BURHAN

Suivi temporel d'une transformation : vitesse de réaction

2ème Année Baccalauréat · Sciences Physiques · Physique-Chimie

Version en ligne : burhan.ma/2bac/pc/physique-chimie/suivi-temporel-d-une-transformation/resume

Chapitre	Semestre
Suivi temporel d'une transformation : vitesse de réaction	Semestre 1

Suivre une transformation lente au cours du temps

> **À retenir : Relever l'avancement à plusieurs instants**
>
> Une transformation lente évolue pendant des minutes, voire des heures. Pour la décrire, tu relèves son avancement à plusieurs instants. Chaque relevé doit être bref devant la durée de la transformation.

Définition : Suivi temporel d'une transformation chimique

Suivre l'évolution temporelle d'une transformation chimique, c'est déterminer l'avancement de la réaction, ou la quantité de matière d'une espèce, à différents instants , pour tracer la courbe .

- **Méthode chimique** : à l'instant , on prélève un échantillon du mélange réactionnel ; on bloque son évolution par une **trempe** (dilution dans l'eau glacée) ; on **titre** ensuite une espèce de l'échantillon.
- **Méthode physique** : on mesure, sans prélever, une grandeur liée à l'avancement : conductivité ou conductance d'une solution ionique, pression ou volume d'un gaz formé.

La durée d'une mesure doit rester petite devant la durée de la transformation suivie.

Méthode : Étapes d'un suivi par titrage de prélèvements

1. **Prélever** un petit volume connu, à un instant noté.
2. **Bloquer** son évolution : verse-le dans de l'eau très froide.
3. **Doser** l'espèce choisie jusqu'au changement de teinte, et note .
4. **Passer au mélange entier** : multiplie la quantité trouvée par —.
5. **Conclure** sur grâce au tableau d'avancement.

Attention : Un prélèvement doit être figé avant le dosage

Un prélèvement non refroidi continue de réagir pendant le dosage. Tu mesurerais alors la composition d'un instant plus tardif. L'eau glacée dilue et refroidit : la réaction devient si lente que l'échantillon reste figé.

Composition du système et tableau d'avancement

Méthode : Construire le tableau et trouver le réactif limitant

1. **Équation** : écris-la ajustée, centrée sur sa ligne.
2. **Quantités initiales** en ou en , puis quantités en cours en fonction de .
3. **Avancement maximal** : annule chaque quantité de réactif ; la plus petite solution donne et le réactif limitant.
4. **Composition à l'instant** : remplace par la valeur mesurée, comprise entre et .

Exemple

Réaction. On mélange d'ions fer(III) et d'ions iodure :

État (mmol)				
initial				
en cours				
final				

Avancement maximal. donne ; donne . Donc : les ions fer(III) sont limitants.

Exemple

Dosage. Le mélange précédent occupe . On en prélève , aussitôt refroidis, puis on dose le diiode par les ions thiosulfate à : .

Diiode prélevé. Il faut deux ions thiosulfate par molécule de diiode : ——————— .

Avancement. Le mélange est dix fois plus grand : , soit . Il reste d'ions fer(III) et d'ions iodure.

Remarque : Arrondir selon la donnée la moins précise

Pour un produit ou un quotient, un résultat garde autant de chiffres significatifs que la donnée la moins précise. Avec et , deux chiffres suffisent.

Avancement tiré d'une conductivité, d'une pression ou d'un volume

Propriété : Conductivité d'une solution et avancement

Lors d'une transformation qui se déroule à volume constant et qui forme ou consomme des ions, la conductivité σ de la solution est une fonction affine de l'avancement :

où est la conductivité initiale et une constante. Si est la conductivité à l'état final, atteint pour :

La conductance est proportionnelle à pour une cellule donnée : la même relation s'écrit avec .

Exemple

Données. Une transformation forme des ions dans un volume constant, avec . On mesure , , puis à l'instant .

Avancement. D'après la relation entre la conductivité et l'avancement :

Propriété : Quantité de gaz formé et avancement

Une transformation forme un gaz, de nombre stœchiométrique , absent à l'instant initial ; on le suppose parfait, de température constante.

