

BACCALAUREAT GENERAL

Baccalauréat Blanc 2018

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement obligatoire

DUREE DE L'EPREUVE : 3h30 – coefficient : 6

L'usage de la calculatrice N'EST PAS autorisé

Le sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Ce sujet comporte trois exercices indépendants présentés sur 11 pages numérotées de 1 à 11.
Il comporte une annexe en page 11 à rendre avec la copie et ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Le candidat doit traiter les trois exercices, qui sont indépendants les uns des autres, **sur des pages séparées. L'exercice III sera rédigé sur une copie indépendante des autres.**

Les résultats (expressions littérales et applications numériques) seront mis en évidence.

- | | | |
|-------------|-----------------------------------------------------------|------------------|
| I. | Les prouesses du poissons d'archer | 5 points |
| II. | Des molécules du vivant | 10 points |
| III. | Observer des planètes en dehors du système solaire | 5 points |

EXERCICE I - LES PROUESSES DU POISSON ARCHER (5 points)

Document 1. Technique de chasse du poisson archer

« La particularité du poisson archer est qu'il ne se contente pas d'attendre le hasard d'une chute ou qu'un coup de vent providentiel amène à lui cette manne céleste [les proies aériennes]. Il peut, en projetant un puissant jet d'eau avec sa bouche, faire tomber des proies en surface avant de les attraper [...]. La valeur v_0 de la vitesse initiale du jet d'eau est voisine de $4,0 \text{ m.s}^{-1}$.

Après avoir repéré sa future proie, le poisson s'oriente, se rapproche et se positionne. Le museau affleure à la surface de l'eau mais les deux gros yeux situés près de la bouche [...] restent sous la surface [...].

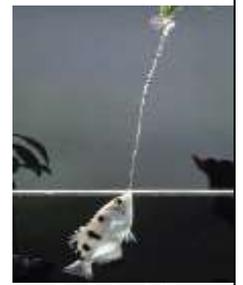
Précis, le tir du poisson archer est pourtant confronté à une difficulté balistique majeure : pour viser, il lui faut tenir compte de la différence d'indice de réfraction entre l'eau et l'air [...].

Deux hypothèses ont été proposées pour expliquer la précision du poisson archer.

La première est qu'il se positionne à la verticale de sa proie [...]. Il voit donc théoriquement l'insecte où il est vraiment.

Cependant l'observation montre que la majorité des tirs a lieu selon des angles approchant 80° . Aussi pense-t-on que plus probablement son habileté résulte d'un apprentissage : c'est à force de rater sa cible que le poisson corrigerait de lui-même la réfraction. On a en effet déterminé expérimentalement qu'il est capable de tirer avec précision environ 8 fois par minute sur une période de 10 minutes, ce qui lui permet d'ajuster son tir si nécessaire. [...].»

Bruno Didier, Le poisson archer, Revue Insectes n°130, 2003, Septembre



Encyclopédie
Microsoft Encarta en
ligne 2007

L'objectif de cet exercice est de présenter la technique de chasse et de modéliser le mouvement du jet d'eau.

Les deux parties de cet exercice sont indépendantes.

Aides au calcul				
$\sin 80^\circ \approx 1$	$\cos 80^\circ \approx 0,2$	$\tan 80^\circ \approx 9$	$8 \div 6 \approx 1,33$	$6 \div 8 = 0,75$

Partie 1. Technique de chasse

1.1. En prenant appui sur le texte, nommer le phénomène physique mis en jeu lors de la visée de l'insecte par le poisson. Dans quelles conditions observe-t-on ce phénomène ?

1.2. Justifier la phrase du texte : « Il voit donc théoriquement l'insecte où il est vraiment ».

1.3. Calculer la fréquence f d'émission des jets d'eau.

Partie 2. Modélisation du mouvement du jet d'eau

Dans la suite de l'exercice, le comportement du jet d'eau sera assimilé à celui d'une goutte d'eau, de centre d'inertie G et de masse m .

Une mouche, de centre d'inertie I , posée sur une feuille située à une hauteur $H = 75 \text{ cm}$ au-dessus de la surface de l'eau est convoitée par un poisson archer situé non loin de là. Le poisson projette vers l'insecte un jet d'eau avec un vecteur vitesse initiale, de valeur v_0 , incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale. Le jet percute l'insecte au moment où l'eau atteint le sommet de sa trajectoire.

La situation est schématisée **SUR LA FIGURE 1 DE L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE qui sera complétée avec les vecteurs utiles.**

Dans toute l'étude on supposera que l'action de l'air est négligeable.

On prend comme origine des dates, l'instant où le poisson archer projette l'eau ; le point G se trouve alors au point O pris comme origine du repère $(O ; \vec{i} ; \vec{j})$.

Données : Intensité du champ de pesanteur terrestre : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$

2.1. Qu'implique la phrase : « l'action de l'air est négligeable » pour le bilan des forces ?

2.2. En appliquant la deuxième loi de Newton dans le repère $(O ; \vec{i} ; \vec{j})$, montrer que les équations horaires $x_G(t)$ et $y_G(t)$ du mouvement du centre d'inertie G de la goutte sont :

$$\begin{cases} x_G(t) = (v_0 \cdot \cos \alpha)t \\ y_G(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + (v_0 \cdot \sin \alpha)t \end{cases}$$

2.3. Montrer que pour que la mouche puisse échapper au jet d'eau, il faut que son temps de réaction, noté t_R , soit inférieur ou égal à $0,4 \text{ s}$.

2.4. En déduire la valeur de la distance d indiquée **SUR LA FIGURE 1 DE L'ANNEXE.**

EXERCICE II – DES MOLECULES DU VIVANT (10 points)

Une caractéristique de l'élément carbone consiste en l'aptitude qu'ont les atomes de cet élément à s'enchaîner les uns aux autres, par des liaisons covalentes, d'une façon presque indéfinie, pour former des chaînes carbonées d'une grande diversité qui caractérisent les molécules dites organiques.

L'objectif de cet exercice est d'une part d'étudier des molécules organiques simples comme, entre autres, le glucose ou l'acide butanoïque puis de s'intéresser à l'action d'une macromolécule dans un organisme vivant, l'urée.

Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes

Les documents (1, 2 et 3) utiles pour traiter les parties 2 et 3 sont situés en fin d'exercice pages 6 et 7

Données :

➤ **Bandes d'absorption en spectroscopie IR**

Liaison	C–C	C=O	O–H (acide carboxylique)	C–H	O–H (alcool)
Nombre d'onde (cm ⁻¹)	1000 - 1250	1700 - 1800	2500 - 3200	2800 - 3000	3200 - 3700
Complément d'information	Variable	Forte	Bande large	Variable	Bande large et forte en phase condensée

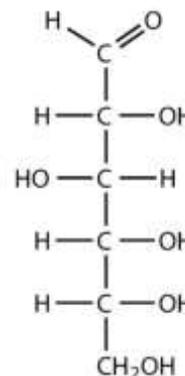
➤ **Echelle d'électronégativités selon Pauling**

IA		IIA		IIIA		IVA		VA		VIA		VIIA	
H	2.1	Li	1.0	Be	1.5	B	2.0	C	2.5	N	3.0	O	3.5
Na	0.9	Mg	1.2	Al	1.5	Si	1.8	P	2.1	S	2.5	Cl	3.0
K	0.8	Ca	1.0	Ga	1.6	Ge	1.8	As	2.0	Se	2.4	Br	2.8

- Couples acide/base : H₃O⁺ / H₂O ; H₂O / HO⁻ ; CH₃ - CH₂ - CH₂ - COOH / CH₃ - CH₂ - CH₂ - COO⁻ ; NH₄⁺ / NH₃
- pK_a du couple CH₃ - CH₂ - CH₂ - COOH / CH₃ - CH₂ - CH₂ - COO⁻ : 4,8 à 25 °C
- pK_a du couple NH₄⁺ / NH₃ : 9,2 à 25 °C
- Masse molaire de l'acide butanoïque : M₀ = 88,0 g.mol⁻¹
- Loi de Kohlrausch : la conductivité σ d'une solution ionique peut s'exprimer en fonction de la concentration molaire [X_i] en ions dans la solution et de ses conductivités molaires ioniques λ_i de chaque ion X_i : $\sigma = \sum \lambda_i \times [X_i]$

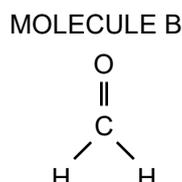
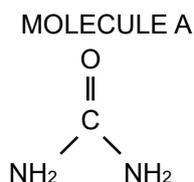
Partie 1. Questions à réponse ouverte courte. Les molécules du vivant

1.1. Le **glucose** est un sucre de formule brute C₆H₁₂O₆. Le mot « glucose » provient du grec ancien τὸ γλεῦκος qui désignait les vins doux. Sa principale mission est d'approvisionner l'organisme en énergie. La représentation, dite de Fischer, de molécule de glucose est donnée ci-contre.



- a) On affirme que la molécule de glucose possède 4 atomes de carbone asymétriques. **Est-ce vrai ou faux ?**
Justifier en rappelant la définition d'un carbone asymétrique.
Si l'affirmation est fautive, la corriger.
- b) On affirme qu'un groupe fonctionnel **carbonyle** caractéristique ici de la classe des **cétones** et que 5 groupes **hydroxyles** caractéristique des **alcools** sont présents dans cette molécule. **Est-ce vrai ou faux ?**
Corriger l'affirmation si elle est fautive. Inutile de justifier.

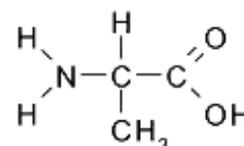
1.2. En 1953, Stanley Miller a enfermé dans un ballon des gaz (méthane, ammoniac (NH₃), dihydrogène et eau) et soumis le mélange à des décharges électriques pendant sept jours. Également appelé aldéhyde formique, le formaldéhyde est le premier représentant de la classe des aldéhydes. Ci-dessous sont présentées les molécules de formaldéhyde et d'urée.



On affirme que la molécule B est le formaldéhyde. Est-ce vrai ou faux ? Pour justifier, indiquer le nom systématique officiel de la molécule.

1.3. L'alanine, dont la molécule est représentée ci-contre, est un acide α-aminé qui entre dans la composition des protéines.

On affirme qu'elle présente deux diastéréoisomères. Est-ce vrai ou faux ?
Pour justifier, rappeler une définition utile et réaliser une représentation spatiale adaptée.



