

# TD de Physique

11<sup>ème</sup> année Sciences

Programme du Mali

---

*Exercices progressifs et approfondis*

---

Inspiré des œuvres de **B. Sanago** et **Prof. Kanambaye**



# Table des matières

|   |                          |    |
|---|--------------------------|----|
| 1 | Mesures et unités        | 5  |
| 2 | Champ gravitationnel     | 7  |
| 3 | Champ électrostatique    | 11 |
| 4 | Condensateurs            | 13 |
| 5 | Champ magnétique         | 17 |
| 6 | Cinématique et dynamique | 19 |
| 7 | Énergie mécanique        | 21 |
| 8 | Ondes mécaniques         | 23 |
| 9 | Optique géométrique      | 25 |



# Chapitre 1

## Mesures et unités

⌚ **Durée estimée** : 2h30

7 *exercices*

### Questions de cours

- 1) Que signifie  $m = 150,5 \pm 0,2$  g ?
- 2) Pourquoi la notation 1200 est-elle ambiguë ? Comment lever cette ambiguïté ?
- 3) Quelle est la différence entre précision et exactitude d'une mesure ?
- 4) Comment se propagent les incertitudes dans une somme ? Un produit ? Une puissance ?
- 5) Qu'est-ce que l'analyse dimensionnelle ? Quel est son intérêt ?

### Exercice ★★★ – Incertitude absolue

⌚ 15 min

On mesure la masse d'un objet à 5% près ; le résultat est  $m = 150$  g.

- a) Quelle incertitude absolue commet-on ?
- b) Quel est l'encadrement de  $m$  ?

### Exercice ★★★ – Surface d'un cercle

⌚ 15 min

Un cercle a pour rayon  $R = 5,5$  cm à 1,1 mm près.

- a) Quelle est la précision relative sur  $R$  ?
- b) Donner la valeur de  $S = \pi R^2$  et son incertitude.

### Exercice ★★★ – Épaisseur d'un cylindre creux

⌚ 20 min

Pour mesurer l'épaisseur  $e$  d'un cylindre creux, on mesure  $D_i = 19,5 \pm 0,1$  mm et  $D_e = 26,7 \pm 0,1$  mm. Calculer  $e = \frac{D_e - D_i}{2}$  et son incertitude. Présenter le résultat sous la forme  $e_0 \pm \Delta e$ .

### Exercice ★★★ – Volume d'un cube

⌚ 20 min

Le volume d'un cube est  $V = a^3$  avec  $a = 15,2 \pm 0,5$  mm.

- a) Calculer  $V$  et  $\Delta V$ . Présenter le résultat.
- b) Quelle est la précision relative sur  $V$  ? Comparer à celle sur  $a$ .

**Exercice ★★★★★ – Densité d'un liquide**

⊙ 25 min

La densité d'un liquide est mesurée par :  $d = \frac{m-m_1}{m-m_2}$  avec  $m = 150,2 \pm 0,1$  g,  $m_1 = 45,2 \pm 0,1$  g,  $m_2 = 55,0 \pm 0,1$  g.

- Calculer  $d$ .
- Calculer  $\Delta d$ . (Conseil : utiliser la formule  $\frac{\Delta d}{d} \approx \Delta m \left( \frac{1}{m-m_1} + \frac{1}{m-m_2} \right)$ )
- Présenter le résultat.

**Exercice ★★★★★ – Analyse dimensionnelle**

⊙ 25 min

Vérifier l'homogénéité des formules suivantes :

- $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$  avec  $[F] = \text{N} = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$  et  $[\mu] = \text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$ .
- $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$  (pendule simple).
- $F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$  sachant que  $[k] = \text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$ .
- $W = \frac{1}{2} C U^2$  sachant que  $[C] = \text{F} = \text{C}^2 \cdot \text{J}^{-1}$ .

**Exercice ★★★★★ – Problème synthèse : mesure de  $g$** 

⊙ 35 min

On mesure la période d'un pendule simple pour déterminer  $g$ . On obtient  $T = 1,98 \pm 0,02$  s pour  $L = 97,5 \pm 0,5$  cm. On utilise  $g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$ .

- Calculer  $g$ .
- Déterminer l'incertitude relative sur  $g$  :  $\frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta L}{L} + 2 \frac{\Delta T}{T}$ .
- Calculer  $\Delta g$  et présenter le résultat final.
- La valeur référence est  $g_{\text{réf}} = 9,81 \text{ m/s}^2$ . La mesure est-elle compatible? (Vérifier si l'écart est inférieur à  $2\Delta g$ .)

# Chapitre 2

## Champ gravitationnel

⊙ **Durée estimée : 4h00**

9 exercices

### Questions de cours

- 1) Définir : force gravitationnelle, champ de gravitation, champ de pesanteur.
- 2) Quelle est la différence entre champ radial et champ uniforme ?
- 3) Que devient la force gravitationnelle si on double les deux masses et on double la distance ?
- 4) Énoncer la loi de Newton et dire pourquoi elle est dite « universelle ».
- 5) Qu'est-ce qu'un champ gravitationnel uniforme ? Où peut-on faire cette approximation ?
- 6) Que devient  $g$  quand on monte en altitude ? Exprimer  $g_h$  en fonction de  $g_0$ ,  $R_T$  et  $h$ .

