

Chimie Minérale



*Université Abou Bekr
Belkaid*

Dr. Yasmine BENMANSOUR

Université Abou Bekr Belkaid
Tlemcen

Faculté des Sciences

Département de Chimie

E-mail : *yasmine.
benmansour13@gmail.com*

1.0

Janvier 2024

Table des matières

Objectifs	4
Introduction	5
I - Exercice : Le terme "solution"	7
II - Exercice : Dans un laboratoire de chimie :	8
III - Références bibliographiques	9
IV - TP 2 : Tests de reconnaissances de quelques ions (cations et anions)	10
1. Objectifs visés au TP2 :	10
2. Définition	10
2.1. Autre formulation	10
3. Neutralité électrique de la matière	11
4. Structure électronique des ions monoatomiques	11
5. Le principe des tests de reconnaissance d'ions	11
5.1. Réalisation pratique d'un test de précipitation	12
5.2. Quelques inconvénients des tests de précipitation	12
5.3. Les principaux tests de reconnaissance d'ions	13
5.4. Exercice : Savoir le bon réactif de reconnaissance	15
6. Fiche de TP2	15
6.1. Manipulation	16
6.2. Corrigé du compte rendu du TP2	17
V - Exercice : Analyse qualitative	19
VI - Exercice : Avez-vous assimiler ?	20
Solutions des exercices	21
Glossaire	23
Abréviations	24
Références	25
Bibliographie	26

Objectifs

A l'issu de ce cours l'étudiant sera capable de :

- Définir le concept d'une analyse qualitative
- Identifier les composés chimiques
- Nommer les différents éléments étudiés
- Exercer un contrôle de qualité
- Utiliser l'analyse par spectroscopie UV-Visible

Introduction

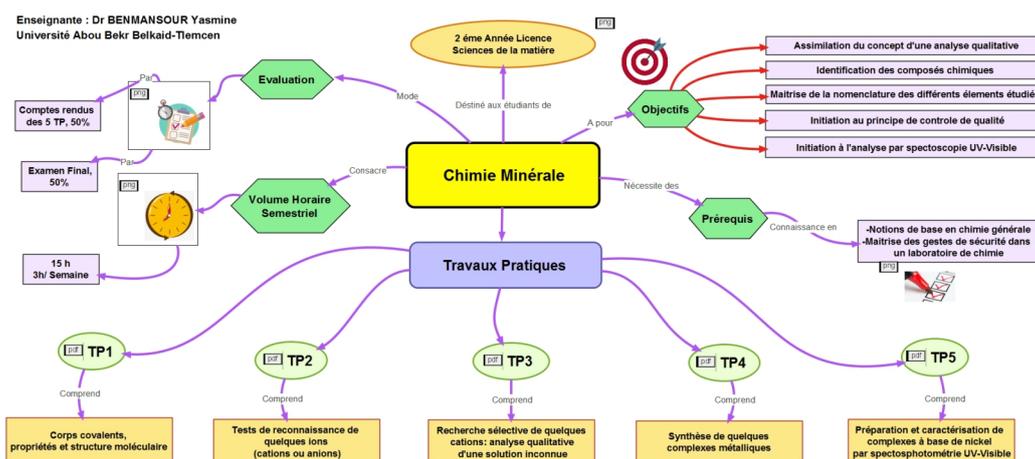
La **chimie minérale** est une branche de la chimie qui étudie les composés chimiques présents dans le règne minéral (les minéraux).

Les minéraux sont des substances inorganiques solides qui se trouvent naturellement dans la croûte terrestre. Ils peuvent être composés d'un seul élément chimique, appelés minéraux natifs, tels que l'or, l'argent ou le cuivre, ou être des composés chimiques complexes contenant plusieurs éléments.

La chimie minérale explore les propriétés physiques et chimiques des minéraux, ainsi que les processus de formation, d'identification et de classification des minéraux. Elle étudie également les réactions chimiques qui impliquent les minéraux, notamment leur dissolution, leur cristallisation et leur transformation sous l'influence de divers facteurs environnementaux.

