

# *ASTRONOMIE*

# *INITIATION*

## •Les unités

- ✓ **Km** = 1 000 m
  
- ✓ **Année-lumière (al)** = distance parcourue par la lumière pendant un an dans le vide  
= 300 000 km/s x 60 x 24 x 365,25 #  $10^{13}$  km  
= 10 000 milliards de km = 10 billions de km
  
- ✓ **Unité Astronomique (ua)** = distance terre soleil = 150 000 000 km
  
- ✓ **Parsec (pc)** # 3 al #  $3 \cdot 10^{13}$  km = 30 billions km  
# 200 000 ua

Puissances de 10: exemple  $10^8=100\ 000\ 000$  (8 zéros)

Rang	Puissance du million		Mille fois la puissance du million	
	Nom	Valeur	Nom	Valeur
1	million	$1\ 000\ 000^1 = 10^6$	milliard	$1\ 000 \times 1\ 000\ 000^1 = 10^9$
2	billion	$1\ 000\ 000^2 = 10^{12}$	billiard	$1\ 000 \times 1\ 000\ 000^2 = 10^{15}$
3	trillion	$1\ 000\ 000^3 = 10^{18}$	trilliard	$1\ 000 \times 1\ 000\ 000^3 = 10^{21}$
4	quadrillion <sup>d</sup>	$1\ 000\ 000^4 = 10^{24}$	quadrilliard	$1\ 000 \times 1\ 000\ 000^4 = 10^{27}$
5	quintillion	$1\ 000\ 000^5 = 10^{30}$	quintilliard	$1\ 000 \times 1\ 000\ 000^5 = 10^{33}$
6	sextillion	$1\ 000\ 000^6 = 10^{36}$	sextilliard	$1\ 000 \times 1\ 000\ 000^6 = 10^{39}$
7	septillion	$1\ 000\ 000^7 = 10^{42}$	septilliard	$1\ 000 \times 1\ 000\ 000^7 = 10^{45}$
8	octillion	$1\ 000\ 000^8 = 10^{48}$	octilliard	$1\ 000 \times 1\ 000\ 000^8 = 10^{51}$
9	nonillion	$1\ 000\ 000^9 = 10^{54}$	nonilliard	$1\ 000 \times 1\ 000\ 000^9 = 10^{57}$
10	décillion	$1\ 000\ 000^{10} = 10^{60}$	décilliard	$1\ 000 \times 1\ 000\ 000^{10} = 10^{63}$

$10^n$	Nom préfixé	Symbole	Nombre en français	Valeur en mètres
$10^{-30}$	<a href="#">quectomètre</a>	qm	quintillionième	0,000 000 000 000 000 000 000 000 001
$10^{-27}$	<a href="#">rontomètre</a>	rm	quadrilliardième	0,000 000 000 000 000 000 000 000 001
$10^{-24}$	<a href="#">yoctomètre</a>	ym	quadrillionième	0,000 000 000 000 000 000 000 000 001
$10^{-21}$	<a href="#">zeptomètre</a>	zm	trilliardième	0,000 000 000 000 000 000 000 001
$10^{-18}$	<a href="#">attomètre</a>	am	trillionième	0,000 000 000 000 000 000 001
$10^{-15}$	<a href="#">femtomètre</a>	fm	billiardième	0,000 000 000 000 001
$10^{-12}$	<a href="#">picomètre</a>	pm	billionième	0,000 000 000 001
$10^{-9}$	<a href="#">nanomètre</a>	nm	milliardième	0,000 000 001
$10^{-6}$	<a href="#">micromètre</a>	µm	millionième	0,000 001
$10^{-4}$	<a href="#">décimillimètre</a>	dmm	dix millième	0,0001
$10^{-3}$	<a href="#">millimètre</a>	mm	millième	0,001
$10^{-2}$	<a href="#">centimètre</a>	cm	centième	0,01
$10^{-1}$	<a href="#">décimètre</a>	dm	dixième	0,1

$10^n$	Nom préfixé	Symbole	Nombre	Valeur en mètres
1	<a href="#">mètre</a>	m	un	1
10	<a href="#">décamètre</a>	dam	dix	10
$10^2$	<a href="#">hectomètre</a>	hm	cent	100
$10^3$	<a href="#">kilomètre</a>	km	mille	1 000
$10^4$	<a href="#">myriamètre</a>	mam	dix mille	10 000
$10^6$	<a href="#"> mégamètre</a>	Mm	million	1 000 000
$10^9$	<a href="#">gigamètre</a>	Gm	milliard	1 000 000 000
$10^{12}$	<a href="#">téramètre</a>	Tm	billion	1 000 000 000 000
$10^{15}$	<a href="#">pétamètre</a>	Pm	billiard	1 000 000 000 000 000
$10^{18}$	<a href="#">examètre</a>	Em	trillion	1 000 000 000 000 000 000
$10^{21}$	<a href="#">zettamètre</a>	Zm	trilliard	1 000 000 000 000 000 000 000
$10^{24}$	<a href="#">yottamètre</a>	Ym	quadrillion	1 000 000 000 000 000 000 000 000
$10^{27}$	<a href="#">ronnamètre</a>	Rm	quadrilliard	1 000 000 000 000 000 000 000 000 000
$10^{30}$	<a href="#">quettamètre</a>	Qm	quintillion	1 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000

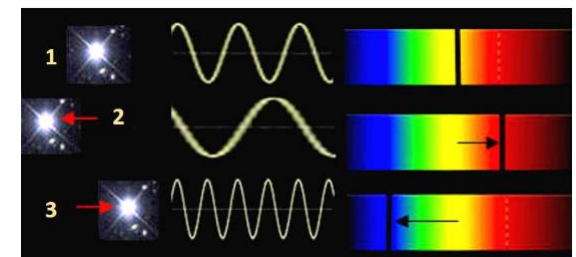
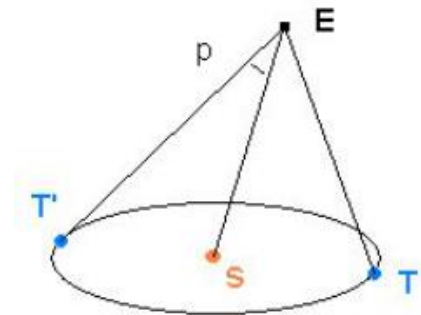
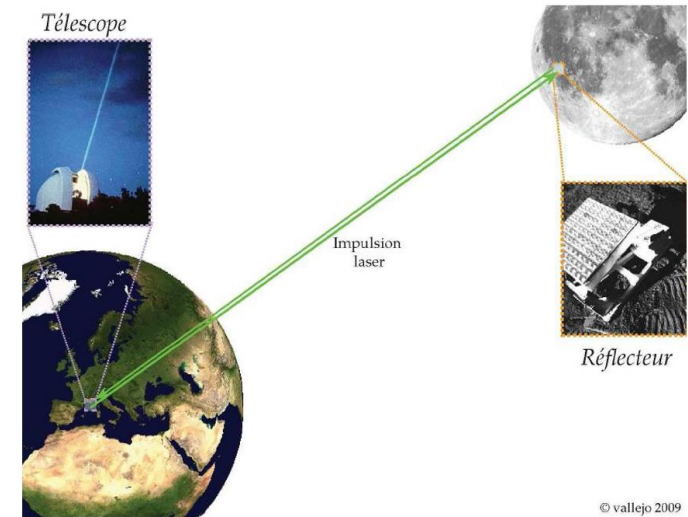
- Les distances et le temps mis par la lumière ou les ondes radios pour atteindre les astres depuis la terre

Lune	3,38 millions km	1,25 s
Mars	55 millions km	3 mn
Soleil	150 millions km	8 mn
Proxima du Centaure		4,2 années
Centre de la Voie Lactée		26 000 années
Diamètre Voie Lactée		520 000 années
Galaxie Andromède		2 millions années
Galaxie la + lointaine		13,4 milliards d'années



# Mesure des distances en astronomie

- **Lune:** pose de miroir sur la lune et mesure du temps mis par la lumière sur le trajet AR (Télémètre)  
Précision: le cm
- **Etoiles proches:** méthode de la parallaxe sur 6 mois
- **Etoiles éloignées:** mesure de l'intensité lumineuse  
d'étoiles particulières: les céphéïdes qui ont toutes la même luminosité absolue: « Chandelles standard »
- **Supernovae type 1a:** ont toutes la même luminosité absolue  
« Chandelles standard »
- **Galaxies:** décalage vers le rouge de la lumière  
(effet Doppler-Fizeau / Hubble)



## • Les magnitudes (« apparentes » = mesurées sur terre)

Luminosité apparente d'un astre (planète, étoile)

échelle logarithmique 1 point = intensité multipliée par 2,5)

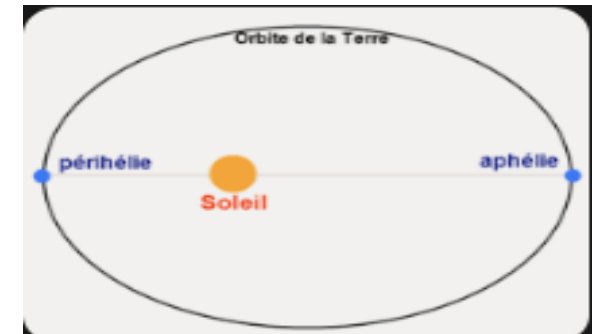
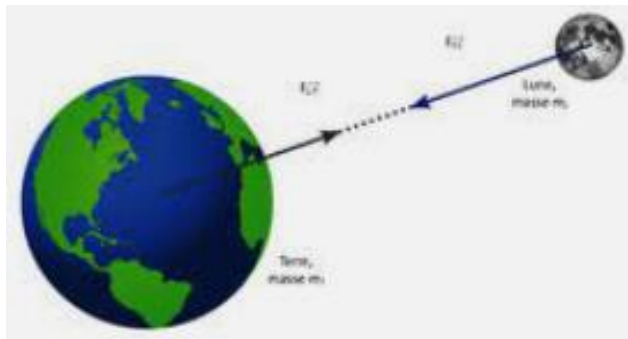
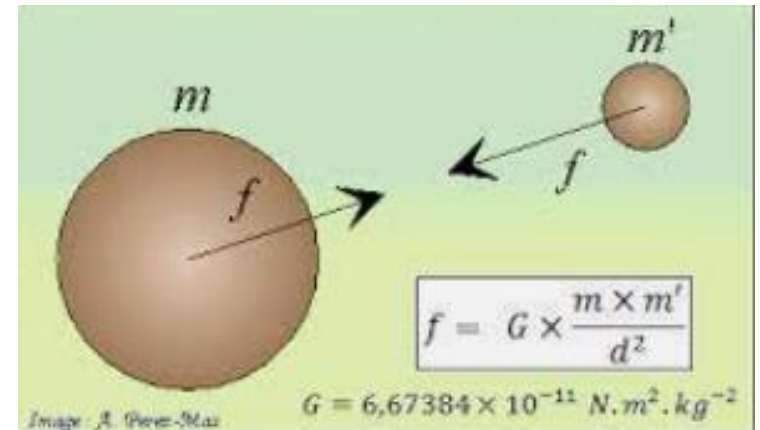
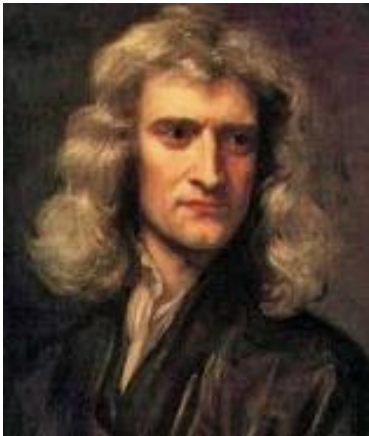
Astre	Magnitude
Le Soleil, vu depuis la Terre	-26,7
Pleine lune	-12,7
Vénus	-4,9 à -3,9
Jupiter	-2,9 à -1,6
Mars	-2,9 à +1,8
Sirius (étoile la plus brillante du ciel nocturne)	-1,5
Canopus (2 <sup>e</sup> étoile la plus brillante du ciel nocturne)	-0,7
Saturne	-0,5 à 1,3
Véga (étoile principale de la constellation de la Lyre)	0,0
Étoile polaire	2,0
Étoiles les plus faibles visibles à Paris	≈ 3
Uranus	5,3 à 5,9
Limite de l'œil, sous un ciel bien sombre	≈ 6
Neptune	7,8 à 7,9
Avec une paire de jumelles de 50 mm de diamètre	≈ 9 – 10
Avec un télescope de 200 mm de diamètre	≈ 13 – 14
Pluton (planète naine)	13,6 à 16,0
Avec un télescope de 600 mm de diamètre et 30 minutes de temps de pose <sup>i</sup>	≈ 22
Avec le télescope spatial <i>Hubble</i> (miroir de 2,4 m de diamètre) et 23 jours de temps de pose	31,5
Avec le futur télescope spatial <i>James Webb</i> (miroir de 6,5 m de diamètre, lancement prévu en mars 2021)	≈ 34



## •Loi de la gravité

**Newton :**

2 masses s'attirent par une force proportionnelle à leur masse et inversement proportionnel au carré de leur distance



Dans l'espace , cette loi induit des trajectoires elliptiques (lois de Kepler)

## • Lois de la relativité restreinte (RR) et générale (RG)

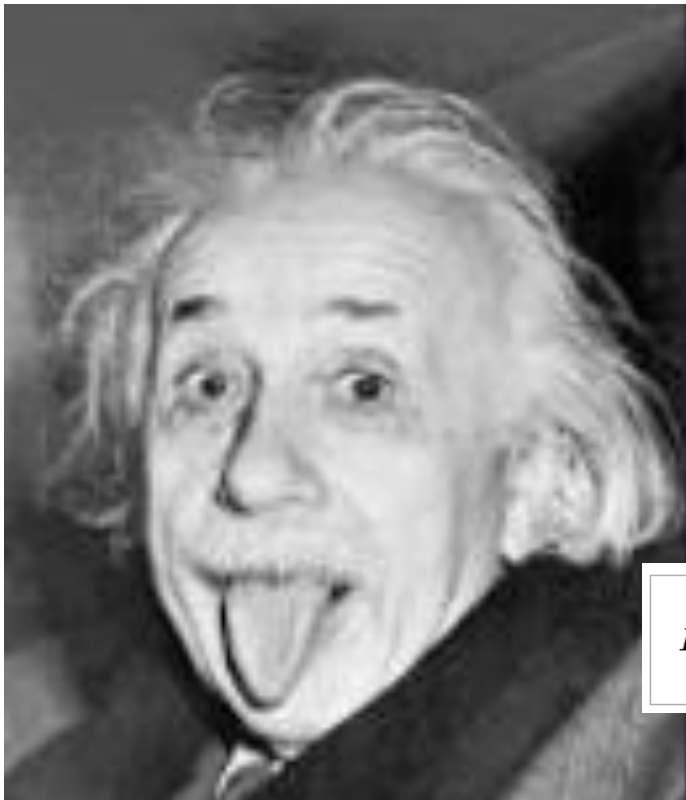
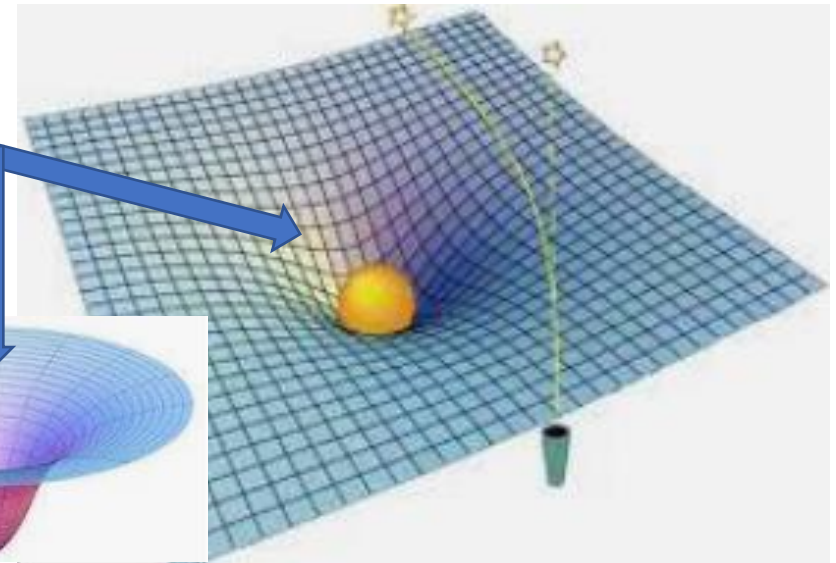
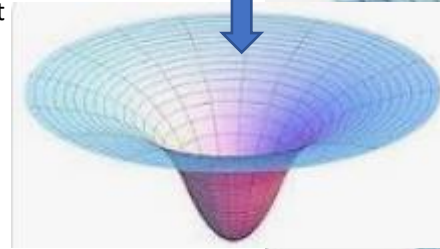
### >> RR (1905):

- ☐  $E=mc^2$
- ☐  $c$  = vitesse de la lumière 300 000 km/s dans le vide, qui ne peut être dépassée
- ☐ Le temps et l'espace sont élastiques !:
  - Tout objet/organisme qui se déplace proche de la vitesse de la lumière ne vieillit presque pas ! Les jumeaux de Langevin
  - Les objets en mouvement s'écrasent dans le sens du déplacement
  - Tout être vivant proche d'une masse importante (étoile, trou noir) vieillit moins vite qu'un être vivant éloigné de cette masse: Interstellar
- ☐ GPS

### >> RG (1915):

- ☐ Les masses et énergies courbent l'espace-temps
- ☐ Existence de trous noirs
- ☐ Existence de lentilles et d'ondes gravitationnelles
- ☐ La théorie de la relativité générale est actuellement utilisée pour décrire l'évolution de l'univers dans son ensemble

« Puits gravitationnel »



$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R + \Lambda g_{\mu\nu} = \kappa T_{\mu\nu}$$



## Les instruments

- **Les alignements mégalithes : (- 10 000 ans)**

Certains alignements peuvent avoir une fonction d'observatoire astronomique, en servant de visées à ciel ouvert : permettent de déterminer les dates importantes de l'année solaire les périodes des semailles ou de la transhumance des troupeaux.



Carnac



Stonehenge

- **Les pyramides et temples (-3 000 ans)**

Dans les cités mayas, les édifices cérémoniels étaient rigoureusement alignés sur la direction de compas. Au moment des équinoxes du printemps et de l'automne, par exemple, les rayons du soleil pénétraient par les meurtrières d'un observatoire maya, éclairant ses murailles intérieures.



Chichén Itzá



Abou Simbel

- **L'astrolabe (- 200 ans)**

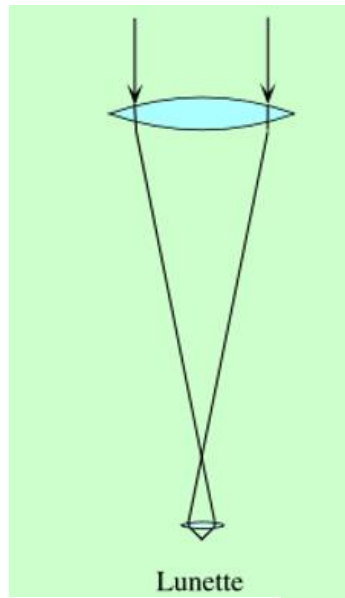
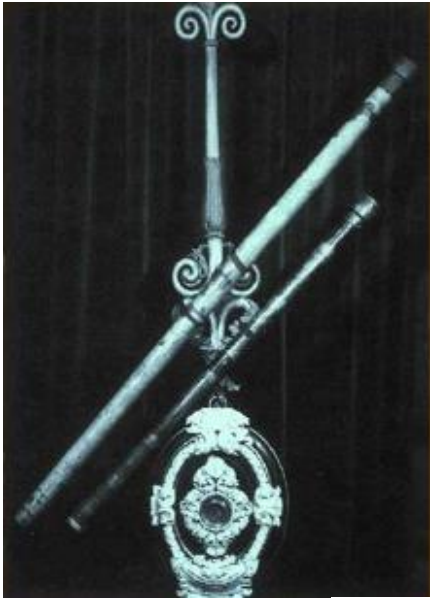
Instrument de calcul et d'observation des astres inventé par Hipparque (Astronome grec du 2ème siècle avant J.C.). Instrument astronomique d'observation et de calcul analogique, aux fonctions multiples, il permet notamment de mesurer la hauteur des étoiles, dont le soleil, et ainsi de déterminer l'heure de l'observation et la direction de l'astre.





