

Niveau : 1^{ères} CD

Discipline : PHYSIQUE-
CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE

THEME: CHIMIE ORGANIQUE



TITRE DE LA LEÇON : HYDROCARBURES SATURÉS : LES ALCANES

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Dans le cadre des activités du club scientifique, les élèves de la 1^{ère} C du Lycée Akpa Gnagne de Dabou se rendent à la Société Ivoirienne de Raffinage (SIR). Lors de cette visite, ils apprennent que le pétrole lampant, le gaz de cuisine l'essence sans plomb, le gas-oil, et le kérosène contiennent des d'alcanes.

Agréablement surpris, de retour en classe, ils s'engagent, sous la conduite du professeur à connaître la structure des alcanes, à nommer quelques alcanes et à expliquer l'intérêt des alcanes.

II. CONTENU DE LA LEÇON

1. Généralités

1.1. La liaison covalente

Une liaison covalente s'établit entre deux atomes par la **mise en commun** de deux de leurs **électrons célibataires** de manière à former un **doublet de liaison**.

1.2. La valence d'un atome

La valence d'un atome est le **nombre de liaisons** de covalence qu'il peut former avec d'autres atomes.

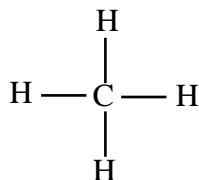
1.3. Formule brute générale des alcanes

Les **alcanes** sont des hydrocarbures dont **tous les atomes de carbone** ont une structure tétraédrique. Leur formule brute générale est C_nH_{2n+2} ($n \geq 1$)

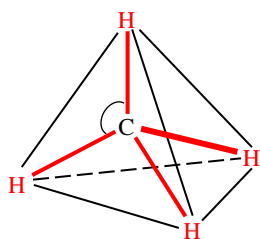
2. Structure des alcanes

2.1. Le méthane

C'est le plus simple des alcanes. Sa **formule brute** est CH_4 . L'atome de carbone établit 4 liaisons de covalence avec 4 atomes d'hydrogène d'où la formule développée suivante :



La structure géométrique de la molécule est :



L'atome de carbone est situé au centre d'un tétraèdre régulier dont les sommets sont occupés par les 4 atomes d'hydrogène : on dit que le carbone a une **structure tétraédrique**.

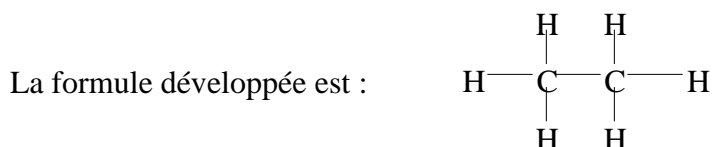
Les caractéristiques géométriques de la molécule sont :

- longueur de liaison C—H : **109 pm** (1 pm = 10⁻¹² m)
- angle de liaison : $\widehat{HCH} = 109^{\circ}28'$.

2.2. L'éthane

Les deux atomes de carbone sont tétraédriques.

La formule brute de l'éthane est **C₂H₆**.



La formule semi-développée est **CH₃—CH₃**

Les deux groupes méthyle – CH₃ peuvent tourner l'un par rapport à l'autre, l'axe de rotation étant l'axe de la liaison C - C.

2.3. Notion de chaîne carbonée

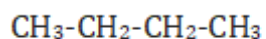
2.3.1- Définition

On appelle **chaîne carbonée** ou squelette **carboné**, l'enchaînement des atomes de carbone qui constituent une molécule organique.

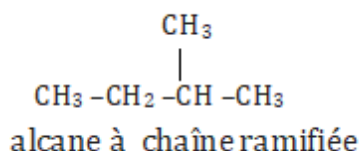
- Une **chaîne carbonée** est dite **linéaire** si elle est constituée d'atomes de carbone liés les uns à la suite des autres, et qu'elle ne forme pas une boucle.

- Une **chaîne carbonée** est dite **ramifiée** si au moins un des atomes de carbone, appelé carbone **ramifié**, est lié à trois ou quatre autres atomes de carbone.