Partie 2. L'acide butanoïque

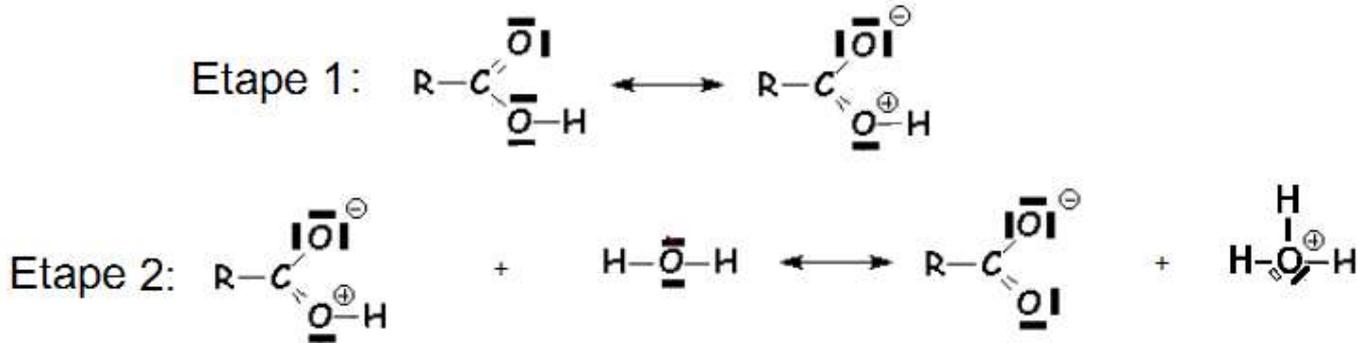
L'acide butanoïque est l'un des composés responsables de l'odeur très forte et du goût piquant de certains fromages et beurres rances.

2.1. Analyse spectrale IR et de RMN du proton de l'acide butanoïque

- Parmi les spectres IR proposés dans le document 1, choisir en justifiant celui correspondant à l'acide butanoïque.
- Prévoir, en justifiant la réponse, le nombre de signaux présents dans le spectre RMN de l'acide butanoïque ainsi que leur multiplicité.

2.2. Mécanisme réactionnel de la réaction de l'acide avec l'eau

Au niveau microscopique, la réaction entre l'acide butanoïque et l'eau se traduit par un mécanisme en deux étapes :



À l'aide des connaissances de cours, identifier, dans l'étape 2, le site donneur et le site accepteur de doublets d'électrons en justifiant.

Recopier l'équation de cette étape et faire apparaître les flèches courbes schématisant les transferts électroniques expliquant la formation et la rupture de liaisons qui se produisent lors de cette étape.

2.3. Titrage de l'acide butanoïque dans le beurre

Un beurre est rance si le pourcentage en masse d'acide butanoïque qu'il contient est supérieur ou égal à 4 %, c'est-à-dire qu'il y a plus de 4 g d'acide butanoïque dans 100 g de beurre.

On peut titrer l'acide butanoïque contenu dans un beurre de la façon suivante. Dans un bécher, on introduit 8,0 g de beurre fondu auquel on ajoute un grand volume d'eau distillée. On agite afin de dissoudre dans l'eau la totalité de l'acide butanoïque présent dans le beurre.

Dans le bécher, on plonge la sonde d'un conductimètre, puis on verse, mL par mL, une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$) de concentration $C = 4,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$. Après chaque ajout de solution titrante, on mesure la conductivité σ de la solution dans le bécher.

On considère que seul l'acide butanoïque réagit avec le réactif titrant, les ions $\text{HO}^-(\text{aq})$.

La courbe représentant les variations de la conductivité σ en fonction du volume V_b de solution d'hydroxyde de sodium versé est représentée sur la **figure 1 en ANNEXE**.

Aides aux calculs :

➤ Multiplication ou division par 4

Nombre a	6	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7
a x 4	24	24,4	24,8	25,2	25,6	26	26,4	26,8	27,2	27,2	28
a /4	1,5	1,525	1,55	1,575	1,6	1,625	1,65	1,675	1,7	1,725	1,75

➤ Valeurs approchées

Pour simplifier les calculs, on acceptera l'approximation $\frac{1}{11} \approx \frac{1}{10}$ (ou $11 \approx 10$).

a. Déterminer la valeur de la quantité de matière d'ions hydroxyde versée à l'équivalence.

b. Le beurre analysé est-il rance ?

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.

La démarche suivie est évaluée et nécessite donc d'être correctement présentée.

Partie 3. Un catalyseur enzymatique : l'uréase

L'uréase est une enzyme découverte par J-B Summer en 1926. Elle joue un rôle important au sein des organismes vivants dans la décomposition d'une molécule organique, l'urée. On trouve l'uréase dans des organismes végétaux (comme le haricot sabre) mais également dans des bactéries pathogènes (telles que *Helicobacter pylori*).

Une enzyme est une macromolécule. Les différentes parties de cette molécule sont liées entre elles notamment par des liaisons hydrogène qui se forment plus ou moins facilement suivant la température. Ces liaisons conduisent à la formation d'une structure tridimensionnelle présentant de nombreux replis (voir image ci-contre). La réaction, que catalyse l'enzyme, se produit au sein de l'un de ces replis appelé alors site actif.

L'objectif de cet exercice est l'étude du rôle de l'uréase et de l'influence de certains paramètres sur son activité.

3.1. Activité enzymatique de l'uréase

L'urée ($\text{NH}_2 - \text{CO} - \text{NH}_2$) réagit de manière totale avec l'eau pour former de l'ammoniac NH_3 et du dioxyde de carbone.

Au laboratoire, on réalise deux expériences :

- On dissout de l'urée dans de l'eau. Aucune réaction ne semble avoir lieu. Le temps de demi-réaction est estimé à 60 ans.
- On dissout de l'urée dans de l'eau en présence d'uréase. Il se forme quasi-immédiatement les produits attendus. Le temps de demi-réaction vaut 2×10^{-5} s.

a. Écrire l'équation de la réaction chimique entre l'urée et l'eau.

b. Rappeler la définition du temps de demi-réaction.

c. En quoi les résultats des expériences permettent-ils de considérer l'uréase comme un catalyseur ?

d. Effet de la température sur l'activité enzymatique

Quelle est **en général** l'influence de la température sur la cinétique d'une réaction chimique ?

En utilisant le **document 2**, décrire l'influence de la température sur la cinétique de la réaction catalysée par l'uréase.

À l'aide du texte introductif, comment peut-on expliquer la différence entre le cas général et celui de la réaction catalysée par l'uréase.

3.2. L'uréase dans le milieu stomacal

La bactérie *Helicobacter pylori* (*H.pylori*) est responsable de la plupart des ulcères de l'estomac chez l'Homme. On souhaite savoir comment elle réussit à survivre dans un milieu très acide, comme l'estomac, en attendant de rejoindre la muqueuse stomacale où elle pourra se développer.

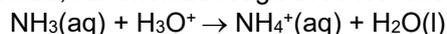
Dans la *H.pylori*, la réaction de production de l'ammoniac à partir de l'urée se fait selon le processus présenté dans la première partie « Activité enzymatique de l'uréase ».

Le contenu de l'estomac est un milieu très acide qui peut être considéré comme une solution d'acide chlorhydrique de concentration $1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

a. Sachant que l'acide chlorhydrique est un acide fort, calculer le pH de ce milieu.

b. À ce pH, quelle espèce chimique du couple $\text{NH}_4^+(\text{aq}) / \text{NH}_3(\text{aq})$ prédomine ? Justifier la réponse.

c. La bactérie utilise son uréase pour catalyser la réaction de l'urée avec l'eau, ainsi elle sécrète de l'ammoniac dans son environnement proche. Dans l'estomac, l'ammoniac réagit avec les ions H_3O^+ selon l'équation chimique :

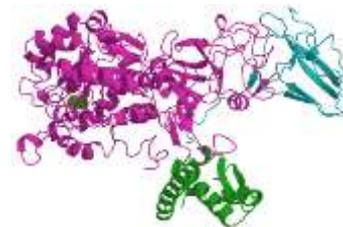


Quelle est la conséquence de la sécrétion d'ammoniac par la bactérie sur le pH de la solution autour d'elle ?

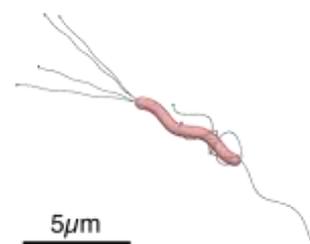
d. L'enzyme sécrétée par la bactérie *H.pylori* n'est pas l'uréase seule mais une association de l'uréase avec d'autres entités chimiques. En quoi le **document 3** illustre-t-il le fait que l'uréase seule ne peut pas agir dans l'estomac ?



