

Chapter 1

Introduction

1.0.1 Introduction

- Astrologie \implies art, pas une science
- Astronomie \implies science d'observation et de mesures
- Cosmologie \implies etude de la structure et de l'evolution de l'univers
- Astrophysique \implies les lois de physique vs observation

1.0.2 Les unites de distance

- unite astronomique (U.A.) : $1\text{U.A} = 1,5 \times 10^{11}m$ (pour des distances dans le systeme solaire)
 $1\text{U.A} = \text{distance moyenne entre Terre soleil}$
- annee lumineuse (a.l.) : $1\text{a.l.} = 63240\text{U.A.} = 9,46 \times 10^{15}$ (distances entre etoiles dans la meme galaxie)
- parsec (pc) : $1\text{pc} = 3,26\text{a.l.} = 3,1^{16}m$ (distances entre galaxies)

1.0.3 Systeme solaire et planetes

- soleil
- mercure
- venus
- Terre
- mars
- jupiter
- saturne
- uranus
- neptune
- pluto

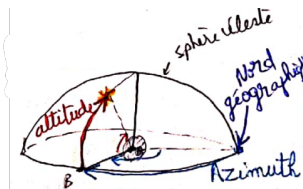
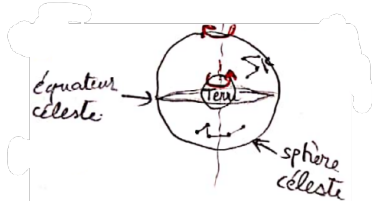
Notes :

- La zone habitable dans le systeme solaire et entre Venus et Mars
- Tous qui est plus loin que Neptune est considere (trans neptunian objects)
- Notre (systeme solaire) il est a 8 Kpc du centre de la galaxie

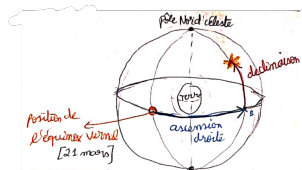
Chapter 2

Sphere celest

- Sphere celeste
Geocentriquement , La terre se trouve dans une sphere celeste , les etoiles semblent etre fixes sur cette sphere qui tourne autour de la terre
La terre tourne de ouest ver l'est , la sphere celeste apparait en rotation d'est vers l'ouest autour de l'axe de la terre
l'axe de la terre est pinte vers polaris , avec une difference de 0,75 degree
- Pour determiner les coordonnees d'une etoile sur la sphere celeste , on a 2 type de coordonnees
 - coordone locales (altitude , azimuth)



- coordone equatorials (declinaison , ascension droite)



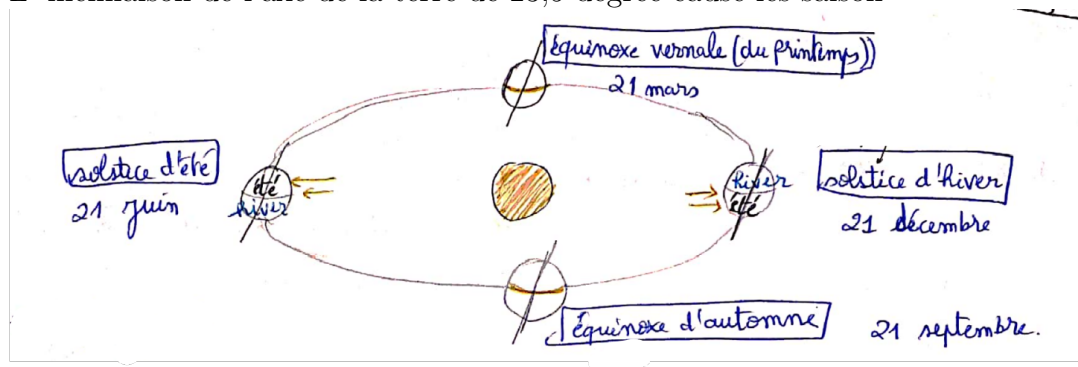
- Notation important
 - Constellation : groupe d'étoiles voisines , presentant une figure conventionnelle determinee , a laquelle on a donne un nom particulier
 - Amas (clusters) : groupe d'étoiles liees par gravite
 - asterisme : sous-groupe d'étoiles d'une constellation
 - etoilles (constellations) circompolaires: ne descendent jamais sou l'horizon et peuvent etre vus toute l'annee
 - U.I.A. : International Astonomical Union, designe 88 constellations dans tout le ciel
 - eliptique : le trajet de rotation de laterre autour du soleil
Note : la terre est incline par 23.5 degree \implies l'eciptique est incline par 23,5 degree par raport a l'equateur celeste
 - Zodiac : ce sont 12 constellation de les 88 , les plus proches des d'ecliptique , qui sont a de largeur (18 degree (8 (desous de l'ecliptique)+ 8 (dessus de l'ecliptique) + 2 (pour l'erreur)))
 - Nominisatoin des l'étoiles selon la brillance : $\alpha \implies$ la plus brillante , $\beta \implies$ la seconde brillante ...

