

Qu'est-ce que Gaia ?

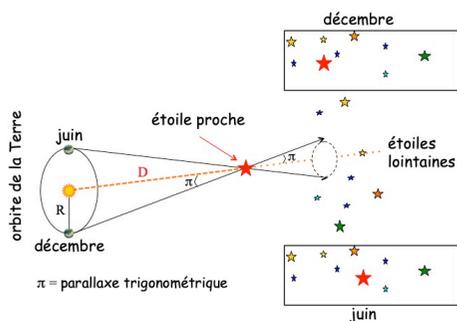
Gaia, ce sont deux tonnes de très haute technologie, vaisseau spatial de 3m de hauteur et 10m de diamètre, lancé le 19 décembre 2013 depuis Kourou. Conçu par des chercheurs et ingénieurs européens, il a été construit par l'entreprise Airbus Defence and Space à Toulouse pour le compte de l'Agence Spatiale Européenne (ESA). Pour la première fois de l'histoire de l'astronomie, cet instrument, unique en son genre, permet d'observer près de deux milliards d'étoiles de notre Galaxie, la Voie lactée, en profondeur et en mouvement.

A quoi sert la mesure des distances et des vitesses ?

Connaître la distance d'une étoile permet de déterminer sa position en 3 dimensions dans la Galaxie, sa luminosité réelle, son âge, sa masse, etc. Par ailleurs, sa vitesse montre d'où elle vient et l'orbite qu'elle va suivre dans le futur. Ces mesures sont essentielles à la compréhension de notre univers local.

Comment mesure-t-on la distance à une étoile ?

Lorsque la Terre tourne autour du Soleil, nous avons l'impression que les étoiles les plus proches se déplacent sur le fond des étoiles lointaines. La parallaxe trigonométrique est la moitié de l'angle sous lequel on voit ce déplacement apparent. Elle donne la distance à l'étoile par de simples relations géométriques.



Plus l'étoile est loin, plus la parallaxe est petite.

A quelle distance se trouve l'étoile la plus proche ?

L'étoile la plus proche de la Terre (exception faite du soleil) est Proxima du Centaure. Elle se trouve à 4,3 années lumières de la Terre. Sa parallaxe trigonométrique, mesurée par Gaia et publiée dans son troisième catalogue, Gaia EDR3, est de 0,7681 seconde de degré.

Pourquoi mesurer les parallaxes depuis l'espace ?

La parallaxe trigonométrique est difficile à mesurer car il s'agit d'une quantité minuscule : pour Proxima du Centaure, l'angle à mesurer est 2500 fois plus petit que la dimension apparente de la Lune ... et pour une étoile au centre de la Galaxie, il est 15 millions de fois plus petit ! Il faut des mesures incroyablement précises pour l'obtenir, et l'on a besoin d'aller au-delà de l'atmosphère terrestre pour échapper aux effets de distorsion qu'elle produit et à la pesanteur.

Quelle est la précision des mesures de Gaia ?

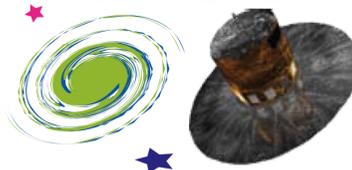
Quand toutes les mesures de Gaia seront disponibles, la précision sera meilleure que 20 microsecondes de degré (soit environ 6 milliardièmes de degré). Cette précision correspond à l'angle sous lequel on verrait se déplacer une abeille d'un côté à l'autre d'une fleur de marguerite sur Mars.

Combien d'étoiles et autres objets sont mesurés par Gaia ?

Gaia mesure systématiquement tous les objets célestes plus brillants que la magnitude 20-21, étoiles, astéroïdes, quasars, galaxies, supernovae. Le dernier catalogue, Gaia EDR3, contient un milliard 800 millions d'étoiles. Cela correspond à plus de 1% du nombre total d'étoiles de la Voie Lactée. Gaia

Les Petits Livres de Gaia

CE QUE
VOUS AVEZ
TOUJOURS
VOULU SAVOIR
SUR GAIA!



observe également plus de 350 000 petits objets de notre Système Solaire, essentiellement des astéroïdes, près de 20 000 supernovae, un très grand nombre de galaxies, et va permettre la détection de dizaines de milliers de planètes en orbite autour d'étoiles proches.

Quelle est la taille de notre Galaxie ?

Si nous pouvions voyager à la vitesse de la lumière, il faudrait environ 100 000 ans pour traverser entièrement la Galaxie. A la vitesse du vaisseau spatial le plus rapide jamais construit par l'homme (la sonde solaire Parker), il en faudrait 500 millions.

Combien de personnes travaillent sur Gaia ?

Depuis que le vaisseau est en opération, la plupart des ingénieurs et chercheurs qui travaillent sur Gaia, soit environ 450, font partie du Consortium de Traitement et d'Analyse des Données (DPAC = Data Processing and Analysis Consortium). Ils font partie d'observatoires, d'instituts de recherche (comme le CNRS) ou d'agences spatiales (comme le CNES) partout en Europe. Un certain nombre de personnes de l'ESA font aussi partie du DPAC : au centre dédié à l'astronomie spatiale (ESAC), à Madrid, elles assurent tous les aspects de réception des données brutes, leur premier traitement et la maintenance de la base de données. Au Centre d'Opérations de l'ESA (ESOC), à Darmstadt, une équipe assure le fonctionnement et la maintenance du satellite.

