

CC1
Panorama sur la Physique
17 Octobre 2024 — PréIng1

Durée : 45 minutes (1h en cas de tiers temps)

Sont interdits :

- les documents ;
- tous les objets électroniques (calculatrice, téléphone, tablette, ordinateur...) de même que les montres connectées ;
- les déplacements et les échanges.

Consignes générales

Seules les dernières feuilles doivent être rendues :

1. la feuille-réponse du QCM :
 - (a) y indiquer vos nom et prénom dès le début officiel de l'épreuve ;
 - (b) *complètement noircir* la case correspondant à une bonne réponse (une simple croix ne sera pas comptabilisée) ;
 - (c) il n'y a pas de point négatif pour une réponse incorrecte ;
 - (d) chaque question ne comporte qu'une seule réponse, **sauf** si il y a une icône ♣ (alors il y a plusieurs réponses possibles) ;
2. les feuilles de réponses aux questions ouvertes.

Vérifier que ce document comporte 14 pages et 20 questions.

Les réponses aux questions ouvertes doivent être justifiées. Une attention particulière sera portée à la rigueur, à la qualité et au soin de la rédaction.

Le barème est donné à titre indicatif.

Questions de cours (4 points)

Question 1 (1 point)

À l'équilibre thermodynamique, à la température T , l'énergie cinétique moyenne totale E d'une particule de gaz parfait monoatomique est donnée par :

$$E = \frac{3}{2}k_B T$$

Donc, la constante de Boltzmann k_B a pour dimension :

- A $[k_B] = \text{M} \cdot \text{L} \cdot \text{T}^{-1} \cdot \Theta$
- B $[k_B] = \text{M}^2 \cdot \text{L} \cdot \text{T}^{-2}$
- C $[k_B] = \text{M} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{T}^{-3}$
- D $[k_B] = \text{M}^2 \cdot \text{L}^2 \cdot \text{T}^{-2} \cdot \Theta$
- E $[k_B] = \text{M} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{T}^{-2} \cdot \Theta^{-1}$
- F *Aucune des réponses précédentes n'est correcte*

Question 2 (0.5 point) Une énergie E a pour dimension :

- A $[E] = \text{M}^2 \cdot \text{L}^2 \cdot \text{T}^{-2}$
- B $[E] = \text{M} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{T}^{-1}$
- C $[E] = 1$
- D $[E] = \text{M} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{T}^{-2}$
- E $[E] = \text{M} \cdot \text{L} \cdot \text{T}$
- F *Aucune des réponses précédentes n'est correcte*

Question 3 ♣ (0.5 point) Les unités SI de l'intensité du courant électrique sont :

- A $\text{C}^2 \text{s}^{-2}$
- B C s^{-1}
- C A
- D V
- E C s

Question 4 (0.5 point) Un angle est une grandeur

- A sans unité donc sans dimension.
- B sans dimension mais avec une unité.
- C sans dimension et donc sans unité.
- D avec une dimension mais sans unité.
- E *Aucune des réponses précédentes n'est correcte*

Question 5 ♣ (0.5 point) Laquelle de ces unités est une unité de base du système international ?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> A N (newton) | <input checked="" type="checkbox"/> s (seconde) |
| <input checked="" type="checkbox"/> kg (kilogramme) | <input type="checkbox"/> Pa (pascal) |
| <input type="checkbox"/> g (gramme) | <input type="checkbox"/> J (joule) |

Question 6 (0.5 point) Albert Einstein a eu le Prix Nobel en 1921 pour

- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> son explication de l'effet photoélectrique. | <input type="checkbox"/> sa théorie du mouvement brownien |
| <input type="checkbox"/> sa théorie de la gravitation. | <input type="checkbox"/> ses recherches sur la capillarité. |
| <input type="checkbox"/> sa théorie de la relativité restreinte. | <input type="checkbox"/> <i>Aucune des réponses précédentes n'est correcte</i> |

Question 7 (0.5 point) Les *Philosophiæ naturalis principia mathematica* de Isaac Newton ont été traduits en français par :

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Amalie Emmy Noether | <input checked="" type="checkbox"/> Émilie du Châtelet |
| <input type="checkbox"/> Albert Einstein | <input type="checkbox"/> Johann Samuel Kœnig |
| <input type="checkbox"/> François-Marie Arouet dit Voltaire | <input type="checkbox"/> <i>Aucune des réponses précédentes n'est correcte</i> |

Trouver une formule possible (3 points)

On cherche les dimensions des coefficients représentés par les *lettres majuscules* K et B dans l'équation suivante :

$$a = \left(\frac{1}{2}Kv^2 + KBx + p \right)$$

où x est une position, v une vitesse, et p une pression.

