

# Chapitre 3 - Les longueurs à l'échelle astronomique

## I. Description du système solaire

Notre système solaire est composé d'une étoile (le Soleil), de 8 planètes, qui gravitent autour du soleil et d'objets célestes, tels que les astéroïdes, les comètes, les satellites etc...

	<b>Planètes telluriques</b>	<b>Planètes gazeuses</b>
<b>Distance du soleil</b>	Proches	Lointaines
<b>Taille</b>	Petites	Grandes
<b>Nom des planètes</b>	Mercure, Venus, la Terre, Mars	Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune
<b>Atmosphères - Gaz</b>	Les gaz se sont évaporés du fait de la chaleur. La Terre a conservé une mince couche de gaz: L'atmosphère.	L'hydrogène et l'hélium se sont maintenus et ont formé des planètes géantes gazeuses.
<b>Satellites - Anneaux</b>	La lune est un satellite naturel de la Terre	Beaucoup de satellites et d'anneaux

## II. Notre galaxie

Le soleil fait parti d'un amas d'étoile nommé galaxie. Notre galaxie est la Voie Lactée. Elle comporte plusieurs centaines de milliards d'étoiles (environ 200 milliards), dont 8000 sont visibles à l'œil nu depuis notre planète.

La voie lactée est une galaxie spirale (forme de spirale plate). L'ordre de grandeur de son diamètre est de  $10^5$  années lumières.

L'étoile la plus proche du système solaire est Proxima du Centaure est à une distance de 4,3 a.l.

## III. L'univers

L'univers contient un très grand nombre de galaxies (des milliards), elles mêmes regroupées en amas. La galaxie la plus proche de la Terre est le Grand Nuage de Magellan (150000 a.l.) et la galaxie spirale la plus proche de la Terre est la galaxie d'Andromède ( $2,25 \cdot 10^6$  a.l.).

## IV. Les unités adaptées à l'échelle de l'univers

Les distances à l'échelle cosmique étant considérables, les unités de longueurs utilisées sur Terre ne sont plus adaptées.

### 1. A l'intérieur du système solaire

Pour tout ce qui se passe à l'intérieur du système solaire, on utilise une unité spécifique, l'Unité Astronomique, notée U.A.

L'unité astronomique est la distance moyenne entre le centre de la Terre et le centre du Soleil.

$$1 \text{ U.A.} = 1,5 \cdot 10^8 \text{ km}$$

# Chapitre 3 - Les longueurs à l'échelle astronomique

---

## 2. A l'échelle de l'univers

Pour décrire la taille de l'univers, on est obligé d'utiliser une autre unité de longueur: L'**année lumière notée a.l.**

**Dans le vide, dans l'air et d'une manière générale, dans tout milieu transparent et homogène, la lumière se propage en ligne droite.** Un milieu homogène est un milieu qui possède les mêmes propriétés en tout point.

On représente le trajet de la lumière dans un milieu homogène par une ligne droite fléchée dans le sens de la propagation.

**Définition:** L'année lumière (a.l.) est la **distance parcourue par la lumière dans le vide pendant une année.** C'est une unité de longueur et non de temps.

Depuis les travaux d'Albert Einstein, on postule que la vitesse de la lumière dans le vide est notée  $c$  (célérité). **C'est une constante physique** qui vaut  $299792458 \text{ m.s}^{-1}$ .

**C'est une vitesse limite dans l'univers.** C'est-à-dire que la vitesse d'un objet peut croître jusqu'à la valeur  $c$ , mais ne pourra jamais la dépasser. Dans l'air la vitesse de propagation de la lumière est pratiquement égale à  $c$  quoique légèrement inférieure. C'est pourquoi on notera:

$$c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

$$c = 3,0 \cdot 10^5 \text{ km.s}^{-1}$$

La vitesse de la lumière dépend du milieu dans lequel elle se propage ; dans les milieux matériels transparents, comme par exemple l'air, l'eau ou le verre, elle est toujours inférieure à  $c$  mais elle reste du même ordre de grandeur : Dans l'air en particulier, on peut considérer qu'elle est la même que dans le vide.

