Comprendre et construire un tableau d'avancement

Quand un jardinier devient chimiste...

I - Introduction

Un jardinier de Sartrouville très connu, Monsieur Tomato, concourt pour le prix du plus beau jardin... Pour cela, il dispose des bacs en pierre remplis de terre dans chacun desquels il veut planter 7 rosiers rouges (R) et 9 rosiers blancs (B). Une fois cette opération achevée, il peut placer sa jardinière (J) à l'endroit prévu dans son jardin.
Récapitulons : pour constituer une jardinière J, il faut 7 rosiers rouges R et 9 blancs B
ou encore : **7 R + 9B → 1 J**
Ce qui ressemble fortement à une équation-bilan de réaction chimique traditionnelle...
Alors plus loin, comment peut-il savoir le nombre de jardinières qu'il va pouvoir finir ? les quantités de roses blanches ou rouges qu'il va utiliser ? les quantités de roses rouges ou blanches qui vont lui rester ?

II - Premier essai : procédons par étape...

Monsieur Tomato dispose de 51 R et de 57 B.
1) Complétez le tableau ci-dessous selon le modèle proposé :

	7 R	+ 9 B	→ 1 J
Quantités initiales	51	57	
Constitution de la 1ére jardinière	51 - (**1** x 7) = 44	57 - (**1** x 9) = 48	1
Constitution de la 2éme jardinière	51 - (**2** x 7) =	57 - (**2** x) =	2
Constitution de la 3éme jardinière			

2) **A chaque fois qu'une jardinière est finie, la constitution a avancé de 1.** Mettez en rouge dans la première colonne l'**avancement noté x** correspondant à chaque ligne. Quelle est sa valeur pour la première ligne ?

3) **Questions** :
a - Pouvez-vous connaître à chaque instant :
- les quantités de R ou de B utilisées, restantes ?
- la quantité de jardinières finies ?

Voyons si vous racontez des histoires... Complétez donc le tableau suivant pour la 5ème ligne du tableau précédent :

Avancement = 5	Quantité de R	Quantité de B	Quantité de J
utilisée			
restante			
finie			

b - Arrive-t-il un moment où la constitution des jardinières s'arrête ? Quelle est la raison de cet arrêt ?

Dans ce cas, l'avancement est maximal et se note x_{max}. Quelle est sa valeur dans cet exemple ?

4) **Comment faire plus simple ?**
En ne considérant que 3 étapes possibles... Tableau à compléter :

	7 R	+ 9 B	→ 1 J
Quantités initiales Avancement x =	51	57	0
En cours de constitution Avancement x	51 - 7x		x
Etat final Avancement x_{max} =	=	___ - 9 x_{max} =	=

5) **Comment compliquer ce qui était plus simple ?**
En faisant intervenir des grandeurs indicées...

	7 R	+ 9 B	→ 1 J
Etat initial	$n_i(R)$ =	$n_i(B)$ =	$n_i(J) = 0$
En cours de constitution Avancement x	$n(R) = n_i(R) - 7x$ 51 - 7x	$n(B) = n_i(B) - 9x$ 57 - 9x	$n(J) = x$
Etat final Avancement x_{max} =	$n_f(R) = n_i(R) - 7x_{max}$ 51 - $7x_{max}$ =	$n_f(B) = n_i(B) - 9x_{max}$ 57 - $9x_{max}$ =	$n_f(J) = x_{max}$ =

6) **Tous ces termes ont-ils une signification bien claire ?** Complétez le tableau :

$n_i(R)$: quantité initiale de R	$n(R)$: quantité intermédiaire de R restant	$n_f(R)$: quantité finale de R
$n_i(B)$:	$n(B)$:	: quantité finale de B
$n_i(J) = 0$:	$n(J)$: de J formé	$n_f($ $)$: quantité formée de
$n_r($ $) = 7x_{max}$: quantité de R ayant été utilisée	$n_r(B) =$ x_{max} : quantité de B ayant été utilisée	//

Et la chimie dans tout cela ? Pas de panique, ça vient !!

III - Deuxième essai : enfin, une réaction chimique !!

C'est finalement plus simple que de jouer les jardiniers. **Alors à vous de jouer !**
Vous disposez de 5 mol de dihydrogène gazeux de formule H_2 et de 2 mol de dioxygène gazeux de formule O_2. Mis en présence d'une flamme, ces réactifs forment de l'eau sous forme gazeuse de formule H_2O, produit de la réaction.