Chapter 3

Les saisons

- Mouvement de la terre
 - Rotation (autour de son axe)
 - Revolution (autour du soleil)
- annee terrestre : temps mis par la terre pour effectuer 1 tour autour du soleil (365,25 jours)
- Jour terrestre
 - Jour sideral : 23h 56 min : temps mis par la terre pour effectuer 1 cycle complet autour de son axe
 - Jour solaire : 24 h : temps aubout duquel la terre retrouve sa position precedente par rapport a la soleil
$$J_{\text{solaire}} = J_{\text{sideral}} + 4$$
- La duree du jour solaire sur une planete : $\frac{1}{J_{\text{solair}}} = \frac{1}{J_{\text{sideral}}} - \frac{1}{A_{\text{sideral}}}$
 - Si $J_{\text{solair}} > 0 \implies$ rotation de planete est anticlock wise
 - Si $J_{\text{solair}} < 0 \implies$ rotation de planete est clock wise

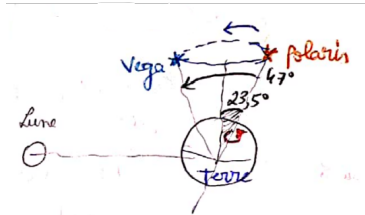
- L'inclinaison de l'axe de la terre de 23,5 degré cause les saisons



- Pendant l'équinoxe le jour = le nuit
- Pendant le solstice d'hiver le jour < le nuit
- Pendant le solstice d'été le jour > le nuit

- La Terre et lune

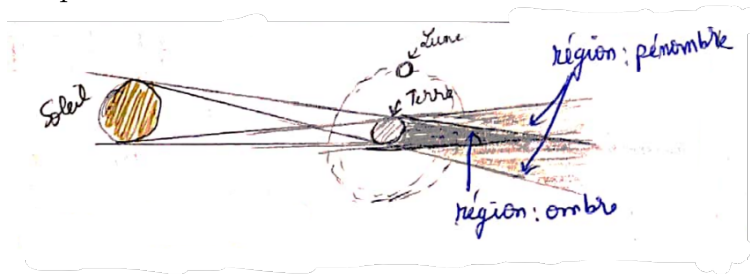
Il existe entre la terre et la lune une force d'attraction, maintenant, l'axe de la terre pointe vers polaris, dans 13 000 ans, il pointera vers Vega



Chapter 4

Les eclipses

- Eclipse lunair



- penombrale : la lune est dans le penombre
- partielle : partie de la lune est dans l'ombre, l'aure partie dans le penombre
- total : la lune entiere est dans l'ombre

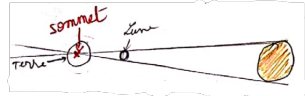
Condition de l'eclipse lunaire :

- lune dans la phase "plaine lune"
- Soleil , Terre et Lune alignes sur la ligne node

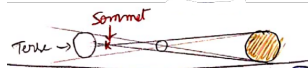
- Eclipse solaire



- totale : Le sommet du cone d'ombre est sur ou au dessous de la terre



- annulaire : le sommet du cone d'ombre est au dessus de la terre



Condition de l'eclipse solaire

- lune dans la phase " Nouvelle lune "
- Lune Soleil , Terre alignes

Note : Chaque 5,4 mois il y aura une eclipse (lunaire ou solaire) a un endroit de la terre

- La periodicite des eclipses : cycle saros

Chaque eclipse appartient a une serie de Saros .

