Bac Général Physique-Chimie + SVT (Physique-chimie et Sciences de la vie et de la Terre)

SUJET D'EXAMEN (SESSION OFFICIELLE)

Physique-chimie - Session 2022

Sujet de l'examen national tel que publié pour la session indiquée. Source : sujets nationaux publiés par le ministère chargé de l'examen et les services académiques. Document mis à disposition par FormaV pour la révision.

Toutes les annales et leurs corrigés : https://bac-physique-svt.fr/annales-sujets-et-corriges

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2022

PHYSIQUE-CHIMIE

JOUR 1

Durée de l'épreuve : 3 heures 30

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 13 pages numérotées de 1/13 à 13/13.

Le candidat traite 3 exercices : l'exercice 1 puis il choisit 2 exercices parmi les 3 proposés.

L'annexe page 13 est à rendre avec la copie.

Exercice commun à tous les candidats (10 points)

L'ACIDE MÉTHANOÏQUE

L'acide méthanoïque, ou acide formique, est produit par des fourmis rouges qui l'utilisent pour se défendre. Il est synthétisé dans l'industrie pour être utilisé dans de nombreux domaines comme le textile, l'agroalimentaire, ou encore la fabrication de solvants.

Les objectifs de cet exercice sont d'étudier les propriétés acido-basiques de l'acide méthanoïque puis son utilisation dans la synthèse du méthanoate d'éthyle qui est un solvant organique.

Données :

- couple acide-base acide méthanoïque / ion méthanoate : HCOOH(aq) / $HCOO^-$(aq) ;
- table de données de bandes d'absorption en spectroscopie infra-rouge (IR) :

Liaison	C=O	O–H (acide carboxylique)	C–H
Nombre d'onde (cm^{-1})	1700 – 1800	2500 – 3200	2800 – 3000
Allure de la bande	Forte et mince	Forte et large	Forte et mince

- propriétés physico-chimiques de différentes espèces chimiques :

Espèce	Acide méthanoïque	Éthanol	Méthanoate d'éthyle	Eau
Formule brute	CH_2O_2	C_2H_6O	$C_3H_6O_2$	H_2O
Masse molaire moléculaire	46,0 $g \cdot mol^{-1}$	46,1 $g \cdot mol^{-1}$	74,1 $g \cdot mol^{-1}$	18,0 $g \cdot mol^{-1}$
Température d'ébullition	101 °C	79 °C	54 °C	100 °C

- sur l'étiquette du flacon de l'acide méthanoïque concentré commercial utilisé, on lit que le titre massique minimum est de 85 %. La densité mesurée de ce produit est mesurée, elle vaut 1,19.

1. Propriétés acido-basiques de l'acide méthanoïque

Pour étudier les propriétés acido-basiques de l'acide méthanoïque, une solution aqueuse d'acide méthanoïque, notée S, est préparée à partir de 1,0 mL d'acide méthanoïque concentré commercial dilué dans une fiole jaugée de 250 mL.

Le titrage d'un volume V = 25,0 mL de solution S est réalisé et suivi par pH-métrie. La solution titrante est une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration c_B égale à 0,20 $mol \cdot L^{-1}$. La courbe du suivi pH-métrique est donnée en figure 1.

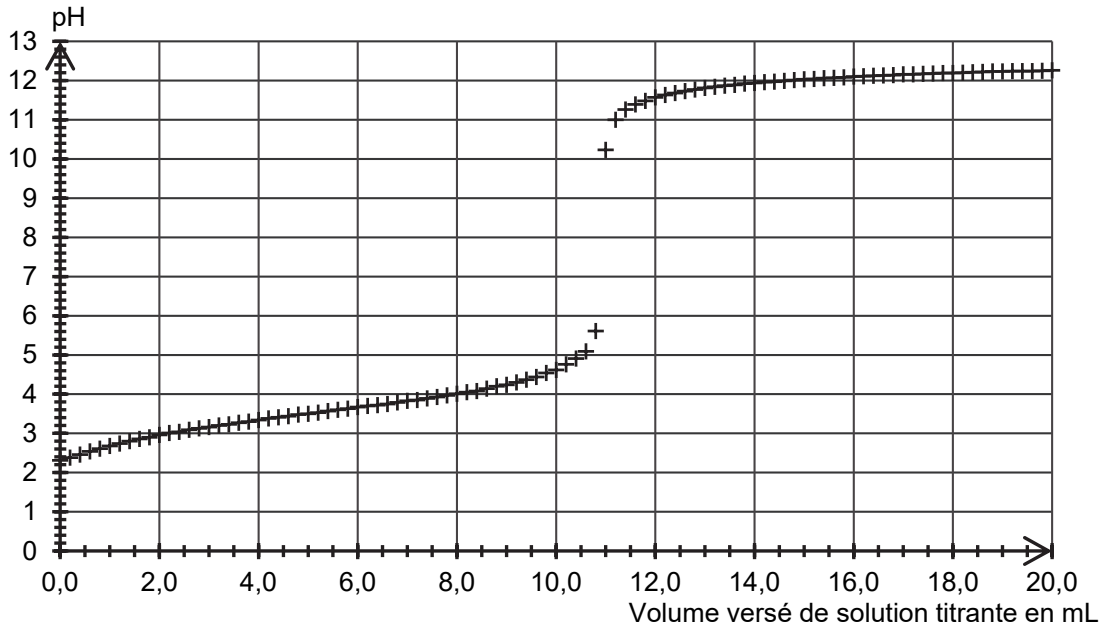


Figure 1. Courbe expérimentale du titrage par suivi pH-métrique

Q1. Écrire l'équation de la réaction support du titrage.

