



## GAIA DR1

# LE PREMIER CIEL DE GAIA

**deux millions six cent soixante-dix-neuf mille sept cent soixante-neuf étoiles : voilà le premier catalogue *Gaia*, rendu public le mercredi 14 septembre à 12 h 30 par l'Agence spatiale européenne et le consortium d'analyse et de traitement des données *Gaia*, le DPAC, exactement 1 000 jours après le lancement de *Gaia*.**

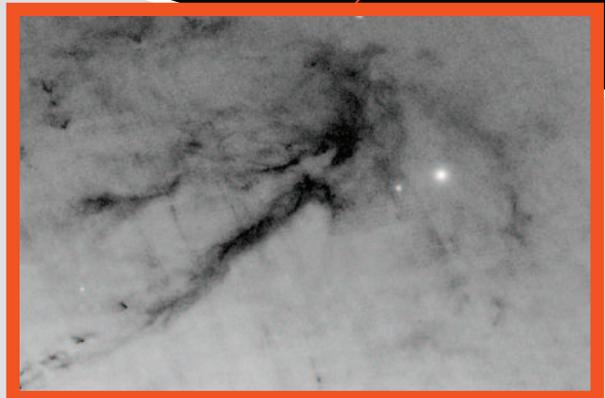
**C**e premier catalogue, *Gaia* DR1 (pour *Gaia* Data Release 1), a été obtenu à partir d'observations effectuées entre le 25 juillet 2014 et le 16 septembre 2015, soit seulement 14 mois d'observations (la durée minimale de la mission est de 5 ans). Une carte du ciel d'une précision sans précédent a déjà été obtenue à partir de ces données : elle est montrée sur la figure 1. Cette carte montre la densité des étoiles observées par *Gaia* sur tout le ciel. Les régions les plus brillantes sont des concentrations d'étoiles, tandis que les régions plus sombres correspondent à des zones du ciel où l'on voit moins d'étoiles : ce sont des nuages

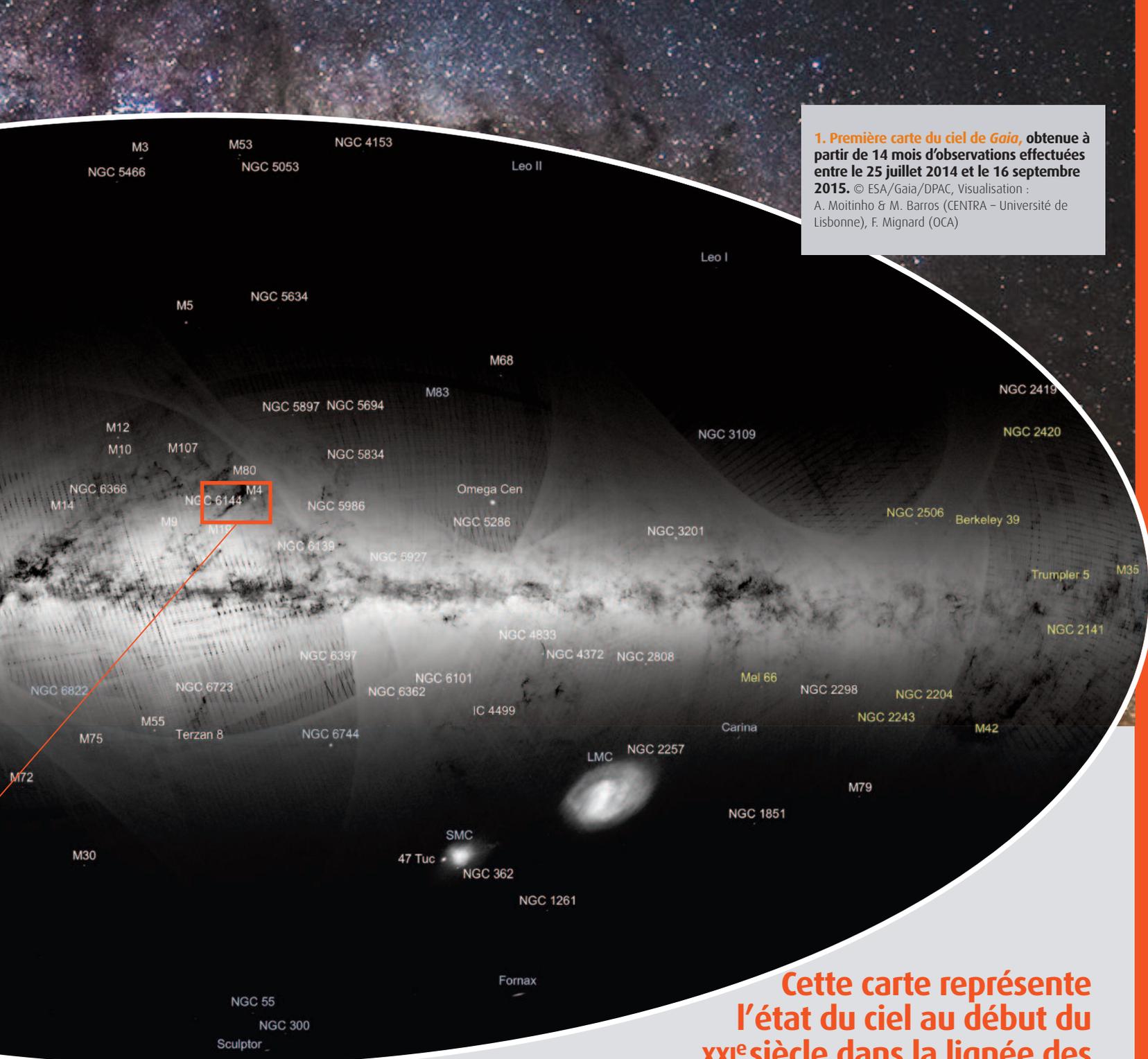
denses de gaz et de poussières interstellaires qui absorbent la lumière des étoiles (voir médaillon en bas à gauche de la figure 1). On distingue très clairement le plan de notre Galaxie, la Voie lactée, les Nuages de Magellan, nombre d'amas ouverts ou globulaires, quelques galaxies naines du Groupe local et même la belle galaxie d'Andromède, la galaxie spirale la plus proche de nous. On y distingue aussi clairement les traces du balayage du ciel par *Gaia* et les zones encore très imparfaitement couvertes par ces 14 mois de données.

