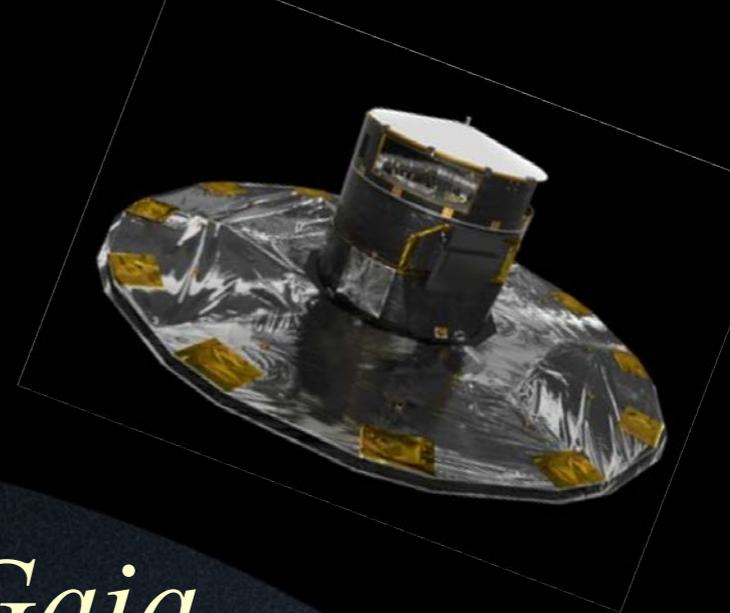


# La Voie lactée



vue par la mission spatiale *Gaia*



Carine Babusiaux

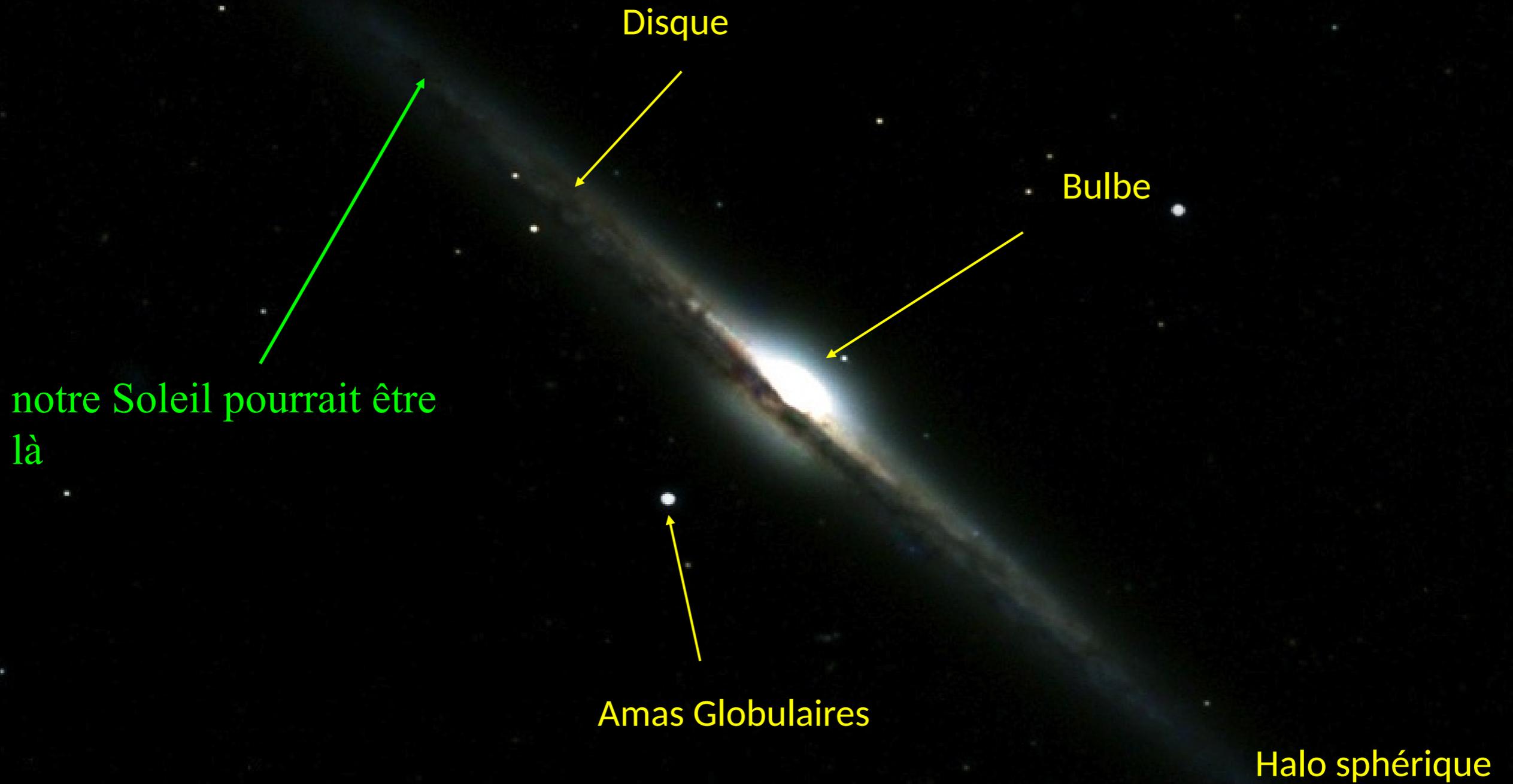
# La Voie lactée

---



# NGC 4565

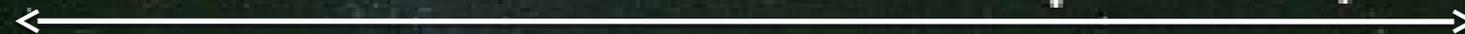
Notre galaxie ressemble, peut-être, à cette galaxie



M 83

Notre galaxie ressemble, peut-être, à cette galaxie

notre Soleil pourrait être là



~ 1 000 000 000 000 000 000 km

~ 100 000 années lumières

# Le choix du poste d'observation est crucial !

---



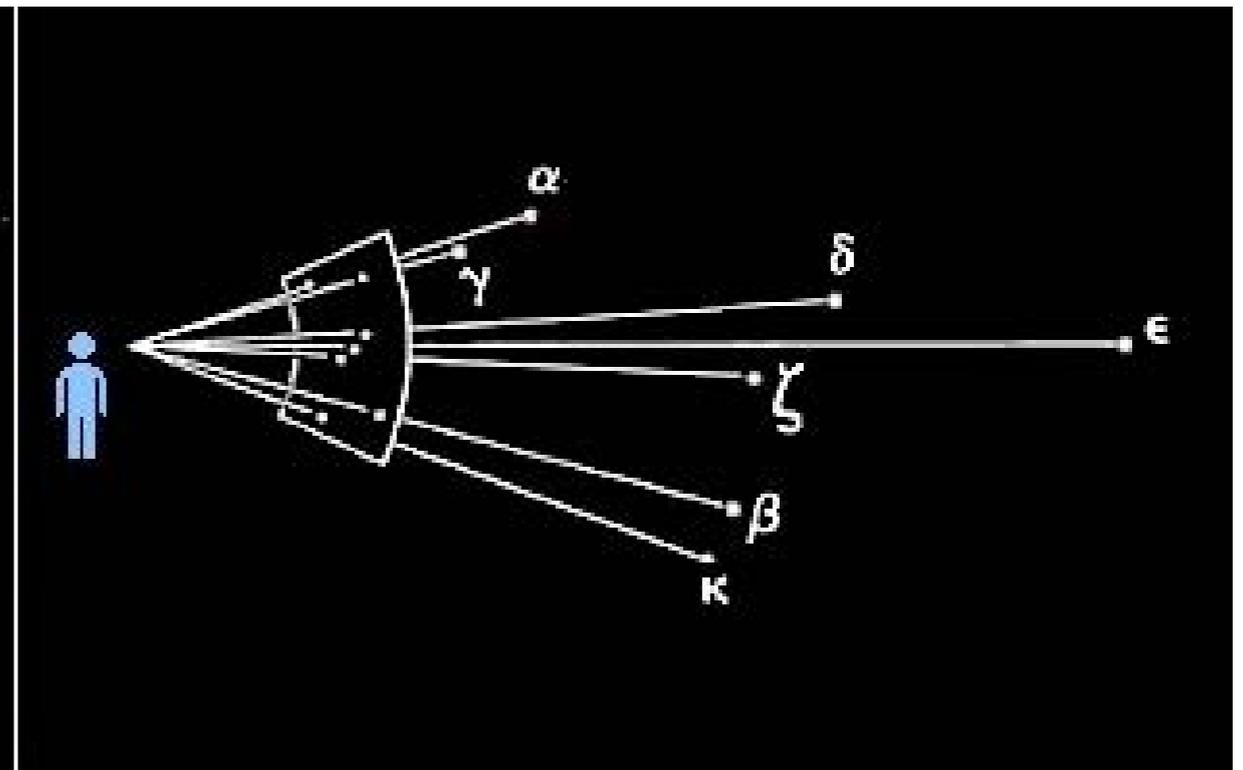
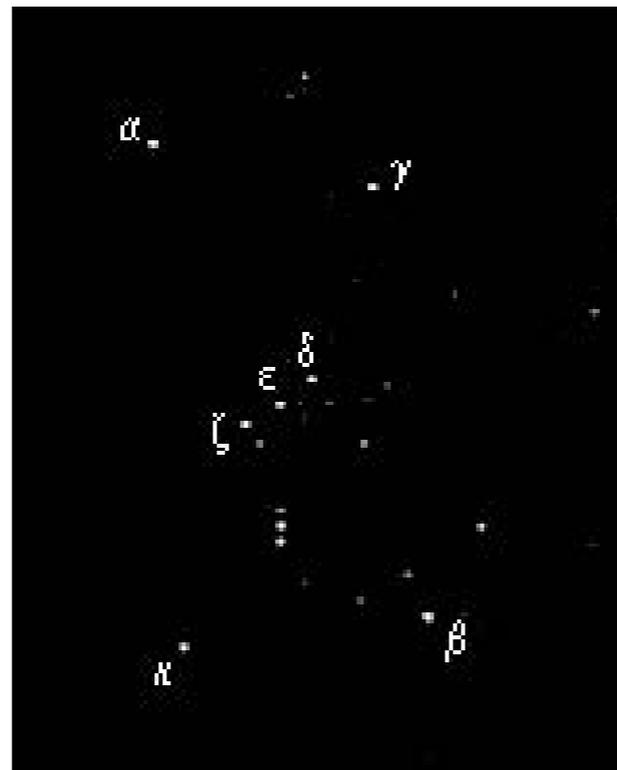
*Cette planète est toute sèche, et toute pointue et toute salée.*

Antoine de Saint-Exupéry

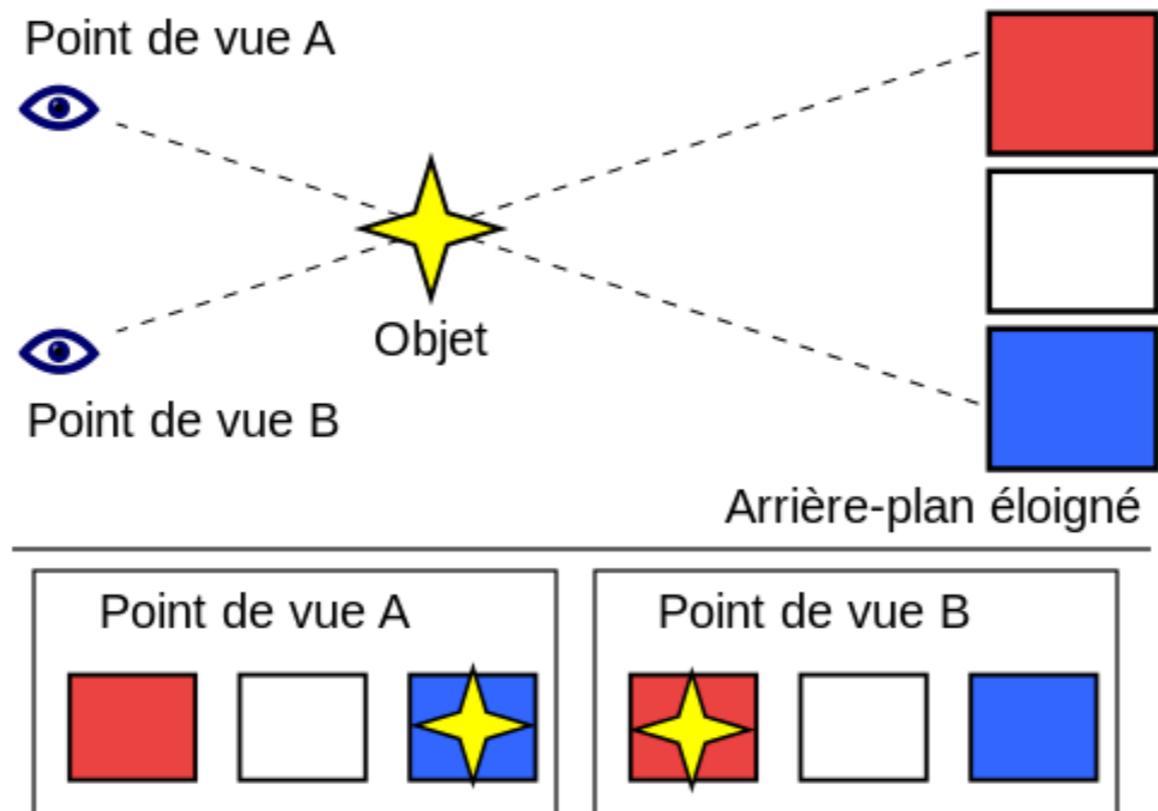
le Soleil est dans le plan de la Galaxie