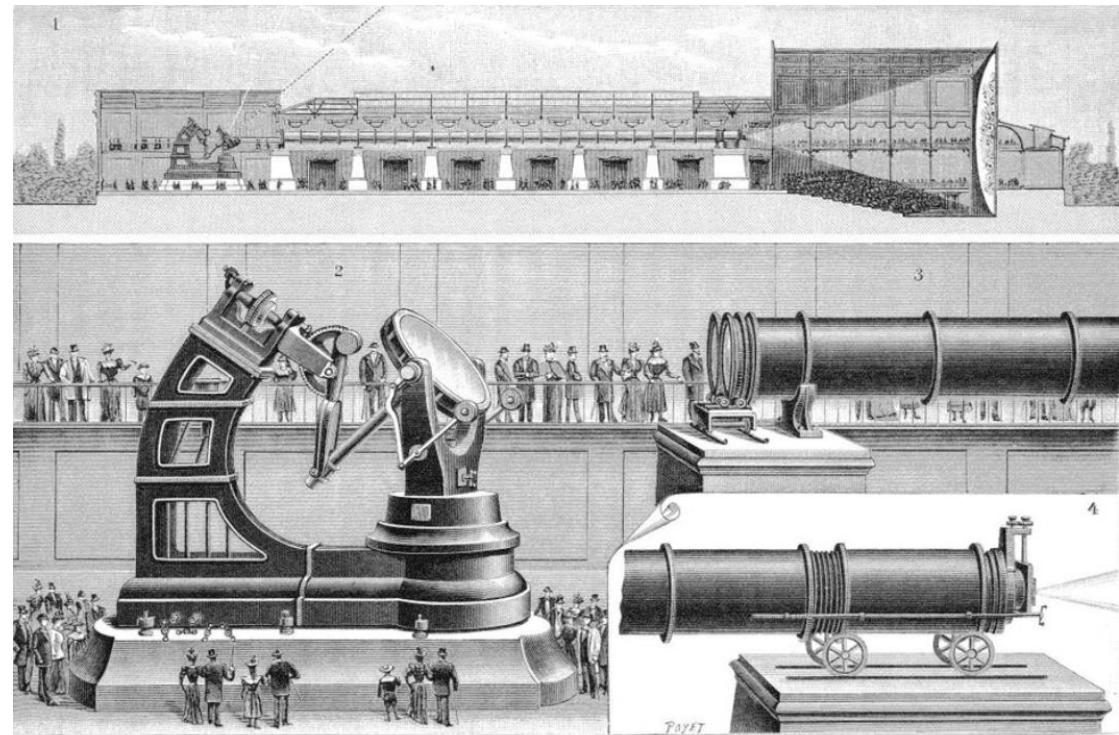
## • Les lunettes (1 600) « Réfracteurs »

Assemblage de *lentilles convergentes* dans un tube: un objectif coté cible, un oculaire coté œil.



Exposition Universelle Paris 1900

Longueur focale 57 m, à comparer avec un « téléobjectif » d'un appareil photo 200 mm=0,2 m



## • Les télescopes (1680) « Réflecteurs »

Assemblage dans un tube d'un *miroir concave*, d'un miroir plan et d'une lentille pour l'oculaire



Télescope de Newton

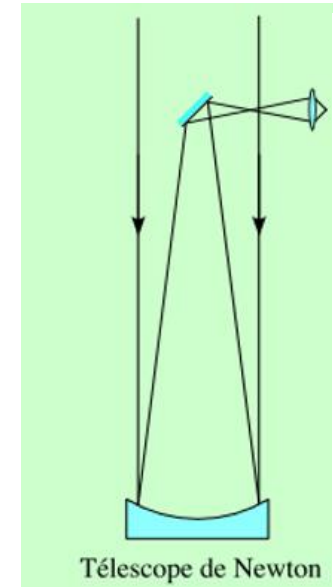
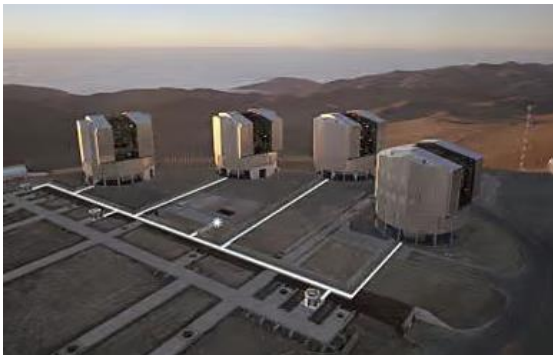


Schéma optique



5 000 €



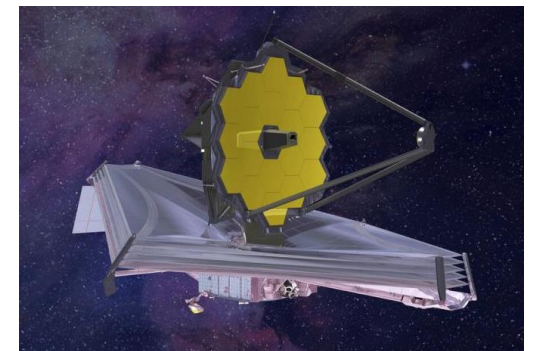
VLT (Désert Atacama au Chili) Eu



4 Miroir 8m de diamètre

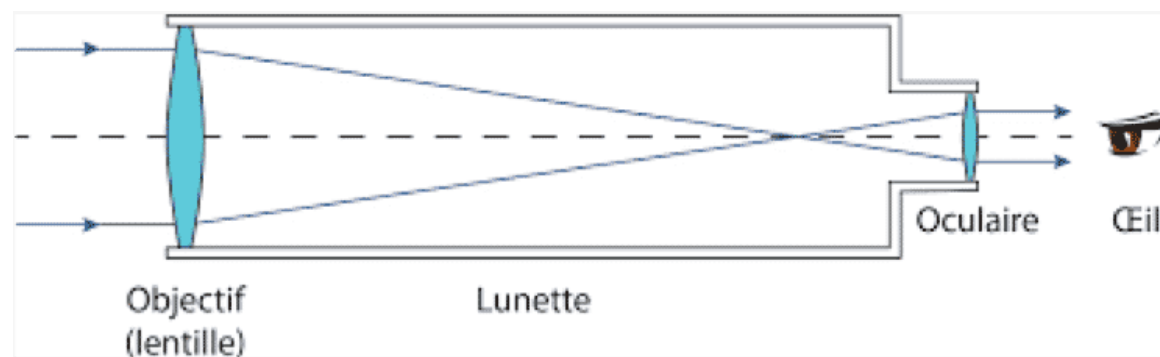


Hubble (1990)



James Webb (2022) : 10 milliards \$

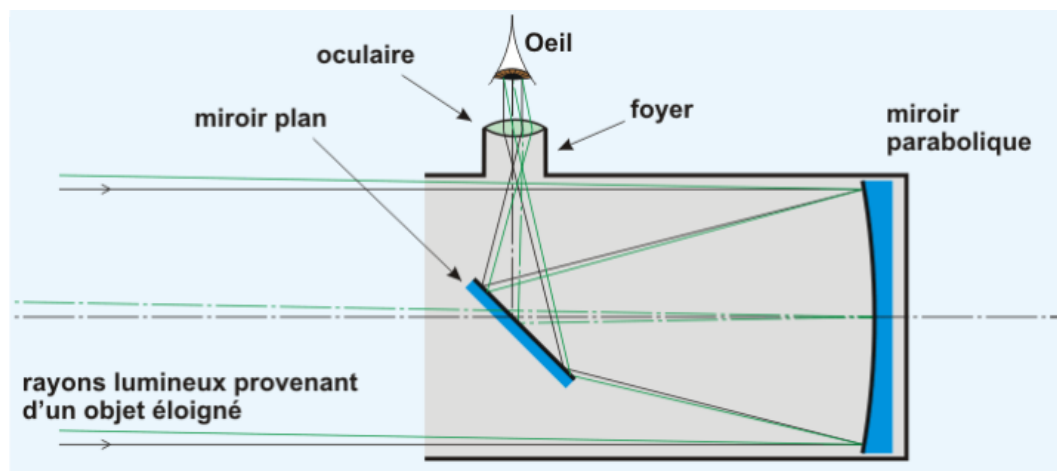
- Les lunettes grand public





- Les télescopes grand public

- > Newton



100 €



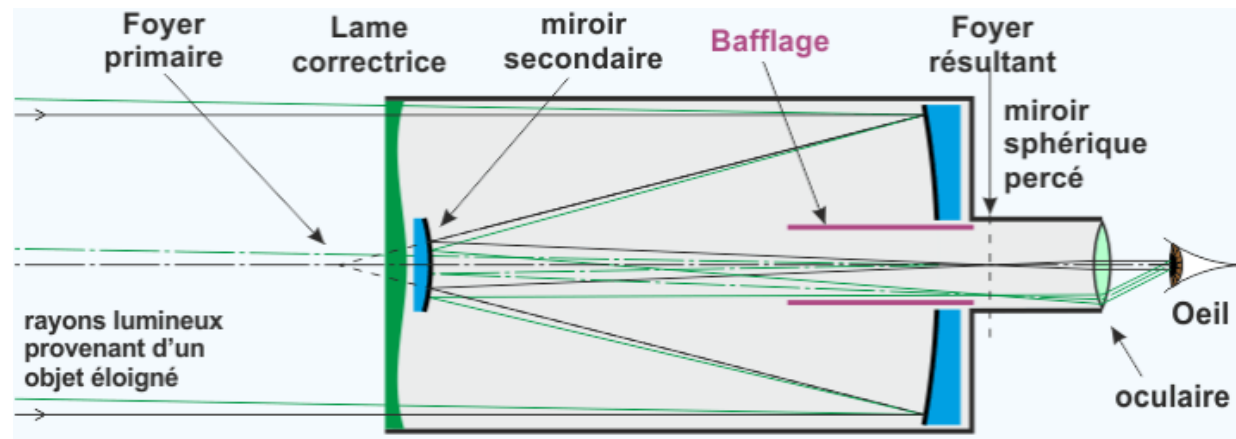
500 €- 3000€



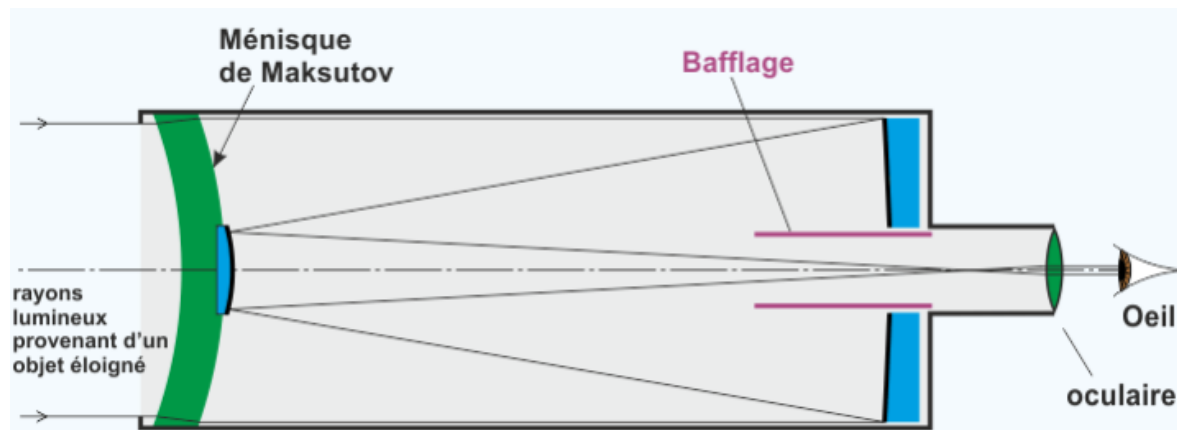
500 €- 3000€

Modèle « économique » d'un Newton : le Dobson

## •Schmidt Cassegrain



## •Maksutov Cassegrain



## •Les Jumelles (1 600)

Exemple 10x50 = grossissement x ouverture

Prisme de toit /prisme de Porro :



## •Les appareils photos (1900)

Souvent associés au télescope/lunette/jumelles, entraînent en générales des temps de pose très long pour le « ciel profond » d'où nécessité d'utiliser une monture « équatoriale » et un trépied.



- Les capteurs numériques CCD ou CMOS (webcam, APN, télescopes numériques.....)

Remplace un oculaire optique



ou même un télescope :



Vaonis 2 500 €  
(Montpellier)



Unistellar 4 500 €  
(Aix en Provence)

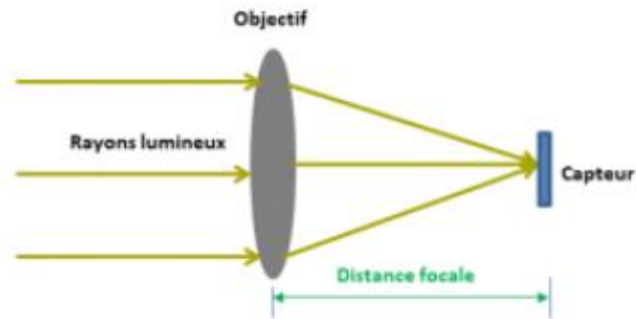
## • Quelques lois d'optique applicables aux lunettes et télescopes optiques, jumelles, objectif d'appareil photo ....

### > Diamètre :

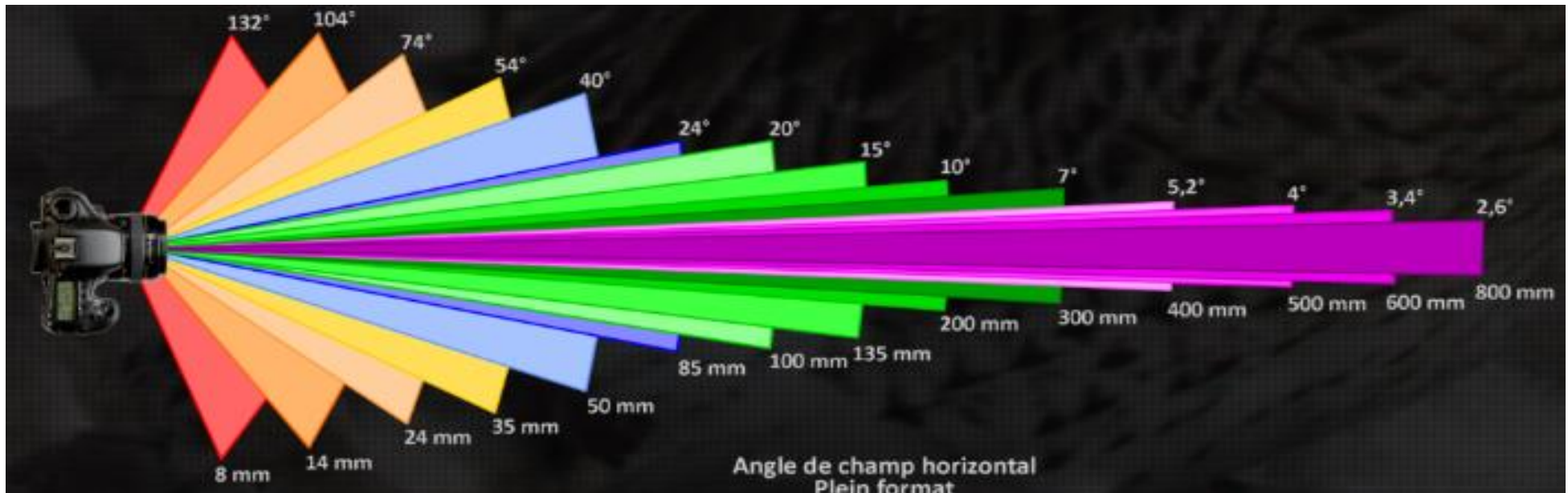
Pouvoir de capter la lumière : un télescope de 200mm de diamètre capte 4 fois plus de lumière qu'un télescope de 100 mm de diamètre

### > Focale :

Distance entre la lentille frontale et le point de convergence des rayons lumineux : plus la focale est grande, plus le champ observé est petit et le grossissement important



### > Angle de champ :



### > Grossissement :

Rapport Focale de l'instrument / focale de l'oculaire :  $F/f$

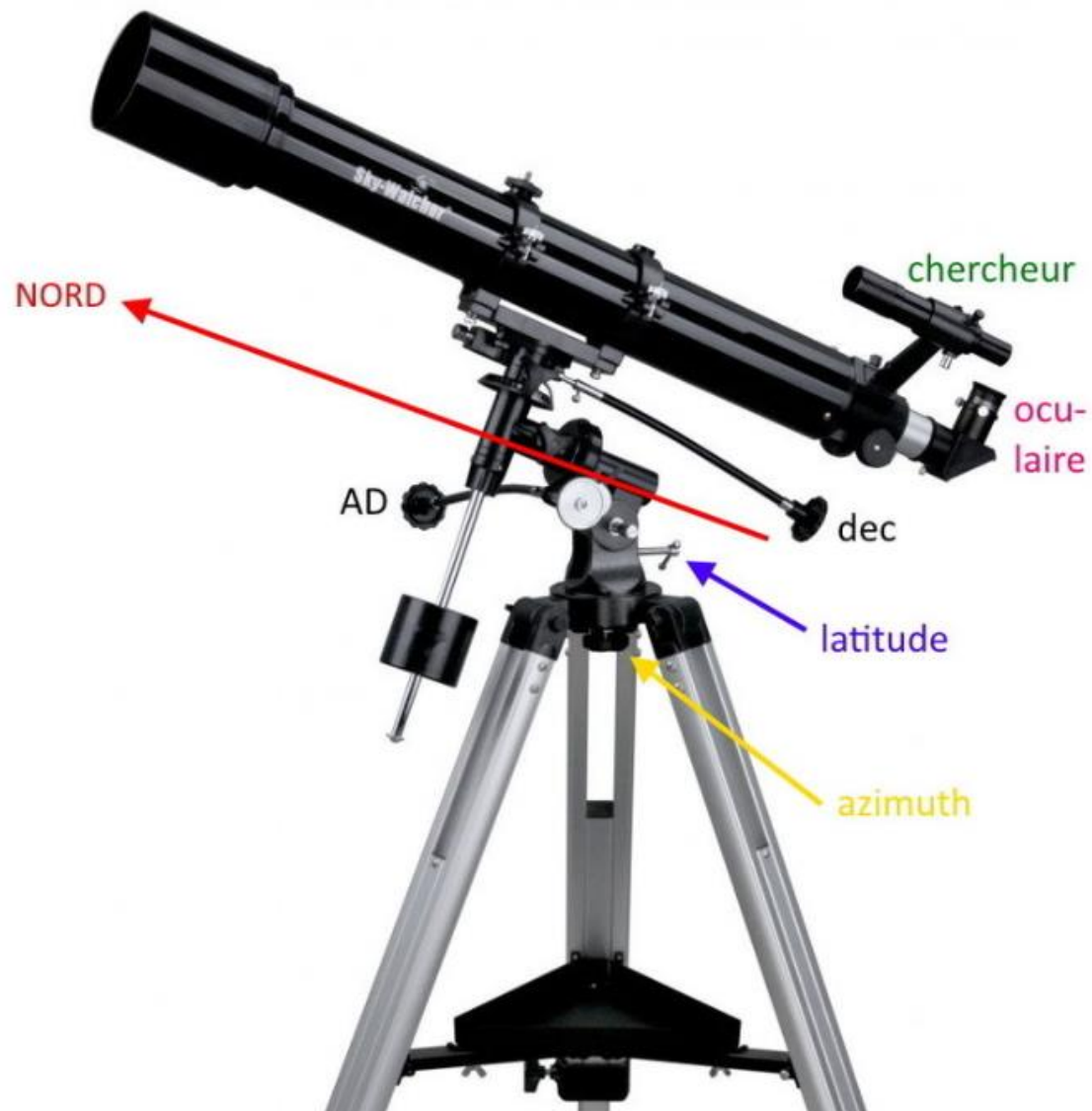
### > Rapport d'ouverture :

Focale / diamètre :  $F/d$

Un rapport d'ouverture faible ( $<6$ ) permet de voir le ciel profond (grande luminosité), un rapport d'ouverture fort permet de voir les détails d'une planète



- Les accessoires pour l'astronomie amateur



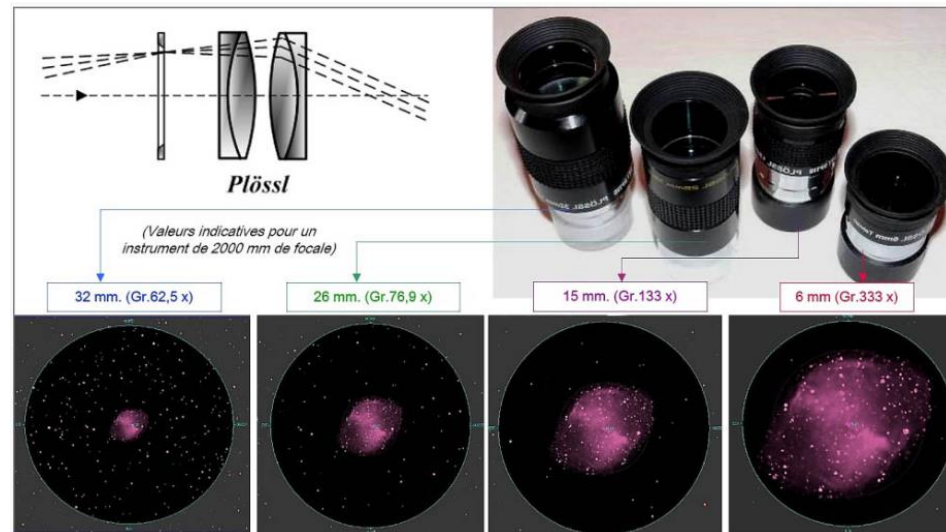
Lunette astronomique avec monture équatoriale manuelle et chercheur optique



