

RÉPUBLIQUE ISLAMIQUE DE MAURITANIE

Honneur - Fraternité - Justice



Ministère de l'Education et de la
Réforme du Système d'Enseignement

Institut Pédagogique National

Physique Chimie

6^{ème}
LM

Concepteurs :

- Sidi MAHAM, Professeur - Mohamed Anne, Professeur

Maquette et mise en page:

Heibetna Yahya Brey I.P.N

2026

IPN

PREFACE

Dans le cadre de la mise en œuvre des orientations nationales visant l'amélioration de la qualité de l'enseignement et l'adaptation des apprentissages aux exigences du développement, l'Institut Pédagogique National a le plaisir de mettre à la disposition des enseignants et des élèves cette nouvelle collection de manuels scolaires scientifiques destinés au second cycle de l'enseignement secondaire.

Ces ouvrages couvrent l'ensemble des filières du lycée, aussi bien scientifiques que littéraires, dans les disciplines des Mathématiques, des Sciences de la Nature, de la Physique et de la Chimie. Ils ont été élaborés conformément aux programmes officiellement en vigueur et traduisent la volonté des autorités éducatives de garantir à tous les apprenants des ressources pédagogiques de qualité, adaptées aux objectifs de formation et aux réalités de notre système éducatif.

Depuis la réécriture des programmes en 1999 jusqu'à la validation des programmes actuellement en vigueur en 2022, notre système éducatif a connu plusieurs étapes de réforme et de modernisation curriculaires. Toutefois, cette collection marque une avancée historique, puisqu'il s'agit de la première fois que les filières littéraires, notamment les Lettres Modernes (LM) et les Lettres Originelles (LO), bénéficient de manuels scolaires dans les disciplines scientifiques pour tous les niveaux du second cycle, de la 5^e à la 7^e année. Les filières LO ont, en outre, bénéficié de manuels rédigés en langue arabe afin de répondre aux spécificités linguistiques et pédagogiques de ces séries et de garantir une meilleure accessibilité des contenus scientifiques aux apprenants concernés.

Le travail réalisé dans le cadre de ce projet a consisté, d'une part, à la révision de douze titres correspondant aux manuels des disciplines de base dans les différents niveaux du lycée et, d'autre part, à la conception de vingt-deux nouveaux titres couvrant les autres. Cette entreprise éditoriale d'envergure témoigne de l'engagement des autorités éducatives à renforcer les ressources pédagogiques nationales et à accompagner efficacement la mise en œuvre des nouveaux programmes. Conscient de l'importance stratégique du manuel scolaire dans le processus d'enseignement-apprentissage, l'Institut Pédagogique National a mobilisé les meilleures compétences nationales pour la réalisation de cette tâche. Des inspecteurs, des conseillers pédagogiques et des professeurs expérimentés, reconnus pour leur expertise scientifique et pédagogique, ont ainsi été sélectionnés afin de concevoir et de réviser des ouvrages répondant aux exigences de qualité académique, pédagogique et didactique.

Les équipes de conception se sont attachées à produire des manuels clairs, structurés et accessibles, favorisant le développement des connaissances, des compétences et de l'esprit scientifique chez les apprenants. Une attention particulière a été accordée à la cohérence des contenus, à la progressivité des apprentissages, à l'intégration des activités pratiques ainsi qu'à l'exploitation d'illustrations et de situations d'apprentissage adaptées au contexte national.

L'Institut Pédagogique National tient à exprimer sa profonde gratitude à la Banque Islamique de Développement pour l'appui précieux qu'elle a apporté à ce projet. Grâce à son financement, toutes les étapes de cette importante œuvre éducative ont pu être réalisées, depuis la rédaction et la révision des manuscrits jusqu'à leur édition, leur correction et leur impression. Cet accompagnement constitue une contribution majeure au développement de l'éducation et au renforcement de la qualité des apprentissages dans notre pays.

L'Institut Pédagogique National adresse également ses sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué à l'aboutissement de cette œuvre : auteurs, relecteurs, inspecteurs, équipes techniques et partenaires ayant accompagné les différentes phases de conception et de production.

Nous espérons que ces manuels constitueront des outils pédagogiques efficaces au service des enseignants et des élèves et qu'ils contribueront au renforcement de l'enseignement des sciences, à l'amélioration des performances scolaires et à la formation d'une génération capable de participer activement au développement national.

Le Directeur Général de l'IPN
Dr. Cheikh Mouadh Sidi Abdalla

IPN



INTRODUCTION DU MANUEL DE 6ème littéraire

Introduction Générale

Dans un monde en perpétuelle évolution, où les sciences et les technologies redessinent chaque jour notre quotidien, il devient indispensable pour chaque citoyen, dès son parcours scolaire, d'acquérir une culture scientifique solide, ouverte et critique. C'est dans cette optique que s'inscrit le présent manuel, destiné aux élèves et aux enseignants de la classe de sixième Lettre Moderne, conformément au programme de l'année 2020.

Ce manuel se veut bien plus qu'un simple recueil de leçons. Il est conçu comme un **outil de travail puissant**, à la fois structuré et stimulant, qui accompagne l'élève dans la **découverte des savoirs scientifiques**, tout en développant chez lui une **attitude réflexive** et **analytique** face aux informations, aux phénomènes naturels, et aux discours contemporains qui sollicitent chaque jour son jugement.

Une approche par la culture scientifique

L'approche adoptée privilégie une **culture scientifique accessible**. Elle permet aux élèves, même issus d'une filière littéraire, de comprendre les grands enjeux liés aux sciences : santé, environnement, énergie, alimentation, etc. Loin de viser la formation de spécialistes, il s'agit ici de **familiariser les élèves avec les démarches scientifiques**, les méthodes simples de raisonnement, et les débats de société éclairés par la science. Ainsi ce manuel articule-t-il ainsi connaissances, et applications concrètes.

Développer l'esprit critique

À l'heure des réseaux sociaux, des fausses informations et des manipulations médiatiques, **l'esprit critique** devient une compétence essentielle. Ce manuel propose donc des activités variées : études de documents, analyses de textes, afin de former des esprits autonomes, capables de **discerner le vrai du faux**, de **questionner les évidences**, et de **formuler des jugements éclairés**. L'élève est invité à s'approprier les savoirs, à poser des questions pertinentes et à adopter une posture active dans son apprentissage.

Une maîtrise progressive des connaissances scientifiques

Le contenu du manuel est organisé de manière progressive, en lien avec les capacités attendues du programme national. Chaque chapitre est structuré autour d'objectifs clairs, de notions fondamentales, d'exemples et d'exercices de mise en pratique. Des bilans synthétiques permettent de réviser efficacement, tandis que des rubriques en adéquation avec les objectifs visés sont proposées avec une formulation simple et compréhensible. L'élève y trouvera ainsi les **outils conceptuels et méthodologiques** pour consolider ses acquis, renforcer sa rigueur intellectuelle, et réussir aussi bien dans ses études que dans sa vie citoyenne.

Ce manuel est donc une passerelle entre les **lettres et les sciences**, entre les **savoirs académiques et les réalités du monde**, entre l'**école** et la **société**. Il accompagne à la fois l'**enseignant** dans sa mission pédagogique et l'**élève** dans sa construction personnelle.

Conclusion Générale

Ce manuel a été conçu comme un véritable **compagnon de route** pour les élèves de sixième Lettre Moderne et leurs enseignants, dans un monde où la compréhension des enjeux scientifiques devient un levier essentiel de réussite personnelle et collective. Il ne s'agit pas seulement d'apprendre des faits ou de mémoriser des concepts, mais de **s'approprier une démarche**, de **réfléchir avec rigueur**, et de **poser un regard critique et responsable sur le monde**.

Tout au long de l'année, à travers les différents chapitres et activités proposées, l'élève est amené à construire une culture scientifique vivante, utile et adaptée pour mieux s'épanouir et s'adapter à son environnement. Cette culture nourrit sa curiosité, structure son raisonnement, et développe ses capacités d'analyse, de synthèse et d'expression. Elle l'arme pour participer avec lucidité aux grands débats de société, pour mieux comprendre les défis environnementaux, sanitaires, ou technologiques de notre époque.

Ce manuel est aussi un appel à la **responsabilité intellectuelle**, en valorisant la science sans l'idolâtrer. Il s'agira plutôt, de mettre en avant le débat scientifique en lien avec les autres champs du savoir, afin de contribuer à former des **esprits ouverts, cultivés et critiques**, capables d'agir en conscience.

À l'usage des enseignants

Chers collègues enseignants,

Vous tenez entre vos mains un manuel conçu pour vous accompagner dans la mise en œuvre du **nouveau programme de sixième Lettre Moderne**, tel qu'actualisé dans le cadre de la réforme éducative mauritanienne de 2020. Ce manuel s'appuie sur une **approche transversale et humaniste de la culture scientifique**, adaptée à la filière littéraire, et conforme aux objectifs fixés par le Ministère de l'Éducation nationale et de la réforme du système éducatif.

Nous savons que la transmission des savoirs scientifiques à un public non scientifique n'est jamais un exercice évident. C'est pourquoi ce manuel propose une démarche pédagogique progressive, contextualisée, et centrée sur **l'éveil de l'esprit critique**. Il articule les dimensions **cognitives, méthodologiques et citoyennes** de la science, à travers des activités de lecture, d'analyse, de débat et d'écriture.

Loin d'enfermer l'élève dans une logique scolaire traditionnelle, ce manuel l'invite à explorer, comparer, questionner, et produire du sens. Il vous propose des **supports variés** (textes littéraires, documents scientifiques, ...), des **fiches pédagogiques** pour faciliter d'avantage la compréhension et la préparation des cours, ainsi que des **outils d'évaluation** souples et adaptables.

Nous espérons qu'il vous apportera l'inspiration et les ressources nécessaires pour faire de votre classe un **espace de réflexion, d'échange et d'autonomie intellectuelle**, fidèle à l'ambition de notre système éducatif.

Conscients que tout travail éducatif est perfectible, nous restons pleinement ouverts aux observations, critiques constructives et suggestions pédagogiques de nos collègues enseignants.

Si certaines imprécisions, maladresses ou omissions se sont glissées dans cet ouvrage, nous en assumons la responsabilité et invitons cordialement les enseignants à nous en faire part pour les corriger dans les prochaines éditions.

Ce manuel est une première étape dans un chantier en constante évolution. L'expérience de terrain des enseignants est précieuse pour l'améliorer. Vos retours seront accueillis avec attention et gratitude.

Toute remarque fondée visant à enrichir le contenu, à clarifier une notion ou à corriger une éventuelle erreur sera non seulement considérée, mais intégrée avec soin dans l'esprit de co-construction pédagogique.

Ensemble, faisons de cet outil un support vivant, qui évolue avec les besoins réels des élèves et l'expertise des enseignants.

Les auteurs

TABLE DES MATIÈRES

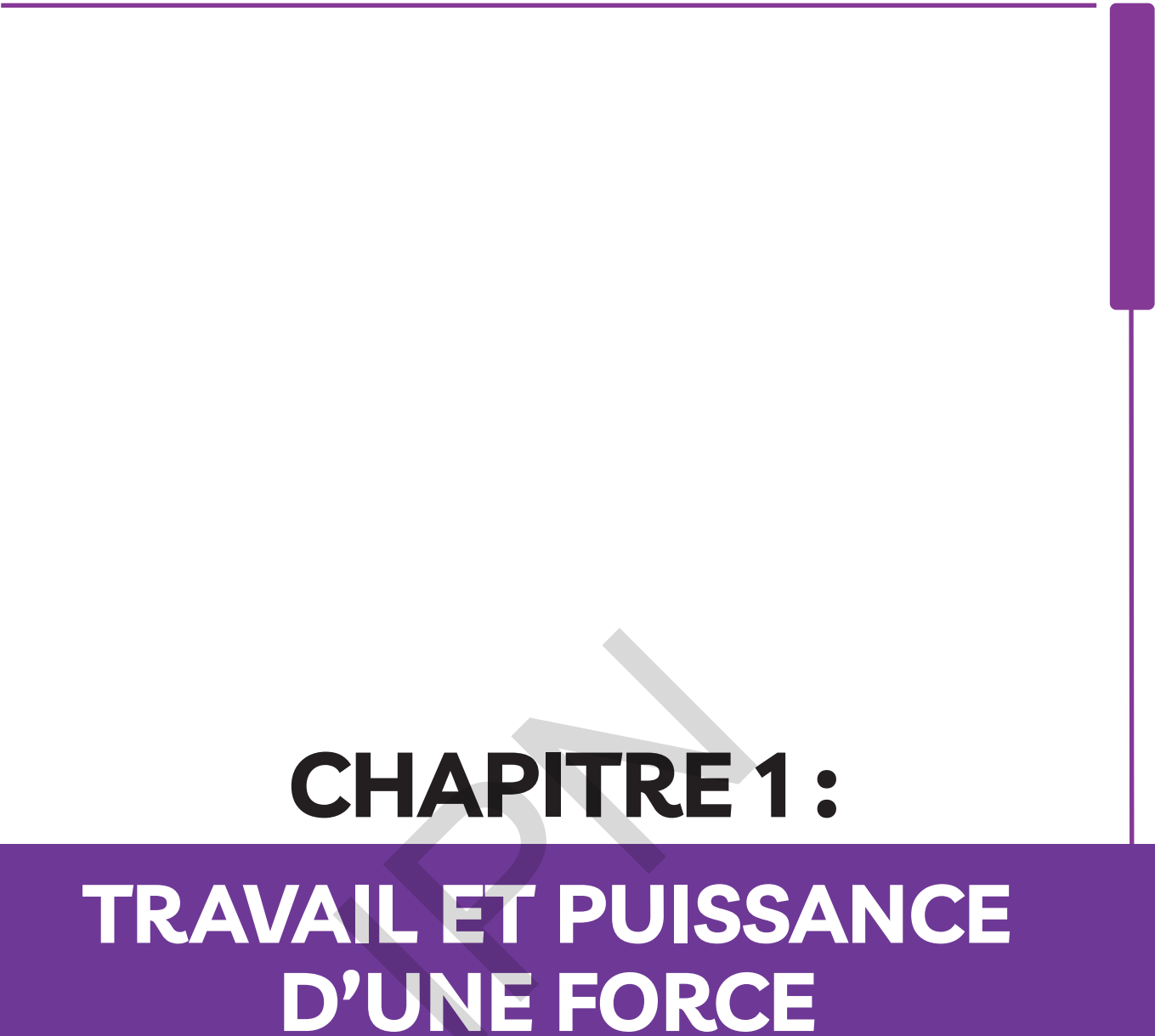
PHYSIQUE

Chapitre 1: Travail et puissance d'une force.....	10
Chapitre 2 : Radioactivité.....	20
Chapitre 3 : Sources d'énergie.....	33

CHIMIE

Chapitre 1 : Les hydrocarbures.....	46
Chapitre 2 : Étude de quelques réactions.....	59
Chapitre 3 : Alcool.....	72
Chapitre 4 : Les engrais.....	82

PARTIE PHYSIQUE



CHAPITRE 1 :

TRAVAIL ET PUISSANCE D'UNE FORCE



Travail et puissance d'une force

OBJECTIFS

- Connaître la définition d'une force constante
- Savoir calculer le travail d'une force constante
- Savoir calculer la puissance moyenne et la puissance et la puissance instantanée

I - Concept de Travail d'une force :

1 - Activité :

Identifier les effets ou les changements que ces forces font sur chaque système, que ce soit dû à la position, à la vitesse ou à l'état physique.



Une personne pousse une voiture



main tourne un volant de voiture



Une main appuie sur une règle déformable



Une voiture de course met les freins et émet de la fumée

L'effet de ces forces :

- Sur la voiture : est le déplacement sous l'action de la force appliquée par la personne.
- Sur le volant : est la rotation sous l'action de la force de la main.
- Sur la règle : est le changement de sa forme sous l'action de la force appliquée par la main.
- Sur la voiture de course : est le changement de sa vitesse sous l'action de la force appliquée par les freins.

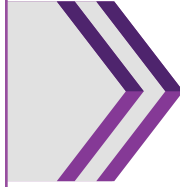
2 – Conclusion :

Les forces appliquées à un corps solide, peuvent avoir des effets mécaniques :

- Selon la nature de déplacement (Translation, rotation, ...)
- Selon les caractéristiques des forces.
- Selon les propriétés et la nature du corps solide (indéformable, ...).

Et parmi ces effets :

- Déplacement d'un corps solide.
- Création d'une rotation d'un corps solide.
- Déformation d'un corps solide.



On dit qu'une force appliquée à un corps travaille, si son point d'application se déplace, et change le mouvement de ce corps (changement d'altitude, changement de vitesse ...)



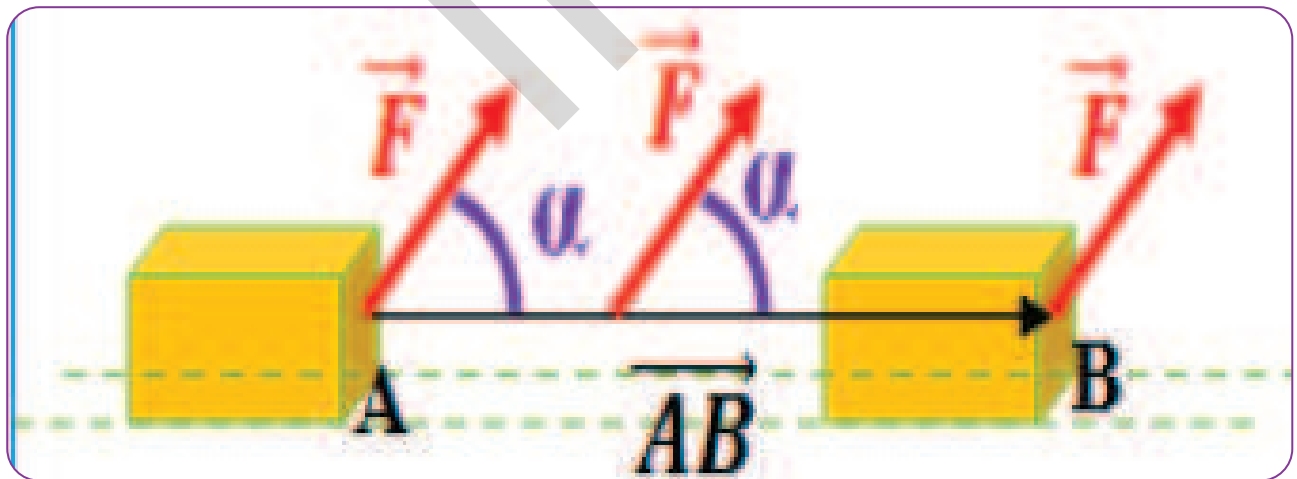
II – Travail d'une force :

1 – Travail d'une force constante appliquée à un solide en translation :

On dit que la force est constante si elle maintient la même direction, le même sens et la même intensité tout au long du mouvement.

On dit qu'un corps solide est en mouvement de translation s'il maintient la même orientation dans l'espace (c-à-d que les caractéristiques du vecteur $\overrightarrow{AB}$ n'ont pas changé, tel que A et B deux points du corps solide).

1-1 – Translation rectiligne :



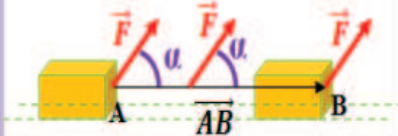
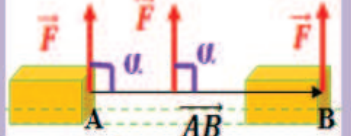
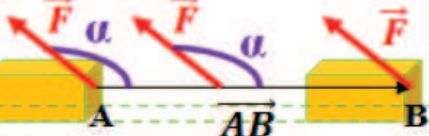
Si on considère le point M d'un corps solide dans un translation soumis à la force $\vec{F}$ et se déplace de la position A à la position B . Alors, la force $\vec{F}$ réalise un travail égal au produit scalaire du vecteur force $\vec{F}$ et du vecteur déplacement $\overrightarrow{AB}$ du point d'application de cette force.

$$W(\vec{F})_{A \rightarrow B} = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB} = F \cdot AB \cdot \cos \alpha \text{ avec } \alpha = (\vec{F}, \overrightarrow{AB}).$$

L'unité du travail d'une force constante est le Joule (symbole J).

Le joule représente le travail d'une force constante d'intensité $1N$, lorsque son point d'application se déplace par $1m$, selon sa direction et son sens. $1J = 1N.m$

-2 -La nature de travail :

Le travail grandeur algébrique son signe dépend de signe de $\cos \alpha$		
		
$0^\circ \leq \alpha < 90^\circ \Rightarrow \cos \alpha > 0$ Alors $W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) > 0$ On dit : travail moteur	$\alpha = 90^\circ \Rightarrow \cos \alpha = 0$ Alors $W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = 0$ On dit : travail nul	$90^\circ \leq \alpha < 180^\circ \Rightarrow \cos \alpha < 0$ Alors $W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) < 0$ On dit : travail résistant



III-Le travail du poids d'un corps

Le poids est une force qui dépend de l'accélération de la pesanteur ; $P = m \cdot g$. Considérons le mouvement d'un objet de masse m se déplaçant dans un champ de pesanteur d'un point A à un point B (le référentiel est le référentiel terrestre, supposé galiléen).

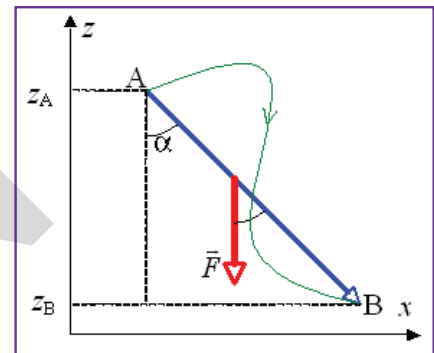
Le travail du poids est alors :

$$W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \vec{AB} = P \cdot AB \cdot \cos \alpha$$

Avec : $\cos \alpha = \frac{z_A - z_B}{AB}$

On obtient : P

$$W_{AB}(\vec{P}) = P \cdot AB \cdot \frac{z_A - z_B}{AB} = P(z_A - z_B) = m \cdot g(z_A - z_B)$$



Or dans un champ de pesanteur uniforme, le poids est une force conservative. Ainsi le travail du poids est indépendant du trajet parcouru entre A et B: il ne dépend que de la différence des altitudes.

REMARQUE : travail de la réaction d'un support

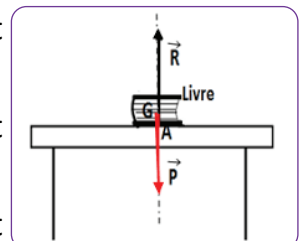
L'expression du travail de la réaction d'un support dépend de la nature du support et du mouvement du système. En général, la réaction d'un support est perpendiculaire au déplacement du point d'application de la force, si le support est considéré comme parfaitement lisse (sans frottement)

Cas d'un support sans frottement:

Réaction normale: Si le support est lisse, la réaction du support est perpendiculaire à la surface de contact.

Travail nul: Le travail de la réaction du support est nul, car la force est perpendiculaire au déplacement.

Exemple: Un objet glissant sur une surface horizontale sans frottement



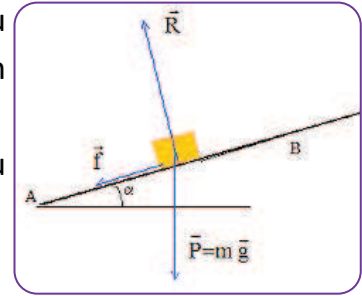
CHAPITRE 1

Cas d'un support avec frottement:

Réaction tangentielle: En présence de frottement, la réaction du support a une composante tangentielle (force de frottement) en plus de la composante normale (réaction normale).

Travail de la force de frottement: les frottements s'opposent au mouvement (travail résistant). Le travail est négatif.

Exemple: Un objet glissant sur une surface avec frottement



$$W_{AB}(\vec{f}) = -f \cdot AB$$

III – Puissance d'une force :

La puissance est une grandeur physique dépend du travail et la durée de sa réalisation.

1 – Puissance moyenne :

La puissance moyenne d'une force est le quotient de la division du travail W de cette force sur la durée nécessaire pour réaliser ce travail.

$$P = \frac{W}{\Delta t} \quad W \text{ en Joule, } \Delta t \text{ en seconde et } P \text{ en watt (W)}$$

2 – Puissance instantanée d'une force constante appliquée à un solide en translation :

La puissance instantanée $\mathcal{P}$ d'une force constante appliquée à un solide en translation est le produit du vecteur force par le vecteur vitesse : $P = \vec{F} \cdot \vec{V} \Rightarrow \mathcal{P} = F \cdot V \cdot \cos \alpha$

Remarque :

Puisque $\mathcal{P} = F \cdot V \cdot \cos \alpha$: La puissance est une grandeur algébrique, son signe dépend de signe de $\cos \alpha$ avec $\alpha = (\vec{F}, \vec{AB})$

APPLICACTIONS

APPLICATION 1

Moussa tire un traîneau sur une distance de 35 m. La corde fait un angle de 25° par rapport au sol. La tension dans la corde est de 94 N. Calcule le travail effectué par cette force et puissance développée par cette force.

