

# CM80 : Examen intermédiaire

Durée : 2 heures — Documents et calculatrices autorisés.

## 1 À la recherche des molécules de la vie

### 1.1 Expérience de Stanley Miller (6 pts)

#### Document 1

L'origine des molécules prébiotiques dont l'évolution chimique aurait conduit aux polymères aujourd'hui caractéristiques de la vie, comme les polynucléotides et les protéines, n'est pas connue. Diverses hypothèses ont été formulées. Les premières molécules organiques auraient pu se former sur la Terre par réactions chimiques entre certains constituants de l'atmosphère primitive dissous dans l'eau. Diverses expériences ont en effet montré la possibilité de synthèse de constituants organiques à partir des composants de l'atmosphère primitive. Les premières molécules organiques auraient pu aussi se former au fond des océans au niveau des sources hydrothermales où on a en effet montré expérimentalement la possibilité de synthèse de substances organiques à partir de composés soufrés et d'oxydes de carbone. Enfin, elles auraient pu provenir de l'espace car on a identifié divers précurseurs organiques, notamment des acides aminés, dans des météorites, comètes, etc.

[acces.ens-lyon.fr/biotic/evolut/orivie/html/syn-pre.htm](http://acces.ens-lyon.fr/biotic/evolut/orivie/html/syn-pre.htm)

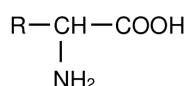
En 1953, Stanley Miller a enfermé dans un ballon des gaz (méthane, ammoniac ( $\text{NH}_3$ ), dihydrogène et eau) et soumis le mélange à des décharges électriques pendant sept jours.

Il a obtenu des molécules organiques, les briques du vivant, et notamment de l'urée ( $\text{CON}_2\text{H}_4$ ), du formaldéhyde ( $\text{H}_2\text{CO}$ ), de l'acide cyanhydrique ( $\text{HCN}$ ) et des acides aminés.

1.1. Quel scénario des origines de la vie voulait ainsi mettre en évidence Miller ?

1.2. Miller recherchant à fabriquer des briques du vivant, justifier le choix des réactifs fait dans son expérience.

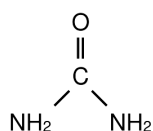
1.3. La formule générale des acides aminés est donnée ci-dessous :



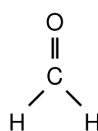
R est un radical variable qui diffère d'un acide aminé à l'autre ; il peut être soit un atome H, soit un groupe alkyl, soit une chaîne comportant des groupes caractéristiques divers.

Justifier le nom d'acide aminé attribué à cette molécule.

1.4. Parmi les produits obtenus dans cette expérience se trouvent l'urée et le formaldéhyde dont les formules sont données ci-dessous :



urée



formaldéhyde

1.4.1. Reproduire le schéma de la molécule d'urée et représenter, en le justifiant, l'ensemble des doublets libres présents dans cette molécule.

1.4.2. Quel est le nom officiel du formaldéhyde ?



2.1. On veut différencier la leucine de l'isoleucine par une technique d'identification appropriée.

2.1.1. Écrire la formule topologique de la leucine.

