

Exercice 1 Un télescope spatiale

PARTIE A : Étude du satellite Hubble

1. Intérêt du satellite

1.1. La partie visible du spectre électromagnétique s'étend, en longueurs d'onde, de 400 nm à 800 nm.

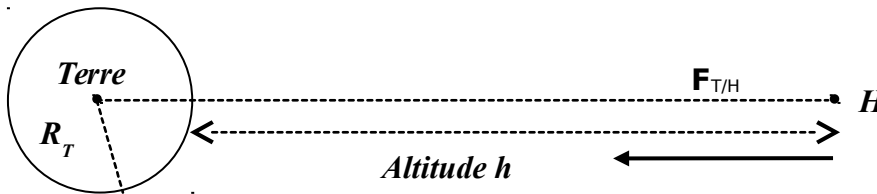
1.2. Comme le montre le document 2, l'atmosphère terrestre absorbe une partie des rayonnements électromagnétiques issus de l'espace. Le télescope Hubble situé au-dessus de l'atmosphère terrestre n'est pas gêné pour observer l'espace.

1.3. Les étoiles très chaudes émettent un rayonnement situé majoritairement dans le domaine des ultra-violets.

2. Mouvement du satellite

2.1. Force d'interaction gravitationnelle $F_{T/H}$ exercée par la Terre sur le satellite H

Figure 1 :



2.2.1. Deuxième loi de Kepler

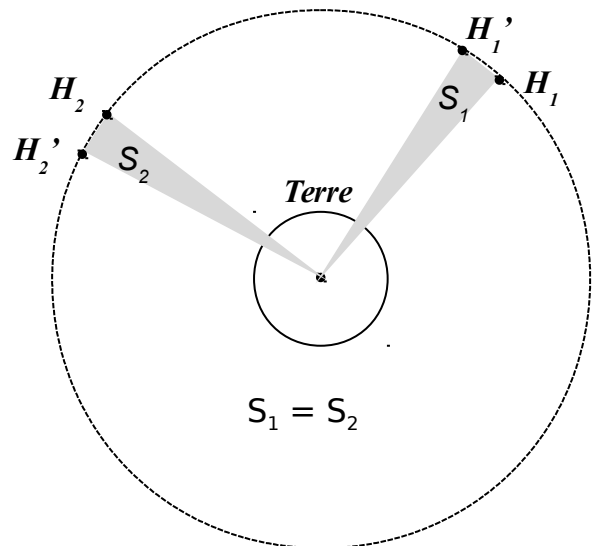
Le segment de droite reliant le centre T de la Terre au centre H du satellite balaye des **surfaces égales** pendant des **intervalles de temps égaux**.

Les aires S_1 et S_2 sont égales.

2.2.2.

La trajectoire est **circulaire** donc $TH_1 = TH_2$,

$S_1 = S_2$ donc les arcs de cercle H_1H_1' et H_2H_2' sont égaux. Ils sont parcourus par des durées égales, le mouvement est donc **uniforme**.



2.3. Le système {satellite} de masse m étudié dans le référentiel géocentrique considéré galiléen

n'est soumis qu'à l'attraction gravitationnelle de la Terre : $\Sigma \mathbf{F} = \mathbf{F}_{T/H} = GmM/(R_T+h)^2 \mathbf{n}$ où \mathbf{n} est un vecteur unitaire perpendiculaire à la trajectoire à chaque instant, dirigé vers la Terre.

D'après la deuxième loi de Newton :

$$\Sigma \mathbf{F} = d\mathbf{p}/dt \text{ avec } \mathbf{p} = m\mathbf{v} \text{ et } \mathbf{a} = d\mathbf{v}/dt$$

$$d'où \Sigma \mathbf{F} = m\mathbf{a} = GmM/(R_T+h)^2 \mathbf{n}$$

$$a = GM/(R_T+h)^2$$

2.4. Pour un mouvement circulaire et uniforme, on a : $a = \frac{v^2}{R_T + h}$

$$\text{Alors } G \cdot \frac{M}{(R_T + h)^2} = \frac{v^2}{R_T + h}$$

$$G \cdot \frac{M}{R_T + h} = v^2$$

On retrouve l'expression proposée : $v = \sqrt{G \cdot \frac{M}{R_T + h}}$.

2.5. D'après le document 1, le satellite Hubble parcourt une circonférence de $d = 42\,000$ km en une durée de $\Delta t = 100$ minutes.

$$v = \frac{d}{\Delta t}$$

$$v = \frac{42000}{100 \times 60} = 7,00 \text{ km.s}^{-1}$$

Ce résultat est compatible avec la donnée $v = 7 \times 10^3 \text{ m.s}^{-1} = 7 \text{ km.s}^{-1}$.