2.3.2- Exemples



Alcane à chaîne linéaire



3. Règles de nomenclature des alcanes

3.1 Les alcanes à chaîne carbonée linéaire

Les quatre premiers alcanes ont un nom consacré par l'usage.

n = 1 ; Méthane	n = 2 ; Ethane	n = 3 ; Propane	n = 4 ; Butane
-----------------	----------------	-----------------	----------------

Pour les suivants, le nom de l'alcane à chaîne linéaire est obtenu de la manière suivante :

Préfixe + **ane**: le préfixe indique le **nombre d'atomes** de carbone dans la molécule.

Exemples :

Nombre d'atome de carbone (n)	préfixe	nom	Formule brute
5	pent	pentane	C ₅ H ₁₂
6	hex	hexane	C ₆ H ₁₄
7	hept	heptane	C ₇ H ₁₆
8	oct	octane	C ₈ H ₁₈
9	non	nonane	C ₉ H ₂₀
10	déc	décane	C ₁₀ H ₂₂

3.2 Groupe alkyle

Un groupe **alkyle** dérive des alcanes par la perte d'un atome d'hydrogène.

Pour nommer un groupe alkyle, il suffit de prendre le préfixe indiquant le nombre de carbone et de mettre le suffixe « -yle ».

Par exemple :

- méthyle : CH₃- ;
- éthyle : CH₃-CH₂- ;
- propyle : CH₃-CH₂-CH₂- ;
- isopropyle : CH₃- $\underset{|}{\text{C}}\text{H}$ -CH₃.

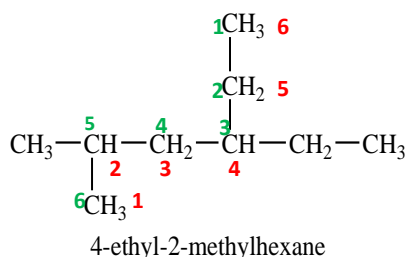
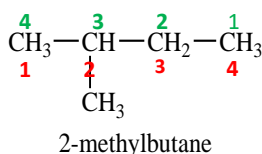
3.3-Les alcanes à chaîne carbonée ramifiée

① On recherche la chaîne la plus longue (**chaîne principale**). Son nombre d'atomes de carbone détermine le nom de l'alcane.

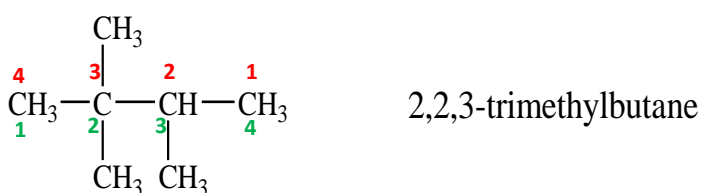
② On numérote la chaîne principale de sorte que les indices de position des groupes alkyles soient les petits bas possibles.

③ Le nom de l'alcane est constitué des noms des ramifications précédés de leur indice de position (avec un tiret) suivis du nom de la chaîne principale. Les ramifications sont indiquées par ordre alphabétique et on supprime le « e » final.

Exemples :

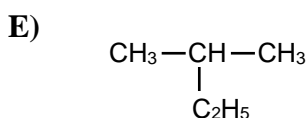
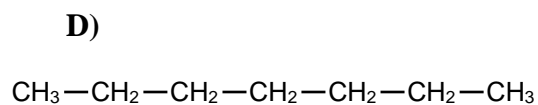
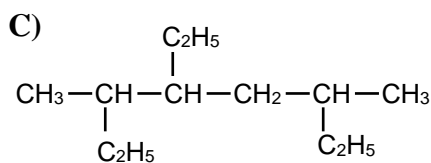
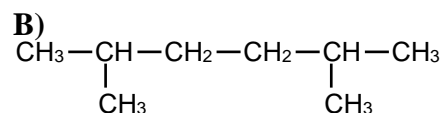
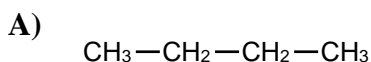


N.B Dans le cas de plusieurs substituants identiques, on utilise les préfixes di, tri, tétra,



Activité d'application

Nomme chacun des alcanes suivants :



Solution

- A) butane
- B) 2,5 – diméthylhexane
- C) 4- éthyl - 3,6 – diméthyl-octane
- D) heptane
- E) 2-méthylbutane

4. Les cyclanes

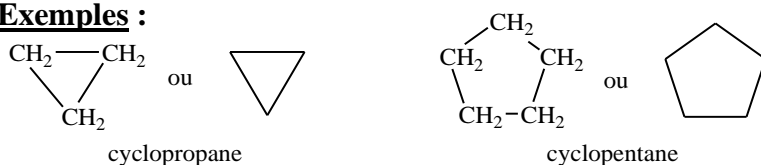
4.1-Définition

Les **cyclanes** (ou **cycloalcanes**) sont les hydrocarbures dans lesquels les liaisons carbone-carbone sont des liaisons simples et dont la chaîne carbonée se referme sur elle-même.

