

## Partie 1 : Propriétés de l'ammoniac et de ses composés

### A. Atomistique

Données :

$Z(\text{C}) = 6$  ;  $Z(\text{N}) = 7$  ;  $Z(\text{O}) = 8$

- 1- Etablir la configuration électronique et le schéma de Lewis de l'atome d'azote. Quelle est sa valence ?

- 2- Etablir le schéma de Lewis des édifices suivants. Représenter dans l'espace les édifices et nommer la répartition des doublets électroniques autour de l'atome central lorsqu'il existe.



- 3- Comparer les angles observés dans  $\text{NH}_3$  et  $\text{NH}_4^+$ . Justifier.

4- Quelle particularité présentent les schémas de  $\text{NO}_3^-$  et de  $\text{NO}_2^-$  ? Illustrer sur  $\text{NO}_2^-$

## B. Fabrication industrielle de l'ammoniac

1- A partir de quels réactifs est obtenu l'ammoniac industriellement ?

2- Présenter rapidement les étapes de la synthèse industrielle de l'ammoniac actuelle la plus courante. On pourra s'aider des équations chimiques.

3- Comment l'ammoniac est-il récupéré en fin de synthèse ?

4- Citer un autre réactif industriel synthétisé à partir de l'ammoniac

## C. Utilisation d'une solution commerciale d'ammoniac

La FDS associée à un flacon commercial d'ammoniaque à 25 % indique  $d = 0,903$ ,  $M = 17 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

1- Déterminer littéralement puis numériquement la concentration molaire de cette solution

- 2- Quel volume de cette solution faut-il utiliser pour fabriquer 1L d'ammoniaque à environ  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  ?

- 3- La concentration de la solution commerciale étant approximative, expliquer comment vous procédez pour préparer à partir de cette solution une solution ajustée à  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ . On ne demande pas de calcul mais une méthode que vous pourriez transmettre à un adjoint technique.

### **D. Cristallographie**

En dessous de  $184^\circ\text{C}$ , le chlorure d'ammonium solide cristallise avec une structure de type CsCl, de paramètre de maille  $a = 387 \text{ pm}$ . L'ion ammonium est supposé sphérique. On donne le nombre d'Avogadro  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$

- 1- Représenter la maille élémentaire et la nommer. Identifier le motif. Quelle est la coordinence de chaque ion ?

2- Calculer la masse volumique de ce solide sachant que sa masse molaire est de  $53,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

3- Evaluer le rayon ionique de l'ion ammonium supposé sphérique sachant que, dans ce cristal, le rayon de l'ion chlorure est  $R = 187 \text{ pm}$ .

4- En déduire la compacité du chlorure d'ammonium.

5- On réalise un diagramme de poudre sur ce solide. Pour quel angle  $\theta$  obtient-on un maximum de signal correspondant à des plans atomiques séparés par le paramètre de maille  $a$  sachant que l'on éclaire la poudre avec la raie  $K\alpha$  du cuivre ( $\lambda = 0,154 \text{ nm}$ ) ?

## Partie 2 : Dosage d'espèces azotées

### A. Dosage de l'azote par la méthode de Kjeldahl

Données :	Acide métaborique	pKa = 9.2
	Zones de virage	Hélianthine 3,1 – 4,4
		Bleu de bromothymol 6,0 - 7,6
		Phénolphtaléine 8,2 - 10,0
	Urée ( $N_2H_4CO$ )	Masse molaire : $60 \text{ g.mol}^{-1}$

Les étapes de la méthode sont la minéralisation, la distillation et le dosage. Lors de la minéralisation, l'azote organique est converti en ions  $NH_4^+$ .

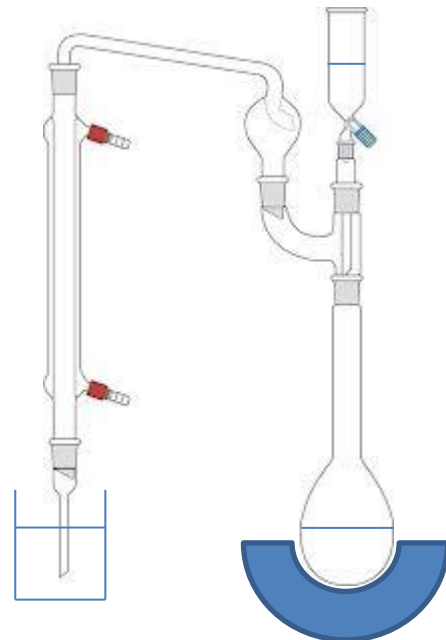
1- Quel réactif utilise-t-on lors de l'étape de minéralisation

Le schéma suivant décrit l'appareillage que l'on peut utiliser pour l'étape de distillation.

De la soude concentrée peut être ajoutée par le haut

Le minéralisât peut être chauffé

L'allonge trempe dans une solution d'acide métaborique  $HBO_2$



2- Expliquer le rôle de la soude, du chauffage et de la solution d'acide métaborique.