Ce premier catalogue préliminaire contient quatre sous-ensembles :

- un « petit » (!) sous-ensemble

d'environ 2 millions d'étoiles en commun avec les catalogues Hipparcos et Tycho-2, appelé TGAS (Tycho-*Gaia* astrometric solution). Pour ces étoiles, appelées sources primaires, les observations de *Gaia* ont été combinées avec





**1. Première carte du ciel de Gaia, obtenue à partir de 14 mois d'observations effectuées entre le 25 juillet 2014 et le 16 septembre 2015.** © ESA/Gaia/DPAC, Visualisation : A. Moitinho & M. Barros (CENTRA - Université de Lisbonne), F. Mignard (OCA)

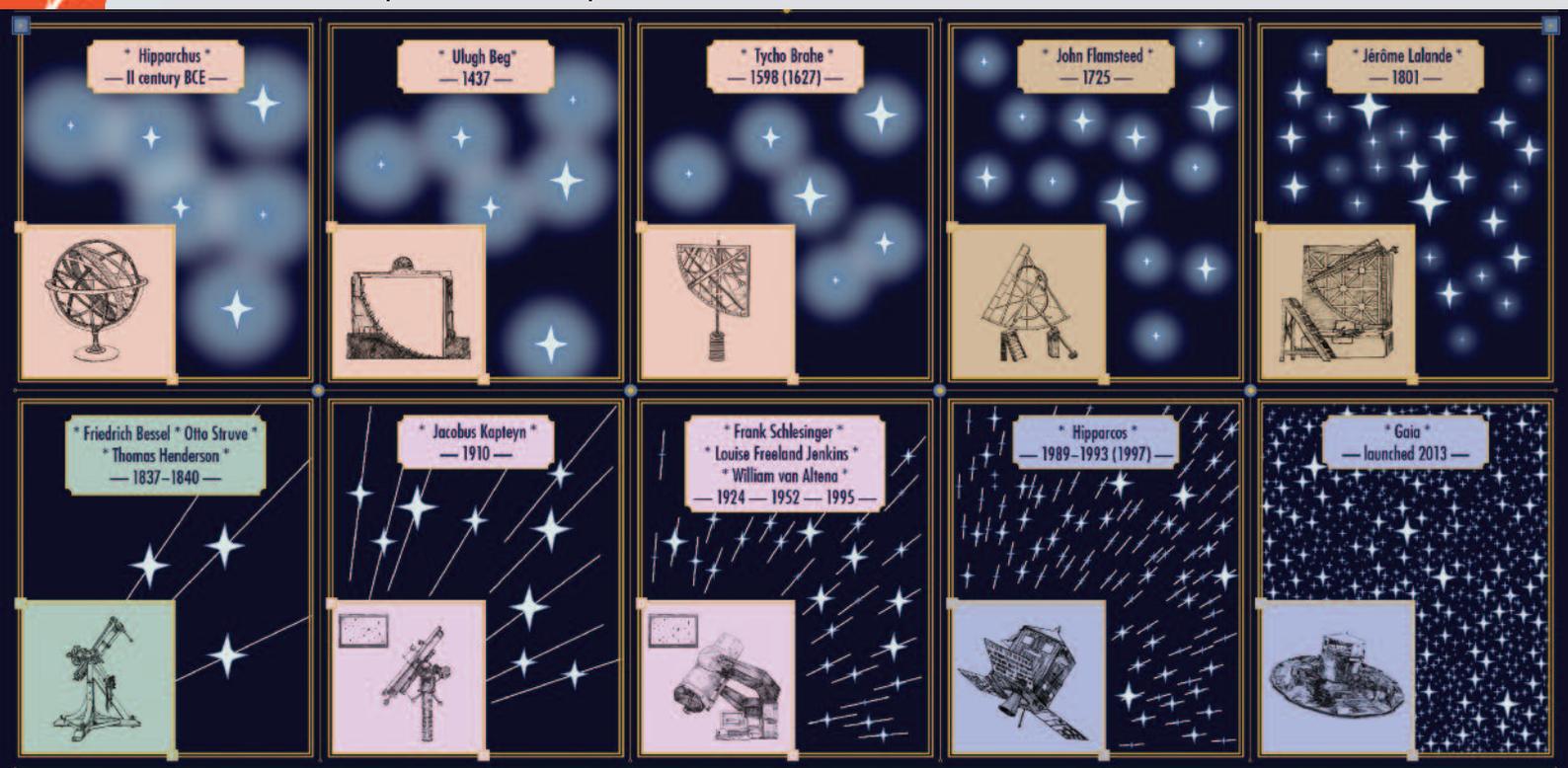
