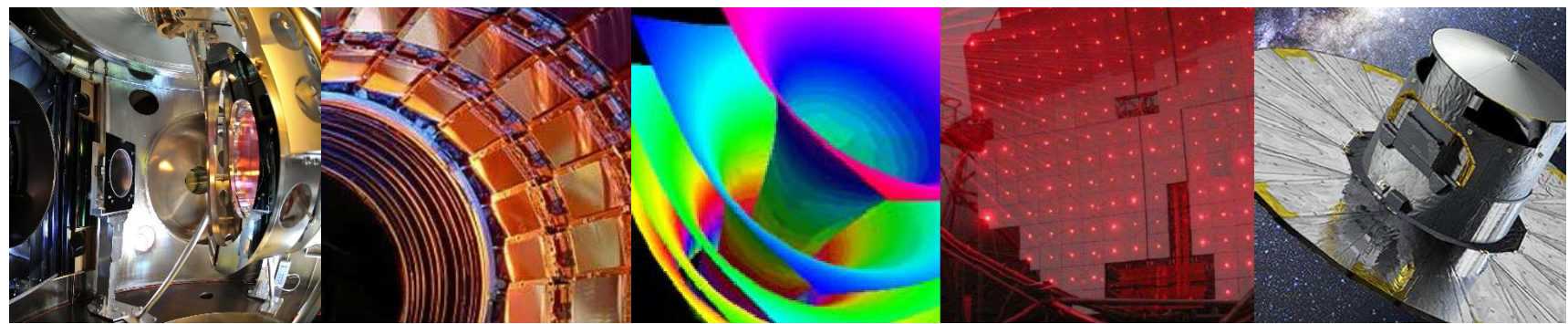




Institut de Ciències del Cosmos
UNIVERSITAT DE BARCELONA



The **Gaia** space astrometry mission

Institute of Cosmos Sciences
Universitat de Barcelona

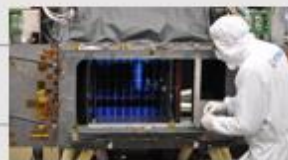
Xavier Luri Carrascoso
ICCUB director
Jordi Portell i de Mora
ICCUB deputy technical director

AstroHEP-PPCC24

Zaragoza
6 June 2024



A brief history of Gaia



Initial concept

Gaia Science Advisory Group

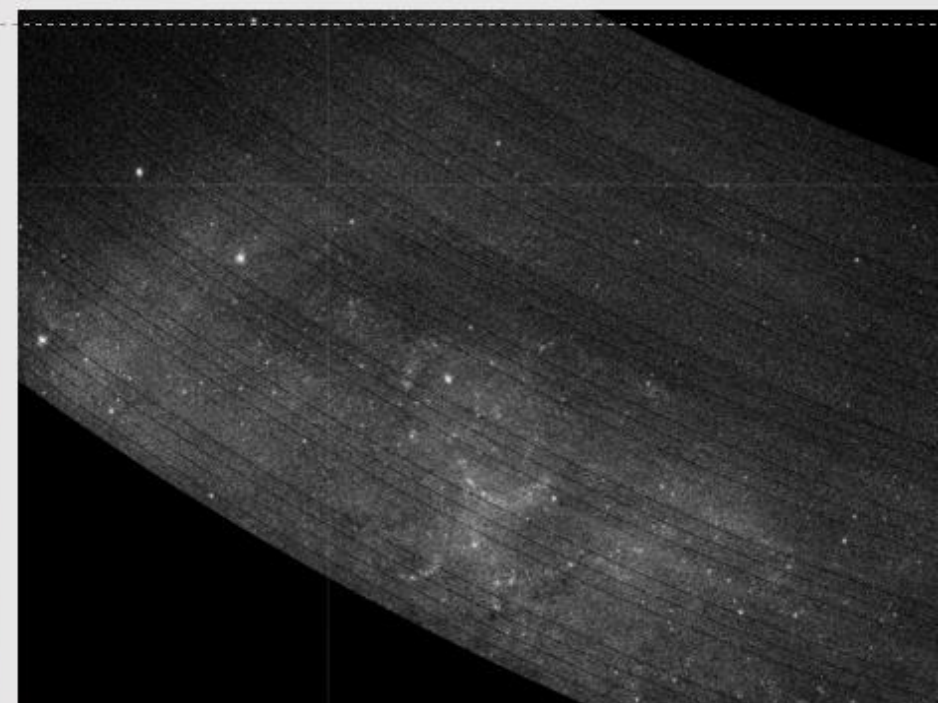
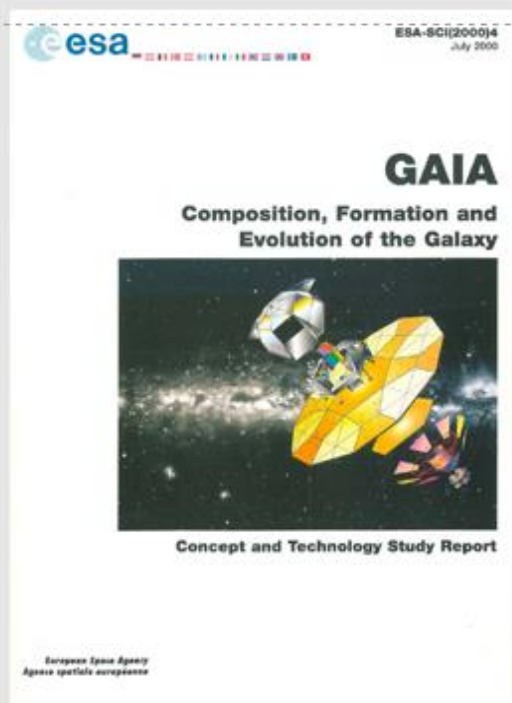
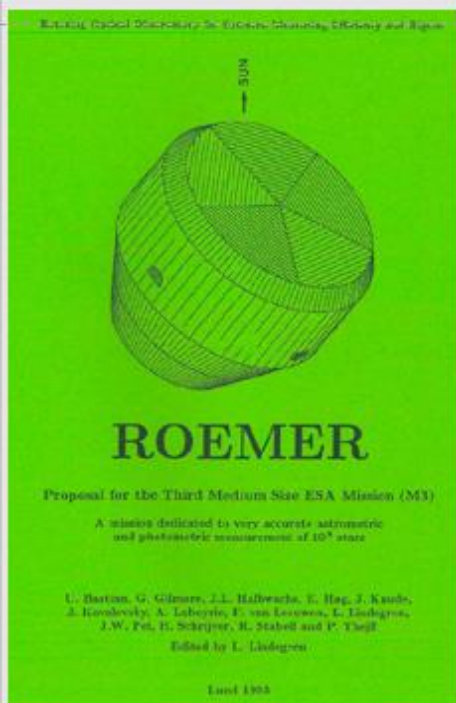
Gaia "Red Book"

Prime contractor selected, construction starts

Launch! 🎉

Start of nominal operations

~70M transits and ~37GB every day (on average)



