

Transformations de la matière

TP

TP 23 : Dosage du sérum physiologique

Matériel (par groupe) :

- béchers de 100 mL et de 50 mL, éprouvette graduée de 25 mL, pipette jaugée de 5 mL, burette graduée de 25 mL,
- sérum physiologique normalement à 9 g/L en NaCl (environ 15 mL par groupe),
- solution de nitrate d'argent ($\text{Ag}_{(\text{aq})}^+ + \text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$, $c_B = 0,05 \text{ mol/L}$, environ 60 mL par groupe),
- agitateur magnétique, lunettes.

Pour toute la classe : (dichloro)fluorescéine (quelques mL), et de quoi la verser au goutte à goutte (pipette jetable ou flacon adapté).

On donne également les masses molaires $M(\text{Na}) = 23,0 \text{ g/mol}$, et $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g/mol}$.

Introduction

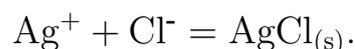
Le sérum physiologique est une solution aqueuse de NaCl, qui donc contient des ions Na^+ et Cl^- , avec une valeur standardisée de concentration massique en NaCl : $\tau = 9,0 \text{ g/L}$. Cette concentration est proche de la concentration en ions du plasma sanguin ou des cellules du corps humain, ce qui est nécessaire pour les perfusions car il est dangereux d'injecter un liquide de concentration différente dans le sang (phénomène d'osmose qui peut détruire les membranes des cellules).

Dans ce TP nous allons effectuer un titrage d'une solution de sérum physiologique, afin d'en contrôler la concentration.



I Théorie

- Ce sont les ions Cl^- du sérum physiologique que nous allons titrer.
- La burette va contenir des ions Ag^+ , qui une fois versés dans le sérum vont réagir avec Cl^- pour former un précipité de couleur **blanche** :



Le pKs de AgCl est $\text{pKs} = 9,8$, donc la constante d'équilibre de la réaction ci-dessus est $K^\circ = 10^{9,8} \gg 1$, ce qui en fait une réaction quasi-totale et donc un bon support de titrage.

- L'équivalence est atteinte lorsque tous les ions Cl^- du sérum physiologique ont été consommés par la réaction ci-dessus. Alors la formation du précipité cesse.
→ Mais il faut trouver un moyen de repérer le moment où a lieu cette équivalence.

► On utilise pour cela la “méthode de Fajans”.

Le précipité $\text{AgCl}_{(s)}$ adsorbe¹ facilement les ions qui le constituent s'ils sont présents en solution : donc soit les ions Cl^- , soit les ions Ag^+ .

- Avant l'équivalence, ce sont les ions Cl^- qui sont en excès dans la solution. Donc le précipité $\text{AgCl}_{(s)}$ les adsorbe, et il se forme à sa surface une couche chargée négativement.
- Après l'équivalence, ce sont les ions Ag^+ qui sont en excès dans la solution. Donc le précipité $\text{AgCl}_{(s)}$ les adsorbe, et il se forme à sa surface une couche chargée positivement.

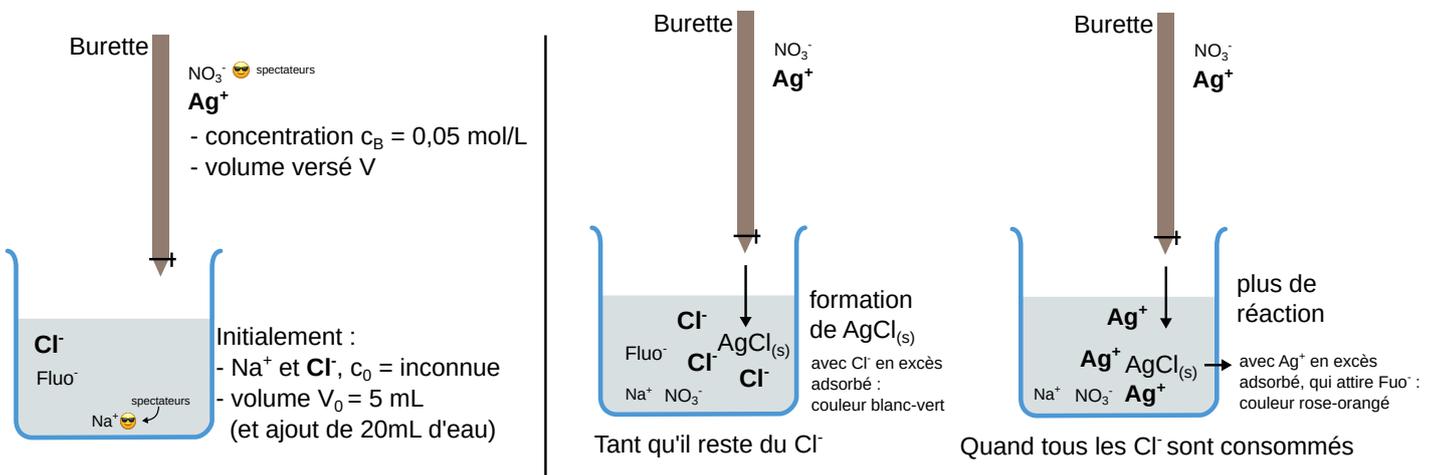
→ On exploite ceci en introduisant dès le départ quelques gouttes de fluorescéine dans la solution à titrer.

