

1^{ère} Spé - Titrages

C) Détermination d'une quantité de matière grâce à une transformation chimique	
Titrage avec suivi colorimétrique.	Relier qualitativement l'évolution des quantités de matière de réactifs et de produits à l'état final au volume de solution titrante ajoutée.
Réaction d'oxydo-réduction support du titrage ; changement de réactif limitant au cours du titrage.	Relier l'équivalence au changement de réactif limitant et à l'introduction des réactifs en proportions stœchiométriques. Établir la relation entre les quantités de matière de réactifs introduites pour atteindre l'équivalence.
Définition et repérage de l'équivalence.	Expliquer ou prévoir le changement de couleur observé à l'équivalence d'un titrage mettant en jeu une espèce colorée. <i>Réaliser un titrage direct avec repérage colorimétrique de l'équivalence pour déterminer la quantité de matière d'une espèce dans un échantillon.</i>

- Les essentiels :
 - Comprendre que l'équivalence est le moment où les réactifs sont en proportions stœchiométriques
 - Être capable de donner la relation entre les quantités de matière des réactifs à l'équivalence
 - Savoir mettre en œuvre un titrage colorimétrique
 - Evaluation finale = activité expérimentale type « ECE »
 - Les prérequis :
 - calculs autour de la concentration, quantité de matière
 - oxydo-réduction
- ⇒ Chronologie du chapitre :
- **Evaluation diagnostique** sur les prérequis (identifiés une fois la séquence construite) (ici, réactivation des chapitres précédents)
 - Cours
 - Exercice sur l'évolution des quantités de matière au cours d'un titrage
 - **Evaluation formative** : AE eau oxygénée avec auto-évaluation ; donner la grille des critères de réussite (identique à celle de l'ECE)
 - **Evaluation formative** : Quiz (à faire à la maison sur le site quiziniere)
 - Exercices
 - **Evaluation finale** : ECE produit anti-chlorose



Prérequis : quantité de matière, dilution, avancement d'une réaction, oxydo-réduction

Connaissances : ce qu'il faut savoir

Le vocabulaire

à savoir définir et utiliser :

- titrage
- équivalence

Le vocabulaire

à savoir utiliser correctement :

- réactif titrant, réactif titré
- Burette graduée, agitateur magnétique, barreau aimanté

Les relations et lois à connaître

- **Relation** entre les quantités de matière à l'équivalence

Capacités : ce qu'il faut savoir faire

	Activités	Exercices	Pour m'évaluer
Expliquer l'évolution des quantités de matière des réactifs et des produits en fonction du volume de solution titrante ajoutée.			☹ ☺
Relier l'équivalence à l'introduction des réactifs en proportions stœchiométriques.			☹ ☺
Établir la relation entre les quantités de matière de réactifs introduites pour atteindre l'équivalence.			☹ ☺
Expliquer ou prévoir le changement de couleur observé à l'équivalence d'un titrage mettant en jeu une espèce colorée.			☹ ☺
Mettre en œuvre un montage de titrage colorimétrique.			☹ ☺

Activité expérimentale : Réaliser un contrôle qualité

Les produits d'entretien des lentilles de contact contiennent du peroxyde d'hydrogène $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$, aussi appelé eau oxygénée, à 3% en masse.

Comment vérifier le pourcentage en masse d'un produit du commerce ?



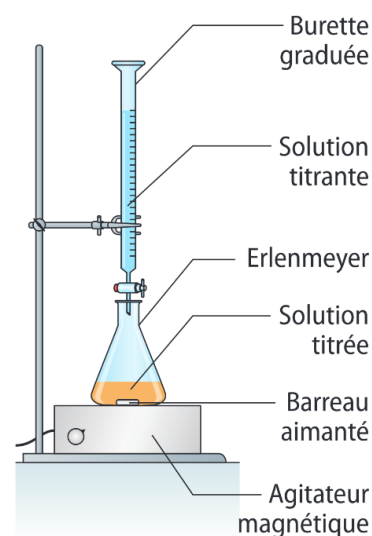
Doc.1 protocole de titrage

Préparation de la burette

- Rincer la burette à l'eau distillée.
- Remplir la burette avec la solution titrante jusqu'à la graduation « 0 » en ajustant horizontalement le bas du ménisque sur cette graduation.
- Vérifier l'absence de bulles d'air.