1) Quelle est l'équation-bilan équilibrée de cette réaction ? N'oubliez pas d'indiquer les états physiques des réactifs et produits. Notez-la dans le tableau d'avancement.

2) **Tableau d'avancement** : complétez les lignes 1,2 et 3 du tableau
Attention ! Ce sont les quantités de matière qui interviennent à présent !!

Equation chimique équilibrée
E.I. avanc^t x = valeurs numériques
En cours de transf. avanc^t x valeurs numériques
E.F. avanc^t max. x_{max} = valeurs numériques

3) **Comment déterminer l'avancement maximal d'une réaction chimique ?**

Une transformation chimique s'arrête lorsque l'un ou l'autre des réactifs ou les deux ont complètement disparu, sa ou leur quantité finale est donc nulle.

En traitant deux hypothèses :
☞ **Dioxygène : réactif limitant**
Le dioxygène disparaît en premier, sa disparition arrête la réaction : c'est le **réactif limitant ou en défaut** et sa quantité finale est nulle.
- Relation : $n_f(O_2) = n_i(O_2) - x_{max} = 0$
- Expression de x_{max} : $x_{max} = n_i(O_2)$
- valeur : x_{max} =

☞ **Dihydrogène : réactif limitant**
Le dihydrogène disparaît en premier, sa disparition arrête la réaction : c'est le **réactif limitant ou en défaut** et sa quantité finale est nulle.
- Relation : $n_f(H_2) = n_i(H_2) - 2x_{max} = 0$
- Expression de x_{max} : $x_{max} = n_i(H_2) / 2$
- valeur : x_{max} = =

L'avancement maximal de la réaction correspond à la valeur la plus petite trouvée. Le réactif limitant a complètement disparu en fin de réaction, il est en défaut. L'autre réactif est en excès (complétez la ligne 4).

4) **Et si l'avancement maximal est le même pour les deux réactifs ?**
La réaction se fait dans les **conditions stœchiométriques**. Les deux réactifs ont disparu complètement à la fin de la réaction. Il n'y a pas de réactifs en défaut ou en excès.

5) **Avez-vous tous compris ?**
Complétez le tableau ci-dessous en précisant les quantités de matière :

de dioxygène restant : $n_f(O_2)$ = $n_f(O_2)$ =	de dioxygène ayant réagi : $n_r(O_2)$ = $n_r(O_2)$ =	d'eau formée : $n_f(H_2O)$ = $n_f(H_2O)$ =
de dihydrogène restant : $n_f(H_2)$ = $n_f(H_2)$ =	de dihydrogène ayant réagi $n_r(H_2)$ = $n_r(H_2)$ =	// // //////////////////

IV - Troisième essai : et maintenant, tout seul !

Le métal zinc Zn réagit avec les ions hydrogènes H^+ pour donner des ions zinc Zn^{2+} et du dihydrogène.

Données : $n_i(Zn) = 5{,}5.10^{-2}$ mol $n_i(H^+) = 9{,}0.10^{-2}$ mol

1) Complétez le tableau d'avancement en :

a - donnant l'équation équilibrée de la réaction, états physiques précisés ;

b - complétant les lignes 1,2 et 3 ;

c - recherchant l'avancement maximal de la réaction ;

d - complétant la ligne 4.

Tableau d'avancement :

Equation chimique équilibrée
E.I. avanc^t x = valeurs numériques
En cours de transf. avanc^t x valeurs numériques
E.F. avanc^t max. x_{max} = valeurs numériques

Recherche de l'avancement maximal :

- première hypothèse : - deuxième hypothèse :

2) **Complétez les états initial et final de la réaction**.

Etat initial	transformation	Etat final
	chimique	

3) Les conditions de réaction sont-elles **stœchiométriques** ? Quel est le réactif en défaut ? en excès ?

Comprendre et construire un tableau d'avancement correction

II - Premier essai : procédons par étape...

1) Tableau :

	7 R	+ 9 B	→ 1 J
Quantités initiales	51	57	0
Constitution de la 1ére jardinière	51 - (**1** x 7) = 44	57 - (**1** x 9) = 48	1
Constitution de la 2éme jardinière	51 - (**2** x 7) = 37	57 - (**2** x 9) = 39	2
Constitution de la 3éme jardinière	51 - (**3** x 7) = 30	57 - (**3** x 9) = 30	3
Constitution de la 4ème jardinière	51 - (**4** x 7) = 23	57 - (**4** x 9) = 21	4
Constitution de la 5ème jardinière	51 - (**5** x 7) = 16	57 - (**5** x 9) = 12	5
Constitution de la 6ème jardinière	51 - (**6** x 7) = 9	57 - (**6** x 9) = 3	6
Constitution de la 7ème jardinière	possible	Impossible !!!!	