Leur formule générale brute est C_nH_{2n} .

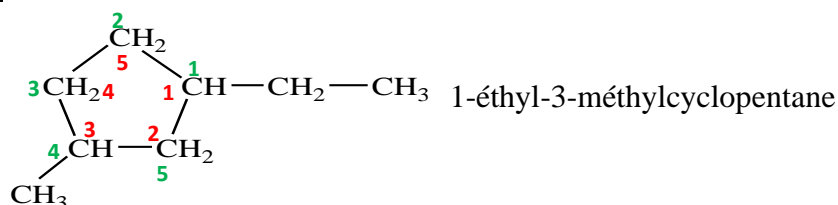
- Le nom des cyclanes non ramifiés s'obtient en faisant précéder du préfixe **cyclo**, le nom de l'alcane linéaire correspondant.

Exemples :



- Pour les cyclanes à chaîne ramifiée, on utilise les mêmes règles appliquées aux alcanes ramifiés.

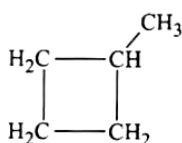
Exemple :



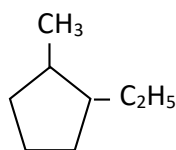
Activité d'application

Nomme les composés de formules semi-développées suivantes :

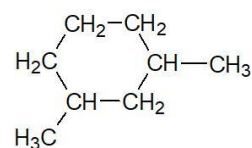
1)



2)



3)



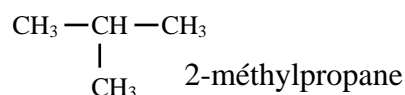
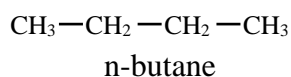
Solution

- 1) méthylcyclobutane ;
- 2) 1-éthyl-2-méthylcyclopentane
- 3) 1, 3-diméthylcyclohexane ;

5- Isomérisation de chaîne

On appelle isomères de chaîne, des composés qui possèdent la même formule brute mais des formules semi-développées différentes.

Exemples :



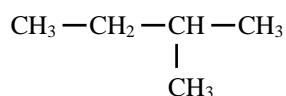
Activité d'application

Donne les formules semi-développées et les noms des isomères de formule brute C_5H_{12}

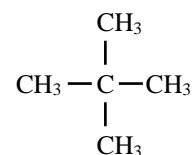
Solution



n-pentane



2-méthylbutane



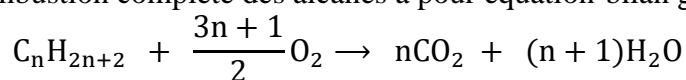
2,2-diméthylpropane

6-Propriétés chimiques des alcanes

6.1. Combustion des alcanes dans le dioxygène

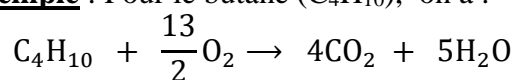
6.1.1. Combustion complète

La combustion complète des alcanes a pour équation-bilan générale :



Elle produit du **dioxyde de carbone** et de **l'eau**.

Exemple : Pour le butane (C_4H_{10}), on a :



6.1.2. Combustion incomplète

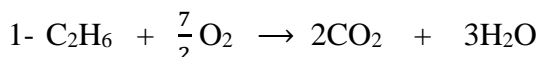
Lorsque le dioxygène est en défaut, la combustion est incomplète. Les produits de la réaction sont : **l'eau**, le **dioxyde de carbone**, le **carbone** et le **monoxyde de carbone (CO)**.

Activité d'application

Un élève réalise la combustion complète de l'éthane.

- 1- Ecris l'équation-bilan de cette réaction
- 2- Cite les produits qui se forment lorsque le dioxygène est insuffisant.

