



LE ORGINI DELLA VITA NELL'UNIVERSO

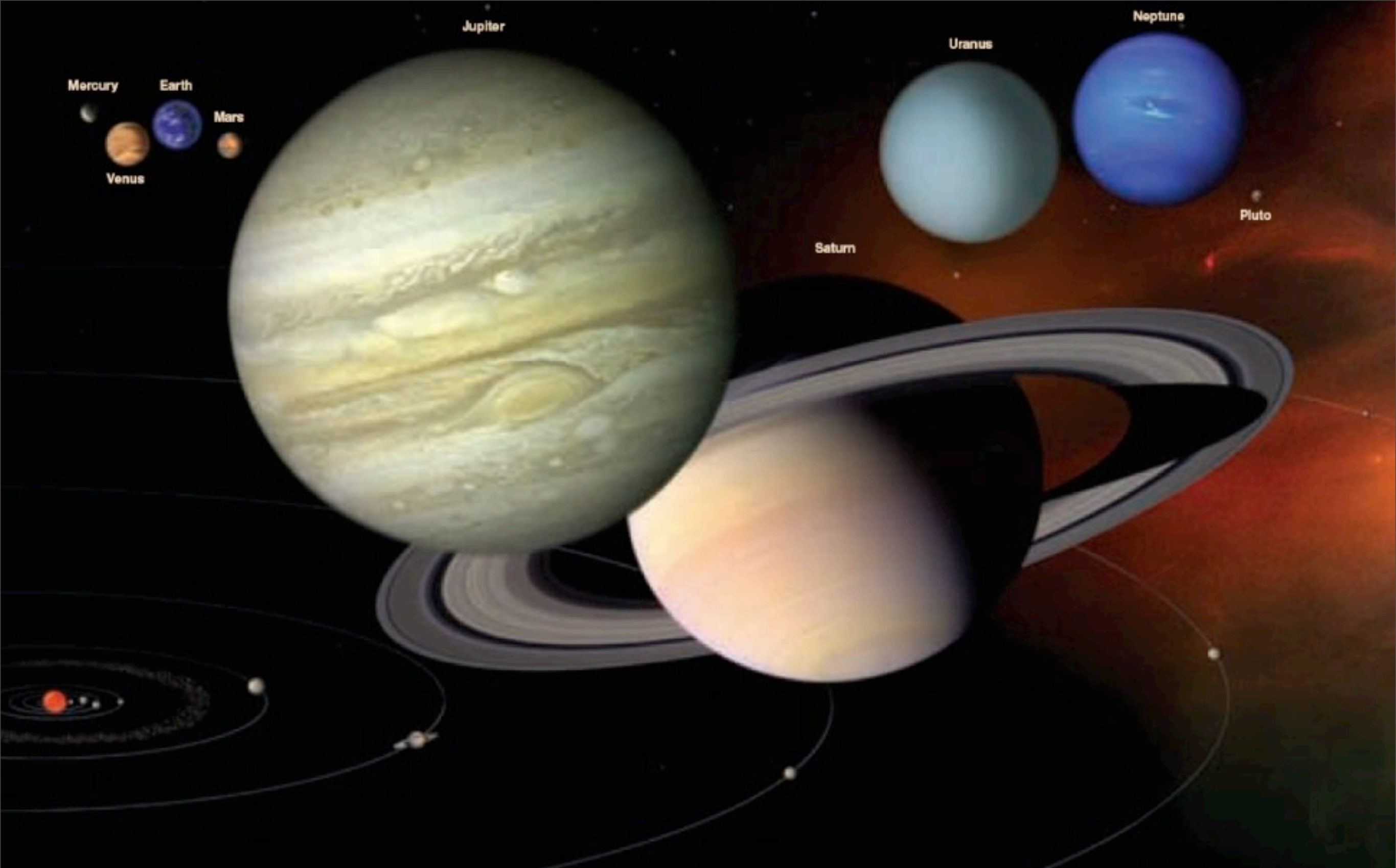
Nicolas Cretton

Liceo Lugano 2, 2009-2010

Astrobiologia - Bioastronomia

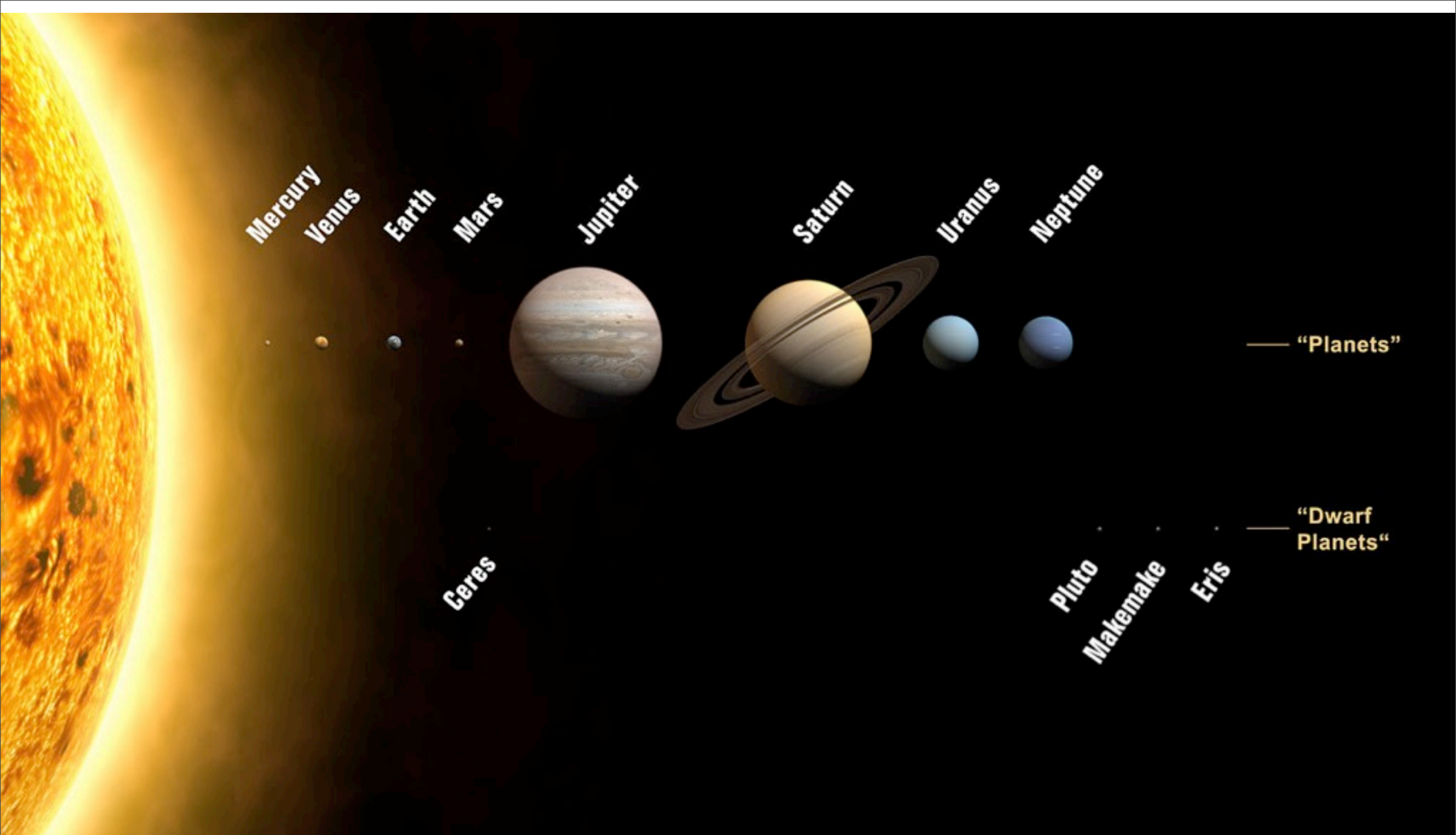
- Lo studio delle **origini**, dell'**evoluzione**, della **distribuzione** e del **futuro della vita** nell'universo
- Domande fondamentali:
 1. Come la vita inizia e si evolve?
 2. Qual è il suo futuro?
 3. La vita esiste altrove nell'universo?





Dimensioni dei pianeti e
distanza al Sole

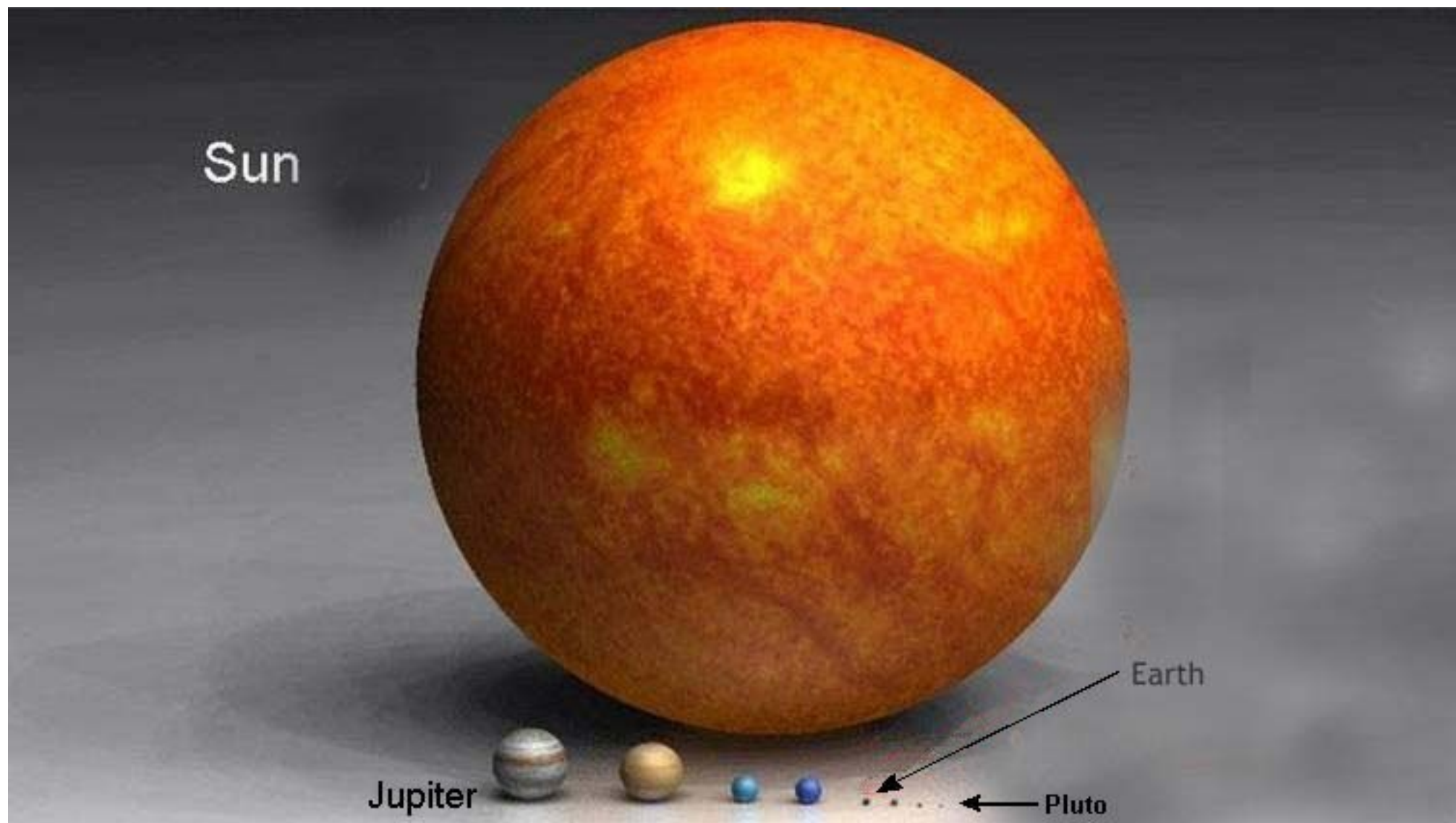
Pianeti e distanze a confronto



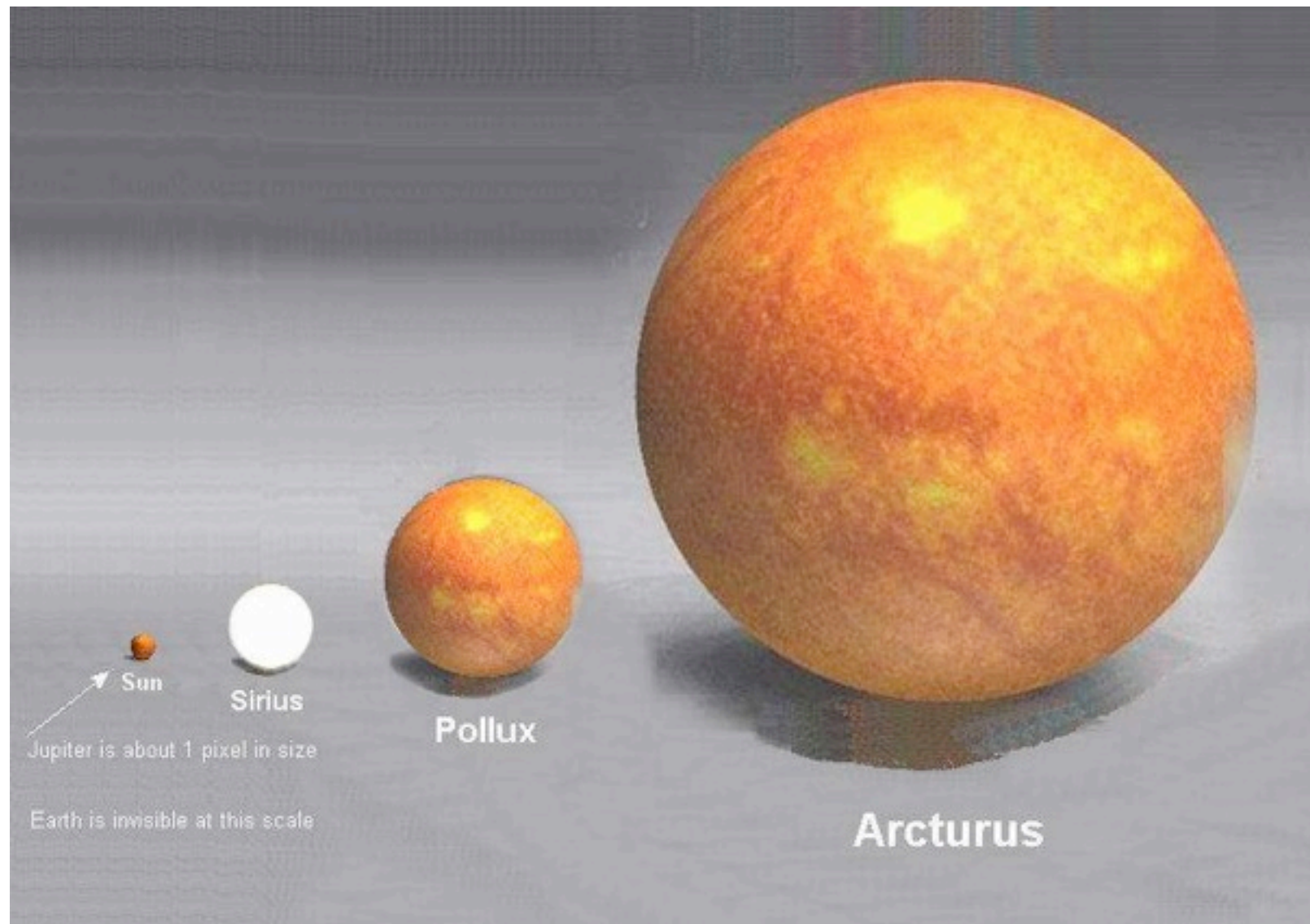
Dimensioni dei pianeti e
distanza al Sole

Pianeti e distanze a confronto

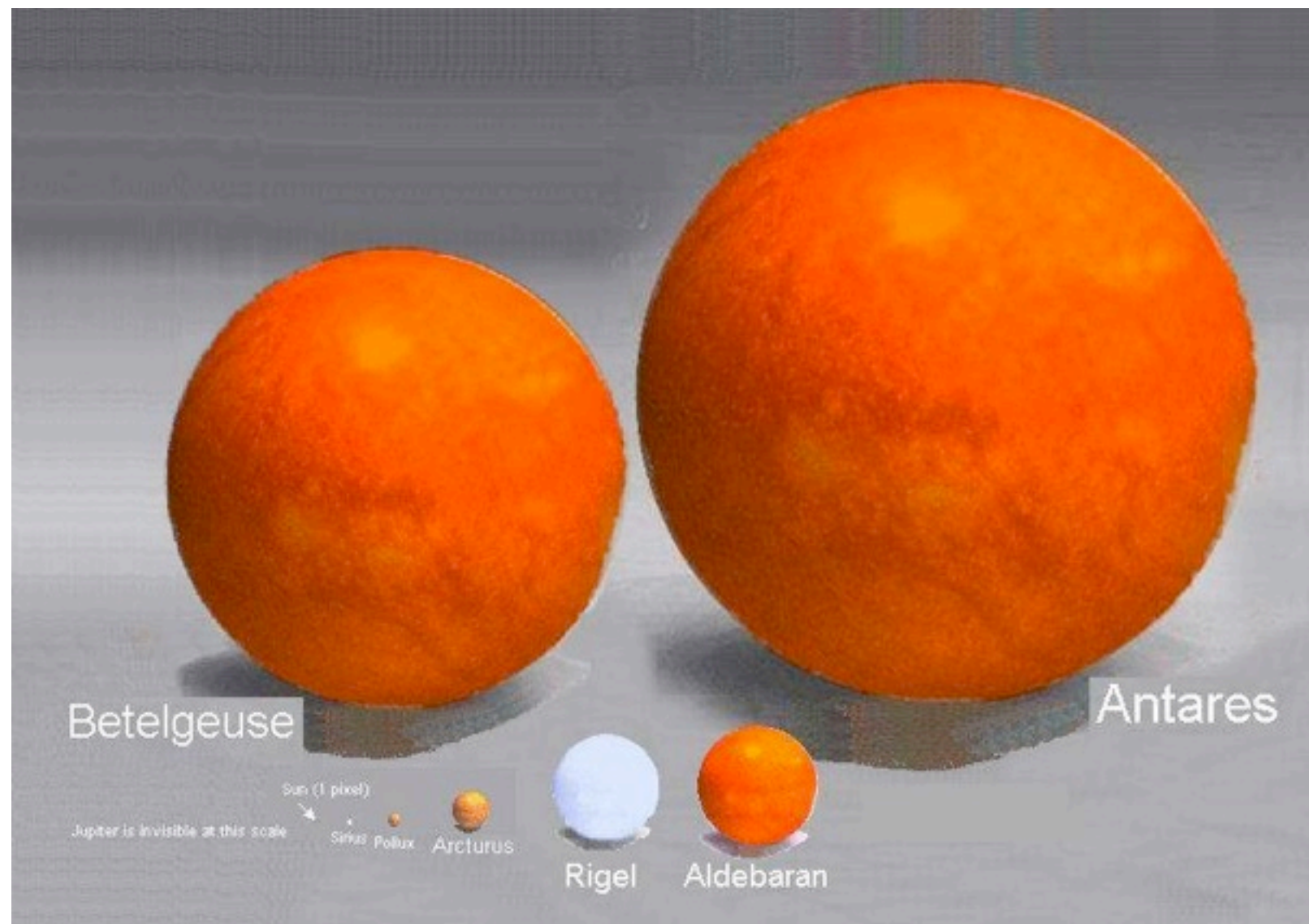
Stelle a confronto



Stelle a confronto



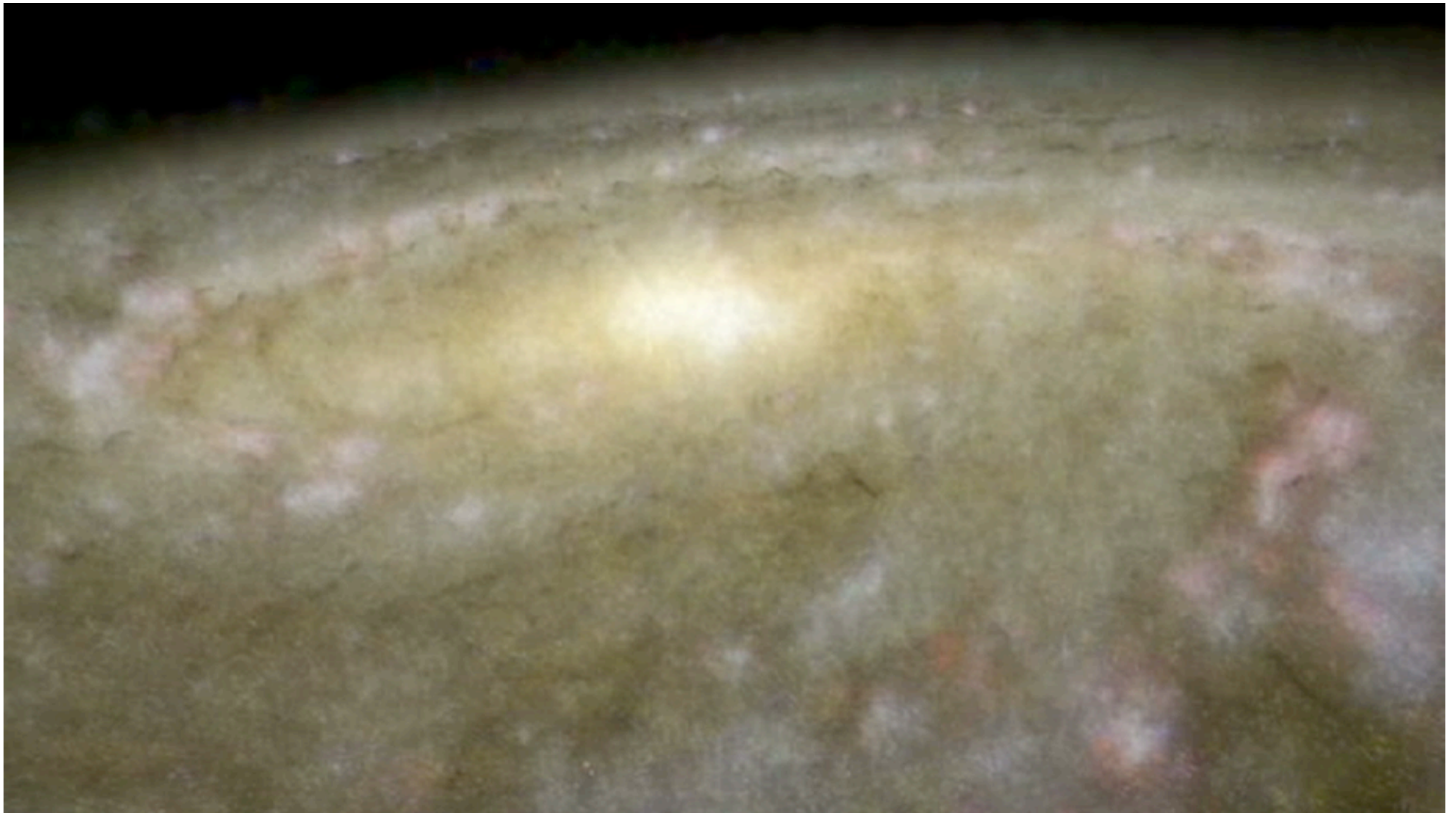
Stelle a confronto



Distanze a confronto in “tempo-luce”

Luna	1 secondo-luce
Sole	8 minuti-luce
Saturno	1 ora-luce
Plutone	4 ore-luce
Stella più vicina	4 anni-luce
Centro galattico	26'000 anni-luce
Diametro Via Lattea	100'000 anni-luce
Galassia Andromeda	$2.6 \cdot 10^6$ anni-luce
Ammasso della Vergine	$60 \cdot 10^6$ anni-luce
Dimensione dell'universo	$10-15 \cdot 10^9$ anni-luce

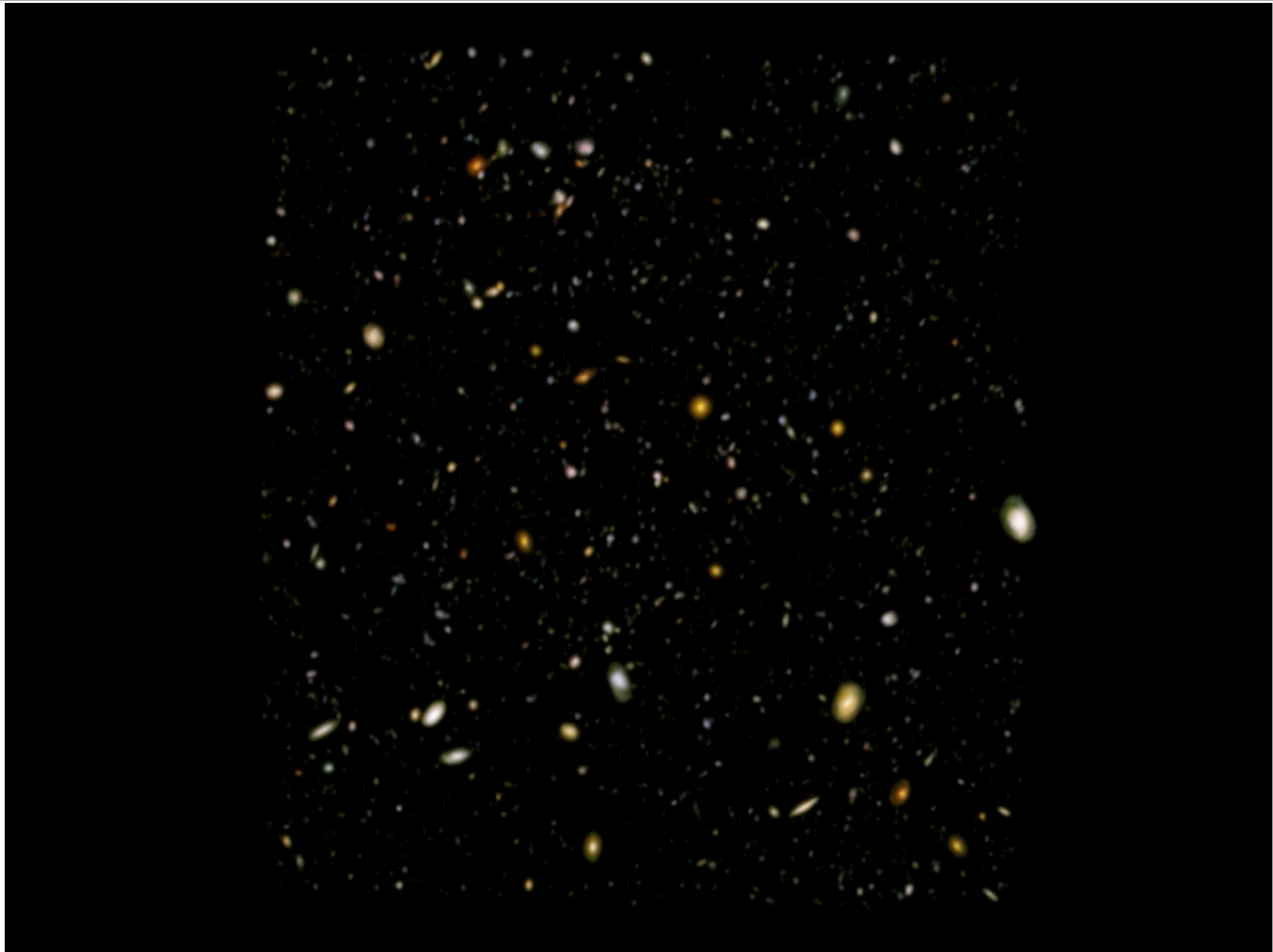
Viaggio dalla Terra verso l'ammasso della Vergine



Viaggio attraverso 95% dell'universo in 1 minuto: The Hubble Ultra Deep Field



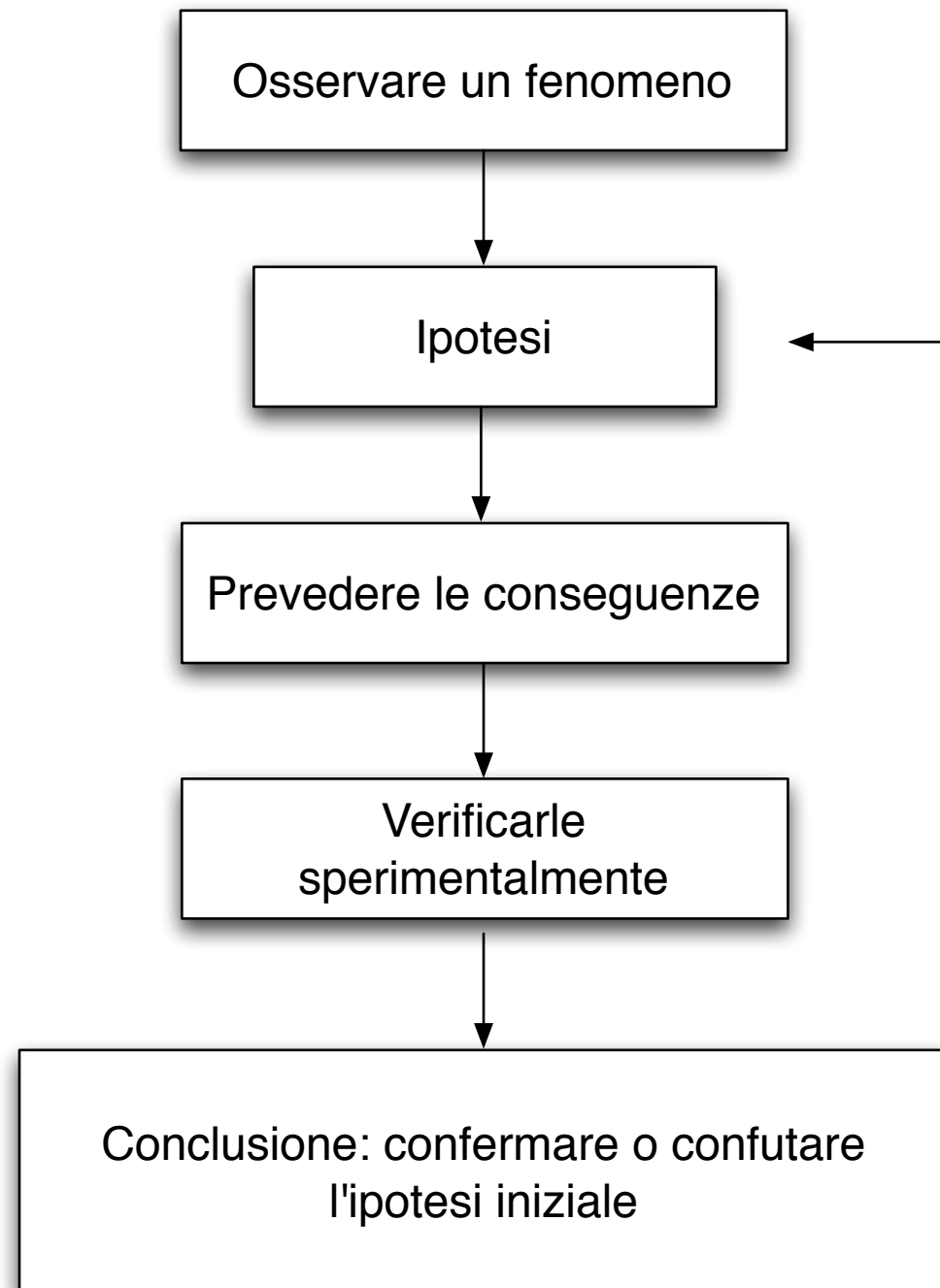
Viaggio attraverso 95% dell'universo in 1 minuto: The Hubble Ultra Deep Field



Viaggio attraverso 95% dell'universo in 1 minuto: The Hubble Ultra Deep Field



Il metodo scientifico



Difficoltà con l'astronomia e l'evoluzionismo

Coerenza e umiltà

Citazione di Auguste Comte



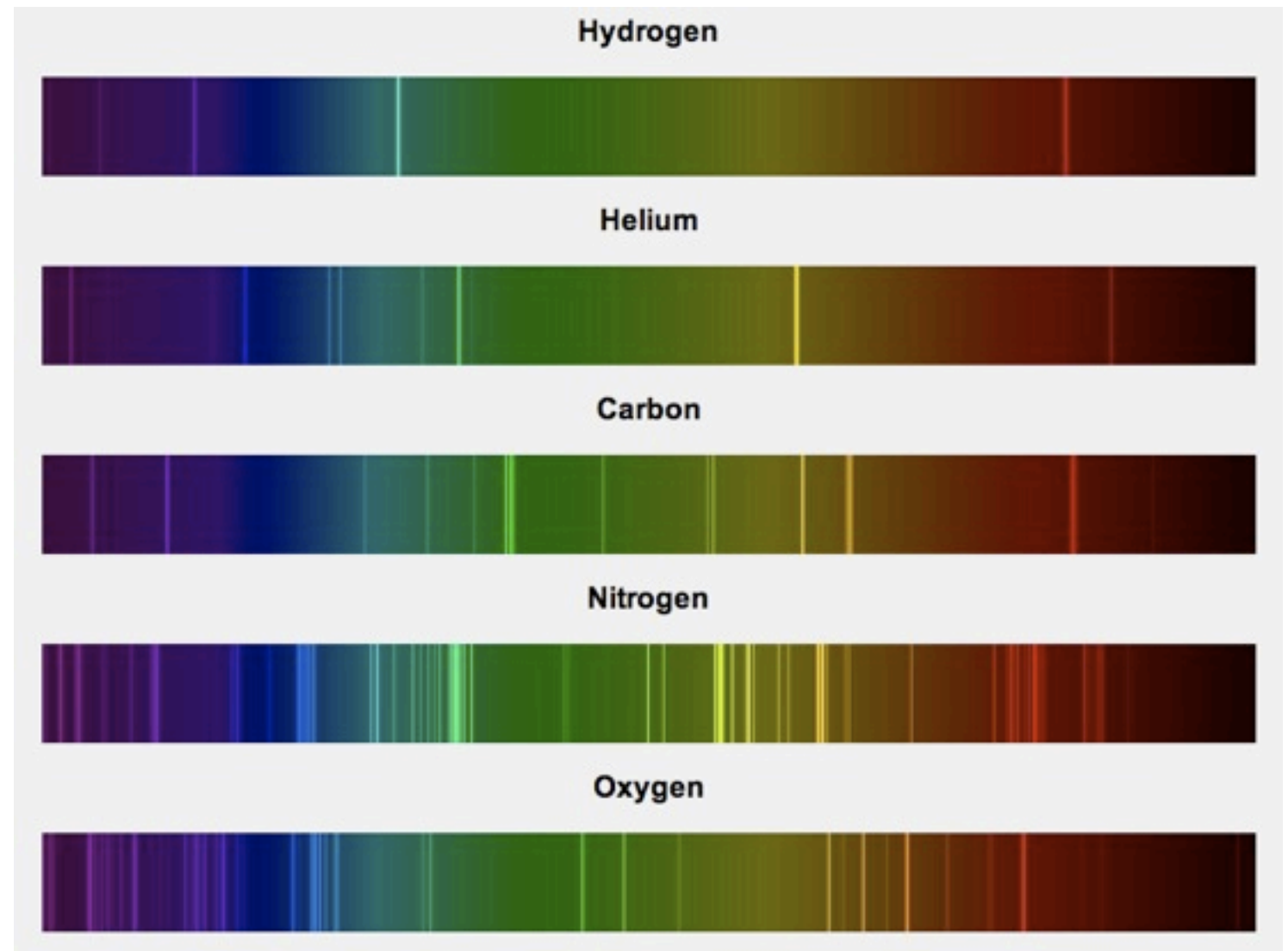
Auguste Comte, famoso filosofo francese, scrisse in 1835, a proposito delle stelle:

“Nous ne saurons jamais étudier, par aucun moyen leur composition chimique ou leur structure minéralogique”...

Auguste Comte, famoso filosofo francese, scrisse in 1835, a proposito delle stelle:

“Nous ne saurons jamais étudier, par aucun moyen leur composition chimique ou leur structure minéralogique”...

Eppure, alla stessa epoca, Fraunhofer cominciava ad adoperare il spettroscopio per studiare la composizione del Sole....



Capitolo 2:

Vita e morte delle stelle, formazioni dei pianeti



Capitolo 2:

Vita e morte delle stelle, formazioni dei pianeti

- Tempo di vita stellare.



Capitolo 2:

Vita e morte delle stelle, formazioni dei pianeti

- Tempo di vita stellare.
- Quantità fondamentale: la massa.



Capitolo 2:

Vita e morte delle stelle, formazioni dei pianeti

- Tempo di vita stellare.
- Quantità fondamentale: la massa.
- Analogia con il carburante di una macchina:

$$T_{\text{viaggio}} = M_{\text{carburante}} / T_{\text{asso consumo}}$$

$$T_{\text{vita}} = M_{\text{gas in fusione}} / \text{Luminosità}$$

$\Rightarrow$

$$T_{\text{vita}} = 10^{10} M_{\text{sun}} / L_{\text{sun}} \text{ [anni]}$$



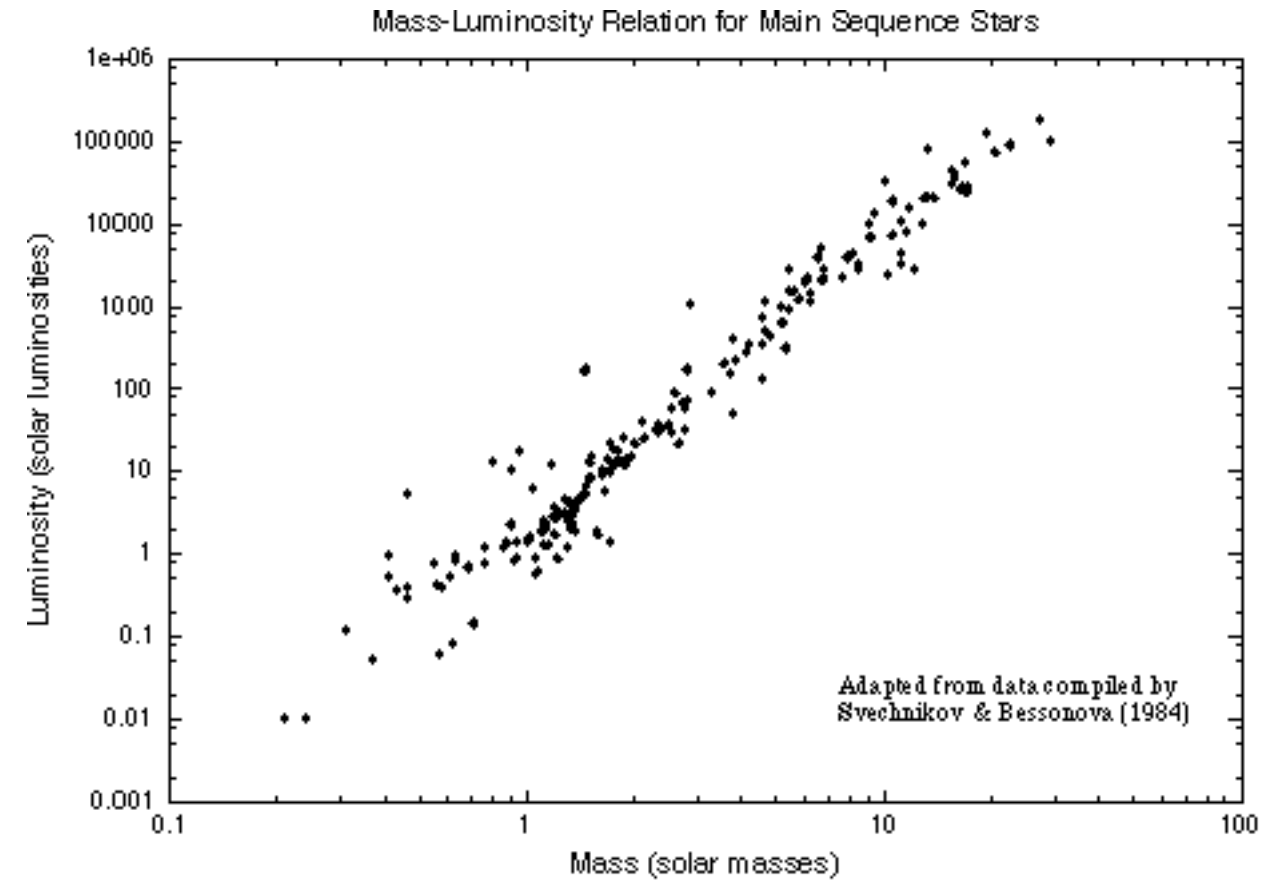
Relazione Massa-Luminosità

Equilibrio idrostatico

Relazione Massa-Luminosità

Equilibrio idrostatico

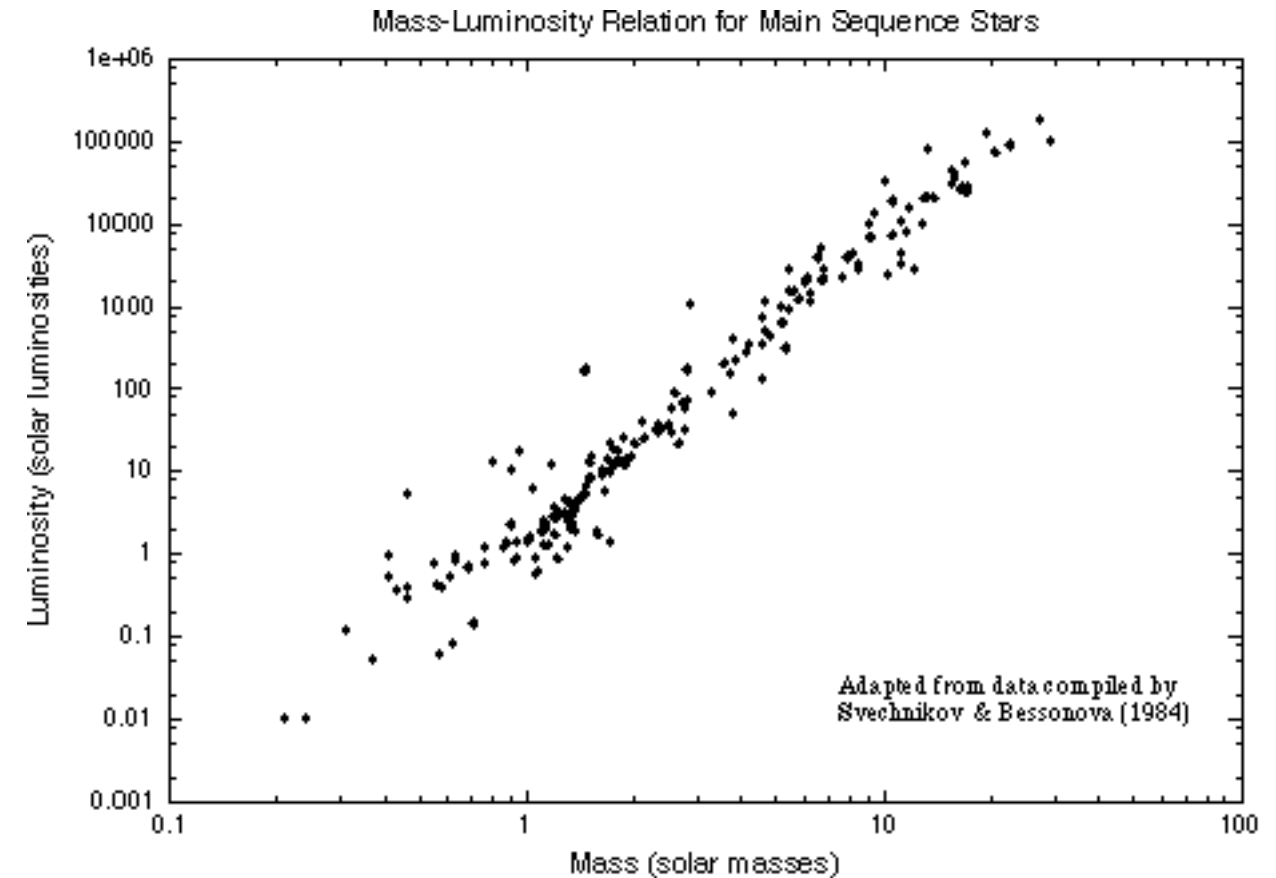
- $M/L \sim M^p$ (con $p = 3 - 4$)



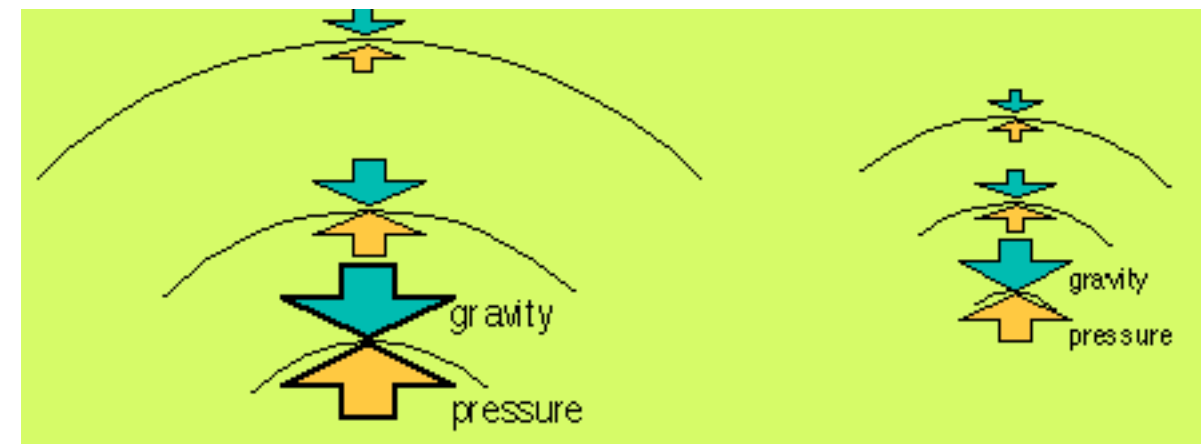
Relazione Massa-Luminosità

Equilibrio idrostatico

- $M/L \sim M^p$ (con $p = 3 - 4$)



- Perché una stella è stabile?



Lo schema di base



Lo schema di base

1. Nube Molecolare gigante.



Lo schema di base

1. Nube Molecolare gigante.
2. Sequenza principale, formazione di pianeti.



Lo schema di base

1. Nube Molecolare gigante.
2. Sequenza principale, formazione di pianeti.
3. Gigante rossa.



Lo schema di base

1. Nube Molecolare gigante.
2. Sequenza principale, formazione di pianeti.
3. Gigante rossa.
4. Nebulosa planetaria o Supernova.



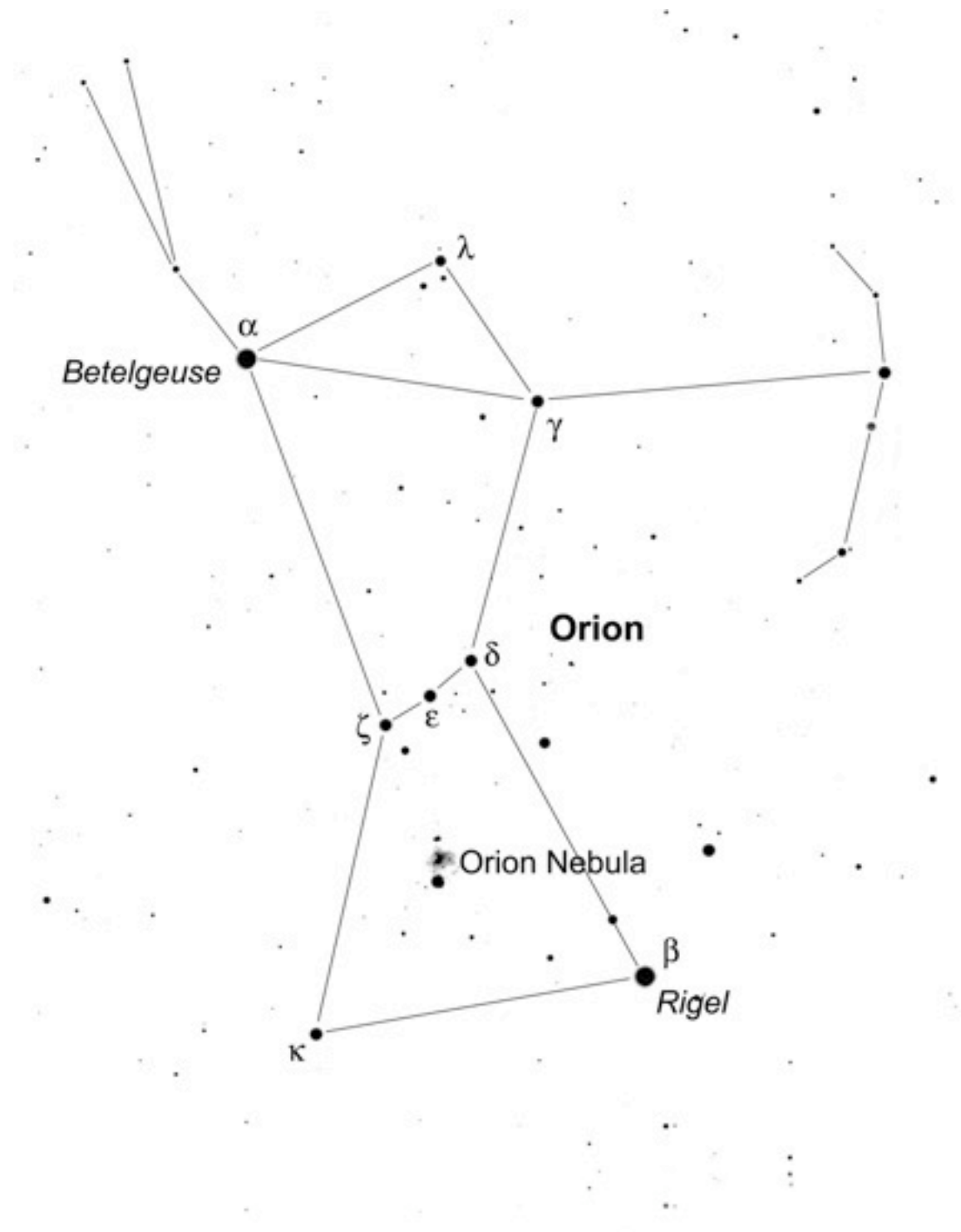
Lo schema di base

1. Nube Molecolare gigante.
2. Sequenza principale, formazione di pianeti.
3. Gigante rossa.
4. Nebulosa planetaria o Supernova.
5. Residuo stellare.



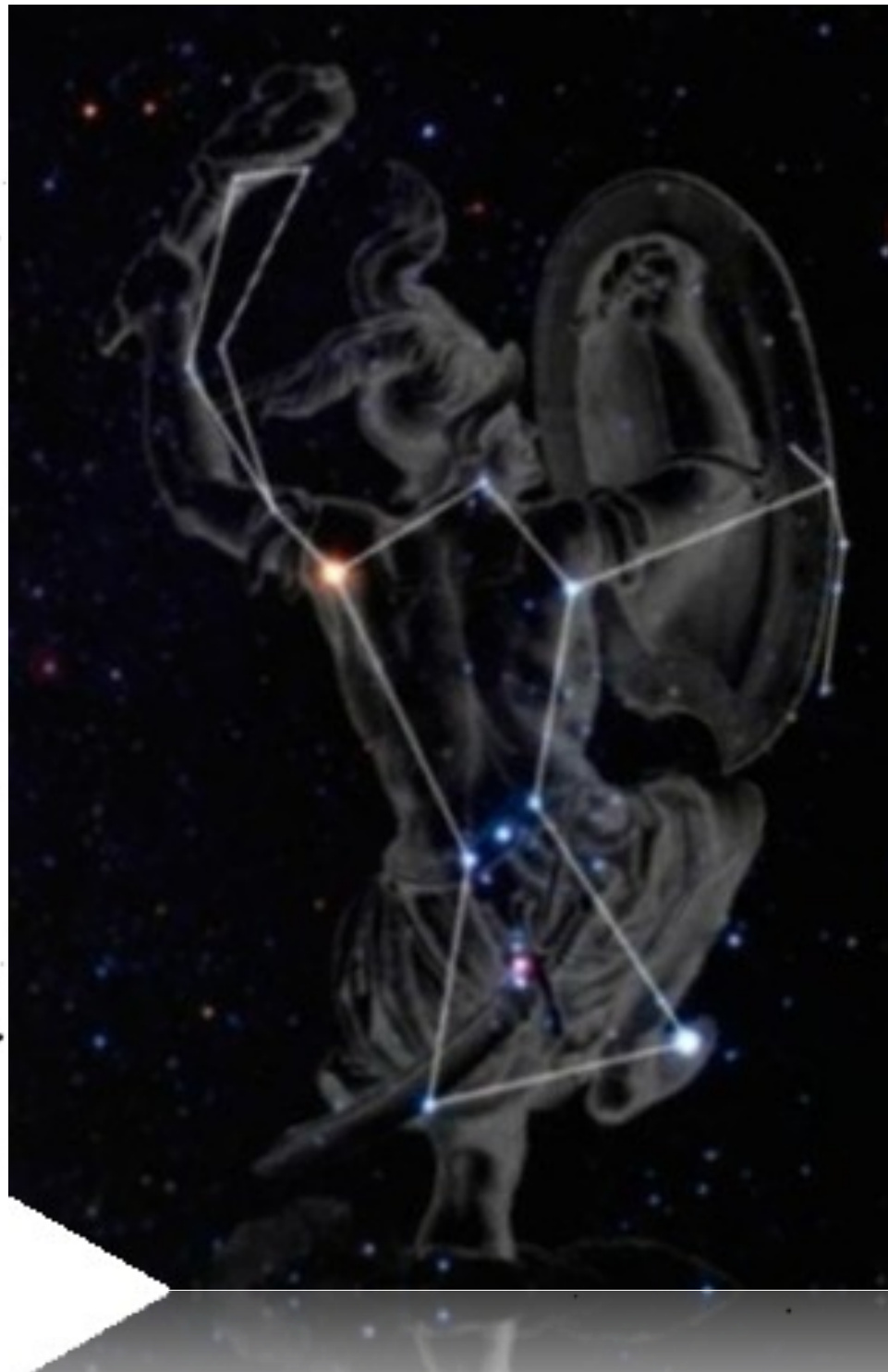
Fase 1: Nube molecolare gigante

La costellazione di Orione



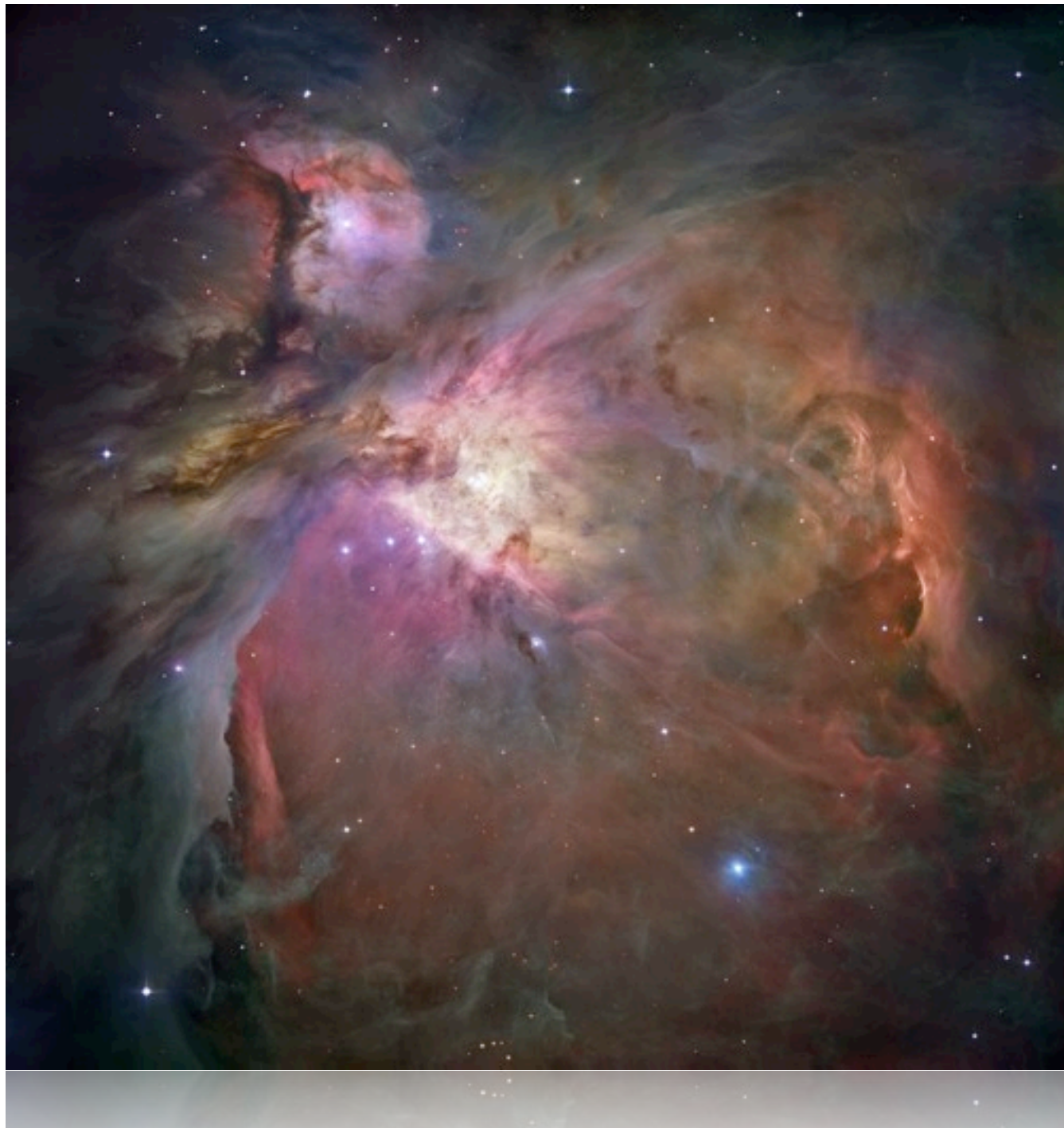
Fase 1: Nube molecolare gigante

La costellazione di Orione



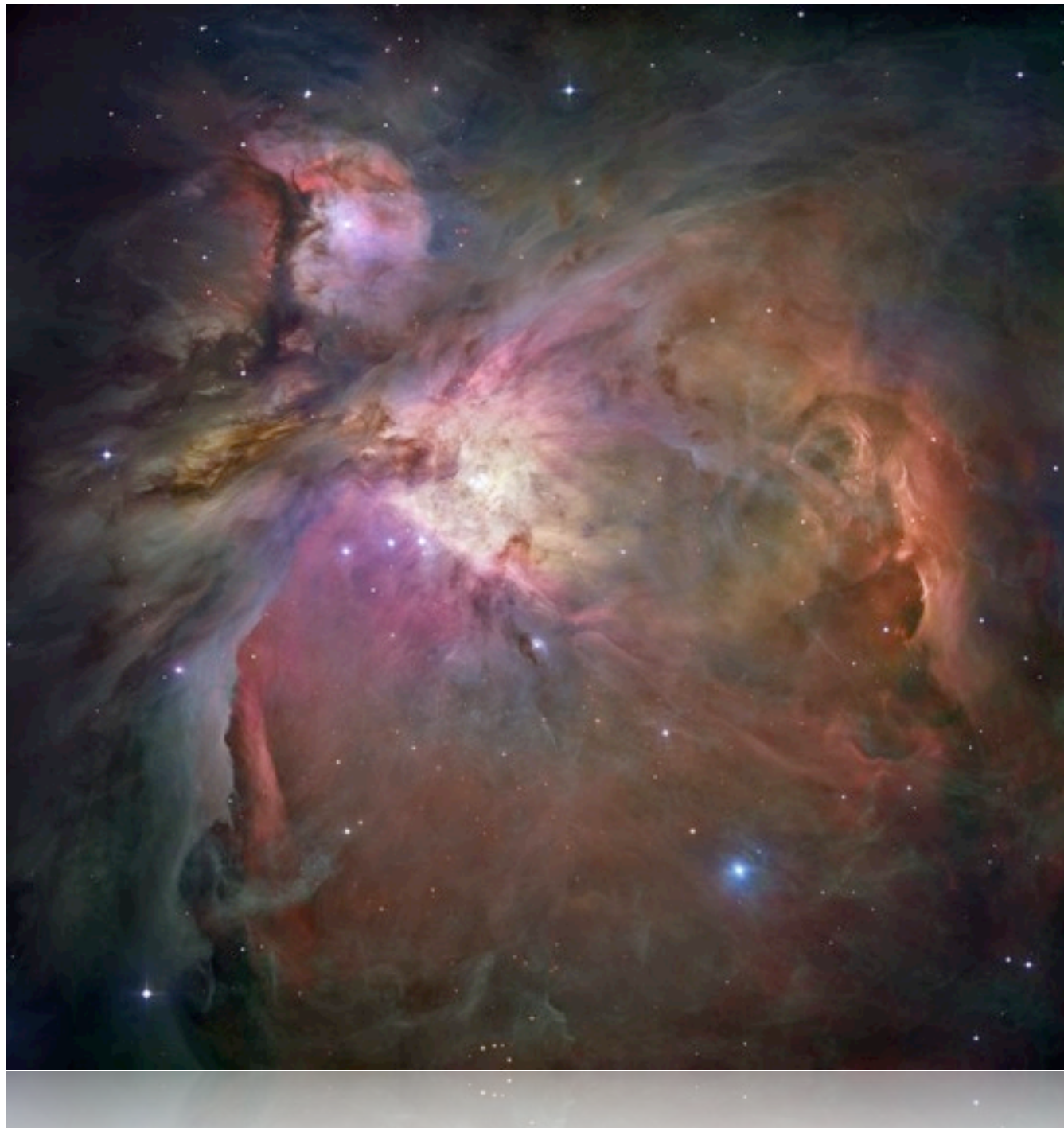
Fase 1: Nube molecolare gigante

La nebulosa di Orione



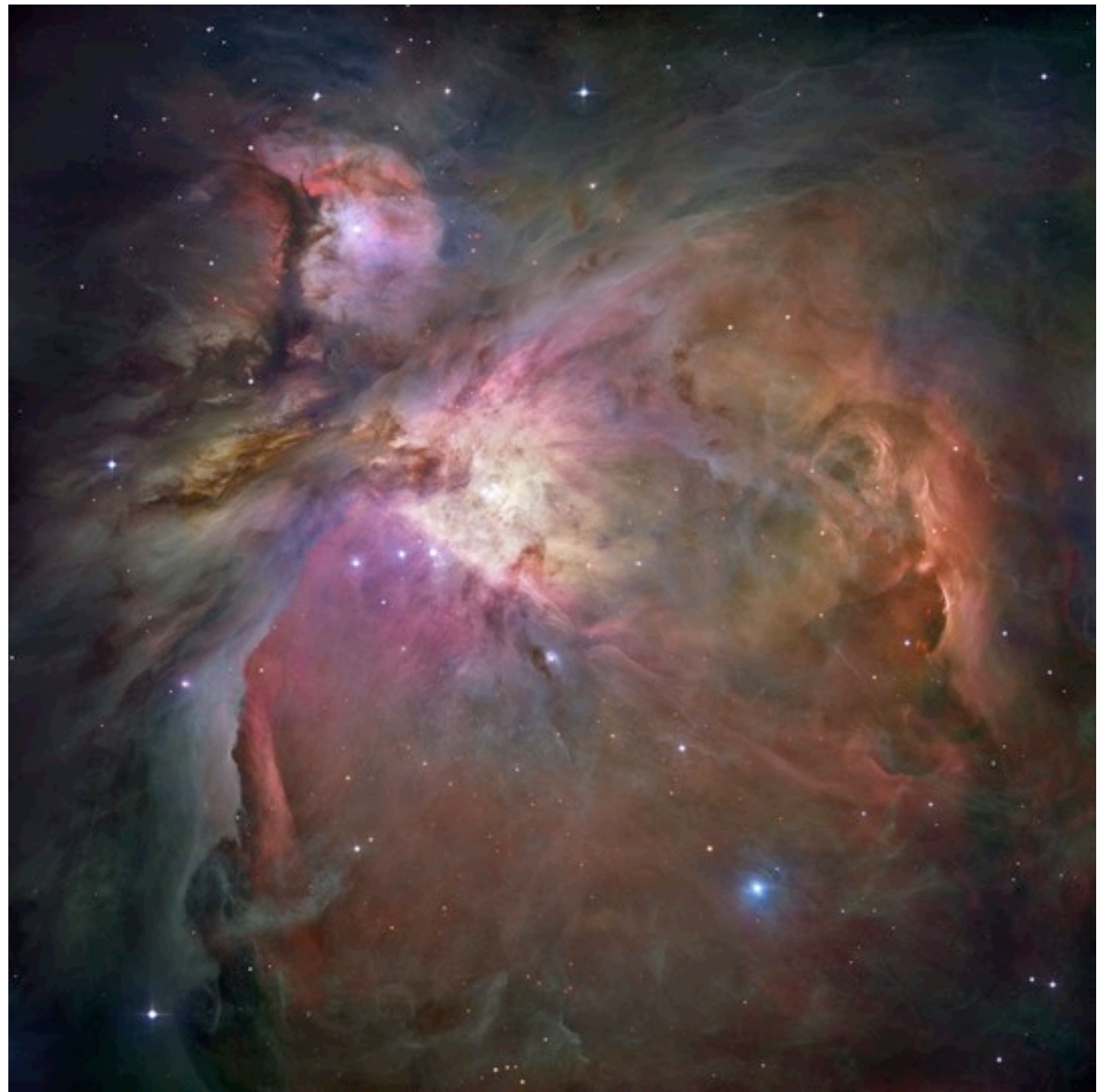
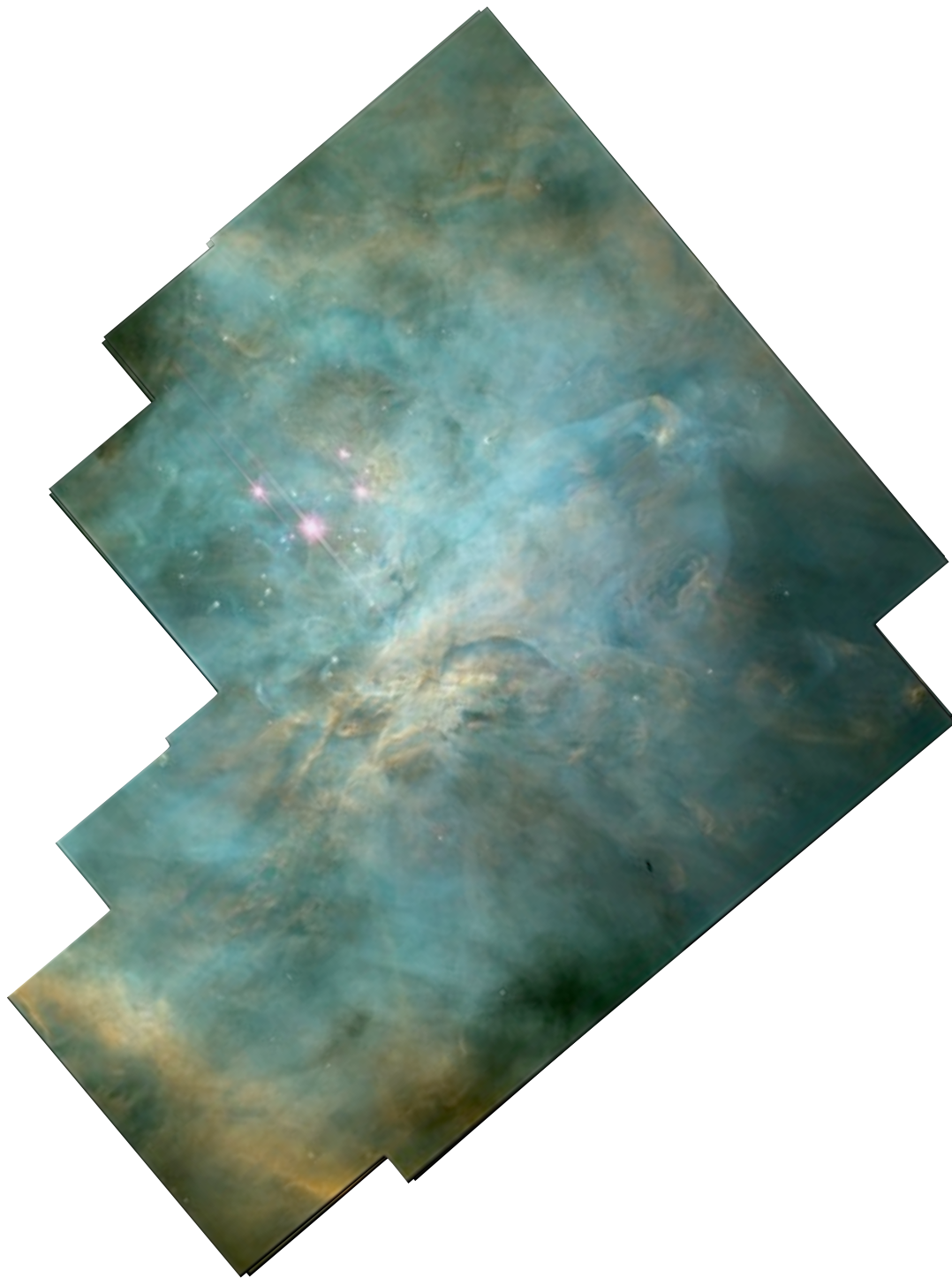
Fase 1: Nube molecolare gigante

La nebulosa di Orione



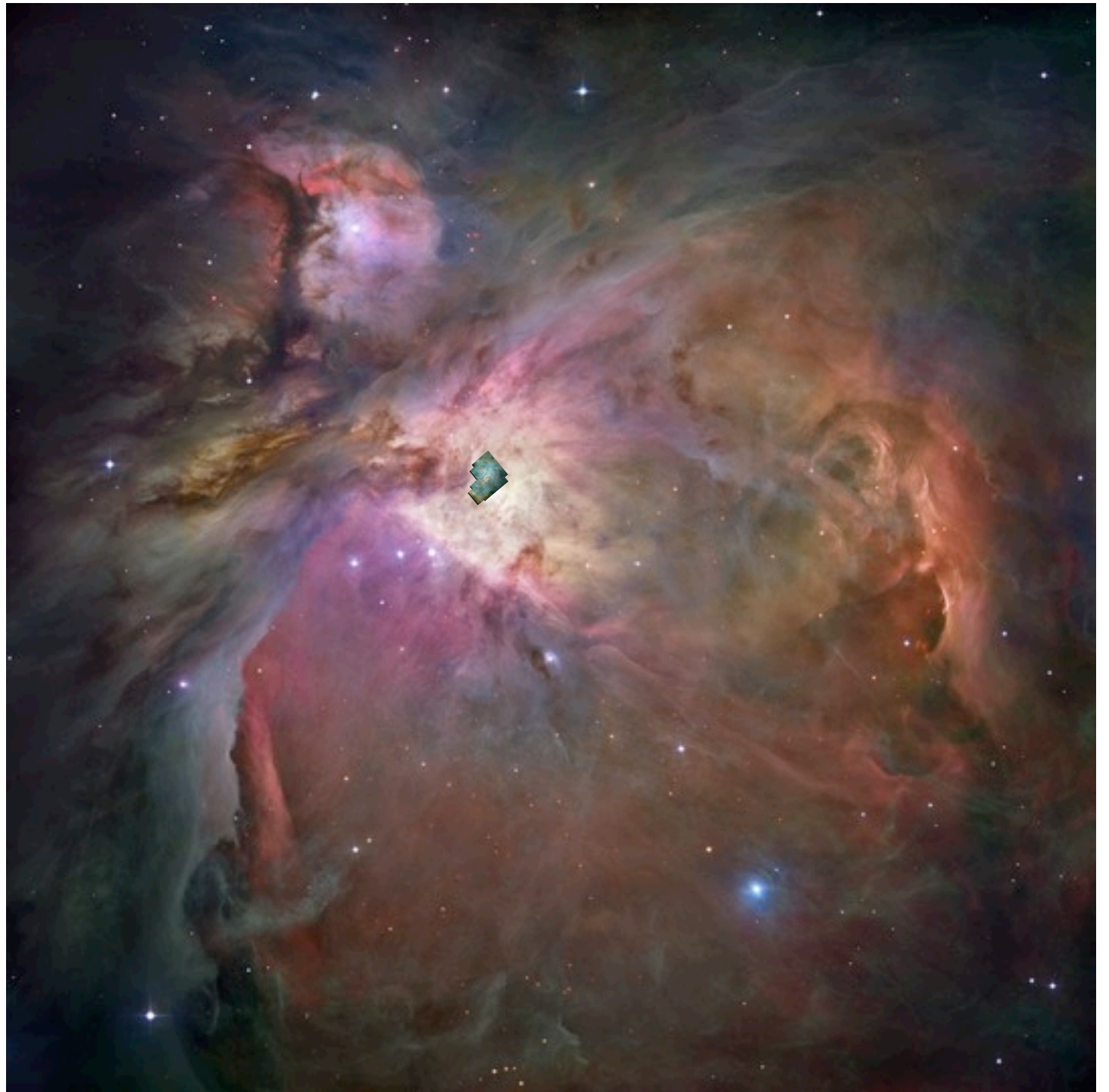
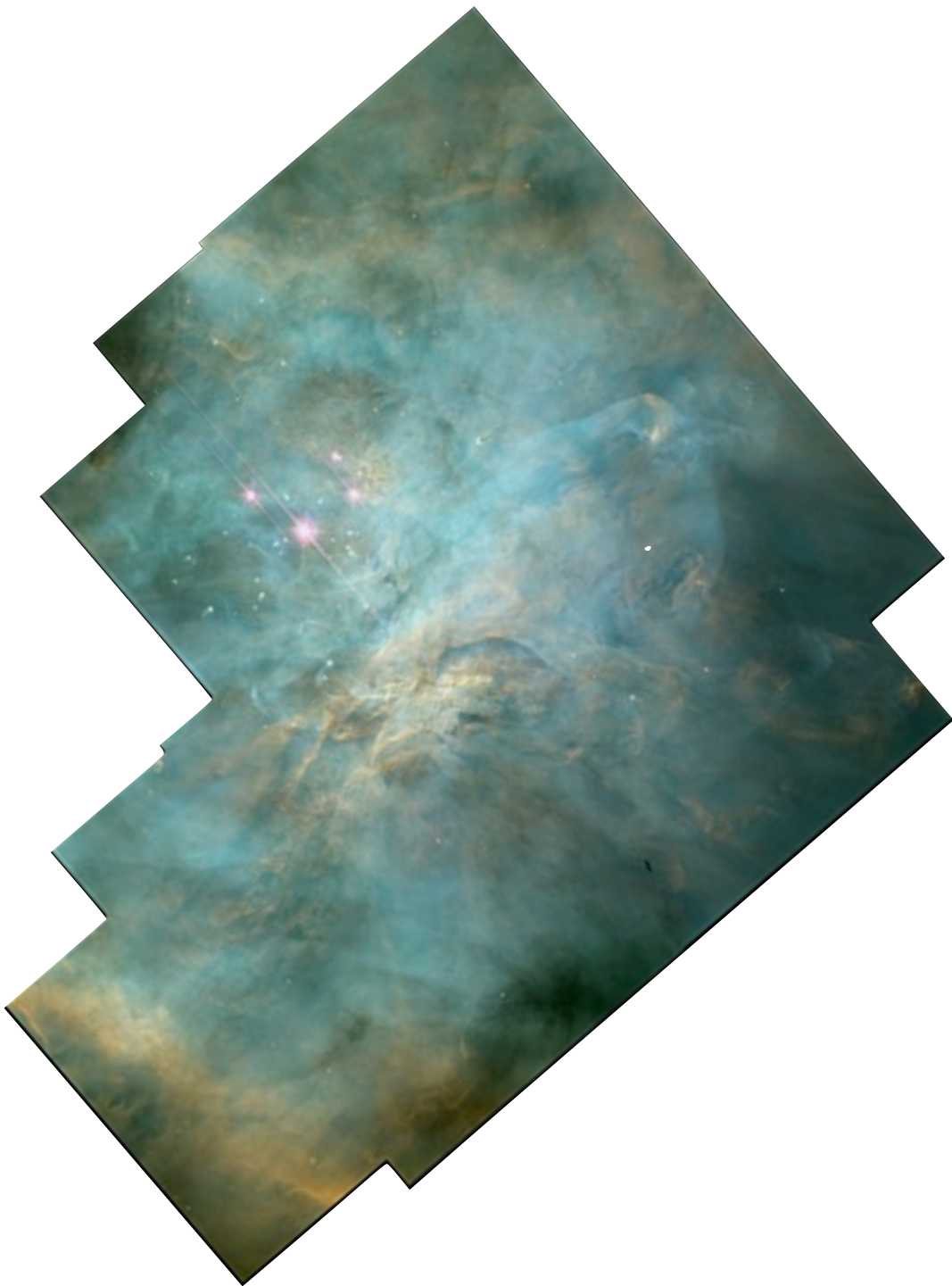
Fase 1: Nube molecolare gigante

Le stelle del trapezio in Orione



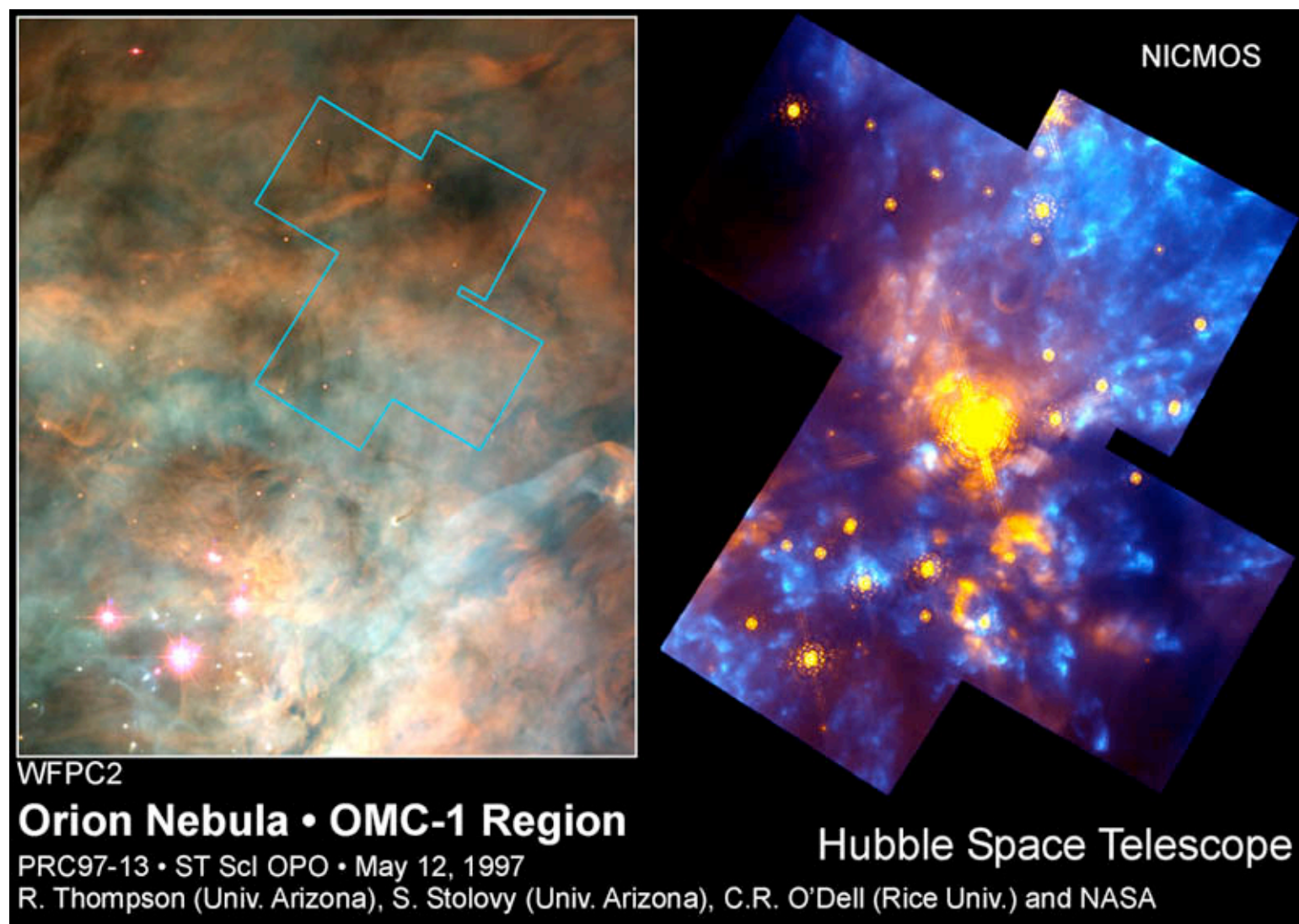
Fase 1: Nube molecolare gigante

Le stelle del trapezio in Orione



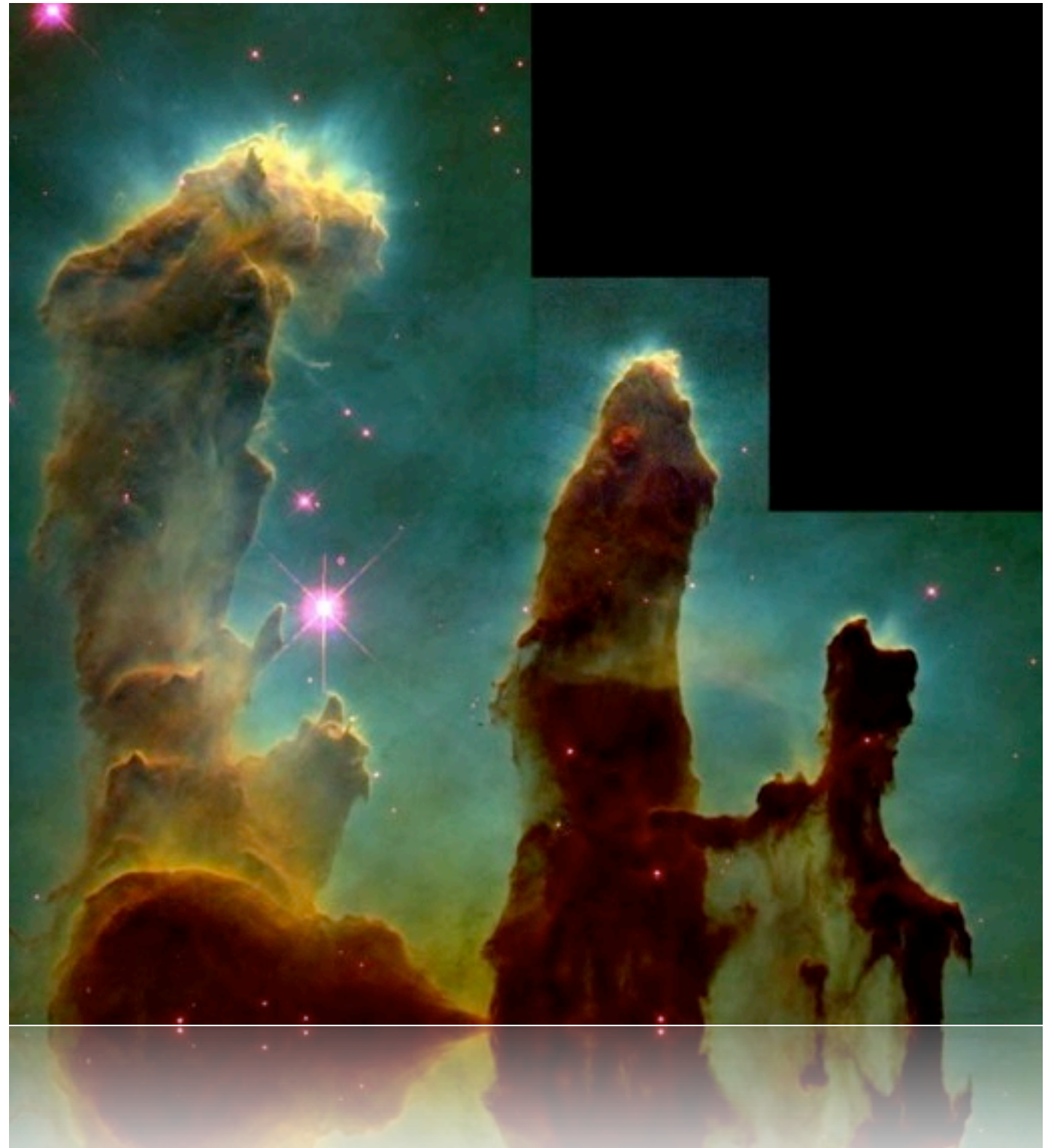
Fase 1-b: Proto-stelle

Immagini in luce visibile (WFPC 2) e infrarossa (NICMOS) del telescopio spaziale Hubble.



Pilastri della creazione in M16

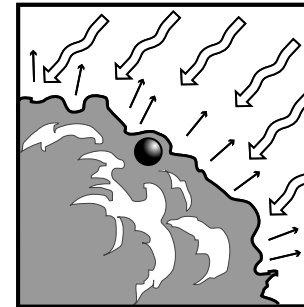
Evaporazione della polvere
attorno alle proto-stelle
nella nebulosa dell'Aquila



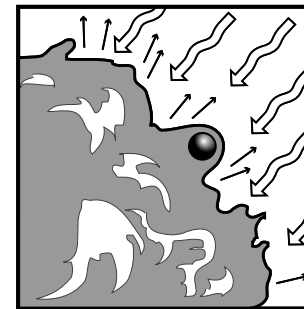
Pilastri della creazione in M16

Evaporazione della polvere
attorno alle proto-stelle
nella nebulosa dell'Aquila

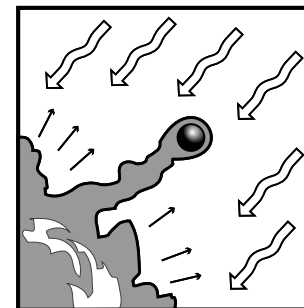
Stellar EGGs in M16



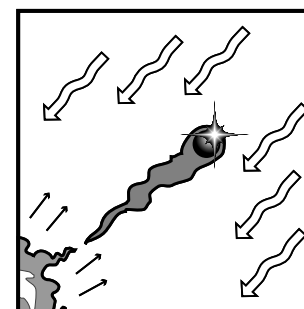
The surface of a molecular cloud is illuminated by intense ultraviolet radiation from nearby hot stars. The radiation evaporates material off of the surface of the cloud.



As the cloud is slowly eaten away by the ultraviolet radiation, a denser than average globule of gas begins to be uncovered.

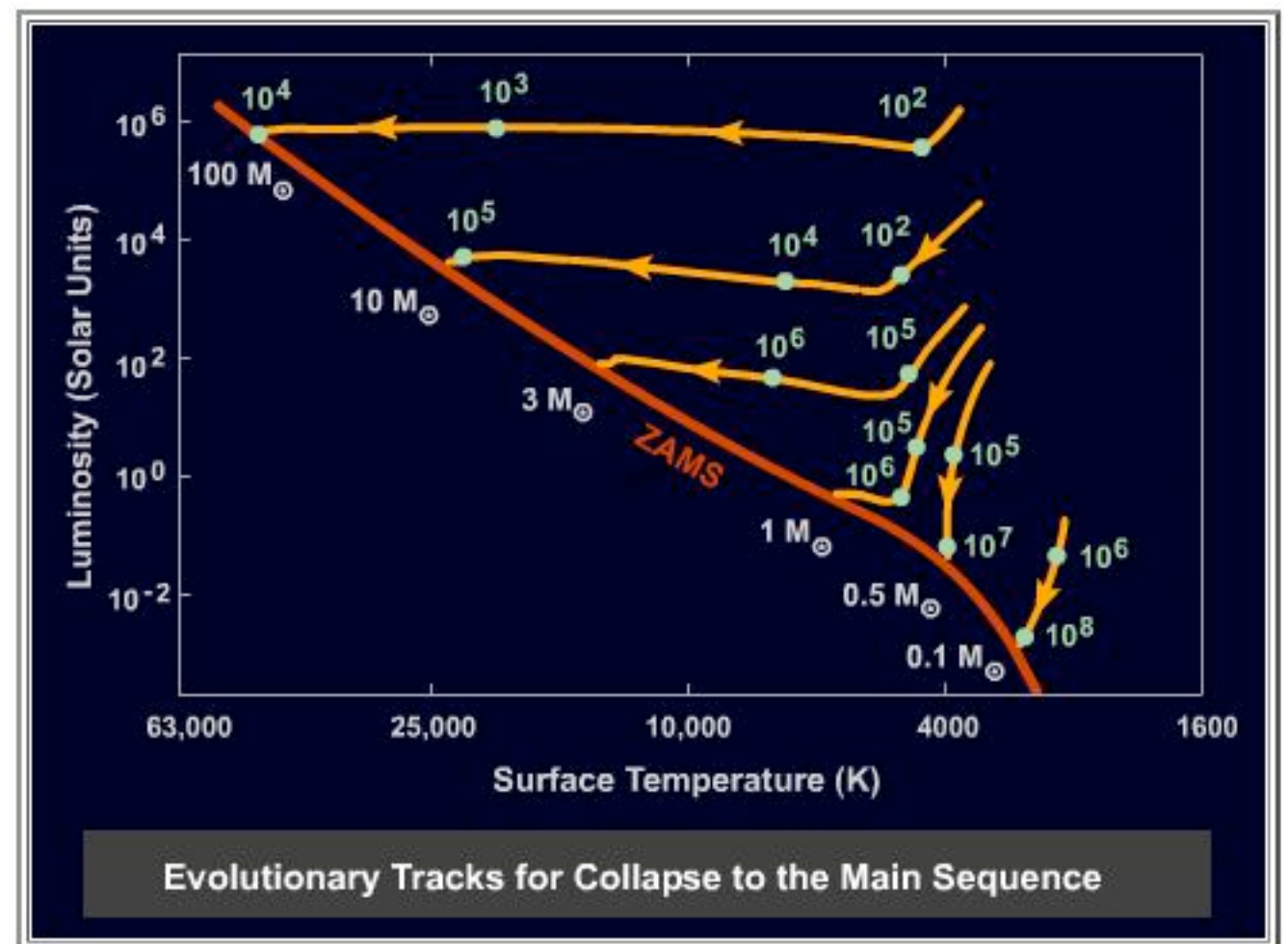


The EGG has now been largely uncovered. The shadow of the EGG protects a column of gas behind it, giving it a finger-like appearance.



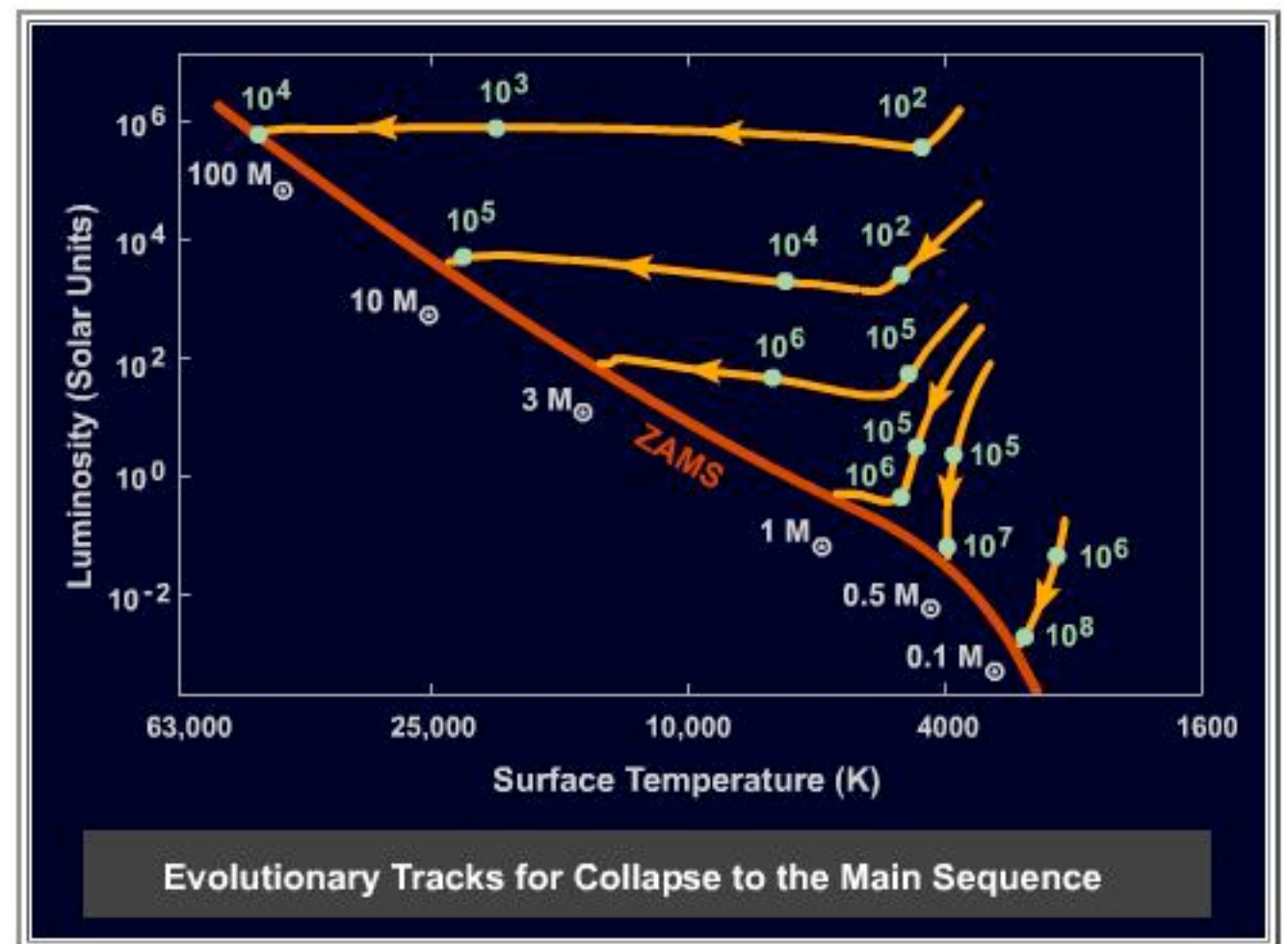
Eventually the EGG may become totally separated from the molecular cloud in which it formed. As the EGG itself slowly evaporates, the star within is uncovered and may appear sitting on the front surface of the EGG.

Fase 2: Nascita della stella e sequenza principale



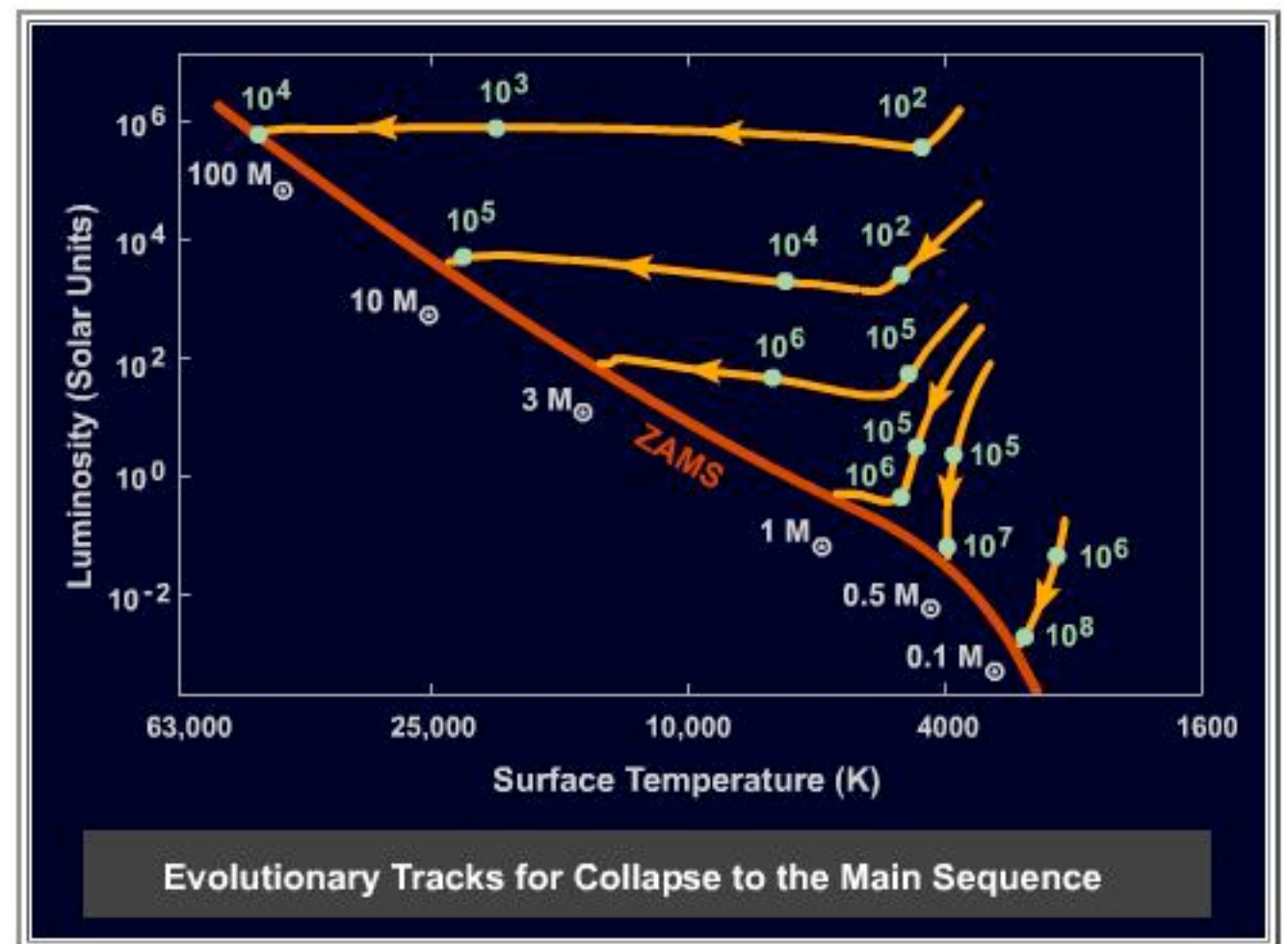
Fase 2: Nascita della stella e sequenza principale

- Quando la proto-stella si è sufficientemente compressa, iniziano le reazioni nucleari di fusione al centro.



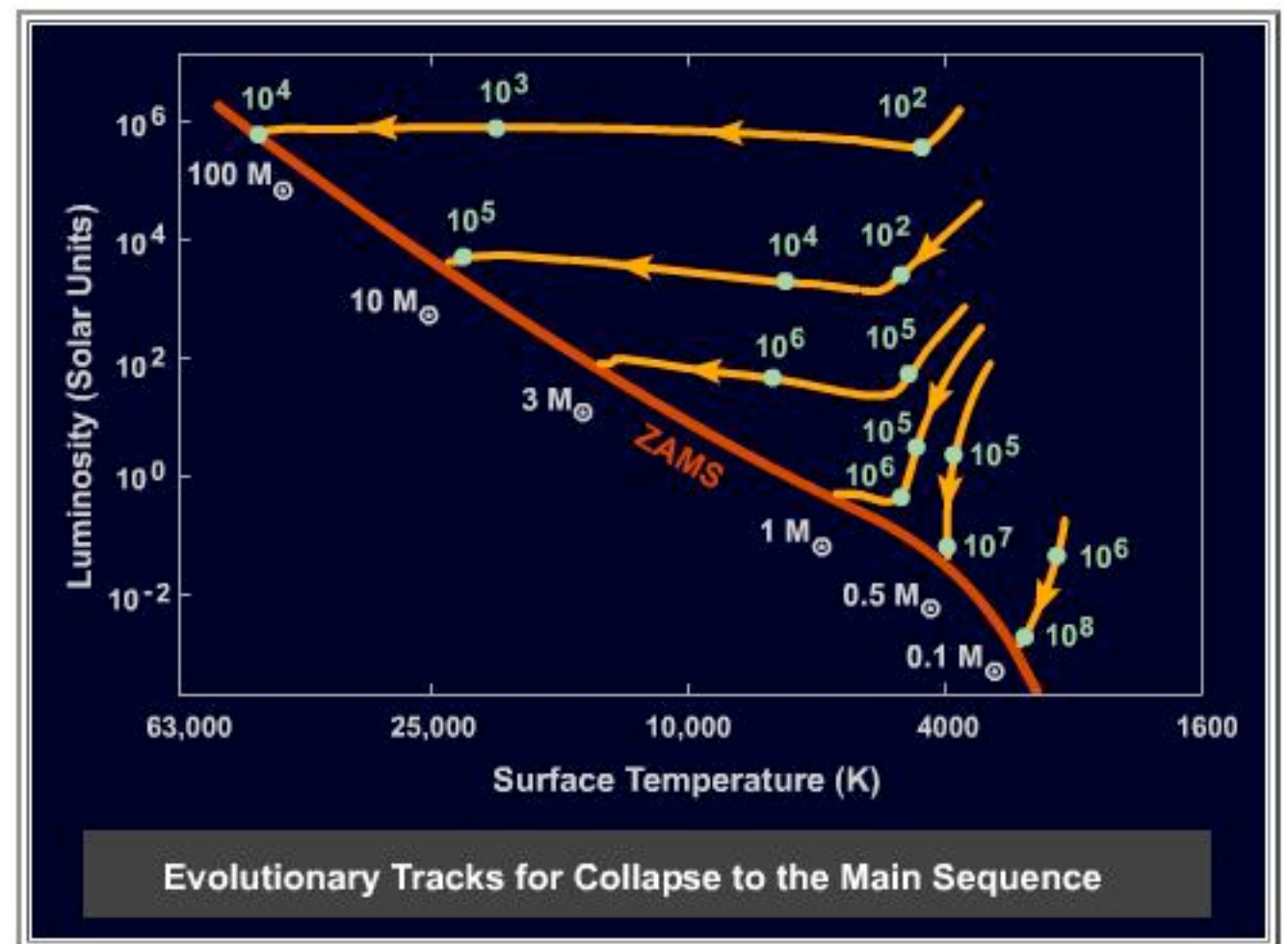
Fase 2: Nascita della stella e sequenza principale

- Quando la proto-stella si è sufficientemente compressa, iniziano le reazioni nucleari di fusione al centro.
- Il collasso della nube si ferma e una stella è nata ...



Fase 2: Nascita della stella e sequenza principale

- Quando la proto-stella si è sufficientemente compressa, iniziano le reazioni nucleari di fusione al centro.
- Il collasso della nube si ferma e una stella è nata ...
- Rimarrà il 90% della sua vita sulla “sequenza principale”



Fase 2: Nascita della stella e sequenza principale

- Quando la proto-stella si è sufficientemente compressa, iniziano le reazioni nucleari di fusione al centro.
- Il collasso della nube si ferma e una stella è nata ...
- Rimarrà il 90% della sua vita sulla “sequenza principale”



Diagramma Hertzsprung-Russell

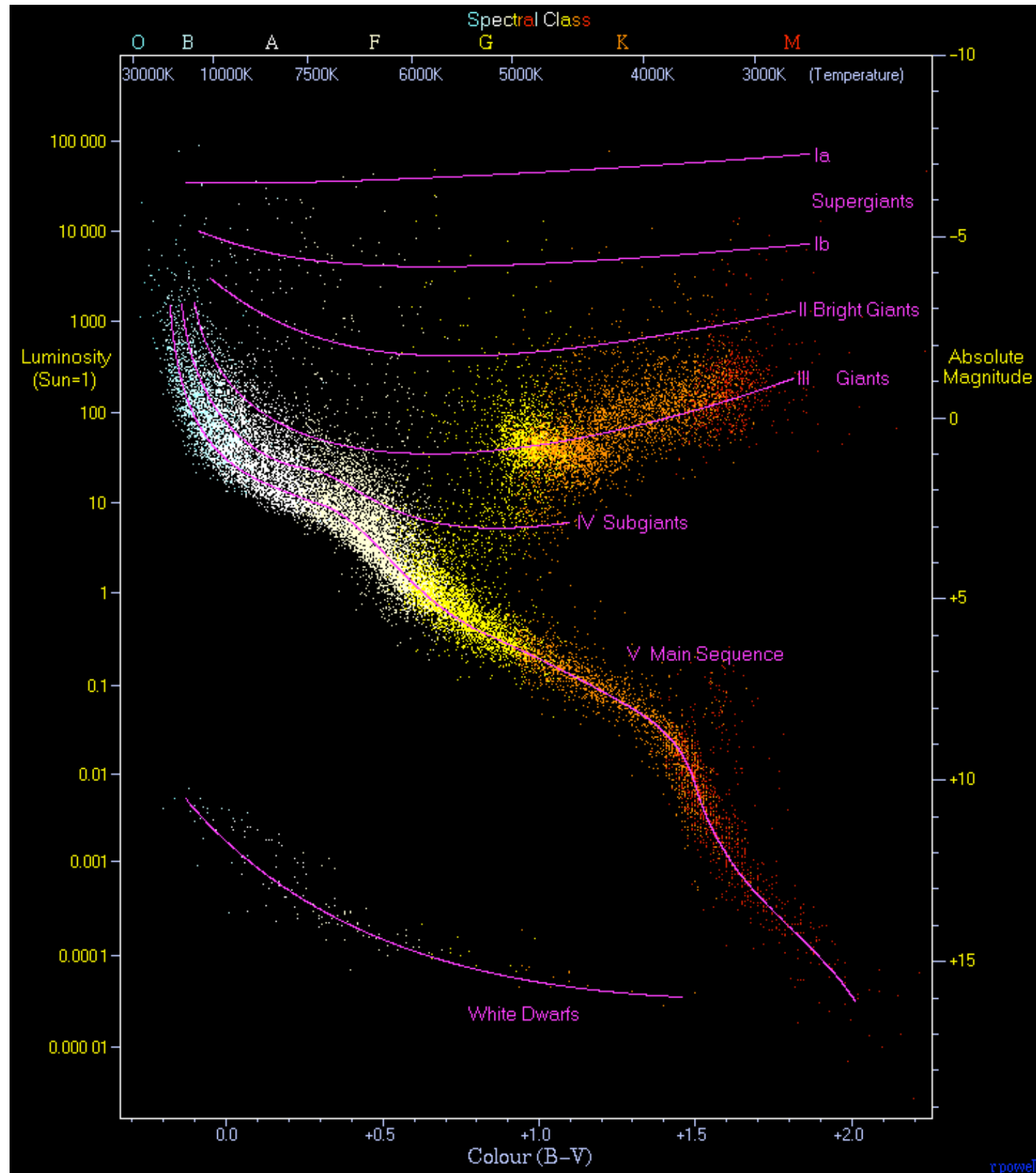
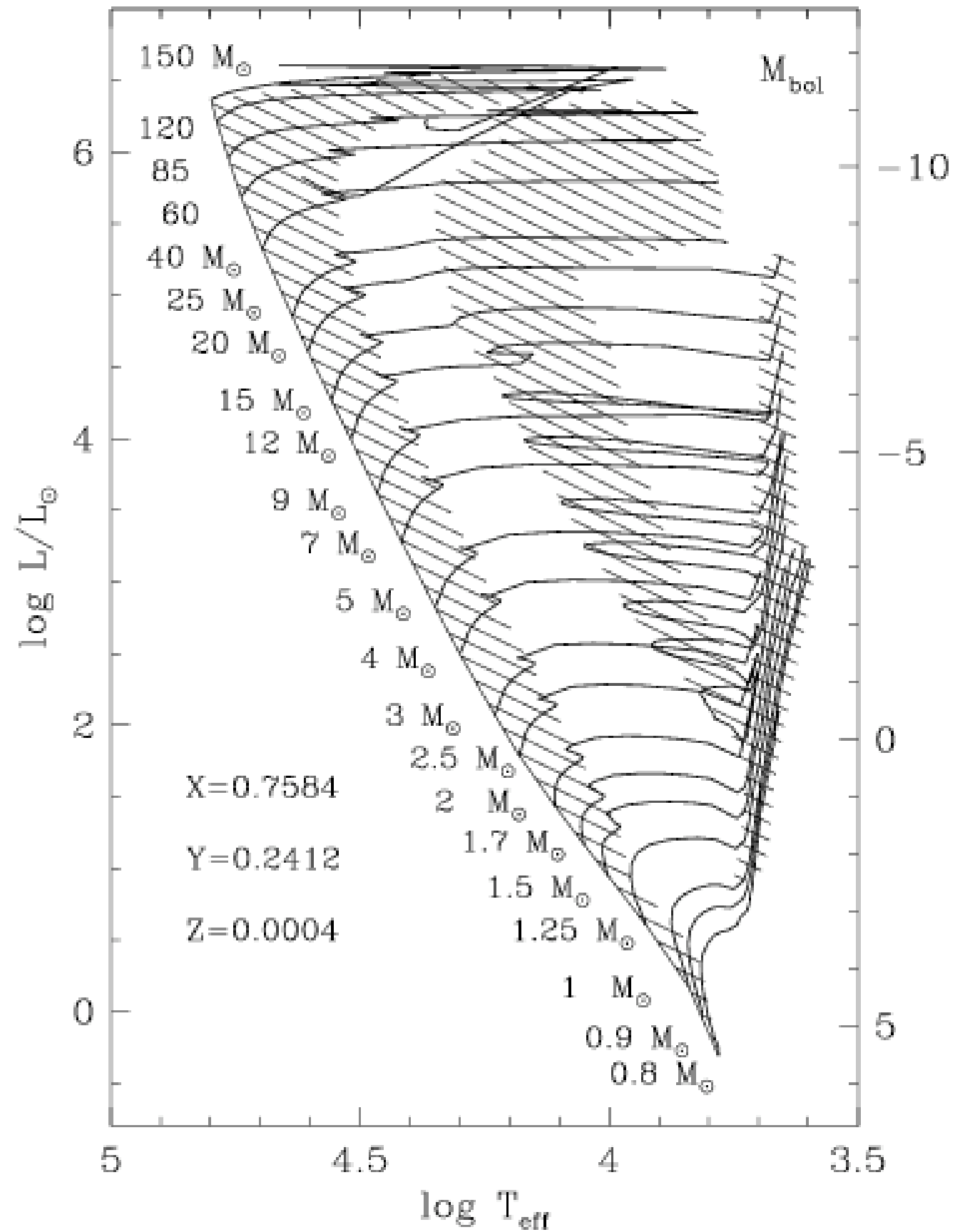
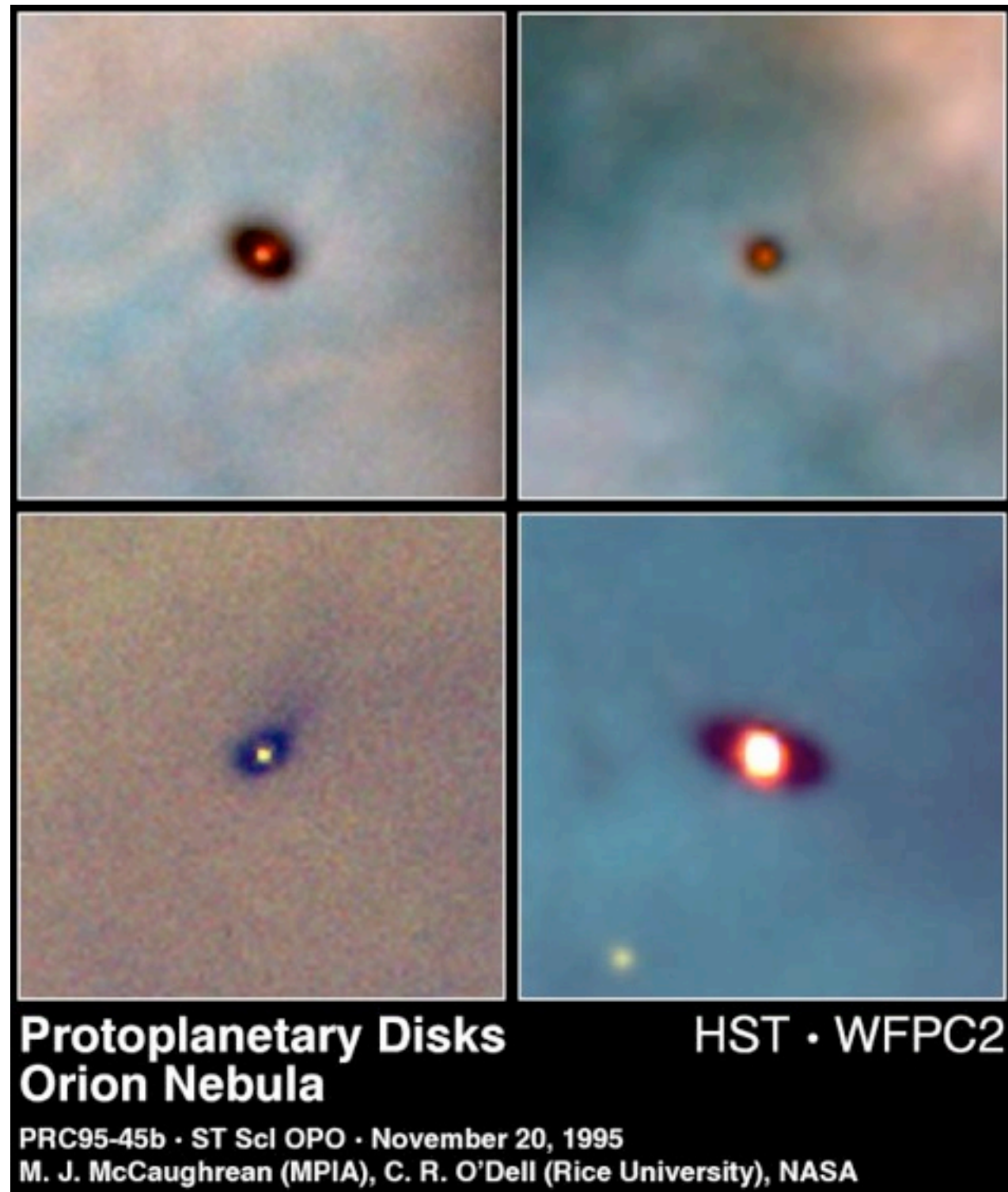


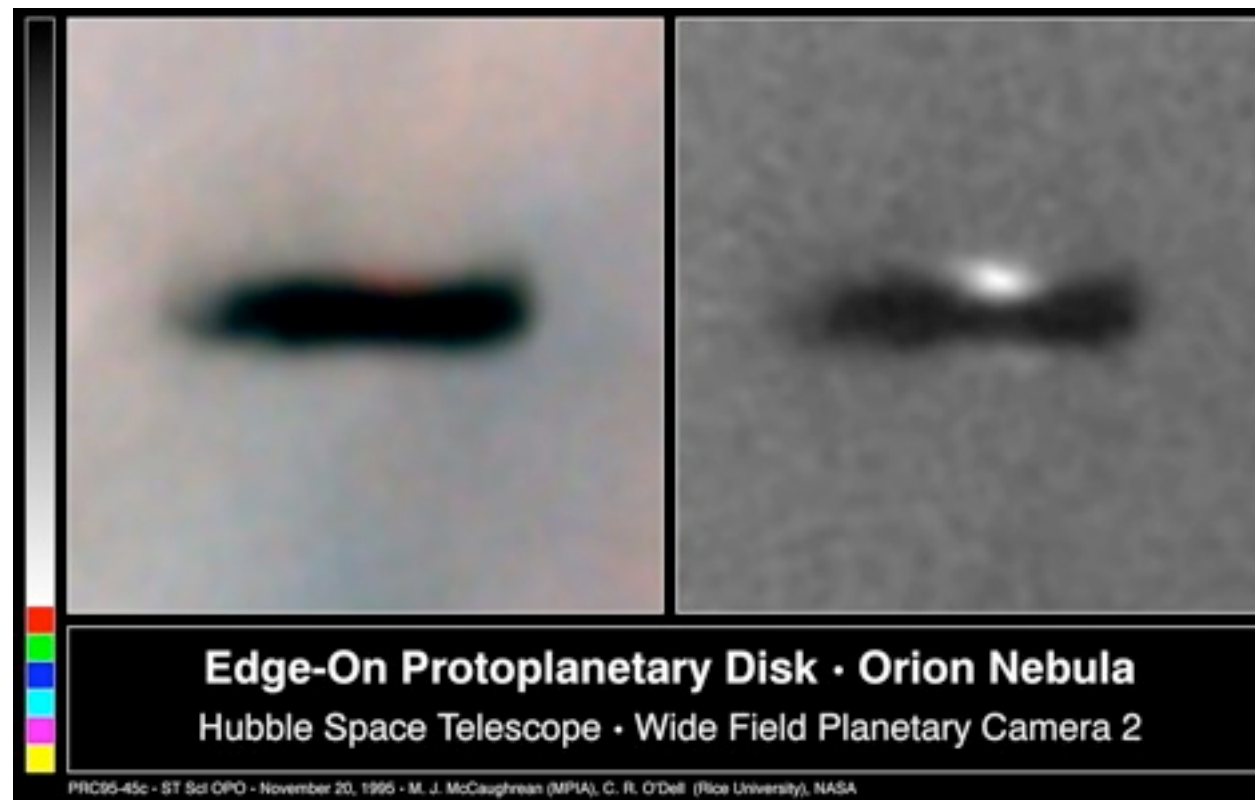
Diagramma Hertzsprung-Russell



Fase 2-b: Formazione di dischi proto-planetari



Fase 2-b: Formazione di dischi proto-planetari



Fase 2-b: Formazione di dischi proto-planetari



Fase 2-b: Formazione di dischi proto-planetari



Formazione dei pianeti

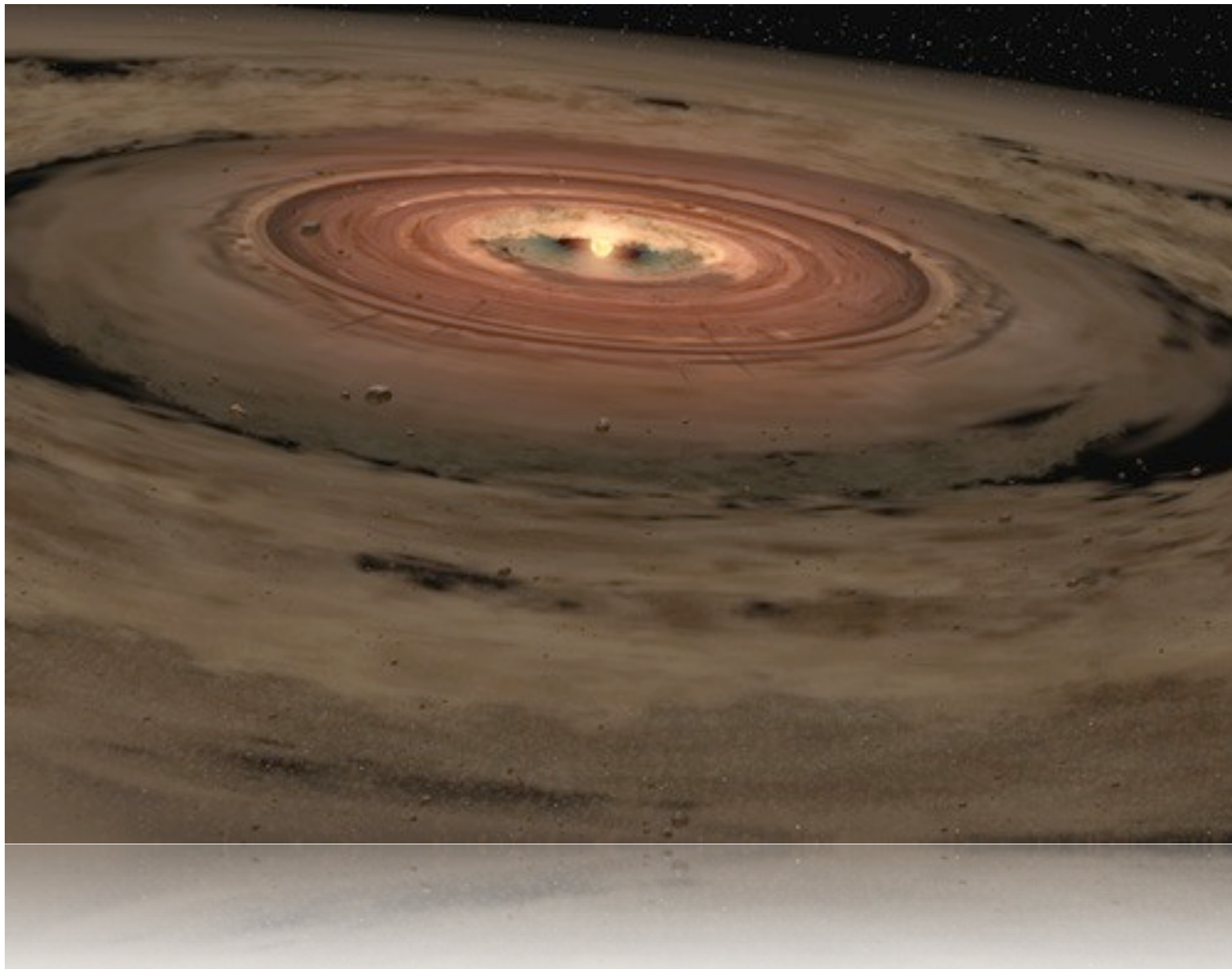


Flared Proto-Planetary Disc
(Artist's Impression)

ESO Press Photo 36/06 (28 September 2006)
ESO Press Photo 36/06 (28 September 2006)

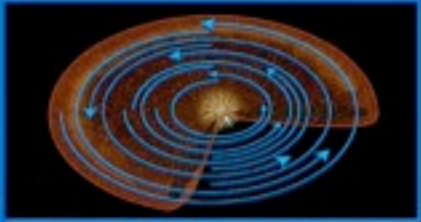
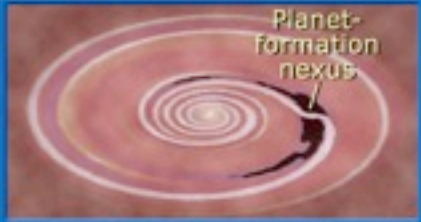


Formazione dei pianeti



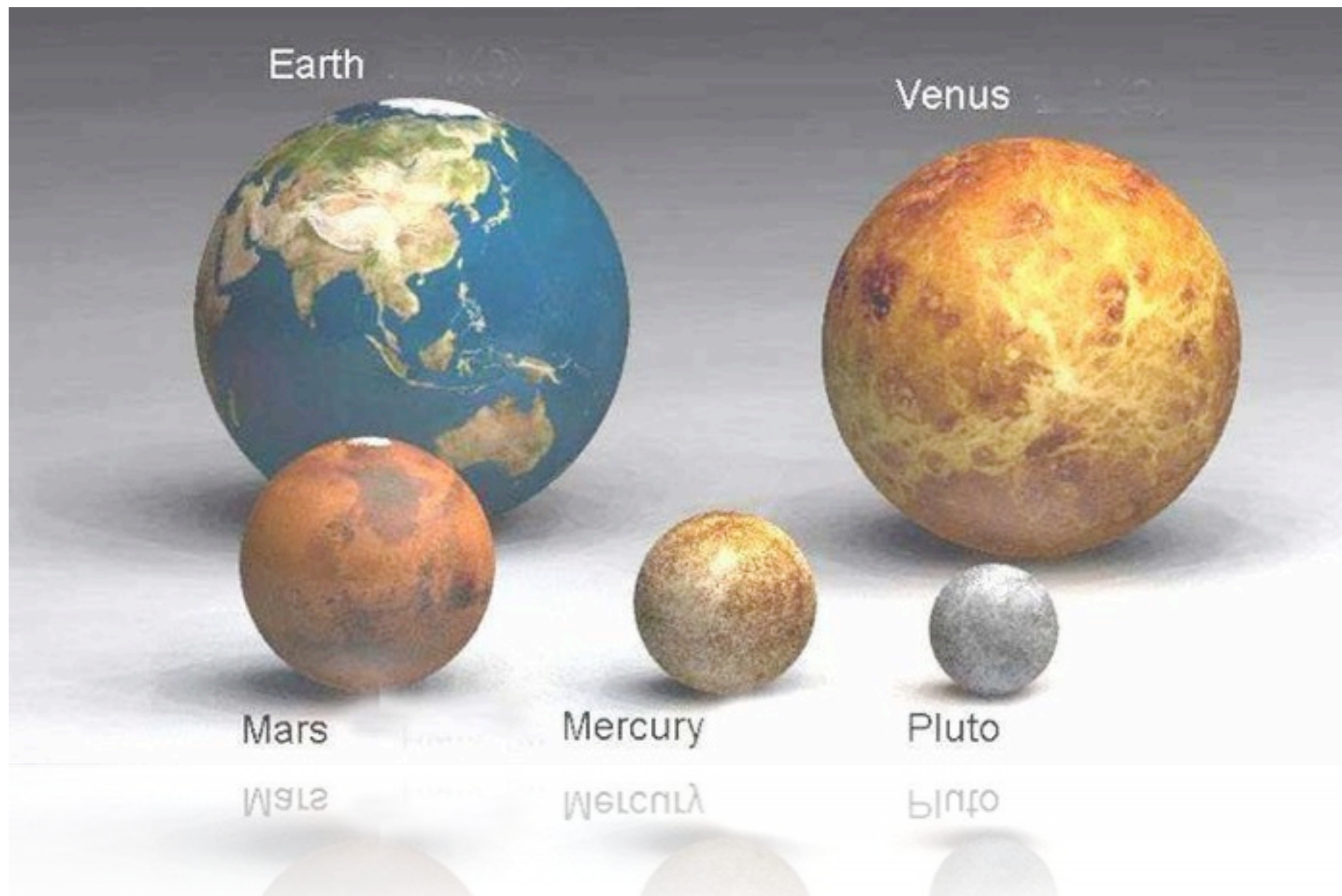
Formazione dei pianeti

TWO PLANET FORMATION SCENARIOS

Accretion model	Gas-collapse model
 Central star Dust disk Orbiting dust grains accrete into "planetesimals" through nongravitational forces.	 A protoplanetary disk of gas and dust forms around a young star.
 Planetesimals grow, moving in near-coplanar orbits, to form "planetary embryos."	 Planet-formation nexus Gravitational disk instabilities form a clump of gas that becomes a self-gravitating planet.
 Gas-giant planets accrete gas envelopes before disk gas disappears.	 Gas giant Dust grains coagulate and sediment to the center of the protoplanet, forming a core.
 Gas-giant planets scatter or accrete remaining planetesimals and embryos.	 The planet sweeps out a wide gap as it continues to feed on gas in the disk.

