

## Exercice 1 : Observation de la Lune depuis la Terre

Le cratère Tycho, situé dans l'hémisphère sud de la face visible de la Lune, est né il y a un peu plus d'une centaine de millions d'années suite à l'impact d'un astéroïde. Son diamètre est de 86 km.

Le centre du cratère est occupé par un ensemble de montagnes dont la base s'étale sur une quinzaine de kilomètres. Le piton central s'élève à plus de 2 000 mètres d'altitude.

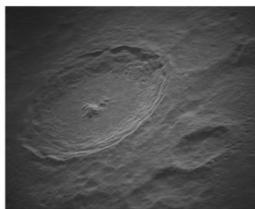


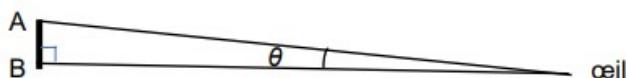
Figure 1. Le cratère Tycho. Crédit : NRAO/GBORAYTHEONNSF/AUI

L'objectif de cette deuxième partie est de concevoir une lunette astronomique permettant de visualiser certains détails de la surface lunaire depuis la Terre.

### 2. Observation de la Lune depuis la Terre.

#### Données :

- distance moyenne Terre-Lune :  $d_{TL} = 3,844 \times 10^5$  km ;
- le pouvoir séparateur de l'œil humain est la valeur minimale de l'angle  $\theta$ , supposé petit devant 1 rad, sous lequel l'œil peut distinguer deux points lumineux A et B :  $\varepsilon = 2,9 \times 10^{-4}$  rad. On suppose que  $\tan(\theta) \approx \theta$  avec  $\theta$  exprimé en rad.



- 2.1. Calculer l'angle  $\theta$  sous lequel est vu le cratère Tycho depuis la Terre. En déduire s'il est possible de distinguer les contours du cratère à l'œil nu.

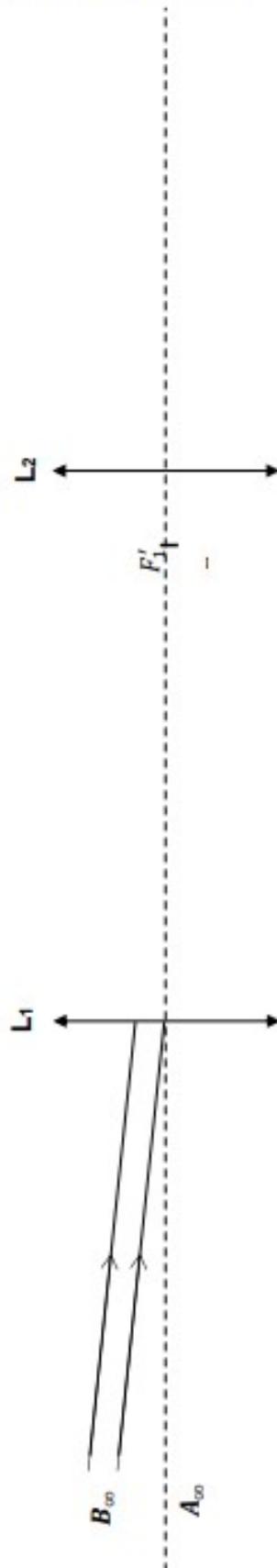
Sur l'**annexe 3 à rendre avec la copie**, une lunette est modélisée par l'association de deux lentilles minces convergentes.

- 2.2. Parmi les deux lentilles utilisées, identifier celle qui joue le rôle de l'oculaire et celle qui joue le rôle de l'objectif.
- 2.3. Sur le schéma donné en **annexe 3 à rendre avec la copie** :
- construire la marche du faisceau lumineux issu du point  $B_{\infty}$  considéré à l'infini au travers de la lunette ;
  - faire apparaître l'image intermédiaire  $A_1B_1$  et l'angle  $\theta'$  sous lequel est vu l'image finale  $A'B'$  de  $A_{\infty}B_{\infty}$  à travers la lunette.
- 2.4. Expliquer pourquoi cette lunette est qualifiée d'afocale et justifier l'intérêt de ce réglage.
- 2.5. Exprimer le grossissement de la lunette en fonction de  $\theta$  et  $\theta'$ .
- On admet que le grossissement de la lunette est :  $G = \frac{f'_{obj}}{f'_{oc}}$ , où  $f'_{obj}$  et  $f'_{oc}$  représentent respectivement les distances focales de l'objectif et de l'oculaire.
- 2.6. Déterminer la valeur limite de la distance focale de l'oculaire qu'il faut associer à un objectif de distance focale 300 mm pour pouvoir distinguer l'ensemble de montagnes qui occupe le centre du cratère Tycho.

