



Exercice n°1 : Mesurer la distance Terre-Lune

Afin de déterminer la distance de la Terre à la Lune, des astronautes ont déposé au total cinq miroirs sur la Lune depuis 1969. Sur la Terre, on envoie un faisceau de lumière laser en direction d'un miroir placé sur la Lune.

- 1) Comment s'appelle le programme spatial qui a envoyé à de multiples reprises l'homme sur la Lune ?
- 2) Comment s'appelle l'homme responsable de ce projet scientifique ? Qu'a-t-il inventé durant la 2^{ème} guerre mondiale (indice c'est un ancien NAZI SS) ?
- 3) Faire un schéma en y positionnant la Terre et la Lune. Dessiner en rouge le trajet suivi par la lumière.
- 4) Rappeler la relation mathématique qui permet de calculer une vitesse et préciser les unités de chaque grandeur.
- 5) Déterminer la vitesse de propagation de la lumière dans le vide en sachant que le faisceau laser envoyé vers la Lune, située à 384 000 km, revient sur Terre après 2,56 secondes environ.
- 6) Quelle est la distance parcourue par la lumière en un année- distance appelée Année-Lumière ou AL

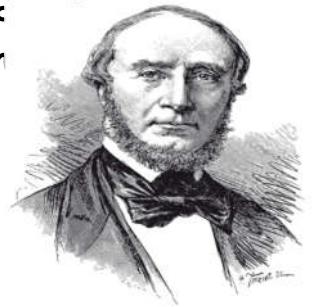
Exercice n°2 Complète le tableau suivant :

	distance moyenne en km par rapport au Soleil en km	Temps mis par la lumière du Soleil à la planète
Mercure	57 909 176	$t = \frac{d}{v} =$
Vénus	$d = v \times t =$	6min = s
Terre	1 Unité astronomique = 150 000 000	$t = \frac{d}{v} =$
Mars	$d = v \times t =$	12min = s
Jupiter	778 430 000	$t = \frac{d}{v} =$
Saturne	$d = v \times t =$	1h20=s

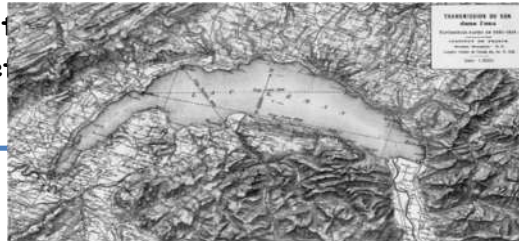
Question supplémentaire :

Exercice n°3 Vitesse du son dans l'eau.

La vitesse du son dans l'eau a été déterminée par Colladon et Sturm, en 1826, sur le lac de Genève. Le son était produit par une cloche immergée frappée par un marteau. Un dispositif lié au marteau produisait un signal lumineux au même moment. Dans une autre barque située à la distance mesurée avec une rigoureuse exactitude de 13487 m, un observateur appuyait l'oreille contre l'embouchure d'un cornet acoustique dont le pavillon s'ouvrait à une profondeur égale à la profondeur d'immersion de la cloche. Ils mesurèrent un temps de 9,3986 s à la température de 8°C.



1. Quel est l'émetteur du son ?
2. Quel est le signal transmis par ce dispositif ?
3. Quel est le récepteur de ce signal ?
4. Quel autre type de signal est émis ?
5. Quel récepteur l'observateur doit-il utiliser ?
6. A quel moment l'observateur doit-il déclencher le chronomètre ?
7. A quel moment l'observateur doit-il arrêter le chronomètre ?



Exercice 4 : Mesure historique de la vitesse du son

Une des premières mesures de la vitesse du son est effectuée par Jacques-Philippe MARALDI et l'Abbé de LA CAILLE en 1738. Pour cela, ils utilisent un canon placé sur la tour de MONTLHERY (proche de BRETAGNY-SUR-ORGE) et observé depuis la butte Montmartre. L'opération se déroule la nuit, ce qui permet d'observer les flammes sortant du canon. Les deux lieux repérés sur la carte sont distants de 28,5 km et permettent, par temps clair, une visibilité à plus de 40 km en direction l'un de l'autre.

Le son est perçu par les personnes placées sur la butte Montmartre 84,5 s après avoir perçu le signal

Exercice 5 : Mesure de la vitesse du son dans les solides.

