

LC n° 29

Titre : Détermination de la composition d'un système à l'état initial à l'aide de grandeurs physiques

Niveau : 1^{ère} spécialité

Élément imposé : Proposer et mettre en œuvre un protocole pour réaliser une gamme étalon et déterminer la concentration d'une espèce colorée en solution par des mesures d'absorbance. Tester les limites d'utilisation du protocole.

Présentée par : Romain Loubière

Correctrice : Lucie Marpaux

Date : 16/01/2025

Compte rendu leçon élève

Bibliographie de la leçon :			
Titre	Auteurs	Editeur (année)	ISBN
Physique chimie 1 ^{ère} enseignement de spécialité		Nathan Sirius 2019	2091729175
Physique Chimie 1 ^{ère} spécialité		Hatier 2019	2401053972

Plan détaillé

Niveau choisi pour la leçon : 1^{ère} spécialité

Introduction pédagogique : Détermination de la composition d'un système : vérifier la concentration en eau oxygénée donnée par le constructeur.

Objectifs : A partir du BO

A) Détermination de la composition du système initial à l'aide de grandeurs physiques	
Relation entre masse molaire d'une espèce, masse des entités et constante d'Avogadro.	Déterminer la masse molaire d'une espèce à partir des masses molaires atomiques des éléments qui la composent.
Masse molaire atomique d'un élément.	Déterminer la quantité de matière contenue dans un échantillon de corps pur à partir de sa masse et du tableau périodique.
Volume molaire d'un gaz.	Utiliser le volume molaire d'un gaz pour déterminer une quantité de matière. Déterminer la quantité de matière de chaque espèce dans un mélange (liquide ou solide) à partir de sa composition.
Concentration en quantité de matière.	Déterminer la quantité de matière d'un soluté à partir de sa concentration en masse ou en quantité de matière et du volume de solution.
Absorbance, spectre d'absorption, couleur d'une espèce en solution, loi de Beer-Lambert.	Expliquer ou prévoir la couleur d'une espèce en solution à partir de son spectre UV-visible. Déterminer la concentration d'un soluté à partir de données expérimentales relatives à l'absorbance de solutions de concentrations connues. <i>Proposer et mettre en œuvre un protocole pour réaliser une gamme étalon et déterminer la concentration d'une espèce colorée en solution par des mesures d'absorbance. Tester les limites d'utilisation du protocole.</i>

Difficultés : Détermination des volumes à prendre en compte dans les calculs de concentration, unités

Remédiations : Insister dans les cas non triviaux, écrire les unités dans les définitions.

Problématique : Quelle est la composition de l'eau oxygénée du système ?

I- Composition du système

1. Définitions

Quantité de matière, masse molaire atomique et moléculaire. $n=m/M$. Ordres de grandeur. Volume molaire d'un gaz. Concentration molaire.

2. Principe du dosage

Etat initial, état final et équation de la réaction.

II- Utiliser les grandeurs physiques

1. Volumétrie

Expérience 1. Détermination de la quantité de matière initiale d'eau oxygénée.

2. Spectrophotométrie

Définition. Loi de Beer-Lambert. Gamme étalon.

Expérience 2.

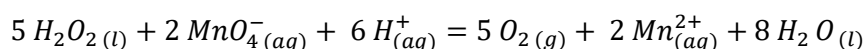
Conclusion : TP de la prochaine fois

Expériences

Expérience 1 - Titre : Réaction d'oxydo-réduction de l'eau oxygénée avec les ions permanganate.

Référence complète : Physique Chimie 1^{ère} spécialité Hatier 2019 page 42

Équation chimique et but de la manip :



Production de dioxygène gazeux. Ions permanganate en excès. On relève le volume produit pour retrouver la quantité de matière

Modification par rapport au mode opératoire décrit : adaptation d'un protocole avec magnésium et HCl

Commentaire éventuel : Il est très délicat de faire en sorte que tout le dioxygène aille dans l'éprouvette.

Phase présentée au jury : Réalisation de l'expérience et lecture du volume de dioxygène dans l'éprouvette.

Durée de la manip : 2 minutes

Expérience 2 - Titre : Dosage par mesure d'absorbance des ions permanganate.

Référence complète : Physique Chimie 1^{ère} spécialité Nathan Sirius page 94

Équation chimique et but de la manip :

On réalise une gamme étalon, mesure de l'absorbance des solutions étalons.

Dilution puis mesure de l'absorbance pour déterminer la concentration en ions permanganate restants de l'expérience précédente. Ce qui permet de retrouver la concentration initiale en H_2O_2

Phase présentée au jury : mesure de l'absorbance pour une solution étalon. Dilution de la solution finale puis mesure de son absorbance.

Durée de la manip : 10 minutes

Questions posées et réponses proposées

TP suivant ?

Préparation d'une gamme étalon et mesure d'absorbance avec du diiode

Utilité de l'eau oxygénée ?

Enlever les taches + antiseptique et hémostatique

Est-ce que les définitions sont dans le bulletin officiel ?

Non mais je juge que c'est nécessaire pour mettre en contexte les formules utilisées.

Nombre du bas à côté de l'élément dans le tableau périodique ?

Numéro atomique, nombre de protons

Comment on obtient le volume molaire expérimentalement ?

Comme cela a été fait dans l'expérience 1 Des pressiomètres ?

Comment vérifier que la concentration en ions permanganate initiale était correcte ?

La préparer à partir du solide ou faire un titrage rédox

Quelle était la première réaction ? Qu'est-ce qu'un amphotère ?

C'est une réaction d'oxydo-réduction. Une espèce qui peut être soit oxydant soit réducteur, ou soit acide soit base dans le cadre d'une réaction acido-basique.

Montrer comment vous obtenez l'équation rédox ? Comment l'expliquer à des élèves ?

Equilibrer les demi-équations en commençant par les atomes différents de O et de H, puis équilibrer l'oxygène avec de l'eau, puis l'hydrogène avec H^+ , puis les charges avec des électrons. Puis sommer les demi-équations avec le même nombre d'électron.

Incertitude sur le volume de dioxygène trouvé dans l'éprouvette ?

Il y avait un petit peu d'eau dans le tuyau, ce volume peut constituer l'incertitude en plus de l'incertitude de mesure sur l'éprouvette. Pourquoi une erreur de 10-20% est satisfaisante ? Car l'eau oxygénée se dégrade.

Pourquoi c'est en cm dans la loi de Beer-Lambert ?

Car les cuves font 1 cm.

Est-ce qu'on peut prélever dans une fiole jaugée ?

Il vaut mieux verser la solution dans un bécher

Choix de la gamme étalon ?

Limites du spectrophotomètre. Pour avoir des absorbances de l'ordre de 0,1 à 1 et que ce soit visuel pour les élèves. Pour que le point mesuré soit au milieu de la gamme étalon.

Précisez-vous le volume des fioles aux élèves pour une dilution ?

Choix des fioles plus ou moins guidé au cours de l'année pour la préparation d'une solution fille diluée.

Qu'est-ce que le dépôt dans ce qu'on a prélevé ?

Probablement le manganèse qui forme un précipité ?

Faut-il faire le zéro à chaque fois pour le spectrophotomètre ?

Non s'il n'a pas été éteint. En toute rigueur, mais pas au niveau lycée, il faut le faire pour chaque cuve puis la sécher.

A quoi ça sert ?

Enlever le spectre du solvant et prendre en compte la cuve en plastique

Quelle autre grandeur physique peut-on utiliser que volume et absorbance ?

La masse, la pression, température de fusion (plus pour la pureté que la composition), conductivité, pH

Compétence « Autour des valeurs de la République et des thématiques relevant de la laïcité et de la citoyenneté »

Question posée : Si un élève a un comportement dangereux en TP comment réagissez-vous ?

Réponse proposée : Limiter les risques en l'empêchant de faire le geste dangereux. Puis expliquer les dangers liés aux gestes. Est-ce que le comportement dangereux est volontaire. En profiter pour expliquer les dangers du geste au reste de la classe. S'il chahute, que faites-vous ? je l'empêche de manipuler. Si le TP était noté ? Des points malus pour les gestes expérimentaux.

Commentaires du correcteur : C'est une bonne réponse à la question. Il faut rester ferme, on ne négocie pas avec la sécurité des étudiants.

Remarques

Projeter les rappels
Projeter le tableau périodique
Utiliser des gants pour manipuler H_2O_2
Montrer qu'on est précis dans les mesures et dans les gestes.
Expliquer pourquoi on met des gants pendant qu'on les met.
Ne pas utiliser l'ordinateur avec des gants. Ne pas se toucher le visage avec les gants.
Parler d'enseignement spiralaire (retour sur les notions vues en seconde)

Champ libre pour le correcteur (compléments, propositions de manipulations ou de bibliographie)

Remarques générales (articulation titre/élément imposé/niveau) :

Le plan est bon mais peut être un peu ambitieux. L'élément imposé est traité et le niveau est respecté. Attention cependant à la gestion du temps qui empêche de traiter en profondeur l'élément imposé ce qui peut mener à une perte de points.

Remarques sur le contenu scientifique de la leçon :

Le contenu scientifique de la leçon est globalement maîtrisé mais on sent un manque de confiance sur les notions de base et des difficultés pour retrouver les demi-équations redox.

Remarques sur les manipulations :

Les gestes manipulateurs sont peu nombreux, imprécis et il y a globalement une mauvaise utilisation des gants. Il ne faut pas prélever directement dans la fiole jaugée, ni utiliser ses gants sur un ordinateur ou sur son visage. La lecture de volume se fait avec les yeux au niveau du ménisque et la tête droite. Les dilutions doivent être parfaitement maîtrisées, il faut en particulier homogénéiser puis compléter le volume. Aucune incertitude n'est notée.

Remarques sur les choix pédagogiques et didactiques :

Les choix pédagogiques et didactiques sont bons. Les manipulations sont diversifiées et en accord avec le titre de la leçon ce qui permet une bonne compréhension. Il y a une mise en valeur des

éléments à retenir et le discours est cohérent et fluide. On a des exemples concrets ce qui est bien. Attention à ne pas oublier les pré-requis dans l'introduction pédagogique.

Autres traitements possibles :

Pour être plus à l'aise sur le temps il est possible de faire la première expérience plutôt en introduction et de développer plus la deuxième expérience. De cette manière tu auras des résultats exploitables sur lesquels tu pourras obtenir une incertitude.

Proposition de bibliographie supplémentaire :

Fosset PCSI

Manip : Gruber P193, Mesplede P176

LC n° 6 Titre : Analyser un système chimique par des méthodes physiques

Niveau : Terminale générale spécialité PC

Élément imposé : titrage avec suivi conductimétrique

Présentée par : Apolline Dekens

Correcteur.ice : Morgane Leite

Date : 24/10/2024

Compte rendu leçon élève

Bibliographie de la leçon :			
Titre	Auteurs	Editeur (année)	ISBN
Manuel Hachette : Terminale générale		2020	
Des expériences de la famille Acide-Base	D.Cachau-Herreillat	2 ^{ème} édition	G08366

Plan détaillé
<p><u>Niveau choisi pour la leçon</u> : Terminale générale</p> <p>Introduction pédagogique</p> <p>Objectifs :</p> <ul style="list-style-type: none">- Utiliser des nouvelles lois générales liant des grandeurs physiques aux concentrations des solutions étudiées- Comprendre et analyser un système chimique à l'aide de nouvelles méthodes d'analyse- Comprendre les applications de la chimie analytique dans la vie de tous les jours <p>Difficultés :</p> <ul style="list-style-type: none">- Unités dans les lois de Kohlrausch et de Beer-Lambert <i>Solution : énoncé des lois en spécifiant bien toutes les unités</i>- Utiliser et comprendre le logarithme décimal <i>Solution : rappel mathématique et application numérique et expérience</i>- Multiplicité des méthodes d'analyse peut induire des confusions <i>Solution : TP pour distinguer chaque méthode</i> <p>Prérequis :</p> <ul style="list-style-type: none">- Absorbance, spectre d'absorption- Loi d'ohm- Notions d'acides et de bases <p>Cours précédent : Réactions acido-basiques</p>

Cours suivant : Évolution temporelle d'un système chimique

Évaluation : TP

Introduction

Important de connaître les concentrations dans un système chimique. (Alimentaire, sport, pharmaceutique, environnement)

I. Grandeurs physiques utiles

1) pH

Définition: $\text{pH} = -\log([H_3O^+]/C^\circ)$ unites

Rappel : $y = \log(x) \leftrightarrow x = 10^y$

D'où, $[H_3O^+] = 10^{-\text{pH}}$

Mesure : Le pH peut être mesuré par différentes méthodes : pH-mètre, papier pH et indicateur coloré

Expérience : mesure de pH pour différentes concentrations de HCl

On remarque que quand la concentration est divisé par 10 alors le pH augmente de 1

2) Absorbance

Définition : $A = -\log\left(\frac{1}{T}\right)$ avec T la transmittance

Mesure : Spectrophotomètre

Lien avec la concentration : **Loi de Beer-Lambert**

$$A = \epsilon \times l \times c$$

A : Absorbance [sans unité]

ϵ : coefficient d'absorption molaire [$L \cdot cm^{-1} \cdot mol^{-1}$]

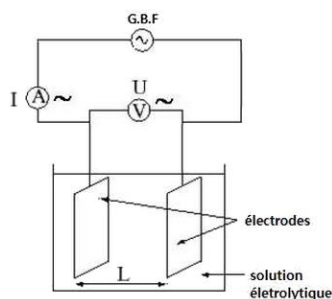
l : longueur de la cuve [cm]

c : concentration [$mol \cdot L^{-1}$]

Attention aux unités

3) Conductance et conductivité

Schéma d'une cellule :



Formule de la conductance

$$G = \frac{1}{R} = \frac{i}{U}$$

Le problème est que G dépend de S et de l donc on introduit une autre grandeur : la conductivité qui est indépendante de G.

$$\sigma = \frac{l}{S} G$$

Mesure : Conductimètre

Lien avec les concentrations : Loi de Kohlrausch

$$\sigma = \sum \lambda_i^o \times C_i$$

C_i : concentration [$\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$]

λ_i^o : conductivité molaire [$\text{S} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$]

Remarque : en fonction du λ_i^o choisi, la loi de Kohlrausch prend en compte ou non la valeur absolue de la charge.