2.1.2. Quelle relation lie ces deux molécules ?

2.2. Trois techniques simples d'identification de molécules peuvent être envisagées en chimie organique :

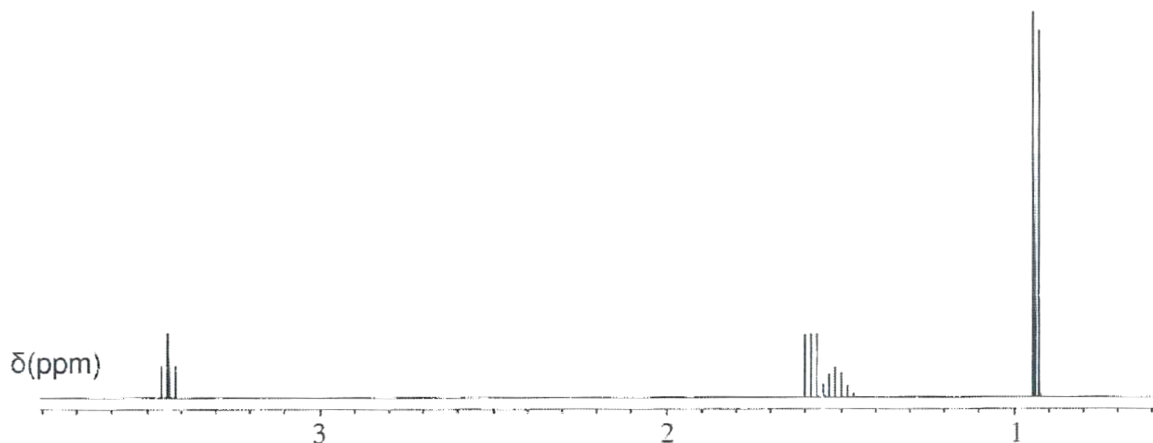
- la spectroscopie de masse citée dans le document 2 qui sépare les entités chimiques en fonction de leur masse et qui identifie ces masses,
- la spectroscopie infrarouge,
- la spectroscopie de résonance magnétique nucléaire.

Laquelle (ou lesquelles) de ces trois techniques peut (peuvent) être choisie(s) pour différencier les molécules de leucine et d'isoleucine ? On expliquera pourquoi l' (ou les) autre(s) technique(s) n'est (ne sont pas) adaptée(s) à cette différenciation.

2.3. Les spectres de RMN des deux molécules sont réalisés en ajoutant un peu d'"eau lourde" à l'échantillon. On appelle "eau lourde" l'eau deutérée  $D_2O$ . L'objectif de cet ajout est de permettre le remplacement des protons acides par des atomes de deutérium, c'est-à-dire les protons des groupes  $COOH$  et  $NH_2$ . Le deutérium ne provoquant aucun signal en RMN du proton, **la conséquence de cet ajout est de faire disparaître les signaux dus aux protons des groupes  $COOH$  et  $NH_2$ .**

L'un de ces deux spectres est donné ci-dessous et comporte :

- un doublet de déplacement chimique  $\delta = 0,9$  ppm intégrant pour 6H ;
- un multiplet (non résolu) de déplacement chimique  $\delta = 1,5$  ppm intégrant pour 1 H ;
- un triplet de déplacement chimique  $\delta = 1,6$  ppm intégrant pour 2H ;
- un triplet de déplacement chimique  $\delta = 3,4$  ppm intégrant pour 1H.



Ce spectre est-il celui de la leucine ou de l'isoleucine ? Justifier la réponse par au moins deux arguments.

## 2 Dépollution des eaux (8 pts)

Les métaux lourds tels que le cuivre, le cobalt ou le nickel peuvent se retrouver dans les eaux usées. Leur présence est dangereuse pour l'homme ; ils sont toxiques à faible concentration et s'accumulent dans l'organisme. On cherche des procédés permettant de dépolluer les eaux en métaux lourds.

Une piste prometteuse utilise le chitosane, molécule synthétisée à partir de la chitine elle-même extraite des carapaces de crustacés (crevette, crabe, homard...). Le chitosane s'associe aux ions métalliques pour former une nouvelle espèce chimique insoluble dans le milieu, que l'on isole par filtration.

On souhaite tester, en laboratoire, les propriétés du chitosane sur trois eaux polluées artificiellement respectivement au cuivre, au nickel et au cobalt.

Voici les étapes du protocole opératoire.

### Étape 1 : Préparation des trois solutions

Trois solutions aqueuses d'ions métalliques de volume  $V_0 = 40,0$  mL et de concentration molaire  $C_0$  sont versées dans trois béchers :

- Solution  $S_1$  de sulfate de cuivre II ( $\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$ ) de couleur bleue ;
- Solution  $S_2$  de sulfate de nickel II ( $\text{Ni}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$ ) de couleur verte ;
- Solution  $S_3$  de sulfate de cobalt II ( $\text{Co}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$ )

### Étape 2 : Analyse spectrale des trois solutions

On mesure à l'aide d'un spectrophotomètre l'absorbance  $A_0(1)$ ,  $A_0(2)$  et  $A_0(3)$  des solutions  $S_1$ ,  $S_2$  et  $S_3$ .