The DPAC consortium

Gaia Data Processing and Analysis Consortium

~500 members

24 funding agencies

93% in the 10 largest ones

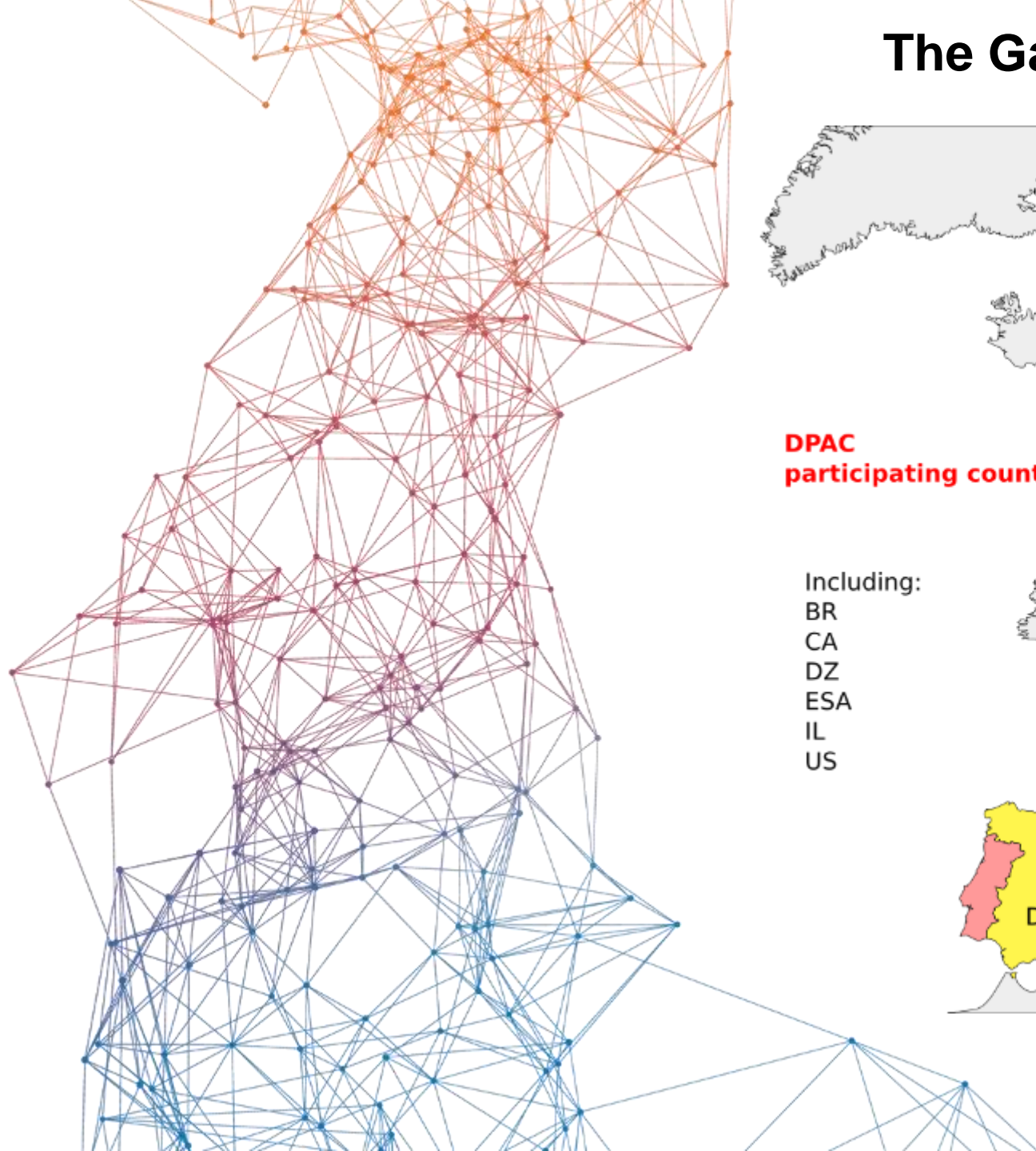
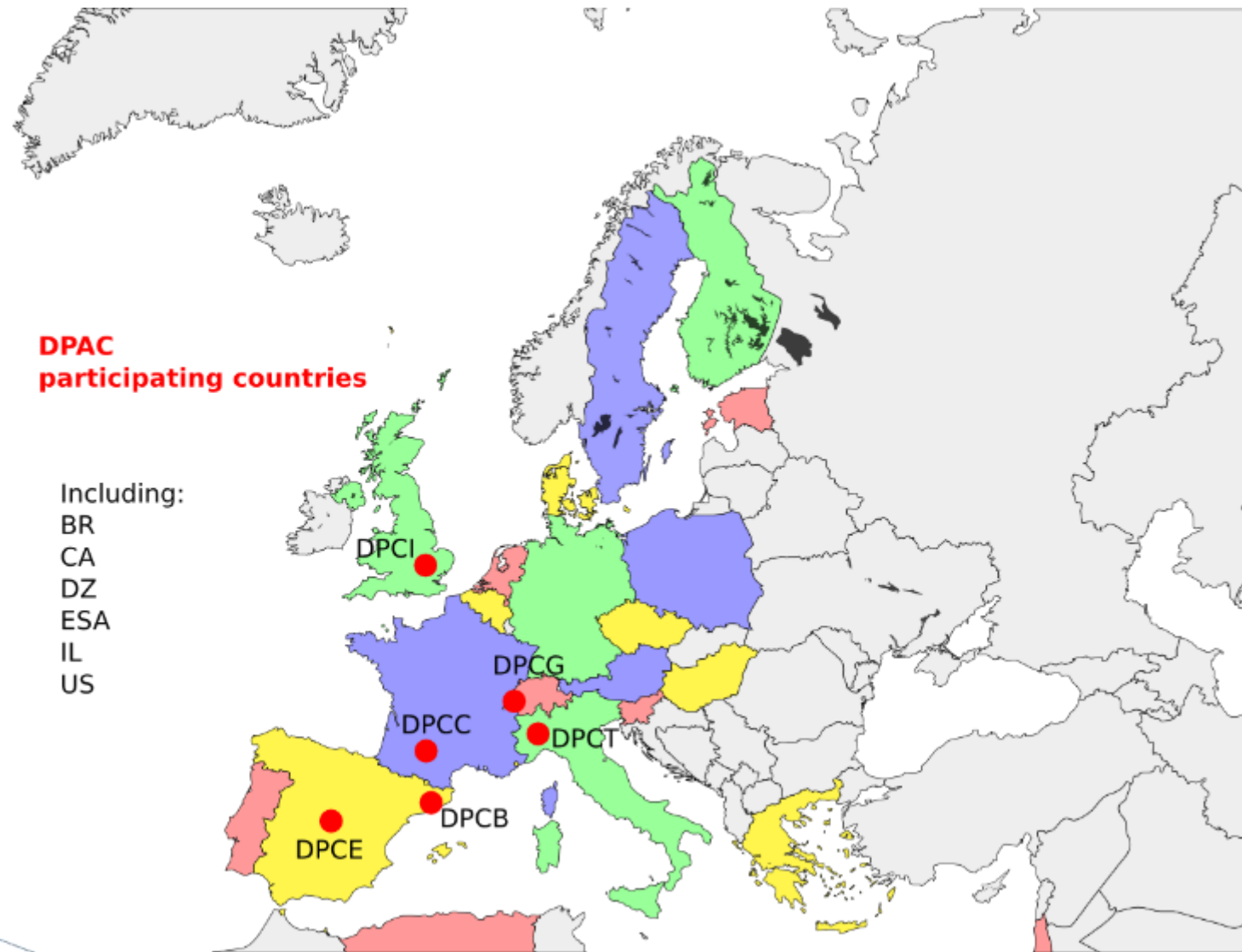