II. Dosages

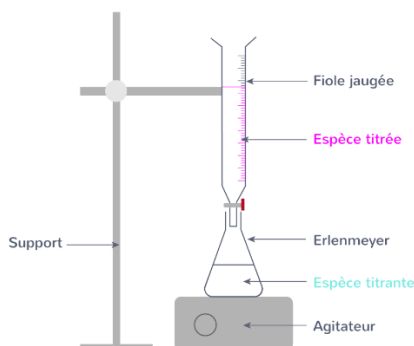
Définition d'un dosage : un dosage est une méthode permettant de déterminer la quantité de matière d'une espèce dans une solution.

1) Dosage par titrage

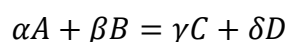
Définition : un titrage consiste à déterminer la quantité de matière d'une espèce dans une solution (réactif titré) en le faisant réagir avec une solution titrante.

La réaction doit être unique rapide et quantitative.

Schéma d'un titrage :



Réaction :



A l'équivalence, les réactifs sont introduits en proportions stœchiométriques :

$$\frac{n(A)}{\alpha} = \frac{n(B)}{\beta}$$

$$\frac{C(A) \times V_0}{\alpha} = \frac{C(B) \times V_{eq}}{\beta}$$

2) Titrage de la soude dans le Destop par HCl par titrage conductimétrique

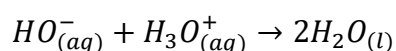
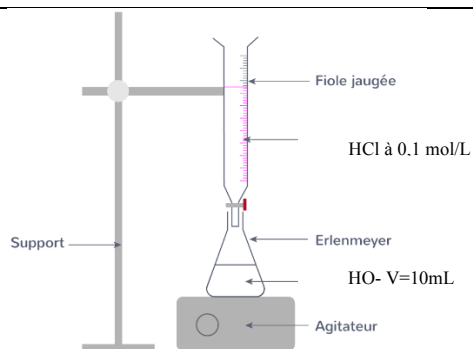


Schéma de l'expérience :



Prise des points du titrage en direct puis exploitation avec Regressi et Python

Ajustement affine des deux droites puis détermination du volume équivalent :

$$V_{eq} = 5,0 \text{ mL}$$

Code python pour déterminer la concentration en HO^- et le pourcentage massique de soude présent dans le Destop.

Résultats :

$$C = 2,5 \pm 0,04 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$P = 9,5 \pm 0,2 \%$$

$$Z_{score} = 54,2$$

Conclusion :

On peut réaliser des dosages par étalonnages qui est une méthode non destructive.

Bilan de la leçon.

Cours prochain : évolution temporelle d'un système chimique

Remarque : un dosage par étalonnage du Dakin était prévu mais par manque de temps, il n'a pas été présenté.

Expérience 1 - Titre : Détermination de pH de différentes solutions de HCl

Référence complète : Manuel Hatier : Terminale générale

Équation chimique et but de la manip : manipulation qualitative pour faire le lien entre le pH et la concentration en ions oxonium.

Modification par rapport au mode opératoire décrit : Choix des concentrations des solutions de HCl

Commentaire éventuel :

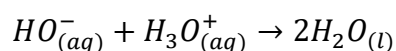
Phase présentée au jury : Prise de pH pour 2 solutions → ajouter un calcul de la concentration à partir du pH mesuré pour en déduire la concentration pour vraiment cocher la case du BO

Durée de la manip : 3min

Expérience 2 - Titre : Dosage du Destop par conductimétrie

Référence complète : CAC-AB page 291

Équation chimique et but de la manip :



But : déterminer la concentration en soude du Destop et comparaison à la valeur de référence notée sur la bouteille.

Modification par rapport au mode opératoire décrit :

Commentaire éventuel :

Phase présentée au jury : Prise des points du titrage en direct puis exploitation avec Regressi et Python

Durée de la manip : 10min

Questions posées et réponses proposées

Objectifs :

- Quels sont les notions que les élèves doivent connaître à la fin de la leçon ?
Déterminer la concentration d'un système
Lois
Dans la façon dont Apolline a présenté la leçon, bien faire le lien entre les notions du programme et les objectifs énoncés.

Évaluation :

- Évaluation TP, ils ne sont pas évalués autrement sur cette leçon ?
DM pour les exercices mais principalement TP car leçon expérimentale

1^{ère} Partie :

- Comment on choisit le matériel pour mesurer le pH
Si on veut connaître précisément : pH mètre
Si on veut juste savoir si c'est acide ou basique papier pH
Les indicateurs colorés sont utilisés en titrage.
- Comment expliquer à un élève que H^+ et H_3O^+ c'est la même chose ?
En solution aqueuse les ions H^+ sont solvatés par l'eau donc c'est équivalent de dire H^+ ou H_3O^+
- Pourquoi avoir choisi d'utiliser un agitateur magnétique
Homogénéiser la solution
En réalité pour la prise de mesure de pH d'une solution déjà homogène, l'agitateur n'est pas nécessaire.
- Comment est réalisée la dilution ?
La solution mère a été prélevée avec une pipette jaugée. Ce volume a été ensuite versé dans une fiole jaugée puis complété avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.
- pH-mètre étalonné ? Comment ?
Relation affine entre la différence de potentiel et le pH. On a déterminé ces constantes avec deux solutions étalons à pH=4 et pH=7.
- Quelles sont les électrodes ?

Électrode de référence (Ag/AgCl) qui a un potentiel fixe et électrode de verre qui, mesure un potentiel de membrane dû à la différence de concentration en H^+ entre la solution interne à l'électrode et la solution externe.

- Électrodes de quelles espèces ?

ECS : 2^{ème} espèce

Ag/AgCl : deuxième espèce

- Est-ce qu'avec les résultats on peut retrouver la concentration des H^+ ? Si oui, le calculer.
 $C = 10^{-2,12} = 7,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

- Expliquer l'écart

Manipulation lors des dilutions ou concentration initiale de HCl dans la solution mère.

2^{ème} Partie :

- Dosage : pourquoi il faut que la solution soit homogène ?

Pour que l'électrode mesure la « vraie » valeur.

Pour éviter d'avoir un gradient de concentration dans la solution et que le pH ne mesure pas le pH uniquement de là où trempe l'électrode.

- Pourquoi les 3 critères pour une réaction de dosage ?

Rapide : pratique

Unique : 1 seule réaction

Quantitative : $K \gg 1$

Manipulation :

- Qu'est-ce qu'il y avait dans le bécher initial ?

Eau

- C'est un choix de pas l'avoir rincé ?

Pas d'impact sur la solution

Car ajouter de l'eau dans le bécher n'a pas d'impact sur la quantité de matière

- Étalonné ? Est-ce nécessaire ?

Oui et non car on s'intéresse à la rupture de pente

- Volume prélevé de la solution diluée ?

10 mL et ajout de l'eau pour que les électrodes trempent dans la solution

- Constante d'équilibre de la constante d'équilibre de l'autoprotolyse de l'eau ?

$K = 10^{-14}$

- Comment les incertitudes ont été choisies ?

Conductivité : dernier chiffre affiché

Volume : incertitude de la burette

- Qu'est ce qui a été tracé ?

On a tracé la conductivité en fonction du volume versé

- Pourquoi avoir pris que 6 points ?

Compromis entre le temps et des droites qui veulent dire qqch

Ici on aurait pu imaginer faire la première partie de la droite en préparation et faire la suite devant le jury. Ou faire une courbe avec plus de points en préparation et dire qu'ici même plus rapidement on obtient le même résultat

- Est-ce que la conductivité corrigée vous parle ?

Quand on ne peut pas négliger la dilution. On corrige alors la conductivité en la multipliant par $(V+V_0)/V_0$

- A partir de quand la dilution est négligeable ?

Lorsque le volume prélevé représente moins de 5% du volume total.

En conductimétrie, il ne faut vraiment pas hésiter à ajouter un grand volume d'eau (au moins 100 mL)

- Gants :

Les solutions préparées avec des gants et HCl pas trop concentré ($C=0,1\text{mol/L}$) donc pas de gants.

- Comment avoir lu le volume équivalent ?

Avec la bande bleu présent sur la burette

Il faut que la bande photophore pince le ménisque

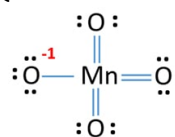


- Pourquoi le Destop est violet ?

C'est un colorant pour ne pas confondre le Destop avec de l'eau. C'est une mesure de sécurité.

D'après une fiche de donnée de sécurité il s'agit de Violet 23 (CAS 6358-30-1) (d'après https://www.dod.fr/PartageWeb/Fiche_Tech/51895_fds_000682_destop_liqu.pdf, d'ailleurs cette fiche donne un pourcentage en soude de 5 à 15%)

- Quelle est la formule de Lewis de MnO_4^- ?



- Quelle est la méthode générale pour obtenir la formule de Lewis ?

Il faut compter le nombre d'électrons de valence de chaque élément. Puis il faut respecter les règles de l'octet ou du duet. MnO_4^- peut être hyper valent car il appartient à la 4^{ème} période.

- Quels atomes peuvent être hypervalent ?

Tous les atomes à partir de la 3^{ème} période.

- L'incertitude sur le volume équivalent est une incertitude type ? élargie ?

C'est une incertitude élargie donnée par Regressi.

Pour l'intersection entre deux modélisations, regressi donne l'incertitude-type.

- C'est quoi la différence entre les deux ?
Incertitude type : A ou B
Incertitude élargie : $2 \times$ Incertitude type avec un intervalle de confiance à 95%
- Comment avoir calculer l'incertitude sur P ?
Incertitude sur la concentration des ions HO^- et sur le volume prélevé du Destop
[Une méthode par propagation a été faite](#)
- La méthode de Monte-Carlo, en dire quelques mots.
On simule à N très grand une expérience en donnant à nos mesures une certaine distribution. Puis l'incertitude de la mesure sera donnée par l'écart-type de la distribution résultante.
- Pourcentage noté sur la bouteille de Destop ?
C'est entre 15 et 25%.
[pourcentage en soude de 5 à 15% d'après cette fiche de sécurité](#)
https://www.dod.fr/PartageWeb/Fiche_Tech/51895_fds_000682_destop_liqu.pdf
- Est-ce que c'est possible de réaliser un dosage par étalonnage conductimétrique, exemple ?
Oui, on mesure la conductivité des solutions étalons puis une fois la courbe d'étalonnage tracé, on mesure la conductivité de la solution de concentration inconnue
Exemple : sérum physiologique, on dose les ions Cl^-
- Autre méthode de titrage d'ions chlorure ?
Titrage par précipitation avec du Ag^+

Remarques :

- Il manque une problématique : on aurait pu par exemple mettre : « comment déterminer la concentration/quantité de matière de produits du quotidien »
- Mettre le pH en prérequis, exploiter un peu plus l'expérience qualitative pour bien coller au BO
- Le I est un peu catalogue
- Définition du dosage soit écrite au tableau soit sur slide.
- Rappel sur l'absorbance : sur la slide aussi
- Prendre des expériences avec des valeurs de référence
- Expliquer le protocole de l'expérience plus précisément
- Très bien pour les incertitudes
- Mettre des sur-lunettes et des gants si nécessaire

Autre type de plan possible :

I – Loi de Kohlrausch

II – Titrage conductimétrique

III – Dosage par étalonnage

➔ Comparaison des deux méthodes

Compétence « Autour des valeurs de la République et des thématiques relevant de la laïcité et de la citoyenneté »

Question posée : Un élève refuse de travailler avec une fille car il considère qu'elles sont nulles en science.