Question 8 (0.5 point)

Sachant que la pression p est une force par unité de surface, sa dimension est donc :

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> A $[p] = L^2 \cdot T^{-1}$ | <input type="checkbox"/> D $[p] = L \cdot T^{-1}$ |
| <input checked="" type="checkbox"/> B $[p] = M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}$ | <input type="checkbox"/> E $[p] = L^{-1} \cdot T^{-2}$ |
| <input type="checkbox"/> C $[p] = M^{-1} \cdot L^2 \cdot T^{-2}$ | <input type="checkbox"/> F <i>Aucune des réponses précédentes n'est correcte</i> |

Question 9 (0.5 point)

La dimension de a est :

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> A $[a] = L^2 \cdot T^{-1}$ | <input type="checkbox"/> D $[a] = L^{-1} \cdot T^{-2}$ |
| <input type="checkbox"/> B $[a] = L \cdot T^{-1}$ | <input checked="" type="checkbox"/> E $[a] = M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}$ |
| <input type="checkbox"/> C $[a] = M \cdot L \cdot T^{-1}$ | <input type="checkbox"/> F <i>Aucune des réponses précédentes n'est correcte</i> |

Question 10 (0.5 point)

Alors, la grandeur K a alors pour dimension :

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> A $[K] = M \cdot L$ | <input type="checkbox"/> D $[K] = L^{-3} \cdot T^2$ |
| <input type="checkbox"/> B $[K] = L^{-3} \cdot T^{-4}$ | <input checked="" type="checkbox"/> E $[K] = M \cdot L^{-3}$ |
| <input type="checkbox"/> C $[K] = M \cdot L^{-3} \cdot T^{-4}$ | <input type="checkbox"/> F <i>Aucune des réponses précédentes n'est correcte</i> |

Question 11 (0.5 point)

Donc, la grandeur B a pour dimension :

- | | |
|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> A $[B] = L \cdot T^{-2}$ | <input type="checkbox"/> D $[B] = M^2 \cdot L^5 \cdot T^{-1}$ |
| <input type="checkbox"/> B $[B] = M \cdot L^3 \cdot T^{-2}$ | <input type="checkbox"/> E $[B] = M^2 \cdot T^{-2}$ |
| <input type="checkbox"/> C $[B] = M^{-1} \cdot L^{-1}$ | <input type="checkbox"/> F <i>Aucune des réponses précédentes n'est correcte</i> |

Question 12 (1 point)

Détailler les calculs pour trouver la dimension de B , pour que la formule soit dimensionnellement correcte.

Répondez sur la feuille correspondante, à la fin du sujet.

Mécanique des fluides (4 points)

Dans un fluide, une bille de rayon r animée d'une vitesse \vec{v} est soumise à une force de frottement donnée par :

$$\vec{F} = -6\pi\eta r \vec{v}$$

où η est la viscosité du fluide.

Question 13 (1 point)

La constante η a alors pour dimension :

- A $[\eta] = \text{M}^{-1} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{T}^{-2}$
- B $[\eta] = \text{M}^{-1} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{T}^{-1}$
- C $[\eta] = \text{M}^{-2} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{T}^{-1}$
- D $[\eta] = \text{M} \cdot \text{L} \cdot \text{T}$
- E $[\eta] = \text{M} \cdot \text{L} \cdot \text{T}^{-1}$
- X $[\eta] = \text{M} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{T}^{-1}$
- G $[\eta] = \text{M}^{-2} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{T}^{-2}$
- H *Aucune des réponses précédentes n'est correcte*

Si ρ désigne la masse volumique du fluide, on cherche une combinaison simple qui soit *sans dimension* pour trouver une formule pour le nombre de Reynolds R_e . Ce nombre de Reynolds R_e permet de caractériser le régime d'écoulement d'un fluide (laminaire ou turbulent).