Q2. Déterminer la valeur de la concentration en quantité de matière d'acide méthanoïque présent dans la solution S.

Q3. En déduire la valeur du titre massique d'acide méthanoïque de la bouteille utilisée. Commenter.

On utilise les valeurs de pH mesurées au cours de ce titrage pour déterminer si l'acide méthanoïque peut être considéré comme un acide fort ou un acide faible. L'exploitation des mesures de pH permet d'obtenir la figure 2.

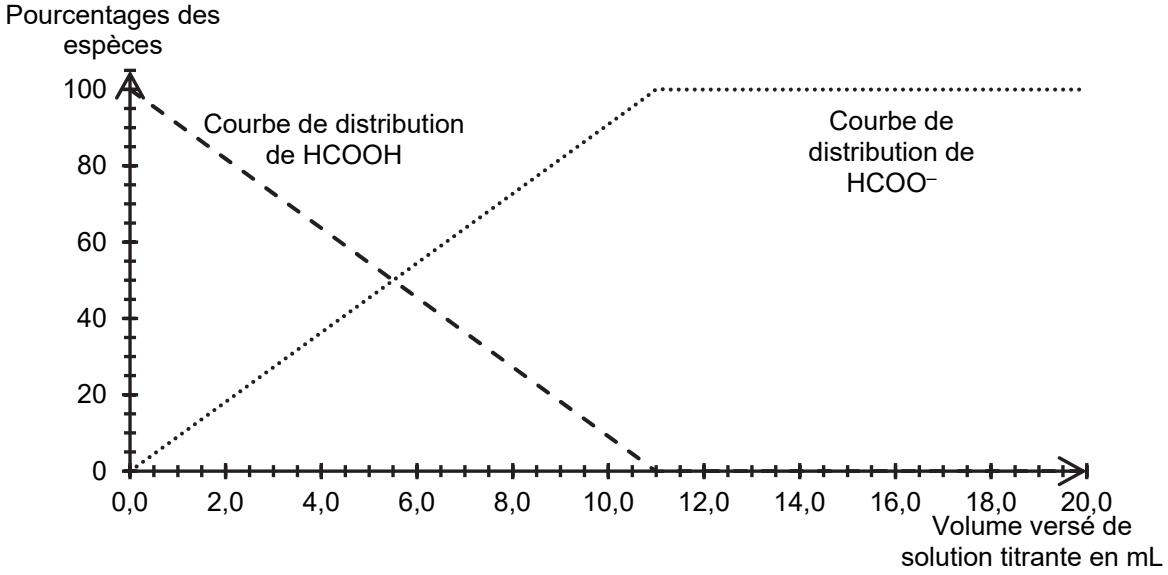


Figure 2. Courbes de distribution obtenues à partir des mesures de pH effectuées lors du titrage

Q4. Écrire l'équation de la réaction dont la constante thermodynamique d'équilibre correspond à la constante d'acidité K_A du couple acide méthanoïque / ion méthanoate.

Q5. Estimer, en expliquant la démarche, à l'aide des figures 1 et 2, la valeur de la constante d'acidité K_A du couple acide méthanoïque / ion méthanoate à la température du titrage.

La valeur tabulée de la constante d'acidité associée à ce couple est égale à $1{,}75\times10^{-4}$ à 25 °C.

Q6. Identifier une des causes expliquant l'écart entre la valeur tabulée et la valeur calculée à la question **Q5** de la constante d'acidité K_A du couple acide méthanoïque / ion méthanoate.

On étudie une solution aqueuse d'acide méthanoïque de concentration initiale en soluté apportée c_A.

Q7. Montrer que le quotient de réaction, noté Q_r, associé à la réaction écrite à la question **Q4**, s'écrit :

$$Q_r = \frac{\left[H_3O^+\right]^2}{\left(c_A - \left[H_3O^+\right]\right)\cdot c^\circ}$$

avec c° la concentration standard.

Q8. Montrer que l'on peut estimer la valeur de K_A à une température donnée avec la relation suivante :

$$K_A = \frac{\tau_f^2 \cdot c_A}{(1-\tau_f)\cdot c^\circ}$$

avec τ_f le taux d'avancement final.

Le taux d'avancement τ_f vérifie une équation du 2nd degré de la forme :

$$A \cdot \tau_f^2 + B \cdot \tau_f + C = 0 \text{ avec } A, B \text{ et } C \text{ des constantes.}$$

Le calcul du taux d'avancement est effectué à l'aide d'un programme écrit en langage Python dont un extrait est donné en figure 3.

```
4   # Demandes des valeurs utiles
5   cA=float(input("Indiquer la concentration apportée cA (en mol/L) de l'acide :"))
6   KA=float(input("Indiquer la valeur de la constante d'acidité KA :"))
7   c0 = 1.0 # valeur de la concentration standard en mol/L
8
9   # Equation du 2nd degré vérifiée par le taux d'avancement
10  # équation du type : A*tau^2 + B*tau + C = 0
11  A =   ?          # expression de A
12  B =   ?          # expression de B
13  C =   ?          # expression de C
```

Figure 3. Extrait du programme écrit en langage Python

Q9. Compléter les lignes 11, 12 et 13 permettant au programme d'être exécuté. Détailler la démarche.

