

TITRAGES

7 avril 2025

Grégory Setnikar Valentin Mouet

Correctrice : Anne-Laure Bacchetta

Niveau : 1ère Spécialité PC

EI : Réaliser un titrage colorimétrique

Prérequis

- Notions de quantité de matière et de concentration en quantité de matière
- Notion de nombre stœchiométrique
- Savoir lire et écrire une équation bilan
- Notion de dosage spectrophotométrique*
- Dilution
- Prélèvement d'une solution à l'aide de la verrerie adaptée

Expériences

- ☞ Titrage colorimétrique de l'iode dans la bétadine (Cachau-Herreillat)

Bibliographie

- ✍ *Des expériences de la famille Réd-Ox : réussir, exploiter et commenter 55 manipulations de chimie : fiches pratique, Cachau-Herreillat*
- ✍ *Physique-Chimie 1re Spécialité, Collectif Lelivrescolaire*

Plan de la présentation

1 Quantifier l'évolution d'un système

1.1 Avancement

1.2 Vocabulaire

2 Titrage direct

2.1 Définition et repérage

2.2 Exploitation de l'expérience

Mes notes

- tableau
- Bédou.

Intro : - Rappel dosage (slide)

- Mais pourquoi on s'intéresse autant au dosage? (slide)

Objectif : déterminer (autrement) la quantité de matière (ou concentration en quantité de matière) d'une espèce chimique en solution.

Idee : faire réagir un réactif connu parfaitement en quantité contrôlée avec la solution ^{de gdm} inconnue.

Présenter brièvement le montage, et la réaction support

↳ Contexte vérifier que la bitadine n'est pas périmée.

I① Equation bilan : $I_2(aq) + 2 S_2O_3^{2-}(aq) = 2I^-(aq) + S_4O_6^{2-}(aq)$

↳ on va s'intéresser à comment évolue la solution ^{inconnue} en fonction de la quantité de solution connue versée.

⇒ Def : Avancement : grandeur correspondant à la quantité de matière consommée pour un réactif, permettant ainsi de suivre l'évolution de la réaction notée x (en mol) (produite pour un produit).

Pour revenir sur Pour cela on dresse un tableau d'avancement.

Tableau d'avancement :

Etat	Avancement	$I_2(aq) + 2 S_2O_3^{2-}(aq) = 2I^-(aq) + S_4O_6^{2-}(aq)$			
Initial	0	$n_0(I_2)$	$n_0(S_2O_3^{2-})$	0	0
Intermédiaire	x	$n_0(I_2) - x$	$n_0(S_2O_3^{2-}) - 2x$	$2x$	x
Final	x_{final}	$n_0(I_2) - x_f$	$n_0(S_2O_3^{2-}) - 2x_f$	$2x_f$	x_f

⚠ aux coefficients stoechiométriques!

De manière générale : slide.

Définition : Lorsque les réactifs s'épuisent tous en même temps, on dit qu'ils ont été introduit (ou qu'ils ont réagi) dans les proportions stoechiométriques.

Ex : $\frac{n_0(I_2)}{1} = \frac{n_0(S_2O_3^{2-})}{2} \rightarrow$ général slide.

Définition: Avancement maximal, lorsque l'un des réactifs disparaît la réaction s'arrête.

Point vocabulaire:

- Le réactif qui disparaît en premier est dit limitant
- Si $x_f = x_{max}$ la réaction est dite totale sinon limitée ou équilibrée.

oral? (Exemple: Si doit chauffer pour que la réaction se passe et qu'on coupe le chauffage.)

→ Retour sur notre exemple, avec ces notations on voit que si la réaction est totale on aura accès à I_2 !

II Titrage

① Définition: Technique destructive d'analyse ~~l'espèce chimique en solution~~ permettant de déterminer la quantité de matière en une espèce chimique en solution.

Point vocabulaire:

- On parle de titrage direct si une seule réaction chimique est en jeu et l'équation bilan de cette dernière est appelée réaction support du titrage.
- On parle d'équivalence, les quantités de matière des réactifs (sont introduites dans les proportions stoechiométriques).
- Titrant = analyseur, connu. / Titree: à analyser, ^{général} inconnue.

Prérequis: slide.

→ Repérage: slide → Avantage / Inconvénient: slide.

② Retour sur l'expérience: schéma ou tableau.

