



Titration d'un mélange d'acide chlorhydrique, acide formique et chlorure de magnésium

NOM :

Le mélange dont la caractérisation est l'objet de ce TP est constitué :

- d'acide chlorhydrique : $\text{H}^+(\text{aq}), \text{Cl}^-(\text{aq})$ de concentration $c_1 \sim 0,15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,
- d'acide formique (ou acide méthanoïque) $\text{HCOOH}(\text{aq})$ de concentration $c_2 \sim 0,15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,
- de chlorure de magnésium ($\text{Mg}^{2+}(\text{aq}), 2 \text{Cl}^-(\text{aq})$) (électrolyte fort) de concentration $c_3 \sim 0,05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Trois objectifs vous sont assignés :

1. déterminer, avec le maximum de précision, les valeurs des concentrations et leur associer une incertitude-type,
2. déterminer la valeur du pK_a du couple acide méthanoïque/ion méthanoate,
3. déterminer la valeur du produit de solubilité de l'hydroxyde de magnésium $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

Pour ce faire, vous avez à votre disposition :

- un pH-mètre et des solutions étalons de pH,
- un conductimètre et une solution étalon de chlorure de potassium à $0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,
- divers indicateurs colorés acido-basiques,
- une soude fraîchement préparée de concentration $c_0 = 0,200 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (avec une incertitude-type sur c_0 égale à $u(c_0) = 0,002 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$).



Gestion du temps

Durée de l'épreuve 2 h dont **10 minutes obligatoirement neutralisées** pour le rangement de la paillasse.

Durées conseillées :

- Travail préparatoire : 30 min
- Réalisation du titrage : 30 min
- Exploitation des courbes : 10 min
- Évaluation des incertitudes et réponses aux questions : 35 min
- Nettoyage (évalué) : 10 minutes



Les réponses aux questions seront apportées directement sur l'énoncé.

En cas de blocage, solliciter l'examineur ou le professeur qui pourra vous fournir un protocole de secours.

Les réponses à l'appel ne seront pas réécrites sur le compte-rendu.



Les données numériques, les données de sécurité ainsi que les consignes de nettoyage (dont la réalisation est évaluée) sont fournis en page 2.

Données numériques à 25 °C

Constante d'acidité

Couple acide méthanoïque / ion méthanoate $\text{HCOOH(aq)}/\text{HCOO}^{\text{-}}(\text{aq})$ $pK_a \sim 4$

Produit de solubilité

Hydroxyde de magnésium Mg(OH)_2 $pK_s \sim 11$

Conductivités ioniques molaires équivalentes à dilution infinie λ_i^0 :

	H^+	Na^+	Mg^{2+}	OH^-	Cl^-	HCO_2^-
λ_i^0 ($\text{mS}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1}$)	35	5,0	10,6	20	7,6	5,5

Sécurité

Soude		Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves
Mélange à titrer		Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves

À la fin de la séance

- Rincer toute la verrerie à grande eau.
- Évacuer les solutions dans un bidon de récupération approprié.
- Remettre la pailasse en ordre.
- Se laver les mains avec du savon.

Travail préparatoire

mél

Question 1

On introduit de la soude dans une solution contenant du chlorure de magnésium à la concentration $c_3 \sim 0,05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Calculer le pH de début de formation de l'hydroxyde de magnésium en négligeant la dilution entraînée par l'ajout de soude.

