

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

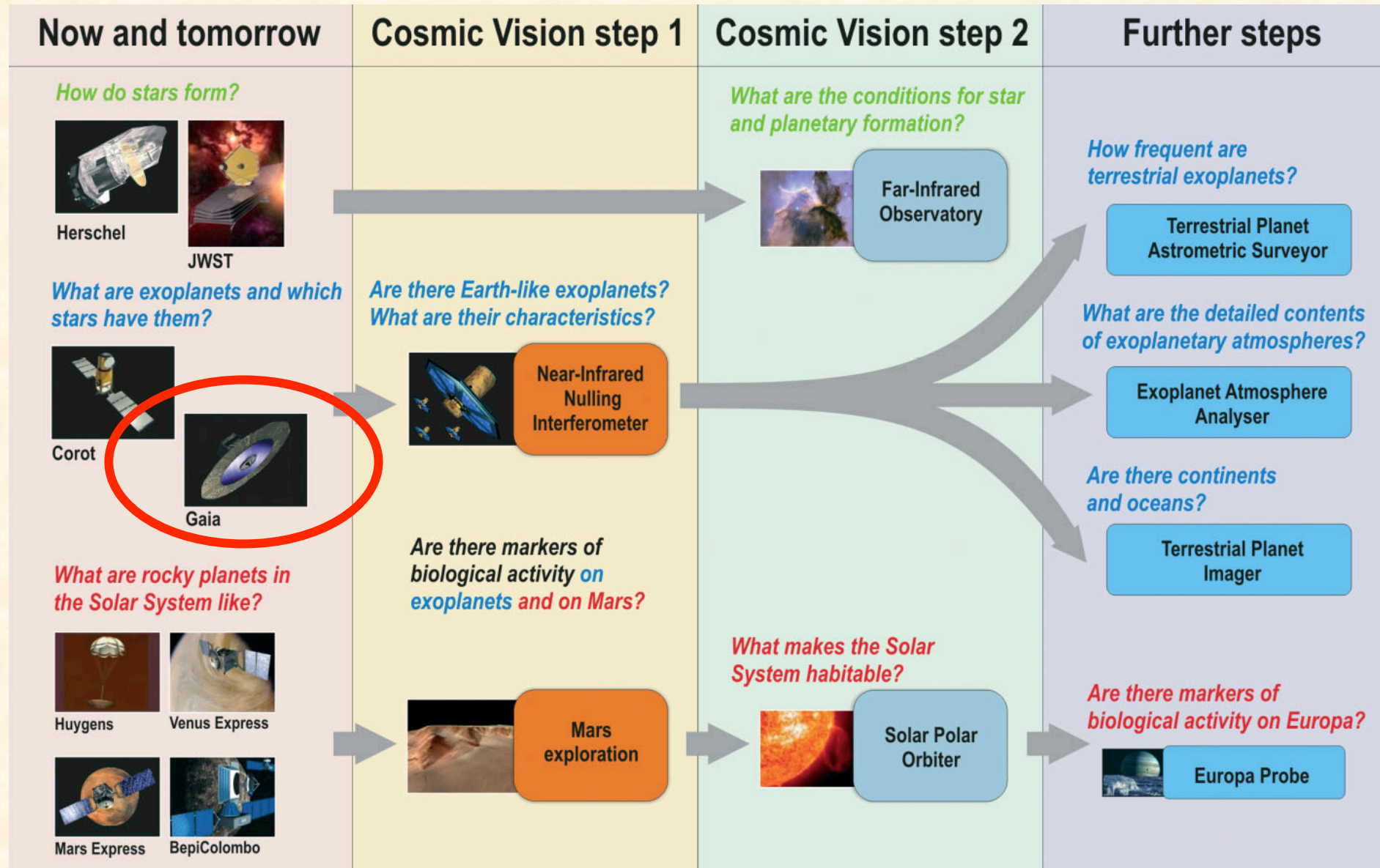
Gaia versus the ESA Cosmic Vision 2015-2025

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?

