

INAF



# INAF: L'astrofisica e le nuove frontiere del calcolo

*Prospettive Future: esempi di progetti fondamentali in  
INAF in termini di richieste di computing e storage*

***U. Becciani***  
***(ICT-INAF)***

**Roadmap of the High Performance  
Computing in Italy and the settlement of  
a Scientific Advisory Board in CINECA  
23 Marzo, 2018  
Bologna**

# INAF – HPC rapporti con il Cineca

Computational Astrophysics, Visualization, Archiving and Post-Processing Data Analysis

→ 1997 – 2001; 2001 – 2005; 2005 – 2007; 2008 – 2010

Per il periodo **2017 – 2019** INAF ha stipulato un **nuovo MoU** con il Cineca come framework di lavoro per attività di ricerca e di simulazioni, ma aprendo anche aspetti di collaborazione su fondamentali key projects

**Obiettivo:**

**Necessità di adeguamento dei programmi esistenti e di nuovo sviluppo con l'utilizzo di sistemi Tier-0 di ultima generazione basati su sistemi di accelerazione per non perdere l'eccellenza raggiunta.**

Nell'ultimo periodo inoltre importanti esperimenti hanno richiesto risorse di calcolo specifiche di tipo Tier-0 e Tier-1 per l'analisi dei dati sperimentali e per il confronto con i dati simulati (missione Planck), per cui sono stati presi specifici accordi con il Cineca

→ 2010-2012; 2012-2014

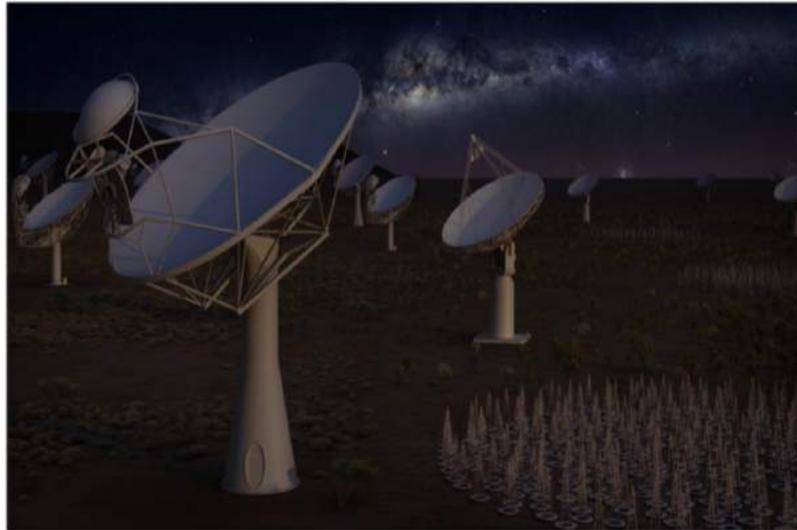
**La missione Gaia ha stipulato un MoU con il Cineca per l'attività di Astrometric Verification Unit**

→ 2013-2021

SKA will be:

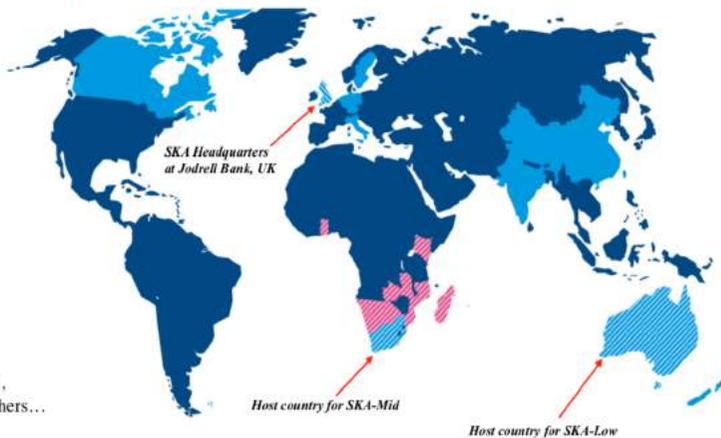
- the world's largest radio telescope capable of transformational science and discoveries impossible with current facilities.
- built over two sites in Australia and Africa, over a million square metres of collecting area through many thousands of connected radio antennas.
- constructed in two phase with existing technology and then upgraded
- one of the priorities for the scientific communities
- one of the biggest challenge in data management, computing, networking