Haricot sabre



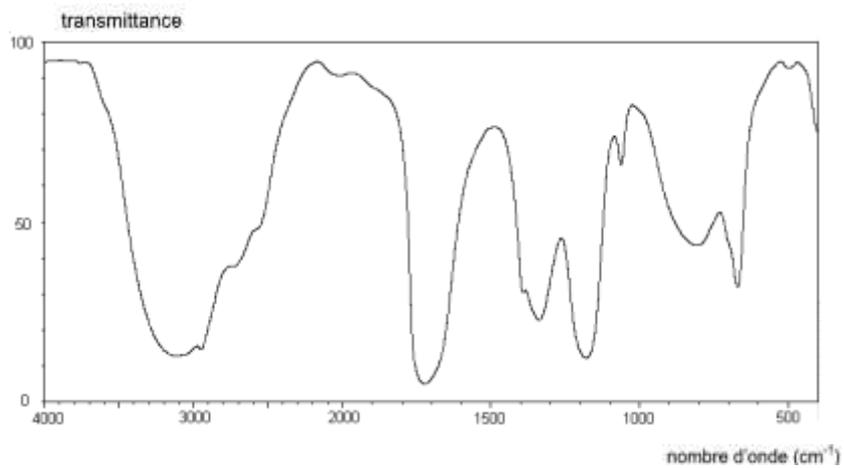
Structure 3D de l'uréase



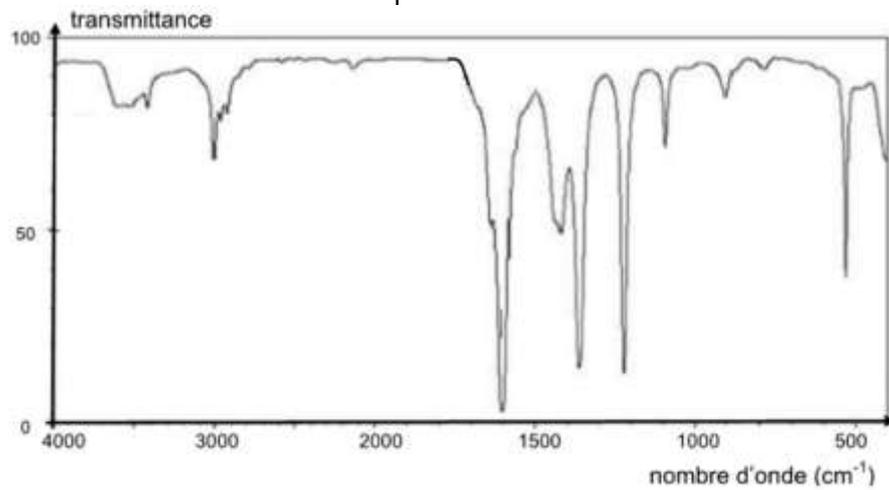
Helicobacter pylori

Document 1 : Spectres IR en phase condensée de deux molécules

Spectre IR n°1



Spectre IR n° 2



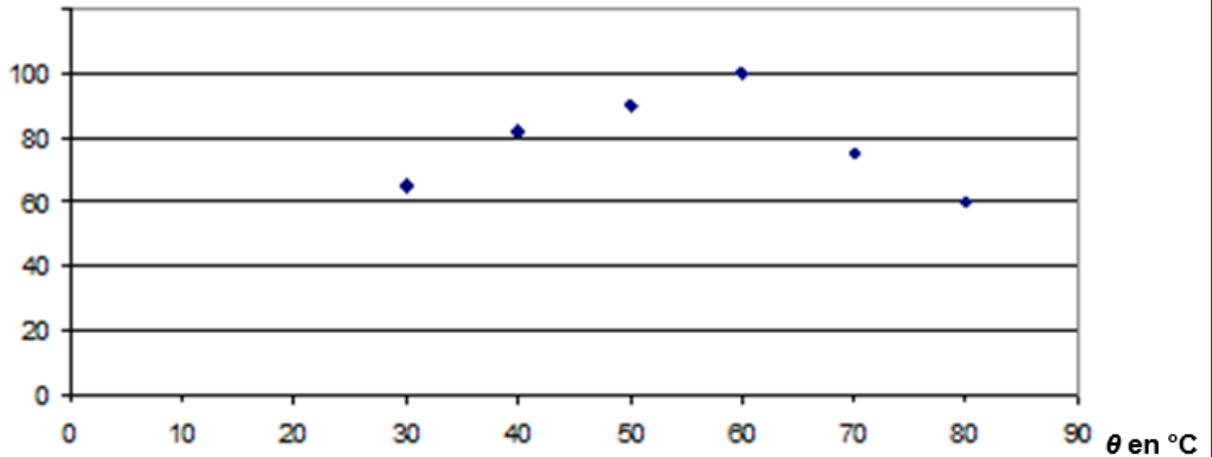
Document 2. Influence de la température sur l'activité enzymatique

La cinétique de la réaction catalysée est directement liée à l'activité de l'uréase : plus l'activité est grande, plus la réaction est rapide. L'activité relative, représentée sur le graphe ci-dessous, est le rapport de l'activité de l'enzyme sur son activité maximale, dans des conditions fixées de température, de pH et pour une quantité d'enzyme donnée.

Condition expérimentale :

pH = 7,0 (solution tampon au phosphate de concentration molaire 20 mmol.L⁻¹)

Activité relative (en pourcentage) de l'uréase en fonction de la température

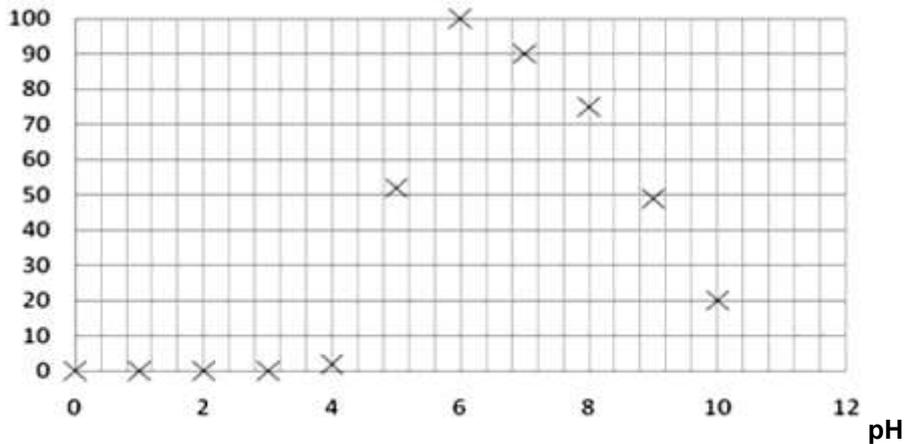


D'après le site <http://www.toyobospusa.com/enzyme-URH-201.html>

Document 3. Influence du pH sur l'activité enzymatique

Condition expérimentale : température $\theta = 30^{\circ}\text{C}$

Activité relative (en pourcentage) de l'uréase en fonction du pH



D'après le site <http://www.toyobospusa.com/enzyme-URH-201.html>

EXERCICE III – OBSERVER DES PLANETES EN DEHORS DU SYSTEME SOLAIRE (5 points)

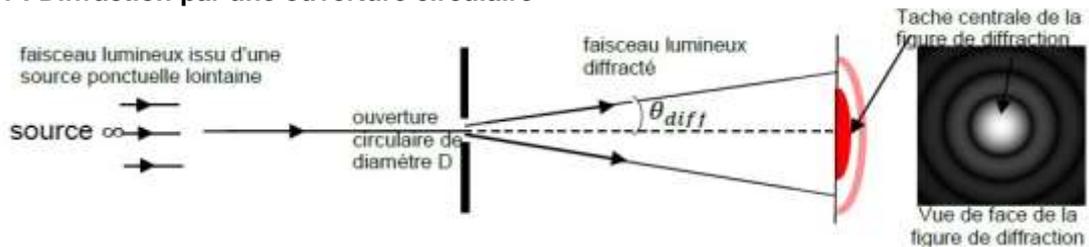
L'existence de planètes situées en dehors du système solaire (ou exoplanètes) fait l'objet d'études scientifiques depuis le XIX^{ème} siècle. Leur éloignement, mais aussi leur manque de luminosité par rapport aux étoiles autour desquelles elles tournent, rendent leur détection difficile.

1. Comment la diffraction rend-elle difficile l'observation d'une exoplanète ?

Un télescope de diamètre D collecte la lumière émise par un objet céleste, puis la renvoie vers un système optique de formation d'image qui ne sera pas étudié ici. Actuellement, l'observation de détails avec un télescope terrestre est principalement limitée par le phénomène de diffraction lié à la valeur de l'ouverture circulaire D du télescope car il est possible d'annuler l'effet des turbulences atmosphériques sur la qualité des images formées.

La première planète extrasolaire dont on a pu faire une image par observation directe dans le proche infrarouge s'appelle 2M1207b. Cette exoplanète orbite à une distance estimée à 55 unités astronomiques (ua) autour de l'étoile 2M1207a, située à 230 années lumières (al) de la Terre.

Document 1 : Diffraction par une ouverture circulaire

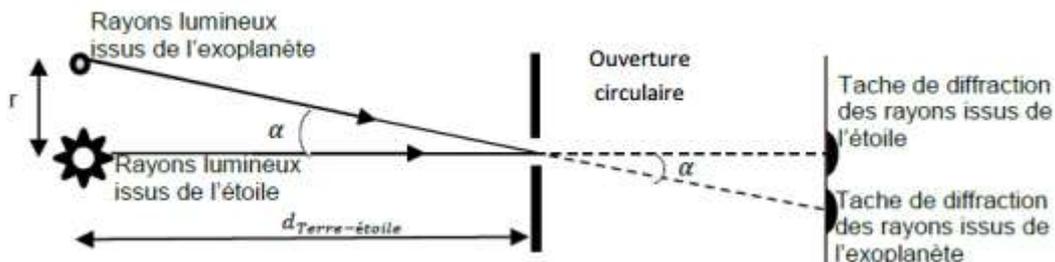


Dans le cas d'une ouverture circulaire, on admet que l'angle de diffraction θ_{diff} (exprimé en radian) vérifie la relation

$$\theta_{diff} = 1,22 \cdot \frac{\lambda}{D}, \text{ où } \lambda \text{ est la longueur d'onde du faisceau incident et } D \text{ le diamètre de l'ouverture.}$$

Écart angulaire et diffraction

Des rayons lumineux issus d'un couple étoile-planète et passant par l'ouverture circulaire d'un télescope terrestre sont représentés dans le schéma ci-dessous :



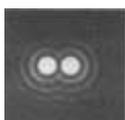
α est l'écart angulaire entre l'étoile et la planète, c'est-à-dire l'angle sous lequel l'écart angulaire étoile-planète est vu depuis la Terre.

Il se calcule grâce à la relation : $\alpha \approx \tan \alpha = \frac{r}{d_{Terre-étoile}}$

où r est la distance entre la planète et l'étoile et $d_{Terre-étoile}$ la distance entre la Terre et l'étoile.

Critère de Rayleigh pour distinguer deux objets.

Un télescope permet de distinguer deux objets à condition que l'écart angulaire α entre ces deux objets soit supérieur ou égal à l'angle de diffraction θ_{diff} .



$$\alpha > \theta_{diff}$$

On peut distinguer les deux objets



$$\alpha = \theta_{diff}$$



$$\alpha < \theta_{diff}$$

On ne peut pas distinguer les deux objets

Données :

- Unité astronomique : $1 \text{ ua} = 1,496 \times 10^{11} \text{ m}$; l'année lumière : $1 \text{ al} = 9,461 \times 10^{15} \text{ m}$
- Vitesse de la lumière dans le vide : $c = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

1.1. Quelle propriété de la lumière permet d'expliquer le phénomène de diffraction ?

1.2. Déterminer l'expression littérale du diamètre minimum D du télescope terrestre permettant de distinguer la planète 2M1207b de l'étoile 2M1207a.

1.3. On admet que la longueur d'onde des rayons lumineux provenant des deux objets célestes a pour valeur $\lambda = 2,0 \mu\text{m}$.

En prenant l'ordre de grandeur de chaque donnée présente dans l'expression précédente, calculer l'ordre de grandeur de D .

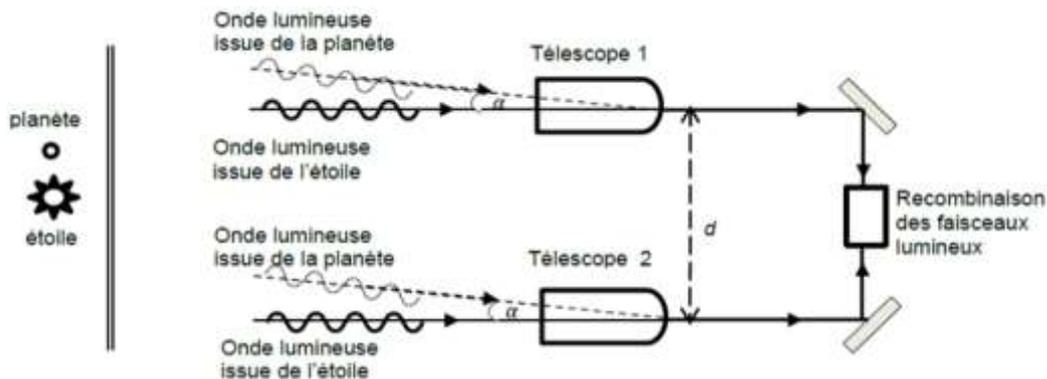
2. Comment la faible luminosité d'une exoplanète la rend-elle difficile à observer ?