Pour une solution aqueuse d'acide méthanoïque de concentration apportée égale à $8{,}8\times10^{-2}$ mol·L^{-1}, le résultat obtenu par le programme est donné ci-dessous :

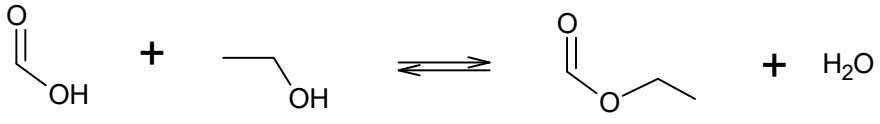
```
Indiquer la concentration apportée cA (en mol/L) de l'acide :0.088
Indiquer la valeur de la constante d'acidité KA :1.75e-4
Il y a 2 solutions possibles pour le taux d'avancement final :
tau1 = -0.046
tau2 = 0.044
```

Q10. À partir des résultats ci-dessus du programme, déterminer en justifiant si l'acide méthanoïque peut être considéré comme un acide fort ou un acide faible dans l'eau dans les conditions de l'expérience.

2. Synthèse du méthanoate d'éthyle à partir d'acide méthanoïque

Le méthanoate d'éthyle peut être utilisé, par exemple, comme solvant organique, mais également pour donner une odeur de rhum à un aliment.

La synthèse du méthanoate d'éthyle se fait à partir d'acide méthanoïque et d'éthanol. L'équation de la réaction modélisant cette transformation chimique peut s'écrire :



Q11. Écrire sur votre copie la formule semi-développée du méthanoate d'éthyle, entourer le groupe caractéristique et nommer la famille fonctionnelle associée.

Q12. Les spectres IR de l'acide méthanoïque et du méthanoate d'éthyle sont donnés en figure 4. Attribuer, en justifiant, chaque spectre à l'espèce chimique correspondante.

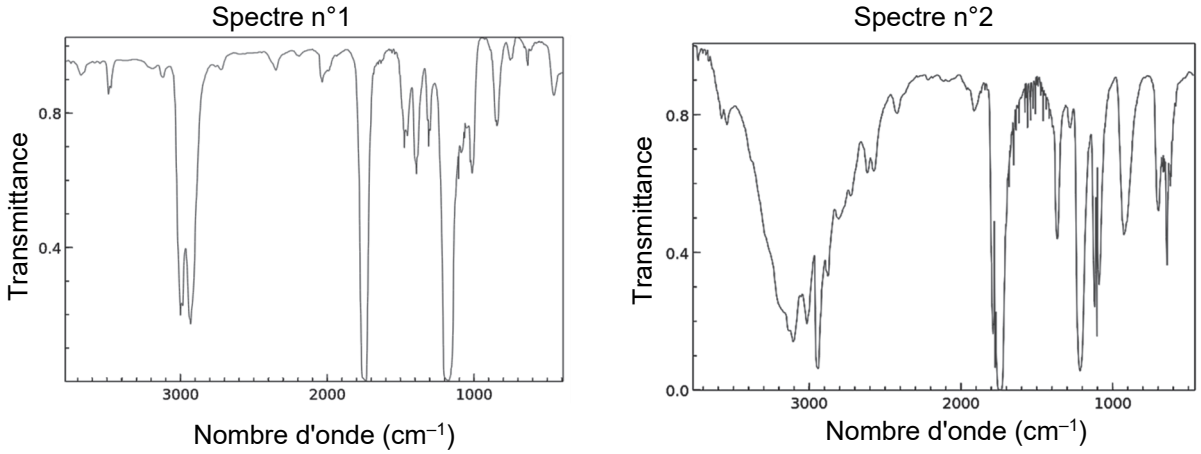


Figure 4. Spectres Infra-Rouge (IR) de deux molécules

On réalise la synthèse du méthanoate d'éthyle selon le protocole suivant :

- introduire dans un ballon 11,5 g d'éthanol, 11,5 g d'acide méthanoïque, 5 gouttes d'acide sulfurique concentré et quelques grains de pierre ponce ;
- chauffer à reflux durant 45 min ;
- laisser refroidir.

Q13. Citer un intérêt à l'utilisation d'un montage à reflux.

Pour déterminer le rendement de la synthèse, on réalise un titrage de l'acide méthanoïque restant dans le milieu réactionnel à la fin de la synthèse. On en déduit que la valeur de la quantité de matière d'acide méthanoïque restante est égale à 0,13 mol.

Q14. Calculer le rendement de cette synthèse.

Pour optimiser le rendement de la synthèse, on modifie certaines conditions expérimentales. Les différentes modifications sont présentées dans le tableau de la figure 5.

Voie n°	Protocole	Rendement
1	À l'aide d'un montage à reflux, on fait réagir durant 45 minutes 0,50 mol d'éthanol, 0,25 mol d'acide méthanoïque, 5 gouttes d'acide sulfurique concentré et quelques grains de pierre ponce.	67 %
2	À l'aide d'un montage à reflux, on fait réagir durant 45 minutes 1,0 mol d'éthanol, 0,25 mol d'acide méthanoïque, 5 gouttes d'acide sulfurique concentré et quelques grains de pierre ponce.	76 %
3	À l'aide d'un montage de distillation fractionnée, on fait réagir durant 45 minutes 0,50 mol d'éthanol, 0,25 mol d'acide méthanoïque, 5 gouttes d'acide sulfurique concentré et quelques grains de pierre ponce.	93 %

Figure 5. Différentes conditions de synthèse du méthanoate d'éthyle

Lors de la synthèse utilisant la voie n°3, le thermomètre au sommet de la colonne de distillation (colonne de Vigreux) indique une température de 54 °C.