PARTIE B : Edwin Hubble et l'expansion de l'Univers

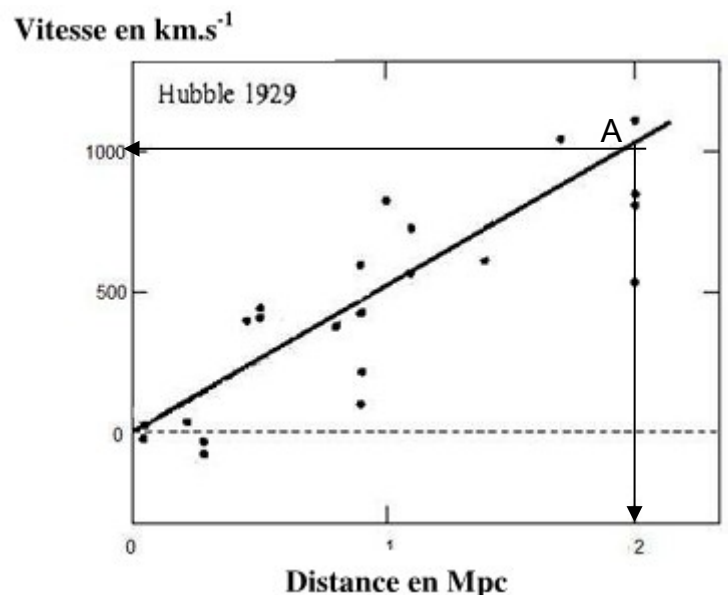
3.1. D'après le document 3, si le corps s'éloigne alors la fréquence de l'onde diminue. Le son possède alors une hauteur plus faible, il est perçu plus grave que lorsque la source est immobile.

3.2. L'extrait du spectre d'émission de la galaxie NGC 3627 montre que la raie d'hydrogène de la galaxie possède une plus grande longueur d'onde que celle obtenue au laboratoire (donc immobile). La longueur d'onde est décalée vers le rouge, la galaxie s'éloigne de la Terre.

3.3. Hubble mesure les vitesses d'éloignement des galaxies à l'aide de l'effet Doppler. Il obtient le graphique de la vitesse d'éloignement en fonction de la distance Terre-galaxie.

Il constate que ce graphe ressemble à une droite passant par l'origine, qui peut être modélisée par une fonction linéaire du type $v = k.d$.

3.4.1. On a $v = H_0.d$ avec H_0 constante de Hubble égale au coefficient directeur de la droite moyenne passant au plus près de tous les points expérimentaux.



Soit le point A ($d = 2 \text{ Mpc}$; $v = 1000 \text{ km.s}^{-1}$),

$$H_0 = \frac{v}{d}$$

$$H_0 = \frac{1000}{2} = \mathbf{5 \times 10^2 \text{ km.s}^{-1}.\text{Mpc}^{-1}}$$

3.4.2. Hubble a établi sa loi en observant des galaxies situées à des distances inférieures à 2 Mpc. Le document 5 montre une droite passant par l'origine, on en déduit que la loi de Hubble reste valable pour des galaxies très éloignées.

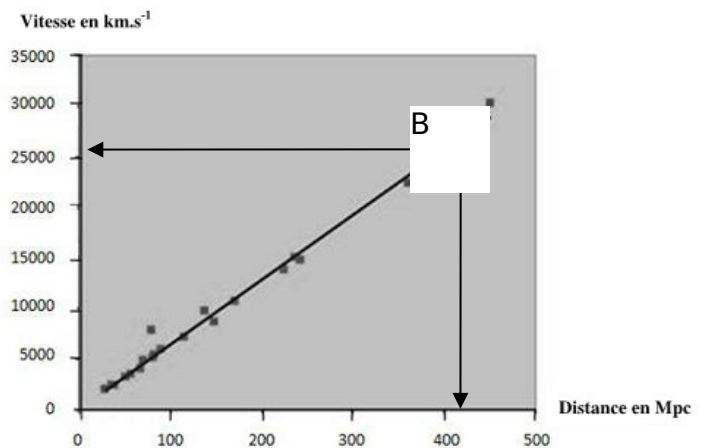
On peut déterminer la valeur actuelle de la constante de Hubble avec le point B

B ($D = 400 \text{ Mpc}$; $v = 25\,000 \text{ km.s}^{-1}$).

$$H_0 = \frac{v}{d}$$

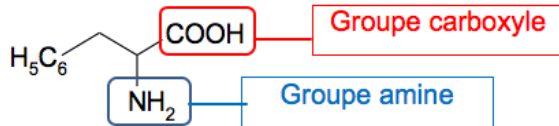
$$H_0 = \frac{25000}{400} = \frac{250}{4} = \mathbf{62 \text{ km.s}^{-1}.\text{Mpc}^{-1}}$$

On trouve une valeur **beaucoup plus faible** que celle de Hubble.



