

Combustion du carbone et des hydrocarbures

Première Bac Pro ICCER (Grpt 1) | Physique – Chimie | Combustion et énergie thermique

Objectifs du chapitre

- Identifier les réactifs et les produits d'une réaction de combustion
- Distinguer combustion complète et combustion incomplète
- Connaître la dangerosité du monoxyde de carbone (CO)
- Écrire et équilibrer l'équation de combustion d'un hydrocarbure
- Comprendre le lien entre combustion, énergie thermique et CO₂
- Calculer la masse de CO₂ dégagée par une combustion

Situation professionnelle

Hugo, technicien chauffagiste en stage chez *Flamme Énergie*, intervient pour la mise en service d'une chaudière à gaz dans un pavillon. Avant d'allumer la chaudière, son tuteur lui demande de vérifier le conduit d'évacuation des fumées et de contrôler la qualité de la combustion avec un analyseur de fumées.

Hugo se pose plusieurs questions :

1. Que se passe-t-il chimiquement quand le gaz brûle dans la chaudière ?
2. Pourquoi un mauvais tirage du conduit de fumées est-il dangereux ?
3. Comment calculer la quantité de CO₂ rejetée par la chaudière en un hiver ?

Ces questions trouveront une réponse complète au fil de ce chapitre.

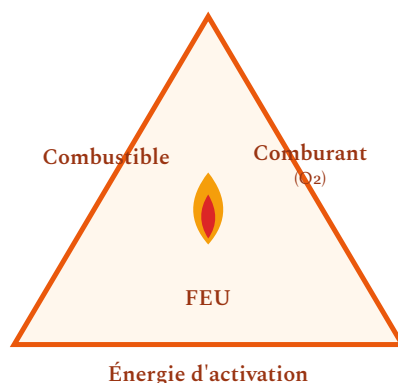
1. Qu'est-ce qu'une combustion ?

DÉFINITION Une **combustion** est une réaction chimique entre un **combustible** (la substance qui brûle) et un **comburant** (le dioxygène de l'air). Cette réaction libère de l'**énergie thermique** (chaleur) et de la **lumière**.

Les trois éléments nécessaires à une combustion forment le **triangle du feu** :

- **Combustible** : gaz naturel (méthane), propane, butane, fioul, bois, charbon...
- **Comburant** : le dioxygène O_2 (environ 21 % de l'air)
- **Énergie d'activation** : étincelle, flamme pilote, allumeur piézo-électrique...

ATTENTION Si l'un des trois éléments du triangle du feu manque, la combustion s'arrête. C'est le principe de base de la lutte contre l'incendie : supprimer le combustible, le comburant ou l'énergie.



Les **trois** sommets sont nécessaires : retirer le combustible, le comburant ou l'énergie éteint le feu.

APPLICATION

Un technicien chauffagiste coupe l'arrivée de gaz d'une chaudière en panne. Expliquer pourquoi la flamme s'éteint immédiatement, en utilisant le concept du triangle du feu.

2. La combustion complète

2.1 Combustion complète du carbone

DÉFINITION Une **combustion complète** a lieu quand le combustible dispose de suffisamment de dioxygène pour brûler entièrement. Les seuls produits sont le **dioxyde de carbone** (CO₂) et l'**eau** (H₂O).

La combustion complète du **carbone** C dans le dioxygène produit du dioxyde de carbone :



Carbone + dioxygène → dioxyde de carbone

2.2 Combustion complète du méthane

Le **méthane** CH₄ est le principal composant du gaz naturel, très utilisé en chauffage. Sa combustion complète produit du dioxyde de carbone et de l'eau :



Méthane + dioxygène → dioxyde de carbone + eau

MÉTHODE

Comment reconnaître une combustion complète ?

- La flamme est **bleue** (signe d'une bonne combustion).
- Les seuls produits sont CO₂ et H₂O.
- Il n'y a **pas de suie** (carbone non brûlé) ni de monoxyde de carbone.

2.3 Combustion complète du propane et du butane

Le **propane** C₃H₈ et le **butane** C₄H₁₀ sont des gaz utilisés en bouteilles (GPL) :



Propane + dioxygène → dioxyde de carbone + eau



Butane + dioxygène → dioxyde de carbone + eau

Exemple 1 — Contexte professionnel : Un installateur thermique met en service une chaudière au propane. L'analyseur de fumées indique uniquement la présence de CO_2 et de vapeur d'eau dans les gaz d'échappement, avec une flamme bleue bien réglée. La combustion est **complète**.