CORRIGE

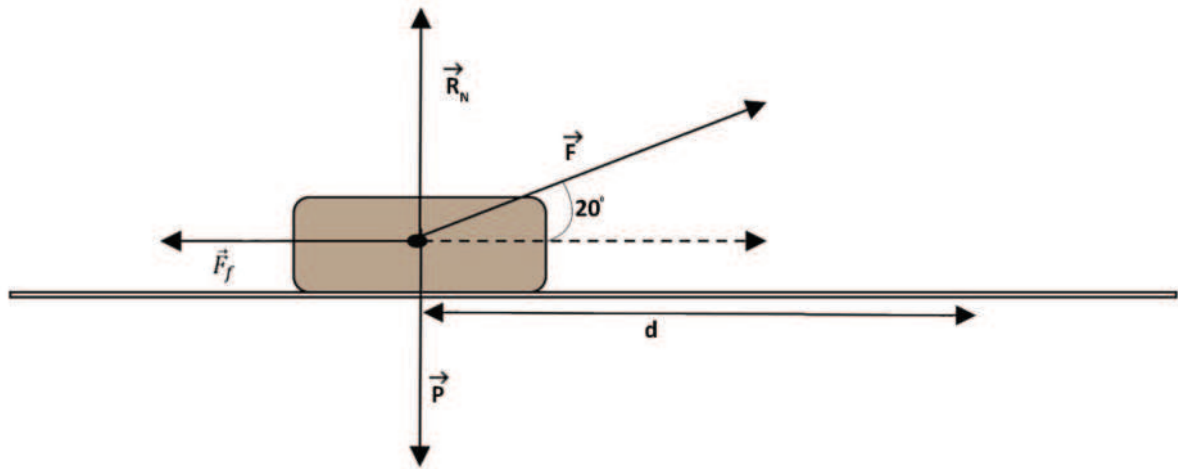
Le travail effectué par cette force : $W(\vec{F}) = F \cdot d \cdot \cos \alpha = 94 \cdot 35 \cdot \cos 25^\circ = 2981,75 \text{ J}$

La puissance développée par cette force: $P = \frac{W}{\Delta t}$ donc $P = \frac{2981,75}{120} = 24,85 \text{ W}$

APPLICATION 2

Une caisse de 20 kg est poussée le long d'une surface horizontale sur une distance de 50 m. La force exercée sur la caisse est de $1 \times 10^2 \text{ N}$. Cette force agit à un angle de 20° par rapport à l'horizontale. La surface est rugueuse et exerce une force de frottement de 15 N sur la caisse. Calculer le travail effectué par chaque force agissant sur la caisse ainsi que le travail net effectué sur la caisse.

Le bilan des forces.



La force gravitationnelle (poids) et la force normale n'effectuent aucun travail car elles sont perpendiculaires au mouvement de la caisse.

Travail effectué par la personne tirant la caisse (travail de $\vec{F}$) :

$$W = F \cdot \cos \alpha \cdot d$$

$$W = 1 \times 10^2 \text{ N} \times \cos 20^\circ \times 50 \text{ m}$$

$$W = 4698 \text{ J} = 4,70 \times 10^3 \text{ J}$$

L'essentiel du cours

Le travail W d'une force $\vec{F}$ est donné par l'expression :

$$W(\vec{F})_{A \rightarrow B} = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB} = F \cdot AB \cdot \cos \alpha \text{ avec } \alpha = (\widehat{\vec{F}, \overrightarrow{AB}})$$

Le travail du poids est donné par la relation :

$$W_{AB}(\vec{P}) = mg(z_A - z_B)$$

La puissance moyenne P_m d'une force est le quotient du travail qu'elle effectue entre des points A et B pour la durée Δt correspondante :

$$P = \frac{W}{\Delta t}$$

La puissance instantanée à une date t est : $P = \vec{F} \cdot \vec{V}$

Document pour questionner

Quelques situations destinées à illustrer l'idée de travail et son sens en physique

Le travail, qu'est-ce que c'est ?

Un manoeuvre qui transporte une charge ou qui pousse un chariot, un menuisier qui scie sa planche, un cultivateur qui laboure son champ, ... sont des actions qui mettent en jeu la force musculaire. Un élève qui traite ses exercices, un enseignant qui prépare sa fiche de leçon, ... fournissent un effort intellectuel. Nous disons dans le langage courant qu'ils effectuent un travail. Mais pour le physicien, ce mot a un sens beaucoup plus précis, qu'un exemple suffit à illustrer. Pour soulever une charge à l'aide d'une poulie nous devons exercer une force musculaire. Pour maintenir immobile cette charge, nous devons appliquer à l'extrémité libre de la corde une force d'intensité F égale à l'intensité P du poids de la charge. Lorsque nous faisons monter la charge, la force exercée déplace son point d'application ; lorsque la charge reste immobile, la force exercée ne déplace pas son point d'application. La force permet donc d'immobiliser ou de soulever la charge. Pour faire monter la charge comme pour la maintenir immobile, nous devons exercer un effort physique mais pour le physicien, nous n'avons effectué un « travail » qu'en faisant monter la charge. En physique, on convient de dire qu'il y a travail d'une force lorsque le point d'application de la force se déplace, et dans ce cas seulement.

Le travail d'une force

Pour mettre un chariot en mouvement nous devons lui appliquer une force. A cause du mouvement du chariot le point d'application de la force se déplace. Ce qui caractérise cette situation n'est pas seulement la force d'intensité F exercée sur le chariot, mais aussi la distance L parcourue par le point d'application de la force.

Laisser tomber une boule de pétanque ne produit pas les mêmes effets selon que la boule tombe d'une hauteur d'1 m ou d'une hauteur de 10 m. Pourtant, au cours de ces « expériences » le poids de la boule de pétanque est resté constant. C'est la connaissance de l'intensité P du poids de la boule et de la hauteur h parcourue par la boule, c'est-à-dire par le point d'application du poids, qui nous permet de « prévoir » les effets dus à la chute de la boule.

L'étude des dispositifs mécaniques (poulie, treuil, palan, plan incliné, levier...) montrent qu'une force d'intensité F actionnant ces dispositifs et le déplacement de longueur L résultant ne sont pas des grandeurs indépendantes : le dispositif quel qu'il soit « transmet » le produit $F.L$ et non F ou L séparément. Ce produit est égal au travail effectué.

QUESTIONS

1. Donnez deux exemples qui illustrent la notion du travail musculaire ?
2. Comment maintenir immobile cette charge ?
3. Qu'est ce qui nous permet de « prévoir » les effets dus à la chute de la boule ?

Q.C.M : Donner la ou les bonne(s) réponse(s)

N°	Le libellé de la question	Réponse A	Réponse B	Réponse C
1	Dans le système international d'unités, le travail d'une force est exprimé en:	Newton (N)	Watt (W)	Joule (J)
2	Le travail d'une force constante dont le point d'application se déplace rectilignement de A à B peut être	positif	négatif	nul
3	Le travail d'une force constante au cours d'un déplacement rectiligne de son point d'application de A vers B	$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB}$	$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{BA}$	$W_{AB}(\vec{F}) = \frac{\vec{F}}{\overrightarrow{AB}}$
4	Le travail W d'une force constante faisant un angle α avec la trajectoire rectiligne de son point d'application est nul lorsque :	$\alpha = 0^\circ$	$0^\circ < \alpha < 90^\circ$	$\alpha = 90^\circ$
5	Un moteur a fourni 72kJ en 3minutes. Sa puissance mécanique est:	24 W	400 W	24000 W
6	Une machine a une puissance de 15kW. Le travail mécanique qu'elle accomplit en 1minute est:	15J	900J	$9 \cdot 10^5 J$

EXERCICES

EXERCICE 1

Calculer le travail de la force $\vec{F}$ horizontale, de norme $F = 250$ N, appliquée sur un crochet d'un chariot se déplaçant sur des rails horizontaux de A vers B, en ligne droite. $AB = 100$ m. On envisagera les cas où l'angle $\alpha = (\vec{F}, \overrightarrow{AB})$ prend les valeurs suivantes : $0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 135^\circ, 180^\circ$.

EXERCICE 2

Une grue soulève un objet A de 1200 kg, à l'aide d'un câble à une hauteur $h = 6$ m du sol.

1. Quel est le travail effectué par le poids de l'objet ? Préciser sa nature.
2. Le câble se casse et l'objet tombe au sol. Quel est le travail effectué par le poids de l'objet ? Préciser sa nature.
3. Que vaut la puissance si la durée de chute est de 2 s.

EXERCICE 3

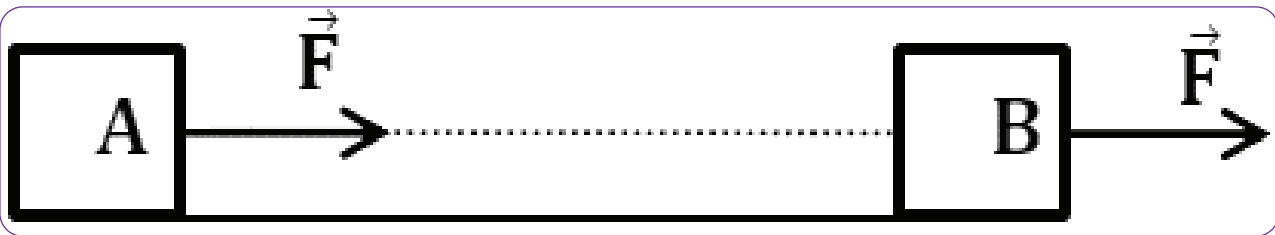
Un élève de masse 65kg, met 30 secondes pour rejoindre sa salle d'examen située au 2ème étage. La hauteur d'un étage est 3,5m.

On donne: $g = 10$ N/kg.

- 1) Calculer le poids de l'élève.
- 2) Calculer le travail effectué par le poids de l'élève au cours de ce déplacement.
- 3) Calculer la puissance développée par le poids.

EXERCICE 4

On exerce sur un corps solide une force $\vec{F}$ d'intensité $F = 200$ N, à l'aide d'un fil inextensible comme indiqué sur la figure suivante.



Sachant que le corps se déplace d'un point A à un point B ($AB = 30 \text{ m}$) et que ce déplacement a duré $2,5 \text{ mn}$:

- Calculer le travail de la force $\vec{F}$ pendant ce déplacement.
- Calculer la puissance de la force $\vec{F}$ pendant la durée précédente.
- Mêmes questions si la force $\vec{F}$ forme un angle $\alpha = 20^\circ$ avec l'horizontal.

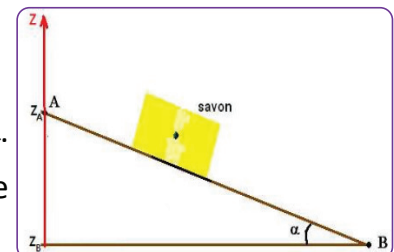


EXERCICE 5

Un morceau de savon de masse $m = 200 \text{ g}$, glisse sans frottement sur un plan incliné d'un angle de 30° par rapport à l'horizontale.

Donnée : $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

- Quelles sont les forces exercées sur le morceau de savon.
- Calculer le travail de ces forces pour un déplacement égal à $L = 1,0 \text{ m}$.
- Calculer la puissance moyenne du travail du poids si la durée de trajet est égale à $\Delta t = 1,5 \text{ s}$.



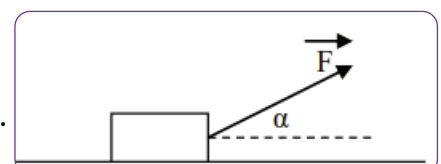
EXERCICE 6

Un enfant tire un camion en bois à l'aide d'une petite corde. Le travail effectué pendant une demi-minute est égal $2,0 \text{ kJ}$. Calculer la puissance moyenne de cette force exercée sur le camion.

EXERCICE 7

Un ouvrier tire une caisse avec une force $\vec{F}$ constante, de valeur $F = 18 \text{ N}$, à l'aide d'une corde faisant un angle $\alpha = 30^\circ$ avec l'horizontale. La caisse, initialement au repos, est déplacée sur une distance $d = 10 \text{ m}$ au bout de 10 s , pour atteindre la vitesse de 5 m/s . Calculer :

- La puissance instantanée au bout de 10 s .
- Le travail de la force de traction sur la distance d .
- La puissance moyenne de cette force lors du déplacement.
- Quel est le travail effectué par kilomètre parcouru ?



CHAPITRE 2 : RADIOACTIVITÉ



Radioactivité

OBJECTIFS

➤ Connaître des notions et lois relatives aux réactions nucléaires

Activité documentaire

La radioactivité n'est pas une invention humaine. Ce phénomène naturel a été découvert à la fin du XIXe siècle par un français : Henri Becquerel. Tout au long du XXe siècle, des physiciens devenus célèbres ont appris à apprivoiser ses propriétés si fascinantes.

Pour une définition de la radioactivité plus précise, il faut observer les **noyaux atomiques instables** qui sont à l'origine du rayonnement radioactif. Un atome est constitué d'un noyau lui-même fait d'un agglomérat de neutrons et de protons autour duquel tournent des électrons. Si un noyau d'atome contient trop de neutrons et de protons, il est instable. Pour retrouver sa stabilité, il éjecte des neutrons et des protons. Il émet alors des particules, c'est-à-dire de l'énergie, et des rayons, c'est ce qu'on appelle la radioactivité.

Dans une centrale, la réaction de **fission nucléaire** permet d'obtenir la libération de neutrons qui créent de l'énergie.

Questions

1. La radioactivité est-elle une invention humaine ou un phénomène naturel ?

➤ Objectif pédagogique : Briser les idées reçues, éveiller la curiosité sur l'origine naturelle de la radioactivité.

2. Pourquoi certains noyaux d'atomes deviennent-ils instables ?

➤ Objectif pédagogique : Amener les élèves à réfléchir sur la structure du noyau atomique et sur la cause des émissions radioactives.

3. Que se passe-t-il lorsqu'un noyau instable devient stable ?

➤ Objectif pédagogique : Introduire la notion d'émission de particules et d'énergie, amorce pour les types de rayonnements (α , β , γ).

4. Comment la radioactivité peut-elle produire de l'énergie dans une centrale nucléaire ?

➤ Objectif pédagogique : Faire le lien entre la physique nucléaire et les applications énergétiques concrètes, susciter un débat sur les usages de la radioactivité.

5. Pourquoi Marie Curie a-t-elle reçu deux prix Nobel ?

➤ Objectif pédagogique : Valoriser l'aspect historique et humain de la découverte scientifique, introduire les figures emblématiques du chapitre.

NB : Ces questions peuvent être posées à l'oral en début de séance, intégrées dans une fiche d'exploration, ou servir de support à une activité de découverte ou débat scientifique.

Fiche d'activité documentaire pour introduire le chapitre sur la radioactivité en classe.

Support : Lecture documentaire « La radioactivité, une découverte naturelle »

CHAPITRE 2

Durée : 30 minutes

Objectif pédagogique : Comprendre l'origine naturelle de la radioactivité, sa découverte, et ses premières applications scientifiques.

Compétence travaillée : Lire un texte scientifique, extraire des informations, formuler des hypothèses et débattre.

1. Lecture guidée (10 min)

Lis attentivement le texte ci-dessous (ou distribué en version papier).

La radioactivité n'est pas une invention humaine... (insérer ici le texte documentaire complet fourni ci-dessus).

2. Questions de compréhension (10 min)

Réponds aux questions suivantes en t'appuyant sur le texte :

1. **Qui a découvert la radioactivité ? En quelle année ?**
2. **Qu'est-ce qui rend un noyau instable ?**
3. **Qu'émet un noyau instable pour redevenir stable**
4. **Quelle est l'utilité de la radioactivité dans une centrale nucléaire ?**
5. **Pourquoi Marie Curie est-elle célèbre dans ce domaine ?**

3. Débat ou discussion (10 min)

1. En petits groupes ou en classe entière, discutez :

- * *Penses-tu que la radioactivité est uniquement dangereuse ? Pourquoi ou pourquoi pas ?*
- * *Connais-tu des usages positifs de la radioactivité dans la vie quotidienne (médecine, énergie, etc.) ?*

2. Prolongement possible (pour la maison ou en classe) :

Fais une recherche sur un usage **positif** et un usage **dangereux** de la radioactivité. Résume-les en quelques lignes avec une image ou un schéma si possible.

I. RAPPELS

1- Structure de l'atome

À la suite des constats de ses expériences en 1909, Ernest RUTHERFORD tire les conclusions suivantes :

- La charge positive (+) d'un atome est concentrée dans son noyau de dimension infiniment petite.
- Entre les électrons et le noyau, il existe un vide : l'atome a une structure lacunaire.

2- Quelques définitions

2.1- Composition du noyau

$A = Z + N$, avec A : nombre de nucléons ou de masse ; Z : nombre de protons ou de charge ou numéro atomique ;

N : nombre de neutrons.

2.2- Élément chimique

Un élément chimique est caractérisé par le numéro atomique Z . Avant 1994, il existait 109 éléments chimiques (90 éléments naturels et 19 éléments artificiels). De 1994–2003, il y'a eu 7 nouveaux éléments découverts, portant le nombre à 116 éléments chimiques.

Exemples :

Hydrogène ($Z = 1$) ; Carbone ($Z = 6$) ; Oxygène ($Z = 8$).

2.3- Nucléides

Un nucléide est l'ensemble des noyaux possédant le même couple (Z, A). On le note : A_ZX .

Exemples : ${}^{12}_6C \Rightarrow Z = 6 \text{ et } N = 6$; ${}^{238}_{92}U \Rightarrow Z = 92$; $A = 238 \text{ et } N = 238 - 92 = 146$

2.4- Isotopes

Pour un élément chimique X quelconque, il peut exister plusieurs nucléides. On appelle isotopes, l'ensemble des nucléides ayant les mêmes Z et des A différents ; sont des isotopes de l'élément X .

Exemple :

1_1H ; 2_1H et 3_1H sont des isotopes de l'élément hydrogène H

II. LES EMISSIONS RADIOACTIVES : $\alpha, \beta(\beta^-, \beta^+)$ et γ .

Ces émissions, produites, proviennent de la décomposition ou la désintégration spontanée des noyaux de certains atomes naturels ou artificiels : c'est le phénomène de la radioactivité. Ces noyaux sont appelés noyaux ou nucléides radioactifs.

III. LOIS DE CONSERVATION

Lorsqu'un noyau instable se transforme pour devenir plus stable, on parle de **désintégration radioactive**. Cette transformation s'accompagne de l'émission de particules (comme les particules α , β^- ou β^+) et d'énergie. Pourtant, malgré ce changement, certaines quantités **fondamentales restent toujours conservées**. Ce sont les **lois de conservation**, qui permettent de **prévoir et comprendre les réactions nucléaires**.

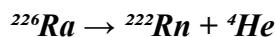
1. Conservation du nombre de masse (A)

CHAPITRE 2

Le **nombre de masse** correspond au nombre total de **nucléons** (protons + neutrons) dans un noyau.

◇ Dans une désintégration radioactive, **la somme des masses des noyaux et particules avant et après reste la même.**

Exemple :



$$\rightarrow 226 = 222 + 4$$

2. Conservation du numéro atomique (Z)

Le **numéro atomique** correspond au **nombre de protons**, donc à la **charge électrique** du noyau.

◇ Lors de la transformation, la somme des charges des produits est **égale à celle du noyau initial.**

Exemple :



3. Conservation de l'énergie (masse + énergie libérée)

La masse totale avant et après réaction n'est **pas strictement conservée**, car une partie est transformée en énergie (relation d'Einstein : $E = mc^2$).

◇ Mais la **quantité d'énergie totale (masse + énergie cinétique + rayonnement)** reste **constante.**

Pourquoi ces lois sont-elles importantes ?

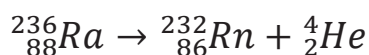
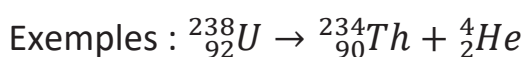
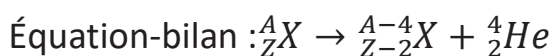
Elles permettent :

- De **vérifier l'équilibre** d'une réaction nucléaire.
- De **prédire les produits** d'une désintégration.
- D'assurer la **cohérence physique** des modèles atomiques.

IV. LES DIFFERENTS TYPES DE RADIOACTIVITE

1) Radioactivité ou émissions α

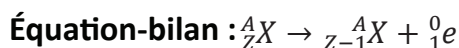
Pour $A > 200$ (atomes lourds), il y a émission de particules α ou ^4_2He . Elles sont facilement arrêtées par une feuille de papier.



N.B. : Le noyau fils est déterminé à partir du numéro atomique Z, dans le tableau de la classification périodique des éléments chimiques.

2) Radioactivité ou émissions β^+

Les particules β^+ sont des positons notés 0_1e (particules ayant la même masse qu'un électron mais de charge positive (+)). Elles sont émises par des nucléides ayant plus de protons que de neutrons ($Z > N$).



N.B. : l'émission β^+ s'observe généralement avec les nucléides artificiels.

CHAPITRE 2

Exemples : ${}^{13}_7\text{N} \rightarrow {}^{13}_6\text{C} + {}^0_1e$; ${}^{19}_{10}\text{Ne} \rightarrow {}^{19}_9\text{F} + {}^0_1e$

3) Radioactivité ou émissions β^-

Les particules β^- sont des électrons notés ${}^0_{-1}e$. Elles sont émises par des nucléides tels que $N > Z$.

Équation-bilan : ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z+1}^AX + {}^0_{-1}e$

N.B. : l'émission β^- s'observe généralement avec les nucléides naturels.

Exemples : ${}^{210}_{83}\text{Bi} \rightarrow {}^{210}_{84}\text{Po} + {}^0_{-1}e$; ${}^{60}_{27}\text{Co} \rightarrow {}^{60}_{28}\text{Ni} + {}^0_{-1}e$

4) Radioactivité ou émission γ

Lors des émissions α et β , la désintégration du nucléide produit en général un noyau excité (${}_Z^AX^*$) qui est non stable. Le retour de ce noyau à l'état fondamental (plus stable) s'accompagne de l'émission d'un rayonnement électromagnétique γ très énergétique.

Équations-bilan : ${}_Z^AX^* \rightarrow {}_Z^AX + \gamma$

Exemples : ${}^{60}_{28}\text{Ni}^* \rightarrow {}^{60}_{28}\text{Ni} + \gamma$; ${}^{137}_{56}\text{Ba}^* \rightarrow {}^{137}_{56}\text{Ba} + \gamma$

V. APPLICATIONS ET DANGERS DE LA RADIOACTIVITE

1. Radiothérapie

En traversant la matière, le rayonnement gamma issu d'une source radioactive ionise les molécules et les atomes qui le rencontrent. Cette propriété est utilisée au traitement d'une tumeur cancéreuse. En bombardant la tumeur les rayonnements gamma émis par le ${}^{60}_{27}\text{Co}$ détruisent les cellules cancéreuses.

2. Datation par ${}^{14}_6\text{C}$

Soit A_0 l'activité du ${}^{14}\text{C}$ dans les organismes vivants. L'activité est fixe car le ${}^{14}\text{C}$ est renouvelé constamment dans l'organisme. A la mort il n'y a plus de renouvellement du ${}^{14}\text{C}$, donc le nombre de ${}^{14}\text{C}$ dans cet organisme diminue et l'activité aussi. La mesure de A permet de déterminer t par la relation

$$A(t) = A_0 e^{-\lambda t} \quad t = \frac{1}{\lambda} \ln\left(\frac{A_0}{A}\right)$$

3. Dangers de la radioactivité

Ils dépendent de l'activité, de la nature du rayonnement, de la proximité et de la durée de l'exposition au rayonnement radioactif. La nocivité $\gamma > \beta > \alpha$ L'homme vit dans un milieu radioactif : le lait 80 Bq.L^{-1} , l'homme 130 Bq.kg^{-1} , les engrais au phosphates 10^5 Bq par sac de 50 kg .

- A forte dose : trouble digestif, nausée, chute de cheveux, stérilité, ...
- A faible dose : trouble génétique probable.

APPLICATIONS

APPLICATION 1

Étant radioactif, le radium 226 (${}^{226}_{88}\text{Ra}$) se désintègre spontanément en noyaux de radon 222 (${}^{222}_{86}\text{Rn}$) avec émission de particules selon l'équation : ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + {}^4_2\text{He}$ (1)

CHAPITRE 2

De même, le carbone 14 se désintègre spontanément en azote 14 avec émission d'un rayonnement β^- selon l'équation : $^{14}_6\text{C} \rightarrow ^0_{-1}e + ^{14}_7\text{N}$ (2)

Comparer dans les équations (1) et (2) les nombres de charge et les nombres de masse avant et après la réaction nucléaire considérée et en déduire que ces équations obéissent à des règles que l'on précisera.

SOLUTION

Dans chacune des équations (1) et (2) écrites ci-dessus, on constate qu'il y a conservation du nombre de charge et du nombre de masse. En fait, la radioactivité obéit aux lois de conservation suivantes :

- Conservation de l'énergie totale
- Conservation du nombre de charge : la charge électrique totale du système se conserve .
- Conservation du nombre de masse : la somme des nombres de nucléons des noyaux formés est égale à la somme des nombres de nucléons des noyaux initiaux.

APPLICATION 2

1. Qu'appelle-t-on radioactivité naturelle d'un élément ?
2. La désintégration radioactive de l'uranium $^{234}_{92}\text{U}$ peut s'écrire sous la forme :



- a) Déterminer les nombres A et Z et identifier X.
- b) De quel type de radioactivité s'agit-il ?

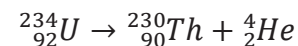
SOLUTION

1. La radioactivité naturelle est le phénomène par lequel certains éléments chimiques instables présents dans la nature se désintègrent spontanément en émettant des rayonnements. Ces éléments possèdent des noyaux atomiques qui tentent d'atteindre une configuration plus stable.

Exemples courants :

- Uranium-238
- Thorium-232
- Carbone-14 Ils existent naturellement dans les roches, l'air ou les organismes vivants.

2. La désintégration typique de l'uranium-238 peut s'écrire :



- a) Déterminer les nombres A et Z et identifier X :

Le noyau initial est uranium-238 :

- A = 238 (nombre de masse)
- Z = 92 (numéro atomique)

Le noyau X est hélium-4 (particule α) :

- A = 4
- Z = 2

- b) De quel type de radioactivité s'agit-il ?

