

Travaux Pratiques de Chimie Générale (Génie Industriel)



*Université Aboubakr
Belkaid Tlemcen*

Dr. Anissa Gadiiri

Faculté de Technologie

Département de Génie
Industriel

Université AbouBakr Belkaid
Tlemcen

E-mail : *anissagadiiri@gmail.
com*

1.0

Février 2024

Table des matières

Objectifs	3
Introduction	4
I - Prérequis	5
II - Pré-test	6
III - TP N°01 : La sécurité au laboratoire	7
1. Recommandations générales	7
2. Nettoyage de la verrerie	7
3. Pictogrammes de danger	8
4. Verreries et matériels de laboratoire de Chimie	9
5. Évaluation	10
IV - Évaluation avec corrigé	12
V - TP N°02 : Préparation des solutions	14
1. Prérequis	14
2. Pré -test	14
3. Objectifs et intérêt du TP	15
4. Rappels et aspects théoriques	15
5. Matériels et produits	16
6. Mode opératoire	16
7. Évaluation	18
8. Évaluation avec corrigé	19

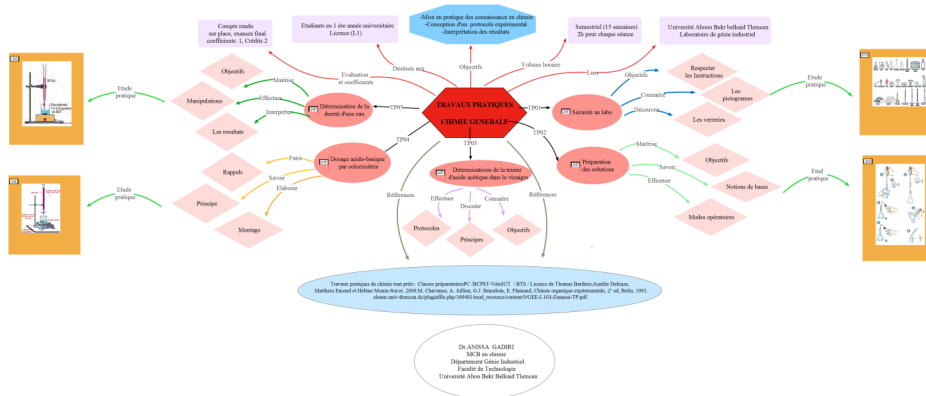
Objectifs

Pour chaque TP, il existe une série d'objectifs:

- La préparation active du TP par l'étudiant.
- Faire des manipulations réalisées par l'étudiant au laboratoire.
- D'examiner les résultats obtenus et savoir les interpréter et faire des conclusions.

Introduction

L'étudiant doit savoir et connaître les travaux pratiques à faire via cette carte conceptuelle



carte conceptuelle



Les **travaux pratiques**, souvent abrégés en **TP**, constituent un type d'enseignement fondé sur **l'apprentissage pratique** en réalisant **d'expériences** permettant de **vérifier** et **compléter** les **connaissances** dispensées dans les **cours théoriques**.

I Prérequis

- Appliquer **les règles d'hygiène** et de **sécurité** dans un **laboratoire** de **chimie**
- Analyser les **risques** liés à son **activité** et mettre en place la **prévention**
- Interpréter les **informations** inscrites sur les **produits chimiques**
- Connaître les verreries à utiliser dans un laboratoire de chimie

II Pré-test

- Pourquoi le port de la blouse est obligatoire ?
- Quels sont les équipements de protection individuelle nécessaire lors de la manipulation de produits chimiques corrosifs ?
- Quelle est la procédure à suivre en cas de renversement accidentel d'un produit chimique sur la peau ?
- Quelles sont les étapes à suivre pour éteindre un incendie impliquant des produits chimiques ?

III TP N°01 : La sécurité au laboratoire

Le travail dans un **laboratoire de chimie**, requiert parfois le montage d'appareillages complexes ou l'exécution d'opérations délicates ; il entraîne aussi la **manipulation** de **produits** qui peuvent être **toxiques, inflammables** ou **explosifs**.