APPLICATION

Donner les produits de la combustion complète du butane C_4H_{10} . Écrire l'équation non équilibrée, puis identifier les réactifs et les produits.

3. La combustion incomplète

DÉFINITION Une **combustion incomplète** a lieu quand le combustible ne dispose pas de suffisamment de dioxygène. En plus du CO_2 et de l'eau, elle produit des substances dangereuses : **monoxyde de carbone** (CO), **carbone** (suie) et d'autres gaz toxiques.

Exemple de combustion incomplète du méthane :



Méthane + dioxygène (insuffisant) → monoxyde de carbone + eau

MÉTHODE

Comment reconnaître une combustion incomplète ?

- La flamme est **jaune ou orangée** (au lieu de bleue).
- Des **dépôts noirs** (suie) apparaissent sur les surfaces.
- L'analyseur de fumées détecte du **CO** (monoxyde de carbone).

Animation — régler la combustion

Fais varier l'arrivée d'air et observe : avec assez de dioxygène la combustion est complète (flamme bleue) ; sinon elle est incomplète et produit du CO toxique.



Arrivée d'air (O₂) : 80 %

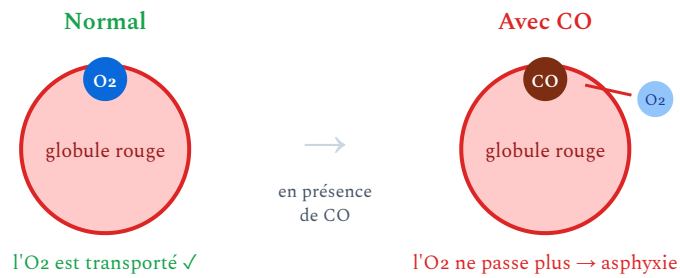
Flamme **bleue** → combustion complète : CO₂ + H₂O

3.1 Dangers du monoxyde de carbone (CO)

ATTENTION - DANGER VITAL Le **monoxyde de carbone (CO)** est un gaz **incolore, inodore et mortel**. Il se fixe sur l'hémoglobine du sang à la place du dioxygène, provoquant une asphyxie. En France, le CO est responsable d'environ **3 000 intoxications** et **une centaine de décès** par an.

Causes principales :

- Appareil de chauffage mal entretenu ou mal réglé
- Conduit d'évacuation des fumées bouché ou défectueux
- Ventilation insuffisante du local



Le CO prend la place de l'O₂ sur l'hémoglobine : le sang ne transporte plus l'oxygène, d'où l'asphyxie. C'est ce qui rend le monoxyde de carbone mortel.

Exemple 2 — Contexte professionnel : Un technicien chauffagiste intervient pour l'entretien annuel d'une chaudière à gaz. Il constate que l'analyseur de fumées indique un taux de CO de 350 ppm (parties par million). La norme autorise un maximum de 50 ppm. Il doit immédiatement :

1. Arrêter la chaudière
2. Ventiler le local (ouvrir les fenêtres)
3. Nettoyer le brûleur et vérifier le conduit de fumées
4. Régler la combustion pour obtenir une flamme bleue
5. Vérifier que le taux de CO redescend sous 50 ppm

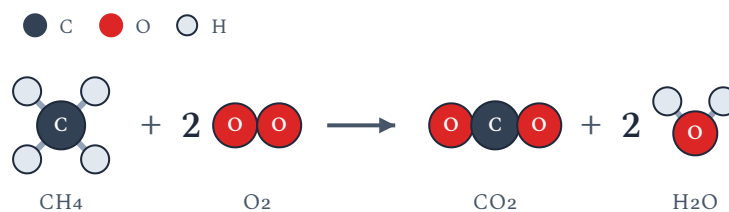
4. Équilibrer une équation de combustion

PROPRIÉTÉ Une équation chimique doit être **équilibrée** : le nombre d'atomes de chaque élément doit être le même dans les réactifs et dans les produits. C'est la **conservation de la matière**.