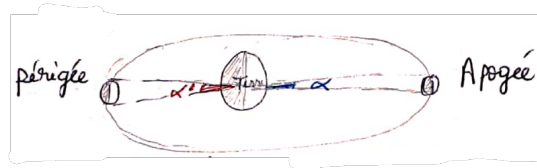
Cycle de Saros :

- la meme eclipse se pase a une periode de $18 \text{ ans} + (11 - \frac{1}{3}) \text{ jours} = 223 \text{ mois lunaires}$
- ces eclipse ne se produisent pas exactement au meme endroit au cours des cycle de saros
- apres 3 saros , une eclipse se produit sur la meme partie de la terre

Chapter 5

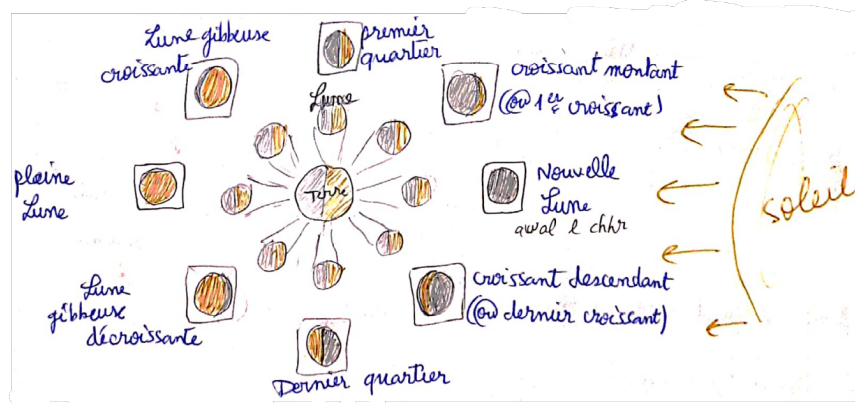
Mouvement de la lune et ses phases

- L'orbite de la lune est elliptique :



- Quand la lune est en perigee , le diametre apparent (l'angle de vision) augmente ($\alpha' > \alpha$) \Rightarrow on voit la lune plus grande
- La rotation de la lune autour de son axe est lente (27 jour)
- Puisque la periode de revolution de lune et la periode de rotation sont a peu pres egales \Rightarrow on voit une face unique de la lune
- mois lunaire :
 - mois siderale : pour faire un cycle complete autour de la terre (27,3 jour)
 - mois synodique : l'intervalle entre deux nouvelles lunes (29.5 jour)

- les phases de la lune



Phase	Lever de la lune	coucher de la lune
Nouvelle lune	aube	coucher du soleil
1er quartier	midi	minuit
pleine lune	coucher du soleil	aube
dernier quartier	minuit	midi

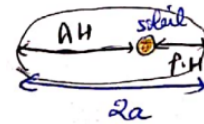
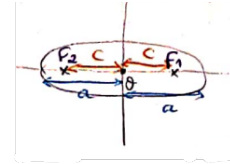
Chapter 6

Lois des Kepler

- On a 3 lois de Kepler :
 - Les trajectoires planètes sont elliptiques

F1, F2 sont des foyers
 $e = \frac{c}{a}$ est l'excentricité d'une ellipse

$$2a = AH + PH \begin{cases} AH = a(1 + e) \\ PH = a(1 - e) \end{cases}$$



- Aires égales pendant des temps égaux \Rightarrow La vitesse de la terre est plus grande en périhélie et plus petite en Aphélie



- $\boxed{\frac{r^3}{T^2} = \frac{G \cdot M}{4\pi^2}}$ avec $r = a$ en général, T est la période sidérale

Si M = masse solaire alors

- * on étudie une planète autour du Soleil
- * r en U.A.
- * T en années
- * dans ce cas on aura $\frac{G \cdot M}{4\pi^2} = 1 \Rightarrow \frac{r^3}{T^2} = 1$
- vitesse de satellisation ou vitesse orbitale
 Pour une planète de masse (m) qui tourne autour d'une autre de masse (M) on a :
 $v_{\text{sat}} = v_{\text{orb}} = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}}$ avec r est la distance à partir du centre de (M) à (m)
- Vitesse de libération
 pour que la planète de masse (m) qui tourne autour de (M) libère de sa orbite :
 $v_{\text{lib}} = \sqrt{\frac{2G \cdot M}{r}} = \sqrt{2} v_{\text{sat}}$