MLA duration: 2007–2022+

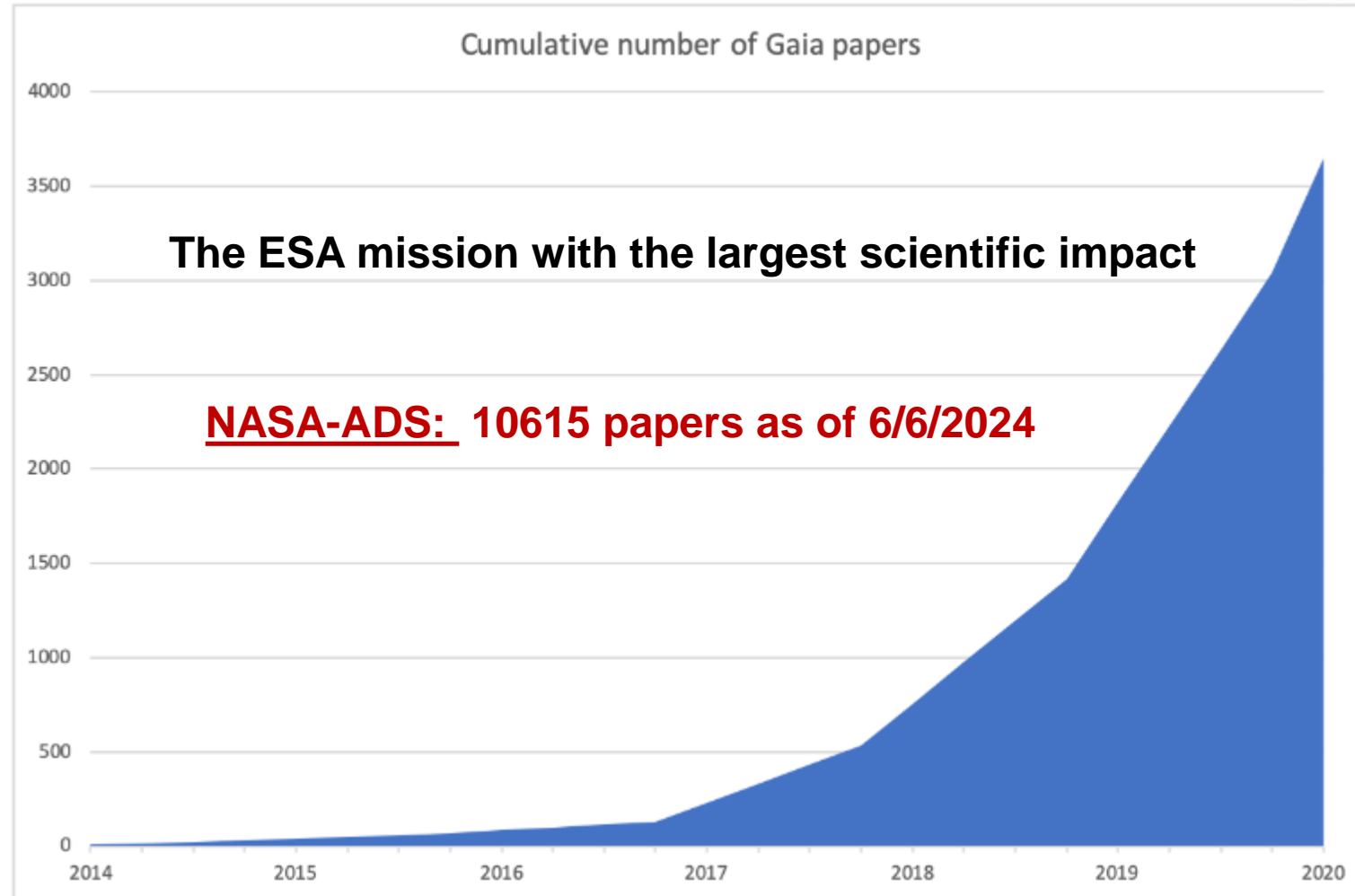
Average yearly cost: ~30M€

Global cost: ~500M€

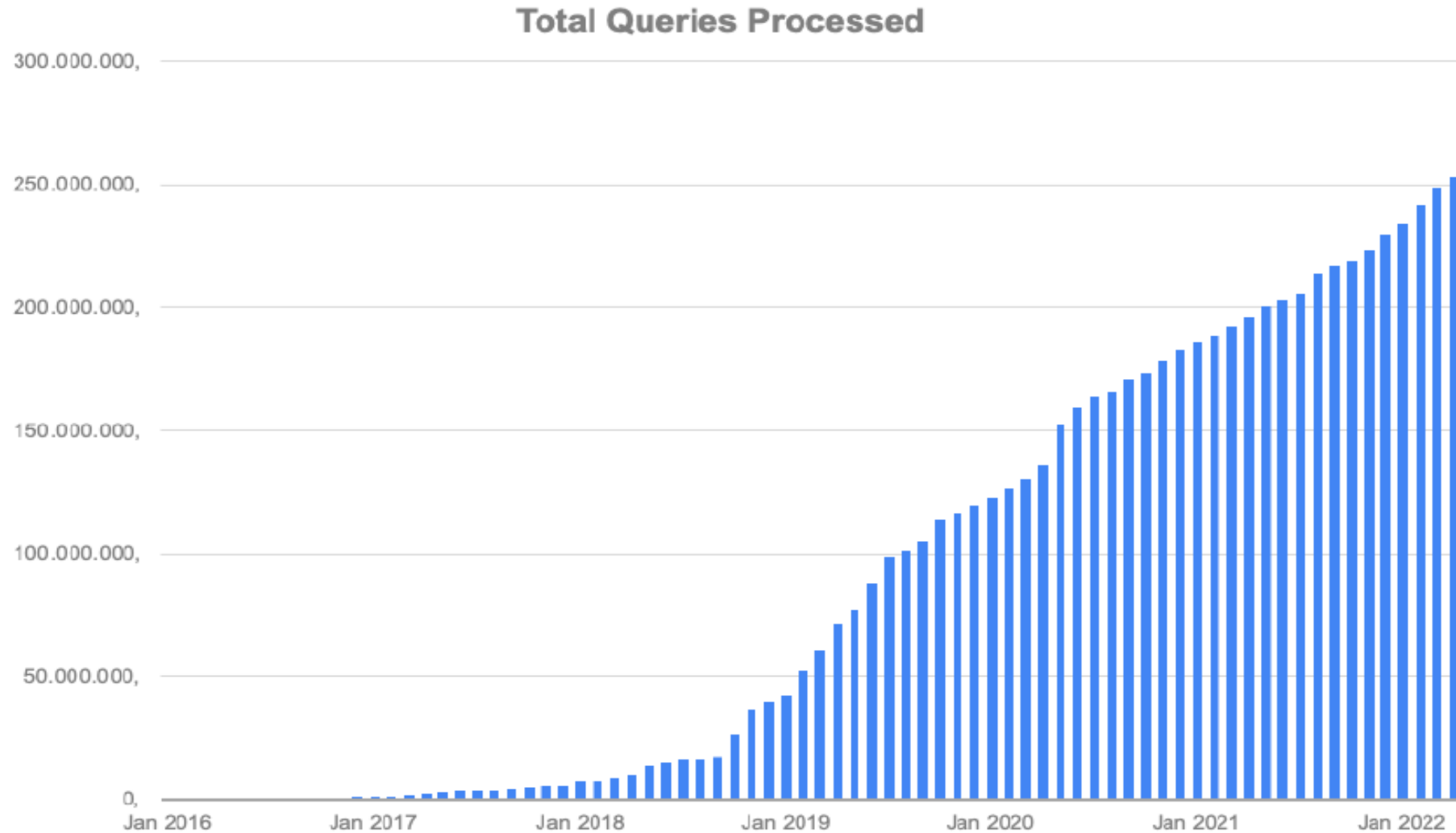
The Gaia-DPAC data processing centers



The Gaia success: publications

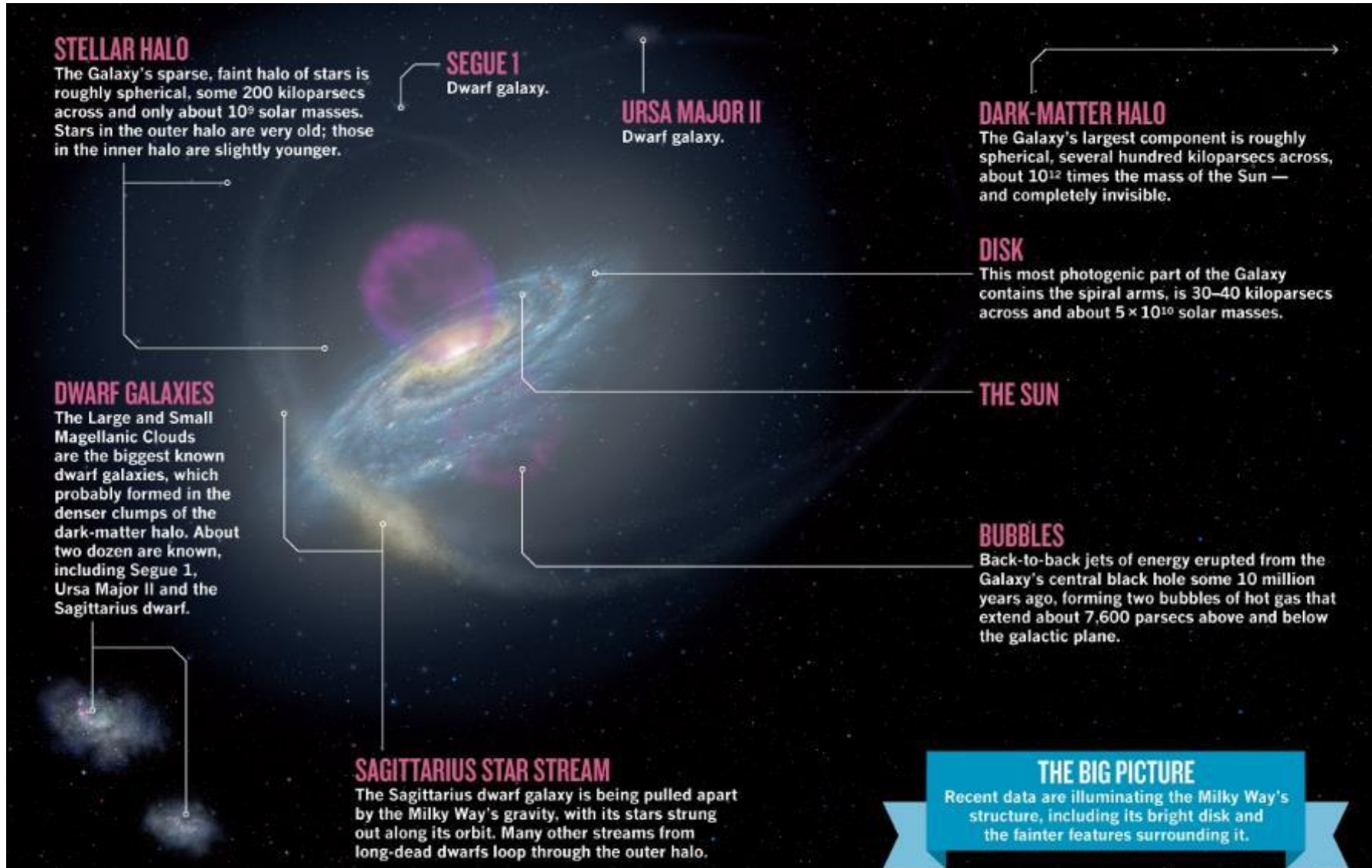


The Gaia success: Public Archive access



Scientific goal: our Galaxy

Composition, evolution, dynamics and structure of the Milky Way



Our Galaxy,
with an updated view

Gaia in numbers

Big data

CURRENT DATE AND TIME	2024-06-04T22:03:59 (TCB)
MISSION STATUS	
Satellite distance from Earth (in km)	1,468,422
Number of days having passed since 25 July 2014	3602
Number of days in mission extension	1785
OPERATIONS DATA (collected since 2014/07/25)	
Volume of science data collected (in GB)	133,739
Number of object transits through the focal plane	254,000,378,579
Number of astrometric CCD measurements	2,503,718,017,415
Number of photometric CCD measurements	503,931,003,884
Number of spectroscopic CCD measurements	49,230,561,141
Number of object transits through the RVS instrument	16,528,539,405