Q15. À l'aide du tableau de la figure 5, identifier les conditions expérimentales mises en œuvre dans les protocoles qui permettent d'optimiser le rendement de la synthèse.

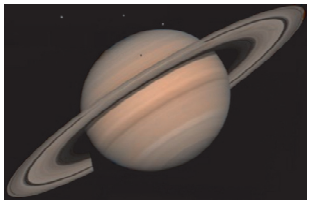
EXERCICES au choix du candidat (5 points)
Vous indiquerez sur votre copie **les deux exercices choisis** :
exercice **A** ou exercice **B** ou exercice **C**

EXERCICE A - OBSERVER LES ANNEAUX DE SATURNE (5 points)

Mots-clés : lunette astronomique

Les anneaux de Saturne sont parmi les objets les plus fascinants et les plus accessibles à l'observation pour l'astronome amateur.

Selon la qualité de l'instrument d'observation, on peut distinguer plusieurs niveaux d'observation de cette planète. On présente en figure 1 les 4 premiers niveaux accessibles à l'astronome amateur :



Par Voyager 2 — *http://www.ciclops.org/view/3163/Saturn-taken-from-Voyager-2.*



Niveau 1 : anneaux non visibles	**Niveau 2 : oreilles**	**Niveau 3 : anneaux visibles**	**Niveau 4 : division de Cassini**

Figure 1. Premiers niveaux d'observation des anneaux de Saturne

Dans cet exercice, on s'intéresse à une lunette astronomique commerciale et on cherche à déterminer quel niveau d'observation de Saturne elle permet d'atteindre.

Données :

- dans tout l'exercice on admet l'approximation des petits angles suivante valable pour tout angle α, exprimé en radian, très petit par rapport à 1 rad : $\tan \alpha \approx \alpha$;
- la lunette astronomique étudiée possède un objectif de distance focale $f_1' = 700$ mm et peut être associée à différents oculaires.

1. Modélisation optique de la lunette astronomique commerciale

La lunette astronomique que l'on propose d'étudier est modélisée par deux lentilles minces convergentes, notées L_1 et L_2, possédant le même axe optique. La modélisation de cette lunette est proposée sur la figure de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, où sont indiqués le foyer objet F_2 de la lentille L_2 et les foyers images F'_1 et F'_2 des deux lentilles.

Dans cette première partie, on s'intéresse aux trajets des rayons lumineux modélisant la propagation de la lumière dans la lunette. On note f_2' la distance focale de la lentille L_2.

Q1. Indiquer, dans les cadres correspondant sur la figure de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, les noms « objectif » et « oculaire ».

Q2. Justifier que la lunette astronomique modélisée constitue un système optique afocal.

Q3. Construire, sur la figure de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, l'image d'un objet à l'infini vu sous un angle θ, formée par la lunette astronomique, en construisant l'image intermédiaire et en faisant apparaître l'angle θ', angle sous lequel est vue l'image finale en sortie de lunette.

Q4. Donner la définition du grossissement G de la lunette astronomique en fonction des angles θ et θ'.

Q5. Établir l'expression suivante du grossissement de la lunette astronomique : $G = \frac{f_1'}{f_2'}$

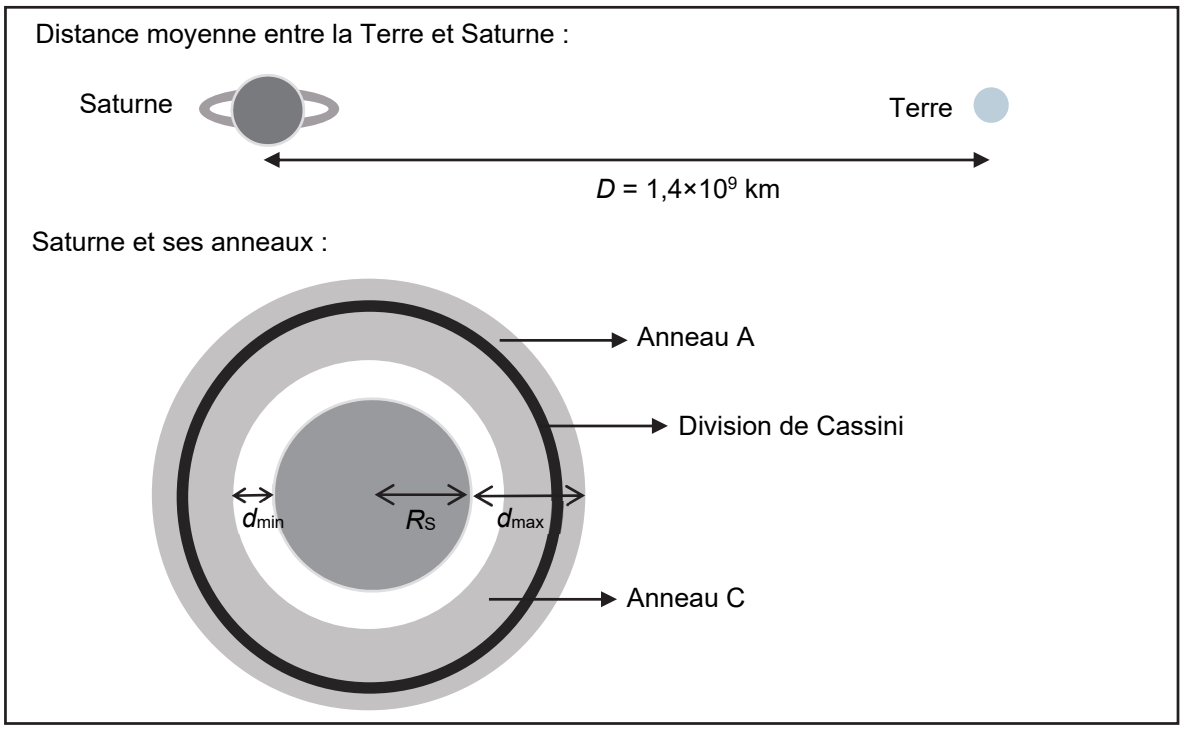
Q6. En déduire la valeur de la distance focale f_2' de l'oculaire à choisir afin d'obtenir une lunette astronomique dont le grossissement est de 78.

