

La vie de L'Univers...

S. Chaty

Université Paris Diderot, Institut Universitaire de France
Grandes Conférences, Festival d'Astronomie de Fleurance,
12/08/2015

chaty@cea.fr

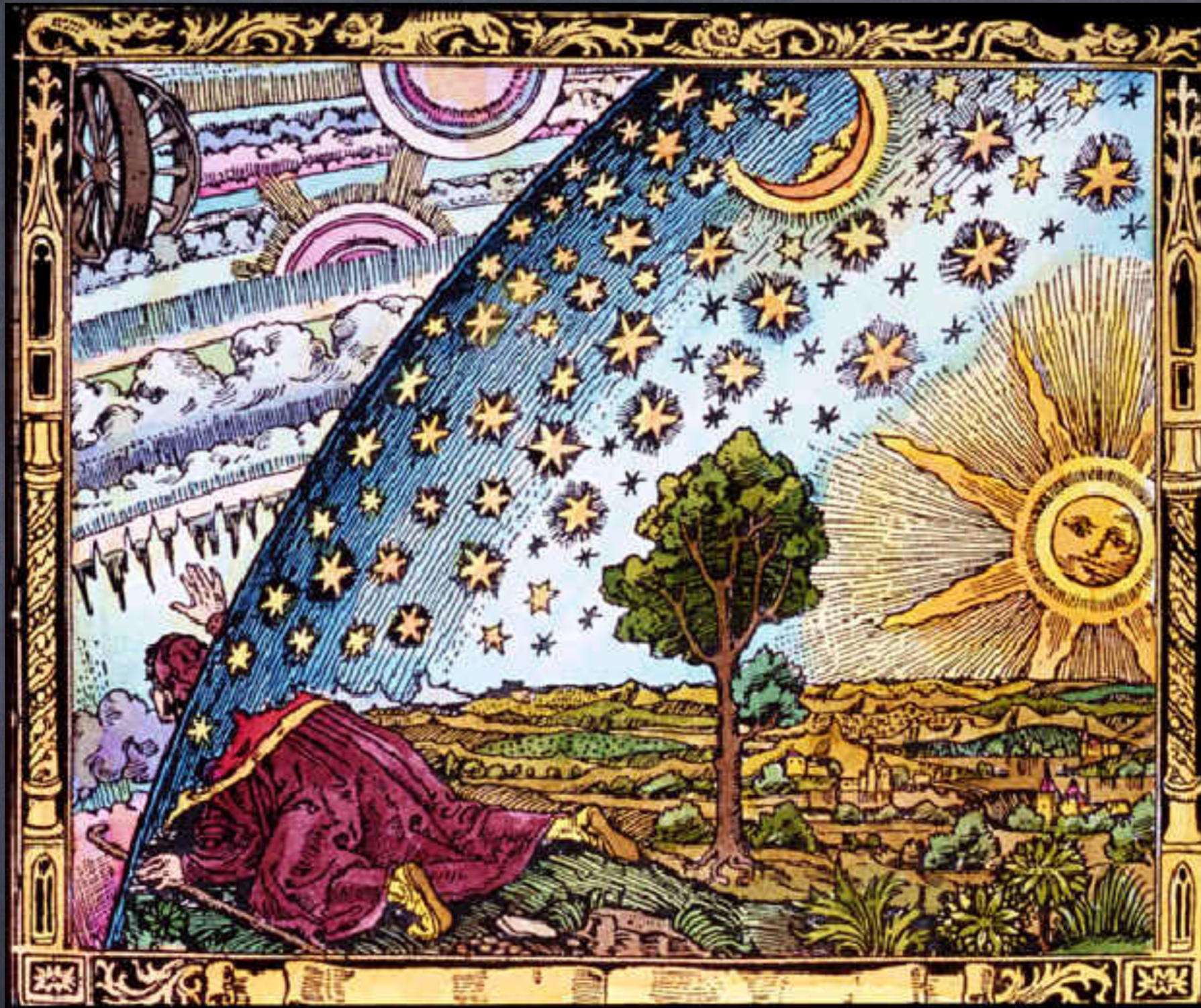
@sychaty

Qu'est-ce que la vie?

- Définition de la vie (SFE):
 - système ouvert
 - capable d'auto-reproduction
 - capable d'évolution

La vie de L'Univers

- Dans L'Univers, tout vit...
- I. L'Univers: né lors du Big Bang, il n'a cessé d'évoluer, jusqu'à sa fin?
- II. Les galaxies se forment, entrent en collision, se (dés)agrègent...
- III. Les étoiles naissent, vivent et meurent...
- IV. Les atomes, conçus au coeur des étoiles, puis disséminés dans MIS...
- V. Les planètes se forment autour d'étoiles, puis ne cessent d'évoluer...
- VI. La vie apparaît sur Terre, évolue, puis 5 (ou 6?) extinctions...
- VII. De la vie sur d'autres planètes, ou même sur des exoplanètes?



I. La vie de l'Univers

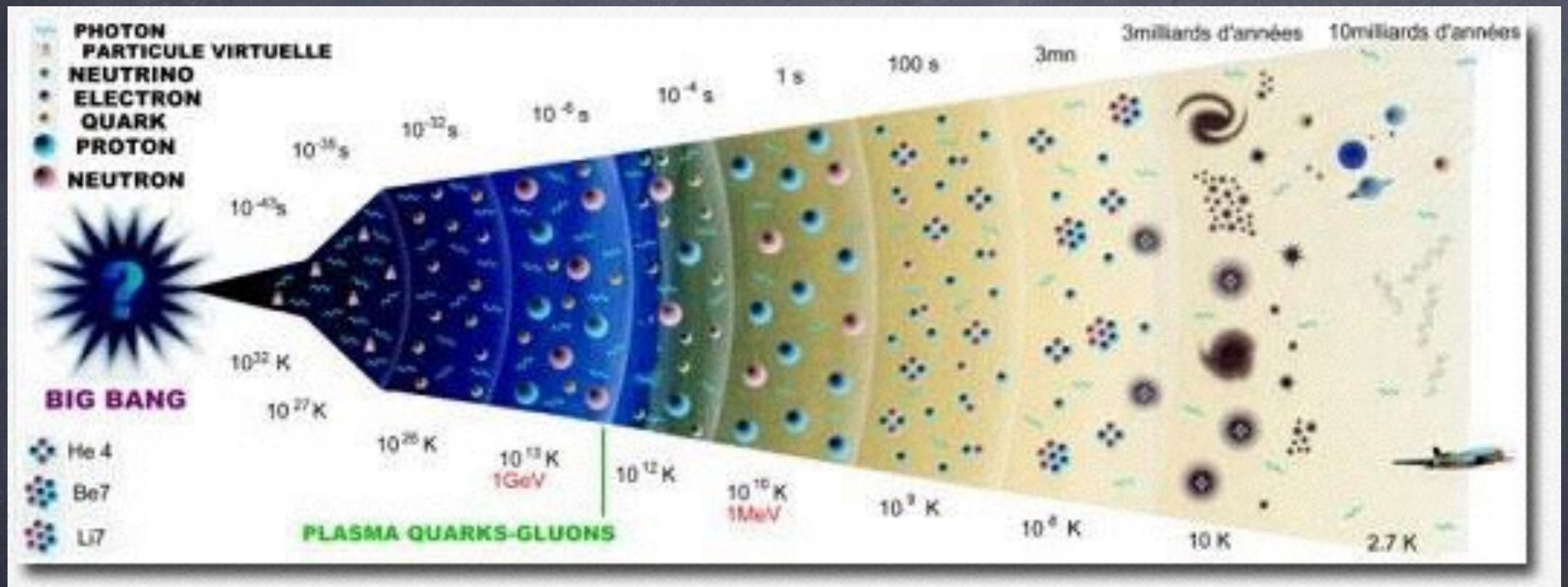
Camille Flammarion, Universum

a. Le big bang



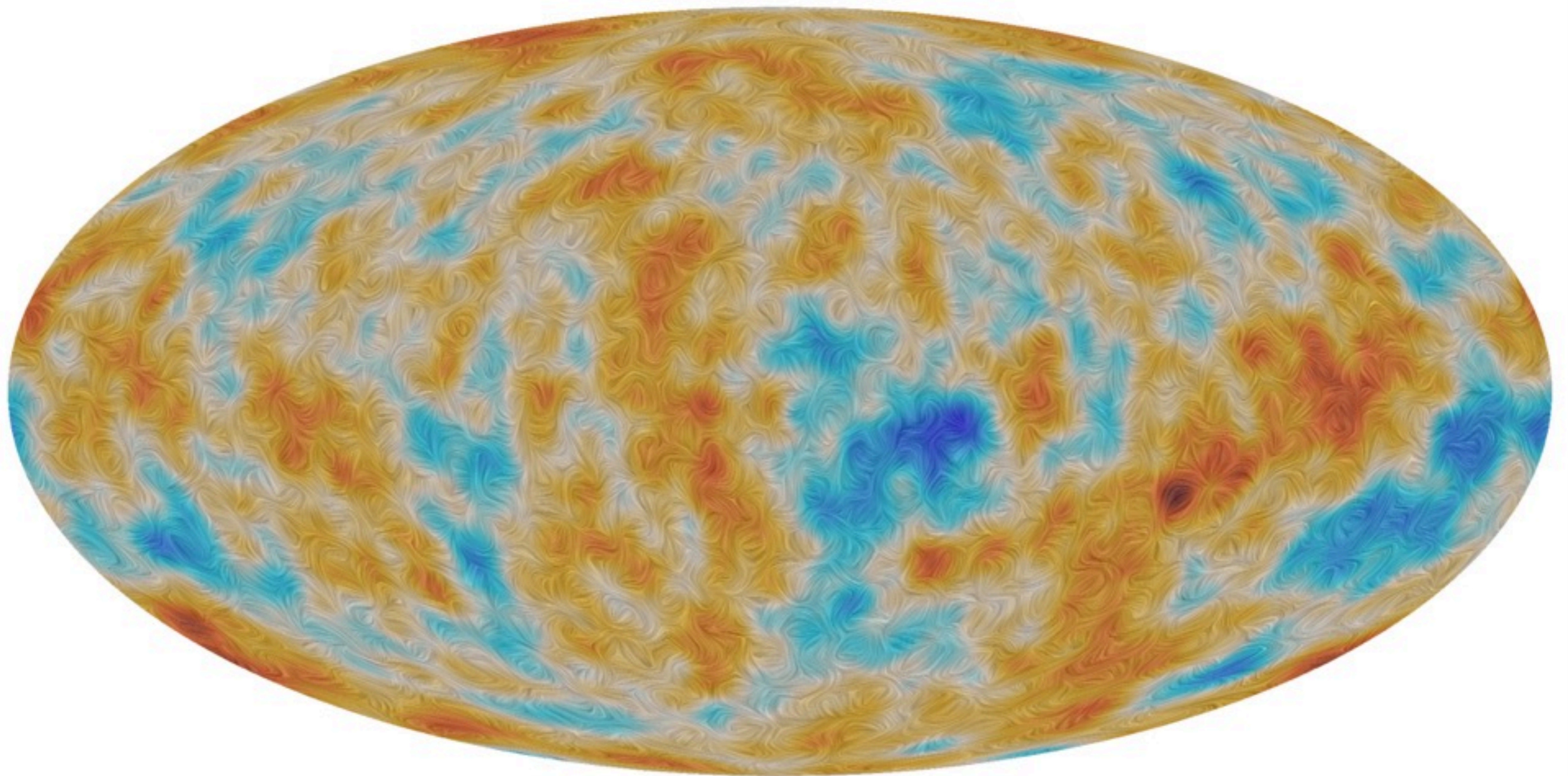
- ◉ Il y a $13,8 \cdot 10^9$ ans
- ◉ Univers très chaud ($T=10^{43}$ K), très dense
- ◉ L'univers crée son propre espace, son propre temps!

b. Les 3 premières minutes



- Inflation: expansion de l'univers: $v > c$, 10^{-12} s
- formation des protons, neutrons, H et He ($T=10^{10}$ K)

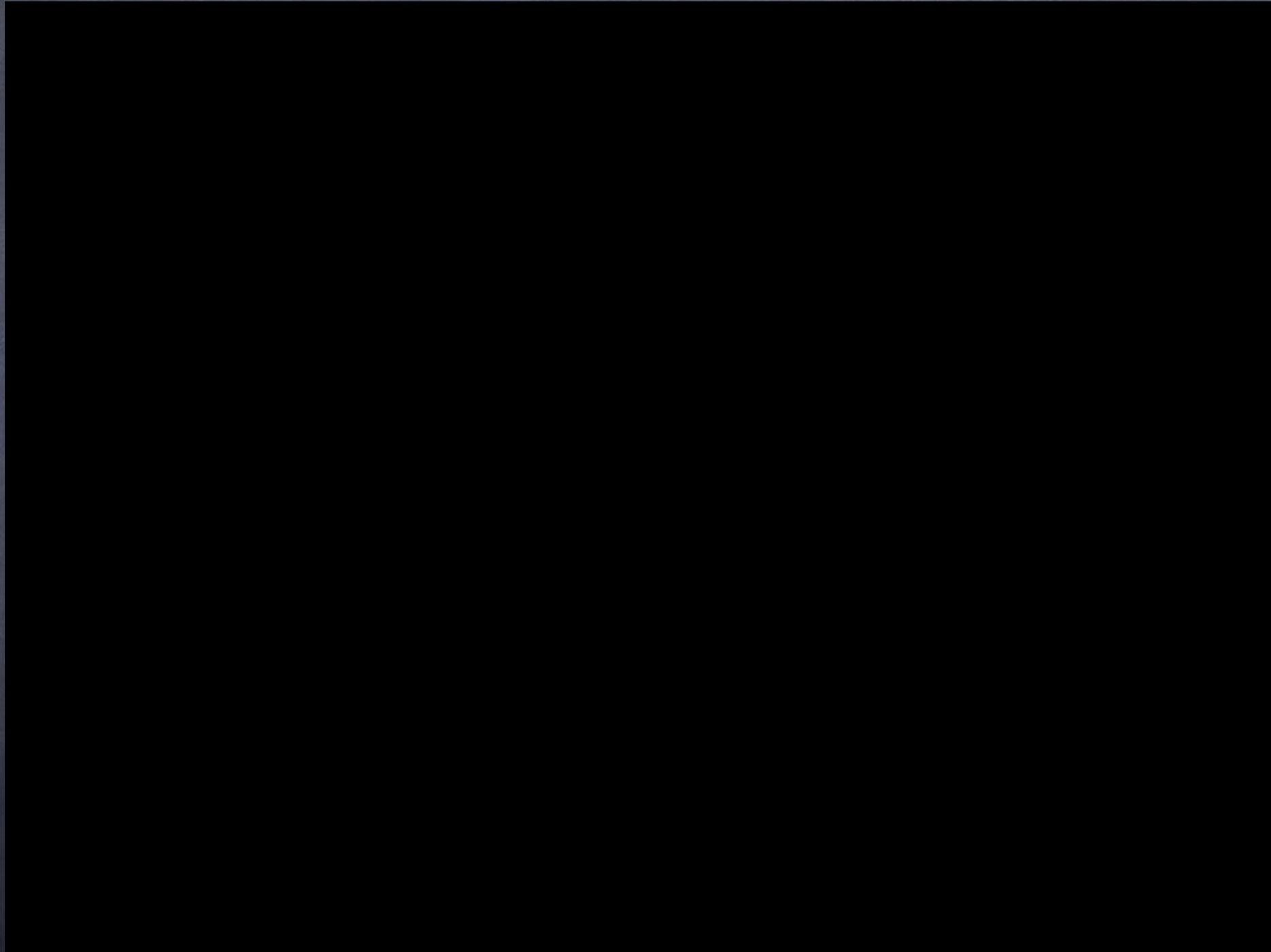
c. 380 000 ans plus tard...



• recombinaison de l'univers: $e + p \rightarrow H + He$;
émission du fond diffus cosmologique

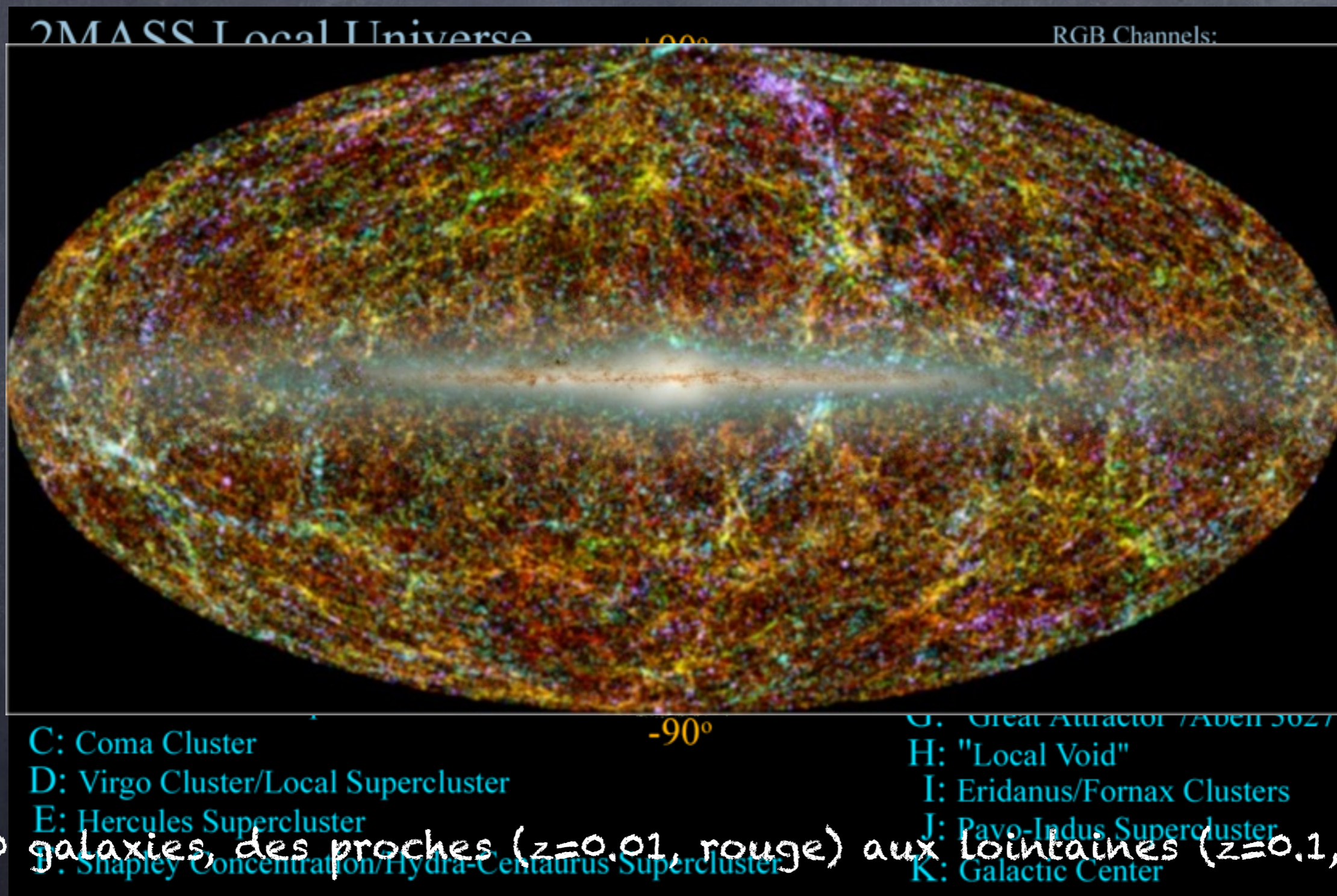
• pas d'étoile... pas de lumière!

e. $400 \cdot 10^6$ ans



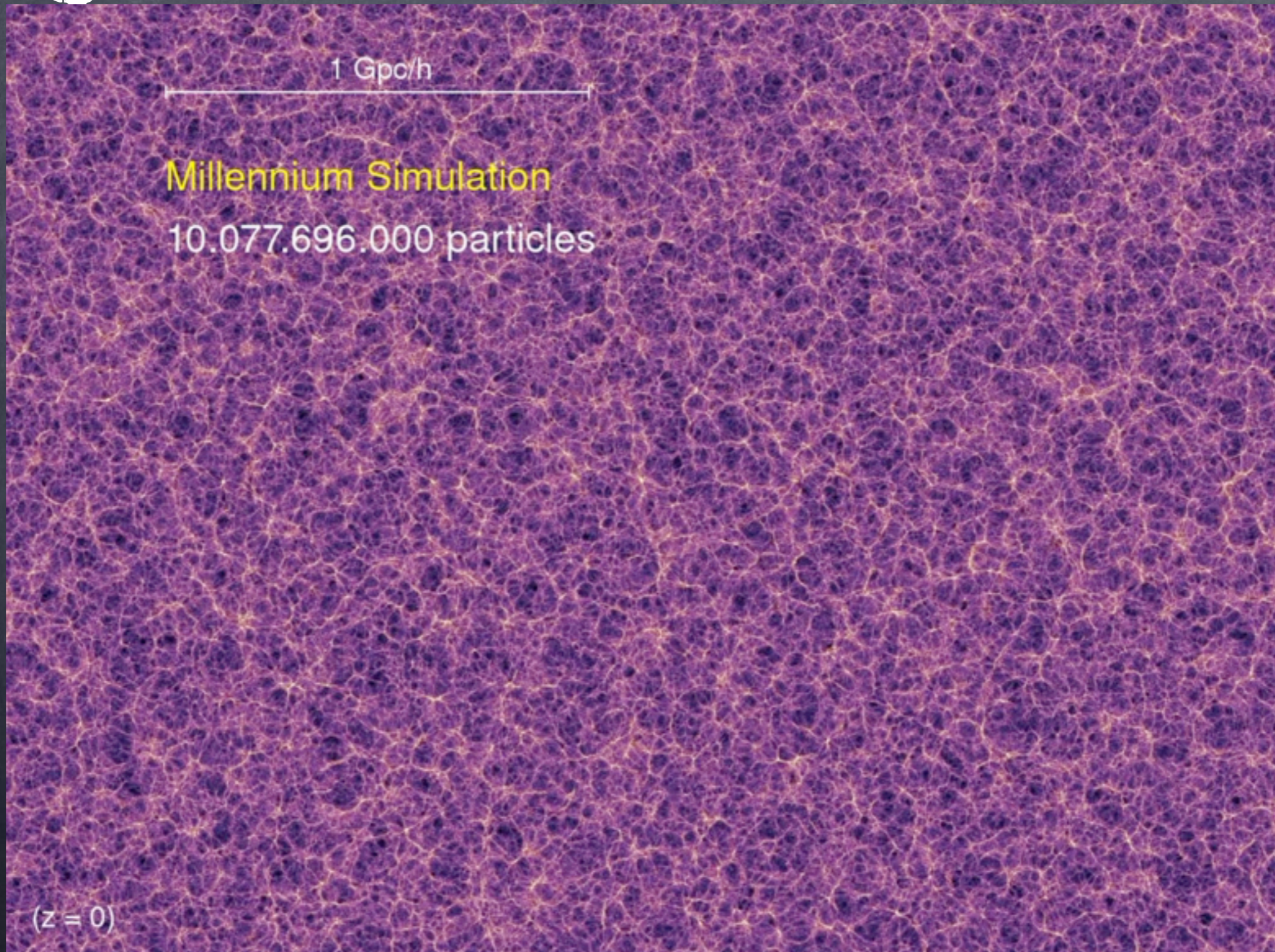
- Création des premières étoiles et galaxies...

f. structure de l'univers

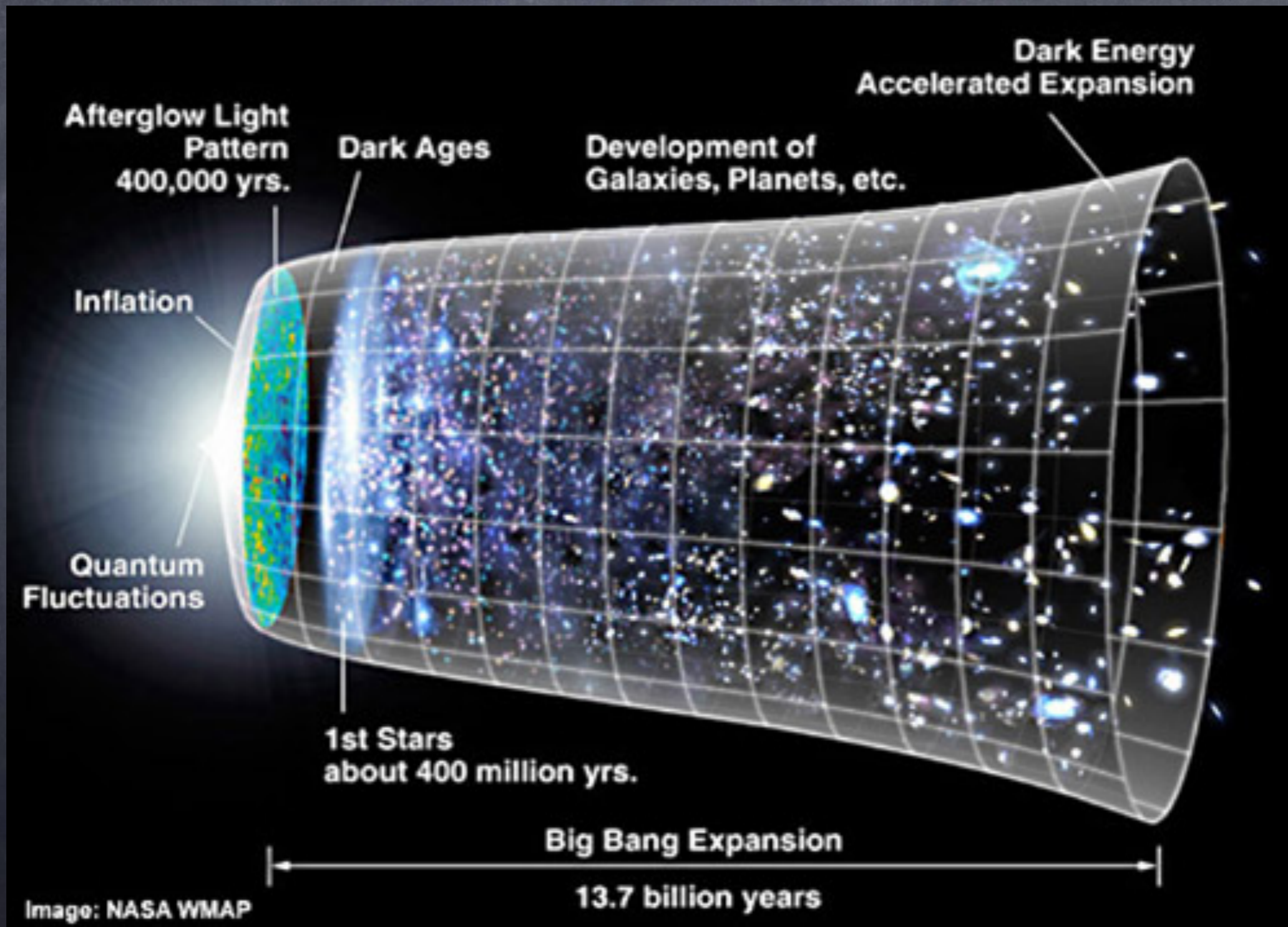


• étoiles < galaxies < amas < super-amas...

