

L'équation à la croisée des mathématiques et de la chimie

Valérie Henry, Jérémie Dehon
Abir Bou Abdo, Christophe Dubussy

SBPMef, août 2026

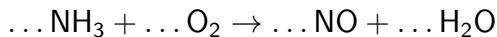


Contexte

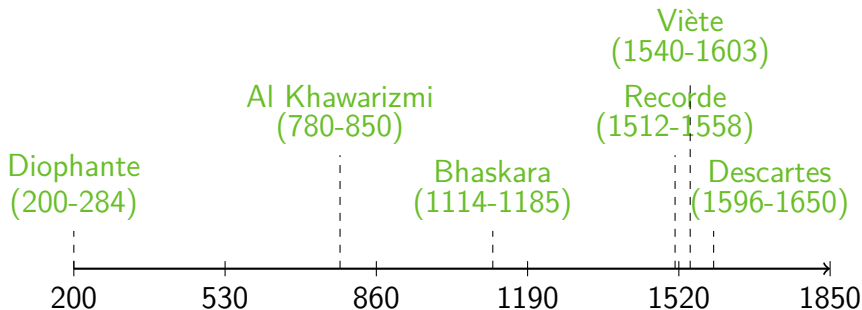
- Résoudre l'équation suivante, dans $\mathbb{R}$,

$$4x^2 + 5x = 4x + 6$$

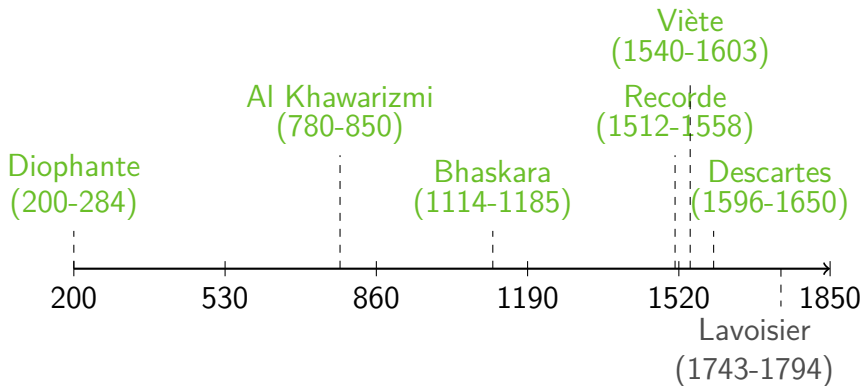
- Pondérer l'équation chimique suivante :



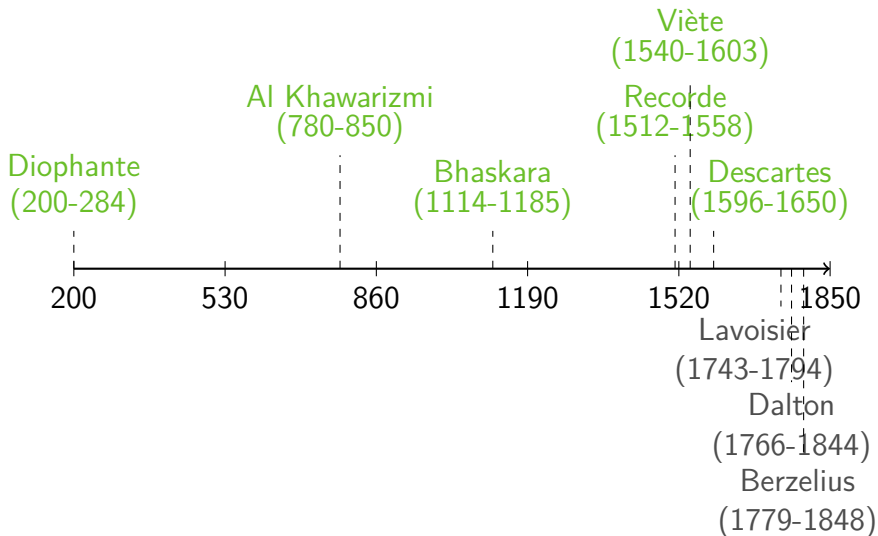
Bref historique



Bref historique



Bref historique



Équation chimique et multi-ensembles

Équation chimique et multi-ensembles

Multi-ensemble

Un multi-ensemble est un couple (E, c) où E est un ensemble et $c : E \rightarrow \mathbb{N}$ une fonction.

Équation chimique et multi-ensembles

Multi-ensemble

Un multi-ensemble est un couple (E, c) où E est un ensemble et $c : E \rightarrow \mathbb{N}$ une fonction.

