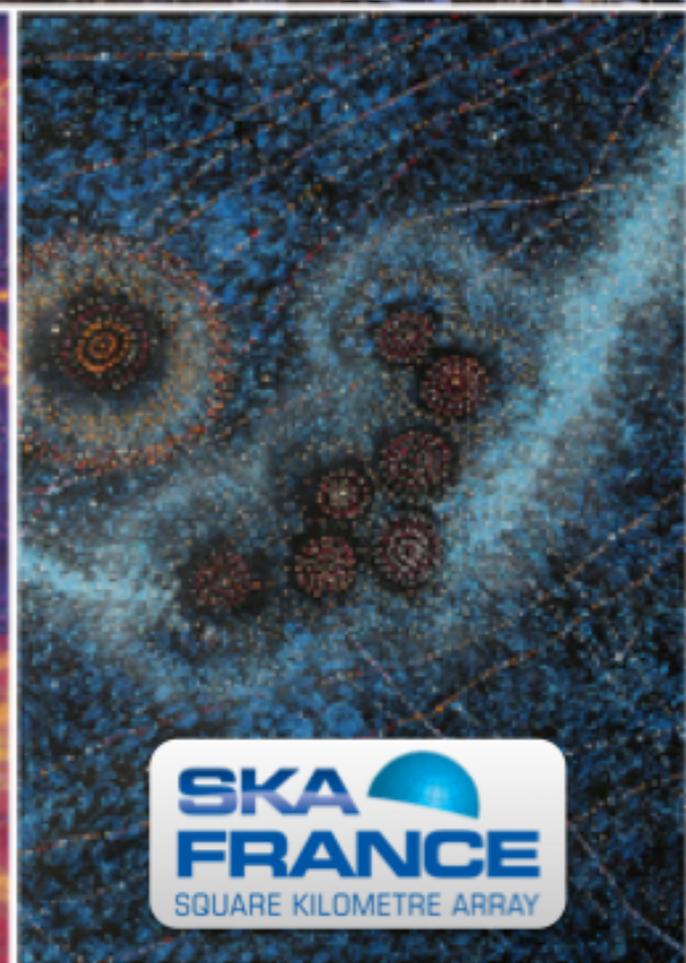
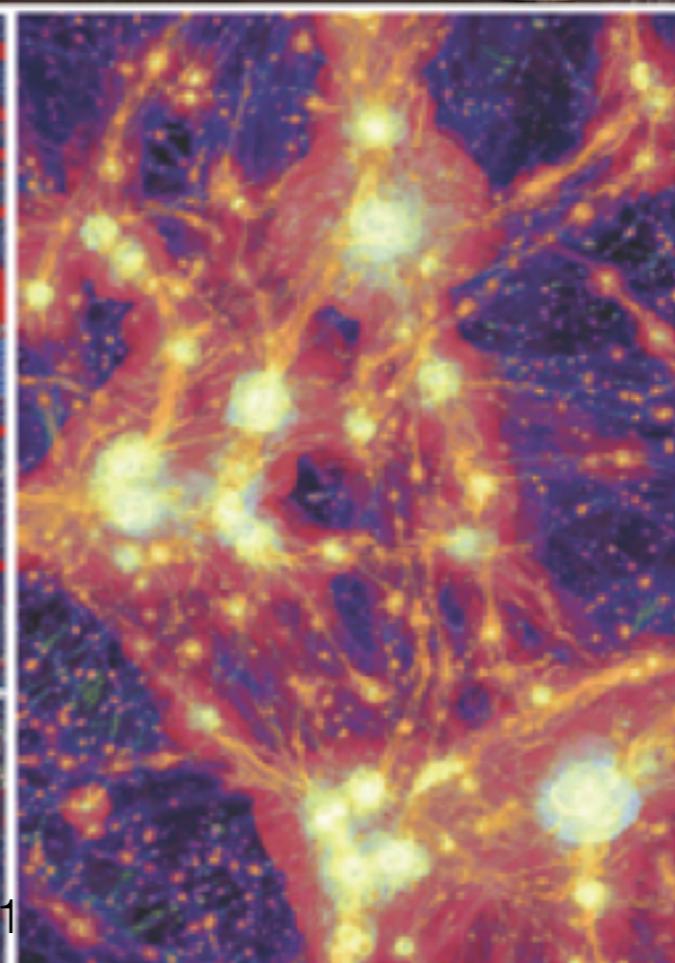
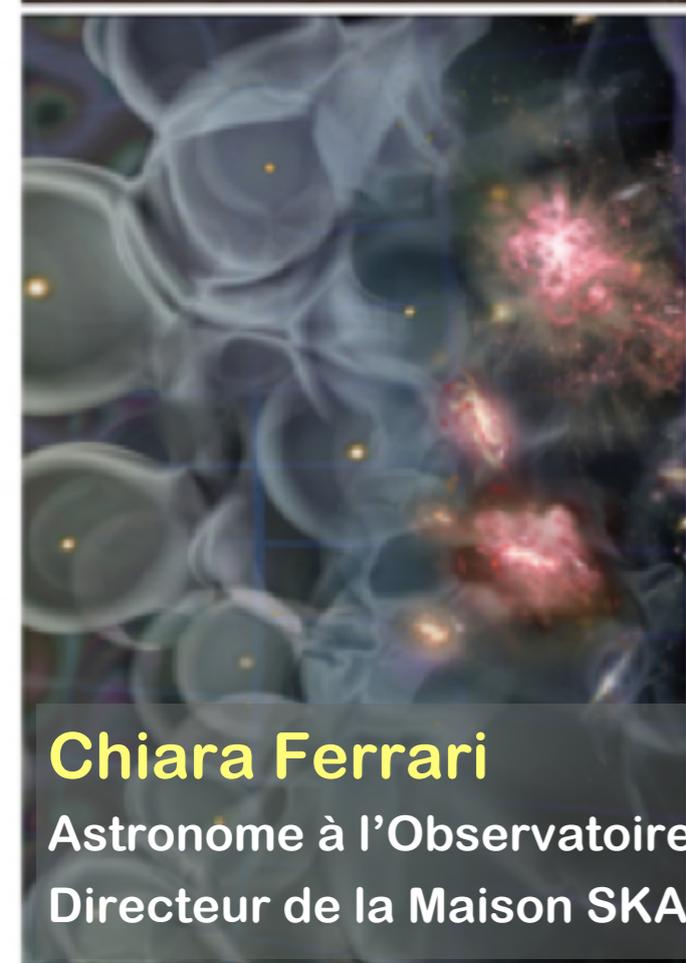




# Avancement de la préparation au projet SKA en France



**Chiara Ferrari**

Astronome à l'Observatoire de la Côte d'Azur  
Directeur de la Maison SKA France



# Où on était restés ...



Square Kilometre Array

Philip Diamond, Director

SQUARE KILOMETRE ARRAY  
Exploring the Universe with the world's largest radio telescope

SQUARE KILOMETRE ARRAY  
Exploring the Universe with the world's largest radio telescope

Square Kilometre Array

SQUARE KILOMETRE ARRAY  
Exploring the Universe with the world's largest radio telescope

SKA - Key Science Drivers:  
The history of the Universe

- Testing General Relativity (Strong Regime, Gravitational Waves)
- Cosmic Dawn (First Stars and Galaxies)
- Galaxy Evolution (Normal Galaxies, z=2-3)
- Trails of Life (Planets, Habitable, SETI)
- Cosmic Magnetism (Origin, Evolution)
- Dark Energy, Large Scale Structure
- Origin of the Unknown

Broadest range of science of any facility, world

SKA-project available system engineering capacities

**Galileo:** Responsible for System design and Ground Mission Segment (GMS). Ground infrastructure deployed on 16 sites worldwide; real-time algorithms with nanosecond timing synchronization, taking into account relativist effects.

**Syracuse 3/4 - French military communication systems:** Responsible for design and development of the entire. Syracuse 3 is operated since 2005. Syracuse 4 is under development.

**Iridium Next - worldwide mobile communications:** Provision of 81 satellites; Responsible for design, integration and verification of the entire system; On-board processing and routing throughout the constellation with inter-satellite links. To date 30 satellites launched, service opened 2 months after the 1<sup>st</sup> launch.

**Atacama large Millimeter Array (ALMA):** Provision of 25 giant antennas for the most complex and powerful ground-based astronomical observatory ever built. Design, manufacture, transport and on-site integration of the receiver antennas in the Atacama desert

New Chair of the Board

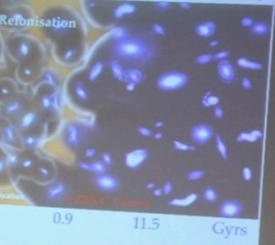
Catherine Cesarsky

Giovanni (Nanni) Bignami  
1944 - 2017

SKA France  
The French community towards the Square Kilometre Array

Chiara Ferrari  
SKA France  
France Coordinator

Epoch of Reionization



From recombination to reionisation  
... a very brief history of the Universe

processing, storage, distribution

From LOFAR to NenuFAR to SKA

• Coherent (re)construction of a strong French "LF" radio community

NenuFAR:  
• an intrinsic scientific interest  
• fits in the big picture where SKA is at the 'end' of the path

Thank you.

Multi-wavelength synergies

- INTEGRAL (X-ray and  $\gamma$ -ray): C.Gouffes et al (CEA, Saclay)  
Crab giant pulses, Fast Radio Burst repeater
- XMM-Newton (X-rays): N.Webb, D.Barret et al (IRAP, Toulouse)  
X-rays emission properties, mass and radius measurements (EoS),  
• joint LOFAR observation for mode changing studies
- Fermi-LAT ( $\gamma$ -ray): D.Smith, M.Lemoine-Goumard et al (CENBG, Bordeaux)  
N.Webb et al (IRAP, Toulouse)  
 $\gamma$ -ray pulsar population, pulsar environment (Pulsar Wind Nebulae, Super Novae Remnants)
- SS/H.E.S.S.-II (TeV  $\gamma$ -ray): A.Djanati et al (APC, Paris-Diderot)  
Y.Gallant et al (Univ Montpellier)  
Characterize known pulsars at TeV energies  
Preparation for CTA

SKA France Day 2017

SKA FRANCE

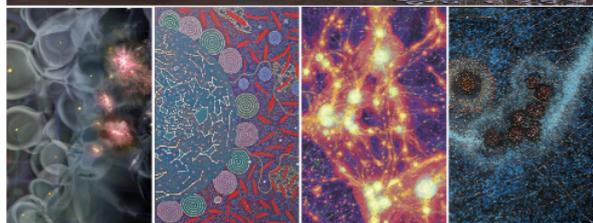
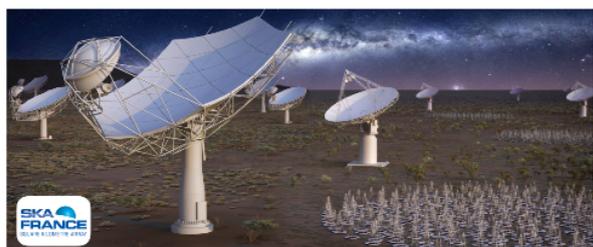
Chiara Ferrari

2



## French SKA White Book

The French community towards the Square Kilometre Array



Editor in Chief:  
C. Ferrari

Editors:  
G. Lagache, J.-M. Martin, B. Semelin — Cosmology and Extra-galactic astronomy  
M. Alves, K. Ferrière, M.-A. Miville-Deschenes, L. Montier — Galactic Astronomy  
E. Josselin, N. Vilmer, P. Zarka — Planets, Sun, Stars and Civilizations  
S. Corbel, S. Vergani — Transient Universe  
S. Lambert, G. Theureau — Fundamental Physics  
S. Bosse, A. Ferrari, S. Gauffre — Technological Developments  
G. Marquette — Industrial Perspectives and Solutions

16 Octobre 2017

Première Journée  
SKA-France

# Les étapes-clé de 2018



1<sup>er</sup> Février 2018

Lancement de la  
Maison SKA-France



# Les étapes-clé de 2018



17 Mai 2018

Le MESRI publie la Feuille de Route nationale des Infrastructures de Recherche

STRATÉGIE NATIONALE  
DES INFRASTRUCTURES DE RECHERCHE  
ÉDITION 2018



[www.enseignementsup-recherche.gouv.fr](http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr)



MINISTÈRE  
DE L'ÉDUCATION  
SUPÉRIEURE  
ET DE LA RECHERCHE



**French SKA White Book**  
The French community towards the Square Kilometre Array



Editor in Chief:  
C. Ferrari

Editors:  
G. Lagache, J.-M. Martin, B. Semelin — Cosmology and Extra-galactic astronomy  
M. Alves, K. Ferrière, M.-A. Miville-Deschênes, L. Morier — Galactic Astronomy  
E. Joseph, N. Viner, D. Zarra — Planets, Sun, Stars and Civilizations  
S. Corbelli, S. Veitani — Transient Universe  
S. Lambert, C. Thomas — Fundamental Physics  
S. Bosse, A. Ferrari, S. Gauffre — Technological Developments  
G. Marquette — Industrial Perspectives and Solutions