### Exercice ★★★ – Champ de pesanteur terrestre

⊙ 15 min

#### Données

$M_T = 6 \times 10^{24}$  kg,  $R_T = 6,4 \times 10^6$  m,  $G = 6,67 \times 10^{-11}$  N·m<sup>2</sup>·kg<sup>-2</sup>.

- a) Calculer  $g_0 = \frac{GM_T}{R_T^2}$  à la surface de la Terre.
- b) Calculer le poids d'un astronaute de 75 kg à la surface de la Terre.

### Exercice ★★★ – Variation du champ avec l'altitude

⊙ 20 min

#### Données

Mêmes données que l'exercice précédent.

- a) Calculer  $g_h$  et le poids de l'astronaute à  $h = 300$  km.
- b) Calculer l'altitude à laquelle son poids est réduit de 20%.
- c) Calculer l'altitude à laquelle  $g_h = \frac{g_0}{2}$ . Exprimer en fonction de  $R_T$ .

### Exercice ★★★ – Force gravitationnelle Terre-Lune

⊙ 20 min

#### Données

$M_T = 6 \times 10^{24}$  kg,  $M_L = 7,3 \times 10^{22}$  kg,  $d_{T-L} = 3,84 \times 10^8$  m.

- a) Calculer la force gravitationnelle entre la Terre et la Lune.

- b) Que peut-on dire de la force exercée par la Lune sur la Terre ?
- c) Calculer le champ gravitationnel terrestre au niveau de la Lune.

**Exercice ★★★★★ – Boules de pétanque et champ terrestre**

⌚ 25 min

Deux boules de pétanque identiques ont chacune une masse  $m = 0,7$  kg et sont séparées de 30 cm.

- a) Calculer la force gravitationnelle entre les deux boules.
- b) Calculer leur poids respectif.
- c) Comparer les deux forces. Conclure sur l'importance de la gravitation entre objets courants.
- d) La force gravitationnelle est-elle attractive ou répulsive ?

**Exercice ★★★★★ – Satellite géostationnaire**

⌚ 30 min

Un satellite géostationnaire orbite à  $h = 36\,000$  km au-dessus de la Terre.

**Données**

$$M_T = 6 \times 10^{24} \text{ kg}, R_T = 6,4 \times 10^6 \text{ m}, G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ SI}.$$

- a) En écrivant que la force gravitationnelle fournit la force centripète, montrer que  $v = \sqrt{\frac{GM_T}{R_T+h}}$ .
- b) Calculer la vitesse orbitale du satellite géostationnaire.
- c) Calculer la période  $T = \frac{2\pi(R_T+h)}{v}$ . Commenter.
- d) Pourquoi dit-on que ce satellite est « fixe » par rapport à la Terre ?

**Exercice ★★★★★ – Phobos, satellite de Mars**

⌚ 35 min

Le satellite Phobos de la planète Mars décrit une trajectoire circulaire de rayon  $R = 9378$  km.

**Données**

$$M_{\text{Mars}} = 6,42 \times 10^{23} \text{ kg}, m_{\text{Phobos}} = 9,6 \times 10^{15} \text{ kg}, G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ SI}.$$

- a) Exprimer littéralement la force exercée par Mars sur Phobos.
- b) Calculer la valeur numérique de cette force.
- c) Calculer la vitesse orbitale de Phobos.
- d) Calculer la période de révolution de Phobos.
- e) Que peut-on dire de la force exercée par Phobos sur Mars ? Justifier par la 3<sup>e</sup> loi de Newton.

**Exercice ★★★★★ – Saturne et la Terre**

⌚ 40 min

Saturne est assimilable à un corps à répartition sphérique de rayon  $R_{\text{Sat}} = 57\,500$  km et de masse  $M_{\text{Sat}} = 5,69 \times 10^{26}$  kg.

**Données**

$M_T = 6 \times 10^{24}$  kg,  $R_T = 6400$  km,  $M_S = 1,9 \times 10^{30}$  kg,  $d_{T-S} = 1,5 \times 10^{11}$  m. Distance minimale Terre-Saturne :  $d = 1,20 \times 10^{12}$  m.

- Calculer le champ gravitationnel à la surface de Saturne. Comparer avec  $g_0$ .
- Calculer le champ gravitationnel de Saturne au centre de la Terre (distance minimale).
- Calculer le champ gravitationnel du Soleil au centre de la Terre.
- Comparer les deux champs. Lequel est prépondérant au niveau de la Terre ?

**Exercice ★★★★★ – Point neutre Terre-Lune**

⌚ 40 min

Il existe entre la Terre et la Lune un point  $M$  où le champ gravitationnel total est nul. On appelle  $d$  la distance  $TM$ .

