

### 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 pour 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.

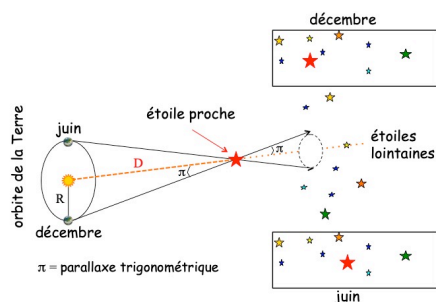
### A quoi sert la mesure des distances et des vitesses ?

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, vers où elle se dirige 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 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 deuxième catalogue, Gaia DR2, est de 0,7685 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 ?

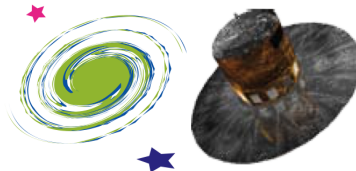
Quand toutes les mesures de Gaia seront disponibles, la précision sera meilleure que 20 microsecondes de degré (soit environ 6 milliardièmes de degré). Cette précision correspond à l'angle sous lequel on verrait se déplacer une abeille d'un côté à l'autre d'une fleur de marguerite sur Mars.

### 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, 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 observe

## Les Petits Livres de Gaia

CE QUE  
VOUS AVEZ  
TOUJOURS  
VOULU SAVOIR  
SUR GAIA!



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 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 ?

Maintenant 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 ?

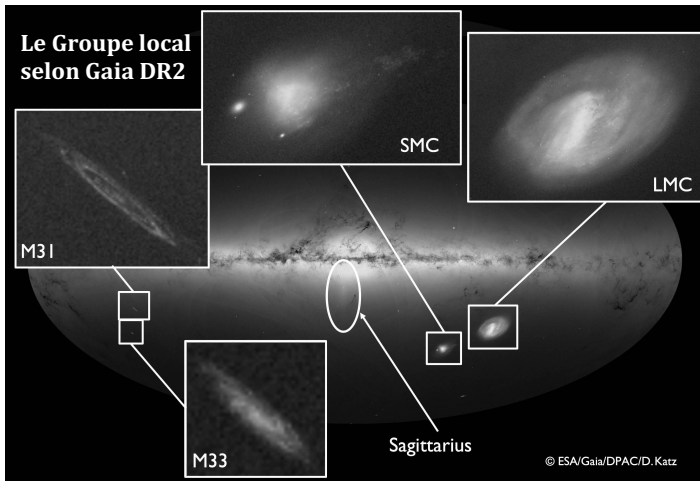
Les données acquises par Gaia, inutilisables telles quelles, sont converties en informations utiles (positions, distances, vitesses, couleur, etc.) par le DPAC et les résultats sont publics. Les scientifiques, les astronomes amateurs ou les étudiants ont accès librement à ces données. Le grand public 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 et couleurs, puis vitesses sur la ligne de visée, luminosités, description des atmosphères des étoiles, courbes de lumière 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.

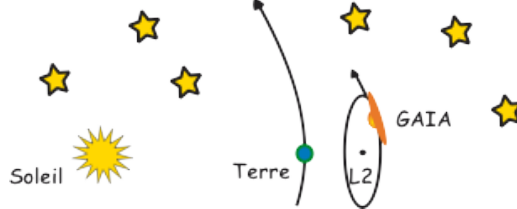
Le troisième catalogue, **Gaia-EDR3**, publié le 3 décembre 2020 est le résultat de l'analyse des données observées pendant 34 mois. Ses données sont plus nombreuses et encore beaucoup plus précises que celles de Gaia-DR2 : 20% pour les parallaxes et un facteur 2 pour les mouvements propres. Grâce à ces données, un nouveau regard est, par exemple, 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 Système Solaire dans la Galaxie est mesurée précisément.

### 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 entre 3 et 4 ans, et 3 ou 4 années supplémentaires sont nécessaires pour construire et tester le satellite, et le préparer au lancement. 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 millions de kilomètres de la Terre autour du point de Lagrange L2 du système Soleil-Terre, un endroit où les forces d'attraction des deux corps s'équilibrent avec la force centrifuge qui a tendance à éloigner le vaisseau spatial. De plus, 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 ?

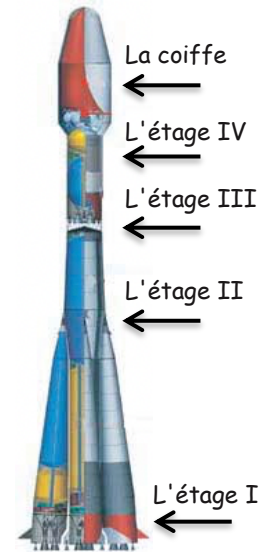
Le satellite Gaia a été emporté dans l'espace par une fusée Soyouz-Fregat. Tout d'abord la fusée a été envoyée sur une orbite basse. Puis, l'étage supérieur, Fregat, a été mis à feu pour emporter le vaisseau jusqu'à sa position finale, L2. Cela a pris environ un mois.

### Comment fonctionne une fusée ?

Un mélange de combustible et de comburant, le propergol, est brûlé dans la fusée pour produire du gaz sous pression qui s'échappe par les tuyères arrière. Ce gaz fournit une poussée qui, par réaction, propulse la fusée vers le haut, tout comme un ballon qui s'envole lorsqu'on libère son embouchure.

### A quoi ressemble une fusée Soyouz-Fregat ?

Les lanceurs Soyouz ont une place particulière dans l'histoire spatiale. Ils ont propulsé dans l'espace le premier satellite et le premier homme. Les fusées Soyouz ont déjà lancé plusieurs satellites de l'ESA : Cluster, Mars Express et Gaia.



Les différentes parties d'une fusée Soyouz 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 et va y rester plus de dix ans. Quand Gaia aura épuisé ses carburants, en 2024-2025, 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, la Déesse Mère, 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)

Première version préparée par A. Colorado-McEvoy (1999)

Adaptation et mise à jour : C. Turon, septembre 2020

