

Cours de Physique

11^{ème} année Sciences

Programme du Mali

Cours interactif avec activités guidées

Inspiré des œuvres de **B. Sanago**, **Prof. Kanambaye** et du document APC

Physique-Chimie

Table des matières

1	Mesures et unités de mesures	5
2	Champ gravitationnel	9
3	Champ électrostatique	15
4	Condensateurs	21
5	Champ magnétique	27
6	Cinématique et dynamique du point matériel	31
7	Énergie mécanique	37
8	Ondes mécaniques	41
9	Optique géométrique	45

Chapitre 1

Mesures et unités de mesures

⊙ Durée estimée : 2h30

4 activités + synthèse

Introduction

La physique est une science expérimentale fondée sur la **mesure**. Toute mesure est entachée d'incertitude. Ce chapitre introduit les notions fondamentales de mesure, d'incertitude et d'analyse dimensionnelle. Maîtriser ces outils est indispensable pour toute la suite du programme.

Activité 1.1 : Incertitude absolue et relative ⊙ 20 min

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

- Quelle est l'incertitude absolue Δm ?
- Quel est l'encadrement de m ?
- Un cercle a pour rayon $R = 5,5$ cm à 1,1 mm près. Calcule la précision sur R et la surface $S = \pi R^2$ avec son incertitude.

Ta réponse :

✓ Ce qu'il faut retenir

$\Delta m = 0,05 \times 150 = 7,5$ g. Incertitude relative (précision) : $\frac{\Delta m}{m} = 5\%$. Encadrement : $142,5 \leq m \leq 157,5$ g. Pour un produit ou quotient, les incertitudes relatives s'ajoutent :

$$\frac{\Delta S}{S} = 2 \frac{\Delta R}{R} = 2 \times \frac{0,11}{5,5} = 4\%.$$

Incertitude absolue et relative

Soit x une grandeur mesurée. L'**incertitude absolue** Δx est l'erreur maximale sur la mesure. L'**incertitude relative** (ou précision) est $\frac{\Delta x}{x}$, souvent exprimée en %.

Règles de propagation :

- Somme/différence : $\Delta(a \pm b) = \Delta a + \Delta b$
- Produit/quotient : $\frac{\Delta(ab)}{ab} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$
- Puissance : $\frac{\Delta(a^n)}{a^n} = |n| \frac{\Delta a}{a}$
- Cas général : $\Delta f(x, y) = \left| \frac{\partial f}{\partial x} \right| \Delta x + \left| \frac{\partial f}{\partial y} \right| \Delta y$

Activité 1.2 : Chiffres significatifs et analyse dimensionnelle ☉ 20 min

- a) Combien de chiffres significatifs comportent : 3,50 ; 0,0042 ; 1200 ; $1,200 \times 10^3$?
- b) Vérifier l'homogénéité de la formule $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ (période du pendule simple).
- c) Vérifier l'homogénéité de $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ sachant que $[G] = \text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

Ta réponse :

✓ Ce qu'il faut retenir

3,50 : 3 C.S. ; 0,0042 : 2 C.S. ; 1200 : ambigu (2 à 4) ; $1,200 \times 10^3$: 4 C.S. (la notation scientifique lève l'ambiguïté). Vérification : $[T] = \sqrt{\frac{\text{m}}{\text{m} \cdot \text{s}^{-2}}} = \text{s}$ ✓

Activité 1.3 : Propagation des incertitudes – cas d'une différence ☉ 25 min

Pour mesurer l'épaisseur e d'un cylindre creux, on mesure $D_i = 19,5 \pm 0,1$ mm (diamètre intérieur) et $D_e = 26,7 \pm 0,1$ mm (diamètre extérieur). On a $e = \frac{D_e - D_i}{2}$.

- Calcule la valeur de e .
- Détermine l'incertitude absolue Δe en appliquant les règles de propagation.
- Donne le résultat final sous la forme $e = e_0 \pm \Delta e$ (mm).
- Quelle est la précision relative sur e ? Pourquoi est-elle plus grande que celle sur D_e ou D_i ?