Qui a accès aux données de Gaia ?

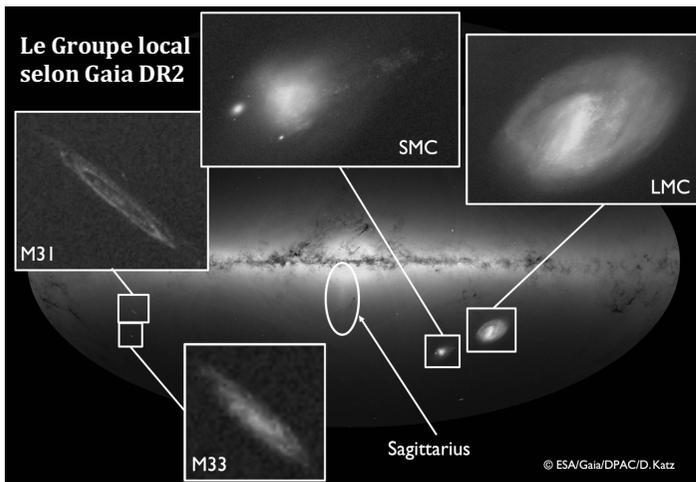
Les données acquises par Gaia, inutilisables telles quelles, sont converties en informations utiles (positions, distances, vitesses, couleur, etc.) par le DPAC et les résultats sont publics. Les scientifiques, les astronomes amateurs ou les étudiants ont accès librement à ces données. Le grand public est également régulièrement informé des découvertes de Gaia.

Quel est le temps de calcul nécessaire à la réduction complète des données de Gaia ?

La réduction des données sur un PC ordinaire prendrait environ 300 ans ! Heureusement, les équipes de Gaia effectuent cet immense travail beaucoup plus rapidement et publient un nouveau catalogue tous les 2 ans environ. La précision ultime attendue des données de Gaia ne pourra être atteinte qu'après un traitement informatique complexe utilisant l'ensemble des observations effectuées par Gaia. Cependant, les catalogues intermédiaires permettent de plus en plus de découvertes : ces catalogues contiennent de plus en plus d'objets, des données de plus en plus précises et, à chaque nouveau catalogue, de nouvelles sortes de données : positions, mouvements sur le ciel, parallaxes trigonométriques, luminosités, et couleurs, puis vitesses sur la ligne de visée, description des atmosphères des étoiles, étude détaillée des étoiles variables, orbites des étoiles doubles ou multiples, et, bientôt, des exoplanètes, orbites des astéroïdes, positions des quasars.

Les catalogues Gaia

Le premier catalogue Gaia, **Gaia DR1**, publié le 14 septembre 2016, repose sur les 14 premiers mois de données. Il comprend les positions sur le ciel d'un milliard d'étoiles ainsi qu'une estimation de la distance (parallaxe) et des mouvements propres (mouvements sur le ciel) pour un "petit" sous-ensemble de 2 millions d'étoiles brillantes. C'est le premier Catalogue décrivant en détail l'état du ciel au début du XXIème siècle. Il a déjà eu un impact important sur la communauté astronomique mondiale et déjà permis des centaines de publications scientifiques.



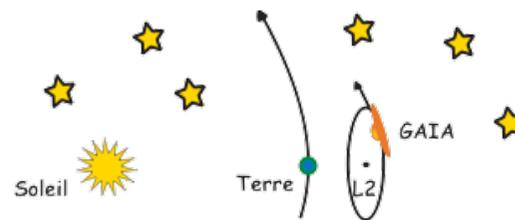
Le deuxième catalogue Gaia, **Gaia-DR2**, publié le 25 avril 2018, est basé sur les observations obtenues en 22 mois, du 25 juillet 2014 au 23 mai 2016. Il contient les positions, parallaxes et mouvements propres, ainsi que les luminosités et couleurs de plus d'1.3 milliard d'étoiles, les vitesses radiales (le long de la ligne de visée) pour plus de 7 millions d'étoiles, et bien d'autres informations. Des nombres que l'on ne peut qualifier que d'"astronomiques" !!

Ces données ont déjà été utilisées dans plus de 3500 articles scientifiques et permis de préciser la structure des diverses composantes de la Galaxie, leurs interactions, les perturbations qu'elles subissent à cause de la présence des bras spiraux de la Voie lactée, de la barre présente en son centre, ou des Nuages de Magellan. Elles ont permis de découvrir que notre Galaxie a été percutée par une autre, environ 10 fois plus petite, et qu'un grand nombre d'étoiles de celle-ci ont été capturées par la Voie lactée.

