



Les demi-équations en 3^e : méthode, exemples et exercices pour le brevet

3^e

Difficulté ★★

⌚ 45 min

Objectif : Écrire une demi-équation

Tombe souvent au brevet

Fiche complète + corrigé

Compétence visée (programme cycle 4) : États et constitution de la matière, atomes et ions, transformations chimiques, masse volumique.



Coach Vince te résume l'essentiel

- ▶ Une demi-équation traduit un échange d'électrons entre les espèces d'un couple oxydant/réducteur.
- ▶ Un oxydant gagne des électrons : il est réduit ; un réducteur perd des électrons : il est oxydé.
- ▶ Dans une demi-équation juste, les atomes et la charge électrique sont conservés : vérifie les deux avant de conclure.

AU BREVET, ON TE DEMANDE...

Tu dois identifier l'oxydant et le réducteur, écrire une demi-équation équilibrée ou construire l'équation-bilan d'une réaction d'oxydoréduction.

Type de question Calcul à justifier, écriture d'équations chimiques et analyse d'une transformation.
Exemple type Le fer métallique réagit avec des ions cuivre Cu^{2+} . Écris les demi-équations des couples

Fe^{2+}/Fe et Cu^{2+}/Cu , puis déduis l'équation-bilan.

Alerte piège Inverser le sens d'une demi-équation ou additionner les deux écritures sans avoir égalisé et supprimé les électrons.

LA LEÇON

Comprendre ce que montre une demi-équation

Lors d'une transformation chimique, des espèces chimiques peuvent échanger des électrons. Une demi-équation électronique décrit seulement l'un des deux échanges : soit une perte d'électrons, soit un gain d'électrons. Elle ne raconte donc pas toute la transformation. Pour obtenir l'équation-bilan complète d'une réaction d'oxydoréduction, il faut associer deux demi-équations : l'une fournit les électrons et l'autre les reçoit. Les électrons ne doivent alors plus apparaître dans l'équation-bilan finale. Une demi-équation concerne un couple oxydant/réducteur, noté Ox/Red. Ox désigne la forme oxydée et Red la forme réduite d'une même espèce chimique. Dans le couple Cu^{2+}/Cu , l'ion cuivre Cu^{2+} est la forme oxydée et le métal cuivre Cu est la forme réduite. Ces deux espèces sont liées par un échange de deux électrons : $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$. L'ion cuivre gagne deux électrons et devient du cuivre métallique. Le mot « réduction » ne signifie pas forcément qu'une quantité diminue. En chimie, une réduction est un gain d'électrons. À l'inverse, une oxydation est une perte d'électrons. Par exemple, $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$ est une oxydation : un atome de fer perd deux électrons et devient un ion fer(II). Retenir ce vocabulaire avec précision est ton premier point d'appui. Sans lui, tu risques d'inverser les rôles.

Les mots à employer sans confusion

Mot	Rôle dans l'échange	Exemple
Oxydant	Il capte un ou plusieurs électrons.	Cu^{2+} est un oxydant dans le couple Cu^{2+}/Cu .
Réducteur	Il cède un ou plusieurs électrons.	Cu est un réducteur dans le couple Cu^{2+}/Cu .
Réduction	L'espèce gagne des électrons.	$\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$.
Oxydation	L'espèce perd des électrons.	$\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^-$.
Couple oxydant/réducteur	Il regroupe deux formes reliées par un échange d'électrons.	Ag^+/Ag ou Fe^{2+}/Fe .

