

# SAF-Commission de COSMOLOGIE

## Réunion du 11 Décembre 2021

- ★ Bonjour à tous en cette période difficile.
- ★ Nous reprenons nos réunions rue Beethoven, les conditions ne sont pas encore « normales » mais presque : **masques obligatoires sauf pour le conférencier**
- ★ Nous espérons que vous avez tous passé cette période difficile du mieux possible
- ★ Nous allons essayer de reprendre notre cycle régulier de réunions

- ★ La SAF a repris les conférences mensuelles d'astronomie devant son public au CNAM le 8 septembre 2021
- ★ Un des aspects positifs de cette période Covid, est le fait que nous avons appris à transmettre en même temps (en direct live comme on dit) la conférence sur YouTube pour nos spectateurs de province ou pour ceux qui ne peuvent pas se déplacer à Paris.
- ★ On peut donc suivre en DIRECT la conférence sur le canal YouTube SAF dédié :
- ★ <https://www.youtube.com/channel/UCD6H5ugytjb0FM9CGLUn0Xw/featured>

Ces conférences sont ouvertes à tous, vous pouvez suivre en DIRECT la conférence sur la canal YouTube SAF dédié :

<https://www.youtube.com/channel/UCD6H5ugytjb0FM9CGLUn0Xw/featured>

**SAF** Société Astronomique de France  
832 abonnés

ACCUEIL VIDÉOS PLAYLISTS COMMUNAUTÉ CHAÎNES À PROPOS

Mises en ligne ▼ TOUT REGARDER TRIER PAR

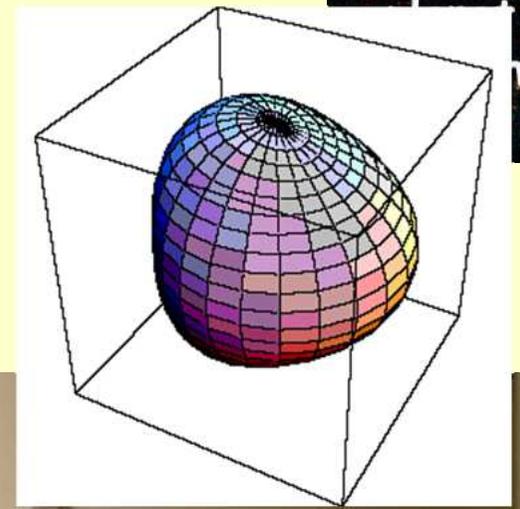
Thumbnail	Titre	Vues	Diffusé il y a
	Conférence "Les neutrinos et les découvertes..."	1 k vues	Diffusé il y a 1 semaine
	Conférence "L'atmosphère des planètes terrestres : u..."	852 vues	Diffusé il y a 1 mois
	Conférence "Le mystère Van den Bergh ou le secret de l..."	4,6 k vues	Diffusé il y a 4 mois
	Cérémonie de remise du Prix International...	55 vues	il y a 4 mois
	Conférence "Aux confins des trous noirs géants,..."	3,3 k vues	Diffusé il y a 5 mois
	Journal Alpha n° 2	48 vues	il y a 5 mois
	Journal Alpha n°1	50 vues	il y a 5 mois
	Mission Alpha J-0	9 vues	il y a 5 mois
	Mission Alpha J-2 bis	16 vues	il y a 5 mois
	Mission Alpha J-2	18 vues	il y a 5 mois
	Mission Alpha J-3	11 vues	il y a 5 mois
	Mission Alpha J-4	16 vues	il y a 5 mois
	Mission Alpha J-5	40 vues	il y a 5 mois
	Conférence "Le destin des systèmes planétaires : ..."		
	Conférence "Vols spatiaux de plus de deux ans pour..."		

# Les prochaines conférences mensuelles d'astronomie de la SAF

Mercredi 12 Jan 2022 19H au CNAM	Aurélie <b>MOUSSI</b> CNES spécialiste astéroïdes chef projet Hayabusa/Mascot et MMX/MIRS	L'exploration des astéroïdes : petits corps mais grands exploits  <i>Réservation à partir du 9 Dec</i>	
Mercredi 9 Fev 19H au CNAM	Yannick <b>MELLIER</b> Astrophysicien IAP et LERMA Resp. Euclid	Le projet EUCLID à la recherche de la matière noire et de l'énergie sombre  <i>Réservation à partir du 13 Janv</i>	
Mercredi 9 Mars 19H au CNAM	Alexandre <b>LE TIEG</b> LUTH Obs de Paris spécialiste théorie de la gravitation	Astronomie gravitationnelle : dernières nouvelles des vibrations de l'espace-temps  <i>Réservation à partir du 10 Fev</i>	
Mercredi 13 Avril 19H au CNAM	Christophe <b>BONNAL</b> CNES Dion des lanceurs expert débris spatiaux	Les débris spatiaux, problèmes et solutions  <i>Réservation à partir du 10 Mars</i>	

Les autres dates : 11 Mai et 8 Juin (spécial Juvisy)