Chapter 7

Instruments Astronomiques

- Tout instrument astronomique a ces 2 elements essentiels
 - primaire =l objective = collecteur (peut etre une miroir ou lentille)
role : collecte la lumiere du ciel
plus que le diametre de collecteur est grand on collect plus de lumier \implies
plus efficacite
 - oculair (eyepiece) c' une lentille qui grossit les objets
- Les jumelles (Binoculars)
Caracterstiques
 - grossissement G (ou δ)
 - objectif de diametre : D ; 15cm
 - Notation : $G \times D$
- Telescope On a 2 types selon le type du l'objectif
 - Telscope refracteur (tube optique , lunette astonomique)
l'objectif est une lentille
Grandissement : $G = \frac{F}{f}$ avec $\begin{cases} F : \text{distance focale du primaire} \\ f : \text{distance focale de l'oculaire} \end{cases}$
 - Telescope Reflecteur (Telscope)
l'objectif est une miroir et on a un miroir secondaire aussi
on a 3 types de ce telescope selon la nature du miroir secondair
 - * Newton : miroir secondaire plan
 - * Cassegrin : miroir secondair convexe
 - * Gregory : miroir secondaire concave

- La magnitude visuelle maxiamle (m) qu'un telescope de diametre (D) peut detecter est : $m = 2,7 + 5 \log(D)_{\text{mm}}$

- La limite de resolution (α) : c'est la plus petit grandeur angulaire que peut distinguer un telscope (la capacite d'un système optique de mesure) d'equation $\alpha'' = \frac{2,5 \times 10^5 \cdot \lambda(m)}{D(m)}$

Note: $\begin{cases} 1^\circ = 60'(\text{minutes}) \\ 1' = 60''(\text{secondes}) \end{cases}$

Pour les telescopes optiques , dans le visible ($\lambda \approx 555nm$) $\implies \alpha'' = \frac{0,116}{D(m)}$

Chapter 8

Mesures celestes des distances

On a 5 methodes de Base

- Radar (Pour les objets proches)

On emet une onde electromagnetique et on mesure le temp dans laquell l'onde

va et vien
$$d = c \frac{t}{2}$$

- Parallaxe (methode de trangulation) (jusqu' a 650 a.l.)

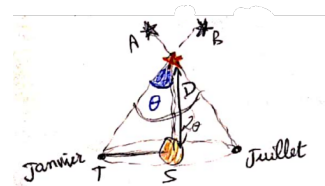
C'est l'angle par lequel un objet decale quand on l'observe a partir de 2 places differentes

A est la resulta de mesur on juillet

B est la la resulta de mesur on Janvier

θ : angle de parallaxe

$\tan(\theta) = \frac{ST}{D}$ a chercher D



- Lois de kepler (objets orbitant une etoile)

pour 2 planetes qui tournent autour du soleil :
$$\left(\frac{a_1}{a_2}\right)^3 = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)$$
 (a en U.A et T en annees)

- Chandelle standarde (D > 650 a.l.)

– Brillance

La Brillance de surface designe la densite de flux recue par unite d'angle solide , il exsite 2 type de brillance :

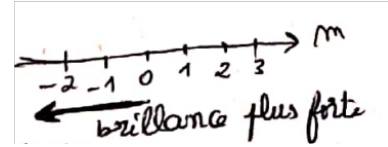
- * La Brillance absolue(L) Elle depend de luminosite seulment
- * L' Brillance Apparent (I) est c'est ce que nous observons , elle depend de la luminosite (L) et de la distance (r)

– Magnitude

la magnitude est une mesure sans unite de la luminosite d'un objet celeste dans une bande de longueurs d'onde definie

- * Le Magnitude apparente (m) mesure l'intensite

Plus que (m) d'une etoile augment
c-a-d sa luminosite est plus faible



- * Le Magnitude absolue (M) mesure la luminosite

- Relation (Brillance - luminosite - distance) : $I = \frac{L}{4\pi r^2}$

- Comparer l'intensite de 2 objets celestes : $m_1 - m_2 = 2,5 \log\left(\frac{I_2}{I_1}\right)$

- Comparer la luminosite de 2 objets celestes : $M_1 - M_2 = 2,5 \log\left(\frac{L_2}{L_1}\right)$

- La meme etoile : $m - M = 5 \log(D) - 5$, D en pc

- Le rapport I_B/I_V : on compare l'intensite de lumiere recue dans le Bleu et le Visible jaune de meme etoile

$$\frac{I_B}{I_V} = m_B - m_V \equiv B - V = 0,67 - 2,5 \log\left(\frac{I_B}{I_V}\right)$$