En général, les planètes sont peu lumineuses par rapport aux étoiles ce qui ajoute une difficulté supplémentaire pour les observer. Un dispositif interférométrique, décrit dans le document 2, a été proposé en 1978 par le physicien australien Ronald N. Bracewell. Il permet de contourner ce problème. L'objectif est d'éliminer le signal de l'étoile tout en permettant l'enregistrement du signal émis par la planète.

Document 2 : Dispositif interférométrique

On considère deux télescopes identiques dont les lignes de visée sont dirigées vers une étoile lointaine.

La direction d'une exoplanète à proximité de l'étoile fait un angle α avec la ligne de visée.



Dans ce dispositif, les faisceaux issus des deux télescopes sont recombinaison grâce à un dispositif optique situé à égale distance des deux télescopes.

Recombinaison des signaux issus de l'étoile

2.1. Justifier que, dans le dispositif décrit dans le document 2, les rayons lumineux issus de l'étoile et captés par les télescopes interfèrent de manière constructive au niveau de la recombinaison.

2.2. On appelle T la période de l'onde lumineuse. L'idée de Bracewell est d'ajouter, juste après le télescope 2, un système optique permettant d'ajouter un retard d'une demi-période $\frac{T}{2}$ sur le signal provenant de ce télescope. Ce système optique produit-il des interférences constructives ou destructives entre les deux rayons issus de l'étoile au niveau de la recombinaison (ne pas justifier) ? Quelle sera alors l'intensité du signal lié à l'étoile ?

Recombinaison des signaux issus de l'exoplanète

Les rayons lumineux issus de l'exoplanète arrivent sur les dispositifs interférométriques en faisant un angle α avec la ligne de visée. À cause de cette inclinaison, le signal lumineux arrive sur le télescope 2 avec un retard $\tau = \frac{d \cdot \sin \alpha}{c}$ où d est la distance entre les deux miroirs.

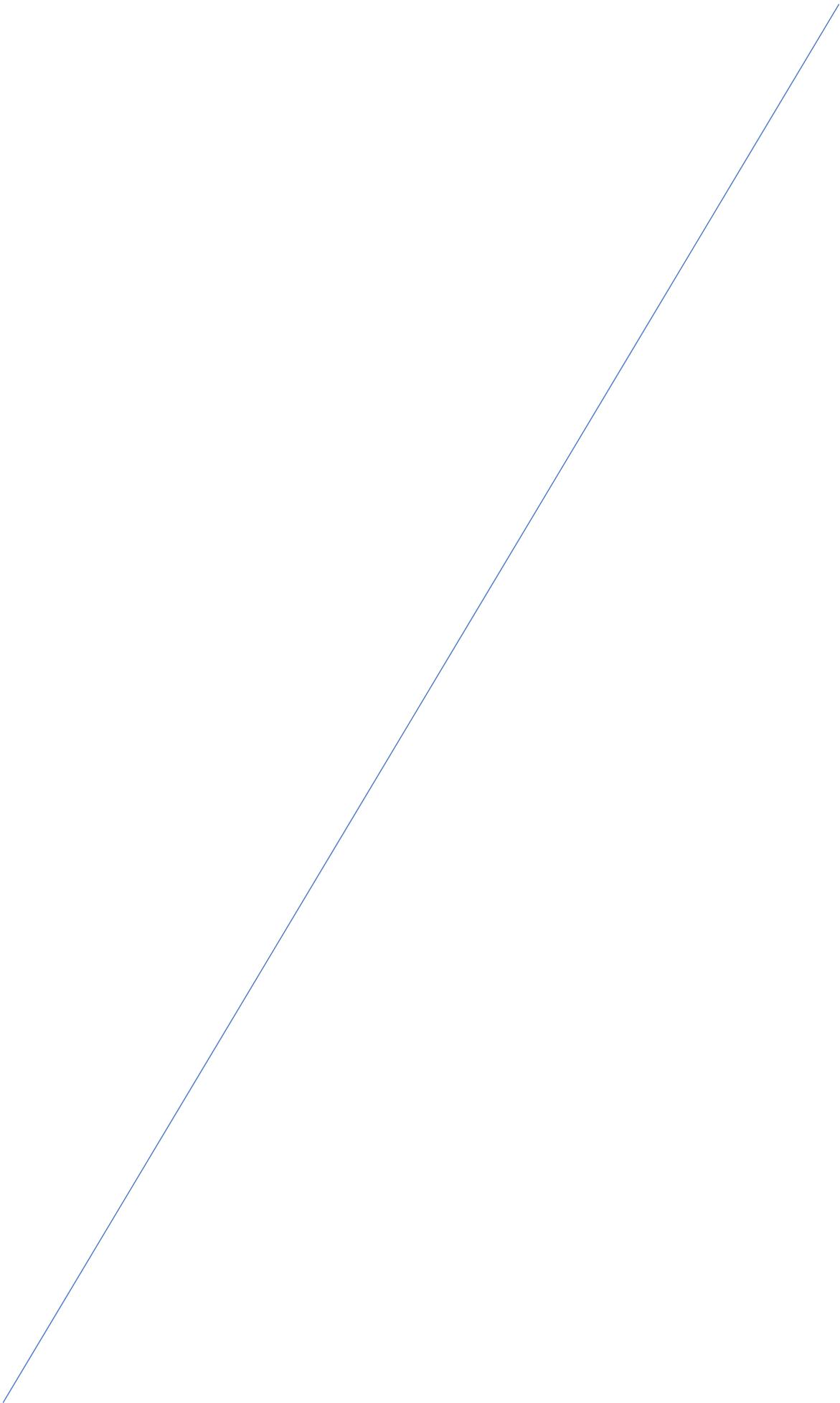
2.3. Montrer que le signal issu du télescope 2 a un retard de $\tau' = \frac{d \cdot \sin \alpha}{c} + \frac{T}{2}$ par rapport au signal issu du premier télescope.

2.4. À quelle condition sur le retard τ' va-t-on obtenir une interférence constructive ?

2.5. Montrer que cette relation peut aussi s'écrire $d \cdot \sin \alpha = (k - \frac{1}{2}) \cdot \lambda$. k étant un nombre entier.

2.6. Pour des petits angles, $\sin \alpha \approx \tan \alpha = \frac{r}{d_{\text{Terre-étoile}}}$. En déduire, en fonction λ , $d_{\text{Terre-étoile}}$ et r , l'expression

littérale de la distance minimale d entre les deux télescopes pour obtenir une interférence constructive lors de l'observation de l'exoplanète 2M1207b en rotation autour de l'étoile 2M107a.



Identification du candidat :

Annexe du sujet obligatoire à compléter et à rendre avec la copie

EXERCICE I. LES PROUESSES DU POISSON ARCHER

EXERCICE I

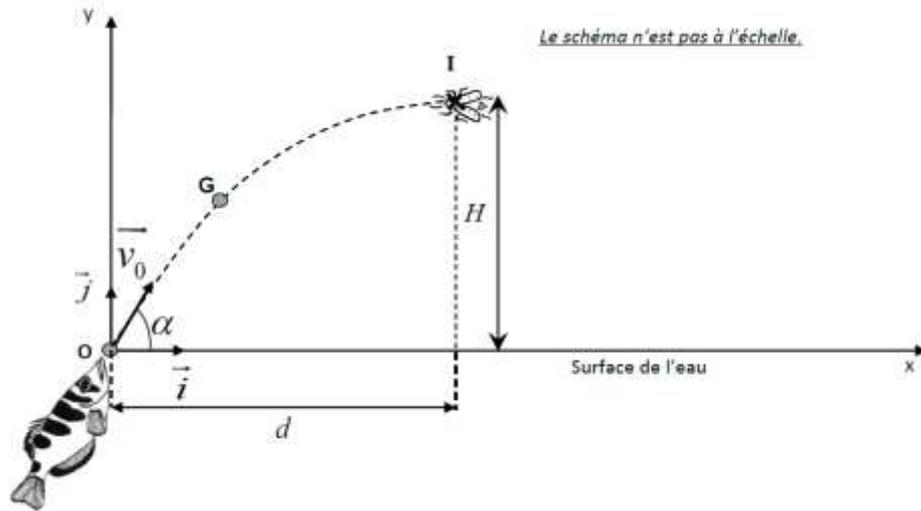


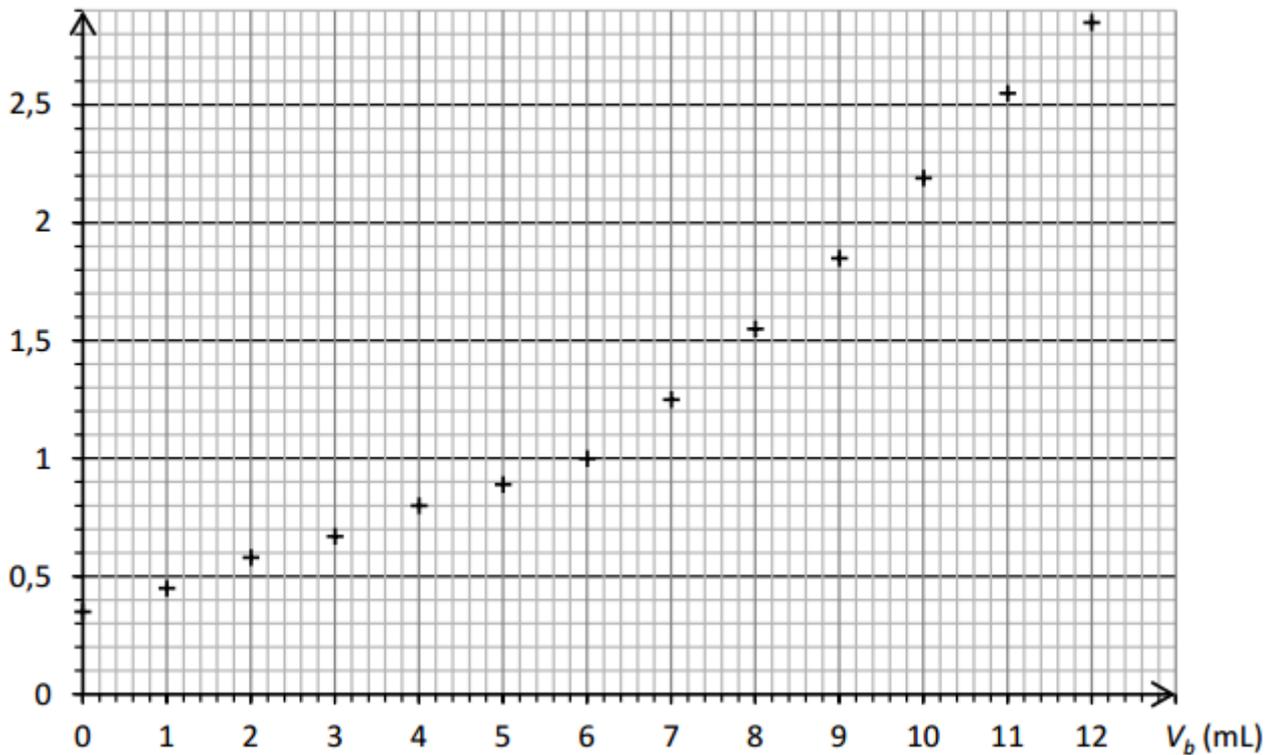
Figure 1

EXERCICE II

Question 2.3.