# Les étapes-clé de 2018

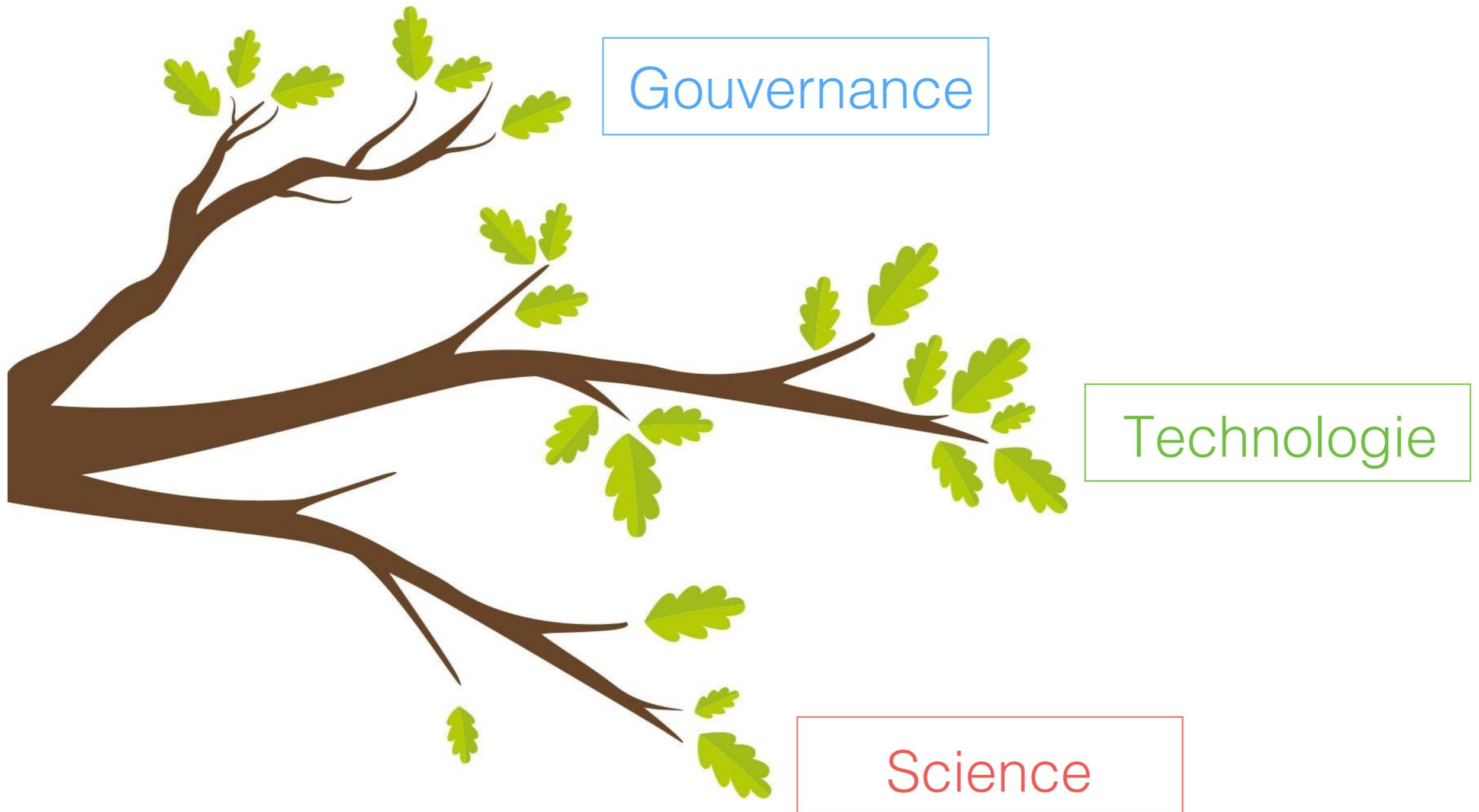


12 Juillet 2018

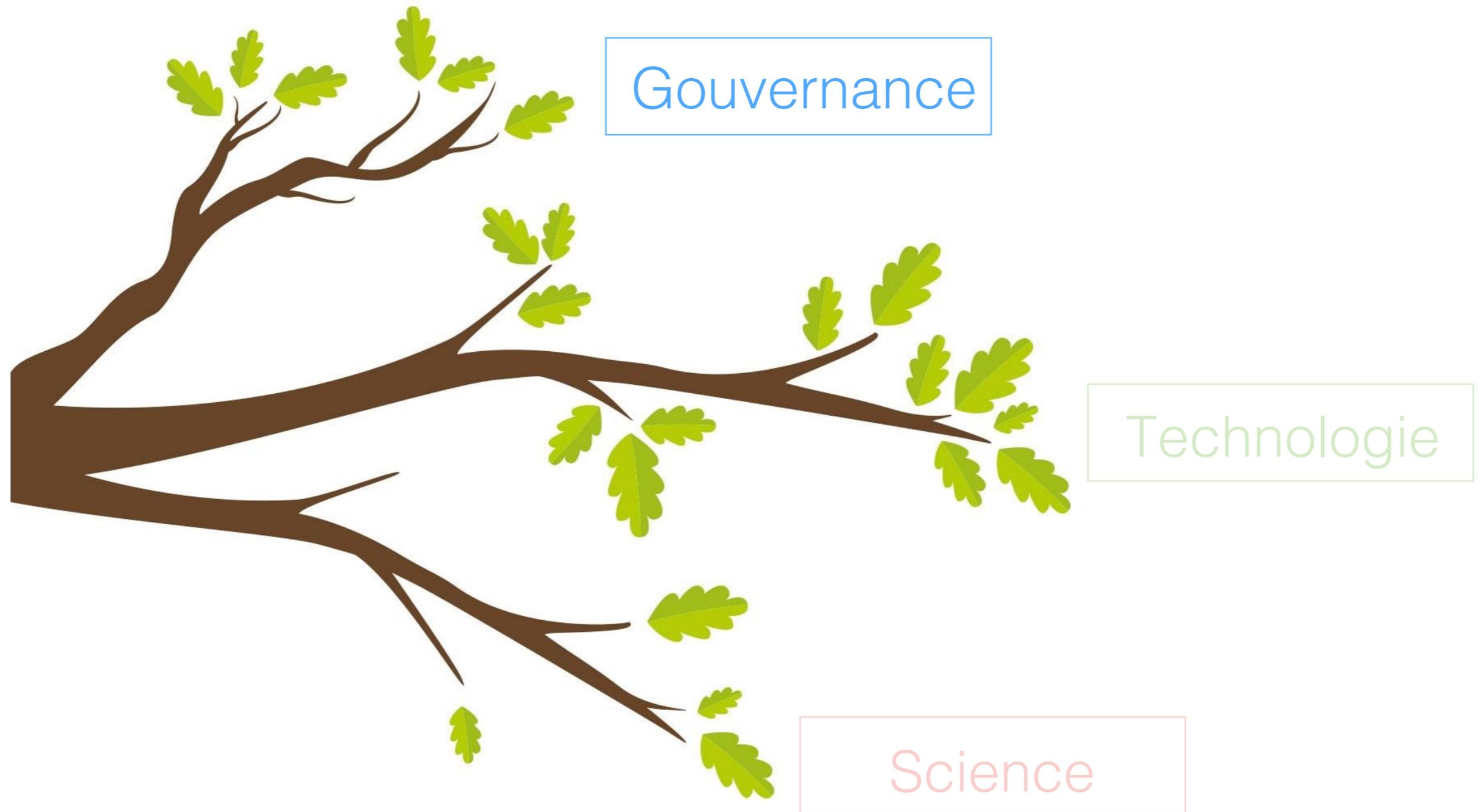
Le CNRS, chef de file de la Maison SKA-France, adhère à SKAO



# Développement du projet SKA en France



# Développement du projet SKA en France



# La Maison SKA France



Partenaires de la MSF au 1<sup>er</sup> Février 2018

- Un Partnership Publique Privé réel et équilibré entre les organismes de recherche et leurs partenaires industriels
- Une feuille de route scientifique et technologique
- Un forum pour développer la recherche fondamentale et les projets de R&D
- Un précurseur d'un nouveau modèle d'affaires pour les grandes infrastructures de recherche



