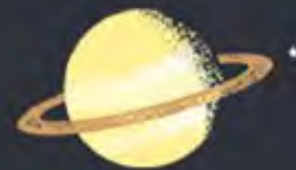




Quels défis demain pour les Sciences de l'Univers ?

Prospective transverse INSU
5 et 6 novembre 2020



INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
DE L'UNIVERS

Sommaire



p.3 **PRÉSENTATION INAUGURALE,**
Françoise Combes, Médaille d'or 2020 du CNRS

p.49 **RESTITUTIONS DES CONCLUSIONS DES DÉFIS 1 à 18**

p. 146 **LIVRE BLANC SUR LES INFRASTRUCTURES DE
RECHERCHE EN ENVIRONNEMENT**

Philippe Mauguin
Président Directeur Général de l'INRAE
Vice-président de l'Alliance AllEnvi

p. 161 **CONCLUSION DES DEUX JOURNÉES**
Prochaines grandes lignes directrices
Nicolas Arnaud, Directeur de l'INSU





QUELS DEFIS DEMAIN POUR LES SCIENCES DE L'UNIVERS?



COLLÈGE
DE FRANCE
—1530—

Chaire Galaxies et Cosmologie

ORIGINE DE LA TERRE DANS L'UNIVERS

The background of the slide is a collage of space-related images. On the left, a bright yellow sun is partially visible. In the center, a stylized Earth is shown with a satellite orbiting it. On the right, there are images of the reddish-orange planet Mars and the yellow planet Saturn with its rings.

Françoise COMBES

CNRS – LERMA – Observatoire de Paris-PSL

Les GRANDES LIGNES

1-Les grandes questions pour la prochaine décennie

Origine de la Terre dans l'Univers (Défi 1)

Exo-planètes et Habitabilité (Défi 2)

2-Les moyens futurs

Télescopes niveau Européen, mondial

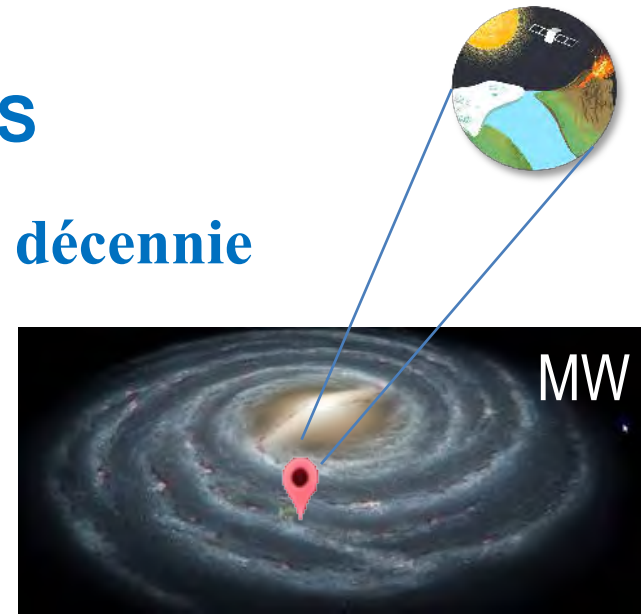
Incluant l'Espace (Défi 12)

3-Production et exploitation des données

Big-Data, IA (Défi 13)

Partage et accès ouvert (Défi 14)

Simulations numériques (Défi 17)





Comment l'Univers a commencé? (Big-Bang, inflation)

De quoi est-il fait? matière et énergie noires, baryons invisibles

Conditions extrêmes de l'Univers: gravité en champ fort, trous noirs, supernovae, sursauts gamma,

Interdisciplinarité avec la Physique (INP, IN2P3, INSIS)

Comment les structures et les galaxies se forment?

Âge sombre, toile cosmique, assemblage des galaxies

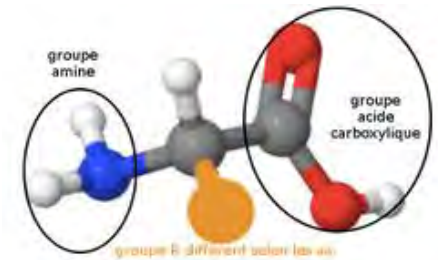
Formation de la Voie lactée (GAIA)



Comment les étoiles et les planètes se forment?

Exoplanètes, Exobiologie

Interdisciplinarité INSB, INC, inter-INSU



AVANCEES SCIENTIFIQUES MAJEURES



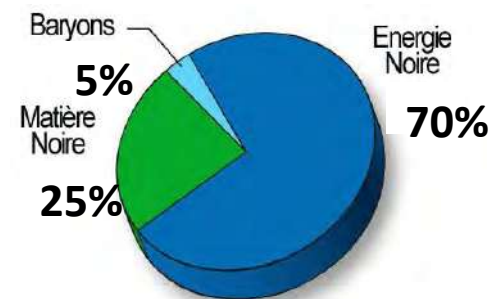
Astronomie multi-messagers: Ondes gravitationnelles, neutrinos

Existence et **qualification des trous noirs:** distribution de masses,
Masses intermédiaires

Montée en puissance de l'astronomie des **phénomènes transitoires**
Le « time domain »

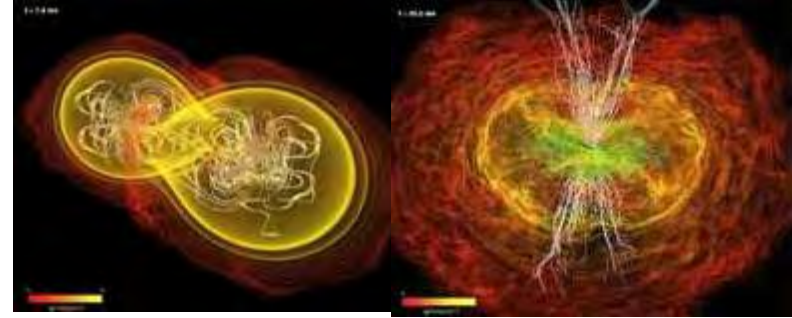
Exoplanètes et leurs atmosphères

Les **défis persistants** depuis des décennies

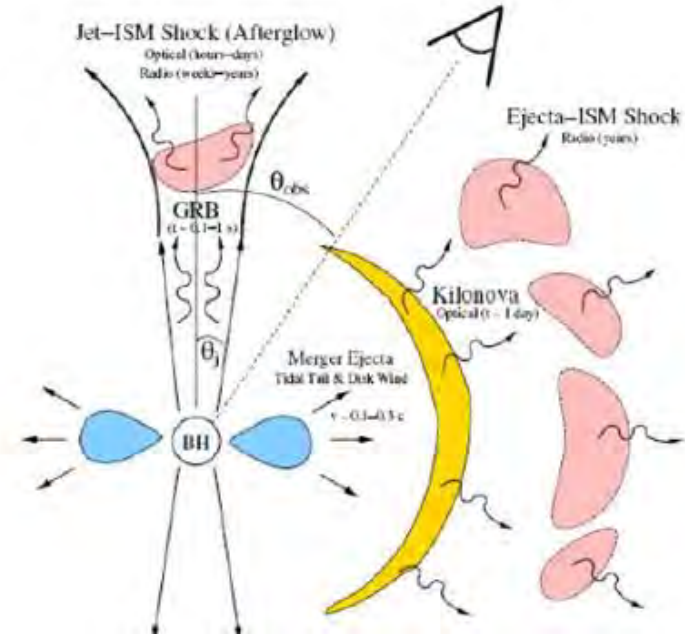
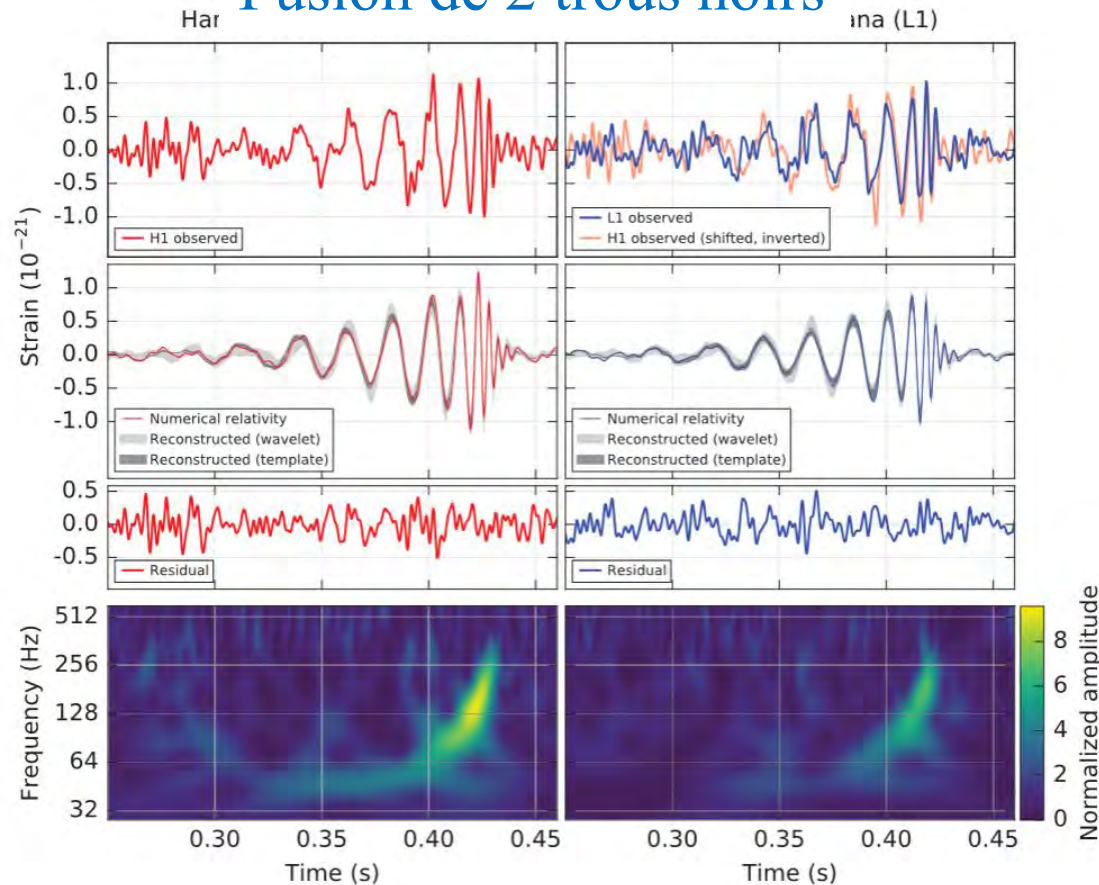


ONDES GRAVITATIONNELLES

La fusion de 2 étoiles à neutrons en Août 2017, a produit une **kilonova**
 Événement multi-messagers
 des rayons gamma à la radio +GW+v



Fusion de 2 trous noirs



Nucléosynthèse des éléments
 au-delà du fer
 Vitesse des ondes $c_{GW}=c$

Le TROU NOIR le plus MASSIF: GW190521



$$65 + 85 M_{\odot} \rightarrow 142 M_{\odot} \quad z=0.82$$

Instabilité de création de paires $e^- e^+$

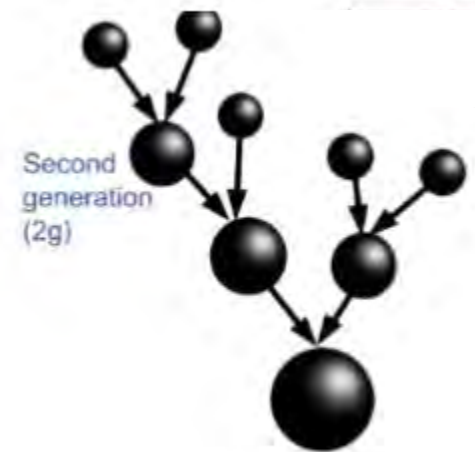
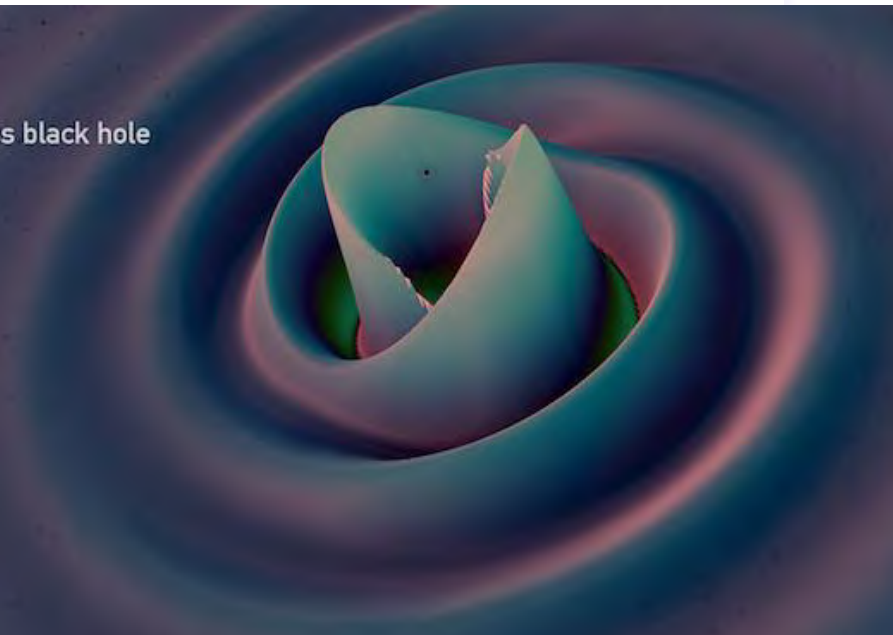
Entre 60 et 130 $M_{\odot}$

→ Trous noirs de **masse intermédiaire**

Amas globulaire



GW190521
Detection of an intermediate-mass black hole



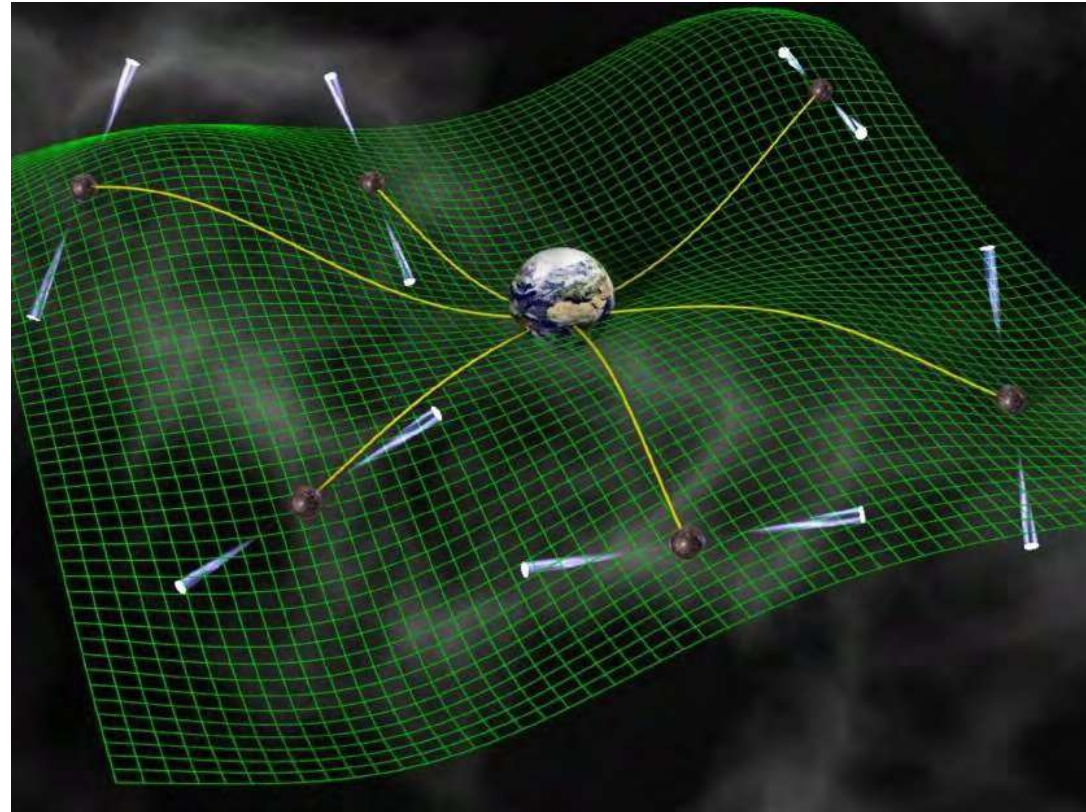
20000 PULSARS avec SKA



PTA: pulsar timing arrays. Suivi des pulsars ms
Les ondes ont des fréquences nanoHz ($\lambda \sim 30$ année-lumière)
Corrélation entre le délai
de plusieurs pulsars
retrace les déformations de
l'espace

→ détection des ondes
gravitationnelles

GW venant de la fusion de
trous noirs super-massifs
Avec ces λ

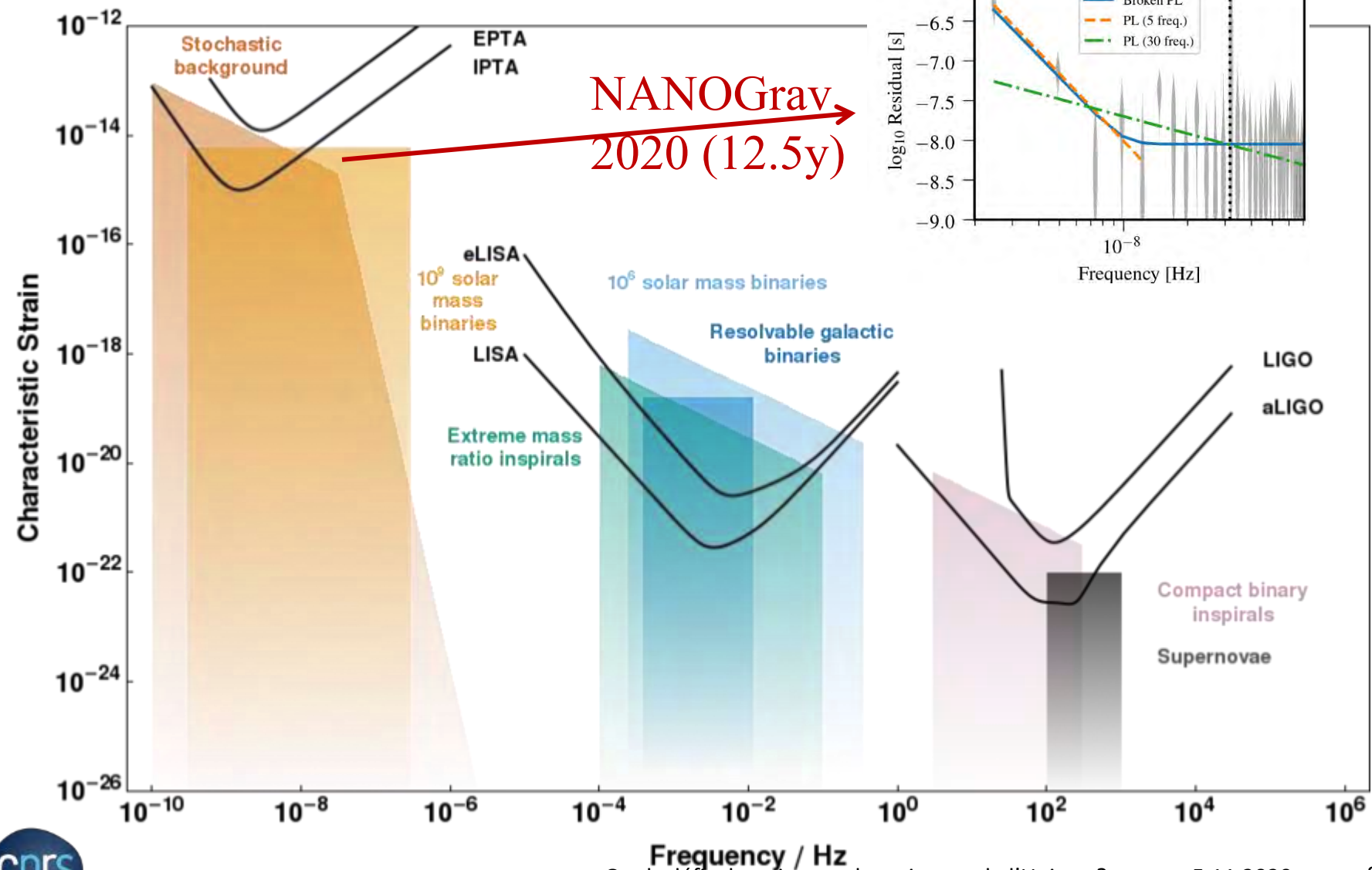


Ou bien fond dû à l'ensemble des fusions (fond stochastique)

GW avec DIFFERENTES MISSIONS



EPTA: European Pulsar Timing Array - IPTA International



Projet Européen: Einstein Telescope

10 x LIGO avancé 3^{ème} génération

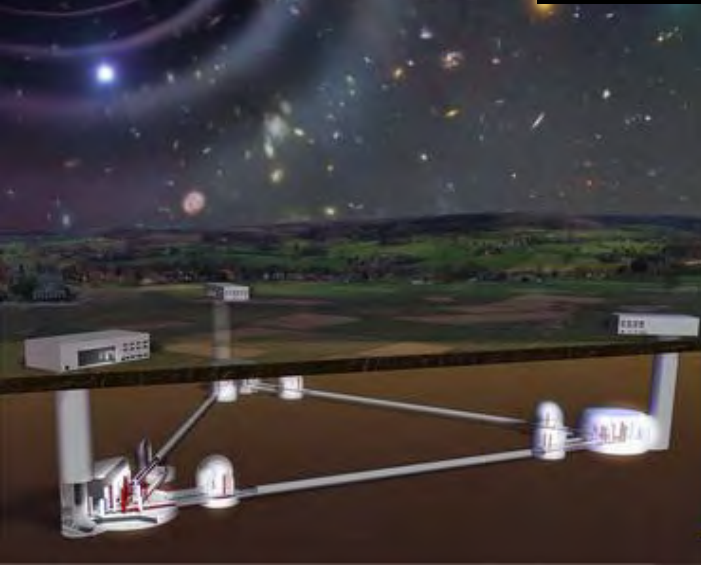
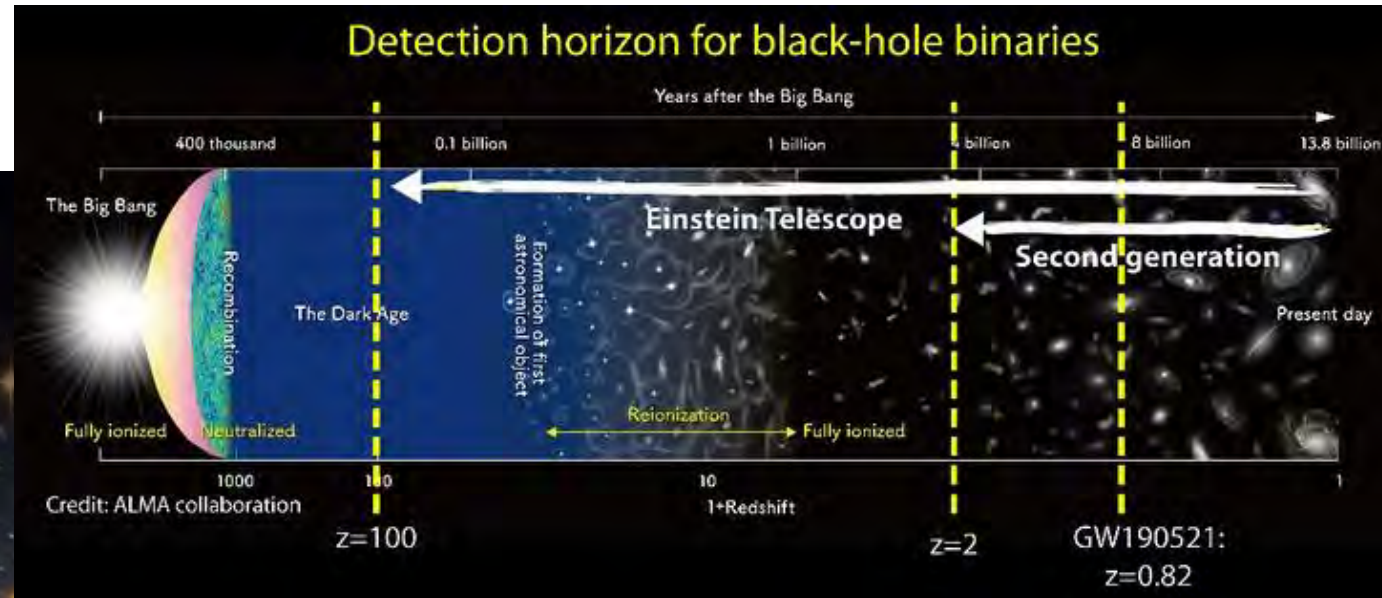
DEFI pour le FUTUR



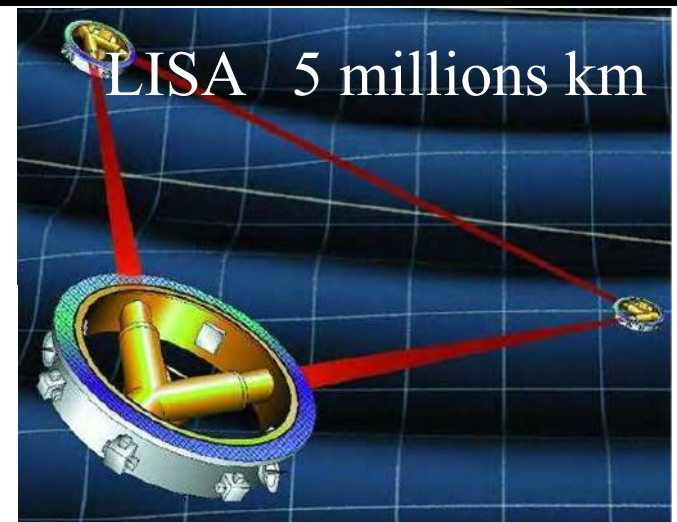
Sous-terrain, $f > 1$ Hz

10km

Distances
cosmologiques

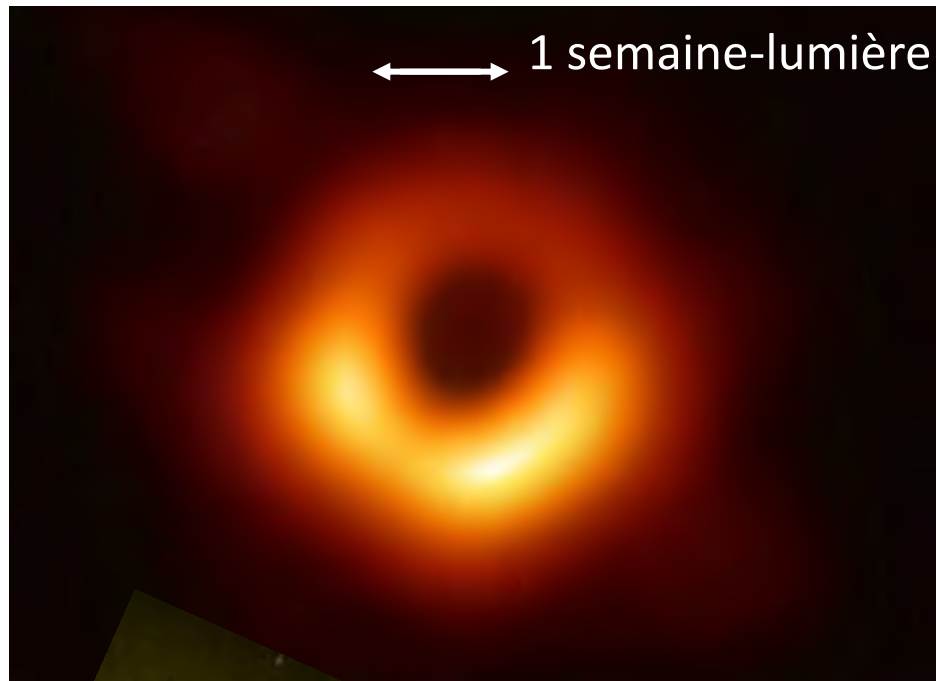


Fusion de
trous noirs de
 $10^5 - 10^7 M_{\odot}$

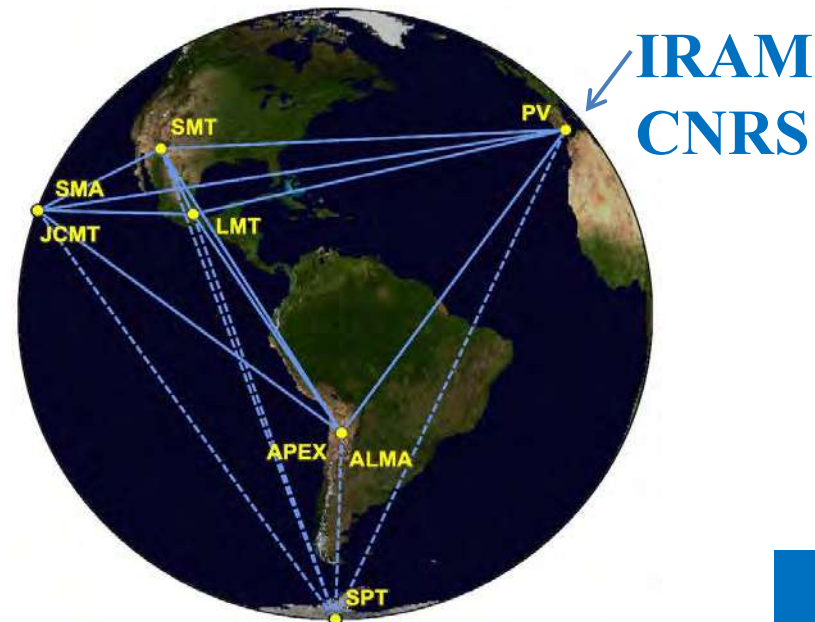
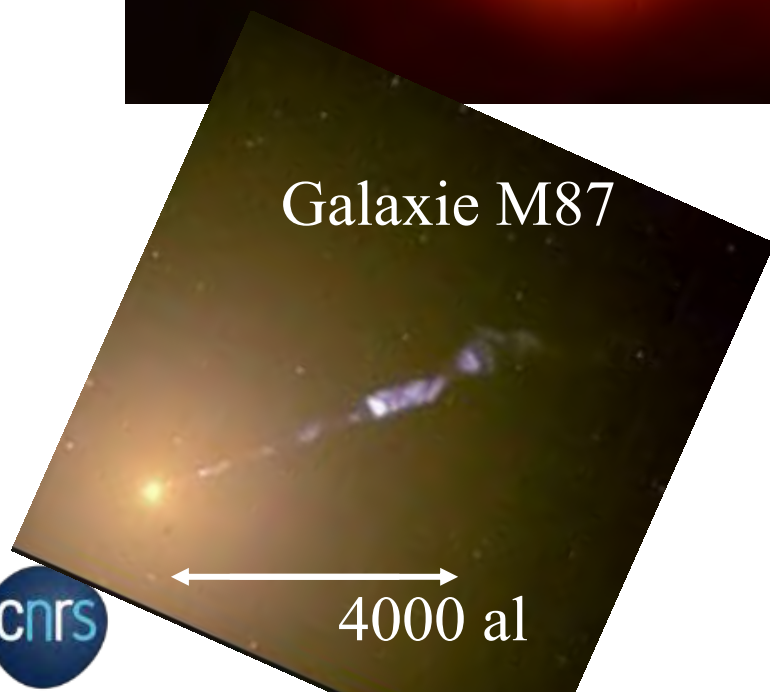