Exemple : $\text{H}_2\text{O} \longleftrightarrow (\{H, O\}, c), c(H) = 2, c(O) = 1$

Équation chimique et multi-ensembles

Multi-ensemble

Un multi-ensemble est un couple (E, c) où E est un ensemble et $c : E \rightarrow \mathbb{N}$ une fonction.

Exemple : $\text{H}_2\text{O} \longleftrightarrow (\{H, O\}, c), c(H) = 2, c(O) = 1$

Somme de multi-ensembles

Soient (E, c) et (F, d) deux multi-ensembles. La somme $(E, c) + (F, d)$ est le multi-ensemble (G, f) tel que

1. $G = E \cup F$
2. $f(x) = c(x)$ si $x \in E \setminus F$
3. $f(x) = d(x)$ si $x \in F \setminus E$
4. $f(x) = c(x) + d(x)$ si $x \in E \cap F$

Équation chimique et multi-ensembles

Multi-ensemble

Un multi-ensemble est un couple (E, c) où E est un ensemble et $c : E \rightarrow \mathbb{N}$ une fonction.

Exemple : $\text{H}_2\text{O} \longleftrightarrow (\{H, O\}, c), c(H) = 2, c(O) = 1$

Somme de multi-ensembles

Soient (E, c) et (F, d) deux multi-ensembles. La somme $(E, c) + (F, d)$ est le multi-ensemble (G, f) tel que

1. $G = E \cup F$
2. $f(x) = c(x)$ si $x \in E \setminus F$
3. $f(x) = d(x)$ si $x \in F \setminus E$
4. $f(x) = c(x) + d(x)$ si $x \in E \cap F$

Exemple : $\text{NO} + \text{H}_2\text{O}$

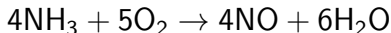
Multiplication par un naturel

Soient (E, c) un multi-ensemble et $k \in \mathbb{N}$ un naturel. Le produit $k \cdot (E, c)$ est le multi-ensemble $(E, k \cdot c)$.

Multiplication par un naturel

Soient (E, c) un multi-ensemble et $k \in \mathbb{N}$ un naturel. Le produit $k \cdot (E, c)$ est le multi-ensemble $(E, k \cdot c)$.

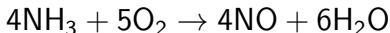
Exemple : 4NH_3



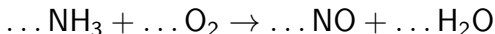
Multiplication par un naturel

Soient (E, c) un multi-ensemble et $k \in \mathbb{N}$ un naturel. Le produit $k \cdot (E, c)$ est le multi-ensemble $(E, k \cdot c)$.

Exemple : 4NH_3



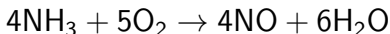
Pondérer l'équation chimique suivante :



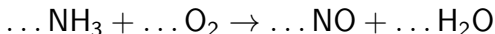
Multiplication par un naturel

Soient (E, c) un multi-ensemble et $k \in \mathbb{N}$ un naturel. Le produit $k \cdot (E, c)$ est le multi-ensemble $(E, k \cdot c)$.

Exemple : 4NH_3



Pondérer l'équation chimique suivante :

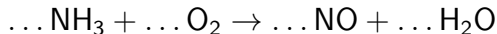


Résoudre l'équation fonctionnelle suivante :

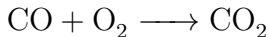
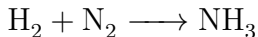
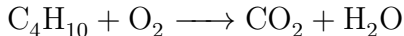
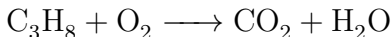
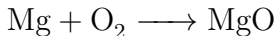
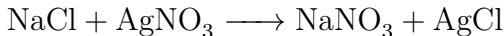
$$ac + bd = kf + lg \text{ où } (a, b, k, l) \in \mathbb{N}^4 \text{ est l'inconnue}$$

En pratique

Pondérer l'équation chimique suivante :



Quelques exercices



Étude des manuels belges et libanais

► $\rightarrow$ et pas =

Étude des manuels belges et libanais

- ▶ $\rightarrow$ et pas =
- ▶ Conservation de la masse

Étude des manuels belges et libanais

- ▶ $\rightarrow$ et pas =
- ▶ Conservation de la masse
- ▶ Techniques par tâtonnements « compter, comparer, ajuster » :

Étude des manuels belges et libanais

- ▶ $\rightarrow$ et pas =
- ▶ Conservation de la masse
- ▶ Techniques par tâtonnements « compter, comparer, ajuster » :
 - ▶ tableau

Étude des manuels belges et libanais

- ▶ → et pas =
- ▶ Conservation de la masse
- ▶ Techniques par tâtonnements « compter, comparer, ajuster » :
 - ▶ tableau
 - ▶ représentation par modèle moléculaire

