

BACCALAURÉAT BLANC

Lycée Massignon
28/02/2018

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DUREE DE L'ÉPREUVE : 3h30 – coefficient : 8

L'usage des calculatrices EST autorisé à condition qu'elles soient en mode examen, si elles en ont.

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 11 pages numérotées de 1 à 11, y compris celle-ci. **La page 11 de l'ANNEXE EST À RENDRE AVEC LA COPIE.**

Le candidat doit traiter les trois exercices, qui sont indépendants les uns des autres :

- I. En route vers Mars (4,5 pts)
- II. La soie d'araignée (10,5 pts)
- III. Acoustique d'un concert (5 pts)

EXERCICE 1 : En route vers Mars... (4,5pts)

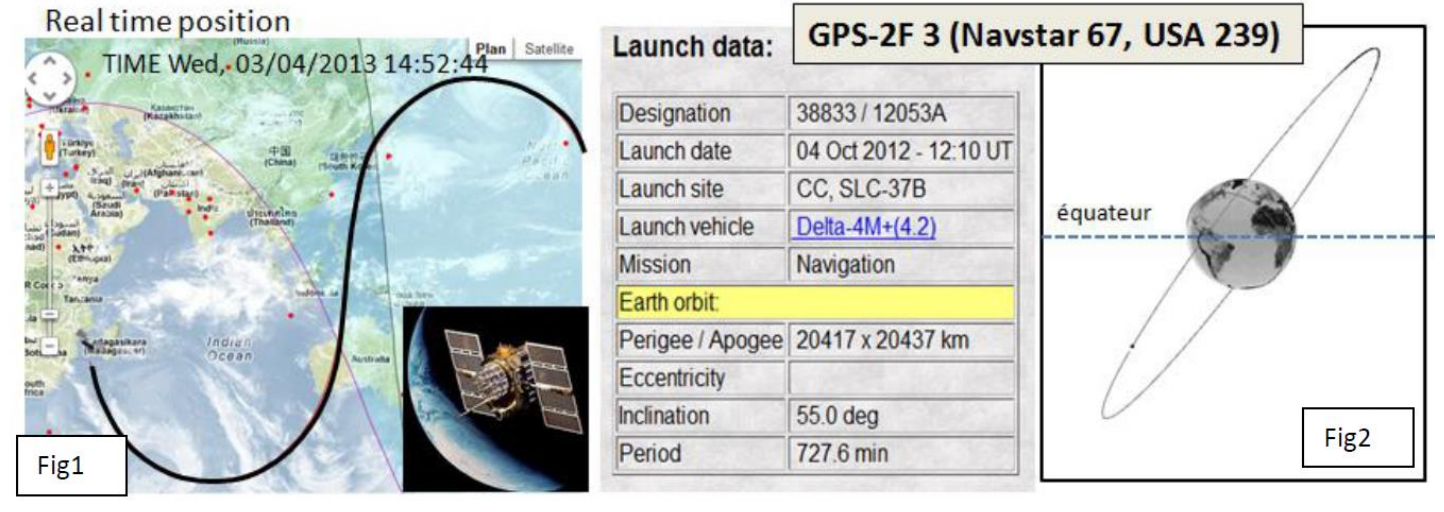
PARTIE 1 : LE GPS-2F3

Avant de commencer les missions vers Mars la NASA a envoyé plusieurs satellites pour l'utilisation du GPS

Document 1 : GPS

Le Global Positioning System est un système de géolocalisation américain accessible au grand public (comme le GLONASS russe). Il est assuré par une flotte de 24 satellites à plus de 20 000 km d'altitude, gravitant autour de la Terre à plus de 14 000 km/h. Le récepteur GPS reçoit simultanément les signaux codés en provenance de plusieurs satellites situés à des distances différentes du lieu d'observation. Le décodage de ces signaux permet d'évaluer ces distances et d'en déduire la position du récepteur dans un référentiel géodésique connu (appelé WGS 84).

Document 2 : Navstar 67, un satellite GPS



Document 3 : Données diverses

Vitesse de la lumière : $c = 299\,792\,458 \text{ m.s}^{-1}$

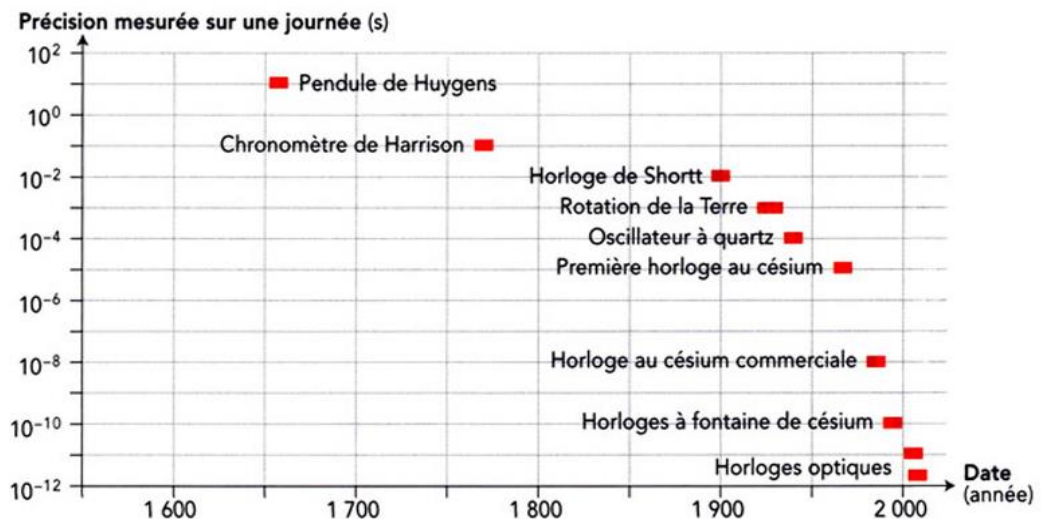
γ : Coefficient de dilatation (sans unité) appelé facteur de Lorentz