Réponse proposée :

Diffère le problème

Discussion avec l'élève à la fin du cours

Montrer qu'il y a des femmes scientifiques

En parler avec les parents de l'élève

Commentaires du correcteur :

Bon début de réponse. On peut rappeler que toute forme de discrimination est à proscrire ainsi que les discriminations sont punissables par la loi

Réaction par gradation :

- Signifier que l'activité se fait en binôme et qu'ils n'ont pas le choix
- Avertissement
- Exclure l'élève dont le comportement n'est pas adapté
- Ne pas prolonger la souffrance de l'élève en la laissant avec quelqu'un qui la malmène

Champ libre pour le correcteur (compléments, propositions de manipulations ou de bibliographie)

Remarques générales (articulation titre/élément imposé/niveau) :

L'élément imposé de cette leçon n'était pas conforme au BO par rapport au titre de la leçon.

Le contenu proposé était cohérent avec le BO. Deux points du BO ont été traités et un de façon presque complète :

- Mesurer le pH de solutions d'acide chlorhydrique (H_3O^+ , Cl^-) obtenues par dilutions successives d'un facteur 10 [pour tester la relation entre le pH et la concentration en ion oxonium H_3O^+ apporté.]
- Exploiter un titrage pour déterminer une quantité de matière, une concentration ou une masse.
- Mettre en œuvre le suivi conductimétrique d'un titrage.

Dans le cas de cette leçon, il aurait été appréciable de traiter également les points du BO suivant :

- Dans le cas d'un titrage avec suivi conductimétrique, justifier qualitativement l'évolution de la pente de la courbe à l'aide de données sur les conductivités ioniques molaires.
- **Capacité numérique** : Représenter, à l'aide d'un langage de programmation, l'évolution des quantités de matière des espèces en fonction du volume de solution titrante versé.

Remarques sur le contenu scientifique de la leçon :

Le contenu scientifique était approprié. Il faut penser à bien présenter la manipulation réalisée afin d'aider le jury à comprendre ce qu'il se passe. Dans le cas d'un titrage, il faut mentionner le volume de solution titrée, la concentration de la solution titrante, la méthode choisie. Vous pouvez en plus préparer un slide que vous laissez sur votre diapo pendant que vous manipulez.

Remarques sur les manipulations :

- Pour la compétence : « Mesurer le pH de solutions d'acide chlorhydrique (H_3O^+ , Cl^-) obtenues par dilutions successives d'un facteur 10 pour tester la relation entre le pH et la concentration en ion oxonium H_3O^+ apporté. », je pense qu'il aurait été apprécié d'**ajouter un calcul de concentration** pour bien « tester la relation ».
- Le titrage du Destop rentre dans le thème. Attention cependant, je pense qu'il est plus intéressant d'avoir une **valeur de référence** et pas un intervalle afin de pouvoir réellement calculer un Z-score. Il aurait alors été mieux de faire le titrage conductimétrique d'un vinaigre (Cachau acide-base, page 259-261).
- Si le temps l'avait permis, le dosage par étalonnage du Dakin fonctionne.

De façon générale, quand vous manipulez, pensez bien à **porter les sur-lunettes**.

Ici, dans le cas particulier de ce titre, vous auriez pu décider de traiter le dosage par étalonnage conductimétrique et un titrage conductimétrique.

Pour ce faire, il y a le **dosage par étalonnage des ions chlorure dans le sérum physiologique** (Manuel terminale générale spécialité, Hatier, page 60) et ensuite le **titrage des ions chlorures dans le sérum physiologique à l'aide des ions argent** (Cachau rédox, page 404)

Remarques sur les choix pédagogiques et didactiques :

L'introduction pédagogique a été bien menée. Attention toutefois à bien faire le lien entre les objectifs que vous souhaitez traiter au cours de la leçon et les notions du programme.

L'introduction de la leçon (contrôle qualité...) permettait de bien comprendre l'intérêt de la leçon.

Le I qui présentait les différentes grandeurs faisait un peu catalogue. Il aurait été mieux d'illustrer directement la grandeur que tu présentes avec le dosage réalisé.

Ici tu aurais pu te concentrer uniquement sur tes parties II et III en ajoutant une sous-partie qui présentait la grandeur que tu allais utiliser.

Il est recommandé d'énoncer clairement une problématique au début de la leçon et d'y répondre au cours de celle-ci. Vous pouvez écrire la problématique sur slide ou au tableau.

Autres traitements possibles :

Problématique : Comment vérifier la concentration annoncée en ions chlorure dans un sérum physiologique ?

I. Conductivité

- A. Conductance, conductivité
- B. Loi de Kohlrausch

II. Titrage conductimétrique

- A. Prévion de l'évolution de la courbe titrage
- B. Titrage conductimétrique d'un sérum physiologique

III. Dosage par étalonnage

- A. Principe du dosage par étalonnage
- B. Dosage par étalonnage du sérum physiologique

De cette façon, la conductivité est présentée comme une nouvelle grandeur qui va être exploitée tout au long de la leçon.

Proposition de bibliographie supplémentaire :

- Techniques expérimentales de Anne Sophie Bernard
- Ne pas hésiter à feuilleter le tout-en-un de prépa chez dunod pour avoir plus de détails sur la variation de la quantité de matière au cours d'un titrage
- Chimie des solutions, De Boeck

LC n°19 Titre : Conductivité

Niveau : Tle STL - SPCL

Élément imposé : Concevoir et mettre en œuvre un protocole de dosage pour déterminer la concentration d'une solution inconnue par titrage, la réaction support étant une réaction de précipitation ou une réaction acide-base

Présentée par : Gwilherm JASPARD

Correcteur.ice : Manon WITTWER

Date : 28/11/24

Compte rendu leçon élève

Bibliographie de la leçon :			
Titre	Auteurs	Editeur (année)	ISBN
Tout en un, PCSI	Cardini	Dunod	
Manuel STL (académie de Montpellier)		En ligne	
La Chimie Expérimentale - Chimie Générale, Capes Et Agrégation De Sciences Physiques (p164)	Le Maréchal	Dunod (2004)	2100484613

Plan détaillé
<p>Introduction pédagogique</p> <p><u>Objectifs</u> : tout le BO (sauf la partie sur la constante d'équilibre)</p> <ul style="list-style-type: none">• Conductivité• Loi de Kohlrausch• Dosage (compétence expérimentale) <p><u>Séquence pédagogique</u> : étude de la composition des systèmes chimiques</p> <ul style="list-style-type: none">• Avant : dosage par étalonnage (rappel de 1ere), réaction et titrage A/B, réaction de précipitation• Après : réaction d'oxydo-réduction <p><u>Evaluations</u> :</p> <ul style="list-style-type: none">• Compte-rendu de TP (titrage conductimétrique)• Compte-rendu de TP d'investigation (à partir d'une étude documentaire, avec protocole à élaborer)

Difficultés :

- Unité de la loi de Kohlrausch
- Oubli des contre-ions dans la détermination de la conductivité

Introduction

Méthodes connues : dosage par étalonnage (spectrophotométrie) et par titrage (colorimétrie, pH-métrie). On introduit une nouvelle méthode : la conductimétrie.

Situation déclenchante : on souhaite savoir si les épreuves de triathlon et de nage en eau libre peuvent avoir lieu dans la Seine, sans risque sanitaire pour les sportifs.

Problématique : Comment déterminer la concentration en ion ammonium d'une solution ?

I-Conductivité

1) Expérience introductive : générateur + 2 électrodes immergées dans une solution

Observations : L'eau pure ne conduit pas. L'ajout d'acide sulfurique permet à l'ampoule de s'allumer.

Conclusion : Les ions sont des porteurs de charges permettant au courant électrique de circuler.

2) Conductance et conductivité

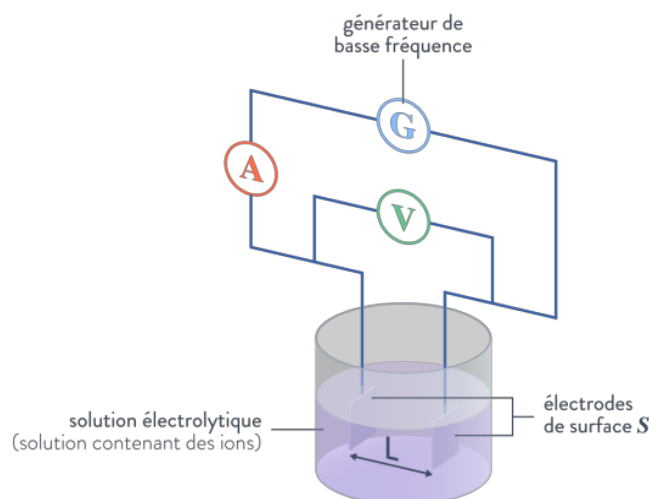
Loi d'ohm : $U = RI$ (ici c'est le contenu du bécher qui se comporte comme une résistance)

Conductance : $G = 1/R$ (en Siemens).

C'est une fonction du volume de la solution, on introduit donc la conductivité.

3) Conductivité

Le schéma du principe de fonctionnement d'un conductimètre est le suivant :



En mesurant l'intensité du courant I et la différence de potentiel V aux bornes des deux plaques de surface S , on détermine la résistance et donc la conductance G . Avec la relation

$$G = \frac{S}{L} \sigma$$

On estime la conductivité σ de la solution (en S/m).

Expérience : mesure de conductivité d'une solution de chlorure d'ammonium ($\sigma = 348 \text{ mS/cm}$)

4) Influence de la concentration (mise en évidence expérimentale)

Expérience : mesure de la conductivité de plusieurs solutions de chlorure d'ammonium de concentrations différentes.

On constate que la conductivité est proportionnelle à la concentration tel que :

$$\sigma = \lambda^\circ(\text{NH}_4^+) [\text{NH}_4^+] + \lambda^\circ(\text{Cl}^-) [\text{Cl}^-]$$

Avec $\lambda^\circ(i)$ la conductivité molaire ionique standard (tabulée) de l'espèce i . On peut donc prévoir la conductivité d'une solution !

5) Loi de Kohlrausch

Pour une solution contenant les espèces ioniques i , on a donc :

$$\sigma = \sum \lambda^\circ(i) c_i$$

Avec la concentration c_i de l'espèce i .

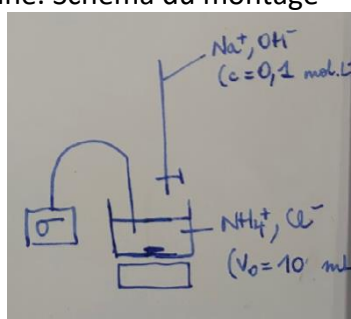
Remarques

- Attention aux unités : λ° en S.L/m/mol : il faut vérifier l'homogénéité des grandeurs utilisées pour les applications numériques.
- On doit prendre en compte TOUS les ions présents dans la solution.

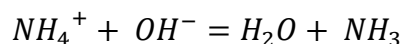
II- Dosages conductimétriques

1) Expérience : Dosage par titrage des ions ammonium par une solution de soude

La solution titrée est l'eau de la Seine. Schéma du montage



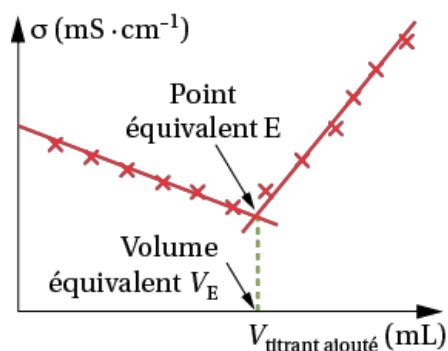
Réaction de titrage :



Prévision qualitative de l'évolution de la conductivité :

	Na^+	OH^-	NH_4^+	Cl^-	σ totale
Avant équivalence	↑	O	↓	idem	↓ (faible)
Après équivalence	↑	↑	O		↑↑

Evolution de la conductivité :



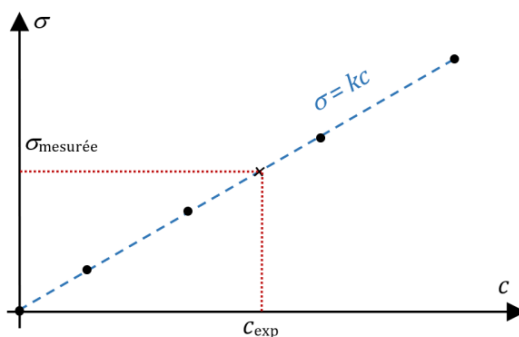
On mesure $V_{eq} = (5 \pm 0.95)$ mL. Or à l'équivalence :

$$n(NH_4^+) = n(OH^-)$$

Donc $[NH_4^+] = \frac{[HO^-]}{V_0} V_{eq}$. Ainsi : $[NH_4^+] = (0,05 \pm 0.02)$ mol/L. La qualité de l'eau n'est pas suffisante pour la tenue des épreuves.

