- 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 chimique.

Chapitre 7
Dosages colorimétriques

I. Rappels

Une solution est un mélange liquide homogène de deux ou plusieurs substances. La substance majoritaire est appelée solvant, les autres substances étant les solutés.

La quantité de matière n d'un soluté de concentration C dans une solution de volume V est donnée par la relation : $n = C \times V$

Exercice 1 :

On dissout une masse m = 10,0 g de chlorure de fer III dans de l'eau distillée afin d'obtenir un volume V = 250,0 mL d'une solution de chlorure de fer (Fe^{3+} + 3 Cl^-)

1. Quel nom donne-t-on à une telle opération ?
2. Décrire les manipulations à effectuer en précisant le matériel utilisé.
3. Déterminer la concentration en masse C_m de cette solution.
4. Déterminer la valeur de la concentration molaire en soluté apporté et en déduire les concentrations effectives [Fe^{3+}] et [Cl^-].

Donnée : M_{FeCl3} = 107,9 g.mol^{-1}.

La concentration en soluté apporté notée C est la concentration qu'aurait en théorie un soluté ionique si ses ions ne s'étaient pas dissociés au contact de l'eau. Elle est utile pour calculer la concentration des ions initialement présents dans le soluté.

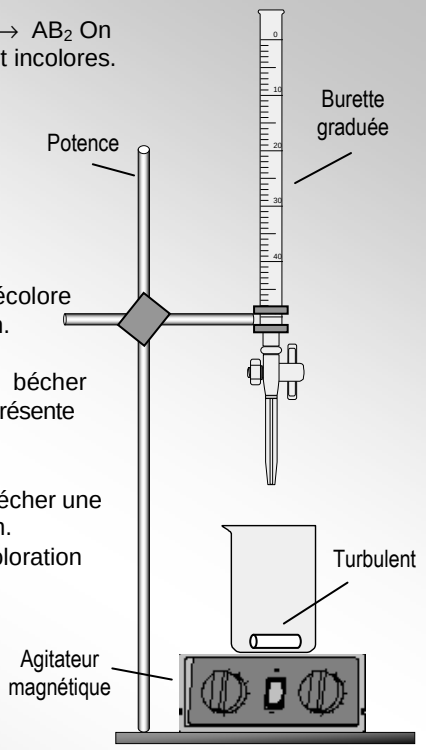
II. Principe d'un titrage

Un titrage, ou dosage, consiste à déterminer la concentration en quantité de matière C ou la concentration massique t d'un soluté

Exercice 2 :

Soient A et B deux espèces chimiques pouvant réagir selon l'équation bilan : $A + 2\,B \rightarrow AB_2$ On précise que l'espèce B est jaune en solution aqueuse alors que les espèces A et AB_2 sont incolores.

On place dans un bécher un volume V_A = 100 mL d'une solution aqueuse S_A contenant une quantité inconnue n_A de l'espèce chimique A.
On place ensuite au-dessus du bécher une burette graduée contenant une solution S_B jaune de concentration C_B = 0,20 mol/L en espèce B.
Pour finir, on allume l'agitateur magnétique pour faire tourner le barreau aimanté.



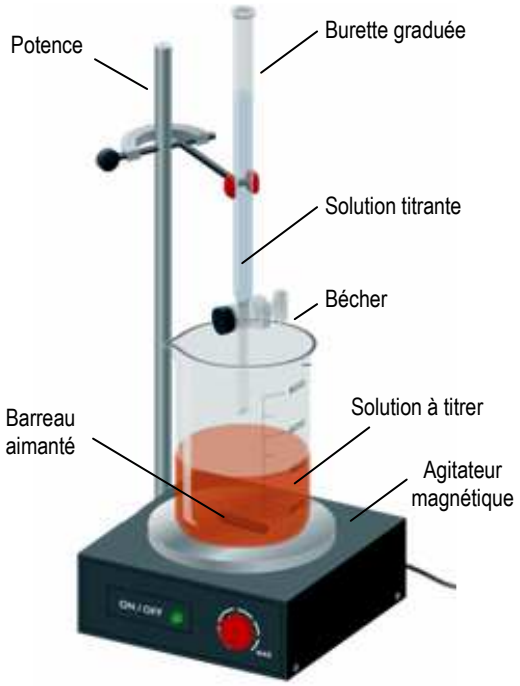
1. Quel est le rôle du barreau aimanté (ou turbulent) ?
2. On verse 1,0 mL de la solution S_B dans la solution S_A. Le volume introduit se décolore instantanément en se mélangeant à la solution S_A. Expliquer cette observation.
3. Combien de molécules de B faut-il pour consommer une molécule de A ?
4. En déduire une relation mathématique entre la quantité n_B à introduire dans le bécher avec la burette pour faire réagir intégralement la quantité n_A initialement présente dans le bécher.
5. Après avoir versé 5,0 mL de S_B, le contenu du bécher reste toujours incolore. Mais si l'on rajoute alors une goutte supplémentaire de S_B, on observe dans le bécher une légère coloration jaune persistante malgré l'agitation. Expliquer cette observation.
6. Déterminer la quantité n_B introduite dans le bécher pour observer cette coloration persistante.
7. En déduire la quantité n_A initialement présente dans le bécher.
8. Déterminer alors la concentration en espèce A de la solution S_A.
9. Pourquoi peut-on qualifier ce type de titrage de colorimétrique ?