# La distance des étoiles ?

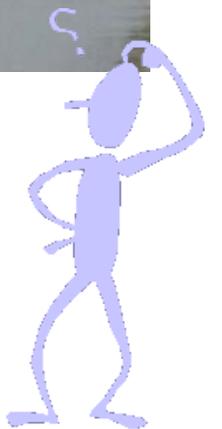
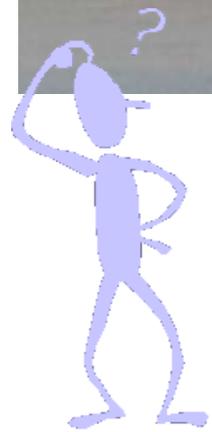
---



# La parallaxe



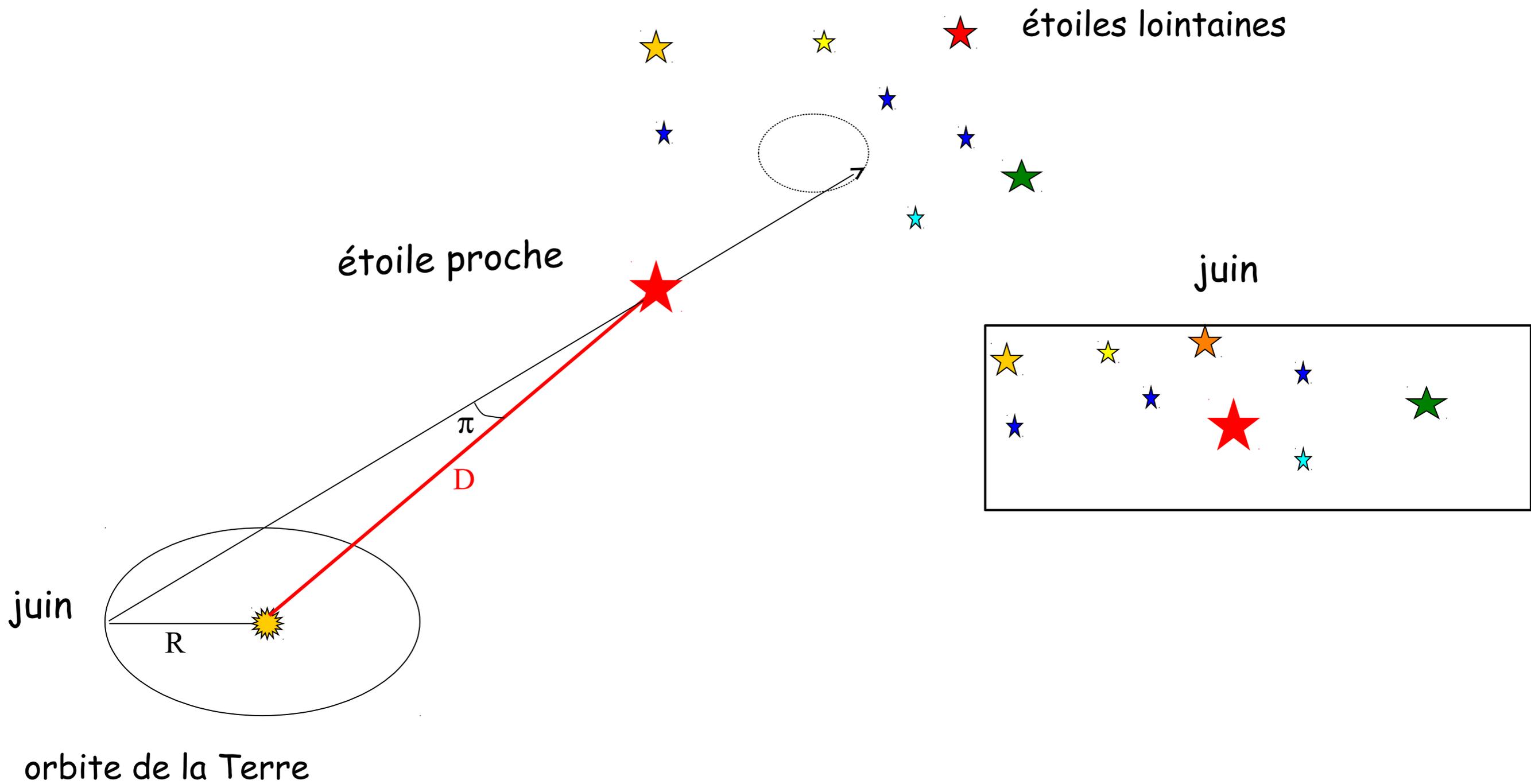
# La parallaxe



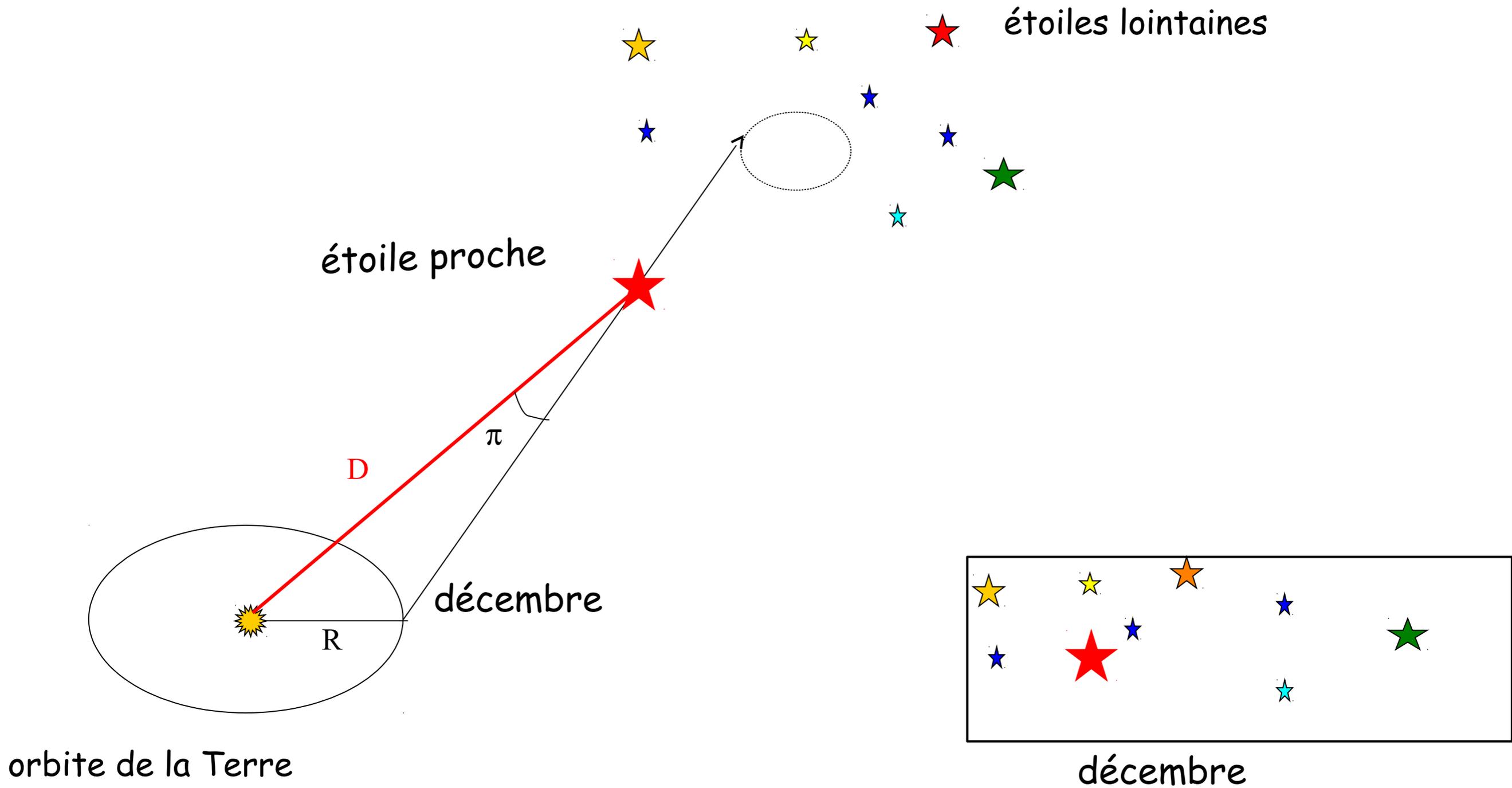
Position 1

Position 2 <sup>8</sup>

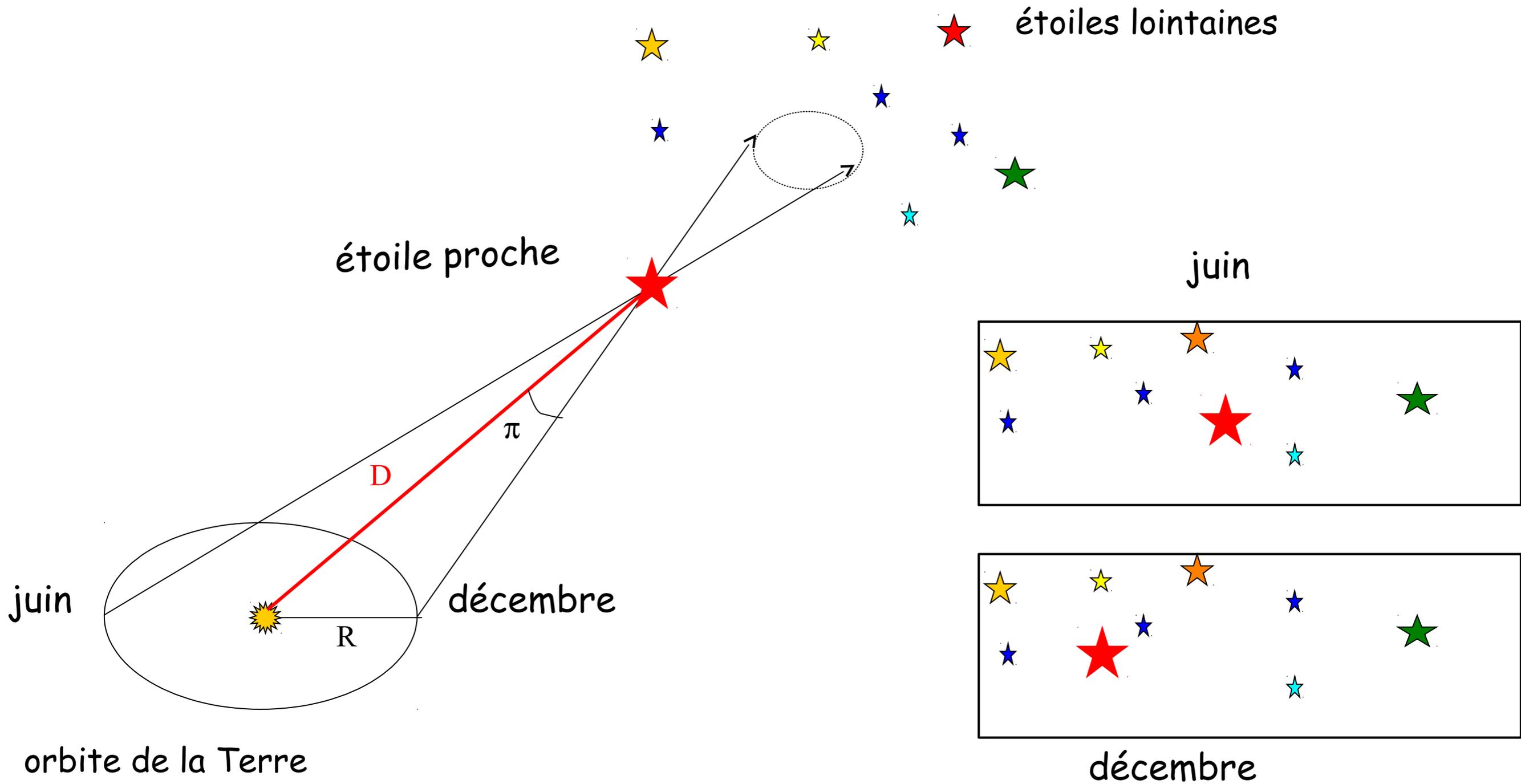
# Mesure des distances avec la parallaxe