- 3- Lors de l'étape de dosage, le contenu du becher est dosé par une solution d'acide chlorhydrique. Quel indicateur coloré choisir pour repérer l'équivalence ?

On désire vérifier la teneur en azote d'une solution d'urée pour laquelle on sait que la concentration massique est de l'ordre de  $30 \text{ g.L}^{-1}$ . On dispose d'une solution d'acide métaborique de concentration connue  $0,500 \pm 0,002 \text{ mol.L}^{-1}$  ( $k = 2$ ) et d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration  $0,500 \pm 0,002 \text{ mol.L}^{-1}$  ( $k = 2$ ) ainsi que des réactifs nécessaires au protocole. La burette employée contient 25 mL. On souhaite un volume équivalent à 20 mL.

- 4- Quel volume d'urée faut introduire au départ ? Quel volume minimal de solution d'acide métaborique faut-il placer dans le becher ?

- 5- Le volume équivalent mesuré est de 19,80 mL. Quelle est le titre molaire en urée de la solution inconnue ? Procéder au calcul d'incertitude sur ce titre et présenter le résultat final. Indiquer également le titre massique accompagné de son incertitude. (une table des incertitudes est en annexe du sujet)

## B. Dosage polarographique des ions nitrate

Le protocole de dosage des ions nitrate donné par un fabricant de polarographes indique que cette méthode est particulièrement adaptée car insensible aux interférences chimiques. :

- 1- Quelle méthode permet en général de s'affranchir des interférences chimiques dans un dosage ?

Le protocole indique que le sel de fond à ajouter à chaque échantillon de 50 mL est composé essentiellement de 5 mL d'acide sulfurique concentré. Un temps de purge de 300 s est recommandé. Le dispositif expérimental comporte une réserve de mercure reliée à un capillaire sur lequel vient frapper un marteau.

- 2- Quelles raisons justifient l'utilisation d'une électrode de mercure ?

- 3- Faire un schéma de principe du montage représentant le vase à réaction, les électrodes et leur nature, le générateur, l'ampèremètre et le voltmètre.

- 4- Quels sont les 3 types de courant existant lors d'une électrolyse ? Lequel est mesuré en polarographie ? Quelles conditions expérimentales permettent d'annuler les deux autres contributions ?

Une analyse est effectuée en polarographie impulsionnelle classique sur une solution d'ions nitrate contenant le sel de fond (Annexe 1, courbe a) :

- 5- Expliquer l'existence d'un palier sur la courbe.

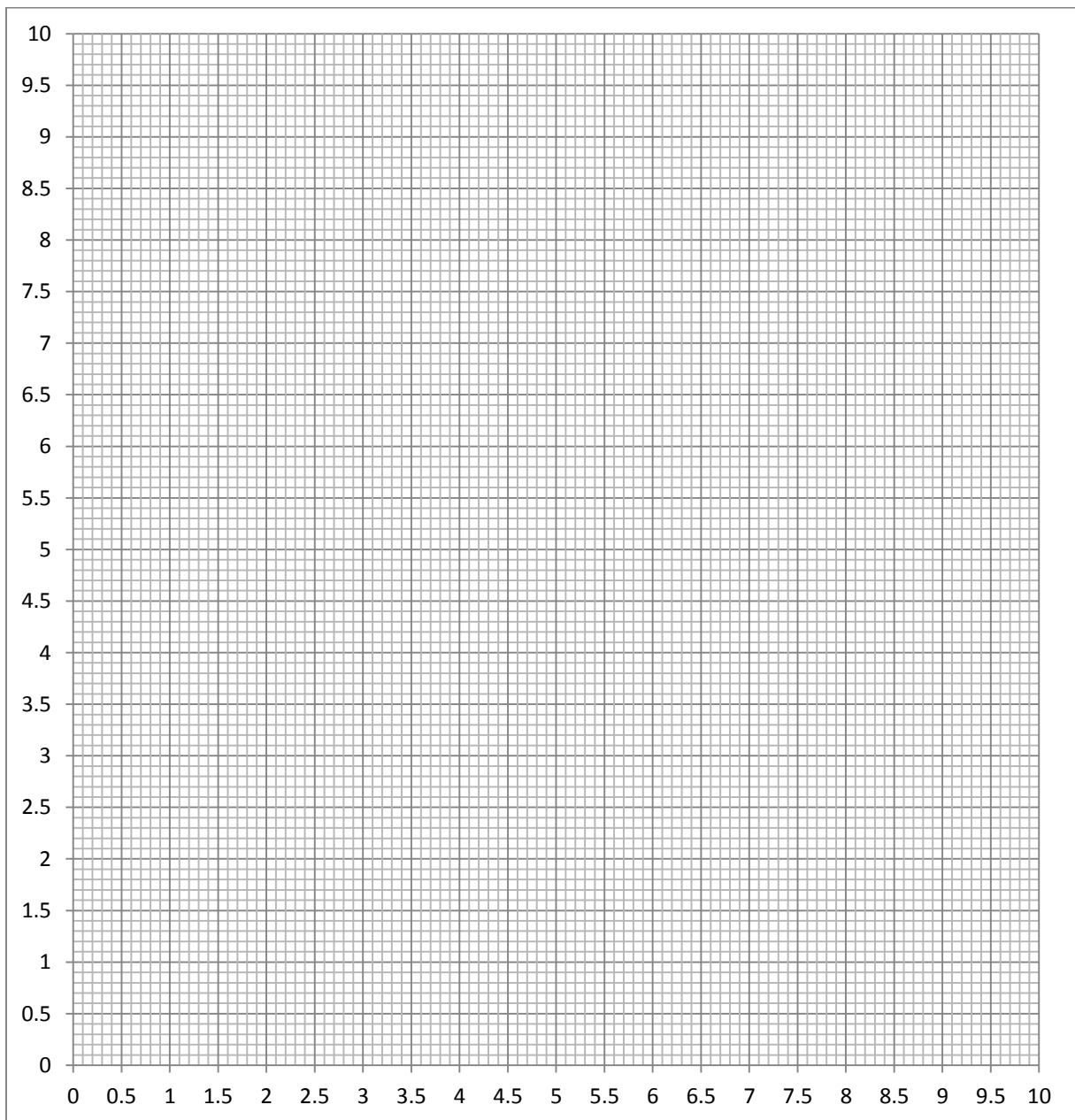
- 6- S'agit-il de vagues d'oxydation ou de réduction ?