Le troisième catalogue est le résultat de l'analyse des données observées pendant 34 mois. Il est publié en deux parties : **Gaia-EDR3**, le 3 décembre 2020, avec les données astrométriques et photométriques, et **Gaia-DR3**, le 13 juin 2022, avec, de plus, une multitude de données supplémentaires : 33 millions de vitesses radiales, apportant la troisième dimension des mouvements, classification de la quasi-totalité des objets, paramètres astrophysiques décrivant la nature des étoiles observées (température et gravité en surface, abondance de divers éléments chimiques tels que les métaux, l'oxygène, le magnésium, etc.), courbes de lumière des étoiles variables, description des systèmes d'étoiles et des systèmes avec planètes, des quasars et des galaxies et de quelque 150 000 petits objets du Système Solaire. Les données astrométriques sont beaucoup plus précises que celles de Gaia-DR2 : les parallaxes sont 20% plus précises et les mouvements propres d'un facteur 2. Grâce aux données de Gaia EDR3, un nouveau regard a déjà été posé sur les étoiles proches du Soleil dans la Galaxie, sur les parties externes du disque et du halo de notre Galaxie, sur la structure et les différentes populations d'étoiles dans les Nuages de Magellan, et l'accélération du barycentre du Système Solaire dans la Galaxie a pu être mesurée précisément. La publication de Gaia DR3 va apporter une révolution dans notre compréhension des différentes populations d'étoiles peuplant notre Galaxie et l'évolution des différents types d'étoiles, ainsi que sur la physique de petits corps du Système Solaire.

Combien de temps prend la construction d'un satellite comme Gaia ?

Une mission comme Gaia peut faire l'objet d'études pendant plusieurs années avant que l'ESA ne lui donne le feu vert. Les études détaillées de sa conception prennent ensuite 3-4 ans, et 3-4 années supplémentaires sont nécessaires pour construire et tester le satellite. Gaia a été accepté dans le programme scientifique de l'ESA en octobre 2000.



Où est l'orbite de Gaia ?

Gaia tourne autour du Soleil en même temps que la Terre à environ 1,5 million de kilomètres de la Terre, autour du point de Lagrange L2 du système Soleil-Terre, un endroit où la somme des forces d'attraction des deux corps s'équilibre avec la force centrifuge qui a

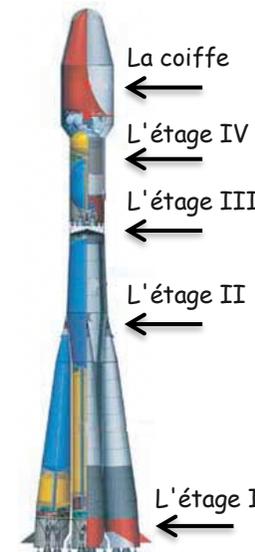
tendance à éloigner le vaisseau spatial. Cette orbite est dans une région soumise à peu de radiations et où il n'y a pas d'éclipse, ce qui maintient le satellite à une température constante. À cet endroit, Gaia a donc une capacité d'observation optimale.

Comment Gaia a-t-il été transporté jusqu'à son orbite ?

Le satellite Gaia a été emporté dans l'espace par une fusée Soyuz-Fregat. Tout d'abord la fusée a été envoyée sur une orbite basse. Puis, l'étage supérieur, Fregat, a été mis à feu pour emporter le vaisseau jusqu'à sa position finale, L2. Cela a pris environ un mois.

Comment fonctionne une fusée ?

Les différentes parties d'une fusée Soyuz sont : la coiffe où la charge utile (le satellite à lancer) est placée, et quatre étages successifs. Chaque étage a une fonction particulière. L'étage I - les moteurs - propulse la fusée hors de l'attraction terrestre. Les étages II et III sont utilisés pour mettre la fusée en orbite autour de la Terre. L'étage IV - Fregat - est complexe : il peut être démarré puis arrêté plusieurs fois. Ceci permet de placer un satellite sur des orbites très différentes par des manœuvres compliquées.



Comment le satellite est-il contrôlé depuis la Terre ?

Des signaux radios sont envoyés au satellite grâce à de grandes antennes radio qui sont pointées dans sa direction. Les informations émises par le satellite vers la Terre représentent un flux très élevé, et sont aussi transmises par des ondes radio à haute fréquence.

Combien de temps Gaia restera-t-il dans l'espace ?

Gaia a commencé à effectuer des mesures dès sa mise en orbite finale, le 25 juillet 2014, et va y rester plus de dix ans. Quand Gaia aura épuisé ses carburants, vers 2025, il sera laissé en orbite libre. Sa trajectoire, éloignée de la Terre, n'affectera pas d'autres satellites. Un jour, peut-être, un impact avec une météorite ou une comète pourra éventuellement finir de le détruire.

Que signifie le nom Gaia ?

Dans la Grèce antique, Gaia était la déesse de la Terre, épouse d'Ouranos, le dieu du Ciel. Maintenant, c'est le nom donné à ce projet européen ambitieux qui permettra d'explorer tous les secrets (ou presque !) de notre Galaxie : de sa composition, sa formation, son passé jusqu'à son évolution future.

Des informations plus détaillées sont disponibles sur : <http://gaia.obspm.fr> (en français)
<http://sci.esa.int/Gaia> (en anglais)