



Gaia : l'arpenteur de la Voie Lactée

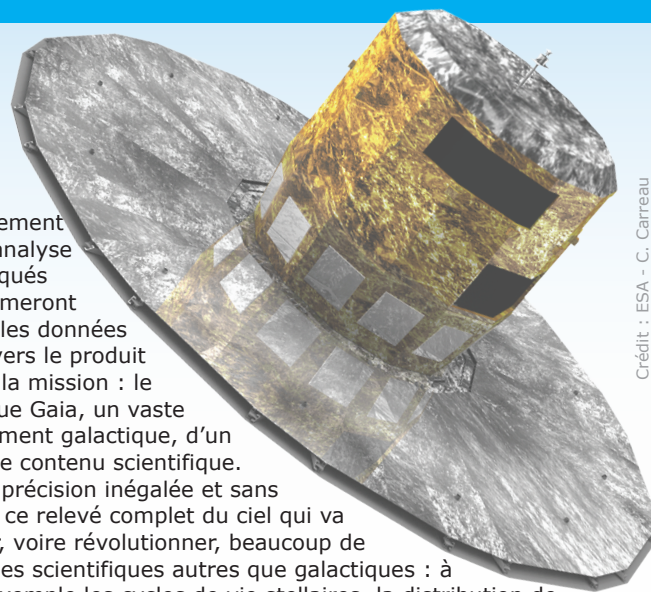
Aperçu

Gaia est une mission d'astronomie pionnière de l'ESA visant à révolutionner notre vision de la galaxie grâce à un relevé stéréoscopique d'un milliard des plus brillants objets célestes. La grande précision astrométrique de Gaia permettra de repérer la position en 3D d'une étoile et de mesurer son déplacement dans le ciel. Gaia collectera également des données spectroscopiques, permettant de mesurer les vitesses radiales, et des données photométriques, mesurant la brillance d'une étoile dans quelques dizaines de couleurs. Cet ensemble de données révélera la carte tridimensionnelle et en mouvement de notre Voie Lactée, d'une portée et d'une précision sans précédent, ainsi que les propriétés physiques de chaque étoile, comme la luminosité, la gravité de surface, la température et la composition chimique.

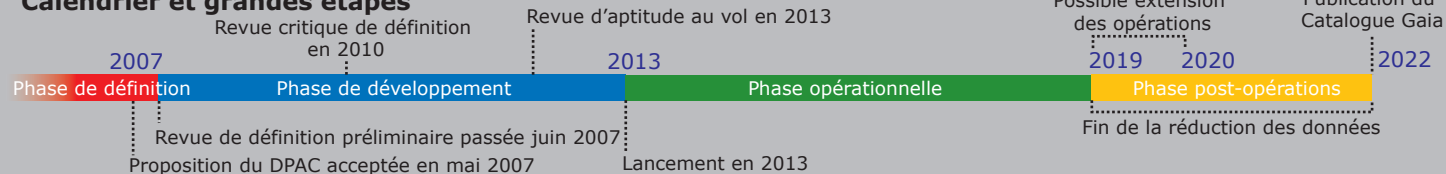
Par ce relevé de tous les corps célestes jusqu'à la très faible magnitude 20, une fraction représentative de la population de la Voie Lactée, Gaia va fournir aux scientifiques les données pour aborder des questions sans réponses au sujet de notre galaxie-hôte, pouvant révéler l'histoire de sa formation, sa situation actuelle et son évolution future, contribuant à l'étude des galaxies en général. En outre, cette enquête exhaustive inclura naturellement des étoiles exotiques ou dans des phases

Un traitement et une analyse sophistiqués transformeront ensuite les données brutes vers le produit final de la mission : le Catalogue Gaia, un vaste recensement galactique, d'un immense contenu scientifique. C'est la précision inégalée et sans biais de ce relevé complet du ciel qui va changer, voire révolutionner, beaucoup de disciplines scientifiques autres que galactiques : à titre d'exemple les cycles de vie stellaires, la distribution de la matière noire ou la relativité générale. N'ayant aucune cible privilégiée à l'avance, le relevé Gaia possède un important potentiel de découverte.