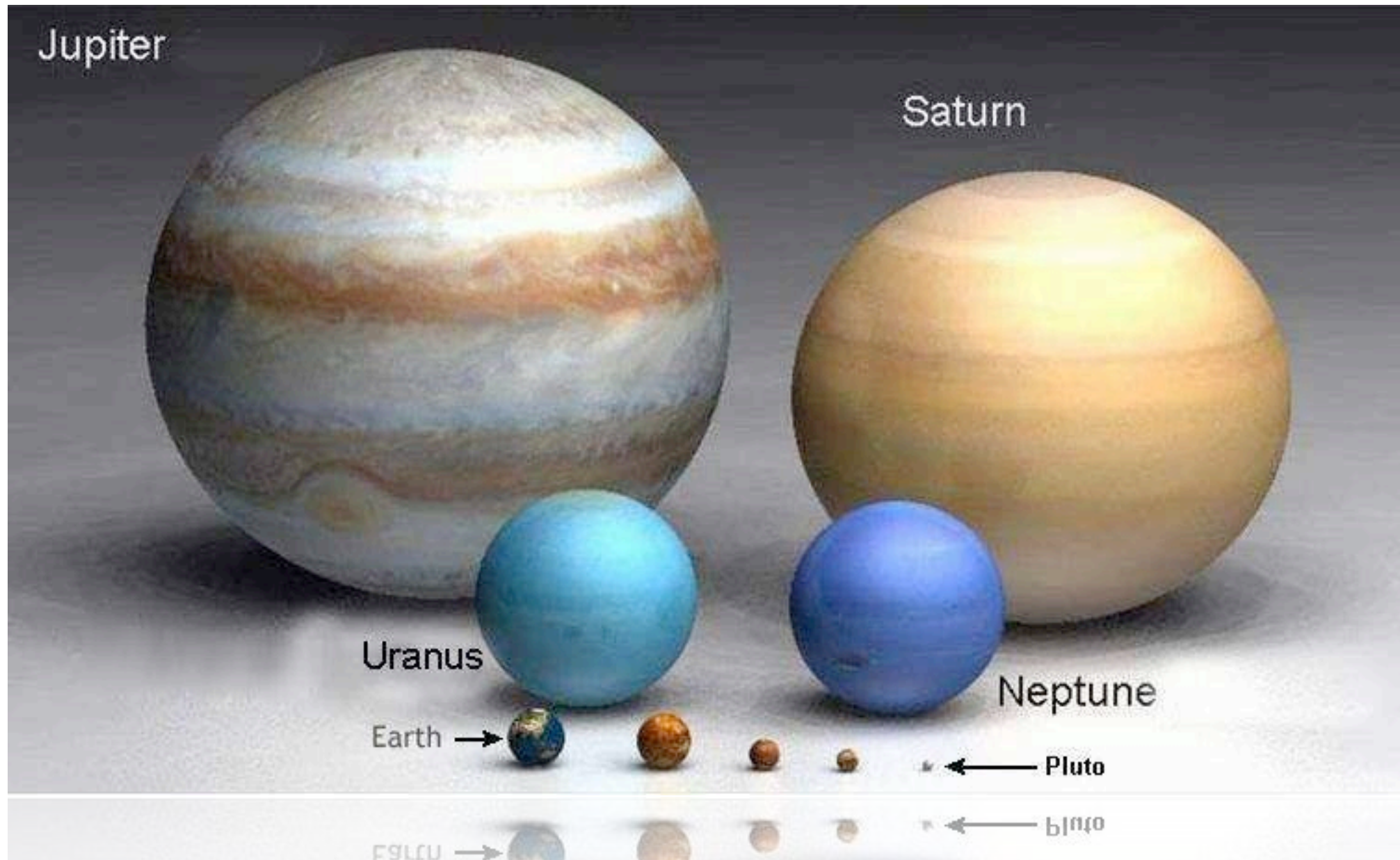
Teorie di formazione del nostro sistema solare

Pianeti interni: planetasimali, alta temperatura ➡ pianeti rocciosi



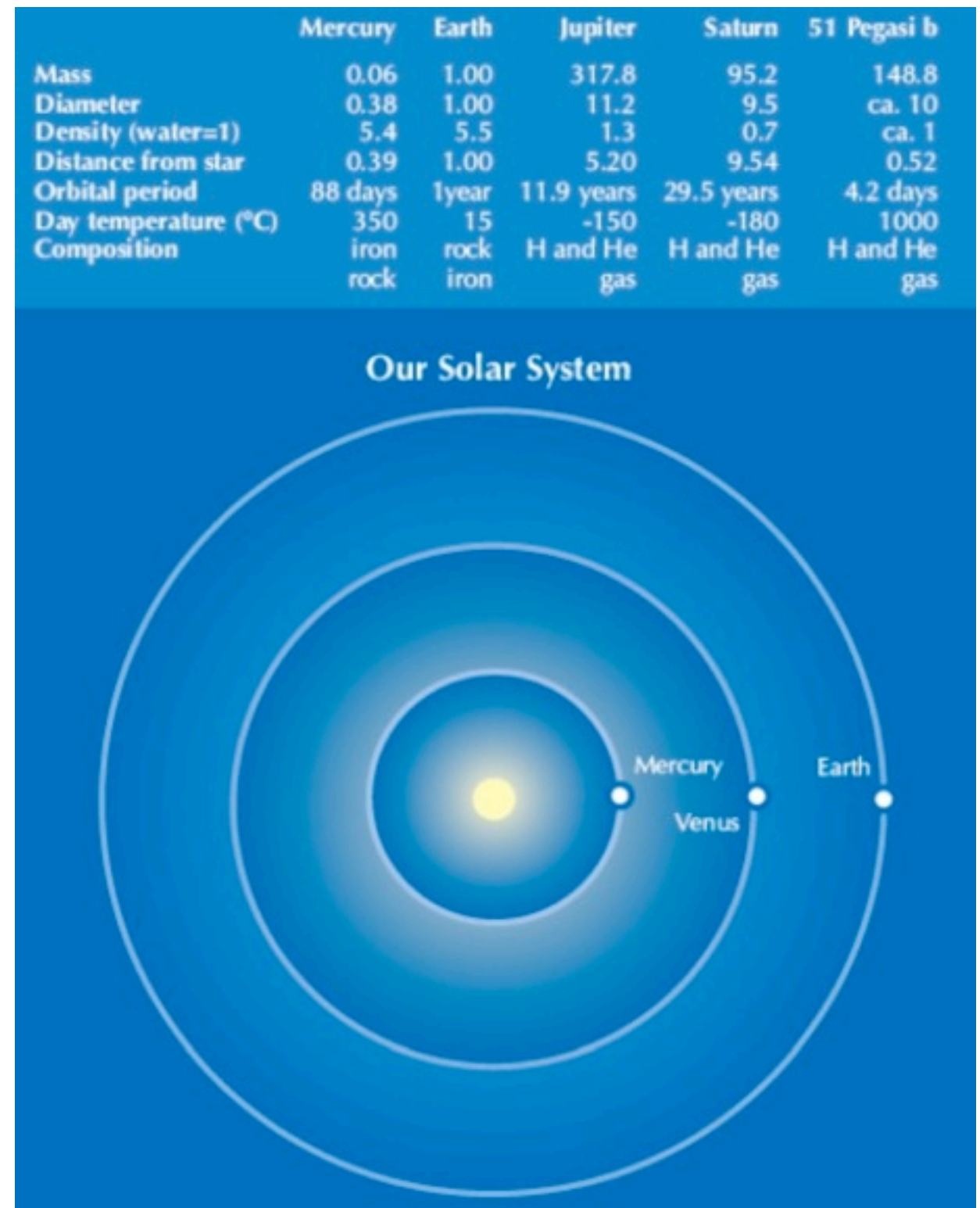
Teorie di formazione del nostro sistema solare

Pianeti esterni: planetasimali, bassa temperatura, grande serbatoio di gas ➡ giganti gassosi.



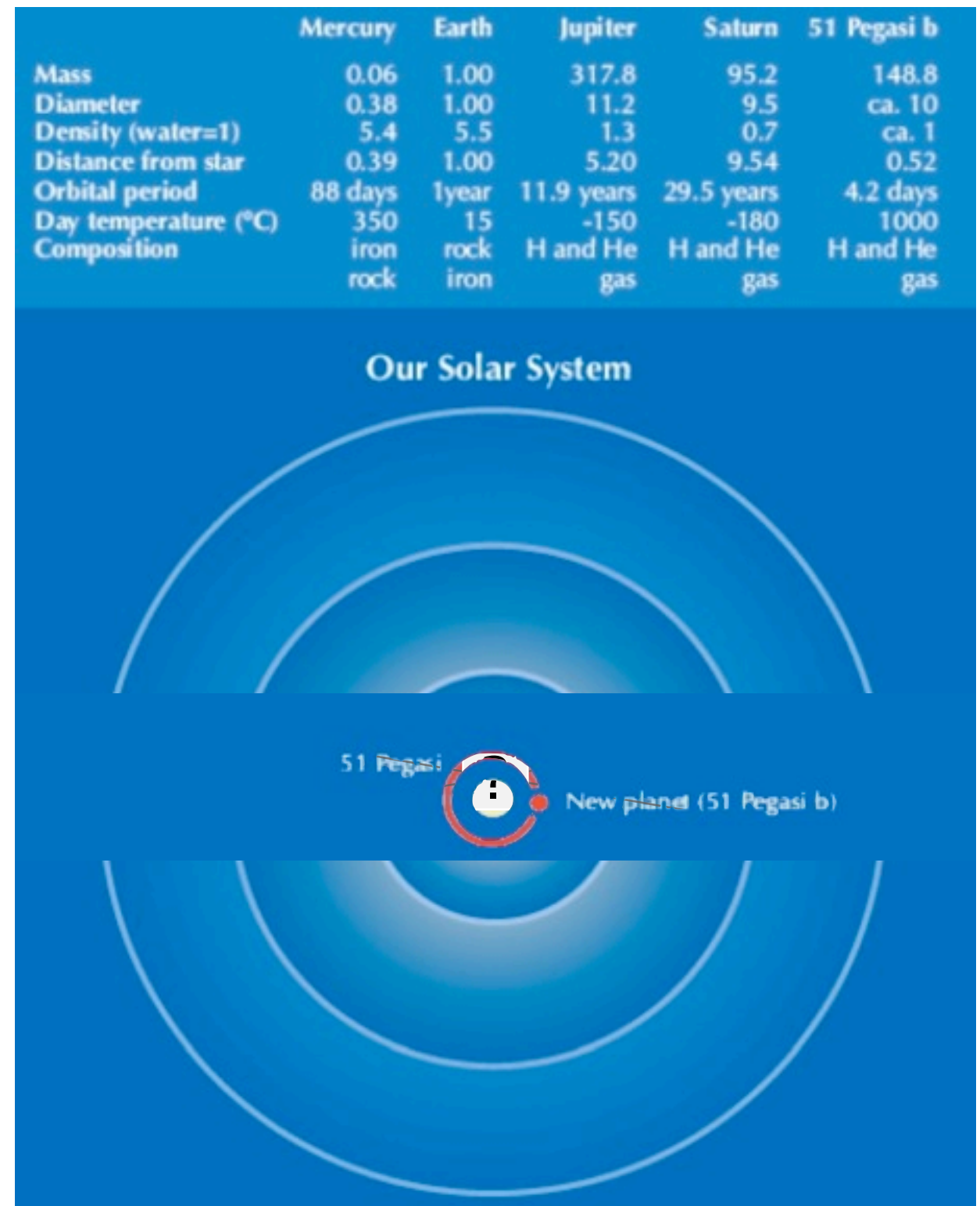
Nuove teorie di formazione dei pianeti

51 Pegasi b (Mayor & Queloz 1995)
primo pianeta extra-solare, attorno
ad una stella simile al nostro Sole



Nuove teorie di formazione dei pianeti

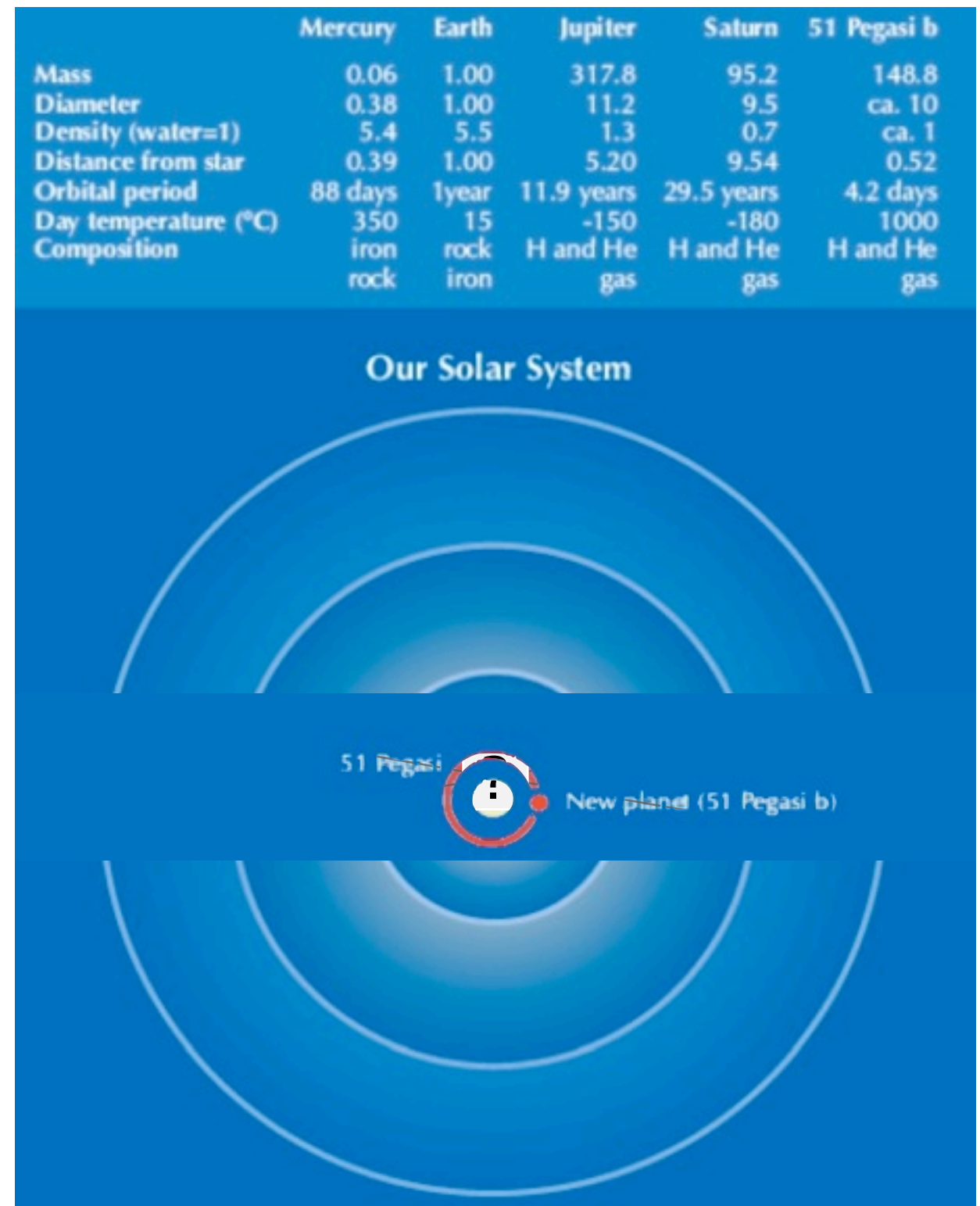
51 Pegasi b (Mayor & Queloz 1995)
primo pianeta extra-solare, attorno
ad una stella simile al nostro Sole



Nuove teorie di formazione dei pianeti

51 Pegasi b (Mayor & Queloz 1995)
primo pianeta extra-solare, attorno
ad una stella simile al nostro Sole

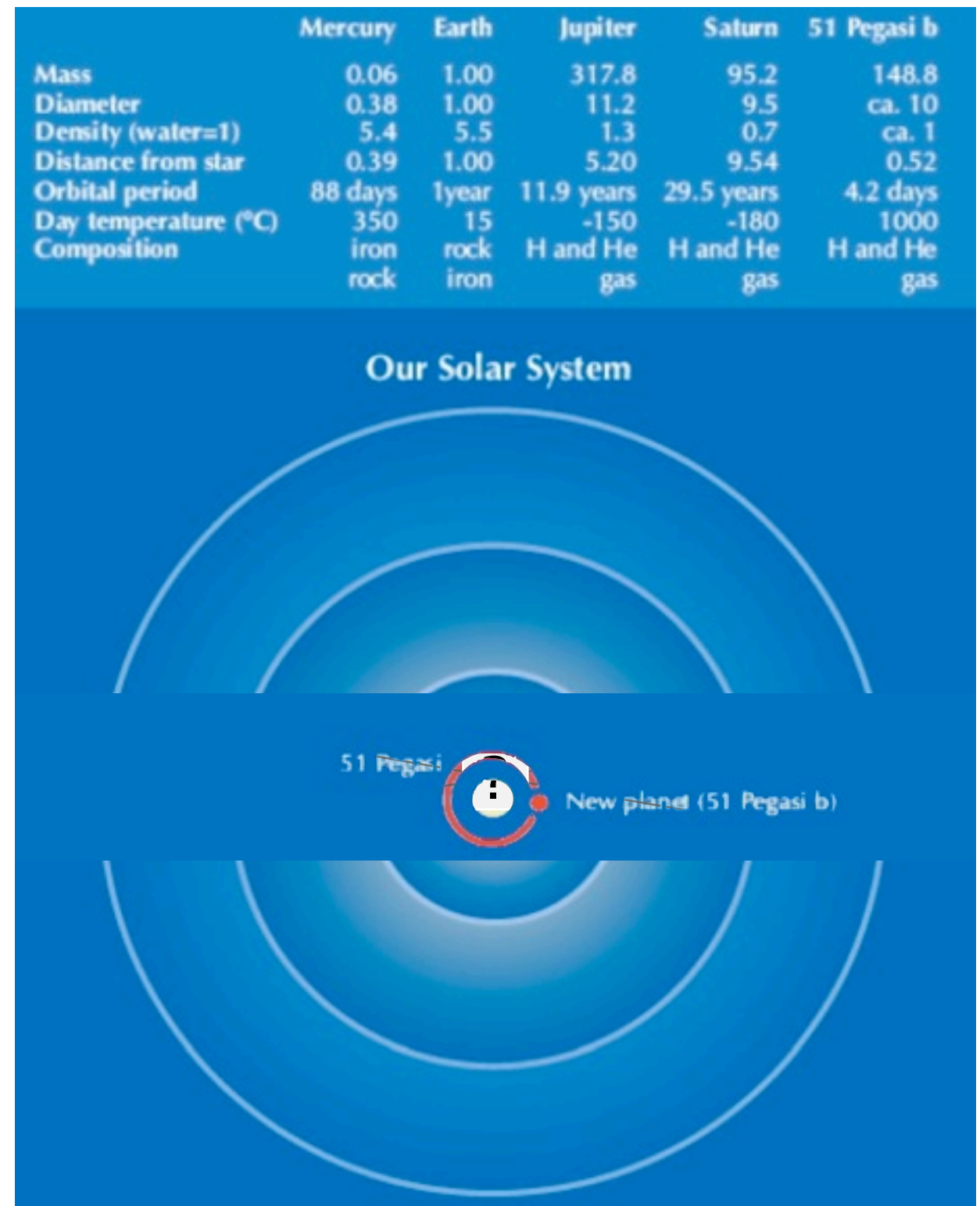
- Gigante di gas



Nuove teorie di formazione dei pianeti

51 Pegasi b (Mayor & Queloz 1995)
primo pianeta extra-solare, attorno
ad una stella simile al nostro Sole

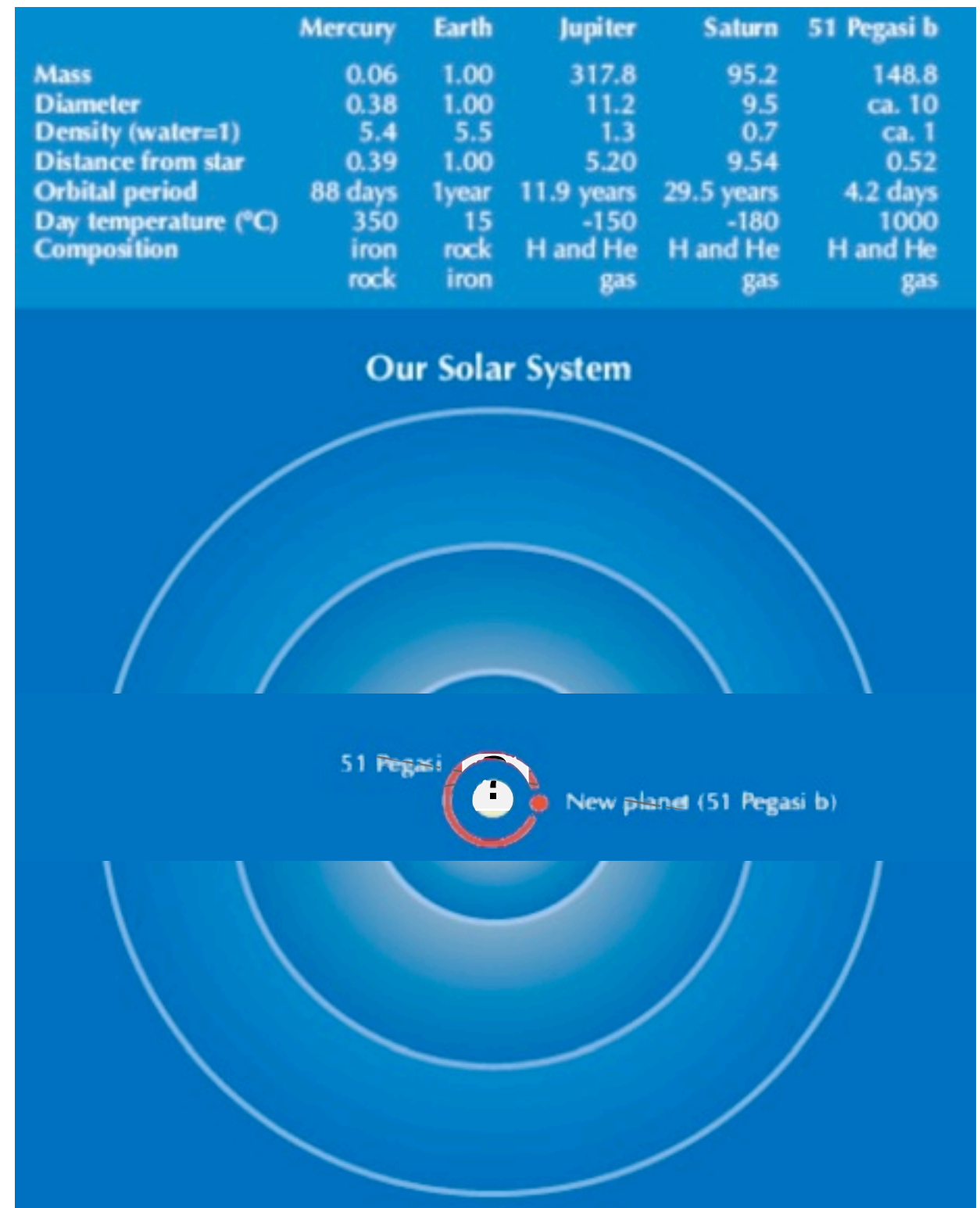
- Gigante di gas
- Massa: metà della massa di Giove



Nuove teorie di formazione dei pianeti

51 Pegasi b (Mayor & Queloz 1995)
primo pianeta extra-solare, attorno
ad una stella simile al nostro Sole

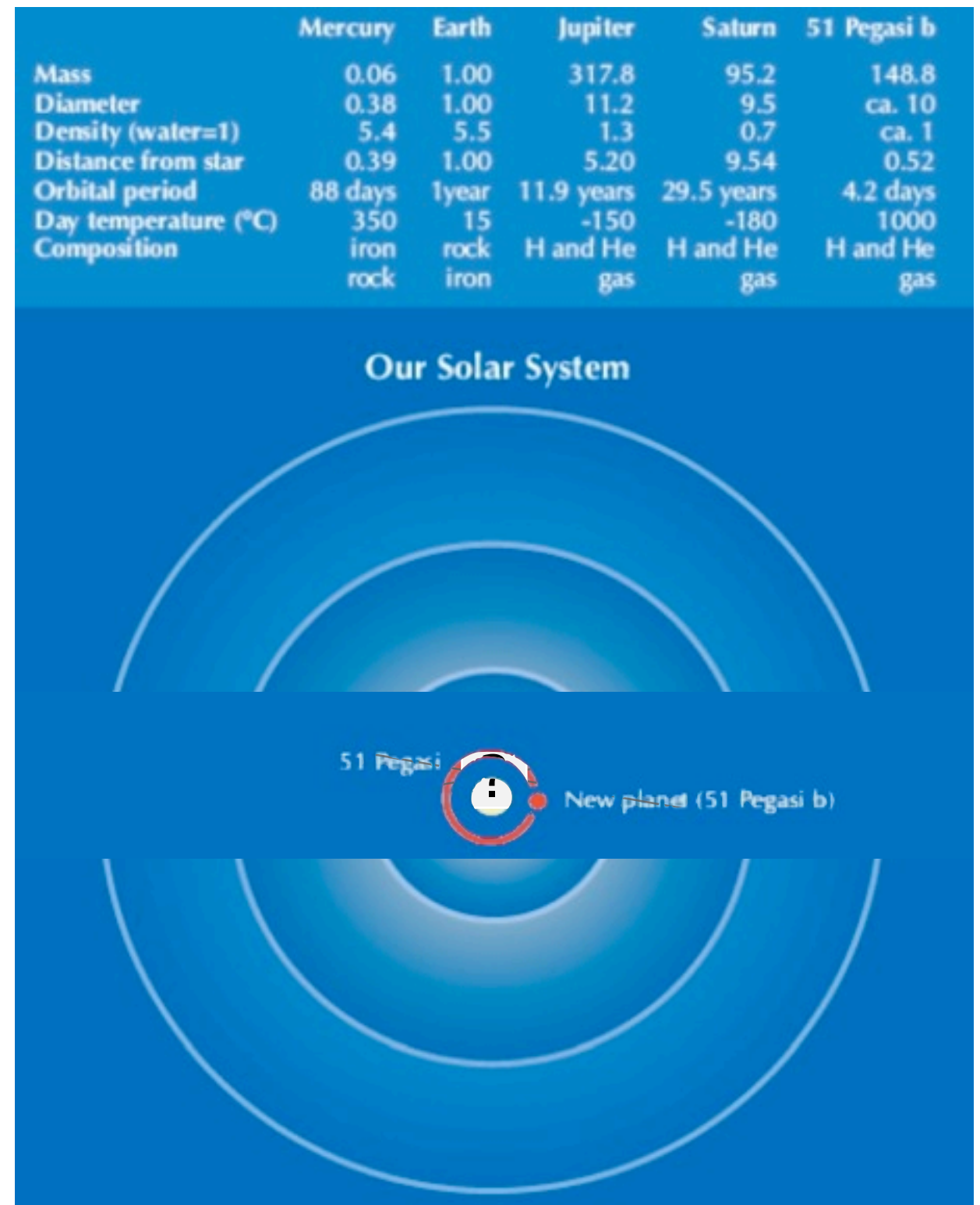
- Gigante di gas
- Massa: metà della massa di Giove
- Periodo orbitale: 4 giorni



Nuove teorie di formazione dei pianeti

51 Pegasi b (Mayor & Queloz 1995)
primo pianeta extra-solare, attorno
ad una stella simile al nostro Sole

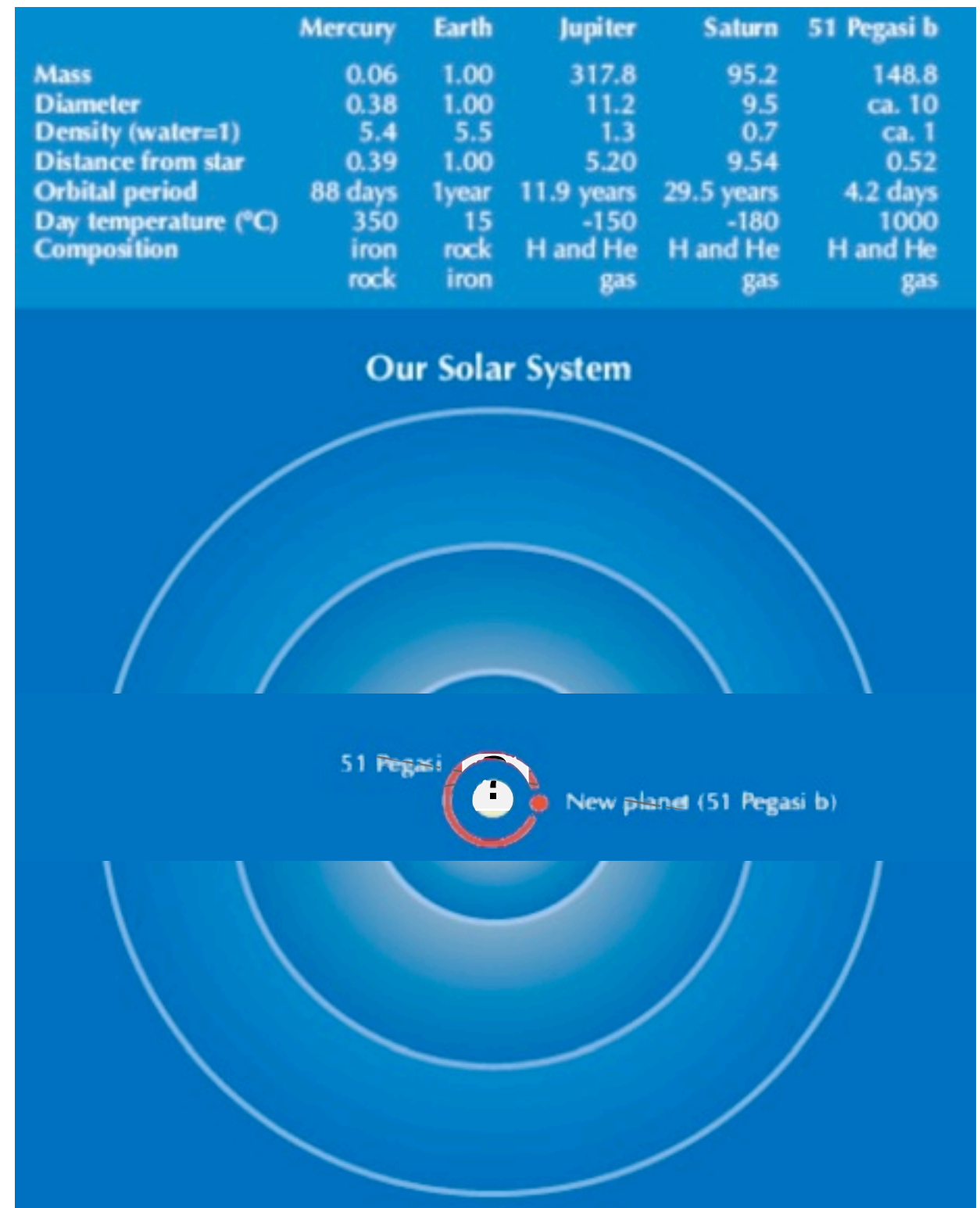
- Gigante di gas
- Massa: metà della massa di Giove
- Periodo orbitale: 4 giorni
- Distanza alla stella: 0.05 UA



Nuove teorie di formazione dei pianeti

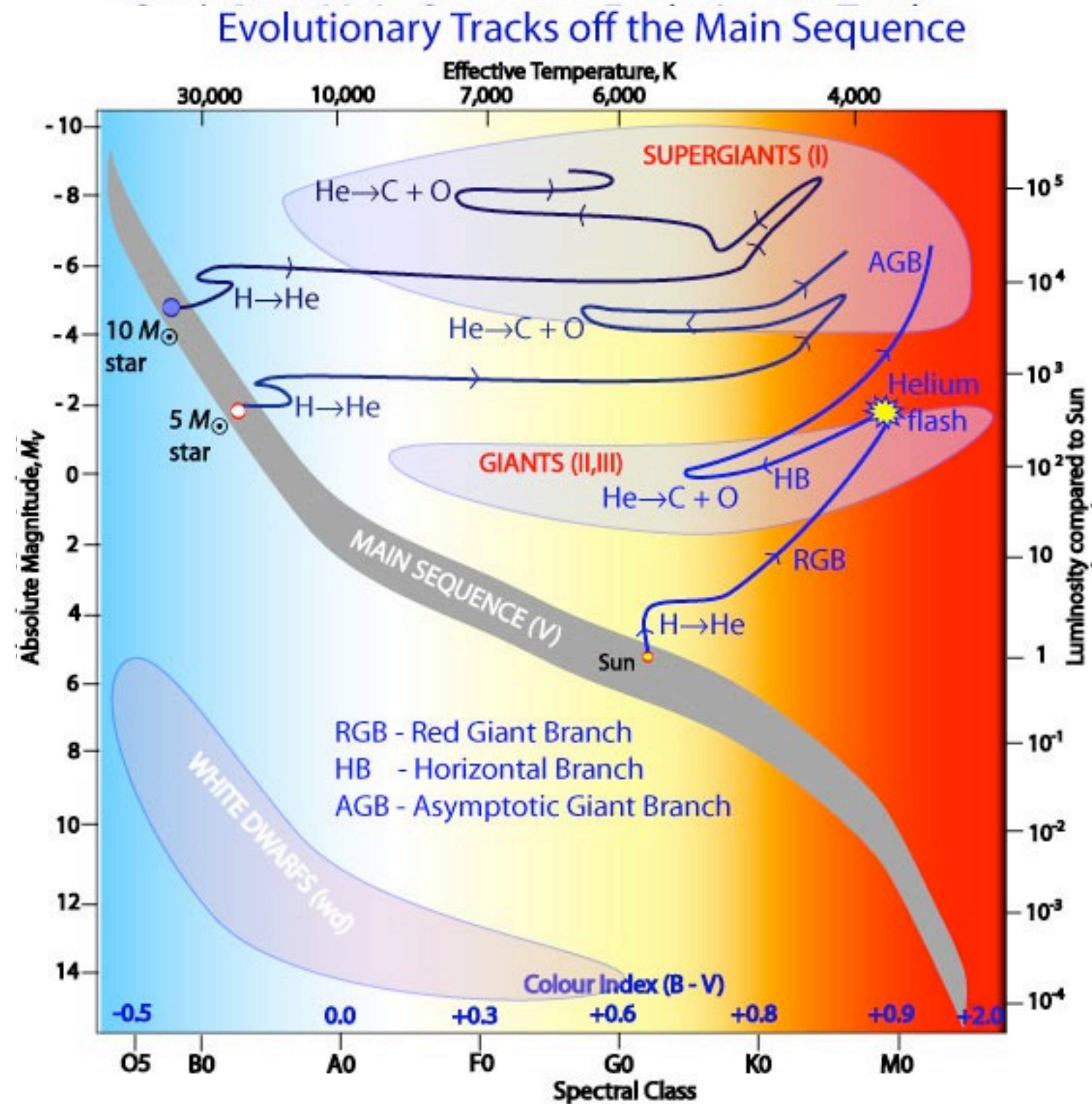
51 Pegasi b (Mayor & Queloz 1995)
primo pianeta extra-solare, attorno
ad una stella simile al nostro Sole

- Gigante di gas
- Massa: metà della massa di Giove
- Periodo orbitale: 4 giorni
- Distanza alla stella: 0.05 UA
- Migrazione ?



Fase 3: Gigante rossa

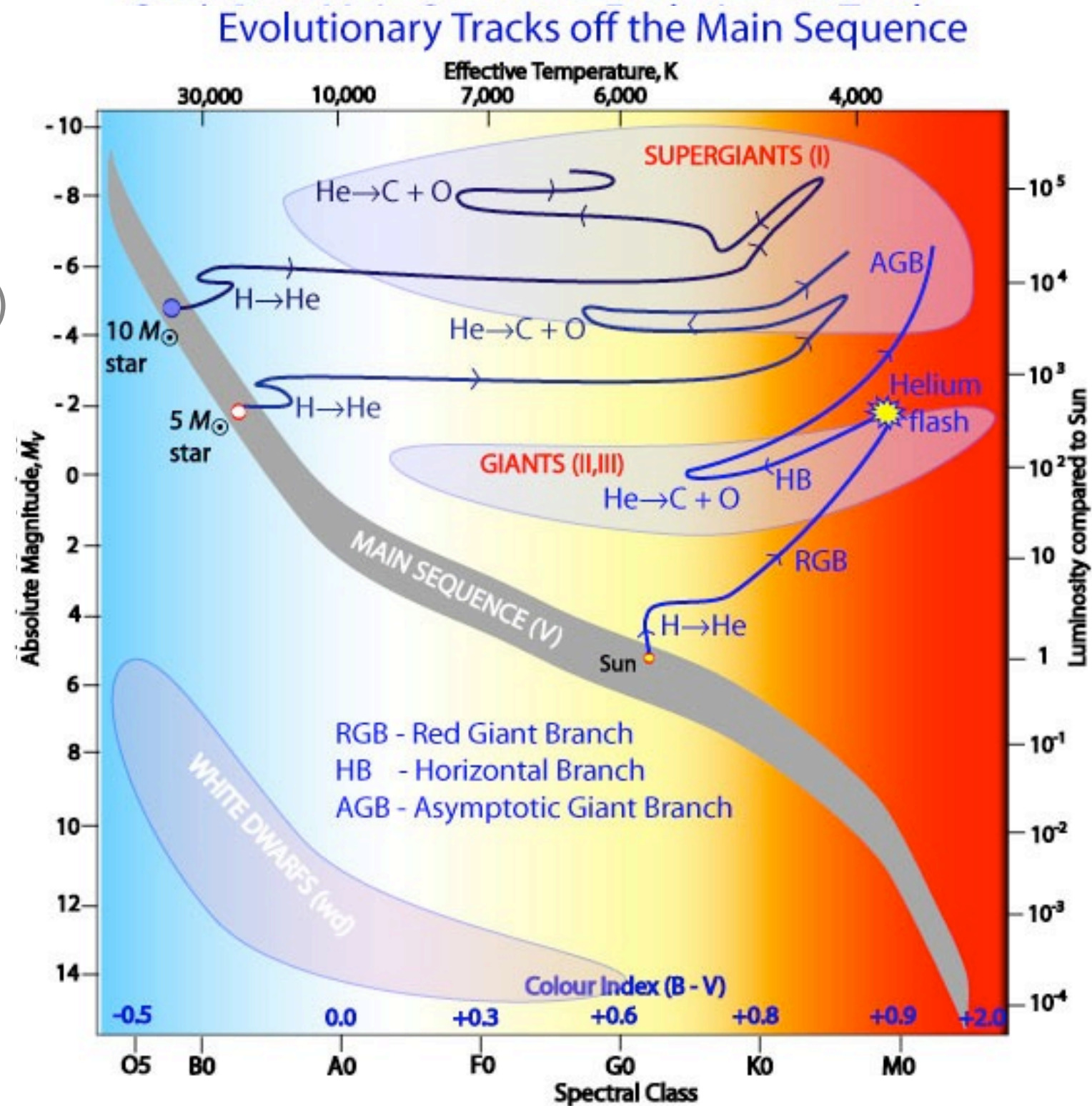
Percorso di una stella come il Sole nel diagramma HR:



Fase 3: Gigante rossa

Percorso di una stella come il Sole nel diagramma HR:

a. Ramo delle giganti rosse (RGB)

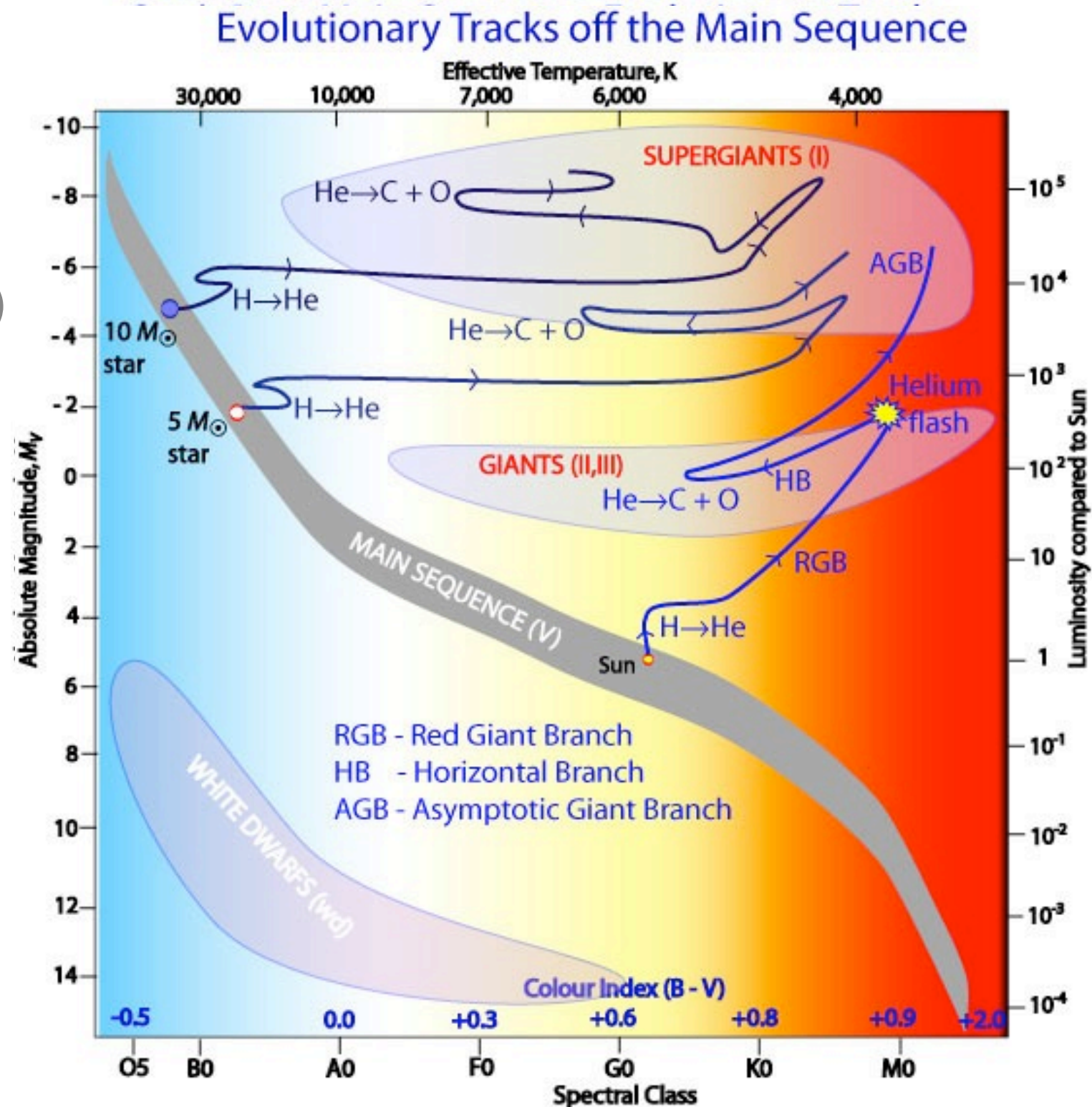


Fase 3: Gigante rossa

Percorso di una stella come il Sole nel diagramma HR:

a. Ramo delle giganti rosse (RGB)

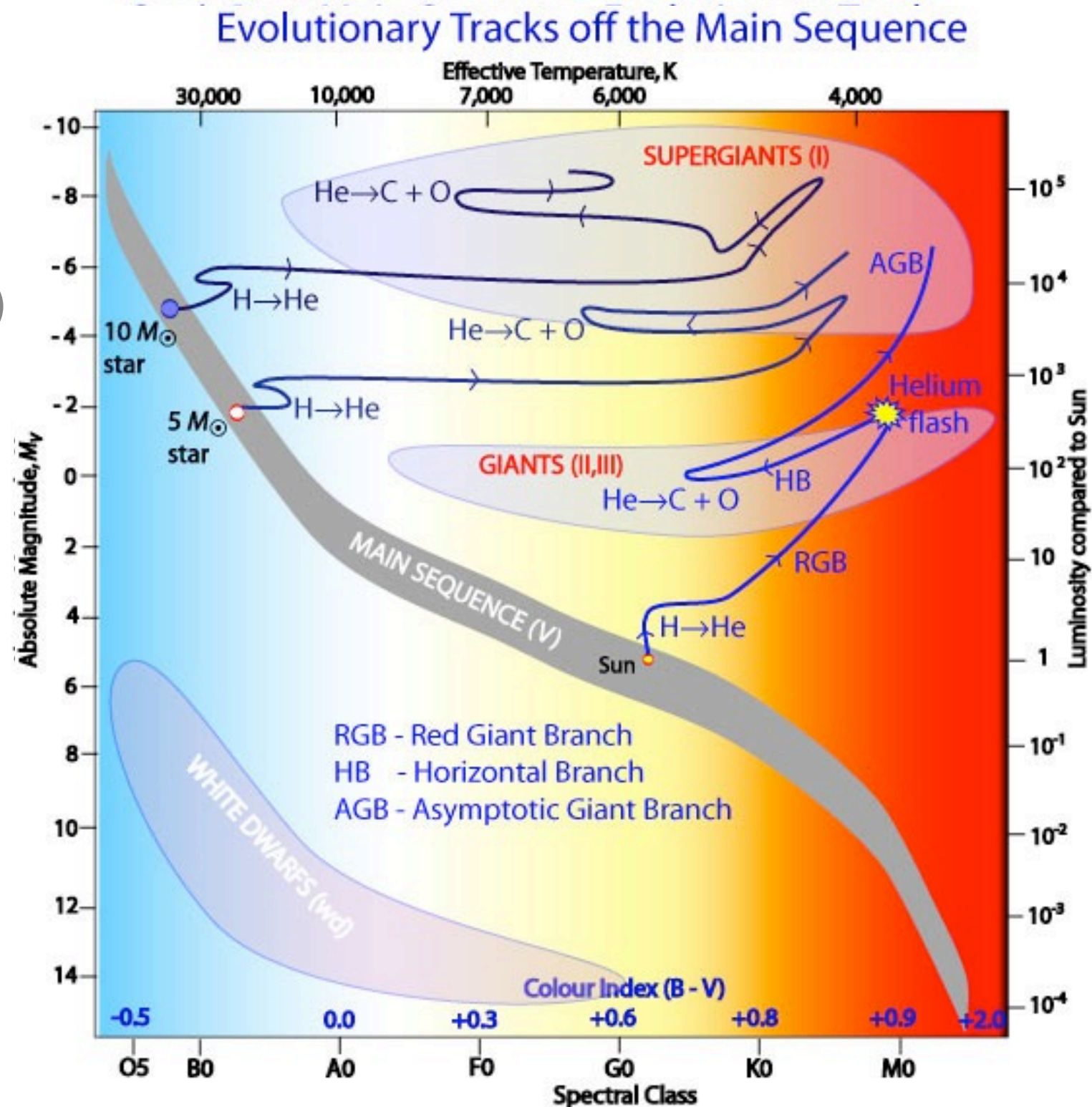
b. Ramo orizzontale (HB)



Fase 3: Gigante rossa

Percorso di una stella come il Sole nel diagramma HR:

- a. Ramo delle giganti rosse (RGB)
- b. Ramo orizzontale (HB)
- c. Ramo asintotico (AGB)



Fase 3: Gigante rossa

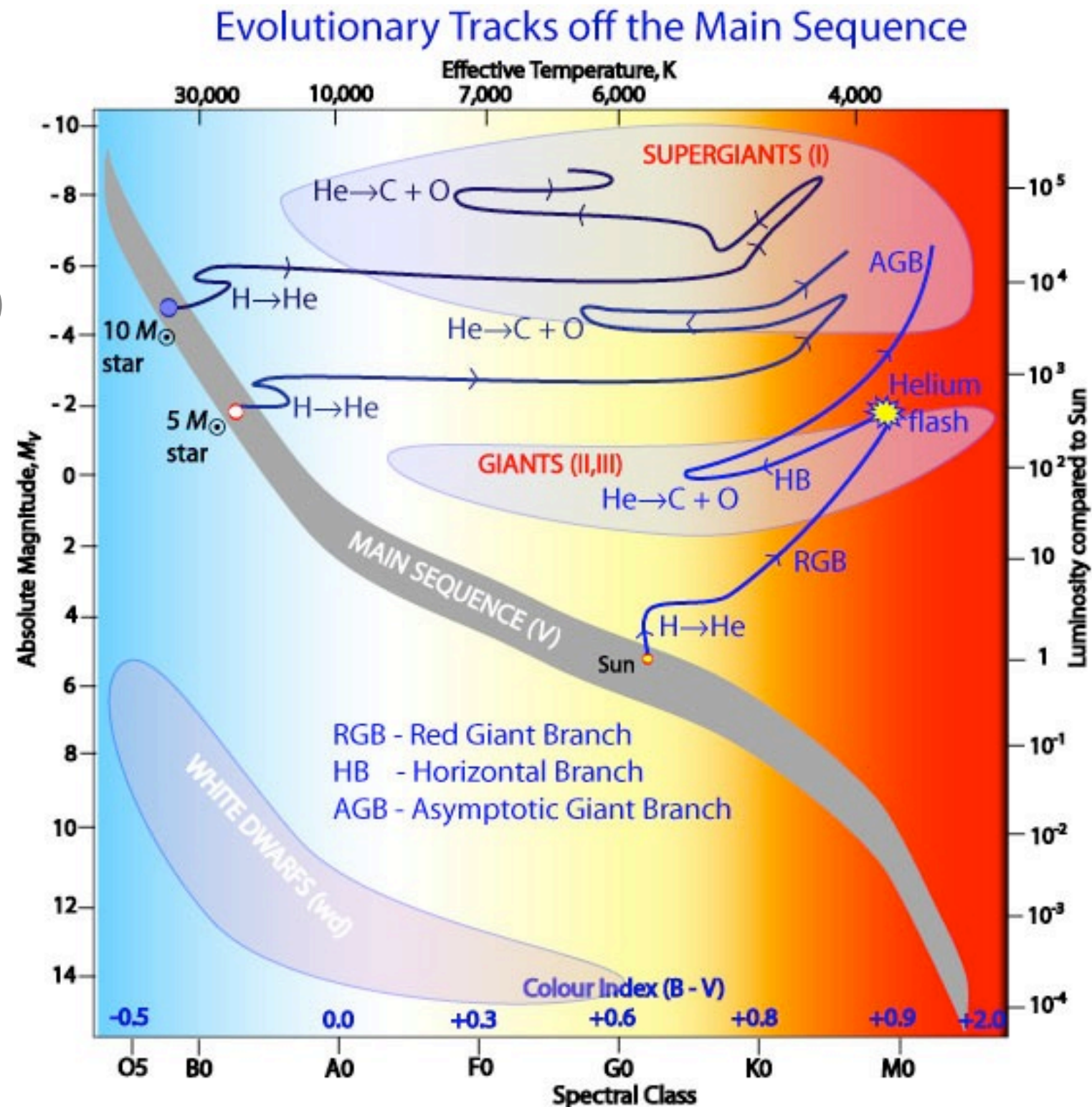
Percorso di una stella come il Sole nel diagramma HR:

a. Ramo delle giganti rosse (RGB)

b. Ramo orizzontale (HB)

c. Ramo asintotico (AGB)

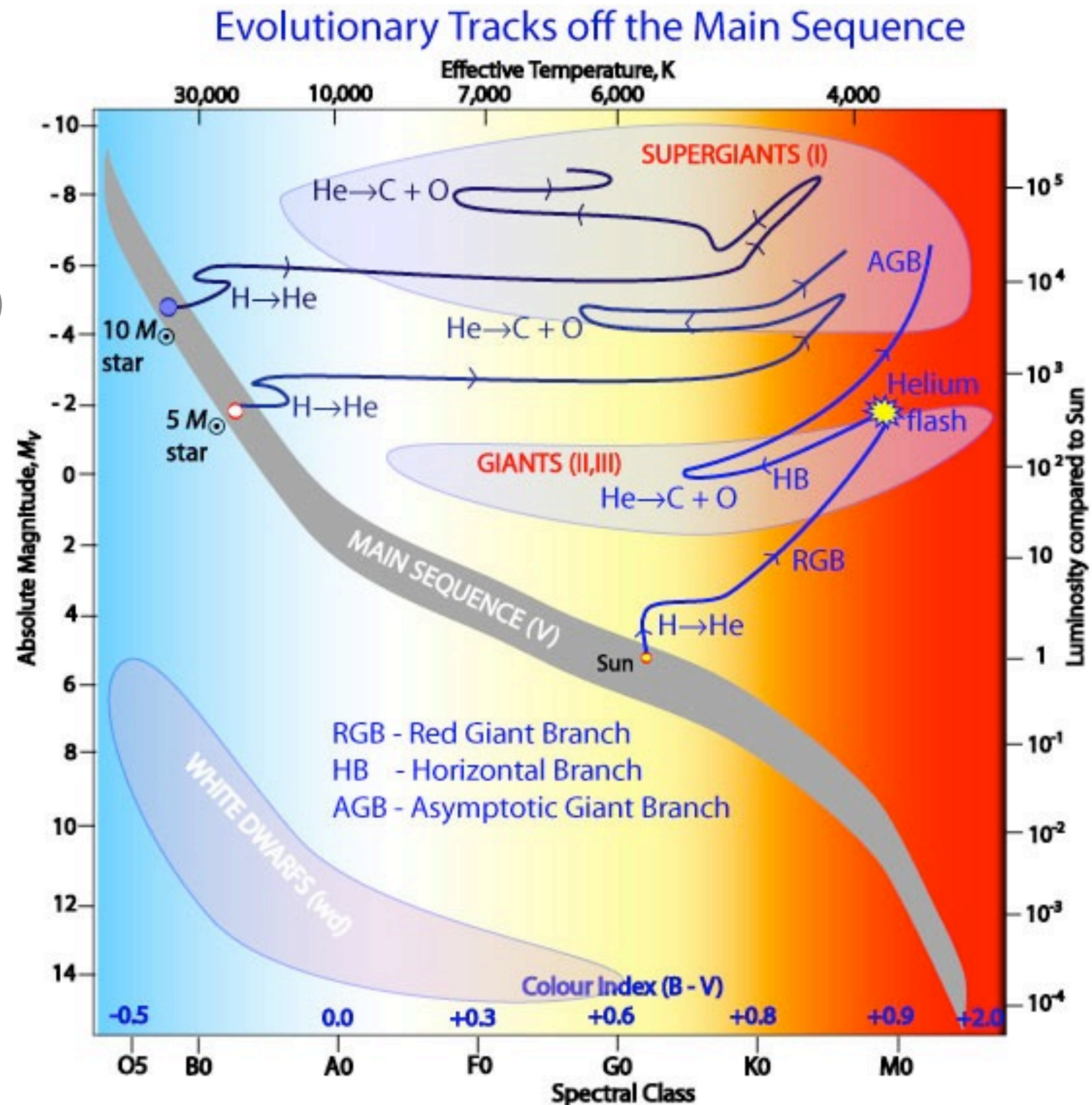
4. Nebulosa planetaria



Fase 3: Gigante rossa

Percorso di una stella come il Sole nel diagramma HR:

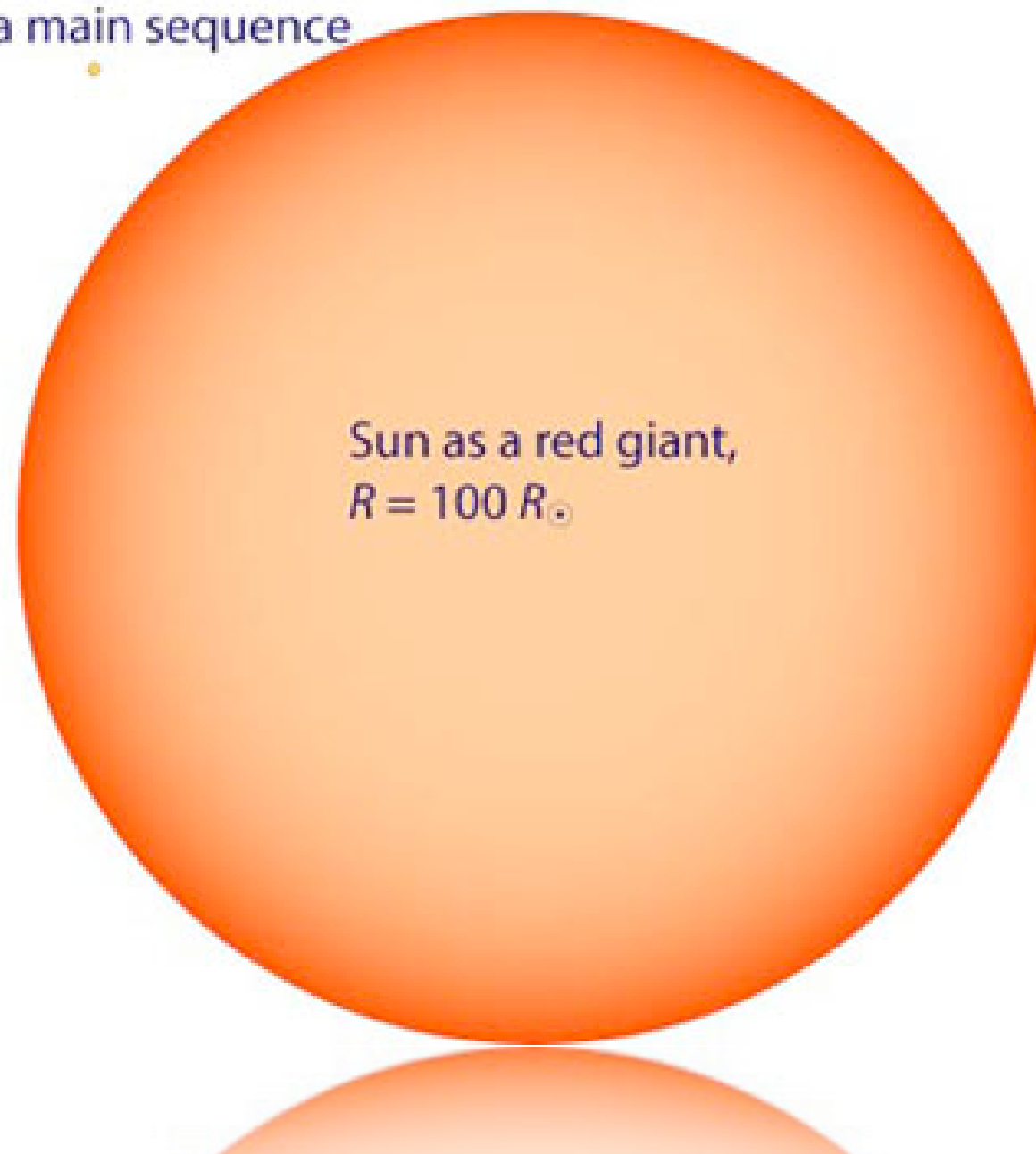
- a. Ramo delle giganti rosse (RGB)
 - b. Ramo orizzontale (HB)
 - c. Ramo asintotico (AGB)
4. Nebulosa planetaria
 5. Nana bianca



Ramo delle giganti rosse

Comparison in size of Sun as a main sequence star
and a red giant

Sun as a main sequence
star

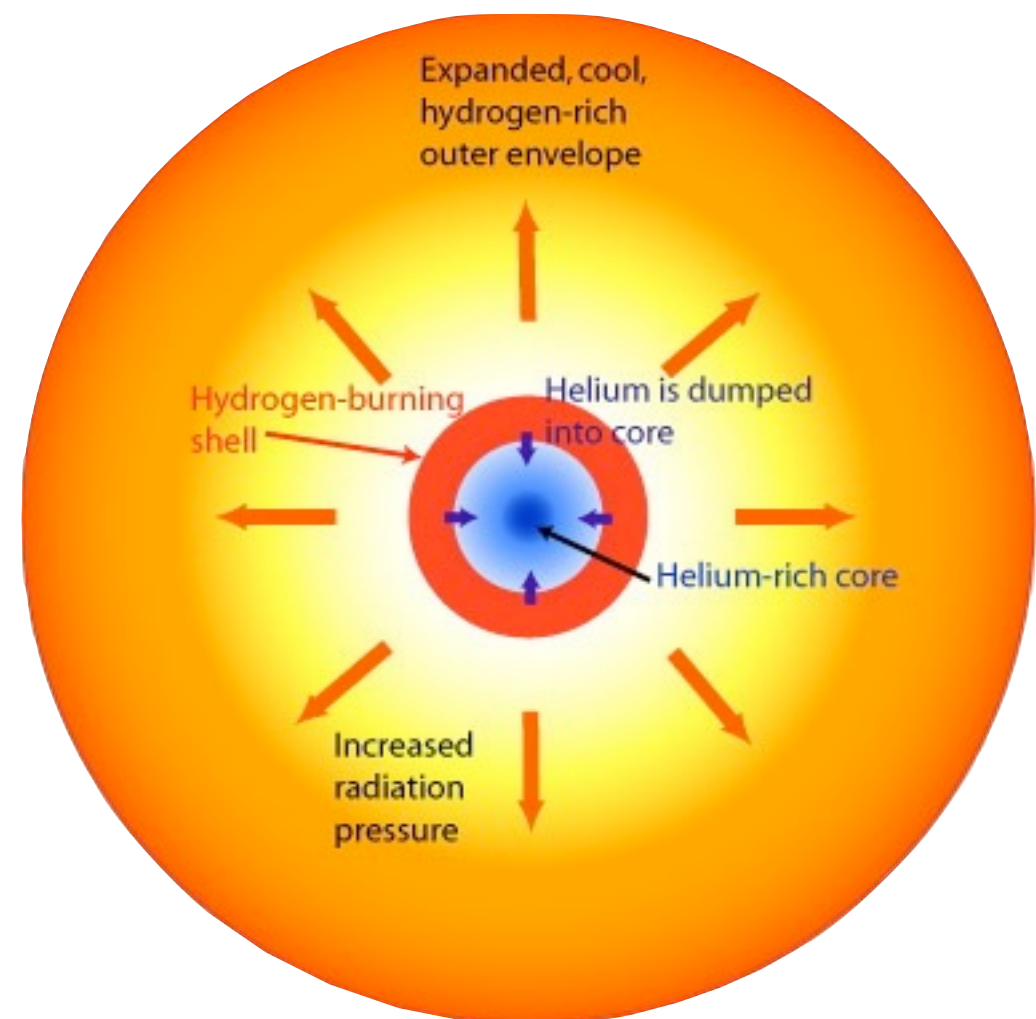


Sun as a red giant,
 $R = 100 R_{\odot}$

Ramo delle giganti rosse

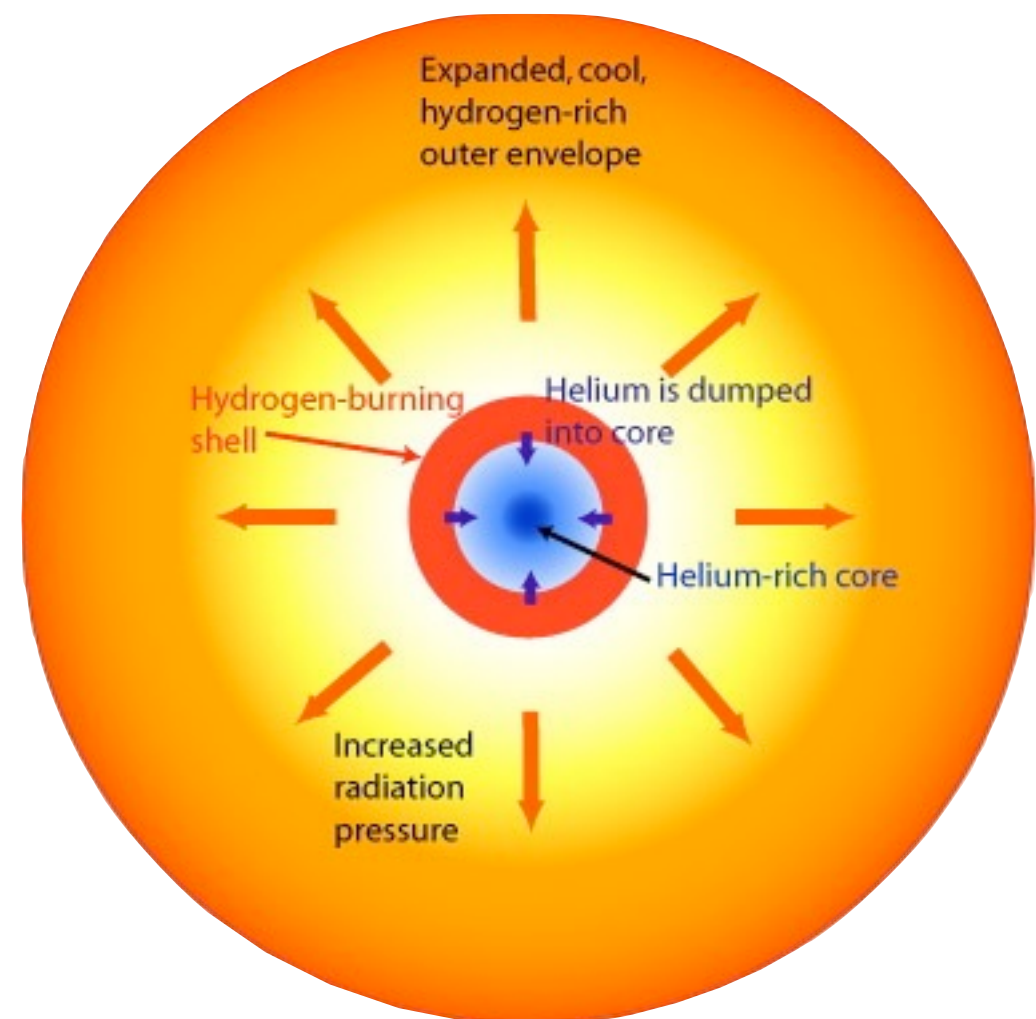


Ramo delle giganti rosse: Hydrogen-burning shell



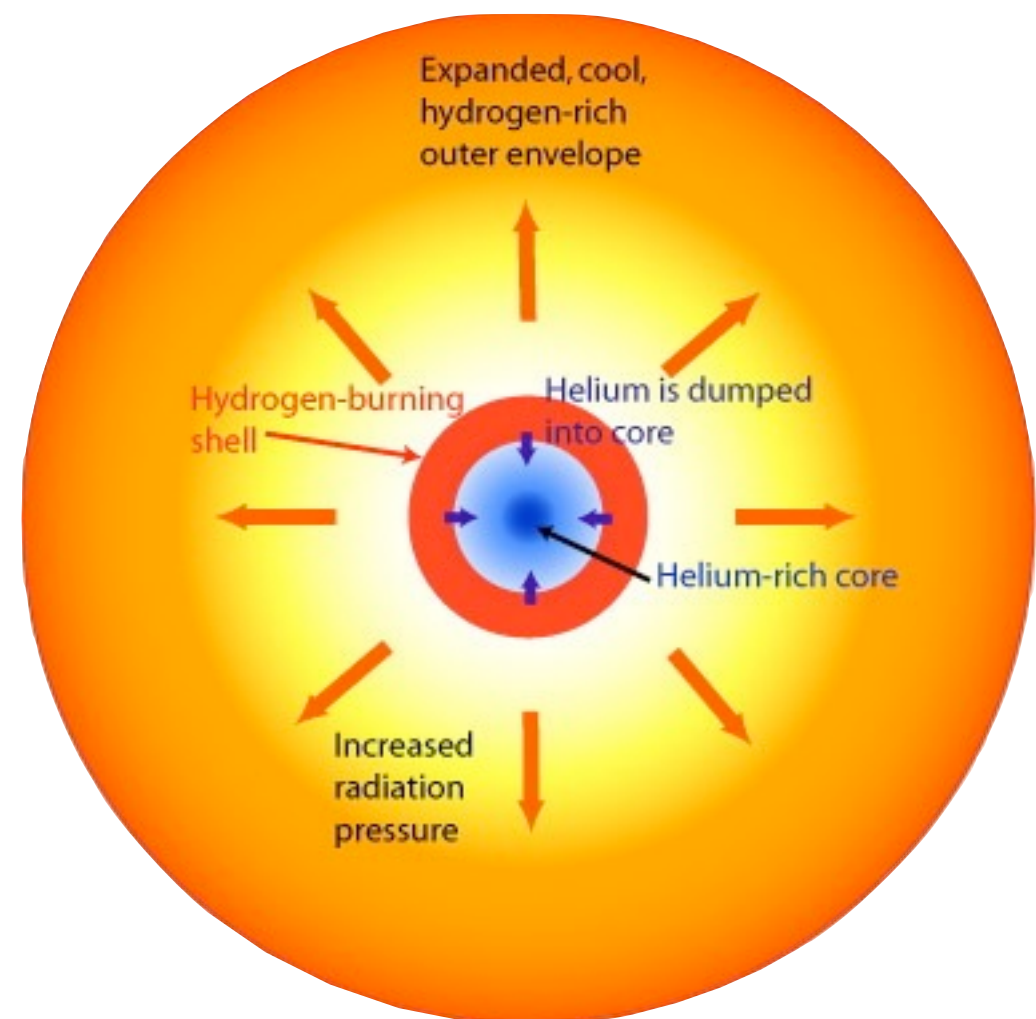
Ramo delle giganti rosse: Hydrogen-burning shell

- Durante la SP, l' H nel cuore fusionsa e crea He .



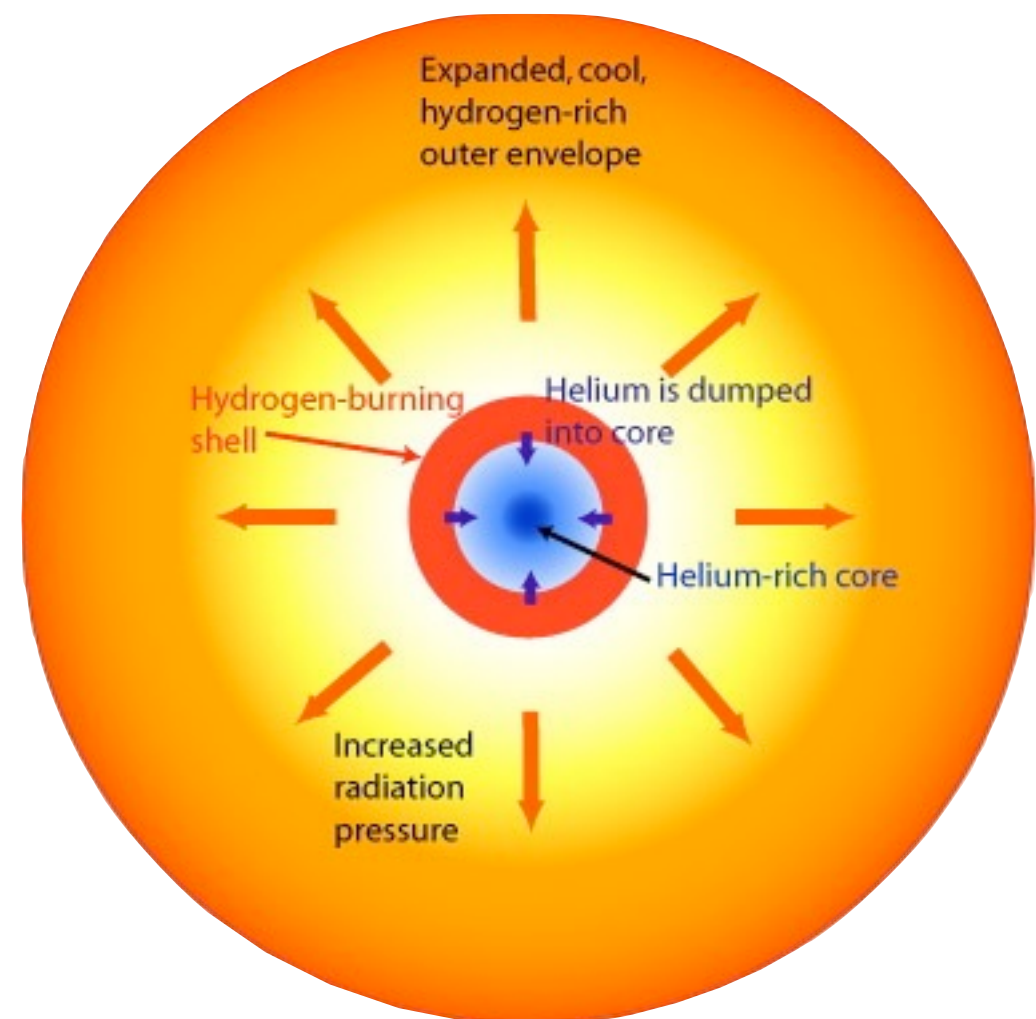
Ramo delle giganti rosse: Hydrogen-burning shell

- Durante la SP, l' H nel cuore fusionsa e crea He .
- Alla fine, il carburante nel cuore è esausto e la **fusione si ferma**.



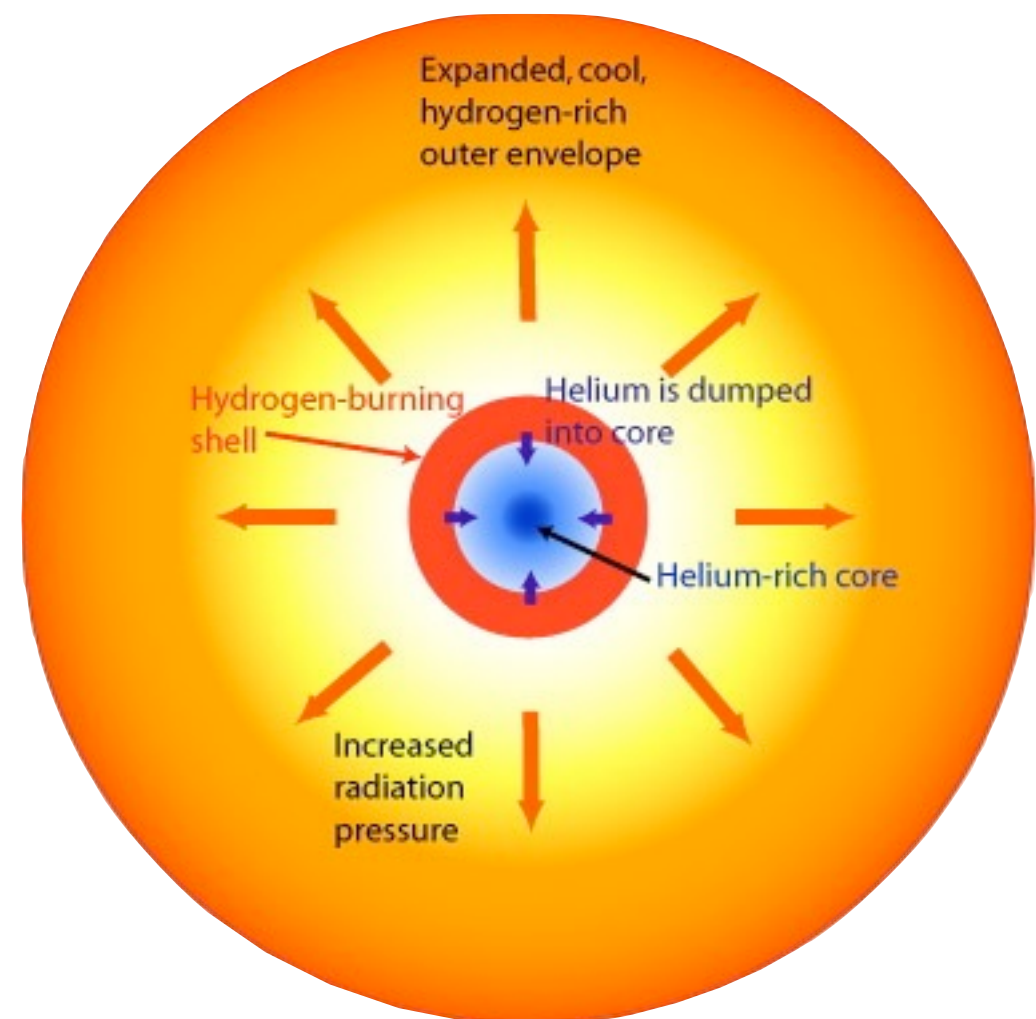
Ramo delle giganti rosse: Hydrogen-burning shell

- Durante la SP, l' H nel cuore fusionsa e crea He .
- Alla fine, il carburante nel cuore è esausto e la **fusione si ferma**.
- Il cuore si comprime e si riscalda.



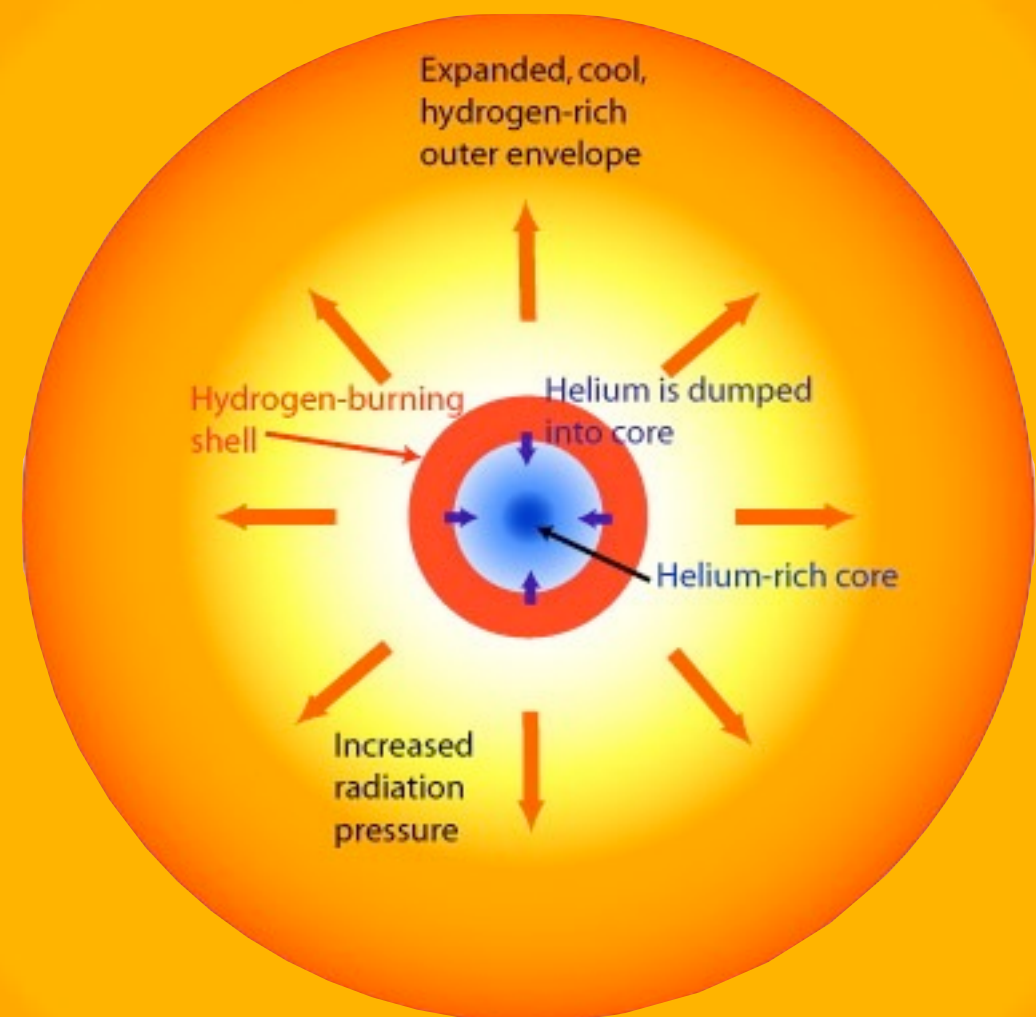
Ramo delle giganti rosse: Hydrogen-burning shell

- Durante la SP, l' H nel cuore fusionsa e crea He .
- Alla fine, il carburante nel cuore è esausto e la **fusione si ferma**.
- Il cuore si comprime e si riscalda.
- “Hydrogen-burning shell” ed espansione degli strati esterni.



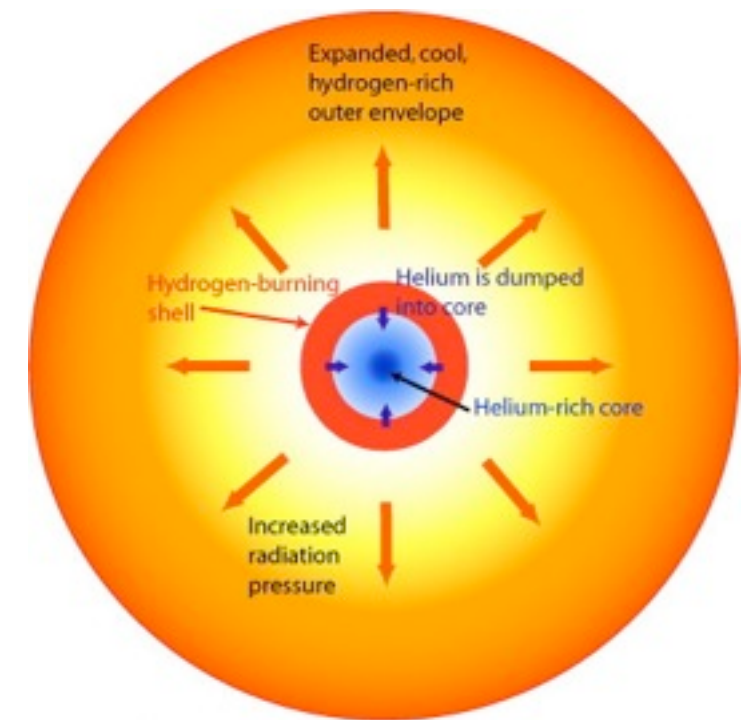
Ramo delle giganti rosse: Hydrogen-burning shell

- Durante la SP, l'*H* nel cuore fusionsa e crea *He*.
- Alla fine, il carburante nel cuore è esausto e la **fusione si ferma**.
- Il cuore si comprime e si riscalda.
- “Hydrogen-burning shell” ed espansione degli strati esterni.



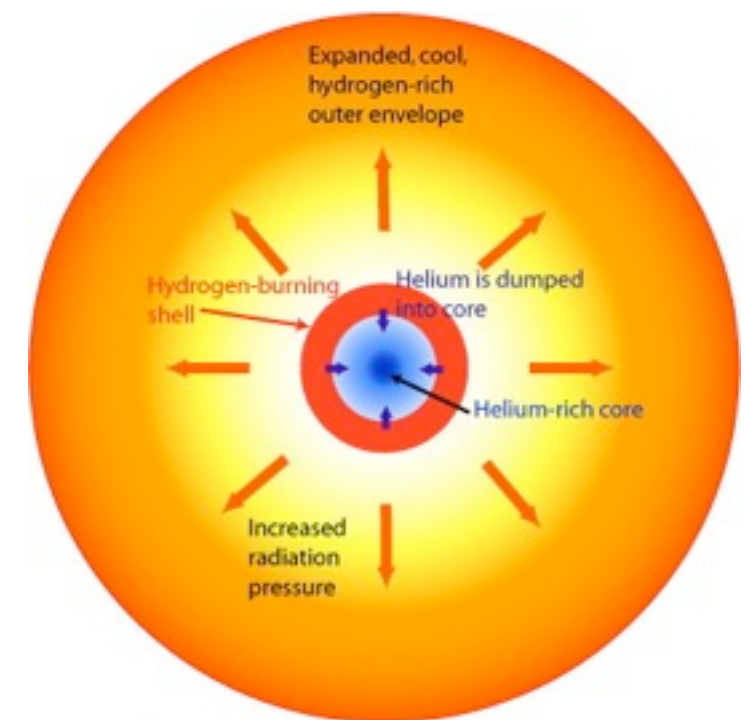
La stella diventa
una gigante rossa

Ramo delle giganti rosse: Hydrogen-burning shell



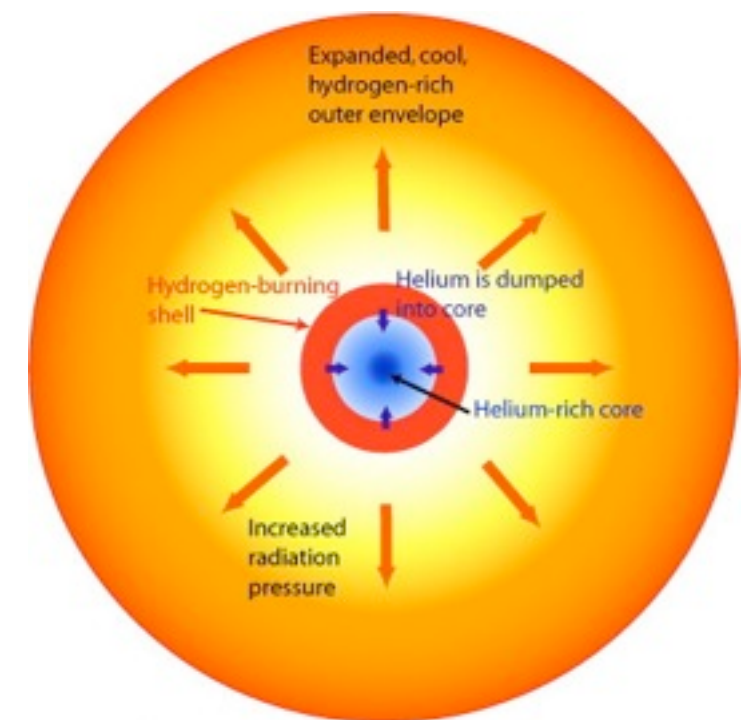
Ramo delle giganti rosse: Hydrogen-burning shell

- L'*He* si concentra nel cuore (niente fusione d'*He* ancora).



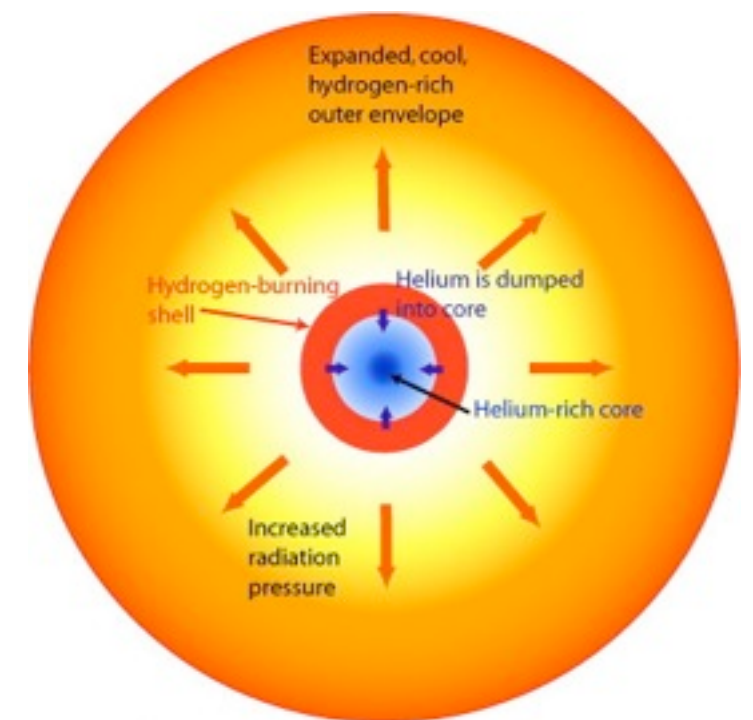
Ramo delle giganti rosse: Hydrogen-burning shell

- L'*He* si concentra nel cuore (niente fusione d'*He* ancora).
- Il cuore d'*He* diventa più massiccio, si comprime e si riscalda.



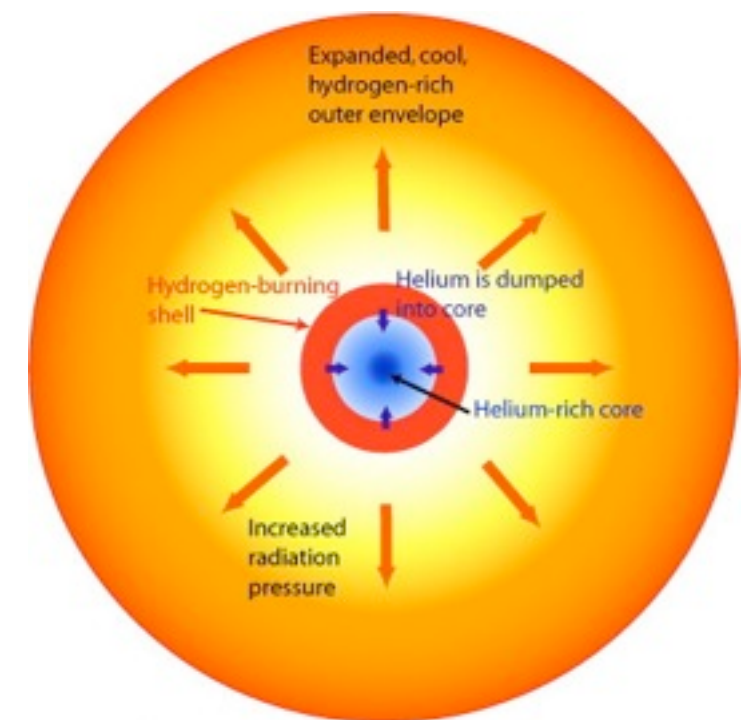
Ramo delle giganti rosse: Hydrogen-burning shell

- L'*He* si concentra nel cuore (niente fusione d'*He* ancora).
- Il cuore d'*He* diventa più massiccio, si comprime e si riscalda.
- La densità del cuore è tale che gli elettroni diventano **degenerati** (cuore incompressibile come un liquido): la compressione si ferma.



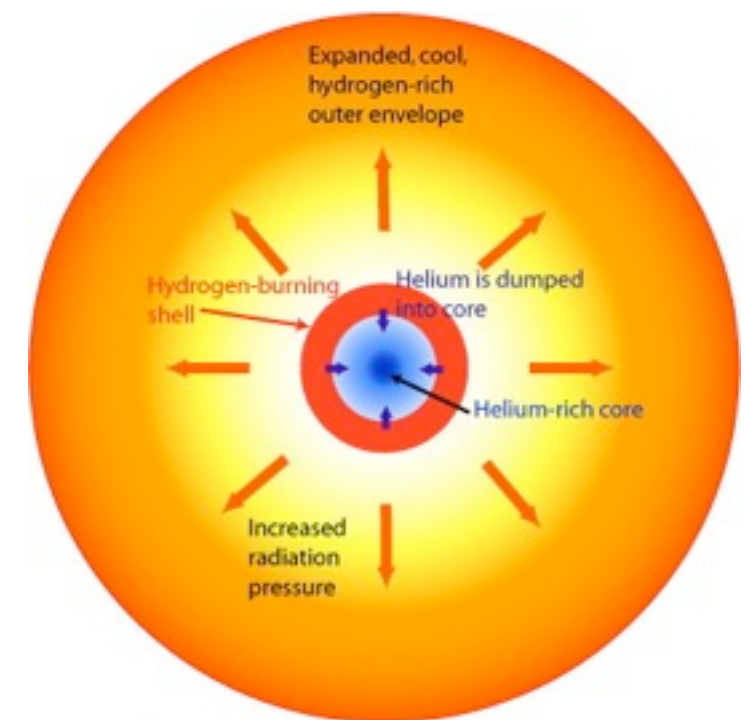
Ramo delle giganti rosse: Hydrogen-burning shell

- L'*He* si concentra nel cuore (niente fusione d'*He* ancora).
- Il cuore d'*He* diventa più massiccio, si comprime e si riscalda.
- La densità del cuore è tale che gli elettroni diventano **degenerati** (cuore incompressibile come un liquido): la compressione si ferma.
- “*H*-shell” continua di bruciare e il cuore degenerato continua a riscaldarsi (**senza espandersi**).

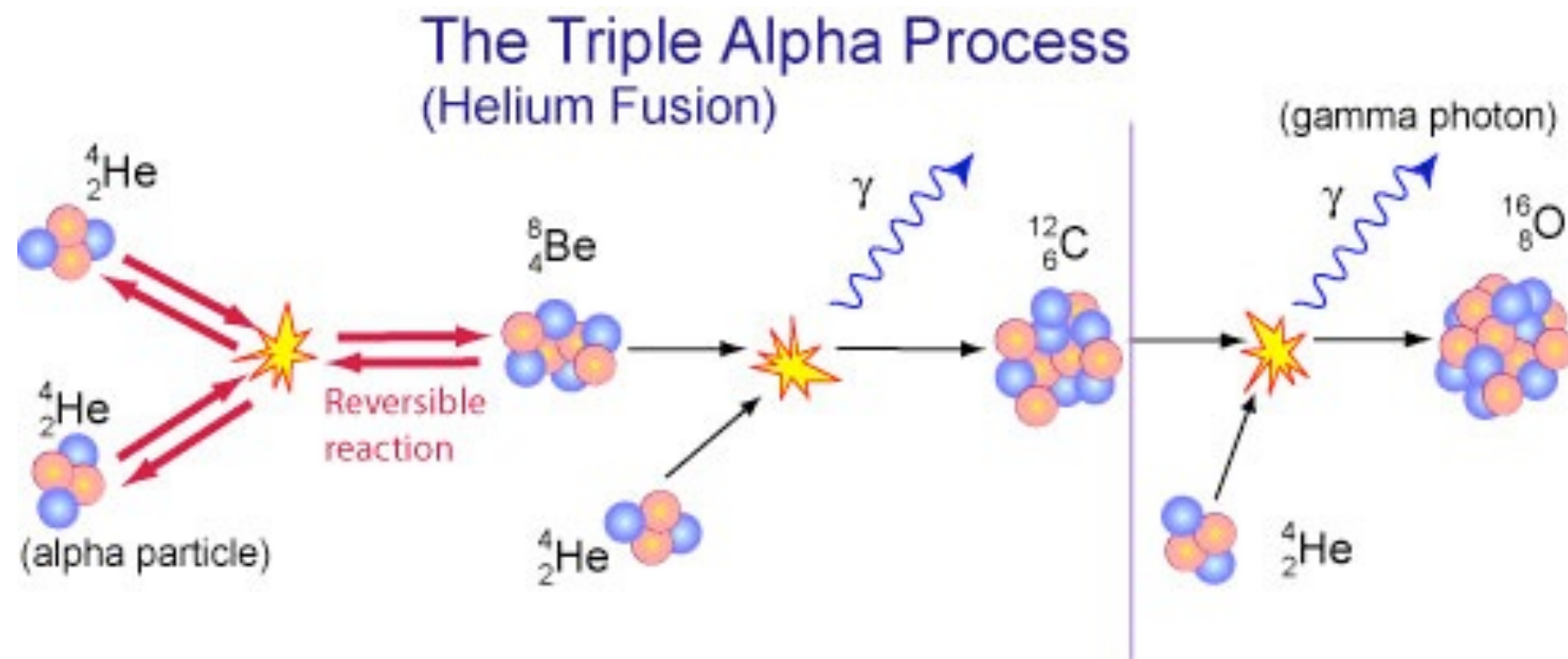


Ramo delle giganti rosse: Hydrogen-burning shell

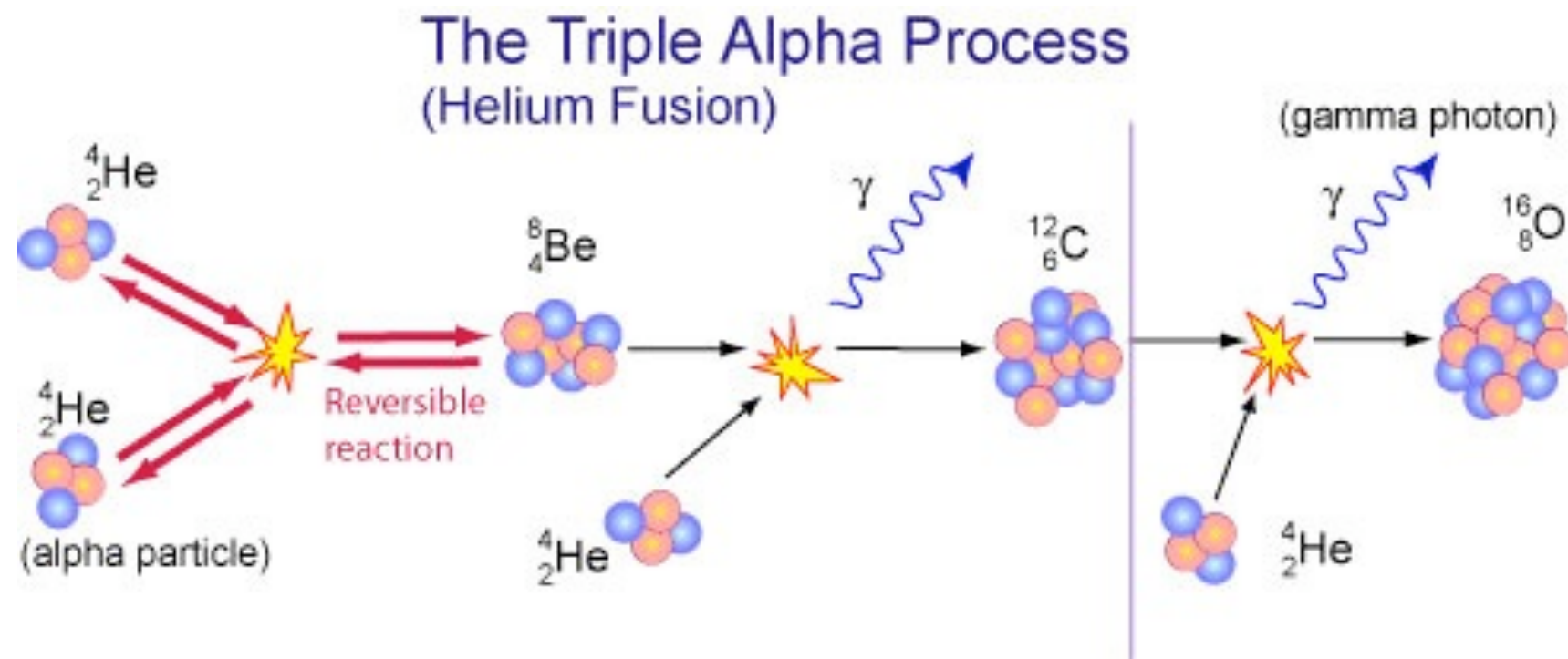
- L'*He* si concentra nel cuore (niente fusione d'*He* ancora).
- Il cuore d'*He* diventa più massiccio, si comprime e si riscalda.
- La densità del cuore è tale che gli elettroni diventano **degenerati** (cuore incompressibile come un liquido): la compressione si ferma.
- “*H*-shell” continua di bruciare e il cuore degenerato continua a riscaldarsi (**senza espandersi**).
- A $100 \cdot 10^6$ K, l'*He* può cominciare la fusione nucleare attraverso il “**triple alpha process**”.



Ramo delle giganti rosse: Triple alpha process

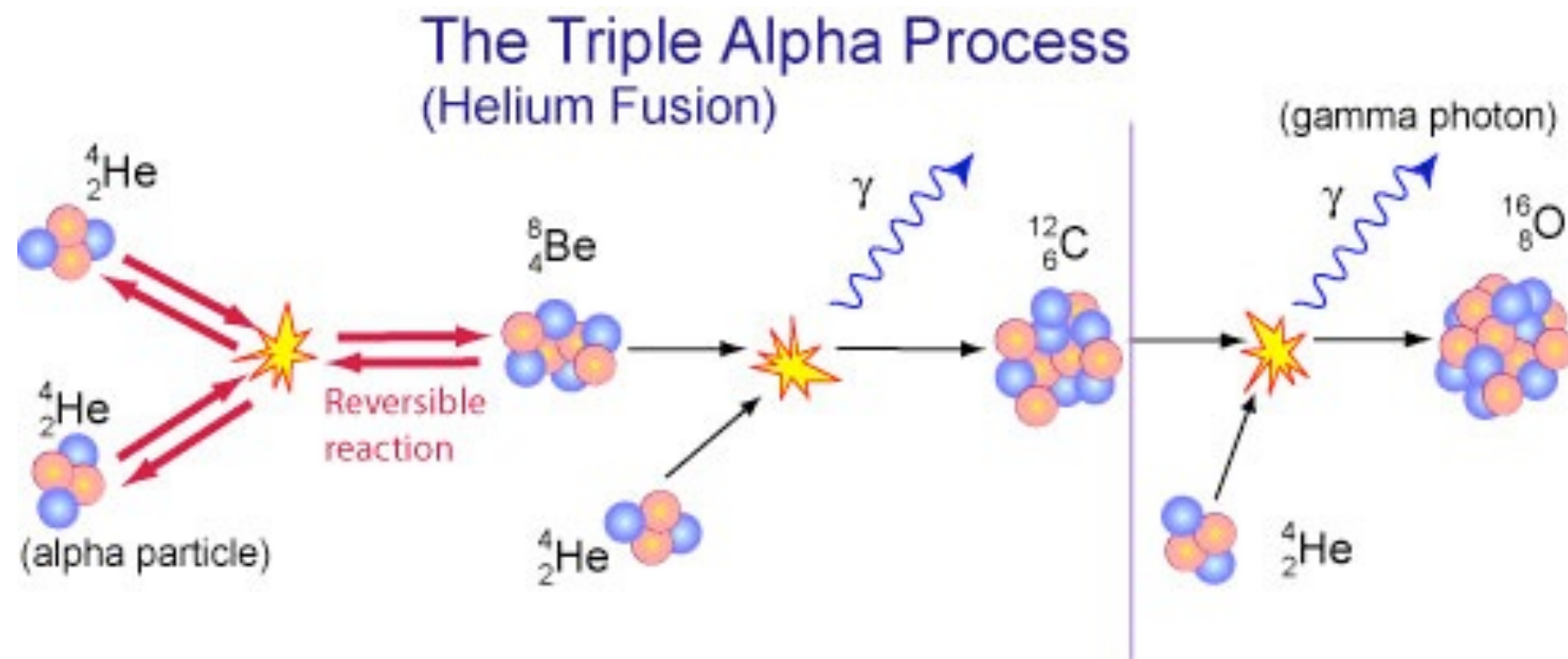


Ramo delle giganti rosse: Triple alpha process



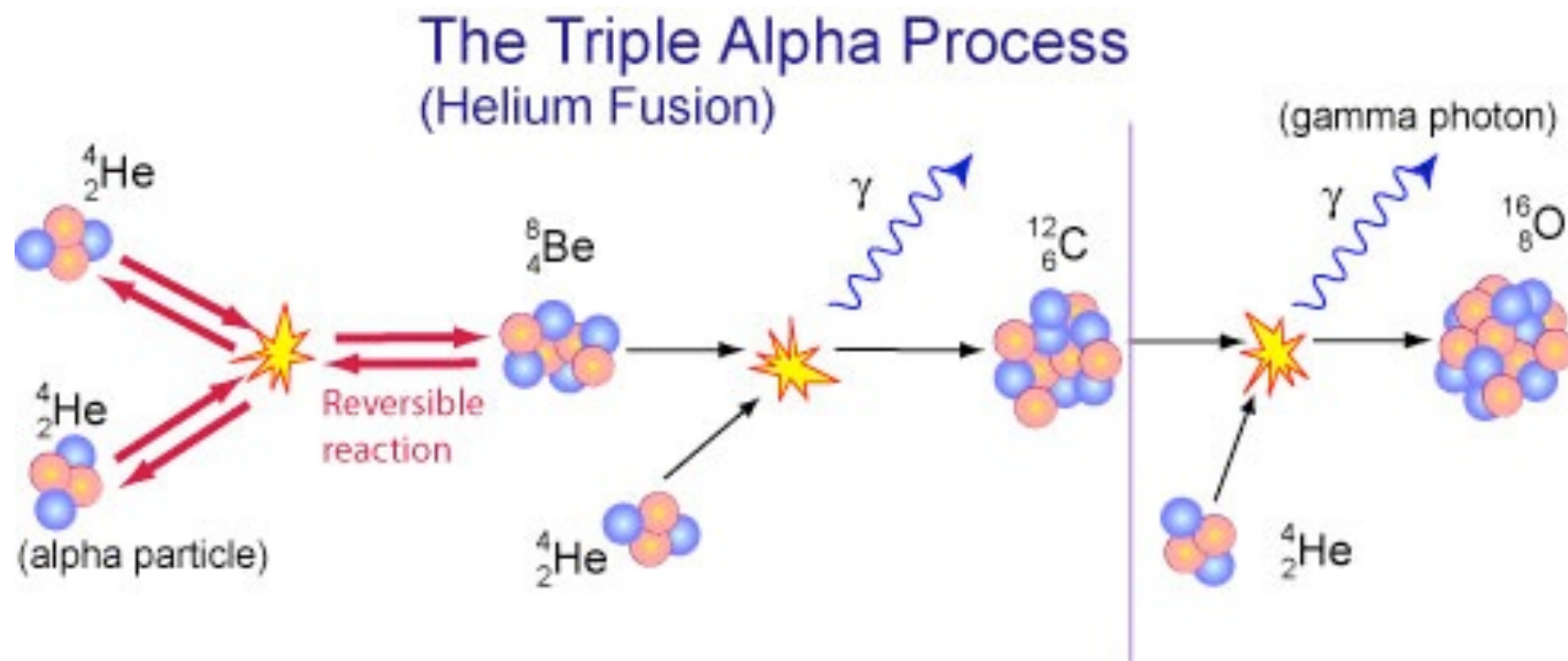
- La temperatura del cuore continua ad aumentare, ma non si espande.

Ramo delle giganti rosse: Triple alpha process



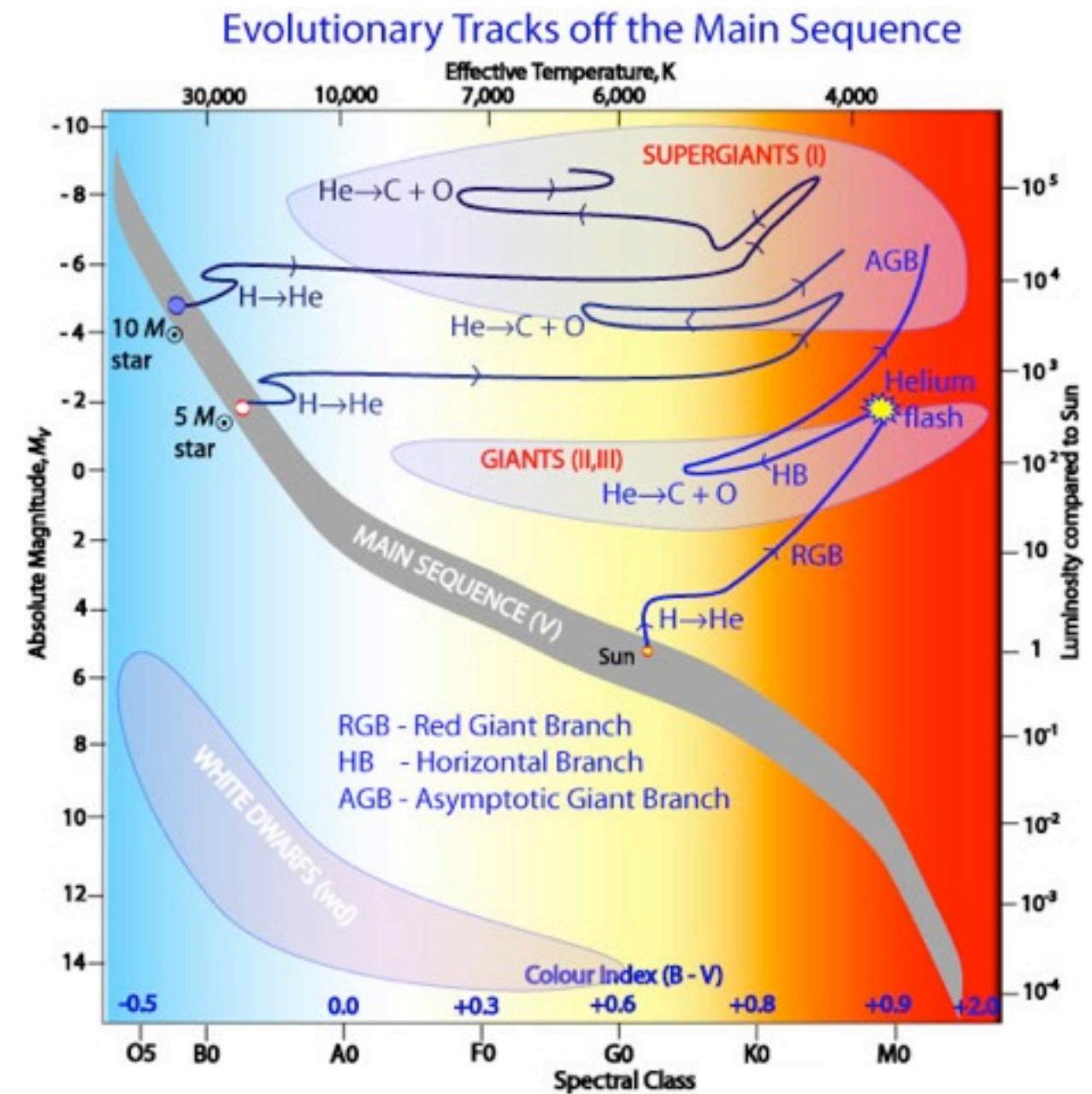
- La temperatura del cuore continua ad aumentare, ma non si espande.
- T più alte $\Rightarrow$ più "Triple α process" $\Rightarrow$ più Energia $\Rightarrow$ T più alte $\Rightarrow$ ecc...

Ramo delle giganti rosse: Triple alpha process



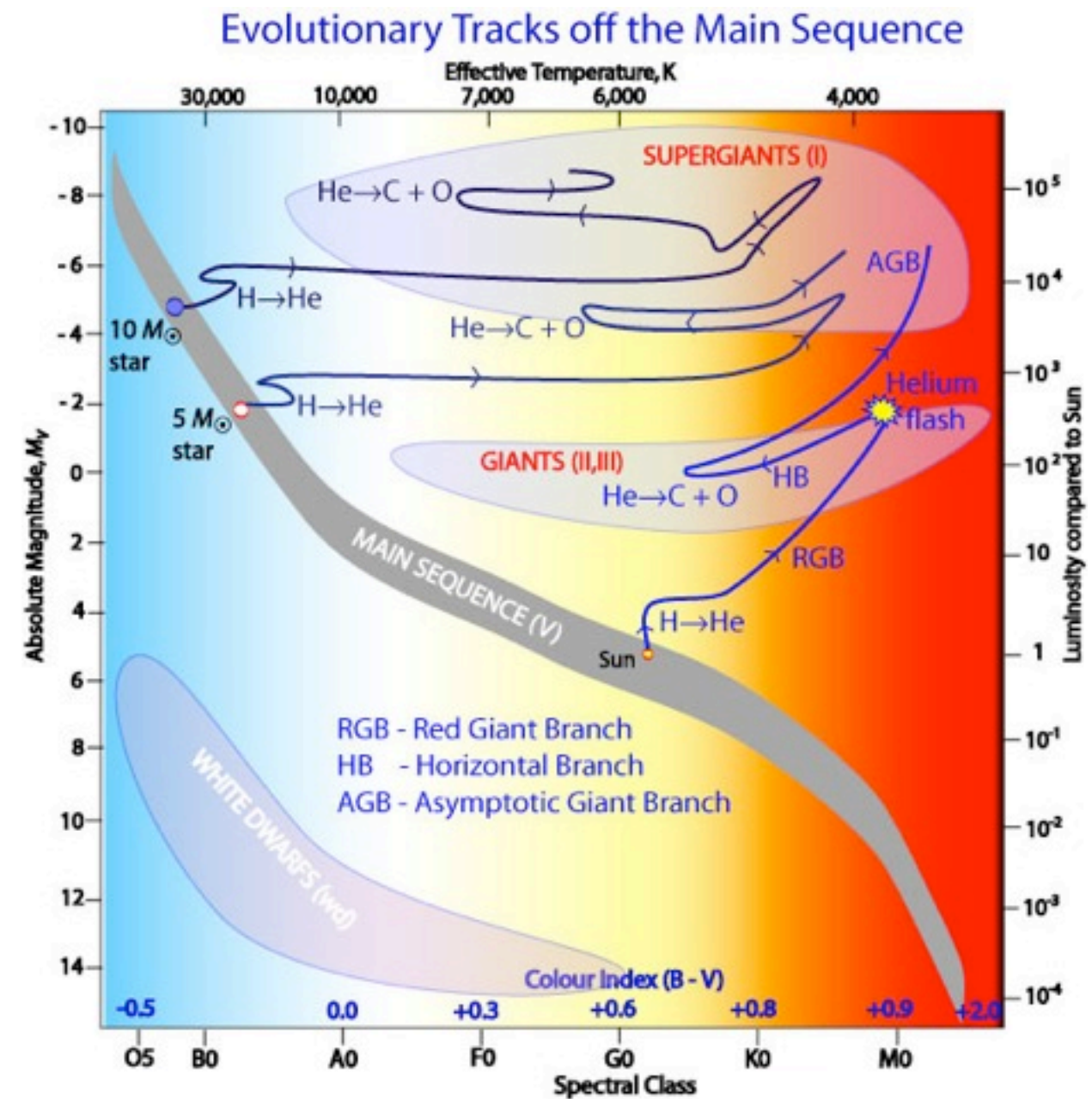
- La temperatura del cuore continua ad aumentare, ma non si espande.
- T più alte $\Rightarrow$ più "Triple α process" $\Rightarrow$ più Energia $\Rightarrow$ T più alte $\Rightarrow$ ecc...
- A $300 \cdot 10^6$ K $\Rightarrow$ Esplosione "He flash" $\Rightarrow$ fine della degenerescenza.

Ramo orizzontale: Fusione dell'elio



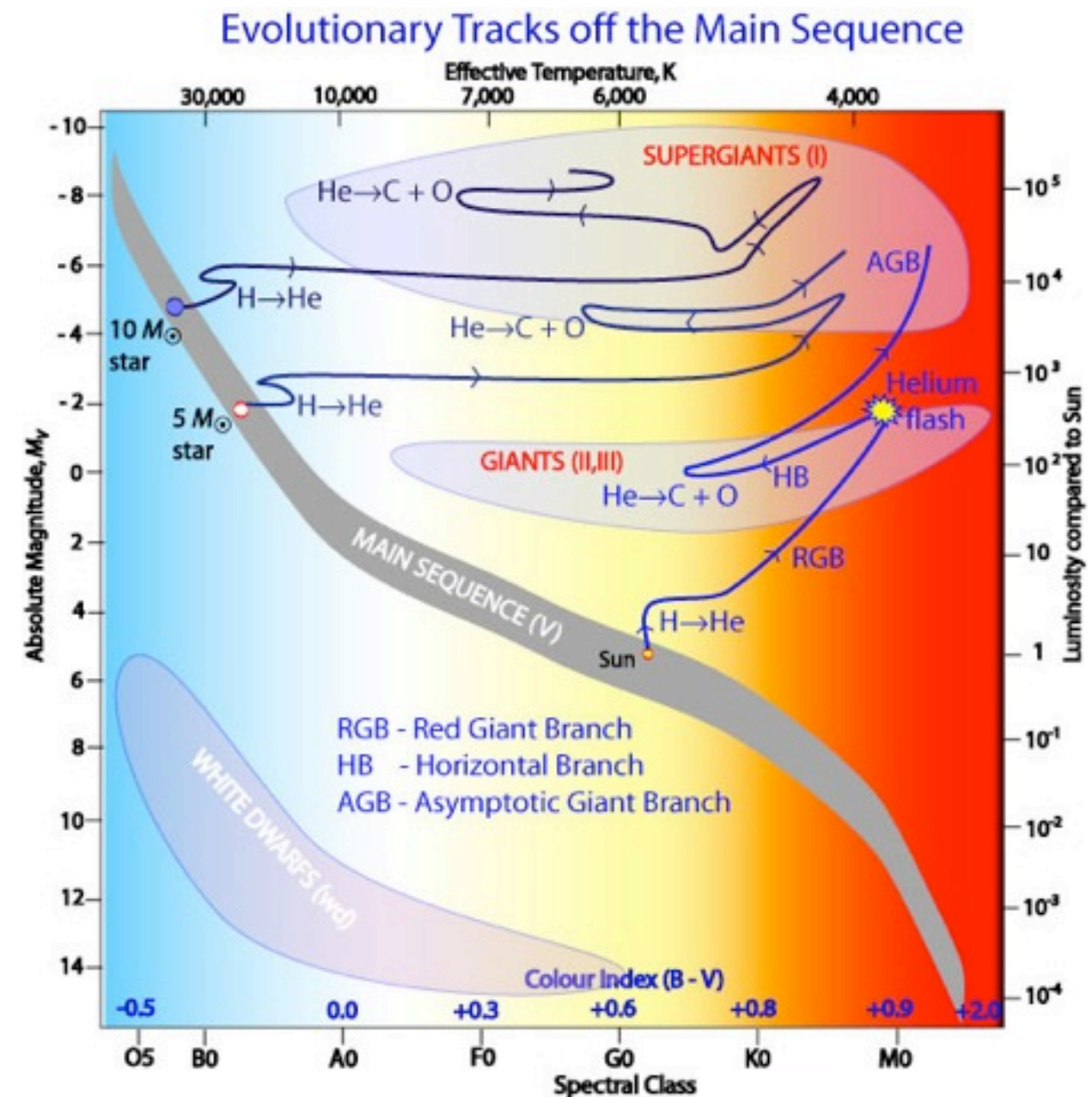
Ramo orizzontale: Fusione dell'elio

- Dopo l'*He* flash: fusione dell'*He* nel centro e fusione dell'*H* nel shell.