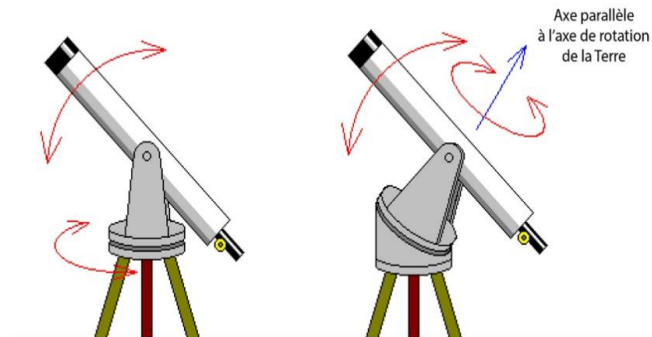


Initiation astronomie

## •Les oculaires



## Les montures azimutales



## Les montures équatoriales

2



- Le trépied

4



- Le pointeur (optique ou laser)

5



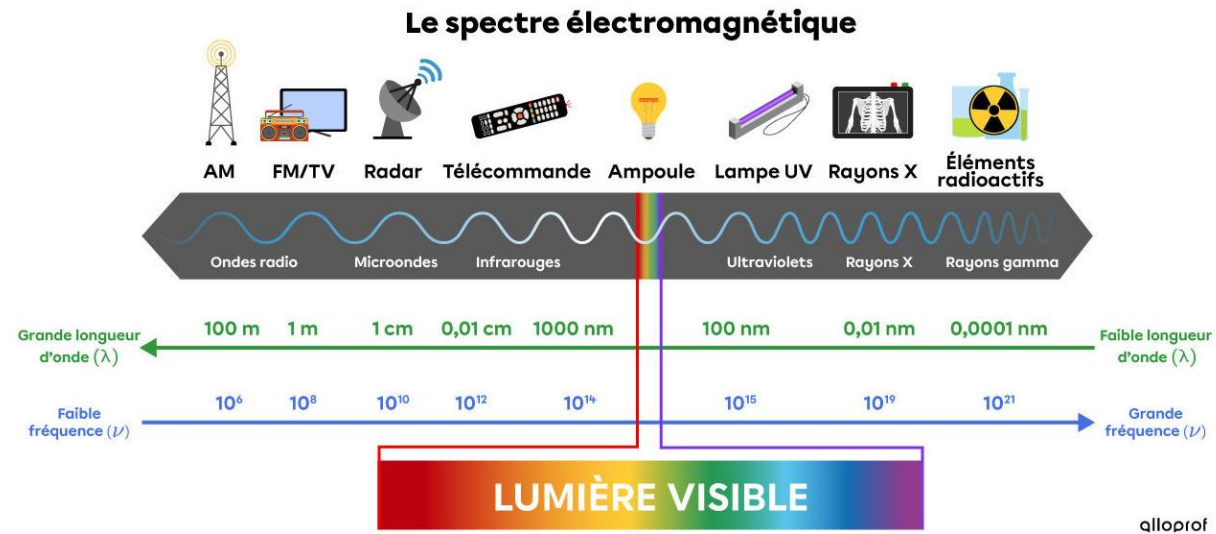
Le chercheur (mini lunette)

6



## • Les radiotélescopes (1930)

Télescope spécifique utilisé en astronomie pour capter les ondes radio électriques émises par les astres.



Ukraine



Chine (diamètre 500m)

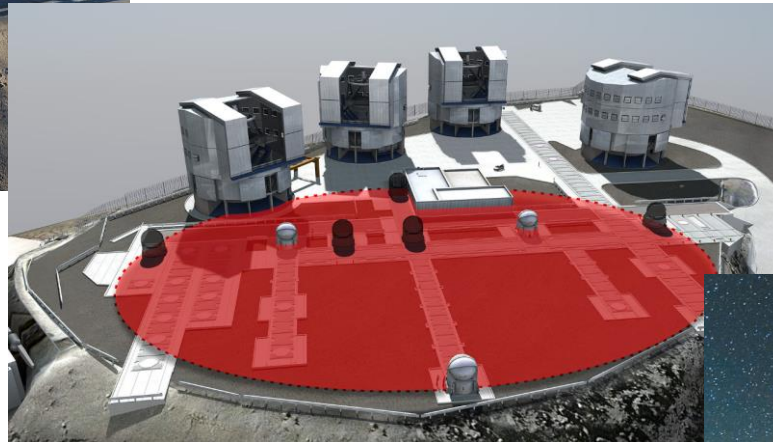


Chandra



## • Les interféromètres

Groupement de télescopes ou de radiotélescopes pour augmenter leur résolution (sensibilité).



1) Plateau de Bure : radiotélescopes : 12 antennes de 15 m de diamètre

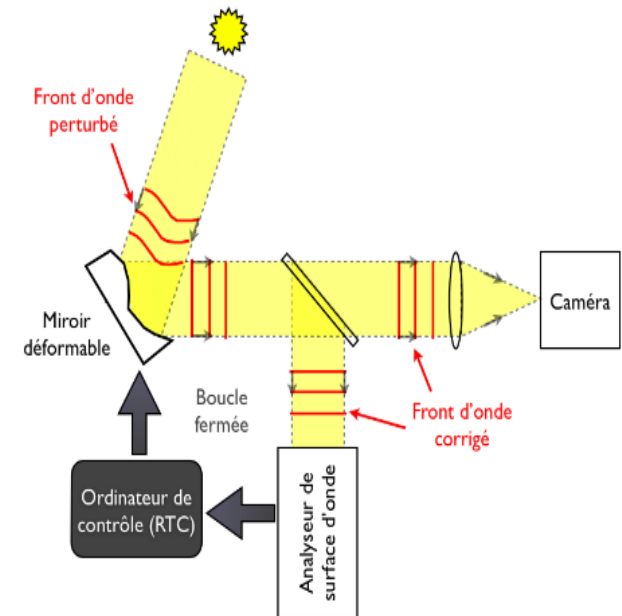
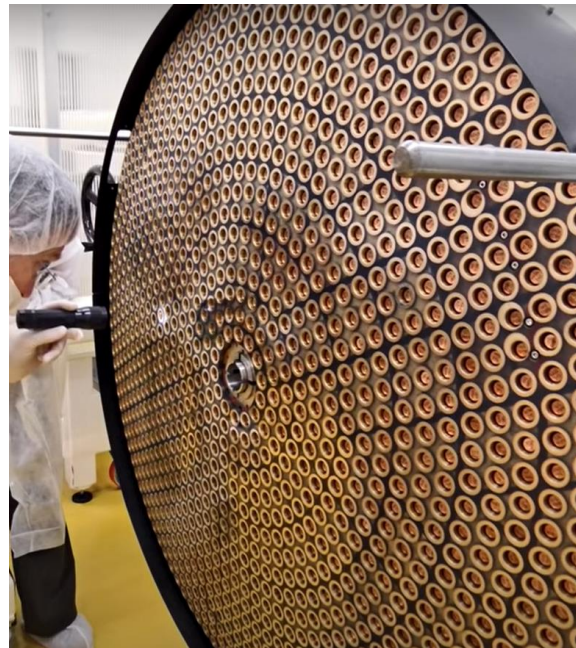
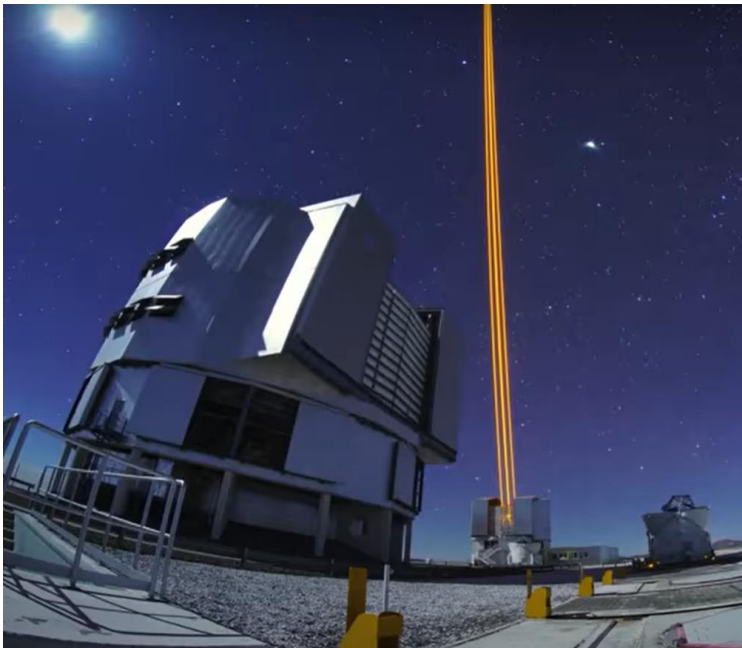
2) VLTi : Télescopes optiques, diamètre équivalent 100m

3) ALMA (Atacama, Chili) radiotélescope: 66 antennes à 5000 m d'altitude 1 milliards d'euros (Eu, US, Jp)

> Peut se faire au niveau mondial: ensemble des télescopes/radiotélescopes pour observer un objet céleste

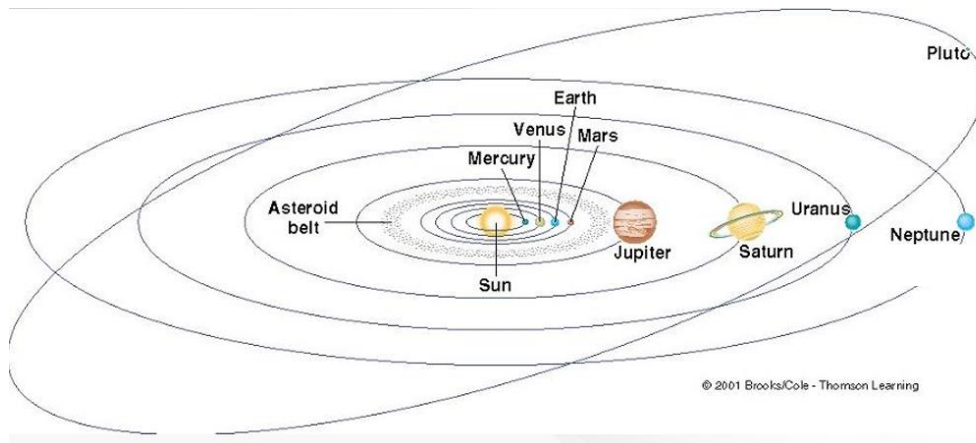
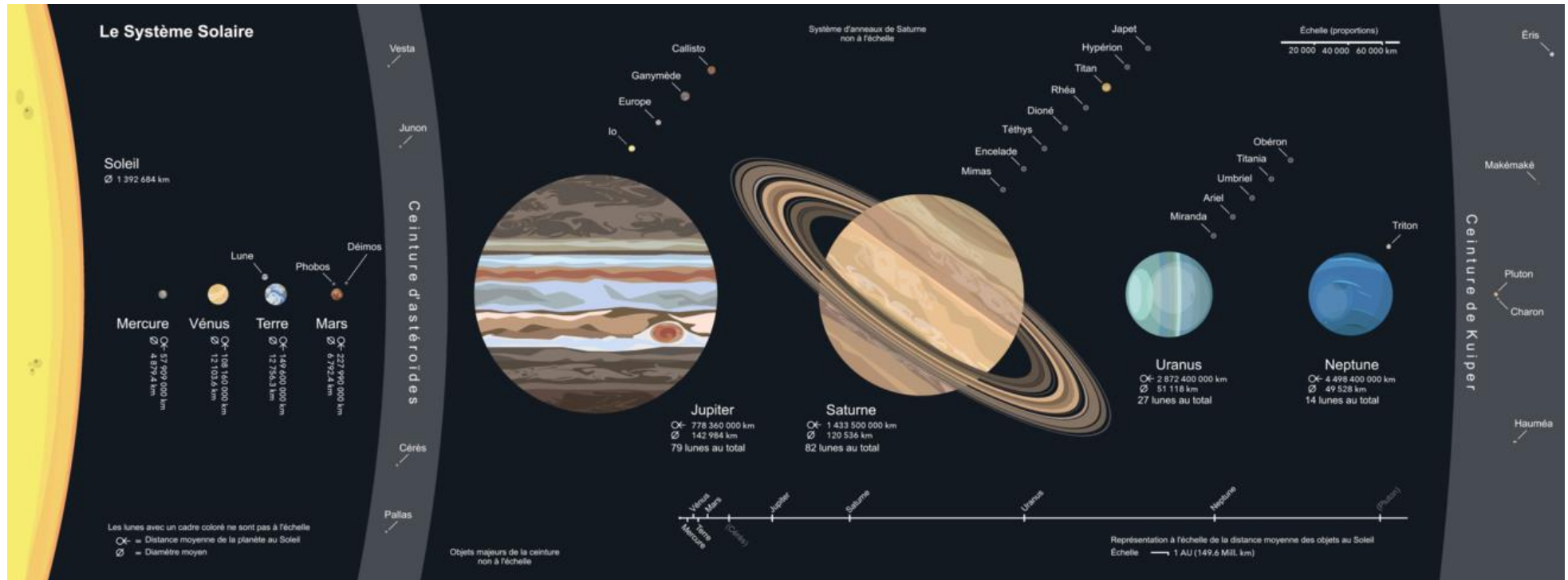
## •Optique adaptative OA (1989 Observatoire de Haute Provence)

Les télescope modernes (dont le VLT) sont équipés d'un ou de plusieurs lasers installés sur le télescope. Ces lasers créent dans l'atmosphère une « étoile artificielle » en excitant des atomes de sodium à près de 90 kilomètres d'altitude. Cette « étoile » sert à calibrer le système d'optique adaptative qui corrige les effets des turbulences de l'atmosphère sur les images du télescope. L'analyseur de surface d'onde permet en temps réel de prendre en compte les perturbations atmosphériques en transmettant via un ordinateur de contrôle les instructions permettant au miroir déformable de corriger l'image reçue. Donne une meilleur résolution que le télescope Hubble !





## • Le système solaire



### • Planètes telluriques :

**Mercury, vénus, terre, mars**

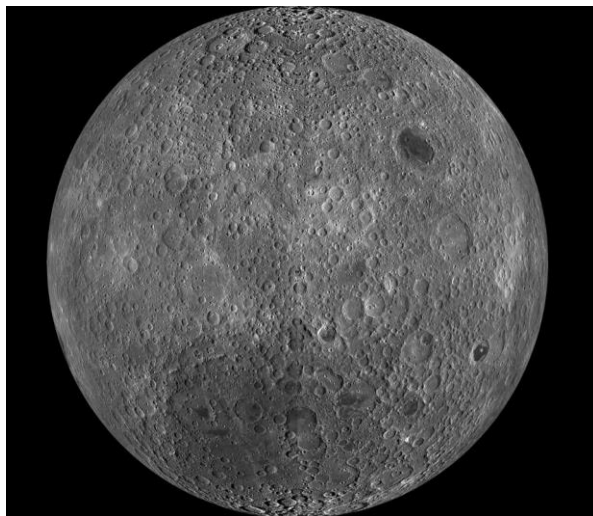
### • Planètes géantes

Gazeuses : **Jupiter** et **Saturne** : 90% hydrogène et hélium avec noyau métallique

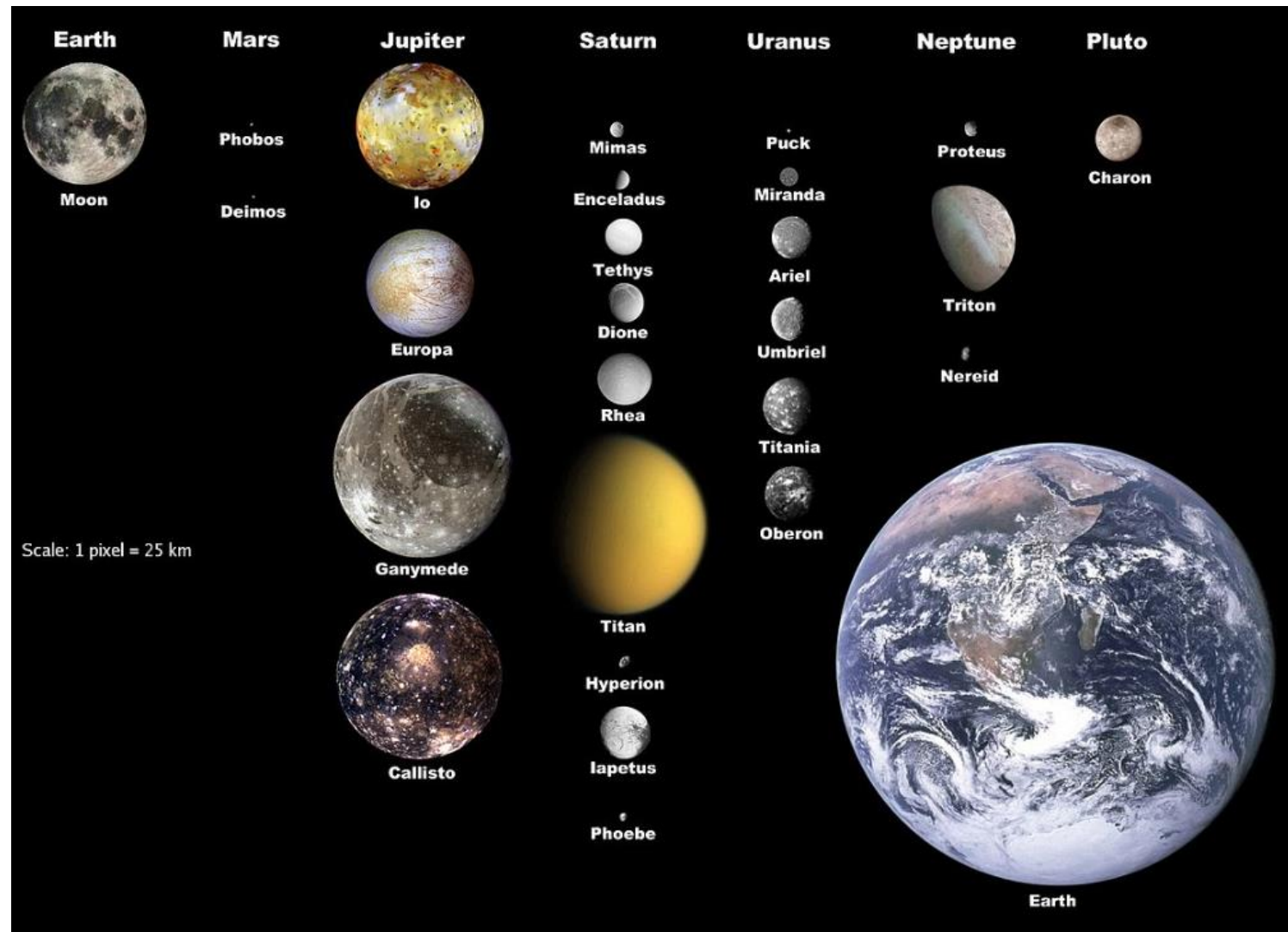
De glace : **Uranus, neptune,....** : 20% hydrogène et hélium

Planètes tournent dans le plan de l'écliptique (sauf pluton)

## La lune



## Les satellites des planètes





## • Les étoiles

Variété des étoiles :

