La lumière pour mesurer – Réponses aux questions

II. Une unité adaptée à l'astronomie : l'année-lumière

1. Définition et détermination

1. Pour calculer ce que représente une année-lumière en mètres, on utilise la relation entre vitesse, distance et temps $v=\frac{d}{t}$. On a donc $d=v\times t$.

Pour calculer la distance demandée, on remplace v par la vitesse de la lumière en $m\cdot s^{-1}$ et t par la durée d'une année exprimée en secondes.

Donc $1\ al=\underbrace{299792458}_{m\cdot s^{-1}}\times\underbrace{365{,}25\times24\times3600}_{\text{une année exprimée en secondes}}\simeq9{,}46\times10^{15}\ m$.

En kilomètres $1\ al\simeq9{,}46\times10^{12}\ km$.

2. En astronomie et astrophysique les distances mises en jeu sont très grandes. L'année-lumière simplifie leur écriture et fournit un résultat plus facile à interpréter et à se représenter.

2. Applications

a. Conséquences sur les observations astronomiques

1. On a vu que la distance Terre – Soleil était $D_{T-S}=1{,}50\times10^{8}\ km=1{,}50\times10^{11}\ m$.

À la vitesse de la lumière, cette distance se parcourt dans la durée $t=\frac{D_{T-S}}{c}$.

Application numérique : $t=\frac{1{,}50\times10^{11}}{3{,}0\times10^{8}}=500s$, soit $t=8\ min\ 20\ s$.

2. Exercice 36 page 137

a. Pour convertir la distance en kilomètres, on utilise la correspondance établie précédemment :

$1\ al\simeq9{,}46\times10^{12}\ km$

La distance qui nous sépare de la supernova est donc $D=1{,}7\times10^{5}\times9{,}46\times10^{12}=1{,}61\times10^{18}\ km$.

b. Par définition de l'année-lumière, la lumière de l'explosion a été observée sur Terre après avoir voyagé pendant $1{,}7\times10^{5}$ années, soit 170000 ans.

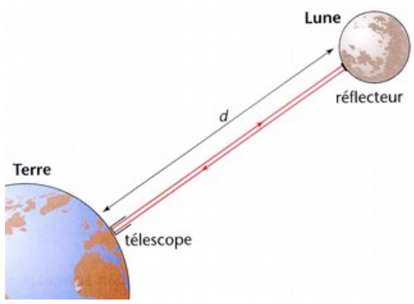
c. $1987-170000=-168013$, donc l'explosion de la supernova s'est produite en l'an -168013.

3. La phrase « En astronomie, regarder loin c'est regarder tôt. » exploite le fait que la lumière se propage à une vitesse qui n'est pas infinie. Plus les objets sont lointains, plus la lumière qui nous parvient a voyagé longtemps et on les observe tels qu'ils étaient à l'époque où est partie cette lumière. Les télescopes les plus puissants permettent donc de remonter loin dans l'histoire de l'Univers.

En revanche, il nous est impossible d'effectuer des observations en direct. Nous ne voyons jamais les astres tels qu'ils sont mais tels qu'ils étaient quand la lumière qui nous parvient a été émise.

b. La distance Terre-Lune mesurée au laser

1.



2. Dans la vidéo, on parle d'une durée de 2,56 s pour un aller-retour.

3. Si on note D_{T-L} la distance Terre – Lune, on a $\underbrace{2\times D_{T-L}}_{\text{aller-retour}}=c\times t$.

Donc $D_{T-L}=\dfrac{c\times t}{2}$. Application numérique : $D_{T-L}=\dfrac{299792458\times 2{,}56}{2}\simeq 3{,}84\times 10^{8}\,\text{m}\simeq 3{,}84\times 10^{5}\,\text{km}$.

Ce résultat est en accord avec la valeur mentionnée dans la vidéo.

4. Précision de la mesure

4.1. Dans des activités usuelles, un chronométrage sur Terre peut s'effectuer avec une précision d'un millième de seconde, soit $10^{-3}\,\text{s}$.

4.2. On cherche la distance que peut parcourir la lumière pendant cet intervalle de temps à l'aide de la relation $d=c\times t$. On prendra la valeur approchée de la vitesse de la lumière afin de simplifier le calcul.

$d=\underbrace{300000}_{\text{km}\cdot\text{s}^{-1}}\times 10^{-3}=300\,\text{km}$

Donc, avec une précision d'un millième de seconde sur la mesure du temps, on peut commettre une erreur sur la mesure de la distance Terre-Lune de 300 km.

4.3. La distance Terre-Lune est en fait mesurée au centimètre près. La précision de la mesure du temps se détermine en calculant la durée que met la lumière à parcourir cette distance de 1 cm.

$$t=\frac{d}{c}=\frac{\overbrace{10^{-2}}^{1\,\text{cm en m}}}{\underbrace{3{,}0\times 10^{8}}_{\text{m}\cdot\text{s}^{-1}}}\simeq 3{,}3\times 10^{-11}\,\text{s}$$

Pour effectuer des mesures précises à quelques centimètres près, il faut donc être capable de mesurer la durée du parcours de la lumière avec une précision de 10^{-11} à 10^{-10} s.

III. Viser pour mesurer – Le parsec

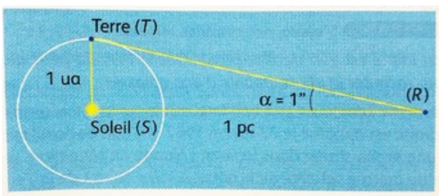
Exercice n°38 page 138

Question préliminaire : la définition du parsec repose sur un principe simple : un objet n'est pas vu sous le même angle si on déplace le lieu d'observation. On appelle ce phénomène la parallaxe. Vous le constatez facilement si vous visez avec votre doigt un objet avec votre œil droit. Si vous changez d'œil, votre visée n'est plus correcte.

Ces visées ne sont possibles que grâce à la propagation rectiligne de la lumière.

Correction de l'exercice :

a. D'après l'énoncé, 1 degré correspond à 60 minutes d'arc et une minute d'arc correspond à 60 secondes, donc $1''=\dfrac{1}{60\times 60}\simeq 2{,}78\times 10^{-4}\,°$.



b. Dans le triangle (RST), rectangle en S, on a la relation de trigonométrie suivante : $\tan\alpha=\dfrac{ST}{RS}$.

c. On a donc $RS=\dfrac{ST}{\tan\alpha}$, soit $1\,\text{pc}=\dfrac{ST}{\tan\alpha}$.

Application numérique : $1\,\text{pc}=\dfrac{\overbrace{1{,}5\times 10^{8}}^{\text{Distance Terre-Soleil}}}{\tan\left(2{,}78\times 10^{-4}\right)}\simeq 3{,}09\times 10^{13}\,\text{km}$.

d. En années-lumière : $1\,\text{pc}=\dfrac{3{,}09\times 10^{13}}{9{,}46\times 10^{12}}\simeq 3{,}27\,\text{al}$.