**Données**

$M_T = 6 \times 10^{24}$  kg,  $M_L = 7,3 \times 10^{22}$  kg,  $D = 3,84 \times 10^8$  m. On sait que  $M_T = 81M_L$  (environ).

- Écrire l'égalité des champs gravitationnels en  $M$ .
- Montrer que  $\frac{d}{D-d} = \sqrt{\frac{M_T}{M_L}}$  et calculer  $d$ .
- Représenter la situation sur un schéma avec les vecteurs champs  $\vec{g}_T(M)$  et  $\vec{g}_L(M)$ .
- Indiquer sur le segment Terre-Lune le domaine où l'action gravitationnelle de la Terre est prépondérante.

**Exercice ★★★★★ – Navette spatiale entre la Terre et la Lune**

⌚ 45 min

Une navette spatiale de masse  $m = 1800$  kg se trouve entre la Terre et la Lune. On appelle  $d$  la distance Terre-navette.

**Données**

$M_T = 6 \times 10^{24}$  kg,  $M_L = \frac{M_T}{81}$ ,  $D = 3,84 \times 10^8$  m.

- Exprimer la force  $F_T$  exercée par la Terre sur la navette.
- Exprimer la force  $F_L$  exercée par la Lune sur la navette.
- À quelle distance  $d_0$  de la Terre ces deux forces ont-elles la même valeur ? (Exprimer  $d_0$  en fonction de  $D$  et du rapport des masses.)
- Calculer  $d_0$  numériquement.
- Représenter les deux forces sur la navette quand celle-ci est au point neutre.



# Chapitre 3

## Champ électrostatique

⊙ **Durée estimée : 3h00**

7 exercices

### Questions de cours

- 1) Énoncer la loi de Coulomb. Quelles sont ses analogies et différences avec la loi de Newton ?
- 2) Définir le champ électrique  $\vec{E}$ . Quelle est son unité ?
- 3) Dans quel sens est dirigé  $\vec{E}$  créé par une charge positive ? Négative ?
- 4) Qu'est-ce qu'un champ uniforme ? Où le rencontre-t-on ?
- 5) Qu'est-ce que le principe de superposition des champs ?

### Exercice ★★★ – Force de Coulomb

⊙ 15 min

Deux charges  $q_1 = +3 \mu\text{C}$  et  $q_2 = -5 \mu\text{C}$  sont distantes de 20 cm ( $k = 9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{C}^{-2}$ ).

- a) Calculer la force électrostatique.
- b) Préciser sa nature (attractive/répulsive).
- c) Représenter les forces  $\vec{F}_{1/2}$  et  $\vec{F}_{2/1}$ .

### Exercice ★★★ – Champ créé par une charge

⊙ 15 min

Calculer le champ électrostatique créé par  $Q = 2 \mu\text{C}$  à  $r = 50 \text{ cm}$ . Préciser son orientation.

### Exercice ★★★ – Condensateur plan (champ uniforme)

⊙ 20 min

Entre deux plaques parallèles distantes de  $d = 4 \text{ cm}$ , on applique  $U = 200 \text{ V}$  ( $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ).

- a) Calculer le champ  $E$ .
- b) Calculer la force sur un électron.
- c) Calculer le travail pour déplacer l'électron d'une plaque à l'autre.

### Exercice ★★★★★ – Charges en triangle équilatéral

⊙ 35 min

Trois charges  $q_1 = q_2 = q_3 = 1 \mu\text{C}$  sont aux sommets d'un triangle équilatéral de côté  $a = 10 \text{ cm}$ .

- a) Calculer la force exercée par  $q_1$  sur  $q_3$  et par  $q_2$  sur  $q_3$ .
- b) Ces forces font un angle de 60 entre elles. En déduire la force résultante sur  $q_3$ .

c) Dans quelle direction est dirigée cette force résultante ?

### Exercice ★★★★★ – Électron accéléré entre deux plaques

⊙ 35 min

Un électron part du repos de la plaque négative d'un condensateur plan ( $d = 2$  cm,  $U = 500$  V).

#### Données

$$m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}, e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}.$$

- Calculer le champ  $E$  entre les plaques.
- Calculer la force exercée sur l'électron.
- Calculer l'accélération de l'électron.
- Calculer la vitesse à l'arrivée sur la plaque positive (utiliser le théorème de l'énergie cinétique).
- En combien de temps l'électron traverse-t-il le condensateur ?

### Exercice ★★★★★ – Superposition de champs

⊙ 30 min

Deux charges  $q_1 = +4 \mu\text{C}$  (en A) et  $q_2 = -4 \mu\text{C}$  (en B) sont séparées de  $d = 20$  cm.

- Calculer le champ électrique en  $M$ , milieu de  $[AB]$ .
- Calculer le champ en un point  $P$  situé à  $h = 10$  cm de  $M$  sur la médiatrice de  $[AB]$ .
- Représenter sur un schéma les vecteurs champs en  $M$  et en  $P$ .