**Cette carte représente l'état du ciel au début du XXI<sup>e</sup> siècle dans la lignée des grands catalogues.**

les positions obtenues grâce au satellite *Hipparcos* il y a 23 ans et publiées dans les catalogues *Hipparcos* et *Tycho-2*. Grâce à ce grand intervalle de temps, les mouvements des étoiles sur le ciel et les distances de celles-ci ont pu être calculés. Les incertitudes typiques sur les parallaxes sont d'environ 0,3 milliseconde de degré (mas) et d'environ 1 mas par an sur les mouvements propres (et même 70  $\mu$ s par an pour les étoiles *Hipparcos* !). **Les distances obtenues sont 3 fois plus précises que celles d'*Hipparcos* et pour 20 fois plus de sources ;**

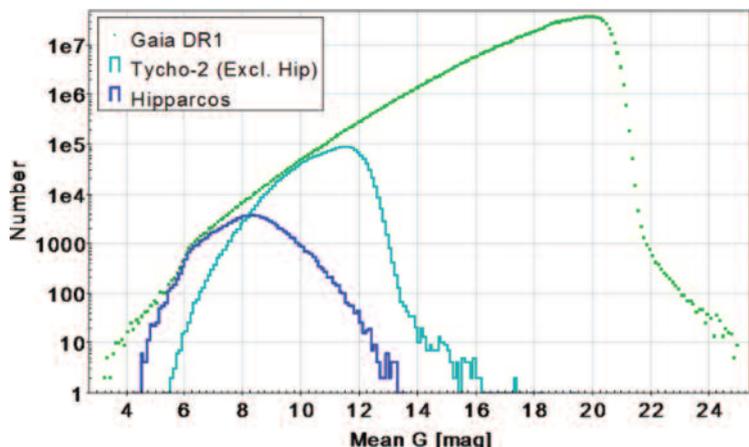
### Récapitulation du contenu de Gaia DR1 :