### Étape 3 : Solubilisation du chitosane

On ajoute une même masse  $m$  de chitosane solide dans les trois béchers.

On agite pendant trente minutes.

### Étape 4 : Filtration

On filtre les trois solutions et on récupère les filtrats d'aspect limpide.

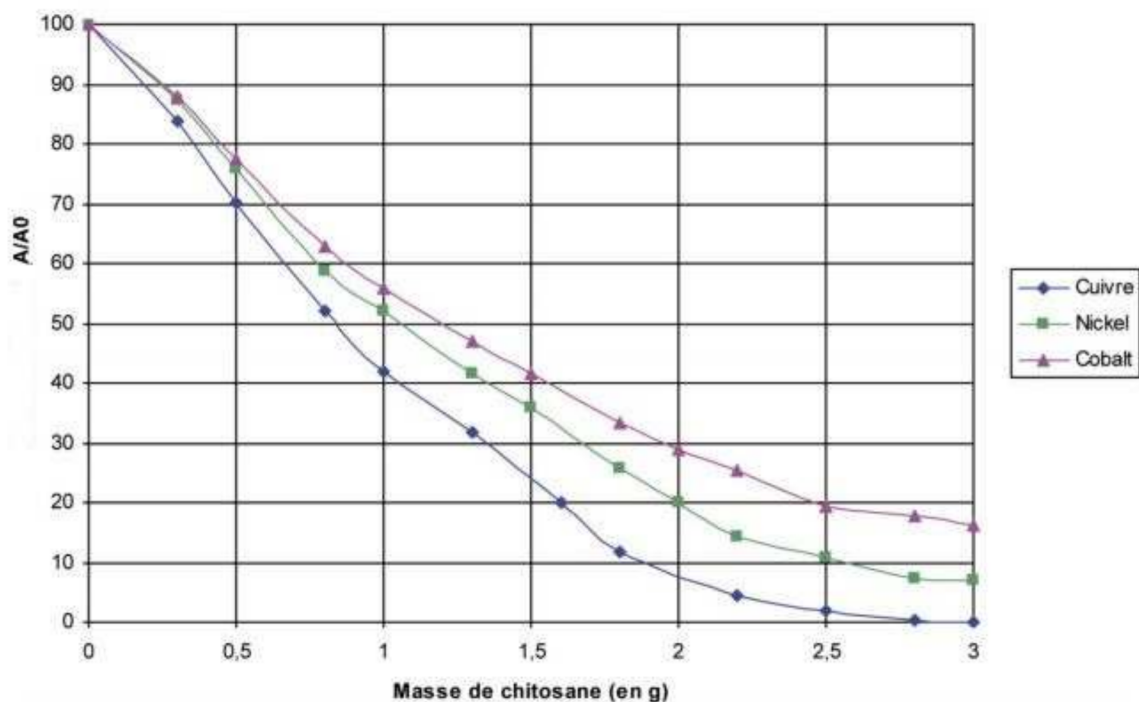
### Étape 5 : Nouvelle analyse spectrale

On mesure l'absorbance  $A(1)$ ,  $A(2)$  et  $A(3)$  des filtrats dans la gamme de longueurs d'onde 400 - 900 nm.

L'étude est réalisée pour 40,0 mL de solution aqueuse à la même concentration molaire  $C_0$  et différentes masses  $m$  de chitosane solide.

Les résultats obtenus sont exploités et conduisent aux tracés des graphes représentant l'évolution du rapport  $A/A_0$  (exprimé en pourcentage) en fonction de la masse de chitosane ajoutée.