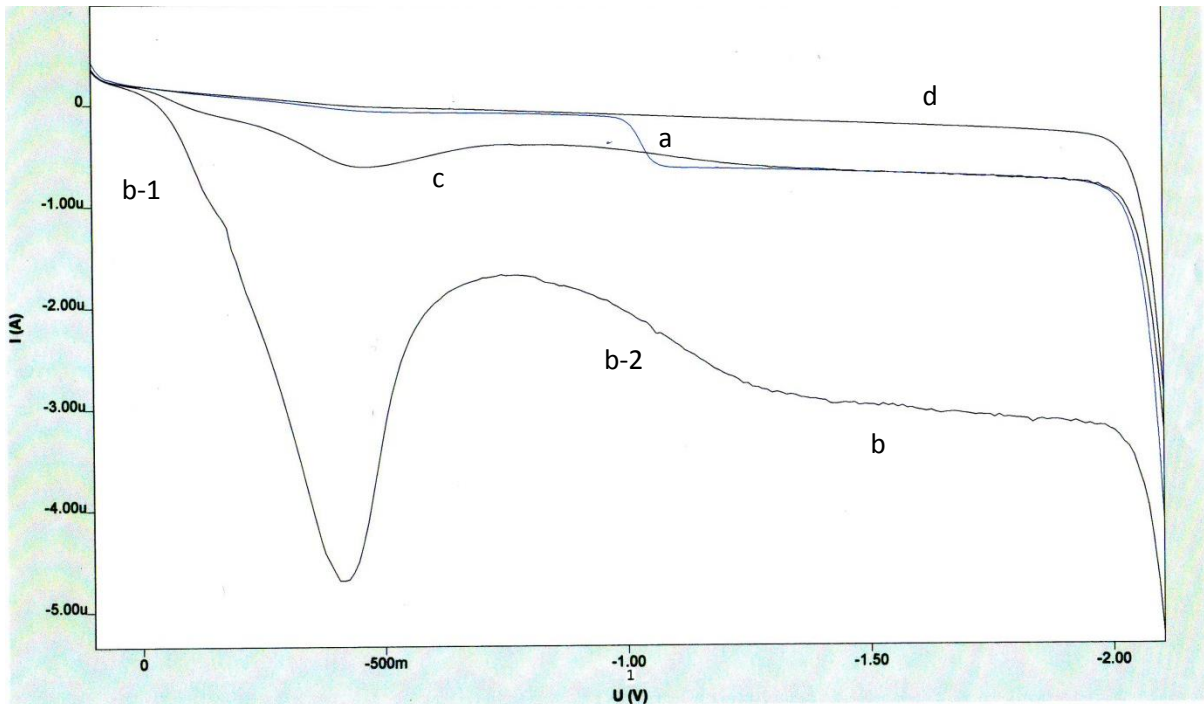
- 7- Expliquer l'existence des deux vagues b-1 et b2 sur l'annexe 1. Justifier à l'aide des courbes le rôle de la purge. Comment est-elle réalisée expérimentalement ?

- 8- La courbe b de l'annexe 1 présente un pic. Comment le faire disparaître expérimentalement ?