Figure 1. Titrage de l'acide butanoïque contenu dans 8,0 g de beurre par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire égale à $4,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.

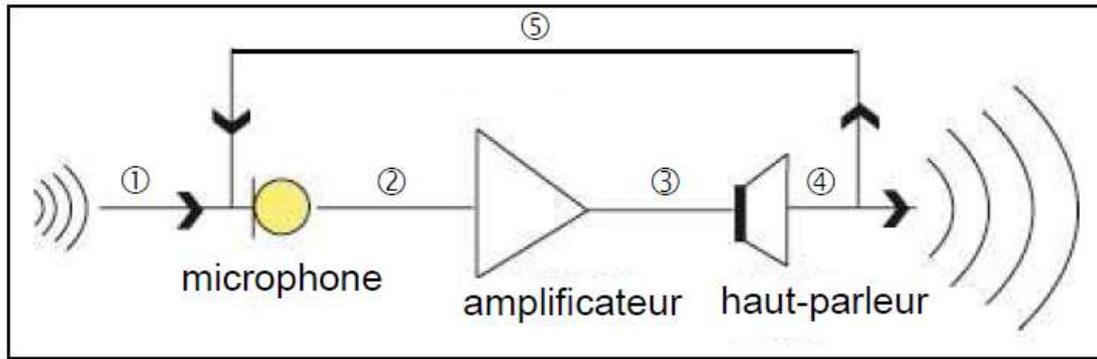
$\sigma \text{ (mS.cm}^{-1}\text{)}$



EXERCICE III : COMMENT ÉLIMINER L'EFFET LARSEN ?

Question 1.

Document 1 : Effet Larsen



Légende :

① : onde sonore

② : signal électrique

③ :

④ :

⑤ :

BACCALAUREAT GENERAL

Baccalauréat Blanc 2018

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement spécialité

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

L'usage de la calculatrice N'EST PAS autorisé

Le sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Ce sujet comporte trois exercices indépendants présentés sur 12 pages numérotées de 1 à 12. Il comporte une annexe en page **11 et 12** à rendre avec la copie et ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Le candidat doit traiter les trois exercices, qui sont indépendants les uns des autres, **sur des pages séparées. L'exercice III sera rédigé sur une copie indépendante des autres.**

Les résultats (expressions littérales et applications numériques) seront mis en évidence.

- | | | |
|------|------------------------------------|-----------|
| I. | Les prouesses du poissons d'archer | 5 points |
| II. | Des molécules du vivant | 10 points |
| III. | Comment éliminer l'effet Larsen | 5 points |

EXERCICE I - LES PROUESSES DU POISSON ARCHER (5 points)

Document 1. Technique de chasse du poisson archer

« La particularité du poisson archer est qu'il ne se contente pas d'attendre le hasard d'une chute ou qu'un coup de vent providentiel amène à lui cette manne céleste [les proies aériennes]. Il peut, en projetant un puissant jet d'eau avec sa bouche, faire tomber des proies en surface avant de les attraper [...]. La valeur v_0 de la vitesse initiale du jet d'eau est voisine de $4,0 \text{ m.s}^{-1}$.

Après avoir repéré sa future proie, le poisson s'oriente, se rapproche et se positionne. Le museau affleure à la surface de l'eau mais les deux gros yeux situés près de la bouche [...] restent sous la surface [...].

Précis, le tir du poisson archer est pourtant confronté à une difficulté balistique majeure : pour viser, il lui faut tenir compte de la différence d'indice de réfraction entre l'eau et l'air [...].

Deux hypothèses ont été proposées pour expliquer la précision du poisson archer.

La première est qu'il se positionne à la verticale de sa proie [...]. Il voit donc théoriquement l'insecte où il est vraiment.

Cependant l'observation montre que la majorité des tirs a lieu selon des angles approchant 80° . Aussi pense-t-on que plus probablement son habileté résulte d'un apprentissage : c'est à force de rater sa cible que le poisson corrigerait de lui-même la réfraction. On a en effet déterminé expérimentalement qu'il est capable de tirer avec précision environ 8 fois par minute sur une période de 10 minutes, ce qui lui permet d'ajuster son tir si nécessaire. [...].»

Bruno Didier, Le poisson archer, Revue Insectes n°130, 2003, Septembre



Encyclopédie
Microsoft Encarta en
ligne 2007

L'objectif de cet exercice est de présenter la technique de chasse et de modéliser le mouvement du jet d'eau.

Les deux parties de cet exercice sont indépendantes.

Aides au calcul				
sin $80^\circ \approx 1$	cos $80^\circ \approx 0,2$	tan $80^\circ \approx 9$	8 ÷ 6 $\approx 1,33$	6 ÷ 8 = 0,75

Partie 1. Technique de chasse

1.1. En prenant appui sur le texte, nommer le phénomène physique mis en jeu lors de la visée de l'insecte par le poisson. Dans quelles conditions observe-t-on ce phénomène ?

1.2. Justifier la phrase du texte : « Il voit donc théoriquement l'insecte où il est vraiment ».

1.3. Calculer la fréquence f d'émission des jets d'eau.

Partie 2. Modélisation du mouvement du jet d'eau

Dans la suite de l'exercice, le comportement du jet d'eau sera assimilé à celui d'une goutte d'eau, de centre d'inertie **G** et de masse m .

Une mouche, de centre d'inertie **I**, posée sur une feuille située à une hauteur $H = 75 \text{ cm}$ au-dessus de la surface de l'eau est convoitée par un poisson archer situé non loin de là. Le poisson projette vers l'insecte un jet d'eau avec un vecteur vitesse initiale, de valeur v_0 , incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale. Le jet percute l'insecte au moment où l'eau atteint le sommet de sa trajectoire.

La situation est schématisée **SUR LA FIGURE 1 DE L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE qui sera complétée avec les vecteurs utiles.**

Dans toute l'étude on supposera que l'action de l'air est négligeable.

On prend comme origine des dates, l'instant où le poisson archer projette l'eau ; le point **G** se trouve alors au point **O** pris comme origine du repère $(O ; \vec{i} ; \vec{j})$.

Données : Intensité du champ de pesanteur terrestre : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$

2.1. Qu'implique la phrase : « l'action de l'air est négligeable » pour le bilan des forces ?

2.2. En appliquant la deuxième loi de Newton dans le repère $(O ; \vec{i} ; \vec{j})$, montrer que les équations horaires $x_G(t)$ et $y_G(t)$ du mouvement du centre d'inertie **G** de la goutte sont :

$$\begin{cases} x_G(t) = (v_0 \cdot \cos\alpha)t \\ y_G(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + (v_0 \cdot \sin\alpha)t \end{cases}$$

2.3. Montrer que pour que la mouche puisse échapper au jet d'eau, il faut que son temps de réaction, noté t_R , soit inférieur ou égal à $0,4 \text{ s}$.

2.4. En déduire la valeur de la distance d indiquée **SUR LA FIGURE 1 DE L'ANNEXE.**

EXERCICE III : COMMENT ÉLIMINER L'EFFET LARSEN ? (5 points)

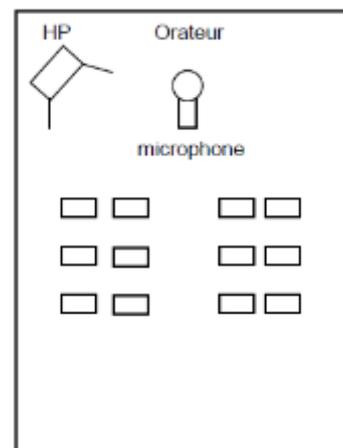
Phénomène fréquent dans les sonorisations de spectacles ou de conférences, l'effet Larsen se manifeste également avec les combinés téléphoniques munis d'un haut-parleur et les prothèses auditives ; cet effet produit un sifflement aigu très douloureux. Des guitaristes cherchent au contraire à exploiter le phénomène en s'approchant et en s'éloignant des enceintes pour produire des sons stridents qu'ils cherchent à moduler.

En s'appuyant sur les documents rassemblés à la fin d'exercice, répondre aux questions suivantes :

Question préalable

1. Compléter la légende du document 1 de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, précisant la nature du signal.
2. Calculer la variation du niveau d'intensité sonore lorsque la distance à une source sonore isotrope double. Cette valeur est-elle compatible avec celle déduite du document 3 ?

Une conférence se déroule dans une salle de dimensions 13 m × 5 m × 2,5 m.
 Un orateur s'exprime avec une puissance sonore P égale à $12 \mu\text{W}$ devant un microphone placé à 1 m. Un haut-parleur (HP) est placé à une distance D du microphone. Un sonomètre détecte à 1 m du haut-parleur un niveau d'intensité sonore $L = 85 \text{ dB}$. La contribution de la voix au niveau d'intensité sonore mesuré par le sonomètre est négligeable devant celle du haut-parleur.



Problème

L'éloignement du haut-parleur du microphone permettra-t-il à lui seul d'éviter l'effet Larsen ?

La réponse sera justifiée par des calculs appropriés.

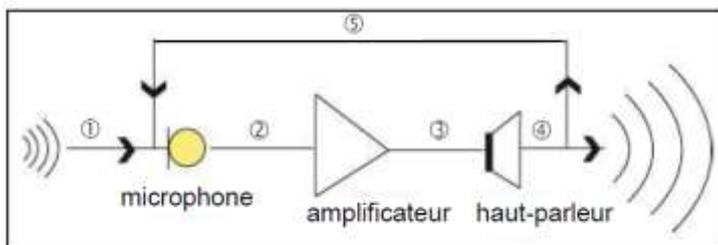
À l'aide des documents et de vos connaissances, proposer deux autres pistes pour limiter l'apparition de cet effet.

Remarque : La démarche suivie et la qualité de la rédaction sont évalués. Tout élément de raisonnement même partiel sera pris en compte.

DOCUMENTS DE L'EXERCICE III

Document 1 : Effet Larsen.

L'effet larsen doit son nom au physicien danois du XIX^{ème} siècle Sören Larsen qui a été le premier à en expliquer l'origine.