1. De quelle couleur est la solution de sulfate de Cobalt ?
2. D'après le spectre d'absorption du Document 1, quelle est la concentration molaire  $c_1$  initiale de la solution de sulfate de nickel ? Quelle est sa concentration massique ?  
*Données* : largeur de la cuve utilisée dans le spectrophotomètre :  $\ell = 1$  cm , extinction molaire du sulfate de nickel à 720 nm :  $\varepsilon = 21$  L.mol<sup>-1</sup>.cm<sup>-1</sup>.
3. Résoudre le problème posé ci-dessous à l'aide des documents 1 à 4 et de la courbe d'évolution de l'absorbance de la solution en fonction de la masse de chitosane ajoutée.



D'après le Bup PC n°940, janvier 2012

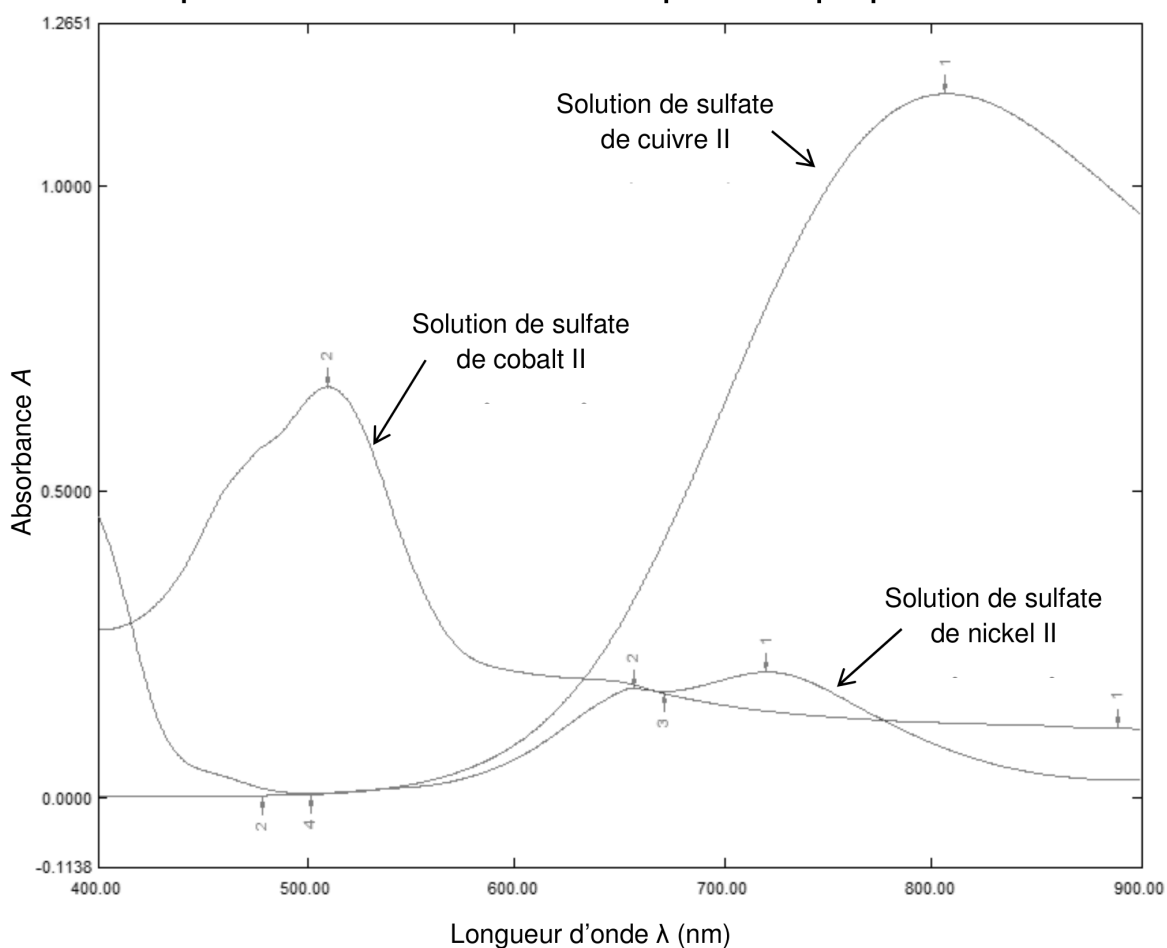
On dispose de 60 g de carapaces de crevettes. Cette masse de carapaces est-elle suffisante pour ramener 40 mL de la solution  $S_1$  aux normes environnementales françaises de pollution des eaux en cuivre ?