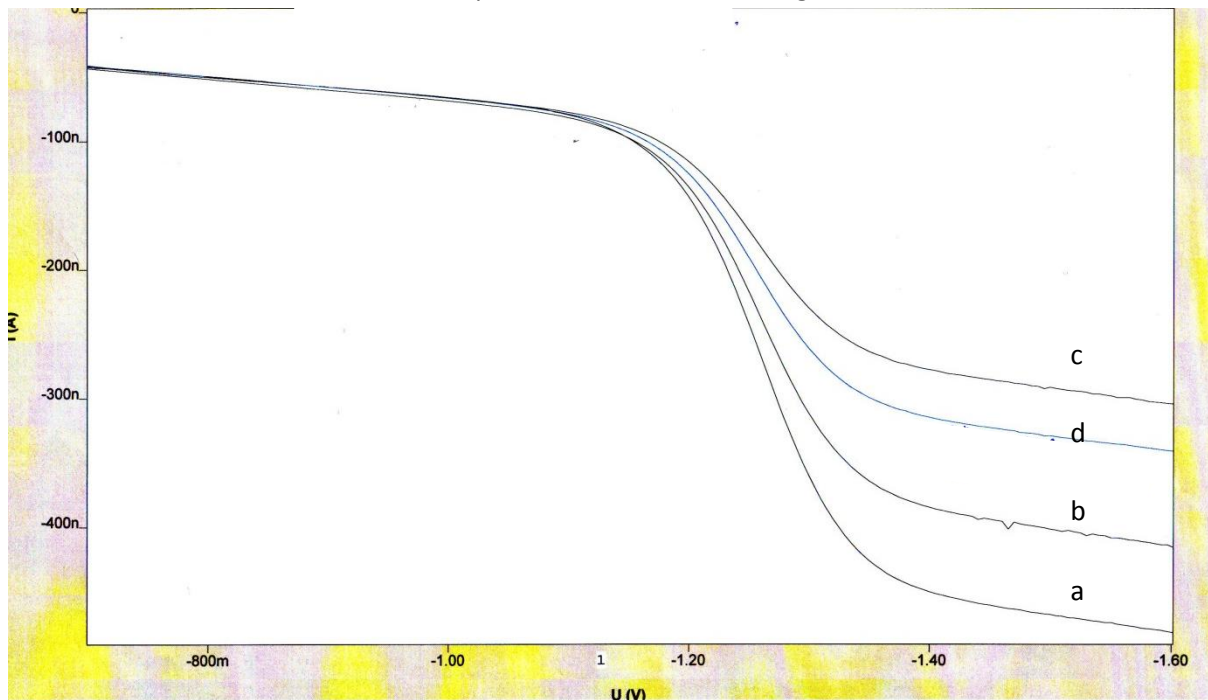
9- Exploiter l'annexe 2 pour déterminer la concentration inconnue. On souhaite voir les tracés sur l'annexe.





**Annexe 1** (l'intensité est en microampère)

- a : solution contenant des ions nitrate et le sel de fond. Purge : 300s
- b : solution contenant uniquement le sel de fond. Purge 0s
- c : solution contenant uniquement le sel de fond. Purge 60s
- d : solution contenant uniquement le sel de fond. Purge 300s



**Annexe 2** (l'intensité est en nanoampère)

- a : solution contenant des ions nitrate à  $10^{-4}$  mol.L<sup>-1</sup> et le sel de fond. Purge : 300s
- b : solution contenant des ions nitrate à  $8.10^{-5}$  mol.L<sup>-1</sup> et le sel de fond. Purge 300s
- c : solution contenant des ions nitrate à  $5.10^{-5}$  mol.L<sup>-1</sup> et le sel de fond. Purge 300s
- d : solution inconnue contenant le sel de fond. Purge 300s

### Partie 3 : Propriétés acido-basiques et redox d'espèces azotées

#### A. Préparation d'une solution tampon

On veut préparer 200 mL d'une solution S de  $\text{pH} = 8,9$  à partir de  $V_1$  (en mL) d'une solution d'ammoniac de concentration  $C_1 = 0,100 \text{ mol.L}^{-1}$  et de  $V_2$  (en mL) d'une solution de chlorure d'ammonium de concentration  $C_2 = 0,150 \text{ mol.L}^{-1}$ .

Donnée :  $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$   $\text{pK}_a = 9,2$

1- Déterminer  $V_1$  et  $V_2$ .

A 100 mL de cette solution on ajoute 10 mL d'une solution d'acide chlorhydrique à  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ . On négligera la dilution

2- Déterminer le  $\text{pH}$  du mélange obtenu.

3- Quelles sont les propriétés d'une solution tampon?

## B. Propriétés des ions nitrite

L'acide nitreux,  $\text{HNO}_2$ , et l'ion nitrite,  $\text{NO}_2^-$ , forment un couple acido-basique de  $\text{pK}_a = 3,3$ .

1- Ecrire l'équation bilan de la réaction d'équilibre acido-basique de l'acide nitreux sur l'eau.

2- Exprimer sa constante d'équilibre en fonction des concentrations des espèces mises en jeu.

3- Donner le diagramme de prédominance de  $\text{HNO}_2$  et  $\text{NO}_2^-$  en fonction du pH.

4- Ecrire la demi-équation de transfert électronique et la relation de Nernst correspondante pour le couple oxydo-réducteur  $\text{NO}_3^-(\text{aq})/\text{NO}_2(\text{g})$ .

