Devoir surveillé n°6 : Des personnages célèbres et une navette/34 pts.

Exercice 1 : La pomme de Newton. / 5 pts

Tout le monde connaît l'histoire de la pomme de Newton. Le jeune savant reçoit sur la tête une pomme, et hop, il en déduit la loi de la Gravitation Universelle !

En 1666 et 1667, le jeune bachelier Isaac N. réside à la campagne, loin de Londres où sévit une épidémie de peste entrecoupée d'épisodes de grippe (*cette dernière maladie avait déjà tué à Gravesend la jeune Rebecca Rolfe, née Mataoka, plus connue par son surnom amérindien de Pocahontas. Bon, d'accord, ça n'a rien à voir, et c'était en 1616*). Il découvre les joies des promenades bucoliques et un soir, dans son verger de Woolsthorpe (Lincolnshire), il observe la chute d'une pomme :

Si cette pomme trônait à 1,8 m au dessus de la tête de Newton, à quelle vitesse a-t-elle frappé son crâne?

Exercice 2 : Galilée et son pendule. / 15 pts

La mesure du temps est une question essentielle depuis... la nuit des temps. Elle a initialement été basée sur l'observation d'un phénomène régulier et répétitif qui permettait de caractériser des durées égales.
Galilée, au XVII^{ème} siècle, a eu l'idée d'utiliser un pendule pour mesurer le temps :

Document 1 : pendule de Galilée.

« J'ai pris deux boules, l'une de plomb et l'autre de liège, celle-là au moins cent fois plus lourde que celle-ci, puis j'ai attaché chacune d'elles à deux fils très fins, longs tous les deux de quatre coudées ; les écartant alors de la position perpendiculaire, je les lâchais en même temps ; une bonne centaine d'allées et venues, accomplies par les boules elles-mêmes, m'ont clairement montré qu'entre la période du corps pesant et celle du corps léger, la coïncidence est telle que sur mille vibrations comme sur cent, le premier n'acquiert sur le second aucune avance, fût-ce la plus minime, mais que tous les deux ont un rythme de mouvement rigoureusement identique. On observe également l'action du milieu qui, en gênant le mouvement, ralentit bien davantage les vibrations du liège que celles du plomb, sans toutefois modifier leur fréquence. »
D'après Discours et démonstrations mathématiques concernant deux sciences nouvelles, publié en 1636.

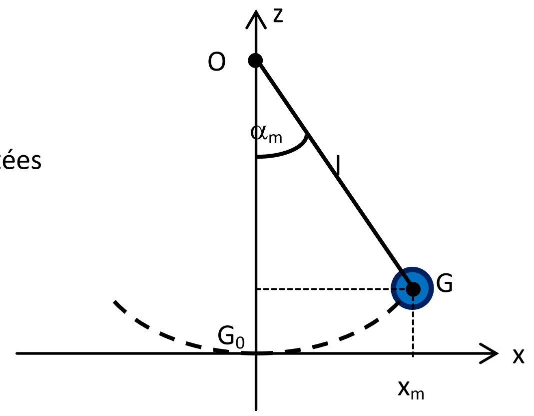
Données **:** une coudée = 0,573 m
accélération de la pesanteur : $g = 9{,}81\ m.s^{-2}$
masse du pendule de plomb de Galilée est : m = 50 g

Document 2 : mon pendule.

On réalise un pendule en suspendant une bille de plomb de masse m = 50 g et de centre d'inertie G, à un fil de longueur ℓ accroché en O.
On choisit la position à l'équilibre G_0 de G comme origine des altitudes z. Pour un amortissement faible, la pseudo-période T du pendule est voisine de sa période propre T_0. L'expression de la période propre du pendule est l'une des propositions suivantes :

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\ell}\ ;\quad T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}\ ;\quad T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{g}{\ell}}\ ;\quad T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{\ell}}$$

ℓ désigne la longueur du fil et m la masse du pendule.
Un système informatique permet d'obtenir les mesures représentées sur les deux graphes d<u>u document 3</u> de **l'annexe.**

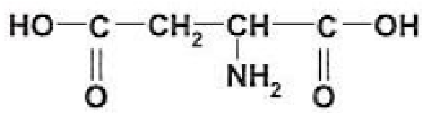


1. À l'aide des documents et de vos connaissances, proposer une réponse argumentée pour montrer que : **« le pendule réalisé aurait pu être celui de Galilée ! »**.
Pour cela, choisir l'expression de la période du pendule simple qui convient parmi celles proposées. Comparer de la manière la plus précise possible, la valeur calculée de la période du pendule de Galilée à celle du pendule réalisé expérimentalement, puis conclure.

