

# Notre Univers

## Son Passé, son Présent et son Avenir

- Caractéristiques de notre univers
- De quoi est composé l'Univers :
- La constitution : les étoiles, les planètes, les trous noirs, des galaxies ..., les amas, super-amas et les « filaments » de liaison, la matière noire et l'énergie noire
- L'évolution
- Les grandes inconnues : Matière noire et Energie noire
- Les planètes
- La vie

# Caractéristiques de notre Univers

- Dimension : 30 Milliards d'années-lumière :  $3 \cdot 10^{23}$  km
- Masse : 2 000 Milliards de Milliards de Soleils :  $5 \cdot 10^{51}$  kg
- Age : 13,8 Milliards d'années
- Forme : Sphère, ellipsoïde ou polyèdre quasi-sphérique

De quoi est composé notre Univers ? (1)



# De quoi est composé notre univers ? (2)

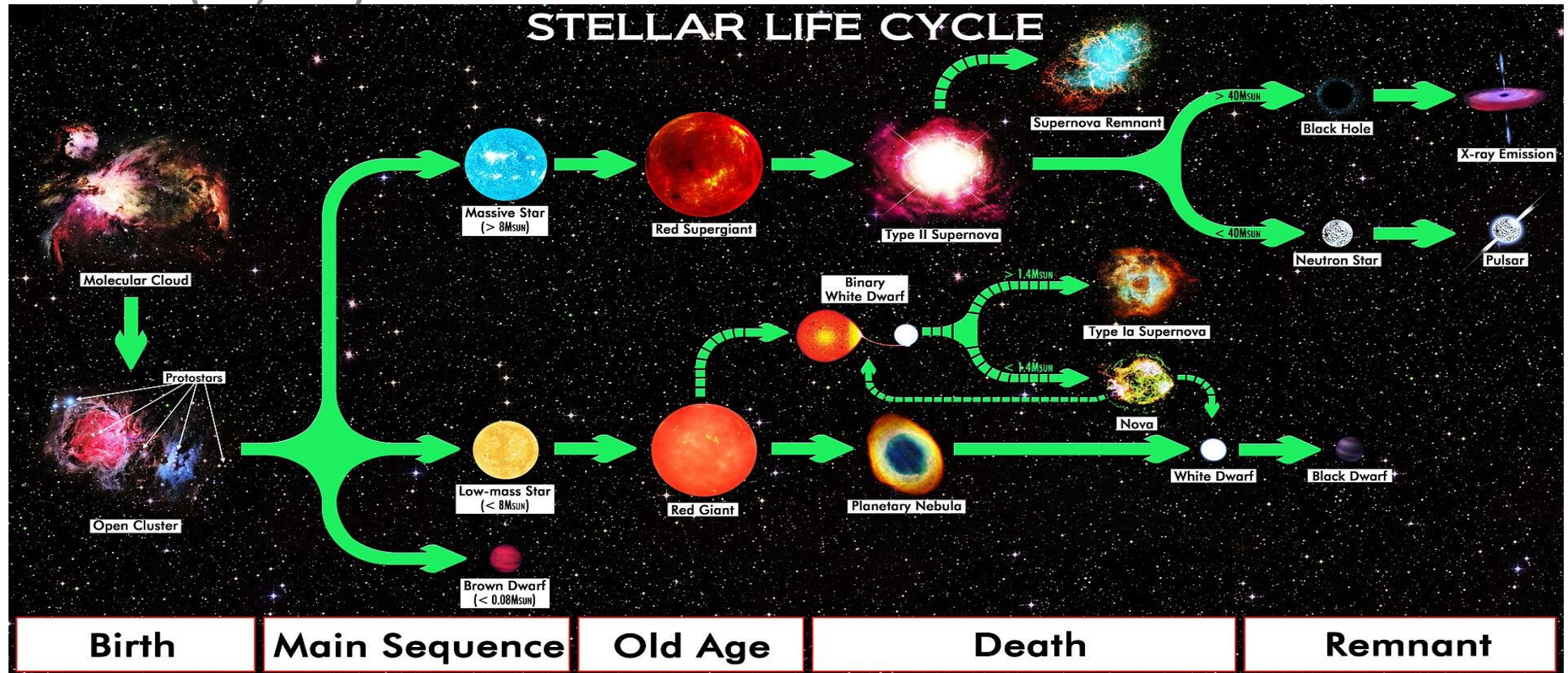
• Les étoiles	100 Milliards/galaxie
• Les galaxies	500 Milliards
• Les trous noirs	10 Milliards/galaxie
• Les planètes	100 Milliards/galaxie
• Les nuages de gaz	0,1%
• L'énergie électromagnétique	< 0,1%
• La matière noire (?)	25%
• L'énergie noire (?)	70%