L'exécution de ces **manipulations** peut donc être à l'origine **d'accidents** ou **d'intoxications** dont les **effets** sont **immédiats** . Tout le personnel de laboratoire, **soucieux de développer un esprit de sécurité**, devrait donc **connaître** et **appliquer** rigoureusement les **règlements de sécurité**, être au courant des **risques associés à la manipulation** en cours et être capable **d'intervenir efficacement en cas d'accident ou d'incendie**.

Dans un laboratoire, il est **indispensable** de **respecter** un certain nombre de **règles** afin d'assurer sa propre **sécurité** et aussi celle des autres.

1. Recommandations générales

Les étudiants sont tenus de respecter les consignes suivantes :

- ❖ Le port de la blouse blanche en coton est obligatoire.
- ❖ La verrerie et le matériel du laboratoire mis à la disposition de l'étudiant doivent être manipulés avec précaution.
- ❖ Se laver régulièrement les mains et éviter de toucher le visage, les yeux, la bouche...etc lors des manipulations.
- ❖ Il est strictement interdit de manger, de boire et de fumer dans le laboratoire.
- ❖ L'étudiant doit veiller à laisser la verrerie et la paille propre à la fin de chaque séance de TP.
- ❖ Il est strictement interdit de pipeter à la bouche.
- ❖ Consulter l'enseignant avant de commencer la manipulation.

Le non respect de ces consignes, ainsi que les absences non justifiées, seront sanctionnés

2. Nettoyage de la verrerie

Afin d'éviter d'altérer les normalités des solutions étudiées, il convient de procéder à un nettoyage rigoureux de l'ensemble de la verrerie utilisée, dans l'ordre suivant :










❖Frotter les parois internes et externes de la verrerie au goupillon, à l'eau savonneuse.









❖Rinçages répétés à l'eau de robinet.

❖Rinçages des parois internes uniquement, à l'eau distillée. Utiliser les plus petites quantités possibles en prenant soin de traiter l'ensemble des surfaces internes. Répéter le rinçage, au moins, deux fois.

3. Pictogrammes de danger

L'**étiquette** apposée à un récipient contenant une substance chimique, comporte soit des **informations relatives aux risques inhérents à cette substance ou associés à sa manipulation**, soit des **conseils de prudence ou de premiers soins**. Chaque **symbole** est un **pictogramme** ayant une **signification précise**. Le tableau suivant montre le **pictogramme** des produits chimiques

Pictogramme	Signification	Pictogramme en cours de remplacement
	<ul style="list-style-type: none"> - Toxicité pour certains organes cibles - Produits Cancérigènes - Mutagènes ou Reprotoxiques - Sensibilisation respiratoire - Danger par aspiration 	
	Toxicité aiguë	
	<ul style="list-style-type: none"> - Corrosif pour les métaux - Corrosion / irritation cutanée - Lésions oculaires graves / irritation oculaire 	
	<ul style="list-style-type: none"> - Toxicité aiguë - Corrosion/irritation cutanée - Lésions oculaires graves / irritation oculaire - Sensibilisation cutanée - Toxicité pour certains organes cibles – exposition unique 	
	Gaz sous pression	-----

	<ul style="list-style-type: none"> - Gaz, liquide ou matière Inflammables - Peut dégager des gaz inflammables au contact avec l'eau 	
	<ul style="list-style-type: none"> - Gaz, liquide ou matière Comburants 	
	Matière explosive	
	Danger pour le milieu aquatique aigu et chronique	

Pour **identifier** les **risques particuliers** présentés par une substance chimique et les **conseils de prudence** correspondants, outre **les symboles de dangers** déjà cités, la Communauté européenne a prescrit un **système d'étiquetage codé** comportant **une lettre suivie d'un indice numérique** : la **lettre R** se rapporte au **risque** et le **chiffre** qui la suit **le spécifie** ; la **lettre S** se rapporte à des **conseils de prudence** et le **chiffre** qui la suit **les précise**. Sur **les nouvelles étiquettes** les phrases **R** et **S** sont **remplacées** respectivement par **les phrases H** et **P**.