Le plan de jeu pour écrire une demi-équation

- Commence par identifier le couple oxydant/réducteur donné ou attendu. Respecte son ordre : dans l'écriture Ox/Red, l'oxydant est placé avant le réducteur.
- Décide quel sens est demandé. Pour écrire la réduction, place l'oxydant à gauche et le réducteur à droite : $\text{Ox} + n \text{e}^- \rightarrow \text{Red}$. Pour écrire l'oxydation, écris le sens inverse : $\text{Red} \rightarrow \text{Ox} + n \text{e}^-$.
- Conserve d'abord les atomes. Si le couple ne met en jeu qu'un élément, comme Zn^{2+}/Zn , l'élément zinc apparaît une fois de chaque côté : $\text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$.
- Ajoute ensuite les électrons pour conserver la charge électrique totale. À gauche de $\text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$, la charge vaut $2+$ puis $2-$, donc elle est nulle. À droite, le zinc métallique est neutre. L'égalité des charges est vérifiée.
- Relis enfin le sens de l'échange. Des électrons à gauche correspondent à une réduction ; des électrons à droite correspondent à une oxydation. Cette vérification rapide évite une inversion fréquente.
- N'ajoute jamais un électron « pour équilibrer les atomes ». Les électrons servent uniquement à équilibrer les charges. Les coefficients placés devant les espèces servent, eux, à conserver le nombre d'atomes.
- Si une demi-équation comporte plusieurs éléments, utilise les espèces autorisées par le milieu indiqué. En solution aqueuse acide, on peut équilibrer l'oxygène avec H_2O et l'hydrogène avec H^+ . Cette méthode ne s'emploie que si le milieu acide est précisé ou justifié.

Exemple guidé : le couple Ag^+/Ag

On cherche la demi-équation de réduction du couple Ag^+/Ag . L'oxydant est Ag^+ ; il doit donc être à gauche. Le réducteur est Ag ; il doit être à droite. Il reste à équilibrer les charges : Ag^+ possède une charge $1+$, tandis que Ag est neutre. On ajoute un électron à gauche, car e^- porte une charge $1-$. La demi-équation est donc : $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$. Vérification : un atome d'argent est présent de chaque côté ; la charge totale est nulle de chaque côté. Si l'on demandait l'oxydation du métal argent, on écrirait exactement l'équation inverse : $\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}^+ + \text{e}^-$.

Passer de deux demi-équations à une équation-bilan

Une réaction d'oxydoréduction met nécessairement en présence un oxydant et un réducteur. Le réducteur libère des électrons ; l'oxydant les capte. Le nombre d'électrons perdus doit être égal au nombre d'électrons gagnés. C'est une condition obligatoire : les électrons ne sont ni créés ni détruits au cours de la transformation. Considère les couples Zn^{2+}/Zn et Cu^{2+}/Cu . Le zinc métallique s'oxyde selon $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^-$. Les ions cuivre se réduisent selon $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$. Les deux écritures font intervenir deux électrons : elles peuvent être additionnées directement. Les électrons présents à gauche et à droite se simplifient. On obtient $\text{Zn} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{Cu}$. Vérifie encore : il y a un atome de zinc et un atome de cuivre de chaque côté ; la charge totale vaut $2+$ des deux côtés. Parfois, les nombres d'électrons sont différents. Il faut alors multiplier chaque demi-équation par un nombre entier pour obtenir le même nombre d'électrons. Par exemple, l'oxydation $\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3 \text{e}^-$ et la réduction $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$ ne peuvent pas être additionnées immédiatement. Multiplie la demi-équation de l'argent par 3 : $3 \text{Ag}^+ + 3 \text{e}^- \rightarrow 3 \text{Ag}$. Les deux membres échangent alors 3e^- . Après addition et suppression des électrons, on obtient $\text{Al} + 3 \text{Ag}^+ \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3 \text{Ag}$. Ne simplifie que des espèces strictement identiques, présentes de part et d'autre

de la flèche. Tu peux supprimer les électrons après avoir égalisé leur nombre. En revanche, tu ne peux pas supprimer Ag^+ avec Ag : ce sont deux espèces différentes. Une équation-bilan correcte ne contient pas d'électron isolé. Elle doit conserver les atomes et la charge globale.

Les conditions de validité à contrôler

Une demi-équation n'est juste que pour le couple chimique considéré et dans le sens demandé. Ne décide pas qu'une espèce est oxydante ou réductrice à partir de sa charge seule : une espèce neutre peut être un réducteur, comme Zn , et un ion positif peut être un oxydant, comme Cu^{2+} . Appuie-toi sur le couple et sur les électrons. Dans une équation-bilan d'oxydoréduction, les électrons doivent toujours disparaître après l'addition des deux demi-équations. Garde cette règle comme contrôle final : atomes conservés, charges conservées, aucun électron restant.

