

BURKINA FASO

Ministère de l'Éducation nationale, de
l'Alphabétisation et de la Promotion
des Langues nationales

Annales

2020

Tle C

**SCIENCES
PHYSIQUES**

- ▶ Rappel de cours
- ▶ Epreuves
- ▶ Corrigés

Interdit de vendre

BURKINA FASO

Unité – Progrès – Justice

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE,
DE L'ALPHABETISATION ET DE LA PROMOTION
DES LANGUES NATIONALES

ANNALES

SCIENCES PHYSIQUES

Terminales C et E

Auteurs :

- Gombila Pierre Claver TAPSOBA, IES
- Kuilbila Bernard SAM, IES
- Issoufou OUEDRAOGO, IES
- Georgette SAWADOGO/ILI, CPES
- Dominique SEBGO, CPES
- S. Blandine ILBOUDO/KABORE, CPES

Maquette et mise en page :

OUEDRAOGO Salifou

ISBN :**Tous droits réservés :**

© Ministre de l'Education Nationale, de l'Alphabétisation
Et de la Promotion des Langues Nationales

Edition :

Direction Générale de la Recherche en Education et de l'Innovation
Pédagogique

PREFACE

Dans le contexte de l'Education en Situation d'Urgence engendrée par la crise sécuritaire dans notre pays depuis 2016, le Ministère de l'Education nationale, de l'Alphabétisation et de la Promotion des Langues nationales (MENAPLN) a vu la nécessité de recourir à des alternatives pédagogiques pour assurer la continuité éducative des élèves en rupture de scolarité.

Cet impératif s'est exaspéré en fin de second trimestre de l'année scolaire 2019-2020 par une crise sanitaire due à la pandémie de la COVID-19 qui a entraîné la suspension des activités pédagogiques pendant trois (03) mois. Durant cette période, mon département a produit des ressources pédagogiques numériques qui ont été diffusées par la radio, la télévision et une plateforme WEB éducative au profit des élèves des classes d'examen du primaire, du post-primaire et du secondaire.

Pour ceux d'entre eux qui n'ont pas accès à ces canaux de diffusion et par souci d'équité et d'inclusion, il est apparu nécessaire de produire des résumés suivis d'exercices corrigés pour leur permettre de s'exercer en vue des examens scolaires.

Pour ce faire, les équipes pédagogiques disciplinaires du MENAPLN ont été mises à contribution pour concevoir des supports pédagogiques adaptés aux besoins de maintien et de réussite des apprenants.

Qu'il me plaise de rappeler une fois encore que les supports didactiques ne remplacent pas l'enseignant dont le rôle est essentiel. Ils permettent aux élèves de poursuivre leur apprentissage en dehors de la classe afin de ne pas rompre avec le savoir dans les situations de rupture scolaire.

A tous les acteurs et partenaires qui se sont investis pour produire ces chefs-d'œuvre dans les conditions d'urgence, je leur réitère ma gratitude et mes remerciements et adresse mes vœux de succès aux candidats et aux futurs utilisateurs de ces bréviaires.

**Le Ministre de l'Education nationale, de l'Alphabétisation
et de la Promotion des Langues nationales**



Pr Stanislas OUARO

Officier de l'Ordre des Palmes Académiques



RAPPEL DE COURS

I. GENERALITES

Les contenus abordés en classe de terminale C et E se présentent conformément au tableau suivant :

MECANIQUE
Chapitre 1 : Les éléments de cinématique
Chapitre 2 : Les lois du mouvement de Newton
Chapitre 3: Le travail et l'énergie cinétique
Chapitre 4 : Le mouvement dans un champ de gravitation
Chapitre 5 : Le mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique uniforme
Chapitre 6 : Le mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme
Chapitre 7 : Les oscillations mécaniques
ELECTRICITE
Chapitre 8 : Le condensateur
Chapitre 9: La bobine inductive
Chapitre 10 : Les oscillations électriques libres
Chapitre 11 : Les oscillations électriques forcées
PHYSIQUE NUCLEAIRE
Chapitre 12 : Le noyau atomique
Chapitre 13 : La radioactivité
Chapitre 14 : Les réactions nucléaires provoquées
CHIMIE GENERALE
Chapitre 1 : Les solutions aqueuses
Chapitre 2: Les solutions aqueuses de chlorure d'hydrogène et d'hydroxyde de sodium
Chapitre 3 : Les couples Acide / Base
Chapitre 4 : La classification des couples Acide / Base dans l'eau
Chapitre 5 : La réaction entre les solutions de chlorure d'hydrogène et d'hydroxyde de sodium
Chapitre 6 : L'étude de la réaction entre un acide faible et une base forte, une base faible et un acide fort
CHIMIE ORGANIQUE
Chapitre 7 : Les alcools
Chapitre 8 : Les aldéhydes et les cétones
Chapitre 9 : Les acides carboxyliques- L'estérification- L'hydrolyse-La saponification

II. Résumé des apprentissages

2.1. Physique

2.1.1. Mécanique

Cinématique

1) Vecteur vitesse

1.1 Vecteur vitesse moyenne

La vitesse moyenne : $\vec{v}_m = \frac{\overline{MM'}}{t' - t} = \frac{\Delta \overline{OM}}{\Delta t}$

(MM' en m ; $t' - t$ en s)

1.2) Vecteur vitesse instantanée

La vitesse instantanée: $\vec{v} = \frac{d(\overline{OM})}{dt}$

\vec{v} a les caractéristiques suivantes :

- son origine est au point M ;
- sa direction est tangente à la trajectoire au point M ;
- son sens est celui du mouvement

Le vecteur vitesse \vec{v} a pour coordonnées : v_x, v_y, v_z telles que

$$v_x = \frac{dx}{dt} ; v_y = \frac{dy}{dt} ; v_z = \frac{dz}{dt}$$

La valeur de la vitesse est $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$. La vitesse s'exprime en **mètre par seconde (m.s⁻¹)**.

2) Vecteur accélération

Le vecteur accélération \vec{a} est la dérivée par rapport au temps du vecteur vitesse \vec{v} . C'est donc la dérivée seconde du vecteur position

\overline{OM} . On écrit: $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2(\overline{OM})}{dt^2}$

La valeur de l'accélération est exprimée en **mètre par seconde au carré (m . s⁻²)** lorsque la vitesse est en mètre par seconde (m . s⁻¹) et la durée en seconde(s).

3) Étude cinématique de quelques mouvements

• Mouvement rectiligne uniforme

Le vecteur vitesse est constant :

$$\vec{v} = v_x \cdot \vec{i} = v_0 \cdot \vec{i}$$

$$\mathbf{a}_x = \mathbf{0}$$

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}_x = \mathbf{v}_0$$

$$\mathbf{x} = \mathbf{v}_0 \cdot \mathbf{t} + \mathbf{x}_0$$

- **Mouvement rectiligne uniformément varié**

Le vecteur accélération est constant :

$$\mathbf{a}_x = \text{constant}$$

$$\mathbf{v}_x = \mathbf{a}_x \mathbf{t} + \mathbf{v}_{0x}$$

$$\mathbf{x} = \frac{1}{2} \mathbf{a}_x \cdot \mathbf{t}^2 + \mathbf{v}_{0x} \cdot \mathbf{t} + \mathbf{x}_0$$

- **Mouvement circulaire uniforme**

$$\vec{\mathbf{a}} = \frac{v^2}{R} \vec{\mathbf{u}}_n \quad \mathbf{a} = \mathbf{a}_n = \frac{v^2}{R} = R\omega^2$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi R}{V}$$

$$N = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{v}{2\pi R}$$

Les lois du mouvement de Newton

1) La première loi de Newton : le principe de l'inertie

Dans un référentiel galiléen, si un solide est isolé ou pseudo-isolé, alors son centre d'inertie G est soit :

- immobile si G est initialement au repos ($\overrightarrow{V}_G = \vec{\mathbf{0}}$).
- animé d'un mouvement rectiligne uniforme
($\overrightarrow{V}_G = \text{constant}$)

2) La deuxième loi de Newton : le principe fondamental de la dynamique

Pour un solide ponctuel, G se confond à ce solide et le théorème précédant devient la relation fondamentale de la dynamique du point

Enoncé : *Dans un référentiel galiléen, la somme des forces extérieures appliquées à un point matériel est égale au produit de la masse du point par son accélération.*

$$\sum \vec{\mathbf{F}}_{ext} = m \cdot \vec{\mathbf{a}}$$

3) La troisième loi de Newton : le principe des actions réciproques

Enoncé : *Lorsque deux corps S_1 et S_2 sont en interaction, la force exercée par S_1 sur S_2 (matérialisée par $\overrightarrow{F_{1/2}}$) est opposée à la force exercée par S_2 sur S_1 (matérialisée par $\overrightarrow{F_{2/1}}$) ; on écrit :*

$$\overrightarrow{F_{1/2}} = -\overrightarrow{F_{2/1}}$$

Travail et énergie cinétique

1) Expression du travail d'une force

Le travail mécanique $W_{AB}(\overrightarrow{F})$ d'une force constante \overrightarrow{F} dont le point d'application se déplace de A en B, est égale au produit scalaire de \overrightarrow{F} par le vecteur déplacement \overrightarrow{AB} :

$$W_{AB}(\overrightarrow{F}) = \overrightarrow{F} \cdot \overrightarrow{AB}$$

Posons: $AB = \ell$ et $\alpha = (\overrightarrow{F}, \overrightarrow{AB})$ alors :

$$W_{AB}(\overrightarrow{F}) = \overrightarrow{F} \cdot \overrightarrow{AB} = F \cdot AB \cdot \cos \alpha = F \cdot \ell \cdot \cos \alpha$$

2) théorème de l'énergie cinétique

Dans un référentiel galiléen, la variation entre deux instants t_1 et t_2 de l'énergie cinétique ΔE_C d'un solide est égale à la somme des travaux $\sum W(\overrightarrow{F}_{ext})$ de toutes les forces extérieures appliquées à ce solide entre ces deux instants.

L'expression qui le traduit est : $\Delta E_C = E_{c_2} - E_{c_1} = \sum W(\overrightarrow{F}_{ext})$

- **Pour un solide de masse m en translation** entre deux instants t_1 et t_2 , le théorème de l'énergie cinétique donne :

$$\frac{1}{2}m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2}m \cdot v_1^2 = \sum W(\overrightarrow{F}_{ext})$$

Mouvement dans le champ de gravitation

1.) La loi de la gravitation

Deux corps ponctuels A (de masse m_A) et B (de masse m_B) placés à la distance r l'un de l'autre exercent l'un sur l'autre des forces d'attraction directement opposées, de valeurs proportionnelles aux masses et inversement proportionnelles au carré de leur distance. (fig.1)

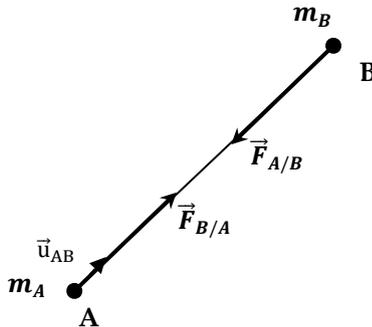
$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A} = -G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{r^2} \cdot \vec{u}_{AB} \quad \begin{array}{l} m_A \text{ et } m_B: \text{ en (kg)} \\ F_{A/B} \text{ et } F_{B/A}: \text{ en (N)} \\ r: \text{ en m} \end{array}$$

avec $r = AB$; \vec{u}_{AB} un vecteur unitaire

L'intensité est: $F_{A/B} = F_{B/A} = G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{r^2}$

G est la **constante de gravitation universelle**. Sa valeur approchée dans le système international est :

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ S.I}$$



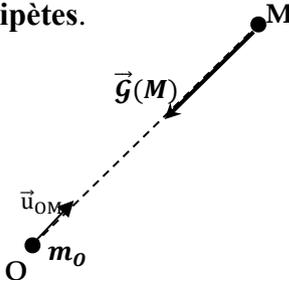
Forces d'attraction entre deux corps ponctuels.

2) Le champ de gravitation créé par une masse ponctuelle

Si un objet ponctuel de masse m_0 est placé au point O, le champ de gravitation qu'il crée en un point M à la distance r de O a pour

expression : $\vec{g}(M) = -G \cdot \frac{m_0}{r^2} \cdot \vec{u}_{OM}$

Les lignes de champ sont toutes orientées vers le point O : elles sont **centripètes**.



Champ de gravitation en M créé par un corps ponctuel O.

3) Le champ de gravitation de la terre

La Terre peut être assimilée à un astre à symétrie sphérique de centre O, de rayon R_T et de masse M_T . Elle crée en tout point M situé à une distance $OM = r \geq R_T$ un champ de gravitation $\vec{G}(M) = -G \cdot \frac{M_T}{r^2} \cdot \vec{u}_{OM}$ (1)

– A la surface de la terre, ($r = R_T$), la valeur du champ est G_0 tel que :

$$G_0 = G \cdot \frac{M_T}{R_T^2} \text{ numériquement, } G_0 = 9,80 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

4) Variation de G avec l'altitude

Posons $h = r - R_T$ l'altitude d'un point M au-dessus du sol.

$$G(M) = g(M) = G \cdot \frac{M_T}{r^2} = G_0 \cdot \frac{R_T^2}{r^2} = G_0 \cdot \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2} = g(h)$$

La valeur g du champ de pesanteur diminue avec l'altitude.

5) Le mouvement de chute libre

On appelle chute libre, le mouvement d'un corps soumis uniquement à son poids. Dans la présente étude, un solide de masse m , de centre d'inertie G est lancé sans frottement dans le champ de pesanteur, supposé uniforme et d'accélération \vec{g} .

Le système étudié est le solide soumis uniquement à son poids $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$ dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

Le théorème du centre d'inertie appliqué au système s'écrit :

$$\sum \vec{F}_{ext.} = m \cdot \vec{a}_G \leftrightarrow m \cdot \vec{g} = m \cdot \vec{a}_G \text{ soit : } \vec{a}_G = \vec{g}$$

6) Le mouvement des satellites terrestres

Le système étudié est un satellite S de masse m , de centre d'inertie S , en mouvement autour de la Terre de masse M_T , de centre O .

Le référentiel d'étude est le référentiel géocentrique supposé galiléen.

La seule force appliquée au satellite est la force de gravitation de la Terre $\vec{F} = m \cdot \vec{G}(S)$.

Le théorème du centre d'inertie s'écrit pour ce satellite : $m \cdot \vec{a} = m \cdot \vec{G}(S)$ soit: $\vec{a} = \vec{G}(S)$

$$\vec{a} = \vec{G}(S) = -G \cdot \frac{M_T}{r^2} \cdot \vec{u}_{OS} = -g(r) \cdot \vec{u}_{OS}$$

7) Les satellites à trajectoire circulaire

Si la trajectoire d'un satellite est circulaire, alors son centre est confondu avec celui de la Terre.

▪ Vitesse du satellite

Dans le référentiel géocentrique, Le mouvement d'un satellite à trajectoire circulaire est uniforme.

