur...

**III.C.2-4** Année après année, nous continuons de constater d'énormes difficultés pour les candidats lors du traitement des bilans macroscopiques. Le programme stipule très clairement — et l'énoncé le rappelait — qu'il est impératif de se ramener à un système fermé bien défini. Tout formalisme d'Euler et de Reynolds est à proscrire. Les différentes étapes du calcul doivent figurer sur les copies. Beaucoup de points ont été perdus par des candidats qui, voyant que la question ne prenant qu'une seule ligne, s'imaginaient que la réponse ne devait pas être bien plus longue.

**III.D** Les données de l'énoncé permettaient de continuer le sujet sans avoir nécessairement répondu correctement aux questions concernant les bilans macroscopiques.

### Partie IV

Cette partie a été la moins abordée même si certaines copies excellentes l'ont quand même traitée en quasi-totalité.

**IV.A-B** Les candidats arrivés jusque là ont plutôt réussi à trouver la vitesse de propagation  $c$  de l'onde de gravité.

**IV.C.1-2** Cette question un peu délicate a été déterminante pour la suite du sujet car le résultat n'est pas donné par l'énoncé.

## Conclusions

Il s'agissait d'un sujet long avec quelques questions délicates dans les parties III et IV qui pouvaient bloquer les candidats mais qui a permis aux meilleurs d'aller quasiment jusqu'au bout.

Comme tous les ans nous nous permettons de faire remarquer aux futurs candidats qu'il est possible d'obtenir une excellente note en faisant correctement et rigoureusement un nombre raisonnable de questions du sujet et qu'il est indispensable de parcourir rapidement l'énoncé en entier au début de l'épreuve pour voir quelles sont les parties les plus abordables.