- **À volume constant** (récipient fermé contenant de l'air à la pression initiale) :

- **À pression constante**, le volume de gaz recueilli donne, avec le volume molaire :

Exemple

Réaction. L'aluminium réagit avec l'acide chlorhydrique et libère du dihydrogène, de nombre stœchiométrique :

Avancement. On recueille de gaz, avec : .

Méthode : Passer d'une mesure physique à l'avancement

1. **Relation** : repère la grandeur suivie (, , ou) et la relation qui la lie à .
2. **Valeurs utiles** : et ; ou , et ; ou .
3. **Unités** : pression en , volume du gaz en , température en , concentration en .
4. **Contrôle** : chaque reste entre et .

Attention : Concentrations en mol par mètre cube pour la conductivité

La relation $\sum$ s'emploie en unités du système international. Une concentration de s'y écrit . Sans cette conversion, est faux d'un facteur .

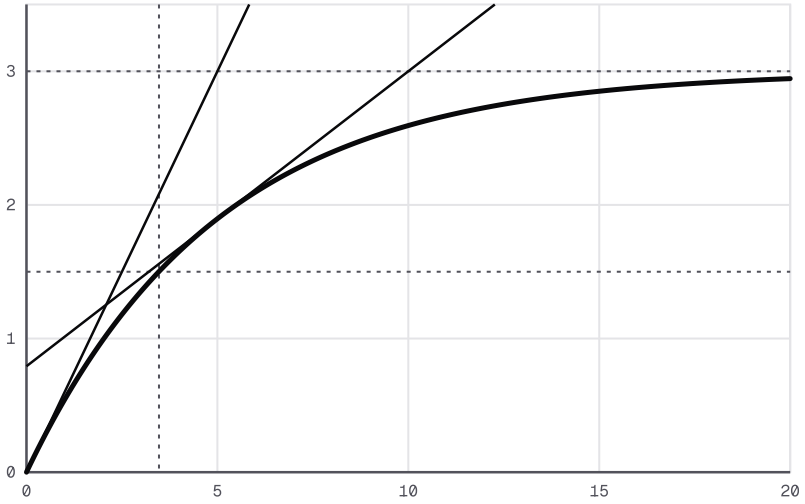
Mesurer la rapidité d'une réaction sur une courbe

Définition : Vitesse volumique de réaction

La **vitesse volumique de réaction** à l'instant est la dérivée de l'avancement par rapport au temps, divisée par le volume du mélange réactionnel :

Le nombre dérivé — est le coefficient directeur de la tangente à la courbe au point d'abscisse .

Avec en , en et en , s'exprime en .



Avancement au cours du temps (courbe modélisant les mesures), deux tangentes et lecture du temps de demi-réaction

Demi-tangente calculée en x = 0 : coefficient directeur ≈ 0,6.

Tangente calculée en x = 5 : coefficient directeur ≈ 0,220728.

Méthode : Lire une vitesse volumique sur une courbe d'avancement

1. **Tangente** : trace-la au point de la courbe d'abscisse .
2. **Pente** : lis deux points éloignés de la tangente et calcule —, avec ses unités.
3. **Volume** : divise par le volume du mélange réactionnel.
4. **Écriture** : donne avec , car c'est une lecture.

Exemple

Lecture. Le mélange a pour volume . La tangente à l'origine passe par et : sa pente vaut .

Vitesse initiale.

Soit .

À . La tangente est moins raide, de pente environ : .

Propriété : Vitesse volumique et concentration d'une espèce

Pour une réaction d'équation qui se déroule à volume constant :

– ——

– ——

Le signe vient de ce qu'un réactif disparaît : sa concentration diminue, alors que est positive.

Exemple

Pour un réactif de nombre stœchiométrique , la tangente à la courbe a une pente de . Donc – , soit .

Attention : Diviser par le volume du mélange entier

Le de la vitesse volumique est celui de tout le mélange qui réagit, jamais celui d'un prélèvement. La pente de se donne en ; , en ou en .

Attention : Vitesse moyenne et vitesse à un instant

Sur la figure, ———— . C'est une moyenne sur les cinq premières minutes.

Elle dépasse la vitesse à , lue sur la tangente, car la vitesse a diminué entre-temps.