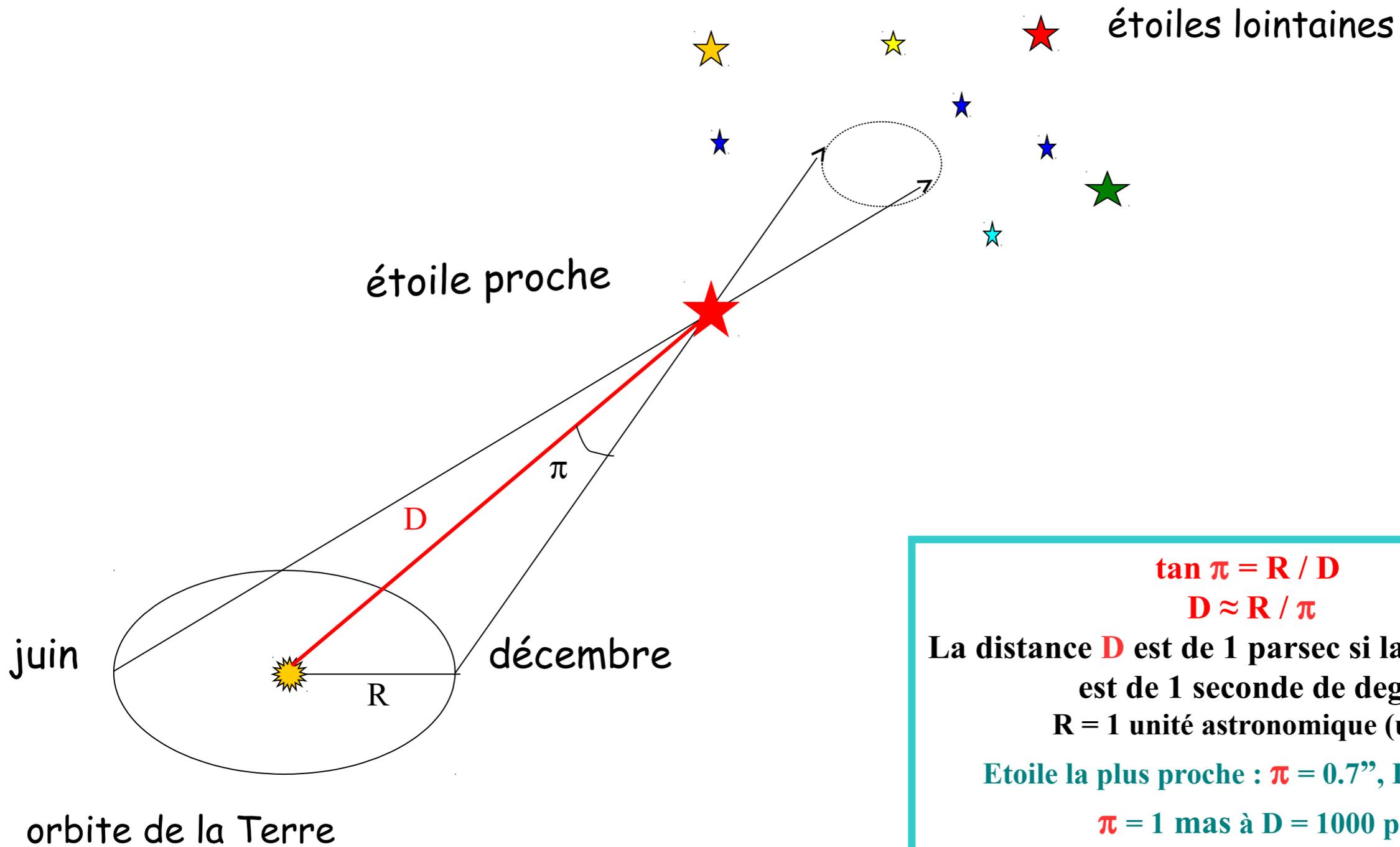
# Mesure des distances avec la parallaxe



# Mesure des distances avec la parallaxe



# Mesure des distances avec la parallaxe



$$\tan \pi = R / D$$

$$D \approx R / \pi$$

La distance **D** est de 1 parsec si la parallaxe  $\pi$  est de 1 seconde de degré  
R = 1 unité astronomique (u.a.)

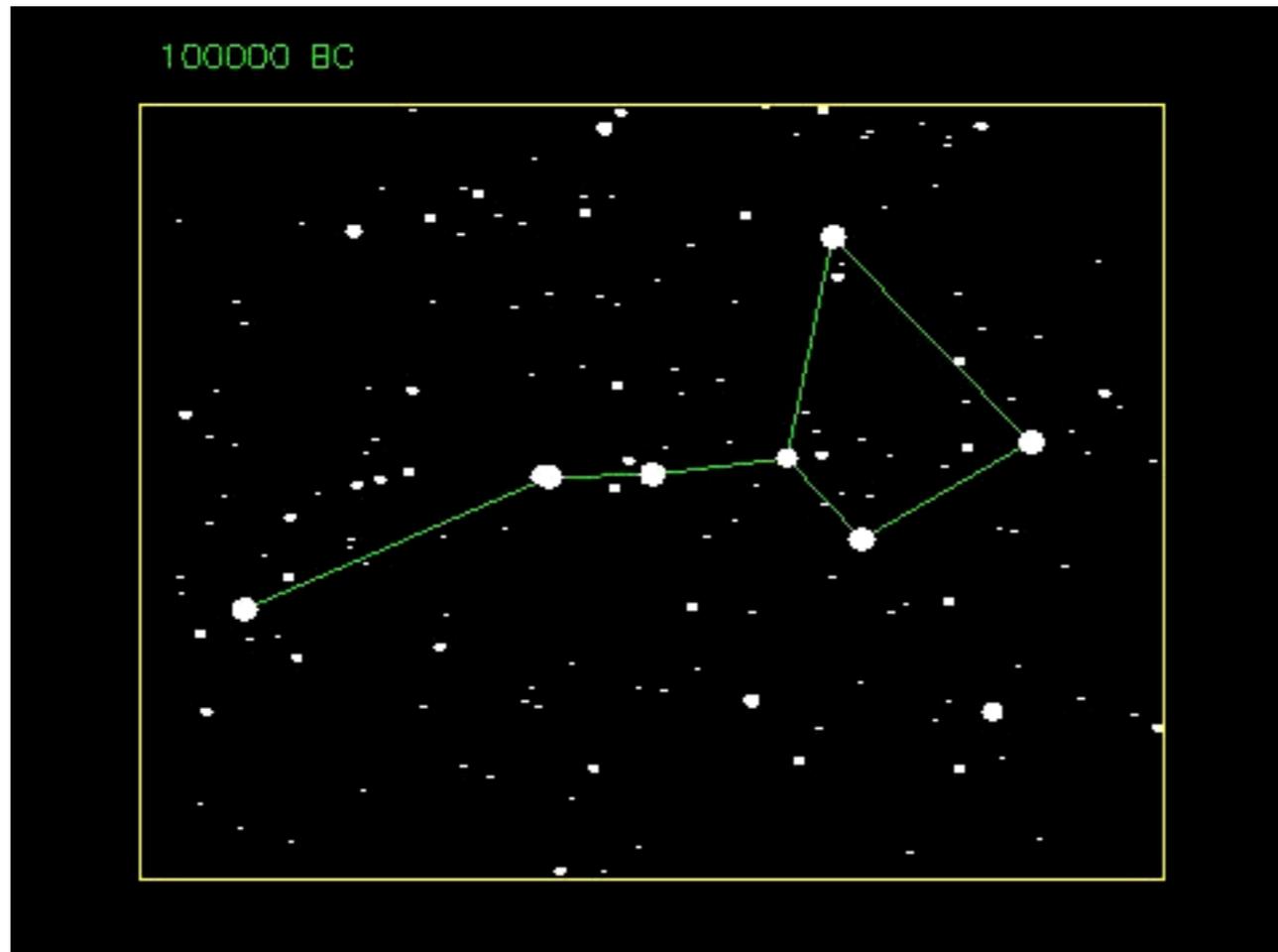
Etoile la plus proche :  $\pi = 0.7''$ , D = 1.2 pc

$$\pi = 1 \text{ mas à } D = 1000 \text{ pc}$$

$$\pi = 1 \text{ } \mu\text{as à } D = 1000 \text{ kpc}$$

# Le mouvement propre des étoiles

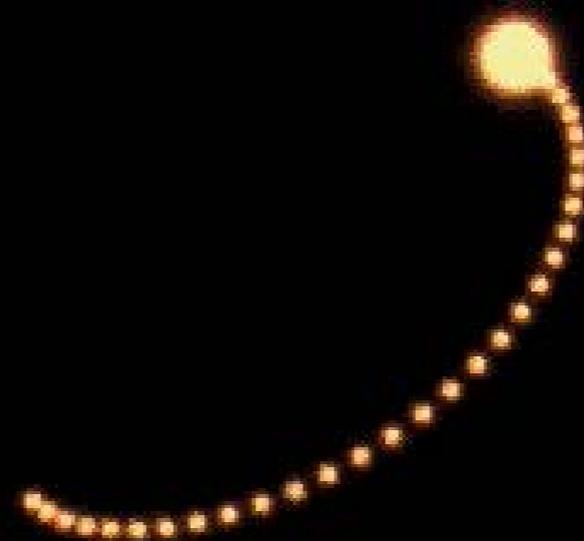
---



La Grande Ourse  
pendant 200 000 ans

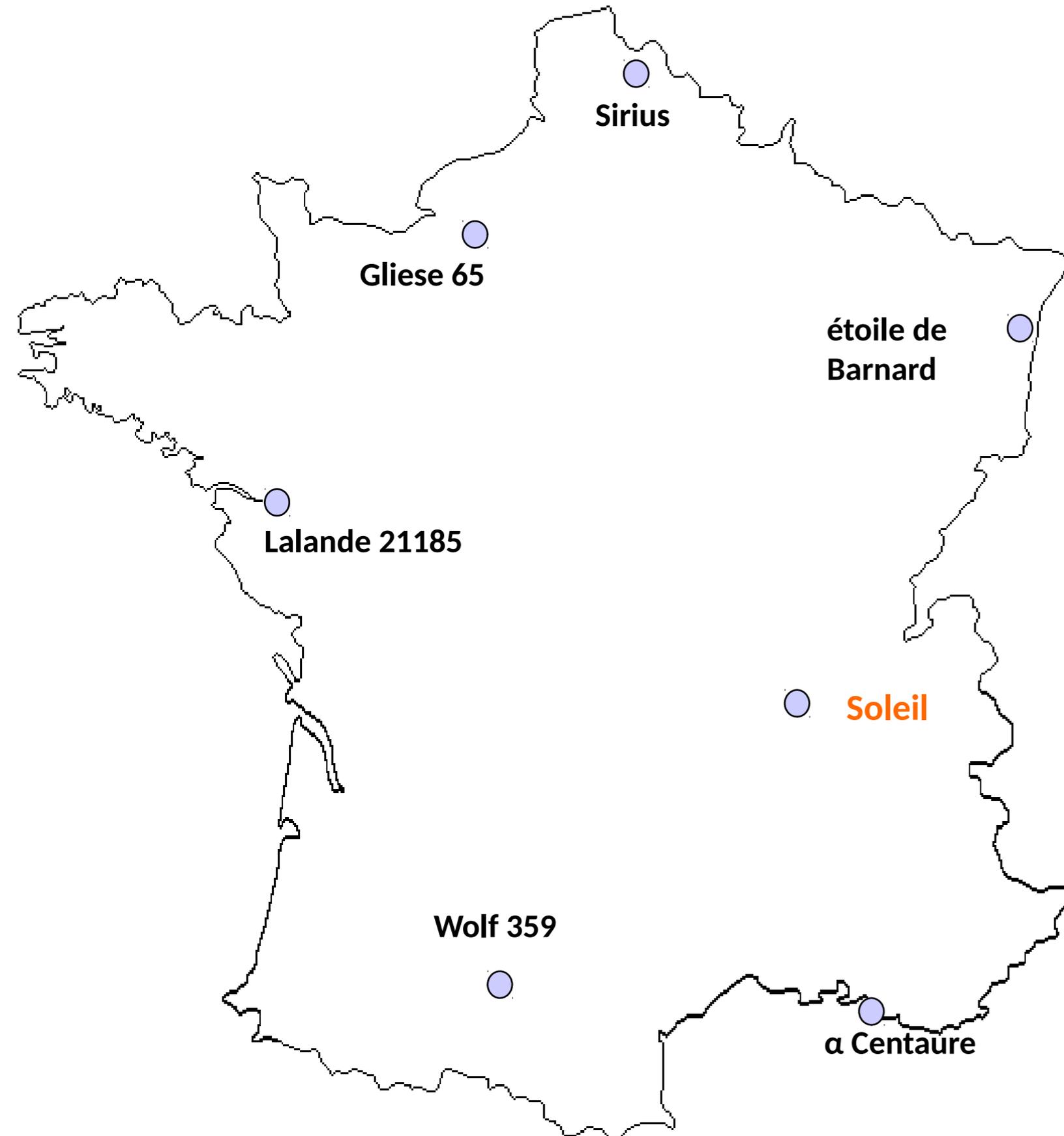
**Edmond Halley** découvre en 1718 les mouvements propres en comparant les positions d'étoiles observées à son époque avec celles de Ptolémée

Mais il n'arrive pas à mesurer de parallaxes...