Ta réponse :

✓ Ce qu'il faut retenir

$e = \frac{26,7-19,5}{2} = 3,6$ mm. $\Delta e = \frac{\Delta D_e + \Delta D_i}{2} = \frac{0,2}{2} = 0,1$ mm. Résultat : $e = 3,6 \pm 0,1$ mm.
Précision : $\frac{0,1}{3,6} \approx 2,8\%$, plus grande car la différence réduit la valeur mais conserve les incertitudes.

Activité 1.4 : Incertitude sur un volume et une densité ⌚ 25 min

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

- Calcule V et ΔV .
- Calcule d et Δd .
- Exprime les résultats sous la forme $x_0 \pm \Delta x$.

Ta réponse :

✓ Ce qu'il faut retenir

$V = 15,2^3 = 3511,8 \text{ mm}^3$; $\frac{\Delta V}{V} = 3 \frac{\Delta a}{a} = 3 \times \frac{0,5}{15,2} = 9,9\%$; $\Delta V \approx 347 \text{ mm}^3$. $d = \frac{105,0}{95,2} = 1,103$; $\Delta d \approx 0,004$.

Synthèse – Mesures et unités

1. Toute mesure s'exprime : $x = x_0 \pm \Delta x$ (unité).
2. Les 7 grandeurs fondamentales du SI : longueur (m), masse (kg), temps (s), intensité électrique (A), température (K), quantité de matière (mol), intensité lumineuse (cd).
3. Propagation : $\Delta(a \pm b) = \Delta a + \Delta b$; $\frac{\Delta(a^n b^m)}{a^n b^m} = |n| \frac{\Delta a}{a} + |m| \frac{\Delta b}{b}$
4. Chiffres significatifs : toujours utiliser la notation scientifique pour lever toute ambiguïté.
5. Toute formule physique doit être **homogène** en dimension.

Chapitre 2

Champ gravitationnel

⊙ Durée estimée : 4h00

5 activités + synthèse

Introduction

Tout corps massif crée autour de lui un **champ gravitationnel**. Ce champ est responsable de la chute des corps, du mouvement des planètes et des satellites. Newton a énoncé en 1687 la loi universelle de la gravitation, qui s'applique à tous les corps de l'univers, qu'ils soient sur Terre ou dans l'espace.

Champ radial vs champ uniforme

Un champ gravitationnel est dit **radial** si ses lignes de champ convergent vers le centre du corps source (cas de la Terre vue de loin). Il est dit **uniforme** si son intensité et sa direction sont constantes en tout point d'une région (approximation locale à la surface de la Terre).

Activité 2.1 : Champ de pesanteur et variation avec l'altitude ⊙ 25 min

Un corps de masse $m = 2$ kg est situé à la surface de la Terre ($R_T = 6,4 \times 10^6$ m, $M_T = 6 \times 10^{24}$ kg, $G = 6,67 \times 10^{-11}$ N·m²·kg⁻²).

- Calcule l'intensité du champ de pesanteur $g_0 = \frac{GM_T}{R_T^2}$ à la surface de la Terre.
- Déduis le poids $P = mg_0$ du corps.
- Calcule g_h à l'altitude $h = 300$ km. Compare avec g_0 (variation en %).
- À quelle altitude h le champ vaut-il la moitié de sa valeur au sol ? Exprime h en fonction de R_T .

Ta réponse :

✓ Ce qu'il faut retenir

$g_0 \approx 9,77 \text{ m/s}^2$; $P = 19,54 \text{ N}$. À $h = 300 \text{ km}$: $g_h \approx 8,93 \text{ m/s}^2$ (baisse de $\sim 8\%$). Pour $g_h = \frac{g_0}{2}$: $\left(\frac{R_T}{R_T+h}\right)^2 = \frac{1}{2} \Rightarrow h = R_T(\sqrt{2} - 1) \approx 2650 \text{ km}$.

Loi de la gravitation universelle (Newton)

Deux corps ponctuels de masses m_A et m_B séparés d'une distance r exercent l'un sur l'autre une force d'attraction :

$$F = G \frac{m_A \cdot m_B}{r^2}$$

où $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$ est la **constante de gravitation universelle** (même valeur partout dans l'univers).