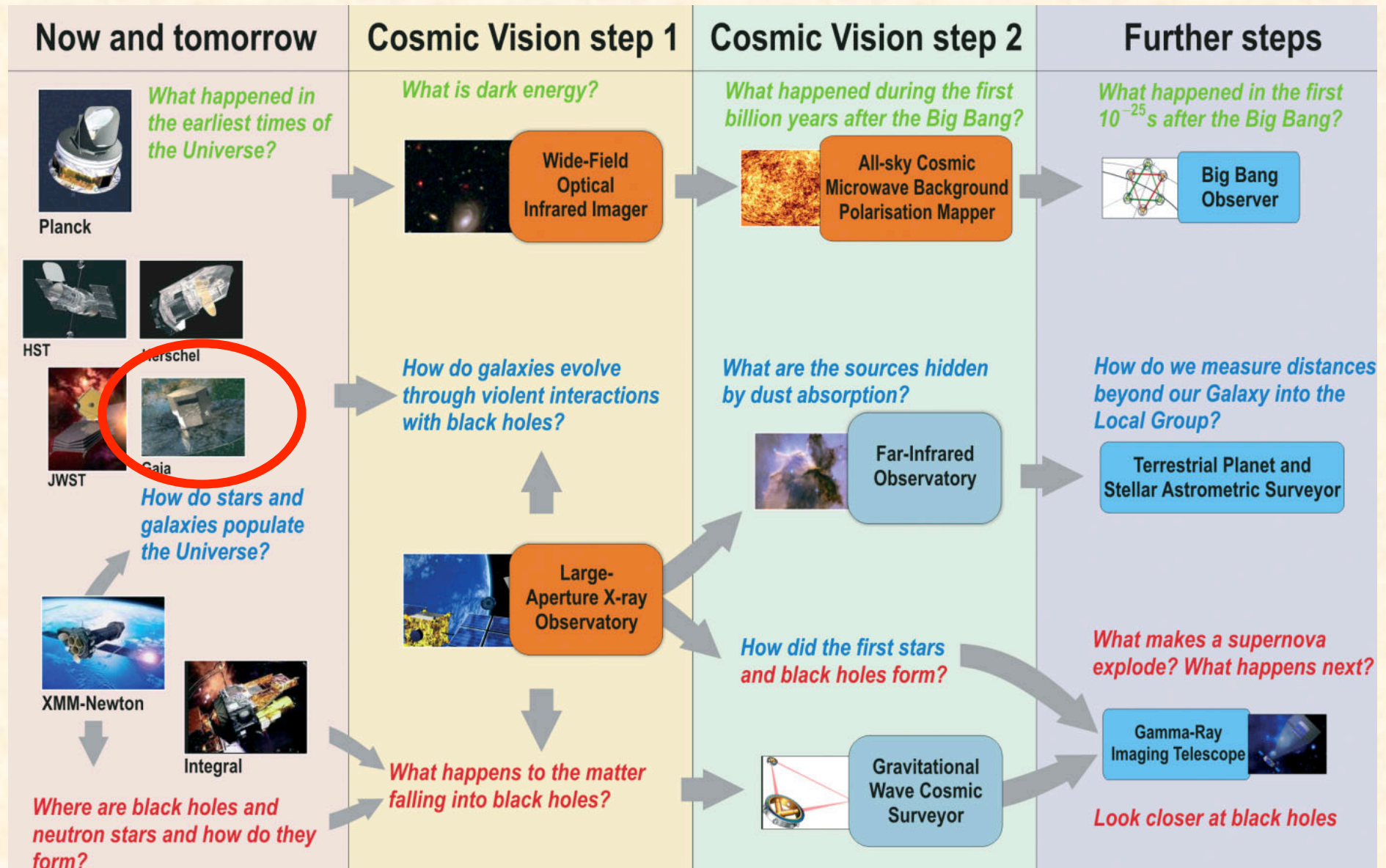
1- What are the conditions for life and planetary formation?