2. Déterminer à partir du document 3 (fenêtre 1) la valeur de l'abscisse x_m.
En déduire la valeur de l'angle maximal α_m, en degré, décrit par le pendule.
3. Calculer la vitesse maximale v_m atteinte par le centre d'inertie G.
4. Tracer sur le document 3 (fenêtre 2) ***de l'annexe*** à rendre avec la copie les évolutions de l'énergie mécanique et de l'énergie potentielle de pesanteur, en fonction de l'abscisse x du centre d'inertie G du pendule réalisé.

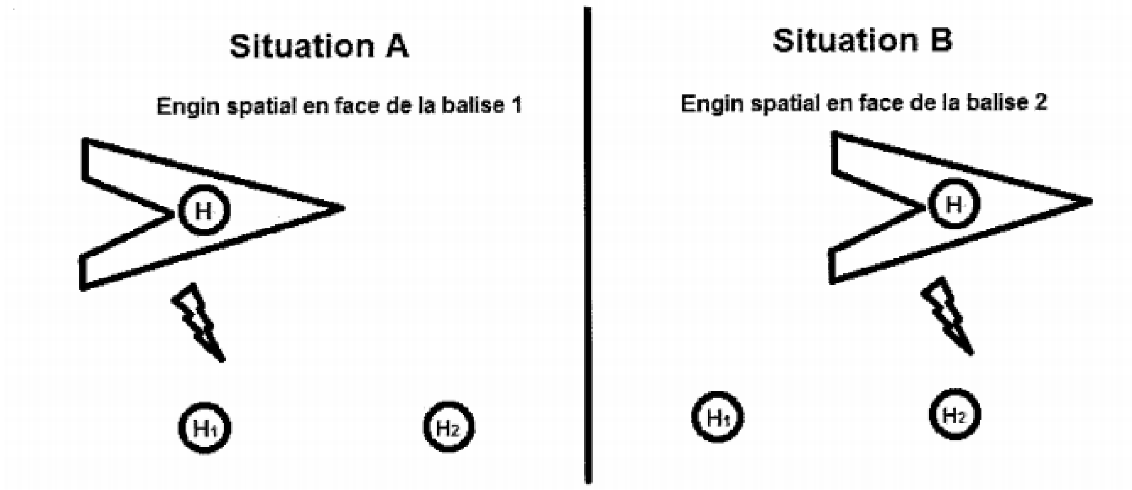
Exercice 3 : Navette spatiale. / 10 pts

On imagine une réaction chimique sur l'acide aspartique réalisée dans une navette spatiale s'éloignant à une vitesse de v = 0,80.c de la Terre où c est la vitesse de la lumière dans le vide.



1. Identifier le carbone asymétrique dans la molécule d'acide aspartique.
2. Donner les représentations de Cram des deux énantiomères de l'acide aspartique.

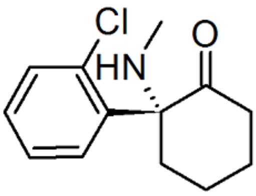
Les scientifiques enregistrent un temps de demi-réaction de 1000 s dans la navette. Un observateur terrestre peut aussi en déduire une mesure du temps de demi-réaction à l'aide d'un dispositif embarqué dans l'engin qui va envoyer un signal lumineux à deux balises fixes par rapport à la Terre, placées dans l'espace, et munies de deux horloges H_1 et H_2synchronisées. Un premier signal est envoyé au début de la réaction et un second lorsque le temps de demi-réaction est atteint. L'horloge H est fixe par rapport à la navette.



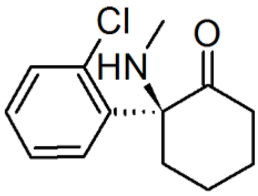
3. Définir la notion de temps propre.
4. Donner les noms de Δt_m et Δt_p dans la relation $\Delta t_m = \gamma.\Delta t_p$.
5. Quel est le nombre suffisant d'horloge(s) qu'il faut utiliser pour mesurer la durée Δt_p ?
6. Sachant que $\frac{1}{\gamma^2} = 1 - \frac{v^2}{c^2}$, calculer γ, puis la durée inconnue.
7. Comparer Δt_m et Δt_p. Commenter.