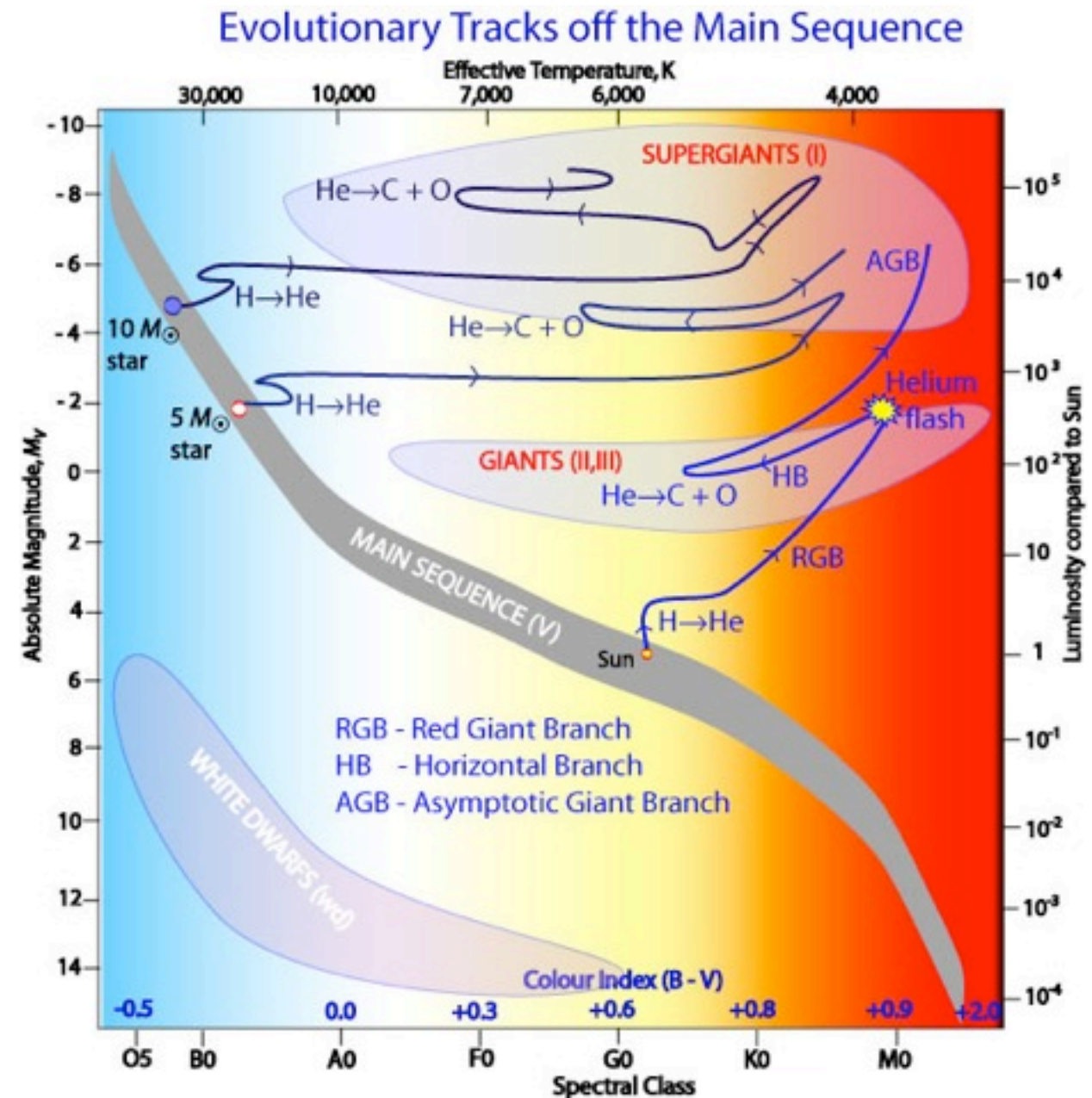
Ramo orizzontale: Fusione dell'elio

- Dopo l'*He* flash: fusione dell'*He* nel centro e fusione dell'*H* nel shell.
- Il nucleo (ricco di *C* e *O*) si espande e si raffredda.



Ramo orizzontale: Fusione dell'elio

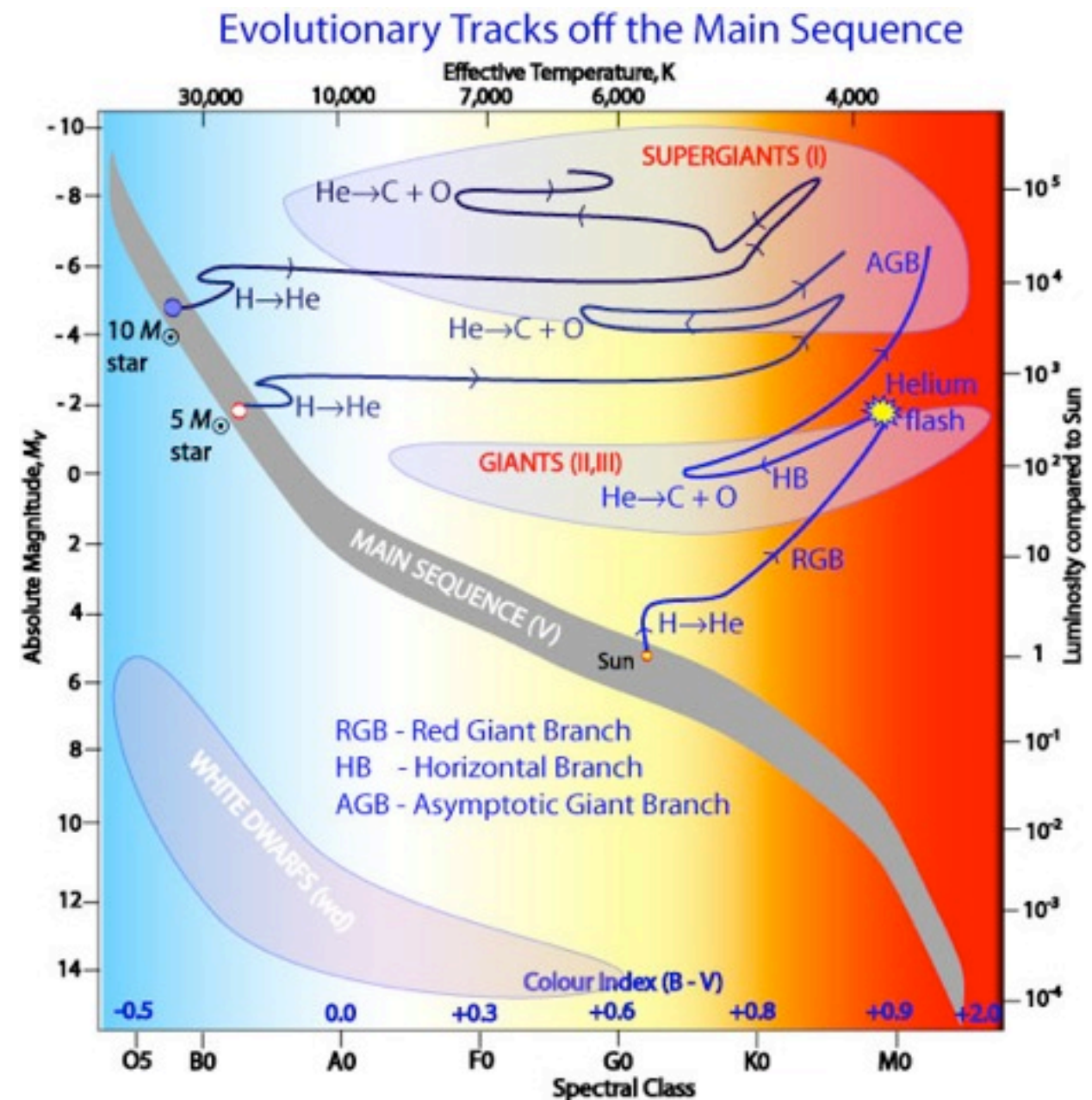
- Dopo l'*He* flash: fusione dell'*He* nel centro e fusione dell'*H* nel shell.
- Il nucleo (ricco di *C* e *O*) si espande e si raffredda.
- Strati esterni più caldi, dimensione globale minore $\Rightarrow L \sim \text{costante}$.



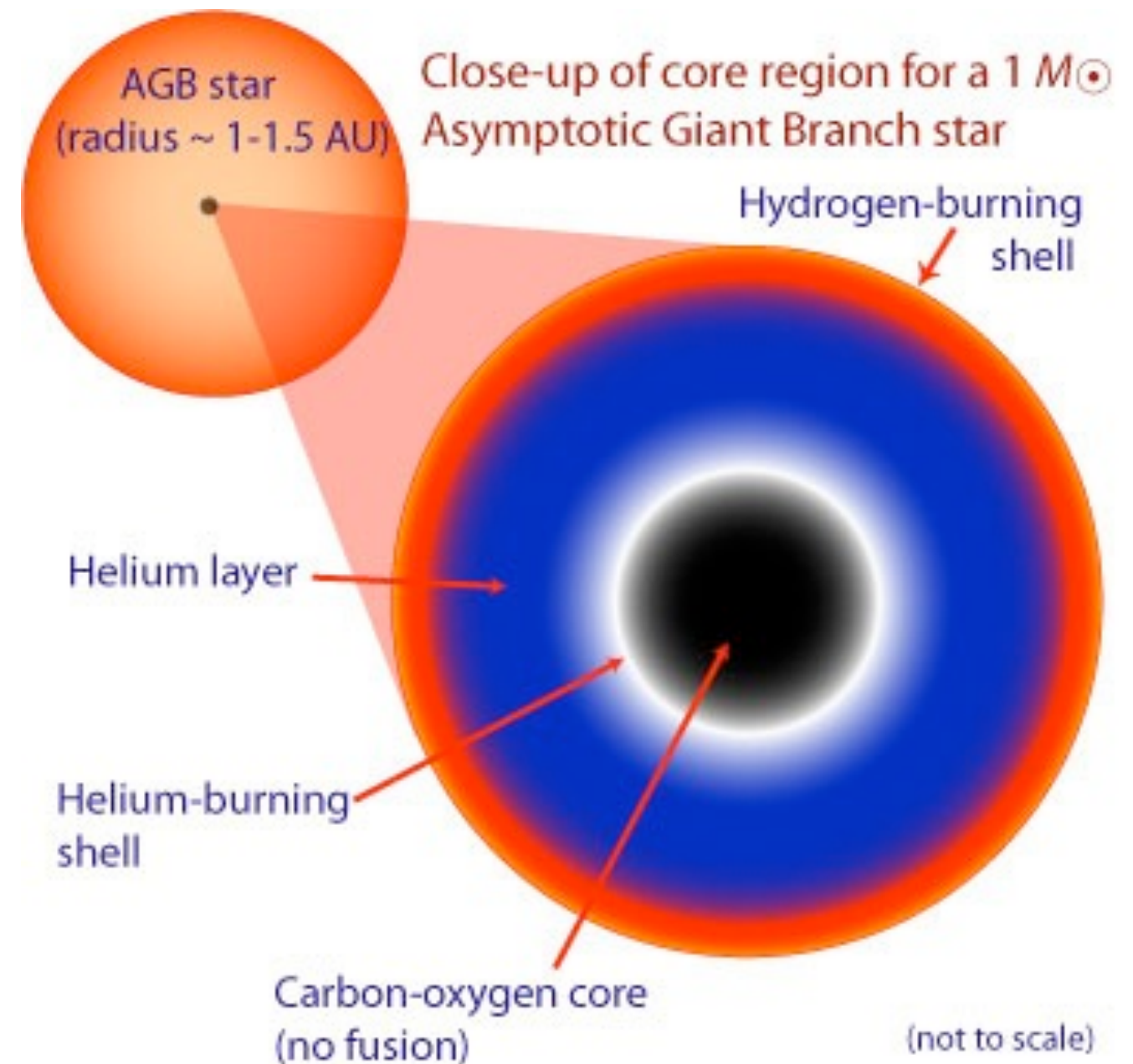
Ramo orizzontale: Fusione dell'elio

- Dopo l'*He* flash: fusione dell'*He* nel centro e fusione dell'*H* nel shell.
- Il nucleo (ricco di *C* e *O*) si espande e si raffredda.
- Strati esterni più caldi, dimensione globale minore $\Rightarrow L \sim \text{costante}$.

La stelle rimane sul HR per
alcuni 10^6 anni

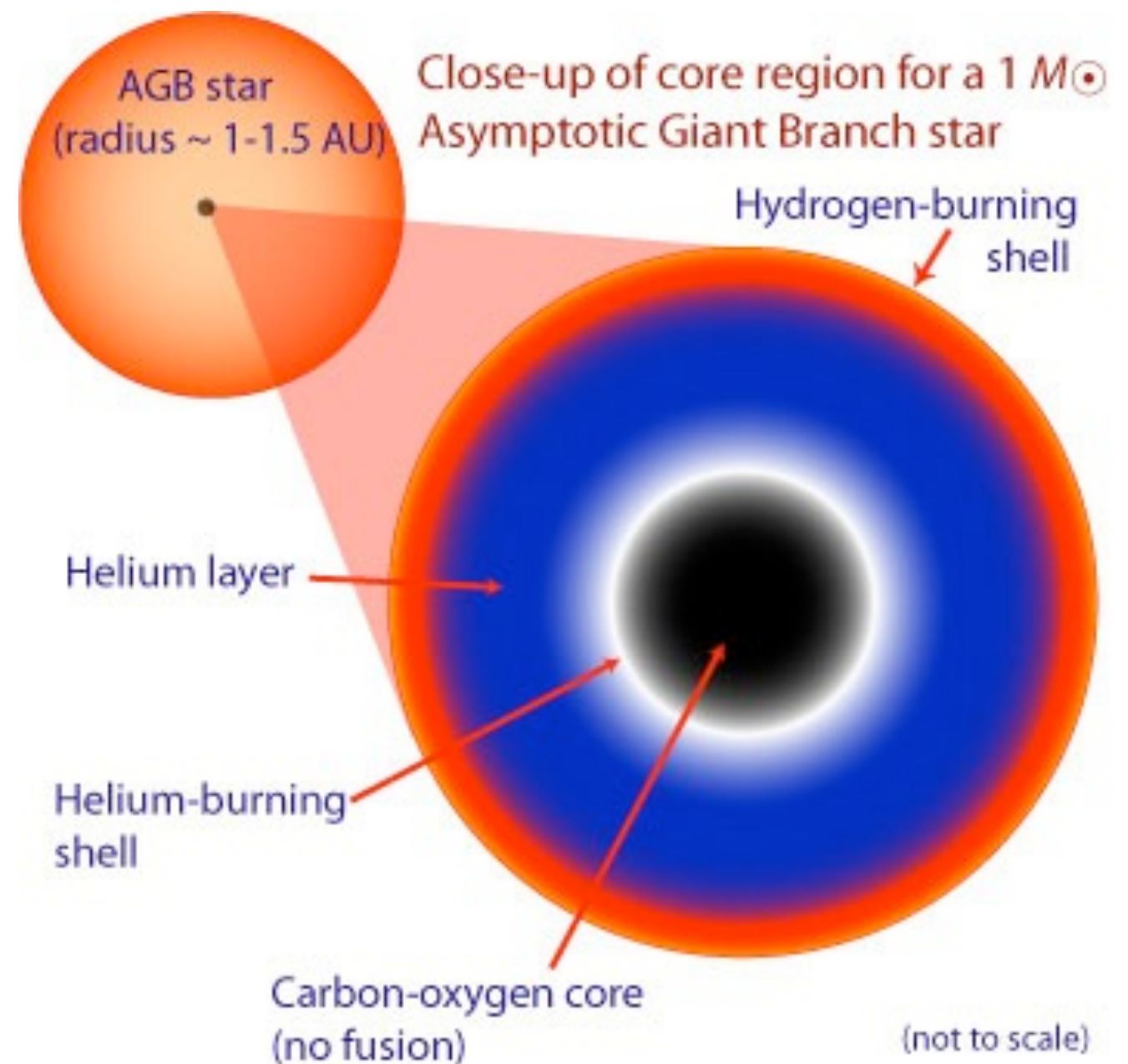


Ramo asintotico delle giganti: Helium-burning shell



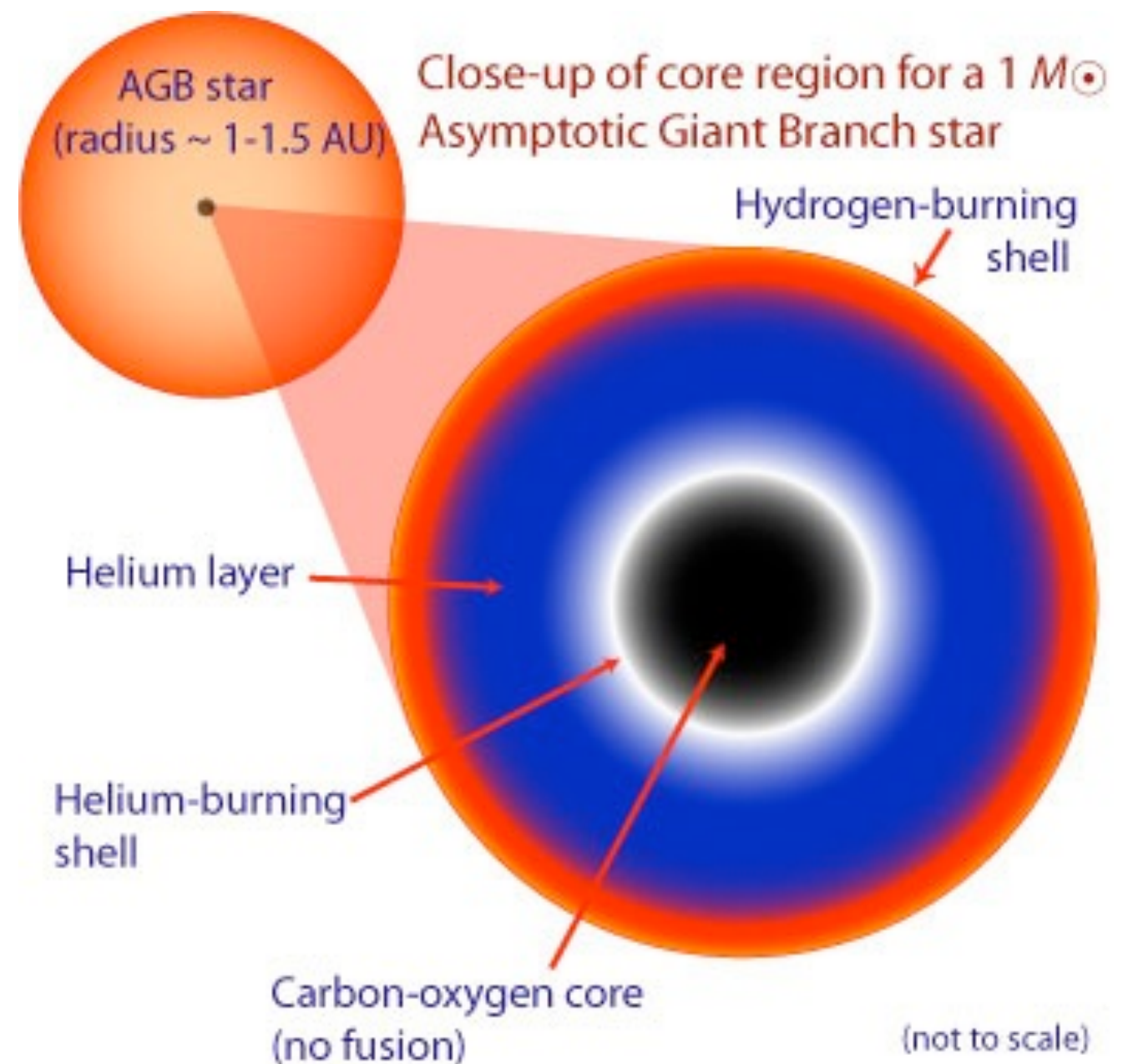
Ramo asintotico delle giganti: Helium-burning shell

- Alla fine della fusione dell'He nel cuore, esso si comprime e si riscalda.



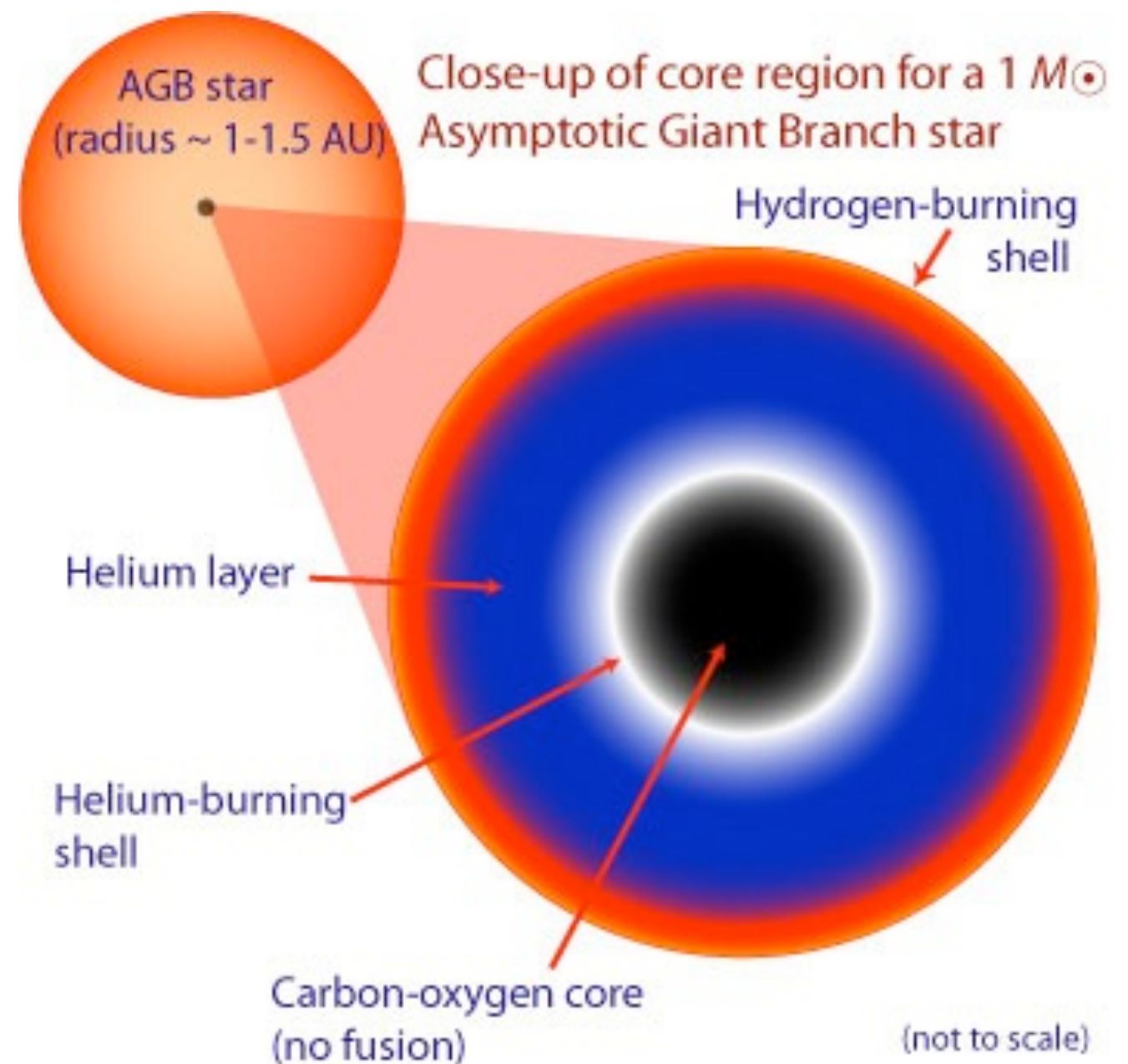
Ramo asintotico delle giganti: Helium-burning shell

- Alla fine della fusione dell'He nel cuore, esso si comprime e si riscalda.
- Helium-burning shell e Hydrogen-burning shell $\Rightarrow$ espansione fino a 1.5 AU (orbite di Marte).



Ramo asintotico delle giganti: Helium-burning shell

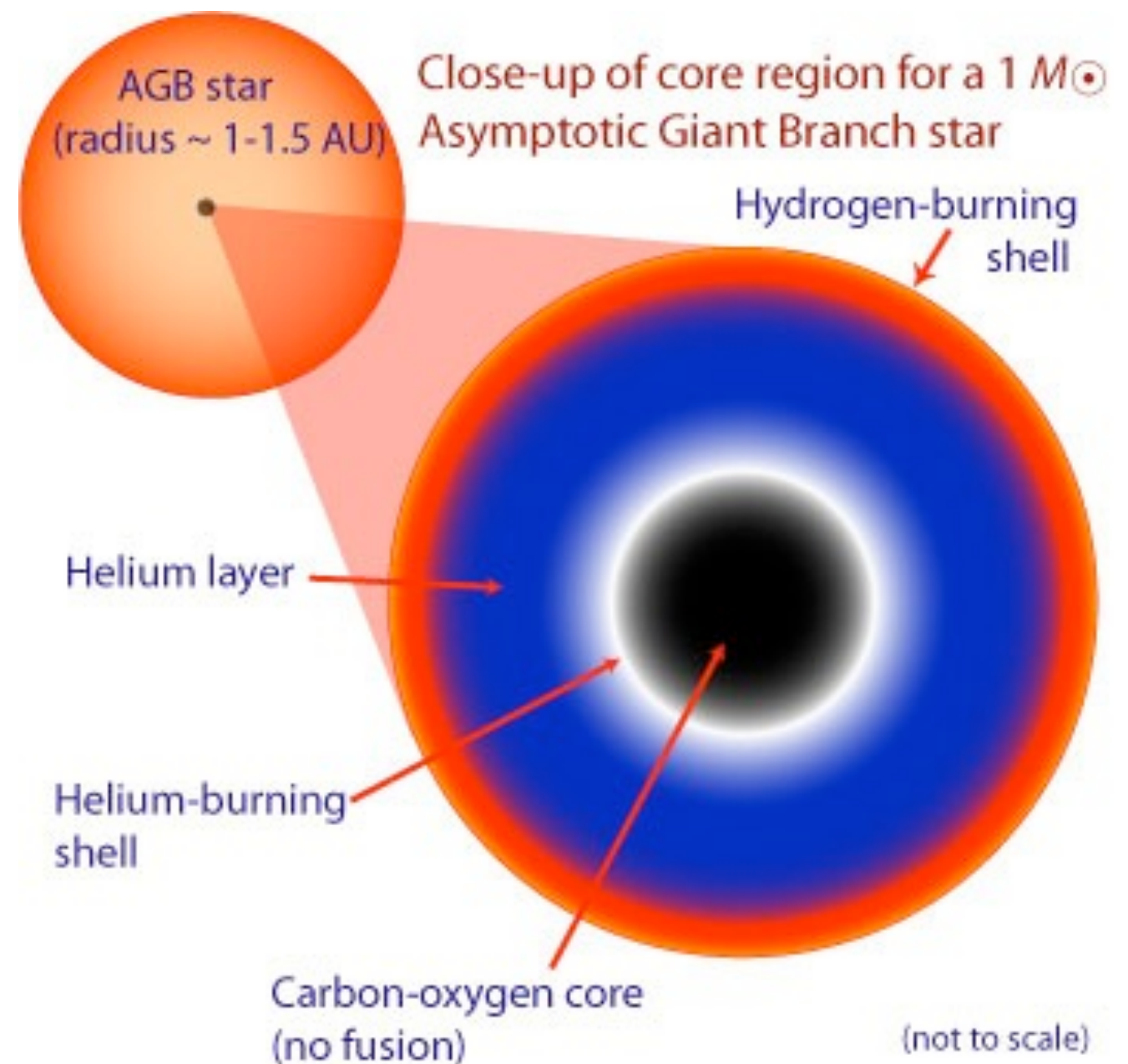
- Alla fine della fusione dell'He nel cuore, esso si comprime e si riscalda.
- Helium-burning shell e Hydrogen-burning shell $\Rightarrow$ espansione fino a 1.5 AU (orbite di Marte).
- In stelle come il Sole, la Temp. centrale non basta per fondere il carbonio e l'ossigeno.



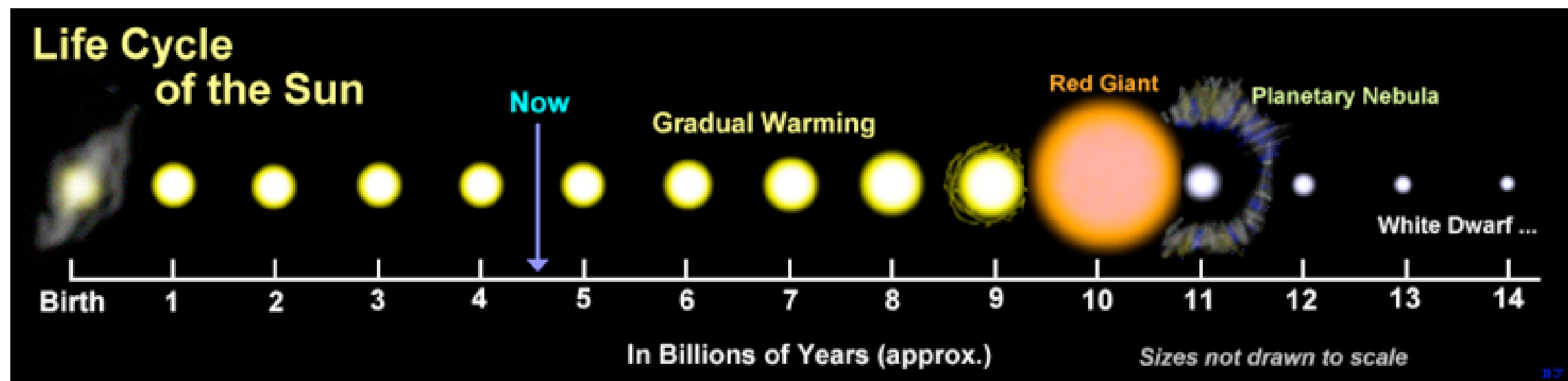
Ramo asintotico delle giganti: Helium-burning shell

- Alla fine della fusione dell'He nel cuore, esso si comprime e si riscalda.
- Helium-burning shell e Hydrogen-burning shell $\Rightarrow$ espansione fino a 1.5 AU (orbite di Marte).
- In stelle come il Sole, la Temp. centrale non basta per fondere il carbonio e l'ossigeno.

Vento stellare = $10^{-4} M_{\text{sun}}$ all'anno



La morte del Sole (e della Terra)



La morte del Sole (e della Terra)



La morte del Sole (e della Terra)



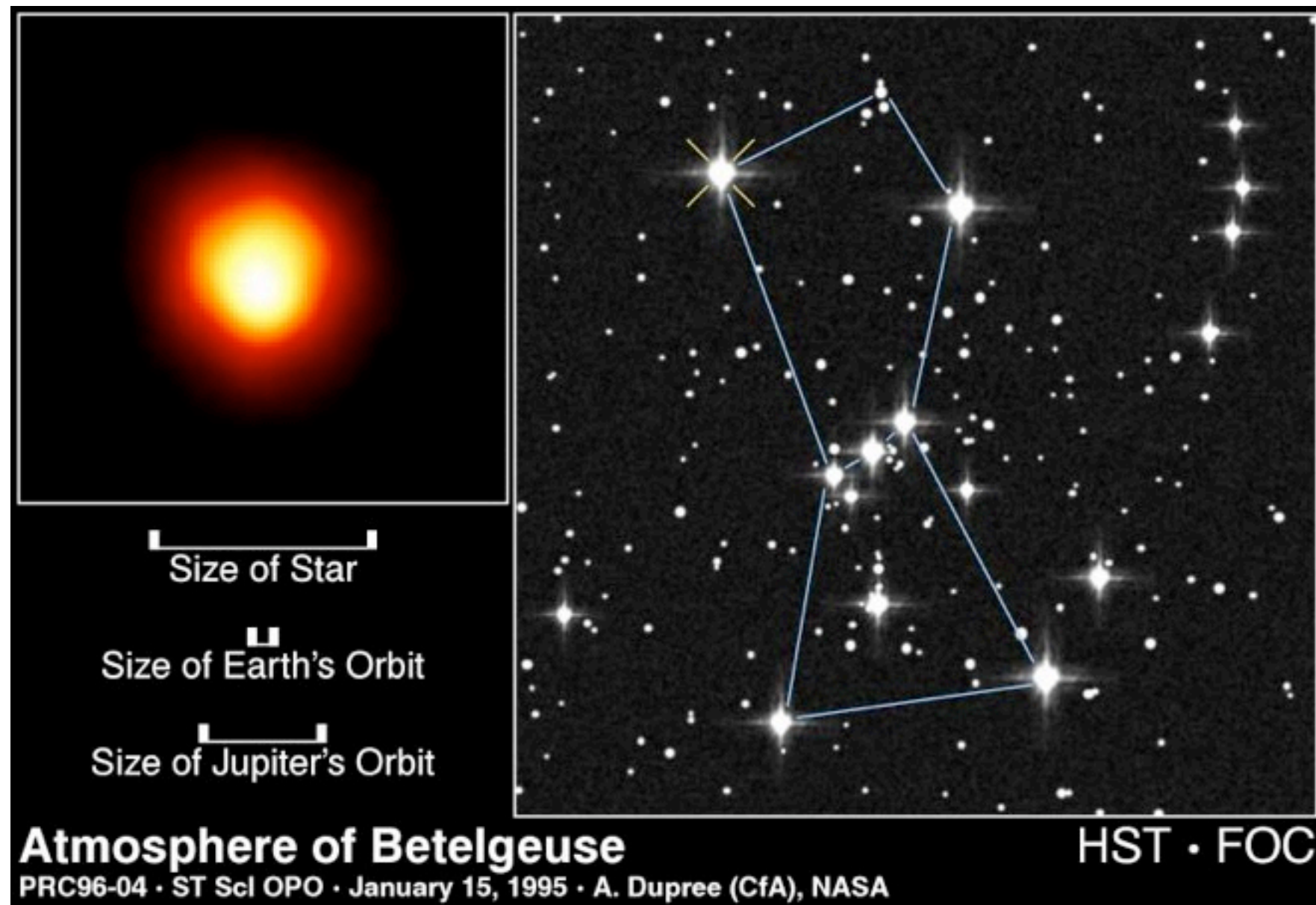
La morte del Sole (e della Terra)



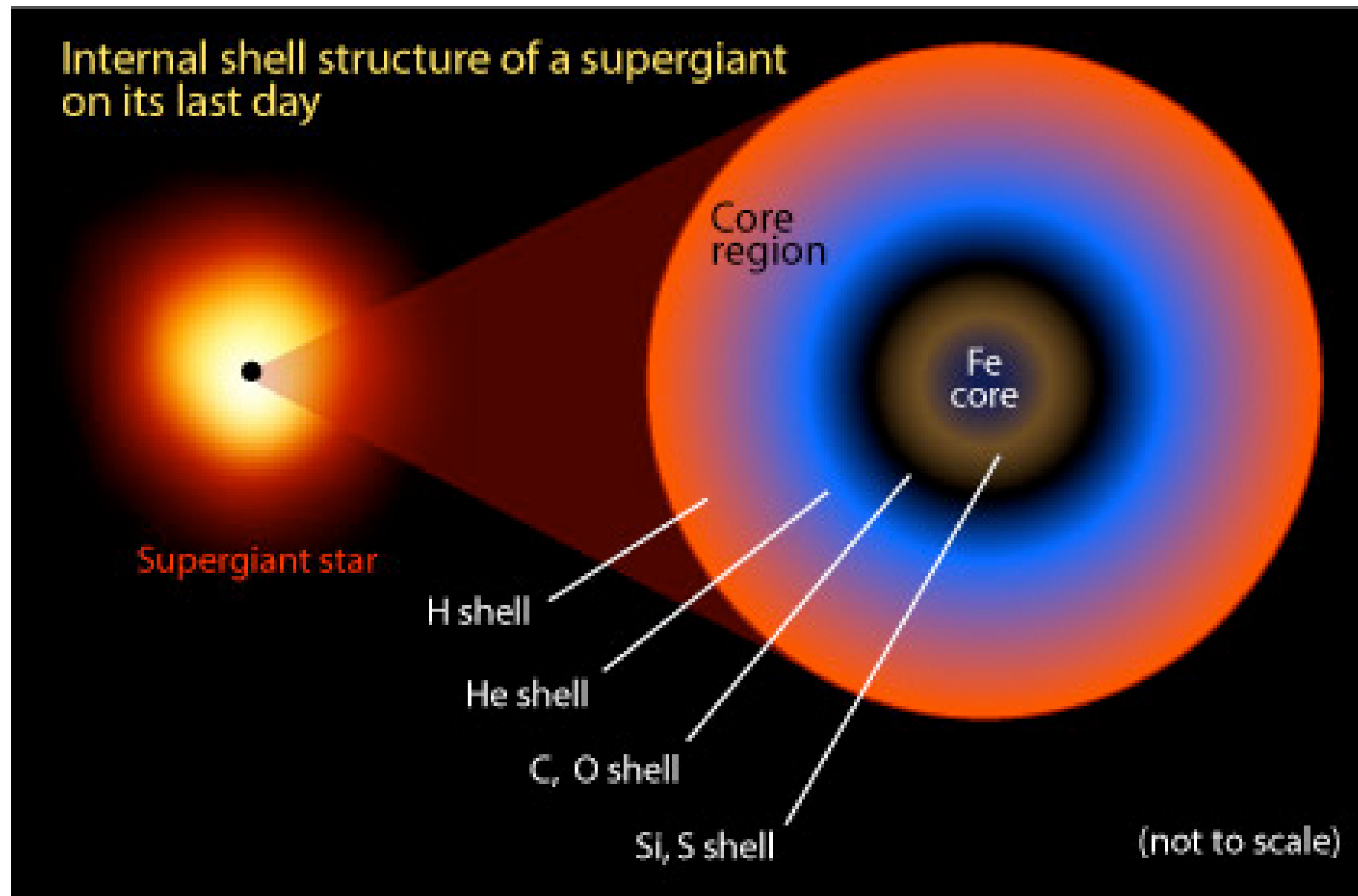
La morte del Sole (e della Terra)



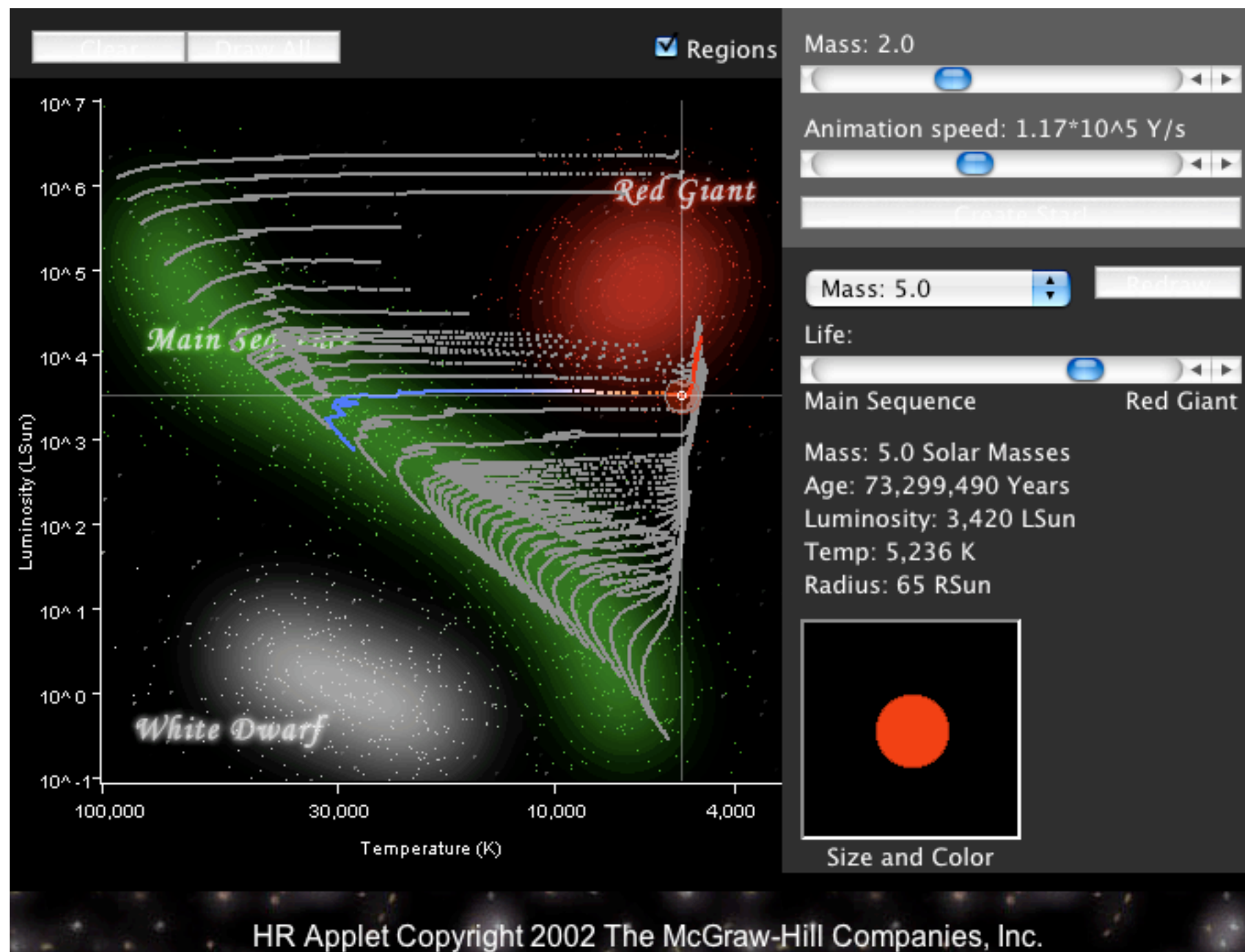
Evoluzione post-SP di stelle massicce



Evoluzione post-SP di stelle massicce

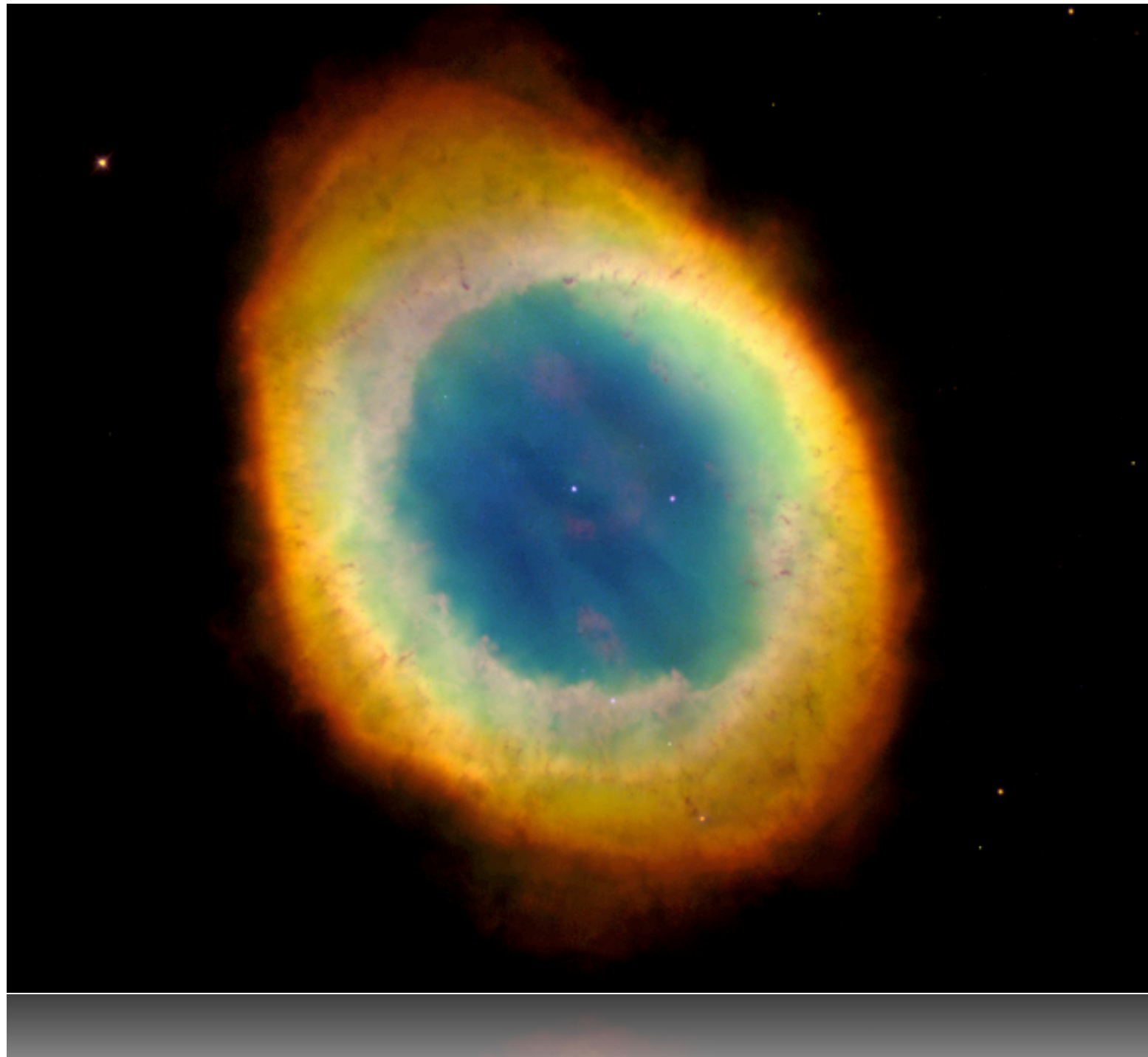


Evoluzione stellare nel diagramma HR



Fase 4: Nebulose planetarie

Restituzione dei nuclei pesanti al mezzo interstellare



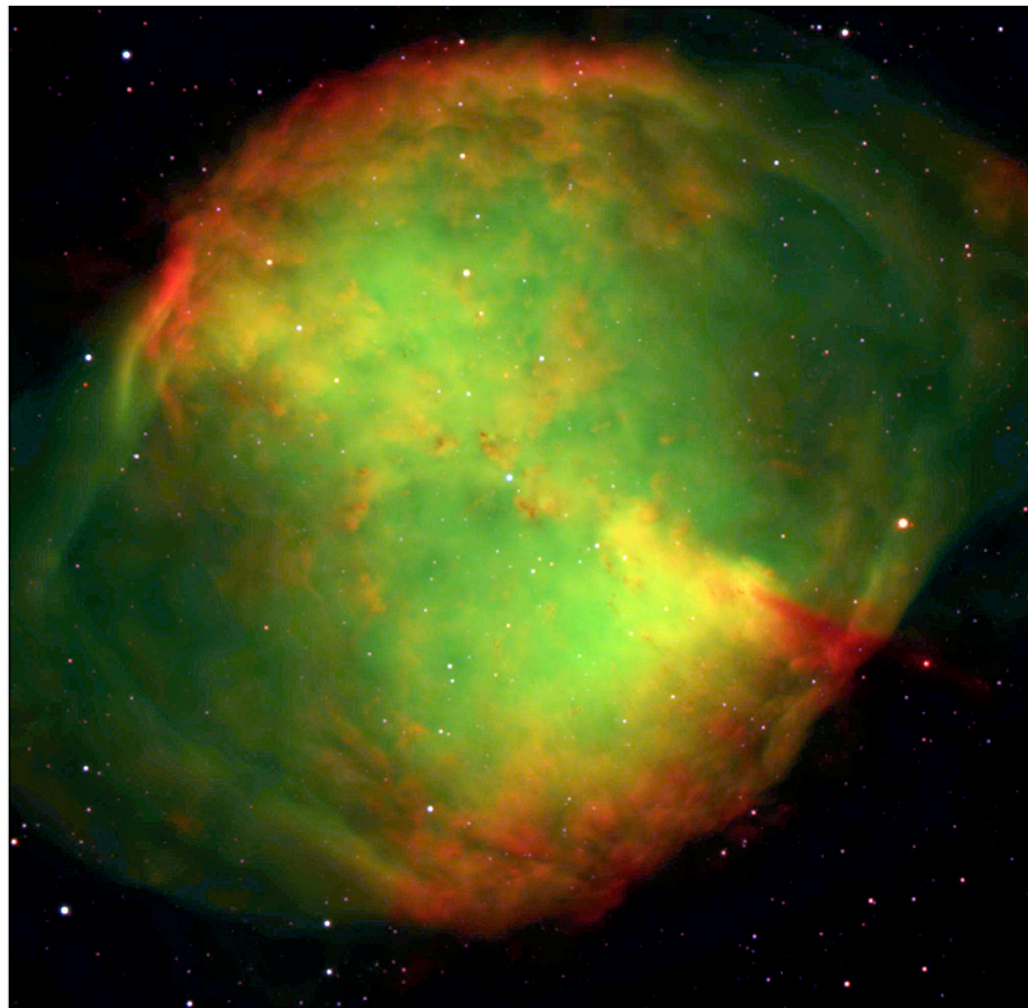
Fase 4: Nebulose planetarie

Restituzione dei nuclei pesanti al mezzo interstellare



Fase 4: Nebulose planetarie

Restituzione dei nuclei pesanti al mezzo interstellare



Planetary Nebula NGC 6853 (M 27) - VLT UT1+FORS1

ESO PR Photo 38a/98 (7 October 1998)

© ESO European Southern Observatory



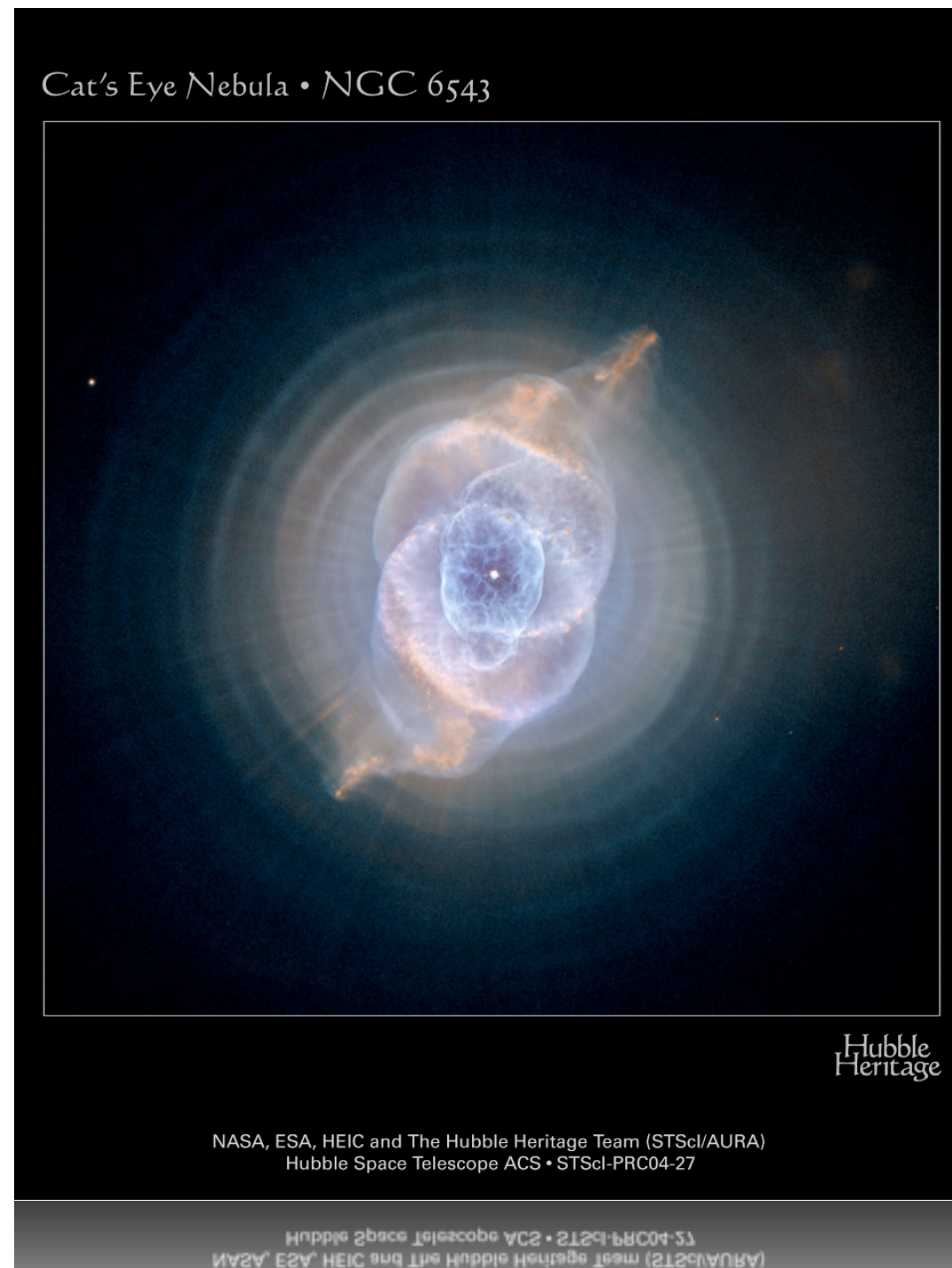
ESO PR Photo 38a/98 (7 October 1998)

© ESO European Southern Observatory



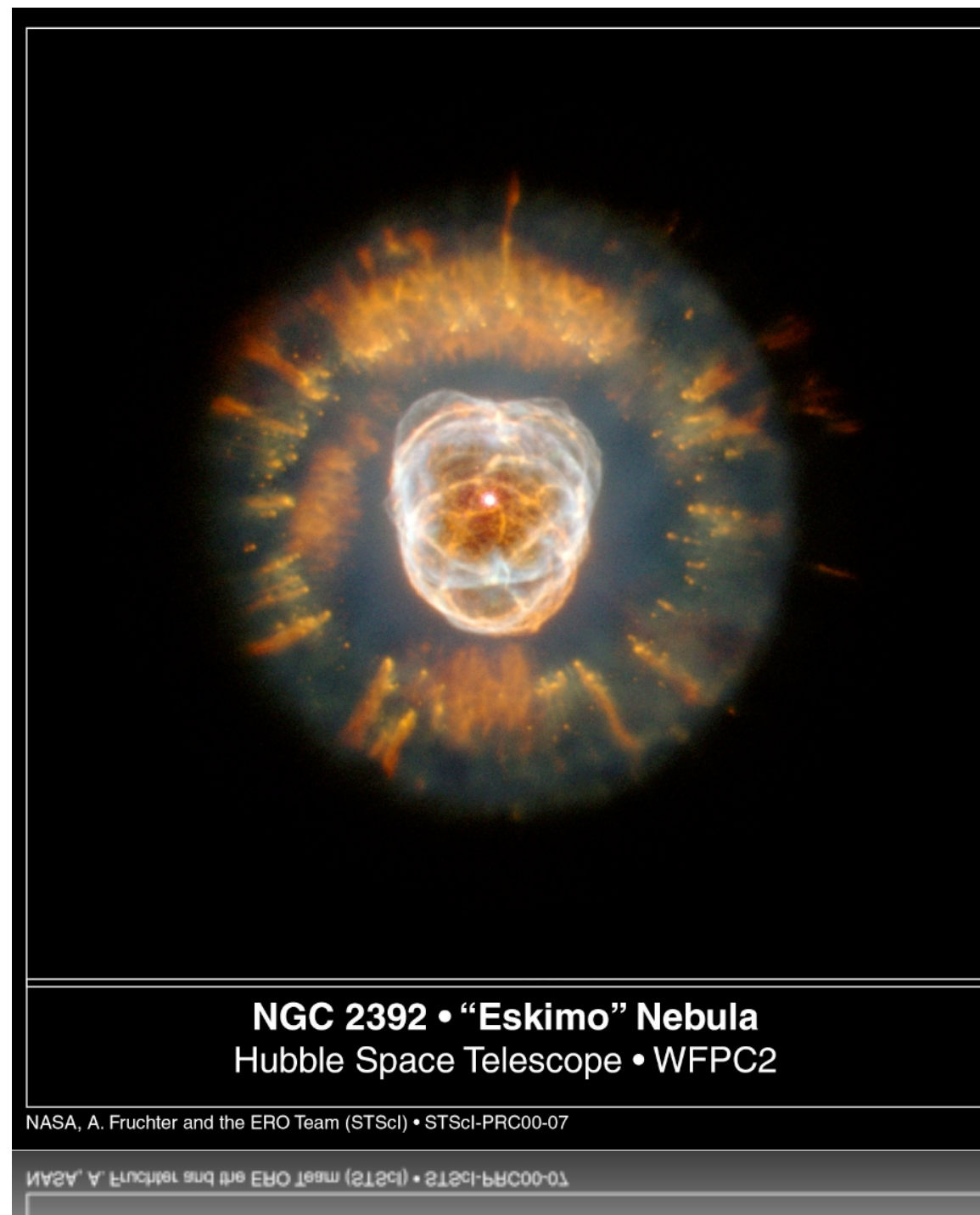
Fase 4: Nebulose planetarie

Restituzione dei nuclei pesanti al mezzo interstellare



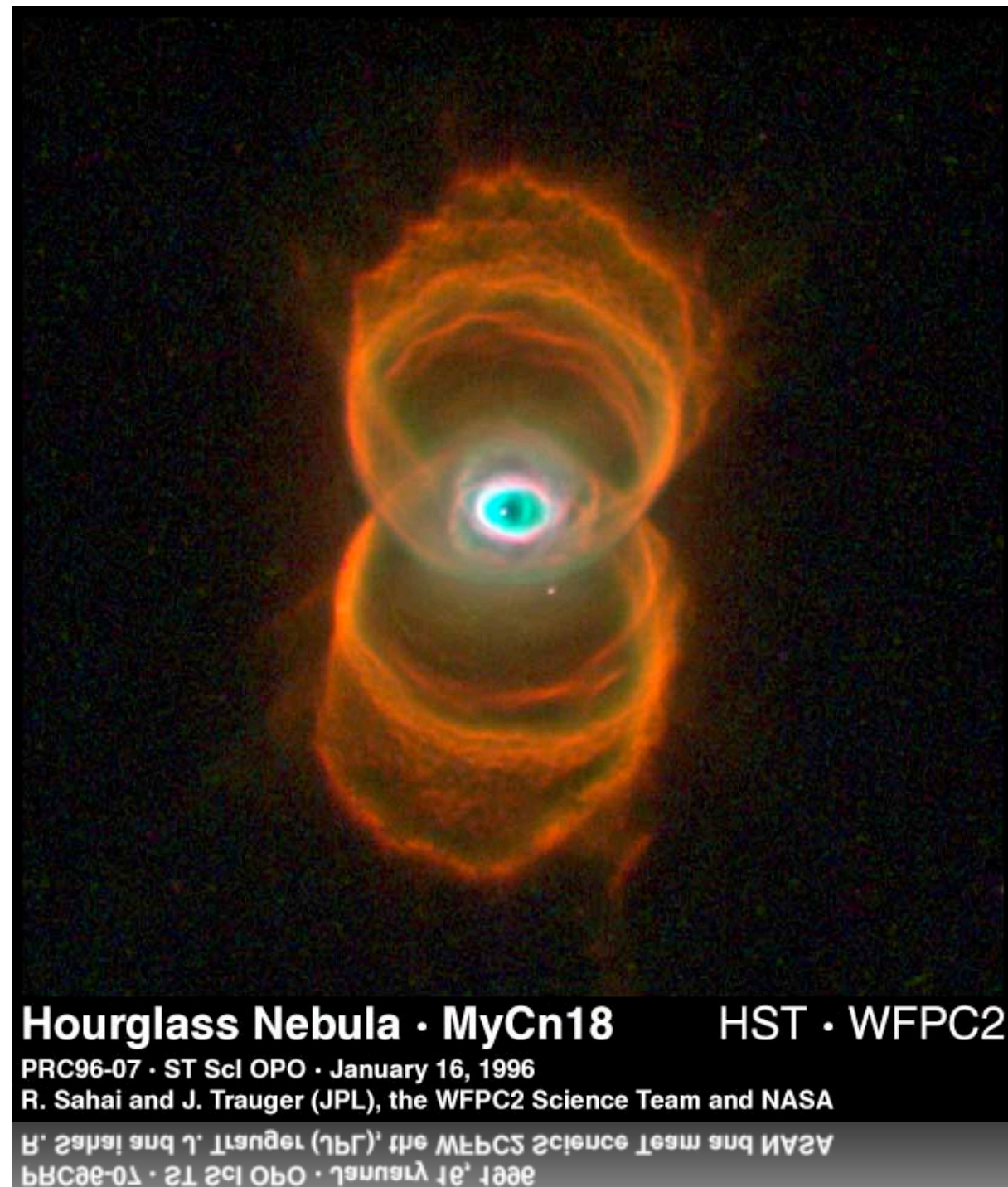
Fase 4: Nebulose planetarie

Restituzione dei nuclei pesanti al mezzo interstellare



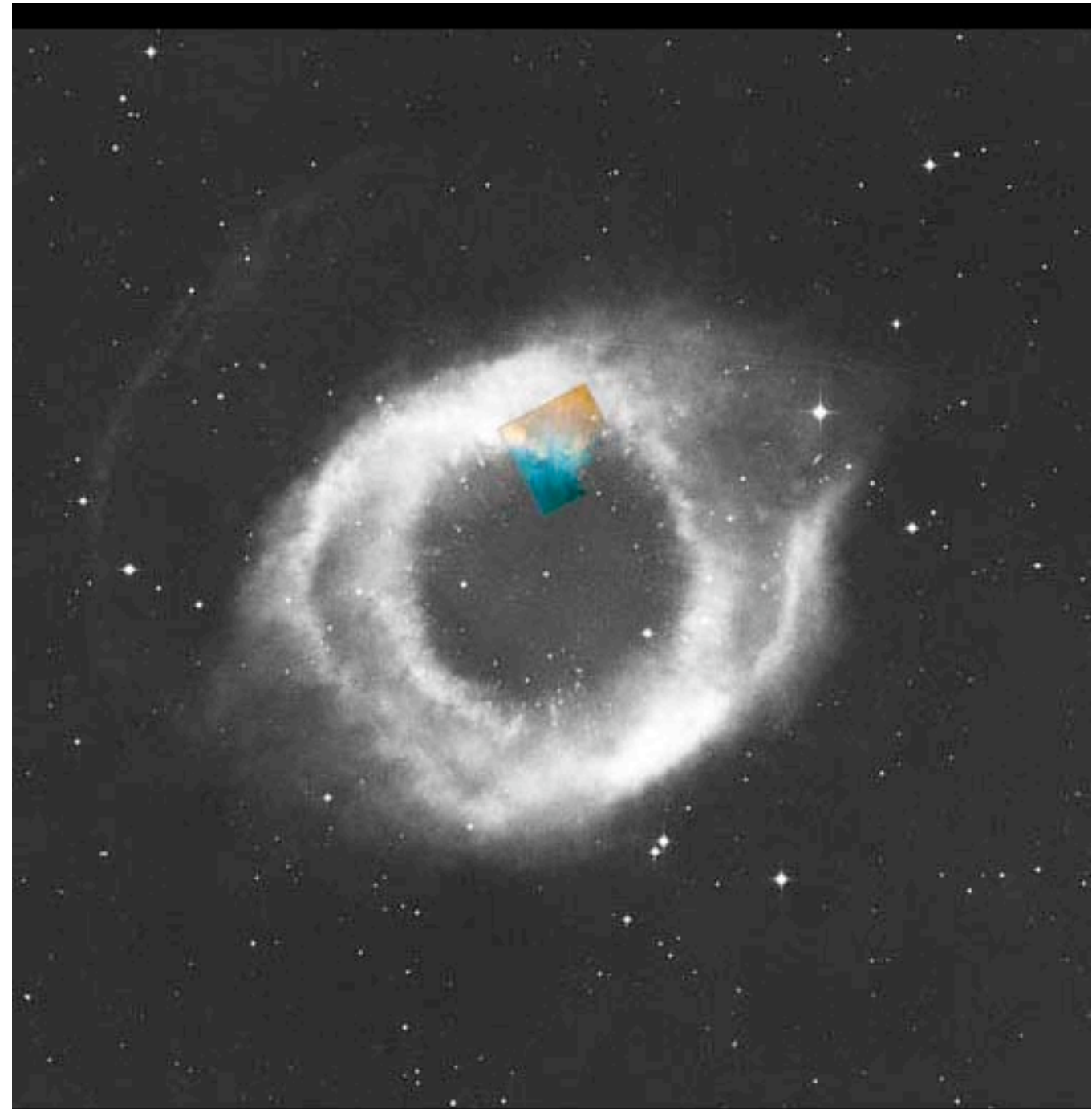
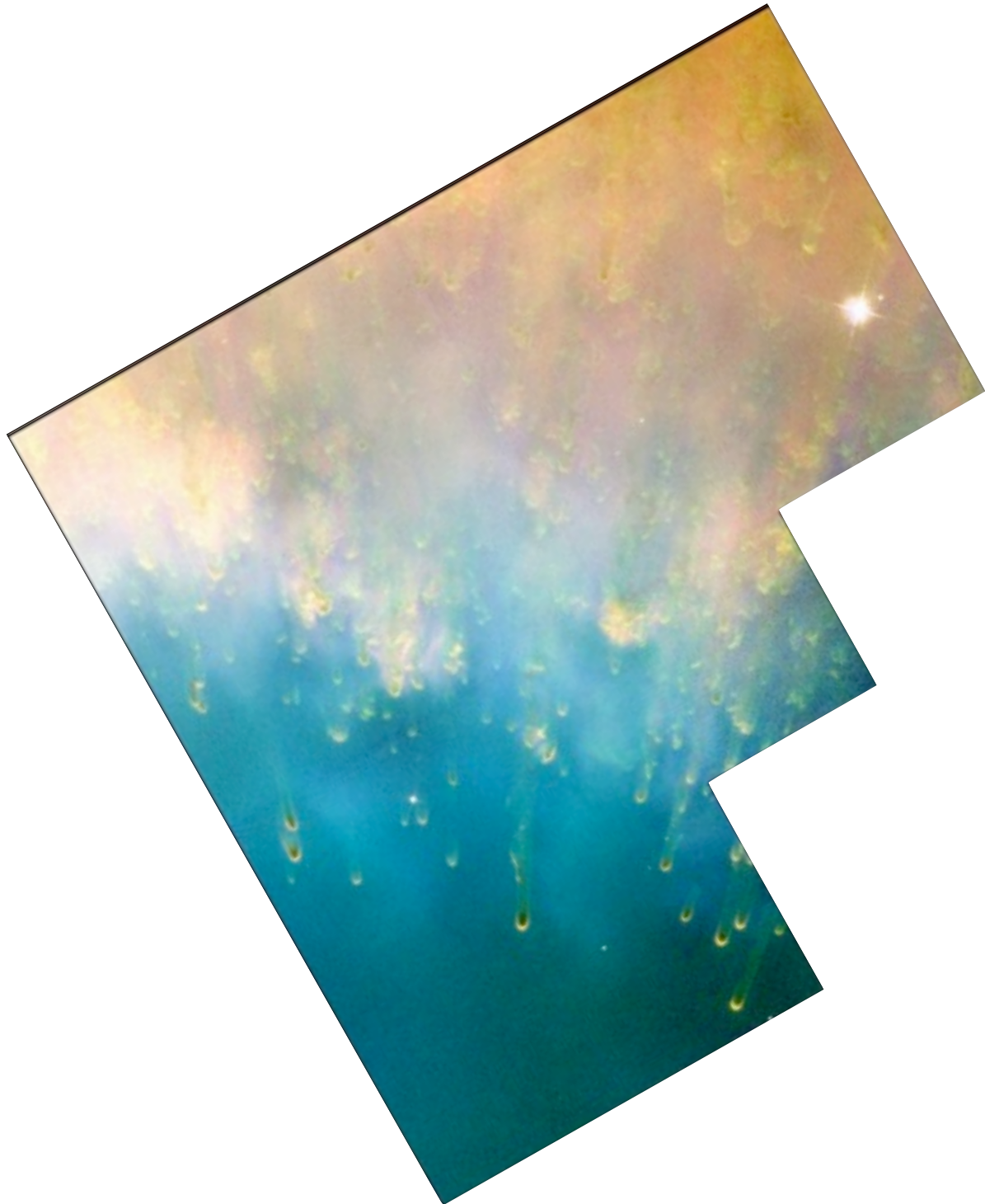
Fase 4: Nebulose planetarie

Restituzione dei nuclei pesanti al mezzo interstellare



Fase 4: Nebulose planetarie

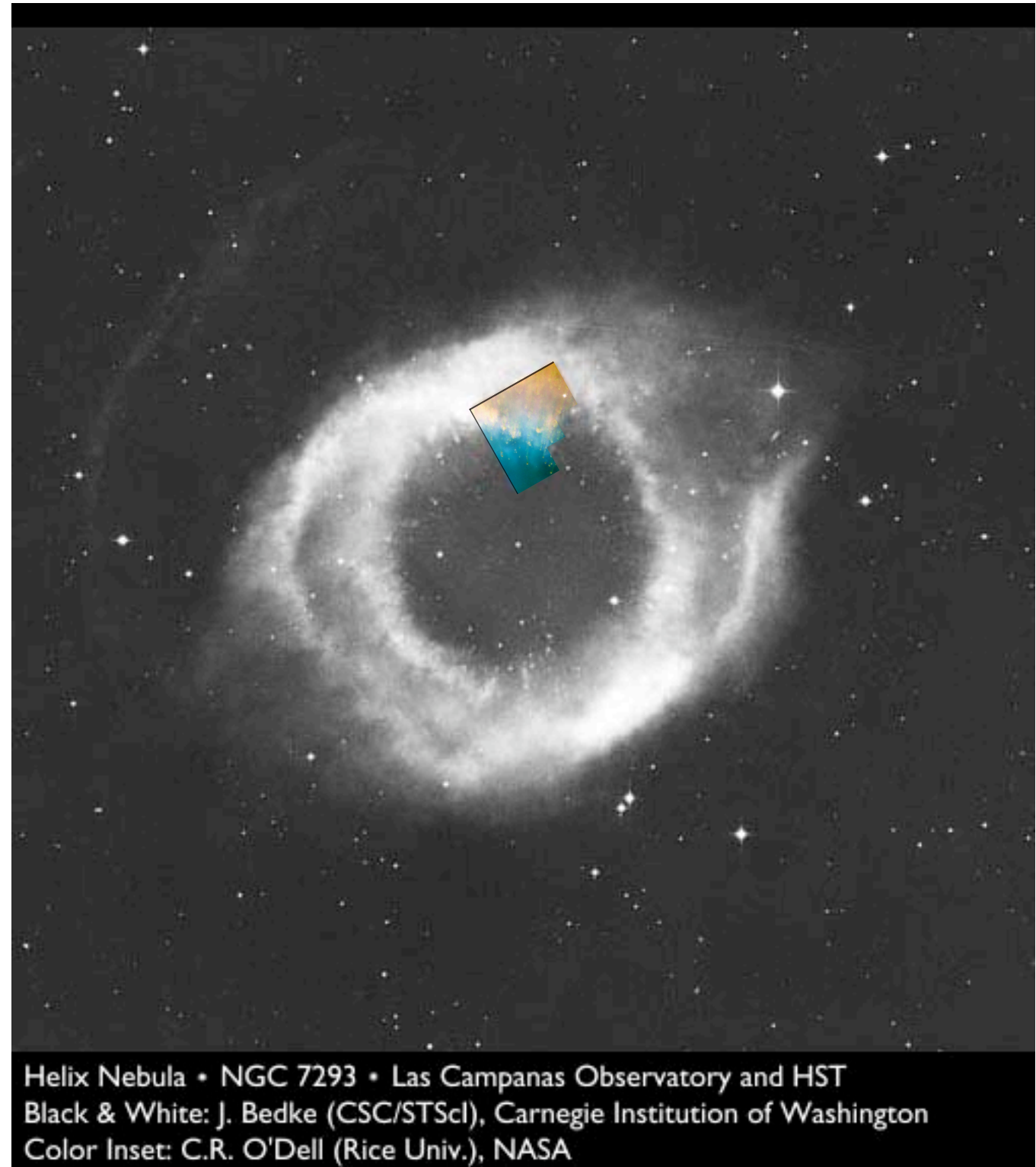
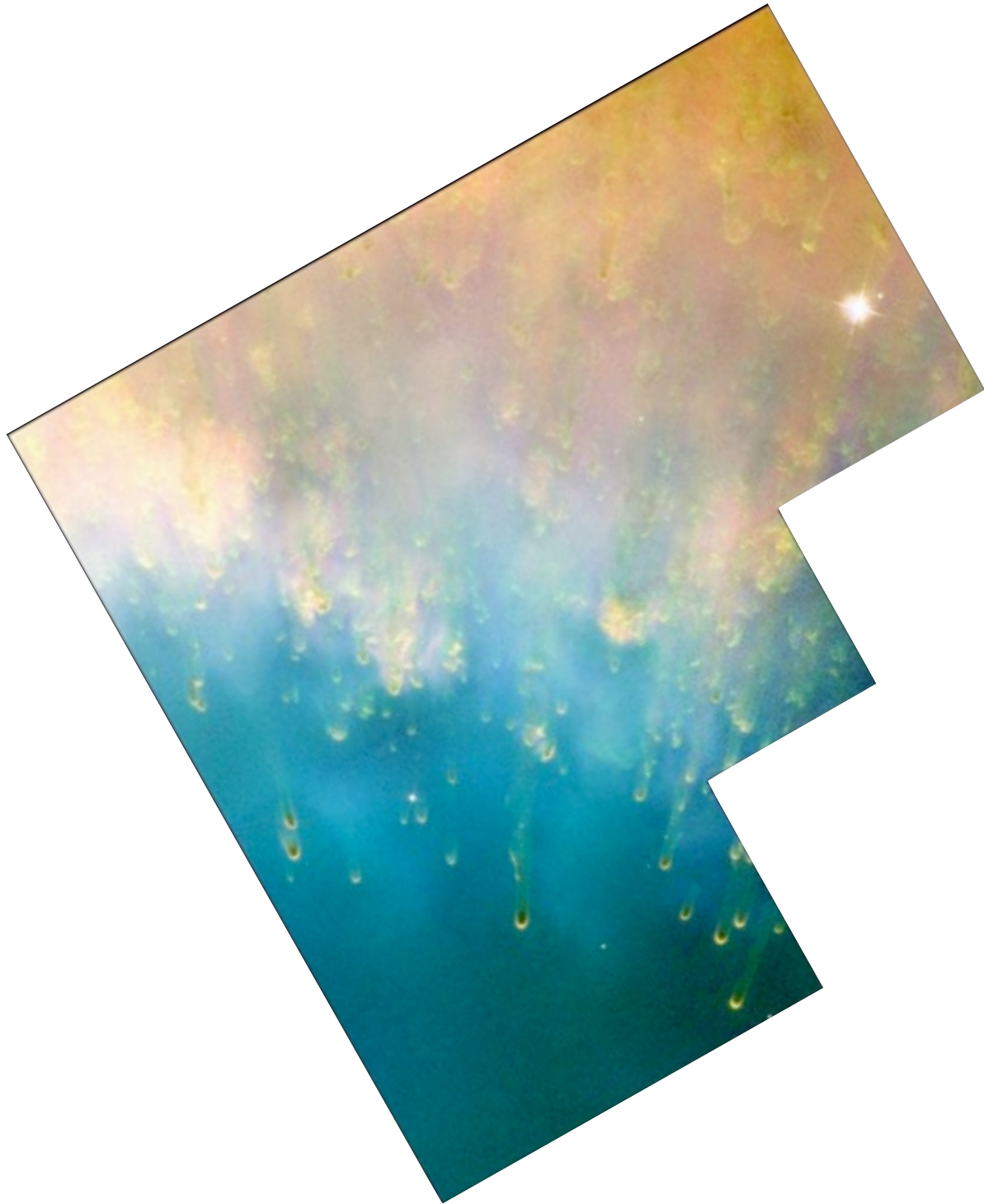
La nebulosa dell'elica, vista con HST



Helix Nebula • NGC 7293 • Las Campanas Observatory and HST
Black & White: J. Bedke (CSC/STScI), Carnegie Institution of Washington
Color Inset: C.R. O'Dell (Rice Univ.), NASA

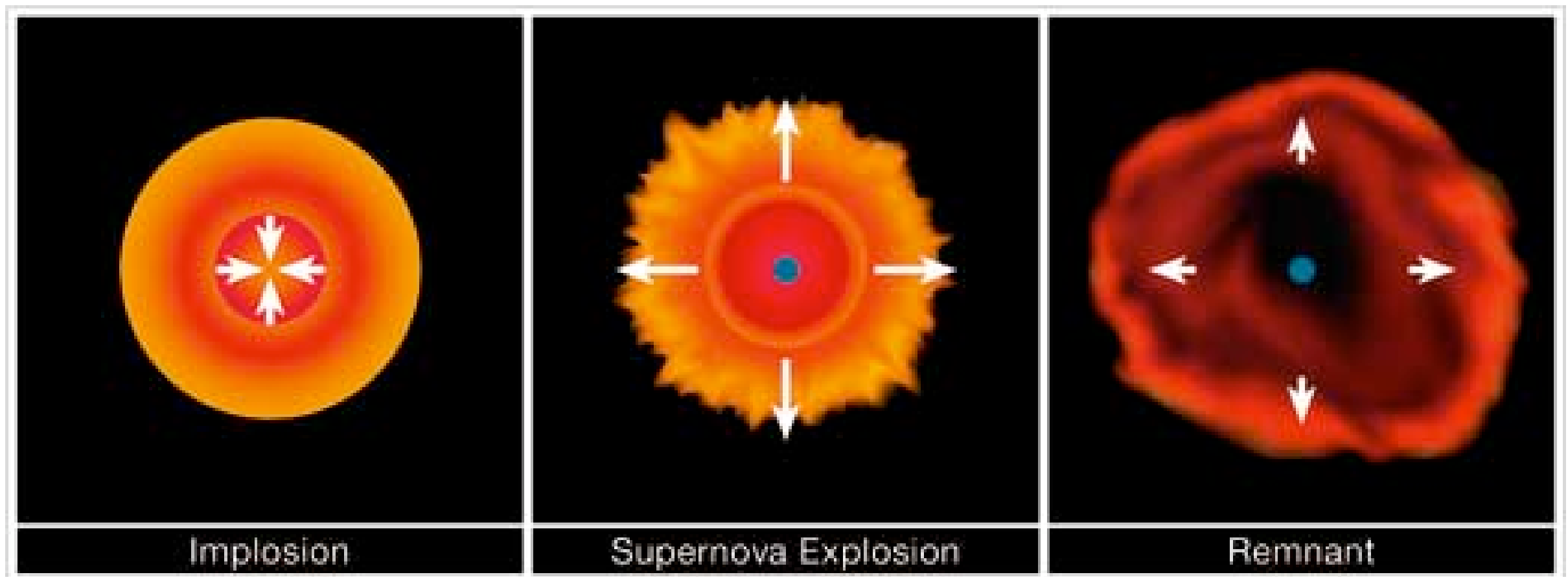
Fase 4: Nebulose planetarie

La nebulosa dell'elica, vista con HST



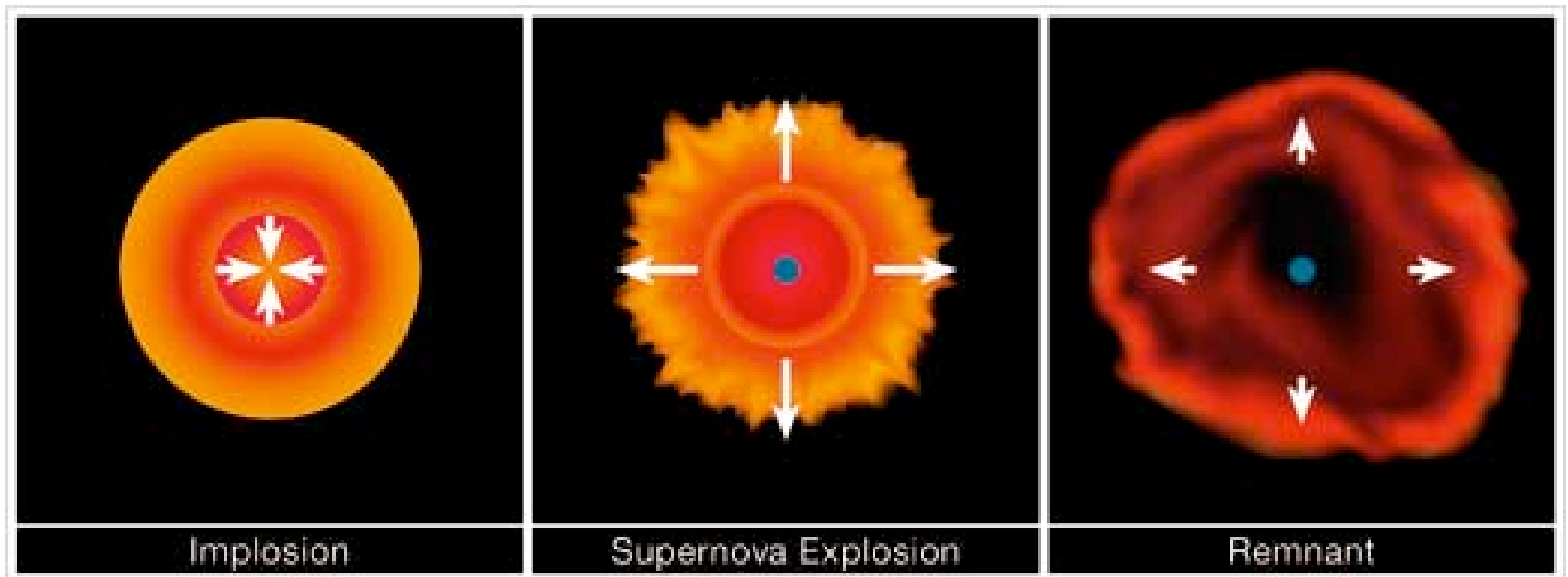
Helix Nebula • NGC 7293 • Las Campanas Observatory and HST
Black & White: J. Bedke (CSC/STScI), Carnegie Institution of Washington
Color Inset: C.R. O'Dell (Rice Univ.), NASA

Fase 4: Supernova



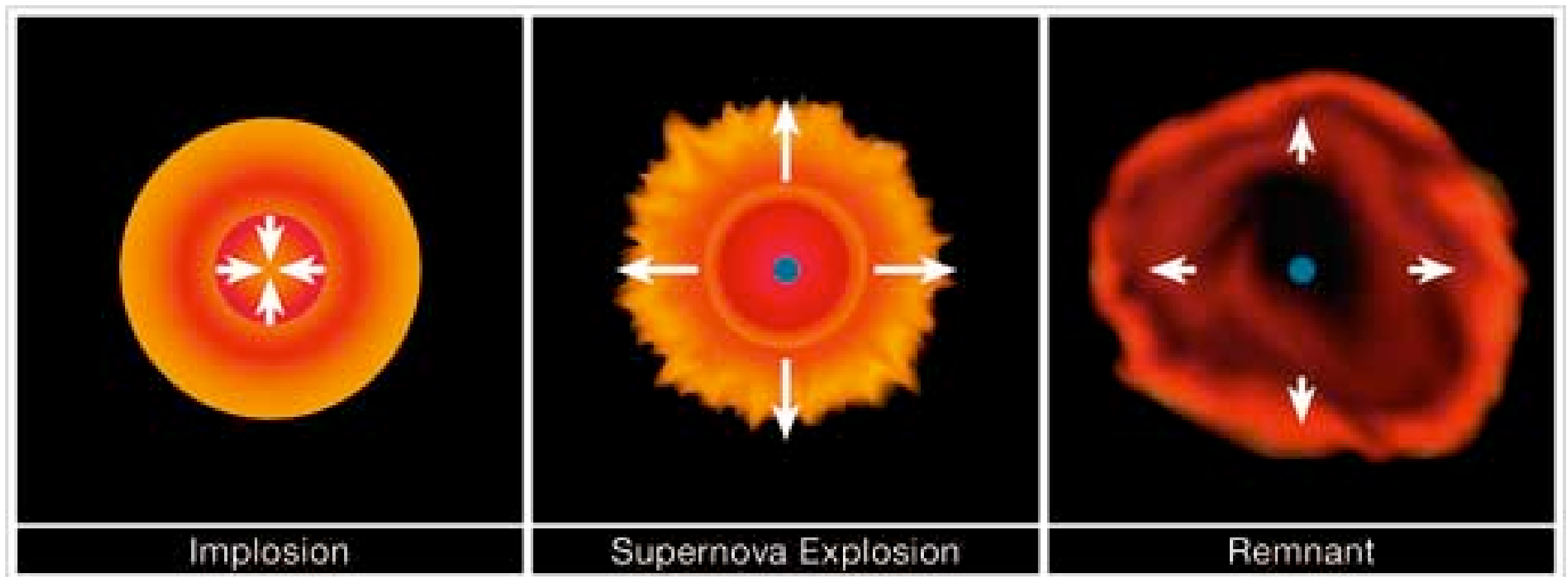
Fase 4: Supernova

- Per le rare stelle molto **massicce** (tra 8 e 50 M_{sun})



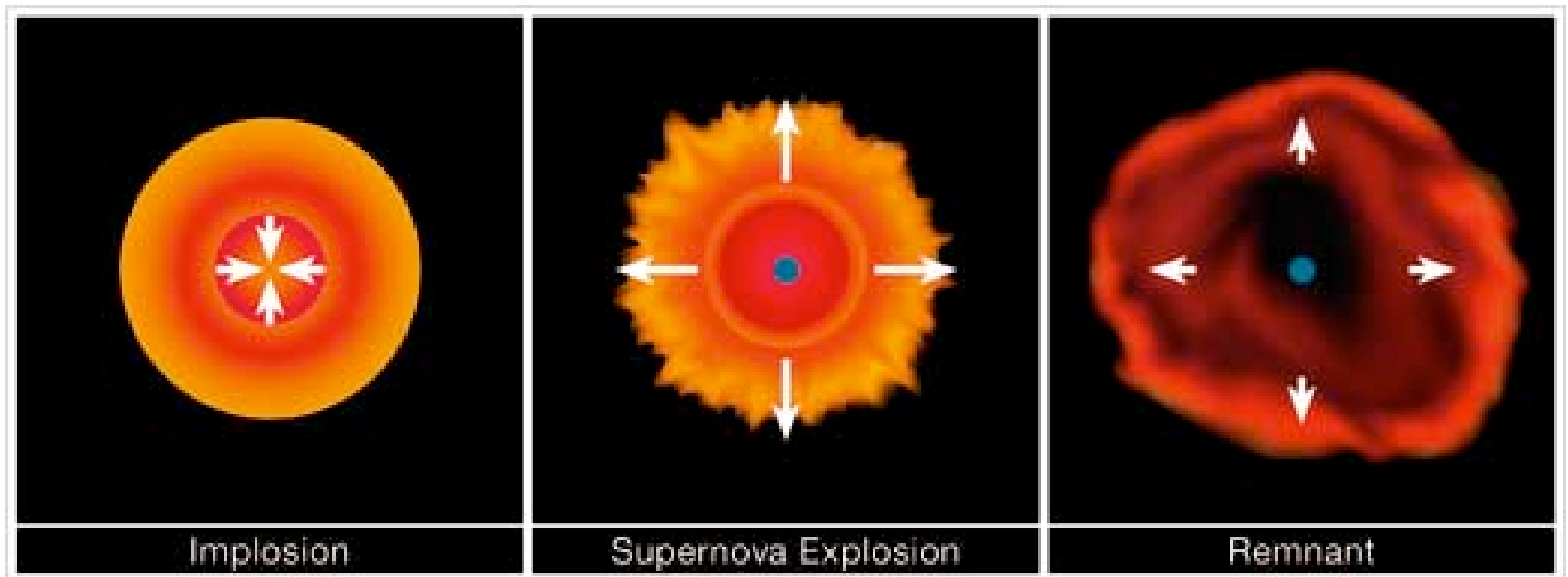
Fase 4: Supernova

- Per le rare stelle molto **massicce** (tra 8 e 50 M_{sun})



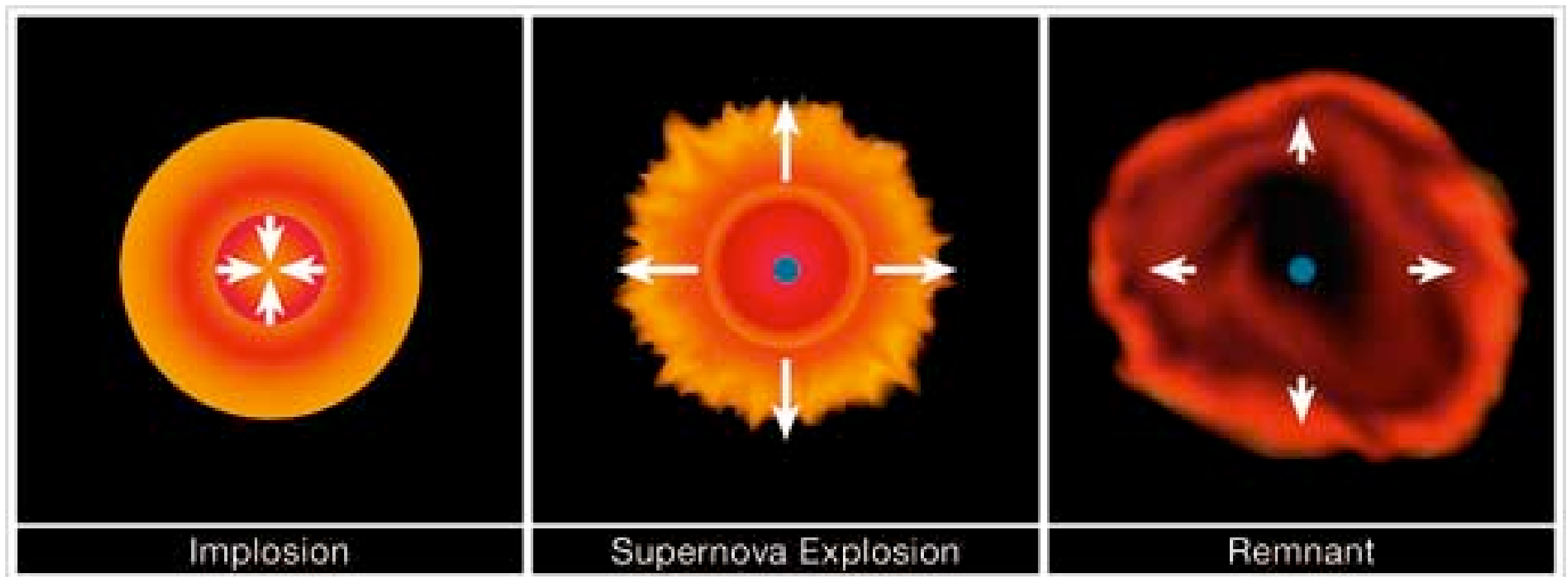
Fase 4: Supernova

- Per le rare stelle molto **massicce** (tra 8 e 50 M_{sun})



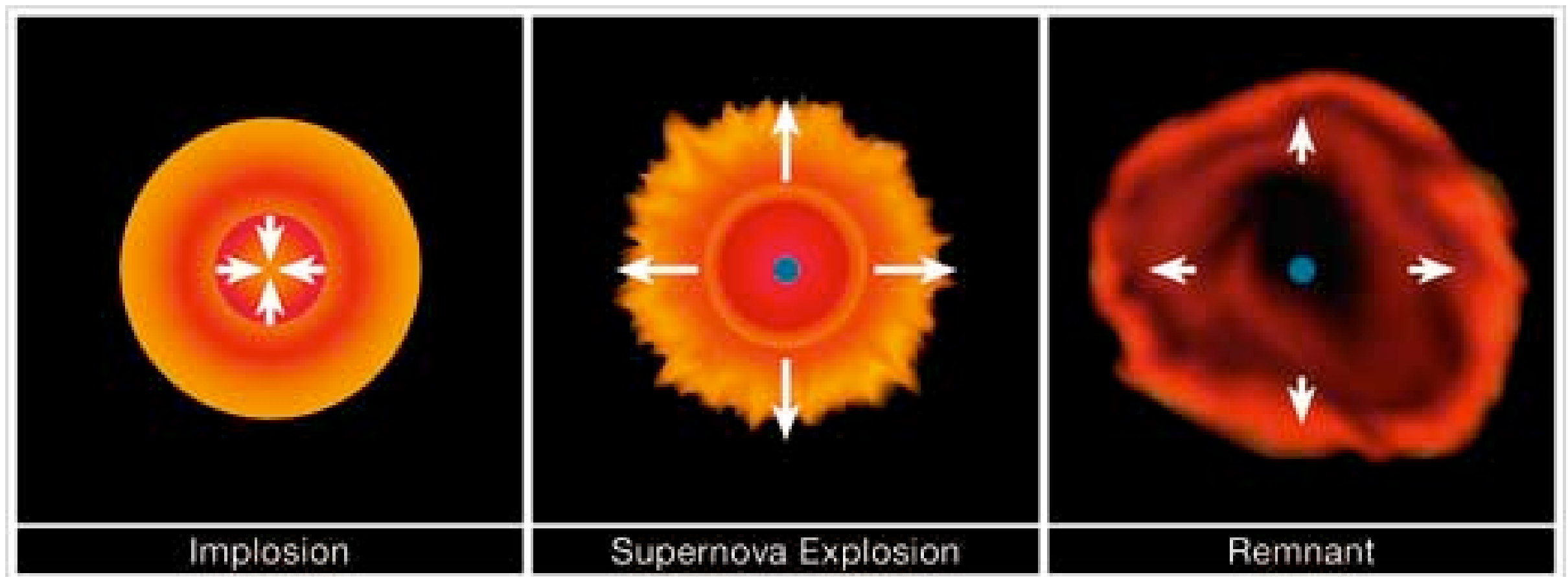
Fase 4: Supernova

- Per le rare stelle molto **massicce** (tra 8 e 50 M_{sun})



Fase 4: Supernova

- Per le rare stelle molto **massicce** (tra 8 e 50 M_{sun})



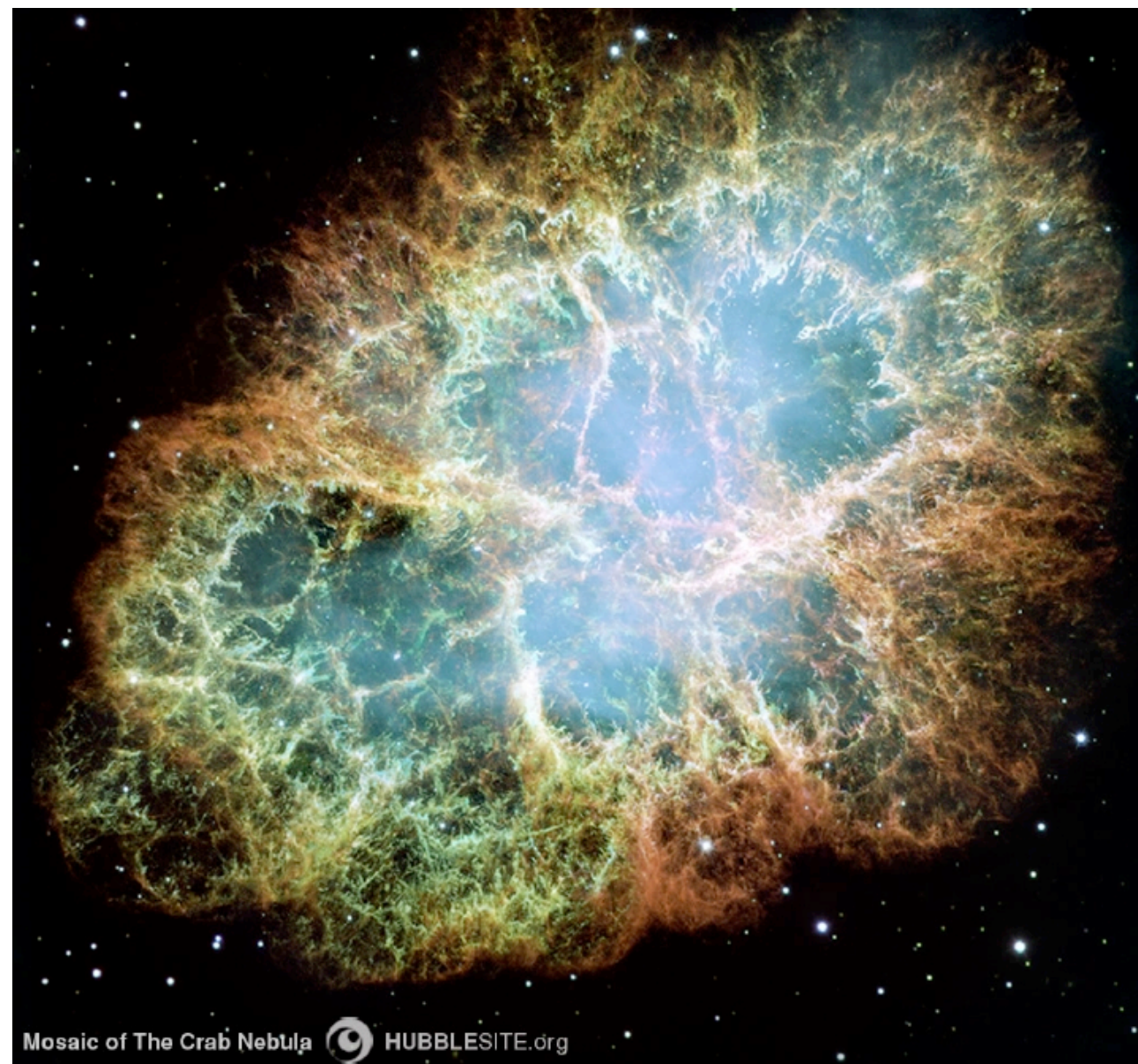
Fase 4: Supernova



Fase 4: Supernova



Fase 4: Supernova



Fase 4: Supernova



Fase 4: Supernova

Fase 5: Residui centrali

Fase 5: Residui centrali

- Massa del cuore

Fase 5: Residui centrali

- Massa del cuore
- Se $M_{\text{cuore}} < 1.4 M_{\text{sun}} \Rightarrow$ Nana bianca

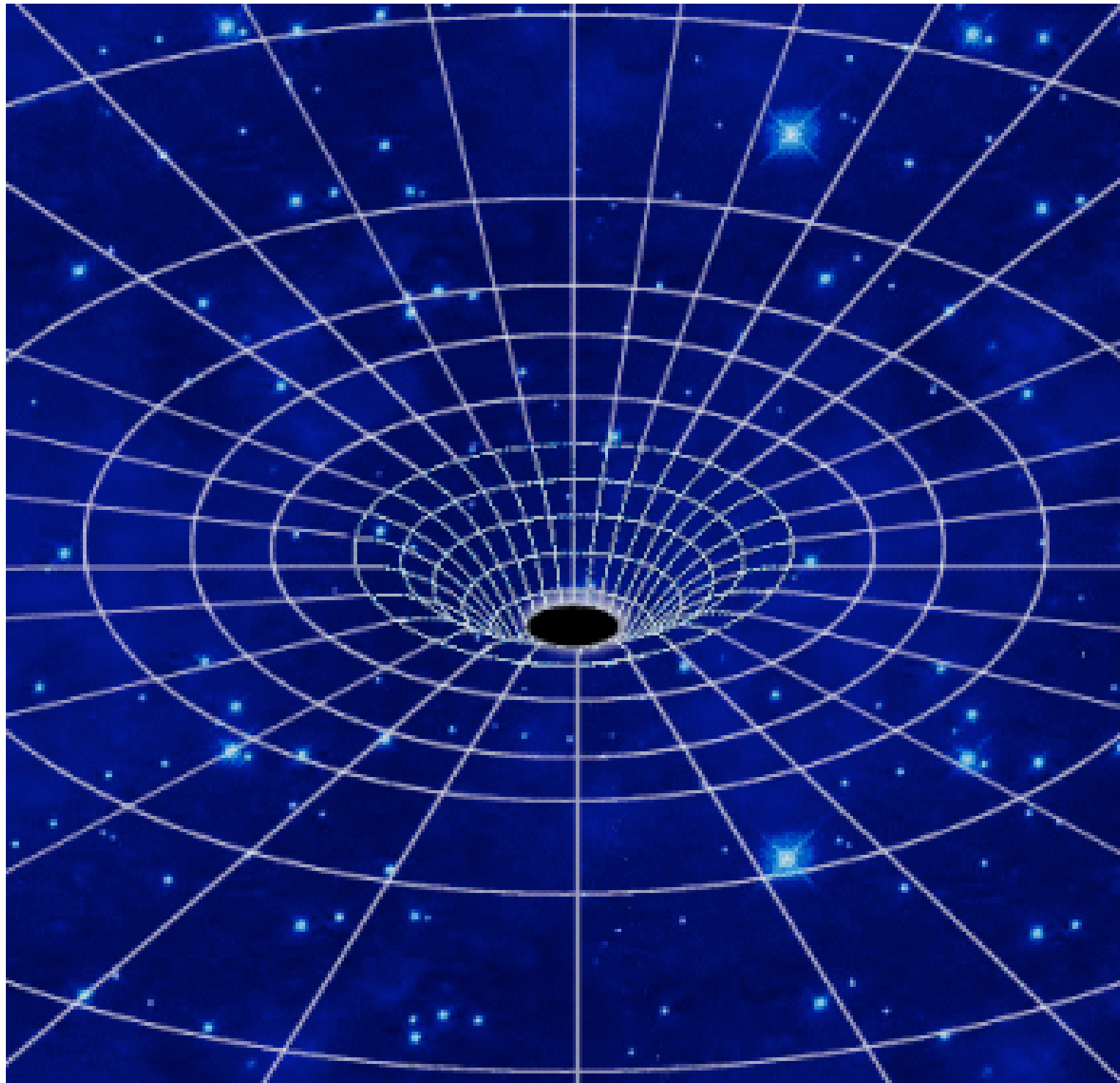
Fase 5: Residui centrali

- Massa del cuore
- Se $M_{\text{cuore}} < 1.4 M_{\text{sun}} \Rightarrow$ Nana bianca
- Se $1.4 M_{\text{sun}} < M_{\text{cuore}} < 3 M_{\text{sun}} \Rightarrow$ Stella a neutroni

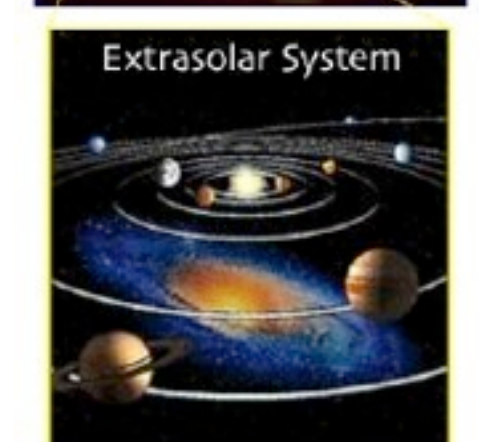
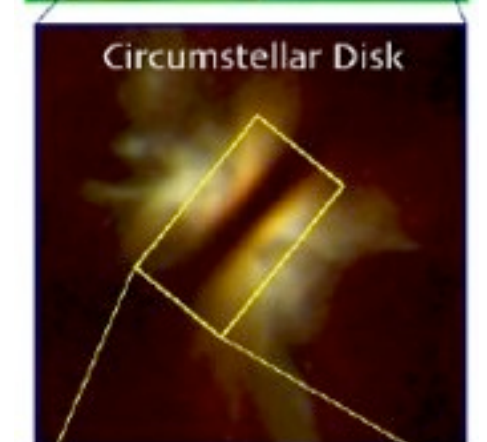
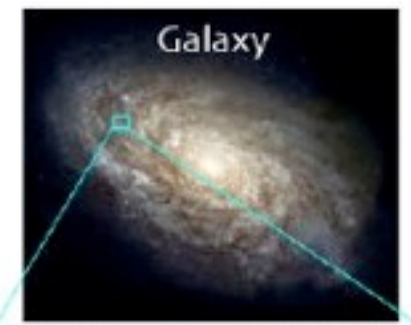
Fase 5: Residui centrali

- Massa del cuore
- Se $M_{\text{cuore}} < 1.4 M_{\text{sun}} \Rightarrow$ Nana bianca
- Se $1.4 M_{\text{sun}} < M_{\text{cuore}} < 3 M_{\text{sun}} \Rightarrow$ Stella a neutroni
- Se $M_{\text{cuore}} > 3 M_{\text{sun}} \Rightarrow$ Buco nero

Fase 5: Residui centrali

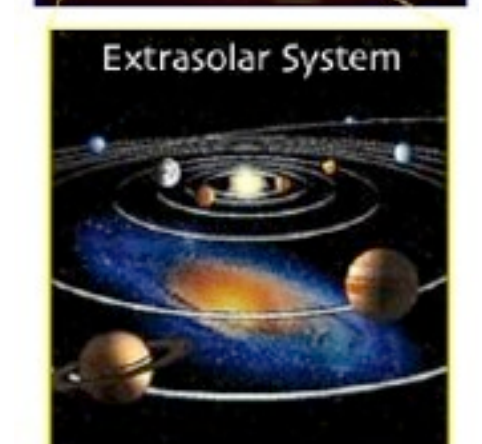
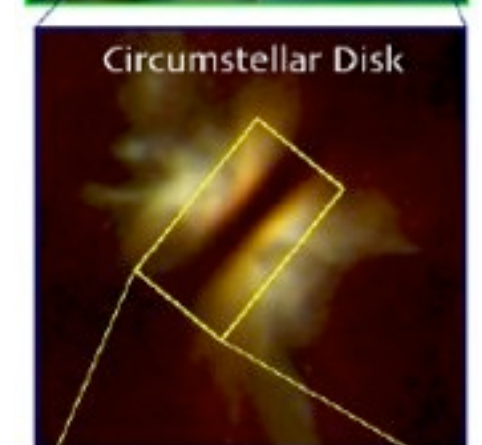
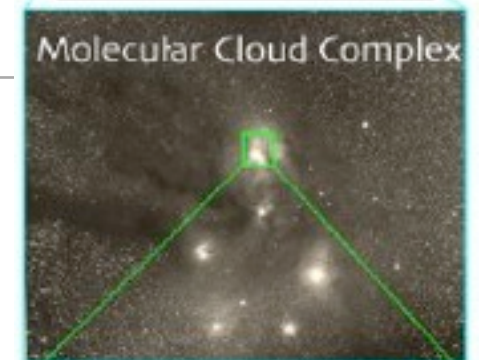
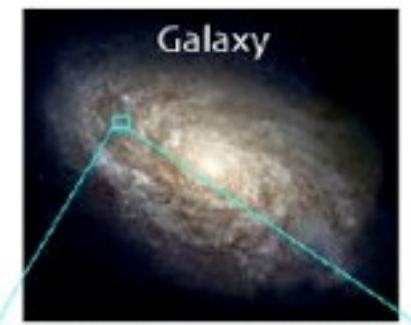


Riassunto e implicazioni per la vita



Riassunto e implicazioni per la vita

- Tutti gli atomi della Terra (tranne H e He) sono stati creati nelle stelle giganti o in supernove.



Riassunto e implicazioni per la vita

- Tutti gli atomi della Terra (tranne H e He) sono stati creati nelle stelle giganti o in supernove.
- La natura non supera U^{238} !



Riassunto e implicazioni per la vita

- Tutti gli atomi della Terra (tranne H e He) sono stati creati nelle stelle giganti o in supernove.
- La natura non supera U^{238} !
- Successi della nucleosintesi stellare.



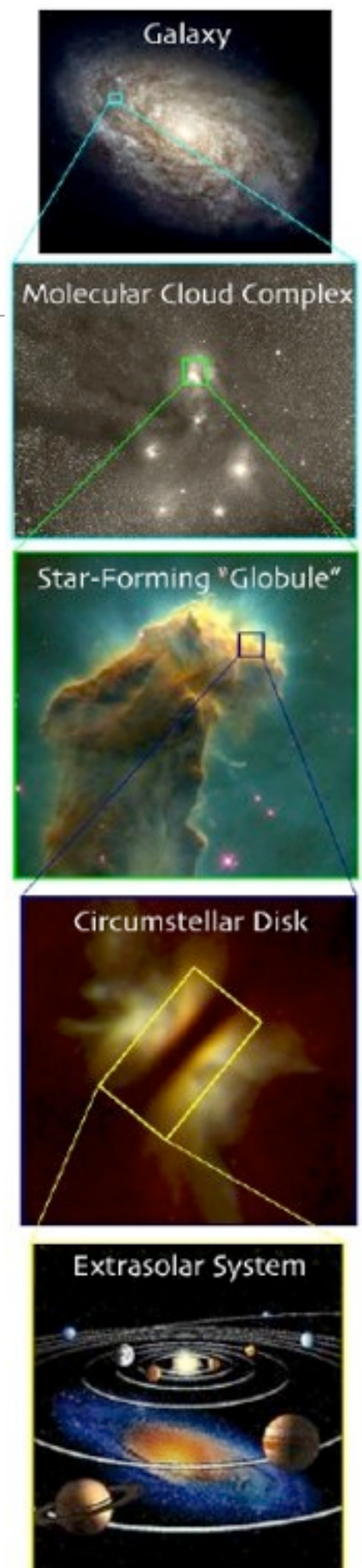
Riassunto e implicazioni per la vita

- Tutti gli atomi della Terra (tranne H e He) sono stati creati nelle stelle giganti o in supernove.
- La natura non supera U^{238} !
- Successi della nucleosintesi stellare.
- Ritardo necessario tra la vita e l'inizio dell'universo.



Riassunto e implicazioni per la vita

- Tutti gli atomi della Terra (tranne H e He) sono stati creati nelle stelle giganti o in supernove.
- La natura non supera U^{238} !
- Successi della nucleosintesi stellare.
- Ritardo necessario tra la vita e l'inizio dell'universo.
- Comete e stelle massicce: essenziali alla vita, ma anche mortali.



Capitolo 3:

Le condizioni fisiche che permettono la vita

Perché l'acqua (liquida)
è così importante ?

Capitolo 3:

Le condizioni fisiche che permettono la vita

Perché l'acqua (liquida)
è così importante ?

- H_2O è liquida tra 0° e 100°C :
reazioni chimiche rapidi.

Capitolo 3:

Le condizioni fisiche che permettono la vita

Perché l'acqua (liquida)
è così importante ?

- H_2O è liquida tra 0° e 100°C : reazioni chimiche rapidi.
- Il ghiaccio galleggia: coperta termica.



Capitolo 3:

Le condizioni fisiche che permettono la vita

Perché l'acqua (liquida)
è così importante ?

Capitolo 3:

Le condizioni fisiche che permettono la vita

Perché l'acqua (liquida)
è così importante ?

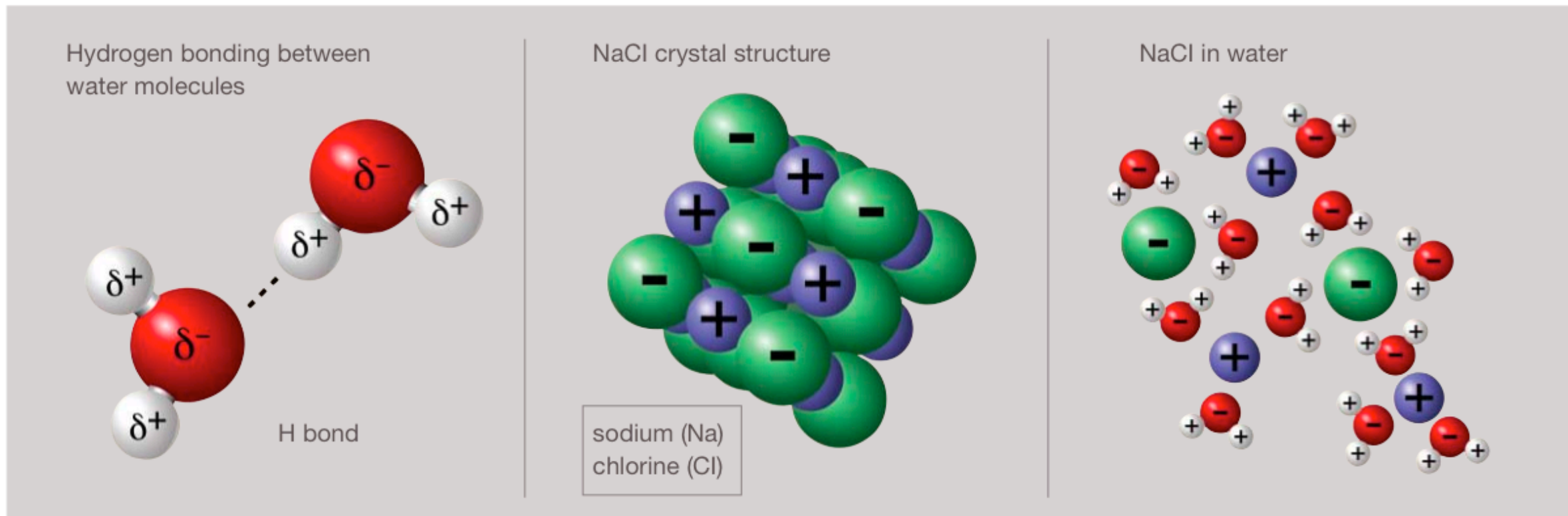
- H_2O è un ottimo solvente perché è una molecola polare

Capitolo 3:

Le condizioni fisiche che permettono la vita

Perché l'acqua (liquida)
è così importante ?

- H_2O è un ottimo solvente perché è una molecola polare



Le condizioni fisiche che permettono la vita

Elementi chimici
importanti: H, C, O, N

Le condizioni fisiche che permettono la vita

Elementi chimici
importanti: H, C, O, N

- H, O, N e C mettono in comune 1, 2, 3, 4 e⁻ in comune.

Le condizioni fisiche che permettono la vita

Elementi chimici
importanti: H, C, O, N

- H, O, N e C mettono in comune 1, 2, 3, 4 e^- in comune.
- C permette più legami che tutti altri.