LISA 5 millions km

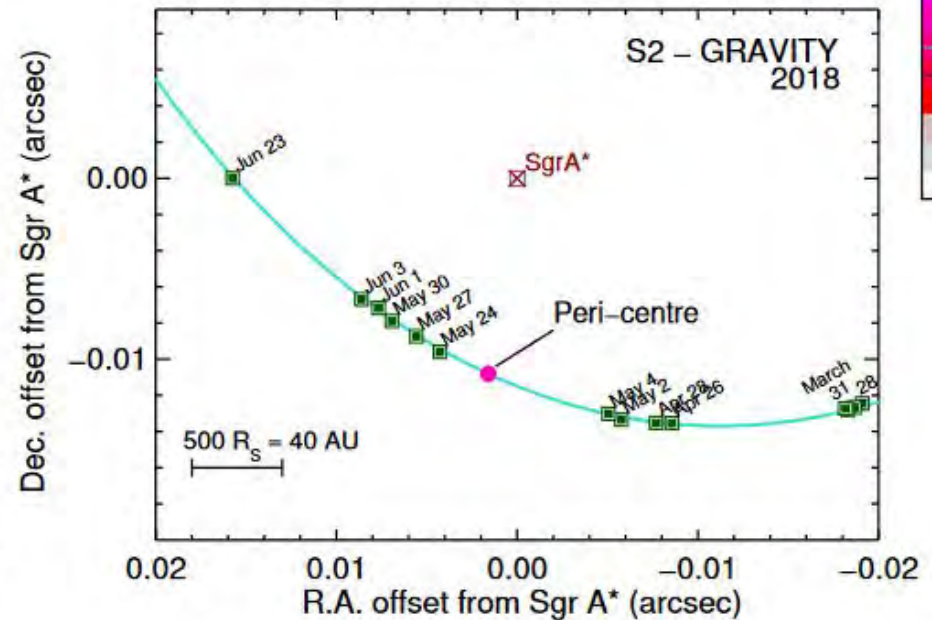
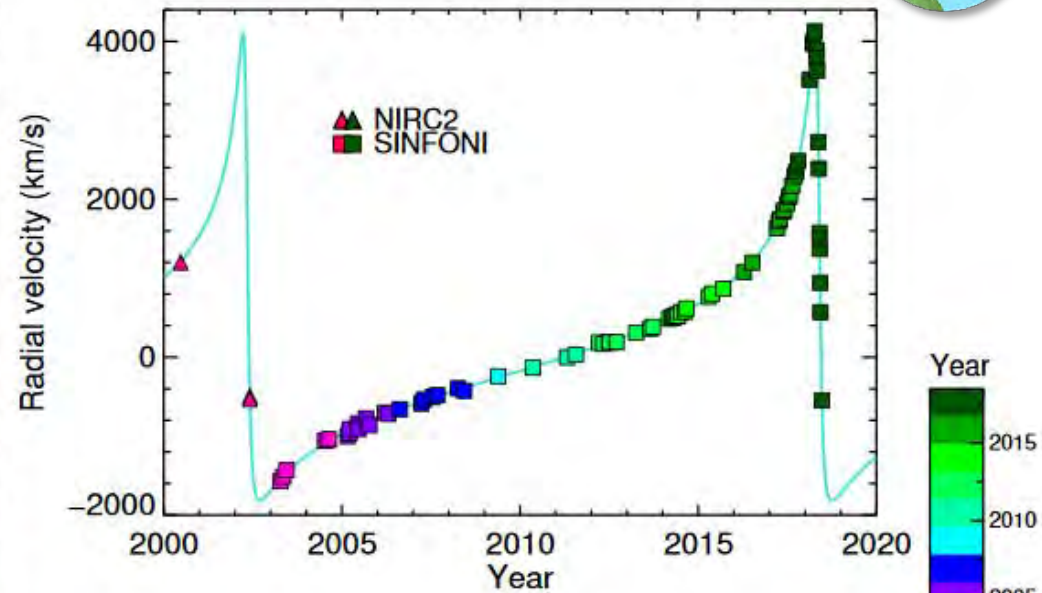
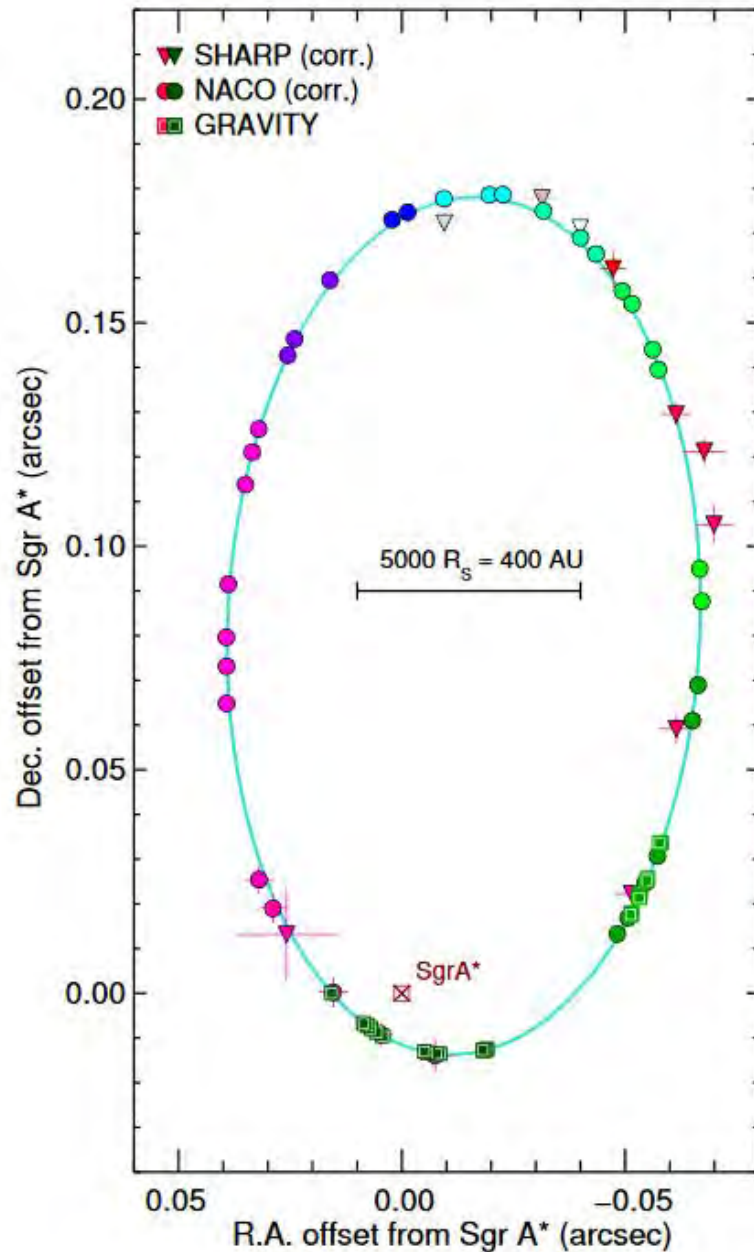
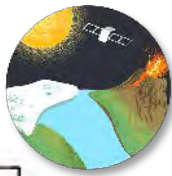
PREMIERE IMAGE de l'OMBRE d'un TROU NOIR



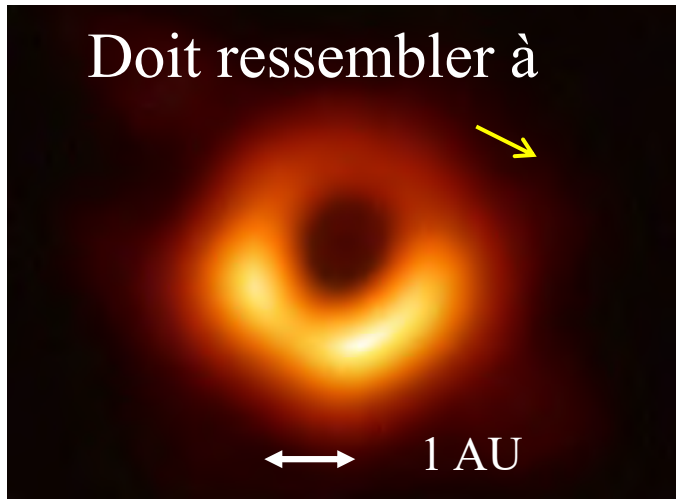
Grande Nouvelle le 10 Avril
2019 EHT
« Event Horizon Telescope »



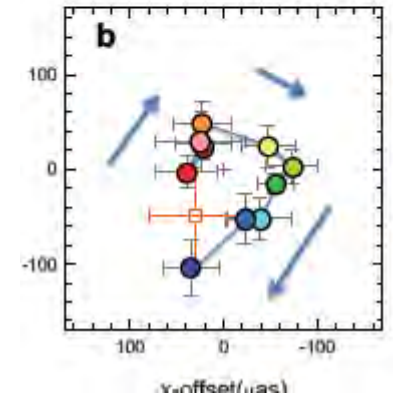
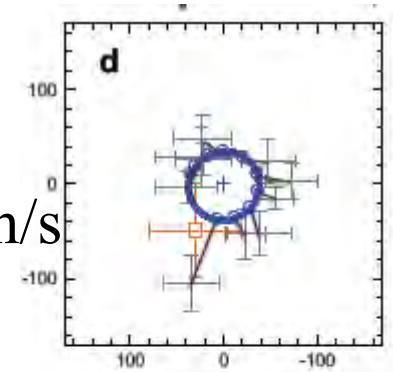
DETECTION par GRAVITY du redshift gravitationnel VLT-SO



DISQUE d'ACCRETION autour de SGR A*



Période 45min
 $V = 100\,000 \text{ km/s}$



Sursaut de lumière infrarouge
Autour du trou noir de notre Voie lactée

Prix Nobel de Physique 2020

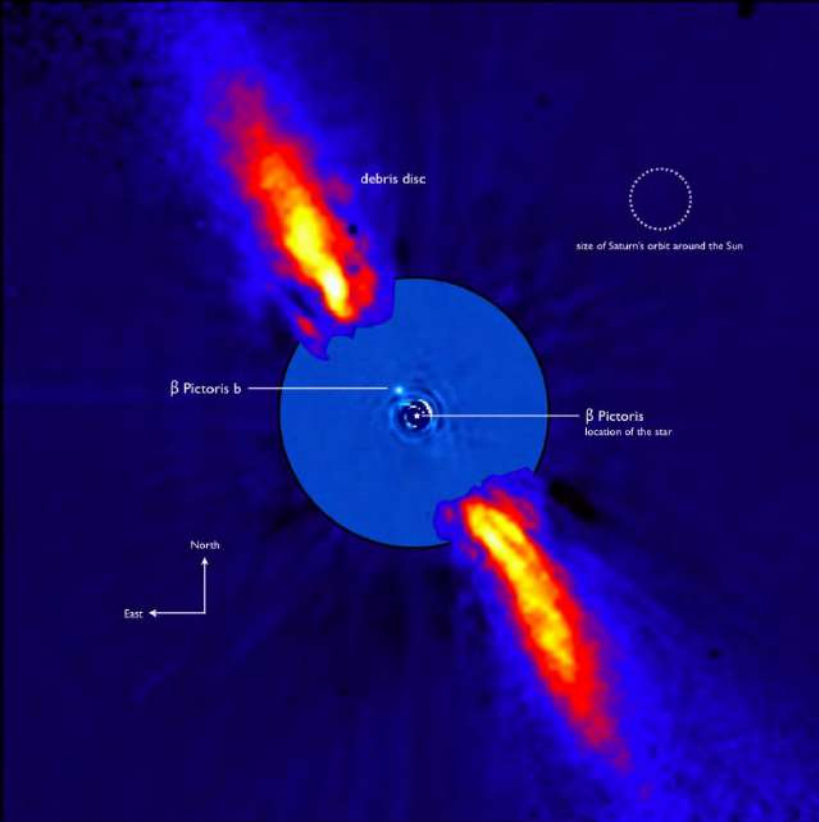


GRAVITY 2018



Les EXOPLANETES

VLT-NACO, Optique adaptative



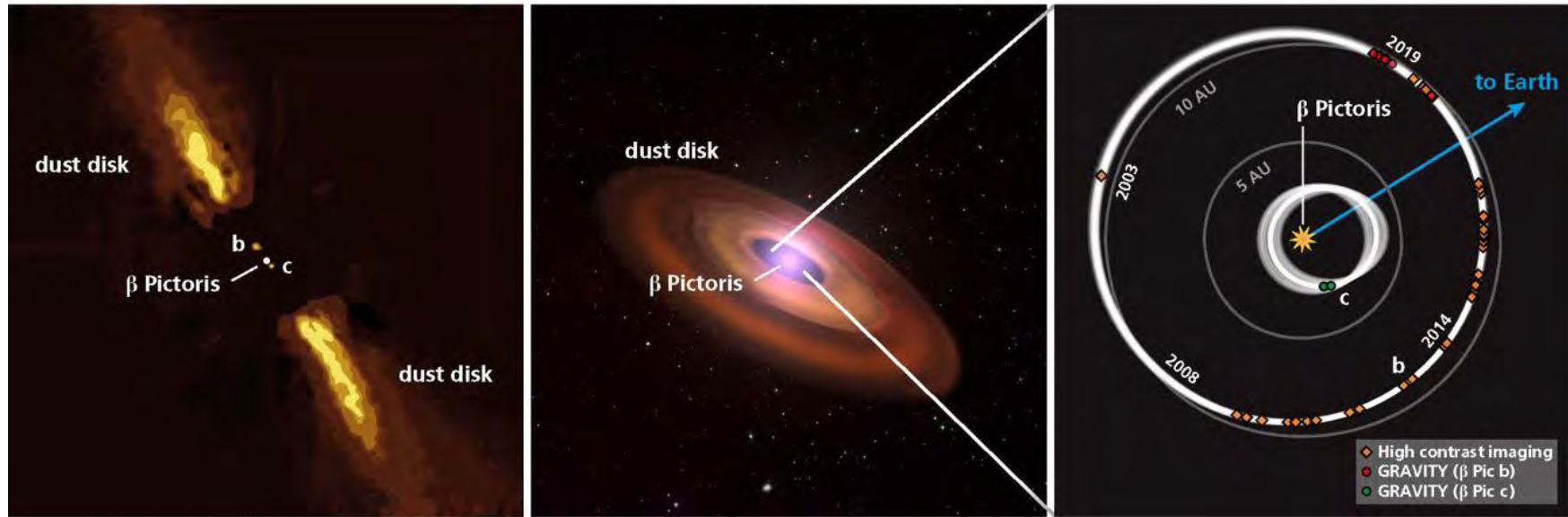
Lagrange et al 2010

Prix Nobel de Physique 2019



Michel Mayor & Didier Queloz
à l'Observatoire de l'OHP (Tel 2m)
Haute Provence, en 1995

POSITIONNEMENT DES PLANETES



Interféromètre infrarouge GRAVITY 2020

Localisation de la 2^{ème} planète, détectée auparavant par vitesse radiale
M= 9 Jup, R=2.7 AU, 6 fois moins lumineuse que la première

Lagrange et al, 2020, Nowak et al 2020



Combien de PLANETES HABITABLES?

4391 planètes confirmées (exoplanet.eu)

300 millions de planètes rocheuses semblables à la Terre dans la Voie lactée

La moitié des étoiles de masse solaire ont des planètes rocheuses habitables, selon KEPLER et GAIA (*Bryson et al 2020*)

Au moins 4 dans un rayon de 30al autour du Soleil.



Des milliards de planètes

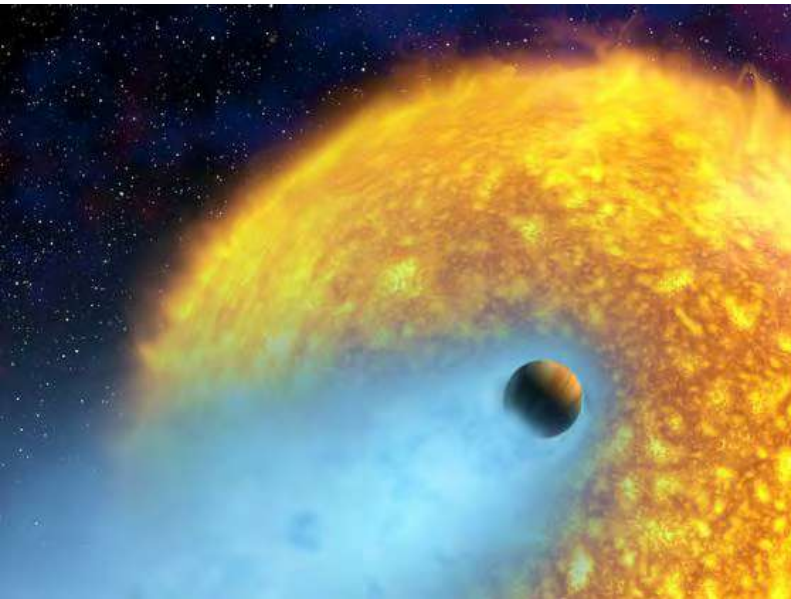
300 millions habitables?



ATMOSPHERE d'une PLANETE par ABSORPTION devant son ETOILE

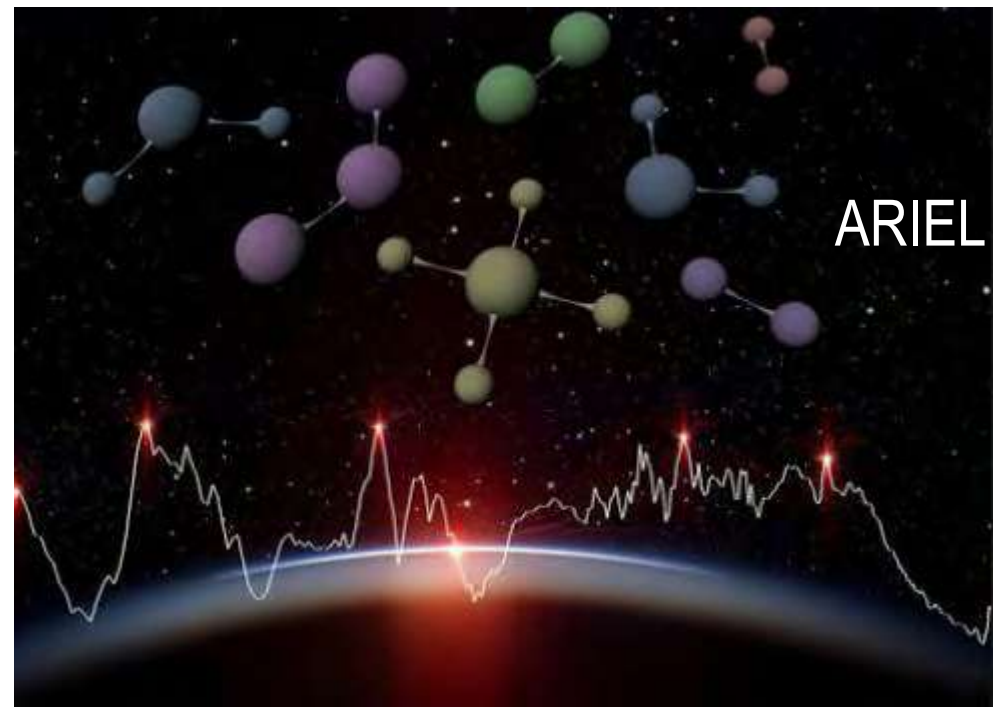


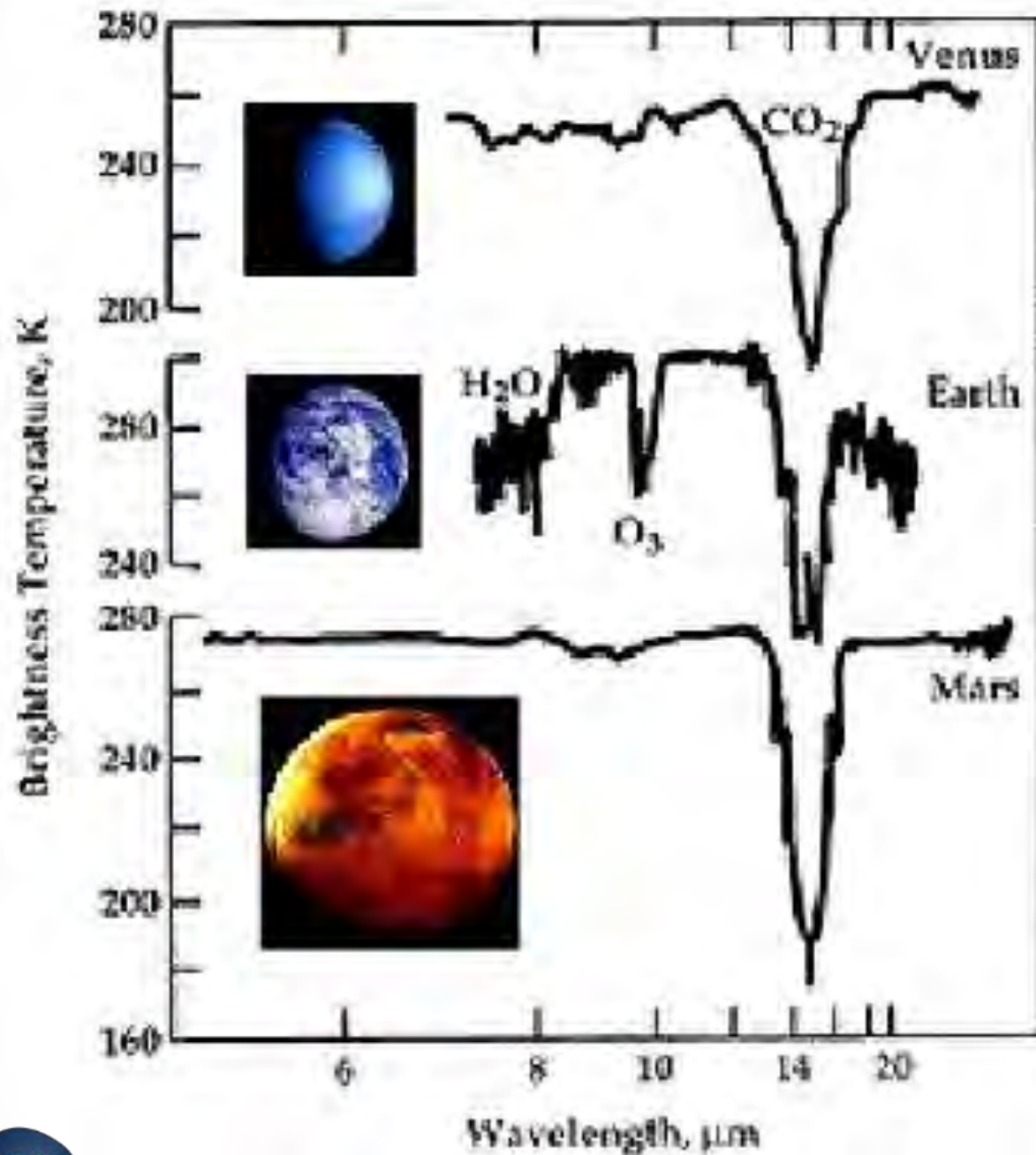
Atmosphère d'hydrogène qui s'évapore
Jupiter chaud, P= 3.5 jours



Osiris, première découverte
par transit
Contient aussi C, O.. (HST)

CH_4 , H_2O , O_2 , O_3 , ...





Molécules recherchées

Eau H₂O

Ozone O₃

Dioxyde de carbone

CO₂

Spectre caractéristique
de planètes



Vue d'artiste

PLUIE de FER



WASP-76b, tourne toujours la même face vers son étoile
Côté jour 2400°C - Côté nuit 1400°C

Jupiter chaud, Période de 43 jours,
Spectre mesuré par absorption durant le transit
Avec **ESPRESSO**, spectro sur le **VLT** de l'ESO (Chili)

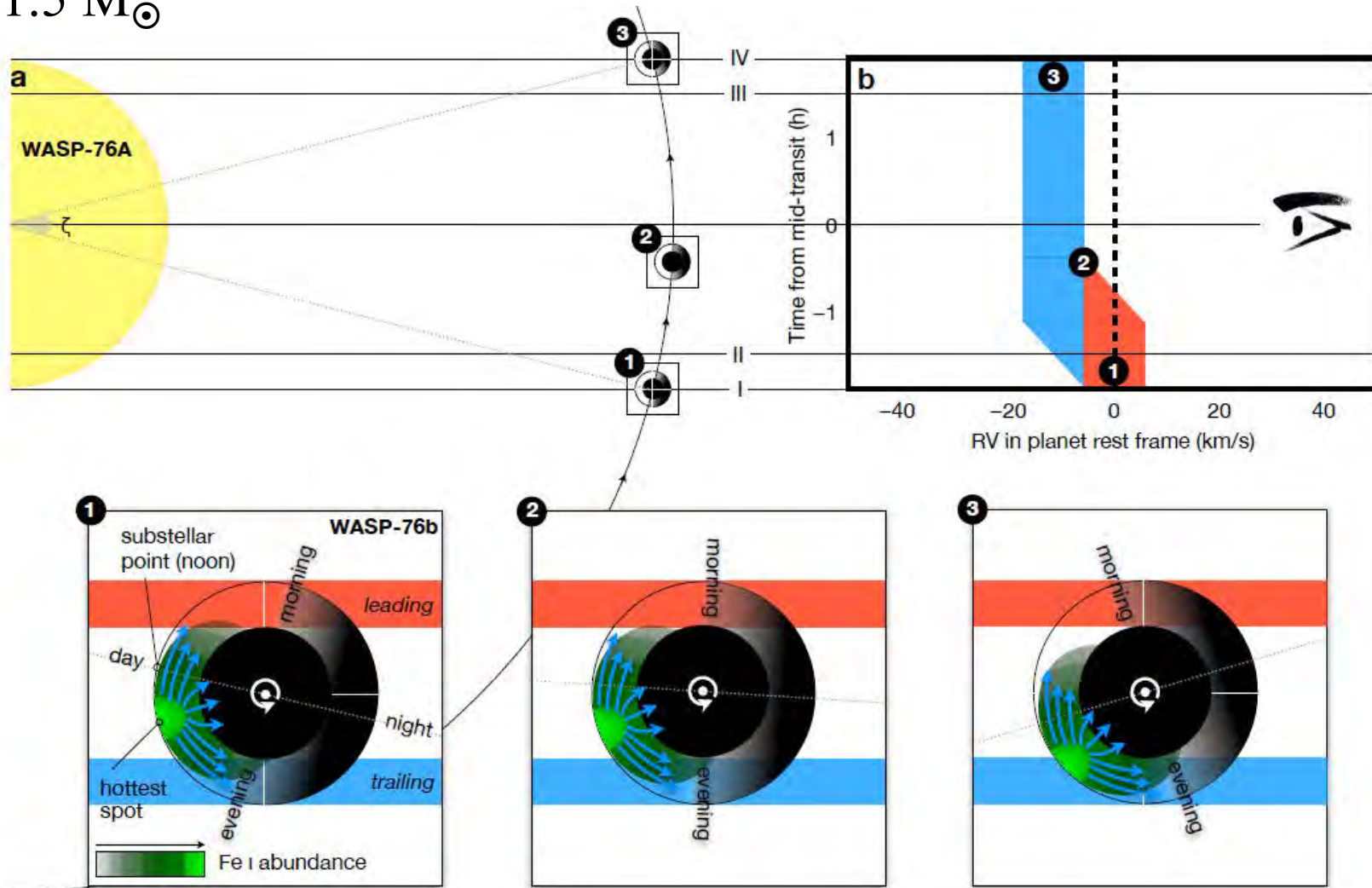
La raie du fer est vue sur la transition de jour à nuit,
mais pas nuit-jour. Les vents poussent les vapeurs de fer,
qui se condensent du côté nuit

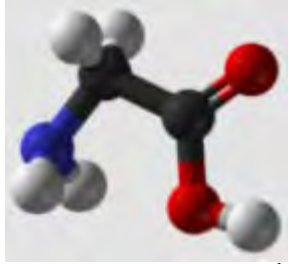
Ehrenreich et al 2020



PLUIE de FER

1.5 M_⊙





Glycine

EXOBILOGIE



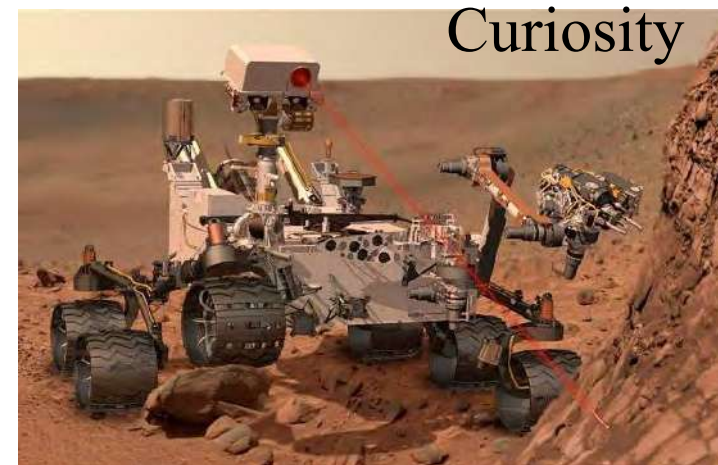
Présence d'acides aminés dans les météorites, milieu interstellaire?
Glycine sur la comète Tchouri ($\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-CO-OH}$)

Formation en exobiologie: au carrefour de Sciences de la Terre,
Chimie, Biologie, Sciences de la Vie, Bioinformatique

Recherches de **biosignatures**

Oxygène, eau, hydrocarbures, etc.

NASA recherche dans la système solaire



Geysers sur Encelade, Europa

Recommendations



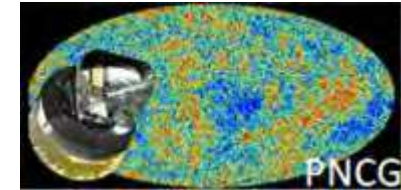


INTERDISCIPLINARITE

S'effectue déjà par l'intermédiaire des PN du CNRS (+AS)

PNCG Galaxies et Cosmologie

Financé par : INSU, CNES, CEA, IN2P3, INP



PCMI: Physico-Chimie du Milieu Interstellaire

Financé par INSU, INC, INP, CEA, CNES



PNHE: Phénomènes de Haute énergie

Financé par : INSU, INP, IN2P3, CEA, CNES



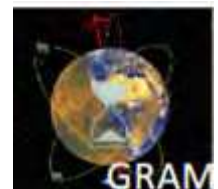
Défis: Multi-messenger GW, EM, N

PNP Planètes et planétologie comparée, avec la Terre Solide

PNGRAM Gravitation, Références, Astronomie, Métrologie

Financé par : INSU, CNES, INP, IN2P3

tests de la gravité, du principe d'équivalence, géodésie mm





Les RECOMMANDATIONS

L'interdisciplinarité prend du temps (> 10ans)

→ **Maintenir les financements des PN**

Approche bottom-up privilégiée, avec accompagnements financiers souples et évolutifs, plutôt qu'approche top-down qui impose des fléchages

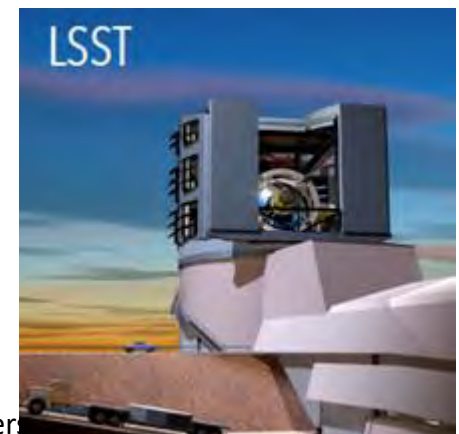
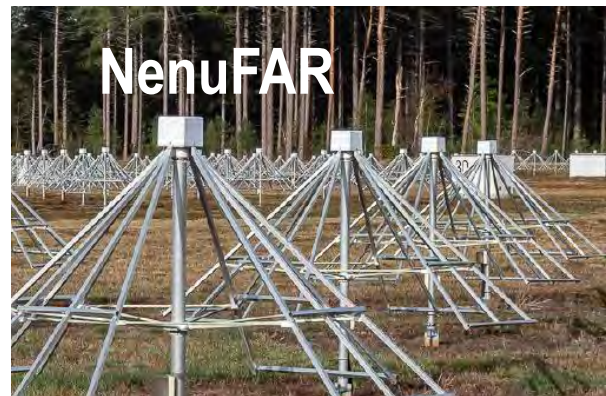
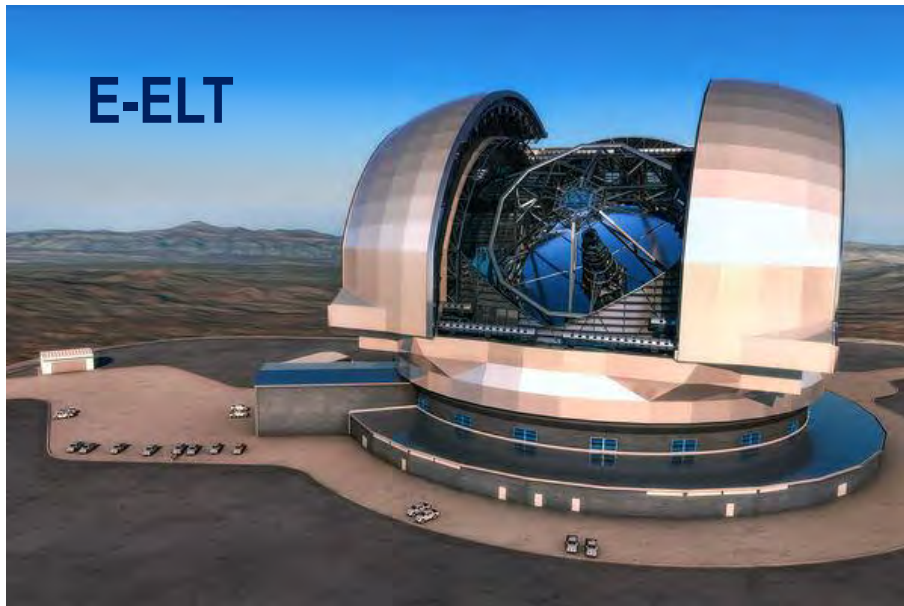
→ **Projets ANR adaptés**, mais à rendre plus souples (sans contraintes sur appartenance administrative inter-labos, inter-instituts..)