La célérité de la lumière dans l'air est voisine de sa valeur dans le vide :  $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

### Par conséquent:

La lumière parcourt une distance égale à  $3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ . Une année représente 365 jours de 24 h, où une heure correspond à 3600 sec.

$$1 \text{ a.l.} = c \cdot t$$

$$1 \text{ a.l.} = 3,0 \cdot 10^8 \times 365 \times 24 \times 3600 = 9,46 \cdot 10^{15} \text{ m.}$$
 D'ou avec 2 chiffres significatifs:

$$1 \text{ a.l.} = 9,5 \cdot 10^{15} \text{ m}$$

$$1 \text{ a.l.} = 9,5 \cdot 10^{12} \text{ km}$$

## Chapitre 3 - Les longueurs à l'échelle astronomique

### V. Le vide spatial

Le diamètre de la Terre est d'environ 12800 km et celui de la Lune de 3500 km. La distance moyenne Terre-Lune est égale à 384000 km. Elle varie autour de cette valeur puisque l'orbite n'est pas un cercle mais une ellipse. Le diamètre du Soleil est près de 110 fois celui de la Terre. Vu son éloignement, le Soleil nous apparaît cependant de la même taille que la Lune : Leurs diamètres apparents sont identiques.

Le système solaire est essentiellement constitué de vide : La distance moyenne Terre-Soleil est ainsi égale plus de 11000 fois le diamètre de la Terre.

Il y a entre 1 et 1000 milliards d'atomes par  $m^3$  dans l'espace.  
Soit entre  $10^9$  et  $10^{12}$  atomes par  $m^3$  de vide contre  $10^{25}$  par  $m^3$  d'air

Un milieu interstellaire est de structure essentiellement lacunaire. A l'échelle cosmique, la matière a une structure aussi lacunaire. En bref l'espace est essentiellement constitué de vide.

Exemple :

A l'échelle humaine : Si la Terre avait la taille d'une tête d'épingle ( $\approx 10^{-3}$ ), le soleil aurait la taille d'un pamplemousse ( $\approx 10^{-1}$ ), situé à 10 m. Pluton serait un grain de sable à 400 m et l'étoile la plus proche serait à 3000 km

### VI. Voir loin, c'est voir dans le passé

La lumière parcourt 1a.l. en 1 an, soit  $9.5 \cdot 10^{15}$  m. De ce fait, lorsque nous observons la galaxie d'Andromède située à  $2.25 \cdot 10^6$  a.l. Nous la voyons telles qu'elle était il y a  $2.25 \cdot 10^6$  années, soit le temps qu'a mis la lumière émise par cette galaxie pour nous parvenir.

### VII. Activités

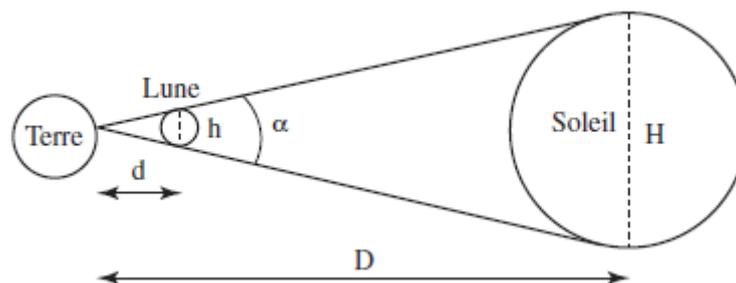
#### 1. Mesure d'angle et de diamètre apparent

Le diamètre apparent d'un objet est l'angle dont le sommet est l'oeil de l'observateur et dont les cotés passent par les « bords » les plus éloignés de l'objet.

Si le diamètre apparent, noté  $\alpha$  est un petit angle (moins de 10 degrés), on peut le calculer en appliquant la formule :

$$\tan \alpha = \frac{\text{Diamètre réel de l'objet}}{\text{Distance entre l'objet et l'oeil}} \quad (\text{Voir le schéma ci-après})$$

Vue de la Terre, la Lune semble aussi grosse que le Soleil. Lors d'une éclipse totale de Soleil, les deux astres ont le même diamètre apparent égal à un demi-degré environ.