Phrases R => Phrases H					
Signification du 1 ^{er} chiffre	2	Dangers physiques	Signification du 2 ^{ème} chiffre	0	Ingestion
				1	Contact cutané
	3	Dangers pour la santé		2	Yeux
				3	Inhalation
				4	Anomalies génétiques
	4	Dangers pour l'environnement		5	Cancérogènes
				6	Mutagènes
			7	organes cibles	

Phrases S => Phrases P	
1 ^{er} chiffre	Signification
1	Conseils généraux
2	Prévention
3	Intervention
4	Stockage
5	Elimination

- **Phrases H : Mentions de danger**

Les mentions de danger complètent les pictogrammes. Elles commencent toujours par la lettre

H (pour Hazard = danger) qui est suivie d'un nombre à 3 chiffres. Exemple : H335.

Ces codes correspondent à une mention de danger particulière. Exemple : H335 = peut irriter

les voies respiratoires

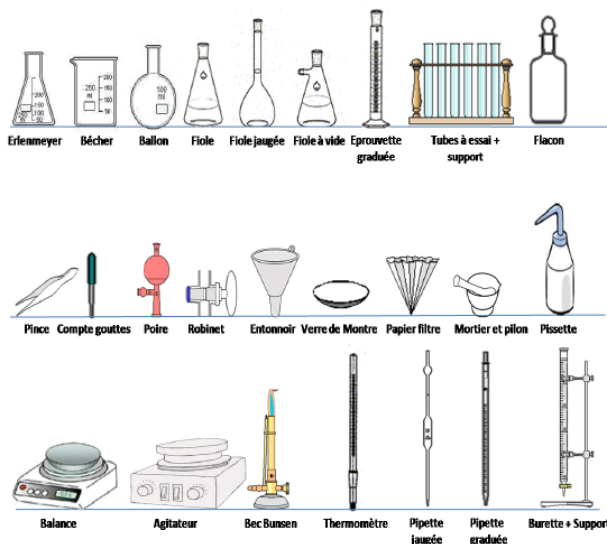
- **Phrases P : Conseils de prudence**

Il s'agit de conseils de prévention, d'intervention, de stockage ou d'élimination. Ils commencent toujours par la lettre P qui est suivie d'un nombre à trois chiffres. Ex : P232 :Protéger de l'humidité.

Les deux tableaux illustrent les significations des différents indices chiffrés (R et S) :

4. Verreries et matériels de laboratoire de Chimie

Dans un laboratoire de chimie, on se dispose d'un bon nombre de **matériel et de verrerie**. On va citer certains dont nous avons **besoin pour réaliser nos travaux pratiques de première année**.



5. Évaluation



Dans cette partie, l'étudiant doit être capable de répondre à ces questions :

1. Pourquoi doit-on mettre une blouse dans un laboratoire de chimie ? 01 pt
2. Donner la signification des pictogrammes suivants : 0,5 pt x3



.....



.....



.....

3. Une pipette graduée de 20 mL est-elle plus précise qu'une pipette jaugée de 20 mL ? Quelle est la différence entre les deux ?
4. Une pipette de 20 mL est-elle plus précise qu'une pipette de 50 mL dans le prélèvement de 100 mL de solution ? Justifier votre réponse. 02 pts
5. Quelles sont les erreurs qu'on peut avoir dans un prélèvement d'une solution ? 02 pts
6. Dans quel cas utilise-t-on une fiole jaugée ? 02 pts
7. Nommer la verrerie destinée à la mesure d'un volume et donner un classement (croissant ou décroissant) par ordre de précision de cette verrerie. 02 pts
8. Relier, par des flèches, le nom avec l'instrument correspondant 03 pts (0,5 X 6)

Pipette graduée



Pro-pipette



Burette



Fiole jaugée



Eprouvette graduée



Pipette jaugée



Erlenmeyer

Becher



IV Évaluation avec corrigé

évaluation avec corrigé



1. Pourquoi doit-on mettre une blouse dans un laboratoire de chimie ? 01 pt

- La blouse sert à protéger notre peau et nos vêtements d'une éventuelle projection des produits chimiques.