→ **Soutenir le financement de thèses interdisciplinaires**

Rallonger la durée des thèses interdisciplinaires. 4 ème année pour le recrutement, être attentifs aux profils interdisciplinaires (référent interdisciplinarité dans les sections)

2

Les MOYENS FUTURS au sol

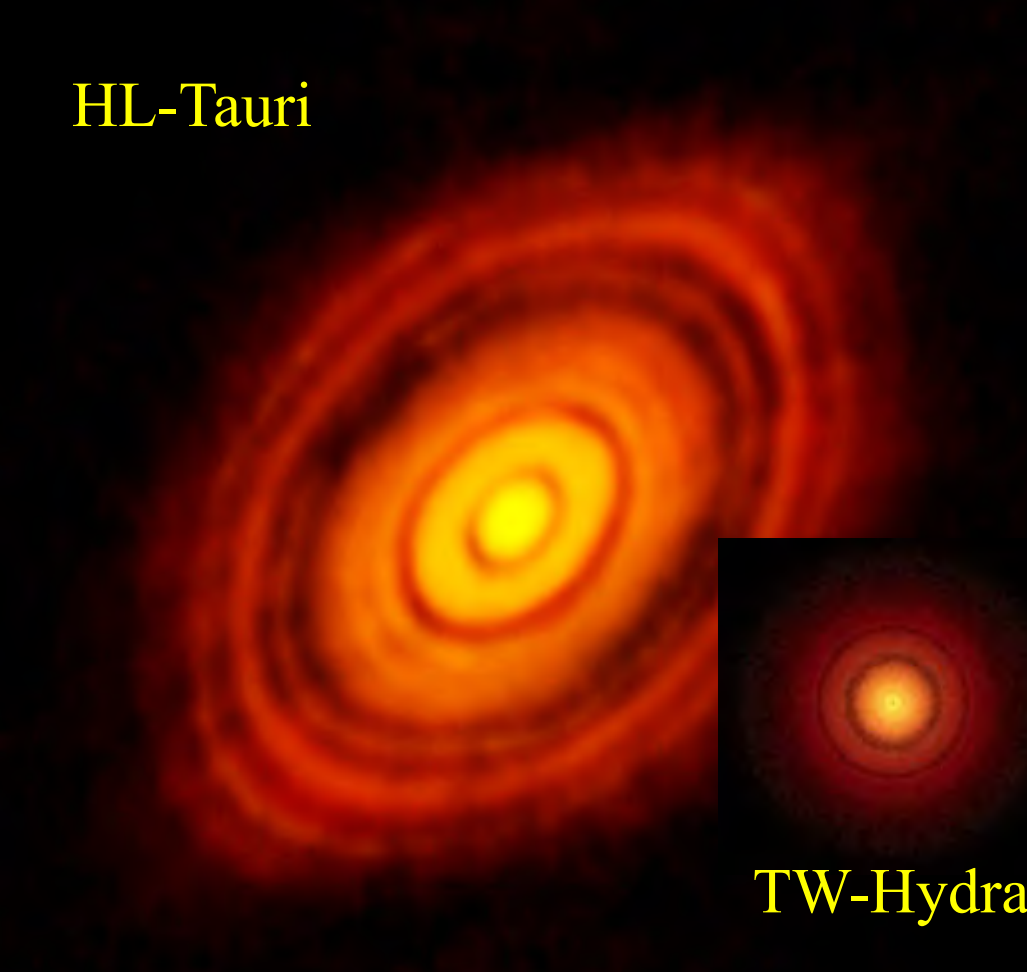


Rayons- γ

LOFAR-ILT

Quels défis demain pour les sciences de l'Univers

HL-Tauri



ALMA, NOEMA et les disques PROTOPLANETAIRES



SZ91 artist view



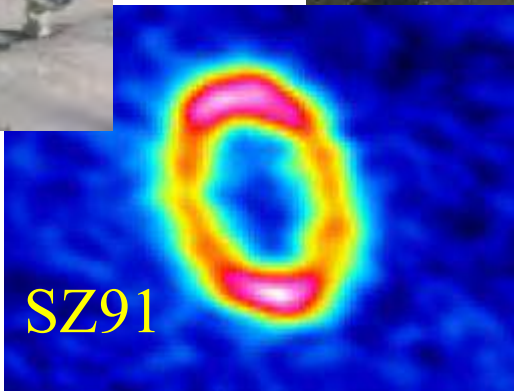
TW-Hydrae



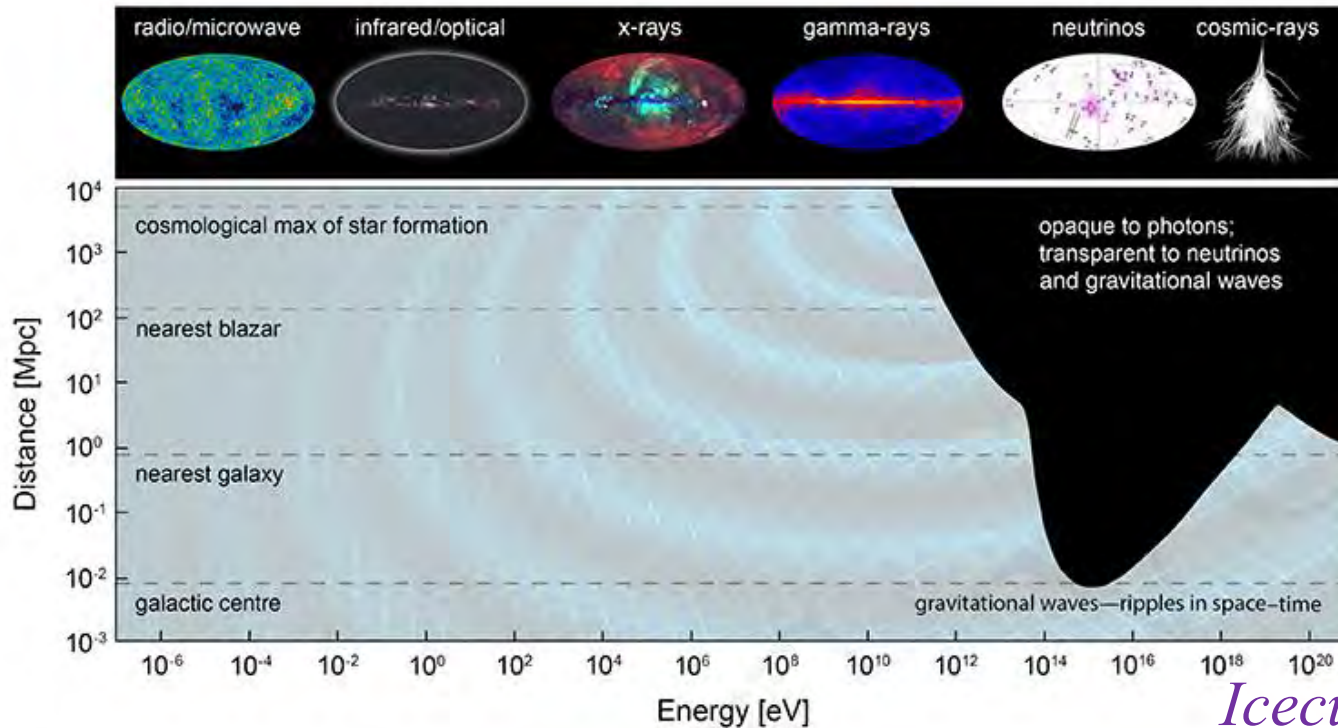
NOEMA



SZ91



ASTRONOMIE MULTI-MESSAGEUR



Les neutrinos
et ondes
gravitationnelles
traversent tout

Icecube collaboration

En radio: horizon très vaste
Les événements les plus énergétiques
du cosmos émettent des photons
de haute énergie absorbés à
courte distance (quasars, trous noirs)



SNEWS: DETECTION DE LA PROCHAINE SN



KamLAND peut détecter les neutrinos, précurseurs d'une explosion
aujourd'hui, 3σ signal 48h avant l'explosion de $25M_{\odot}$ à 700pc

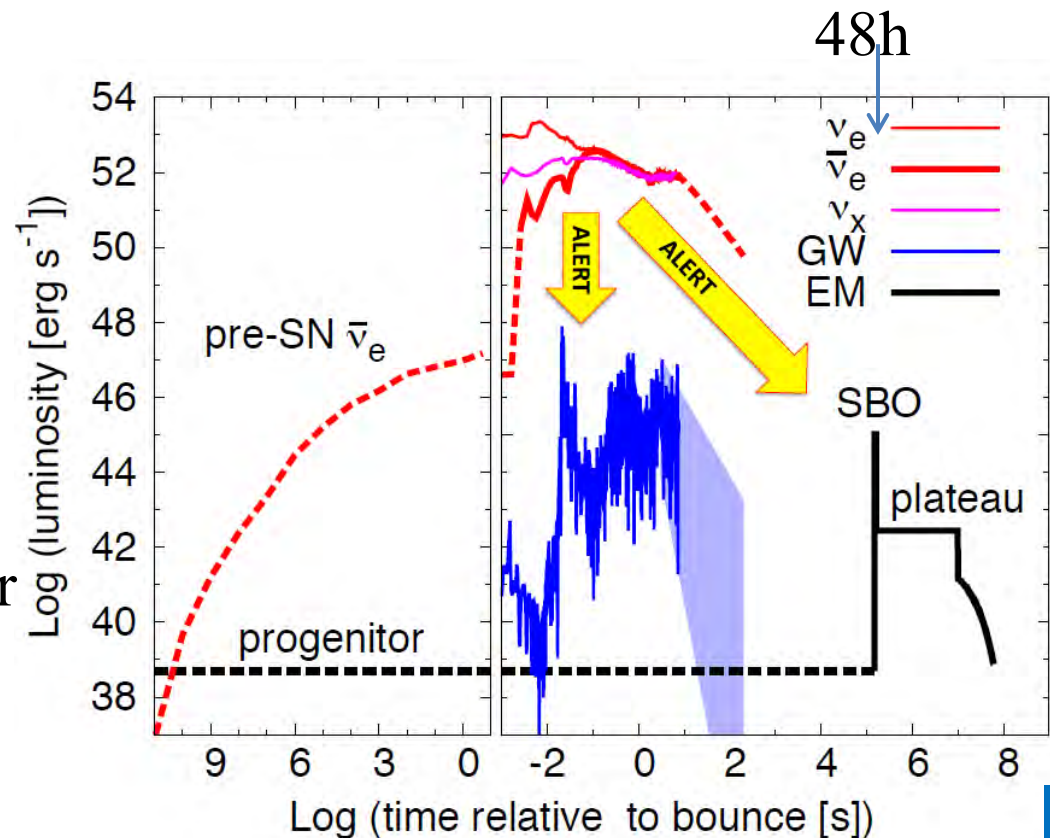
Icecube, Super-K, Halo

Futur: KM3NET, NOVA

Fréquence dans la Voie
Lactée= **1-2 SN par siècle**

KM3NET: Coll internationale
APC-Paris, CNRS-Marseille,
Nantes, Strasbourg, Montpellier

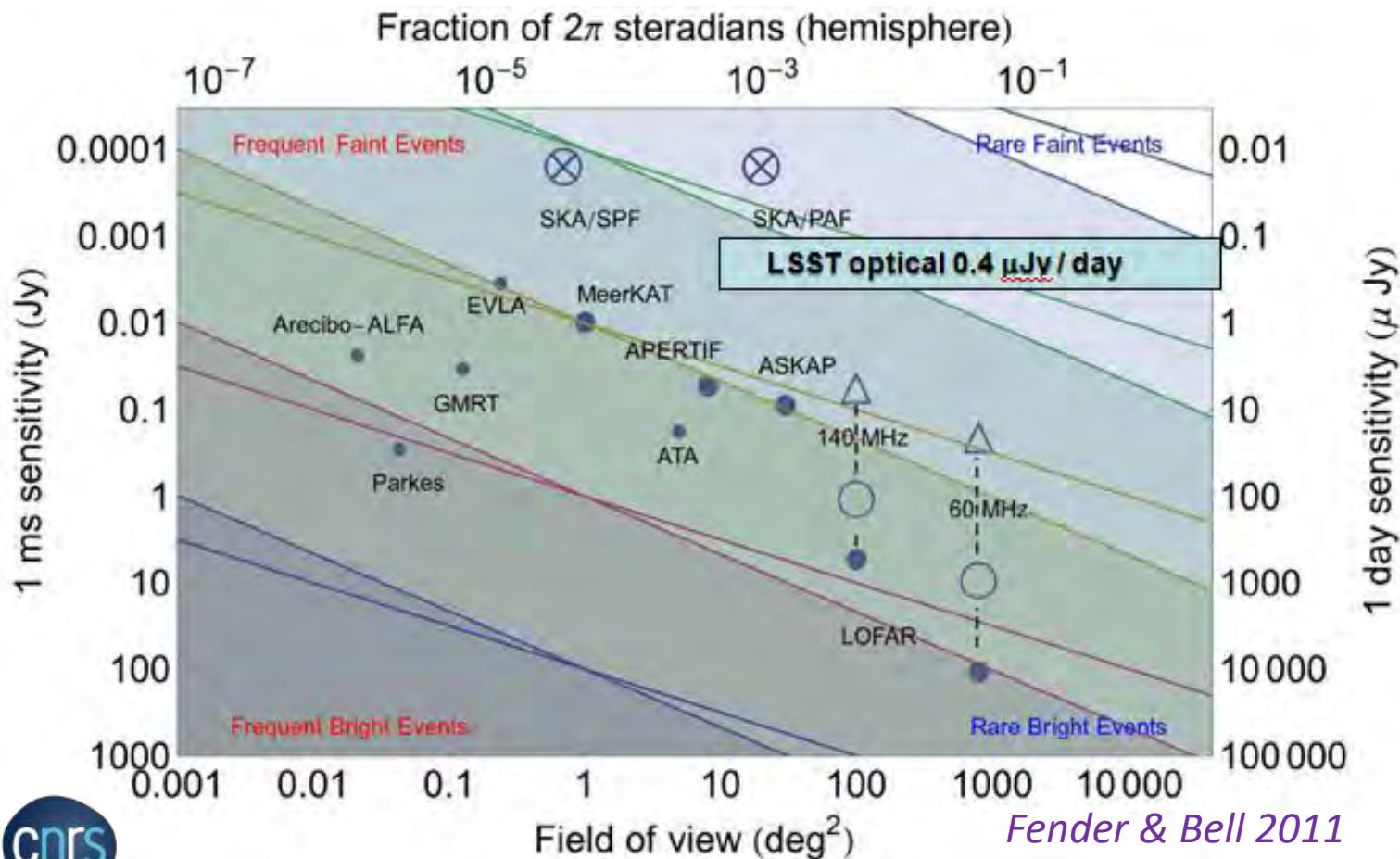
INSU/IN2P3





NOUVELLE DIMENSION: le CIEL VARIABLE

5 FRB (Fast Radio Burst) par jour attendus avec SKA2
LSST (Large Synoptic Telescope) **millions d'alertes/jour**



NANO SATELLITES (Défi 12)



Très inter-disciplinaires, INSU + INSIS

But appliqué ou fondamental -- Démonstration –
Scientifique très ciblé -- Interférométrie -éducation (10cm ~1kg)

INSU et CNES acteurs privilégiés.

Projet de Plateforme (GIS PARADISE) préfigurant un TGIR

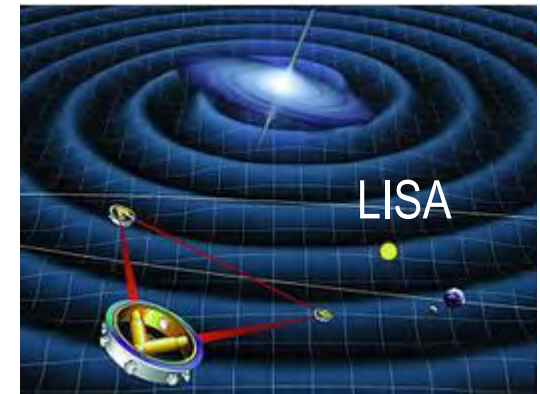
Projets NASA, ou ESA de réseaux de Nanosats, pour
Préparer des missions spatiales plus importantes

➔ Nécessité d'une collaboration européenne

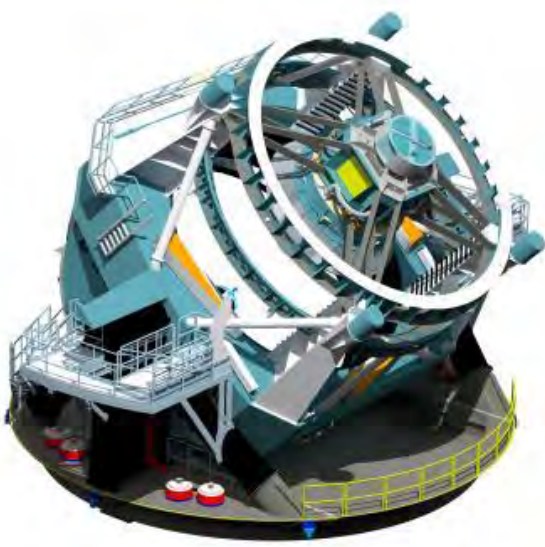




COSMIC VISION



Le DEFI DE LA MATIERE et ENERGIE NOIRES



15 000 degrés² du ciel

12 milliards de galaxies

Spectro au sol en grande partie, CFHT

➔ Nature de l'énergie noire +
Legacy pour la formation des galaxies

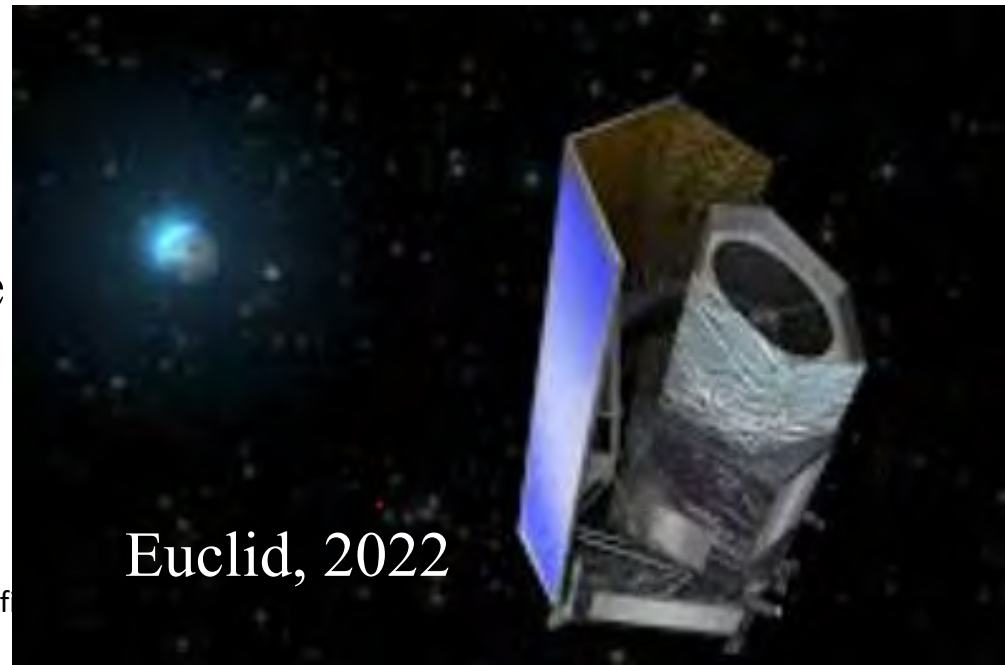
LSST= Vera Rubin Tel

Très grand champ

Photométrie plusieurs bandes
pour déterminer un grand nombre
de redshifts

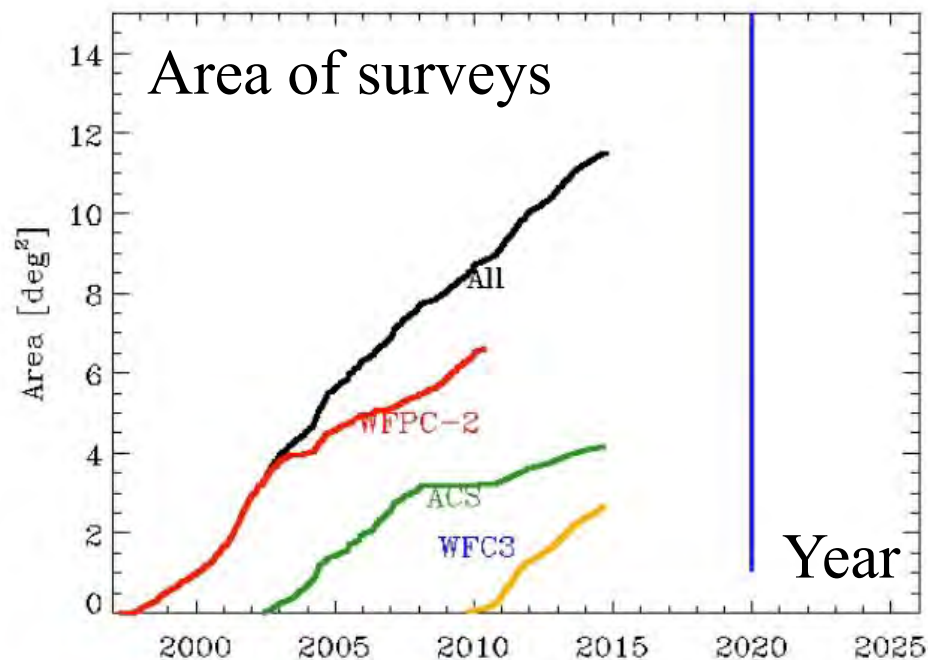
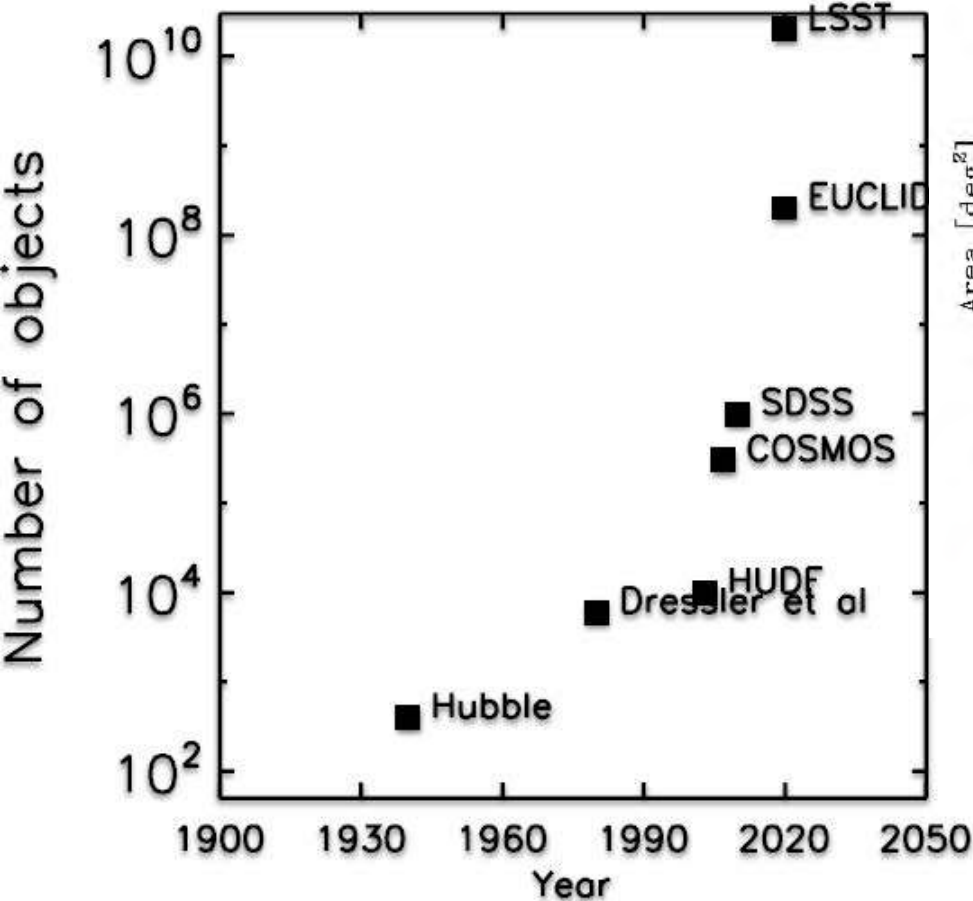


Quels déf



Euclid, 2022

AUGMENTATION EXPONENTIELLE des DONNEES (Défi 13)



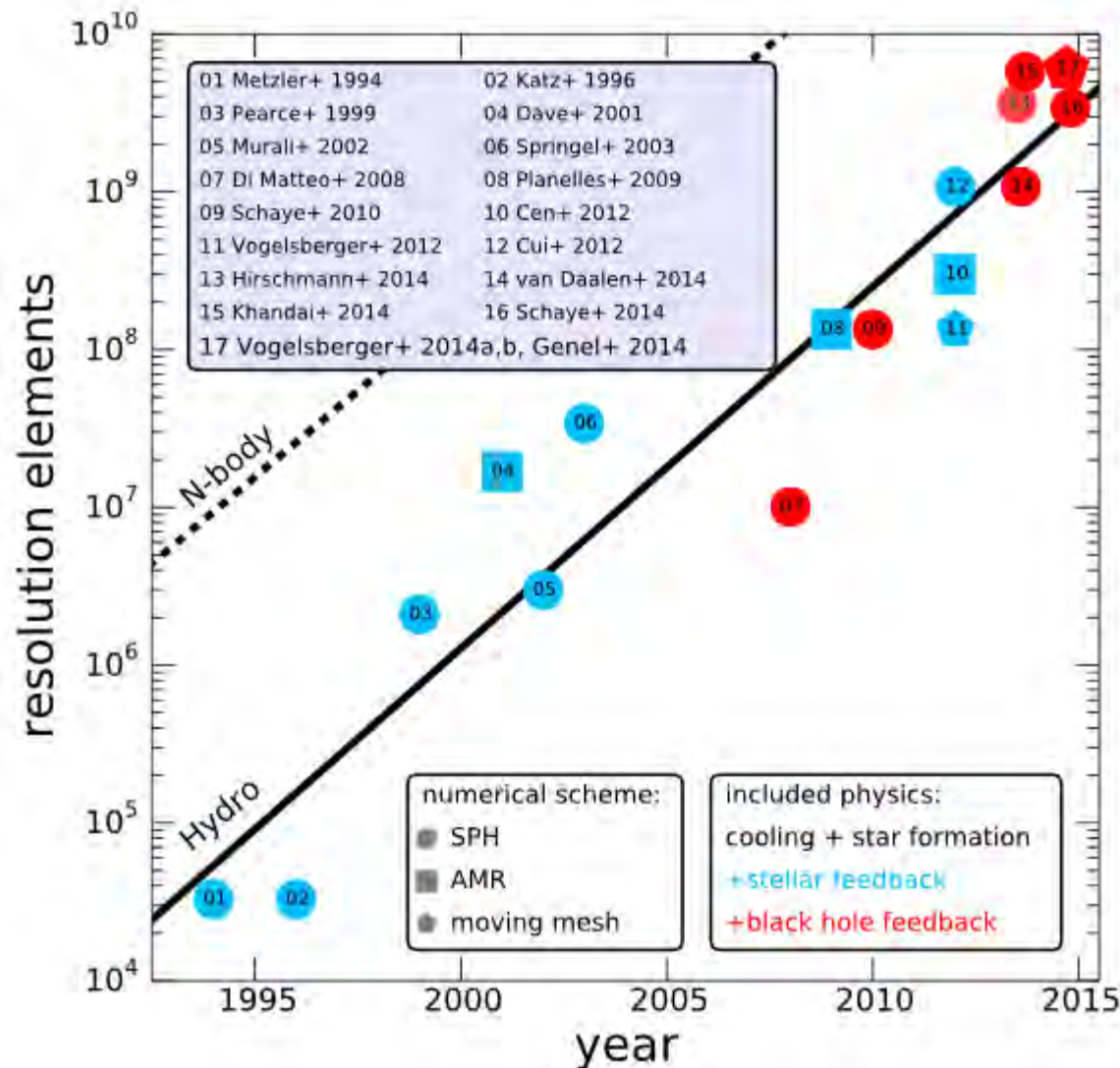
+ IFUS



Adapté de Brinkman, Huertas-Company



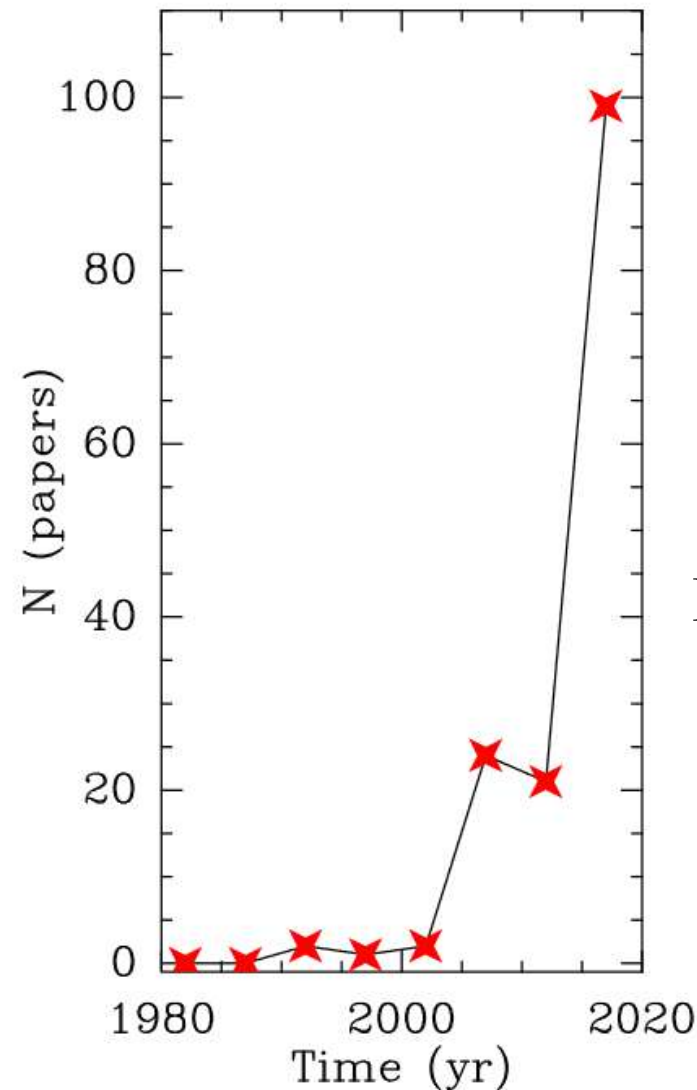
IDEM pour les SIMULATIONS



Taille des simulations
Nombre de particules
ou d'éléments de résolution
+ processus physiques

*Illustris project
Genel et al 2014*

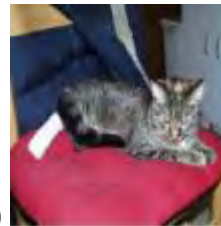
Nbr de PUBLICATIONS sur le MACHINE LEARNING



NASA-ADS, publications à referee,
avec mot-clefs

« Machine learning neurons »

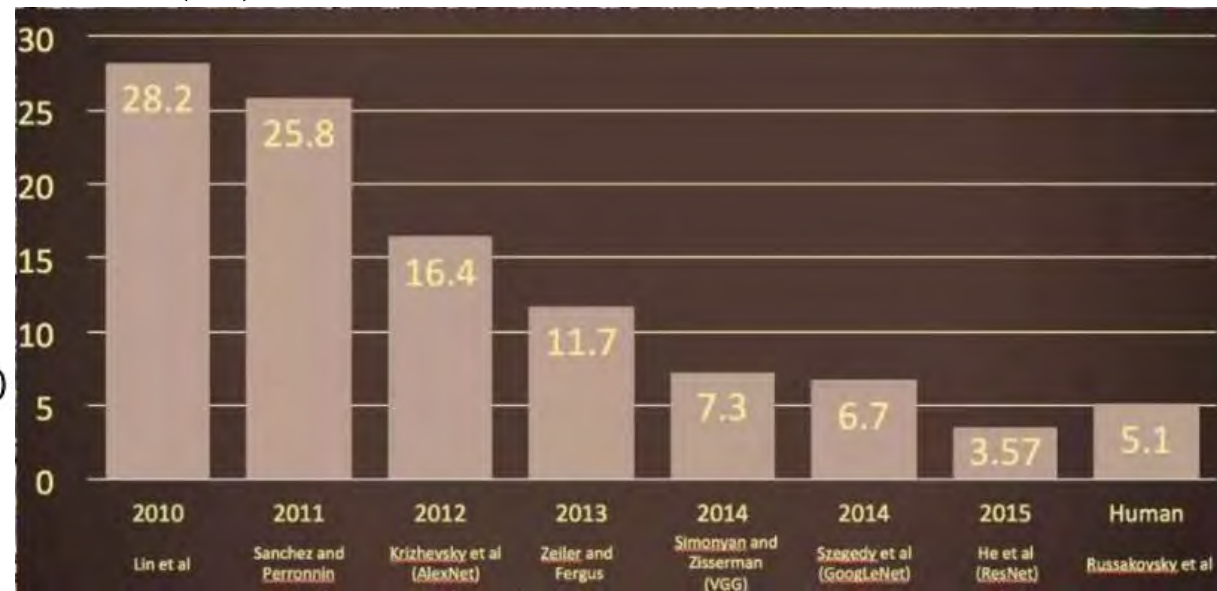
➔ Explosion dans les 4 dernières années



Depuis 2012, les
machines séparent
Chats et chiens!