**THALES**  
SERVICES

*Inria*  
inventeurs du monde numérique

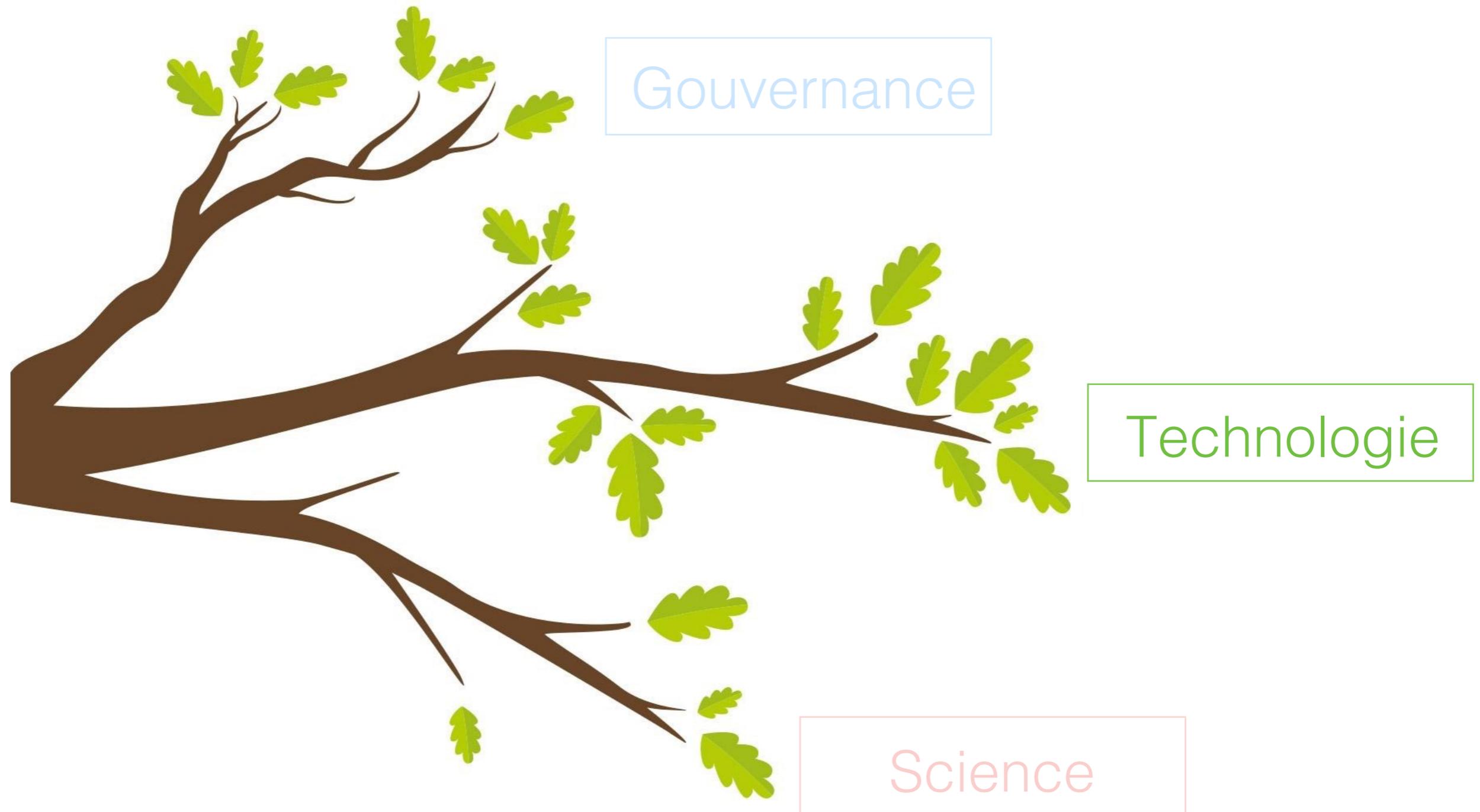


**ENIM**  
Innovate and Act

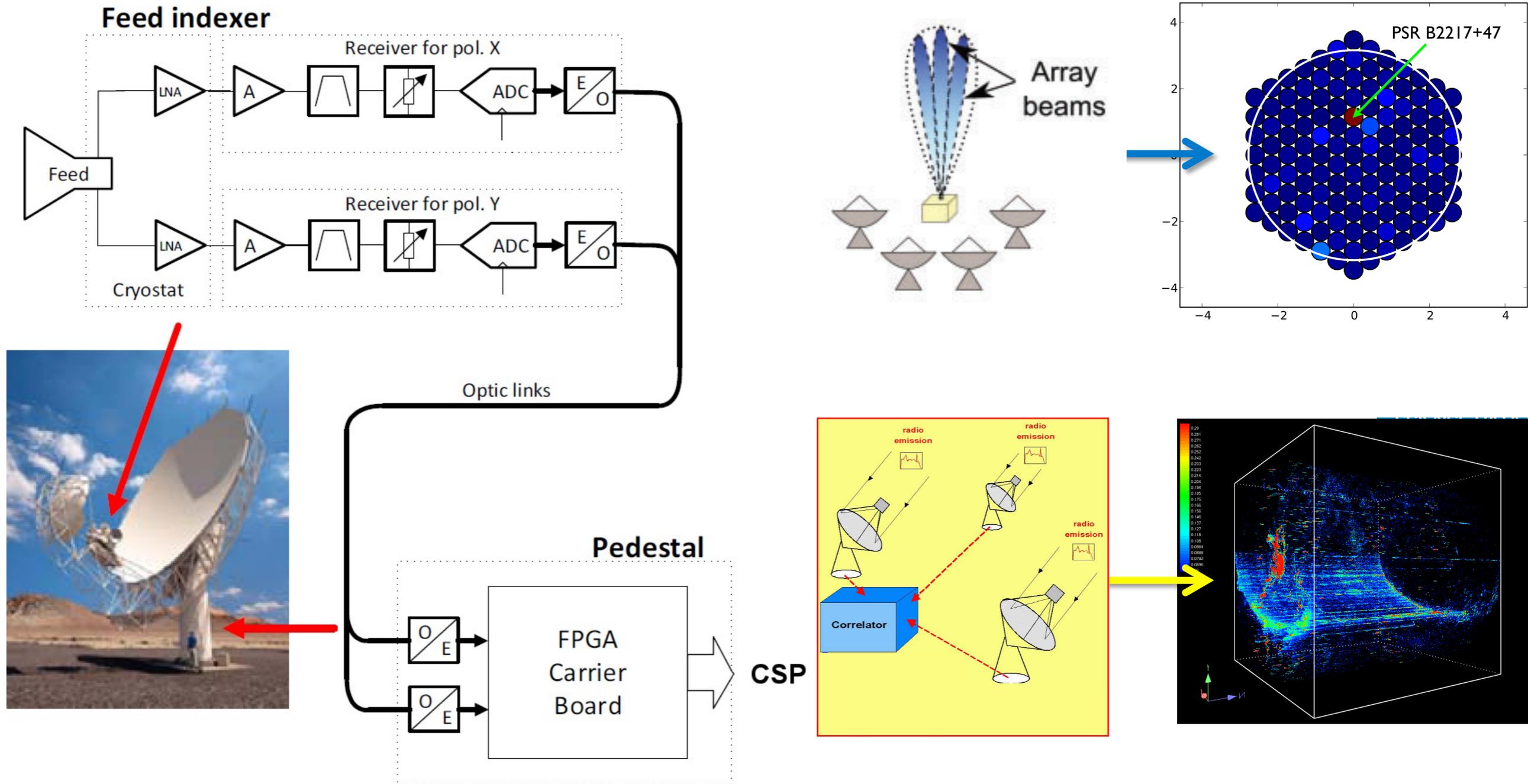


**LAM**  
LABORATOIRE D'ASTROPHYSIQUE  
DE MARSEILLE

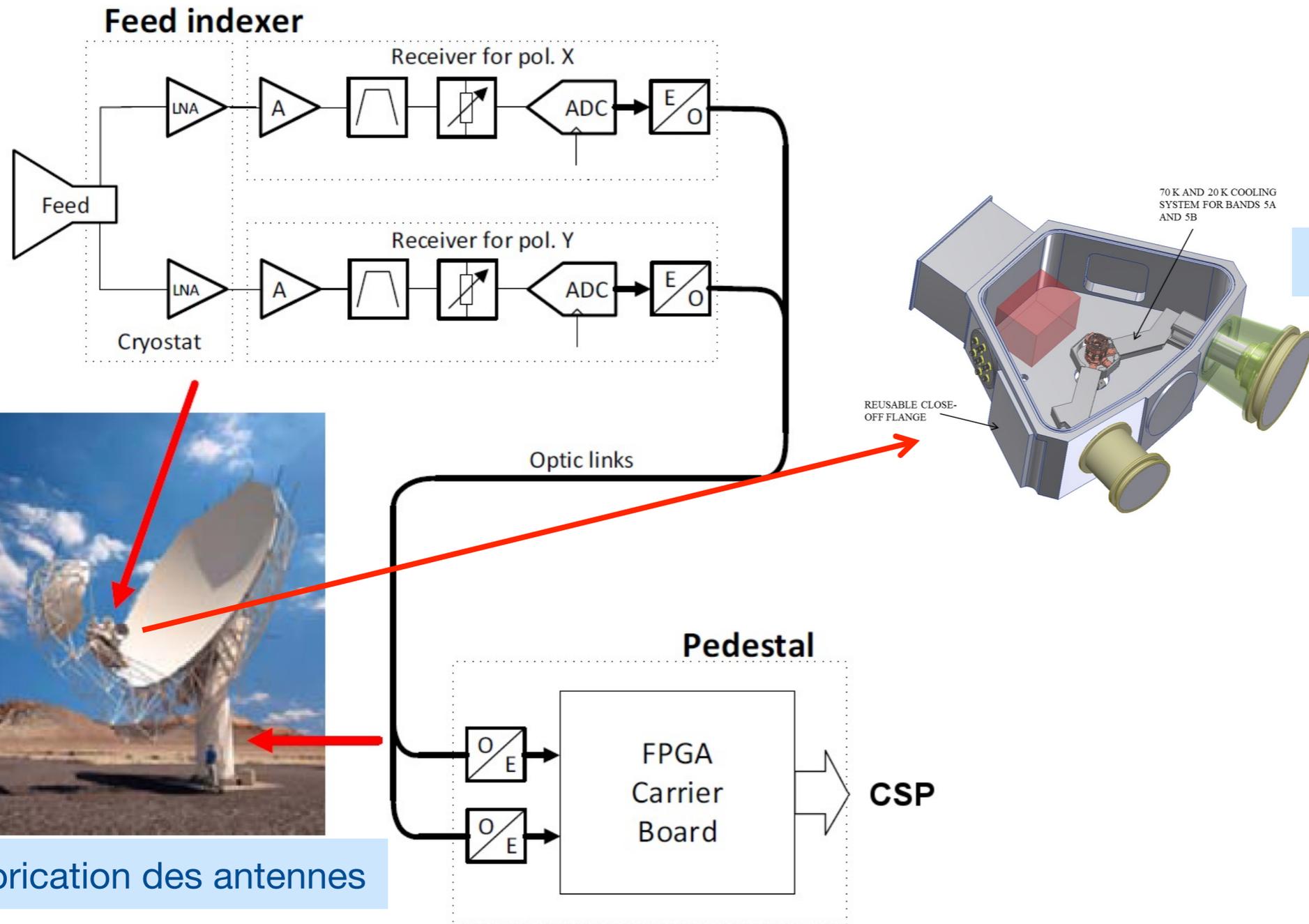
# Développement du projet SKA en France



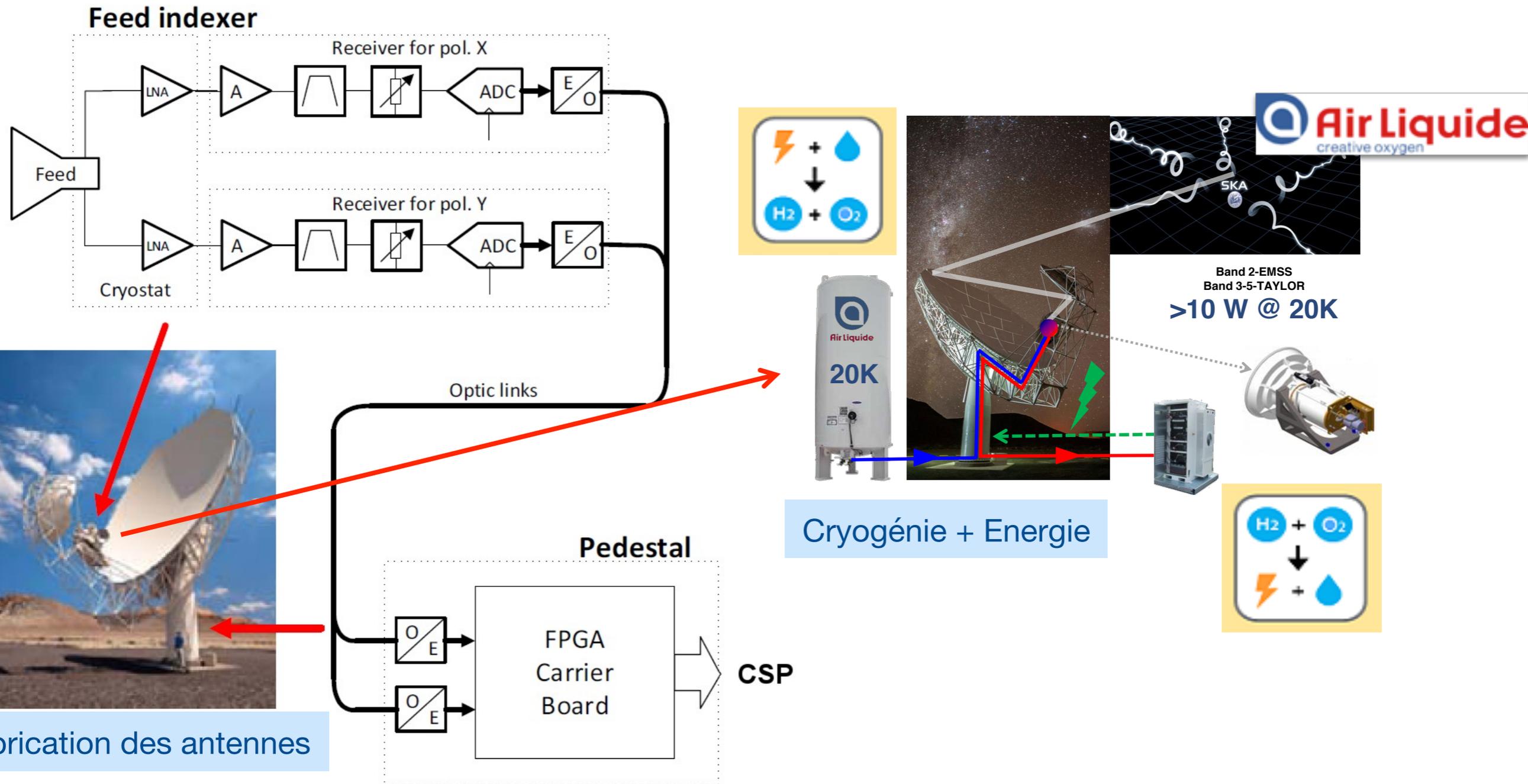
# Développements technologiques en 2018 : SKA1-MID



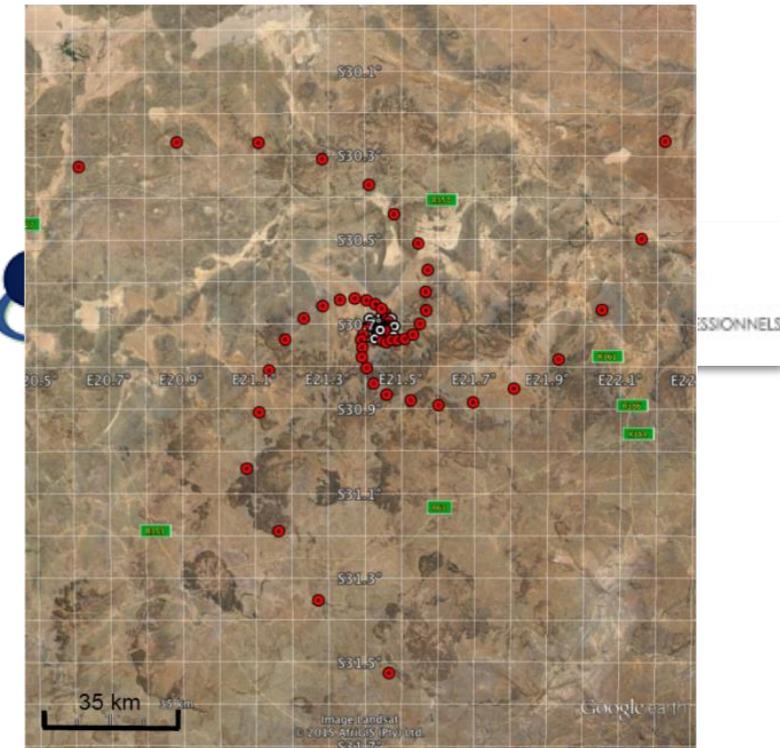
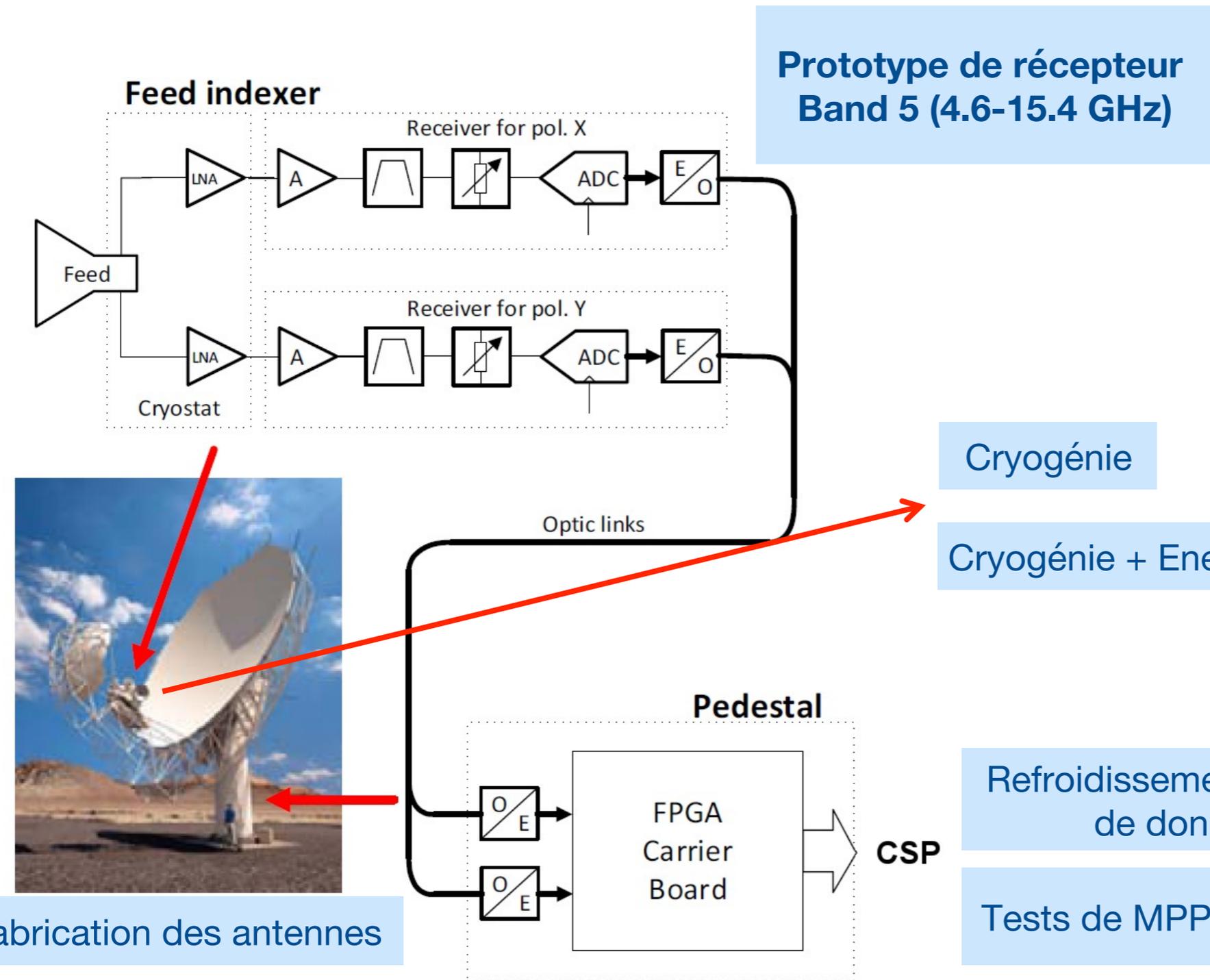
# Développements technologiques en 2018 : SKA1-MID