EXERCICE II. Propriétés d'un édulcorant artificiel ou saveur sucrée (5,5 points)

1.1.1.

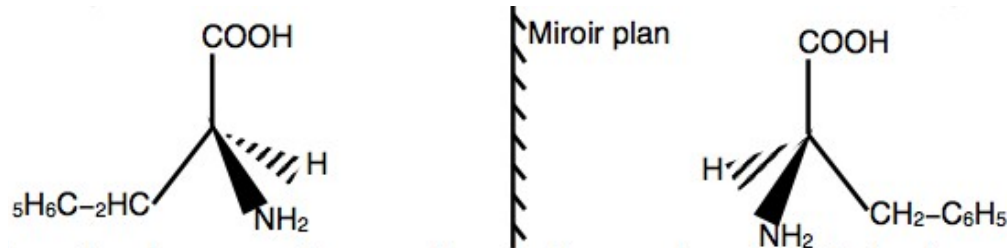


1.1.2. L'atome de carbone asymétrique est repéré par un astérisque « * » :

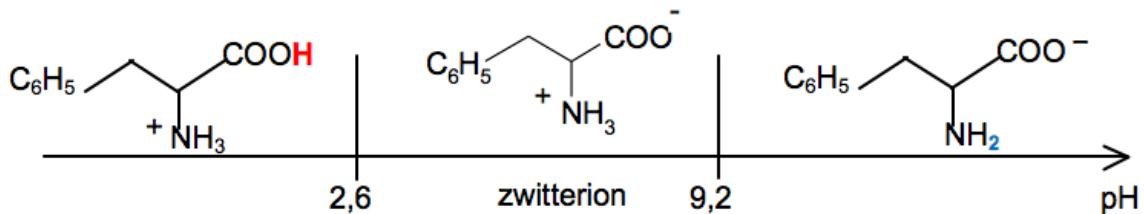
Cet atome de carbone est relié à quatre atomes ou groupes d'atomes différents : $-H$; $-NH_2$; $-COOH$; $-CH_2-C_6H_5$.

La phénylalanine possède un seul atome de carbone asymétrique : c'est donc une molécule chirale.

1.1.3. Représentations de Cram des deux énantiomères de la phénylalanine :

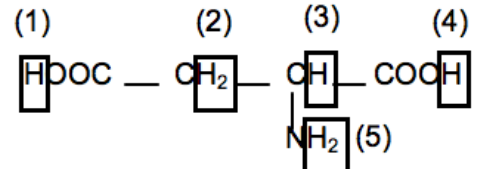


1.1.4.



1.2.1. Il y a 5 groupes d'atomes d'Hydrogène équivalents, dont deux sont identiques (1) et (4), car chacun associé au groupe carboxyle COOH

1.2.2. Le proton du groupe CH a deux protons voisins portés par le groupe $-CH_2$; les hétéroatomes N et O font écran. Ainsi, le signal associé au groupe de protons équivalents (3) est un triplet selon la règle des $(n+1)$ -uplets.



Signal du spectre de RMN	Intégration = nombre de protons qui résonnent	Groupe(s) de protons équivalents associé(s)
Large singulet à 11 ppm	2	• Le proton du groupe $-COOH$ résonne pour un déplacement chimique compris entre 9,5 et 13 ppm (tableau). Le signal large à 11 ppm et qui intègre pour deux protons correspond donc aux deux protons des deux groupes carboxyle (1) et (4).
Singulet très large à 2 ppm	2	• Les deux protons du groupe (5) $-NH_2$ résonnent pour un déplacement chimique compris entre 1,0 et 5,0 ppm (tableau). Ils ne se couplent pas avec d'autres protons : ils donnent donc un singulet. Le singulet très large à 2 ppm et qui intègre pour deux protons correspond aux deux atomes d'hydrogène du groupe $-NH_2$.
Doublet à 2,7 ppm	2	• Les deux protons du groupe (2) $-CH_2-$ résonnent entre 2,0 et 4,0 ppm. Il ne peut s'agir que du doublet à 2,7 ppm car ce signal intègre pour deux protons et non un seul.
Triplet à 3,8 ppm	1	Le triplet à 3,8 ppm et qui intègre pour un seul proton est associé au groupe (3) CH qui ne contient qu'un seul proton.

