BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2017

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Obligatoire

Durée de l'épreuve : 3 heures 30
Coefficient : 6

L'usage de la calculatrice est autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Le sujet comporte trois exercices présentés sur 13 pages numérotées de 1/13 à 13/13, y compris celle-ci.

Documents à rendre avec la copie :

Annexe de l'exercice II……page 12/13.
Annexe de l'exercice III……page 13/13.

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

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 1 / 15
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

EXERCICE I - LE TRÈS GRAND TÉLESCOPE (9 points)

Le VLT (Very Large Telescope) est situé dans le désert d'Atacama au nord du Chili à 2 635 m d'altitude.

Il est constitué d'un ensemble de quatre télescopes nommés Antu, Kueyen, Melipal et Yepun ayant des miroirs de 8,2 mètres de diamètre.

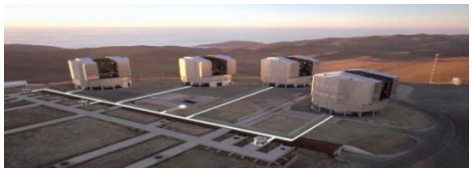


Image source :
https://en.wikipedia.org/wiki/Very_Large_Telescope

L'objectif de cet exercice est de comprendre pourquoi les scientifiques construisent des télescopes ayant des diamètres de plus en plus grands.

Les différentes parties sont indépendantes.

PARTIE 1 : Un télescope du VLT

Lorsqu'on observe une étoile à travers un télescope, l'image apparaît sous la forme d'une tache, dont la dimension est liée aux défauts que présente l'instrument, tels que :

- la sensibilité aux fluctuations atmosphériques ;
- la diffraction par l'ouverture limitée de l'instrument.

On étudie l'influence du diamètre de l'ouverture circulaire du télescope sur la qualité de l'image formée.

Pour cela, on réalise le montage suivant (figure 1), dans lequel le laser correspond à l'étoile et le miroir du télescope est modélisé par une ouverture circulaire de diamètre *a* produisant un phénomène de diffraction.

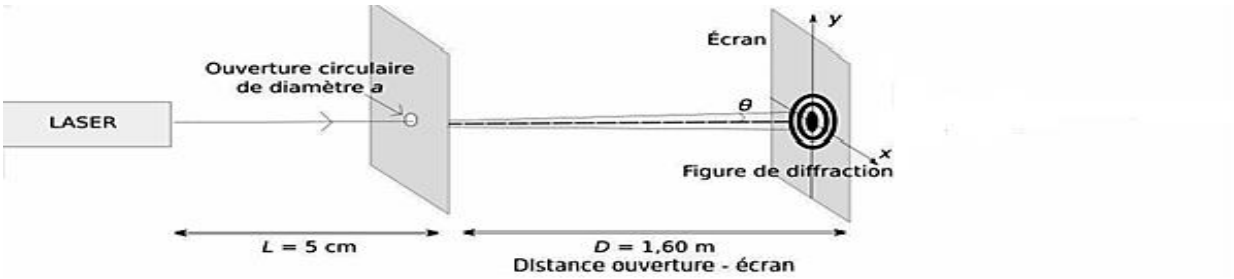
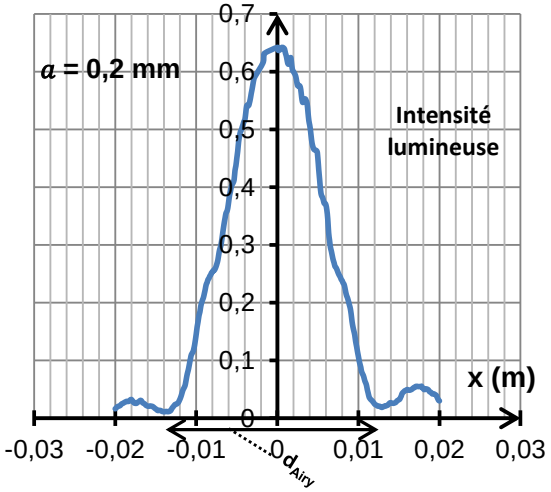
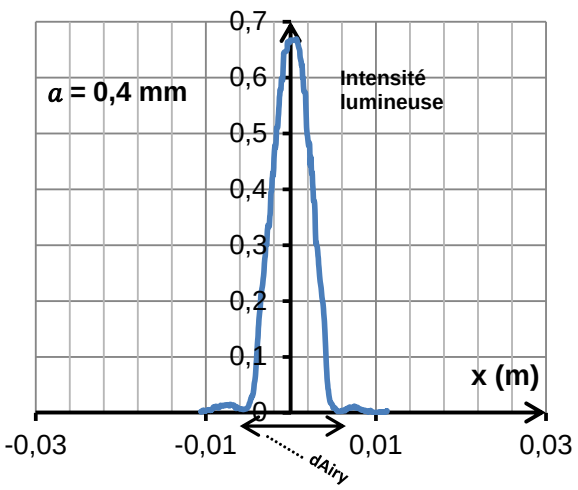


Figure 1 : Expérience de diffraction

Document 1 : Figures de diffraction : intensité lumineuse obtenue pour des ouvertures circulaires de diamètres 0,2 mm et 0,4 mm.





Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale

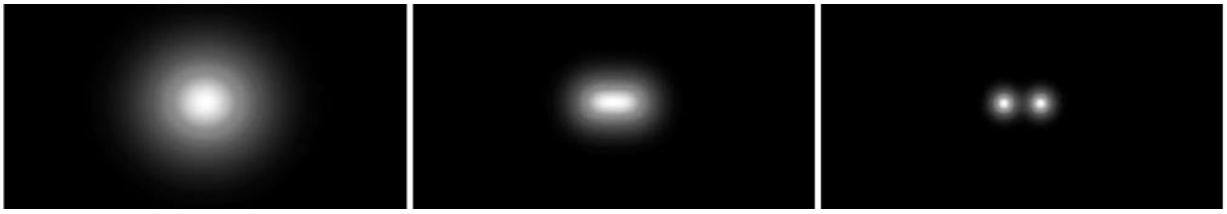
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

1.1. Décrire le phénomène de diffraction. Dans quelle condition ce phénomène est-il observable ?

1.2. Quel caractère de la lumière est mis en évidence par l'apparition d'une figure de diffraction ?

1.3. À partir des résultats expérimentaux, déterminer la valeur du diamètre d_{Airy} de chaque tache observée pour les deux ouvertures. Comment évolue le diamètre de la tache quand l'ouverture du télescope augmente ?

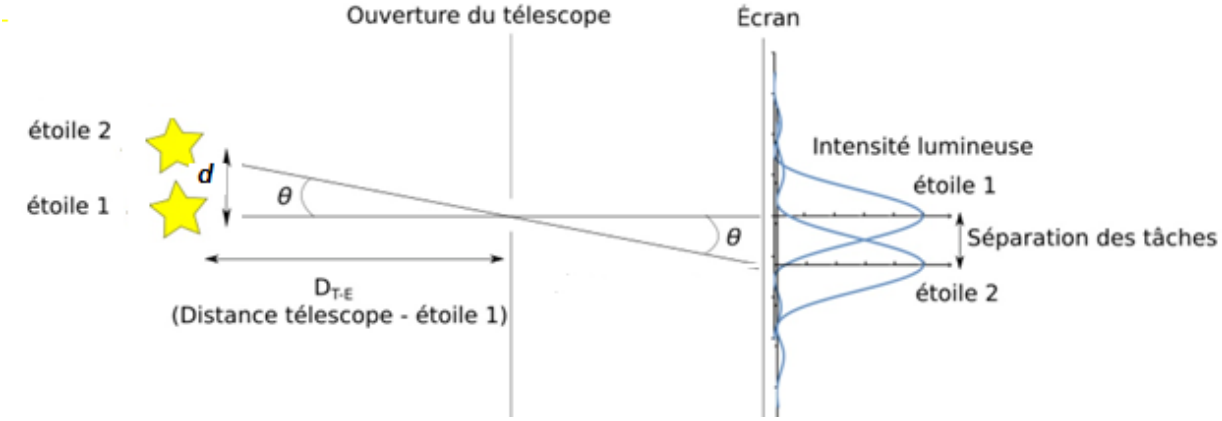
La qualité d'un télescope est caractérisée par son pouvoir de résolution ; c'est-à-dire sa capacité à séparer deux objets très proches comme une étoile double par exemple (images ci-dessous).



Source : http://www.podcastscience.fm

L'observation, par un télescope des deux étoiles, d'une étoile double, séparées d'un angle θ, donne deux taches circulaires sur l'écran si l'angle θ sous lequel elle sont vues, est supérieur à une valeur limite $\theta min = 1{,}22 \frac{\lambda}{a}$.

Document 2 : Séparation des images des deux étoiles constituant une étoile double



Dans la suite de l'exercice, les objets observés étant très éloignés, l'angle θ est petit et on peut écrire : tan $\theta \approx \theta$ avec θ en radian.

Données :

- la distance Terre-Lune est égale à $D_{T\text{-}L} = 3{,}8\times10^{8}$ m ;
- la vision humaine a une sensibilité maximale, en vision diurne, pour un rayonnement de longueur d'onde voisine de 560 nm.

1.4. On considère deux objets placés sur la Lune à une distance d l'un de l'autre. Déterminer la valeur minimale de la distance d pour que les deux objets puissent être séparés par :
- un télescope terrestre de diamètre 4,0 m ;
- un télescope du VLT?