2) Dosage par étalonnage

Comme pour les dosages spectrophotométriques (déjà étudiés), on peut réaliser un dosage par étalonnage. (La droite d'étalonnage a été réalisée en préparation)



Mesure avec le réticule (incertitudes évaluées avec l'intervalle de confiance donné par *Regressi*)

$$[NH_4^+] = (0,05 \pm 0.005) \text{ mol/L}$$

Conclusion : Discussion sur les avantages et les inconvénients du titrage et du dosage par étalonnage (précision VS destruction de la solution titrée).

Expérience 1- Mise en évidence du caractère conducteur (ou non) de l'eau en présence (ou absence) d'ions

Référence complète : X

but de la manip : On applique une tension aux bornes d'une solution d'eau distillée : le courant est nul. On ajoute quelques mL d'une solution de d'acide sulfurique (1 mol/L) : le courant peut circuler, la lampe s'allume.

Durée de la manip : 2 min

Expérience 2- Titrage d'une solution de chlorure d'ammonium par une solution de soude

Référence complète : La Chimie Expérimentale - Chimie Générale, Capes Et Agrégation De Sciences Physiques (p164), Le maréchal, Dunod (2004)

Équation chimique et but de la manip : $NH_4^+ + OH^- = H_2O + NH_3$

Commentaire éventuel : Choisir des concentrations suffisamment élevées de solution titrée/titrante pour pouvoir mesurer une conductivité significative (supérieur à $10^{-4} mol/L$), et donc une rupture de pente nette. Cependant, une concentration trop élevée ne permet plus de considérer la solution comme infiniment diluée (inférieur à $10^{-2} mol/L$) et donc utiliser les λ° .

Durée de la manip : 10 min

Questions posées et réponses proposées

Pourquoi l'ion ammonium est-il un polluant ?

L'azote peut prendre des formes oxydées menant à des nitrites. Ils peuvent être toxiques pour l'homme et l'environnement en trop forte concentration.

Quelle est l'origine des ions ammonium dans le fleuve ?

On a supposé un problème technique dans une station d'épuration en amont. L'utilisation intensive d'engrais azotés en agriculture peut aussi être la cause d'un tel problème (exemple des algues vertes en Bretagne).

L'ammonium provient de la réaction de minéraux contenant du fer avec des nitrates. C'est donc un excellent indicateur de la pollution de l'eau par des rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industriel.

NH_4^+ en lui-même n'a pas une toxicité connue, ses effets sur la santé sont encore assez méconnus.

Source : <https://www.lenntech.fr/francais/ammonium-environnement.htm>

Quelle est la concentration en acide sulfurique de la solution utilisée, et quels sont les risques potentiels ?

Ici, on a $c = 1 \text{ mol/L}$. Il y a un risque corrosif.



Mention de danger

H290 : Peut-être corrosif pour les métaux

H315 : Provoque une irritation cutanée

H319 : Provoque une sévère irritation des yeux

Quelle serait votre réaction si un élève se renversait de l'acide sulfurique à 1 mol/L sur lui ?

Rincer abondamment pour diminuer la concentration (notamment si dans les yeux), enlever les habits souillés.

En cas de contact avec la peau : Oter immédiatement les vêtements/chaussures contaminées. Laver au savon avec une grande quantité d'eau. Consulter un médecin

En cas de contact avec les yeux : Bien rincer avec de l'eau pendant au moins 15 min. Consulter un médecin.

Quelle est la concentration maximale que peut avoir une solution d'acide sulfurique ?

C'est à la concentration de l'**azéotrope** qu'il est le plus stable, et c'est entre 95 et 98 % (soit $[H_2SO_4] \approx 18 \text{ mol/L}$) que l'acide sulfurique dit « concentré » est distribué commercialement,

Quelle est la méthode pour retirer des gants souillés ?



1. Pincez le gant au niveau du poignet. Évitez de toucher le poignet.



2. Enlevez le gant.



3. Gardez-le dans la paume de votre main gantée ou jetez-le.



4. Glissez vos doigts à l'intérieur du second gant en évitant de toucher l'extérieur du gant.



5. Enlevez le second gant.



6. Une fois les gants retirés, jetez-les et lavez-vous les mains.

MAPA
PROFESSIONAL

Comment fonctionne un conductimètre ?

Un GBF en régime alternatif fournit une tension à deux plaques de platine (métal très conducteur et inerte). On mesure la tension U et l'intensité du courant I pour déterminer la résistance (R) et donc la conductance ($G = 1/R$).

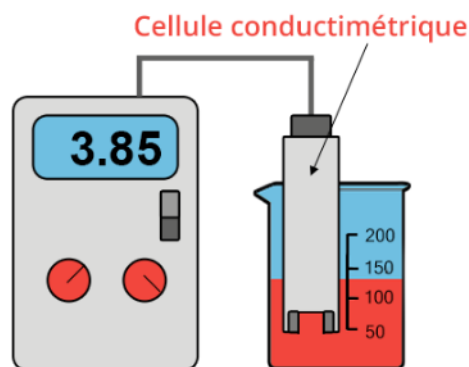
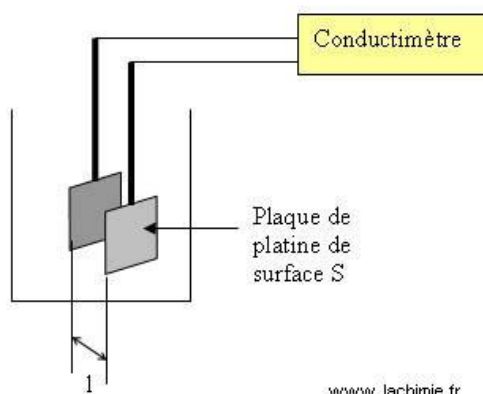


Schéma d'un conductimètre

La conductivité est liée à la conductance de la solution via la constante de cellule (K) qui dépend des paramètres de la cellule conductimétrique :

$$\sigma = KG$$

Avec $K = l/S$ (l la distance entre les deux plaques de la cellule de conductimétrie et S leur surface).



Quelle est la différence entre λ° et λ ?

On se place dans un état de référence (solution infiniment diluée pour négliger les interactions entre ions) pour mesurer λ° (valeur tabulée). Cependant, dans la loi de Kohlraush, ce sont les λ qui interviennent. On fait donc l'approximation de solution infiniment diluée pour utiliser les valeurs tabulées (voir après)

Quelle est l'origine des différences de λ° pour les espèces ioniques considérées ($\text{HO}^-/\text{H}_3\text{O}^+$ vs. les autres) ?

La conductivité molaire ionique standard est très grande pour HO^- et H_3O^+ car ils ont des facilités à céder/capter des protons (échange de H^+ de proche en proche dans la solution pour transmettre le courant, selon le mécanisme de Grötthus, voir après).

Prouvez que la réaction support du titrage est quantitative.

$$K^\circ = \frac{K_A}{K_e}$$

De l'ordre de 10^4 (car $K_e = 10^{-14}$ et $K_a = 10^{-9,2}$)

Etait-ce nécessaire d'étalonner le conductimètre ?

Non pour le titrage (volume équivalent à la rupture de pente) mais oui pour le dosage par étalonnage (courbe étalon réalisée plus tôt dans la journée, à une autre température).

A chaque fois qu'on a besoin de la valeur absolue de la conductivité, il faut étalonner le conductimètre.

Est-ce une bonne idée de resserrer les points de mesure autour de l'équivalence ?

Non, ce n'est pas nécessaire. La précision de V_{eq} n'est pas liée à la « définition » de la rupture de pente (contrairement au cas ph-métrique) car elle est repérée par l'intersection des droites asymptotiques obtenues par régression linéaire. Il faut simplement 4-5 points avant et après l'équivalence pour obtenir une droite significative. Les points proches de l'équivalence sont donc inutiles.

Pourquoi ne pas utiliser une réaction de précipitation ?

C'est un choix pédagogique pour avoir une accroche intéressante pour élève (baignabilité de la Seine pour les JO). Classiquement, on réalise en effet le titrage du sérum physiologique par des ions Ag^+ (ajout de nitrate d'argent, précipitation de $AgCl$)

Quelle sont les sources d'incertitude considérées pour le titrage ?

La burette, la goutte (négligeable) et la méthode de mesure (incertitude de la conductivité affichée par le conductimètre ici).

Quel est le détail des méthodes d'évaluation ?

Notation d'un compte-rendu de TP classique et d'un TP d'investigation pour développer l'autonomie des élèves (travail en binôme).

Pouvez-vous justifier les choix des choses écrites au tableau, projetées et dites à l'oral ?

Tableau : lois et propriétés importantes

Vidéoprojecteur : Figures et données expérimentales

Oral : subtilités moins essentielles

Quel temps pensez-vous consacrer à cette leçon pour de vrais élèves ?

30 min : Introduction théorique

2-3h : Présentation des gestes expérimentaux et du traitement des données par l'enseignant, puis réalisation pratiques en binôme par les élèves

Compétence « Autour des valeurs de la République et des thématiques relevant de la laïcité et de la citoyenneté »

Question posée : Un.e élèves casse de la verrerie et refuse de nettoyer, comment réagissez-vous ?

Réponse proposée : Je cherche à comprendre situation et à discuter avec lui dans un premier temps (30s). Si besoin, je reporte le problème (nettoyage par l'enseignant) pour éviter une situation dangereuse pour l'ensemble de la classe. J'engage alors une discussion avec lui en fin de séance.

Champ libre pour le correcteur (compléments, propositions de manipulations ou de bibliographie)

Remarques générales (articulation titre/élément imposé/niveau) :

C'est une leçon très expérimentale : elle s'apparente presque à un TP. Il faut donc commencer par faire un point général sur ce qu'est la conductivité et la cellule de conductimétrie, et présenter la loi de Kohlrausch. On peut suivre ce qui est annoncé dans le BO STL, cela permet d'avoir un ensemble cohérent.

Pour l'élément imposé, il faut choisir une manipulation avec laquelle on est à l'aise car ici on a le choix. La contextualisation est également importante (cela a très bien été fait ici), pour un titrage des ions chlorures le plus simple est de se placer dans le cadre du **contrôle qualité**. Il faut être très rigoureux.euse dans le traitement des incertitudes (d'autant plus que c'est une leçon expérimentale !).

Remarques sur le contenu scientifique de la leçon :

1. Mobilité et loi de Kohlrausch (voir l'excellent site ChimActiv de AgroParisTech)

La conductivité quantifie l'aptitude d'une solution à conduire le courant électrique (i.e. laisser se déplacer librement les charges électriques). Celle-ci est directement liée à la **mobilité (notée u_i) des ions i présents au sein de la solution**, qui est la part de la conductivité indépendante de la concentration. Pour un ion de forme sphérique, la mobilité suit la relation suivante:

$$u_i = \frac{|z_i|e}{6\pi\eta R} = \frac{|z_i|eD}{k_B T}$$

avec z_i la charge de l'ion, e la charge élémentaire, η la viscosité, R le rayon de l'ion solvaté (rayon hydrodynamique), k_B la constante de Boltzmann, D le coefficient de diffusion et T la température. La mobilité u_i a pour unité $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{V}^{-1}$.

La conductivité vaut alors :

$$\sigma = F \sum_i |z_i| u_i C_i$$

Avec F la constante de Faraday en $C.mol^{-1}$ (charge d'une mole de charges élémentaires) et C_i la **concentration en $mol.m^{-3}$** .