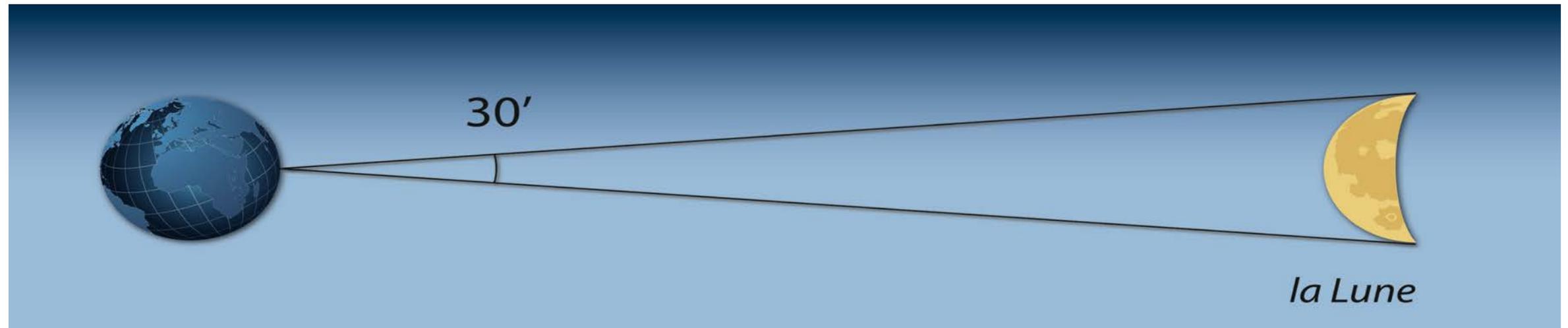
# Mais les étoiles sont très... très lointaines



À cette échelle:

- Le Soleil serait plus petit qu'une bille
- La Terre serait à un mètre
- Le Système solaire serait un terrain de foot
- L'étoile la plus proche serait à Marseille et Sirius à Lille

# Étoiles lointaines → angles très petits

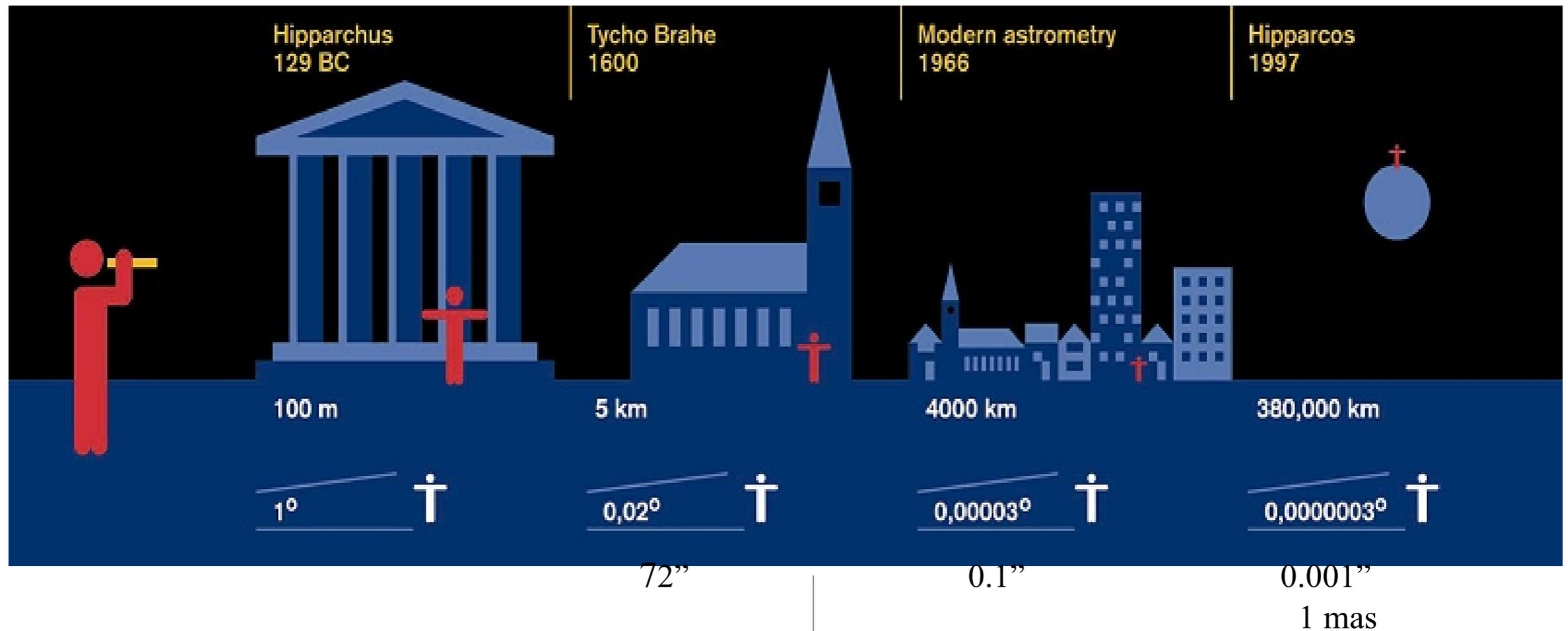


Pour l'étoile la plus proche, l'angle à mesurer est 2500 fois plus petit que la dimension apparente de la lune !

Pour une étoile au centre de la Galaxie, l'angle à mesurer est 15 millions de fois plus petit !

Des angles si petits qu'il aura fallu très longtemps pour être capable les mesurer...

# Progression de la précision des mesures d'angle

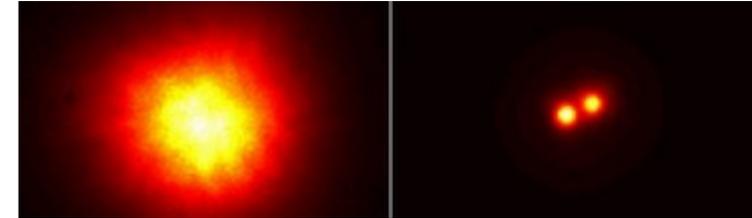


Première mesure de parallaxe d'une étoile  
1838

# L'astrométrie spatiale: pourquoi ?

---

- Echapper à la turbulence et la réfraction atmosphériques  
→ images stables et non déformées
- Observation de l'ensemble du ciel avec le même instrument
- Echapper à la pesanteur  
→ pas de flexion des instruments
- Echapper aux irrégularités du mouvement de la Terre
- Possibilité d'observer deux champs simultanément  
→ astrométrie globale