C'est une radioactivité alpha (α).

Elle consiste en l'émission d'une particule alpha (noyau d'hélium), ce qui diminue le nombre de masse de 4 unités et le numéro atomique de 2.

L'essentiel du cours

La radioactivité est la transformation spontanée d'un noyau en un autre noyau avec émission d'un rayonnement.

On distingue trois types de radioactivités :

La radioactivité α (émission d'une particule α : noyau d'atome d'hélium ${}^4_2\text{He}$)

La radioactivité β^- (émission d'un électron ${}^0_{-1}e$)

La radioactivité β^+ (émission d'un électron 0_1e)

L'émission γ est un phénomène corrélatif qui se produit chaque fois qu'un noyau fils est obtenu à l'état excité.

Une réaction nucléaire est une transformation au cours de laquelle un ou plusieurs noyaux (x) se désintègre(nt) en donnant un ou plusieurs noyau(x) nouveau(x) et éventuellement une ou plusieurs particules.

Une réaction nucléaire peut être spontanée ou provoquée. Dans les deux cas, elle peut être symbolisée par une équation qui obéît aux lois de conservation du nombre de masse et du nombre de charge.

Fiche technique

La radioactivité : une force invisible, entre progrès et danger Document 1 – Un héritage scientifique... toujours actif

Découverte par **Henri Becquerel en 1896**, puis étudiée par **Pierre et Marie Curie**, la radioactivité semblait à l'époque une simple curiosité de laboratoire. Mais aujourd'hui encore, elle influence profondément notre quotidien, entre **médecine**, **production d'énergie**, **déchets nucléaires** et même **exploration spatiale**.

« Rien dans la vie n'est à craindre, tout est à comprendre. » – Marie Curie (1933)

Document 2 – Un monde encore très nucléaire**Carte mondiale des réacteurs nucléaires (2025)****Nombre de réacteurs en activité :**

- France : 56
- États-Unis : 93
- Chine : 55
- Russie : 38
- Japon : 33



Tendance mondiale : augmentation des projets en Chine, Inde, Arabie Saoudite.

Faut-il construire plus de centrales nucléaires pour lutter contre le réchauffement climatique ?

Document 3 : La radioactivité soigne aussi

Aujourd'hui, des milliers de patients sont soignés chaque jour grâce à des isotopes radioactifs.

En médecine nucléaire :

- Le **technétium-99m** est utilisé pour détecter les cancers.
- La **radiothérapie** utilise des rayons gamma pour détruire les cellules malades.



Mais que deviennent les déchets radioactifs générés par ces traitements ?

Document 4 : Des accidents qui marquent

Depuis 1945, la radioactivité a parfois montré son **côté sombre** :

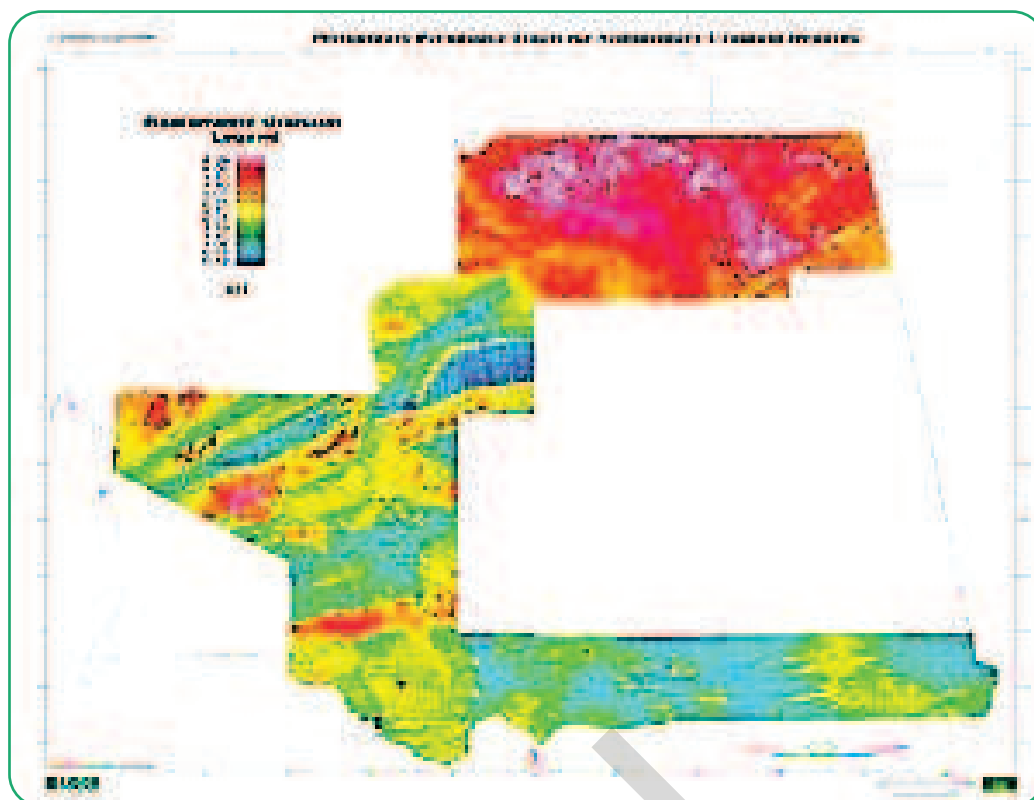
- 1986 : **Tchernobyl** (Ukraine)
- 2011 : **Fukushima** (Japon)

Ces catastrophes ont relancé le débat sur la **sécurité**, la **transparence** et la **gestion des déchets radioactifs à très longue durée de vie** (parfois > 10 000 ans !).

Questions pour l'exposé ou le débat en classe

1. La radioactivité est-elle plus utile ou plus dangereuse ?
2. Le nucléaire peut-il vraiment être une énergie propre ?
3. Quels enjeux éthiques pose l'utilisation des rayonnements en médecine ?
4. Peut-on imaginer un avenir sans radioactivité... ou faut-il apprendre à mieux vivre avec elle ?
5. Et nous ? Quels risques et quelles protections au quotidien ?

DOCUMENT : L'uranium en Mauritanie : une nouvelle opportunité dans les industries extractives



Suite à une série d'exploration qui a duré 9 ans, la société australienne Aura Energy a découvert, en 2019, un potentiel énorme de l'uranium au nord de la Mauritanie, au niveau de la zone d'Oued El Foule et Ain Sder dans la Wilaya de Tiris Zemmour.

La société vient d'annoncer que les ressources minérales de son projet atteignent 65 millions de livres avec une teneur entre 254 et 450 (PPM) parties par million d'oxyde uranium (U_3O_8), selon une étude effectuée récemment sur le gisement par JORC.

Des réserves importantes

Le nouveau potentiel approuvé permettrait à la Mauritanie de rejoindre le Niger et la Namibie au premier rang des producteurs africains du combustible nucléaire, au moins, durant les 3 prochaines décennies.

Ce nouveau développement intervient alors que des vents favorables soufflent sur le marché de l'uranium entre prévisions sur une hausse de la demande mondiale à moyen et long terme et amélioration des prix.

En plus des perspectives prometteuses, les dépôts découverts en Mauritanie possèdent également plusieurs critères distingués aux niveaux de la concurrence dans le marché international et très préférés par les investisseurs.

Ces critères se caractérisent essentiellement par la concentration du minerai dans les gisements et la superficialité des réserves, ainsi que la disponibilité des moyens de transport et des ressources hydrauliques sur place.

Revenu considérable

Selon les prévisions des prix dans les prochaines années, l'Etat mauritanien pourrait encaisser des centaines de millions de dollars issus de l'exploitation de ces ressources minérales, sans compter les opportunités d'emplois et les revenus sur le contenu local.

En plus, l'exploitation de ce gisement va attirer plus d'investisseurs nationaux et internationaux dans le domaine, et augmenter le potentiel prouvé de l'uranium en Mauritanie.

Un potentiel gigantesque probable

Outre le potentiel déjà prouvé, la Mauritanie possède quatre-vingts présences d'uranium connues, et fait l'objet d'une exploration active de l'uranium par un certain nombre de sociétés privées. Dix-sept de ces présences ont permis la publication d'estimations des ressources, et peuvent être considérées comme des gisements minéraux.

Parmi ces présences, quatorze sont des dépôts de type calcrète, facile à exploiter et peu profond (6 à 8 m) avec une ressource totale de 138,3 millions de tonnes, et une teneur moyenne de 331 ppm d'U₃O₈.

Q.C.M : Donner la ou les bonne(s) réponse(s)

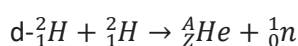
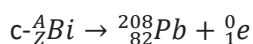
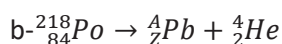
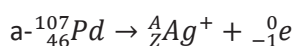
N°	Le libellé de la question	Réponse A	Réponse B	Réponse C
1	La radioactivité alpha (α) :	est toujours accompagnée de l'émission d'un rayonnement	n'est jamais accompagnée de l'émission d'un rayonnement	peut être accompagnée de l'émission d'un rayonnement
2	La radioactivité bêta (β^+) correspond à :	la transformation d'un proton à un neutron dans le nucléide	la transformation d'un neutron à un proton dans le nucléide	la transformation d'un neutron à un électron dans le nucléide
3	La radioactivité bêta (β^-) correspond à l'émission :	d'un noyau d'hélium	d'un électron	d'un positon
4	Lors d'une réaction nucléaire :	le nombre de charges Z ne se conserve pas	la masse se conserve	le nombre de masses A se conserve
5	La radioactivité est :	une désintégration spontanée	la désintégration d'un noyau père en un noyau fils avec émission d'une particule	une transformation chimique de la matière
6	Deux noyaux isotopes possèdent le même nombre :	de nucléons	de protons	de neutrons
7	Le potassium 40 ($^{40}_{19}\text{K}$) est radioactif β^- . La particule émise est un électron. Le noyau résultant de sa désintégration est :	le potassium 39 : $^{39}_{19}\text{K}$	le calcium 40 : $^{40}_{20}\text{Ca}$	l'argon 40 : $^{40}_{18}\text{Ar}$
8	On parle de radioactivité	pour parler des rayonnements électromagnétiques émis par des atomes qui se désexcitent	lorsqu'un noyau instable se désintègre	lorsqu'un atome perd des électrons
9	Le phosphore 30, est radioactif β^+ . Le noyau résultant de sa désintégration est :	Le silicium 30	Le phosphore 29 $^{29}_{15}\text{P}$	Le soufre 30 $^{30}_{16}\text{S}$
10	La réaction nucléaire d'équation : $^{60}_{27}\text{Co} \rightarrow ^{60}_{28}\text{Ni} + ^A_Z\text{p}$ Est de type :	β^+ la particule émise est un positon	β^- La particule émise est un électron	α La particule émise est un noyau d'hélium

EXERCICES

EXERCICE 1

1) Citer les lois de conservation mise en œuvre dans une réaction nucléaire.

2) Recopier et compléter les équations des réactions ci-dessous :



EXERCICE 2

Le plomb 185 est radioactif. Il se désintègre en formant du mercure 181 et un noyau d'hélium.

1) Le mercure :

a- Quel est le numéro atomique du mercure dont le symbole est Hg ?

b- Quelle est la représentation symbolique du mercure 181 ?

2) Écrire l'équation de la réaction nucléaire

EXERCICE 3

Le Polonium 210 a été l'un des premiers isotopes radioactifs découverts par Pierre et Marie Curie.

Lors de sa désintégration, il donne du plomb et un noyau d'hélium.

1) Quelles sont les représentations symboliques du polonium 210 et de l'hélium 4

2) Écrire l'équation de la réaction en citant les lois utilisées.

IPN

CHAPITRE 3 : SOURCES D'ÉNERGIE

⚡ Sources d'énergie

Objectif

- Connaître différentes sources d'énergie et les classer.
- Comprendre la différence entre source et forme d'énergie.
- Identifier les étapes de la chaîne d'énergie dans un objet technique.

I-Activité documentaire : Les sources et formes d'énergie

Document 1 : Les sources d'énergie

L'énergie ne se crée pas, elle se transforme. Pour cela, il faut une **source d'énergie** : une réserve naturelle ou artificielle capable de fournir cette énergie.

Sources d'énergie naturelles : le soleil, le vent, l'eau en mouvement, la biomasse, la géothermie.

Sources d'énergie artificielles : carburants (essence, gazole), batteries électriques, piles électrochimiques, réacteurs nucléaires.

Une source d'énergie est dite **renouvelable** si elle se reconstitue rapidement (vent, soleil, eau, biomasse).

Une source est **non renouvelable** si elle met des millions d'années à se former et s'épuise à l'échelle humaine (charbon, pétrole, uranium).

Activité :

Classer les sources suivantes dans le bon tableau :

(soleil, pétrole, charbon, vent, gaz naturel, eau, uranium, bois, batterie, marée, pile chimique)

Sources renouvelables

Sources non renouvelables

Document 2 : Les formes d'énergie

Une fois la source identifiée, l'énergie passe souvent d'une **forme** à une autre :

- **Énergie chimique** : stockée dans les liaisons entre atomes (ex : pile, essence)
- **Énergie thermique** : chaleur (ex : radiateur, moteur)
- **Énergie rayonnante** : lumière, rayons UV, infrarouge (ex : soleil, lampe)
- **Énergie mécanique** : mouvement (cinétique) ou position (potentielle)
- **Énergie électrique** : transportée dans un circuit électrique (ex : câble, batterie)

Questions:

Associer chaque objet technique à la forme principale d'énergie qu'il utilise ou transforme.

Objet	Forme d'énergie utilisée ou produite
Lampe de poche	
Pile électrique	
Éolienne	
Voiture thermique	
Four à micro-ondes	
Moteur de ventilateur	
Radiateur électrique	

CHAPITRE 3

Document 3 : La chaîne d'énergie

Dans tout objet technique, l'énergie suit une **chaîne fonctionnelle** :

Source → Stockage → Distribution → Transformation → Transmission → Action finale

Exemple : dans une voiture électrique

Batterie → Distribution de courant → Transformation en énergie mécanique (moteur) → Transmission aux roues → Mouvement

Questions:

Compléter la chaîne d'énergie suivante pour une lampe de poche :

_____ → _____ → _____ → _____ → _____

Questions pour aller plus loin

1. Pourquoi dit-on que l'énergie solaire est inépuisable, alors que le pétrole ne l'est pas ?
2. Donner un exemple d'objet technique qui transforme **l'énergie mécanique** en **énergie électrique**.
3. Que se passe-t-il si une étape de la chaîne d'énergie est défectueuse ? Donner un exemple.
4. Pourquoi est-il important de favoriser les énergies renouvelables dans les technologies actuelles ?

Synthèse (à rédiger individuellement)

- Qu'est-ce qu'une source d'énergie ?
- Quelle différence entre une **source** et une **forme** d'énergie ?
- Pourquoi certaines énergies sont dites « renouvelables » ?
- Donner un exemple complet de chaîne d'énergie dans un objet technique du quotidien.

II-EXPLOITATION DE L'ACTIVITE DOCUMENTAIRE : LES SOURCES ET LES FORMES D'ENERGIES

Document 1 : Les sources d'énergie

Classement des sources :

Sources renouvelables	Sources non renouvelables
Soleil	Pétrole
Vent	Charbon
(Eau (barrage, marée	Gaz naturel
(Bois (biomasse	Uranium
Marée	
(Attention :)	(Batterie et pile ne sont pas des sources naturelles mais des moyens de stockage.)

Document 2 : Les formes d'énergie

Association objet / forme d'énergie principale :

Objet	Forme d'énergie utilisée ou produite
Lampe de poche	(Énergie électrique → rayonnante (lumière
Pile électrique	(Énergie chimique (stockée
Éolienne	Énergie mécanique (vent) → électrique
Voiture thermique	Énergie chimique (essence) → mécanique
Four à micro-ondes	Énergie électrique → rayonnante + thermique
Moteur de ventilateur	(Énergie électrique → mécanique (mouvement
Radiateur électrique	(Énergie électrique → thermique (chaleur

Document 3 : La chaîne d'énergie

Chaîne d'énergie d'une lampe de poche :

Pile (source chimique) → Stockage chimique de l'énergie → Distribution du courant électrique (interrupteur) → Transformation en lumière (diode) → Émission lumineuse

Questions de prise d'initiative et réponses:

1. Pourquoi dit-on que l'énergie solaire est inépuisable, alors que le pétrole ne l'est pas ?

→ Le Soleil est une source d'énergie renouvelable qui émet de l'énergie de manière continue, alors que le pétrole met des millions d'années à se former et s'épuise à mesure qu'on l'extrait.

2.Exemple d'objet qui transforme l'énergie mécanique en énergie électrique :

→ Une dynamo de vélo : le mouvement de la roue (énergie mécanique) est transformé en courant (énergie électrique).

3.Que se passe-t-il si une étape de la chaîne d'énergie est défectueuse ?

→ L'objet ne fonctionne pas. Par exemple, si l'interrupteur d'une lampe est cassé (distribution), la lampe ne s'allume pas même si la pile fonctionne.

4. Pourquoi est-il important de favoriser les énergies renouvelables ?

→ Elles sont inépuisables, moins polluantes, réduisent la dépendance aux ressources fossiles et participent à la lutte contre le réchauffement climatique.

Synthèse (exemple de rédaction attendue)

Une source d'énergie est un réservoir naturel ou artificiel qui fournit l'énergie utilisée.

Une forme d'énergie est la manière dont l'énergie se manifeste (chaleur, lumière, mouvement...).

Les énergies renouvelables se renouvellent naturellement à l'échelle humaine.

Exemple de chaîne d'énergie :

Dans un sèche-cheveux : prise électrique → énergie électrique → moteur → énergie mécanique (soufflerie) + thermique (chauffage de l'air) → action finale : air chaud soufflé.

III- Les sources d'énergie

1. Généralités

Selon le mot utilisé, « énergie » signifie soit la source, soit le moyen de transfert, soit la forme de l'énergie. Il est donc important de définir clairement ces différents termes.

La notion de source d'énergie est à rapprocher de celle de réserve ou de réservoir.

Exemple : le soleil, le vent, l'eau d'altitude, les courants d'eau des rivières, les courants d'eau des marées, les sources naturelles d'eau chaude, le pétrole, le charbon, l'uranium...

2. Sources d'énergie renouvelables/sources d'énergie non renouvelables

On peut classer ces différentes sources selon si elles sont renouvelables ou pas. Une source d'énergie renouvelable est une source d'énergie renouvelée à l'échelle d'une vie humaine.

Elle se renouvelle assez rapidement pour être considérée comme inépuisable, c'est-à-dire qu'elle ne s'épuise pas quand on l'utilise.

Sources d'énergie renouvelables	Sources d'énergie non renouvelables
Le soleil, l'eau, le vent, les matières organiques végétales et animales (résidus de l'agriculture, déchets ménagers, lisier...), le bois, la chaleur produite naturellement au centre de la Terre.	▪ L'uranium ▪ Les combustibles fossiles : le charbon, le pétrole et le gaz naturel. Ils proviennent de la décomposition de végétaux et d'organismes vivants qui ont été enfouis sous la terre. Ces ressources diminuent quand on les utilise car il leur faut des millions d'années pour se former.

3 - Quelques formes d'énergie

L'énergie se manifeste sous différentes formes et peut toujours se convertir d'une forme à une autre. On peut en remarquer cinq particulières :

- Énergie chimique

Exemple : réaction à l'intérieur de la pile électrique...

- Énergie thermique

Exemple : radiateur électrique, tous les convertisseurs ont des pertes en énergie thermique...

- Énergie rayonnante

Exemple : micro-ondes, radiateur à infrarouge, lumière solaire, lampe...

- Énergie mécanique : de type cinétique quand elle produit un mouvement à une certaine vitesse ; de type potentielle de pesanteur quand elle est stockée à une certaine hauteur et qu'on ne l'utilise pas.

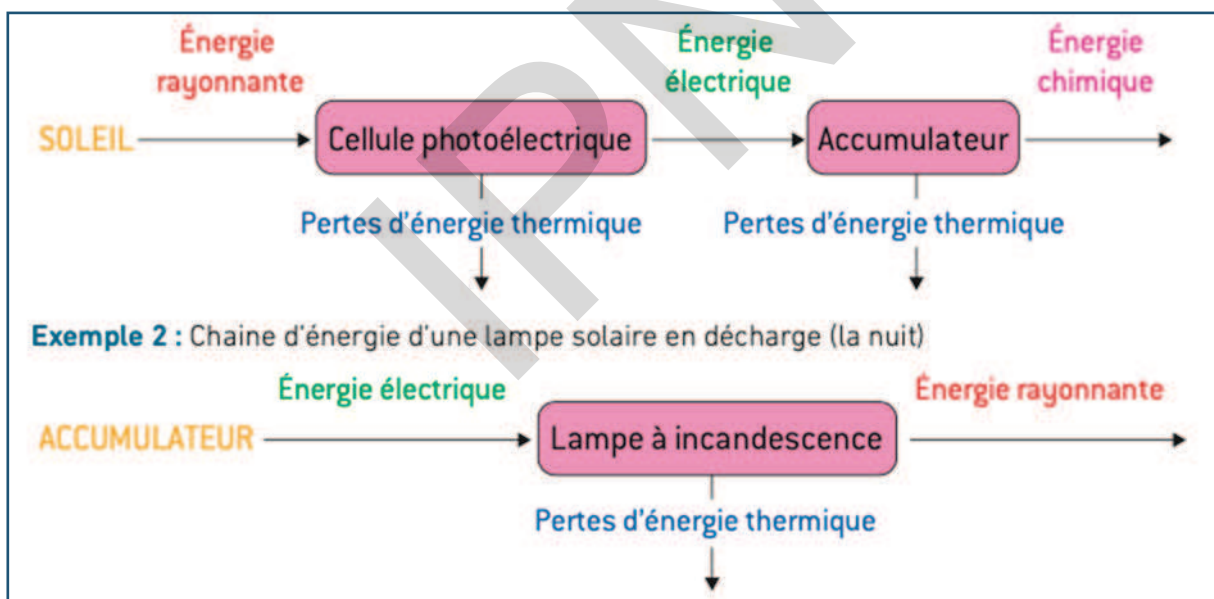
- Énergie électrique

Exemple : sur une facture d'électricité, nous payons l'énergie électrique consommée par nos appareils électriques

4 - Les chaînes d'énergie

On retrouve les sources et les formes d'énergie dans des chaînes d'énergie.

Exemple : Chaîne d'énergie d'une lampe solaire en charge (le jour)



L'essentiel du cours

Lorsque de l'énergie est transférée d'un système à un autre ou lorsque l'énergie change de forme, il n'y a jamais création ou disparition d'énergie. On représente les chaînes énergétiques avec des flèches où sont indiquées les différentes formes d'énergie : chimique, électrique, thermique, rayonnante et mécanique.

Q.C.M : Donner la ou les bonne(s) réponse(s)

N°	Le libellé de la question	Réponse A	Réponse B	Réponse C
1	L'énergie peut :	Disparaître complètement	Être créée à partir de rien	se transformer mais se conserve
2	Quelle est la forme d'énergie transportée par le courant électrique ?	L'énergie chimique	L'énergie électrique	L'énergie nucléaire
3	La lumière du Soleil transporte	De l'énergie lumineuse	De l'énergie mécanique	De l'énergie chimique
4	Une énergie renouvelable est :	Le charbon	Le vent	Le pétrole
5	Une énergie non renouvelable est :	Inépuisable	Recyclable à l'infini	Disponible en quantité limitée
6	Le Soleil est à l'origine de nombreuses formes d'énergie, sauf :	L'énergie éolienne	L'énergie solaire	L'énergie nucléaire
7	Parmi les propositions suivantes, laquelle est une forme d'énergie ?	La chaleur	La vitesse	Le volume
8	Un réservoir d'énergie sert à :	Fabriquer de l'énergie	Transformer l'énergie en matière	Stocker ou libérer de l'énergie
9	L'énergie des aliments que nous mangeons est de l'énergie :	thermique	chimique	électrique
10	Pour fonctionner, une éolienne utilise :	Une source d'énergie renouvelable	Une source d'énergie non renouvelable	du pétrole

EXERCICES**EXERCICE 1**

Complète avec la ou les formes d'énergie en jeu.

1. Le Soleil nous éblouit car nos yeux reçoivent trop d'énergie lumineuse : énergie
2. Un panneau solaire photovoltaïque produit de l'électricité grâce à l'énergie solaire : énergie et énergie
3. Une couverture réchauffe en retenant la chaleur dégagée par le corps : énergie
4. Dans un courant d'air, une porte claque grâce à l'énergie cinétique du vent : énergie

EXERCICE 2

Surligne chaque expression d'une couleur différente selon sa catégorie.

Ressource d'énergie renouvelable -

Cours d'eau en mouvement
Uranium
Géothermie

Ressource d'énergie non renouvelable

Pétrole Soleil
Biomasse Charbon
Vent Gaz naturel

CHAPITRE 3

EXERCICE 3 : Énergie renouvelable et énergie non renouvelable

Partie A : Sources et formes d'énergie

Document 1 : Pétrole, gaz et charbon

La formation des réserves d'énergies fossiles a pris des centaines de millions d'années. Polluante, leur exploitation est si intense que ces réserves seront épuisées d'ici moins de deux siècles.

Document 2 : Les éoliennes exploitent l'air de l'environnement.

Le Soleil, les vents et les cours d'eau sont des réserves complexes à exploiter.