Le **champ gravitationnel** créé par M en un point situé à la distance r est :

$$\vec{g} = -G \frac{M}{r^2} \vec{u}_r$$

dirigé vers le centre de la masse M . Variation avec l'altitude : $g_h = g_0 \left(\frac{R_T}{R_T+h}\right)^2$.

Activité 2.2 : Force gravitationnelle – étude comparée ◉ 25 min

- a) La Terre ($M_T = 6 \times 10^{24} \text{ kg}$) et la Lune ($M_L = 7,3 \times 10^{22} \text{ kg}$) sont séparées de $d = 3,84 \times 10^8 \text{ m}$. Calcule la force gravitationnelle Terre-Lune. Que peut-on dire de la force exercée par la Lune sur la Terre ?

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue or grey ruling lines, typical of notebook paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

$F_{T-L} \approx 1,98 \times 10^{20}$ N (réciprocité : $F_{L/T} = F_{T/L}$). Boules : $F \approx 3,63 \times 10^{-10}$ N $\ll P = 6,86$ N. Si on double masses et distance : $F' = G \frac{(2m_1)(2m_2)}{(2r)^2} = G \frac{4m_1 m_2}{4r^2} = F$ - la force reste **identique**.

Un satellite artificiel orbite à l'altitude h au-dessus de la Terre. La force gravitationnelle fournit la force centripète nécessaire au mouvement circulaire uniforme.

-
- Physique – 11^{ème} Sciences
IAD

- Ta réponse :

$\frac{d}{D-d} = \sqrt{\frac{M_T}{M_L}} = \sqrt{\frac{6 \times 10^{24}}{7,3 \times 10^{22}}} = \sqrt{81,9} \approx 9,05$. Donc $d = \frac{9,05}{10,05} \times D \approx 0,900D \approx 3,46 \times 10^8$ m du centre de la Terre. La Terre domine sur 90% du trajet.

Le satellite Phobos de la planète Mars décrit une trajectoire circulaire de rayon $R = 9378$ km. ($M_{\text{Mars}} = 6,42 \times 10^{23}$ kg, $m_{\text{Phobos}} = 9,6 \times 10^{15}$ kg, $G = 6,67 \times 10^{-11}$ SI).

Chapitre 3

Champ électrostatique

⊙ **Durée estimée** : 3h30

4 activités + synthèse

Introduction

Les charges électriques en repos exercent des forces à distance : c'est l'interaction **électrostatique**. Elle obéit à une loi analogue à celle de la gravitation, mais avec une différence fondamentale : elle peut être **attractive** ou **répulsive**.

Activité 3.1 : Force électrostatique – Loi de Coulomb ⊙ 25 min

Deux charges ponctuelles $q_1 = +2\,\mu\text{C}$ et $q_2 = -3\,\mu\text{C}$ sont placées en A et B distants de $r = 10\text{ cm}$ dans le vide ($k = 9 \times 10^9\text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{C}^{-2}$).

- Calcule la force exercée par q_1 sur q_2 .
- Cette force est-elle attractive ou répulsive ? Justifie.
- Deux charges $q_3 = +1\,\mu\text{C}$ et $q_4 = +1\,\mu\text{C}$ sont placées à $r = 5\text{ cm}$ l'une de l'autre. Compare cette force à la précédente.
- Quand dit-on que la loi de Coulomb et la loi de Newton sont « analogues » ? Quelles sont leurs différences fondamentales ?

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

✓ **Ce qu'il faut retenir**

$E = k \frac{|Q|}{r^2}$. Pour $Q = 5 \mu\text{C}$ à $r = 0,2 \text{ m}$: $E = 1,125 \times 10^6 \text{ V/m}$. Si $q_1 = q_2 > 0$: les champs en M sont opposés $\Rightarrow E_{\text{total}} = 0$ (annulation par symétrie). Si $q_2 < 0$: les champs s'additionnent $\Rightarrow E_{\text{total}} = 2E_1$.