En résumé, la **chimie minérale** est une discipline qui explore les propriétés, les réactions et les utilisations des minéraux. Elle joue un **rôle essentiel** dans notre compréhension des matériaux naturels et dans le développement de nouvelles applications dans de nombreux domaines.

La **carte conceptuelle** du cours est la suivante :



Carte conceptuelle représentant les travaux pratiques de "chimie minérale"

Les prérequis nécessaires :

Ce cours (TP) est destiné aux étudiants de la deuxième année Licence "Sciences de la matière". Il est réalisé dans un laboratoire de chimie, pour cela les étudiants doivent avoir acquis :

- Des notions de base en chimie générale,

- La maîtrise des gestes de sécurité dans un laboratoire de chimie.

I Exercice : Le terme "solution"

[solution n°1 p.21]

De quoi est composé une solution ?

II Exercice : Dans un laboratoire de chimie :

[solution n°2 p.21]

Après manipulation, jeter les produits chimiques dans l'évier

Porter des gants/lunettes de protection

Manger et boire

Inhaler un produit chimique inconnu

Manipuler les produits chimiques avec précaution

Pipeter un liquide avec la bouche

Attacher les cheveux

Porter une blouse en coton avec manches longues

A faire !	A ne pas faire !

III Références bibliographiques

- Chimie générale - 3e édition, Exercices et méthodes, DUNOD, août 2022
- Fiches pratiques de sécurité des produits chimiques au laboratoire, DUNOD, Juillet 2001
- Mini Manuel de Chimie générale - 3e édition, Chimie des Solutions, DUNOD, Janvier 2021

IV TP 2 :Tests de reconnaissances de quelques ions (cations et anions)

1. Objectifs visés au TP2 :

- Distinguer le cation de l'anion
- Définir une réaction de précipitation
- Nommer les réactifs de reconnaissance
- Interpréter les résultats trouvés dans la manipulation

2. Définition

Un ion est une espèce chimique *monoatomique ou polyatomique électriquement chargée*.*

Un ion se forme à partir d'une espèce chimique qui suite à un phénomène chimique (réaction) ou un phénomène physique (frottement mécanique, rayonnement) *perd ou gagne un ou plusieurs électrons*.

2.1. Autre formulation

- Un atome (ou groupe d'atomes) qui perd un ou plusieurs électrons devient une espèce chimiquement chargée appelée ion. La charge du noyau reste inchangée.
- Un ion *négatif* est un atome (ou groupe d'atome) qui a *gagné* un ou plusieurs électrons.
- Un ion *positif* est un atome (ou groupe d'atome) qui a *perdu* un ou plusieurs électrons.

L'électron est donc l'un des composants de l'atome au même titre que les neutrons et protons. C'est une particule élémentaire que l'on note « e » et dont la charge élémentaire est de signe négatif. Ils s'organisent autour du noyau de l'atome dans ce que l'on appelle un nuage électronique.

Les électrons et leurs propriétés ont aidé à la compréhension d'une multitude de phénomènes physiques, notamment en termes de conductivité.

On distingue deux sorte d'ions :

- Les ions positifs appelés cations qui se forment en perdant des électrons. Exemples: H^+ , Cu^{2+} , NH_4^+ ...

- Les ions négatifs appelés anions qui se forment en gagnant des électrons. Exemples: OH^- , S^{2-} , HCOO^- ...

3. Neutralité électrique de la matière

A l'échelle *macroscopique* (échelle humaine) la matière liquide ou solide est **toujours électriquement neutre** ce qui implique qu'une matière ionique est toujours composée de cations et d'anions qui composent leur charge électrique. Cette neutralité permet de prévoir la proportion des cations et des anions.

Exemple

- Du chlorure de sodium contient autant d'ions chlorure (Cl^-) que d'ions sodium (Na^+) car chacun ne porte qu'une seule charge.
- Du chlorure d'aluminium comporte trois fois plus d'ions chlorure (Cl^-) que d'ions aluminium (Al^{3+}) car il faut réunir trois ions chlorure pour compenser la charge portée par un ion aluminium.