2. Donner la signification des pictogrammes suivants : 0,5 pt x3



Toxique



Inflammable



Dangereux Pour l'environnement

3. Une pipette graduée de 20 mL est-elle plus précise qu'une pipette jaugée de 20 mL ? Quelle est la différence entre les deux ?

- Une pipette jaugée est plus précise qu'une pipette graduée. 0,5 pt.
- La pipette graduée permet de mesurer plusieurs volumes et de précision moyenne. 01 pt.
- La pipette jaugée ne mesure qu'un seul volume et de précision élevée. 01 pt.

4. Une pipette de 20 mL est-elle plus précise qu'une pipette de 50 mL dans le prélèvement de 100 mL de solution ? Justifier votre réponse. 02 pts

- La pipette de 20 mL est moins précise que celle de 50 mL pour prélever 100 mL d'une solution car avec une pipette de 20 mL on effectue 5 prélèvements donc 5 erreurs.

5. Quelles sont les erreurs qu'on peut avoir dans un prélèvement d'une solution.

- Les erreurs de constructeur. 01 pt
- Les erreurs de manipulateur. 01 pt

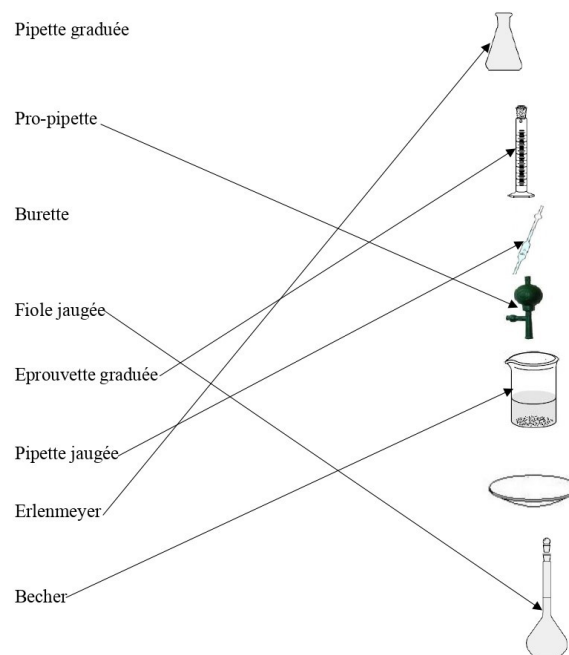
6. Dans quel cas utilise-t-on une fiole jaugée ?

- Lors d'une préparation d'un volume précis d'une solution. 01 pt
- Lors d'une dilution. 01 pt

7. Nommer la verrerie destinée à la mesure d'un volume et donner un classement (croissant ou décroissant) par ordre de précision de cette verrerie.

- Fiole jaugée, Burette, Eprouvette, Pipette. 01 pt
- Le classement décroissant : Pipette > Fiole jaugée > Burette > Éprouvette. 01 pt

8. Relier, par des flèches, le nom avec l'instrument correspondant 03 pts (0,5 X 6)



V TP N°02 : Préparation des solutions



Dans ce TP, l'étudiant doit être capable d'élaborer un protocole de dissolution et de Mettre en œuvre un protocole de dilution.

1. Prérequis

- Connaître les règles de sécurité à suivre dans un laboratoire de chimie
- Connaissance de bonnes pratiques de laboratoire pour assurer la sécurité et la précision tout au long du processus
- Compréhension des unités de mesures utilisées en chimie, telles que les grammes, les litres et les moles
- Connaissance des techniques de manipulation de produits chimiques en toute sécurité
- Maîtrise des techniques de mesure précise des volumes à l'aide pipette, de burette ou d'éprouvettes
- Compréhension des calculs de concentration pour préparer des solutions avec une concentration précise
- Connaissance des techniques de mélange et d'agitation pour assurer une homogénéité de la solution
- Connaissance le principe de dilution des solutions aqueuses