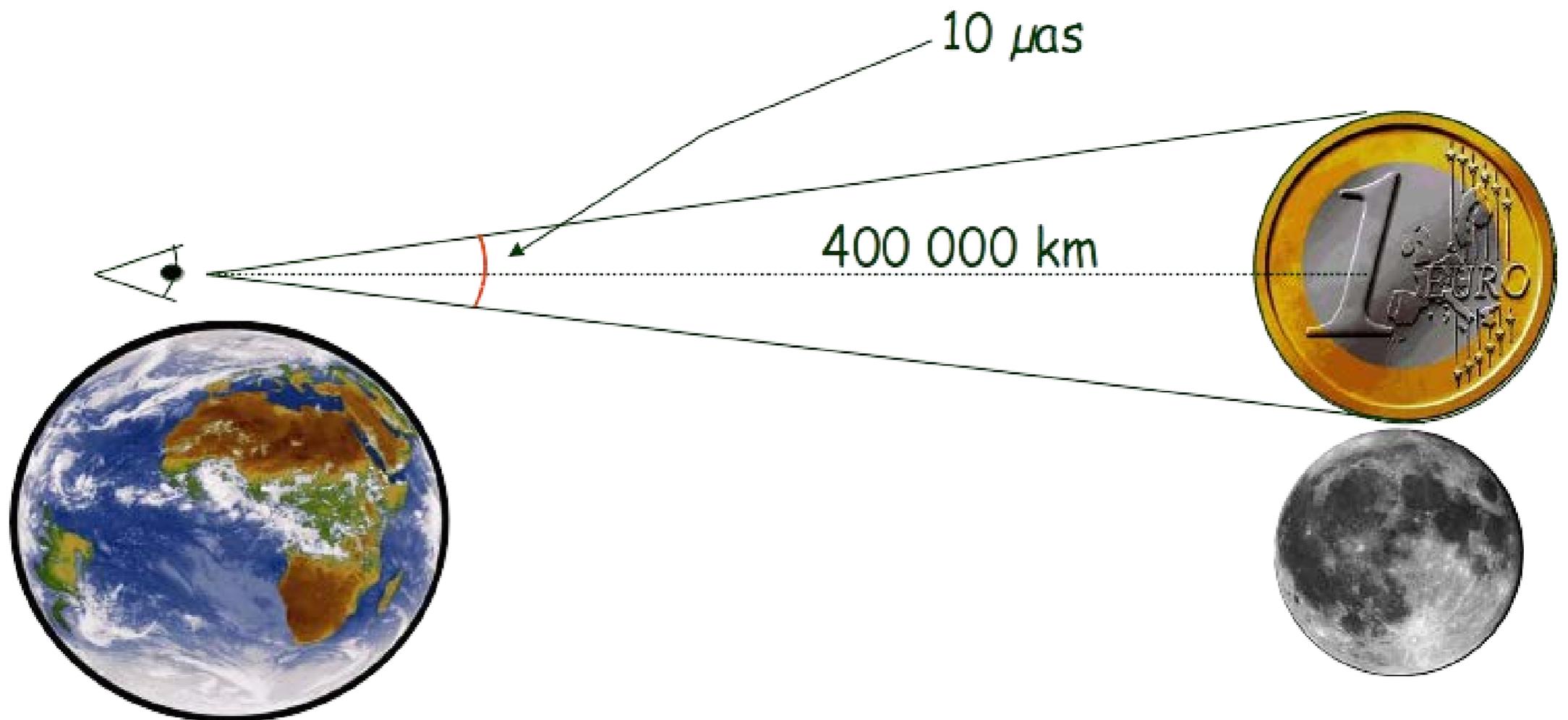


# La précision finale attendue pour la mission Gaia

$$1\mu\text{as} = 1^\circ/3600/10^6$$

Une feuille de papier à 2000 km, vue par la tranche

Un cheveu à 1000 km



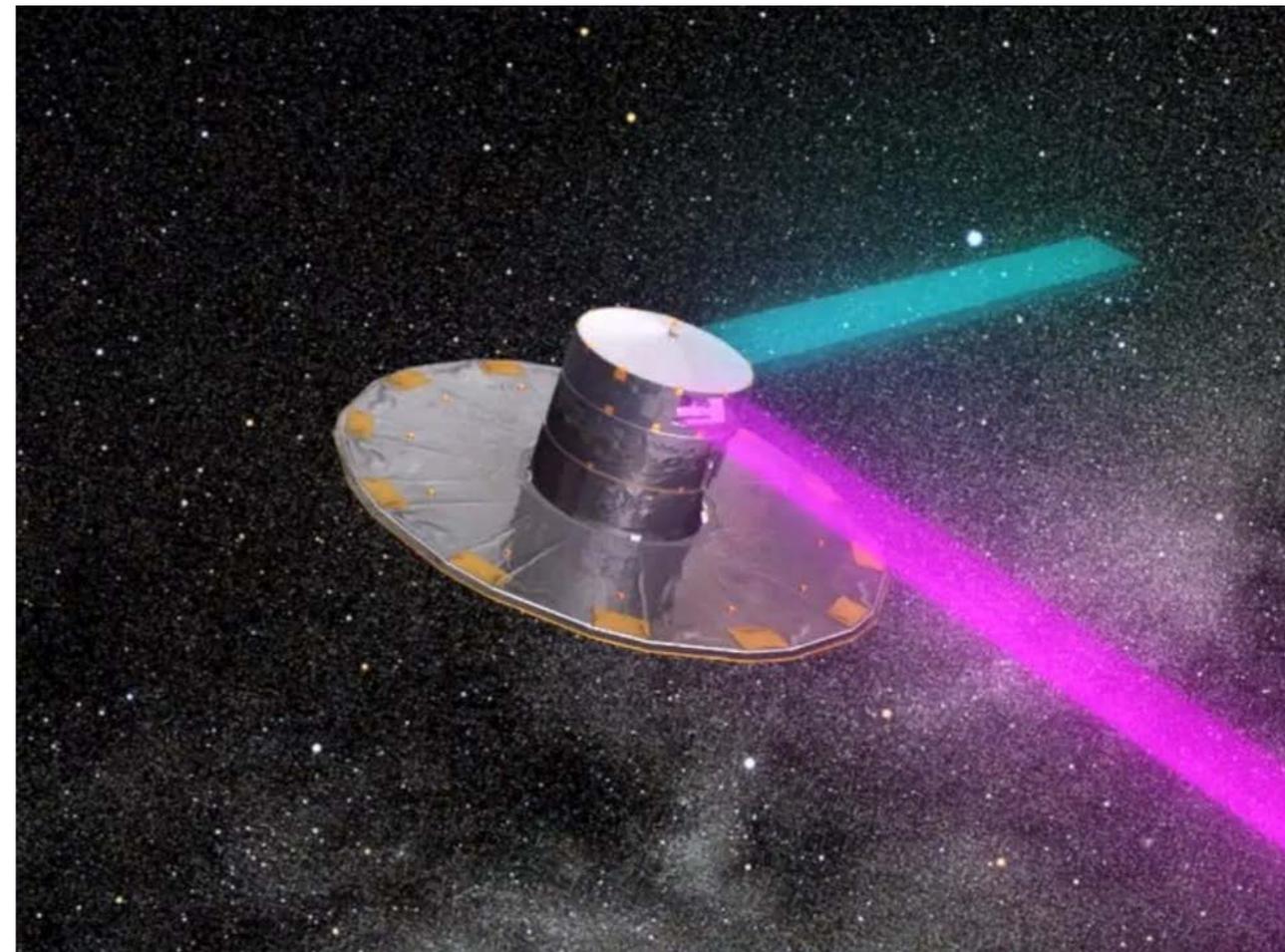
# La mission Gaia

Mission de l'agence spatiale européenne  
lancée en 2013

5 ans de mission minimum

1 milliard d'étoiles observées

Dédié à l'étude de la Voie lactée

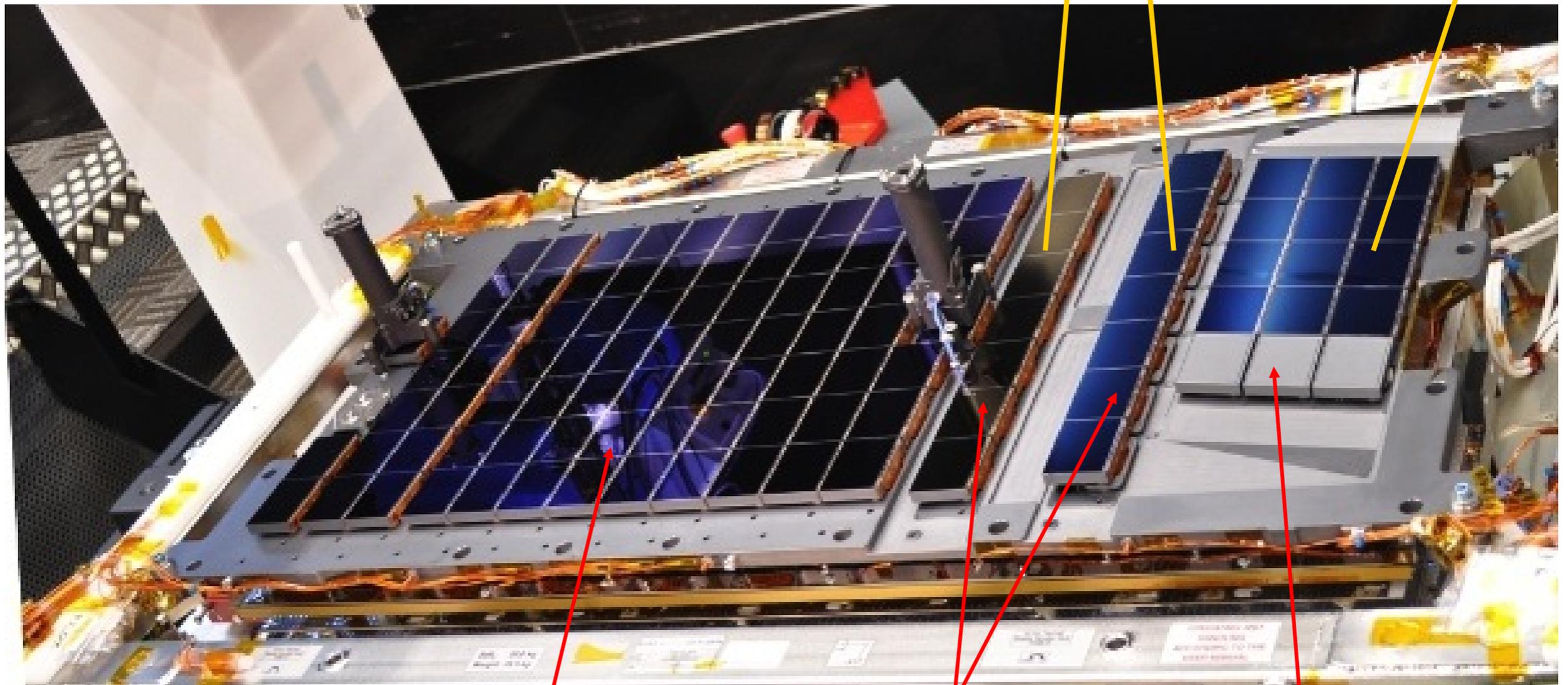
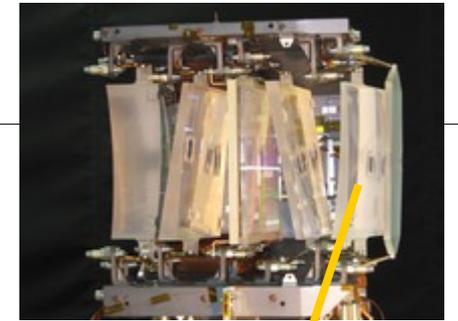
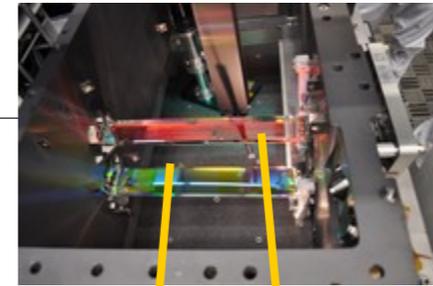


© ESA

## 3 instruments

- Astrométrie → positions, mouvement propre, parallaxe
- Photométrie → luminosité, couleur
- Spectroscopie → vitesses radiales

# Gaia, la machine à mesurer



© ESA-EADS Astrium

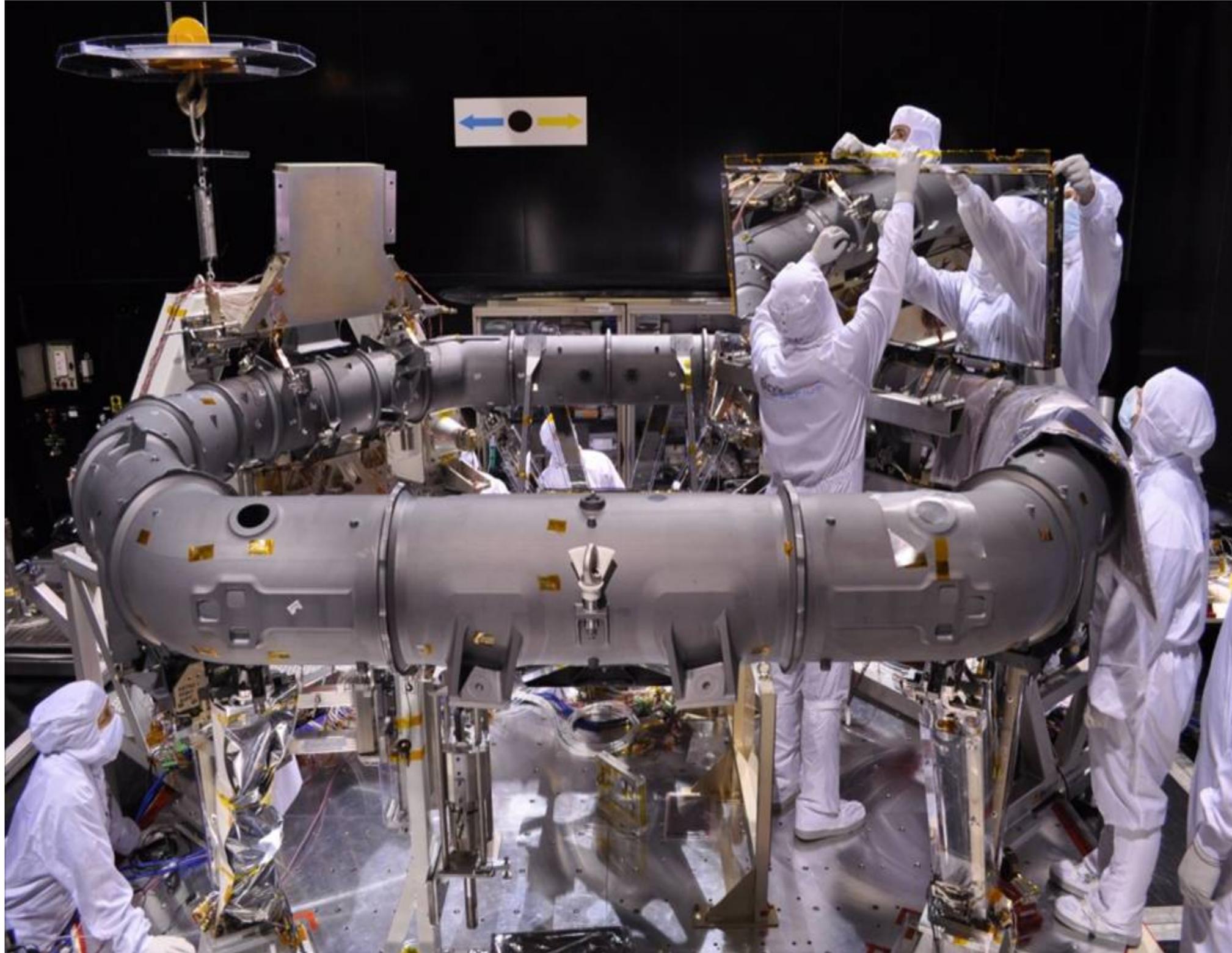
Astrométrie

Photométrie

Spectroscopie

Le plan focal de Gaia: 104x42 cm, 106 CCDs = 1 milliard de pixels

# Les instruments



# Le satellite au complet



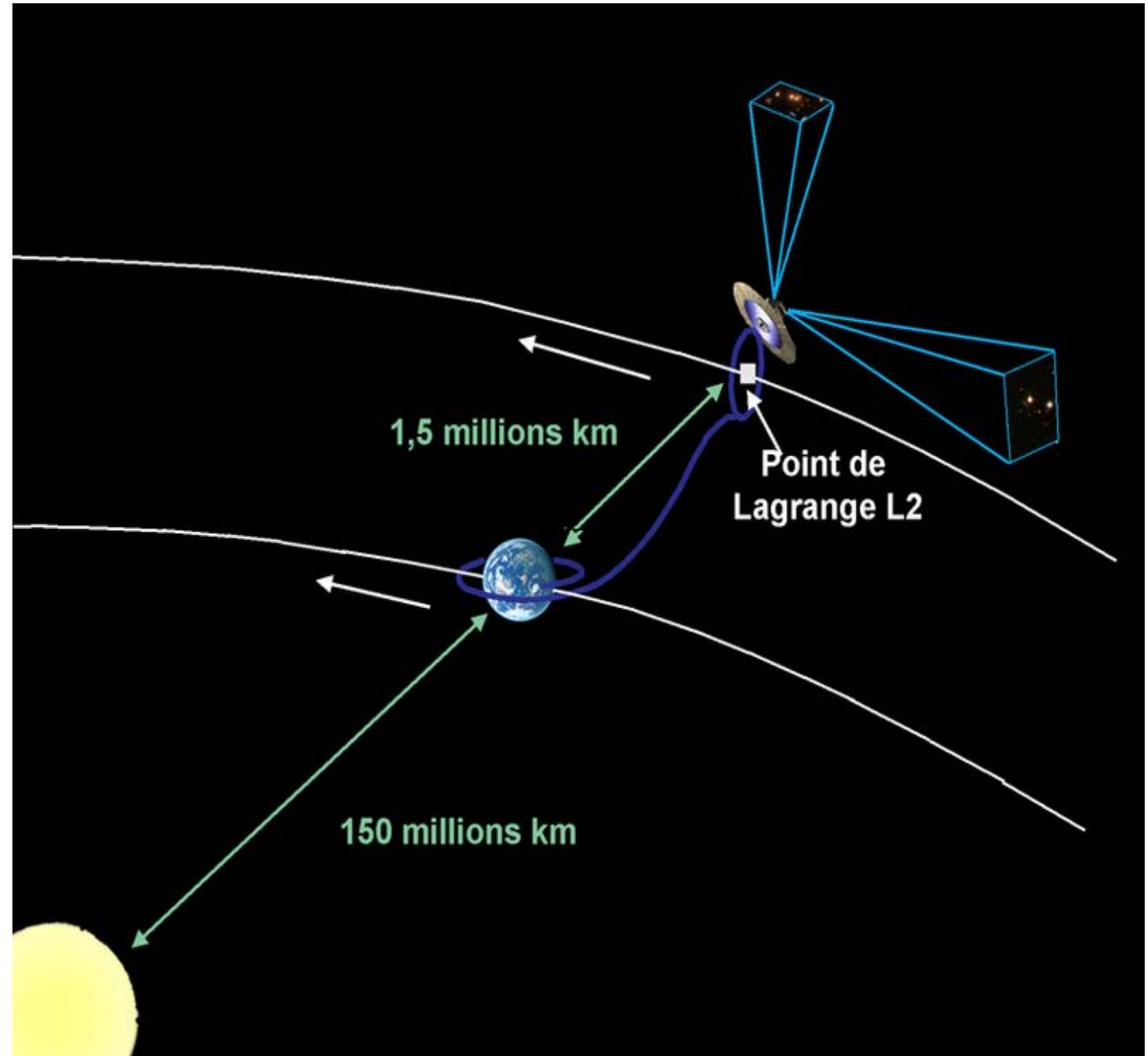
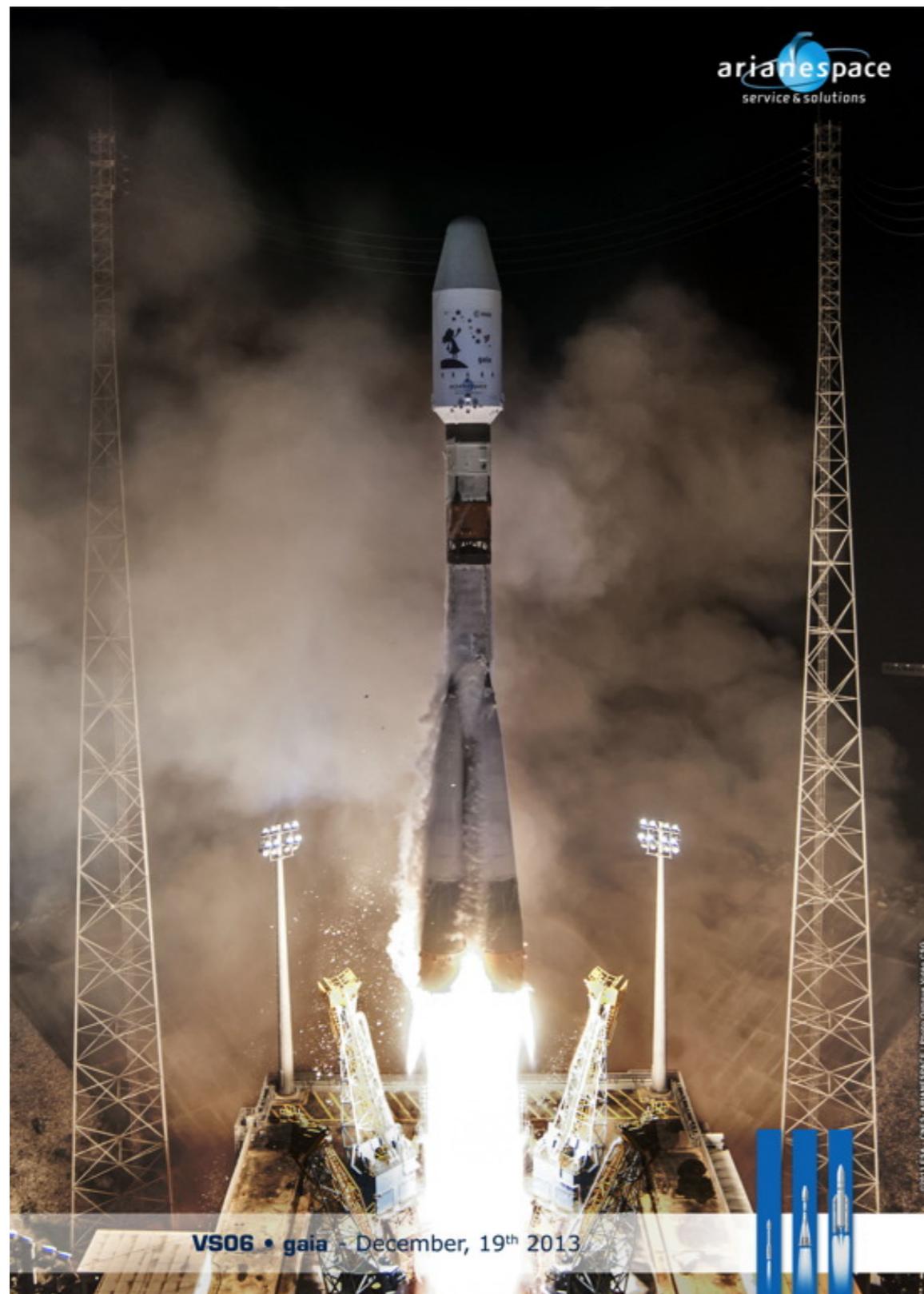
3 m