Exercice 4 : encore une chirale ? / 4pts

1. Que peut-on dire des molécules A et A' :

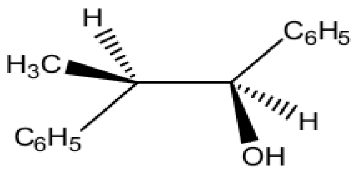


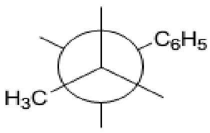
Molécule A



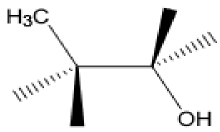
Molécule A'

2. Compléter les représentations de la molécule :

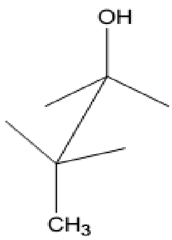




1



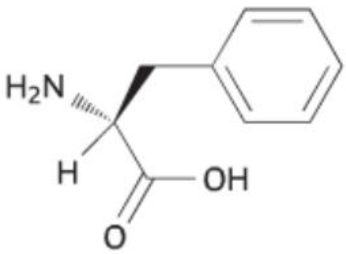
2



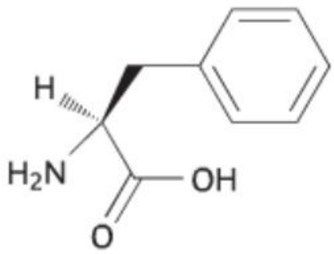
3

3. Ces deux représentations de la phénylalanine sont-elles énantiomères ?

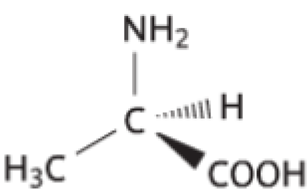
a.



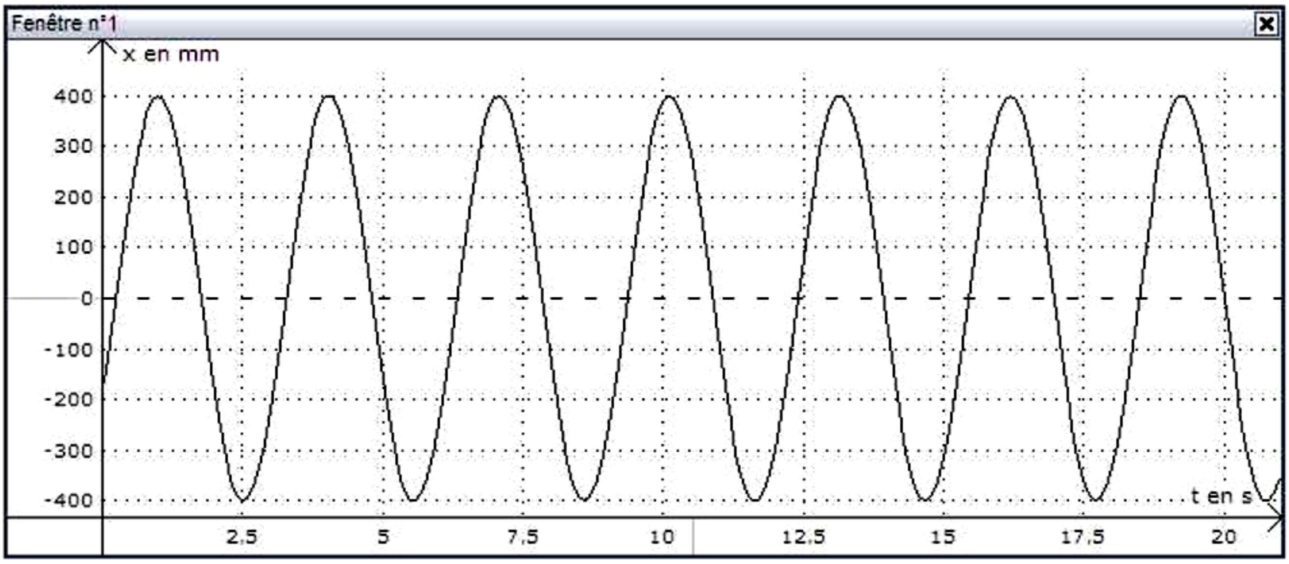
b.