The Gaia team at the UB



**~25 members
Scientists + engineers**

**Multidisciplinary team:
Science + Technology**

Delivering the Gaia data to the Community

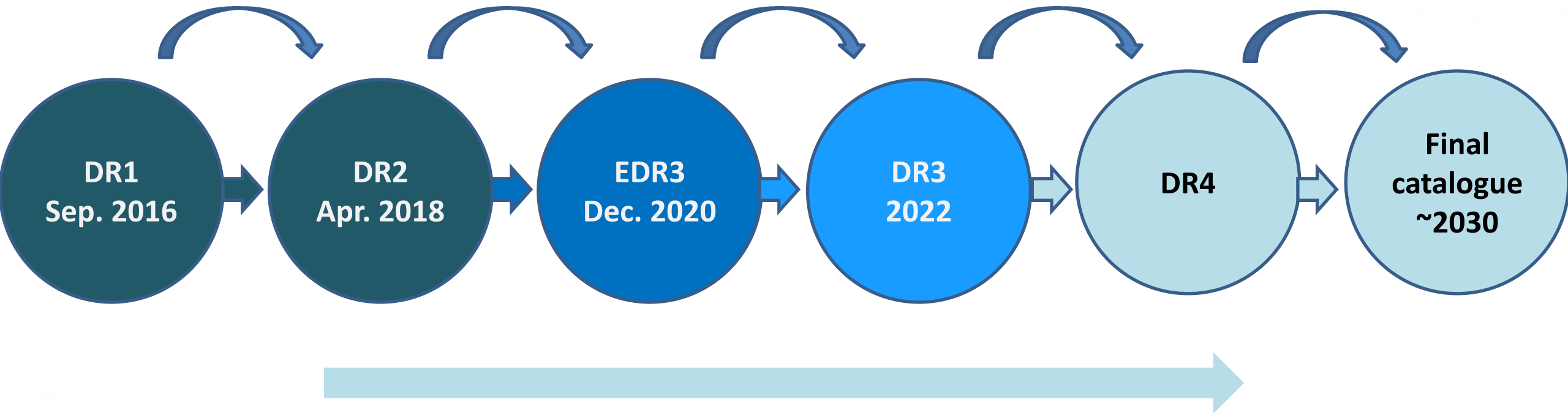
Data Releases

<https://www.cosmos.esa.int/web/gaia/release>

Launch 2013

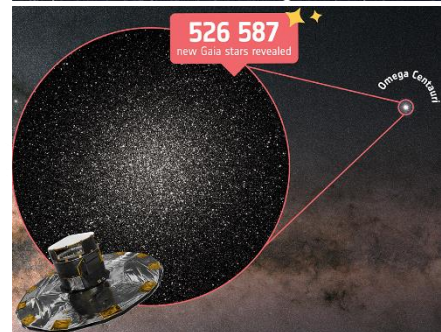
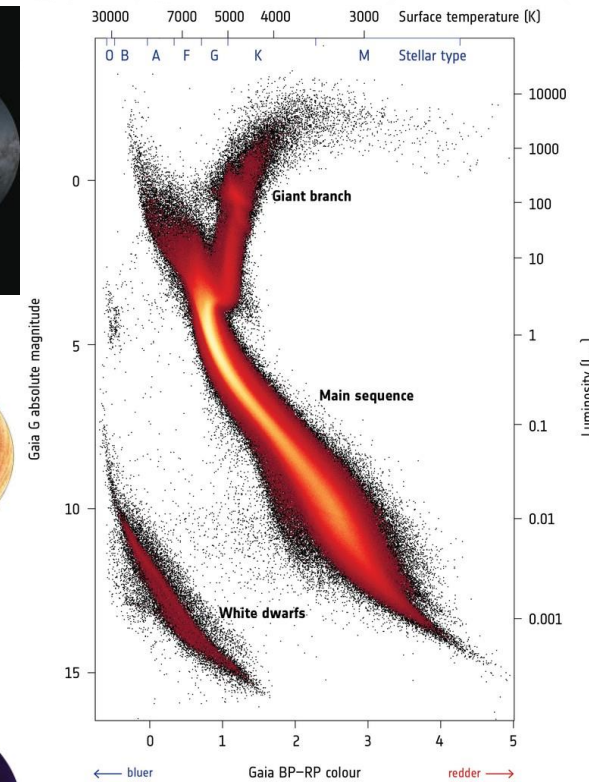
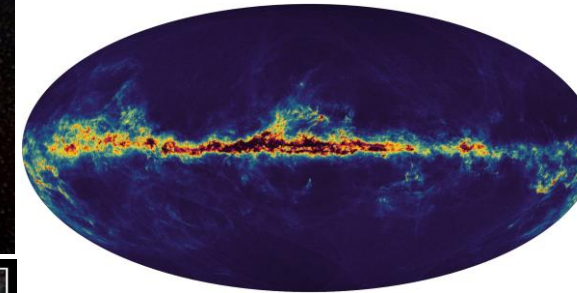
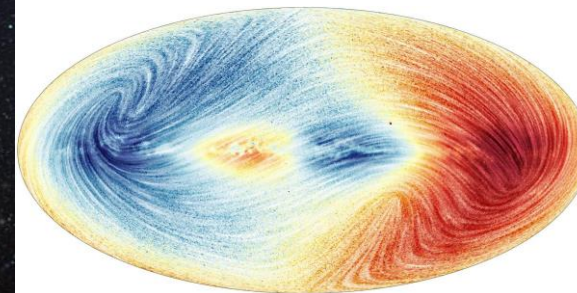
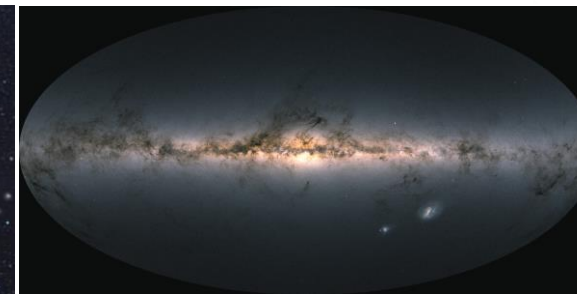
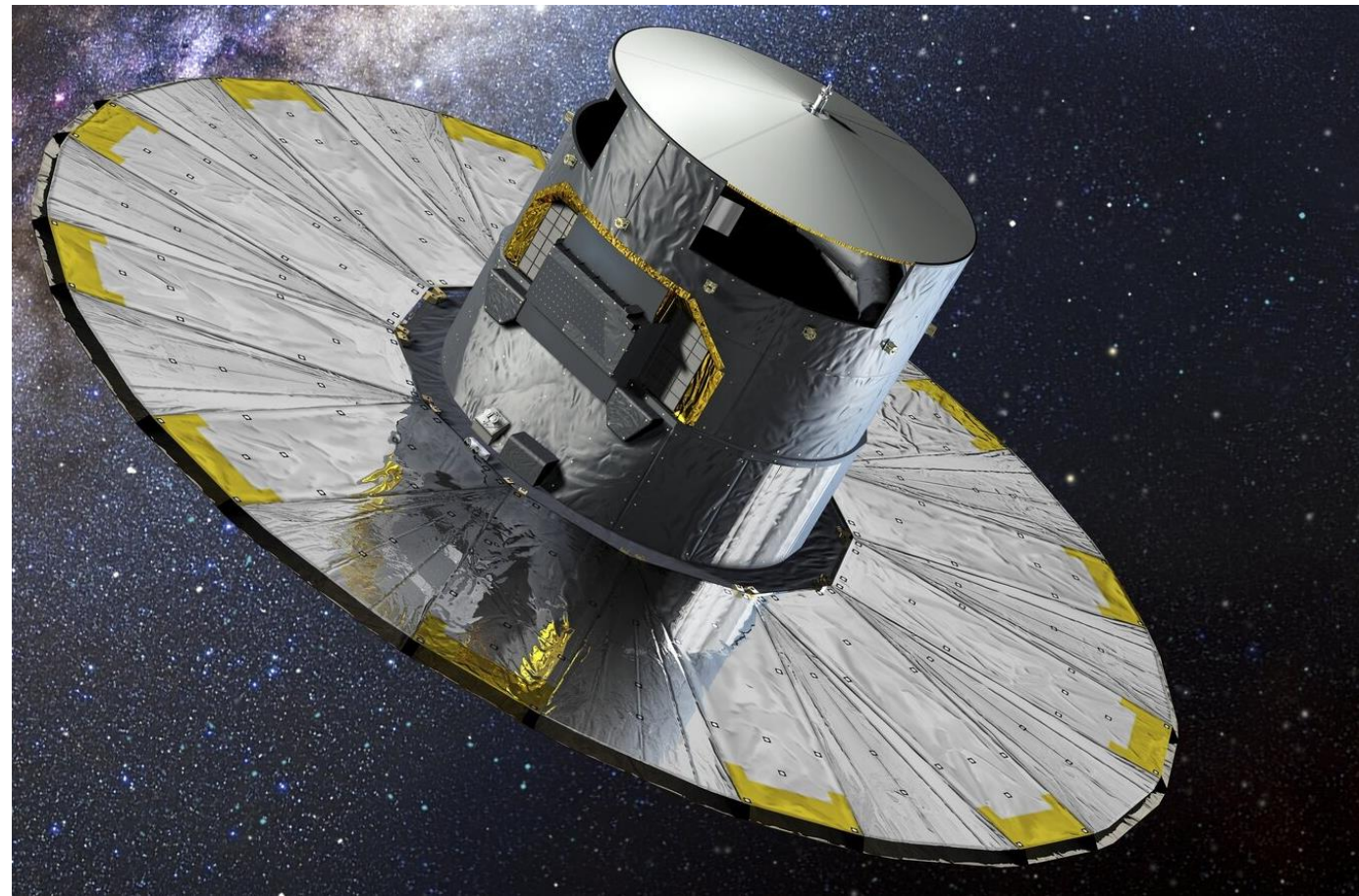
End of mission ~Q1 2025

