

# Gaia in the European (and International) context

Journée AS Gaia  
SF2A 2008  
4 Juillet 2008

**Catherine Turon**  
Observatoire de Paris, GEPI/UMR CNRS 8111



# Sommaire

---

## Gaia et la prospective Européenne

- ESA Cosmic Vision
- Astronet Science Vision

## L'astrométrie dans l'espace

- L'Europe pionnière
- Un peu d'histoire

## L'astrométrie, outil majeur pour l'astrophysique

- Gaia et les autres
- Préparer l'exploitation scientifique

# Gaia versus the ESA Cosmic Vision 2015-2025

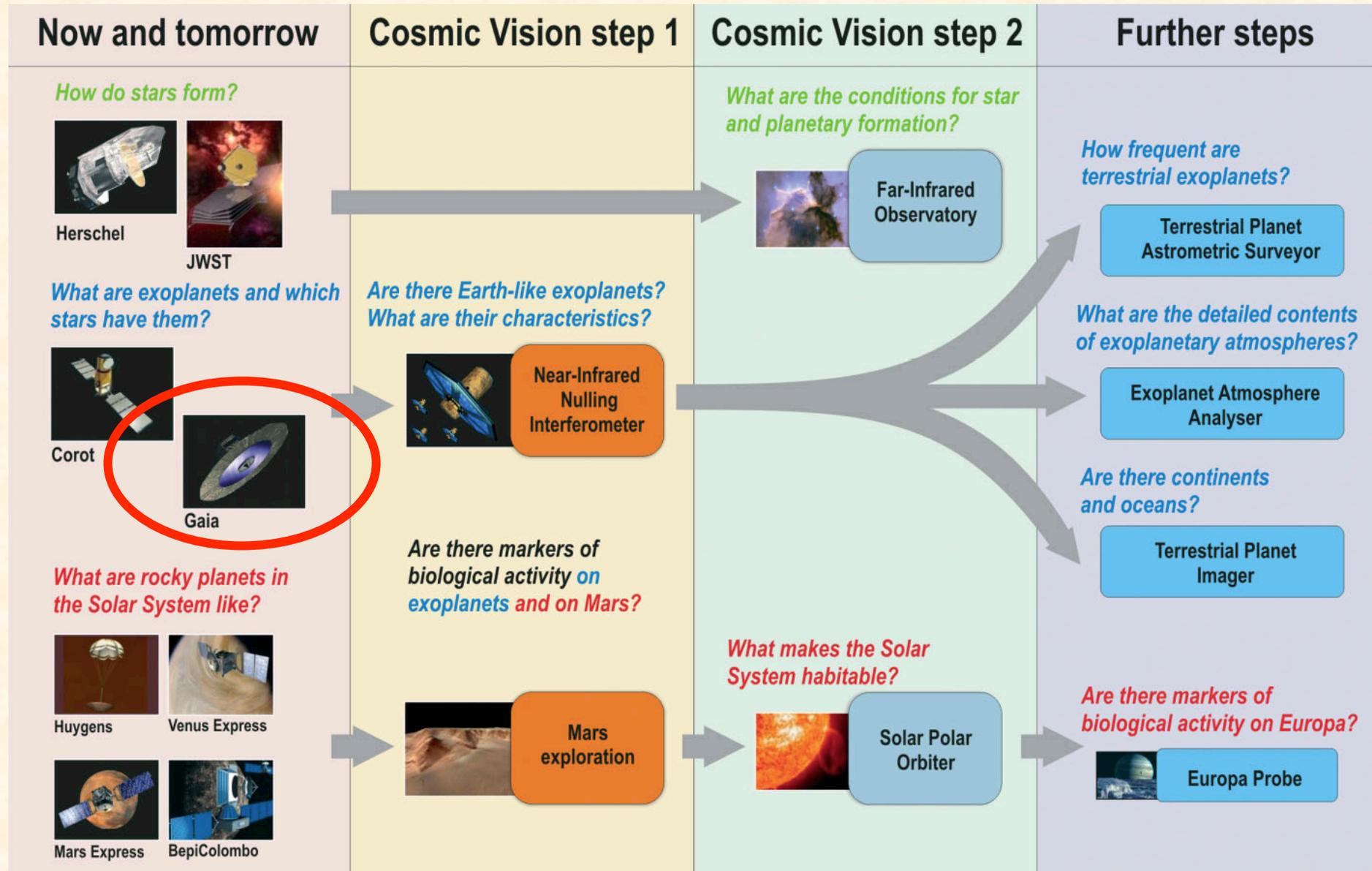