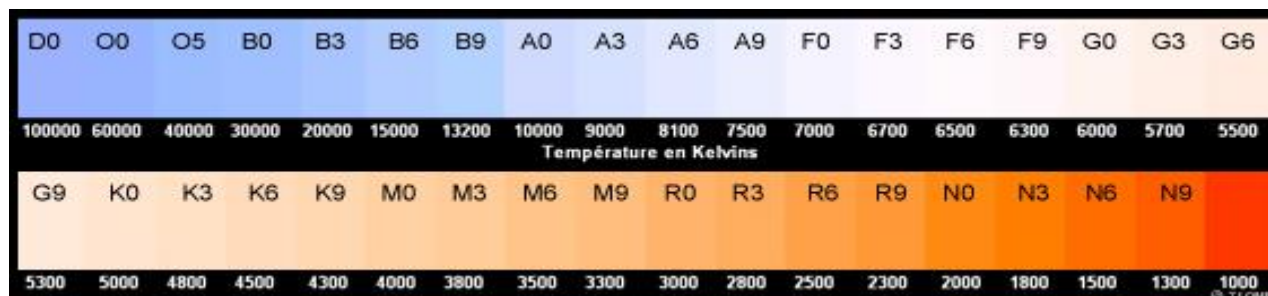
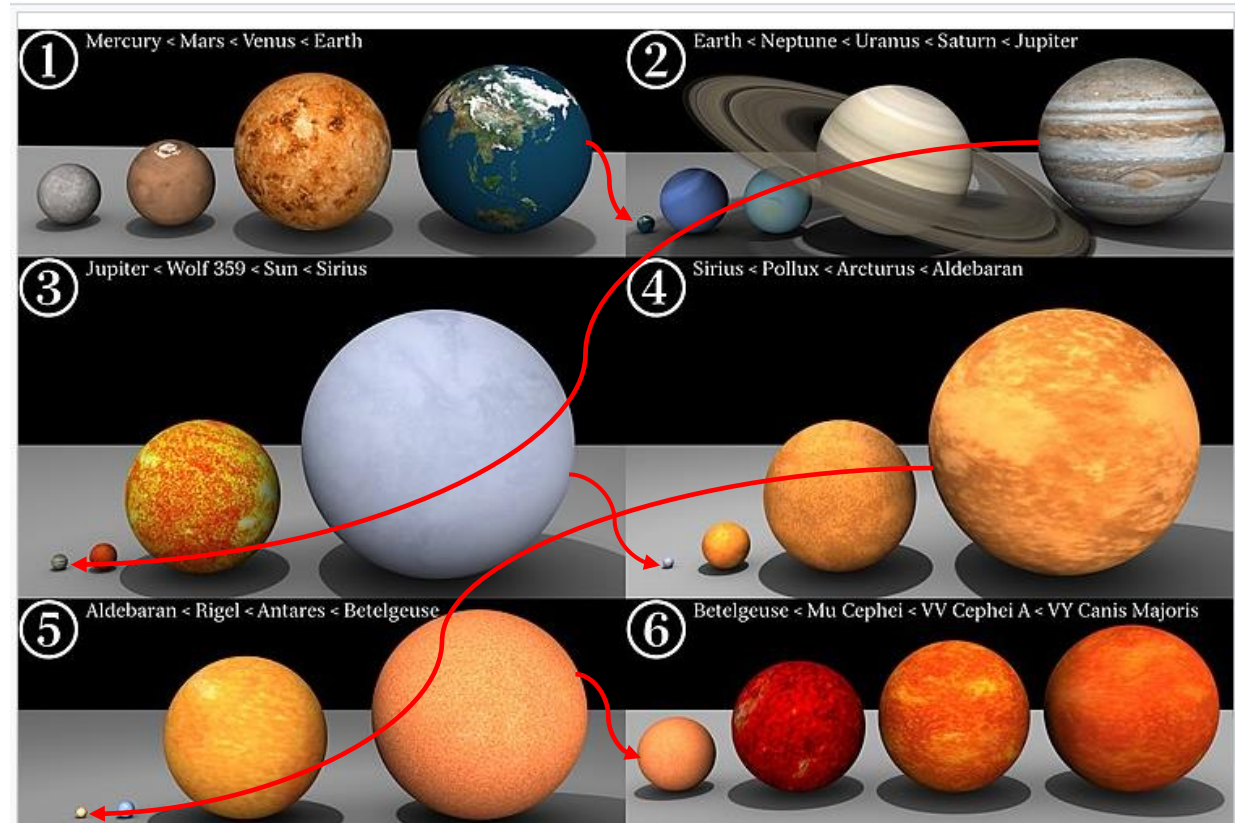
- Tailles : entre 0,1 et 1700 diamètre du soleil
- Masse : entre 0,075 à 150 masses du soleil
- Température surface : entre 3000 et 50 000 °C, couronne plusieurs millions de °C
- 80% des étoiles sont plus petites que le soleil
- Tournent autour de leur galaxie (vitesse 1 000 000 km/h environ)

*Formation:*

Condensation des nuages de gaz et de poussière dans les nébuleuses, sous l'effet de la gravitation

*Mort:* après épuisement de l'hydrogène et de l'hélium (réaction nucléaire:

- Petites étoiles (<0,8 Mo) : deviennent des « naines blanches »
- Etoiles de taille moyenne et grosses étoiles: l'étoile gonfle en devenant une géante rouge, puis des nébuleuses planétaires
- Grosses étoiles: deviennent de supernovae, puis des étoiles à neutrons, voire, pour les plus grosses, des trous noirs (>8 Mo)



- Etoiles doubles ou multiples : exemple Alcor et Mizar

### « Poussières d'étoiles » Hubert Reeves

- Les étoiles sont comme des réacteurs nucléaires. Elles prennent un combustible et le transforment en quelque chose d'autre. L'hydrogène se transforme en hélium, et l'hélium se transforme en carbone, en azote et en oxygène, en fer et en soufre : tous les éléments qui nous composent.
- Lorsque les étoiles arrivent à la fin de leur vie, elles se gonflent et implosent, en se débarrassant de leurs couches externes. Si une étoile est suffisamment lourde, elle explose en supernova.
- La plupart des matériaux qui nous composent proviennent donc d'étoiles mourantes, ou d'étoiles qui sont mortes dans des explosions. Et ces explosions stellaires continuent de se produire. Nous avons en nous des éléments aussi vieux que l'univers, et d'autres éléments qui ont atterri ici il y a peut-être une centaine d'années seulement. Et tout cela se mélange dans nos corps.

## Hubert Reeves Poussières d'étoiles



## •Les exoplanètes

Supposition de l'existence 16<sup>ème</sup> siècle

Premières recherches scientifiques 19<sup>ème</sup> siècle

1995 : 1<sup>ère</sup> découverte d'une exoplanète à l'observatoire de haute Provence (Saint Michel) 51 pegasi b

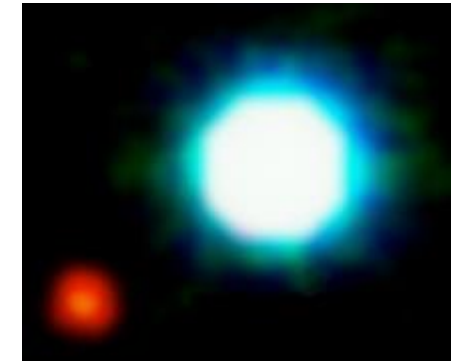
2004 : premières images d'une exoplanète (VLT)



2018 : lancement de TESS (« Transit exoplanet survey satellite »), satellite de la Nasa destiné à découvrir des exoplanètes par la technique du transit (aujourd'hui en panne....)

Au 8/03/2023 : +5336 exoplanètes découvertes, dont 25 pourraient être habitables (distantes à plus de 100 al)

Supposition : +100 milliards d'exoplanètes dans la voie lactée



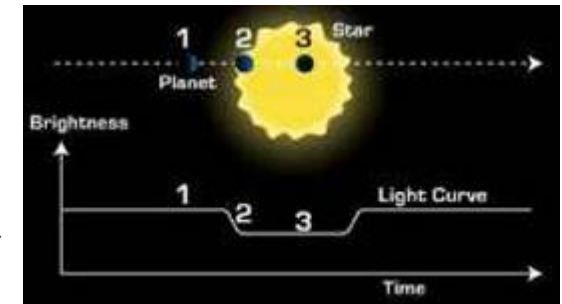
### •Détection:

Détecter une exoplanète de manière directe n'est pas une chose facile, pour plusieurs raisons :

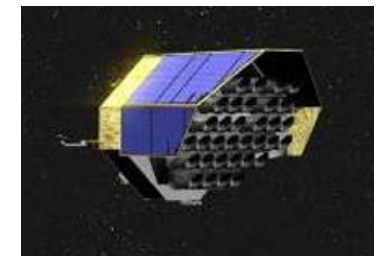
- ☐ Une planète ne produit pas de lumière : elle ne fait que diffuser celle qu'elle reçoit de son étoile, ce qui est bien peu ;
- ☐ La distance qui nous sépare de l'étoile est de loin bien plus importante que celle qui sépare l'exoplanète et son étoile : le pouvoir séparateur des instruments de détection doit donc être très élevé pour les distinguer.

### ➤ Méthodes de détection :

- ☐ Méthode interférométrique
- ☐ Par vitesse radiale (spectre lumineux)
- ☐ Par le transit (lumière) : la plus commune
- ☐ Par astrométrie (perturbation trajectoire étoile)
- ☐ Par effet de microlentille gravitationnelle
- ☐ Par imagerie directe (coronagraphie + optique adaptative) : la plus récente



Le futur chasseur d'exoplanètes Plato (ESA, lancement en 2026) cherchera des transits pour près de 200.000 étoiles.



- **Les amas stellaires**

- ☐ Amas ouverts: ensemble d'étoiles dans le même champ de vision situées dans une même zone d'une galaxie
- ☐ Amas globulaires: groupement de plusieurs étoiles dans une zone réduite de l'espace, en dehors d'une galaxie, liées gravitationnellement

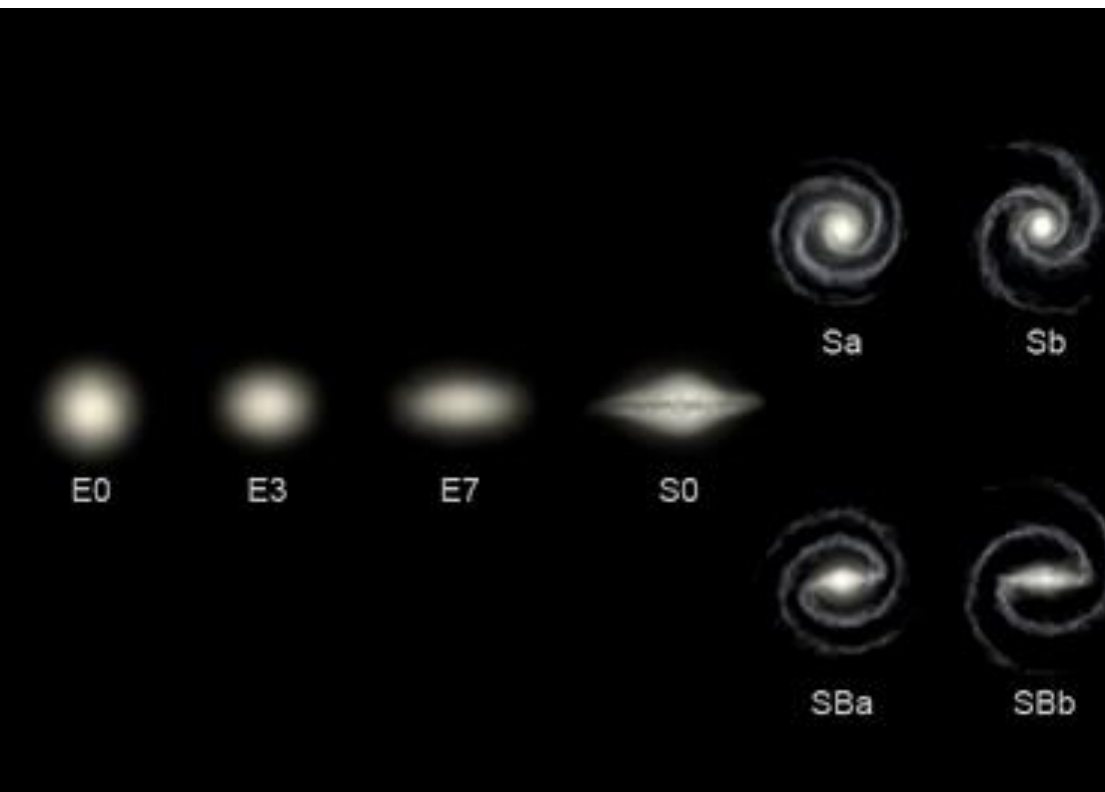
Pléiades

Hyades

Double amas de Persée

M13



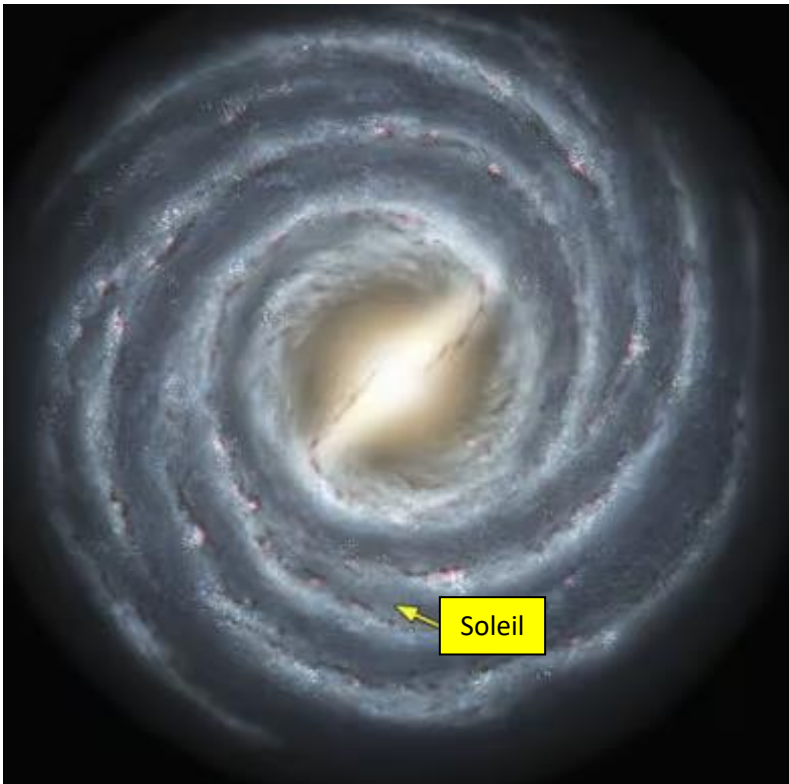


## Les galaxies dans l'univers

- 2 000 milliards de galaxies (estimation 2022)
- E: Elliptiques
- S: Spirales
- SB: spirales barrées
- I: Irrégulières (lenticulaires, annulaires, naines)

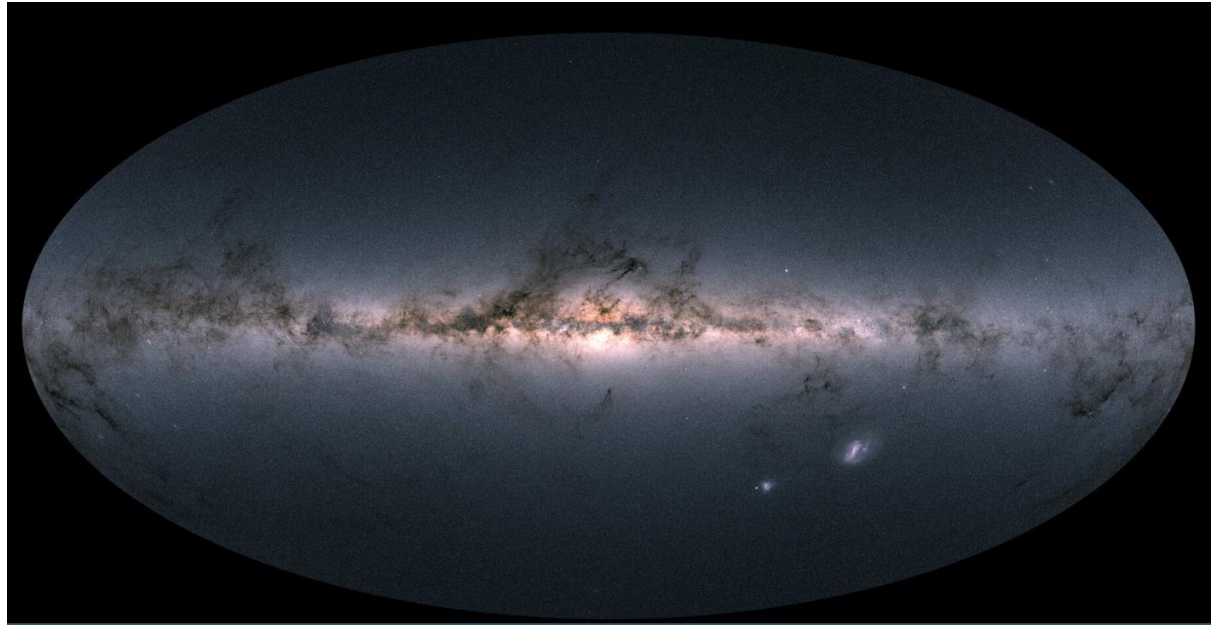
## •La voie lactée

- ☐ Galaxie spirale barrée SBa
- ☐ Entre 200 et 400 milliards d'étoiles
- ☐ Dimension : 100 000 al

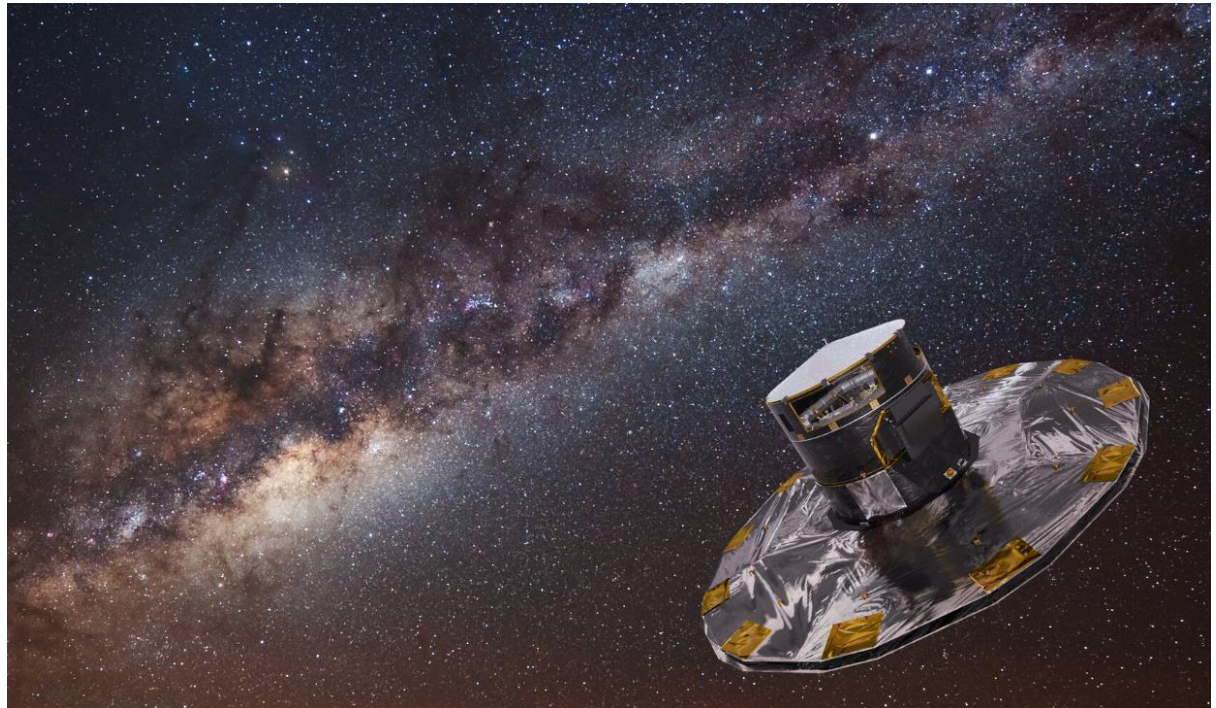




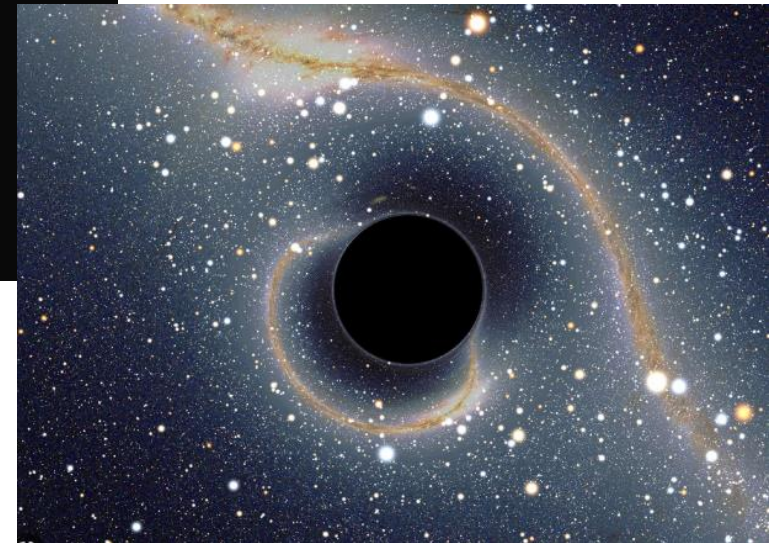
Photographie de la voie lactée prise par le satellite Gaïa (ESA)  
Résolution photo 1,7 milliards d'étoiles !