Pour chaque ion, on définit de plus la **conductivité molaire ionique $\lambda_i (A_i^{z_i})$** par :

$$\lambda_i(A_i^{z_i}) = \frac{\sigma_i}{C_i} = |z_i| u_i F$$

$$\sigma = \sum_i \lambda_i(A_i^{z_i}) C_i$$

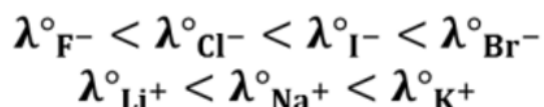
Lorsque **C tend vers 0 (dilution infinie, état de référence infiniment dilué ERID)**, on introduit alors la conductivité molaire ionique limite (λ°) comme la limite de λ lorsque C tend vers 0. Nous sommes en solution diluée, on peut approximer par (ce qui nous arrange bien car ce sont les λ° qui sont tabulés et pas les λ):

$$\sigma = \sum_i \lambda^\circ_i(A_i^{z_i}) C_i$$

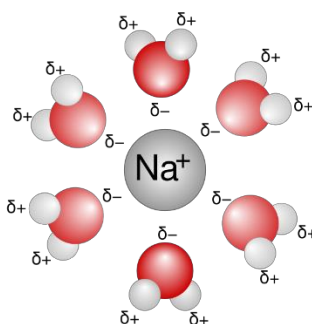
C'est la loi de Kohlrausch ☺

2. Valeurs de conductivité ioniques molaires

Si l'on réfléchit avec la mobilité, plus un ion serait petit, plus sa mobilité serait élevée et donc sa conductivité ionique molaire élevée. Cependant, ce n'est pas ce qui est observé pour la série des cations alcalins et halogénures :

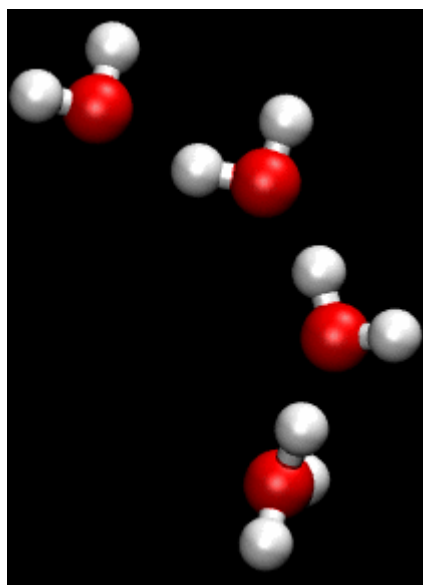


Car cela serait oublier la sphère de solvation (molécules d' H_2O) autour : plus l'ion est petit et chargé, plus il organise les molécules d'eau autour de lui : sa sphère de solvation est grande.



3. Mécanisme de Grötthuss

Les ions H^+ et HO^- possèdent des **conductivités plus élevées** que les autres cations. Contrairement aux autres ions, ils ne se déplacent pas en entier dans la solution pour porter leur charge : ils se déplacent de proche en proche via un réseau de **liaisons hydrogènes** (c'est le mécanisme de Grötthuss).



Remarques sur les manipulations :

Je pense que le nombre de manipulations était trop ambitieux (Expérience introductive + Mise en évidence de la loi de Kohlrausch + Titrage + Dosage par étalonnage). L'expérience introductive était vraiment une très bonne idée, la mise en évidence de la loi de Kohlrausch pourquoi pas mais je pense qu'il faut choisir titrage ou dosage par étalonnage. On peut ensuite proposer un TP avec celui des deux que l'on n'a pas présenté en cours (car le concept aura pu déjà être vu dans d'autres cours mais sera ici illustré avec la technique de la conductimétrie).

Remarques sur les choix pédagogiques et didactiques :

L'expérience introductive était vraiment une très bonne idée, qui illustre parfaitement l'enjeu de la leçon. Le tableau était très bien tenu : notamment faire des schémas des expériences au tableau.

Autres traitements possibles :

En enlevant une partie (par exemple dosage par étalonnage), on aurait pu discuter de l'intérêt d'utiliser telle ou telle méthode pour réaliser un dosage (pH métrie ou conductimétrie, en simulant des courbes de titrage pH sur Dozzaqueux comme cela a été proposé). Je pense que ce sera plus intéressant pour la discussion que de faire le catalogue de toutes les méthodes qui utilisent la conductimétrie.

Autres manipulations :

- Dosage Cl^- dans le sérum physiologique, TPTP (Travaux Pratiques Tout Prêts) p.27, Porteu de Buchère p.218 -> réaction de précipitation AgCl
- Titrage de la glycine par la soude (pour comparer pH métrie et conductimétrie)
- Titrage du vinaigre (réaction A/B, on peut aussi comparer pH métrie et conductimétrie)

Proposition de bibliographie supplémentaire :

- A. S. Bernard, *Techniques expérimentales en Chimie*. Très bien pour expliquer la théorie de la conductimétrie, et aussi pour les incertitudes !
- Site ChimActiv de AgroParisTech, vraiment très complet pour avoir des vidéos illustrées, approfondir les concepts :
<https://chimactiv.agroparistech.fr/fr/bases/conductimetrie/introduction>
- Tout livre de STL/SPCL pour voir la construction des cours et avoir des idées de TD
- Site Montpellier SPCL (des fiches de cours très concises) : <https://spcl.ac-montpellier.fr/>

LC n°12 Titre : Techniques spectroscopiques

Niveau : Terminale STL spé SPCL

Élément imposé : Déterminer la concentration d'une espèce à l'aide d'une droite d'étalonnage établie par spectrophotométrie

Présentée par : Jean GOUDOT

Correcteur.ice : Morgane

Date : 20/02/25

Compte rendu leçon élève

Bibliographie de la leçon :			
Titre	Auteurs	Editeur (année)	ISBN
Des expériences de la famille Réd-ox	Danielle Cachau-Herreillat	De Boeck Supérieur (2011)	2804163334
Site internet de l'académie de Montpellier	spcl.ac-montpellier.fr/moodle/		

Plan détaillé
<p><u>Niveau choisi pour la leçon</u> : Terminale STL SPCL</p> <p>Introduction pédagogique</p> <p><u>Objectifs</u> :</p> <ul style="list-style-type: none">-UV-visible : Rappels et explication microscopique-Métrologie : Dosage par étalonnage + incertitudes-Spectroscopie IR : Explication microscopique +lecture de spectres <p><u>Difficultés</u> :</p> <ul style="list-style-type: none">-Côté abstrait du phénomène d'absorption : visualisation des modes de vibration.-Graduation des spectres IR : mise en garde sur le sens de l'axe. <p>Contexte pédagogique :</p> <p><u>Prérequis</u> :</p> <ul style="list-style-type: none">- Interaction matière-rayonnement ($\Delta E = h\nu$)- Spectroscopie UV-visible (Beer-Lambert, absorbance)- Incertitudes (type B, Monte Carlo)

Cours précédent :

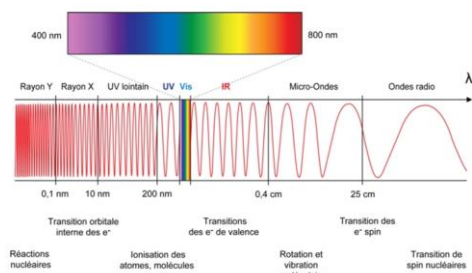
SYNTHESE CHIMIQUE :

Protocole de synthèse
Rendement
Optimisation
FDS et chimie verte

Cours suivant :

Approche micro de la synthèse : mécanismes réactionnels

Introduction

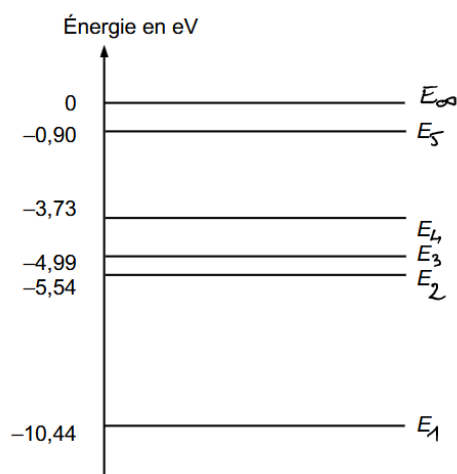


Un échantillon peut être soumis à un rayonnement sans être dégradé. Contrairement aux techniques de titrage ou de chromatographie, on peut obtenir des informations sans le dégrader : la méthode est non-destructive. Selon la longueur d'onde de la lumière incidente, on va pouvoir exploiter différents phénomènes physiques.

Problématique : Comment connaître la concentration et la structure d'un produit de synthèse ?

I- Spectroscopie UV-visible

A - Principe



Def. Absorption : l'électron de la molécule d'intérêt passe du niveau fondamental E_1 au niveau excité $E_2 > E_1$ lorsque soumis à un rayonnement de fréquence $\nu = (E_2 - E_1)/h$ (h la constante de Planck, $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J.s).

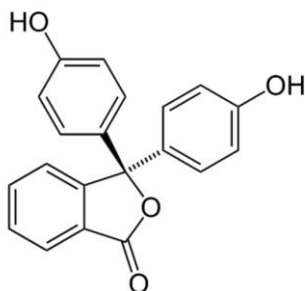
Ex. : eV = électronvolt = $1,6 \cdot 10^{-19}$ J.

$\lambda = c/\nu = hc/(E_2 - E_1) = 349,1 \text{ nm}$ donc c'est bien dans l'UV (probablement une erreur de calcul mais bon ODG).

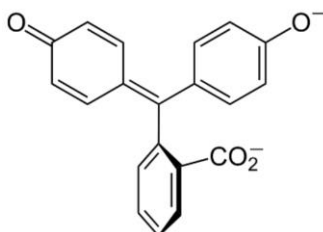
B – Chromophores

Le chromophore est la partie de la molécule responsable des transitions électroniques observées. C'est un ensemble de liaisons conjuguées. Plus il y a de liaisons conjuguées, plus la longueur d'onde de l'onde absorbée est grande.

Ex. : La phénolphtaléine. A $\text{pH} < 8.2$: le chromophore contient 4 liaisons conjuguées, absorbe dans l'UV (apparaît incolore). A $\text{pH} > 8.2$: le chromophore contient 11 doubles liaisons conjuguées, absorbe dans le visible (apparaît fushia).



Forme a
 $0 < \text{pH} < 8,2$



Forme b
 $8,2 < \text{pH} < 12$

C – Rappels de spectrophotométrie

Schéma de principe d'un spectrophotomètre à prisme

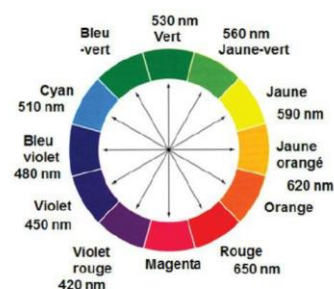
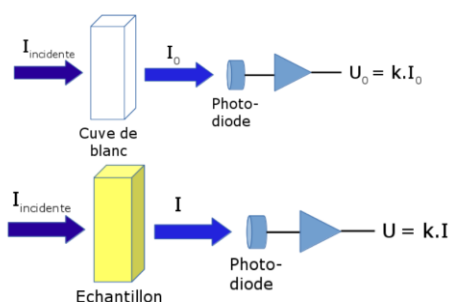
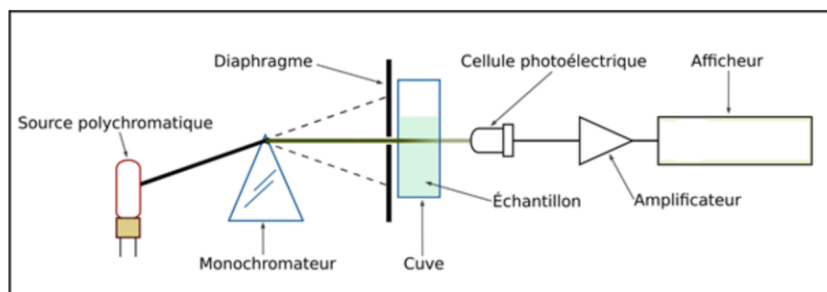


Fig2 : cercle chromatique

L'absorbance de l'échantillon est définie par la relation

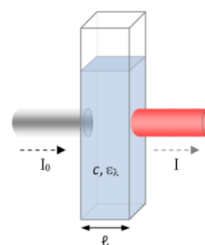
$$A = \log\left(\frac{I_0}{I}\right)$$

$$A = \varepsilon \ell c$$

(Loi de Beer-Lambert)

Avec :

- A : absorbance de la solution (sans unité) ;
- ε : coefficient d'extinction molaire (en $\text{L.mol}^{-1}.\text{cm}^{-1}$) ;
Il dépend de la longueur d'onde de la radiation, de la nature chimique de l'entité et de la température
- ℓ : épaisseur de la cuve traversée (en cm) ;
- c : concentration molaire de l'espèce chimique (en mol.L^{-1}).



Exp. : Utilisation d'un spectrophotomètre pour mesurer l'absorbance de plusieurs solutions étalons de KMnO_4 . Le but est de tracer ensuite une droite d'étalonnage à l'aide de laquelle on mesurera la concentration d'une solution commerciale de Dakin (en ions MnO_4^-).