2000 kg

© ESA-EADS Astrium

10 m

# En orbite...



# Le balayage du ciel

---



ESA – C. Carreau

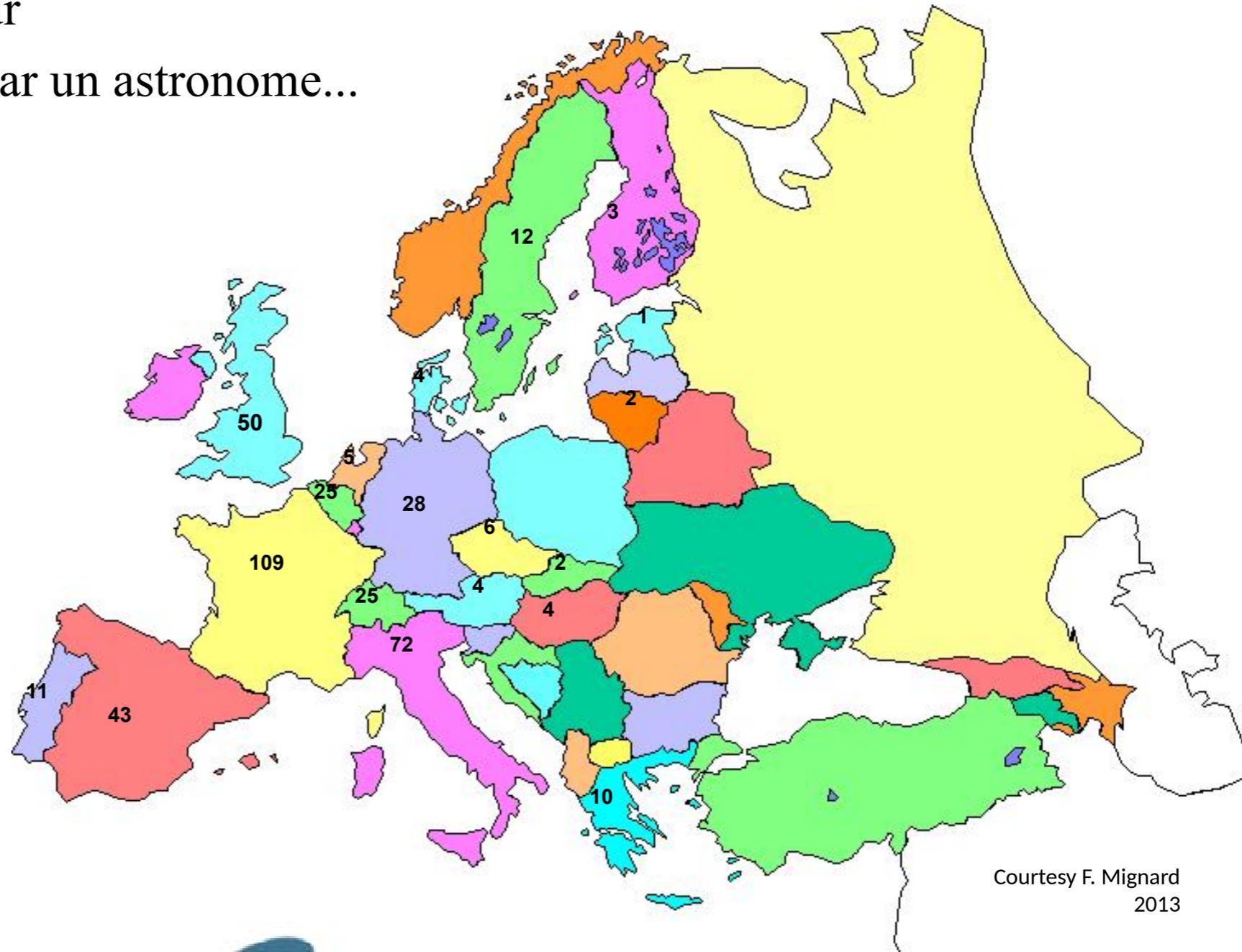
~ 70 observations par source en moyenne

# Le traitement des données Gaia

500 millions de mesures par jour

Rien de directement utilisable par un astronome...

- 450 scientifiques et ingénieurs
- 160 instituts
- 24 pays + ESA
- 6 centres de traitement des données



Courtesy F. Mignard  
2013



gaia

0100000110010011001100110110110101010



Gaia

DPAC

Data Processing & Analysis Consortium

$\alpha$   $\delta$   $\varpi$   $\mu_\alpha$   $\mu_\delta$   $G$  ...



# Un long trajet...

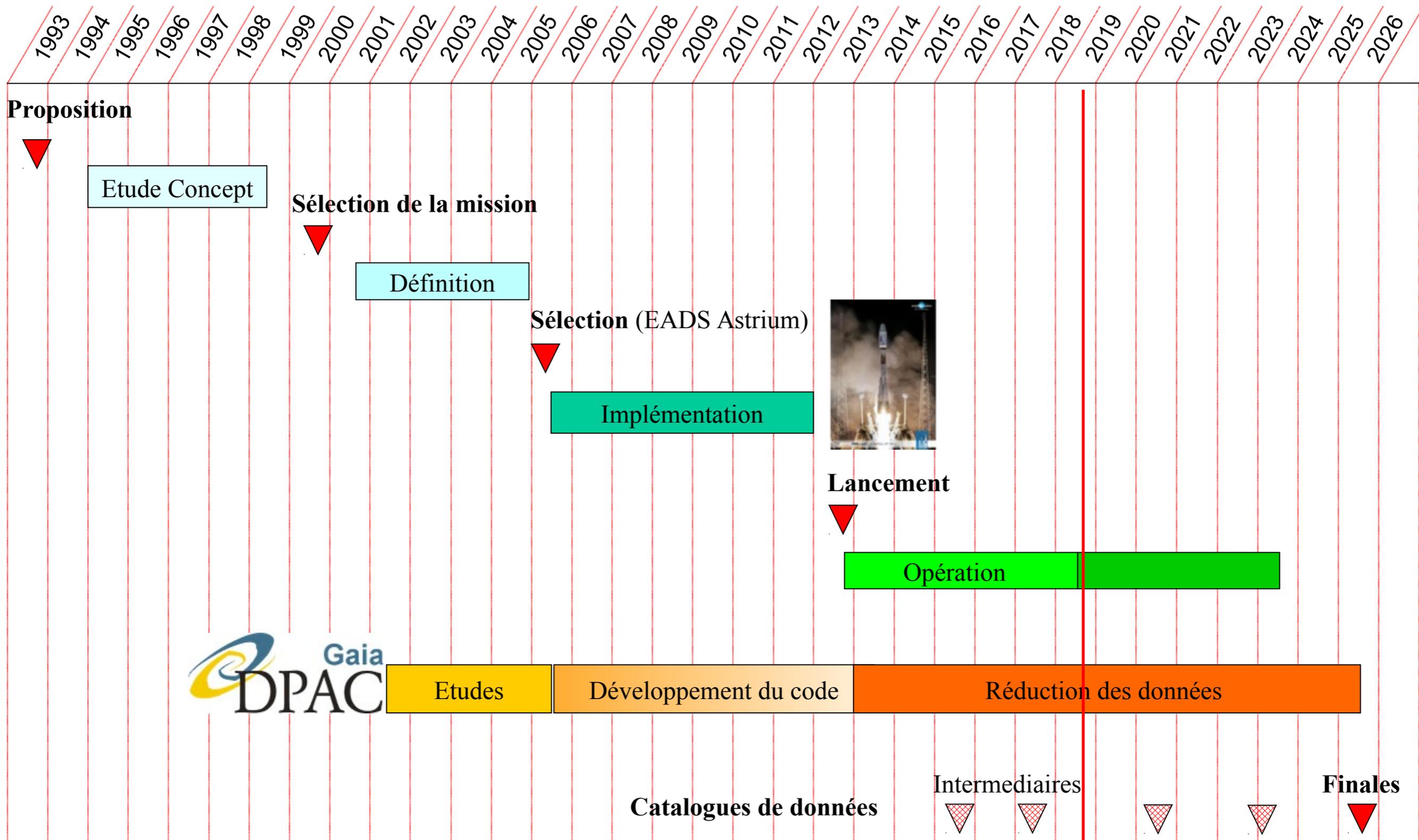
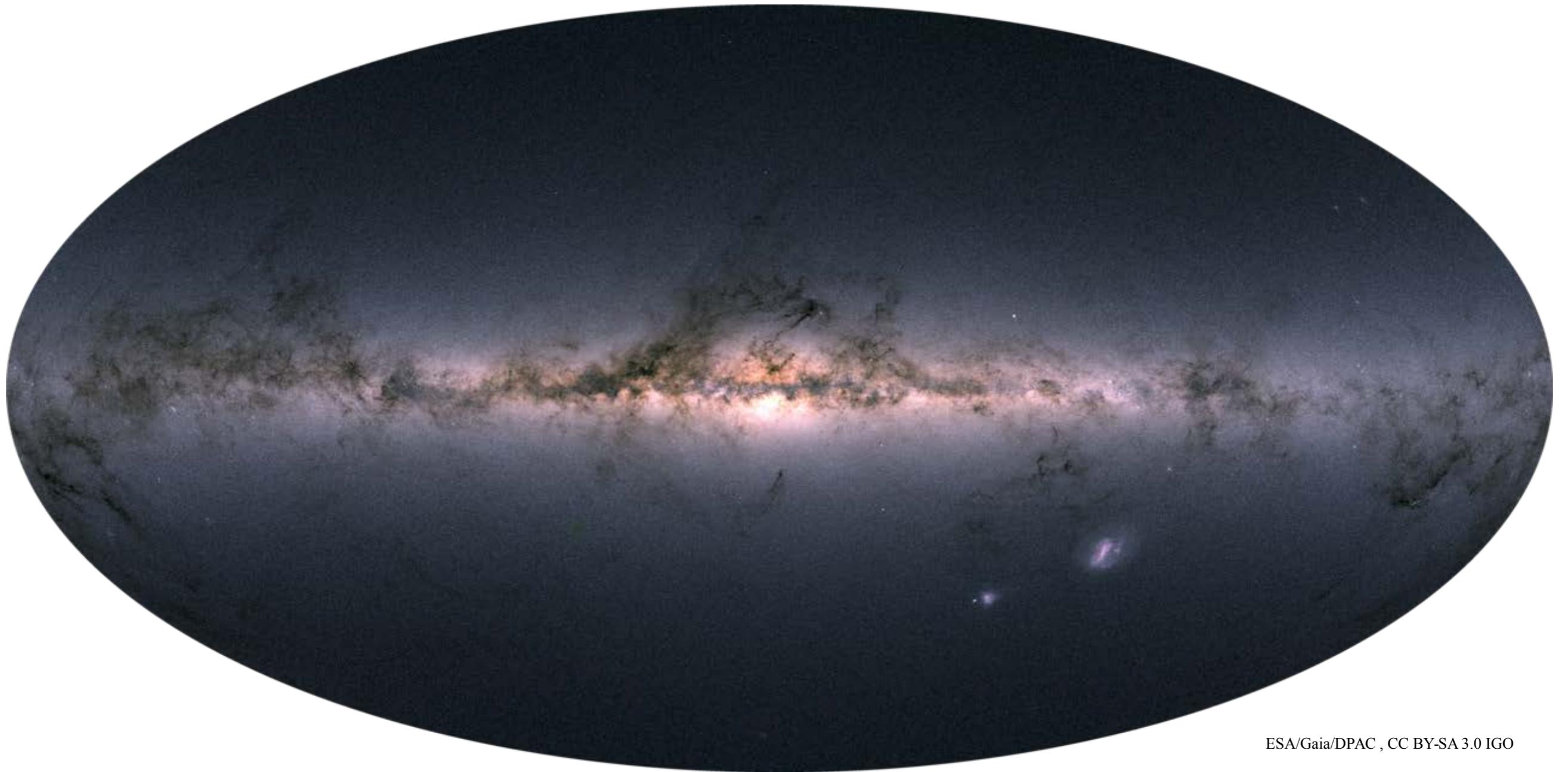