Entretiens avec des enseignants de chimie

- ▶ Entretiens semi-dirigés, enregistrés, retranscrits et analysés
- ▶ 13 enseignants de chimie au cycle secondaire au Liban
- ▶ Thématiques
 - ▶ Liens entre les équations chimiques et les mathématiques
 - ▶ Méthodes utilisées pour équilibrer (pondérer) les équations chimiques
 - ▶ Difficultés des enseignants et des apprenants dans l'équilibre des équations chimiques
 - ▶ Méthode algébrique d'équilibre des équations chimiques

Liens entre équations chimiques et mathématiques

- ▶ Lien chimie-mathématiques reconnu
 - ▶ « Je compte sur leurs connaissances en math pour que je puisse aller plus vite dans mon explication en chimie »,
 - ▶ « Dans tous les exercices en réaction chimique, on a besoin de savoir un minimum de bagage en maths ».
- ▶ Connaissances évoquées : usage des formules, démarches logiques de résolution d'exercices, proportionnalité, manipulation d'équations
- ▶ Pondération-Équilibre des équations chimiques = lieu privilégié

Liens entre équations chimiques et mathématiques

- ▶ Mise à distance des mathématiques :
 - ▶ « [il est] essentiel d'expliquer aux élèves que ce n'est pas des mathématiques »
 - ▶ « c'est une méthode implicite chimique qui n'a rien à voir avec les maths »
- ▶ Mathématiques finalement peu ou pas mises en évidence au cours de chimie car crainte que « les élèves ayant des difficultés en mathématiques transfèrent ces difficultés à la chimie et refusent ainsi de résoudre des problèmes chimiques »

Difficultés

- ▶ Mathématiques = source de difficultés principales :
fractions, nombres non multiples l'un de l'autre, transfert

Difficultés

- ▶ Mathématiques = source de difficultés principales : fractions, nombres non multiples l'un de l'autre, transfert
- ▶ Adaptation des techniques pour « contourner » l'utilisation des mathématiques

Difficultés

- ▶ Mathématiques = source de difficultés principales :
fractions, nombres non multiples l'un de l'autre, transfert
- ▶ Adaptation des techniques pour « contourner »
l'utilisation des mathématiques
- ▶ Vérification finale de l'équilibre

Méthodes de pondération

Méthode de pondération = tâtonnement structuré par des règles variables d'un enseignant à l'autre

- ▶ « Selon le type d'équation, je leur indique par quel élément commencer »
- ▶ « commencer par les éléments combinés et laisser les éléments isolés à part »
- ▶ « laisser l'oxygène pour la fin dans une équation de combustion »

Présentation de la méthode algébrique

Considérée comme « très bonne », « importante », « idéale », « plus précise » et « intéressante »

- ▶ « étapes précises et plus facile que par tâtonnement »
- ▶ l'un des problèmes en sciences est qu' « il n'y a pas une seule méthode à suivre »
- ▶ « résout le problème en une seule fois, en une seule démarche »
- ▶ « facilite » le travail car « elle peut trouver la réponse sans compter »
- ▶ donne du sens à la résolution des systèmes d'équations

Présentation de la méthode algébrique

Considérée comme « très bonne », « importante », « idéale », « plus précise » et « intéressante »

- ▶ « étapes précises et plus facile que par tâtonnement »
- ▶ l'un des problèmes en sciences est qu' « il n'y a pas une seule méthode à suivre »
- ▶ « résout le problème en une seule fois, en une seule démarche »
- ▶ « facilite » le travail car « elle peut trouver la réponse sans compter »
- ▶ donne du sens à la résolution des systèmes d'équations

Mais

- ▶ applicabilité (équations chimiques en S_2 , système d'équations en S_3) ?
- ▶ élèves avec difficultés en math
- ▶ utiliser cette méthode « sans faire des liens avec les mathématiques »

Observations de classes

- ▶ Trois établissements de la région de Beyrouth
- ▶ Classes de S2
- ▶ Observations, enregistrements vidéos et audios des séances consacrées aux réactions chimiques (environ 5 séances)

Observations de classes

- ▶ Progression

Observations de classes

- ▶ Progression
- ▶ Utilisation naturelle du langage et des techniques mathématiques chez les élèves :

Observations de classes

- ▶ Progression
- ▶ Utilisation naturelle du langage et des techniques mathématiques chez les élèves :
 - ▶ « $\text{ça} + \text{ça} = \text{ça}$ »

Observations de classes

- ▶ Progression
- ▶ Utilisation naturelle du langage et des techniques mathématiques chez les élèves :
 - ▶ « $\text{ça} + \text{ça} = \text{ça}$ »
 - ▶ « cela revient à ajouter des éléments, comme dans une équation mathématique »

