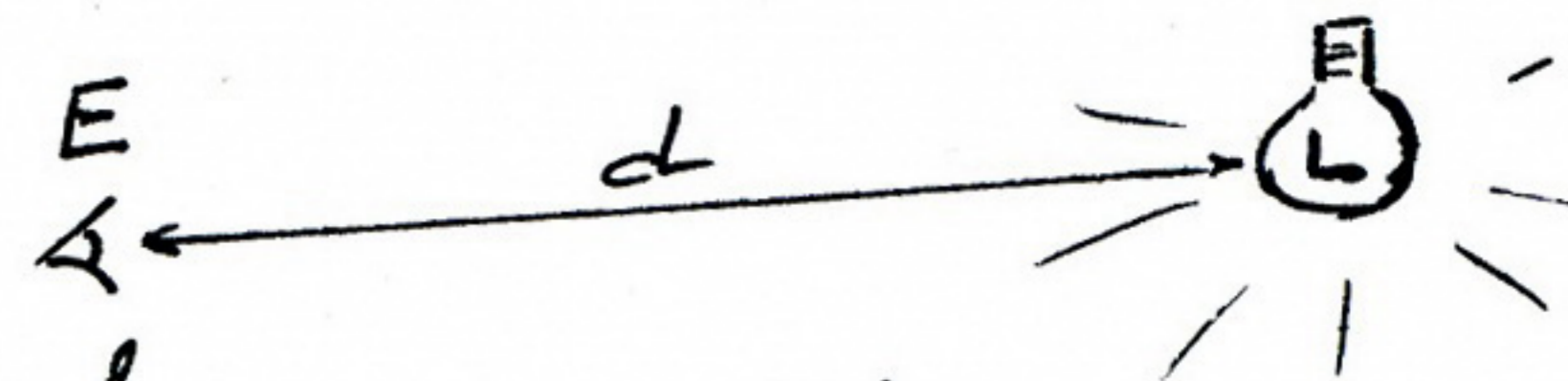


l'œil ou le capteur ne reçoit qu'une toute petite partie (ou surface en  $m^2$ ) de la grande sphère de lumière rayonnée par la source lumineuse (surface de la sphère à la distance  $d$  de la source :  $4\pi d^2$ )



Ex: le soleil rayonne à peu près  $4 \times 10^{26} W = L_{\odot}$ , un capteur hors atmosphère ne perçoit que  $1400 W/m^2 = E_{\odot}$

$$E = \frac{L}{4\pi d^2}$$

$E$  : Eclat ou intensité lumineuse reçue par l'observateur ou le capteur (en Watt/ $m^2$ )  
 $L$  : Luminosité ou puissance lumineuse rayonnée dans toutes les directions par une source lumineuse (en Watts)  
 $d$  : distance de la source lumineuse à l'observateur ou au capteur

Pour traduire les 6 grandeurs d'étoiles utilisées par les anciens en magnitudes apparentes  $m = -2,5 \log E + Cte$  ( $m_2 - m_1 = 2,5 \log \frac{E_1}{E_2}$ )  
 de la 1<sup>ère</sup> grandeur  $m_1 = 0$  à la 6<sup>ème</sup> grandeur  $m_2 = 5$  ou  $\frac{E_1}{E_2} = 100$

la magnitude absolue  $M$  est la magnitude apparente d'une source lumineuse située à 10 pc

Calcul du module de distance

$$m - M = -2,5 \log \frac{L}{4\pi d^2} + 2,5 \log \frac{L}{4\pi \cdot 10^2}$$

$$m - M = 2,5 \log \frac{d^2}{10^2}$$

$$m - M = 5 \log d - 5$$

$d$  est exprimée en parsec (1 pc = 206 265 ua soit 3,26 al)

comparaison des diagrammes HR

Distances des amas ouverts

Distances des amas globulaires

répétition dans un halo autour du centre galactique (jusqu'à 300 000 al)

Etoiles jumelles parallaxe spectro.

$$m_1 - m_2 = 5 \log \frac{D_1}{D_2}$$

$$\text{ou } \frac{D_1}{D_2} = 10^{\frac{m_1 - m_2}{5}}$$

RR Lyrae

parallaxe séculaire ou statistique

petites étoiles variables ( $\frac{1}{2} P_0$ )  
 à cœur d'hélium  
 $z$  faible  
 $P \leq 1j$

