MORAJA3A

MATHS · PHYSIQUE-CHIMIE · SVT

COURS · 1ÈRE ANNÉE BAC SCIENCES MATHS · CHIMIE · SEMESTRE 1

Suivi d'une transformation chimique

تتبع تحول كيميائي

Système chimique, transformation et réaction, équation chimique, avancement, tableau d'avancement, avancement maximal, réactif limitant, mélange stœchiométrique, bilan de matière, et suivi d'une transformation par mesure de pression ou de volume de gaz.

Comprends. Entraîne-toi. Réussis.

Rédigé et vérifié par **Mohammed TAOUFIK**, professeur et fondateur de MORAJA3A

NIVEAU
1ère Bac — Sciences Mathématiques (BIOF)

CONTENU
Cours · Exemples · Pièges · 8 exercices + corrigés

PLATEFORME
moraja3a.app

Sommaire

فهرس الدرس

01	Système chimique et équation de réaction	المجموعة الكيميائية ومعادلة التفاعل
02	L'avancement et le tableau d'avancement	التقدم وجدول التقدم
03	Suivre une transformation par une mesure physique	تتبع تحول بقياس فيزيائي
04	Exercices (8 exercices gradués)	تمارين تطبيقية
05	Corrigés détaillés	التصحيح المفصل
06	Fiche résumé et lexique français–arabe	ملخص ومعجم المصطلحات

POURQUOI CE CHAPITRE EST IMPORTANT

Quand on mélange des réactifs, quelles quantités de produits obtient-on ? Lequel des réactifs va manquer le premier ? Le **tableau d'avancement** répond à ces questions de façon systématique. C'est l'outil que tu utiliseras dans **tous** les exercices de chimie de 1ère et de 2ème Bac (dosages, cinétique, équilibres, piles, électrolyse). Savoir le remplir sans erreur est indispensable.

بالعربية 💡

عند خلط متفاعلات، ما كميات النواتج؟ وأي متفاعل سينفد أولا؟ **جدول التقدم** يجيب عن هذه الأسئلة بطريقة منهجية. إنه الأداة التي ستستعملها في **كل** تمارين الكيمياء في الأولى والثانية باكالوريا.

Comment utiliser ce cours

- **Définition** (encadré bleu) : ce qu'il faut savoir par cœur.
- **À retenir** (encadré vert) : la loi, la formule ou la méthode clé.
- **Exemple** (encadré doré) : une application corrigée pas à pas.
- **Piège** (encadré rouge) : l'erreur que font beaucoup d'élèves.
- **بالعربية** : une explication courte en arabe pour bien fixer l'idée.
- **Exercices** : énoncés classés APPLICATION APPROFONDISSEMENT TYPE EXAMEN ; tous les corrigés sont regroupés après les exercices.

1 Système chimique et équation de réaction

المجموعة الكيميائية ومعادلة التفاعل

DÉFINITION — SYSTÈME CHIMIQUE

Un **système chimique** est l'ensemble des espèces chimiques présentes dans un milieu. Il est décrit par son **état** : nature et quantité de matière de chaque espèce, état physique (s, ℓ, g, aq), température et pression.

Une **transformation chimique** fait passer le système d'un **état initial** (EI) à un **état final** (EF). On la modélise par une **réaction chimique**, représentée par une **équation**.

ÉQUATION CHIMIQUE ET CONSERVATION

Dans l'équation aA + bB → cC + dD :

- A et B sont les **réactifs**, C et D les **produits** ;
- a, b, c, d sont les **coefficients stœchiométriques** ; ils traduisent la conservation des **éléments chimiques** et de la **charge électrique**.

Les coefficients indiquent les **proportions** dans lesquelles les réactifs réagissent et les produits se forment : a mol de A réagissent avec b mol de B pour donner c mol de C et d mol de D.

AJUSTER UNE ÉQUATION

Combustion du méthane : $CH_4 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$.

Carbone : 1 de chaque côté. Hydrogène : 4 à gauche, donc $2H_2O$. Oxygène : à droite 2 + 2 = 4, donc $2O_2$: $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$.

Avec des ions : $Cu + 2Ag^+ \rightarrow Cu^{2+} + 2Ag$ (charges : +2 de chaque côté).

PIÈGE

On ajuste avec les **coefficients**, jamais en changeant les **indices** des formules (H_2O_2 n'est pas H_2O !). Et dans une équation ionique, la **charge** doit aussi être conservée.