mél

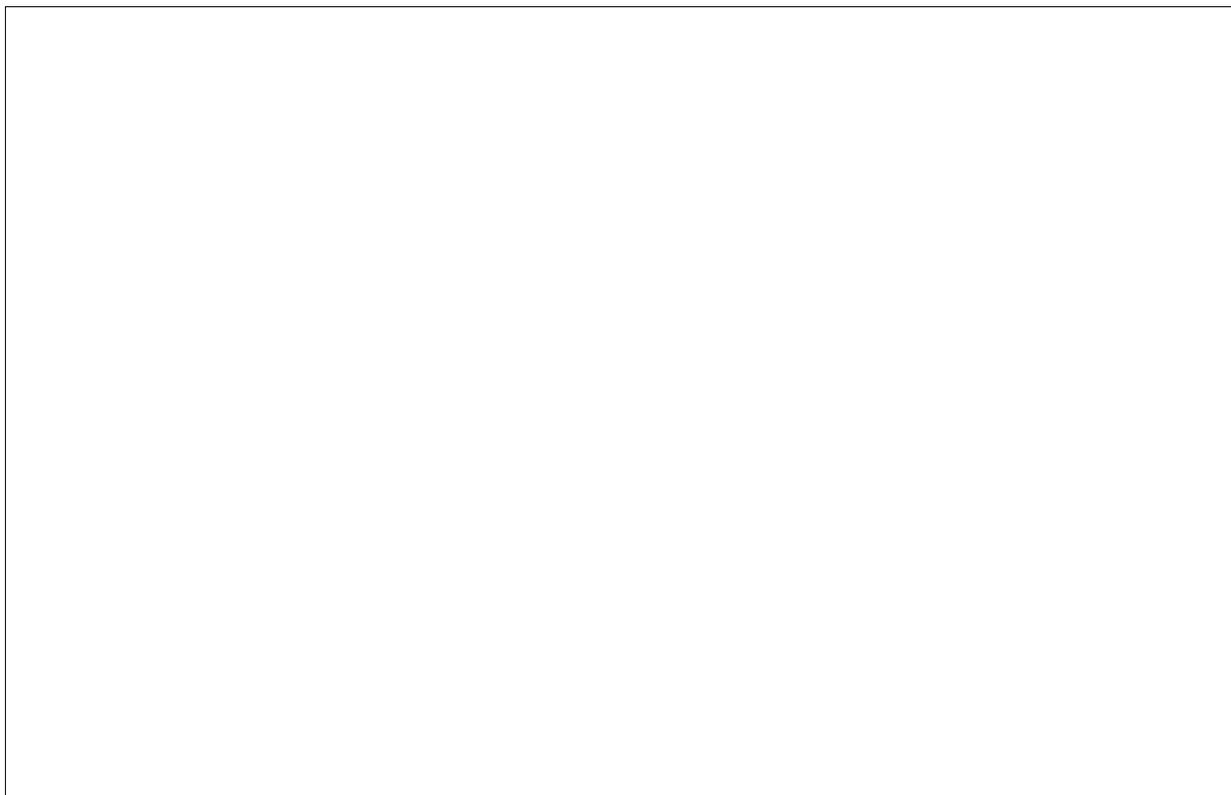
Question 2

Écrire les équations de réaction support du titrage du mélange par la soude. Calculer les valeurs des constantes thermodynamiques d'équilibre associées à ces réactions. Commenter. Donner un ou des arguments pour prévoir le caractère simultané ou consécutif des titrages. Dans le second cas, prévoir l'ordre de réalisation des titrages.