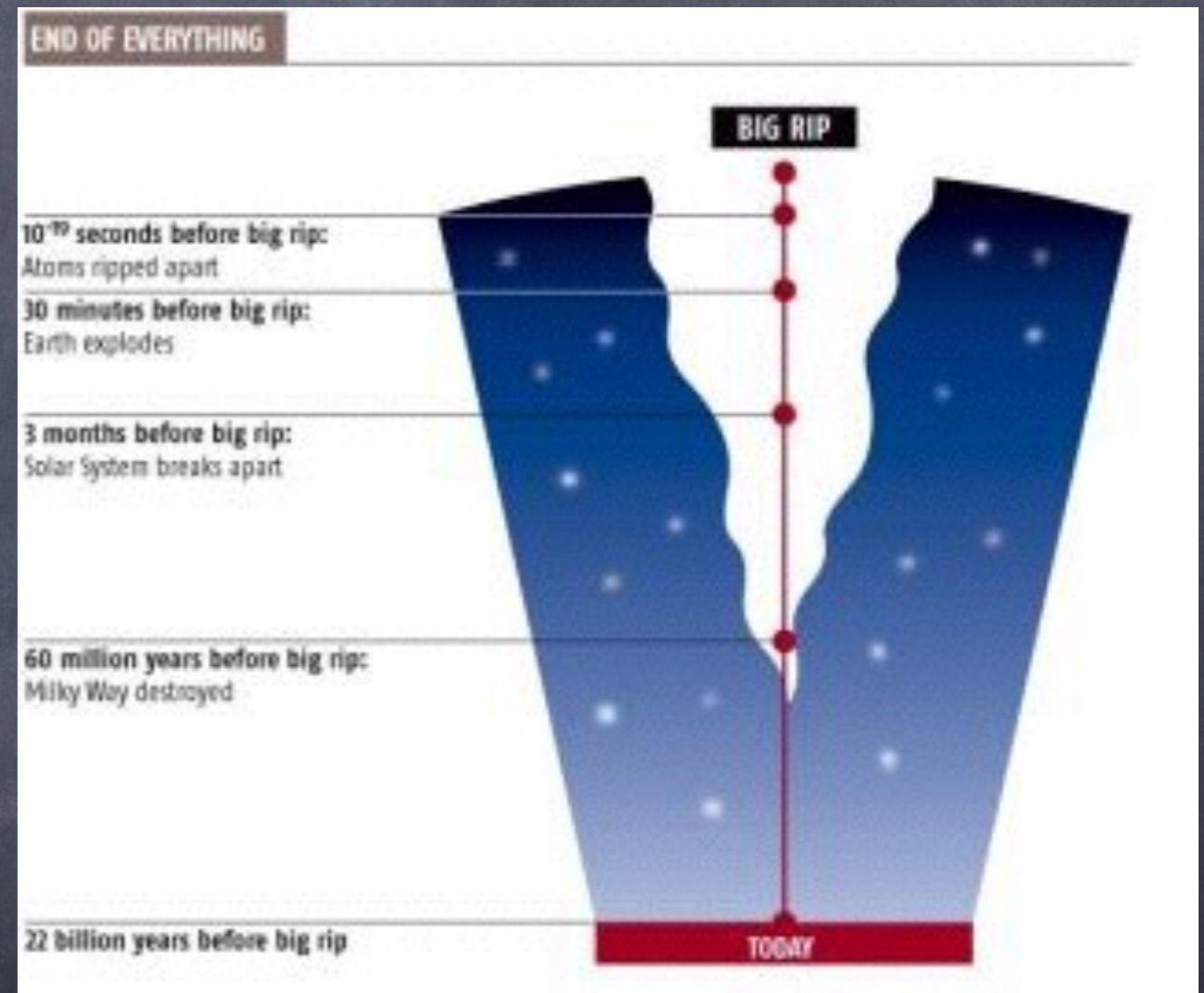
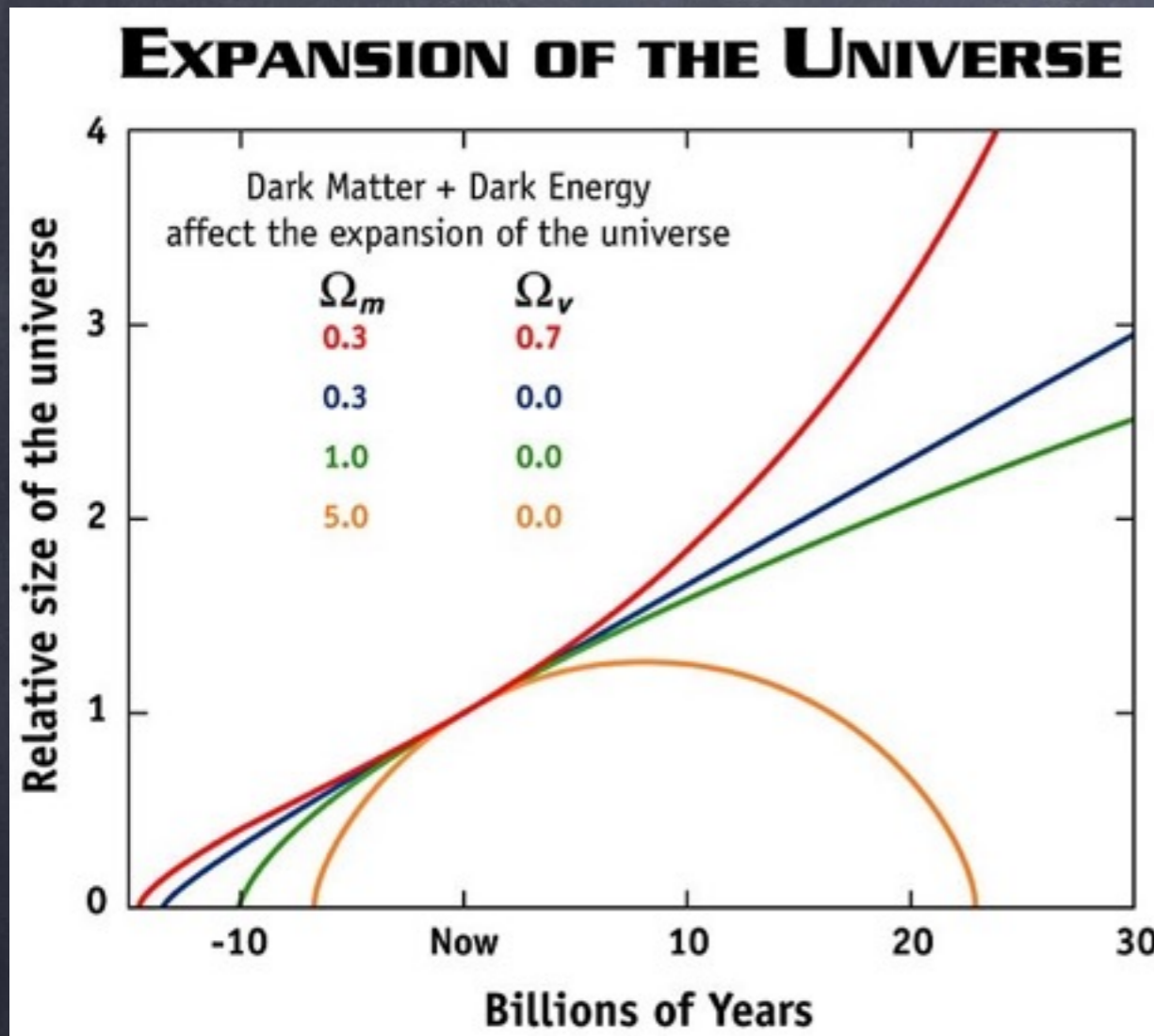
g. L'Univers actuel



l'évolution de l'univers



i. futur (et fin) de l'Univers



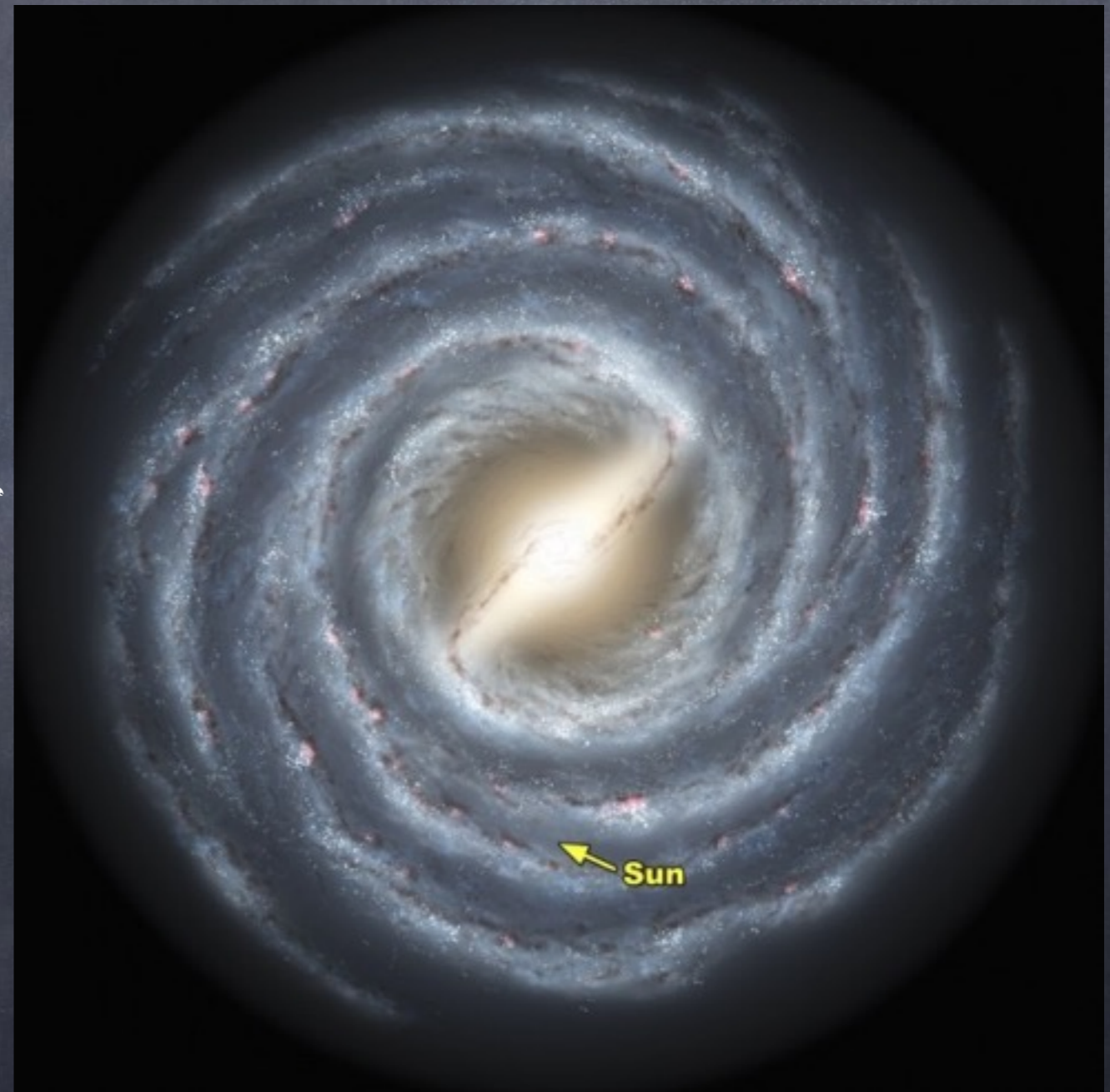
- expansion accélérée: déchirement de l'espace-temps!



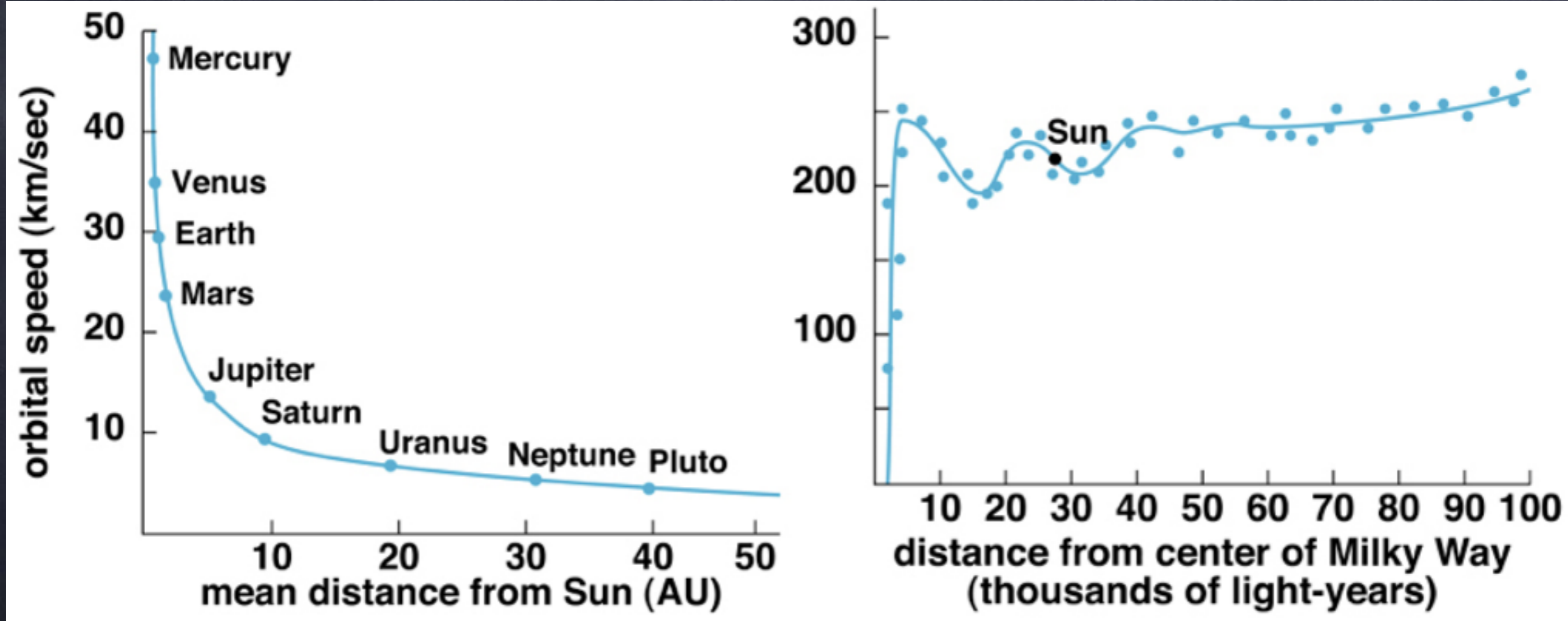
II. La vie des galaxies

a. rotation de la Voie Lactée

- galaxie spirale,
bulbe + bras spiraux
- rotation du Soleil
en $\sim 235 \cdot 10^6$ ans

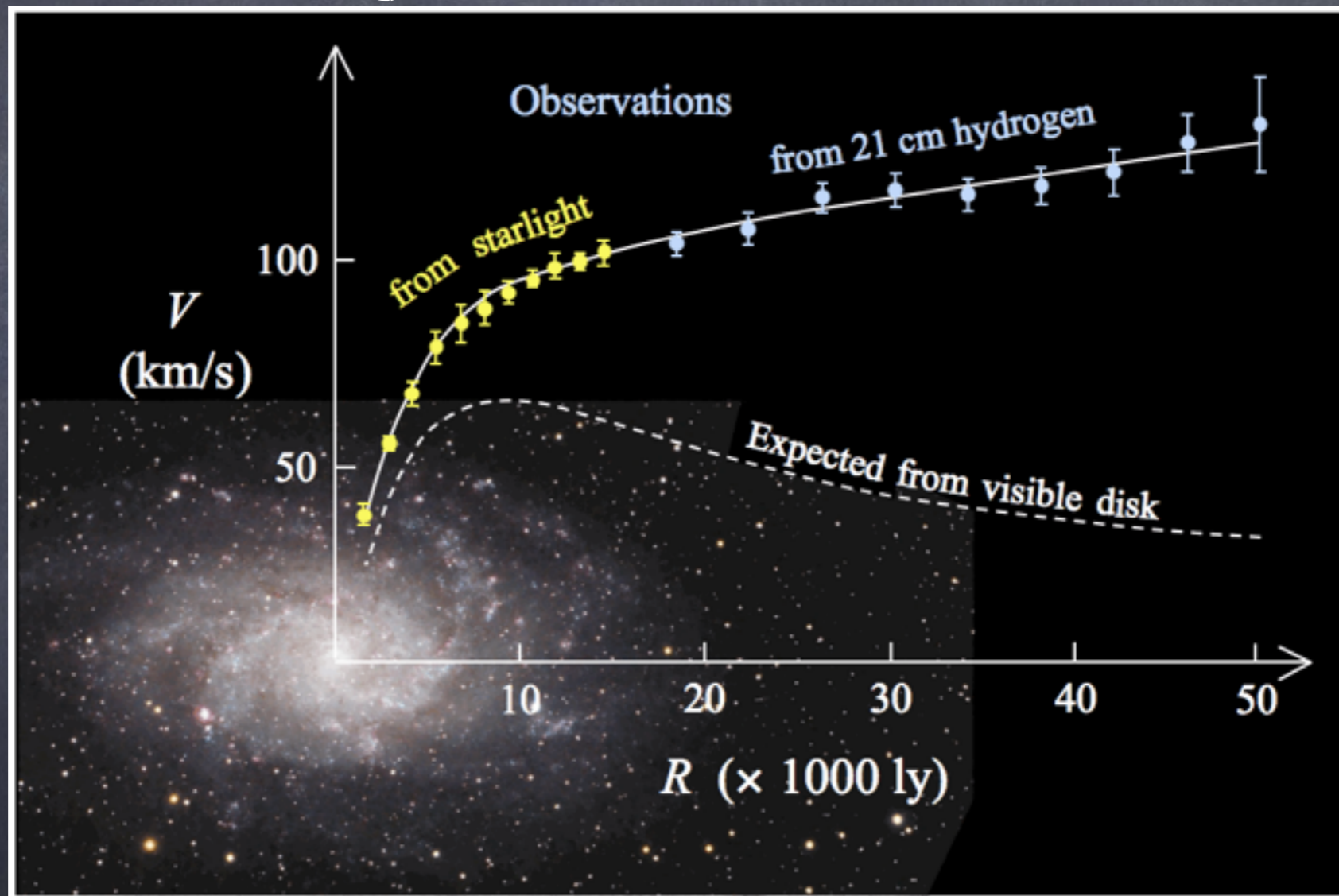


a. rotation de la Voie Lactée



- rotation des planètes
- rotation de la galaxie
- détection de matière noire

b. rotation des galaxies

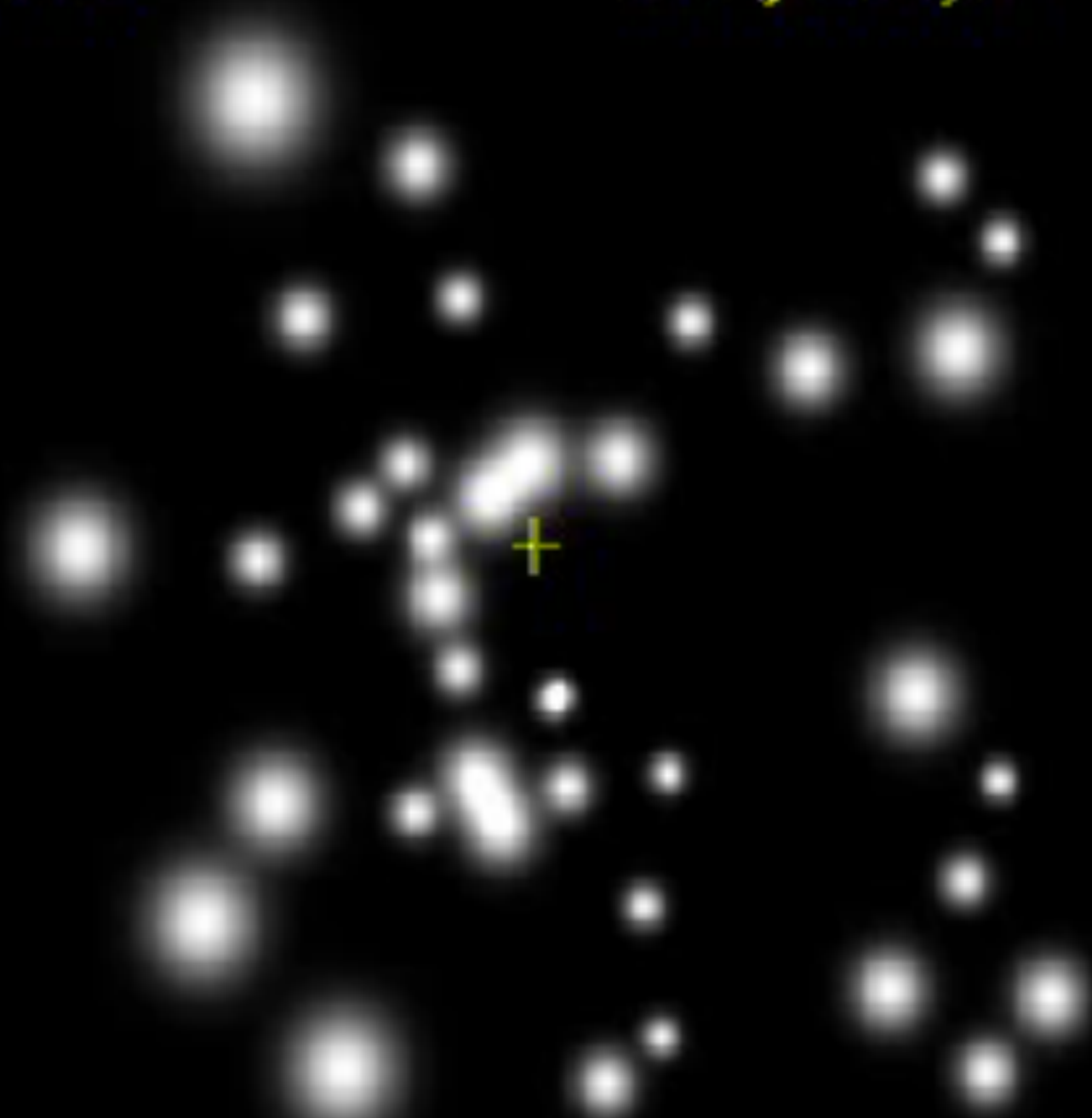


- détection de matière noire (M33)