💡 بالعربية

المجموعة الكيميائية تنتقل من **حالة بدئية** إلى **حالة نهائية** خلال **تحول كيميائي** ننمذجه بـ**تفاعل** ومعادلة.

المعاملات التناسبية تعبر عن انحفاظ العناصر والشحنة.

2 L'avancement et le tableau d'avancement

التقدم وجدول التقدم

DÉFINITION — AVANCEMENT

L'**avancement** x (en mol) est une grandeur qui permet de suivre l'évolution du système. Pour la réaction aA + bB → cC + dD, lorsque l'avancement vaut x :

- il a disparu a·x mol de A et b·x mol de B ;
- il s'est formé c·x mol de C et d·x mol de D.

À l'état initial, x = 0.

TABLEAU D'AVANCEMENT

Équation	aA	+ bB	→ cC	+ dD
État initial (x = 0)	$n_0(A)$	$n_0(B)$	0	0
En cours (x)	$n_0(A) - a\,x$	$n_0(B) - b\,x$	$c\,x$	$d\,x$
État final (x_{max})	$n_0(A) - a\,x_{max}$	$n_0(B) - b\,x_{max}$	$c\,x_{max}$	$d\,x_{max}$

DÉFINITION — AVANCEMENT MAXIMAL ET RÉACTIF LIMITANT

Une transformation **totale** s'arrête quand l'un des réactifs est entièrement consommé : c'est le **réactif limitant**. L'avancement atteint alors sa valeur **maximale** x_{max}.

MÉTHODE POUR TROUVER x_{MAX}

On suppose successivement que chaque réactif est limitant :

$$n_0(A) - a\,x_1 = 0 \Rightarrow x_1 = n_0(A)/a \;;\; n_0(B) - b\,x_2 = 0 \Rightarrow x_2 = n_0(B)/b$$

$$x_{max} = \text{la plus petite des valeurs } x_1, x_2$$

Le réactif qui donne la plus petite valeur est le réactif limitant.

EXEMPLE COMPLET

On fait brûler 0,50 mol de méthane dans 0,80 mol de dioxygène : $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$.

Équation	CH_4	$+ 2O_2$	$\rightarrow CO_2$	$+ 2H_2O$
EI	0,50	0,80	0	0
En cours	0,50 − x	0,80 − 2x	x	2x
EF	0,10	0	0,40	0,80

$x_1 = 0{,}50$ mol ; $x_2 = 0{,}80/2 = 0{,}40$ mol. Donc $x_{max} = 0{,}40$ mol et le **dioxygène** est limitant. Il reste 0,10 mol de méthane.

DÉFINITION — MÉLANGE STŒCHIOMÉTRIQUE

Les réactifs sont introduits dans les **proportions stœchiométriques** si tous sont consommés en même temps : $n_0(A)/a = n_0(B)/b$. Il n'y a alors pas de réactif en excès.

PIÈGES

- Ne pas oublier les coefficients : c'est $n_0 - 2x$ pour un coefficient 2, et $x_{max} = n_0/2$.
- Le réactif limitant n'est pas forcément celui qui a la plus petite quantité initiale : il faut **diviser par le coefficient**.
- Les quantités de l'état final ne sont jamais négatives.

💡 بالعربية

التقدم x يمكن من تتبع تطور المجموعة. في **جدول التقدم** تنقص كميات المتفاعلات بـ ax و bx وتزداد كميات النواتج بـ cx و dx. **المتفاعل المحد** هو الذي يختفي أولا ويعطي **التقدم الأقصى** x_{max} (أصغر قيمة). **الخليط تناسبي** إذا اختفت كل المتفاعلات في نفس الوقت.

3 Suivre une transformation par une mesure physique

تتبع تحول بقياس فيزيائي

PRINCIPE

Pour connaître l'avancement x à chaque instant, on mesure une grandeur physique qui dépend de la quantité d'une espèce : **pression** ou **volume** d'un gaz formé, **conductance** d'une solution ionique (voir chapitre conductimétrie), **couleur** (absorbance)... puis on en déduit x grâce au tableau d'avancement.

SUIVI PAR MESURE DE PRESSION

Si un gaz se forme dans une enceinte fermée de volume V à température T constante, la surpression $\Delta P = P - P_0$ est due au gaz formé :

$$n(gaz) = \Delta P \times V / (R\,T)$$

Si le gaz est formé avec un coefficient 1, n(gaz) = x, donc $x = \Delta P\, V/(RT)$.

EXEMPLE

Réaction : $Zn + 2H^+ \rightarrow Zn^{2+} + H_2$, dans un ballon de V = 0,50 L à 20 °C. Au bout de 2 min, la surpression vaut ΔP = 3500 Pa.