Figure adaptée de Michael Perryman et François Mignard



# La première carte du ciel en couleur Gaia !

---



ESA/Gaia/DPAC , CC BY-SA 3.0 IGO

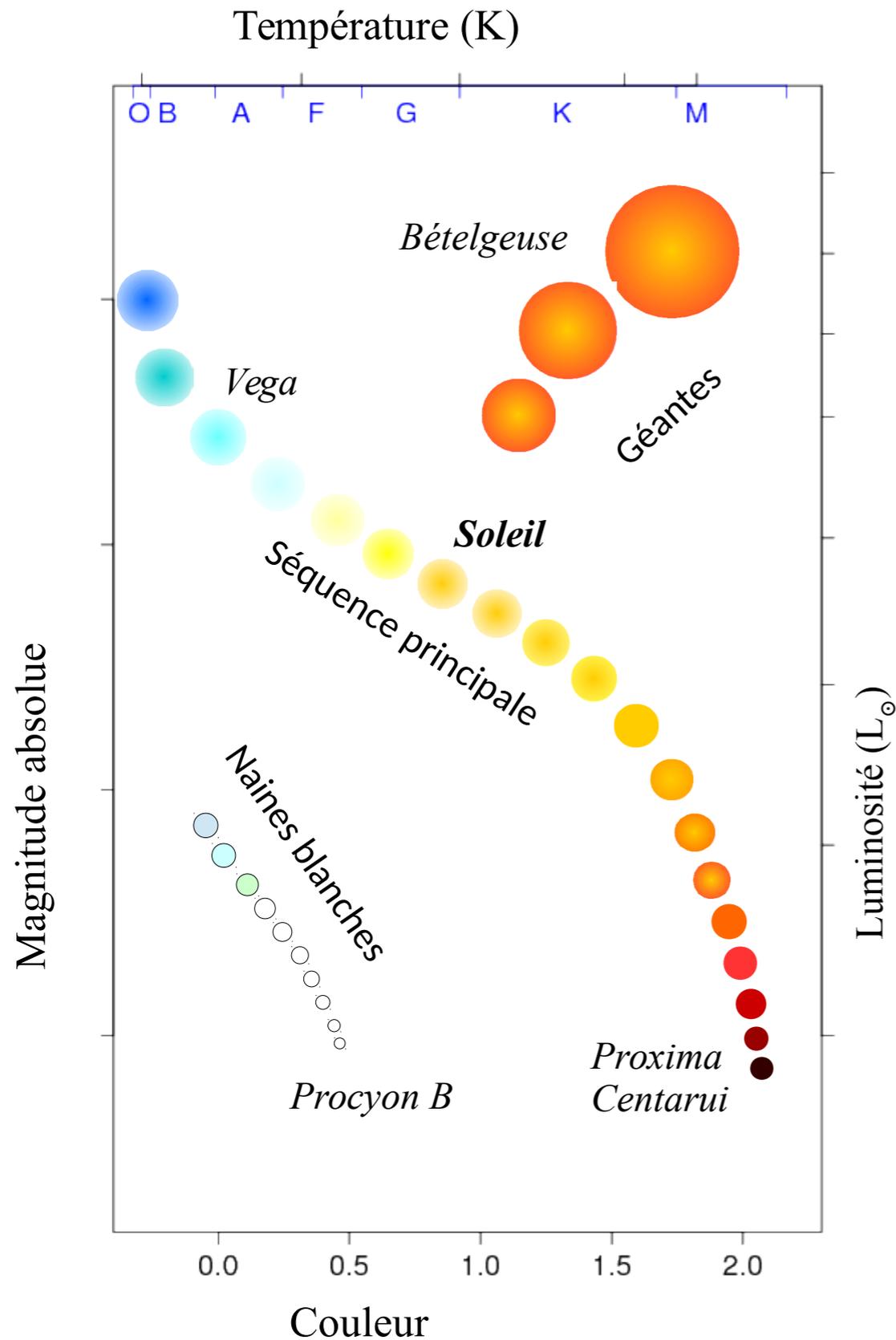
L'éclat d'1 milliard d'étoiles

# L'avenir de la constellation d'Orion

---



# Le diagramme Hertzsprung-Russell



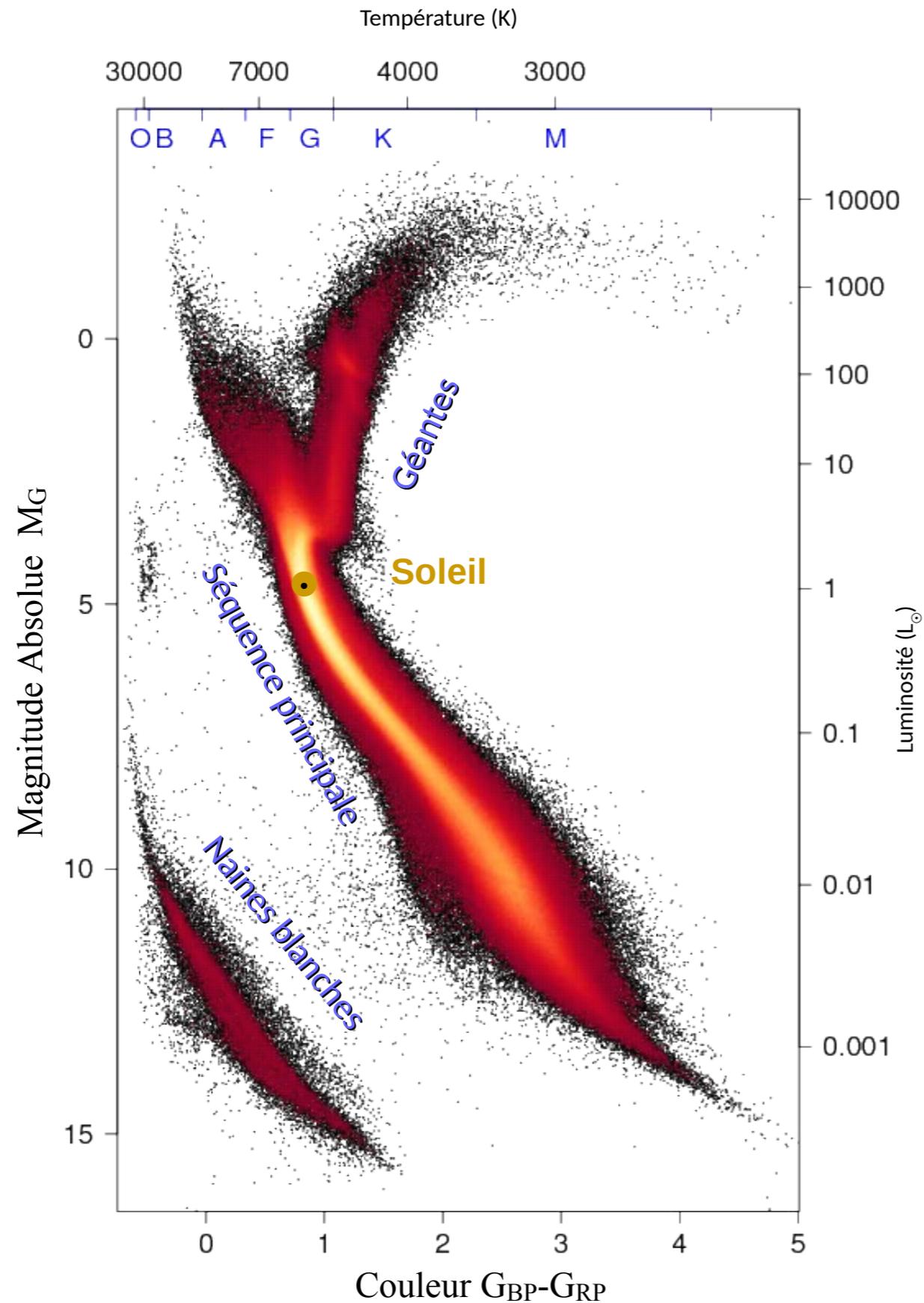
La position d'une étoile dépend principalement de :

← sa masse

← son âge

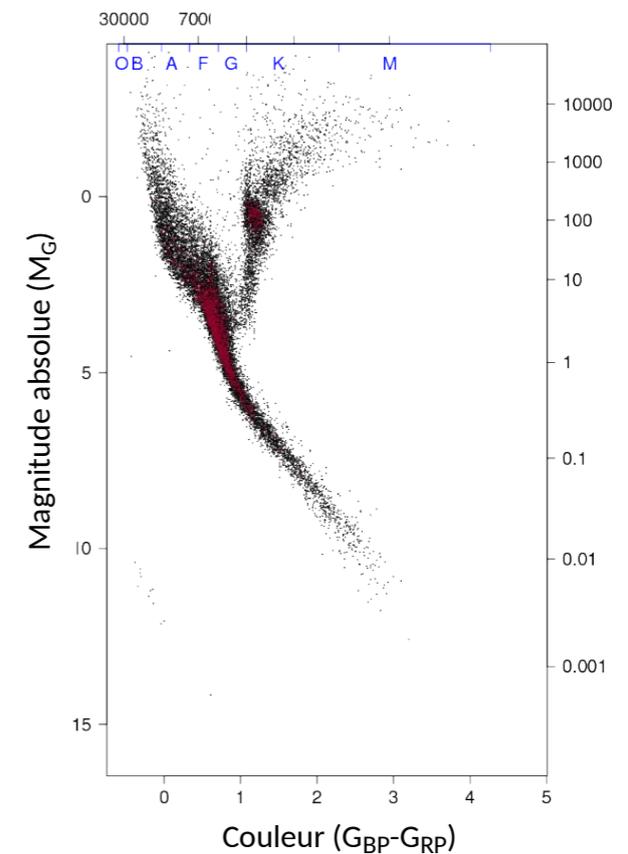
← sa composition chimique

# Le diagramme H-R vu par Gaia



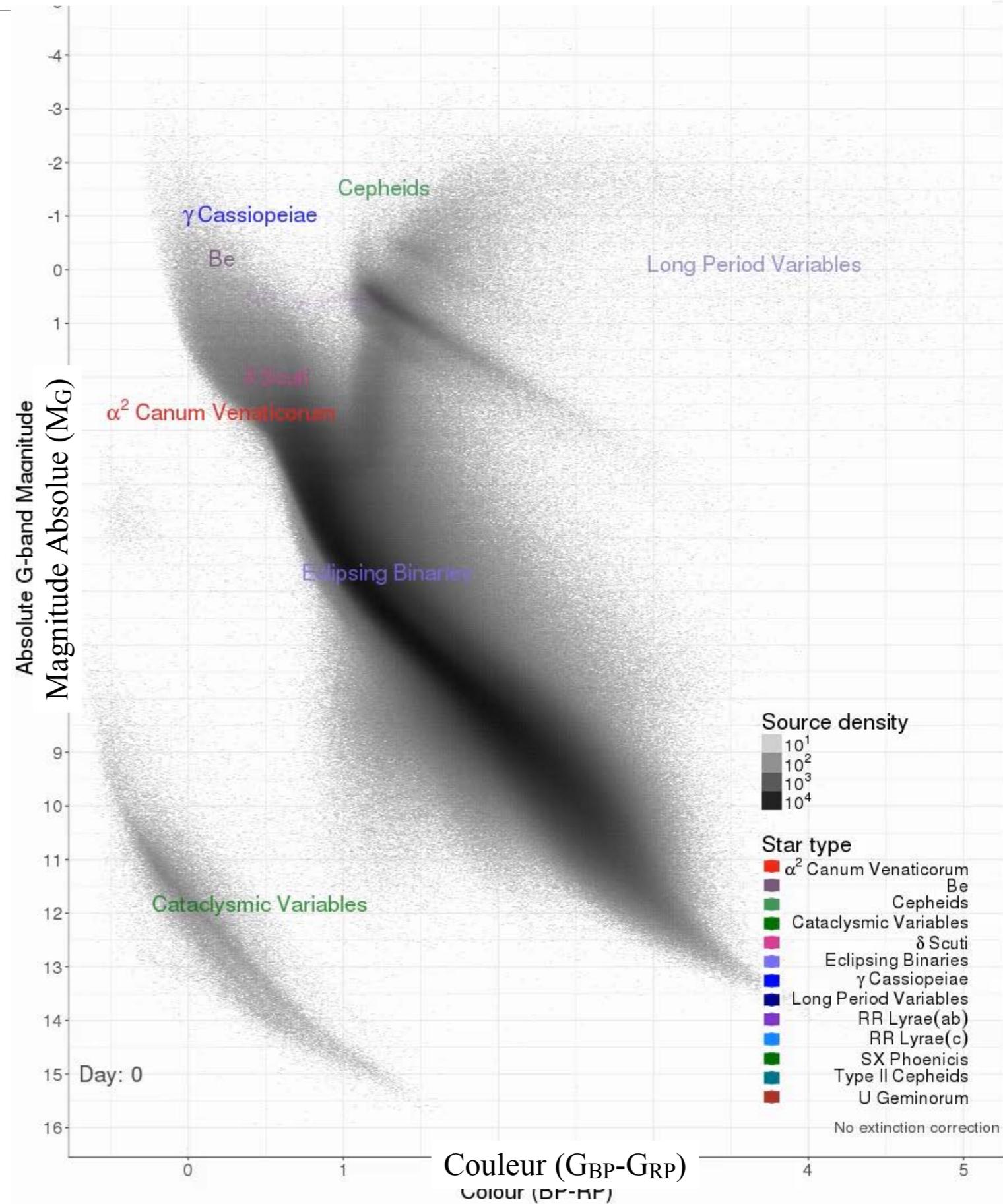
~ 4 million d'étoiles dans ce diagramme allant jusqu'à 2 kpc

