|  |
| --- |
| *Physique - Chimie – 1èreSTL-1èreSTI2D Thème : Habitat* |
| **Activité – Quel est le meilleur combustible écologique : méthane ou au butane ?** |

***Notions et contenus****: Avancement et bilan de matière*

***Capacités exigibles****: Écrire l'équation chimique de la réaction de combustion d'un hydrocarbure ou d'un biocarburant et effectuer un bilan de matière.*

Une chaudière à gaz alimentée par des hydrocarbures, tels que le gaz naturel ou le butane, peut être utilisée pour chauffer l’eau sanitaire.

L’énergie à fournir pour chauffer 300 L d’eau chaude sanitaire de 15°C à 60°C est d’environ 56,4×103 kJ : il faut pour cela 1,12 kg de méthane ou 1,25 kg de butane. Une question se pose alors : quel est le meilleur combustible écologique ?

Le gaz naturel, ou gaz de ville, est composé essentiellement de méthane CH4. Ce gaz fossile est dit naturel car il résulte de la transformation naturelle de matières organiques. Conditionné sous forme de bouteille, le butane de formule chimique C4H10 est également un gaz, obtenu par distillation sous pression du gaz pétrole liquéfié. Les réactions chimiques de combustion complète de ces deux gaz dans le dioxygène produisent du dioxyde de carbone et de l'eau.

*D’après le sujet du concours régional de l’académie de Lille Olympiades de la chimie 2005*

🖉 Comment faut-il procéder pour savoir quel est, entre le méthane et le butane, le meilleur combustible écologique ?

La combustion du méthane, comme celle du butane, libère du dioxyde de carbone qui est un gaz à effet de serre.

Pour chauffer ces 300 L d’eau, il faut donc déterminer la quantité de dioxyde de carbone formé dans les deux cas et comparer.

Pour cela, il faut donc connaitre le lien entre la quantité de gaz (méthane ou butane) qui disparait et celle de dioxyde de carbone qui apparait :

* Il faut écrire l’équation de la réaction qui modélise cette transformation chimique.
* Il faut calculer les quantités initiales de gaz et prévoir les quantités de dioxyde de carbone produites. On raisonne en terme de Quantité de matière, notée n, et exprimée en moles.

✂

**1.** D’un point de vue écologique, pourquoi est-il intéressant de comparer le taux de dioxyde de carbone rejeté dans l’atmosphère par chacune de ces combustions ?

CO2 est un gaz à effet de serre. Son accumulation dans l’atmosphère entraîne une augmentation de l’effet de serre qui peut conduire à un réchauffement de la Terre.

**2.** A quelle famille chimique le méthane et le butane appartiennent-ils ?

Hydrocarbures : ce sont des espèces chimiques constituées uniquement de l’élément carbone et de l’élément hydrogène.

**3.** Quels sont les produits de combustion complète du méthane et du butane ?

Dioxyde de carbone et eau.

**4.1.** Ecrire l’équation de la combustion complète du méthane. Comment faut-il lire cette équation ?

CH4 + 2 O2 → CO2 + 2 H2O

1 molécule de méthane réagit avec 2 molécules de dioxygène pour former 1 molécule de dioxyde de carbone et 2 molécules d’eau

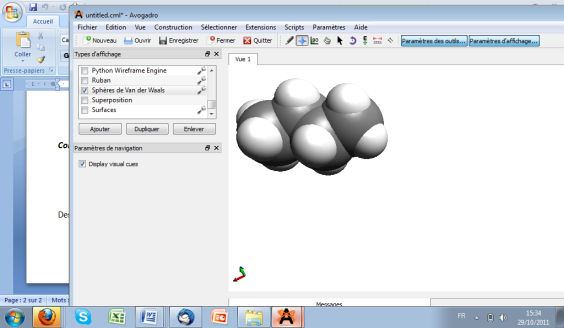
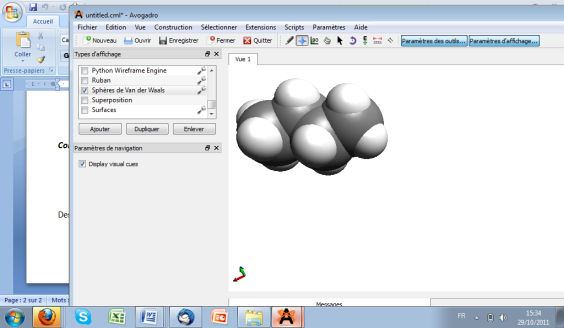
2 molécules de méth. réagissent avec 4 molécules de dioxygène pour former 2 molécules de dioxyde de carbone et 4 molécules d’eau

6,02×1023 molécules de méthane réagissent avec 2×6,02×1023 molécules de dioxygène pour former 6,02×1023 molécules de dioxyde de carbone et 2×6,02×1023 molécules d’eau

1 mole de méthane réagit avec 2 moles de dioxygène pour former 1 mole de dioxyde de carbone et 2 moles d’eau

**4.2.** Ecrire l’équation de la combustion complète du butane. Comment faut-il lire cette équation ?

2 C4H10 + 13 O2 → 8 CO2 + 10 H2O

****

2 moles de butane réagissent avec 13 moles de dioxygène pour former 8 moles de dioxyde de carbone et 10 moles d’eau

Manuel Hachette. Exercice 2 p.141 (Equation de combustion du diester)

**5.** Comment faut-il procéder pour savoir à quel « nombre de moles » les masses de gaz indiquées dans le texte correspondent-elles ?