$x = 3500 \times 0{,}50 \times 10^{-3}/(8{,}314 \times 293) \approx 7{,}2 \times 10^{-4}$ mol de H_2 formé, donc $7{,}2 \times 10^{-4}$ mol de zinc consommé.

SUIVI PAR MESURE DE VOLUME

Si le gaz est recueilli sous pression constante (par déplacement d'eau, ou dans une seringue), on mesure son volume V(gaz) et $n(gaz) = V(gaz)/V_m$.

💡 بالعربية

لتتبع تحول كيميائي نقيس مقدارا فيزيائيا مرتبطا بكمية نوع كيميائي: **ضغط** أو **حجم** غاز ناتج، **موصلية** محلول... ثم نستنتج التقدم x بواسطة جدول التقدم. بقياس الضغط: n(غاز) = ΔP V/(RT).

4 Exercices

تمارين — حاول أولاً قبل قراءة التصحيح!

8 exercices classés par difficulté. Masses molaires ($g \cdot mol^{-1}$) : H = 1 ; C = 12 ; O = 16 ; Al = 27 ; Cl = 35,5 ; Zn = 65 ; Ag = 108. V_m = 24 $L \cdot mol^{-1}$; R = 8,314 $J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$. Les corrigés sont regroupés dans la partie suivante : cherche d'abord seul !

EXERCICE 1 — AJUSTER DES ÉQUATIONS — APPLICATION

Ajuster les équations suivantes :

1. $Al + O_2 \rightarrow Al_2O_3$
2. $C_3H_8 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$
3. $Fe^{3+} + OH^- \rightarrow Fe(OH)_3$
4. $Al + H^+ \rightarrow Al^{3+} + H_2$

EXERCICE 2 — TABLEAU D'AVANCEMENT — APPLICATION

On brûle 0,50 mol de méthane dans 0,80 mol de dioxygène : $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$.

1. Dresser le tableau d'avancement.
2. Déterminer x_{max} et le réactif limitant.
3. Faire le bilan de matière à l'état final.
4. Quelle quantité de dioxygène aurait-il fallu pour un mélange stœchiométrique ?

EXERCICE 3 — COMBUSTION DE L'ALUMINIUM — APPLICATION

On fait brûler 5,4 g d'aluminium dans 0,12 mol de dioxygène : $4Al + 3O_2 \rightarrow 2Al_2O_3$.

1. Calculer la quantité initiale d'aluminium.
2. Déterminer l'avancement maximal et le réactif limitant.
3. Calculer la masse d'alumine Al_2O_3 formée et la masse du réactif en excès restant.

EXERCICE 4 — RÉACTION AVEC DÉGAGEMENT GAZEUX — APPROFONDISSEMENT

On introduit 0,65 g de zinc dans 50 mL d'acide chlorhydrique de concentration $[H^+] = 0{,}50\ mol \cdot L^{-1}$: $Zn + 2H^+ \rightarrow Zn^{2+} + H_2$.

1. Calculer les quantités initiales des réactifs.
2. Déterminer x_{max} et le réactif limitant.
3. Calculer le volume de dihydrogène formé et la concentration finale des ions Zn^{2+} et H^+ (volume constant).

EXERCICE 5 — PRÉCIPITATION APPROFONDISSEMENT

On mélange $V_1 = 20$ mL d'une solution de nitrate d'argent ($Ag^+ + NO_3^-$) à 0,10 mol·L^{-1} et $V_2 = 30$ mL d'une solution de chlorure de sodium ($Na^+ + Cl^-$) à 0,050 mol·L^{-1}. Il se forme un précipité blanc de chlorure d'argent : $Ag^+ + Cl^- \rightarrow AgCl$.

1. Calculer les quantités initiales des ions Ag^+ et Cl^-.
2. Déterminer x_{max}, le réactif limitant et la masse de précipité ($M(AgCl) = 143{,}5$ g·mol^{-1}).
3. Calculer les concentrations finales de tous les ions en solution.

EXERCICE 6 — SUIVI PAR MESURE DE PRESSION APPROFONDISSEMENT

On réalise la réaction $Zn + 2H^+ \rightarrow Zn^{2+} + H_2$ (zinc en défaut) dans un ballon fermé de 0,50 L à 20 °C. Un capteur mesure la surpression ΔP :

t (min)	0	1	2	3	5	7
ΔP (Pa)	0	2000	3500	4500	4870	4870

1. Exprimer l'avancement x en fonction de ΔP.
2. Calculer x à chaque date, et x_{max}.
3. Quelle masse de zinc a été introduite ?