Activité 3.3 : Champ uniforme – différence de potentiel et travail

Activité 3.3 : Champ uniforme – différence de potentiel et travail $\odot$ 25 min

Entre deux plaques parallèles séparées de $d = 2 \text{ cm}$, on applique $U = 100 \text{ V}$.

- Calculer le champ électrique $E = \frac{U}{d}$ entre les plaques.
- Calculer la force exercée sur un électron ($e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$) entre les plaques.
- Calculer le travail $W_{AB} = qU_{AB}$ pour déplacer l'électron d'une plaque à l'autre.
- L'électron part du repos de la plaque négative. Calculer sa vitesse à l'arrivée ($m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$).

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins or other markings on the paper.

✓ Ce qu'il faut retenir

$F = k \frac{q^2}{a^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{10^{-12}}{0,01} = 0,9 \text{ N}$. Par symétrie, $\vec{F}_{1/3}$ et $\vec{F}_{2/3}$ font un angle de 60° entre eux.
Résultante : $F_R = 2F \cos 30 = 0,9\sqrt{3} \approx 1,56 \text{ N}$, dirigée selon la médiatrice.

Synthèse – Champ électrostatique

1. **Loi de Coulomb** : $F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$ – attractive si signes opposés, répulsive si même signe.
2. **Champ** : $E = k \frac{|Q|}{r^2}$ (charge ponctuelle) ; $E = \frac{U}{d}$ (champ uniforme entre plaques).
3. **Force** : $\vec{F} = q\vec{E}$; **Travail** : $W_{AB} = q(V_A - V_B) = qU_{AB}$.
4. **Superposition** : le champ total est la somme vectorielle des champs individuels.
5. **Vitesse acquise** : $\frac{1}{2}mv^2 = qU$ (théorème de l'énergie cinétique).

Chapitre 4

Condensateurs

⊙ Durée estimée : 3h00

4 activités + synthèse

Introduction

Un **condensateur** est un composant électronique fondamental, capable de stocker de l'énergie électrique. Il est présent dans les flashes photographiques, les défibrillateurs cardiaques, les circuits électroniques. Comprendre son fonctionnement passe par la maîtrise de la capacité, de la charge et de l'énergie.

Activité 4.1 : Capacité et charge d'un condensateur plan ⊙ 20 min

Un condensateur plan a des armatures de surface $S = 100 \text{ cm}^2$ séparées de $d = 2 \text{ mm}$. Le diélectrique est le vide ($\varepsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$).

- Calcule la capacité $C = \varepsilon_0 \frac{S}{d}$.
- Si $U = 200 \text{ V}$, calcule la charge $Q = CU$ et l'énergie $W = \frac{1}{2}CU^2$.
- Que devient C si on double la surface S ? Si on double l'épaisseur d ? Si on double la tension U ?
- On insère un diélectrique de permittivité $\varepsilon_r = 4$ (verre). Recalcule C , Q et W pour $U = 200 \text{ V}$.

Parallèle : $C_{eq} = 10 \mu\text{F}$, $W = 0,0125 \text{ J}$. Série : $C_{eq} = 2,4 \mu\text{F}$, $W = 0,003 \text{ J}$. Le parallèle stocke plus d'énergie. Cas mixte : $C_{23} = 12 \mu\text{F}$ (parallèle) ; puis série : $C_{eq} = \frac{6 \times 12}{18} = 4 \mu\text{F}$.

Un condensateur $C = 100 \mu\text{F}$ initialement déchargé est chargé par un courant constant $I = 1 \text{ mA}$ pendant une durée $\Delta t = 30 \text{ s}$.

- La charge Q accumulée est $Q = I \times \Delta t$. Calculer Q .
- En déduire la tension U aux bornes du condensateur.
- Calculer l'énergie électrique stockée.
- Un flash photographique utilise un condensateur $C = 150 \mu\text{F}$ chargé sous $U = 500 \text{ V}$. Calculer l'énergie stockée. Si le flash libère toute cette énergie en $\Delta t = 1 \text{ ms}$, quelle est la puissance développée ?