2) **A chaque fois qu'une jardinière est finie, la constitution a avancé de 1.** x = 0 pour la première ligne

3) **Questions** :
a - Connaître à chaque instant les quantités de R ou de B utilisées, restantes et la quantité de jardinières finies

Avancement = 5	Quantité de R	Quantité de B	Quantité de J
utilisée	**5** x 7 = 35	**5** x 9 = 45	
restante	51 - (**5** x 7) = 16	57 - (**5** x 9) = 12	
finie			**5**

b - La constitution des jardinières s'arrête quand il ne reste plus assez de B pour constituer une jardinière de plus. **Dans ce cas, l'avancement est maximal et se note x_{max}.** Dans cet exemple, x_{max} = 6

4) **Comment faire plus simple ?**

	7 R	+ 9 B	→ 1 J
Quantités initiales Avancement x =	51	57	0
En cours de constitution Avancement x	51 - 7x	57 – 9 x	x
Etat final Avancement x_{max} = 6	51 – 7x_{max} = 51 – (7 x 6) = 9	57 - 9 x_{max} = 57 – (9 x 6) = 3	= x_{max} = 6

5) **Comment compliquer ce qui était plus simple ?**

	7 R	+ 9 B	→ 1 J
Etat initial	$n_i(R)$ =	$n_i(B)$ =	$n_i(J) = 0$
En cours de constitution Avancement x	$n(R) = n_i(R) - 7x$ $51 - 7x$	$n(B) = n_i(B) - 9x$ $57 - 9x$	$n(J) = x$
Etat final Avancement $x_{max} = 6$	$n_f(R) = n_i(R) - 7x_{max}$ $51 - 7x_{max}$ $= 9$	$n_f(B) = n_i(B) - 9x_{max}$ $57 - 9x_{max}$ $= 3$	$n_f(J) = x_{max}$ $= 6$

6) **Tous ces termes ont-ils une signification bien claire ?**

$n_i(R)$: quantité initiale de R	$n(R)$: quantité intermédiaire de R restant	$n_f(R)$: quantité finale de R
$n_i(B)$: quantité initiale de B	$n(B)$: quantité intermédiaire de R restant	$n_f(B)$: quantité finale de B
$n_i(J) = 0$: quantité initiale de J	$n(J)$: quantité de J formé	$n_f(J)$: quantité formée de J
$n_r(R) = 7x_{max}$: quantité de R ayant été utilisée	$n_r(B) = 9x_{max}$: quantité de B ayant été utilisée	//

III - Deuxième essai : enfin, une réaction chimique !! Réaction entre le dihydrogène et le dioxygène

1) Équation-bilan équilibrée de cette réaction dans le tableau d'avancement.

2) **Tableau d'avancement**

Equation chimique équilibrée	$2\ H_2(g)$ +	$O_2(g)$ →	$2\ H_2O(g)$
E.I. avanc^t x = 0 valeurs numériques	$n_i(H_2) = 5$	$n_i(O_2) = 2$	$n_i(H_2O) = 0$
En cours de transf. avanc^t x valeurs numériques .	$n(H_2) = n_i(H_2) - 2x$ $n(H_2) = 5 - 2x$	$n(O_2) = n_i(O_2) - x$ $n(O_2) = 2 - x$	$n(H_2O) = 2x$ $n(H_2O) = 2x$
E.F. avanc^t max. $x_{max} = 2$ valeurs numériques	$n_f(H_2) = n_i(H_2) - 2x_{max}$ $n_f(H_2) = 5 - 2x2 = 1$	$n_f(O_2) = n_i(O_2) - x_{max}$ $n_f(O_2) = 2 - 2 = 0$	$n_f(H_2O) = 2x_{max}$ $n_f(H_2O) = 2x2 = 4$

3) **Déterminer l'avancement maximal d'une réaction chimique**

Deux hypothèses :

☞ **Dioxygène : réactif limitant**

Le dioxygène disparaît en premier, sa disparition arrête la réaction : c'est le **réactif limitant ou en défaut** et sa quantité finale est nulle.

- Relation : $n_f(O_2) = n_i(O_2) - x_{max} = 0$
- Expression de x_{max} : $x_{max} = n_i(O_2)$ Hypothèse juste
- valeur : $x_{max} = 2$ mol < 2,5 mol

☞ **Dihydrogène : réactif limitant**

Le dihydrogène disparaît en premier, sa disparition arrête la réaction : c'est le **réactif limitant ou en défaut** et sa quantité finale est nulle.