Le condizioni fisiche che permettono la vita

Elementi chimici
importanti: H, C, O, N

- H, O, N e C mettono in comune 1, 2, 3, 4 e^- in comune.
- C permette più legami che tutti altri.
- C, O e N possono fare legami doppi

Le condizioni fisiche che permettono la vita

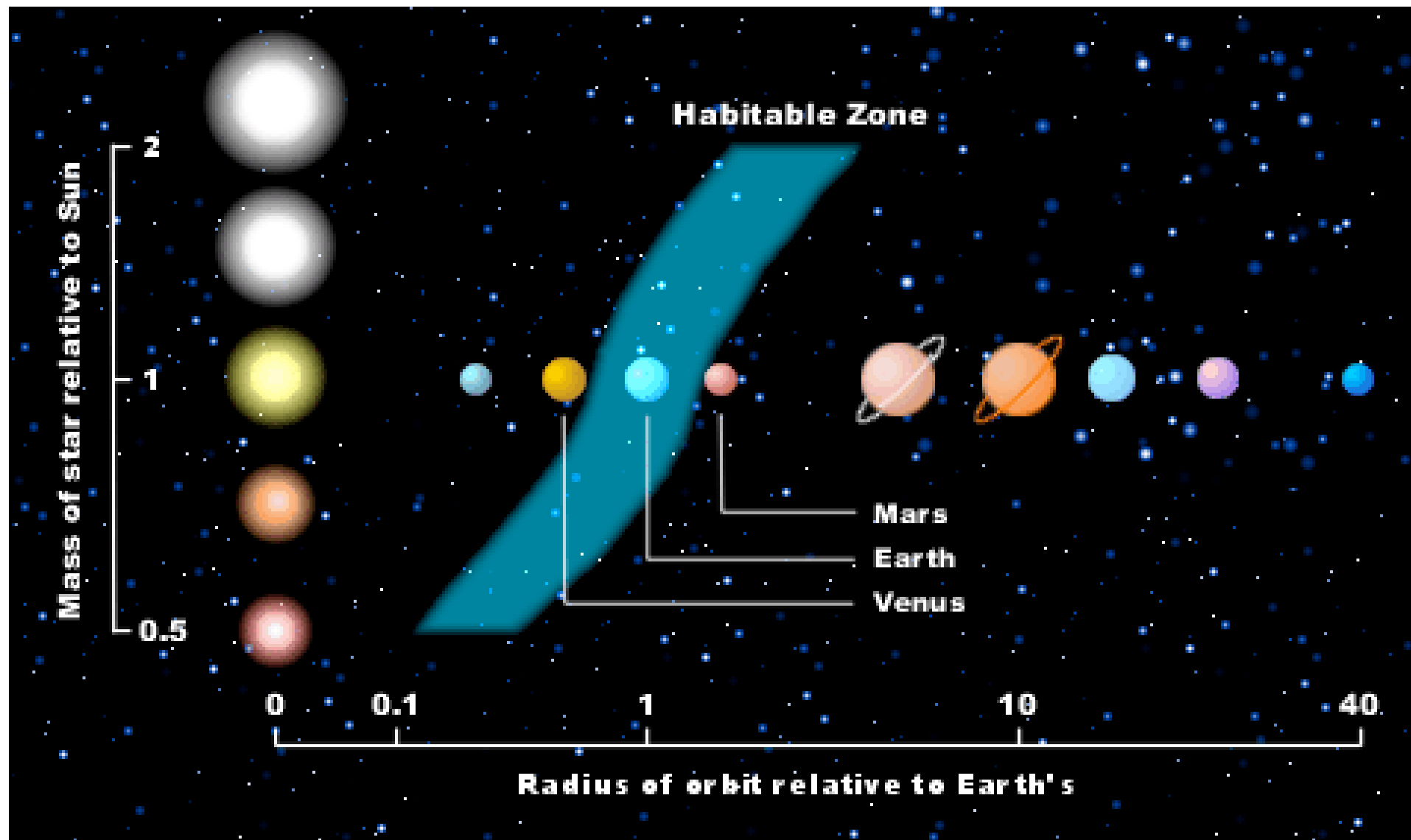
Elementi chimici
importanti: H, C, O, N

- H, O, N e C mettono in comune 1, 2, 3, 4 e^- in comune.
- C permette più legami che tutti altri.
- C, O e N possono fare legami doppi

La vita usa gli elementi
con le proprietà “giuste”

Le condizioni fisiche che permettono la vita

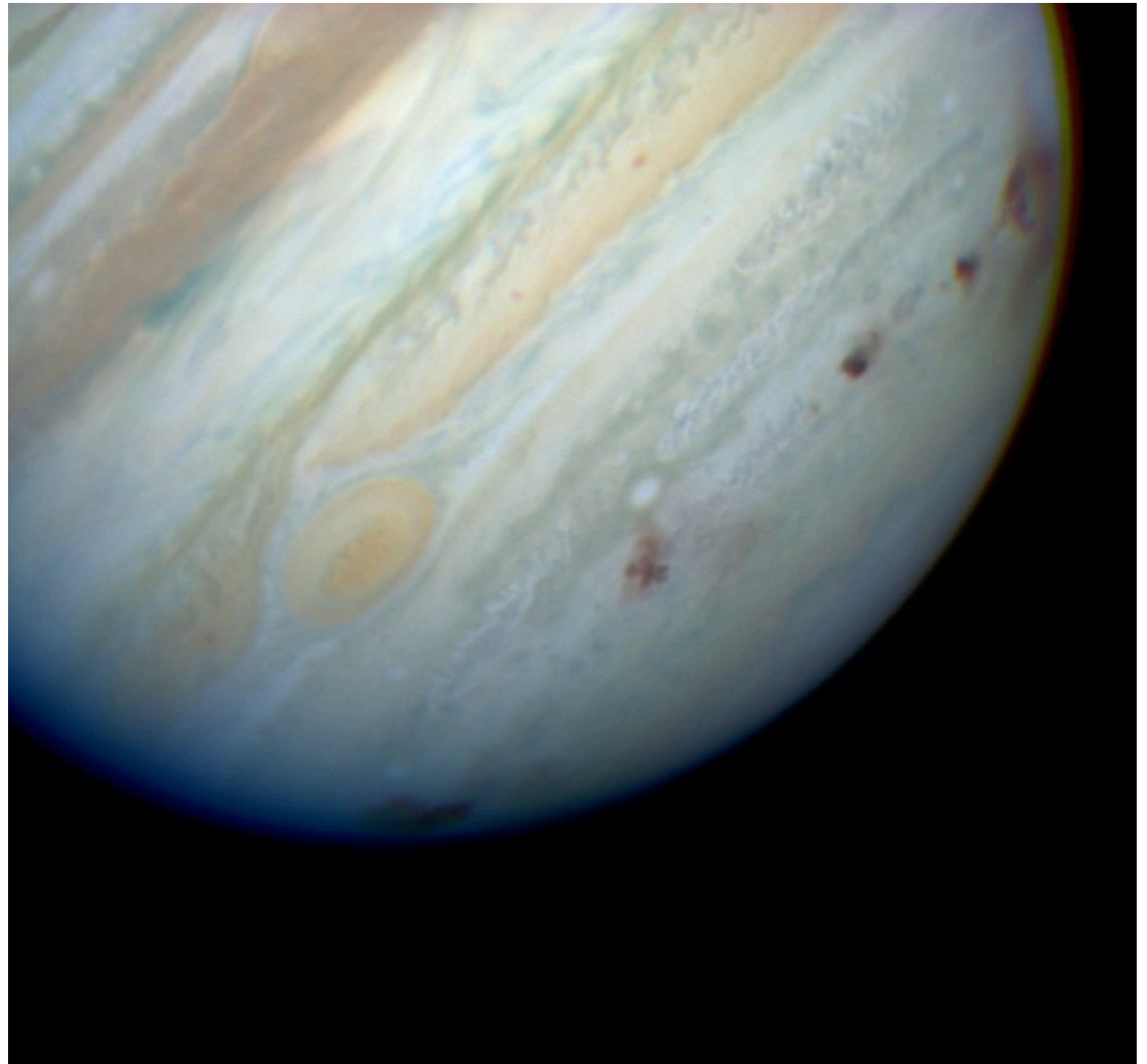
La zona abitabile



Le condizioni fisiche che permettono la vita

Stabilità climatica

- Presenza di un pianeta come Giove



Le condizioni fisiche che permettono la vita

Stabilità climatica

- Presenza di un pianeta come Giove



Le condizioni fisiche che permettono la vita

Stabilità climatica

- Presenza di un pianeta come Giove

Le condizioni fisiche che permettono la vita

Stabilità climatica

- Presenza di un pianeta come Giove



Le condizioni fisiche che permettono la vita

Stabilità climatica

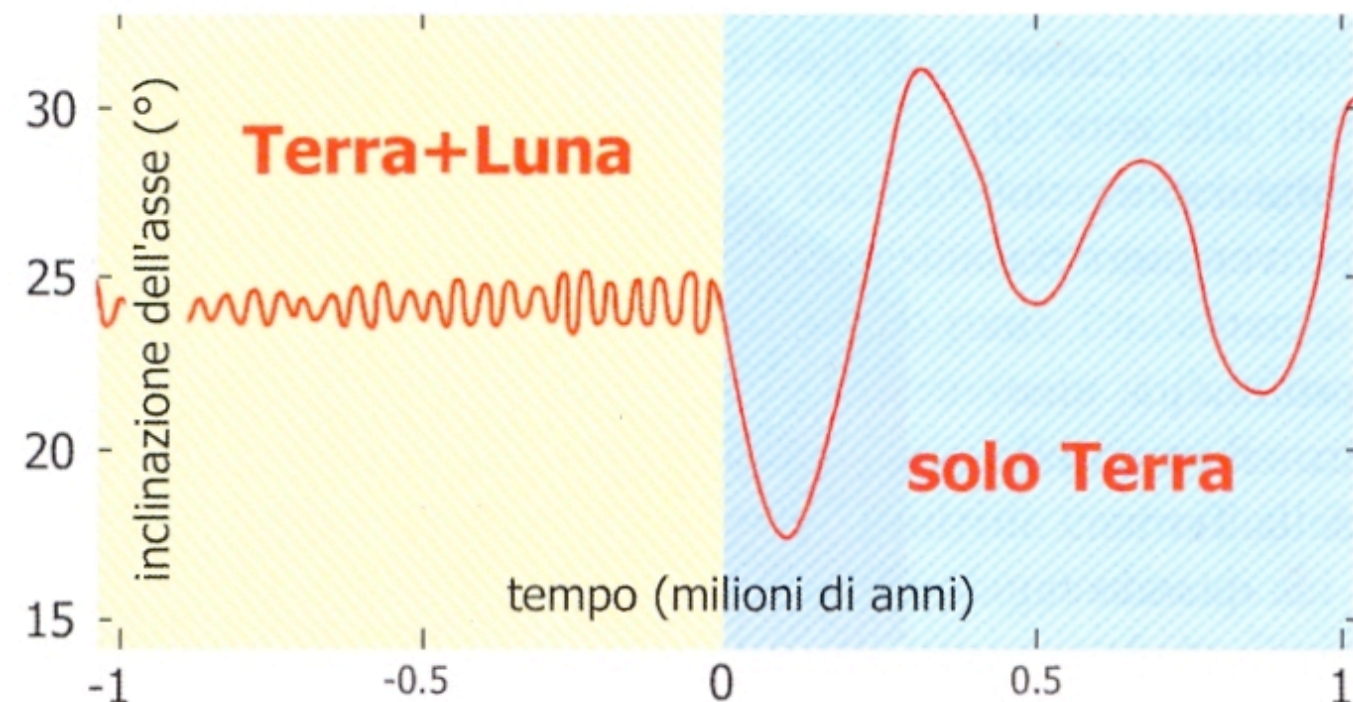
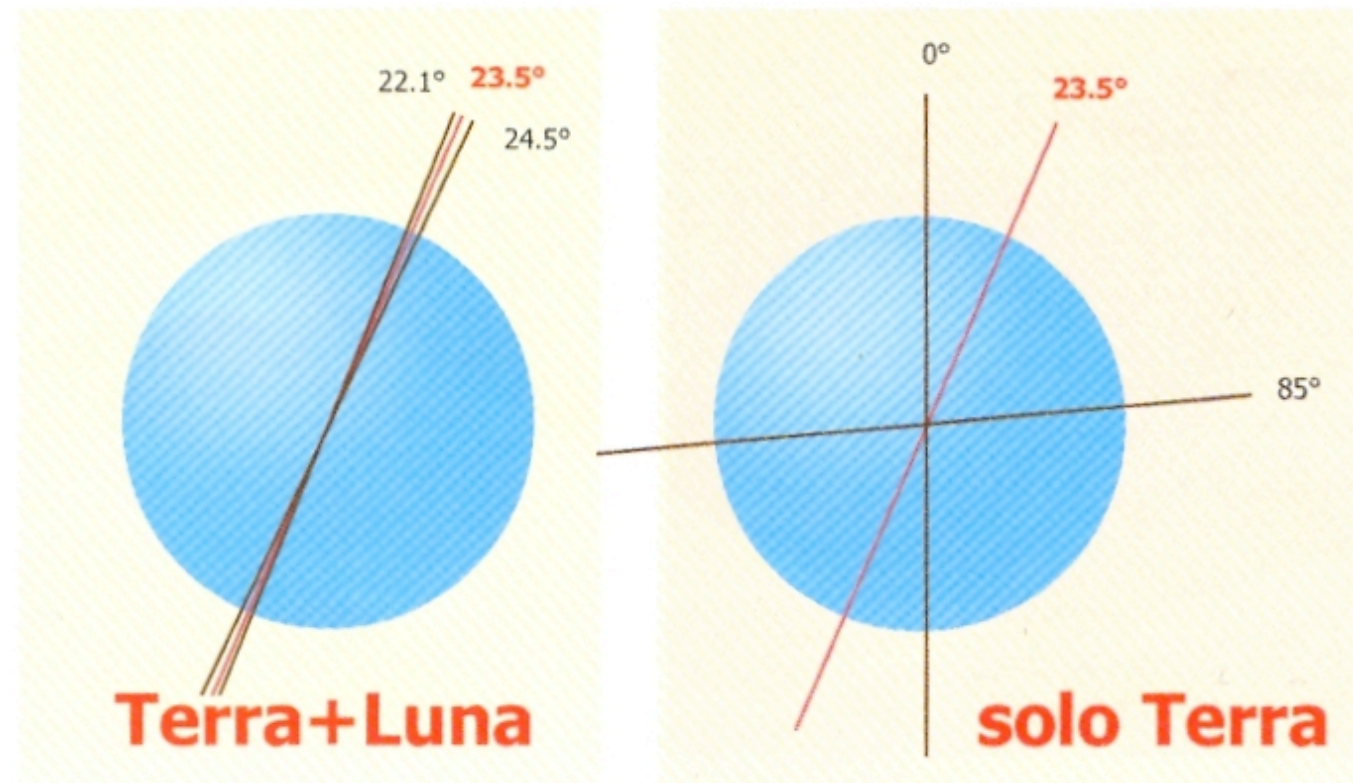
- Presenza di un pianeta come Giove



Le condizioni fisiche che permettono la vita

Stabilità climatica

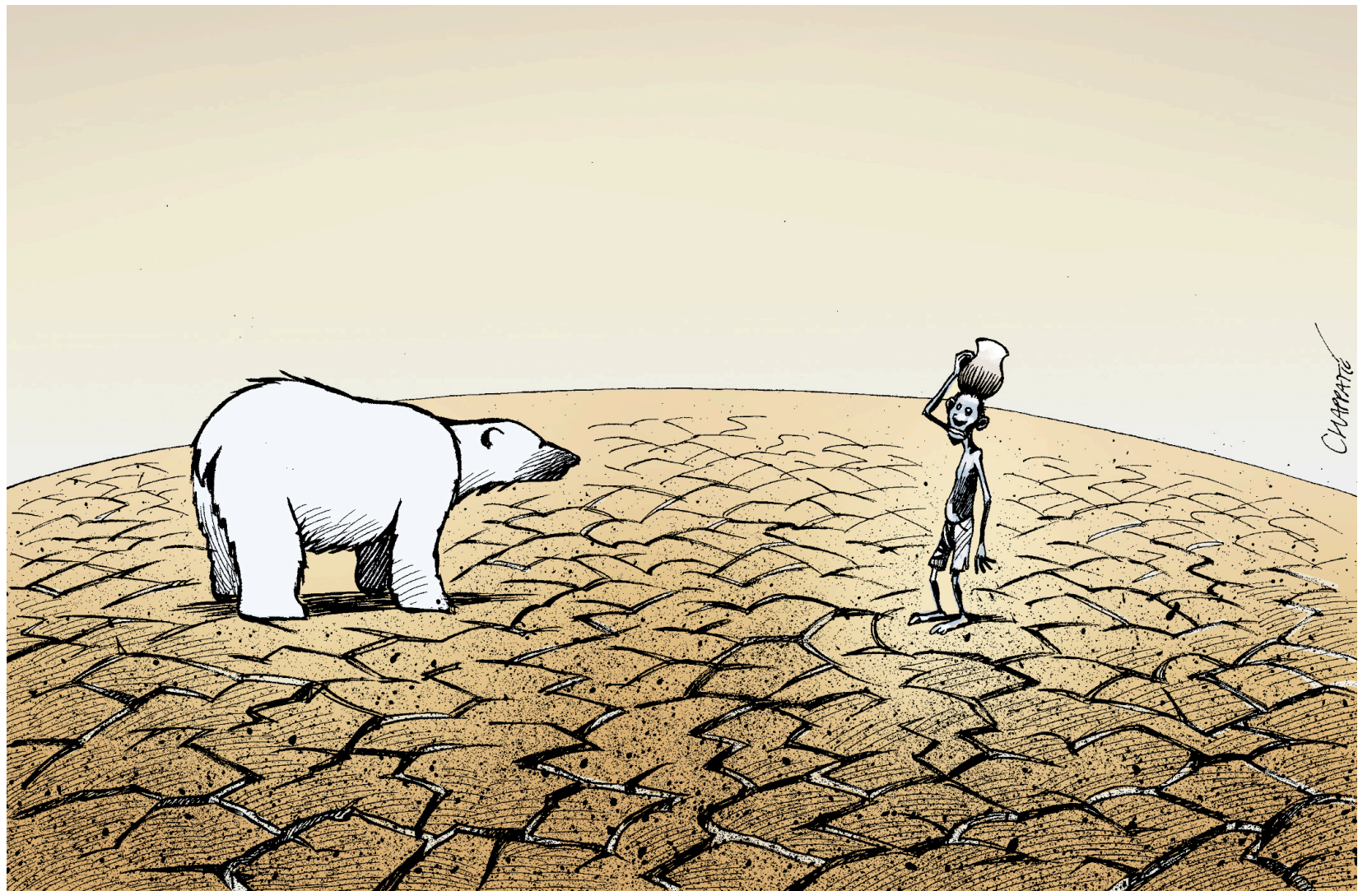
- Presenza di un satellite come la Luna



Le condizioni fisiche che permettono la vita

Stabilità climatica

- Presenza di un satellite come la Luna

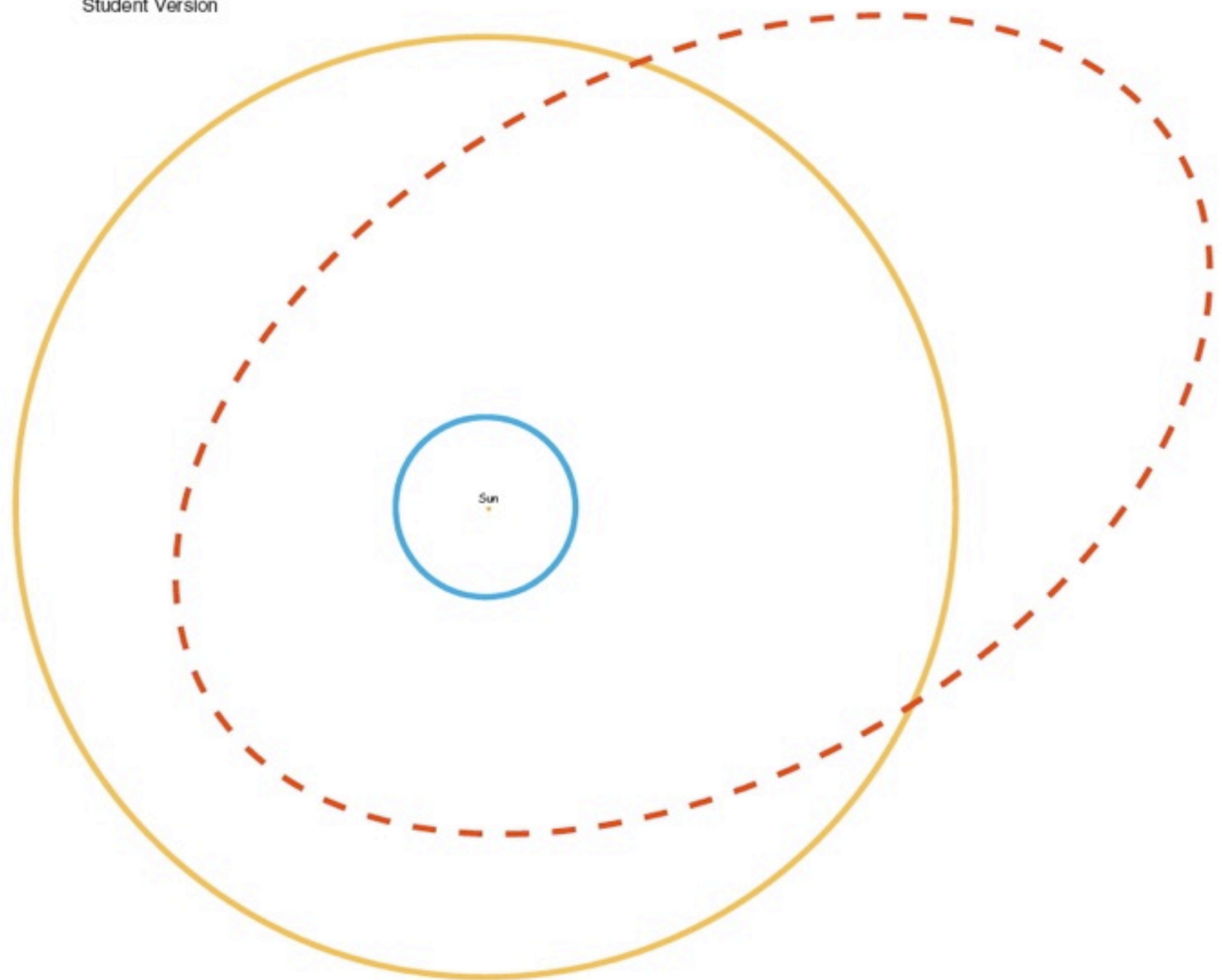


Le condizioni fisiche che permettono la vita

Stabilità climatica

- Circolarità dell'orbita di "Giove"

Jupiter's Orbit Diagram
Student Version



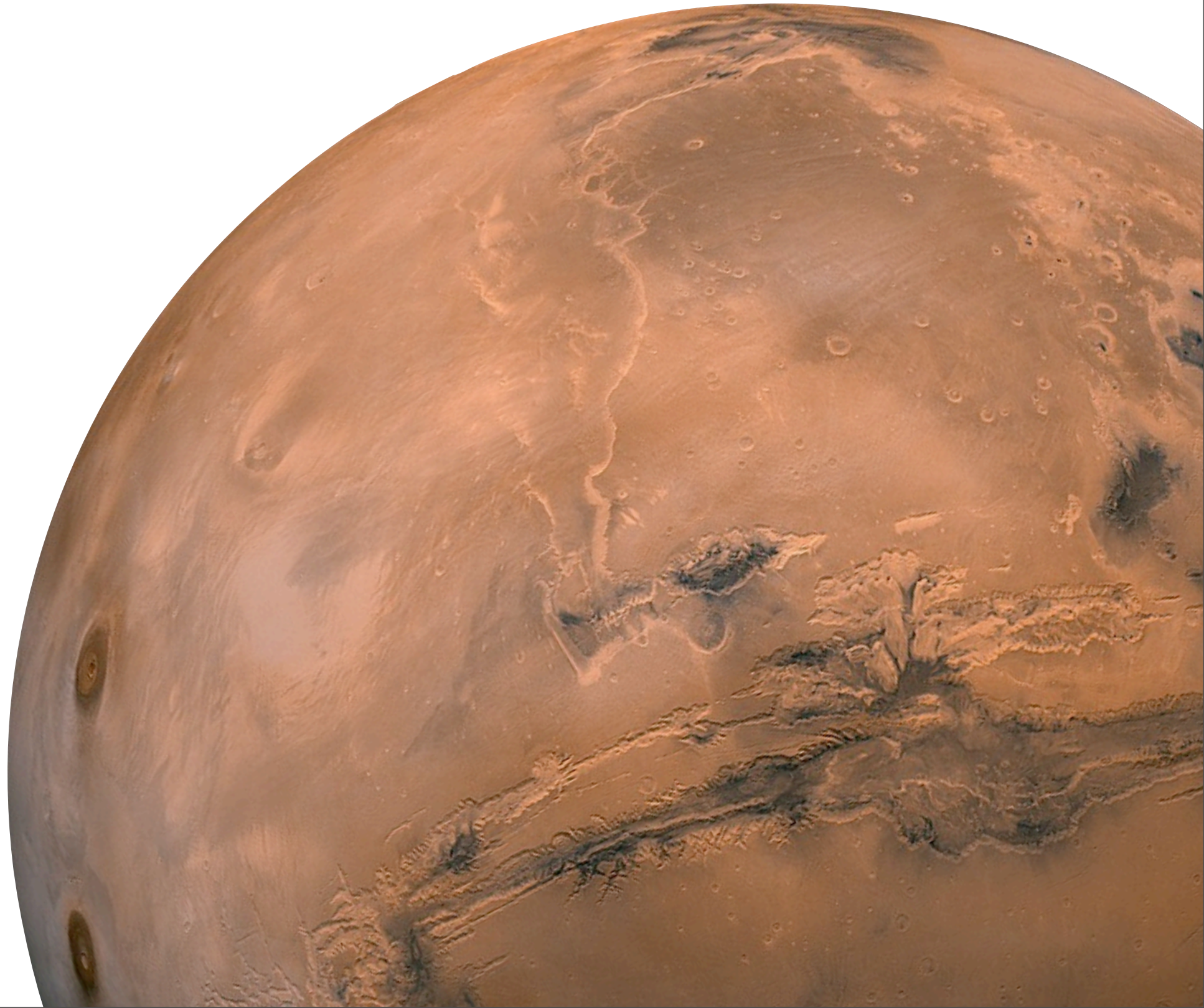
Le condizioni fisiche che permettono la vita

Costruire un pianeta abitabile



Capitolo 4:

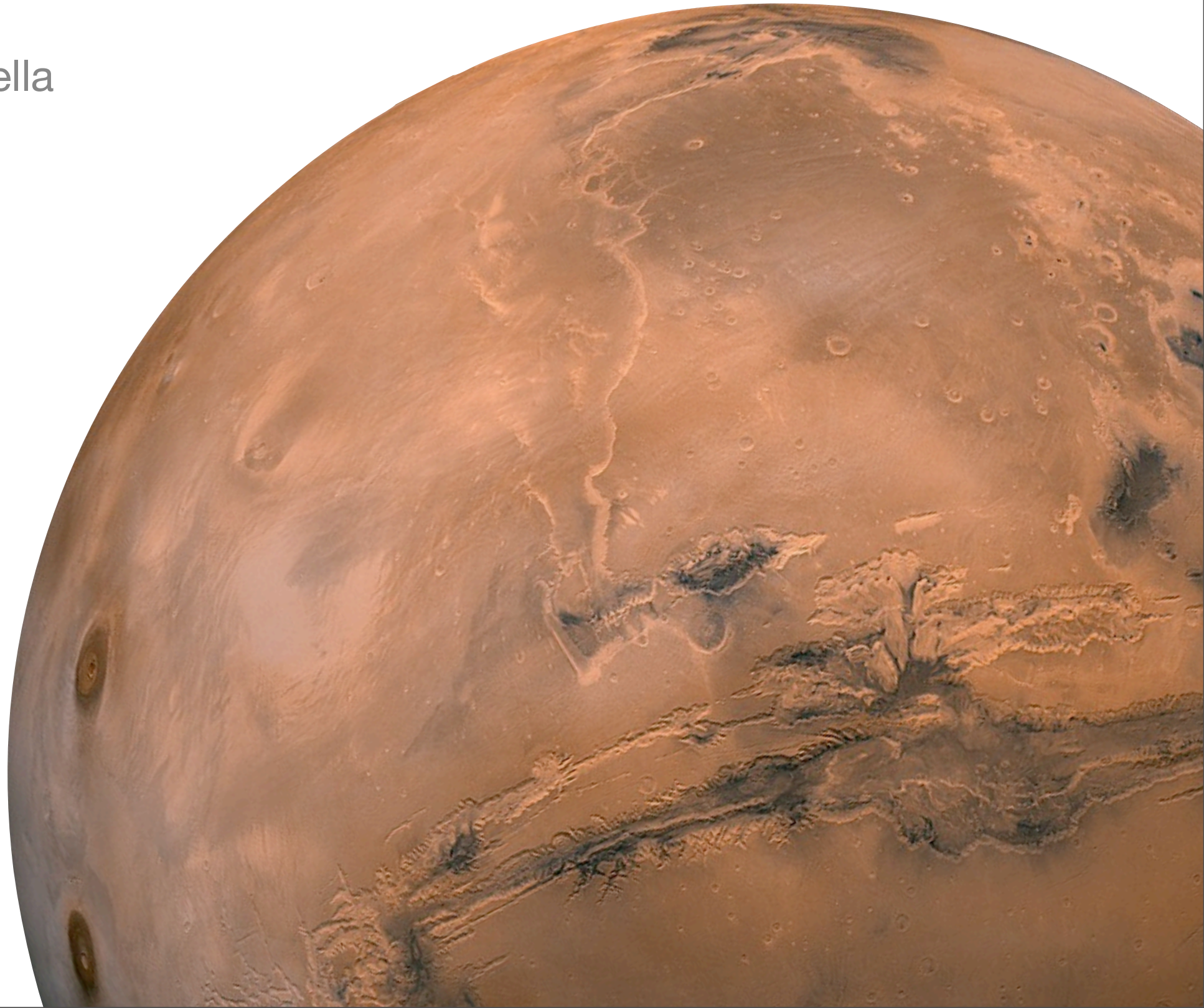
La ricerca della vita su Marte



Capitolo 4:

La ricerca della vita su Marte

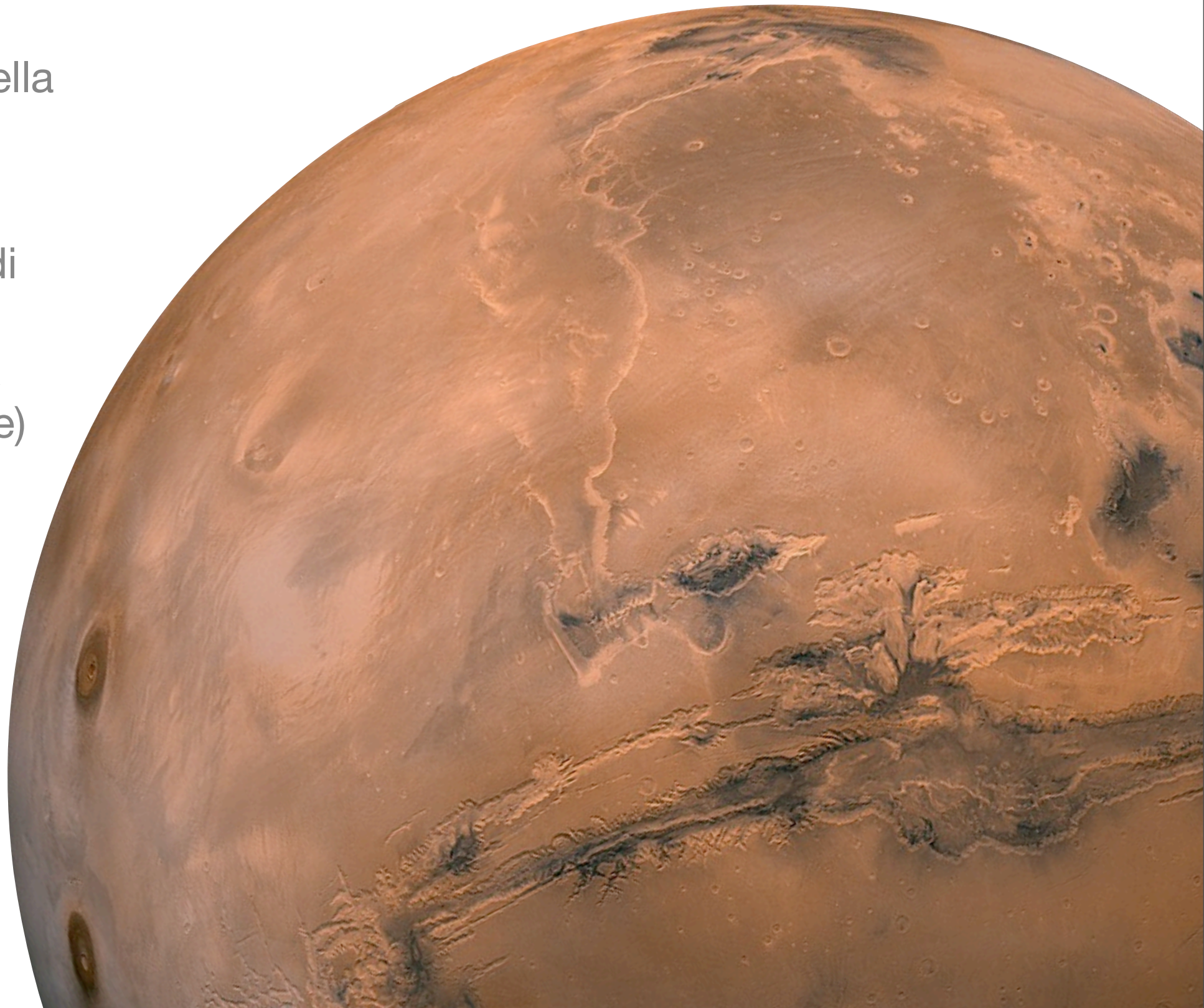
- Recenti missioni della NASA



Capitolo 4:

La ricerca della vita su Marte

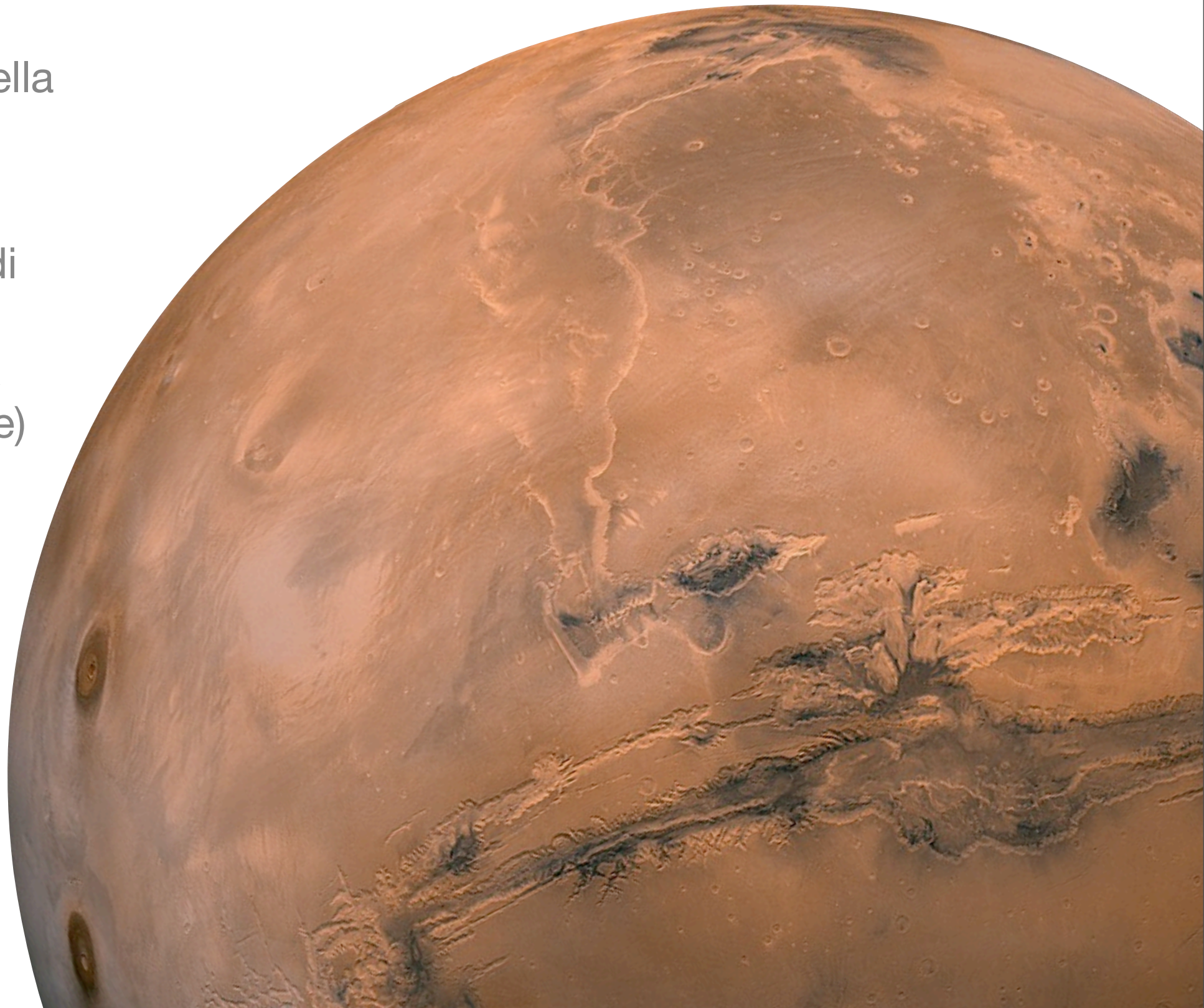
- Recenti missioni della NASA
- Linea conduttrice di queste missioni: la **ricerca dell'acqua** (passata o presente)



Capitolo 4:

La ricerca della vita su Marte

- Recenti missioni della NASA
- Linea conduttrice di queste missioni: la **ricerca dell'acqua** (passata o presente)
- Similitudine con la Terra



La ricerca della vita su Marte

Recenti missioni della NASA:

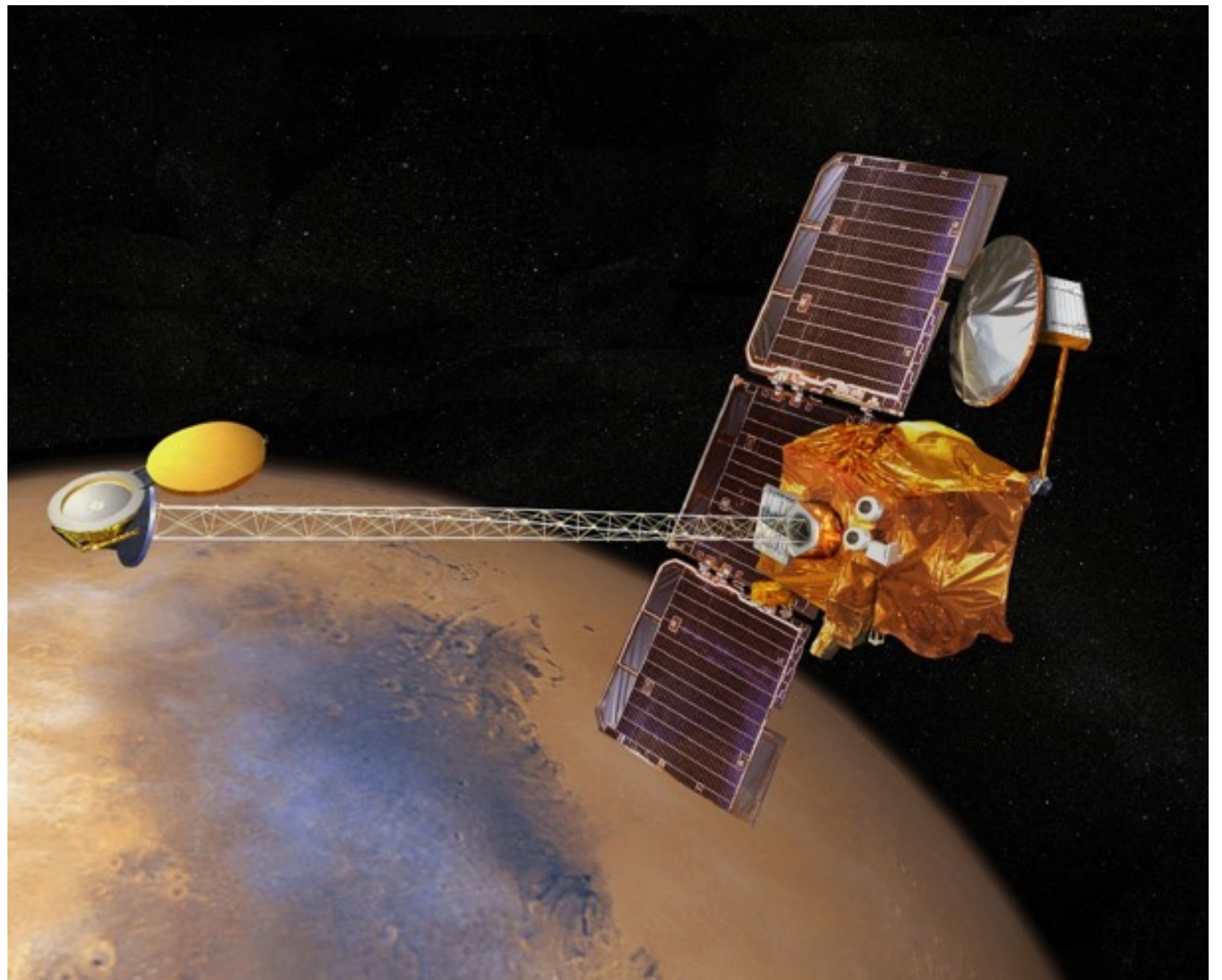
1. Mars Global Surveyor (novembre 1996)



La ricerca della vita su Marte

Recenti missioni della NASA:

2. 2001 Mars Odyssey (aprile 2001)



La ricerca della vita su Marte

Recenti missioni della NASA:

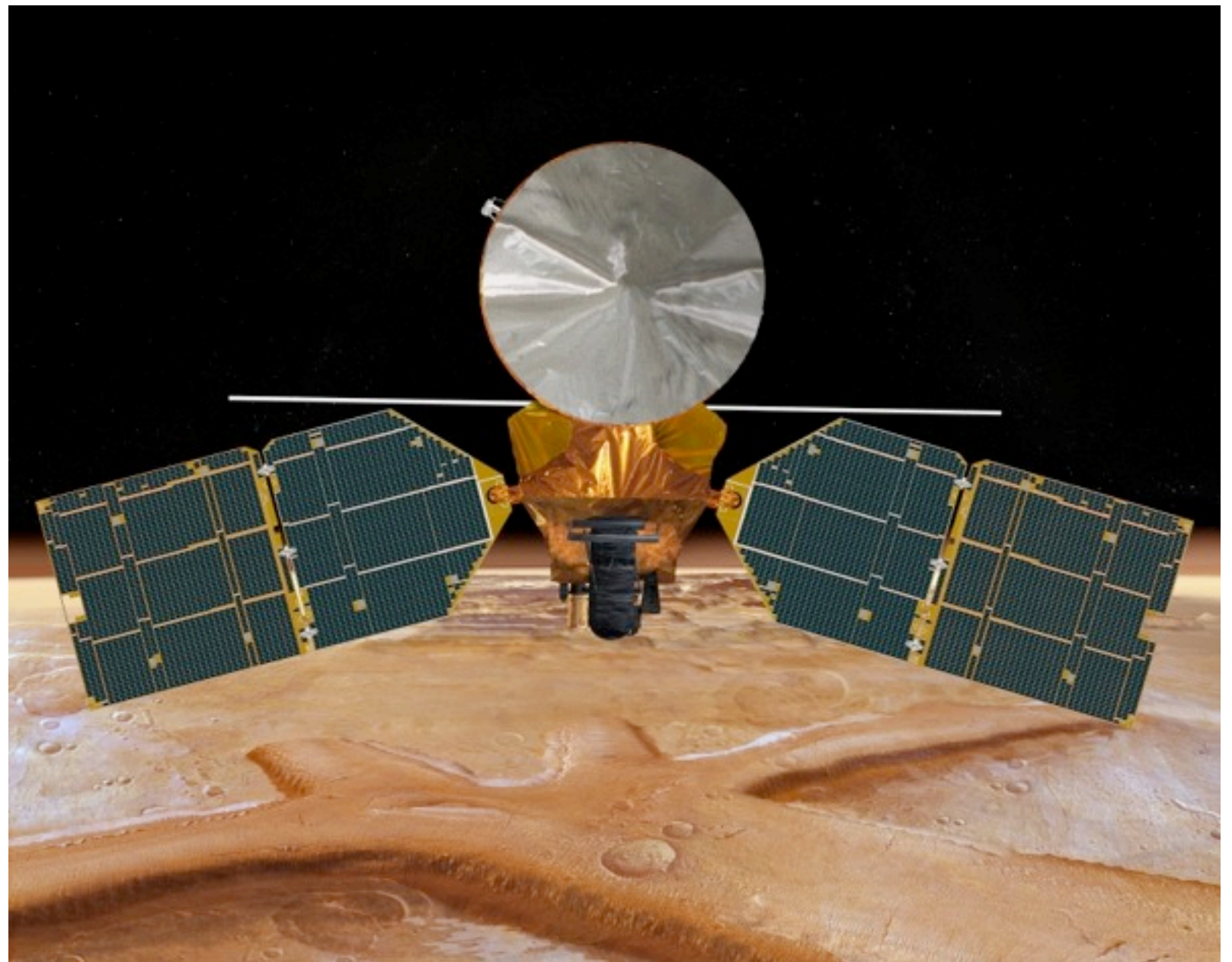
3. Mars Exploration Rovers (giugno e luglio 2003)



La ricerca della vita su Marte

Recenti missioni della NASA:

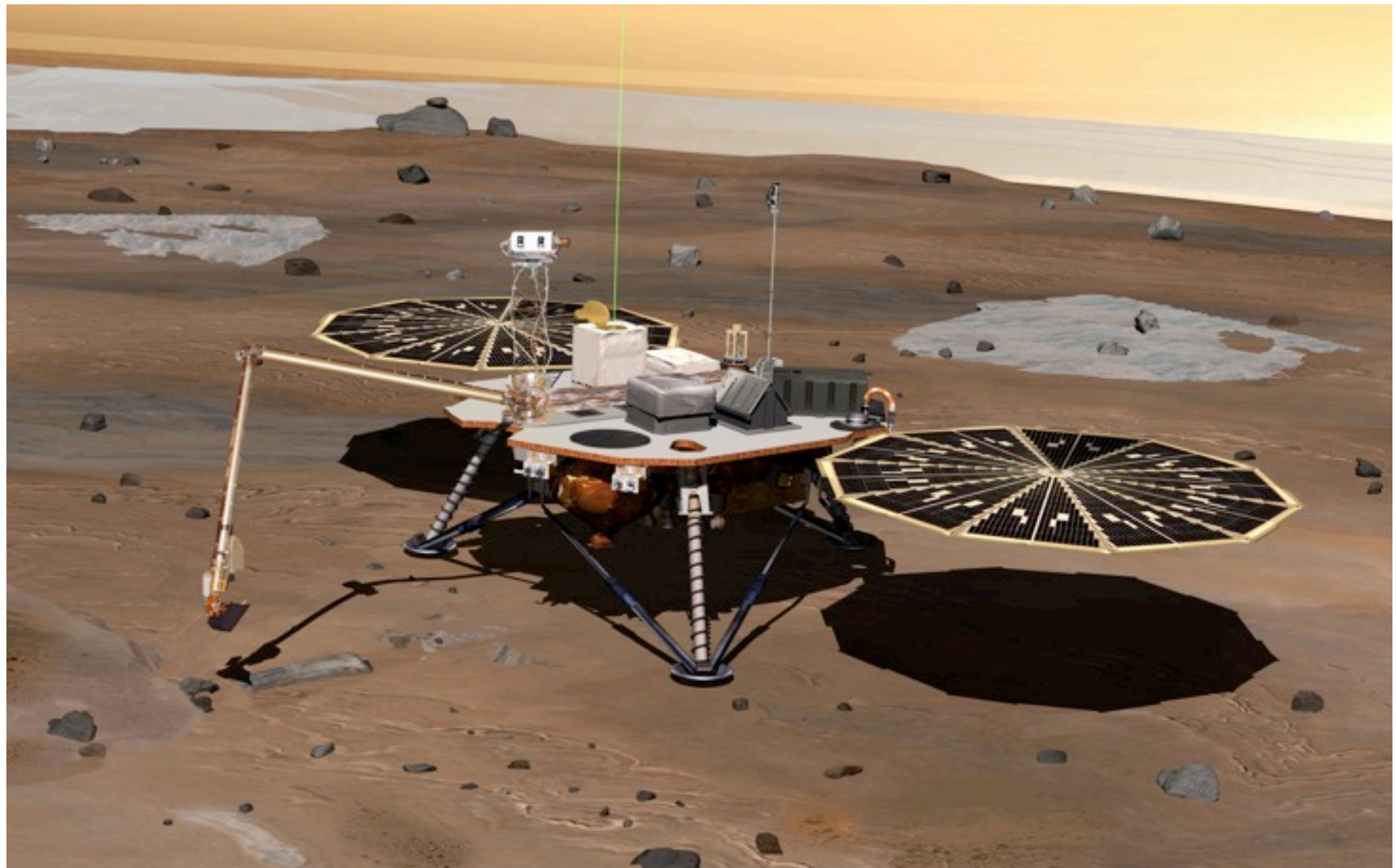
4. Mars Reconnaissance Orbiter (agosto 2005)



La ricerca della vita su Marte

Recenti missioni della NASA:

5. Phoenix Mars Lander (agosto 2007)



Il clima di Marte oggi

Il clima di Marte oggi



Il clima di Marte oggi

- 1/2 del diametro terrestre e 1.5 più distante.



Il clima di Marte oggi

- 1/2 del diametro terrestre e 1.5 più distante.
- Pressione atmosferica: 1 - 14 mbar.



Il clima di Marte oggi

- 1/2 del diametro terrestre e 1.5 più distante.
- Pressione atmosferica: 1 - 14 mbar.
- Atmosfera composta al 99% di CO₂



Il clima di Marte oggi

- 1/2 del diametro terrestre e 1.5 più distante.
- Pressione atmosferica: 1 - 14 mbar.
- Atmosfera composta al 99% di CO₂
- Stesso periodo di rotazione $\Rightarrow$ giorno di 24 ore e 40 min.



Il clima di Marte oggi

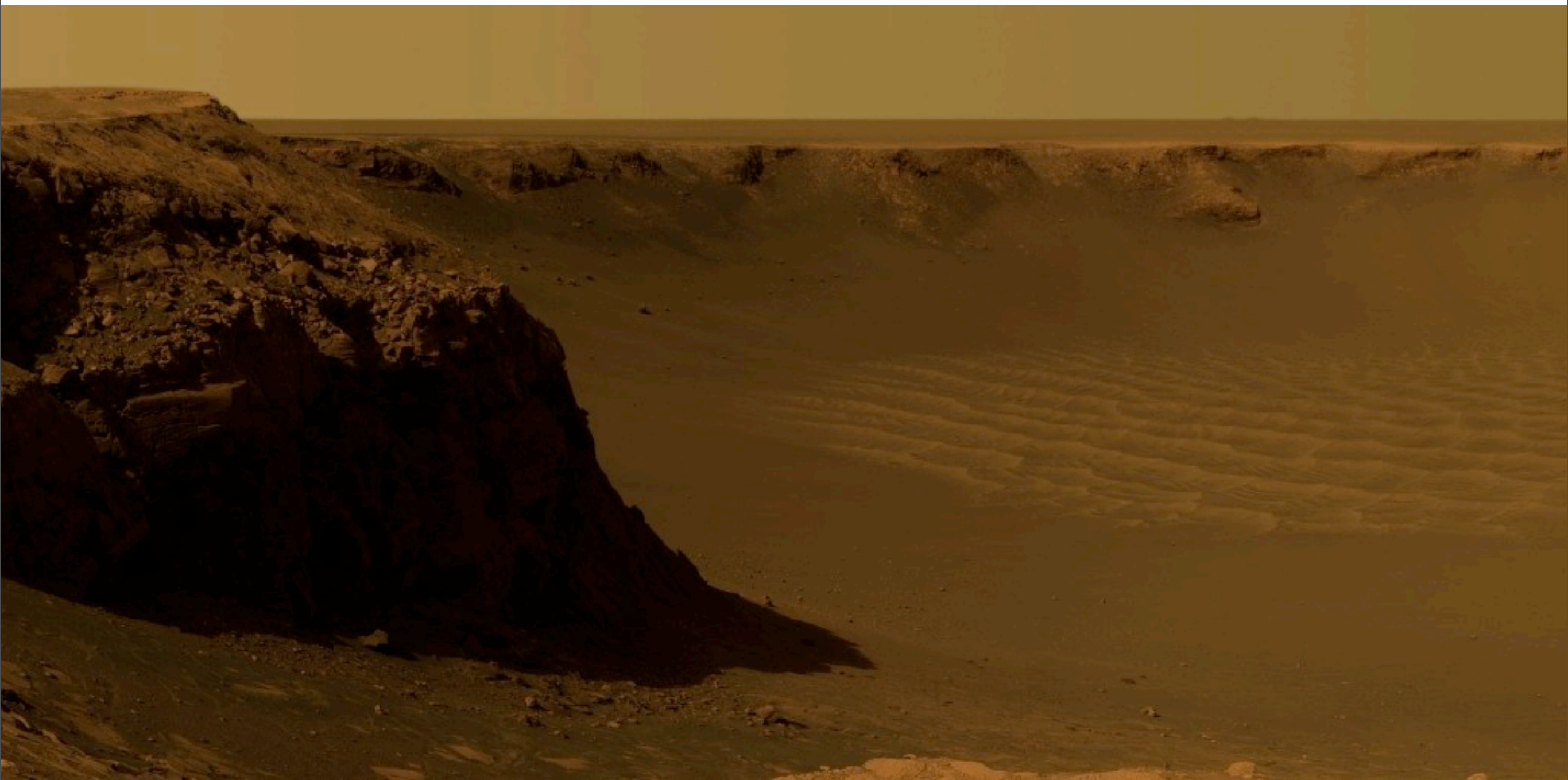
- 1/2 del diametro terrestre e 1.5 più distante.
- Pressione atmosferica: 1 - 14 mbar.
- Atmosfera composta al 99% di CO₂
- Stesso periodo di rotazione $\Rightarrow$ giorno di 24 ore e 40 min.
- Stessa obliquità $\Rightarrow$ ciclo delle stagioni paragonabile.



Il paesaggio su Marte



Il clima di Marte oggi



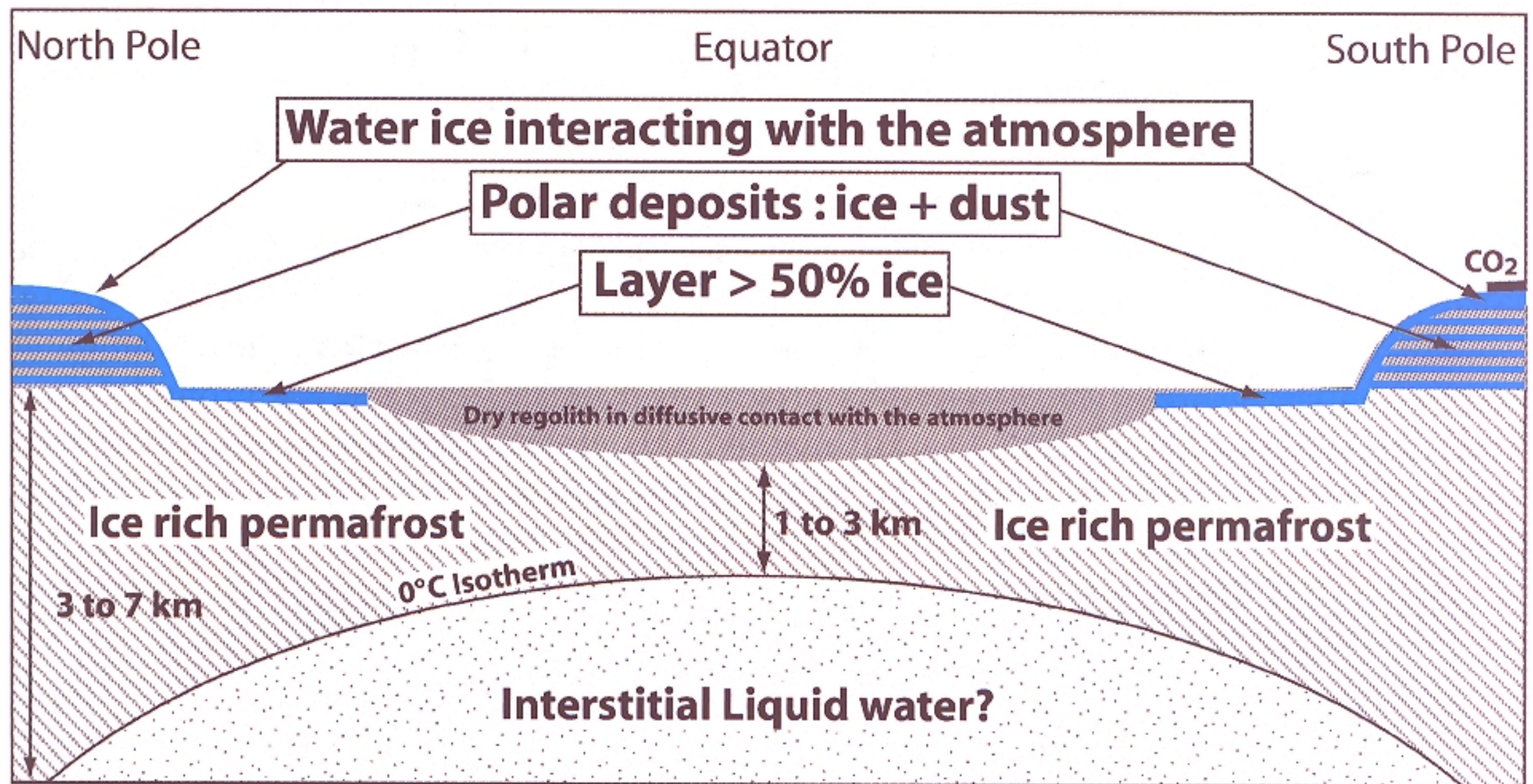
Il clima di Marte oggi

Polvere nell'aria, tempeste globali



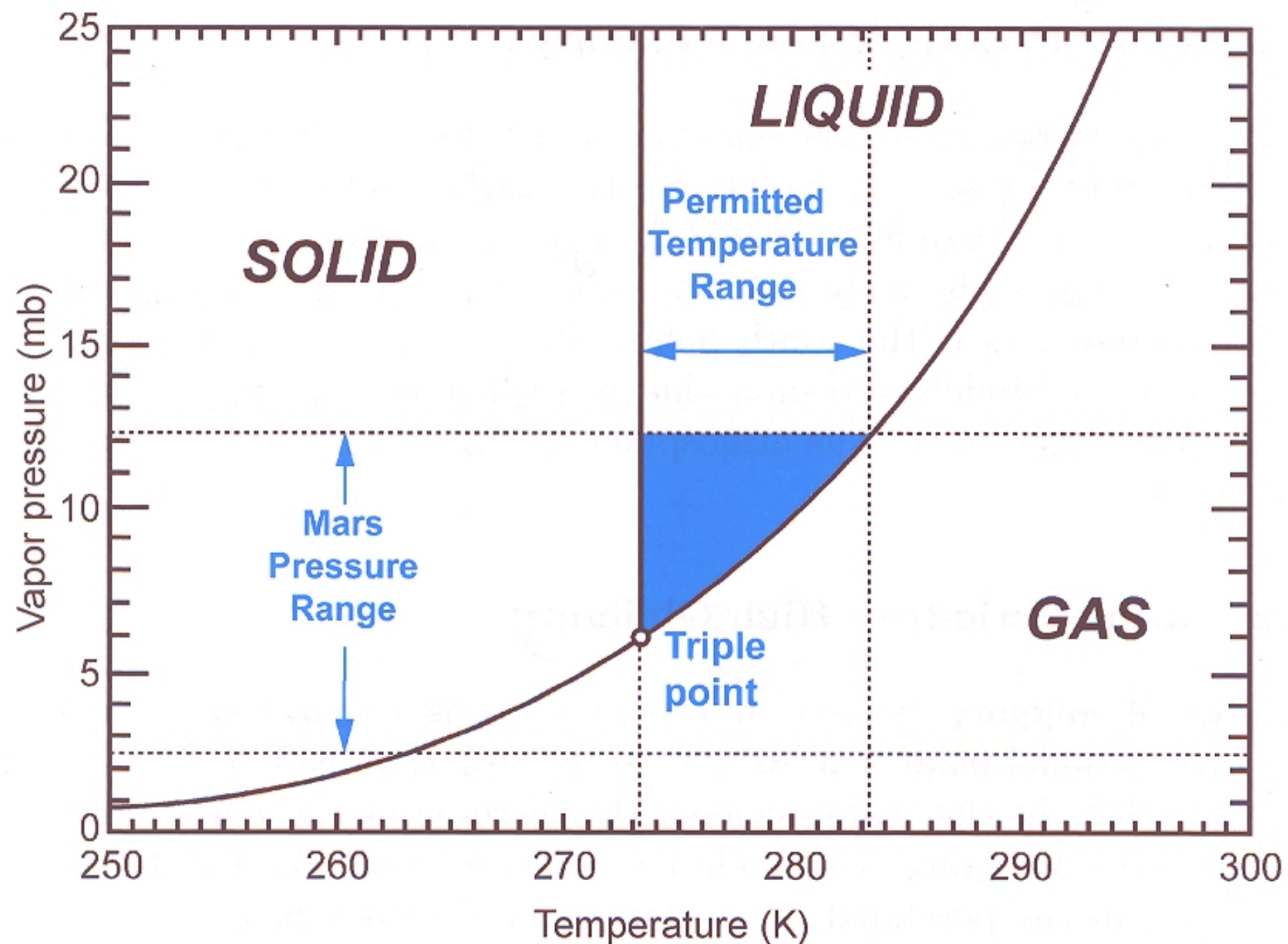
L'acqua su Marte oggi

Sotto forma **solida** o **gassosa**, acqua dappertutto su Marte



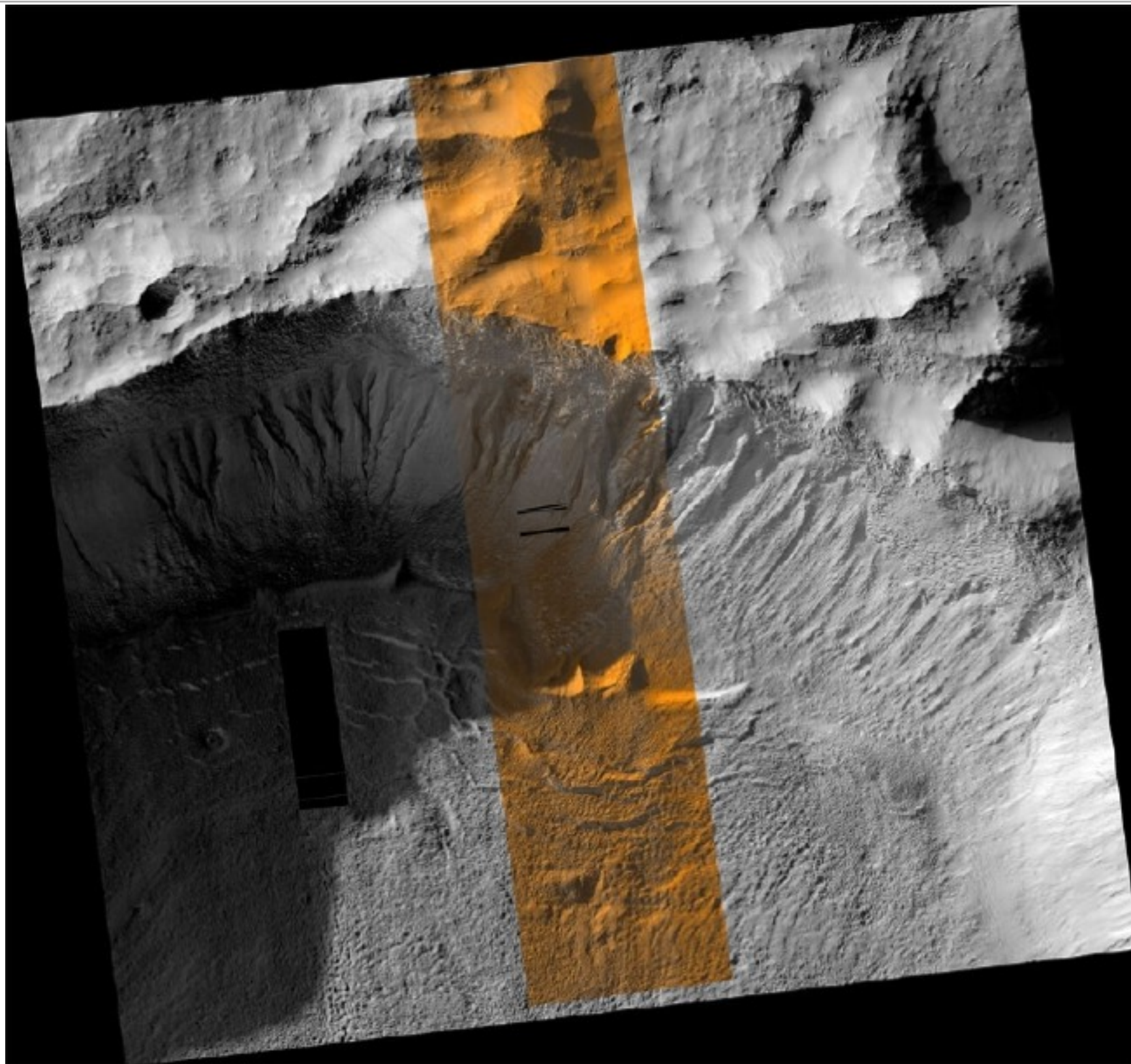
L'acqua su Marte oggi

Sotto forma **solida** o **gassosa**, acqua dappertutto su Marte



Segni di erosione dell'acqua?

Gole



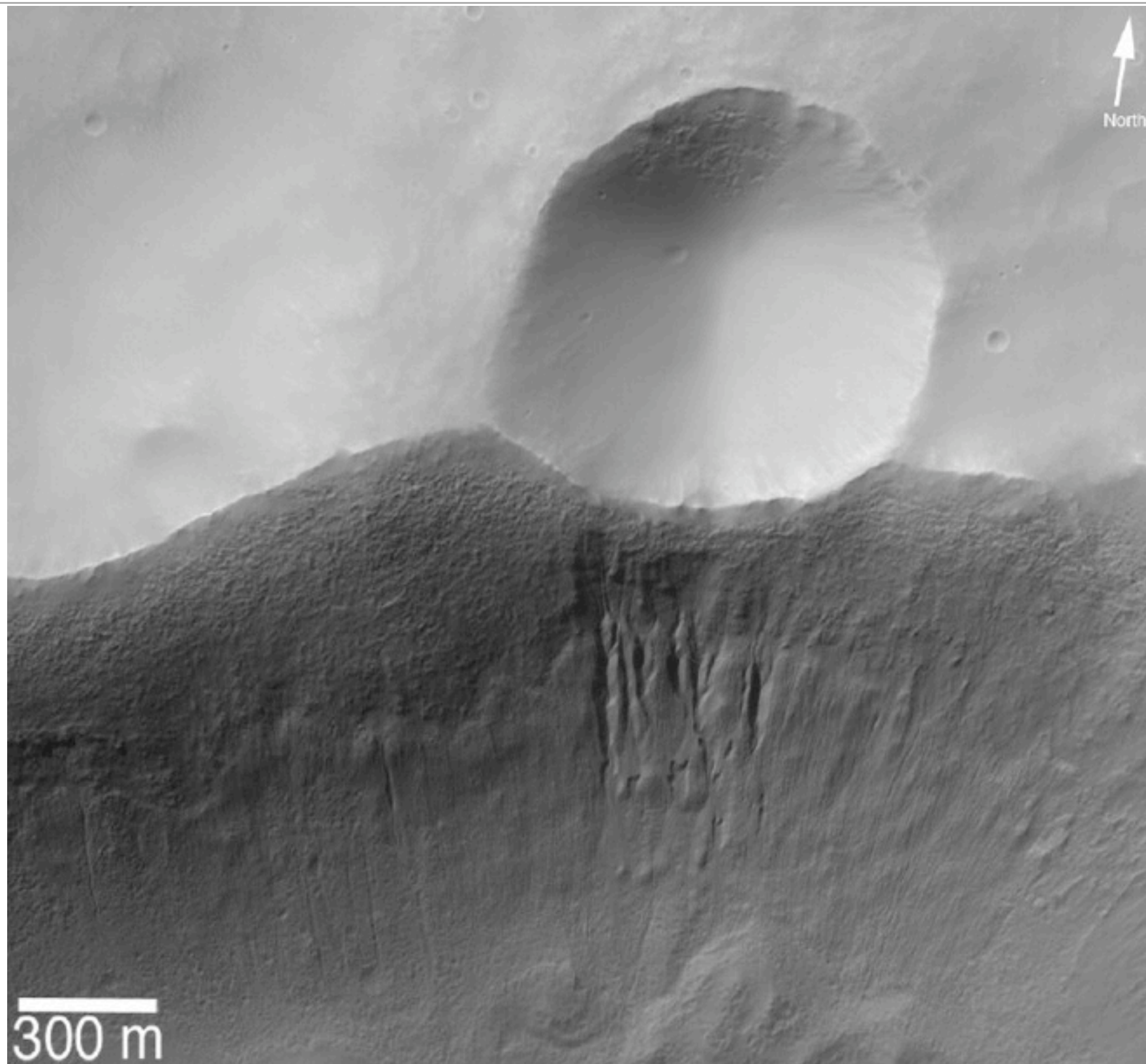
Segni di erosione dell'acqua?

Gole



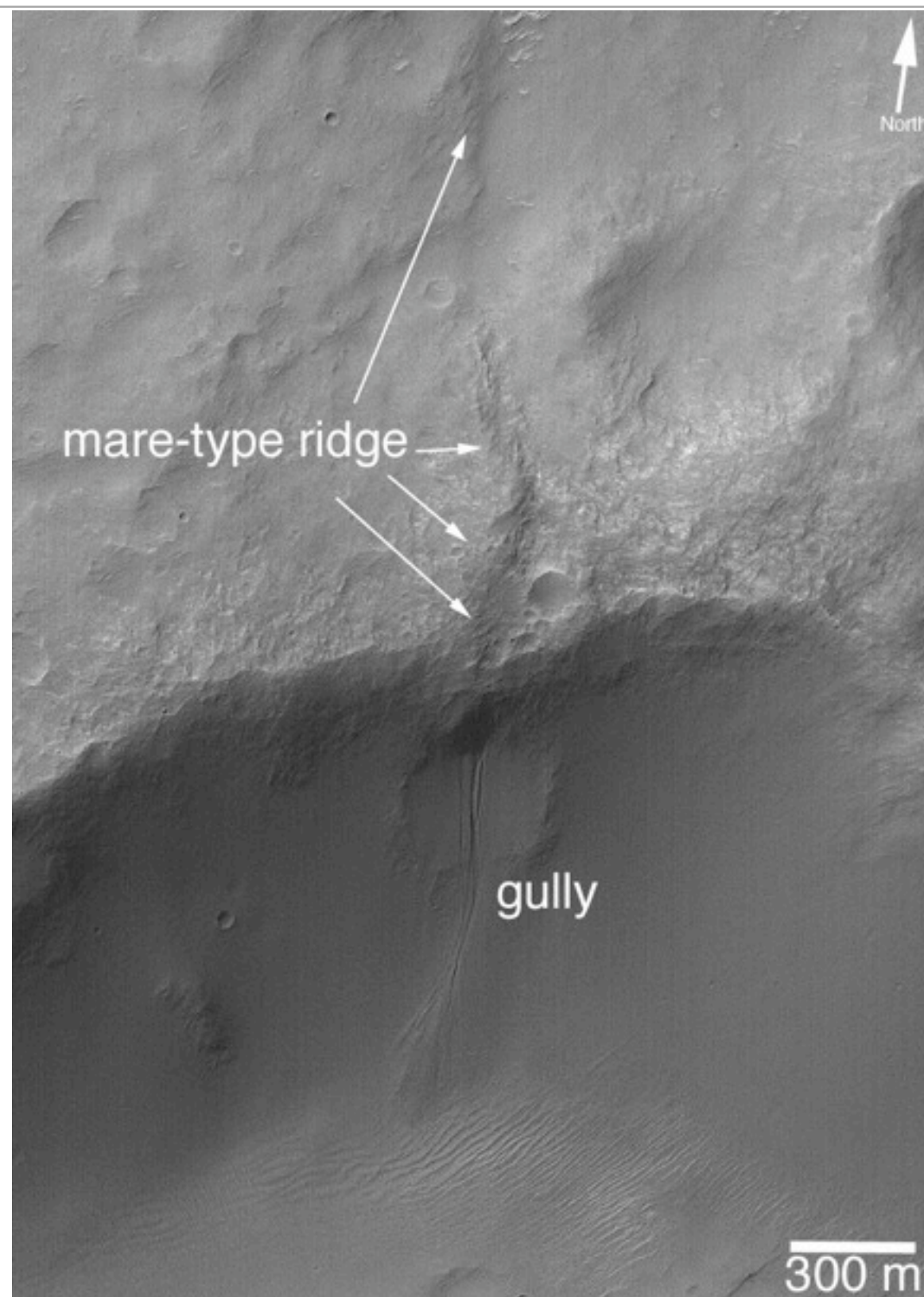
Segni di erosione dell'acqua?

Gole



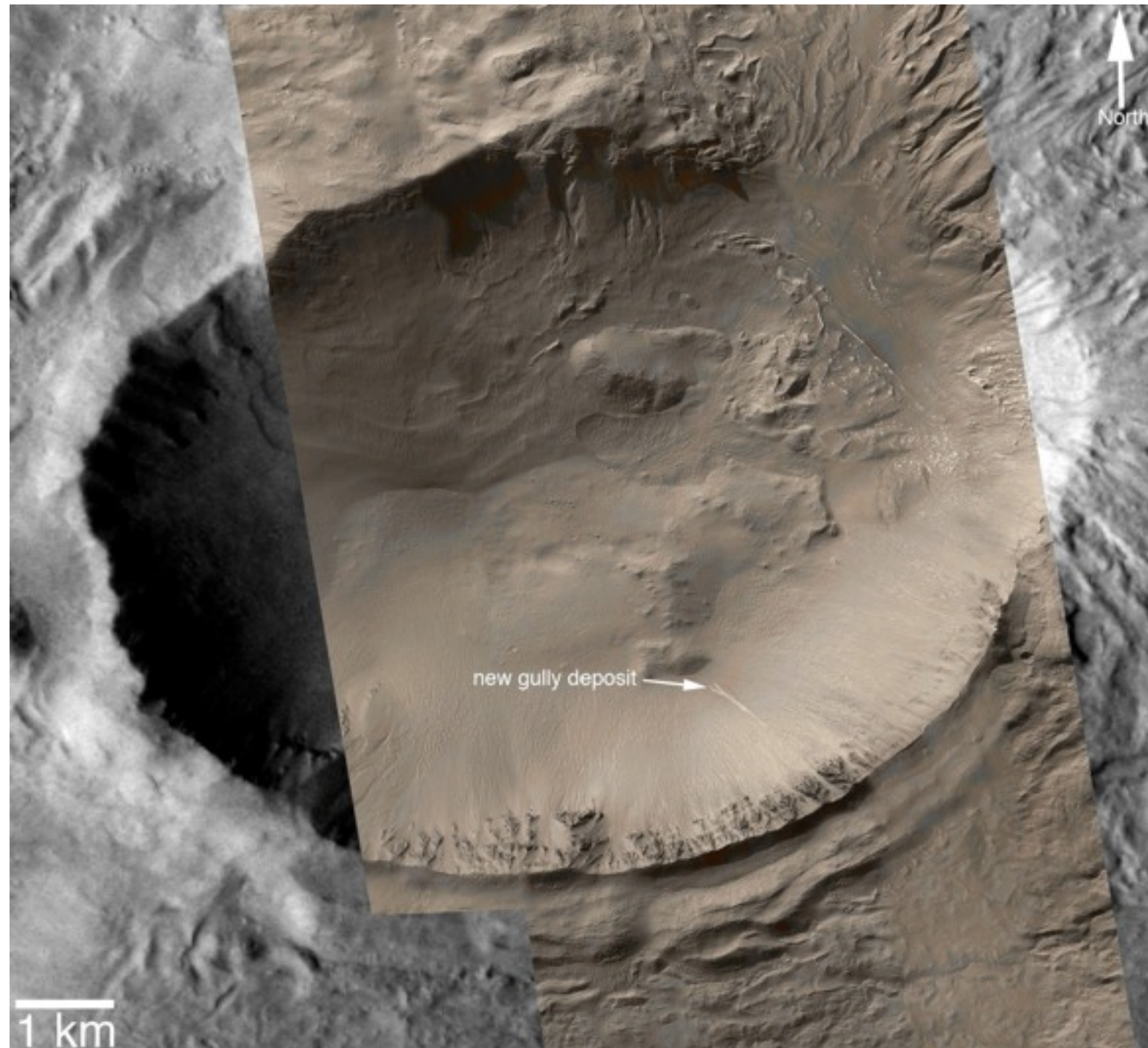
Segni di erosione dell'acqua?

Gole



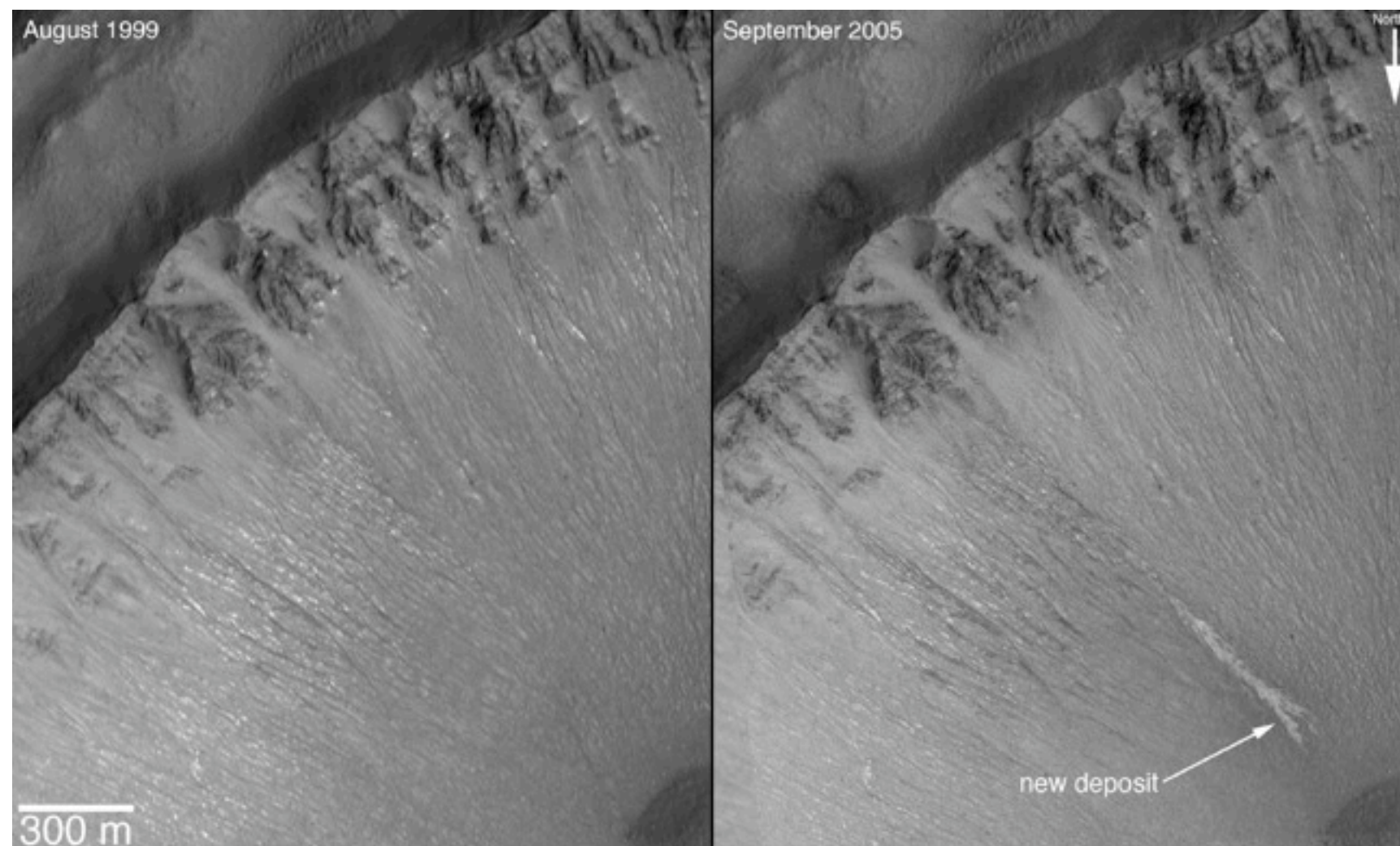
Segni di erosione dell'acqua?

Quando queste gole si sono formate?



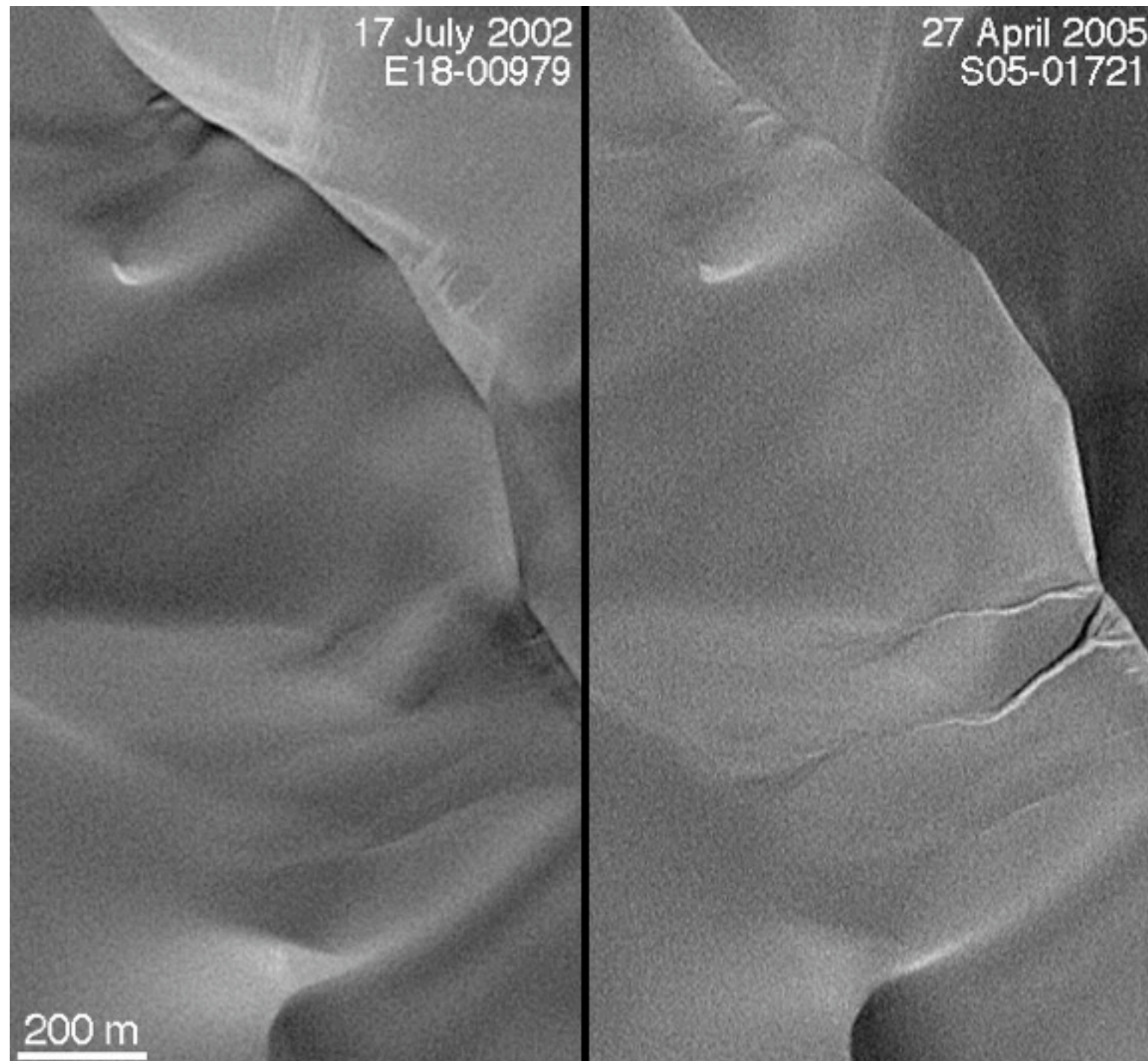
Segni di erosione dell'acqua?

Quando queste gole si sono formate?



Segni di erosione dell'acqua?

Quando queste gole si sono formate?



Segni di erosione dell'acqua?



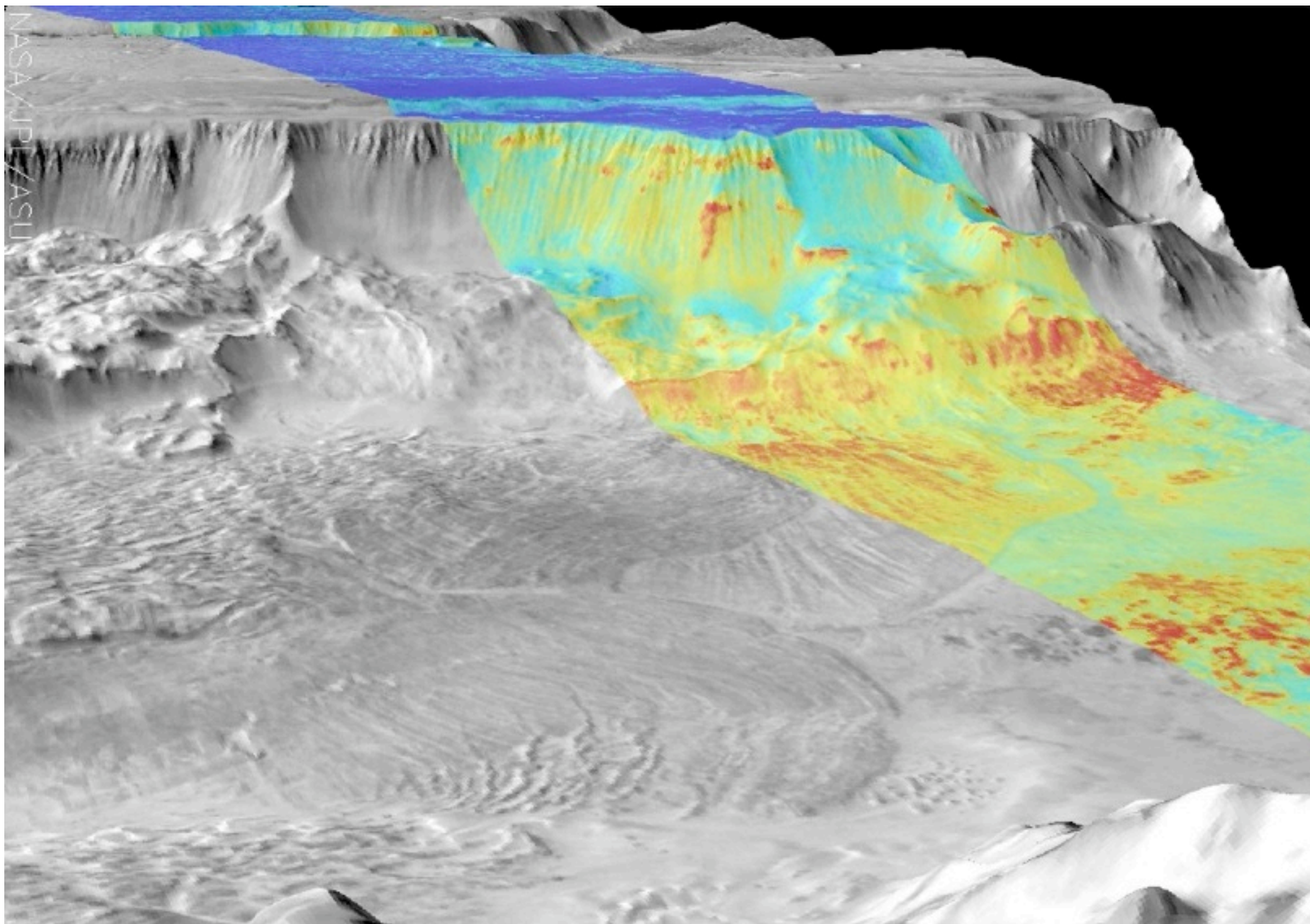
Segni di erosione dell'acqua?

Eruzioni catastrofiche



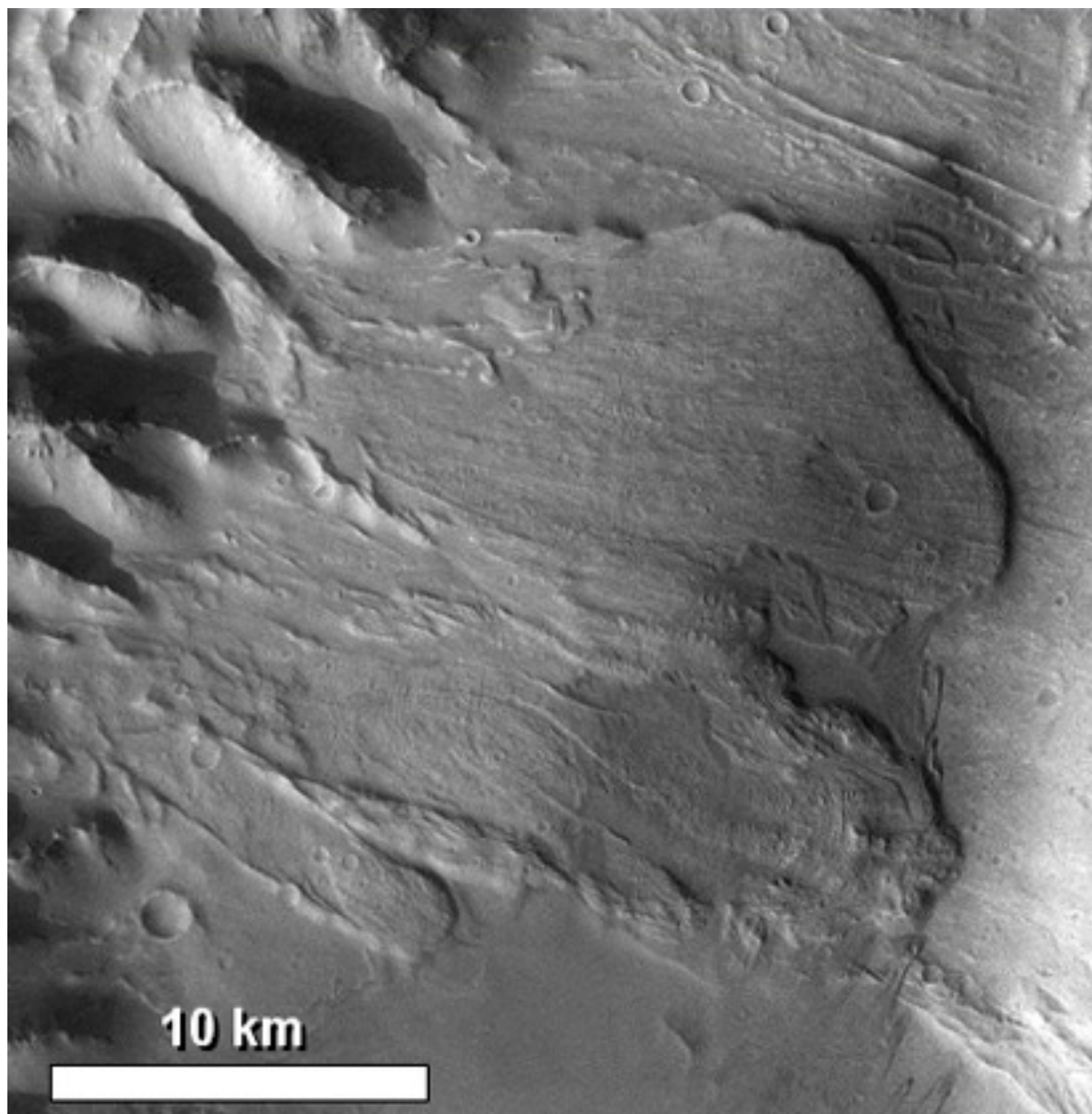
Segni di erosione dell'acqua?

Eruzioni catastrofiche



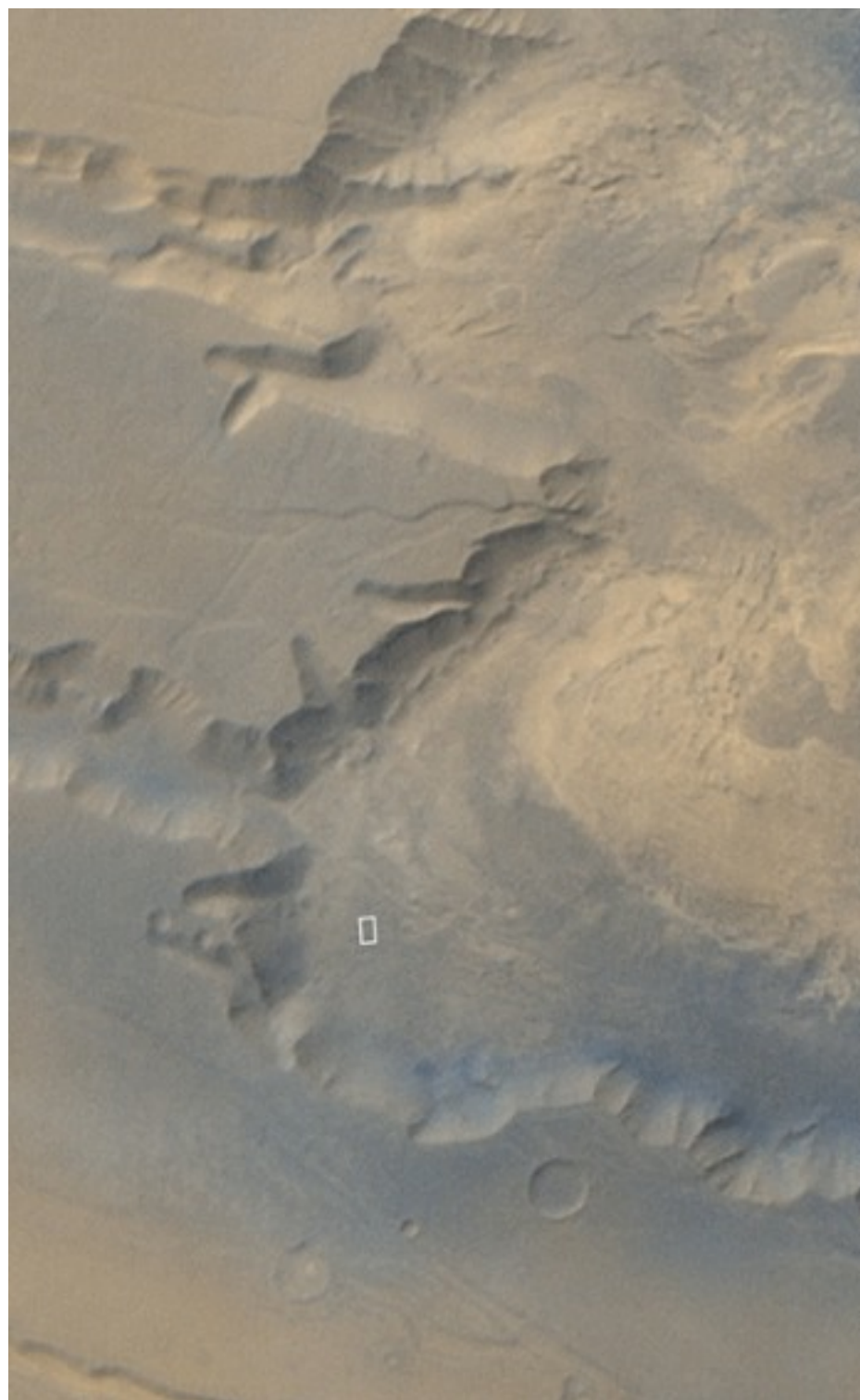
Segni di erosione dell'acqua?

Eruzioni catastrofiche



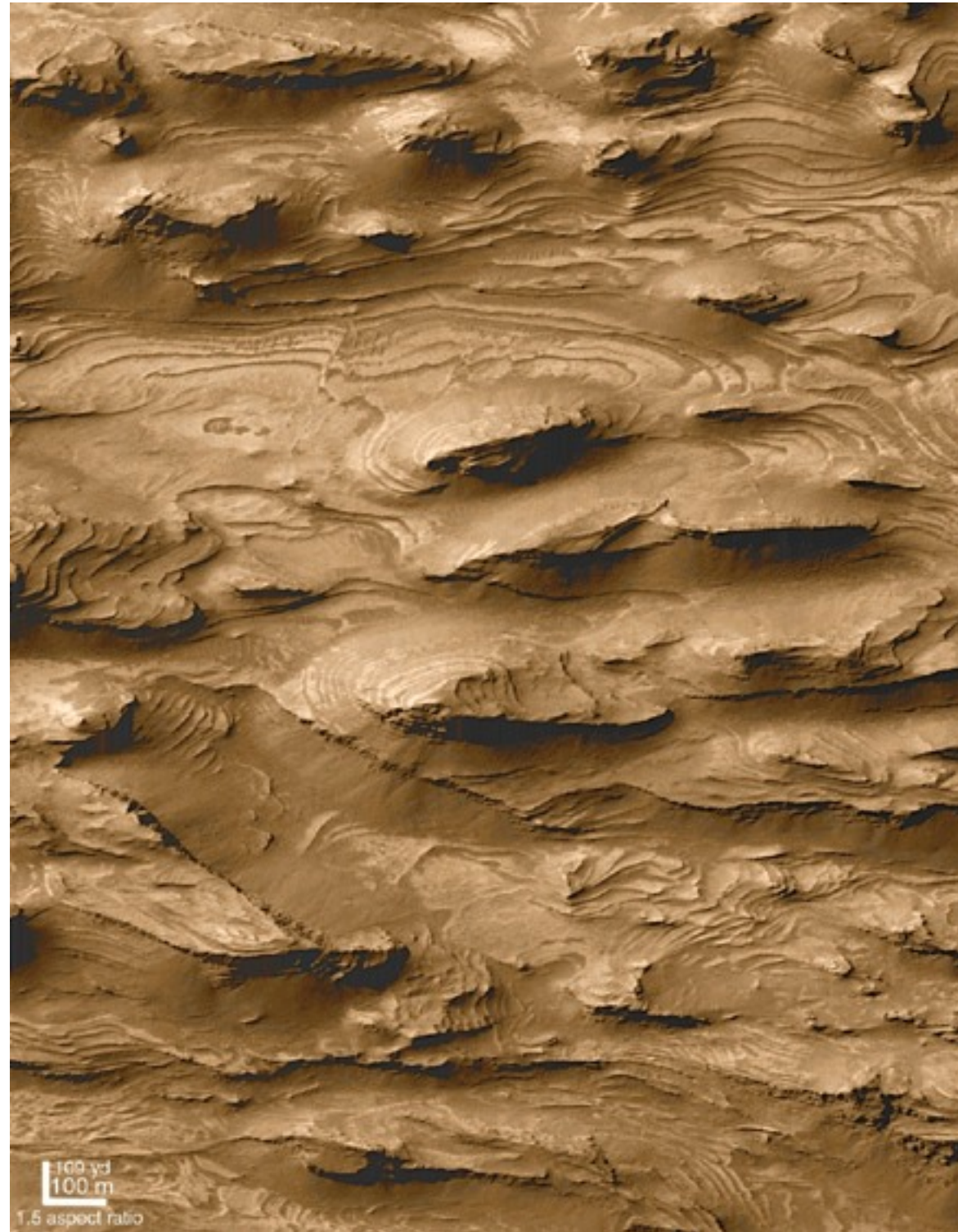
Segni di erosione dell'acqua?

Sedimenti



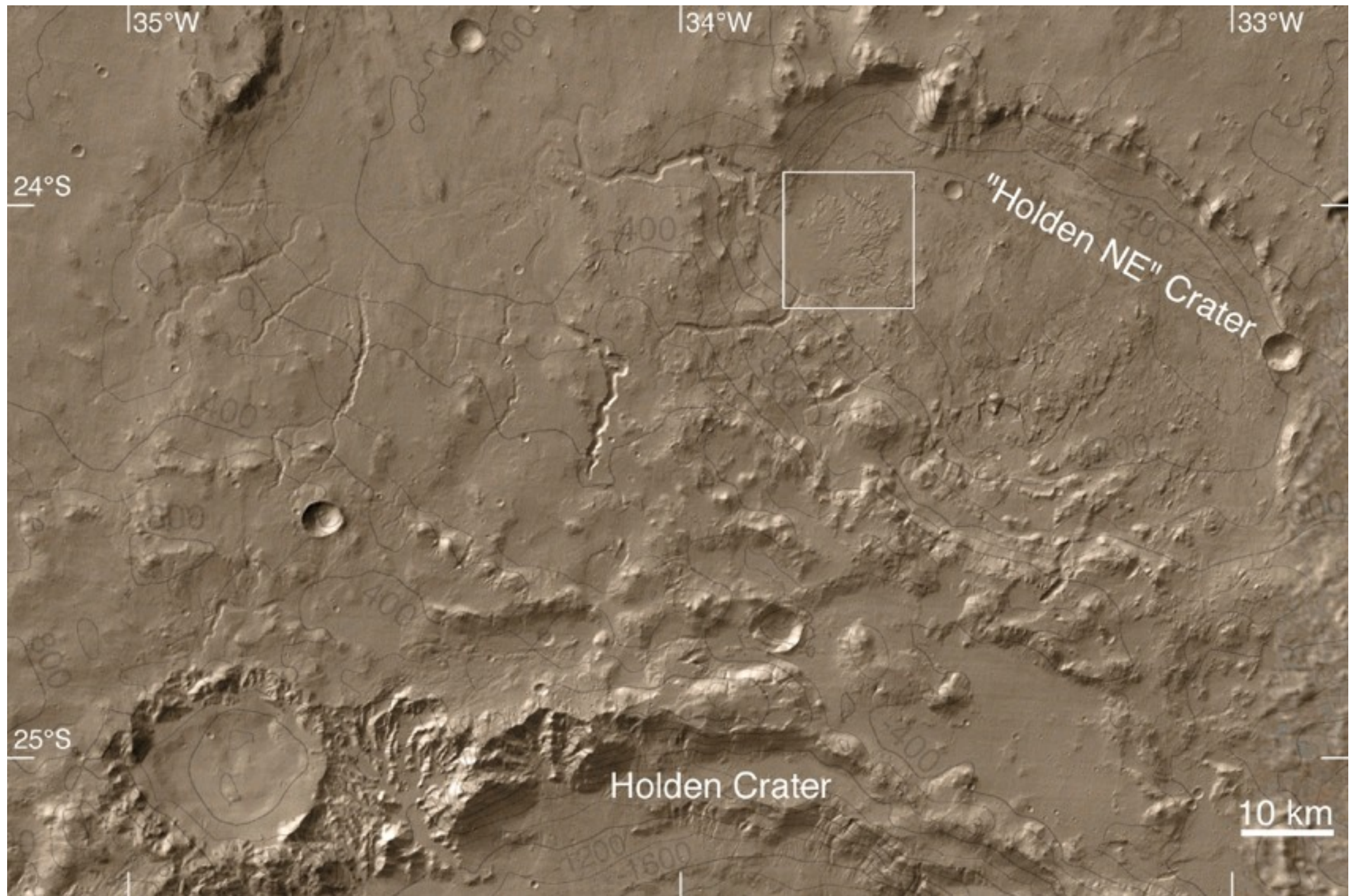
Segni di erosione dell'acqua?

Sedimenti



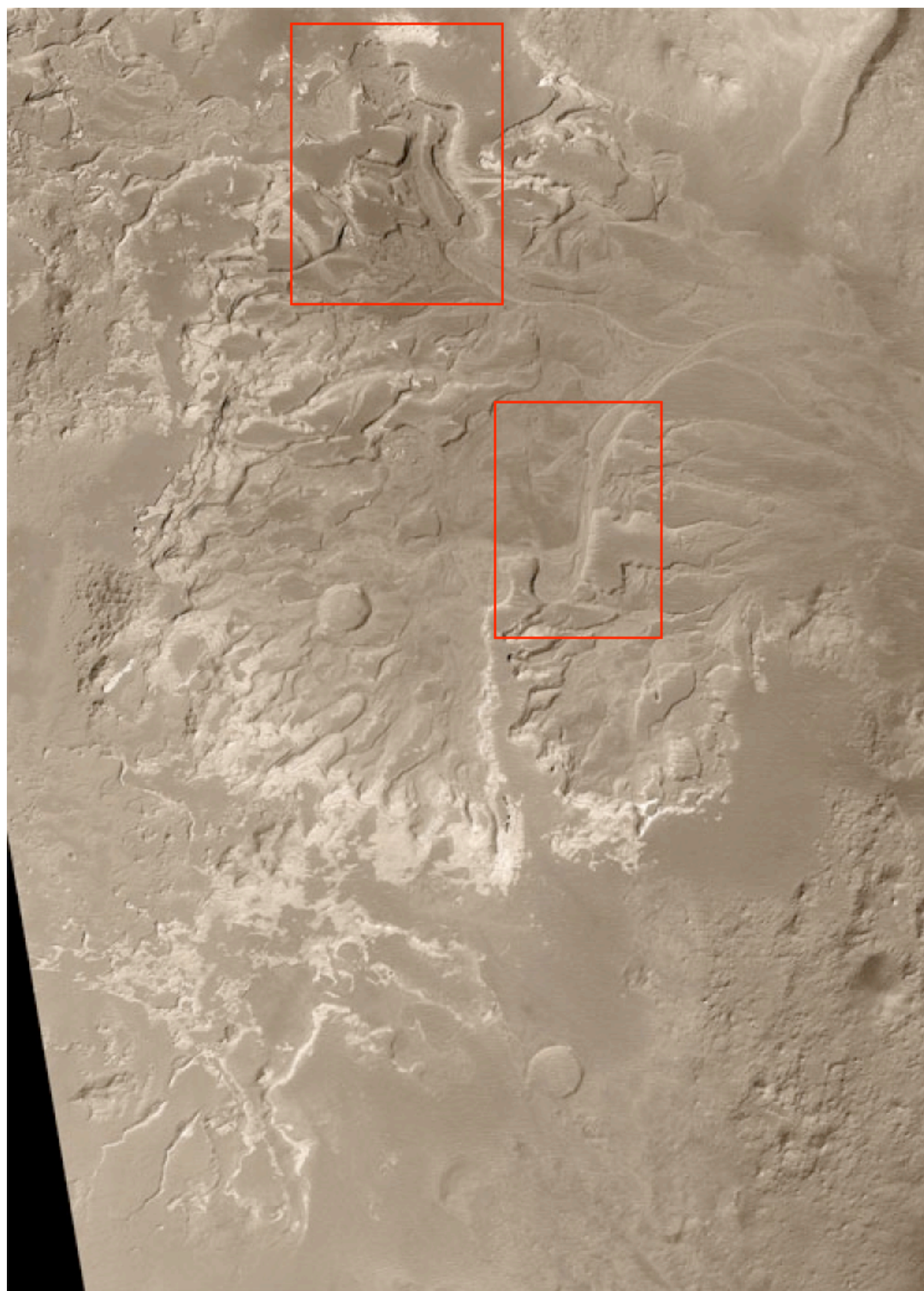
Segni di erosione dell'acqua?

Delta e fiumi



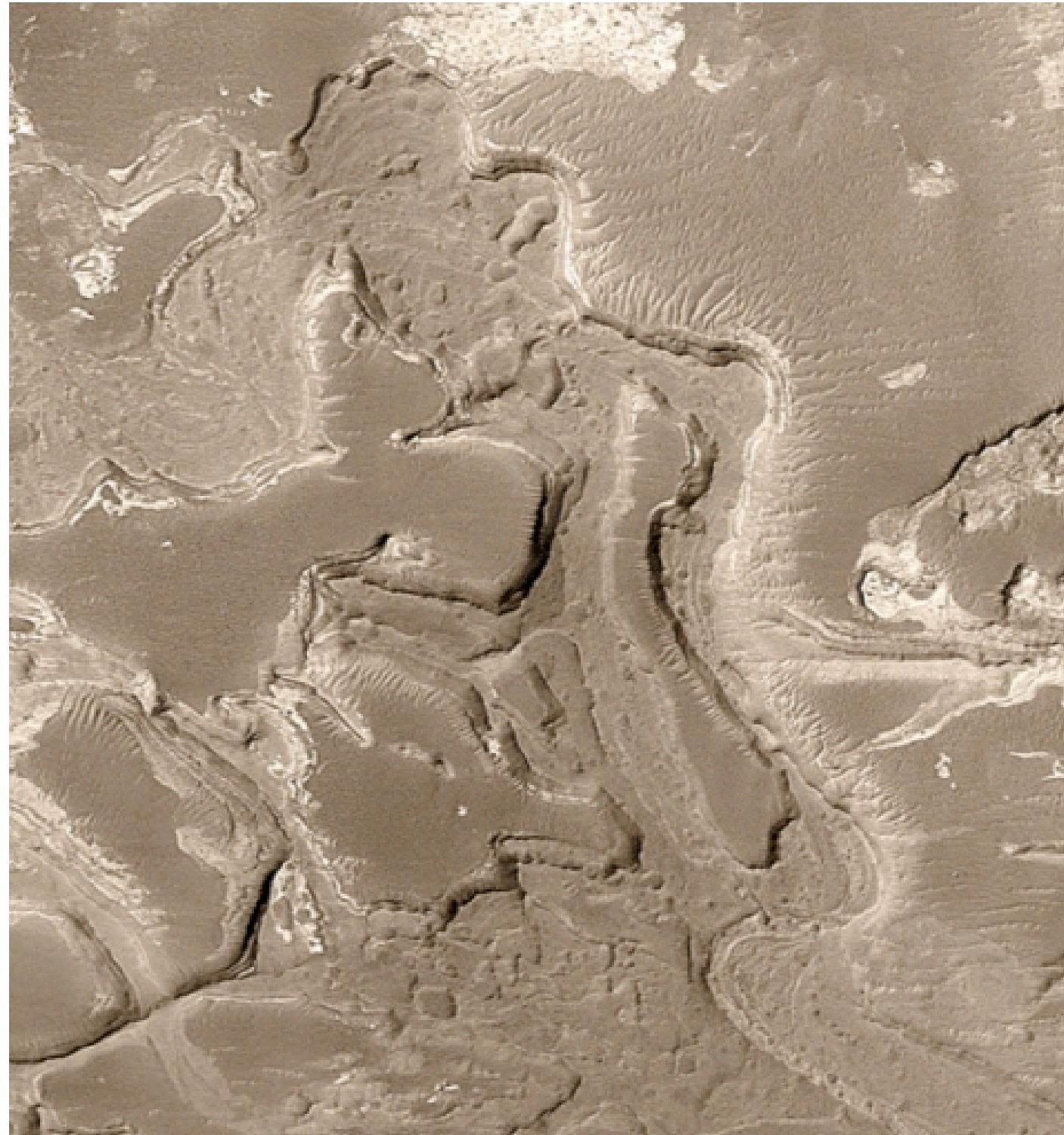
Segni di erosione dell'acqua?

Delta e fiumi



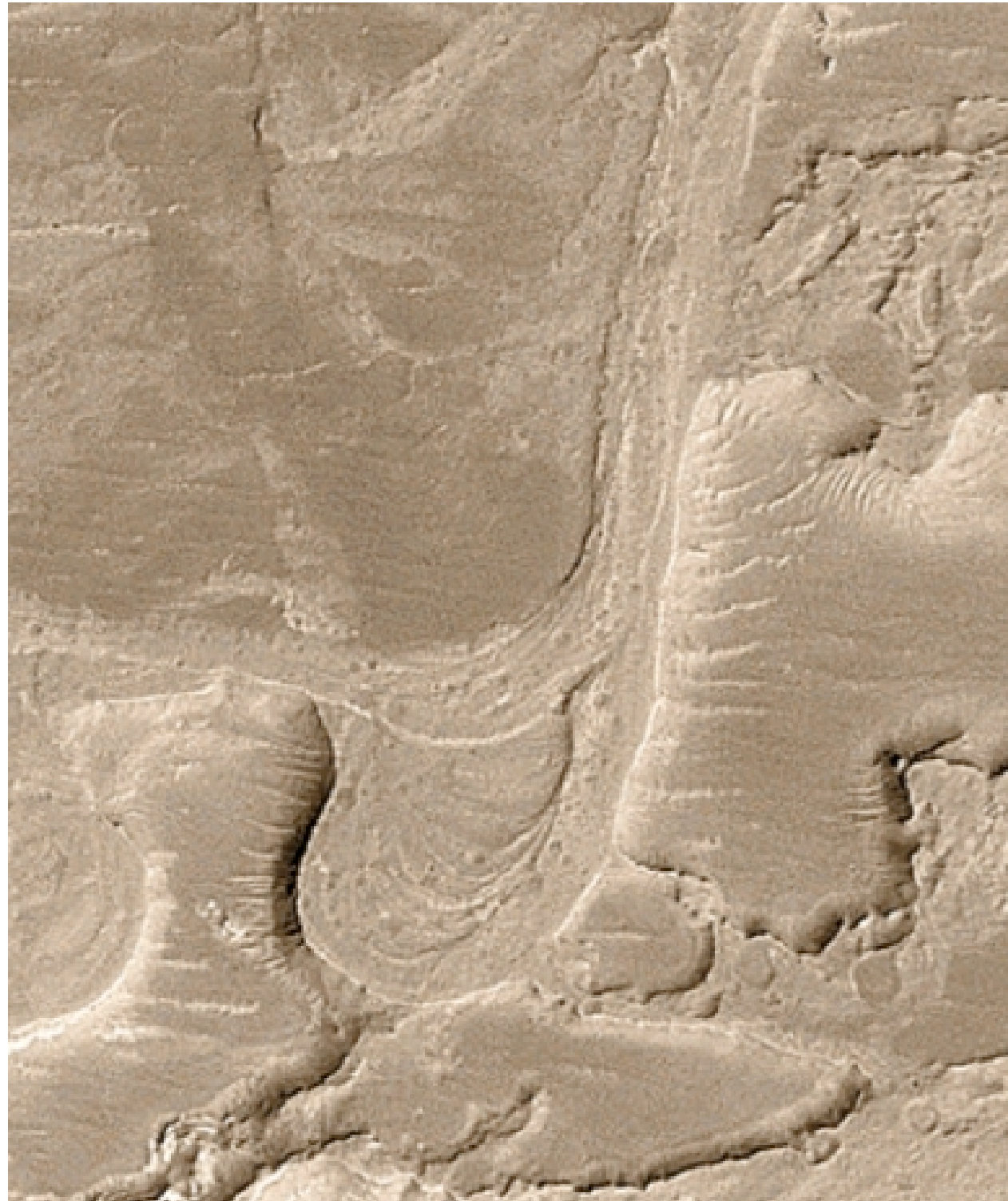
Segni di erosione dell'acqua?

Delta e fiumi

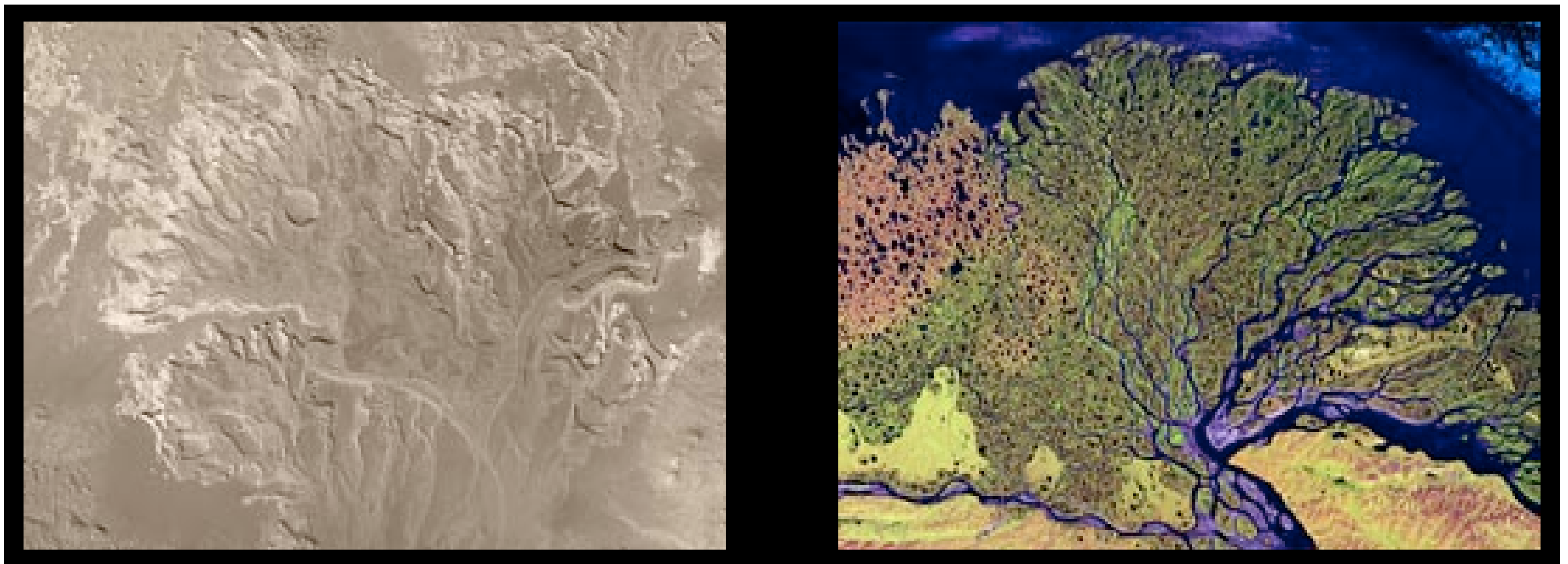


Segni di erosione dell'acqua?

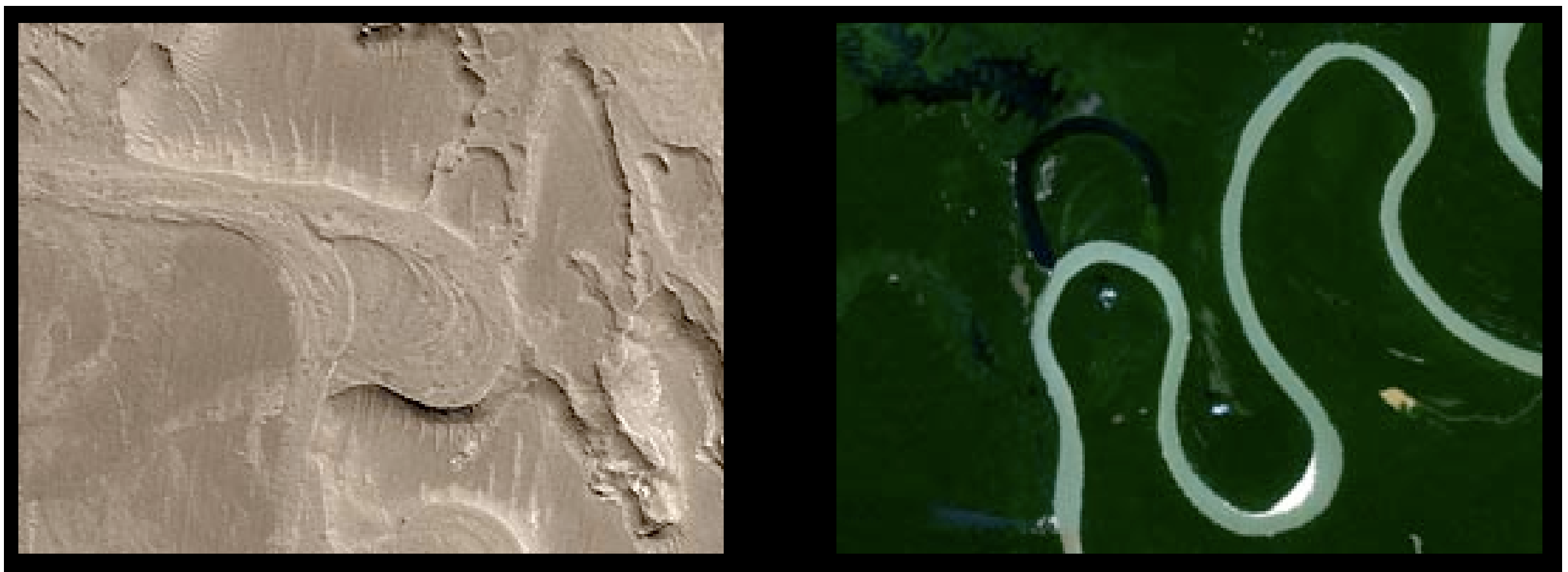
Delta e fiumi



Paragoni con l'azione dell'acqua sulla Terra



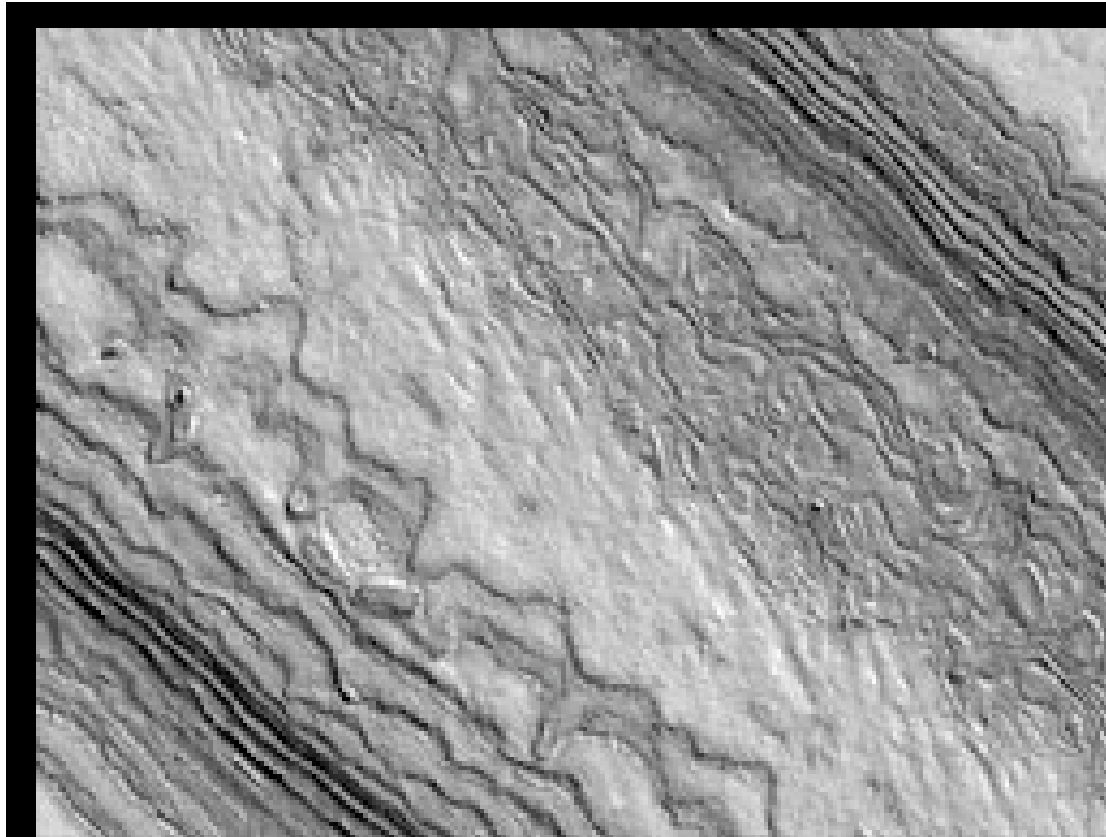
Paragoni con l'azione dell'acqua sulla Terra



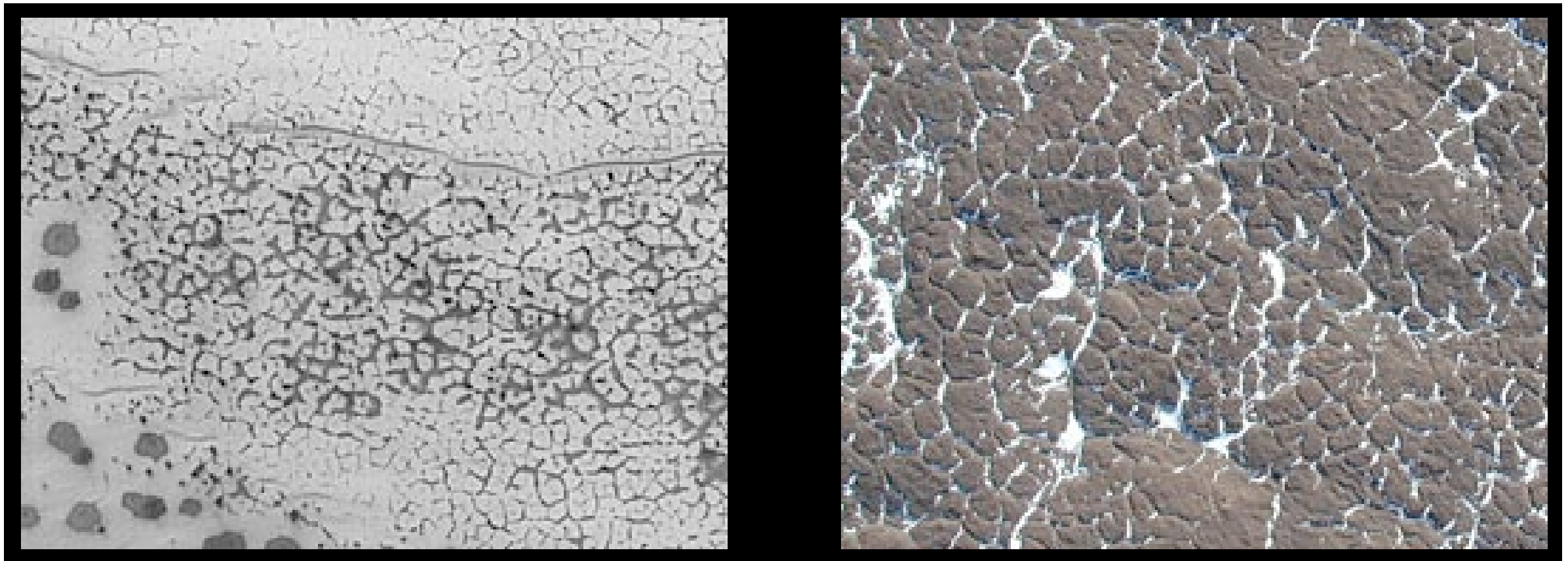
Paragoni con l'azione dell'acqua sulla Terra



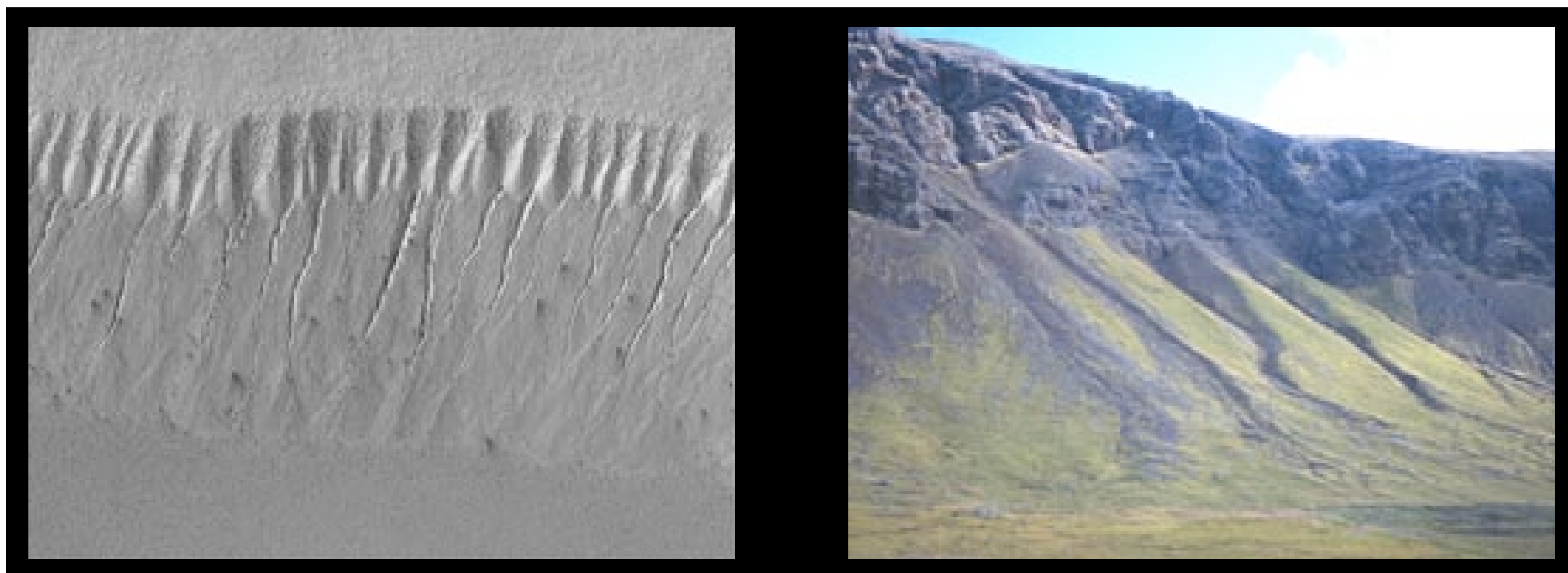
Paragoni con l'azione dell'acqua sulla Terra



Paragoni con l'azione dell'acqua sulla Terra



Paragoni con l'azione dell'acqua sulla Terra



Paragoni con l'azione dell'acqua sulla Terra

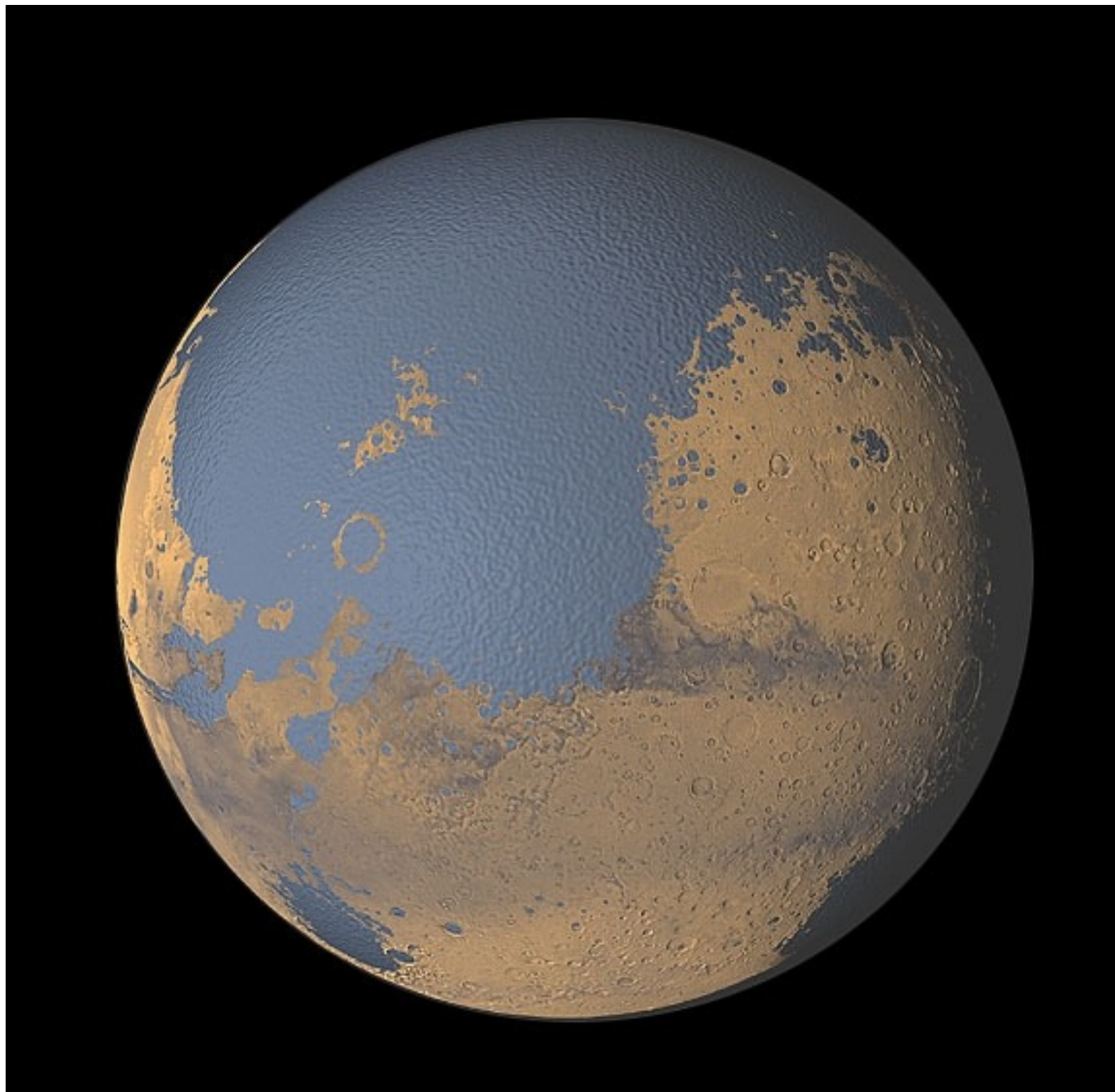
Paragoni con l'azione dell'acqua sulla Terra



Paragoni con l'azione dell'acqua sulla Terra



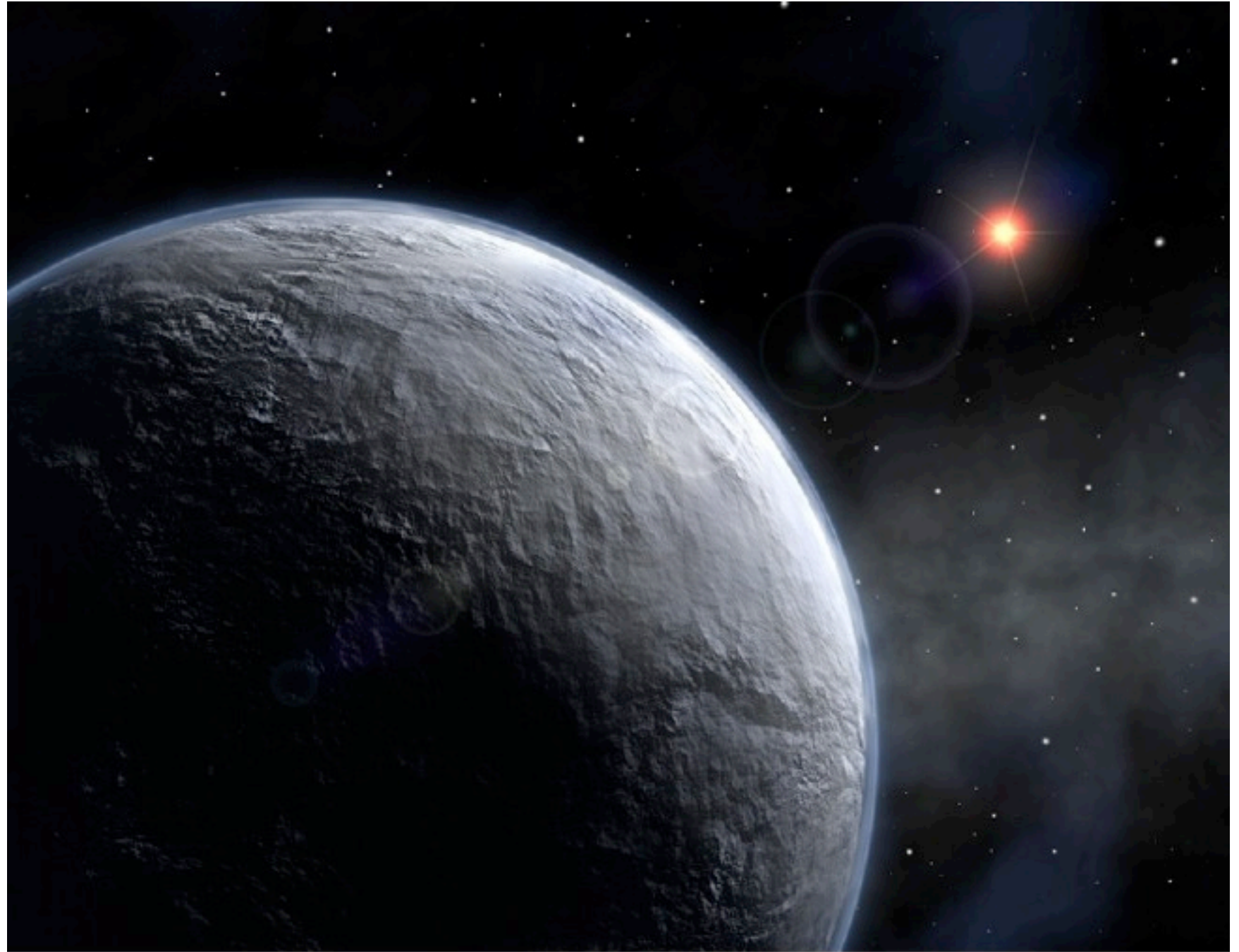
L'enigma del clima antico di Marte



L'enigma del clima antico di Marte



Capitolo 5: Oltre il sistema solare



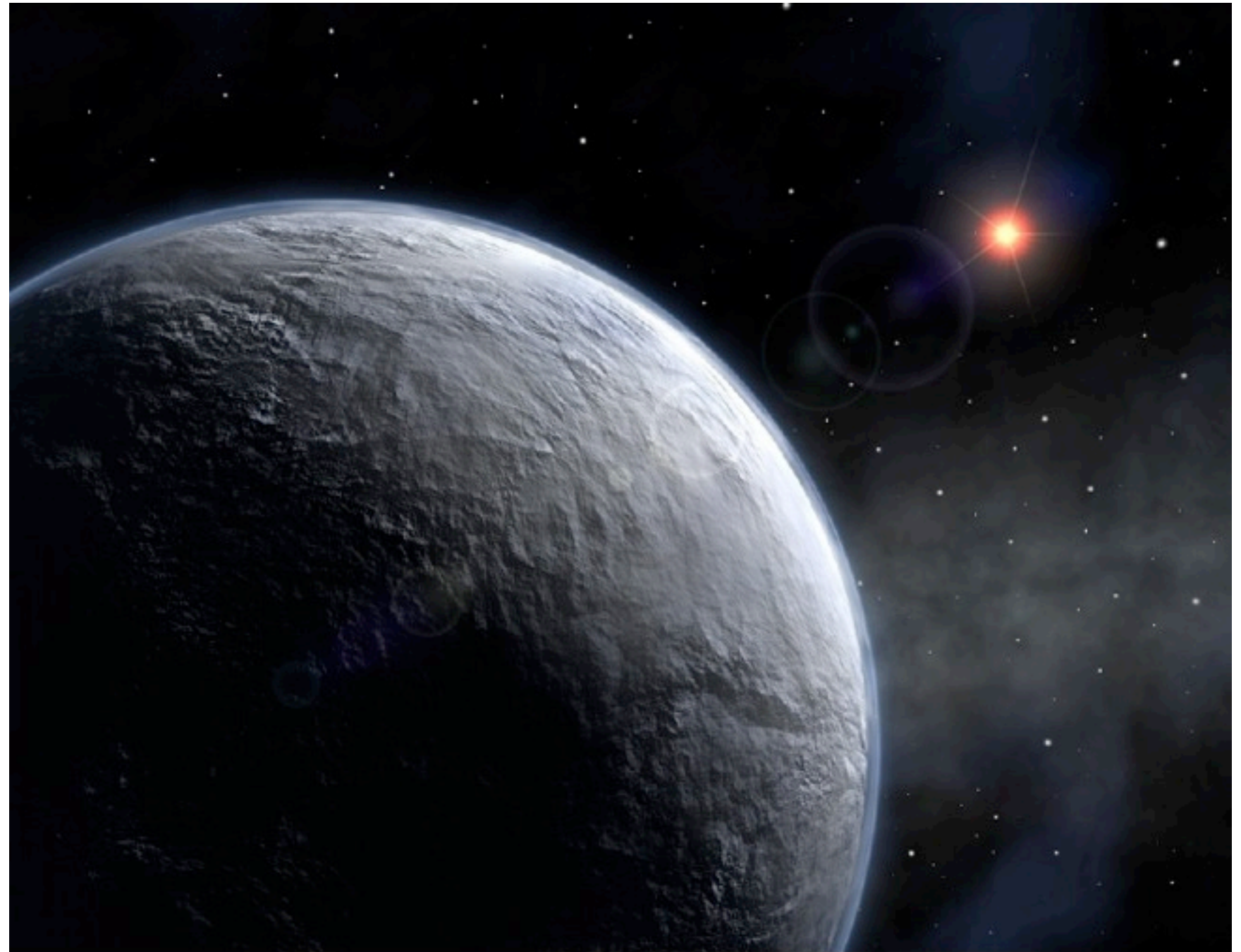
Five Earth Masses Icy Extrasolar Planet
(Artist's Impression)

ESO PR Photo 03a/06 (January 25, 2006)

Capitolo 5:

Oltre il sistema solare

- Un pianeta non emette luce.