MÉTHODE

Équilibrer une équation de combustion d'un hydrocarbure C_xH_y :

1. Écrire l'équation non équilibrée : $C_xH_y + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$
2. Équilibrer les **carbones** : mettre le coefficient x devant CO_2
3. Équilibrer les **hydrogènes** : mettre le coefficient $\frac{y}{2}$ devant H_2O
4. Équilibrer les **oxygènes** : compter le total à droite et ajuster le coefficient devant O_2
5. Si nécessaire, multiplier tous les coefficients pour obtenir des nombres entiers



Conservation des atomes (rien ne se perd, rien ne se crée)

Réactifs : 1 C, 4 H, 4 O

Produits : 1 C, 4 H, 4 O ✓ équilibrée

Équilibrer, c'est garder le **même nombre d'atomes** de chaque élément avant et après la réaction : ici 1 C, 4 H et 4 O de chaque côté.

Exemple 3 : Équilibrer la combustion complète de l'éthane C_2H_6 .

Étape 1 : $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Étape 2 (C) : 2 carbones $\rightarrow$ coefficient 2 devant CO_2

Étape 3 (H) : 6 hydrogènes $\rightarrow$ coefficient 3 devant H_2O



Étape 4 (O) : à droite : $2 \times 2 + 3 \times 1 = 7$ atomes d'oxygène $\rightarrow \frac{7}{2}$ molécules de O_2



Étape 5 : On multiplie tout par 2 pour obtenir des entiers :



Vérification : 4 C à gauche et 4 C à droite. 12 H à gauche et 12 H à droite. 14 O à gauche et 14 O à droite.

APPLICATION

Équilibrer la combustion complète du propane : $\text{C}_3\text{H}_8 + \text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Vérifier en comptant les atomes.

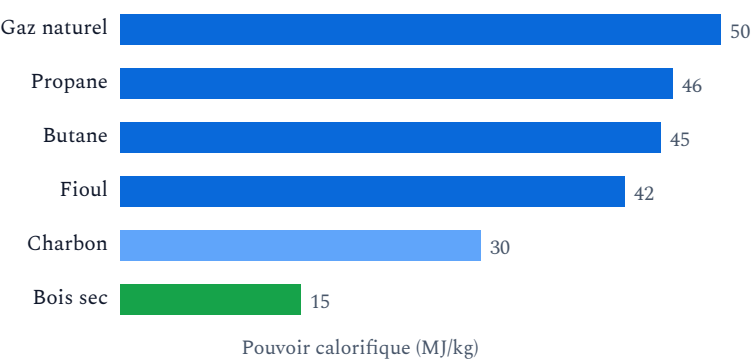
5. Énergie libérée par la combustion

DÉFINITION La combustion libère de l'énergie sous forme **thermique** (chaleur). La quantité d'énergie libérée par la combustion d'un kilogramme de combustible s'appelle le **pouvoir calorifique** (en kJ/kg ou MJ/kg).

À l'échelle de la planète, l'énergie consommée provient encore **très majoritairement de combustions** : pétrole, gaz naturel, charbon et biomasse représentent environ 80 % de

l'énergie primaire mondiale. C'est pourquoi la maîtrise des combustions est un enjeu central de la transition énergétique.

Combustible	Pouvoir calorifique (MJ/kg)
Gaz naturel (méthane)	50
Propane	46
Butane	45
Fioul domestique	42
Bois sec	15
Charbon	30



À masse égale, le **gaz naturel** et les hydrocarbures libèrent environ **3 fois plus d'énergie** que le bois.

Exemple 4 : Une chaudière consomme 2 kg de gaz naturel par heure. Calculer l'énergie thermique libérée en une heure.

$E = m \times PC = 2 \times 50 = 100 \text{ MJ} = 100\,000 \text{ kJ}$

En kWh : $E = \frac{100\,000}{3\,600} \approx 27,8 \text{ kWh}$

5.1 Moteurs thermiques

PROPRIÉTÉ Les **moteurs thermiques** (moteurs à essence, diesel) convertissent l'énergie chimique de combustion en **énergie mécanique** (mouvement). Leur rendement est limité (25 à 40 %) : une grande partie de l'énergie est dissipée en chaleur.

Exemple 5 : Un groupe électrogène à essence a un rendement de 30 %. Il consomme 3 litres d'essence par heure (densité 0,75 kg/L, pouvoir calorifique 44 MJ/kg). Calculer la puissance mécanique utile.