### Exercice ★★★★★ – Problème intégrateur : déviation d'un électron

⊙ 45 min

Un électron pénètre horizontalement entre deux plaques parallèles horizontales ( $L = 5$  cm,  $d = 2$  cm,  $U = 100$  V) avec une vitesse initiale  $v_0 = 2 \times 10^7$  m/s (horizontale).

#### Données

$$m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}, e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}.$$

- Calculer le champ électrique entre les plaques.
- Écrire les équations du mouvement (MRU horizontal, MRUV vertical).
- Calculer la déviation verticale  $y$  de l'électron à la sortie des plaques.
- Calculer la vitesse à la sortie (norme et angle avec l'horizontale).
- L'électron sort-il entre les plaques sans les toucher ? Justifier.

# Chapitre 4

## Condensateurs

⊙ **Durée estimée** : 3h30

9 exercices

### Questions de cours

- 1) Définir un condensateur et sa capacité. Quelle est l'unité ?
- 2) Quelle est la charge totale d'un condensateur ? Pourquoi ?
- 3) Donner l'expression de la capacité d'un condensateur plan en fonction de  $S$ ,  $d$ ,  $\varepsilon_r$ .
- 4) Que se passe-t-il si on augmente  $S$  ? Si on augmente  $d$  ? Si on change le diélectrique ?
- 5) Donner la règle d'association en parallèle et en série. Quel montage donne la plus grande capacité ?
- 6) Dans une association en série, quelle grandeur est identique pour tous les condensateurs ?
- 7) Dans une association en parallèle, quelle grandeur est identique pour tous ?
- 8) Si tu veux stocker un maximum d'énergie dans une batterie de condensateurs, quel montage choisir ?

### Exercice ★★★ – Charge et énergie

⊙ 15 min

Un condensateur  $C = 10 \mu\text{F}$  est chargé sous  $U = 100 \text{ V}$ .

- a) Calculer la charge  $Q$ .
- b) Calculer l'énergie stockée  $W$ .

### Exercice ★★★ – Associations simples

⊙ 25 min

Deux condensateurs  $C_1 = 4 \mu\text{F}$  et  $C_2 = 6 \mu\text{F}$ .

- a) Calculer  $C_{eq}$  en parallèle puis en série.
- b) Dans chaque cas, calculer l'énergie stockée sous  $U = 50 \text{ V}$ .

### Exercice ★★★ – Condensateur plan avec diélectrique

⊙ 30 min

Un condensateur plan a  $S = 200 \text{ cm}^2$ ,  $d = 1 \text{ mm}$ , diélectrique de permittivité  $\varepsilon_r = 4$  ( $\varepsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ ).

- a) Calculer  $C$ .
- b) Calculer  $Q$  et  $W$  pour  $U = 500 \text{ V}$ .
- c) Que se passe-t-il si on retire le diélectrique en maintenant la même tension ?

**Exercice ★★★★★ – Charge par courant constant**

⊙ 25 min

Un condensateur  $C = 2,2 \mu\text{F}$  est chargé par un courant constant  $I = 5,5 \text{ mA}$  pendant 20 ms.

- Calculer la charge accumulée  $Q = I \times t$ .
- Calculer la tension aux bornes.
- Calculer l'énergie stockée.

**Exercice ★★★★★ – Flash électronique**

⊙ 30 min

Le condensateur d'un flash électronique a une capacité  $C = 150 \mu\text{F}$  et est chargé sous  $U = 500 \text{ V}$ .

- Calculer la charge  $Q$  et l'énergie  $W$  stockées.
- Le flash libère toute son énergie en  $\Delta t = 1 \text{ ms}$ . Calculer la puissance développée.
- Comparer cette puissance à celle d'une ampoule de 60 W. Commenter.

**Exercice ★★★★★ – Association mixte**

⊙ 30 min

On dispose de trois condensateurs  $C_1 = 5 \mu\text{F}$ ,  $C_2 = 20 \mu\text{F}$  et  $C_3 = 10 \mu\text{F}$ .

- Calculer  $C_{eq}$  si les deux condensateurs  $C_1$  et  $C_2$  sont en parallèle, et que ce groupe est en série avec  $C_3$ .
- Calculer  $C_{eq}$  pour le montage série de  $C_1$  et  $C_2$ , en parallèle avec  $C_3$ .
- Calculer les charges et tensions sur chaque condensateur pour le premier montage sous  $U = 30 \text{ V}$ .

**Exercice ★★★★★ – Condensateur chargé et association**

⊙ 35 min

Un condensateur  $C_1 = 470 \mu\text{F}$  est chargé sous  $U_1 = 24 \text{ V}$ . Un deuxième condensateur  $C_2 = 1000 \mu\text{F}$  est déchargé ( $U_2 = 0 \text{ V}$ ). On branche les deux en parallèle.

- Calculer l'énergie  $W_1$  stockée dans  $C_1$  avant connexion.
- Après connexion, la charge se répartit. Calculer la tension  $U$  aux bornes du système (conservation de la charge :  $Q_{\text{total}} = (C_1 + C_2)U$ ).
- Calculer l'énergie  $W_{12}$  du système après connexion.
- Calculer la perte d'énergie. Où est-elle dissipée ?