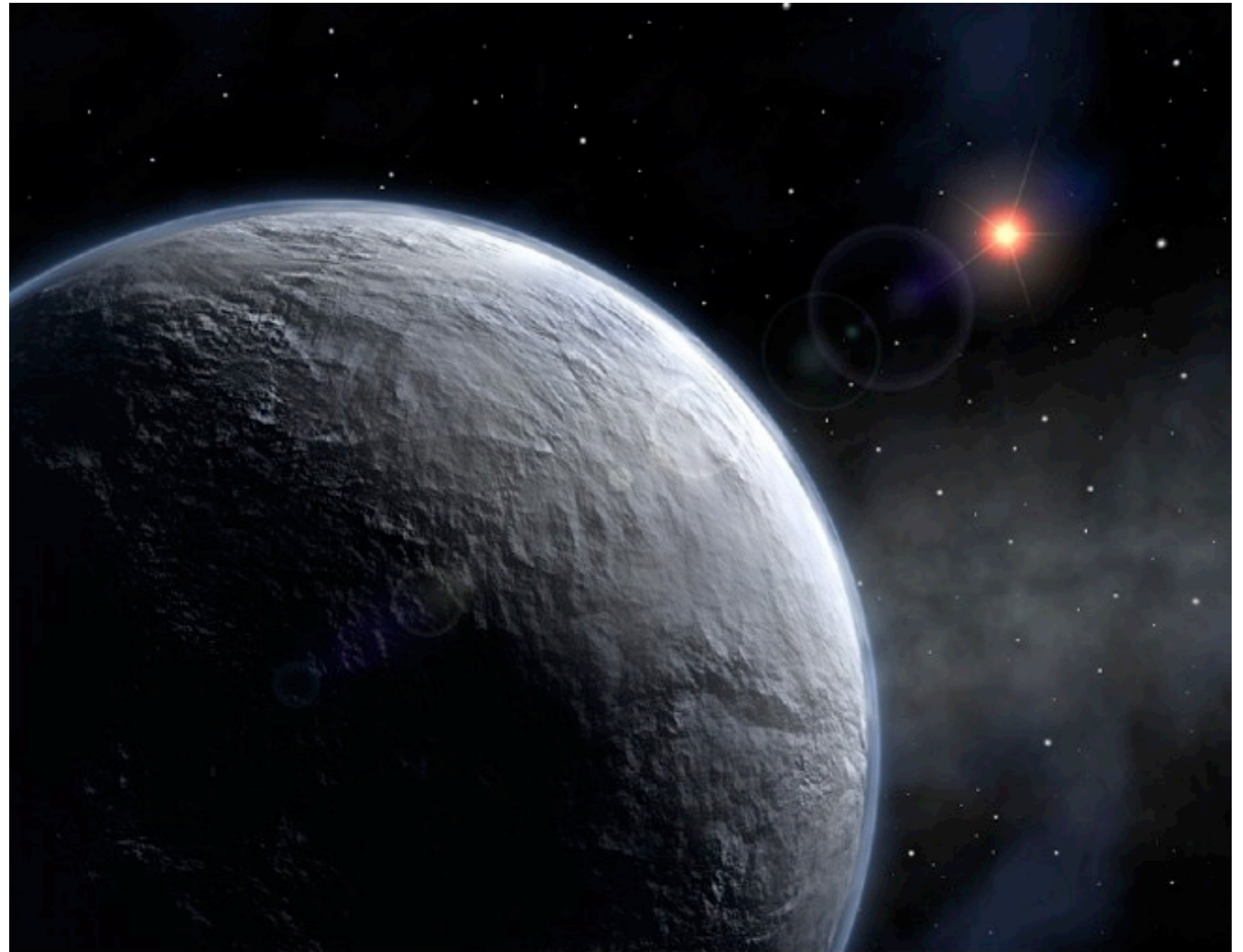
Five Earth Masses Icy Extrasolar Planet
(Artist's Impression)

ESO PR Photo 03a/06 (January 25, 2006)

Capitolo 5:

Oltre il sistema solare

- Un pianeta non emette luce.
- Problema del contrasto con la stella.



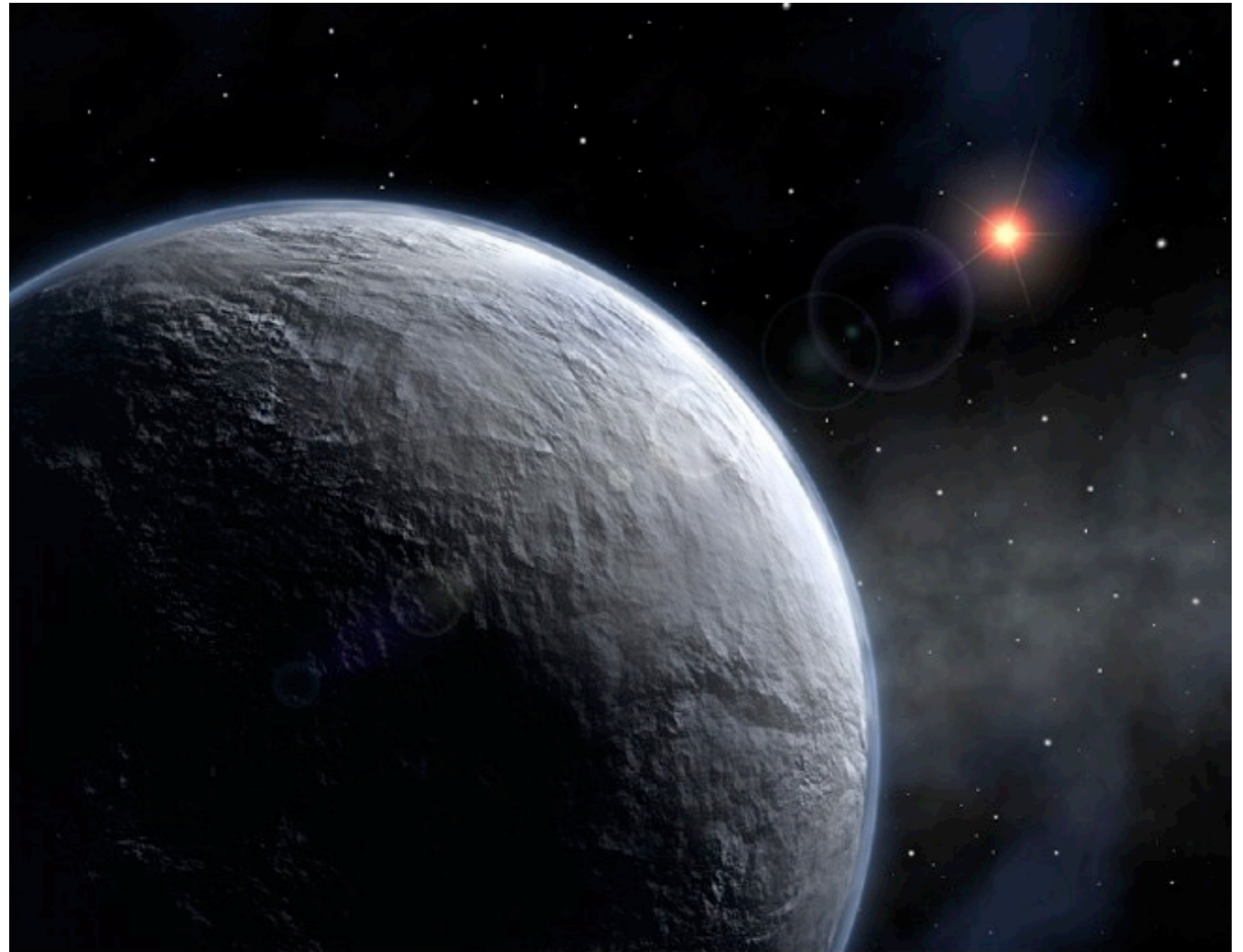
Five Earth Masses Icy Extrasolar Planet
(Artist's Impression)

ESO PR Photo 03a/06 (January 25, 2006)

Capitolo 5:

Oltre il sistema solare

- Un pianeta non emette luce.
- Problema del contrasto con la stella.
- Problema della separazione angolare pianeta-stella.



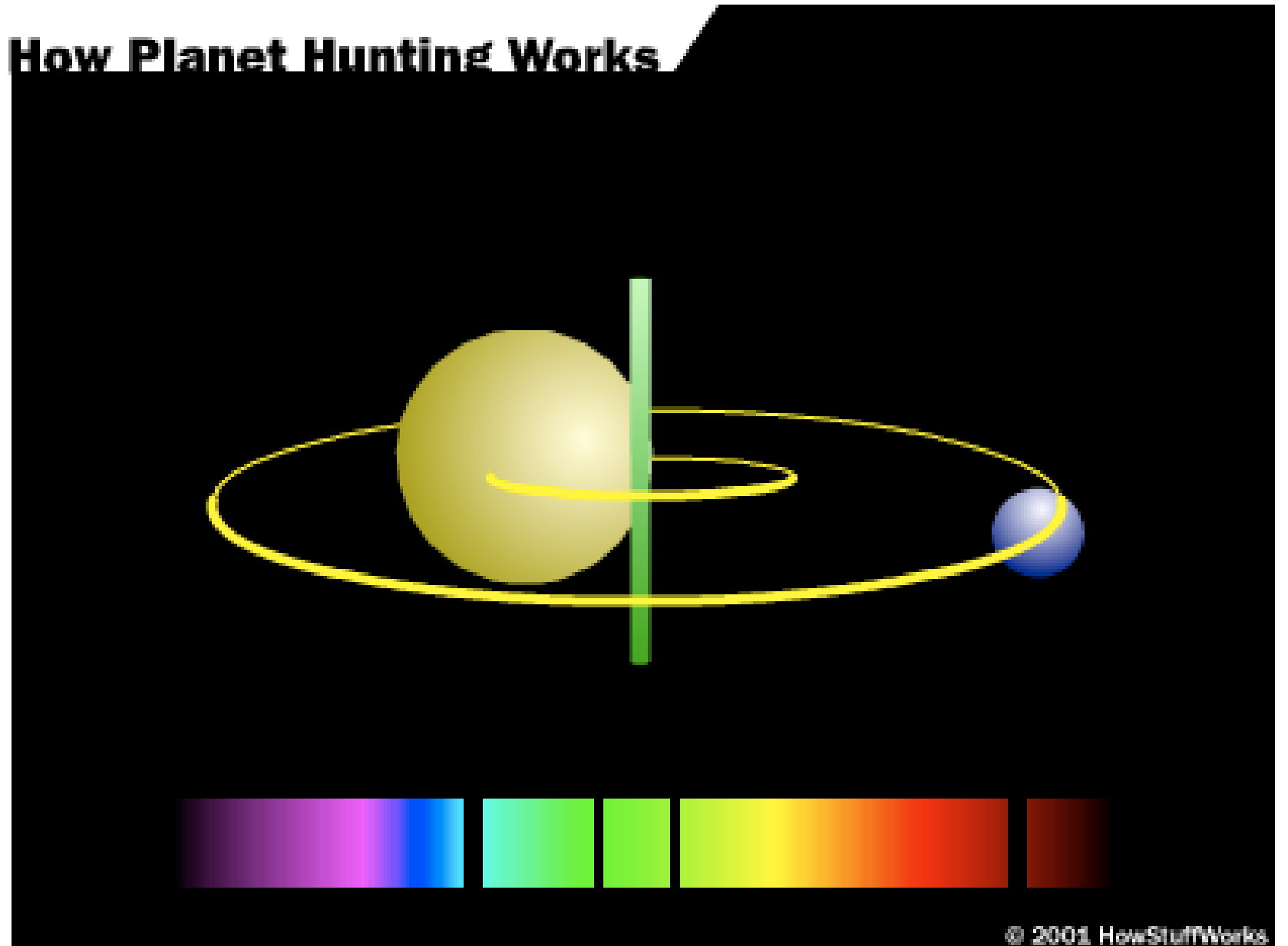
Five Earth Masses Icy Extrasolar Planet
(Artist's Impression)

ESO PR Photo 03a/06 (January 25, 2006)

Come scoprire un pianeta extra-solare?

Spettroscopia Doppler:
misurare la velocità
radiale della stella

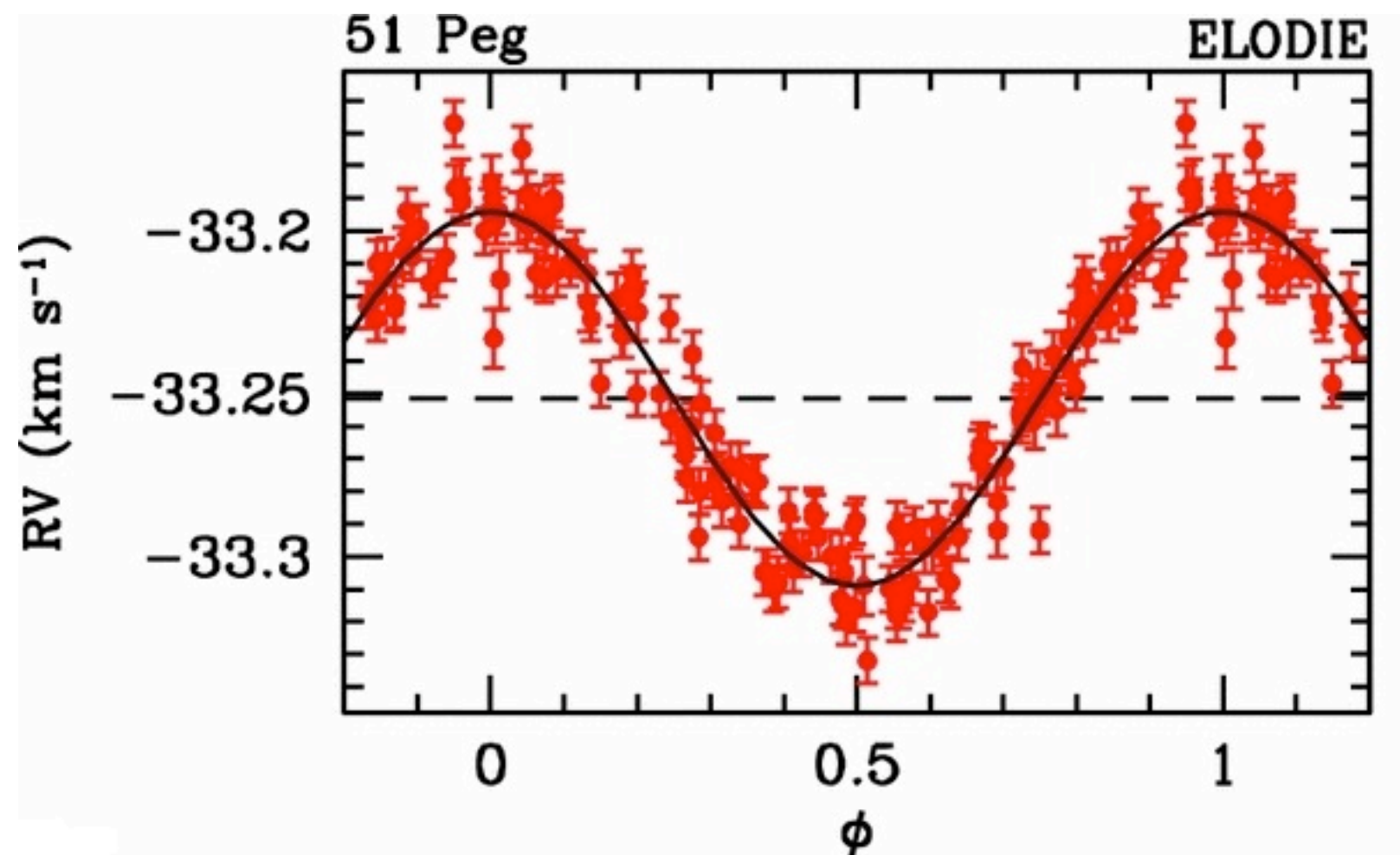
How Planet Hunting Works



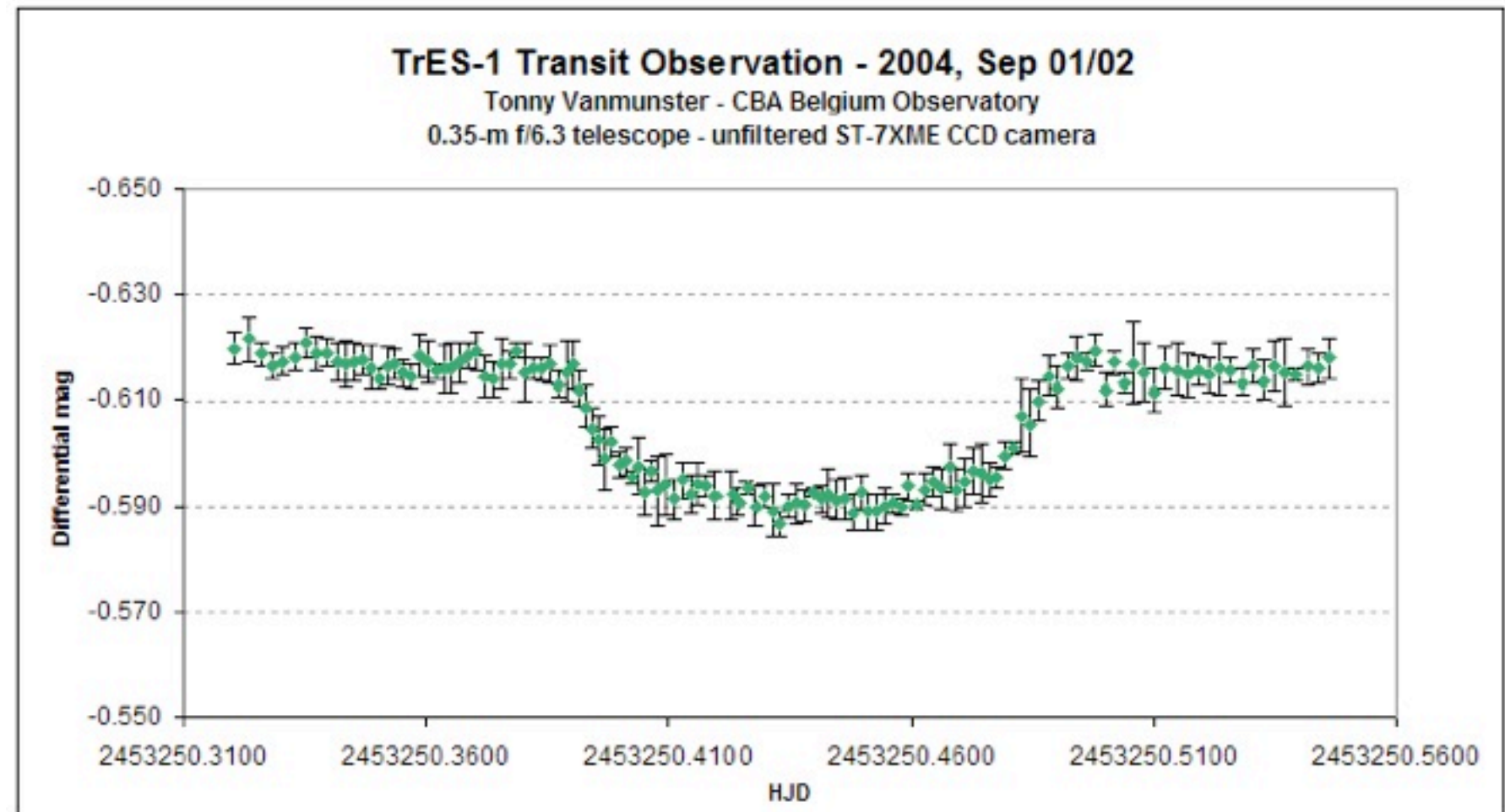
Spectroscopic technique of detecting an extrasolar planet

Come scoprire un pianeta extra-solare?

Spettroscopia Doppler:
misurare la velocità
radiale della stella



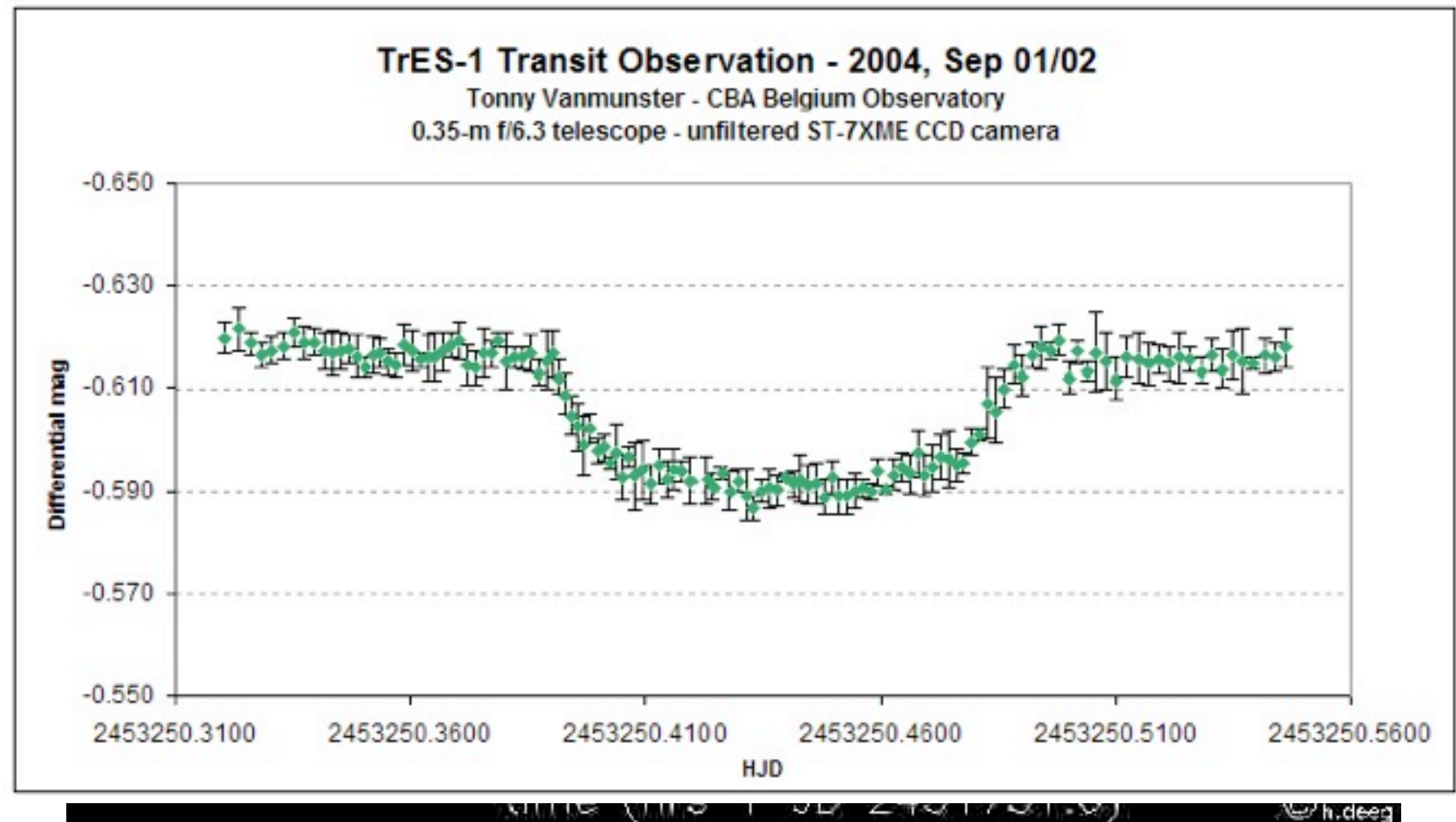
Come scoprire un pianeta extra-solare?



Come scoprire un pianeta extra-solare?

Diminuzione della luminosità stellare:

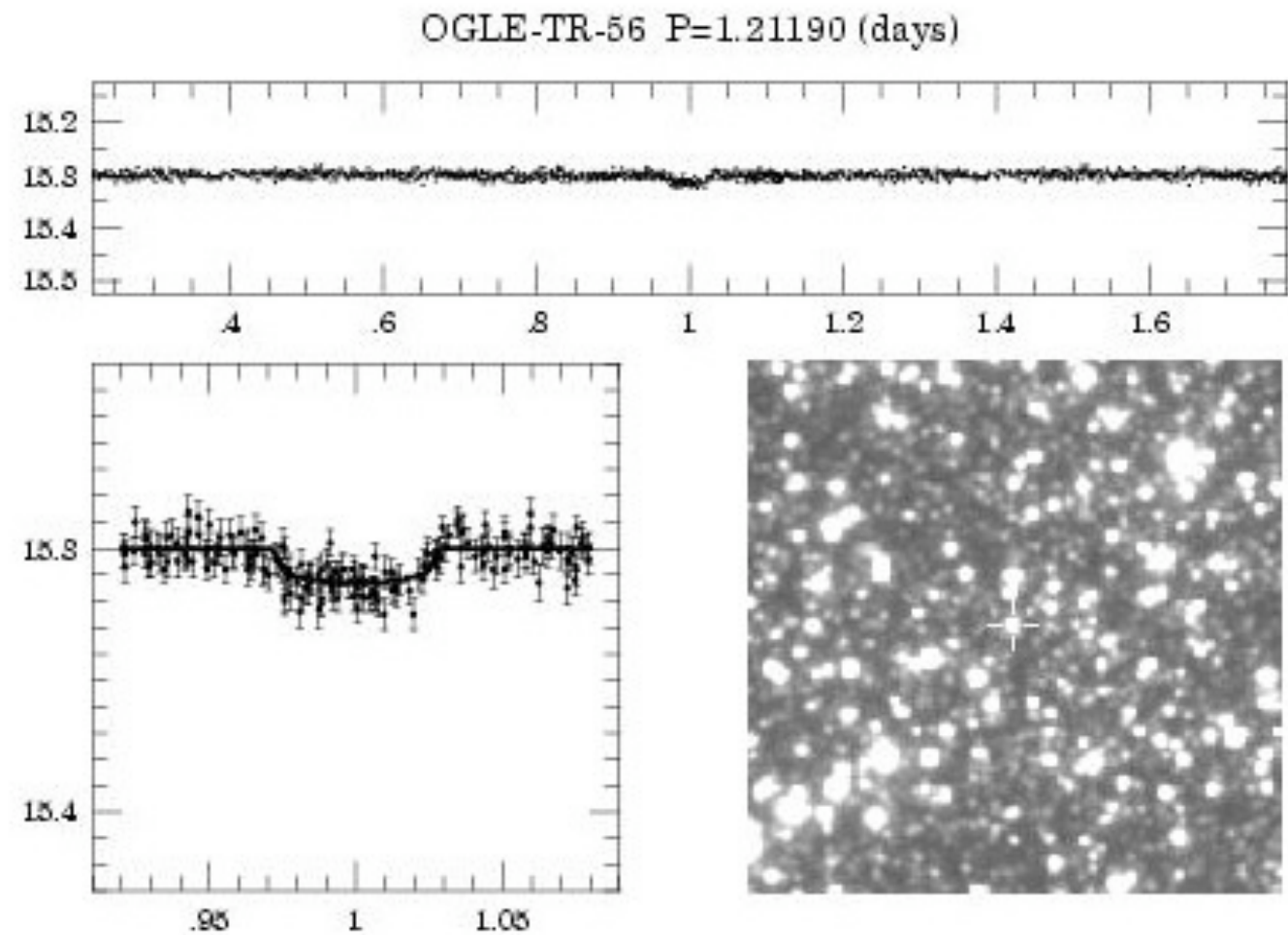
Transito planetario



Come scoprire un pianeta extra-solare?

Diminuzione della luminosità stellare:

Transito planetario



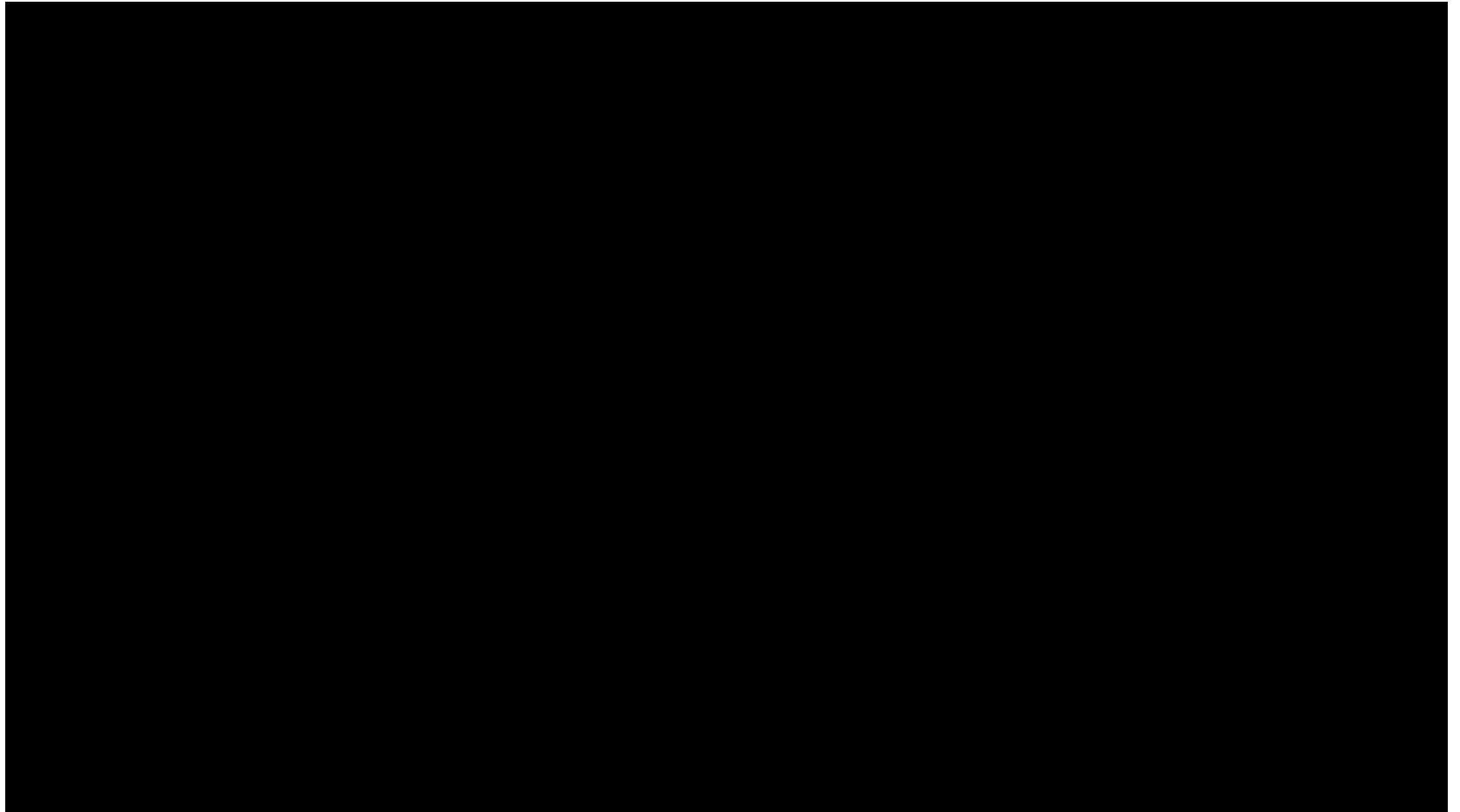
Come scoprire un pianeta extra-solare?

Diminuzione della luminosità stellare:

Transito planetario

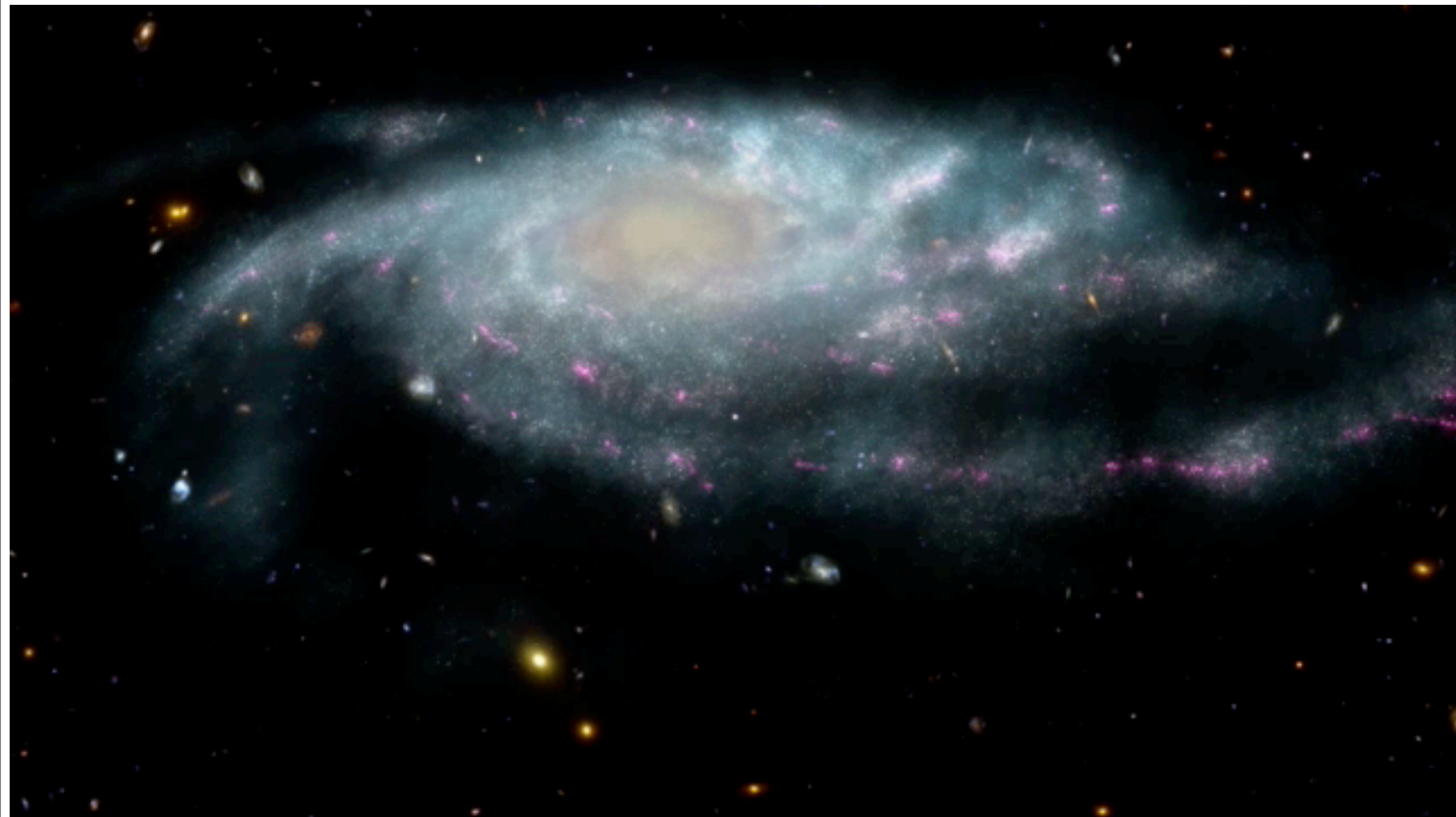
Transito planetario: la missione Kepler

Transito planetario: la missione Kepler

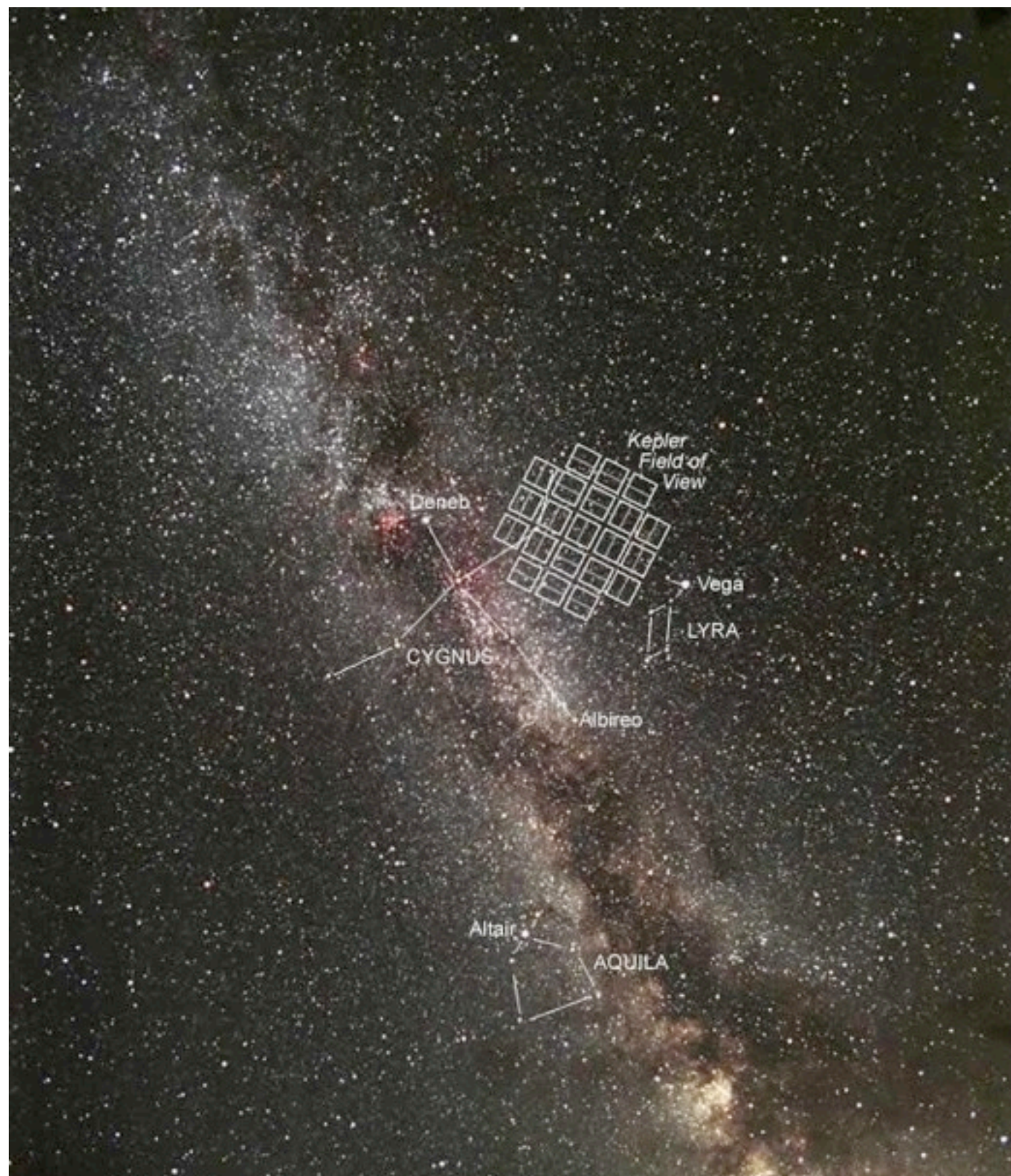


Transito planetario: la missione Kepler

Transito planetario: la missione Kepler

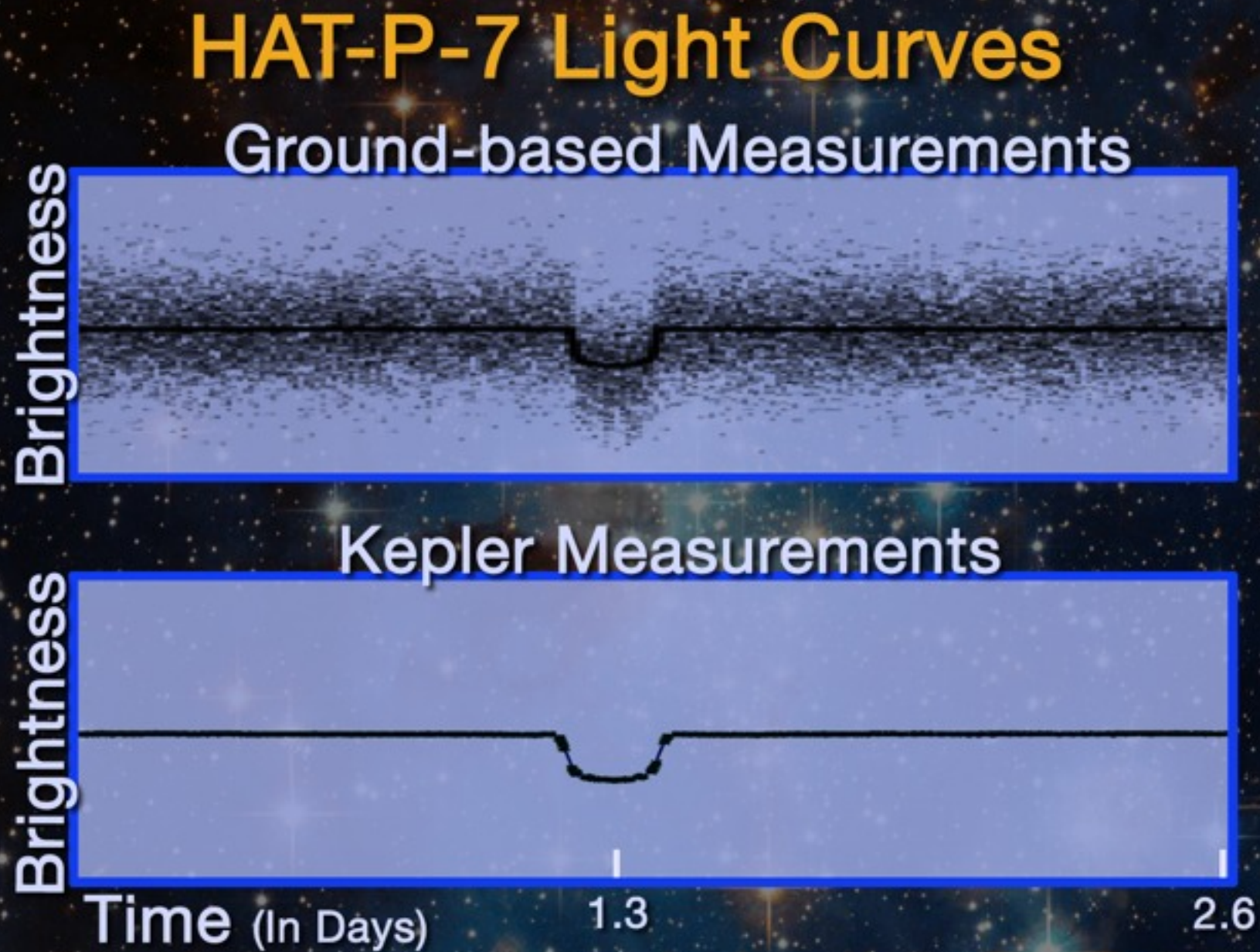


Transito planetario: la missione Kepler



Transito planetario: la missione Kepler

Transito planetario: la missione Kepler

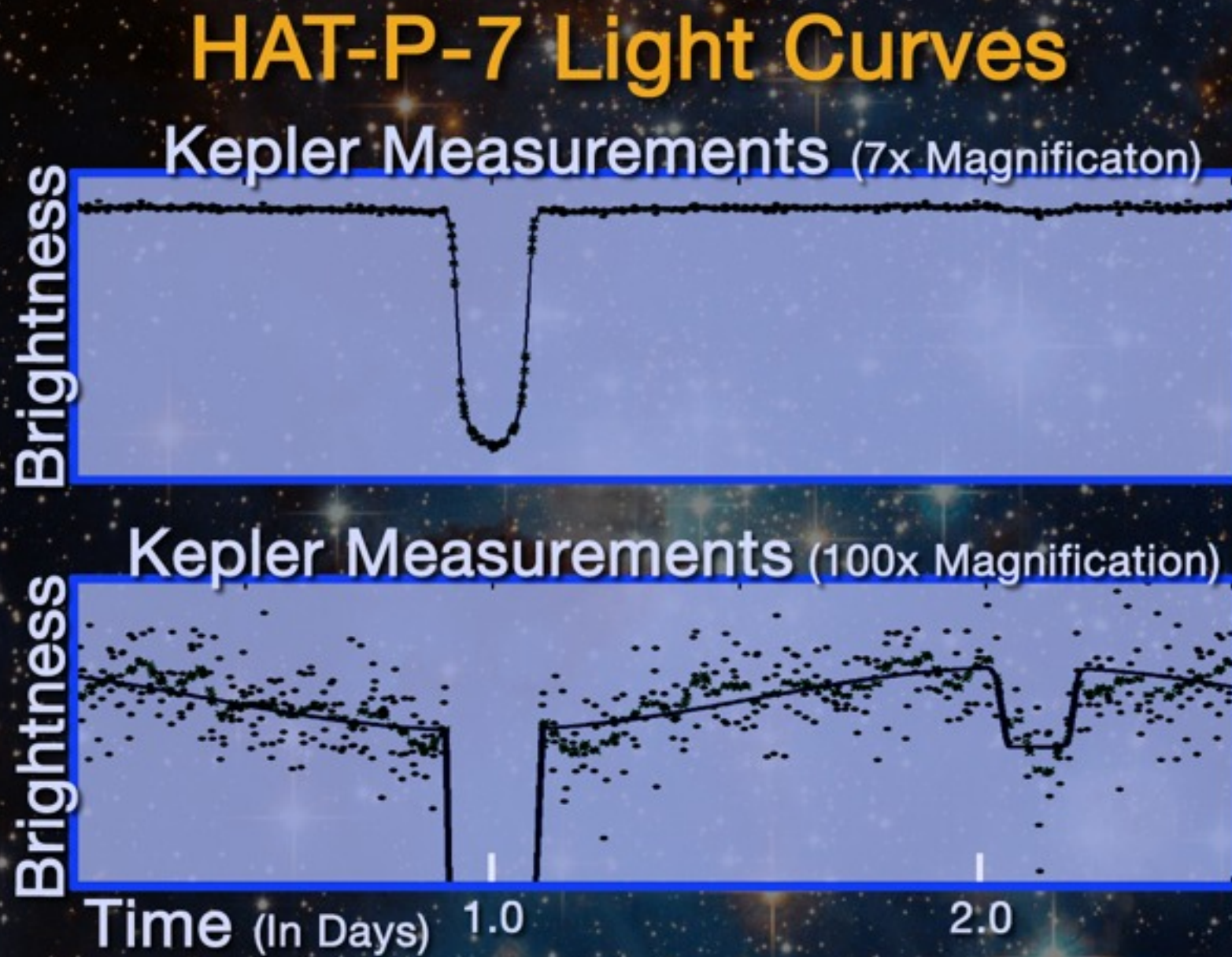


Transito planetario: la missione Kepler



Transito planetario: la missione Kepler

Transito planetario: la missione Kepler



Transito planetario: la missione Kepler

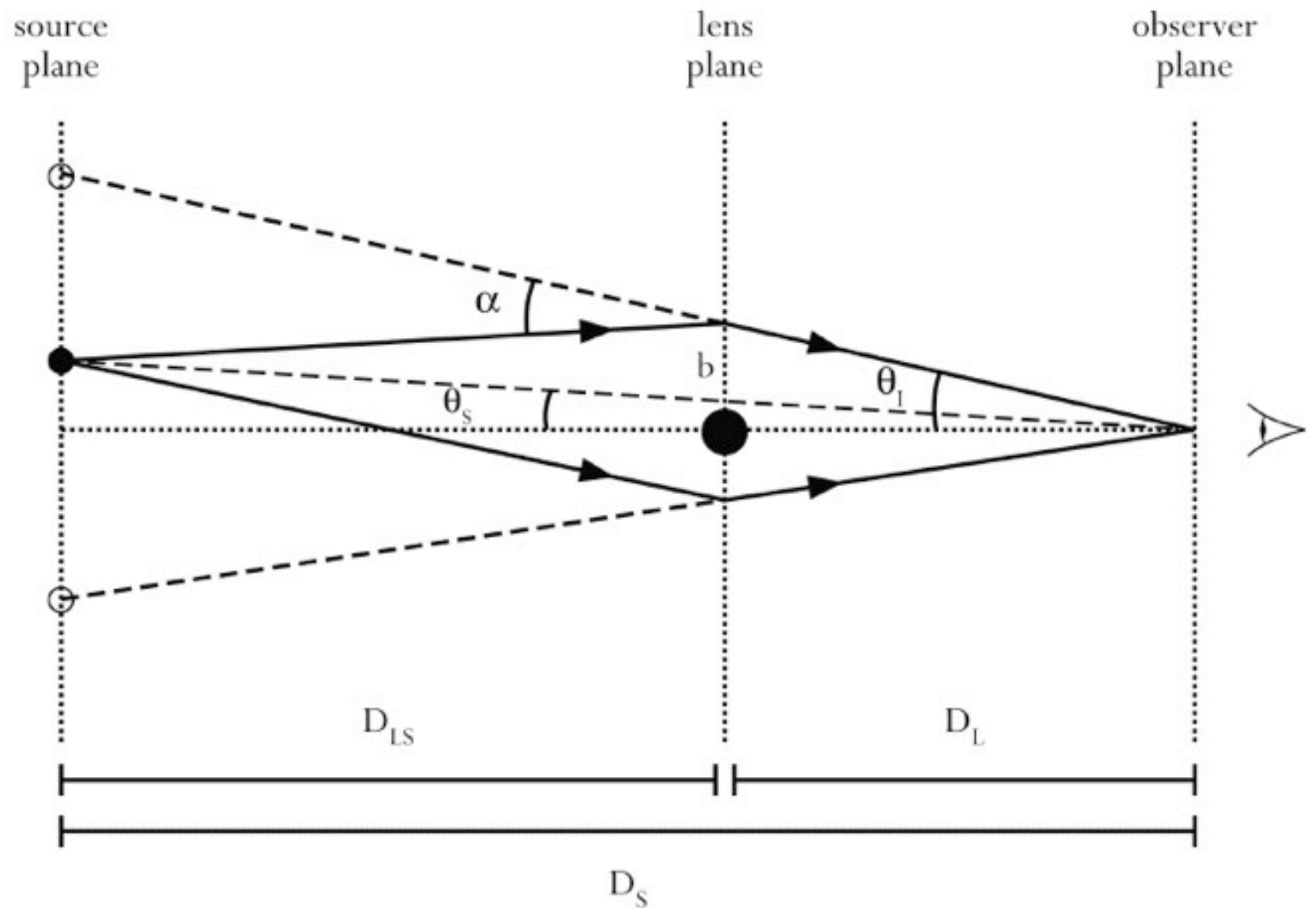


Come scoprire un pianeta extra-solare?

Come scoprire un pianeta extra-solare?

Fenomeno di lente gravitazionale:

Micro-lensing



Come scoprire un pianeta extra-solare?

Fenomeno di lente gravitazionale:

Micro-lensing

Come scoprire un pianeta extra-solare?

Fenomeno di lente gravitazionale:

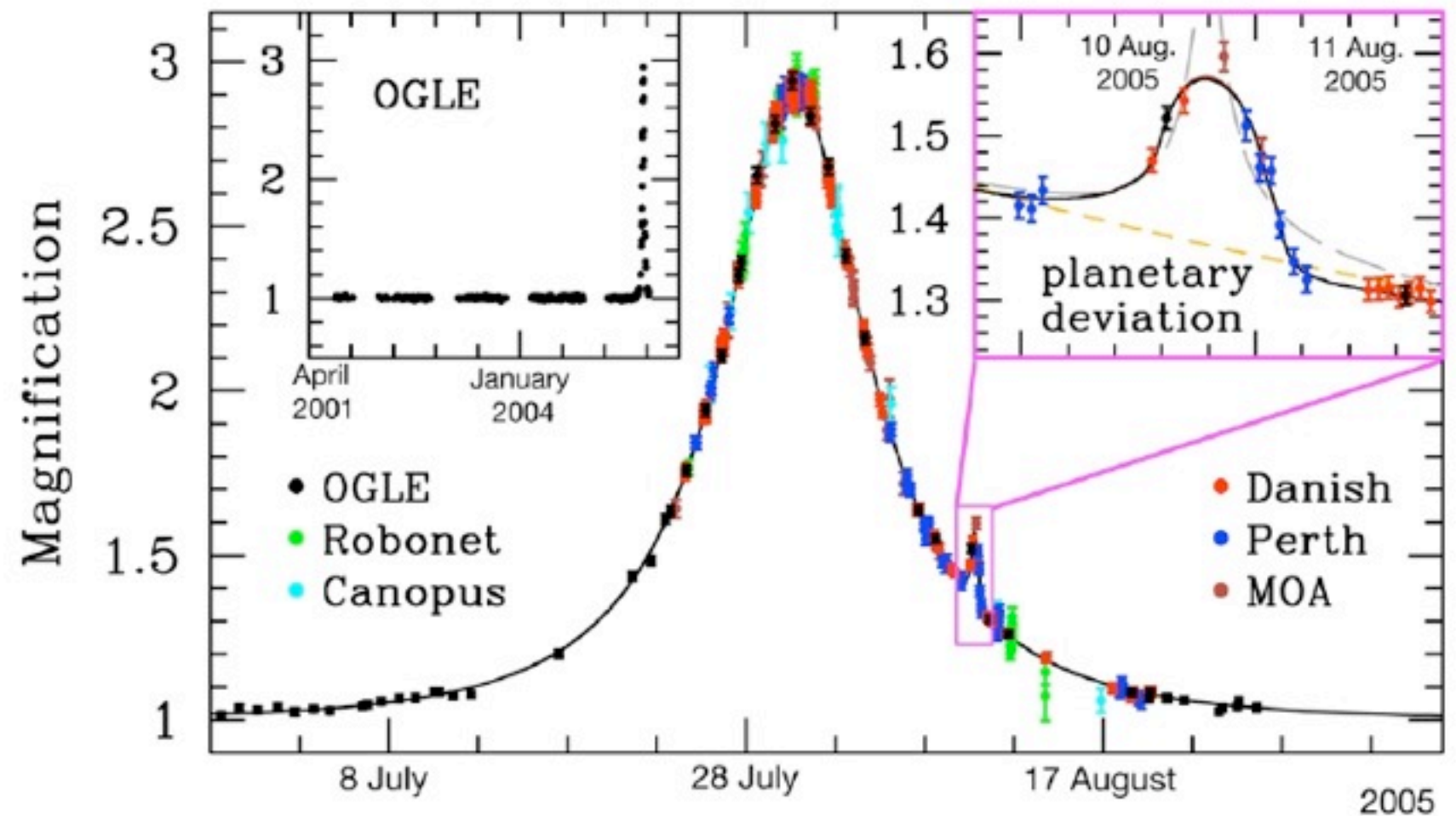
Micro-lensing



Come scoprire un pianeta extra-solare?

Fenomeno di lente gravitazionale:

Micro-lensing

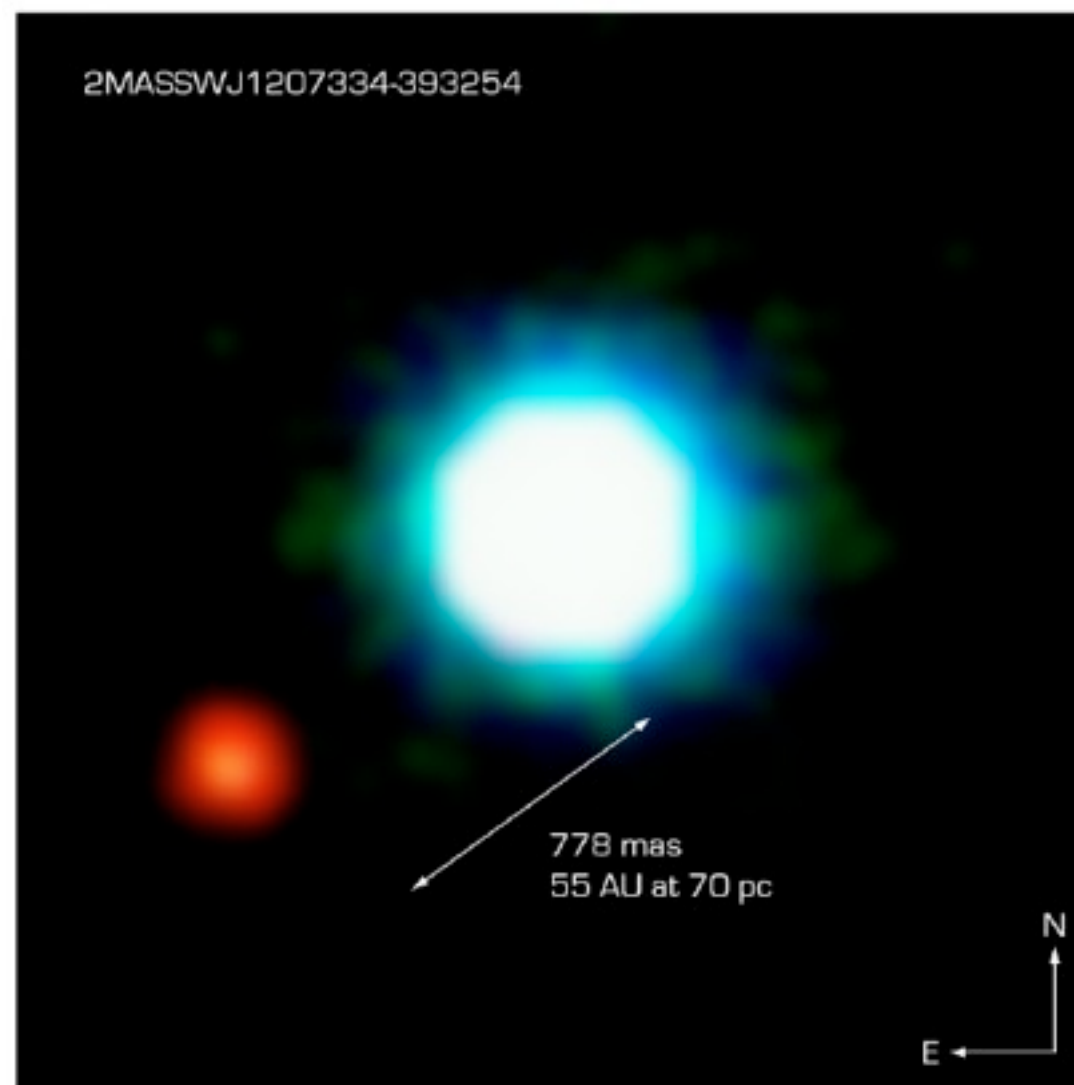


Light Curve of OGLE-2005-BLG-390

ESO PR Photo 03b/06 (January 25, 2006)

Come scoprire un pianeta extra-solare?

Vedere il pianeta direttamente:
Casi eccezionali



NACO Image of the Brown Dwarf Object 2M1207 and GPCC

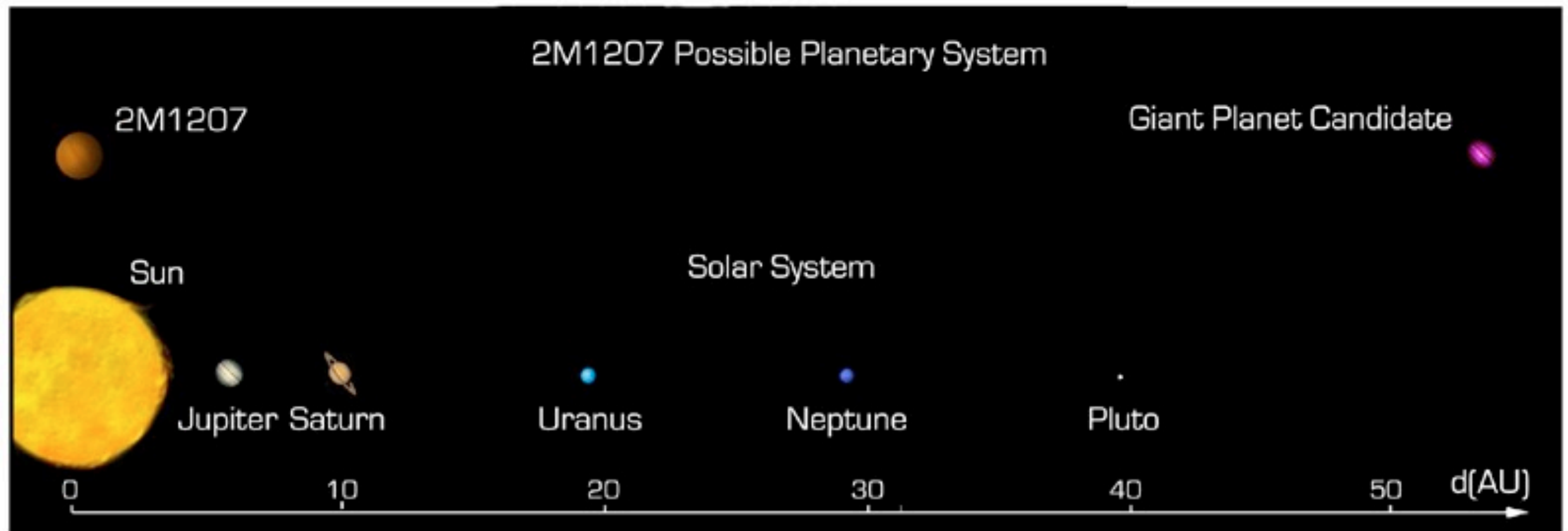
ESO PR Photo 25a/04 (10 September 2004)

© European Southern Observatory



Come scoprire un pianeta extra-solare?

Vedere il pianeta direttamente:
Casi eccezionali



Comparison between the possible 2M1207 System and the Solar System

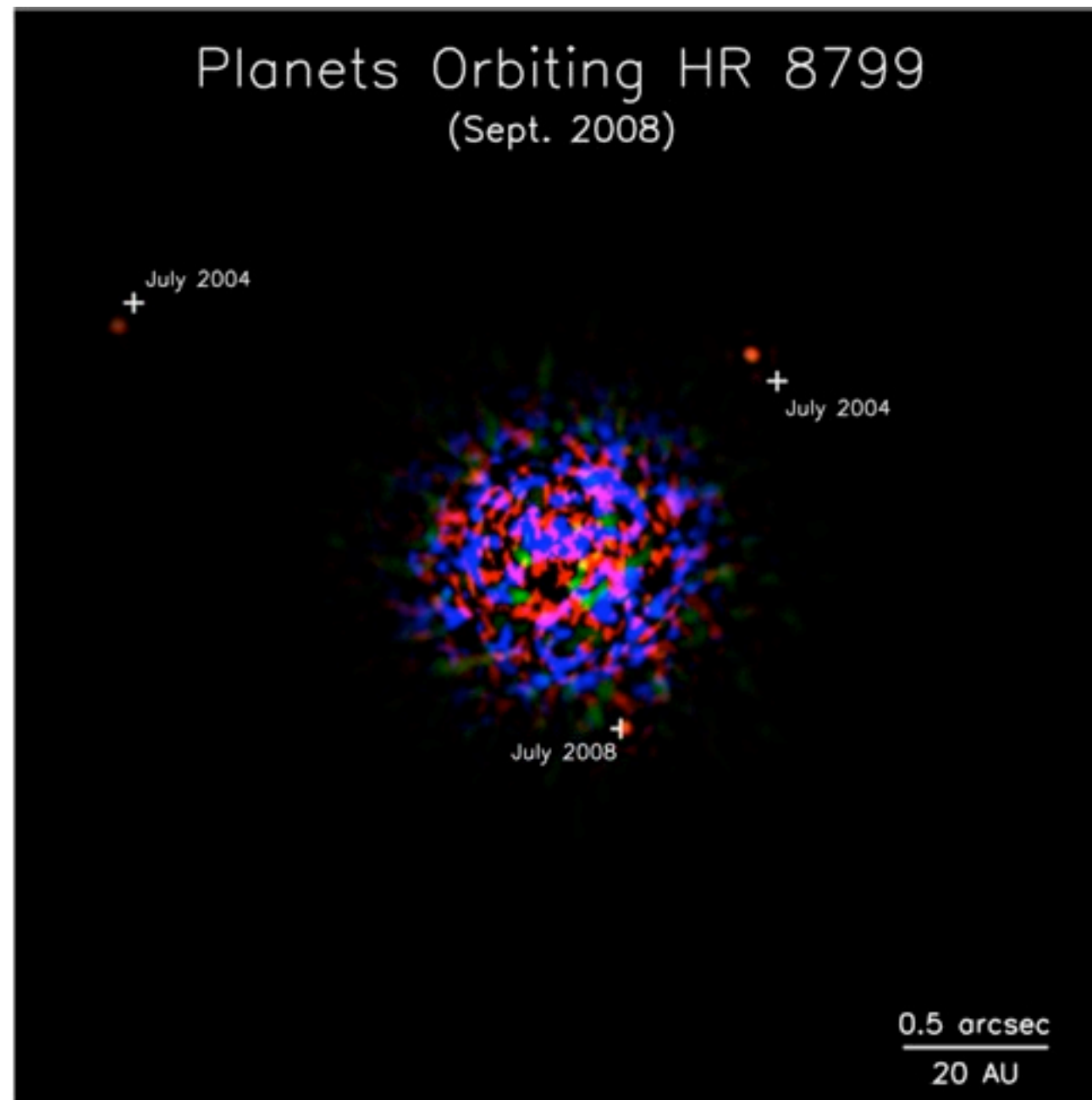
ESO PR Photo 26c/04 (10 September 2004)

© European Southern Observatory



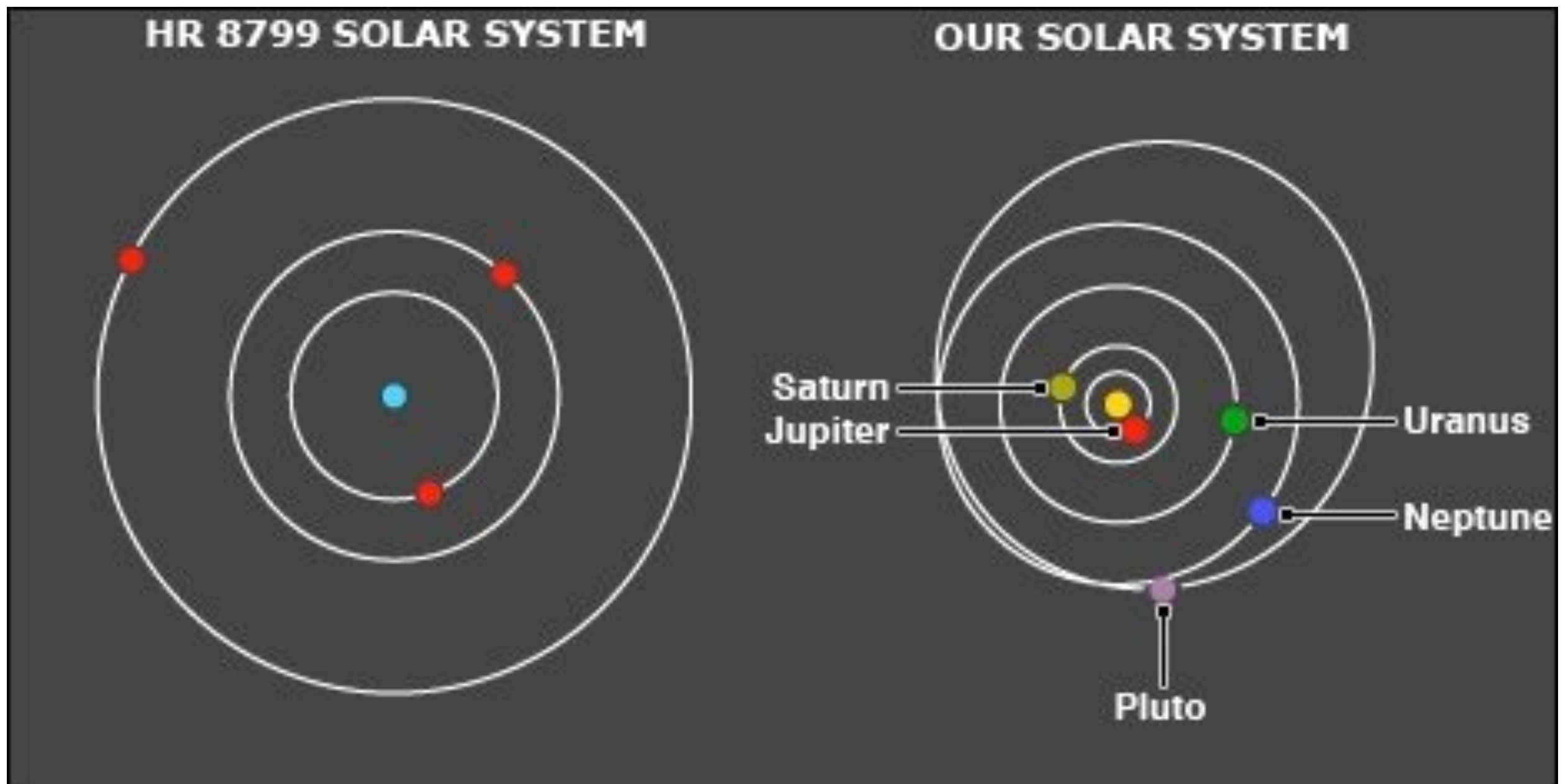
Come scoprire un pianeta extra-solare?

Vedere il pianeta direttamente:
Casi eccezionali



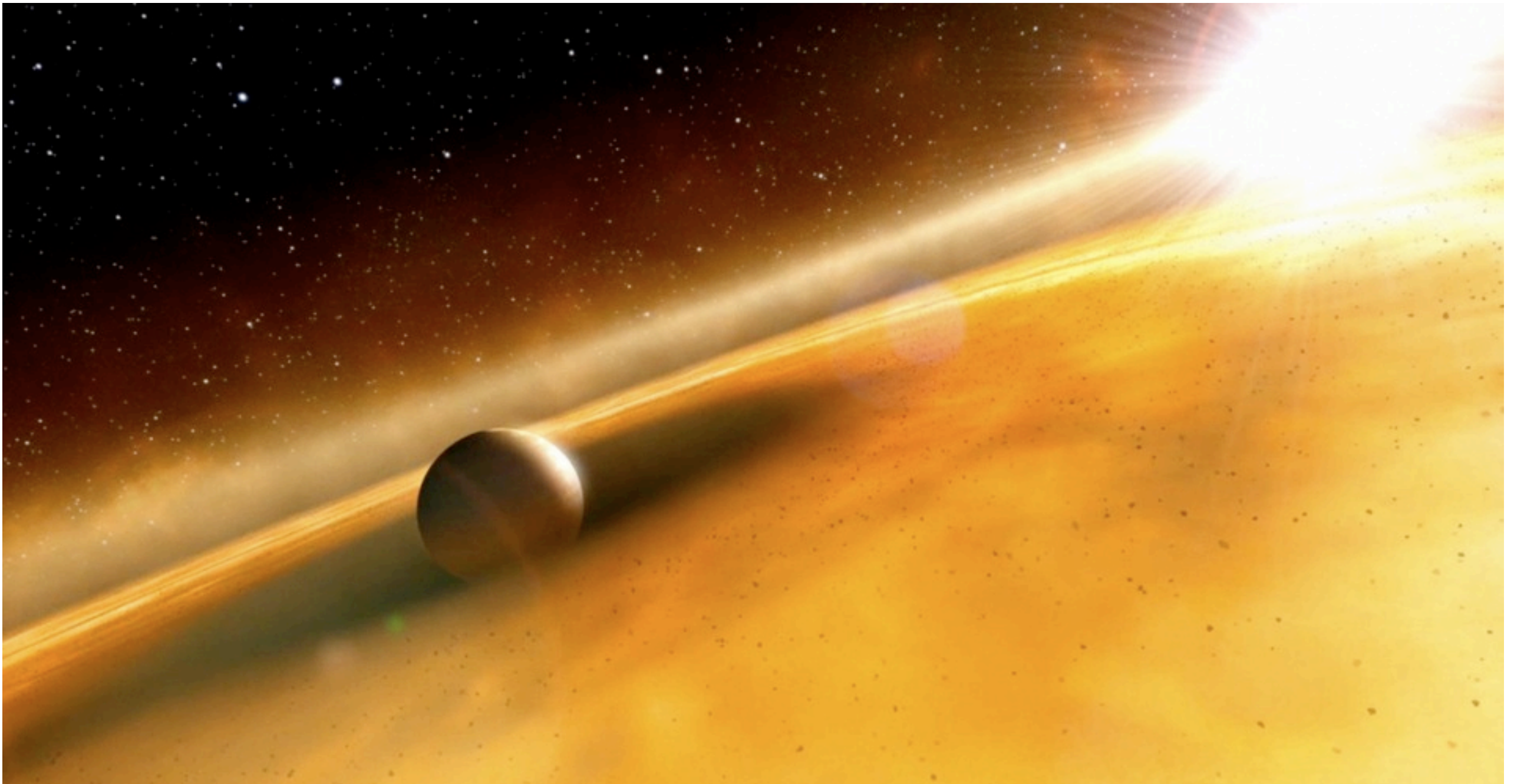
Come scoprire un pianeta extra-solare?

Vedere il pianeta direttamente:
Casi eccezionali



Come scoprire un pianeta extra-solare?

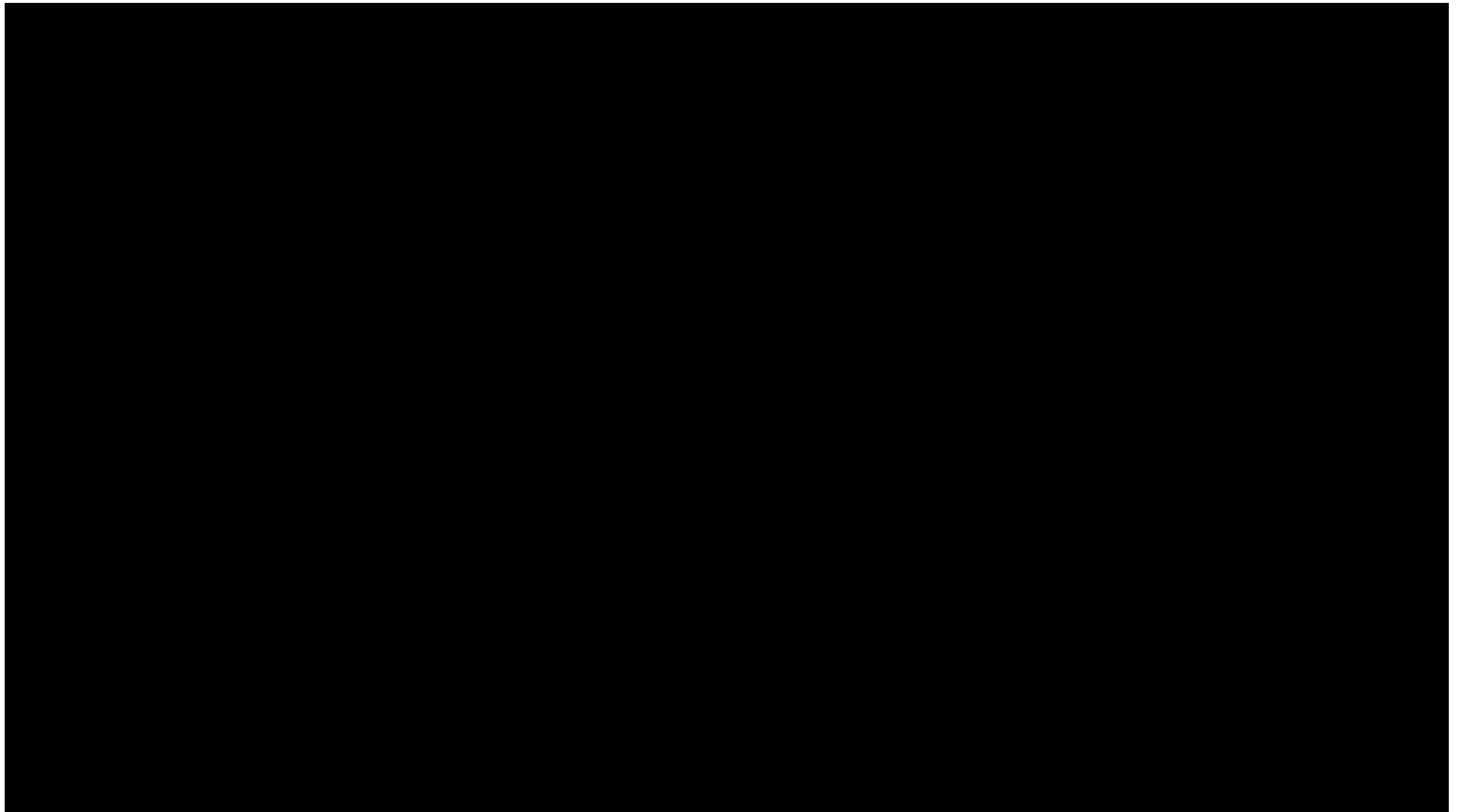
Vedere il pianeta direttamente:
Casi eccezionali



Come scoprire un pianeta extra-solare?

Vedere il pianeta direttamente:

Casi eccezionali



Statistiche



Statistiche

OGLE: $100 \cdot 10^6$ stelle osservate



Statistiche

OGLE: $100 \cdot 10^6$ stelle osservate

PLANET: 200 eventi di microlensing



Statistiche

OGLE: $100 \cdot 10^6$ stelle osservate

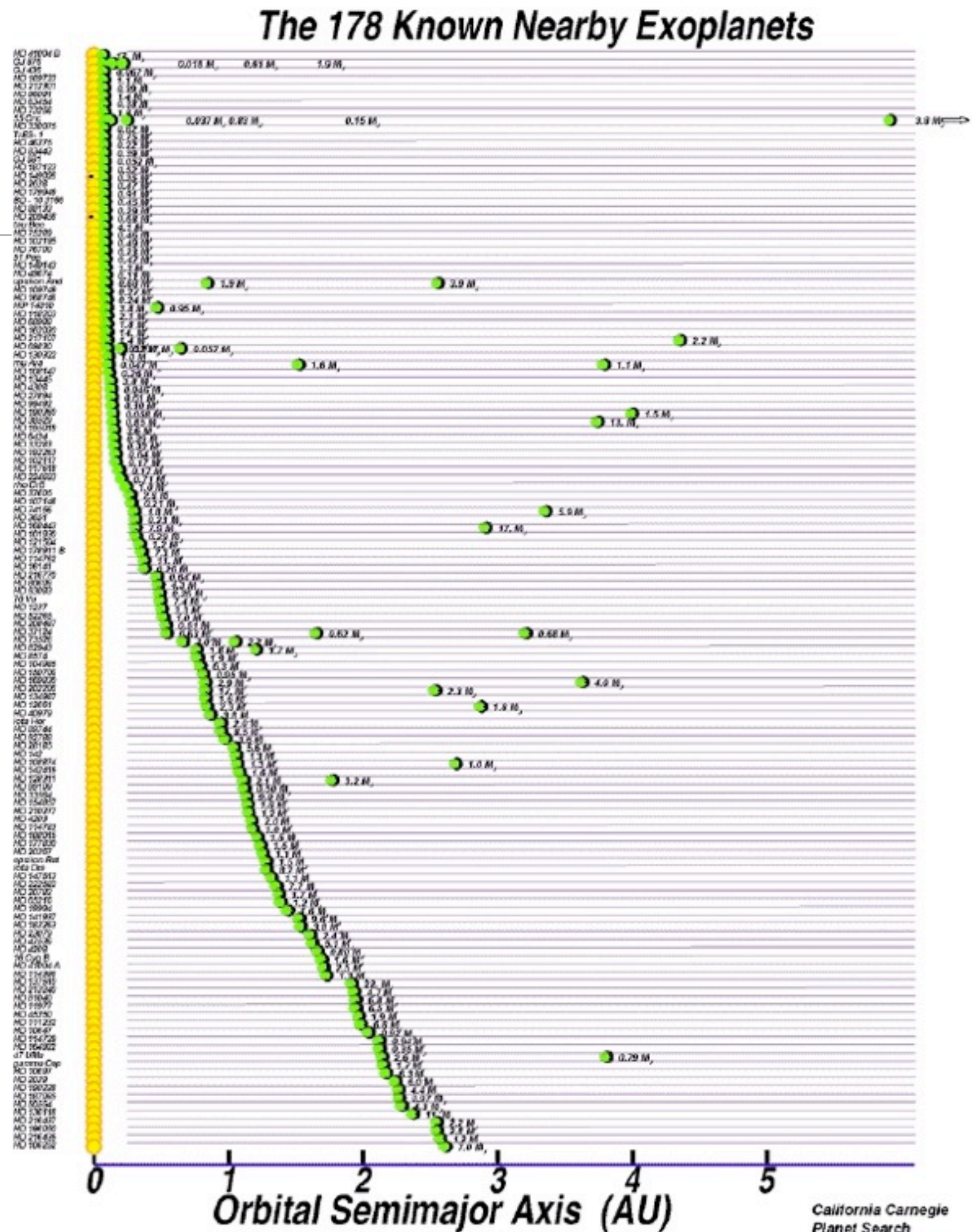
PLANET: 200 eventi di microlensing

CONCLUSIONE: <33% di stelle
(nane M) hanno un compagno
planetario (tipo Giove) tra 1.5 e 5 UA.



Statistiche

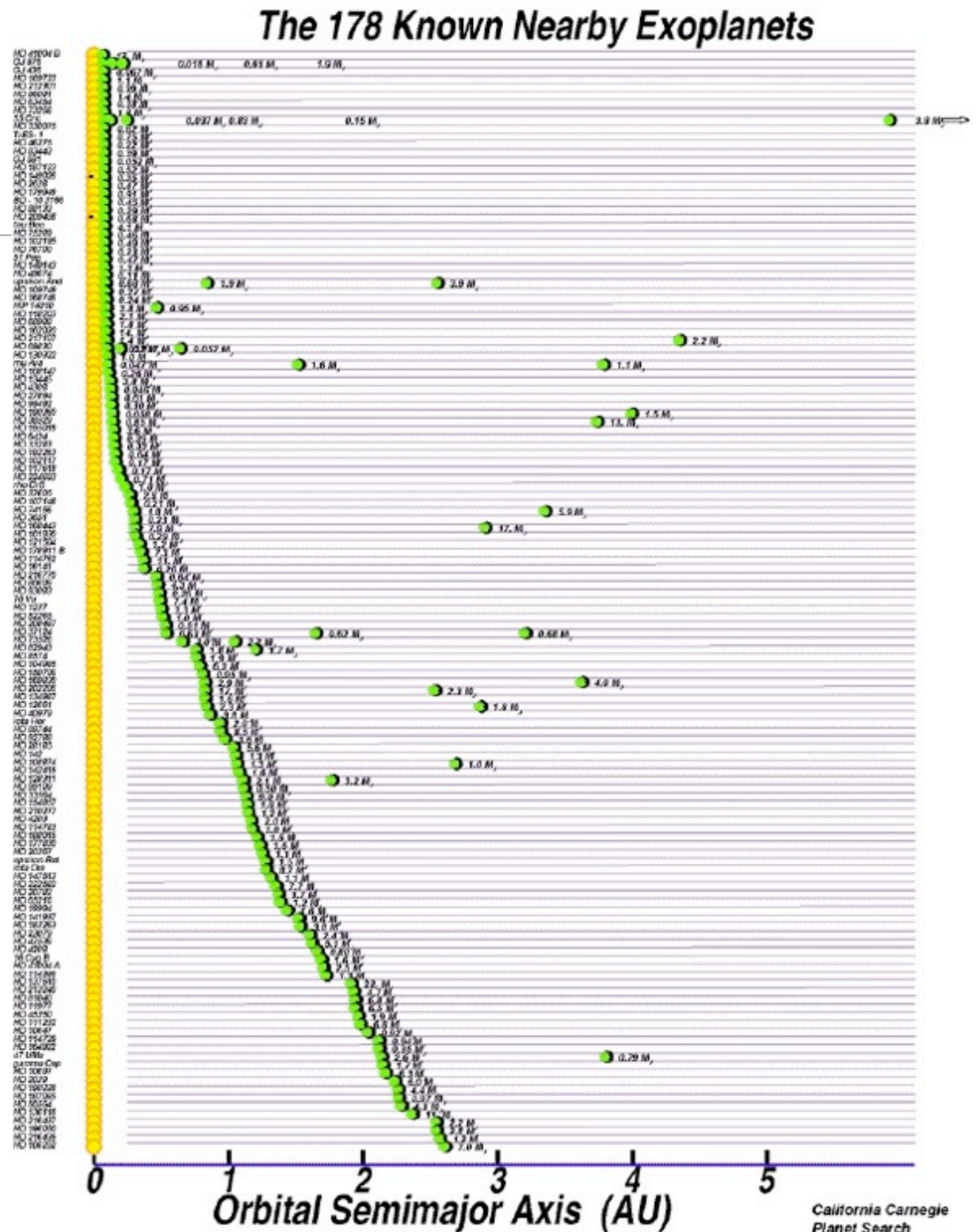
Oggi, 281 exo-pianeti conosciuti.



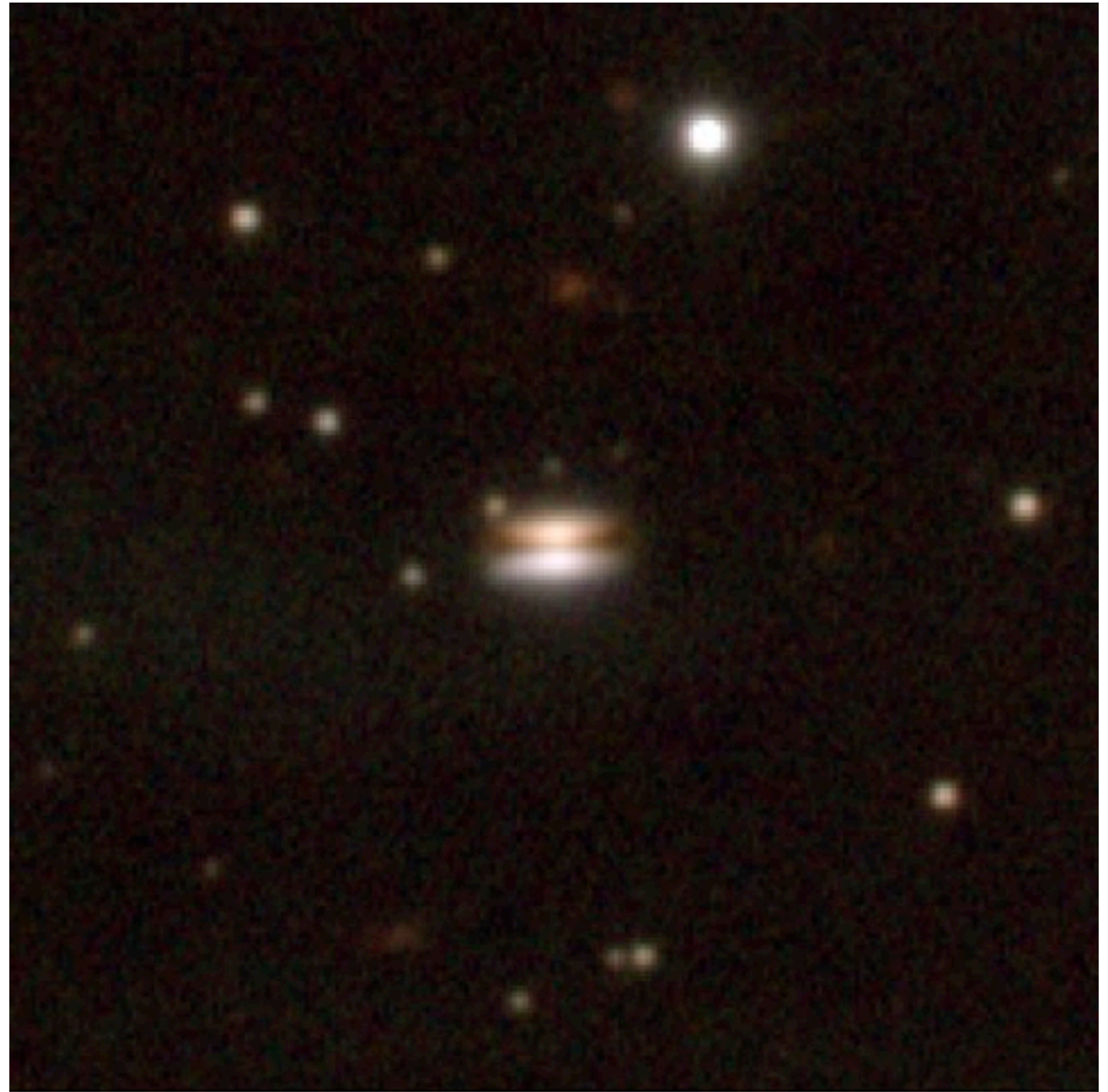
Statistiche

Oggi, 281 exo-pianeti conosciuti.

Anche sistemi multipli.



Pianeti come la Terra?



Infant Solar System in Ophiuchus
(VLT ANTU + ISAAC)

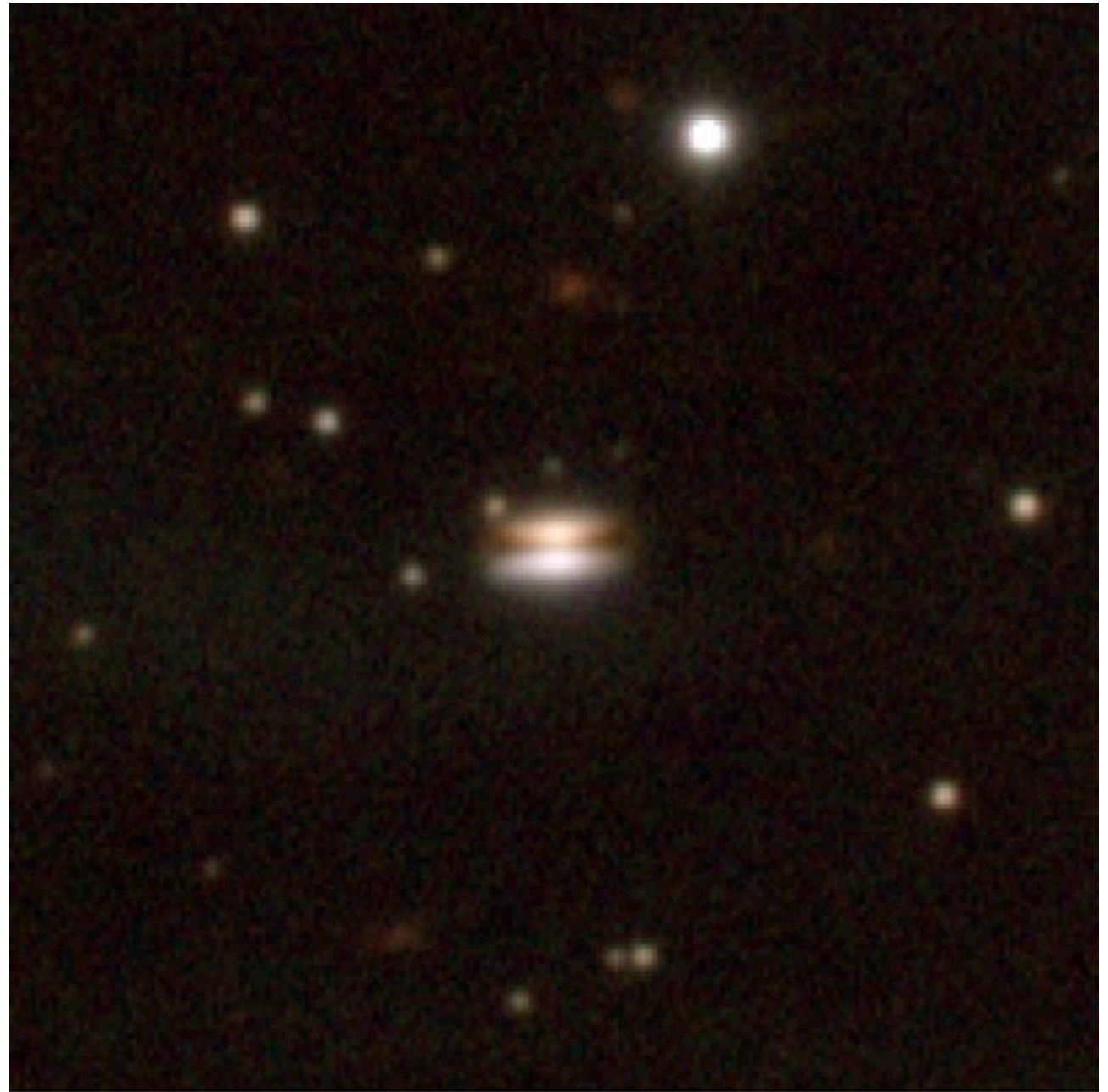
ESO PR Photo 12c/02 (7 May 2002)

© European Southern Observatory



Pianeti come la Terra?

Ingredienti per la formazione di pianeti rocciosi nei dischi proto-planetari.



Infant Solar System in Ophiuchus
(VLT ANTU + ISAAC)

ESO PR Photo 12c/02 (7 May 2002)

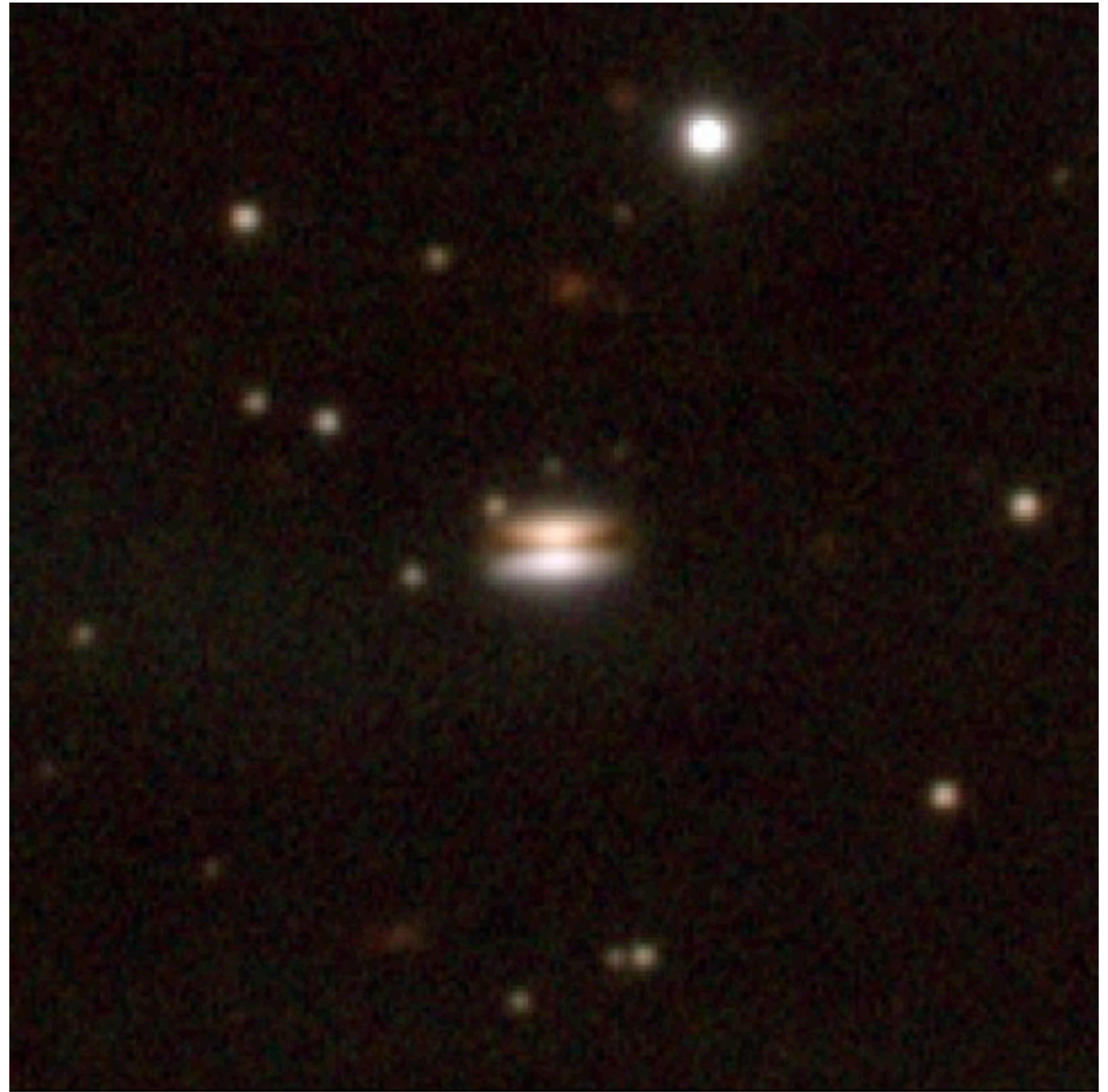
© European Southern Observatory



Pianeti come la Terra?

Ingredienti per la formazione di pianeti rocciosi nei dischi proto-planetari.

Pianeti come la Terra forse non sono così rari!



Infant Solar System in Ophiuchus
(VLT ANTU + ISAAC)

ESO PR Photo 12c/02 (7 May 2002)

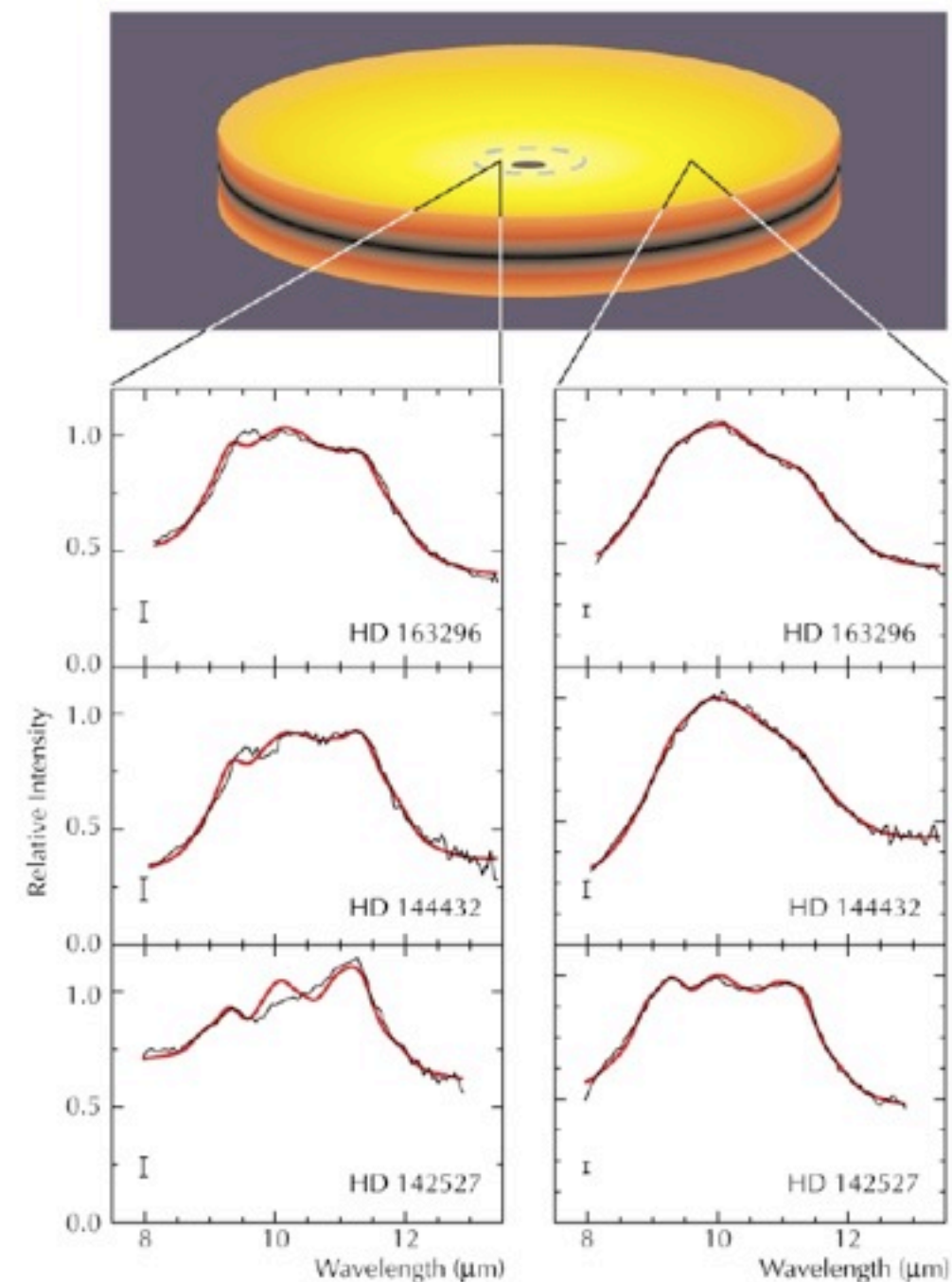
© European Southern Observatory



Pianeti come la Terra?

Ingredienti per la formazione di pianeti rocciosi nei dischi proto-planetari.

Pianeti come la Terra forse non sono così rari!

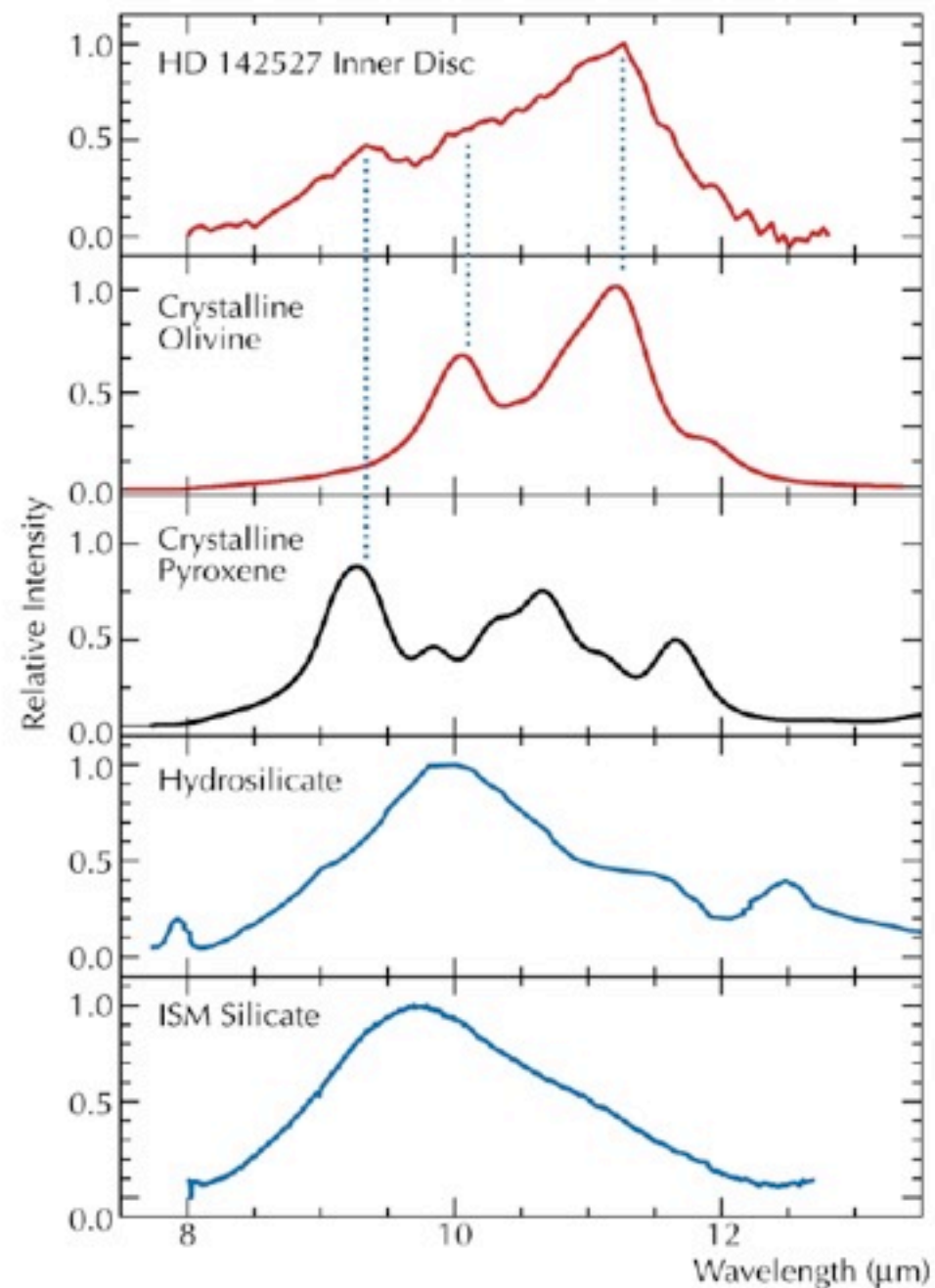


Mid-IR Spectra of Inner and Outer Discs Around Three Young Stars

Pianeti come la Terra?

Ingredienti per la formazione di pianeti rocciosi nei dischi proto-planetari.

Pianeti come la Terra forse non sono così rari!

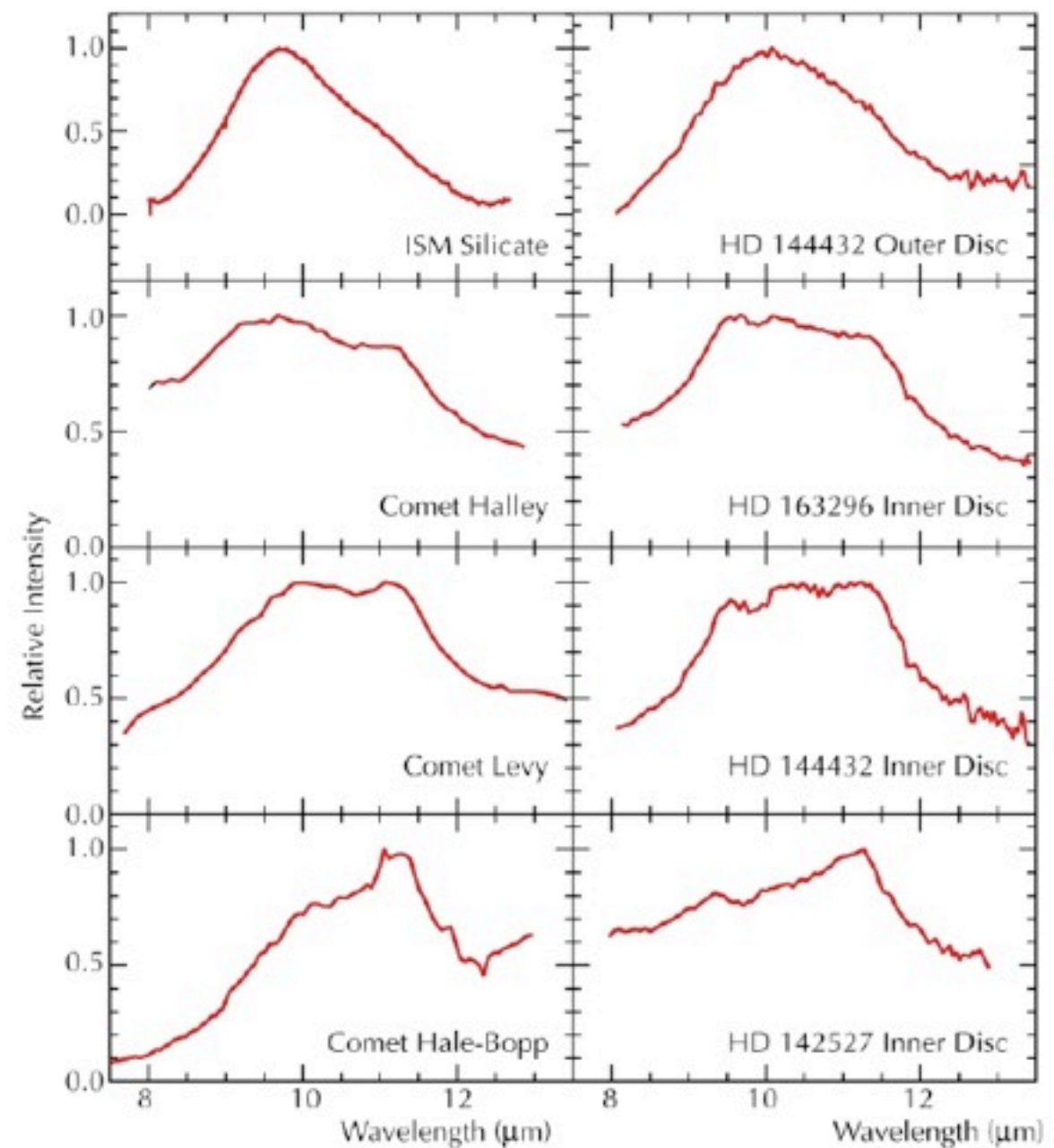


Mid-IR Spectra of HD142527 Inner Disc and Common Dust Types (VLT + MIDI and others)

Pianeti come la Terra?

Ingredienti per la formazione di pianeti rocciosi nei dischi proto-planetari.

Pianeti come la Terra forse non sono così rari!



Mid-IR Spectra of Comets and Protoplanetary Discs
(VLT + MIDI and others)



Pianeti come la Terra?

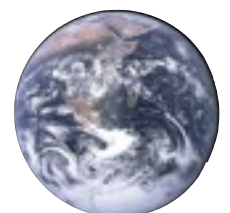
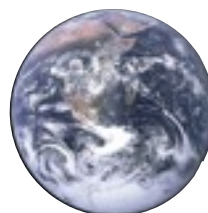
Gliese 581e

Pianeti come la Terra?

