

Introduction

Quelle est la concentration en acide d'un vinaigre ? En vitamine C d'un comprimé ? Pour le savoir, les chimistes utilisent une méthode précise : le **titrage**. On fait réagir l'espèce cherchée avec une solution dont on connaît exactement la concentration.

Dans ce chapitre, tu vas apprendre le **principe d'un titrage**, la notion d'**équivalence**, et le calcul de la **concentration** recherchée.

I. Le principe d'un titrage

Titrer une espèce, c'est déterminer sa **concentration** (ou sa quantité de matière) en la faisant réagir avec une solution de **concentration connue**.

- la solution **titrée** contient l'espèce dont on cherche la concentration (inconnue) ;
- la solution **titrante**, de concentration **connue**, est versée progressivement à l'aide d'une **burette**.

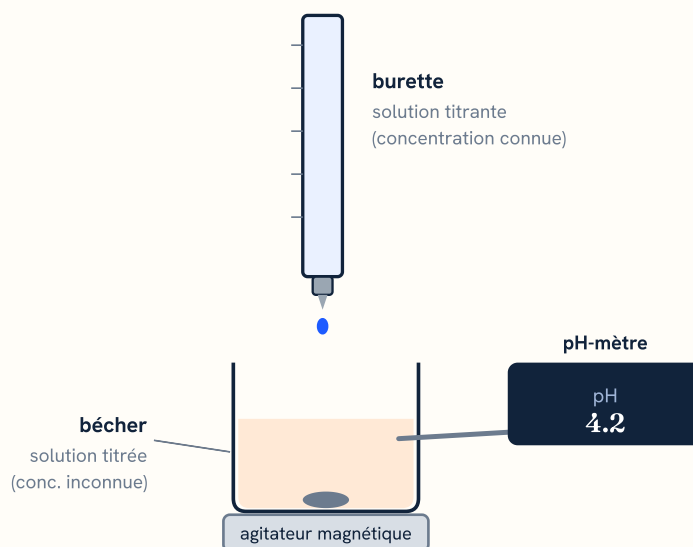


Schéma 1 — Montage d'un titrage : la solution titrante (concentration connue) est versée depuis la burette dans le bécher contenant la solution titrée, sous agitation ; un pH-mètre suit l'évolution du pH.

Réaction de titrage. Pour être exploitable, la réaction support du titrage doit être **rapide, totale** (elle se fait quasi-entièrement) et **unique** (une seule réaction se produit).

II. L'équivalence

L'**équivalence** est l'instant du titrage où les réactifs (titrant et titré) ont été mélangés dans les **proportions stœchiométriques** de la réaction. C'est l'instant où le **réactif limitant change** :

- **avant** l'équivalence, le réactif titrant est limitant (il est entièrement consommé à chaque ajout) ;
- **après** l'équivalence, c'est l'espèce titrée qui a été entièrement consommée, et le titrant est désormais en excès.

Relation à l'équivalence (réaction 1 : 1). Les quantités de matière des deux réactifs sont égales : $C_{\text{titrant}} \times V_E = C_{\text{titré}} \times V_{\text{titré}}$ où V_E est le **volume équivalent** (volume de titrant versé à l'équivalence).

III. Repérer l'équivalence et calculer la concentration

On repère l'équivalence de plusieurs façons :

- avec un **indicateur coloré**, qui change de couleur à l'équivalence ;
- par **suivi pH-métrique** : la courbe $\text{pH} = f(V)$ présente un **saut de pH** brusque à l'équivalence.