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

✓ Ce qu'il faut retenir

$Q_1 = C_1 U_1 = 2 \times 10^{-6} \times 1000 = 2 \text{ mC}$. $U' = \frac{Q_1}{C_1 + C_2} = \frac{2 \times 10^{-3}}{2,5 \times 10^{-6}} = 800 \text{ V}$. $W_i = 1 \text{ J}$;
 $W_f = \frac{1}{2}(C_1 + C_2)U'^2 = 0,8 \text{ J}$. Perte : $\Delta W = 0,2 \text{ J}$ (dissipée par étincelles/résistances de connexion).

Synthèse – Condensateurs

$$Q = CU \ ; \quad C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{S}{d} \ ; \quad W = \frac{1}{2} CU^2 = \frac{Q^2}{2C}$$

Parallèle : $C_{eq} = C_1 + C_2 + \dots$ (même tension ; charges s'additionnent)

Série : $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$ (même charge ; tensions s'additionnent)

Charge par courant constant : $Q = I \cdot t$; Puissance : $P = \frac{W}{\Delta t}$

Propriétés : charge totale d'un condensateur = 0 ; $C \nearrow$ si $S \nearrow$ ou $d \searrow$ ou $\varepsilon_r \nearrow$.

Chapitre 5

Champ magnétique

⌚ **Durée estimée** : 3h30

5 activités + synthèse

Activité 5.1 : Mise en évidence et lignes de champ ⌚ 20 min

- a) Qu'observe-t-on lorsqu'on approche une boussole d'un aimant droit ? Décris le mouvement de l'aiguille.
- b) Décris les lignes de champ d'un aimant droit (sens, forme, densité).
- c) Qu'est-ce que le champ magnétique terrestre ? Pourquoi la boussole indique-t-elle le Nord géographique ?
- d) Quelle est la différence entre un champ magnétique et un champ gravitationnel ?

Ta réponse :

Activité 5.2 : Champ magnétique créé par des courants ⌚ 25 min

- a) Décris l'expérience d'Ersted. Que montre-t-elle ?
- b) Calcule B pour un fil rectiligne parcouru par $I = 10$ A à $r = 5$ cm.
- c) Un solénoïde de 500 spires, $L = 20$ cm est parcouru par $I = 2$ A. Calcule B à l'intérieur.
- d) Une bobine plate de $N = 100$ spires, $R = 5$ cm est parcourue par $I = 3$ A. Calcule B en son centre.

Ta réponse :

✓ Ce qu'il faut retenir

Fil : $B = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 10}{2\pi \times 0,05} = 4 \times 10^{-5}$ T. Solénoïde : $n = 2500$ sp/m, $B = \mu_0 n I = 6,28 \times 10^{-3}$ T.
 Bobine : $B = \frac{\mu_0 N I}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 100 \times 3}{0,1} \approx 3,77 \times 10^{-3}$ T.

Champs magnétiques créés par des courants

Fil rectiligne long : $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ (règle de la main droite pour le sens).

Bobine plate (N spires, rayon R) au centre : $B = \frac{\mu_0 N I}{2R}$.

Solénoïde (longueur L , N spires) à l'intérieur : $B = \mu_0 n I$ où $n = \frac{N}{L}$.

Constante $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ T·m/A (perméabilité du vide).

Activité 5.3 : Force de Laplace – applications ☉ 30 min

- Un fil de $\ell = 30$ cm parcouru par $I = 5$ A est placé perpendiculairement à $\vec{B} = 0,2$ T. Calculer F .
- Même fil avec $\alpha = 30$ entre $\vec{I}\ell$ et $\vec{B}$. Comparer les deux forces.
- Deux fils parallèles distants de 10 cm portent des courants $I_1 = I_2 = 20$ A dans le même sens. Calculer la force par mètre. Est-elle attractive ou répulsive?
- Comment ce résultat est-il utilisé pour définir l'ampère?

This image shows a full page of blank white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, providing a guide for writing. There are no margins, text, or other markings on the paper.