---

Major contribution to

- 1. What are the conditions for life and planetary formation?**
  - What are exoplanets and which stars have them?
2. How does the Solar System work?
3. What are the fundamental laws of the Universe?
- 4. How did the Universe originate and what is it made of?**
  - The Universe taking shape: How do stars and galaxies populate the Universe?

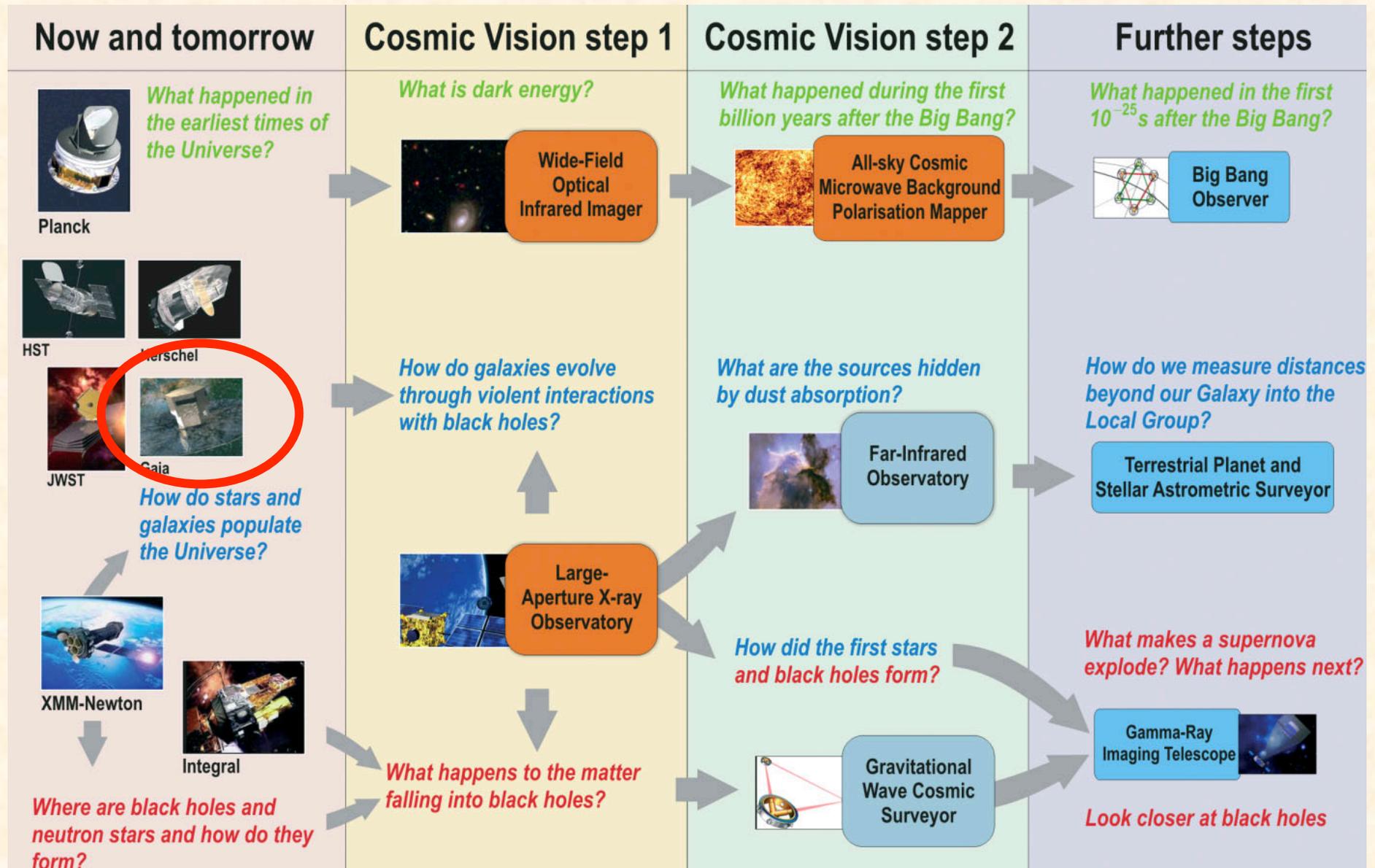
# 1- What are the conditions for life and planetary formation?