Hipparcos (1997): 30 000 étoiles allant jusqu'à 250 pc

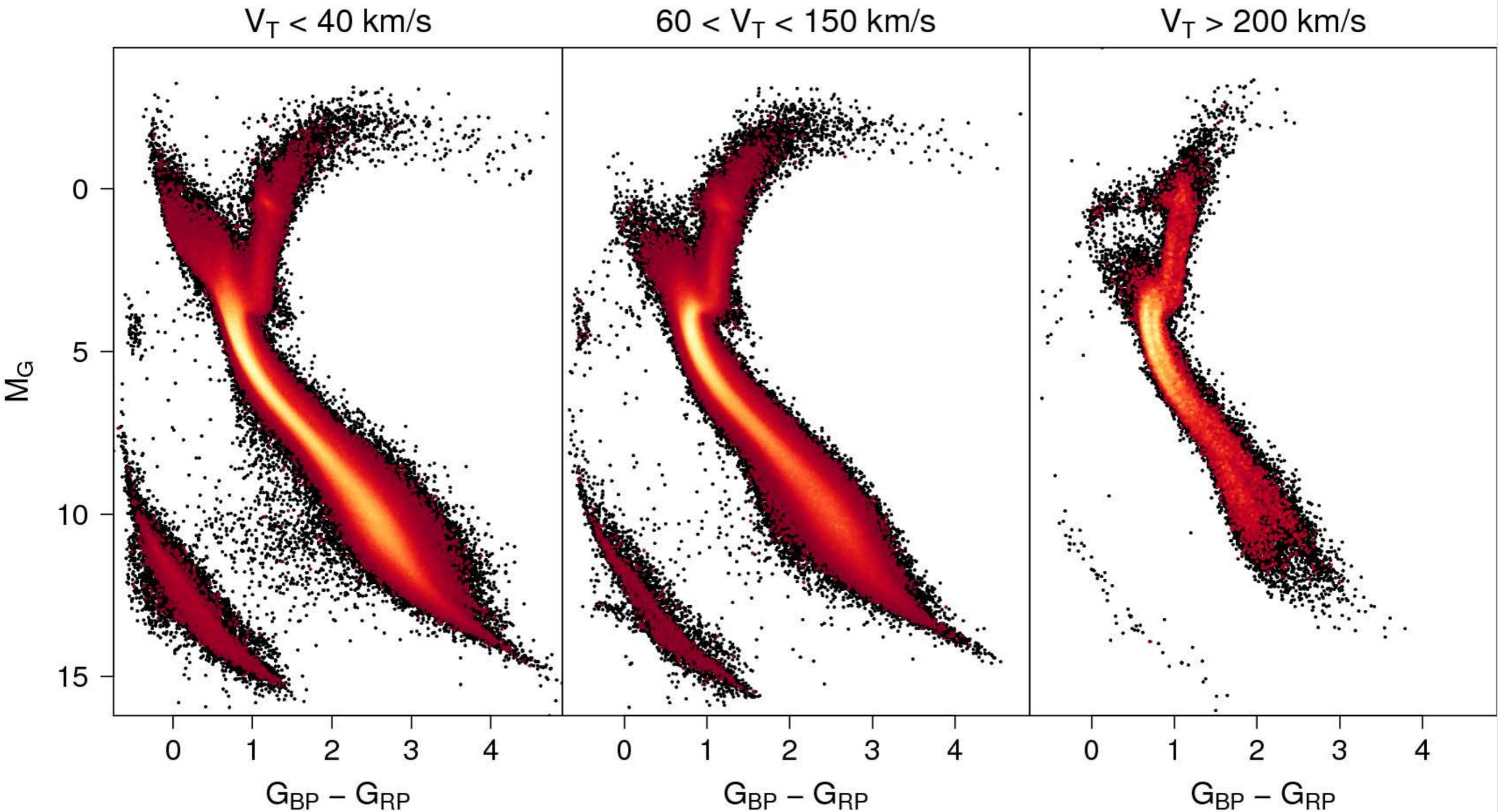


# Variabilité des étoiles

Motion in the colour-magnitude diagram

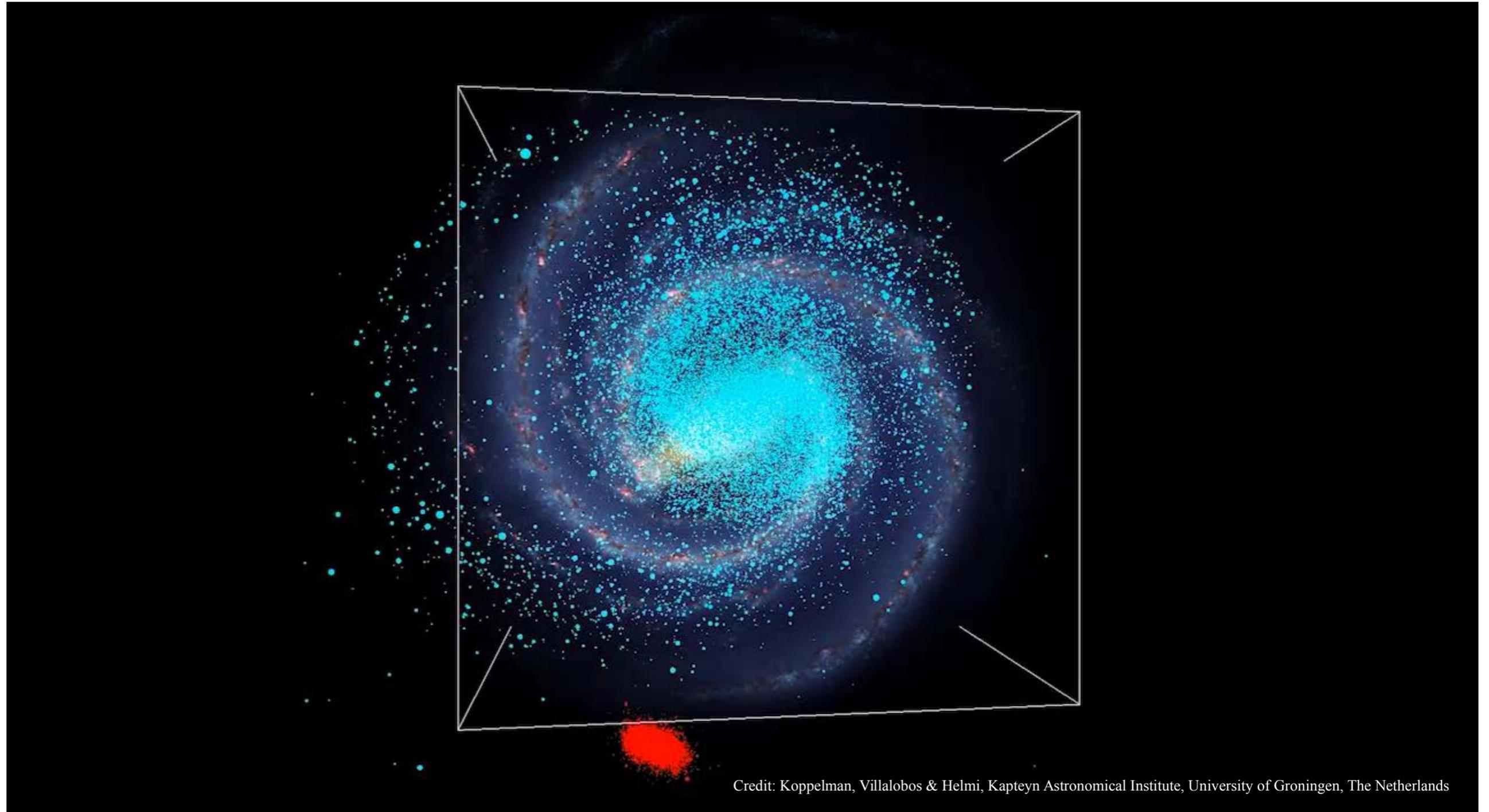


# Variation du diagramme H-R avec la cinématique



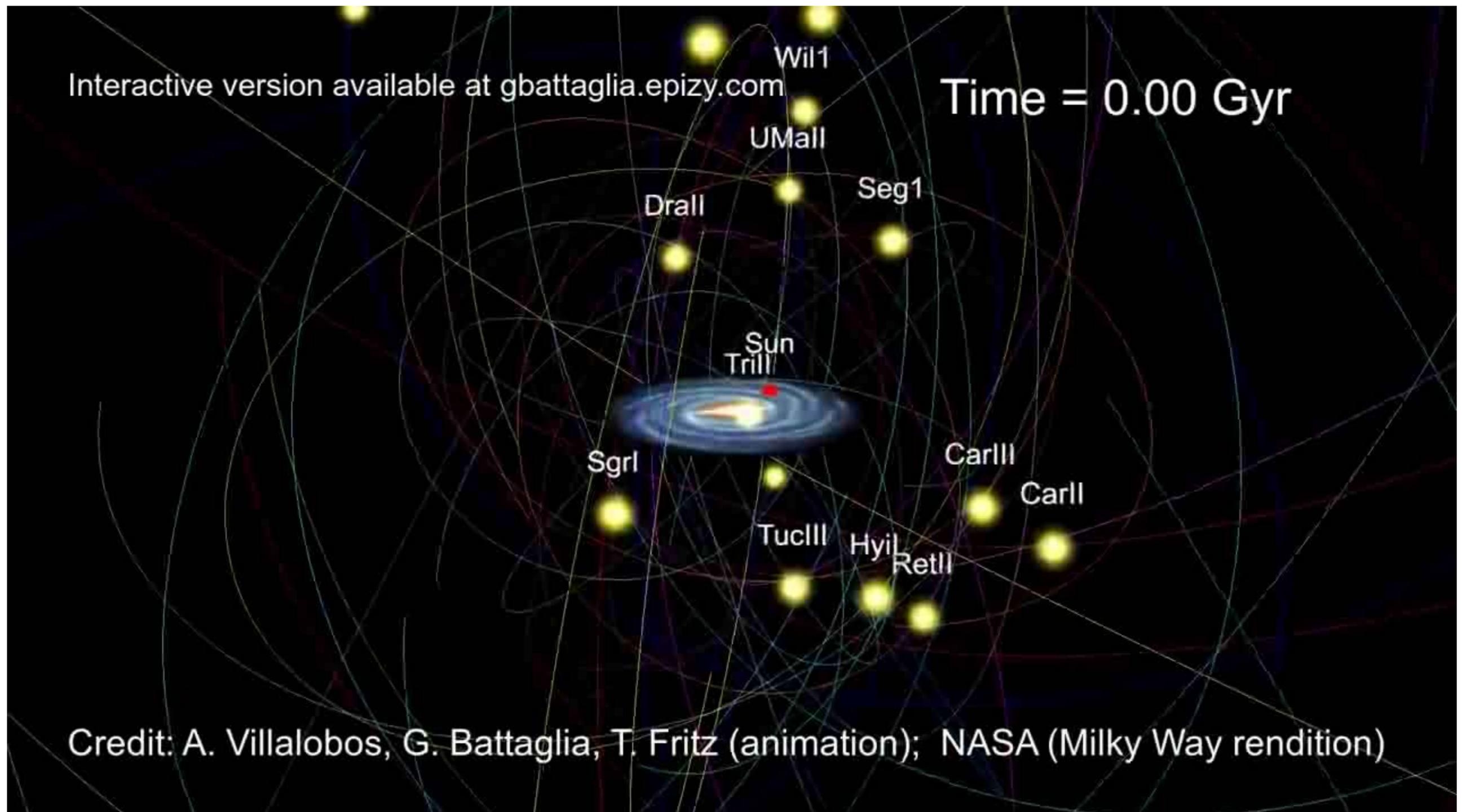
# Gaia-Enceladus – la dernière grande fusion galactique

---



Credit: Koppelman, Villalobos & Helmi, Kapteyn Astronomical Institute, University of Groningen, The Netherlands

# Les galaxies naines qui entourent la Voie lactée



# Des courants d'étoiles dans le halo

---



© Jon Lomberg

# Le disque de la Voie lactée perturbé



Credit: ESA, CC BY-SA 3.0 IGO

Perturbation par le passage de la Galaxie naine Sagittarius

# La prochaine rencontre avec Andromède