2. Pré -test

- évaluation des connaissances sur les procédures de sécurité en laboratoire
- Test pratique sur les verreries
- Questionnaire sur les unités de mesure utilisées en chimie pour les volumes, les masses et les concentrations
- Exercice de calcul de concentration pour préparer des solutions de concentrations spécifiques
- Examiner la compréhension du mode opératoire du TP

-Test pratique sur la préparation et la dilution des solutions

3. Objectifs et intérêt du TP

- Préparation d'une solution à partir d'un soluté liquide (H₂SO₄).
- Préparation d'une solution à partir d'un soluté solide (NaOH).
- Préparation d'une solution par dilution.

4. Rappels et aspects théoriques

Généralités sur les solutions

Une **solution** est un **mélange homogène** obtenu par **dissolution** d'un ou plusieurs **solutés** dans un solvant.

Un **solvant** est une substance **liquide** qui dissout (absorbe) d'autres substances. Le **solvant** peut être **aqueux** ou **non aqueux**. Lorsque le solvant est **l'eau**, on parle de **solution aqueuse**.

Un **soluté** peut être **solide**, **liquide** ou **gazeux**, il est **présent** en **petite quantité** par rapport au **solvant**.

Expressions de la concentration

La **concentration** exprime **la quantité de substance par unité de volume**.

- La **molarité** ou **concentration molaire** : est le nombre de **mole de solutés** contenu **dans un litre** de solution. Elle est exprimée en mol/ L.

$$[\text{Espèce}] = n_{\text{soluté}} / V_{\text{solution}}$$

- La **concentration massique** (pondérale) : est la **quantité du soluté en gramme** présente dans **un litre de solution** (g. L⁻¹)

$$C_{\text{mass}} = m_{\text{soluté}} / V_{\text{solution}}$$

- La (**Normalité CN (éqg/L)**) : C'est le **nombre d'équivalent gramme de soluté** contenu dans un **litre de solution**.

$$C_N = N = n_{\text{éq}} / V_{\text{solution}} \quad C_N = N = Z \cdot C_M$$

Préparation d'une solution de concentration donnée

- **Par dissolution d'un sel (par pesée)**

Pour **préparer une solution** d'une **concentration molaire C** d'un sel de **masse molaire M**, on

cherchera la masse **m** de ce sel que l'on doit **peser** et **mettre dans une fiole jaugée de volume V** et que l'on **complètera avec de l'eau distillée** jusqu'au **trait e jauge**. Si le produit est **pur**, la **masse m** à

peser est donnée par :

$$m = M \cdot V \cdot C$$

- *Par dilution*

En pratique, on part d'une solution de **concentration connue** C_1 pour **préparer par dilution** un **volume connu** V_f de **solution de concentration voulue** C_f . On **détermine donc le volume** V_i qu'il faut **prélever** de la **solution de départ pour le diluer à** V_f :

$$V_i = \frac{C_f \cdot V_f}{C_1}$$

Sur **l'étiquette des flacons** contenant les solutions commerciales concentrées sont indiqués le **pourcentage massique** P (%) et **la densité** d . la **concentration** d'une telle **solution** est donnée par

(mol / L) :

$$C_0 = \frac{10 \cdot d \cdot P}{M}$$

Donc, si l'on veut **préparer un volume** V d'une solution de **concentration molaire** C **par dilution** de la **solution commerciale**, on **prélève** un volume V_i de cette dernière et **le diluer à** V dans une fiole jaugée :