Masse d'essence par heure : $m = 3 \times 0,75 = 2,25 \text{ kg}$

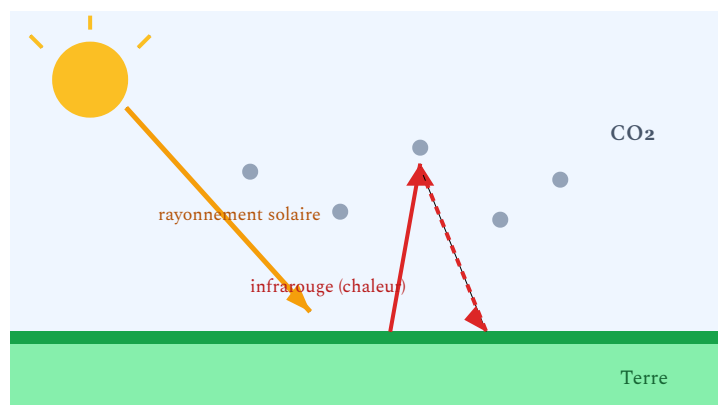
Énergie chimique par heure : $E = 2,25 \times 44 = 99 \text{ MJ}$

Énergie utile : $E_u = 99 \times 0,30 = 29,7 \text{ MJ} = 29\,700 \text{ kJ}$

Puissance utile : $P = \frac{29\,700}{3\,600} \approx 8,25 \text{ kW}$

6. CO₂, effet de serre et réchauffement climatique

DÉFINITION Le **dioxyde de carbone** (CO₂) est un **gaz à effet de serre** : il absorbe le rayonnement infrarouge émis par la Terre et contribue au réchauffement de l'atmosphère. L'augmentation de la concentration en CO₂ due aux activités humaines (combustion d'énergies fossiles) est la principale cause du **réchauffement climatique**.



Le CO₂ absorbe puis renvoie une partie de l'infrarouge émis par la Terre : l'atmosphère se réchauffe.

6.1 Calculer la masse de CO₂ dégagée

MÉTHODE

Calculer la masse de CO₂ produite par la combustion du méthane :

L'équation équilibrée est : $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$

Masses molaires : $M(\text{CH}_4) = 12 + 4 = 16 \text{ g/mol}$ et $M(\text{CO}_2) = 12 + 32 = 44 \text{ g/mol}$

D'après l'équation : 1 mole de CH₄ (16 g) produit 1 mole de CO₂ (44 g).

Donc : **la combustion de 16 g de méthane produit 44 g de CO₂.**

Pour une masse m de méthane : $m_{\text{CO}_2} = m_{\text{CH}_4} \times \frac{44}{16} = m_{\text{CH}_4} \times 2,75$

Exemple 6 — Contexte professionnel : Un technicien de maintenance énergétique calcule les émissions de CO₂ d'une chaudière à gaz qui consomme 1 500 kg de méthane par an.

$$m_{\text{CO}_2} = 1\,500 \times 2,75 = 4\,125 \text{ kg} \approx 4,1 \text{ tonnes de CO}_2$$

APPLICATION

Une chaudière au propane consomme 800 kg de propane pendant un hiver. En utilisant le facteur d'émission du tableau, calculer la masse de CO₂ dégagée.

Exemple 7 — Comparaison environnementale : Pour chauffer un logement, on peut utiliser :

- **Gaz naturel** : environ 230 g de CO₂ par kWh thermique
- **Fioul** : environ 300 g de CO₂ par kWh thermique
- **Pompe à chaleur** : environ 50 g de CO₂ par kWh thermique (électricité française)
- **Bois** : considéré comme neutre en CO₂ (le CO₂ libéré a été capté par l'arbre pendant sa croissance)

C'est pourquoi la transition énergétique encourage le remplacement des chaudières fioul et gaz par des pompes à chaleur ou des chaudières bois.

6.2 Facteurs d'émission

Combustible	Facteur d'émission (kg CO ₂ /kg combustible)
Méthane (gaz naturel)	2,75
Propane	3,00
Butane	3,03
Fioul domestique	3,15
Charbon	3,67



Tous les combustibles fossiles émettent une masse importante de CO₂ — le **charbon** le plus, le **gaz naturel** le moins.