Satellite Gaïa



- Les autres objets/phénomènes célestes



**Les comètes** : noyau de glace et de poussières qui tourne autour du soleil

**Les astéroïdes** : mini planètes (géocroiseurs : qui peuvent croiser la terre)

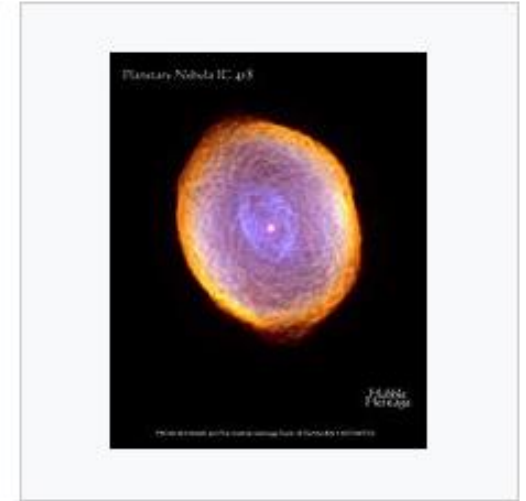
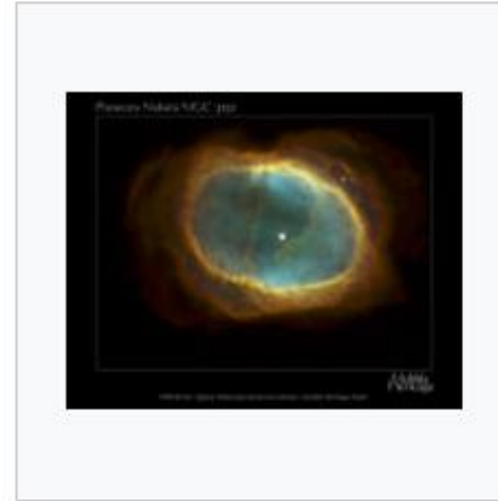
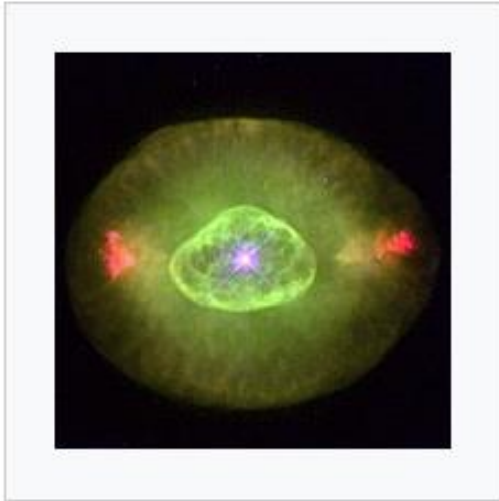
**Les lentilles gravitationnelles** : déformation de la lumière à proximité d'un objet très massif (trou noir, par exemple)



## • Les nébuleuses:

Amas de poussières et de gaz avant formation, ou après explosion, d'une étoile

➤ **Planétaires** : fin de vie d'une étoile entre 0,8 et 8 masse solaire



➤ **Nébuleuses diffuses (réflexion/émission)**: formation étoiles





- **Nébuleuses obscures :**  
nuage de poussières qui  
obscurcit le fond cosmique

- **Les étoiles à neutrons :**

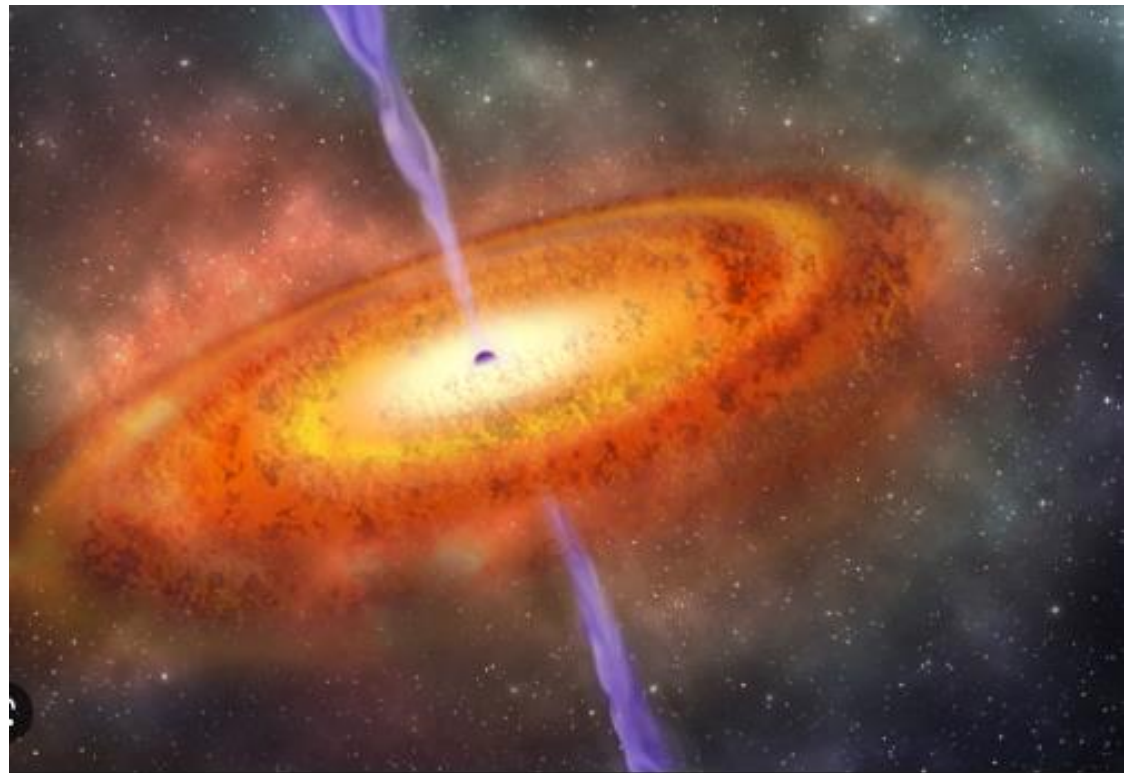
Astres principalement composés de neutrons maintenus ensembles par les forces de gravitation. De tels objets sont le résidu compact issu de l'effondrement gravitationnel du cœur de certaines étoiles massives lorsque celles-ci ont épuisé leur combustible nucléaire.

**Densité: 100 milliards de tonnes par.....cm<sup>3</sup>**



- **Les quasars :**

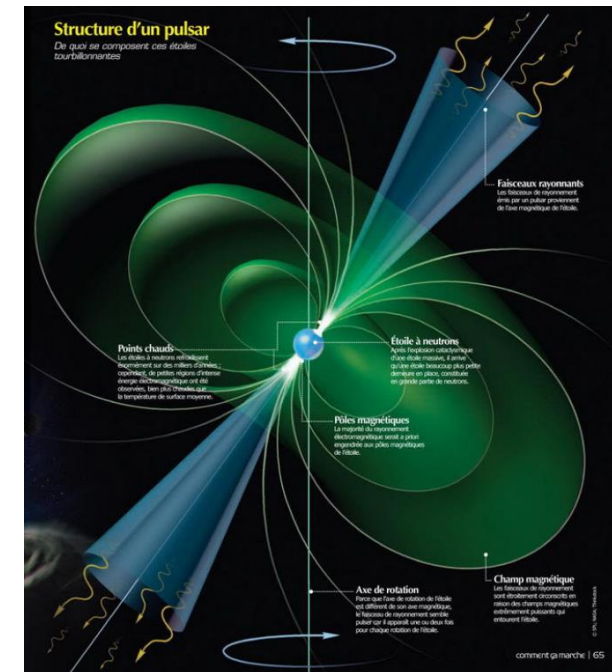
trou noir supermassif au centre d'une région extrêmement lumineuse (noyau actif de galaxie). Les quasars sont les entités les plus lumineuses de l'Univers





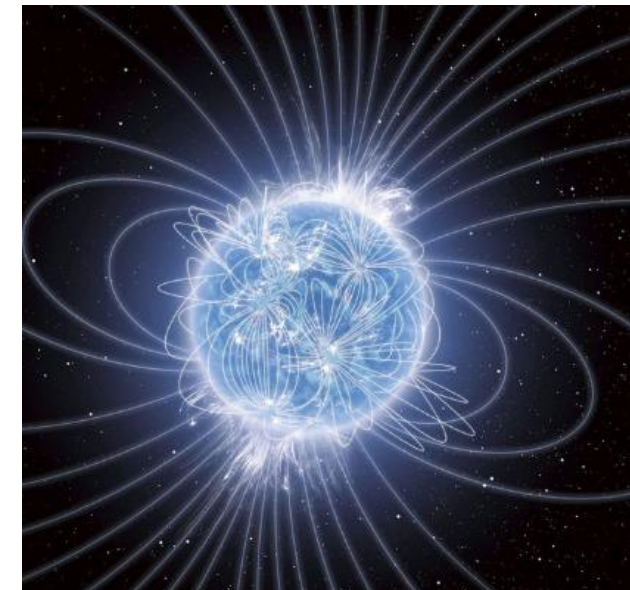
## • Les pulsars :

Etoile à neutron générant des impulsions radios périodiques, tels des phares cosmiques



## • Les magnétars

Etoiles à neutrons disposant d'un champ magnétique extrêmement intense, qui émettent des radiations électromagnétiques de haute énergie, comme les rayons X et gamma.

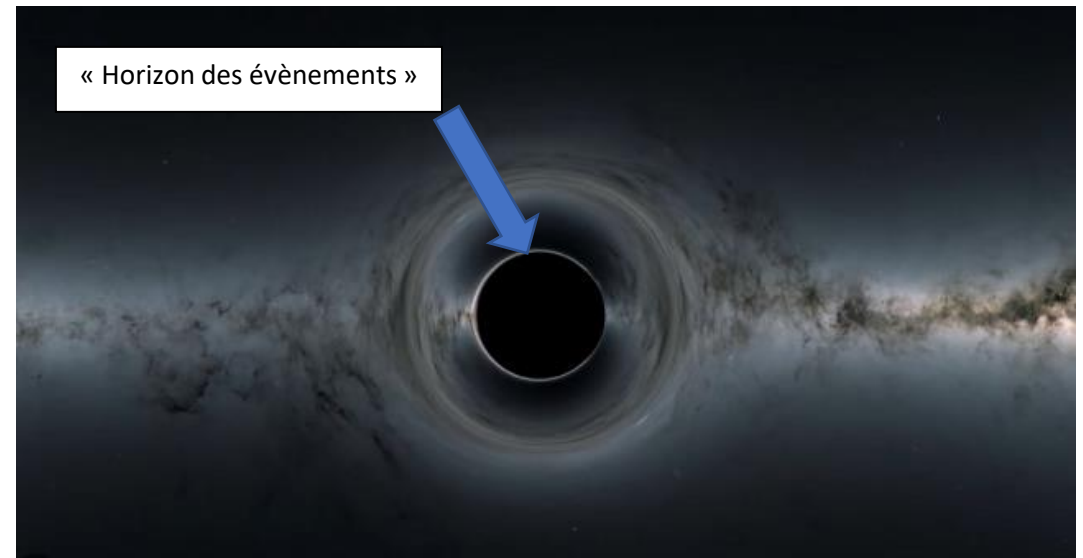




## •Les trous noirs :

Objet céleste si compact que l'intensité de son champ gravitationnel empêche toute forme de matière ou de rayonnement de s'en échapper.

De tels objets ne peuvent ni émettre, ni diffuser la lumière et sont donc noirs, ce qui en astronomie revient à dire qu'ils sont optiquement invisibles. Toutefois, plusieurs techniques d'observation indirecte dans différentes longueurs d'onde ont été mises au point et permettent d'étudier de nombreux phénomènes qu'ils induisent. En particulier, la matière happée par un trou noir est chauffée à des températures très élevées et émet une quantité importante de rayons X, avant d'être « absorbée »



## •Les supernovas

Une supernova résulte de l'implosion d'une étoile en fin de vie, notamment une gigantesque explosion qui s'accompagne d'une augmentation brève mais fantastiquement grande de sa luminosité. Vue depuis la Terre, une supernova apparaît donc souvent comme une étoile nouvelle, alors qu'elle correspond en réalité à la disparition d'une étoile.

21/05/2023: supernovae dans M101 (Grande ourse)



SN1054

- Les amas de galaxies



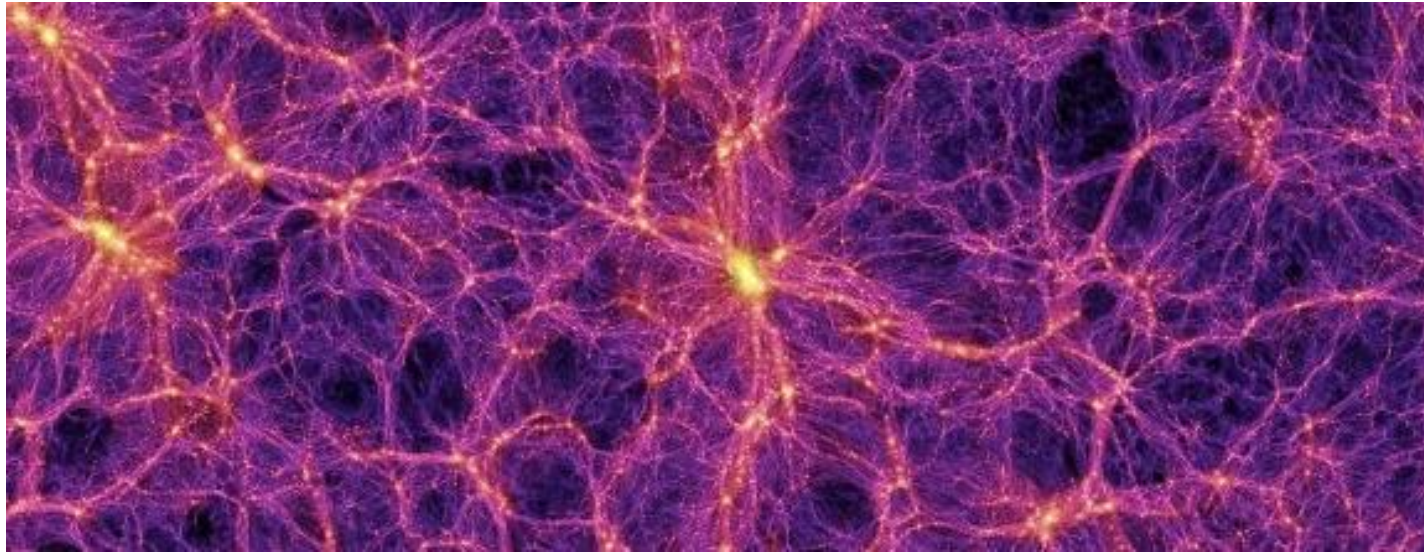
- Les superamas de galaxies (VL=super amas de la Vierge)



Notre Galaxie se trouve au bord d'un superamas de galaxies, découvert en 2014 et appelé **Laniakea**. C'est une structure en train de se diluer qui mesure 500 millions d'années-lumière et contient plus de cent mille galaxies.

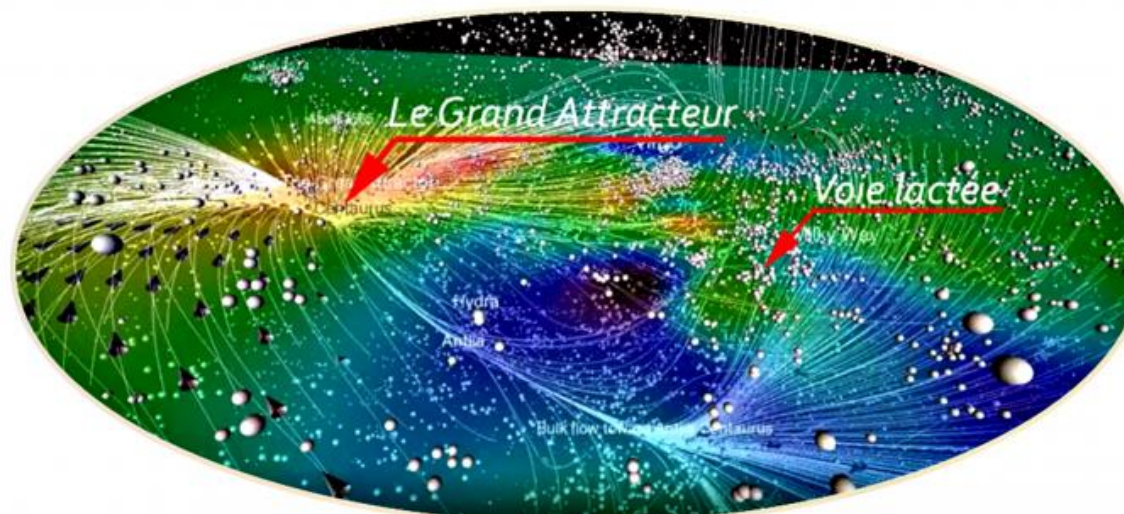


- **Les filaments galactiques** : concentration de galaxies, structure s'approchant de celle de la mousse ou d'une éponge



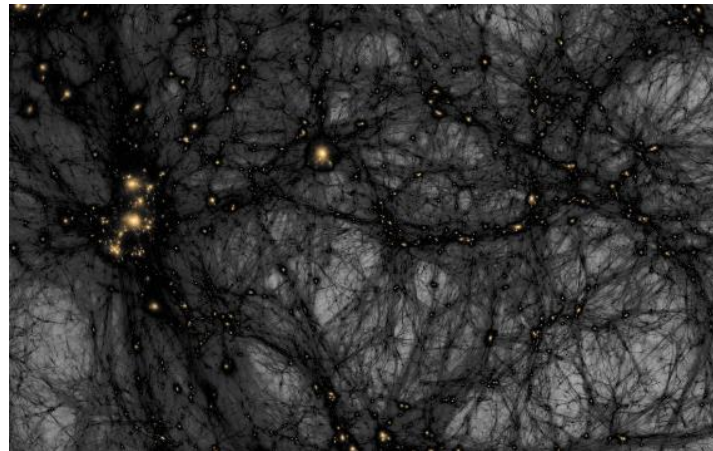
- **Le grand attracteur :**

Anomalie gravitationnelle de l'espace intergalactique se trouvant au centre du superamas Laniakea. Notre **galaxie et tout ce qui se trouve dans notre superamas se dirigent vers le Grand Attracteur** à la vitesse de 631 km/s



## •La matière noire

La [matière](#) noire est une mystérieuse composante matérielle *hypothétique* probablement constituée de [particules élémentaires](#) mais en aucun cas de matière normale, c'est-à-dire de [protons](#), [neutrons](#) et [électrons](#), et que l'on suppose répartie dans tout l'[univers](#) observable. Sans charge électrique et n'interagissant que très faiblement avec la matière normale, elle se signale par son attraction gravitationnelle : permet d'expliquer le fait que les étoiles situées à l'extrémité d'une galaxie tournent beaucoup plus vite que ne le laisse supposer les lois de la gravité et de la relativité générale