On peut alors exprimer v en fonction de l'altitude h , de R_T et de g_0 .

$$v = \sqrt{G \cdot \frac{M_T}{R_T+h}} = v = \sqrt{g_0 \cdot \frac{R_T^2}{R_T+h}}$$

La vitesse du satellite en orbite circulaire n'est fonction que de son altitude.

▪ Période du satellite

La période de révolution T d'un satellite est le temps qu'il met pour effectuer un tour complet de son orbite.

$$T = \frac{L}{v} = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{v} = 2\pi \cdot r \cdot \sqrt{\frac{r}{G \cdot M_T}} = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{G \cdot M_T}} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{(R_T+h)^3}{g_0 \cdot R_T^2}}$$

Mouvement d'une particule chargée dans le champ électrique

1.) La loi de Coulomb

Dans le vide, deux particules A (de charge q_A) et B (de charge q_B) séparées de la distance $r = AB$ exercent l'une sur l'autre des forces directement opposées. La force $\vec{F}_{A/B}$ exercée par A sur B est donnée par la relation :

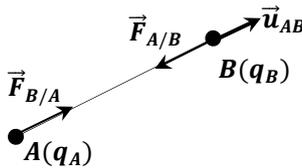
$$\vec{F}_{A/B} = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{q_A \cdot q_B}{r^2} \cdot \vec{u}_{AB}$$

avec $r = AB$; \vec{u}_{AB} un vecteur unitaire

- $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} S \cdot I$ est la permittivité du vide.

Dans le système international d'unité ;

- F s'exprime en newton (N) ;
- q_A et q_B s'expriment en coulomb (C) ;
- $\frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 S \cdot I$



Les charges q_A et q_B sont de signes contraires : elles s'attirent

2) Le champ électrique créé par une charge ponctuelle

Soit Q une charge ponctuelle placée au point O. Un corps de charge q placé au point M ($OM = r$) est soumis à la force :

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2} \cdot \vec{u}_{OM} \text{ or } \vec{F} = q \cdot \vec{E}(M)$$

Le champ électrique créé en M par la charge ponctuelle Q placée en O est :

$$\vec{E}(M) = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2} \cdot \vec{u}_{OM}$$

- $\frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 m \cdot F^{-1}$

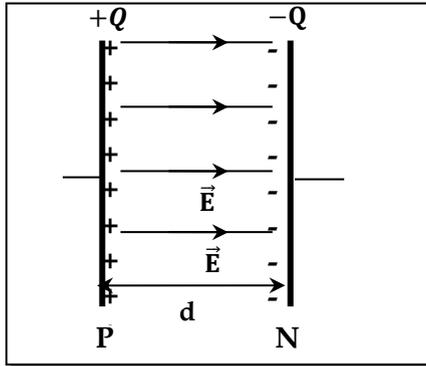
3) Champ uniforme dans un condensateur plan

- Pour un condensateur dont l'air est le diélectrique, le champ électrique a pour expression :

$$\mathbf{E} = \frac{Q}{\epsilon_0 \cdot S} = \frac{U_{PN}}{d}$$

d est la distance entre les armatures en mètre (m) ;

- S est la surface d'une armature en mètre carré (m^2)
- $\epsilon_0 = 8,84 \cdot 10^{-12} \text{ S.I}$ est la permittivité du vide.



Entre les armatures d'un condensateur,
le champ est uniforme.

4) Travail d'une force électrique constante

Le travail de la force électrique ne dépend que de la différence de potentiel $V_A - V_B$ et de la valeur de la charge q .

En particulier, si A appartient à la plaque P et le point B à la plaque N :

$$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} = q \cdot E \cdot AB \cdot \cos \alpha = q \cdot E \cdot d = q \cdot U_{PN}$$

5) Etude du mouvement

Le système étudié est une particule de charge q et de masse m en mouvement dans un champ électrique uniforme. L'étude se fait dans le référentiel terrestre du laboratoire supposé galiléen.

La somme des forces appliquées à la particule se résume à la force électrique $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$

Le théorème du centre d'inertie appliqué à la particule s'écrit :

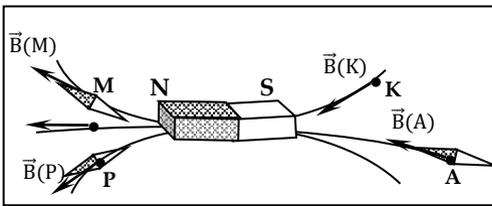
$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m \cdot \vec{a} = \vec{F} = q \cdot \vec{E} \Leftrightarrow \vec{a} = \frac{q \cdot \vec{E}}{m}$$

Mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique

1) Le champ magnétique

L'espace environnant un aimant ou une bobine parcourue par un courant est le siège d'un champ magnétique. Le champ magnétique, en un point M est représenté par un vecteur noté $\vec{B}(M)$ dont les caractéristiques sont :

- **Le point d'application** est le point M ;
- **La direction** est l'axe de l'aiguille aimantée placée en M ;
- **Le sens** est du pôle sud vers le pôle nord de l'aiguille ;
- **Son intensité** est notée B .



Représentation du vecteur champ magnétique en quelques points.

2) Champ magnétique à l'intérieur d'un solénoïde

Un solénoïde long est un enroulement de fil comportant N spires, toutes de même rayon. La longueur L de la bobine doit être grande devant son rayon ($L \geq 10 \cdot r$)

Le champ magnétique créée à l'intérieur d'un solénoïde long traversé par un courant d'intensité I est **uniforme**. Ses caractéristiques sont :

- **Sa direction** est celle de l'axe du solénoïde ;
- **Son sens** est tel qu'il rentre par la face sud et sort par a face nord ;
- **Son intensité** dans le vide vaut : $B = \mu_0 \cdot \frac{N}{L} \cdot I$

3) Mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme

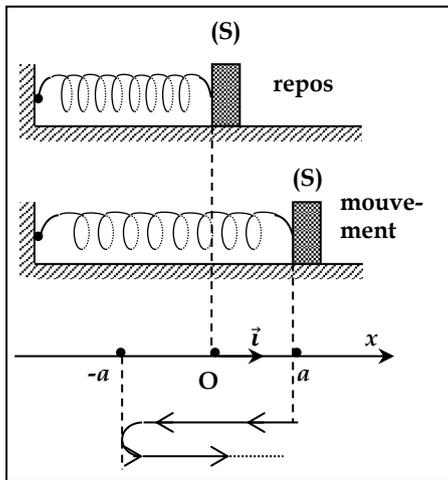
Une particule chargée, pénétrant dans un champ magnétique uniforme avec une vitesse \vec{v}_0 **orthogonale** à \vec{B} , est animée, dans le plan orthogonal à \vec{B} contenant \vec{v}_0 , d'un mouvement circulaire uniforme à la vitesse v_0 et de rayon R :

$$R = \frac{m \cdot v_0}{|q| \cdot B}$$

Les oscillations mécaniques

1) Le pendule élastique horizontal non amorti

Le système {masse-ressort-support} constitue un **oscillateur libre**.



Pendule élastique horizontal

$T_0 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$ est la période propre de l'oscillateur non amorti

$$f_0 = \frac{1}{T_0}$$

$$= \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}} \text{ est la fréquence propre de l'oscillateur}$$

L'équation différentielle du mouvement est de la

forme : $\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m} \cdot x = 0$

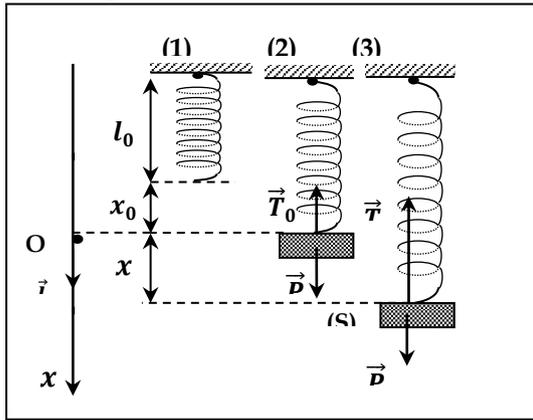
En posant $\omega_0^2 = \frac{k}{m}$, on obtient encore: $\ddot{x} + \omega_0^2 \cdot x = 0$

Les équations différentielles de type $\ddot{x} + \omega_0^2 \cdot x = 0$ admettent pour solution une fonction de la forme : $x = x_m \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi)$ ou $x = x_m \cdot \sin(\omega_0 \cdot t + \varphi)$

x_m , ω_0 et φ étant des constantes .

- x_m (m) est l'**amplitude** du mouvement;
- $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$ est la **pulsation propre**; elle s'exprime en (*rad. s⁻¹*)

2) Le pendule élastique vertical



Pendule élastique vertical

En mouvement, on obtient la même équation différentielle que dans le cas du pendule horizontal.

L'équation différentielle est $\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m} \cdot x = 0$ ou $\ddot{x} + \omega_0^2 \cdot x = 0$

avec $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$

Une solution de cette équation est :

$$x(t) = x_m \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi)$$

Etude énergétique

Système {solide – ressort}

$$E_m = E_c + E_{pp} + E_{pelas}$$

$$E_m = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k (x + x_0)^2 - m \cdot g \cdot x$$

$$E_m = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k (x^2 + 2x x_0 + x_0^2) - m g x$$

L'énergie mécanique étant constante on a :

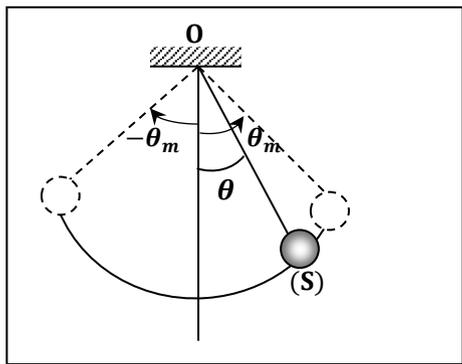
$$\frac{dE_m}{dt} = 0 \Rightarrow m v \dot{v} + k x \dot{x} + k x_0 \dot{x} - m g \dot{x} = 0$$

A l'équilibre on a : $k x_0 - m g = 0$ or $\dot{v} = \dot{x}$ et $\dot{x} = v$

On obtient l'équation différentielle $\ddot{x} + \frac{k}{m} x = 0$

3) Le pendule simple

Le pendule simple est constitué d'un solide (S) de masse m suspendu à un fil inextensible, de longueur l et de masse négligeable. Les dimensions de l'objet sont négligeables devant l . Ecarté de sa position d'équilibre d'un angle θ_m , le pendule effectue des oscillations d'amplitude θ_m ($-\theta_m \leq \theta \leq +\theta_m$).



Oscillations du pendule simple.

L'équation différentielle du mouvement s'écrit :

$$g \cdot \sin \theta + l \cdot \frac{d^2 \theta}{dt^2} = 0 \text{ ou } \frac{d^2 \theta}{dt^2} + \frac{g}{l} \sin \theta = 0$$

Pour les oscillations de faible amplitude ($\theta \leq 10^\circ$), $\sin \theta \simeq \theta$.

L'équation différentielle peut se simplifier à :

$$\frac{d^2 \theta}{dt^2} + \frac{g}{l} \cdot \theta = 0. \text{ En posant } \omega_0^2 = \frac{g}{l} \text{ on a: } \frac{d^2 \theta}{dt^2} + \omega_0^2 \cdot \theta = 0$$

La solution est de la forme : $\theta(t) = \theta_m \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi)$

$$\text{avec: } \omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}} \text{ et } T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

- Dans les conditions d'isochronisme (faibles amplitudes), la période propre T_0 est indépendante des amplitudes.
- La période propre T_0 est indépendante de la masse.
- La période propre T_0 est proportionnelle de la longueur.
- La période propre T_0 du pendule simple est une fonction décroissante de l'accélération de la pesanteur.

L'analyse dimensionnelle de la période propre T_0 d'un pendule simple permet de le vérifier :

$$T = \lambda l^\alpha g^\beta$$

Par analyse dimensionnelle on a : $[T] = [L]^\alpha [G]^\beta$

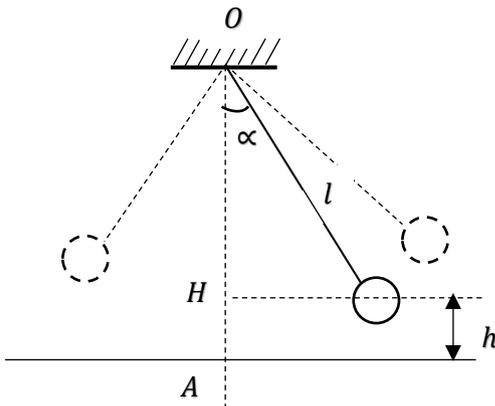
$$[G] = \frac{[L]}{[T]^2} \Rightarrow [T] = [L]^{\alpha+\beta} [T]^{-2\beta}$$

$$\text{Par identification on a : } \begin{cases} \alpha + \beta = 0 \\ -2\beta = 1 \end{cases} \begin{cases} \alpha = \frac{1}{2} \\ \beta = -\frac{1}{2} \end{cases}$$

On montre expérimentalement que $\lambda = 2\pi$

$$\text{D'où } T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Etude énergétique



$E_m = E_c + E_p = \text{constante}$ car le système oscille sans frottement

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \quad E_p = mgh \quad \text{avec } h = HA = l(1 - \cos \alpha)$$

$$\cos \alpha = 1 - \frac{\alpha^2}{2} \quad \alpha \text{ très petit}$$

$$E_m = \frac{1}{2}mv^2 + mgl\left(\frac{\alpha^2}{2}\right)$$

$$\frac{dE_m}{dt} = 0$$

$$\frac{1}{2}2(mv\dot{v} + 2ml\alpha \dot{\alpha}) = 0$$

Avec $v = l \dot{\alpha}$ donc $\dot{v} = l \ddot{\alpha}$ on a : $\ddot{\alpha} + \frac{g}{l}\alpha = 0$ avec $\omega_0^2 = \frac{g}{l}$.

$$\text{donc } T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Cette équation différentielle du mouvement admet des solutions du type :

$$\alpha(t) = \alpha_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$$

α_m amplitude angulaire en rad

ω_0 pulsation en $\frac{\text{rad}}{\text{s}}$ φ Phase à t

$= 0$ $\omega_0 t + \varphi$ Phase à t

$\alpha(t)$ élongation angulaire en rad

Amortissement et entretien des oscillations mécaniques

Amortissement

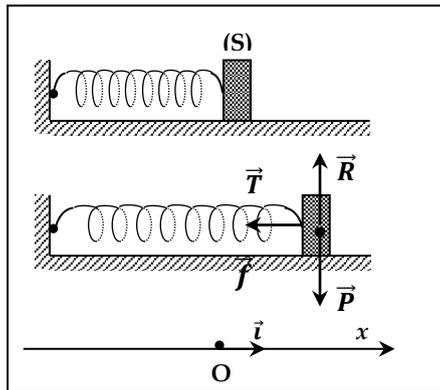
Dans la réalité il existe des forces de frottement dû à l'action de l'air ou des contacts entre le solide et du support. On distingue deux cas :

- Les forces de frottement de faibles intensités
- Les forces de frottement de fortes intensités

Régime pseudopériodique

Lorsque les frottements sont de faibles intensités les oscillations diminuent d'amplitudes progressivement jusqu'à s'annuler. Le régime est donc pseudopériodique.