Si non, quelle est la masse minimale de carapaces de crevettes nécessaires pour éliminer le cuivre de la solution ?

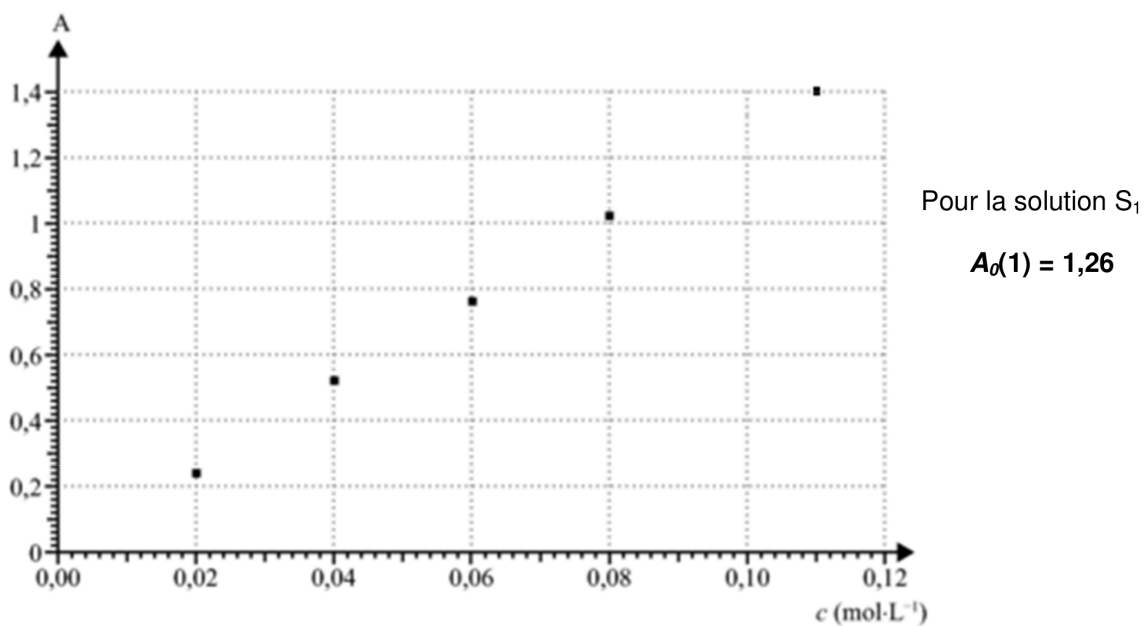
**Données :** masses molaires  $M(\text{Co}) = 58,9 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;  $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;  $M(\text{Ni}) = 58,7 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

*L'analyse des données ainsi que la démarche suivie seront évaluées et nécessitent d'être correctement présentées. Les calculs numériques seront menés à leur terme. Il est aussi nécessaire d'apporter un regard critique sur le résultat.*

Document 1 : Spectres d'absorbance des solutions aqueuses de quelques métaux lourds