Exemples résolus

Écrire la réduction du couple Fe^{2+}/Fe

Énoncé. Écris la demi-équation électronique correspondant à la réduction du couple Fe^{2+}/Fe .

1. Le couple est Fe^{2+}/Fe : Fe^{2+} est l'oxydant et Fe est le réducteur.
2. Une réduction est un gain d'électrons : les électrons sont donc placés à gauche.
3. L'ion Fe^{2+} doit gagner deux électrons pour devenir neutre.
4. Vérifie : un atome de fer est présent de chaque côté et la charge totale est nulle de chaque côté.

Résultat : $\text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}$

Construire une équation-bilan

Énoncé. Les couples mis en jeu sont Mg^{2+}/Mg et Ag^+/Ag . Le magnésium métallique réagit avec les ions argent Ag^+ . Établis l'équation-bilan.

1. Le magnésium métallique s'oxyde : $\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2 \text{e}^-$.
2. Les ions argent se réduisent : $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$.
3. La première demi-équation libère 2e^- ; multiplie la seconde demi-équation par 2 : $2 \text{Ag}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Ag}$.
4. Additionne les deux demi-équations et supprime les 2e^- présents des deux côtés.
5. Contrôle les atomes et les charges : la charge totale vaut $2+$ de chaque côté.

Résultat : $\text{Mg} + 2 \text{Ag}^+ \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2 \text{Ag}$

Les conseils de Coach Vince



Écris la règle avant le calcul

Indique d'abord si tu écris une oxydation ou une réduction. Tu montres ainsi pourquoi les électrons sont placés du bon côté.



Fais un double contrôle

Avant de rendre ta réponse, compte les atomes puis calcule la charge totale de chaque côté. Cette vérification courte sécurise ton résultat.

Erreurs fréquentes

Erreur à éviter	Pourquoi	Le bon réflexe
-----------------	----------	----------------

Écrire $\text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Cu} + 2 \text{e}^-$.	Cette écriture ne conserve pas la charge : à gauche, elle vaut $2+$; à droite, elle vaut $2-$.	Pour réduire Cu^{2+} en Cu, place les électrons à gauche : $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$.
Laisser des électrons dans l'équation-bilan finale.	Les électrons sont échangés entre les deux espèces ; ils doivent se compenser lors de l'addition.	Égalise d'abord le nombre d'électrons dans les deux demi-équations, puis supprime-les.
Confondre oxydation et réduction.	Le vocabulaire courant peut tromper : une réduction chimique correspond à un gain d'électrons.	Cherche la place des e^- : à gauche, réduction ; à droite, oxydation.

TA SÉANCE D'ENTRAÎNEMENT

1 Repère le sens de l'échange ★★★

Indique si chaque demi-équation est une oxydation ou une réduction.

1. $\text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$
2. $\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3 \text{e}^-$
3. $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$

2 Complète avec les électrons ★★★

Complète chaque demi-équation avec le nombre d'électrons nécessaire.

1. $\text{Cu}^{2+} + \dots \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$
2. $\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + \dots \text{e}^-$
3. $\text{Fe}^{3+} + \dots \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$

3 Contrôle les affirmations ★★★

Réponds par vrai ou faux et corrige les affirmations fausses.

1. Une oxydation correspond à une perte d'électrons.
2. Dans une équation-bilan d'oxydoréduction, les électrons peuvent rester écrits.
3. La demi-équation $\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}^+ + \text{e}^-$ est équilibrée.

4 Choisis l'écriture correcte ★★★

Choisis la demi-équation de réduction correcte pour le couple Al^{3+}/Al .

1. Quelle écriture est correcte ? A. $\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3 \text{e}^-$; B. $\text{Al}^{3+} + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{Al}$; C. $\text{Al}^{3+} \rightarrow \text{Al} + 3 \text{e}^-$; D. $\text{Al} + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{Al}^{3+}$.

5 Écris les oxydations ★★★

Écris la demi-équation d'oxydation associée à chaque couple.

Couple Cu^{2+}/Cu .

Couple Fe^{2+}/Fe .