Solution titrante: Thiosulfate $S_2O_3^{2-}$: $C_{S_2O_3^{2-}} = 3.36 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1}$ $V_{S_2O_3^{2-}}$

Quantité de matière introduite = $n_{S_2O_3^{2-}} = C_{S_2O_3^{2-}} \cdot V_{S_2O_3^{2-}}$

Solution titrée: I_2 : $n_{I_2} = C_{I_2} \cdot V_{I_2}$ $V_{I_2} = 20 \text{ mL}$

→ Titration: à l'équivalence proportions stoechiométriques: $C_{S_2O_3^{2-}} = \frac{C_{I_2} V_{I_2}}{2 V_{S_2O_3^{2-}}}$
 $\frac{C_{S_2O_3^{2-}} V_{S_2O_3^{2-}}}{2} = C_{I_2} V_{I_2}$

$C_{S_2O_3^{2-}} = 3.324 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot L^{-1}$ diluée $\times 40 \rightarrow C_{I_2} = 40 C_{S_2O_3^{2-}} = \underline{0.037 \text{ mol} \cdot L^{-1}}$

Questions/Commentaires

Question :

- Vous avez dit que le dosage par étalonnage donne une quantité de matière ? Ca donne une concentration. Idem pour l'expérience en live.
- En solution on a du diiode ? Qu'est ce qui donne la couleur marron ? Les ions iodure. **Non, c'est ce qui est formé. Non, le diiode est peu soluble dans l'eau. Pourquoi ? C'est une question d'électronégativité. Non, c'est lié au fait que la molécule est apolaire.** Du coup dans l'eau c'est pas vraiment I₂, c'est I₃⁻ (triiodure, espèce qui est marron foncé). **On a le droit d'utiliser I₂ dans les réactions mais ce n'est pas vraiment l'espèce présente.**
- Ca traduit quoi le tableau d'avancement ? La conservation de la matière.
- On a une espèce qui permet de mieux voir la couleur. C'est quoi l'empois d'amidon ? Aucune idée... **L'empois d'amidon est un gel donc ici c'est un composé à base d'amidon. L'empois d'amidon ça s'hydrolyse dans l'eau.**
- Est-ce qu'on peut envisager un titrage autrement pour cette réaction ? Pas dans le cadre du programme de première mais on pourrait faire un titrage potentiométrique ou conductimétrique. **Avec quelles électrodes et qu'est-ce qu'on attend comme courbe ?** L'électrode de platine de mesure et électrode de référence platine. On mesure la ddp entre les deux. L'allure de la courbe c'est comme le pH. **Lequel est l'oxydant ou le réducteur ? Comment se positionnent les potentiels standards ?** Pas facile. On aurait une courbe qui descendrait.
- A l'équivalence de ce dosage, quelle est la relation pour déterminer les concentrations ?
- Vous avez dilué la solution de bétadine de quel facteur ? Autour de 40, pour avoir une équivalence pas trop petite. **Est-ce que c'est pour une raison pédagogique ?** Aussi une question de précision, pour se laisser le temps de voir le changement de couleur. **Qu'est-ce qu'il y a comme incertitude sur le volume équivalent ?** Pour un titrage colorimétrique, on relève un volume on ajoute un peu pour voir si on est vraiment sûr qu'on est à l'équivalence. **Quantitativement ? Tu t'énerves ... Idéalement, c'est à combien près ?** A une goutte près c'est 0,05 mL. On a aussi l'incertitude sur la verrerie. 0,05mL **C'est l'erreur maximale tolérée indiquée par le fabricant. Pas tout à fait pareil.** On prend l'incertitude la plus grande ou on utilise une formule de propagation des incertitudes. **C'est pas une formule de propagation, c'est une formule de combinaison.**
- Est-ce qu'il y a une façon de tenir la pipette à un trait ? Il faut qu'elle soit verticale avec un point de contact avec le bécher.
- Comment diminuer l'incertitude ? Etude de type A pour diminuer l'incertitude, chaque groupe fait un titrage.
- Valeurs de la république : comment utiliser les TP de chimie pour motiver des élèves qui ne seraient pas motivés par la chimie ? Quelle valeur ça concerne ? **L'implication des élèves et le fait qu'ils se sentent mieux en chimie.** Prendre des exemples de la vie quotidienne. **C'était très bien fait au départ mais il faudrait leur dire que c'est les concentrations qui sont indiquées le sont souvent en concentration massique. Très bon choix de la bétadine pour ça. Faire des choses avec des couleurs. Jouer sur le côté ludique. Tu te (re) énerve : c'est pas une valeur de la République. Si... C'est de la cuisine la chimie. Faire faire la vaisselle à la fin, respect des gens qui travaillent, de l'environnement, les petites fleurs dans la prairie.**

Commentaires :

- début très bien, très didactique mais côté fil rouge super
- faire la manipe tout de suite, faire un premier temps purement qualitatif et traiter au cours de la leçon.
- Puis ça a tourné en rond, montrer la décoloration avant le titrage