- * $I_B/I_V > 1 \implies$ etoile plus chaude que le soleil

- * $I_B/I_V < 1 \implies$ etoile plus froide que le soleil

Temperature de l'etoile :

$$\log(T) = 14,551 - \frac{(m_B - m_V)}{3,684} \quad (\text{la temperature } T \text{ est en kelvin})$$

– Masses des etoiles

- * L'etoile de plus faible masse $\approx 0,05 M_{\text{solair}}$ (1 corps dont $M < 0,05 M_{\text{solair}}$ n'est pas considere une etoile mais une (Brown Dwarf))

- * L'etoile de plus grande mass $\approx 100 M_{\text{solair}}$ (celles $> 100 M_{\text{solair}}$ sont incapables de maintenir leur equilibre hydrostatique \implies Supernova)

– Relation (Masse - Luminosite)

$$\frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{M_1}{M_2}\right)^\alpha \quad \text{avec } 1 < \alpha < 6 \text{ depend de la mass de l'etoile (M)}$$

- Note : le magnitude du soleil : $M_{\text{solair}} = 4,58$, Temperature de soleil : $T_{\text{solair}} = 5800k$, temp de vie de solaie : $\tau_{\text{solair}} = 10^{10}$ annees

- temps de vie (τ) d'une étoile de la séquence principale

$$\frac{\tau}{\tau_{\text{solair}}} = \left(\frac{M_{\text{solair}}}{M} \right)^{\alpha-1}$$

(le temp de vie est inversement proportionnel a la masse)

- Radiation du corps noir :

On peut déterminer la température d'après la loi de WIEN

$$\lambda_{\text{max}}.T = 2,9 \times 10^{-3} \text{ m.k (metre . kelvin)}$$

- La loi de Stefan-Boltzmann : $I = \sigma.T^4$, I est l'intensité émise par l'étoile par unité de surface (différent que la brillance apparente)

- Luminosité totale : $L = A.\sigma.T^4$, A est la surface de l'objet

- Loi de Hubble

$$D = \frac{V}{H_0} \text{ avec } \begin{cases} V : \text{Vitesse de cette galaxie} \\ H_0 : \text{Constante de Hubble} \end{cases}$$

Pour mesurer la vitesse de la galaxie on utilise l'effet Doppler (on mesure le shift de fréquence) par l'équation :

$$Z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{\lambda_r - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{\lambda_r}{\lambda_0} - 1 = \frac{V}{C} \left\{ \begin{array}{l} Z : \text{cosmological red shift} \\ V : \text{Vitesse de l'objet stellaire} \\ C : \text{vitesse de la lumière dans le vide} \\ \lambda_r : \text{réelle} \\ \lambda_0 : \text{observée dans le laboratoire} \end{array} \right.$$

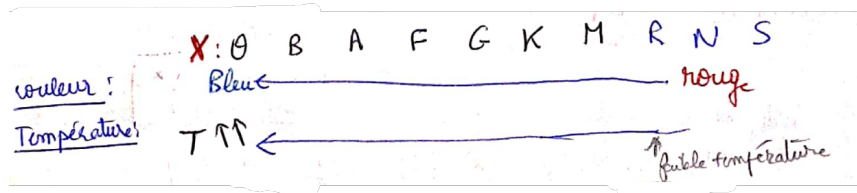
Note : cette équation valable seulement pour les cas non relativistes

- si $\lambda_r < \lambda_0 \implies V < 0 \implies$ blue shift \implies la distance diminue \implies l'objet s'approche
- si $\lambda_r > \lambda_0 \implies V > 0 \implies$ red shift \implies la distance augmente \implies l'objet s'éloigne

Chapter 9

Classification des etoiles

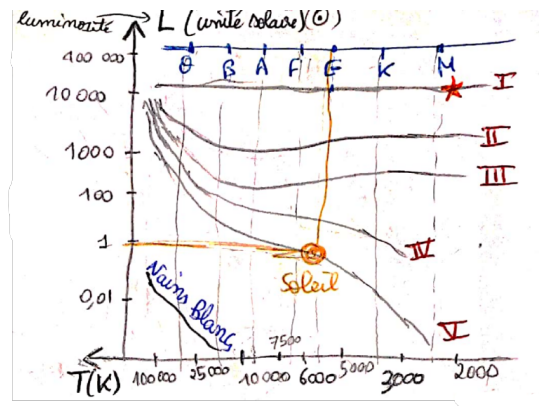
- La classe spectrale (classe de temperature / couler) :