Possible strategies

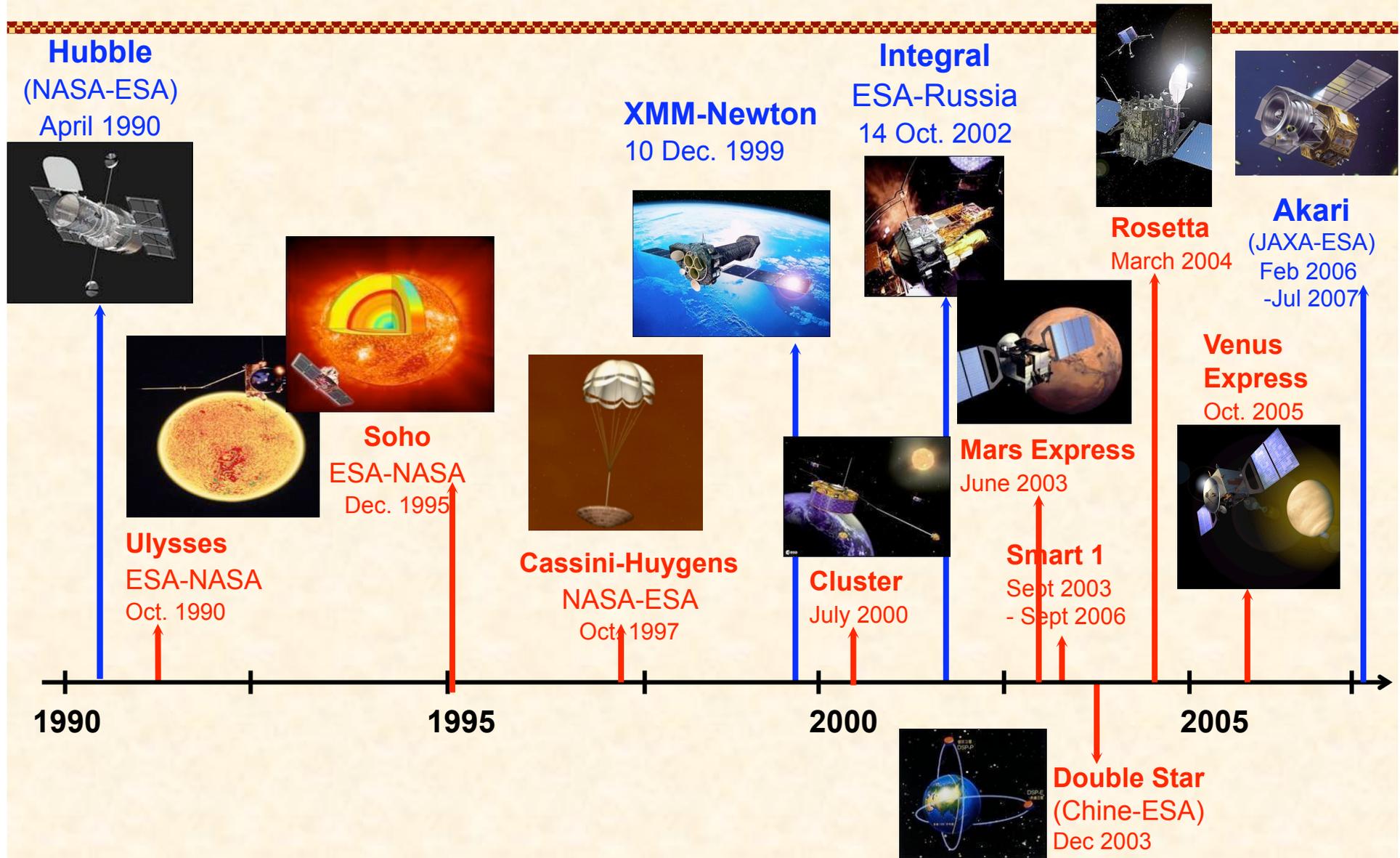


# 4 - How did the Universe originate and what is it made of?

## Possible strategies

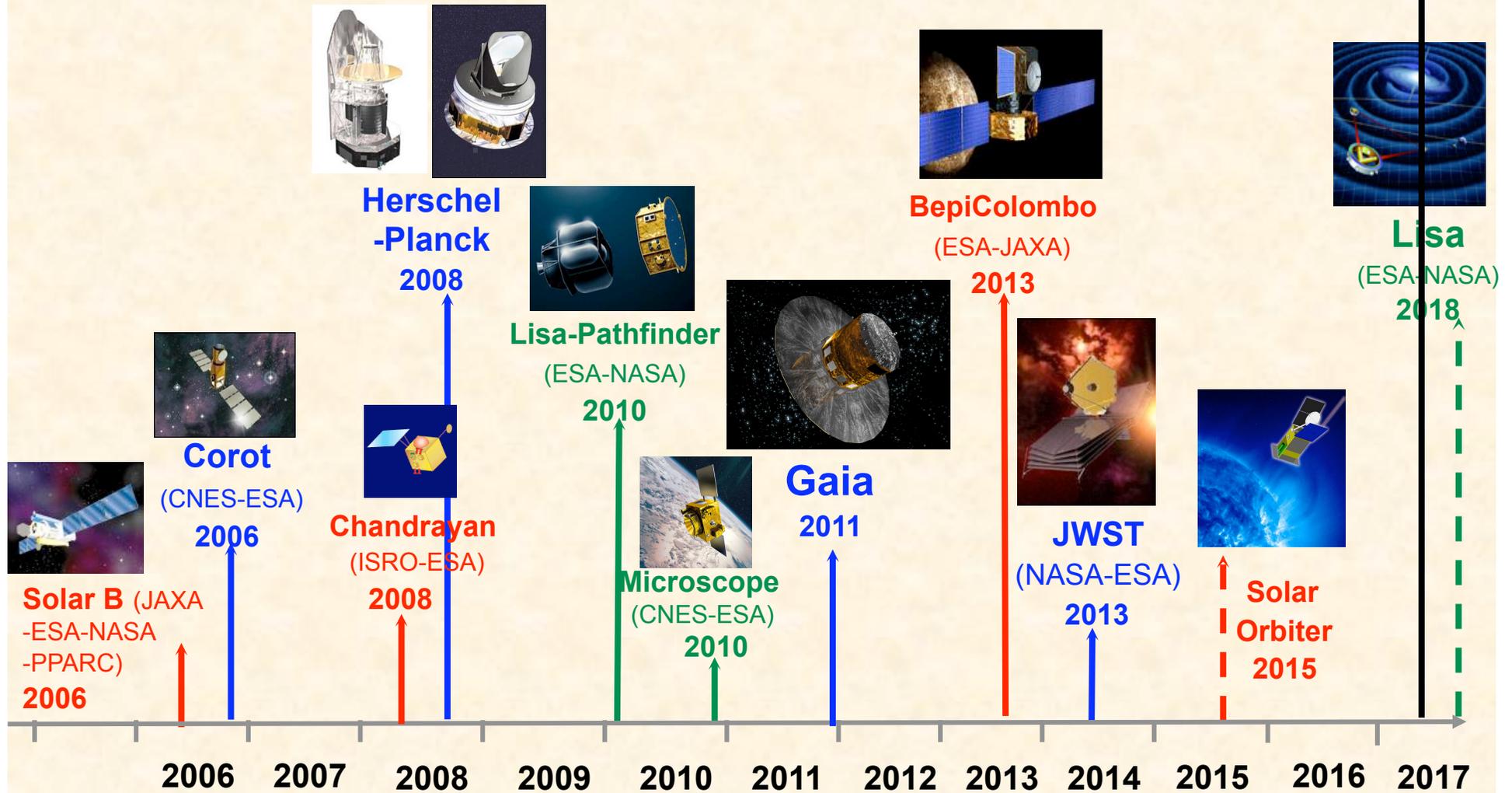


# Le contexte à l'ESA : en orbite in 2006



# Le contexte à l'ESA : présent, futur

M1, L1



# Gaia versus Astronet Science Vision

---

Gaia an **essential** facility for

How do galaxies form and evolve?

- Complete history of our Galaxy early formation and evolution

What is the origin and evolution of stars and planets?

- Formation and mass distributions of single, binary or multiple stellar systems and stellar clusters.
- Stellar structure and evolution, also probing stellar interiors