5- Ecrire la demi-équation de transfert électronique et la relation de Nernst correspondante pour le couple oxydo-réducteur  $\text{NO}_2(\text{g})/\text{NO}_2^-(\text{aq})$

- 6- En présence d'eau le dioxyde d'azote peut se dismuter en ions nitrates,  $\text{NO}_3^-$  et en nitrites  $\text{NO}_2^-$ . Ecrire l'équation bilan de cette réaction de dismutation.

- 7- Exprimer sa constante de réaction  $K$  en fonction de la pression partielle,  $p_{\text{NO}_2}$  en bar, du dioxyde d'azote et des concentrations des espèces en solution aqueuse.

- 8- Calculer, à partir des données, la valeur de  $K$  à 25 °C.

$$E^\circ(\text{NO}_3^-(\text{aq})/\text{NO}_2(\text{g}))=0,83 \text{ V} ; E^\circ(\text{NO}_2(\text{g})/\text{NO}_2^-(\text{aq}))=0,85 \text{ V à pH}=0$$

Cette réaction est à l'origine de la formation des pluies acides.

Une atmosphère de pression totale 1 bar, chargée en dioxyde d'azote, se trouve en équilibre avec une eau de  $\text{pH} = 4$ , l'acidité provenant de la réaction de dismutation de  $\text{NO}_2$  dans l'eau. (on supposera que  $\text{NO}_2(\text{g})$  est insoluble dans l'eau)

- 9- Déterminer la pression partielle  $p_{\text{NO}_2}$  en bar, du dioxyde d'azote

## Partie 4 : Anglais

### Acid catalyzed resin: Physico-chemical and its thermal degradation studies

[Renuka R. Bobde<sup>a</sup>](#), [K.P. Kariya<sup>a</sup>](#), [Lata Deshmukh<sup>b</sup>](#)

<sup>a</sup> Dr. Ira N. Nimdeokar P.G. & Research Centre for Chemistry, Hislop College, Nagpur 440001, India

<sup>b</sup> Department of Chemistry, VMV Com. JMT Arts and JJP Science College, Nagpur 440008, India

International Journal of Chemical and Analytical Sciences (article in press)

#### Abstract

Resin BPEDF has been synthesized using the monomers 2, 2'-biphenol, ethylene diamine and formaldehyde in 1:1:2 M proportions in the presence of 2 M HCl as a catalyst. The purity of newly synthesized resin has been tested and confirmed by the thin layer chromatography (TLC) technique. The structure of BPEDF has been elucidated on the basis of elemental analysis, IR, NMR, UV-Visible spectral studies. The thermal degradation curve was examined in order to determine their mode of decomposition, order of reaction, apparent activation energy, frequency factor, free energy change, entropy change and apparent energy change. Sharp-Wentworth and Freeman-Carroll methods have been used to calculate activation energies and thermal stability. The activation energy ( $E_a$ ) calculated by using the Sharp-Wentworth method, while the data from Freeman-Carroll method has been used to determine the various thermodynamic parameters. The order of reaction ( $n$ ) is found to be 0.95.

#### 1. Introduction

A large number of synthetic resins derived from dihydroxy and amino compounds have been studied due to their versatile use as an ion exchanger, photographic binder, thermal stabilizer. Copolymers of 8-hydroxyquinoline with formaldehyde have been studied extensively. Synthesis, characterization, and thermal study of terpolymeric resin derived from m-cresol, hexamine and formaldehyde have been reported. [...] Extensive research work have been carried out on synthesis, characterization, thermal degradation and ion exchange properties of terpolymers derived from 2, 2'-dihydroxy biphenyl, substituted carbamide and formaldehyde. However, the literature studies have revealed that no terpolymer has been synthesized using the monomer 2, 2'-biphenol, ethylene diamine and formaldehyde.

#### 2. Method of preparation of terpolymer resin

All the chemicals used were of analytical grade or pure grade. 2, 2'-biphenol (Aldrich Chem.), and ethylene diamine, formaldehyde, dimethyl formamide, dimethylsulphoxide (all from Merk) were used.

A mixture of 2, 2'-biphenol (0.1 mol), ethylene diamine (0.1 mol), and formaldehyde (0.2 mol) in presence of 2 M HCl was heated in an oil bath at  $129 \text{ }^\circ\text{C} + 5 \text{ }^\circ\text{C}$  for 6 h with occasional shaking. The separated resinous product was washed with hot water to remove unreacted monomers. It is then thoroughly washed with methanol to remove copolymers which might be present along with terpolymerresin. The terpolymer resin was purified by dissolving in 8 M NaOH and reprecipitated by drop-wise addition of HCl with constant stirring. The regenerated product was washed repeatedly with hot water, powdered with the help of an agated mortar and pestle and dried in a vacuum desiccator over anhydrous calcium chloride.

**A partir du document ci-dessus, répondez aux questions suivantes :**

1- Quelles techniques d'analyse, citées dans l'abstract, ont été utilisées par les auteurs ?

2- Dans quels domaines d'applications les BPEDF sont-elles utilisées ?