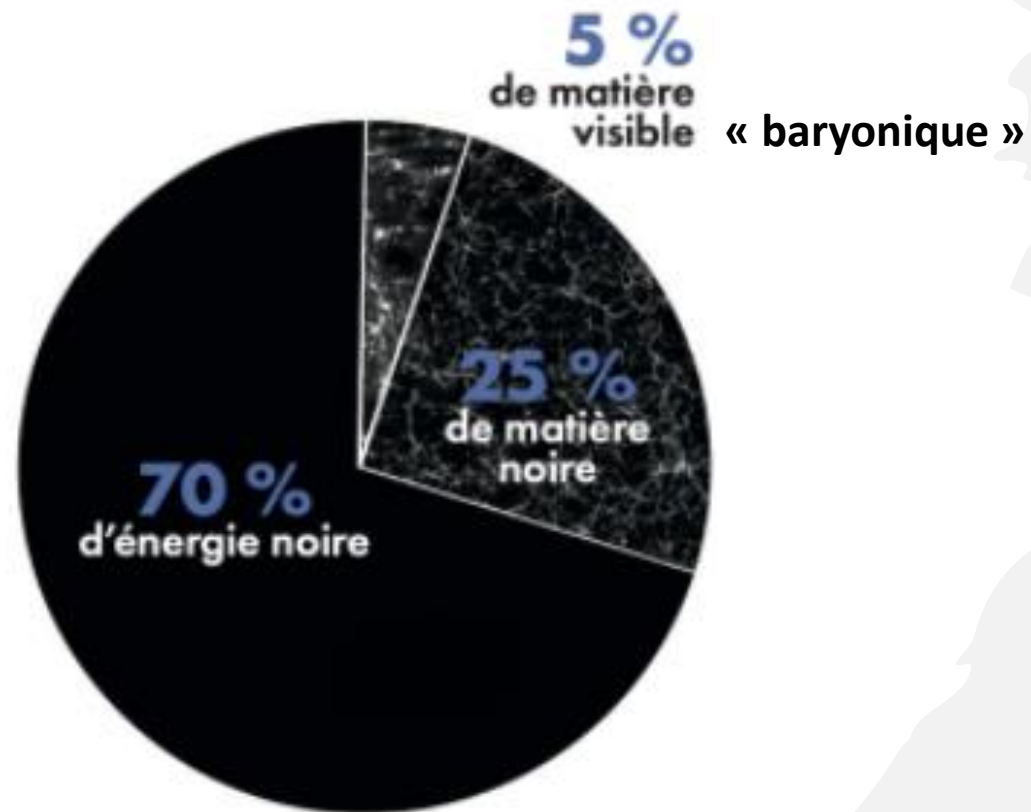


## •L'énergie noire :

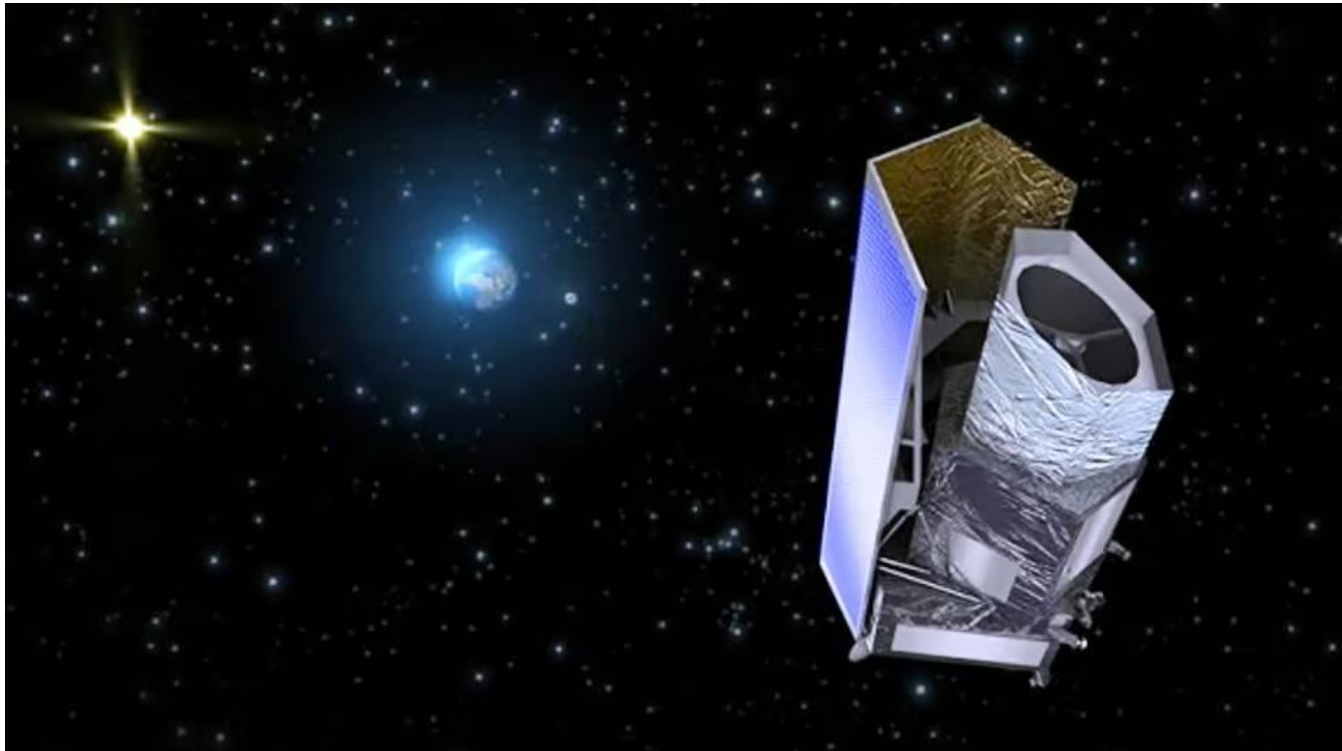
L'énergie noire ou énergie sombre est une forme d'[énergie](#) *hypothétique* remplissant uniformément tout l'[Univers](#) et dotée d'une [pression](#) négative, elle se comporte comme une [force gravitationnelle](#) répulsive. L'existence de l'énergie noire est nécessaire pour expliquer diverses observations [astrophysiques](#), notamment l'[accélération de l'expansion de l'Univers](#) détectée au tournant du 21<sup>ème</sup> siècle. L'énergie noire ne doit pas être confondue avec la [matière noire](#) qui, au contraire, ne remplit pas uniformément l'Univers et qui interagit normalement (forces attractives) avec la gravitation : l'énergie noire permet d'expliquer le fait que l'univers est en **expansion accélérée**, ce que ne prévoient pas les lois de la gravitation et de la relativité générale : **débat non encore tranché !**



## DANS L'UNIVERS...



•Exploration de la matière/énergie noire : Lancement du satellite Euclid le 1er juillet 2023 (ESA)



Ce satellite se présente sous la forme d'un télescope spatial de 1,2 m de diamètre au foyer duquel seront installés deux instruments conçus pour cartographier la distribution 3D dans l'univers de plus de 3 milliards de galaxies et la matière noire associée à ces objets, répartis sur plus d'un tiers de l'ensemble du ciel et sur 10 milliards d'années-lumière depuis la terre.

Capteur optique 600 Mpixels : permettrait de voir une mouche sur la tour Eiffel depuis la Bonne Mère à Marseille !

Capteur « proche infrarouge » : permettra de calculer l'éloignement de chaque galaxie

Et donc, cartographie 3D de l'espace profond.

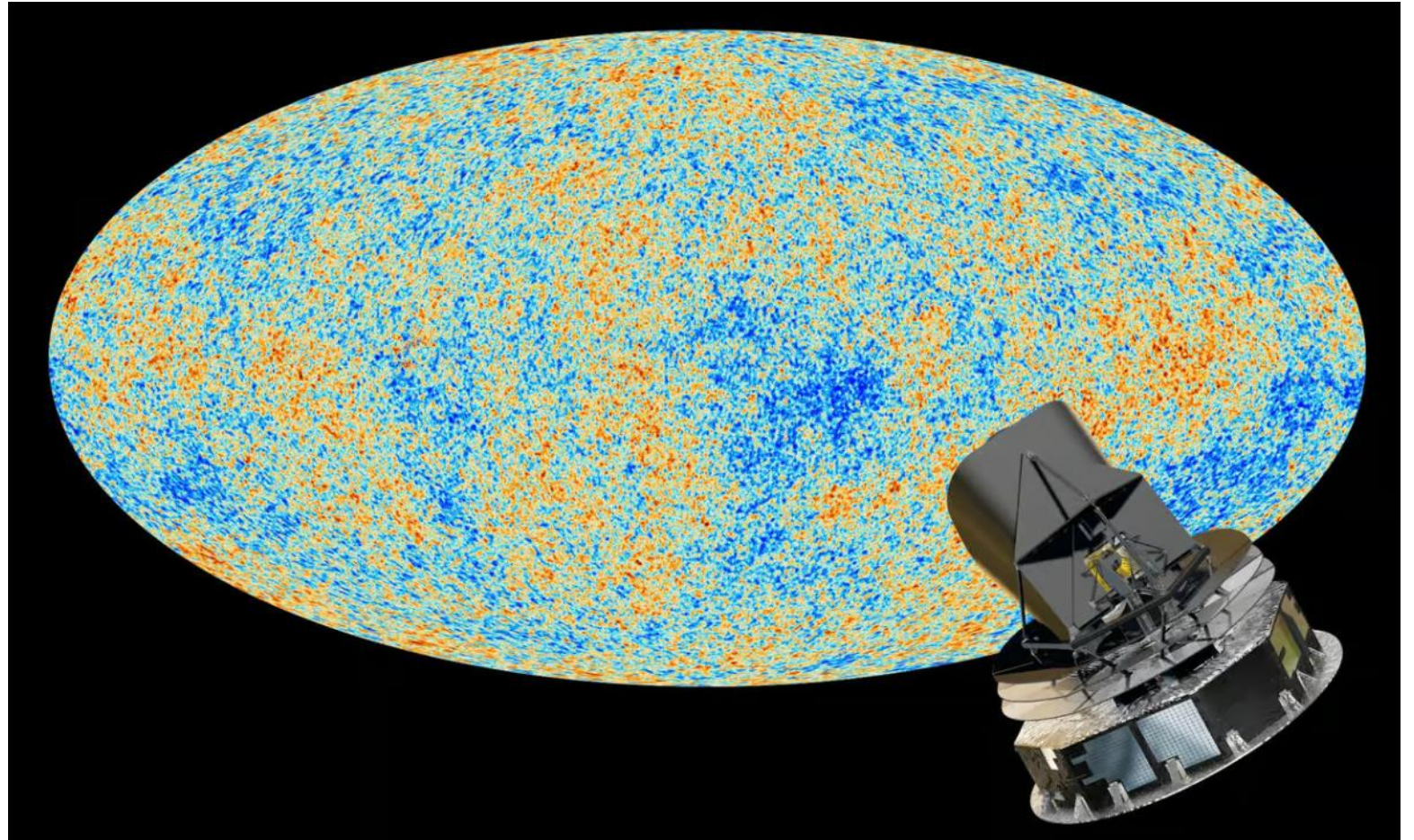






## Le fond diffus cosmologique = rayonnement fossile

- découvert en 1965
- Satellite Planck 2009-2013 (ESA)

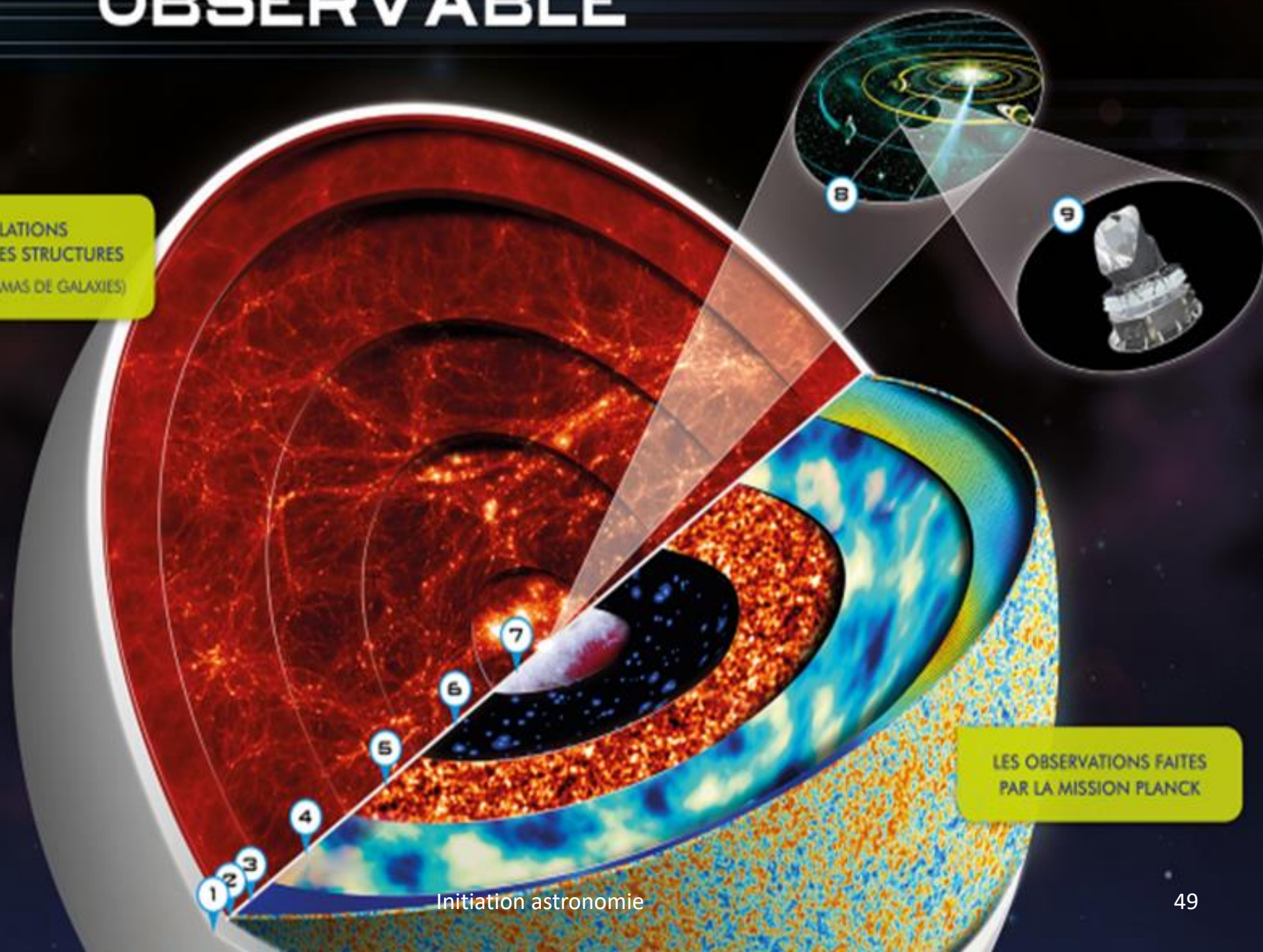




# NOTRE UNIVERS OBSERVABLE



SIMULATIONS  
DES GRANDES STRUCTURES  
(GALAXIES ET AMAS DE GALAXIES)



LES OBSERVATIONS FAITES  
PAR LA MISSION PLANCK

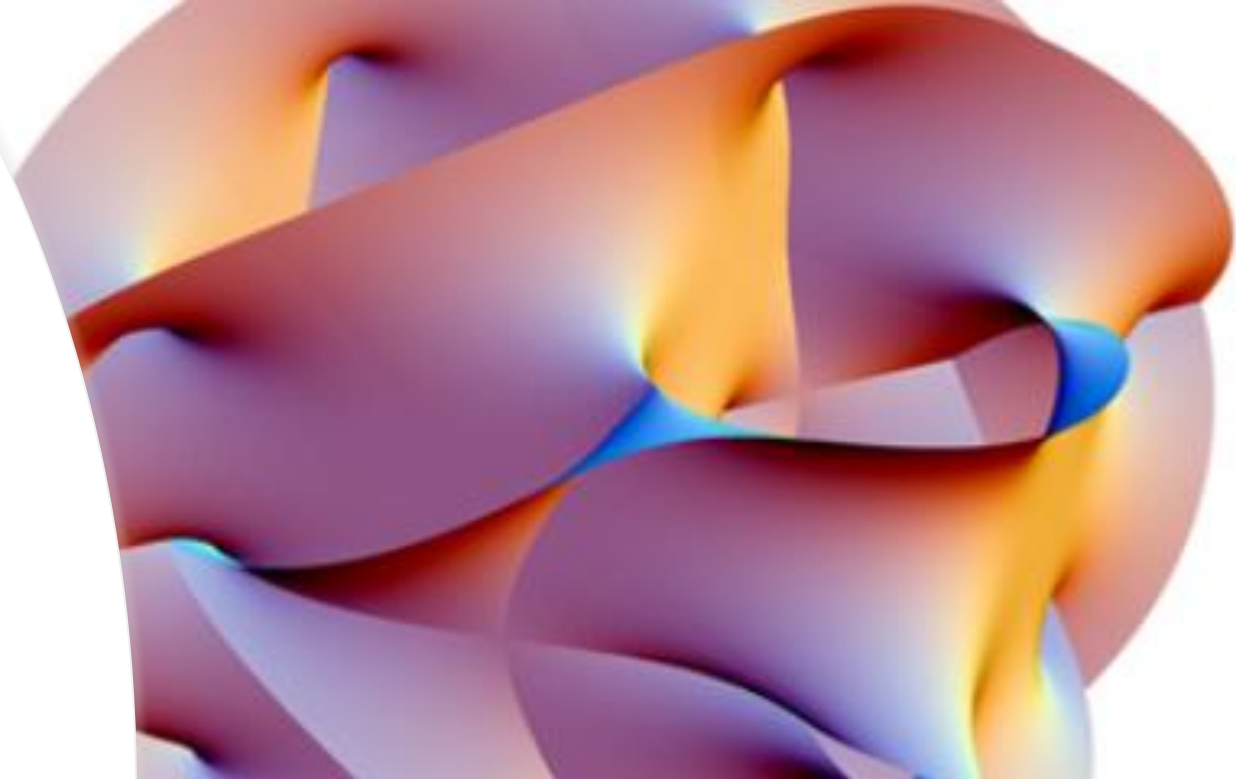


## ❑ Et avant-Big-Bang? Question idiote !

• En relativité générale, la question de l'avant-Big-Bang n'a pas de sens. **Le Big-Bang est l'origine de l'espace et du temps.** Chercher l'avant-Big-Bang serait comme chercher le nord du pôle Nord à la surface de la Terre : il n'y en a tout simplement pas. La question serait mal posée.

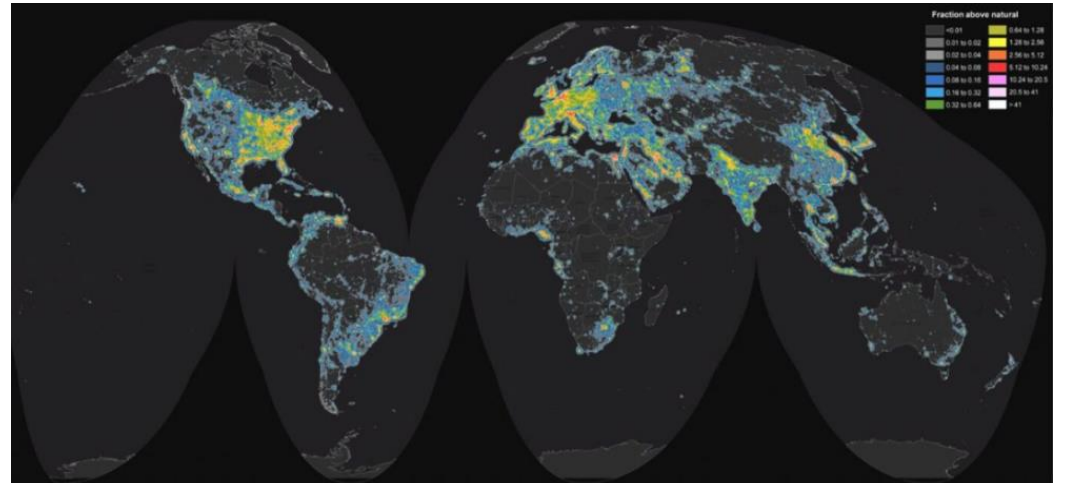
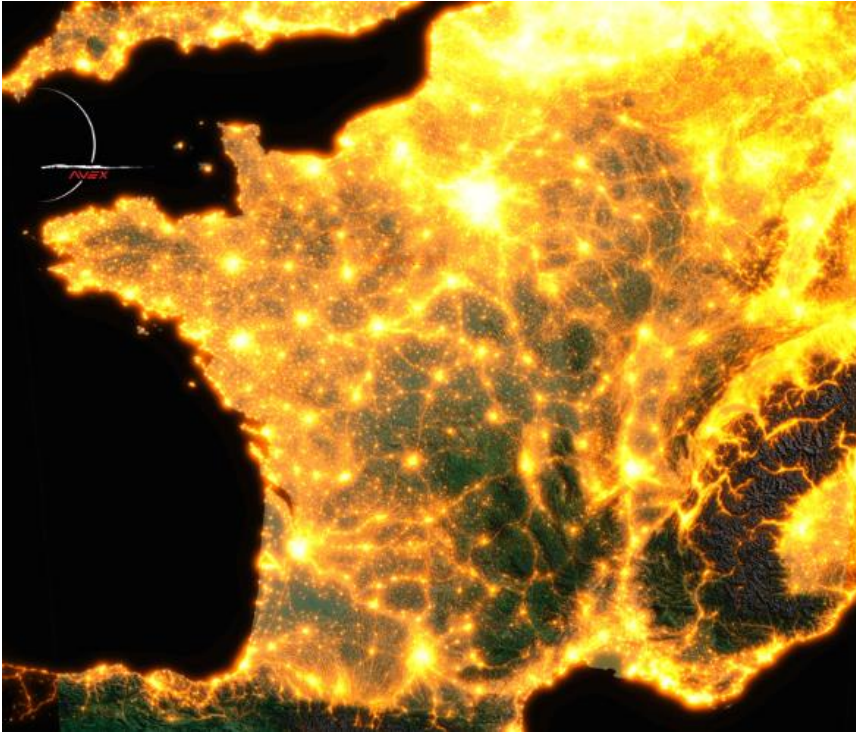
• Cependant on soupçonne fortement que cette singularité soit avant tout la conséquence du fait que nos lois de la gravitation deviennent alors inopérantes, et qu'il faut les remplacer par autre chose. On entre ici dans un domaine spéculatif, car il n'existe guère de consensus et encore moins de certitudes sur la nouvelle forme que pourraient prendre de nouvelles lois de la gravitation qui opèreraient dans de telles conditions physiques. Plusieurs théories candidates existent. Parmi lesquelles la plus populaire chez les scientifiques est la **théorie des cordes** et, après elle, la plus connue du grand public s'appelle **gravité quantique à boucles**. Autre théorie: **multivers**. Aucune de ces théories n'est aboutie, et aucune d'elle ne donne aujourd'hui de réponse définitive aux questions sur les premières phases du Big Bang.