2. Observation des anneaux de Saturne

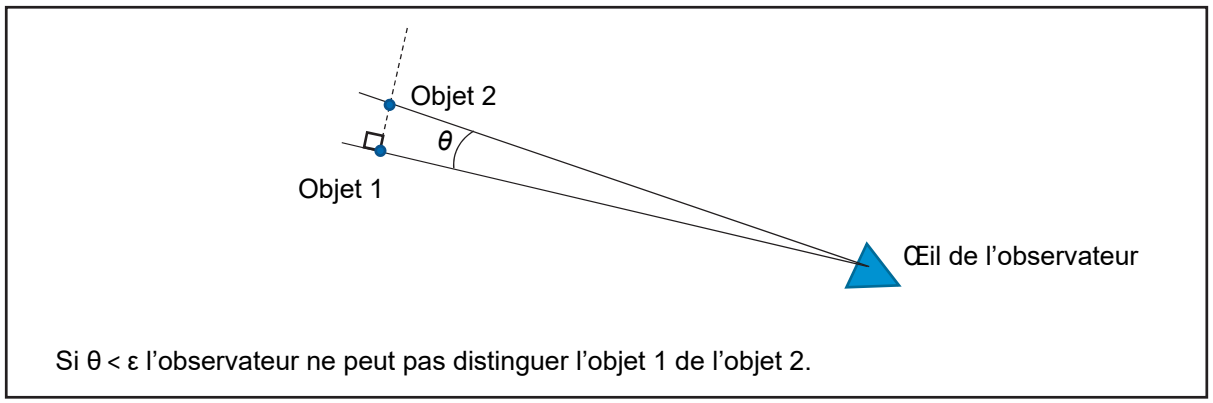
On utilise la lunette astronomique de grossissement 78 modélisée dans la partie précédente pour observer Saturne et essayer de distinguer ses anneaux.

Données :

- distance moyenne entre les centres de la Terre et de Saturne : $D = 1{,}4\times10^{9}$ km ;
- distance entre la surface de Saturne et l'extrémité la plus proche de l'anneau C (anneau le plus proche considéré visible) : $d_{min} = 1{,}4\times10^{4}$ km ;
- distance entre la surface de Saturne et l'extrémité la plus éloignée de l'anneau A (anneau le plus éloigné considéré visible) : $d_{max} = 7{,}7\times10^{4}$ km ;
- largeur de la division de Cassini : $d_{cas} = 4{,}8\times10^{3}$ km ;
- rayon de Saturne : $R_S = 5{,}8\times10^{4}$ km considéré comme faible devant D.



- angle minimal à partir duquel notre œil peut distinguer deux objets très proches : $\varepsilon = 2{,}9\times10^{-4}$ rad.



Q7. Décrire, en s'appuyant sur un calcul, comment apparaît Saturne à un observateur lors d'une observation à l'œil nu.

Q8. Déterminer le niveau d'observation de Saturne (figure 1) que l'on atteint avec la lunette astronomique utilisée.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter sa démarche même si elle n'a pas abouti. La démarche suivie est évaluée et nécessite donc d'être correctement présentée.

EXERCICE B - VITESSE DE LA STATION SPATIALE INTERNATIONALE (5 points)

Mots-clés : mouvement d'un satellite

La Station Spatiale Internationale (ISS) est un satellite artificiel de la Terre, observable de la surface de la Terre sous certaines conditions. C'est ainsi que, le 24 juin 2020, dans l'état de Virginie aux États-Unis, un astrophysicien a observé et enregistré le passage de l'ISS devant le Soleil. Pendant ce passage, la station spatiale se trouve entre le Soleil et le point d'observation. En réalisant une chronophotographie, on obtient l'image reproduite sur la figure 2.



Source : NASA

Le but de cet exercice est de déterminer la vitesse de l'ISS à l'aide d'une loi de la mécanique puis en exploitant la chronophotographie et de comparer les résultats obtenus.

Données :

- altitude moyenne de l'ISS : h = 419 km ;
- constante de gravitation universelle : $G = 6{,}67\times10^{-11}$ m^3·kg^{-1}·s^{-2} ;
- distance Terre-Soleil : $d_{TS} = 153\times10^{6}$ km ;
- diamètre du Soleil : $D = 1{,}39\times10^{6}$ km ;
- masse de la Terre : $M_T = 5{,}97\times10^{24}$ kg ;
- rayon de la Terre : R_T = 6 371 km.