# Développements technologiques en 2018 : SKA1-MID



# Développements technologiques en 2018 : SKA1-MID



Cryogénie



Cryogénie + Energie



PV + stockage

Refroidissement centres de données



Tests de MPPA vs. FPGA



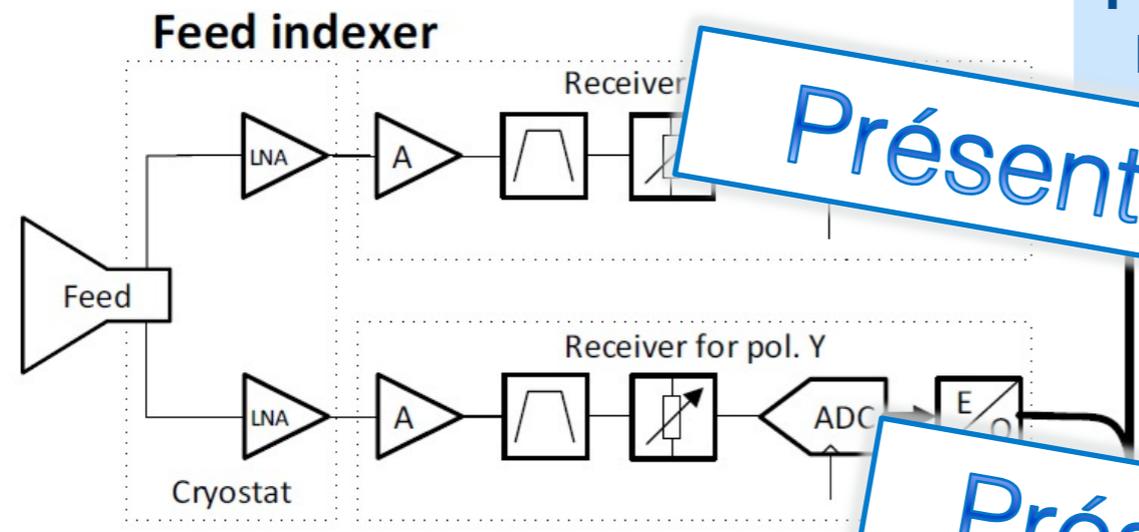
Fabrication des antennes



# Développements technologiques en 2018 : SKA1-MID



Prototype de récepteur Band 5 (4.6-15.4 GHz)



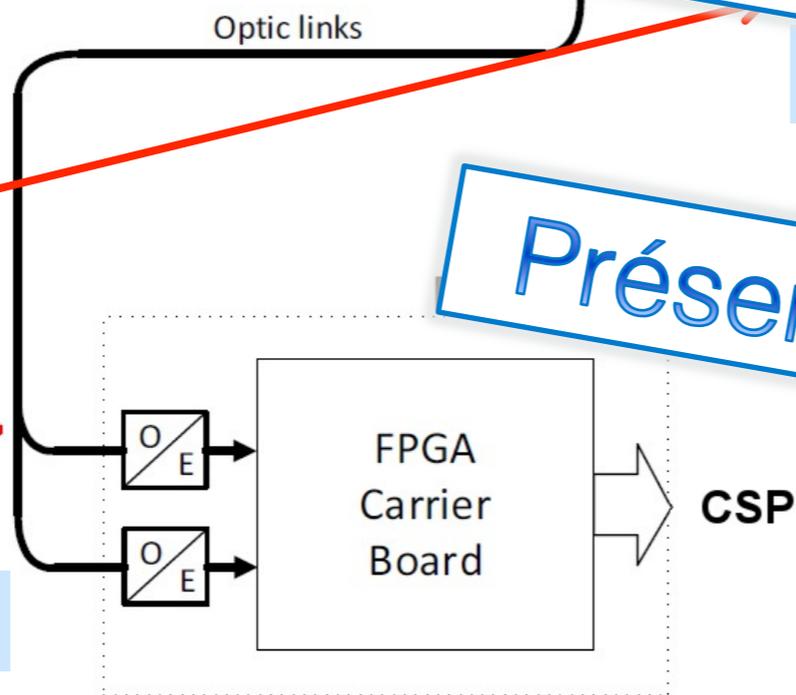
Présentation S. Gauffre

Présentation H. Chevrel

Présentation B. Dabiezies



Fabrication des antennes



Callisto  
Cryogénie + Energy

PV + stockage

Retour de données Agir

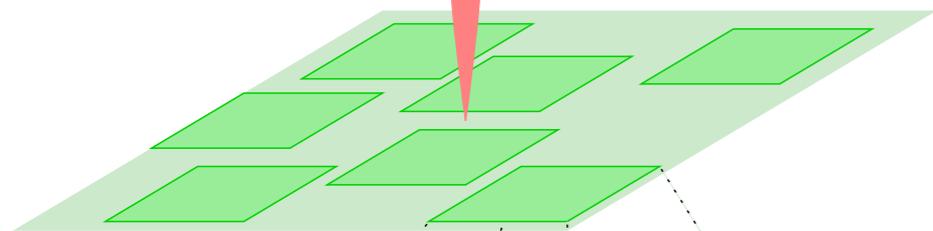
Tests de MPPA vs. FPGA KALRAY

# Développements technologiques en 2018 : SKA1-LOW



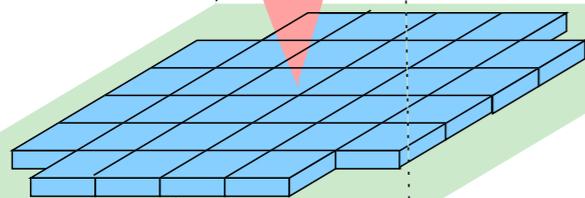
Beam Forming analogique

array beam



array level view

Calibration par Cubesat ???



station level view



Présentation P. Zarka



# Développements technologiques en 2018 : Ingénierie Système

Assemblage, intégration et vérification (AIV)



SKA1-MID



SKA1-LOW



Beam-forming

Pulsar search & Correlation



Imaging & Science

# Développements technologiques en 2018 : Calcul/Données



**SKA1-MID**

8.8 Tb/s



**SKA1-LOW**

~2 Pb/s



7.2 Tb/s



**Beam-forming**

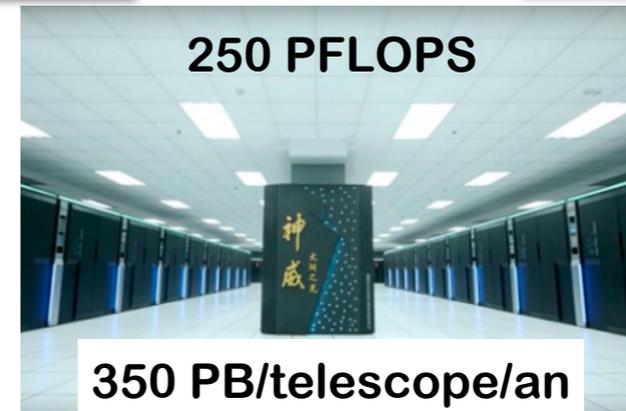
**Corrélation et Recherche des Pulsars**