# LES ETOILES 1



# LES ETOILES 2

Qu'est ce qu'une étoile ? C'est une chaudière nucléaire de fusion (H , He)

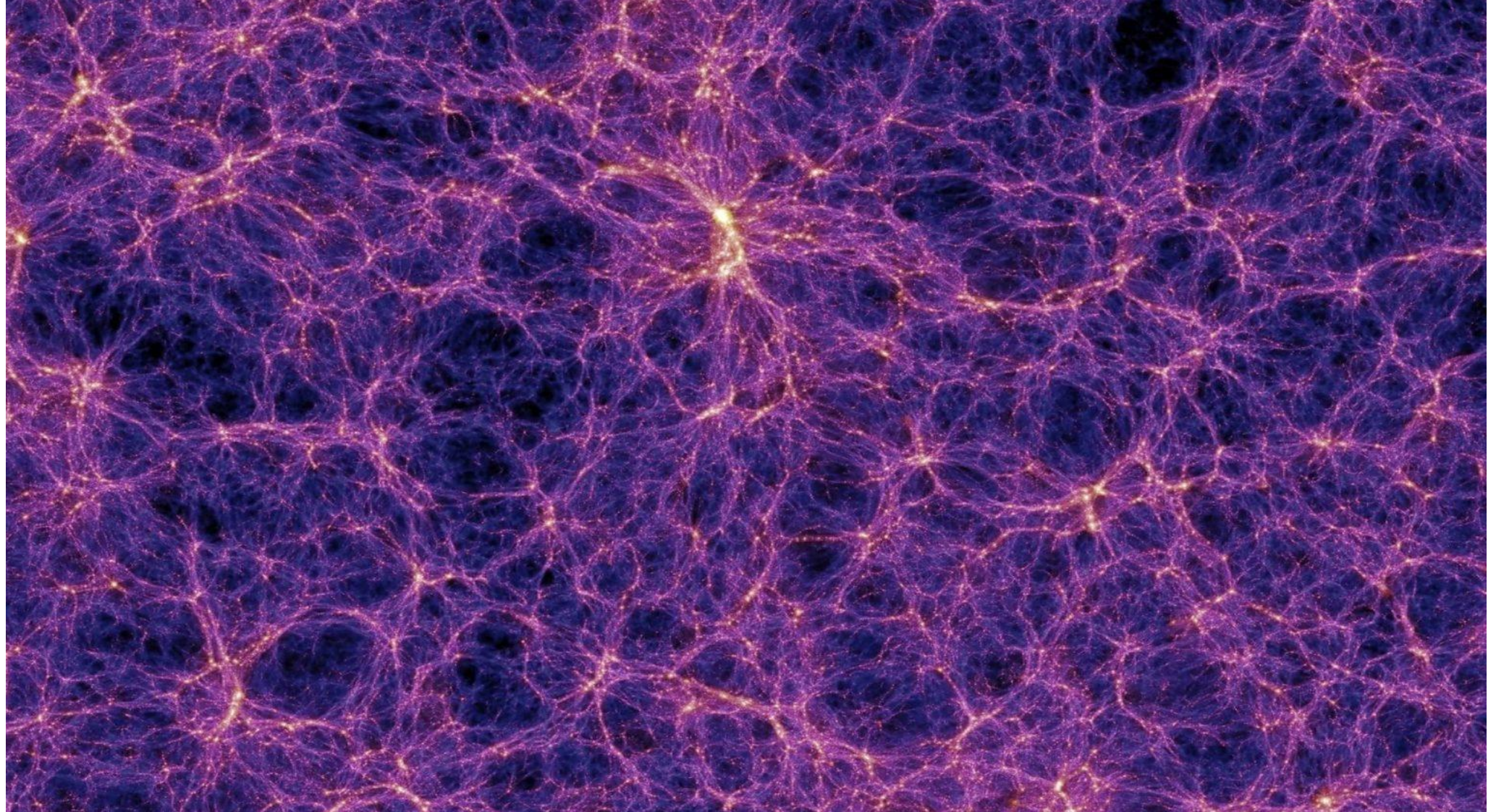


# Les Galaxies

- Rassemblement d'étoiles de poussières et de gaz en rotation autour d'un centre
- Les grandes galaxies (100 à 500 Milliards d'étoiles) : 10%  
Notre voie lactée , Andromède , le Triangle (à 2 Millions d'AL) appartiennent à « l'amas local » qui contient aussi une cinquantaine de petites galaxies
- Les petites galaxies (de 10 à 100 Milliards d'étoiles) : 90% - souvent satellites
- Les amas de galaxies : rassemblent de 50 à 1000 galaxies , les super-amas ; 1000 amas
- A grande échelle, les super-amas sont reliés par des « filaments » constitués par des galaxies éparses, ces filaments ont des longueurs de l'ordre de 50 à 100 Millions d'AL
- Les grandes galaxies possèdent un trou noir central hypermassif (un Million de masses solaires)







# LA CONSTITUTION DE LA MATIERE

- Au tout début après le « big bang », l'univers est dans un état de plasma très chaud (1000 Milliards de degrés) quarks, gluons, photons
- Le refroidissement très rapide (une seconde) va entraîner la formation des protons et des électrons; les deux particules de constitution des atomes, à l'intérieur d'une « soupe » de lumière à 1 Milliards degrés
- Beaucoup plus tard (300 000 ans), lorsque la température aura atteint 3000 degrés, les protons et les électrons vont se combiner pour former les atomes d'Hydrogène et d'Hélium : fin du plasma
- Ces deux atomes vont se rassembler en nuages de gaz qui atteindront une densité critique par effet gravitationnel pour initier l'énergie nucléaire ; **il s'agit de la naissance d'une étoile qui est un nouveau plasma**, sa température atteint alors des valeurs telles que les différents atomes (Fe, C, O...) vont être constitués par fusion nucléaire

# La constitution des astres

- Formation des étoiles et des trous noirs très tôt (10 Millions d'années après le Big Bang) toujours en cours de manière fortement décroissante
  - Création des planètes par les étoiles (accrétion) et satellisation
- Rassemblement des étoiles autour des trous noirs : formation des galaxies : de 100 Millions à 5 Milliards d'années après Big Bang
- Rassemblement des galaxies en amas et supe-amas; pratiquement établi depuis 6 Milliards d'années
  - Créations des trous noirs solaires et étoiles à neutrons par effondrement gravitationnel de certaines étoiles ; la plupart créés depuis 6 Milliards d'années (quelques évènements par an dans la voie lactée)