Document 3 : Les centrales nucléaires

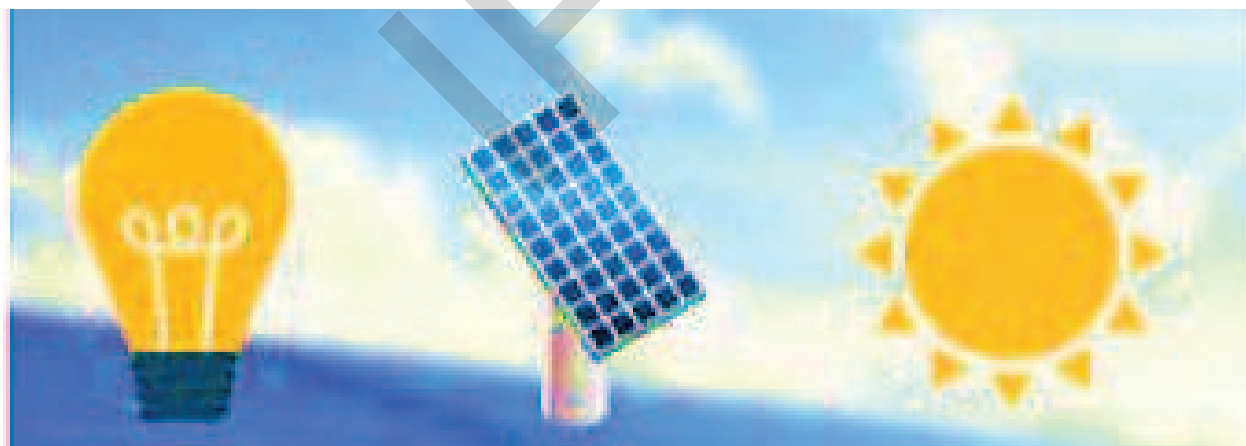
Les centrales nucléaires exploitent un élément chimique présent depuis la formation de la Terre et qui pourrait s'épuiser d'ici 70 ans. L'exploitation de cette réserve d'énergie comporte des risques de rejets radioactifs en cas d'accident.

A partir de ces documents et de vos connaissances, remplir le tableau suivant :

Sources d'énergie	Formes d'énergie	Renouvelables ou non renouvelables	Contraintes rencontrées
	Énergie nucléaire		
Pétrole, gaz et charbon			
		Renouvelables	
	Énergie mécanique		

Partie B :

L'énergie émise par le Soleil et transférée sur Terre couvre l'ensemble des besoins en énergie.



A partir du document ci-dessus, expliquer les transferts et les conversions d'énergie nécessaires pour faire fonctionner une ampoule à partir de l'énergie émise par le Soleil.

EXERCICE 4

1- Identifier la photographie sur laquelle la batterie de la tablette convertit de l'énergie chimique en énergie électrique qui est elle-même convertie en énergie lumineuse.



2- Identifier la photographie sur laquelle la batterie de la tablette convertit de l'énergie électrique en énergie chimique.

EXERCICE 5

Lire attentivement l'extrait suivant et répondre aux questions

« Actuellement, l'énergie que nous consommons, pour nous chauffer, nous déplacer et produire l'électricité, provient principalement des combustibles fossiles et du nucléaire. Or, outre le fait que ces combustibles fossiles s'épuisent et que les déchets nucléaires posent un problème, une grande partie des gaz à effets de serre émis sont constitués de gaz carbonique.

Pour répondre à ces problèmes, les énergies renouvelables présentent une grande opportunité. Ainsi, les éoliennes transforment l'énergie du vent et les centrales hydrauliques l'énergie du système (eau, Terre); les capteurs thermiques et les cellules photovoltaïques transforment l'énergie solaire..., la géothermie la chaleur de la Terre et certaines turbines utilisent l'énergie des vagues ou des marées. »

D'après un site Internet

Questions

- 1) Tirer, à partir de l'extrait, un inconvénient des combustibles fossiles.
- 2) Nommer deux combustibles fossiles.
- 3) La combustion des combustibles fossiles produit des gaz polluants. Citer deux de ces gaz en précisant l'effet de chacun sur la santé publique.
- 4) Classifier les sources d'énergie mentionnées dans l'extrait, en polluantes et non polluantes.
- 5) Relever de l'extrait une source d'énergie secondaire.
- 6) Préciser les conversions d'énergie qui se produisent dans:
 - a) les éoliennes ;
 - b) les centrales hydrauliques ;
 - c) les capteurs thermiques.

FICHE DOCUMENTAIRE 1

Maîtrises stratégiques de la production bon marché de l'énergie par les superpuissances et impératifs du développement durable à l'horizon 2035**1. Une compétition géostratégique autour de l'énergie**

Depuis plusieurs décennies, les **superpuissances mondiales** (États-Unis, Chine, Russie, Union européenne, Inde...) ont placé **la production et la maîtrise de l'énergie** au cœur de leur stratégie économique, technologique et militaire.

a) Pourquoi produire de l'énergie à bas coût ?

- Réduire les coûts de production industrielle et rester compétitif sur les marchés mondiaux.
- Garantir l'indépendance énergétique face aux tensions géopolitiques (guerres, embargos, crises).
- Accroître leur influence en exportant leur modèle énergétique ou leurs ressources (ex : gaz russe, pétrole saoudien, panneaux solaires chinois).

b) Diversité des formes d'énergie stratégiques :

- **Fossiles** : pétrole, gaz naturel, charbon – dominants mais très polluants.
- **Nucléaire** : faible émission carbone, mais investissements lourds et risques majeurs.
- **Renouvelables** : solaire, éolien, hydroélectricité, biomasse - en plein essor mais intermittents.
- **Nouvelles énergies** : hydrogène vert, biogaz, stockage massif (batteries), en phase d'expérimentation.

➤ **À ce jour, produire de l'énergie à bas prix est un levier de puissance, mais ce modèle est en crise écologique et climatique.**

2. Stratégies actuelles de production bon marché par les superpuissances

Superpuissance	Stratégie énergétique principale	Objectif stratégique
Chine	Domination sur le solaire, charbon, barrages (géants (ex : Trois Gorges	Sécuriser sa croissance et dominer les technologies vertes
États-Unis	Exploitation du gaz de schiste, soutien à l'éolien et solaire	Devenir exportateur net d'énergie, réduire la dépendance
Russie	Exportations massives de gaz et de pétrole	Arme géopolitique majeure, notamment vers l'Europe
UE	Mix énergétique (renouvelables + nucléaire + importations)	Atteindre la neutralité carbone d'ici 2050
Inde	Développement du charbon, mais aussi solaire ((Mission Solaire Internationale	Répondre à une demande croissante à moindre coût

➤ **Ces stratégies reposent encore largement sur des logiques de coût immédiat au détriment souvent de l'environnement ou de la justice sociale.**

3. Les limites du modèle : vers une crise énergétique mondiale ?

Produire de l'énergie à bas prix engendre de **nombreux déséquilibres** :

Environnement :

- Émissions de gaz à effet de serre (GES) → changement climatique.
- Pollution de l'air, de l'eau et des sols.
- Déforestation, perte de biodiversité (ex : barrages, exploitation minière).

⚠ Géopolitique :

- Tensions autour des ressources énergétiques (pétrole, gaz, lithium).

- Dépendances stratégiques (ex : gaz russe pour l'UE, minerais africains pour la Chine).

⚡ Économique et social :

- Inégalités d'accès à l'énergie.
- Conditions de travail dans les mines, centrales ou exploitations polluantes.

4. Produire une énergie durable et accessible : l'impératif de 2035

Les superpuissances doivent désormais **réconcilier stratégie énergétique et développement durable**, en répondant à **3 impératifs fondamentaux** à l'horizon 2035 :

a) Décarboner la production

- Sortir progressivement des énergies fossiles.
- Investir massivement dans les énergies renouvelables **bas carbone et locales**.
- Favoriser le nucléaire là où il est maîtrisé, sous conditions de sécurité.

b) Optimiser l'efficacité énergétique

- Moderniser les réseaux (smart grids).
- Réduire les pertes de transformation et de transport.
- Promouvoir la sobriété énergétique (bâtiments, mobilité, industrie).

c) Assurer une justice énergétique mondiale

- Éviter la "transition verte à deux vitesses" : accès équitable pour les pays du Sud.
- Respect des droits humains dans les chaînes d'approvisionnement (cobalt, lithium...).
- Développer des partenariats de transition énergétique Nord-Sud.

Conclusion

À l'horizon 2035, la question énergétique ne peut plus se limiter au **coût immédiat** de production. Le vrai défi des superpuissances est désormais de **produire une énergie abordable, durable et équitable**, dans un monde où les ressources se raréfient et les exigences environnementales s'intensifient.

Les **nouvelles puissances de demain** ne seront pas seulement celles qui produisent le plus d'énergie à bas prix, mais **celles qui sauront allier souveraineté énergétique, innovation écologique et responsabilité mondiale**.

FICHE DOCUMENTAIRE 2

Maîtrise stratégique de la production bon marché de l'énergie en Mauritanie et impératifs du développement durable à l'horizon 2035

1. Un pays riche en potentiels énergétiques

Située entre le Maghreb et l'Afrique subsaharienne, la **Mauritanie** dispose d'un **vaste territoire** (plus de 1 million de km²) offrant un fort **potentiel énergétique naturel** encore partiellement exploité.

a) Des ressources variées :

- **Solaire** : ensoleillement moyen de plus de 3 000 heures par an – un des meilleurs au monde ;
- **Éolien** : vents réguliers sur la côte atlantique (Nouadhibou, Tasiast, Boulenoir) ;
- **Hydraulique** : fleuve Sénégal (Manantali, Diama, Félou – projets régionaux avec l'OMVS) ;
- **Fossiles** : découvertes récentes de **gaz offshore** (projet GTA – Grand Tortue Ahmeyim avec le Sénégal, BP et Kosmos Energy) ;
- **Biomasse** : peu développée, mais potentielle dans le sud (végétation, déchets agricoles).

b) Défis de départ :

- 70 % du territoire non électrifié au début des années 2000 ;
- Dépendance aux énergies fossiles importées (fioul, diesel) ;
- Faible couverture du réseau national – zones rurales marginalisées.

2. Une stratégie énergétique tournée vers la production bon marché

Depuis les années 2010, la Mauritanie a lancé plusieurs **réformes et partenariats stratégiques** pour réduire les coûts de production d'énergie et améliorer l'accès à l'électricité.

► Objectifs :

- Réduire le prix du kWh pour les ménages et les entreprises ;
- Renforcer l'indépendance énergétique ;
- Attirer des investissements étrangers dans l'énergie (notamment renouvelable) ;
- Devenir un **acteur régional de l'exportation énergétique**, notamment via l'hydrogène vert.

► Moyens déployés :

- **Centrale solaire de Sheikh Zayed (Nouakchott)** - 15 MW, financée par les Émirats arabes unis ;
- **Parc éolien de Nouadhibou** (projet de 100 MW en cours de développement) ;
- **Projet GTA (gaz offshore)** – production prévue à commencer en février 2025, à moindre coût par technologie flottante (FLNG) ;
- **Lancement de projets pilotes d'hydrogène vert (avec Chariot, CWP et TotalEnergies)** pour produire une énergie propre et compétitive à l'export.

3. Les tensions entre croissance énergétique et impératifs durables

Produire à bas coût reste une priorité, mais les **enjeux environnementaux et sociaux** deviennent cruciaux :

Enjeux environnementaux :

- Risques d'émissions de gaz à effet de serre liés au gaz offshore ;
- Vulnérabilité climatique élevée (sécheresse, désertification) → nécessité d'un mix énergétique résilient ;
- Nécessité de valoriser les énergies renouvelables **sans détruire les écosystèmes** (zones protégées, littoraux).

Enjeux sociaux :

- Inégalités d'accès à l'énergie (zone urbaine et rurale) ;
- Problèmes de maintenance des infrastructures ;
- Besoin de **formation des ressources humaines locales** dans les métiers de l'énergie.

4. Vers une transition énergétique durable à l'horizon 2035

a) Développer un mix énergétique équilibré

- Accélérer le déploiement solaire/éolien à l'échelle nationale ;
- Exploiter le gaz naturel comme **source de transition** à faible émission (par rapport au charbon/pétrole) ;
- Valoriser les ressources hydrauliques dans une logique régionale (OMVS).

b) Investir dans l'hydrogène vert

- Projet Nour (CWP Global) et Total Energies H2 - ambition de faire de la Mauritanie un **hub d'hydrogène vert** en Afrique ;
- Utilisation de l'hydrogène pour la production locale d'électricité, l'exportation vers l'Europe, et les usages industriels (engrais, aciers verts).

c) Rendre l'énergie accessible et équitable

- Renforcement du réseau national (SMEC, SOMELEC, AMADER) ;
- Électrification rurale hors-réseau (kits solaires, mini-réseaux) ;
- Tarification sociale de l'électricité pour les foyers vulnérables.

Conclusion

La **Mauritanie** dispose d'un **levier stratégique exceptionnel** : produire une énergie **propre, abondante et compétitive** grâce au soleil, au vent et au gaz.

Mais pour réussir sa transformation d'ici **2035**, elle devra **intégrer pleinement les impératifs du développement durable** :

- ✓ Mix énergétique sobre en carbone,
- ✓ Accès équitable à l'énergie,
- ✓ Gouvernance inclusive et transparence dans les partenariats énergétiques.

La **transition énergétique durable** est à portée de main pour la Mauritanie . Elle en fera une **puissance verte du Sahel**, si elle concilie stratégie économique et justice environnementale.

PARTIE CHIMIE

CHAPITRE 1 :

LES HYDROCARBURES



Les Hydrocarbures

Objectif

- Connaître la structure et la nomenclature des alcanes.
- Identifier la formule des alcanes.
- Trouver les formules semi-développées, développées ou topologiques (isomères) à partir des formules brutes
- Passer du nom du composé aux formules semi-développées ou développées et inversement
- Connaître la structure et la nomenclature de composés insaturés.
- Identifier la formule de l'alcène et de l'alcyne.
- Comprendre ce qu'est un composé aromatique (structure, exemples).
- Découvrir le benzène et ses usages dans l'industrie mondiale et mauritanienne.
- Réfléchir aux risques pour la santé et l'environnement.
- Développer la capacité à lire, analyser et discuter des documents scientifiques et sociaux.

Activité documentaire contextualisée : Les hydrocarbures dans la vie quotidienne en Mauritanie

Objectifs de l'activité

- Identifier les différents types d'hydrocarbures (alcanes, alcènes, alcynes)
- Lire et interpréter des formules chimiques simples
- Passer du nom d'un composé à sa formule et inversement
- Relier les notions à des usages concrets en Mauritanie

Contexte : Le gaz et les carburants en Mauritanie

En Mauritanie, le gaz butane est utilisé quotidiennement dans les ménages pour cuisiner. Ce gaz est un **mélange d'hydrocarbures légers**, principalement du **butane** et du **propane**.

Les carburants comme l'essence ou le gasoil, utilisés notamment pour les voitures et les motos, contiennent aussi des **hydrocarbures**.

Ces substances proviennent du **pétrole**, raffiné dans des usines, et sont classées selon leur **structure chimique** : certaines sont des **alcanes** (comme le butane), d'autres des **alcènes** ou des **alcynes**.

Document 1 : Tableau des hydrocarbures utilisés couramment

Nom usuel	Type	Formule brute	Utilisation principale
Méthane	Alcane	CH ₄	Gaz naturel, combustion
Propane	Alcane	C ₃ H ₈	Gaz de cuisson (bouteille)
Butane	Alcane	C ₄ H ₁₀	Gaz domestique
Éthène (éthylène)	Alcène	C ₂ H ₄	Industrie plastique, engrais
Éthyne (acétylène)	Alcyne	C ₂ H ₂	Chalumeaux, soudure

Document 2 : Une bonbonne de gaz butane utilisée à Nouakchott

Photo ou schéma d'une bouteille de gaz bleu utilisée dans les foyers mauritaniens (à afficher en classe ou à décrire)

Cette bouteille contient surtout du **butane** (C_4H_{10}), un gaz **inodore et incolore**, facilement liquéfiable et utilisé dans toutes les régions du pays, notamment dans les zones sans électricité.

Questions : Appropriation progressive des notions**Partie 1 : Compréhension du contexte**

1. Quels types de produits sont utilisés dans la cuisine en Mauritanie ?
2. Quel est le nom chimique du gaz contenu dans une bouteille domestique ?
3. Est-ce un **alcane**, un **alcène** ou un **alcyne** ? Justifie ta réponse.

Partie 2 : Lecture de formules et nomenclature

4. La formule brute du **propane** est C_3H_8 .
 - a) Est-ce un alcane, alcène ou alcyne ?
 - b) Écrire sa **formule semi-développée**.
5. Donner la **formule brute** et le **type** (alcane, alcène ou alcyne) des composés suivants :
 - Éthène
 - Butyne
6. Parmi les molécules suivantes, lesquelles ont une **liaison multiple** (double ou triple) ?
 - CH_4
 - $CH \equiv CH$
 - $CH_3-CH=CH_2$

Partie 3 – Application (liée au quotidien)

7. Un jeune mécanicien dit que « l'essence contient des hydrocarbures très légers à chaînes courtes ».
 - a) Donne deux exemples d'hydrocarbures à chaîne courte.
 - b) Quels risques présente l'utilisation non contrôlée de ces produits ?

Activité de groupe (facultatif – prolongement)

Faites une **affiche murale** intitulée : "**Les hydrocarbures autour de nous**".

Chaque groupe choisit une **molécule** (propane, butane, éthène ou éthyne) et présente :

- Son **nom** et sa **formule**
- Son **type** (alcane, alcène ou alcyne)
- Une **image ou un dessin**
- Son **utilisation en Mauritanie**

EXPLOITATION DE L'ACTIVITE DOCUMENTAIRE**Partie 1 : Compréhension du contexte****1. Quels types de produits sont utilisés dans la cuisine en Mauritanie ?**

Les produits utilisés sont principalement des **gaz combustibles**, comme le **butane** et parfois le **propane**, contenus dans des bouteilles de gaz.

2. Quel est le nom chimique du gaz contenu dans une bouteille domestique ?

Butane (nom chimique : C_4H_{10}).

3. Est-ce un alcane, un alcène ou un alcyne ? Justifie ta réponse.

CHAPITRE 1

Le butane est un **alcane** car :

- Sa formule est **C₄H₁₀**, ce qui correspond à la formule générale des alcanes (**C_nH_{2n+2}**).
- Il ne possède **que des liaisons simples** entre les atomes de carbone.

Partie 2 – Lecture de formules et nomenclature

4. La formule brute du propane est C₃H₈

a) Est-ce un alcane, alcène ou alcyne ?

C'est un **alcane**, car il a la formule **C_nH_{2n+2}** → 3×2 + 2 = 8.

b) Écris sa formule semi-développée.



5. Donne la formule brute et le type (alcane, alcène ou alcyne) des composés suivants :

Composé	Formule brute	Type	Justification
Éthène	C ₂ H ₄	Alcène	C _n H _{2n} , liaison double
Butyne	C ₄ H ₆	Alcyne	C _n H _{2n-2} , liaison triple

6. Parmi les molécules suivantes, lesquelles ont une liaison multiple ?

- CH₄ → **Non**, toutes les liaisons sont simples (alcane).
- CH≡CH → **Oui**, triple liaison entre les deux C (alcyne).
- CH₃–CH=CH₂ → **Oui**, double liaison entre les deux derniers C (alcène).

Partie 3 – Application liée au quotidien

7. a) Donne deux exemples d'hydrocarbures à chaîne courte.

Le **méthane (CH₄)** et l'**éthane (C₂H₆)** sont des hydrocarbures à chaîne courte.

b) Quels risques présente l'utilisation non contrôlée de ces produits ?

👉 Ils peuvent :

- Être **inflammables** → Risque d'explosion ou d'incendie.
- Produire du **monoxyde de carbone** en cas de mauvaise combustion → gaz **toxique et mortel**.
- Être **asphyxiants** s'ils s'accumulent dans un espace fermé.

A retenir

Terme	Définition courte
Alcane	Hydrocarbure saturé, avec liaisons simples (C _n H _{2n+2})
Alcène	Hydrocarbure insaturé, avec une liaison double (C _n H _{2n})
Alcyne	Hydrocarbure insaturé, avec une liaison triple (C _n H _{2n-2})
Formule brute	Nombre total de C et H
Formule semi-développée	Groupes visibles (CH ₃ –CH ₂ –...)
Formule développée	Toutes les liaisons visibles

I- La chaîne carbonée des alcanes

1- Le méthane : notion de carbone tétragonal

Formule brute : CH₄

Formule développée :

$$\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H--C--H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$$

L'atome de carbone est situé au centre d'un tétraèdre régulier dont les sommets sont occupés par les atomes d'hydrogène. L'atome de carbone échange quatre liaisons de covalence simple avec les quatre atomes d'hydrogène. On dit qu'il est tétragonal ou tétraédrique.

2- L'éthane et le propane : notion de chaîne carbonée.

Alcane	Formule brute	Formule développée	Formule semi-développée
Ethane	C_2H_6	$ \begin{array}{c} H & H \\ & \\ H-C & -C-H \\ & \\ H & H \end{array} $	$CH_3 - CH_3$
Propane	C_3H_8	$ \begin{array}{c} H & H & H \\ & & \\ H-C & -C & -C-H \\ & & \\ H & H & H \end{array} $	$CH_3 - CH_2 - CH_3$

L'enchaînement des atomes de carbone constitue le squelette carboné ou la chaîne carbonée de la molécule.

3- Les alcanes possédant quatre atomes de carbone : notion d'isomérisie.

Alcane	Formule brute	Formule développée	Formule semi-développée
Butane	C_4H_{10}	$ \begin{array}{c} H & H & H & H \\ & & & \\ H-C & -C & -C & -C-H \\ & & & \\ H & H & H & H \end{array} $	$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3$
Isobutane	C_4H_{10}	$ \begin{array}{c} H & H & H \\ & & \\ H-C & -C & -C-H \\ & & \\ H & C & H \\ & & \\ & H & \end{array} $	$ \begin{array}{c} CH_3-CH-CH_3 \\ \\ CH_3 \end{array} $

Il existe deux alcanes répondant à la formule C_4H_{10} :

- un alcane à chaîne linéaire ou à chaîne droite qui a deux extrémités : $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3$
- un alcane à chaîne ramifiée : $CH_3-CH-CH_3$

CHAPITRE 1

Ces deux alcanes ayant la même formule brute ne diffèrent que par leurs formules semi-développées : ce sont donc des isomères.

4- Les alcanes

4.1-Definition et formule générale

Les alcanes sont des hydrocarbures saturés (ne possédant que des liaisons de covalence simple) à chaînes carbonées ouvertes.

- Formule générale des alcanes : $C_n H_{2n+2}$ avec n , entier ≥ 1

4.2-Nomenclature des alcanes

a- Alcanes à chaîne linéaire

Les quatre premiers alcanes ont un nom usuel :

CH_4 : Méthane ; $CH_3 - CH_3$: Ethane ; $CH_3 - CH_2 - CH_3$: Propane ; $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3$: Butane.
Pour les autres alcanes à chaîne linéaire, le nom est constitué d'un préfixe indiquant le nombre d'atomes de carbone de la chaîne suivi du suffixe « ane ».

n	Formule	Préfixe	Nom
5	C_5H_{12}	Pent	Pentane
6	C_6H_{14}	Hex	Hexane
7	C_7H_{16}	Hept	Heptane
8	C_8H_{18}	Oct	Octane
9	C_9H_{20}	Non	Nonane
10	$C_{10}H_{22}$	Déc	Décane
11	$C_{11}H_{24}$	Undéc	Undécane
12	$C_{12}H_{26}$	Dodéc	Dodécane

b-Les groupes alkyles:

Un groupe alkyle est un groupe monovalent d'atomes obtenu en retirant un atome d'hydrogène à un alcane.

Le nom de ce groupe est obtenu en remplaçant, dans le nom de l'alcane, le suffixe « ane » par le suffixe « yle ».

La formule générale d'un groupe alkyle est : $C_n H_{2n+1}$

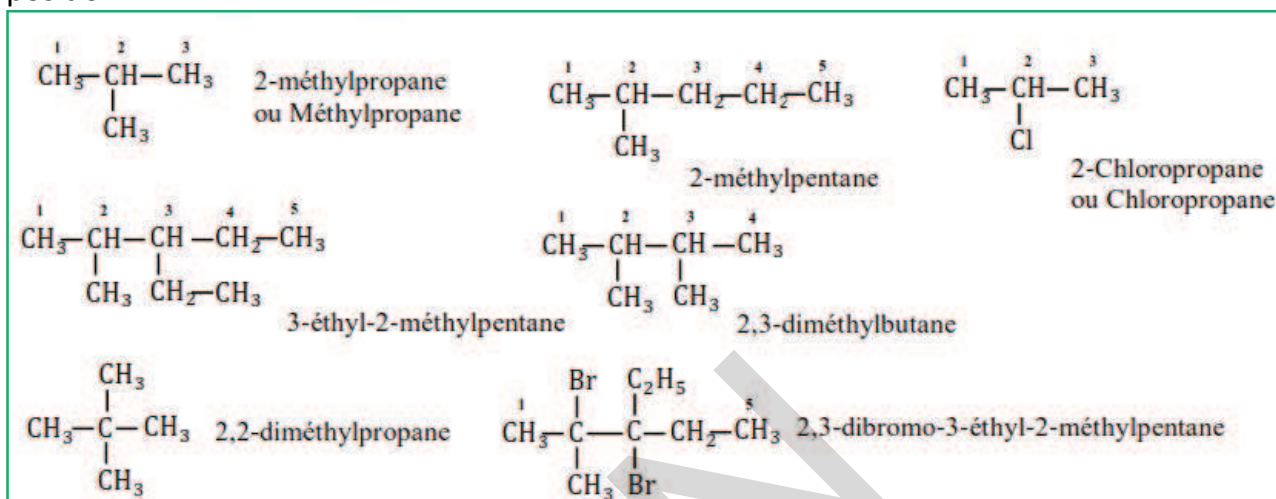
$CH_3 -$: Méthyle

$CH_3 - CH_2 -$ ou $C_2H_5 -$: Ethyle

$CH_3 - CH_2 - CH_2 -$: Propyle

c - Nomenclature des alcanes à chaîne ramifiée:

- On cherche la chaîne carbonée la plus longue, appelée chaîne principale. Le nombre d'atome de carbone de cette chaîne détermine le nom de l'alcane.
- On numérote la chaîne principale de sorte que les atomes de carbone porteurs de ramifications aient les plus petits numéros possibles.
- le nom de l'alcane ramifié s'obtient en écrivant le nom correspondant à la chaîne principale précédé des noms des groupes fixés sur cette chaîne, eux-mêmes précédés de leur indice de position.