- Tb de pas faire un titrage avec des coefficients stoechiométriques de 1/1 (ex : le cérium)
- on cherche plutôt une concentration et pas une quantité
- faire un schéma illustré pour illustré ce qui est titré et titrant et pas l'écrire en toute phrase au tableau. Indiquer les espèces dans la burette et dans le bécher. Ca permet de poser les notations.
- Bien insister sur le fait que le nombre de moles c'est la concentration fois le volume.
- Sur un titrage, c'est sûr qu'on va vous poser des questions d'incertitudes ! En profiter pour faire des incertitudes de type A en TP.
- Attention, c'est pas parce qu'il n'y a pas de potentiométrie dans la leçon qu'il n'y en a pas dans les questions...
- Sur la bétadine, dire clairement que la solution a été diluée et préciser qu'on va devoir multiplier la concentration à la fin.
- Les volumes équivalents sont à 10mL parce que l'incertitude absolue est fixée donc on veut une incertitude relative faible.
- Dans la définition de l'avancement, bien insister sur le fait que si on connaît l'avancement on connaît tout, ça donne la totalité des informations sur le système car les concentrations des espèces sont liées les unes aux autres.
- Dire qu'on a quatre issues possibles pour l'état final.
- Signe égal pas adapté pour une réaction de titrage en première, mettre une vraie flèche car c'est une réaction totale.
- Nombre stoechiométriques ou coefficients stoechiométriques
- On peut faire une approche plus simple de la stoechiométrie : nombre de pattes et de têtes des moutons. Pas forcément à faire dans une leçon d'agreg.
- Autres titrages possibles ? Permanganate avec Fe^{2+} plus joli niveau couleur mais difficulté supplémentaire avec de l'eau dans l'équation du titrage.
- Pourquoi on le met pas dès le début l'amidon ? L'iode peut rester coincé à l'intérieur on risque de libérer l'iode avec un peu de retard. Pas nécessairement bleu.
-

Diapos

LC 6: Titrages (1^{ère} Spécialité PC)

Élément imposé: Réaliser un titrage direct colorimétrique

Contexte pédagogique

C) Détermination d'une quantité de matière grâce à une transformation chimique

Titration avec suivi colorimétrique.
Réaction d'oxydo-réduction
support du titrage ; changement
de réactif limitant au cours du
titrage.
Définition et repérage de
l'équivalence.

Relier qualitativement l'évolution des quantités de matière
de réactifs et de produits à l'état final au volume de
solution titrante ajoutée.
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.
Expliquer ou prévoir le changement de couleur observé à
l'équivalence d'un titrage mettant en jeu une espèce
colorée.
*Réaliser un titrage direct avec repérage colorimétrique de
l'équivalence pour déterminer la quantité de matière d'une
espèce dans un échantillon.*

Contexte pédagogique

Constitution et transformations de la matière

1. Suivi de l'évolution d'un système, siège d'une transformation

Cette partie poursuit l'étude de la modélisation macroscopique de la transformation chimique d'un système.

Les notions de masse molaire, volume molaire et concentration en quantité de matière (en mol.L^{-1}) sont introduites pour déterminer la composition d'un système chimique. Pour décrire l'évolution d'un système, siège d'une transformation chimique, des bilans de matière complets sont effectués en s'appuyant sur la notion d'avancement (en mol). La notion de transformation totale et non totale est introduite en comparant la valeur de l'avancement final à celle de l'avancement maximal, sans référence à la notion d'équilibre chimique.

Les réactions d'oxydo-réduction, modélisant les transformations impliquant un transfert d'électron(s) entre espèces chimiques, sont introduites puis réinvesties pour suivre l'évolution d'un système. Certaines de ces réactions font intervenir des réactifs ou des produits colorés et permettent d'appréhender plus aisément l'évolution d'un système au cours d'un titrage et de repérer l'équivalence.

Pour rendre plus concrète l'introduction de l'ensemble des nouveaux concepts, des exemples dans des domaines variés seront proposés pour les transformations et les titrages : combustion, corrosion, détartrage, contrôle qualité, analyse de produits d'usages courants, surveillance environnementale, analyses biologiques, etc.

Prérequis pour cette leçon

- Notions de quantité de matière et de concentration en quantité de matière
- Notion de nombre stœchiométrique
- Savoir lire et écrire une équation bilan
- Notion de dosage spectrophotométrique*
- Dilution
- Prélèvement d'une solution à l'aide de la verrerie adaptée

*Savoir non mobilisé directement dans la leçon, mais nécessaire pour le contexte pédagogique et scientifique

Difficultés pour les élèves

- Notions de quantité de matière et de concentration en quantité de matière
- Notion de nombre stœchiométrique et lien avec la notion d'avancement
- Différences avancements final et maximal
- Beaucoup de définitions et de vocabulaire

Rappel: Dosage spectrophotométrique

Dosage : permet de déterminer la quantité de matière (ou la concentration en quantité de matière) d'une espèce chimique en solution.