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

v : Vitesse relative entre les référentiels propre et impropre (m.s^{-1})

c : Célérité de la lumière de dans le vide

Document 4 : Graphique des évolutions de la précision de diverses horloges soit la dérive de l'horloge en seconde par jour



Document 5 : Correction du GPS

Les signaux transmis par les satellites GPS sont pilotés par une horloge atomique d'une grande précision. Ce n'est pas le cas des récepteurs qui sont équipés d'une horloge à quartz. Celles-ci n'ont ni l'exactitude ni la stabilité d'une horloge atomique et donc dérivent avec le temps. Chaque satellite envoie un message de correction afin d'obtenir le temps GPS exact. L'écart entre le temps GPS et le temps d'une horloge d'un récepteur peut se mettre sous la forme :

$$dt = \frac{1}{c} (\rho_R^s + \Delta_{\rho}^{iono} + \Delta_{\rho}^{tropo} + \Delta_{\rho}^{rot} - R_R^s) + dt^s + dt^e + \Delta t_{rel}$$

Avec :

- c : la vitesse de la lumière dans le vide ;
- ρ_R^s : la distance réelle entre le récepteur et le satellite ;
- Δ_{ρ}^{iono} : la correction ionosphérique calculée par le modèle ;
- Δ_{ρ}^{tropo} : la correction troposphérique calculée par le modèle ;
- Δ_{ρ}^{rot} : l'erreur due à la rotation de la Terre pendant le temps de trajet du signal ;
- R_R^s : la pseudo distance mesurée (sans tenir compte de la synchronisation) ;
- dt^s : l'écart entre le temps GPS et le temps de l'horloge satellite ;
- dt^e : le retard dû au récepteur (antenne, câble, circuits) ;
- Δt_{rel} : la correction relativiste.

En l'absence d'obstacles, il reste cependant des facteurs de perturbation importants nécessitant une correction des résultats de calcul.

Le premier est la traversée des couches basses de l'atmosphère. La présence de l'humidité et les modifications de pression de la troposphère modifient l'indice de réfraction n et donc la vitesse et la direction de propagation du signal radio. Si le terme hydrostatique est actuellement bien connu, les perturbations dues à l'humidité nécessitent, pour être corrigées, la mesure du profil exact de vapeur d'eau en fonction de l'altitude, une information difficilement collectable, sauf par des moyens extrêmement onéreux comme les lidars, qui ne donnent que des résultats parcellaires. Les récepteurs courants intègrent un modèle de correction.

1. NAVSTAR GPS-2F3

- 1.1. Dans quel référentiel simple est décrite la trajectoire du satellite GPS-2F 3 dans la figure 1 puis dans la figure 2 ?
- 1.2. Quelles conditions faut-il pour qu'un satellite soit géostationnaire ? Ce satellite l'est-il ?
- 1.3. D'après le document 2, justifier que la trajectoire n'est pas parfaitement circulaire ?

2. GPS et relativité

- 2.1. Quel est le postulat fondamental de la Relativité, établi par EINSTEIN en 1905, concernant la propagation des ondes électromagnétiques dans le vide ? Quelle en est la conséquence ? Lorsqu'Albert Einstein énonce la théorie de la relativité restreinte, il ne dispose pas de preuves expérimentales : en exploitant le document 4 expliquer pourquoi elles ne viendront que plus tard ?
- 2.2. « L'intervalle de temps Δt_0 séparant deux événements dans un référentiel est mesuré par une quantité différente Δt dans un autre référentiel si celui-ci est en mouvement par rapport au premier. Ainsi, une horloge en mouvement dans un référentiel semblera ralentie par rapport à une horloge identique et immobile dans ce référentiel. »
Ecrire la relation entre Δt et Δt_0 .
- 2.3. Le décalage δ étant l'écart entre Δt et Δt_0 . Donner la relation entre δ , Δt_0 et le facteur de Lorentz. Puis calculer ce décalage de temps δ pour $\Delta t_0 = 1,0$ s dans le cas d'un signal provenant du satellite GPS-2F 3.
- 2.4. En exploitant le document 4, peut-on de nos jours mesurer ce décalage relativiste et donc le corriger ?
- 2.5. Cette correction relativiste suffit-elle pour synchroniser parfaitement deux horloges. Justifier.

PARTIE2 : ARRIVÉE SUR MARS

Le 6 août 2012, la NASA a enfin réussi à poser Curiosity, un robot mobile (rover) sur Mars.

La nouvelle façon de se poser sur Mars de la sonde Curiosity

Document 6 : Le robot Curiosity.

