

Niveau : Deuxième Bac
sciences PC /SVT

Résumé

Suivi temporel d'une
transformation - Vitesse de
réaction

Plan de chapitre 5 : Suivi temporel d'une transformation - Vitesse de réaction

- Cours détaillé
- **Résumé de cours**
- Série d'exercices
- Correction détaillée des exercices

2ème BAC
Prof El Moumen
المومن جا عندك
حتى الدار

Collection CAM – Compte Personnel

   Prof El Moumen  06 66 73 83 49  Prof El Moumen

Collection CAM – Compte Professionnel

   Centre El Moumen <https://www.elmoumen.academy>

Suivi temporel d'une transformation chimique – Vitesse de réaction

Une transformation chimique peut être quantitativement suivie à l'aide de courbes traduisant l'évolution, dans le temps, de la quantité de matière d'une espèce du système.

Cela permet de mesurer la vitesse instantanée de la réaction et le temps de demi-réaction.

I) Avancement d'une réaction chimique : (Rappels)

Equation : $aA + bB \rightarrow cC + dD$ (A, B : réactifs ; C, D : produits)

x : avancement de la réaction en mol

$n(A)_0$: quantité de matière initiale de A en mol

$n(A)$: quantité de matière de A à la date t en mol

$n(A)_f$: quantité de matière finale de A en mol

Tableau (d'avancement) d'évolution de la réaction :

Equation chimique		aA	+	bB	→	cC	+	dD
Etat du système	Avancement	Quantité de matière en mol						
Etat initial	0	$n(A)_0$		$n(B)_0$		$n(C)_0 = 0$		$n(D)_0 = 0$
En cours de transformation	x	$n(A) = n(A)_0 - a.x$		$n(B) = n(B)_0 - b.x$		$n(C) = c.x$		$n(D) = d.x$
Etat final	x_f	$n(A)_0 - a.x_f$		$n(B)_0 - b.x_f$		$c.x_f$		$d.x_f$

II) Méthodes utilisées en cinétique chimique :

Il s'agit des méthodes permettant de suivre l'évolution d'une transformation chimique, de déterminer $x = f(t)$ et la vitesse de la réaction v.

1) Méthode chimique :

C'est une méthode étudiée en TP, peu commode pour les raisons suivantes:

- Il faut titrer soit l'un des réactifs soit l'un des produits pour déterminer $x = f(t)$ avec le tableau d'évolution.
- L'étude est effectuée en discontinu,
- Il faut effectuer des prélèvements dans le milieu réactionnel ou disposer de plusieurs échantillons.

Dans tous les cas il faut travailler sur des quantités relativement importantes.

2) Méthodes physiques :

Il est possible d'utiliser ces méthodes lorsque certaines grandeurs physiques mesurables dans le milieu réactionnel dépendent de la concentration de certaines espèces présentes.

Voici quelques unes de ces méthodes :

- Conductimétrie: Pour les milieux réactionnels contenant des ions subissant une transformation, la mesure de la conductivité permet d'accéder à la concentration de ces ions.
- pH-métrie: Pour les milieux réactionnels contenant des ions oxonium H_3O^+ subissant une transformation, la mesure du pH donne accès à la concentration de ces ions.
- Mesure de volume ou de pression lorsqu'un gaz est mis en jeu.
- Spectrophotométrie: Utilisée lorsque l'une des espèces mises en jeu (réactif ou produit) est colorée. C'est la méthode mise en jeu dans le TP de cinétique chimique

Ces méthodes sont de plus en plus utilisées pour les raisons suivantes:

Les mesures se font en continu, elles sont rapides, elles nécessitent de faibles quantités de matière.

III) Vitesse volumique de réaction :**1) Définition :**

$$v = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}$$

Avec :

v : vitesse volumique de réaction (en $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$)

V : volume de la solution (en m^3)

$\frac{dx}{dt}$: dérivée de l'avancement x par rapport au temps (en $\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$) (on pourrait le noter $x'(t)$)

Remarques:

Le volume V peut être exprimé en litre, la vitesse de réaction est alors exprimée en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$.

Si la transformation est lente ou très lente la durée peut être exprimée en minute ou en heure.

La vitesse de réaction est alors exprimée en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ou en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$.

2) Détermination de la vitesse volumique de réaction.