1. Détermination de la vitesse à l'aide d'une loi de la mécanique

La Station Spatiale Internationale est modélisée par un point matériel M, de masse m en orbite circulaire à la distance R du centre de la Terre, de masse M_T. La Terre est supposée à répartition sphérique de masse, de centre T. Le mouvement de l'ISS est étudié dans le référentiel géocentrique d'origine prise au centre de la Terre et dont les axes pointent en direction d'étoiles lointaines ; il est supposé galiléen. On considère que seule l'interaction gravitationnelle avec la Terre est prise en compte.

Q1. Schématiser, sans souci d'échelle, la Terre et l'ISS. Placer le repère de Frenet $(\overrightarrow{u_N}, \overrightarrow{u_T})$ et représenter la force à laquelle est soumise l'ISS.

Q2. Donner, dans ce repère, l'expression vectorielle de la force à laquelle est soumise l'ISS.

Q3. Déduire de la seconde loi de Newton, l'expression suivante de la vitesse v de l'ISS :

$$v = \sqrt{\frac{G\cdot M_T}{R}}$$

Q4. Calculer la valeur de la vitesse v de l'ISS.

2. Estimation de la vitesse de l'ISS à partir d'une chronophotographie

Le télescope utilisé pour réaliser la chronophotographie lors du passage de l'ISS devant le Soleil est situé au point O. Les positions réelles successives de la station sont repérées par des points M_i, i allant de 0 à 5. Les points S_i, i allant de 0 à 5, correspondent à la projection des points M_i sur le disque solaire, vus de la Terre (figure 2). La distance S_0S_5 observée permet de déterminer la distance parcourue par l'ISS notée M_0M_5.

La figure 1 représente, sans souci d'échelle, la situation. Les points M_0 et M_5 correspondent aux positions extrêmes de l'ISS pendant l'observation, ainsi que leur projection sur le disque solaire S_0 et S_5. La durée du mouvement entre deux positions successives (exemple de M_0 à M_1, de M_1 à M_2…) vaut Δt = 0,11 s.

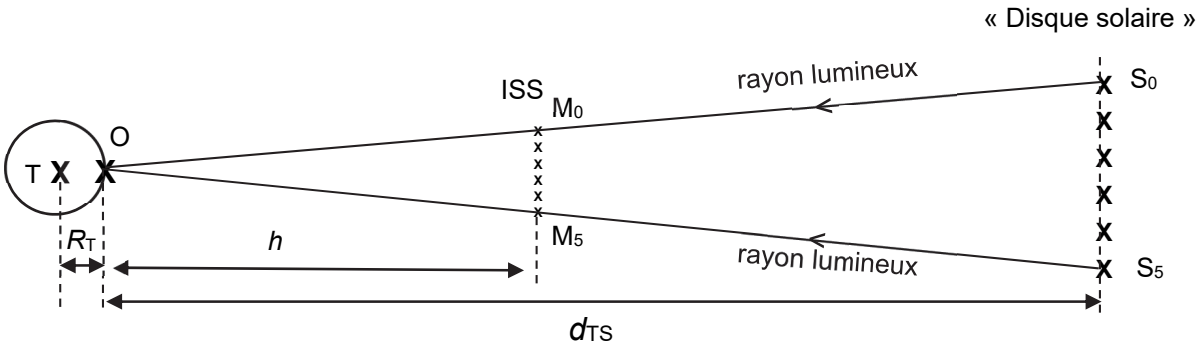


Figure 1. Schéma sans souci d'échelle de la situation

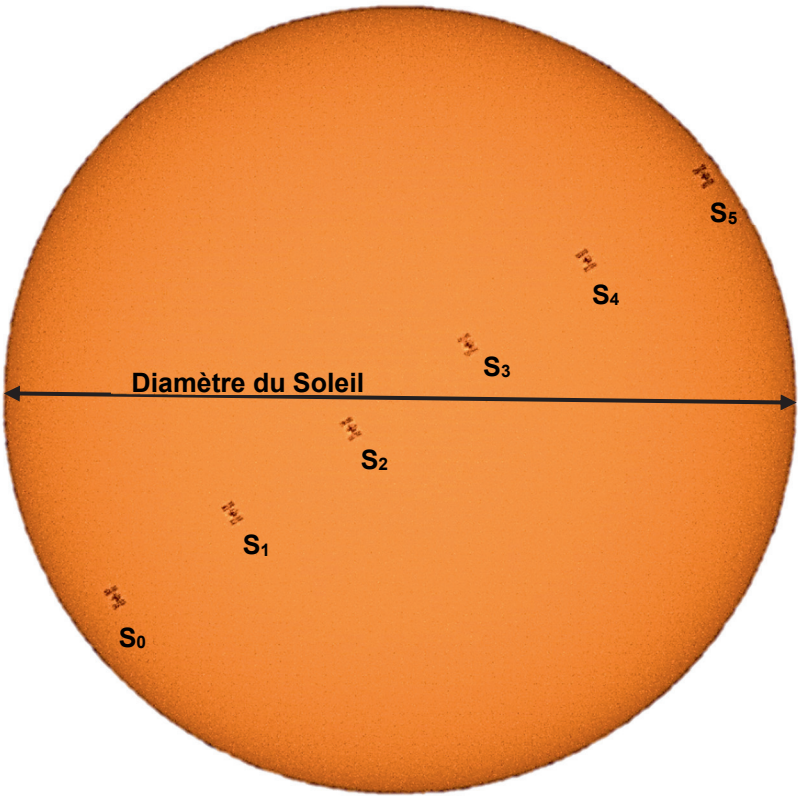


Figure 2. Chronophotographie de l'ISS lors de son passage devant le Soleil (Nasa, Joel Kowsky)

Dans cette partie, l'étude est réalisée dans le référentiel terrestre et les hypothèses formulées sont les suivantes :

- le mouvement de la station est rectiligne uniforme pendant la durée nécessaire à la réalisation de la chronophotographie ;
- les effets des mouvements de rotation de la Terre sur elle-même et de révolution de la Terre autour du Soleil ne sont pas pris en compte ;
- M_0M_5 et S_0S_5 sont considérés comme étant des droites.

