

AM-03.05 · SPACE ACADEMY

AM-03.05 — Réaction chimique et conservation : les atomes se réorganisent, ils ne disparaissent pas

Pourquoi une équation chimique doit-elle compter le même nombre d'atomes avant et après ?

Boussole du cours

Question directrice : Pourquoi une équation chimique doit-elle compter le même nombre d'atomes avant et après ?

Repères :  MESURÉ ·  CONVENTION · 
CALCULÉ ·  HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE ·
 APPROXIMATION

- définir réactif et produit
- équilibrer par comptage
- respecter conservation
- distinguer équation et procédé

Ressource pédagogique libre : ce contenu ne constitue ni une formation professionnelle, ni un diplôme, ni une certification, ni une habilitation. Les exemples servent à comprendre les principes et ne remplacent pas l'ingénierie, les essais ni la **qualification** INFO d'un système réel.

Réponse essentielle

DU CO₂ MARTIEN AU MÉTHANE : LA RÉACTION DE SABATIER
Transformer les ressources de Mars en carburant pour repartir vers la Terre.

1 L'IDÉE
Sur Mars, le dioxyde de carbone (CO₂) est disponible pour être combiné à du hydrogène (H₂) pour produire du méthane (CH₄) et de l'eau (H₂O). C'est la réaction de Sabatier.

2 LA RÉACTION DE SABATIER
$$\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$$

Les molécules se réorganisent sur le catalyseur pour former le méthane et de l'eau.

3 POURQUOI LE MÉTHANE ?
Excellent carburant : 1 kg de CH₄ libère autant d'énergie que 1 kg de H₂ mais est 10 fois plus performant.
Stockable : peut être stocké à -162 °C, il se conserve bien pour les missions.
Régénérable : l'eau produite peut être recyclée pour produire plus d'hydrogène et alimenter la base.
Combustion du méthane : $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
Carbone : CO₂ Carbone : CO₂ Eau : H₂O Eau : H₂O

4 D'OÙ VIENT L'HYDROGÈNE ?
On peut produire de l'hydrogène à partir de l'eau (H₂O) en utilisant l'énergie solaire.
1. Eau (H₂O) 2. Eau (H₂O) 3. Électrolyse (H₂ et O₂) 4. Utilisation (H₂) dans Sabatier.
ÉLECTROLYSE DE L'EAU : $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$
L'hydrogène (H₂) sert à la réaction de Sabatier et l'oxygène (O₂) sert à la respiration des astronautes.

5 UN EXEMPLE : LE RETOUR SUR TERRE
Sur Mars, le CO₂ est combiné à l'hydrogène (H₂) pour produire du méthane (CH₄) et de l'eau (H₂O).
Le méthane et l'oxygène (O₂) sont utilisés pour alimenter le moteur pour assurer le passage du retour.

Innovant avec ce que l'on a sur place : c'est ça l'exploration durable. Delta-Sierra • Space Academy

Réaction de Sabatier sur Mars

Réaction chimique et conservation : les atomes se réorganisent, ils ne disparaissent pas. La question à résoudre est la suivante : Pourquoi une équation chimique doit-elle compter le même nombre d'atomes avant et après ? Repères : MESURÉ CONVENTION CALCULÉ HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE APPROXIMATION définir réactif et produit équilibrer par comptage respecter conservation distinguer équation et procédé ? Les substances de départ sont les réactifs ; les substances formées sont les produits. Les atomes sont réarrangés entre molécules. La suite du cours montre comment passer de cette idée à un raisonnement contrôlable : unités explicites, hypothèses annoncées, calculs reproductibles, ordre de grandeur et limites d'interprétation. Le résultat n'est utile que si l'on peut expliquer ce qu'il mesure, d'où viennent les nombres et quelle décision d'ingénierie il éclaire.

Synthèse de départ : les démonstrations, exemples, limites et sources sont développés dans le corps du cours.

Mots clés avant de commencer

mole [INFO](#) · stœchiométrie [INFO](#) ·

rendement [INFO](#) · unité [INFO](#) · ordre de grandeur [INFO](#)

1 — Une réaction réorganise les liaisons

La réaction de Sabatier : fabriquer du méthane sur Mars
Transformer le dioxyde de carbone martien et l'hydrogène en carburant et en eau.

1 L'ÉQUATION DE LA RÉACTION

$$\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$$

Que signifie chaque symbole et nombre ?

- CO_2 : dioxyde de carbone (1 atome de carbone, 2 atomes d'oxygène).
- 4H_2 : 4 molécules d'hydrogène (chaque H_2 a 2 atomes d'hydrogène).
- CH_4 : méthane (1 atome de carbone, 4 atomes d'hydrogène).
- $2\text{H}_2\text{O}$: 2 molécules d'eau (chaque H_2O a 2 atomes d'hydrogène et 1 atome d'oxygène).

2 DANS LE RÉACTEUR DE SABATIER

Dans le réacteur, le CO_2 et le H_2 se mélangent sur un catalyseur à haute température et forment du CH_4 et du H_2O .

3 POURQUOI C'EST UTILE ?

- Un carburant puissant : le méthane (CH_4) brûle avec l'oxygène (O_2) pour produire beaucoup d'énergie.
- De l'eau en bonus : l'eau produite peut être utilisée pour boire, cultiver, ou dans une pile à hydrogène.
- Bouclier des ressources sur Mars : On sait que Mars offre du CO_2 et se trouve auprès du H_2 pour offrir du carburant et de l'eau. Reste de carburant dans la Terre !

4 DE L'ATMOSPHÈRE MARTIEN AU CARBURANT

Le cycle des ressources :

- Atmosphère martienne riche en CO_2 → Capture et purification de CO_2 → Réacteur de Sabatier → CH_4 méthane et H_2O → Carburant pour fusée.
- Électrolyse de l'eau (énergie solaire) → H_2 → Réacteur de Sabatier.