Préparation de la solution titrée

- Prélever avec soin un volume donné de solution titrée à l'aide de la pipette jaugée ; introduire ce volume dans un erlenmeyer et ajouter un barreau aimanté.
- Placer l'erlenmeyer sur l'agitateur magnétique en plaçant une feuille blanche entre les deux (pour mieux visualiser les éventuels changements de couleur).



Réalisation du titrage

- Verser goutte à goutte la solution titrante en observant la couleur du mélange.
- Lorsqu'un changement d'aspect commence à se faire sentir, ralentir le goutte-à-goutte et attendre quelques secondes que la couleur se stabilise.
- Noter le volume $V_{\text{éq}}$ de solution titrante versé au changement d'aspect.
- En cas de doute, procéder à un deuxième titrage pour vérifier le volume équivalent.

Doc.2 : informations utiles

- Le peroxyde d'hydrogène réagit avec les ions permanganate en milieu acide.
- $M(\text{H}) = 1,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- Couples d'oxydoréduction mis en jeu : $\text{MnO}_4^- (\text{aq}) / \text{Mn}^{2+} (\text{aq})$; $\text{O}_2 (\text{g}) / \text{H}_2\text{O}_2 (\text{aq})$
- Seuls les ions permanganate sont colorés.

Doc.3 : matériel et produits disponibles

- Pipettes jaugées (5,0 mL, 10,0 mL, 20,0 mL), propipette
- Fioles jaugées (50,0 mL, 100,0 mL, 250,0 mL)
- Bêchers, pipettes compte-goutte, erlenmeyer
- Burette graduée de 25,0 mL
- Agitateur magnétique, barreau aimanté
- Solution acidifiée de permanganate de potassium de concentration en ion permanganate $c_2 = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
- Solution commerciale de peroxyde d'hydrogène

S'APPROPRIER

- 1) Ecrire la demi-équation de chaque couple d'oxydoréduction. Quel est le réactif titrant ? le réactif titré ?
- 2) Etablir l'équation de la réaction support du titrage.

REALISER

- 3) Proposer un protocole expérimental permettant de diluer 10 fois la solution commerciale S_0 de peroxyde d'hydrogène.



Appeler le professeur pour lui montrer votre démarche ou en cas de difficulté.

Après validation, mettre en œuvre le protocole. On appellera S_1 la solution diluée.

- 4) Procéder au titrage en suivant le protocole indiqué dans le doc.1. On prélèvera précisément un volume $V_1 = 10,0$ mL de solution diluée S_1 .



Appeler le professeur pour vérification de la lecture du volume équivalent : $V_{\text{éq}} = \dots\dots\dots$

ANALYSER – RAISONNER

- 5) Avant l'équivalence, quel réactif est limitant dans le bécher ?
6) Après l'équivalence, quel réactif est épuisé ?
7) Calculer la concentration en quantité de matière en peroxyde d'hydrogène de la solution diluée S_1 , puis de la solution commerciale S_0 .

VALIDER

- 8) Déterminer la masse de peroxyde d'hydrogène contenue dans 100 mL de produit du commerce.

Pour améliorer l'estimation de la valeur de la masse de peroxyde d'hydrogène, il convient de considérer les incertitudes sur les trois grandeurs intervenant dans le calcul de la concentration en peroxyde d'hydrogène : $V_{\text{éq}}$, V_1 et c_2 (concentration en ion permanganate).