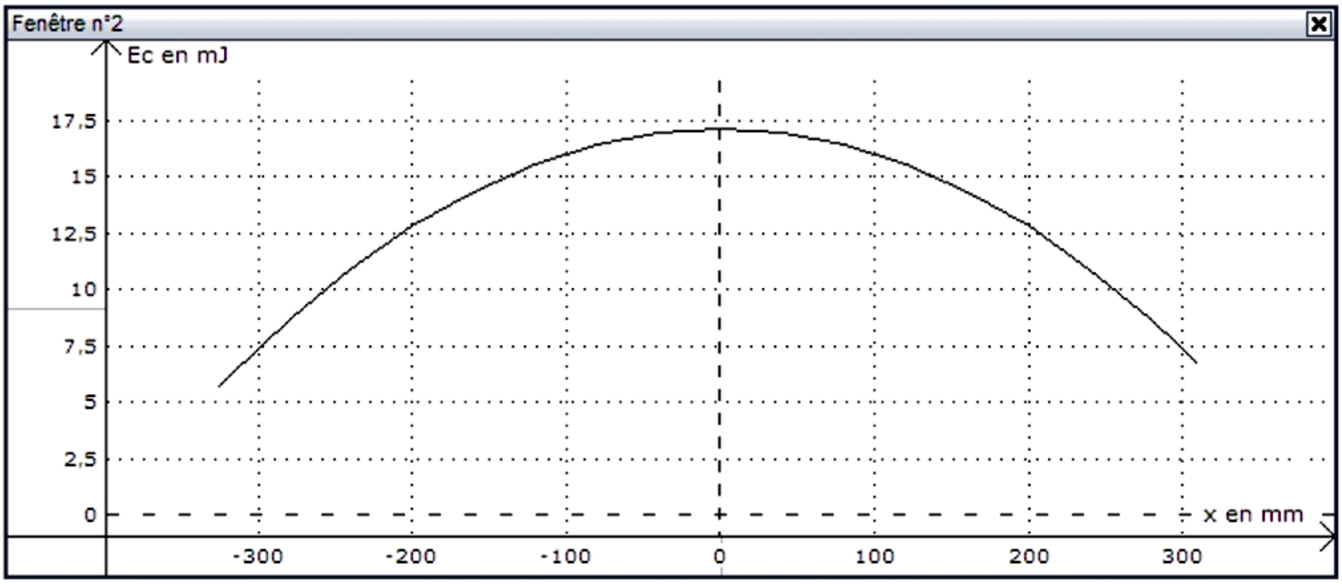
4. Représenter la molécule image dans un miroir.



Annexe : Document 3



Évolution de l'abscisse x du centre d'inertie G du système en fonction du temps



Variation de l'énergie cinétique du pendule en fonction
de l'abscisse x du centre d'inertie G

Correction du devoir surveillé n°6.

Exercice 1 : La pomme de Newton.

La pomme trône à une hauteur de 1,8 m au dessus de Newton.
La pomme a à cette hauteur une énergie mécanique :
$Em1 = Ec1 + Epp1 = 0 + m.g.z$ en prenant l'énergie potentielle nulle pour la hauteur de al tête de Newton.
En arrivant sur la tête de Newton, la pomme a une énergie mécanique :
$Em2 = Ec2 + Epp2 = ½.m\ V^2 + 0$
Comme l'énergie est conservée (que des forces conservatives) on a : $Em1 = Em2$
$m.g.z = ½ . m . v^2$ soit $v^2 = 2.g.z = 2 \times 9{,}81 \times 1{,}8 = 35\ m/s^2$
d'où $V = 5{,}9\ m/s$

Exercice 2 : Galilée et son pendule.