Etude dynamique



Système {ressort + solide}

Bilan des forces : $\vec{P}, \vec{T}, \vec{R}, \vec{f}$ avec $\vec{f} = -\lambda\vec{v}$

Relation fondamentale de la dynamique

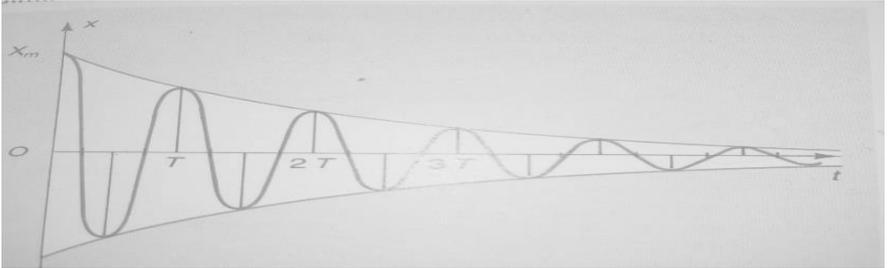
$$\vec{P} + \vec{T} + \vec{R} + \vec{f} = m\vec{a}$$

Projection sur l'axe (ox)

$$0 - kx - \lambda\dot{x} + 0 = m\ddot{x}$$

$$\ddot{x} + \frac{\lambda}{m}\dot{x} + \frac{k}{m}x = 0$$

Courbe x(t)



La pseudo période T_0' est sensiblement égale à période propre T_0 lorsque les oscillations sont non-amorties.

Régime apériodique

Lorsque les frottements sont de fortes intensités, le système n'oscille pas.

Courbe x(t)



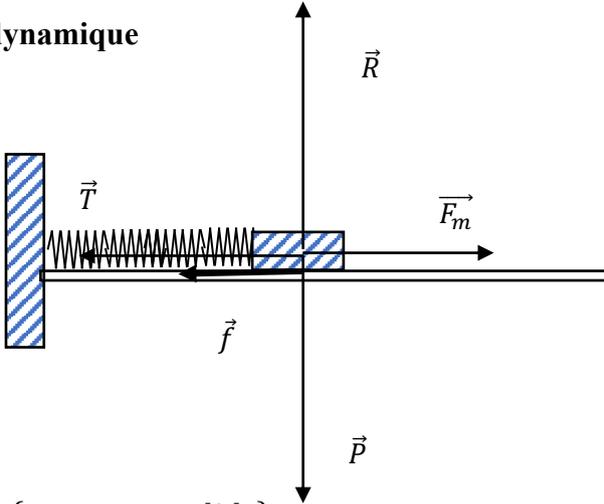
Entretien

Pour obtenir des oscillations d'amplitude constante et non amorties, il faut qu'un opérateur externe au système apporte à chaque oscillation la quantité d'énergie perdue par chaleur en fournissant au système un travail moteur grâce à une force motrice du type :

$$\vec{F} = \vec{F}_m \sin(\omega t + \varphi)$$

Exemple avec le pendule élastique horizontal

Etude dynamique



Système {ressort + solide}

Bilan des forces : $\vec{P}, \vec{T}, \vec{R}, \vec{f}, \vec{F}_m$ avec $\vec{f} = -\lambda \vec{v}$

Relation fondamentale de la dynamique

$$\vec{P} + \vec{T} + \vec{R} + \vec{F}_m + \vec{f} = m\vec{a},$$

Projection sur l'axe (ox) :

$$0 + 0 - kx - \lambda(\dot{x}) + F_m = m\ddot{x}$$

$$\ddot{x} + \frac{\lambda}{m}\dot{x} + \frac{k}{m}x = \frac{F_m}{m} \quad \text{or} \quad \frac{\lambda}{m}\dot{x} = \frac{F_m}{m}$$

On obtient
$$\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$$

Cette équation différentielle d'oscillateur forcée admet des solutions de la forme :

$$x = x_m \sin(\omega t + \varphi)$$

- x_m l'amplitude en mètre ;
- φ la phase initiale en rad ;
- ω la pulsation angulaire ou fréquence en rad/s ;
- $\omega t + \varphi$ la phase à la date t.

2.1.2. Electricité

Condensateur

- Un condensateur est formé de deux surfaces conductrices face à face (les armatures) séparées par un isolant (le diélectrique).

- La capacité d'un condensateur est donnée par la formule

$$C = \frac{QA}{VA - VB}$$

- Pour un condensateur plan, $C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{d}$

- Relation tension-intensité : on choisit un sens positif pour l'intensité i du courant, on note q la charge de l'armature sur laquelle arrive le courant et u la tension e.

$$i = \frac{dq}{dt} \quad \text{et} \quad q = Cu \quad \text{donc} \quad i = C \frac{du}{dt} .$$

- Un condensateur chargé constitue un réservoir d'énergie.

$$E_{el} = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} C u^2 = \frac{1}{2} q u \quad \text{avec} \quad E_{el} \text{ l'énergie électrostatique.}$$

✓ La constante de temps du circuit **RC** est donnée par la formule $\tau = R \cdot C$.

✓ Pendant la phase de charge $q = q_m (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$.

Si $t = \tau$ alors $q = 0,63 q_m$; $q_m = EC$

Pour $t = 5\tau$, $q > 0,99 q_m$; le condensateur est considéré comme complètement chargé

✓ Pendant la phase de décharge $q = q_m e^{-\frac{t}{\tau}}$.

Si $t = \tau$ alors $q = 0,37 q_m$

Pour $t = 5\tau$, $q < 0,01 q_m$; le condensateur est considéré comme complètement déchargé

Pendant la phase de charge.

$$R\dot{q} + \frac{q}{C} = E \Rightarrow \frac{dq}{q-EC} = -\frac{dt}{RC}$$

$$\text{Ainsi } \int_0^q \frac{dq}{q-EC} = \frac{-1}{RC} \int_0^t dt \Rightarrow q = EC(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

La solution de cette équation différentielle est de la forme

$$q = q_m(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

Pendant la phase de décharge

$$R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0 \Rightarrow \frac{dq}{q} = -\frac{dt}{RC} \Rightarrow$$

$$\int_{q_m}^q \frac{dq}{q} = \frac{-1}{RC} \int_0^t dt \Rightarrow q = q_m e^{-\frac{t}{\tau}}$$

- En régime sinusoïdale forcé, on choisit l'origine des dates de sorte que : $i = I_m \cos \omega t$ et $u = U_m \cos(\omega t + \varphi)$.
- Le déphasage de la tension par rapport à l'intensité est $-\frac{\pi}{2}$.

On dit que la tension est en retard de $\frac{\pi}{2}$ sur l'intensité.

Bobine inductive

- Une bobine est un ensemble de spires conductrices éventuellement enroulées autour d'axe cylindrique appelé noyau
- Une bobine s'oppose à l'installation du courant dans un circuit (loi de Lenz).
- Les inductances symbolisées par L sont essentiellement positives et s'expriment en henry dans le SI. On a $L = \mu_0 \frac{N^2 S}{l}$.
- Pour une bobine d'inductance L et de résistance r la relation entre i et u à ses bornes est : $u = r i + \frac{di}{dt}$.
- Pour une inductance pure ($r=0$), $u = L \frac{di}{dt}$.
- La puissance reçue par la bobine à la date t est $P(t) = u(t) \cdot i(t) = r i^2 + L i \frac{di}{dt}$.
- La puissance utile est $P_u = L i \frac{di}{dt}$.
- L'énergie magnétique est $E_{\text{mag}} = \frac{1}{2} L I^2$.

- La constante de temps τ d'un circuit RL est : $\tau = \frac{L}{R}$
- En régime sinusoïdale forcé, $i = I_m \cos \omega t$ et $u = L\omega I_m \cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$. Le déphasage de la tension par rapport à l'intensité est donc $\varphi = +\frac{\pi}{2}$. On dit que la tension est en avance de $\frac{\pi}{2}$ sur l'intensité.

Oscillations électriques libres

- Pour une bobine purement inductive, $u = L \frac{di}{dt}$ avec $i = \frac{dq}{dt}$
donc $u = L \frac{d^2q}{dt^2}$
- Pour un condensateur $u = \frac{q}{c}$
- L'équation différentielle d'un circuit oscillateur harmonique s'écrit ; $\ddot{q} + \frac{1}{LC}q = 0$ avec $\ddot{q} = \frac{d^2q}{dt^2}$ et $\frac{1}{LC} = \omega_0^2$ donc $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$
- ω_0 est la pulsation propre.
- La période propre $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{LC}$
- La fréquence propre $N_0 = \frac{1}{T_0}$
- L'énergie du système {circuit LC} se conserve et cette énergie est la somme des énergies emmagasinées dans le condensateur E_c et dans l'inductance E_L . $E = E_c + E_L = \frac{1}{2}cu^2 + \frac{1}{2}Li^2 = C^{te}$.

Oscillations électriques forcées

- Le circuit RLC série est un circuit formé d'un conducteur ohmique de résistance R, d'une bobine purement inductive d'auto-inductance L et d'un condensateur de capacité C montés en série.
- La tension efficace mesurée est $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$ et l'intensité efficace est $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$
- Le rapport $\frac{U}{I}$ est appelé impédance notée Z
- La tension aux bornes du dipôle RLC et l'intensité sont des fonctions sinusoïdales de temps
 $i = I_m \cos \omega t$ et $u = U_m \cos(\omega t + \varphi)$

- Pour exprimer l'impédance Z du dipôle RLC ainsi que φ , l'avance algébrique de u et i en fonction des caractéristiques du dipôle, on utilise le diagramme de FRESNEL. On obtient $Z = \sqrt{R^2 + (L\omega - 1/C\omega)^2}$;
 $\tan \varphi = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R}$; $\cos \varphi = \frac{R}{Z}$
- La puissance moyenne consommée par le dipôle RLC est $P = U.I.\cos \varphi$
- IL y a résonance lorsque la fréquence de la tension excitatrice fournie par le générateur est égale à la fréquence propre du dipôle RLC.
- A la résonance, $\cos \varphi = 1$ donc $\varphi = 0$, $N=N_0$, $LC\omega^2 = 1$, $Z=R$
- Le facteur de qualité Q exprime l'acuité de la résonance.
 $Q = \frac{N}{\Delta N} = \frac{\omega_0}{\Delta \omega} = \frac{1}{RC\omega_0}$

Oscillateur électrique		Oscillateur mécanique	
Charge	Q	Position	X
Intensité	I	Vitesse	V
Inverse de la capacité	$\frac{1}{C}$	Constante de raideur	K
Inductance	L	Masse	M
Equation différentielle	$L \frac{d^2q}{dt^2} + \frac{q}{C} = 0$ $\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{LC} q = 0$	Equation différentielle	$m \frac{d^2x}{dt^2} + k x = 0$ $\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m} x = 0$
Energie totale	$E = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} + \frac{1}{2} Li^2$	Energie totale	$E = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} kx^2$

Analogie entre oscillateur électrique et oscillateur mécanique

2.1.3. Physique nucléaire

- Les particules fondamentales : sont les protons chargés positivement, les neutrons électriquement neutres et les électrons chargés négativement.
 - Le noyau est constitué de nucléons : protons et neutrons.
 - Le nombre de masse A est le nombre de nucléons du noyau.
- $A = Z + N$ avec Z : le nombre de protons et N le nombre de neutrons.

- **Un nucléide** est l'ensemble des noyaux de même nombre de masse A et de même numéro atomique Z . On le représente par

$${}^A_ZX \text{ avec :}$$

- X : symbole de l'élément chimique correspondant ;
 - A : le nombre de nucléons ou nombre de masse ;
 - Z : le nombre de proton ou numéro atomique ;
 - $A - Z = N$: nombre de neutrons.
- **Isotopes** : ce sont des nucléides ayant le même numéro atomique Z mais de nombres de masse A différents
 - **Unités usuelles en physique nucléaire**
 - $1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$;
 - $1 \text{ MeV} = 1,60 \cdot 10^{-13} \text{ J} = 10^6 \text{ eV}$;
 - 1 unité de masse atomique (u) $= \frac{1}{12}$ de la masse de carbone ${}^{12}_6\text{C}$;
 - $1 \text{ u} = 1,6610^{-27} \text{ kg}$.
 - **La masse d'un système de nucléons liés** dans un noyau est inférieure à la masse du système contenant les mêmes nucléons isolés.

$$M_{\text{noyau}} < A \times m_{\text{nucléon}}$$

- On appelle **défaut de masse Δm** d'un noyau, la différence entre la somme des masses des nucléons séparés et au repos, et la masse du noyau au repos.

Pour un noyau A_ZX : $\Delta m = [Zm_p + (A-Z) m_n] - m ({}^A_ZX)$

- **L'énergie de liaison E_l** d'un noyau est l'énergie qu'il faut lui fournir au repos pour le dissocier en nucléons isolés et immobiles.

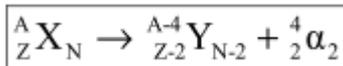
$$E_l = [Zm_p + (A-Z)m_n - m(\frac{A}{Z}X)] C^2 = \Delta m \cdot C^2$$

L'énergie de liaison **E** par nucléon est le rapport de l'énergie de liaison du noyau au nombre de nucléons :

$$E = \frac{E_l}{A}$$

Pour comparer la stabilité de différents noyaux, il faut comparer leurs énergies de liaison par nucléon. Un noyau est d'autant plus stable que son énergie de liaison par nucléon est plus grande.

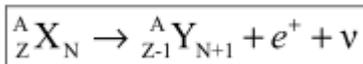
- La **radioactivité**, est un phénomène physique naturel au cours duquel des noyaux atomiques instables se désintègrent en dégageant de l'énergie sous forme de rayonnements divers, pour se transmuter en des noyaux atomiques plus stables. Les rayonnements ainsi émis sont appelés, selon le cas, des *rayons* α (${}^4_2\text{He}$), des *rayons* β (β^- (${}^0_{-1}e$), β^+ (0_1e)), ou des *rayons* γ .
- La **radioactivité** α correspond à l'émission d'un noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$.



- La **radioactivité bêta moins** (β^-) se manifeste par la transformation dans le noyau d'un neutron en proton, le phénomène s'accompagnant de l'émission d'un électron (ou *particule bêta moins*) et d'un antineutrino $\bar{\nu}$:



- La **radioactivité bêta plus** (β^+) ne concerne que des nucléides qui présentent un excès de protons. Elle se manifeste par la transformation dans le noyau d'un proton en neutron, le phénomène s'accompagnant de l'émission d'un positon (ou *positron*, ou encore *particule bêta plus*) et d'un neutrino ν : ${}^A_Z\text{X} \rightarrow {}^A_{Z-1}\text{Y} + {}^0_1e + {}^0_0\nu$.



- **Loi de décroissance**

Dans un échantillon de matière radioactive constitué de noyaux radioactifs d'une espèce donnée, le nombre de noyaux va décroître au cours du temps, et sera noté $N(t)$.

Si N_0 est le nombre de noyaux initialement présents, on a la relation :

$$N(t) = N_0 \times e^{-\lambda t}$$

- **Période radioactive**

La période radioactive ou demi-vie T d'un nucléide est le temps au bout duquel la moitié des noyaux initialement présents a été désintégrée.