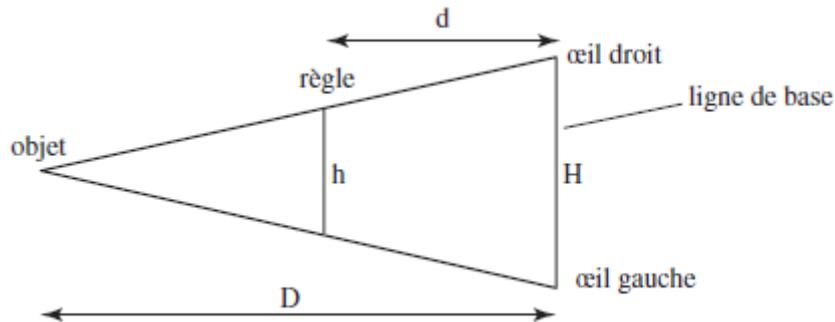


## Chapitre 3 - Les longueurs à l'échelle astronomique

Comme le diamètre réel du Soleil est 400 fois plus grand que celui de la Lune ; on peut en déduire que la distance Terre-Soleil est aussi 400 fois plus grande que la distance Terre-Lune :  $\frac{H}{h} = \frac{D}{d} = 400$

### 2. Mesure d'angles et parallaxe

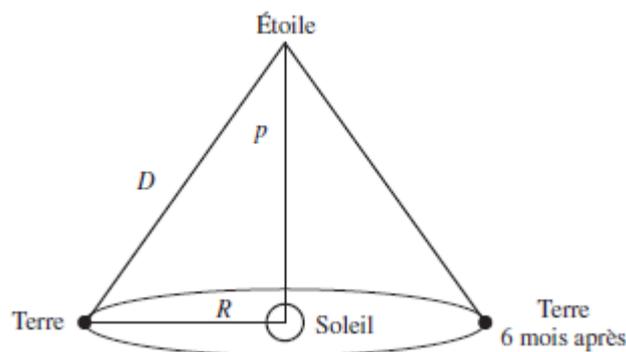
La parallaxe entre deux yeux apparaît lorsque l'on vise un objet avec un œil, puis avec l'autre à l'aide d'une règle immobile. L'objet n'apparaît pas au même endroit avec chaque œil. La ligne existant entre les deux yeux s'appelle la ligne de base.



#### Exemple :

La parallaxe est l'angle  $p$  entre les directions de visée d'un objet observé depuis deux points différents: La ligne tracée entre les points d'observation est la ligne de base.

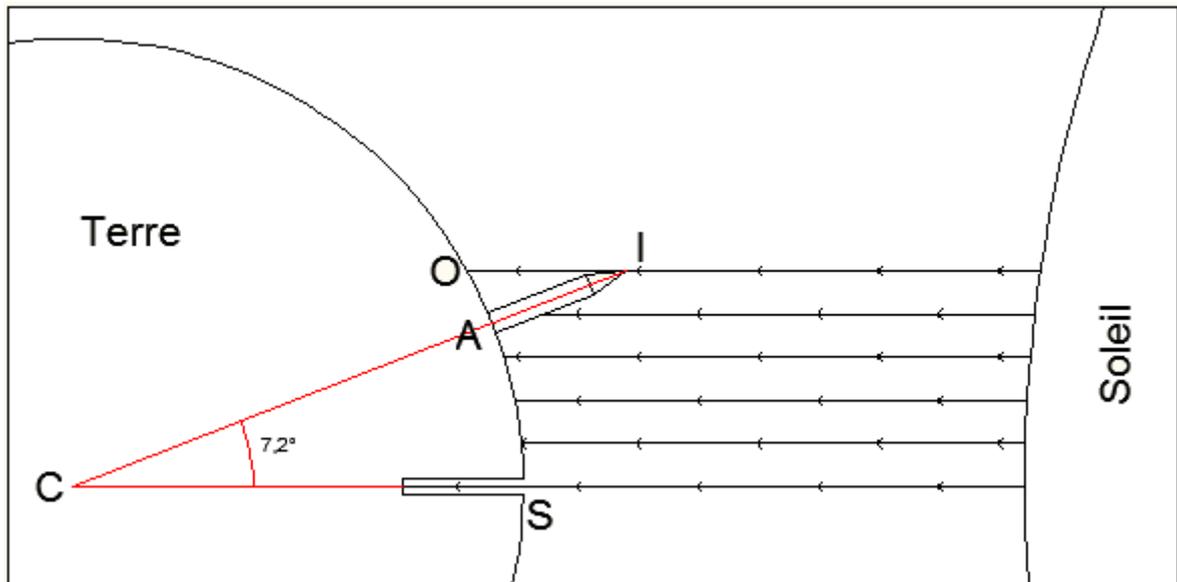
En astronomie, la parallaxe  $p$  d'une étoile est la moitié de l'angle entre deux visées effectuées à 6 mois d'intervalle. La ligne de base est alors la ligne reliant la Terre au Soleil.