À retenir

- Une **combustion** est la réaction entre un combustible et le dioxygène, libérant de l'énergie thermique.
- **Combustion complète** (excès d'O₂) : produits = CO₂ + H₂O. Flamme bleue.
- **Combustion incomplète** (manque d'O₂) : produits = CO + C (suie) + H₂O. Flamme jaune. **Danger : CO mortel.**
- L'équation de combustion doit être **équilibrée** (conservation de la matière).
- Le CO₂ est un **gaz à effet de serre** responsable du réchauffement climatique.
- On peut calculer la masse de CO₂ produite à partir de l'équation de combustion et des masses molaires.
- Les **moteurs thermiques** convertissent l'énergie de combustion en énergie mécanique (rendement 25-40 %).

7. Erreurs fréquentes

ERREUR
1

Confondre
monoxyde de
carbone (CO) et
dioxyde de
carbone (CO₂)

Le CO₂ est le produit d'une combustion complète : il est inoffensif en petites quantités mais contribue à l'effet de serre. Le CO est le produit d'une combustion incomplète : c'est un gaz mortel même en faible quantité. Ne jamais confondre ces deux molécules.

ERREUR
2

Croire
qu'une
flamme
jaune est
"normale"

Une flamme jaune ou orangée signale une combustion incomplète et la production probable de monoxyde de carbone. Une flamme correctement réglée doit être **bleue**. Une flamme jaune est un signal d'alarme qui nécessite l'intervention immédiate d'un technicien chauffagiste.

ERREUR
3

Ne pas
équilibrer

l'équation de combustion Une équation chimique non équilibrée ne respecte pas la conservation de la matière et est scientifiquement incorrecte. On doit toujours vérifier que le nombre d'atomes de chaque élément (C, H, O) est identique de chaque côté de la flèche.

**ERREUR
4**

Utiliser le pouvoir calorifique sans connaître l'unité

Le pouvoir calorifique est souvent donné en MJ/kg ou en kWh/kg. Avant tout calcul, vérifier l'unité utilisée et convertir si nécessaire ($1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$). Utiliser des unités incohérentes conduit à un résultat faux d'un facteur 3 600.

**ERREUR
5**

Penser que la combustion du bois est neutre en CO₂ sans condition

La combustion du bois est considérée comme neutre en CO₂ uniquement si la forêt est gérée durablement (les arbres replantés recaptent le CO₂ libéré). Une combustion incomplète du bois produit en plus du CO et des particules fines, qui sont nocives pour la santé et l'environnement.

Simulation interactive

[Combustion du carbone et des hydrocarbures](#)

Combustion du carbone et des hydrocarbures

Exercices | Première Bac Pro ICCER (Grpt 1) – Combustion, CO₂, énergie thermique

Socle

Standard

Approfondissement

Tout voir



Objectifs du chapitre

[cliquer pour développer](#)

Rappels du cours

- **Combustion complète** : $\text{combustible} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (flamme bleue)
- **Combustion incomplète** : $\text{combustible} + \text{O}_2$ (insuffisant) $\rightarrow \text{CO} + \text{C}$ (suie) + H_2O (flamme jaune, **danger CO**)
- **Méthane** : $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- **Propane** : $\text{C}_3\text{H}_8 + 5 \text{O}_2 \rightarrow 3 \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$
- **Masses molaires** : C = 12 g/mol, H = 1 g/mol, O = 16 g/mol
- **CO₂ par kg de méthane** : $m_{\text{CO}_2} = m_{\text{CH}_4} \times \frac{44}{16} = m \times 2,75$

Exercices guidés pas à pas

EXERCICE 1 Vocabulaire de la combustion

SOCLE

Compléter les phrases avec les mots : *combustible, comburant, combustion, dioxygène, dioxyde de carbone, eau, monoxyde de carbone, effet de serre, complète, incomplète*.

1. Une est une réaction chimique entre un et un
2. Le comburant est le (O_2) présent dans l'air.
3. Si la combustion est, les produits sont le et l'.....
4. Si la combustion est, il se forme du (CO), un gaz dangereux.
5. Le CO_2 est un gaz à qui contribue au réchauffement climatique.

Mes calculs :

EXERCICE 2 Complète ou incomplète ?

SOCLE

Pour chaque situation, indiquer si la combustion est complète ou incomplète. Justifier.

1. La flamme d'un bec Bunsen est bleue.
2. Un poêle à bois produit de la suie noire dans le conduit de cheminée.
3. L'analyseur de fumées d'une chaudière à gaz indique 0 ppm de CO .
4. La flamme d'une bougie est jaune-orangé.
5. Un brûleur de chaudière émet une flamme jaune et il y a une odeur inhabituelle.