✓ Ce qu'il faut retenir

$F_{\perp} = 0,2 \times 5 \times 0,3 = 0,3 \text{ N}$. $F_{30} = 0,3 \times \sin 30 = 0,15 \text{ N}$. Fils parallèles : $B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d} = 4 \times 10^{-5} \text{ T}$; $\frac{F}{L} = B_1 I_2 = 8 \times 10^{-4} \text{ N/m}$, attractive (même sens).

Activité 5.4 : Force de Lorentz – mouvement d’une charge ◉ 25 min

Une particule de charge $q = 2\,\mu\text{C}$ et de masse $m = 10^{-6}\,\text{kg}$ se déplace à $v = 10^3\,\text{m/s}$ perpendiculairement à un champ magnétique $B = 0,5\,\text{T}$.

- Calculer la force magnétique $F = qvB$ exercée sur la particule.
- Cette force est-elle motrice ou résistante ? Justifie par le calcul du travail.
- Montrer que la particule décrit un cercle. Exprimer le rayon $r = \frac{mv}{qB}$.
- Calculer r . Quelle est la période de révolution ?

Chapitre 6

Cinématique et dynamique du point matériel

⊙ Durée estimée : 4h00

5 activités + synthèse

Activité 6.1 : MRU et MRUV ⊙ 20 min

- Un mobile parcourt 300 m en 20 s à vitesse constante. Calcule v , écris $x(t)$ et trace $x(t)$ et $v(t)$.
- Un mobile part du repos avec $a = 2 \text{ m/s}^2$. Écris $v(t)$ et $x(t)$. Calcule v et x à $t = 5 \text{ s}$.
- Une voiture roule à 90 km/h puis freine avec $a = -5 \text{ m/s}^2$. Calcule la distance d'arrêt.

Ta réponse :

✓ Ce qu'il faut retenir

MRU : $v = 15 \text{ m/s}$, $x = 15t$. MRUV : $v = 2t$, $x = t^2$; à $t = 5 \text{ s}$: $v = 10 \text{ m/s}$, $x = 25 \text{ m}$.
Freinage : $v_0 = 25 \text{ m/s}$; $d = \frac{v_0^2}{2|a|} = \frac{625}{10} = 62,5 \text{ m}$.

- Tu réponse :

✓ Ce qu'il faut retenir

$v(t) = 20 - 9,8t$; $z(t) = 20t - 4,9t^2$. $h_{\max} = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{400}{19,6} = 20,4 \text{ m}$ à $t = 2,04 \text{ s}$. Retour :
 $v = v_0 = 20 \text{ m/s}$ (conservation de l'énergie). Chute libre : $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{90}{9,8}} = 3,03 \text{ s}$;
 $v = gt = 29,7 \text{ m/s}$.

Activité 6.4 : Mouvement parabolique ◉ 30 min

Un projectile est lancé horizontalement depuis une hauteur $H = 20$ m avec une vitesse $v_0 = 15$ m/s ($g = 10$ m/s², on néglige les frottements).

- Écrire les équations paramétriques $x(t)$ et $y(t)$ (axe y vers le bas, origine au point de lancer).
- Calculer le temps de vol jusqu'au sol.
- Calculer la portée $x_{\max}$ (distance horizontale parcourue).
- Calculer la vitesse et l'angle à l'impact avec le sol.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins or other markings on the paper.

✓ Ce qu'il faut retenir

Sans frottement : $a = g \sin 30 = 4,9 \text{ m/s}^2$; $v = \sqrt{2 \times 4,9 \times 4} = 6,26 \text{ m/s}$. Avec frottement : $N = mg \cos 30 = 42,4 \text{ N}$, $f = 8,49 \text{ N}$, $a = g \sin 30 - \mu g \cos 30 = 3,2 \text{ m/s}^2$; $v = \sqrt{2 \times 3,2 \times 4} = 5,06 \text{ m/s}$. Condition d'arrêt : $\mu \geq \tan 30 \approx 0,577$.