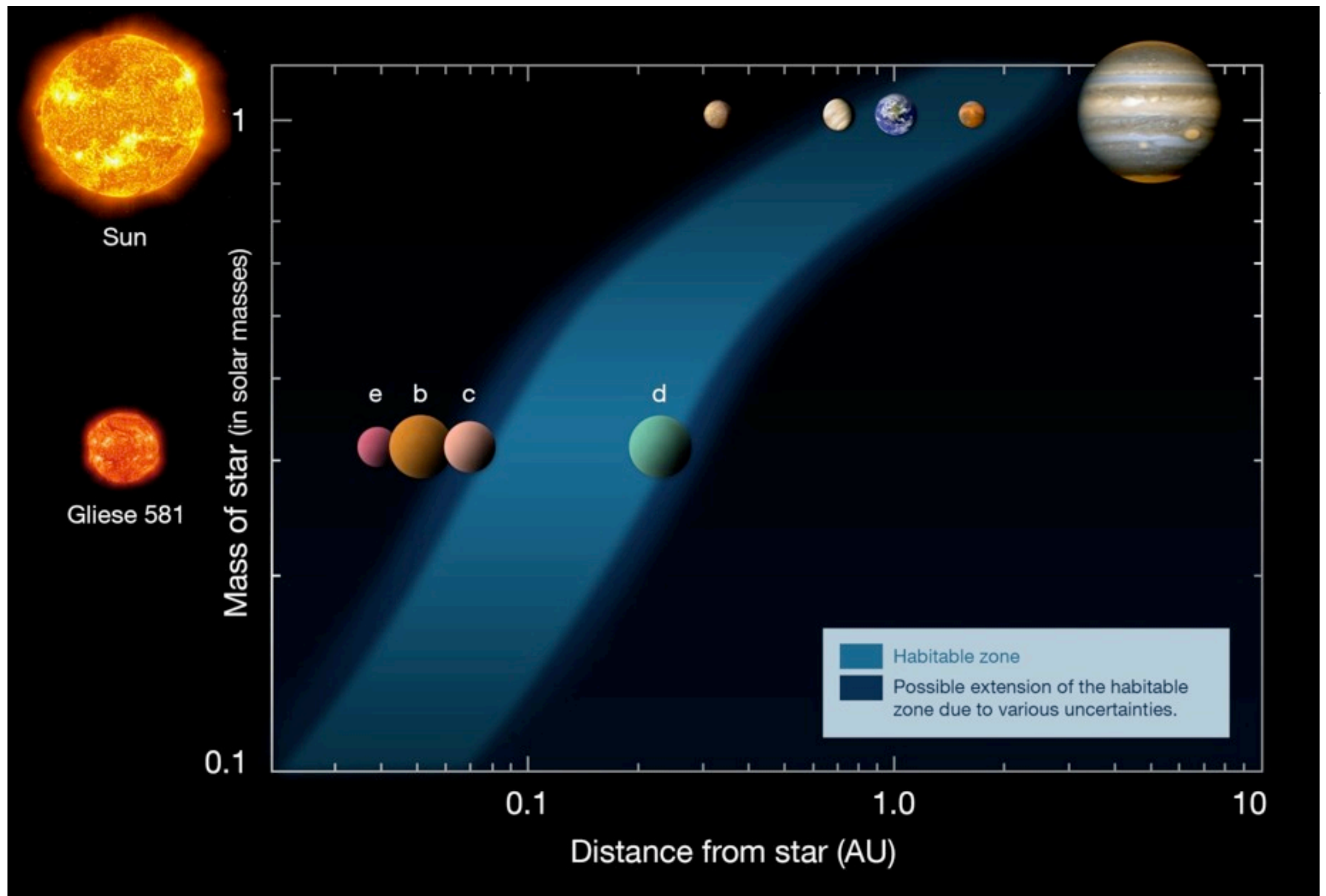
Gliese 581e

Il sistema planetario di Gliese 581: 4 pianeti

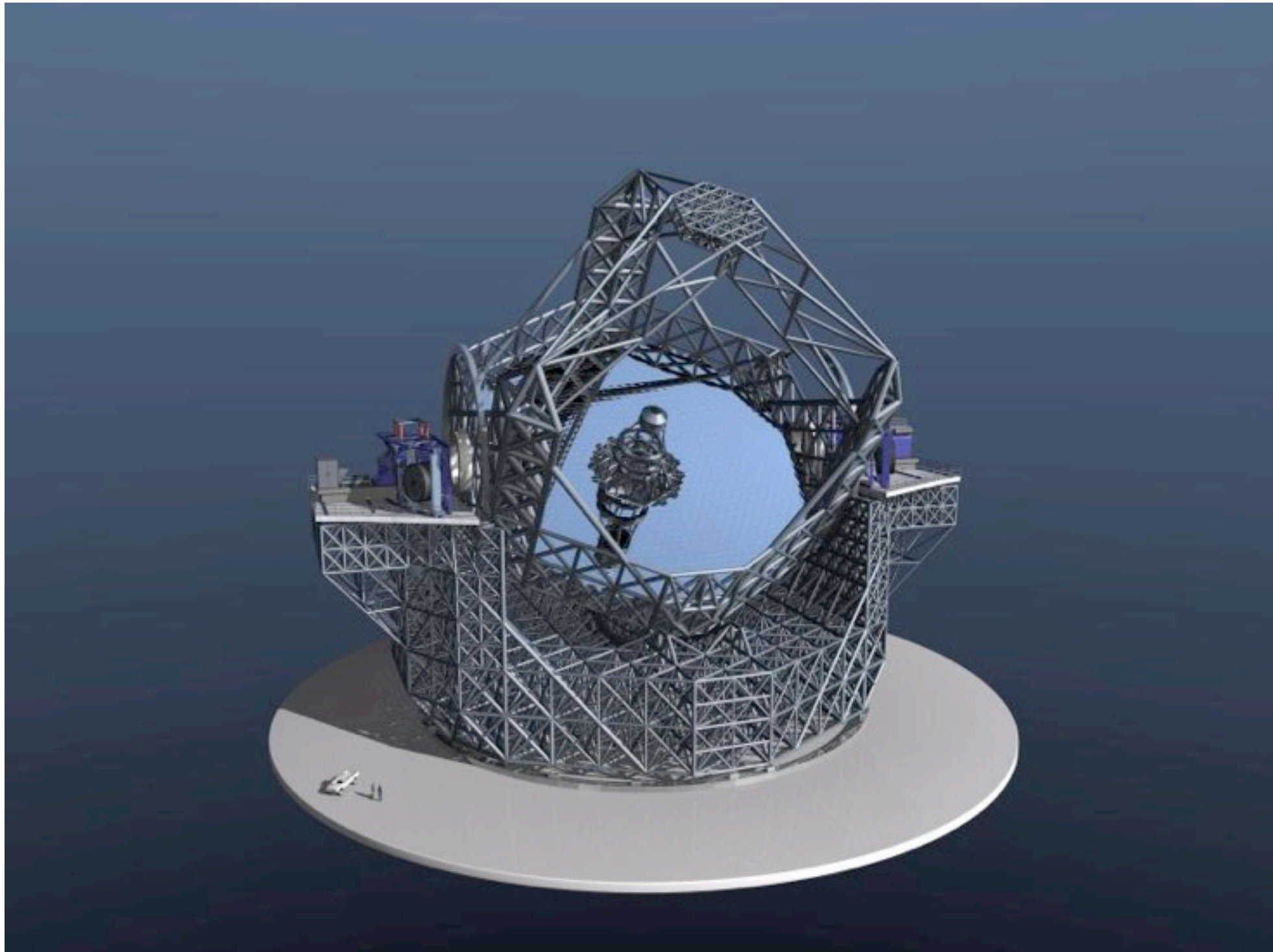
	Gl 581b	Gl 581c	Gl 581d	Gl 581e	Gl 581f (2010)	Gl 581g (2010)
Periodo [giorni]	5.37	12.93	66.8	3.15	433	36.6
Massa [M _{Terra}]	15.7	5.4	7.1	1.9	7	3.1
Distanza [UA]	0.04	0.07	0.22	0.03	0.76	0.15
	“Hot Neptune	bordo caldo	bordo freddo			T = 15 C



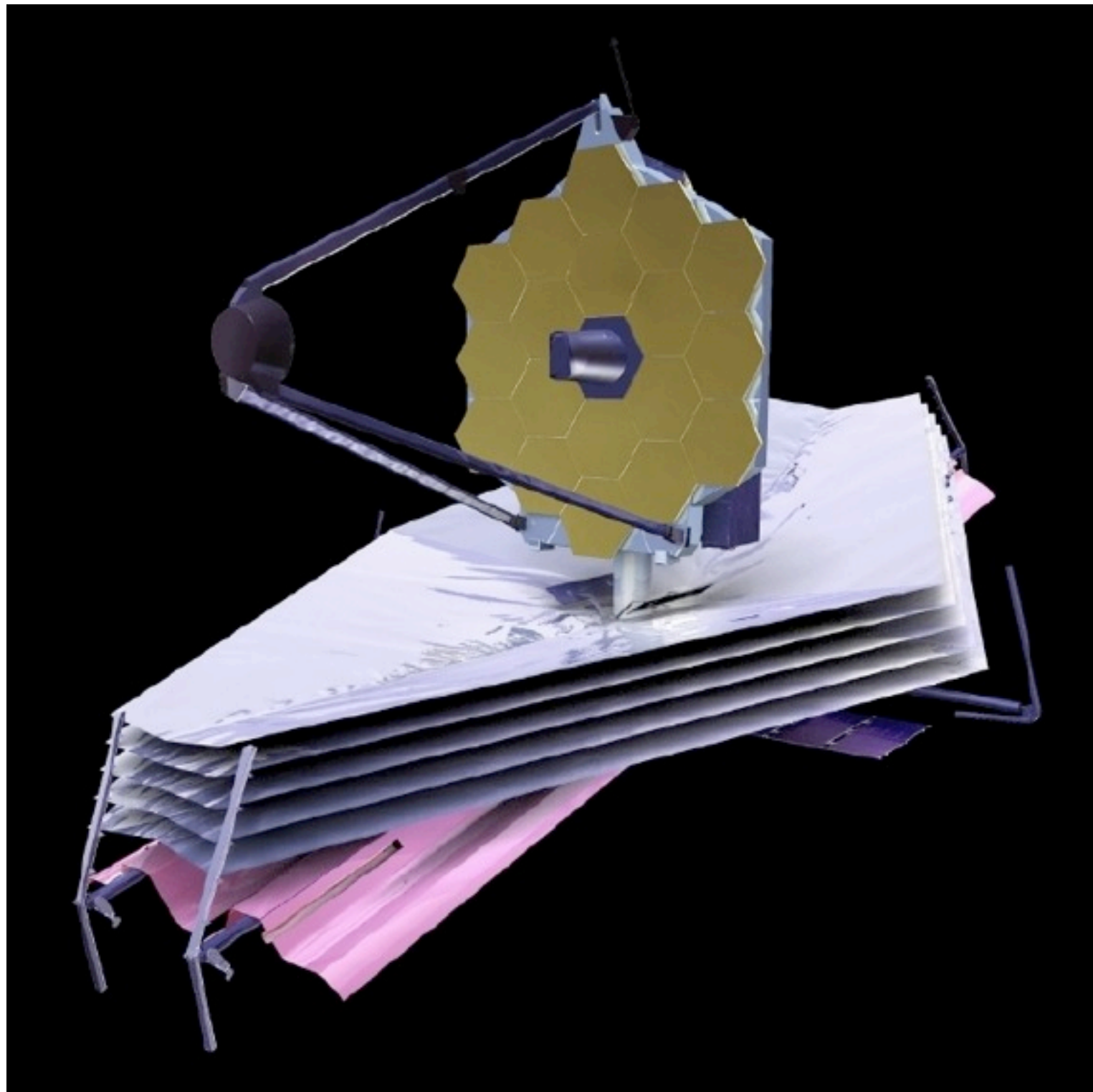
La zona abitabile di Gliese 581



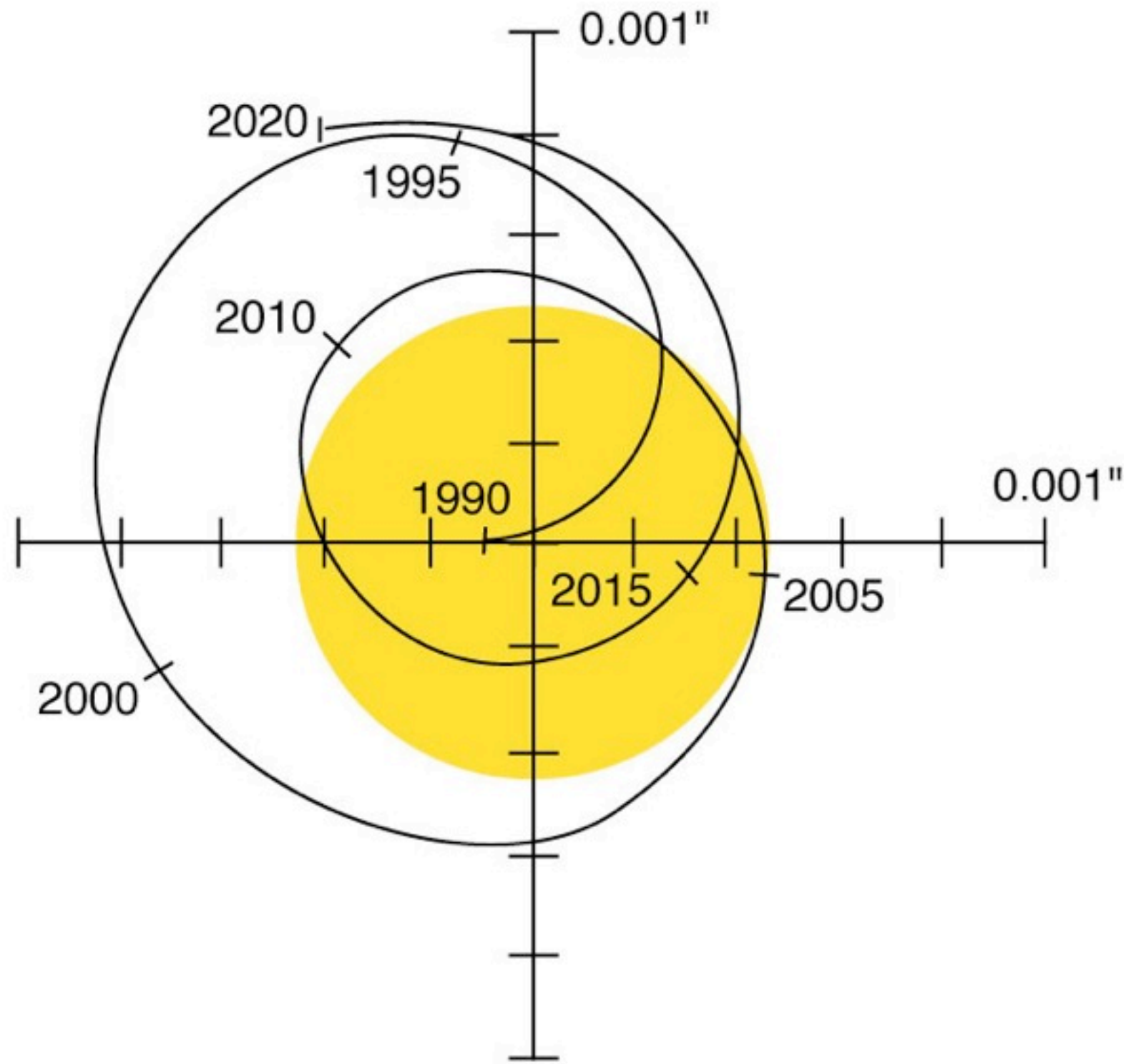
Il futuro della scoperta dei pianeti extra-solari



Il futuro della scoperta dei pianeti extra-solari



Il futuro della scoperta dei pianeti extra-solari



Capitolo 6:

L'emergere dell'intelligenza

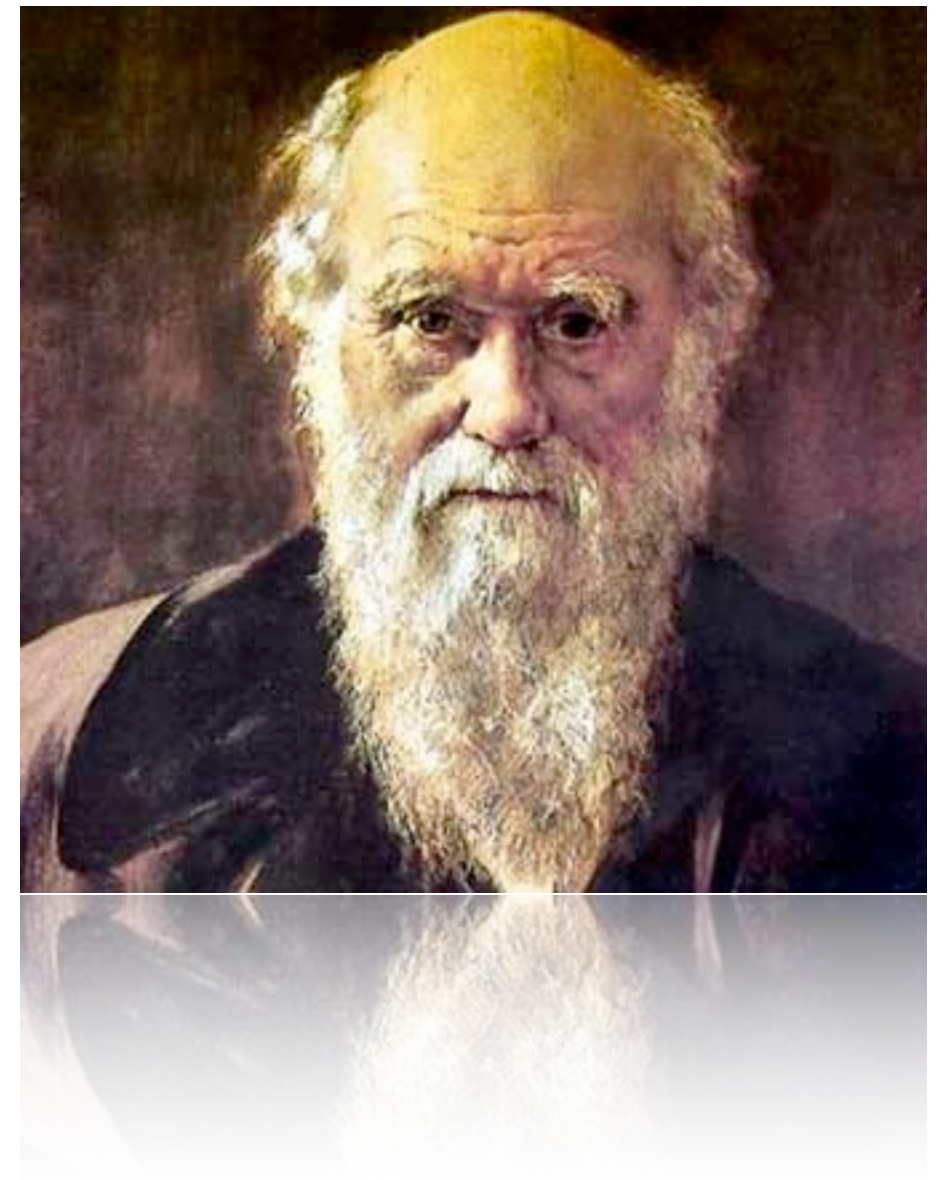
Capitolo 6: L'emergere dell'intelligenza

“Much of the human behaviour throughout history has been pretty stupid, and not calculated to aid the survival of the species”

Stephen Hawkins

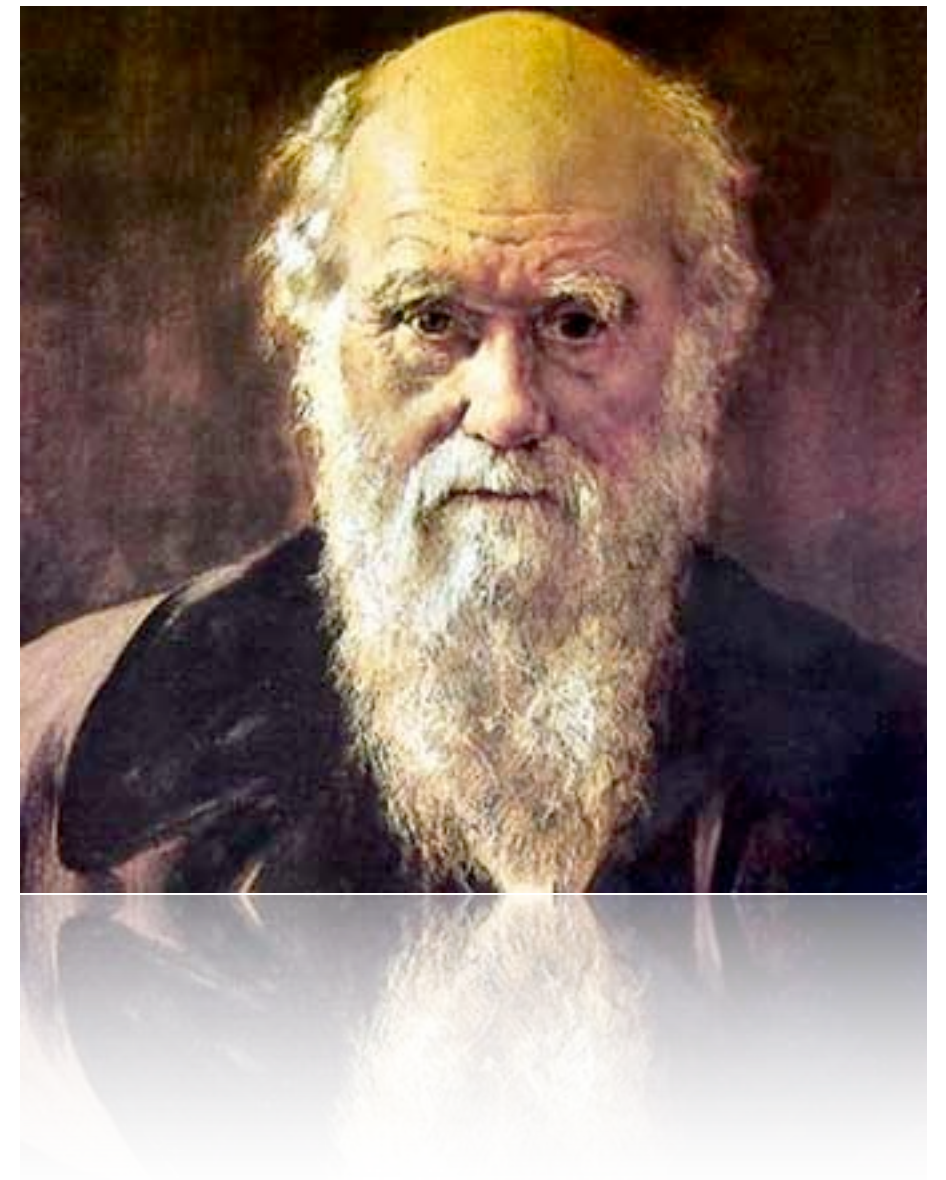


La selezione naturale Darwiniana



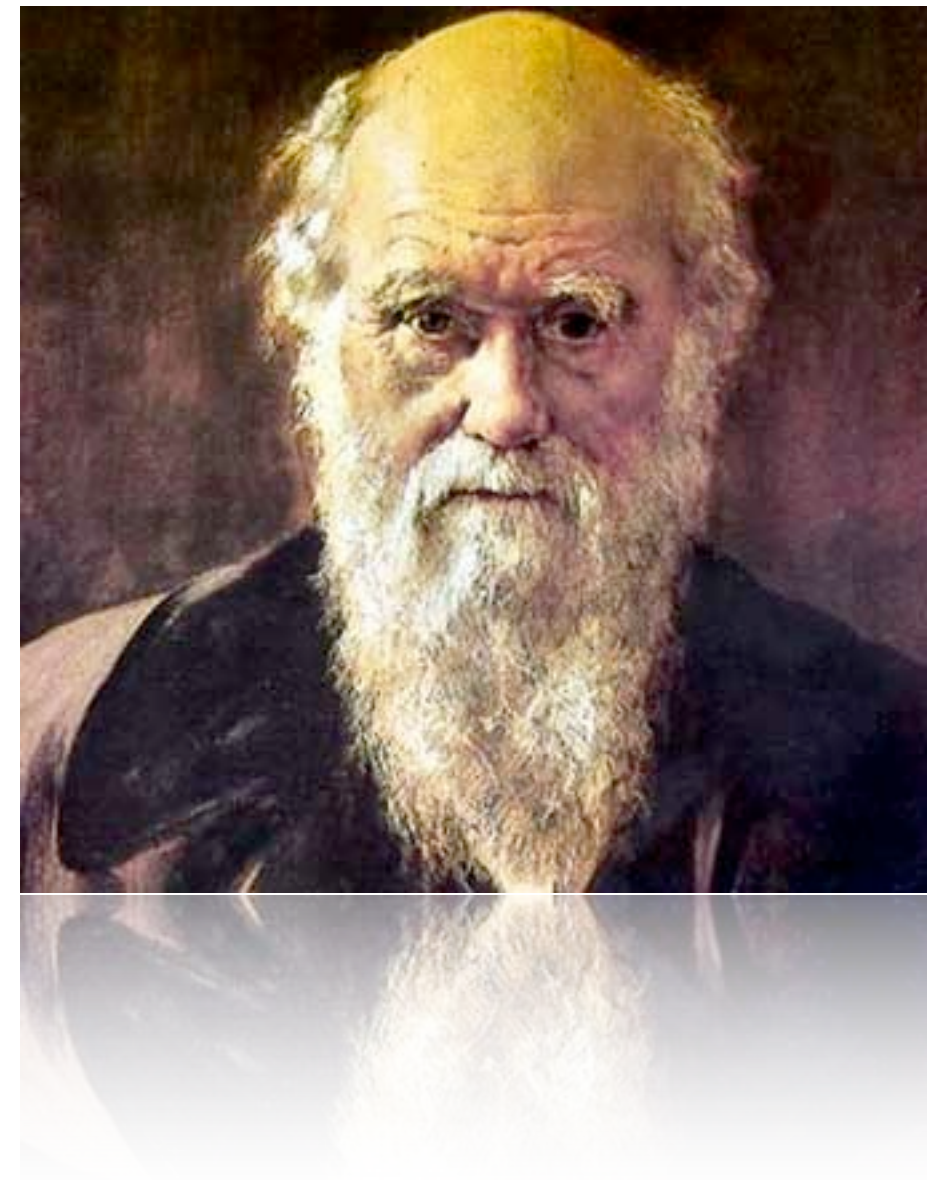
La selezione naturale Darwiniana

- Differenze all'interno di una specie.



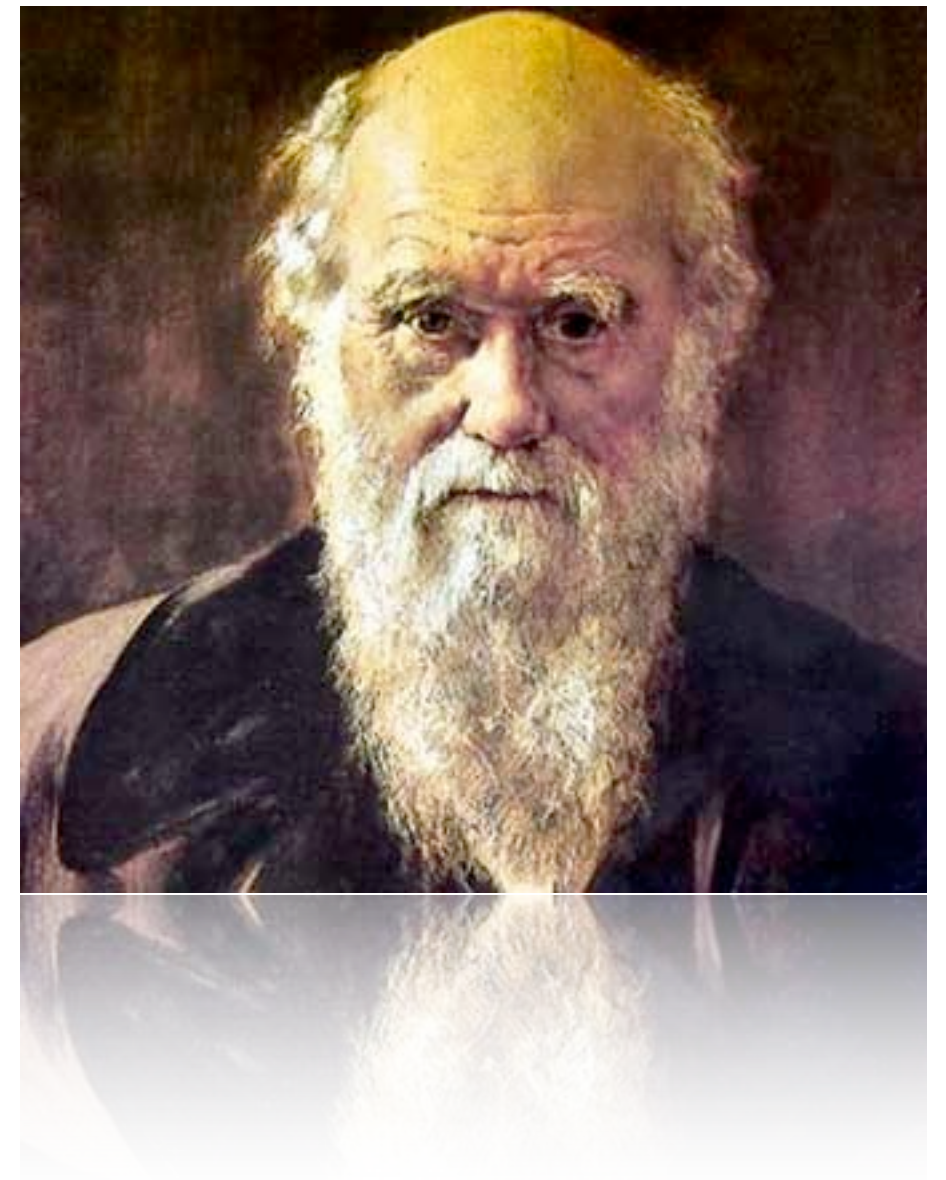
La selezione naturale Darwiniana

- Differenze all'interno di una specie.
- In funzione dell'ambiente, vantaggi o ostacoli.



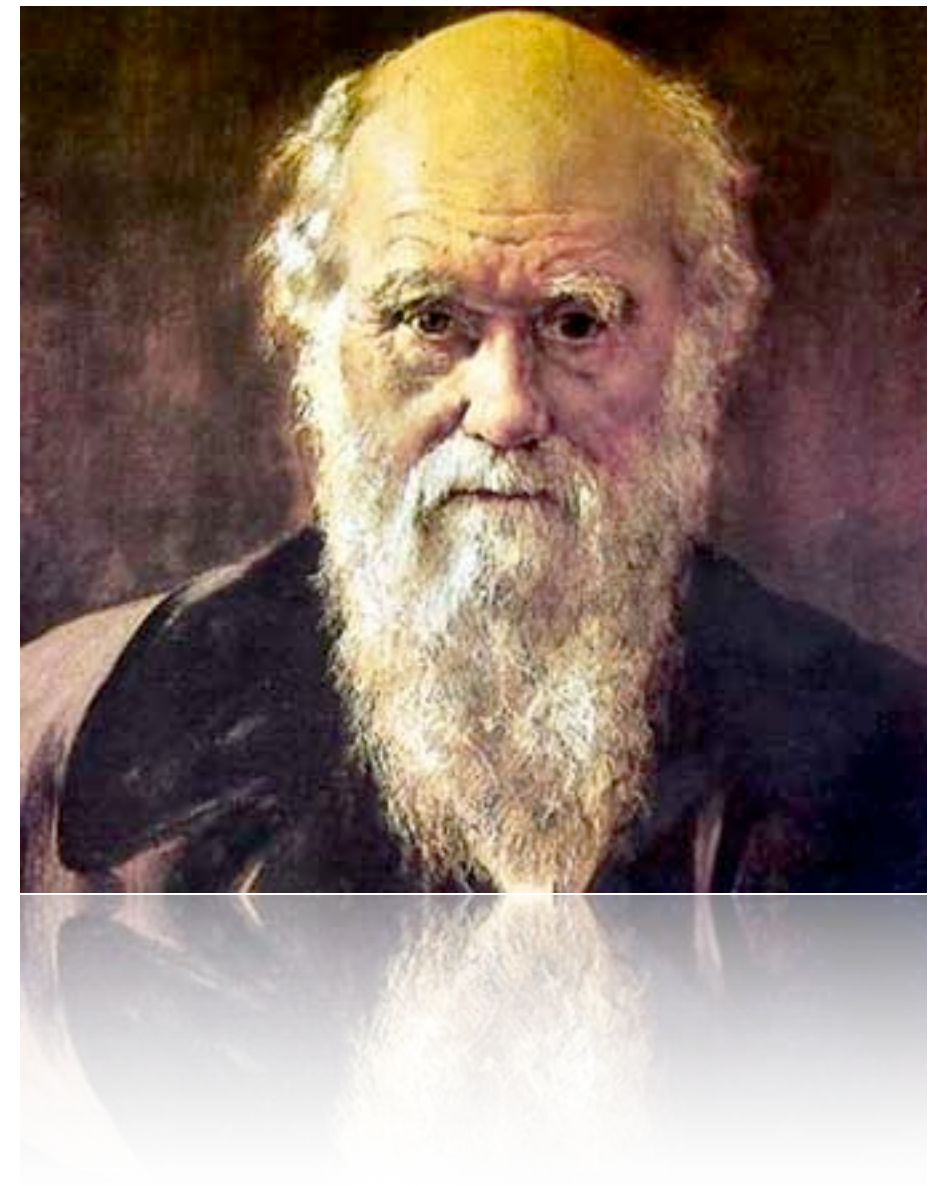
La selezione naturale Darwiniana

- Differenze all'interno di una specie.
- In funzione dell'ambiente, vantaggi o ostacoli.
- Individui meglio attrezzati o meno adatti.



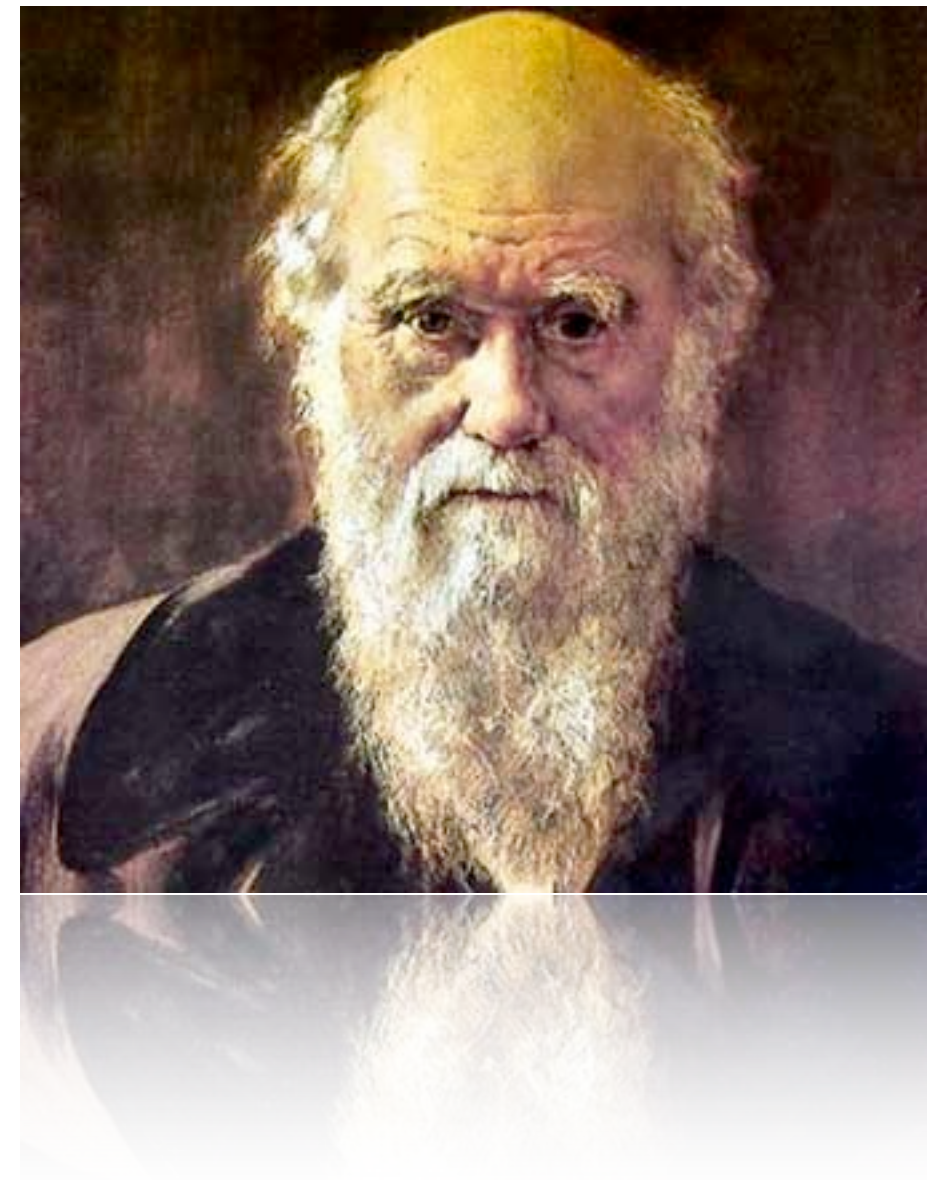
La selezione naturale Darwiniana

- Differenze all'interno di una specie.
- In funzione dell'ambiente, vantaggi o ostacoli.
- Individui meglio attrezzati o meno adatti.
- Evoluzione lenta e progressiva.



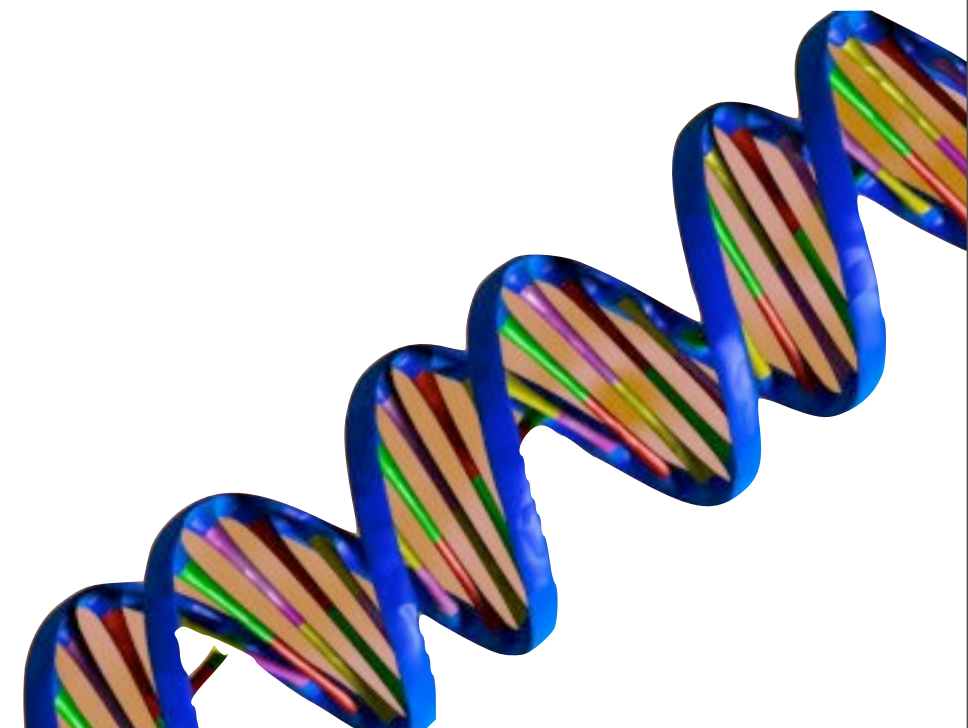
La selezione naturale Darwiniana

- Differenze all'interno di una specie.
- In funzione dell'ambiente, vantaggi o ostacoli.
- Individui meglio attrezzati o meno adatti.
- Evoluzione lenta e progressiva.
- Cambiamenti ambientali.



La selezione naturale Darwiniana

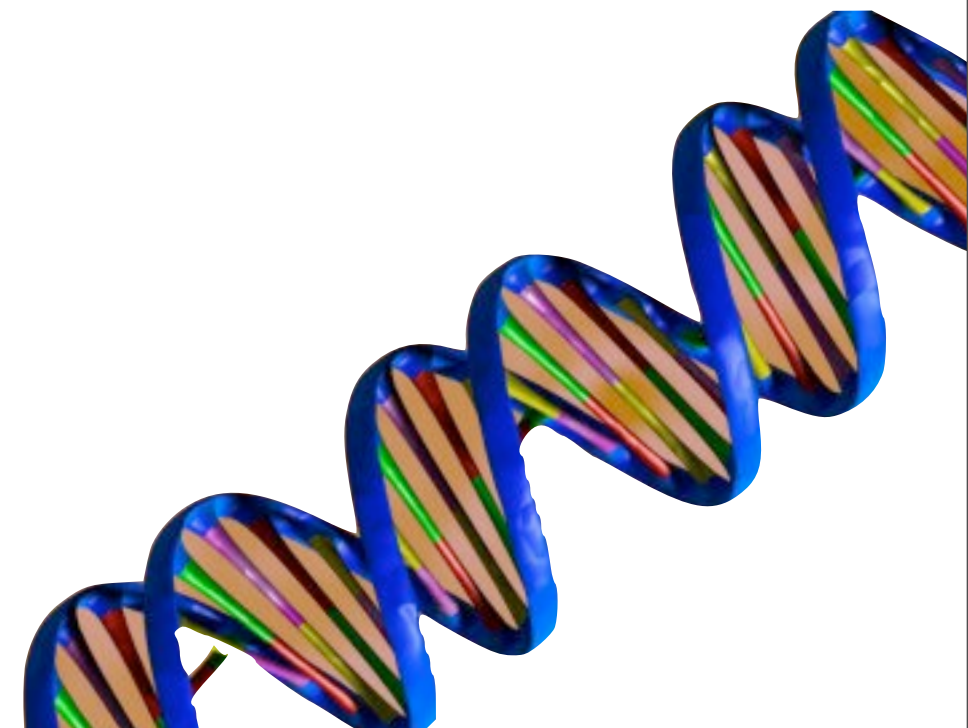
6 regole fondamentali



La selezione naturale Darwiniana

6 regole fondamentali

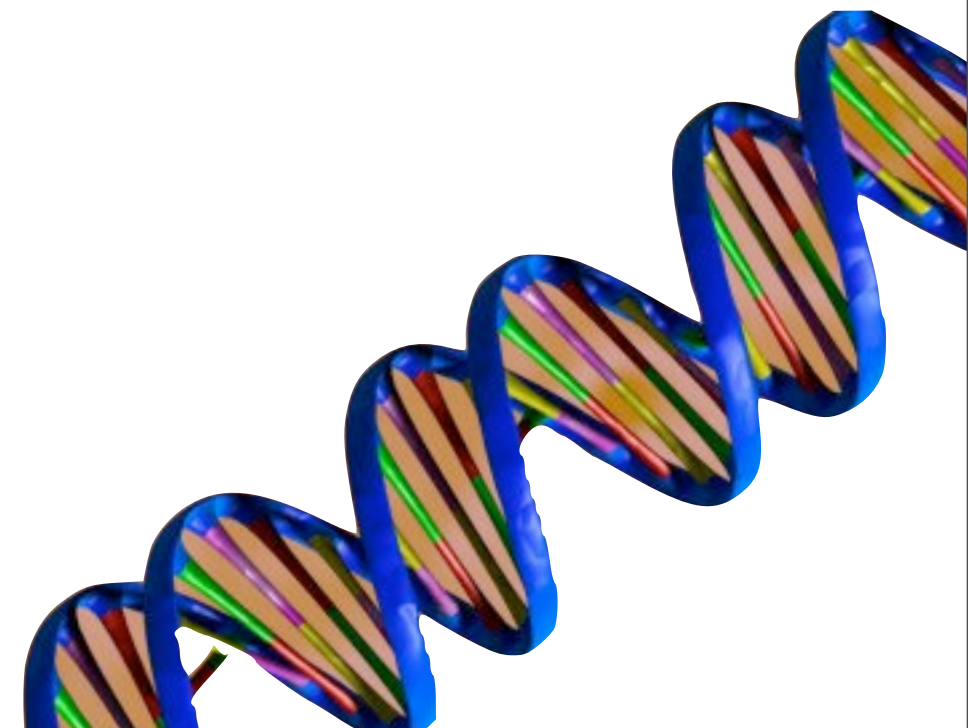
1. Deve operare su modello, p.es. DNA.



La selezione naturale Darwiniana

6 regole fondamentali

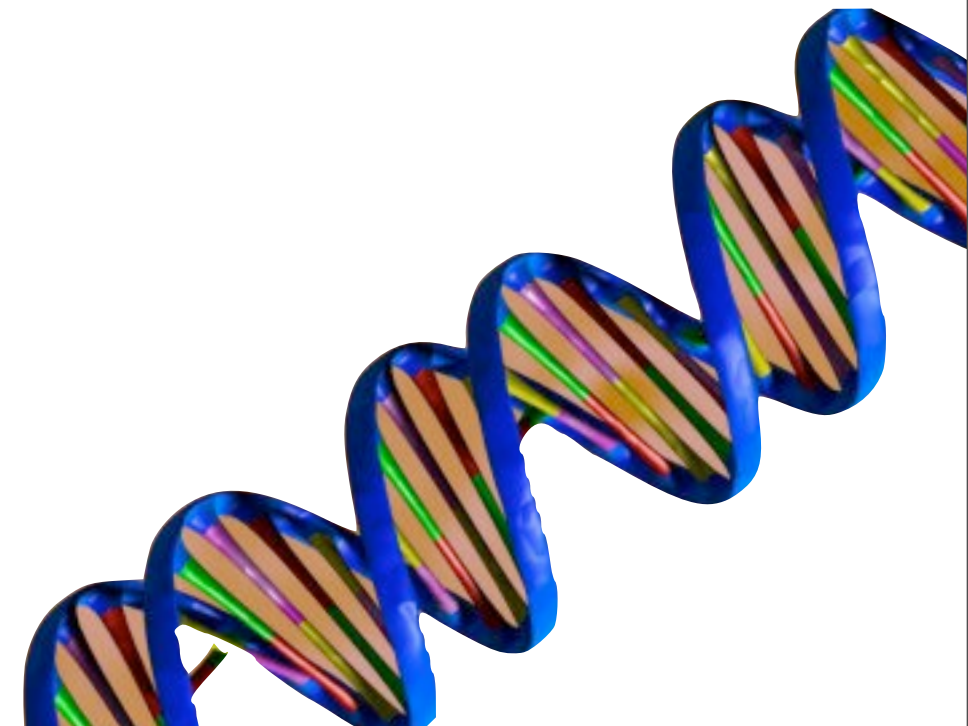
1. Deve operare su modello, p.es. DNA.
2. Copie di questo modello.



La selezione naturale Darwiniana

6 regole fondamentali

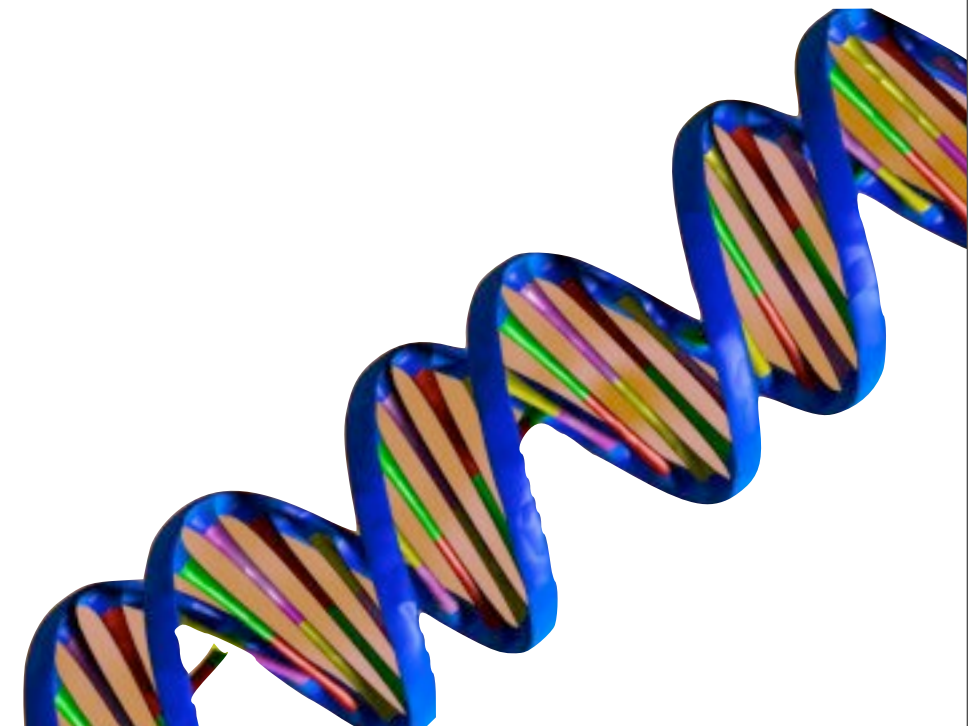
1. Deve operare su modello, p.es. DNA.
2. Copie di questo modello.
3. Variazione occasionali.



La selezione naturale Darwiniana

6 regole fondamentali

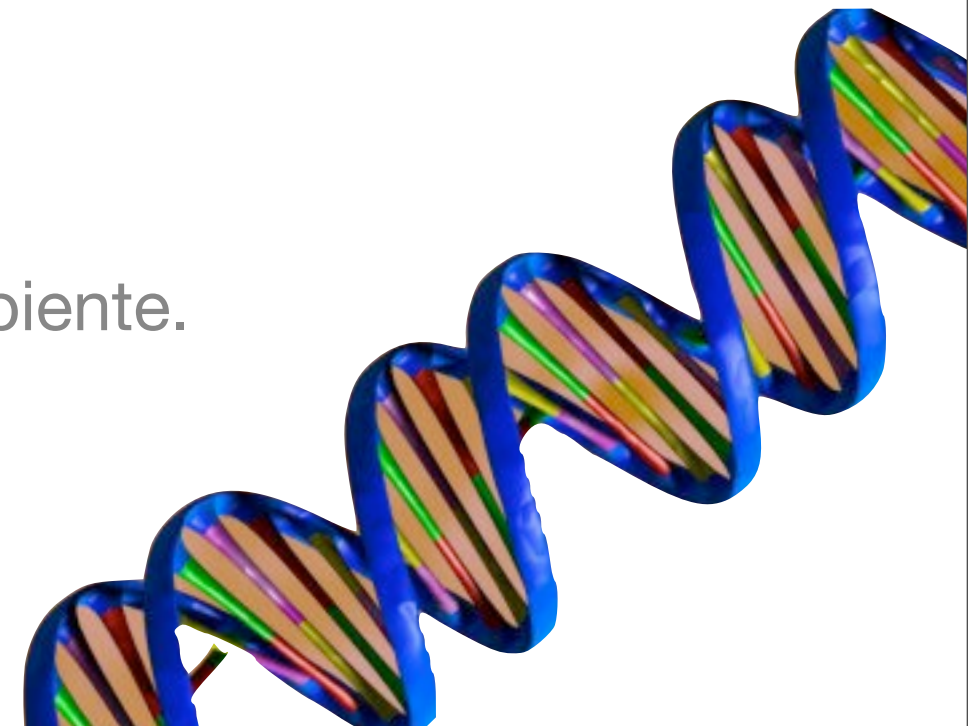
1. Deve operare su modello, p.es. DNA.
2. Copie di questo modello.
3. Variazione occasionali.
4. Competizione per le risorse.



La selezione naturale Darwiniana

6 regole fondamentali

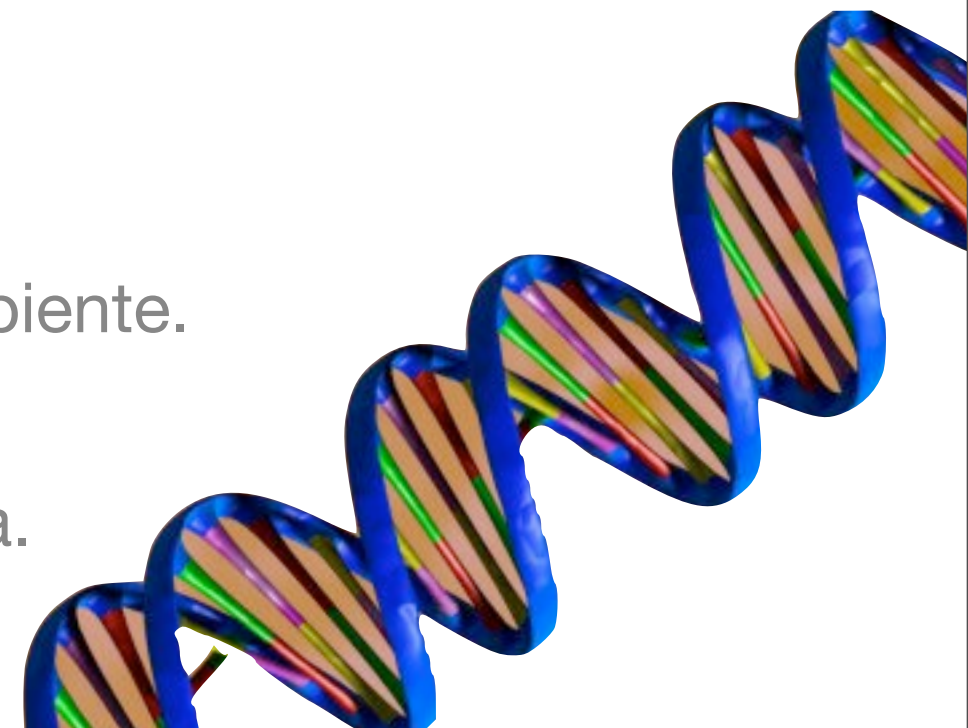
1. Deve operare su modello, p.es. DNA.
2. Copie di questo modello.
3. Variazione occasionali.
4. Competizione per le risorse.
5. Successo riproduttivo è influenzato dall'ambiente.



La selezione naturale Darwiniana

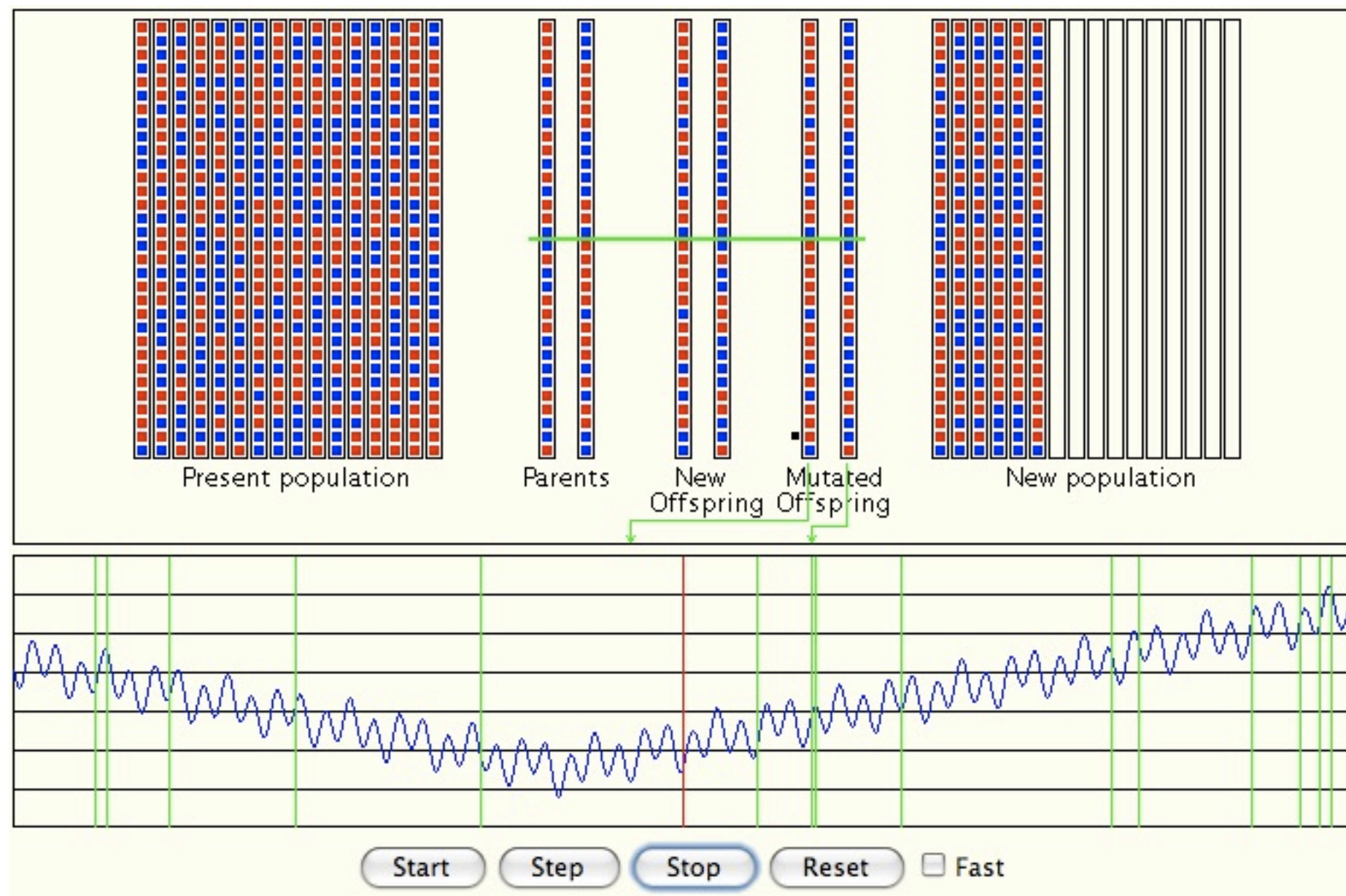
6 regole fondamentali

1. Deve operare su modello, p.es. DNA.
2. Copie di questo modello.
3. Variazione occasionali.
4. Competizione per le risorse.
5. Successo riproduttivo è influenzato dall'ambiente.
6. Composizione della generazione successiva.



Algoritmi genetici

Modello semplice dell'evoluzione naturale



Una nuova fase nell'evoluzione umana

Stephen Hawkins

Una nuova fase nell'evoluzione umana

1. Punto critico nell'evoluzione dell'uomo: **l'invenzione del linguaggio (scritto).**

Stephen Hawkins

Una nuova fase nell'evoluzione umana

1. Punto critico nell'evoluzione dell'uomo: **l'invenzione del linguaggio (scritto)**.
2. DNA umano = 3 miliardi di acidi nucleici.
Quantità utile d'informazioni = 10^8 bits.

Stephen Hawkins

Una nuova fase nell'evoluzione umana

1. Punto critico nell'evoluzione dell'uomo: **l'invenzione del linguaggio (scritto)**.
2. DNA umano = 3 miliardi di acidi nucleici.
Quantità utile d'informazioni = 10^8 bits.
3. Un romanzo = $2 \cdot 10^6$ bits. Un biblioteca = 10^{13} bits.

Stephen Hawkins

Una nuova fase nell'evoluzione umana

1. Punto critico nell'evoluzione dell'uomo: **l'invenzione del linguaggio (scritto)**.
2. DNA umano = 3 miliardi di acidi nucleici.
Quantità utile d'informazioni = 10^8 bits.
3. Un romanzo = $2 \cdot 10^6$ bits. Un biblioteca = 10^{13} bits.
4. In 5 milioni di anni di evoluzione, qualche milioni di bits di differenza $\Rightarrow$ 1 bit/anno.

Stephen Hawkins

Una nuova fase nell'evoluzione umana

1. Punto critico nell'evoluzione dell'uomo: **l'invenzione del linguaggio (scritto)**.
2. DNA umano = 3 miliardi di acidi nucleici.
Quantità utile d'informazioni = 10^8 bits.
3. Un romanzo = $2 \cdot 10^6$ bits. Un biblioteca = 10^{13} bits.
4. In 5 milioni di anni di evoluzione, qualche milioni di bits di differenza $\Rightarrow$ 1 bit/anno.
5. tasso crescita dell'informazione = 50'000 libri/anno
 $\Rightarrow$ milioni (se non miliardi) di volte superiore.

Stephen Hawkins

Una nuova fase nell'evoluzione umana

Una nuova fase nell'evoluzione umana

1. Trasmissione dell'informazione nel DNA per circa 3.5 miliardi di anni.

Una nuova fase nell'evoluzione umana

1. Trasmissione dell'informazione nel DNA per circa 3.5 miliardi di anni.
2. Negli ultimi 10'000 anni, fase di trasmissione **esterna**.

Una nuova fase nell'evoluzione umana

1. Trasmissione dell'informazione nel DNA per circa 3.5 miliardi di anni.
2. Negli ultimi 10'000 anni, fase di trasmissione **esterna**.
3. La stampa, la scuola, internet, ...

Una nuova fase nell'evoluzione umana

1. Trasmissione dell'informazione nel DNA per circa 3.5 miliardi di anni.
2. Negli ultimi 10'000 anni, fase di trasmissione **esterna**.
3. La stampa, la scuola, internet, ...

Siamo molto di più che i nostri geni.

Una nuova fase nell'evoluzione umana

1. Trasmissione dell'informazione nel DNA per circa 3.5 miliardi di anni.
2. Negli ultimi 10'000 anni, fase di trasmissione **esterna**.
3. La stampa, la scuola, internet, ...

Siamo molto di più che i nostri geni.

- La prima specie con la possibilità di **cambiare** il suo DNA.

Una nuova fase nell'evoluzione umana

1. Trasmissione dell'informazione nel DNA per circa 3.5 miliardi di anni.
2. Negli ultimi 10'000 anni, fase di trasmissione **esterna**.
3. La stampa, la scuola, internet, ...

Siamo molto di più che i nostri geni.

- La prima specie con la possibilità di **cambiare** il suo DNA.
- La prima specie con la possibilità di **impedire** eventi catastrofici, ma anche di crearne altri...

Una nuova fase nell'evoluzione umana



L'intelligenza



L'intelligenza

- Intelligenza = caratteristica vincente nell'evoluzione.

L'intelligenza

- Intelligenza = caratteristica vincente nell'evoluzione.
- Perché così sviluppata in questa specie di scimmie?

L'intelligenza

- Intelligenza = caratteristica vincente nell'evoluzione.
- Perché così sviluppata in questa specie di scimmie?
- Ruolo fondamentale del **clima**.

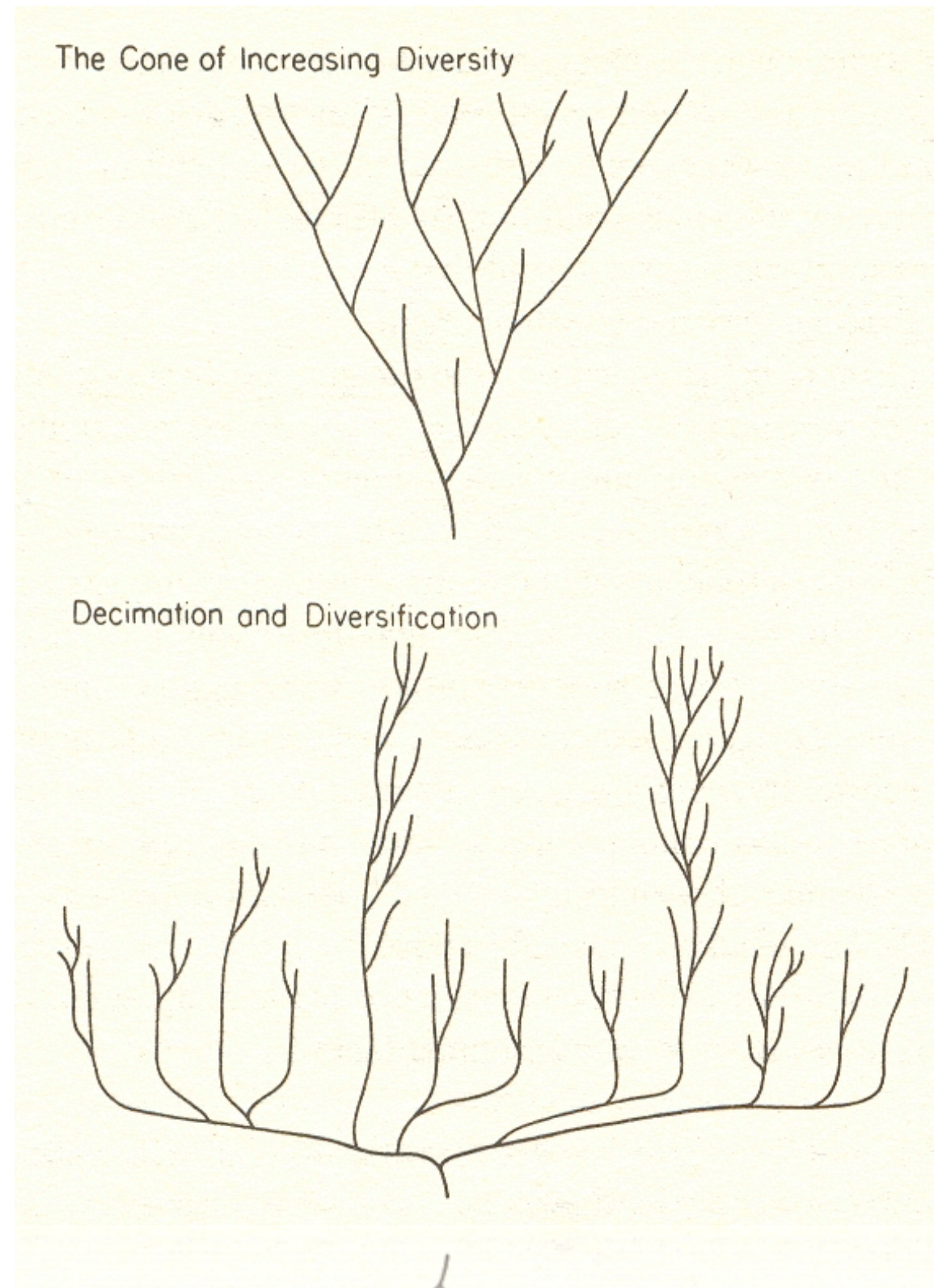
L'intelligenza

- Intelligenza = caratteristica vincente nell'evoluzione.
- Perché così sviluppata in questa specie di scimmie?
- Ruolo fondamentale del **clima**.
- Carattere “casuale” del clima $\Rightarrow$ una tutt'altra via.

L'intelligenza

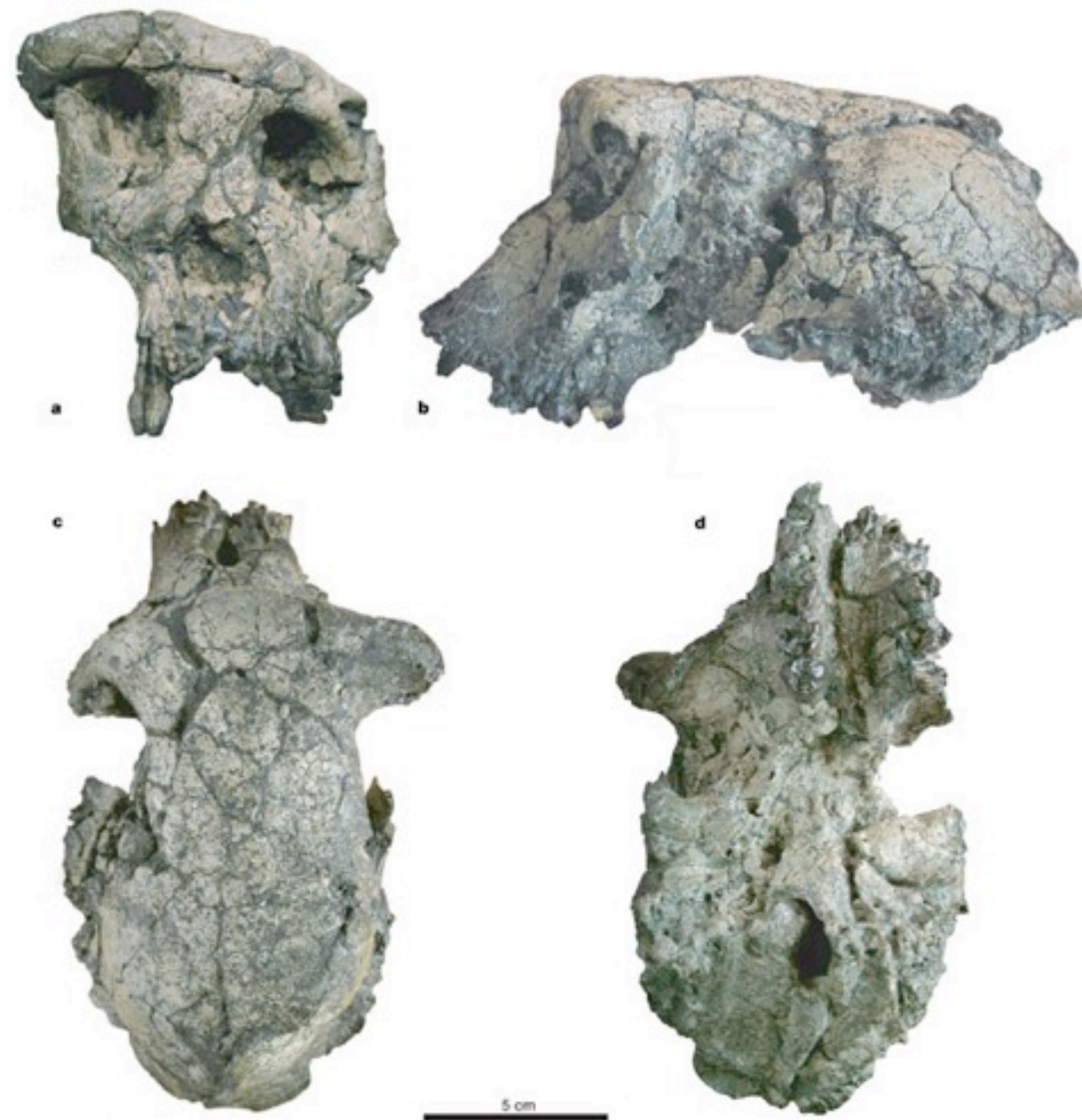


L'intelligenza



L'emergere dell'intelligenza

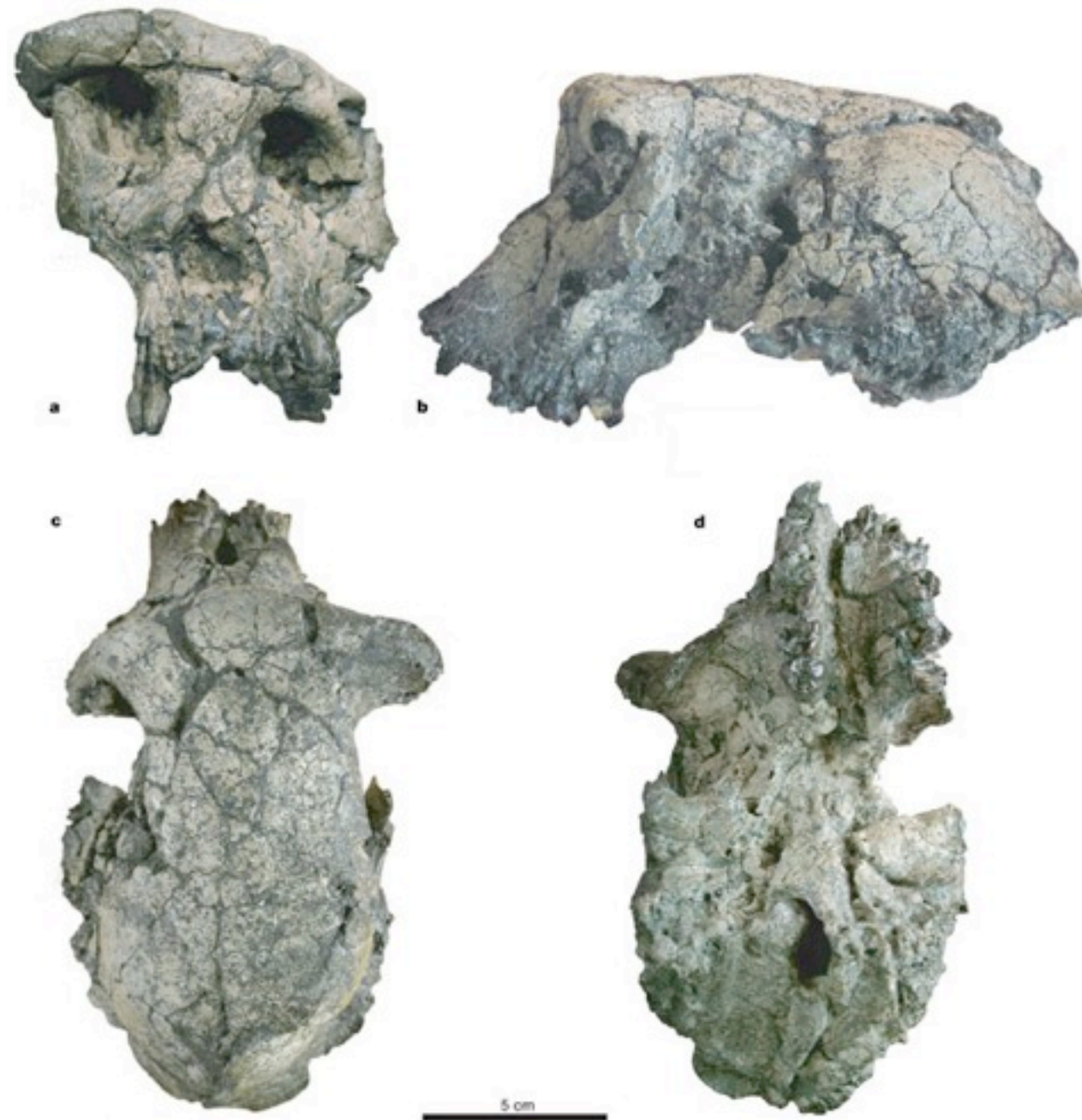
Toumai, 7 milioni di anni fa, Africa.



L'emergere dell'intelligenza

Toumai, 7 milioni di anni fa, Africa.

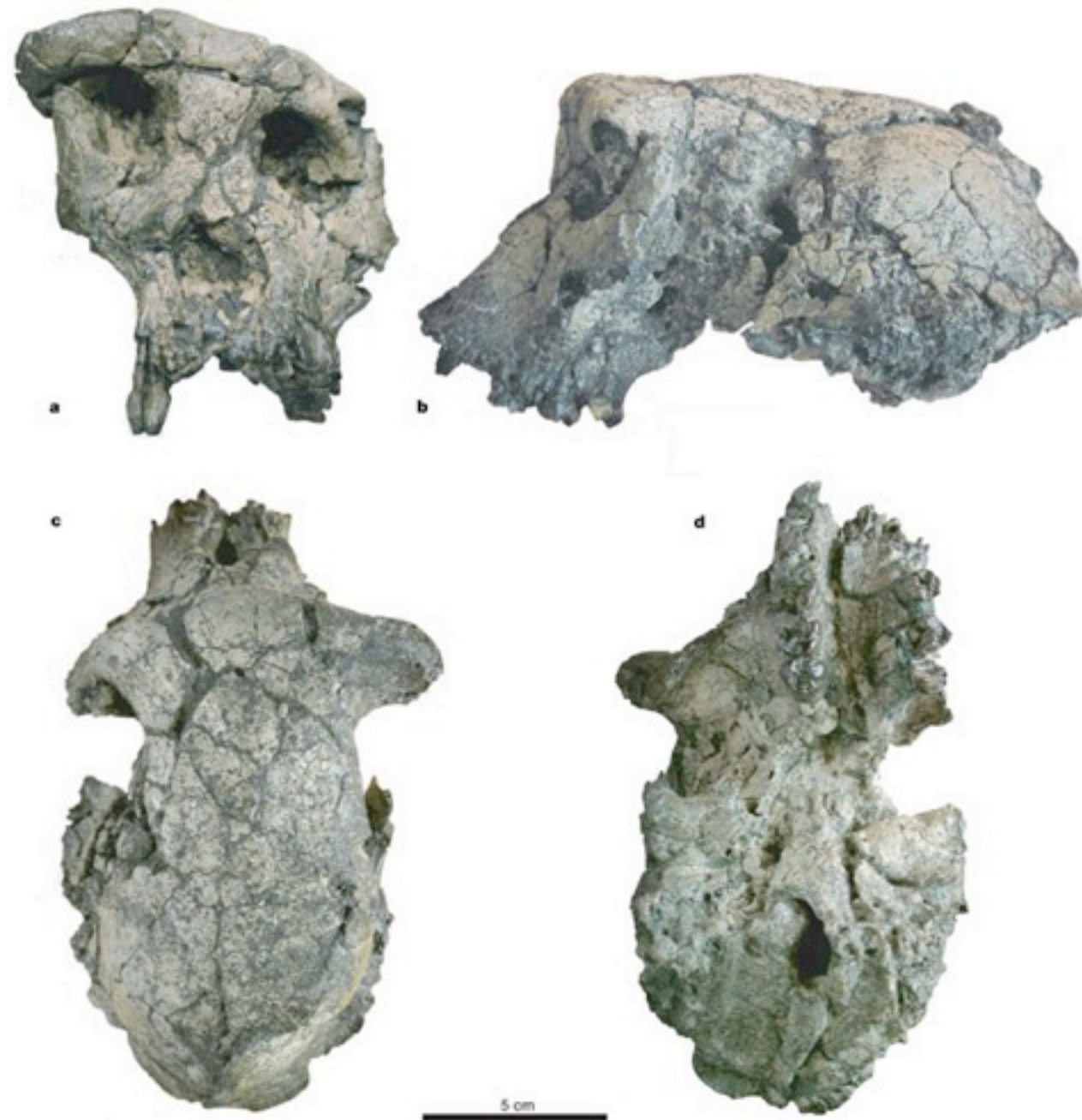
- Sahelanthropus Tchadensis.



L'emergere dell'intelligenza

Toumai, 7 milioni di anni fa, Africa.

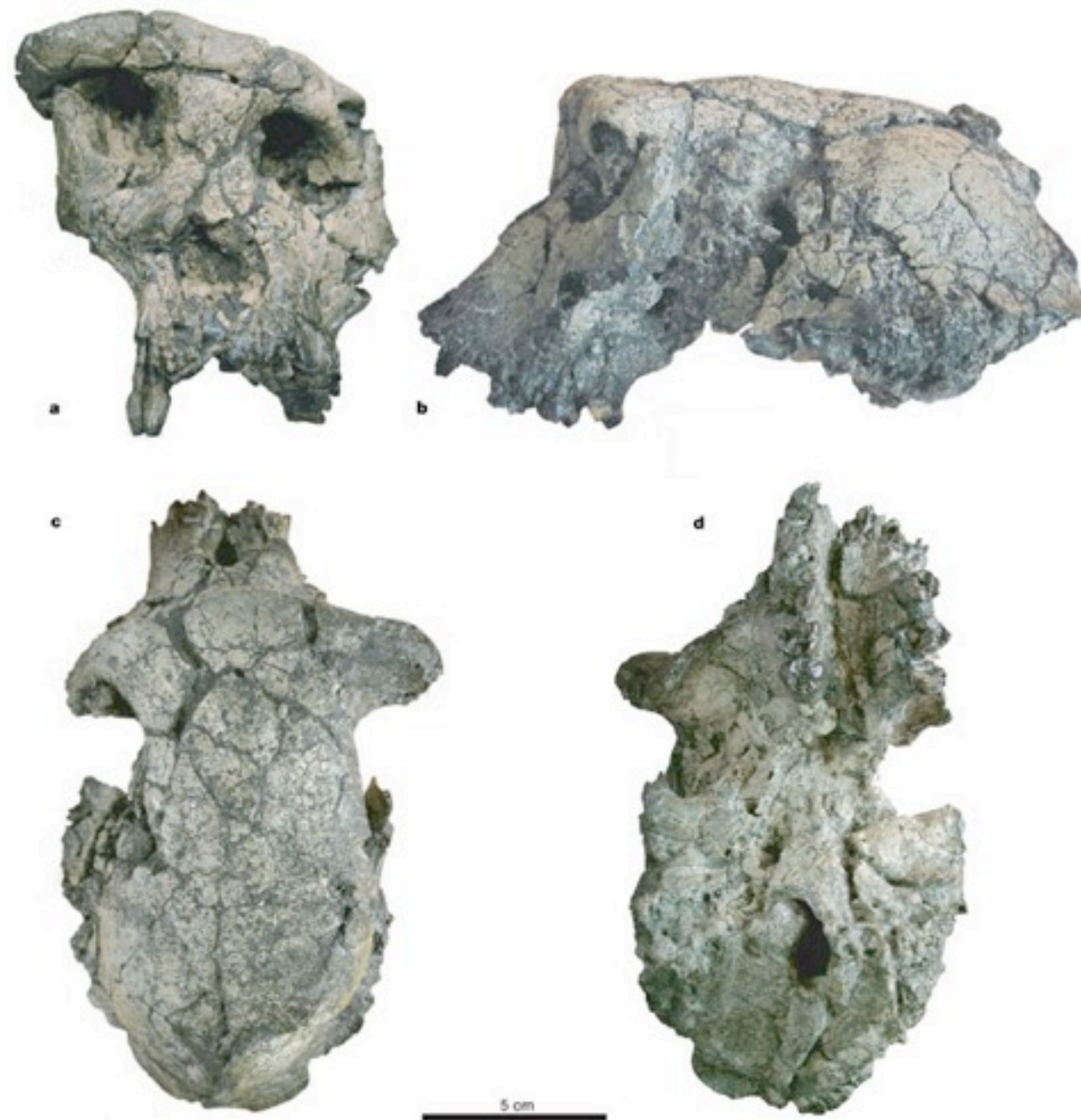
- Sahelanthropus Tchadensis.
- Cranio con caratteristiche moderne e primitive.



L'emergere dell'intelligenza

Toumai, 7 milioni di anni fa, Africa.

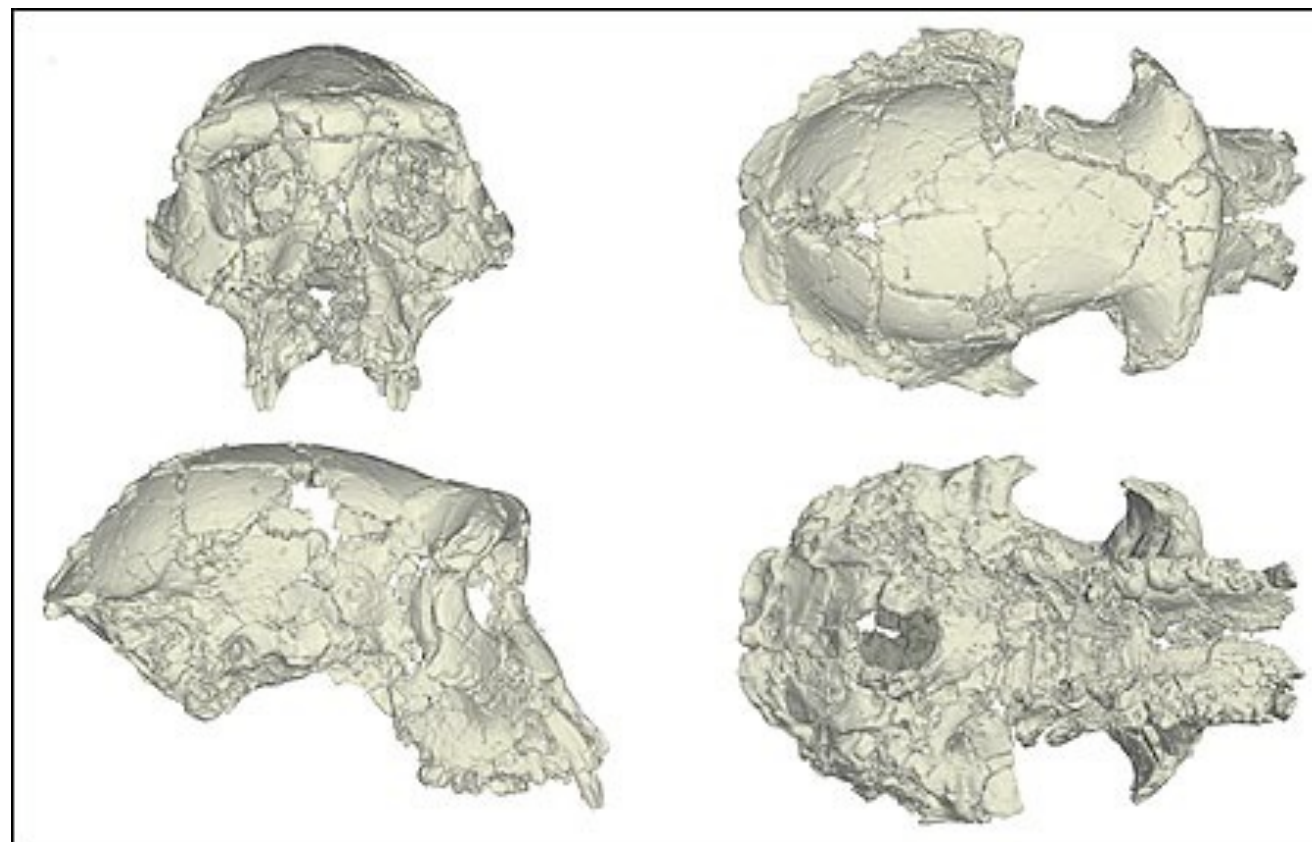
- Sahelanthropus Tchadensis.
- Cranio con caratteristiche moderne e primitive.
- Datazione precisa con $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$.



L'emergere dell'intelligenza

Toumai, 7 milioni di anni fa, Africa.

- Sahelanthropus Tchadensis.
- Cranio con caratteristiche moderne e primitive.
- Datazione precisa con $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$.



L'emergere dell'intelligenza

Toumai, 7 milioni di anni fa, Africa.

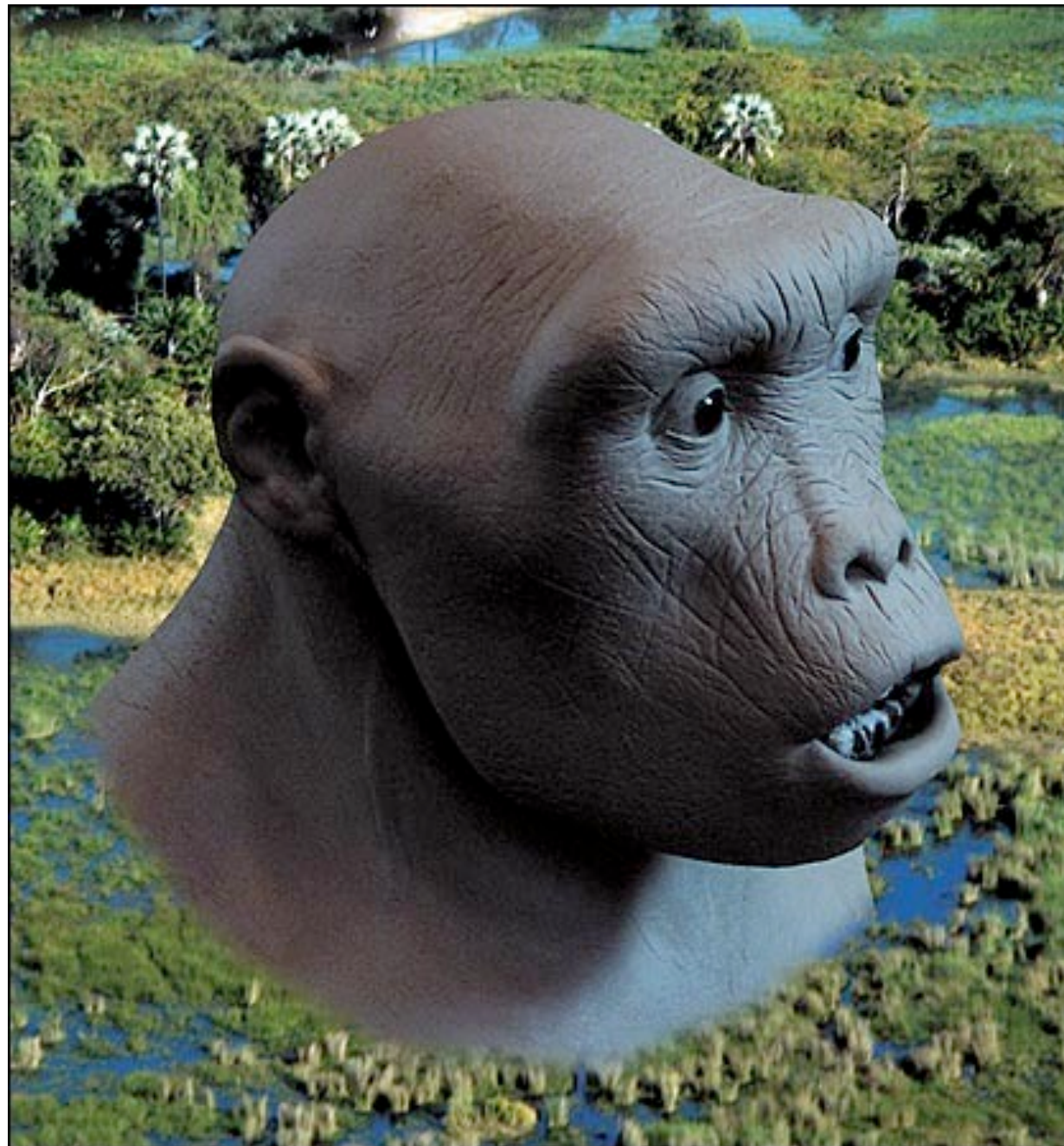
- Sahelanthropus Tchadensis.
- Cranio con caratteristiche moderne e primitive.
- Datazione precisa con $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$.



L'emergere dell'intelligenza

Toumai, 7 milioni di anni fa, Africa.

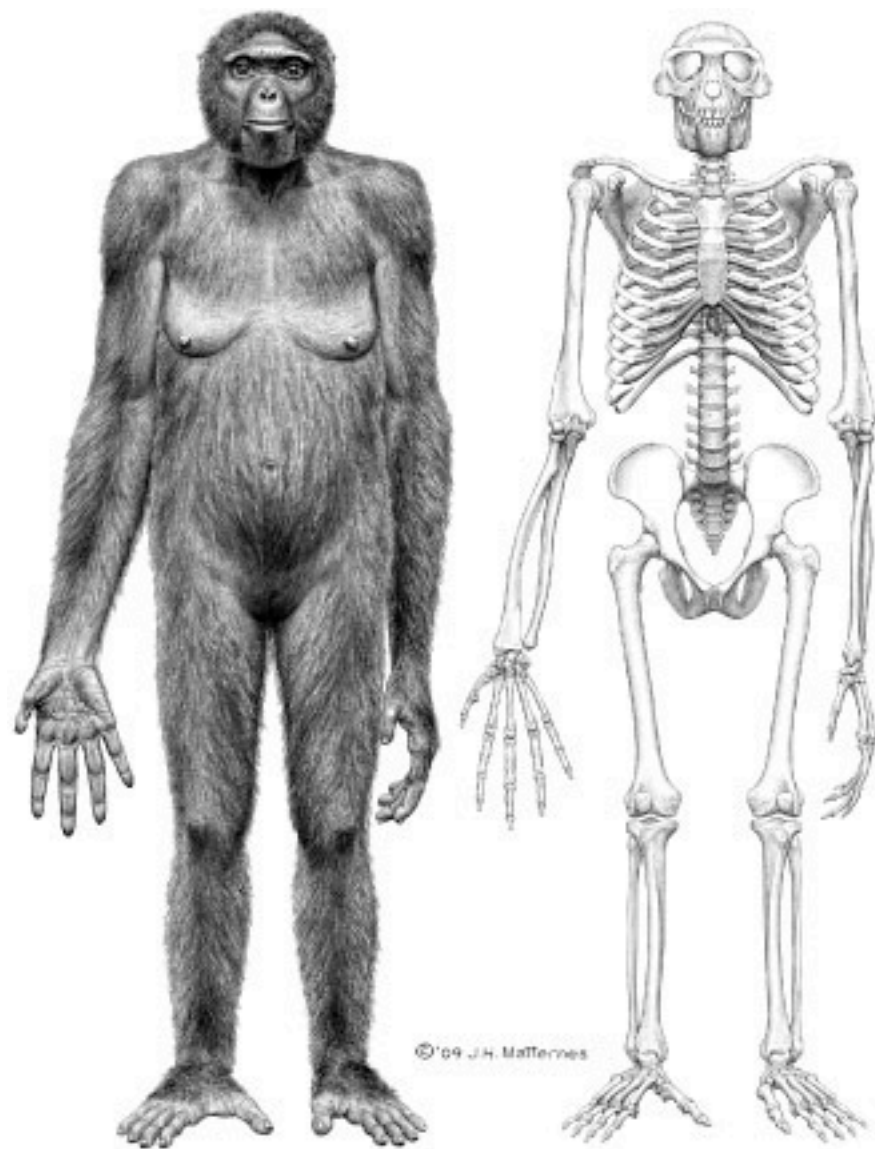
- Sahelanthropus Tchadensis.
- Cranio con caratteristiche moderne e primitive.
- Datazione precisa con $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$.



L'emergere dell'intelligenza

“La recherche”, n° 438, Febbraio 2010

Ardi (*Ardipithecus ramidus*), 4.5 milioni di anni fa, Africa



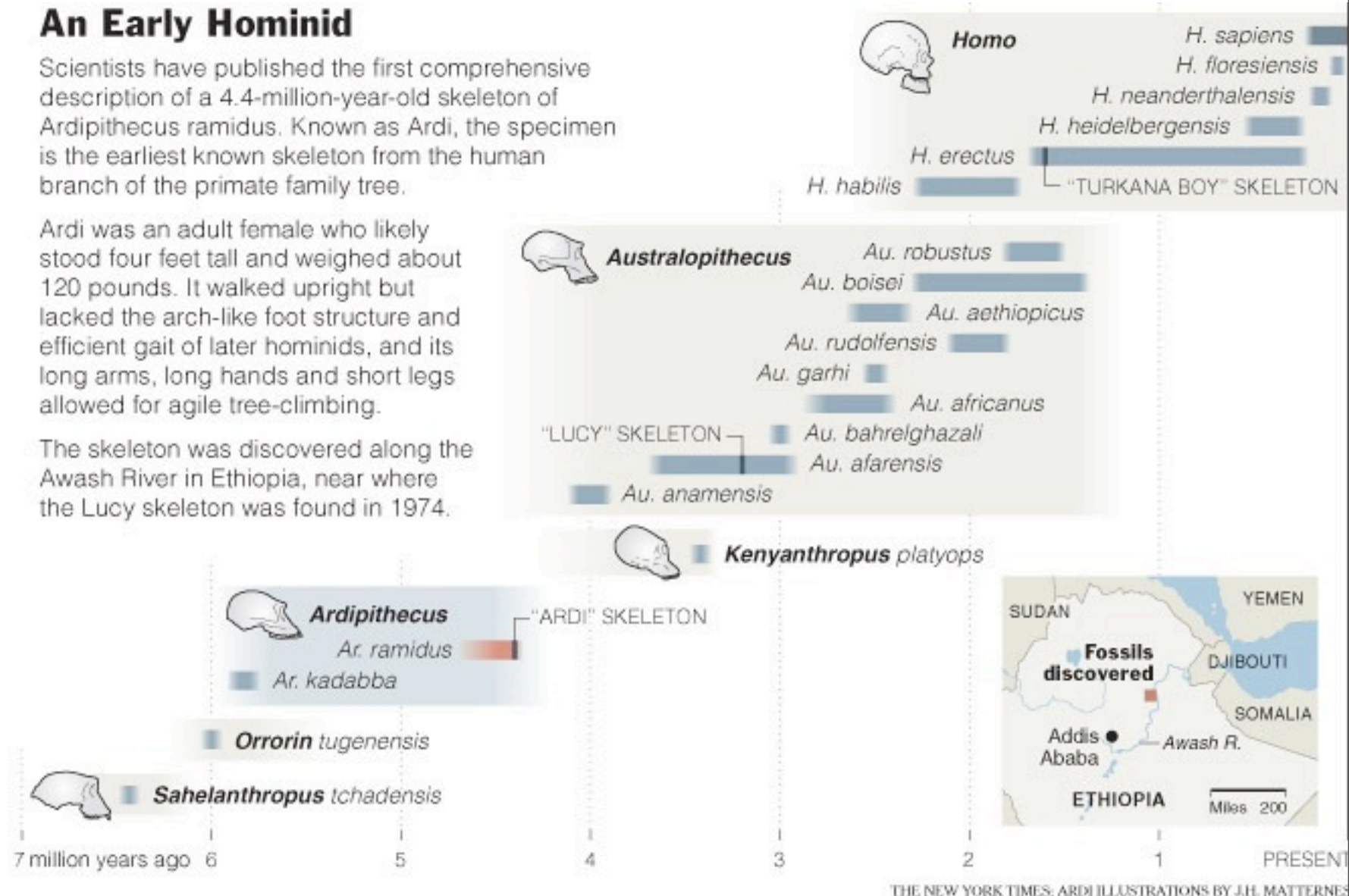
Source: Science

An Early Hominid

Scientists have published the first comprehensive description of a 4.4-million-year-old skeleton of *Ardipithecus ramidus*. Known as Ardi, the specimen is the earliest known skeleton from the human branch of the primate family tree.

Ardi was an adult female who likely stood four feet tall and weighed about 120 pounds. It walked upright but lacked the arch-like foot structure and efficient gait of later hominids, and its long arms, long hands and short legs allowed for agile tree-climbing.

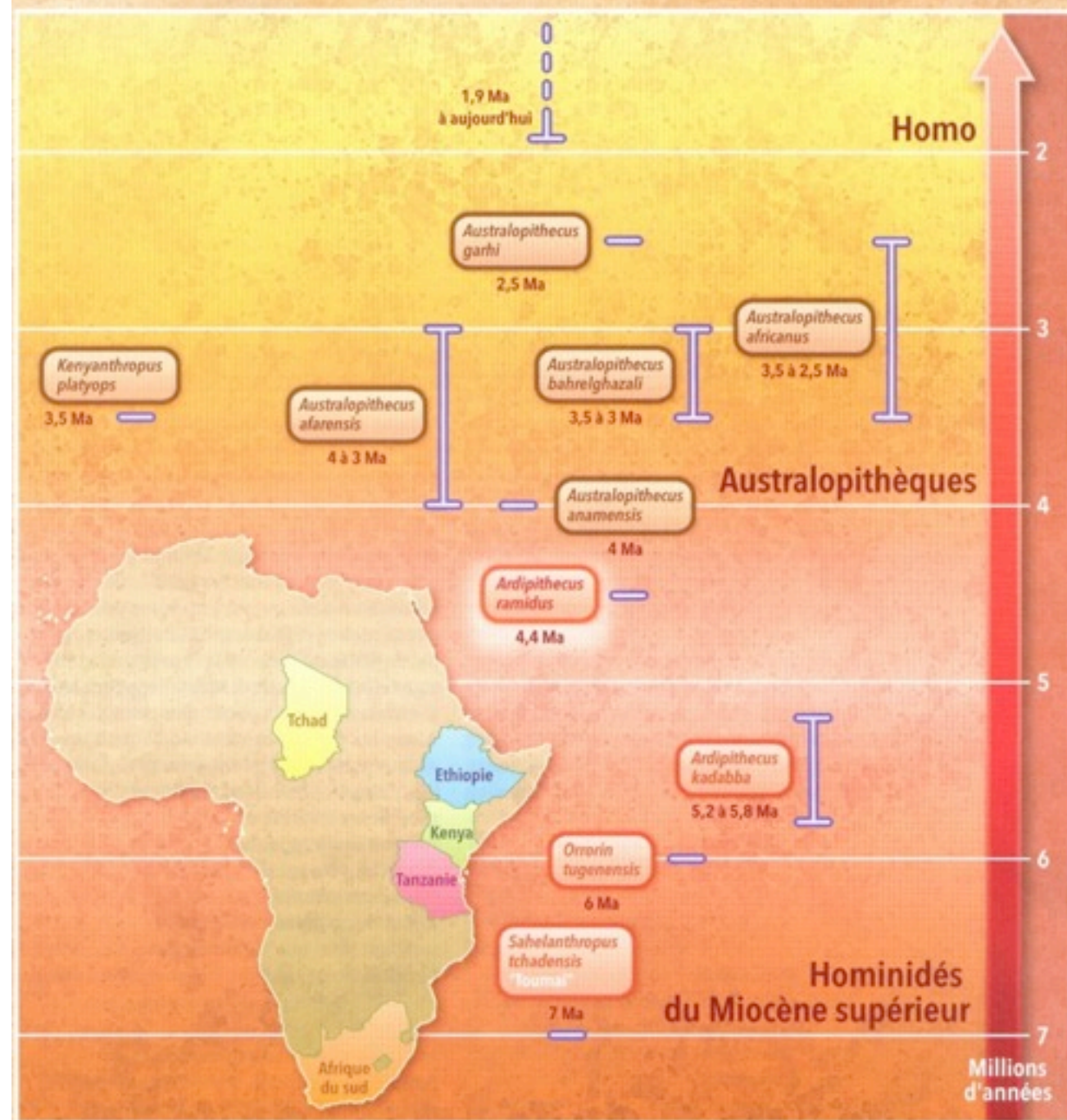
The skeleton was discovered along the Awash River in Ethiopia, near where the Lucy skeleton was found in 1974.



L'emergere dell'intelligenza

Ardi

Le buisson évolutif des hominidés



L'emergere dell'intelligenza

Ardi

L'emergere dell'intelligenza



L'emergere dell'intelligenza

- Cranio di 300-350 cm³
(scimpanzé: 350-400 cm³),
leggermente meno dell'
australopiteco.



L'emergere dell'intelligenza

- Cranio di 300-350 cm³ (scimpanzé: 350-400 cm³), leggermente meno dell'australopiteco.
- Peso: 45-50 kg



L'emergere dell'intelligenza

- Cranio di 300-350 cm³ (scimpanzé: 350-400 cm³), leggermente meno dell'australopiteco.
- Peso: 45-50 kg
- Altezza: 1.20 m



L'emergere dell'intelligenza

- Cranio di 300-350 cm³ (scimpanzé: 350-400 cm³), leggermente meno dell'australopiteco.
- Peso: 45-50 kg
- Altezza: 1.20 m
- È una femmina (cranio più piccolo e delicato, canini)



L'emergere dell'intelligenza

Ardi

L'emergere dell'intelligenza

Ardi



L'emergere dell'intelligenza

Ardi



L'emergere dell'intelligenza

Ardi

L'emergere dell'intelligenza

Ardi

- Periodo poco conosciuto:



L'emergere dell'intelligenza

Ardi

- Periodo poco conosciuto:

pochi milioni di anni dopo la
separazione



L'emergere dell'intelligenza

Ardi

- Periodo poco conosciuto:

pochi milioni di anni dopo la
separazione

- Elementi importanti:



L'emergere dell'intelligenza

Ardi

- Periodo poco conosciuto:

pochi milioni di anni dopo la separazione

- Elementi importanti:

cranio, denti, avambraccio, mani, bacino, gamba, piedi



L'emergere dell'intelligenza

Ardi

- Periodo poco conosciuto:

pochi milioni di anni dopo la separazione

- Elementi importanti:

cranio, denti, avambraccio, mani, bacino, gamba, piedi

- 110 frammenti = 36 individui:



L'emergere dell'intelligenza

Ardi

- Periodo poco conosciuto:

pochi milioni di anni dopo la separazione

- Elementi importanti:

cranio, denti, avambraccio, mani, bacino, gamba, piedi

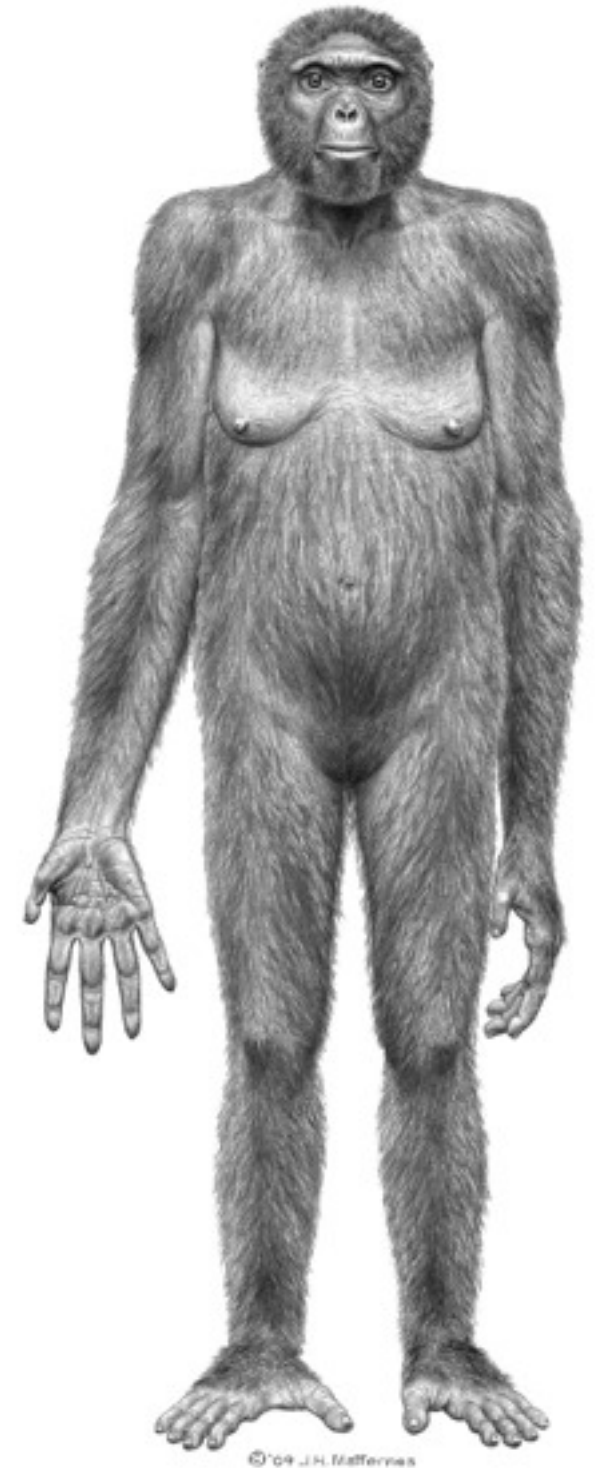
- 110 frammenti = 36 individui:

Variabilità morfologica.



L'emergere dell'intelligenza

Ardi

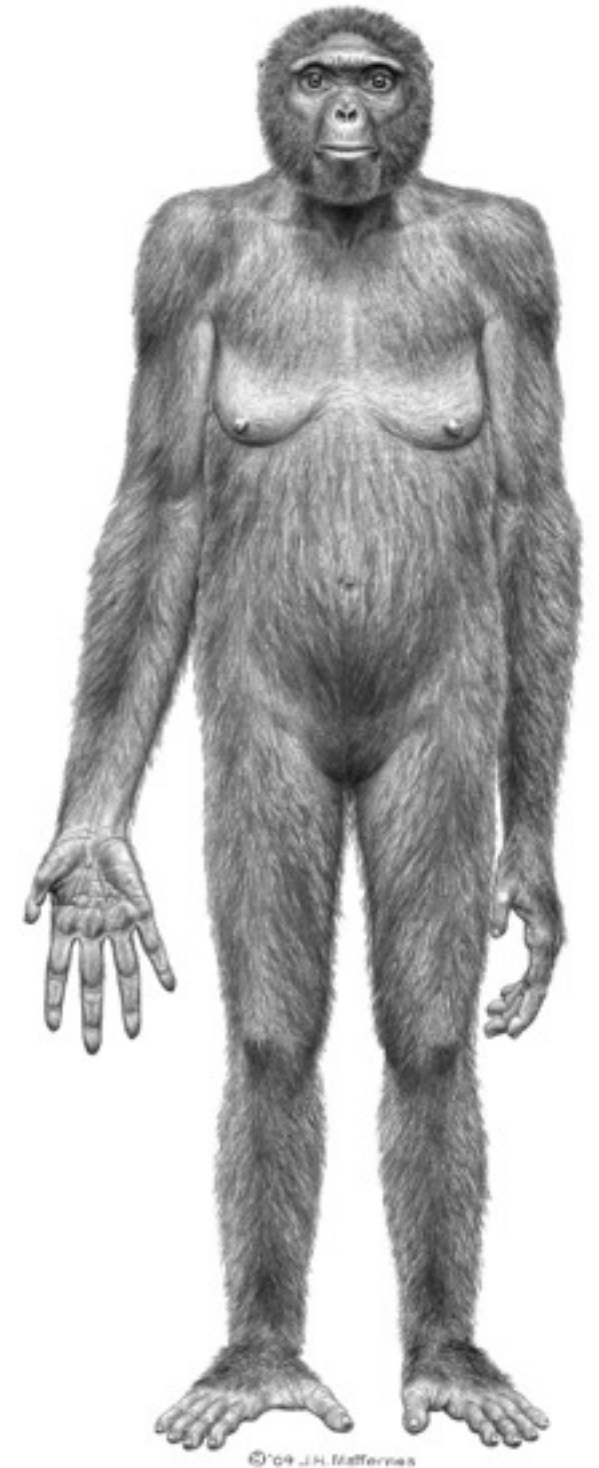


© '09 J.H. Maffei

L'emergere dell'intelligenza

Ardi

Come si spostava Ardi ?



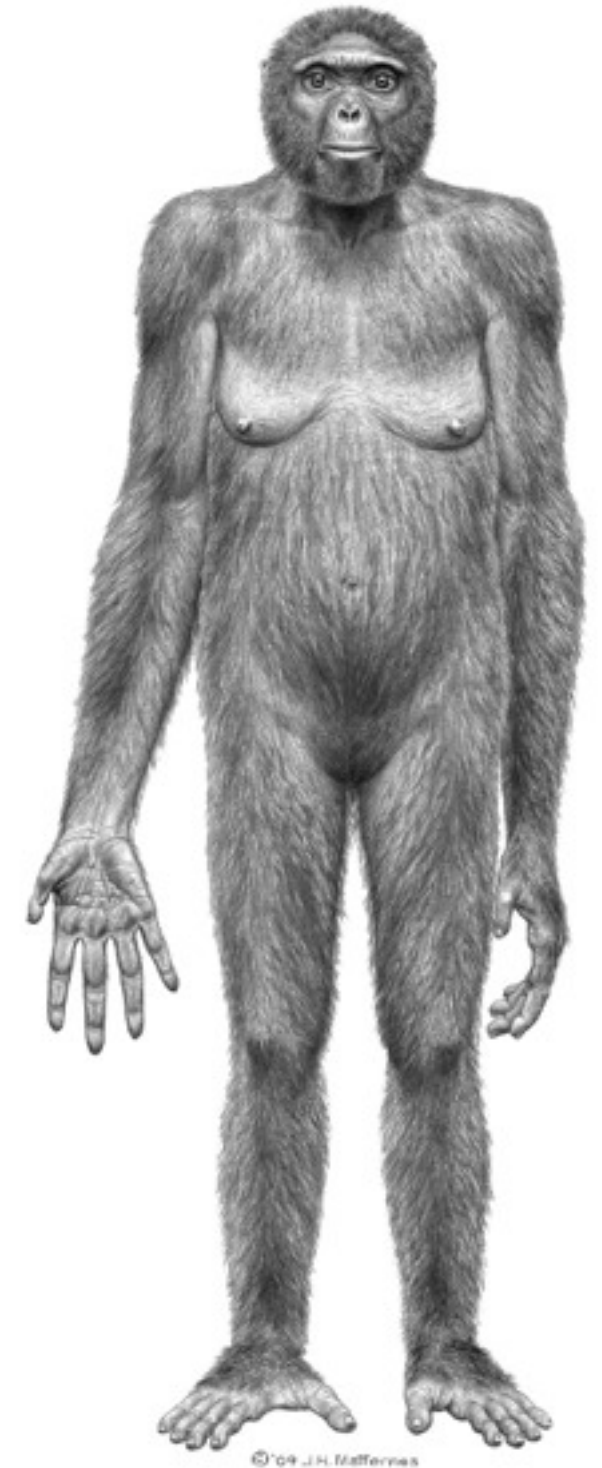
© '09 J.H. Maffei

L'emergere dell'intelligenza

Ardi

Come si spostava Ardi ?

- Arrampicata sugli alberi:

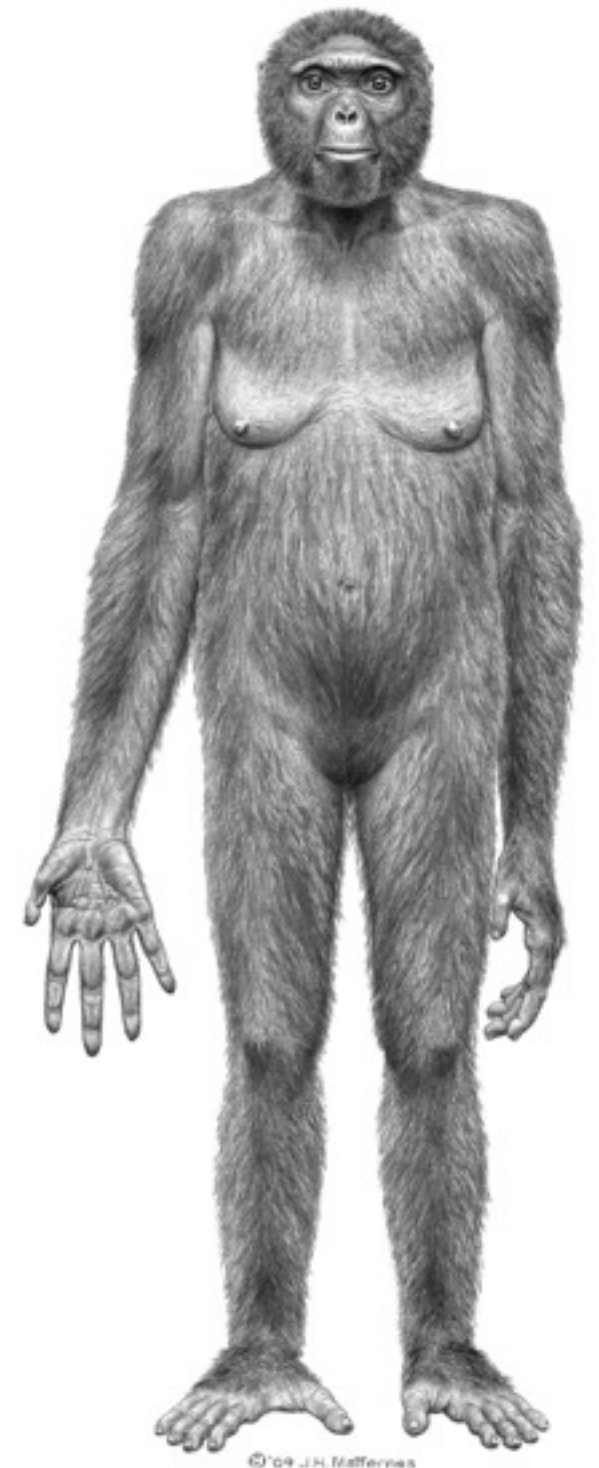


L'emergere dell'intelligenza

Ardi

Come si spostava Ardi ?

- Arrampicata sugli alberi:
 - bacino indica tendini di gambe potenti,

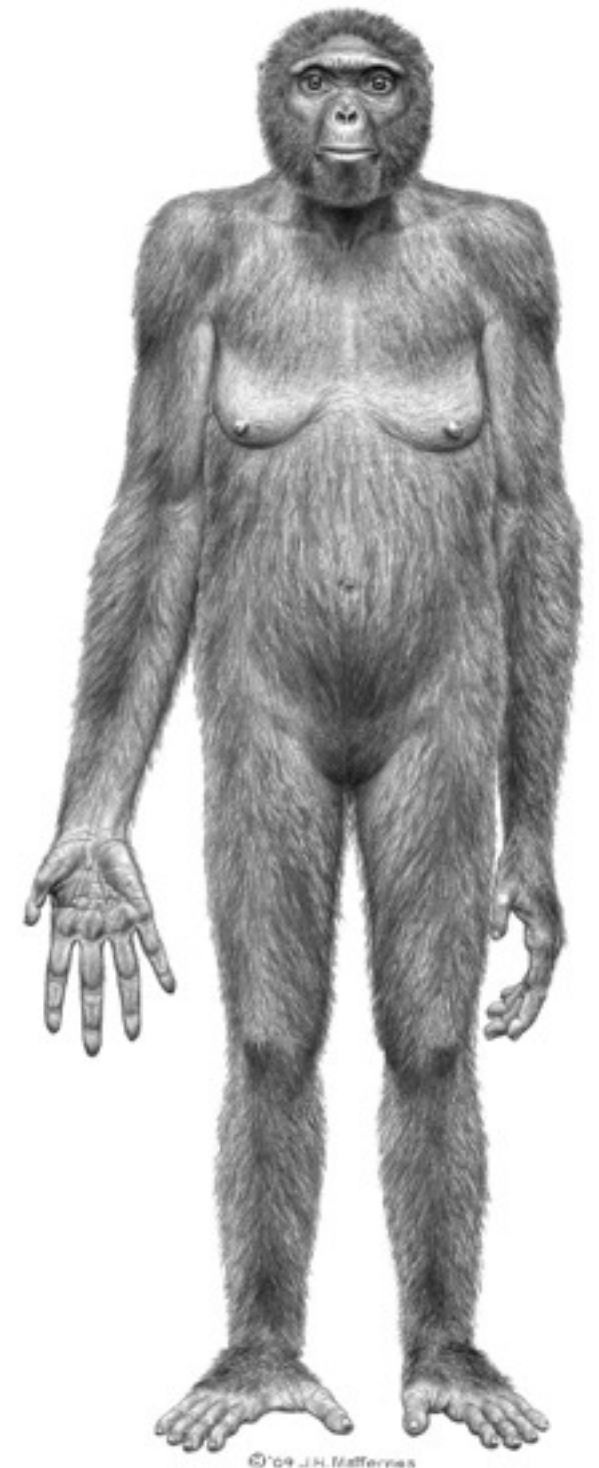


L'emergere dell'intelligenza

Ardi

Come si spostava Ardi ?

- Arrampicata sugli alberi:
 - bacino indica tendini di gambe potenti,
 - meno adatto dello scimpanzé,

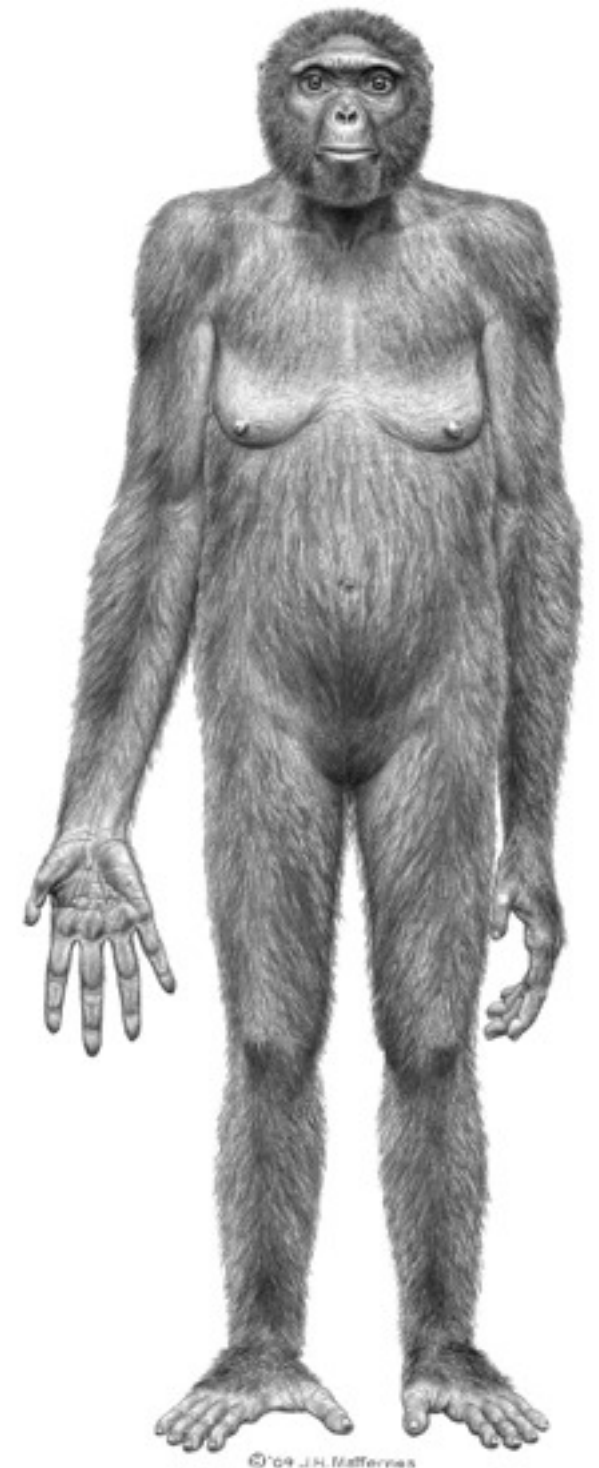


L'emergere dell'intelligenza

Ardi

Come si spostava Ardi ?

- Arrampicata sugli alberi:
 - bacino indica tendini di gambe potenti,
 - meno adatto dello scimpanzé,
 - sui polpacci (diversa della sospensione dello scimpanzé)

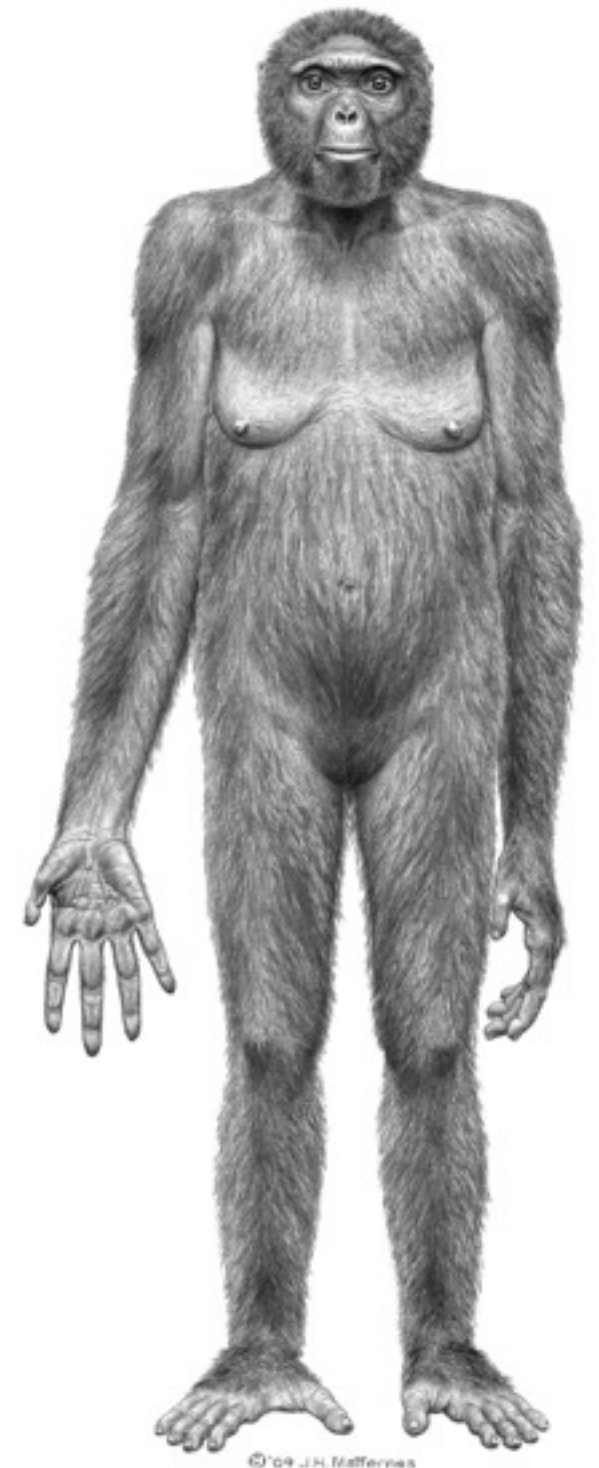


L'emergere dell'intelligenza

Ardi

Come si spostava Ardi ?