6 Assemble deux demi-équations ★★★

Établis l'équation-bilan entre le magnésium Mg et les ions cuivre Cu^{2+} à partir des couples Mg^{2+}/Mg et Cu^{2+}/Cu .

1. Écris les demi-équations puis l'équation-bilan.

7 Égalise les électrons ★★★

Construis l'équation-bilan entre l'aluminium Al et les ions argent Ag^+ .

Utilise les couples Al^{3+}/Al et Ag^+/Ag . Justifie l'égalisation des électrons.

8 Analyse une copie ★★★

Corrige l'équation proposée en justifiant avec la conservation des charges.

Un élève écrit : $\text{Fe} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{Cu} + 2 \text{e}^-$. Corrige sa proposition.

ÉVALUATION

Rédige avec soin, équilibre les charges et justifie lorsque cela est demandé.

Barème : 20 points

1. Définis une oxydation et une réduction. / 4
2. Écris la demi-équation de réduction du couple Zn^{2+}/Zn . / 3
3. Écris la demi-équation d'oxydation du couple Al^{3+}/Al . / 3
4. Les couples Mg^{2+}/Mg et Ag^+/Ag réagissent, le magnésium étant le réducteur. Écris les deux demi-équations. / 4
5. Dédus l'équation-bilan de la réaction précédente et justifie l'utilisation d'un coefficient. / 6

Quiz de révision

1. Dans une réduction, les électrons sont placés...

A) à gauche de la flèche B) à droite de la flèche C) des deux côtés de la flèche D) nulle part

2. Quelle demi-équation est une oxydation ?

A) $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ B) $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$ C) $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^-$ D) $\text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}$

3. Dans le couple Cu^{2+}/Cu , quelle espèce est l'oxydant ?

A) Cu B) Cu^{2+} C) e^- D) Cu et Cu^{2+}

4. Quelle écriture conserve les charges électriques ?

A) $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe} + 2 \text{e}^-$ B) $\text{Fe} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ C) $\text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}$ D) $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$

5. Pourquoi multiplie-t-on parfois une demi-équation avant de les additionner ?

A) Pour changer les espèces chimiques B) Pour égaliser le nombre d'électrons échangés
C) Pour supprimer les charges des ions D) Pour créer des électrons

6. Quelle est l'équation-bilan obtenue avec $\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2 \text{e}^-$ et $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$?

A) $\text{Mg} + \text{Cu} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + \text{Cu}^{2+}$ B) $\text{Mg}^{2+} + \text{Cu} \rightarrow \text{Mg} + \text{Cu}^{2+}$ C) $\text{Mg} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + \text{Cu}$
D) $\text{Mg} + \text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Mg}^{2+} + \text{Cu}$

7. Dans l'équation $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$, l'ion argent est...

A) oxydé B) réduit C) spectateur D) inchangé

8. Quel contrôle doit toujours être réalisé sur une demi-équation ?

A) La conservation de la masse seulement B) La conservation des atomes et de la charge
C) La présence d'un métal seulement D) La présence de trois espèces

Guide pour les parents

Demandez-lui d'expliquer à voix haute ce que deviennent les électrons dans chaque demi-équation, puis laissez-le rédiger seul.

- Présentez un couple, par exemple Zn^{2+}/Zn , et demandez quel membre gagne les électrons sans donner immédiatement la réponse.
- À la fin d'un exercice, demandez seulement : « Les atomes et les charges sont-ils conservés ? » afin qu'il réalise lui-même la vérification.

Temps conseillé : ~15 min.

Questions fréquentes

Q. Pourquoi écrit-on e^- et non seulement e ?

R. Un électron porte une charge négative. Le symbole e^- est nécessaire pour vérifier la conservation de la charge électrique.

Q. Comment reconnaître une réduction rapidement ?

R. Dans une demi-équation de réduction, les électrons sont à gauche de la flèche : l'espèce les gagne.

Q. Faut-il écrire les états physiques dans une demi-équation ?

R. Écris-les si l'énoncé les fournit ou les demande. Ils précisent l'état de l'espèce, mais ne remplacent jamais l'équilibrage des atomes et des charges.

Q. Au brevet, dois-je justifier une équation-bilan ?

R. Oui, lorsque la consigne demande une justification. Écris les demi-équations, égalise les électrons, puis montre leur suppression dans l'équation-bilan.