On suppose alors que R_e peut s'écrire sous la forme :

$$R_e = C\rho^\alpha v^\beta r^\gamma \eta^\delta$$

avec C une constante sans dimension. On cherche alors la valeur des exposants α , β , γ et δ . Parmi les différents choix possibles, on prendra $\alpha = 1$.

Question 14 (1 point)

La dimension de ρ est :

- A $[\rho] = \text{M}^{-1} \cdot \text{L}^3$
- B $[\rho] = \text{M}^{-2} \cdot \text{L}$
- C $[\rho] = \text{M} \cdot \text{L}^{-2}$
- D $[\rho] = \text{M}^{-2} \cdot \text{L}^{-2}$
- E $[\rho] = \text{M} \cdot \text{L}^{-1}$
- X $[\rho] = \text{M} \cdot \text{L}^{-3}$
- G $[\rho] = \text{M} \cdot \text{L}$
- H *Aucune des réponses précédentes n'est correcte*

Question 15 (1 point)

Par analyse dimensionnelle, on peut trouver les équations suivantes :

- A $\alpha = 1 ; 1 + \delta = 0 ; 3 + \beta + \gamma - \delta = 0 ; -\beta - \delta = 0$
- B $\alpha = 1 ; 1 + \delta = 0 ; -3 + \beta + \gamma - \delta = 0 ; \beta - \delta = 0$
- X $\alpha = 1 ; 1 + \delta = 0 ; -3 + \beta + \gamma - \delta = 0 ; -\beta - \delta = 0$
- D $\alpha = 1 ; 1 - \delta = 0 ; -3 + \beta + \gamma - \delta = 0 ; -\beta - \delta = 0$
- E *Aucune des réponses précédentes n'est correcte*

Question 16 (1 point)

En résolvant le système d'équations précédent, on trouve les valeurs suivantes :

- A $\alpha = 1, \beta = 1, \gamma = -1$ et $\delta = -1$
- B $\alpha = 1, \beta = -1, \gamma = 1$ et $\delta = 1$
- C $\alpha = 1, \beta = -1, \gamma = 1$ et $\delta = -1$
- D $\alpha = 1, \beta = -1, \gamma = -1$ et $\delta = 1$
- X $\alpha = 1, \beta = 1, \gamma = 1$ et $\delta = -1$
- F $\alpha = 1, \beta = 1, \gamma = -1$ et $\delta = 1$
- G $\alpha = 1, \beta = -1, \gamma = -1$ et $\delta = -1$
- H *Aucune des réponses précédentes n'est correcte*

Vibrations d'une goutte d'eau (4 points)

La fréquence de vibration d'une goutte d'eau dans un nuage dépend de plusieurs paramètres, et en particulier de la *tension de surface*, qui tend à ramener la goutte vers une forme sphérique.

Lorsque la goutte est submillimétrique, les forces de gravité peuvent être négligées devant les forces de tension de surface. Par conséquent, les paramètres identifiés comme intervenant dans l'expression de la fréquence de vibration f_{vib} sont les suivants :

- la *tension de surface* γ , qui a la dimension d'une force par unité de longueur,
- le rayon R de la goutte,
- la masse volumique ρ de l'eau.

On suppose alors que f_{vib} peut s'écrire sous la forme :

$$f_{vib} = kR^a \rho^b \gamma^c$$

avec k une constante sans dimension. On cherche alors les valeurs des exposants a , b et c par analyse dimensionnelle.