1.5. Au vu des résultats obtenus, justifier les choix des scientifiques en termes de matériel et de leur implantation.

PARTIE 2 : Entretien des miroirs du VLT

Sean Riley, journaliste pour l'émission Superstructures SOS, suit une équipe internationale d'ingénieurs et astronomes, pour changer le miroir géant d'un des quatre télescopes du VLT. L'ennemi « numéro un » est la poussière et nettoyer la surface du miroir se fait avec une machine spéciale comme un « gros lave-vaisselle ».
Le miroir de 50 m^2 de surface est débarrassé de sa couche d'aluminium de 80 nanomètres d'épaisseur avec de l'eau, de l'acide et du sulfate de cuivre. L'opération consomme environ 3 000 litres d'eau.
Il est ensuite recouvert d'une nouvelle fine couche d'aluminium identique à la précédente.

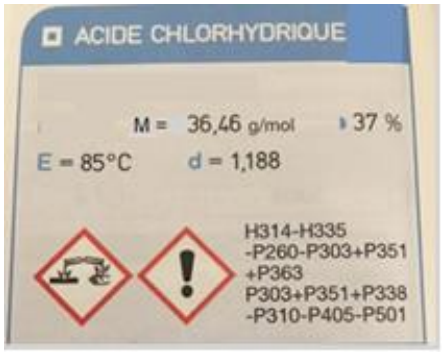
D'après l'émission France 5 Superstructures SOS - Le miroir des étoiles

Données :

- couples oxydant/réducteur : $H_3O^+_{(aq)}/H_{2(g)}$ et $Al^{3+}_{(aq)}/Al_{(s)}$;
- masse volumique de l'aluminium : $\rho_{Al} = 2{,}7 \times 10^6$ g.m^{-3} ;
- masse molaire atomique : $M(Al) = 27$ g.mol^{-1} ;
- acide chlorhydrique $(H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)})$.

37 % est le pourcentage massique de l'acide chlorhydrique ; dans 100 g de solution, il y a 37 g d'acide chlorhydrique.

Étiquette du flacon d'acide chlorhydrique utilisé



2.1. Première étape : élimination de la couche d'aluminium

La procédure indique que, pour éliminer l'ancienne couche d'aluminium, on traite le miroir avec une solution d'acide chlorhydrique et de sulfate de cuivre. On fait l'hypothèse que seul l'acide chlorhydrique, attaque l'aluminium.

L'action de l'acide chlorhydrique sur l'aluminium peut être modélisée par l'équation suivante :

$$2\ Al_{(s)} + 6\ H_3O^+_{(aq)} \rightarrow 2\ Al^{3+}_{(aq)} + 3\ H_{2(g)} + 6\ H_2O_{(l)}$$

2.1.1 À partir des demi-équations électroniques des couples oxydant/réducteur, retrouver l'équation de la réaction entre l'aluminium et les ions oxonium de la solution d'acide chlorhydrique.

2.1.2 De quel type de réaction s'agit-il ? Quel est le rôle de l'aluminium et celui des ions oxonium ? Justifier.

2.1.3 Quel est le volume d'aluminium V_{Al} déposé sur le miroir ? Vérifier que la quantité de matière d'aluminium présente dans cette couche est égale à $n_{Al} = 0{,}40$ mol.

2.1.4 Déterminer la quantité de matière d'ions oxonium H_3O^+ nécessaire à l'élimination de la couche d'aluminium.

2.1.5 Montrer que la concentration molaire C_a de la solution d'acide chlorhydrique à 37 % est de l'ordre de 12 mol.L^{-1}.

2.1.6 La solution d'acide chlorhydrique précédente étant trop concentrée, on souhaite préparer une solution S_1 cent fois moins concentrée. Proposer un protocole expérimental pour préparer 1,00 L de la solution diluée.

2.1.7 Quel volume V_1 de la solution S_1 d'acide chlorhydrique est nécessaire pour éliminer la couche d'aluminium ?

2.2. Deuxième étape : Dépôt d'une nouvelle couche d'aluminium

Après l'élimination de l'ancienne couche d'aluminium des miroirs des télescopes du VLT, il est nécessaire d'en déposer une nouvelle. L'objectif de cette partie est d'étudier la technique utilisée : la pulvérisation cathodique.

Principe de la pulvérisation cathodique

L'application d'une tension électrique permet la création d'un plasma d'argon (état de la matière constituée de particules neutres et chargées) : un électron d'une couche externe de l'atome d'Argon Ar peut être arraché lors d'une collision entre un atome d'argon et un électron incident. Ce mécanisme est modélisé par :

$$Ar + e^-_{incident} \rightarrow Ar^+ + e^-_{incident} + e^-_{émis}$$

Sous l'effet du champ électrique, les ions positifs Ar^+ du plasma se trouvent attirés par la cathode en aluminium et entrent en collision avec cette dernière, ce qui provoque la pulvérisation des atomes d'aluminium qui vient se déposer sur le miroir.

