



## A - LES ÉTOILES FILANTES

Des comètes circulent dans le système solaire et laissent dans leur sillage des grains de matière de tailles plus ou moins importantes. Il arrive que la Terre croise ces grains de matière abandonnés par une comète derrière elle et qui pénètrent alors dans l'atmosphère terrestre. Lors de leur chute, ils chauffent les gaz de l'atmosphère qui émettent de la lumière pour éliminer l'énergie reçue lors de cet échauffement. On peut alors observer des phénomènes bien connus : les étoiles filantes.

Données :

Masse de la Terre :  $M_T = 5,98 \cdot 10^{24}$  kg

Masse du Soleil :  $M_S = 1,98 \cdot 10^{30}$  kg

Constante de gravitation universelle :  $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$  SI

Célérité de la lumière dans le vide :  $c = 3,00 \cdot 10^8$  m.s<sup>-1</sup>

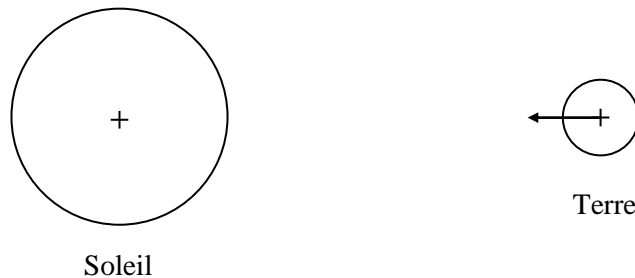
Constante de Planck :  $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$  J.s

1 eV (électronvolt) =  $1,60 \cdot 10^{-19}$  J

### 1. Mouvement de la Terre

On considère le mouvement de la Terre autour du Soleil dans le référentiel héliocentrique considéré comme galiléen. On suppose que ce mouvement est circulaire uniforme, de rayon  $R = 1,50 \cdot 10^{11}$  m. On néglige l'action de tout autre astre.

Schéma du système Terre-Soleil

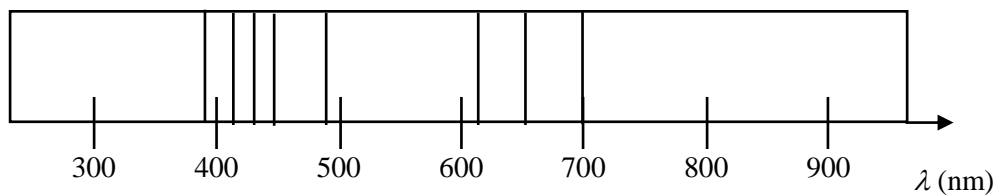


- 1.1. Donner l'expression vectorielle de la force subie par la Terre. La représenter sur un schéma.
- 1.2. Énoncer, puis appliquer la deuxième loi de Newton à la Terre.
- 1.3. En déduire l'expression du vecteur accélération ; on donnera sa direction, son sens et l'expression de sa norme ; le représenter sans considération d'échelle sur un schéma.
- 1.4. On rappelle que le mouvement est circulaire uniforme. Quelle relation peut-on alors écrire entre l'accélération  $a$  et la vitesse  $v$  du centre d'inertie de la Terre autour du Soleil ?
- 1.5. Donner l'expression de la vitesse  $v$  du centre d'inertie de la Terre en fonction de la constante de gravitation universelle  $G$ , la masse du Soleil  $M_S$  et le rayon  $R$  de la trajectoire.
- 1.6. Calculer la valeur de cette vitesse.
- 1.7. Donner l'expression de la période de rotation  $T$  de la Terre autour du Soleil en fonction de la vitesse  $v$  et du rayon  $R$  de sa trajectoire.
- 1.8. Montrer alors qu'on peut écrire que  $T = \frac{2 \pi R^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{GM_S}}$ , puis calculer sa valeur.