4. Structure électronique des ions monoatomiques

Étant donné qu'un ion se forme en perdant ou en gagnant des électrons sa structure électronique est différente de celle de l'atome de départ, mais il est possible de la déduire de la formule de l'ion :

- La formule de l'ion indique comment il s'est formé. Par exemple **un exposant (2+) indique qu'il y a eu perte de deux électrons, un exposant (-) indique qu'il y a eu gain d'un électron.**
- Il faut reprendre la structure électronique de l'atome initiale et ajouter ou retirer les électrons gagnés ou perdus de la dernière couche.

Exemple : Structure électronique de l'ion Al^{3+}

La formule Al^{3+} indique que l'ion aluminium s'est formé en perdant 3 électrons.

La structure électronique* de l'atome d'aluminium de numéro atomique 13 est $(\text{K})2(\text{L})8(\text{M})3$.

Si l'on retire 3 électrons de la dernière couche alors la couche M qui comportait initialement 3 électrons devient vide et il n'est plus nécessaire de l'écrire.

La configuration électronique de l'atome d'aluminium devient donc $(\text{K})2(\text{L})8$.

5. Le principe des tests de reconnaissance d'ions

Les tests de reconnaissance d'ions sont en général construits sur la base de **réactions chimiques de "précipitation"**.

*

Les réactions de précipitation sont des réactions qui conduisent à la formation, en solution, de solides à consistance gélatineuse, de couleurs variables, facilement repérables et que l'on appelle **"précipités"**.

Lorsque l'on recherche un ion, il va falloir provoquer une précipitation à partir de cet ion, c'est à dire choisir avec soin un réactif contenant un ion qui formera un solide (= un précipité) de faible solubilité avec l'ion qui est recherché.

5.1. Réalisation pratique d'un test de précipitation

Dans la pratique, les différentes étapes à suivre sont les suivantes :

Étape 1 : il s'agit de commencer par prélever dans un tube à essai un échantillon (quelques millilitres suffisent) de la solution à analyser.

Étape 2 : puis on ajoute à cette solution à analyser quelques gouttes du réactif associé au test, et qui doit normalement réagir avec les ions recherchés.

Remarque : comme on le verra par la suite, ce réactif est souvent de la soude pour les tests de reconnaissance les plus simples.

Étape 3 : pour finir on observe le résultat et on vérifie qu'il se forme un précipité et que ce dernier possède bien la couleur prévue.

Si aucun changement n'est visible, deux solutions sont envisageables :

- Il est possible d'augmenter la quantité de réactif (ajouter quelques gouttes supplémentaires)
- Ou bien il faut peut-être attendre quelques instants car il arrive que la formation de certains précipités soit lente.

Voici une vidéo qui explique bien les tests de précipitation :

Cf. "Tests d'identification des ions"

5.2. Quelques inconvénients des tests de précipitation

La précipitation ne peut se faire que si la limite de solubilité du précipité est atteinte ce qui risque de n'être pas le cas si la solution analysée est très peu concentrée.

Ainsi, si aucun précipité ne se forme lors d'un test, on ne peut donc conclure formellement à l'absence d'un ion. En effet, il est également possible que cet ion soit présent mais en concentration très faible.

A contrario, lorsque le réactif est ajouté en proportion trop importante, il peut provoquer une redissolution immédiate du précipité formé. C'est en particulier le cas lorsqu'on ajoute trop de soude pour tester la présence des ions Aluminium ou des ions Zinc.

5.3. Les principaux tests de reconnaissance d'ions

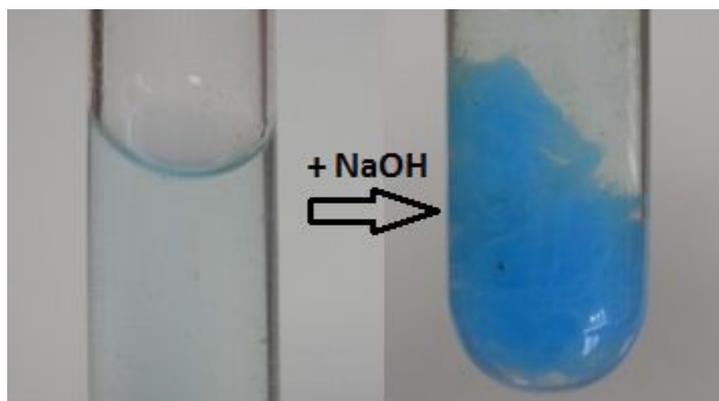
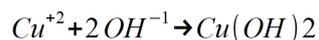
5.3.1. Test de reconnaissance des ions Cuivre II

Lorsque l'on met des ions Cuivre (II) Cu^{2+} en présence d'une solution de Soude, un précipité bleu doit se former.