Erreur(%)



SKA1 LOW - the SKA's low-frequency instrument

The Square Kilometre Array (SKA) will be the world's largest radio telescope, revolutionising our understanding of the Universe. The SKA will be built in two phases - SKA1 and SKA2 - starting in 2018, with SKA1 representing a fraction of the full SKA. SKA1 will include two instruments - SKA1 MID and SKA1 LOW - observing the Universe at different frequencies.



Frequency range:
50 MHz to 350 MHz

~130,000
antennas spread between
500 stations

Total collecting area:
0.4km²

Maximum distance between stations:
65km



Total raw data output:
157 terabytes per second
4.9 zettabytes per year



Enough to fill up
35,000 DVDs
every second

5x
the estimated
global internet
traffic in 2015.
(source: Cisco)



Compared to LOFAR Netherlands, the current best similar instrument in the world



25% better resolution
8x more sensitive
135x the survey speed

SKA1 MID - the SKA's mid-frequency instrument

The Square Kilometre Array (SKA) will be the world's largest radio telescope, revolutionising our understanding of the Universe. The SKA will be built in two phases - SKA1 and SKA2 - starting in 2018, with SKA1 representing a fraction of the full SKA. SKA1 will include two instruments - SKA1 MID and SKA1 LOW - observing the Universe at different frequencies.



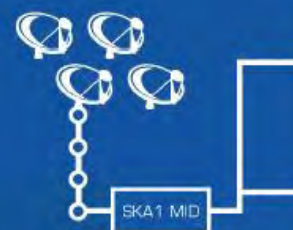
Frequency range:
350 MHz to 14 GHz

~200 dishes
(including 64 MeerKAT dishes)

Total collecting area:
33,000m²

or
126 tennis courts

Maximum distance between dishes:
150km



Total raw data output:
2 terabytes per second
62 exabytes per year



x340,000

Enough to fill
340,000
average laptops with content **every day**

Compared to the JVLA, the current best similar instrument in the world:



4x the resolution
5x more sensitive
60x the survey speed



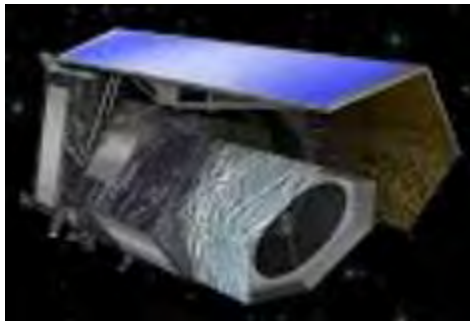
BIG DATA

Un énorme défi pour SKA: qqs Petabytes/sec
Machines Petaflops travaillant en continu (10^8 PC)
Qq Exabytes/h, paraboles=10x internet global,
Réseaux Phasés =100x le trafic internet global!



LSST: plus de la moitié du coût est dû aux data processing!
1-2 millions d'alertes par nuit, disponibles à tous en 60sec
15 Tbytes /nuit
Tous les 3 jours on observe tout le ciel 20 000 degrés carrés
3200 Mpixels, 10 deg², 15s/pose

Euclid:
100Gb/jour
Mais spectro
au sol



Quels dé

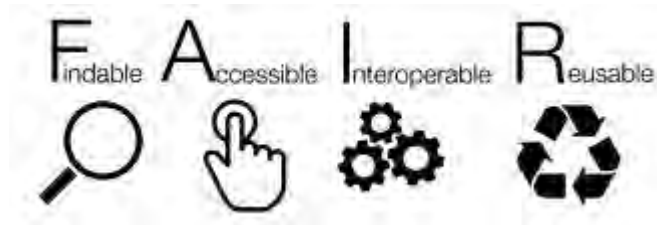


LSST

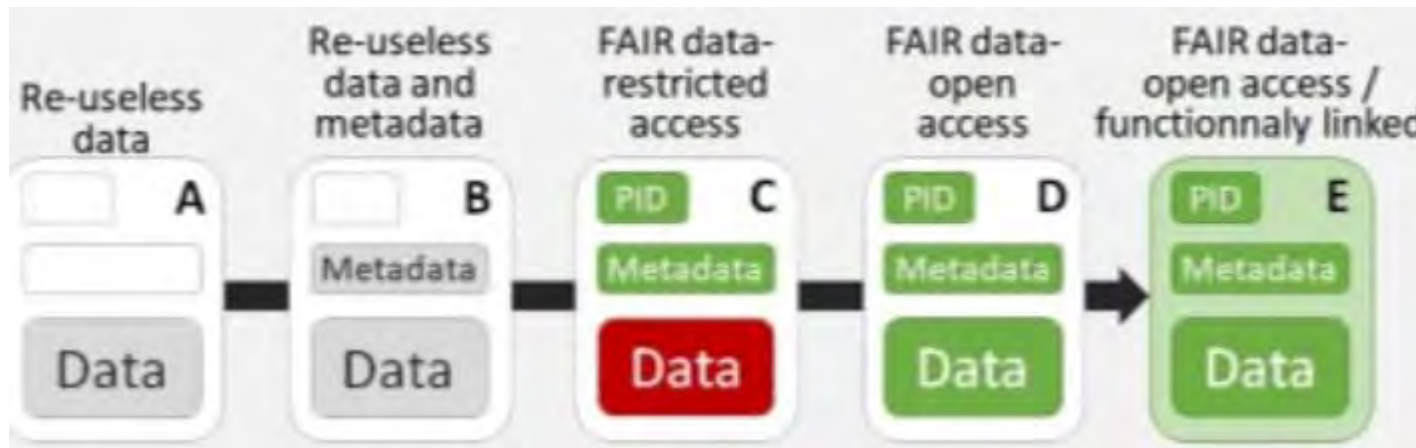
ACCES OUVERT aux DONNEES SCIENTIFIQUES (Défi 14)



Findable, Accessible, Interoperable Re-usable (Wilkinson et al 2016)



*Approuvé par la
France en 2017*



PID=
Persistent
Identifier

Vert: FAIR et ouvert Rouge: FAIR et fermé

Riche description, et indexé dans une ressource de recherche



OBSERVATOIRE VIRTUEL



**Données scientifiques des grands surveys:
doublent tous les 18 mois !**

CDS: images: 350 TB en 2020 → ~ 2-3 PB en 2025

- Hiérarchie des données, Big data technologie
(HiPS Hierarchical Progressive survey)
- Le Cloud EOSC



**EUROPEAN OPEN
SCIENCE CLOUD**





HPC aujourd'hui

Super-calculateur JeanZay
Inauguré Janvier 2020
16 Pétaflops = $16 \cdot 10^{15}$ flops



Installation par
Hewlett Packard
à l'IDRIS

Destiné à la fois au calcul et à l'intelligence artificielle
Un des plus grands en Europe
Aux USA, 200 Pétaflops, PRACE 100 Péta

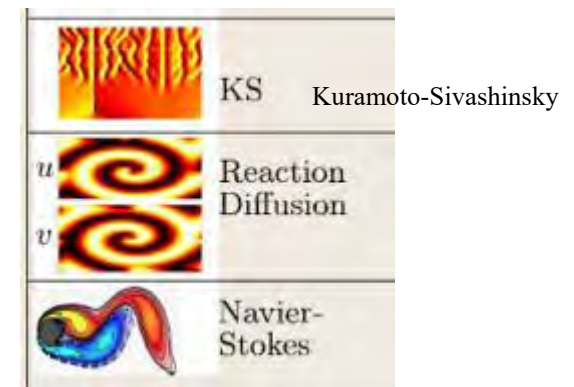


HPC-HPDA de la prochaine décennie

Il est prévu dans les prochaines années l'**exascale**
= 10^{18} flops, soit 60 fois plus que le calculateur Jean Zay
La loi de Moore ne va pas durer éternellement

→ Changement d'architecture, auquel il va falloir s'adapter
(hétérogénéité, complexité, niveaux de mémoires..)
Parallélisme massif, utilisation mixte CPU-GPU

→ Modélisation statistique, ML
Converge avec les équations PDE
Utilisation NN
Synergie pour les modèles dynamiques



HPC-HPDA de la prochaine décennie



→ Rupture majeure

Les volumes de données sont si énormes qu'il est absolument nécessaire de recourir à l'IA, machine learning pour l'exploitation à la fois des données, mais aussi des résultats de simulations

BDEC

(Big Data and Extremescale computing)

Tout le CNRS, et en particulier INSU:
cosmologie, climat,
sismologie, etc

Exploitation des instruments

SKA, LSST, Satellites, Océanographie





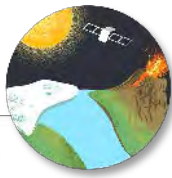
HPC-HPDA de la prochaine décennie

Pour s'adapter à la nouvelle complexité, les codes numériques doivent être construits par des **équipes multi-disciplinaires** comprenant des modules de bibliothèques

➔ **Pérenité sur des dizaines d'années**, adaptabilité, migration
Nécessité pour l'INSU de stabiliser des équipes, entretenir et développer le savoir-faire

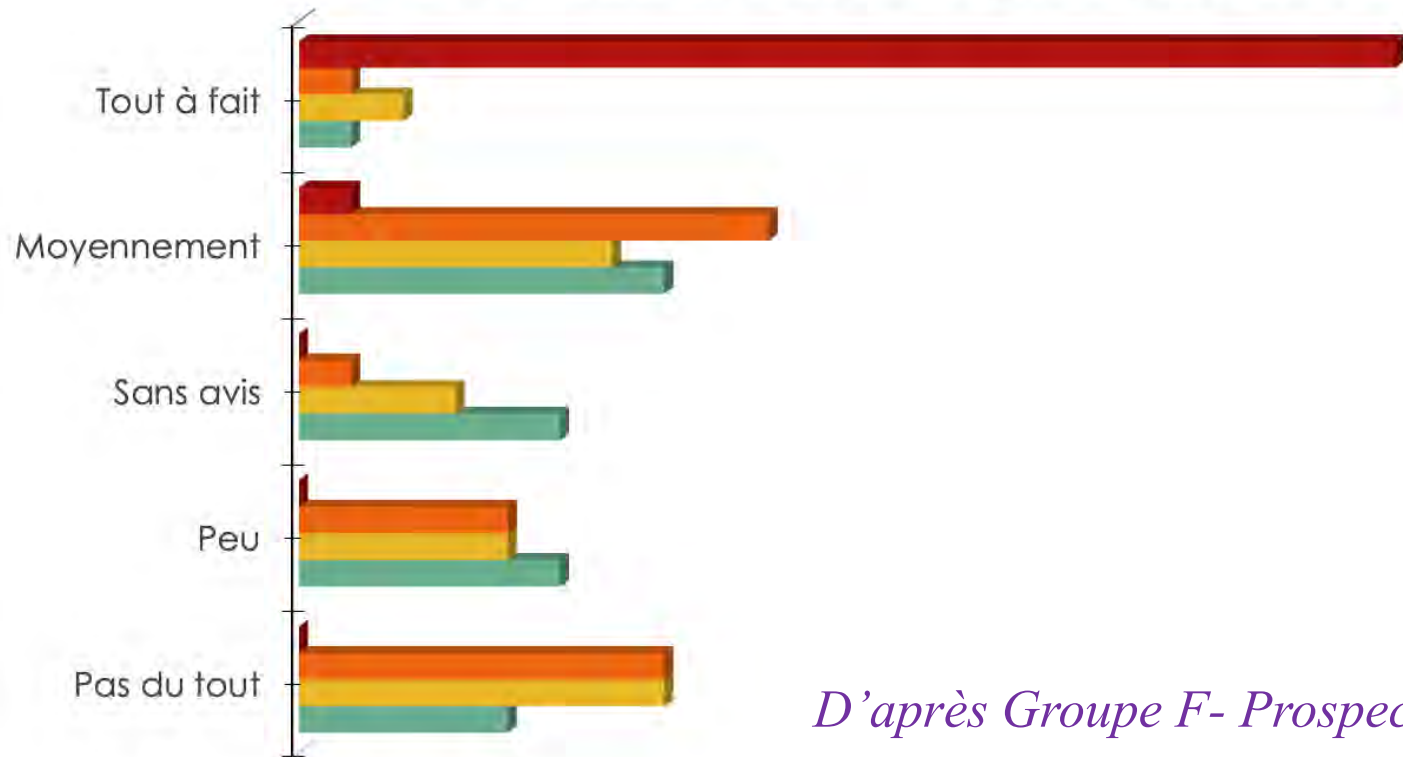
L'INSU est parmi les plus gros utilisateurs de **stockage de données**
GAIA-data, CLIMERI, Data-Terra, de même Biodiversité (PNDB)
Algorithmes et paramétrisations des données

Codes et bibliothèques communautaires; plateformes logicielles
Machine learning, IA, collaborations INRIA, INS2I, Cerfacs



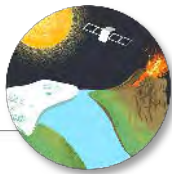
Ressenti dans le laboratoire/groupe

- un facteur de richesse pour la dynamique scientifique
- un risque d'éparpillement
- un surcroît de complexité pour la gestion administrative
- un surcroît de complexité pour la gestion des personnels



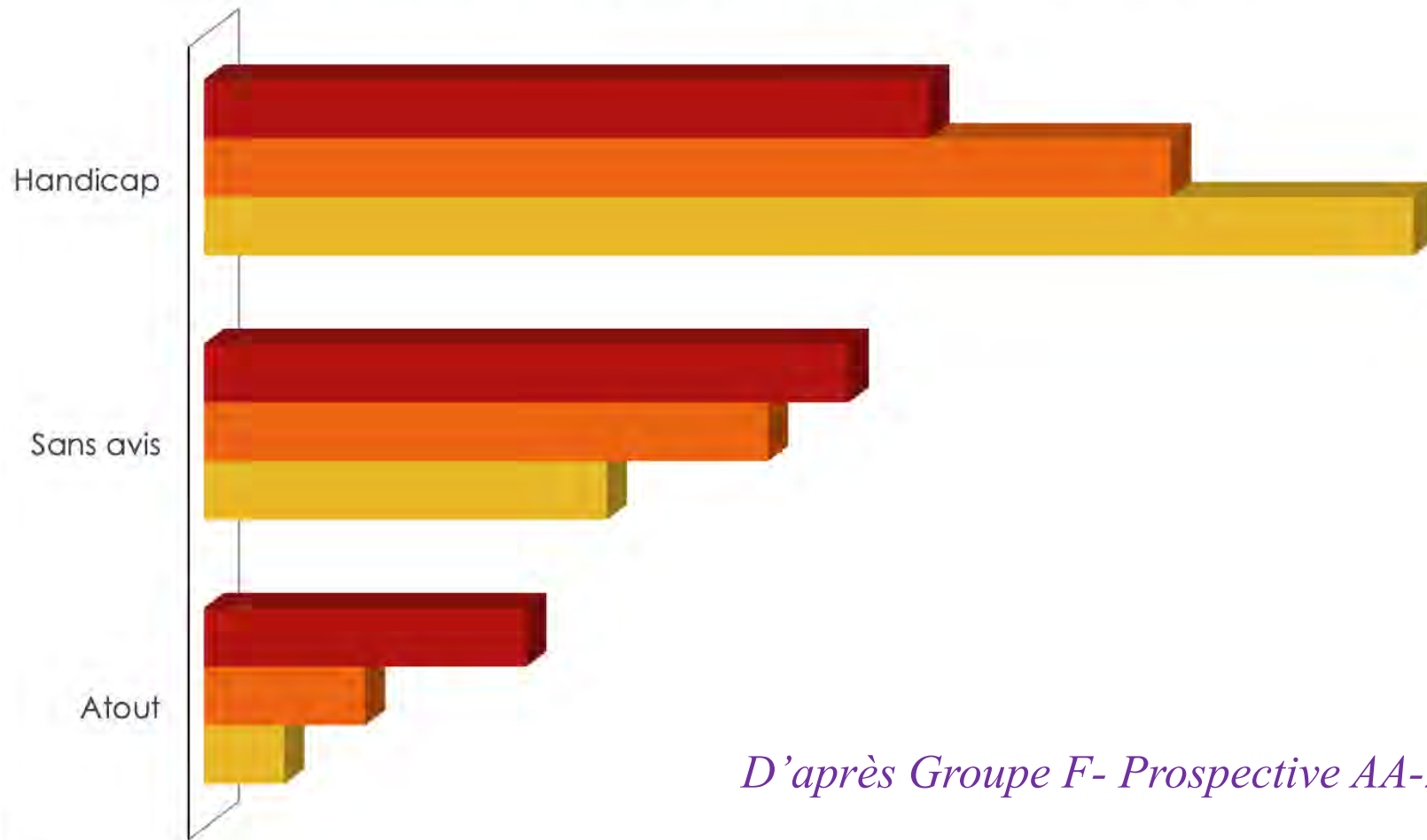
D'après Groupe F- Prospective AA-2019

INTERDISCIPLINARITE: MAIS...



Impact de l'interdisciplinarité sur la carrière du chercheur

■ l'évaluation ■ l'évolution de carrière ■ le recrutement



D'après Groupe F- Prospective AA-2019

MERCI DE VOTRE
ATTENTION

<https://premc.org/prospective-insu/>



A complex diagram illustrating the evolution of the universe from the Big Bang to the formation of life on Earth. It features a bright sun-like star in the upper right, a spiral galaxy in the upper left, a cluster of stars in the center, and a DNA double helix in the lower right. Red arrows trace a path from the top left towards the bottom right, indicating the progression of time and the development of matter. Various molecular models and celestial bodies are scattered throughout the scene.

Origine de la Terre dans l'Univers

Défi 1

DÉFI I – CONTEXTE



PROBLÉMATIQUES ET ENJEUX



Scientifiques :

- Les interactions étoile-planète et étoile-disque
- L'héritage interstellaire, chimique et cinématique, de la formation planétaire
- Lien entre processus de formation et propriétés des planètes finales
- Relations structure interne – surface-atmosphère; l'évolution de la terre primitive

Organisationnelles :

- Soutenir un lent processus bottom-up
- Former des étudiants à l'interdisciplinarité
- Ne pas pénaliser les carrières des acteurs interdisciplinaires.

VERROUS SCIENTIFIQUES



- Comportement de la matière dans des conditions extrêmes de température/pression – équations d'état
- Couplage chimie – MHD des disques protoplanétaires
- Observation des planètes en phase de formation
- Caractérisation des atmosphères des super-Terres

DÉFI I – RECOMMANDATIONS



ORGANISATION



Structures de financement

- S'appuyer sur les Programmes Nationaux, structures pérennes, pour incubation projets
- Interaction forte entre CS des PNS pour évaluation des projets aux interfaces
- Articulation PN – actions sur site
- Faire des PN des véritables programmes inter-domaine et inter-institut
- Créer un « programme blanc » à la MITI pour soutien aux projets de taille intermédiaire, avant ANR ou ERC
- Permettre à un chercheur de proposer un sujet de thèse à plusieurs EDs
- Favoriser le co-financement d'un thèse transdisciplinaire par 2 EDs

INSTRUMENTATION, MODÈLES ET DONNÉES



- Expériences Laser méga-Joules (lien INSU-INP à concrétiser – GDR)
- Astrophysique de laboratoire (physique & chimie) – en souffrance
- Codes « complexes » multi-physique – problématique HPC
- Codes ou modules de codes ouverts (et documentés) aux autres communautés
- Bases des données (ex. VAMDC, SSHADE) et développement du machine learning

DÉFI I – RECOMMANDATIONS



LIENS AVEC LES INDUSTRIES



- Défi de science fondamentale, donc lien avec l'industrie faible
- Néanmoins certaines communautés d'ingénieurs ont un savoir faire qui peut être utile à notre science (ex. codes de simulation de chimie de combustion, codes d'aérodynamique, codes MHD)

LIENS AVEC LES ODD



○ n/a

DÉFI I – RECOMMANDATIONS



COMPÉTENCES ET INTERDISCIPLINARITÉ



Recrutements & Carrières

- Sensibiliser les CNs à l'interdisciplinarité (recruter un chercheur qui travaillera dans un laboratoire hors section n'est pas une perte de poste!)
- Référent interdisciplinarité dans chaque CN
- Recours aux rapporteurs externes
- Evaluations par plusieurs CNs et synthèse finale par un comité directeur (à l'instar du concours DR externe)
- ITAs: valoriser la gestion du parc instrumental

COMMUNICATION ET DIFFUSION



- Faire connaître ses travaux à une autre communauté est difficile
- Multiplication de colloques et interventions pour être présent dans plusieurs communautés
- Flécher les articles interdisciplinaires (sur les journaux, sur Hal, etc.)
- Le grand public s'intéresse plus au résultat que à comment on y est parvenu. L'interdisciplinarité est cachée dans la communication.



Signatures d'Habitabilité des Planètes et des Exoplanètes

Défi n°2

DÉFI 2 – CONTEXTE



PROBLÉMATIQUES ET ENJEUX



- **Chimie organique des environnements astrophysiques divers**: nuages moléculaires, disques protoplanétaires, petits corps, surfaces de planètes telluriques – lieux de formation et de l'évolution de la matière organique (MO)!!
- **Prébioticité et primo-habitabilité**: très grande diversité moléculaire dans la MO au sein des réservoirs abiotiques. La MO issue du vivant présente une moins grande diversité moléculaire mais une plus grande organisation. Quels environnements pour quelles sélectivité et auto-organisation?

VERROUS SCIENTIFIQUES



- Manque de liens entre les simulations en laboratoire et les outils du spatial
- Déficit d'interactions entre Instituts pour l'interdisciplinarité vers l'astrophysique, la planétologie, la géologie, la chimie
- Peu de biologistes concernés (moléculaires et de l'évolution en particulier)
- Actions en ordre trop « dispersé », ensemble pas assez structuré
- Nécessité d'un cadre national

DÉFI 2 – CONTEXTE



PROBLÉMATIQUES ET ENJEUX



- o **Terre primitive - habitabilité à l'émergence:** la comparaison avec Mars primitive suscite des études sur les conditions d'habitabilité d'organismes chimolithoautotrophes. Vie microbienne en sous-sol (?), métabolismes anaérobies. Systèmes hydrothermaux (Terre) d'origine magmatique ou autres. Processus géobiologiques... Habitats souterrains possibles? Terre souterraine, sources hydrothermales. Mars primitive: biosphères anaérobies.
- o **Caractériser l'habitabilité des environnements planétaires:** critères habituels d'habitabilité – eau liquide, énergie libre, CHNOPS, MO (exo ou endogène), temporalité pour l'émergence → outils pour identifier les candidats à l'habitabilité. Ces critères sont-ils universellement applicables? Importance du contexte et de l'évolution – âges des systèmes planétaires mesurés et types d'étoiles différents.

VERROUS SCIENTIFIQUES



- o Habitabilité à l'émergence: domaine nouveau peu présent à l'INSU et en France, peu structuré
- o Pour le moment, pas de réelle communauté scientifique...
- o Poids des paradigmes classiques, nécessité de les faire évoluer (cf. la diversité planétaire observée qui est la grande nouveauté des découvertes actuelles). Que vaut l'exemple de la Terre?
- o Difficulté des mesures (valable pour les exoplanètes, mais aussi pour le système solaire).
- o Difficulté de trouver des indicateurs pertinents, ceux utilisés pour la Terre ou Mars étant peu adaptés pour des détections à distance

DÉFI 2 – RECOMMANDATIONS



ORGANISATION



- o De par sa définition, l'Exobiologie est une thématique fortement et naturellement rattachée à l'INSU dans la plupart de ses questionnements et démarches
- o L'INSU a vocation à susciter, initier et coordonner les actions pluri/interdisciplinaires de l'exobiologie vers les autres instituts (INC, INB, INEE...)
- o **Nécessité d'une structuration inter-instituts**

INSTRUMENTATION, MODÈLES ET DONNÉES



Donner davantage de moyens pour:

- o Observations astronomiques multi-longueurs d'ondes depuis le sol ou l'espace
- o Missions robotisées d'exploration du système solaire
- o Echantillons extraterrestres: météorites et retours échantillons
- o Chimie analytique, TGE de la Physique
- o Expériences de laboratoire et simulations de l'évolution de la matière organique
- o Favoriser les approches statistiques pour déterminer les grandes tendances.

DÉFI 2 – RECOMMANDATIONS



COMPÉTENCES ET INTERDISCIPLINARITÉ



- Renforcer les recherches très interdisciplinaires liant astronomie, planétologie, géochimie, chimie, biochimie
- Domaine englobant aussi les sciences de l'ingénieur et de l'information pour la conception des instruments et les analyses scientifiques
- Approches top-down aussi bien que bottom-up
- Fédérer bien au-delà des sciences « dures », incluant les SHS
- Intérêt culturel et sociétal intrinsèque pouvant englober la notion de durabilité des écosystèmes

COMMUNICATION ET DIFFUSION



- Sujet rencontrant un vif intérêt et permet de sensibiliser les jeunes à l'astronomie, et plus généralement aux STEM
- Communiquer, mettre en avant les résultats scientifiques intéressants obtenus par la communauté, et les mettre en perspective avec les évolutions d'un environnement donné
- Eviter de survendre et contrôler la dérive « sensationnaliste » – cf. l'affaire de la phosphine dans Vénus



Enregistrement géologique des
crises environnementales

Interactions entre crises
environnementales et
écosystèmes

N° 3 et 4

DÉFI 3 – CONTEXTE



PROBLÉMATIQUES ET ENJEUX



- Le temps : vitesse, rupture, crise, changement – importance de l'état de base, cyclicité, haute résolution, fréquence des événements extrêmes,
- Cycles biogéochimiques et crises : évaluation quantitative des réservoirs, flux et effets seuils
- Fabrique du signal paléo : quelle est la signification des analyses et mesures effectuées sur les sédiments ?
- Préservation des échantillons : taphonomie, diagenèse, biais d'enregistrement crucial déformant de façon plus moins importante les signaux primaires

VERROUS SCIENTIFIQUES



- Lien entre âge relatif et absolu, communication entre archives (datations, environnements, liens océan-continent)
- Evaluation quantitative des réservoirs, effets seuils, liens entre éléments, liens anciens et actuels, étude de systèmes fermés, place de la tectonique, diagenèse
- Développer des expérimentations, caractériser la temporalité des enregistrements géochimiques et minéralogiques, études multiproxy
- Gisements fossilifères, études des flux et processus associés, rééquilibrage isotopique, transformation solide-solide, processus postéchantillonnage

DÉFI 4 – CONTEXTE



PROBLÉMATIQUES ET ENJEUX



- Rôle de l'état de base du système climat-géo-biosphère sur les seuils de basculement du système de la résilience à la rupture?
- Rôle des seuils, vitesses, cumul de forçage dans le déclenchement des crises? Importance du calage temporel
- Rôle des facteurs intrinsèques aux écosystèmes dans le basculement dans un état de crise?
- Quelle représentation de la biosphère dans les modèles appliqués aux périodes anciennes?
- Effet des traits fonctionnels et de la structuration des écosystèmes dans la réaction des taxons au cours d'une crise?

VERROUS SCIENTIFIQUES



- Trop de cloisonnement entre communauté Quaternaire et pré-Quaternaire et Actuelle
- Manque de nouveaux traceurs de processus maintenant représentés dans les modèles
- Peu de données sur les périodes de quiescence
- Manque d'infrastructure d'expérimentation dédiée à l'effet des facteurs intrinsèques sur la sensibilité des écosystèmes aux perturbations
- Types fonctionnels des organismes dans les modèles trop calqués sur les écosystèmes actuels
- Besoins d'identifier des relations écologiques au sein d'écosystèmes anciens

DÉFIS 3 et 4 – RECOMMANDATIONS



ORGANISATION



- Large communauté, notamment à l'interface INSU-INEE
- Lever le cloisonnement AO-SIC-TS/préQuaternaire-Quaternaire
- Actions structurantes : GDR vie climat environnement, Rift, Antarctique, Groupe carotte de glace, IODP France, newsletter Paleos
- Actuellement un GDR spécifique mais ensuite ? "Observatoire" paléo ? Mise en place d'une Infrastructure de Recherche ?
- Financements (jeunes chercheur.ses, soutien de base, tailles différentes des projets entre INSU et ANR)

INSTRUMENTATION, MODÈLES ET DONNÉES



- La place des données, inter-opérabilité (attention, données géochimiques ou observationnelles complexes)
- Un type de données particulier : les échantillons physiques : stockage, collection
- Campagnes d'échantillonnages, accès aux sites spécifiques parfois compliqué
- Discussion modèles-données-modèles; développer des modèles plus simples ou transitoires
- Instrumentation : liens avec RéGEF, grandes structures

DÉFIS 3 et 4 – RECOMMANDATIONS



LIENS AVEC LES INDUSTRIES



- À travers l'étude des cycles biogéochimiques et des processus diagenétiques (en lien direct avec les ressources en énergies fossiles ou de certains métaux)
- Possibilité de transfert d'innovation et d'expertise dans le domaine des biominéralisations et de solutions biologiques pour la reconquête de milieux détruits par les activités anthropiques
- Partenariats avec l'industrie à l'occasion de développements méthodologiques et instrumentaux.