Le son produit lors d'un concert est capté par le microphone, amplifié et transmis au haut-parleur. Le microphone, dans certaines conditions, capte aussi, en retour, une partie du son émis par le haut-parleur. Ce signal est alors à nouveau transmis au haut-parleur après une amplification qui peut être réglée. L'amplitude du son est alors augmentée et ainsi de suite. Ce retour partiel du son du haut-parleur vers le microphone produit un signal qui augmente progressivement en intensité et en fréquence.

On considère que l'effet Larsen apparaît dès que le niveau d'intensité sonore du son émis par le haut-parleur et capté par le microphone est supérieur à celui du son venant de la source sonore.

D'après <http://www.acoustique.wernet.com>

Document 2 : Intensité sonore et niveau d'intensité sonore

- L'intensité sonore I en un point M d'une onde acoustique émise par une source isotrope S supposée ponctuelle qui émet une puissance P , de manière identique dans toutes les directions, est donnée par :

$$I = \frac{P}{4\pi d^2} \text{ où } d \text{ est la distance SM. } P \text{ s'exprime en watt (W)}$$

- On rappelle que le niveau d'intensité sonore L , exprimé en dB, est lié à l'intensité sonore I par la relation :

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ où } I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$$

Document 3 : Évolution du niveau d'intensité sonore en fonction de la distance.

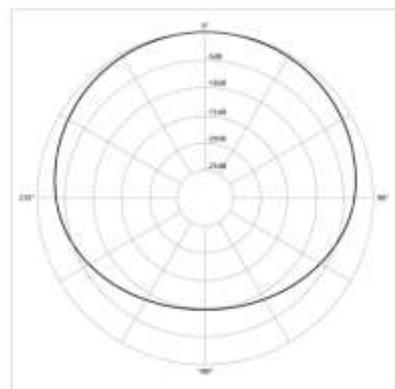
Niveau d'intensité sonore (dB)	Distance (m)								
	1	2	3	5	10	15	20	30	50
92	86	82	78	72	68	66	62	58	
90	84	80	76	70	66	64	60	56	
85	79	75	71	65	61	59	55	51	
80	74	70	66	60	56	54	50	46	
75	69	65	61	55	51	49	45	41	
70	64	60	56	50	46	44	40	36	

D'après http://www.werma.com/fr/techtalk/acoustique_dans_la_signalisation.php

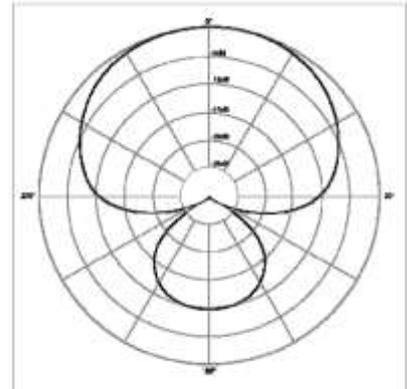
Document 4 : Diagrammes directionnels de deux microphones

Un diagramme directionnel d'un microphone représente sa sensibilité selon la direction d'origine de l'onde sonore, à une fréquence donnée.

D'après le site wikipedia



Microphone n°1



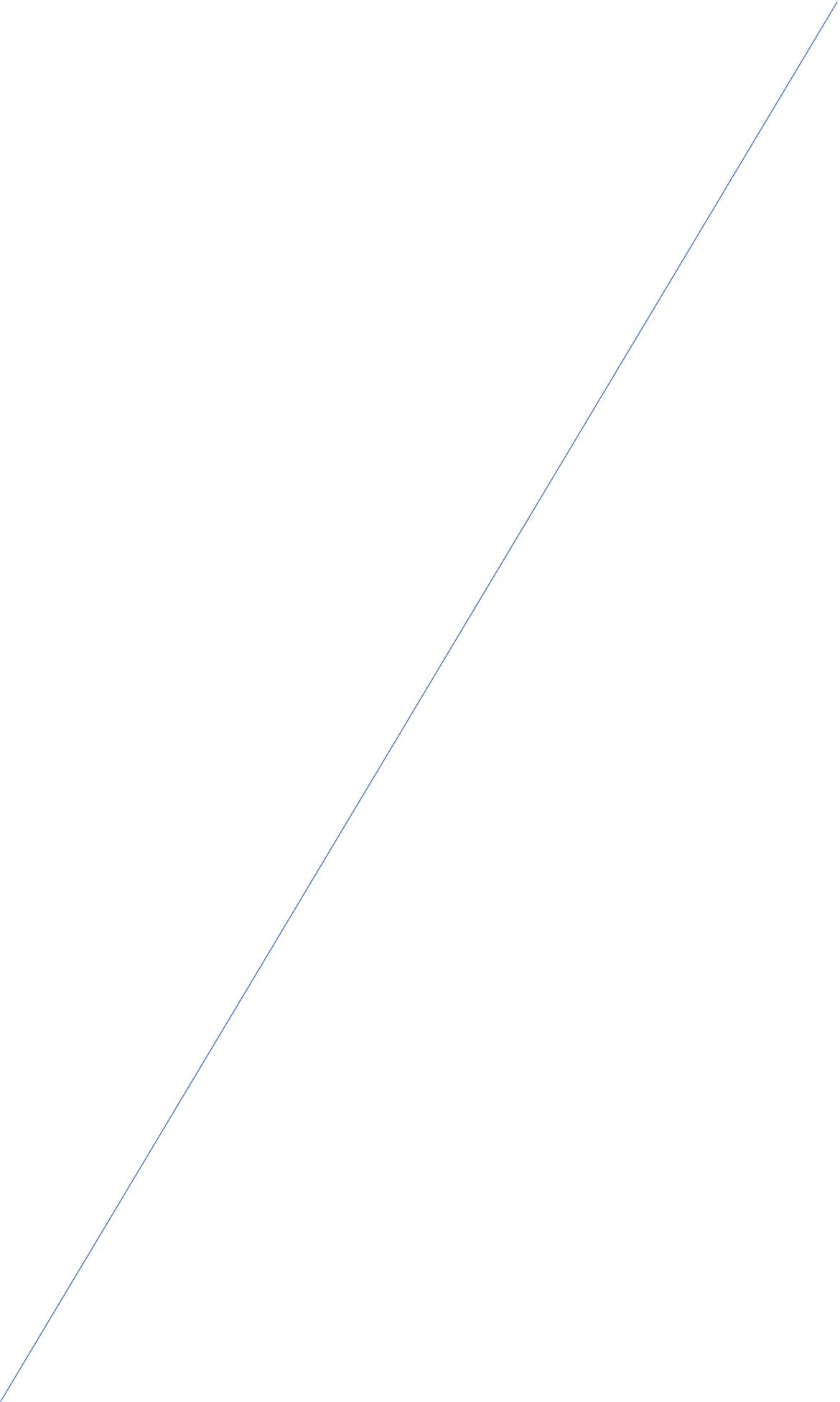
Microphone n°2

Aide aux calculs :

$$\log\left(\frac{a}{b}\right) = \log a - \log b \quad \log(a \times b) = \log a + \log b \quad \log(10^b) = b \quad 10^{\log b} = b$$

$$\log(1) = 0 \quad \log(2) = 0,3 \quad \log(4) = 0,6 \quad \log(8) = 0,9 \quad \log(10) = 1,0$$

$$12 \approx 4\pi \text{ soit } \frac{12}{4\pi} \approx \frac{4\pi}{12} \approx 1$$



EXERCICE I.

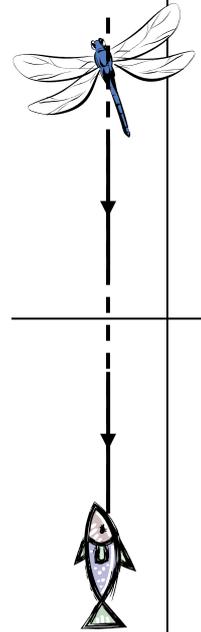
1. Technique de chasse

1.1. Le texte indique que le poisson doit « tenir compte de la différence d'indice de réfraction » ou encore « *poisson corrigerait de lui-même la réfraction* »

0,5 Le phénomène physique mis en jeu est le phénomène de **réfraction**.
Ce phénomène de transmission de la lumière avec une éventuelle déviation peut se produire lorsque la lumière change de milieu de propagation et que les milieux de propagation n'ont pas le même indice de réfraction.

1.2. Considérons un rayon lumineux issu de l'insecte et se dirigeant vers le poisson situé à la verticale de l'insecte.

0,25 Ce rayon issu de l'insecte n'est pas dévié, car il est perpendiculaire au dioptré plan eau/air (*angle d'incidence nul*). Donc le poisson voit l'insecte où il est vraiment.



1.3. Le poisson tire environ 8 fois par minute : $8T = 60$ s, soit $T = \frac{60}{8}$ s

0,5 fréquence d'émission des jets d'eau : $f = \frac{1}{T}$ donc $f = \frac{8}{60} = 0,1$ Hz

2. Modélisation du mouvement du jet d'eau

0,25 2.1. L'action de l'air étant négligeable, le bilan des forces ne prend pas en compte les forces de frottement de l'air, ni la poussée d'Archimède. Seule la force poids s'applique sur le système {goutte d'eau}. Le système est donc en chute libre.

2.2. Référentiel d'étude : bords de l'étang, Terrestre, supposé galiléen

Système étudié : la goutte d'eau, de masse m

Bilan des forces extérieures appliquées au système: le poids \vec{P} (*schéma complété*)

Conditions initiales : A $t_0 = 0$ s dans $(O; \vec{i}; \vec{j})$

$$\vec{v}(t_0) = \vec{v}_0 \begin{cases} v_{0x} = v_0 \cdot \cos \alpha \\ v_{0y} = v_0 \cdot \sin \alpha \end{cases} \quad \text{et} \quad \vec{OG}(t_0) = \vec{OG}_0 \begin{cases} x_{0G} = 0 \text{ m} \\ y_{0G} = 0 \text{ m} \end{cases}$$

D'après la deuxième loi de Newton :

2,5 $\vec{P} = m \cdot \vec{a}_G$ soit : $m \cdot \vec{g} = m \cdot \vec{a}_G$ soit : $\vec{g} = \vec{a}_G$ soit dans le repère $(O; \vec{i}; \vec{j})$: $\vec{a}_G \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$

Comme $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ alors, par intégration : $\vec{a} \begin{cases} a_x = \frac{dv_x}{dt} = 0 \\ a_y = \frac{dv_y}{dt} = -g \end{cases}$ il vient $\vec{v} \begin{cases} v_x = \text{Cte}1 \\ v_y = -g \cdot t + \text{Cte}2 \end{cases}$

Or $\vec{v}(0) = \vec{v}_0$ soit $\begin{cases} v_x(0) = v_0 \cdot \cos \alpha = \text{Cte}1 \\ v_y(0) = v_0 \cdot \sin \alpha = 0 + \text{Cte}2 \end{cases}$ il vient finalement : $\vec{v} \begin{cases} v_x = v_0 \cdot \cos \alpha \\ v_y = -g \cdot t + v_0 \cdot \sin \alpha \end{cases}$