Synthèse – Cinématique et Dynamique

1. **Cinématique** : MRU ($v = \text{cte}$) ; MRUV ($a = \text{cte}$, $v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x$).
2. **PFD** : $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$ – toujours projeter sur un axe.
3. **Chute libre** : $a = -g$, $v = v_0 - gt$, $h_{\max} = \frac{v_0^2}{2g}$.
4. **Mouvement parabolique** : $x = v_0 t$, $y = \frac{1}{2}gt^2$ (lancer horizontal).
5. **Plan incliné** : $a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$; arrêt si $\mu \geq \tan \alpha$.

Chapitre 7

Énergie mécanique

⊙ **Durée estimée** : 2h30

4 activités + synthèse

Activité 7.1 : Travail d'une force ⊙ 20 min

- a) Définir le travail $W = F \cdot AB \cdot \cos \alpha$. Quand est-il moteur, résistant, nul ?
- b) Calculer le travail du poids d'un corps de 4 kg qui descend de 10 m.
- c) Calculer le travail de la réaction normale $\vec{N}$ lors d'un déplacement horizontal. Expliquer pourquoi $W(\vec{N}) = 0$.

Ta réponse :

Activité 7.2 : Théorème de l'énergie cinétique et conservation ⊙ 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 par conservation de E_m .
- c) Vérifier par les équations cinématiques.
- d) À mi-hauteur, quelle est la vitesse ? Quelle est l'énergie cinétique ?

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

✓ Ce qu'il faut retenir

$W(\vec{P}) = mgL \sin 30 = 73,5 \text{ J}$. $W(\vec{N}) = 0$ ($N \perp$ déplacement). $N = mg \cos 30 = 25,46 \text{ N}$,
 $f = \mu N = 5,09 \text{ N}$, $W(\vec{f}) = -f \times L = -25,5 \text{ J}$. $\Delta E_c = 73,5 - 25,5 = 48 \text{ J}$. $v = \sqrt{\frac{96}{3}} = 5,66$
 m/s. Sans frottement : $v_0 = 6,26 \text{ m/s}$. Fraction dissipée : $\frac{25,5}{73,5} \approx 35\%$.

Activité 7.4 : Puissance et rendement ⦿ 25 min

- Un moteur soulève une masse de 500 kg à une hauteur de 20 m en 10 s. Calculer la puissance utile.
- Le moteur consomme 1,5 kW. Calculer son rendement $\eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{absorbée}}}$.
- Un véhicule roule à $v = 20$ m/s contre une force de frottement total $f = 800$ N. Quelle est la puissance du moteur ?

Ta réponse :

✓ Ce qu'il faut retenir

$$P_{\text{utile}} = \frac{mgh}{\Delta t} = \frac{500 \times 9,8 \times 20}{10} = 9800 \text{ W. } \eta = \frac{9800}{15000} \approx 65\%. P_{\text{moteur}} = F \times v = 800 \times 20 = 16\,000 \text{ W.}$$

Synthèse – Énergie mécanique

$$W(\vec{F}) = F \cdot d \cdot \cos \alpha ; \quad W(\vec{P}) = mgh \text{ (descente, moteur) ou } -mgh \text{ (montée, résistant).}$$

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 ; \quad E_p = mgh ; \quad E_m = E_c + E_p$$

Conservation : si seul le poids travaille, $E_m = \text{cte}$.

Th. énergie cinétique : $\sum W_{\text{ext}} = \Delta E_c$ (toutes les forces, y compris frottements).

Puissance : $P = \frac{W}{\Delta t} = Fv \cos \alpha ; \quad \textbf{Rendement : } \eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{absorbée}}} \leq 1.$

Chapitre 8

Ondes mécaniques

⌚ Durée estimée : 2h30

3 activités + synthèse

Introduction

Une **onde mécanique** est une perturbation qui se propage dans un milieu matériel sans transport de matière, mais avec transport d'énergie. Le son, les vagues, les séismes sont des exemples d'ondes mécaniques.