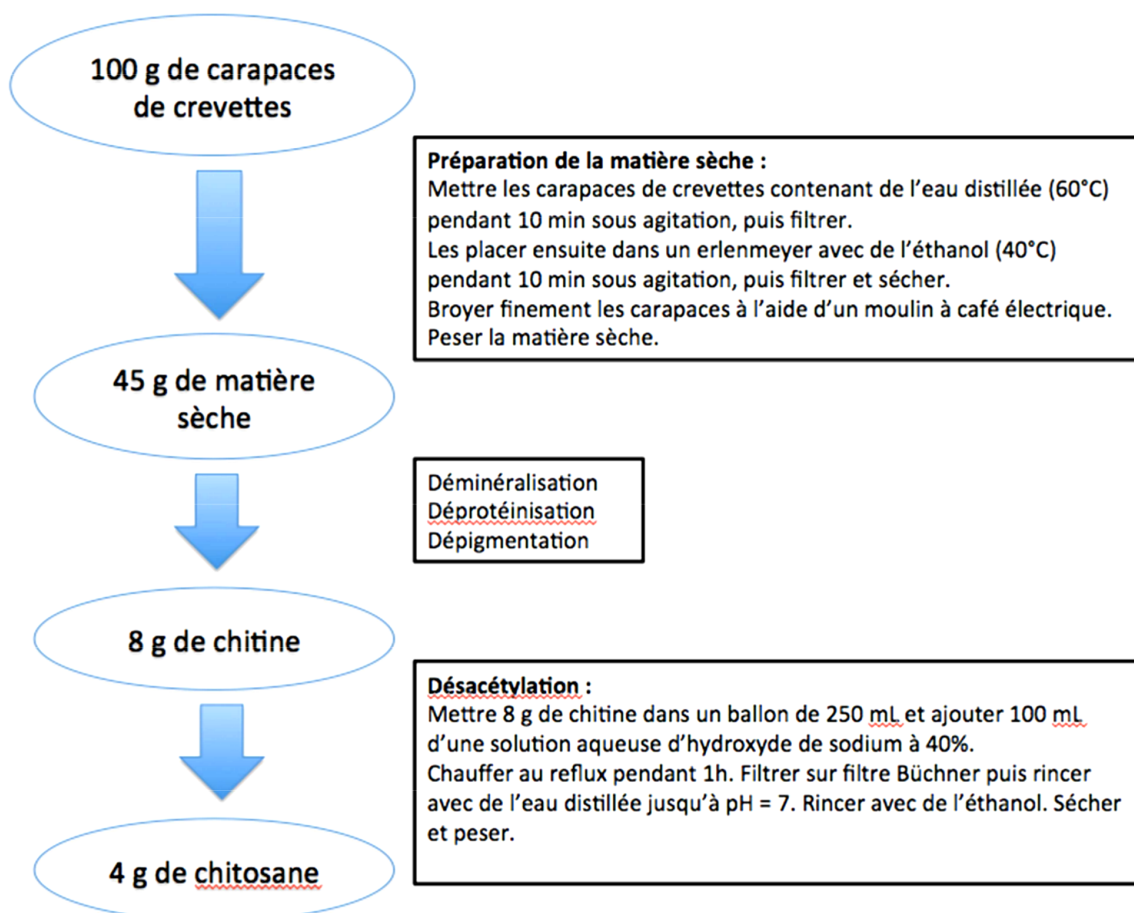
Document 2 : évolution de l'absorbance à 800 nm de solutions aqueuses de sulfate de cuivre II en fonction de la concentration molaire en sulfate de cuivre II



**Document 3 : Normes de rejet d'effluents chargés en métaux lourds**

métal	Fe	Cu	Ni	Zn	Cd	Pb	Al	Sn	Cr	Hg	Normes
<b>Conc (mg/l)</b>	5	2	5	5	0.2	1	5	2	3	0.05	CEE
	5	0.5	0.5	0.5	0.2	0.5	5	2	0.5	0.05	France
	2	2	3	5	1	1	2	-	2	0.1	Belgique
	3	0.5	0.5	1	0.2	0.5	3	1	0.5	-	Allemagne
	1	1	2	2	1	1	10	-	2	0.1	Suisse

**Document 4 : Synthèse du chitosane**



d'après le Bup PC n°940, janvier 2012

**Références :** les exercices de ce sujet sont extraits de sujets de Baccalauréat S (Centres Étrangers 2015 et Asie 2014).