**Exercice ★★★★★ – Défibrillateur cardiaque**

⊙ 40 min

Un défibrillateur médical utilise un condensateur  $C = 32 \mu\text{F}$  chargé sous  $U = 2000 \text{ V}$ . L'énergie est libérée en  $\Delta t = 5 \text{ ms}$  pour électrostimuler le cœur.

- Calculer la charge  $Q$  sur le condensateur.
- Calculer l'énergie électrique stockée.
- Calculer la puissance crête développée lors de la décharge.
- Combien de secondes de charge avec un courant  $I = 2 \text{ A}$  faut-il pour recharger le condensateur ?
- Si on veut doubler l'énergie stockée sans changer  $U$ , que faut-il faire ? Calculer la

nouvelle capacité.

**Exercice ★★★★★ – Problème synthèse : batterie de condensateurs** ⌚ 45 min

On dispose de 4 condensateurs identiques de capacité  $C_0 = 100 \mu\text{F}$ , chacun pouvant supporter une tension maximale de  $U_{\text{max}} = 50 \text{ V}$ .

- a) Si on les branche tous en parallèle, quelle est la capacité équivalente ? Quelle tension maximale peut-on appliquer ?
- b) Si on les branche tous en série, quelle est la capacité équivalente ? Quelle tension maximale peut-on appliquer ?
- c) On veut stocker une énergie de 100 mJ sous une tension de 100 V. Proposer une association adaptée.
- d) Calculer l'énergie stockée dans chacune des configurations de a) et b) sous leur tension maximale respective. Quelle configuration stocke le plus d'énergie ?



# Chapitre 5

## Champ magnétique

⌚ **Durée estimée : 3h00**

*7 exercices*

### Questions de cours

- 1) Qu'est-ce que le champ magnétique ? Quelle est son unité ?
- 2) Décrire l'expérience d'Ørsted et ce qu'elle démontre.
- 3) Donner la règle permettant de trouver le sens du champ créé par un courant dans un fil.
- 4) Énoncer la loi de Laplace. Quelle règle donne le sens de la force ?
- 5) Quelle est la différence entre la force de Laplace et la force de Lorentz ?

### Exercice ★★★ – Champ d'un fil rectiligne

⌚ 15 min

Un fil rectiligne long est parcouru par  $I = 10$  A.

- a) Calculer  $B$  à  $r = 5$  cm du fil.
- b) Calculer  $B$  à  $r = 20$  cm. Comparer.

### Exercice ★★★ – Solénoïde

⌚ 20 min

Un solénoïde de  $N = 500$  spires et de longueur  $L = 20$  cm est parcouru par  $I = 2$  A.

- a) Calculer  $B$  à l'intérieur.
- b) Si on double  $N$  et  $I$  mais garde  $L$  constante, quel est le nouveau  $B$  ?

### Exercice ★★★ – Force de Laplace

⌚ 20 min

Un fil de  $\ell = 30$  cm parcouru par  $I = 5$  A est placé dans  $\vec{B} = 0,2$  T perpendiculaire au fil.

- a) Calculer la force de Laplace  $F = BI\ell$ .
- b) Si l'angle entre  $\vec{I\ell}$  et  $\vec{B}$  est  $\alpha = 45$ , recalculer  $F$ .

### Exercice ★★★★★ – Interaction entre deux fils parallèles

⌚ 30 min

Deux fils parallèles distants de 10 cm portent des courants  $I_1 = I_2 = 20$  A.

- a) Calculer le champ  $B_1$  créé par le fil 1 au niveau du fil 2.
- b) Calculer la force par mètre de fil  $\frac{F}{L} = B_1 I_2$ .
- c) La force est-elle attractive ou répulsive si les courants sont de même sens ? De sens contraires ?

- d) Comment cette propriété est-elle utilisée pour définir l'ampère (ancienne définition) ?

**Exercice ★★★★★ – Force de Lorentz**

⊙ 30 min

Un proton ( $m_p = 1,67 \times 10^{-27}$  kg,  $q = 1,6 \times 10^{-19}$  C) se déplace à  $v = 2 \times 10^6$  m/s perpendiculairement à  $\vec{B} = 0,3$  T.

- Calculer la force magnétique.
- Montrer que la trajectoire est circulaire et calculer le rayon  $r = \frac{m_p v}{qB}$ .
- Calculer la période de révolution.
- Quel travail la force magnétique effectue-t-elle sur le proton ?

**Exercice ★★★★★ – Bobine plate**

⊙ 25 min

Une bobine plate de  $N = 200$  spires et de rayon  $R = 8$  cm est parcourue par  $I = 1,5$  A.

- Calculer  $B$  au centre de la bobine.
- Comparer avec le champ terrestre ( $B_0 \approx 2 \times 10^{-5}$  T). Ce champ est-il significatif ?
- Si l'on veut tripler  $B$ , quelles modifications peut-on apporter ?