Observations de classes

- ▶ Progression
- ▶ Utilisation naturelle du langage et des techniques mathématiques chez les élèves :
 - ▶ « $\text{ça} + \text{ça} = \text{ça}$ »
 - ▶ « cela revient à ajouter des éléments, comme dans une équation mathématique »
 - ▶ PGCD

Observations de classes

- ▶ Progression
- ▶ Utilisation naturelle du langage et des techniques mathématiques chez les élèves :
 - ▶ « $\text{ça} + \text{ça} = \text{ça}$ »
 - ▶ « cela revient à ajouter des éléments, comme dans une équation mathématique »
 - ▶ PGCD
 - ▶ $2 \times ? = 10$

Observations de classes

- ▶ Progression
- ▶ Utilisation naturelle du langage et des techniques mathématiques chez les élèves :
 - ▶ « $\text{ça} + \text{ça} = \text{ça}$ »
 - ▶ « cela revient à ajouter des éléments, comme dans une équation mathématique »
 - ▶ PGCD
 - ▶ $2 \times ? = 10$
- ▶ Mise à distance par les enseignants :

Observations de classes

- ▶ Progression
- ▶ Utilisation naturelle du langage et des techniques mathématiques chez les élèves :
 - ▶ « $\text{ça} + \text{ça} = \text{ça}$ »
 - ▶ « cela revient à ajouter des éléments, comme dans une équation mathématique »
 - ▶ PGCD
 - ▶ $2 \times ? = 10$
- ▶ Mise à distance par les enseignants :
 - ▶ « Je préfère ne pas employer cette notation »

Observations de classes

- ▶ Progression
- ▶ Utilisation naturelle du langage et des techniques mathématiques chez les élèves :
 - ▶ « $\text{ça} + \text{ça} = \text{ça}$ »
 - ▶ « cela revient à ajouter des éléments, comme dans une équation mathématique »
 - ▶ PGCD
 - ▶ $2 \times ? = 10$
- ▶ Mise à distance par les enseignants :
 - ▶ « Je préfère ne pas employer cette notation »
 - ▶ « Je ne veux pas parler des mathématiques, mais je suis obligée ici »

Observations de classes

- ▶ Progression
- ▶ Utilisation naturelle du langage et des techniques mathématiques chez les élèves :
 - ▶ « $\text{ça} + \text{ça} = \text{ça}$ »
 - ▶ « cela revient à ajouter des éléments, comme dans une équation mathématique »
 - ▶ PGCD
 - ▶ $2 \times ? = 10$
- ▶ Mise à distance par les enseignants :
 - ▶ « Je préfère ne pas employer cette notation »
 - ▶ « Je ne veux pas parler des mathématiques, mais je suis obligée ici »
 - ▶ techniques particulières à chaque équation

- ▶ Procédures erronées :
 - ▶ modifier les nombres en indices
 - ▶ ajouter une molécule dans les produits
- ▶ Difficultés
 - ▶ nombre d'atomes non multiples l'un de l'autre dans les réactifs et les produits
 - ▶ techniques fluctuantes

Conclusions et perspectives

- ▶ Constats

Conclusions et perspectives

- ▶ Constats
 - ▶ Mise à distance des mathématiques dans les manuels

Conclusions et perspectives

► Constats

- Mise à distance des mathématiques dans les manuels
- Réticence des enseignants de chimie à importer les mathématiques même lorsque ce sont les élèves qui le proposent

Conclusions et perspectives

► Constats

- Mise à distance des mathématiques dans les manuels
- Réticence des enseignants de chimie à importer les mathématiques même lorsque ce sont les élèves qui le proposent
- Incertitude liée à l'essai-erreur et à la variabilité des procédures

Conclusions et perspectives

- ▶ Constats
 - ▶ Mise à distance des mathématiques dans les manuels
 - ▶ Réticence des enseignants de chimie à importer les mathématiques même lorsque ce sont les élèves qui le proposent
 - ▶ Incertitude liée à l'essai-erreur et à la variabilité des procédures
- ▶ Perspectives

Conclusions et perspectives

► Constats

- Mise à distance des mathématiques dans les manuels
- Réticence des enseignants de chimie à importer les mathématiques même lorsque ce sont les élèves qui le proposent
- Incertitude liée à l'essai-erreur et à la variabilité des procédures

► Perspectives

- Opportunité de travail interdisciplinaire

Conclusions et perspectives

► Constats

- Mise à distance des mathématiques dans les manuels
- Réticence des enseignants de chimie à importer les mathématiques même lorsque ce sont les élèves qui le proposent
- Incertitude liée à l'essai-erreur et à la variabilité des procédures

► Perspectives

- Opportunité de travail interdisciplinaire
- Propositions didactiques pour les enseignants de chimie et/ou de mathématiques