c. révolution stellaire

1992

10 light days



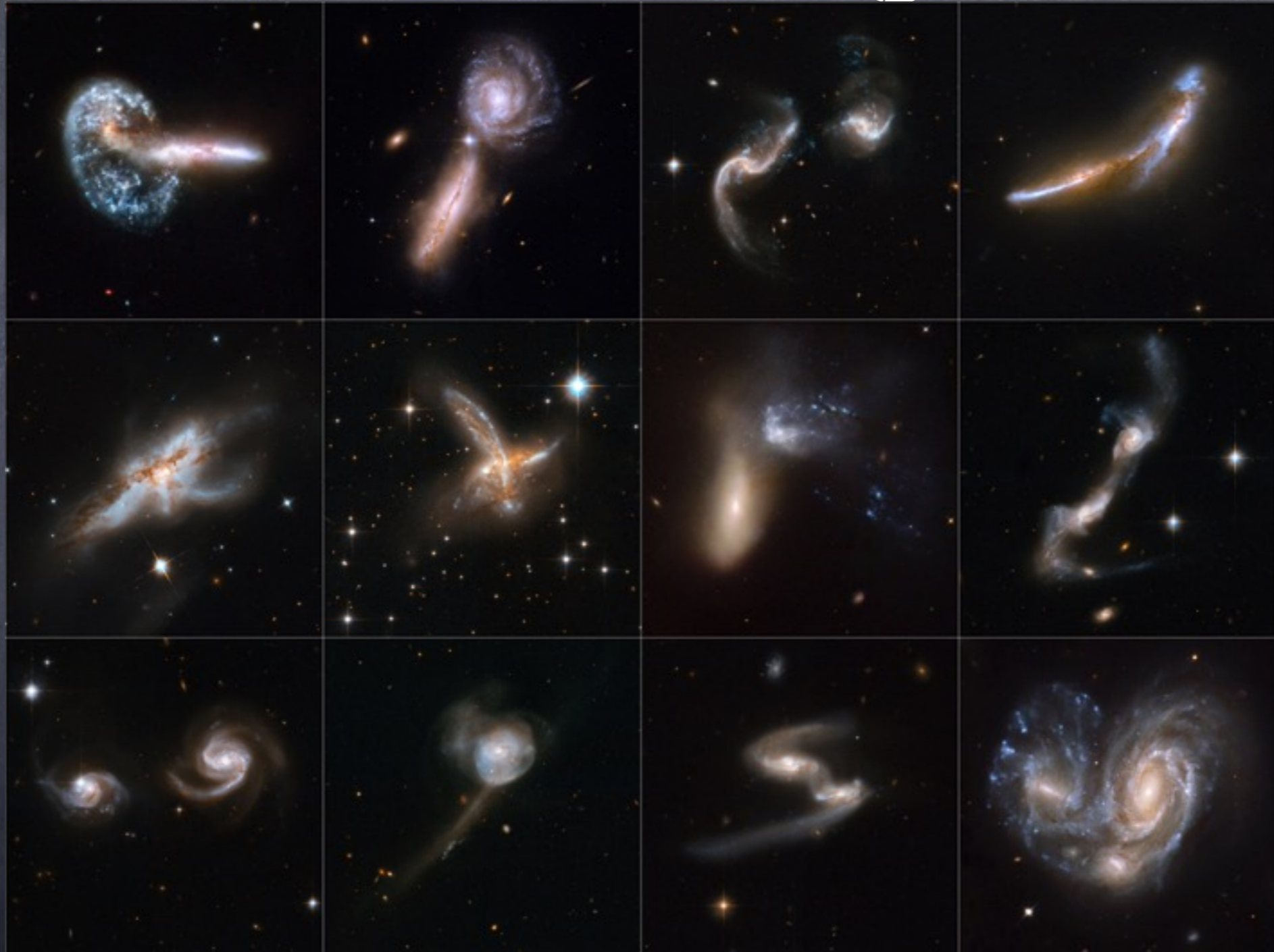
• Trou noir supermassif au coeur de notre Galaxie: 4 millions M_{sol}

d. collision Voie Lactée / Andromède



• dans $\sim 3 \cdot 10^9$ ans...

e. collisions galaxies



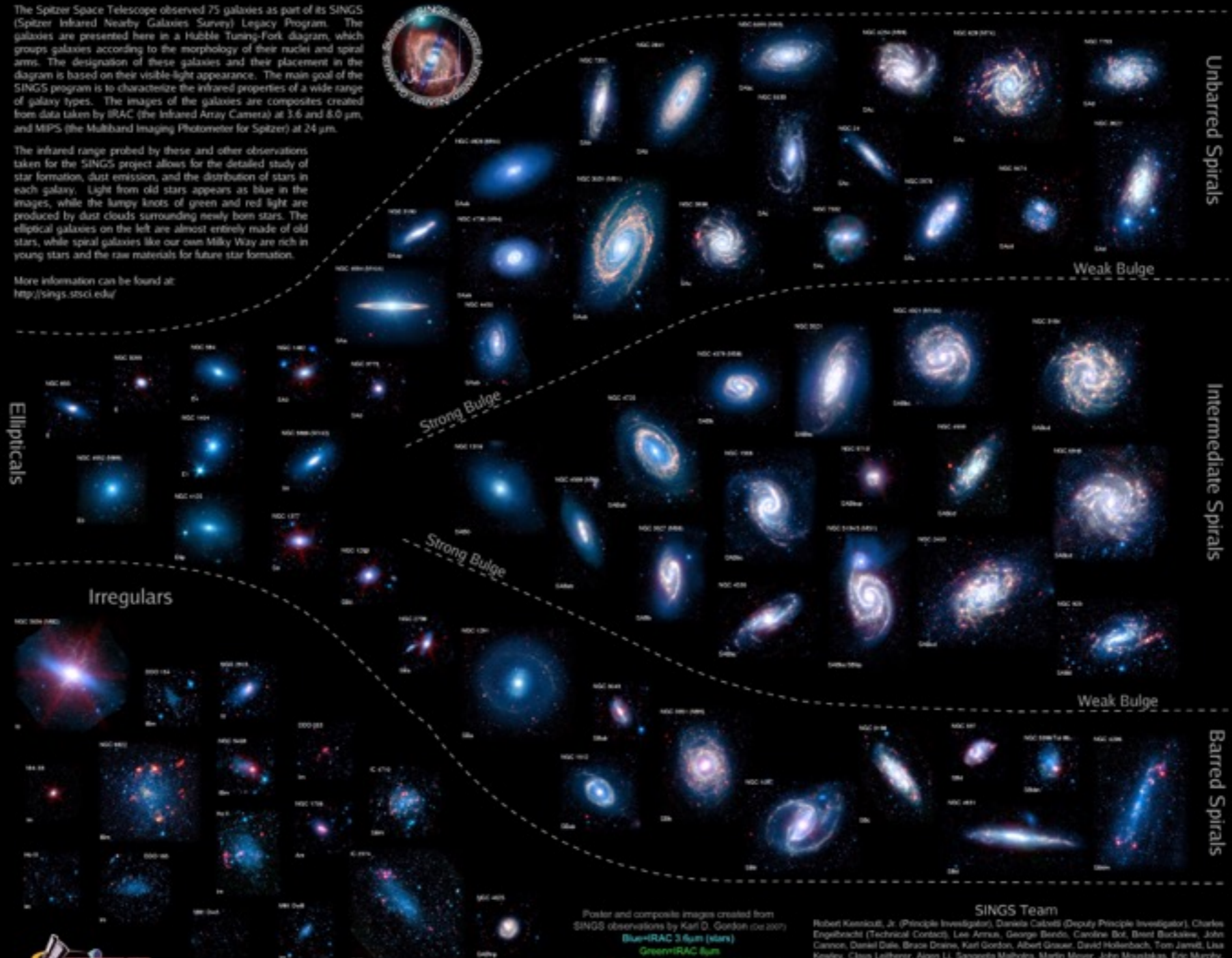
f. zoo de galaxies

The Spitzer Infrared Nearby Galaxies Survey (SINGS) Hubble Tuning-Fork

The Spitzer Space Telescope observed 75 galaxies as part of its SINGS (Spitzer Infrared Nearby Galaxies Survey) Legacy Program. The galaxies are presented here in a Hubble Tuning-Fork diagram, which groups galaxies according to the morphology of their nuclei and spiral arms. The designation of these galaxies and their placement in the diagram is based on their visible-light appearance. The main goal of the SINGS program is to characterize the infrared properties of a wide range of galaxy types. The images of the galaxies are composites created from data taken by IRAC (the Infrared Array Camera) at 3.6 and 8.0 μm , and MIPS (the Multiband Imaging Photometer for Spitzer) at 24 μm .

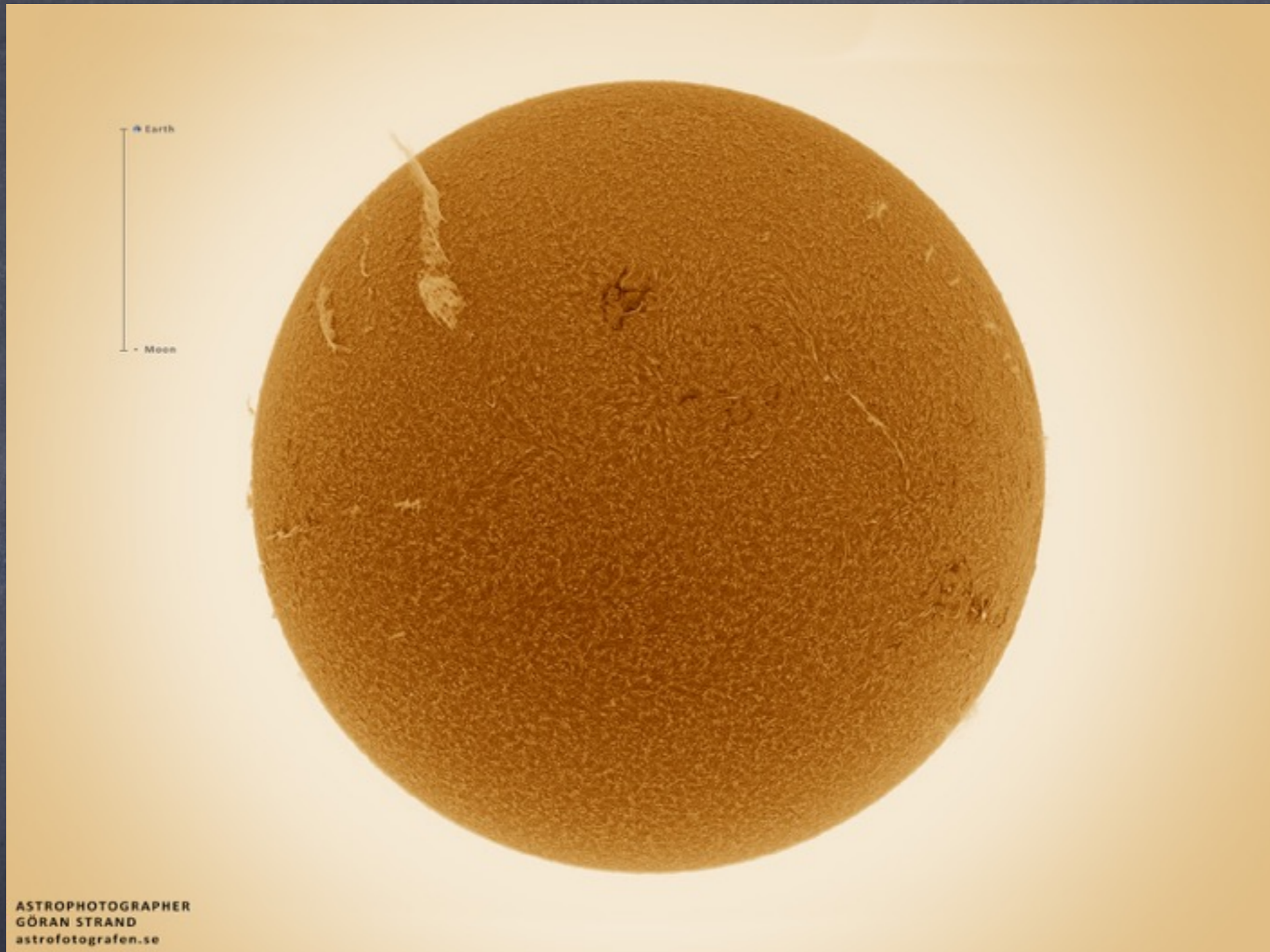
The infrared range probed by these and other observations taken for the SINGS project allows for the detailed study of star formation, dust emission, and the distribution of stars in each galaxy. Light from old stars appears as blue in the images, while the lumpy knots of green and red light are produced by dust clouds surrounding newly born stars. The elliptical galaxies on the left are almost entirely made of old stars, while spiral galaxies like our own Milky Way are rich in young stars and the raw materials for future star formation.

More information can be found at:
<http://sings.stsci.edu/>



Poster and composite images created from SINGS observations by Karl O. Gordon (Oct 2007)
 Blue=IRAC 3.6um (stars)
 Green=IRAC 8um
 (aromatic features from dust grains/molecules)
 Red=MIPS 24um (warm dust)

SINGS Team
 Robert Kennicutt, Jr. (Principal Investigator), Daniela Calzetti (Deputy Principal Investigator), Charles Engelbracht (Technical Contact), Lee Armus, George Benito, Caroline Bot, Brent Buckalew, John Cannon, Daniel Dale, Bruce Draine, Karl Gordon, Albert Grauer, David Hollenbach, Tom Jarrett, Lisa Kewley, Claus Leitherer, Aigen Li, Sangrita Malhotra, Martin Meyer, John Moustakas, Eric Murphy, Michael Rieke, George Rieke, Marcia Rieke, Helene Roussel, Kartik Sheth, J.D. Smith, Michele Thornley, Fabian Walter & George Helou



III. La vie des étoiles

a. Le milieu interstellaire



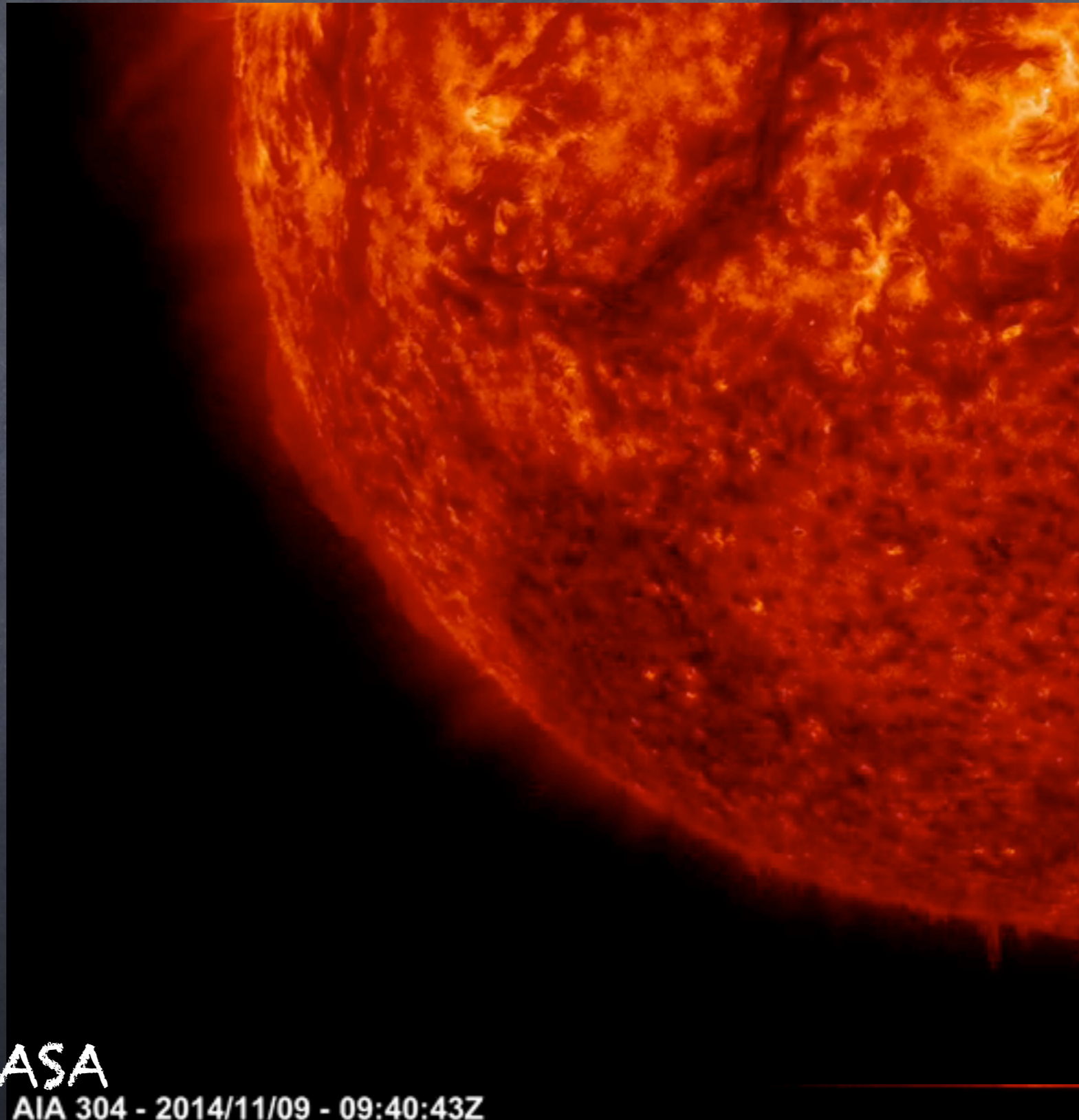
o Nébuleuse d'Orion

b. naissance des étoiles



- Les piliers de la création

c. La vie du Soleil

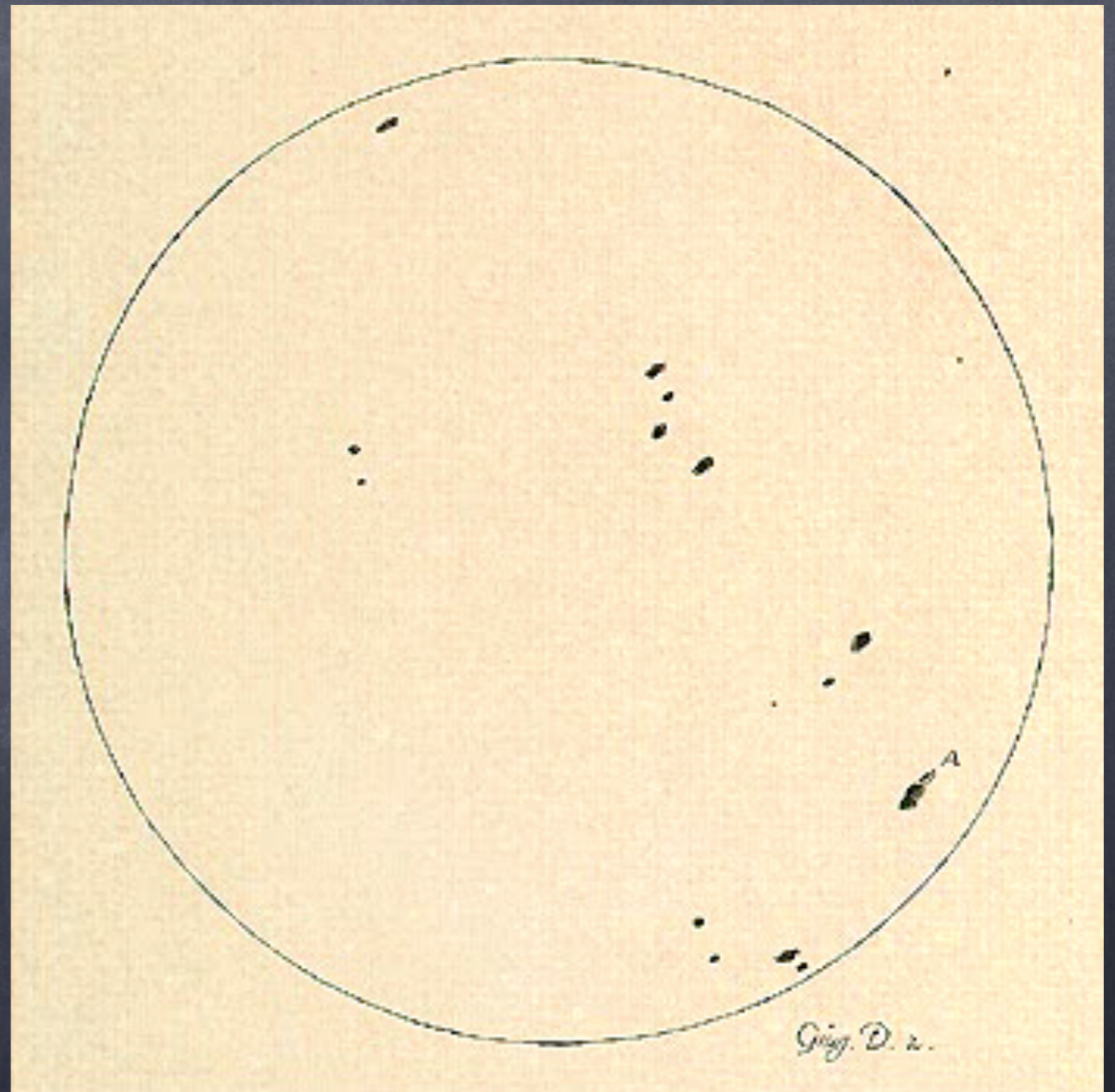


SDO, NASA

AIA 304 - 2014/11/09 - 09:40:43Z

d. rotation du Soleil

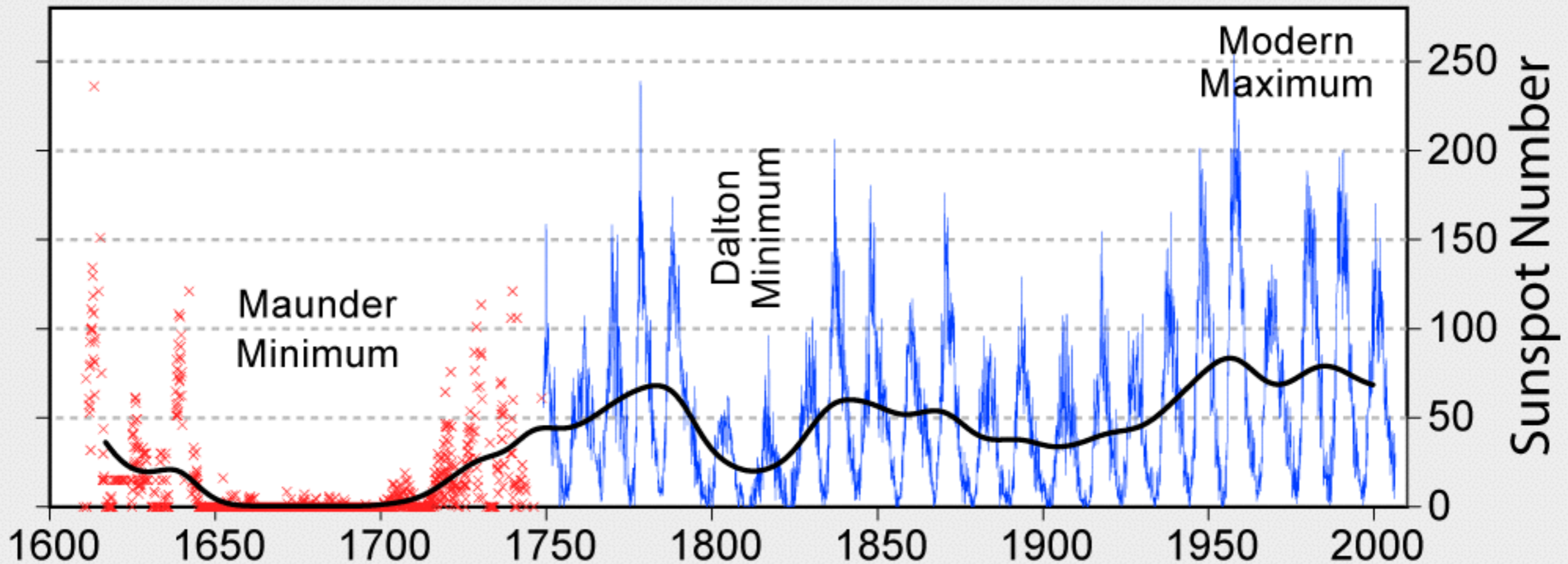
- Découverte de la rotation (27j) par Galilée (1610)