**Exercice ★★★★★ – Moteur électrique simple**

⊙ 40 min

Un moteur électrique simple contient une spire rectangulaire ( $a = 5$  cm,  $b = 8$  cm) parcourue par  $I = 2$  A, placée dans un champ uniforme  $B = 0,4$  T.

- Calculer les forces de Laplace sur chacun des 4 côtés de la spire quand elle est dans le plan perpendiculaire à  $\vec{B}$ .
- Calculer le couple exercé sur la spire :  $\Gamma = NIAB$  (un seul couple non nul).
- Que se passe-t-il quand la spire est parallèle à  $\vec{B}$  ? Quel problème cela pose-t-il ?
- Comment le collecteur (commutateur) résout-il ce problème ?

# Chapitre 6

## Cinématique et dynamique

⊙ **Durée estimée : 4h00**

8 exercices

### Questions de cours

- 1) Quelle est la différence entre cinématique et dynamique ?
- 2) Énoncer les trois lois de Newton.
- 3) Qu'est-ce que la force d'inertie ? Dans quel référentiel ?
- 4) Comment déterminer l'accélération d'un corps sur un plan incliné avec frottement ?
- 5) Qu'est-ce que le mouvement parabolique ? Quelles sont ses composantes ?

### Exercice ★★★ – MRU et MRUV

⊙ 15 min

Un mobile part du repos avec  $a = 3 \text{ m/s}^2$ .

- a) Calculer  $v$  et  $x$  à  $t = 4 \text{ s}$ .
- b) Calculer le temps pour atteindre  $v = 30 \text{ m/s}$ .

### Exercice ★★★ – Freinage d'un véhicule

⊙ 15 min

Une voiture roule à  $90 \text{ km/h}$  puis freine avec  $a = -5 \text{ m/s}^2$ .

- a) Calculer la distance d'arrêt.
- b) Si la vitesse initiale est doublée ( $180 \text{ km/h}$ ), quelle est la nouvelle distance d'arrêt ?

### Exercice ★★★ – Lancer vertical

⊙ 25 min

Un corps de  $2 \text{ kg}$  est lancé verticalement vers le haut avec  $v_0 = 20 \text{ m/s}$ .

- a) Calculer la hauteur maximale.
- b) Calculer le temps de montée.
- c) Calculer la vitesse au retour au sol. Pourquoi est-elle égale à  $v_0$  ?

### Exercice ★★★★★ – Application du PFD

⊙ 25 min

Un corps de  $10 \text{ kg}$  est sur un plan horizontal. On applique  $F = 50 \text{ N}$  avec un frottement  $f = 15 \text{ N}$ .

- a) Faire le bilan complet des forces.
- b) Calculer l'accélération.
- c) Calculer la vitesse après  $3 \text{ s}$  (départ à l'arrêt) et la distance parcourue.

**Exercice ★★★★★ – Plan incliné sans et avec frottement**

⊙ 30 min

Un corps de 5 kg glisse sans frottement sur un plan incliné de 30.

- Calculer l'accélération et la vitesse après avoir parcouru 4 m.
- Avec  $\mu = 0,2$ , recalculer l'accélération et la vitesse.
- À partir de quelle valeur de  $\mu$  le corps est-il en équilibre ?

**Exercice ★★★★★ – Chute libre depuis une tour**

⊙ 25 min

Un objet est lâché sans vitesse initiale depuis le haut d'une tour de  $h = 78,4$  m.

- Calculer le temps de chute.
- Calculer la vitesse à l'impact.
- À  $t = 2$  s, quelle est la position et la vitesse ?

**Exercice ★★★★★ – Mouvement parabolique : balle de tennis**

⊙ 40 min

Un joueur frappe une balle horizontalement depuis une hauteur  $H = 2$  m avec  $v_0 = 30$  m/s ( $g = 10$  m/s<sup>2</sup>).

- Écrire les équations  $x(t)$  et  $y(t)$  (axe  $y$  vers le bas, origine au point de frappe).
- Calculer le temps de vol et la portée horizontale.
- Calculer la vitesse à l'impact (norme et angle).
- Quelle vitesse initiale minimale faut-il pour franchir un filet de hauteur  $h_f = 0,9$  m situé à  $d = 12$  m ?

**Exercice ★★★★★ – Problème synthèse : satellite en orbite basse**

⊙ 45 min

La station spatiale internationale (ISS) orbite à une altitude  $h = 400$  km.

**Données**

$M_T = 6 \times 10^{24}$  kg,  $R_T = 6,4 \times 10^6$  m,  $G = 6,67 \times 10^{-11}$  SI.

- Calculer la vitesse orbitale de l'ISS.
- Calculer sa période de révolution.
- Calculer l'accélération centripète. Comparer avec  $g_0$ .
- Les astronautes ressentent-ils la pesanteur ? Expliquer le phénomène d'impesanteur.
- Calculer l'altitude à laquelle un satellite a une période de 24 h (satellite géostationnaire).