# Evolution de l'Univers

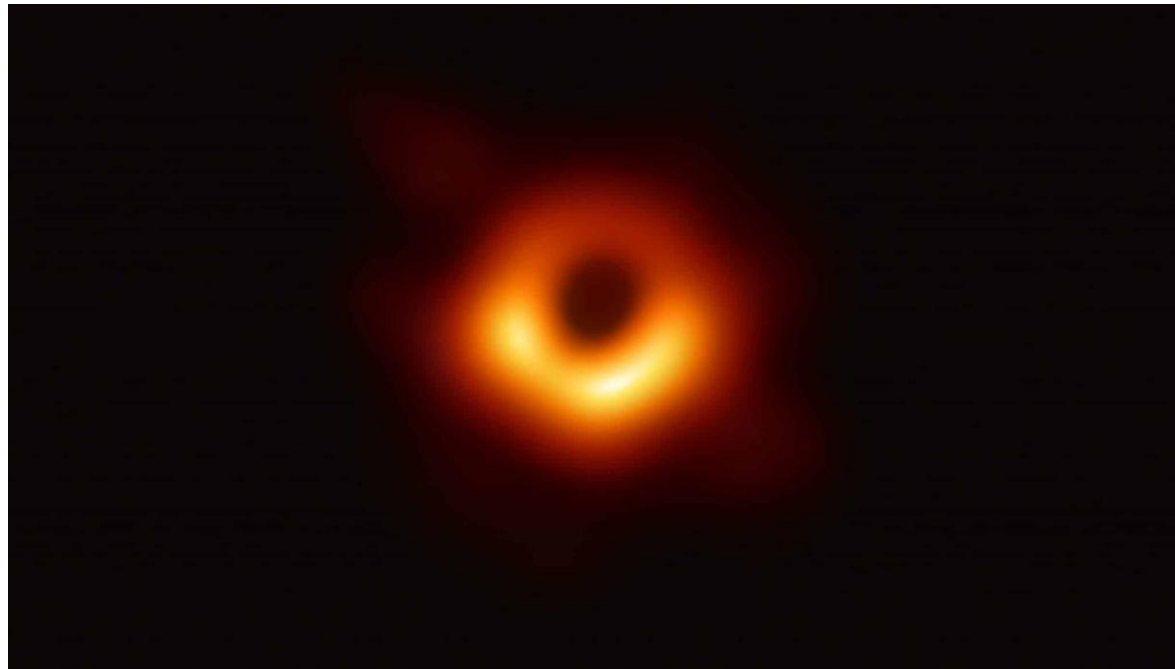
- Le Big-Bang crée un plasma extrêmement chaud (quark-gluon) et d'une taille très inférieure à sa valeur présente , il se refroidit très rapidement en se dilatant (détente adiabatique) :
- Cette expansion est encore présente ainsi que le refroidissement: on est passé de 1000 Milliards de degrés K à 3 degrés K à ce jour
- L'âge de l'univers est de 13,8 Milliards d'années (loi de Hubble,CMB)
- Le destin de l'univers nous est incertain : soit une expansion infinie, soit une contraction, à terme, peut-être vers un nouveau Big-Bang
- Ce qui est sur est que l'on va vers une extinction totale où les étoiles seront transformées en trous noirs ou étoiles à Neutrons (mais pas avant 5 Milliards d'années !...)

# Vers un rebondissement de l'univers (?)

- Idée nouvelle initiée par Roger Penrose correspondant à l'hypothèse d'une contraction de l'Univers envisagée par la Relativité
- Cette idée correspond à ce que l'on appelle le « Big Crunch » mais l'Univers est-il appelé à disparaître ?, pas forcément :
- Si l'on applique le principe de la conservation de l'énergie, l'univers contracté peut atteindre une densité critique provoquant une réaction explosive entraînant un changement de phase (\*)
- Il s'agirait d'un nouveau « Big Bang » assimilable à un rebondissement
  
- (\*) [www.yvan-claude-raverdy.fr](http://www.yvan-claude-raverdy.fr)

# Les trous noirs

- Ce sont des objets tels que toute lumière est absorbée au lieu d'être émise, ce qui est aussi le sort de la matière



# Nuages de gaz : Nébuleuse d'Orion



# La Matière Noire

- Elle représente 25% de l'énergie totale, nécessaire pour expliquer dans le détail l'ensemble des phénomènes de la Cosmologie
- Elle accompagne toujours les grandes structures, mais est absente dans le système solaire et certaines galaxies
- Elle n'est sensible qu'au champ gravitationnel dont elle semble dépendre étroitement
- Elle est recherchée activement sous forme de particules non baryoniques ( Wimp, Macho, Axion) mais concurrencée par des essais de modification du modèle standard (MOND); pas de résultat
- Le modèle standard semble impuissant à l'expliquer

