

# Sciences physiques

## Physique I

L'épreuve de cette année abordait l'étude de la physique du manteau neigeux, sous ses aspects thermodynamique et mécanique. L'étude se concluait par l'étude du système ARVA de détection de personnes ensevelies.

Le sujet était très progressif, sa longueur très raisonnable ; la majorité des candidats a pu traiter la quasi totalité du sujet.

### Partie I - Formation de la neige dans l'atmosphère

Cette partie a été la plus abordée et la mieux réussie des trois.

#### I.A - Équilibre d'un corps pur sous deux phases

Cette partie rassemblait les questions de cours classiques sur l'enthalpie libre. La démonstration du minimum de  $G$  à l'équilibre n'est correcte qu'une fois sur deux, celle de la formule de Clapeyron qu'une fois sur trois.

#### I.B - Formation des cristaux de glace dans un nuage

Dans l'ensemble bien traitée. Un candidat sur cinq arrive cependant à conclure que la glace se liquéfie, malgré le titre de la partie. Nous ne pouvons que recommander à ceux-ci de bien s'imprégner du sujet avant de répondre aux questions.

#### I.C - Influence de la tension superficielle sur l'équilibre liquide vapeur

Cette partie était plus difficile. Si les résultats théoriques sont en général correctement établis, leur interprétation est souvent confuse. Beaucoup concluent même sur la taille des gouttes formées, ce qui n'était pas du tout l'objet de la dernière question.

### Partie II - À propos des avalanches

Cette partie de mécanique élémentaire a été beaucoup moins réussie.

#### II.A - Rôle des coefficients de frottements

De nombreuses confusions ici. Un nombre étonnant de candidats semble ne pas comprendre la distinction entre les deux coefficients de frottement, d'où découlait l'impossibilité d'appréhender correctement cette partie. Seuls trois candidats sur cinq arrivent à  $\tan \alpha = \mu_s$ , résultat pourtant très classique.

#### II.B - Modèle de frottement sur sol rugueux

Le début facile a été globalement correctement traité. L'interprétation correcte du choc mou est par contre demeurée trop rare, par un manque de rigueur dans les projections essentiellement.

#### II.C - Dynamique de l'avalanche

Cette partie sans difficulté, mais qui nécessitait d'avoir correctement compris les précédentes, a permis aux meilleurs de faire la différence.

### Partie III - Appareil de recherche des victimes d'avalanches

Cette dernière partie a été moins abordée et très diversement réussie.

#### III.A - Champ rayonné par une petite antenne

Le calcul classique du champ d'un dipôle est trop souvent entaché d'erreur de signe, et l'équation des lignes de champs abordée mais malheureusement erroné. La distinction entre zone de rayonnement et zone statique a prêté à de très nombreuses confusions.

#### III.B - Localisation de la victime

Cette partie intéressante ne nécessitait pas de connaissances particulières. Il s'agissait simplement d'illustrer graphiquement la stratégie d'un sauveteur. Le résultat est assez décevant, l'imagination débordante de certains étant à l'opposé du simple bon sens demandé ici.

Le sujet proposé cette année était donc relativement court par rapport aux années précédentes, et de difficulté très raisonnable. Les meilleurs candidats ont pu ainsi traiter correctement la quasi totalité du sujet.

Les autres ont en général montré une certaine dextérité dans les calculs simples. La différence s'est alors faite sur l'interprétation des

résultats. De nombreuses questions y étaient consacrées. Cette interprétation, parfois remarquable, souvent maladroite voire absente, est pourtant la marque d'une bonne formation scientifique. Dans ce problème, elle était indispensable pour obtenir une bonne note. Nous invitons les futurs candidats à en tenir compte et à travailler dans ce sens à l'avenir.

## Physique II

Le problème étudie le principe d'un appareil mesurant la vitesse verticale d'un aéronef.

### Partie I - Préliminaire

Question I.A. Il s'agissait ici d'établir l'expression du champ de pression dans une atmosphère en équilibre isotherme dans un champ de pesanteur uniforme, puis de donner une approximation affine de ce champ de pression au voisinage d'une altitude  $z_0$ .