# Chapitre 7

## Énergie mécanique

⊙ Durée estimée : 2h30

6 exercices

### Questions de cours

- 1) Définir le travail d'une force. Quand est-il moteur, résistant, nul ?
- 2) Énoncer le théorème de l'énergie cinétique.
- 3) Quand l'énergie mécanique est-elle conservée ?
- 4) Que fait le frottement à l'énergie mécanique ? Où va l'énergie perdue ?
- 5) Définir la puissance mécanique et le rendement.

### Exercice ★★★ – Travail du poids

⊙ 15 min

Calculer le travail du poids d'un corps de 4 kg qui descend de 10 m.

### Exercice ★★★ – Conservation de l'énergie mécanique

⊙ 25 min

Un corps de 2 kg est lancé du sol avec  $v_0 = 15$  m/s verticalement.

- a) Calculer  $E_c$ ,  $E_p$  et  $E_m$  au sol.
- b) En déduire la hauteur maximale (conservation).
- c) À mi-hauteur, calculer  $v$ .

### Exercice ★★★★★ – Plan incliné avec frottements – bilan énergétique

⊙ 35 min

Un corps de 3 kg glisse sur un plan incliné de 30 sur  $\ell = 5$  m avec  $\mu = 0,2$ .

- a) Calculer le travail du poids, de  $\vec{N}$  et du frottement.
- b) Appliquer le théorème de l'énergie cinétique pour trouver  $v$  en bas.
- c) Quelle fraction de l'énergie est dissipée par frottement ?

### Exercice ★★★★★ – Puissance et rendement

⊙ 25 min

Un moteur soulève une caisse de 200 kg à  $h = 15$  m en 12 s.

- a) Calculer la puissance utile.
- b) Le moteur consomme 3,5 kW. Calculer le rendement.
- c) Combien de temps faudrait-il pour un rendement de 100% avec la même consommation ?

**Exercice ★★★★★ – Chute sur ressort**

⊙ 30 min

Une balle de 0,5 kg tombe de  $h = 2$  m sur un ressort de raideur  $k = 1000$  N/m ( $g = 10$  m/s<sup>2</sup>, sans frottement).

- Calculer la vitesse juste avant le contact avec le ressort.
- En utilisant la conservation de l'énergie, calculer l'écrasement maximal  $x$  du ressort ( $E_{c\text{ ini}} = \frac{1}{2}kx^2 + mgx$ ).

**Exercice ★★★★★ – Problème synthèse : montagne russe**

⊙ 45 min

Un wagon de montagne russe ( $m = 500$  kg) part du repos d'une hauteur  $H = 30$  m. Il arrive en bas, franchit une boucle de rayon  $R = 8$  m, puis remonte à une hauteur  $h = 10$  m. Le coefficient de frottement équivalent est  $\mu = 0,05$  sur toute la trajectoire de longueur totale  $L = 120$  m ( $g = 10$  m/s<sup>2</sup>).

- Sans frottement, calculer la vitesse au bas de la pente.
- Avec frottements, calculer la vitesse au bas (travail des frottements =  $-\mu mg L_{\text{bas}}$  avec  $L_{\text{bas}} = 40$  m).
- À la hauteur  $h$ , calculer la vitesse (avec frottements sur les 120 m totaux).
- Au sommet de la boucle ( $h = 2R = 16$  m), calculer la vitesse minimale pour que le wagon reste en contact avec le rail ( $mg = \frac{mv^2}{R}$  condition minimale).
- Vérifier si cette condition est satisfaite.

# Chapitre 8

## Ondes mécaniques

⌚ Durée estimée : 2h30

5 exercices

### Questions de cours

- 1) Définir une onde mécanique. Donne trois exemples.
- 2) Quelle est la différence entre onde transversale et onde longitudinale ?
- 3) Définir : célérité, longueur d'onde, fréquence, période.
- 4) Qu'est-ce que le retard d'une onde ? Comment le calculer ?
- 5) Définir les interférences constructives et destructives.

### Exercice ★★★ – Longueur d'onde du son

⌚ 15 min

Une onde sonore se propage à  $v = 340$  m/s avec  $f = 680$  Hz.

- a) Calculer  $\lambda$ .
- b) Calculer  $\lambda$  pour  $f = 20$  Hz (grave) et  $f = 20\,000$  Hz (aigu).

### Exercice ★★★ – Ondes sur une corde

⌚ 25 min

Une corde de  $m = 20$  g et  $L = 2$  m est tendue par  $F = 80$  N.

- a) Calculer la célérité.
- b) Calculer  $\lambda$  pour  $f = 100$  Hz.
- c) Calculer la masse linéique nécessaire pour avoir  $v = 100$  m/s avec la même tension.

### Exercice ★★★★★ – Retard et déphasage

⌚ 30 min

Une source émet  $f = 200$  Hz avec  $v = 340$  m/s. Un récepteur est à  $d = 5,1$  m.

- a) Calculer  $\lambda$ , le retard  $\tau$  et le déphasage  $\varphi$ .
- b) Combien de longueurs d'onde dans  $d$  ?
- c) Si la source émet  $y_S(t) = A \cos(2\pi ft)$ , écrire l'équation en R.