Il faut déterminer le volume V et l'avancement x .

x peut être déterminé grâce à un graphique, un tableau de mesures (graphique à tracer) ou un tableau d'avancement (il faut alors connaître, soit par une méthode chimique soit par une méthode physique, l'évolution de la concentration de l'un des réactifs ou de l'un des produits)

* Méthodes.

> Graphiquement:

On trace la tangente à la courbe $x = f(t)$ à la date t choisie. La valeur du

rapport $\frac{dx}{dt}$ est égale au coefficient directeur de cette tangente.

$$\frac{dx}{dt} = \frac{(x-x_0)}{t-0}$$

$$v = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}$$

> Par le calcul: Un tableur calcule la vitesse v à partir des valeurs de V ,

t_i et x_i .

* Evolution de la vitesse de réaction au cours du temps.

Au cours du temps les réactifs disparaissent donc leur concentration diminue.

Or la concentration des réactifs est un facteur cinétique. Plus la concentration des réactifs est faible plus la réaction est lente, plus la vitesse de réaction diminue.

IV) Temps de demi-réaction.**1) Définition.**

Le temps de demi-réaction est la durée au bout de laquelle l'avancement x est égal à la moitié de l'avancement final :

$$t = t_{1/2}, \quad x = \frac{x_{\text{final}}}{2}$$

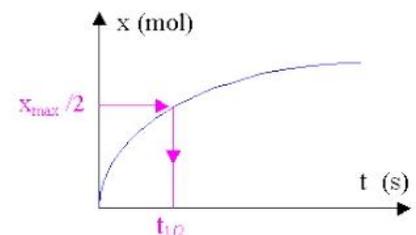
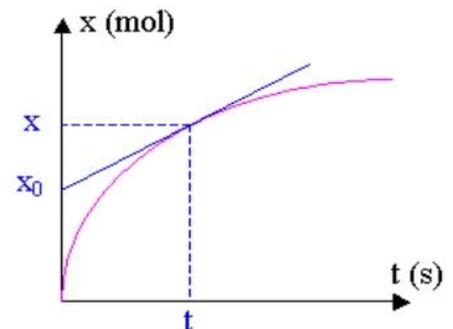
Si la transformation est totale, $x_f = x_{\text{max}}$; à $t = t_{1/2}$, $x = \frac{x_{\text{max}}}{2}$

2) Détermination de $t_{1/2}$.

On calcule x_{max} à partir du réactif limitant dans le tableau d'avancement.

$$x = \frac{x_{\text{max}}}{2}$$

En reportant cette valeur sur la courbe $x=f(t)$ on déduit par simple lecture graphique la valeur de $t_{1/2}$.



V) Applications :**1) Détermination de v par [produit] :**

Tableau (d'avancement) d'évolution de la réaction :

Equation chimique	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	+	14H^+	+	6Br^-	\rightarrow	2Cr^{3+}	+	$7\text{H}_2\text{O}$	+	3Br_2
Etat initial	C_1V_1		excès		C_2V_2		0		excès		0
En cours de transformation	$\text{C}_1\text{V}_1 - x$		excès		$\text{C}_2\text{V}_2 - 6x$		$2x$		excès		$3x$
Etat final	$\text{C}_1\text{V}_1 - x_{\text{max}}$		excès		$\text{C}_2\text{V}_2 - 6x_{\text{max}}$		$2x_{\text{max}}$		excès		$3x_{\text{max}}$

Déterminons la vitesse à t, on a :

$$v = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}$$

On cherche x en fonction de $[\text{Cr}^{3+}]$, puis $\frac{dx}{dt}$ et on la remplace :

On a $[\text{Cr}^{3+}] = \frac{n}{V} = \frac{2x}{V}$ donc : $x = [\text{Cr}^{3+}] \cdot \frac{V}{2}$ et sa dérivée est :

$$\frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt} \left([\text{Cr}^{3+}] \cdot \frac{V}{2} \right) = \frac{V}{2} \cdot \frac{d[\text{Cr}^{3+}]}{dt} \quad \text{d'où } v = \frac{1}{2} \cdot \frac{d[\text{Cr}^{3+}]}{dt}$$

Et pour bien connaître la valeur de la dérivée il suffit d'appliquer ce qu'on a déjà dit, à propos de la détermination graphique de v.