#### Sources contenues dans Gaia DR1

	Nombre
Nombre total de sources	1 142 679 769
Nombre de sources primaires (TGAS)	2 057 050
<i>Hipparcos</i>	93 635
<i>Tycho-2</i> (sans compter les étoiles <i>Hipparcos</i> )	1 963 415
Nombre de sources secondaires	1 140 622 719
Nombre de courbes de lumières d'étoiles variables	3194
Céphéides	599
RR Lyrae	2595



Les catalogues astronomiques à travers les âges



2. Distribution en magnitude de Gaia DR1 (nombre de sources par intervalle de 0,1 magnitude), ainsi que celle des étoiles communes avec les catalogues Hipparcos et Tycho-2 (étoiles non-Hipparcos).

● un grand (très grand !) sous-ensemble contenant plus d'un milliard de sources, appelées secondaires, pour lesquelles seules les magnitudes (en bande G) et positions sont disponibles dans ce premier catalogue intermédiaire. Ces positions préliminaires sont déjà extrêmement précises, avec une précision variant d'environ **0,5 mas (ou mieux) pour les étoiles les plus brillantes jusqu'à environ 15 mas pour les plus faibles**. La précision sur les magnitudes va de **une millimagnitude ou mieux pour les étoiles les plus brillantes à environ 0,03 magnitude pour les plus faibles**. Ces précisions, même si elles sont loin des performances finales attendues de *Gaia*, font déjà de ce catalogue préliminaire la carte la plus précise et la plus détaillée jamais réalisée : elle représente l'état du ciel au début du XXI<sup>e</sup> siècle, dans la lignée des grands catalogues depuis Hipparque ;

● un sous-ensemble d'environ 3 200 étoiles variables, céphéides et RR Lyrae, observées de façon répétitive pendant les 4 premières semaines d'observations scientifiques. En effet, du 25 juillet au 22 août 2014, *Gaia* a observé le ciel avec un mode de balayage particulier, tous les grands cercles balayés passant par les pôles écliptiques et recouvrant une partie externe du Grand Nuage de Magellan. Ces observations très particulières ont permis d'obtenir les courbes de lumière des céphéides et RR Lyrae observées dans cette région du ciel ;

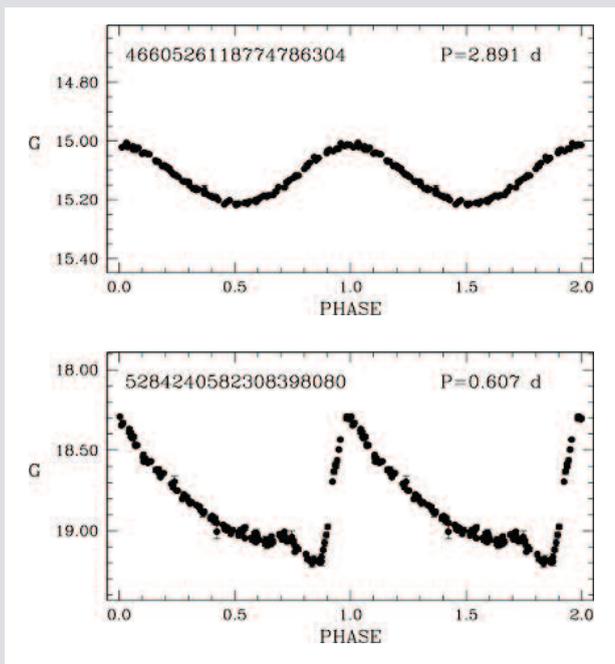
● 2 152 quasars de référence (utilisés actuellement pour définir le repère de référence céleste), avec des précisions sur les positions de 0,2 à 1 mas.