**Like the SKA itself, a coordinated, global effort will be required to solve these challenges and fully realize the ground-breaking scientific potential of the project.**



## The Square Kilometre Array

- Australia
- Canada
- China
- India
- Italy
- Netherlands
- New Zealand
- South Africa
- Sweden
- UK



Potential new members: Spain, Portugal, Germany, France, others...

## Future SKA Science Archive



SKA is expected to produce an archive of standard data products with a growth rate on the order of 50–300 petabytes per year

## SKA1 LOW - Western Australia

- 131,072 antennas : 512 stations of 256 antennas, core + 3 spiral arms, 65km baselines
- 50 → 350 MHz full instantaneous bandwidth
- Raw Data output approx. 2 Pbit/s → 7 Tbit/s into the correlator

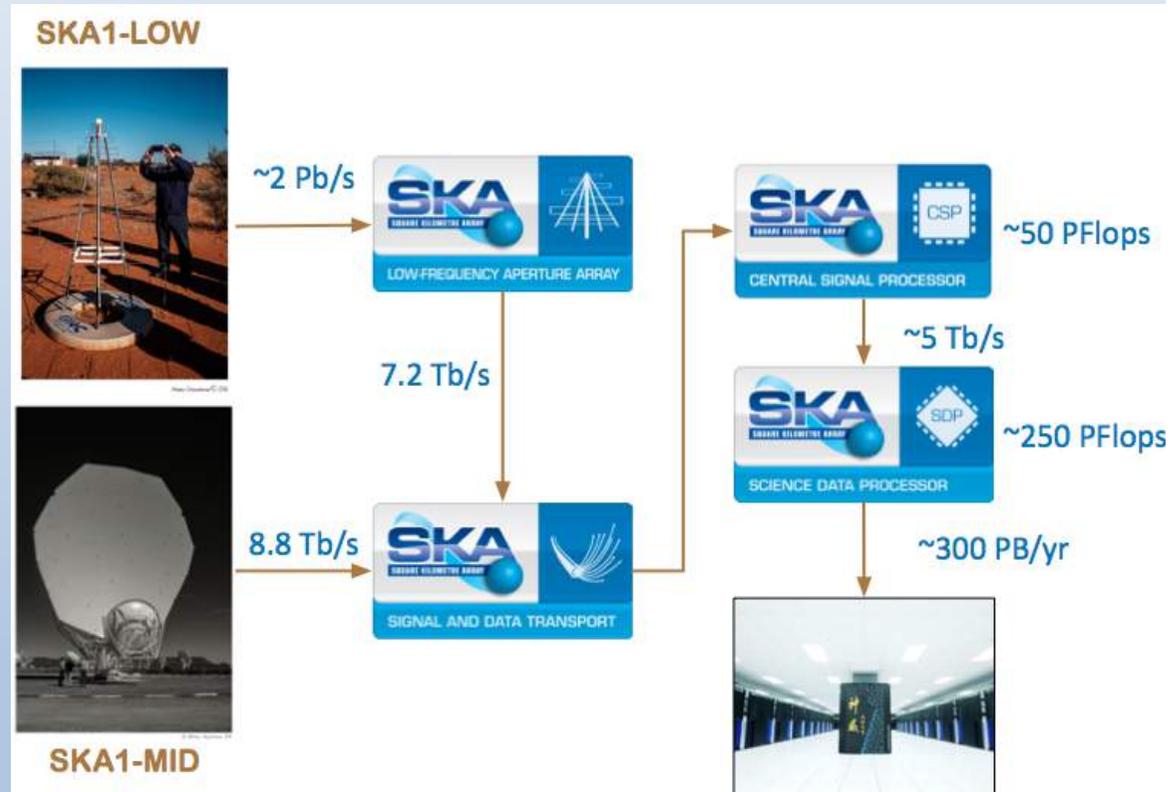


## SKA1 MID - Karoo, South Africa

- 133 SKA1 dishes (15m), 64 MeerKAT (13.5m), core + 3 spiral arms, 150km baseline
- 0.35 → 15GHz covered in 5 bands
- Raw Data output approx. 9 Tbit/s into the correlator