$$V_i = \frac{C \cdot V \cdot M}{10 \cdot d \cdot P}$$

5. Matériels et produits

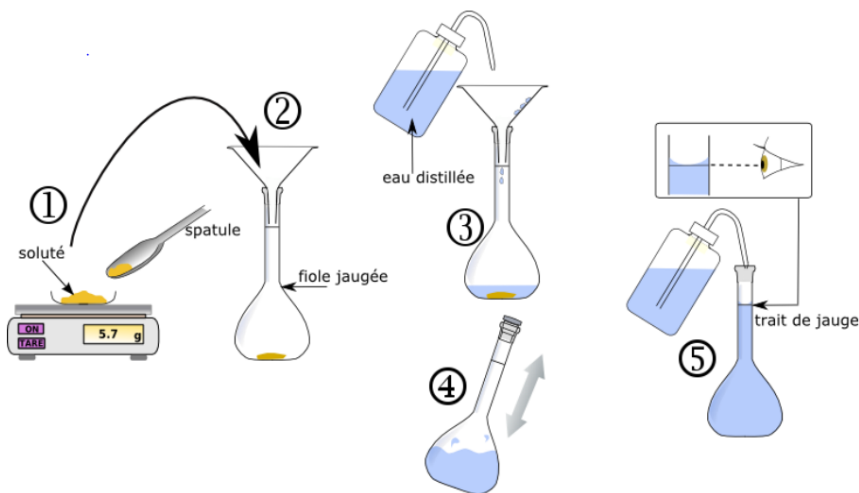
Balance électronique, pipette, bécher, verre de montre, spatule, entonnoir, fiole jaugée, bouchon pour la fiole jaugée.

Hydroxyde de sodium NaOH, une pissette d'eau distillée.

6. Mode opératoire

Préparation de 100 mL d'hydroxyde de sodium NaOH (0.1M)

- Peser la masse calculée auparavant, à l'aide d'une balance analytique.
- Introduire rapidement (afin d'éviter que l'hydroxyde de sodium ne s'hydrate et se carbonate à l'air) cette quantité pesée dans une fiole jaugée de 100 ml remplie au préalable à moitié avec de l'eau distillée, agiter jusqu'à dissolution complète puis compléter jusqu'au trait de jauge

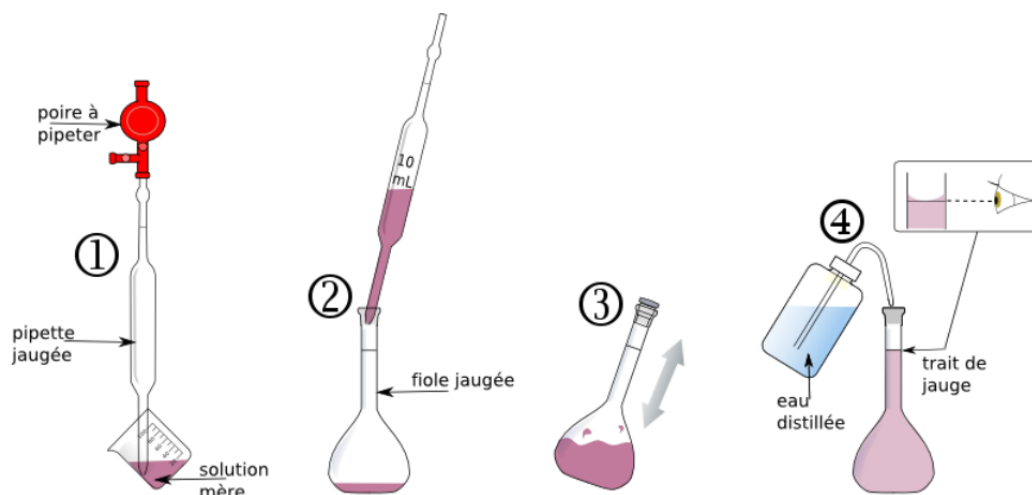


Préparation de 100 mL, d'une solution diluée de NaOH (2.10-3M)

A partir de cette solution de NaOH 0.1M, préparée ci-dessus, introduire à l'aide d'une pipette un volume de cette solution concentrée, calculée auparavant, dans une fiole jaugée de 100 ml. Remplir la fiole jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée, fermer puis agiter.

Préparation de 50 mL d'acide sulfurique 1M

Dans une fiole jaugée de 50 ml, mettre un peu d'eau distillée, à l'aide d'une pipette prélever dans un bécher le volume de H₂SO₄ concentrée de densité 1.83 et de pureté 98% en masse, calculé auparavant, puis verser cette quantité dans la fiole fermée, puis agiter. Compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, fermer encore une fois puis agiter.