Grandeur X	$V_{\text{éq}}$	V_1	c_2
Incertitude $U(X)$	0,1 mL	0,04 mL	$2,00 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$

L'incertitude relative sur la valeur de la masse de peroxyde d'hydrogène est donnée par la relation :

$$\frac{U(m)}{m} = \sqrt{\left(\frac{U(V_{\text{éq}})}{V_{\text{éq}}}\right)^2 + \left(\frac{U(V_1)}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{U(c_2)}{c_2}\right)^2}$$

- 9) Evaluer l'incertitude relative $U(m)$ sur la masse de peroxyde d'hydrogène, puis donner un encadrement de cette masse. Commenter et citer au moins deux sources d'erreur.

Auto-évaluation

COMPETENCE	CRITERE DE REUSSITE			
Réaliser	Je suis capable de : <ul style="list-style-type: none"> - Donner un protocole de dilution - Prélever un volume déterminé de liquide avec une pipette jaugée - Remplir une burette graduée et faire le zéro - Verser lentement la solution titrante afin de repérer le changement de couleur à l'équivalence 			
Analyser/ Raisonner	Je suis capable de : <ul style="list-style-type: none"> - Dire à quoi correspond l'équivalence - Exploiter la relation entre les quantités de matière à l'équivalence pour trouver la concentration recherchée - Utiliser le rapport de dilution pour trouver la concentration de la solution commerciale 			
Valider	<ul style="list-style-type: none"> - Le lien est fait entre le résultat final et les documents proposés - Je sais exploiter un calcul d'incertitude et donner quelques sources d'erreurs possibles 			
Communiquer	Pour le compte-rendu, je sais : <ul style="list-style-type: none"> - Utiliser un vocabulaire scientifique - M'exprimer dans une langue correcte - Soigner la présentation 			

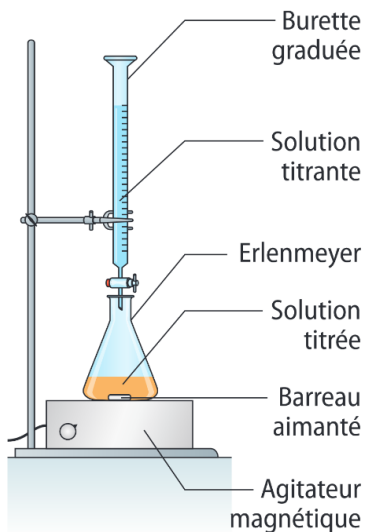
I. Titrage colorimétrique : principe

1) Définition

Dosage : technique permettant de déterminer la quantité de matière d'une espèce chimique dans un volume donné de solution.

- ⇒ Dosage par **étalonnage** (exemple : dosages spectrophotométriques utilisant la loi de Beer-Lambert)
- ⇒ Dosage par **titrage** : utilise une réaction chimique qui doit être totale, rapide et unique ; lorsque la réaction chimique s'accompagne d'un changement de couleur, on parle de **titrage colorimétrique**.

2) Mise en œuvre



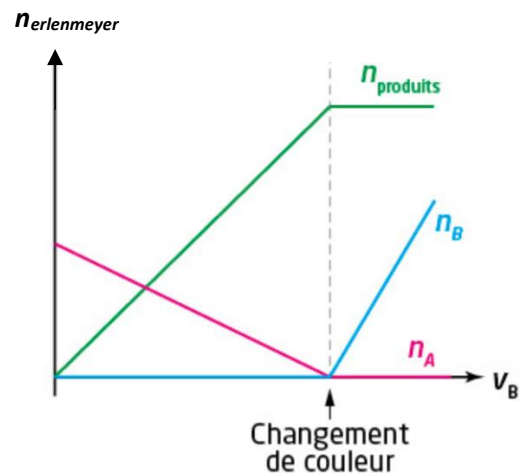
- **Solution titrée** : contient le réactif A, dont on cherche à déterminer la quantité de matière dans un volume connu ;
- **Solution titrante** : contient le réactif B, dont la concentration est connue avec précision et dont on détermine le volume expérimentalement.
- On ajoute lentement la solution titrante à la solution titrée jusqu'à observer un changement de couleur.