50 PFLOPS



2 x 5 Tb/s

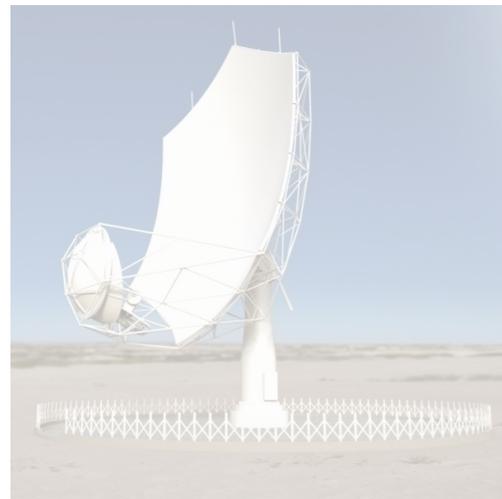


250 PFLOPS

350 PB/telescope/an

**Imaging & Science**

# Développements technologiques en 2018 : Calcul/Données



SKA1-MID



8.8 Tb/s



Corrélation et Recherche des Pulsars



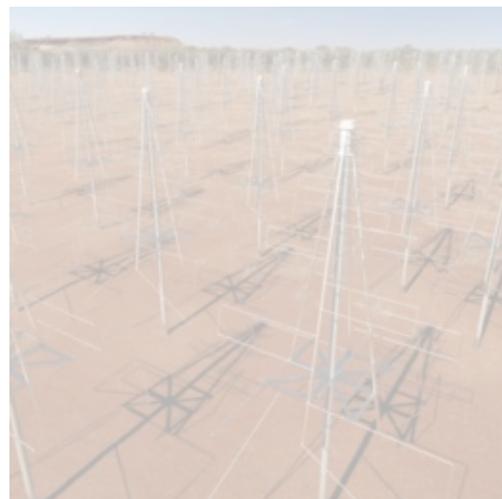
50 PFLOPS



7.2 Tb/s



2 x 5 Tb/s



SKA1-LOW



~2 Pb/s



Beam-forming



250 PFLOPS

350 PB/telescope/an

Imaging & Science

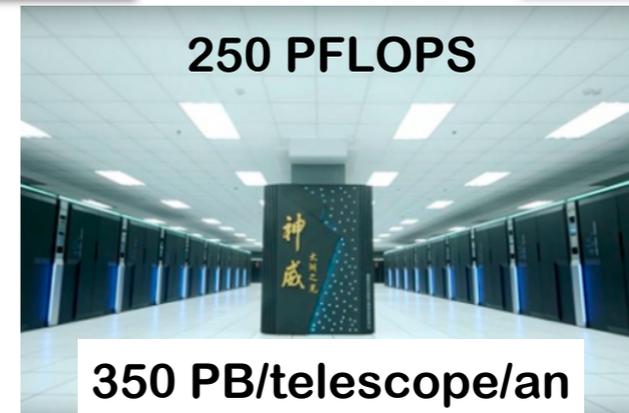
Présentation N. Monnier

Optimisation architecture vs. algorithmes

# Développements technologiques en 2018 : Calcul/Données



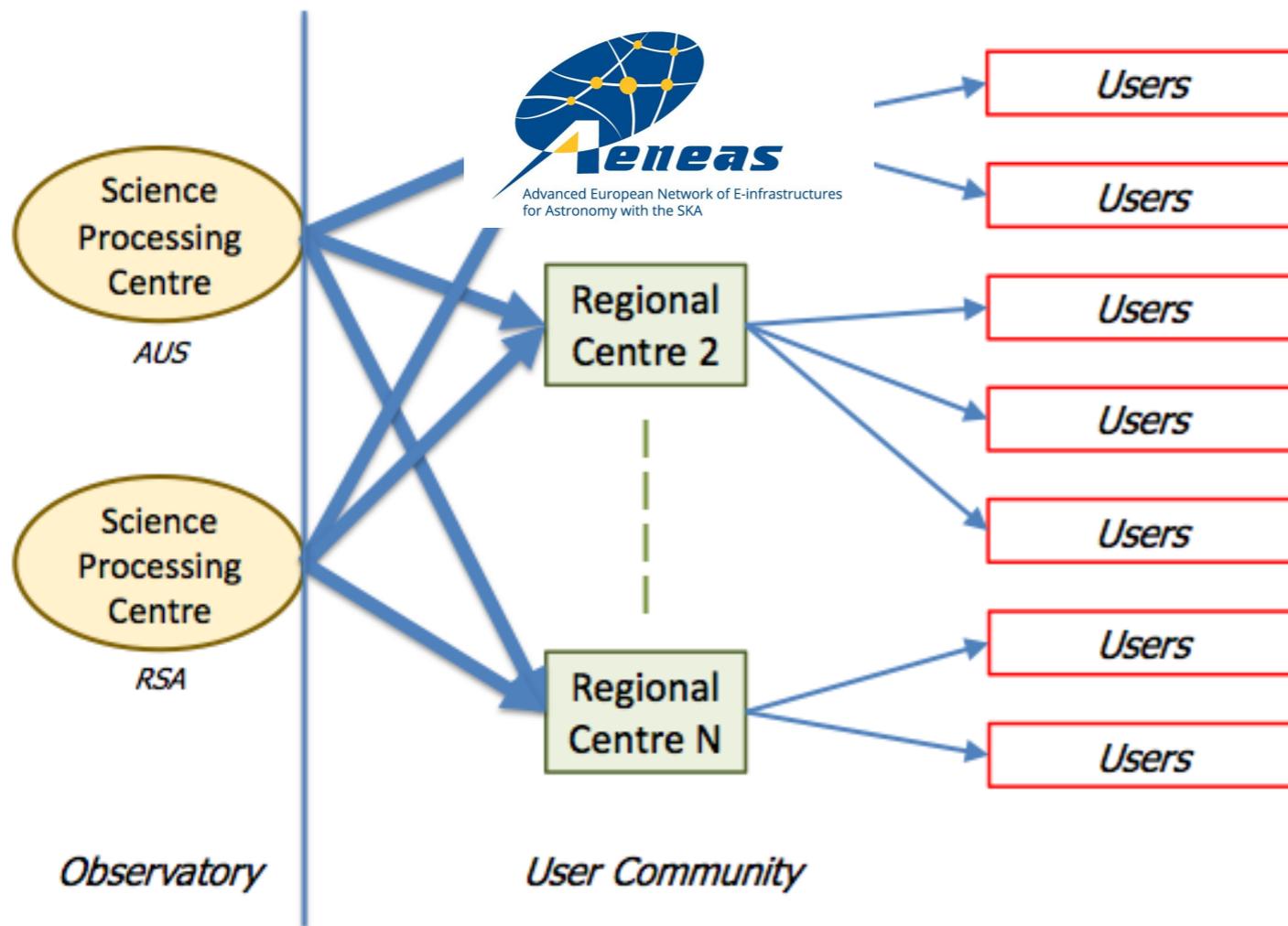
2 x 5 Tb/s



Imaging & Science



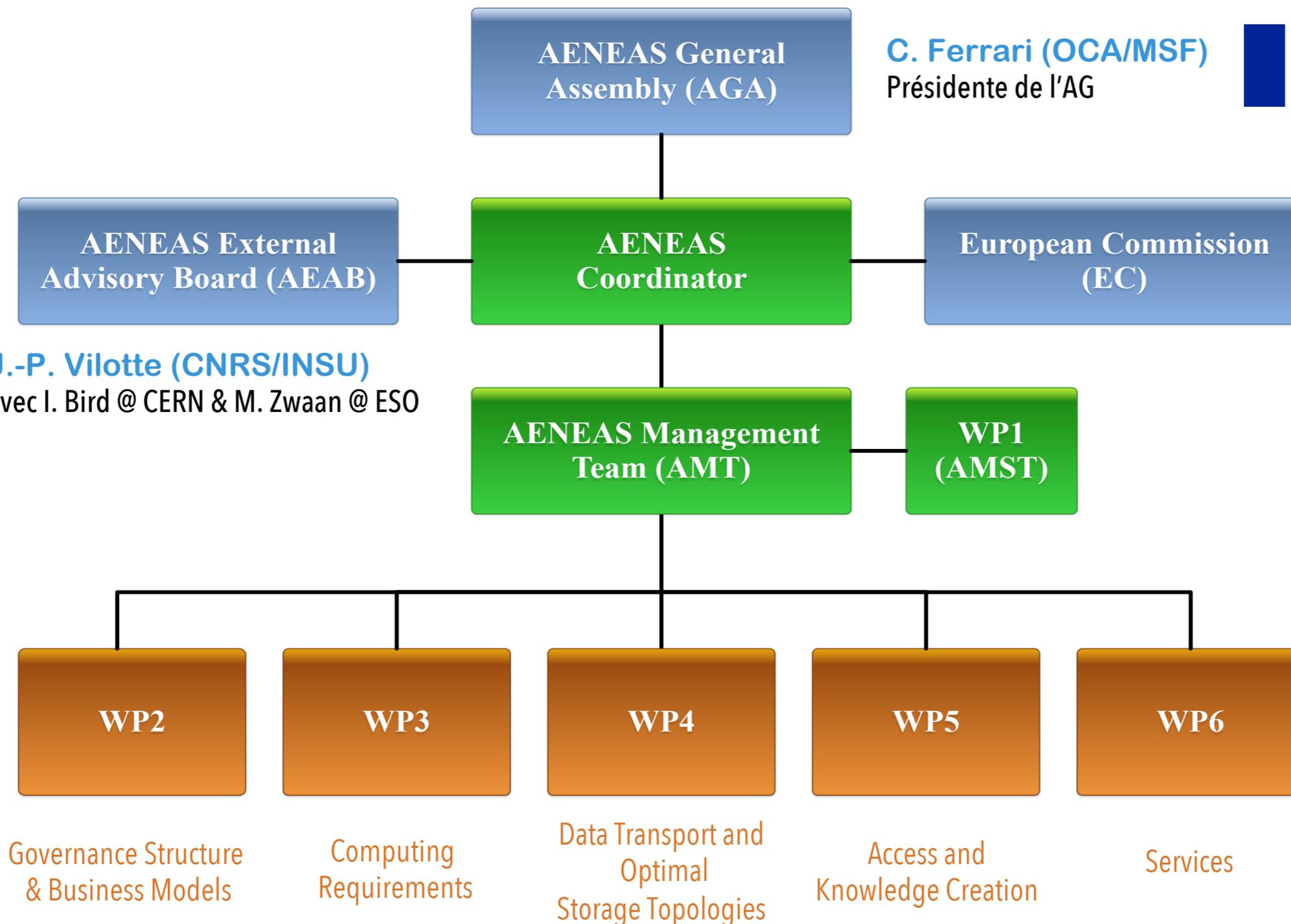
# SKA Regional Data Centers



All-Hands AENEAS Meeting - Avril 2018  
Observatoire de la Côte d'Azur



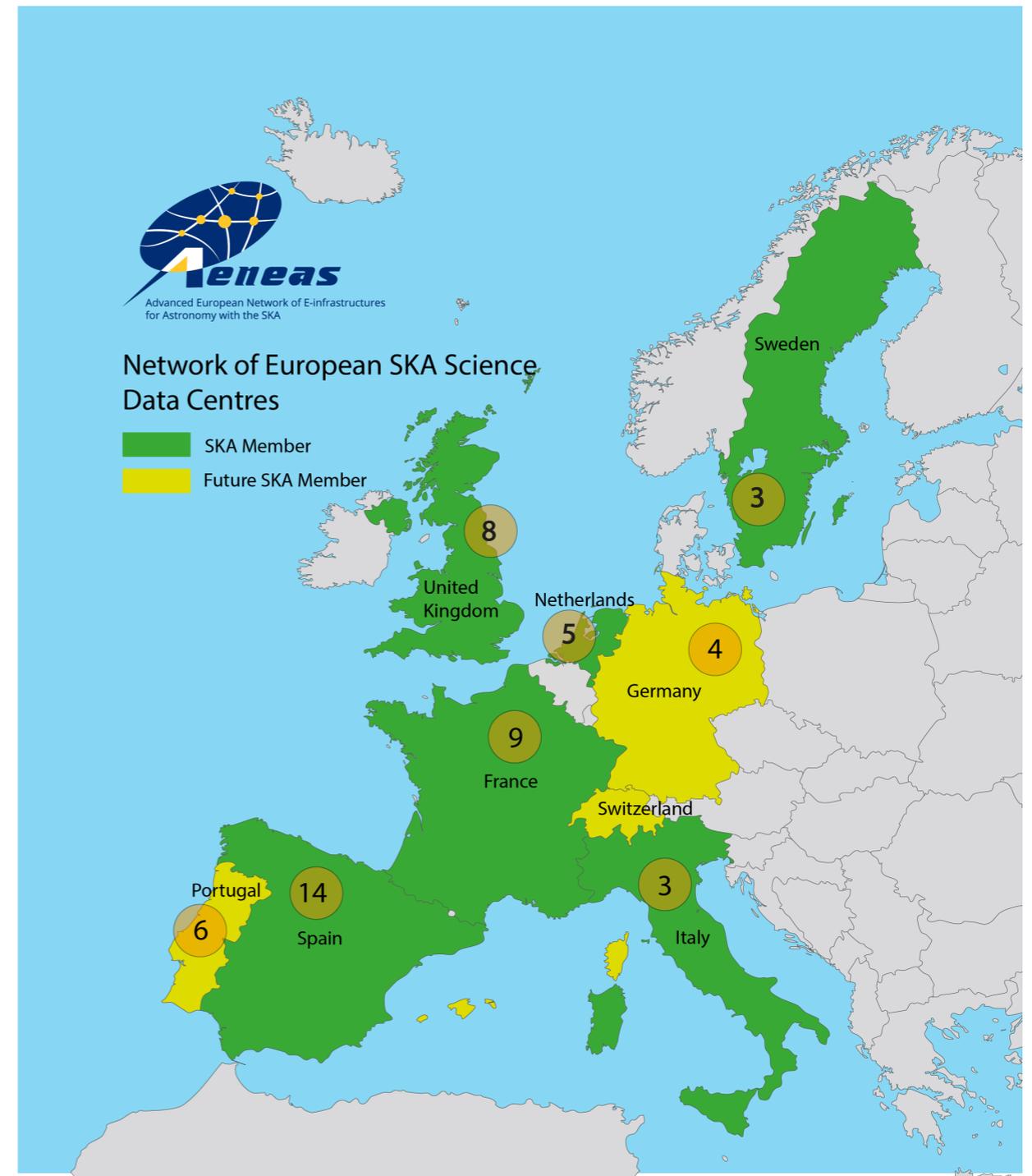
# AENEAS Work Packages



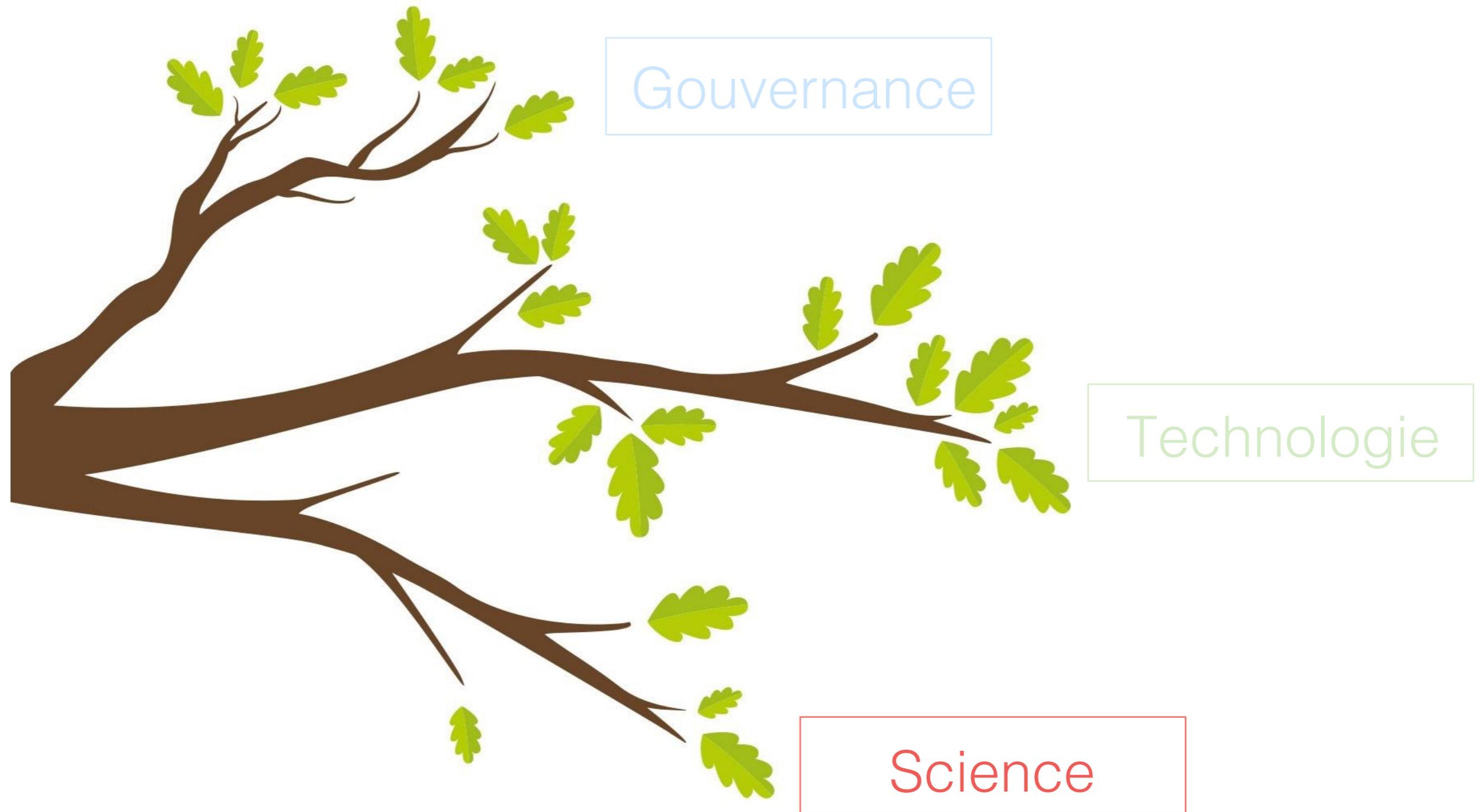
# Vers un centre européen avec plusieurs nœuds

## Un rôle moteur des participants français

- Promotion des discussions avec des représentants de PRACE: deux réunions organisés
  - Paris: Janvier 2018
  - Bologne: Octobre 2018
- Forte implication dans les discussions avec le WLCG du CERN:
  - Présidente de l'AG d'AENEAS invitée à la réunion entre SKAO et CERN de Mars 2018
  - Représentants WLCG invités à la réunion d'Octobre 2018 à Bologne



# Développement du projet SKA en France



# La science de SKA

Adéquation avec les "Grandes Questions" des Programme Nationaux (prospective INSU 2014/2015)

Planétologie/  
Berceau de la vie

Comment se forment les étoiles et les planètes? Molécules organiques complexes dans les régions de formation stellaire. Exoplanètes. Soleil et magnétosphère planétaire

Physique fondamentale  
avec objets compacts

Quel ciel nous révélera l'astronomie des ondes gravitationnelles? L'hypothèse d'équivalence d'Einstein est-elle un principe exact de la physique? La relativité générale est-elle la bonne théorie métrique de la gravitation?