## Data flow



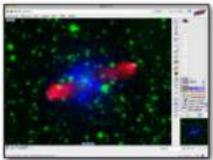
# Global Network of Centres



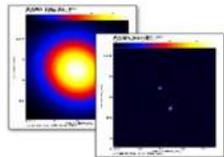
## Regional Centre Functionality

### *Data Discovery*

- Observation database
- Quick-look data products
- Flexible catalog queries
- Integration with VO tools
- Publish data to VO



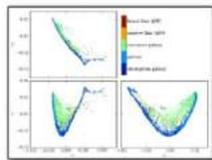
### *Data Processing*



- Reprocessing
- Calibration and imaging
- Source extraction
- Catalog (re-)creation
- DM searches

### *Data Mining*

- Multi-wavelength studies
- Catalog cross-matching
- Transient classification
- Feature detection
- Visualization



## Open Questions

Where will the SKA science archive data be hosted?

How will that data be transported from the sites to Europe?

How can we take optimal advantage of existing infrastructure?

What are the processing requirements and technologies to consider?

What interfaces, tools, and techniques will users need for analysis?

How do we setup and operate an international network of SRCs?

# THE LOW FREQUENCY ARray

The International LOFAR telescope (ILT) consists of an interferometric array of dipole antenna stations distributed throughout 8 EU Countries: NL, Germany, France, Poland, UK, Sweden, Ireland, Latvia (50+ Meuro construction +Running costs)

- Operating frequency is 10-250 MHz
- Low band antenna (LBA; 4800 dipole pairs, 96 LBA per station, Area ~ 75200 m<sup>2</sup>; 10-90 MHz)
- High Band Antenna (HBA; 47616 dipole pairs, 48/96 tiles per station in NL/EU, Area ~ 57000 m<sup>2</sup>; 110-250 MHz)
- Several observing modes (imaging, BF, BF+IM, TBB)
- 96 MHz bandwidth (can be split to perform simultaneous beamforming in different directions)



## LOFAR

L'Italia (INAF+UniTO) sta entrando a far parte del consorzio

Si ipotizzano almeno 20 gruppi di ricerca che faranno uso dei dati di Lofar

## Data-flow & archive challenges

1.7 Tbyte/s  
Distributed across stations



28 Gbyte/s

Station signals collected in the station cabinets



Signal sent to COBALT for correlation

2-10 Gbyte/s

CEP4  
(IM and BF pipelines)

Data sent to CEP4 for initial RO processing

MS format Averaging Flaggings



### ➤ Data handling challenge:

- Data flow from all antennas combined: 1.7 Tbyte/s
- To COBALT from station after beamforming: 28 Gbyte/s
- Correlator output to disk: between 2-10 Gbyte/s
- Data storage challenges: ~ few TB/h

➤ LOFAR is the first of a number of new astronomical facilities dealing with the transport, processing and storage of these large amounts of data and therefore represents an important technological pathfinder for the SKA

Consorzio Italiano:

➔ Università di Torino

Contribuirà prevalentemente con infrastruttura di calcolo di tipo Tier1-2

➔ INAF

Costruzione di una nuova antenna a Medicina e costituzione di centri di calcolo di secondo livello (Tier2-3)

# Missione Spaziale Gaia. Stato Attuale

## Gaia DPCT@ALTEC oggi (27 nov 2017)

- **On-Line Storage:** 506 TB dischi ad alte prestazioni; 766 TB dischi ad alta capacità (da espandere in base alle necessità di missione)
- **Computing:** 14 servers HP DL580 G7/G9 con 600 CPU cores e 4.5 TB RAM totali (da espandere in base alle necessità di missione)
- **DB Servers:** 3+1 HP DL580 G7 (32 cores, 256MB RAM each)
- **DBMS:** Oracle 12.2c su server HP



Fronte (sx) e retro (dx) del Tier Operativo del DPCT

HPC@CINECA (MARCONI) via specific ICD. Special MOU in place here.