# L'Énergie Noire

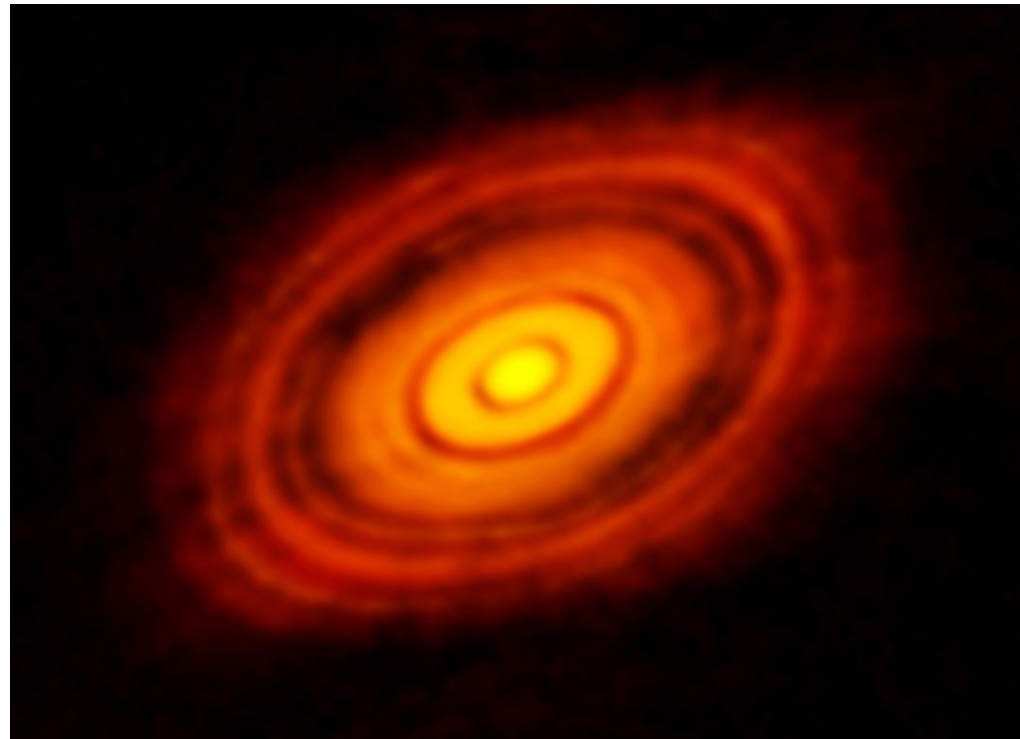
- Énergie mystérieuse représentant 70% de l'énergie de l'Univers !! , présence confirmée par l'analyse du fond diffus cosmologique
- Effet principal : accélération de l'expansion (effet anti gravitationnel) ; observé par l'analyse des supernovae
- Début d'interprétation ; valeur d'une constante dans les équations d'Einstein (RG) ou énergie du vide quantique de la TQC ...
- Le mystère est presque entier mais le modèle standard n'a peut-être pas dit son dernier mot ...

# Energie noire et Matière noire : Recherches

- Reformulation de l'Espace-Temps dans un cadre Physique différent
- Cela passe par la discrétisation (...); résultat majeur de la théorie des Boucles concurrente de la théorie des Cordes (études majoritaires)
- Autre ligne : Espace-Temps corpusculaire; fluide quantique (\*), les corpuscules de base constituants, assimilés aux gravitons, seraient insécables et d'énergie infinitésimale ;
- Dit autrement : l'énergie du vide aurait deux composantes; l'une très condensable , « attractive » et liée aux masses (matière noire), l'autre très diluée de densité constante et « expansive »(énergie noire); elle existait avant la création des objets massiques dans la période d'opacité
- (\*) [www.yvan-claude-raverdy.fr](http://www.yvan-claude-raverdy.fr)

# Les planètes

- Les planètes sont issues de l'étoile autour de laquelle elles gravitent
- Formation : disque protoplanétaire :