- Hertzsprung Russel Diagram (HR)

$$X_{ij} : \begin{cases} X \Rightarrow \text{classe spectrale} \\ i \Rightarrow \text{de } 0 \rightarrow 9 \\ j \Rightarrow \text{classe de luminosité} \end{cases}$$

$$j \Rightarrow \begin{cases} I : \text{supergiants} \\ II : \text{Bright Giants} \\ III : \text{Giants} \\ IV : \text{Subgiants} \\ V : \text{Sequence principale} \end{cases}$$



- Masse et luminosité sont proportionnels
- La majorité des étoiles se trouvent sur la séquence principale où elles brûlent de l'hydrogène dans leurs noyaux \Rightarrow la plupart des étoiles de cette séquence sont âgées [classe M]
- Les nains blancs, du fait de leurs tailles réduites, occupent le coin gauche en bas du diagramme HR.

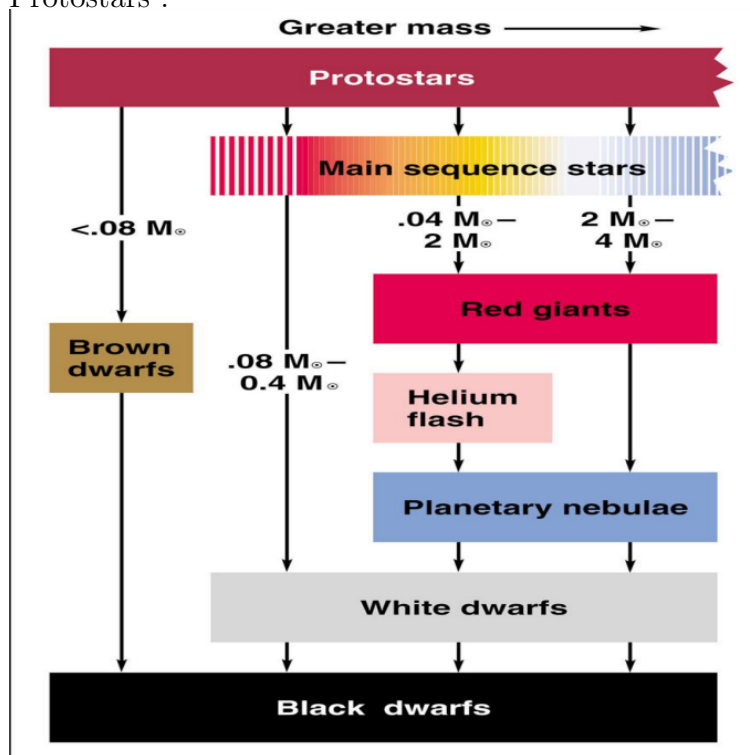
Chapter 10

Evolution des etoiles

- Types d'étoiles
 - Etoiles de faible masse
 - Etoiles de masse moyenne
 - Etoiles massives

Toutes les etoiles naissent d'une nebuleuse (nuage de gaz) en rotation

- Protostars :



- Les étoiles de masse faibles fusion le hydrogene et donne d’helium seulement
- Les étoiles de masse faibles fusion le hydrogene et donne d’helium jusqu’a carbon et sarretent
- Les étoiles massive fusion le hydrogent et donne d’helium jusqu’a ferre
- Durant le supernova le bombardement des neutrons avec les noyaux forme des elements lourds (or ,uranium ...)
- On definit le ” limite de chandraskhar ” : les étoiles dont la masse du coeur restant est j $1,4 M_{\text{solei}}$ terminent leur vie pecifiquement
- On definit ” limite d’oppenheimer ” : une limite superieure concernant la masse d’une étoile a neutrons , si elle depasse cette limite ($3 M_{\text{solei}}$) elle devien un trou noir
- On a ce qu’on appelle ” Event Horizon ” , definie par le rayon de Schubrzishild , a ce rayon , la vitesse d’échappement est c
 On a $v_{\text{lib}} = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = c$ alors si on exprime la masse en masse solaires et R en Km , la formule dvient $R = 3M$
 Une étoile de masse 10 masse solaire sera un trou noir si elle est comprime dans un rayon de 30 Km