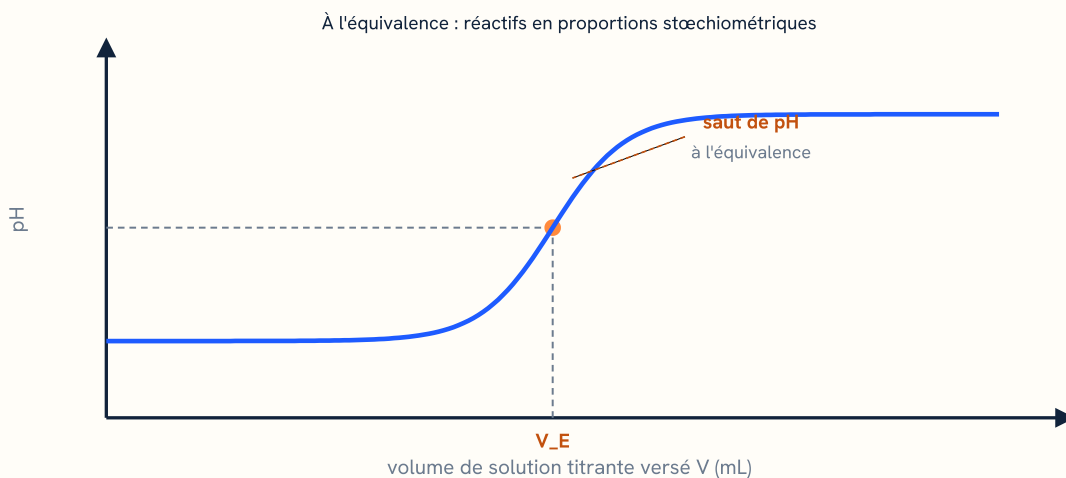


Schéma 2 — La courbe de titrage $\text{pH} = f(V)$ présente un saut de pH brusque à l'équivalence. Le volume versé à cet instant est le volume équivalent V_E , qui permet de calculer la concentration cherchée.

On lit alors le **volume équivalent V_E** (au milieu du saut de pH), puis on calcule la concentration cherchée.

Exemple. On titre $V_{\text{titré}} = 20,0$ mL d'une solution d'acide chlorhydrique par de la soude de concentration $C_{\text{titrant}} = 0,10$ mol/L. L'équivalence est obtenue pour $V_E = 15,0$ mL. $C_{\text{titré}} = (C_{\text{titrant}} \times V_E) / V_{\text{titré}} = (0,10 \times 15,0) / 20,0 = \mathbf{0,075}$ mol/L.

L'essentiel à retenir

À retenir.

- Un **titrage** détermine une concentration inconnue grâce à une solution titrante de concentration **connue**.
- La réaction de titrage doit être **rapide, totale et unique**.
- À l'**équivalence**, les réactifs sont en **proportions stœchiométriques** ; pour une réaction 1 : 1, $C_{\text{titrant}} \times V_E = C_{\text{titré}} \times V_{\text{titré}}$.
- On repère l'équivalence par un **indicateur coloré** ou par le **saut de pH** de la courbe $\text{pH} = f(V)$.

Exercices

Exercice 1 — Vocabulaire du titrage

On titre une solution d'acide de concentration inconnue par une solution de soude de concentration connue.

1. Quelle est la solution titrante ? Quelle est la solution titrée ?
2. Cite les trois propriétés que doit posséder la réaction de titrage.

Exercice 2 — Calcul d'une concentration

On titre $V_{\text{titré}} = 25,0$ mL d'une solution d'acide par une solution titrante de concentration $C_{\text{titrant}} = 0,20$ mol/L. La réaction est de proportions 1 : 1.

L'équivalence est atteinte pour $V_E = 20,0$ mL.

1. Écris la relation à l'équivalence.
2. Calcule la concentration $C_{\text{titré}}$ de la solution d'acide.

Exercice 3 — Lire une courbe de titrage

Sur une courbe de titrage $\text{pH} = f(V)$, on observe un saut de pH net.

1. Que représente le volume au milieu de ce saut ?
2. Comment, sans pH-mètre, pourrait-on repérer ce même volume ?

Exercice 4 — À l'équivalence

Au cours d'un titrage, on s'intéresse à l'équivalence.

1. Que peut-on dire des quantités de matière des deux réactifs à l'équivalence (réaction 1 : 1) ?
2. Quel réactif est limitant juste avant l'équivalence ? Et juste après ?

Corrigés

Corrigé de l'exercice 1

1. La solution **titrante** est la **soude** (concentration connue) ; la solution **titrée** est l'**acide** (concentration inconnue).
2. La réaction de titrage doit être **rapide, totale** et **unique**.

Corrigé de l'exercice 2

1. À l'équivalence : $C_{\text{titrant}} \times V_E = C_{\text{titré}} \times V_{\text{titré}}$.
2. $C_{\text{titré}} = (C_{\text{titrant}} \times V_E) / V_{\text{titré}} = (0,20 \times 20,0) / 25,0 = 0,16 \text{ mol/L}$.

Corrigé de l'exercice 3

1. Le volume au milieu du saut de pH est le **volume équivalent V_E** (volume de titrant versé à l'équivalence).
2. On pourrait utiliser un **indicateur coloré** adapté, qui change de couleur à l'équivalence.

Corrigé de l'exercice 4

1. À l'équivalence, les **quantités de matière des deux réactifs sont égales** (réaction 1 : 1) : ils ont été mélangés dans les proportions stœchiométriques.
2. Juste **avant** l'équivalence, le **titrant** est le réactif limitant ; juste **après**, c'est l'espèce **titrée** qui est épuisée (le titrant est en excès).