LIENS AVEC LES ODD



- Comprendre le passé pour anticiper le futur
- Etude des liens climat/biosphère centrale dans le cadre des ODD
- Meilleure compréhension des perturbations environnementales associées aux activités humaines et du changement climatique actuel et impacts écologiques associés
- Compréhension des cycles géochimiques et points de basculement : lien avec ODD "Lutte contre le changement climatique", "Vie aquatique", et "Vie terrestre".
- Remédiation, analyse des récupérations écosystémiques suite aux exploitations humaines

DÉFIS 3 et 4 – RECOMMANDATIONS



COMPÉTENCES ET INTERDISCIPLINARITÉ



- Importance des études intégrées entre disciplines, compétences fondamentales qui manquent ou en voie d'extinction (taphonomie, diagenèse, biochronostratigraphie, paléopalynologie)
- Collaborations avec l'INSHS, l'INEE, et l'INSB sur diverses questions scientifiques
- Collaborations avec l'INC et INP possibles autour des développements analytiques
- Interactions avec l'IN2P3 sur la géochronologie
- « Ecotrons », suivi à long-terme, entretien des collections
- Modèles (simplifications modèles, intégrations de plus de proxies, paléoreliefs) Interactions avec informaticiens/traitement de données et big data?

COMMUNICATION ET DIFFUSION



- Valorisation des gisements exceptionnels français auprès du grand public (co-production de données via sciences participatives possible)
- Interventions média : dépendent des invitations, articles dans The Conversation, blogs...
- Valorisation des collections : MNHN et collections (visite du public)
- Communications régulières des résultats saillants vers les décideurs et politiques (éclairage du passé pour comprendre et mettre en perspective les répercussions des perturbations anthropiques)

Modélisation intégrée du
système Terre pour l'étude
des risques
environnementaux et de la
vulnérabilité des socio-
écosystèmes

Défi n° 05

DÉFI 05 – CONTEXTE



PROBLÉMATIQUES ET ENJEUX



- Des risques environnementaux exacerbés dans un monde en transition du fait du changement global
- Aversion des sociétés modernes aux risques = demande de protection et de prévention amplifiée
- Risques et catastrophes naturels dans les agendas nationaux et internationaux



La recherche est sommée de trouver des réponses efficaces.

Définitions

- Aléa : l'aléa se caractérise par sa localisation, son intensité, son ampleur, sa fréquence et le degré de vulnérabilité qui lui est associé.
- Vulnérabilité : « condition provoquée par des facteurs ou processus physiques, sociaux, économiques et environnementaux qui ont pour effet de rendre les personnes, les communautés, les biens matériels ou les systèmes plus sensibles aux aléas ».
- Risque : résulte de la combinaison de l'aléa, de l'exposition, des enjeux et de leur vulnérabilité.

Les unités et observatoires de l'INSU sont essentiellement « aléa-centrés »



Nécessité de décroisonner la question des risques en y impliquant d'autres instituts du CNRS (INEE, INSU, InSHS)



- Innover dans les domaines de la mesure, des méthodes numériques et la connaissance des processus
- Développer de nouvelles méthodes pour la quantification des risques, leur probabilité d'occurrence et les observations associées
- Intégrer des incertitudes et de la variabilité (modèles et observations) multi-échelles dans les projections
- Adapter les résolutions spatiale et temporelle pour étudier l'impact de changements globaux à l'échelle des territoires
- Définir des stratégies d'adaptation pour réduire la vulnérabilité des socio-écosystèmes

DÉFI 05 – RECOMMANDATIONS



ORGANISATION



- Souhait de voir l'INSU contribuer davantage (encore) aux démarches multi-instituts et multi-organismes déjà existantes du type GET ALLENI ou ATHENA (pour les SHS) pour promouvoir les programmes « Risques »
- Renforcer les liens avec les territoires. Au niveau des OSU, renforcer les liens avec les antennes régionales des organismes d'expertise (BRGM, CEREMA, DREAL, INERIS, ...)
- Développer des programmes sur le temps long
- Dans le contexte d'émergence de nombreux projets régionaux (du type « Institut des risques »), l'INSU pourrait se positionner comme le lieu de structuration des initiatives

INSTRUMENTATION, MODÈLES ET DONNÉES



- La meilleure appréciation des risques passe par une augmentation importante des données d'observation sur des gammes d'échelles spatiales et temporelles plus vastes, intégrant la vulnérabilité :

Observations par télédétection satellitaire (Copernicus, ...) ou aéroportées de haute résolution, réseaux denses de capteurs in-situ multi-physiques **Mais également** : données temps long multi- et interdisciplinaire co-localisées avec une vision élargie de la notion observation (réanalyses, prévisions, données de la sphère SHS, archives non conventionnelles, proxy,...)

- Augmentation du contenu physique des modèles et développement de schémas numériques prenant en compte les caractères non-linéaires, multi-échelles, stochastiques et les incertitudes des phénomènes. Rôle croissant de l'IA, des réseaux neuronaux, du machine learning
- Utilisation des données FAIR fournies par les IR et les pôles de données (Data Terra)

DÉFI 05 – RECOMMANDATIONS



LIENS AVEC LES INDUSTRIES



- **Des liens avec l'industrie sont attendus dans les domaines :**
 - des capteurs environnementaux (production massive à faible coût) ;
 - des plateformes support des observations aéroportées (drones, nanosatellites, ...) ;
 - des travaux de R&D sur des systèmes d'alerte prototypes.
- **En parallèle, l'écoute des demandes et besoins des opérateurs privés (dispositif LabCom, thèses CIFRE, relations avec les compagnies d'assurance) doit être favorisée tout en maintenant une certaine indépendance**

LIENS AVEC LES ODD



○ **Trois articles de la déclaration des ODD font référence à la réduction des risques de catastrophe naturelle :**

Les États signataires s'inquiètent en effet des « catastrophes naturelles de plus en plus fréquentes et intenses » (article 14) et appellent à « promouvoir la résilience et la réduction des risques de catastrophe » (article 33) ainsi qu'à « élaborer et à mettre en œuvre, conformément au cadre de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe (2015-2030), une gestion globale des risques de catastrophe à tous niveaux » (article 11)

○ **5 des 17 ODD font référence à la réduction des risques de catastrophe naturelle :**

ODD1 — Éliminer la pauvreté sous toutes ses formes et partout dans le monde / **ODD2** — Éliminer la faim, assurer la sécurité alimentaire, améliorer la nutrition et promouvoir l'agriculture durable / **ODD3** — Permettre à tous de vivre en bonne santé et promouvoir le bien-être de tous à tout âge / **ODD11** — Faire en sorte que les villes et les établissements humains soient ouverts à tous, sûrs, résilients et durables / **ODD13** — Prendre d'urgence des mesures pour lutter contre les changements climatiques et leurs répercussions

DÉFI 05 – RECOMMANDATIONS



COMPÉTENCES ET INTERDISCIPLINARITÉ



- Préparer les futurs gestionnaires à gérer un nombre croissant de crises environnementales en renforçant l'interdisciplinarité des formations d'étudiants dès la licence.
- Porter une politique plus volontariste, notamment sur l'affichage explicite des termes « aléas » et « risques » dans les champs couverts par les sections du CNRS-INSU, mais aussi dans les recrutements effectifs de chercheurs et chercheuses.
- Mieux valoriser les tâches d'observation auprès des personnels universitaires non-CNAP car de nombreux services d'observation sont directement liés à la notion de risque.
- La communauté des « risques » a besoin d'être structurée sur le long terme. La relance d'un GDR Risques serait particulièrement bienvenue.
- Soutenir les sciences participatives et les réseaux au service des observations.

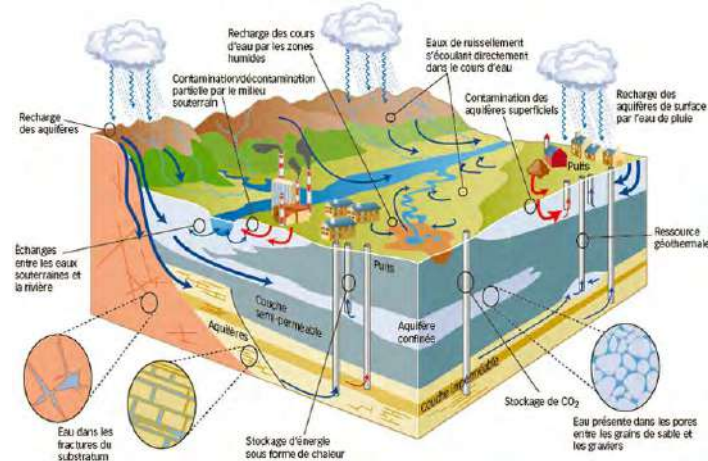
COMMUNICATION ET DIFFUSION



- Créer une liste d'experts scientifiques à l'INSU prêts à communiquer sur des risques spécifiques en situation de crise.
- Fournir un cadre précis pour savoir quand communiquer au niveau d'un OSU ou d'une UMR plutôt qu'au niveau de l'INSU ou du CNRS.
- Proposer des structures et protections juridiques pour les chercheurs exposés aux attaques médiatiques et aux « fake news ».
- Accentuer les formations en média-training pour les chercheurs volontaires.

Interactions entre cycles
longs et cycles
courts pour la mise en
place des ressources : flux et
couplages pour la compréhension des
évolutions conjointes des ressources dans un
environnement dynamique

Défi 6



DÉFI 6 – CONTEXTE



PROBLÉMATIQUES ET ENJEUX



- **Besoins en ressources primaires : leur exploitation nécessaire, le recyclage même optimal insuffisant, une croissance de la demande accentuant l'écart entre ressource primaire et secondaire. Comment exploiter les ressources tout en préservant notre environnement et en limitant les risques.**
- Intégrer toute la chaîne de valeur (de l'exploration à la remédiation via l'exploitation, son traitement, tout en intégrant les aspects sociétaux) ainsi que le lien réserves-coûts-énergie
- Distinction nécessaire entre objet géologique et son usage sociétal, entre ressources et réserves via une recherche partenariale ou appliquée.
- Nécessité d'une recherche scientifique en amont, dans le cadre de la géolocalisation des ressources : devenir l'argument de planification, affirmer le rôle central de l'INSU

VERROUS SCIENTIFIQUES



- **Intégration de la dynamique tellurique, des changements climatiques et de la biosphère**
- Intégration des processus à l'échelle Terre et hétérogénéité des données aux plus petites échelles : difficulté de l'upscaling
- Le cycle géochimique des métaux de base ou critiques (spéciation, facteurs de transport, concentration, et dispersion) encore mal connu / cycle des minéraux et lien avec le vivant
- Datation et chronologie des processus : la connaissance de la dynamique passée des milieux et des fluides doit être approfondie
- Sources d'énergie alternative : H2, géothermie
- Interactions fluides/roches à l'échelle des réservoirs (eau froide, chaude, stockage, minéralisation) - circulations complexes et réseaux d'écoulement - processus physiques (transferts, géomécanique) et chimiques (organique/minéral)

DÉFI 6 – RECOMMANDATIONS



ORGANISATION



- Créer une échelle intermédiaire de financement de la recherche entre le CT Tellus et l'ANR avant d'aller à l'Europe très présente sur ces thématiques
- Les gisements minéraux des grands fonds marins pour l'approvisionnement futur en matières premières ? Collaborations avec instituts de recherche dédiés (IFREMER, GEOMAR, ...) et industriels prospecteurs
- Un travail inter-instituts, pour l'INSU et ses partenaires INSHS (économie des ressources, INEE (pédologie, biodiversité), INBS (bioremédiation, écotoxicologie), INC (génie des procédés, sciences des pollutions), INS2I (sciences de matériaux)...
- Sensibiliser la MITI à la nécessité de montage d'actions programmatiques interdisciplinaires sur la question des ressources sensu lato

INSTRUMENTATION, MODÈLES ET DONNÉES



- De la data au modèle, entre autres à l'échelle Terre : la gestion de nos données dans le cadre du Big Data
 - Nos données incomplètes, avec des incertitudes, non équilibrées : un challenge
 - Quel état de référence pour les modèles dans un monde anthropisé ?
 - Colocaliser les méthodes : importance des zones-ateliers et autres infrastructures de recherche : de nouveaux ateliers à cibler mais à quel stade par rapport à la ressource ?
 - Faire venir le laboratoire sur le terrain, méthodes non invasives
 - Imagerie 4D dynamique à haute résolution des croûtes continentale et océanique (tomographie électrique, bruit sismique) pour la localisation des porteurs de métaux (dont les Terres Rares) et des ressources en matériaux de construction. données satellitaires par ex sur les ressources en eau

DÉFI 6 – RECOMMANDATIONS



LIENS AVEC LES INDUSTRIES



- **Coordination avec nos autres partenaires publics nationaux : BRGM, CEA, IRSN, IFPeN, IFREMER, ADEME, INRAE, Géodenergies**
- **Ne pas oublier les Alliances inter-organismes (Allenvi et ANCRE) (AD) mais quels leviers ont ces alliances sur le financement de la recherche**
- **Rôle des Labex importants**
- **Recréer des GDRs avec nos partenaires industriels**
- **Construire un Observatoire de la Mine en milieu fragile de dimension internationale**

LIENS AVEC LES ODD



- **La spécificité anthropique : l'homme suit la ressource mais l'homme relocalise la réserve**
- **Impact de la disponibilité des ressources sur l'évolution des sociétés**
- **Risques associés : caractérisation et suivi des impacts socio-économiques sur les populations locales (ODD 3 Santé)**
- **Les sols : une ressource dans la lutte contre la faim (ODD2)**
- **L'eau (ODD 6) et énergies (ODD 7)**
- **Mines urbaines, valorisation, recyclage etc (ODD 11 & 12 mais aussi 13 & 14)**

DÉFI 6 – RECOMMANDATIONS



COMPÉTENCES ET INTERDISCIPLINARITÉ



- Une masse critique souvent insuffisante des équipes et des forces disséminées sur le territoire
- Nouveaux métiers et sauvetage des anciennes spécialités : géologie et métallogénie, paléohydrologie
- Reconnaissance de l'approche Ressources quelque soit la spécialité
- Lever la réticence des sections du CN à recruter des profils dits « appliqués », voir interdisciplinaires pourtant clés pour le développement de ces thématiques : génie chimique et géosciences, biologie et géosciences, etc..

COMMUNICATION ET DIFFUSION



- Éducation à la ressource / ressources stratégiques
- Il existe un manque de compréhension de la place de ces filières dans le développement de nos sociétés
- Les français n'ont pas idée de notre presque totale dépendance pour tous les métaux du quotidien: problème de souveraineté et de maîtrise de notre devenir. Si la France veut être leader dans la transition énergétique et écologique, cela passe par un très fort engagement multi-annuel et une politique assumée de relocalisation / re-exploitation des métaux "stratégiques"
- Sciences participatives : vers une Géologie préventive

Rôle du vivant sur les cycles et sur la mise en place des ressources

N° 7



DÉFI 7 – CONTEXTE



PROBLÉMATIQUES ET ENJEUX



- **Couplage entre cycles biogéochimiques et vivant/ressources**
- **Intrication de toutes les échelles de temps et d'espace : interactions non linéaires**
- **Fortes perturbations anthropiques (climat, exploitation ressources, occupation des sols, érosion, pollution, etc..)**
- **Bilans globaux et régionaux (éléments, isotopes)**
- **Phénomènes de seuil ? Irréversibilité ? Résilience ? Remédiation**

VERROUS SCIENTIFIQUES



- **Observations : multi échelles, pérennisation**
- **Processus : interactions / interfaces 'petite échelle' (particules/colloïdes/MOD, biofilms, aérosols, ...)**
- **Processus : liens labo (individus) / terrain (populations, écosystèmes)**
- **Processus :**
 - adaptation vs. évolution
 - biomol vs. métabolisme vs flux
 - Redox – sols, sédiments, océan, eutrophisation
 - nuit polaire (océan), permafrost
- **Processus : seuils, changements de régime**
- **Modélisation : interactions d'échelles non linéaires, liens données/modèles**

DÉFI 7 – RECOMMANDATIONS



ORGANISATION



- Pérenniser les observatoires, i.e. allouer les moyens suffisants à leur maintien et prendre en compte le vivant
- Rendre cohérents et complémentaires les observatoires/zones ateliers INSU et INEE (optimisation de l'allocation de moyens limités)
- *Recherche sur long terme impossible avec recherche basée sur projets et AO ANR*
- *Recherche à risque (impossible sur AO type ANR). Budget labos augmenté - programmes INSU ?*
- *Où et comment faire de la recherche interdisciplinaire ambitieuse non ciblée ?*

INSTRUMENTATION, MODÈLES ET DONNÉES



- Développement de capteurs automatiques haute fréquence 'low cost'
- Technologie pour « petite échelle » (nano) (hétérogénéité, processus) : nanoSIMS avec marquage, nanotomographie et synchrotron, MET nano, etc..)
- Standardisation/calibration des capteurs
- **Prise en compte de l'évolution des connaissances sur les processus dans les modèles; utilisation de modèles de complexité variable**
- **Investigation de l'impact des différentes échelles spatio temporelles sur les flux (hétérogénéité, non linéarités, etc..)**

DÉFI 7 – RECOMMANDATIONS



INSTRUMENTATION, MODÈLES ET DONNÉES



- **Approches en Intelligence Artificielle pour prendre en compte des données hétérogènes et les contextualiser pour quantifier l'effet de la variabilité, etc....**
- **Méthodes permettant de relier approche moléculaire et flux biogéochimique (métabolisme)**
- **Réseau d'observations pérenne avec prise en compte du vivant et standardisation des bases de données**
- **Expérimentation/observation dans milieux fortement anthropisés (contaminants)**
- **Couplage de l'approche 'omics' avec imagerie (et approches classiques). Approche sur espèces clés (omics, métabolisme, écologie, etc..)**
- **Approche isotopique/proxies : paléo, calibration**

LIENS AVEC LES ODD



- **Climat/O₂/pH/biodiversité/érosion**
- **Milieus 'préservés' : polaires, océan profond (ressources), océan benthique/sédiment**
- **Qualité des sols et des systèmes littoraux**
- **Nouveaux polluants/ écotoxicologie/cycles**
- **Points de bascule**

DÉFI 7 – RECOMMANDATIONS



COMPÉTENCES ET INTERDISCIPLINARITÉ



- **Besoin majeur : ‘Data Scientist’ (gérer, organiser, analyser le big data)**
- **Métiers nécessaires à la recherche ‘INSU’ existant dans d’autres Instituts sur thématiques non INSU : comment faire ?**
- **Besoins pérennes : développement d’instrumentation , de mesures nouvelles (chimie, biologie, imagerie, etc.....)**
- **Développer des programmes entre domaines au sein de l’INSU tout en gardant un espace pour les recherches plus spécifiques**
- **Réfléchir à des actions communes avec certains Instituts (INEE, INS2I, INSB, INSHS)**
- **Modifier le fonctionnement des CID**
- **Développer les GDR (roulement plus actif) ; consolider OSUs, Plateformes, GDR**
- **Modifier les critères d’évaluation de l’interdisciplinarité au CNRS**

LIENS AVEC LES INDUSTRIES COMMUNICATION ET DIFFUSION



- **Ouverture vers l’industrie (avec garde fous) et la ‘société’ pousse naturellement à l’interdisciplinarité**
- **Sciences participatives**
- **Sensibilisation/éducation : accord programme CNRS-éducation nationale (qu’est ce que la recherche ? La démarche scientifique. Enjeux environnementaux)**
- **Investissement auprès des media : formation permanente des journalistes, interventions (attention éthique/déontologie)**

Milieux Polaires

Terre solide, océan, atmosphère,
eau/glace, espace, biosphère, société

N° 8



Chantal Claud, Loïc Segalen

*Remerciements aux membres du Conseil
Scientifique et à tous les participants*

DÉFI 8 – CONTEXTE



PROBLÉMATIQUES ET ENJEUX



CYCLES BIOGEOCHIMIQUES

o Spécificités des processus polaires avec des différences entre les 2 hémisphères:

- **Arctique:** importance des interfaces végétation/sol/atmosphère/rivière-lac et océan/cryosphère.
- **Antarctique:** enjeux liés à la biogéochimie marine

AUX INTERFACES OCEAN/GLACE/ATMOSPHERE

AUTRES INTERFACES (Société/climat, atmosphère/espace, glace/terre solide, etc.)

OBSERVATION /INSTRUMENTATION / INFRASTRUCTURES

- .

VERROUS SCIENTIFIQUES



On peut citer (liste non exhaustive):

- o cycles carbone et mercure.
- o Processus biogéochimiques marins polaires.
- o pollution; feux de forêts; aérosols.
- o ozone stratosphérique et impact sur climat
- o cycle de l'eau,
- o rôle de l'océan austral,
- o glace de mer: conséquences fonte, neige/glace, dynamique-circulation océano-cycle du C- climat
- o questions liées à l'hydrologie de surface et au pergélisol
- o les glaces de lac et de rivières,
- o fonte des calottes et son influence sur le niveau des mers
- o

DÉFI 8 – RECOMMANDATIONS



ORGANISATION



- Pour traiter les questions d'interface, il faut inciter les communautés travaillant sur une composante particulière à **adopter une approche davantage multi-composantes**.
- La complexité et les spécificités des régions polaires représentent des défis en termes de mesure, de compréhension et de modélisation. Il y a donc besoin d'**outils dédiés**, avec de lourds développements technologiques.
- **Accessibilité aux infrastructures et logistique** déterminantes.
- Nécessité de développer des instruments spécifiques demande un temps long, et un **découplage financements développements technologiques/ projets scientifiques**.
- Guichet polaire, appel d'offre dédié? Conseil polaire français?
- En termes de positionnement, favoriser la **coordination internationale** (notamment européenne, contexte ministériel) et les échanges de services et d'accès transnational, tout en restant vigilants sur les opportunités (contexte politique fluctuant).

INSTRUMENTATION, MODÈLES ET DONNÉES



- Concernant les observations, il est souhaitable de: 1) renforcer les approches pluri-disciplinaires, 2) renforcer les liens avec les utilisateurs, 3) ne pas négliger les observations hors service d'observations. Caractère essentiel des **observations satellitaires**.
- Nécessité d'adapter **les modèles régionaux** aux conditions polaires.
- importance des **archives paléoclimatiques + optimisation des bases de données et d'archivage d'échantillons** (carothèque-lithothèque).
- **Instrumentation, besoins spécifiques: spatialisation, longues séries temporelles**, valorisation de mesures considérées comme non innovantes mais fondamentales, importance d'être **en pointe sur les développements instrumentaux** (Cf défi16).
- **Infrastructures et Logistique: pérennisation et maintenance des stations**, renforcement sur la question de l'**énergie** et de la **transmission de données**; importance des **moyens à la mer** (Marion Dufresne, valorisation Astrolabe, collaboration Canada/ Amundsen), aéroportés et de traverse scientifique (Antarctique).

DÉFI 8 – RECOMMANDATIONS



LIENS AVEC LES INDUSTRIES



- L'étude des régions polaires **nécessite des outils spécifiques, qui souvent demandent de lourds développements technologiques, quelle que soit la composante considérée.**
- Les **instruments utilisés** dans la communauté ne sont **souvent pas adaptés aux environnements extrêmes que sont les régions polaires, et des systèmes d'observations nécessitent donc des développements dédiés.**

LIENS AVEC LES ODD



- **Établir un bilan environnemental** activités scientifiques en régions polaires
- Réfléchir à **la mutualisation des moyens** en raison de l'importance de la logistique.
- Proposer **des projets plus responsables** en considérant **l'impact environnemental dès le montage du projet.**
- Employer **des instruments plus durables.** Réfléchir à des **solutions low tech** lorsque c'est possible (techniques simples, économiques et pratiques)
- Améliorer **l'accès à la donnée.**
- Faire fonctionner les **stations** scientifiques au maximum de leurs capacités.
- Optimiser le transport des scientifiques et du matériel (**automatisation, colloques virtuels**).

DÉFI 8 – RECOMMANDATIONS



COMPÉTENCES ET INTERDISCIPLINARITÉ



CO-PRODUCTION ET APPROPRIATION PARTAGE DES CONNAISSANCES

- o savoir de l'expérience: populations autochtones, et d'autres acteurs de la société civile, et en particulier les industriels ou les services/personnes s'occupant de la logistique et l'organisation des expéditions polaires
- o enjeux méthodologiques: nécessité **d'une approche éthique**, questionnement sur les pratiques, nécessité **de co-constructions sur le temps long**, réflexion sur la manière d'extraire une information objective d'un savoir non académique- (protocole à définir de manière large).
- o à l'interface SHS/SU, utilisation de l'instrumentation, de capteurs, de prises de photos → **mise en place de réseaux de transmission de données** et de **protocoles** permettant la **contextualisation** des ces données (exemple en écologie).

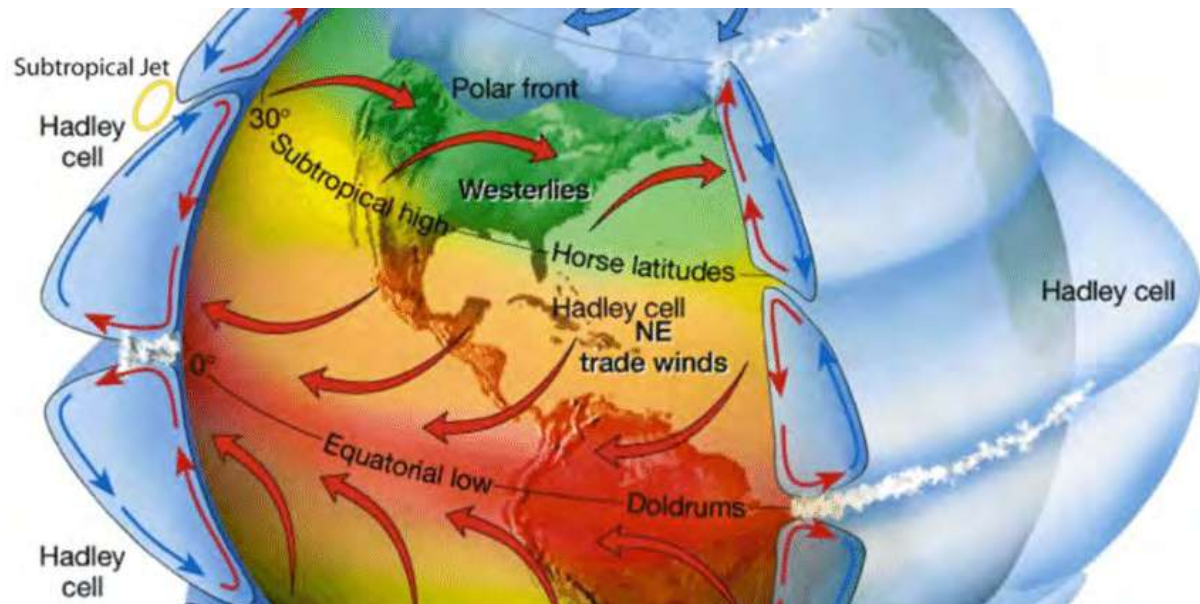
COMMUNICATION ET DIFFUSION



- o Il existe **des formations polaires**, pas toujours bien mises en avant. Intérêt de former des étudiants avec une **hybridation de leurs savoirs** en vue d'avoir des professionnels aux compétences multi-disciplinaires.
- o demande d'informations fiables de la part des journalistes, du monde enseignant, du grand public . Nécessaire de:
 1. **Mettre en réseau** les chercheurs polaires français (sociétés savantes type CNFRA, retour d'expérience)
 2. Prendre le temps de procéder à une **vulgarisation** des travaux de recherches
 3. S'identifier en tant que **média-référent** (besoin de formation en communication).

Défi n°9: La Zone Intertropicale au Regard de sa Vulnérabilité face aux Changements Globaux

Bachelery P	OPGC
Bonnet MP	IRD
Cammas JP	OSU-R/LACy
Chauvain F	CNRM
Chave J	EDB
Douville E	LSCE
Guerrin F	GET
Guichard F	CNRM
Join JL	Join JL
Kergoat L	CESBIO
Lebel T	IGE
Lengaigne M	LOCEAN
Marticorena B	LISA
Pennober G	Espace-DEV
Stieglitz T	CEREGE
Terray P	LOCEAN
Tribollet A	LOCEAN
Valentin C	IEES
Van Baelen J	LACy



Trois communautés: OA, SIC et milieux insulaires et littoraux

DÉFI 9 – CONTEXTE



PROBLÉMATIQUES ET ENJEUX



- **Continent: Modifications importantes induites dans la circulation tropicale globale (e.g. cellules de Hadley & Walker): changements des cycles saisonniers des pluies et des climats régionaux. Tendance à l'intensification hydro-climatique**
- **Enjeux: Risques d'effondrement systémique, d'atteinte des limites physiologiques**
- **Continent: Rôle majeur du cycle des GES et des composés réactifs sur le changement climatique: réservoir (biomasse, sols), sources et puits**
- **Enjeux: Les tropiques deviennent l'épicentre de la population mondiale répartie sur 36% des terres émergées**
- **Domaines insulaires récifaux d'origine volcanique: impact du CC sur la barrière récifale, l'eau douce, la biodiversité ; anthropisation**
- **Enjeux: Vulnérabilité des milieux et sociétés littorales. Barrière récifale: importance physique et économique (protection), richesse (biodiversité)**



- **Observations: Zone Intertropicale, zone la moins observée et la moins étudiée de la planète. Absences de dispositifs type SNO (longues durées) et d'observatoires pluridisciplinaires**
- **Modèles climatiques: Biais importants et résistants des modèles (Ts et bilan énergétique). Frein à la connaissance du changement climatique régional**
- **Modèles méso-échelles: Faiblesses dans les représentations de la circulation tropicale et des systèmes convectifs (paramétrés). Frein à la connaissance d'une distribution réaliste des pluies aux tropiques.**
- **Compétences: Nécessité d'aborder les études aux niveaux pluri-, inter- et trans-disciplinaires**

DÉFI 9 – RECOMMANDATIONS



ORGANISATION



- Dynamique climatique
- Echelles convectives et lien avec la surface
- Les extrêmes: intensification hydro-climatique
- Cycle de l'eau et des GES: renforcer les interactions entre disciplines autour de la zone critique. Principe des Zones Atelier
- Développer les liens SIC / TS
- Domaines insulaires: développer les concepts des îles comme laboratoire des approches intégrées et laboratoire pour l'étude des trajectoires des socio-écosystèmes
- Ressources humaines dans les DOM: 20 à 30 fois moins de chercheurs CNRS qu'en métropole. Développer les accès et les missions longues durées

INSTRUMENTATION, MODÈLES ET DONNÉES



- Instrumentation en milieux extrêmes (Défi n°16) et nouveaux capteurs environnementaux (Défi n°15)
- Documenter les différences entre générations de modèles climatiques (CMIP5/CMIP6)
- Fédérer les activités de modélisation SIC
- Développer l'observation spatiale pour SIC
- Monter des observatoires pluridisciplinaires

DÉFI 9 – RECOMMANDATIONS



LIENS AVEC LES INDUSTRIES



Secteurs industriels impactés par le changement climatique dans la zone intertropicale:

- **Exploitation des ressources naturelles renouvelables, dont l'eau**
- **Exportation: pêche industrielle, agroalimentaire**
- **Tourisme: événements extrêmes et effondrements systémiques**

LIENS AVEC LES ODD



- **ODD 13: Mesures relatives à la lutte contre les changements climatiques**
- **ODD 6: Eau propre et assainissement**
- **ODD 11: Villes et communautés durables**
- **ODD 12: Consommation et production durables**

DÉFI 9 – RECOMMANDATIONS



COMPÉTENCES ET INTERDISCIPLINARITÉ



Compétences:

- Liens entre modélisations climatiques, régionales et hautes résolutions
- Interdisciplinarité et Multiculturel
- Travail en réseaux

Interdisciplinarité:

- Atmosphère, Zone Critique, Littoral
- Ecologie, Biologie, Biodiversité
- Socio-éco-systèmes

COMMUNICATION ET DIFFUSION



- Faciliter l'utilisation de l'information climatique par les différentes communautés: documenter les simulations existantes et les outils disponibles
- Utiliser nos DOM comme une vitrine du développement des recherches intégrées s'appuyant sur les interactions société/vulnérabilité: « Islands are the bell- weathers of international environment policy. The world will see their success or failure on our islands ». J. Michel, Président des Seychelles.
- Communications à l'UICN, CCNUCC-COP 26

The background image shows a wide harbor with a city skyline in the distance. A large Hapag-Lloyd container ship is visible on the right side of the water. A small sailboat is on the left. A semi-transparent blue rectangle is overlaid on the left side of the image, containing the title and issue number.