L'expérience consiste par exemple à prélever une solution de Sulfate de Cuivre (II), et à la mettre en présence de Soude.

Elle mène alors à la formation d'**un précipité d'Hydroxyde* de Cuivre ($\text{Cu}(\text{OH})_2$)**.

Elle se traduit par l'équation de réaction chimique suivante



Formation du précipité $\text{Cu}(\text{OH})_2$

5.3.2. Test de reconnaissance des ions Fer II

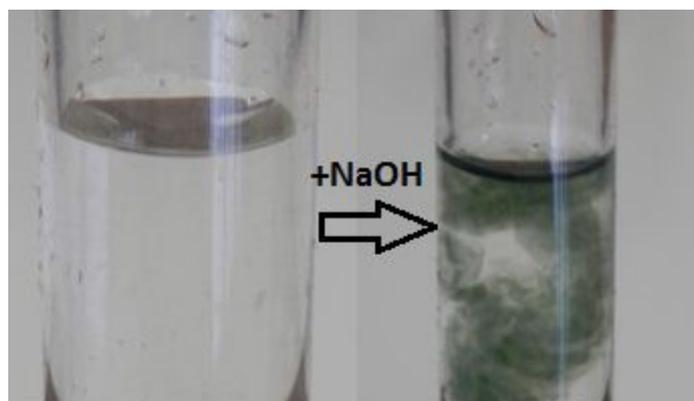
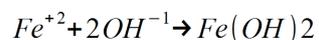
Le test de reconnaissance des ions Fer II est assez similaire au test de reconnaissance des ions Cuivre II.

En effet, lorsque l'on met des ions Fer (II) Fe^{2+} en présence d'une solution de Soude, un précipité verdâtre doit se former.

L'expérience consiste par exemple à prélever une solution de Sulfate de Fer (II), et à la mettre en présence de Soude.

Elle mène alors à la formation d'**un précipité d'Hydroxyde de Fer ($\text{Fe}(\text{OH})_2$)**.

Elle se traduit par l'équation de réaction chimique suivante



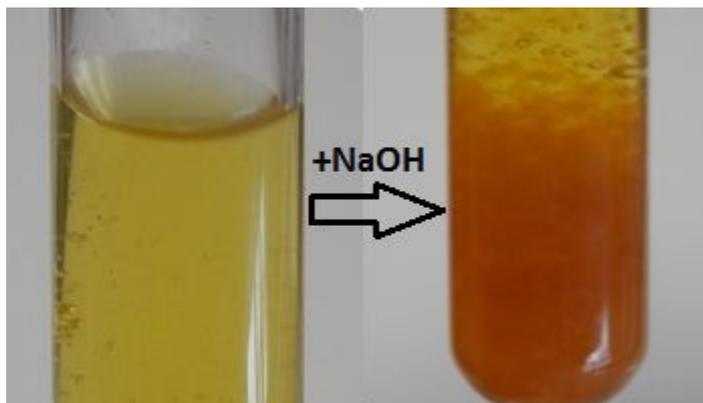
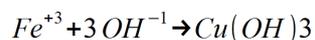
Formation du précipité $\text{Fe}(\text{OH})_2$

5.3.3. Test de reconnaissance des ions Fer III

Lorsque l'on met des ions Fer (III) Fe^{3+} en présence d'une solution de Soude, un précipité de couleur jaune-orange doit se former.

L'expérience consiste par exemple à prélever une solution de Sulfate de Fer (III), et à la mettre en présence de Soude. Elle mène alors à la formation d'**un précipité d'Hydroxyde de Fer ($Fe(OH)_3$)**.