La 1^{ère} étape est d'enregistrer le spectre de la solution la plus concentrée en KMnO_4 , elle passe par un maximum à $\lambda_{\text{max}} = 526 \text{ nm}$ on se place donc à cette longueur d'onde pour les mesures suivantes (+ ne pas oublier de vers le blanc avec une solution d'eau distillée).

La 2^{ème} étape est de mesurer l'absorbance des différents étalons, puis de tracer la courbe $A=f(C)$ et on fait un ajustement linéaire.

Enfin, on mesure l'absorbance de la solution de Dakin, on le rapporte sur la droite obtenue, on lit en abscisse la concentration de la solution.

D – Application : dosage par étalonnage

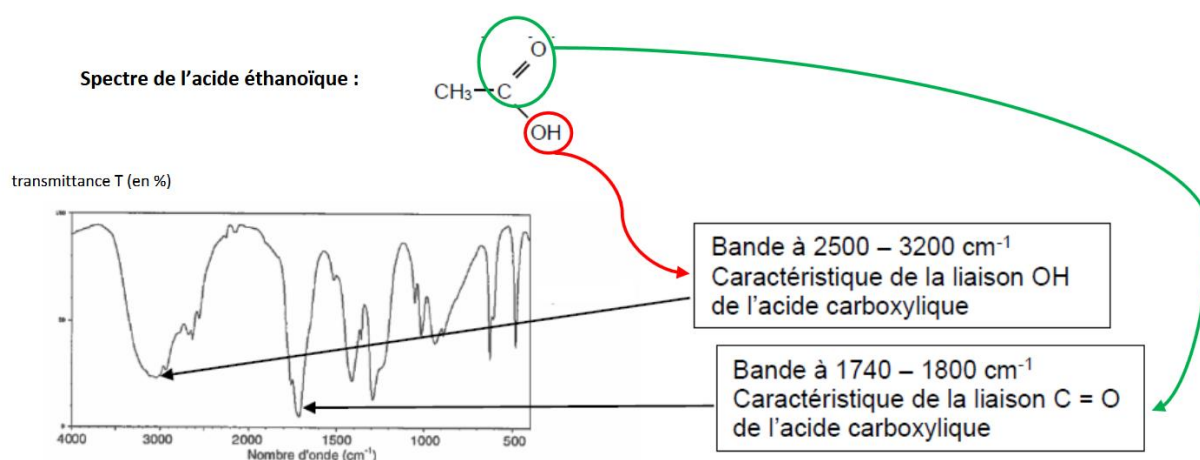
Mesure d'absorbance en direct. On se place à λ_{max} , on fait le blanc, puis mesure des absorbances de chaque solution étalon, tracé de la courbe, ajustement affine pour obtenir la droite d'étalonnage, puis on remonte à la concentration du Dakin.

Traitement des incertitudes par Monte Carlo (+script Python) sur les concentrations des solutions étalons préparées. On mesure $C(\text{dak}) = 6.53 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$, sur la bouteille on lit environ 6.3 mol/L .

II- Spectre IR

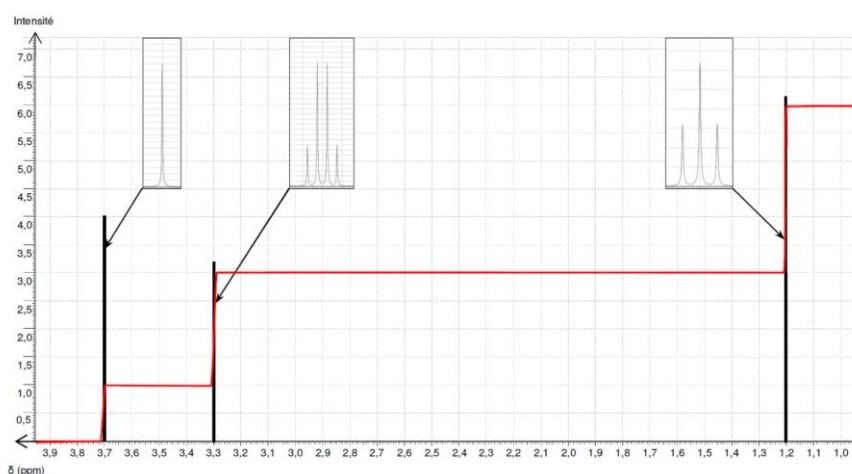
Animation sur les modes de vibration d'une molécule d'eau (symétrique et antisymétrique).

Exemple : lecture d'un spectre IR de l'acide éthanoïque.



Attention : l'axe des abscisses est en nombre d'onde $\sigma = 1/\lambda$ orienté de droite à gauche

Spectre RMN de l'éthanol



Conclusion

Selon le domaine de fréquences du rayonnement, la spectroscopie permet :

- Une analyse **quantitative** spectrophotométrie UV-visible
- Une analyse **qualitative** spectroscopies IR et RMN

Expérience 1 - Titre : Changement de couleur de la phénolphthaléine en solution.

Phase présentée au jury : Phénolphthaléine liquide dans une solution aqueuse acide, apparaît incolore. On basifie en ajoutant de la soude, la solution devient fushia.

Durée de la manip : 1min

Expérience 2 - Titre : Déterminer la concentration d'une espèce à l'aide d'une droite d'étalonnage établie par spectrophotométrie

Phase présentée au jury : Mesure du spectre d'une solution de KMnO_4 à $3 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$, détermination de λ_{max} . Mesure de l'absorbance de solution moins concentrées, et tracé de la droite d'étalonnage (5 solutions étalons avec C varie de 3×10^{-3} à $1.5 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$). Ajustement linéaire sur Regressi, mesure de l'absorbance de la solution de Dakin, on reporte sur la courbe et on trouve C_{dakin} .

Durée de la manip : +10min

Questions posées et réponses proposées

Question : -Vous avez écrit que la spectroscopie permettait de remonter à la structure de produits de synthèses, c'est vous qui avez synthétisé le permanganate de potassium ? Comment on pourrait en synthétiser ?

Réponse : Complexe métallique, .. ?

On le fabrique par oxydation à l'air d'un mélange fondu de dioxyde de manganèse et de potasse produisant le manganate de potassium, suivie de la décomposition de celui-ci réalisée par électrolyse à 60°C ou par réaction avec le dioxyde de carbone. (source :

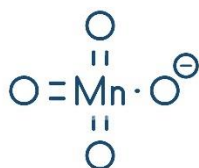
<https://new.societechimiquedefrance.fr/produits/permanganate-de-potassium>)

- Nombre d'oxydation du manganèse dans le permanganate ?

O au DO -II, donc Mn au DO = +VII.

- Dessine son schéma de Lewis

Mn = 7 électrons de valence, O : 6.



permanganate

Rq : le décompte des électrons de valence permet de connaître le nombre de doublets à placer sur la structure de Lewis.

- Comment on repère les sites électrophiles et les sites nucléophiles ?

Par ex avec les charges partielles.

- Que vaut le pH de la soude à 0,1 M ?

$\text{pH} = -\log([\text{H}^+]/\text{C}^\circ) = 14 + \log([\text{HO}^-]/\text{C}^\circ) = 13$

- Comment on montrerait que la phénolphthaléine sous forme incolore réagit bien avec un rayonnement UV ?

On pourrait faire son spectre d'absorption.

Rq : on peut la même expérience avec un autre indicateur coloré comme le bleu de bromothymol qui passe de jaune à bleu.

- Plus la molécule est conjuguée, plus elle absorbe dans les grandes longueurs d'onde, comment on explique ça ?

La taille du chromophore est du même ordre de grandeur que la longueur d'onde. En considérant les orbitales moléculaires ?

Plus la molécule est conjuguée, plus l'écart énergétique entre la HO et la BV est faible (se démontre avec des calculs de chimie quantique comme la méthode de Hückel) et donc plus l'écart énergétique est faible donc des photons de grandes longueurs d'onde peuvent être absorbés.

- Qd on a une transition électronique, la transition à lieu entre quelles orbitales moléculaires ?

Transition HO-BV

- Vous avez dit qu'il fallait placer la cuve d'une manière précise dans le spectro, comment ?

Il y a des faces lisses, par lesquelles doivent passer le rayonnement (orthogonalement) et des faces avec des reliefs pour les agripper..

- Sécurité sur le permanganate de potassium.

Dangereux pour les espèces aquatiques + corrosif, donc on porte des gants.

Le solide KMnO_4 est corrosif mais la solution utilisée ici ne l'était pas.

- Pour les mesures de l'absorbance, est-ce qu'il y a un ordre pour les réaliser (du plus concentré au moins concentré par ex. ou l'inverse ?)

On préfère faire de la moins concentrée à la plus concentrée, car l'ajout d'une goutte de solution peu concentrée à une solution très concentrée va juste la diluer légèrement, alors qu'une goutte de solution concentrée apporte à une solution peu concentrée une quantité importante de composé étudié qui peut être de l'ordre de la quantité présente dans la cuve initialement.

- Condition de validité de la loi de Beer-Lambert ?

Solution pas trop concentrée (en général autour de 10^{-2} mol/L mais ici le permanganate, même peu concentrée absorbe beaucoup), pas de fluorescence ni de dégradation du composé, pas de précipité.

- Vous avez trouvé une concentration de 6.52×10^{-5} mol/L du dakin ? Qu'en pensez vous ?

La concentration indiquée sur la bouteille est donnée sans intervalle de confiance/incertitudes. La valeur indiquée néanmoins est comprise dans notre intervalle de mesure (avec les incertitudes de mesure). De plus, les ions permanganate se dégradent au cours du temps, donc la valeur indiquée sur la bouteille est susceptible d'évoluer au cours du temps.

- Incertitude type ou élargie ?

Différence : à 1sigma on est à 63% (ici type), à 2sigma on est à 95% (ici élargie)

- Un outil pour comparer la valeur obtenue à la valeur indiquée ?

Le z-score par exemple. Ici, il vaut 0.39.

Le Z-score entre 0 et 2 donne un résultat satisfaisant. Le résultat obtenu muni de ses incertitudes est compatible avec la valeur théorique.

- On peut faire une analyse quantitative par infrarouge ? Par RMN ?

Oui c'est possible. En RMN, l'aire sous le pic est proportionnelle à la concentration.

- Tu nous as montré un spectre RMN, de l'éthanol, analyse-le.

- Les groupements alcool en IR.

Autour de 3200cm^{-1} . La bande est généralement très élargie (en particulier sur il y a des liaisons H). Plus il y a de liaisons H, plus la bande sort à faible nombre d'onde (car la liaison OH est affaiblie). S'il n'y en a pas, on parle de liaison libre.

- Est-ce que la liaison H reste dans le temps ?

Liaison OH est une liaison qui se fait et qui se défait au cours du temps. On a donc des forces de liaisons OH différentes entre les différents groupements OH d'où la largeur du OH en IR.

- Comment on modélise une liaison en spectro IR ? Quel est le modèle classique utilisé ?

Celui des masses liées par un ressort. La fréquence de résonance $f = 1/(2\pi) \cdot \sqrt{k/\mu}$ avec μ la masse réduite du système. Loi de Hooke.

Commentaires du correcteur / Débrief :

- Les objectifs n'étaient pas convaincants. Reprendre les termes du BO. Bien mettre le bon verbe d'action
- La problématique est pas top, parce qu'on prend ensuite du dakin qui n'est pas un produit de synthèse mais un produit commercial. Autre possibilité : prendre la vanilline (ref exp dans le Maréchal) + la vanilline a un spectre pas trop compliqué dont on peut facilement parler. La vanilline peut alors être le fil conducteur de la leçon.
- Tu as parlé de la phénolphthaléine et dit que elle absorbe dans l'UV, pourquoi pas le montrer en enregistrant son spectre au spectro. (On a checké et le spectro descend pas assez bas...)
- Beaucoup de ressources pour ce cours sont dispo sur le site de l'Académie de Montpellier.
- Attention à ne pas utiliser les gants avec l'ordi, en + quand le KMnO_4 est pas trop concentré, tu es pas obligé d'en mettre.
- Attention, les fioles non rodées doivent être utilisées avec des bouchons en caoutchouc et pas en plastique !
- Attention : Monte Carlo n'est ni une incertitude de type A ni de type B. Monte Carlo te sort l'écart-type = l'incertitude-type. On donne ensuite soit sigma à 63%, soit 2sigma élargie à 95%.
- Si on a une incertitude sur la valeur de référence, on calcule l'écart normalisé (équivalent du z-score).
- Enlever la partie sur les chromophores. → plutôt faire un lien avec les écarts énergétique présenté dans la sous-partie précédente.