- Big Bang 13,7 milliards d'années: température  $> 10^{29} \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Rayonnement fossile  $t=380\,000 \text{ ans}$
- Ré ionisation  $t=500\,000 \text{ ans}$
- Matière ordinaire  $t=2 \text{ milliards d'années}$
- Poussières extragalactiques  $t=4 \text{ milliards d'années}$
- Amas de galaxies  $t=8 \text{ milliards d'années}$
- Voie lactée  $t=13 \text{ milliards d'années}$
- Notre système solaire  $t=13 \text{ milliards d'années}$



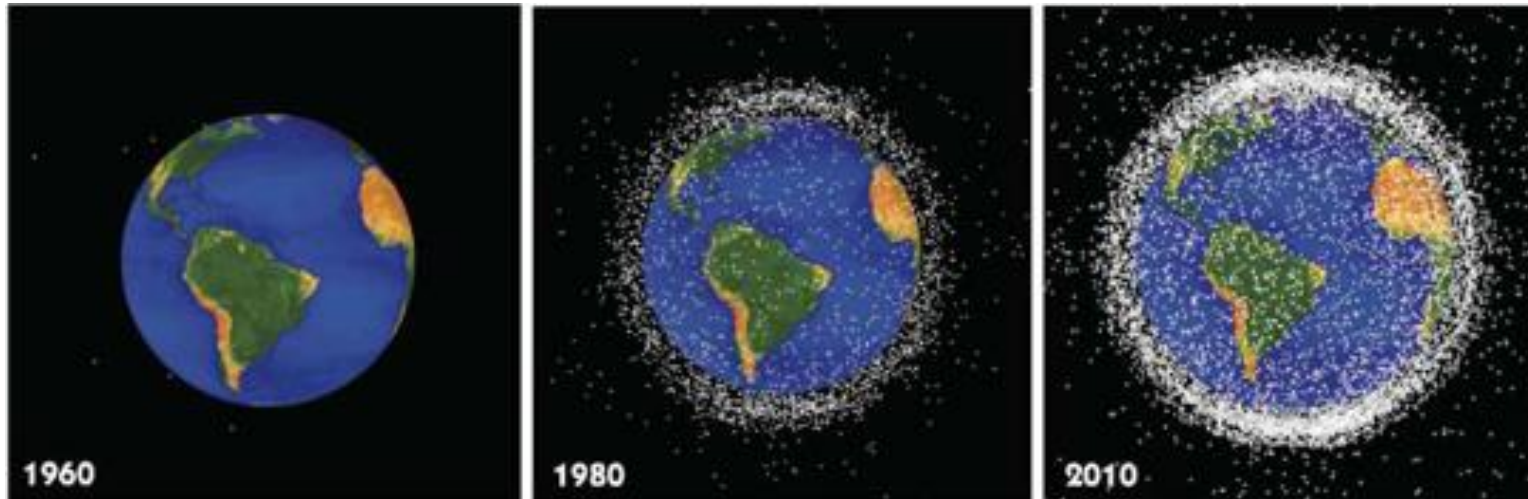


- Pollution lumineuse



Elon Musk constellation de satellites internet

- Débris spatiaux



## •Débris spatiaux

D'où viennent-ils ?

- Après chaque lancement de satellite, corps de fusée laissés en orbite(1<sup>er</sup>, 2<sup>ème</sup> étage...)
- Abandon de satellite hors d'usage
- Perte d'objets lors des sorties extravéhiculaires
- Collisions entre satellites
- Destructons volontaire de satellites depuis la terre ou depuis un autre satellite militaire: Chine, Russie
- .....

Risques ?

- Mise hors d'usage de satellites en service (communication, transferts de données....)
- Destruction de stations spatiales habitées: nécessité de corrections de trajectoires
- .....

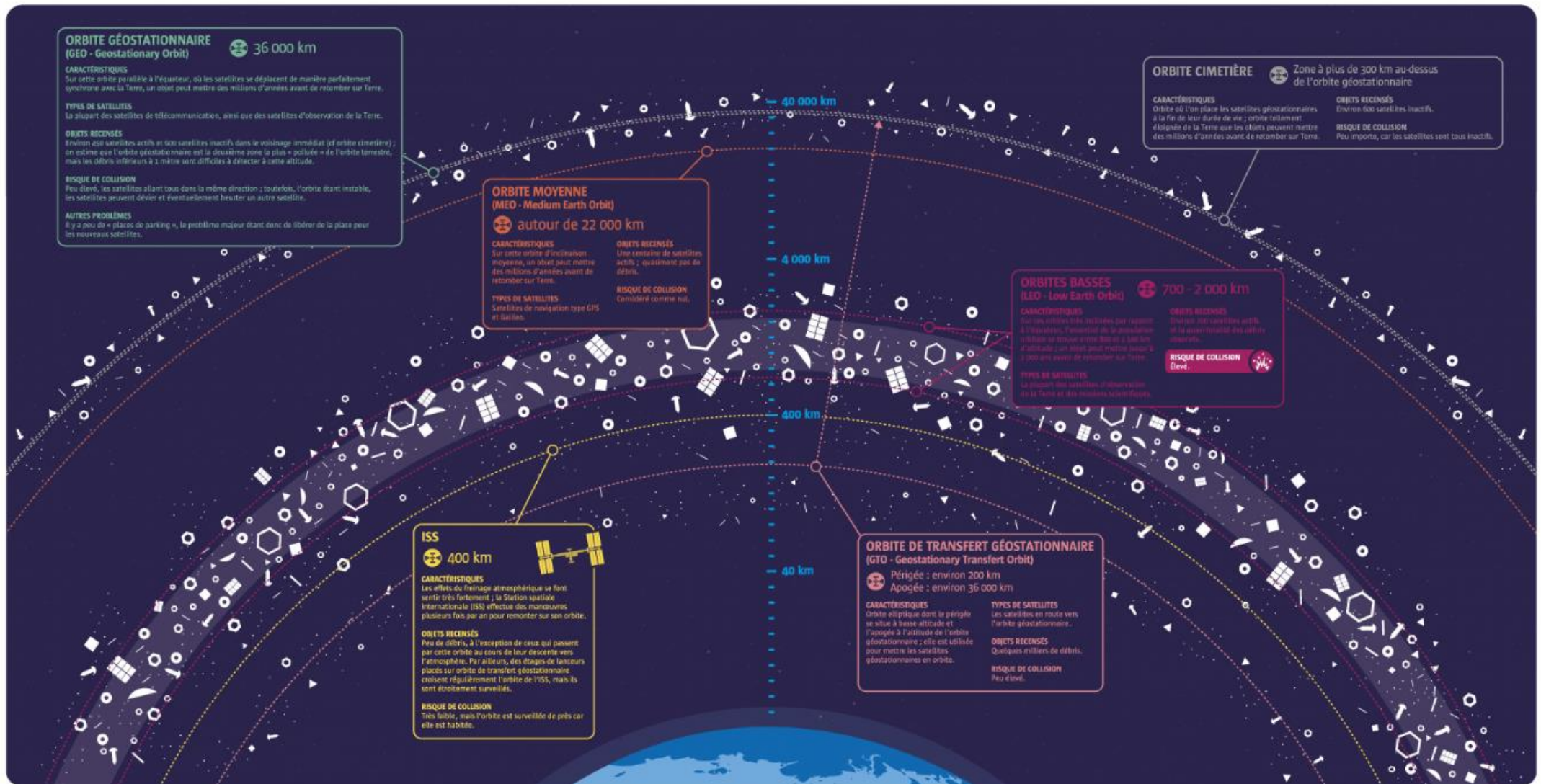
Solutions ?

- Ne plus envoyer de nouveaux satellites !
- Surveiller en permanence les débris les plus gros: Nasa, ESA, CNES.....
- Attendre la chute des débris sur la terre: orbite basse> 5 ans, orbites hautes plus de 100 ans
- Nettoyer l'espace
- Orbite poubelle
- Légiféré au niveau international pour un meilleurs comportement
- .....



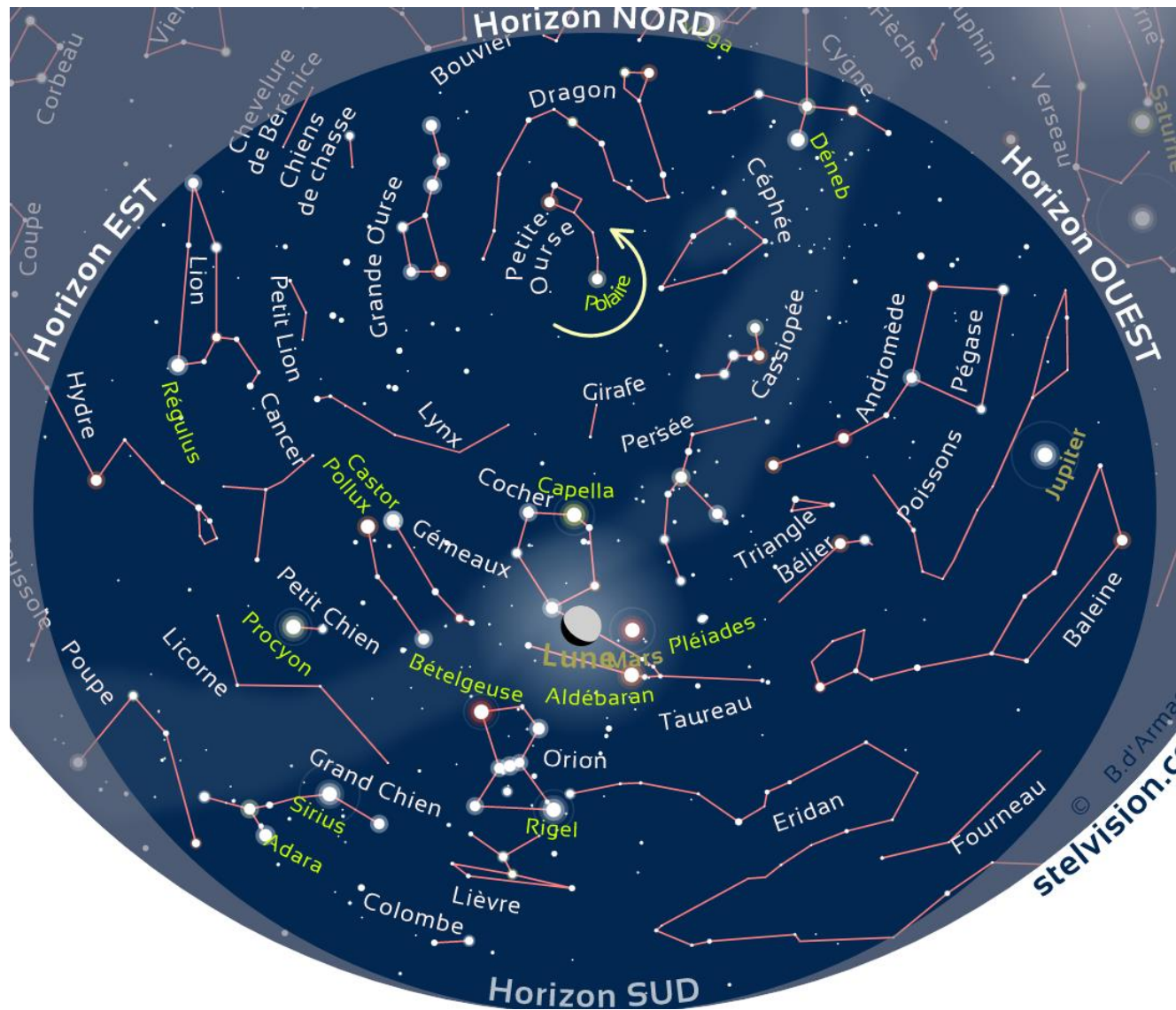
## •Débris spatiaux

### Sur quelles orbites se trouvent les débris spatiaux ?



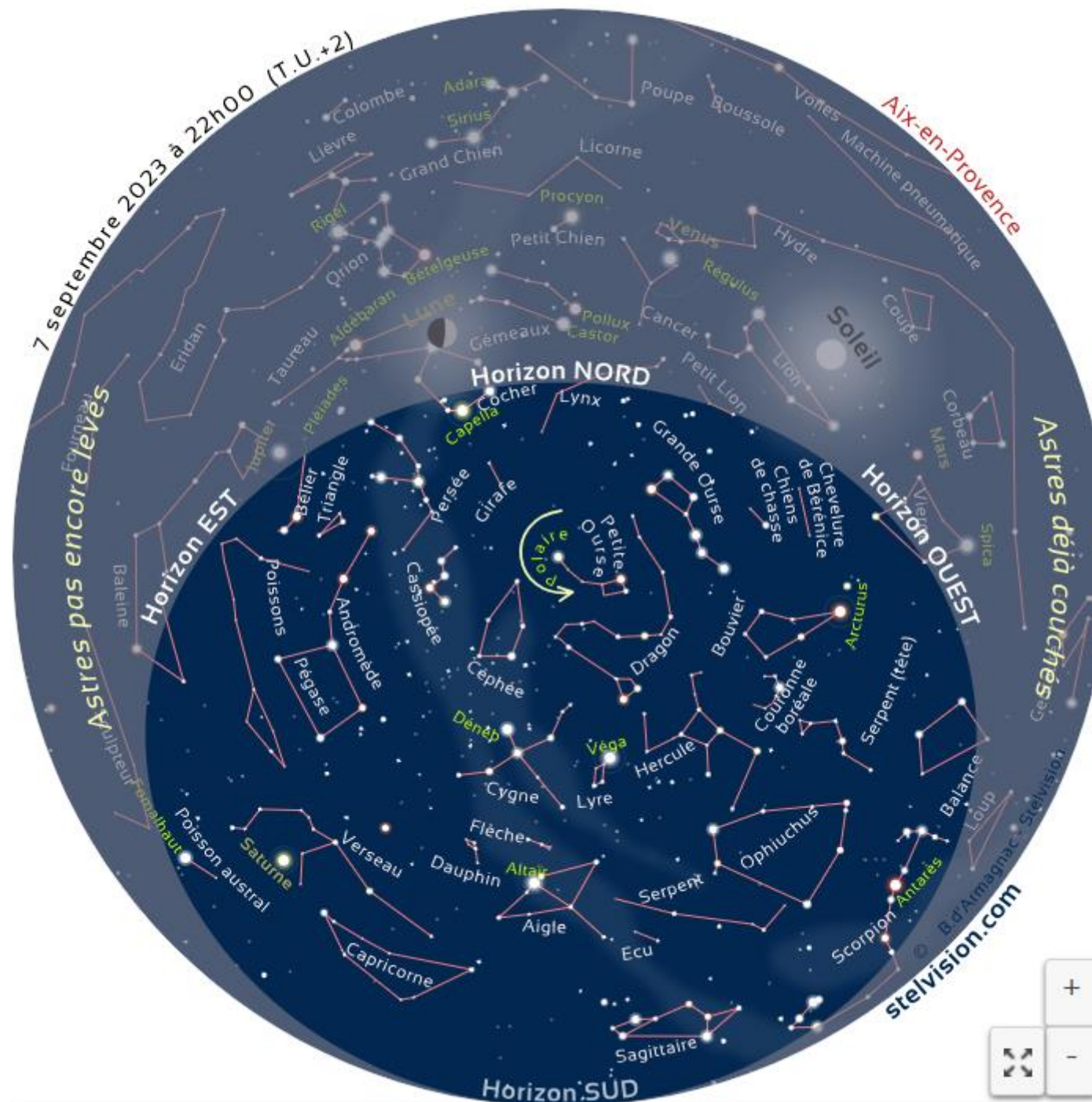
Sources : CNES, ESA, juin 2017

- Principales étoiles, constellations



Ciel d'hiver





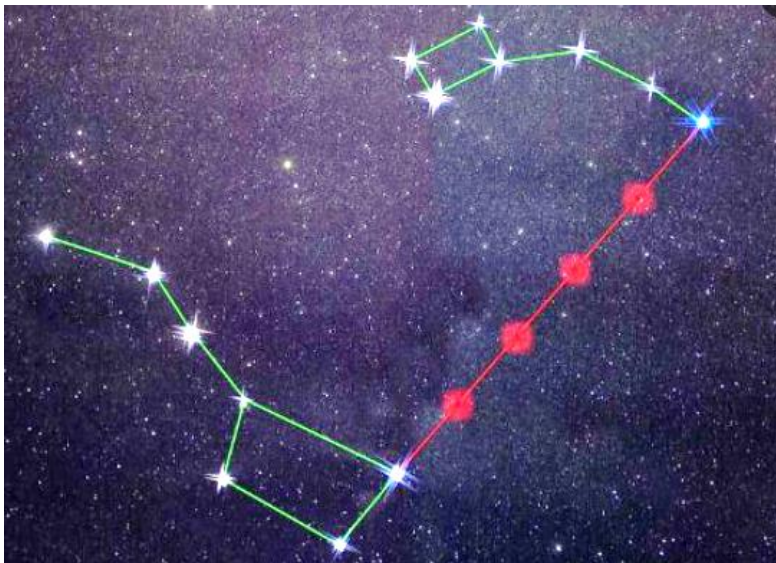




Petite ourse (Polaris)



Grande ourse (Alcor et Mizar, M101)

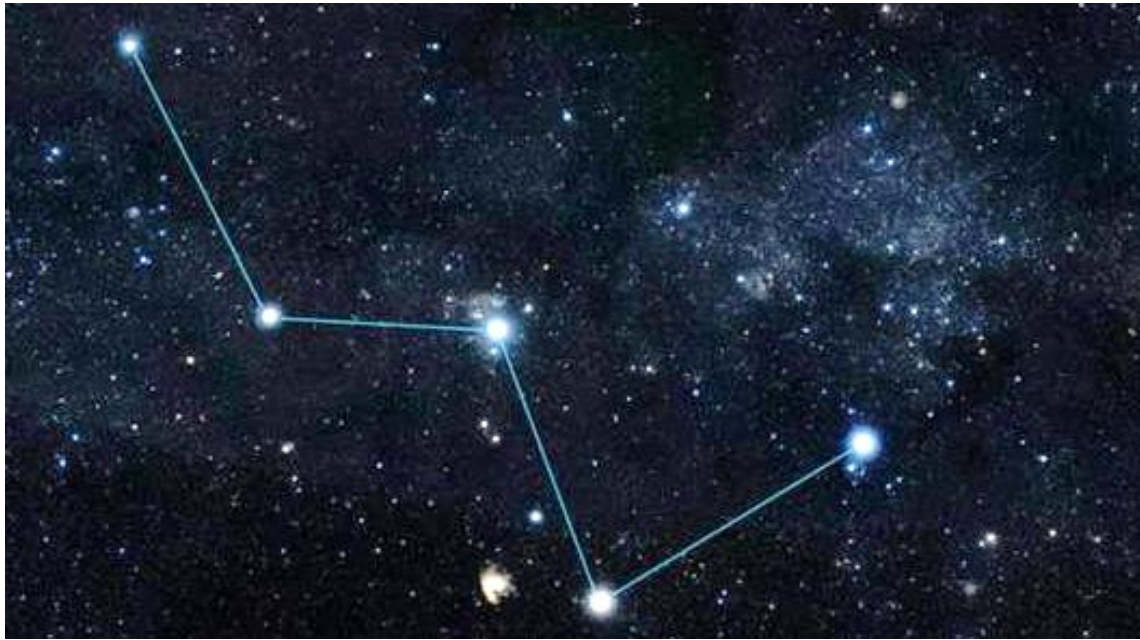


Petite ourse et grande ourse

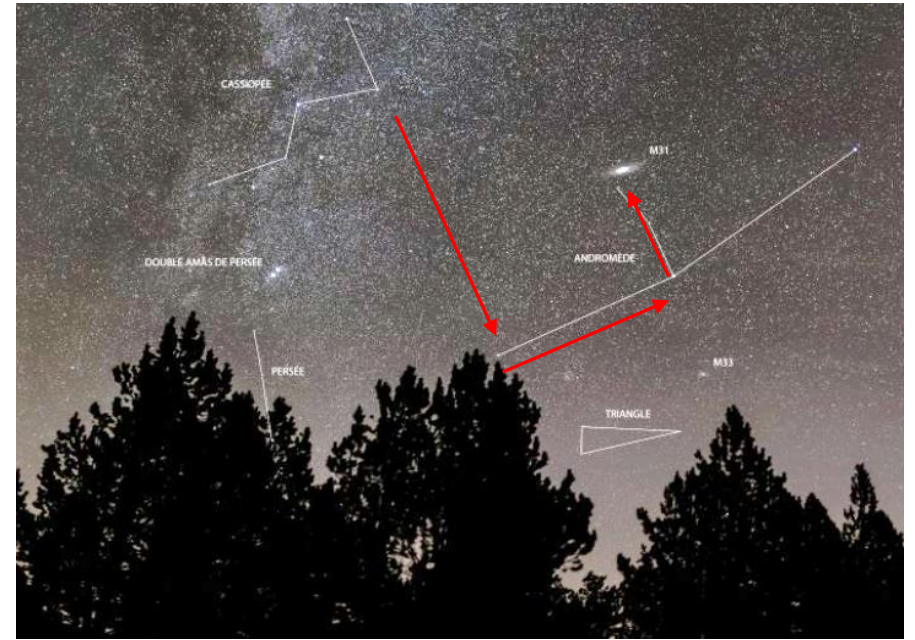


M101 et nouvelle supernovae

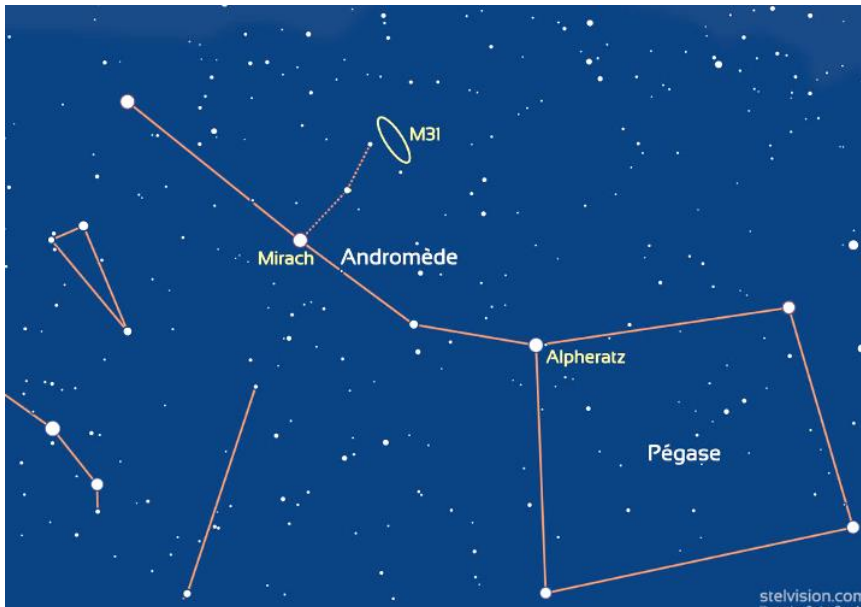




**Cassiopée**



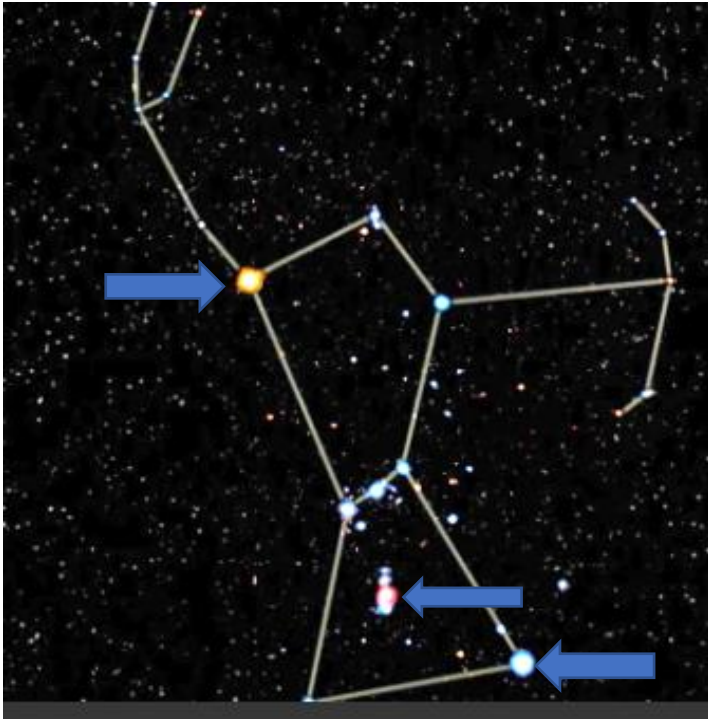
**Cassiopée et la galaxie d'Andromède M31**