La réaction s'écrit sous la forme : $aA + bB \rightarrow \text{produits}$

Il peut s'agir d'une réaction d'oxydoréduction.

3) Evolution des quantités de matière lors d'un titrage

- **Au début** : dès qu'une goutte du réactif B arrive dans l'erlenmeyer, elle est consommée : le réactif B est limitant
 - ⇒ Dans l'erlenmeyer, $n_B = 0$
 - ⇒ Le réactif A est consommé lors de la réaction de titrage, donc n_A diminue.
- **A la fin** : il n'y a plus de réactif A, la réaction est terminée.
 - ⇒ Si on continue à verser la solution titrante, n_B augmente alors que $n_A = 0$



II. Exploitation d'un titrage

1) *L'équivalence*

Equivalence : moment où les réactifs A et B sont **dans les proportions stœchiométriques** dans l'erenmeyer. Avant, le réactif titrant B est limitant ; après, c'est le réactif titré A qui est épuisé.

L'équivalence est atteinte lorsqu'un changement de couleur s'opère dans la solution contenue dans l'erenmeyer.

Relation entre les quantités de matière :

Au moment de l'équivalence, les réactifs sont dans les proportions stœchiométriques de la réaction de titrage :

$$\frac{n_0(A)}{a} = \frac{n_{\text{éq}}(B)}{b}$$

2) *Incertitudes de mesure*

Plusieurs sources d'erreur peuvent conduire à des incertitudes de mesure, notamment :

- Le prélèvement du volume initial de solution titrée (choix de la verrerie, soin de la manipulation...)
- Le repérage précis de l'équivalence ;
- La lecture du volume à la burette ;
- La concentration de la solution titrante...

Pour un meilleur repérage de l'équivalence, on peut procéder à un premier titrage rapide, puis à un deuxième titrage au goutte à goutte autour de l'équivalence.

Nom :
Prénom :

Ch8 – ECE : Traitement de la chlorose

/10

La chlorophylle est une entité chimique dans laquelle une entité moléculaire entoure un ion fer (II) Fe^{2+} . Elle est essentielle dans le processus de la photosynthèse.

La chlorose est une maladie des plantes dont le symptôme est le jaunissement des feuilles dû à un manque d'ion $Fe^{2+}(aq)$. Dans les jardinerie, on trouve des solutions dites « anti-chlorose » riches en ions fer (II) $Fe^{2+}(aq)$. La concentration indiquée sur l'emballage peut être vérifiée à l'aide d'un titrage mettant en jeu les ions permanganate $MnO_4^-(aq)$.

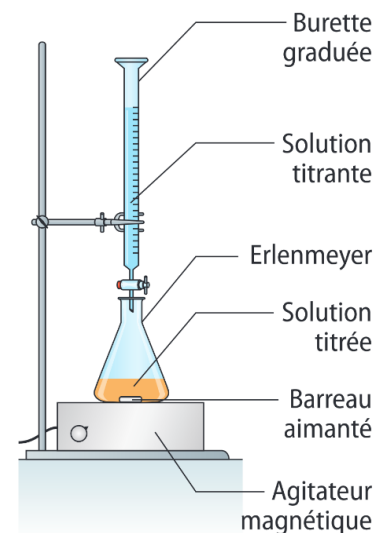
L'objectif de l'activité est de déterminer le produit anti-chlorose utilisé par le jardinier du lycée.