« Arrivé sur Mars le 6 août 2012, Curiosity, robot mobile (rover) de la NASA n'a pour le moment pas révolutionné notre connaissance de cette planète. Pourtant, l'agence spatiale américaine considère déjà la mission comme un immense succès. Pourquoi ? Parce qu'elle a réussi à faire atterrir sans encombre le plus gros rover de l'histoire de l'exploration martienne : longueur = 3m; largeur = 2,7m; hauteur = 2,2m; masse = 900 kg. Et qu'elle a ainsi démontré l'efficacité d'une nouvelle technique d'atterrissage automatique extraterrestre. Cette technique audacieuse a mis en œuvre une « grue volante » pour déposer tout en douceur le robot au bout de trois filins. [. . .]

Faire atterrir une sonde sur Mars est un exercice périlleux, comme l'ont prouvé les échecs de plusieurs missions. La dernière en date fût Beagle 2, qui s'est écrasée au sol en 2003.

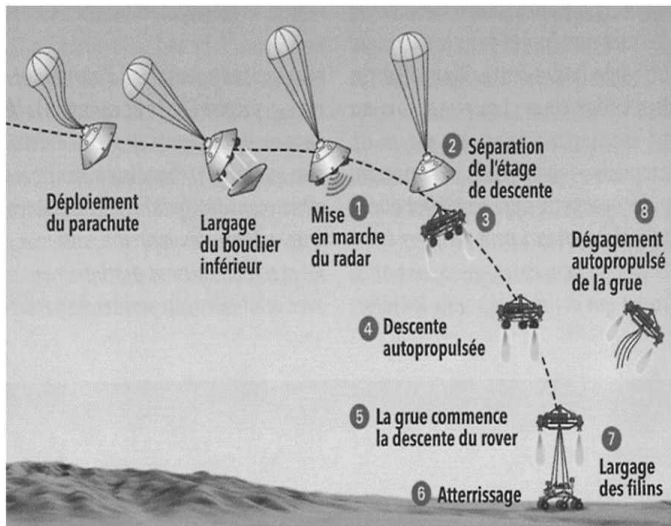
La principale difficulté vient du fait que l'atmosphère martienne est très ténue : moins de 1% de la pression de l'atmosphère terrestre. Résultat, l'utilisation d'un bouclier thermique, qui tire parti de la friction sur les couches atmosphériques, puis d'un parachute de très grande taille, comme on le fait pour le retour d'engins sur Terre, ne suffit pas pour freiner l'engin. Il faut faire appel à un autre dispositif pour le ralentir encore un peu plus et le poser sans danger.[. . .]

Dans la tête des ingénieurs de la NASA a émergé alors une [nouvelle] idée. Elle était inspirée par les hélicoptères de l'armée américaine baptisés « grue volante », capables de transporter et de déposer au sol des charges de plusieurs tonnes à l'extrémité d'un filin. Dans la version spatiale de cette grue volante, c'est un étage de descente propulsé par huit rétrofusées qui joue le rôle de l'hélicoptère ».



Figure 2 – La « grue volante ».

Document 7 : Les principales étapes de l'atterrissage de Curiosity

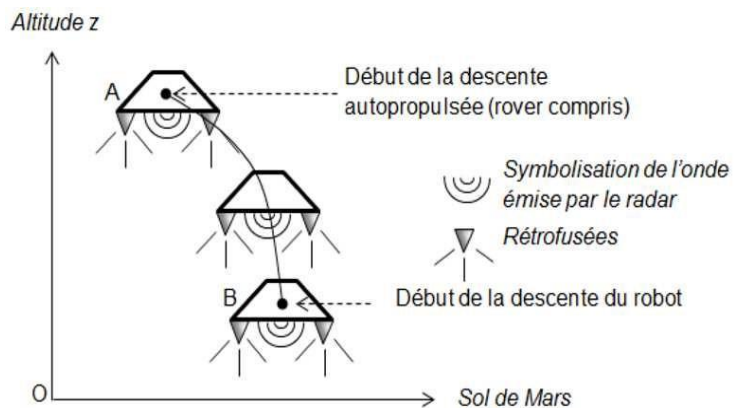


Après sa descente sous un parachute, la capsule allume son radar pour contrôler sa vitesse et son altitude (1). À 2 kilomètres d'altitude (**point A**) et à une vitesse de 100 mètres par seconde, l'étage de descente, auquel est rattaché le rover, se sépare de la capsule (2) et allume ses 8 moteurs fusées (3) pour ralentir jusqu'à faire du « quasi-surplace » (4). À 20 mètres du sol (**point B**), l'étage de descente a une vitesse de 75 centimètres par seconde seulement, il commence alors à descendre le robot au bout de trois filins de 7,50 mètres (5). L'engin dépose Curiosity en douceur (6). Les filins sont coupés, ainsi que le « cordon ombilical » qui permettait à l'ordinateur de bord du rover de contrôler la manœuvre (7). L'étage de descente augmente alors la poussée de ses moteurs pour aller s'écraser à 150 mètres du lieu d'atterrissage (8).

Document 8 : Quelques données.

- Champ de pesanteur au voisinage de la surface de Mars : $g = 3,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.
- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Document 9 : la descente autopropulsée.



1. La descente autopropulsée

On admet que la masse m de l'étage de descente (rover compris) reste à peu près constante lors de la descente et vaut environ $2,0 \times 10^3 \text{ kg}$, et que le champ de pesanteur martien \vec{g} est uniforme durant cette phase.