Crédit : ESA - C. Carreau

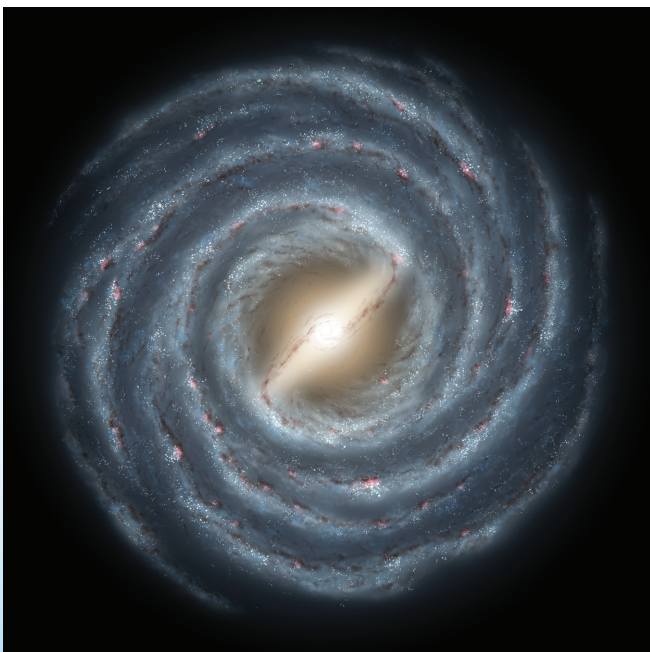


Calendrier et grandes étapes



d'évolution de très courte durée, ainsi que plusieurs milliers de naines brunes et des planètes extrasolaires. Gaia dressera la carte très détaillée de notre voisinage proche, détectant ainsi des centaines de milliers de petits corps du Système Solaire. Au-delà de la Voie lactée, Gaia va observer des objets extragalactiques brillants comme les supernovas et les quasars, et résoudre de nombreuses galaxies lointaines.

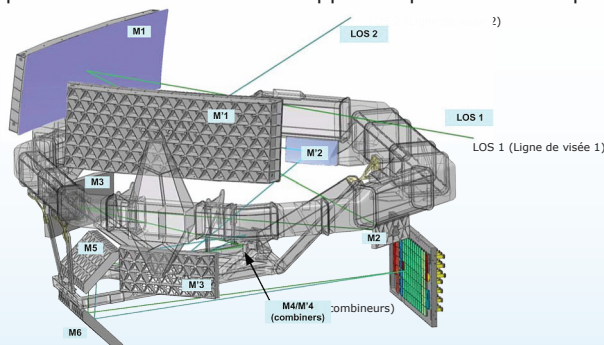
Sélectionnée comme pierre angulaire de l'ESA en 2000, la mission est prévue avec un lancement en 2013. Gaia continue la tradition de pionnier en astrométrie qu'a l'Europe, en s'appuyant sur l'expertise acquise avec la première mission d'astrométrie spatiale Hipparcos. Gaia va surpasser son prédécesseur par plusieurs ordres de grandeur en termes de précision, de magnitude limite et de taille d'échantillon. Tandis qu'Hipparcos avait un programme d'objets à observer établi à l'avance, le relevé de Gaia sera complet et non biaisé.



L'engin spatial et l'instrument astrométrique

Les instruments de Gaia sont montés sur un banc optique hexagonal placé à l'intérieur de la charge utile. Celle-ci contient deux télescopes présentant chacun leur ouverture vers le ciel mais projetant la lumière dans un plan focal commun. Les deux directions de visée représentent 1.7° sur 0.6° sur le ciel et sont séparées par un angle de base ultra stable de 106.5° .

La lumière émise par un objet céleste entrant par une des ouvertures est renvoyée par un grand miroir qui lui fait face (M1 et M'1 sur la figure). Elle est ensuite réfléchi sur une série d'autres miroirs, avec une longueur focale totalisant 35m, les deux chemins optiques se rencontrant sur un combineur de faisceaux en M4/M'4 avant d'atteindre le plan focal. Celui-ci est constitué d'une très grande mosaïque de CCDs dédiés et sophistiqués, mais assez similaires à ceux que l'on trouve dans les appareils photos numériques. Mais, avec ses 106 CCDs, le plan focal contient près d'un milliard de pixels (gigapixel), bien plus que les quelques millions que l'on trouve sur un appareil photo numérique classique.