## 2. Étude d'une étoile filante

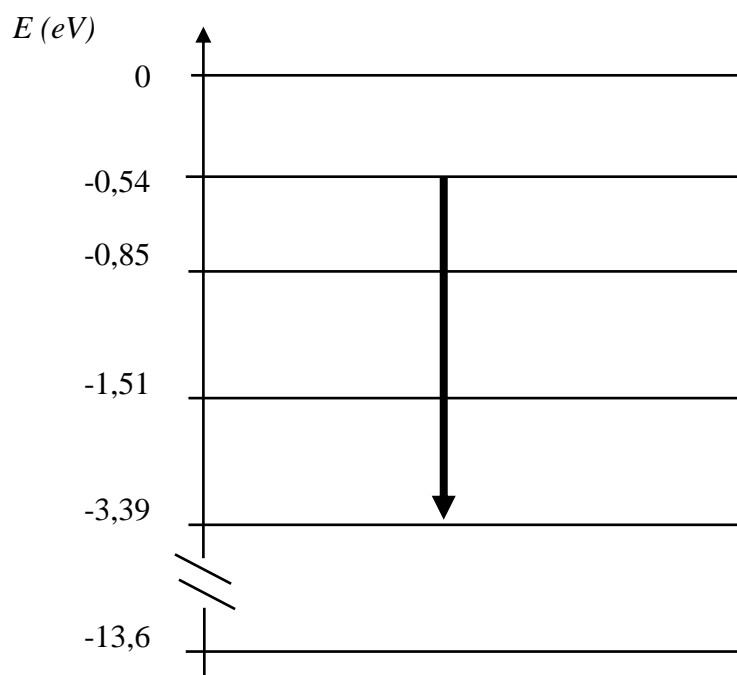
Il est très rare de pouvoir enregistrer un tel phénomène, celui-ci étant imprévisible. Pourtant, dans la nuit du 12 au 13 juin 2015, alors qu'ils observaient une supernova dans une galaxie éloignée à l'aide du télescope de Rabat situé à proximité de l'UIR, des astronomes ont eu la chance de voir une étoile filante traverser le champ du télescope, et ont pu ainsi enregistrer le spectre de la lumière émise.

2.1. On donne ci-dessous, une partie du spectre obtenu. Indiquer en reproduisant ce spectre sur votre copie les domaines de la lumière visible, des rayonnements infrarouges et ultraviolets.



2.2. On donne le diagramme des niveaux d'énergie d'un des éléments mis en évidence par le spectre obtenu.

Une transition correspondant à l'une des raies de ce spectre y est représentée par une flèche.



La raie correspondante est-elle une raie d'émission ou d'absorption ? Justifier.

2.3. Donner l'expression de l'énergie échangée  $|\Delta E|$  entre l'atome et le milieu extérieur lors de cette transition. On notera  $\nu$  la fréquence de la radiation lumineuse correspondante.

2.4. Donner la relation entre la longueur d'onde  $\lambda$  de cette radiation et sa fréquence  $\nu$  dans le vide.

2.5. Déterminer sur le diagramme la valeur de  $|\Delta E|$ . Convertir en joule la valeur trouvée.

2.6. Calculer alors la valeur de la longueur d'onde  $\lambda$  correspondant à cette transition.

2.7. On donne les tableaux de quelques longueurs d'onde de raies de différents éléments. Identifier l'élément mis en évidence par cette raie.

***Quelques longueurs d'onde de raie (en nm)***

<b><i>Élément azote</i></b>											
396	404	424	445	463	480	505	550	575	595	648	661

<b><i>Élément oxygène</i></b>						
391	397	420	442	465	616	700

<b><i>Élément hydrogène</i></b>				
397	412	436	486	656

**B - Vitesse de propagation du son dans l'eau**

Les sondeurs sont des appareils de détection sous-marine utilisés au quotidien par les plaisanciers et les pêcheurs. Ils permettent par exemple de localiser un poisson en représentant sur un écran sa profondeur sous l'eau.

L'appareil est relié à une sonde supposée placée à la surface de l'eau qui envoie des impulsions ultrasonores dans l'eau en forme de cône avec une intensité maximale à la verticale de la sonde. Le signal réfléchi par le poisson appelé écho est capté par la sonde puis analysé par l'appareil en mesurant par exemple la durée entre l'émission et la réception ainsi que l'intensité de l'écho.

Le sondeur étudié dans cet exercice est embarqué dans un bateau immobile par rapport au fond marin.

**Données :**

- salinité de l'eau (masse de sel dissous dans un kilogramme d'eau) :  $S = 35 \text{ ‰}$  (pour mille) ;
- température de l'eau :  $\theta = 10^\circ\text{C}$  ;
- fréquence de l'onde ultrasonore du sondeur :  $f = 83 \text{ kHz}$  ;
- ordre de grandeur de la taille d'une sardine adulte : 10 cm ;
- ordre de grandeur de la taille d'un thon adulte : 1 m.

Le candidat est invité à se référer aux informations données à la fin de l'exercice.