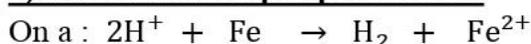
à $t_{1/2}$ on a $x = \frac{x_{\text{max}}}{2}$, d'où $[\text{Cr}^{3+}]_{1/2} = \frac{2x_{\text{max}}}{2V} = \frac{x_{\text{max}}}{V}$

2) Détermination de v par [Réactif] :

Pour la même réaction :

$$\text{On a : } [\text{Br}^-] = \frac{n}{V} = \frac{\text{C}_2\text{V}_2 - 6x}{V} \leftrightarrow x = \frac{\text{C}_2\text{V}_2 - V \cdot [\text{Br}^-]}{6}$$

Et sa dérivée est la suivante : $\frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{\text{C}_2\text{V}_2 - V \cdot [\text{Br}^-]}{6} \right) = -\frac{V}{6} \cdot \frac{d[\text{Br}^-]}{dt}$ d'où $v = -\frac{1}{6} \cdot \frac{d[\text{Br}^-]}{dt}$

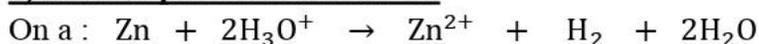
3) Détermination par pression P :

Equation chimique	2H^+	+	Fe	\rightarrow	H_2	+	Fe^{2+}
Etat initial	n_{i1}		n_{i2}		0		0
En cours de Transformation	$n_{i1} - 2x$		$n_{i2} - x$		x		x
Etat final	$n_{i1} - 2x_{\text{max}}$		$n_{i2} - x_{\text{max}}$		x_{max}		x_{max}

Supposons que H_2 est un gaz noble :

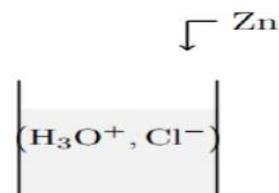
On a : $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$ et puisque $n = x$, alors : $x = P \cdot \frac{V}{R \cdot T}$ d'où sa dérivée est :

$$\frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt} \left(P \cdot \frac{V}{R \cdot T} \right) = \left(\frac{V}{R \cdot T} \right) \cdot \frac{dP}{dt} \quad \text{donc : } v = \frac{1}{V_S} \cdot \frac{V}{R \cdot T} \cdot \frac{dP}{dt}$$

4) Mesure par conductivité σ :

Le bilan des ions : H_3O^+ , Zn^{2+} , Cl^-

Les concentrations : $[\text{Cl}^-] = \frac{n}{V} = \frac{\text{C} \cdot V}{V} = \text{C}$, $[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{\text{C} \cdot V - 2x}{V}$, $[\text{Zn}^{2+}] = \frac{x}{V}$



Equation chimique	Zn	+	2H ₃ O ⁺	→	Zn ²⁺	+	H ₂	+	2H ₂ O
Etat initial	n _{i1}		n _{i2}		0		0		excès
En cours de transformation	n _{i1} - x		n _{i2} - 2x		x		x		excès
Etat final	n _{i1} - x _{max}		n _{i2} - 2x _{max}		x _{max}		x _{max}		excès

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot [X_i] \\
 &= \lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} \cdot [\text{H}_3\text{O}^+] + \lambda_{\text{Zn}^{2+}} \cdot [\text{Zn}^{2+}] + \lambda_{\text{Cl}^-} \cdot [\text{Cl}^-] \\
 &= \lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} \cdot \frac{C \cdot V - 2x}{V} + \lambda_{\text{Zn}^{2+}} \cdot \frac{x}{V} + \lambda_{\text{Cl}^-} \cdot C \\
 &= \lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} \cdot \left(C - \frac{2x}{V} \right) + \lambda_{\text{Zn}^{2+}} \cdot \frac{x}{V} + \lambda_{\text{Cl}^-} \cdot C \\
 &= C \cdot (\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} + \lambda_{\text{Cl}^-}) + x \cdot \left(\frac{\lambda_{\text{Zn}^{2+}} - 2\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+}}{V} \right) \\
 &= A + B \cdot x
 \end{aligned}$$

Donc x peut être exprimé de la façon suivante :

$$x = \frac{\sigma - A}{B}$$

La dérivée est :

$$\frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt} \cdot \left(\frac{\sigma - A}{B} \right) = \frac{1}{B} \cdot \frac{d\sigma}{dt}$$

Par suite :

$$v = \frac{1}{V \cdot B} \cdot \frac{d\sigma}{dt}$$