Continuum et interfaces terre - mer

N° 10

DÉFI 10 – CONTEXTE



PROBLÉMATIQUES ET ENJEUX



- Un ensemble de milieux interconnectés où se concentrent les populations humaines
- Des socio-écosystèmes à la vulnérabilité accrue, exposés au changement climatique et aux perturbations anthropiques locales
- Gestions des incertitudes sur l'évolution à différentes échelles d'espace et de temps
- Gestion des interactions et rétroactions entre complexité naturelle et actions humaines
- Typologie des CITM, des pressions auxquelles ils sont soumis

VERROUS SCIENTIFIQUES



- Approche intégrée de l'observation à la modélisation en intégrant le couplage physique-biologie-biogéochimie.
- Observation – expérimentation pour la détection des signaux faibles ou de polluants d'intérêt émergent, le suivi d'évènements extrêmes, l'acquisition de connaissances sur le fonctionnement biogéochimique
- Modélisation : modèle de continuum pour des scénarios d'adaptation

DÉFI 10 – RECOMMANDATIONS



ORGANISATION



- Développer des chantiers régionaux intégrant les acteurs des différentes disciplines sur des points-chauds scientifiques
- Développer des observatoires interdisciplinaires, pérennes, auto-évolutifs, connectés, sobres, fournissant des données incluant une dimension humaine et participative.
- Faire le lien entre les recherches académiques et les politiques régionales de recherche et d'observation grâce en s'appuyant sur les OSU
- Favoriser la participation (voire la mise en place) d'actions transverses internationales

INSTRUMENTATION, MODÈLES ET DONNÉES



- Maintenir les moyens de développer de l'instrumentation, des nouveaux indicateurs, des études de processus en sciences de la nature
- Promouvoir le développement des codes communautaires et des collaborations et approches interdisciplinaires entre mathématique appliquée, sciences du numérique et sciences de la Terre
- Assurer la bancarisation des données et leur interopérabilité (IR comme Data Terra). Inventorier les données multi-sources locales
- Promouvoir l'utilisation d'archives sédimentaires, historiques, *specimen bank* pour des analyses rétrospectives.
- Promouvoir une modélisation socio-éco (économie+écologie)-systémique tendant vers un modèle 5D du continuum.

DÉFI 10 – RECOMMANDATIONS



LIENS AVEC LES INDUSTRIES



- Co-activité chercheurs, gouvernance, entreprise (cas des éoliennes en mer)
- Lien avec les sciences des procédés et entreprises de fermage, sciences agronomiques et exploitations agricoles intrants du continuum
- Développement méthodologique de capteurs
- Pratiques de production / utilisation et modes de consommation. Chaîne de production – consommation des produits chimiques

LIENS AVEC LES ODD



- One Health : ODD 14, 15 et 3 (vie aquatique et terrestre ainsi que bonne santé, bien être)
- Adaptation – résilience : ODD 13, 6 et 9 (mesures relatives à la lutte contre le changement climatique, eau propre et assainissement, villes et communautés durables)

DÉFI 10 – RECOMMANDATIONS



COMPÉTENCES ET INTERDISCIPLINARITÉ



- Profils de médiateurs–chercheurs ou chercheurs augmentés pour co-construire des connaissances et suivre l'exemple des *Knowledge Action Networks*.
- Chercheurs, enseignants chercheurs et ingénieurs de recherche instrumentalistes.
- *Ingénierie statistique et informatique* requises pour l'analyse de données massives (dont l'identification d'événements rares est un exemple)
- Décloisonnement entre instituts, structures (interdisciplinarité) eg. ILICO – OZCAR, ZA,...coordination des politiques INEE, INHS, INSU par exemple au niveau des ZA et OHM ou infrastructure EU
- Programmes de recherche interdisciplinaire et orientés objet (cf Programme Qqtructurants Interdisciplinaire sur le littoral de l'IRD).

COMMUNICATION ET DIFFUSION



- Actions simples type
- Collaborer avec les universités pour la mise en place de ressources pédagogiques dédiées à la compréhension du continuum
- Mettre en place des écoles d'été ouvertes à tout public (avec quota chercheurs, étudiant, grand public) pour développer une culture de la gestion du continuum

Défi 11

Environnements urbains

N° 11



PROSPECTIVE
INSU

DÉFI 11 – CONTEXTE



PROBLÉMATIQUES ET ENJEUX



Evolution des milieux urbains face aux changements globaux et locaux :

- Multiples forçages sur l'environnement urbain : climatiques, démographiques, aménagement urbain, disponibilité des ressources matérielles (eau matières) et énergétiques, pollutions, forçages socio-économiques.
- Nécessité d'adaptations.
- Remédiation, dans le sens d'une transformation radicale.
- *Problématique d'organisation d'une communauté large, hétéroclite, multidisciplinaire, et travaillant en partie également sur d'autres milieux.*

VERROUS SCIENTIFIQUES



Risques émergents dans les environnements urbains

- Intensification des risques climatiques, contaminants émergents et cocktails, nouvelles espèces invasives, nouvelles pressions sur les ressources locales, croisement des risques et risques sociaux.

Adaptation, comment construire la ville de demain?

- Comment refroidir sans climatiser ?
- Acceptabilité ? comment s'adapter à un monde avec moins de ressources ?

Mitigation, quelles transitions, ruptures nécessaires?

- Changement drastique des modes de vie -> sobriété.
- évaluation des stratégies de mitigation manière intégrée, choix des indicateurs.

DÉFI 11 – RECOMMANDATIONS



ORGANISATION



- *Hierarchie de structurations identifiées :*
- Observatoire urbain sur le long terme:
-> Service SNO OBSERVIL: hydrologie, physico-chimie – contamination eau et sols, climatologie, thermique des bâtiments, télédétection.
- Chantier(s) pluridisciplinaires (5-10 ans) : aspects multi-acteurs incluant les décideurs, entreprises, associations, citoyens.
- GDR pour rassembler communauté, précédé d'un colloque préliminaire, cadre MITI?
- International:
-> villes du sud, déjà fortes pressions (température, eau, sols....) (IRD)
-> réseaux JPI Urban Europe, C40, U20

INSTRUMENTATION, MODÈLES ET DONNÉES



- Avènement de μ -capteurs
-> opportunité de mesures massives en lieux et temps, mais précautions d'utilisation et de calibration.
- Modèles : besoin de modèles intégrés, du processus à l'opérationnel, descente d'échelle (climat global -> μ -climat urbain).
- Données: besoin de disponibilité de données *multi-thématiques* et *multi-échelle*
-> BDD partagées ou interconnectées.
-> recrutement d'ingénieurs/ scientifiques management de données.

DÉFI 11 – RECOMMANDATIONS



LIENS AVEC LES INDUSTRIES (ET DECIDEURS)



- La gouvernance et les prises de décisions peuvent aujourd'hui suivre une logique « multi-acteurs » incluant collectivités, entreprises, société civile, et chercheurs.
- Exemple: éco-quartiers avec intérêt du monde économique d'un accompagnement lors de la conception.
- Mise en œuvre de la mitigation à étudier dans son contexte d'influence mutuelle des divers acteurs (citoyens, associations, chercheurs, industriels, gestionnaires, décideurs).

LIENS AVEC LES ODD



- Revoir le concept du développement durable pour qu'il soit compatible avec de nouvelles conceptions du développement de nos sociétés, et construire les indicateurs appropriés.
- Le concept même d'une durabilité de développement ne paraît plus pertinent, alors que des changements disruptifs dans tous les secteurs de la société paraissent inéluctables, pour éviter ou au moins atténuer les crises planétaires majeures.

DÉFI 11 – RECOMMANDATIONS



COMPÉTENCES ET INTERDISCIPLINARITÉ



- **Nécessité d'approches systémiques et interdisciplinaires : génie civil et urbanisme, économie, géographie, sociologie, santé, écologie, les sciences du climat et de l'atmosphère et environnement.**
- **Nécessitera des approches inter-instituts au niveau du CNRS et au-delà (INSU, INEE, INSHS, INSIS, INSERM, INSB, INRAE, IRD).**
- **Manque de reconnaissance de la valeur des recherches interdisciplinaires encore constatée.**
- **Science participative – opportunités, encapacitation, mais aussi précautions.**

COMMUNICATION ET DIFFUSION



- ***Lien entre connaissance scientifique et action publique ?
Place des chercheurs/ses dans la société?***
- **interpénétration des sphères de recherche et de décision politique (formation).**
- **place chercheur.se à questionner face à d'autres savoirs (experts, ordinaires).**
- **rôle chercheur.se pour répondre aux enjeux environnementaux / climatiques ?
impératif de réserve (d'un rôle d'expert)
vs. impératif de descendre dans l'arène sociétale.**

Nano-satellites

N° Défi 12

Coordinateur : Pierre Drossart (OP)

Comité scientifique : *Mathieu Barthélémy (IPAG), Pierre Drossart (OP), Laurent Dusseau (CSUM), Pierre Kern (INSU), Benoit Mosser (OP), Martin Giard (IRAP)*



DÉFI 12 – CONTEXTE



PROBLÉMATIQUES ET ENJEUX



- Un développement international en pleine croissance : le « newspace », une démocratisation du spatial, mais à quel prix ?
- Soutien aux projets spatiaux avec nanosatellites passagers ou autonomes
- Entrée dans le spatial pour de nouveaux acteurs scientifiques : universités / laboratoires de recherche
- Articulation recherche / enseignement : le newspace est au cœur de la problématique des nouvelles universités de recherche
- Enjeu de la nouvelle loi sur les opérations spatiales (LOS) : sécurité juridique du domaine « newspace »

VERROUS SCIENTIFIQUES et TECHNOLOGIQUES



- **Verrous Scientifiques : définir de nouveaux objectifs scientifiques dans des niches adaptées.**
 - *Accompagnement de missions classiques : ratio coût/risque autorisant des innovations plus rapides*
 - *Réseaux de nanosats autonomes et en organisation autonome*
 - *Navigation autonome pour les nanosatellites interplanétaires*
- **Verrous technologiques :**
 - *Formation aux métiers du spatial : de nouvelles équipes à former*
 - *Filière nanosats de plateformes génériques pour séparer les développements instrumentaux des développements satellitaires : Interfaces à définir*

DÉFI 12 – RECOMMANDATIONS



ORGANISATION



En soutien aux recommandations prospective CNES et INSU/AA, avec en complément :

- Constitution en France d'un réseau des CSU/CSE (RFCSU) avec une charte nationale en cours de signatures) : > 12 participants
- Relations CNES / INSU / RFCSU à définir
- Mise en place de comités d'experts internationaux pour avis sur les sélections de projets
- Relations Universités / Organismes
- Implication régionale / nationale
- Horizon Europe : e.g. Targeted and strategic actions supporting the EU space sector

INSTRUMENTATION, MODÈLES ET DONNÉES



- Une nouvelle organisation de projet par rapport au spatial « classique »
 - *ingénierie concourante : définition de mission multidisciplinaire, et itérative*
 - *gestion de projets à participation étudiante*
- Contrôle qualité :
 - *Comment concilier le ratio coût/qualité dans le cadre de projets nanosatellites ?*
- Définition des rôles respectifs entre plateformes et charges utiles (interfaces)
 - *Systèmes partagés : interfaces et communications plateformes/instruments (ex. pointage, telecoms, etc.)*
- Moyens de tests : articulation avec les moyens classiques (IR Motespace et équivalent)

DÉFI 12 – RECOMMANDATIONS



LIENS AVEC LES INDUSTRIES



- Industriels du spatial (Airbus, Thalès, OHB) : intérêt encore à définir !

- Lanceurs : ESA (Vega), internationaux

- Nouveaux acteurs : startups, PME

Plateformes : e.g. U-Space, Nexeya, ISIS, ...



danger à imposer un seul acteur dans un secteur très mouvant

- *Contrôle d'attitude (Hypérion, ...)*

- *Télécoms*

- *Panneaux solaires*

- *Micropropulsion*

- *Stations sol*

- *Testpods (adaptateurs lanceurs)*



LIENS AVEC LES ODD



- Programmes actifs en sciences de la Terre et de la Planète (en complémentarité avec les programmes spatiaux actuels)

- Implication sur les aspects Risques spatiaux (Space Situation Awareness)



- *Préservation de l'orbite terrestre contre la pollution des débris spatiaux (en lien avec la LOS)*

- *Météorologie de l'espace*

- *Risques météoritiques*

- Nouvelle échelle de développement rapide pour la réactivité sur programmes d'alerte : remplacement de capteurs

DÉFI 12 – RECOMMANDATIONS



COMPÉTENCES ET INTERDISCIPLINARITÉ



- Du spatial vers les disciplines nouvelles : les sciences de l'univers sont déjà bien insérées dans des programmes de nanosatellites.
- Relations hors INSU :
 - *INSIS : recherche instrumentale,*
 - *IN2P3 : physique fondamentale*
 - *autres ? SHS ?*
- Implication des laboratoires spatiaux dans l'émergence des laboratoires universitaires du « newspace »

COMMUNICATION ET DIFFUSION



- Fort enjeu sociétal du spatial : impact médiatique des missions, diffusion des données – fort héritage de la physique spatiale
- Science citoyenne :
 - *Relations sol-espace (type Cheops)*
 - *radioamateurs pour nanosats en bande UHF (exemple de PICSAT)*
 - *Risques spatiaux : acteurs institutionnels mais aussi industriels concernés*

De la production de la donnée à son exploitation scientifique

Défi 13

DÉFI 13 – CONTEXTE



PROBLÉMATIQUES ET ENJEUX



o Comment gérer les données de la Science ?

Quelles informations et procédures doivent permettre de garantir, dans le temps, l'intégrité, la qualité et la véracité d'une donnée, ainsi que sa réutilisabilité ?

o Comment utiliser les données de la science ?

Quels outils, quels flux et quelles infrastructures vont permettre aux chercheurs d'analyser leurs données, de les combiner des données existantes afin de produire de nouveaux résultats ?

o Comment répondre à ces questions dans un contexte d'avalanche de données ?

Quelles sont les nouvelles méthodes à mettre en place (IA, Machine Learning, ...)

VERROUS SCIENTIFIQUES



o Hétérogénéité des contextes/communautés au sein de l'INSU

o Limitations des ressources

- o Humaines (effectifs, nouvelles compétences : data scientist, data manager)
- o Matérielles (conservation et circulation des données)

o Besoins de communiquer au-delà de l'INSU: INS2i, INRIA...

o Problématiques liées aux données massives

- o Traitements embarqués
- o Méthodes d'analyse génériques
- o Logistique

o Manque d'outils:

- o Outils d'analyse: comment rivaliser avec les GAFA
- o Outils de gestion intégrés au cycle de vie de la données

o Verrous humains:

- o Prise en compte tardive de la problématique de la donnée dans les projets scientifiques
- o Volonté de conserver toutes les données

DÉFI 13 – RECOMMANDATIONS



ORGANISATION



- **Gouvernance nationale des données : mise en place d'une « IR Donnée »**
 - Coordination technologique des mésocentres de données
 - Financement long terme de la conservation de la donnée
 - Expertise vis-à-vis des communautés scientifiques
 - Lien avec les pôles de données et observatoires virtuels.
- **Gouvernance locale des données: imposer sur l'ensemble des projets des DMP indiquant:**
 - La durée de conservation des différents produits
 - Les volumes générés
 - Les entrepôts de données associés au projet
 - Les coûts de conservations annuels.

INSTRUMENTATION, MODÈLES ET DONNÉES



- **Entrepôts de données interconnectés**
 - Les données doivent être regroupées dans des mésocentres aux capacités adaptées au contexte Big Data.
 - Ces entrepôts doivent prouver leurs capacités
 - Ces centres doivent mettre en place des flux de données privilégiés permettant un accès interopérable aux données
- **Rapprochement avec les centres de calcul**
 - Le lien avec les centres de calcul doit être anticipé via la mise en place d'infrastructures réseaux suffisantes
- **Logiciels communs**
 - L'IR Donnée doit piloter la mise en place d'outil communs dédiés à
 - L'analyse des données
 - La supervision des données stockées

DÉFI 13 – RECOMMANDATIONS



LIENS AVEC LES INDUSTRIES



- o Les GAFA proposent des écosystèmes logiciels à la fois adjuvant et concurrent (stockage, analyse des données, ...) vis-à-vis desquels l'INSU doit se positionner:

- o quand les utiliser ?
- o dans quelles limites ?
- o ...

LIENS AVEC LES ODD



- o La conservation des données sur le long terme à un fort impact écologique.

La gouvernance de la donnée – nationale ou locale - doit avoir comme objectif d'en réduire le coût: mutualisation des équipements, proximité des utilisateurs principaux, destruction régulière, ...

DÉFI 13 – RECOMMANDATIONS



COMPÉTENCES ET INTERDISCIPLINARITÉ



o Compétences

Favoriser la formation, le recrutement (temporaire/pérenne) et la valorisation des profils hybrides:

- Data scientists: Data science + Thématique scientifique (sujets très valorisants pour des doctorants/ postdoctorants)
- Data managers: Gestion de la donnée + Thématique scientifique
- Spécialistes infrastructure: Calcul + stockage

o Interdisciplinarité

De fortes interactions hors de l'INSU seraient bénéfiques, notamment pour le traitement des données. Par exemple avec l'INS2i ou l'INSMI au sein du CNRS ou d'autres organismes comme l'INRIA.

La création d'une commission interdisciplinaire dédiée à l'analyse des données massives et la mise en place de « Data Challenge » seraient pertinents

COMMUNICATION ET DIFFUSION



o La diffusion des données fait l'objet du défi 14



Accès ouvert aux données scientifiques

défi 14

Strasbourg, 20 & 21 jan 2020

DÉFI 14 – CONTEXTE



PROBLÉMATIQUES ET ENJEUX



- Les données sont au cœur de la démarche scientifique de l'INSU
 - longue de tradition de distribution ouverte des données via les SNOs et IR
 - une politique volontariste de soutien au partage de données. Axe transverse fort.
- Implication bien en amont du développement des **principes FAIR** (Facile à trouver, Accessible, Interopérable, Réutilisable) et **Science Ouverte**



VERROUS SCIENTIFIQUES



5 grands thèmes:

- Contexte FAIR: national, européen, international
- Gestion des données et services: Observatoire Virtuel en AA, Infrastructures de Recherche, OSUs et SNOs
- Les données “hors observatoire”: données de longue traîne, attachées aux publications, hors SNOs, non-numériques, etc
- Harmonisation des modèles de données et des métadonnées: description des données, formats
- Certification des entrepôts de données et de services

Document complet avec toutes les recommandations sur le site CORE, défi 14 + vidéo des 2 jours

DÉFI 14 – RECOMMANDATIONS



ORGANISATION



- [R1] Pilotage par les besoins scientifiques
- [R2] Pilotage national
- [R3] Financement
- [R4] Soutien aux infrastructures thématiques
- [R5] Les Infrastructures de Recherche dans un paysage en évolution
- [R6] Mise en priorité
- [R7] Analyse du paysage
- [R8] Ressources humaines et gestion des personnels/reconnaissance des compétences
- [R9] Évolution de la culture du milieu scientifique, organismes, laboratoires et personnels
- [R10] Aspects techniques, standards
- [R11] Certification des entrepôts et services de données

DES POINTS RÉCURRENTS

- **La science est au cœur du processus. Elle doit rester le moteur des évolutions et des choix stratégiques**
 - Il est essentiel de soutenir les centres de données et de services, de fournir aux communautés les outils adéquats définis par les besoins scientifiques
- **État des lieux :**
 - Services FAIR et entrepôts de données: faire l'inventaire de l'existant.
 - Participer à l'inventaire CNRS des services
 - Faire l'inventaire des autres services utilisés par les chercheurs
 - Documenter le besoin d'un entrepôt de données de longue traîne CNRS
 - Diversité des métiers liés aux données et de leur spécificités: faire l'inventaire des profils et des compétences

**Des recommandations complètes et opposables
à prendre en compte dans chaque rubrique**

DÉFI 14 – RECOMMANDATIONS



DES POINTS RÉCURRENTS

- Notions de **coûts** (humains, temps, financiers...) / définitions de **priorités**
 - FAIRisation, partage interdisciplinaire, certification
 - besoins de financements pour la gestion des données pour des durées supérieures à celles des projets → overheads?
 - reconnaissance temps dévolu à la bonne gestion des données
- Evolution rapide de l'écosystème international/européen/national du partage des données scientifiques et de la Science Ouverte: poursuivre les réflexions sur son évolution et l'articulation des différents niveaux, y compris EOSC



INSTRUMENTATION, MODÈLES ET DONNÉES

- Pilotage national par l'INSU et structuration en OSUs: un atout.
- Rôle majeur des IR au niveau national, européen et international. Deux exemples phares :  
- Gestion et harmonisation des données :
 - continuer à soutenir l'AS OV et renforcer le rôle de l'IR Data Terra (InterPôle).
 - Renforcer les échanges techniques et de bonnes pratiques.
- Documenter le besoin national d'un entrepôt de données longue traîne
- La certification des entrepôts de données et services implique aussi la gouvernance.
 - L'auto-évaluation est utile en soi.
 - Soutien via ANRs et RDA France/CoSO Données



DÉFI 14 – RECOMMANDATIONS



COMPÉTENCES ET INTERDISCIPLINARITÉ



- Complémentarité de plusieurs métiers et compétences différentes (chercheurs, informaticiens, documentalistes, juristes, ...) .
- Nouveaux métiers sur les données ("Data analyst", "Data architect", "Data steward", "Data scientist", ...) à définir.
- Identifier, reconnaître et valoriser les métiers liés à la gestion des données. En faire la liste, en identifiant les compétences.

LIENS AVEC LES ODD ET LA SOCIÉTÉ



- Reconnaissance de l'impact des technologies de l'information dans les émissions de gaz à effet de serre. Existence de labels/certifications reconnaissant la conception responsable de service numérique.
- L'impact de la science ouverte vers la société, c'est aussi de donner accès aux données à tous, ce qui ouvre des opportunités égales pour les chercheurs de tous les pays, y compris les pays à revenus faibles et intermédiaires.

LIENS AVEC LES INDUSTRIES



- Les accords ou MoU sont critiques. Besoins forts de clarifications et de faciliter l'accès aux informations juridiques.
- Proposition d'une concertation entre les services juridiques des établissements de manière à déboucher à une charte ou un guide synthétique.

COMMUNICATION ET DIFFUSION



- Sciences participatives : les données qu'elles fournissent sont très diverses et de qualité très inégales -> Nécessité de faire des choix.
 - Chiffrer les coûts globaux de ce que pourrait représenter la gestion de ces données. Identifier des exemples.
- Diffusion auprès du grand public des méthodes scientifiques sur de vraies données et avec des outils utilisés et développés par les communautés INSU.

Nouveaux Capteurs environnementaux

Défi N°15

Pascal Conan

Sophie Godin-Beekmann & Pierre Kern

Prospective INSU

Les défis transverses en sciences de la planète et de l'univers

Nouveaux capteurs environnementaux

Observatoire Océanologique
de Banyuls-sur-Mer

15 - 17 Janvier 2020

- Nouvelles technologies de capteurs miniaturisés
- Technologies « low-cost »
- Rapprochement entre les laboratoires développeurs de technologie et ceux utilisateurs
- Minimisation de l'empreinte environnementale



Observatoire Océanologique de Banyuls-sur-Mer
1 Avenue Pierre Fabre
66650 Banyuls-sur-Mer

DÉFI 15 – CONTEXTE



PROBLÉMATIQUES ET ENJEUX



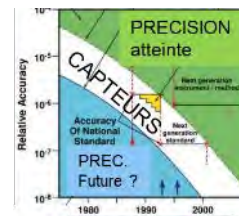
- Intégrer les **nouvelles technologies** en plein essor ces dernières décennies
- Réaliser des **capteurs miniaturisés** à l'extrême et « peu gourmands »
- Maintenir de **très faibles coûts financiers**
- Réaliser une instrumentation compatible avec les **enjeux environnementaux** et de disponibilité des ressources dans la durée
- Echanger dans la variété (inter-domaines) **pour décroisonner** (aller aux interfaces en incluant le monde de l'industrie dès le début d'un projet)



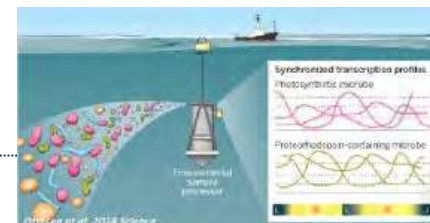
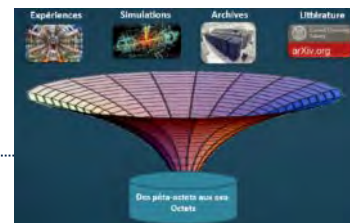
VERROUS SCIENTIFIQUES



- **Caractériser et mesurer** les processus physico-chimiques et biotiques à différentes échelles



- Absorber, gérer et transmettre des **volumes de données** de plus en plus conséquents et multidisciplinaires / multisources



DÉFI 15 – RECOMMANDATIONS

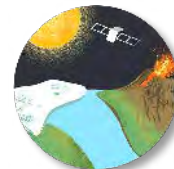
LES 8 PRINCIPALES RECOMMANDATIONS ISSUES DE L'ATELIER



- **Améliorer** les technologies de bases
- **Renforcer** l'ingénierie générique et moyens humains
- **Inventorier** les moyens et accès à ces moyens
- **Renforcer** l'ampleur et élargir le périmètre des AEI (Ateliers Expérimentation Instrumentation ; biannuelle)
- **Créer** un véritable « réseau capteurs »
- **Remettre** la DT au service des unités et multiplier les relations entre les instituts
- **Améliorer** la stratégie de gestion de données en lien avec les OSU et les infrastructures de données nationales
- **Inventorier et documenter** les entreprises collaborant avec les unités



50 participants / 3 jours



ORGANISATION



- o Proposer **une meilleure visibilité sur les moyens disponibles** du point de vue techniques (équipements, composants) et humain (expertise notamment).
- o **Gonfler/ élargir les AEI** et les ouvrir aux autres instituts et organismes
- o **Créer un nouveau réseau métier** sur les capteurs
- o **Mobiliser le réseau SIST** (<https://sist.cnrs.fr>) et aborder le problème de Stratégie/ Capacité de stockage/ traitement/ transmission de la donnée
- o **Conserver des personnels ITA** BapC dans les labos pour relier les scientifiques "clients" et les experts technologiques (bureaux d'études, DT-INSU, prestataires externes...)

DÉFI 15 – RECOMMANDATIONS

LIENS AVEC LES INDUSTRIES



- Faire un vrai **travail de réseautage**, pôles de compétitivité pour faire connaître nos expertises et nos besoins
- Investiguer et recenser le **potentiel de moyens extérieurs** à l'INSU (écoles d'ingé., fablabs, hackathon...)
- Avoir un **inventaire documenté des entreprises** collaborant avec les unités en lien avec leurs compétences
- Impliquer les collaborateurs industriels potentiels **dès le début d'un projet**

Un besoin général sur l'instrumentation

Technologies de bases : Évaluer le potentiel des Composants sur Étagère (**COTS**- valid./calibr.)

ODD 13 (changements climatiques)

OOD 14 (vie aquatique)

OOD 15 (écosystèmes terrestres)

OOD 12 (Consommation et production responsables)

OOD 7 (énergie propre)



LIENS AVEC LES ODD

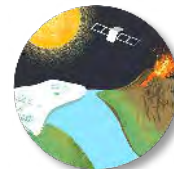


- ✓ **Réduire l'empreinte environnementale** de l'instrumentation (*avant, pendant et après les mesures*) en identifiant et diffusant auprès des labos des technologies et/ou des matériaux en accord avec les ODD
- ✓ Résoudre le problème **d'envoi, de stockage et curation des données** en réduisant l'empreinte carbone
- ✓ Nécessité de **réduire et optimiser les (re-)visites** des sites instrumentés (entretien...)



DÉFI 15 – RECOMMANDATIONS

COMPÉTENCES ET INTERDISCIPLINARITÉ



COMMUNICATION ET DIFFUSION



- Répertorier les **compétences et logistiques** des laboratoires
- **RH : Financer et surtout pérenniser** les compétences propres au développement et mise en œuvre de capteurs
- Ajouter **certaines compétences à la DT** (BAP-c...)
- Suivre la **gestion de la maturité technologique** pour optimiser les montées en TRL
- Développer **des capacités de production** en petites et / ou moyennes séries (localement)
- Développer des **moyens en métrologie et calibration**
- **Multiplier les échanges** avec les autres instituts du CNRS (INSIS, INS2I, IN2P3, INP, INC...), et autres organismes
- Aider aux **développements technologiques** pointus (bio-capteurs, gestion de l'énergie...)



- Fournir des **informations synthétiques** pour identifier les appels et les guichets *ad hoc*
- Multiplier les actions de **lobbying à l'Europe**
- Visibilité : **développer un site web** pour l'inventaire des moyens (logistiques et humains) disponibles
- **Créer un réseau national transverse** dédié aux capteurs et mieux utiliser les «Réseaux métiers»
- **Améliorer la stratégie de gestion de données** et mieux utiliser l'expertise des infrastructure de Recherche
- Améliorer les échanges **entre DT et les unités**, par des visites/échanges fréquents notamment

Instrumentation en milieux extrêmes

Défi 16

Christelle Rossin, Nathalie Huret et Pierre Kern

PROSPECTIVE INSU
 Les défis transverses en sciences de la planète et de l'univers
 Sous-défi n°16 : l'instrumentation en milieux extrêmes

A Clermont-Ferrand
 UCA - Campus Universitaire
 Pôle Physique - Amphi 9109

30 et 31
 Janvier
 2020

L'instrumentation et l'expérimentation en milieux extrêmes servent à priori toutes les sciences d'un, de plusieurs ou de la combinaison des paramètres/conditions suivants :

- Paramètres d'état : état et haute température, haute et basse pression, salinité, acidité,
- Paramètres dynamiques : forte gradient, large gamme des paramètres d'état, non contrôlé,
- Conditions environnementales : vents, précipitations, foudre, sécheresse, cyclones, ouragans, tsunamis, éruptions, séismes, incendies, etc.
- Accessibilité de la mesure : milieu hostile : pléthorique, zone polaire, zone désertique, zone océanique profonde, courants, dangerosité,
- Durée de l'événement : très court, très long.

Programme

Séance 1	Mesures et expérimentation en conditions extrêmes
Séance 2	Miniaturisation de la mesure embarquée pour échantillonnage autonome en environnement extrême
Séance 3	Drones, petits ballons et rovers
Séance 4	Réseaux de capteurs (opportunités, réseaux intelligents distribués...)