Learning about the data and their processing / more resources required

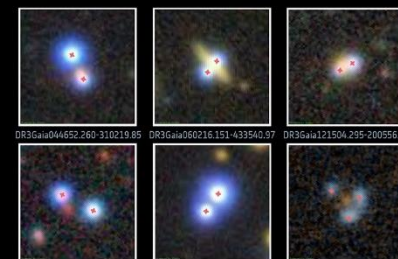
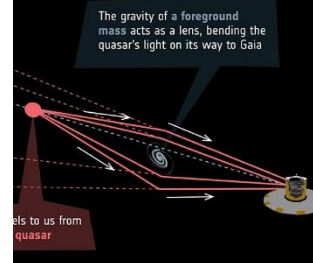


More transits, longer time span, better calibrations → better precision, smaller systematics

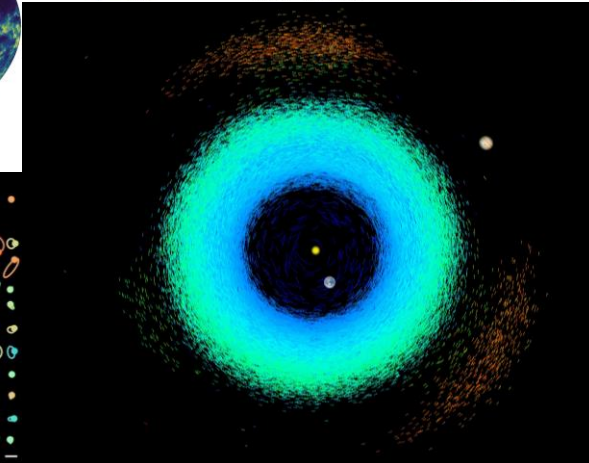
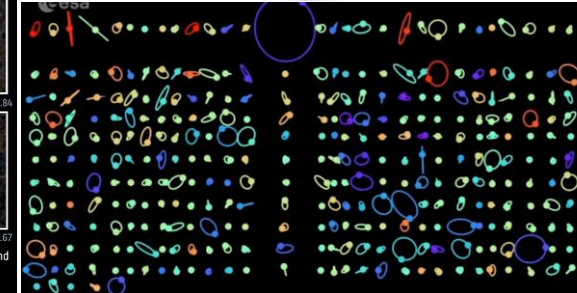
Gaia Data Release 3



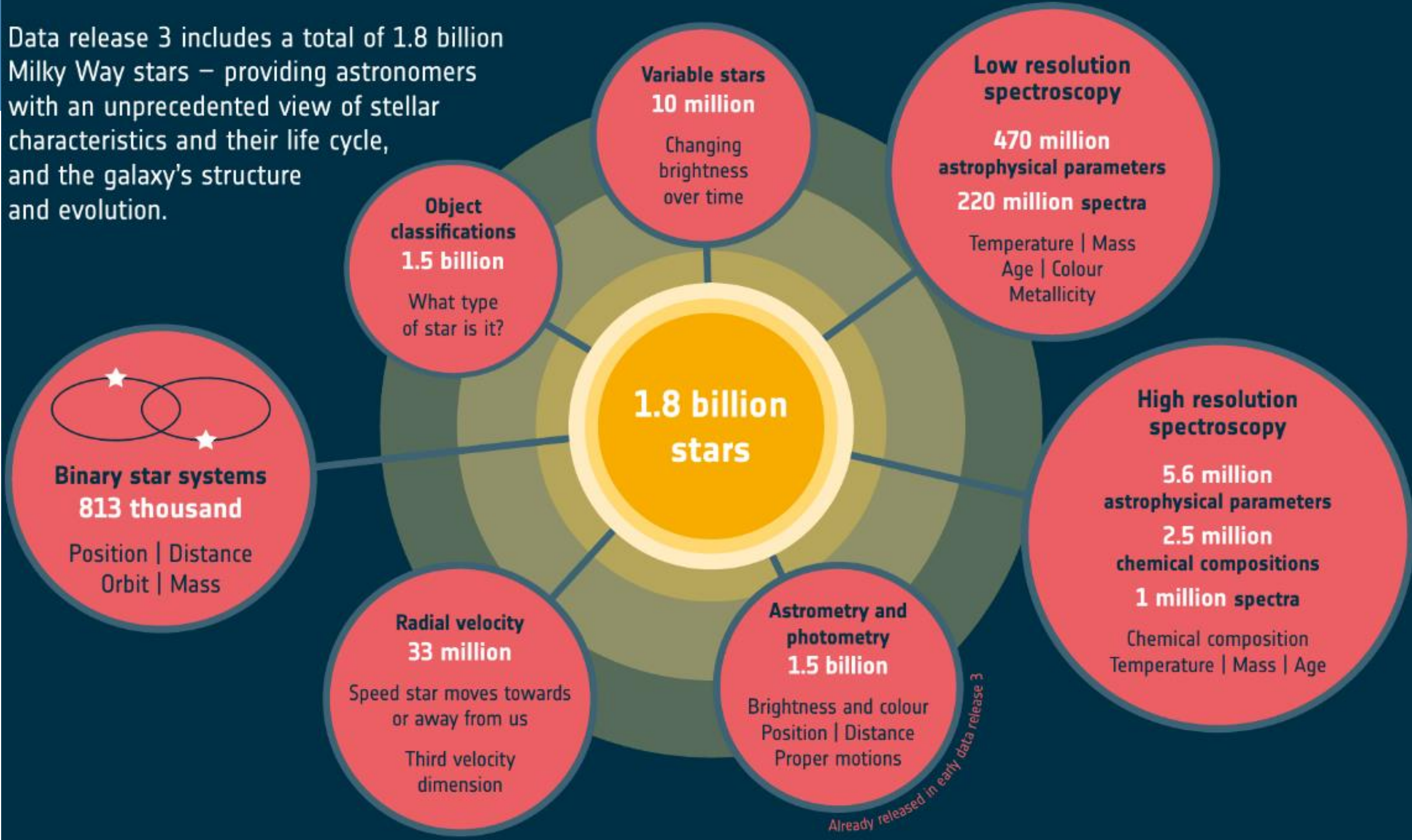
the distant Universe on the hunt for gravitational lenses: some of our biggest questions about the cosmos.



Lensed systems as seen by the Dark Energy Spectroscopic Instrument (DESI) and PanSTARRS (bottom right) and identified in Gaia's Data Release 3 (DR3).



Data release 3 includes a total of 1.8 billion Milky Way stars – providing astronomers with an unprecedented view of stellar characteristics and their life cycle, and the galaxy's structure and evolution.





Red Española para la explotación científica de Gaia

La **Red Española para la explotación científica de Gaia (REG)** es una red temática abierta a la comunidad astronómica española dedicada al intercambio científico entre investigadores en todas aquellas líneas relacionadas con la explotación científica de los datos que aportará el satélite astrométrico Gaia.

Novedades

Nueva publicación de datos de Gaia: Focused Product Release

PresentacionFPR.png

El martes 10 de octubre se hicieron públicos los Gaia Focused Product Release. Se trata de 5 artículos sobre aspectos concretos de la misión, [<https://www.cosmos.esa.int/web/gaia/fpr>] [con sus correspondientes conjuntos de datos] Para explicaros el contenido de los artículos y cuál ha sido la participación de los investigadores españoles en los mismos, hemos preparado una serie de charlas de 15 minutos que podréis seguir en el canal de [Youtube de Gaia UB](#) a partir de las 17h CET (en español). Previamente, a las 15h, desde ESAC podréis seguir también la presentación de los artículos por parte de algunos de sus autores (en inglés) en el [YouTube de ESAC live](#).




Puesta en marcha de la misión GaiaNIR

Se ha creado una [página web](#) en la que se irá actualizando la información sobre la futura misión [GaiaNIR](#), que se ha propuesto para extender la misión Gaia en el infrarrojo cercano. Los científicos que estén interesados en participar y proponer casos científicos pueden hacerlo en el siguiente [formulario web](#).