Possible strategies

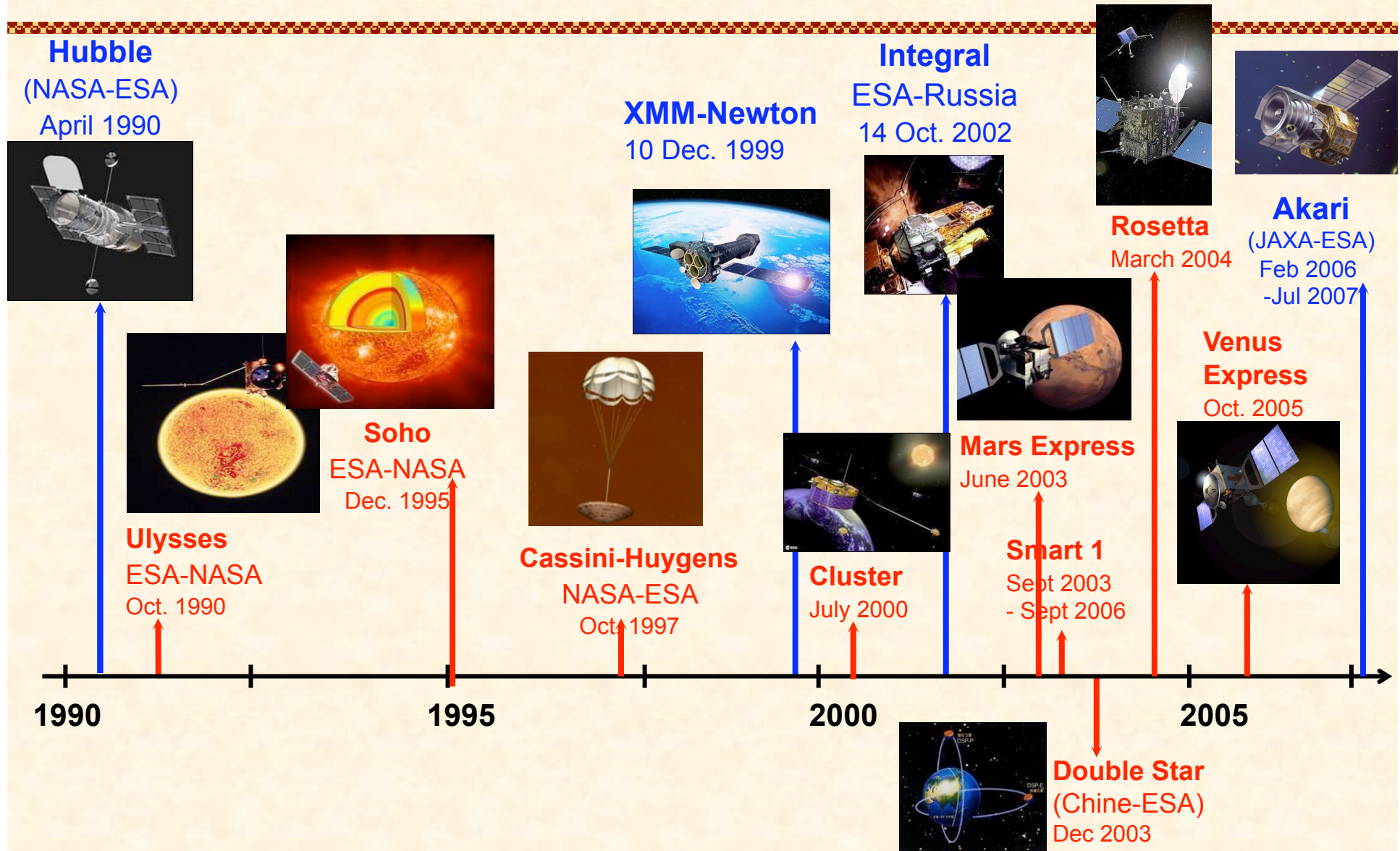


4 - How did the Universe originate and what is it made of?