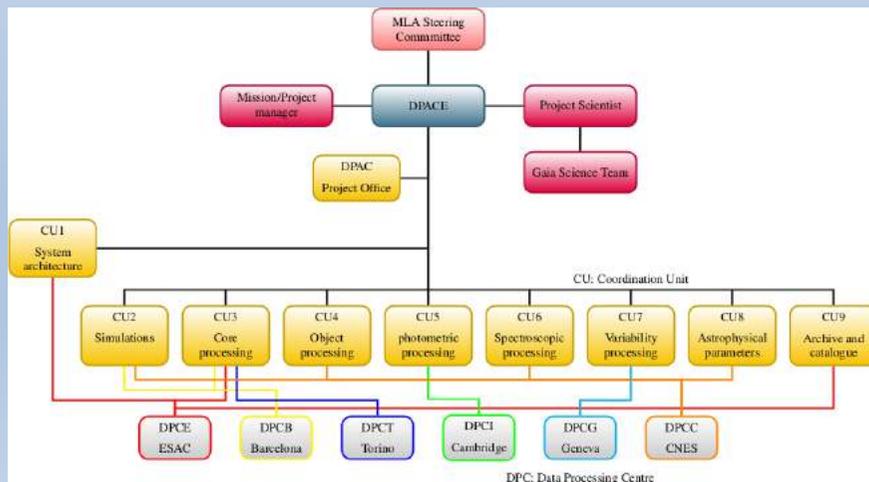
New Level 2 back-up on disk (HP StoreOnce)

Dev&Test

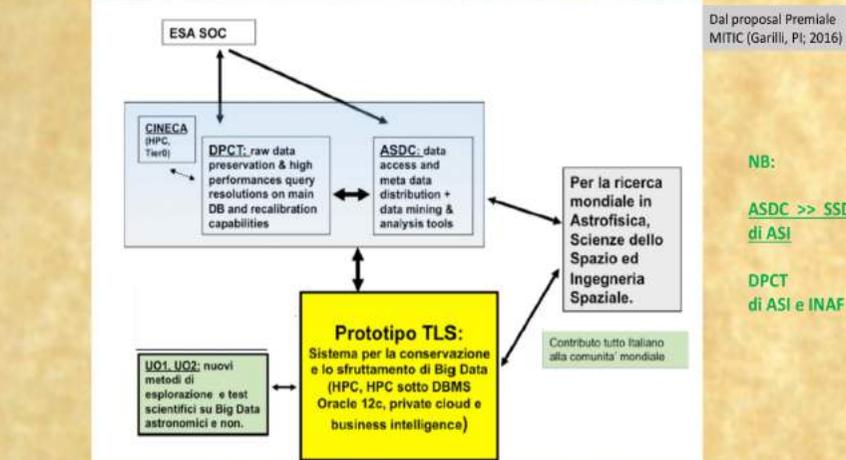
- **Backup:** 3 livelli (L1 su storage, L2 su disco, L3 su tape)
- **Management Servers:** services based on VMWare virtual environment configured with 2 HP DL 580 G7 servers clustered and managed by vCenter.