1. La mesure du temps par Galilée

- À l'aide d'une analyse dimensionnelle, retrouvons la bonne expression de la période propre parmi celles proposées dans le document 2.

$$T_0 = 2\pi.\sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

$$\dim(T_0) = \dim(2\pi) . \dim\left(\sqrt{\frac{\ell}{g}}\right) = \dim\ \ell^{1/2}.g^{-1/2}$$

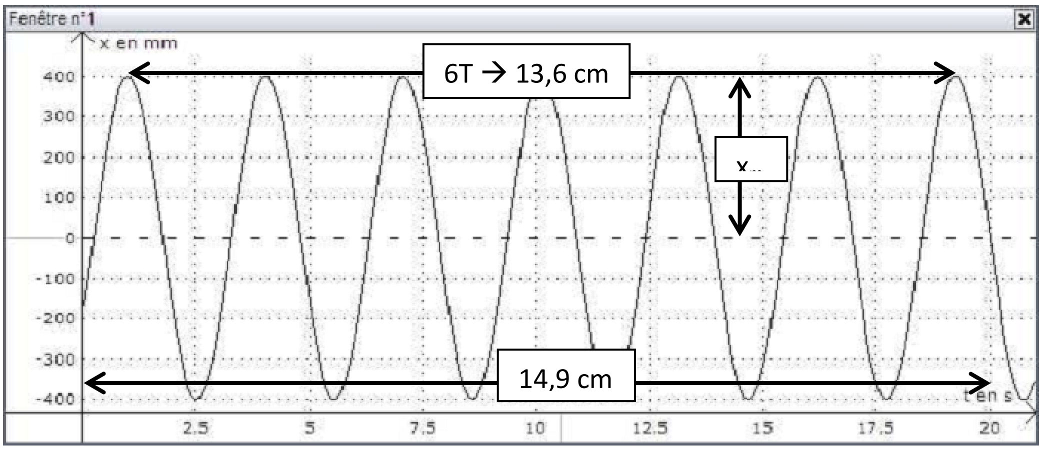
g est l'accélération de la pesanteur, exprimée en $m.s^{-2}$; g est homogène à une accélération.
$\dim(T_0) = L^{1/2} . (L.T^{-2})^{-1/2} = L^{1/2} . L^{-1/2}.T^1 = L^0.T = T$

L'expression $T_0 = 2\pi.\sqrt{\frac{\ell}{g}}$ est homogène à une durée.

- Calcul de la période du pendule de Galilée : m = 50 g, ℓ = 4 coudées = 4×0,573 = 2,292 m

$$T_0 = 2\pi.\sqrt{\frac{2{,}292}{9{,}81}} = \mathbf{3{,}04\ s}$$

- Détermination expérimentale de la période du pendule :



Pour plus de précision, on mesure plusieurs périodes T.
14,9 cm → 20 s
13,6 cm → 6T

$$\text{Donc } T = \frac{20 \times 13{,}6}{6 \times 14{,}9} = \mathbf{3{,}04\ s}$$

Conclusion : Le pendule réalisé aurait pu être celui de Galilée, il possède exactement la même période.

2. On détermine sur le document 3, l'amplitude x_m = 400 mm.

sin $\alpha_m = \dfrac{x_m}{\ell}$ soit $\alpha_m = \arcsin(\dfrac{x_m}{\ell}) = \arcsin\left(\dfrac{400\times10^{-3}}{4\times0,573}\right)$ = **10,1°**

3. $E_{Cmax} = \dfrac{1}{2}.m.v_{max}^2$ donc $v_{max} = \sqrt{\dfrac{2.E_{Cmax}}{m}}$

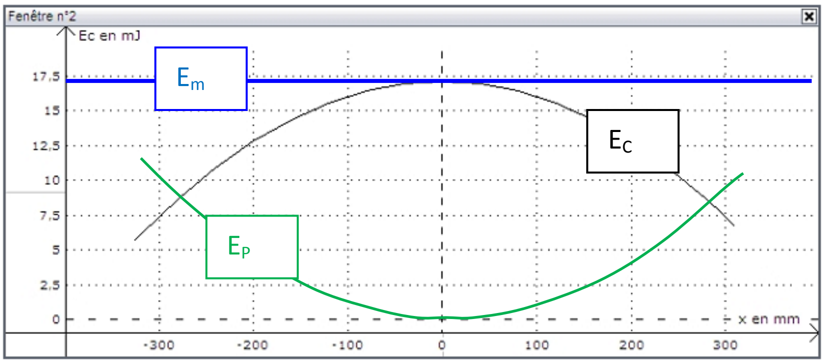
La fenêtre n°2 du document 3, montre que l'énergie cinétique maximale vaut E_{Cmax} = 17,2 mJ

(Raisonnement : 5,0 cm → 17,5 mJ
4,9 cm → E_{Cmax} mJ)

$v_{max} = \sqrt{\dfrac{2\times17,2\times10^{-3}}{50\times10^{-3}}}$ = **0,83 m.s^{-1}**

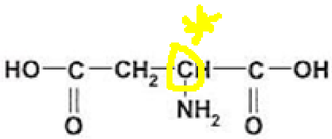
4. $E_m = E_C + E_P$

En l'absence de frottements, l'énergie mécanique se conserve.