3- Quel est le rôle d'HCl dans la réaction ?

4- Vous devez reproduire cette synthèse au laboratoire. Reformuler en français, le protocole décrit dans la partie : 2. Methode of preparation of terpolymer resin :

## Partie 5 : Chimie organique

### A. Cocher la ou les affirmations qui vous semblent correctes

#### 1 - La liaison carbone-carbone des alcanes est :

- a) Polarisée
- b) Forte.
- c) Polarisable.
- d) Facilement rompue en présence de réactifs électrophiles.

#### 2 - La double liaison C=C des alcènes :

- a) Possède un caractère nucléophile.
- b) Possède une liaison  $\pi$  d'énergie plus faible que la simple liaison C-C.
- c) Est une liaison composée entre-autre d'une liaison  $\sigma$ .
- d) Est un site de forte densité électronique.

#### 3 - Les alcynes vrais sont des composés :

- a) Nucléophiles.
- b) Acides.
- c) Dont les carbones portant la triple liaison sont hybridés  $sp$ .
- d) Pouvant être également appelés hydrocarbures acétyléniques.

#### 4- Les alcools sont des composés :

- a) Ayant des points d'ébullition supérieurs à ceux des hydrocarbures correspondants.
- b) Possédant un groupement hydroxyle porté par un carbone hybridé  $sp^2$ .
- c) Donnant des liaisons hydrogène.
- d) Dont les noms, en nomenclature officielle, mentionnent toujours le préfixe hydroxy.

#### 5 - Les alcools présentent un caractère :

- a) Basique fort.
- b) Nucléophile.
- c) Acide de Brönsted.
- d) Protique.



**6 - Les aldéhydes et les cétones sont des composés :**

- a) Possédant un groupe carboxyle.
- b) À caractère électrophile.
- c) Possédant un groupe mésomère donneur.
- d) Susceptibles d'être attaqués par une base pour donner un énol.

**7 - Le phénol est un composé :**

- a) Moins acide que les alcools.
- b) Ayant pour base conjuguée le phénolate plus basique que les alcoolates.
- c) Donnant des substitutions électrophiles plus rapides que le benzène.
- d) Orientant les substitutions électrophiles en *ortho* et *para*.

**8 - La liaison peptidique est :**

- a) Une liaison de type ester.
- b) Une liaison de type amide.
- c) Facilement hydrolysée en présence d'eau.
- d) Résulte de la condensation d'une fonction amine et d'une fonction cétone.

**9 - Les amines sont :**

- a) Des bases fortes.
- b) Des composés pouvant donner des liaisons hydrogène moins fortes que les alcools.
- c) Des composés possédant une réactivité très proche de celle des alcools.
- d) Des composés moins acides que les alcools.

**10 - Un halogénoalcane possède :**

- a) Un caractère acide de Lewis.
- b) Un caractère nucléophile.
- c) Un atome d'halogène à effet mésomère attracteur.
- d) Un point d'ébullition moins élevé que l'alcane correspondant.

**11 - Les acides carboxyliques sont :**

- a) Des acides forts.
- b) Des composés pouvant donner des liaisons hydrogène.
- c) Des composés possédant un groupe mésomère attracteur.
- d) Susceptibles d'être attaqués par une base pour donner un alcoolate.

**12 - Les organométalliques peuvent :**

- a) Réagir avec des nucléophiles.
- b) Réagir avec des acides.
- c) Donner des réactions d'addition.
- d) Réagir avec les alcynes disubstitués.

**13 - Les triglycérides :**

- a) Sont des triesters du glycérol.
- b) Sont les constituants essentiels de la cire d'abeille.
- c) Conduisent par hydrolyse à des savons.
- d) Conduisent par hydrolyse à des acides gras.

**14 - Les osides :**

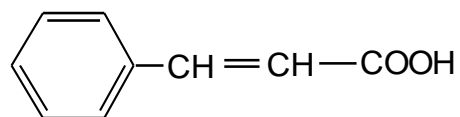
- a) Sont formés par la réunion de motifs exclusivement glucidiques.
- b) Proviennent de la condensation d'oses et de substances non glucidiques.
- c) Sont des polymères constitués d'un grand nombre de motifs glucidiques.
- d) Sont des hydrates de carbone

**15 - Les terpènes :**

- a) Sont extraits des végétaux sous forme d'huiles essentielles.
- b) Sont des hydrocarbures.
- c) Ont tous une formule brute dont le nombre d'atomes de carbone est un multiple de 5.
- d) Sont synthétisés dans les végétaux par polymérisation de l'isoprène.

**B. Stéréochimie**

1- Dessiner les et nommer les stéréoisomères de l'acide cinnamique.



2- Quelle relation existe entre ces stéréoisomères ?

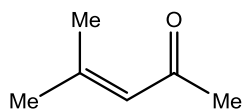
## Partie 6 : HPLC

Un appareil de chromatographie liquide haute performance est équipé d'un détecteur UV.