La fluorescéine est présente sous forme d'ions négatifs, que l'on peut noter Fluo^- . Dans l'eau, ces ions donnent une couleur vert-fluo à la solution.

- Avant l'équivalence, les ions Fluo^- sont repoussés par la couche négative de Cl^- à la surface de $\text{AgCl}_{(s)}$. Ils restent donc en solution, qui donc est de teinte vert-fluo (en plus du précipité blanc de AgCl qui se forme).
- Après l'équivalence, les ions Fluo^- sont attirés par la couche positive de Ag^+ à la surface de $\text{AgCl}_{(s)}$. Ils s'adsorbent alors eux aussi sur le précipité, ce qui lui donne une teinte rose-orangé.

⇒ Bilan : on repère l'équivalence comme le moment où le précipité change de teinte, passant de blanc-vert à rose-orangé.

En schéma :



1. Adsorption : fixation d'une espèce chimique à la surface d'un solide.

II Étude expérimentale

Attention : on portera des lunettes. De plus, la fluorescéine tache. Attention aux vêtements.

Protocole :

- ▶ Prélever précisément 5 mL de la solution de sérum physiologique à titrer. Les verser dans un bécher de 100 mL.

Compléter avec de l'eau distillée jusqu'à 25 mL environ.

Y ajouter également trois gouttes de fluorescéine.

Mettre l'agitateur magnétique à un bon rythme.

- ▶ Remplir la burette avec la solution de nitrate d'argent ($\text{Ag}_{(\text{aq})}^+ + \text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$).
- ▶ Réaliser une première fois le titrage en repérant approximativement le volume équivalent (changement de couleur de la solution).
- ▶ Réaliser une seconde fois le titrage, cette fois en étant davantage précis sur le volume équivalent (même s'il y aura toujours une incertitude liée au moment de changement de couleur).

Pour ce second titrage, mettre l'agitateur magnétique assez fort (sans exagérer...) afin d'empêcher le solide de s'agglomérer. Et vous pouvez verser assez vite au début puisque vous savez approximativement où est l'équivalence.

(Ne videz pas la burette entre les deux titrages, mais re-remplissez là, afin d'économiser du produit.)

1 – Réaliser le protocole ci-dessus.

2 – **Exploiter vos mesures** pour en déduire la concentration en ions Cl^- du sérum physiologique.

Accompagner votre résultat d'une incertitude-type, en considérant que c'est l'incertitude sur le volume équivalent qui domine (le moment du changement de couleur n'est pas évident à décider) (cf TP précédent).

3 – En déduire la concentration massique en NaCl du sérum physiologique.

Accompagner votre résultat d'une incertitude-type, et conclure quant à la qualité de la solution (accord avec les 9 g/L réglementaires ? calculer le z-score $z = |c_{\text{réf}} - c_{\text{exp}}|/u(c_{\text{exp}}$, cf poster incertitudes).

III Précisions théoriques

On analyse maintenant divers aspects du titrage pour bien le comprendre.

4 – Pourquoi a-t-il fallu prélever précisément le volume V_0 , et pourquoi la quantité d'eau distillée ajoutée dans le bécher n'a pas d'importance ?

5 – On souhaite s'assurer que le précipité $\text{AgCl}_{(s)}$ se forme dès qu'on verse la première goutte de Ag^+ depuis la burette (c'est nécessaire pour la précision du titrage : tout le Ag^+ versé doit réagir avec Cl^-).

a/ Calculer pour cela la concentration limite en ions Ag^+ à partir de laquelle le précipité se forme, sachant que la concentration en ions Cl^- du sérum commercial est environ de $0,16 \text{ mol/L}$. On utilisera la valeur de $K_s = 10^{-9,8}$.

b/ Comparer à la concentration en ions Ag^+ atteinte dans le bécher lorsqu'on verse la première goutte depuis la burette (avant toute réaction) (le volume d'une goutte est d'environ $0,05 \text{ mL}$).