Compétence « Autour des valeurs de la République et des thématiques relevant de la laïcité et de la citoyenneté »

Question posée : Vous surprenez un élève en train de tricher, que faites-vous ?

Réponse proposée : S'assurer que l'élève triche pour ne pas commettre d'injustice, attendre la fin de l'épreuve pour en parler et le faire seul à seul et ne pas afficher l'élève devant la classe. Pour la notation, on ne peut pas noter l'élève comme les autres, on peut par exemple ne pas compter cette épreuve et lui en donner une autre plus tard. En parler au CPE, réfléchir à une sanction.

Commentaires du correcteur :

Que la triche ait lieu pendant le bac ou lors d'une évaluation en classe, la même procédure s'applique surtout que maintenant, une partie du bac est en contrôle continu, donc tricher en contrôle c'est comme tricher au bac.

On doit faire un rapport sur l'incident de triche et arrêter la triche (par exemple, on confisque le téléphone, le cours...). On doit laisser la personne composer jusqu'au bout après avoir retiré l'objet de la triche. On doit faire ensuite un procès-verbal contresigné si possible par quelqu'un d'autre qui a vu la triche et par l'auteur des faits. Il faut ensuite déposer le procès-verbal dans le bureau du proviseur.

Le procès-verbal est transmis au recteur qui doit prendre l'une des décisions suivantes :

- Abandonner les poursuites
- Saisir la commission de discipline du bac
- Vous convoquer lui-même lorsqu'il envisage de vous sanctionner par un blâme ou une privation de toute mention au diplôme

Jusqu'à la décision du recteur ou de la commission, l'élève ne peut pas obtenir les résultats de l'examen. Il n'est pas non plus possible de s'inscrire dans un établissement public d'enseignement supérieur.

Remarque : La fraude peut aussi être commise **en dehors du cadre des épreuves ou des évaluations**. Cela concerne notamment les cas de fraude des outils de remontée de notes pouvant conduire à une modification de la note moyenne à l'examen.

Champ libre pour le correcteur (compléments, propositions de manipulations ou de bibliographie)

Remarques générales (articulation titre/élément imposé/niveau) :

Pour suivre le BO, il faut en effet parler de spectroscopie UV-visible, IR et voire aussi RMN (si le temps le permet) – ou l'inverse RMN et IR si le temps le permet.

L'élément imposé a ici pris beaucoup trop de temps, du fait de la réalisation entière de la droite d'étalonnage. Il n'a donc pas été possible de traiter de façon correcte la partie sur la spectroscopie IR.

Ici donc seuls deux points du BO ont été traités :

- Interpréter l'interaction entre lumière et matière en exploitant la relation entre l'énergie d'un photon et la longueur d'onde associée.
- Concevoir et mettre en œuvre un protocole pour déterminer la concentration d'une espèce à l'aide d'une droite d'étalonnage établie par spectrophotométrie.

Il aurait possible avec une meilleure gestion du temps, de traiter également les points suivants :

- Attribuer les signaux d'un spectre RMN aux protons d'une molécule donnée.
- Identifier ou confirmer des structures à partir de spectres UV-Visible, IR ou RMN en utilisant des banques de données.

Remarques sur le contenu scientifique de la leçon :

Les parties sur la description des niveaux énergétiques et sur les chromophores permettent de développer des notions qui ne sont pas vues en première (à mentionner dans l'intro pédagogique !).

La description du spectrophotomètre à réseau et non du schéma simplifié est à justifier à l'aide du BO puisqu'il est mentionné que les élèves doivent « Expliquer le principe de fonctionnement d'un spectrophotomètre à réseau. ».

Les notions chimiques pour cette leçon sont bien présentées.

Rappel sur les incertitudes et Z-score :

- Incertitude-type : on l'obtient par méthode de propagation ou c'est l'écart-type dans le cas d'une incertitude de Type A ou par la méthode de Monte-Carlo
- Incertitude élargie : incertitude-type que l'on a multiplié par un facteur d'élargissement (classiquement 2, ce qui donne une valeur à 95 % de confiance)
- Méthode de Monte-Carlo : ce n'est ni une méthode de type A ou de type B. Le Type A est dans le cas de la réalisation de la manipulation plusieurs fois dans la vraie vie et le type B si la manipulation n'est faite qu'une seule fois. Monte-Carlo est une méthode de simulation.
- Z-score : $\frac{|valeur\ théorique - valeur\ expérimentale|}{u(valeur\ expérimentale)}$ (avec $u(valeur\ expérimentale)$ qui est l'incertitude-type), doit être compris entre 0 et 2 et dans ce cas le résultat de la mesure muni de ses incertitudes est compatible avec la valeur théorique.
- Ecart normalisé : $\frac{|valeur\ théorique - valeur\ expérimentale|}{\sqrt{U(valeur\ expérimentale)^2 + U(valeur\ théorique)^2}}$ (avec U les incertitudes élargies par un facteur de 2), doit être compris entre 0 et 1 et dans ce cas le résultat de la mesure muni de ses incertitudes est compatible avec la valeur théorique.
Rq : si on prend les incertitudes-types, il faut que l'écart normalisé soit compris entre 0 et 2.

Remarques sur les manipulations :

Pour la manipulation qualitative, c'est possible de le faire avec le bleu de bromothymol qui passe du jaune au bleu.

Lorsque vous faites des dosages par étalonnage, ne tracer pas toute la courbe devant le jury, faite uniquement le point issu de la dilution présenté et celui de la solution inconnue.

Au niveau de la sécurité c'est bien d'avoir expliqué l'utilisation de gants. Cependant, lorsque les solutions sont diluées, elles peuvent par exemple ne plus être corrosif (ici les gants n'étaient pas nécessaire pour la solution de permanganate de potassium).

Enfin, lors du pipetage, l'ajustement au trait de jauge se fait à la descente et pas à la montée, c'est-à-dire qu'il faut dépasser le trait de jauge avant d'ajuster.

Veiller à ne pas manipuler les ordinateurs avec les gants !

Remarques sur les choix pédagogiques et didactiques :

L'introduction pédagogique était un peu courte (2 min 10). Ne vous contentez pas de présenter le BO tel quel mais de le relier à vos objectifs qui doivent clairement être énoncé à l'aide de verbes d'action. Ca laissera ainsi le temps au jury de noter vos objectifs.

Très bien d'avoir inclus la leçon dans une séquence pédagogique.

Attention, la problématique semblait un peu décorrélée de la leçon dans le sens où l'espèce dosée n'est pas un produit de synthèse.

Autres traitements possibles :

Il aurait aussi été possible de prendre la vanilline ou le dibenzylideneacetone (présent dans la crème solaire notamment) comme fil conducteur.

Une autre façon de s'en sortir sans que ça fasse parachuter est par exemple de doser le bleu du powerade et pour l'étude structurale dire qu'on prend une molécule plus simple, mais ça permet de rester avec des molécules organique.

Comment les techniques spectroscopiques permettent de déterminer une concentration et la structure d'une molécule ?

- I. Utilisation de la spectroscopie pour déterminer une concentration
- II. Utilisation de la spectroscopie pour déterminer une structure

Proposition de bibliographie supplémentaire :

- Synthèse du dibenzylideneacetone pour faire le dosage par étalonnage pour déterminer un rendement : <https://tice.ac-montpellier.fr/ABCDORGA/Famille/Tp/dibenzon.htm>
- Extraction et dosage de la vanilline : La chimie expérimentale 2. Chimie organique et minérale, Le Maréchal (attention le spectro à votre disposition ne descend pas assez bas pour faire le dosage)

LC n°43 Titre : Qualité de l'eau

Niveau : Terminale ST2S

Élément imposé : Mettre en œuvre un dosage conductimétrique d'une espèce ionique dans l'eau

Présentée par : Alexandre Cipriani

Correctrice : Manon Leconte

Date : 14/11/2024

Compte rendu leçon élève

Bibliographie de la leçon :			
Titre	Auteurs	Editeur (année)	ISBN
Chimie, biologie et physiologie humaines, T ^{ale} ST2S		Foucher (2020)	
La chimie expérimentale. Chimie générale.	Le Maréchal & Nowak-Leclercq	Dunod	
Directive UE 2020/2184vdu 16/12/2020 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine			

Plan détaillé
<p><u>Niveau choisi pour la leçon</u> : T^{ale} ST2S</p> <p>Introduction pédagogique</p> <p>Objectifs :</p> <ul style="list-style-type: none">• Comprendre la nécessité d'un contrôle de la qualité de l'eau et en entrevoir la mise en œuvre• Connaître la conductimétrie comme méthode d'analyse de la qualité d'une solution• Savoir lire les critères de potabilité et conclure quant à la potabilité de l'eau <p>Difficultés :</p> <ul style="list-style-type: none">• Appropriation du fonctionnement du conductimètre• Repérage de l'équivalence d'un dosage conductimétrique• Identification des critères de potabilité <p>Choix : Focalisation sur les sulfates.</p> <p>Introduction</p> <p>On doit pouvoir avoir confiance en l'eau qu'on boit. Beaucoup de risques (pompage, trajet dans les canalisations). Le chimiste doit pouvoir contrôler la qualité de l'eau et vérifier le respect des normes. Problématique : comment garantir la qualité de l'eau ?</p>

I – L'eau minérale, un mélange

L'eau n'est pas un corps pur : elle contient beaucoup de choses, notamment des ions.

A – Mise en évidence de la présence du Ca^{2+} dans l'eau de Contrex

Expérience qualitative :

On considère deux tubes à essai, l'un rempli d'eau distillée et l'autre de Contrex.

On ajoute dans les deux de l'oxalate de potassium, qui précipite au contact des ions Ca^{2+} .

On constate l'apparition d'un précipité dans la Contrex mais pas dans l'eau distillée.

Conclusion : l'eau minérale contient des ions Ca^{2+} .

Schéma d'un ion Ca^{2+} entouré de molécules d'eau : il ne précipite pas car il est bien entouré de molécules d'eau qui stabilisent sa charge (grâce à la polarité de l'eau).

L'eau contient donc beaucoup d'ions, qui sont des particules chargées.

L'eau conduit donc bien le courant électrique.

B – La conductivité

Schéma d'une pile : les ions chargés + vont vouloir aller vers l'électrode -, et inversement.

Les ions sont mis en mouvement par le champ électrique puisqu'ils sont chargés.

Il existe une grandeur qui quantifie à quel point la solution est conductrice, c'est-à-dire à quel point les ions peuvent se déplacer dans la solution.

La conductivité σ se mesure en S.m^{-1} à l'aide d'un conductimètre.

Plus il y a d'ions, plus la solution est conductrice.

Il y a donc un lien entre σ et c_i la concentration de l'espèce i.

C'est ce qu'on appelle la loi de Kohlrausch : $\sigma = \sum \alpha_i c_i$

II – Dosage conductimétrique des ions sulfate dans l'eau minérale

On a vu un titrage acido-basique au cours précédent. Faisons maintenant un titrage conductimétrique.

A – Principe du dosage

Projection d'un schéma du dosage conductimétrique et explication.

Ici, la réaction du dosage est $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + \text{Ba}^{2+}(\text{aq}) = \text{BaSO}_4(\text{s})$

Il faut qu'on puisse repérer l'équivalence.

Réfléchissons à l'évolution des concentrations en fonction du temps :

Ions	Ba^{2+}	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Cl^-
Avant l'équivalence	0	-	+	+
Après l'équivalence	+	0	=	+

On s'attend à avoir une faible pente avant l'équivalence puis une forte pente.

Simulation avec Dozzaqueux : correspondance avec les prévisions faites avec le tableau.

B – Mise en œuvre

On réalise deux points du dosage et on trouve $V_{eq} = (5.5 \pm 1.1)$ mL à l'aide de **Regressi**.
On peut maintenant utiliser un **Jupyter Notebook** pour déterminer la concentration molaire puis massique en sulfates, ainsi que l'incertitude associée : $C = (1.06 \pm 0.21)$ g/L.
Contrex fournit une valeur de 1.121 g/L, ce qui nous donne donc un z-score de 0.3.
On peut donc affirmer que la valeur donnée par Contrex est cohérente.

III – Contrôle de la qualité de l'eau : pourquoi, comment ?

Projection d'un schéma du réseau d'approvisionnement et des traitements de l'eau.

Quelles sont les sources de la présence de sulfates dans l'eau ?

- naturelle
- industrielle
- liée au traitement de l'eau

Quels sont les risques de la présence des sulfates ?

- Effet laxatif si $c > 600$ mg/L
- Altération du goût et corrosion si $c > 250$ mg/L

On a donc des bonnes raisons de limiter la concentration en sulfates.

La loi encadre la concentration en SO_4^{2-} dans l'eau du robinet (directive de l'UE).