Le dosage par titrage (ou plus simplement un titrage) est une technique de dosage mettant en jeu une réaction chimique appelée réaction support du dosage.

Cette réaction chimique doit être impérativement :
- rapide
- totale
- unique

Un titrage nécessite donc :

- Une solution à titrer qui contient le réactif dont on veut déterminer la concentration.
- Une solution titrante qui contient le réactif dont on connaît précisément la concentration.



L'équivalence d'un dosage :

Lors d'un dosage par titrage, on cherche à déterminer l'équivalence, c'est-à-dire la valeur du volume minimal de solution titrante à verser pour que l'espèce à titrer soit entièrement consommée.

> A l'équivalence d'un dosage :
>
> les deux réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques
>
> ou
>
> il y a changement du réactif limitant

Pour un dosage colorimétrique, la détermination du moment de l'équivalence se fait grâce à un changement de couleur du milieu réactionnel.

Composition à l'équivalence

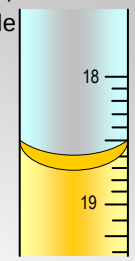
Soit A le réactif initialement présent dans le bécher à doser. On considère la réaction support du dosage suivante :

$$aA + bB \rightarrow cC + dD$$

A l'équivalence, la relation entre les quantités des deux réactifs est alors : $\boxed{\frac{n_A}{a} = \frac{n_B}{b}}$

Exercice 3 :

On cherche à vérifier la concentration d'un produit phytosanitaire à base de sulfate de fer II de formule Fe^{2+} + SO_4^{2-}. Pour ce faire, on réalise un dosage colorimétrique à l'aide d'une solution titrante de dichromate de potassium de formule : $2\ K^+ + Cr_2O_7^{2-}$.
On place précisément V = 20,0 mL de solution phytosanitaire dans un erlenmeyer. On y ajoute avec précaution quelques gouttes d'acide sulfurique concentré et un barreau aimanté.
Dans une burette propre et sèche, on place la solution titrante de dichromate de potassium de concentration $C_D = 2{,}00 \cdot 10^{-3}\ mol/L$.
Après avoir placé le bécher sur l'agitateur magnétique on procède au dosage. A l'équivalence, l'aspect de la burette, graduée en mL, est donné ci-contre.



Données :
- Couples mis en jeu : $Cr_2O_7^{2-}$ / Cr^{3+} et Fe^{3+} / Fe^{2+}
- L'ion $Cr_2O_7^{2-}$ est orange en solution aqueuse. Les colorations des autres entités présentes sont négligeables.
- M_{Fe} = 55,8 $g \cdot mol^{-1}$; M_S = 32,1 $g \cdot mol^{-1}$

1. Comment fait-on pour repérer le moment de l'équivalence lors de ce dosage ?
2. Déterminer l'équation de la réaction support de ce dosage.
3. Définir l'égalité au moment de l'équivalente entre la quantité n_D de dichromate versée et la quantité n d'ions ferreux Fe^{2+} présente au début du dosage.
4. A l'aide de l'aspect de la burette, déterminer le volume V_D de dichromate versé à l'équivalence.
5. En déduire la concentration en fer du produit phytosanitaire dosé.
6. Déterminer la masse de sulfate de fer à dissoudre pour fabriquer un litre de ce produit phytosanitaire.

Exercice 4 :

On désire doser une solution de permanganate de potassium $K^+ + MnO_4^-$ de couleur violette avec de l'acide oxalique $H_2C_2O_4$.
La réaction support du dosage s'écrit : $2\ MnO_4^- + 5\ H_2C_2O_4 + 6\ H^+ \rightarrow 2\ Mn^{2+} + 10\ CO_2 + 8\ H_2O$

1. Définir le changement de couleur qui permet de repérer l'équivalence de ce dosage.
2. Quel phénomène visible a lieu avant l'équivalence et cesse après l'équivalence même si l'on rajoute encore de l'acide ?
3. La réaction étant légèrement exothermique, la température moyenne du gaz carbonique produit au cours de ce dosage est de 48°C. Déterminer la masse de CO_2 produit si le volume de gaz dégagé est de 2,7 L.
4. Quel est la quantité de permanganate qui a réagi ?