Elle se traduit par l'équation de réaction chimique suivante



Formation du précipité $Fe(OH)_3$

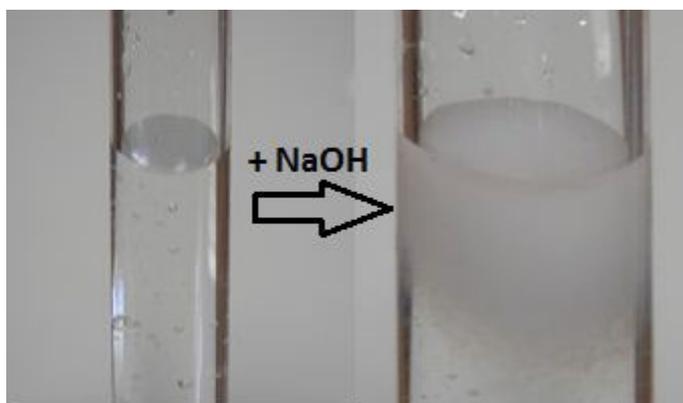
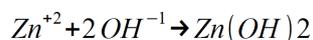
5.3.4. Test de reconnaissance des ions Zinc II

Le test de reconnaissance des ions Zinc II est assez similaire au test de reconnaissance des ions Cuivre II et des ions Fer II.

En effet, lorsque l'on met des ions Zinc (II) Zn^{2+} en présence d'une solution de Soude, un précipité blanc doit se former.

L'expérience consiste par exemple à prélever une solution de Chlorure de Zinc (II), et à la mettre en présence de Soude. Elle mène alors à la formation d'**un précipité d'Hydroxyde de Zinc ($Zn(OH)_2$)**.

Elle se traduit par l'équation de réaction chimique suivante :



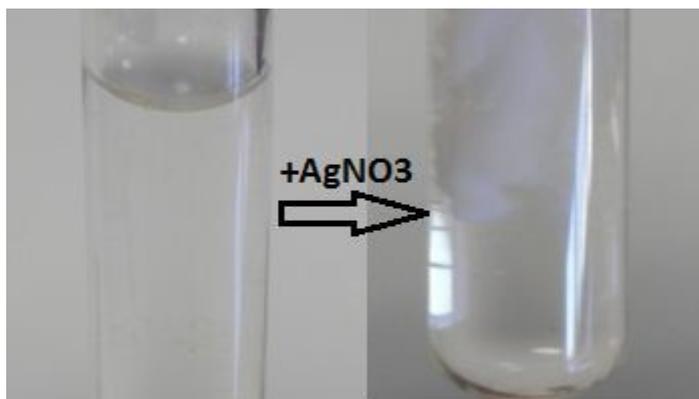
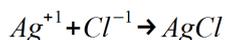
Formation du précipité $Zn(OH)_2$

5.3.5. Test de reconnaissance des ions Chlorure

Lorsque l'on met des ions Chlorure Cl^- en présence d'une solution de Nitrate d'Argent, un précipité blanc doit se former.

L'expérience consiste par exemple à prélever une solution de Chlorure de Sodium, et à la mettre en présence de Nitrate d'Argent. Elle mène alors à la formation d'**un précipité de Chlorure d'Argent (AgCl)**.

Elle se traduit par l'équation de réaction chimique suivante :



Formation du précipité AgCl

5.4. Exercice : Savoir le bon réactif de reconnaissance

[solution n°3 p.21]

L' "NaOH" est le réactif de reconnaissance des cations métalliques Cu(II) , Fe(II) , Fe(III) et Zn(II) .

6. Fiche de TP2

Un test de reconnaissance (aussi parfois appelé test d'identification) a pour objectif de prouver la présence d'une substance chimique. Il est réalisé en plusieurs étapes :

1. On prélève une petite partie de la solution à tester et on la place dans un tube à essais,
2. on ajoute dans ce tube à essais quelques gouttes d'un composé chimique appelé « réactif » qui est censé réagir avec les ions recherchés. Certains ions ont la particularité de réagir avec d'autres ions pour former un solide coloré appelé : un précipité, Cette particularité est utilisée pour identifier les ions.