T est défini par $N(T) = \frac{N_0}{2}$

- **Activité radioactive d'un échantillon**

L'activité $A(t)$ d'un échantillon radioactif à un instant t , est le nombre moyen de désintégrations par unité de temps de cet échantillon à cet instant.

$$A(t) = \frac{dN(t)}{dt} = \lambda \cdot N(t)$$

Dans le système International d'unités, l'activité s'exprime en becquerel de symbole (**Bq**).

- **Les processus nucléaires de la radioactivité**

Les lois de conservation :

- **de la charge**

La somme des charges des particules formées est égale à la somme des nombres de charges des particules détruites.

- **du nombre de masse**

La somme des nombres de masse des particules formées est égale à la somme des nombres de masse des particules détruites.

- **de l'énergie**

L'énergie totale du système, somme de l'énergie cinétique, de l'énergie de masse et de l'énergie radioactive avant la désintégration est égale à l'énergie totale après la désintégration.

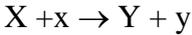
- **de la quantité de mouvement**

La quantité de mouvement du système avant la désintégration est égale à la quantité de mouvement après la désintégration.

Les réactions nucléaires provoquées

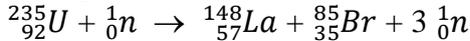
Une réaction nucléaire est dite **provoquée** quand un noyau cible est frappé par un noyau ou une particule projectile. A l'issue de ce choc, de nouveaux noyaux sont créés.

Son équation peut se mettre sous la forme :



- Fission : Elle se produit lorsqu'un noyau lourd éclate sous l'impact d'un neutron pour donner des noyaux plus légers.

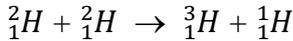
Exemple :



- Fusion :

C'est une réaction au cours de laquelle des noyaux plus légers s'unissent au cours d'un choc pour donner un noyau plus lourd.

Exemple :



Fission et fusion sont des réactions très exoénergétiques.

2.2. Chimie

2.2.1. Chimie générale

Solutions aqueuses

- L'eau pure conduit le courant électrique par suite de la présence des ions hydronium (H_3O^+) et des ions hydroxyde (OH^-) provenant de l'ionisation partielle de l'eau.
- Equilibre d'autoprotolyse de l'eau : $2 H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$
- Constante de l'équilibre d'autoprotolyse de l'eau :
 $K_e = [H_3O^+].[OH^-]$.

K_e augmente avec la température. À $25^\circ C$ $K_e = 10^{-14}$

- Concentration molaire volumique d'une espèce chimique en solution :

$$[A] = \frac{n_A}{V}$$

n_A est la quantité de matière de l'espèce chimique A (en mol) et V le volume de la solution (en L).

- pH des solutions diluées pour lesquelles $10^{-14} \text{ mol.L}^{-1} < [H_3O^+] < 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$: $pH = \log [H_3O^+]$ ou $[H_3O^+] = 10^{-pH}$.
- Relation d'électroneutralité : La somme des concentrations molaires des cations est égale à la somme des concentrations molaires des anions. Chaque concentration molaire étant multipliée par la valeur absolue de la charge de l'ion correspondant : $[H_3O^+] + n [B^{n+}] = [OH^-] + m [A^{m-}]$.
- Diluer une solution consiste à diminuer la concentration de la solution mère par addition d'un solvant (d'eau distillée). Au cours de la dilution, il y a conservation de la quantité de matière : $n_{\text{initial}} = n_{\text{final}}$.

Solutions aqueuses d'acide chlorhydrique et d'hydroxyde de sodium

- Un acide fort est une substance qui libère des ions hydronium (H_3O^+) au cours d'une réaction totale avec l'eau.
- pH d'une solution d'acide fort : $pH = -\log C_a \Rightarrow C_a = 10^{-pH}$.
- Une base est dite forte si sa réaction avec l'eau est totale. Le pH d'une solution de base mono base forte : $pH = 14 + \log C_b$ avec $10^{-6} \text{ mol/L} < C_b < 10^{-2} \text{ mol/L}$.

- Selon Brönsted, un acide est une espèce chimique qui peut céder un proton H^+ et une base est une espèce chimique qui peut capter un proton H^+ .

Couples acide-base

- A un acide AH est associé sa base conjuguée A^- selon le schéma suivant :



De même à une base B est associée son acide conjugué BH^+ selon le schéma :



- Pour un couple acide/base quelconque dans l'eau,



$$K_a = \frac{[\text{Base}][H_3O^+]}{[\text{Acide}]} \quad \text{et} \quad \text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[\text{Base}]}{[\text{Acide}]}$$

Si $\text{pH} = \text{p}K_a$: acide et base conjuguée ont la même concentration.

Si $\text{pH} < \text{p}K_a - 1$: l'acide est l'espèce prédominante.

Si $\text{pH} > \text{p}K_a + 1$: la base est l'espèce prédominante.

$$\text{p}K_a = -\log K_a \quad \text{ou} \quad K_a = 10^{-\text{p}K_a}$$

K_a et $\text{p}K_a$ varient en sens inverse.

Classification des couples

- Les couples acide-base peuvent être classés d'après leur force :
 - plus K_a est grand et plus l'acide est fort (corrélativement, plus la base est faible) ;
 - plus K_a est petit et plus l'acide est faible (corrélativement, plus la base est forte) ;
 - plus un acide est fort, plus sa base conjuguée est faible, et inversement ;
 - De deux bases faibles, la plus forte est celle qui appartient au couple de plus grand $\text{p}K_a$;
 - De deux acides faibles, le plus fort est celui qui appartient au couple de plus petit $\text{p}K_a$;
 - La force d'un acide carboxylique saturée non cyclique diminue quand le nombre d'atomes de carbone augmente. Ainsi l'acide méthanoïque HCOOH ($\text{p}K_a = 3,7$) est le plus fort des acides carboxyliques saturées non cycliques.

Réactions acidobasiques

- L'équation -bilan de la réaction entre une solution d'acide chlorhydrique (acide fort) et une solution d'hydroxyde de sodium (base forte) est :



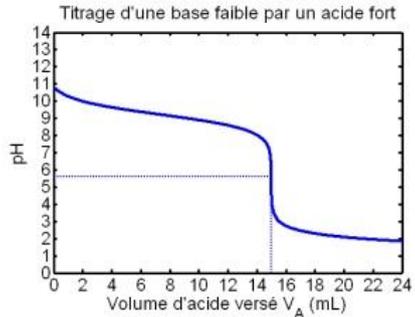
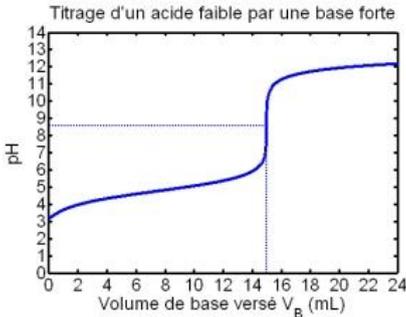
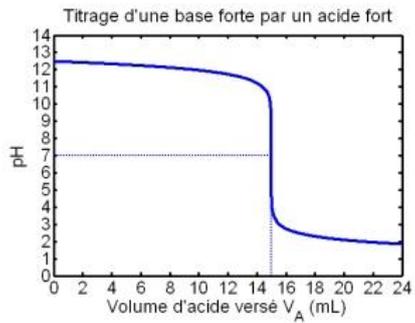
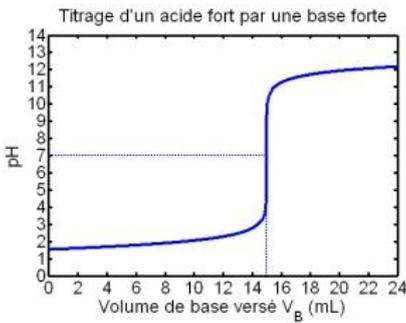
- À l'équivalence les quantités de matière apportées d'ions hydronium et d'ions hydroxyde sont égales : $C_a V_a = C_b V_b$. On obtient une solution de chlorure de sodium de $pH = 7$.
- Dosage à l'aide d'un indicateur coloré : la zone de virage de l'indicateur coloré doit encadrer le pH à l'équivalence. Le bleu de bromothymol est l'indicateur coloré privilégié pour doser une solution d'acide chlorhydrique par une solution d'hydroxyde de sodium.
- L'équation -bilan de la réaction entre les solutions d'acide éthanoïque (acide faible) et d'hydroxyde de sodium (base forte) est :



- La courbe de variation du pH lors de l'addition d'une solution d'hydroxyde de sodium à une solution d'acide faible présente quatre zones caractéristiques :
 - Au départ, une partie incurvée vers le bas ;
 - une zone où le pH varie peu de part et d'autre de la demi-équivalence ;
 - un saut de pH important à l'équivalence ;
 - une zone où le pH varie peu au-delà du saut de pH.
- Le pH à l'équivalence est supérieur à 7 \Rightarrow le milieu est basique
A la demi-équivalence : $pH_{1/2} = pK_a$
- L'équation -bilan de la réaction entre les solutions d'ammoniac (base faible) et d'acide chlorhydrique (acide fort) est :



Le pH à l'équivalence est inférieur à 7 \Rightarrow le milieu est acide.



– Le pH d'une solution tampon ne varie pratiquement pas lors d'une dilution modérée ; il varie faiblement lors de l'addition d'une quantité modérée d'acide fort ou de base forte.

– Préparation de solution tampon :

1^{ère} méthode : on réalise le mélange équimolaire d'une solution d'un acide faible avec un solution de sa base conjuguée :

$$C_a V_a = C_b V_b$$

2^{ème} méthode : on fait réagir une solution d'une base forte sur une solution d'un acide faible jusqu'à la demi-équivalence :

$$C_b V_b = \frac{C_a V_a}{2}$$

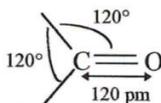
3^{ème} méthode : on fait réagir une solution d'un acide fort sur une solution d'une base faible jusqu'à la demi-équivalence :

$$C_a V_a = \frac{C_b V_b}{2}$$

2.2.2. Chimie organique

Aldéhydes, cétones et acide carboxyliques

- La formule générale d'un acide carboxylique est $R - COOH$ pour l'acide aliphatique et $Ar - COOH$ pour l'acide aromatique.
- Le nom d'un acide carboxylique est toujours précédé du mot « acide » et se termine par « oïque ».
- Les acides carboxyliques sont des acides faibles.
- La formule générale d'un aldéhyde est : $R - CHO$; R étant un groupement alkyle.
- On obtient le nom de l'aldéhyde en remplaçant la terminaison "e" du nom de l'alcane correspondant par le suffixe "al".
- La formule générale d'une cétone est : $R - CO - R'$; R et R' étant des groupements alkyles.
- On obtient le nom d'une cétone en remplaçant la terminaison "e" du nom de l'alcane correspondant par le suffixe "one" précédé de l'indice de position du carbone fonctionnel entre tirets.
- Les aldéhydes et les cétones ont pour formule brute $C_nH_{2n}O$. Ils possèdent le même groupe fonctionnel : le groupe carbonyle.



- L'acide carboxylique possède dans sa structure le groupe carboxyle :



Alcools

- La formule générale d'un alcool saturé : R-OH ou $C_nH_{2n+1}-OH$ avec $R = C_nH_{2n+1}$ groupement alkyle. L'atome de carbone lié au groupement hydroxyle -OH est appelé carbone fonctionnel.
- Lorsque le carbone fonctionnel est lié à :
 - 0 ou 1 atome de carbone, l'alcool est primaire ;
 - 2 atomes de carbone, l'alcool est secondaire ;
 - 3 atomes de carbone, l'alcool est tertiaire.
- Quelques propriétés des alcools
 - Déshydratation de l'éthanol :
$$CH_3-CH_2-OH \xrightarrow[350^\circ C]{Al_2O_3} CH_2 = CH_2 + H_2O$$
 - Réaction de l'éthanol avec le sodium :
$$CH_3-CH_2-OH + Na \rightarrow CH_3-CH_2-O^- + Na^+ + \frac{1}{2} H_2$$
 - Estérification :
$$CH_3-COOH + CH_3-CH_2-OH \rightarrow CH_3-COO-CH_2-CH_3 + H_2O$$
- L'oxydation ménagée est une oxydation qui ne modifie pas le squelette carboné.

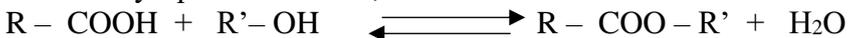
Les oxydants les plus utilisés sont le dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) et le permanganate de potassium $KMnO_4$.
- Pour mettre en évidence des produits formés, on utilise :
 - o La 2,4-dinitrophénylhydrazine (2,4-DNPH) qui réagit avec les aldéhydes et les cétones pour donner un précipité jaune ;
 - o Le réactif de schiff incolore qui rosit en présence d'un aldéhyde

Le réactif de Tollens ou nitrate d'argent ammoniacal qui est utilisé pour différencier les aldéhydes des cétones.
- Avec peu d'oxydant :
 - o l'alcool primaire est oxydé en aldéhyde ;
 - o l'alcool secondaire est oxydé en cétone ;
 - o l'alcool tertiaire n'est pas oxydé.
- En présence d'oxydant en excès :
 - o l'alcool primaire est totalement oxydé en acide carboxylique ;
 - o l'alcool secondaire est oxydé en cétone ;
 - o l'alcool tertiaire n'est pas oxydé.

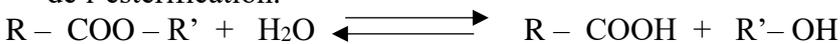
Estérification-hydrolyse-saponification

- La formule générale d'un ester est $R - COO - R'$ avec $R' \neq H$.
 R et R' sont des groupes alkyles.
- Le groupement fonctionnel des esters est : $- COO -$.
- Le nom d'un ester est obtenu à partir de celui de l'acide carboxylique dont il dérive en remplaçant la terminaison « oïque » par « oate » suivi du nom du groupe alkyle R' précédé de « de ».

- La réaction d'estérification est la réaction entre un acide carboxylique et un alcool, conduisant à un ester et de l'eau.



- L'hydrolyse est la réaction entre un ester et de l'eau conduisant à un acide carboxylique et à un alcool. C'est la réaction inverse de l'estérification.



- La réaction d'estérification est une réaction lente, limitée et athermique. Il en est de même pour la réaction d'hydrolyse.
- La limite d'estérification est le rapport entre le nombre de moles d'ester formées à l'équilibre et le nombre de moles d'ester que l'on obtiendrait si la réaction était totale.

$$\text{Limite d'estérification} = \frac{n \text{ ester formé}}{n \text{ ester théorique}}$$

- La réaction d'estérification - hydrolyse peut être accéléré par élévation de la température (chauffage) ou par l'utilisation d'un catalyseur (ions H_3O^+).
- La formule générale d'un chlorure d'acyle est $R - COCl$.
- Le nom d'un chlorure d'acyle s'obtient en remplaçant dans le nom de l'acide correspondant le mot « acide » par « chlorure » et la terminaison « oïque » par « oyle ».
- Pour rendre la réaction d'estérification totale, on utilise un chlorure d'acyle à la place de l'acide.