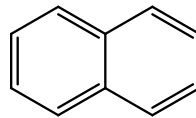
### A. Généralités

1- Faire une description schématique de l'appareil.

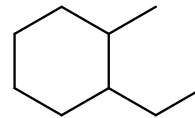
2- Parmi les 6 molécules suivantes, lesquelles pouvez-vous détecter en sortie de colonne ?  
Entourez-les et justifiez votre choix



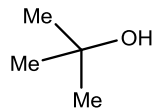
**A**



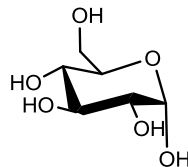
**B**



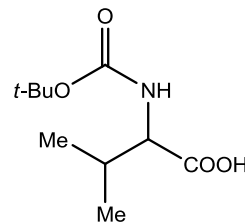
**C**



**D**



**E**



**F**

3- Citez 2 autres types de détecteur utilisés en HPLC.

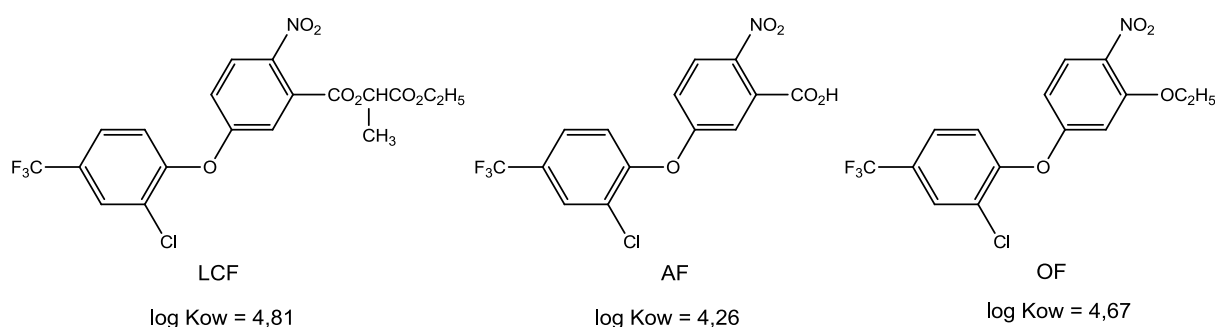
4- Définissez les termes « mode isocratique » et « mode gradient » en chromatographie liquide.

On dispose au labo de 3 solvants de qualité HPLC : Eau, hexane et méthanol

- 5- Classer ces solvants par pouvoir d'éluion décroissant (du plus éluant au moins éluant) sur une colonne polaire

## B. Application

Le lactofen (LCF), l'acifluorfen (AF) et l'oxyfluorfen (OF) sont des herbicides de type diphenyl-ether. On donne, à 25°C, les coefficients de partage entre l'octanol et l'eau de ces composés.



Ces trois herbicides peuvent être séparés par chromatographie de partage à polarités de phases inversées. On utilise pour cela une colonne de silice greffée C18 avec un mélange éluant eau/méthanol (9/1).

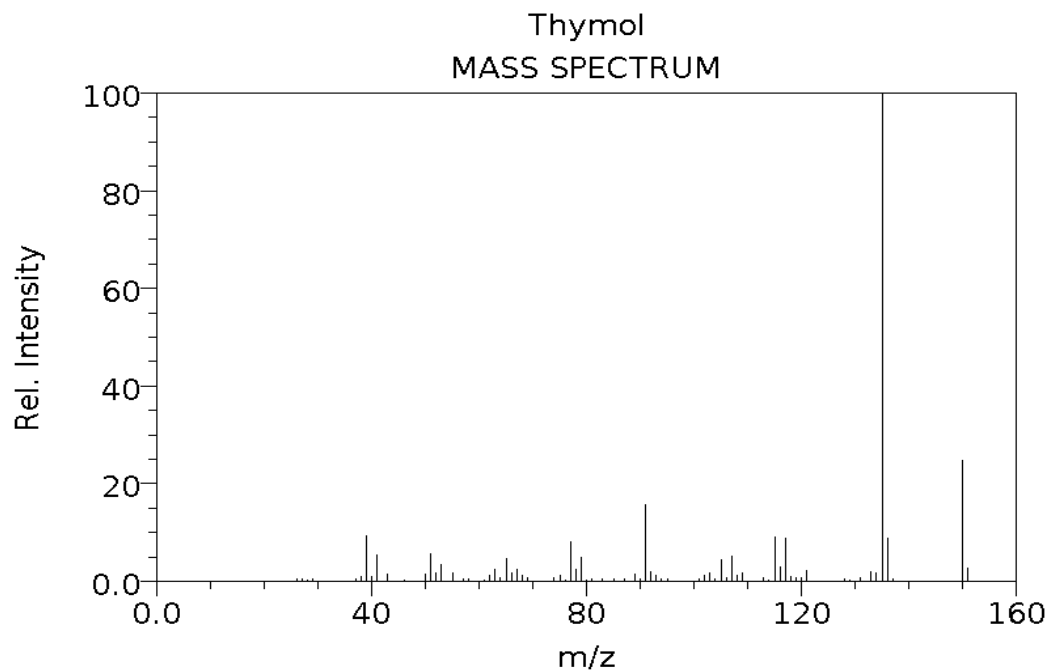
- 6- Quelles sont les polarités des phases mobile et stationnaire

- 7- Que signifie C18 ?