*Le candidat est invité à présenter sa démarche même si elle n'est pas complètement aboutie.*

ANNEXE 3 À RENDRE AVEC LA COPIE

Exercice A, question 2.3. Schéma d'une lunette afocale



## EXERCICE II : DÉCOUVERTES LIÉES À DES ÉCLIPSES DE SOLEIL

### Découverte historique d'un nouvel élément chimique

Lors de l'éclipse totale du Soleil du 18 août 1868, le français Pierre Janssen et le britannique Norman Lockyer ont analysé le spectre de la couronne solaire et ont remarqué qu'il présentait une raie brillante dans le jaune très proche de celle du sodium. N. Lockyer a émis l'hypothèse que cette raie était due à un nouvel élément qu'il baptisa hélium (du grec hélios qui signifie Soleil). Ce n'est que vingt-sept ans plus tard que cet élément chimique fut identifié sur Terre.

#### Données :

Célérité de la lumière dans le vide :  $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Constante de Planck :  $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

$1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$

Longueur d'onde de la raie D du sodium dans le vide :  $\lambda_{\text{Na}} = 589,0 \text{ nm}$ .

Longueur d'onde de la raie jaune de l'hélium dans le vide :  $\lambda_{\text{He}} = 587,6 \text{ nm}$ .

### 1. Spectre d'énergie

1.1. Illustrer, en s'aidant d'un schéma de niveaux d'énergie d'un atome, le phénomène d'émission d'un photon (quantum d'énergie lumineuse).

1.2. On note  $E$  l'énergie du photon émis lors d'une transition énergétique d'un atome.

Donner l'expression littérale de  $E$  en fonction de la longueur d'onde  $\lambda$  de la radiation lumineuse émise dans le vide, de la constante de Planck  $h$  et de la célérité de la lumière dans le vide  $c$ .

1.3. Raie D du sodium

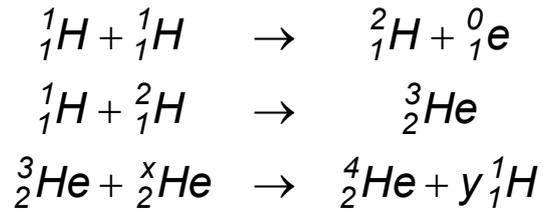
1.3.1. Calculer la valeur de  $E$  en électronvolts, pour le rayonnement correspondant à la raie D du sodium.

1.3.2. Déterminer, en s'aidant de la **figure 2 page 7**, à quelle transition correspond cette émission.

1.4. L'énergie du photon correspondant à l'émission de la raie jaune de l'hélium (de longueur d'onde  $\lambda_{\text{He}}$ ) est égale à 2,110 eV. En s'aidant de la **figure 2 page 7**, justifier que cette émission ne peut pas être attribuée au sodium.

## 2. Formation de l'hélium dans le Soleil

Les noyaux d'hélium 3 et d'hélium 4 peuvent être produits par une suite de réactions nucléaires dont les équations sont indiquées ci-dessous :



2.1. Quel nom donne-t-on à ces réactions nucléaires ?

2.2. Parmi les noyaux  ${}^3_2\text{He}$ ,  ${}^3_1\text{H}$  et  ${}^4_2\text{He}$ , lesquels sont isotopes ? Justifier.