La moitié de l'avancement final, repère de durée

Définition : Temps de demi-réaction

Le **temps de demi-réaction** est la durée au bout de laquelle l'avancement atteint la moitié de sa valeur finale :

—

Pour une transformation totale, . Le temps de demi-réaction donne un ordre de grandeur de la durée de la transformation : on la considère achevée au bout de plusieurs . Il guide le choix d'une méthode de suivi : la durée d'une mesure doit être petite devant .

Méthode : Obtenir un temps de demi-réaction

1. **Valeur finale** : se lit sur le palier, ou vaut pour une transformation totale.
2. **Moitié** : calcule —.
3. **Courbe** : l'abscisse du point d'ordonnée — donne .

4. **Tableau de mesures** : encadre par les deux instants voisins.
5. **Autre grandeur suivie** : vise la valeur à mi-chemin entre le début et la fin.

Exemple

Sur la figure, le palier vaut , donc — . La courbe atteint cette ordonnée pour .

Attention : À deux temps de demi-réaction, la transformation n'est pas achevée

Au bout de , la moitié de l'avancement final est atteinte, pas la moitié de la durée. Sur la figure, à , l'avancement ne vaut qu'environ : les trois quarts de .

Concentration, température et chocs efficaces

Remarque : Les deux facteurs cinétiques étudiés

Rappel : un facteur cinétique est un paramètre qui modifie la rapidité d'une transformation. Ici, deux facteurs comptent : la concentration des réactifs et la température.

Propriété : Évolution de la vitesse volumique et facteurs cinétiques

- À température constante, la vitesse volumique d'une réaction est en général maximale à l'instant initial ; elle diminue au cours du temps, à mesure que les réactifs sont consommés, et s'annule à l'état final.
- À température donnée, la vitesse volumique est d'autant plus grande que les concentrations des réactifs sont grandes.
- Pour une même composition, la vitesse volumique est d'autant plus grande que la température est élevée.

Propriété : Interprétation microscopique par les chocs efficaces

À l'échelle microscopique, une réaction se produit lors de **chocs** entre entités réactives. Seuls certains chocs sont **efficaces** : ceux dont l'énergie est suffisante pour rompre des liaisons et en former de nouvelles. La vitesse volumique est d'autant plus grande que le nombre de chocs efficaces par unité de temps et de volume est grand.

- Quand la concentration des réactifs augmente, les entités sont plus nombreuses par unité de volume : les chocs, donc les chocs efficaces, sont plus fréquents.

- Quand la température augmente, l'agitation thermique augmente : les chocs sont plus fréquents et une plus grande part d'entre eux est efficace.

Méthode : Conclure sur l'effet d'un facteur cinétique

1. **Un seul écart** : les deux suivis ne diffèrent que par la température, ou que par une concentration initiale.
2. **Indicateurs** : compare les pentes à l'origine et les temps de demi-réaction.
3. **Verdict** : la plus rapide a la pente initiale la plus forte et le le plus court.
4. **Explication** : relie ce verdict au nombre de chocs efficaces par seconde.

Exemple

Un même mélange donne à et à . Seule la température change : à , la transformation est plus rapide. Les chocs y sont plus nombreux, et une part plus grande d'entre eux est efficace.

Méthodes et formules du suivi temporel

Méthode : Quelle méthode pour quelle question ?

- **Une espèce colorée se dose** : prélèvement, eau glacée, titrage, puis tableau d'avancement.
- **Des ions apparaissent ou disparaissent** : conductimétrie, puis relation affine entre et .
- **Un gaz se forme** : pression à volume constant, ou volume recueilli à pression constante.
- **Une vitesse est demandée** : tangente, pente, division par .
- **Un temps de demi-réaction est demandé** : ordonnée —, puis abscisse.
- **Deux suivis sont comparés** : un seul facteur changé, puis chocs efficaces.

Prélèvement —	Conductivité ———
Gaz, volume constant ———	Gaz recueilli ——
Vitesse volumique — —	Réactif A – ——

Demi-réaction
—

> **À retenir : Rédiger un suivi temporel en devoir**
>
> Écris l'équation et le tableau d'avancement avant tout calcul de quantité. Nomme la relation employée. Convertis les unités avant de remplacer. Une lecture sur une courbe se donne avec , et la méthode est dite : tangente ou ordonnée —.