Astronomy & Astrophysics
Gaia Data Release 3

Gaia DR3 en la revista Astronomy and Astrophysics

Ha salido publicado el número especial con los más de 40 artículos dedicados a la publicación de datos Gaia-DR3, se encuentra en este [enlace de la revista Astronomy and Astrophysics](#) 

2. Gaia: GRANDES RETOS, GRANDES LOGROS Y GRANDES DESCUBRIMIENTOS

Estos casi diez años de operación están siendo años llenos de logros tecnológicos y científicos (ver boletines SEA núm. 43 y 47). La comunidad astronómica, profesionales y amateurs, está usando, analizando e interpretando datos de una calidad sin precedentes. En la Figura 1 mostramos algunos ejemplos de esta "revolución Gaia". Los datos publicados hasta la fecha – solo 34 de los casi 120 meses de operación con éxito – inciden en muchos campos de la astrofísica, desde el sistema solar a la física extragaláctica, pasando, cómo no, por el objetivo principal de la misión, el estudio de la composición, formación y evolución de nuestra galaxia. En la Figura 2 mostramos, a título de ejemplo, algunas de las líneas de investigación en las que estamos trabajando en el seno de nuestro equipo Gaia-Barcelona. Estas son solo un ejemplo de los importantes resultados que está aportando la comunidad, un porcentaje significativo de los cuales está siendo liderado por equipos españoles pertenecientes a la Red Española de Explotación Científica de Gaia. Como no puede ser de otra forma, nuestra próxima reunión científica en

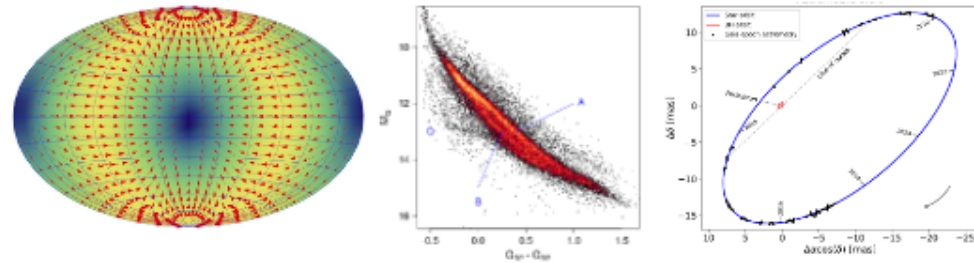


Figura 1. Izquierda: El patrón de la variación de los movimientos propios de los cuásares ha permitido cuantificar, por primera vez usando datos de Gaia, la aceleración del baricentro del sistema solar con respecto al sistema de referencia en reposo del Universo (Gaia Collaboration, 2021, A&A 649, A9). Centro: La doble secuencia de las enanas blancas en el diagrama Hertzsprung-Russell (Gaia Collaboration, 2018, A&A 616, A10), nunca antes vista, sigue planteando grandes retos (ej. Camisassa et al., 2024, A&A 683, A101). Derecha: la órbita que ha permitido detectar el primer agujero negro estelar de 30 masas solares, un tipo de objeto que hasta la fecha ha sido detectado solo en galaxias distantes y mediante ondas gravitacionales (Gaia Collaboration, 2024, A&A letters, en prensa), ha abierto un importante debate en la comunidad estelar. Créditos: ESA/Gaia/DPAC.

«El satélite es el máximo exponente de una tecnología que ha colocado a Europa como líder absoluto en el campo de la astrometría desde el espacio.»

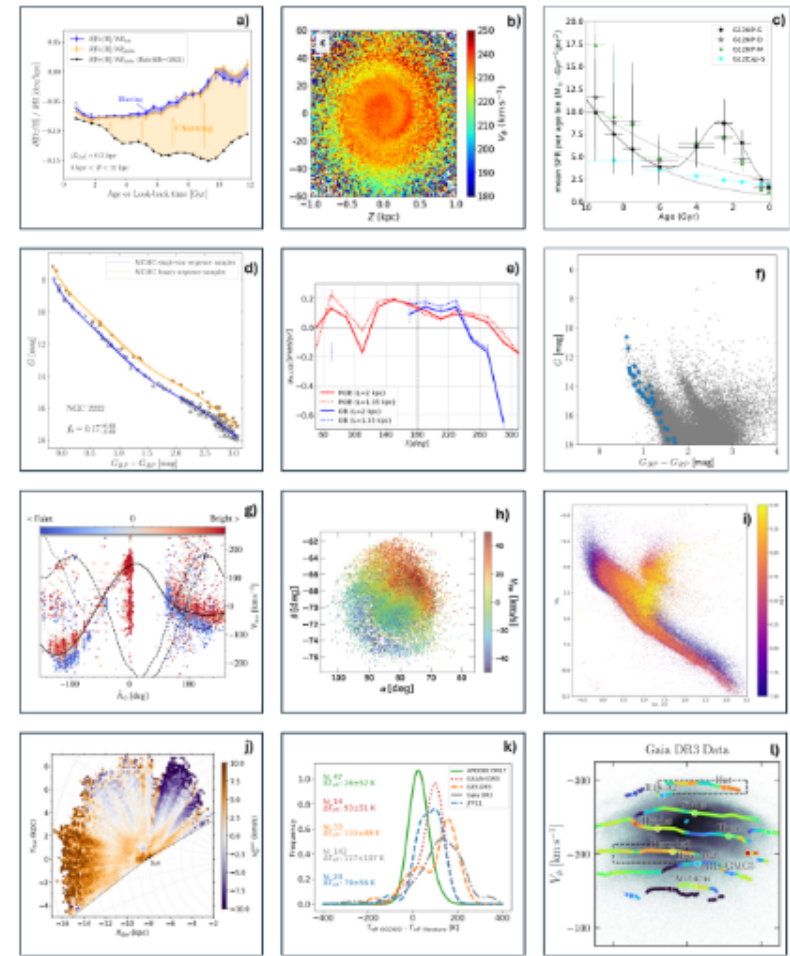


Figura 2. Publicaciones científicas lideradas por miembros del equipo Gaia-Barcelona en el periodo 2018-2024. De ellas se derivan resultados como: a) hemos podido cuantificar como la evolución del gradiente radial de metalicidad en disco de la Vía Láctea está afectada por la migración estelar (Anders et al. 2023); b) la espiral en el espacio de fases vertical nos muestra un disco estelar de la Vía Láctea fuera del equilibrio dinámico (Antoja et al. 2018); c) los datos revelan la existencia de un brote de formación estelar en el disco ocurrido hace 2-3 Ga (Mor et al. 2019); d) más de 200 cúmulos estelares abiertos nos permiten cuantificar cuán compleja es y de qué parámetros depende la fracción de multiplicidad estelar (Donada et al. 2023); e) el estudio del movimiento vertical de la componente estelar en el alabeo no revela diferencias significativas entre poblaciones estelares (Romero-Gómez et al. 2019); f) el tratamiento de datos de eDR3 en un entorno de "big data" nos ha permitido aumentar significativamente la detección y caracterización de un número significativo de nuevos cúmulos abiertos (Castro-Ginard et al. 2022); g) La subestructura químico-cinématica de la corriente estelar de Sagitario apunta a un posible progenitor con disco estelar como origen de la bifurcación observada (Ramos et al. 2022); h) los mapas de velocidad en la Gran Nube de Magallanes posibilitan las primeras determinaciones del patrón de rotación de la barra central (Jiménez-Arranz et al. 2024); i) los 1867 cúmulos abiertos de DR2 trazan un diagrama Hertzsprung-Russell codificado por colores según la edad (Cantat-Gaudin et al. 2020); j) observamos irregularidades muy significativas en la cinemática vertical de las estrellas A de edad intermedia (Ardèvol et al. 2023); k) la alta resolución del cartografiado espectroscópico OCCASO nos está aportando un detallado estudio de temperaturas y abundancias químicas (Carbajo et al. 2024 y l) el subespacio cinématico a grandes distancias en el disco y la variación de los gradientes de velocidad revelan una estructura dinámica más compleja de la esperada (Bernet et al. 2024).

Activities funded by PPCC



Funding from *Planes Complementarios Astro-HEP* for Gaia:

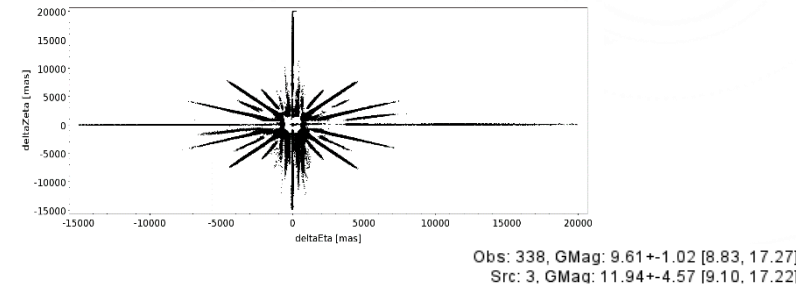
- LIA4, Catalonia
- 1 postdoc and 3 engineers (~450k€ for ~2.5 years)
- All of them on technological activities
 - Next slides show some of these
 - Besides: synergies with other projects (see parallel talk later)

Data processing, validation and visualization

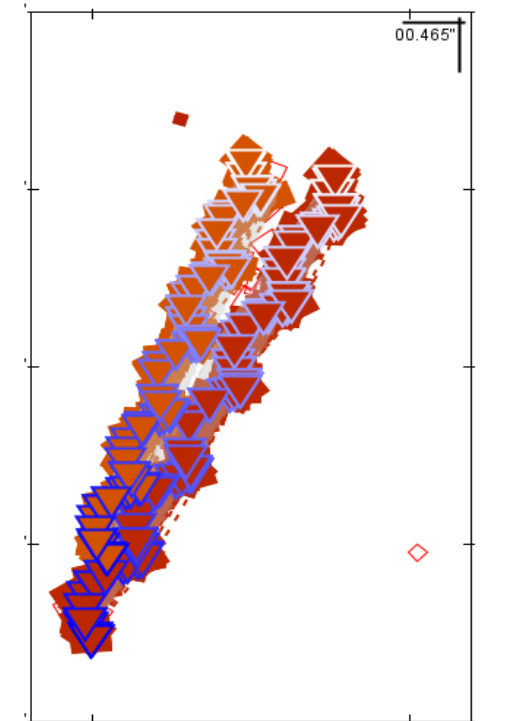


Some recent activities within the frame of the **Gaia DPAC (Data Processing and Analysis Consortium)**:

- CU3 (**Core Processing**), IDU (**Intermediate Data Updating**), Cross-Matching
 - Development and integration of algorithms: calibrations, image parameters, spurious detections...
 - Improvement of very bright stars astrometry
 - On-ground detection and resolution of **close star pairs**
 - Identification and modelling of **resolved binary stars**
--> improve catalogue resolution and completeness (**DR4-DR5**): clusters, binaries, dense areas...