Et $\vec{v} = \frac{d\vec{OG}}{dt}$ alors $\vec{v} \begin{cases} v_x = \frac{dx}{dt} = v_0 \cdot \cos \alpha \\ v_y = \frac{dz}{dt} = -g \cdot t + v_0 \cdot \sin \alpha \end{cases}$ il vient $\vec{OG} \begin{cases} x = (v_0 \cdot \cos \alpha) \cdot t + \text{Cte}'1 \\ y = -\frac{1}{2} g \cdot t^2 + (v_0 \cdot \sin \alpha) \cdot t + \text{Cte}'2 \end{cases}$

D'après les C.I., $\vec{OG}(t_0) \begin{cases} x(0) = 0 = \text{Cte}'1 \\ z(0) = 0 = \text{Cte}'2 \end{cases}$ il vient finalement : $\vec{OG} \begin{cases} x(t) = (v_0 \cdot \cos \alpha) \cdot t \\ y(t) = -\frac{1}{2} g \cdot t^2 + (v_0 \cdot \sin \alpha) \cdot t \end{cases}$

2.3. Déterminons l'instant t_i auquel le jet d'eau atteint la hauteur H de la mouche :

0,75 Le sujet indique que le jet percute l'insecte au moment où l'eau atteint le sommet de sa trajectoire. Le vecteur vitesse est alors horizontal, alors $v_y(t_R) = 0$, soit $-g \cdot t_R + v_0 \cdot \sin \alpha = 0$

$$t_R = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g} \quad \text{soit :} \quad t_R = \frac{4,0 \times \sin 80}{10} = \frac{4,0 \times 1}{10} = 0,4 \text{ s}$$

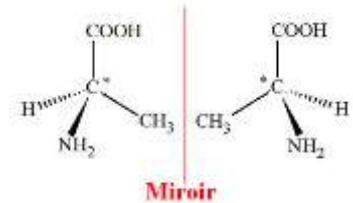
L'eau atteint la mouche à la date $t_i = 0,4$ s. Il faut que son temps de réaction soit strictement inférieur à 0,4 s pour qu'elle lui échappe.

0,25 2.4. $d = x(t_i) = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t_R$. A.N. : $d = x(t_i = 0,4 \text{ s}) = 4,0 \times \cos 80 \times 0,4 = 4,0 \times 0,2 \times 0,4 \text{ m} = 0,32 \text{ m} = 32 \text{ cm}$

EXERCICE II

Partie 1. QROC

- 0,25** 1.1.a **Vrai**. Un carbone asymétrique est un carbone tétraédrique relié à 4 substituants différents.
- 0,25** 1.1.b **Faux**. La molécule possède un groupe fonctionnel carbonyle de la classe des **aldéhydes** et 5 groupes fonctionnels hydroxyle caractéristiques des alcools.
- 0,25** 1.2. **Vrai**. Le formaldéhyde est aussi le méthanal.
- 0,75** 1.3. **Faux**. Il s'agit de deux énantiomères : non superposables mais images l'un de l'autre dans un miroir.
- 0,75 Ou la molécule possède un seul carbone asymétrique c'est-à-dire formant 4 liaisons simples avec 4 groupes différents. Elle est donc chirale et forme un couple d'énantiomères et pas des diastéréoisomères.



Partie 2. L'acide butanoïque

2.1.

- Le spectre IR n° 1 du document 1 se distingue du n° 2 par la présence d'une bande large et forte pour un nombre d'onde compris entre 2500 cm^{-1} et 3700 cm^{-1} . Cette bande correspond aux liaisons O – H du groupe hydroxyle donnant une bande forte et large pour $3200\text{ cm}^{-1} < \sigma < 3700\text{ cm}^{-1}$, et O – H du groupe carboxyle au donnant une bande forte et large pour $2500\text{ cm}^{-1} < \sigma < 3200\text{ cm}^{-1}$.
En outre, on retrouve bien une bande forte pour un nombre d'onde environ 1750 cm^{-1} qui traduit la présence de C = O ($1700\text{ cm}^{-1} < \sigma < 1800\text{ cm}^{-1}$).

1,75 Des deux spectres, le n° 1 est celui de l'acide butanoïque.

- La molécule d'acide lactique possède 4 groupes de protons équivalents. Son spectre RMN devrait présenter 4 signaux.

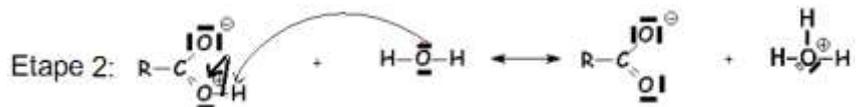
Le H_d protons liés à O se comportent comme des protons ne possédant pas de voisins et voisins d'aucun autre. D'après la règle des $(n+1)$ – uplets, leur multiplicité est de $0 + 1$ donc un singulet.

Il n'en est pas de même des protons liés à C. les protons H_a (ou H_c) 2 voisins (H_b) : le signal correspondant présente un éclatement sous la forme d'un triplet. H_b ont 5 voisins (H_a et H_c). Le signal est donc un sextuplet.

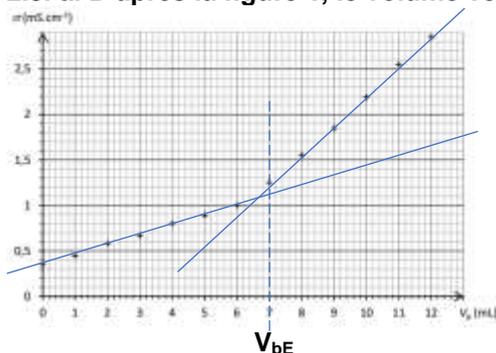
2.2. Lors de l'étape 2, il y a formation d'une liaison entre l'atome d'oxygène de l'eau et l'atome d'hydrogène de l'autre espèce. L'oxygène de l'eau est un site riche en électrons : présence de deux doublets non liants et $\chi(O) > \chi(H)$ ce qui fait porter à O une charge partielle négative. Ce site est donc donneur de doublet d'électrons. $\chi(H) < \chi(O)$ ce qui fait porter à H de l'autre espèce une charge partielle positive. Ce site est donc accepteur de doublet d'électrons.

Le doublet de l'oxygène de l'eau attaque donc H et forme avec lui une liaison ce qui entraîne la rupture de celle O – H entre O et H de l'autre espèce. Le doublet liant devient non liant sur O.

1,25



2.3. a. D'après la figure 1, le volume versé à l'équivalence est de 6,5 mL



0,75

La quantité de matière d'ions hydroxyde versée à l'équivalence est donc $n_{OH^{-}}^{versé} = CV_{bE}$
 $n_{OH^{-}}^{versé} = 4,0 \times 10^{-1} \times 6,5 = 2,6 \times 10^{-3} = 2,6\text{ mmol}$

b. La réaction de titrage $CH_3-CH_2-CH_2-COOH(aq) + HO^{-}(aq) \rightarrow CH_3-CH_2-CH_2-COO^{-}(aq) + H_2O(l)$
 A l'équivalence, les réactifs sont introduits en proportions stœchiométriques.

$$\frac{n_{acide}^{dosé}}{1} = \frac{n_{OH^{-}}^{versé}}{1} \text{ soit } n_{acide}^{dosé} = 2,6\text{ mmol}$$

La masse d'acide butanoïque dans 8,0 g de beurre est donc

$$m_0 = n_{acide}^{dosé} \cdot M_0$$

1,5

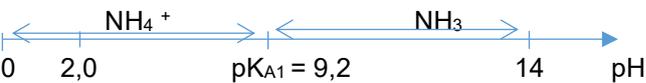
Dans 100 g de beurre on a une masse m de :

$$m_L = \frac{2,6 \times 10^{-2} \times 88,0}{8,0} \times 100 = 2,6 \times 11 \approx 2,6 \times 10 = 2,6\% \text{ environ}$$

$m = 2,9\%$ sans approximation ce qui est inférieur à 4%.

Le beurre n'est pas rance.

Masse de beurre	Masse acide butanoïque
8,0 g	$n_{acide}^{dosé} \cdot M_0$ $2,6 \times 10^{-2} \times 88,0$
100 g	m

	Partie 3.
0,25	3.1. a. Equation de réaction : $\text{NH}_2 - \text{CO} - \text{NH}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2 \text{NH}_3(\text{aq}) + \text{CO}_2(\text{g})$
0,25	b. Le temps de demi-réaction est la durée au bout de laquelle l'avancement de la réaction atteint la moitié de sa valeur finale.
0,5	c. L'uréase est bien un catalyseur. C'est une espèce chimique qui : - augmente la vitesse d'une transformation spontanée : la transformation aurait bien lieu sans uréase et la durée de formation des produits est plus courte en présence d'uréase qu'en son absence ; - ne modifie pas le bilan : les produits attendus se forment.
0,75	d. Effet de la température sur l'activité enzymatique ▪ En général, lorsque la température augmente, la transformation chimique est plus rapide. ▪ D'après le document 2 , l'activité augmente puis diminue lorsque la température augmente. Il en est de même pour la vitesse de la réaction catalysée. ▪ La diminution paradoxale de vitesse de réaction avec la température s'explique par le fait que les différentes parties de la macromolécule ne peuvent plus établir des liaisons hydrogène aussi facilement lorsque l'agitation thermique augmente. Les replis au sein desquels la réaction s'effectue ne se forment plus et l'enzyme est moins active donc la vitesse diminue.
0,25	3.2. a. Pour un acide fort, $\text{pH} = -\log(c) = \text{pH} = -\log(1,0 \times 10^{-2}) = 2,0$
0,75	b. Diagramme de prédominance à 25°C:  A $\text{pH} = 2,0$, soit $\text{pH} < \text{pK}_{A1}$, l'ion ammonium prédomine.
0,25	c. La sécrétion d'ammoniac entraîne la réaction de ce dernier avec H_3O^+ qui sont donc consommés. Or $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}$, le pH va donc augmenter.
0,25	d. A $\text{pH} = 2,0$, l'activité de l'uréase est nulle d'après le document 3 . L'uréase seule ne peut pas agir dans l'estomac.