Données :

- 1 eV correspond à $1{,}60 \times 10^{-19}$ J ;
- constante de Planck : $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J.s ;
- masse de l'électron : $m = 9{,}11 \times 10^{-31}$ kg ;
- énergie d'ionisation de l'atome d'argon : $E_i = 15{,}8$ eV.

2.2.1 L'énergie nécessaire à l'ionisation de l'atome d'argon est apportée par l'énergie cinétique de l'électron incident. Déterminer la vitesse de l'électron incident. Commenter l'ordre de grandeur obtenu.

2.2.2 Si l'énergie transférée par l'électron incident, lors de la collision, n'est pas suffisante pour l'ionisation, un électron de la couche externe de l'atome d'argon peut passer à un niveau excité. Dans le cas d'un transfert d'énergie de 11,6 eV, faire un schéma énergétique et indiquer par une flèche la transition se produisant. Quelle est la nature du rayonnement (IR, visible, UV) émis par l'électron quand il revient à son état fondamental ?

EXERCICE II - MÉCANIQUE AVEC LE PROFESSEUR WALTER H.G.LEWIN (6 points)

Un cours avec Walter H.G. Lewin ressemble à un spectacle vivant. Personne ne sait véritablement à quoi s'attendre. Le professeur met en scène les expériences. Il y a du suspense... et du risque. Ainsi, il lâche une boule très lourde suspendue à une corde, et reste immobile. Par effet de balancier, elle revient à vive allure, se rapproche dangereusement de son visage, et stoppe alors même qu'on était persuadé qu'il se broierait le nez.

D'après le site THOT CURSUS (Formation et culture numérique)

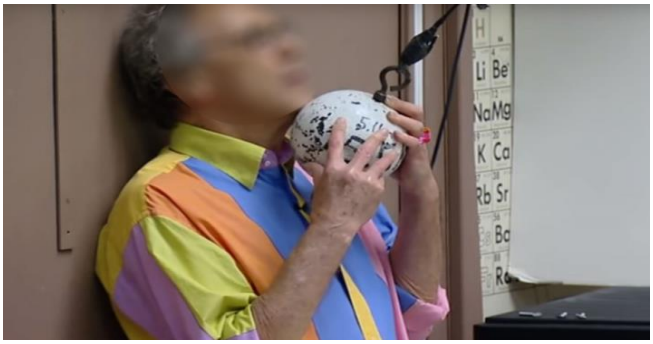
Cet exercice utilise des extraits de vidéos afin d'exploiter les expériences réalisées par le professeur Walter H.G.Lewin.

Le professeur utilise un pendule simple constitué d'un câble inextensible de masse négligeable, auquel est reliée une boule d'acier pleine et homogène de masse 15 kg et de diamètre 13 cm. Le pendule est accroché au plafond de l'amphithéâtre ; la longueur L entre le plafond et le centre G de la boule est de 5,21 m.

Donnée : valeur de l'intensité du champ de pesanteur terrestre g = 9,81 m.s^{-2}

1. Première expérience.

Dans une première expérience, le professeur Walter H.G.Lewin amène la boule contre son menton (photo ci-contre).



Après avoir lâché la boule sans vitesse initiale, à partir d'un angle de 41° par rapport à la verticale, celle-ci fait un aller et retour et s'approche du menton de Walter H.G.Lewin, sans toutefois le toucher.



La capture d'écran a été réalisée au moment où la boule était dans la position la plus haute (avec une vitesse nulle) après avoir fait un aller-retour.
Le cercle en pointillés représente la position de la boule au moment du lâcher.

1.1. Compléter le schéma, **en annexe à rendre avec la copie**, en y reportant les mesures connues de la situation initiale au moment du lâcher. En déduire, par un calcul, l'altitude initiale du centre G de la boule en prenant comme origine celle proposée sur le schéma (ce schéma n'est pas à l'échelle).

1.2. Faire l'inventaire des forces qui s'exercent sur la boule, et les représenter, sans souci d'échelle sur le schéma en **annexe à rendre avec la copie**. On néglige toutes les forces exercées par l'air.

1.3. Par convention, on pose que l'énergie potentielle de la boule au point O est nulle. Montrer que l'énergie mécanique initiale de la boule est de 1,9 x 10^2 J.

1.4. Quelle est la position du centre G de la boule correspondant à la vitesse maximale de la boule ?

1.5. Calculer la vitesse maximale, exprimée en km.h^{-1}, atteinte par la boule au cours de cet aller-retour sans frottements.

1.6. En quoi la photographie du document 1 contredit-elle l'hypothèse formulée à la question 1.2. ?

2. Deuxième expérience.

Dans une deuxième expérience, le professeur Walter H.G. Lewin réalise deux mesures avec ce même pendule.