Solution

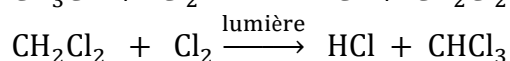
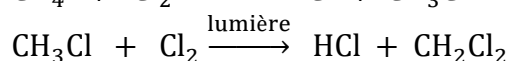
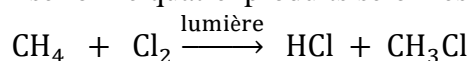


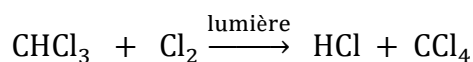
- 2- Lorsque le dioxygène est insuffisant, la combustion devient incomplète. Les produits de la réaction sont : **l'eau**, le **dioxyde de carbone**, le **carbone** et le **monoxyde de carbone (CO)**.

6.2. Réaction de substitution des alcanes : chloration du méthane

La chloration du méthane se fait en présence de lumière : c'est une **réaction photochimique**.

Au cours de cette réaction, chaque atome de chlore se substitue (remplace) à un atome d'hydrogène. Il se forme quatre produits selon les équation-bilans suivantes :





CH_3Cl : monochlorométhane ;

CH_2Cl_2 : dichlorométhane ;

CHCl_3 : trichlorométhane ;

CCl_4 : tétrachlorométhane.

7. Intérêt des dérivés chlorés

Les dérivés chlorés obtenus à partir du méthane jouent un rôle important dans la vie courante :

- Le monochlorométhane est un gaz très liquéfiable utilisé comme agent de réfrigération du fait de la grande fraîcheur produite par son évaporation ;
- Le dichlorométhane est utilisé comme solvant ;
- Le trichlorométhane ou chloroforme, autrefois utilisé comme anesthésique générale en médecine, sert aujourd'hui de solvant et d'intermédiaire de synthèse d'autres composés organiques ;
- Le tétrachlorométhane est un excellent solvant utilisé en chimie organique pour la dissolution du brome et de certains corps gras.

N.B. Certains dérivés halogénés contenant l'élément chlore ou fluor sont des gaz à effet de serre. C'est le cas des fréons.

Situation d'évaluation

Tu découvres dans une revue scientifique que les alcanes brûlent dans l'air ou dans le dioxygène en dégageant beaucoup de chaleur. Ils sont ainsi utilisés comme des combustibles. Ainsi la combustion complète de 1,16 g d'un alcane, à chaîne ramifiée produit 3,52 g de dioxyde de carbone et 1,8 g d'eau.

On donne en g/mol : $M_C = 12$; $M_H = 1$; $M_O = 16$. Volume molaire : $V_m = 22,4$ L/mol

Tu es sollicité pour déterminer le volume de dioxygène qu'a nécessité cette combustion complète.

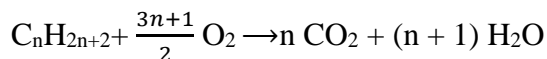
- 1- Donne la formule générale des alcanes.
- 2- Ecris l'équation –bilan générale de la combustion complète d'un alcane dans le dioxygène.
- 3- Détermine la formule brute de l'alcane
- 4- Détermine le volume de dioxygène nécessaire à la combustion complète.

Solution

1- La formule générale des alcanes : $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$

2- Équation-bilan générale de la combustion des alcanes : $\text{C}_n\text{H}_{2n+2} + \frac{3n+1}{2} \text{O}_2 \rightarrow n \text{CO}_2 + (n+1) \text{H}_2\text{O}$

3- Détermination de la formule brute de l'alcane:



Bilan molaire :

$$\frac{n(\text{C}_2\text{H}_{2n+2})}{1} = \frac{n(\text{CO}_2)}{n} = \frac{n(\text{H}_2\text{O})}{n+1}$$

$$n(\text{CO}_2) = \frac{3,52}{44} = 0,08 \text{ mol et } n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{1,8}{18} = 0,1 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow \frac{0,08}{n} = \frac{0,1}{n+1} \Rightarrow n = 4$$

Cet alcane a donc pour formule brute C_4H_{10}

4- Le volume de dioxygène

L'équation-bilan se réécrit : $2 \text{C}_4\text{H}_{10} + 13 \text{O}_2 \rightarrow 8 \text{CO}_2 + 10 \text{H}_2\text{O}$