d. rotation du Soleil

DAILY SUNSPOT AREA AVERAGED OVER INDIVIDUAL SOLAR ROTATIONS

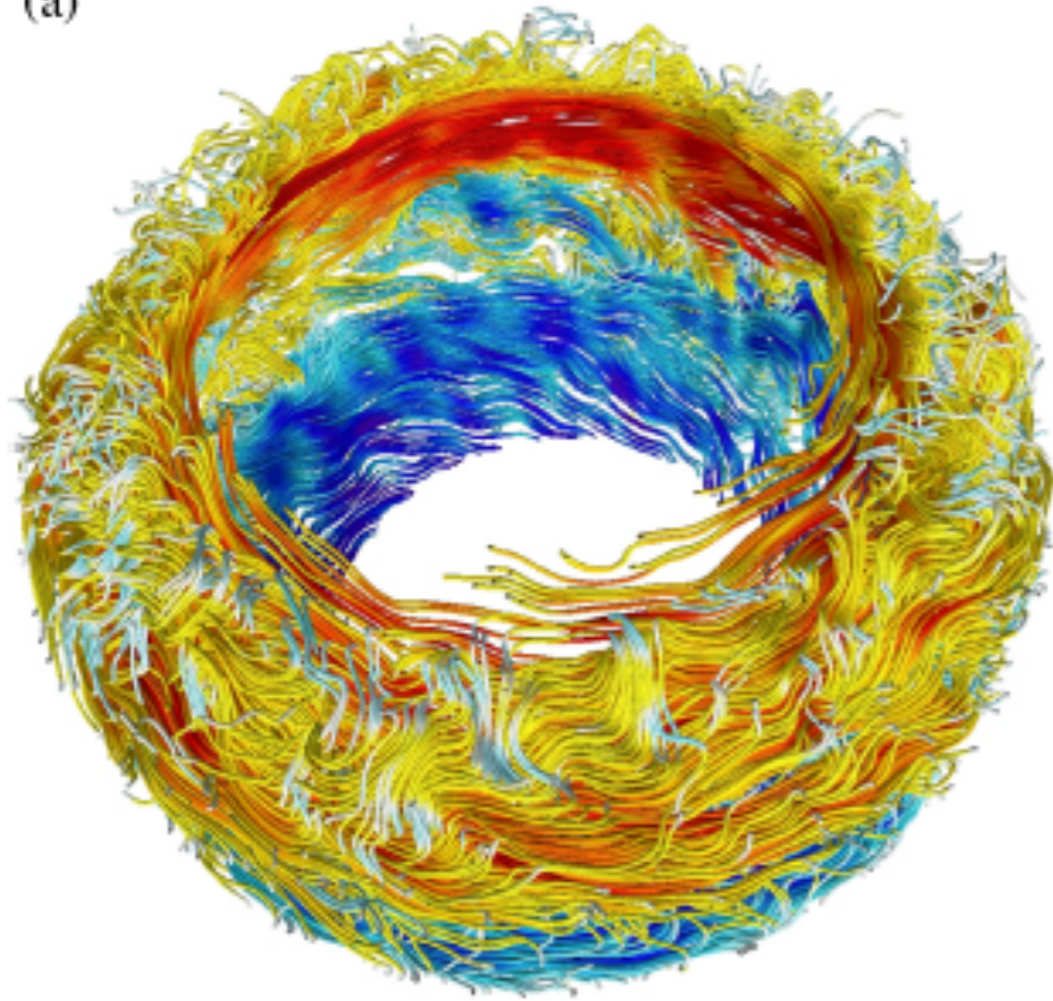
400 Years of Sunspot Observations



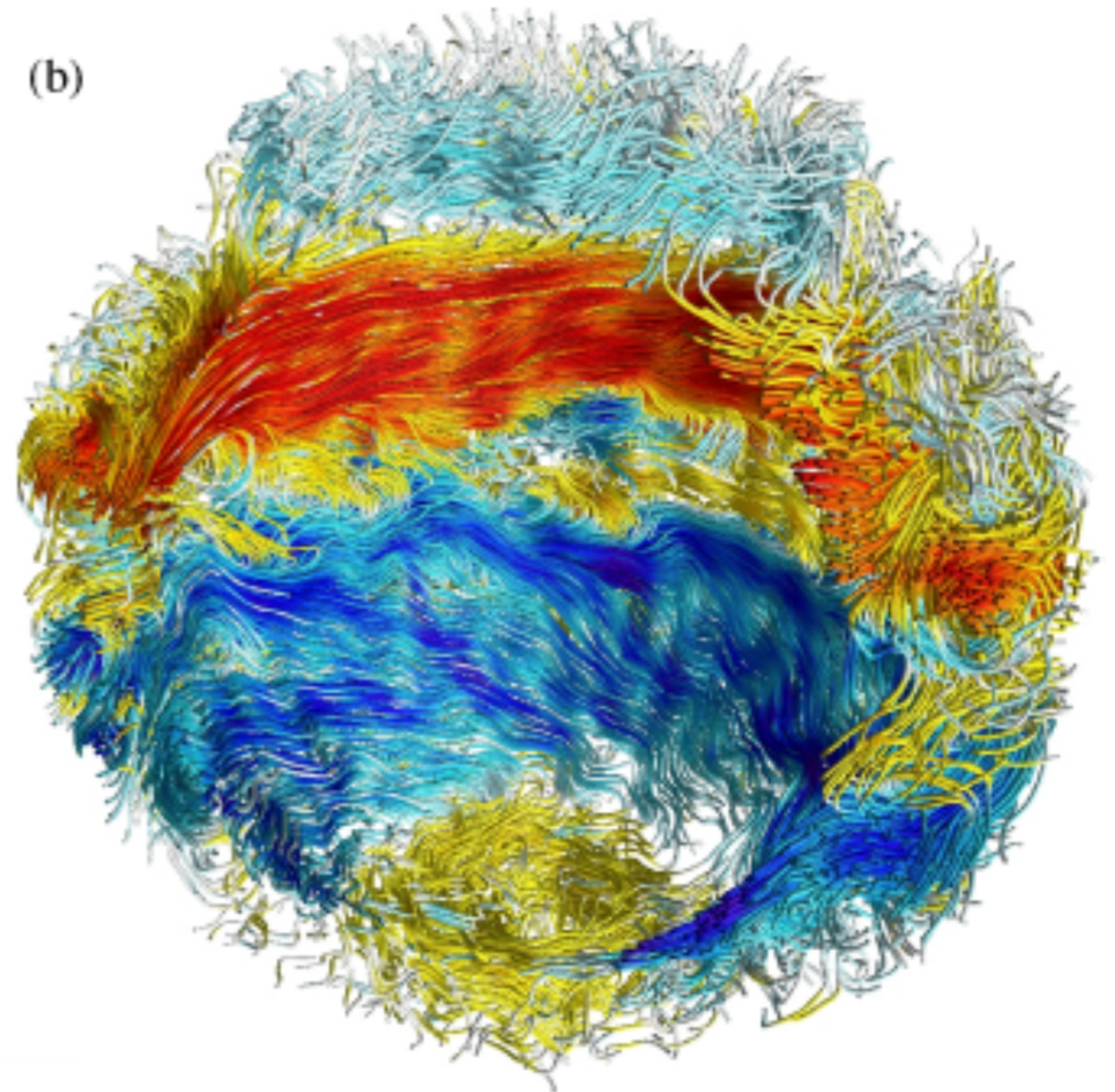
- Cycle d'activité solaire (période de 11 ans)

d. rotation du Soleil

(a)



(b)



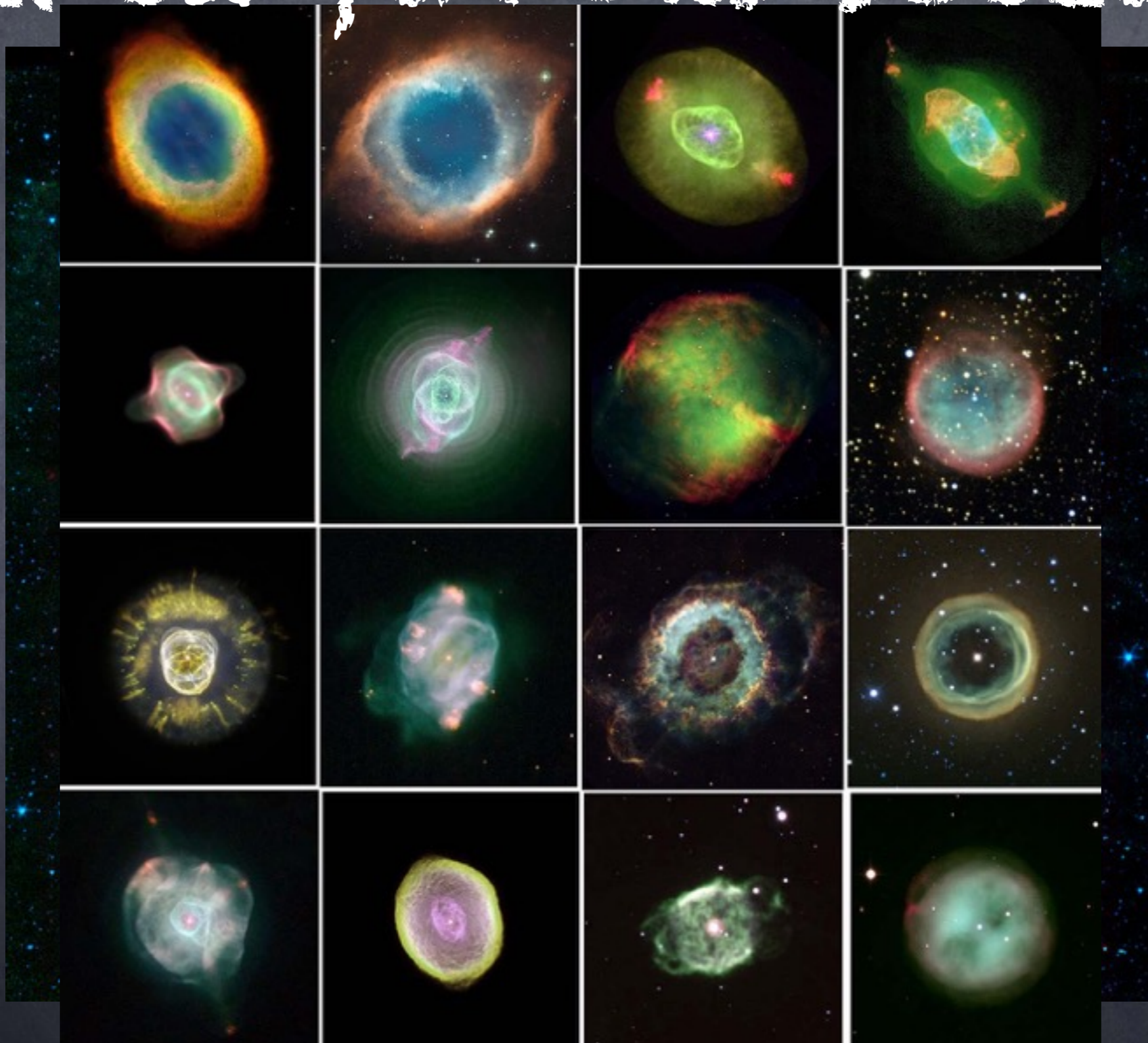
- Dynamo stellaire: lignes de champ B

e. La fin du Soleil



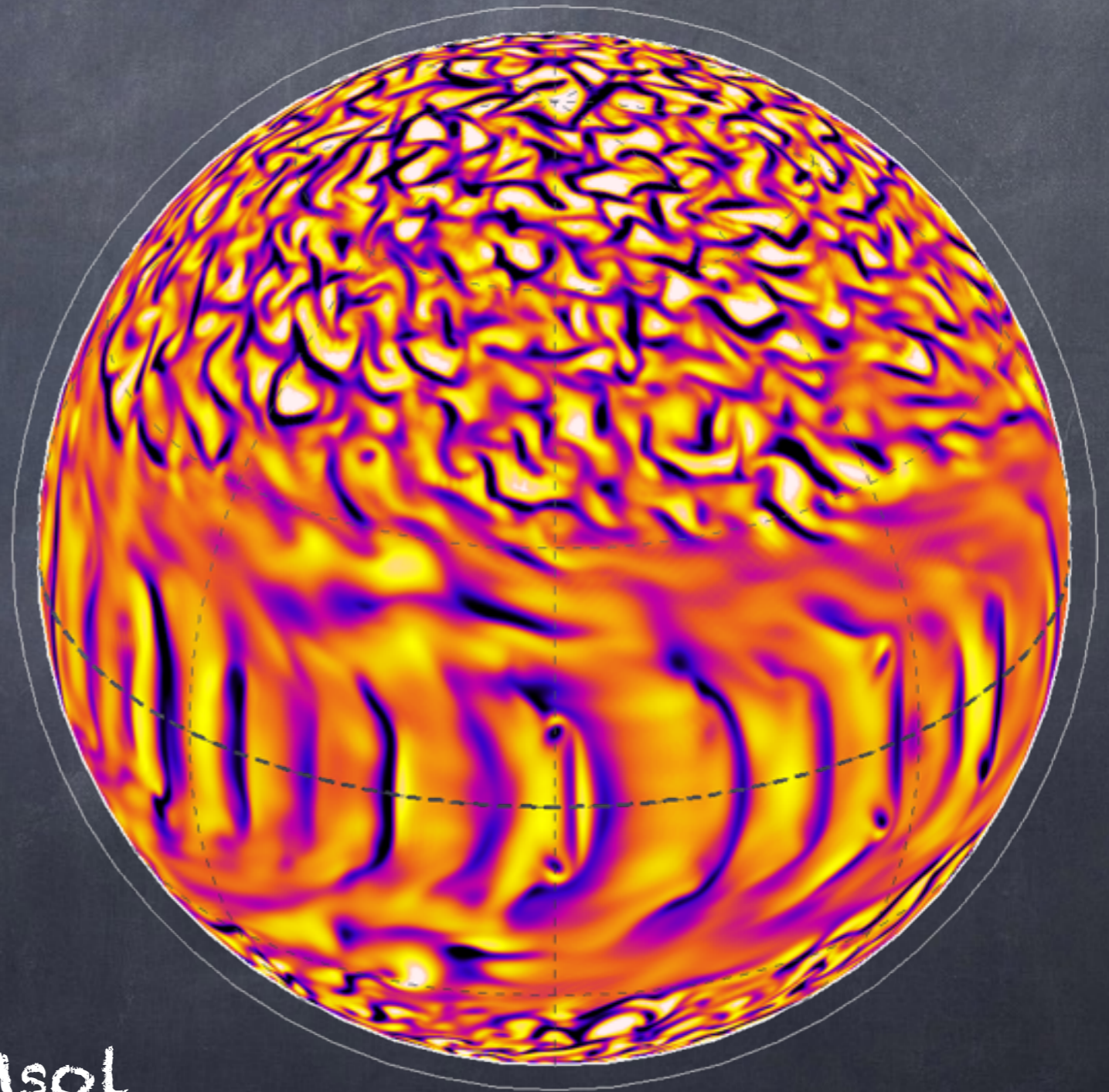
- géante rouge, naine blanche, nébuleuse planétaire

e. La fin du Soleil



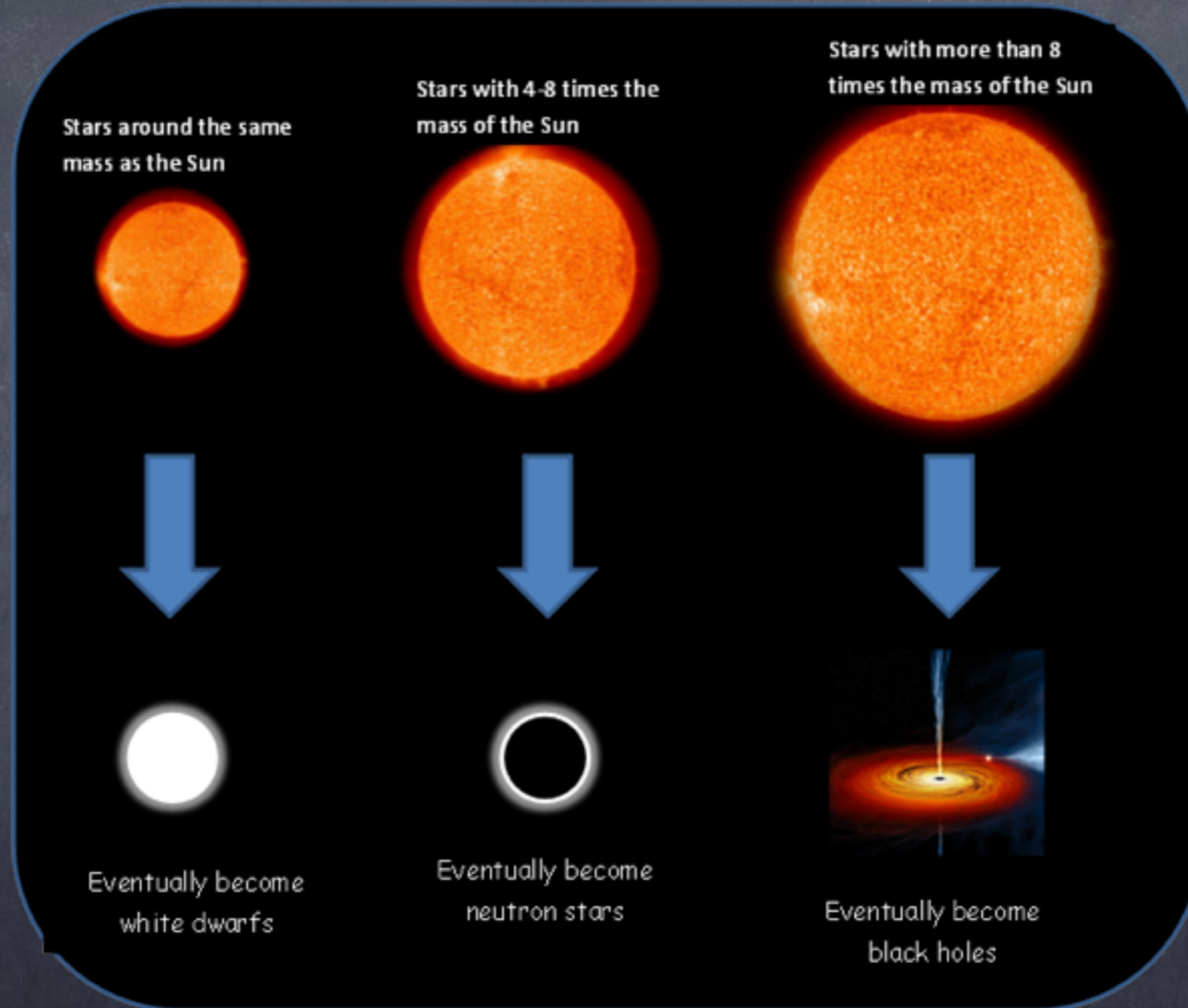
◉ Naine blanche: $1/2 M_{\text{sol}}$ dans R_{Terre} : 1 tonne / cm^3

f. rotation des étoiles



• Etoiles de 5 Msol

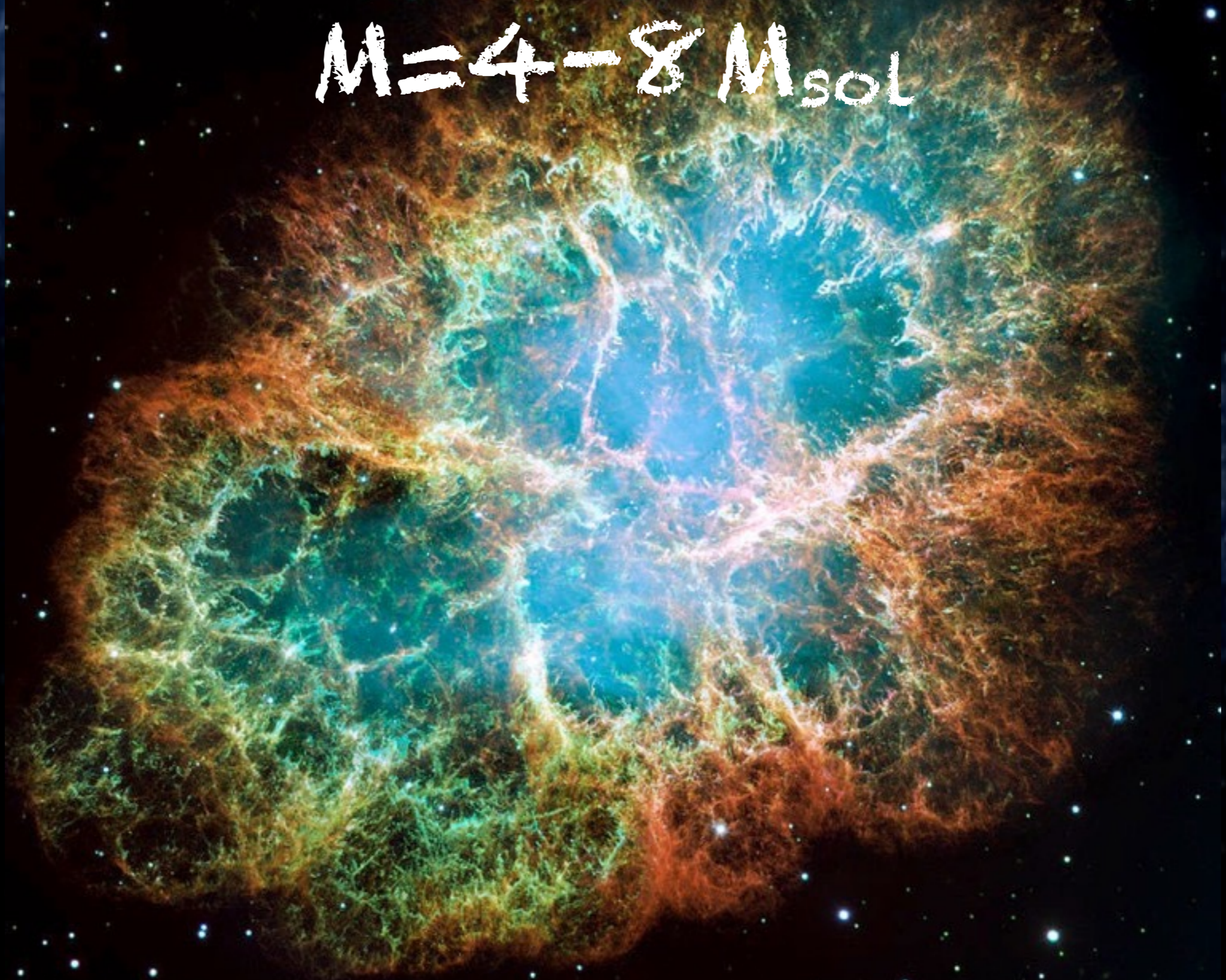
g. la fin des étoiles



• naines blanches, étoiles à neutron et trous noirs...