Les sources transitoires

Comment explosent les astres? Quelle est l'influence des objets compacts sur leur environnement?

Evolution des galaxies:  
gaz & continuum radio

Quelle est l'histoire cosmique des baryons? Quels processus physiques régissent l'évolution des galaxies et leur cycle de matière?

Cosmologie

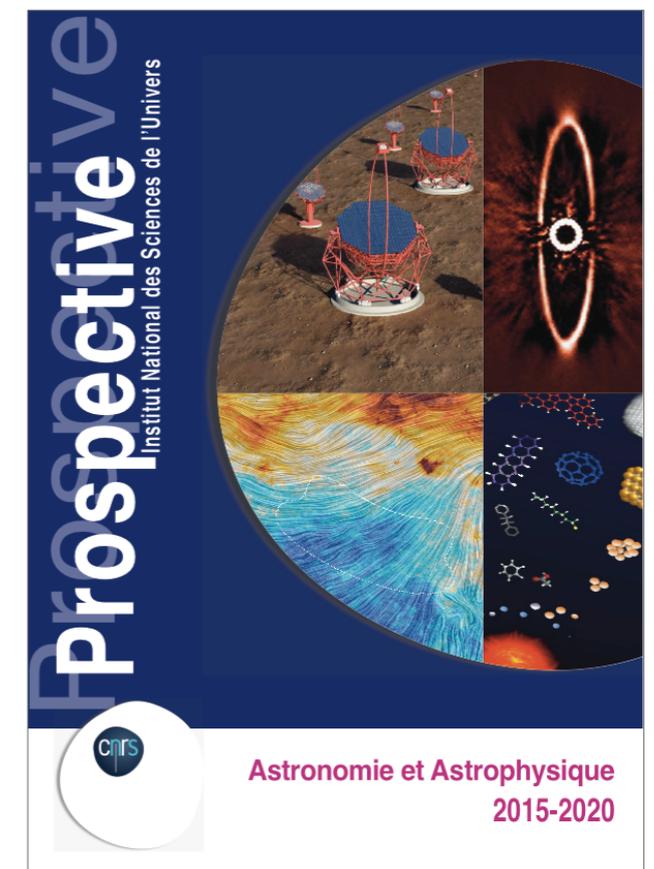
Dans quel univers vivons-nous? Quelle est la nature de la matière noire?

Origine et évolution du  
magnétisme cosmique

Génération des champs magnétiques et impact sur l'évolution des structures

Epoque de réionisation  
& Aube du cosmos

Quelle est l'histoire cosmique des baryons?



# La science de SKA

Adéquation avec les "Grandes Questions" des Programme Nationaux (prospective INSU 2014/2015)

Planétologie/  
Berceau de la vie

Physique fondamentale  
avec objets compacts

Les sources transitoires

Evolution des galaxies:  
gaz & continuum radio

**Cosmologie**

Origine et évolution du  
magnétisme cosmique

Epoque de réionisation  
& Aube du cosmos



C

Q  
d'  
th

C  
er

Q

processus physiques régissent l'évolution des galaxies et leur cycle de matière?

Dans quel univers vivons-nous? Quelle est la nature de la matière noire?

Génération des champs magnétiques  
l'évolution des structures

Quelle est l'histoire cosmique des baryons?

complexes dans les  
taire

èse d'équivalence  
est-elle la bonne

sur leur

Présentation J.-C. Cuillandre & S. Casas

# La science de SKA

Adéquation avec les "Grandes Questions" des Programme Nationaux (prospective INSU 2014/2015)

Planétologie/  
Berceau de la vie

Comment se forment les étoiles et les planètes? Molécules organiques complexes dans les régions de formation stellaire. Exoplanètes. Soleil et magnétosphère planétaire

Physique fondamentale  
avec objets compacts

Quel ciel nous révélera l'astronomie des ondes gravitationnelles? L'hypothèse d'équivalence d'Einstein est-elle un principe exact de la physique? La relativité générale est-elle la bonne théorie métrique de la gravitation?

Les sources transitoires

Comment explosent les astres? Quelle est l'influence des objets compacts sur leur environnement?

Evolution des galaxies:  
gaz & continuum radio

Quelle est l'histoire cosmique des baryons? Quels processus physiques régissent l'évolution des galaxies et leur cycle de matière?

Cosmologie

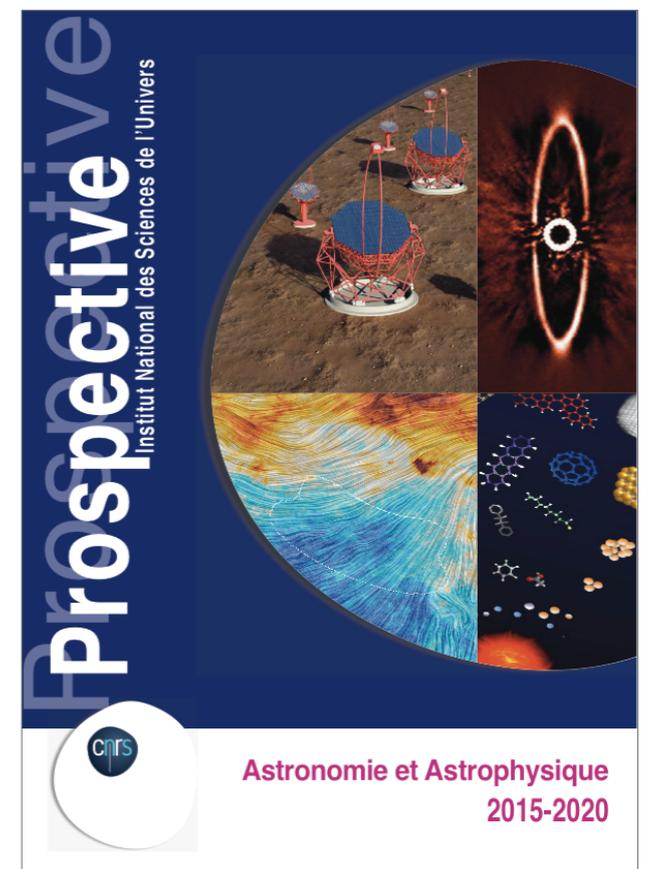
Dans quel univers vivons-nous? Quelle est la nature de la matière noire?

Origine et évolution du  
magnétisme cosmique

Génération des champs magnétiques et impact sur l'évolution des structures

Epoque de réionisation  
& Aube du cosmos

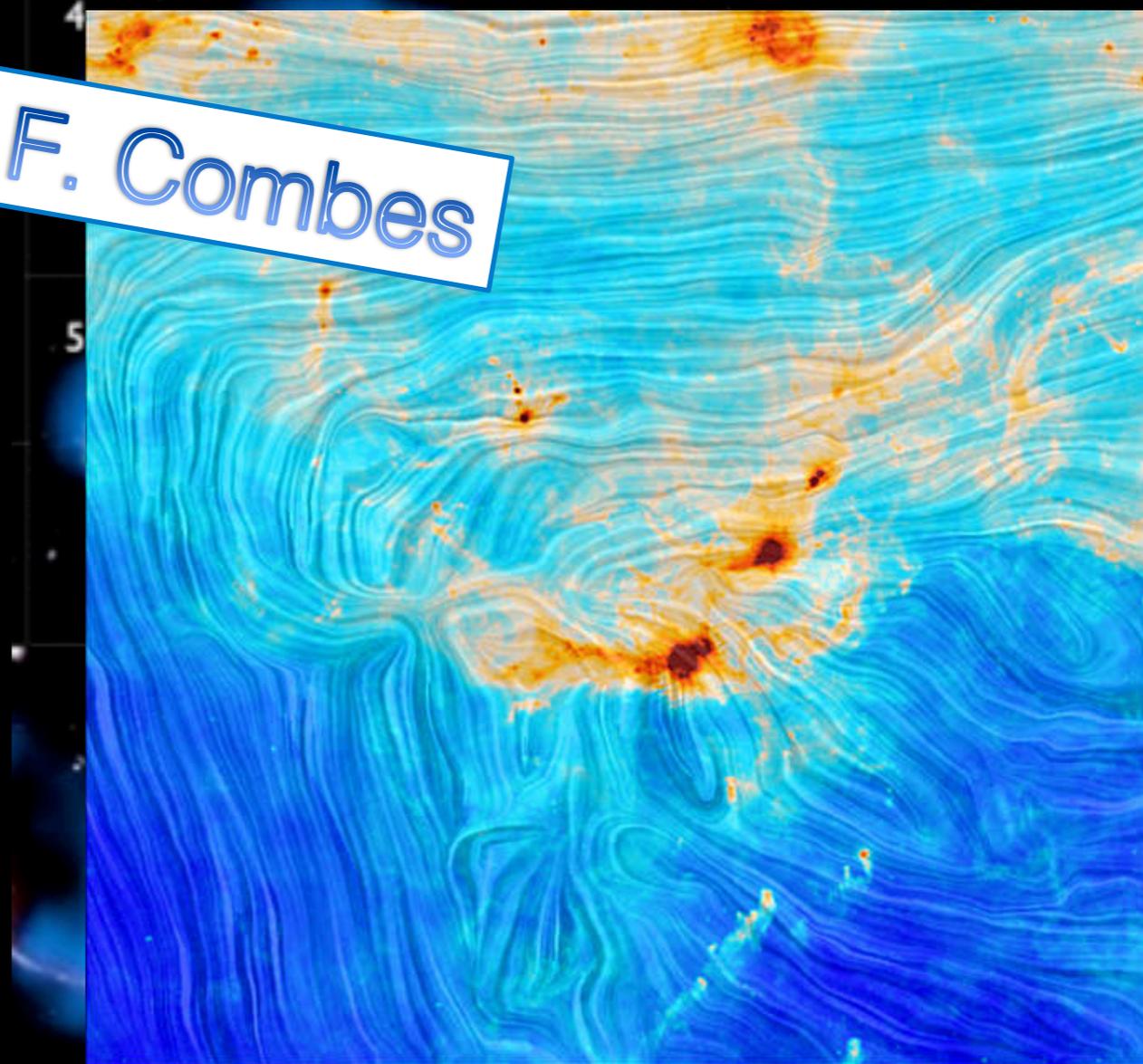
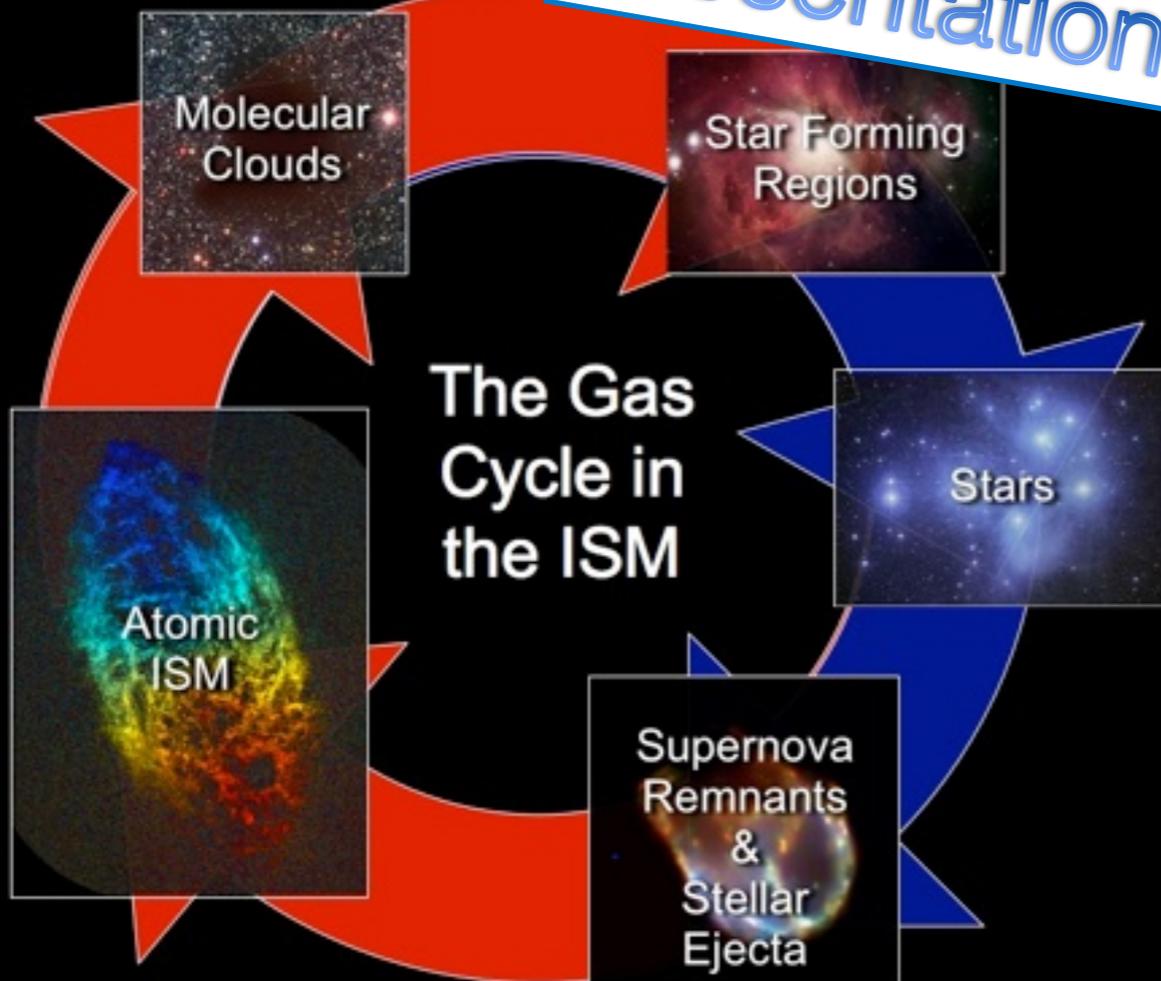
Quelle est l'histoire cosmique des baryons?