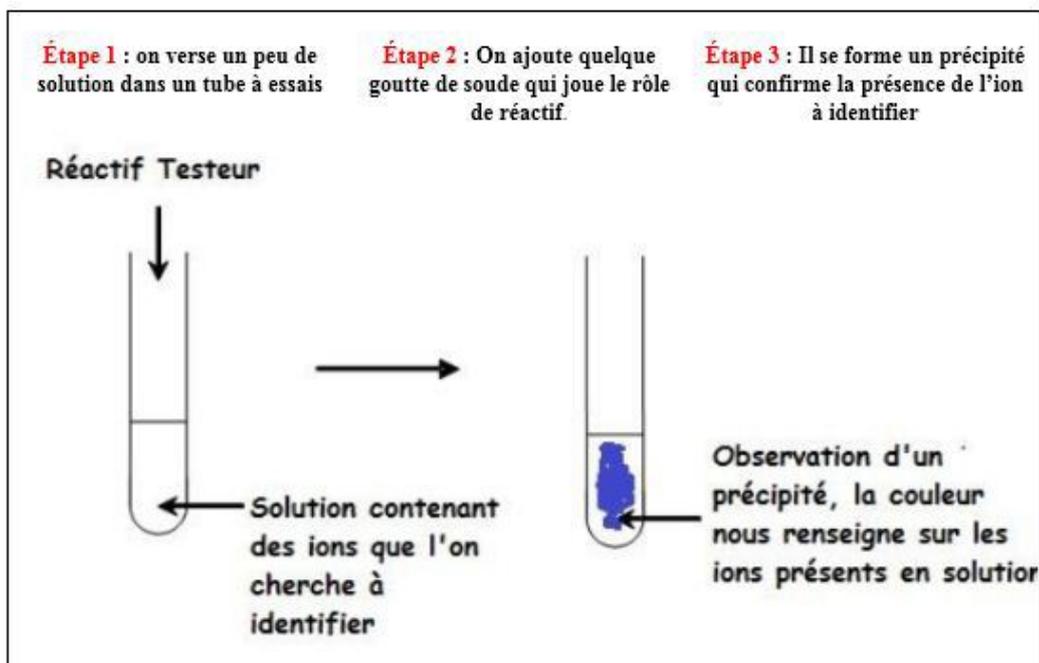


Schéma expliquant le test de reconnaissance d'un ion

6.1. Manipulation

1. Verser dans les tubes à essais la solution à étudier.
2. A l'aide d'un compte-goutte, verser 2 à 3 gouttes de réactif.
3. Compléter le tableau suivant :

Ions	Observation
Identification de l'ion chlorure Cl^- <i>Manipulation :</i> On verse quelques gouttes de nitrate d'argent dans la solution susceptible de contenir des ions chlorures.	<input type="text"/>
Identification de l'ion Cuivre (II) Cu^{2+} <i>Manipulation :</i> On verse quelques gouttes d'hydroxyde de sodium (ou soude) dans la solution susceptible de contenir des ions cuivre (II).	<input type="text"/>
Identification de l'ion Fer (II) Fe^{2+} <i>Manipulation :</i> On verse quelques gouttes d'hydroxyde de sodium dans la solution susceptible de contenir des ions fer (II).	<input type="text"/>
Identification de l'ion Fer (III) Fe^{3+} <i>Manipulation :</i> On verse quelques gouttes d'hydroxyde de sodium dans la solution susceptible de contenir des ions fer (III).	<input type="text"/>
Identification de l'ion Zinc (II) Zn^{2+} <i>Manipulation :</i> On verse quelques gouttes d'hydroxyde de sodium dans la solution susceptible de contenir des ions zinc (II).	<input type="text"/>
Identification de l'ion Carbonate CO_3^{2-} <i>Manipulation :</i> On verse quelques gouttes de chlorure de calcium dans la solution susceptible de contenir des ions de carbonates (carbonate de potassium)	<input type="text"/>
Identification de l'ion sulfate SO_4^{2-} <i>Manipulation :</i> On verse quelques gouttes de chlorure de Baryum dans la solution susceptible de contenir des ions de carbonates (Acide sulfurique).	<input type="text"/>
Identification de l'ion phosphate PO_4^{3-} <i>Manipulation :</i> On verse quelques gouttes de nitrate d'argent dans la solution susceptible de contenir des ions de phosphates (acide phosphorique H_3PO_4)	<input type="text"/>

6.2. Corrigé du compte rendu du TP2

Tests de reconnaissances de quelques ions

1. But de ce TP : **0,5pt**

Identification d'ions (cation ou anion) dans une solution aqueuse.