- Arrampicata sugli alberi:
 - bacino indica tendini di gambe potenti,
 - meno adatto dello scimpanzé,
 - sui polpacci (diversa della sospensione dello scimpanzé)
- Al suolo, andatura bipede: niente “knuckle-walking”

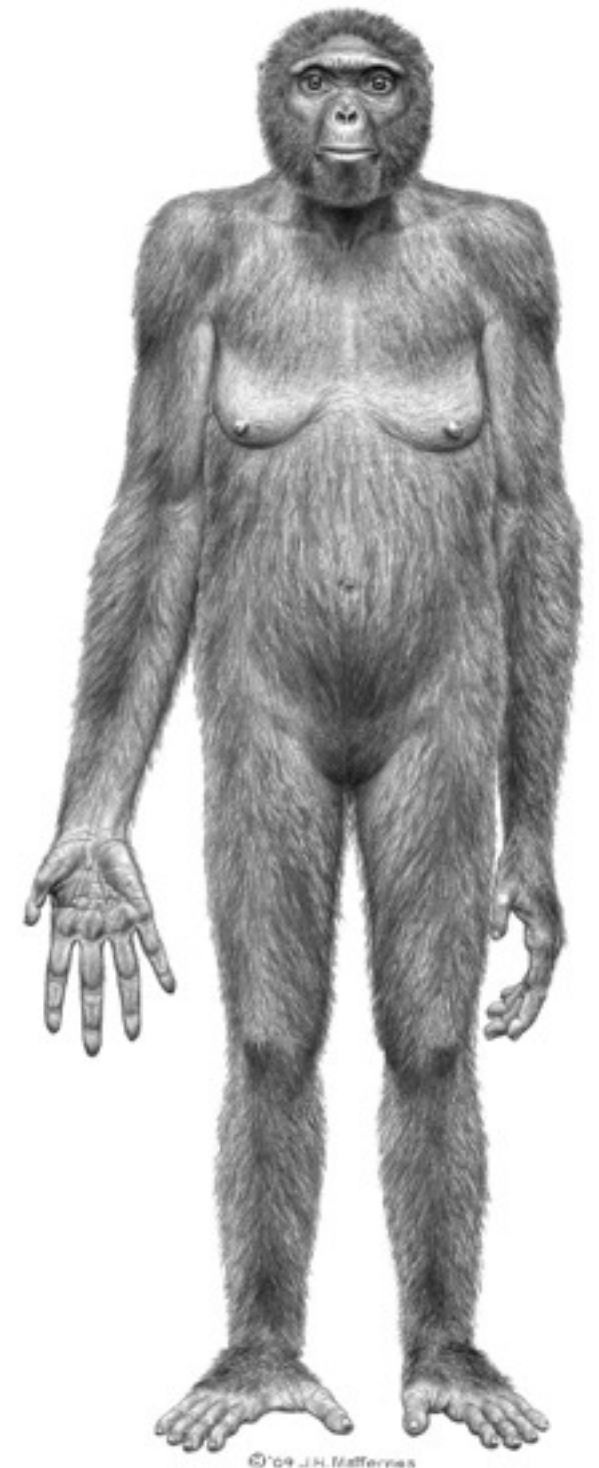


L'emergere dell'intelligenza

Ardi

Come si spostava Ardi ?

- Arrampicata sugli alberi:
 - bacino indica tendini di gambe potenti,
 - meno adatto dello scimpanzé,
 - sui polpacci (diversa della sospensione dello scimpanzé)
- Al suolo, andatura bipede: niente “knuckle-walking”
- Piedi piatti $\Rightarrow$ corte distanze. Solo l'australopiteco diventa completamente bipede



©'09 J.H. Maffei

L'emergere dell'intelligenza

Ardi



L'emergere dell'intelligenza

Ardi

Differenze con lo scimpanzé moderno ?



L'emergere dell'intelligenza

Ardi

L'emergere dell'intelligenza

Ardi

Differenze con lo scimpanzé moderno ?

L'emergere dell'intelligenza

Ardi

Differenze con lo scimpanzé moderno ?

- Arrampicata sugli alberi e spostamento sul suolo.

L'emergere dell'intelligenza

Ardi

Differenze con lo scimpanzé moderno ?

- Arrampicata sugli alberi e spostamento sul suolo.
- Ardi assomiglia di più alle grande scimmie del Miocene (10 milioni di anni fa) e ad altri ominidi: cranio, mani, canini, bacino.

L'emergere dell'intelligenza

Ardi

Differenze con lo scimpanzé moderno ?

- Arrampicata sugli alberi e spostamento sul suolo.
- Ardi assomiglia di più alle grande scimmie del Miocene (10 milioni di anni fa) e ad altri ominidi: cranio, mani, canini, bacino.

Conclusioni:

L'emergere dell'intelligenza

Ardi

Differenze con lo scimpanzé moderno ?

- Arrampicata sugli alberi e spostamento sul suolo.
- Ardi assomiglia di più alle grande scimmie del Miocene (10 milioni di anni fa) e ad altri ominidi: cranio, mani, canini, bacino.

Conclusioni:

- L'antenato comune allo scimpanzé e all'uomo non assomiglia di più alla scimmia che a noi.

L'emergere dell'intelligenza

Ardi

Differenze con lo scimpanzé moderno ?

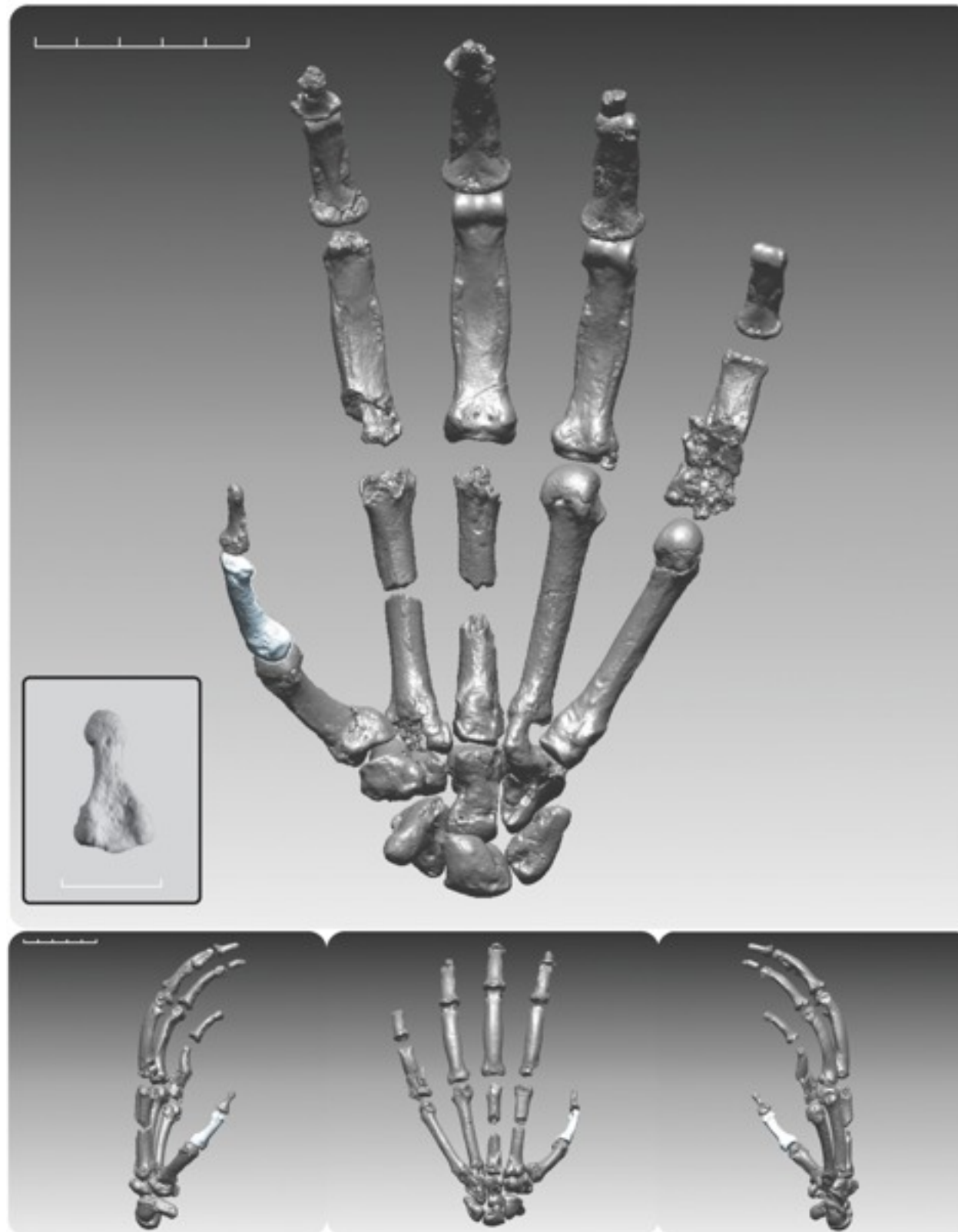
- Arrampicata sugli alberi e spostamento sul suolo.
- Ardi assomiglia di più alle grande scimmie del Miocene (10 milioni di anni fa) e ad altri ominidi: cranio, mani, canini, bacino.

Conclusioni:

- L'antenato comune allo scimpanzé e all'uomo non assomiglia di più alla scimmia che a noi.
- Evoluzione importante anche per lo scimpanzé negli ultimi 7 milioni di anni.

L'emergere dell'intelligenza

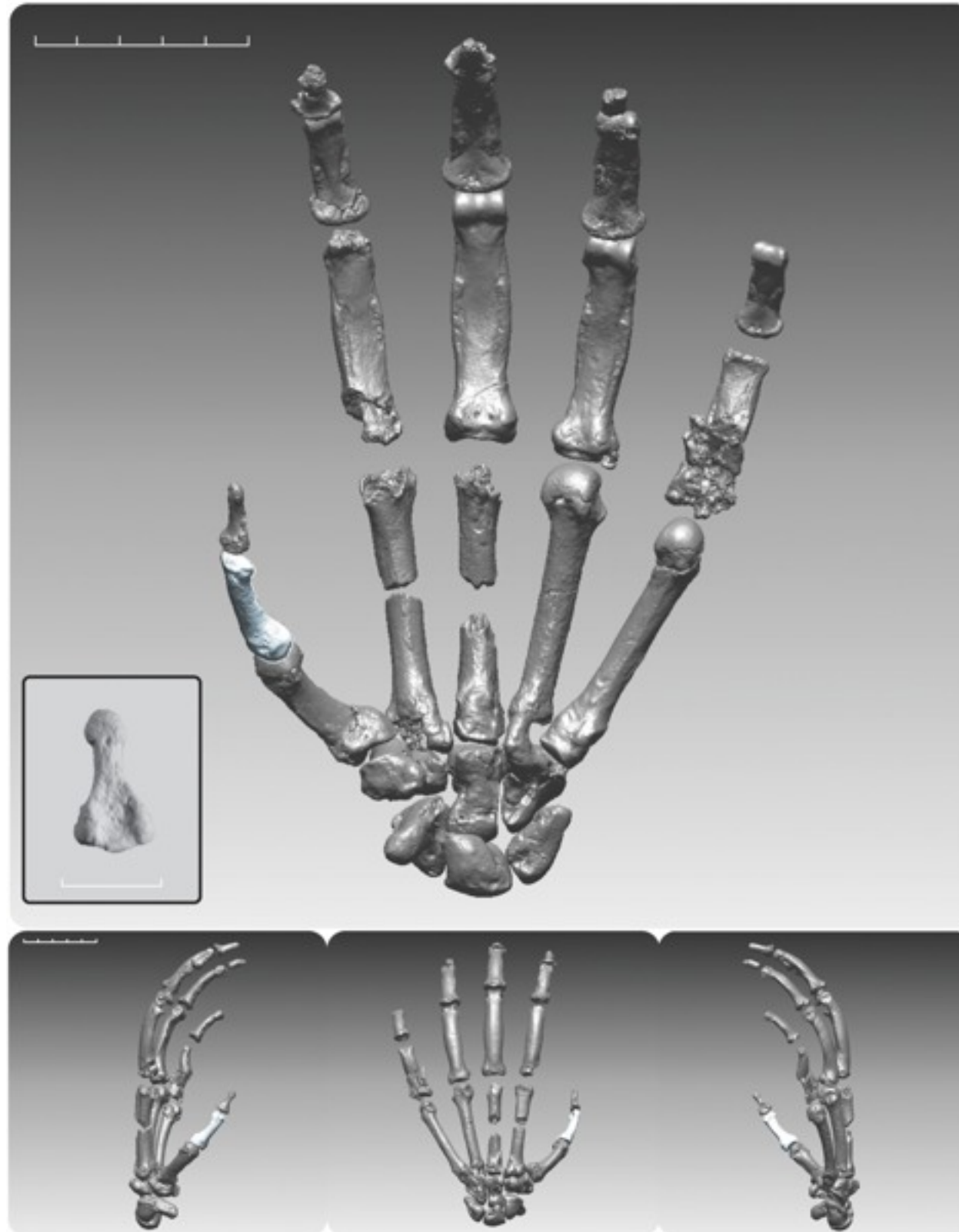
Ardi



L'emergere dell'intelligenza

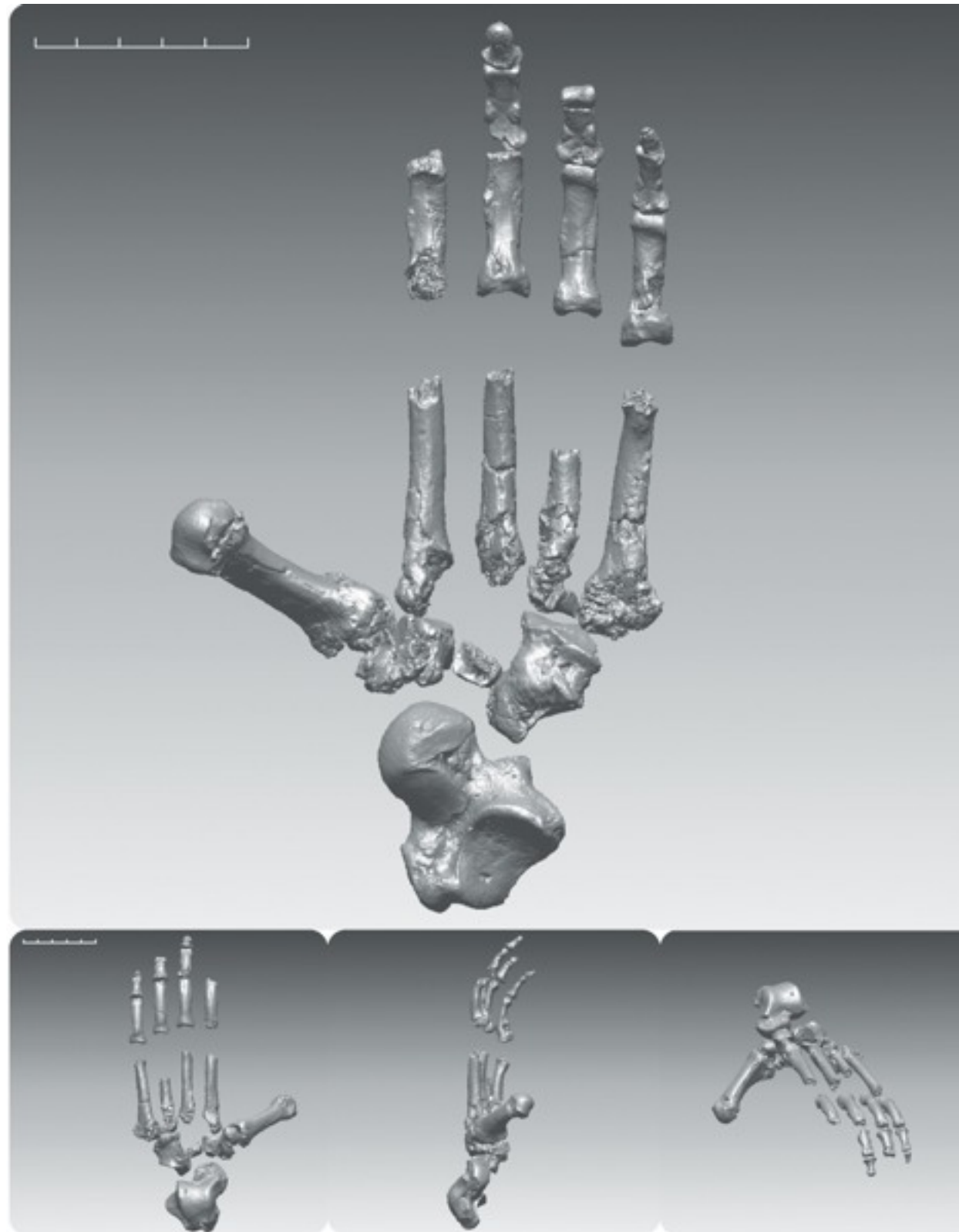
Ardi

Mani



L'emergere dell'intelligenza

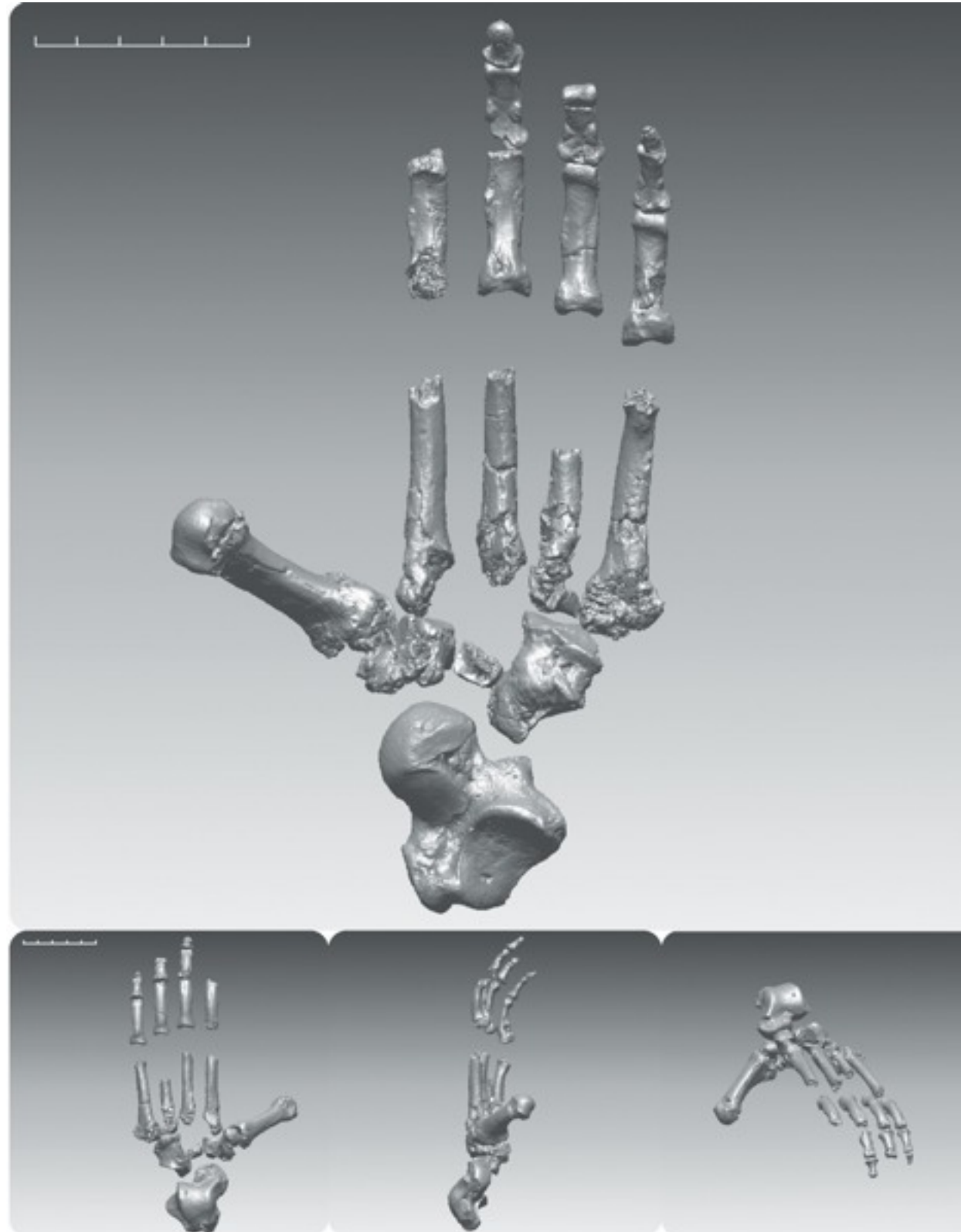
Ardi



L'emergere dell'intelligenza

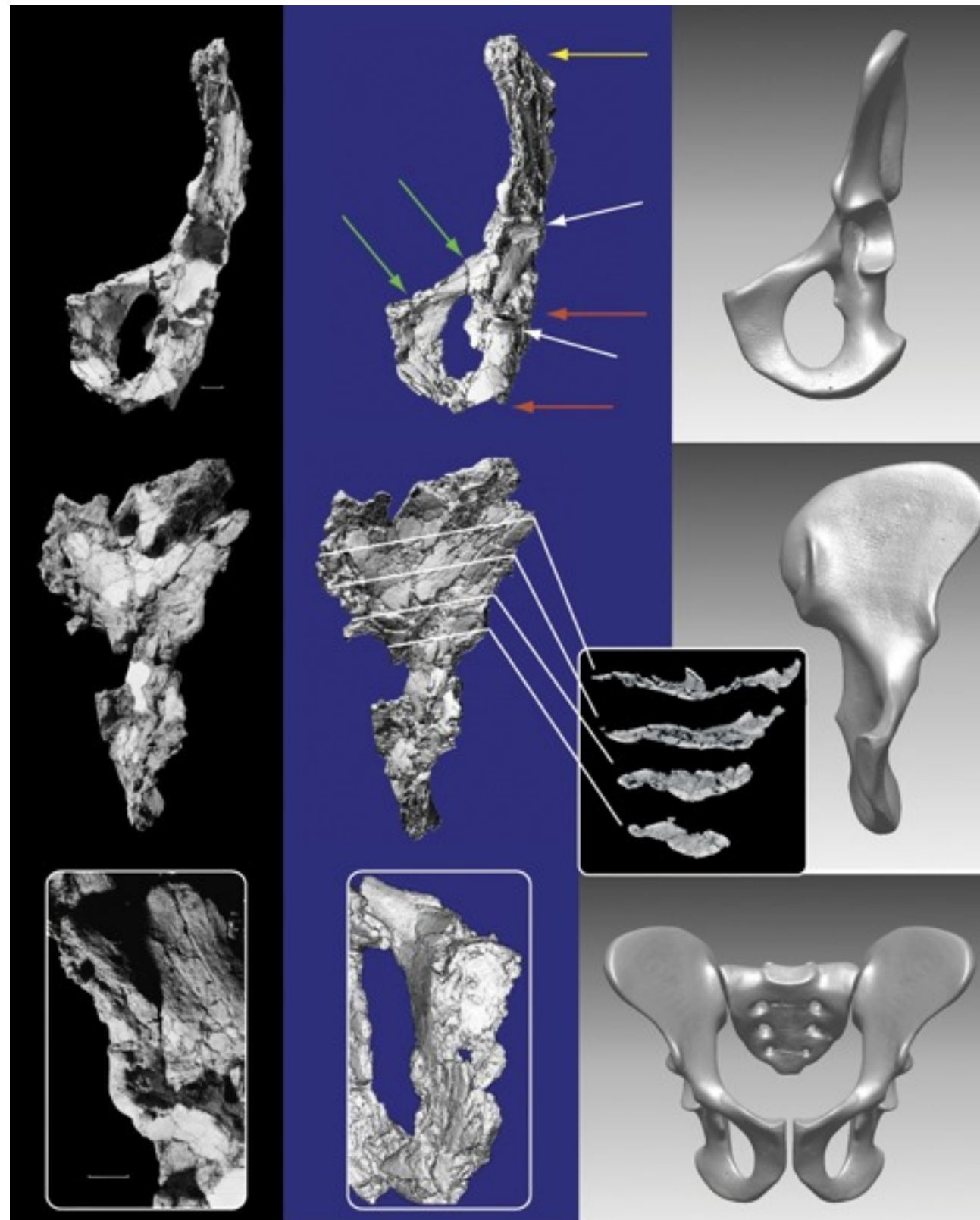
Ardi

Piedi



L'emergere dell'intelligenza

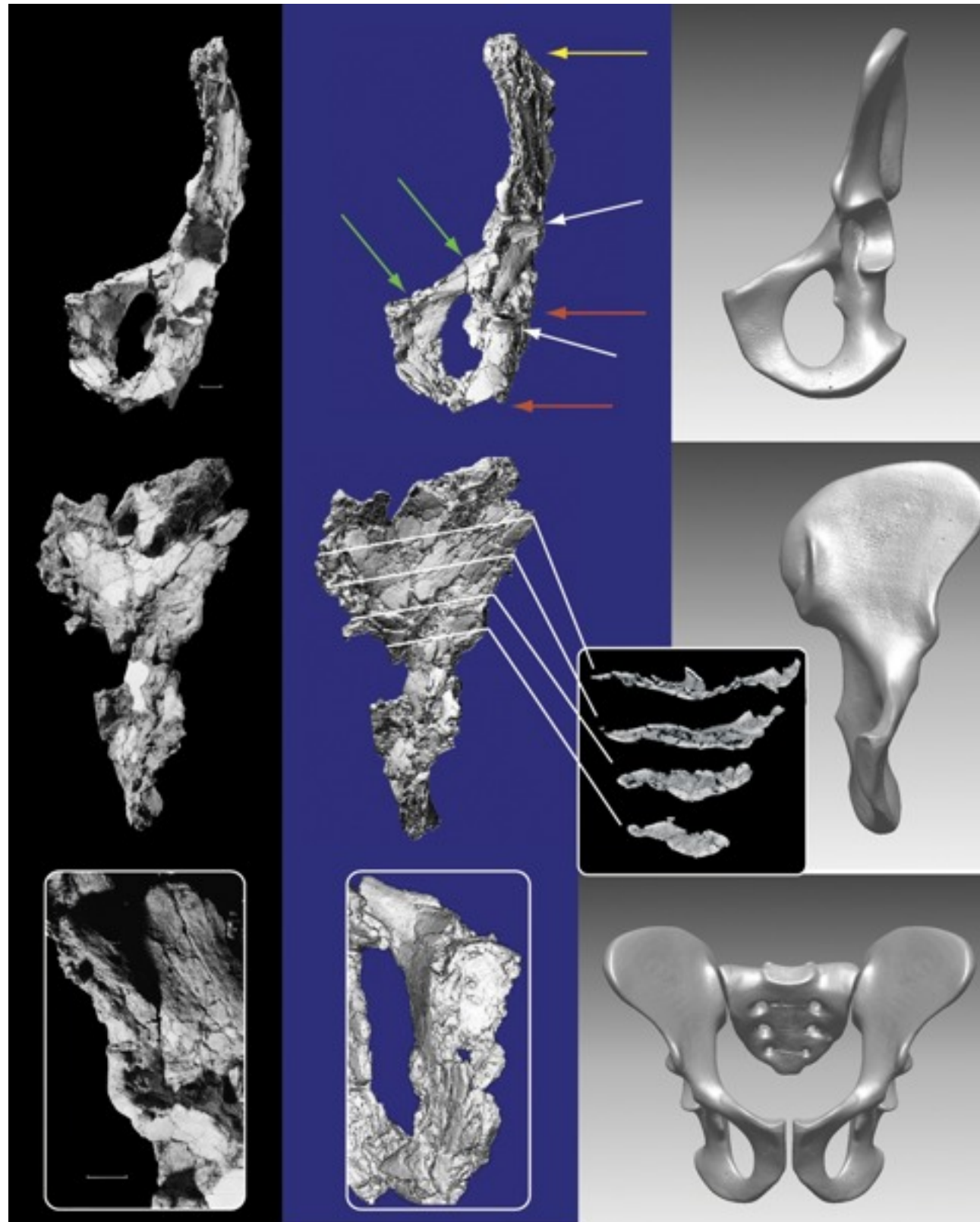
Ardi



L'emergere dell'intelligenza

Ardi

Bacino



L'emergere dell'intelligenza

Ardi

L'emergere dell'intelligenza

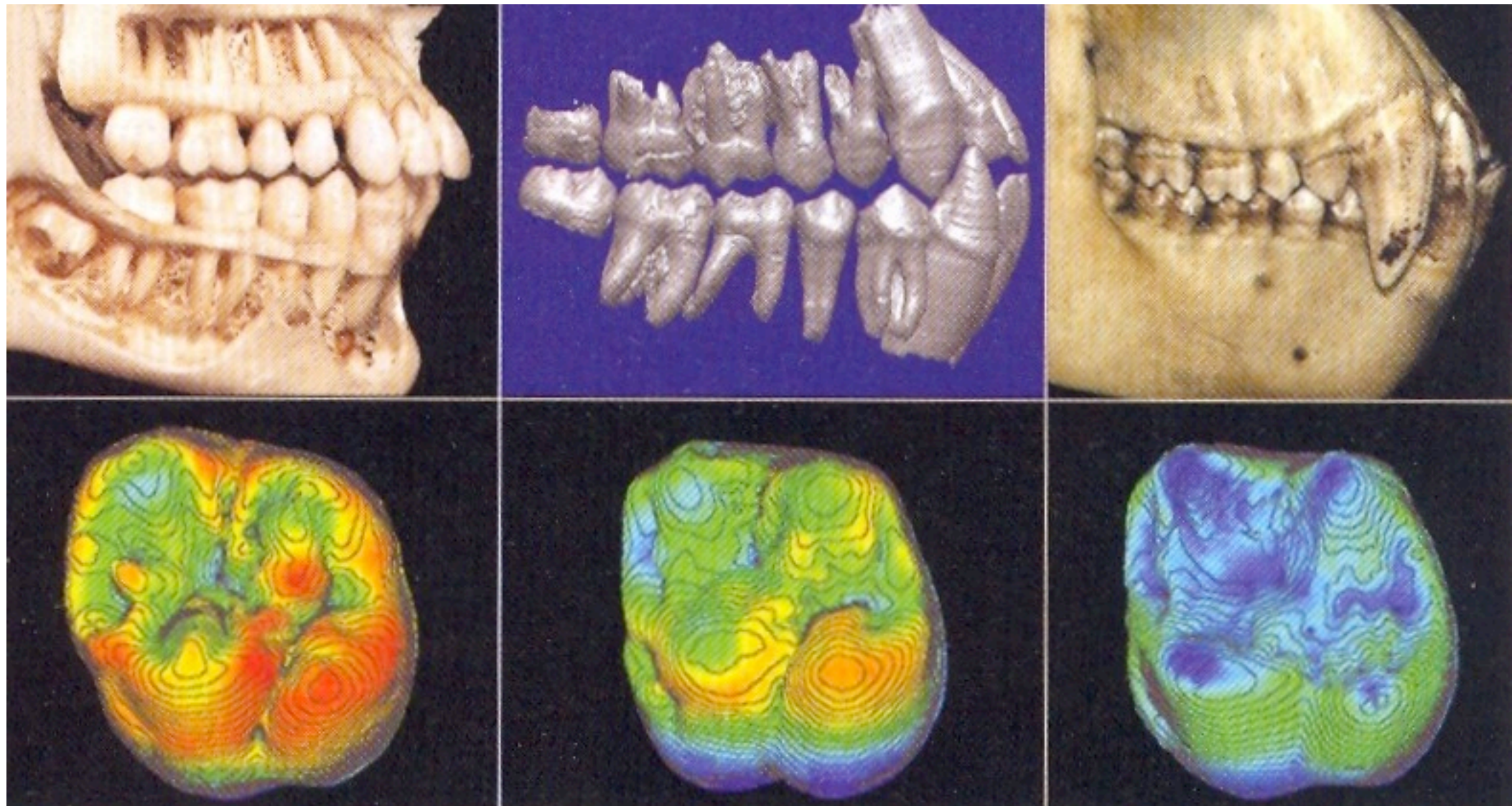
Ardi

Come si spostava Ardi ?



L'emergere dell'intelligenza

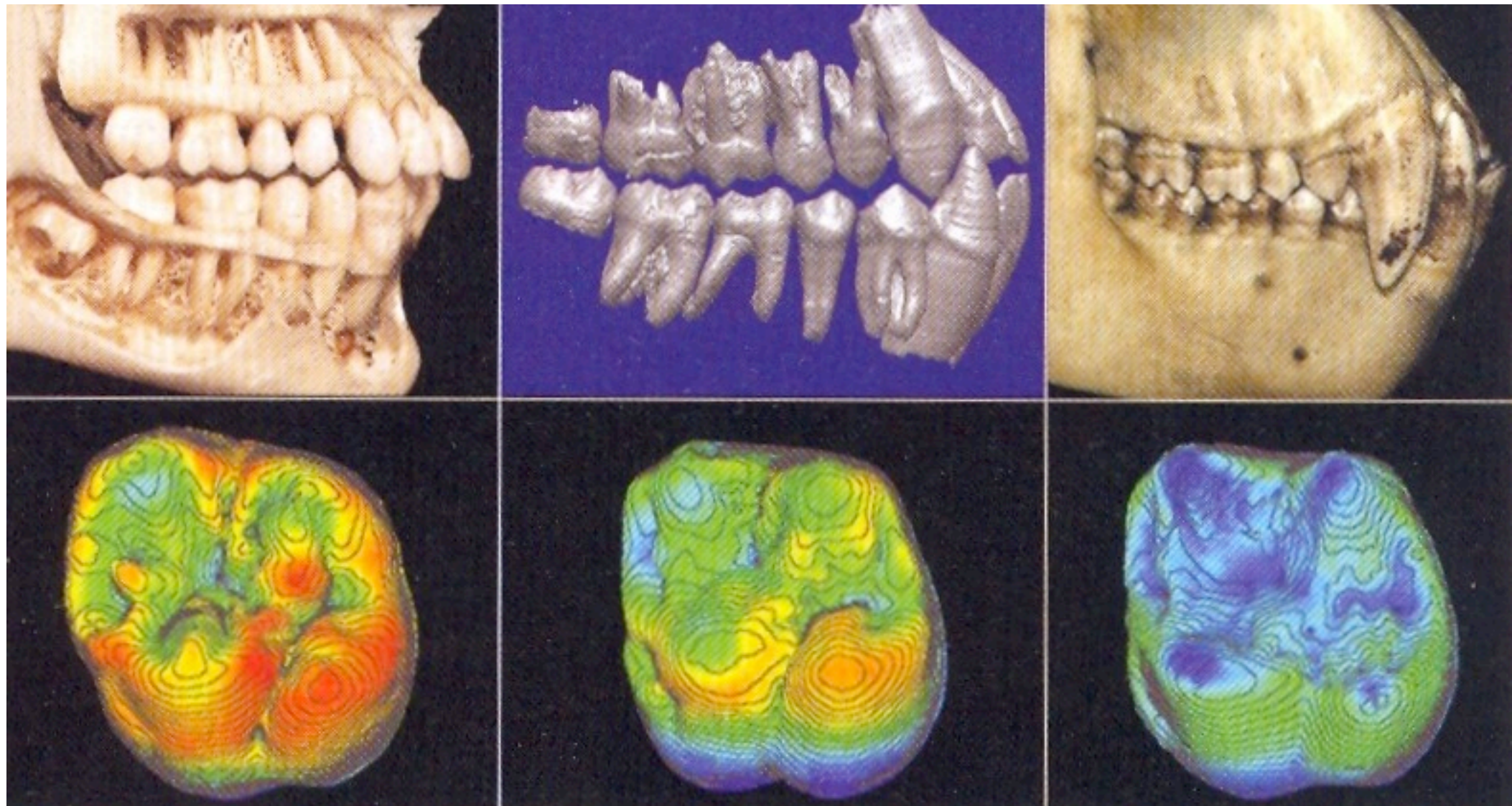
Ardi



L'emergere dell'intelligenza

Ardi

Denti



Uomo moderno

Ardi

Scimpanzé

L'emergere dell'intelligenza

Ardi

L'emergere dell'intelligenza

Ardi

Denti

L'emergere dell'intelligenza

Ardi

Denti

- Denti simili a quelli delle grandi scimmie del Miocene, diverse dalle scimmie moderne.

L'emergere dell'intelligenza

Ardi

Denti

- Denti simili a quelli delle grandi scimmie del Miocene, diverse dalle scimmie moderne.
- Dieta: onnivora (frutta, piante, funghi, invertebrati, piccoli vertebrati).

Denti

- Denti simili a quelli delle grandi scimmie del Miocene, diverse dalle scimmie moderne.
- Dieta: onnivora (frutta, piante, funghi, invertebrati, piccoli vertebrati).
- Organizzazione sociale meno aggressiva.

Denti

- Denti simili a quelli delle grandi scimmie del Miocene, diverse dalle scimmie moderne.
- Dieta: onnivora (frutta, piante, funghi, invertebrati, piccoli vertebrati).
- Organizzazione sociale meno aggressiva.
- Interazione sociale ha favorito l'andamento bipede:

Denti

- Denti simili a quelli delle grandi scimmie del Miocene, diverse dalle scimmie moderne.
- Dieta: onnivora (frutta, piante, funghi, invertebrati, piccoli vertebrati).
- Organizzazione sociale meno aggressiva.
- Interazione sociale ha favorito l'andamento bipede:
 - piccoli canini $\Rightarrow$ poco antagonismo tra maschi per le femmine.
 - $\Rightarrow$ legame più forte nella coppia, fondato sulla ricerca del cibo.
 - $\Rightarrow$ più facile camminare su 2 piedi per andare lontano a cercare il cibo.

L'emergere dell'intelligenza

Lucy

Lucy, 3.2 milioni di anni fa, Africa.



L'emergere dell'intelligenza

Lucy

Lucy, 3.2 milioni di anni fa, Africa.

- Australopithecus Afarensis



L'emergere dell'intelligenza

Lucy

Lucy, 3.2 milioni di anni fa, Africa.

- Australopithecus Afarensis
- Bipedismo



L'emergere dell'intelligenza

Lucy

Lucy, 3.2 milioni di anni fa, Africa.

- Australopithecus Afarensis
- Bipedismo
- Cambiamento climatico (teoria della savana).



L'emergere dell'intelligenza

Lucy

Lucy, 3.2 milioni di anni fa, Africa.

- Australopithecus Afarensis
- Bipedismo
- Cambiamento climatico (teoria della savana).

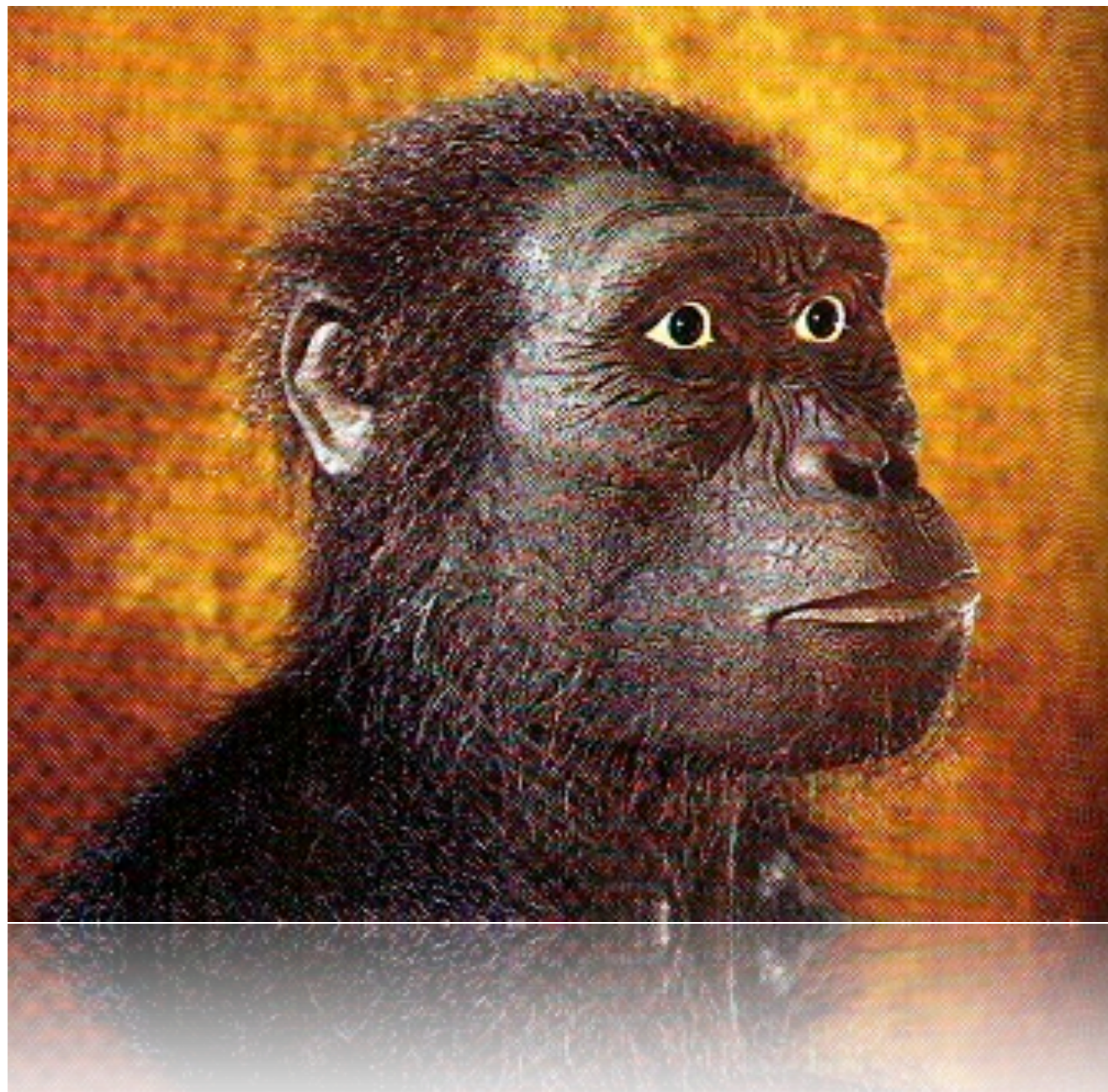


L'emergere dell'intelligenza

Lucy

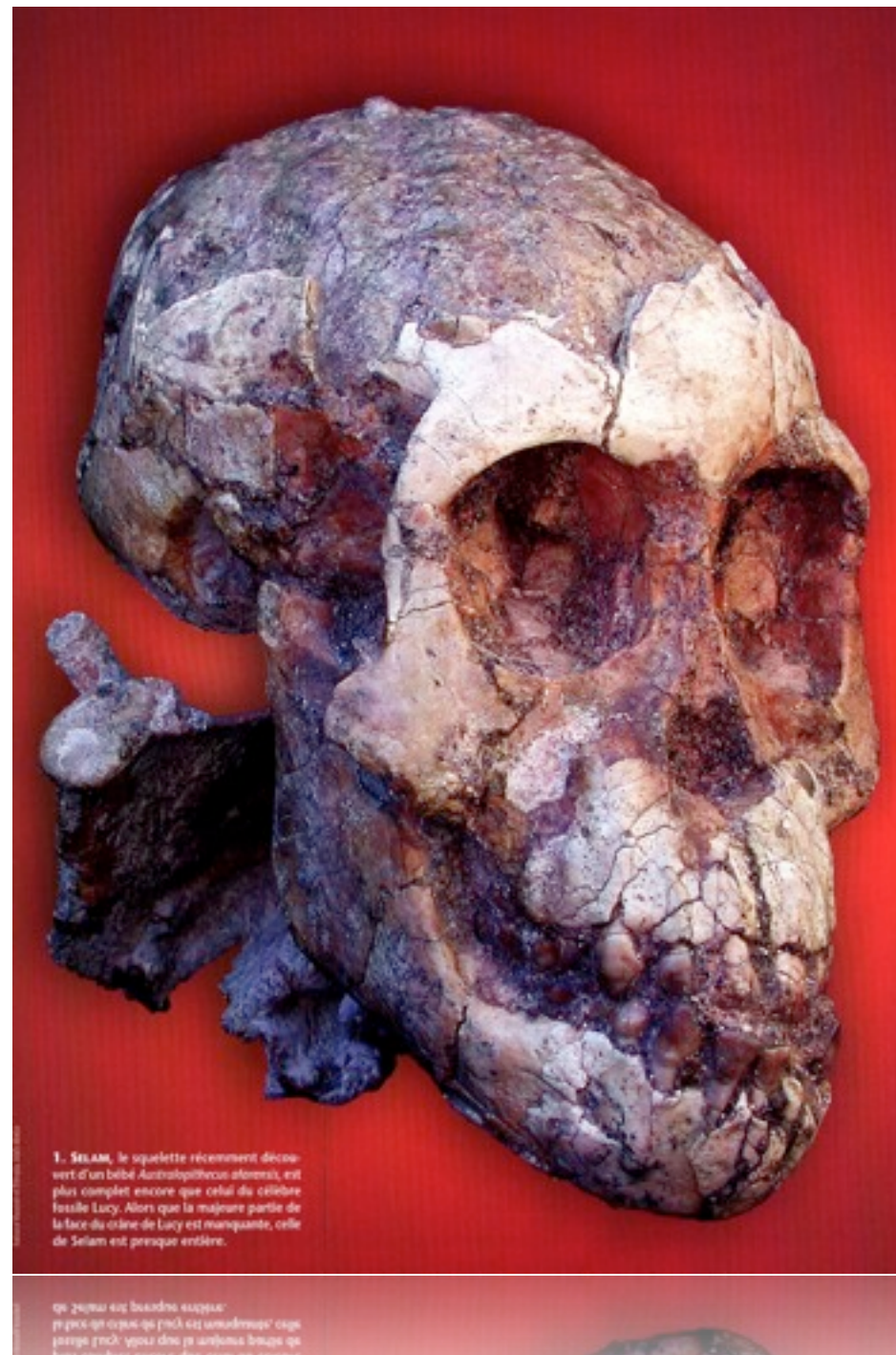
Lucy, 3.2 milioni di anni fa, Africa.

- Australopithecus Afarensis
- Bipedismo
- Cambiamento climatico (teoria della savana).



L'emergere dell'intelligenza

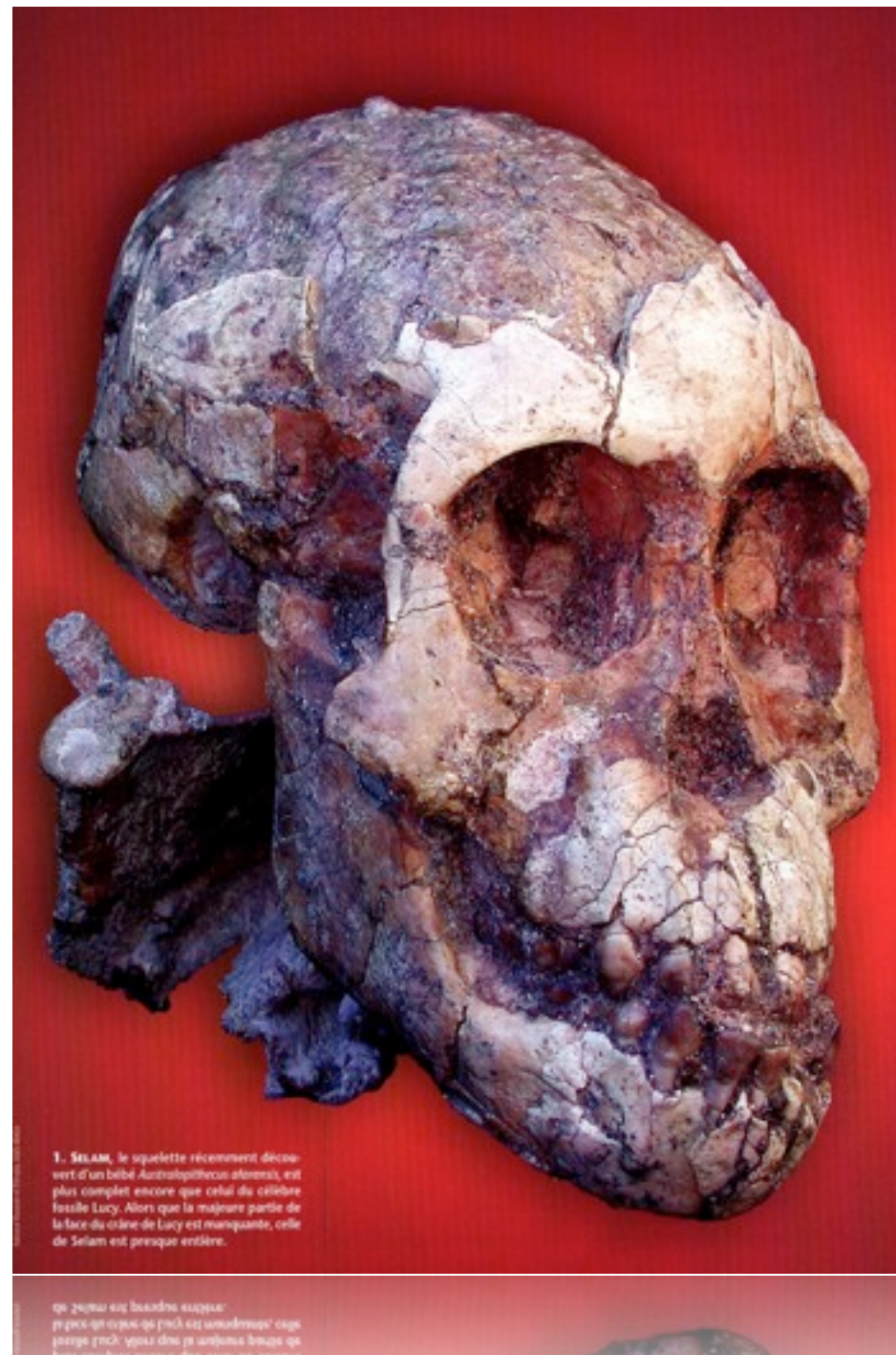
Selam, 3.3 milioni di anni fa, Africa.



L'emergere dell'intelligenza

Selam, 3.3 milioni di anni fa, Africa.

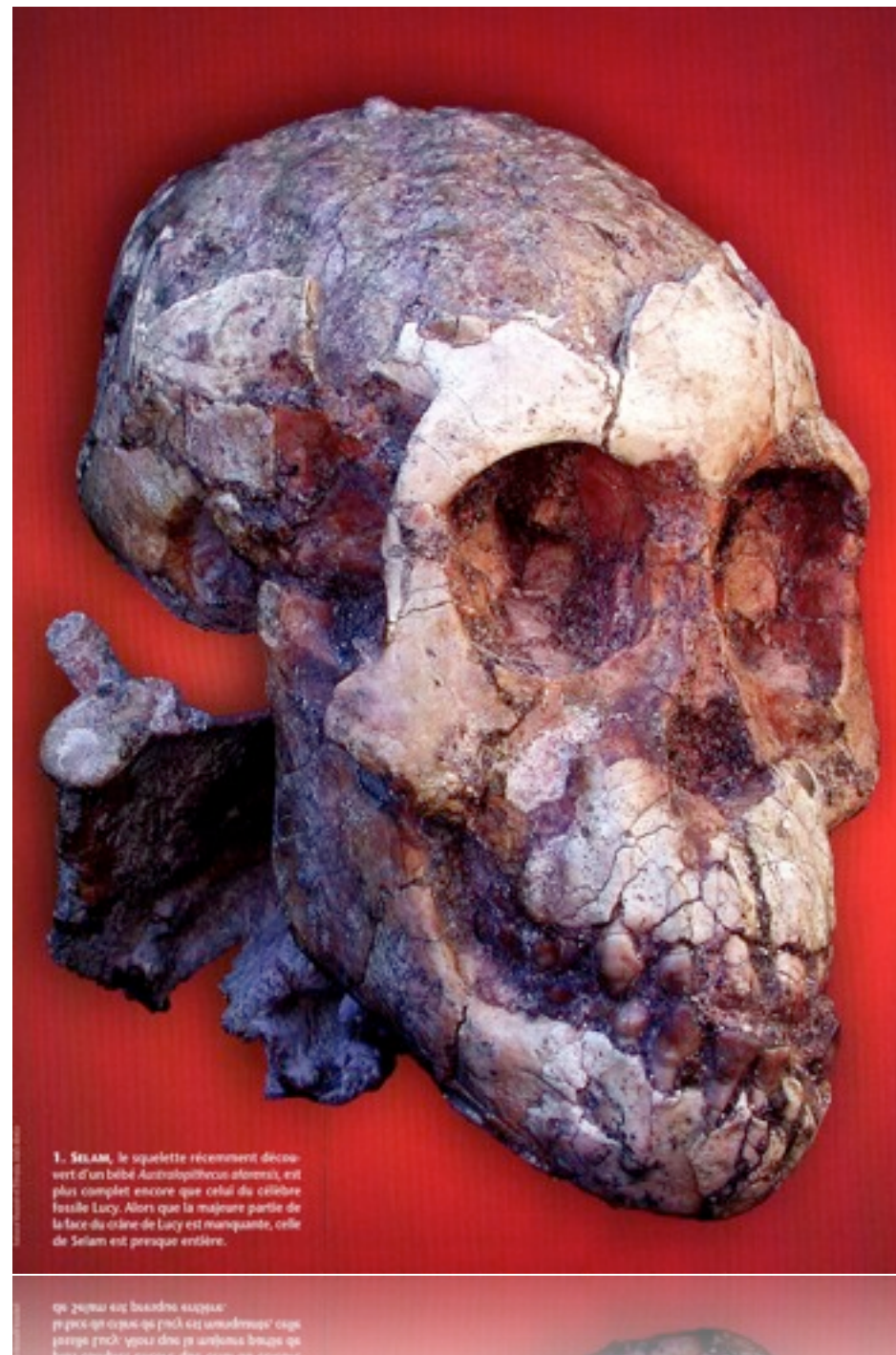
- Australopithecus Afarensis



L'emergere dell'intelligenza

Selam, 3.3 milioni di anni fa, Africa.

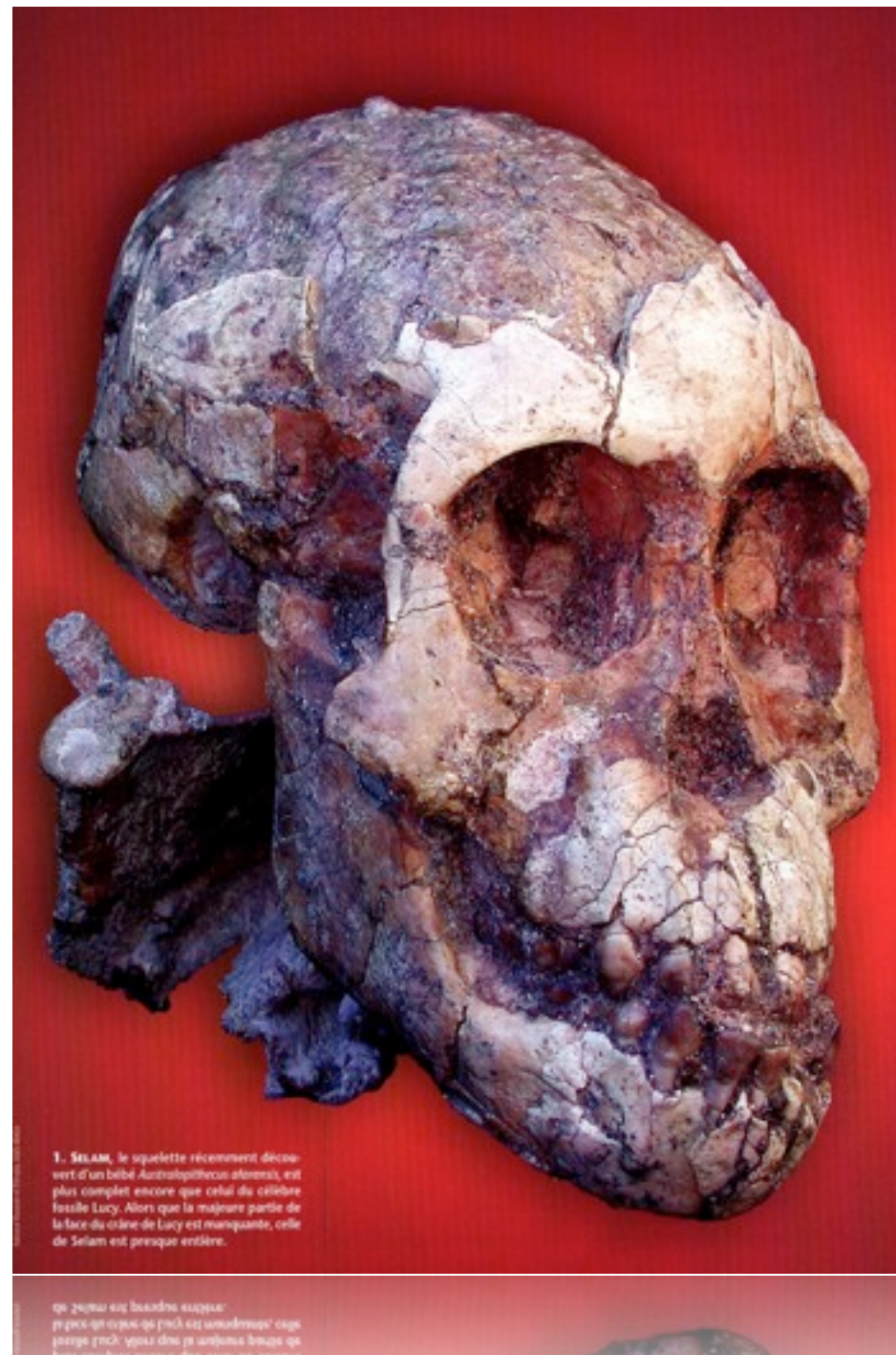
- Australopithecus Afarensis
- bambina 3 anni



L'emergere dell'intelligenza

Selam, 3.3 milioni di anni fa, Africa.

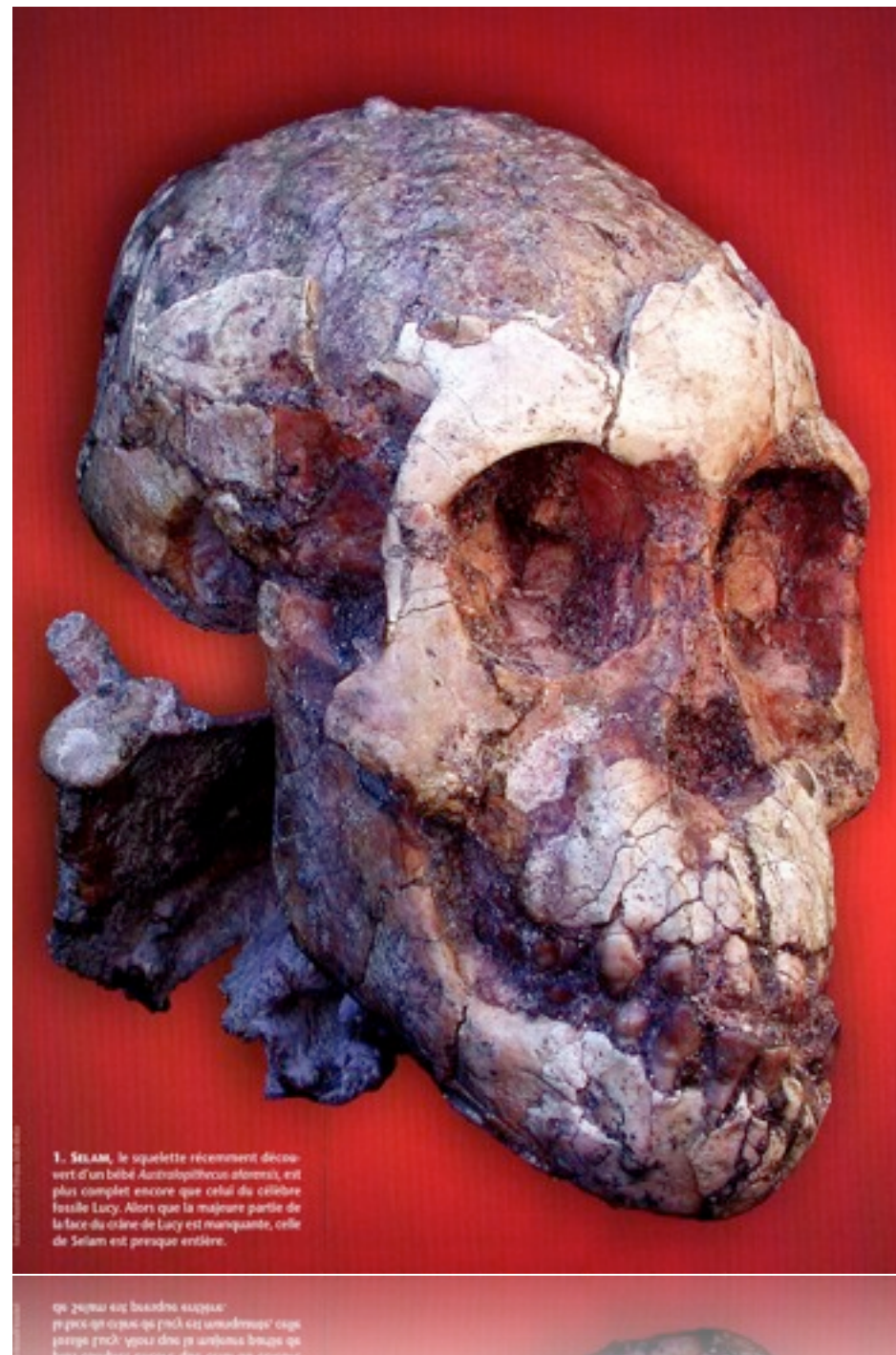
- Australopithecus Afarensis
- bambina 3 anni
- parte inferiore più umana



L'emergere dell'intelligenza

Selam, 3.3 milioni di anni fa, Africa.

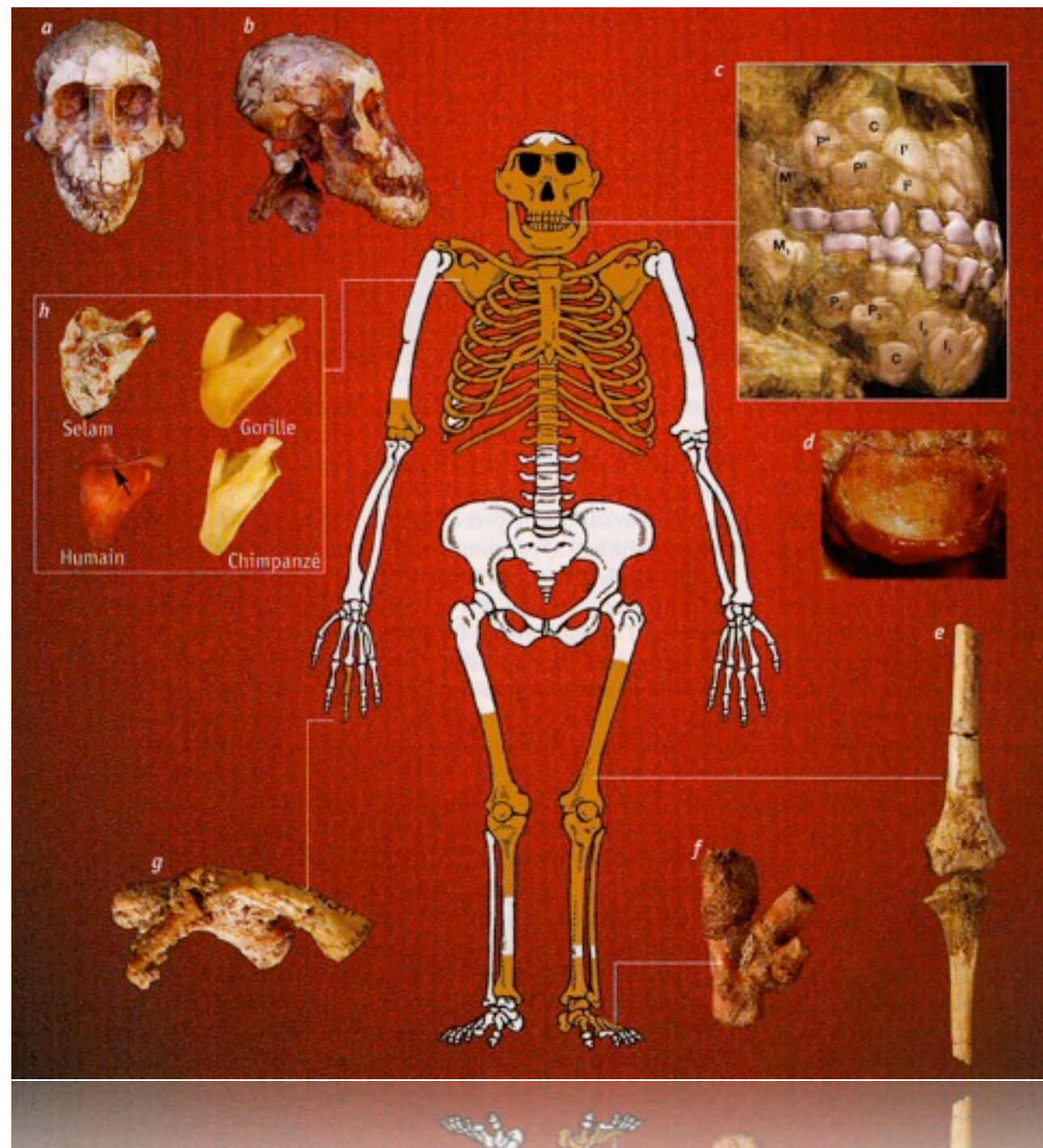
- Australopithecus Afarensis
- bambina 3 anni
- parte inferiore più umana
- parte superiore più scimmiesche



L'emergere dell'intelligenza

Selam, 3.3 milioni di anni fa, Africa.

- Australopithecus Afarensis
- bambina 3 anni
- parte inferiore più umana
- parte superiore più scimmiesche



La foto di famiglia

La foto di famiglia



La foto di famiglia

Australopithecus Afarensis (Lucy, Selam):
3.9 a 2.9 milioni di anni fa



La foto di famiglia

Paranthropus Boisei:
2.6 a 1.2 milioni di anni fa



La foto di famiglia

Paranthropus Boisei:
2.6 a 1.2 milioni di anni fa



La foto di famiglia

Homo sapiens:
250'000 - presente



La foto di famiglia

Homo sapiens:
250'000 - presente



La foto di famiglia

Homo Neanderthalensis:
350'000 a 28'000 anni fa



La foto di famiglia

Homo Neanderthalensis:
350'000 a 28'000 anni fa



La foto di famiglia

Homo Rudolfensis:
2.4 a 1.9 milioni di anni fa



La foto di famiglia

Homo Rudolfensis:
2.4 a 1.9 milioni di anni fa



La foto di famiglia

Australopithecus Anamensis:
4.1 a 3.9 milioni di anni fa



La foto di famiglia

Australopithecus Anamensis:
4.1 a 3.9 milioni di anni fa



La foto di famiglia

Homo Habilis:
2.3 a 1.4 milioni di anni fa



La foto di famiglia

Homo Habilis:
2.3 a 1.4 milioni di anni fa



La foto di famiglia

Homo Erectus:
1.8 milioni a 100'000 di anni fa



La foto di famiglia

Homo Erectus:
1.8 milioni a 100'000 di anni fa



La foto di famiglia

Australopithecus Africanus:
3 a 2 milioni di anni fa



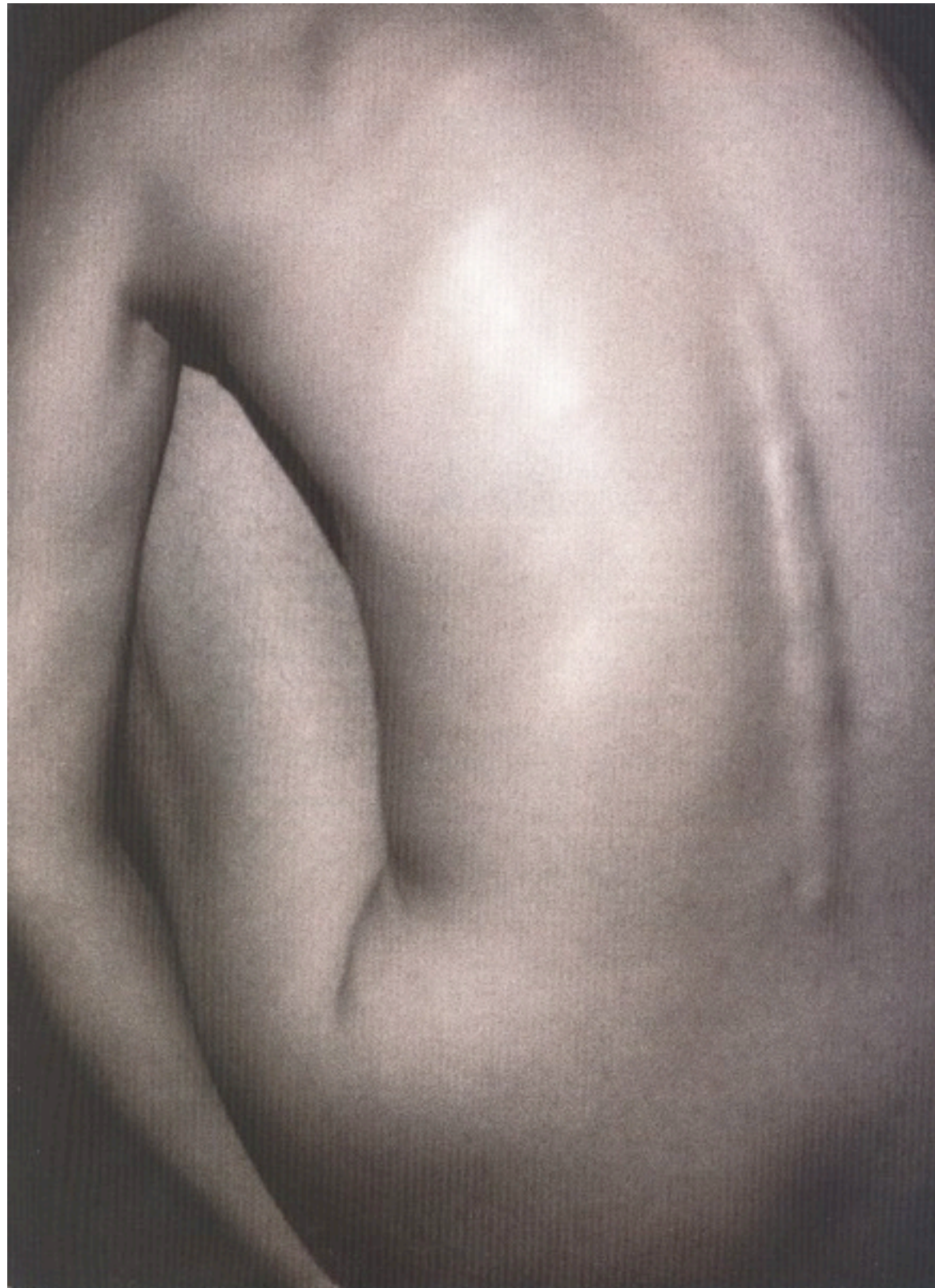
La foto di famiglia

Australopithecus Africanus:
3 a 2 milioni di anni fa



The Naked Truth

Nina Jablonski, "Scientific American", Febbraio 2010



The Naked Truth

The Naked Truth

A che cosa servono i peli ?

The Naked Truth

A che cosa servono i peli ?

- Soli i mammiferi possiedono peli.

The Naked Truth

A che cosa servono i peli ?

- Soli i mammiferi possiedono peli.
- Isolazione termica.

The Naked Truth

A che cosa servono i peli ?

- Soli i mammiferi possiedono peli.
- Isolazione termica.
- Protezione contro l'abrasione, l'umidità e i raggi del sole.

The Naked Truth



The Naked Truth

A che cosa servono i peli ?

- Camuffaggio



The Naked Truth

A che cosa servono i peli ?

- Camuffaggio



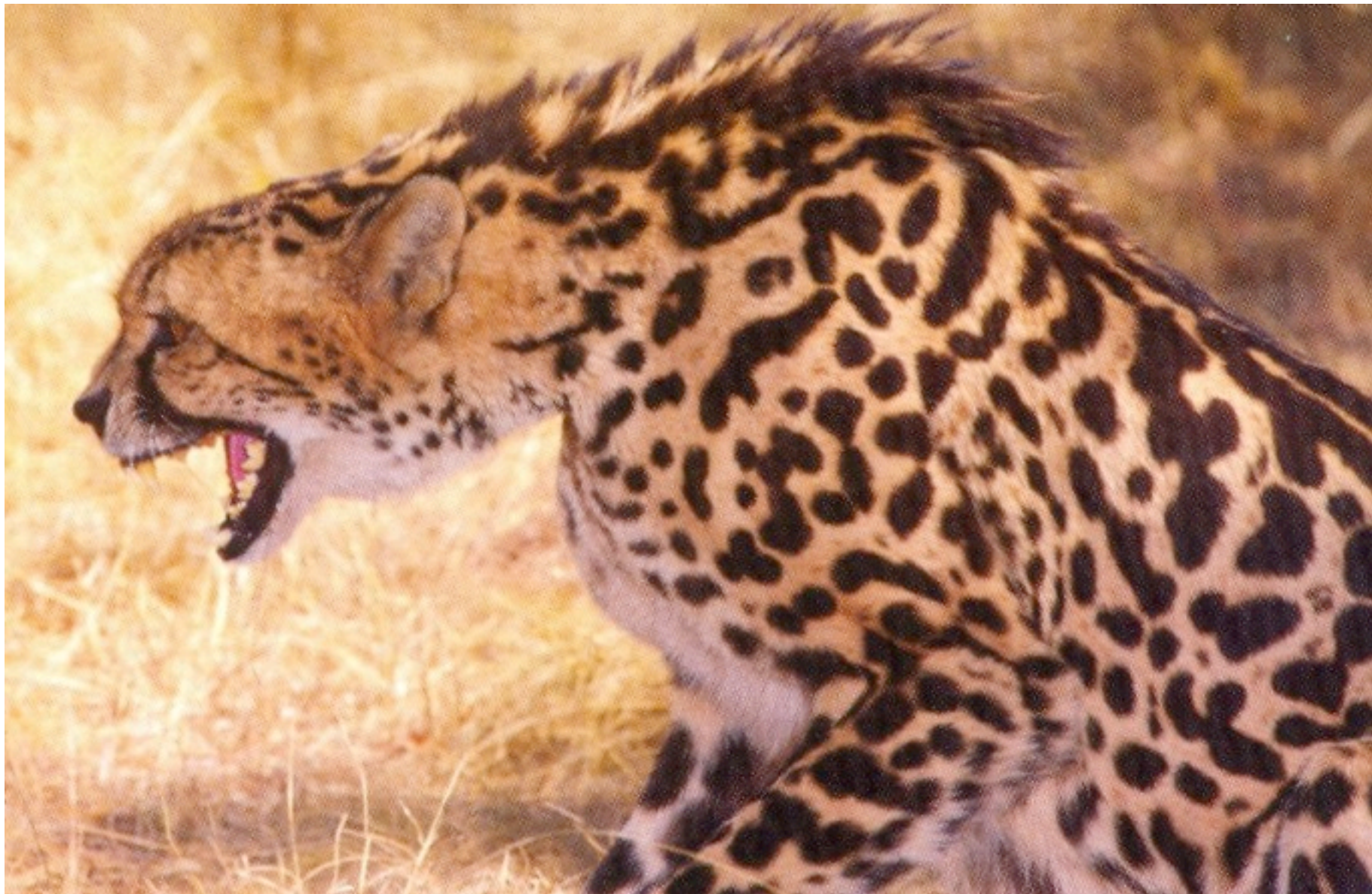
The Naked Truth

A che cosa servono i peli ?

- Camuffaggio



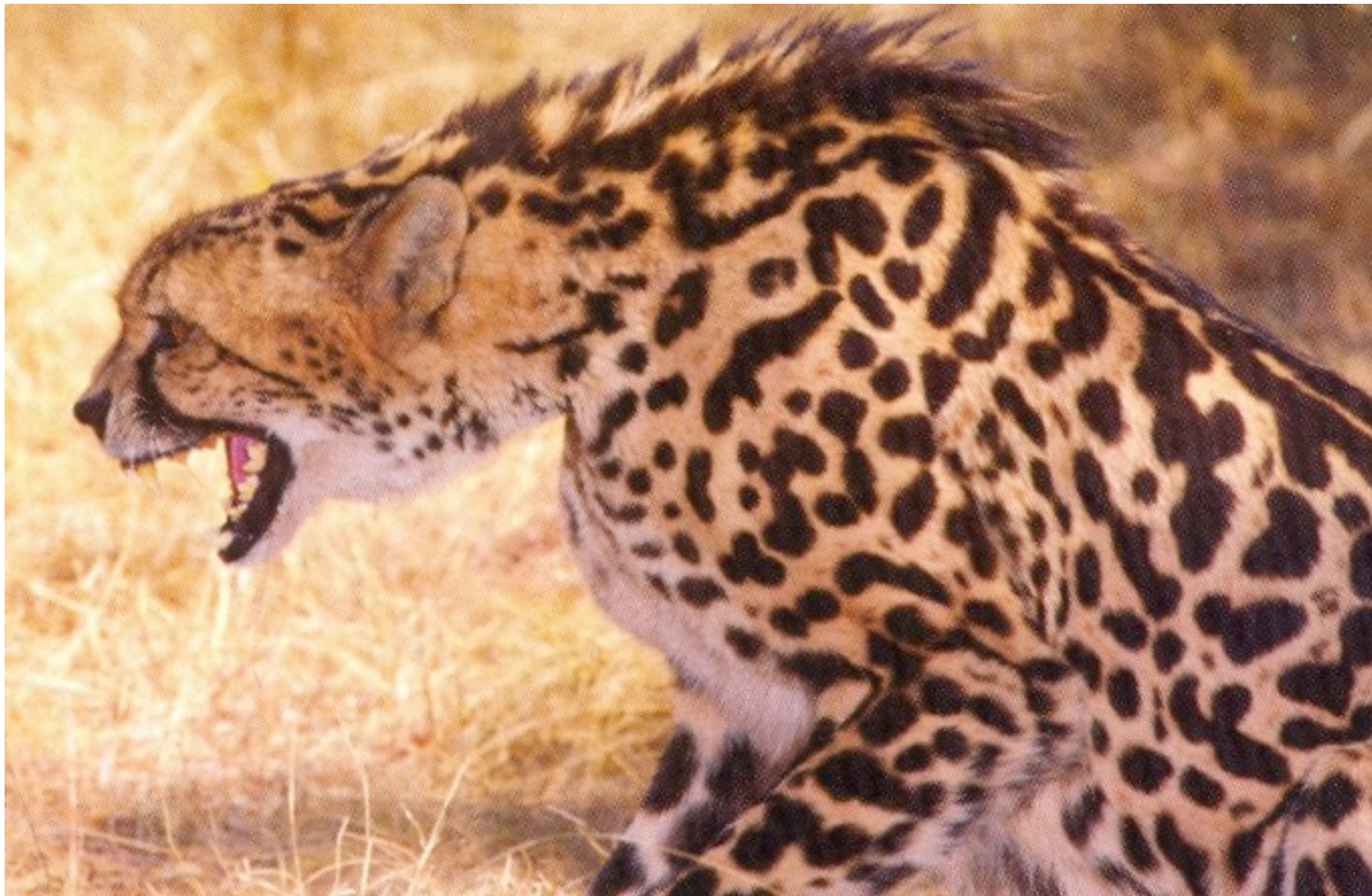
The Naked Truth



The Naked Truth

A che cosa servono i peli ?

- Segnali sociali



The Naked Truth

The Naked Truth

Alcuni mammiferi hanno perso (quasi) tutti i peli

The Naked Truth

Alcuni mammiferi hanno perso (quasi) tutti i peli

- Mammiferi che vivono **sotto terra** (p.es. talpa senza pelo):

The Naked Truth

Alcuni mammiferi hanno perso (quasi) tutti i peli

- Mammiferi che vivono **sotto terra** (p.es. talpa senza pelo):

al buio non possono vedere gli altri e vivono in colonie.

The Naked Truth

Alcuni mammiferi hanno perso (quasi) tutti i peli

- Mammiferi che vivono **sotto terra** (p.es. talpa senza pelo):

al buio non possono vedere gli altri e vivono in colonie.

- Mammiferi **acquatici** (delfini, balena)

The Naked Truth

Alcuni mammiferi hanno perso (quasi) tutti i peli

- Mammiferi che vivono **sotto terra** (p.es. talpa senza pelo):

al buio non possono vedere gli altri e vivono in colonie.

- Mammiferi **acquatici** (delfini, balena)

grasso sotto la pelle - resistenza dell'acqua

The Naked Truth

Alcuni mammiferi hanno perso (quasi) tutti i peli

- Mammiferi che vivono **sotto terra** (p.es. talpa senza pelo):

al buio non possono vedere gli altri e vivono in colonie.

- Mammiferi **acquatici** (delfini, balena)

grasso sotto la pelle - resistenza dell'acqua

- **Semi-acquatici** (lontra):

The Naked Truth

Alcuni mammiferi hanno perso (quasi) tutti i peli

- Mammiferi che vivono **sotto terra** (p.es. talpa senza pelo):

al buio non possono vedere gli altri e vivono in colonie.

- Mammiferi **acquatici** (delfini, balena)

grasso sotto la pelle - resistenza dell'acqua

- **Semi-acquatici** (lontra):

imprigiona l'aria per la galleggiabilità e protegge fuori

The Naked Truth

The Naked Truth

Surriscaldamento

The Naked Truth

Surriscaldamento

- I più grossi animali terrestri: elefante, ippopotamo e rinoceronte.

The Naked Truth

Surriscaldamento

- I più grossi animali terrestri: elefante, ippopotamo e rinoceronte.
- Evoluti verso la pelle nuda per rischio di surriscaldamento.

The Naked Truth

Surriscaldamento

- I più grossi animali terrestri: elefante, ippopotamo e rinoceronte.
- Evoluti verso la pelle nuda per rischio di surriscaldamento.
- Meno superficie rispetto al volume (e massa) totale.

The Naked Truth

Surriscaldamento

- I più grossi animali terrestri: elefante, ippopotamo e rinoceronte.
- Evoluti verso la pelle nuda per rischio di surriscaldamento.
- Meno superficie rispetto al volume (e massa) totale.
- Topi (rapporto Superficie/Volume alto): a rischio di raffreddamento.

The Naked Truth

The Naked Truth

Keeping Cool

The Naked Truth

Keeping Cool

- Un problema nei climi caldi e per chi cammina o corre.

The Naked Truth

Keeping Cool

- Un problema nei climi caldi e per chi cammina o corre.
- Regolazione termica essenziale per i nostri (delicati) organi, p.es. cervello

The Naked Truth

Keeping Cool

- Un problema nei climi caldi e per chi cammina o corre.
- Regolazione termica essenziale per i nostri (delicati) organi, p.es. cervello

Strategia principale: SUDARE !

The Naked Truth

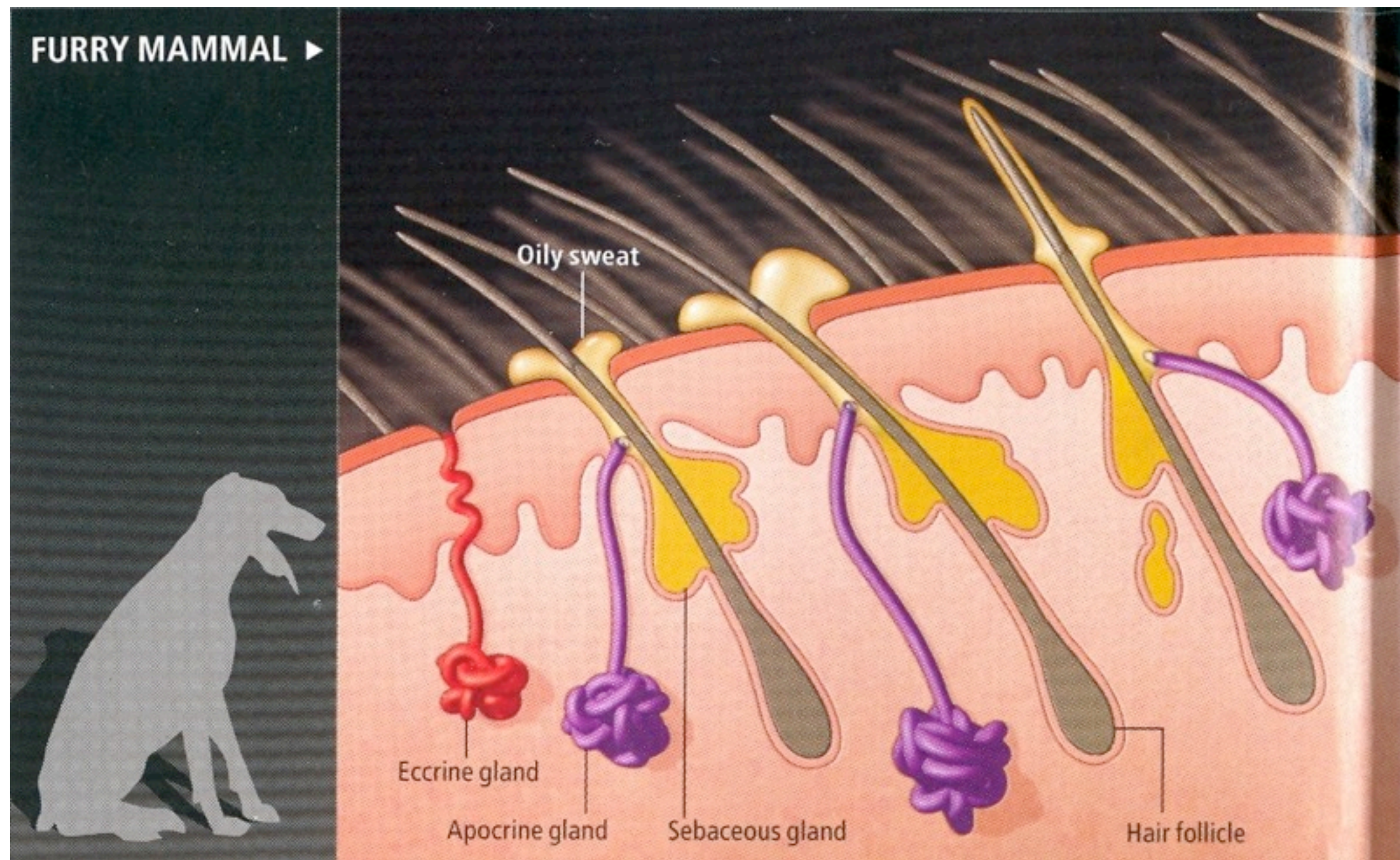
Keeping Cool

- Un problema nei climi caldi e per chi cammina o corre.
- Regolazione termica essenziale per i nostri (delicati) organi, p.es. cervello

Strategia principale: SUDARE !

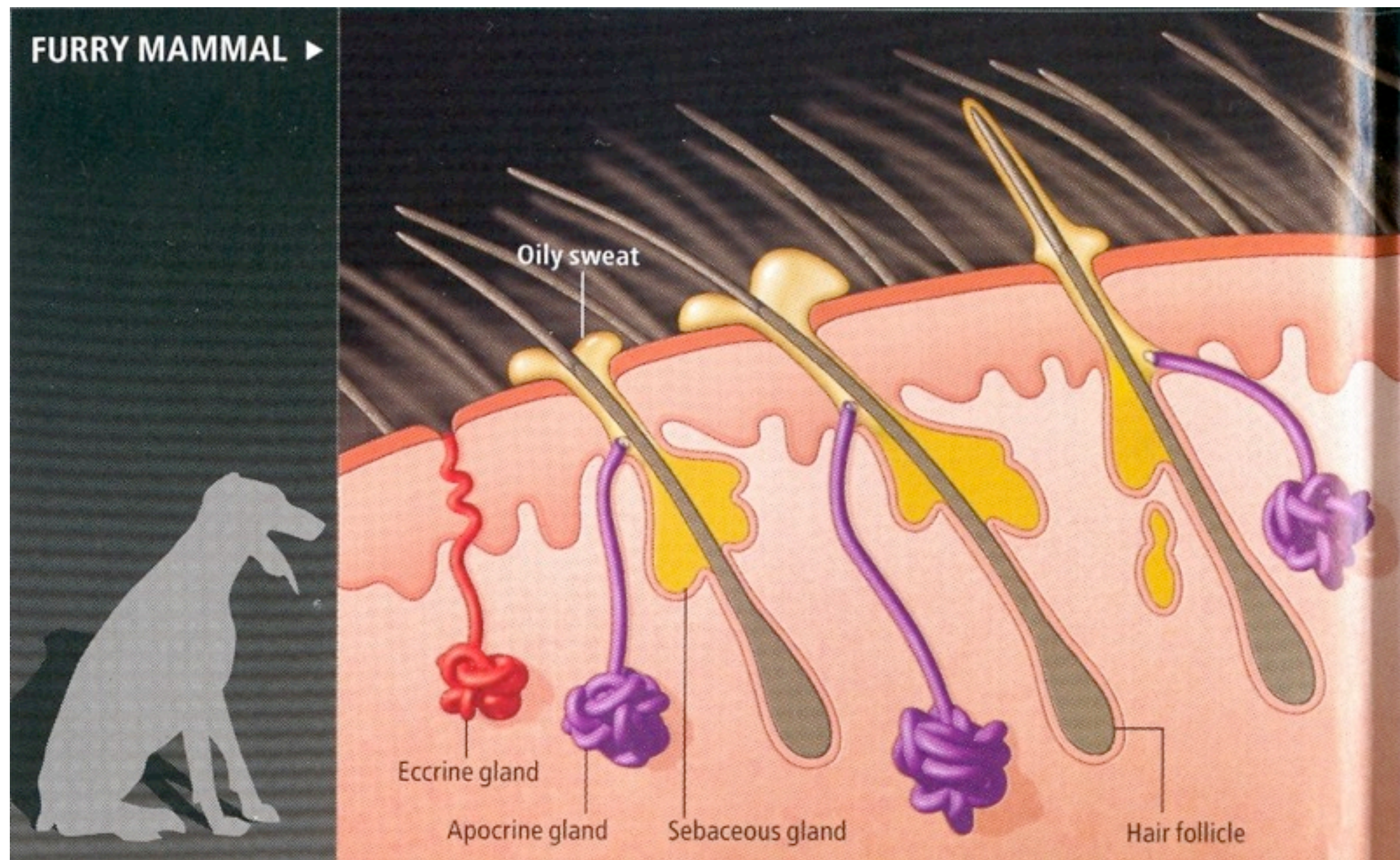
Evaporazione sulla pelle del sudore $\Rightarrow$ Raffreddamento

The Naked Truth

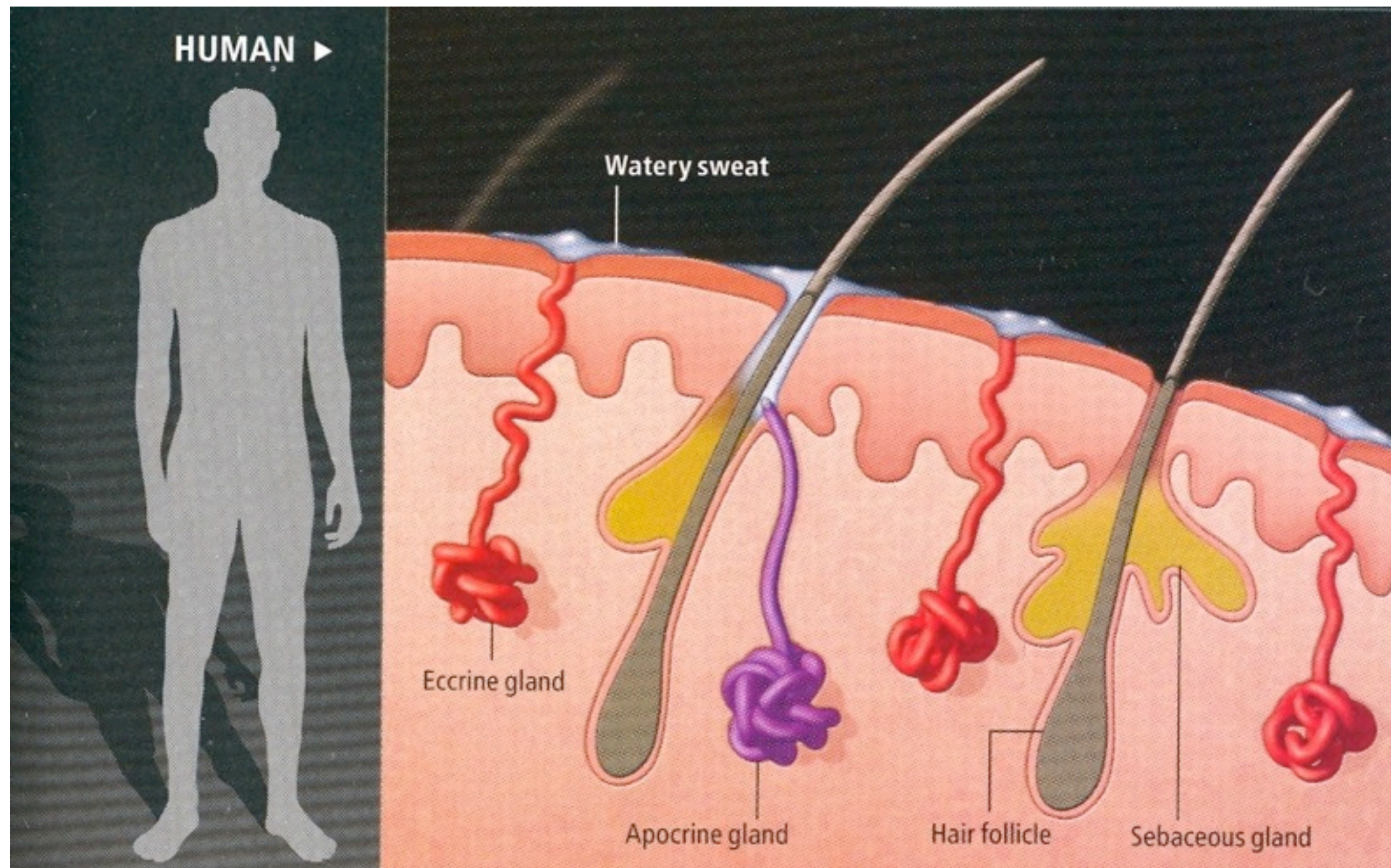


The Naked Truth

Come sudano i mammiferi ?

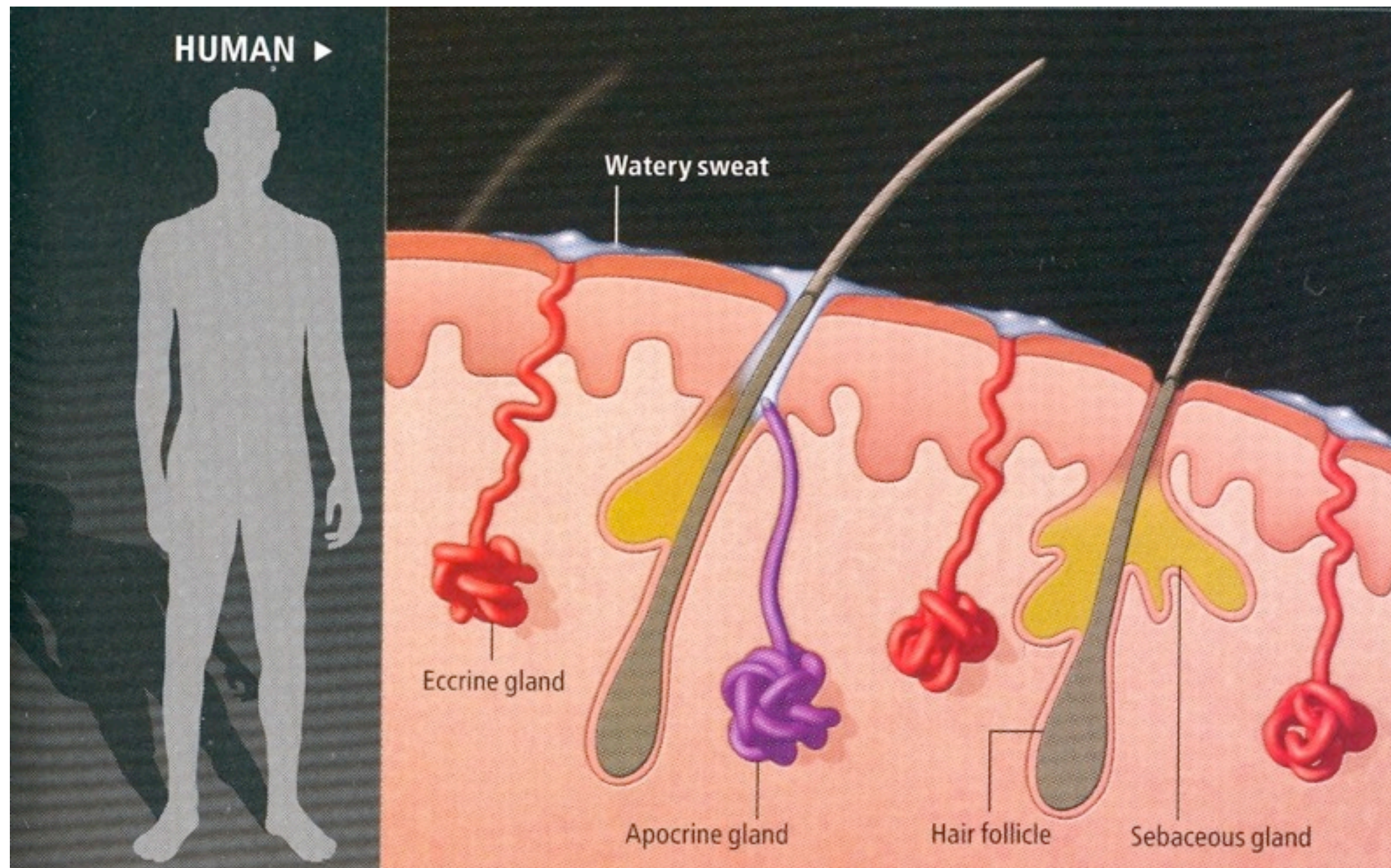


The Naked Truth



The Naked Truth

Come sudano i mammiferi ?



The Naked Truth

The Naked Truth

Come sudano i mammiferi ?

The Naked Truth

Come sudano i mammiferi ?

- Animali con la pelliccia: sudore grasso.

The Naked Truth

Come sudano i mammiferi ?

- Animali con la pelliccia: sudore grasso.
- Umani “nudi”: sudore acquoso (fino a 12 litri al giorno !)

The Naked Truth

Come sudano i mammiferi ?

- Animali con la pelliccia: sudore grasso.
- Umani “nudi”: sudore acquoso (fino a 12 litri al giorno !)

Il sudore grasso è meno efficiente per dissipare il calore.

The Naked Truth

Come sudano i mammiferi ?

- Animali con la pelliccia: sudore grasso.
- Umani “nudi”: sudore acquoso (fino a 12 litri al giorno !)

Il sudore grasso è meno efficiente per dissipare il calore.

“Our cooling system is so superior that in a marathon on a hot day, a human could outcompete a horse.”

(Daniel Lieberman, Università dell’Utah, 2007, Sports and Medicine)

The Naked Truth

► *Australopithecus afarensis*, represented here by the 3.2-million-year-old Lucy fossil, was apelike in having short legs that were not well suited to traveling long distances.



The Naked Truth

Ancestors on the move

► *Australopithecus afarensis*, represented here by the 3.2-million-year-old Lucy fossil, was apelike in having short legs that were not well suited to traveling long distances.



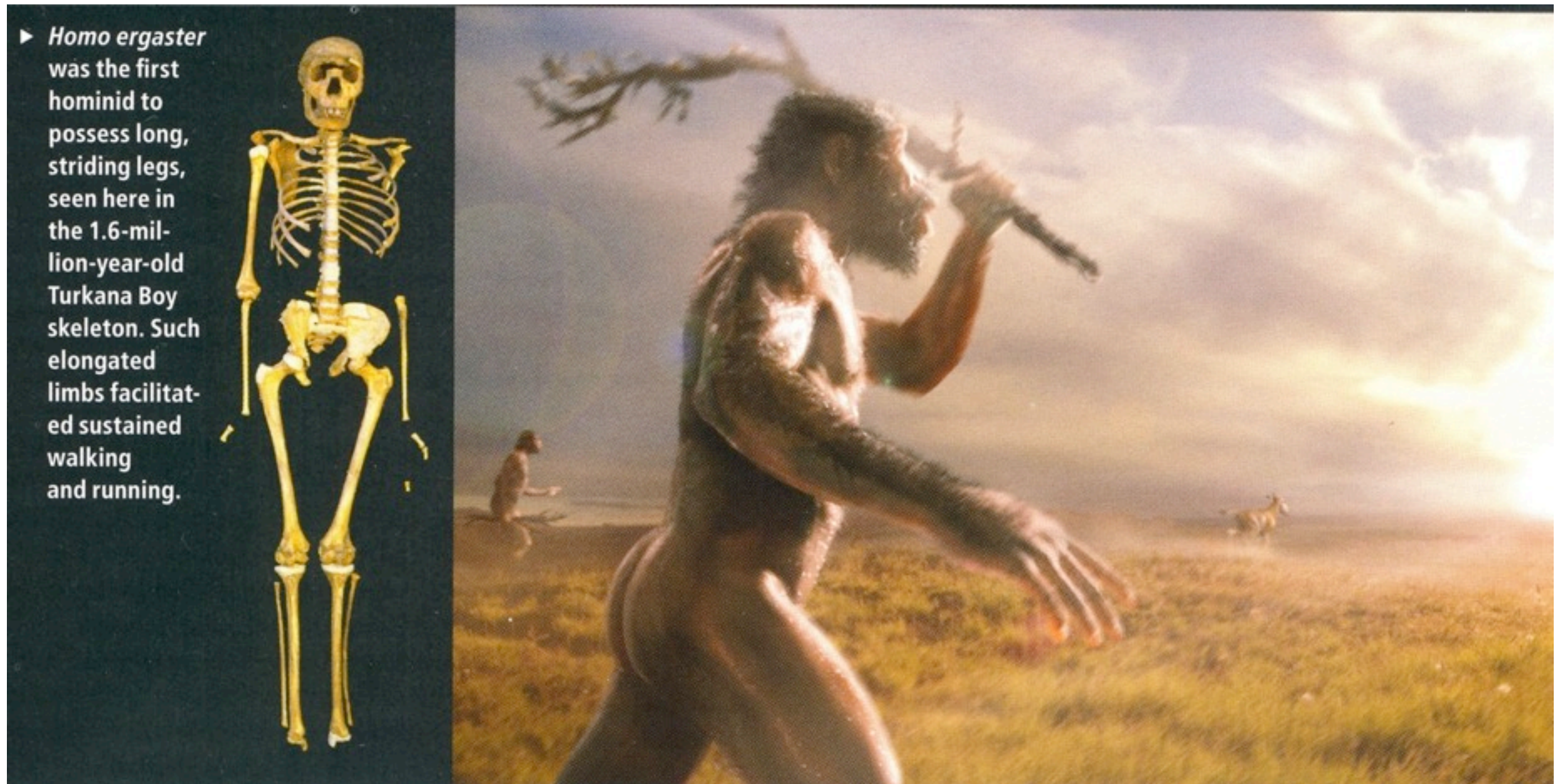
The Naked Truth

► *Homo ergaster* was the first hominid to possess long, striding legs, seen here in the 1.6-million-year-old Turkana Boy skeleton. Such elongated limbs facilitated sustained walking and running.

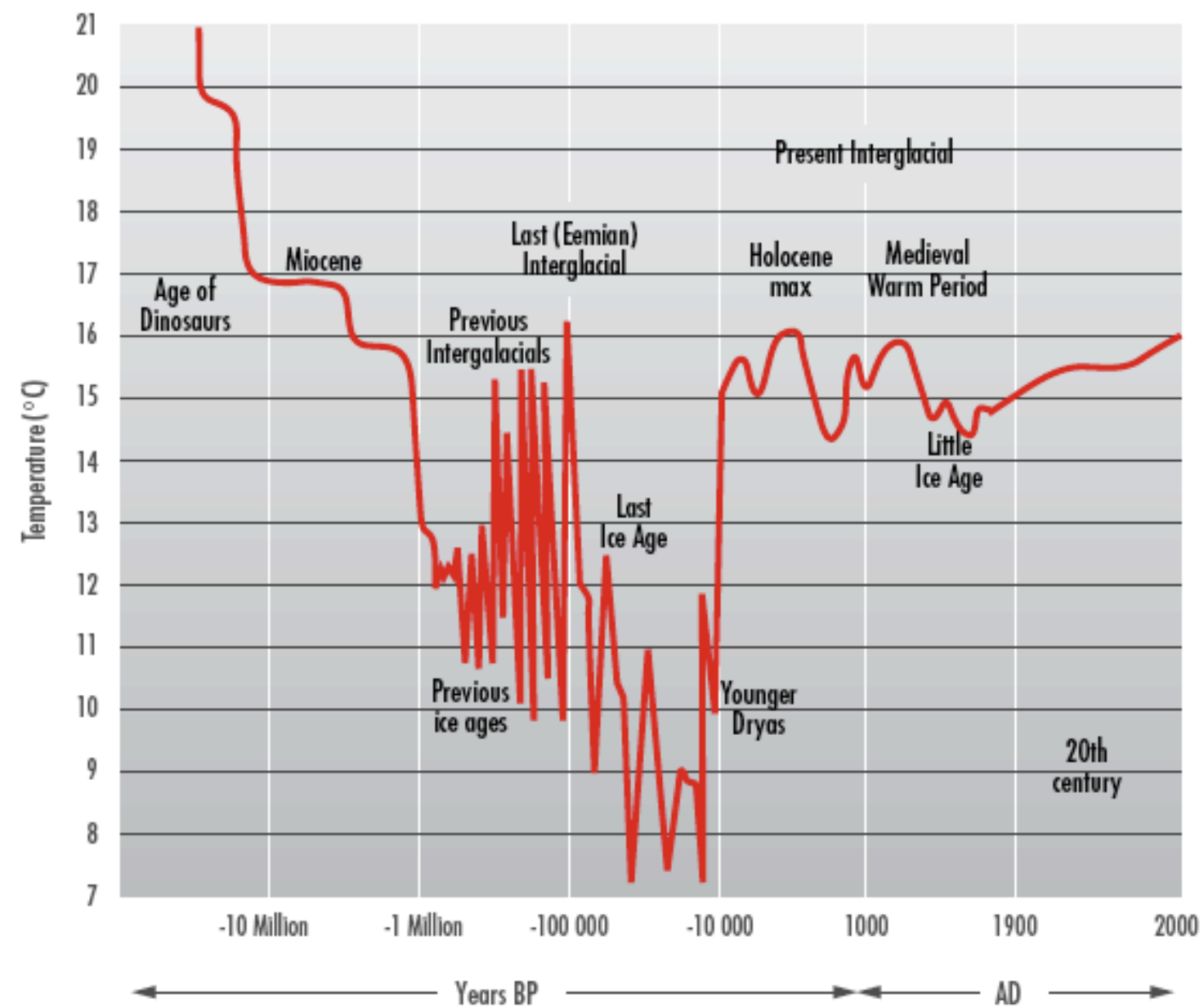


The Naked Truth

Ancestors on the move

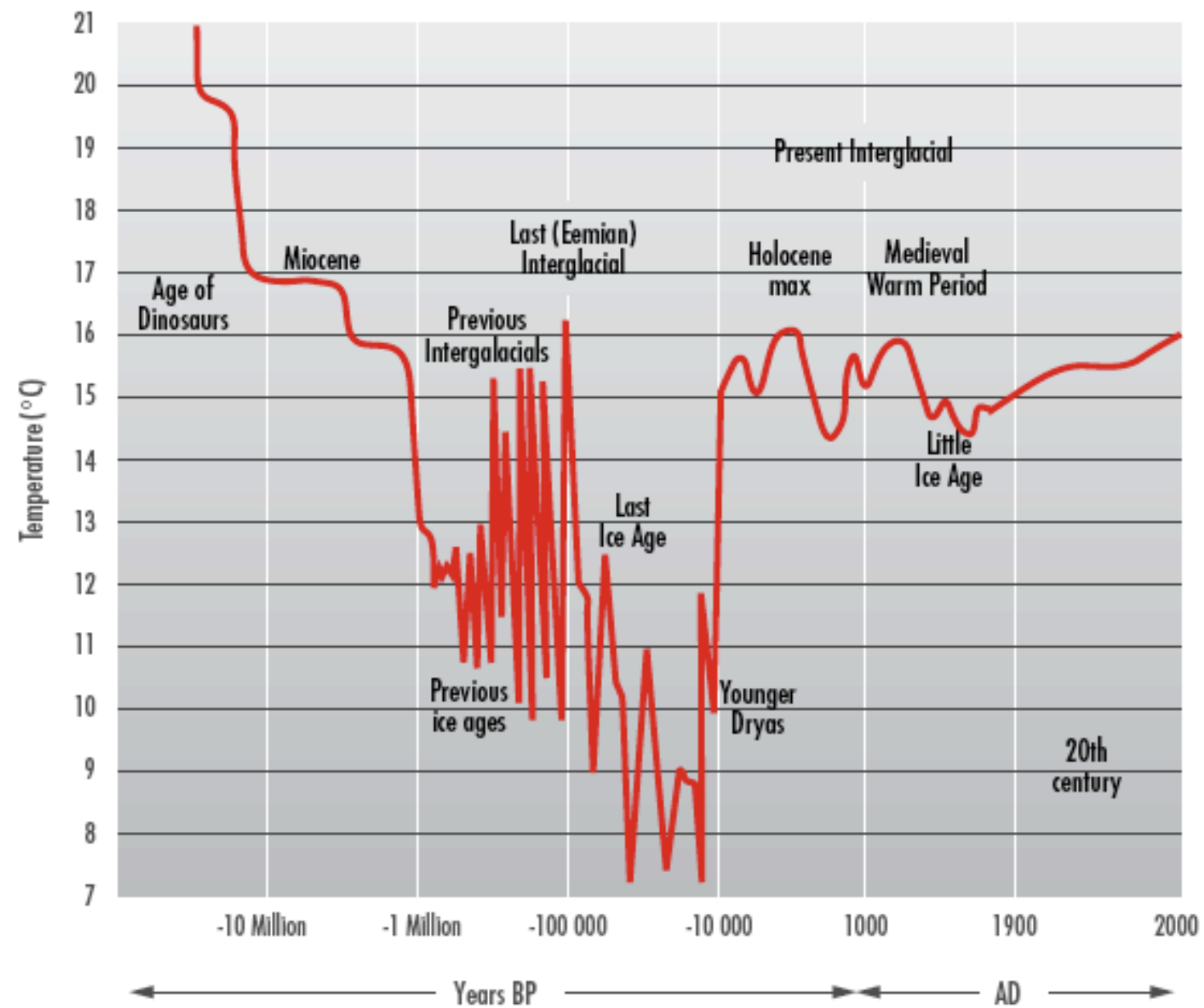


The Naked Truth



The Naked Truth

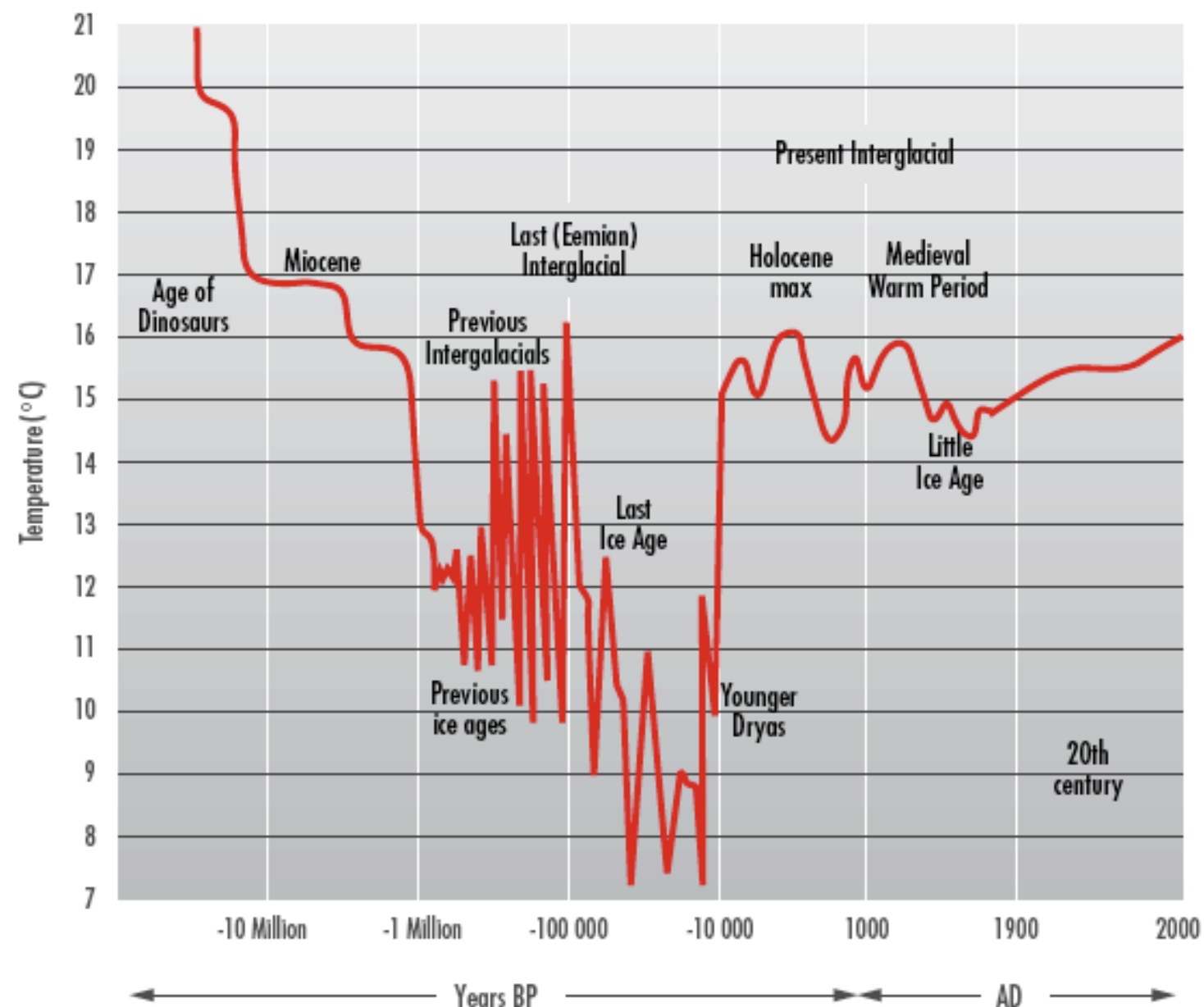
Che cosa ha favorito l'apparizione della pelle nuda e sudata ?



The Naked Truth

Che cosa ha favorito l'apparizione della pelle nuda e sudata ?

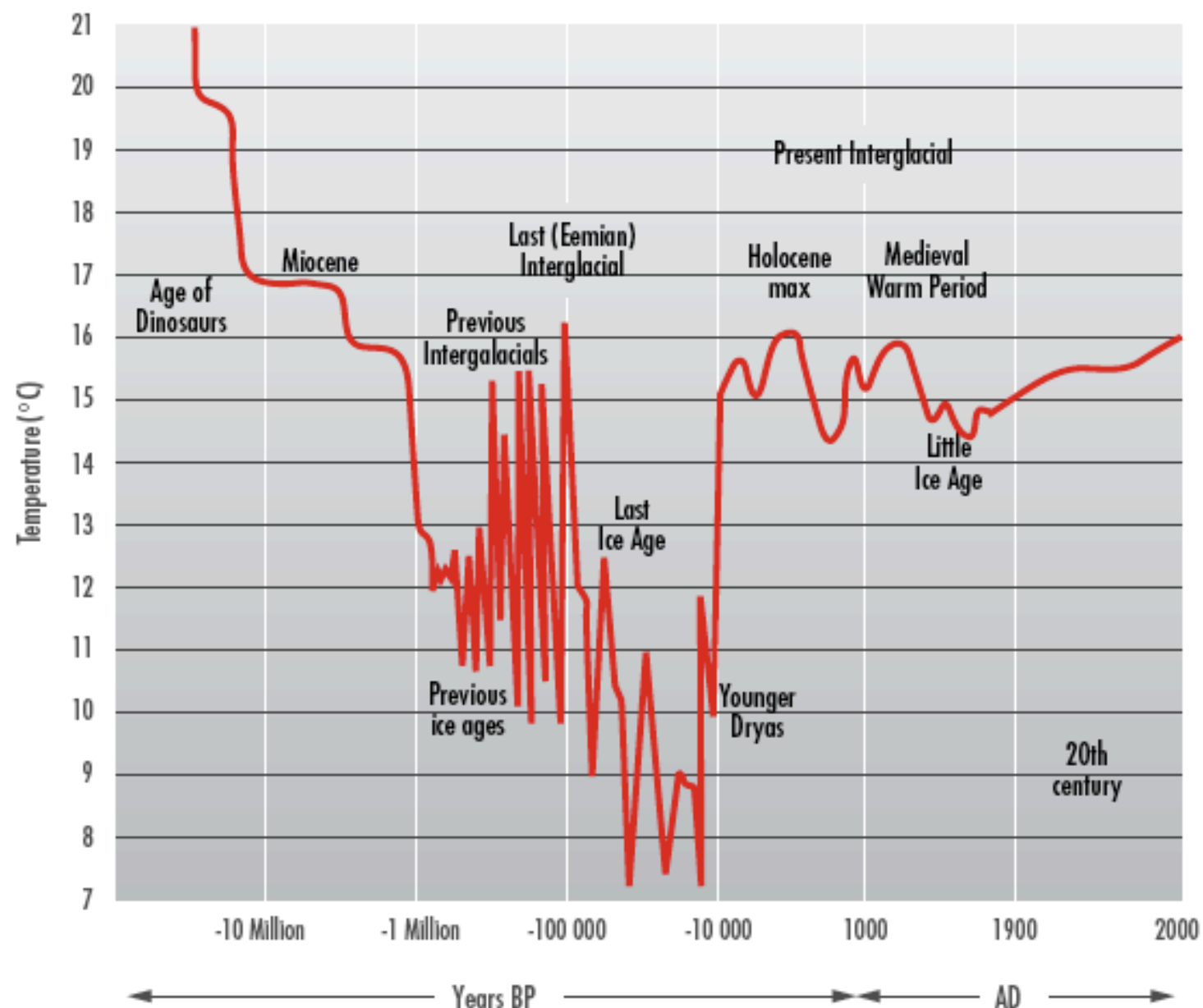
- A partire da $3 \cdot 10^6$ anni fa:
raffreddamento climatico globale $\Rightarrow$
Africa dell'est e centrale più secca !



The Naked Truth

Che cosa ha favorito l'apparizione della pelle nuda e sudata ?

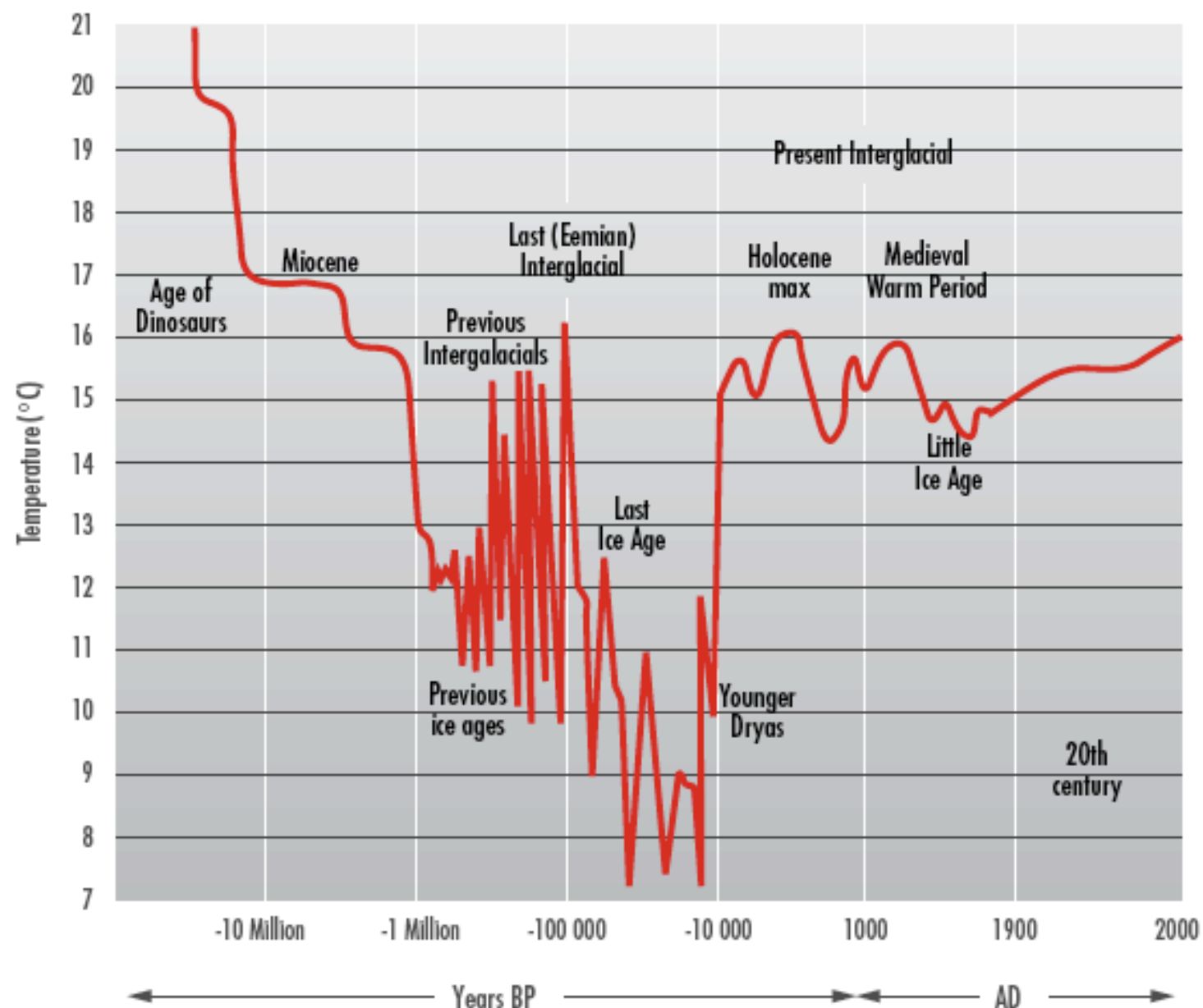
- A partire da $3 \cdot 10^6$ anni fa:
raffreddamento climatico globale $\Rightarrow$
Africa dell'est e centrale più secca !
- Meno pioggia: ambienti boscosi
 $\Rightarrow$ savana aperta.



The Naked Truth

Che cosa ha favorito l'apparizione della pelle nuda e sudata ?

- A partire da $3 \cdot 10^6$ anni fa:
raffreddamento climatico globale $\Rightarrow$
Africa dell'est e centrale più secca !
- Meno pioggia: ambienti boscosi
 $\Rightarrow$ savana aperta.
- Risorse (frutta, foglie, tuberi,
semi) più rari e distanti $\Rightarrow$ stile di
vita più attiva.



The Naked Truth

The Naked Truth

Che cosa ha favorito l'apparizione della pelle nuda e sudata ?

The Naked Truth

Che cosa ha favorito l'apparizione della pelle nuda e sudata ?

- Introduzione della **carne** nella dieta umana $2.6 \cdot 10^6$ anni fa (attrezzi di pietra e ossa animali).