### Exercice ★★★★★ – Ondes stationnaires et modes propres

⌚ 25 min

Une corde de longueur  $L = 0,6$  m est fixée aux deux extrémités. La célérité est  $v = 120$  m/s.

- a) Calculer les trois premières fréquences de résonance  $f_n = \frac{nv}{2L}$ .
- b) Quel est le rapport  $f_2/f_1$  ? Quel intervalle musical correspond ?

c) Quel est le nom donné à  $f_1$  ?

**Exercice ★★★★★ – Problème synthèse : séisme et ondes sismiques** ⌚ 40 min

Un séisme produit deux types d'ondes : les ondes P (longitudinales,  $v_P = 8$  km/s) et les ondes S (transversales,  $v_S = 4,5$  km/s). Un sismographe détecte d'abord les ondes P, puis les ondes S avec un retard  $\Delta t = 20$  s.

- a) Exprimer la distance  $d$  à l'épicentre en fonction de  $v_P$ ,  $v_S$  et  $\Delta t$ .
- b) Calculer  $d$ .
- c) Pour une fréquence sismique  $f = 1$  Hz, calculer  $\lambda_P$  et  $\lambda_S$ .
- d) En quoi est-il important de distinguer les ondes P et S pour la prévention des risques sismiques ?

# Chapitre 9

## Optique géométrique

⌚ Durée estimée : 3h00

7 exercices

### Questions de cours

- 1) Énoncer les lois de Snell-Descartes pour la réfraction.
- 2) Qu'est-ce que la réflexion totale interne ? Quelle est la condition ?
- 3) Définir la distance focale d'une lentille. Quand est-elle positive ? Négative ?
- 4) Donner la relation de conjugaison pour une lentille mince.
- 5) Qu'est-ce qu'une image réelle ? Virtuelle ?
- 6) Que se passe-t-il quand l'objet est entre  $F$  et la lentille convergente ?

### Exercice ★★★ – Réfraction air/verre

⌚ 15 min

Un rayon passe de l'air ( $n_1 = 1$ ) au verre ( $n_2 = 1,5$ ) sous  $i_1 = 45^\circ$ .

- a) Calculer  $i_2$ .
- b) Le rayon se rapproche-t-il de la normale ?

### Exercice ★★★ – Réflexion totale interne

⌚ 20 min

- a) Calculer l'angle limite pour verre ( $n = 1,5$ )  $\rightarrow$  air.
- b) Calculer l'angle limite pour verre  $\rightarrow$  eau ( $n = 1,33$ ).
- c) Pourquoi la fibre optique fonctionne-t-elle même dans l'eau ?

### Exercice ★★★ – Lentille convergente – position d'image

⌚ 25 min

Lentille convergente  $f' = 15$  cm. Objet à  $\overline{OA} = -45$  cm.

- a) Calculer  $\overline{OA'}$ .
- b) Calculer  $\gamma$ . Caractériser l'image.

### Exercice ★★★ – Lentille divergente

⌚ 25 min

Objet de 2 cm à  $\overline{OA} = -10$  cm d'une lentille divergente  $f' = -20$  cm.

- a) Calculer  $\overline{OA'}$  et  $\gamma$ .
- b) Taille de l'image. Image réelle ou virtuelle ? Droite ou renversée ?

## Exercice ★★★★★ – Loupe

⊙ 30 min

Une loupe a  $f' = 4$  cm. L'objet est à  $\overline{OA} = -3,5$  cm ( $D_A = 25$  cm).

- Calculer la position et le grandissement de l'image.
- Si l'objet mesure 0,5 mm, quelle est la taille de l'image ?
- Calculer le grossissement  $G = \frac{D_A}{f'}$ .

## Exercice ★★★★★ – Cas spéciaux : objet à l'infini et au foyer

⊙ 30 min

Lentille convergente  $f' = 10$  cm.

- Objet à l'infini ( $\overline{OA} \rightarrow -\infty$ ) : où se forme l'image ? Quelle est sa taille ?
- Objet au foyer objet ( $\overline{OA} = -f' = -10$  cm) : où se forme l'image ?
- Objet entre  $F$  et  $O$  :  $\overline{OA} = -5$  cm. Calculer  $\overline{OA'}$  et  $\gamma$ .

## Exercice ★★★★★ – Problème synthèse : appareil photo

⊙ 45 min

Un appareil photo est modélisé par une lentille convergente de  $f' = 50$  mm.

- Pour photographier un objet à  $d = 1$  m, calculer la distance lentille-capteur  $\overline{OA'}$ .
- Calculer le grandissement. Si l'objet mesure 1,8 m (une personne), quelle est sa taille sur le capteur ?
- Pour un objet à l'infini (paysage), où doit se trouver le capteur ?
- Lors de la mise au point, le photographe déplace la lentille. Calculer le déplacement nécessaire pour passer de  $d = \infty$  à  $d = 2$  m.
- Un téléobjectif a  $f' = 200$  mm. Quelle est la taille de l'image de la même personne (1,8 m) à 10 m ?