mét

Question 3

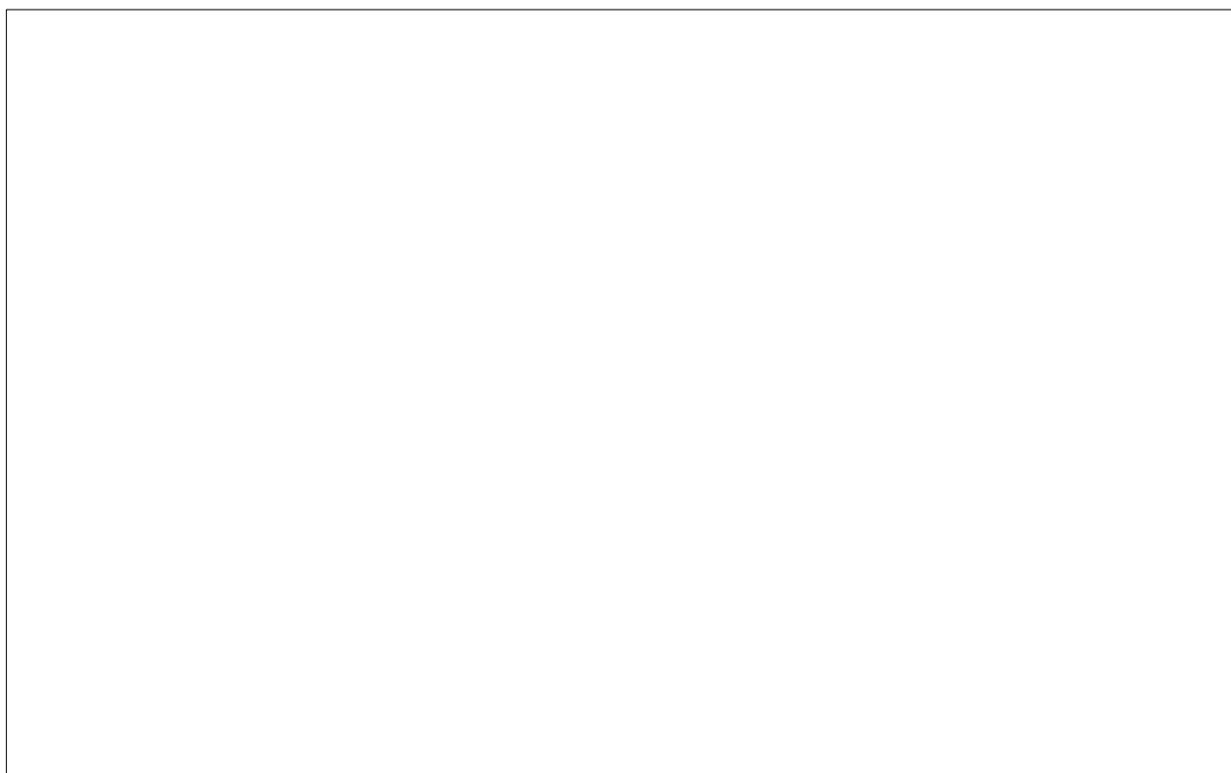
Proposer, en justifiant par un calcul, la valeur du volume de mélange à titrer.
Indiquer la verrerie retenue pour effectuer ce prélèvement.



mét

Question 4

Prévoir qualitativement l'allure de la courbe de suivi conductimétrique.



mé

Question 5

En vous aidant d'une simulation de la courbe de suivi **pH-métrique** avec le logiciel Dozzaqueux (à joindre au compte-rendu), proposer une ou des méthodes pour suivre le titrage en vue de déterminer les valeurs des trois concentrations, celle du pK_a du couple $\text{HCOOH}(aq)/\text{HCOO}^-(aq)$ et celle du pK_s de l'hydroxyde de magnésium $\text{Mg}(\text{OH})_2$.



Appel

Proposer un protocole opératoire pour titrer le mélange.

Exposer **oralement** vos conclusions à l'examineur ou à un technicien :

- Volume à titrer,
- Méthode de suivi,
- Étalonnage ou non des appareils,
- Stratégie concernant le rythme d'introduction de la solution titrante.

2 – Réalisation



Mettre en œuvre le protocole proposé ou celui qui vous sera distribué par l'examineur.

Joindre au compte-rendu l'intégralité des résultats obtenus (dont les courbes de suivi avec nom et titre).

3 – Exploitation des résultats



Question 6

Définir la conductance (ou conductivité) corrigée de la dilution. Rappeler son intérêt.



Question 7

Déterminer les valeurs des concentrations c_1 , c_2 et c_3 .



Question 8

Justifier la faible amplitude du saut de pH à la première équivalence.

me

Question 9

En argumentant la réponse à partir de vos résultats, proposer des valeurs d'incertitude-type ou de demi-étendue (préciser votre choix) pour les volumes équivalents et volumes prélevés.

Estimateurs de dispersion statistique des grandeurs expérimentales

Grandeur	Incertitude-type (IT) / demi-étendue (DE)	Valeur	Raisons
c_0	IT	$u(c_0) = 0,002 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$	Préparation de la solution par l'équipe technique
V_0			
V_{eq1}			
V_{eq2}			
V_{eq3}			

me

Question 10

Déterminer l'incertitude-type sur chacune des concentrations à l'aide du script python mis à votre disposition. Enregistrer le script pour le rendre à votre professeur à l'issue de la séance. Indiquer les valeurs des concentrations et de leur incertitude-type associée en utilisant un nombre de chiffres significatifs adapté.

me

Question 11

Déterminer la valeur du pK_a du couple acide méthanoïque/ion méthanoate en détaillant la démarche et les calculs menés. Commenter l'éventuel écart.

me

Question 12

Déterminer la valeur du pK_s de l'hydroxyde de magnésium en détaillant la démarche et les calculs menés. Commenter l'éventuel écart.