Mes calculs :

SOCLE**EXERCICE 3** Combustion du méthane : étapes guidées

On réalise la combustion complète du méthane CH_4 .

1. Quels sont les réactifs ? (Nommer le combustible et le comburant)
2. Quels sont les produits de la combustion complète ? (Deux produits)
3. Compléter l'équation :



4. Vérifier l'équilibrage en comptant les atomes :

Atome	À gauche	À droite	Équilibré ?
C			
H			
O			

Mes calculs :

SOCLE**EXERCICE 4** Masse de CO₂ : calcul guidé

Une chaudière à gaz consomme 800 kg de méthane par an.

1. Quelle est la masse molaire du méthane CH₄ ?

$$M(\text{CH}_4) = M(\text{C}) + 4 \times M(\text{H}) = \dots\dots\dots + 4 \times \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{ g/mol}$$

2. Quelle est la masse molaire du CO₂ ?

$$M(\text{CO}_2) = M(\text{C}) + 2 \times M(\text{O}) = \dots\dots\dots + 2 \times \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{ g/mol}$$

3. D'après l'équation, 1 mole de CH₄ produit 1 mole de CO₂. Donc 16 g de CH₄ produisent g de CO₂.

4. Pour 800 kg de méthane, calculer la masse de CO₂ :

$$m_{\text{CO}_2} = 800 \times \frac{44}{16} = 800 \times \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{ kg}$$

Mes calculs :

SOCLE

EXERCICE 5 Sécurité et CO

Répondre par Vrai ou Faux. Corriger les affirmations fausses.

1. Le monoxyde de carbone (CO) a une forte odeur qui permet de le détecter.
2. Une flamme jaune sur un brûleur à gaz indique une combustion incomplète.
3. Le CO se fixe sur l'hémoglobine à la place du dioxygène.
4. Une bonne ventilation du local n'est pas nécessaire si la chaudière est récente.
5. L'entretien annuel de la chaudière est obligatoire.

Mes calculs :

Exercices d'application

STANDARD

EXERCICE 6 Équilibrer des équations de combustion

Équilibrer les équations de combustion complète suivantes :

1. $\text{C}_2\text{H}_6 + \dots \text{O}_2 \longrightarrow \dots \text{CO}_2 + \dots \text{H}_2\text{O}$ (éthane)
2. $\text{C}_3\text{H}_8 + \dots \text{O}_2 \longrightarrow \dots \text{CO}_2 + \dots \text{H}_2\text{O}$ (propane)
3. $\text{C}_4\text{H}_{10} + \dots \text{O}_2 \longrightarrow \dots \text{CO}_2 + \dots \text{H}_2\text{O}$ (butane)
4. $\text{C}_8\text{H}_{18} + \dots \text{O}_2 \longrightarrow \dots \text{CO}_2 + \dots \text{H}_2\text{O}$ (octane, essence)

Mes calculs :

STANDARD

EXERCICE 7 Bilan carbone d'une chaudière

Un technicien de maintenance énergétique évalue les émissions de CO_2 d'une chaudière au propane (C_3H_8) qui consomme 1 200 kg de propane par an.

1. Écrire l'équation de combustion complète du propane.
2. Calculer les masses molaires de C_3H_8 et de CO_2 .
3. D'après l'équation, combien de moles de CO_2 sont produites par mole de propane ?
4. Calculer la masse de CO_2 produite par la combustion de 1 kg de propane.
5. Calculer la masse totale de CO_2 émise en un an.
6. Si le client remplace sa chaudière par une pompe à chaleur (facteur d'émission : 50 g CO_2/kWh , pour une consommation de 4 000 kWh/an), calculer la réduction d'émissions en kg.

Mes calculs :

STANDARD**EXERCICE 8 Énergie d'une combustion**

Un poêle à granulés de bois consomme 2 kg de granulés par heure. Le pouvoir calorifique des granulés est de 17 MJ/kg. Le rendement du poêle est de 90 %.

1. Calculer l'énergie totale libérée par la combustion en une heure.
2. Calculer l'énergie utile (restituée au logement) en une heure.
3. Exprimer cette énergie utile en kWh.
4. Le poêle fonctionne 6 h par jour pendant 150 jours. Calculer l'énergie utile annuelle en kWh.
5. Le prix des granulés est de 0,35 €/kg. Calculer le coût annuel de chauffage.