5 POURQUOI C'EST PARFAIT POUR MARS ?

- L'atmosphère martienne contient 95% de CO_2 .
- On peut produire l'hydrogène à partir de l'eau et de l'énergie solaire.
- La réaction se fait à basse température (200-300°C) sans besoin de haute pression.
- Mars de l'eau à l'océan (dans la Terre) : même chose, elle est plus facile.

EXEMPLE CONCRET : MISSION MARTIENNE

- On capture le CO_2 de l'atmosphère martienne.
- Le réacteur produit du CH_4 et du H_2O .
- Le CH_4 est utilisé comme carburant.
- Pour obtenir le H_2 on brûle avec du CO_2 produit à partir de l'eau.

VOGABULAIRE

- Catalyseur** : substance qui accélère une réaction chimique sans être consommée.
- Haute température** : la réaction chimique se produit dans des conditions extrêmes.
- Dioxyde** : composé qui contient deux (2) atomes d'oxygène (O_2) et un atome d'un autre élément.
- Méthane** : composé qui contient un (1) atome de carbone, un (4) atome d'hydrogène.
- Carburant** : substance qui brûle avec l'oxygène pour produire de l'énergie.
- Hydrogène** : le plus léger des gaz.
- Oxygène** : indispensable à la combustion.

Delta-Sierra • Space Academy

Réaction de Sabatier

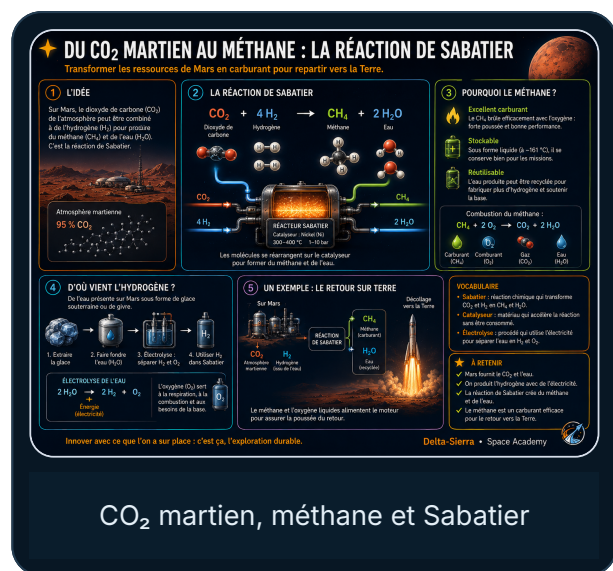
Les substances de départ sont les réactifs ; les substances formées sont les produits. Les atomes sont réarrangés entre molécules.

L'équation doit respecter la conservation de chaque élément dans le modèle chimique.

Schéma pédagogique 1: 1 — Une réaction réorganise les liaisons

1 — Une réaction réorganise les liaisons

2 — Équilibrer avec des coefficients



Pour former de l'eau à partir de H_2 et O_2 , écrire simplement $H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$ ne conserve pas O.

$2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ compte 4 H et 2 O de chaque côté.

2 — Équilibrer avec des coefficients

3 — La conservation devient un outil de calcul

Une fois les coefficients établis, ils donnent des rapports de nombres de molécules ou de moles.

La masse réelle demande ensuite les masses molaires, notion développée dans un autre cours.

Schéma pédagogique 3: 3 — La conservation devient un outil de calcul

3 — La conservation devient un outil de calcul

4 — Équation chimique ≠ procédé industriel

Une réaction possible sur papier ne dit rien à elle seule sur température, catalyseur, cinétique, rendement, sécurité ou équipement.

Dans Space Academy, la stœchiométrie enseigne la logique avant l'ingénierie de procédé.

Schéma pédagogique 4: 4 — Équation chimique ≠ procédé industriel

4 — Équation chimique ≠ procédé industriel

Trois exemples complets : changer une hypothèse pour comprendre

Avant chaque calcul : repérez l'origine de chaque nombre et son statut — mesuré, convention, hypothèse ou résultat.

Exemple A — équation non équilibrée

$\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$: gauche H=2,O=2 ; droite H=2,O=1.

O n'est pas conservé : équation à corriger.

Exemple B — équilibrée

$2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$: gauche H=4,O=2 ; droite H=4,O=2.

Les comptes correspondent.

Exemple C — multiplier l'échelle

$4 \text{H}_2 + 2 \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{H}_2\text{O}$ est aussi équilibrée : tous les coefficients ont été doublés.

Même proportion chimique, échelle doublée.

Calcul inverse

Si 6 molécules H_2 réagissent selon le rapport 2:1 avec O_2 , il faut $6/2=3$ unités correspondantes de O_2 dans le comptage stœchiométrique.

Piège fréquent et contrôle du résultat

Piège : croire qu'une équation équilibrée prouve qu'une réaction sera rapide, complète ou facile à réaliser.

Contrôlez les unités, le signe, l'ordre de grandeur et la cohérence avec une situation limite.

Exercices et corrigés

Reformuler

Expliquez avec vos mots ce que relie la formule.

Corrigé : Une réponse correcte dit ce qui change, dans quel sens et pourquoi.

Varier

Changez une donnée de moitié et prédisez le résultat avant de calculer.

Corrigé : La prédiction qualitative doit précéder le calcul.

Contrôler

Quelle vérification indépendante pouvez-vous faire ?

Corrigé : Unités, substitution inverse, borne physique ou comparaison avec un cas simple.

Sources primaires et pédagogiques

- [NASA Science - Basics of Space Flight Glossary](#)
- [NIST - International System of Units \(SI\)](#)