EXERCICE III : À LA RECHERCHE DE LA VIE DANS L'ESPACE (5 points)

Des analyses récentes de la composition chimique de météorites indiquent que certains composés nécessaires à la vie peuvent se trouver en dehors de la Terre.
Ces découvertes poussent de plus en plus les chercheurs à explorer le ciel en quête de planètes extrasolaires, motivés par l'espoir de trouver des planètes habitables et d'y détecter des traces de vie.

On se propose, dans cet exercice, d'étudier quelques aspects chimiques de la recherche de la vie en dehors de la Terre.

Données :

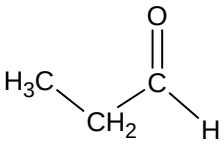
- Table de données pour la spectroscopie IR :

Liaison	Nombre d'onde (cm^{-1})	Intensité
O–H alcool libre	3500–3700	forte, fine
O–H alcool lié	3200–3400	forte, large
O–H acide carboxylique	2500–3200	forte à moyenne, large
N–H amine	3100–3500	moyenne
N–H amide	3100–3500	forte
N–H amine ou amide	1560–1640	forte ou moyenne
C–H	2800–3300	moyenne
C=O amide	1650–1740	forte
C=O aldéhyde et cétone	1650–1730	forte
C=O acide	1680–1710	forte

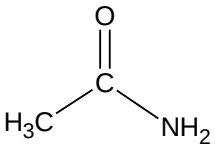
- Comparaison d'électronégativités entre différents atomes :

$$\chi(O) > \chi(N) > \chi(C) \quad \text{et} \quad \chi(C) \approx \chi(H)$$

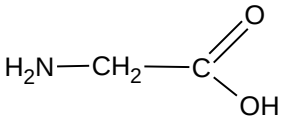
- Formules semi-développées de quelques molécules organiques :



propanal



éthanamide



glycine

1. Chimie et origine de la vie dans l'espace

Des ingrédients considérés comme indispensables pour l'origine de la vie sur Terre ont été découverts dans l'environnement de la comète 67P/Tchourioumov-Guérassimenko, que la sonde Rosetta de l'ESA a exploré pendant presque deux ans.
C'est le cas de la glycine, le plus simple des acides aminés, qui se trouve couramment dans les protéines, et du phosphore, un élément clé de l'ADN et des membranes cellulaires.
Si la nature exacte de cette matière organique cométaire est encore inconnue, des travaux en laboratoire permettent de modéliser les réactions chimiques pouvant se produire au sein des comètes.

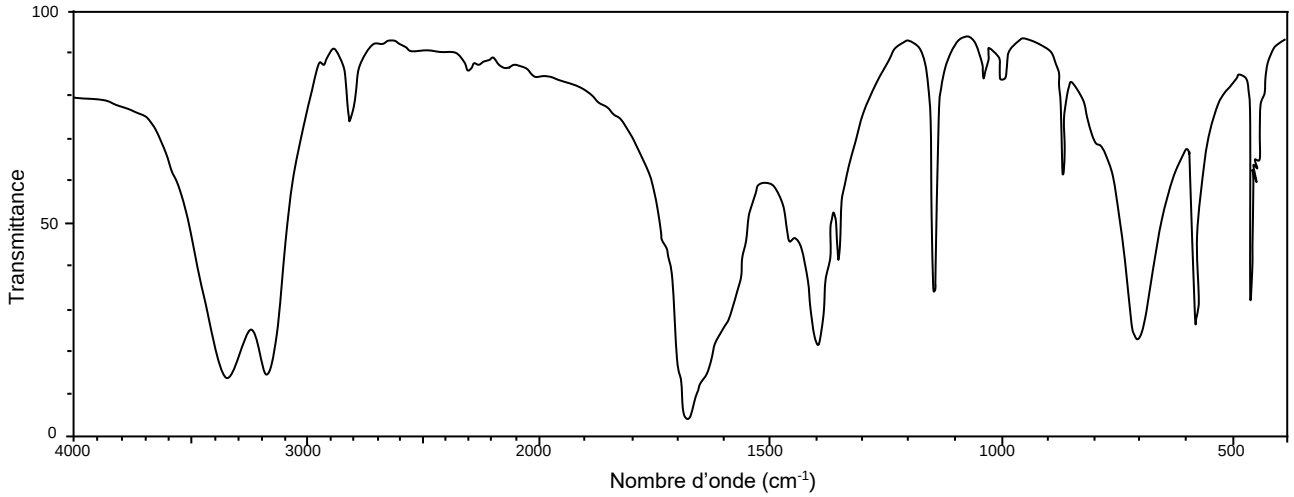
Source : http://www.exobiologie.fr

L'atterrisseur de la sonde Rosetta possède un spectromètre infrarouge (VIRTIS) capable de détecter la présence de molécules organiques.
Parmi les molécules détectées sur la comète « Tchouri », plusieurs l'ont été pour la première fois dans une comète. Parmi celles-ci, on trouve le propanal et l'éthanamide.