Les ultrasons sont utilisés dans l'industrie pour détecter les défauts dans les pièces métalliques : qualité des soudures, contrôle de l'épaisseur.....

Une sonde est positionnée au-dessus d'une pièce métallique et émet des ondes ultrasonores.

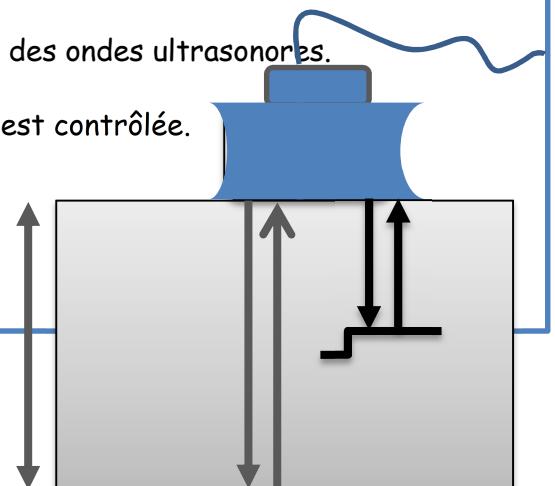
Lors d'un contrôle non destructif, l'épaisseur d'une plaque de plomb est contrôlée.

La plaque mesure 20 mm d'épaisseur.

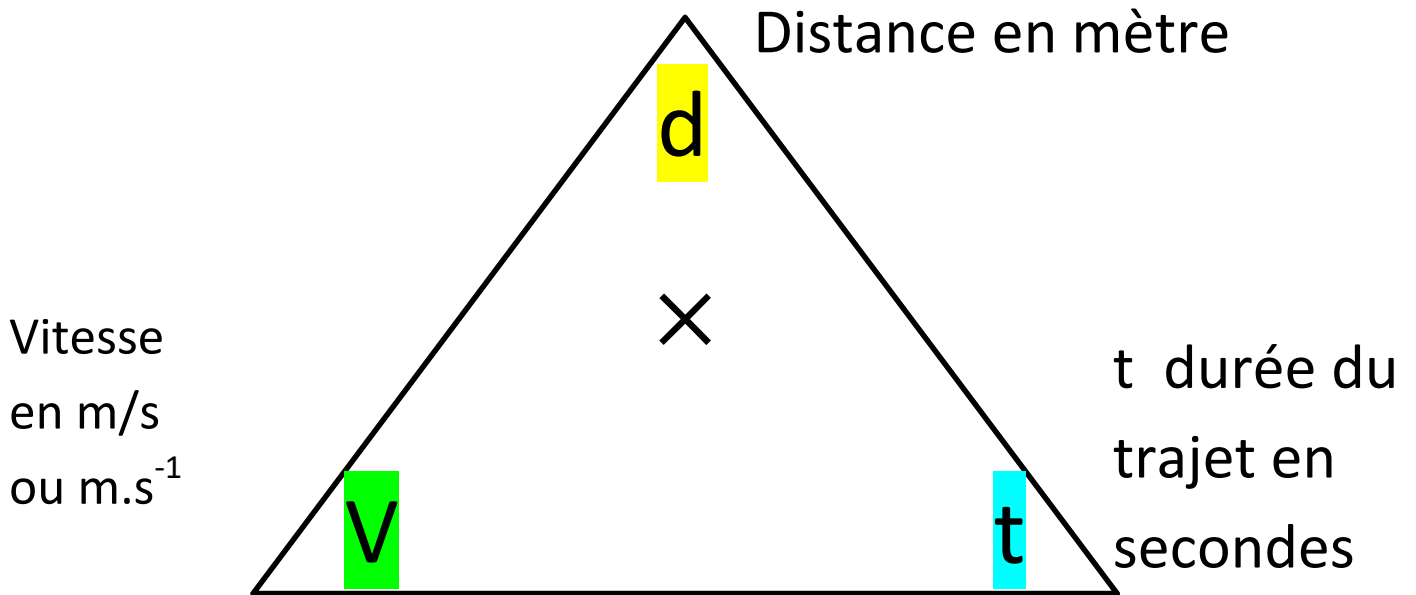
La vitesse du son dans le plomb vaut 2160 m/s.