**II. Structure des alcènes et des alcynes****1- Les alcènes****a) Définition**

Les alcènes sont des hydrocarbures insaturés à chaîne carbonée ouverte comportant une liaison de covalence double entre deux atomes de carbone.

Exemples : $\text{CH}_2=\text{CH}_2$; $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$; $\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2$

La formule générale des alcènes est donc : C_nH_{2n} avec n , entier ≥ 2

b) Nomenclature

Pour nommer un alcène on utilise le suffixe « ène ». La numérotation de la chaîne principale doit-être telle que les carbones portant la double liaison aient les plus petits numéros possibles.

Exemples : $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ *éthène ou ethylène*

$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$ *propène*

$\text{CH}_3-\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2$ *2-méthylprop-1-ène*

2- Les alcynes**a) Définition**

Les alcynes sont des hydrocarbures insaturés à chaîne carbonée ouverte comportant une liaison de covalence triple entre deux atomes de carbone.

Exemples : $\text{CH}\equiv\text{CH}$; $\text{CH}_3\text{CH}\equiv\text{CH}$; $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{C}\equiv\text{CH}$

La formule générale des alcynes est donc : $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ avec n , entier ≥ 2

b) Nomenclature

Pour nommer un alcyne on utilise le suffixe « yne ». La numérotation de la chaîne principale doit-être telle

que les carbones portant la triple liaison aient les plus petits numéros possibles.

Exemples : $CH \equiv CH$ *éthyne ou acétylène*

$CH_3 - CH \equiv CH$ *propyne*

$CH_3 - CH(CH_3) - C \equiv -CH_3$ 3 - méthylbut - 1 - yne

III-LES COMPOSES AROMATIQUES**1-Activité documentaire : Le benzène, entre industries et environnement****Document 1 : Le benzène, un composé particulier**

Le **benzène** est un liquide **incolore, inflammable** et à **odeur forte**.

Sa **formule chimique** est C_6H_6 . Il est formé de **6 atomes de carbone** et **6 atomes d'hydrogène**.

La particularité du benzène est qu'il forme un **cycle fermé**, très stable, appelé **cycle aromatique**.

Il est utilisé dans :

- Les **carburants** (essence),
- Les **matières plastiques**,
- Les **peintures et encres**,
- Les **colles, cosmétiques et produits industriels**.

Document 2 : Un danger pour la santé

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), le benzène est **toxique**.

Il peut provoquer des maladies graves comme la **leucémie** (maladie du sang).

Le benzène peut **polluer l'air et l'eau** autour des sites industriels ou pétroliers.

Document 3 : Le contexte en Mauritanie

En Mauritanie, les ports de **Nouakchott** et **Nouadhibou** reçoivent du **carburant importé**.

Il existe aussi une exploitation pétrolière en mer (offshore).

Ces activités peuvent libérer des **composés toxiques** comme le benzène dans l'environnement.

⚠ Des habitants ou des travailleurs proches de ces zones peuvent être exposés à ces substances.

Questions à traiter en binôme

1. Qu'est-ce qu'un **composé aromatique** ? Donner un exemple.
2. Décrire la **structure du benzène**. Pourquoi est-elle stable ?
3. Quels sont les **usages industriels** du benzène ?
4. Quels sont les **risques pour la santé** liés au benzène ?
5. Donner un **exemple en Mauritanie** où le benzène peut poser problème.
6. À ton avis, faut-il **limiter l'usage du benzène** ? Pourquoi ?
7. Propose une **mesure pour protéger la population**.

Trace écrite à recopier à la fin de l'activité

Le benzène est un **hydrocarbure aromatique** à 6 carbones.

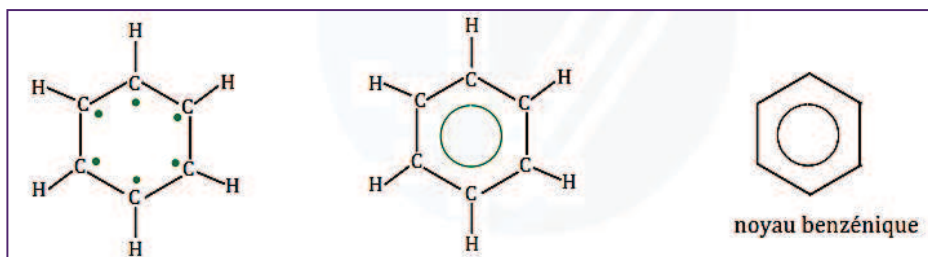
Il est utilisé dans l'industrie, mais il est aussi **toxique et cancérogène**.

En Mauritanie, les ports ou les sites pétroliers peuvent libérer du benzène dans l'air ou l'eau.

Il est important de **protéger la population** en surveillant la pollution.

2- Structure du benzène

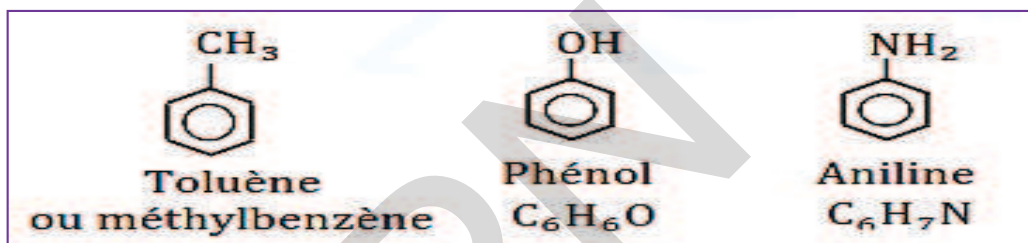
Le benzène, de formule brute C_6H_6 , est un liquide à température ordinaire. C'est une molécule plane et cyclique avec des liaisons identiques. La chaîne carbonée forme un hexagone régulier.



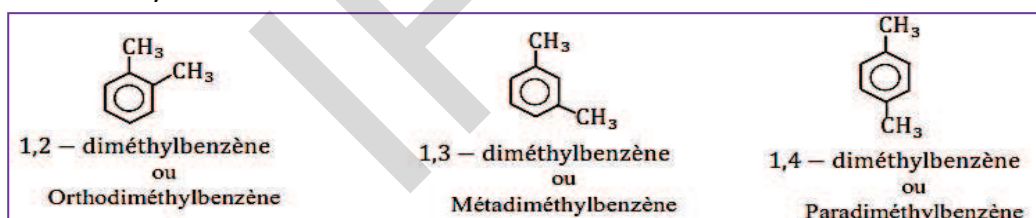
Les six électrons disponibles forment un nuage électronique délocalisé sur les six atomes de carbone constituant ainsi le noyau benzénique.

3- Des exemples de composés aromatiques

On appelle composé aromatique, tout composé organique comportant au moins un noyau benzénique.



Le xylène ou le diméthylbenzène de formule brute C_8H_{10} il existe sous trois formes isomères



4- Autres dérivés du benzène

Exemple de dérivé du benzène : le xylène

Le **xylène** est un **dérivé du benzène**.

Sa formule est $C_6H_4(CH_3)_2$, c'est-à-dire un cycle benzénique avec **deux groupes CH_3 (méthyle)**.

Il existe **trois formes** de xylène selon la position des groupes CH_3 sur le cycle :

- **Ortho-xylène** (groupes côte à côte),
- **Méta-xylène** (groupes séparés par un carbone),
- **Para-xylène** (groupes opposés).

Usages du xylène :

- Solvant dans les **peintures, vernis, colles** ;
- Fabrication de **plastiques** (ex. : PET pour les bouteilles) ;
- Nettoyants industriels et carburants.

⚠ Dangers du xylène :

- **Irritation** des yeux, du nez et de la peau ;
- Peut provoquer des **maux de tête**, vertiges ou **troubles respiratoires** si inhalé en grande quantité ;
- Dangereux pour l'environnement s'il est rejeté dans l'air ou l'eau.

L'essentiel du cours

Un hydrocarbure aliphatique C_xH_y ne contient pas de cycle, ses chaînes carbonées sont ouvertes.

La formule brute d'un alcane est C_nH_{2n+2} ; et la molécule n'est pas plane.

La chaîne carbonée est soit linéaire soit ramifiée.

Un hydrocarbure aliphatique de formule brute C_nH_{2n} est un alcène, sa structure est plane et la chaîne carbonée est soit linéaire soit ramifiée.

Un hydrocarbure aliphatique de formule brute C_nH_{2n-2} est un alcyne, sa structure est linéaire et la chaîne carbonée est soit linéaire soit ramifiée.

A une même formule brute peuvent correspondre plusieurs formules semi-développées possibles appelées isomères.

Le benzène est un hydrocarbure aromatique : il est formé de 6 atomes de carbone en cycle fermé, avec des liaisons délocalisées, ce qui le rend très stable.

On le trouve dans :

- Les carburants (essence),
- les plastiques,
- les colles, peintures, et produits cosmétiques.

Le benzène est un produit industriel important, mais il est aussi dangereux pour la santé : il peut provoquer des maladies du sang comme la leucémie.

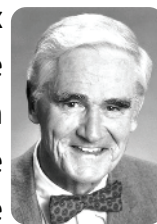
En Mauritanie, certaines zones industrielles (comme les ports de Nouakchott et Nouadhibou ou les sites pétroliers offshore) peuvent être polluées par le benzène.

Les dérivés du benzène (comme le toluène, les xylènes, le phénol, l'aniline) sont utilisés dans les mêmes domaines, mais présentent aussi des risques toxiques.

Il est important de contrôler l'usage du benzène et de protéger la population des pollutions industrielles.

Un peu d'histoire de la science

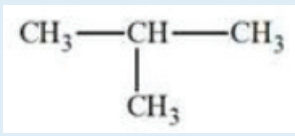
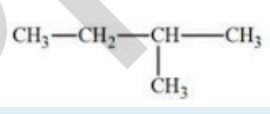
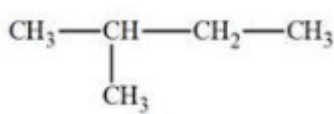
Cram, Donald James (1919-2001), organicien américain, colauréat du prix Nobel de chimie en 1987 pour sa contribution au développement de la chimie supramoléculaire. Né à Chester (Vermont), Donald James Cram obtient son doctorat à l'université Harvard en 1947. À partir de 1958, il enseigne la chimie à l'université de Californie de Los Angeles (UCLA). Il y obtient, en 1985, la chaire Saul Winstein en tant que professeur de chimie organique.



QUESTIONS (l'élève est appelé à faire de la recherche)

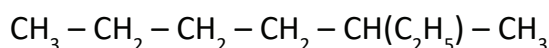
1. Quel est le principal projet de Cram, Donald James en tant qu'organicien américain ?
2. Quel est le rôle de Cram dans le développement de la chimie organique moderne ?
3. Quels sont les apports scientifiques les plus significatifs de Donald à la communauté scientifique internationale ?

(Q.C.M : Donner la ou les bonne(s) réponse(s)

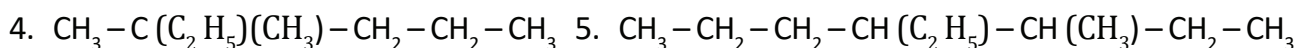
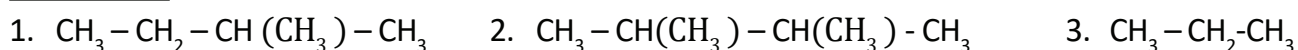
N°	Le libellé de la question	Réponse A	Réponse B	Réponse C
1	La formule générale d'un alcane est :	$C_n H_{2n+2}$	$C_n H_{2n}$	$C_{2n} H_{2n}$
2		Est le méthylpropane	Est un isomère du propane	Est linéaire
3	Le 2-méthylbutane a pour formule :	$C_5 H_{10}$		
4	Dans un hydrocarbure aliphatique saturé de formule brute :	toutes les liaisons sont simples ;	la chaîne carbonée est toujours linéaire ;	on numérote toujours la chaîne principale de gauche vers la droite.
5	Dans un hydrocarbure aliphatique insaturé de formule brute	ils existent deux liaisons doubles ;	il existe une seule liaison double ;	la chaîne principale ne renferme pas nécessairement la liaison double.
6	Dans un hydrocarbure aliphatique insaturé de formule brute (avec une seule insaturation) :	il y a une seule liaison double ;	il y a deux atomes de carbone liés par une triple liaison	les atomes de carbone liés par la triple liaison sont alignés avec les atomes qui leur sont liés

EXERCICES

EXERCICE 1 : Donner la formule brute de l'alcane suivant :



EXERCICE 2 : Nommer les alcanes suivants :



EXERCICE 3

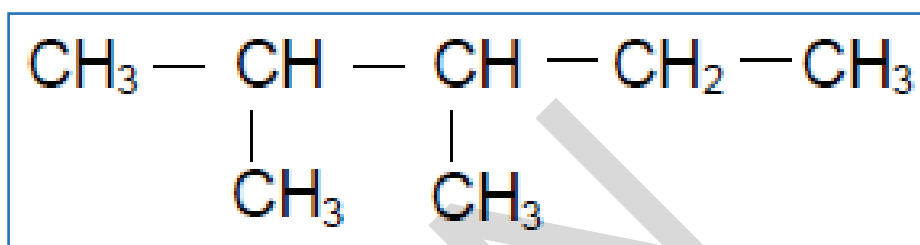
Écrire les formules semi développées des hydrocarbures suivants :

CHAPITRE 1

3-éthyl-2-methylhexane
2,3-dimethylpentane
4-éthyl-2,5-méthylheptane
3,4-diéthylhexane
3-éthyl-2,3-diméthylhexane
2,2-diméthyl-5,6-dipropylnonane
4-éthyl-3-méthyl-5-propyloctane
2,2, 3,3-tétraméthylpentane

EXERCICE 3

1. Le pentane C_5H_{12} présente trois isomères.
 - 1.1. Définir des isomères.
 - 1.2. Écrire les formules semi-développées de ces trois isomères.
2. Donner le nom de l'alcane dont la formule semi- développée est:



- 3.1. Écrire la formule générale de l'alcane à chaîne carbonée ouverte (non cyclique) dont la molécule comporte n atomes de carbone.
- 3.2. Exprimer en fonction de n la masse molaire de cet alcane.
Les masses molaires atomiques des éléments carbone et hydrogène étant :
 $M(C)=12\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(H)=1\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$.
- 3.3. Un alcane a pour masse molaire $M=114\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$.
En utilisant le résultat obtenu au 3.2. trouver la formule de cet alcane.
- 3.4. Quel est son nom ?

EXERCICE 4

1. Donner la structure géométrique des molécules d'éthane, d'éthylène et d'acétylène.
2. Donner les formules générales d'un alcène et d'un alcyne.
3. Du point de vue de la liaison carbone-carbone, comment distingue-t-on l'éthane, l'éthylène et l'acétylène ?
4. Quelle est la formule générale des alcènes non cycliques ?
5. Pourquoi dit-on que les alcènes et les alcyne sont des hydrocarbures insaturés ?
6. Quel est le produit principal de l'hydratation du but-1-ène ?
7. Définir les mots : monomère, polymère, degré de polymérisation et motif d'un polymère

EXERCICE 5

1. Écrire les formules semi développées des composés suivants :
 - a) 3-méthylpent-1-ène ;
 - b) 3-méthylbut-1-yne ;

CHAPITRE 1

c) 2,3-diméthylpent-2-ène.

d) 2,6,6-triméthylhept-3-ène ;

2. Nommer les hydrocarbures de formules semi-développées suivantes :

a) $\text{CH}_3\text{--CH}(\text{C}_2\text{H}_5)\text{--CH=CH--CH}(\text{CH}_3)\text{--CH}_3$

b) $\text{CH}_3\text{--CH=CH--CH}_2\text{--CH}_3$

c) $\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}(\text{CH}_3)\text{--CH}_3$

d) $\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}(\text{CH}_3)_2\text{--CH}_3$

e) $\text{CH}_2\text{Cl--CH=CH}(\text{C}_2\text{H}_5)\text{--CH}_2\text{--CH}_3$

f) $\text{CH}_3\text{--CH=CH--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_3$

EXERCICE 6

1. Écrire les formules semi-développées des différents alcènes de masse molaire $M = 70 \text{ g/mol}$. Les nommer.

2. Même question pour les alcynes de masse molaire $M = 68 \text{ g/mol}$.

EXERCICE 7

Donner la formule semi-développée des composés aromatiques

a) 1,3,5-triméthylbenzène

b) 1-bromo-4-chlorobenzène

c) Fluorobenzène

d) 1,4-dibromo-2-méthylbenzène

CHAPITRE 2 :

ÉTUDE DE QUELQUES RÉACTIONS



Étude de quelques réactions

Objectif

- Écrire des équations de réactions de substitutions (sur les alcanes, le benzène)
- Écrire des équations de réactions d'addition (sur les alcènes, les alcynes et le benzène)
- Écrire des équations de réactions de polymérisation (de l'éthylène et du chlorure de vinyle)

I-Activité documentaire : Les propriétés chimiques des alcanes

Objectif de l'activité :

Découvrir que les alcanes, bien qu'utilisés comme combustibles, **peuvent** aussi subir des **réactions chimiques spécifiques**, principalement la **combustion** et la **substitution**.

Situation de départ :

On utilise des produits comme le **butane** dans les briquets, le **méthane** dans le gaz domestique ou le **propane** dans les bonbonnes de cuisson. Ce sont tous des **alcanes**. Mais **comment réagissent-ils avec d'autres substances chimiques** comme le dioxygène ou le chlore ?

Document 1 – La combustion du méthane (CH₄)

Le méthane est un gaz incolore utilisé pour cuisiner et se chauffer.

Lorsqu'il brûle en présence de **dioxygène (O₂)**, il produit de la **vapeur d'eau (H₂O)** et du **dioxyde de carbone (CO₂)**, en libérant de l'énergie (chaleur et lumière). Cette transformation est une **combustion complète** : $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

Questions

1. Que faut-il pour que le méthane brûle ?
2. Quels sont les deux produits obtenus ?
3. Cette transformation libère-t-elle de l'énergie ?
4. Quel est le nom de cette transformation ?

Document 2 – Réaction avec le chlore (substitution)

Le méthane peut aussi réagir avec le **chlore (Cl₂)**, en présence de **lumière**.

Un **atome d'hydrogène** est alors remplacé par un **atome de chlore**, et il se forme du **chlorométhane (CH₃Cl)** : $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{(h\nu)} \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$. Cette transformation s'appelle une **substitution**.

Questions

5. Quel élément doit être présent en plus pour que la réaction ait lieu ?
6. Quel atome est remplacé dans la molécule de méthane ?
7. Quel est le nom de cette transformation ?

Exploitation de l'activité : Les propriétés chimiques des alcanes

Document 1 – La combustion du méthane

1. Il faut du **dioxygène (O₂)** pour que le méthane brûle.
2. Les deux produits obtenus sont : le **dioxyde de carbone (CO₂)** et la **vapeur d'eau (H₂O)**.
3. **Oui**, cette transformation libère de l'énergie (chaleur et lumière).
4. Le nom de cette transformation est **combustion complète**.

Document 2 – Réaction avec le chlore (substitution)

5. La réaction a besoin de **lumière (souvent les rayons UV du soleil)** pour avoir lieu.

CHAPITRE 2

6. Un **atome d'hydrogène** est remplacé par un **atome de chlore**.

7. Cette transformation est appelée **réaction de substitution**.

Tableau de synthèse complété

Propriété chimique	Réactif nécessaire	(Produit(s) formé(s)	Type de réaction
Réaction avec le dioxygène	(Dioxygène (O_2	CO_2 (dioxyde de carbone) + H_2O (eau)	Combustion complète
Réaction avec le chlore	Chlore (Cl_2) + lumière	Chlorométhane (CH_3Cl) + HCl	Substitution

Conclusion :

Les alcanes sont des composés peu réactifs, mais ils peuvent :

- ✓ **Brûler** dans l'air en présence de dioxygène : c'est la **combustion**, qui produit de l'eau, du dioxyde de carbone et de la chaleur.
- ✓ **Réagir avec le chlore** sous lumière : c'est une **substitution**, où un atome d'hydrogène est remplacé par un atome de chlore.

Ces réactions sont utiles dans la vie quotidienne, pour le **chauffage**, la **cuisson** ou la **fabrication de produits chimiques industriels**.

II-Activité documentaire : Etude de quelques réactions

Document 1 : Substitution (produits d'entretien)

Le **méthane** est un gaz simple utilisé comme point de départ pour produire des **produits ménagers** comme l'**eau de Javel parfumée**.

Pour cela, on transforme le méthane en **chlorométhane** en le faisant réagir avec du **chlore**.

Dans cette transformation, un **atome d'hydrogène** du méthane est **remplacé par un atome de chlore**. Cette transformation est appelée **réaction de substitution**.

Questions :

1. Quel est le réactif de départ dans cette réaction ?
2. Quel atome est remplacé dans la molécule de méthane ?
3. Comment s'appelle ce type de réaction ?

Document 2 : Addition (margarine et alcènes)

Pour fabriquer de la **margarine (matière grasse)**, on utilise des huiles végétales contenant des **alcènes**. Ces molécules possèdent une double liaison ($C=C$).

En leur ajoutant de l'**hydrogène** (H_2), cette double liaison est transformée en liaison simple.

Ce type de transformation est appelé **réaction d'addition** car un élément **s'ajoute** à la molécule sans rien en enlever.

Questions :

4. À quel type de molécule s'applique cette réaction ?
5. Quel élément chimique est ajouté dans la molécule ?
6. Comment s'appelle ce type de réaction ?

Document 3 : Polymérisation (bouteilles en plastique)

Les **bouteilles plastiques** sont fabriquées à partir d'un gaz très simple : l'**éthylène** (C_2H_4).

Des milliers de molécules d'éthylène sont **assemblées** pour former une très longue molécule appelée **polyéthylène**.

Cette transformation est une **réaction de polymérisation**, utilisée dans la fabrication de plastiques, sacs, emballages, ... etc.

Questions :

7. Quel est le nom du gaz utilisé pour fabriquer les plastiques ?
8. Que forme-t-on en réunissant plusieurs molécules de ce gaz ?
9. Comment s'appelle cette transformation chimique ?

Tableau récapitulatif à compléter (à l'aide des documents)

Type de réaction	Réactif de départ	Transformation faite	Exemple de produit obtenu
Substitution			
Addition			
Polymérisation			

Compétences développées

- Lire et extraire des informations d'un court texte scientifique
- Reconnaître des types de réactions simples
- Faire un lien direct avec des produits du quotidien
- Compléter un tableau de synthèse

Exploitation de l'activité : Étude de quelques réactions

Document 1 : Substitution

1. **Réactif de départ** : le méthane.
2. **Atome remplacé** : un **atome d'hydrogène** est remplacé par un **atome de chlore**.
3. **Nom de la réaction** : c'est une **réaction de substitution**.

Document 2 : Addition

4. **Type de molécule concernée** : une **molécule contenant une double liaison**, comme un **alcène**.
5. **Élément ajouté** : on ajoute de **l'hydrogène (H_2)**.
6. **Nom de la réaction** : c'est une **réaction d'addition**.

Document 3 : Polymérisation

7. **Nom du gaz utilisé** : **l'éthylène**.
8. **Produit formé** : des **molécules très longues** appelées **polyéthylène**.
9. **Nom de la transformation** : c'est une **réaction de polymérisation**.

Tableau récapitulatif complété

Type de réaction	Réactif de départ	Transformation faite	Exemple de produit obtenu
Substitution	Méthane + Chlore	Un atome d'hydrogène est remplacé par un atome de chlore	Chlorométhane (produit ménager)
Addition	Alcène (huile végétale)	Un élément (comme H_2) s'ajoute sur la double liaison	Margarine
Polymérisation	Éthylène	Des petites molécules s'assemblent en très longues chaînes	Plastique (polyéthylène)

Remarque :

Ces réactions sont très importantes dans l'industrie chimique. Elles permettent de transformer des molécules simples issues du pétrole ou du gaz naturel en **produits utiles et variés** comme : plastiques, médicaments, carburants, produits de beauté ou alimentaires,...

III- Les propriétés chimiques des alcanes

1- La combustion des alcanes

a) Combustion complète

La combustion complète des alcanes donne du gaz carbonique et de l'eau.



La réaction de combustion est une réaction de destruction de la chaîne carbonée.

Exemples : $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

$\text{C}_4\text{H}_{10} + \frac{13}{2}\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 5\text{H}_2\text{O}$

b) Combustion incomplète

On parle de combustion incomplète lorsque le dioxygène est en défaut. On obtient souvent du carbone et de l'eau.



Exemples : $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{C} + 2\text{H}_2\text{O}$

$\text{C}_4\text{H}_{10} + \frac{5}{2}\text{O}_2 \rightarrow 4\text{C} + 5\text{H}_2\text{O}$

Les réactions de combustion des alcanes sont exothermiques.

c) Importance de la combustion des alcanes

Les alcanes sont essentiellement utilisés comme combustibles de chauffage et comme carburants.