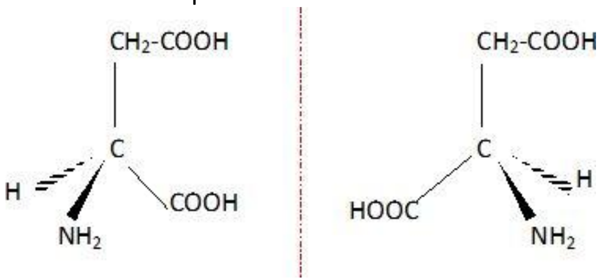


Exercice 3 : Navette spatiale.

1. Identifier le carbone asymétrique dans la molécule d'acide aspartique.



2. Donner les représentations de Cram des deux énantiomères de l'acide aspartique.



3. Le temps propre est la durée mesurée dans le référentiel propre, c'est-à-dire dans le référentiel de l'engin spatial où les événements émission 1 et émission 2 du signal lumineux ont lieu au même endroit.

4. Δt_P durée propre et Δt_m durée mesurée.

5. Pour mesurer Δt_P une seule horloge suffit, les événements début de la réaction et $x(t = t_{1/2})$ ont lieu au même endroit.

6. $\dfrac{1}{\gamma^2} = 1 - \dfrac{v^2}{c^2}$; $\dfrac{1}{\gamma^2} = 1 - \dfrac{(0,80.c)^2}{c^2} = 1 - 0,80^2$ et $\gamma^2 = \dfrac{1}{1-0,80^2}$

$\gamma = \sqrt{\dfrac{1}{1-0,80^2}}$ = 1,7

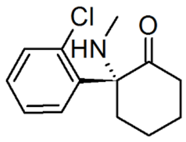
$\Delta t_m = \gamma.\Delta t_P = \left(\sqrt{\dfrac{1}{1-0,80^2}}\right)\times1000$ = **1,7×10^3 s**

7 $\Delta t_m > \Delta t_P$.

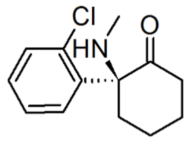
La vitesse du vaisseau spatial est très élevée et proche de celle de la lumière, elle entraîne une dilatation des durées pour un observateur situé dans le référentiel lié à la Terre.

Exercice 4 : encore une chirale ? / 4pts

1. Que peut-on dire des molécules A et A' :



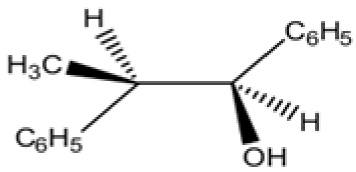
Molécule A

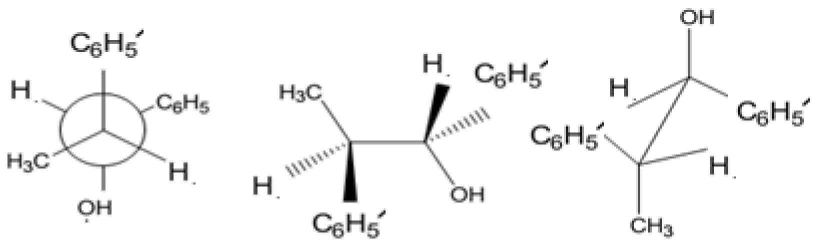


Molécule A'

A' est l'image de A dans un miroir retourné. A' n'est pas superposable à A donc les 2 molécules sont chirales, ce sont des énantiomères.

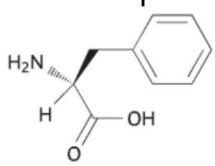
2. Compléter les représentations de la molécule :

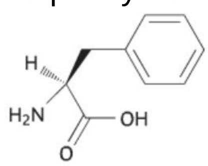




1 2 3

3. Ces deux représentations de la phénylalanine sont-elles énantiomères ?

a. 

b. 

b est l'image de a dans un miroir retourné. b n'est pas superposable à A donc les 2 molécules sont chirales, ce sont des énantiomères

4. Représenter la molécule image dans un miroir.