2. Quel est le principe des tests d'identification d'ion par précipitation **0,5pt**

Un test d'identification d'ion par précipitation permet de vérifier la présence d'un ion donné en solution aqueuse. Il met en jeu une réaction de précipitation impliquant l'ion testé et un autre ion (de signe opposé) avec lequel il forme un composé de faible solubilité.

3. Quelles sont les charges des ions **0,5pt**

Elles sont soit positives dans le cas du cuivre, fer et zinc ; soit négatives dans le cas du chlorure, sulfate, carbonate et phosphate.

4. Les analyses effectuées sont qualitatives ou quantitatives ? **0,25pt**

Les analyses effectuées sont qualitatives.

5. Compléter le tableau des identifiants (réactif de reconnaissance) utilisés : **2.25pts**

Identifiant	Nitrate d'Argent	Hydroxyde de Sodium	Chlorure de Baryum
Formule chimique	AgNO ₃ 0.25pt	NaOH 0.25pt	BaCl ₂ 0.25pt
Couleur	Incolore 0.25pt	Incolore 0.25pt	Incolore 0.25pt
Ion ayant réagi	Ag ⁺ 0.25pt	OH ⁻ 0.25pt	Ba ²⁺ 0.25pt

6. Compléter le tableau ci-dessous **8pts**

Identification	Réactif de reconnaissance	Observations	Réactions
Ion chlorure Cl ⁻	AgNO ₃ 0.25pt	Précipité blanc 0.25pt	Cl ⁻ _(aq) + Ag ⁺ _(aq) → AgCl _(s) 0.5pt
Ion Cuivre (II) Cu ²⁺	NaOH 0.25pt	Précipité bleu 0.25pt	Cu ²⁺ _(aq) + 2 OH ⁻ _(aq) → Cu(OH) _{2(s)} 0.5pt
Ion Fer (II) Fe ²⁺	NaOH 0.25pt	Précipité vert foncé 0.25pt	Fe ²⁺ _(aq) + 2 OH ⁻ _(aq) → Fe(OH) _{2(s)} 0.5pt
Ion Fer (III) Fe ³⁺	NaOH 0.25pt	Précipité rouge vif 0.25pt	Fe ³⁺ _(aq) + 3 OH ⁻ _(aq) → Fe(OH) _{3(s)} 0.5pt
Ion Zinc (II) Zn ²⁺	NaOH 0.25pt	Précipité blanc 0.25pt	Zn ²⁺ _(aq) + 2 OH ⁻ _(aq) → Zn(OH) _{2(s)} 0.5pt
Ion Carbonate CO ₃ ²⁻	CaCl ₂ 0.25pt	Précipité blanc 0.25pt	CO ₃ ²⁻ _(aq) + Ca ²⁺ _(aq) → CaCO _{3(s)} 0.5pt
Ion sulfate SO ₄ ²⁻	BaCl ₂ 0.25pt	Précipité blanc 0.25pt	SO ₄ ²⁻ _(aq) + Ba ²⁺ _(aq) → BaSO _{4(s)} 0.5pt
Ion phosphate PO ₄ ³⁻	AgNO ₃ 0.25pt	Précipité jaune 0.25pt	PO ₄ ³⁻ _(aq) + 3 Ag ⁺ _(aq) → Ag ₃ PO _{4(s)} 0.5pt

7. Certaines eaux minérales et solutions ont des teneurs élevées en ions identifiés ci-dessous

On considère les eaux minérales de Mansourah, Saida et Arwa ainsi qu'une solution de sel de Mohr :