1. Après avoir justifié l'importance d'un capteur de température dans un sondeur, déterminer la valeur de la vitesse de propagation du son dans l'eau pour le sondeur parmi les valeurs suivantes :

1470 m.s<sup>-1</sup>

1525 m.s<sup>-1</sup>

1490 m.s<sup>-1</sup>

2. En utilisant le document relatif à la réflexion des ondes acoustiques, déduire, en justifiant la réponse, si le sondeur étudié sera plus performant pour détecter un thon ou pour détecter une sardine, tous deux supposés à la même distance et perpendiculaires à la verticale de la sonde.

3. Déterminer la valeur de la profondeur  $d$  à laquelle est situé le poisson si la durée  $\Delta t$  mesurée par le sondeur entre l'émission du signal et la réception de l'écho après réflexion sur un poisson est égale à 32 ms.

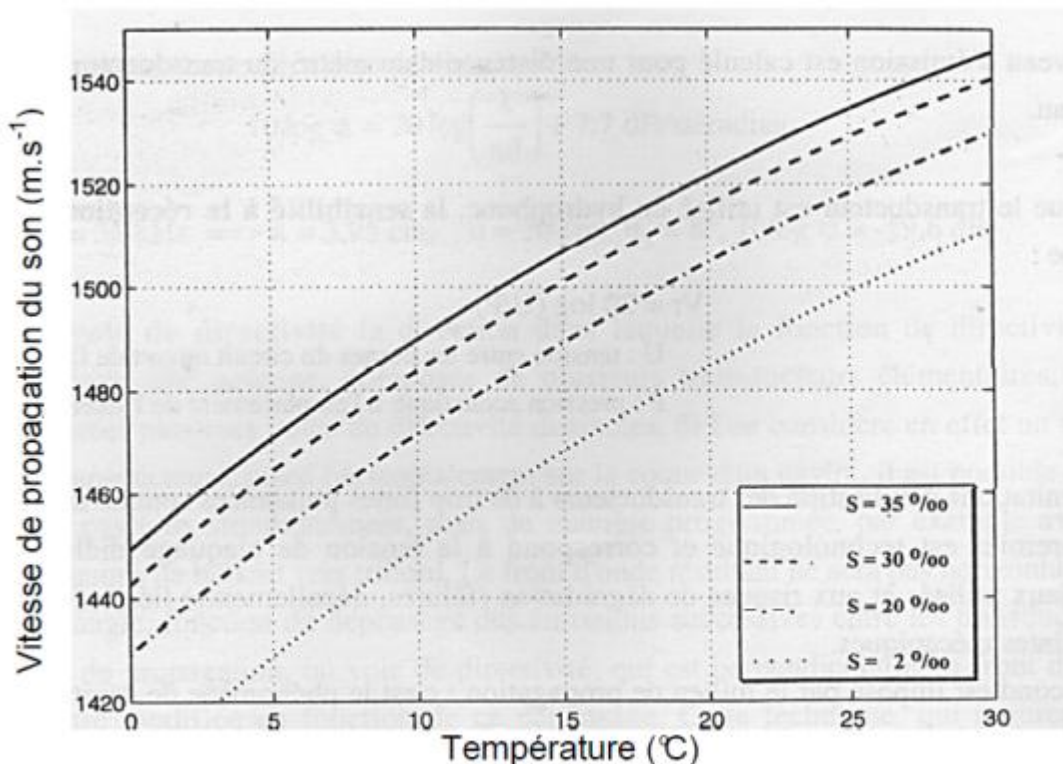
4. Justifier la forme en « accent circonflexe » du signal observé sur l'écran du sondeur quand le poisson traverse horizontalement à vitesse constante le cône de détection du sondeur.

5. Quelle plage de mesure permet de déterminer la position du poisson avec la meilleure précision ? Justifier la réponse.

6. À quel(s) instant(s) une mesure basée sur l'effet Doppler permettra-t-elle d'évaluer la vitesse de déplacement du poisson ? Justifier la réponse.

La vitesse de propagation  $v_{\text{son}}$  du son dans l'eau varie en fonction de plusieurs paramètres du milieu : température, salinité  $S$  (masse de sels dissous dans un kilogramme d'eau, exprimée ici en ‰) et pression c'est-à-dire la profondeur.

Pour de faibles profondeurs, nous pouvons utiliser le modèle suivant :



## Données documentaires

### Réflexion des ondes acoustiques

L'écho reçu après la réflexion d'une onde acoustique sur un poisson nécessite un traitement spécifique pour être interprété. En effet de nombreux facteurs influent sur l'intensité et la direction de propagation du signal.