Relation période-luminosité

$$\langle M \rangle = a \log P + b$$

Céphéides galactiques et des N.M.

$$\text{ou } L(L_0) = 400P \text{ (I)}$$

$$= 100P \text{ (II)}$$

Diagramme HR

spectres des étoiles

**Etoiles**  
 Détermination de  $d$ ,  $L$  ou  $M$

mesures de  $m$  et  $P$

$L$  ou  $M$   
 $T$  ou Couleur

le meilleur indicateur de distance car les céphéides de population I sont des supergéantes visibles de très loin. En 1912 Henrietta Leavitt a étudié celles du petit nuage de Magellan pour établir la relation période-luminosité.

$$E = \frac{L}{4\pi d^2}$$

$$\updownarrow$$

$$m - M = 5 \log d - 5$$

photométrie  
 mesure de  $E$  ou  $M$

Distances dans le système solaire

parallaxe trigo.

Distances des étoiles proches

$$1 \text{ pc} = 206\,265 \text{ ua soit } 3,26 \text{ al}$$

l'unité astronomique: 1 u.a. = 149,6 millions de km (maintenant connue à 30 m près)

le parsec (pc) = distance à partir de laquelle on intercepte le demi-grand axe de l'orbite terrestre (1 u.a.) sous un angle de 1" de degré

Étude spectrale (optique)  
élargissement des raies

vitesse agitative des étoiles des galaxies elliptiques

Vitesse maximale de rotation des galaxies spirales

Étude spectrale (Radio)  
raie 21cm de l'hydrogène neutre

**Galaxies**  
Détermination de d, L ou M

Paper-Jackson  
 $-M = a \log V_m + b$

Tully-Fisher  
 $-M = a \log V_m + b$

mesures de  $m$  et  $P$

Cepheids extragalactiques

$K = \frac{D}{d}$   
mesure de  $x$

$D$  diamètre des régions HII

$M = -19,5$

SN Ia  
explosions d'étoiles  
Novae

→ les supernova de type Ia est une "chandelle cosmique" c'est l'explosion d'une naine blanche qui a atteint la masse critique de Chandrasekhar (1,44 fois celle du soleil en accrétant la matière d'une géante voisine)

Hubble, grâce aux céphéides situées dans les galaxies, constate que celles-ci s'éloignent de nous proportionnellement à leur distance.  
Loi de Hubble

$V = H_0 d$

Mesure de  $z$ :  
le décalage vers le rouge ou REDSHIFT

effet Doppler-Fizeau:

$z = \frac{\lambda_o - \lambda_e}{\lambda_e} \approx \frac{V_r}{c}$  (si  $V_r \ll c$ )  
 $\lambda_o$  ← longueur d'onde observée  
 $\lambda_e$  ←  $\lambda$  à l'émission  
 $V_r$  ← vitesse radiale de la source lumineuse  
 $c$  ← vitesse de la lumière

ou

effet de dilatation de l'espace-temps dans un univers en expansion  
 $1 + z = \frac{R_o}{R_e} = \frac{\lambda_o}{\lambda_e} = \frac{1 + \frac{V_r}{c}}{\sqrt{1 - \beta^2}} = 1 + z$  ← relativiste

"constante" de Hubble →  $H = \frac{R'(t)}{R(t)}$

$50 < H_0 < 100 \text{ km.s}^{-1} \cdot \text{Mpc}^{-1}$

← facteur d'échelle de l'univers

pour les galaxies très lointaines

$m - M = 5 \log d + 25$  si  $d$  en Mpc

$z=1 \Rightarrow \frac{R_o}{R_e} = 2 \Rightarrow$  les dimensions de l'univers ont été multipliées par 2 depuis l'émission

$z=9$  correspond à un univers 10 fois plus petit ( $R_e$ ) que maintenant ( $R_o$ )

$z \rightarrow \infty$  c'est l'univers primordial le "Big bang" (il y a 13,7 milliards d'années)

$z = 1100$  (380 000 ans après le B.B.) l'univers devient transparent