Le signal sonore est reçu 11µs après son émission.

20 mm



Vitesses du son et de la lumière



$$d(\text{en m}) = v(\text{en m/s}) \times t(\text{en s})$$

$$v(\text{en m/s}) = \frac{d(\text{en m})}{t(\text{en s})}$$

$$t(\text{en s}) = \frac{d(\text{en m})}{v(\text{en m.s}^{-1})}$$

Vitesse de la lumière dans le vide **300 000 km/s**

Vitesse du son

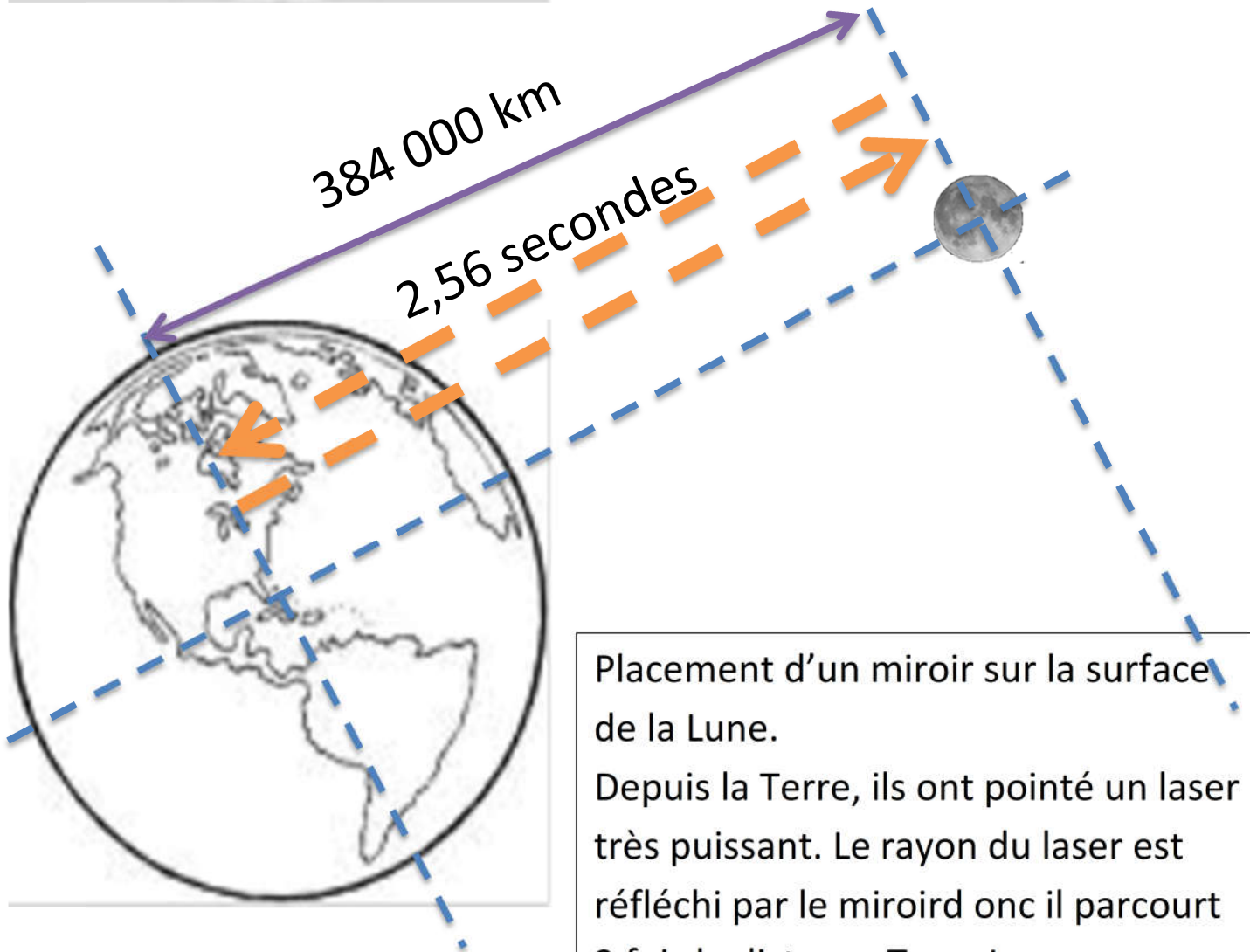
- dans l'air à 15°C et 1013hPa : **340m/s**