The Naked Truth

Che cosa ha favorito l'apparizione della pelle nuda e sudata ?

- Introduzione della **carne** nella dieta umana $2.6 \cdot 10^6$ anni fa (attrezzi di pietra e ossa animali).

- $3.4 \cdot 10^6$ anni fa
(Lucy !)



(c) Dikika Research Project

The Naked Truth

The Naked Truth

Che cosa ha favorito l'apparizione della pelle nuda e sudata ?

The Naked Truth

Che cosa ha favorito l'apparizione della pelle nuda e sudata ?

- La carne è più ricca ma più rara $\Rightarrow$ bisogna coprire un territorio più grande.

The Naked Truth

Che cosa ha favorito l'apparizione della pelle nuda e sudata ?

- La carne è più ricca ma più rara $\Rightarrow$ bisogna coprire un territorio più grande.
- I predatori carnivori devono **spendere più energia** che gli erbivori per il cibo.

The Naked Truth

Che cosa ha favorito l'apparizione della pelle nuda e sudata ?

- La carne è più ricca ma più rara $\Rightarrow$ bisogna coprire un territorio più grande.
- I predatori carnivori devono **spendere più energia** che gli erbivori per il cibo.
- Correre aiuta anche a non diventare la preda...

The Naked Truth

The Naked Truth

Che cosa ha favorito l'apparizione della pelle nuda e sudata ?

The Naked Truth

Che cosa ha favorito l'apparizione della pelle nuda e sudata ?

- Alto livello di attività (camminata e corsa) $\Rightarrow$ rischio di surriscaldamento !

The Naked Truth

Che cosa ha favorito l'apparizione della pelle nuda e sudata ?

- Alto livello di attività (camminata e corsa) $\Rightarrow$ rischio di surriscaldamento !
- L'evoluzione ha aumentato le ghiandole sudoripare eccrine e ha portato alla perdita della pelliccia.

The Naked Truth

Che cosa ha favorito l'apparizione della pelle nuda e sudata ?

- Alto livello di attività (camminata e corsa) $\Rightarrow$ rischio di surriscaldamento !
- L'evoluzione ha aumentato le ghiandole sudoripare eccrine e ha portato alla perdita della pelliccia.
- Quest'evoluzione ha permesso anche la crescita del cervello, l'organo più sensibile alla temperatura.

The Naked Truth

Che cosa ha favorito l'apparizione della pelle nuda e sudata ?

- Alto livello di attività (camminata e corsa) $\Rightarrow$ rischio di surriscaldamento !
- L'evoluzione ha aumentato le ghiandole sudoripare eccrine e ha portato alla perdita della pelliccia.
- Quest'evoluzione ha permesso anche la crescita del cervello, l'organo più sensibile alla temperatura.
- La carne fornisce le calorie necessarie al cervello (esso usa 25% dell'energia totale !)

The Naked Truth

The Naked Truth

- Per la comunicazione, la perdita dei peli è stata compensata dalla complessità delle espressioni facciali.

The Naked Truth

- Per la comunicazione, la perdita dei peli è stata compensata dalla complessità delle espressioni facciali.
- Tatuaggio, pitture corpore e cosmetica si ritrovano in tutte le culture perché trasmettono importanti informazioni sociali, prima trasmesse con la pelliccia.

The Naked Truth

- Per la comunicazione, la perdita dei peli è stata compensata dalla complessità delle espressioni facciali.
- Tatuaggio, pitture corpore e cosmetica si ritrovano in tutte le culture perché trasmettono importanti informazioni sociali, prima trasmesse con la pelliccia.
- Usiamo anche posture e gesti per comunicare emozioni e intenzioni. Usiamo il linguaggio per comunicare dettagliatamente il nostro pensiero.

The Naked Truth

The Naked Truth

“Naked skin did not just cool us down -
it made us human”

The Naked Truth

“Naked skin did not just cool us down -
it made us human”

Nina Jablonski

L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

La teoria della savana

L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

La teoria della savana

- Cambiamento climatico: restrizione della foresta.

L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

La teoria della savana

- Cambiamento climatico: restrizione della foresta.
- Scimmie costrette a vivere sulla pianura aperta o savana.

L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

La teoria della savana

- Cambiamento climatico: restrizione della foresta.
- Scimmie costrette a vivere sulla pianura aperta o savana.
- Camminare su 2 piedi. Perdita della peluria per raffreddamento (sudore).

L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

La teoria della savana

- Cambiamento climatico: restrizione della foresta.
- Scimmie costrette a vivere sulla pianura aperta o savana.
- Camminare su 2 piedi. Perdita della peluria per raffreddamento (sudore).
- Linguaggio e intelligenza: bisogno di comunicare e cacciare in gruppo.

L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

Problemi con la **teoria della savana**

L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

Problemi con la **teoria della savana**

- Babbuini e cercopiteci verdi (savana): **non** hanno perso i peli e **non** sono diventati bipedi.

L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

Problemi con la **teoria della savana**

- Babbuini e cercopiteci verdi (savana): **non** hanno perso i peli e **non** sono diventati bipedi.
- bipedismo = molto inefficiente modo di spostarsi.

L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

Problemi con la **teoria della savana**

- Babbuini e cercopiteci verdi (savana): **non** hanno perso i peli e **non** sono diventati bipedi.
- bipedismo = molto inefficiente modo di spostarsi.
- Il proboscide di Borneo (mangrovie e palude).

L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

Problemi con la **teoria della savana**

- Babbuini e cercopiteci verdi (savana): **non** hanno perso i peli e **non** sono diventati bipedi.
- bipedismo = molto inefficiente modo di spostarsi.
- Il proboscide di Borneo (mangrovie e palude).
- L'oreopithecus (palude) ha il bacino come il nostro.

L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

Problemi con la **teoria della savana**, peggio ancora.



L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

Problemi con la **teoria della savana**, peggio ancora.

- Afar: da 7 milioni a 70'000 anni fa, era un mare interiore.



L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

Problemi con la **teoria della savana**, peggio ancora.

- Afar: da 7 milioni a 70'000 anni fa, era un mare interiore.
- Isole, foreste inondate, paludi.



L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

Problemi con la **teoria della savana**, peggio ancora.

- Afar: da 7 milioni a 70'000 anni fa, era un mare interiore.
- Isole, foreste inondate, paludi.
- Oggi: deserto con depositi di sale.



L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

Problemi con la **teoria della savana**, peggio ancora.

- Afar: da 7 milioni a 70'000 anni fa, era un mare interiore.
- Isole, foreste inondate, paludi.
- Oggi: deserto con depositi di sale.



L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

Problemi con la **teoria della savana**, peggio ancora.

- Afar: da 7 milioni a 70'000 anni fa, era un mare interiore.
- Isole, foreste inondate, paludi.
- Oggi: deserto con depositi di sale.
- Fossili trovati vicini all'acqua...



L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

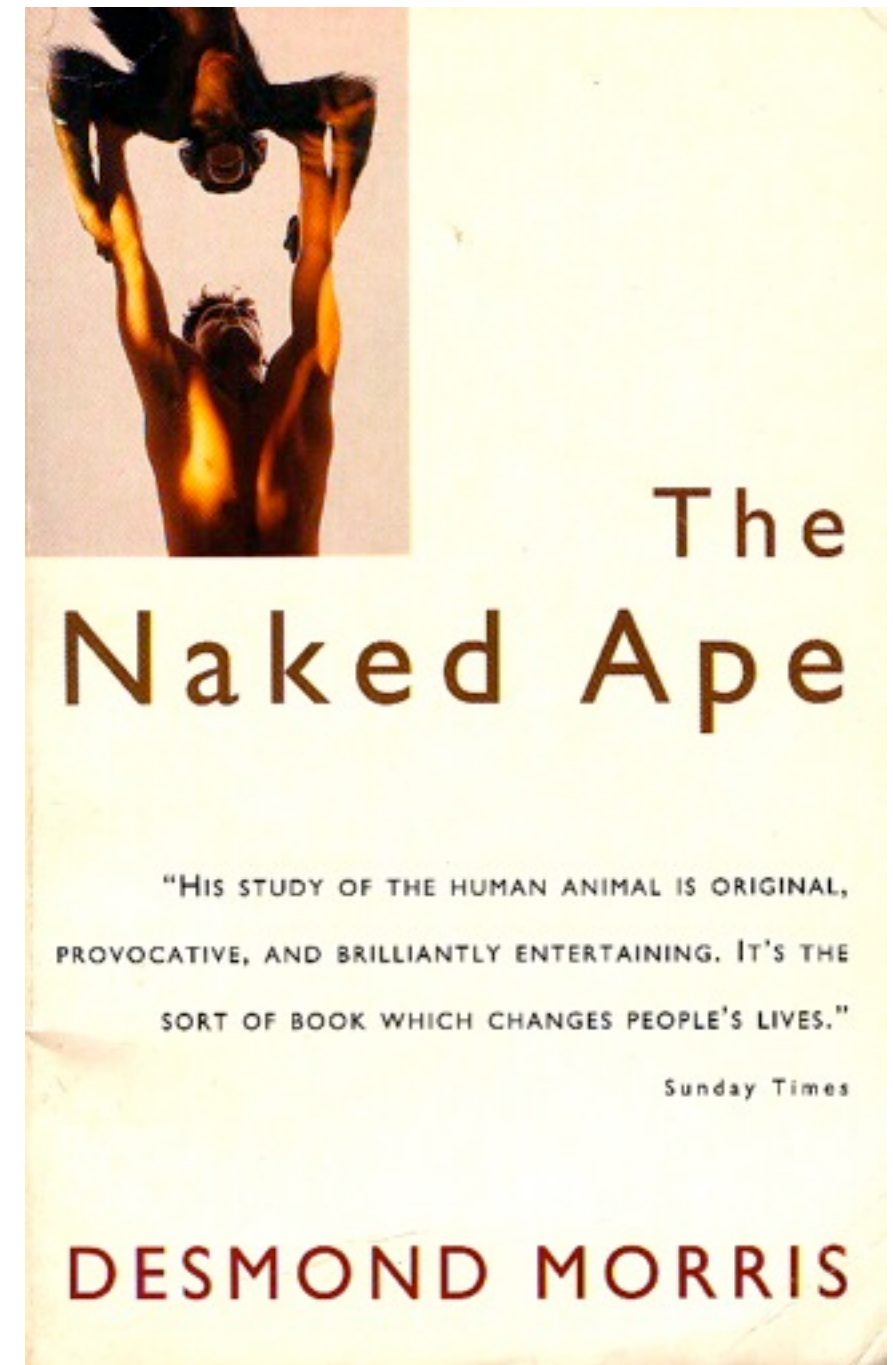
Problemi con la **teoria della savana**, peggio ancora.

- Afar: da 7 milioni a 70'000 anni fa, era un mare interiore.
- Isole, foreste inondate, paludi.
- Oggi: deserto con depositi di sale.
- Fossili trovati vicini all'acqua...
- Mangrovie di Borneo.



L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

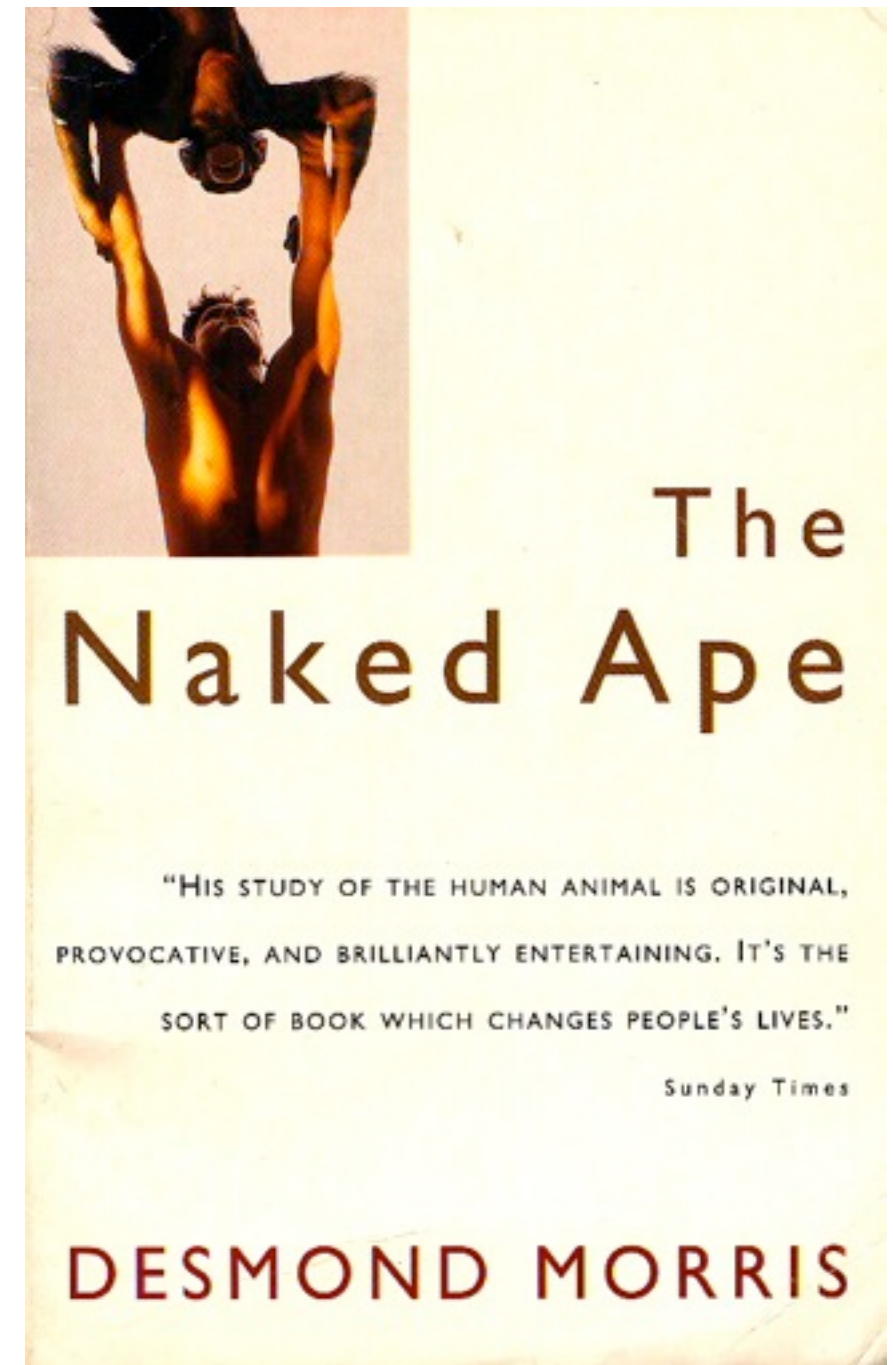
Senza peli



L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

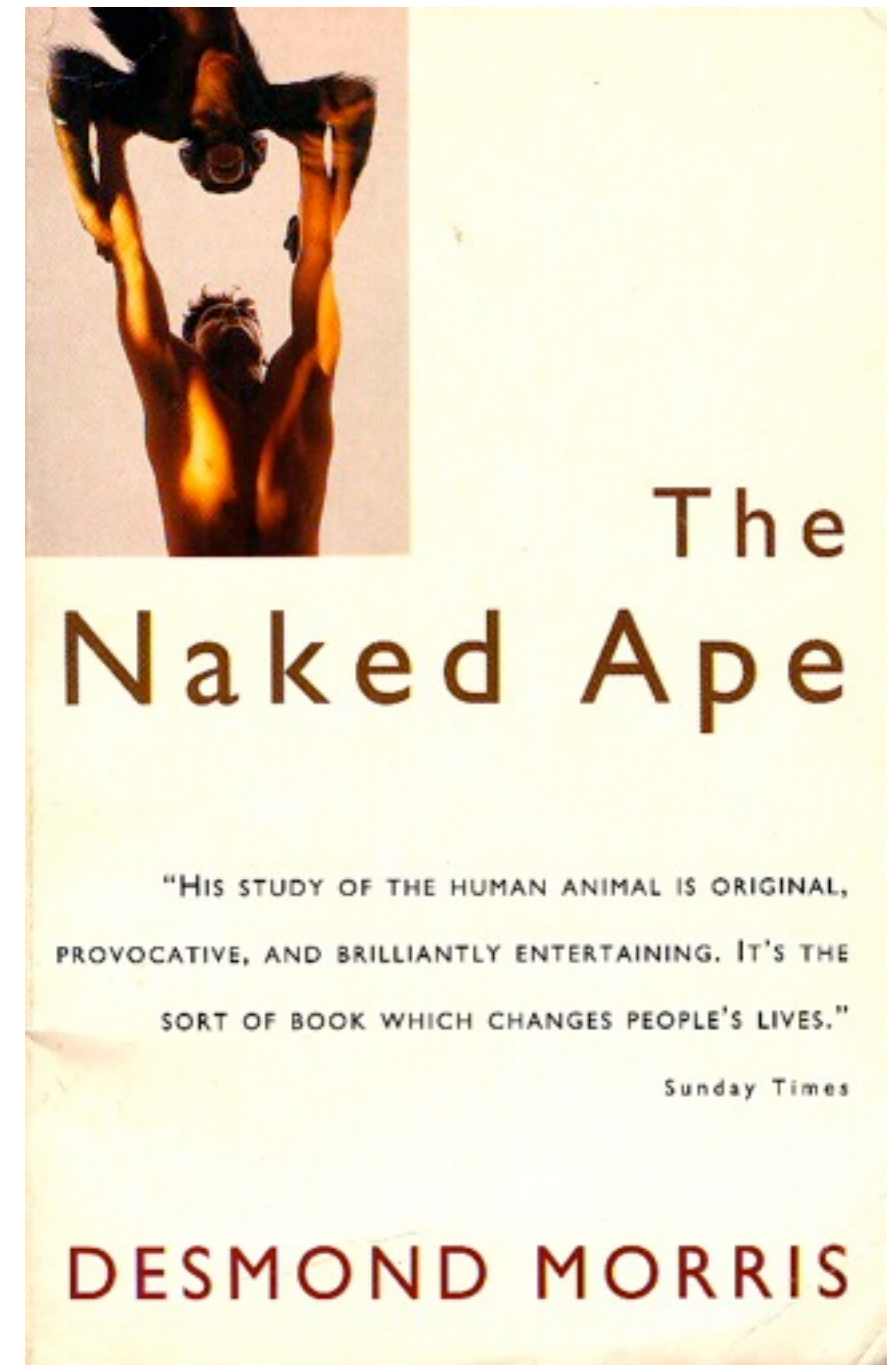
Senza peli

- Perché siamo delle scimmie nude?



L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

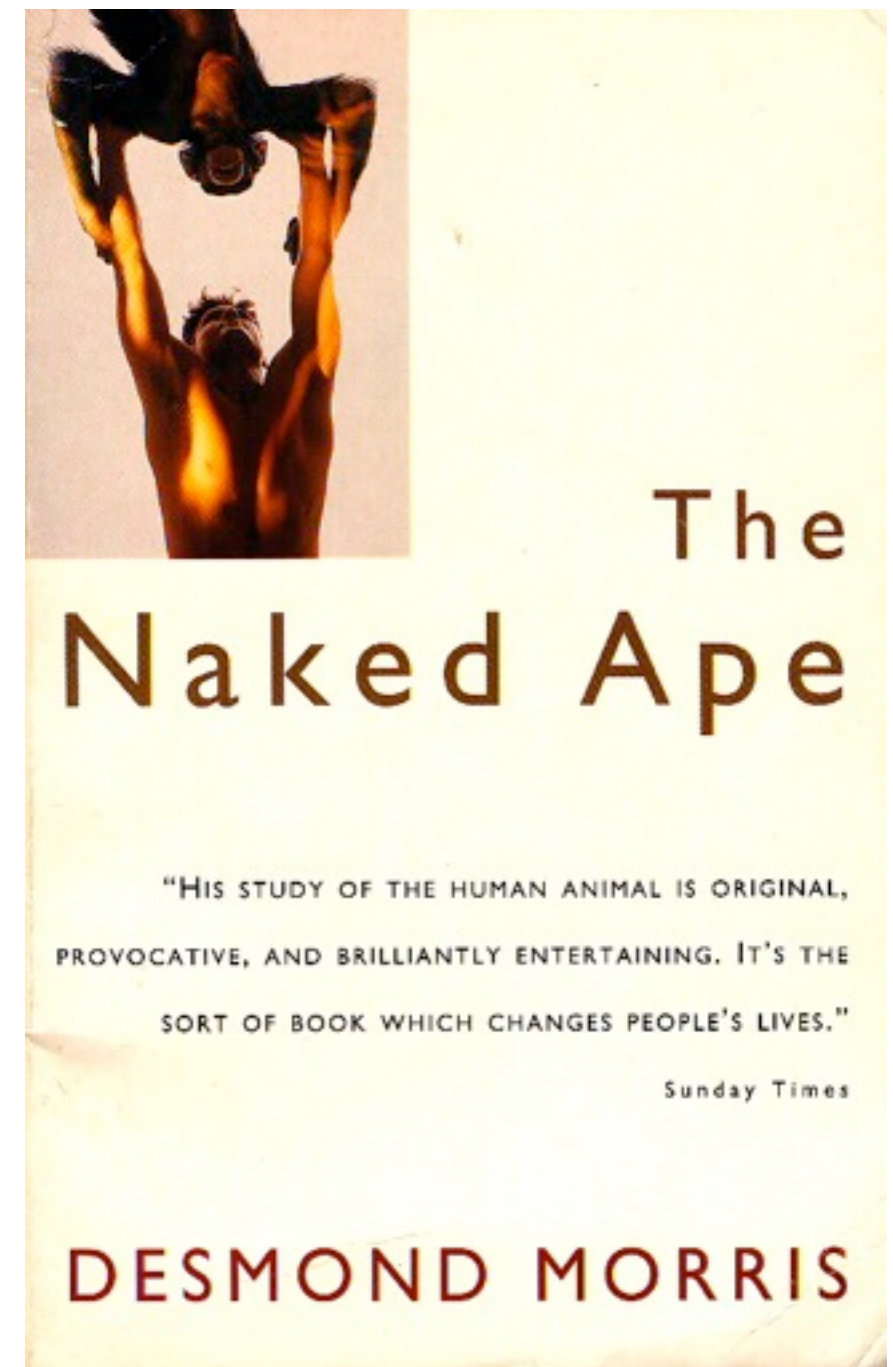
Senza peli



L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

Senza peli

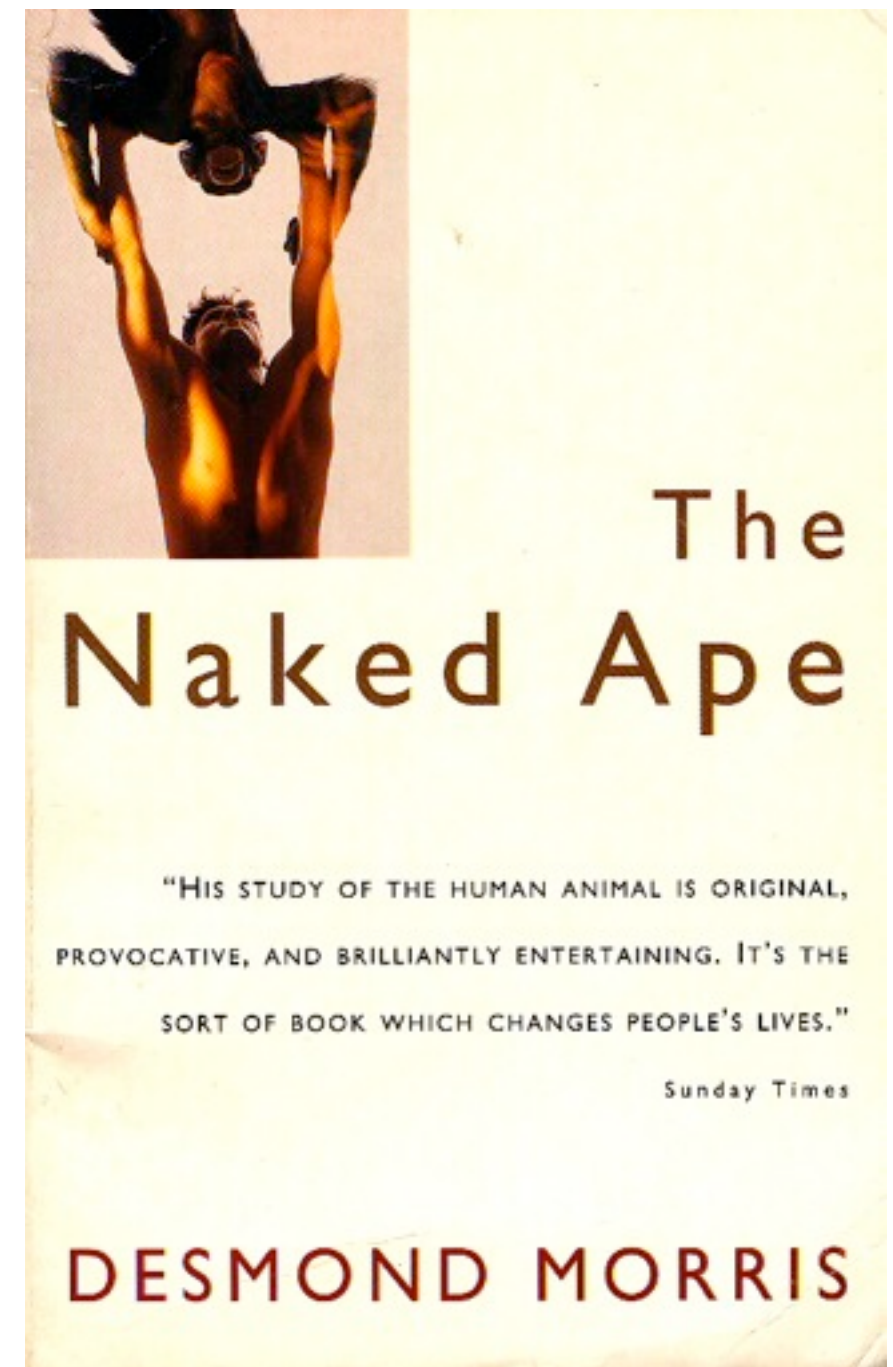
- Può fare freddo in Africa.



L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

Senza peli

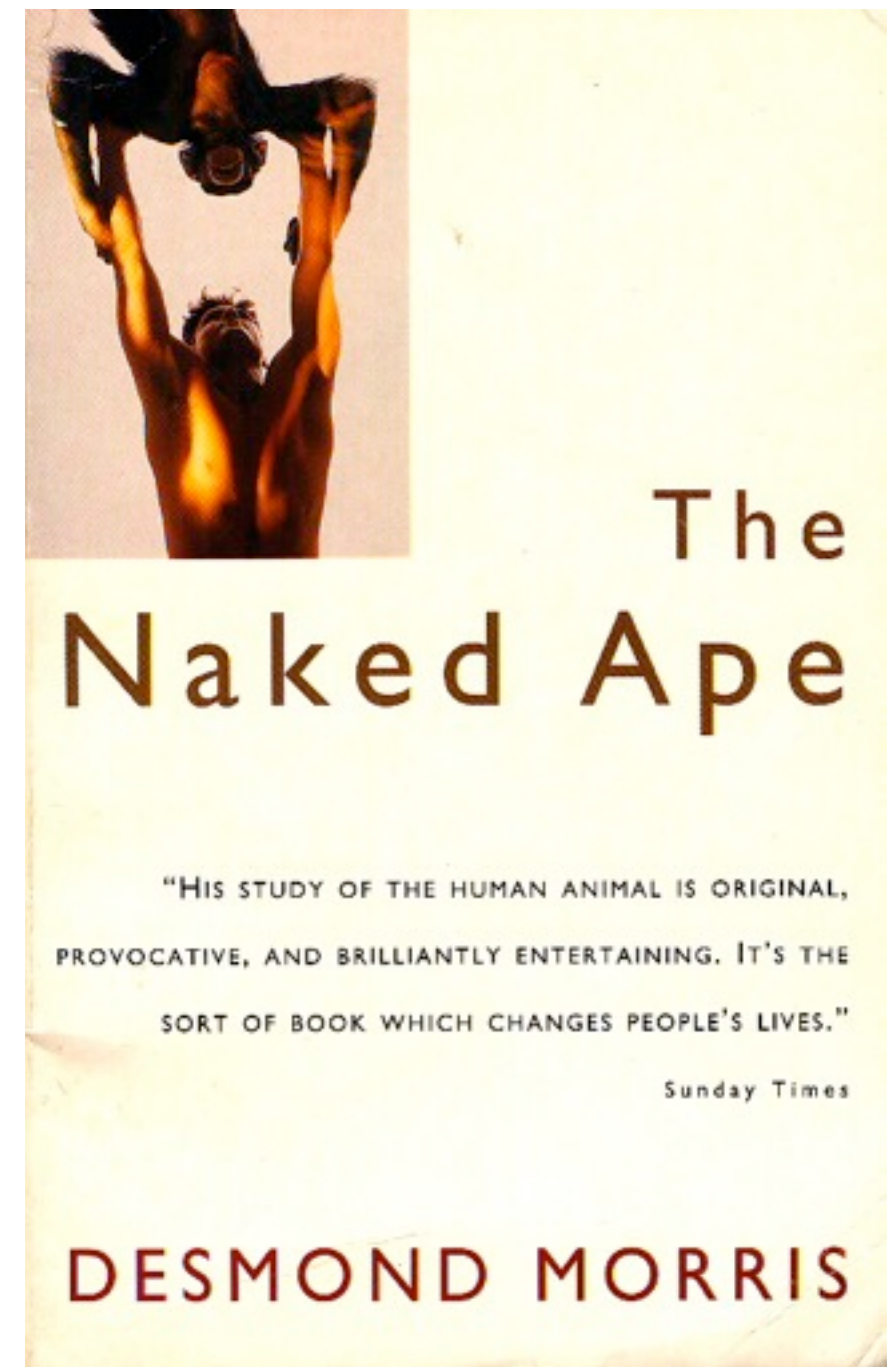
- Può fare freddo in Africa.
- Possesso dei peli = svantaggio per chi passa molto tempo a nuotare.



L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

Senza peli

- Può fare freddo in Africa.
- Possesso dei peli = svantaggio per chi passa molto tempo a nuotare.
- I peli rimasti: capelli (testa fuori dell'acqua) e nella schiena.



L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

Senza peli

- Può fare freddo in Africa.
- Possesso dei peli = svantaggio per chi passa molto tempo a nuotare.
- I peli rimasti: capelli (testa fuori dell'acqua) e nella schiena.



L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

Con grasso

L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

Con grasso

- Isolazione termica.

L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

Con grasso

- Isolazione termica.
- I primati più grassi.

L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

Con grasso

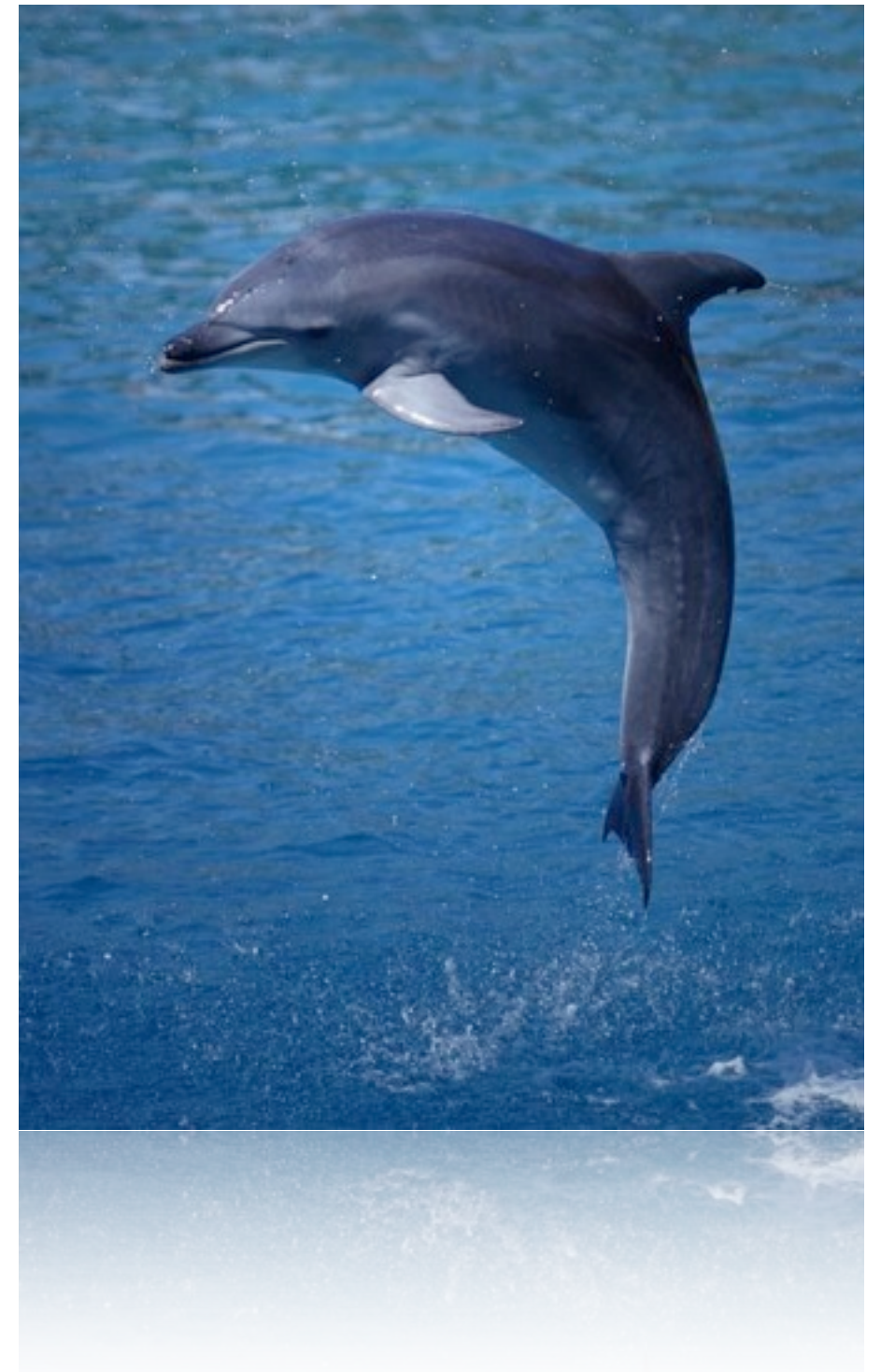
- Isolazione termica.
- I primati più grassi.
- Altri mammiferi che immagazzino il grasso tutto l'anno sono acquatici.

L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

Con grasso

- Isolazione termica.
- I primati più grassi.
- Altri mammiferi che immagazzino il grasso tutto l'anno sono acquatici.

Cibo e cervello



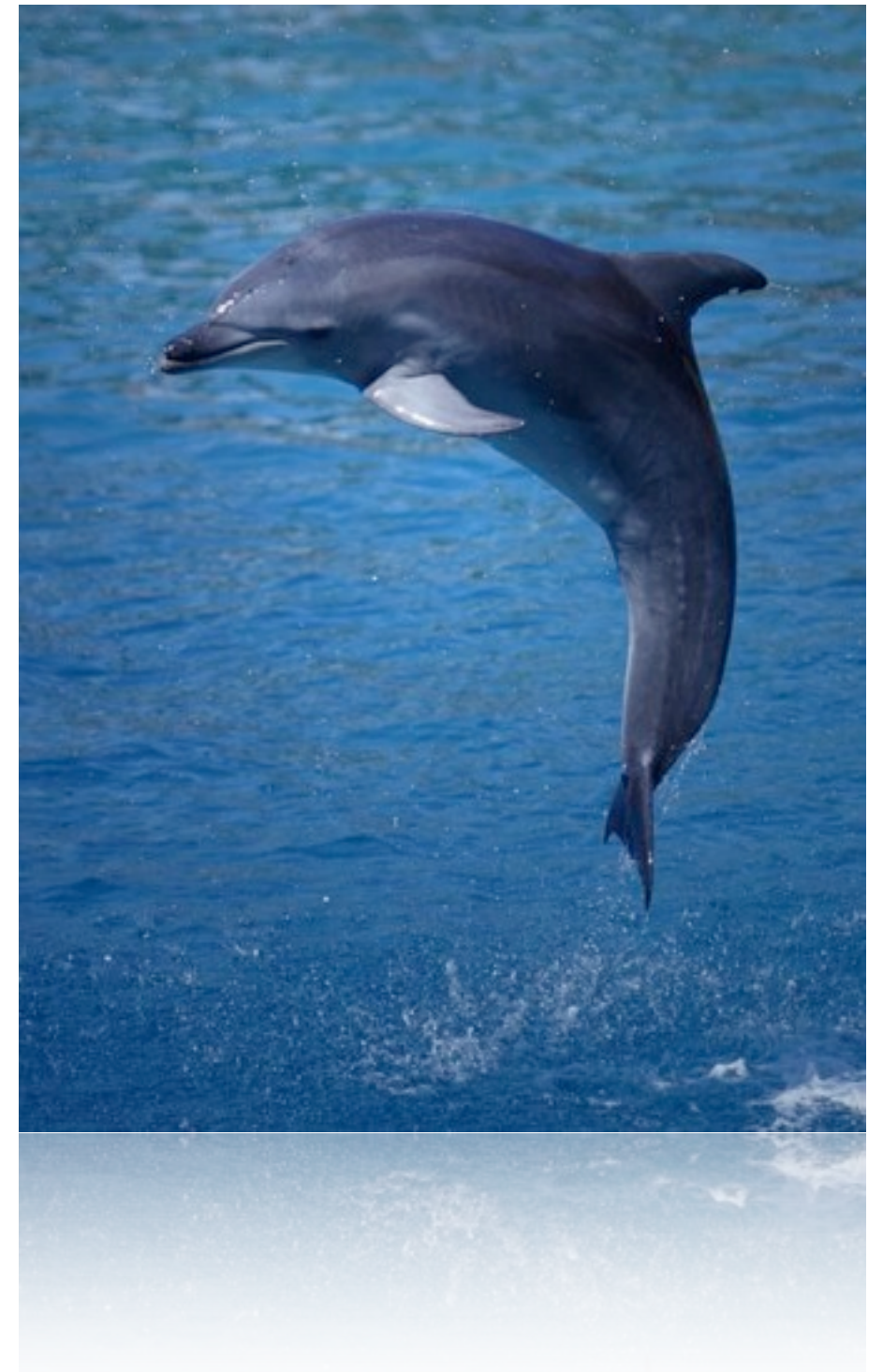
L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

Con grasso

- Isolazione termica.
- I primati più grassi.
- Altri mammiferi che immagazzino il grasso tutto l'anno sono acquatici.

Cibo e cervello

- Omega 3: abbondante nel cibo marino.



L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

Il sudore

L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

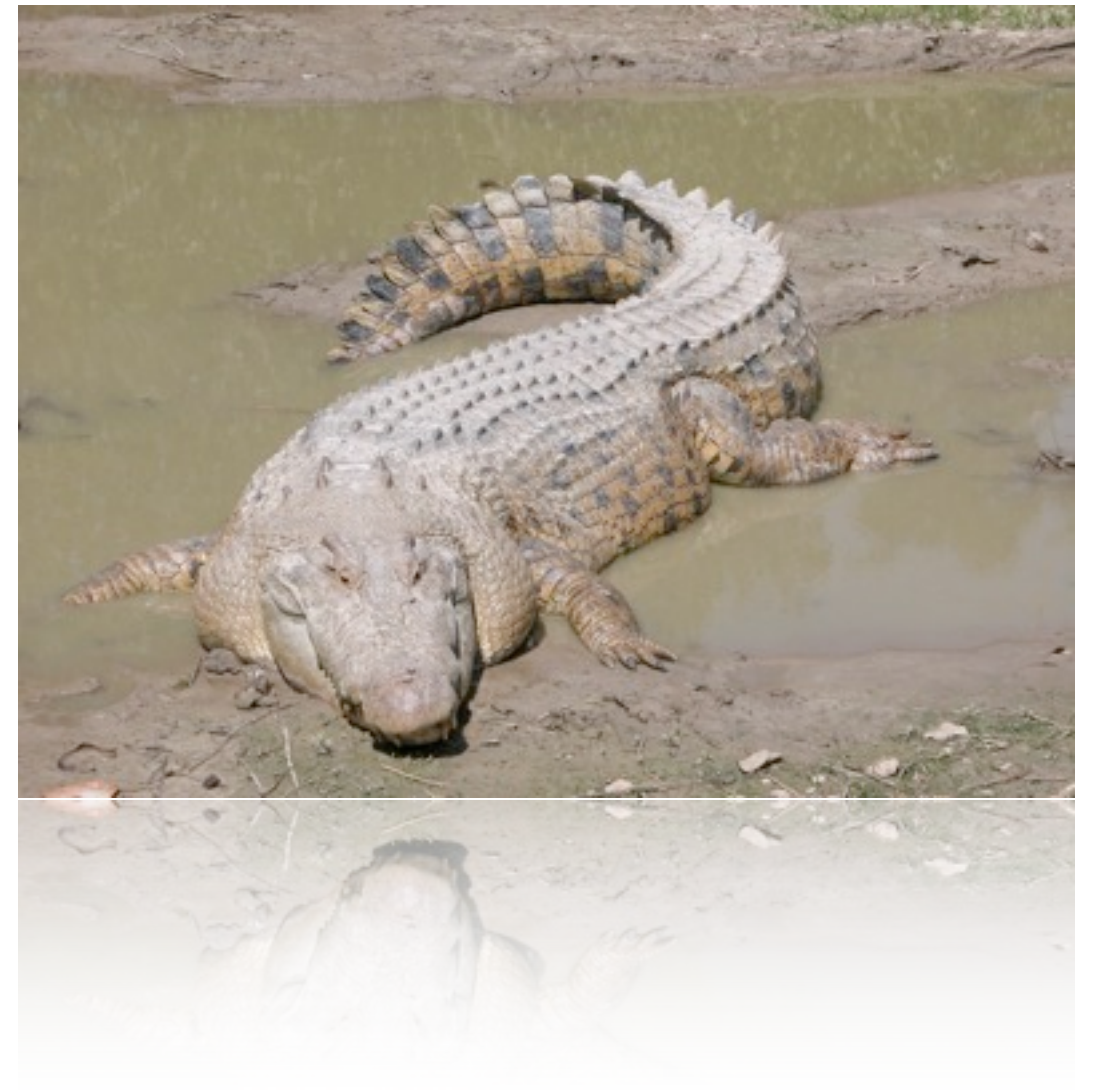
Il sudore

- Meccanismo di raffreddamento?

L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

Il sudore

- Meccanismo di raffreddamento?
- Evacuazione del sale (con le lacrime)



L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

Il sudore

- Meccanismo di raffreddamento?
- Evacuazione del sale (con le lacrime)



Nuotare e tuffarsi

L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

Il sudore

- Meccanismo di raffreddamento?
- Evacuazione del sale (con le lacrime)



Nuotare e tuffarsi

- Cosciente controllo della respirazione

L'origine del bipedismo: la scimmia acquatica

Il sudore

- Meccanismo di raffreddamento?
- Evacuazione del sale (con le lacrime)



Nuotare e tuffarsi

- Cosciente controllo della respirazione
- “Movable flap” nella laringe

L'emergere dell'intelligenza

Da Toumai e Lucy all'Homo Sapiens

L'emergere dell'intelligenza

Da Toumai e Lucy all'Homo Sapiens

- Lucy aveva un cervello simile agli scimpanzé moderni....

L'emergere dell'intelligenza

Da Toumai e Lucy all'Homo Sapiens

- Lucy aveva un cervello simile agli scimpanzé moderni....
- Il cammino è ancora lungo!

L'emergere dell'intelligenza

Da Toumai e Lucy all'Homo Sapiens

- Lucy aveva un cervello simile agli scimpanzé moderni....
- Il cammino è ancora lungo!

Come definire l'intelligenza?

L'emergere dell'intelligenza

Da Toumai e Lucy all'Homo Sapiens

- Lucy aveva un cervello simile agli scimpanzé moderni....
- Il cammino è ancora lungo!

Come definire l'intelligenza?

- Ingegnosità, versatilità a risolvere nuovi problemi.

L'emergere dell'intelligenza

Da Toumai e Lucy all'Homo Sapiens

- Lucy aveva un cervello simile agli scimpanzé moderni....
- Il cammino è ancora lungo!

Come definire l'intelligenza?

- Ingegnosità, versatilità a risolvere nuovi problemi.
- Lungimiranza e linguaggio?

L'emergere dell'intelligenza



L'emergere dell'intelligenza

- Ma come è accaduto?



L'emergere dell'intelligenza

- Ma come è accaduto?
- Tesi di Tattersall e Calvin: l'intelligenza deriva da qualche specializzazione del cervello, come per esempio il linguaggio.



L'emergere dell'intelligenza

- Ma come è accaduto?
- Tesi di Tattersall e Calvin: l'intelligenza deriva da qualche specializzazione del cervello, come per esempio il linguaggio.



L'emergere dell'intelligenza

- Ma come è accaduto?
- Tesi di Tattersall e Calvin: l'intelligenza deriva da qualche specializzazione del cervello, come per esempio il linguaggio.

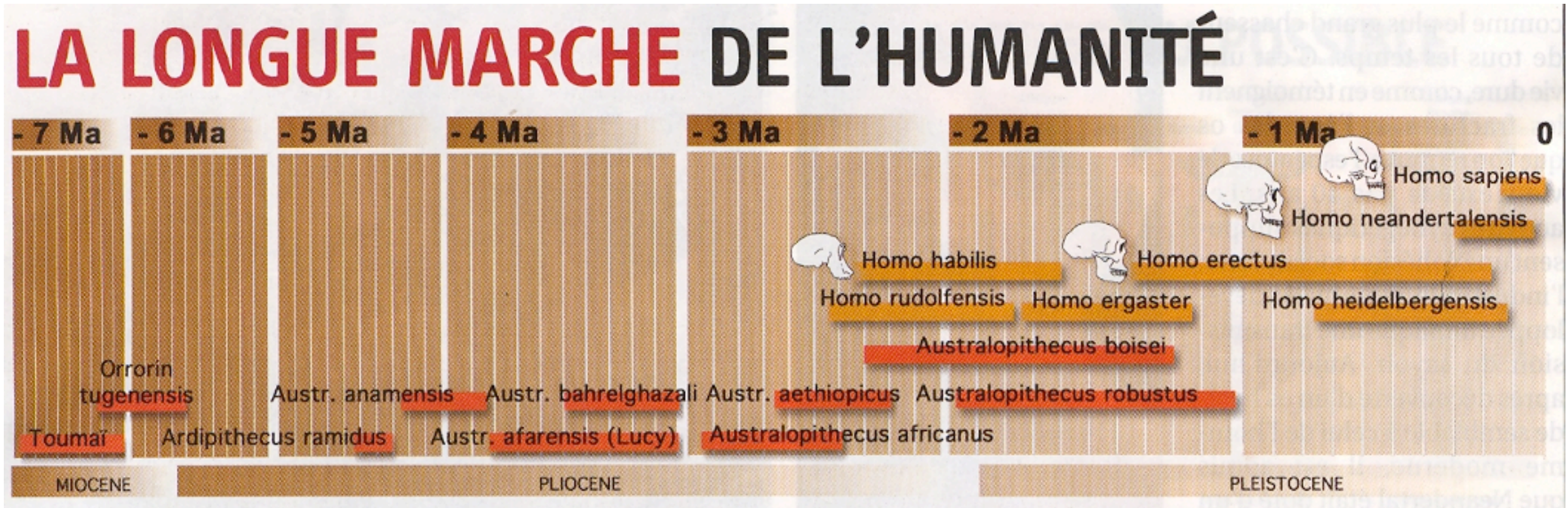
Far fronte ai cambiamenti climatici

Far fronte ai cambiamenti climatici

- Postura eretta 5 milioni di anni fa.

Far fronte ai cambiamenti climatici

- Postura eretta 5 milioni di anni fa.



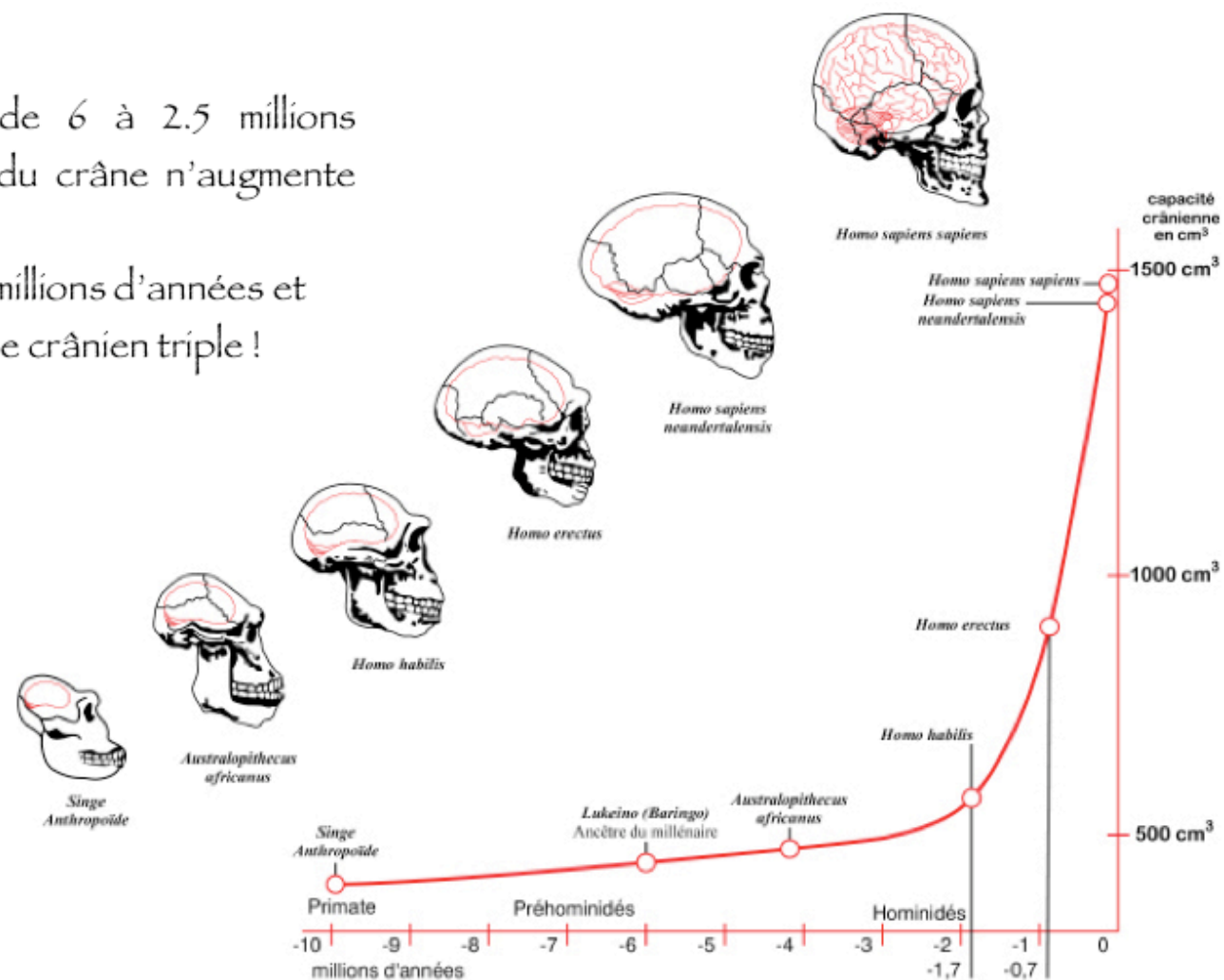
Far fronte ai cambiamenti climatici

- Postura eretta 5 milioni di anni fa.
- Le dimensioni del cervello non sono cambiate notevolmente fino a 2.5 milioni di anni fa.

On estime que de 6 à 2.5 millions d'années, le volume du crâne n'augmente pratiquement pas.
Par contre, entre 2.5 millions d'années et 250'000 ans, le volume crânien triple !



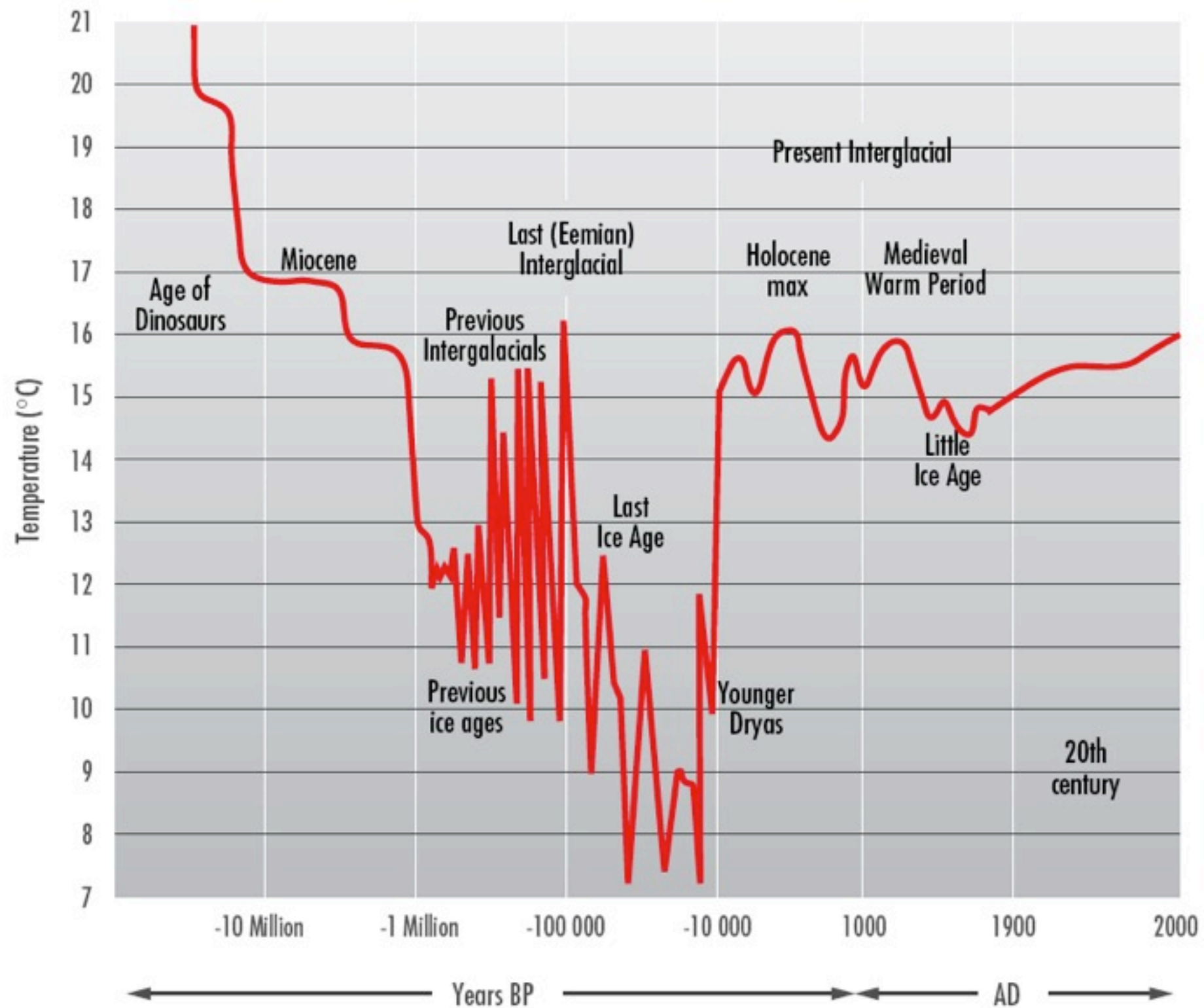
Morphologie comparée du crâne de l'Australopithecus, de l'Homo erectus et de l'Homo sapiens



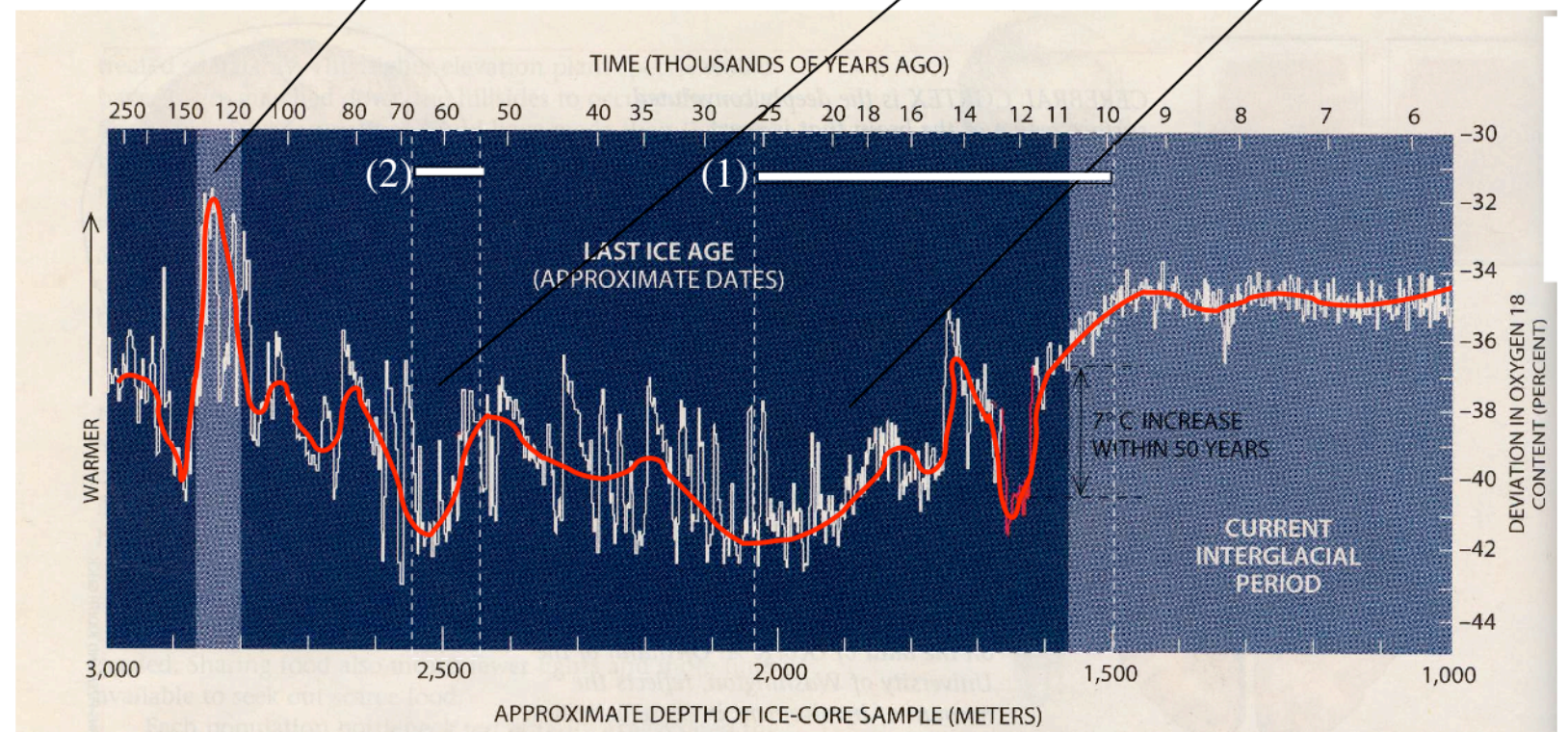
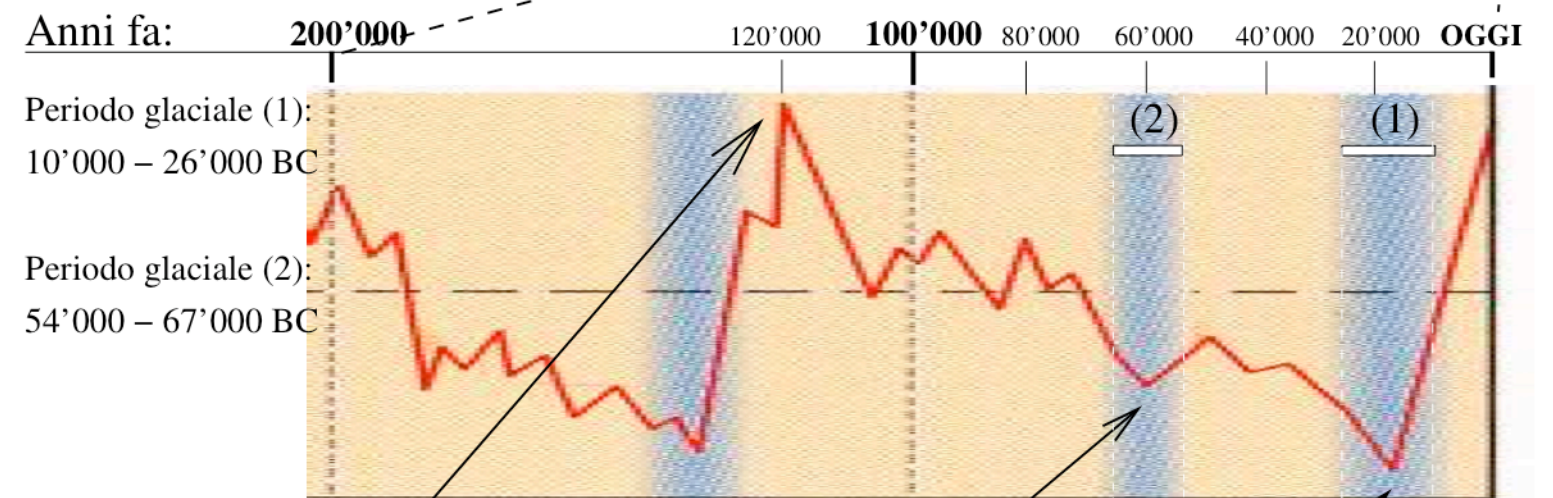
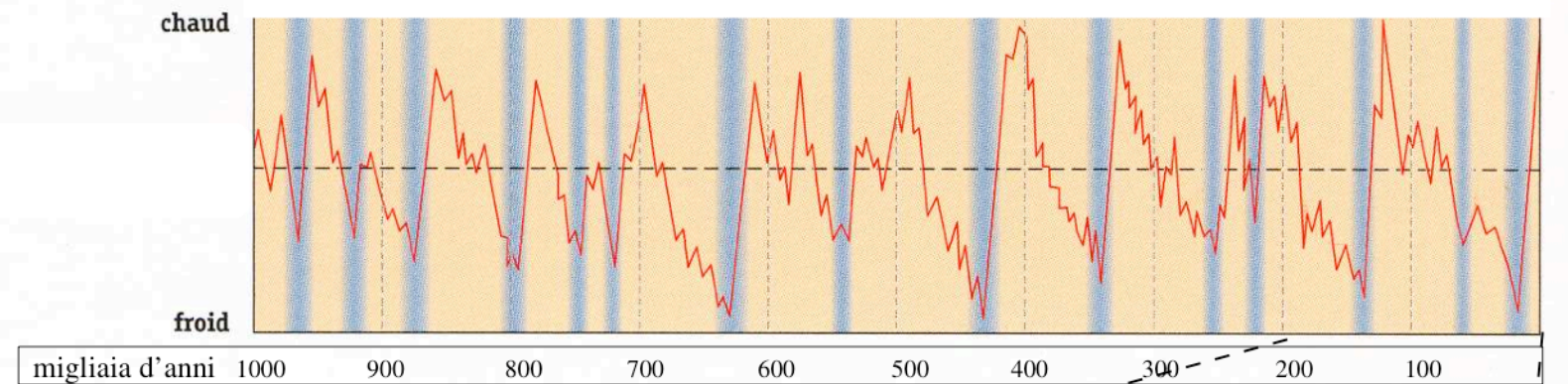
Far fronte ai cambiamenti climatici

- Postura eretta 5 milioni di anni fa.
- Le dimensioni del cervello non sono cambiate notevolmente fino a 2.5 milioni di anni fa.

Far fronte ai cambiamenti climatici

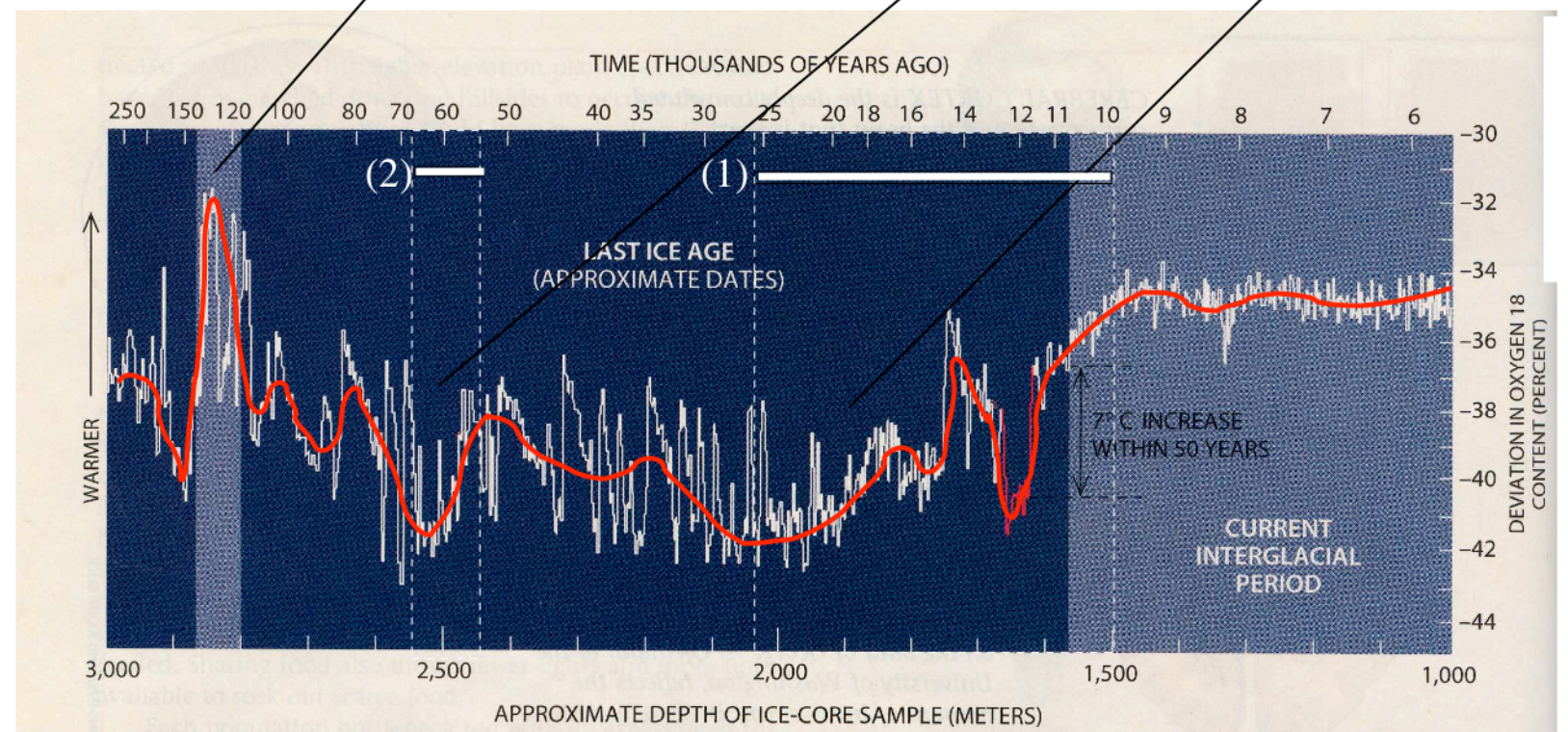
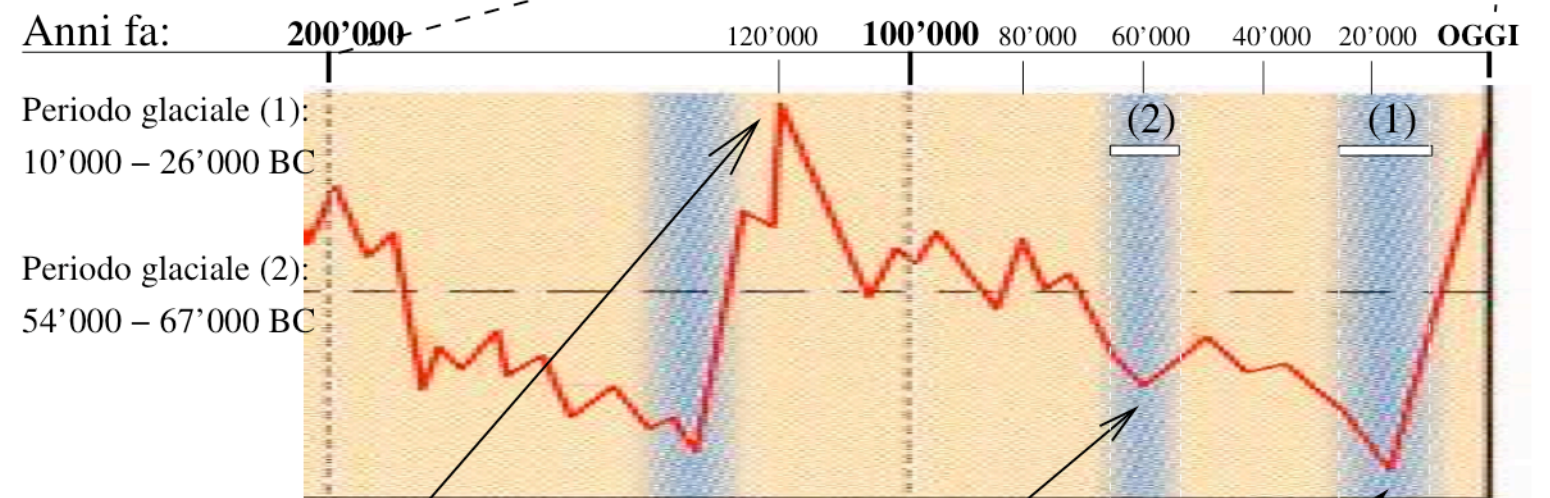
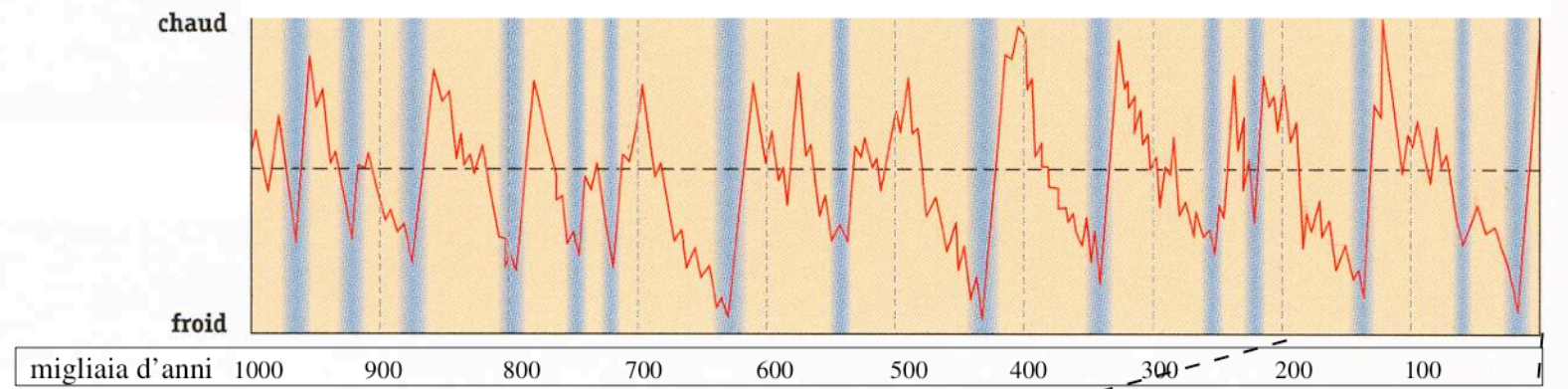


Cambiamenti climatici



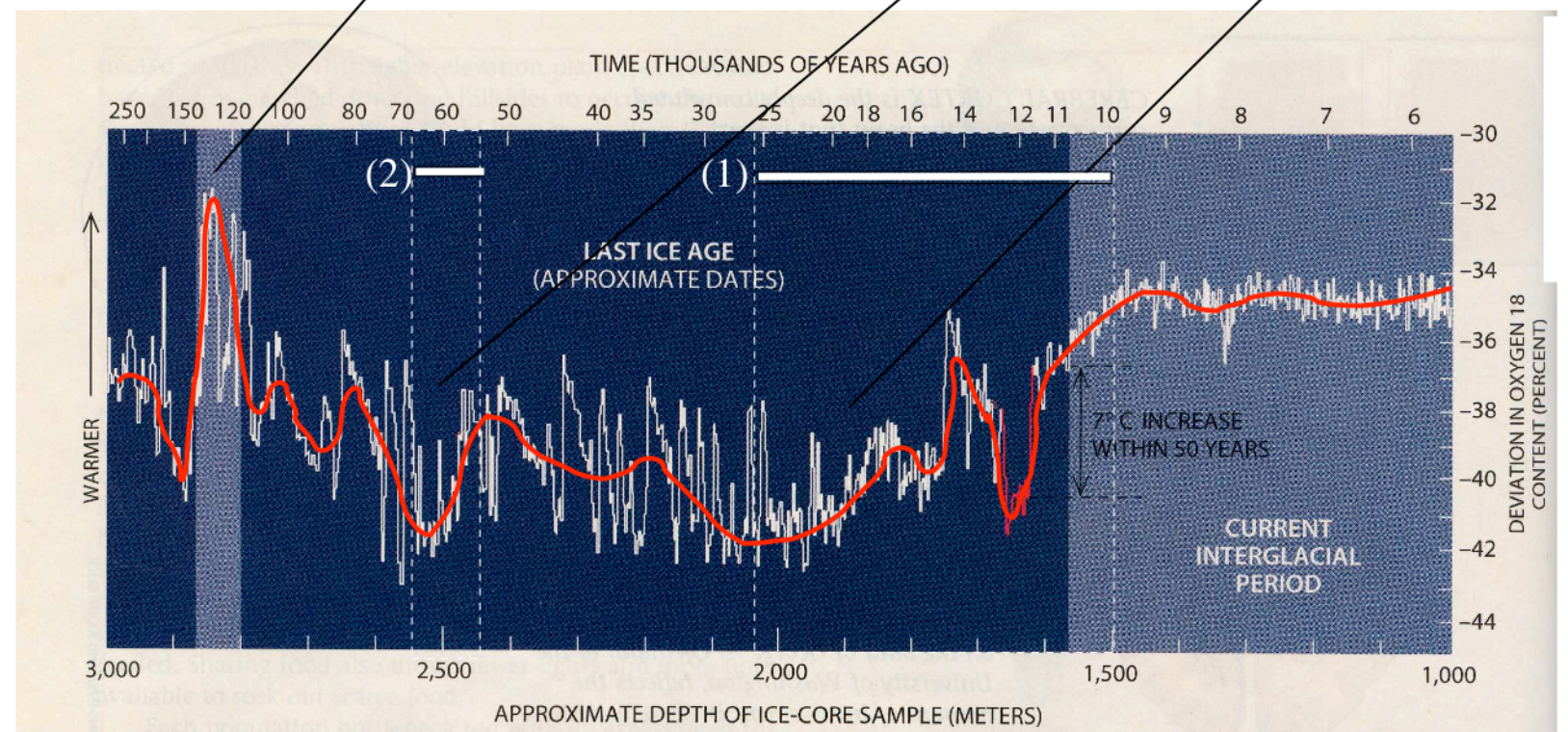
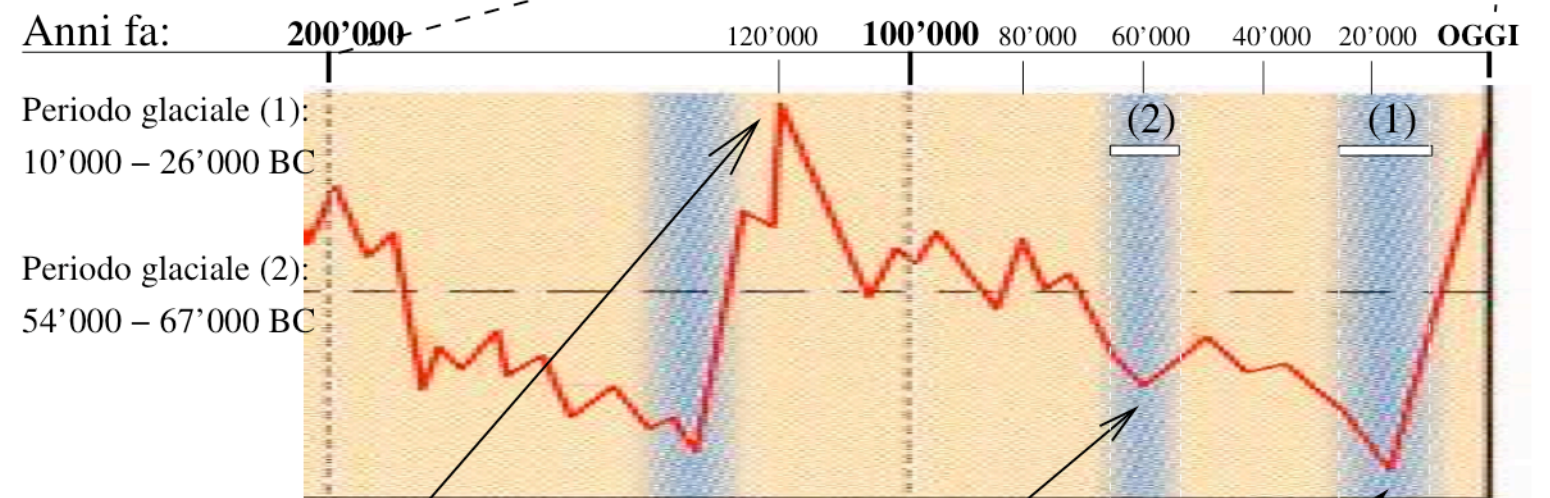
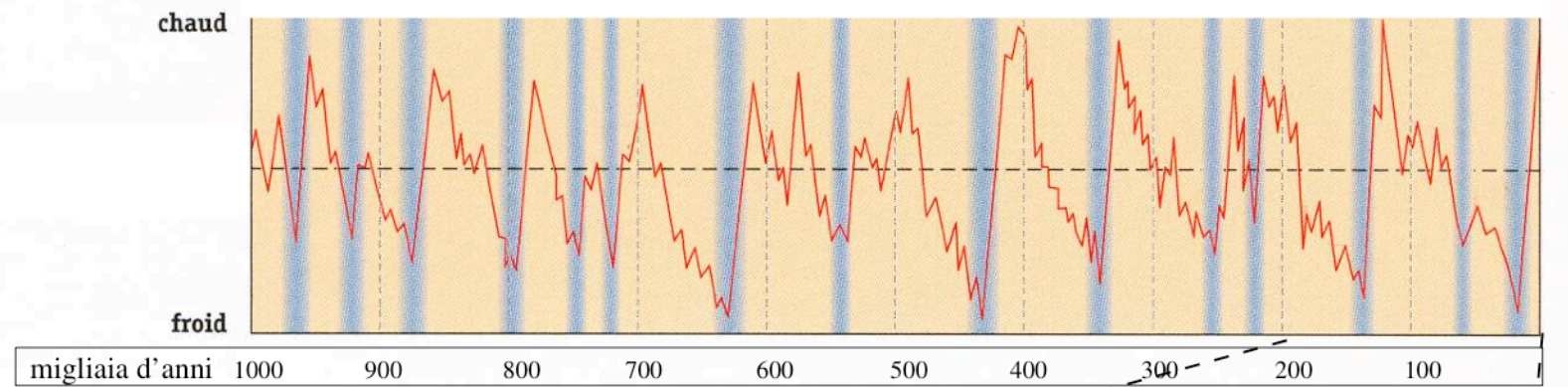
Cambiamenti climatici

- Da 10'000 a 100'000 anni fa, la temperatura media era molto più bassa.



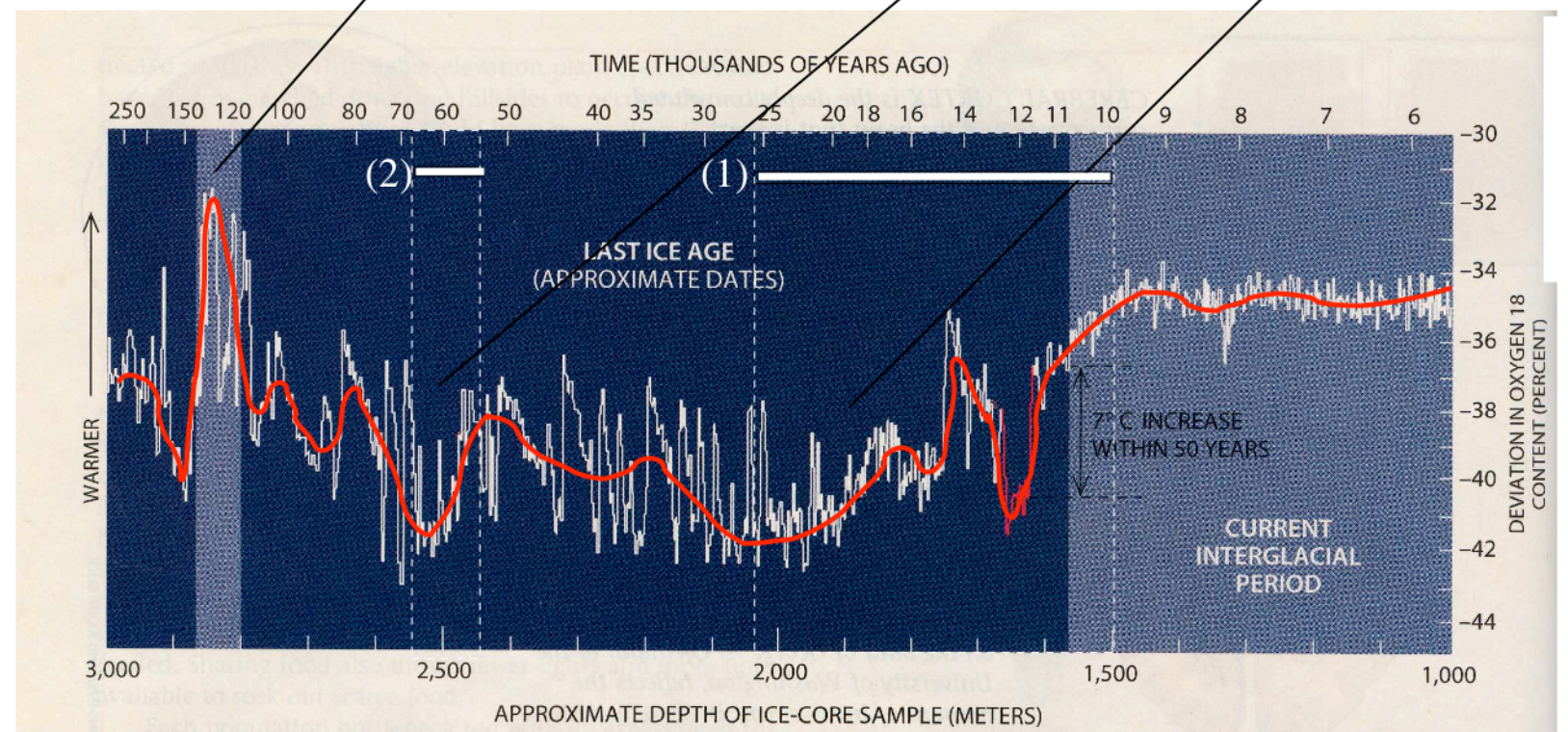
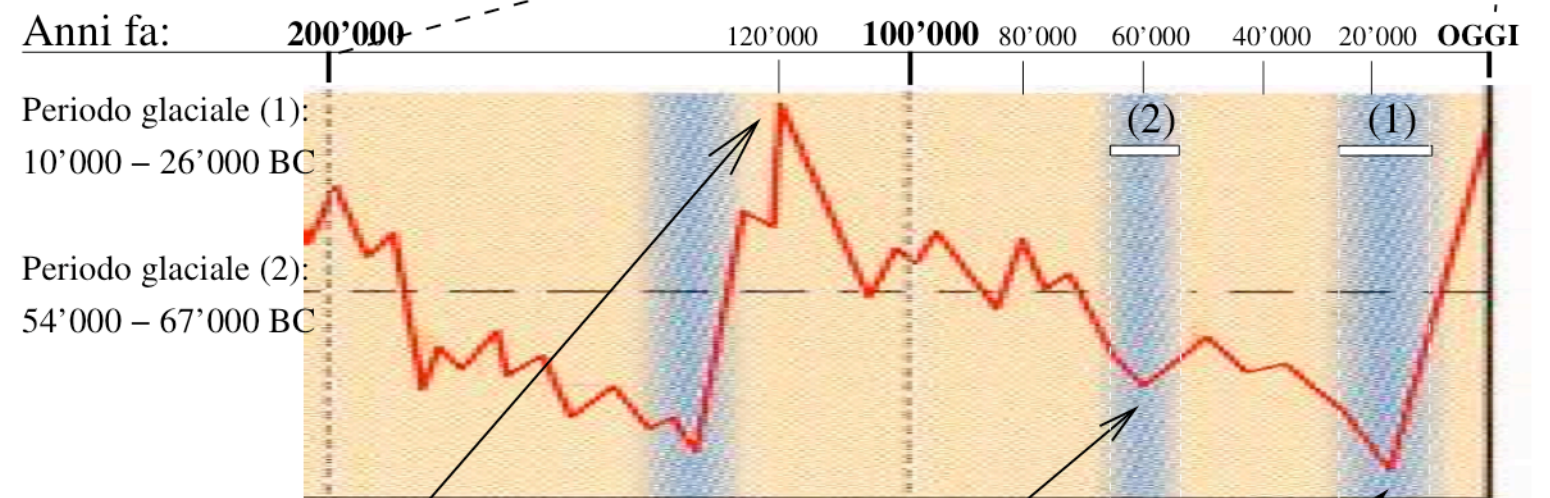
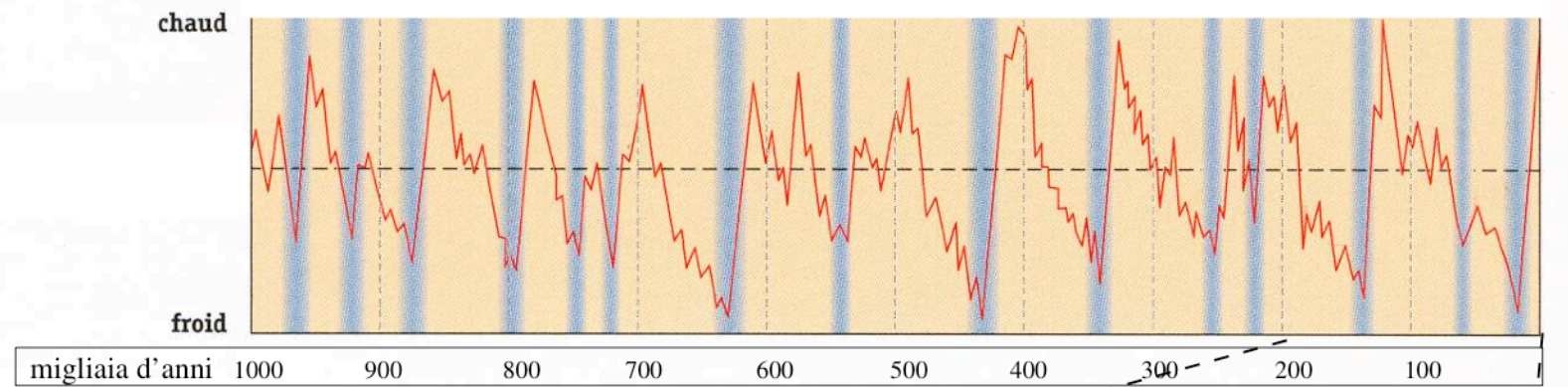
Cambiamenti climatici

- Da 10'000 a 100'000 anni fa, la temperatura media era molto più bassa.
- Grandi ed improvvisi fluttuazioni.



Cambiamenti climatici

- Da 10'000 a 100'000 anni fa, la temperatura media era molto più bassa.
- Grandi ed improvvisi fluttuazioni.
- Bisogno di considerevoli risorse intellettuali.



L'invenzione del linguaggio



L'invenzione del linguaggio

- Linguaggio/sintassi = caratteristica che definisce meglio l'intelligenza umana.



L'invenzione del linguaggio

- Linguaggio/sintassi = caratteristica che definisce meglio l'intelligenza umana.
- Un vantaggio enorme.



L'invenzione del linguaggio

- Linguaggio/sintassi = caratteristica che definisce meglio l'intelligenza umana.
- Un vantaggio enorme.
- Linguaggio complesso e pensiero logico-formale.



L'invenzione del linguaggio

- Linguaggio/sintassi = caratteristica che definisce meglio l'intelligenza umana.
- Un vantaggio enorme.
- Linguaggio complesso e pensiero logico-formale.



⇒ Sviluppare il linguaggio aiuta l'intelligenza

L'invenzione della pianificazione

L'invenzione della pianificazione

- Pianificazione nel mondo animale.

L'invenzione della pianificazione

- Pianificazione nel mondo animale.
- Immaginare un'azione nel tempo, la sua conseguenza sugli altri.

L'invenzione della pianificazione

- Pianificazione nel mondo animale.
- Immaginare un'azione nel tempo, la sua conseguenza sugli altri.
- Giudicare nuove combinazione di azioni e le loro conseguenze.

L'invenzione della pianificazione

- Pianificazione nel mondo animale.
- Immaginare un'azione nel tempo, la sua conseguenza sugli altri.
- Giudicare nuove combinazione di azioni e le loro conseguenze.
- Il pensiero non è limitato a costruzioni di tipo “linguistico”.

Neanderthal

Neanderthal

- Perché è scomparso 28'000 anni fa?

Neanderthal

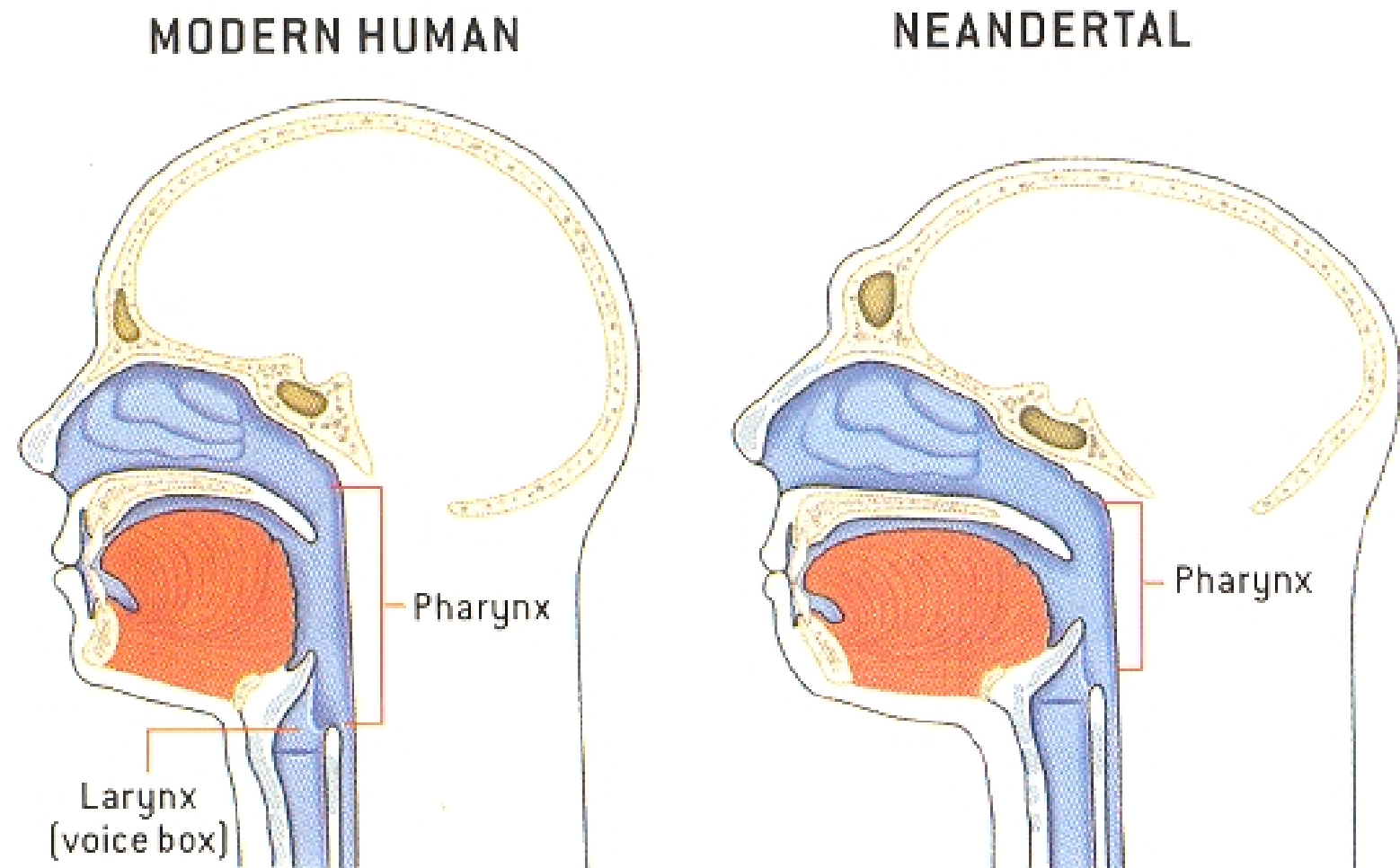
- Perché è scomparso 28'000 anni fa?
- Genocidio o perdente della competizione?

Neanderthal

- Perché è scomparso 28'000 anni fa?
- Genocidio o perdente della competizione?
- Mai sviluppato un linguaggio articolato e complesso (faringe più corta)?

Neanderthal

- Perché è scomparso 28'000 anni fa?
- Genocidio o perdente della competizione?
- Mai sviluppato un linguaggio articolato e complesso (faringe più corta)?

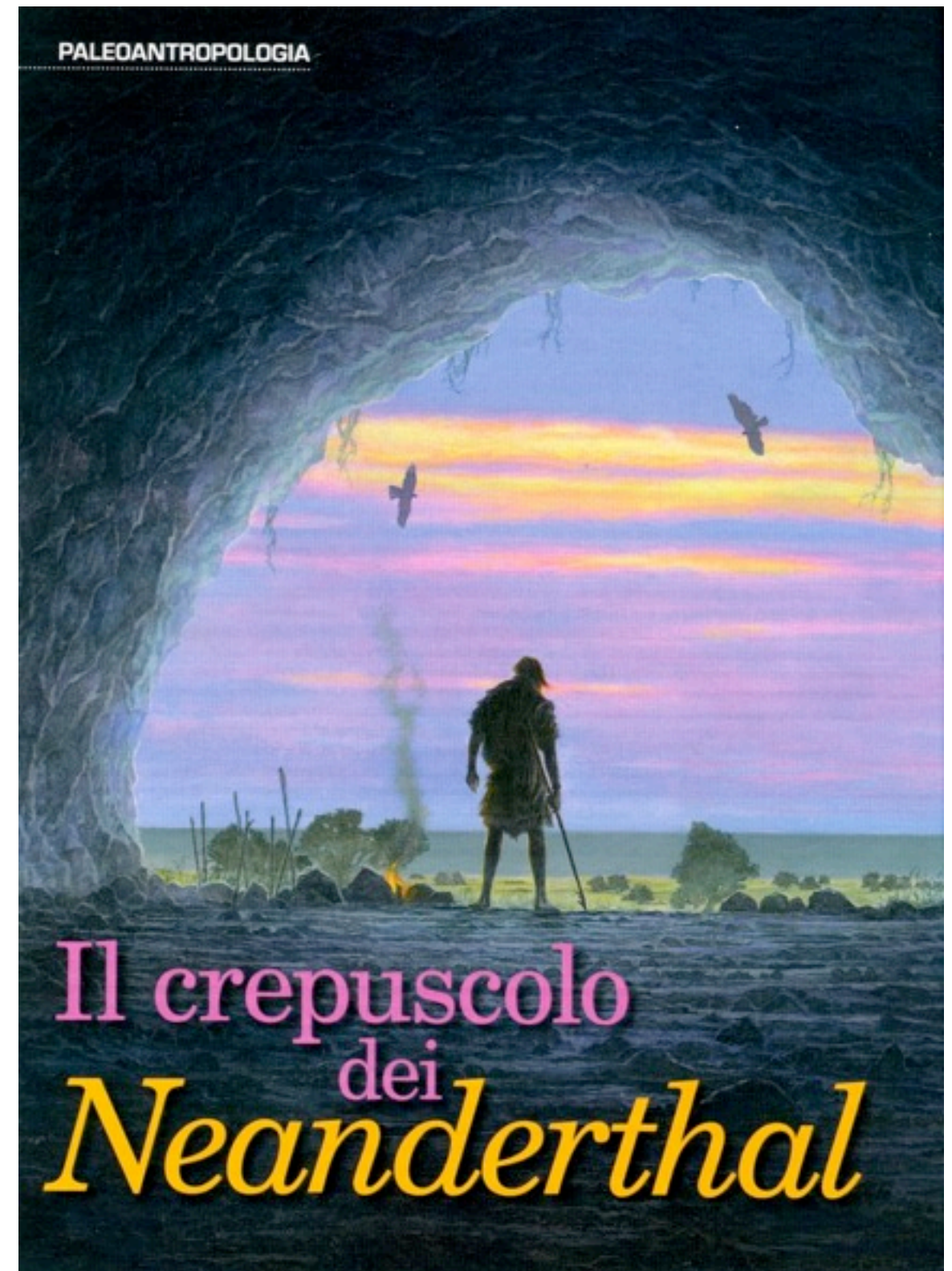


L'emergere dell'intelligenza

Kate Wong, "Le scienze", n° 494, ottobre 2009

L'uomo di Neanderthal
Homo neanderthalensis

“L'uomo di Neanderthal è la specie umana estinta che i paleoantropologi conoscono più di ogni altra. Ma la sua fine rimane un mistero, che diventa sempre più strano e complesso.”



Neanderthal



Neanderthal

- Il Neanderthal ha dominato l'Europa e l'Asia occidentale per 200'000 anni



Neanderthal

- Il Neanderthal ha dominato l'Europa e l'Asia occidentale per 200'000 anni

- 28'000 anni fa, è scomparso:



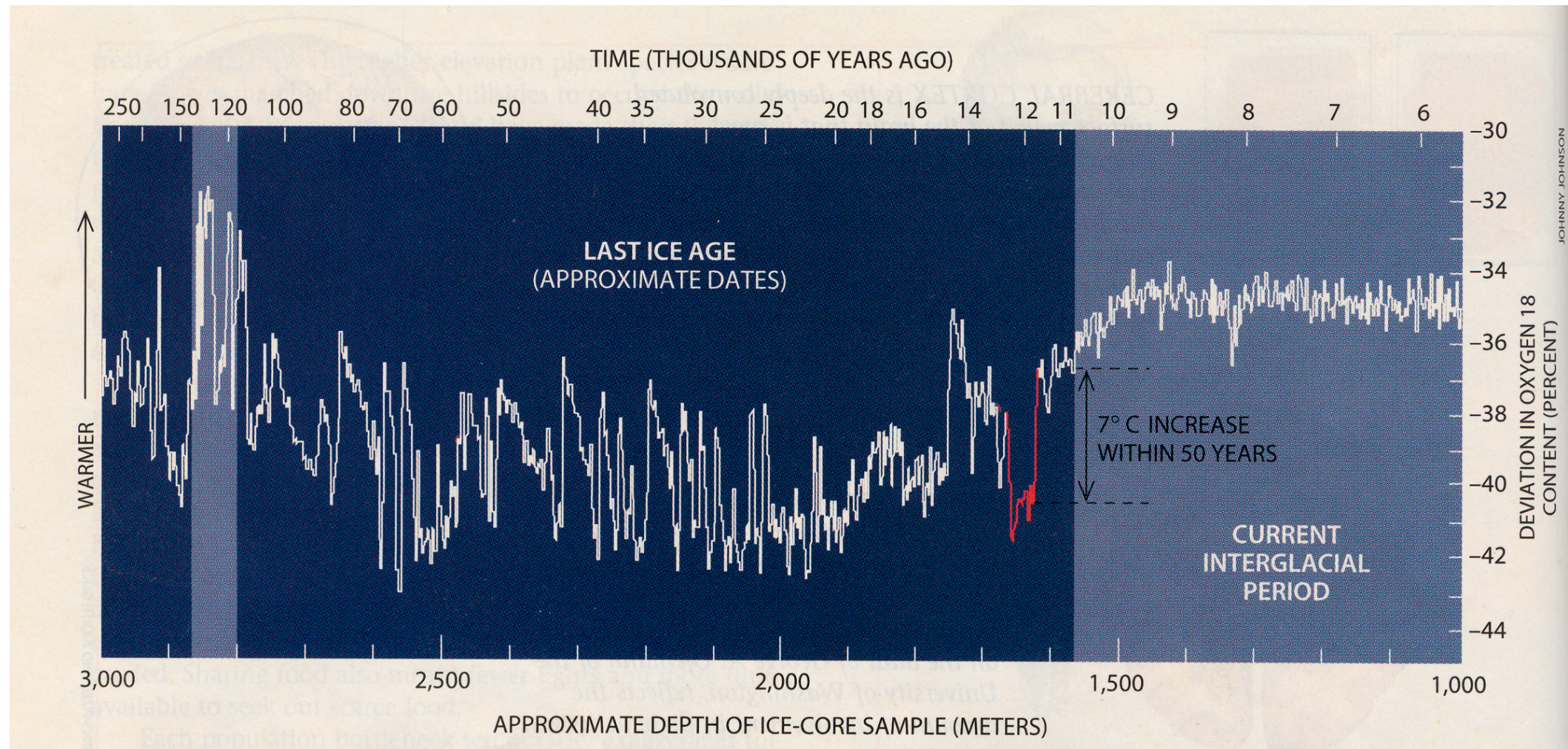
Neanderthal

- Il Neanderthal ha dominato l'Europa e l'Asia occidentale per 200'000 anni

- 28'000 anni fa, è scomparso:
PERCHÉ ?



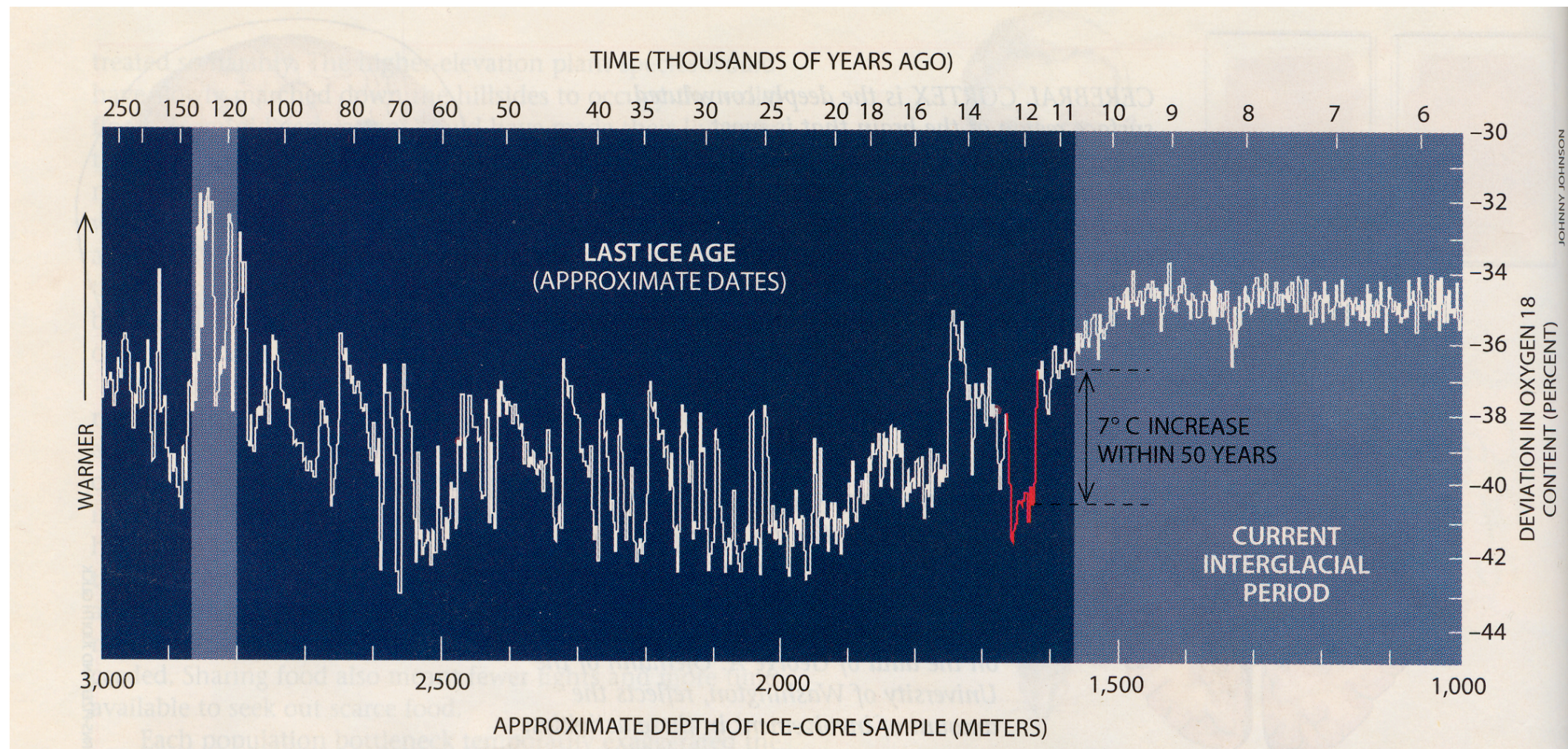
Neanderthal



JOHNNY JOHNSON

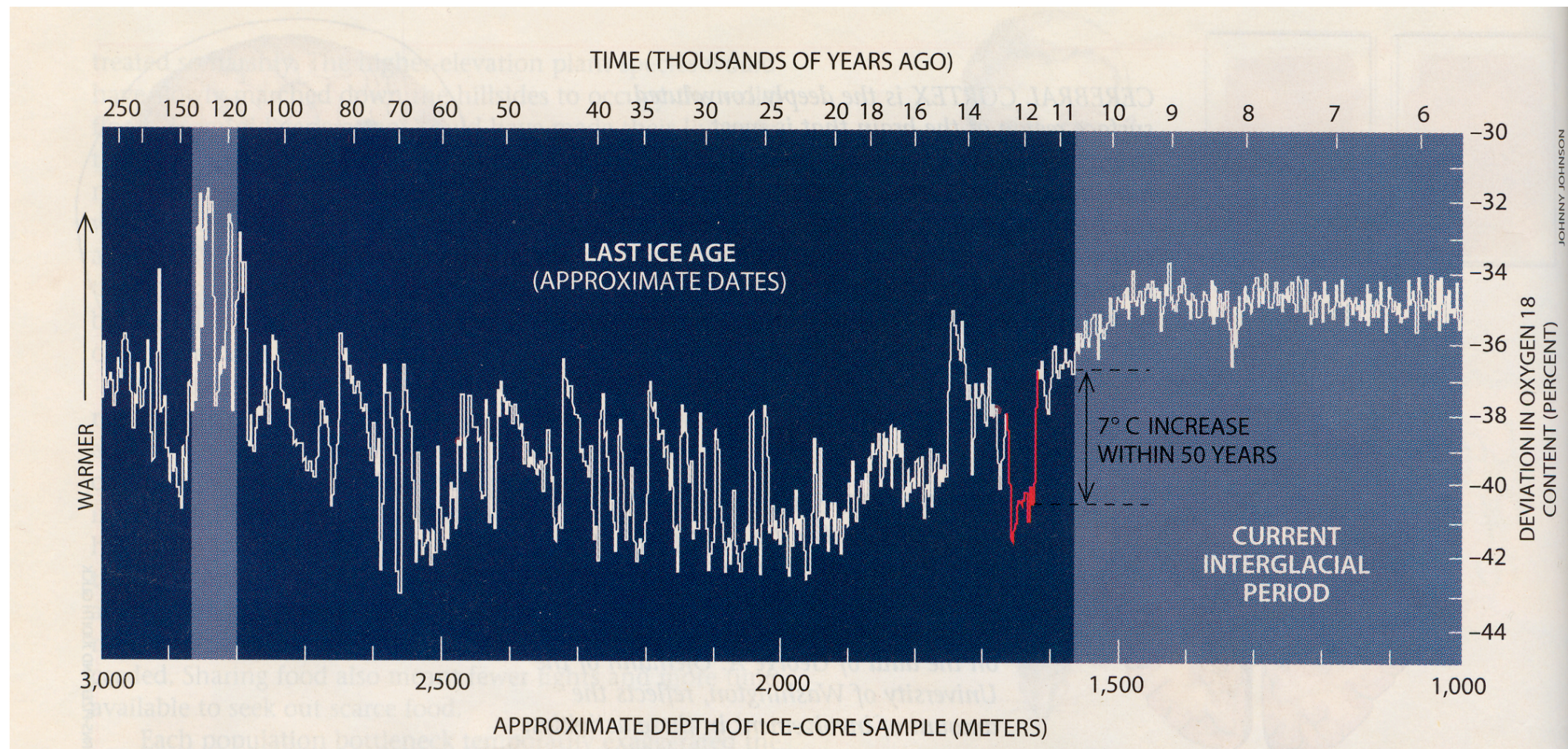
Neanderthal

Tutta colpa dei cambiamenti climatici ?



Neanderthal

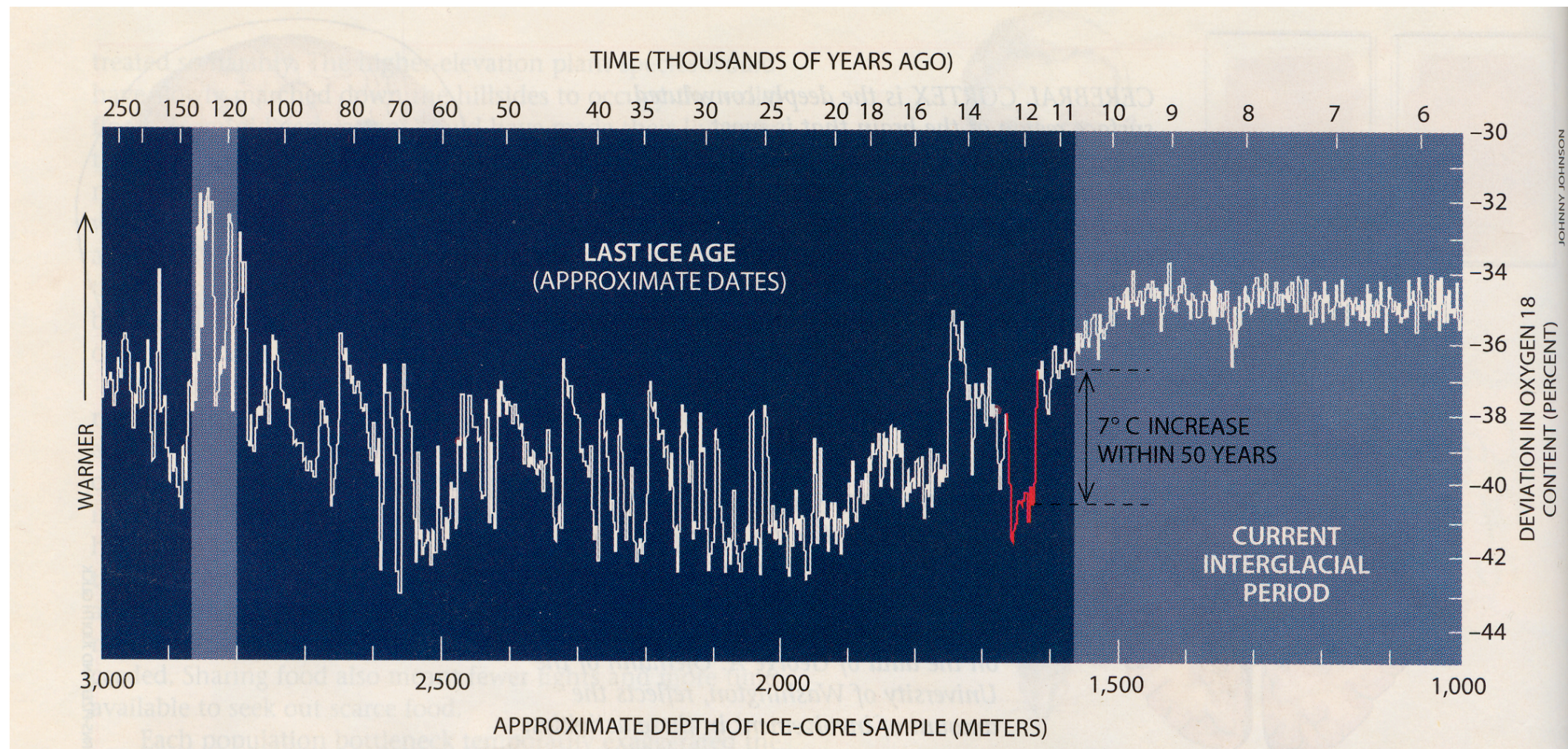
Tutta colpa dei cambiamenti climatici ?



- Periodo 65'000 - 25'000 (OIS-3): all'inizio, solo Neanderthal in Europa, alla fine, solo uomini moderni: è stata la rapida diminuzione di temperatura la causa della scomparsa dei Neanderthal ?

Neanderthal

Tutta colpa dei cambiamenti climatici ?



- Periodo 65'000 - 25'000 (OIS-3): all'inizio, solo Neanderthal in Europa, alla fine, solo uomini moderni: è stata la rapida diminuzione di temperatura la causa della scomparsa dei Neanderthal ?
- I Neanderthal (350'000 - 28'000 BP) sono già sopravvissuti a 4 periodi glaciali precedenti (130'000, 215'000, 250'000, 340'000 anni fa)

Neanderthal



Neanderthal

- Il Neanderthal era ben equipaggiato per affrontare il freddo.



Neanderthal

- Il Neanderthal era ben equipaggiato per affrontare il freddo.
- Fisico muscoloso adatto allo stile di caccia.



Neanderthal

- Il Neanderthal era ben equipaggiato per affrontare il freddo.
- Fisico muscoloso adatto allo stile di caccia.
- **Altalena** di condizioni ambientali: necessita di adattare nuovi modi di vita in breve tempo (p.es. bosco sostituito con una prateria).



Neanderthal

- Il Neanderthal era ben equipaggiato per affrontare il freddo.
- Fisico muscoloso adatto allo stile di caccia.
- **Altalena** di condizioni ambientali: necessita di adattare nuovi modi di vita in breve tempo (p.es. bosco sostituito con una prateria).
- Alcuni Neanderthal si adattarono (utensili fabbricati e prede).



Neanderthal

- Il Neanderthal era ben equipaggiato per affrontare il freddo.
- Fisico muscoloso adatto allo stile di caccia.
- **Altalena** di condizioni ambientali: necessita di adattare nuovi modi di vita in breve tempo (p.es. bosco sostituito con una prateria).
- Alcuni Neanderthal si adattarono (utensili fabbricati e prede).
- La maggior parte morì.



Neanderthal



Neanderthal

- Scomparso **solo dopo** l'arrivo dell'uomo moderno (*Homo sapiens*) in Europa: ruolo dell'uomo moderno nell'estinzione.



Neanderthal

- Scomparso **solo dopo** l'arrivo dell'uomo moderno (*Homo sapiens*) in Europa: ruolo dell'uomo moderno nell'estinzione.
- L'uomo moderno e il Neanderthal sono entrati in **competizione** per il cibo.



Neanderthal

- Scomparso **solo dopo** l'arrivo dell'uomo moderno (*Homo sapiens*) in Europa: ruolo dell'uomo moderno nell'estinzione.
- L'uomo moderno e il Neanderthal sono entrati in **competizione** per il cibo.
- L'uomo moderno è onnivoro, mentre il Neanderthal più specializzato nel nutrirsi di grandi mammiferi (mammut e rinoceronti lanosi).



Neanderthal



Neanderthal

- Il Neanderthal era più sveglio di quanto si pensasse.



Neanderthal

- Il Neanderthal era più sveglio di quanto si pensasse.
- I siti di Gibilterra rendono meno netta la linea di confine tra i due gruppi umani.



Neanderthal

PROVE DI COMPORTAMENTI MODERNI FRA I NEANDERTHAL

TRATTO	COMUNE	OCCASIONALE	ASSENTE	INCERTO
Arte				✓
Uso di pigmenti	✓			
Gioielli		✓		
Sepoltura simbolica dei morti				✓
Scambi su lunghe distanze				✓
Microliti		✓		
Punte seghettate			✓	
Utensili d'osso		✓		
Lame		✓		
Aghi			✓	
Sfruttamento delle risorse marine		✓		
Cattura di uccelli		✓		
Divisione del lavoro			✓	

Neanderthal

- Il Neanderthal praticava molti complessi e raffinati comportamenti.

PROVE DI COMPORTAMENTI MODERNI FRA I NEANDERTHAL

TRATTO	COMUNE	OCCASIONALE	ASSENTE	INCERTO
Arte				✓
Uso di pigmenti	✓			
Gioielli		✓		
Sepoltura simbolica dei morti				✓
Scambi su lunghe distanze				✓
Microliti		✓		
Punte seghettate			✓	
Utensili d'osso		✓		
Lame		✓		
Aghi			✓	
Sfruttamento delle risorse marine		✓		
Cattura di uccelli		✓		
Divisione del lavoro			✓	

Neanderthal

- Il Neanderthal praticava molti complessi e raffinati comportamenti.
- Disponeva degli utensili e delle conoscenze per sfruttare ampie risorse alimentari.

PROVE DI COMPORTAMENTI MODERNI FRA I NEANDERTHAL				
TRATTO	COMUNE	OCCASIONALE	ASSENTE	INCERTO
Arte				✓
Uso di pigmenti	✓			
Gioielli		✓		
Sepoltura simbolica dei morti				✓
Scambi su lunghe distanze				✓
Microliti		✓		
Punte seghettate			✓	
Utensili d'osso		✓		
Lame		✓		
Aghi			✓	
Sfruttamento delle risorse marine		✓		
Cattura di uccelli		✓		
Divisione del lavoro			✓	

Neanderthal

- Il Neanderthal praticava molti complessi e raffinati comportamenti.
- Disponeva degli utensili e delle conoscenze per sfruttare ampie risorse alimentari.
- Queste pratiche erano però più radicate e diffuse nella cultura degli esseri umani moderni.

PROVE DI COMPORTAMENTI MODERNI FRA I NEANDERTHAL				
TRATTO	COMUNE	OCCASIONALE	ASSENTE	INCERTO
Arte				✓
Uso di pigmenti	✓			
Gioielli		✓		
Sepoltura simbolica dei morti				✓
Scambi su lunghe distanze				✓
Microliti		✓		
Punte seghettate			✓	
Utensili d'osso		✓		
Lame		✓		
Aghi			✓	
Sfruttamento delle risorse marine		✓		
Cattura di uccelli		✓		
Divisione del lavoro			✓	

Neanderthal

Neanderthal

- Differenze più **sottili**, ma importanti in un contesto di maggiore competizione tra i diversi gruppi umani (causata dal peggioramento e dall'instabilità del clima).

Neanderthal

- Differenze più **sottili**, ma importanti in un contesto di maggiore competizione tra i diversi gruppi umani (causata dal peggioramento e dall'instabilità del clima).
- **L'arte del cucito**. Gli aghi lasciati dagli essere umani anatomicamente moderni ⇒ abiti e tende cuciti. Migliore protezione contro il freddo.

Neanderthal

- Differenze più **sottili**, ma importanti in un contesto di maggiore competizione tra i diversi gruppi umani (causata dal peggioramento e dall'instabilità del clima).
- **L'arte del cucito**. Gli aghi lasciati dagli essere umani anatomicamente moderni ⇒ abiti e tende cuciti. Migliore protezione contro il freddo.
- **La divisione dei compiti**. Dieta variata → divisione del lavoro: selvaggina (uomini), noci, semi, bacche (donne). Ambito più sicuro nel quale allevare i bambini per le donne.

Neanderthal

- Differenze più **sottili**, ma importanti in un contesto di maggiore competizione tra i diversi gruppi umani (causata dal peggioramento e dall'instabilità del clima).
- **L'arte del cucito.** Gli aghi lasciati dagli essere umani anatomicamente moderni ⇒ abiti e tende cuciti. Migliore protezione contro il freddo.
- **La divisione dei compiti.** Dieta variata → divisione del lavoro: selvaggina (uomini), noci, semi, bacche (donne). Ambito più sicuro nel quale allevare i bambini per le donne.
- Al Neanderthal serviva più cibo: 32% più energia per la locomozione.

Neanderthal

- Differenze più **sottili**, ma importanti in un contesto di maggiore competizione tra i diversi gruppi umani (causata dal peggioramento e dall'instabilità del clima).
- **L'arte del cucito.** Gli aghi lasciati dagli essere umani anatomicamente moderni ⇒ abiti e tende cuciti. Migliore protezione contro il freddo.
- **La divisione dei compiti.** Dieta variata → divisione del lavoro: selvaggina (uomini), noci, semi, bacche (donne). Ambito più sicuro nel quale allevare i bambini per le donne.
- Al Neanderthal serviva più cibo: 32% più energia per la locomozione.
- **I primi nonni.** Il numero di essere umani anatomicamente moderni che vivevano abbastanza a lungo aumenta attorno a 30'000 anni fa: maggior numero di anni riproduttivi, più tempo per acquisire conoscenze specializzate e trasmetterle.

- Differenze più **sottili**, ma importanti in un contesto di maggiore competizione tra i diversi gruppi umani (causata dal peggioramento e dall'instabilità del clima).
- **L'arte del cucito.** Gli aghi lasciati dagli essere umani anatomicamente moderni ⇒ abiti e tende cuciti. Migliore protezione contro il freddo.
- **La divisione dei compiti.** Dieta variata → divisione del lavoro: selvaggina (uomini), noci, semi, bacche (donne). Ambito più sicuro nel quale allevare i bambini per le donne.
- Al Neanderthal serviva più cibo: 32% più energia per la locomozione.
- **I primi nonni.** Il numero di essere umani anatomicamente moderni che vivevano abbastanza a lungo aumenta attorno a 30'000 anni fa: maggior numero di anni riproduttivi, più tempo per acquisire conoscenze specializzate e trasmetterle.