- La réaction est rapide, totale et exothermique.
- Un corps gras est essentiellement constitué de triglycérides qui sont des triesters du glycérol et d'acides gras.

- Un acide gras est un acide carboxylique à chaîne carbonée linéaire, comportant au moins 4 atomes de carbone.
- La saponification d'un ester est sa réaction avec les ions OH^- . Elle conduit à un alcool et à un ion carboxylate.

$$\text{R} - \text{COO} - \text{R}' + \text{OH}^- \longrightarrow \text{R} - \text{COO}^- + \text{R}' - \text{OH}$$
- La réaction est lente et totale.
- Un savon s'obtient par la réaction de saponification qui consiste à faire réagir l'hydroxyde de sodium ou de potassium avec un corps gras.

$$\text{Corps gras} + \text{OH}^- \longrightarrow \text{ion carboxylate} + \text{alcool}$$

III. Conseils de résolution d'un exercice de sciences physiques en classe de terminale

- Lire attentivement l'exercice ;
- Identifier le ou les domaines concernés (Electricité, Mécanique, Physique nucléaire, Chimie générale, Chimie organique) ;
- Répertorier les données connues dans l'exercice ;
- Répertorier les données demandées par item dans l'exercice ;
- Rechercher par item, les combinaisons cognitives permettant de déterminer les données demandées ;
- Rédiger proprement.

EPREUVES CORRIGÉES

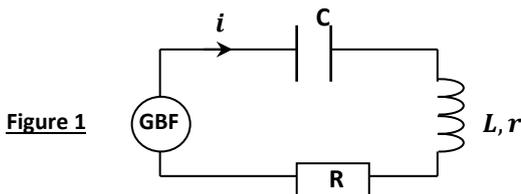
IV. Exemples d'épreuves corrigées

4.1. Electricité

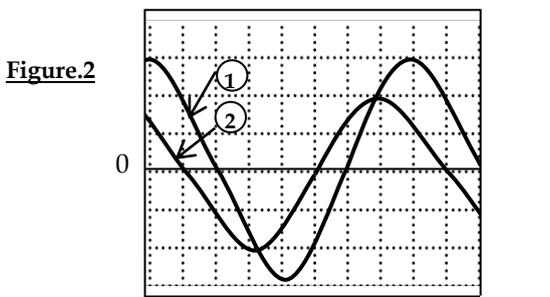
4.1.1 Sujets

Sujet 1

Un dipôle est constitué de l'association en série d'un conducteur ohmique de résistance $R = 100 \Omega$, d'une bobine d'inductance $L = 0,2 H$ et de résistance $r = 8,5 \Omega$, et d'un condensateur de capacité C . Aux bornes de ce dipôle, un générateur basse fréquence (GBF) impose une tension sinusoïdale de fréquence N et de valeur efficace constante. (figure 1)



Un branchement convenable à l'oscilloscope permet de visualiser la tension U_R aux bornes du conducteur ohmique et la tension U_G aux bornes du générateur. On observe sur l'écran de l'oscilloscope, dans un ordre quelconque, les courbes (1) et (2). (figure 2).



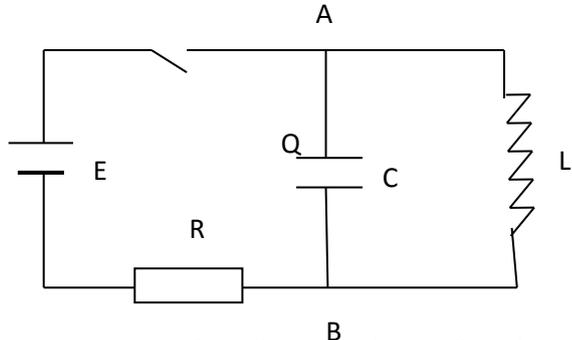
La sensibilité verticale, la même sur les deux voies est $2V/div$. Le balayage horizontal est de $2ms/div$.

1) Déterminer l'amplitude de la tension correspondant à chaque courbe.

- 2) Des courbes (1) et (2), quelle est en justifiant celle qui correspond à la tension U_G aux bornes du GBF ?
- 3) Reproduire la figure (1) sur la feuille de copie et faire figurer les branchements à l'oscilloscope permettant d'obtenir ces courbes.
- 4) Déterminer la fréquence de la tension délivrée par le GBF.
- 5) Calculer, en valeur absolue, la différence de phase entre la tension $U_G(t)$ et l'intensité du courant électrique $i(t)$.
- 6) Etablir en fonction du temps, l'expression de la tension $U_G(t)$ délivrée par le GBF sous la forme $U_G(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi)$.
- 7) Calculer la valeur de la capacité C du condensateur.

Sujet 2

On réalise le montage ci- dessous dans lequel la bobine est supposée de résistance nulle. On donne : $L=10\text{mH}$; $C=100\text{nF}$; $R=100\ \Omega$; $E=10\text{V}$.



1) Etude en régime permanent continu (les grandeurs électriques sont indépendantes du temps). L'interrupteur étant fermé :

- Exprimer la tension U_{AB} aux bornes de la bobine. En déduire la charge Q du condensateur.
- Déterminer les intensités dans chaque branche du circuit.

2) Etude en régime oscillatoire.

- On ouvre l'interrupteur à l'instant $t = 0$. Etablir l'équation différentielle vérifiée par la charge $q(t)$ du condensateur.
- Sachant qu'à $t = 0$, le condensateur est déchargé et que $i = I_0 = -0,10\text{A}$, déterminer les fonctions $q(t)$ et $i(t)$. On précisera les valeurs numériques de l'amplitude, de la pulsation et de la phase dans les deux cas.
- Expliquer physiquement ce qui se passe dans le circuit au cas où la résistance de la bobine n'est pas négligeable, mais faible.

Sujet 3

On constitue un dipôle en plaçant en série une bobine B d'inductance L et de résistance r avec un conducteur ohmique de résistance R.

On applique aux bornes de cette association une tension sinusoïdale de fréquence $f = 50\text{Hz}$ et d'expression $u = U\sqrt{2}\cos\omega t$. L'intensité instantanée est alors $i = I\sqrt{2}\cos(\omega t + \varphi)$. On donne $U = 82,5\text{ V}$ et $I = 2\text{A}$. Un voltmètre branché successivement aux bornes de R puis de B donne respectivement $U_R = 40\text{V}$ et $U_B = 60\text{V}$.

- 1) a- Déterminer R
b- En prenant l'horizontale comme origine des phases, déterminer à l'aide de la construction de Fresnel :
 - la phase φ de i par rapport à u
 - la phase φ_B de la tension u_B aux bornes de B par rapport à ic- Calculer L et r
- 2) Quelle est la capacité C du condensateur qu'il faut mettre en série avec le dipôle précédent pour que l'intensité soit en phase avec la tension aux bornes de la nouvelle association.
- 3) On enlève le condensateur et on alimente le dipôle constitué de B et R en série avec une tension continue de valeur $U_1 = 12\text{V}$. Quelle est l'intensité I_1 du courant qui traverse ce dipôle ?

4.1.2 Corrigés

Corrigé 1

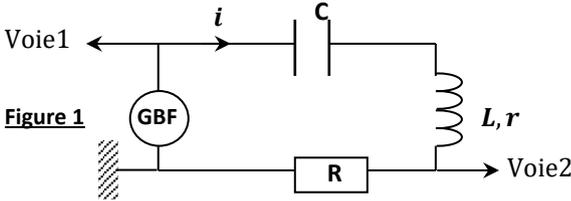
1) Amplitude des tensions

courbe(1): $U_{m1} = 3 \text{ div} \times 2 \text{ V/div}$. $U_{m1} = 6 \text{ V}$

courbe(2): $U_{m2} = 2 \text{ div} \times 2 \text{ V/div}$. $U_{m2} = 4 \text{ V}$

2) La courbe (1) correspond à U_G car elle a la plus grande amplitude.

3) place des voies 1 et 2



4) La fréquence N de U_G

$$T = 8 \text{ div} \times 2 \text{ ms/div} \quad T = 16 \text{ ms}$$

$$N = \frac{1}{T} = \frac{1}{16 \cdot 10^{-3}} \quad N = 62,5 \text{ Hz}$$

5) Calcul du déphasage

$$|\varphi| = \frac{2\pi \cdot \theta}{T} \text{ avec } T = 8 \text{ div et } \theta = 1 \text{ div}$$

$$|\varphi| = \frac{2\pi}{8} = \frac{\pi}{4} \text{ rad}$$

6) Expression de $U_G(t)$

$$\varphi_{u/i} = -\frac{\pi}{4} \text{ rad et } \omega = 2\pi N = 125\pi \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1} \text{ donc:}$$

$$u_G(t) = 6 \cos\left(125\pi \cdot t - \frac{\pi}{4}\right)$$

7) Calcul de la capacité

$$Z^2 = (R + r)^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2 \Rightarrow$$

$$C = \frac{1}{\omega \left(L\omega - \sqrt{Z^2 - (R + r)^2}\right)}$$

$$I_m = \frac{U_{m2}}{R} = \frac{4}{100} = 0,04 \text{ A}; \quad Z = \frac{U_{m1}}{I_m} = \frac{6}{0,04} = 150 \Omega$$

$$C = \frac{1}{125\pi \left(0,2 \times 125\pi - \sqrt{150^2 - (100 + 8,5)^2}\right)}$$

$$C = 3,38 \cdot 10^{-2} \text{ F}$$

Corrigé 2

1) a-) En régime permanent continu, $i_L = \text{cste}$ donc $\frac{di_L}{dt} = 0$ or

$$U_{AB} = -L \frac{di_L}{dt}, \text{ donc } U_{AB} = 0. \text{ De plus, } U_{AB} = \frac{Q}{C} = 0 \text{ alors } Q = 0$$

b) le condensateur n'est traversé par aucun courant en régime permanent continu : $i_C = 0$. $I = i_L = \frac{E}{R} = 0,1A$

2) a) L'équation différentielle

La bobine a initialement emmagasiné de l'énergie: $(\frac{1}{2}LI^2)$

Elle évacue cette énergie dans le condensateur qui lui restitue cette énergie et ainsi de suite. IL y'a établissement d'oscillations électriques

On a : $u_{AB} = -L \frac{di}{dt} = \frac{q}{C}$ comme $i = \frac{dq}{dt}$ nous obtenons

$$-L \frac{d^2q}{dt^2} = \frac{q}{C} \text{ d'où } \frac{d^2q}{dt^2} + \frac{q}{LC} = 0$$

b) Cette équation est de la forme: $\frac{d^2q}{dt^2} + \omega^2 q = 0$ avec $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

La solution de cette équation est de la forme : $q = q_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$. Comme $i = \frac{dq}{dt}$ on a $i = q_m \omega_0 \sin(\omega_0 t + \varphi + \frac{\pi}{2})$. A $t=0$, $q=0$ et

$$i = I_0 = -q_m \omega_0 \Rightarrow q_m = -\frac{I_0}{\omega_0} \text{ donc } 0 = -\frac{I_0}{\omega_0} \sin \varphi \text{ et}$$

$$i = I_0 = -I_0 \sin\left(\varphi + \frac{\pi}{2}\right)$$

D'où $\sin \varphi = 0$ et $\sin\left(\varphi + \frac{\pi}{2}\right) = -1$ alors $\varphi = \pi$

On obtient alors : $q = \frac{-I_0}{\omega_0} \sin \omega_0 t = 3,16 \cdot 10^{-6} \sin(31,6 \cdot 10^3 t)$

$$I = -I_0 \sin\left(\omega_0 t + \frac{\pi}{2}\right) = 0,1 \sin(31,6 \cdot 10^3 t + 1,57)$$

$$q_m = 3,16 \cdot 10^{-6} C ; I_m = 0,1 A ; \omega_0 = 31,6 \cdot 10^3 \text{ rads}^{-1}$$

b) Lorsque la résistance de la bobine est non négligeable mais faible, il ya échange d'énergie entre la bobine et le condensateur avec perte d'énergie par effet joule. Cela se traduit par un amortissement des oscillations. Plus la résistance est élevée, plus l'amortissement est important. Le signal est dit pseudopériodique.

Corrigé 3

1) a) déterminons R : $U_R = R \cdot I \Rightarrow R = \frac{U_R}{I} = \frac{40V}{2A} = 20 \Omega$

b) Construction de Fresnel : Echelle : 1cm pour 10V

$$U_R \rightarrow 4\text{cm} ; U_B \rightarrow 6\text{cm} ; U \rightarrow 8,25\text{cm}$$

NB : le tracé se fait à l'aide d'un compas, d'une règle graduée.

Les mesures des angles se font avec un rapporteur.

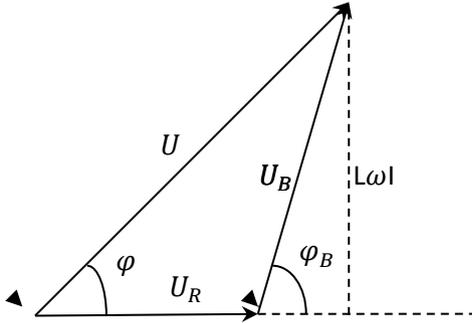


Diagramme de Fresnel

Les mesures donnent : $\varphi = 43^\circ$ et $\varphi_B = 70^\circ$

c) - calculons L et r

$$\sin\varphi = \frac{L\omega I}{U} \Rightarrow L = \frac{U \sin\varphi}{\omega I} = \frac{82,5 \times \sin 43}{2\pi \times 50 \times 2} = 8,95 \cdot 10^{-2} \text{H}$$

$$\tan\varphi = \frac{L\omega I}{R+rI} \Rightarrow r = \frac{L\omega}{\tan\varphi} - R = \frac{8,95 \cdot 10^{-2} \times 2\pi \times 50}{\tan 43} - 20$$

$$r \approx 10 \Omega$$

2) La capacité C

Si l'intensité est en phase avec la tension, nous sommes à la résonance.

$$C = \frac{1}{L\omega^2} \Rightarrow C = \frac{1}{8,95 \cdot 10^{-2} \times (2\pi \times 50)^2} \approx 10^{-4} \text{F}$$

3) Calcul de l'intensité I_1

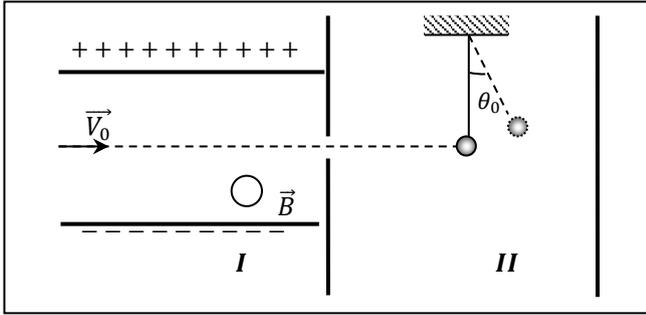
$$U_1 = (R + r) \cdot I_1 \Rightarrow I_1 = \frac{U_1}{R+r} = \frac{12}{20+10} = 0,4A$$

4.2. Mécanique

4.2.1 Sujets

Sujet 1

Dans tout l'exercice, on néglige la résistance de l'air ainsi que le poids de l'électron. On considère le dispositif représenté ci-dessous.