Avant tout, la géométrie du système influe sur le signal, aussi bien celui émis par le sondeur que celui réfléchi par le poisson. Le poisson qui sert de réflecteur modifie l'onde de différentes façons. Si l'organisme marin est petit par rapport à la longueur d'onde, l'onde est réfléchie de façon très peu directionnelle, il se comporte comme un point diffusant et sa forme réelle a peu d'influence. Si sa taille est plus grande que la longueur d'onde alors la réflexion est directionnelle. Selon l'orientation du poisson, son anatomie et sa position par rapport à l'axe du signal émis, l'écho est plus ou moins déformé.

### Image donnée par le sondeur

Plage de mesure verticale du sondeur (profondeur) : de 0 à  $p_{\max} = -50$  m ou de 0 à  $p_{\max} = -100$  m.

Définition de l'image : 160 pixels verticaux.

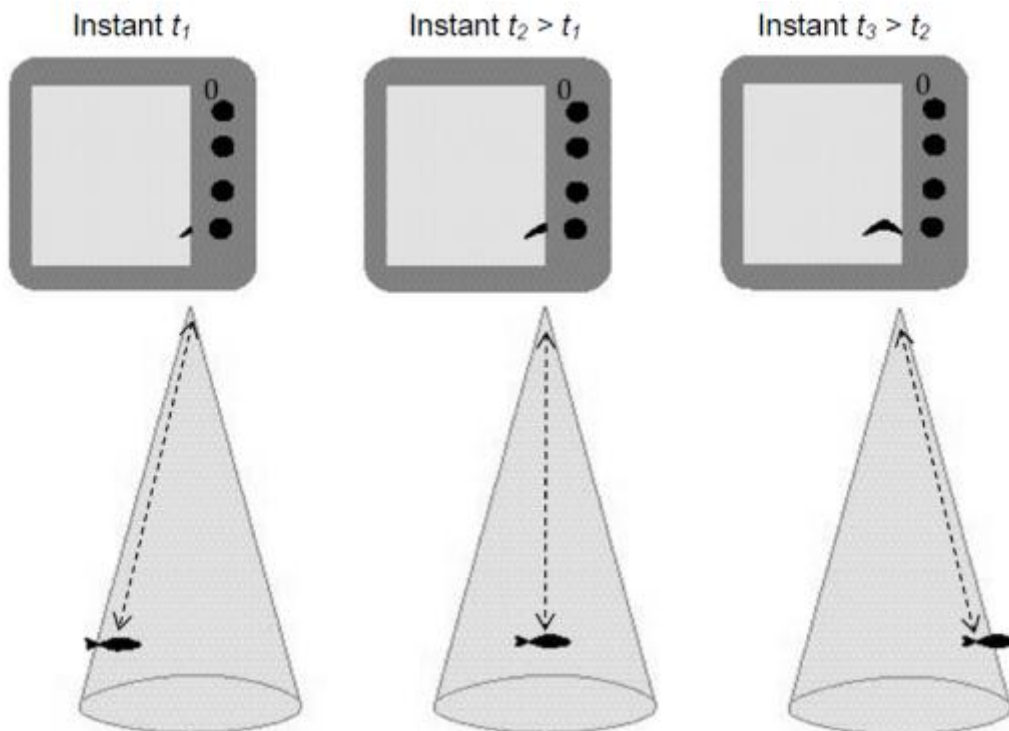
Incertitude sur la définition de l'image : 1 pixel.

Le schéma ci-dessous transcrit l'image donnée à l'écran du sondeur pour trois dates successives lorsque le poisson étudié traverse à vitesse horizontale constante le cône de détection.

Chaque fois qu'une nouvelle mesure est effectuée par le sondeur, les anciennes se déplacent horizontalement vers la gauche sur l'écran, ce qui donne une impression de défilement.

Les dimensions mesurées verticalement sur l'écran sont proportionnelles aux distances réelles. Le niveau 0 (surface de l'eau) correspond au haut de l'écran.

On considèrera que la taille du poisson est négligeable devant la profondeur mesurée.



### Effet Doppler lors d'une réflexion sur une cible mobile

Lors de la réflexion sur un obstacle en mouvement, la fréquence de l'onde réfléchie est différente de celle de l'onde incidente de fréquence  $f$ .

La valeur absolue de la variation de fréquence  $|\Delta f|$  est donnée par :  $|\Delta f| = \frac{2v \cos \alpha}{c} \times f$

avec :

- $v$ , la vitesse de déplacement de l'obstacle par rapport à la source ;
- $c$ , la vitesse de propagation de l'onde ;
- $\alpha$ , angle entre la direction de déplacement de l'obstacle et celle de propagation de l'onde entre l'obstacle et l'observateur.