- 1.1. Établir l'expression du travail du poids $W(\vec{P})$ de l'étage de descente, lors de son déplacement du point A au point B définis sur le document 9 en fonction notamment des altitudes z_A et z_B , respectivement du point A et du point B.
- 1.2. Déterminer la valeur du travail du poids entre A et B et commenter son signe.
- 1.3. Évolution de l'énergie mécanique de l'étage de descente.
 - 1.3.1. Déterminer la valeur de l'énergie mécanique E_m de l'étage de descente au point A et au point B.
 - 1.3.2. L'énergie mécanique de l'étage de descente évolue-t-elle au cours du mouvement entre les points A et B? Interpréter qualitativement ce résultat.

2. Les secondes les plus longues de la mission.

À partir des données des documents 6 et 7 et en faisant deux hypothèses (la première sur la vitesse et la seconde sur le déroulement des filins), estimer la durée Δt de la phase de descente du robot entre le moment où la grue commence à le descendre et son atterrissage sur le sol martien. Petit conseil : faire un schéma succinct légendé.

Toute initiative prise pour résoudre cette question, ainsi que la qualité de la rédaction explicitant la démarche suivie seront valorisées.

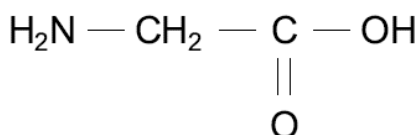
EXERCICE 2 : La soie d'araignée (10,5pts)

La soie que produisent les araignées pour tisser leurs toiles ou envelopper leurs proies possède des propriétés physico-chimiques si exceptionnelles (finesse, régularité, élasticité, solidité, imputrescibilité, etc...) qu'elle est devenue un sujet d'étude pour de nombreux scientifiques. Cet exercice aborde plusieurs aspects de la soie d'araignée considérée comme un matériau d'avenir.

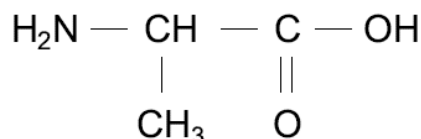
1. Composition de la soie d'araignée

La soie d'araignée est essentiellement composée de fibroïne, une molécule constituée de plusieurs centaines d'acides aminés reliés les uns aux autres par des liaisons peptidiques. Les deux principaux acides aminés présents dans la fibroïne sont la glycine (40 % environ) et l'alanine (25-30 % environ) dont les formules semi-développées sont indiquées ci-dessous.

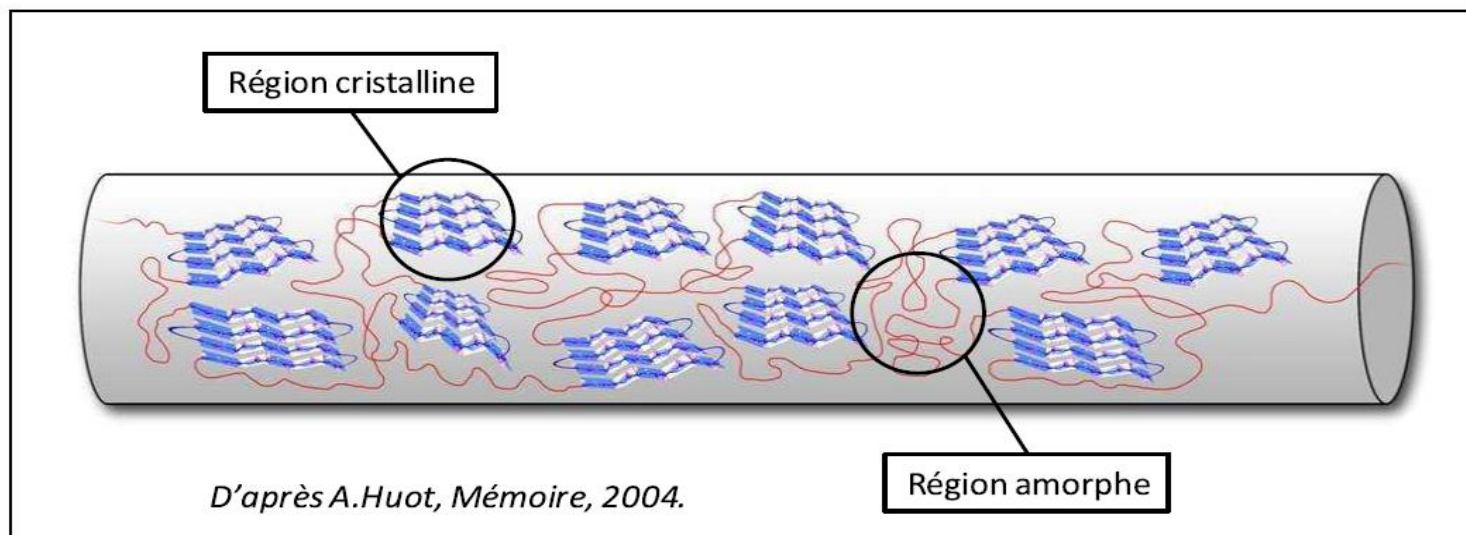
Glycine



Alanine



Selon l'enchaînement des différents acides aminés au sein de la macromolécule de fibroïne, cette protéine peut adopter deux structures géométriques tridimensionnelles différentes : soit une structure semi-cristalline en feuillets bien ordonnés, soit une structure amorphe inorganisée.