Distribution en magnitude

La distribution en magnitude de l'ensemble des sources de Gaia DR1 est montrée sur la figure 2 ainsi que, pour comparaison, celle des étoiles communes avec les catalogues Hipparcos et Tycho-2 (étoiles Hipparcos exclues). L'étoile la plus brillante du catalogue Gaia DR1 a une magnitude  $G = 3,2$ . La majorité des sources a une magnitude entre 11,2 et 21. La limite des observations systématiques est d'environ 20,7 et les magnitudes des quelques dizaines d'étoiles plus faibles que  $G = 21$  sont probablement erronées. On remarque que du côté des étoiles plus brillantes que  $G = 5$ , il y a plus d'étoiles dans Gaia DR1 que reconnues comme étant communes avec Hipparcos. Cela n'est qu'apparent : la plupart de ces sources n'avaient pas fait l'objet d'assez d'observations pour être incluses dans les sources primaires, mais elles sont parmi les sources secondaires.

Courbes de lumière

Les courbes de lumière de deux étoiles variables du Grand Nuage de Magellan montrées sur la figure 3 donnent une idée de la qualité de la photométrie de Gaia DR1 : pour la céphéide (courbe du haut), les barres d'erreur sont plus petites que les symboles. Pour la RR Lyrae, l'incertitude sur les mesures individuelles est de l'ordre de 0,02 magnitude, alors même que sa magnitude varie entre les magnitudes 18,3 et 19,2.



3. Courbes de lumière de deux étoiles variables du Grand Nuage de Magellan : en haut une céphéide de période 2,891 jour, en bas, une RR Lyrae de période 0,607 jour.

### Premier aperçu de la qualité des données de Gaia DR1

Le diagramme de Hertzsprung-Russell montré sur la figure 4 donne déjà une idée de la précision des données *Gaia*, même dans cette version très préliminaire. Ce diagramme montre la distribution d'une sélection d'étoiles dans le plan magnitude absolue  $M_G$ -couleur B-V. Les 41 136 étoiles sélectionnées ont une précision meilleure que 20 % sur la parallaxe trigonométrique et des incertitudes sur la magnitude apparente  $G$  et la couleur B-V plus petites que 0,05 magnitude, et sont soit plus proches que 100 pc, soit plus brillantes que  $G \leq 7,5$ , soit avec un mouvement propre  $\mu \geq 0,2''/\text{an}$ . Le code couleur dépend de la vitesse tangentielle des étoiles (composante de la vitesse des étoiles tangente à la sphère céleste, calculée à partir du mouvement propre – déplacement angulaire de l'étoile sur le ciel – et de la parallaxe trigonométrique). Les étoiles du disque, jeunes et brillantes, avec une faible vitesse (points bleus) sont bien visibles en haut de la séquence principale, tandis que les étoiles du halo galactique passant rapidement au voisinage solaire (points roses et rouges) et déficientes en composition chimique sont clairement décalées sous la séquence principale.

### Remarques au sujet de ce catalogue préliminaire

Même si ce premier catalogue est déjà une avancée remarquable par rapport aux précédents catalogues, toute utilisation qui en est faite doit tenir compte du fait qu'il n'a été obtenu qu'à partir de 14 mois de données. En conséquence, il n'est pas complet pour diverses raisons : les étoiles ayant fait l'objet de moins de 5 observations ont été supprimées, ainsi que les étoiles dont les paramètres astrométriques n'ont pas pu être déterminés avec une précision suffisante ; il manque les étoiles très rouges ou très bleues, ou avec un grand mouvement propre ; le catalogue est incomplet dans les zones très denses en étoiles ; il manque des composantes d'étoiles doubles pour des séparations entre composantes plus faibles que 4 secondes de degré. Enfin, la plupart des étoiles brillantes, donc saturées et difficiles à modéliser, sont absentes.

Il faut aussi savoir que toutes les sources ont été traitées comme si elles étaient simples et qu'il y a encore des erreurs systématiques dues à la mauvaise couverture du ciel, à la difficile modélisation de l'attitude du satellite et aux étalonnages encore imparfaits des instruments. Ces incertitudes systématiques sont d'environ 0,3 mas pour les parallaxes. Et,

bien sûr, avec 14 mois de données seulement, la précision sur les données de Gaia DR1 est bien moins bonne que ce qui est attendu des versions suivantes du catalogue et, en particulier, de la version définitive, prévue vers 2022 (date à confirmer).