En 1838, l'astronome allemand Bessel observe l'étoile 61 du Cygne à six mois d'intervalle; il a déterminé sa parallaxe ( $p = 0,3^\circ$ ) et, connaissant le rayon de l'orbite terrestre, en a déduit sa distance  $D$  à la Terre :

$$\sin p = \frac{R}{D} \Rightarrow D = \frac{1,5 \cdot 10^8}{\sin(0,3^\circ)} = 10^{14} \text{ km}$$

### 3. Mesure du rayon de la Terre



Le jour du solstice à midi à Siene, Eratosthène s'aperçoit qu'il n'y a pas d'ombre dans le puits à

Données connues :

- Distance de l'ombre OA
- Hauteur de l'obélisque AI
- Distance SA (mesurée à 5000 stades environ 785,5 km)

Dans le triangle AOI, rectangle en A je peux dire que :

$$\tan \widehat{OIA} = \frac{AO}{AI}$$

On obtient finalement l'angle  $\widehat{OIA} = 7,2^\circ$ . Or  $\widehat{OIA}$  et  $\widehat{ACS}$  sont des angles alternes-internes. Donc  $\widehat{ACS} = 7,2^\circ$

Je cherche CS le rayon de la Terre :

360° → Circonférence de la Terre notée y  
7,2° → SA (785,5 km)

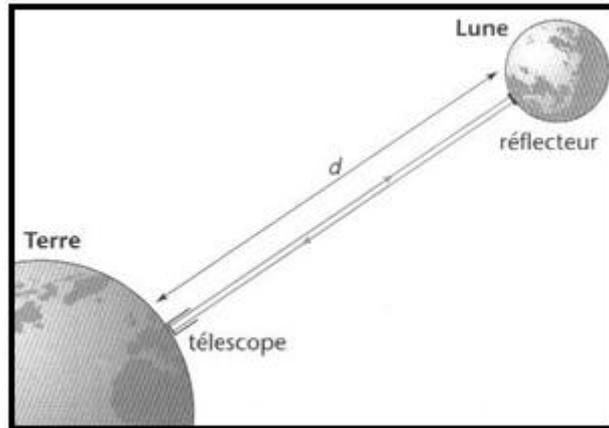
$$\text{D'où } y = \frac{360 \times SA}{7,2} = \frac{360 \times 785,5}{7,2} = \mathbf{39275 \text{ km}}$$

$$\text{Je sais que } y = 2 \cdot \pi \cdot R = 2 \cdot \pi \cdot CS \text{ alors : } CS = \frac{y}{2 \cdot \pi} = \frac{39275}{2 \cdot \pi} = \mathbf{6250 \text{ km}}$$

**Le rayon de la Terre est donc égal à 6250 km d'après les mesures d'Eratosthène.**

### 4. La technique de l'écho-laser

Pour mesurer la distance Terre-Lune, nous utilisons un laser à impulsion. Une impulsion lumineuse est émise de la Terre et se propage jusqu'à la Lune vers un grand réflecteur (des coins de cubes). Une partie du faisceau lumineux est alors renvoyée vers la station émettrice. Une partie du faisceau lumineux est alors renvoyée vers la station émettrice.



Soit  $d$  la distance entre la Terre et la Lune.

Soit  $c$  la célérité de la lumière.

Soit  $\Delta t$  le temps que met le signal pour faire un aller-retour.

$$d = \frac{\Delta t \cdot c}{2}$$