Mes calculs :

APPROFONDISSEMENT

EXERCICE 9 Comparaison de systèmes de chauffage (type BTS)

Un ingénieur thermicien compare trois solutions de chauffage pour un logement dont les besoins sont de 12 000 kWh thermiques par an :

	Chaudière gaz	Chaudière fioul	PAC air/eau
Combustible/énergie	Méthane	Fioul domestique	Électricité
Rendement / COP	95 %	88 %	COP = 3,5
Pouvoir calorifique	50 MJ/kg	42 MJ/kg	—
Prix énergie	1,10 €/kg	1,30 €/L (densité 0,85)	0,22 €/kWh
Facteur CO ₂	2,75 kg/kg	3,15 kg/kg	50 g/kWh élec

1. Pour chaque solution, calculer l'énergie totale à fournir (en tenant compte du rendement ou du COP).
2. Calculer la masse de combustible nécessaire pour les chaudières et l'énergie électrique pour la PAC.
3. Calculer le coût annuel de chaque solution.
4. Calculer les émissions annuelles de CO₂ pour chaque solution.
5. Rédiger une conclusion argumentée en comparant les trois solutions sur les plans économique et environnemental.

Mes calculs :

APPROFONDISSEMENT

EXERCICE 10 Rendement d'un moteur thermique

Un groupe électrogène diesel alimente un chantier isolé. Il consomme 4,5 L de gazole par heure (densité 0,84 kg/L, pouvoir calorifique 43 MJ/kg). Sa puissance électrique utile est de 15 kW.

1. Calculer la masse de gazole consommée par heure.
2. Calculer l'énergie chimique totale libérée par la combustion en une heure.
3. Calculer l'énergie électrique utile produite en une heure (en MJ).
4. Calculer le rendement du groupe électrogène.
5. Quelle est la puissance dissipée en chaleur ? Où va cette énergie ?
6. Le chantier dure 20 jours (8 h/jour). Calculer la masse totale de CO₂ émise (facteur : 3,15 kg CO₂/kg gazole).

Mes calculs :

03

Combustion du carbone et des hydrocarbures

Devoir surveillé | Première Bac Pro ICCER (Grpt 1) – Combustion, CO₂, énergie thermique

Socle

Standard

Approfondissement

Tout voir



Objectifs du chapitre

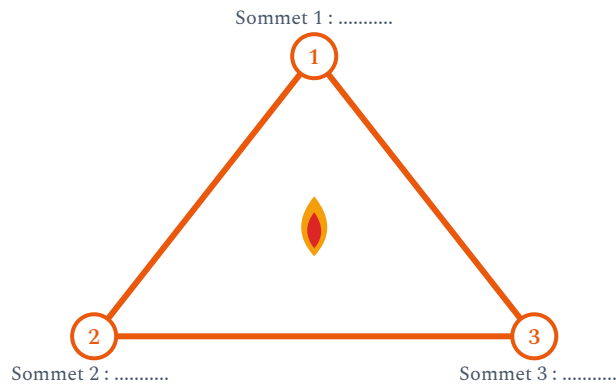
[cliquer pour développer](#)

CONSIGNES Durée : 1 heure. Calculatrice autorisée. Données : $M(\text{C}) = 12 \text{ g/mol}$,

$M(\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$, $M(\text{O}) = 16 \text{ g/mol}$. Rédiger les réponses avec soin.

SOCLE Exercice 1 – Connaissances sur la combustion (5 points)

1. Compléter le schéma du triangle du feu avec les mots : *combustible*, *comburant*, *énergie d'activation*.



- Sommet 1 : (le gaz, le bois, le fioul...)
- Sommet 2 : (le dioxygène de l'air)
- Sommet 3 : (étincelle, flamme pilote...)

2. Compléter les phrases :

- La combustion (complète / incomplète) produit uniquement du CO_2 et de l' H_2O .
- La combustion produit du CO , un gaz et
- La flamme d'une combustion complète est de couleur

3. Citer deux signes d'une combustion incomplète sur une chaudière.

SOCLE Exercice 2 – Équation de combustion guidée (5 points)

On réalise la combustion complète du propane C_3H_8 .