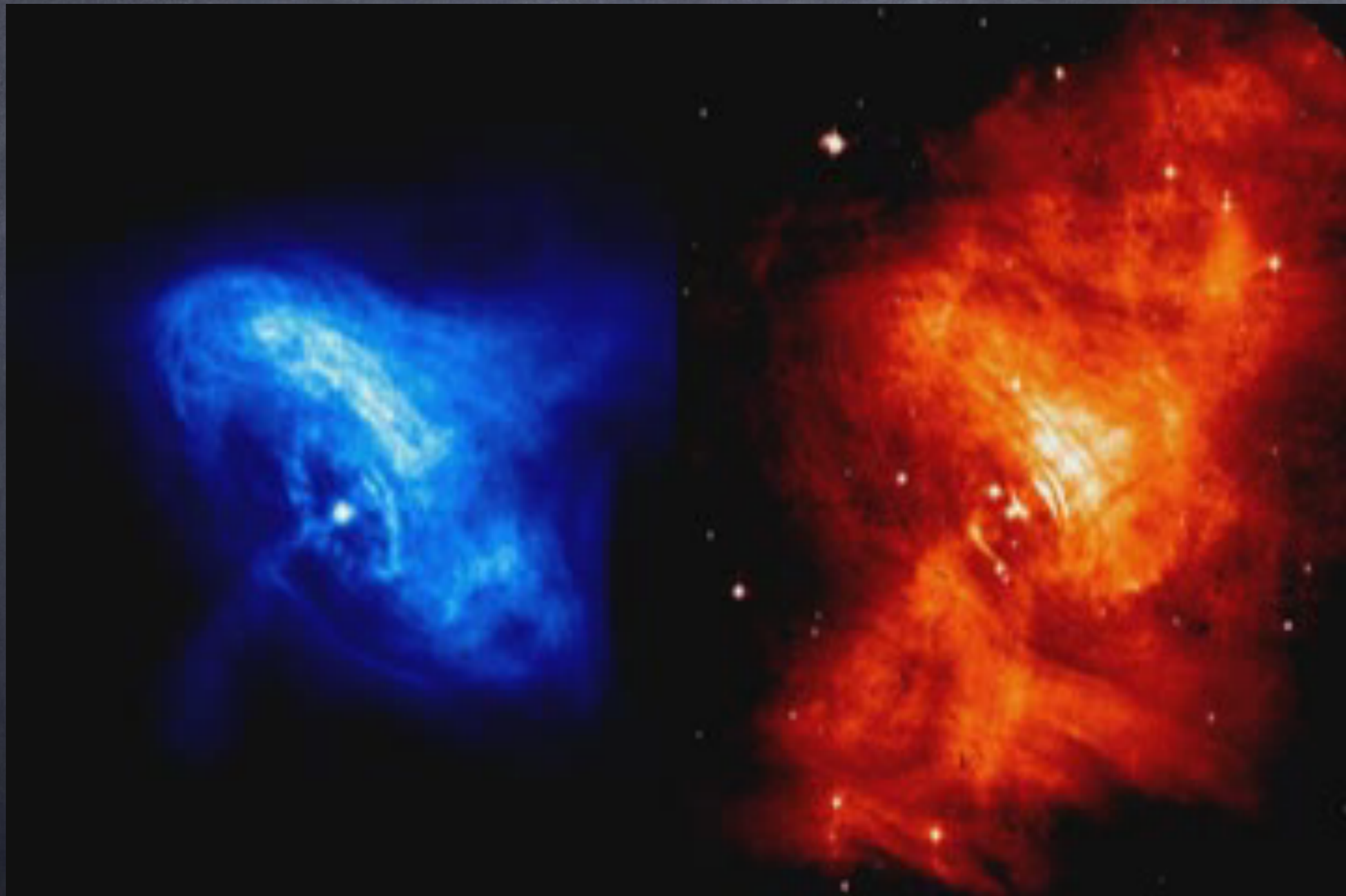
g. la fin des étoiles

$M=4-8 M_{\text{sol}}$



g. la fin des étoiles

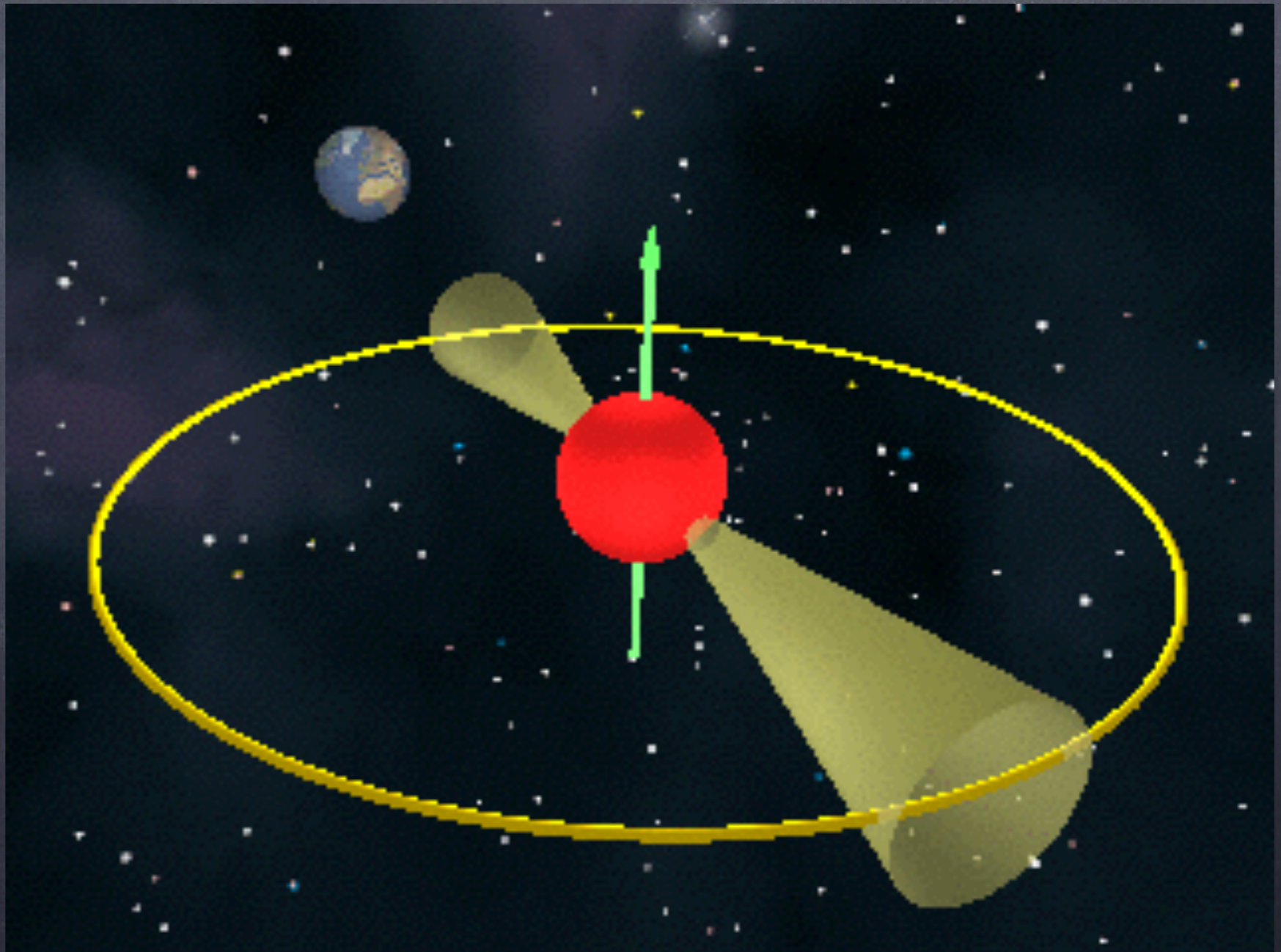
$M=4-8 M_{\text{sol}}$



- o Pulsar de la nébuleuse du Crabe (1054);
Etoile à neutron: $1.4 M_{\text{sol}}$ dans 10 km : 10^9 tonne / cm^3

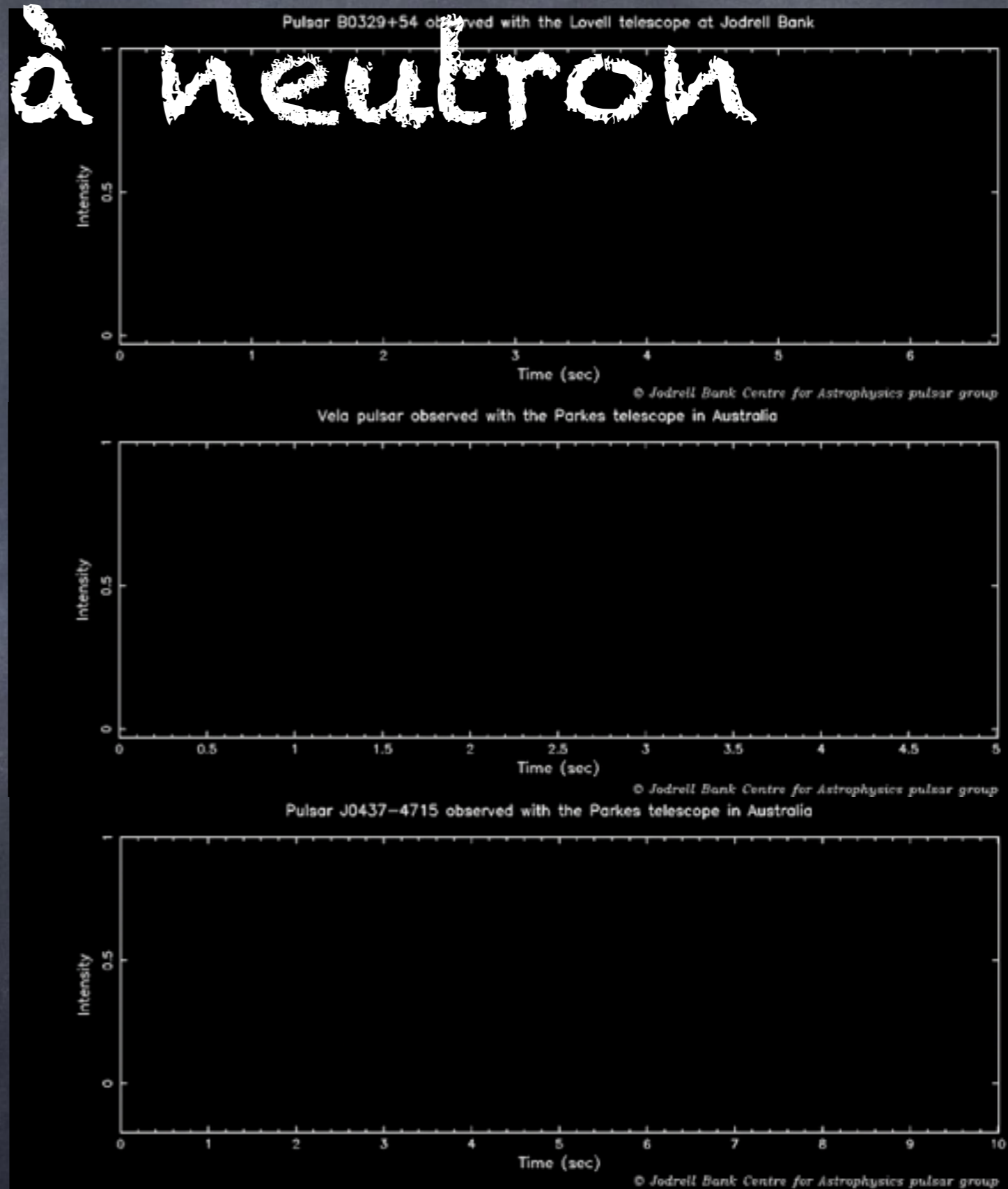
h. rotation des étoiles à neutron

- Pulsar =
pulsating
star



h. rotation des étoiles à neutron

- PSR B0329+54
(1.4 Hz)
- PSR Vela (11.2 Hz)
- PSR J0437-4715
(173.7 Hz)

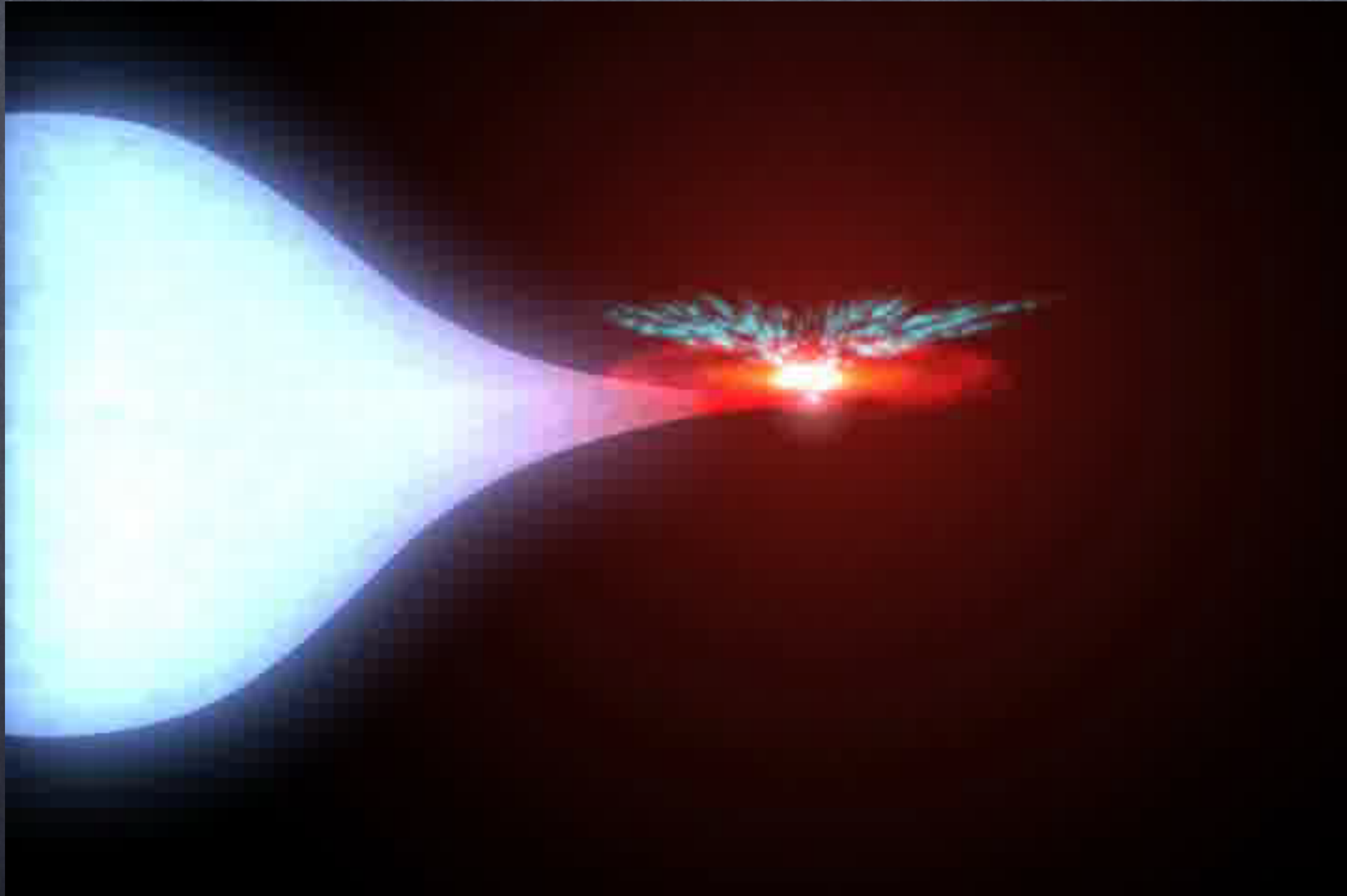


i. La fin des étoiles

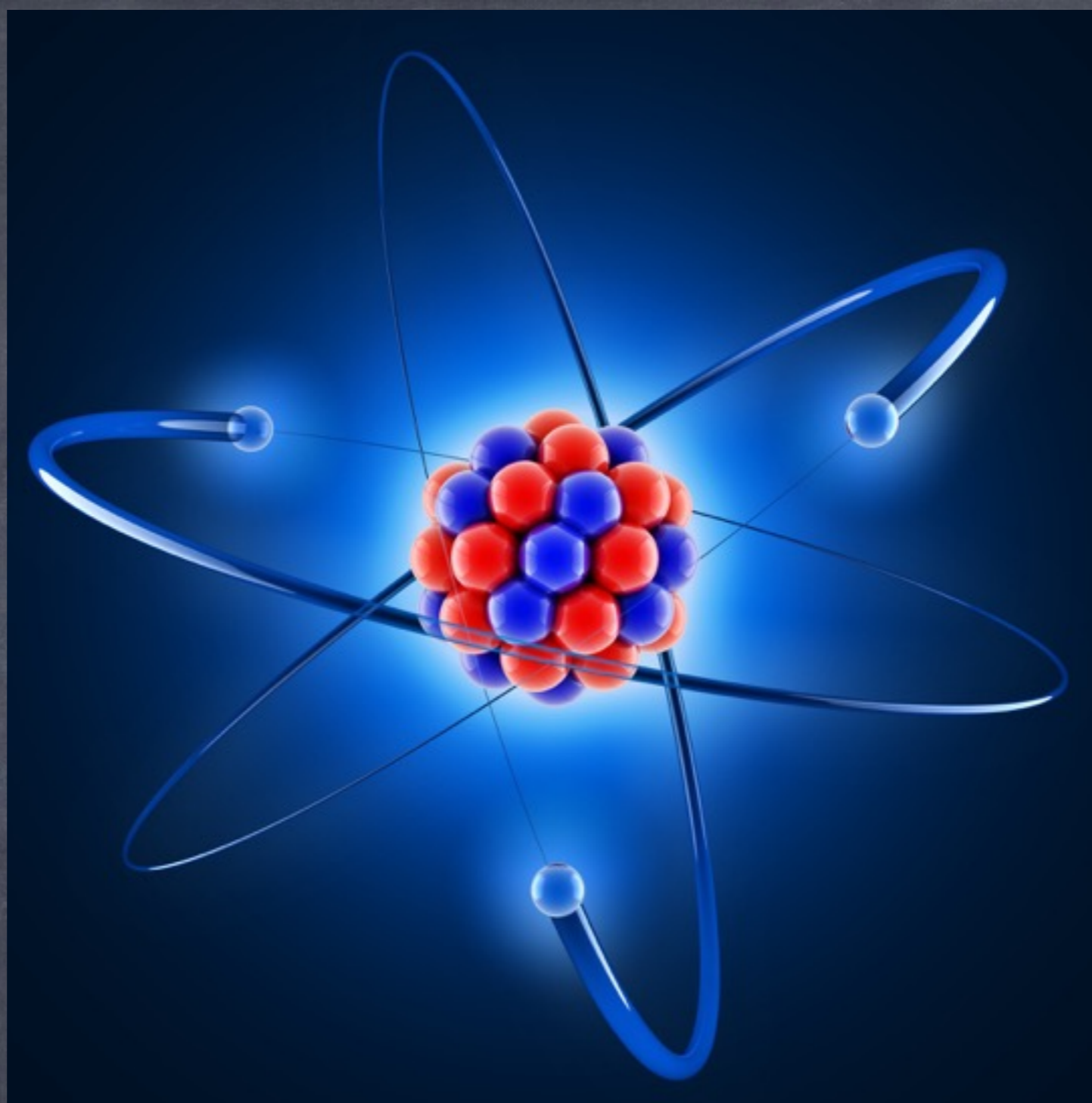


S. Chaty • trou noir: $> 3 M_{\text{sol}}$ dans 10 km: 10^{10} tonnes / cm^3

j. rotation de disque d'accrétion



- systèmes binaires accrétants: étoile en orbite autour d'étoile à neutron / trou noir



IV. La vie des atomes

a. nucléosynthèse

- au coeur des étoiles!
- explosive: supernova!



b. dissémination des atomes

- ◉ dans le MIS:
résidu SN 1006

c. chimie du milieu interstellaire

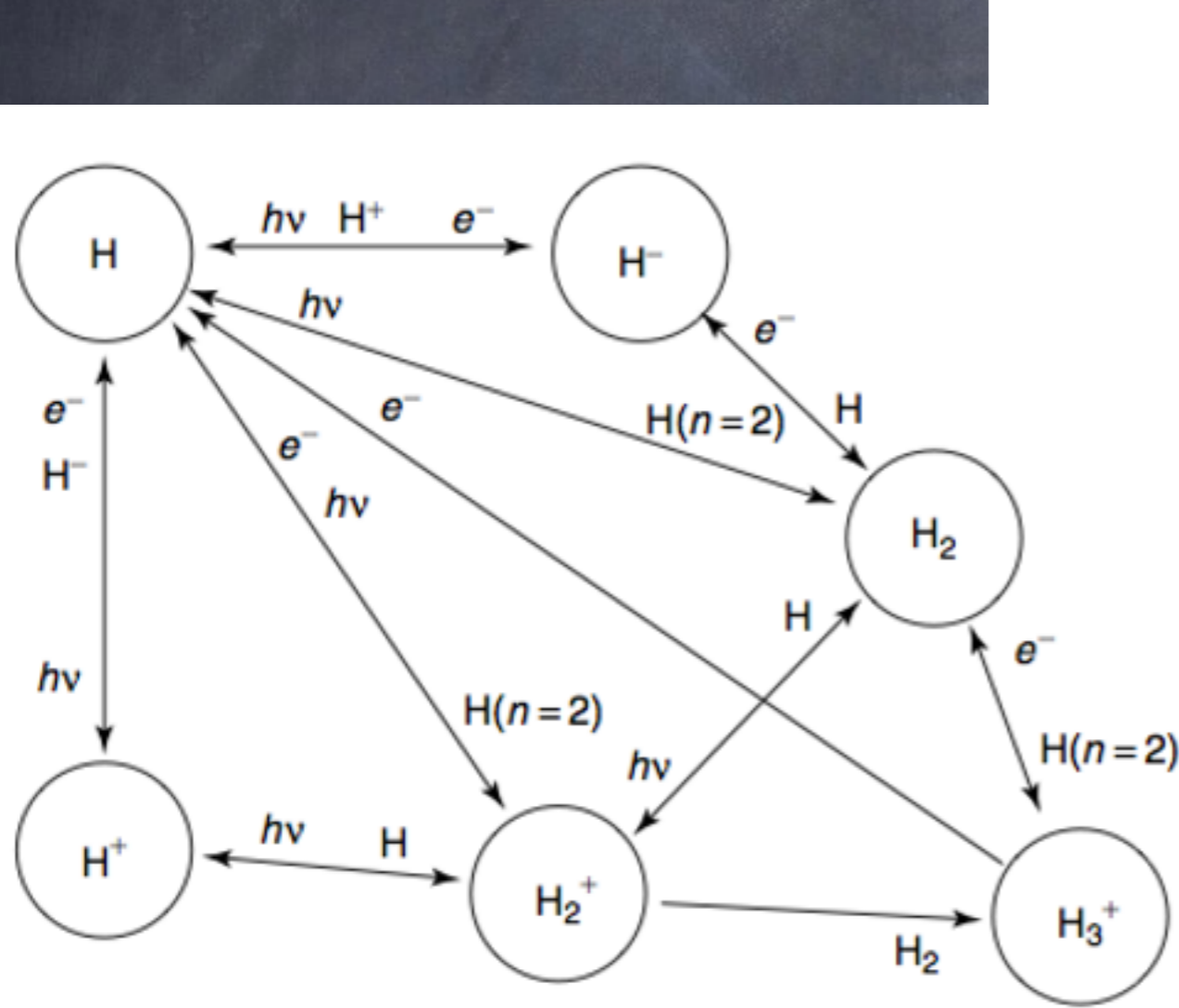


Figure 1. Key two-body reactions involved in the gas-phase production of a molecule of molecular hydrogen.⁽⁶⁾