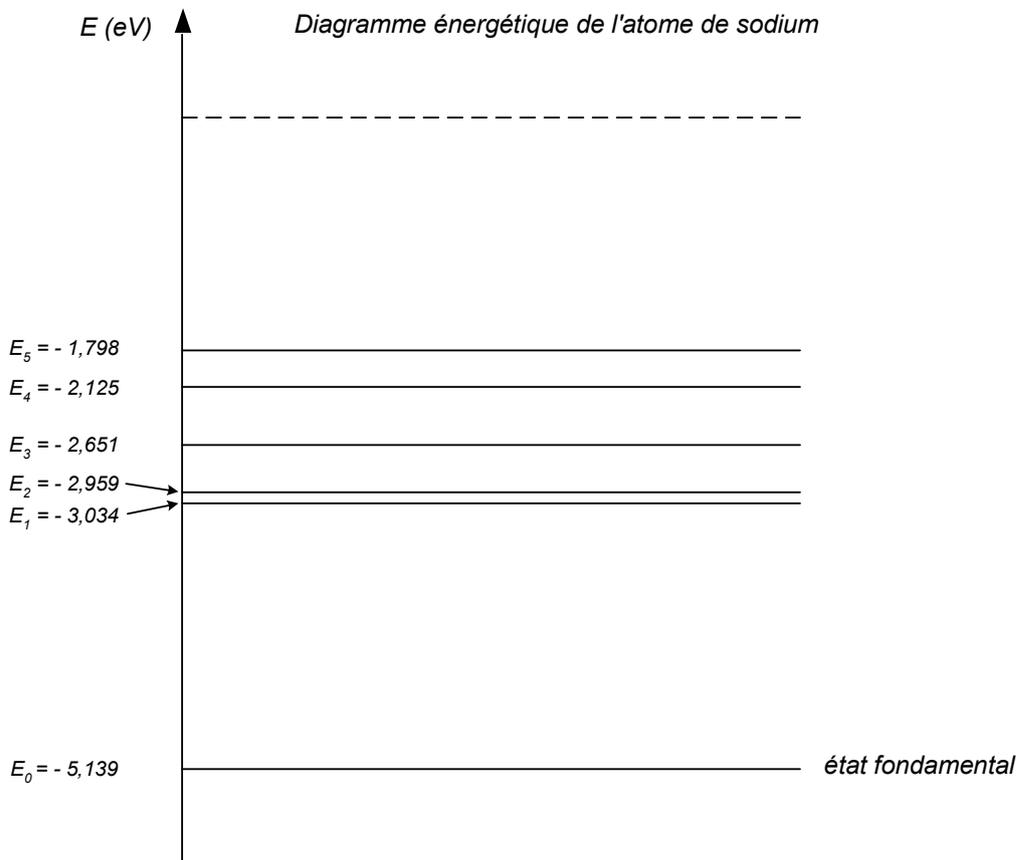
2.3. Déterminer les valeurs de x et y dans la troisième équation de réaction et justifier la réponse en précisant les lois de conservation utilisées.

2.4. On étudie dans la couronne solaire les spectres d'émission des atomes d'hélium 3 et d'hélium 4. On rappelle qu'un spectre atomique caractérise la configuration électronique de l'atome (c'est-à-dire le nuage d'électrons de l'atome).

2.4.1. Ces deux types d'atomes possèdent-ils la même configuration électronique ? Justifier.

2.4.2. Ces deux atomes auraient-ils pu être distingués l'un de l'autre expérimentalement dans le spectre obtenu par Pierre Janssen et Norman Lockyer ?

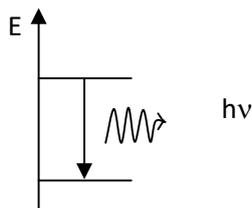
Figure 2



## B. Découverte historique d'un nouvel élément chimique

## 1. Spectre d'énergie

1.1.



0,25

1.2. 
$$E = h \cdot \nu = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

0,5

1.3.1. 
$$E(\text{eV}) = \frac{E(\text{J})}{1,602 \times 10^{-19}}$$

0,25

$$E = \frac{6,626 \times 10^{-34} \times 2,998 \times 10^8}{589,0 \times 10^{-9} \times 1,602 \times 10^{-19}} = \frac{6,626 \times 2,998 \times 10^{-26}}{589,0 \times 1,602 \times 10^{-28}} = \frac{6,626 \times 2,998}{589,0 \times 1,602} \times 10^2 = 2,105 \times 10^{-2} \times 10^2 = 2,105 \text{ eV}$$

1.3.2.  $E_1 - E_0 = -3,034 - (-5,139) = 2,105 \text{ eV} = E$ , donc cette émission correspond à la transition du niveau excité  $E_1$  vers le niveau fondamental  $E_0$ .