7. Évaluation



1. Calculer le volume d'acide sulfurique concentré (H_2SO_4 de densité 1.83 et de 98% de pureté) nécessaire à la préparation de 50ml d'une solution de concentration 1M.
2. Calculer la masse d'hydroxyde de sodium NaOH nécessaire à la préparation de 100mL d'une solution de concentration (0,1M).
3. Calculer le volume à prélever pour la préparation de 100 mL la solution diluée de NaOH (2.10-3M)
4. Quelles sont les précautions à prendre pour manipuler un acide fort (donner des points)
5. Proposer un mode opératoire pour préparer 100ml d'une solution de NaCl de concentration C_1 (1g/L)
6. Calculer le volume nécessaire prélevé à partir de la solution de concentration C_1 (1g/l) pour préparer 50ml d'une solution de concentration C_2 (0.5g/l).
7. Pour quelle raison le prélèvement à la pipette est-il effectué dans un bécher et pas directement dans la solution mère ?
8. La pipette est toujours rincée à l'aide de la solution à prélever, Pourquoi ?
9. Est-ce qu'on peut préparer une solution fille d'acide chlorhydrique de concentration 12M (100ml) à partir d'une solution mère de concentration 4N. ? Pourquoi ? si oui, calculer le volume de la solution concentrée ?
10. Pourquoi on choisit obligatoirement de la verrerie jaugée pour faire une dilution.
11. La pipette est toujours utilisée à l'aide d'une propipette ou poire à pipeter et jamais en aspirant à la bouche, pour quelle raison ?

8. Évaluation avec corrigé



1. Calculer le volume d'acide sulfurique concentré (H_2SO_4 de densité 1.83 et de 98% de pureté) nécessaire à la préparation de 50ml d'une solution de concentration 1M. 02 pts

1 mol \rightarrow 1000mL de solution

n mol ? \rightarrow 50 mL de solution

$n \text{ H}_2\text{SO}_4 = 50/1000 = 0,05 \text{ mol}$

$m \text{ H}_2\text{SO}_4 = n \cdot M \quad m = 0,05 \times 98 = 4,9 \text{ g}$

On a la pureté à 98% 98 g de H_2SO_4 100g de solution

4,9 g de H_2SO_4 m g de solution ?

$m \text{ solution} = 4,9 \times 100/98 = 5 \text{ g de solution}$

On a la densité $d = 1,83$ 1830 g de solution 1000 mL de solution

5 g de solution V mL ?

$V = 5 \times 1000/1830 = 2,7 \text{ mL}$

On prélève 2,7 mL de H_2SO_4 concentré et on complète avec de l'eau distillé jusqu'à 50 mL pour avoir 50 mL d'une solution de H_2SO_4 1M.

2. Calculer la masse d'hydroxyde de sodium NaOH nécessaire à la préparation de 100mL d'une solution de concentration (0,1M). 02 pts

$m = C \cdot V \cdot M \quad m = 0,1 \times 100 \times 10^{-3} \times 40 \quad M = 40 \text{ g/mol}$

$m = 0,4 \text{ g}$

On pèse 0,4 g de NaOH et on complète avec de l'eau distillé jusqu'à 100 mL pour avoir 100 mL d'une solution de NaOH 0,1M.

3. Calculer le volume à prélever pour la préparation de 100 mL la solution diluée de NaOH ($2 \cdot 10^{-3}\text{M}$) . 02 pts

$C_1V_1 = C_2V_2 \quad 0,1 \times V_1 = 2 \cdot 10^{-3} \times 100$

$V_1 = 2 \cdot 10^{-3} \times 100/0,1 \quad V_1 = 2 \text{ mL}$

On prélève 2 mL de NaOH et on complète avec de l'eau distillé jusqu'à 100 mL pour avoir 100 mL d'une solution de NaOH diluée $2 \cdot 10^{-3}\text{M}$.