Possible strategies

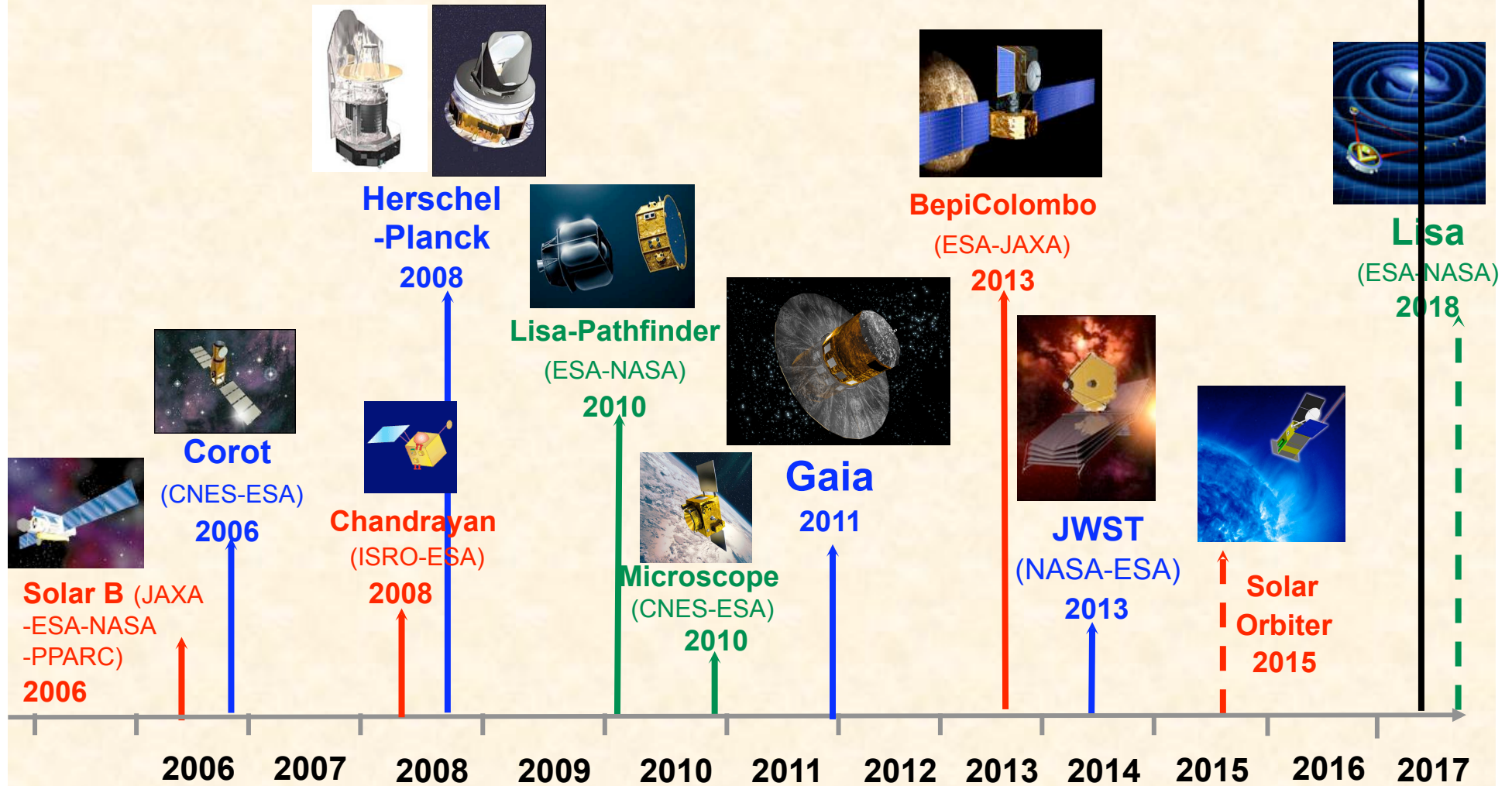


Le contexte à l'ESA : en orbite in 2006



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



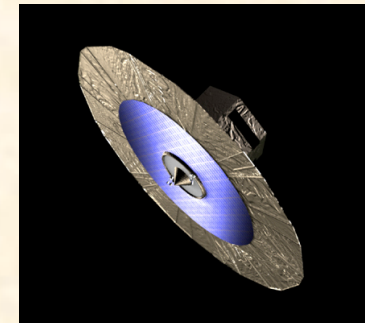
- Les candidats (malheureux) :

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 μ 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 μ 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 $V=15$
2011-12	Lancement

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 μ as

Jasmine (?)

Précision : 10 μ as

SIM (?, > 2018)

Précision : 3 μ 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 ⁹ 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_{eff} , [Fe/H], etc., cibles de VLT, ELT, JWST, ...
- **En apportant la 3^{ème} dimension** et la cinématique en 3D aux zones de formation stellaire observées par Herschel, Planck, et Alma
- En permettant la comparaison des résultats sur γ 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

Catalogue final en 2020

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

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**