Bologna ICT Workshop 2017

## 2. ROADMAP → Gaia e il prototipo TLS (dopo approvazione MITIC)



DPC: Data Processing Centre



Dal proposal Premiale MITIC (Garilli, PI; 2016)

NB:

ASDC >> SSDC di ASI

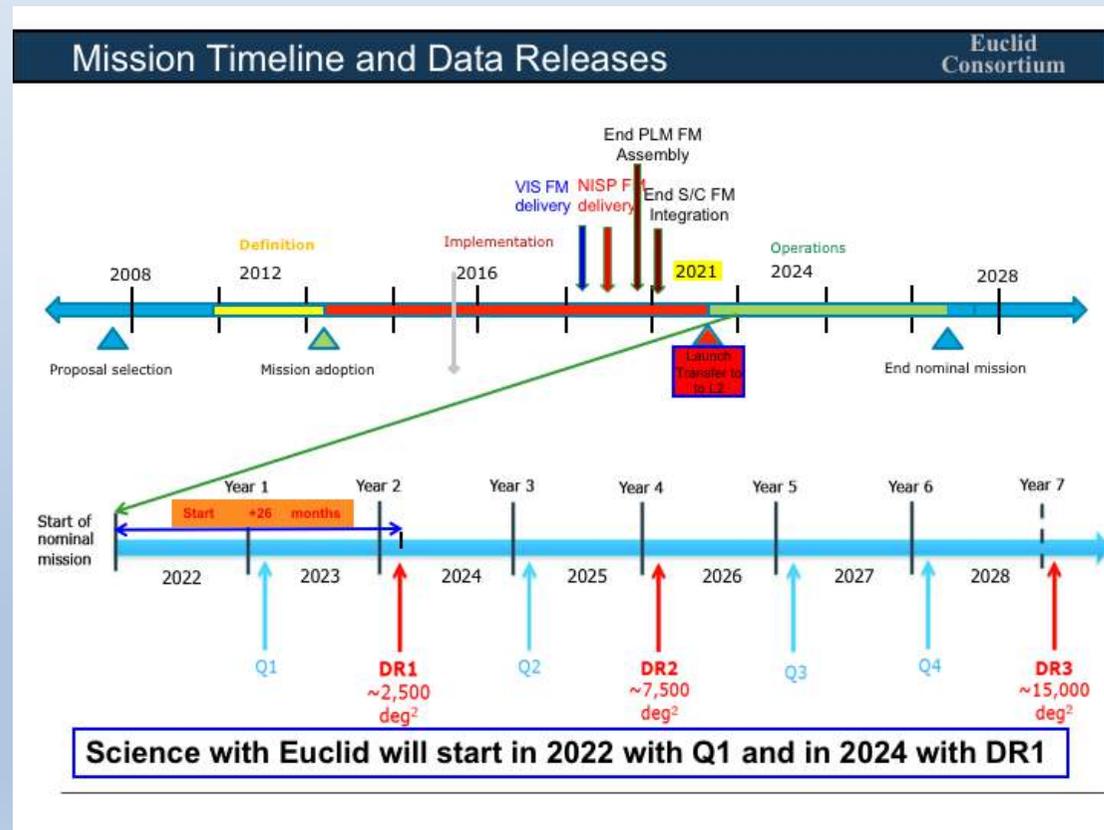
DPCT di ASI e INAF

Contributo tutto italiano alla comunità mondiale

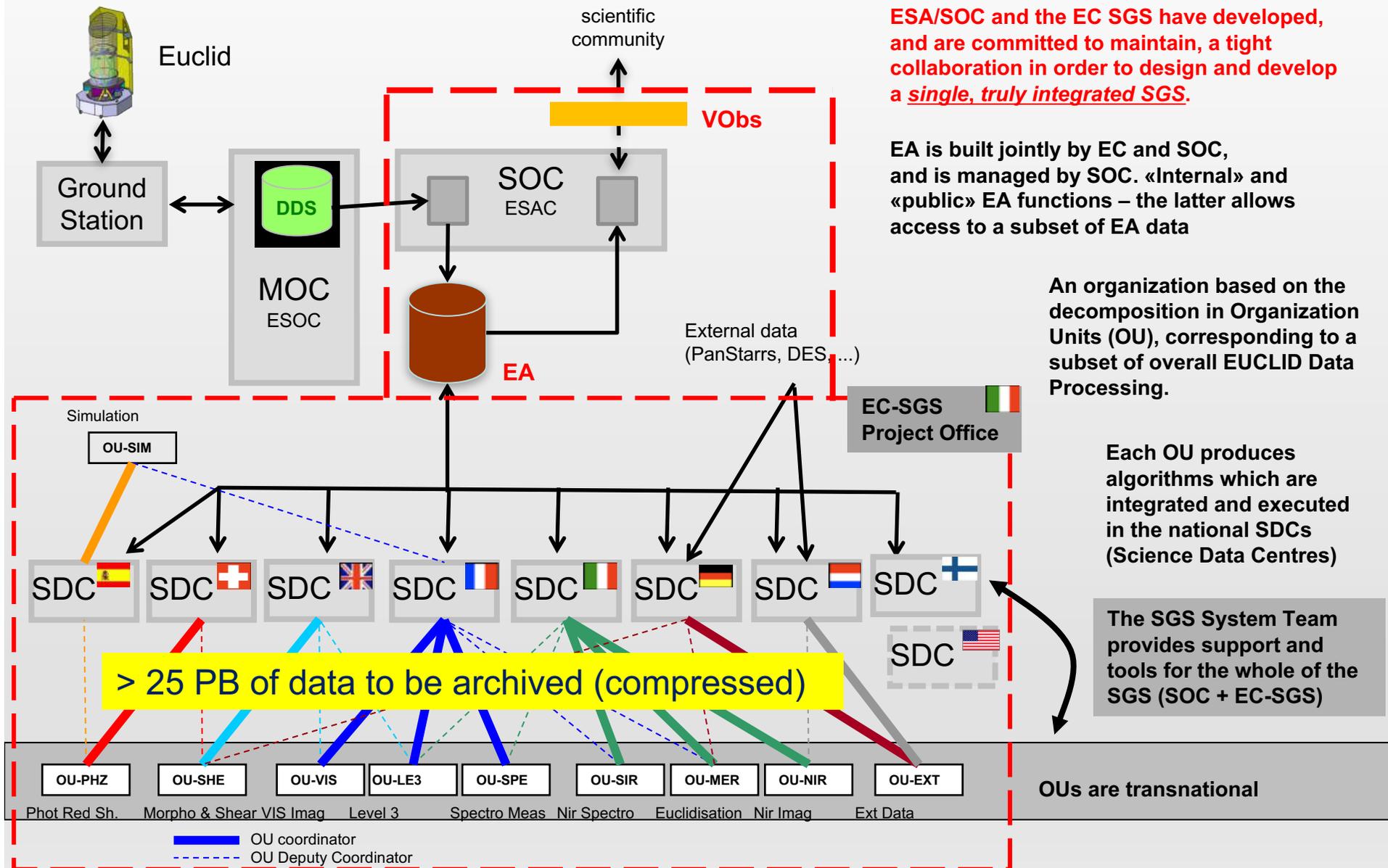
Bologna ICT Workshop 2017

# Euclid ESA Mission

Euclid is an ESA mission to map the geometry of the dark Universe. The mission will investigate the distance-redshift relationship and the evolution of cosmic structures by measuring shapes and redshifts of galaxies and clusters of galaxies out to redshifts  $\sim 2$ , or equivalently to a look-back time of 10 billion years.



# The Euclid Ground Segment



ESA/SOC and the EC SGS have developed, and are committed to maintain, a tight collaboration in order to design and develop a *single, truly integrated SGS*.

EA is built jointly by EC and SOC, and is managed by SOC. «Internal» and «public» EA functions – the latter allows access to a subset of EA data

An organization based on the decomposition in Organization Units (OU), corresponding to a subset of overall EUCLID Data Processing.