La soie d'araignée est donc un matériau dont les propriétés mécaniques découlent de l'organisation structurale particulière de la molécule de fibroïne : des régions cristallines expliquent la résistance élevée de la soie d'araignée tandis que des régions amorphes sont responsables de son importante élasticité.

- 1.1. Justifier le nom « acide aminé » donné aux molécules comme la glycine ou l'alanine.
- 1.2. La molécule de glycine possède-t-elle des stéréoisomères ? Oui, non argumenter. Si oui donner le type de stéréoisomères.
- 1.3. La molécule d'alanine compte deux stéréoisomères. Donner la représentation de Cram de ces deux stéréoisomères, puis justifier le type de relation de stéréoisomérisation qui les lie.
- 1.4. Indiquer s'il y a lieu le ou les carbones asymétriques. La molécule d'Alanine est-elle chirale ? Justifier.
- 1.5. Après avoir hydrolysé les protéines de la soie d'araignée, on en extrait la glycine et l'alanine.

On réalise ensuite une spectroscopie RMN du proton afin de caractériser leur présence.

Indiquer le nombre de protons équivalents dans chaque molécule et prévoir, en expliquant votre démarche, le nombre et la multiplicité des signaux observés dans chacun des spectres RMN de la glycine et de l'alanine, sachant que les atomes d'hydrogène reliés aux atomes d'oxygène et d'azote n'interviennent pas dans la multiplicité des signaux des atomes d'hydrogène voisins.

2. Biomimétisme chimique

Actuellement, les chimistes cherchent à réaliser des fibres artificielles reproduisant les propriétés de la soie d'araignée en créant des polypeptides dont la composition et la structure sont les plus proches possible de celles de la fibroïne. Les polypeptides sont de longues molécules obtenues par l'assemblage de plusieurs acides aminés. La réaction permettant d'assembler deux acides aminés est appelée « synthèse peptidique ».

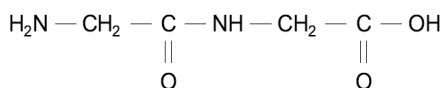
Stratégie de synthèse

Pour synthétiser un dipeptide donné, les chimistes protègent au préalable les fonctions organiques qui ne doivent pas réagir ensemble, puis font réagir les fonctions non protégées (synthèse peptidique), et enfin déprotègent les fonctions n'ayant pas participé à la synthèse. En l'absence de ces précautions, plusieurs dipeptides différents peuvent être obtenus au terme de la synthèse peptidique.

Donnée : Comparaison des électronégativités de quelques éléments: $\chi(\text{H}) \approx \chi(\text{C})$ et $\chi(\text{C}) < \chi(\text{O})$

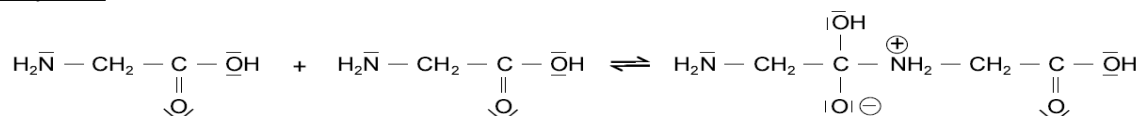
Document 1 : Principe et mécanisme réactionnel d'une synthèse peptidique

Deux molécules de glycine (Gly), mises en présence, réagissent l'une avec l'autre pour former un dipeptide, usuellement nommé Gly-Gly, dont la formule semi-développée s'écrit :

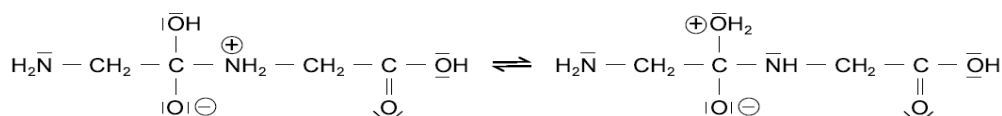


Le mécanisme réactionnel de la synthèse de ce dipeptide est le suivant :

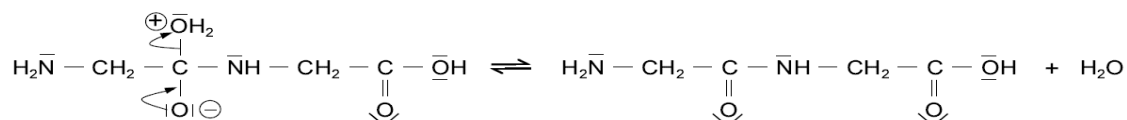
Étape A :



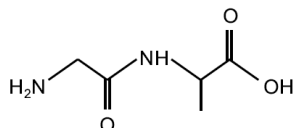
Étape B :



Étape C :