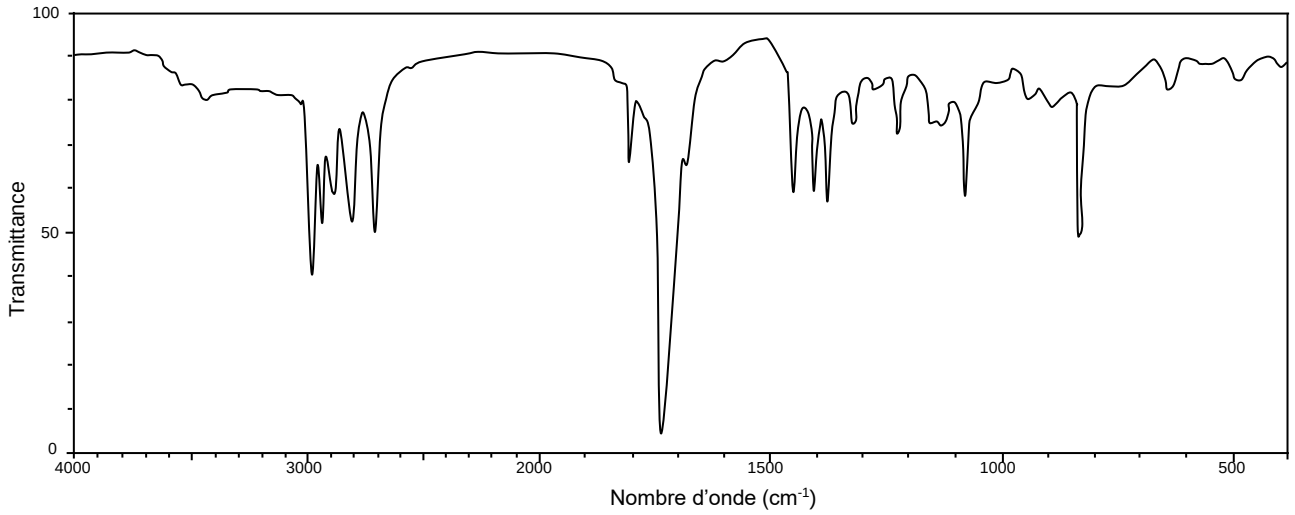
1.1. Présenter les formules topologiques de ces deux dernières molécules et identifier sur celles-ci les groupes caractéristiques. Nommer les fonctions associées.

1.2. Associer, en le justifiant, chacun des spectres IR ci-dessous à une des deux molécules précédentes.

Spectre IR n°1

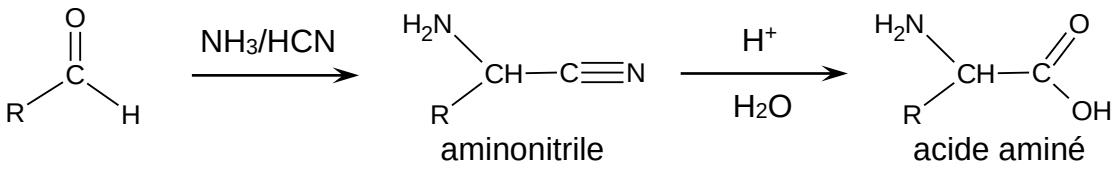


Spectre IR n°2



Source : National Institute of Advanced Industrial Science and Technology - http://sdbs.db.aist.go.jp

1.3. On donne ci-dessous la succession des deux réactions proposées par Adolph Strecker en 1850, pour synthétiser un acide aminé à partir d'un aldéhyde.



le mécanisme de la première réaction se déroule en 4 grandes étapes données **en annexe à rendre avec la copie**.

1.3.1. Identifier, en justifiant, le site donneur et le site accepteur mis en jeu lors de l'étape 1 du mécanisme réactionnel.

1.3.2. Compléter, **sur l'annexe à rendre avec la copie,** le mécanisme à l'aide des flèches courbes pour rendre compte de cette étape.

La synthèse de Strecker, menée en laboratoire, permet d'obtenir un mélange racémique d'acides aminés.

1.3.3. Si l'acide aminé synthétisé est la glycine, peut-on obtenir un « mélange racémique » ?

1.3.4. Donner les représentations de CRAM des molécules du mélange racémique d'acides aminés obtenu à partir du propanal.

2. Étude d'une solution de glycine en laboratoire.