0,25

1.4. Transitions vers le niveau fondamental :

$$E_1 - E_0 = 2,105 \text{ eV}$$

$E_2 - E_0 = -2,959 + 5,139 = 2,180 \text{ eV} > 2,110 \text{ eV}$ , les autres transitions vers le niveau fondamental auront une énergie plus élevée.

Transitions entre les niveaux  $E_1, E_2, \dots$  : La transition de plus grande énergie correspond au passage du niveau  $E_5$  vers  $E_1$  et correspond à l'émission d'un photon d'énergie égale à  $-1,798 + 3,034 = 1,236 \text{ eV}$ , valeur plus faible que l'énergie du photon émis par l'hélium. Toutes les autres transitions auront donc une énergie plus faible. 0,25

## 2. Formation de l'hélium dans le Soleil

2.1. Il s'agit de fusions.

0,25

2.2. Deux isotopes ont le même nombre de protons mais un nombre de nucléons différents.

 ${}^3_2\text{He}$  et  ${}^4_2\text{He}$  sont isotopes.

0,25

2.3. En utilisant les lois de conservation de Soddy :

Conservation du nombre de nucléons :  $3 + x = 4 + y$  équation (1)Conservation du nombre de charge :  $2 + 2 = 2 + y$  d'où  $y = 2$ Soit en reportant dans l'équation (1),  $x = 3$ .

0,5

2.4.1. Les atomes d'hélium 3 et 4 possèdent un numéro atomique  $Z = 2$ . Un atome étant neutre électriquement, ces atomes possèdent **deux électrons**. Ils ont donc la même configuration électronique.

0,25

2.4.2. Ces deux atomes ayant la même configuration électronique, on peut considérer qu'ils ont le même diagramme énergétique. Dès lors, on ne pourra pas les distinguer expérimentalement à l'aide du spectre de P. Janssen et N. Lockyer.

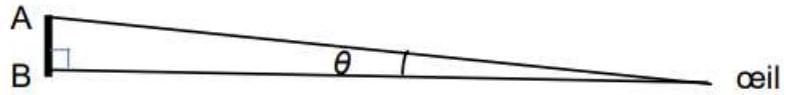
0,5

OBSERVATION DE LA LUNE DEPUIS LA TERRE (5 points)

1. Observation de la Lune depuis la Terre.

2.1. Calculer l'angle  $\theta$  sous lequel est vu le cratère Tycho depuis la Terre. En déduire s'il est possible de distinguer les contours du cratère à l'œil nu.

$$\tan(\theta) = \frac{AB}{d_{TL}} \approx \theta$$



$$\theta \approx \frac{86 \text{ km}}{3,844 \times 10^5 \text{ km}} = 2,2 \times 10^{-4} \text{ rad} < \varepsilon = 2,9 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

Ce diamètre apparent est trop petit pour que les contours du cratère Tycho soient visibles à l'œil nu.

2.2. Parmi les deux lentilles utilisées, identifier celle qui joue le rôle de l'oculaire et celle qui joue le rôle de l'objectif.

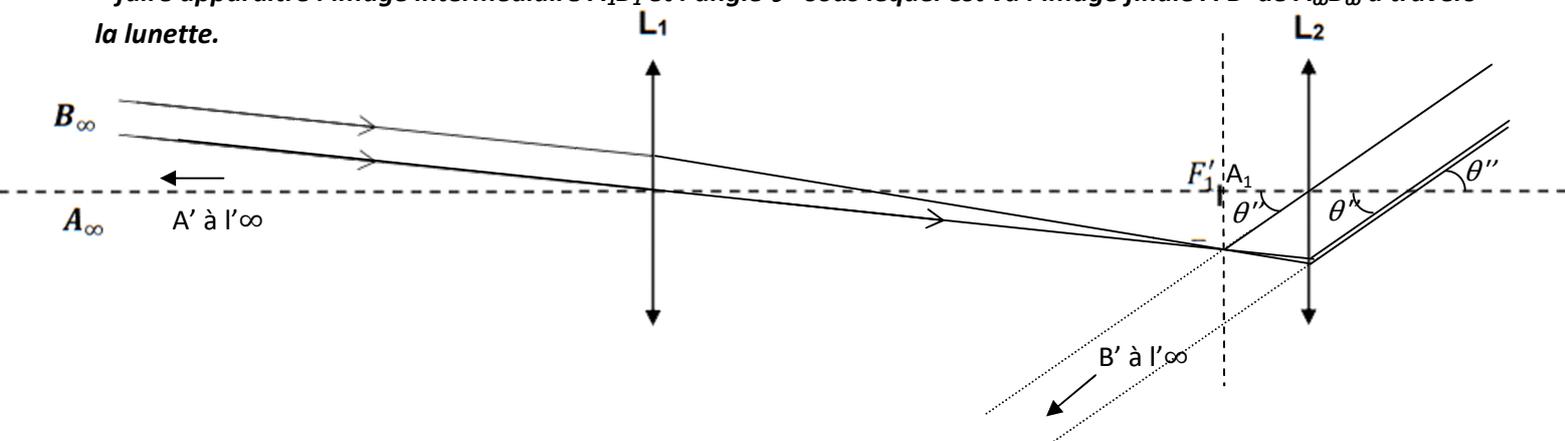
La lentille  $L_1$  est située du côté de l'objet  $A_\infty B_\infty$ , elle constitue l'objectif.