Table ronde 1	Communication, diffusion de la connaissance et rôle en situation de crise
Table ronde 2	Intégration aux Objectifs de Développement Durable et lien avec la transition énergétique et écologique
Table ronde 3	Moyens à mettre en œuvre pour mettre en place les actions dans les années à venir : AO, nouveaux réseaux métiers, formations et GDR

DÉFI 16 – CONTEXTE (1/2)

PROBLÉMATIQUES ET ENJEUX

L'instrumentation et l'expérimentation en milieux extrêmes ont été appréhendées au travers d'un, de plusieurs ou de la combinaison des paramètres et/ou conditions suivants :

- Paramètres d'état : haute et basse température, haute et basse pression, salinité, acidité
- Paramètres dynamiques : forts gradients, large gamme des paramètres d'état, non linéarité
- Conditions environnementales : vents, précipitations, foudre, nuages, cyclone, courants, particules chargées, rayonnement et inconnue
- Accessibilité de la mesure - milieu hostile : planétologie, zone polaire, zone éruptive, zone océanique lointaine, cavernes
- Durée de l'événement : très court, très long



- Pour mieux comprendre le système Terre et l'évolution de son environnement, ainsi que les autres planètes et corps célestes :
 - Besoin d'un suivi spatial et temporel plus dense, surtout dans les régions & environnements difficiles d'accès ou extrêmes
 - Nécessité de nouveaux instruments et approches instrumentales pour apporter un nouvel éclairage sur le fonctionnement de ces régions



DÉFI 16 – CONTEXTE (2/2)

PROBLÉMATIQUES ET ENJEUX

Méthodologie et élaboration des recommandations

Défi organisé au travers de **4 sessions plénières** (présentations courtes suivies de questions et sessions posters) et **5 tables rondes**

- **Session 1 : Mesures et expérimentations en conditions extrêmes**
- **Session 2 : Miniaturisation de la mesure embarquée pour échantillonnage autonome en environnement extrême**
- **Session 3 : Drones, ballons et rovers**
- **Session 4 : Réseaux de capteurs (opportunité, réseaux intelligents distribués)**



Une table ronde sur **les moyens à mettre en œuvre pour les années à venir** a fait ressortir **4 sujets d'intérêt majeur** pour les différents participants, traités en sous-groupes séparés :

- **Les OSU : nœud d'échanges, compétence et savoir-faire, concept instrumentaux et montage de projet**
- **Comment mieux travailler ensemble sur le développement de l'instrumentation en milieux extrêmes ?**
- **Quelles compétences pour le développement ?**
- **Quelle maintenance instrumentale, qui et comment ?**

D'autres sujets sur la **communication/diffusion de connaissances et les ODD** ont été traités par tous, en sous-groupes mais de manière incrémentale :

- **Que faisons-nous pour répondre aux Objectifs de Développement Durable ?**
- **Quels matériaux et sources d'énergie pour demain ?**
- **Communication en cas de crise**
- **Diffuser et vulgariser vers le grand public**

DÉFI 16 – RECOMMANDATIONS

ORGANISATION



- **Disposer de moyens de financement adaptés pour la R&D et le développement instrumental en milieu extrême à l'INSU**
- **Assurer le support dans la durée aux sites instrumentés : par exemple mettre en place une ligne DIALOG "soutien à l'instrumentation en exploitation"**
- Aider aux montages des projets, répertorier au niveau des OSU les projets en cours et les projets naissants
- Mettre en place des revues de développement technique projet avec IT/direction DT INSU pour aide/conseil
- Mettre en place des soutiens DT INSU hors appels d'offre pour conseil/expertise

INSTRUMENTATION et EQUIPEMENTS



- **Promouvoir les bonnes pratiques de gestion d'équipements : utilisation, maintenance, assurance, modèle économique**
- Harmoniser les outils de développements au sein de l'INSU (CAO mécanique, électronique, ...)
- Partager les design et/ou briques de base (hard/soft) à la communauté, favoriser le transfert des instrumentations qualifiées "spatial" vers les autres domaines de l'INSU
- Recenser au sein de l'INSU les moyens de tests et étalonnages des instruments de terrain



DÉFI 16 – RECOMMANDATIONS

LIENS AVEC LES INDUSTRIES



- **Considérer un modèle économique sur le long terme incluant les contrats de maintenance : consommables, maintenance préventive et curative**
- Proposer des critères de choix de fournisseurs à même de répondre aux contraintes des milieux extrêmes et négocier avec les principaux fournisseurs pour réduire les coûts d'achat des consommables

LIENS AVEC LES ODD



- **Promouvoir les bonnes pratiques de gestion d'équipements : utilisation, maintenance, assurance, modèle économique**
- **Inciter les laboratoires à une instrumentation plus sobre :**
 - Sensibiliser les personnels à l'utilisation de matériaux "propres" et à la comptabilité éMergétique*
 - Favoriser l'utilisation de nouvelles technologies à faible impact environnemental



* Le concept d'éMergie permet la comparaison de plusieurs scénarios en prenant en compte l'ensemble de l'énergie dépensée (directement et indirectement) ainsi que la nature des sources énergétiques, et en normalisant l'ensemble en équivalent énergie solaire.

DÉFI 16 – RECOMMANDATIONS

COMPÉTENCES

o Partage des compétences :

- o Créer/valoriser des plateformes de compétences et d'équipements en local au sein des OSU permettant des échanges entre UMR
- o Favoriser les échanges de compétences/IT au sein des OSU ou des labos (cf. convention "mission longue durée " en veillant à la valorisation des carrières pour les personnels)

- o Identifier des experts métiers dans les labos/OSU, construire une base de données des compétences au niveau de l'INSU
- o Valoriser les compétences et expertises spécifiques aux milieux extrêmes (missions de terrains à fortes contraintes, ...) et les compétences transversales nécessaires (intégration, qualité, logistique, instrumentation au sens large...)
- o Renforcer les offres de formation spécifiques aux milieux extrêmes type ANF ou l'action des réseaux (cf. réseaux MAPI, ingénierie système et drone)

INTERDISCIPLINARITÉ et COMMUNICATION

o Travailler davantage encore en réseaux :

- o Besoin fortement exprimé d'un réseau métier "capteurs"
- o Créer un réseau "instrumentation en milieux extrêmes" INSU ou CNRS (+ IN2P3, INP, INRAe, IFREMER, IPEV, Météo France, CNES)
- o Encourager le réseautage en local (campus, OSU ...)
- o Favoriser l'ingénierie concourante, l'utilisation de prototypes, la méthode agile



Vers l'*exascale*
convergence *HPC* et *HPDA* ?

Défi 17

Frédéric Bornaud, Emmanuel Chaljub, Benoît Commerçon, Yohan Dubois, **Marie-Alice Foujols**,
Sylvie Joussaume, Gerhard Krinner, Roland Martin, Pierre Ocvirk, Benoît Semelin, Jean-Pierre Vilotte

DÉFI 17 – CONTEXTE



PROBLÉMATIQUES ET ENJEUX



- L'**exascale** (10^{18}) représente l'ordre de grandeur des capacités de calcul intensif prévues pour le début des années 2020 avec des architectures dites accélérées de rupture. **EUROHPC**.
- Le **HPC ou Calcul à Haute Performance** concerne les capacités de calcul utilisés par les simulations les plus lourdes depuis de nombreuses années sur les centres de calcul nationaux. **Instrument de travail**.
- **HPDA ou Analyses de Données à Haute Performance** concerne les traitements intensifs de données à partir d'outils d'Intelligence artificielle (Machine Learning, Deep Learning) sur de grands ensembles de données.
- **Importance d'une stratégie numérique par communautés** (prospectives AA, ST) et **INSU** autour de l'ensemble de l'écosystème numérique.

VERROUS SCIENTIFIQUES



- L'**exascale** représente un défi inédit pour les communautés **INSU** :
 - **architecture de rupture** (processeurs hétérogènes accélérés, mémoire, latence)
 - **architectures mixtes à façon** (choix éclairés, vision globale avec GENCI)
 - **codes complexes, multi-physiques**
 - **très gros travail nécessaire sur les codes eux-mêmes** : ingénierie et recherches
 - **nécessité de compétences et d'une organisation** qui relève ces défis
- La **convergence** = capacité de créer des environnements qui permettent à la fois le calcul haute performance et les analyses de grands jeux de données avec les techniques d'intelligence artificielle.
A ce stade de la prospective, l'exascale est un défi majeur pour la communauté modélisation/simulation et la convergence reste une question ouverte ?

DÉFI 17 – RECOMMANDATIONS

① ② ③ ④ ⑤ ⑥



ORGANISATION



- ① Lancer une Action Nationale INSU Transverse sur le HPC visant à développer une stratégie nationale face aux enjeux de l'exascale.
- ② Renforcer les compétences en ingénierie des codes et faire émerger un pôle d'expertises INSU
- ⑥ Soutenir formellement les échanges et interactions entre les communautés d'observations et les communautés modélisation et simulation, en organisant un ou des ateliers dédiés

INSTRUMENTATION, MODÈLES ET DONNÉES



- Instruments du futur → grands codes communautaires de simulation
- ⑤ Soutenir le développement de plateformes d'interconnexion des données et des services, intégrant les différents niveaux, nationaux, régionaux et les OSU.

DÉFI 17 – RECOMMANDATIONS

① ② ③ ④ ⑤ ⑥



LIENS AVEC LES INDUSTRIES



- Liens avec constructeurs informatiques
- Liens avec développeurs de logiciels
- Liens avec bureaux d'études : par exemple simulations régionales spécifiques et services climatiques, qualité de l'air, ...

LIENS AVEC LES ODD



- Intégration aux ODD et liens avec la transition énergétique et écologique
→ groupe de travail pour analyser sobriété numérique associée à la prospective

DÉFI 17 – RECOMMANDATIONS

① ② ③ ④ ⑤ ⑥



COMPÉTENCES ET INTERDISCIPLINARITÉ



- ② Renforcer les compétences en ingénierie des codes et faire émerger un pôle d'expertises INSU
- ③ Développer des formations en HPC mais aussi en IA adaptées aux besoins de l'INSU, en lien avec les experts IA pour attirer l'expertise IA vers les domaines de recherches INSU.
- ④ Développer des collaborations autour de la préparation à l'exascale
- Compétences du futur → ingénierie et recherche en HPC et IA

COMMUNICATION ET DIFFUSION



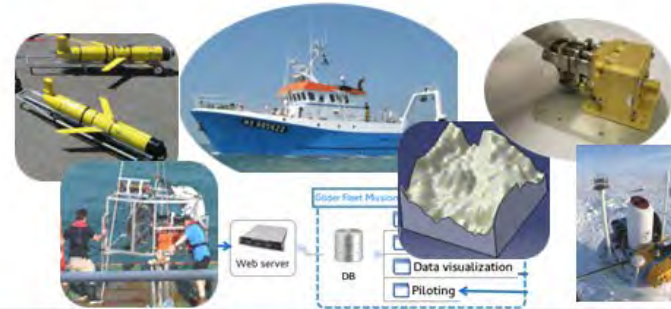
- → en lien avec la science ouverte : diffusion des données FAIR ou pas, avec analyse des coûts, y compris infrastructures, centres thématiques
- Résultats de simulations : potentiel de communication très riche

Prospective Division Technique -INSU

N° Défi: 18

Synthèse d'un travail collectif mené depuis
plus d'un an
Réunions bilan et prospective entre le 22
septembre au 1ere octobre 2020

Division Technique de l'INSU





Importance pour nos disciplines du développement instrumental et d'observations de terrain, depuis le sol ou l'espace. Activités instrumentales et d'observation menées par:

- Des équipes techniques en laboratoires => **UMR**
- Des unités de service réparties en région => **UMS des OSU, UMS gérant des IR**
- **Une** unité de service au niveau national => **UPS DT-INSU**

Division Technique (DT): Unité Propre du CNRS/INSU, au service des unités de recherche

- 53 agents (51 permanents, soit ~3,5% de l'effectif ITA-CNRS de l'INSU)
- Métiers de l'instrumentation (mécanique, opto-mécanique, électronique, électrotechnique, contrôle-commande, informatique, ingénierie système, déploiements instrumentaux, ..)
- Activités actuelles:
 - en réponse à Appel à Propositions annuel (50 à 70 demandes par an émanant de 30 à 40 labos différents) : **bureau d'étude et fabrication mécanique, développement instrumental, ingénierie projet**
 - maintien et déploiement de **parcs instrumentaux « communautaires »** labellisés au niveau national
- 3 sites (Meudon, La Seyne/Mer, Brest-Plouzané)



Rôle et compétences de la DT : extrêmement appréciés par ceux qui la sollicitent, mais diversement connus selon les communautés (domaines SIC et TS faisant relativement peu appel à la DT)

Enjeux : stratégie à 10 ans pour la DT-INSU (missions, compétences, moyens) dans un contexte d'évolution des thématiques et approches en sciences de l'Univers

- Réaffirmer la spécificité des missions de la DT-INSU et sa complémentarité avec les autres structures
- Développer les compétences pour répondre aux défis technologiques liés au développement instrumental
- Répondre aux besoins de systèmes d'observation à vocation nationale (parcs, grandes infrastructures)
- Répondre aux nouveaux besoins en observation (exemple: développement de réseaux d'observation)



Elaboration des recommandations

- **Analyse et interviews par le comité de pilotage (2019-2020):** personnel et direction DT, Commissions spécialisées, OSUs, Infra-structures
- **4 ateliers de travail ouverts à toute la communauté (22-25 sept 2020)**



5 sujets

- Mise en oeuvre et maintenance de parcs instrumentaux (C. Jeandel et F. Arnaud)
 - Contributions aux développements instrumentaux des laboratoires (C. Flamant et J-P Berger)
 - Infrastructures de recherche ou grandes opérations nationales (J. Vergne et M. Gérin)
 - Le support métier à la DT (C. Rossin et D. Le Mignant)
- A- Evolution des besoins scientifiques
 - B- Evolution des moyens de la DT
 - C- Responsabilités nationales/locales (DT versus OSU ou UMR)
 - D- Relations avec le monde extérieur (industriels, autres DT,..); veille technologique, transfert de savoir faire
 - E- Organisation des relations entre DT et communautés (appel d'offres, remontée des besoins, animations,..)

DÉFI 18– RECOMMANDATIONS (1)



ORGANISATION / MISSIONS de la DT



Besoin d'un pilotage fort de l'INSU avec affichage clair des missions

- Continuer en priorité à soutenir les activités DT-INSU où son expertise est unique
- **Ce qui relève de la DT**
 - compétences en conception, ingénierie projet, intégration et instrumentation
 - accompagnement de parcs quand leur mise en œuvre sert une large communauté et que cela fait appel à des compétences spécifiques à la DT
- **Ce qui ne relève pas de la DT (mais qui est à soutenir en UMR, OSU, UMS associés aux IR)**
 - l'expertise en physique de la mesure
 - la mise en œuvre de parcs qui ne nécessite pas d'expertise pointue ou de vision nationale particulière
 - la réalisation de très gros projets complets ou d'intégration complexe
 - la gestion de grands ensembles de données

DÉFI 18– RECOMMANDATIONS (2)

ORGANISATION / MISSIONS de la DT



Faire évoluer le contour de certaines activités ou certains modes de fonctionnement :

- Tenir compte des besoins d'aide à la définition de projets pour réponses à ANR, ERC,..., élaboration de cahiers des charges pour nouveau projet : compléter AO annuel par une procédure au fil de l'eau bien cadrée
- Réaffirmer l'importance de l'évaluation des Commissions spécialisées de l'INSU dans la sélection des projets soutenus par la DT
- Parcs instrumentaux : maintenir la mission de la DT sur les parcs en l'améliorant :
 - faire évaluer régulièrement le service rendu à la communauté scientifique
 - mettre en place ou renforcer les comités de pilotage scientifiques, et le suivi par un chargé de mission INSU ; objectif: meilleure incarnation scientifique, meilleure visibilité vers les partenaires institutionnels, anticipation des besoins d'évolution
 - améliorer la coordination avec les OSU et UMR et favoriser l'intégration des parcs dans les Infrastructures (IR-TGIR)
- Inclure dans les missions de la DT, la possibilité de soutien aux infrastructures d'observation labellisées

DÉFI 18– RECOMMANDATIONS (3)



INSTRUMENTATION, MODÈLES ET DONNÉES



■ Développement instrumental

- Maintenir l'expertises en conception instrumentale, ingénierie projet
- Renforcer l'expertise sur les technologies génériques nouvelles (nouveaux protocoles de communications et transfert de données, électronique basse consommation, modules d'accueil de capteurs hétérogènes)
- Sur les grands projets, réserver le support de la DT en priorité sur les développements de durée ≤ 3 ans et qui nécessitent un montée en TRL dans les premiers niveaux (ex 3 $\Rightarrow$ 5) , et avec une contribution DT bien identifiée
- AIT (Assemblage, Intégration et Tests) : activité à la DT seulement si l'essentiel du développement a été réalisé à la DT

■ Gestion des données

- Dans les cas où la DT fournit des données, elle doit s'arrêter à la fourniture de données qualifiées et bornées, et laisser aux OSUs et pôles de données leur mission sur la mise à disposition, l'archivage, les outils de valeur ajoutée aux données.

DÉFI 18– RECOMMANDATIONS (4)

LIENS AVEC LES INDUSTRIES OU LE CNES



- Répondre aux besoins d'aide de certains laboratoires pour la rédaction de cahiers des charges pour des réalisations dans l'industrie
- Pour les projets avec le CNES: afficher le rôle et les lots de travaux pour la DT dans les conventions spécifiques CNES, éviter position de sous-traitant (s'inspirer de ce qui fonctionne bien pour activités ballons)
- En coordination avec les projets dans les labos et les Centres Spatiaux Universitaires, explorer avec le CNES, l'apport possible de la DT en matière de technologies génériques pour les Nanosat
- Favoriser la veille technologique autour du cœur de métier des agents DT
- Pour la production d'équipement en petites séries, privilégier la sous-traitance en focalisant le rôle de la DT sur la maîtrise d'œuvre (cahier des charges, recettes, ...)

DÉFI 18– RECOMMANDATIONS (5)



LIENS AVEC LES ODD

- Accompagner les laboratoires sur le chemin de la sobriété énergétique en instrumentation (matériaux durables, concept d'éMergie dans les cahiers des charges, ...)
- Apporter un soutien à l'utilisation de nouvelles générations de modules d'accueil de capteurs (faible encombrement, faible consommation et gestion "intelligente" de données)

DÉFI 18– RECOMMANDATIONS (6)

COMPÉTENCES ET INTERDISCIPLINARITÉ



- Renforcer métiers existants à la DT-INSU et actuellement en tension (conception mécano-thermique, ingénierie projets, gestion et opération des parcs et infrastructures) ainsi que le savoir-faire en instrumentation généraliste
- Aider au transfert de savoir-faire en gestion de projet technique vers les UMR/OSU
- Prioriser les nouvelles compétences à recruter compte tenu des demandes de la communauté: ingénierie optique/spectroscopie, mesures chimiques/électrochimiques
- Envisager de mutualiser avec OSU//UMR des moyens génériques lourds et onéreux et les compétences associées (cryogénie, I3D métallique ou plastique inerte)
- Veiller à maintenir les expertises/métiers rares (dimensionnement de mouillage dynamique, parc carottage, instrumentation sous ballons et avions, et compétences fond de mer...)
- Pour la métrologie et la calibration des capteurs de parcs, activité à positionner au cas par cas (UMR, OSU, DT, ou sous-traitance).
- Impliquer la DT dans la coordination nationale sur la gestion des flux d'échantillons liés aux parcs ou Infrastructures

DÉFI 18– RECOMMANDATIONS (6)

COMMUNICATION ET DIFFUSION



- **Parcs**
 - Créer un label « parc instrumental national », avec charte générique
 - Améliorer information et modalités d'accès : regroupement d'informations (dont catalogue de service) via site Web commun,
 - Instaurer des journées annuelles des parcs,
 - Inciter à établir et diffuser un « modèle économique » de chaque parc pour aller vers plus grande ouverture des services à l'international
 - Favoriser l'implication des personnels UMR dans le déploiement des parcs (après formation)
 - Mieux coordonner les parcs et les IR (ex FOF)
- Améliorer visibilité générale de la DT, faire connaître ses compétences
 - Inclure une fiche descriptive des expertises DT dans l'Appel à Proposition
 - Désigner un point de contact par OSU et éventuellement par Infrastructure de Recherche (si pertinent)
 - Faciliter échanges de proximité entre personnels DT/UMR/OSU (missions à durée limitée)

DÉFI 18– RECOMMANDATIONS (7)

COMMUNICATION ET DIFFUSION



- Systématiser et diffuser aux parties prenantes le retours d'expérience sur projets menés à la DT
- Inciter la DT à proposer séminaires et fiches techniques
- Faire participer plus largement les agents DT aux Ateliers Expérimentation et Instrumentation (AEI)
- Encourager la participation des agents DT aux Actions Nationales de Formation (ANF) et réseaux métiers
- Faire participer la DT à l'élaboration d'une banque d'info sur les compétences et expertises techniques au sein de l'INSU



SONDAGE AUPRES DES UNITES INSU



Objectifs de l'enquête :

- Connaître **pratiques et vision de la gestion de projets** des acteurs des laboratoires et OSU INSU
- Avoir une photographie de la gestion des projets à l'INSU dans toute la diversité de ses différents champs d'application
- Mieux appréhender les besoins, notamment en formation, accompagnement, offre d'outils de gestion de projets
- Émettre des recommandations en adéquation avec les attentes des agents

Contenu et déroulé de l'enquête :

66 questions en 3 grandes groupes (agents, la gestion de projet dans les unités, la gestion de projet à l'INSU)

- Sondage établi par le comité de pilotage MAPI, envoyé aux DU INSU par la Direction INSU, dans le cadre des prospectives transverses
- Cible : **sollicitation d'une dizaine d'agents tous profils par unité**

l'INSU en chiffres= ~100 unités, 3227 C et EC (dont 965 CNRS), 3037 IT (dont 1467 CNRS), 1657 doc et post doc

Des données en quantité et en qualité suffisantes pour apporter une contribution représentative à l'INSU

Analyse de l'enquête en cours par le comité de pilotage MAPI

Rapport de synthèse sera émis fin 2020 et présentation en février 2021 dans le cadre des séminaires du réseau MAPI.

GESTION DE PROJET A L'INSU / MAPI

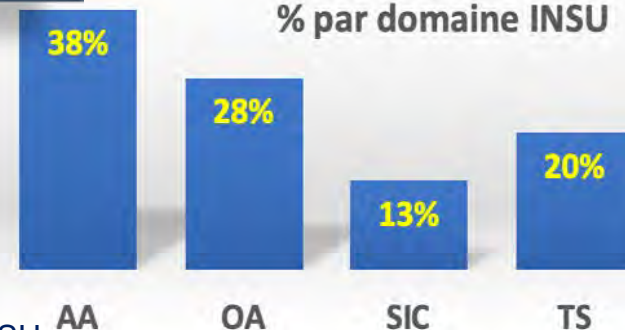
réseau Management de Projets INSU



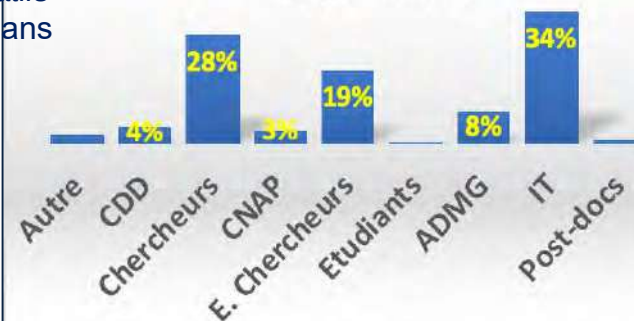
PREMIERS RETOURS DU SONDAGE, PROFIL DES AUTEURS DES REPONSES

- **328 Réponses**
- 97 unités représentées (principalement des UMR)
- entre 1 et 13 répondants par unité
 - 6 unités avec + 7 réponses
 - 60 unités avec -3 réponses
- Répartition par domaine cohérente avec l'ensemble des unités INSU
- Taux de réponses représentatif des statuts des personnels impliqués :
Chercheurs, Enseignant-chercheurs, IT/BIATSS Techniques et Administratifs
- Plus de 78 % des auteurs ont une expérience de recherche publique > 10 ans
- 50 % des auteurs ont plus de 10 ans de pratique de gestion de projets

% par domaine INSU



% par statut



GESTION DE PROJET A L'INSU / MAPI

réseau Management de Projets INSU

PREMIERS RETOURS DU SONDAGE, CARACTERISTIQUES DES PROJETS

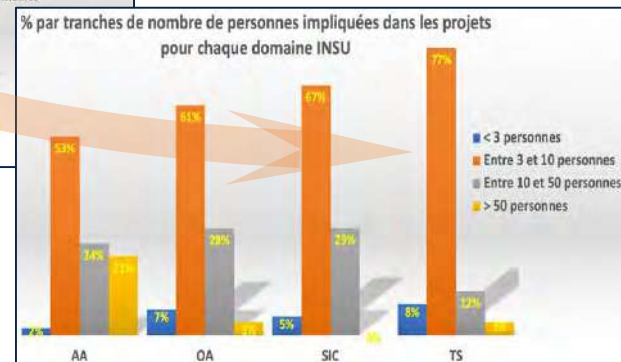
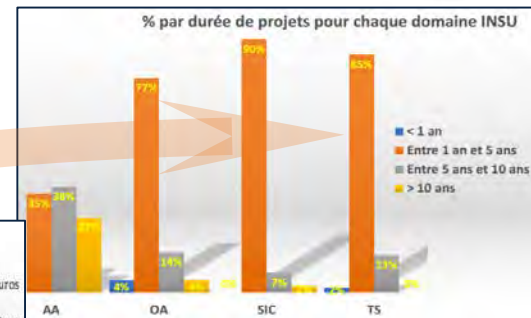
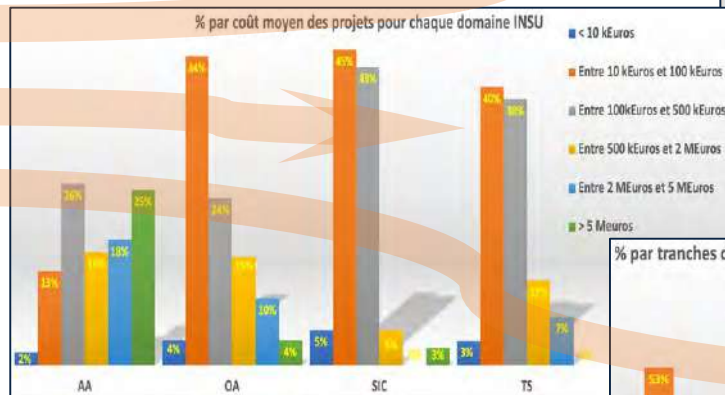


Les tendances principales
(en orange sur le graphe)

- Durée moyenne entre 1 et 5 ans
- Coût moyen entre 10 et 500 k€
- Impliquent 3 à 10 personnes

Occurrence de mots clés utilisés :

- **Instrument/instrumentation** : 149
- **Observation** : 67
- **Terrain** : 71
- **ANR** : 62
- **Recherche** : 54



➤ Livre Blanc sur les infrastructures françaises de recherche du domaine des sciences du système Terre et de l'environnement

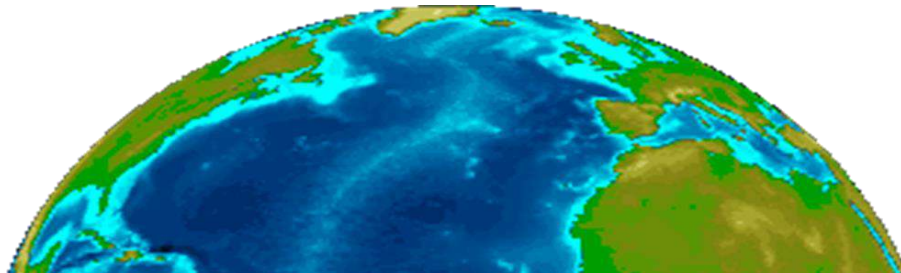
Philippe Mauguin, PDG d'INRAE, Vice-président d'AllEnvi

➤ Système Terre et environnement

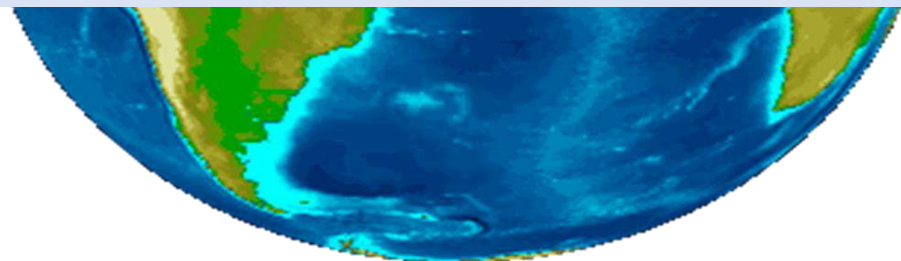


Un enjeu de connaissances...

➤ Système Terre et environnement



... pour la compréhension et la modélisation du système Terre (composantes physiques et biologiques) qui nécessitent un ensemble de structures d'observation et d'expérimentation produisant des données...



➤ Les grands enjeux

Domaines

Bien-être

Alimentation (dont Eau)

Agriculture

Climat

Pollution

Ville

Santé

Sécurité

Migrations

Risques naturels

Energie & Matériaux ...



Questions

Changement climatique

Erosion de la biodiversité

Pollution de l'air

Quantité et qualité de l'eau

Dégradation des sols

Submersion

Risques hydro-climatiques

Risques telluriques

*Tension sur les ressources
biologiques et minérales*

Acidification de l'océan

Villes durables

....

➤ Articulation avec agendas mondiaux et soutien au développement de la *Sustainability science*



ODD (Agenda 2030)



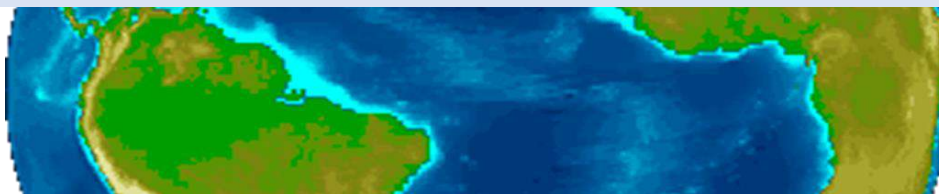
**2021
2030** United Nations Decade
of Ocean Science
for Sustainable Development

Décennie des Nations Unies pour les
sciences océaniques au service du
développement durable (2021-2030)

➤ Le constat en 2018

Infrastructures de recherche en Sciences
du système Terre et Environnement

→ dispositifs à la hauteur des grands enjeux de la planète



Mais un sentiment d'un grand nombre d'infrastructures,
comparé aux sciences physiques ou médicales par exemple

➤ Mobilisation du GT « Infrastructures » d'AllEnvi

- Une réflexion inter-organisme sur une vision stratégique, à 2030, sur les infrastructures françaises de recherche du domaine des sciences du système Terre et de l'environnement :
 - Établir un panorama fonctionnel des infrastructures
 - Analyser les contributions avérées ou potentielles aux travaux sur de grands enjeux scientifiques et sociétés
 - Élaborer des recommandations pour les communautés et les tutelles



➤ Un Livre Blanc pour préparer la prochaine feuille de route des infrastructures de recherche

- **2008 , 1^{ère} feuille de route nationale des infrastructures**
- **Des révisions** en 2012, 2016, 2018
- **25 infrastructures** dans le domaine des sciences du Système Terre et de l'environnement
- **2021**, prochaine révision




**MINISTÈRE
DE L'ENSEIGNEMENT
SUPÉRIEUR,
DE LA RECHERCHE
ET DE L'INNOVATION**
*Liberté
Égalité
Fraternité*

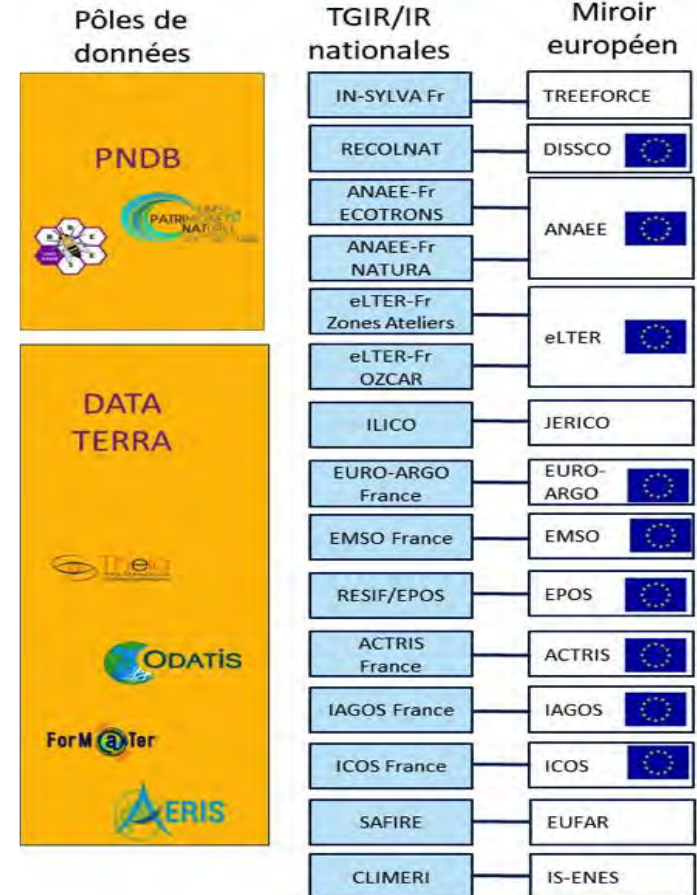
➤ Le Livre Blanc :

- **Un panorama consolidé :**
 - 25 infrastructures de la feuille de route nationale, réparties selon les 4 principaux compartiments du système Terre.