- Diversity of exo-planets, in relation with the characteristics of their host stars

Gaia a **complementary** facility for

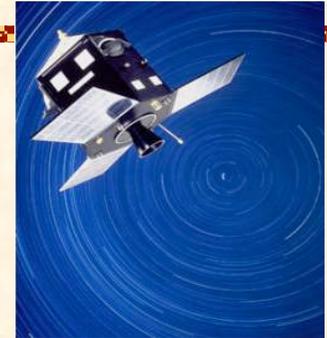
How do we fit in?

- Dynamical history and the composition of trans-Neptunian objects, asteroids and comets

# Satellites astrométriques : l'Europe pionnière

- Le précurseur : HIPPARCOS (ESA)

*Précision 1 mas ~ 5 centimes à 1000 km*



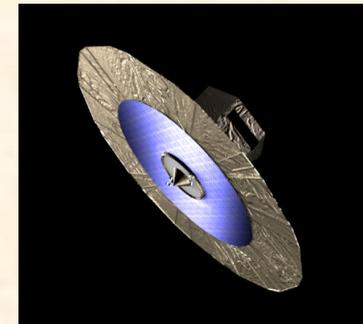
- Les candidats (malheureux) :

ROEMER, FAME\_1, FAME\_2, DIVA, LOMONOSSOV, AMEX, OBSS  
ESA      USA      USA      DE      RU      USA      USA

*Précision 0.1 mas ~ 1 clou à 1000 km*

- Mission en développement : GAIA (ESA)

*Précision 20  $\mu$ as ~ 1 cheveu à 1000 km*



- Etude préliminaire : JASMINE (JAP): IR, bulbe galactique
- Mission repoussée : SIM (USA): interféromètre - SIM-Light ?

# Time scales

## Hipparcos

- First ideas and proposal to CNES: 1965-1966
- Proposal to ESA: 1973
- Inclusion in the ESA Science Programme: 1980
- Launch: 1989
- Publication of the Catalogue: 1997, revision 2007 **> 30 years !**

## Gaia

- First ideas: early 1990's
- Proposal to ESA: 1993
- Inclusion in the ESA Science Programme: 2000
- **Launch: 2011**
- **Publication of the Catalogue: 2020** **~ 30 years !**

## Venus Express

- Inclusion in the ESA Science Programme: March 2001
- Launch: Nov 2005 **5 years ...**