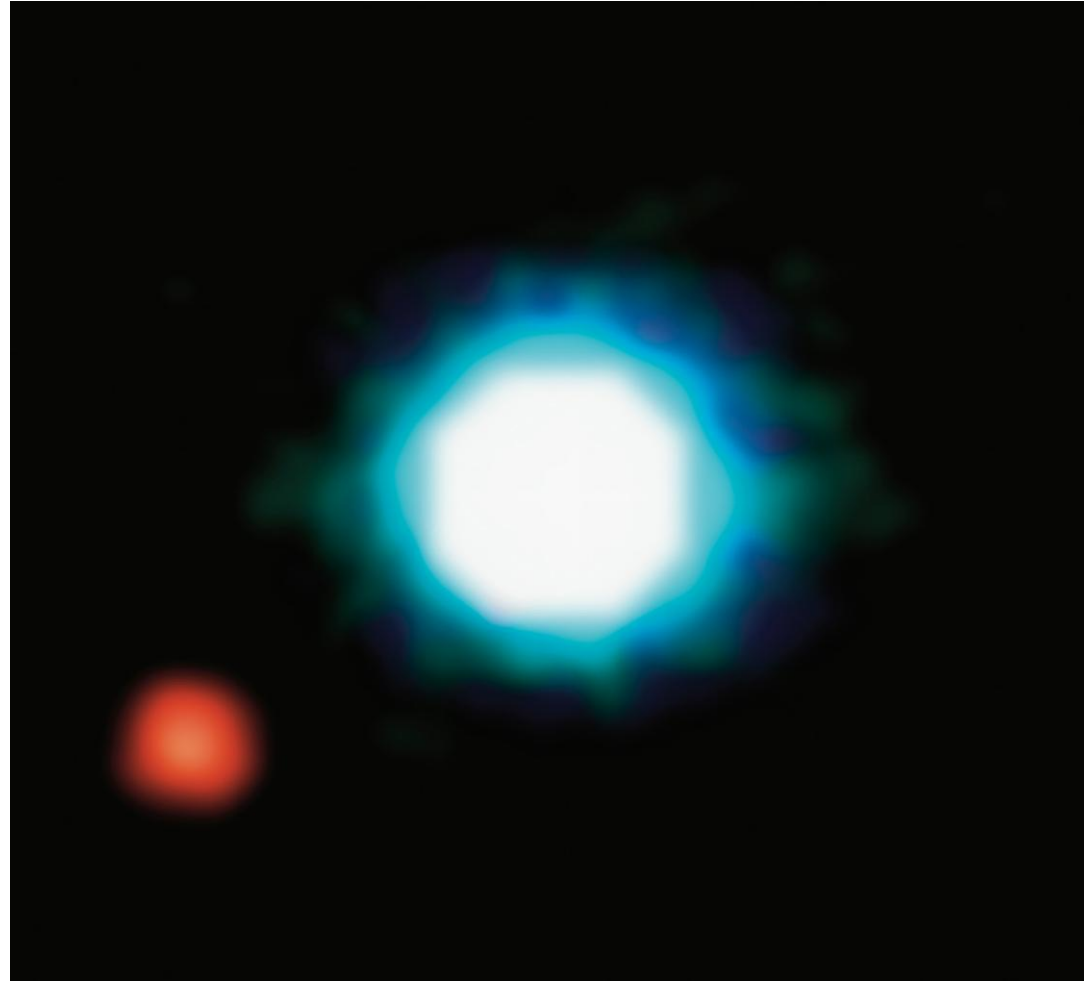


# Les systèmes planétaires

- 8000 ont été découverts par voies indirectes (transit , mouvement), l'estimation du nombre total de planètes dans la galaxie: 200 Milliards
- Grande variété; planètes inconnues dans le système solaire : Jupiter chaud, mini Neptune, super Terre ...
- Systèmes comparables à notre système solaire (avec planètes telluriques en zone habitable) : environ 1%
- Estimation du nombre de planètes « comparables » à la terre dans la galaxie (type d'étoile, taille, zone « habitable ») : 500 Millions
- Présence de l'eau : Très répandue (10% des planètes telluriques en zone « habitable »)
- Présence de l'oxygène : Très probablement liée à la vie ...