Q5. En exploitant notamment la chronophotographie donnée en figure 2 et le schéma de la figure 1, estimer la valeur de la vitesse v de l'ISS dans le référentiel d'étude lors de l'observation. Commenter la valeur obtenue au regard de celle calculée à la question **Q4**. Donner au moins un argument qui justifie l'écart constaté.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter sa démarche même si elle n'a pas abouti. La démarche suivie est évaluée et nécessite donc d'être correctement présentée.

EXERCICE C – CONTRÔLE DE LA LARGEUR D'UN FIL DE SUTURE (5 points)

Mots-clés : diffraction d'une onde lumineuse

Un fil de suture en chirurgie permet de rapprocher les deux bords d'une plaie afin de faciliter la cicatrisation. Le diamètre, la forme et la composition chimique des fils sont adaptés au type de tissu à recoudre (peau, muscle, tendon, nerf, etc.) mais aussi à la durée de cicatrisation et à la taille de la plaie.

Lors de la fabrication d'un fil, les industriels peuvent notamment contrôler son diamètre à l'aide d'appareils utilisant la diffraction de la lumière d'un laser (figure 1).



Figure 1. Appareil conçu pour contrôler le diamètre de fils fins.

www.cersa-mci.com/fr/lds-laser-diffraction-sensor/

Dans cet exercice, on étudie le principe physique utilisé dans un appareil de contrôle du diamètre d'un fil puis on s'intéresse à un fil de suture vendu en pharmacie.

Données :

- longueur d'onde du laser utilisé : $\lambda = 532$ nm ;
- pour des angles θ très petits devant 1 rad, on a : $\tan(\theta) \approx \theta$ avec θ en radian ;
- extrait de la nomenclature américaine dite « USP » et correspondance avec le diamètre des fils :

Système USP	0	2/0	3/0	4/0	5/0
Diamètre du fil en mm	0,350 à 0,399	0,300 à 0,349	0,200 à 0,299	0,150 à 0,199	0,100 à 0,149

1. Principe physique utilisé par un appareil de contrôle du diamètre d'un fil

Pour illustrer ce principe au laboratoire, on place, sur un banc d'optique, un laser émettant une onde de longueur d'onde λ et un fil de diamètre a connu. Un écran est placé à une distance D du fil. La largeur L de la tache centrale de la figure de diffraction est mesurée directement sur l'écran (figure 2).

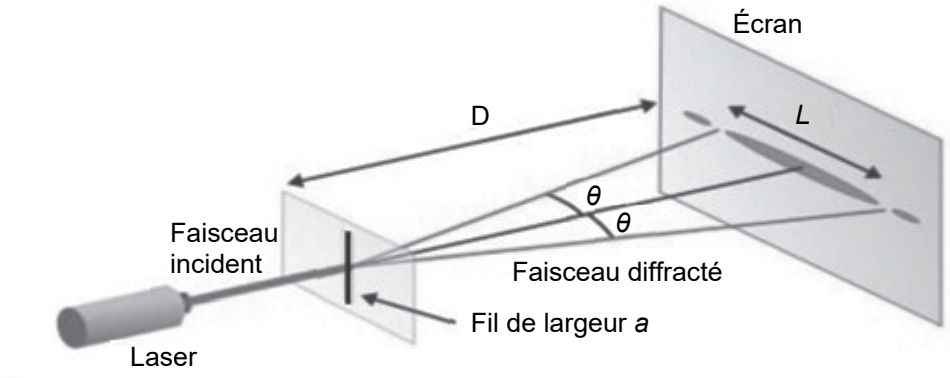


Figure 2. Montage illustrant le principe physique utilisé par l'appareil de contrôle du diamètre d'un fil

Q1. Indiquer qualitativement comment évolue l'angle caractéristique de diffraction θ avec le diamètre a du fil.

Q2. Écrire, à l'aide de la figure 2, la relation entre l'angle caractéristique de diffraction θ et les grandeurs D et L.

Q3. Établir l'expression de la largeur L de la tache centrale de la figure de diffraction en fonction de λ, D et a.

On réalise la mesure de la largeur de la tache centrale de la figure de diffraction pour sept fils de diamètres a connus. On représente alors L en fonction de $1/a$.

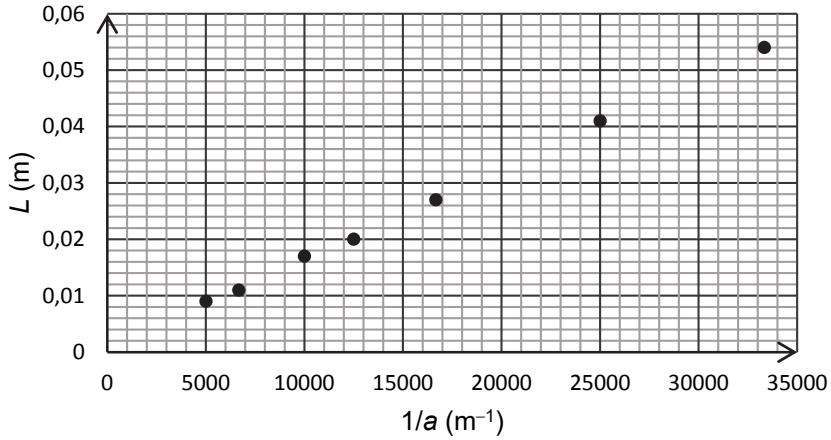


Figure 3. Représentation graphique de L en fonction de $1/a$

Q4. Vérifier que les résultats expérimentaux de la figure 3 sont cohérents avec l'expression établie à la question **Q3**.