# Costs

ESA Science Programme “Level of Resources”  $\approx$  **400 M€ /yr**

**Gaia** **557 M€** = ESA cost in euros 2006

**Hipparcos** 293 M€ in euros 1982  
= **762 M€** in euros 2006

... 30 Km of highway

**XMM** **920 M€** = ESA cost in euros 2006

Mars Express / Venus Express **200 M€** in euros 2006

## **New missions**

“Medium” missions **300M€** = ESA cost in euros 2006  
= 0.75 year budget

“Large” missions **650 M€** = ESA cost in euros 2006  
= 1.6 year budget

# Les étapes de la mission

1993	Première proposition
1994	Recommandation pour une mission astrométrique interférométrique avec une précision de 10 $\mu$ as
1996/2000	Pré-études et objectifs scientifiques
Juillet 2000	Concept and Technology Study Report
Octobre 2000	Sélection ESA comme Pierre Angulaire 6, – Ariane V, $\rightarrow \sigma = 10 \mu\text{as}$ à $V=15$
Mai 2002	Version révisée et allégée; sélection confirmée – Soyuz, $\rightarrow \sigma = 15 \mu\text{as}$ à $V=15$
2004	Second descoping – 100 CCDs $\rightarrow \sigma = 20 \mu\text{as}$ à $V=15$
<b>2011-12</b>	<b>Lancement</b>

# La troisième dimension: de plus en plus loin

## Au voisinage solaire

- Distances jusqu'à ~ 30 pc

## Au voisinage solaire

- Distances jusqu'à ~ 200 pc

## Dans toute la Galaxie

- Distances jusqu'à ~ 10 000 pc

## Dans le bulbe de la Galaxie

- Distances jusqu'à ~ 10 000 pc

## Dans le Groupe Local

- Distances jusqu'à ~ 30 000 pc

## Au sol, Hubble

Précision : 3-5 mas

## Hipparcos (1989-1993)-2007

Exactitude : 0.2 - 1 mas

## Gaia (2012-2018)

Exactitude : 7-20  $\mu$ as

## Jasmine (?)

Précision : 10  $\mu$ as

## SIM (?, > 2018)

Précision : 3  $\mu$ as

# Catalogues de parallaxes trigonométriques

---

1904: Newcomb:	72 étoiles
1924: Schlesinger First General Catalogue of trigonometric parallaxes	1870 étoiles
1963: Jenkins Yale Parallax Catalog	7 000 étoiles
1995: van Altena, Lee, Hoffleit, Fourth General Catalogue of trigonometric parallaxes	8 112 étoiles
1997: Perryman et al., ESA 1200 Hipparcos Catalogue	118 000 étoiles
2020: Gaia	10 <sup>9</sup> étoiles

# Atouts de Gaia

## Une mission unique avec trois instruments

- Données astrométriques, photométriques et spectroscopiques

## Couverture largement uniforme du ciel

- Échantillonnage régulier sur cinq ans
  - ~ 100 observations → analyse photométrique, orbites des systèmes doubles et des astéroïdes
- Mission de relevé sans sélection autre que la magnitude
- Système de détection interne et autonome

## Astrométrie globale d'extrême précision

- métrologie interne, auto-calibration, contrôle thermique

## Communauté scientifique expérimentée (Hipparcos) et motivée

- support scientifique et industriel

---

## Gaia et les autres ...

*Le contexte en 2011*

*Observations au sol*

*Préparer l'exploitation scientifique*

***c'est l'une des motivations de l'AS Gaia !***

# L'Astrométrie de haute précision, outil majeur pour l'Astrophysique

## **Distance trigonométrique aux objets observés**

- Pas besoin d'hypothèse sur la nature physique des objets
- Donnée fondamentale pour déterminer
  - la luminosité intrinsèque des objets observés
  - La structure 3D de l'ensemble d'objets observés (Galaxie, amas, ...)
  - La structure 3D de la matière interstellaire
  - L'échelle des distances dans l'Univers