On réalise un titrage afin de déterminer avec précision la concentration molaire d'une solution aqueuse S de glycine. Dans l'eau, la glycine se trouve sous la forme $NH_3^+–CH_2–COO^-_{(aq)}$.

Dans un premier temps, on prélève un volume V_0 = 25,0 mL de solution S et on ajoute un volume d'environ 100 mL d'eau distillée, puis on titre par une solution d'hydroxyde de sodium ($Na^+_{(aq)}$, $HO^-_{(aq)}$) de concentration molaire C_B = 0,100 mol.L^{-1}.
Le titrage est suivi par pH-métrie et par conductimétrie.

Les courbes de titrage : pH = f(V_B) et σ = g(V_B) sont données ci-après.

L'équation de la réaction de titrage, considérée comme totale, est :

$$NH_3^+–CH_2–COO^-_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightarrow NH_2–CH_2–COO^-_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

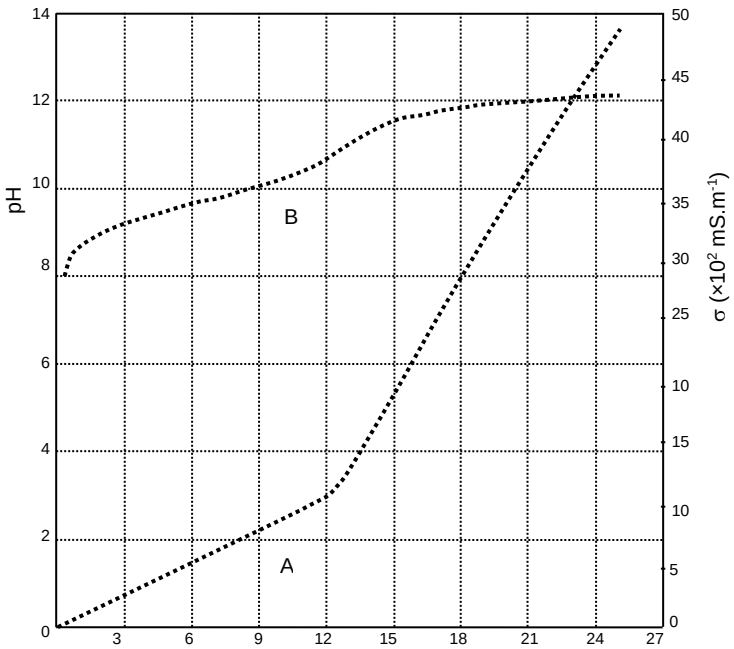
Données : conductivités molaires ioniques à la température de l'expérience

Ion	$HO^-_{(aq)}$	$Na^+_{(aq)}$	$NH_2–CH_2–COO^-_{(aq)}$	$NH_3^+–CH_2–COO^-_{(aq)}$
λ (S.m^2.mol^{-1})	$2,0 \times 10^2$	$0,50 \times 10^2$	$0,15 \times 10^2$	0

2.1. Après avoir identifié la courbe donnant la variation de la conductivité en fonction du volume de titrant ajouté, expliquer qualitativement son allure.

2.2. Pourquoi la méthode de suivi pH-métrique n'est-elle pas exploitable ?

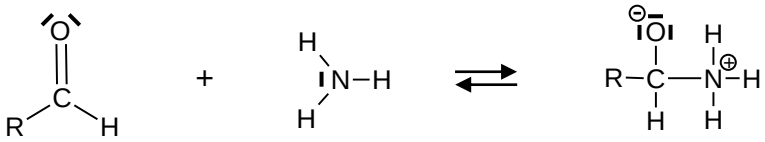
2.3. Déterminer la concentration molaire C_S de la solution aqueuse de glycine en expliquant la démarche suivie.



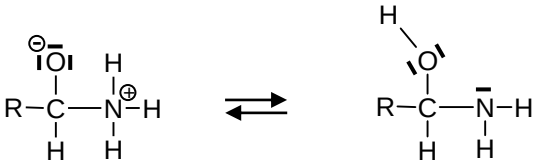
courbes de titrage d'une solution de glycine

Annexe de l'exercice III à rendre avec la copie : Mécanique de la première réaction de la synthèse de Strecker

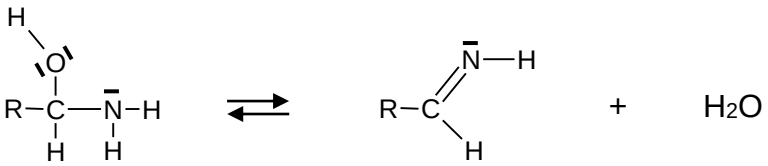
Étape 1 :



Étape 2 :



Étape 3 :



Étape 4 :