# Exoplanètes en imagerie directe

Quatre ont été photographiées (télescopes de 10m) depuis 2018

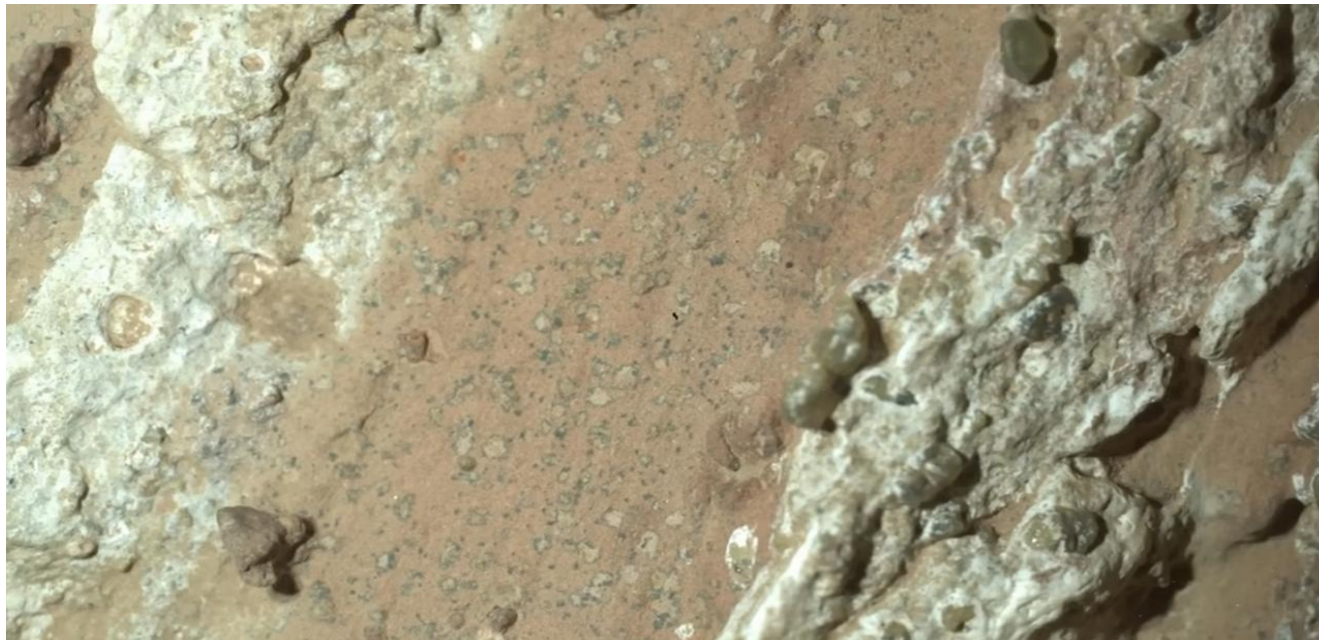


# La Vie sur Terre

- Commencement sous forme de bactéries marines (- 3,5 Milliards d'années)
- Apparition du règne végétal sur terre : -500 Millions d'années (à partir de bactéries multicellulaires capables de se reproduire)
- Création du règne animal par différenciation bactérienne, depuis 400 Millions d'années
- Evolution des deux règnes → bio-diversité, homme

# La vie dans le système solaire (1)

- Sur Mars : Découverte importante (2025): présence (très probable) de colonies de bactéries fossilisées à l'endroit d'un ancien lac (-2,5 Milliards d'années) par spectrométrie (robot « persévérance »)



# La vie dans la galaxie et dans l'univers

- Notre galaxie renferme environ 500 Millions de planètes pouvant retenir de l'eau en surface et de taille comparable à la Terre
- On essaye de « mathématiser » toutes les contraintes nécessaires à la vie (équation de Drake) . Pour celles qui sont connues; le nombre de planètes abritant une vie animale évoluée serait entre  $n < 1$  et  $n = 1000$ , ce qui montre que l'on connaît très mal certaines contraintes et qu'on en ignore d'autres ...
- Si l'on se restreint à l'existence d'une végétation terrienne pour une planète encore plus habitable (présence d'oxygène généré par photosynthèse), on obtient un nombre situé entre 1000 et 10 000
- L'existence d'une vie animale évoluée semble se situer au niveau de la galaxie toute entière (...) , mais l'Univers contient plus de 200 Milliards de galaxies !!!, nous sommes donc probablement pas seuls

# La Vie dans le système solaire (2)