## **Mouvements tangents à la sphère céleste**

- 2 des composantes de la vitesse spatiale
- 2 des composantes de la vitesse orbitale (système binaire ou exoplanète)

**Hipparcos: > 5000 publications, > 1900 référées**

# Gaia et les autres ... (1)

**Gaia apportera des données uniques en très grand nombre ...** qui serviront à interpréter les données d'autres instruments

- **En faisant de notre Galaxie une référence** pour l'interprétation des galaxies lointaines observées par JWST, VLT, ELT, XEUS, etc
- **En apportant une calibration de luminosité** pour tous les types d'étoiles de toutes les populations d'étoiles dans toute la Galaxie + $T_{\text{eff}}$ , [Fe/H], etc., cibles de VLT, ELT, JWST, ...
- **En apportant la 3<sup>ème</sup> dimension** et la cinématique en 3D aux zones de formation stellaire observées par Herschel, Planck, et Alma
- En permettant la comparaison des résultats sur  $\gamma$  avec LISA

## Gaia et les autres ... (2)

**Gaia apportera des données uniques en très grand nombre ...** qui permettront la sélection de cibles pour d'autres instruments

- En observant systématiquement, jusqu'à  $V = 20$ , des objets bizarres ou dans des phases évolutives rapides, à observer avec JWST, VLT, ELT, SIM, etc.
- En apportant une statistique sur la formation planétaire versus les types d'étoiles et identifiant des systèmes proches, cibles potentielles pour JWST, ELT, SIM, Darwin, TPF
- En observant systématiquement, jusqu'à  $V = 20$ , un très grand nombre d'astéroïdes, cibles potentielles pour d'autres observations couvrant des portions plus longues des orbites

## Gaia et les autres ... (3)

### **Gaia apportera des données uniques en très grand nombre**

... auxquelles des observations de suivi ou complémentaires au sol pourront apporter un plus majeur:

- **Observations spectroscopiques des exo-planètes** découvertes par l'astrométrie
- **Abondances détaillées** pour des objets rares, ou des échantillons spécifiques, sélectionnés de manière non biaisée par les observations Gaia
- **Suivi** d'étoiles variables, de systèmes multiples, d'astéroïdes, etc.

Mais aussi

- **Vitesses radiales** pour les étoiles plus faibles que  $V=16.5$ , pour les courants du halo, les bras spiraux, les structures dans le bulbe, la cinématique du Groupe Local, etc.
- **Abondances détaillées** pour de grands échantillons sélectionnés de manière non biaisée par les observations Gaia

# Gaia, de 2011 à 2020, et après !

## Lancement en Déc 2011

- Données photométriques dès 2013-2014
- Premiers résultats astrométriques et spectroscopiques dès 2015

## Catalogue final en 2020

## Démarrer la réflexion sur l'utilisation d'une telle masse de données dès maintenant

- Modélisations et théorie
- Réflexion sur observations complémentaires ou de suivi à organiser
- Réflexion sur les besoins spécifiques en instrumentations (quels instruments sur quels télescopes ?).

**Spectro très grand champ multi-multi-fibres pour observer quelques milliers d'étoiles simultanément ?**

# ESA-ESO WG on the Galaxy: main recommendations

Europe has led the way in Galactic research as regards astrometry, spectroscopy, and soon, photometry + unique European expertise in modelling -->> **capitalise on these assets:**

- **Guarantee the capabilities of Gaia and the quality of the data analysis**
- **Consider in time the construction of the best suited instruments to be ready**
  - For follow-up observations of particularly interesting samples selected from Gaia observations
  - For complementary observations of selected stars fainter than the limit of the spectro on-board Gaia

**In a sentence: join all forces to give European astronomers a lead in the exploitation of the Gaia catalogue.**

---

La communauté Française  
est très impliquée dans la  
préparation de Gaia

Préparons-nous au  
mieux à utiliser ces  
données !!!

---

**Merci de  
votre  
attention**