- 2.1. Sur **L'ANNEXE PAGE 11, A RENDRE AVEC LA COPIE**, nommer la nouvelle famille de fonction chimique présente dans le dipeptide Gly-Gly. Entourer son groupe caractéristique et le nommer.
- 2.2. Analyse du mécanisme réactionnel
 - 2.2.1. Sur **L'ANNEXE PAGE 11, A RENDRE AVEC LA COPIE**, compléter l'étape A du mécanisme réactionnel de cette synthèse par le tracé des flèches courbes nécessaires. Puis sur votre copie, justifier précisément l'orientation de la flèche conduisant à la formation de la liaison.
 - 2.2.2. À quelle catégorie de réaction appartient l'étape C de ce mécanisme réactionnel ? Justifier.
- 2.3. Combien de dipeptides différents peut-on, a priori, obtenir par synthèse peptidique d'un mélange de glycine (Gly) et d'alanine (Ala), cette dernière sous la forme **d'un unique énantiomère** chacun ? Argumenter votre réponse.
- 2.4. La fabrication de fibres artificielles aussi élastiques et solides que la soie d'araignée utilise le dipeptide Gly-Ala comme motif de base de la chaîne polypeptidique. La formule topologique de ce dipeptide est la suivante :



Ce dipeptide étant obtenu par synthèse peptidique en faisant réagir de la glycine (Gly) et de l'alanine (Ala), préciser la (ou les) fonction(s) que l'on doit protéger sur chacune de ces deux molécules pour obtenir uniquement le dipeptide Gly-Ala.

3. Synthèse du Gly-Ala :



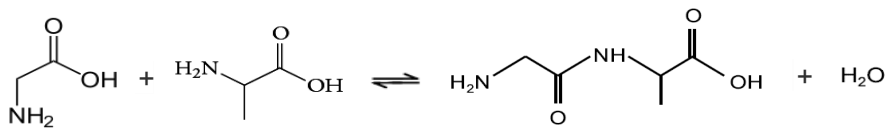
Fig. 9 : Synthétiseur automatique de Peptide.

Au cours des années 1960, l'équipe de Merrifield développe une stratégie de synthèse peptidique qui, contrairement à une synthèse simple en phase liquide, permet une automatisation complète de la synthèse permettant de synthétiser des protéines de 60 acides α -aminés de façon automatique dans des proportions identiques de chaque dipeptides différents obtenu par synthèse peptidique d'un mélange de glycine (Gly) et d'alanine (Ala), sous la forme d'un unique énantiomère chacun (figure 9).

On veut obtenir 1,00 kg de dipeptide Gly-Ala.

Pour cela on mélange n_1 mole de Glycine avec n_2 mole d'Alanine suivant l'équation de la page suivante. Le rendement $r\%$ de la réaction est de 95,0 %.

En fin de réaction, on analyse le milieu réactionnel en couplant plusieurs techniques d'analyses comme la RMN, l'électrophorèse et la chromatographie sur couche mince.



Glycine

Alanine

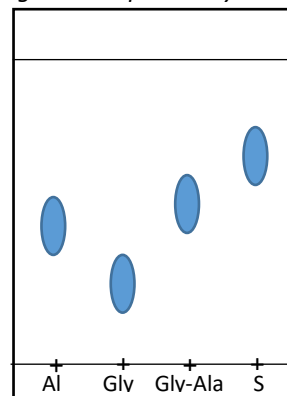
Données : $M(\text{C}) = 12,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{N}) = 14,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{H}) = 1,00 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$;

$$r\% = \frac{\text{masse du produit obtenu}}{\text{masse du produit maximale théorique}} \times 100$$

- 3.1. Calculer la masse maximale théorique des dipeptides que l'on pourrait obtenir grâce à cette synthèse.
- 3.2. Calculer la masse maximale théorique du dipeptide Gly-Ala que l'on pourrait obtenir grâce à cette synthèse.
- 3.3. Calculer l'avancement maximal x_{max} de Gly-Ala que l'on pourrait obtenir grâce à cette synthèse.
- 3.4. Sachant que l'Alanine est le réactif limitant, et que l'on en introduit un volume $V = 113 \text{ cm}^3$, vérifier que sa masse volumique ρ est bien à égale à $1,42 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$

On fait une CCM avec éluant : butanol, acide acétique, eau (70, 18, 12 ; v %) et un révélateur : ninhydrine à 1% dans l'acétone. On place sur la ligne de dépôt une goutte d'Alanine (Ala), de Glycine (Gly), de Gly-Ala et enfin une goutte du produit synthétisé.

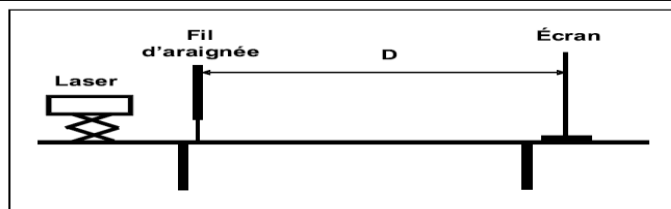
- 3.5. Commenter la CCM et expliquer ce que peut-être le produit synthétisé.



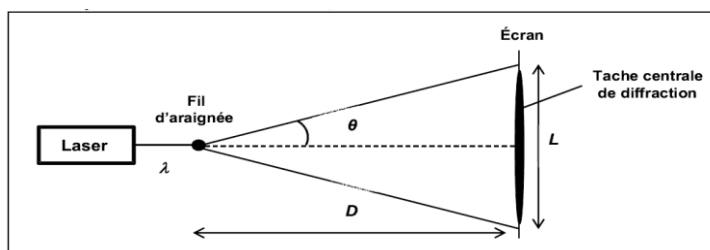
4. Détermination du diamètre d'un fil d'araignée

Un fil d'araignée, de diamètre inconnu noté a , est maintenu en position verticale et éclairé au moyen d'une source laser rouge de longueur d'onde $\lambda = 615 \text{ nm}$. Le fil est placé à quelques centimètres de la source laser et à une distance D , assez éloignée d'un écran vertical. La figure de diffraction obtenue à l'écran est caractérisée par une tache centrale de largeur L et un angle de diffraction noté θ .