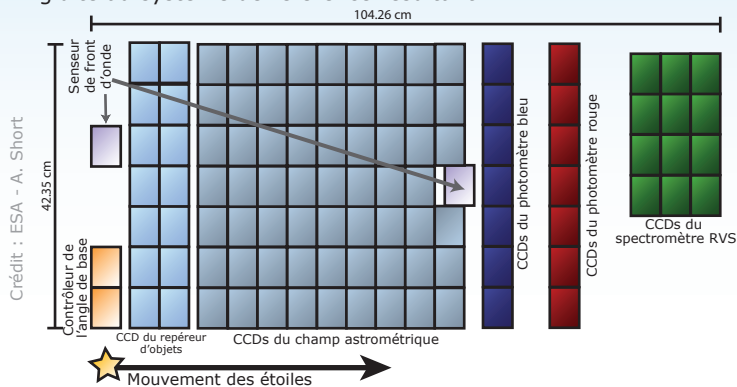
Crédit : EADS Astrium

La charge utile de Gaia

Tandis que le satellite tourne lentement, la lumière des objets (l'image de ces objets) traverse le plan focal. Au fur et à mesure, Gaia balaye ainsi tout le ciel tandis que le satellite tourne sur lui-même avec un petit mouvement de précession, le ciel complet étant vu en moyenne 70 fois pendant la durée de vie du satellite.

Les mesures astrométriques de Gaia utilisent le même concept d'astrométrie globale qui a été validé avec succès par son prédécesseur Hipparcos.

Via la mesure des positions instantanées des centres des images, Gaia mesure les séparations relatives des milliers d'étoiles simultanément présentes dans les deux champs de vue combinés. Le vaisseau fonctionne avec un mouvement de balayage continu du ciel, permettant ainsi de générer un flux constant de mesures angulaires relatives quand les champs de vues balayent le ciel. La haute résolution angulaire (et donc la grande précision de position) dans la direction du balayage est fournie par le miroir primaire de chaque télescope, de dimension $1,45 \times 0,5 \text{ m}^2$ (le long du balayage x perpendiculairement à celui-ci) et les 35m de focale. Les mesures de grands angles garantissent une la grande rigidité au système de référence résultant.



Assemblage du plan focal

Le champ astrométrique dans le plan focal est échantillonné par une mosaïque de 62 CCDs lus dans un mode d'intégration synchronisé avec le mouvement de balayage du satellite. Les étoiles entrant dans un des champs de vue sont imagées par des CCD dédiés qui agissent comme un « repéreur d'étoiles ». Chaque objet est détecté à bord, et les informations sur sa position et sa brillance sont traitées en temps réel pour définir la région fenêtrée qui sera lue par les CCD suivants. La magnitude limite de Gaia est d'environ 20 dans sa propre bande passante ($V = 20$ pour les étoiles bleues, $V = 22$ pour les étoiles rouges), et tous les objets plus brillants que cette limite au moment de l'observation seront mesurés.

Précisions astrométriques

Étoile Magnitude	B1V	G2V	M6V
$V < 10$	$< 7 \mu\text{as}$	$< 7 \mu\text{as}$	$< 7 \mu\text{as}$
$V = 15$	$< 25 \mu\text{as}$	$< 24 \mu\text{as}$	$< 12 \mu\text{as}$
$V = 20$	$< 300 \mu\text{as}$	$< 300 \mu\text{as}$	$< 100 \mu\text{as}$

Photométrie et spectroscopie

L'instrument photométrique de Gaia consiste en deux prismes en silice fondue dispersant toute la lumière entrant dans le champ de vue et situés entre le dernier miroir (M6) et le plan focal. Un disperseur (appelé BP pour Photomètre Bleu) opère dans la gamme de longueur d'onde 330–680 nm ; l'autre (RP pour Rouge) couvre la gamme 640–1050 nm. La dispersion des prismes va de 3 à 29 nm/pixel pour BP et de 7 à 15 nm/pixel pour RP. Ces mesures simultanées de distribution d'énergie spectrale fournissent des informations astrophysiques-clés telles que les températures, les gravités de surface, métallicités et rougissements pour chacune des très nombreuses étoiles observées.

En plus de l'instrument photométrique, Gaia possède un spectromètre pour la mesure des vitesses radiales (RVS). Le RVS

fournit la troisième composante des vitesses spatiales de toutes les étoiles jusqu'à la magnitude 17. L'instrument est un spectrographe à intégrale de champ dans le proche infrarouge (847–874 nm), à moyenne résolution, dispersant toute la lumière entrant dans le champ de vue. La dispersion spectrale des objets dans le champ de vue est obtenue par le biais d'un module optique situé entre M6 et le plan focal. Ce module contient un réseau et une lentille afocale de correction de champ, composée de quatre prismes en silice fondue.