Le « nombre de moles » est la quantité de matière.

Il faut connaitre la relation entre masse m et quantité de matière n (exprimée en mole) :

m = n × M

M : masse du corps en gramme ; n : quantité de matière en moles ; M : masse molaire en gramme par mole.

✂

*A distribuer*

***Rappels de Seconde :***

*La quantité de matière n d’un échantillon de matière, sa masse m et la masse molaire M de son espèce chimique sont liées par la relation :* ***m = n*** *×* ***M***

*m : masse de l’échantillon en gramme (g) ; n : quantité de matière en mole (mol) ; M : masse molaire en gramme par mole (g.mol-1)*

* *La masse molaire atomique M est la masse d’une mole d’atomes ; elle se trouve dans la classification des éléments.*
* *La masse molaire moléculaire M est la masse d’une mole de molécules ; elle se détermine par le calcul.*

*Exemple : M(H2O) = 2 × M(H) + M(O) = 2×1 + 16 = 18 g.mol-1*

**6.1.** Quelle est la quantité de matière de méthane nécessaire pour chauffer les 300 L d’eau ?

On cherche n(CH4).

On connait m(CH4) = 1,12 kg.

On sait que m(CH4) = n(CH4) × M(CH4) soit n(CH4) = m(CH4) / M(CH4).

Il faut donc calculer M(CH4) : M(CH4) = 16 g.mol-1

On calcule alors n(CH4) = (1,12×103) / 16 = 70 mol.

**6.2.** Quelle est la quantité de matière de butane nécessaire pour chauffer les 300 L d’eau ?

On cherche n(C4H10).

On connait m(C4H10) = 1,25 kg.

On sait que m(C4H10) = n(C4H10) × M(C4H10) soit n(C4H10) = m(C4H10) / M(C4H10).

Il faut donc calculer M(C4H10) : M(C4H10) = 58 g.mol-1

On calcule alors n(C4H10) = (1,25×103) / 58 = 21,6 mol.

**6.3.** Comment faut-il procéder pour prévoir les quantités de matière de dioxyde de carbone formées dans les deux cas ?

D’après l’équation de combustion, on sait que lorsque x moles de gaz disparaissent, il se forme y moles de dioxyde de carbone.

✂

Pour prévoir la quantité de matière de dioxyde de carbone et d’eau qu’il se formera, le chimiste peut utiliser un tableau d’avancement.

**Pour comprendre : Des chambres d’étudiants à rénover !**

Un entrepreneur doit rénover des chambres universitaires. Pour remettre à neuf une chambre, il a besoin de 8 rouleaux de papier peint, 14 bottes de parquet et 1 pot de peinture. Le stock dans la réserve est de 96 rouleaux de papier peint, 112 bottes de parquet et 30 pots de peinture.

Les quantités présentes dans la réserve seront notées n ; on utilisera la lettre R pour désigner un rouleau de papier peint, B pour une botte de parquet, P pour un pot de peinture et C pour une chambre rénovée.

**1.** Dans le tableau ci-dessous, appelé tableau d’avancement, compléter l'équation qui traduit la rénovation d’une chambre d’étudiant.

**2.** Dans l’état initial, indiquer la quantité de chaque matériau disponible.

**3.** On appelle x l'avancement de la rénovation. Dans le tableau ci-dessous, indiquer la quantité de chaque matériau pour différents états intermédiaires, en faisant figurer le calcul et la réponse.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Equation | | images ppp.jpgimages pp.jpgimages.jpgimages p.jpg  →  +  +  8 14 1 1    8 R + 14 B + 1 P → 1 C | | | |
| État initial de la réserve | x = 0 | ni (R)= 96 | ni (B)= 112 | ni (P)= 30 | ni (C)= 0 |
| États intermédiaires  de la réserve, après la rénovation de 1, 2, 3, … chambres | x = 1 | 96 – 8 = 88 | 112 – 14 = 98 | 30 – 1 = 29 | 1 |
| x = 2 | 96-(8×2)=80 | 112-(14×2)=84 | 30-(1×2)=28 | 2 |
| x = 3 | 96-(8×3)=72 | 112-(14×3)=70 | 30-(1×3)=27 | 3 |
| … |  |  |  |  |
| x quelconque | 96-8x | 112-14x | 30-x | x |
| État final de la réserve | x max | nf (R)= 96-8x max | nf (B)= 112-14x max | nf (P)= 30-x max | nf (C)= x max |