Doc.1 : caractéristiques de quelques produits anti-chlorose

Nom du produit commercial	Teneur en ion Fe^{2+} (en $g.L^{-1}$)	Utilisation référencée
Fer Cler	25	Dépôt sur les sols
Fer Soni H39F	20	Dépôt sur les sols et pulvérisation sur les feuilles
FerroTonus	40	Dépôt sur les sols
PlantoFer30	30	Dépôt sur les sols

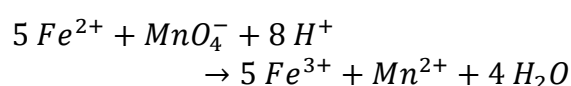
Doc.2 : protocole de titrage

- On dispose d'une solution S_1 anti-chlorose de concentration en quantité de matière C_1 d'ion Fe^{2+} à déterminer. La solution S_1 est diluée 30 fois : on obtient une solution S'_1 de concentration C'_1 en ions Fe^{2+} , prête à être titrée.
- Introduire dans un erlenmeyer un volume $V_1 = 20,0$ mL de solution titrée S'_1 .
- Remplir la burette graduée avec une solution titrante de permanganate de potassium acidifiée S_2 de concentration $C_2 = 5,00 \times 10^{-3} \text{ mol. } L^{-1}$ en ions permanganate $MnO_4^-(aq)$. Ajuster le zéro de la burette.
- En agitant, verser la solution titrante et repérer, à la goutte près, le changement de coloration dans l'erlenmeyer.
- Noter le volume V_E atteint à l'équivalence.



Doc.3 : informations utiles

- Les ions permanganate donnent une couleur violette à la solution qui les contient.
- Equation de la réaction support du titrage :



Doc.4 : matériel et produits disponibles

- Pipette jaugée de 20,0 mL, propipette
- Erlenmeyer
- Burette graduée de 25,0 mL
- Agitateur magnétique, barreau aimanté
- Solution S'_1 anti-chlorose diluée 30 fois
- Solution S_2 de concentration en ion permanganate $C_2 = 5,00 \times 10^{-3} \text{ mol. } L^{-1}$

REALISER

- 1) Procéder au titrage en suivant le protocole indiqué dans le doc.2.
 - a) Comment est repérée l'équivalence du titrage ?

 - b) Noter le volume V_E versé à l'équivalence : $V_E = \dots\dots\dots$



Appeler le professeur pour présenter vos résultats

ANALYSER – RAISONNER

- 2) En exploitant la notion d'équivalence et l'équation de la réaction support du titrage, établir la relation entre la quantité initiale $n'_1(\text{Fe}^{2+})$ d'ions fer (II) dans le volume V_1 de solution S'_1 et la quantité $n_{2_{\text{éq}}}(\text{MnO}_4^-)$ d'ions permanganate versée à l'équivalence.

- 3) En déduire la concentration en ions fer (II) :
 - a) C'_1 dans la solution diluée S'_1 .

- b) C_1 dans la solution commerciale S_1 .

VALIDER

- 4) Sachant que $M(\text{Fe}) = 55,8 \text{ g.mol}^{-1}$, identifier le produit anti-chlorose utilisé par le jardinier.

- 5) Suggérer des sources d'erreur liées à la démarche mise en œuvre.

COMPETENCE	CRITERE DE REUSSITE	Aides apportées	A	B	C	D
Réaliser Coef.3	L'élève est capable de : <ul style="list-style-type: none"> - Prélever un volume déterminé de liquide avec une pipette jaugée - Remplir une burette graduée et faire le zéro - Verser lentement la solution titrante afin de repérer le changement de couleur à l'équivalence 					
Analyser/ Raisonner Coef.3	L'élève est capable de : <ul style="list-style-type: none"> - Dire à quoi correspond l'équivalence - Exploiter la relation entre les quantités de matière à l'équivalence pour trouver la concentration recherchée - Utiliser le rapport de dilution pour trouver la concentration de la solution commerciale 					
Valider Coef.1	<ul style="list-style-type: none"> - Le lien est fait entre le résultat final et les documents proposés - L'élève discute éventuellement des incertitudes des mesures réalisées 					
Communiquer Coef.1	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser un vocabulaire adapté - Maitrise satisfaisante des compétences langagières - La présentation est soignée 					
NOM :		NOTE	/10			