2.1. **Première mesure :** Il écarte le pendule d'un angle de 10° par rapport à la verticale. Il déclenche un chronomètre au moment où il lâche la boule sans vitesse initiale. Il compte avec ses étudiants le nombre de fois où la boule revient quasiment à sa position initiale. À la dixième fois, il arrête le chronomètre qui affiche alors la valeur : 45,81 s. Le chronomètre donne un résultat avec une incertitude de ± 0,2 s.

Puis il note au tableau l'indication : 10 T = 45,8 ±0,2 s.





2.1.1 En utilisant les résultats inscrits au tableau, donner un encadrement de la valeur de la période de ce pendule simple.

2.1.2 Commenter la méthode de mesure utilisée par le professeur.

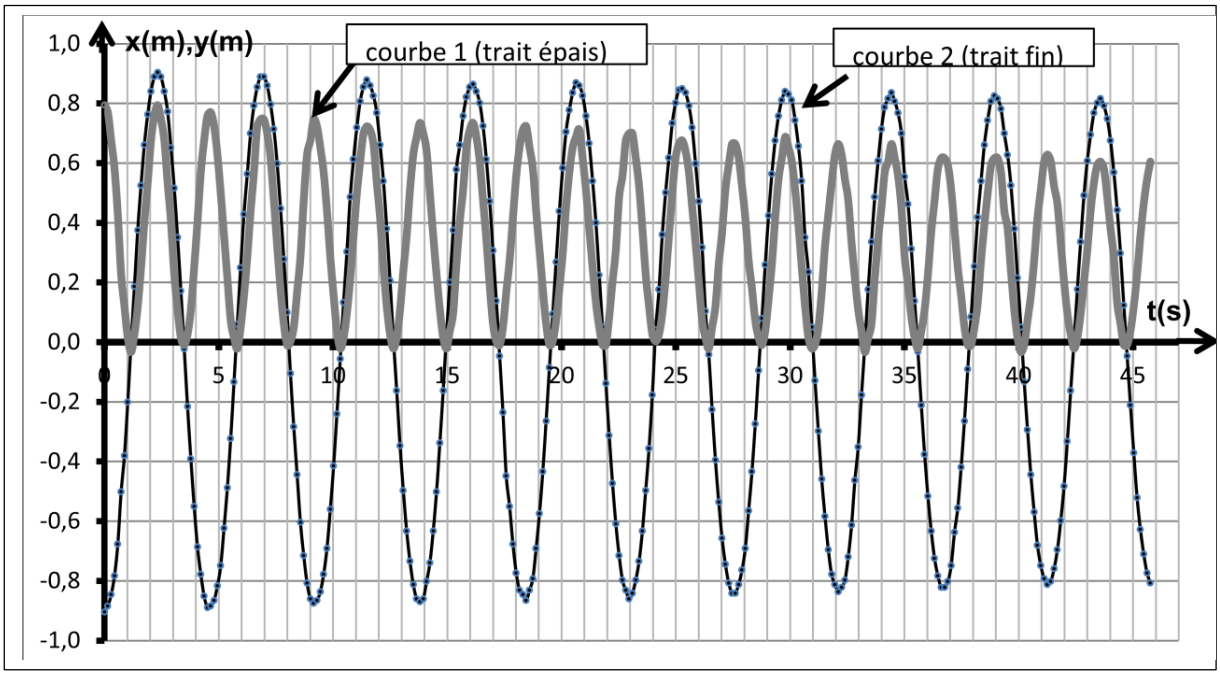
2.2. Deuxième mesure :

Le professeur s'assied ensuite sur la boule (photo ci-contre), et précise qu'il doit se mettre en position allongée pour ne pas fausser la démonstration. Puis, de la même manière, il s'écarte afin que le câble fasse un angle de 10° par rapport à la verticale. Il se laisse ensuite balancer avec la boule et il se filme.



La vidéo a ensuite été exploitée pour donner les courbes d'évolution temporelles représentées sur le document 2 ci-dessous.

Document 2 : Exploitation de la vidéo



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

2.2.1. L'une des courbes représente x(t) et l'autre y(t) ; les axes Ox et Oy sont ceux définis sur le schéma de l'annexe, identifier les courbes correspondantes en commentant leur allure.

2.2.2. Déterminer la valeur de la période de ce pendule constitué du câble, de la boule et du professeur.

2.2.3. Par une analyse dimensionnelle, vérifier l'homogénéité de l'expression de la période T du pendule : $T=k\sqrt{\frac{L}{g}}$ où k est une grandeur sans dimension.