- Relation : $n_f(H_2) = n_i(H_2) - 2x_{max} = 0$
- Expression de x_{max} : $x_{max} = n_i(H_2) / 2$ Hypothèse fausse
- valeur : $x_{max} = 5/2 = 2,5$ mol

L'avancement maximal de la réaction correspond à la valeur la plus petite trouvée. H_2 en excès et O_2 en défaut et x_{max} = 2 mol

4) **Et si l'avancement maximal est le même pour les deux réactifs ?**
La réaction n'est pas dans les **conditions stœchiométriques**.

5) **Avez-vous tous compris ?**

de dioxygène restant : $n_f(O_2) = n_i(O_2) - x_{max}$ $n_f(O_2)$ = 0 mol	de dioxygène ayant réagi : $n_r(O_2) = x_{max}$ $n_r(O_2)$ = 2 mol	d'eau formée : $n_f(H_2O) = 2x_{max}$ $n_f(H_2O)$ = 4 mol
de dihydrogène restant : $n_f(H_2) = n_i(H_2) - 2x_{max}$ $n_f(H_2)$ = 1 mol	de dihydrogène ayant réagi $n_r(H_2) = 2x_{max}$ $n_r(H_2)$ = 4 mol	// // //////////////////////

IV - Troisième essai : et maintenant, tout seul ! Réaction entre le zinc et les ions hydrogènes

1) **Tableau d'avancement** :

Equation chimique Équilibrée	$Zn(s)$ +	$2\ H^+(aq) \rightarrow$	$Zn^{2+}(aq)$ +	$H_2(aq)$
E.I. avanc^t x = 0 valeurs numériques	$n_i(Zn) = 5{,}5.10^{-2}$	$n_i(H^+) = 9{,}0.10^{-2}$	$n_i(Zn^{2+}) = 0$	$n_i(H_2) = 0$
En cours de transf. avanc^t x valeurs numériques	$n(Zn) = n_i(Zn) - x$ $n(Zn) = 5{,}5.10^{-2} - x$	$n(H^+) = n_i(H^+) - 2x$ $n(H^+) = 9{,}0.10^{-2} - 2x$	$n(Zn^{2+}) = x$ $n(Zn^{2+}) = x$	$n(H_2) = x$ $n(H_2) = x$
E.F. avanc^t max. $x_{max} = 4{,}5.10^{-2}$ valeurs numériques	$n_f(Zn) = n_i(Zn) - x_{max}$ $n_f(Zn) = 5{,}5.10^{-2} - 4{,}5.10^{-2}$ $n_f(Zn) = 5.10^{-3}$	$n_f(H^+) = n_i(H^+) - 2x_{max}$ $n_f(H^+) = 9{,}0.10^{-2} - 2x4{,}5.10^{-2}$ $n_f(H^+) = 0$	$n_f(Zn^{2+}) = x_{max}$ $n_f(Zn^{2+}) = 4{,}5.10^{-2}$	$n_f(H_2) = x_{max}$ $n_f(H_2) = 4{,}5.10^{-2}$

Recherche de l'avancement maximal :

- première hypothèse :

Zn : réactif limitant
Sa quantité finale est nulle.
$n_f(Zn) = n_i(Zn) - x_{max} = 0$
$x_{max} = n_i(O_2)$ Hypothèse fausse
$x_{max} = 5{,}5.10^{-2}$ mol

- deuxième hypothèse :

H^+ : réactif limitant
Sa quantité finale est nulle.
$n_f(H^+) = n_i(H^+) - 2x_{max} = 0$
$x_{max} = n_i(H^+) / 2$ Hypothèse juste
$x_{max} = 9{,}0.10^{-2}/2 = 4{,}5.10^{-2}$ mol < $5{,}5.10^{-2}$ mol

2) **Complétez les états initial et final de la réaction**.

Etat initial		Etat final
$Zn(s)$: $5{,}5.10^{-2}$ mol $H^+(aq)$: $9{,}0.10^{-2}$ mol	transformation	$Zn(s)$: 5.10^{-3} mol $H^+(aq)$: 0 mol $Zn^{2+}(aq)$: $4{,}5.10^{-2}$ $H_2(g)$: $4{,}5.10^{-2}$
P, T	chimique	P, T

3) Les conditions de réaction ne sont pas **stœchiométriques,** Zn est le réactif en excès et H^+, le réactif en défaut.