Déterminons le volume de CO_2 formé

D'après le bilan volumique $\frac{V_{\text{O}_2}}{13} = \frac{V_{\text{CO}_2}}{8} \Rightarrow V_{\text{O}_2} = \frac{13}{8} \times V_{\text{CO}_2}$

Or $V_{\text{CO}_2} = \frac{m_{\text{CO}_2}}{M_{\text{CO}_2}} \times V_m$

Donc le volume de dioxygène nécessaire est : $V_{\text{O}_2} = \frac{13m_{\text{CO}_2}}{8M_{\text{CO}_2}} \times V_m \Rightarrow V_{\text{O}_2} = 2,9 \text{ L}$

IV. EXERCICES

Exercice 1

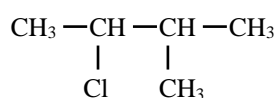
Écris les formules semi-développées des composés suivants :

- 2-chloro-3-méthylbutane
- 2,3-dichloro-2-méthylpentane
- 2-bromo-4-chloro-3-éthyl-3-méthylhexane
- 1,1,2,2-tétrafluoroéthane

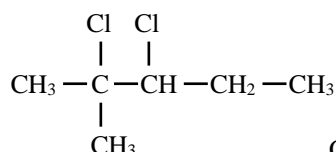
Solution

Les formules semi-développées des composés

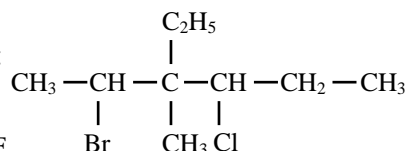
- a) 2-chloro-3-méthylbutane :



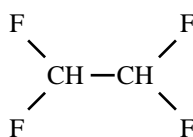
- b) 2,3-dichloro-2-méthylpentane :



- c) 2-bromo-4-chloro-3-éthyl-3-méthylhexane :



- d) 1,1,2,2-tétrafluoroéthane :



Exercice 2

Pour chacune des propositions suivantes :

1) Un alcane est un composé organique renfermant uniquement des atomes de carbone et des atomes d'hydrogène.	V	F
2) Un alcane non cyclique est un hydrocarbure dont la molécule est formée uniquement d'atomes de carbone (C) et d'atomes d'hydrogène (H) liés entre eux par des liaisons covalentes simples.	V	F
3) L'alcane est ramifié si sa chaîne carbonée est acyclique et si au moins un atome de carbone du squelette est relié à trois autres atomes de carbone.	V	F
4) Les alcanes cycliques ou cyclanes sont des alcanes dont la chaîne carbonée est ramifiée.	V	F
5) La formule générale brute des alcanes est $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$.	V	F
6) La molécule d'alcane est dite saturée car elle ne peut pas additionner une autre molécule.	V	F

Entoure la lettre V si la proposition est vraie ou la lettre F si elle est fausse.

Solution

1) Un alcane est un composé organique renfermant uniquement des atomes de carbone et des atomes d'hydrogène.	V	(F)
2) Un alcane non cyclique est un hydrocarbure dont la molécule est formée uniquement d'atomes de carbone (C) et d'atomes d'hydrogène (H) liés entre eux par des liaisons covalentes simples.	(V)	F
3) L'alcane est ramifié si sa chaîne carbonée est acyclique et si au moins un atome de carbone du squelette est relié à trois autres atomes de carbone.	(V)	F
4) Les alcanes cycliques ou cyclanes sont des alcanes dont la chaîne carbonée est ramifiée.	V	(F)
5) La formule générale brute des alcanes est C_nH_{2n-2} .	V	(F)
6) La molécule d'alcane est dite saturée car elle ne peut pas additionner une autre molécule.	(V)	F

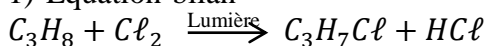
Exercice 3

Ton professeur de physique-chimie fait réagir du propane avec du dichlore en présence de lumière. Il obtient deux produits monochlorés A et B isomères.

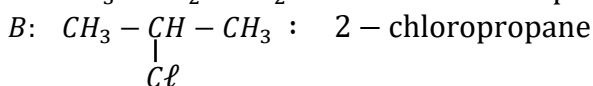
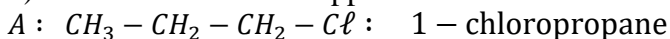
- 1) Écris l'équation-bilan de la réaction.
- 2) Écris la formule semi-développée et le nom de chacun des composés A et B obtenus.