# Les galaxies: des objets "vivants"



Présentation F. Combes



# L'aube du cosmos

Planck

Cosmic Microwave Background Radiation

Dark Ages  
Map of Intergalactic Gas

Présentation B. Semelin

SDSS-IV Data Here

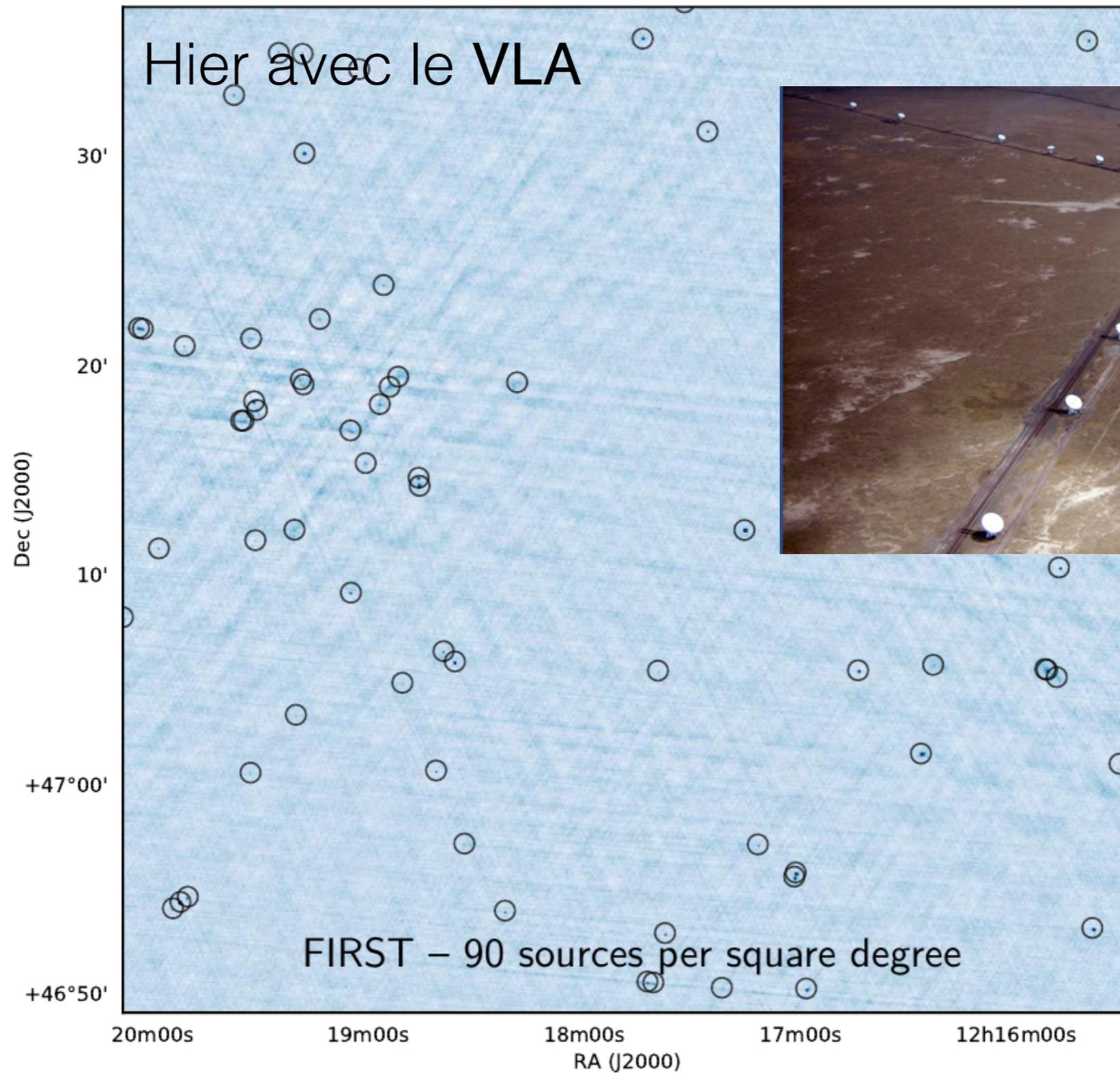
Map of Galaxies

Time Since the Big Bang (Billions of Years)

Present

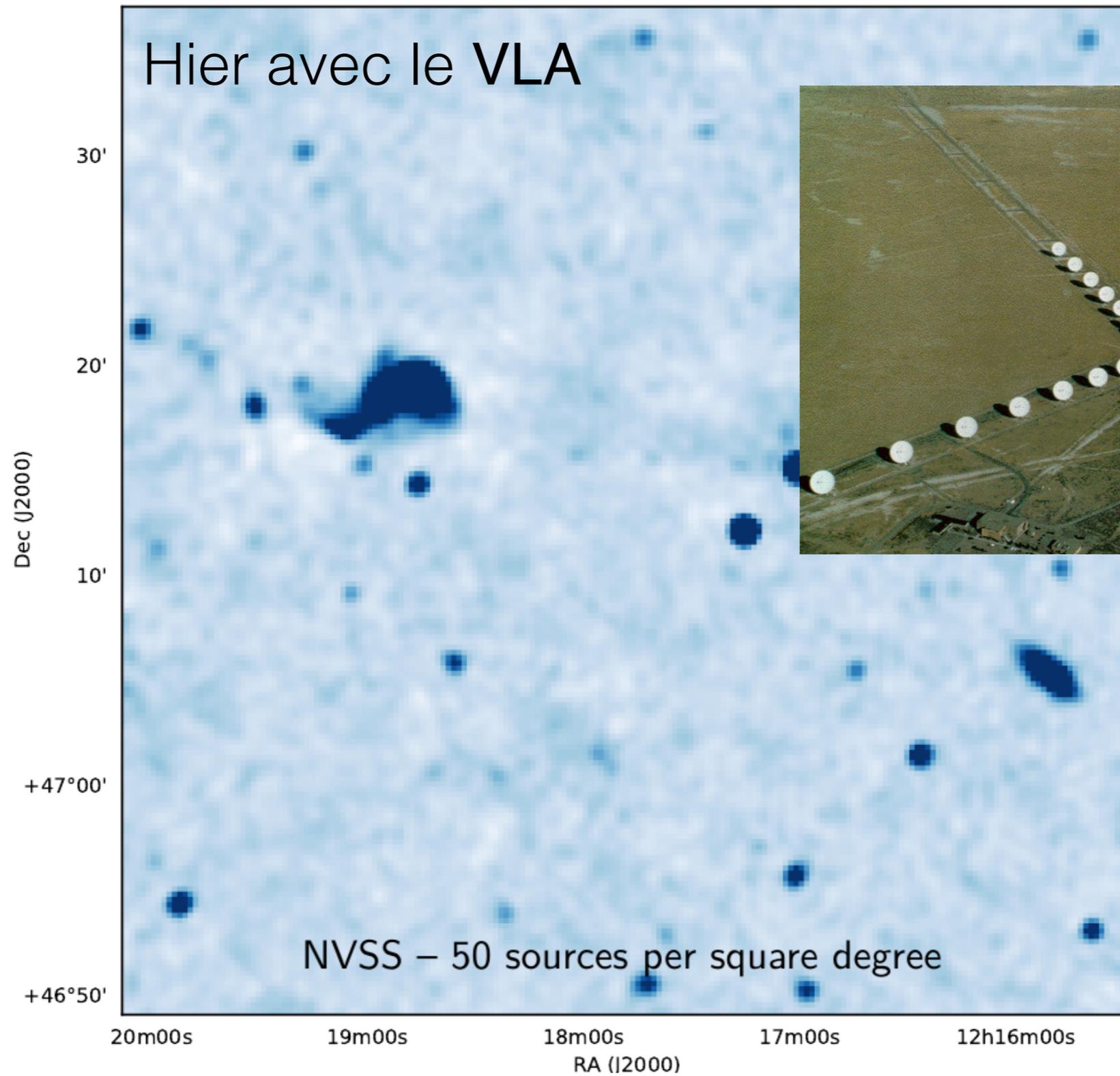
INTERACTING GALAXIES  
HUBBLE SPACE TELESCOPE

# Les relevés du ciel en radio



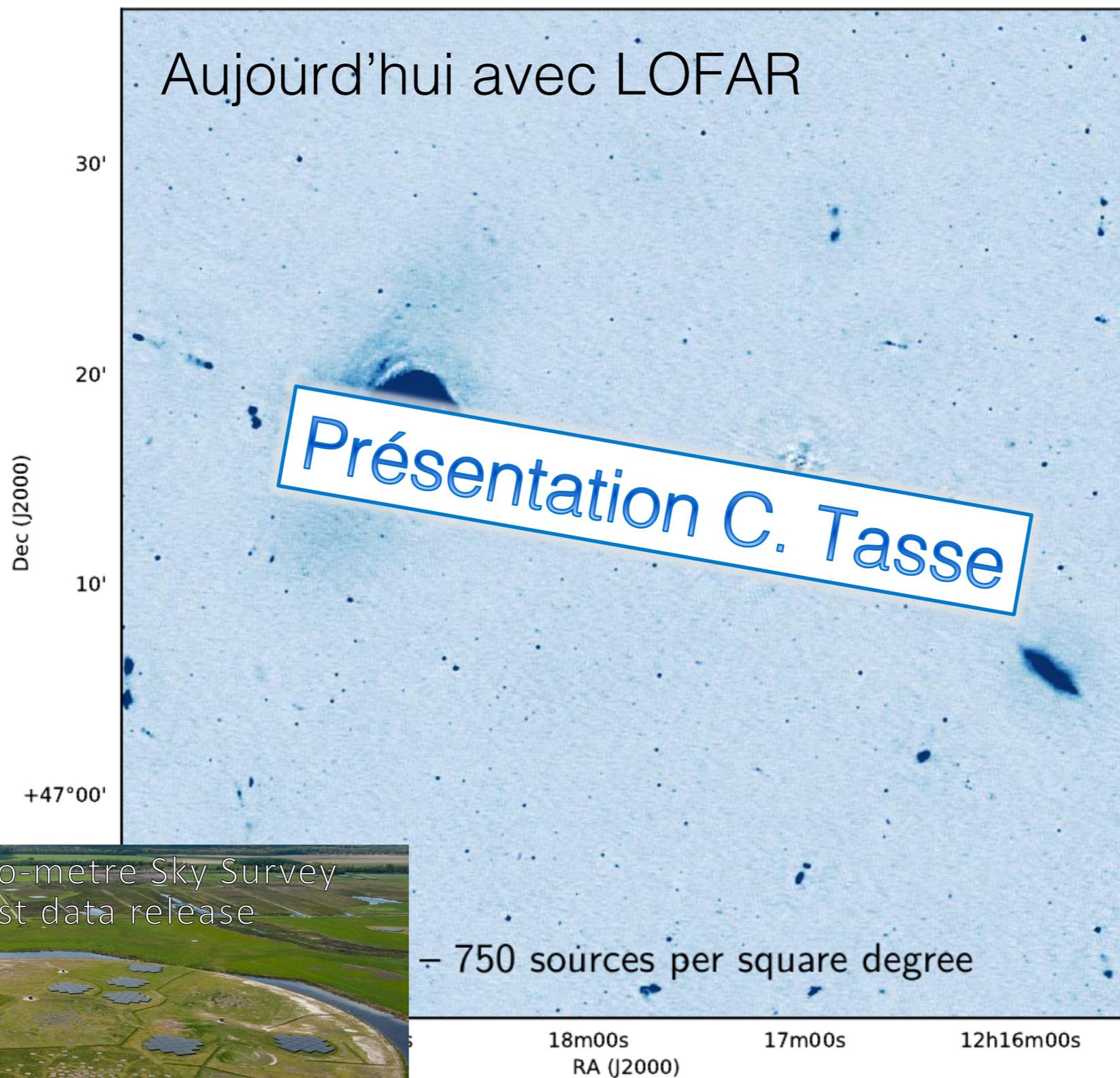
Courtoisie: Röttgering  
Shimwell, **Tasse**, Williams &  
LOFAR Surveys KSP