D'après la loi, la concentration en sulfates doit être inférieure à 250 mg/L.

Présentation de résultats d'analyses de l'eau : on vérifie que la concentration en sulfates n'excède pas la valeur limite.

Pour limiter la concentration en sulfates, on peut utiliser une résine échangeuse d'ions ou une distillation.

Conclusion

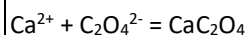
Réel enjeu de santé publique de contrôler la qualité de l'eau.

On pourra faire le même raisonnement dans le prochain cours sur la qualité.

Expérience 1 - Titre : Mise en évidence de la présence du cation calcium dans l'eau minérale

Référence complète : La chimie expérimentale, Le Maréchal et Nowak-Leclercq, Dunod, 2004, page 39

Équation chimique et but de la manip :

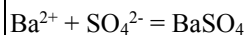


On observe la formation d'un précipité, signe que l'eau minérale contient des cations calcium.

Expérience 2 - Titre : Dosage conductimétrique des ions SO_4^{2-} dans une eau minérale

Référence complète : Chimie, biologie et physiologie humaines, T^{ale} ST2S, édition Foucher, page 14

Équation chimique et but de la manip :



Mesurer la concentration des ions sulfate dans une eau de Contrex.

Phase présentée au jury :

Prise d'un point de mesure devant le jury, les autres en préparation.

Questions posées et réponses proposées

Question : Quels ions pourrait-on doser dans l'eau ?

Réponse : Colorimétrie, complexation, pH-métrie.

Question : Est-ce que les difficultés énoncées dans l'introduction didactique en sont vraiment ?

Réponse : Ce sont plutôt des nouveautés, sauf le repérage de l'équivalence.

Question : Vous n'avez pas fait d'introduction, quel est le fil conducteur ?

Réponse : Comment contrôler la teneur en ions dans une solution aqueuse ?

Question : Quel type d'interaction entre l'ion calcium et l'eau ?

Réponse : Électrostatique : dipôle-ion.

Question : Comment expliquer aux élèves l'attribution des polarités des électrodes ?

Réponse : La borne – fournit des électrons et la borne + récupère des électrons.

Question : Pourquoi le conductimètre fonctionne en courant alternatif ?

Réponse : Pour pas que tous les ions finissent par s'agglutiner sur une des électrodes.

Question : Quelle expérience pourrait-on faire pour observer l'influence de la concentration sur la conductivité ?

Réponse : Dosage par étalonnage.

Question : Comment mettre en évidence la conductivité ?

Réponse : On peut montrer que l'eau conduit le courant.

Question : Loi de Kohlrausch complète ? Signification physique des λ ?

Réponse : Cet énoncé tel que rencontré dans les programmes n'est pas la loi de Kohlrausch. Les λ traduisent la mobilité des ions en solution.

Question : Ordre de grandeur des λ° ?

Réponse : On peut l'estimer à l'aide des courbes de titrage.

Question : Dosage vs titrage ?

Réponse : Un titrage est un type de dosage.

Question : Autre méthode de dosage ?

Réponse : Gravimétrie par exemple.

Question : Nom de la bande bleu dans la burette ?

Réponse : La bande photophore.

Question : Pourquoi ce titrage était long ?

Réponse : Formation d'un précipité.

Question : Pourquoi le précipité ne décante pas ici ?

Réponse : Les particules sont suffisamment petites pour que la poussée d'Archimède compense le poids.

Question : Peut-on utiliser du Python devant des élèves de Terminale ST2S ?

Réponse : Oui, on en fait dès le collège.

Question : Comment interpréter le z-score ?

Réponse : Satisfaisait s'il est plus petit que 2.

Question : Quelle autre méthode aurait-on pu utiliser ?

Réponse : Monte-Carlo par exemple.

Question : Différence entre eau distillée et déionisée ?

Réponse : Distillation vs osmose à travers une membrane.

Question : Comment fonctionne la résine échangeuse d'ions ?

Réponse : Un gel adsorbe certains ions et en libère d'autres en échange.

Question : Comment ces ions sont fixés sur la paroi ?

Réponse : Groupement amine sur un polymère par exemple.

Compétence « Autour des valeurs de la République et des thématiques relevant de la laïcité et de la citoyenneté »

Question posée : Lors d'un travail en groupe, vous constatez que certains élèves ne travaillent pas. Que faites-vous ? Si cela ne fonctionne pas, quelle mesure peut-on proposer ?

Réponse proposée : Le travail en groupe est essentiel pour la suite de leur formation et vie professionnelle. Le professeur doit aller voir le groupe et comprendre ce qu'il passe. Est-ce que les élèves n'arrivent pas à travailler où ne veulent pas ?

Si cela ne fonctionne pas, en discuter avec l'équipe pédagogique, pour voir si cela arrive dans tous les cours ou si c'est un évènement isolé.

Commentaires du correcteur :

La réponse proposée à Alexandre correspond à ce qui est attendu par le jury.

Il faut faire attention à ne pas aller trop frontalement contre les élèves : il faut entendre leurs raisons dans un premier temps, faire de la diplomatie. Si ça ne fonctionne pas, séparez le groupe pour la séance et demandez aux élèves qui ont un problème de venir discuter à la fin du cours.

Quoi qu'il arrive, il faut en parler avec la/le professeur.e principal.e de la classe. Si vous notez une situation problématique (discrimination, harcèlement, violences, ...), il faudra en parler à la vie scolaire.

Champ libre pour le correcteur (compléments, propositions de manipulations ou de bibliographie)

Remarques générales (articulation titre/élément imposé/niveau) :

Le contenu de la leçon est très bien ciblé et Alexandre livre une très bonne première leçon. Cependant, puisque le niveau de la leçon appartient à une filière technologique, il faudrait faire beaucoup plus d'expériences (viser 15 min).

Remarques sur les concepts théoriques :

Alexandre a très bien présenté les concepts exigibles au niveau ST2S et a su bien répondre aux questions de niveau supérieur.

Le mouvement des ions en solution attirés par l'électrode de polarité inverse est appelé **migration**.

La **loi de Kohlrausch** ne correspond pas à l'expression $\sigma = \sum_i \lambda_i^\circ c_i$. C'est une erreur que l'on retrouve dans de nombreux ouvrages et également dans les programmes du secondaire depuis la dernière réforme. La loi de Kohlrausch donne l'évolution de la conductivité molaire pour un électrolyte fort (c'est-à-dire complètement dissocié) : $\Lambda_m = \frac{\sigma}{c} = \Lambda_m^\circ - K\sqrt{c}$, où K est une constante, c la concentration de l'électrolyte et Λ_m° la conductivité molaire limite dans le cas infiniment dilué.

Remarques sur les manipulations :

Les réactions de précipitation sont généralement lentes et celle du sulfate de baryum l'est tout particulièrement. Il est donc nécessaire d'attendre la stabilisation de la valeur de conductivité qui peut prendre 30 s à 1 min. Il n'est donc pas raisonnable de présenter devant le jury le titrage en entier. Toutefois, après l'équivalence, aucun solide n'est formé donc la conductivité stabilise très vite. Vous pouvez donc demander à un membre de l'équipe technique de prendre 5 valeurs de conductivité avant l'équivalence 1h à 30 min avant votre passage (pour que la température de la pièce ne varie pas trop). Vous finissez alors le titrage en prenant 5 points après l'équivalence.

Ici, il ne fallait pas écraser les points du titrage obtenus en préparation car la conductivité dépend fortement de la température. Si vous vous rendez compte devant le jury que la manipulation que vous lui proposer donne des résultats inexploitable, alors vous pouvez sortir une courbe faite en préparation.

Il aurait fallu présenter deux manipulations en plus correspondant à la capacité expérimentale « Mettre en œuvre des mesures de conductivité montrant l'influence des espèces ioniques en solution et de leur concentration en quantité de matière. »

Pour cela, vous pouvez mesurer l'influence de la concentration en NaCl sur la conductivité en prenant des concentrations variant de 10^{-2} à 10^{-1} mol/L. (inutile de faire une droite d'étalonnage, mais vous pouvez prendre 3 points pour mettre en évidence la relation linéaire). Vous pouvez ensuite comparer la conductivité d'une solution de HCl de concentration égale à 10^{-2} mol/L à celle de la solution de chlorure de sodium précédemment mesurée.

Enfin, vous pourriez présenter une manipulation qualitative permettant de comprendre la notion de conductivité. Pour cela, vous faites baigner deux électrodes dans de l'eau que vous connectez à une ampoule ou à une DEL et à un générateur. Puis, vous ajoutez du sel dans l'eau et progressivement le courant augmente et l'ampoule/la DEL finit par s'allumer.

Remarques sur les choix pédagogiques et didactiques :

L'introduction didactique proposée par Alexandre est bien construite. Cependant, les difficultés proposées n'en sont pas vraiment. Ici, on peut penser à deux difficultés :

- Vocabulaire : l'eau du robinet contient des ions, mais ils ont tendance à l'appeler « eau ». Puisqu'une distinction entre les eaux est faite dans la leçon, on fera attention à ne jamais utiliser le terme sans qualificatif précisant si elle contient ou non des ions.
- Rationalisation de la courbe de titrage : on utilise un tableau d'avancement avec l'ensemble des ions présents et on vérifie que l'ensemble est neutre pour s'assurer que l'on n'a rien oublié.

Par ailleurs, Alexandre n'a répondu qu'à une partie des capacités exigibles du BO (surlignées en bleu) et il pourrait en être sanctionné. Il faudra remanier la leçon pour répondre davantage aux objectifs surlignés en vert. Les objectifs surlignés en rose sont plus compliqués à intégrer dans le cadre d'une leçon et il faudra préciser à l'oral que le choix est fait de les aborder dans la prochaine séance, dans le cadre d'une activité documentaire.

Notions et contenus	Connaissances et capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
Comment la qualité de l'eau est-elle contrôlée ?	
Solubilité de substances ioniques dans l'eau. Conductivité d'une eau et d'une solution aqueuse ionique. Concentration ionique en masse.	Expliquer la solubilité des composés ioniques dans l'eau. Interpréter qualitativement la conductivité de l'eau pure, d'une eau en milieu naturel, d'une solution aqueuse ionique, en lien avec sa composition ionique. Distinguer l'usage d'une eau distillée de celui d'une eau déminéralisée (désionisée). Mettre en œuvre des mesures de conductivité montrant
Concentration ionique en quantité de matière. Composition d'une eau. Équivalence d'un dosage par titrage.	l'influence des espèces ioniques en solution et de leur concentration en quantité de matière. Mettre en œuvre un dosage conductimétrique d'une espèce ionique (sulfate, nitrate, ion métallique, etc.) présente dans une eau. Interpréter qualitativement l'allure d'une courbe de dosage conductimétrique. Repérer et exploiter l'équivalence. Extraire et exploiter des informations concernant les critères physico-chimiques de la potabilité d'une eau. Extraire et exploiter des informations relatives aux effets des activités humaines sur la qualité chimique de l'eau dans les milieux aquatiques et marins, en s'appuyant sur quelques paramètres (salinité, pH, température, gaz dissous, hydrocarbures, matières plastiques, etc.).

Il manquait également les prérequis à la leçon qui ne se limitent pas qu'au chapitre précédent dans le BO. La leçon fait en effet appel aux notions de concentration, de solubilité, de polarité, de titrage, ...

Enfin, l'introduction n'était pas assez marquée ici. Il faut utiliser un support projeté ou écrire quelque chose au tableau. Si rien n'est précisé dans le rapport du jury, je vous conseille fortement de proposer une situation déclenchant en lien avec le quotidien ou un métier lorsque la leçon est au niveau secondaire, et une problématique.

Autres manipulations possibles :

Les espèces évoquées dans le BO ne se dosent pas classiquement par conductimétrie :

- Dosage des ions métalliques (calcium et magnésium) par l'EDTA en présence d'un indicateur coloré.
- Dosage spectrophotométrique des ions nitrate par formation d'un complexe avec l'acide 2,4-phénoldisulfonique

Puisqu'il s'agit d'ions, on peut envisager les titrer par conductimétrie par réaction avec l'EDTA pour les ions métalliques et par réaction avec un acide fort (HCl) pour le second. Cependant, il faudrait tester les manipulations.

Proposition de bibliographie supplémentaire :

Le site Chimactiv propose d'autres manières de doser les espèces présentes dans l'eau et des éléments culturels en plus : <https://chimactiv.agroparistech.fr/fr>.

Vous pouvez utiliser un livre de niveau supérieur (ici PCSI) pour vous préparer aux questions.

Je vous conseille enfin de prendre un livre de niveau inférieur (ici 1^{re} ST2S) pour bien cibler les prérequis et ne pas passer trop de temps sur ce qui a déjà été vu.