EXERCICE 7 — MÉLANGE STŒCHIOMÉTRIQUE APPROFONDISSEMENT

La synthèse de l'ammoniac s'écrit $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ (supposée totale).

1. On dispose de 2,0 mol de diazote. Quelle quantité de dihydrogène faut-il pour un mélange stœchiométrique ?
2. Avec 2,0 mol de N_2 et 4,5 mol de H_2, faire le bilan final.
3. Quel volume d'ammoniac obtient-on alors ($V_m = 24$ L·mol^{-1}) ?

EXERCICE 8 — COMBUSTION DU PROPANE — TYPE EXAMEN TYPE EXAMEN

On brûle 4,4 g de propane C_3H_8 : $C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$.

1. Calculer la quantité de propane.
2. On dispose de 12 L de dioxygène (V_m = 24 L·mol^{-1}). Montrer que le mélange est stœchiométrique.
3. Calculer le volume de CO_2 et la masse d'eau formés.
4. On ne dispose plus que de 6,0 L de dioxygène. Dresser le tableau d'avancement et faire le bilan final.
5. L'air contient 20 % de dioxygène en volume. Quel volume d'air faut-il pour brûler complètement les 4,4 g de propane ?

5 Corrigés détaillés

التصحيح المفصل للتمارين

CORRIGÉ 1 — AJUSTER DES ÉQUATIONS

1. $4Al + 3O_2 \rightarrow 2Al_2O_3$
2. $C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$
3. $Fe^{3+} + 3OH^- \rightarrow Fe(OH)_3$
4. $2Al + 6H^+ \rightarrow 2Al^{3+} + 3H_2$ (charges : +6 de chaque côté).

CORRIGÉ 2 — TABLEAU D'AVANCEMENT

1–2. Voir le cours : $x_{max} = 0{,}40$ mol, O_2 limitant.

3. CH_4 : 0,10 mol ; O_2 : 0 ; CO_2 : 0,40 mol ; H_2O : 0,80 mol.

4. $n(O_2) = 2 \times 0{,}50 = 1{,}0$ mol.

CORRIGÉ 3 — COMBUSTION DE L'ALUMINIUM

1. $n(Al) = 5{,}4/27 = 0{,}20$ mol.

2. $x_1 = 0{,}20/4 = 0{,}050$ mol ; $x_2 = 0{,}12/3 = 0{,}040$ mol : $x_{max} = 0{,}040$ mol, O_2 limitant.

3. $n(Al_2O_3) = 2 \times 0{,}040 = 0{,}080$ mol ; M = 102 g·mol^{-1} ; m = 8,16 g. Aluminium restant : $0{,}20 - 4 \times 0{,}040 = 0{,}040$ mol, soit 1,08 g.

CORRIGÉ 4 — RÉACTION AVEC DÉGAGEMENT GAZEUX

1. $n(Zn) = 0{,}65/65 = 0{,}010$ mol ; $n(H^+) = 0{,}50 \times 0{,}050 = 0{,}025$ mol.

2. $x_1 = 0{,}010$; $x_2 = 0{,}025/2 = 0{,}0125$: $x_{max} = 0{,}010$ mol, le zinc est limitant.

3. $V(H_2) = 0{,}010 \times 24 = 0{,}24$ L. $[Zn^{2+}] = 0{,}010/0{,}050 = 0{,}20$ mol·L^{-1} ; $[H^+] = (0{,}025 - 0{,}020)/0{,}050 = 0{,}10$ mol·L^{-1}.

CORRIGÉ 5 — PRÉCIPITATION

1. $n(Ag^+) = 2{,}0 \times 10^{-3}$ mol ; $n(Cl^-) = 1{,}5 \times 10^{-3}$ mol.

2. Coefficients égaux à 1 : $x_{max} = 1{,}5 \times 10^{-3}$ mol, Cl^- limitant. $m(AgCl) = 1{,}5 \times 10^{-3} \times 143{,}5 \approx 0{,}215$ g.

3. Volume total 50 mL. $[Ag^+] = 0{,}5 \times 10^{-3}/0{,}050 = 0{,}010$ mol·L^{-1} ; $[Cl^-] = 0$; $[NO_3^-] = 2{,}0 \times 10^{-3}/0{,}050 = 0{,}040$ mol·L^{-1} ; $[Na^+] = 1{,}5 \times 10^{-3}/0{,}050 = 0{,}030$ mol·L^{-1} (ions spectateurs).