- Parmi les combustibles, citons le méthane, le propane, le butane, les fuels qui sont des mélanges d'alcane.
- Parmi les carburants, les essences (ordinaire et super), le gas-oil, les kérosènes sont des mélanges d'alcane.

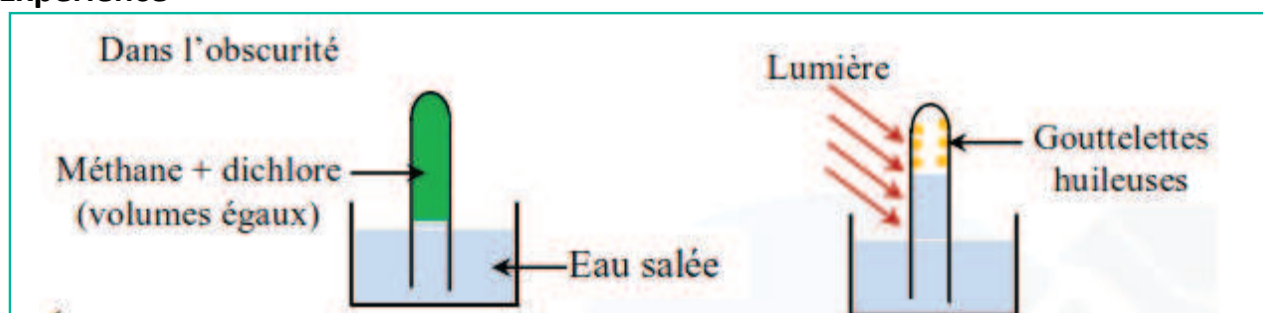
IV- Réaction de substitution : halogénéation des alcanes.

a) Définition

On appelle réaction de substitution une réaction au cours de laquelle un ou plusieurs atomes monovalents se substituent à un ou plusieurs atomes d'hydrogène d'une molécule sans détruire sa structure.

b) La chloration du méthane

Expérience



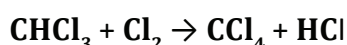
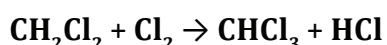
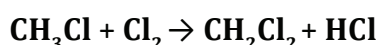
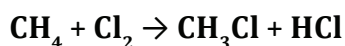
Observations

- Si l'éprouvette est laissée dans l'obscurité, il ne se passe rien.
- En présence de lumière, on observe au bout de quelques minutes que :
 - l'eau salée est montée dans l'éprouvette ;
 - la couleur verte du dichlore a disparu ;
 - des gouttelettes huileuses se sont formées ;
 - l'eau de la cuve est devenue acide.

Interprétation

- Il s'est donc produit une réaction chimique. Cette réaction nécessite de la lumière pour se produire. C'est une réaction photochimique.
- Au cours de cette réaction il se forme quatre produits : le chlorométhane **CH₃Cl**, composé gazeux ; le dichlorométhane **CH₂Cl₂**, le trichlorométhane **CHCl₃** et le tétrachloréthane **CCl₄**, Composés liquides.

Ces produits se forment au cours de réactions successives dont les équations-bilan peuvent s'écrire :



- Au de la réaction des atomes de chlore ont successivement remplacé des atomes d'hydrogène.

De telles réactions sont appelées réactions de substitution (chloration)

c) D'autres exemples d'halogénéation

A l'instar du chlore tous les autres halogènes donnent des réactions analogues avec les alcanes et forment des composés appelés dérivés halogénés des alcanes.

L'action du dibrome Br₂, liquide, sur les alcanes conduit à leur bromation.

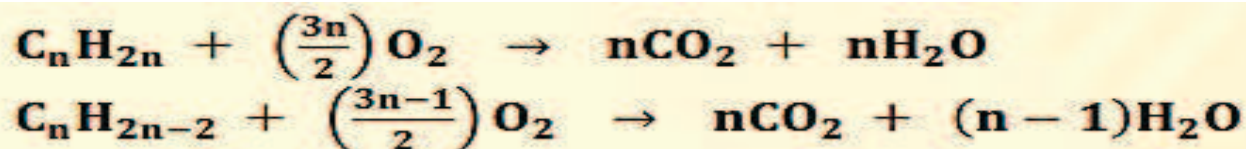
Il existe aussi des dérivés iodés et fluorés des alcanes.

d) Importance des dérivés halogénés des alcanes

- Les dérivés halogénés des alcanes ont des applications industrielles importantes.
 - Le chlorométhane CH₃Cl est utilisé dans la synthèse des résines silicones et du tétraméthyle de plomb.
 - Le dichlorométhane CH₂Cl₂ est utilisé comme diluant en peinture et aussi pour extraire la caféine du café.
 - le trichlorométhane CHCl₃ encore appelé chloroforme, et le tétrachlorométhane CCl₄ sont utilisés comme anesthésique, qui sont d'excellents solvants, et surtout utilisés dans la préparation des fréons.
- Les fréons sont des dérivés chlorofluorés du méthane ou de l'éthane : CCl₂F₂, CCl₃F, CClF₂ - ... Les fréons sont utilisés comme fluides réfrigérants dans les machines frigorifiques, comme gaz propulseurs des aérosols... Leur utilisation pose cependant problème : ils provoquent la destruction de la couche d'ozone (effet de serre).

V- Combustion des alcènes et des alcynes

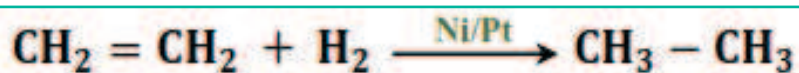
Tout comme les alcanes, les alcènes et les alcynes brûlent dans le dioxygène. Lorsque la combustion est complète, il se forme du dioxyde de carbone et de l'eau. Les équations-bilan peuvent s'écrire :



Ces réactions sont très exothermiques. Contrairement aux alcanes, les alcènes et les alcynes ne sont pas utilisés comme combustibles industriels et domestiques.

VI- Réactions d'addition sur les alcènes et les alcynes**1- L'action du dihydrogène : hydrogénation.****a) Cas des alcènes**

- En présence du nickel (Ni) ou du platine (Pt), l'hydrogénation de l'éthylène donne de l'éthane.



- Plus généralement, l'hydrogénation d'un alcène conduit à un alcane.

**b) Cas des alcynes**

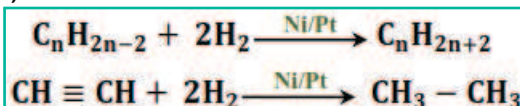
Selon le catalyseur employé, on obtient soit un alcène, soit un alcane.

- Avec le palladium désactivé, l'hydrogénation d'un alcyne conduit à un alcène.



Exemple :

- Avec le nickel ou le platine, on obtient un alcane.



Exemple :

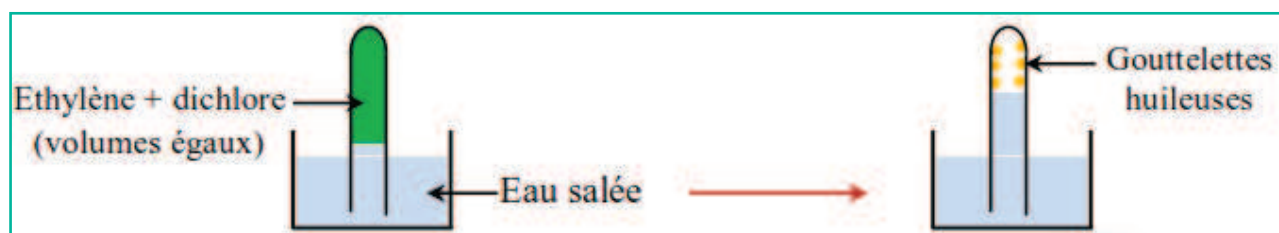
- Ces réactions s'accompagnent de changements de structure : le carbone digonal devient trigonal puis tétragonal.

2- L'addition des dihalogènes

L'addition de dihalogènes sur les alcynes est très difficile à réaliser, le contact entre un alcyne et un dihalogène conduisant spontanément à la destruction de la molécule d'alcyne.

a) L'addition de dichlore sur l'éthylène

Expérience :



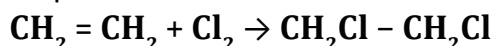
Observations

- l'eau salée monte dans l'éprouvette ;
- la couleur verte du dichlore a disparu ;
- des gouttelettes huileuses se sont formées.

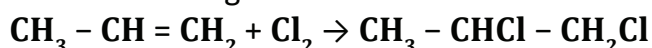
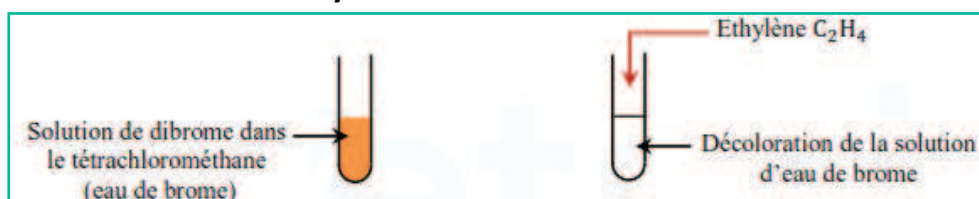
Interprétation

Le liquide huileux obtenu est le 1,2-dichloroéthane de formule $\text{CH}_2\text{Cl} - \text{CH}_2\text{Cl}$.

- Équation-bilan de la réaction



D'une manière générale la chloruration d'un alcène conduit à un dérivé dichloré d'alcane.

**b) L'addition de dibrome sur l'éthylène**

L'analyse du mélange final indique la formation du 1,2-dibromoéthane de formule $\text{CH}_2\text{Br} - \text{CH}_2\text{Br}$.

- Équation-bilan de la réaction



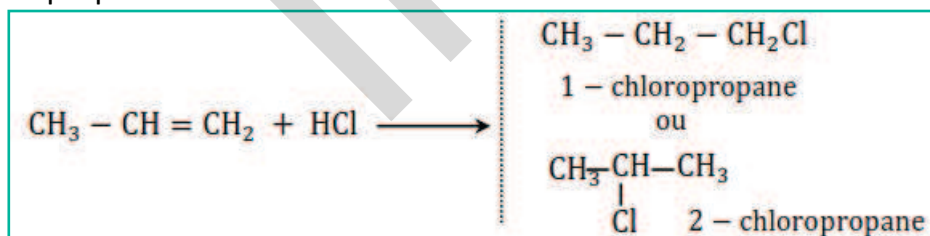
Le dibrome est le réactif des alcènes.

3- L'addition du chlorure d'hydrogène**a) Cas des alcènes**

L'addition du chlorure d'hydrogène HCl sur l'éthylène conduit au chloroéthane $\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{Cl}$.



Dans le cas du propène on obtient :



Dans la pratique on obtient majoritairement le 2-chloropropane pour lequel l'atome d'hydrogène se fixe sur le carbone, doublement lié, le plus hydrogéné.

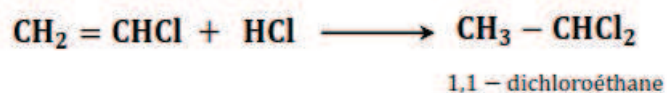
b) Cas des alcynes

L'addition de chlorure d'hydrogène sur l'acétylène se fait en deux étapes et conduit successivement au chloroéthylène, appelé couramment chlorure de vinyle, puis au 1,1-dichloroéthane.

1^{ère} étape :



2^{ème} étape :

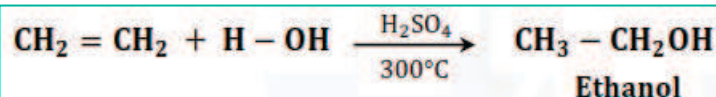


VII- L'addition de l'eau : Hydratation.

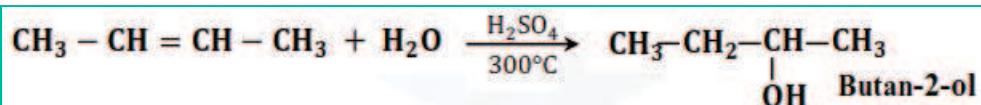
a) Cas des alcènes

L'addition se fait en présence d'acide sulfurique concentré comme catalyseur. Une des liaisons de la liaison de covalence double s'ouvre et, de manière aléatoire, un atome de carbone fixe un atome d'hydrogène, l'autre fixe le groupe hydroxyde OH.

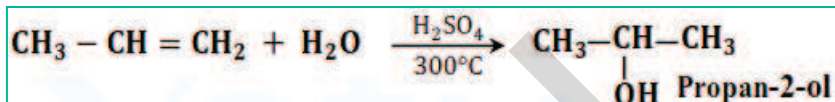
- Dans le cas de l'éthylène, nous obtenons l'éthanol, qui est un alcool.



- Dans le cas des alcènes symétrique comme le but-2-ène par exemple, on obtient un seul alcool, le butan - 2-ol.



- Dans le cas des alcènes dissymétriques comme le propène par exemple, on obtient principalement le propan-2-ol.

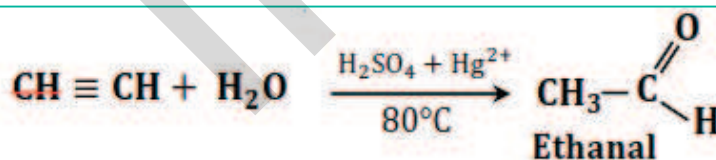


On obtient aussi, mais en petite quantité, du propan-1-ol de formule : $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH}$.

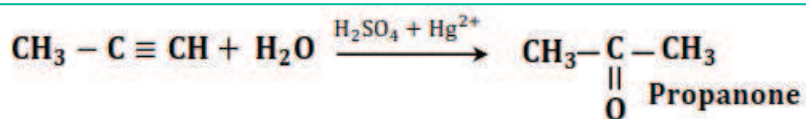
- L'hydratation d'un alcène symétrique donne un seul alcool.
- L'hydratation d'un alcène dissymétrique donne un mélange de deux alcools.

b) Cas des alcynes

- En faisant barboter l'acétylène dans de l'eau maintenue à 80°C et contenant du sulfate de mercure II et de l'acide sulfurique, il se forme de l'éthanal (aldéhyde) qui rosit le réactif de Schiff et donne un précipité jaune avec la 2,4-dinitrophénylhydrazine (2,4-DNPH).



- L'hydratation des autres alcynes donne une cétone.



VIII- Les réactions de polymérisation

1- Définition

Les réactions de polymérisation sont des réactions d'addition de plusieurs molécules insaturées identiques. Le composé initial est le monomère (réactif). Le produit obtenu est le polymère.

2- Quelques exemples de polymères

a) Le polyéthylène (PE)

- Le monomère est l'éthylène ($\text{CH}_2 = \text{CH}_2$).

L'équation-bilan de la réaction de polymérisation est : $n(\text{CH}_2 = \text{CH}_2) \rightarrow \text{-(CH}_2 - \text{CH}_2\text{)}_n$

Éthylène Polyéthylène

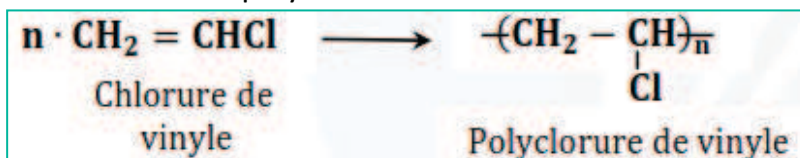
CHAPITRE 2

- Le polyéthylène (PE) est utilisé pour fabriquer des sacs d'emballage, des sacs poubelles et des récipients ménagés en plastique.

b) Polymérisation du polychlorure de vinyle (PVC)

- Le chlorure de vinyle $\text{CH}_2 = \text{CHCl}$ possède une liaison de covalence double, comme l'éthylène. Il se polymérise en donnant le polychlorure de vinyle, connu sous le nom de PVC ou PCV.

L'équation-bilan de la réaction de polymérisation est :



- Le polychlorure de vinyle est utilisé pour la fabrication des tuyaux pour l'évacuation d'eau, des tuyaux souples des gaz et des bouteilles d'eau minérale.

L'essentiel du cours

Dans une réaction de substitution d'un alcane, un ou plusieurs atomes d'hydrogène sont remplacés par un ou plusieurs autres atomes monovalents (Cl, Br...).

La substitution d'un alcane conduit à un mélange de plusieurs dérivés.

Au cours de la réaction de substitution d'un alcane, il y a conservation de la structure.

Dans une réaction d'addition sur un alcène, une molécule de réactif vient se fixer sur une molécule de alcène. Il y a ouverture de la liaison fragile au sein de la liaison double et création de deux liaisons simples sur les deux atomes de carbone qui étaient liés par la double liaison.

Lors de l'addition on passe d'une structure plane à une structure spatiale.

La réaction d'addition sur un alcène s'effectue comme celle sur les alcènes mais conduit à des produits différents. Les réactions d'addition sont souvent catalysées.

Une polymérisation est l'addition de molécules identiques les unes sur les autres.

La réaction de polymérisation s'effectue généralement en présence d'un catalyseur.

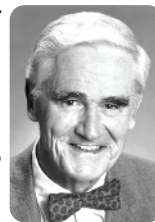
Le polyéthène résulte de la polymérisation de l'alcène.

Le nombre moyen de motifs d'un polymère est appelé degré de polymérisation.

CHAPITRE 2

Un peu d'histoire de la science

Ziegler, Karl Waldemar (1898-1973), chimiste allemand et prix Nobel, connu pour la mise au point d'un procédé de fabrication à basse pression des polyéthylènes. Il fit ses études à l'université de Marburg et enseigna aux universités de Marburg, de Heidelberg et de Halle-Saale. En 1943, il fut nommé directeur des recherches sur la houille à l'institut Max-Planck (autrefois Kaiser Wilhelm Institut). En 1963, Ziegler partagea le prix Nobel de chimie avec le chimiste italien Giulio Natta.



Les deux hommes furent récompensés pour leurs études sur les matières plastiques et sur d'autres composants synthétiques d'importance commerciale. Ziegler mit au point les catalyseurs qui contribuèrent à la fabrication de matières plastiques homogènes, solides, dures et réfractaires (« catalyseurs Ziegler-Natta »).

QUESTIONS

1. Quels sont les travaux de recherche les plus importants de Karl qui lui ont valu le prix Nobel de chimie en 1963 ?
2. Comment les découvertes des deux hommes ont influencé l'industrie ?
3. Qui est ce qui fait la réputation de Karl Waldemar Ziegler ?

Q.C.M : Donner la ou les bonne(s) réponse(s)

N°	Le libellé de la question	Réponse A	Réponse B	Réponse C
1	L'addition du dibrome sur un éthène	donne un dérivé monobromé ;	donne un dérivé dibromé.	s'accompagne d'un changement de structure ;
2	L'addition de l'eau sur un alcène :	donne un mélange de deux alcools ;	s'effectue sans catalyseur ;	s'accompagne d'un changement de structure ;
3	Au cours de la réaction de substitution du méthane par le dichlore	on opère à l'obscurité ;	il se forme le monochlorométhane ;	il se dégage du dihydrogène.
4	Sous certaines conditions le styrène se polymérise.	On obtient un polymère	Le produit obtenu est le polychlorure de vinyle	Le produit obtenu est un monomère.

EXERCICES

EXERCICE 1

Un alcane a pour masse molaire $M = 58 \text{ g/mol}$.

- a) Donner la formule générale d'un alcane portant n atome de carbone.
- b) Exprimer la masse molaire d'un alcane en fonction de n .
- c) Déterminer n pour l'alcane étudié et en déduire sa formule brute.
- d) Rechercher tous les isomères et les nommer.

EXERCICE 2

L'essence utilisée comme carburant dans un moteur à explosion est essentiellement composée d'un alcane non cyclique dont la densité par rapport à l'air est $d = 3,45$.

1. Trouver la masse molaire et la formule brute de ce carburant. On donne : $d = \frac{M}{29}$, avec M (masse molaire)

2.1. Écrire la formule développée d'un isomère de ce carburant ayant une chaîne principale à 4 atomes de carbones et le nommer.

2.2. Écrire les formules semi-développées et les noms de 2 isomères portant chacun 2

CHAPITRE 2

ramifications.

3.2. Écrire l'équation bilan permettant de réaliser la combustion complète de cette essence.

3.1. Quelle masse de dioxyde de carbone ce moteur déverse-t-il dans la nature lorsqu'il brûle 1 kg de ce carburant ?

EXERCICE 3

La combustion complète d'une masse $m = 3,6\text{g}$ d'un alcane acyclique produit une masse $m_1 = 11\text{g}$ de dioxyde de carbone et une masse $m_2 = 5,4\text{g}$ d'eau.

1- Écrire l'équation-bilan de la réaction

2- En déduire la formule brute de l'alcane

3- Préciser les noms et les formules semi-développées des isomères de cet alcane

4-La monochloration de cet alcane donne un seul produit monochloré.

Indiquer (Nom et formule semi-développée) de cet alcane et de son dérivé monochloré.

EXERCICE 4

Donner les formules semi-développées et les noms des produits obtenus au cours des réactions suivantes:

1. Méthylpropène + $\text{H}_2 \rightarrow \text{X}$;

2. But-2-ène + $\text{Br}_2 \rightarrow \text{Y}$;

3. Propène + $\text{HBr} \rightarrow \text{Z}$;

4. But-1-ène + $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{U}$;

5. Propyne + $\text{HBr} \rightarrow \text{Z}$;

6. But-2-yne + $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{W}$;

EXERCICE 5

Un composé organique C_xH_y est constitué, en masse, de 85,7 % de carbone et de 14,3 % d'hydrogène.

1. Calculer le rapport $\frac{x}{y}$. En déduire à quelle famille ce composé appartient, sachant que sa chaîne carbonée est ouverte.

2. Indiquer les formules semi-développées et les noms de tous les composés tels que $x = 5$.

3. L'hydrogénation de l'un de ces composés conduit au 2- méthylbutane. Peut-on en déduire quel est ce Composé?

EXERCICE 6

Soit A un hydrocarbure aliphatique insaturé, de masse molaire $M = 68\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$, dont la chaîne carbonée renferme une triple liaison.

1. Trouver la formule brute de l'hydrocarbure A.

2. trouver tous les isomères possibles de A et les nommer.

On donne : $M(\text{H}) = 1\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ et $M(\text{C}) = 12\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

EXERCICE 7

Un alcyne A a en masse 8 fois plus de carbone que d'hydrogène.

1. Déterminer la formule brute de A.

2. Donner les formules semi-développées possibles de A. Les nommer.

3. L'action du dihydrogène sur A, en présence de palladium désactivé, conduit à un composé B, qui par hydratation donne un produit unique C. Identifier (nom et formule semi développée) les composés A, B et C en vous appuyant sur les équations bilan des réactions.

4. Écrire l'équation de l'hydratation de A en présence d'ions mercurique

EXERCICE 8

La masse molaire moyenne d'un polymère est de 93750 g/mol pour un degré de polymérisation $n = 1500$. Sa composition centésimale massique est : %Cl = 56,8% de chlore, %C = 38,4% de carbone et le reste d'hydrogène.

1. Déterminer la masse molaire moléculaire du monomère correspondant ainsi que sa formule brute.
2. Donner sa formule semi-développée et son nom. Quel est le nom du polymère étudié ?
3. Écrire l'équation bilan de la réaction de polymérisation.
4. La combustion complète de ce polymère donne trois produits qui sont le dioxyde de carbone, l'eau et le chlorure d'hydrogène. Écrire l'équation-bilan de la réaction.

EXERCICE 9

On réalise la bromation d'un alcène A. Le produit B obtenu a une masse molaire moléculaire égale à 202 g/mol.

- 1°) Exprimer la masse molaire de B en fonction de n , nombre d'atomes de carbone de A et B.
- 2°) En déduire n , puis la formule brute de B et celle de A.
- 3°) Donner les formules semi-développées et les noms de A et B.

CHAPITRE 3 :

ALCOOL



Alcool

OBJECTIFS

- Nommer un alcool connaissant la formule semi-développée
- Distinguer les trois classes d'alcool par leurs formules semi-développées
- Distinguer les trois classes d'alcool par oxydation ménagée
- Écrire les équations bilan: Déshydratation et hydratation

I-ACTIVITE DOCUMENTAIRE :

Les alcools : nomenclature, classification et réactions chimiques

Les **alcools** sont une famille importante de composés organiques caractérisés par la présence d'un groupe fonctionnel hydroxyle (-OH) lié à un atome de carbone. Leur structure et leur réactivité varient selon la nature du carbone auquel le groupe -OH est attaché.

1. Classification des alcools

On distingue trois classes principales d'alcools selon le nombre de liaisons que le carbone portant le groupe -OH entretient avec d'autres atomes de carbone :

- **Alcool primaire** : le carbone portant le groupe -OH est lié à un seul autre carbone. Exemple : l'**éthanol** ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$). Dans cette molécule, le carbone du groupe hydroxyle est attaché à un carbone et à deux atomes d'hydrogène.
- **Alcool secondaire** : le carbone portant le groupe -OH est lié à deux autres carbones. Exemple : le **propan-2-ol** ($\text{CH}_3\text{-CHOH-CH}_3$). Ici, le carbone avec le -OH est au centre, relié à deux carbones voisins.
- **Alcool tertiaire** : le carbone portant le groupe -OH est lié à trois autres carbones. Exemple : le **2-méthylpropan-2-ol** ($(\text{CH}_3)_3\text{COH}$). Ce carbone central est relié à trois groupes alkyles.

Cette classification est importante car elle conditionne la réactivité chimique des alcools.

