

Compte-rendu TP 21

TITRAGE D'UN ACIDE FORT PAR UNE
BASE FORTE

GRAD-MOLINA Matheo / GRENIER Nathanaël / TASTAN Furkan / PIRICO Mélanie

Mars 2026

Objectifs :

Mesurer plusieurs titrages acido-basiques.

Déterminer la concentration d'une solution inconnue.

1: Définitions

Titration : Méthode expérimentale permettant de mesurer la concentration d'une solution. Cela s'appuie sur la réaction support du titrage.

caractéristiques du titrage :

- Réaction rapide
- Réaction totale
- Réaction unique (il n'y a pas d'autres réactions)

Equivalence : Moment où l'on change de réactif limitant et où les réactifs sont introduits dans les proportions stoechiométriques.

Indicateurs colorés : Ce sont des espèces chimiques utilisées car elles changent de couleur précisément lors de l'équivalence dans un titrage.

2: Protocole de Titrage de l'Acide Chlorhydrique par la Soude

1 Objectif :

L'objectif est de déterminer la concentration molaire inconnue C_a d'une solution d'acide chlorhydrique ($H_3O^+ + Cl^-$) en utilisant une solution d'hydroxyde de sodium ($Na^+ + HO^-$) de concentration connue C_b .

2 Sécurité et Préparation

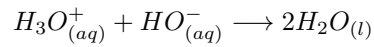
- **Sécurité** : Porter une blouse et des lunettes.
- **Rinçage** : Rincer la burette à l'eau distillée, puis avec la solution de soude pour ne pas modifier la concentration C_b .
- **Étalonnage** : Le pH-mètre doit être étalonné avec une solution tampon à pH = 7,00 (point neutre) et une solution à pH = 4,00 (car on titre un acide), pour "apprendre" à l'appareil la relation entre la tension mesurée et le pH.

3 Mesures et Mode Opérateur

1. **Remplir une burette graduée** de 25 mL avec de la soude après avoir vérifié que le robinet est fermé et que la pointe ne contient pas de bulle d'air. Ajuster au zéro.
2. **Prélever 10 mL d'acide chlorhydrique** à l'aide d'une pipette jaugée (munie d'une propipette) et les verser dans un bécher.
3. **Diluer avec un peu d'eau distillée** pour que les capteurs (pH-mètre) ou le barreau aimanté soient bien immergés ; cette eau n'interviendra pas dans la réaction.
4. **Placer le bécher sur l'agitateur magnétique** avec un barreau aimanté de telle sorte à homogénéiser la solution durant tout le titrage.
5. **Ajouter quelques gouttes d'indicateur coloré** comme le BBT ou la phénolphthaléine pour visualiser le changement de milieu.
6. **Premier titrage (Rapide)** Verser la soude mL par mL pour déterminer une première zone de virage située environ entre 19 mL et 21 mL.
7. **Deuxième titrage (Précis)** Utiliser un pH-mètre (préalablement étalonné) pour déterminer avec précision le volume équivalent V_{eq} au niveau du saut de pH.
8. **Saisie des données** Créer un tableau de valeurs avec le volume de soude V_b en abscisse et le pH en ordonnée
9. **Tracer la courbe** : $pH = f(V_b)$

3: ANALYSE et EXPERIENCE

Comme Na^+ et Cl^- sont spectateurs, on obtient l'équation de réaction suivante :



A l'équilibre on a :

$$K = \frac{1^2 \cdot C^{o2}}{[H_3O^+][HO^-]} \quad k = \frac{1}{K_e} = \frac{1}{10^{-14}}$$

d'où : $k = 10^{14}$

Construisons désormais le tableau d'avancement en mol :

	$H_3O^+_{(aq)}$	+ $HO^-_{(aq)}$	\rightarrow	$2 H_2O_{(l)}$	
Avant l'équivalence	$m_A = C_A V_0 - \xi_1$ $= C_A V_0 - C_B V$	$m_B = C_B V - \xi$ $= 0$			Excès
À l'équivalence	$m_A = C_A V_0 - \xi_2$ $= 0$	$m_B = C_B V_E - \xi_2$ $= 0$			Excès
Après l'équivalence	$m_A = C_A V_0 - \xi_3$ $= 0$	$m_B = C_B V - \xi_3$ $= C_B V - C_A V_0$			Excès

Figure 1: Tableau d'avancement

En suivant le protocole on obtient à l'état initial :

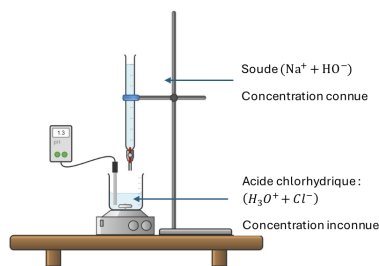


Figure 2: Etat Initial

Dans la zone de virage (à l'équivalence) :