- dans l'eau **1500m/s**

- du granite **6200m/s**



Force d'attraction gravitationnelle à distance et réciproque
 $F(\text{Terre} \rightarrow \text{Lune}) = F(\text{Lune} \rightarrow \text{Terre})$



Placement d'un miroir sur la surface de la Lune.
Depuis la Terre, ils ont pointé un laser très puissant. Le rayon du laser est réfléchi par le miroir donc il parcourt 2 fois la distance Terre Lune

Calcul de la vitesse de la lumière :

Formule :

$$V \text{ (en m/s)} = \frac{d \text{ (en m)}}{t \text{ (en s)}}$$

Ici la distance vaut 384 000 km

Je sais 1 km vaut 1 000 m

alors d_1 (en m) = 384 000 000 m

Le rayon laser fait un aller-retour en 2,56s (réfléchi par le miroir sur la Lune) entre la Terre et la Lune alors la distance parcourue par le rayon vaut
 $d = \text{aller} + \text{retour}$

$$= 384\,000\,000 + 384\,000\,000$$

$$= 2 \times d_1 \text{ (en m)}$$

Je peux calculer la vitesse de la lumière

$$V \text{ (en m/s)} = \frac{d \text{ (en m)}}{t \text{ (en s)}}$$

$$= \frac{2 \times d_1 \text{ (en m)}}{t \text{ (en s)}}$$

Application numérique

$$= \frac{2 \times 384\,000\,000\,m}{2,56s}$$

$$= \frac{2 \times 384\,000\,000}{2,56} \times \frac{m}{s}$$

$$= \frac{2 \times 384\,000\,000}{2,56} m \cdot s^{-1}$$

$$= 300\,000\,000 m \cdot s^{-1}$$

$$1m = 0,001 km$$

$$= 300\,000 km \cdot s^{-1}$$

La vitesse de la lumière vaut

$$300\,000 km \cdot s^{-1}$$

La valeur précise

$299\,792,458 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$

Cette valeur est valable dans

le vide. IL N'EXISTE PAS DE

VITESSE PLUS ELEVÉE QUE LA

VITESSE DE LA LUMIÈRE DANS

LE VIDE.

Loi de la relativité d'EINSTEIN

la vitesse de la lumière est un

invariant et est une constante

physique.

Atmosphere
Jupiter's atmosphere, mostly hydrogen gas with some helium, extends upward for more than 3,100 miles (5,000 km) to merge with interplanetary space.

JUPITER STRUCTURE

GIGANTIC THOUGH JUPITER IS, THE MATERIALS THAT FORM THE PLANET ARE COMPARATIVELY LIGHT. DESPITE THIS, FORCES OF GRAVITATIONAL CONTRACTION DEEP INSIDE JUPITER TURN THE PLANET'S INTERIOR INTO A POWERHOUSE OF ENERGY.

While Jupiter's interior is almost entirely pure hydrogen, the planet's upper layers are enriched with more complex gases that form the well-defined striped atmosphere. Around 600 miles (1,000 km) below this apparent "surface," pressures are high enough to transform hydrogen gas into liquid. Some 12,500 miles (20,000 km) farther inward, pressure is so intense—many millions of times the atmospheric pressure on Earth—that it tears the hydrogen atoms apart, freeing their hold over electrons and causing the hydrogen to behave like liquid metal.

Within the planet, denser materials sink downward, while the lighter materials rise up. The power this generates allows Jupiter to pump out more energy than it receives from the Sun, mostly in the form of heat and radio waves. Huge electrical currents in the metallic hydrogen layer create the most powerful magnetic field of any planet in the solar system.

Jupiter has **2.5 times** the mass of all the other planets put together.

Core
The existence of a solid core at Jupiter's heart is unproven but likely. It could be the original seed around which the planet coalesced, or possibly a growing nucleus formed by Jupiter's ongoing contraction.

Liquid metallic hydrogen layer
Liquid hydrogen atoms break down under heat and pressure to create a layer of liquid metallic hydrogen. This fluid, produced under extreme conditions, never occurs naturally on Earth.