**4.** Quelle est la valeur maximale xmax que peut prendre x ? En déduire le matériau qui a limité la rénovation.

• Si les rouleaux de papier sont le facteur limitant, alors il n’y en a plus dans l’état final :

nf(R) = 0 ⇔ 96 – 8xmax = 0 ⇔ xmax = 12

• Si les bottes de parquet sont le facteur limitant, alors il n’y en a plus dans l’état final :

nf(B) = 0 ⇔ 112 – 14xmax = 0 ⇔ xmax = 8

• Si les pots de peinture sont le facteur limitant, alors il n’y en a plus dans l’état final :

nf(P) = 0 ⇔ 30 – xmax = 0 ⇔ xmax = 30

→ Conclusion : xmax = 8 ; les bottes de parquet sont le réactif limitant.

**5.a.** Combien de chambre l’entrepreneur a-t-il pu rénover avec sa réserve ?

nf(P) = x max = 8 ; il a pu rénover 8 chambres.

**5.b.** Quel est l’état de sa réserve après rénovation ?

nf(R) = 96-8x max = 96 - 8×8 = 32 ; il reste 32 rouleaux de papier peint

nf(B) = 112-14x max = 112 - 14×8 = 0 ; il ne reste plus de parquet

nf(P) = 30-x max = 30 - 8 = 22 ; il reste 22 pots de peinture

**Retour sur les combustions en chimie**

Le méthane brûle dans le dioxygène pour former du dioxyde de carbone et de l’eau.

**1.** Dans le tableau d’avancement ci-dessous, écrire l'équation de combustion du méthane.

**2.** Dans l’état initial, indiquer la quantité de matière (en mol.) de chaque espèce chimique.

**3.** On appelle x l'avancement de la transformation chimique. Dans le tableau ci-dessous, indiquer la quantité de matière de chaque espèce chimique en fonction de x pour un état intermédiaire quelconque. Compléter la dernière ligne du tableau.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Equation | | CH4 + 2O2 → CO2 + 2H2O | | | |
| Etat | Avancement | Quantités de matière (en mol) | | | |
| État initial | x = 0 | ni(CH4) = 70 | bcp | ni(CO2) = 0 | ni(H2O) = 0 |
| Etats intermédiaires | x | 70 - x | bcp-2x | x | 2x |
| État final | x max | 70-x max | bcp-2x max | x max | 2x max |

**4.** Quelle est la valeur maximale xmax que peut prendre l’avancement x ? En déduire le réactif limitant.

Si le méthane est le réactif limitant, alors il n’y en a plus dans l’état final :

nf(CH4) = 0 ⇔ 70 – xmax = 0 ⇔ xmax = 70

Le dioxygène ne peut pas être le réactif limitant car il est en excès.

Conclusion : xmax = 70 ; le méthane est le réactif limitant.

**5.** Quelle est la quantité de matière de dioxyde de carbone produite ?

nf(CO2) = x max = 70 mol

**6.** Sachant que la combustion du butane libère 86,4 mol de dioxyde de carbone pour chauffer le même volume d’eau, quel est, d’un point de vue écologique, le meilleur combustible ?

C’est le méthane.

***Pour s’entrainer****: à l’aide d’un tableau d’avancement, montrer que la combustion de 21,6 mol de butane forme bien 86,4 mol de dioxyde de carbone.*

Manuel Hachette. Exercice 3 p.141 (a, b et c) (TA avec combustion butane)

Manuel Hachette. Exercice 12 p.143 (a et b) (Combustion dihydrogène)

***Ce qu’il faut retenir***

La quantité de matière n d’un échantillon de matière, sa masse m et la masse molaire M de son espèce chimique sont reliées par la relation :

**m = n** × **M**

*m : masse de l’échantillon en gramme (g)*

*n : quantité de matière en mole (mol)*

*M : masse molaire en gramme par mole (g.mol-1)*

La masse molaire M d’un corps pur est la masse d’une mole de ce corps pur :

* la masse molaire d’une mole d’atomes se trouve dans les tables
* la masse molaire d’une mole de molécules se calcule.

*Exemple. Masse molaire de l’eau : M(H2O) = 2 × M(H) + M(O) = 2×1 + 16 = 18 g.mol-1*

***Ce qu’il faut savoir faire***

* Ecrire l’équation de combustion d’un hydrocarbure ou d’un biocarburant
* Dresser un tableau d’avancement pour prévoir la quantité de matière des produits formés et des réactifs restants lors d’une combustion.