- 8- Quel sera *a priori* l'ordre d'éluion de ces trois composés (les classer selon leur temps de rétention  $t_R$ ). Justifiez votre réponse.

- 9- Dans quel sens évolueront les temps de rétention dans la chromatographie ci-dessus si on augmente la proportion de méthanol dans l'éluant ? Justifiez votre réponse. Les classer par temps de rétention croissant.

## Partie 7 : Spectrométrie de masse



NIST Chemistry WebBook (<http://webbook.nist.gov/chemistry>)

- 1- Que signifie le rapport  $m/z$  sur le spectre du thymol?\*

- 2- Indiquer sur le spectre le pic moléculaire et le pic le plus abondant.  
3- Citer 2 types d'ionisation.

- 4- Citer 2 types d'analyseur.

## Partie 8 : Dosage colorimétrique

Le réactif R donne des complexes de couleurs différentes avec les ions  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  et  $\text{Fe}^{2+}$ . Il est donc possible d'utiliser la colorimétrie pour doser un mélange contenant ces trois ions. On réalise pour cela des solutions étalons A, B et C contenant chacune un seul ion complexé à une concentration connue, puis on travaille sur une solution M qui contient les trois ions à analyser, complexés avec ce même réactif R.

On obtient le tableau ci-dessous qui donne les pourcentages de transmission des différentes solutions aux longueurs d'ondes choisies par l'utilisateur pour ce dosage.

solution	Nature de l'ion	Concentration molaire du complexe mol.L <sup>-1</sup>	Absorbance		
			380 nm	612 nm	750 nm
A	$\text{Cu}^{2+}$	0,005	1,036	0	1,081
B	$\text{Zn}^{2+}$	0,005	0	0,084	0,298
C	$\text{Fe}^{2+}$	0,005	0	0,510	0
M	$\text{Cu}^{2+}$	x	0,996	1,060	1,292
	$\text{Zn}^{2+}$	y			
	$\text{Fe}^{2+}$	z			

- 1- Déterminer les concentrations molaires x, y et z des trois ions métalliques du mélange M sachant que l'épaisseur de la cuve de mesure est de 10mm.

## Partie 9 : Hygiène et sécurité

1- Définir ce qu'est un EPI

2- Citer 3 EPI indispensables dans un laboratoire de chimie

3- Sur un flacon de formaldéhyde, on retrouve les pictogrammes suivants, indiquer la nature des risques associés :



4- Quel type d'extincteur vous utiliseriez pour éteindre un feu de sodium ?

5- Dans quoi est stocké l'acide fluorhydrique ? Quel gel applique t'on en cas de brûlure ?

6- Quelles précautions doit-on prendre lorsque l'on utilise de l'azote liquide ?

7- Que doit porter le manipulateur d'un appareil de diffraction X ?

8- Quelles précautions doit prendre le manipulateur d'un appareil de RMN ? Quel type de personne ne peut pas travailler près d'un appareil de RMN ?

**ANNEXE**  
**ECARTS TYPES SUR LES MESURES EFFECTUEES AVEC LES INSTRUMENTS DE**  
**VOLUMETRIE ET LES BALANCES**

**Burette de 25 ml graduée en 0,1 mL**

La lecture s'effectue à 0,05 mL près

$$\sigma_v = \frac{1}{\sqrt{6}} \cdot 0,05 \approx 0,02 \text{ mL}$$

**Pipettes (classe B)**

V mL	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>
$\sigma_v$ mL	$3,5 \cdot 10^{-3}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$	$7,5 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$3,0 \cdot 10^{-2}$	$5,0 \cdot 10^{-2}$	$4,0 \cdot 10^{-2}$
$\frac{\sigma_v}{V}$	$3,5 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$7,5 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-4}$

**Fioles jaugées**

V mL	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>
$\sigma_v$ mL	$3,0 \cdot 10^{-2}$	$4,5 \cdot 10^{-2}$	$7,5 \cdot 10^{-2}$	0,12	0,12	0,19	0,30
$\frac{\sigma_v}{V}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$9,0 \cdot 10^{-4}$	$7,5 \cdot 10^{-4}$	$6,0 \cdot 10^{-4}$	$4,8 \cdot 10^{-4}$	$3,8 \cdot 10^{-4}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$

**Balances**

***Balance à l'air libre, au 1/100 de gramme de résolution***

$$\sigma(m) = \frac{1}{\sqrt{6}} \cdot 10^{-2} \text{ g}$$

***Balance analytique, à l'abri des courants d'air, au 1/10 de milligramme de résolution***

$$\sigma(m) = \frac{1}{\sqrt{6}} \cdot 10^{-4} \text{ g}$$

**Fin du sujet**