EXERCICE III

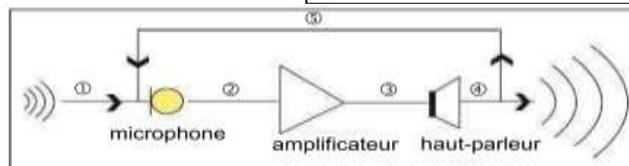
0,25	<p>1.1. Le caractère ondulatoire de la lumière est responsable du phénomène de diffraction.</p> <p>1.2. Pour distinguer l'exoplanète de l'étoile, il faut que $\alpha > \theta_{diff}$.</p>
0,75	<p style="text-align: center;">On a $\alpha \approx \tan \alpha = \frac{r}{d_{Terre-étoile}}$ et $\theta_{diff} = 1,22 \cdot \frac{\lambda}{D}$.</p> <p style="text-align: center;">Ainsi il faut que $\frac{r}{d_{Terre-étoile}} = 1,22 \cdot \frac{\lambda}{D}$,</p> <p style="text-align: center;">soit $D = 1,22 \cdot \lambda \cdot \frac{d_{Terre-étoile}}{r}$.</p>
0,75	<p>1.3. $D = 1,22 \times 2,0 \times 10^{-6} \times \frac{230 \times 9,461 \times 10^{15}}{55 \times 1,496 \times 10^{11}}$</p> <p style="text-align: center;">Evaluation à partir des ordres de grandeur :</p> <p style="text-align: center;">$D := 1 \times 10^{-6} \times \frac{10^2 \times 10^{16}}{10^2 \times 10^{11}} = 10^{-1} \text{ m}$</p> <p style="text-align: center;">L'ordre de grandeur de D est de 10^{-1} m</p>
0,5	<p>2.1. Les rayons lumineux issus de l'étoile parcourent la même distance pour atteindre les deux télescopes, ainsi la différence de marche entre ces rayons vaut $\delta = 0$.</p> <p>Les interférences sont constructives si $\delta = k \cdot \lambda$, avec k entier relatif, or si on prend $k = 0$ alors on a bien $\delta = 0$.</p>
0,75	<p>2.2. Les interférences sont destructives si le décalage temporel entre les deux ondes vaut $\tau = (2k+1) \cdot \frac{T}{2}$, or avec $k = 0$ on a bien $\tau = \frac{T}{2}$.</p> <p>Dans ce cas l'intensité du signal lié à l'étoile est minimale, probablement nulle car l'amplitude des deux signaux doit être identique.</p>
0,5	<p>2.3. Le texte indique que le signal lumineux issu de l'exoplanète arrive sur le télescope 2 avec un retard $\tau = \frac{d \cdot \sin \alpha}{c}$ par rapport au télescope 1, par ailleurs le système optique de Bracewell ajoute un retard supplémentaire de $\frac{T}{2}$.</p> <p>Le retard total vaut $\tau' = \tau + \frac{T}{2}$, soit $\tau' = \frac{d \cdot \sin \alpha}{c} + \frac{T}{2}$.</p>
0,5	<p>2.4. Les interférences sont constructives si le retard τ' est multiple de la période $\tau' = k \cdot T$.</p>
0,5	<p>2.5. On combine les expressions des deux questions précédentes :</p> $k \cdot T = \frac{d \cdot \sin \alpha}{c} + \frac{T}{2} \rightarrow \frac{d \cdot \sin \alpha}{c} = k \cdot T - \frac{T}{2} \rightarrow \frac{d \cdot \sin \alpha}{c} = T \cdot (k - \frac{1}{2}) \rightarrow d \cdot \sin \alpha = c \cdot T \cdot (k - \frac{1}{2})$ <p>donc $d \cdot \sin \alpha = \lambda \cdot (k - \frac{1}{2})$</p>
0,5	<p>2.6. On reprend l'expression précédente, où l'on remplace $\sin \alpha$ par l'expression proposée.</p> $d \cdot \frac{r}{d_{Terre-étoile}} = \lambda \cdot (k - \frac{1}{2}) \quad \text{donc } d = \lambda \cdot (k - \frac{1}{2}) \cdot \frac{d_{Terre-étoile}}{r}$ <p>Pour que la distance soit minimale, on prend $k = 1$.</p> $d = \lambda \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{d_{Terre-étoile}}{r}$

EXERCICE III : COMMENT ELIMINER L'EFFET LARSEN ? (5 points)						
Synthèse argumentées Ou Résolution de problème	Compétences évaluées	Critère de réussite correspondant au niveau A	A	B	C	D
	S'approprier Extraire l'information utile. Mobiliser ses connaissances	L'identification des phénomènes physiques sur le schéma du document 1 est correcte.				
	Analyser Organiser et exploiter ses connaissances ou les informations extraites. Identifier les paramètres qui influencent un phénomène. Construire les étapes d'une résolution d'un problème.	Exploitation correcte du tableau du document 3 pour déterminer la variation de niveau d'intensité sonore lorsque la distance double et déterminer la distance minimale entre microphone et haut-parleur.				
		Exploitation de la relation liant intensité sonore et puissance sonore pour déterminer l'intensité sonore du son reçu par le microphone et venant de l'orateur.				
		Exploitation de la condition d'apparition de l'effet Larsen pour déterminer la distance minimale entre microphone et haut-parleur et validation à partir de la taille de la pièce				
	Valider Exploiter les résultats. Porter un regard critique sur eux. Envisager des améliorations	Exploitation des dimensions de la pièce pour conclure à la nécessité de la recherche d'autres pistes.				
		Exploitation du document 1 pour suggérer la diminution de l'amplification.				
		Exploitation du document 4 pour suggérer l'emploi d'un microphone directionnel.				
	Réaliser Effectuer des calculs littéraux ou numériques	Les calculs menés sont techniquement justes indépendamment d'erreur résultant d'une mauvaise analyse. Les unités sont correctement maîtrisées.				
	Communiquer Rédiger une explication, une réponse, un paragraphe argumenté ou une synthèse Utiliser un vocabulaire scientifique adapté et rigoureux.	Réponse structurée La réponse est cohérente, complète et compréhensible. Le vocabulaire est adapté et rigoureux.				
Note (en point entier)			15			

Éléments de correction :

1.

- ① : onde sonore
- ② : signal électrique
- ③ : signal électrique amplifié
- ④ : onde sonore émise par le HP
- ⑤ : part de l'onde sonore émise par le HP et captée par le microphone



On acceptera toutes pistes cohérentes (Recouvrir les murs de matériau absorbant, intercaler un meuble ou un panneau absorbant entre le micro et le HP, modifier l'orientation du HP car il peut être lui-même directionnel, ...)

2. Variation du niveau d'intensité sonore lorsque la distance à une source isotrope double :

$$\text{Niveau d'intensité sonore : } L = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$\text{À la distance } d_1 : I_1 = \frac{P}{4\pi d_1^2} . \text{ À la distance } d_2 = 2d_1 : I_2 = \frac{P}{4\pi d_2^2} = \frac{P}{4\pi (2d_1)^2} = \frac{P}{4\pi 4.d_1^2} = \frac{I_1}{4} .$$

Si la distance est doublée alors l'intensité sonore est divisée par 4.

$$\text{La variation de niveau d'intensité sonore est } \Delta L = L_2 - L_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_0} - 10 \log \frac{I_1}{I_0} = 10 \log \frac{I_1}{4I_0} - 10 \log \frac{I_1}{I_0}$$

$$\Delta L = L_2 - L_1 = [10 (\log \frac{I_1}{I_0} - \log 4)] - 10 \log \frac{I_1}{I_0} = -10 \log 4 = -6 \text{ dB}$$

Validation par le tableau du document 3 :

Par exemple, à la distance $d_1 = 5 \text{ m}$, on lit $L_1 = 78 \text{ dB}$. Si on double la distance, $d_2 = 10 \text{ m}$ on lit $L_2 = 72 \text{ dB}$

On vérifie bien la relation $\Delta L = L_2 - L_1 = 72 - 78 = -6 \text{ dB}$

3. NB : Informations utiles issues des docs et du contexte : Dimension de la salle : 13 m × 5 m × 2,5 m; Source sonore de puissance $P = 12 \mu W$ devant un micro à 1 m ; Niveau d'intensité sonore $L = 85 \text{ dB}$ dû uniquement au haut-parleur ; Distance haut-parleur micro : D ; « L'effet Larsen se produit dès que le niveau d'intensité sonore du son émis par le haut-parleur et capté par le microphone est supérieur à celui du son venant de la source sonore »

Problème : L'éloignement du haut-parleur du microphone permettra-t-il à lui seul d'éviter l'effet Larsen ?

1. Calculons le niveau d'intensité sonore issu de la source sonore si elle est située à 1,0 m :

$$L_s = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ avec } I = \frac{P}{4\pi d^2} \text{ soit } L_s = 10 \log \frac{P}{4\pi d^2 I_0} \text{ donc } L_s = 10 \times \log \frac{12 \times 10^{-6}}{4\pi \times 1,0 \times 1,0 \times 10^{-12}} = 60 \text{ dB}$$

Le niveau d'intensité sonore à 1 m du haut-parleur vaut $L = 85 \text{ dB}$ (dû uniquement au haut-parleur).

$L_s < L$: Ainsi si le micro est situé à 1 m du haut-parleur et à 1 m de la source sonore, il se produit l'effet Larsen.

2. Consultons le tableau du document 3, pour déterminer la distance D au-delà de laquelle le niveau d'intensité sonore devient inférieur à 60 dB, permettant d'éviter le Larsen.

Il faut que le microphone soit situé 20 m du haut-parleur environ et au delà.

Niveau d'intensité sonore (dB)	Distance (m)								
	1	2	3	5	10	15	20	30	50
92	86	82	78	72	68	66	62	58	
90	84	80	76	70	66	64	60	56	
85	79	75	71	65	61	59	55	51	
80	74	70	66	60	56	54	50	46	
75	69	65	61	55	51	49	45	41	
70	64	60	56	50	46	44	40	36	

3. Comparons aux dimensions de la salle

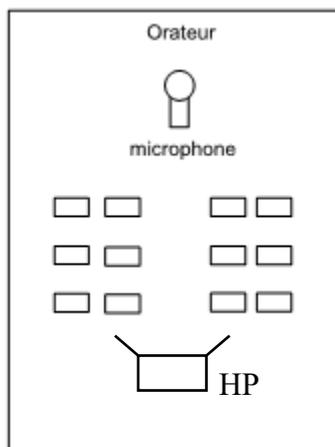
La salle mesure 13 m de profondeur (et moins de 20 m en diagonale), elle est donc trop petite pour éviter le Larsen.

4. Envisageons d'autres d'autres pistes pour limiter l'apparition de l'effet Larsen :

Piste 1 : Utiliser un microphone unidirectionnel pour ne pas capter le son provenant du haut-parleur (voir doc 4)

Piste 2 : Éloigner le haut-parleur et utiliser des isolants acoustiques de manière à pouvoir diminuer l'amplification du signal électrique et donc l'intensité son émis par le haut-parleur tout en parlant plus fort dans le microphone de sorte que $L_s > L$.

Piste 3 : Le document 4 montre que si le son arrive dos au micro (angle de 180°) alors il est atténué de 10 dB. Il faudrait placer le haut parleur derrière le public, face à l'orateur, dos au micro.



Il faut quoi qu'il arrive ne pas placer le microphone trop près du haut-parleur.