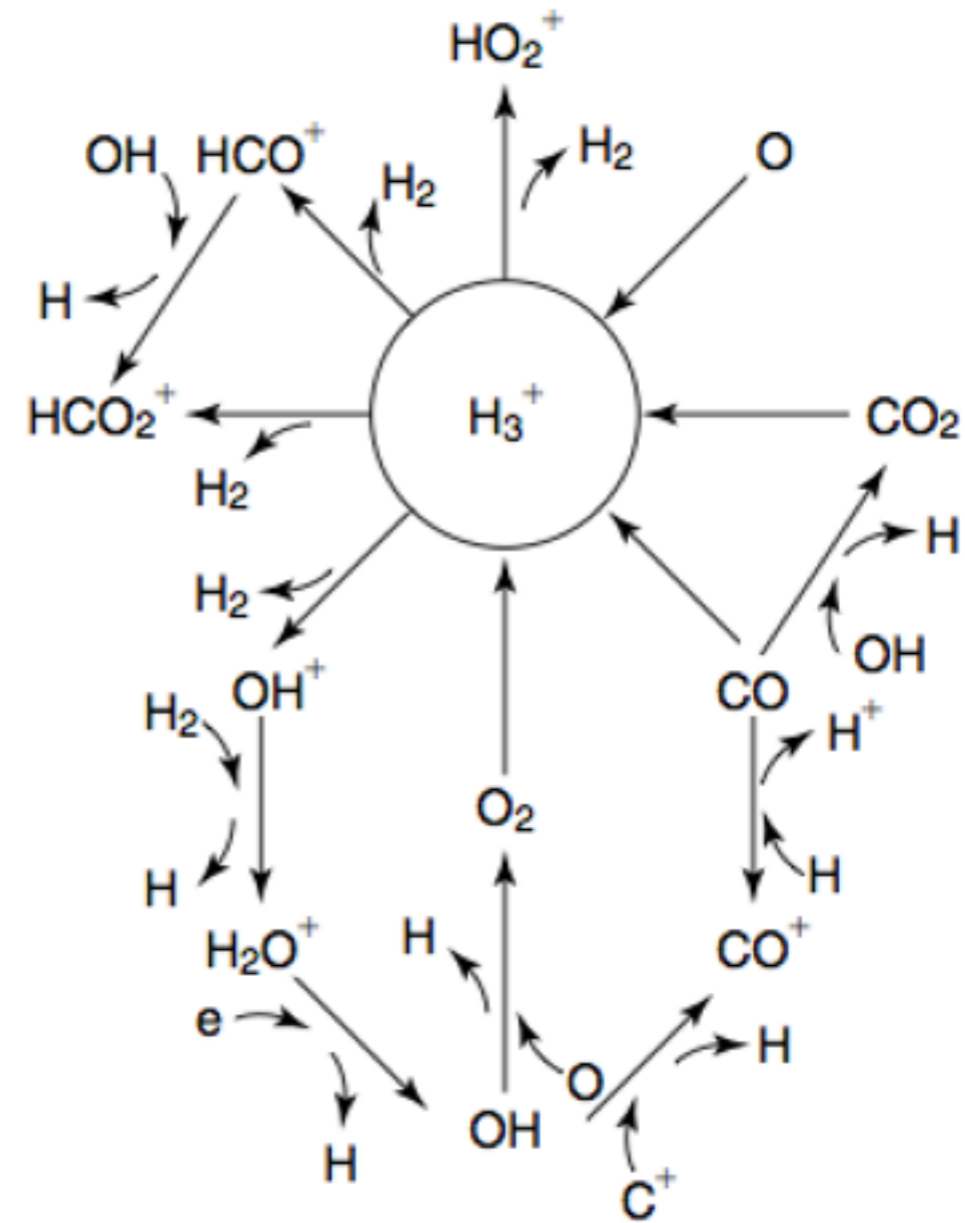


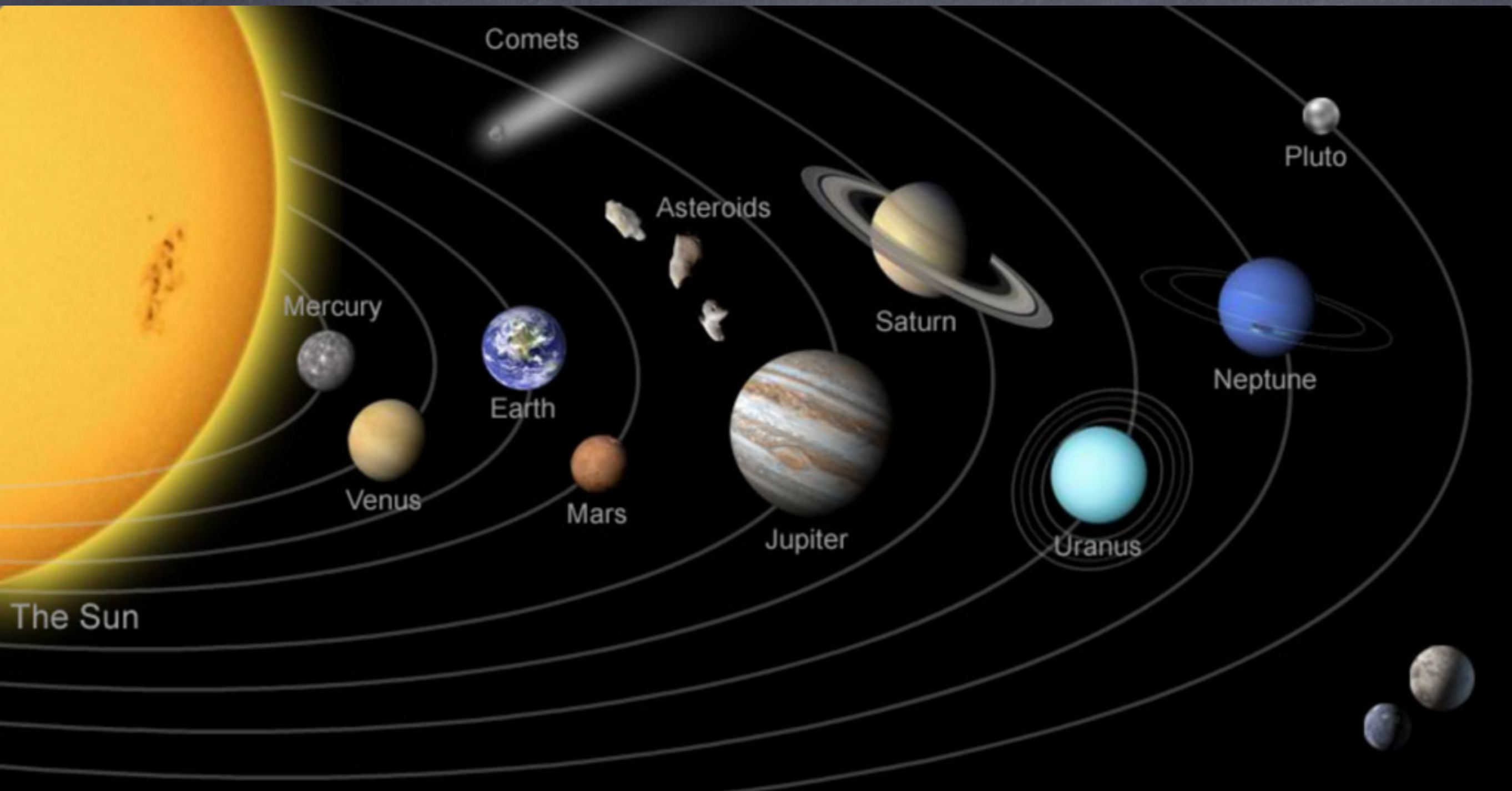
Figure 2. Chemical pathways starting from H_3^+ and involving oxygen molecules in diffuse interstellar clouds.⁽¹⁴⁾

c. chimie du milieu interstellaire

Molecules in the Interstellar Medium or Circumstellar Shells (as of 10/2014)

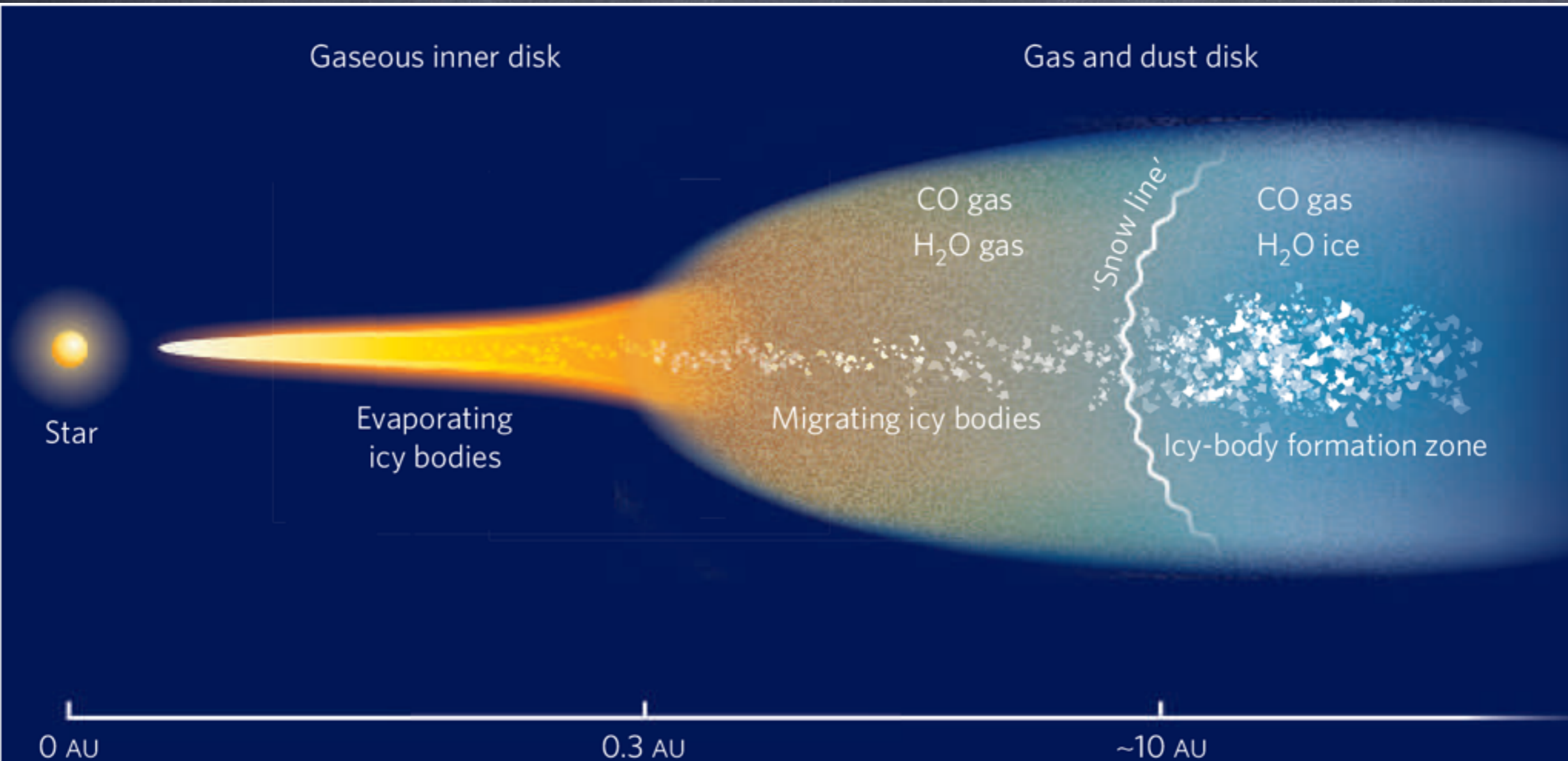
2 atoms	3 atoms	4 atoms	5 atoms	6 atoms	7 atoms	8 atoms	9 atoms	10 atoms	11 atoms	12 atoms	>12 atoms
H ₂	C ₃ [*]	<i>c</i> -C ₃ H	C ₅ [*]	C ₅ H	C ₆ H	CH ₃ C ₃ N	CH ₃ C ₄ H	CH ₃ C ₅ N	HC ₉ N	<i>c</i> -C ₆ H ₆ [*]	HC ₁₁ N
AlF	C ₂ H	<i>i</i> -C ₃ H	C ₄ H	<i>i</i> -H ₂ C ₄	CH ₂ CHCN	HC(O)OCH ₃	CH ₃ CH ₂ CN	(CH ₃) ₂ CO	CH ₃ C ₆ H	<i>n</i> -C ₃ H ₇ CN	C ₆₀ [*]
AlCl	C ₂ O	C ₃ N	C ₄ Si	C ₂ H ₄ [*]	CH ₃ C ₂ H	CH ₃ COOH	(CH ₃) ₂ O	(CH ₂ OH) ₂	C ₂ H ₅ OCHO	<i>i</i> -C ₃ H ₇ CN 2014	C ₇₀ [*]
C ₂ ^{**}	C ₂ S	C ₃ O	<i>i</i> -C ₃ H ₂	CH ₃ CN	HC ₅ N	C ₇ H	CH ₃ CH ₂ OH	CH ₃ CH ₂ CHO	CH ₃ OC(O)CH ₃		
CH	CH ₂	C ₃ S	<i>c</i> -C ₃ H ₂	CH ₃ NC	CH ₃ CHO	C ₆ H ₂	HC ₇ N				
CH ⁺	HCN	C ₂ H ₂ [*]	H ₂ CCN	CH ₃ OH	CH ₃ NH ₂	CH ₂ OHCHO	C ₈ H				
CN	HCO	NH ₃	CH ₄ [*]	CH ₃ SH	<i>c</i> -C ₂ H ₄ O	<i>i</i> -HC ₆ H [*]	CH ₃ C(O)NH ₂				
CO	HCO ⁺	HCCN	HC ₃ N	HC ₃ NH ⁺	H ₂ CCHOH	CH ₂ CHCHO (?)	C ₈ H ⁻				
CO ⁺	HCS ⁺	HCNH ⁺	HC ₂ NC	HC ₂ CHO	C ₆ H ⁻	CH ₂ CCHCN	C ₃ H ₆				
CP	HOC ⁺	HNCO	HCOOH	NH ₂ CHO		H ₂ NCH ₂ CN	CH ₃ CH ₂ SH (?)				
SiC	H ₂ O	HNCS	H ₂ CNH	C ₅ N		CH ₃ CHNH					
HCl	H ₂ S	HOCO ⁺	H ₂ C ₂ O	<i>i</i> -HC ₄ H [*]							
KCl	HNC	H ₂ CO	H ₂ NCN	<i>i</i> -HC ₄ N							
NH	HNO	H ₂ CN	HNC ₃	<i>c</i> -H ₂ C ₃ O							
NO	MgCN	H ₂ CS	SiH ₄ [*]	H ₂ CCNH (?)							
NS	MgNC	H ₃ O ⁺	H ₂ COH ⁺	C ₅ N ⁻							
NaCl	N ₂ H ⁺	<i>c</i> -SiC ₃	C ₄ H ⁻	HNCHCN							
OH	N ₂ O	CH ₃ [*]	HC(O)CN								
PN	NaCN	C ₃ N ⁻	HNCNH								
SO	OCS	PH ₃	CH ₃ O								
SO ⁺	SO ₂	HCNO	NH ₄ ⁺								
SiN	<i>c</i> -SiC ₂	HOCN	H ₂ NCO ⁺ (?)								
SiO	Si ₂ [*]	HSCN									

SiO	CO ₂ [*]	HSCN
SiS	NH ₂	H ₂ O ₂
CS	H ₃ ^{+(*)}	C ₃ H ⁺
HF	SiCN	HMgNC
HD	AINC	
FeO?	SiNC	
O ₂	HCP	
CF ⁺	CCP	
SiH?	AlOH	
PO	H ₂ O ⁺	
AlO	H ₂ Cl ⁺	
OH ⁺	KCN	
CN ⁻	FeCN	
SH ⁺	HO ₂	
SH	TiO ₂	
HCl ⁺	C ₂ N 2014	
TiO		
ArH ⁺		
NO ⁺ ?		
2014		



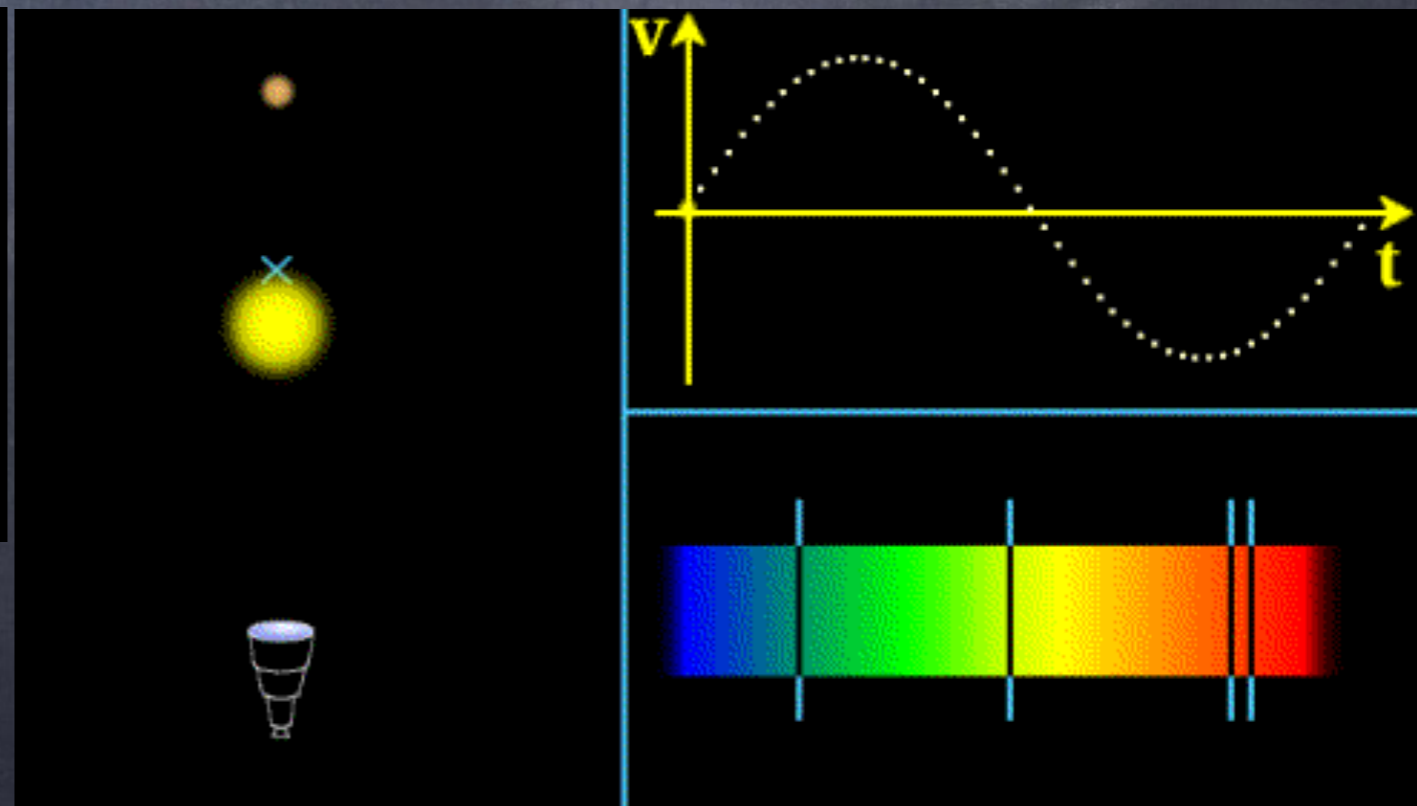
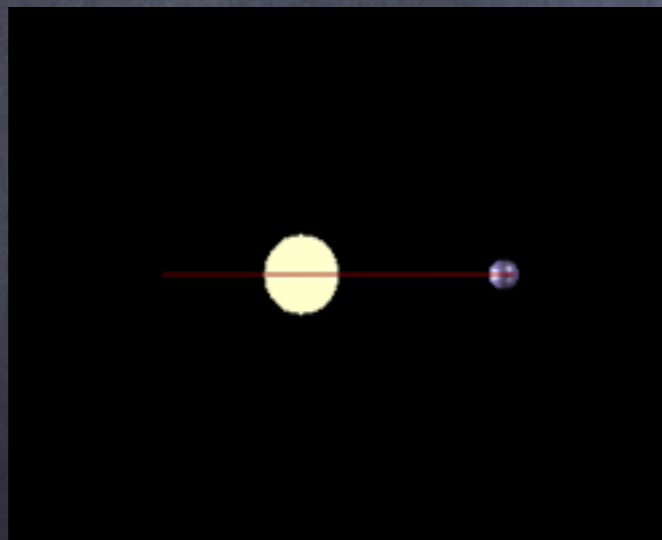
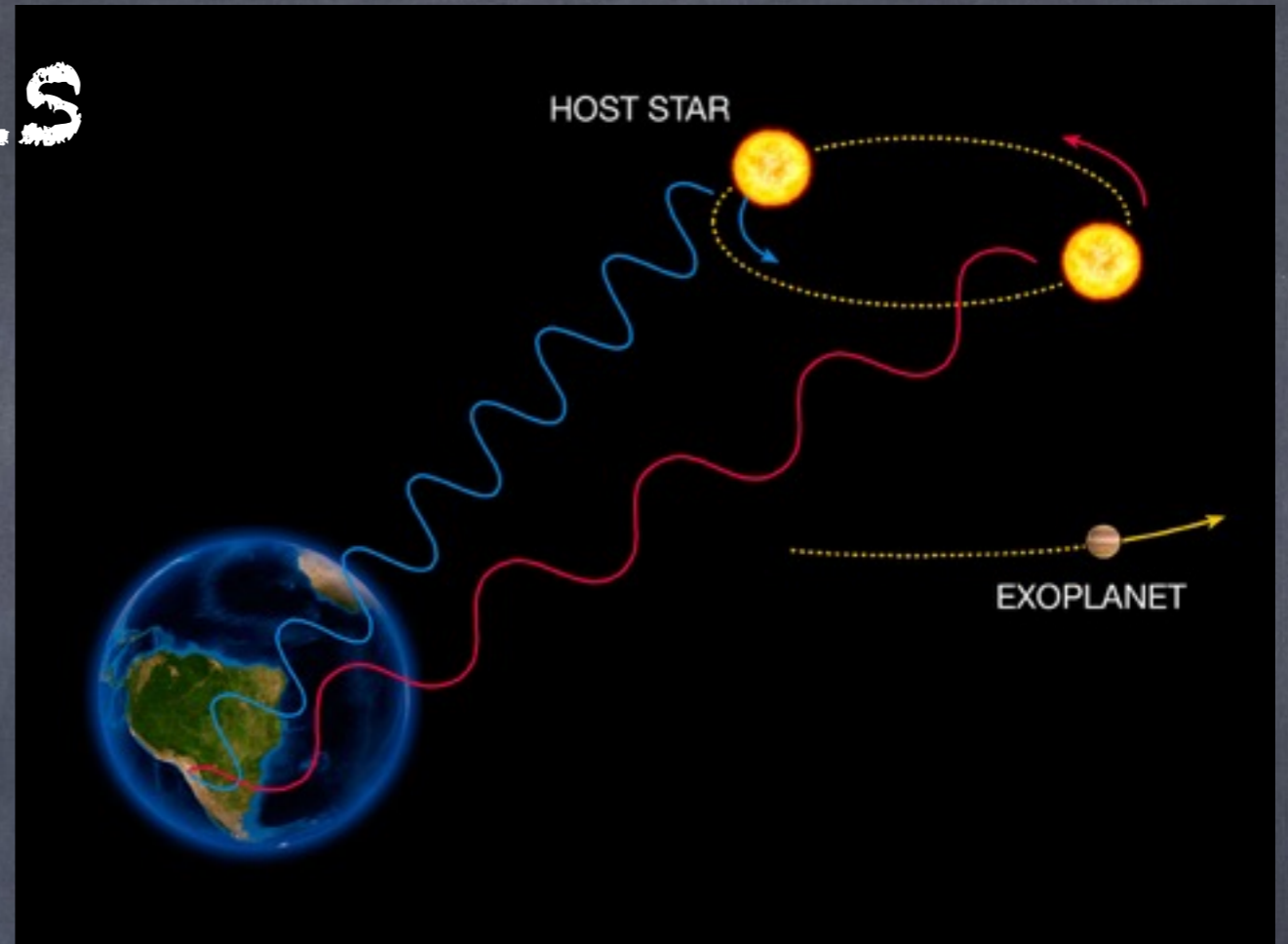
V. La vie des planètes