Avantages

- Méthode non destructive

Inconvénients

- Dépend de la concentration (limite de validité de la loi de Beer-Lambert)
- Dépend de la présence de bande d'absorption claire (ex: échantillons incolore)
- Dépend de l'absorption (ex: échantillons trop sombre)

Pourquoi les dosages ?



Fig. 1 Une prise de sang.



Fig. 3 Fontaine publique.



Source: Manuel Physique-Chimie T^h S Programme 2012 - Collection E.S.P.A.C.E Lycée - Bordas

Tableau d'avancement

	Avancement	3 A	+	1 B	→	1 C	+	2 D
État initial	0	$n_0(A)$		$n_0(B)$		0		0
État intermédiaire	x	$n_0(A) - 3x$		$n_0(B) - x$		x		$2x$
État final	x_{\max}	$n_0(A) - 3x_{\max}$		$n_0(B) - x_{\max}$		x_{\max}		$2x_{\max}$

Tableau d'avancement

	Avancement	3 A	+ 1 B	→	1 C	+ 2 D
État initial	0	$n_0(A)$	$n_0(B)$		0	0
État intermédiaire	x	$n_0(A) - 3x$	$n_0(B) - x$		x	$2x$
État final	x_{\max}	$n_0(A) - 3x_{\max}$	$n_0(B) - x_{\max}$		x_{\max}	$2x_{\max}$

→ conditions stœchiométriques

$$\rightarrow \frac{n_0(A)}{a} = \frac{n_0(B)}{b}$$

Prérequis pour un titrage direct

- Réaction totale
- Réaction rapide (sous entendu on peut « voir* » le point d'équivalence)
- Réaction unique

*On parle de repérage de l'équivalence.

Pour ce cours: repérage par changement de couleur, titrage colorimétrique !

Titrage colorimétrique

Avantages

- Permet de déterminer la concentration en quantité de matière d'une espèce chimique en solution
- Rapide (pas besoin d'échelle d'étalonnage au préalable)

Inconvénients

- Méthode destructive
- Suivi à l'œil nu parfois délicat, et souvent imprécis
- Nécessite la présence d'espèce colorées

À retenir

- Notion d'avancement et tableau d'avancement
- Proportions stœchiométrique
- Conditions de titrage et notion d'équivalence
- Vocabulaire spécifique

Retours

Agrégation de physique : fiche de correction des LC 2024-2025

Nom : Grégory Setnikar
 Correcteur.trice : Anne-Laine Bacchetta
 Numéro et titre de la LC : Lc 6 Titrage (1^{er}G)

(*la section Commentaires n'est pas obligatoirement à remplir)

Structure de la leçon (juge la forme)	++/+/--	Commentaires*
Gestion du temps (durée visée 40 min)	--	perte de temps
Qualité de l'introduction didactique (3 min max)	++	+ . bien caché
Qualité de l'introduction/conclusion ? (présentes, de qualité ?)	+/-	mho : OK ccl : badée
Le plan de la leçon apparaît-il clairement ? (la structure de la leçon apparaît-elle?)	+	
Gestion du tableau (écriture, orthographe, présentation)	+/-	bien au début + confus ensuite
Diversité des supports de communication		Manque schéma
Attitude (communication verbale, dynamisme, interaction avec les correcteur.trice.s ...)	+/-	présentation dynamique puis on s'est perdu en répétition

Cohérence de la leçon (juge le fond)	++/+/--	Commentaires
Est-elle dans le sujet ?	++	difficile de faire en dehors ...
Son contenu est-il suffisant ?	-	
Le vocabulaire utilisé est-il correct ?	+/-	bien distinguer quantité / concentration
Son articulation est-elle bonne ?	-	Manipulation à l'aveugle au début

Est-elle contextualisée ?	+	
Pertinence des choix didactiques ? (choix des exemples, des calculs à faire ou non)	+/-	exemple = OK Calcul : pas le temps ---

Approche expérimentale	++/+/--	Commentaires
Choix de l'expérience	+	A monter <u>qualitativement</u> avant <u>puis</u> titrage
Lien entre l'expérience et l'élément imposé	+	
Durée de l'approche expérimentale	-	début à $t = 34'$ \Rightarrow très insuffisant
Réalisation de mesures en direct (gestes exp corrects, sécurité respectée)	-	
Analyse et traitement des résultats	-	aucun
Discussion des sources d'erreur et des incertitudes	-	aucune

Questions	++/+/--	Commentaires
Réponses aux questions pédagogiques et didactiques	+/-	
Réponses aux questions scientifiques	+/-	Des lacunes en redox
Discussion Valeurs de la République inclusion et motivation : rôle des TP	+	

Avis général : Bonne approche mais la leçon s'est vite enlisée et l'expérience est arrivée trop tard, aucune exploitation quantitative.

Conseil : montrer l'évolution des couleurs en rapport avec la réaction puis appliquer à un titrage (à mener au bout...)