Each OU produces algorithms which are integrated and executed in the national SDCs (Science Data Centres)

The SGS System Team provides support and tools for the whole of the SGS (SOC + EC-SGS)

OUs are transnational

# La Fisica Computazionale

- Circa **30 progetti diversi** hanno richiesto risorse computazionali utilizzando il MoU il INAF-Cineca. Circa **100 ricercatori coinvolti** nella comunità
- Oltre **70 milioni di ore** KNL sono state assegnate per lo svolgimento di programmi su Marconi (circa 30% su Marconi BRD e 70% su Marconi KNL)
- **Modelli e simulazioni numeriche** prevalentemente di: AGN e jet relativistici, dischi galattici, formazione stellare, studi di ammassi e cluster, dinamica stellare e onde gravitazionali, struttura a larga scala dell'universo, magnetodinamica ecc.
- **Utilizzo di codici già consolidati** nella comunità (ad es Gadget, Pluto, Flash ecc)
- Non sempre (tranne alcune eccezioni) il gruppo sviluppa moduli o parti di software
- Alcuni (ma pochi) software potrebbero trarre vantaggio di sistemi con GPUs o altri acceleratori
- Ad oggi sono **prevalentemente tipici codici che necessitano di HPC tradizionale**, ma si avverrebbero comunque meglio di nodi con maggior memoria a disposizione dell'attuale sistema Marconi e con maggior flessibilità d'uso e conteggio delle risorse impegnate.

**NOTA FONDAMENTALE:** l'attività di simulazione risulterà ancor più importante con la possibilità di utilizzo di dati di maggiore risoluzione e di diversa tipologia per la comprensione stessa dei sistemi osservati.

Vedi anche la presentazione di Roberto Dolcetta

# Conclusioni: Le sfide di domani

## Modello e servizio che ci aspettiamo nel prossimo futuro

I nuovi esperimenti ci daranno una notevole quantità di informazione che necessita di essere gestita a diversi livelli.

- **BIGDATA** → Sarà necessario gestire una quantità sempre crescente di dati con sfide importanti nel **data processing**. I dati non potranno mai essere buttati e questo implicherà un problema serio anche di **long term preservation** e sistemi di archiviazione ben organizzati.
- **CLOUD HPC** → saranno generalmente grossi consorzi a gestire i dati osservativi da terra e da spazio quindi un **ambiente collaborativo** sarà necessario e con **più disponibilità di risorse**. Probabilmente il Cloud HPC potrebbe rispondere meglio a queste esigenze
- **MACHINE/DEEP LEARNING** → **Il confronto e le correlazioni** tra sorgenti diverse dello stesso evento/porzione di cielo dovrà essere fatto in maniera sistematica e sarà una sfida del prossimo futuro per cui tecniche di machine learning saranno sempre più utilizzate
- **SISTEMI TIPICI HPC** → utilizzato soprattutto da chi fa studi di modellistica/simulazioni. Molti stanno già attrezzandosi per lo sviluppo di codici che utilizzano **GPU e acceleratori** ma ciò che servirebbe è avere nodi a più memoria che le attuali configurazioni.

# Conclusioni: Le sfide di domani

## Risorse e servizi

Modello di **utilizzo interattivo** per le pipeline di riduzione di grosse mole di dati con interazione non frammentata nel tempo (p.es SKA) ma alcune attività saranno ancora di natura **batch** (workflow pianificabile in specifici step, e simulazioni)

Ci sarà maggior bisogno di **relazioni di figure diverse** con competenze specialistiche diverse per lo sviluppo e l'analisi dei dati (specialisti in HPC e Cloud Computing nonché di management dei Bigdata che collaborino con i ricercatori astronomici)

Come già sperimentato con alcuni progetti, è prevedibile che l'uso delle risorse non possa dipendere da specifiche call, ma sarà necessaria una certezza delle risorse dato l'elevato impatto dei grandi esperimenti e i tempi di analisi dei dati stessi che non sono necessariamente piccoli (potrebbero durare settimane). Quindi probabilmente si assisterà ad una **richiesta di risorse dedicate**.