Solution

- 1) Équation-bilan



- 2) Formules semi-développées



Exercice 4

Au cours d'une séance de TP, un groupe d'élèves de la première désire identifier un alcane A.

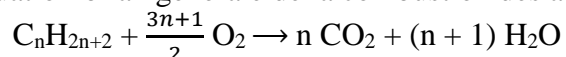
Pour cela, le groupe réalise dans un premier temps la combustion complète de 3,6g de l'alcane A. Il obtient 11g de dioxyde de carbone et 5,4g d'eau. Ensuite, il réalise la monochloration de A. Il obtient un seul produit. On donne en g/mol : $M_C = 12$; $M_H = 1$; $M_O = 16$.

Tu es le rapporteur du groupe.

1. Écris l'équation-bilan de la combustion complète des alcanes.
2. Déduis la formule brute de l'alcane A.
3. Donne les formules semi-développées de ses isomères.
4.
 - 4.1. Détermine parmi les formules semi-développées précédentes celle qui désigne A. Donne son nom.
 - 4.2. Écris l'équation de la mono chloration.

Solution

1. Équation-bilan générale de la combustion des alcanes



2. La formule brute de l'alcane A

D'après le bilan molaire $\frac{n_A}{1} = \frac{n_{CO_2}}{n} = \frac{n_{H_2O}}{n+1}$

$$n_{CO_2} = \frac{m_{CO_2}}{M_{CO_2}} \Rightarrow n_{CO_2} = \frac{11}{44} \Rightarrow n_{CO_2} = 0,25 \text{ mol}$$

$$n_{H_2O} = \frac{m_{H_2O}}{M_{H_2O}} \Rightarrow n_{H_2O} = \frac{5,4}{18} \Rightarrow n_{H_2O} = 0,3 \text{ mol}$$

On a donc $\frac{0,25}{n} = \frac{0,3}{n+1} \Rightarrow n = 5$ d'où A : C₅H₁₂

3. Les formules semi-développées des isomères

CH₃—CH₂—CH₂—CH₂—CH₃ : pentane

CH₃—CH₂—CH—CH₃ : 2-méthylbutane

| CH₃ CH₃

CH₃—C—CH₃ : 2,2-diméthylpropane

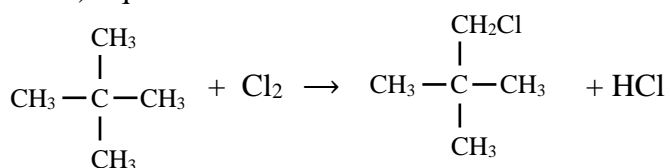
| CH₃

4.

4.1) Le nom de A

L'alcane A est le 2,2-diméthylpropane

4.2) Équation-bilan de la réaction de chloration



Exercice 5

En vue d'écrire et d'exploiter correctement les équations-bilans de combustion des alcanes, il est demandé à un groupe d'élèves dont tu fais partie de déterminer la composition en volume d'un mélange gazeux de deux alcanes. A cette occasion vous faites brûler dans un récipient sec, 12 cm³ d'un mélange de propane et de butane avec 100 cm³ de dioxygène. La combustion est complète. Après retour aux conditions initiales, l'eau s'étant condensée, il reste 42 cm³ de dioxyde de carbone et 31 cm³ de dioxygène.

Masses molaires atomiques en g/mol: M(H) = 1 ; M(C) = 12 ; M(O) = 16.

Tu es le rapporteur du groupe

1. Écris l'équation-bilan de la réaction de combustion :

1.1) du propane avec le dioxygène.

1.2) du butane avec le dioxygène.

2. Détermine le volume initial :

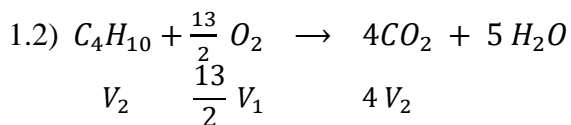
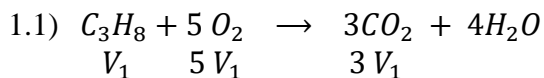
2.1) du propane.