Tout utilisateur de ces données doit tenir compte de ces remarques.

**Donc : si votre étoile préférée n'est pas Gaia DR1... elle le sera très probablement dans Gaia DR2, prévu dans environ une année, ou dans l'une des versions suivantes du catalogue.**

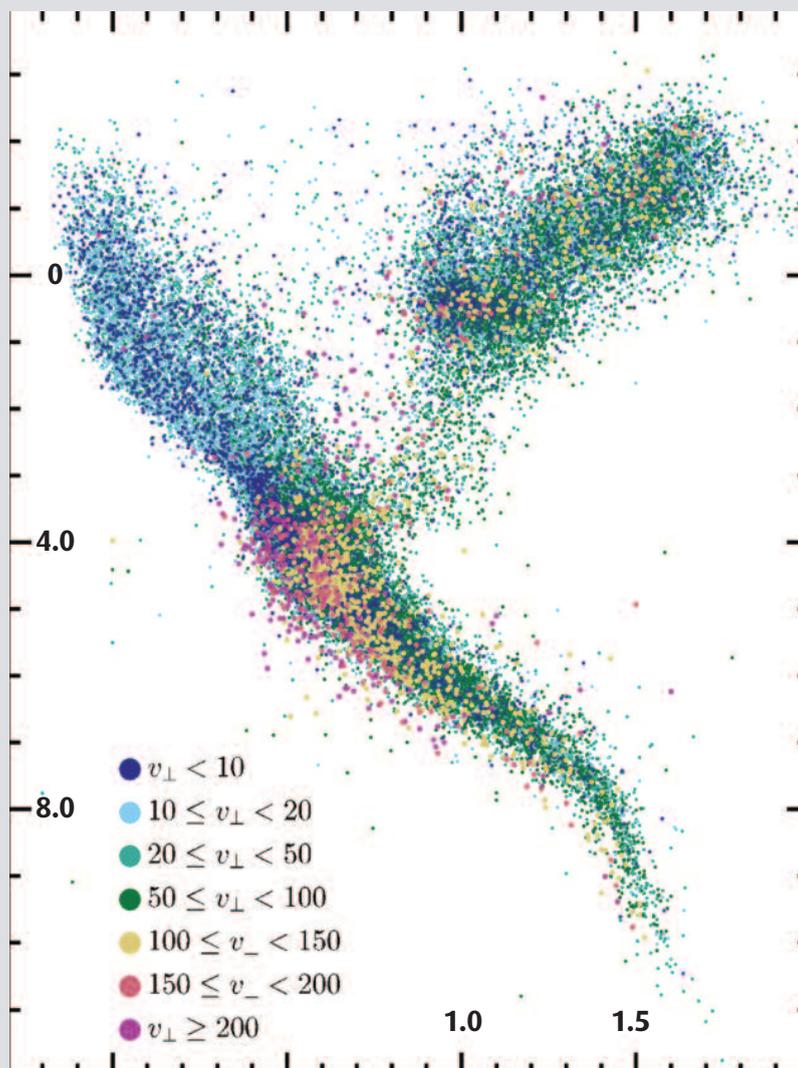


Diagramme H-R codé par vitesse tangentielle, 41 136 étoiles proches en abscisse B-V et en ordonnée  $M_G$ .

### Accès aux données

Toutes les données de Gaia DR1 sont accessibles à partir de l'archive Gaia (<http://archives.esac.esa.int/gaia>), qui fournit également des outils de visualisation, ainsi que la documentation complète pour explorer les ensembles de données. En outre, les données sont également mises à disposition par un certain nombre de centres de données affiliés, en particulier, pour la France, le Centre de données de Strasbourg (<http://cds.unistra.fr/gaia>).

■ Catherine Turon et Frédéric Arenou  
Observatoire de Paris

*Gaia* : deux ans à L2, C. Turon et F. Arenou, *L'Astronomie* 93, avril 2016, p. 28.  
<http://gaia.obspm.fr> (en français).  
<http://sci.esa.int/gaia/> (en anglais).  
<http://www.cosmos.esa.int/web/gaia> (en anglais).