# Les relevés du ciel en radio



Courtoisie: Röttgering  
Shimwell, **Tasse**, Williams &  
LOFAR Surveys KSP

# Les relevés du ciel en radio



The LOFAR Two-metre Sky Survey (LoTSS) first data release

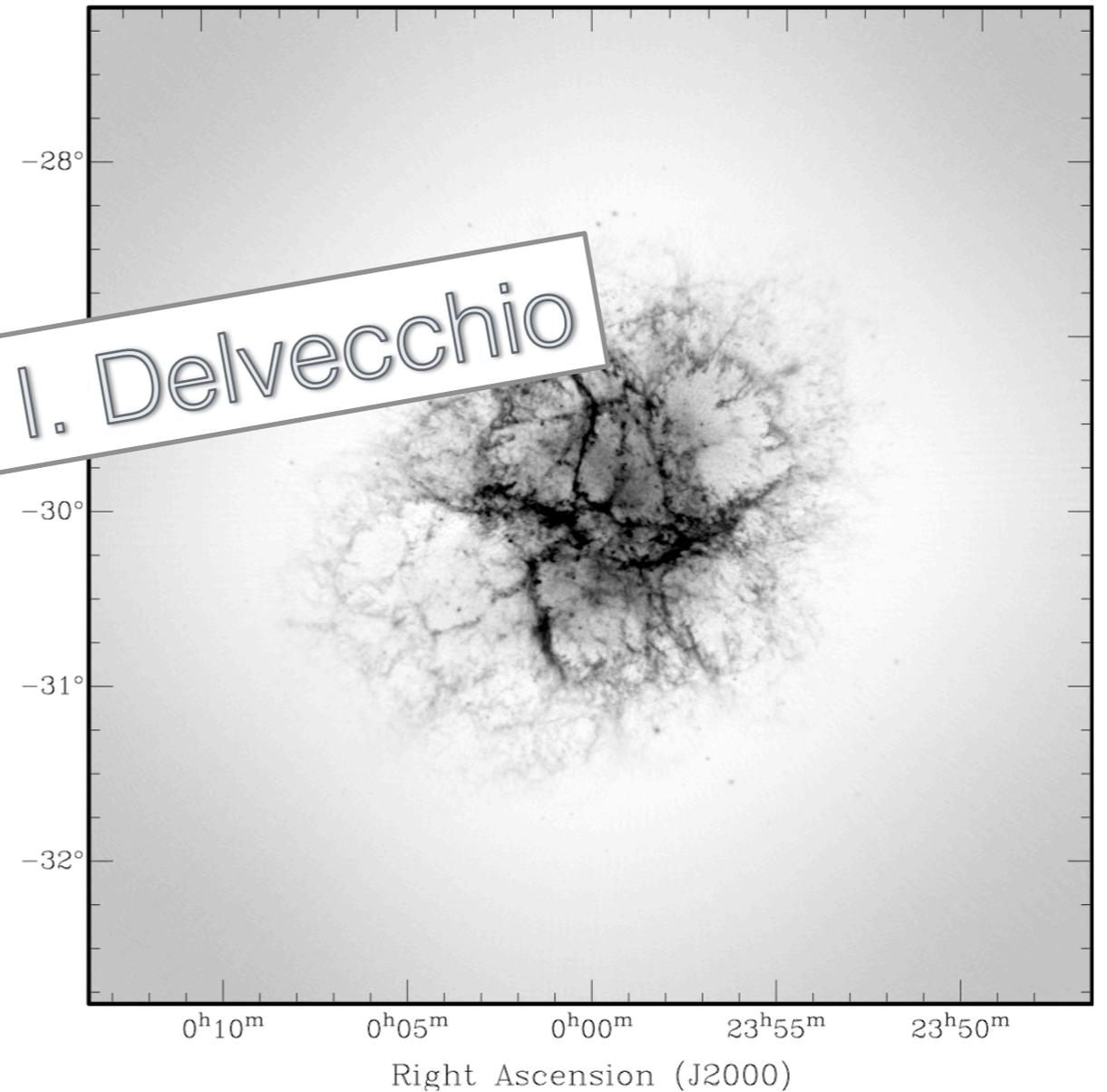
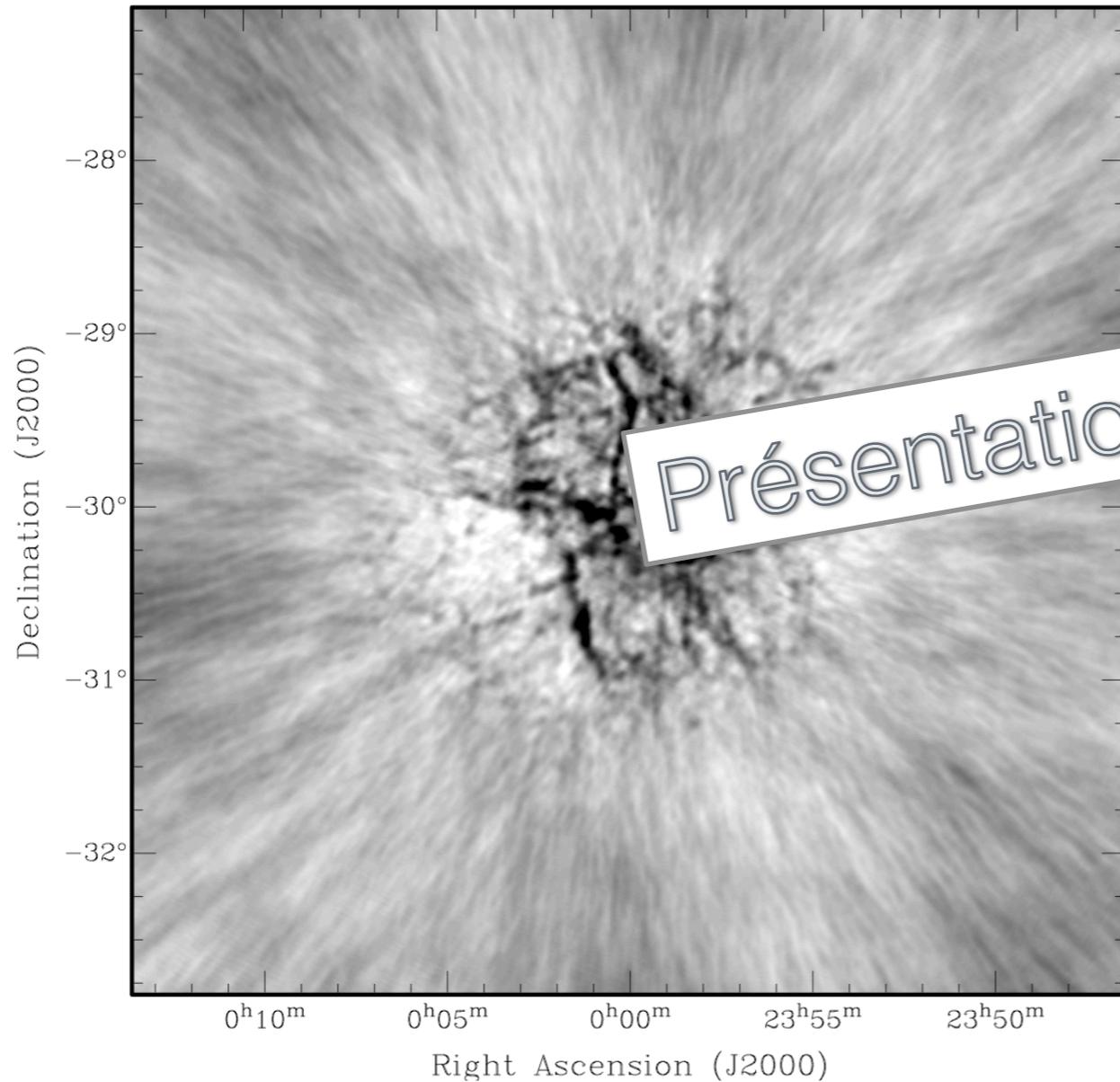


Courtoisie: Röttgering  
Shimwell, **Tasse**, Williams &  
LOFAR Surveys KSP

# SKA: un formidable arpenteur du ciel !

Aujourd'hui avec LOFAR

Demain avec SKA1-LOW



Présentation I. Delvecchio

Courtoisie: SKAO

# La communauté scientifique française vers SKA

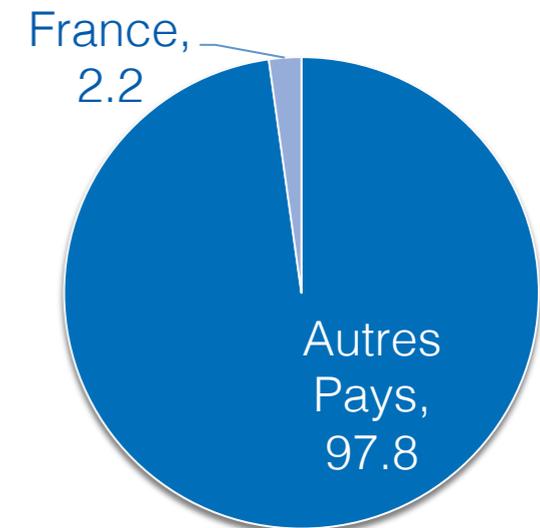
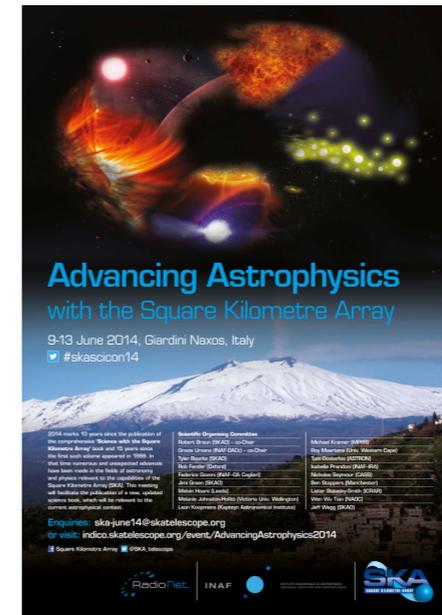
- Une communauté de plus en plus vaste, qui se prépare au lancement des actions scientifiques de SKAO:

- Travaux sur les précurseurs / éclaireurs de SKA
- Participation au « *Data Challenges* »
- Organisation des « *Key Science Projects* »

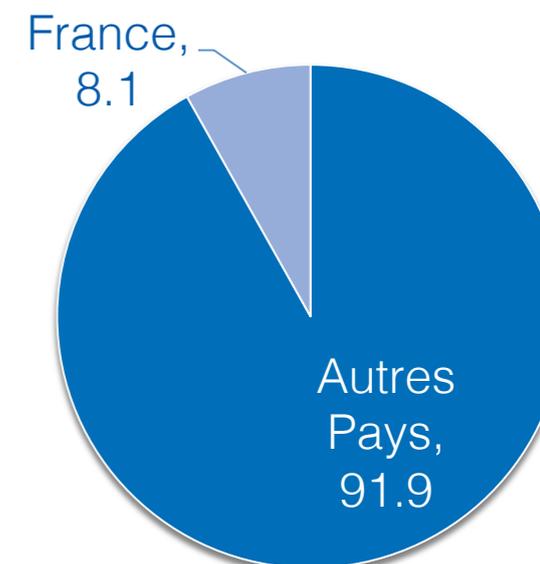
- Ateliers nationaux lancés en collaboration avec l'AS SKA-LOFAR:

- Époque de la Réionisation (B. Semelin et al.)
- Cosmologie (F. Combes et al.)
- Évolution des galaxies (F. Combes et al.)
- Sources transitoires (S. Corbel et al.)
- Planétologie (P. Zarka et al.)
- ...

2014



2019

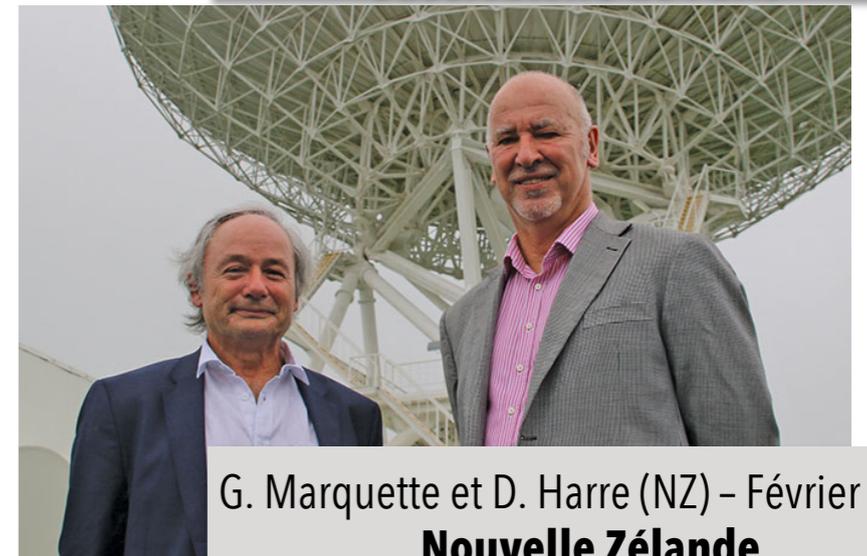


# Reconnaissance de nos équipes

- Représentants français aux comités de gouvernance de SKA (Board, StratCom)
- Experts français dans les comités des « *Critical Design Review* » de SKA
  - **A. Baudry (LAB)** - Rapporteur pour « *Central Signal Processor* »
  - **C. Ferrari (OCA)** - Rapporteur pour « *Low-Frequency Aperture Array* »
  - **C. Tasse (OBSPM) et C. Perez (INRIA)** - Observateurs pour « *Signal Data Processor* »
- Invitations à présenter SKA-France dans des conférences nationales et internationales en 2018
  - *SKA New Zealand Alliance Meeting*
  - *SKA Swiss Day*
  - *Superconducting Supercomputing with Josephson Junctions*
  - Journées de l'Astronomie Française 2018
  - Journées Calcul et Données 2018
  - GDR Information, Signal, Image et Vision
- SKA-France dans la presse



Comité Stratégique - Juin 2018  
**Observatoire de Paris**



G. Marquette et D. Harre (NZ) – Février 2018  
**Nouvelle Zélande**



# Conclusions

- C'est le moment de mobiliser des acteurs au niveau académique et industriel, pour intégrer les équipes internationales, et préparer les futures contributions nationales au projet
- La réinscription de SKA comme projet sur la feuille de route française des TGIR et l'adhésion du CNRS à SKAO nous placent aujourd'hui dans une position favorable pour recueillir les fruits du fort investissement intellectuel consenti ces dernières années
- La Maison SKA-France a comme objectif de continuer à favoriser, coordonner et accompagner la communauté française dans la préparation à ce projet qui permettra des avancées scientifiques, technologiques, mais aussi sociétares majeures pendant les 50 prochaines années

*Merçi!*