2.2) du butane.

3. Calcule le pourcentage en volume du propane et du butane dans le mélange initial.

Solution

1.



2.

2.1) Volume initial du propane :

$$\begin{cases} V_1 + V_2 = 12 \\ 3V_1 + 4V_2 = 42 \\ 5V_1 + \frac{13}{2}V_2 = 100 - 31 = 69 \end{cases} \Rightarrow V_1 = 6 \text{ cm}^3$$

2.2) Volume initial du butane :

$$V_2 = 6 \text{ cm}^3$$

3.

$$\% C_3H_8 = \frac{6}{12} \cdot 100 = 50\%$$

$$\% C_4H_{10} = \frac{6}{12} \cdot 100 = 50\%$$

IV. DOCUMENTATION

Quelle est la différence entre l'essence ordinaire et suprême?



En faisant le plein, les automobilistes sont toujours confrontés à la même question. Quel type d'essence choisir?

Les stations-service se cassent la tête pour trouver des noms qui vous donneront envie d'opter pour un carburant plus dispendieux. Pourquoi choisir l'essence « Ordinaire » quand on peut y aller pour la « Suprême », ou bien l'« Ultra 94 »?

Au-delà de ces appellations purement *marketing*, c'est l'indice d'octane qui différencie réellement un type de carburant d'un autre. Et l'indice d'octane n'a absolument rien à voir avec la qualité.

Cette mesure fait plutôt référence à la résistance d'un carburant.

Pour créer une combustion et ainsi faire avancer votre voiture, un moteur compresse un mélange d'air et d'essence, puis fait « exploser » ce mélange à l'aide d'une bougie d'allumage.

Sauf que parfois, l'essence peut s'enflammer d'elle-même au moment de la compression, et ce, même si la bougie d'allumage n'est pas encore entrée en jeu. C'est habituellement ce qui fait « claquer » un moteur, causant des performances déficientes et un danger de bris à long terme.

Si la majorité des moteurs automobiles vendus sur le marché fonctionnent parfaitement avec l'essence ordinaire à indice d'octane 87, certaines motorisations ont besoin d'essence à indice d'octane plus élevé pour éviter ces fameux claquements. Ceux-ci sont habituellement associés à des véhicules plus performants dont la mécanique utilise un ratio de compression plus élevé. Là, l'utilisation d'une essence à indice d'octane supérieur s'impose.

Toutefois, l'utilisation d'un carburant à indice d'octane plus élevé que ce qui est recommandé par le fabricant n'aura pas d'effet bénéfique sur votre moteur. Tout ce que vous ferez, c'est dépenser votre argent inutilement en payant plus cher le litre pour une essence qui fera exactement le même travail.

L'éthanol

De nos jours, l'essence ordinaire contient environ 10% d'éthanol alors certaines essences à indice d'octane plus élevé n'en comprennent pas du tout.

Si une présence de 10% d'éthanol dans le carburant n'a absolument rien de néfaste pour les voitures modernes, des propriétaires de véhicules de collection ont déjà émis des plaintes à ce sujet, expliquant que l'éthanol pouvait avoir des effets néfastes à long terme.

Comme ces véhicules roulent très peu, la présence d'éthanol peut possiblement causer de l'évaporation qui pourrait faire apparaître de la moisissure dans le réservoir et dans les conduites de carburant. Des propriétaires consciencieux pourraient donc être tentés de se tourner vers de l'essence à indice d'octane plus élevé, simplement pour éviter l'éthanol.

Reste que mis à part quelques exceptions du genre, il vaut mieux utiliser le type d'essence qui est recommandé par le manufacturier.

Selon une **étude publiée l'année dernière par l'American Automobile Association (AAA)**, aux États-Unis, les Américains gaspillent ainsi collectivement 2,1 milliards de dollars en optant inutilement pour une essence plus dispendieuse.

« Les conducteurs voient le mot « super » à la pompe et peuvent tenir pour acquis que cette essence est meilleure pour leur véhicule. Mais en ce qui concerne l'essence, « super » ne veut pas dire meilleur si votre voiture n'en a pas besoin », confirme John Nielsen, directeur au AAA.

PAR FRÉDÉRIC MERCIER 7 MAI 2019