2. Réactions d'oxydation ménagée

L'**oxydation ménagée** est une réaction chimique dans laquelle un alcool est partiellement oxydé par un agent oxydant doux (par exemple le permanganate de potassium en milieu acide). Cette réaction est souvent utilisée pour différencier les classes d'alcools :

- **Alcool primaire** : s'oxyde d'abord en aldéhyde, puis en acide carboxylique. Par exemple, l'éthanol s'oxyde en acide éthanoïque (CH_3COOH).
- **Alcool secondaire** : s'oxyde en cétone. Par exemple, le propan-2-ol donne la propanone (CH_3COCH_3).
- **Alcool tertiaire** : ne subit pas d'oxydation ménagée facilement car il ne possède pas d'hydrogène sur le carbone porteur du groupe -OH . Il reste donc stable dans ces conditions. Cette propriété permet aux chimistes de reconnaître la nature de l'alcool par sa réaction d'oxydation.

3. Déshydratation des alcools

La **déshydratation** est une réaction au cours de laquelle un alcool chauffé en présence d'un acide fort (souvent l'acide sulfurique concentré) perd une molécule d'eau (H_2O). Cette réac-

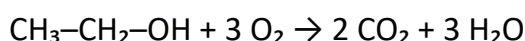
tion produit un composé appelé **alcène** qui contient une double liaison carbone-carbone (C=C). Par exemple, la déshydratation du propan-2-ol conduit à la formation de propène ($\text{CH}_3\text{--CH=CH}_2$) et d'eau.

Cette réaction est utilisée industriellement pour fabriquer des alcènes, qui sont des intermédiaires importants dans la synthèse de nombreux matériaux.

4. Oxydation complète (combustion)

L'**oxydation complète** correspond à la combustion de l'alcool en présence d'un excès d'oxygène. Elle conduit à la formation de dioxyde de carbone (CO_2) et d'eau (H_2O). Cette réaction libère une grande quantité d'énergie, ce qui explique l'utilisation des alcools comme carburants.

Par exemple, la combustion de l'éthanol est représentée par l'équation suivante :



5. Importance pratique

Les alcools sont largement utilisés dans la vie quotidienne : l'éthanol est présent dans les boissons alcoolisées, les désinfectants et certains carburants (bioéthanol). En Mauritanie, Pays musulman où la vente et la consommation de l'alcool sont interdites ; la connaissance des alcools est importante pour la sécurité sanitaire, car la consommation de méthanol toxique peut provoquer des intoxications graves.

Questions

1. Nomme les alcools dont les formules semi-développées sont données :

- a) $\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--OH}$
- b) $\text{CH}_3\text{--CHOH--CH}_3$
- c) $(\text{CH}_3)_3\text{COH}$

2. Classe chaque alcool en primaire, secondaire ou tertiaire et justifie en expliquant la nature du carbone porteur du groupe – OH.

3. Pour chaque classe d'alcool, indique quel est le produit principal obtenu lors de l'oxydation ménagée.

4. Écrire l'équation-bilan de la déshydratation du propan-2-ol (formule semi-développée).

5. Quels sont les produits finaux de l'oxydation complète (combustion) d'un alcool ?

6. Explique pourquoi l'alcool tertiaire ne subit pas d'oxydation ménagée facilement.

7. Pourquoi la déshydratation d'un alcool forme-t-elle un alcène ?

8. Donne deux exemples d'usages de l'éthanol mentionnés dans le texte.

9. Pourquoi la connaissance des alcools est-elle importante en Mauritanie, selon le texte ?

II-Exploitation de l'activité :

Les alcools, nomenclature, classification et réactions chimiques

1.

- a) Ethanol
- b) Propan-2-ol
- c) 2-méthylpropan-2-ol

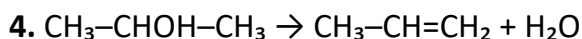
2.

CHAPITRE 3

- Éthanol : alcool **primaire**, car le carbone portant le –OH est lié à un seul autre carbone.
- Propan-2-ol : alcool **secondaire**, car le carbone portant le –OH est lié à deux autres carbones.
- 2-méthylpropan-2-ol : alcool **tertiaire**, car le carbone portant le –OH est lié à trois autres carbones.

3.

- Alcool primaire → acide carboxylique (ex : acide éthanoïque)
- Alcool secondaire → cétone (ex : propanone)
- Alcool tertiaire → pas d'oxydation ménagée facile, stable



5. Dioxyde de carbone (CO_2) et eau (H_2O)

6. L'alcool tertiaire ne subit pas d'oxydation ménagée facilement car le carbone portant le groupe –OH ne possède pas d'hydrogène, ce qui empêche la réaction.

7. La déshydratation élimine une molécule d'eau (H_2O) du composé, créant une double liaison C=C , donc un alcène.

8.

- Boissons alcoolisées
- Désinfectants
- Carburants (bioéthanol)

9. Car la consommation d'alcools toxiques comme le méthanol peut causer des intoxications graves ; il est donc important de bien reconnaître et manipuler les alcools. Mais aussi pour éviter d'enfreindre à la loi.

III-GENERALITES :

Un alcool est un composé organique dont la molécule renferme un groupement hydroxyle (OH) porté par un carbone tétraédrique.

Le groupement hydroxyle –OH caractérise la fonction alcool.

Formule générale : R-OH

Formule brute : $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$

Masse molaire moléculaire : $14n+18$ (g/mol)

Exemple 1 : Déterminer la formule brute d'un alcool de masse molaire $M = 60\text{g/mol}$

Solution : $M = 14n + 18 = 60 \Rightarrow n = \frac{60 - 18}{14} = 3$

La formule brute est $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$

Exemple 2 : Déterminer la formule brute d'un alcool dont le pourcentage massique en oxygène est de 50% .

Solution : $\frac{M}{100} = \frac{16}{\%O} \Rightarrow M = \frac{1600}{50} = 32\text{g/mol}$

$M = 14n + 18 = 32 \Rightarrow n = \frac{32 - 18}{14} = 1$ donc la formule brute de l'alcool est CH_4O

IV-LES CLASSES D'ALCOOLS

Les alcools sont divisés en 3 classes :

1. ALCOOLS PRIMAIRES:

Formule générale : $RCH_2 - OH$

Exemple : $HCH_2 - OH$: *methanol*

$CH_3 - CH_2 - OH$: *éthanol*

$CH_3 - CH(CH_3) - CH_2 - OH$: *méthylpropan - 1 - ol*

2. ALCOOLS SECONDAIRES:

Formule générale : $R - CH(OH) - R'$

Exemples :

$CH_3 - CH(OH) - CH_2 - OH$: *propan - 2 - ol*

$CH_3 - CH(CH_3) - CH(OH) - CH_3$: *3 - méthylbutan - 2 - ol*

3. ALCOOLS TERTIAIRES:

Formule générale : $R - COH(R') - R''$

Exemple : $CH_3 - COH(CH_3) - CH_3$: *méthylpropan - 2 - ol*

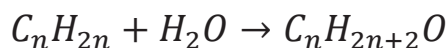
Application : déterminer les formules semi-développées et les classes des alcools de formule

Solutions :

FSD	NOM	CLASSE
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2OH$	<i>butan - 1 - ol</i>	<i>primaire</i>
$CH_3 - CH_2 - CH(OH) - CH_3$	<i>butan - 2 - ol</i>	<i>secondaire</i>
$CH_3 - CH(CH_3) - CH_2 - OH$	<i>méthylpropan - 1 - ol</i>	<i>primaire</i>
$CH_3 - COH(CH_3) - CH_3$	<i>méthylpropan - 2 - ol</i>	<i>tertiaire</i>

V-OBTENTION : HYDRATATION D'UN ALCÈNE

L'hydratation d'un alcène en présence de l'acide sulfurique H_2SO_4 conduit à un alcool selon l'équation bilan :



On obtient généralement un mélange de deux alcools de classes différentes. L'alcool majoritaire est celui de classe élevée (règle de MARKOVNIKOV°)

REGLE DE MARKOVNIKOV : Lors de l'hydratation d'un alcène asymétrique, le produit majoritaire est l'alcool de la classe la plus élevée.

Exemple : $CH_3 - HC = CH_2 + H_2O \rightarrow \begin{cases} CH_3 - HCOH - CH_3: \text{majoritaire} \\ CH_3 - CH_2 - CH_2OH: \text{minoritaire} \end{cases}$

APPLICATION : Soit un alcène A de densité $d = 2$.

a-Déterminer la formule brute de cet alcène.

b-Donner les isomères de l'alcène A.

c-L'hydratation de l'un des isomères de A à chaîne linéaire conduit à deux composés B et C. Identifier B et C.

L'essentiel du cours

- Un alcool est un composé dont la molécule comporte le groupe hydroxyle $-OH$ lié à un atome de carbone ne formant que des liaisons simples avec des atomes de carbone ou d'hydrogène.
- Pour nommer un alcool il faut numéroter la chaîne carbonée la plus longue contenant le groupe hydroxyle de telle sorte que le groupe $-OH$ soit porté par le carbone de plus faible indice.
- Il existe trois classes d'alcools: les alcools primaires, les alcools secondaires et les alcools tertiaires.
- La combustion complète des alcools donne du dioxyde de carbone et de l'eau.
- Les alcools tertiaires ne subissent pas d'oxydation ménagée.
- La déshydratation intermoléculaire d'un alcool primaire ou secondaire conduit à un éther et de l'eau.
- La déshydratation intramoléculaire d'un alcool conduit à un éthène et de l'eau.

ACTIVITE DOCUMENTAIRE : Les alcools dans la vie quotidienne et l'industrie

Introduction

Depuis l'Antiquité, les alcools ont occupé une place importante dans les sociétés humaines. L'éthanol, par exemple, est utilisé dans les boissons fermentées, mais aussi dans les parfums ou les désinfectants. Aujourd'hui, les alcools sont partout : dans les produits de beauté, les médicaments, les carburants, ou encore dans les antigels utilisés dans les véhicules. Cette diversité d'usages s'explique par leur **structure chimique particulière**.

Qu'est-ce qu'un alcool ?

Un alcool est une molécule organique contenant **au moins un groupe hydroxyle ($-OH$)** lié à un atome de carbone. Cette fonction leur donne des propriétés physiques (solubilité dans l'eau, point d'ébullition élevé) et chimiques (réactivité, oxydation...) très utiles en chimie.

Quelques usages des alcools dans la vie courante et l'industrie

Usage	Exemple d'alcool	Application concrète
Solvant	Éthanol	Parfums, désinfectants, médicaments, encres, peintures
Carburant	Méthanol, éthanol	(Biocarburants (moins polluants que l'essence
Réactif chimique	Éthanol	Synthèse de plastiques, d'esters (parfums), d'alcènes (solvants)
Antigel	Méthanol, éthylène glycol	Protège les moteurs contre le gel en hiver

Focus : Des enjeux environnementaux et sanitaires

Avantages :

- Les alcools sont **moins polluants** que de nombreux solvants ou carburants fossiles.
- Ils sont **biodégradables** et leur combustion peut être plus propre.
- Leur **toxicité varie**, mais certains comme l'éthanol sont assez sûrs à faible dose.

Limites / questions critiques :

- Le **méthanol est très toxique** : quelques millilitres peuvent rendre aveugle ou tuer.
- L'éthanol peut être détourné de son usage industriel à des fins illégales (fabrication d'alcool frelaté).

- La production massive d'éthanol à partir de cultures (ex : canne à sucre, maïs) pose la question : **"Doit-on utiliser des terres agricoles pour produire du carburant au lieu de nourrir les populations ?"**

I. Activité pédagogique – Analyser, discuter, argumenter

Travail à faire en groupes (lecture + débat + synthèse écrite) :

1. Lecture et repérage

→ Soulignez dans le texte tous les domaines où les alcools sont utilisés.

→ Classez-les en **utilisations bénéfiques** et **utilisations à risques**.

2. Discussion-débat (à l'oral)

- Peut-on dire que les alcools sont toujours des produits utiles à l'humanité ?
- Faut-il limiter leur usage dans certains secteurs ? Pourquoi ?
- Est-il moralement acceptable de produire du carburant à base d'éthanol dans un pays qui souffre de famine ?

3. Rédaction (à l'écrit – exercice d'expression argumentée)

Rédigez un court texte (10 lignes) pour donner votre avis sur la question :

« À votre avis, l'utilisation des alcools comme carburant est-elle une solution écologique et équitable ? »

Justifiez votre réponse avec au moins deux arguments tirés du document ou du débat.

II. Correction (modèle de réponse) pour accompagner l'activité précédente.

Elle inclut :

1. Correction de l'activité de lecture

2. Modèle de discussion-débat

3. Exemple de rédaction argumentée (10 lignes)

1. Lecture et repérage – Répartition des usages

Utilisations bénéfiques	Utilisations à risques ou problématiques
- Solvants peu toxiques (ex : éthanol) dans les médicaments	- Méthanol : très toxique, danger pour la santé
- Biocarburants plus propres (éthanol, méthanol)	- Alcool frelaté fabriqué à partir d'éthanol dénaturé
- Antigels pour protéger les véhicules en hiver	- Production d'éthanol à grande échelle = concurrence alimentaire
- Réactifs pour parfums, plastiques, esters	- Pollution possible lors de la fabrication industrielle

2. Discussion – éléments à faire ressortir

Questions et éléments attendus :

Q1. Les alcools sont-ils toujours utiles à l'humanité ?

Non, ils sont utiles dans de nombreux domaines, mais leur mauvaise utilisation peut devenir dangereuse (toxicité du méthanol, détournement de l'éthanol, impact écologique des cultures énergétiques).

Q2. Faut-il limiter leur usage ?

Oui, dans certains secteurs comme la production massive de biocarburants, pour éviter les conflits avec la production alimentaire et protéger l'environnement.

Q3. Est-il moralement acceptable d'utiliser des cultures pour produire du carburant ?

Cela dépend du contexte : dans un pays en situation d'autosuffisance alimentaire, cela peut être

acceptable, mais dans un pays où les populations souffrent de la faim, ce choix peut aggraver les inégalités.

III. Modèle de rédaction (argumentation en 10 lignes)

À mon avis, l'utilisation des alcools comme carburants n'est pas une solution totalement écologique ni équitable. D'un côté, les alcools comme l'éthanol produisent moins de pollution que l'essence, ce qui est bon pour l'environnement. Mais d'un autre côté, leur fabrication nécessite souvent de grandes quantités de plantes comme le maïs ou la canne à sucre. Cela peut entraîner une hausse des prix alimentaires et priver certaines populations de nourriture. En Mauritanie par exemple, où l'agriculture est limitée, produire du carburant à base de cultures pourrait aggraver l'insécurité alimentaire. Il faut donc trouver un équilibre entre technologie et justice sociale.

IPN

CHAPITRE 3

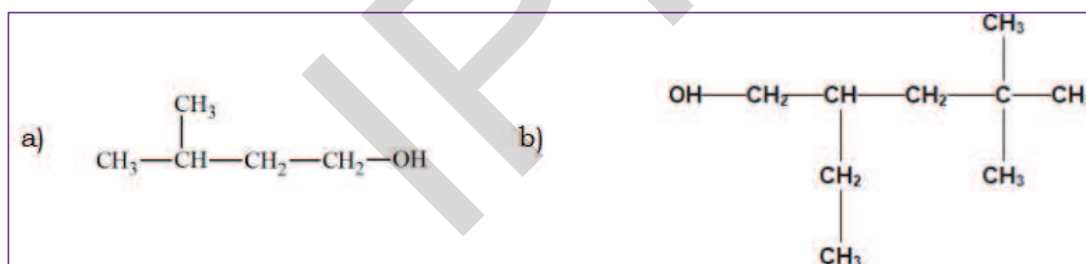
Q.C.M : Donner la ou les bonne(s) réponse(s)

N°	Le libellé de la question	Réponse A	Réponse B	Réponse C
1	L'alcool de masse molaire moléculaire $M=74\text{g/mol}$ est :	$C_3H_{10}O$	$C_4H_{10}O$	C_4H_8O
2	$CH_3 - CHOH - CH_2 - CH_3$	Butan-1-ol	Butanal	Butan-2-ol
3	L'oxydation ménagée par un excès d'oxydant d'un alcool primaire donne	Une cétone	Un aldéhyde	Un acide carboxylique
4	Les alcools possèdent :	un groupe carboxyle.	un groupe carbonyle	un groupe hydroxyle.
5	Une cétone est obtenue par l'oxydation ménagée	d'un alcool secondaire	tertiaire	primaire
6	$R - COH(R') - R''$ c'est la formule des alcools	tertiaires	primaires	secondaires
7	La déshydrations d'un alcène asymétrique donne	Acide carboxylique	Un alcool secondaire	Un alcool primaire
8	La formule générale d'un alcool est	C_nH_{2n+2}	$C_nH_{2n+2}O$	$C_nH_{2n}O$
9	Une molécule de formule brute C_5H_{12} :	est un alcool	est un hydrocarbure	ne peut pas présenter de ramifications
10	Le 2-méthylpropan-1-ol a pour formule :	$CH_3 - CH_2 - CH(OH) - CH_3$	$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - OH$	$CH_3 - CH(CH_3) - CH_2 - OH$

Exercices

EXERCICE 1

1) Nommer les corps suivants :



2) Écrire les formules semi-développées des composés suivants :

- 4-méthylhexan-3-ol
- 2,2-diméthylbutan-1-ol

EXERCICE 2

Nomenclature et classification

1-Donner la formule semi-développée, le nom et la classe (primaire, secondaire, ou tertiaire) des alcools suivants :

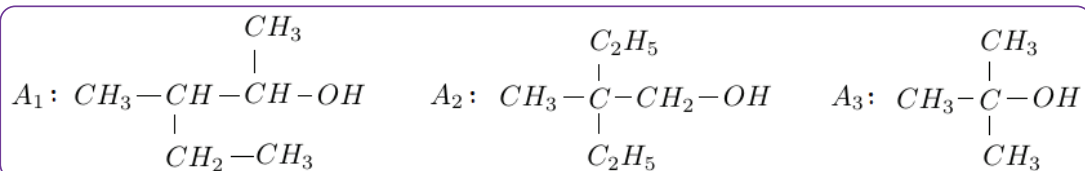
- $CH_3 - CH_2 - CH_2 - OH$
- $CH_3 - CH(OH) - CH_3$
- $(CH_3)_3CH_2 - OH$

2-Écrire les formules semi-développées des alcools suivants :

- 2-méthylpentan-2-ol
- Butan-1-ol

EXERCICE 3

- Déterminer la F.S.D, le nom et la classe de chacune isomère. (FSD: Formule Semi-développée)
- On dispose de trois alcools A_1 ; A_2 et A_3 de formules semi développées respectives :



Donner le nom et la classe de chaque alcool.

EXERCICE 4

1) Quel(s) alcool(s) peut-on obtenir par hydratation du :

- 2-méthylprop-1-ène.
- But-2-ène.
- 2-méthylbut-1-ène.

On donnera dans chaque cas la formule semi-développée, le nom et la classe de chaque alcool trouvé.

2) Quel(s) alcène(s) peut-on obtenir par déshydratation des alcools suivants :

- Butan-2-ol.
- 2-méthylpropan-2-ol.

On donnera dans chaque cas la formule semi-développée et le nom de l'alcène trouvé.

EXERCICE 5:

La combustion complète de 0,1 mol d'un alcool saturé A a donné un volume $V = 8,96$ L de dioxyde de carbone et de l'eau. Le volume molaire dans les conditions de l'expérience est $V_0 = 22,4$ L.mol⁻¹.

- Écrire l'équation-bilan de la combustion.
- Déterminer la formule brute de cet alcool.
- Déterminer la formule semi-développée, le nom et la classe de chacun de ses isomères.

EXERCICE 6:

Un composé organique A, constitué de carbone, hydrogène et d'un seul atome d'oxygène, réagit avec le sodium métallique en donnant un dégagement gazeux de dihydrogène.

- Quel groupe caractéristique cette expérience met-elle en évidence ? écrire la formule brute de A en fonction de n , nombre d'atomes de carbone dans la molécule.
- La masse molaire du composé A est voisine de 74 g/mol. En déduire sa formule brute et écrire ses formules semi-développées possibles en précisant leurs noms.
- Sachant que le composé A est un alcool secondaire, déterminer sa formule semi-développée.

EXERCICE 7:

1) Quel(s) alcool(s) peut-on obtenir par hydratation du :

- 2-méthylprop-1-ène.
- But-2-ène.
- 2-méthylbut-1-ène.

On donnera dans chaque cas la formule semi-développée, le nom et la classe de chaque alcool trouvé.

2) Quel(s) alcène(s) peut-on obtenir par déshydratation des alcools suivants :

- Butan-2-ol.
- 2-méthylpropan-2-ol.

On donnera dans chaque cas la formule semi-développée et le nom de l'alcène trouvé.

CHAPITRE 4 :

LES ENGRAIS

LES ENGRAIS

OBJECTIFS

- Comprendre ce qu'est un engrais et son rôle en agriculture.
- Distinguer les engrais organiques et minéraux.
- Identifier les impacts des engrais sur l'environnement.

I-Introduction : Les **engrais** sont des substances, le plus souvent des mélanges d'éléments minéraux, destinées à apporter aux plantes des compléments d'éléments nutritifs, de façon à améliorer leur croissance, et à augmenter le rendement et la qualité des cultures. L'action consistant à apporter un engrais s'appelle la fertilisation. Les engrais font partie, avec les amendements, des produits fertilisants. La fertilisation se pratique en agriculture et lors des activités de jardinage. Les engrais furent utilisés dès l'Antiquité, où l'on ajoutait au sol, de façon empirique, les phosphates des os, calcinés ou non, l'azote des fumures animales et humaines, le potassium des cendres.

II- Activité documentaire : Les **engrais et les enjeux de développement durable en Mauritanie et dans le monde.**

Document 1 : Définition et rôle des engrais

Les engrais sont des substances, naturelles ou chimiques, qui apportent aux plantes les éléments nécessaires à leur croissance : azote (N), phosphore (P) et potassium (K). On distingue :

- **Les engrais organiques** : fumiers, composts, déchets végétaux ou animaux. Ils enrichissent le sol lentement et améliorent sa structure.
- **Les engrais minéraux (ou chimiques)** : produits en usine, ils sont plus concentrés, solubles et agissent plus rapidement, mais peuvent appauvrir les sols à long terme.

Document 2 : Impacts environnementaux des engrais

L'usage excessif d'engrais chimiques peut polluer les nappes phréatiques, provoquer l'eutrophisation des rivières (algues vertes), et contribuer aux émissions de gaz à effet de serre (notamment le protoxyde d'azote, un puissant gaz à effet de serre). En revanche, les engrais organiques sont plus respectueux de l'environnement, mais nécessitent plus de travail et produisent moins rapidement des résultats visibles.

Document 3 : Les engrais en Mauritanie

En Mauritanie, l'agriculture est limitée à quelques zones irriguées (fleuve Sénégal, oasis du désert, zones sahéliennes). Les agriculteurs utilisent souvent des engrais minéraux importés (coûteux) ou peu d'engrais, ce qui limite la productivité. Le développement de composts à base de déchets agricoles ou ménagers constitue une solution locale, durable et peu coûteuse, mais encore peu répandue. Le **Programme Mauritanien d'Agriculture Durable (PMAD)** encourage depuis 2020 l'utilisation d'engrais organiques, notamment dans les coopératives rurales féminines.

Document 4 : Enjeux mondiaux du développement agricole

Selon la FAO, plus de **820 millions de personnes souffrent encore de faim dans le monde en**

CHAPITRE 4

2019. Or, produire plus d'aliments tout en préservant l'environnement est un défi mondial. Les engrais jouent un rôle central dans ce défi : il faut **augmenter les rendements agricoles, préserver la fertilité des sols et réduire la pollution.** L'usage d'engrais naturels et les **pratiques agricoles écologiques (agroécologie, rotation des cultures, agriculture biologique)** sont des pistes durables.

QUESTIONS

1. Document 1

- Citer les trois éléments nutritifs apportés par les engrais.
- Distinguer un engrais organique d'un engrais minéral.

2. Document 2

- Nommer deux conséquences environnementales négatives de l'usage intensif d'engrais chimiques.
- Pourquoi les engrais organiques sont-ils plus respectueux de l'environnement ?

3. Document 3

- Quel est l'obstacle principal à l'utilisation des engrais en Mauritanie ?
- Quelle solution locale est proposée par le Programme Mauritanien d'Agriculture Durable ?

4. Document 4

- Quel est le lien entre l'usage des engrais et la lutte contre la faim dans le monde ?
- Donnez deux pratiques agricoles durables mentionnées dans le document.

5. Question d'ouverture

Selon vous, quelles seraient les **conditions nécessaires** pour que les engrais organiques soient **mieux utilisés** dans les zones rurales mauritaniennes ?

(Réponse personnelle argumentée en 5 lignes)

III-Exploitation de l'activité : Les engrais et les enjeux du développement durable en Mauritanie et dans le monde

1. Document 1

- Les trois éléments nutritifs sont : **azote (N), phosphore (P), potassium (K).**
- Un **engrais organique** est naturel (fumier, compost), agit lentement, améliore le sol.
 - Un **engrais minéral** est chimique, produit en usine, agit rapidement mais peut appauvrir le sol.

2. Document 2

- Deux conséquences :
 - Pollution des nappes phréatiques
 - Eutrophisation des eaux (algues vertes)
- Les engrais organiques sont plus respectueux car ils ne polluent pas, améliorent la structure du sol et n'émettent pas de gaz à effet de serre en grande quantité.

3. Document 3

- L'obstacle principal : **le coût élevé des engrais chimiques importés et la faible utilisation d'engrais** en général.

b. Le **PMAD** propose l'usage de **composts à base de déchets agricoles ou ménagers** comme solution durable, locale et peu coûteuse.