a. formation des planètes



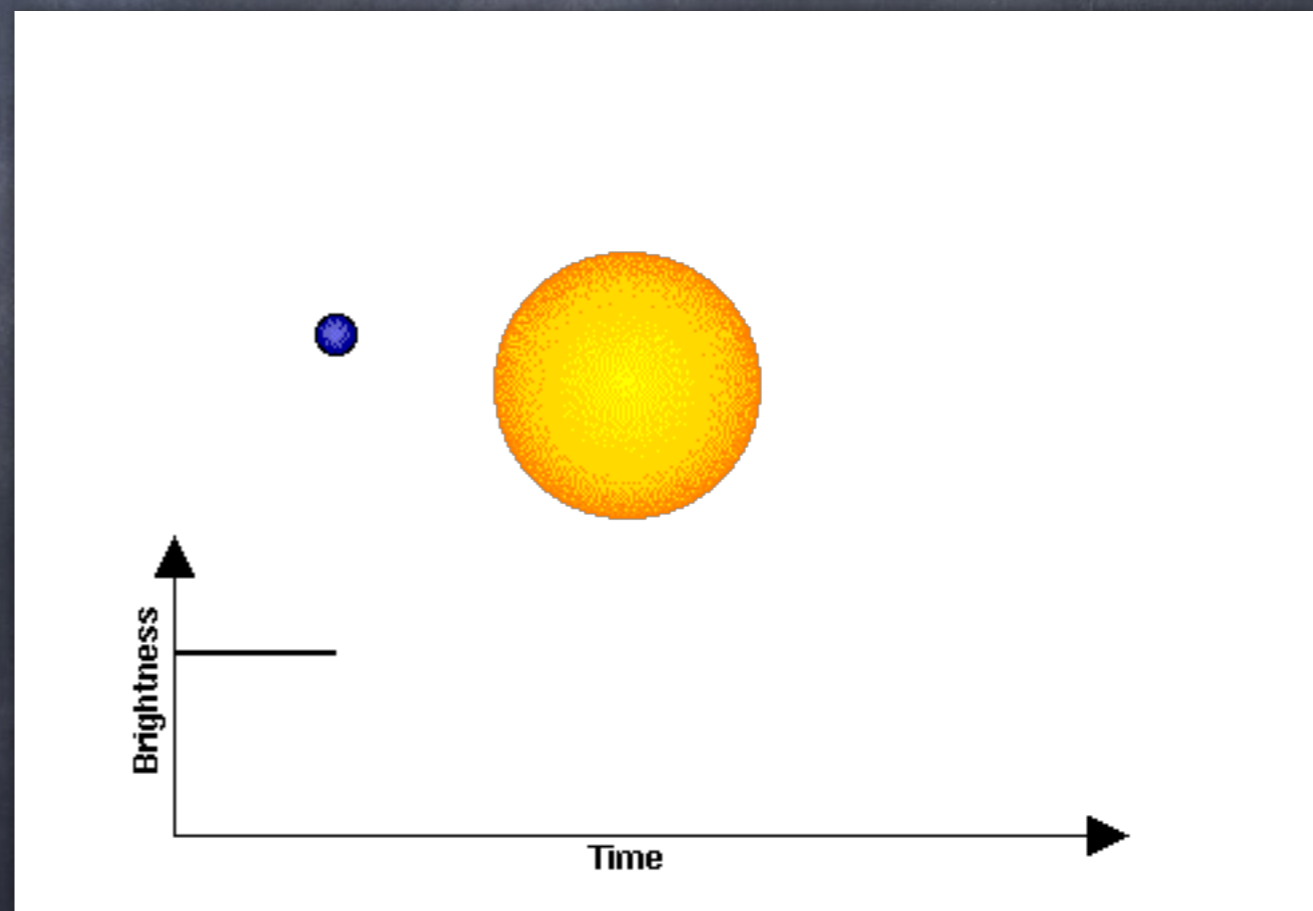
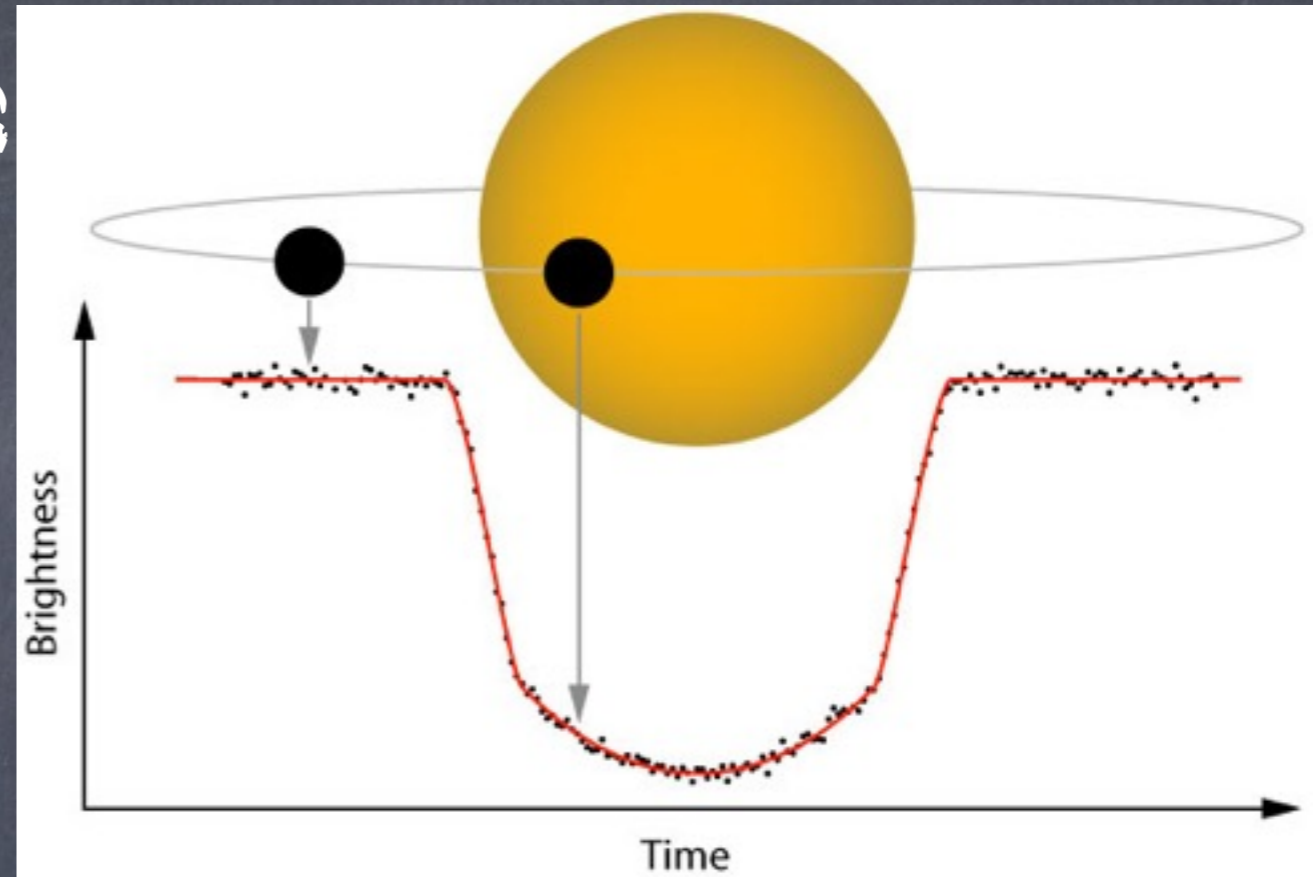
b. détection des exoplanètes

- Détection #1: vitesse radiale

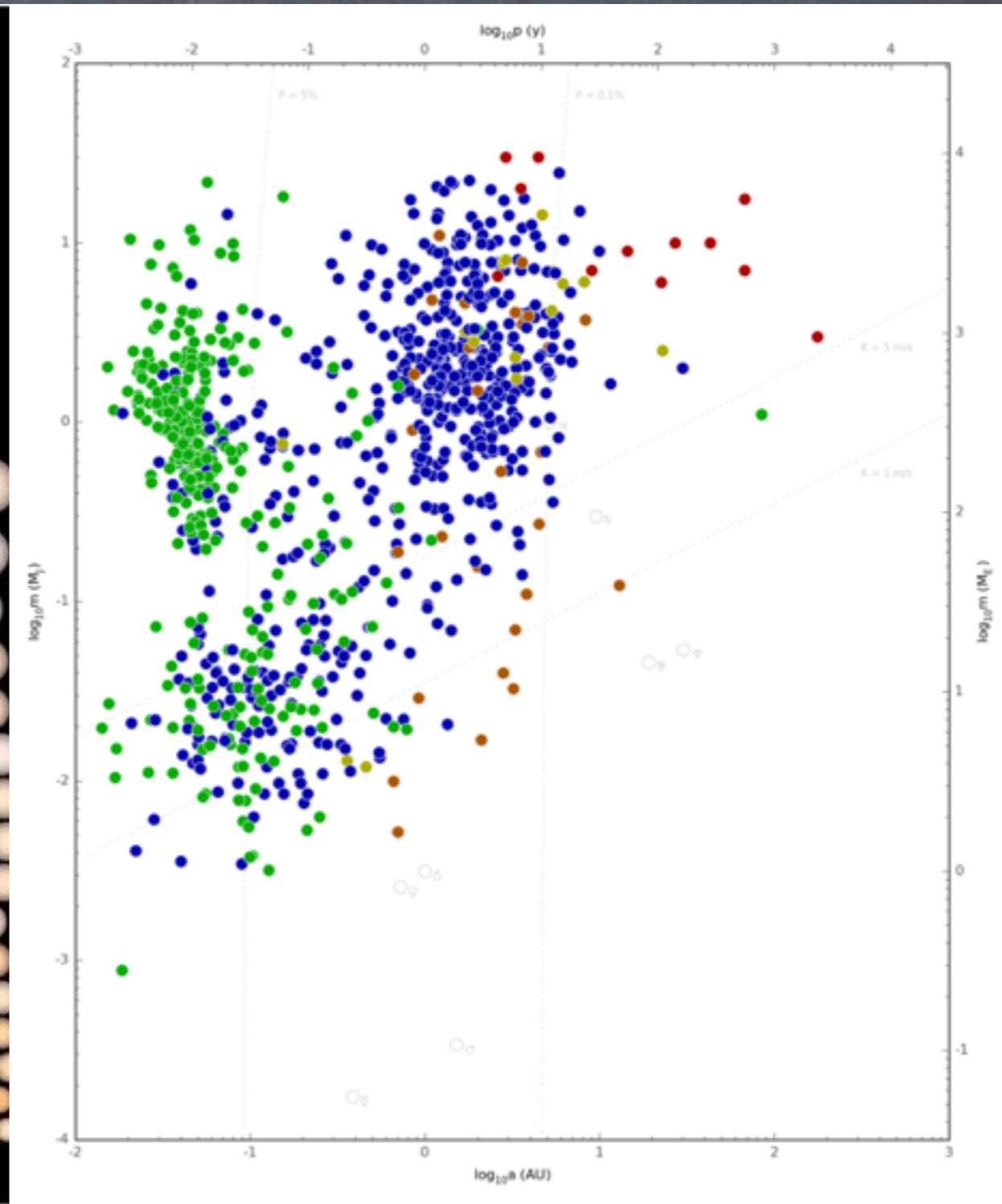
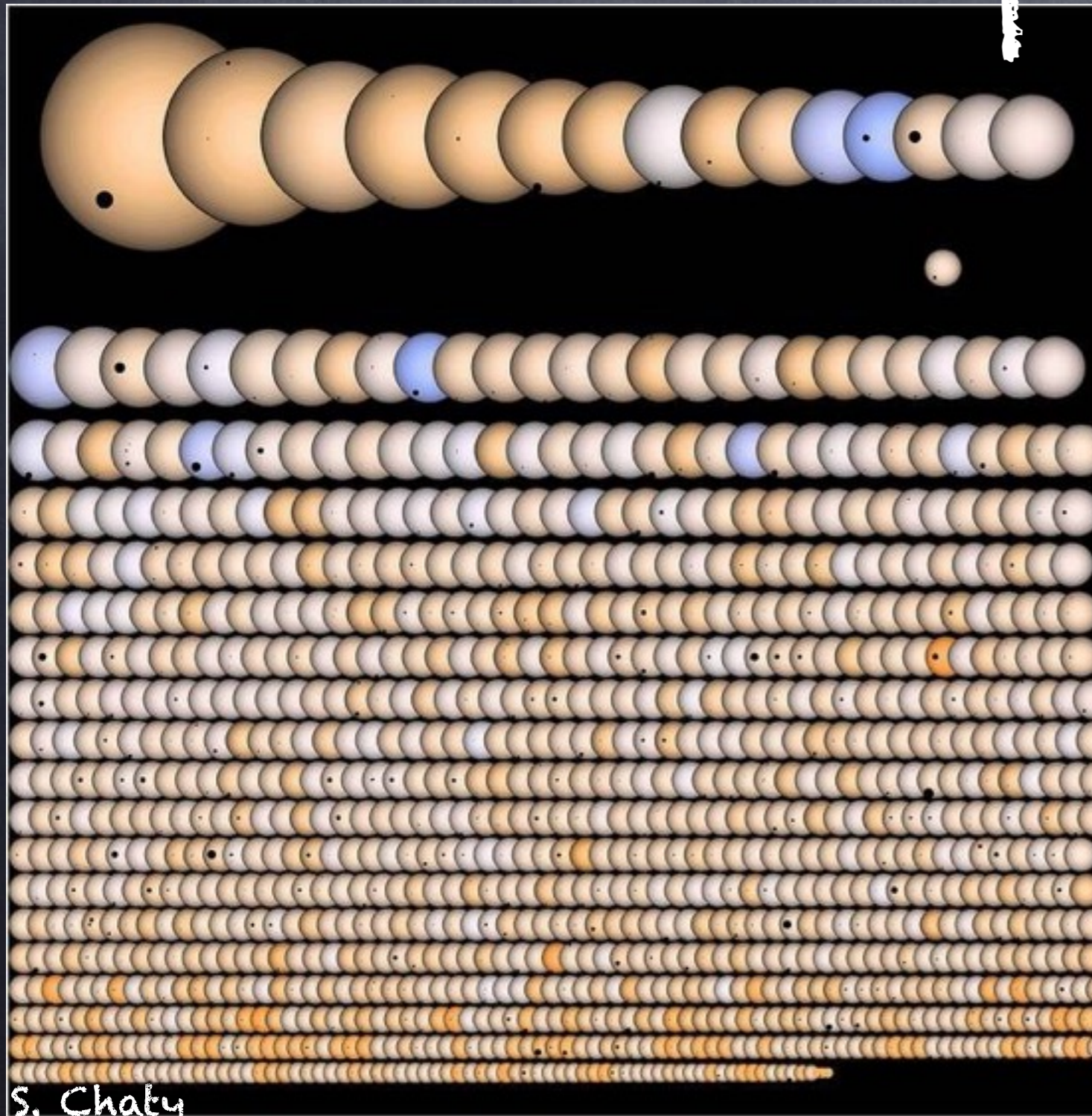


b. détection des exoplanètes

- Détection #2: transit

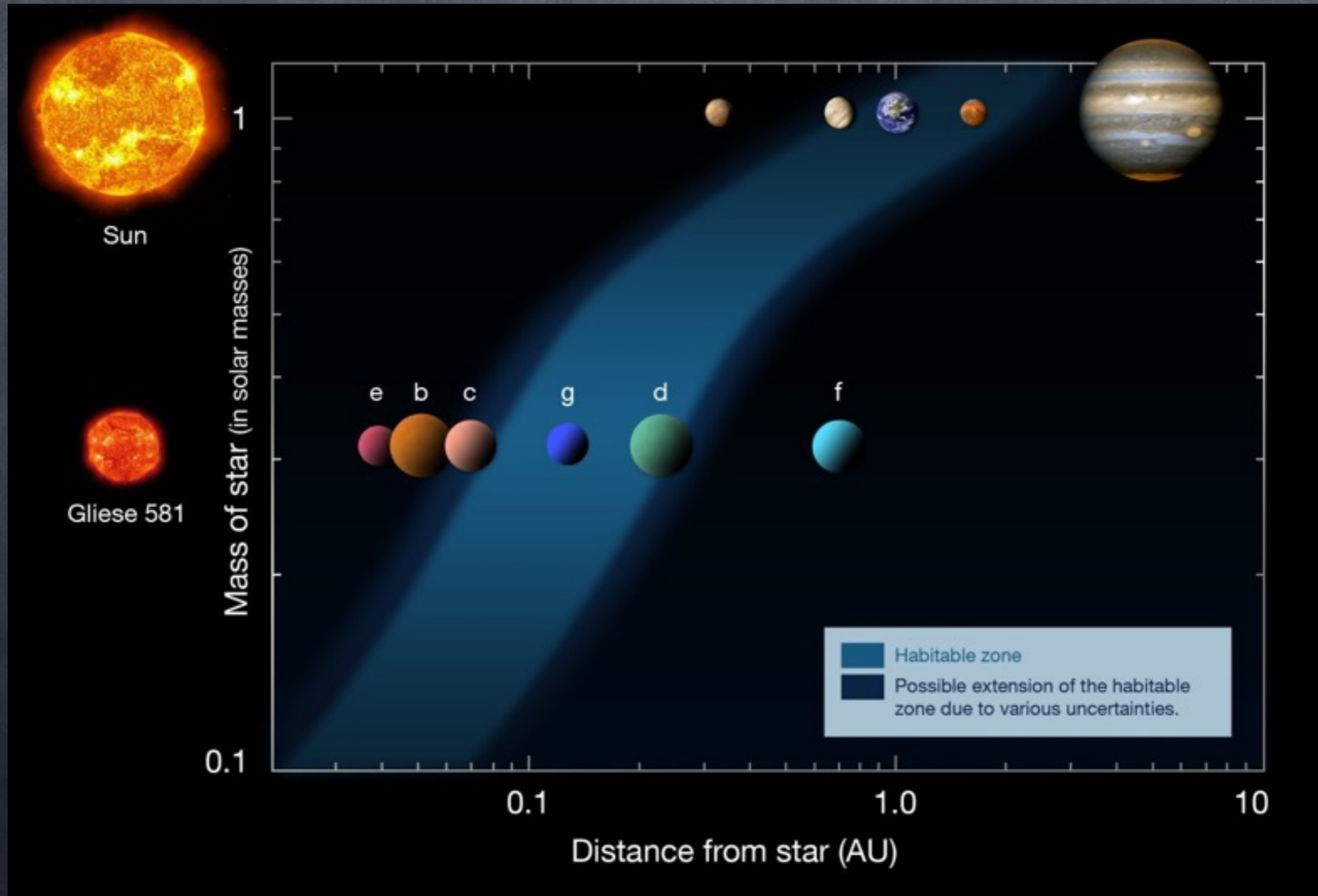


c. caractéristiques des exoplanètes



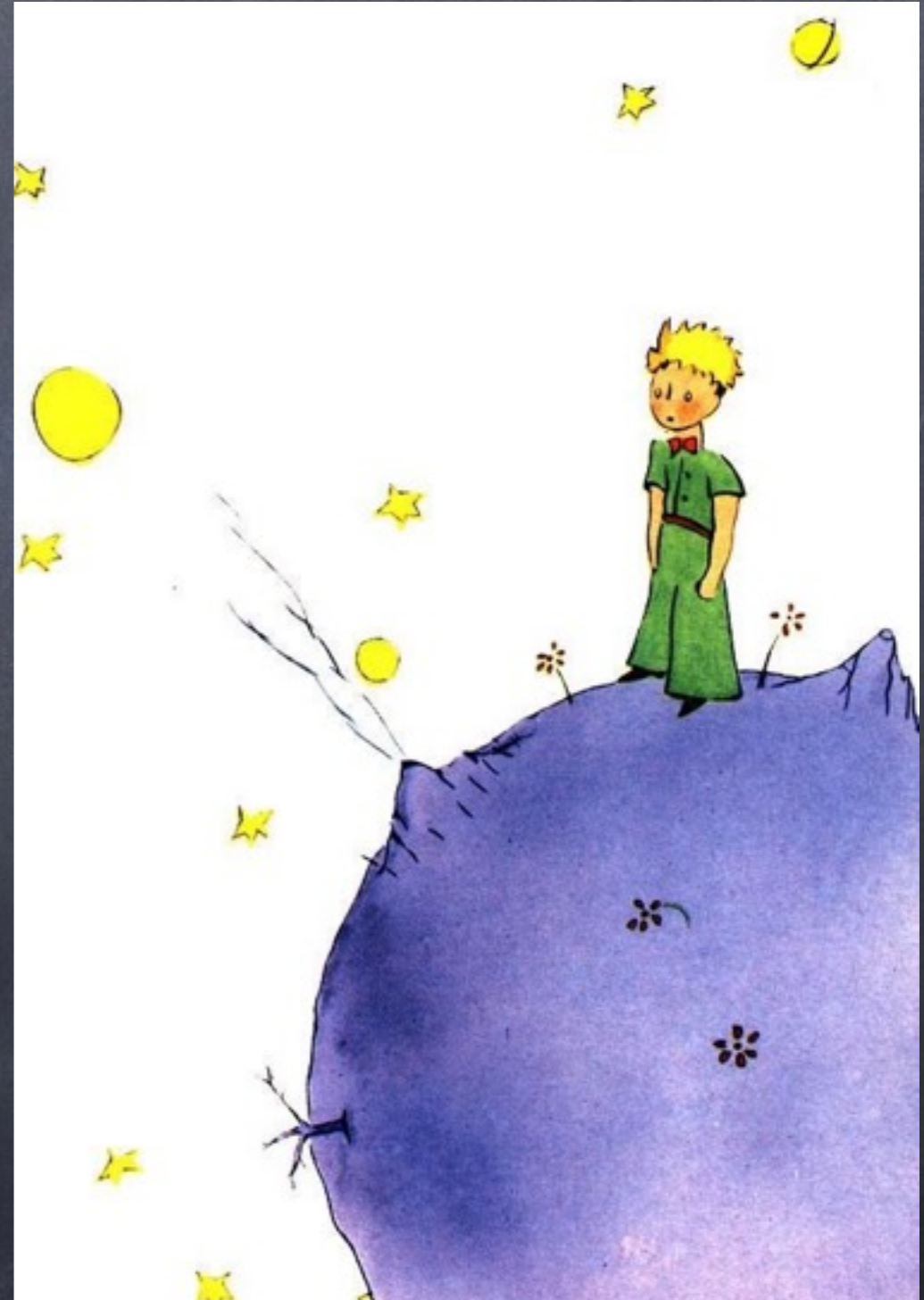
d. zone

d' « habitabilité »