Document 2 : Schéma de l'expérience en vue de profil



Document 3 : Schéma de l'expérience en vue de dessus, sans souci d'échelle



- 4.1. Quel caractère de la lumière est mis en évidence par l'apparition d'une figure de diffraction ?
- 4.2. Rappeler l'expression qui lie les grandeurs a , θ et λ . Sachant que $\tan \theta = \theta$ pour les faibles valeurs de θ en radian, démontrer que la largeur L de la tache centrale de diffraction admet pour expression littérale :

$$L = \frac{2 \cdot \lambda \cdot D}{a}$$

- 4.3. Calculer, en m puis en μm , le diamètre a du fil d'araignée analysé sachant que $D = 2,00 \pm 0,01 \text{ m}$ et $L = 18,8 \pm 0,4 \text{ cm}$. La source lumineuse étant un laser, on fera l'hypothèse que l'incertitude sur la longueur d'onde peut être négligée par rapport aux autres incertitudes. L'incertitude absolue $U(a)$ associée à la mesure du diamètre a du fil d'araignée dépend uniquement des incertitudes absolues $U(D)$ et $U(L)$ associées aux distances D et L selon la relation suivante :

$$\left(\frac{U(a)}{a}\right)^2 = \left(\frac{U(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{U(L)}{L}\right)^2$$

- 4.4. Exprimer le résultat de la mesure expérimentale du diamètre a du fil d'araignée sous la forme d'un encadrement.

- 4.5. Le même fil d'araignée que celui étudié dans la partie précédente est maintenant observé et photographié à l'aide d'un microscope optique équipé d'un appareil photo numérique. Voici le cliché obtenu :



Déterminer le diamètre a du fil à partir du cliché ci-dessus et donner le résultat assorti de l'incertitude absolue $U(a)$ associée à cette valeur. Dans cette mesure, on considère que :

$$\frac{U(a)}{a} = \frac{U(d)}{d} \text{ avec } d \text{ la valeur mesurée sur la photographie et } U(d) \text{ l'incertitude absolue associée.}$$

- 4.6. La mesure par diffraction du diamètre du fil d'araignée réalisée dans la partie précédente est-elle cohérente avec la mesure effectuée au microscope optique ? Détailler la réponse.
- 4.7. Quelle méthode est-il préférable d'utiliser pour réaliser cette mesure ? Justifier votre réponse.

EXERCICE 3 : Acoustique d'un concert (5pts)

Les deux parties de l'exercice sont indépendantes.

Alain D., guitariste à ses heures perdues et fort de ses 230 abonnés Youtube®, souhaite organiser dans son garage un concert regroupant ses plus grands tubes. « J'en ai au moins pour un bon quart d'heure » pense-t-il. Lors d'une répétition dans ce lieu, il s'interroge sur :

- La qualité acoustique de son garage ;
- La capacité du garage à pouvoir accueillir tous ses abonnés, sans mettre en danger leur audition.

Document 1 : décibels et durée

A chaque niveau sonore correspond une durée maximale journalière à laquelle on peut être exposé sans que notre système auditif soit affecté.

Les dB(A) question de durée			
Le système auditif peut tolérer	85 dBA	durant	08 heures
	90 dBA	durant	02 heures et 32 minutes
	95 dBA	durant	48 minutes
	100 dBA	durant	15 minutes
	105 dBA	durant	05 minutes
	110 dBA	durant	01,5 minutes

Source : Jean-Pascal Ciattoni, 1994. *Le bruit*. Toulouse : Éditions Privat, coll. Les Classiques Santé, p.42. Ciattoni est chargé de mission au ministère de l'Environnement pour les questions de nuisances sonores.

<http://www.ambiophonie.ca/education/infodecibel.fr.php>

Remarque : les décibels acoustiques, notés dB(A) sont une unité de mesure dérivée des décibels, notés dB, qui tiennent compte de la sensibilité de l'oreille en fonction de la fréquence du son.

Ici on assimilera les db(A) aux dB classiques vus en cours.

Document 2 : intensité sonore, niveau sonore et puissance acoustique

Niveau sonore L en dB :

$$L = 10 \cdot \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \quad \text{ou} \quad I = I_0 \times 10^{\frac{L}{10}}$$

où I est l'intensité sonore (en $W.m^{-2}$) et I_0 l'intensité sonore limite d'audibilité de l'oreille humaine pour un son de fréquence 1000 Hz pris comme référence ($I_0 = 1,00 \cdot 10^{-12} W.m^{-2}$).