Un faisceau d'électrons pénètre dans la région I avec la vitesse \vec{V}_0 . Dans cette région I règnent des champs électriques et magnétique uniformes à ligne de champs orthogonales.

1) Le faisceau sort de cette région sans être dévié.

a) Quels sont les sens des vecteurs champs magnétique \vec{B} et électrique \vec{E} qui y règnent ?

b) Exprimer \vec{V}_0 en fonction de E et B.

2) En supprimant le champ électrique \vec{E} , le faisceau d'électrons est dévié suivant une trajectoire circulaire de rayon R.

a) Soit m_0 la masse de l'électron et $-e$ sa charge. Exprimer B en fonction de m_0, E, e et R.

b) On donne $m_0 = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$;
 $E = 10^4 \text{V} \cdot \text{m}^{-1}$ et $R = 5 \text{cm}$.

Calculer B et V_0 .

3) Le faisceau d'électrons sortant de la région I avec la vitesse \vec{V}_0 est utilisé pour bombarder une petite bille de masse m suspendue à un fil de longueur l et de masse négligeable. Cette bille acquiert alors une charge $Q = -8 \cdot 10^{-10} \text{C}$. On arrête le bombardement. On établit alors dans la région II un champ électrique uniforme \vec{E}' horizontal. Le pendule s'immobilise alors à un angle $\theta_0 = 3,5^\circ$.

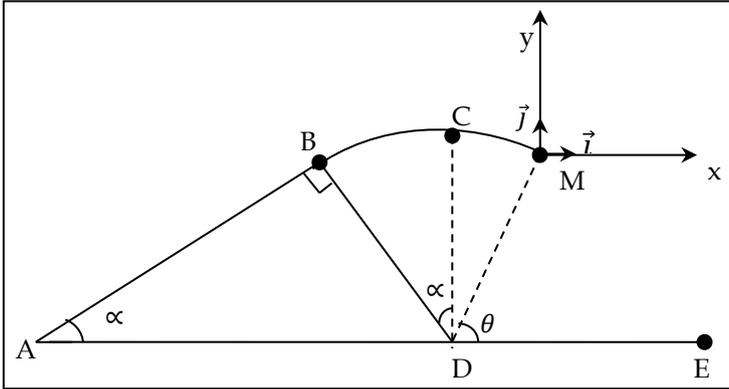
- a) Donner le sens du vecteur \vec{E}' .
- b) On donne $m = 10$ g. Calculer l'intensité E' .
- 4) On supprime E' , le pendule se met alors à osciller.
- a) Etablir dans l'approximation des faibles amplitudes l'équation différentielle de ce mouvement.
- b) En déduire sous sa forme numérique l'équation horaire de l'élongation angulaire $\theta(t)$, l'instant initial étant celui du passage par la position d'équilibre.

On donne $l = 10$ cm et $g = 10$ N.kg⁻¹

Sujet 2

Une piste ABCM est formée de deux parties AB et \widehat{BM} .

- AB est une partie rectiligne de longueur $AB = l$. Elle fait un angle $\alpha = 30^\circ$ avec l'horizontale ADE.
- \widehat{BM} est une portion de cercle de rayon $r = 2,5 \text{ m}$
- (CD) est perpendiculaire à (AD)
- On prendra $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ et $\theta = 80^\circ$



Un solide ponctuel de masse $m = 400 \text{ g}$ est propulsé du point A avec une vitesse $V_A = 8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

1) On suppose que les frottements sont négligeables sur la piste ABCM.

a) Déterminer les expressions des vitesses du solide en B et en C en fonction de α, g, V_A et r .

Calculer les valeurs de ces vitesses V_B et V_C .

b) Déterminer l'expression de la vitesse V_M du solide en M en fonction de V_A, g, r et θ .

Faire l'application numérique.

c) Déterminer l'expression scalaire R de la réaction \vec{R} de la piste sur le solide en M en fonction de g, θ, m, V_A et r . Calculer la valeur de R.

2) En réalité, sur le tronçon ABC existent des forces de frottement qui équivalent à une force unique \vec{f} d'intensité constante. Le solide arrive en C avec une vitesse $V_C = 0,75 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Déterminer l'expression de f en fonction de V_A, V_C, g, r, m et α . Calculer la valeur de f .

- 3)** Le solide quitte la piste en M avec une vitesse $V_M = 3,85 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
- a)** Déterminer l'équation de sa trajectoire dans le repère (M, \vec{i}, \vec{j}) indiqué sur la figure.
- b)** À quelle distance d de D sur l'horizontale ADE tombera-t-il ?

4.2.2 Corrigés

Corrigé 1

1)

a) Sens de \vec{E} et \vec{B}

Le système est un électron de charge $-e$ et masse m dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Les forces appliquées sont : la force électrique $\vec{F}_e = -e \cdot \vec{E}$ et la force magnétique $\vec{F}_m = -e \cdot \vec{v} \wedge \vec{B}$. La particule n'est pas déviée si les forces appliquées se compensent, soit : $-e \cdot \vec{E} - e \cdot \vec{v} \wedge \vec{B} = \vec{0}$

qui se traduit par $\vec{E} = -\vec{v} \wedge \vec{B}$ \vec{B} et \vec{v} étant orthogonaux,

- \vec{E} est orienté vers le bas.
- \vec{B} est sortant \otimes

b) Expression de v_0

$$F_m = F_e \Rightarrow q \cdot v_0 \cdot B = q \cdot E \Rightarrow v_0 = \frac{E}{B}$$

2)

a) Expression de B

$$R = \frac{m \cdot v_0}{|q| \cdot B} = \frac{m \cdot E}{e \cdot B^2} \Rightarrow B = \sqrt{\frac{m \cdot E}{e \cdot R}}$$

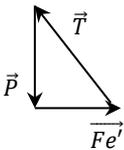
b) Calcul de B et v_0

$$B = \sqrt{\frac{9,1 \cdot 10^{-31} \times 10^4}{1,6 \cdot 10^{-19} \times 5 \cdot 10^{-2}}} \quad B = 1,07 \cdot 10^{-3} \text{ T}$$

$$v_0 = \frac{E}{B} = \frac{10^4}{1,07 \cdot 10^{-3}} \quad v_0 = 9,35 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

3) a) \vec{F}_e est de sens opposé à \vec{E}' donc \vec{E}' est orienté vers la gauche.

b) A l'équilibre, $\vec{F}_e' + \vec{P} + \vec{T} = \vec{0}$



$$\tan \theta_0 = \frac{F_e'}{P} = \frac{|Q| \cdot E'}{m \cdot g} \Rightarrow$$

$$E' = \frac{m \cdot g \cdot \tan \theta_0}{|Q|} = \frac{0,01 \times 10 \times \tan 3,5^\circ}{8 \cdot 10^{-10}}$$

$$E' = 7,65 \cdot 10^6 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$$

4)

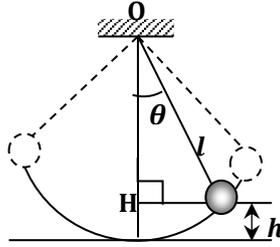
a) Equation différentielle

Le système {pendule} dans le champ de pesanteur est conservatif.

$$E_M = E_C + E_P;$$

$$E_C = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \text{ et}$$

$$E_P = m \cdot g \cdot l \cdot (1 - \cos \theta)$$



$$E_M = cte \Rightarrow \frac{dE_M}{dt} = \frac{dE_C}{dt} + \frac{dE_P}{dt} = 0$$

$$\frac{dE_P}{dt} = \frac{d}{dt} [m \cdot g \cdot l \cdot (1 - \cos \theta)] = m \cdot g \cdot l \cdot \sin \theta \cdot \frac{d\theta}{dt}$$

$$\frac{dE_C}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \right) = m \cdot v \cdot \frac{dv}{dt}$$

or $v = l \cdot \frac{d\theta}{dt}$ donc $\frac{dv}{dt} = l \cdot \frac{d^2\theta}{dt^2}$

donc, $\frac{dE_C}{dt} = m \cdot l \cdot \frac{d\theta}{dt} \cdot l \cdot \frac{d^2\theta}{dt^2}$.

$$\frac{dE_M}{dt} = m \cdot g \cdot l \cdot \sin \theta \cdot \frac{d\theta}{dt} + m \cdot l \cdot \frac{d\theta}{dt} \cdot l \cdot \frac{d^2\theta}{dt^2} = 0$$

D'où : $g \cdot \sin \theta + l \cdot \frac{d^2\theta}{dt^2} = 0$ ou $\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{g}{l} \sin \theta = 0$

C'est l'équation différentielle du mouvement.

Pour les faibles amplitudes ($\theta \leq 10^\circ$), $\sin \theta \approx \theta$.

L'équation différentielle se simplifier à :

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{g}{l} \cdot \theta = 0. \text{ En posant } \omega_0^2 = \frac{g}{l}$$

on a : $\frac{d^2\theta}{dt^2} + \omega_0^2 \cdot \theta = 0$

b) La solution est de la forme :

$$\theta(t) = \theta_m \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi) \quad \text{avec :}$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{10}{0,1}} = 10 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1} \text{ et}$$

$$\theta_m = \theta_0 = 3,5^\circ = 6,1 \cdot 10^{-2} \text{ rad}$$

$$\text{A } t = 0, \quad \theta = 0 = \theta_m \cos \varphi \Rightarrow \cos \varphi = 0 \Rightarrow \varphi = \frac{\pi}{2}$$

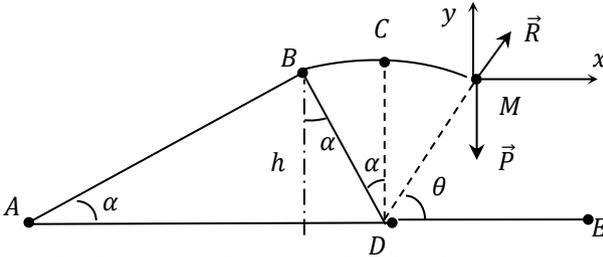
$$\text{Soit:} \quad \theta(t) = 6,1 \cdot 10^{-2} \cos\left(10t + \frac{\pi}{2}\right)$$

Corrigé 2

1)

a) Expressions des vitesses en B et en C

Le système est le solide ponctuel. Les forces appliquées sont : le poids \vec{P} et la réaction \vec{R} perpendiculaire à la piste.



Appliquons le théorème de l'énergie cinétique entre A et B :

$$\frac{1}{2}m.v_B^2 - \frac{1}{2}m.v_A^2 = W(\vec{R}) + W(\vec{P}) = -mgh$$

avec $h = r \cdot \cos \alpha$

$$v_B = \sqrt{v_A^2 - 2 \cdot g \cdot r \cdot \cos \alpha}$$

$$v_B = \sqrt{8^2 - 2 \times 10 \times 2,5 \times \cos 30^\circ} \quad v_B = 4,55 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Le théorème de l'énergie cinétique entre A et C :

$$\frac{1}{2}m.v_C^2 - \frac{1}{2}m.v_A^2 = W(\vec{R}) + W(\vec{P}) = -mgr$$

$$v_C = \sqrt{v_A^2 - 2 \cdot g \cdot r} \quad v_C = 3,74 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

b) Expression de la vitesse v_M

Le TEC appliqué entre A et M donne

$$v_M = \sqrt{v_A^2 - 2 \cdot g \cdot r \cdot \sin \theta} \quad v_M = 3,84 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

c) Expression et valeur de la réaction R

La relation fondamentale de la dynamique donne :

$$\vec{P} + \vec{R} = m \cdot \vec{a}$$

La projection cette relation sur l'axe (DM) donne :

$$m \cdot g \cdot \sin \theta - R = m \cdot \frac{v_M^2}{r}$$

$$\text{soit: } R = m \left(3 \cdot g \cdot \sin \theta - \frac{v_A^2}{r} \right)$$

$$R = 0,4 \left(3 \times 10 \times \sin 80 - \frac{8^2}{2,5} \right) \quad R = 1,57 \text{ N}$$

2) Expression de f :

Le TEC appliqué au solide entre A et C donne :

$$\frac{1}{2} m \cdot v_C^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_A^2 = W(\vec{R}_N) + W(\vec{f}) + W(\vec{P})$$

$$\frac{1}{2} m \cdot v_C^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_A^2 = 0 - f(AB + \widehat{BC}) - mgr$$

$$\text{avec : } AB = \frac{r}{\tan \alpha} \text{ et } \widehat{BC} = r \cdot \alpha$$

$$\frac{1}{2} m (v_C^2 - v_A^2) = -mgr - f \left(\frac{r}{\tan \alpha} - r \cdot \alpha \right)$$

$$f = \frac{m(v_A^2 - v_C^2 - g \cdot r)}{2r \left(\frac{1}{\tan \alpha} + \alpha \right)} \quad f = 0,47 \text{ N}$$

3) a) Au-delà du point M, le solide est en chute libre. La relation fondamentale de la dynamique s'écrit :

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{P} = m\vec{g} = m\vec{a} \quad \text{soit : } \vec{a} = \vec{g}$$

$$\vec{g} \left| \begin{array}{l} g_x = 0 \\ g_y = -g \end{array} \right. \implies \vec{a} \left| \begin{array}{l} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{array} \right. \implies$$

$$\vec{v} \left| \begin{array}{l} v_x = v_M \sin \theta \\ v_y = -g \cdot t - v_M \cos \theta \end{array} \right. \implies \overline{MG} \left| \begin{array}{l} x = v_M \cdot \sin \theta \cdot t \\ y = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 - v_M \cos \theta \cdot t \end{array} \right.$$

Equation de la trajectoire

$$t = \frac{x}{v_M \sin \theta} \implies y = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot \frac{x^2}{v_M^2 \cdot \sin^2 \theta} - \frac{1}{\tan \theta} \cdot x$$

$$y = -0,349 \cdot x^2 - 0,176 \cdot x$$

b) Distance d ($d = DE$) :

$$E(x_E, y_E) \text{ avec } y_E = -r \cdot \sin \theta = -2,46$$

$$\text{soit : } -2,46 = -0,349 \cdot x_E^2 - 0,176 \cdot x_E$$

$$x_E = 2,41$$

$$d = DE = r \cdot \cos \theta + x_E$$

$$d = 2,5 \cdot \cos 80^\circ + 2,41 \quad d = 2,84 \text{ m}$$

4.3. Physique nucléaire

4.3.1 Sujets

Sujet 1

On donne :

Nom	Deutérium	Tritium	Hélium
Représentation du noyau	2_1H	3_1H	4_2He
Masse du noyau	2,01355 u	3,0155 u	4,0015 u

$$m({}_0^1n) = 1,00866 u ; 1MeV = 1,6 \cdot 10^{-13} J ;$$

$$1u = 931,5 MeV/c^2 ; N = 6,02 \cdot 10^{23} mol^{-1} ;$$

$$M({}_1^3H) = 3 g \cdot mol^{-1}$$

Le tritium est un isotope de l'hydrogène rare à l'état naturel.

1) On obtient le tritium en bombardant un échantillon de 6_3Li par des neutrons.

a) Ecrire l'équation de cette réaction nucléaire.

b) De quel type de réaction nucléaire provoquée s'agit-il ?