CORRIGÉ 6 — SUIVI PAR MESURE DE PRESSION

1. $n(H_2) = x = \Delta P\, V/(RT) = \Delta P \times 0{,}50 \times 10^{-3}/(8{,}314 \times 293) \approx 2{,}05 \times 10^{-7} \times \Delta P$ (en mol).

2. $x \approx 0$; $4{,}1 \times 10^{-4}$; $7{,}2 \times 10^{-4}$; $9{,}2 \times 10^{-4}$; $1{,}0 \times 10^{-3}$; $1{,}0 \times 10^{-3}$ mol. La pression ne varie plus : $x_{max} \approx 1{,}0 \times 10^{-3}$ mol.

3. Le zinc est limitant : $n_0(Zn) = x_{max} = 1{,}0 \times 10^{-3}$ mol, m = 0,065 g.

CORRIGÉ 7 — MÉLANGE STŒCHIOMÉTRIQUE

1. $n(H_2) = 3 \times 2{,}0 = 6{,}0$ mol.

2. $x_1 = 2{,}0$; $x_2 = 4{,}5/3 = 1{,}5$: $x_{max} = 1{,}5$ mol, H_2 limitant. Final : N_2 : 0,5 mol ; H_2 : 0 ; NH_3 : 3,0 mol.

3. $V = 3{,}0 \times 24 = 72$ L.

CORRIGÉ 8 — COMBUSTION DU PROPANE — TYPE EXAMEN

1. $M = 44$ g·mol^{-1} ; n = 0,10 mol.

2. $n(O_2) = 12/24 = 0{,}50$ mol ; 0,10/1 = 0,50/5 = 0,10 : proportions stœchiométriques.

3. $x_{max} = 0{,}10$ mol : $n(CO_2) = 0{,}30$ mol, V = 7,2 L ; $n(H_2O) = 0{,}40$ mol, m = 7,2 g.

4. $n(O_2) = 0{,}25$ mol : $x_{max} = 0{,}25/5 = 0{,}050$ mol (O_2 limitant). Final : propane 0,050 mol ; O_2 0 ; CO_2 0,15 mol ; H_2O 0,20 mol.

5. Il faut 12 L de O_2, donc 12/0,20 = 60 L d'air.

6 Fiche résumé

ملخص الدرس — للمراجعة السريعة

La méthode du tableau d'avancement

Étape	Ce que je fais	بالعربية
1	Écrire et ajuster l'équation	موازنة المعادلة
2	Calculer les quantités initiales n_0 ($n = m/M$, CV, V/V_m, PV/RT)	الكميات البدئية
3	Remplir la ligne « en cours » : réactifs $n_0 - ax$, produits $+ cx$	جدول التقدم
4	x_{max} = plus petite des valeurs n_0/a → réactif limitant	المتفاعل المحد
5	Remplacer x par x_{max} : bilan de matière final	الحصيلة

À RETENIR

réactif : $n_0 - a\,x$; produit : $c\,x$

$x_{max} = \min(n_0(A)/a\ ;\ n_0(B)/b)$

stœchiométrique : $n_0(A)/a = n_0(B)/b$

gaz en enceinte fermée : $n = \Delta P\,V/(RT)$

TOP 5 DES ERREURS

- Modifier les indices pour ajuster.
- Oublier les coefficients dans le tableau.
- Choisir le limitant sans diviser par les coefficients.
- Oublier la conservation de la charge.
- Oublier les ions spectateurs dans le bilan final.

Lexique français — arabe معجم المصطلحات

Français	العربية	Français	العربية
Système chimique	مجموعة كيميائية	Avancement	تقدم
État initial	الحالة البدئية	Tableau d'avancement	جدول التقدم
État final	الحالة النهائية	Avancement maximal	التقدم الأقصى
Transformation chimique	تحول كيميائي	Réactif limitant	المتفاعل المحد
Réaction chimique	تفاعل كيميائي	En excès	بإفراط
Réactif	متفاعل	Proportions stœchiométriques	نسب تناسبية
Produit	ناتج	Précipité	راسب
Coefficient stœchiométrique	معامل تناسبي	Ion spectateur	أيون غير فعال

Besoin d'aide sur ce chapitre ? Séance d'essai 100 % gratuite.

Cours en direct sur Google Meet · Petits groupes de 8 élèves max · Programme marocain · moraja3a.app · WhatsApp +212 617 638 536

احجز حصتك التجريبية المجانية على موقع moraja3a.app — افهم، تدرّب، انجح.