CORRIGÉ

Exercice 1 – Repère le sens de l'échange

1. Réduction. – Les électrons sont gagnés et placés à gauche.
2. Oxydation. – Les électrons sont perdus et placés à droite.
3. Réduction. – L'ion argent capte un électron.

Exercice 2 – Complète avec les électrons

1. $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ – Deux électrons compensent la charge $2+$ de l'ion cuivre.
2. $\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2 \text{e}^-$ – Le magnésium neutre perd deux électrons pour former Mg^{2+} .
3. $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ – Un électron fait passer la charge de $3+$ à $2+$.

Exercice 3 – Contrôle les affirmations

1. Vrai. – Le réducteur cède des électrons.
2. Faux. Les électrons doivent être supprimés car ils sont cédés par une espèce et captés par une autre. – Ils se compensent après l'addition des demi-équations.
3. Vrai. – Un atome d'argent est conservé et la charge totale vaut zéro de chaque côté.

Exercice 4 – Choisis l'écriture correcte

1. B. $\text{Al}^{3+} + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{Al}$. – Une réduction place les électrons à gauche et conserve la charge.

Exercice 5 – Écris les oxydations

1. $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^-$. – Le cuivre métallique perd deux électrons.
2. $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^-$. – Le fer métallique devient un ion fer(II).

Exercice 6 – Assemble deux demi-équations

1. Oxydation : $\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2 \text{e}^-$. Réduction : $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$. En additionnant et en supprimant les électrons : $\text{Mg} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + \text{Cu}$. – Les deux demi-équations échangent déjà le même nombre d'électrons.

Exercice 7 – Égalise les électrons

1. L'aluminium s'oxyde : $\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3 \text{e}^-$. Les ions argent se réduisent : $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$. La réduction est multipliée par 3 afin que 3 électrons soient captés : $3 \text{Ag}^+ + 3 \text{e}^- \rightarrow 3 \text{Ag}$. Après addition et suppression des électrons : $\text{Al} + 3 \text{Ag}^+ \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3 \text{Ag}$. – Le nombre d'électrons cédés doit être égal au nombre d'électrons captés.

Exercice 8 – Analyse une copie

1. La proposition est fausse car des électrons restent dans l'équation-bilan. Les demi-équations sont $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^-$ et $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$. En les additionnant, les 2e^- se suppriment. L'équation correcte est : $\text{Fe} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{Cu}$. – Une équation-bilan ne conserve pas d'électrons isolés.

Évaluation – corrigé

1. Une oxydation est une perte d'électrons. Une réduction est un gain d'électrons. / 4
2. $\text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$. / 3
3. $\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3 \text{e}^-$. / 3
4. Oxydation : $\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2 \text{e}^-$. Réduction : $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$. / 4
5. La réduction est multipliée par 2 : $2 \text{Ag}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Ag}$, car le magnésium libère 2e^- . L'équation-bilan est $\text{Mg} + 2 \text{Ag}^+ \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2 \text{Ag}$. / 6

Quiz – réponses

1. A) à gauche de la flèche – Une réduction correspond à un gain d'électrons.
2. C) $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^-$ – Le zinc perd deux électrons, écrits à droite.
3. B) Cu^{2+} – Cu^{2+} capte des électrons pour former Cu.
4. C) $\text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}$ – La charge totale vaut zéro de chaque côté.
5. B) Pour égaliser le nombre d'électrons échangés – Les électrons perdus doivent être aussi nombreux que les électrons gagnés.
6. C) $\text{Mg} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + \text{Cu}$ – Les électrons se compensent lors de l'addition.
7. B) réduit – Il gagne un électron.
8. B) La conservation des atomes et de la charge – Une demi-équation doit conserver les atomes et la charge électrique.

Pour aller plus loin sur exercices-3eme.fr

- › **Toutes les fiches de Physique-chimie en 3^e** · </physique-chimie-3eme/>
- › **Le domaine « matiere » en 3^e** · </physique-chimie-3eme/matiere/>
- › **Préparer le brevet (dates, épreuves, méthode)** · </brevet/>