2) La recherche de source alternative d'énergie a conduit les chercheurs à expérimenter la réaction de fusion du deutérium et du tritium. La fusion d'un noyau de deutérium et d'un noyau de tritium conduit à la libération d'un neutron et à la formation d'un noyau plus lourd.

a) Ecrire l'équation de réaction nucléaire de cette fusion.

b) Calculer en MeV l'énergie libérée au cours de la fusion d'un noyau de deutérium et d'un noyau de tritium.

c) On réalise la fusion de 3 g de tritium. Calculer en Joule l'énergie libérée.

d) Quelle masse de pétrole faut-il brûler pour obtenir une énergie équivalente ? (1t de pétrole produit une énergie de 42 GJ).

3) Le tritium est radioactif β^- . Un échantillon contient initialement 3 g de tritium. Sa constante radioactive est $\lambda = 79 \cdot 10^{-9} s^{-1}$.

a) Ecrire l'équation de sa désintégration radioactive sachant que le noyau fils est un isotope de l'hélium.

b) Calculer son temps de demi-vie en année.

(1 an = 365 jours et 1 jour = 24 heures)

c) Calculer l'activité de cet échantillon.

d) Calculer la masse de tritium radioactive restant au bout de 3 ans.

Sujet 2

On utilise le césium (Cs) 137 dans le traitement in situ du cancer du col de l'utérus. Le traitement consiste à soumettre une patiente à un échantillon de césium 137 ($^{137}_{55}Cs$) pendant quelques jours. La constante radioactive de ces noyaux est

$\lambda = 7,3 \cdot 10^{-10} s^{-1}$. L'activité A_0 d'un échantillon de cet isotope est $3 \cdot 10^5 Bq$. Le césium 137 est émetteur β^- et γ

1) Ecrire l'équation de désintégration du césium 137 en précisant les règles de conservation utilisées.

2) Donner la définition de temps de demi-vie.

3) Donner l'expression de l'activité $A(t)$ à un instant t en fonction de A_0 , du temps t et de la constante λ .

4) Ecrire l'expression entre la constante radioactive λ et le temps de demi-vie. Calculer T .

5) Construire l'allure de la courbe donnant l'activité $A(t)$ en fonction du temps tout en précisant les points particuliers.

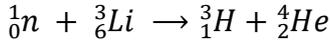
6) Comment évolue l'activité au cours du traitement ?

Données : $_{54}Xe$ et $_{56}Ba$

4.3.2 Corrigés

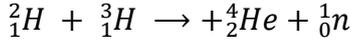
Corrigé 1

1) a) Equation de la réaction



b) Il s'agit d'une réaction de fission.

2) a) Equation de la fusion



b) Calculons en MeV l'énergie libérée

$$\Delta m = (2,01355u + 3,0155u) - (4,0015u + 1,00866)$$

$$\Delta m = 0,01889u$$

$$E = \Delta mc^2 = 0,01889 \times 931,5 = 17,596035 \text{ MeV}$$

c) L'énergie libérée par 3 g

$$N = \frac{m}{M} \times \mathcal{N} = \frac{3}{3} \times 6,02 \cdot 10^{23} = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ noyaux}$$

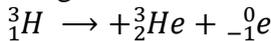
$$E' = 17,596035 \times 6,02 \cdot 10^{23} \times 1,6 \cdot 10^{-13}$$

$$E' = 169,485 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

d) Masse de pétrole

$$m = \frac{169,485 \cdot 10^{10} \text{ J}}{42 \cdot 10^9 \text{ J}} \quad m = 40,35 \text{ t}$$

3) a) Equation de la désintégration



b) Temps de demi-vie

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{\ln 2}{79 \cdot 10^{-9}} = 8,77 \cdot 10^6 \text{ s} \quad T = 0,28 \text{ an}$$

c) L'activité de l'échantillon

$$A_0 = \lambda N_0 = \lambda \cdot \frac{m_0}{M} \cdot \mathcal{N}$$

$$A_0 = 79 \cdot 10^{-9} \times \frac{3}{3} \times 6,02 \cdot 10^{23} = 47,55 \cdot 10^{15} \text{ Bq}$$

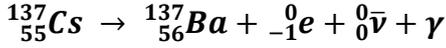
d) masse restante

$$m = m_0 \cdot e^{-\lambda t} = m_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{T} \cdot t}$$

$$m = 3 \times e^{\frac{-3 \cdot \ln 2}{0,28}} \quad m = 1,78 \cdot 10^{-3} \text{ g}$$

Corrigé 2

1) On a utilisé la loi de conservation du nombre de charge et la loi de conservation du nombre de masse.

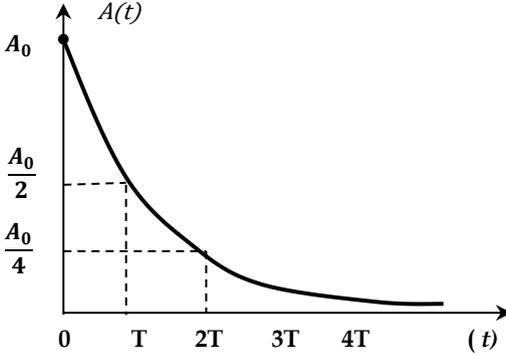


2) La demi-vie est le temps T nécessaire à la désintégration de la moitié des noyaux présents initialement dans un échantillon.

3) $A(t) = \lambda N_0 \cdot e^{-\lambda t} = A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$

4) $\lambda = \frac{\ln 2}{T}$ ou $T = \frac{\ln 2}{\lambda}$

5)



6) L'activité diminue au cours du traitement.

4.4. Chimie générale

4.4.1 Sujets

Sujet 1

Toutes les solutions sont à 25°C, le produit ionique de l'eau est $K_e = 10^{-14}$. On dissout $m = 12g$ d'acide éthanóique pur dans de l'eau distillée de façon à obtenir une solution A de volume $V = 2 L$ et de

$$pH = 2,9$$

1) Ecrire l'équation-bilan de la réaction et calculer la concentration C_A de la solution A.

2) Calculer les concentrations molaires des espèces chimiques présentes dans la solution A.

3) On verse un volume $V_B = 20 cm^3$ de solution B d'éthanoate de sodium de concentration molaire $C_B = 10^{-1} mol.L^{-1}$ dans un bécher, puis on ajoute progressivement un volume V_A de la solution A d'acide éthanóique de concentration $C_A = 10^{-1} mol.L^{-1}$

On mesure le pH du mélange en fonction du volume V_A versé. Les résultats sont notés dans le tableau ci-dessous.

$V_A(cm^3)$	5	10	20	30	40	50	80
pH	4,2	4,5	4,8	5	5,2	5,4	5,6
$\log\left(\frac{V_B}{V_A}\right)$	-0,6	-0,3	0	0,18	0,3	0,4	0,6

a) Pour $V_A = 30cm^3$, montrer que $\frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} = \frac{V_B}{V_A}$

b) Tracer la courbe représentative des variations du pH en fonction de $\log\left(\frac{V_B}{V_A}\right)$ Echelle :

abscisse: $10cm \leftrightarrow 1$ unité de $\log\left(\frac{V_B}{V_A}\right)$

ordonnée: $10cm \leftrightarrow 1$ unité de pH

c) Calculer la constante d'acidité du couple



Données : masses molaires atomiques en $g.mol^{-1}$

$M(C) = 12$; $M(H) = 1$; $M(O) = 16$.

Sujet 2

L'étiquette d'une bouteille d'acide chlorhydrique commerciale porte les indications suivantes : densité : 1,19

Pourcentage en masse d'acide pur : $P = 37\%$.

1°) a) Calculer la concentration molaire C_0 de la solution commerciale.

b) On extrait de cette bouteille un volume $V_0 = 4,06$ mL que l'on complète à 500 mL avec l'eau distillée.

Calculer la concentration molaire C_a de la solution ainsi préparée.

2°) Afin de vérifier la valeur de cette concentration C_a , on dose par cet acide un volume $V_b = 20$ mL d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_b = 4 \cdot 10^{-2}$ mol.L⁻¹. On ajoute progressivement la solution acide et on mesure le pH après chaque ajout. On obtient le tableau suivant :

Va (mL)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	8,5	9
pH	12,6	12,5	12,45	12,35	12,25	12,10	11,95	11,70	11,15	3,6	2,72

Va (mL)	10	11	12	13
pH	2,30	2,10	2,00	1,90

a) Écrire l'équation-bilan de la réaction qui a lieu.

b) Construire la courbe $\text{pH} = f(V_a)$.

Echelle : 1 cm ↔ 1 mL ; 1 cm ↔ 1 unité de pH.

c) Déterminer les coordonnées du point d'équivalence E.

d) En déduire la concentration molaire de la solution d'acide dosé et la comparer avec celle calculée à la question 1.b).

e) Si on évapore la solution obtenue à l'équivalence, quel composé obtient-on ? Calculer sa masse.

4°) On donne les zones de virage de quelques indicateurs colorés dans le tableau ci-dessous.

Indicateur coloré	Zone de virage
Hélianthine	3,3 – 4,4
Bleu de bromothymol	6,0 – 7,6
phénolphtaléine	8,2 – 10

Quel est l'indicateur coloré privilégié pour ce dosage ? Justifier.

Données : masses atomiques en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$: $M(\text{H}) = 1$; $M(\text{Cl}) = 35,5$; $M(\text{Na}) = 23$. Formule moléculaire du chlorure d'hydrogène : HCl .

Sujet 3

Une solution décimolaire S_1 d'acide propanoïque et une solution S_2 d'acide bromhydrique de concentration $C_2 = 7 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$ ont même valeur de pH.

1°) Calculer le pH de ces deux solutions.

2°) a) Exprimer le coefficient d'ionisation α de la solution S_1 en fonction de sa concentration C_1 et celle des ions hydronium.

b) Calculer numériquement α .

3°) a) Exprimer la constante d'acidité K_a du couple acide propanoïque / ion propanoate en fonction de C_1 et α .

b) Calculer numériquement K_a .

4°) On considère 10 mL de chacune des deux solutions S_1 et S_2 que l'on dilue 10 fois.

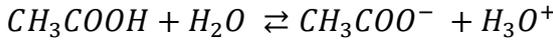
a) Calculer la quantité de matière d'ions hydronium contenus dans chacune des deux solutions avant la dilution.

b) Quel est le pH de la solution S_2 diluée ?

4.4.2 Corrigés

Corrigé 1

1) Equation de la réaction



Concentration C_A

$$C_A = \frac{n}{V} = \frac{m}{M \cdot V} = \frac{12}{60 \times 2} \quad C_A = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

2) Calcul des concentrations molaires

Les espèces en solution sont : H_3O^+ ; OH^- ; CH_3COO^- ; CH_3COOH .

- Du pH, $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2,9}$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,26 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

- du produit ionique de l'eau, $[\text{OH}^-] = \frac{K_e}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-2,9}}$

$$[\text{OH}^-] = 7,94 \cdot 10^{-12} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

- L'électroneutralité de la solution donne

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] + [\text{OH}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] \text{ avec } [\text{OH}^-] \ll [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = 1,26 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

- la conservation de la matière :

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] + [\text{CH}_3\text{COOH}] = C_A$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = C_A - [\text{CH}_3\text{COO}^-] = 0,1 - 1,26 \cdot 10^{-3}$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 9,87 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

3) a) Le volume total du mélange est $V_A + V_B$

Concentrations des substances apportées :

- pour l'acide, $n(\text{CH}_3\text{COOH}) = C_A \cdot V_A$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{C_A \cdot V_A}{V_A + V_B}$$

- pour l'éthanoate de sodium entièrement dissocié

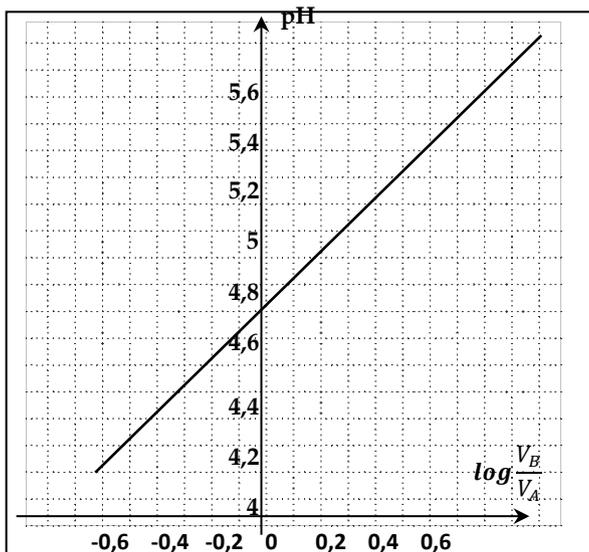
$$n(\text{CH}_3\text{COO}^-) = C_B \cdot V_B \quad [\text{CH}_3\text{COO}^-] = \frac{C_B \cdot V_B}{V_A + V_B}$$

$$\frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{C_B \cdot V_B}{V_A + V_B} \times \frac{V_A + V_B}{C_A \cdot V_A} = \frac{V_B}{V_A} \text{ Car } C_A = C_B$$

$$\text{Ainsi: } \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{V_B}{V_A}$$

Cette relation vraie en générale, est aussi vraie pour $V_A = 30 \text{ cm}^3$.

b) Courbe



c) Constante d'acidité

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]. [\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot \frac{V_B}{V_A}$$

pour $\text{pH} = 4,8$ $\log \frac{V_B}{V_A} = 0 \Rightarrow \frac{V_B}{V_A} = 1 \Rightarrow$

$$K_a = [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{\text{pH}} = 10^{-4,8} \quad K_a = 1,58 \cdot 10^{-5}$$

Corrigé 2

1°)

a) Calculons la concentration molaire C_0 de la solution commerciale.

$$\text{Pourcentage } P = \frac{m_{\text{solution}}}{m_{\text{soluté}}} \Rightarrow m_{\text{solution}} = P \cdot m_{\text{soluté}}$$

$$C_0 = \frac{m_{\text{solution}}}{M \cdot V} = \frac{P \cdot m_{\text{soluté}}}{M \cdot V} \text{ or } m_{\text{soluté}} = \rho V$$

$$C_0 = \frac{P \rho}{V} \text{ or } \rho = d \cdot \rho_{\text{eau}} \text{ Donc } C_0 = \frac{P \cdot d \cdot \rho_{\text{eau}}}{M}$$

$$\text{AN : } C_0 = \frac{0,37 \cdot 1,19 \cdot 1000}{36,5} = 12,06 \text{ mol.L}^{-1}$$

b) Calculons la concentration molaire C_a de la solution ainsi préparée.

$$\text{Dilution : } C_a V_a = C_0 V_0$$

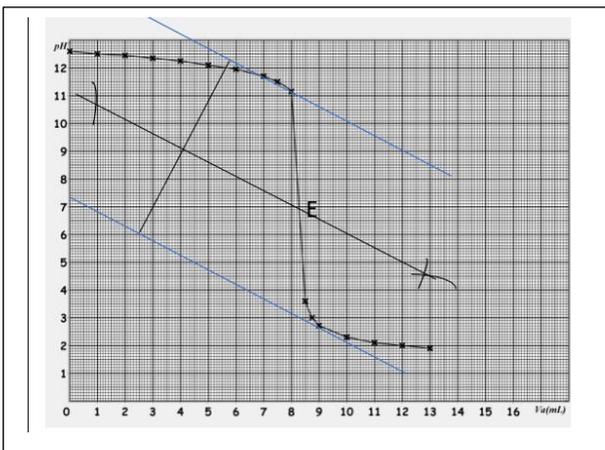
$$C_a = \frac{C_0 V_0}{V_a} = \frac{10,06 \cdot 4,06 \cdot 10^{-3}}{500 \cdot 10^{-3}} = 0,098 \text{ mol.L}^{-1}$$

2)

a) Équation-bilan de la réaction qui a lieu.



b) Construisons la courbe $\text{pH} = f(V_a)$



c) Déterminons les coordonnées du point d'équivalence E.
E ($V_a = 8,25$; $\text{pH} = 7$)

d)

$$C_a = \frac{C_b V_b}{V_a E} = \frac{20 \cdot 4 \cdot 10^{-2}}{8,25} = 9,76 \cdot 10^{-2} \text{ mol. L}^{-1} \approx 9,8 \cdot 10^{-2} \text{ mol. L}^{-1}$$

Cette valeur de C_a est en accord avec celle calculée au 1.b)

e) Si on évapore la solution obtenue à l'équivalence, le composé obtenu est le chlorure de sodium (NaCl)

Calculons sa masse



$$n(NaCl) = n(Na^+) = n(Cl^-) = C_b V_b = 4 \cdot 10^{-2} \times 20 \cdot 10^{-3} \text{ m} \\ = 8 \cdot 10^{-4} \cdot \text{mol}$$

$$m(NaCl) = n(NaCl) \cdot M(NaCl) = 8 \cdot 10^{-4} \times 58,5 \\ m = 4,68 \cdot 10^{-2} \text{ g}$$

4. L'indicateur coloré privilégié pour ce dosage est le bleu de bromothymol car sa zone de virage encadre le pH à l'équivalence.