Cette question pourtant classique s'est révélée sélective, certains candidats n'ayant pas vu que la masse volumique dépend de l'altitude, d'autres échouant dans l'écriture d'un développement limité de l'exponentielle à l'ordre 1. Parmi ces derniers, un contrôle d'homogénéité dimensionnelle aurait permis d'éviter quelques erreurs grossières.

Question I.B. Cette partie était consacrée à l'établissement de la loi de Poiseuille reliant le débit à l'écart de pression dans un tube cylindrique pour un écoulement supposé laminaire.

Là encore, il s'agissait d'une question classique, à la portée de la plupart des candidats, mais qui s'est néanmoins révélée sélective, en raison d'une qualité de rédaction souvent insuffisante. Signalons parmi les principaux défauts rencontrés :

- des négligences dans les notations (flèches sur les vecteurs, parenthèses dans l'écriture de l'accélération convective...);
- une absence de justification des équations proposées ( $\text{div } \vec{v} = 0$  parce que l'écoulement est incompressible,  $\vec{v}(a) = \vec{0}$  parce que l'écoulement est visqueux...);
- un oubli des constantes d'intégration lors de la résolution des équations différentielles;
- définition du nombre de Reynolds invoquant la longueur du tube et non les dimensions transversales pour la longueur caractéristique de l'écoulement.

### Partie II - Variomètre à tube capillaire

Question II.A. Le principe de l'appareil est d'obtenir une proportionnalité entre la vitesse verticale et la différence de pression entre les deux extrémités d'un fin tube cylindrique, l'une des extrémités étant reliée à un réservoir de volume constant, et l'autre ouverte sur l'atmosphère.

Pour obtenir des résultats compatibles avec les indications de l'énoncé, certains candidats jonglent avec les changements de signe ou les remplacements d'un paramètre par un autre ( $P_{\text{int}}$  qui devient  $P_{\text{atm}}$ ...); ce genre de pratique est à déconseiller formellement et est sévèrement sanctionné comme il se doit.

Question II.B. Il s'agissait d'étudier un dispositif mécanique permettant de lire la vitesse verticale au moyen d'un afficheur à aiguille. La discussion porte essentiellement sur l'obtention d'un système ayant une réponse satisfaisante lorsque la vitesse verticale varie au cours du temps.

Certains candidats n'ayant pas obtenu l'équation différentielle d'évolution de  $P_{\text{int}}(t)$  ont eu le bon réflexe de déterminer la constante de temps  $\tau$  par analyse dimensionnelle. La résolution de l'équation différentielle d'ordre 1 avec second membre fonction affine du temps a été dans l'ensemble une difficulté insurmontable. Mais on doit aussi déplorer un taux d'échec difficilement excusable dans l'expression de la solution générale d'une équation différentielle linéaire homogène d'ordre 2 à coefficients constants.

La question B.5., ouvrant la possibilité d'une intéressante discussion sur les ordres de grandeur, a permis de récompenser les candidats pour qui une application numérique n'est pas un simple calcul, mais une étape déterminante dans un raisonnement de physicien.

L'étude fréquentielle du dispositif n'a généralement pas été traitée de façon satisfaisante. Les rares candidats ayant établi l'expression de la fonction de transfert n'ont pas été en mesure d'en déduire le domaine de fréquence correspondant au comportement satisfaisant du variomètre.

### Partie III - Variomètre à affichage électronique

Question III.A. Il s'agit d'une étude élémentaire d'un capteur de déplacement capacitif différentiel.

Compte tenu des indications de l'énoncé, cette question était facile, mais tout le monde n'a pas su en tirer profit, en particulier les candidats donnant une unité fantaisiste pour la capacité.

Question III.B. Cette partie est consacrée à l'étude d'un oscillateur à pont de Wien, avec une amélioration du dispositif par utilisation d'un dipôle non linéaire réalisé par association tête bêche de deux diodes Zener.

Il y a souvent confusion entre les propriétés de l'AO idéal et les conditions de fonctionnement en régime linéaire. La mise sous forme canonique de la fonction de transfert du filtre de Wien a rarement été effectuée, ce qui a conféré une rareté certaine à la détermina-