NOM	EQUIPEMENTS TRANSVERSAUX (logistique, analytique)	DOMAINE				E-infrastruc- tures pôles de données	Collections
		Atmosphère	Océans	Hydrosphère, écosystèmes continentaux et sols	Géosphère		
CEPMMT		•				•	
Concordia	•	•	•	•	•		
ECORD/IODP	•		•				
EURO-ARGO			•				
FOF	•		•				
ICOS-FRANCE		•	•	•			
ACTRIS- FRANCE		•					
AmaEE-FRANCE ECOTRONS				•			
AmaEE-FRANCE NATURA				•			
CLIMERI- FRANCE		•	•	•		•	
eLTER-FRANCE OZCAR				•	•		
eLTER-FRANCE RZA				•			
EMBRIC- FRANCE			•				
EMPHASIS- FRANCE				(•)			
EMSO-FRANCE			•		•		
IAGOS-FRANCE		•					
IBISBA-Fr				(•)			
ILICO			•	•	(•)		
In-Sylva				•			
PNDB						•	
RARE				•			•
RECOLNAT				•		(•)	•
RESIF/EPOS					•		
SAFIRE	•	•	(•)	(•)			
DATA TERRA						•	

➤ Le Livre Blanc :

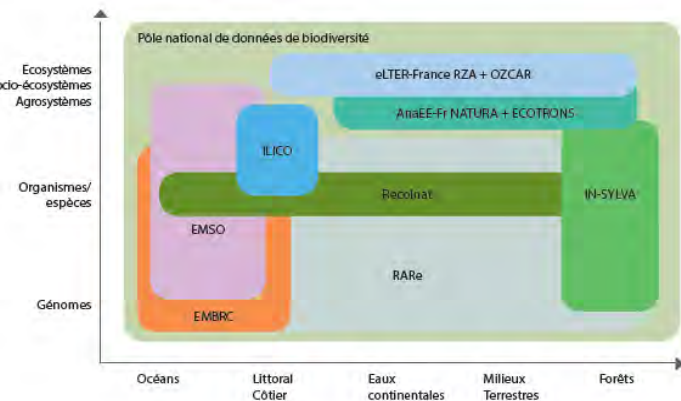
- **Un panorama consolidé :**
 - 25 infrastructures de la feuille de route nationale, réparties selon les 4 principaux compartiments du système Terre.
 - Un grand nombre de dispositifs nationaux sont les miroirs français d'infrastructures européennes ou internationales.



➤ Le Livre Blanc :

- **Un panorama consolidé :**
 - 25 infrastructures de la feuille de route nationale, réparties selon les 4 principaux compartiments du système Terre.
 - Un grand nombre de dispositifs nationaux miroirs français d'infrastructures européennes ou internationales.
 - Une analyse selon 7 grands enjeux environnementaux : Biodiversité – Climat – Alimentation humaine et santé – Ressources naturelles – Territoires – Risques et sur les besoins technologiques et d'innovation.

NOM	Enjeux environnementaux						
	Biodiversité	Climat	Alimentation	Ressources	Territoires	Risques	Ville
CEFRMT		•				•	
Concordia	(•)	(•)				(•)	
ECORD/IOOP		•		•		•	
EURO-ARGO		•	•				
FDP	(•)	(•)	(•)	(•)		(•)	
ICOS-FRANCE		•					•
ACTRIS-FRANCE		•					•
AnaEE-FRANCE ECOTRONS	•	(•)					
AnaEE-FRANCE NATURA	•	•		(•)			
CLIMERI-FRANCE		•				•	
ELTER-FRANCE OZCAR	(•)	(•)		•	•	•	(•)
ELTER-FRANCE RZA							
EMBRC-FRANCE							
EMPHASIS-FRANCE							
EMSO-FRANCE							
IAGOS-FRANCE							
IBISBA-Fr							
ILICO							
In-Sylva							
PNDB							
RARE							
RECDLNAT							
RESIF/EPOS							
SAFIRE		•			(•)	(•)	(•)
DATA TERRA		•		•	•	•	•



➤ Le Livre Blanc :

• 21 recommandations :

- 5 transversales
- 4 pour de nouvelles infrastructures ou structurations nationales
- 1 sur les besoins de développements technologiques et méthodologiques
- 2 sur les synergies avec les systèmes nationaux d'observation
- 1 sur la formation et les nouvelles compétences
- 4 sur les données et les services
- 4 sur les moyens humains et financiers

Analyse, recommandations et évolution stratégique du dispositif national

Recommandation 1

 Assurer la durabilité des infrastructures labélisées du domaine sciences du système Terre et environnement, reconnues comme indispensables aux communautés scientifiques.

Si la poursuite d'une démarche d'emboîtement logique et d'unification progressive peut paraître pertinente afin de poursuivre la simplification du dispositif français pour une meilleure lisibilité, il est néanmoins fondamental de ne pas en forcer le rythme, au risque de fragiliser voire de remettre en cause les acquis et les dynamiques actuelles. Les infrastructures doivent rester des organisations au service des communautés de recherche et de leurs partenaires, et doivent donc conserver une dimension et une accessibilité appropriées. Une vision politique, mais très théorique, d'un paysage parfaitement organisé en très grandes entités pourrait conduire à remettre en cause les efforts entrepris depuis de longues années.

Recommandation 2

 Ne pas imposer des regroupements de dispositifs d'observation/expérimentation, voire d'infrastructures de recherche, dans des TGIR ou IR nationales et européennes, sans une co-construction avec les communautés scientifiques impliquées et pour répondre à un besoin scientifique.

En sus des satellites, non considérés ici, la recherche environnementale est fortement dépendante de supports logistiques très conséquents comme des bateaux, des avions, des stations polaires, des plateformes, des moyens de forage, indispensables pour accéder à différents milieux difficiles d'accès, mais aussi des moyens de calcul. Ces moyens, nécessairement transversaux entre organismes, garantissent à la France d'être bien classée internationalement en matière de recherche océanique, atmosphérique et polaire.

Recommandation 3

 Planifier des ressources financières fléchées pour le renouvellement et la jouvence de grands équipements logistiques avant leur obsolescence, par exemple, en matière de bateaux (FOF), d'avions ou de moyens de calcul.

La plupart des infrastructures existantes du domaine sciences du système Terre et de l'environnement ont des sites distribués sur le territoire national, pour l'étude de différents milieux et parfois depuis longtemps. Des dispositifs sont également implantés à l'étranger, notamment dans certains pays du Sud avec lesquels les organismes français ont des collaborations anciennes. Concernant les infrastructures d'observation/expérimentation, la co-localisation de dispositifs de mesures de plusieurs infrastructures sur un même site peut être envisagée dans le cas d'un besoin scientifique précis. Pour certaines infrastructures, une extension du périmètre géographique et/ou thématique est nécessaire. Par exemple, la recherche climatique manque de données en Méditerranée et en Outre-Mer. Les milieux

➤ Quelques idées forces

- Des infrastructures :
 - qui dépassent les disciplines et les spécialisations des organismes et des établissements
 - qui résultent souvent d'un effort de construction de plusieurs décennies
- Un investissement logistique et humain très important qui constitue l'une des caractéristiques et l'une des forces du dispositif français.
- Faire connaître et reconnaître les infrastructures
- Conduire une réflexion transdisciplinaire et inter-alliances afin de renforcer notre capacité collective à traiter les questions aux interfaces entre grandes problématiques
- Des priorités pour la révision de la feuille de route nationale en 2021 :
 - structurer l'écosystème de la donnée et conduire une réflexion sur le modèle économique de la donnée dans ce domaine => science ouverte ≠ science gratuite
 - renforcer les synergies avec les parties prenantes
 - dimensionner, planifier et garantir les moyens nationaux, financiers et humains, sur une base pluriannuelle



Accessible sur
<https://www.allenvi.fr/>
(d'ici fin novembre)



Merci pour votre attention





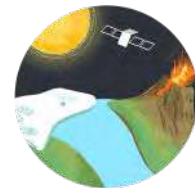
5 ET 6 NOVEMBRE 2020



QUELS DÉFIS DEMAIN POUR
LES SCIENCES DE L'UNIVERS ?

QUELQUES
PROPOSITIONS
AUJOURD'HUI POUR LES
SCIENCES DE L'UNIVERS ?

LES DÉFIS DE LA PROSPECTIVE TRANSVERSE (PHASE 1)



17 défis

Origine de la Terre dans l'Univers	Signatures d'habitabilité des planètes et exoplanètes	Identification et compréhension des grandes crises -> OTELo	Interactions entre crises environnementales et écosystèmes
Modélisation intégrée du système Terre pour l'étude des risques environnementaux	Interactions entre cycles longs et cycles courts pour la mise en place des ressources	Rôle du vivant sur les cycles et sur la mise en place des ressources	Milieux polaires
Zone intertropicale	Continuum Terre-Mer	Environnements urbains	Nano-satellites
Nouveaux capteurs environnementaux	Instrumentation en milieux extrêmes	De la production de mesures brutes à la distribution de données scientifiques	Accès ouvert aux données scientifiques

Vers l'exascale:
converge HPC-
HPDA

6 sujets transverses

7 ÉNERGIE PROPRE
ET D'UN COÛT
ABORDABLE

11 VILLES ET
COMMUNAUTÉS
DURABLES

13 MESURES RELATIVES
À LA LUTTE CONTRE
LES CHANGEMENTS
CLIMATIQUES

6 EAU PROPRE ET
ASSAINISSEMENT

Intégration aux ODD
et liens avec la
transition
énergétique et
écologique

Outils du futur

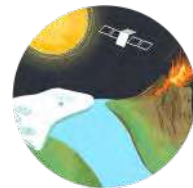
Compétences du
futur

Communication,
diffusion de la
connaissance

Sciences
participatives

Liens avec
l'industrie

UN PREMIER EXERCICE RÉUSSI



- **Globalement**, une adhésion remarquable à ce nouvel exercice et un intérêt certain pour des discussions inter-domaines
 - Près de 1000 ingénieurs et chercheurs impliqués dans cet prospective transverse
 - Valorisation des OSU comme structure d'animation de la recherche interdisciplinaire
- **En détails**, des niveaux de maturité différents selon les défis
 - Des défis scientifiques (1-7) qui font ressortir des questions scientifiques ambitieuses à travailler entre les domaines et des propositions d'organisation concrètes
 - Des défis « géographiques » (8-11) d'une ampleur remarquable qu'il faudra préciser et prioriser avec l'ensemble de nos partenaires, organismes et universités
 - Des défis technologiques et méthodologiques qui mettent en avant un besoin fort de transversalité dont l'INSU doit s'emparer pour anticiper la prochaine décennie
- Une envie, **un besoin d'ouverture**
- **Une ligne** : la science va se faire si les programmes nationaux assurent l'incubation et l'interdisciplinarité. Il faut en priorité travailler les verrous que sont instrumentation/donnée/calcul

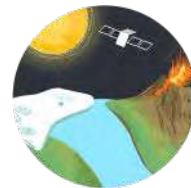
RECOMMANDATIONS 1 : IMPLÉMENTER LA MISE EN ŒUVRE DES PROJETS SCIENTIFIQUES TRANSVERSES VIA DES PROGRAMMES NATIONAUX DÉCLOISONNÉS



1. **Ouvrir encore plus, « transversaliser » les programmes nationaux, les (re)construire pour y propager toutes les profondeurs de temps et les rendre encore plus interdisciplinaires, ouvrir au-delà notamment vers les SHS**
2. **Planétologie comparée et partagée**
 - (ré)ouvrir le PNP aux thématiques « Planètes primitives » pour permettre une approche large de cette thématique.
 - Construire via les PN et/ou un GDR CNRS dédié une recherche de long terme sur l'exobiologie. Aller vers un programme transverse piloté INSU (programme systémique ?)
 - Animer avec le CNES la réflexion française nécessaire à une European Facility pour l'accueil d'échantillon extraterrestres.
3. **Un programme transverse « Ressources du sous-sol, bien commun », incluant les fonds marins**
 - Impliquer les études fondamentales de géologie mais aussi (et surtout) les questions des nouvelles technologies, des conflits d'usage, et d'enjeu stratégique.
 - Lancer cette réflexion par un colloque de la MITI
 - Animer ce programme avec le BRGM et l'Ifremer étudier la possibilité d'un PPR, articulé avec le PPR Océan pour les fonds marins.
 - Travailler à impliquer l'industrie en toute indépendance



4. **Proposer, avec une déclinaison thématique forte, un programme transverse « risque, aléas et vulnérabilité ».**
 - Impliquer directement l'Alliance ALLiENVi et « ses » organismes
 - Trouver la bonne place d'un tel programme par rapport à l'ANR.
5. **Structurer un plus grand partage des profondeurs de temps par l'évolution des Prog nationaux et l'élargissement du GDR « paléo » pour**
 - combler le fossé entre « pré-quaternaristes » et « quaternaristes »
 - avoir une vision intégrée des archives dans toutes les profondeurs de temps, notamment en s'appuyant sur l'observation et la modélisation.
 - proposer une stratégie de conservation des données paléo en lien avec les pôles de données existants et les futurs entrepôts de données thématique.

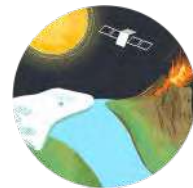


1. Le milieu urbain

- Intégrer ce défi au CNRS via le défi du COP « Territoire du Futur »
- Proposer un GDR pour structurer la communauté de recherche à l'INSU, au CNRS et avec les universités et les organismes concernés
- Proposer un co-pilotage à l'Université Gustave Eiffel à la construction de cette animation.

2. Le milieu intertropical à travers plusieurs cibles possibles

- ZIT continentale (Afrique, Am Sud...): une communauté « AMMA » mobilisée avec la volonté d'étendre à la communauté SIC et à l'INEE.
- Les milieux insulaires en ZIT : une communauté pas assez représentée, un effort à poursuivre et à élargir
- Co-définir les priorités avec nos partenaires pour faire émerger un/des chantiers



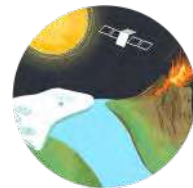
3. Les milieux polaires

- Importance d'aligner la stratégie nationale sur la stratégie européenne sur l'Arctique (EU-Polarnet)
- Importance de maintenir les infrastructures de recherche en Antarctique et l'accès aux moyens « logistiques »
- Construire un « consortium » prêt à s'engager sur la durée avec les principales universités polaires, le CNES,... pour définir une stratégie nationale

4. Le continuum terre-mer

- Réflexion à poursuivre en associant mieux la communauté SIC
- Travailler le lien avec les universités et les programmes régionaux
- Intégration des observatoires socio-écosystémiques le long du gradient en choisissant des « hot spots » à la fois systémiques, intéressant les porteurs d'enjeux. Intégrer ces sites pilotes aux ZA (ou en proposer quand c'est pertinent) en interaction avec les SNO, si possible via l'animation d'un OSU pilote
- Travailler le lien continental/littoral pour être porteur au niveau européen des liens entre les ESFRI (ou projets) ILICO/eLTER/Danubius

RECOMMANDATIONS 3 : SOUTENIR L'INSTRUMENTATION, L'INNOVATION TECHNOLOGIQUE ET L'INTÉGRATION DE L'OBSERVATION



1. Création d'une fonction de DAS transverse « instrumentation »

- adossée à une commission spécialisée dédiée à parité CH/IT et incluant des représentants des autres CS de l'INSU
- Disposant d'une dotation annuelle pour animer et soutenir l'innovation via les appels de la DT

2. Intégration de la DT comme acteur actif des choix et des développements promus/évalués par la CS transverse et les CS de domaine, notamment dans

- techno de base et ingénierie générique innovantes (sobriété E, nanosats, comm...), intégration, bureau technique

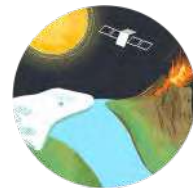
3. Améliorer l'inventaire des moyens techniques/technologiques/analytiques (notamment test/calibration) des laboratoires et des partenaires industriels par un recensement fait par les OSUs, intégrés pour els laboratoires au SI PF-SNI-IR.

4. Ouvrir encore plus les Ateliers Expérimentation- Instrumentation (AEI) et développer ce modèle à d'autres champs (HPC en particulier)

5. Repenser le rôle et l'organisation des outils labélisés liés à l'instrumentation: parcs, instruments nationaux, site instrumentés...

6. Poursuivre l'appui à la formation et au partage de compétence via les réseaux métiers

RECOMMANDATION 4 : ETRE LE MOTEUR DE L'ÉCOSYSTÈME NATIONAL DE LA DONNÉE EN SDUE



1. **Inventaire des outils et structures existantes, des compétences et profils**
2. **Doter les pôles/platformes logicielle de services à la donnée des moyens nécessaires d'ici 5 ans pour les entrepôts de données et les outils. Développer l'IR DataTerra**
3. **Construire un recrutement coordonné dédié inter-organismes, entre IT, CH et CNAP, notamment via une Commission InterDisciplinaire (CID) dédiée: *Data Scientists, Data Managers, Data Stewards* thématiques, *Data Analysts* en centres de calcul**
4. **Etre promoteur de cette organisation au niveau européen : EOSC**
5. **Création d'une mission « Données et Science Ouverte » à la direction de l'INSU :**
 - Organiser la concertation verticale (labo/OSU/IR) et horizontale (instituts CNRS, partenaires extérieurs)
 - Proposer une organisation de l'écosystème et un organisation de réflexion permanente dans la communauté
 - Création d'un espace de travail et de proposition liant les aspects techniques et juridiques
 - Organiser un réseau « Données et Science Ouverte » avec les référents à nommer dans chaque OSU, le réseau SIST



RECOMMANDATION 5 : ETRE PROMOTEUR D'UN ÉCOSYSTÈME NATIONAL DE RECHERCHE ET FORMATION DU HPC DÉDIÉ AUX RECHERCHES SUR LE SYSTÈME TERRE ET L'UNIVERS, À L'INTERFACE AVEC LES DONNÉES



- **Lancer une Action Nationale INSU Transverse sur le HPC visant à développer une stratégie nationale face aux enjeux de l'exascale.**
 - Développer une expertise spécifique et partagée autour des simulations et modélisation numériques pour la recherche pour profiter au mieux, dans toutes les communautés des nouvelles architectures exascale, notamment pour l'adaptation des codes
 - Accompagner l'évolution du HPC pour l'IA dans le lien calcul/assimilation
 - Appuyer le développement de solutions communautaires avec une reconnaissance des missions sur les enjeux HPC
- **Développer une compréhension commune des enjeux HPC/cloud/IA/HPDA « *physics driven* » et « *data driven* »**
 - soutenir formellement les interactions entre les communautés d'observations et les communautés modélisation et simulation, en menant annuellement des ateliers techniques autour des outils d'intégration et d'utilisation des données, en lien avec les actions en ce sens dans les domaines
 - Un *case study* idée : les **digital twins**

BESOIN CRUCIAL D'UN OUTIL D'ANIMATION ET DE STRATÉGIE DÉDIÉ ENTRE DONNÉES ET CALCUL EN SDUE

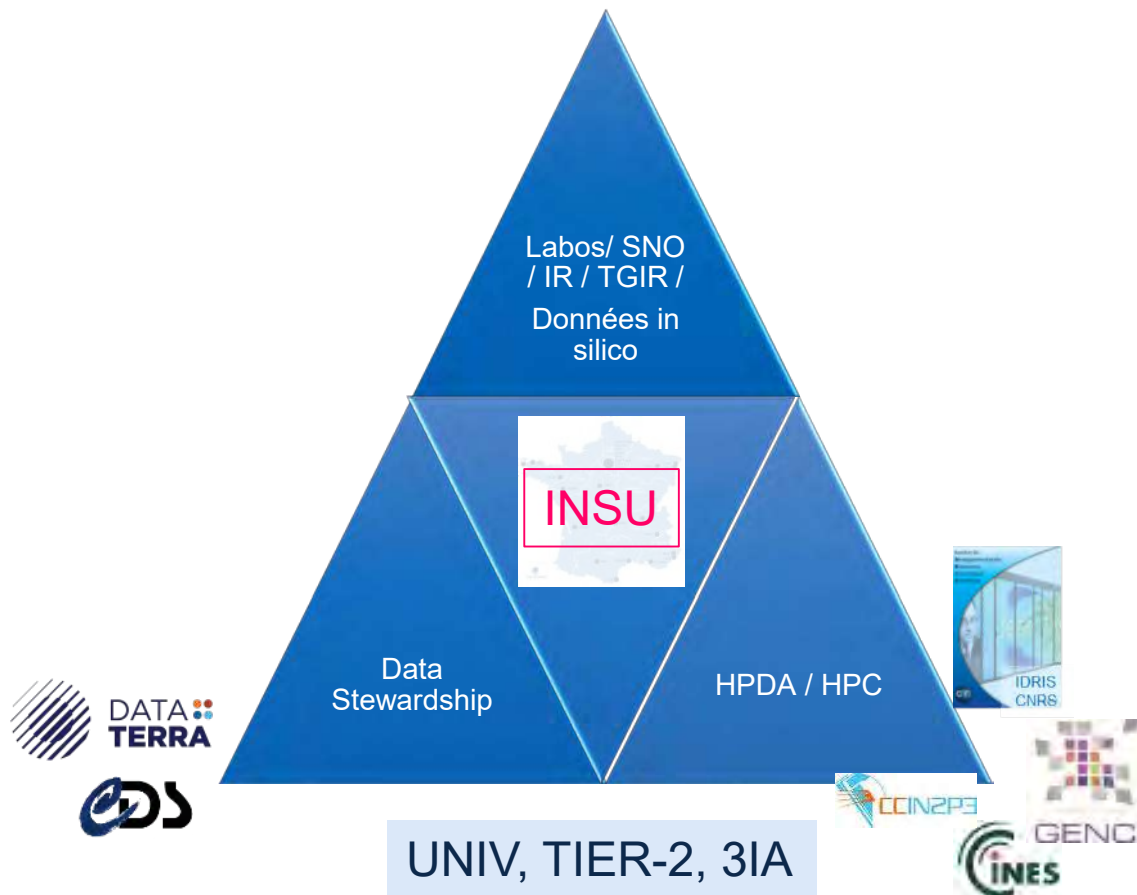


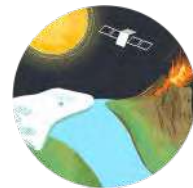
L'INSU PROMOTEUR ET MOTEUR

Faire émerger un pôle d'expertise INSU partagée : réseau métiers, IT/CH dans une logique projet, partages de temps sur missions nationale...

Animation d'une « mission permanente » nationale animée par l'INSU

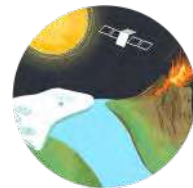
construite sur les structures existantes dans les réseaux, les pôles de CDS et dataTerra + mission Donnée OSc/Donnée avec comme première mission un livre blanc concerté sur les actions prioritaires





- **Prendre en compte l'attente et l'anxiété face au conflit de valeurs**
 - Aide à fournir aux laboratoires dans leur démarche d'évaluation de l'impact et dans le partage de pratiques
- **Formaliser une approche bénéfice-risque sur les trajectoires de transition liée aux thèmes de recherche INSU** (ex. véhicules électriques/ressources)
- **Ne pas tout centrer sur l'empreinte carbone**
- **Traduire les ODD en verrous de façon explicite**
- **Prendre en compte les structures d'interface science/société/décideurs qui se mettent en place au niveau régional**
 - réfléchir à l'apport de l'INSU et à une telle structure au niveau national : Exemple de la Norvège qui a établi un institut national pour intégrer les différentes recherche liées à la transition environnementale.

RECOMMANDATIONS 6 : ÊTRE RESSOURCE POUR LES COLLABORATIONS INDUSTRIELLES



- **Recherche collaborative**

- Intérêt fort et retour d'expérience positif sur les Laboratoires Communs
- Complexité dans les négociations de contrats de recherche / accords de consortium, en particulier pour les projets à plusieurs partenaires.

- **Innovation / valorisation**

- Nécessité de développer une culture de la valorisation et de l'innovation dans les laboratoires
 - Clarifier les mécanismes d'accompagnement (et le rôle des différents acteurs)
 - Former / Informer les chercheurs sur ce qu'est l'innovation (processus, PI, entrepreneuriat...)

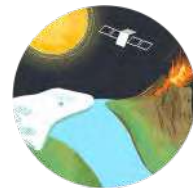
un rôle pour les OSU ?

- **Conseil, orientation, mise en relation, retour d'expérience, pilotage...**

- **Mobilité des chercheurs**

- Comment favoriser le passage du privé au public et réciproquement ?
 - Intérêt pour les mécanismes du plan de relance
 - Dispositifs institutionnels et individuels

RECOMMANDATIONS 6 : ÊTRE RESSOURCE DANS LA COMMUNICATION



- **Une demande multiple**
 - Réponse a la demande sociétale
 - Communication de crise
 - Montrer comment on fait la science - Passionner
- **Etre ressource, montrer ce que nous apportons, montrer ce qu'est la démarche scientifiques en SDUE**
 - Grand public
 - Secteur privé
 - Décideurs
- **Un comité INSU de stratégie Communication avec des scientifiques**
 - Créer une task force réseaux sociaux
 - Un appel d'offre « communication – médiation scientifique »
 - Banque de savoirs estampillés CNRS-INSU (mettre plus de ressources en ligne)
 - Pérenniser les compétences, accumuler du professionnalisme via des structures type Office Climate Education
 - Com de crise
 - Systématiser le système de porte parolat (« parle au nom du CNRS ») rapidement à chaque crise
 - Reprendre et réanalyser les recommandations du COMETS

5 ET 6 NOVEMBRE 2020

QUELS DÉFIS DEMAIN POUR LES SCIENCES DE L'UNIVERS ?

Zoom Réunion

Vous voyez actuellement l'écran de Françoise Combes Options d'affichage

Enregistrement... LIVE sur Personnaliser le service de rediffusion en direct

Les EXOPLANETES

VLT-NACO, Optique adaptative

51 Pegasus

Lagrange et al 2010
Prix Nobel de Physique 2019

Michel Mayor & Didier Queloz
à l'Observatoire de l'OHP (Tel 2m)
Haute Provence, en 1995

Quels défis demain pour les sciences de l'Univers? 5.11.2020 13

Participants (247)

Trouver un participant

- Arnaud Nicol... (Co-hôte, moi)
- Comité Technique (Hôte)
- Francoise Co... (Co-hôte)
- Charif Bouchemat (Co-hôte)
- Aldo Sottolichio
- Alexei Kouraev
- Aline Dia
- Amélie Bataille
- Andrea
- Anine BRES
- Anne Choquet
- Anne Davaille
- Anne Le Friant

Activer Arrêter la vidéo Sécurité Participants 247 Converser Partager l'écran Réactions Plus

Quitter

Inviter Muet tous

1005 05/11/2020

**MERCI A TOUTES
CELLES ET CEUX QUI
ONT RENDU CE
RENDEZ-VOUS
POSSIBLE**

**L'INSU ... UNE
AVENTURE
FORMIDABLE**

Programme 05/11



INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
DE L'UNIVERS

JEUDI 5 NOVEMBRE

8h45 – 9h00

CONNEXION DES PARTICIPANTS

INTRODUCTION

9h00 – 9h20

Nicolas Arnaud, Directeur du CNRS-INSU
Antoine Petit, Président Directeur Général du CNRS
Nicolas Chaillet, Directeur Général Adjoint MESRI-DGRI

9h20 – 9h40

HOMMAGE A MICHEL PETIT

Réactions et échanges avec les participants

9h40 – 10h40

PRÉSENTATION INAUGURALE

Françoise Combes
Médaille d'or 2020 du CNRS

10h40 – 11h00

PAUSE

11h00 – 12h45

RESTITUTIONS DES CONCLUSIONS DES DÉFIS 1 À 7

12h45 – 14h15

PAUSE & RÉSEAUTAGE VIRTUEL

14h15 – 15h45

RESTITUTIONS DES CONCLUSIONS DES DÉFIS 12 À 17

15h45 – 16h15

MA MÉDAILLE EN 300 SECONDES

Benoit Cerutti, Julien Gigault et Tjarda Roberts
Médailles de bronze 2020

16h15 – 16h30

PAUSE

16h30 – 17h30

RESTITUTIONS DES CONCLUSIONS DES DÉFIS 8 À 11

17h30 – 18h00

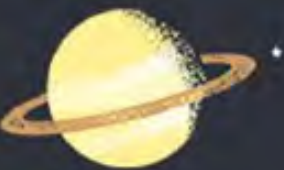
RESTITUTION DE LA PROSPECTIVE DE LA DIVISION TECHNIQUE INSU

18h00 – 20h00

RÉSEAUTAGE VIRTUEL



Programme 06/11



VENDREDI 6 NOVEMBRE

9h00 – 9h45

CONNEXION DES PARTICIPANTS & RÉSEAUTAGE VIRTUEL

LIVRE BLANC SUR LES INFRASTRUCTURES DE RECHERCHE EN ENVIRONNEMENT

9h45 – 10h15

Philippe Mauguin
Président Directeur Général de l'INRAE
Vice-président de l'Alliance AllEnvi

10h15 – 10h30

PRÉSENTATION DU SYSTÈME DES ATELIERS

ATELIERS

Salle 1 à 5 : discussions inter-défis

Salle 1 : défis 1 à 4

Salle 2 : défis 5 à 7

Salle 3 : défis 8 à 11

Salle 4 : défis 12, 15, 16, DT

Salle 5 : défis 13, 14, 17

Salles 6 à 8 : thèmes transverses

Salle 6 : Communication

Salle 7 : Liens avec l'industrie

Salle 8 : Liens avec les ODD et écoresponsabilité

10h30 – 12h00

12h00 – 13h45

PAUSE & RÉSEAUTAGE VIRTUEL

13h45 – 14h15

MA MÉDAILLE EN 300 SECONDES

Susan Conway et Damien Daval
Médailles de bronze 2020

TABLE RONDE DES ANCIENS DIRECTEURS DE L'INSU

Animée par Mathieu Rouault, journaliste scientifique

14h15 – 15h15

Pascale Delecluse, Philippe Gillet, Sylvie Joussaume,
Dominique Le Quéau, Jean-François Minster

15h15 – 15h45

CONCLUSION DES DEUX JOURNÉES

Prochaines grandes lignes directrices

15h45 – 16h00

QUESTIONS ET RÉPONSES

16H00

CLÔTURE DE L'ÉVÉNEMENT

Alain Schuhl, Directeur Général Délégué à la Science au CNRS
Nicolas Arnaud, Directeur du CNRS-INSU

RÉSEAUTAGE VIRTUEL

INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
DE L'UNIVERS