Activité 8.1 : Célérité et longueur d'onde ⌚ 25 min

- Une onde sonore se propage dans l'air à $v = 340$ m/s avec $f = 680$ Hz. Calculer λ .
Puis avec $f = 200$ Hz.
- Une corde de $m = 20$ g et $L = 2$ m est tendue par $F = 80$ N. Calculer la célérité et λ pour $f = 100$ Hz.
- Décris la différence entre onde transversale (corde) et onde longitudinale (son).

Ta réponse :

f_1 et f_2 ?

c) Quel est l'enjeu acoustique des ondes stationnaires pour les instruments de musique ?

Ta réponse :

✓ Ce qu'il faut retenir

$f_1 = \frac{160}{1,6} = 100 \text{ Hz}$, $f_2 = 200 \text{ Hz}$, $f_3 = 300 \text{ Hz}$. $f_2 = 2f_1$: c'est une octave. Les instruments à cordes (guitare, violon) exploitent ces modes propres.

Synthèse – Ondes mécaniques

$v = \lambda f = \frac{\lambda}{T}$; Corde : $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$; Son dans l'air : $v \approx 340 \text{ m/s}$.

Retard : $\tau = \frac{d}{v}$; Déphasage : $\varphi = \frac{2\pi d}{\lambda}$

Ondes stationnaires : $f_n = \frac{nv}{2L}$ (cordes fixées aux deux bouts).

Diffraction : phénomène important quand $\lambda \sim$ taille de l'obstacle.

Interférences : constructives si $\delta = k\lambda$; destructives si $\delta = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$.

Chapitre 9

Optique géométrique

⊙ Durée estimée : 3h00

4 activités + synthèse

Activité 9.1 : Lois de la réflexion et de la réfraction ⊙ 20 min

Un rayon lumineux passe de l'air ($n_1 = 1$) au verre ($n_2 = 1,5$) avec $i_1 = 30^\circ$.

- Appliquer la loi de Snell-Descartes : $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$. Calculer i_2 .
- Le rayon se rapproche-t-il ou s'éloigne-t-il de la normale ? Pourquoi ?
- Calculer l'angle limite de réflexion totale interne pour le passage verre $\rightarrow$ air.
- Application : calculer l'angle limite pour un câble à fibre optique en verre ($n = 1,5$) dans l'eau ($n = 1,33$).

Ta réponse :

✓ Ce qu'il faut retenir

$\sin i_2 = \frac{\sin 30}{1,5} = \frac{1}{3} \Rightarrow i_2 = 19,5^\circ$ (se rapproche de la normale). Angle limite verre/air : $\sin i_\ell = \frac{1}{1,5} \Rightarrow i_\ell = 41,8^\circ$. Verre/eau : $\sin i_\ell = \frac{1,33}{1,5} \Rightarrow i_\ell = 62,5^\circ$ (plus grand : moins de perte en milieu aqueux).

d) Quand une lentille divergente est-elle utile ? (Correction de la myopie)

Ta réponse :

✓ Ce qu'il faut retenir

$\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{-20} + \frac{1}{-10} = -\frac{3}{20} \Rightarrow \overline{OA'} = -\frac{20}{3} \approx -6,7 \text{ cm}$. $\gamma = \frac{-6,7}{-10} = 0,67$. Taille : $2 \times 0,67 = 1,33 \text{ cm}$. Image virtuelle, droite, réduite (même côté que l'objet). Utile pour les myopes : image formée avant la rétine.

Activité 9.4 : Association de lentilles – la loupe ☉ 25 min

Une loupe est une lentille convergente de $f' = 5 \text{ cm}$ utilisée pour observer un objet placé en $\overline{OA} = -4 \text{ cm}$.

- Calculer la position et le grandissement de l'image.
- Quelle est la taille de l'image si l'objet mesure 1 mm ? Que remarque-t-on ?
- Calculer le grossissement $G = \frac{D_A}{f'}$ avec $D_A = 25 \text{ cm}$ (distance minimale de vision distincte).
- Associer une lentille convergente de $f'_1 = 10 \text{ cm}$ et une divergente $f'_2 = -20 \text{ cm}$. Calculer $f'_{eq} = \frac{f'_1 f'_2}{f'_1 + f'_2}$.