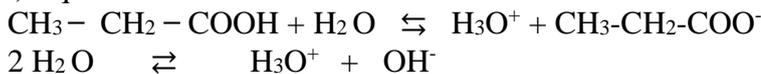
Corrigé 3

1) Calculons le pH de ces deux solutions.

Les deux solutions ont même pH. S₂ étant une solution d'acide fort

$$\text{pH} = -\log C_2 = -\log(7 \cdot 10^{-3}) = 2,15$$

2) Equation -bilan de la réaction de S₁.



Espèces chimiques présentes en solution

C₂H₅-COOH, C₂H₅-COO⁻, H₃O⁺, OH⁻, H₂O

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 7 \cdot 10^{-3} \text{ mol. L}^{-1}$$

$$[\text{OH}^-] = 1,41 \cdot 10^{-12} \text{ mol. L}^{-1}$$

$$[\text{C}_2\text{H}_5 - \text{COO}^-] \approx [\text{H}_3\text{O}^+] = 7 \cdot 10^{-3} \text{ mol. L}^{-1}$$

$$[\text{C}_2\text{H}_5 - \text{COOH}] = C_1 - [\text{C}_2\text{H}_5 - \text{COO}^-] = 9,3 \cdot 10^{-2} \text{ mol. L}^{-1}$$

$$\alpha = \frac{[\text{C}_2\text{H}_5 - \text{COO}^-]}{C_1} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C_1} = 7 \cdot 10^{-2}$$

3) Expression de K_a en fonction de C₁ et α

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{C}_2\text{H}_5 - \text{COO}^-]}{[\text{C}_2\text{H}_5 - \text{CO}_2\text{H}]} \text{ avec } [\text{H}_3\text{O}^+] = C_1 \cdot \alpha ; [\text{C}_2\text{H}_5 - \text{CO}_2^-] = C_1 \cdot \alpha$$

$$[\text{C}_2\text{H}_5 - \text{COOH}] = C_1 - C_1 \cdot \alpha = C_1 (1 - \alpha)$$

$$K_a = \frac{\alpha^2}{1 - \alpha} C_1 = 5,26 \cdot 10^{-4}$$

4°) a) Quantité de matière d'ions hydronium contenus dans chacune des deux solutions avant la dilution.

$$\text{Solution S}_1 : n(\text{H}_3\text{O}^+) = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot V_0 = C_1 \alpha \cdot V_0 = 7 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

$$\text{Solution S}_2 : n(\text{H}_3\text{O}^+) = C_2 V_0 = 7 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

e) pH de la solution S₂ diluée

$$C_2 V_0 = C'_2 \cdot V' \text{ avec } V' = 10V_0$$

$$C'_2 = \frac{C_2 V_0}{10V_0} = 7 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$\text{pH} = -\log C'_2 = 3,15$$

4.5. Chimie organique

4.5.1 Sujets

Sujet 1

On fait passer sur du cuivre chauffé, un mélange de vapeur de propan-1-ol et l'air. La quantité de matière de propan-1-ol qui passe sur le catalyseur est 0,1 mol. Les vapeurs obtenus sont récupérées dans 500 mL d'eau. On obtient ainsi une solution S.

a) Un échantillon de S versé dans du nitrate d'argent ammoniacal donne, après un léger chauffage un dépôt d'argent métallique. Un autre échantillon de S devient jaune en présence de bleu de bromothymol. En déduire quels sont les deux produits X et Y obtenus à partir du propan-1-ol dans l'expérience précédente. Ecrire les équations- bilans de leurs formations.

b) On dose 10 mL de la solution S par une solution d'hydroxyde de sodium décimolaire. Pour obtenir l'équivalence, il faut verser $V_b = 6\text{mL}$ de solution d'hydroxyde de sodium. Sachant que tout le propan-1-ol a été oxydé, en déduire les quantités de X et de Y obtenues.

c) Ecrire l'équation de l'action du propan-1-ol sur Y. Nommer le produit organique obtenu et donner les caractéristiques de cette réaction.

d) Ecrire l'équation-bilan de la réaction de l'ion permanganate MnO_4^- en milieu acide sur le propan-1-ol, l'ion permanganate étant en quantité insuffisante.

On donne le couple redox : $\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}$

Sujet 2

1) La combustion complète par le dioxygène de 0,1 mole d'un alcool saturé A a donné 8,96 L de dioxyde de carbone et de l'eau. Dans les conditions de l'expérience, le volume molaire d'un gaz est 22,4 L/ mol.

- a) Écrire l'équation-bilan de la combustion complète d'un alcool saturé et en déduire que la formule brute de l'alcool A est $C_4H_{10}O$.
- b) Donner la formule semi-développée, le nom et la classe de chacun des isomères possibles de A.

2) On effectue l'oxydation de trois isomères, notés A_1 , A_2 et A_3 par une solution aqueuse de dichromate de potassium en milieu acide.

- L'oxydation ménagée de A_1 à chaîne non ramifiée donne un mélange de deux produits organiques B_1 et C_1 ; celle de A_2 donne un mélange de deux produits organiques B_2 et C_2 . B_1 et B_2 donnent un test positif avec la liqueur de Fehling. C_1 et C_2 font virer au jaune le bleu de bromothymol.

- L'oxydation ménagée de A_3 donne un produit organique D qui réagit positivement avec la DNPH, mais négativement avec la liqueur de Fehling.

- a) Identifier sans ambiguïté les réactifs A_1 , A_2 et A_3 .

Donner la formule semi-développée et le nom de chacun des produits B_1 , B_2 , C_1 , C_2 , et D.

- b) Écrire l'équation bilan d'oxydoréduction qui permet le passage de l'alcool au produit D.

Sujet 3

1) L'oxydation de 1,5g d'un ester organique à chaîne linéaire non ramifiée produit 2,673g de dioxyde de carbone et de l'eau.

a) Donner la formule générale d'un ester à chaîne saturée en fonction du nombre n d'atomes de carbone.

b) Déterminer la formule brute de cet ester

c) Quelles sont les formules semi-développées possibles ?

2) Une masse de 1g de cet ester est traitée par de l'eau. Au bout de quelques heures, l'acide formé est dosé par une solution de soude de concentration $0,5 \text{ mol.L}^{-1}$ en présence de phénolphaléine. Il faut verser 9 cm^3 de soude pour faire virer l'indicateur coloré.

a) Quel est le pourcentage d'acide estérifié ?

b) Identifier l'ester sachant que l'acide obtenu possède le pK_a le plus faible.

Données : masses atomiques en g.mol^{-1} : $M(H) = 1$; $M(C) = 12$; $M(O) = 16$

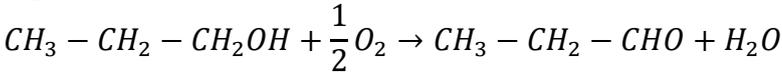
4.5.2 Corrigés

Corrigé 1

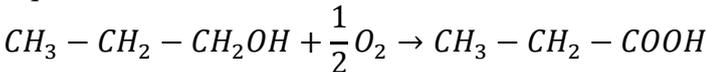
a) **X** qui donne un dépôt d'argent en présence du nitrate d'argent ammoniacal est donc un **aldéhyde**.

Le bleu de bromothymol jaunit en présence d'un acide ; donc **Y** est un acide **carboxylique**.

Equation de formation de X :



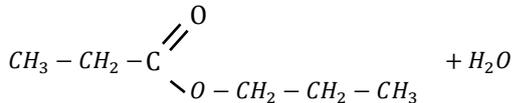
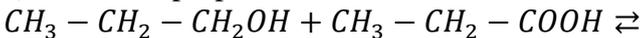
Equation de formation de Y :



b) Quantité de matière de X et Y

$$n_X = C_b \cdot V_b = 10^{-1} \times 6 \cdot 10^{-3} \quad n_X = 6 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$
$$n_Y = 6 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

c) Action du propan-1-ol sur Y

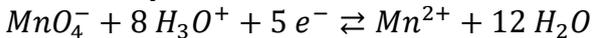


Le produit est le propanoate de propyle.

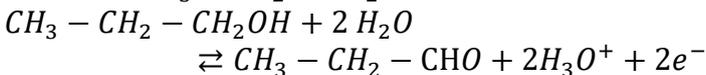
La réaction est lente, limitée et athermique.

d) Equation bilan d'oxydoréduction :

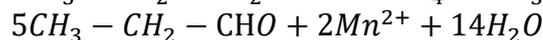
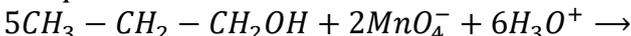
– Réduction de MnO_4^-



– Oxydation de $CH_3 - CH_2 - CH_2OH$



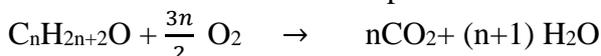
– Equation bilan:



Corrigé 2

1)

a) Équation-bilan de la combustion complète



$$\frac{1}{0,1} = \frac{n.Vm}{V_o} \quad n = \frac{V_o}{0,1.Vm} = \frac{8,96}{0,1 \cdot 22,4} = 4$$

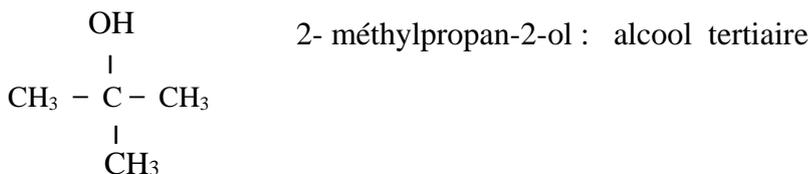
La formule brute de A est : $C_4H_{10}O$

b) Formules semi-développées, nom et classe de tous les isomères de A.

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$: butan-1-ol alcool primaire

$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-OH$: 2- méthylpropan-1-ol alcool primaire

$CH_3-CH_2-CH(OH)-CH_3$: butan-2-ol alcool secondaire



2) a) Identification des réactifs et des produits

A₁ : butan-1-ol

A₂ : 2- méthylpropan-1-ol

A₃ : butan-2-ol

Formules semi-développée et le nom de chacun des produits

B₁ : butanal : $CH_3-CH_2-CH_2-CHO$

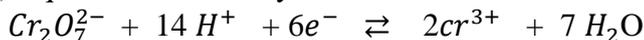
B₂ : 2- méthylpropanal : $CH_3-CH(CH_3)-CHO$

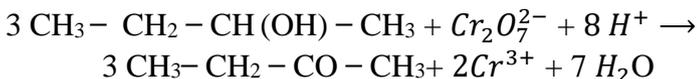
C₁ : acide butanoïque : $CH_3-CH_2-CH_2-COOH$

C₂ : acide 2- méthylpropanoïque $CH_3-CH(CH_3)-COOH$

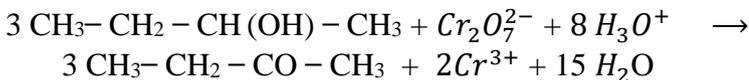
D : butanone : $CH_3-CH_2-CO-CH_3$

b) Équation-bilan d'oxydo-réduction





Ou bien



Corrigé 3

1.a) formule générale : $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$ avec $n \geq 2$

b) Formule brute :



$$n(\text{Ester}) = \frac{1,5}{14n+32}$$

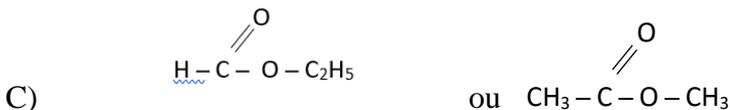
$$n(\text{CO}_2) = \frac{2,673}{44} = 0,06075 \text{ mol}$$

$$1 \text{ mol} \rightarrow n \text{ mol}$$

$$\frac{1,5}{14n+32} \rightarrow 0,06075 \text{ mol}$$

$$0,06075 = \frac{1,5 n}{14n+32} \Rightarrow n = 2,99 \approx 3$$

Donc E : $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$



Ester + eau \rightleftharpoons Acide + Alcool

n Acide carboxylique formé = n ester qui a réagit

$$n(\text{RCOOH}) \text{ formé} = \text{CaVa} = n(\text{Ester})_{\text{réagi}} = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(\text{Ester})_{\text{initial}} = \frac{1}{74} = 0,0135 \text{ mol}$$

$$\% \text{ acide estérifié} = \% \text{ Ester hydrolysé} = \frac{n(\text{Ester})_{\text{réagi}}}{n(\text{Ester})_{\text{initial}}} \times 100$$

$$= \frac{4,5 \cdot 10^{-3}}{0,0135} \times 100 = 33,3\%$$

PK_a faible \Rightarrow acide carboxylique le moins carboné est HCOOH

Ester : $\text{H}-\text{COO}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

TABLE DES MATIERES

RAPPEL DE COURS	5
I. GENERALITES	6
II. Résumé des apprentissages	7
2.1. Physique	7
2.2. Chimie	32
III. Conseils de résolution d'un exercice de sciences physiques en classe de terminale	39
EPREUVES CORRIGÉES	40
IV. Exemples d'épreuves corrigées	41
4.1. Electricité	41
4.2. Mécanique	48
4.3. Physique nucléaire	57
4.4. Chimie générale	61
4.5. Chimie organique	69

Interdit de vendre