Q5. Montrer que la modélisation suivante permet de rendre compte des résultats expérimentaux :

$$L = 1{,}6\times10^{-6} \times \frac{1}{a} \text{ avec } a \text{ et } L \text{ exprimés en m.}$$

2. Mesure du diamètre d'un fil de suture vendu en pharmacie

Une partie de l'étiquette du paquet contenant un fil de suture en polyamide de couleur bleue vendu en pharmacie est présentée ci-dessous.



On obtient la figure de diffraction suivante (figure 4) en utilisant le montage expérimental décrit sur la figure 2.

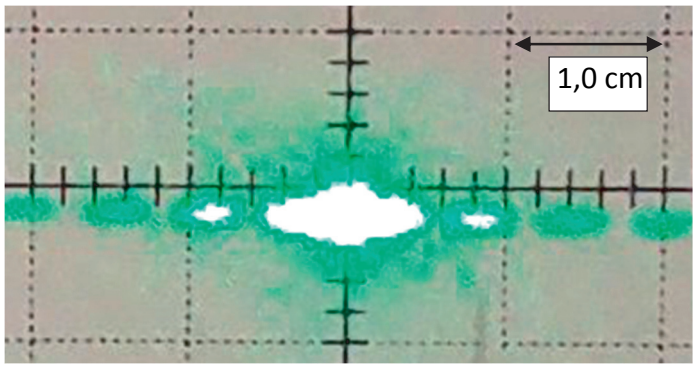


Figure 4. Photographie de l'écran de l'appareil de contrôle

Q6. En utilisant la figure 4, estimer la valeur du diamètre de ce fil de suture.

L'incertitude-type sur la valeur du diamètre expérimental du fil est donné, dans les conditions de l'expérience, par la relation suivante :

$$u(a) = a \times \frac{u(L)}{L} \text{ avec } u(L) = 1\times10^{-3} \text{ m}$$

Q7. Analyser le résultat de la mesure en lien avec la plage de référence indiquée sur l'étiquette du fil de suture.

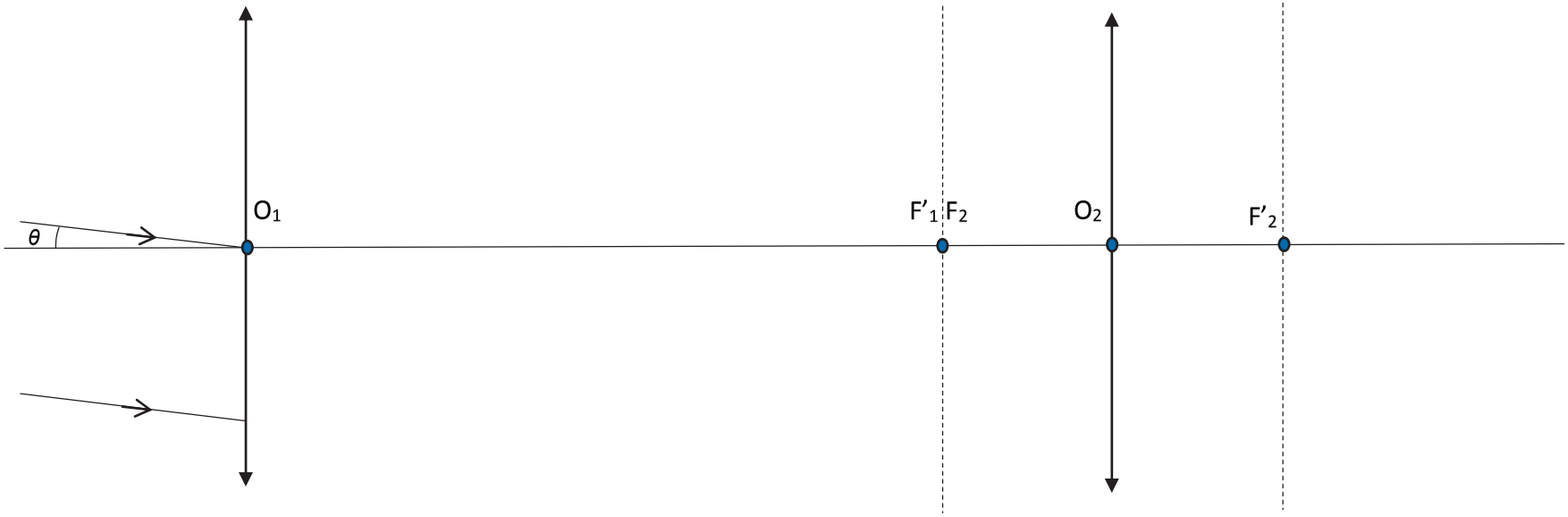
Page blanche laissée intentionnellement.

Ne rien inscrire dessus.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

Nom de la lentille L_1 (à légender) :

Nom de la lentille L_2 (à légender) :



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) **:**
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2