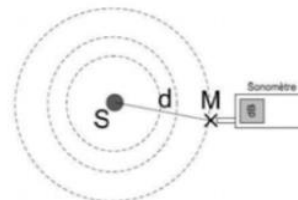
Puissance acoustique P émise par la source :

pour une source isotrope (c'est à dire émettant la même énergie dans toutes les directions)

et pour une onde se propageant sans atténuation (onde répartie sur une sphère de surface S pour laquelle la puissance acoustique reste constante lors de la propagation) , on a :

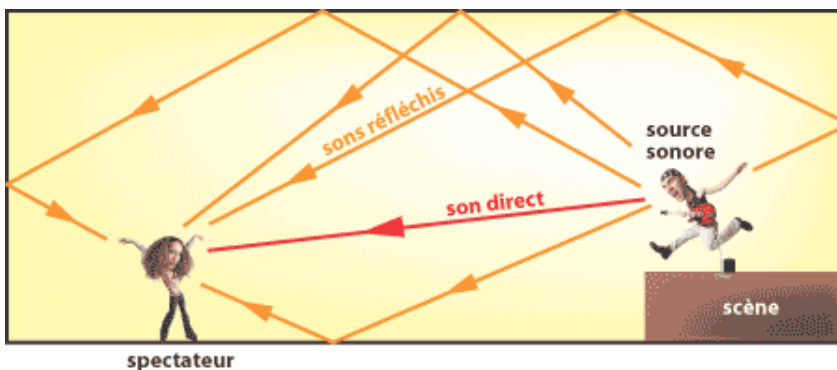
$$P = I \cdot S$$

- avec :
- P : puissance acoustique émise par la source en W (watt)
 - I : intensité sonore (en $W.m^{-2}$) à une distance d de la source
 - S : surface de la sphère de rayon d (en m^2) : $S = 4\pi d^2$



Document 3 : réverbération d'une salle

La réverbération est le phénomène qui prolonge l'énergie sonore après un arrêt net de la source sonore. Une onde sonore émise dans une salle se propage dans toutes les directions à la vitesse de $340 m.s^{-1}$. Très rapidement elle rencontre le plafond, le sol et les murs. Selon la nature de ces parois, une fraction de l'énergie acoustique est absorbée et le reste est réfléchi.



En règle générale, l'absorption est plus faible pour les sons graves.

La réverbération n'est pas toujours souhaitée pour un orateur, sauf effets spéciaux.

Elle doit être courte pour une bonne compréhension du texte ; au maximum 0,8 seconde. Au-delà, les syllabes se chevauchent et l'intelligibilité diminue.

L'absence de réverbération provoque un rendu sec et dur sur la musique ; on recherche toujours une prolongation du son. Une bonne salle de musique présente une réverbération de 1,0 à 2,5 secondes. L'orgue nécessite une réverbération plus longue : c'est le cas des églises.

D'après <http://www.sonorisation-spectacle.org/reverberation.html>

Document 4 : durée de réverbération

La durée de réverbération T_R est le temps mis par un son pour décroître de 60 dB après la coupure de la source sonore.

Cette durée T_R se calcule à l'aide de la loi de Sabine : $T_R = \frac{0,16 \times V}{A}$

avec V : volume de la salle (en m^3)

A : l'aire de la surface absorbante équivalente de la salle (en m^2)

T_R : durée de réverbération (en s)

On définit la surface équivalente A par : $A = \sum(\alpha_i \times S_i)$ où α_i représente le coefficient d'absorption du matériau de surface S_i . Il dépend de la nature du matériau et de la fréquence du son.

Coefficients d'absorption acoustique moyens, α_M , de différents matériaux à une fréquence de 500 Hz :

Matériau	Plâtre	Carrelage	Béton	Bois	Verres	Panneaux acoustiques
α_M (pas d'unité)	0,030	0,020	0,010	0,15	0,18	0,50

D'après <http://www.acophile.fr/materiaux.html>

1. La pièce du sous-sol est-elle une bonne salle de concert ?

Le garage a une forme parallépipédique, de longueur $L = 10,0$ m, de largeur $l = 5,0$ m et de hauteur $h = 3,0$ m.

Il est considéré comme vide et sans vitrage, avec de part et d'autre deux portes en bois de surfaces respectives $S_{1bois} = 12,0$ m² et $S_{2bois} = 3,0$ m².

Le reste : sol, les murs et les plafonds sont en béton d'une surface totale : $S_{béton} = 170$ m².

- 1.1. En l'absence de spectateurs, la pièce du sous-sol est-elle une bonne salle de concert ?
- 1.2. Quelle surface de panneaux faut-il utiliser sur les murs pour rendre le garage compatible avec une bonne salle de musique ?

2. Alain D. pourra-t-il accueillir tous ses abonnés ?

Le haut-parleur isotrope (omnidirectionnel) est situé au fond du garage, près de la scène. On mesure un niveau sonore de 110 dB à 1,0 m du haut-parleur.

Déterminer la distance minimale entre le haut-parleur et la première rangée de spectateurs de manière à ne pas abîmer leur audition, puis répondre au problème posé.

On détaillera la démarche.

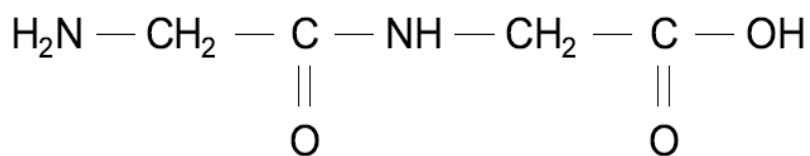
ANNEXE : A rendre avec la copie

Nom : Prénom :

EXERCICE 2 : Q2.1

Famille :

Nom du groupe fonctionnel :



EXERCICE 2 : Q2.2.1

Étape A :