4- Quelles sont les précautions à prendre pour manipuler un acide fort (donner des points) 01pt

Utiliser des gants ; Prélever les volumes à l'aide de pipette sans aspirer ; utiliser la poire à pipeter ; lunettes de protection ; mettre l'eau distillée dans la fiole avant d'ajouter l'acide ; si cela est nécessaire travailler sous la hotte.

5- Proposer un mode opératoire pour préparer 100ml d'une solution de NaCl de concentration C1(1g/L). 02 pts

Il faut peser une masse $m=0,1$ g de NaCl dans un verre de montre en utilisant une balance électronique, la verser dans une fiole jaugée de 100 mL à travers l'entonnoir, ajouter un volume d'eau distillée et agiter bien le mélange pour faire dissoudre le sel puis compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, fermer et étiqueter la fiole jaugée.

6- Calculer le volume nécessaire prélevé à partir de la solution de concentration C1(1g/l) pour préparer 50ml d'une solution de concentration C2 (0.5g/l). 02 pts

$$C_1V_1=C_2V_2 \quad 1 \times V_1 = 0,5 \times 50$$

$$V_1 = 0,5 \times 50 / 1 \quad V_1 = 25 \text{ mL}$$

7- Pour quelle raison le prélèvement à la pipette est-il effectué dans un bécher et pas directement dans la solution mère ? 01 pt

Pour ne pas souiller (ou contaminer) le flacon (ou solution mère)

8- La pipette est toujours rincée à l'aide de la solution à prélever, Pourquoi ? 01 pt

Pour éviter de souiller la solution, de la diluer (fausser le volume ; la pipette doit être propre).

9- Est-ce qu'on peut préparer une solution fille d'acide chlorhydrique de concentration 12M (100ml) à partir d'une solution mère de concentration 4N. ? Pourquoi ? si oui, calculer le volume de la solution concentrée ? 01 pt

Non, on ne peut pas préparer une solution fille plus concentrée qu'une solution mère.

10- Pourquoi on choisit obligatoirement de la verrerie jaugée pour faire une dilution ?.01pt

Pour faire la dilution, on choisit de la verrerie jaugée parce qu'elle est précise.

11- La pipette est toujours utilisée à l'aide d'une propipette ou poire à pipeter et jamais en aspirant à la bouche, pour quelle raison ? 01 pt

Pour éviter d'aspirer par voie orale les solutions qui peuvent causer des problèmes de santé

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES



- Travaux pratiques de chimie : De l'expérience à l'interprétation de Thomas Barilero, Aurélie Deleuze, Matthieu Emond et Hélène Monin-Soyer. 2013.
- Travaux pratiques de chimie générale minérale et organique. 25 thèmes, Edition revue et corrigée de François Souil. 2000.
- Travaux pratiques de chimie tout prêts : Classes préparatoires PC / BCPST-Véto IUT / BTS / Licence de Thomas Barilero, Aurélie Deleuze, Matthieu Emond et Hélène Monin-Soyer. 2009.
- M. Chavanne, A. Jullien, G.J. Beaudoin, E. Flamand, Chimie organique expérimentale, 2° ed, Belin. 1991.
- www.inrs.fr et www.9pictos.com : Dossier web consacré au nouvel étiquetage de produits chimiques
- www.ineris.fr/ghs-info/ : Service national d'assistance réglementaire sur le règlement CLP.
- www.travailler-mieux.gouv.fr : Questions / Réponses sur le CLP / SGH
- http://ww3.ac-poitiers.fr/sc_phys/tournier/secondes/chimie/verrerie/verrerie.htm
- <http://www.ostralo.net/materieldelabo/pages/bouchons.htm>
- Travaux pratiques de chimie tout prêts. Thomas Barilero , Aurélie Deleuze , Matthieu Edmond. Editions Rue d'Ulm. 2009.
- Mini Manuel de Chimie générale - Chimie des Solutions. Elisabeth Bardez. Dunod. 2008.
- Techniques instrumentales d'analyse chimique. Francis Rouessac , Annick Rouessac. Dunod. 2011.