**Andromède et Pégase**



**M31**



**Orion (Bételgeuse, Rigel et M42) : Hiver**





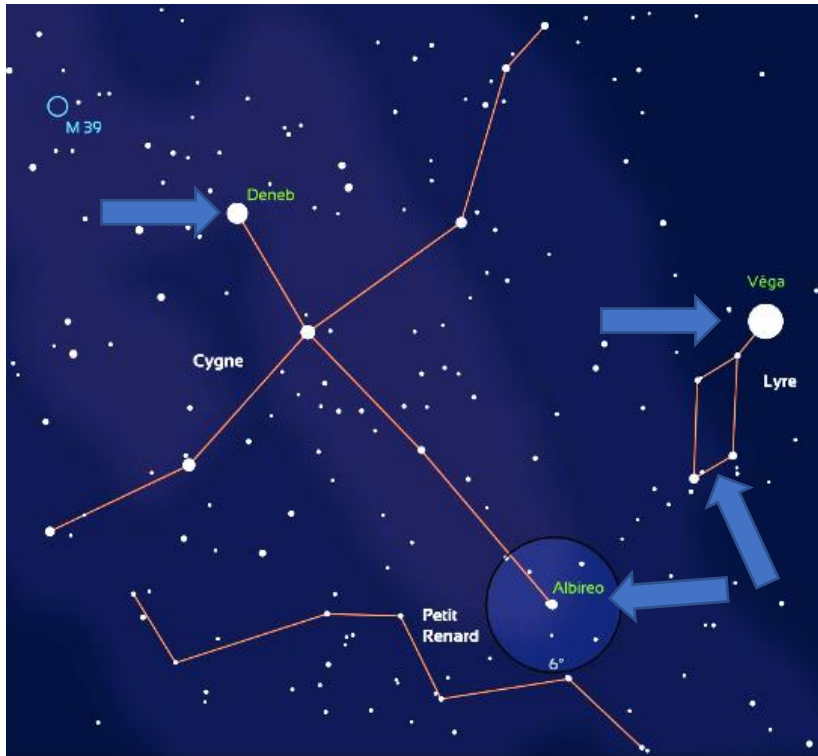
**Taureau (Aldébaran, pléiades et hyades)**



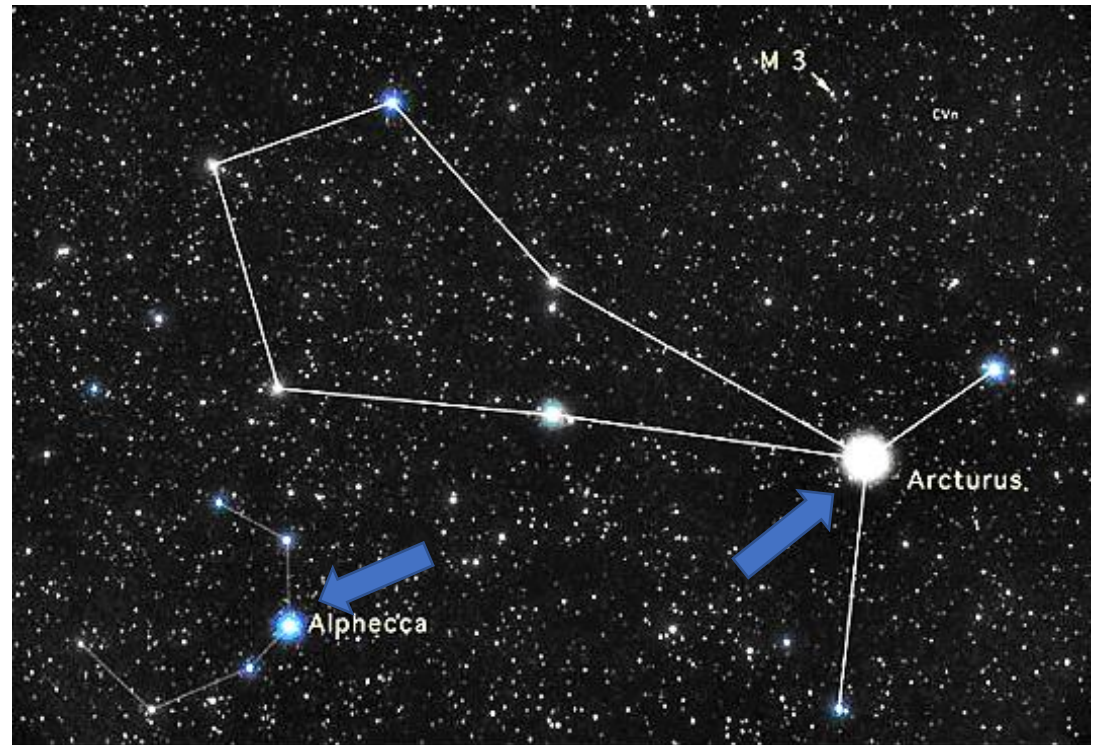
**Orion et Taureau**



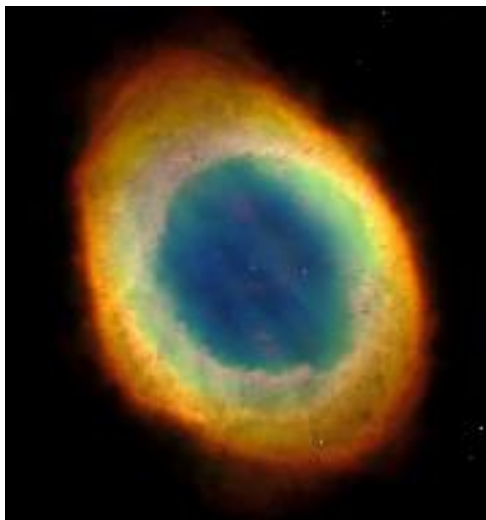
**Grand chien (Sirius et M41)**



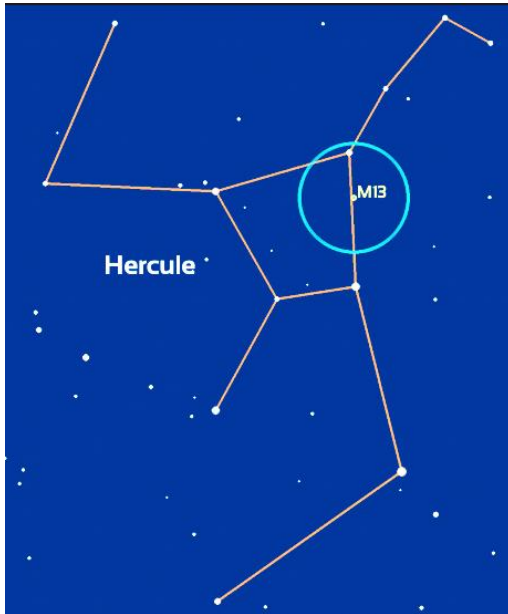
Le Cygne (Deneb et Albiréo) et la Lyre (Véga et M57)



Le Bouvier (Arcturus) et la Couronne boréale (Alphecca)



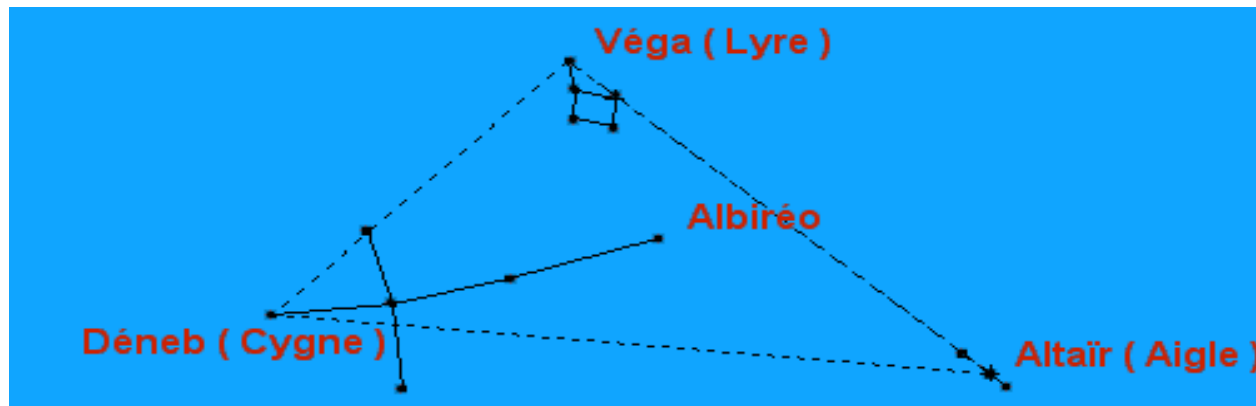




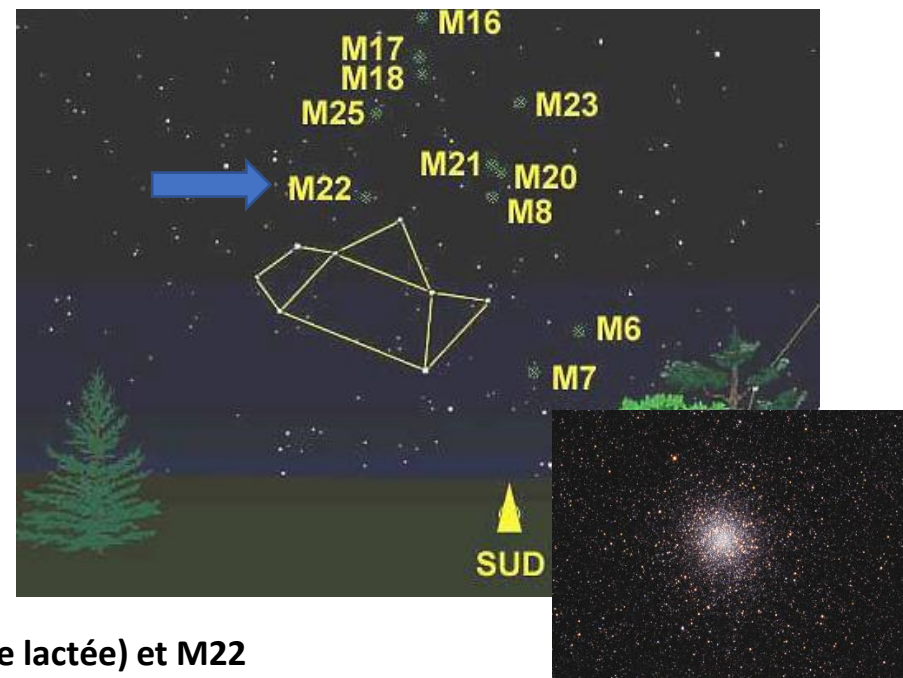
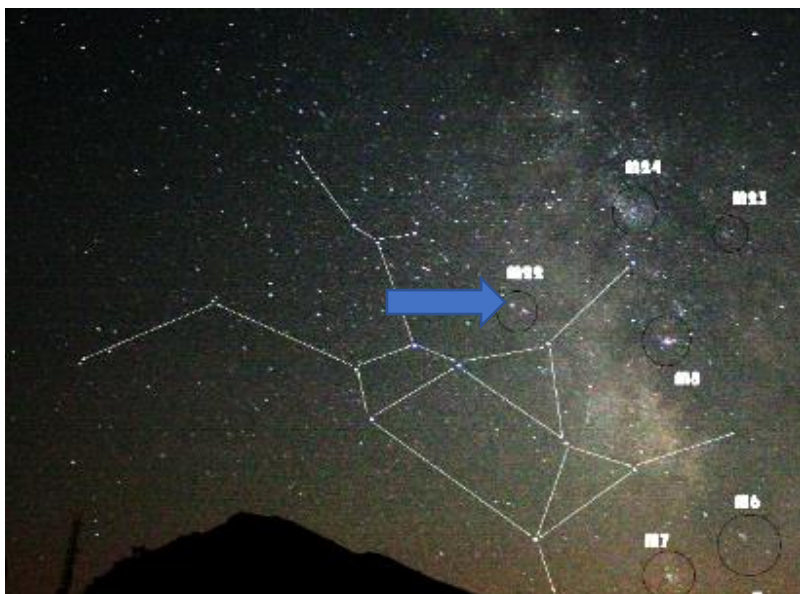
**Hercule (M13)**



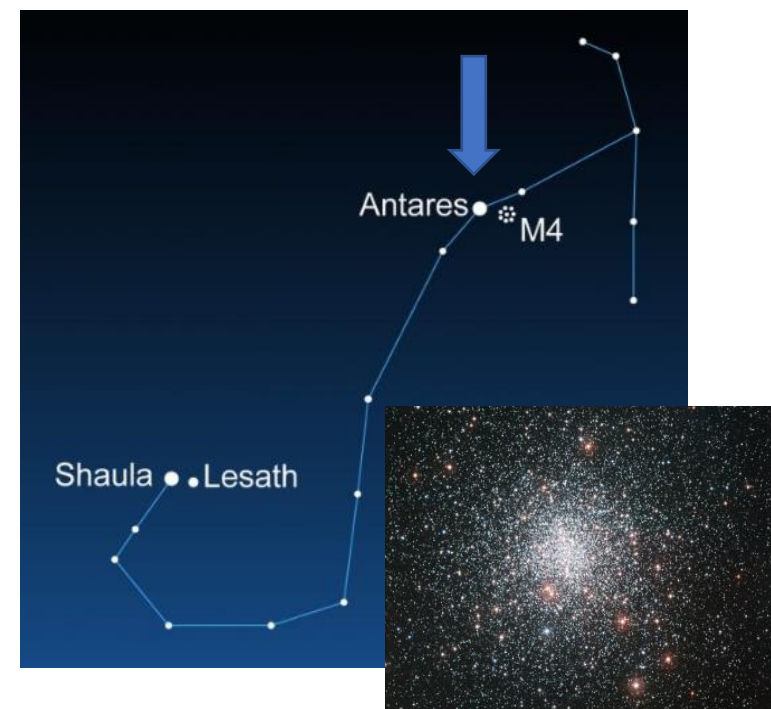
**L'Aigle (Altaïr)**



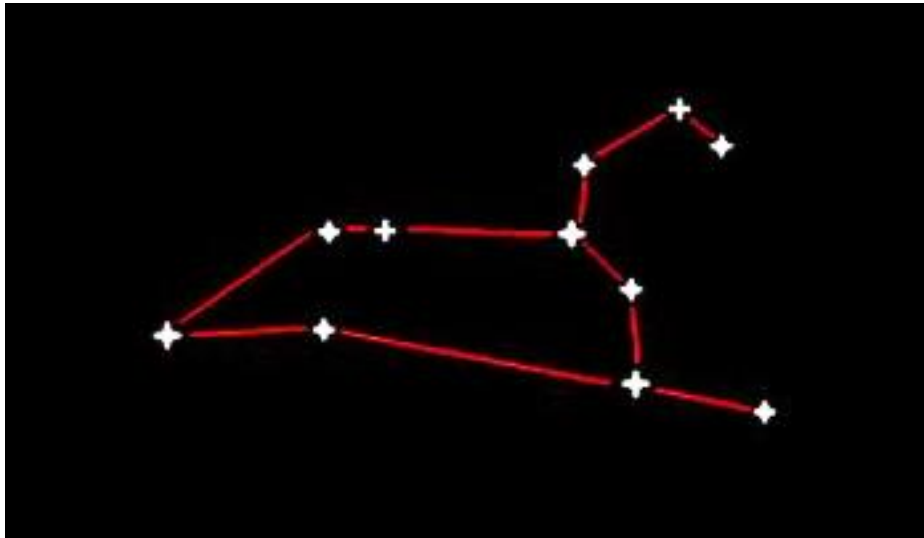
**Triangle de l'été**



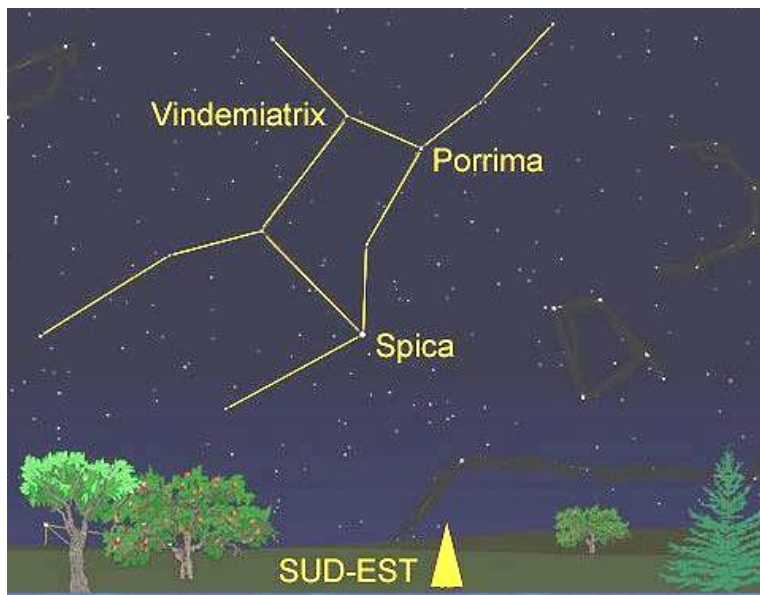
Le Sagittaire (au centre de la voie lactée) et M22



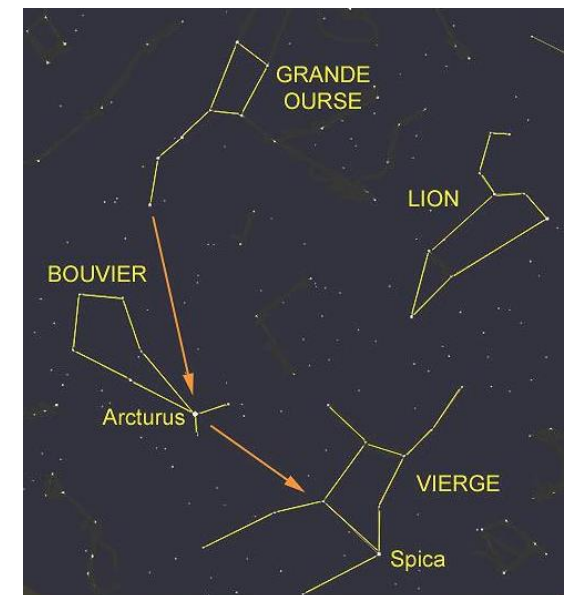
Le Scorpion (Antarès et M4)



**Le Lion (Denebola et Regulus)**



**La Vierge (Spica)**







- **Plus d'infos :**

- ☐ <http://www.astrosurf.com/luxorion/menu-science.htm>
- ☐ <http://www.astrosurf.com/quasar95/exposes.html>
- ☐ <https://www.futura-sciences.com/sciences/espace/astronomie/>

- **Applications Smartphone :**

- ☐ Stellarium
- ☐ Star Walk 2
- ☐ Sky Map
- ☐ Sky Tonight



- Merci de votre attention !