- DPCB (**Data Processing Centre of Barcelona**)
 - **Operational runs** at BSC (**MareNostrum**): **5.5 years** of mission data (**DR4**), up to **154E9 observations** processed, more than **280 TB** generated...
 - Now processing **~9.5 years** of mission data (already working towards **DR5!**)
 - **Official backup** of the full MainDB and raw TM Archive
 - Migration to MareNostrum 5

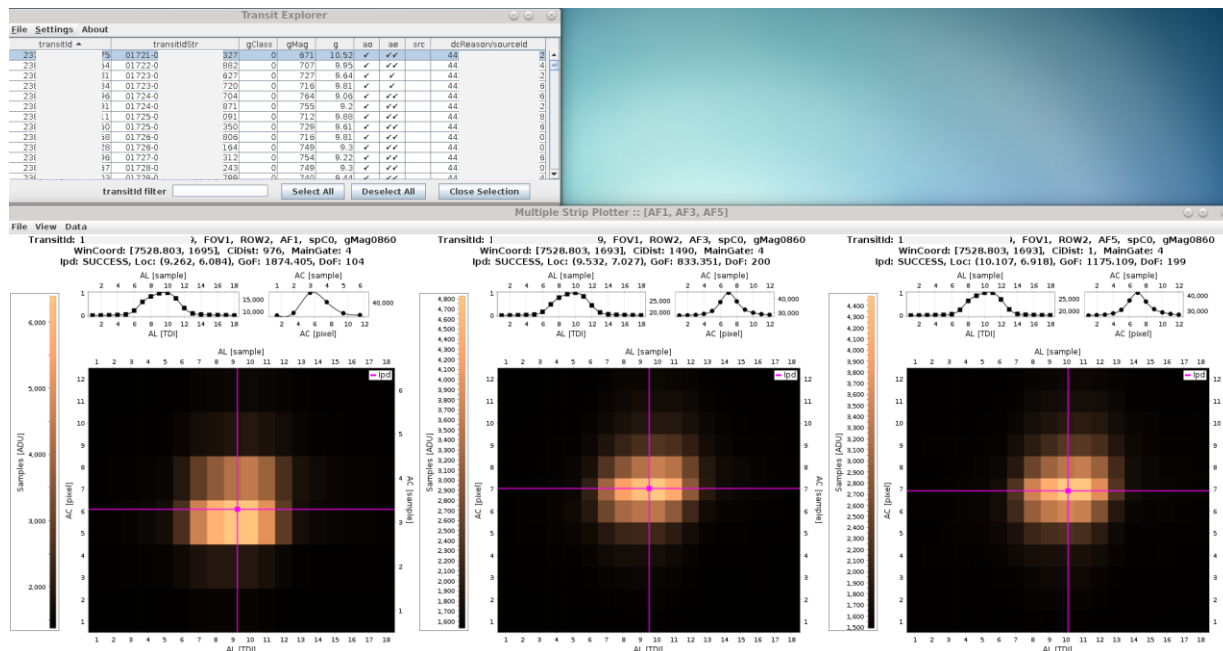


Data processing, validation and visualization

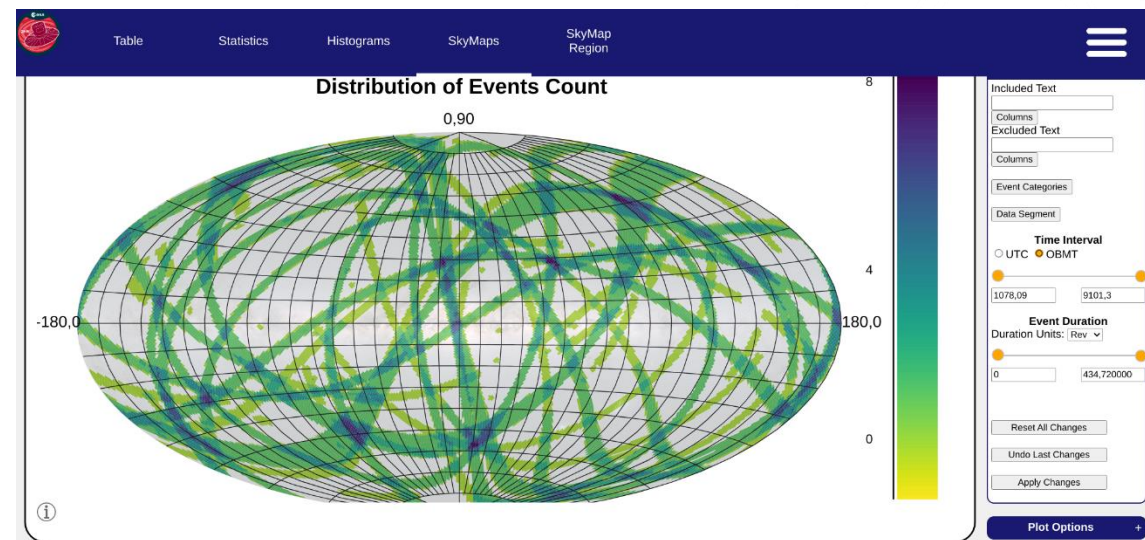


Some recent activities within the frame of the **Gaia DPAC (Data Processing and Analysis Consortium)**:

- Still in DPCB, **Data visualization tools**
 - **Catalogue Explorer**, to visualize the “scene” (observations and their match to sources) and run cross-matching tests
 - **Transit Explorer**, to visualize the observations
 - **Event Explorer**, to examine the spacecraft and mission events