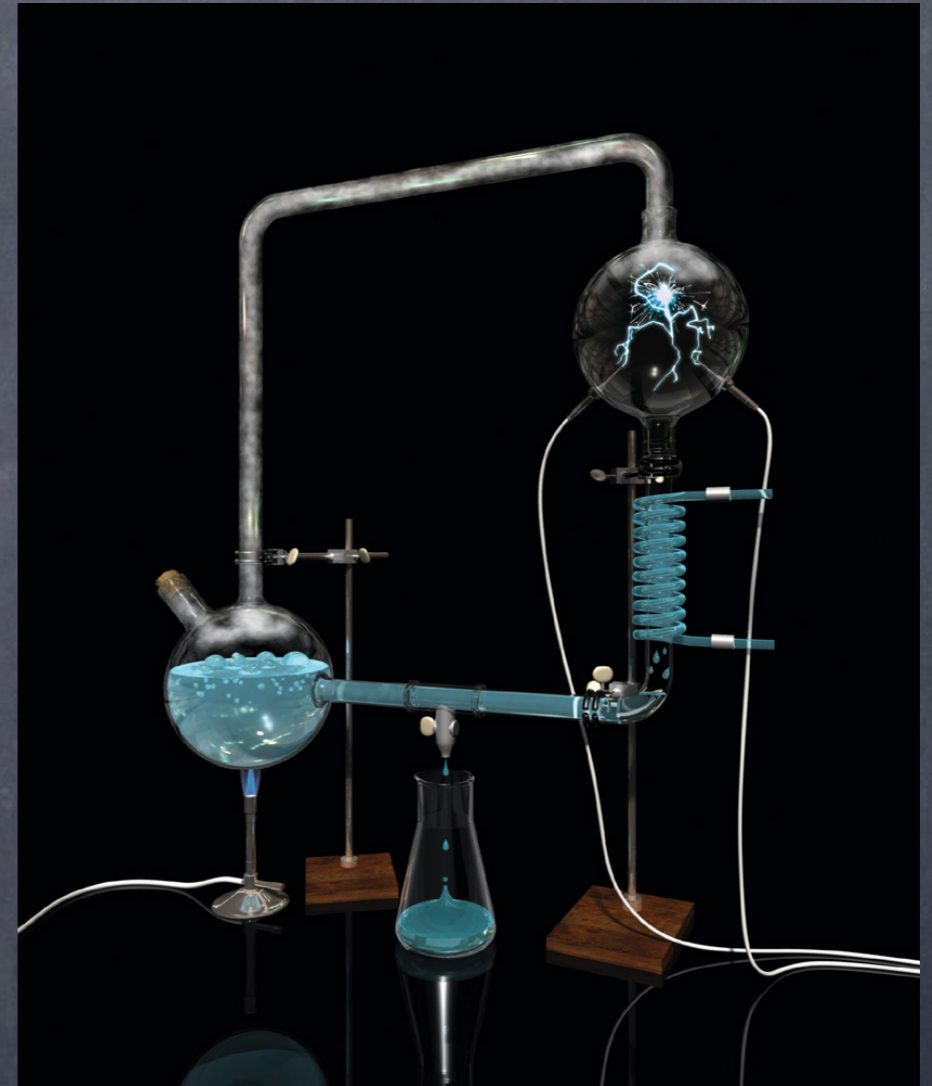


e. création de la « vie »

- atmosphère
- T entre 0 et 40°
- eau liquide
- C, H, O, N, S...
- du temps...

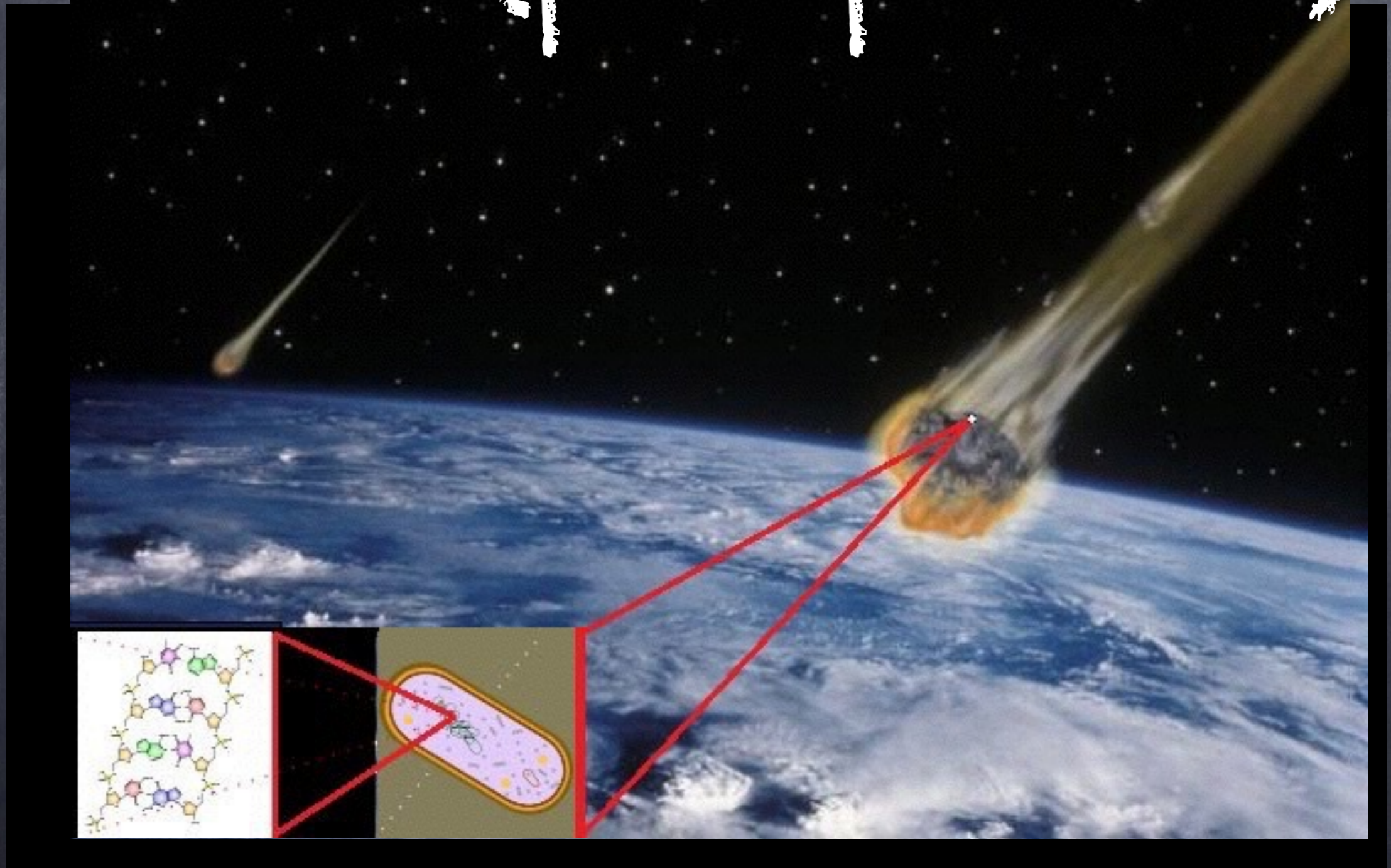


e. création de la « vie »



- traces de vie depuis 3.8 Gans sur Terre
- Mais comment la créer?

f. apport de vie sur Terre (panspermie)



g. destruction de la vie



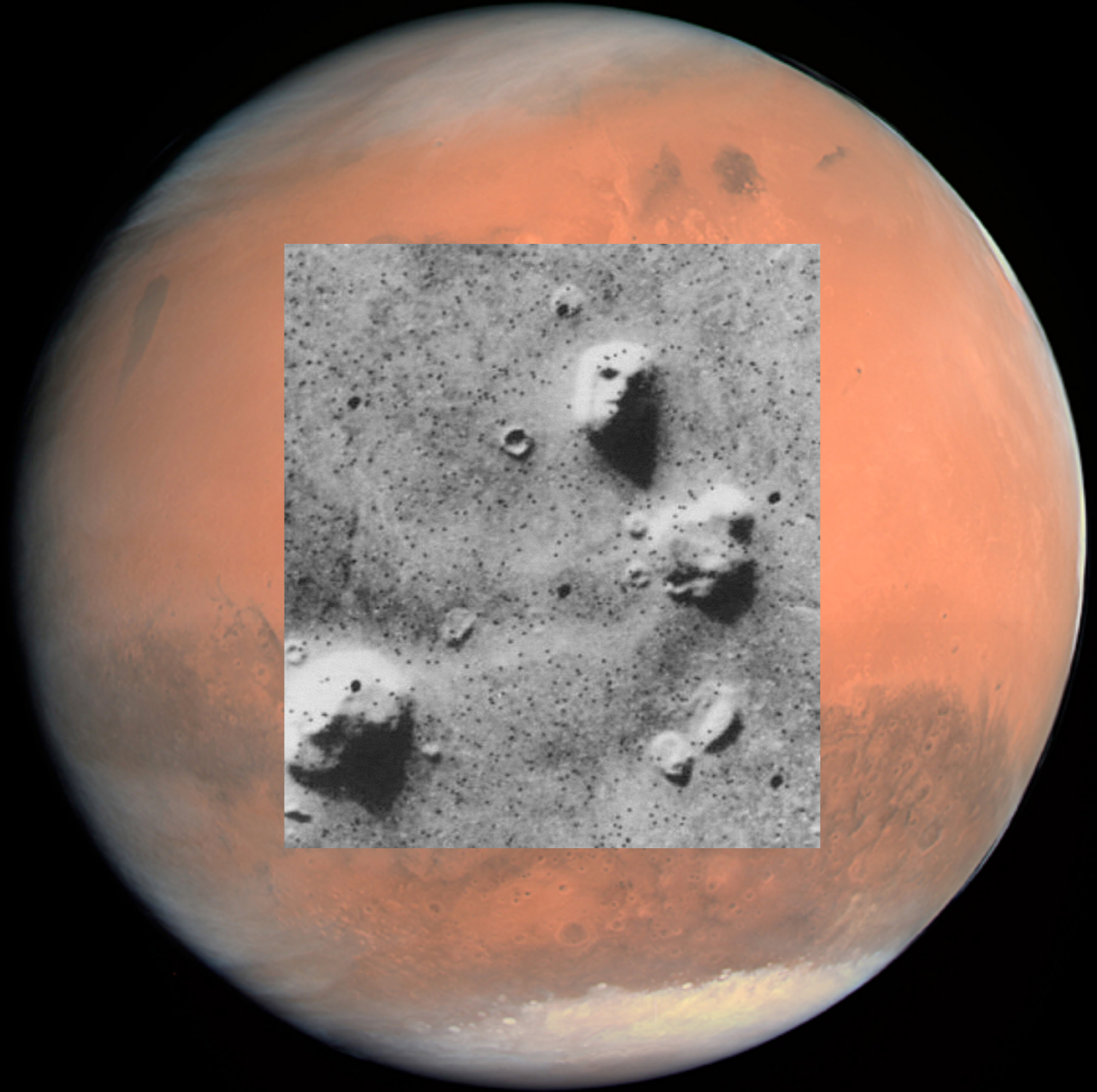
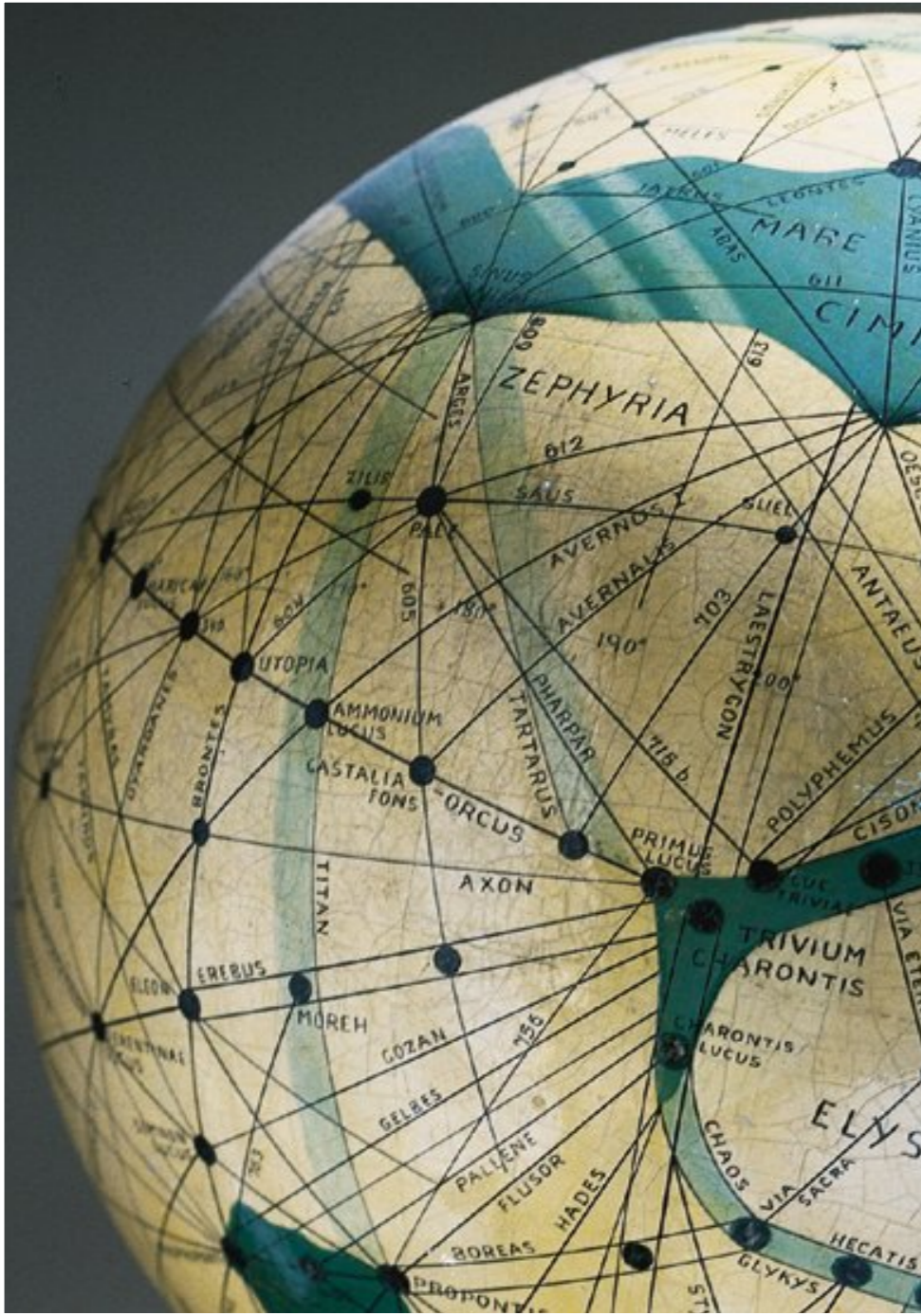
Millions d'années



Ordozien
Silurien
Dévonien
Carbonifère
Permien
Trias
Trias
Jurassique
Crétacé
Paléocène
Holocène

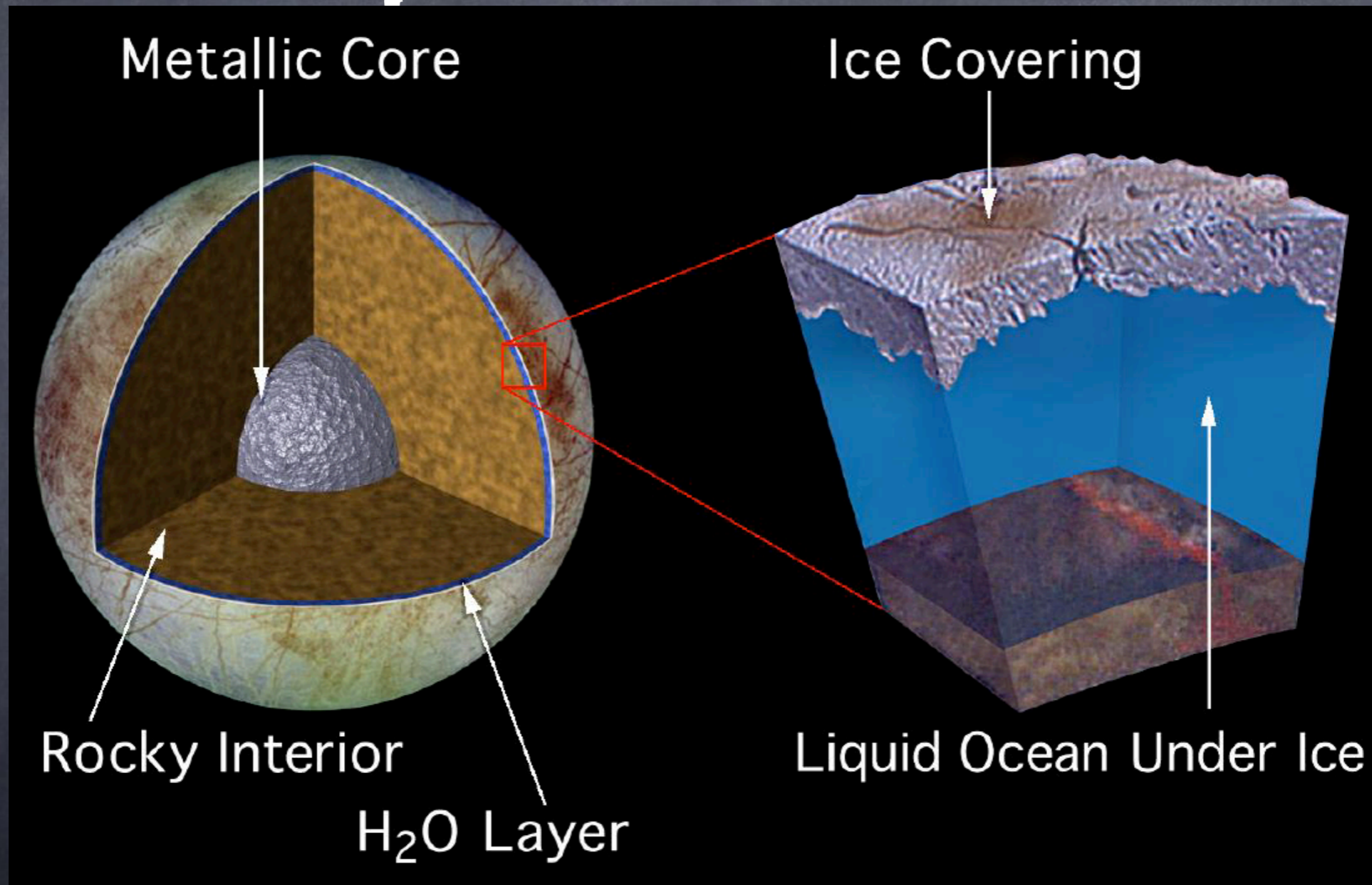
- Sur Terre, depuis apparition de la vie:
5 extinctions! (bientôt 6?)

h. et ailleurs... sur Mars?



P. Lowell, 1895
s. Chaty

i. et ailleurs... sur Europe, ou Titan?

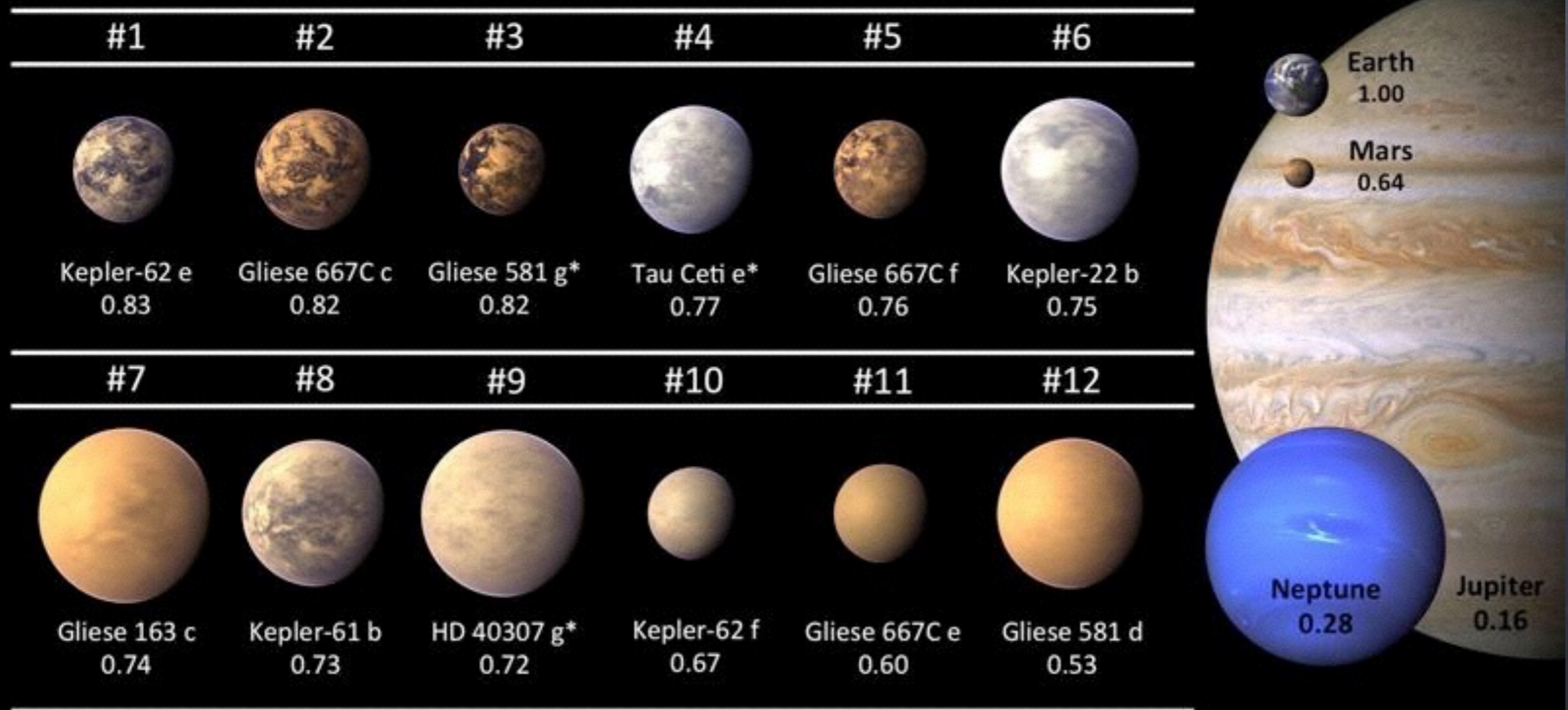


o océans sous-glaciaires

J. et ailleurs... sur une exoplanète?

Current Potentially Habitable Exoplanets

Ranked in Order of Similarity to Earth



*planet candidates

Number below the names is the Earth Similarity Index (ESI)

CREDIT: PHL @ UPR Arcibo (phl.upr.edu) July 29, 2013

☉ exoplanètes potentiellement habitables...

Tout vit dans l'univers...



Merci!

Photo de la Terre prise par Voyager I...
à 6.4 milliards de km!