Les photomètres et le RVS sont intégrés avec l'instrument astrométrique et les télescopes. En conséquence, la lumière des deux directions de visée est également projetée sur les CCDs photométriques et RVS. Le RVS ainsi que les photomètres utilisent la fonction des « repéreurs » (astrométriques) pour la détection et la confirmation des objets. Les objets sont sélectionnés pour l'observation dans le RVS en se basant sur des mesures faites précédemment dans le photomètre rouge.

Le consortium de traitement et d'analyse des données

La nature de la mission Gaia conduit à l'acquisition d'une énorme quantité de données complexes et extrêmement précises, qui représentent les multiples observations d'un milliard d'objets divers par un instrument à « double vision » animé d'un mouvement de rotation et de précession. Le défi du traitement des données Gaia, la transformation de la télémétrie brute du satellite en données scientifiques, représente donc une tâche énorme en termes d'expertise, d'effort et de puissance de calcul dédiée.

À la fin de l'année 2006, l'Appel d'Offre de Participation de l'ESA pour le traitement des données Gaia a été publié, suscitant une proposition visant à construire et exploiter le segment sol de traitement des données Gaia, un traitement pipeline conduisant aux produits intermédiaires et finaux de la mission. En réponse à l'Appel d'Offre, une grande équipe européenne d'experts scientifiques et de développeurs de logiciels a présenté sa proposition d'un système global capable de gérer le volume et la complexité des données Gaia. En mai 2007, le Comité des Programmes de l'ESA a approuvé la proposition présentée par le Consortium de traitement et d'analyse de données (DPAC). À partir de ce moment, DPAC est devenu officiellement responsable du traitement et de l'analyse des données de Gaia.

Personnes-clés dans Gaia

Scientifique du projet :	Timo Prusti (ESA)
Responsable du SOC* :	William O'Mullane (ESA)
Responsable du projet :	Giuseppe Sarri (ESA)
Coordinateur du DPAC PO :	Sebastian Els
Président du DPAC :	Anthony Brown (Leiden Observatory)
Vice-président du DPAC :	Antonella Vallenari (Padova Astronomical Observatory)
Chef de Projet EADS Astrium :	Vincent Poinignon

* : SOC = Science Operations Centre (Centre d'Opérations Scientifiques)

DPAC est une collaboration qui puise ses membres dans toute l'Europe, une communauté riche d'environ 400 scientifiques et ingénieurs logiciels répartis dans 23 pays, et six grands centres de traitement de données. Le consortium réunit les compétences et l'expertise de l'ensemble du continent ; sa nature internationale et coopérative reflète l'esprit de l'ESA elle-même.

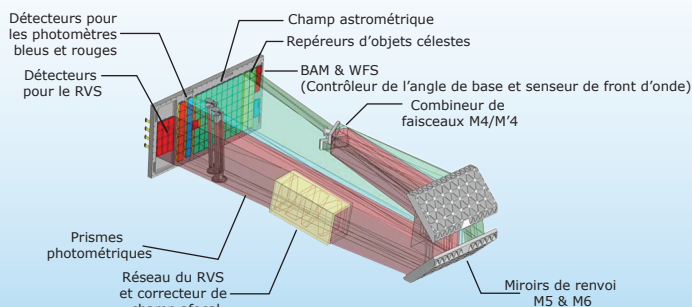
Coordonné par le comité exécutif du DPAC, le consortium est subdivisé en neuf unités spécialisées plus petites, nommées unités de coordination (CU). À chaque unité est attribué un ensemble unique de tâches de traitement de données. Les CU sont soutenues par des Centres de Traitements de Données (DPC), les centres où est situé le matériel informatique pour le traitement.

Le management au quotidien de l'ensemble du développement et des opérations du DPAC est délégué au Bureau de gestion de Projet du DPAC (Project Office - PO).

EADS Astrium

En mai 2006, l'entreprise spatiale européenne EADS Astrium a signé avec l'ESA un contrat de développement et de construction du satellite Gaia. Les technologies de pointe utilisées pour le vaisseau et les instruments reposent sur l'importante expertise d'Astrium, en particulier avec les télescopes en carbure de silicium, comme celui du satellite Herschel. De plus, ayant également fabriqué le satellite précurseur de Gaia, Hipparcos, EADS Astrium apporte une expérience fort utile au projet.

Crédit : EADS Astrium



Les instruments de Gaia

Pour plus d'informations sur Gaia : <http://www.rssd.esa.int/gaia>

Pour plus d'informations sur le DPAC : <http://www.rssd.esa.int/gaia/dpac>