La lentille  $L_2$  est l'oculaire.

2.3. Sur le schéma donné en annexe 3 à rendre avec la copie :

– construire la marche du faisceau lumineux issu du point  $B_\infty$  considéré à l'infini au travers de la lunette ;

– faire apparaître l'image intermédiaire  $A_1 B_1$  et l'angle  $\theta'$  sous lequel est vu l'image finale  $A' B'$  de  $A_\infty B_\infty$  à travers la lunette.



Non demandé : Si l'objet  $A_\infty B_\infty$  est situé à l'infini alors l'image  $A_1 B_1$  se forme dans le plan focal image de la lentille  $L_1$ , on a  $A_1$  confondu avec  $F'_1$ . On crée un rayon issu de  $B_1$  passant par  $O_2$ , il émerge sans être dévié. Tous les rayons issus de  $B_1$  émergent parallèlement entre eux.

2.4. Expliquer pourquoi cette lunette est qualifiée d'afocale et justifier l'intérêt de ce réglage.

Un instrument d'optique afocal donne une image définitive située à l'infini. Ainsi pour observer cette image définitive l'œil n'a pas besoin d'accommoder, on observe sans fatigue.

**2.5. Exprimer le grossissement de la lunette en fonction de  $\theta$  et  $\theta'$ .**

$$\vartheta' = G \cdot \vartheta \text{ ou encore } G = \frac{\theta'}{\theta}$$

Non demandé : À l'œil nu, on observe l'image  $A_\infty B_\infty$  sous un angle  $\vartheta$ .

Dans la lunette, on observe l'image définitive sous un angle  $\vartheta'$ .

La lunette multiplie par  $G$  le diamètre apparent  $\vartheta$ . Ainsi on voit davantage de détails.

**On admet que le grossissement de la lunette est :  $G = \frac{f'_{obj}}{f'_{oc}}$ , où  $f'_{obj} = f'_{oc}$  représentent**

**2.6. Déterminer la valeur limite de la distance focale de l'oculaire qu'il faut associer à un objectif de distance focale 300 mm pour pouvoir distinguer l'ensemble de montagnes qui occupe le centre du cratère Tycho.**

**Le candidat est invité à présenter sa démarche même si elle n'est pas complètement aboutie.**

L'ensemble de montagnes s'étale sur une quinzaine de kilomètres.

$$\text{On l'observe à l'œil nu depuis la Terre sous un angle } \tan(\theta) = \frac{AB}{d_{TL}} \approx \theta,$$

$$\text{ainsi } \vartheta = \frac{15}{3,844 \times 10^5} = 3,9 \times 10^{-5} \text{ rad}$$

Or pour les distinguer, il faut que  $\vartheta' > \varepsilon = 2,9 \times 10^{-4} \text{ rad}$

$$G = \frac{f'_{obj}}{f'_{oc}} = \frac{\theta'}{\theta}$$

$$f'_{oc} = f'_{obj} \cdot \frac{\theta}{\theta'}$$

$$f'_{oc} = \frac{3,9 \times 10^{-5}}{2,9 \times 10^{-4}} \times 300 \text{ mm} = 40 \text{ mm au maximum.}$$

15
3.844E5
3.902185224E-5
Rep/2.9E-4*300
4.036743335E1