Question 17 (1 point)

La *tension de surface* γ a donc pour dimension :

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> A $[\gamma] = M \cdot L \cdot T^{-2}$ | <input type="checkbox"/> E $[\gamma] = M \cdot T^2$ |
| <input type="checkbox"/> B $[\gamma] = M \cdot L \cdot T^{-1}$ | <input checked="" type="checkbox"/> X $[\gamma] = M \cdot T^{-2}$ |
| <input type="checkbox"/> C $[\gamma] = M \cdot L^2 \cdot T^{-1}$ | <input type="checkbox"/> G <i>Aucune des réponses précédentes n'est correcte</i> |
| <input type="checkbox"/> D $[\gamma] = M \cdot T^{-1}$ | |

Question 18 (1 point)

À l'aide d'une analyse dimensionnelle, on trouve que les exposants a , b et c valent :

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> A $a = 1/2, b = 1/2, c = -1/2$ | <input checked="" type="checkbox"/> X $a = -3/2, b = -1/2, c = 1/2$ |
| <input type="checkbox"/> B $a = 3/2, b = 1/2, c = 1/2$ | <input type="checkbox"/> F $a = 1, b = 1, c = 1$ |
| <input type="checkbox"/> C $a = -1, b = -1, c = 1$ | <input type="checkbox"/> G <i>Aucune des réponses précédentes n'est correcte</i> |
| <input type="checkbox"/> D $a = -3, b = -1, c = 1$ | |

Question 19 (1 point)

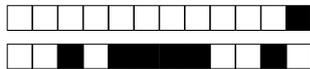
Détailler les calculs qui vous ont permis d'obtenir la dimension de la *tension de surface* γ .

Répondez sur la feuille correspondante, à la fin du sujet.

Question 20 (1 point)

Détailler les calculs qui vous ont permis d'obtenir les exposants a et b et c , en donnant le système d'équation et sa résolution.

Répondez sur la feuille correspondante, à la fin du sujet.

Question 12 **1 point** Formule : dimension de B Réservé à l'enseignant

$$a = \left(\frac{1}{2} K v^2 + K B x + p \right)$$

• Analyse dimensionnelle :

* p pression : $[p] = \frac{[F]}{L^2} = M L^{-1} T^{-2}$

* v vitesse : $[v] = L T^{-1}$ et x position : $[x] = L$

donc $[K v^2] = [p] = M L^{-1} T^{-2} = [K] L^2 T^{-2}$

sait

$$\underline{[K]} = \frac{M L^{-1} T^{-2}}{L^2 T^{-2}} = \underline{M L^{-3}}$$

de même :

$$[K B x] = [p] = M L^{-1} T^{-2} \text{ donc}$$

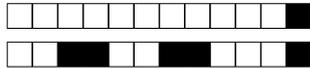
$$\begin{aligned} [B] &= M L^{-1} T^{-2} [x]^{-1} [K]^{-1} \\ &= (M^{-1} L^{-1} T^{-2}) (L^{-1}) (M^{-1} L^3) \end{aligned}$$

conclusion :

$$\boxed{[B] = L T^{-2}}$$

0.5 point

0.5 point



1 point

Question 19

Goutte d'eau : dimension de γ Réservé à l'enseignant

– la *tension de surface* γ , qui a la dimension d'une force par unité de longueur,

• Analyse dimensionnelle :

$$[\gamma] = \frac{[F]}{L} = [ma] L^{-1} = M L T^{-2} L^{-1}$$

0.5 point

donc $[\gamma] = M T^{-2}$ 0.5 point

$$f = kR^a \rho^b \gamma^c$$

Analyse dimensionnelle :

* f fréquence de vibration : $[f] = T^{-1}$

* R rayon de la goutte : $[R] = L$

* ρ masse volumique : $[\rho] = \frac{[m]}{[V]} = M L^{-3}$

* γ tension de surface : $[\gamma] = M T^{-2}$

donc

$$[f] = [k] [R]^a [\rho]^b [\gamma]^c$$

$\underbrace{[k]}_{=1}$

$$T^{-1} = 1 \times L^a (M^b L^{-3b}) (M^c T^{-2c})$$

$$M^0 L^0 T^{-1} = M^{(b+c)} L^{(a-3b)} T^{-2c}$$

0.5 point

Système d'équations :

$$\begin{cases} b + c = 0 \\ a - 3b = 0 \\ -2c = -1 \end{cases} \iff \begin{cases} b = -c = -1/2 \\ a = 3b = -3/2 \\ c = 1/2 \end{cases} \iff \begin{cases} a = -3/2 \\ b = -1/2 \\ c = 1/2 \end{cases}$$

0.5 point