2.1 le seul groupe caractéristique qui a été créé est le groupe amide :



2.2 La spectroscopie de masse est adaptée car l'aspartame et la molécule B n'ont la même formule brute, donc pas les mêmes masses.

La spectroscopie IR est adaptée car les deux molécules peuvent être différenciées par la présence du groupe ester.

La résonance magnétique nucléaire est adaptée pour les différencier car le nombre de groupes d'hydrogène équivalents et leur environnement sont différents.

Exercice III : Un catalyseur enzymatique, l'uréase

1. Activité enzymatique de l'uréase

1.1. L'uréase, un catalyseur

1.1.1. Equation de la réaction chimique entre l'urée et l'eau :



1.1.2. Le temps de demi-réaction est la durée nécessaire pour que l'avancement atteigne la moitié de sa valeur finale.

1.1.3. En présence d'uréase le temps de demi-réaction est de 2×10^{-5} s et sans uréase il est de 60 ans. L'uréase a donc permis de diminuer très fortement le temps de demi-réaction.

L'uréase est donc une espèce chimique qui permet d'accélérer la réaction : elle peut être considérée comme un catalyseur.

1.2. Effet de la température sur l'activité enzymatique

1.2.1. Plus la température du système chimique augmente, plus la vitesse de la réaction augmente (plus la réaction est rapide).

1.2.2. Le document 1 nous montre que l'activité de l'uréase varie en fonction de la température ; elle est maximale vers 60°C . Le document 1 nous dit également que la cinétique de la réaction est directement liée à l'activité de l'uréase. On peut donc en déduire que, en se plaçant à 60°C on aura une activité maximale de l'uréase. (Au delà de 60°C , l'activité de l'uréase diminue, et la vitesse de la réaction également.)

1.2.3. Contrairement au cas général, augmenter la température au delà de 60°C ne permet plus d'accélérer la réaction.

Le texte introductif nous dit que l'uréase est une enzyme dont les différentes parties sont liées par des liaisons hydrogène qui forment des sites actifs dans lesquels la réaction a lieu. Ces liaisons H se forment plus ou moins facilement suivant la température.

On peut donc supposer que les sites actifs sont plus nombreux vers 60°C . Et que c'est donc à cette température que la vitesse de la réaction est maximale.

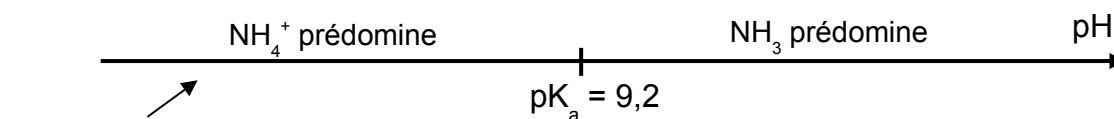
Probablement que, si l'on augmente encore la température, la quantité de sites actifs diminue, ce qui entraîne un ralentissement de la réaction.

2. L'uréase dans le milieu stomacal

2.1.1. Sachant que l'acide chlorhydrique est un acide fort : $\text{pH} = -\log(C_A)$ où $C_A = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

AN : $\text{pH} = -\log(1,0 \times 10^{-2}) = 2,0$

2.1.2. On peut tracer le diagramme de prédominance du couple $\text{NH}_4^+_{(\text{aq})}/\text{NH}_3_{(\text{aq})}$



et en déduire qu'à $\text{pH} = 2$, l'ion ammonium prédomine.

Ou simplement dire que si $\text{pH} < \text{pK}_a$, la forme acide du couple prédomine.

Et comme $\text{pH} = 2$ et $\text{pK}_a = 9,2$, sachant que $2 < 9,2$, on en déduit que l'ion ammonium prédomine.

2.2.1. L'ammoniac consomme des ions oxonium, donc $[\text{H}_3\text{O}^+]$ diminue.

Or $\text{pH} = -\log([\text{H}_3\text{O}^+])$, donc le pH de la solution augmente localement autour de la bactérie.

2.2.2. D'après le document 2, pour un $\text{pH} = 2$, l'activité de l'uréase est nulle, seule l'uréase ne pourrait donc pas catalyser la réaction dans l'estomac.