Liquid layer
Below Jupiter's cloud layer, increasing pressure gradually causes the planet's hydrogen to act like a liquid rather than a gas.

Temperatures at the center may be higher than 36,000°F (20,000°C), which is hotter than the surface of the Sun.

Swirling currents within the liquid metallic hydrogen layer generate a gigantic magnetic field around Jupiter.

Jupiter's upper layers contain a chemical cocktail that includes ammonia, methane, water, and hydrogen sulfide.

◀ **Jupiter's layers**
This model shows Jupiter's internal structure divided into sharply defined layers. However, the transformation of hydrogen from gas to liquid in the depths of the planet is gradual and no obvious meeting point marks the boundary between the phases.



Distance Soleil-Jupiter **778 412 000 km**

Distance **Soleil-Terre = 1UA = 150 000 000 km.**

Exprimer la distance entre le Soleil et la Terre en **UA** ou **Unité Astronomique**

	Soleil-Terre	Soleil- Jupiter
Distance en km	150 000 000 km	778 412 000 km
Distance en UA	1UA	$1 \text{ UA} \times \frac{778\,412\,000 \text{ km}}{150\,000\,000} = \mathbf{5,189 \text{ UA}}$

Distance Soleil-Mercure **57 000 000 km**

Distance Soleil-Venus **108 000 000 km**

Distance Soleil-Terre **150 000 000 km**

Distance Soleil-Mars **228 000 000 km**

Distance Soleil-Jupiter **778 412 000 km**

Distance Soleil-Saturne **1 426 000 000 km**

Je veux communiquer avec la sonde spatiale depuis la Terre quand celle-ci est proche de JUPITER.

Je sais que Distance Soleil-Jupiter = **778 412 000 km** et

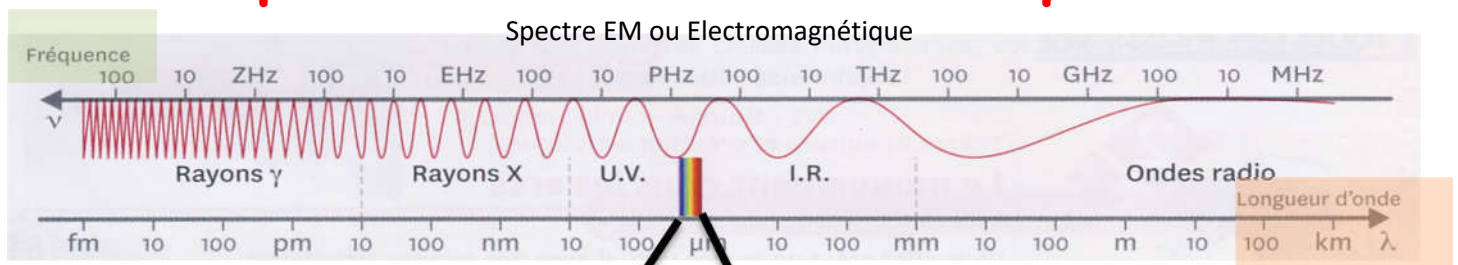
que Distance Soleil-Terre = **150 000 000 km = 1 UA**

J'en déduis que la distance

Terre- Jupiter = **778 412 000 km - 150 000 000 km = 628 412 000 km**

Je sais que les ondes radio se déplacent à $V = 300\,000 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$

Combien de temps faut-il à une onde radio pour atteindre la sonde ? Combien de temps faut-il à la sonde pour exécuter la commande de l'opérateur ?



Lumière visible
longueur d'onde λ
380nm et 800nm

F pour fréquence en Hertz
 λ lambda pour la longueur d'onde en m
c pour la vitesse de la lumière
 $f = \frac{c}{\lambda}$

1nanomètre vaut 0, 000 000 001 m

Je connais la formule exprimant la durée du trajet en fonction de la distance et de la

$$\text{vitesse : } t \text{ (en s)} = \frac{d(\text{en m})}{V(\text{en m.s}^{-1})}$$