4. Document 4

a. Les engrais permettent **d'augmenter les rendements agricoles**, ce qui aide à produire plus de nourriture pour lutter contre la faim.

b. Deux pratiques agricoles durables :

- **L'agroécologie**
- **La rotation des cultures ou l'agriculture biologique**

5. Réponse possible (ouverte)

Pour que les engrais organiques soient plus utilisés en Mauritanie, il faudrait d'avantage organiser des formations agricoles dans les villages, créer plus de coopératives pour produire du compost local, et réduire la dépendance aux engrais importés. L'État et les ONG doivent continuer à soutenir ces initiatives.

IV. Qu'est-ce qu'un engrais et quel est son utilité :

○ Définition :

Les engrais, qu'ils soient organiques ou minéraux, sont des substances qui apportent aux plantes des éléments nutritifs essentiels à leur croissance et à leur développement. Ils peuvent être d'origine naturelle (comme le fumier ou le compost) ou synthétisés par l'industrie

○ Utilité :

- **Amélioration de la croissance des plantes :**

Les engrais fournissent aux plantes les éléments nutritifs dont elles ont besoin, tels que l'azote, le phosphore et le potassium (NPK), favorisant ainsi une croissance plus rapide et plus vigoureuse.

- **Augmentation du rendement des cultures :**

En compensant les carences du sol, les engrais permettent d'obtenir de meilleures récoltes, que ce soit en termes de quantité ou de qualité.

- **Amélioration de la qualité des cultures :**

Certains engrais peuvent améliorer la résistance des plantes aux maladies et aux ravageurs, ainsi que la qualité des fruits et des légumes

- **Maintien de la fertilité des sols :**

Les engrais, surtout les engrais organiques, contribuent à améliorer la structure du sol et sa capacité à retenir l'eau et les nutriments

Rôle en agriculture et jardinage :

Les engrais sont utilisés à grande échelle en agriculture pour augmenter les rendements des cultures et nourrir une population mondiale croissante. Ils sont également utilisés par les jardiniers pour améliorer la croissance de leurs plantes et obtenir de beaux jardins

V. Les types d'engrais

On distingue principalement deux types d'engrais :

A. Engrais organiques

Ils sont d'origine naturelle (fumier, compost, etc.) et ont un effet positif sur la vie du sol

CHAPITRE 4

- Avantages :
 - o Améliorent la structure du sol.
 - o Libération lente des nutriments.

B. Engrais minéraux

Ils sont fabriqués par l'industrie et apportent des éléments nutritifs sous une forme directement assimilable par les plantes

- Avantages :
 - o Action rapide.
 - o Dosage précis.
- Inconvénients :
 - o Risque de pollution (eutrophisation).

VI. Impacts environnementaux

Les engrais, bien que bénéfiques pour l'agriculture, ont des impacts environnementaux significatifs. L'utilisation excessive d'engrais, notamment les engrais azotés et phosphatés, peut entraîner la pollution des eaux (eutrophisation des lacs et des rivières), la contamination des sols, et des émissions de gaz à effet de serre. Ces impacts peuvent affecter la biodiversité, la santé des écosystèmes et contribuer au changement climatique

VII-Solutions pour réduire les impacts environnementaux :

Utilisation raisonnée des engrais :

Adopter des pratiques agricoles durables, comme l'utilisation d'engrais organiques, et optimiser les apports d'engrais pour limiter les pertes et les risques de pollution.

Diversification des cultures :

La diversification des cultures permet de réduire la dépendance aux engrais et d'améliorer la santé des sols.

Gestion intégrée de la fertilité des sols :

Adopter des pratiques de gestion intégrée de la fertilité des sols, qui tiennent compte des besoins des cultures et de la capacité des sols à fournir les nutriments nécessaires.

Recherche et développement :

Investir dans la recherche et le développement de nouvelles technologies et de pratiques agricoles plus durables, afin de réduire l'impact environnemental des engrais.

L'essentiel du cours

Les engrais sont des substances qui sont ajoutées aux sols ou aux plantes pour apporter des nutriments essentiels. Ils aident à améliorer la croissance des plantes en fournissant les éléments nutritifs nécessaires à leur développement.

Types d'engrais

Engrais minéraux : Contiennent des éléments nutritifs tels que l'azote (N), le phosphore (P), et le potassium (K). Ils sont souvent classés sous forme de NPK, indiquant les proportions de ces nutriments.

Engrais organiques : Proviennent de sources naturelles (compost, fumier, etc.) et enrichissent le sol en nutriments tout en améliorant sa structure.

Les Nutriments Clés

- Azote (N) : Favorise la croissance des feuilles et des tiges.
- Phosphore (P) : Essentiel pour le développement des racines et la floraison.
- Potassium (K) : Renforce la résistance des plantes aux maladies et aide à la maturation des fruits.

Impact Environnemental

Utilisés de manière excessive, les engrais peuvent causer des problèmes tels que la pollution des eaux et la dégradation des sols. Il est important d'équilibrer l'utilisation des engrais avec des pratiques durables pour protéger notre écosystème.

DEBAT ET QUESTIONNEMENT

Pour vivre et se développer, les plantes ont besoin d'eau, de près de 20 éléments nutritifs qu'elles trouvent sous forme minérale dans le sol, ou aussi apportés par l'air et d'énergie solaire. Un végétal peut être composé jusqu'à 90% d'eau et 10% de matière sèche, la matière sèche contenant tous les autres éléments indispensables à la plante.

Parmi les éléments nécessaires, on trouve l'élément carbone, oxygène, hydrogène provenant du dioxyde de carbone de l'air et dans l'eau. Les autres éléments tels que l'azote, le phosphore, le potassium et en moindre quantité le calcium, le soufre, le magnésium ainsi que les oligo-éléments (éléments comme le cuivre, le fer, le manganèse, ...nécessaires à la plante mais en très faibles quantités) sont fournis aux végétaux par le sol.

Pour être assimilés par les plantes, ces éléments doivent être, pour la plupart, sous forme d'ions. Ces derniers sont en équilibre avec un complexe appelé « complexe argilo-humique » noté CAH qui joue alors le rôle de réservoir à ions. Ce complexe, présent dans le sol, sous forme solide est un mélange de minéraux argileux et d'humus (couche supérieure du sol créée et entretenue par la décomposition de la matière organique, essentiellement par l'action combinée des animaux, des bactéries et des champignons du sol).

Au fur et à mesure de la croissance de la plante, ces ions vont être utilisés, provoquant ainsi un appauvrissement du sol en éléments nutritifs. Il est alors nécessaire de fertiliser le sol.

Composition de la matière végétale sèche

Élément	C	O	H	N	K	Ca	P	Mg	S
(masse)%	42	44	6	2	2,5	1,3	0,4	0,4	0,4

Questions :

- 1) Nommer les trois éléments qui composent l'essentiel de la matière sèche de la plante et indiquer leur symbole. Dans quel milieu la plante trouve-t-elle ces éléments ?
- 2) Quels autres milieux sont susceptibles de fournir les autres éléments ?
- 3) Selon vous, qu'est-ce qui différencie macroéléments et oligo-éléments ?
- 4) Sous quelle forme ces éléments doivent-ils être dans le sol pour être assimilés par les plantes?

Q.C.M : Donner la ou les bonne(s) réponse(s)

N°	Le libellé de la question	Réponse A	Réponse B	Réponse C
1	Les engrais ont pour but	de polluer l'eau	de diminuer les ravageurs	de compenser les pertes de matière des récoltes
2	? Qu'est-ce que le compost	Un engrais naturel et gratuit	Un terre brune qui sert de fertilisant	Un engrais utile en agriculture et jardinage
3	À quoi sert le compostage ?	C'est une action éco-citoyenne : je préserve mon environnement et je limite le volume de déchets à traiter par ma Collectivité	Il permet la production gratuite d'un engrais naturel qui enrichit mes sols, nourrit mon jardin et mes plantes	Il augmente la pollution en augmentant la quantité de déchets à enfouir
4	Quel élément nutritif principal est souvent présent dans les engrais pour favoriser la croissance des plantes ?	Azote	Calcium	Magnésium
5	Quels sont les principaux ?types d'engrais			
6	Les engrais NPK fournissent : aux végétaux cultivés	Du dioxygène	Du carbone	De l'azote

Exercices

EXERCICE 1

1. Qu'est-ce qu'un engrais ? Donner une définition simple.
2. Citer les trois éléments nutritifs majeurs (macro-éléments) essentiels pour la croissance des plantes. Expliquer brièvement le rôle de chacun.
3. Quelle est la différence entre un engrais minéral et un engrais organique ? Donner un exemple pour chaque catégorie.
4. Que signifie la formule N-P-K sur un sac d'engrais ? À quoi correspondent les chiffres ?

EXERCICE 2

Un agriculteur souhaite apporter de l'engrais à son champ de maïs. Il dispose d'un engrais composé dont la formule est 15-10-20.

1. Que représente cette formule en termes de pourcentage ?
2. Si l'agriculteur applique 200 kg de cet engrais par hectare, quelle quantité de chaque élément N, P et K apporte-t-il par hectare ? (Donner vos réponses en kg).
3. Le sol a besoin de 90 kg d'azote (N) par hectare. Quelle quantité de cet engrais (15-10-20) l'agriculteur doit-il utiliser pour apporter exactement 90 kg d'azote par hectare ?

EXERCICE 3

Vous êtes conseiller agricole et un maraîcher vous demande quel engrais utiliser pour ses tomates en pleine croissance. Il observe que les feuilles jaunissent légèrement et que la floraison est faible.

1. Quels sont les problèmes potentiels indiqués par les symptômes du maraîcher ?
2. Quel type d'engrais (plutôt riche en N, P ou K) lui conseilleriez-vous en priorité pour stimuler la floraison et le développement des fruits, tout en corrigeant le jaunissement des

feuilles ? Justifier votre choix.

3. Pourquoi est-il important de ne pas sur-fertiliser ? Donner au moins deux raisons.

EXERCICE 4 : Vrai ou Faux

Indiquer si les affirmations suivantes sont Vraies ou Fausses et corriger celles qui sont fausses.

1. Les engrais apportent uniquement de l'azote aux plantes.
2. Un engrais avec une formule 0-20-0 est riche en potassium.
3. La chaux est un type d'engrais qui augmente l'acidité du sol.
4. Les engrais organiques agissent généralement plus lentement que les engrais minéraux.

DOSSIER DOCUMENTAIRE : La maîtrise de la production des engrais : un enjeu géopolitique central

En 2025, les engrais sont devenus un levier géostratégique majeur. Ils ne sont plus seulement des intrants agricoles, mais des instruments de puissance et de dépendance entre États. La guerre en Ukraine, les tensions commerciales entre la Chine et les États-Unis, la transition énergétique, les perturbations climatiques et l'insécurité alimentaire dans le Sud redessinent profondément les équilibres autour de cette ressource cruciale.

1. La guerre en Ukraine : rupture d'équilibres et instrumentalisation des engrais

Le conflit russo-ukrainien, prolongé en 2025, a bouleversé le marché mondial des engrais. La Russie, l'un des trois plus grands producteurs mondiaux d'engrais (notamment de potasse et d'ammoniac), a vu ses exportations fortement réduites par les sanctions occidentales, tandis que l'Ukraine, grand producteur agricole, dépendant des engrais russes et biélorusses, a vu sa production chuter. Cette guerre a :

- **Fragmenté le marché mondial**, en poussant les pays à rechercher des alternatives régionales ou locales.
- **Instrumentalisé l'engrais comme arme géopolitique** : Moscou a limité ses exportations vers les pays européens et renforcé ses liens avec l'Afrique, l'Amérique latine et l'Asie, dans une logique de diplomatie agricole.
- **Accélééré l'envolée des prix mondiaux**, aggravant l'insécurité alimentaire, surtout dans les pays dépendants des importations comme ceux du Sahel.

2. Concentration des ressources et dépendances stratégiques

La production des trois grands types d'engrais reste extrêmement concentrée :

- **Phosphates** : Le Maroc détient plus de 70 % des réserves mondiales.
- **Potasse** : Russie, Biélorussie et Canada dominent l'export mondial.
- **Azote** (urée, ammoniac) : Produit à partir de gaz naturel, donc lié à la géopolitique énergétique (Russie, Qatar, États-Unis).

Cette concentration crée une **dépendance asymétrique** : les pays du Sud, notamment africains, dépendent massivement des importations. Les pays producteurs peuvent ainsi exercer des pressions économiques et diplomatiques, comme la Russie ou la Chine l'ont démontré entre 2022 et 2025.

3. Transition énergétique et nouvelles rivalités industrielles

La production d'engrais azotés est énergivore, dépendante du gaz naturel. La transition vers des engrais "verts", produits à partir d'hydrogène issu d'énergies renouvelables (électrolyse de l'eau), redéfinit la hiérarchie géopolitique :

- Des pays comme le **Maroc**, l'**Égypte**, l'**Arabie Saoudite**, et la **Namibie** investissent massive-

ment dans des projets d'ammoniac vert.

- L'**Union européenne**, désireuse de s'affranchir du gaz russe, soutient les partenariats stratégiques pour sécuriser ses approvisionnements.

Ces mutations créent une **nouvelle cartographie des puissances agro-industrielles**, reposant sur la maîtrise du couple "énergie renouvelable + hydrogène + engrais".

4. L'Afrique, un champ de bataille diplomatique pour les engrais

Le continent africain, riche en terres mais pauvre en engrais, est devenu un terrain stratégique :

- Le **Maroc**, via l'OCP, renforce sa diplomatie des phosphates vers les pays du Sahel et d'Afrique de l'Ouest.
- La **Chine** et la **Russie** offrent des livraisons préférentielles ou des dons d'engrais en échange d'alliances politiques.
- Les **États-Unis** et l'**UE** financent des programmes de soutien à la production locale d'engrais pour contrebalancer l'influence sino-russe.

En somme, la diplomatie des engrais est aujourd'hui comparable à celle du pétrole au XXe siècle.

5. Risques climatiques, logistiques et sécurité alimentaire

La production et la distribution des engrais sont également affectées par :

- Les **aléas climatiques** (sécheresses, inondations) qui perturbent l'approvisionnement des matières premières.
- Les **blocages logistiques** : conflits en mer Rouge, piraterie dans le Golfe de Guinée, attaques cyber sur les infrastructures portuaires.
- Les tensions sociales liées à la **hausse des prix** : de nombreuses manifestations ont éclaté en 2024-2025 en Afrique subsaharienne, au Sri Lanka ou en Haïti, provoquées par la flambée du coût des engrais et la baisse des rendements agricoles.

Conclusion

En 2025, les engrais ne sont plus une simple affaire d'agriculture. Leur maîtrise conditionne l'équilibre géopolitique, la souveraineté alimentaire, et l'indépendance énergétique de nombreux États. Les pays capables d'intégrer cette ressource dans une stratégie durable, nationale ou régionale, auront un avantage stratégique considérable dans un monde de plus en plus fragmenté et incertain.

DOSSIER DOCUMENTAIRE : La Mauritanie face aux enjeux géopolitiques de la production des engrais : potentiel, défis et stratégie

En 2025, la Mauritanie se trouve à la croisée des chemins entre dépendance agricole, enjeux géopolitiques et potentiel inexploité. Alors que la sécurité alimentaire devient un enjeu prioritaire pour les États sahéliens, la maîtrise de la production d'engrais apparaît comme un levier stratégique incontournable. Le pays dispose d'un atout majeur souvent ignoré : le **gisement de phosphate de Bofal**, dans la région du Brakna, encore non exploité, mais porteur d'un potentiel immense.

1. Une dépendance critique aux engrais importés

Comme de nombreux pays du Sahel, la Mauritanie importe la quasi-totalité des engrais utilisés dans son agriculture (urée, NPK, phosphate diammonique). Cette dépendance expose le pays :

- Aux **fluctuations des prix internationaux**, aggravées depuis la guerre en Ukraine et les tensions maritimes en mer Rouge ;

- Aux **retards d'approvisionnement** liés aux crises logistiques régionales (fermeture des corridors maliens, instabilité dans le Sahel) ;
- À la **vulnérabilité politique**, car les fournisseurs principaux (Maroc, Russie, Chine) peuvent conditionner leurs livraisons à des intérêts géopolitiques.

Cette situation nuit directement à la productivité agricole nationale, alors que le pays est confronté à la progression de l'insécurité alimentaire (près de 20 % de la population en situation d'insécurité modérée ou grave selon la FAO en 2024).

2. Le gisement de Bofal : un levier stratégique

Le site de **Bofal**, situé à la frontière avec le Sénégal, est l'un des plus importants gisements de phosphate d'Afrique de l'Ouest, avec des **réserves estimées à plus de 60 millions de tonnes**. Malgré plusieurs études depuis les années 1980, le site reste **non exploité**, en raison :

- Du manque d'investissement et de partenariat stratégique ;
- De l'absence d'infrastructures (routes, chemin de fer, usine de transformation) ;
- D'une vision nationale insuffisamment articulée autour de l'**industrialisation agricole**.

Pourtant, l'exploitation de **Bofal** permettrait à la Mauritanie :

- De **produire localement des engrais phosphatés** (superphosphate, NPK) ;
- De **réduire drastiquement sa dépendance** aux importations ;
- De **devenir un fournisseur régional**, notamment pour le Mali, le Sénégal et le Niger ;
- De développer des chaînes de valeur agro-industrielles durables.

3. Un potentiel à relier à une stratégie nationale intégrée

Dans un contexte régional marqué par :

- La **fermeture des corridors de transit** à cause des conflits dans la sous-région,
- La **concentration des marchés mondiaux d'engrais** (Maroc, Russie, Chine),
- La **montée des rivalités géoéconomiques** autour de l'Afrique de l'Ouest,

La Mauritanie doit impérativement inscrire Bofal dans une **stratégie intégrée de souveraineté agricole**, comprenant :

- Une **politique d'investissement public-privé** pour le développement minier et industriel ;
- Un **partenariat énergétique** pour alimenter les unités de production d'engrais (énergie solaire ou gaz naturel du bassin offshore) ;
- Une **politique agricole orientée vers l'intensification durable**, notamment dans la vallée du fleuve Sénégal ;
- Un appui conséquent aux agriculteurs pour l'**accès abordable et local aux intrants**.

4. Environnement, diplomatie et résilience climatique

L'exploitation des phosphates doit se faire dans le respect des enjeux **environnementaux** (eaux du fleuve Sénégal, protection des terres agricoles, gestion des déchets). De plus, dans une région où les engrais deviennent un outil diplomatique (cf. coopération russo-africaine, stratégie OCP du Maroc), la Mauritanie pourrait renforcer son rôle régional en proposant **une offre sahélienne d'engrais durable**, adaptée au climat aride et aux sols pauvres.

Conclusion

La Mauritanie a une opportunité capitale : transformer le gisement de Bofal en un **pivot de sa souveraineté alimentaire et géopolitique**. En s'appuyant sur ses ressources naturelles, son positionnement régional et une stratégie volontariste, le pays peut non seulement sécuriser son avenir agricole, mais aussi devenir un acteur clé dans la nouvelle géopolitique des engrais en Afrique de l'Ouest.

UN ARTICLE SUR CHAÎNE DE VALEUR DES ENGRAIS À PARTIR DU GISEMENT DE PHOSPHATE DE BOFAL (MAURITANIE)

1. EXTRACTION (AMONT MINIER)

- **Localisation** : Bofal, Brakna (Sud de la Mauritanie)
- **Ressource** : Phosphate naturel (apatite)
- **Opérations** :
 - Forage et dynamitage
 - Concassage et broyage
 - Transport du minerai brut
 - **Objectif** : Valoriser un gisement encore non exploité estimé à plusieurs dizaines de millions de tonnes.

2. TRANSFORMATION (INTERMÉDIAIRE CHIMIQUE)

- **Phases** :
 - **Traitement chimique** (acide sulfurique + phosphate → acide phosphorique)
 - **Formulation** d'engrais :
 - **DAP** (Di-ammonium phosphate)
 - **TSP** (Triple superphosphate)
 - **NPK** (Azote-Phosphore-Potassium, avec importation ou production locale de N et K)
- Possibilité d'intégrer un **complexe chimique régional** (ex : collaboration avec le Sénégal ou le Mali)

3. DISTRIBUTION & LOGISTIQUE

- **Transport** :
 - Projet de **chemin de fer Bofal-Nouakchott** ou liaison fluviale via le **fleuve Sénégal**
 - Stockage en zones agro-industrielles
- **Distribution nationale** :
 - Coopératives agricoles
 - Marchés ruraux
 - Subvention par l'État

Exportation possible vers : Sénégal, Mali, Burkina Faso

4. UTILISATION AGRICOLE (AVAL AGRICOLE)

- **Cible** : Agriculteurs mauritaniens, surtout dans la Vallée du fleuve et les oasis
- **Objectifs** :
 - Amélioration des rendements agricoles (riz, légumes, fourrage)
 - Réduction de la dépendance aux importations d'engrais
 - Lutte contre la malnutrition (via sécurité alimentaire)

5. IMPACTS & ENJEUX STRATÉGIQUES

- **Économie** : Création d'emplois locaux, développement industriel
- **Environnement** : Nécessité de gestion durable des déchets miniers et chimiques
- **Géopolitique** : Atout stratégique face à la dépendance africaine aux engrais importés
- **Souveraineté alimentaire** : Pilier pour l'autosuffisance de la Mauritanie à l'horizon 2030-2035

Conclusion :

La valorisation du phosphate de Bofal permettrait de bâtir une **chaîne de valeur complète "du sol au champ"**, tout en positionnant la Mauritanie comme **acteur régional des engrais phosphatés**.

Le tableau périodique des éléments

1 I A																	18 VIII A
1 H Hydrogène 1,01																	2 He Hélium 4,00
2 Li Lithium 6,94	3 Be Béryllium 9,01															10 Ne Néon 20,18	
3 Na Sodium 22,99	4 Mg Magnésium 24,31	5 Al Aluminium 26,98	6 Si Silicium 28,09	7 P Phosphore 30,97	8 S Soufre 32,06	9 Cl Chlore 35,45	10 Ar Argon 39,95									18 Kr Krypton 83,80	
4 K Potassium 39,10	5 Ca Calcium 40,08	6 Sc Scandium 44,96	7 Ti Titane 47,88	8 V Vanadium 50,94	9 Cr Chrome 52,00	10 Mn Manganèse 54,94	11 Fe Fer 55,85	12 Co Cobalt 58,93	13 Ni Nickel 58,69	14 Cu Cuivre 63,55	15 Zn Zinc 65,38	16 Ga Gallium 69,72	17 Ge Germanium 72,64	18 As Arsenic 74,92	19 Se Sélénium 78,96	20 Br Brome 79,90	21 Kr Krypton 83,80
5 Rb Rubidium 85,47	6 Sr Strontium 87,62	7 Y Yttrium 88,91	8 Zr Zirconium 91,22	9 Nb Niobium 92,91	10 Mo Molybdène 95,94	11 Tc Technétium 98,91	12 Ru Ruthénium 101,07	13 Rh Rhodium 101,07	14 Pd Paladium 106,90	15 Ag Argent 107,87	16 Cd Cadmium 112,41	17 In Indium 114,82	18 Sn Étain 118,71	19 Sb Antimoine 121,76	20 Te Tellure 127,60	21 I Iode 126,91	22 Xe Xénon 131,30
6 Cs Césium 132,91	7 Ba Baryum 137,33	8 La Lanthane 138,91	9 Hf Hafnium 178,49	10 Ta Tantale 180,95	11 W Tungstène 183,85	12 Re Rhenium 186,21	13 Os Osmium 190,23	14 Ir Iridium 192,22	15 Pt Platine 195,08	16 Au Or 196,97	17 Hg Mercure 200,59	18 Tl Thallium 204,38	19 Pb Plomb 207,2	20 Bi Bismuth 208,98	21 Po Polonium 209	22 At Astaté 210	23 Rn Radon 222
7 Fr Francium 223	8 Ra Radium 226	9 Ac Actinium 227	10 Rf Rutherfordium 261	11 Db Dubnium 262	12 Sg Seaborgium 266	13 Bh Bohrium 264	14 Hs Hassium 277	15 Mt Meitnerium 268	16 Ds Darmstadtium 285	17 Rg Roentgenium 282	18 Cn Copernicium 285	19 Nh Nihonium 284	20 Fl Flerovium 289	21 Mc Moscovium 288	22 Lv Livermorium 293	23 Ts Tennece 294	24 Og Ognesson 294
			58 Ce Cérium 140,12	59 Pr Praseodyme 140,91	60 Nd Néodyme 144,24	61 Pm Prométhée 144,91	62 Sm Samarium 150,36	63 Eu Europium 151,96	64 Gd Gadolinium 157,25	65 Tb Terbium 158,93	66 Dy Dysprosium 162,50	67 Ho Holmium 164,93	68 Er Erbium 167,26	69 Tm Thulium 168,93	70 Yb Ytterbium 173,05	71 Lu Lutécium 174,97	
			90 Th Thorium 232,04	91 Pa Protactinium 231,04	92 U Uranium 238,03	93 Np Neptunium 237,05	94 Pu Plutonium 244,06	95 Am Américium 243,06	96 Cm Curium 247,07	97 Bk Berkélium 247,07	98 Cf Californium 251,08	99 Es Einsteinium 252,08	100 Fm Fermium 257,10	101 Md Mendéliévium 258,10	102 No Nobelium 259,10	103 Lr Lawrencium 262,11	

1

I A

1

1,01

H

Hydrogène

13

III A

B

Bore

14

IV A

C

Carbone

15

V A

N

Azote

16

VI A

O

Oxygène

17

VII A

F

Fluor

18

VIII A

He

Hélium

Nom de l'élément

Número atomique

Masse atomique

Symbole chimique

Li

Métaux

B

Métalloïdes

H

Non-métaux

Gaz

Liquides

Solides

Solides synthétiques

alioprof

IPN