2.2.4. Expliquer ce que le professeur a voulu démontrer dans cette expérience. Le résultat obtenu est-il concluant ?

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

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

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

Données :

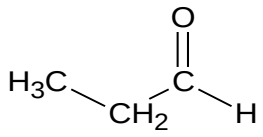
- Table de données pour la spectroscopie IR :

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

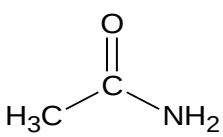
- Comparaison d'électronégativités entre différents atomes :

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

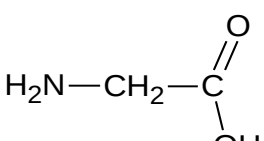
- Formules semi-développées de quelques molécules organiques :



propanal



éthanamide



glycine

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

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

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

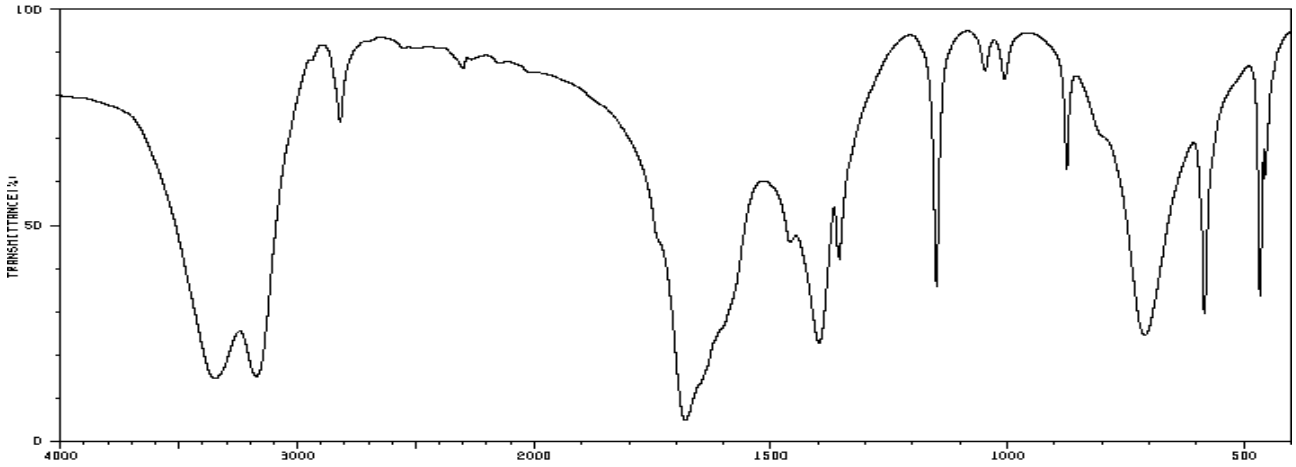
Source : http://www.exobiologie.fr/

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

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

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

Spectre IR n°1

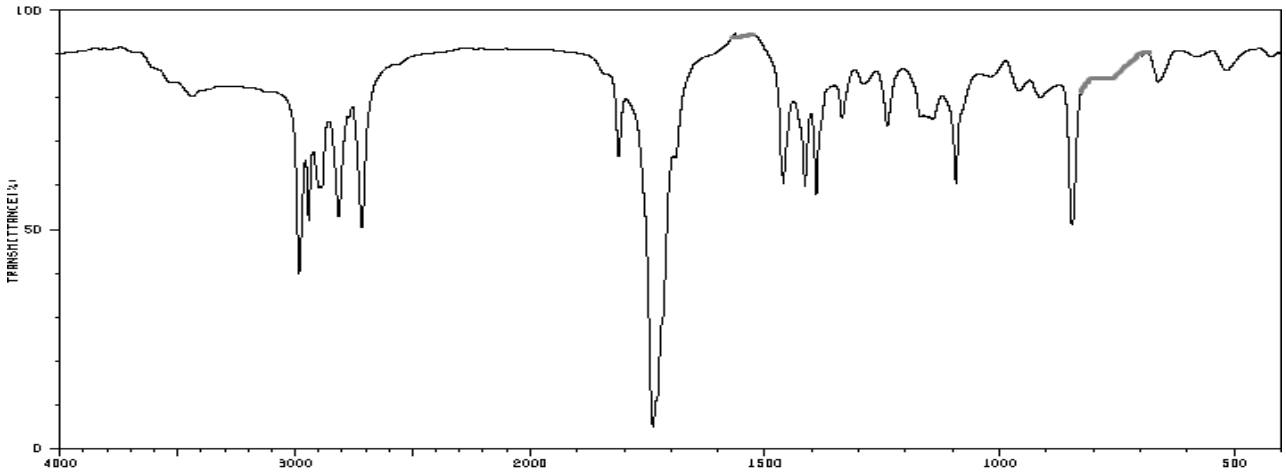


Nombres d'onde (cm-1)