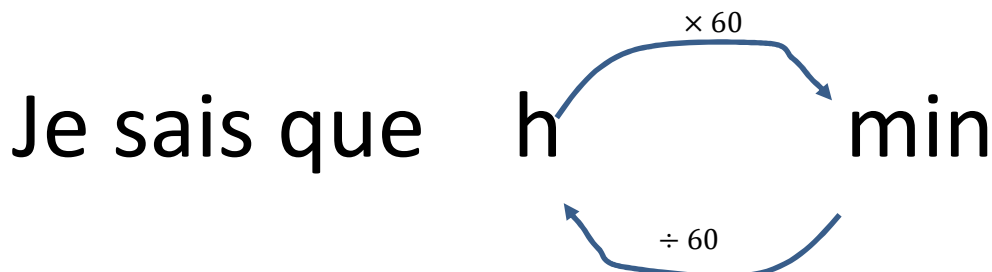
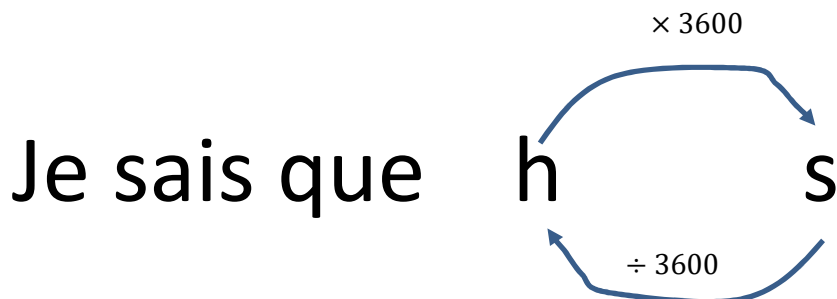
je sais que $d = 763\,412\,000 \text{ km}$

L'onde radio est une OEM $v = 299\,792\,458 \text{ m.s}^{-1}$

Application numérique

$$= \frac{763\,412\,000\,000 \text{ m}}{299\,792\,458 \text{ m.s}^{-1}} = 2\,546 \text{ s} = \frac{2\,546}{3600}$$

$$= 0,70 \text{ h} = 0,70 \times 60 = 42 \text{ min}$$



2^{ème} conséquence :

Une Année Lumière 1 AL est la distance parcourue par la lumière dans le vide durant une année terrestre 365,25j à la vitesse de 300 000 km/s.

Formule :

$$d(\text{en m}) = V (\text{en m/s}) \times t (\text{en s})$$

Je sais que $V = 300\,000\,000 \text{ m/s}$.

la durée vaut 365,25j → en secondes

1j terrestre vaut 24h

1 heure vaut 3600s

$$365,25 \text{ j} = 365,25 \times 24 \text{ h}$$

$$= 365,25 \times 24 \times 3600 = 31\,557\,600 \text{ s}$$

Calcul de 1 AL

$$\begin{aligned}1\text{AL} &= d = V \times t \\ &= 300\,000\,000 \times 31\,557\,600 \text{ s} \\ &= 3 \times 10^8 \times 3,1\,557\,6 \times 10^7 \\ &= (3 \times 3,1\,557\,6) \times 10^8 \times 10^7 \\ &= 9,46\,728 \times 10^{8+7} \\ &= 9,46\,728 \times 10^{15} \\ &= 9\,467\,280\,000\,000\,000 \text{ m} \\ &= 9\,467\,280\,000\,000 \text{ km}\end{aligned}$$

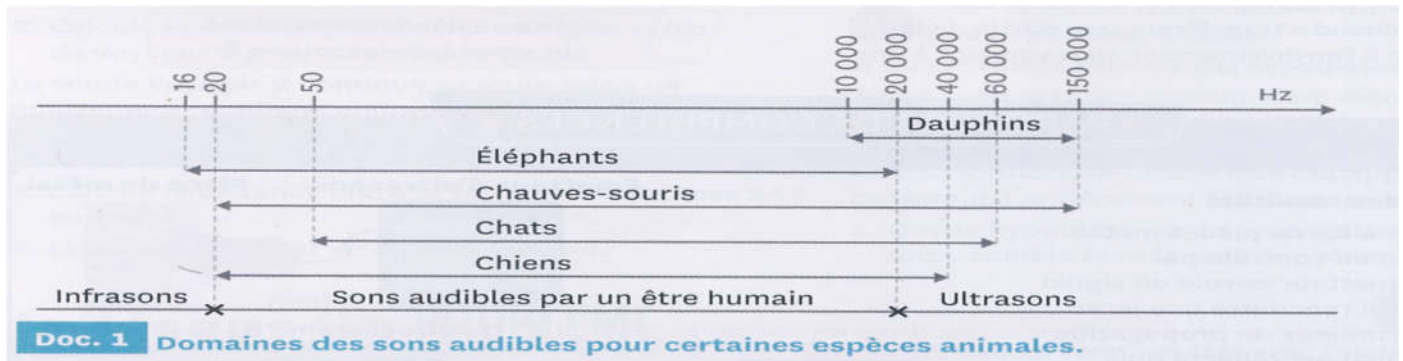
Si j'observe ALPHA CENTAURI **4,6 AL** est le système stellaire le plus proche de la Terre, il faut 4,6 années terrestre pour que la lumière atteigne la Terre..