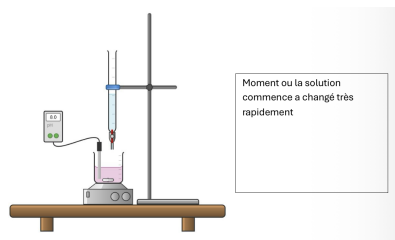


Figure 3: Equivalence

à l'état final :

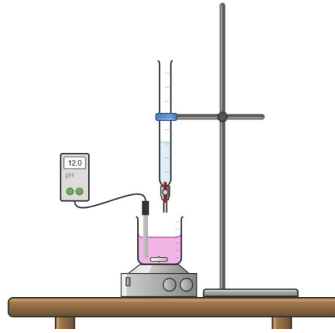


Figure 4: Etat final

Durant la réaction de titrage, la prise de mesures à l'aide d'un pH-mètre donne le tableau se trouvant en annexe.

Ces mesures nous permettent alors de tracer le graphique suivant :

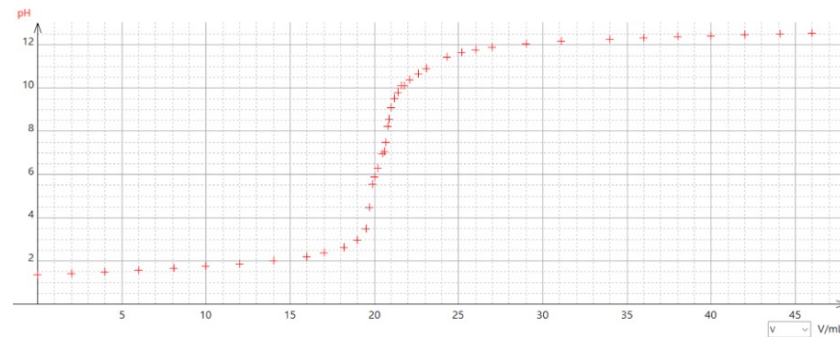


Figure 5: $pH = f(V_b)$

On notera que le graphique est tracé selon un modèle sigmoïde.
De plus, le volume équivalent lu sur le graphique est de 20,5 mL.

On déduit du tableau d'avancement la relation suivante : $C_A = \frac{C_B \cdot V_E}{V_0}$
Avec $C_B = 0.1 \text{ mol/L}$, $V_E = 20.5 \text{ mL}$ et $V_0 = 10 \text{ mL}$
Donc $C_A = 0.20 \text{ mol/L}$

Enfin, on pourra noter que la méthode de Monte-Carlo fait une estimation de la valeur de C_A à partir de simulations pour des valeurs aléatoires de V_0 , V_E et C_B et indique l'incertitude sur C_A

4: ANNEXES

Méthode de Monte-Carlo

```
N= 100000 # nombre de tirages simules comme si nous
          avions effectue N mesures)
Ca = [] # Liste des valeurs calculees de la
        concentration Ca
for k in range (N) : # procedure de tirage
    Vsol = np.random.uniform(9.9,10.1) # toutes les
        valeurs sont equiprobables
    Veq = np.random.triangular(9.6, 9.7, 9.8) # la
        valeur centrale est plus probable --> que les
        valeurs laterales
    Cb = np.random.uniform(.099 , .101)
    Ca.append(Cb * Veq / Vsol)
Ca_moy = sum(Ca)/N # calcul de la valeur moyenne des
        mesures
uCa = np.std(Ca, ddof=1) # calcul de l'ecart-type
print (f'Concentration_Ca:_{Ca_moy}_mol/L')
print (f'Incertitude-type_u(Ca):_{uCa}_mol/L')
```

Mesure du pH en fonction du volume de soude ajouté :

V (mL)	pH
0	1.37
2	1.43
4	1.49
6	1.56
8.1	1.65
10	1.75
12	1.86
14	2.01
16	2.20
17	2.37
18.2	2.63
19	2.95
19.5	3.47
19.7	4.48
19.9	5.54
20	5.88
20.2	6.27
20.5	6.96
20.6	7.06
20.7	7.48
20.8	8.23
20.9	8.55
21	9.10
21.2	9.52
21.4	9.79
21.6	10.10
21.8	10.11
22.1	10.38
22.6	10.65
23.1	10.91
24.3	11.43
25.2	11.63
26	11.77
27	11.88
29	12.04
31.1	12.16
34	12.27
36	12.33
38	12.39
40	12.43
42	12.47
44.1	12.50
46	12.53