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

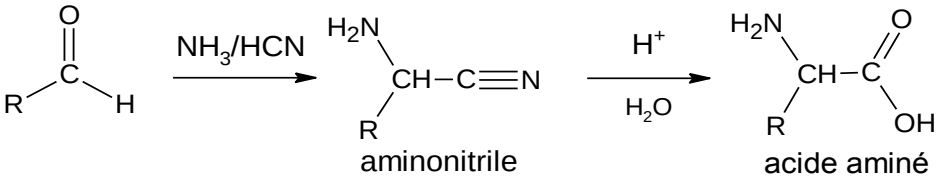
Spectre IR n°2



Nombres d'onde (cm-1)

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

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



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

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

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

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

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

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

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 10 / 15
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

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

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

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

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

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

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

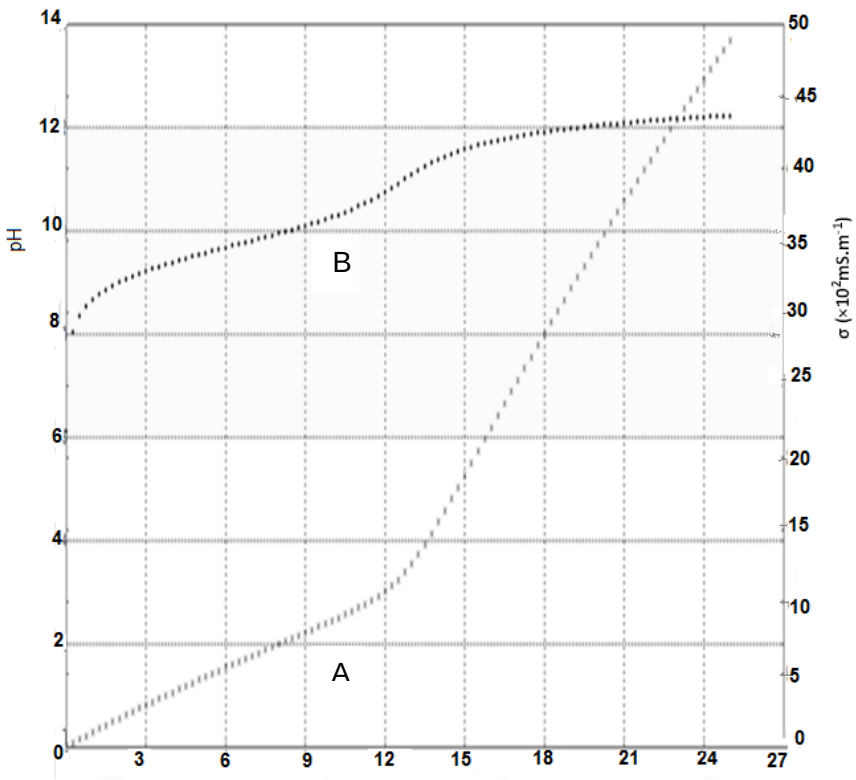
Données : conductivités molaires ioniques à la température de l'expérience