Conséquence : les galaxies les plus lointaines et qui sont visibles (télescope) se situent à environ **13,7 Milliards d'années-lumière**. Nous regardons des « objets » qui n'existent plus.

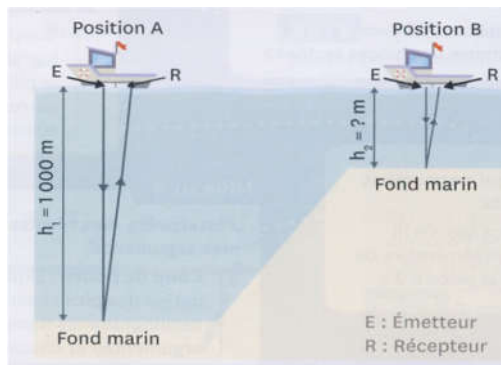
L'oreille humaine est sensible aux sons dont la fréquence f est comprise entre 20Hz et 20000 Hz ou 20kHz.

Si $f < 20$ Hz alors ce sont des infrasons

Si $f > 20$ kHz ce sont des **ultrasons**



Doc.2 : Le SONAR d'un bateau de pêche se situe à la position A. La profondeur du fond marin est de $h_1 = 1000$ m à cet endroit.



Doc.2 : Dans la position B, le SONAR mesure une durée de 0,04 s entre l'émission et la réception du signal sonore.

	Lumière	Son
Air	300 000 km/s	340 m/s
Eau de mer	225 000 km/s	1 500 m/s
Vide	300 000 km/s	-

Doc.3 : Vitesse de propagation de différents signaux en fonction du milieu

1. Calcule la durée entre l'émission et la réception du signal sonore dans la position A.
2. Calcule la profondeur du fond marin à la position B.

Vitesse V de la lumière dans un milieu :

$$V = \frac{c}{n}$$

Vitesse de la lumière dans le vide (pointant vers c)

Indice de réfraction n du milieu abordé dans le chapitre des lois de DESCARTES. (pointant vers n)

Indice de réfraction du milieu (pointant vers n)

1. Calcule la **durée** entre l'émission et la réception du signal sonore dans la position A.

$$t \text{ (en s)} = \frac{d(\text{aller-retour en m})}{V(\text{en m.s}^{-1})}$$

d représente la distance parcourue par l'onde ultrasonore elle fait un aller-retour

$$d = d(\text{bateau-fond marin}) + d(\text{fond marin-bateau}) \\ = 2 \times h_1 = 2 \times 1\,000 = 2\,000 \text{ m}$$

Je sais que la vitesse de l'onde ultrasonore **1 500 m/s**

Application numérique :

$$= \frac{2\,000}{1\,500} = 1,333 \text{ secondes}$$

2. Calcule la **profondeur** du fond marin à la position B.

$$d(\text{en m}) = V(\text{en m/s}) \times t(\text{en s})$$

Je sais que la vitesse de l'onde ultrasonore **1 500 m/s**

Je sais que la durée du parcours vaut $t = 0,04 \text{ s}$

Application numérique

$$d = V \times t = 1\,500 \times 0,04 = 60 \text{ m}$$

La distance parcourue par l'onde ultrasonore vaut

$d = 60 \text{ m} = 2 \times h_2$ avec h_2 la profondeur du plancher océanique.

$$h_2 = \frac{d(\text{aller-retour})}{2} = 30 \text{ m}$$

SOund NAvigation and Ranging (SONAR)