1. Écrire les noms des réactifs et des produits.

2. Compléter l'équation :



3. Compléter le tableau de vérification :

Atome	À gauche	À droite
C		
H		
O		

SOCLE Exercice 3 – Calcul de CO_2 guidé (4 points)

Une chaudière au gaz naturel consomme 500 kg de méthane par an.

1. Quel est le facteur d'émission du méthane ? (Combien de kg de CO_2 pour 1 kg de méthane ?)

$$\text{Facteur} = \frac{M(CO_2)}{M(CH_4)} = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots$$

2. Calculer la masse annuelle de CO_2 :

$$m_{CO_2} = 500 \times \dots\dots\dots = \dots\dots\dots \text{ kg}$$

3. Exprimer ce résultat en tonnes.

STANDARD Exercice 1 – Entretien d'une chaudière (7 points)

Un technicien chauffagiste effectue l'entretien annuel d'une chaudière à gaz (méthane). Il relève les données suivantes :

- Consommation : 1 800 kg de méthane par an
- Puissance thermique de la chaudière : 25 kW
- Rendement : 92 %

1. Écrire l'équation de combustion complète du méthane. (1 pt)
2. Calculer la masse de CO_2 émise par an. (2 pts)
3. Calculer la puissance utile de la chaudière. (1 pt)
4. Calculer la puissance perdue. Sous quelle forme cette énergie est-elle dissipée ? (1,5 pt)
5. L'analyseur de fumées indique 120 ppm de CO. La norme impose un maximum de 50 ppm. Que doit faire le technicien ? Citer au moins deux actions. (1,5 pt)

STANDARD Exercice 2 – Combustion du butane et impact environnemental (7 points)

Un chauffagiste installe un chauffage d'appoint au butane (C_4H_{10}) dans un atelier. La bouteille contient 13 kg de butane.

1. Écrire et équilibrer l'équation de combustion complète du butane. (2 pts)
2. Calculer les masses molaires de C_4H_{10} et de CO_2 . (1 pt)
3. D'après l'équation, combien de moles de CO_2 sont produites pour 2 moles de butane ? En déduire la masse de CO_2 produite par kg de butane. (2 pts)
4. Calculer la masse de CO_2 émise par la combustion de la bouteille entière. (1 pt)
5. Le pouvoir calorifique du butane est de 45 MJ/kg. Calculer l'énergie totale libérée par la bouteille (en kWh). (1 pt)

APPROFONDISSEMENT Exercice 1 – Étude complète : remplacement d'une chaudière fioul (14 points)

Un conducteur de travaux étudie le remplacement d'une chaudière fioul par une solution plus écologique pour un immeuble de bureaux. Les besoins thermiques sont de 80 000 kWh par an.

Partie A – La chaudière fioul actuelle (5 points)

Le fioul domestique peut être assimilé à du dodécane $C_{12}H_{26}$. La chaudière a un rendement de 85 %.

1. Écrire et équilibrer l'équation de combustion complète du dodécane. (2 pts)
2. Calculer la masse de fioul nécessaire par an (pouvoir calorifique : 42 MJ/kg). (1,5 pt)
3. Calculer la masse de CO_2 émise par an (facteur : 3,15 kg CO_2 /kg fioul). (1,5 pt)

Partie B – Solutions alternatives (5 points)

Deux alternatives sont proposées :

- **Chaudière gaz à condensation** : rendement 105 % (PCI), consommation de méthane
 - **PAC géothermique** : COP = 4,2, électricité à 0,22 €/kWh, 50 g CO_2 /kWh élec
4. Pour la chaudière gaz : calculer la masse de méthane nécessaire (PC = 50 MJ/kg) et les émissions de CO_2 . (2,5 pts)
 5. Pour la PAC : calculer l'énergie électrique nécessaire et les émissions de CO_2 . (2,5 pts)

Partie C – Synthèse (4 points)

Prix des énergies : fioul 1,20 €/L (densité 0,85), gaz 1,10 €/kg, électricité 0,22 €/kWh.

6. Calculer le coût annuel de chaque solution. (2 pts)

7. Établir un tableau comparatif (coût, CO₂) et rédiger une conclusion argumentée.
(2 pts)

Première Bac Pro ICCER – Groupement 1 | Physique-Chimie – Chapitre 3 | maths-sciences-pro.fr