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

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

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

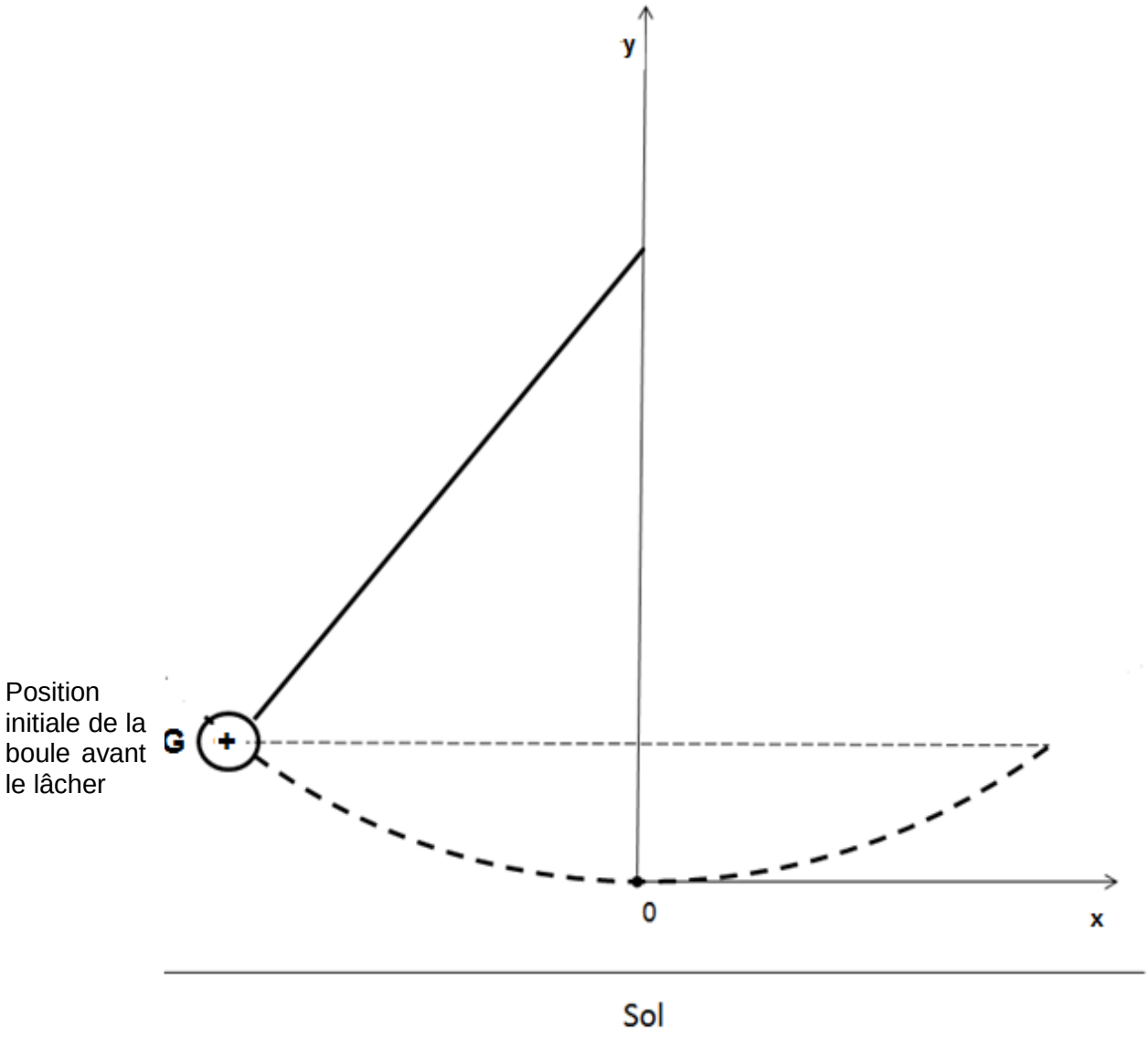
2.3 Déterminer la concentration molaire C_S de la solution aqueuse de glycine en expliquant la démarche suivie.



courbes de titrage d'une solution de glycine

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 11 / 15
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

Annexe de l'exercice II à rendre avec la copie : Mécanique avec le professeur Walter H.G.Lewin



Le schéma n'est pas à l'échelle.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Modèle CMEN-DOC v2 A4 ©NEOPTEC

Nom de famille :
(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

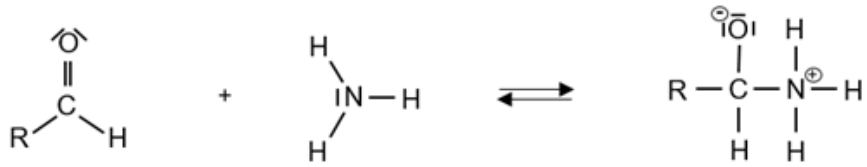
Numéro Inscription :

Né(e) le : / /

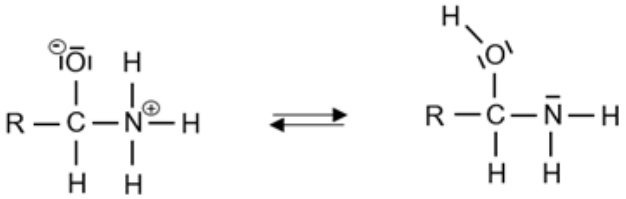
(Le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la feuille d'émargement)

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

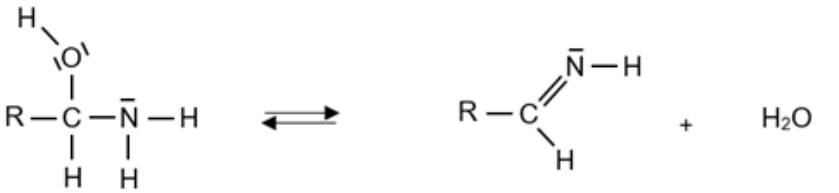
Étape 1 :



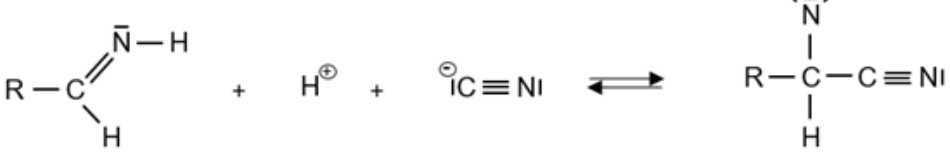
Étape 2 :



Étape 3 :



Étape 4 :



17PYSCOAG1 13/13

Modèle CMEN-DOC v2 A4 ©NEOPTEC

Nom de famille :
(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

Numéro Inscription :

Né(e) le : / /

(Le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la feuille d'émargement)