Ion testé (mg/L)	Cu^{2+}	Fe^{3+}	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}	Fe^{2+}	Cl^-	Ca^{2+}
Mansourah	/	/	1254	45	/	3,45	468
Saida	/	/	158	98	/	15,87	/
Arwa	/	/	2257	120	/	2,09	536
sel de Mohr	/	/	positif	/	positif	/	/

- Quels sont les ions présents dans ces solutions ? Commenter les résultats obtenus **1pt**

Les ions présents sont :

- Ion sulfate dans tous les échantillons
- Ions carbonate et chlorure dans trois échantillons sur quatre
- Ion calcium dans l'eau de Mansourah et Arwa
- Ion fer (II) uniquement dans le sel de Mohr.

V Exercice : Analyse qualitative

[solution n°4 p.21]

L'analyse qualitative en chimie permet de :

- Déterminer la concentration d'une substance dans un échantillon
- Identifier les substances chimiques présentes dans un échantillon
- Mesurer les propriétés physiques d'un composé
- Évaluer la pureté d'un produit chimique

VI Exercice : Avez-vous assimiler ?

[solution n°5 p.22]

Comment appelle t-on la procédure (ou la série de procédures) visant à assurer la qualité d'un produit manufacturé ?

Solutions des exercices

> Solution n° 1

Exercice p. 7

De quoi est composé une solution ?

Un soluté+Un solvant

> Solution n° 2

Exercice p. 8

A faire !	A ne pas faire !
Porter une blouse en coton avec manches longues	Pipeter un liquide avec la bouche
Porter des gants/lunettes de protection	Manger et boire
Attacher les cheveux	Inhaler un produit chimique inconnu
Manipuler les produits chimiques avec précaution	Après manipulation, jeter les produits chimiques dans l'évier

> Solution n° 3

Exercice p. 15

L'hydroxyde de sodium "NaOH" est le réactif de reconnaissance des cations métalliques Cu(II), Fe(II), Fe(III) et Zn(II).

> Solution n° 4

Exercice p. 19

L'analyse qualitative en chimie permet de :

- Déterminer la concentration d'une substance dans un échantillon
- Identifier les substances chimiques présentes dans un échantillon
- Mesurer les propriétés physiques d'un composé

○ Évaluer la pureté d'un produit chimique

> **Solution** n°5

Exercice p. 20

Comment appelle t-on la procédure (ou la série de procédures) visant à assurer la qualité d'un produit manufacturé ?

Contrôle de qualité

Glossaire

Hydroxyde

Un hydroxyde est un sel métallique de formule générique $[M](OH)_n$ (comme NaOH, KOH, $Ca(OH)_2$, $Al(OH)_3$...), constitué d'un cation métallique et d'un ou de plusieurs anions hydroxydes. L'anion hydroxyde (ou hydroxyle) se réfère à l'ion OH^- .

Le moment dipolaire

Le moment dipolaire d'une liaison est orienté de la charge négative vers la charge positive (de l'atome le plus électronégatif vers l'atome le moins électronégatif). Il est représenté par la lettre grecque μ .

Numéro atomique

Le numéro atomique d'un atome, d'un nucléide ou plus généralement d'un élément chimique, est son nombre de protons. On le représente généralement par la lettre Z.

Structure électronique

Également appelée configuration électronique décrit la distribution des électrons d'un atome, d'une molécule ou d'une espèce chimique dans les orbitales atomiques.

Abréviations

H⁺ : L'ion de l'atome d'hydrogène, appelé aussi proton.

OH⁻ : L'ion hydroxyle

UICPA : Union internationale de chimie pure et appliquée

Références

- 1 <https://chimiegenerale.ch/mol%C3%A9cules-et-liaisons-chimiques.html>

Bibliographie

La classification périodique des éléments, Paul Depovere, 3e Édition, Août 2020

Mini manuel de chimie inorganique, Jean-François Lambert, Maguy Jaber, Thomas Georgelin, DUNOD, Février 2020

Webographie

<https://www.superprof.fr/ressources/physique-chimie/physique-chimie-tous-niveaux/determiner-la-presence-d-un-ion.html>