Index	Event	System	WalklockStart	WalklockEnd	OBMTStart[rev]	OBMTEnd[rev]	Description/Comments	Event length [Rev.]	Event length [Sec. MS]	Rev. [sec]
7	ACCS NM/NAP convergence	Spacecraft	09/09/2014 01:02	09/09/2014 01:13	1125.140	1125.170	From SC EAR, not in Transit	0:00:00.10	0.00	29.75
8	ACCS NM/NAP convergence	Spacecraft	12/09/2014 00:00	12/09/2014 00:11	1149.950	1149.960	From SC EAR, not in Transit	0:00:00.10	0.00	24.40
9	ACCS NM/NAP convergence	Spacecraft	13/09/2014 01:16	13/09/2014 01:26	1156.300	1156.300	From SC EAR, not in Transit	0:00:00.10	0.00	6.65
10	AF3 1.1 switch-off (FSA)	SVM	17/08/2014 19:38	18/08/2014 09:38	1171.900	1174.240	SC EAR indicates end at 11	6:34:38.2	6.34	16.53
11	Breaker Keeping Miswiring	Spacecraft	21/08/2014 03:10	21/08/2014 04:19	1185.100	1189.350	All VFLUs in ZOOMGATE on	0:30:1.8	1.8	6.02
12	ACCS NM/NAP convergence	Spacecraft	21/08/2014 18:11	22/08/2014 04:24	1197.640	1197.700	From SC EAR, not in Transit	0:04:00.24	4.00	2.31
13	SRM 420-A MFS Offset Cl	Spacecraft	22/08/2014 01:10	22/08/2014 04:19	1189.100	1189.350	All VFLUs in ZOOMGATE on	0:30:1.8	1.8	1.46
14	ACCS NM/NAP convergence	Spacecraft	22/08/2014 08:27	22/08/2014 08:37	1190.040	1190.070	From SC EAR, not in Transit	0:00:00.10	0.00	0.69
15	12 of unassigned EPUs	Spacecraft	22/08/2014 11:58	22/08/2014 21:58	1193.620	1192.620	From GaiaOpTransit_SC	0:00:00.00	0.00	12.00
16	CLU start of EPOut	CLU	22/08/2014 21:00	22/08/2014 21:00	1182.130	1182.130		0:00:00.00	0.00	1.51
17	Transition from LPSL to S	Spacecraft	22/08/2014 22:58	22/08/2014 22:58	1192.620	1192.620	From GaiaOpTransit_SC	0:00:00.00	0.00	0.49
18	ACCS NM/NAP convergence	Spacecraft	22/08/2014 18:45	22/08/2014 18:54	1192.750	1192.770	From SC EAR, not in Transit	0:00:00.27	0.27	1.12
19	VFLU autonomous switch-off	VFLU	29/08/2014 22:20	30/08/2014 00:29	1220.520	1220.740	VFLU passed in Startup, not	0:22:19.5	22.19	24.75
20	ACCS NM/NAP convergence	Spacecraft	30/08/2014 13:42	30/08/2014 14:56	1222.250	1222.950	From SC EAR, not in Transit	0:04:00.24	4.00	21.7
21	PRM-17 toggle	VFLU	30/08/2014 21:00	30/08/2014 21:00	1224.120	1224.140	VFLU emergency in Stand	0:00:00.24	0.24	1.18
22	Calibrator problems due to	EPULDR IOT FL	09/09/2014 03:35	09/09/2014 04:35	1243.230	1275.380	FQual/KCoversity anomaly d	42:75:256.30	42.75	9.09
23	Radio-frequency problems in	DOT	04/09/2014 07:35	04/09/2014 08:15	1241.340	1242.540	Due to PDUU not Transm	0:00:00.00	0.00	6.61
24	ACCS NM/NAP conv. start of	ACCU	14/09/2014 07:17	14/09/2014 07:34	1241.840	1242.000	From SC EAR, not in Transit	0:00:10.29	10.29	15.0
25	Scium target (Scium spin)	Science	04/09/2014 17:33	04/09/2014 19:20	1243.560	1243.850	From FM: RADEC 026.178	0:26:1.44	2.61	0.00
26	Main mirror (Scium spin)	Science	05/09/2014 07:14	05/09/2014 07:14	1249.840	1249.840	From FM: RADEC 230.371	0:00:00.00	0.00	0.00
27	APR2 2 autonomous switch	SVM	09/09/2014 03:00	09/09/2014 03:30	1261.130	1261.240		0:11:00.39	11.39	19.29
28	Transition NM to TM: SRM	Spacecraft	09/09/2014 04:27	09/09/2014 04:24	1261.300	1261.530	All VFLUs in ZOOMGATE on	0:22:19.5	22.19	0.12
29	Star filter end Control that	Science	12/09/2014 01:31	12/09/2014 02:49	1269.800	1276.120	Star filter end Control that	0:20:00.48	20.48	7.27
30	VFLU AL Phasing table (AL	VFLU	11/09/2014 07:58	11/09/2014 08:02	1269.900	1269.970	From GaiaOpTransit_SC	0:00:00.24	0.24	1.16
31	Warna CDB	SCC IOT	15/09/2014 00:00	17/09/2014 17:50	1284.600	1294.000	Warna CDB, causing gaps in	0:00:00.00	0.00	24.62
32	Detection of threshold status	VFLU	15/09/2014 00:00	15/09/2014 00:37	1284.600	1284.700	EM detection threshold an	0:05:00.37	5.00	0.02
33	AF1 configuration parameter	VFLU	15/09/2014 00:40	15/09/2014 00:40	1284.740	1284.740	From JMS list	0:00:00.00	0.00	0.00
34	AF2 autonomous switched	VFLU VFLU	15/09/2014 00:39	15/09/2014 00:38	1285.400	1285.570	Short SERVICE modes for V	0:00:00.29	0.29	0.76
35	WFS swap	VFLU VFLU	16/09/2014 00:00	16/09/2014 00:00	1285.850	1285.850	Short SERVICE modes for V	0:00:00.00	0.00	3.08
36	GRISK test start	SVM	16/09/2014 18:24	16/09/2014 18:24	1281.700	1291.700	From JMS list, probably not e	0:00:00.00	0.00	0.00
37	WFS swap	VFLU VFLU	17/09/2014 00:00	17/09/2014 00:00	1292.850	1292.850	20 sec (VFLU) end of Spt	0:00:00.00	0.00	0.02
38	MMI piggyback movement	Spacecraft	17/09/2014 16:01	17/09/2014 16:01	1295.300	1295.300	From SC EAR, not in Transit	0:00:00.00	0.00	2.66
39	FM antenna Chn during VFL	FLM	18/09/2014 00:00	18/09/2014 00:00	1295.630	1295.630	From JMS list, Effects unkn	0:00:00.00	0.00	1.33
40	WFS swap	VFLU VFLU	18/09/2014 00:00	18/09/2014 00:00	1295.630	1295.630	20 sec (VFLU) end of Spt	0:00:00.00	0.00	0.02
41	AF3 Field of View 1.19 to	VFLU VFLU	11/09/2014 07:57	11/09/2014 07:57	1297.390	1297.390	20 sec (VFLU) end of Spt	0:00:00.00	0.00	15.5
42	GRISK test end	SVM	18/09/2014 18:22	18/09/2014 18:22	1299.990	1299.990	From JMS list, probably not e	0:00:00.00	0.00	1.75
43	WFS swap	VFLU VFLU	18/09/2014 00:00	18/09/2014 00:00	1300.950	1300.950	Short SERVICE modes for V	0:00:00.24	0.24	0.04
44	WFS swap	VFLU VFLU	20/09/2014 00:00	20/09/2014 00:00	1304.630	1304.640	Short SERVICE modes for V	0:00:00.00	0.00	3.99
45	MMI piggyback movement	Spacecraft	20/09/2014 04:35	20/09/2014 04:35	1305.300	1305.300	From SC EAR, not in Transit	0:00:00.00	0.00	0.76
46	WFS swap	VFLU VFLU	21/09/2014 00:00	21/09/2014 00:00	1305.640	1305.640	Short SERVICE modes for V	0:00:00.24	0.24	3.24
47	SPI Field redirection to res	VFLU	22/09/2014 00:00	22/09/2014 00:25	1312.630	1312.700	Activation of bonus fields fi	0:00:00.25	0.25	3.99
48	Time correlation (not gene	MCC SOC	22/09/2014 07:40	22/09/2014 08:22	1313.810	1314.020	From SC EAR, not in Transit	0:11:00.29	11.29	1.21
49	ACCS NM/NAP conv. MFS of	Spacecraft	22/09/2014 21:00	22/09/2014 03:37	1314.400	1317.200	From SC EAR, not in Trans	0:00:00.48	0.48	2.47
50	CLU start of EPOut	CLU	23/09/2014 01:13	23/09/2014 01:13	1317.000	1317.000		0:00:00.00	0.00	0.51
51	Reconnection of FSA to	CLU	23/09/2014 03:27	23/09/2014 03:27	1317.200	1317.200	20 sec (VFLU) end of Spt	0:00:00.00	0.00	2.26

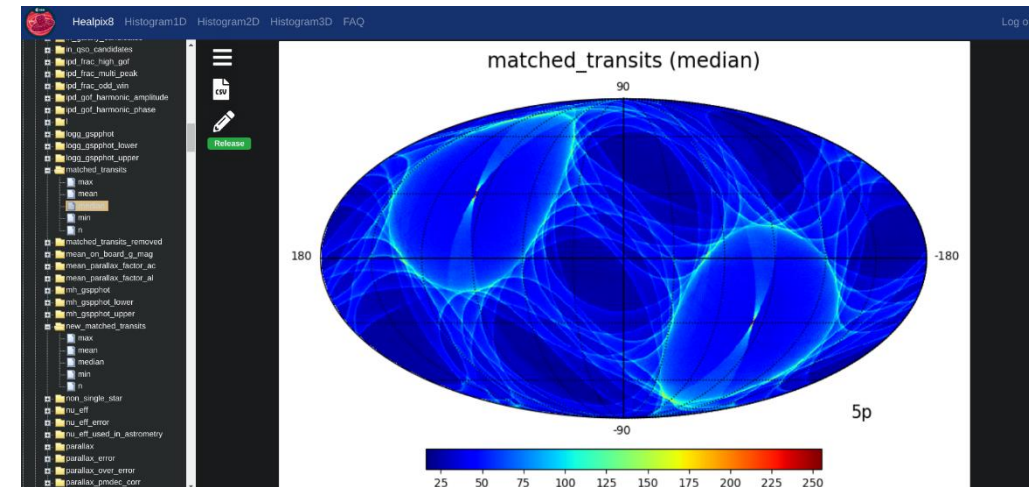
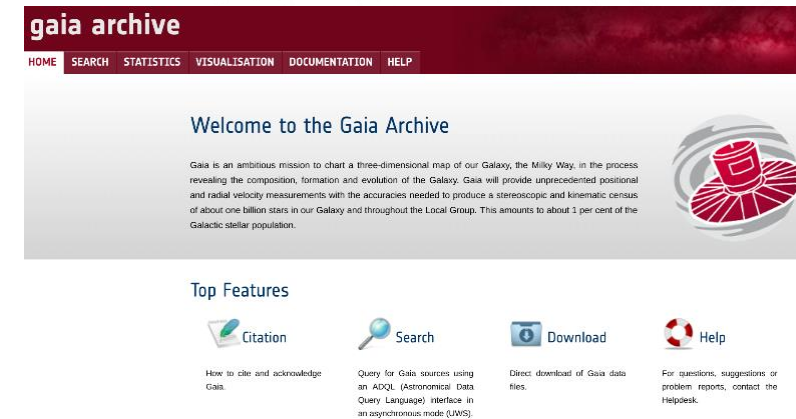


Data processing, validation and visualization



Some recent activities within the frame of the **Gaia DPAC (Data Processing and Analysis Consortium)**:

- CU9 (**Catalogue Preparation**)
 - Catalogue validation for **DR3** and the **FPR**: many new data types, tables, parameters...
 - Development of software tools for **statistics and validation**, e.g. the **Gaia Analysis Tool (GAT)**
 - **Now working hard on the many DR4 products**
- **Project Office**
 - **Technical interfaces** between Units and Centres; **technical support** to other Units
 - Estimation of database and transfer sizes
 - Curation of Operational Event Logs, support to visualization tools
 - Support to additional (often cross-unit) investigations
- CU3 / IDT (**Initial Data Treatment**)
 - Support to daily operations, monitoring and resolution of onboard/onground issues



Thank you

Xavier Luri (xavier.luri@ub.edu)
Jordi Portell (jportell@icc.ub.edu)

on behalf of the Gaia ICCUB-IEEC Team

Funded by:



Institut de Ciències del Cosmos
UNIVERSITAT DE BARCELONA