# LES DERNIÈRES CONFÉRENCES SAF

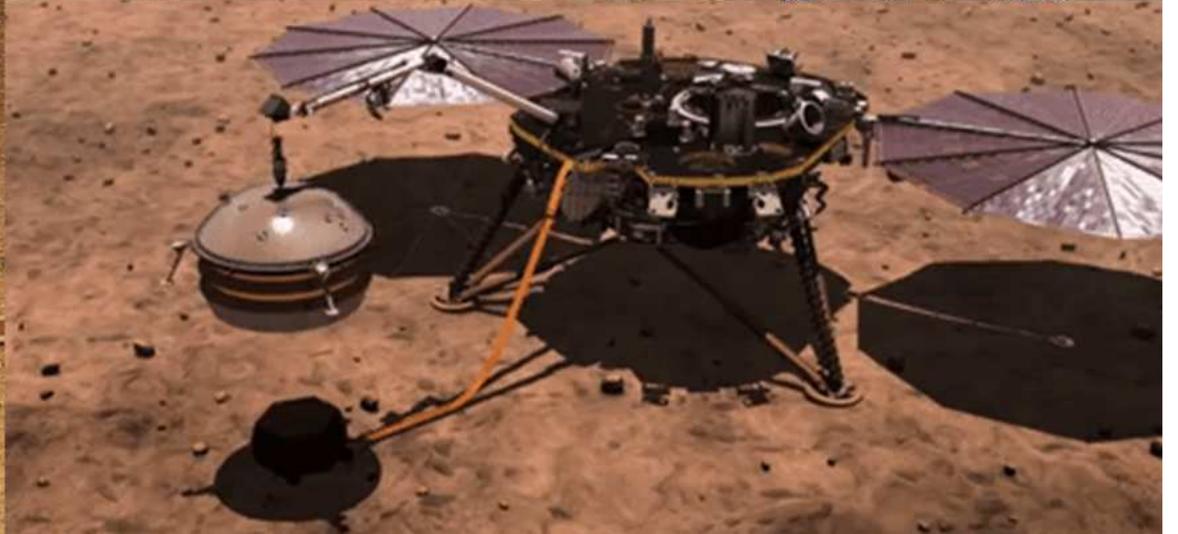
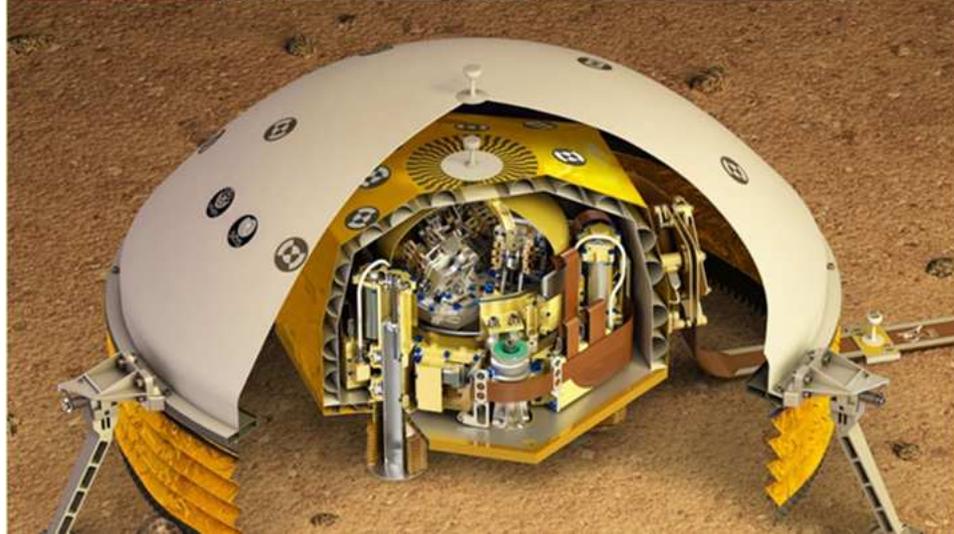
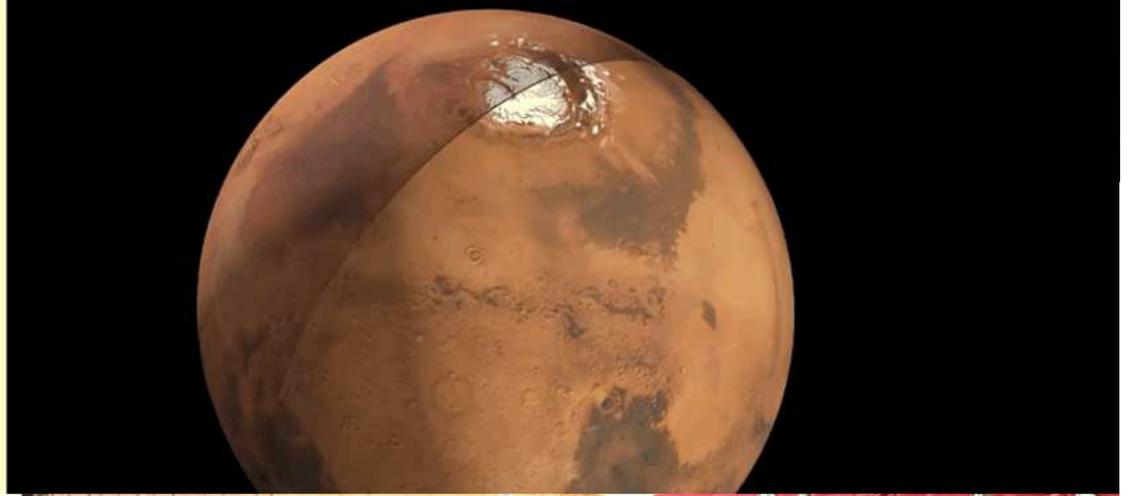


Le Soleil a rendez-vous avec la Terre  
conférence SAF du 10 nov 2021 avec  
Allan-Sacha BRUN CEA Dept d'Astrophysique

- ★ Allan Sacha BRUN sur le Soleil et son influence sur la Terre
- ★ Pb enregistrement son, on le corrige en ce moment
- ★ CR sur : <https://www.planetastronomy.com/special/2022-special/10nov/Soleil-SAF.html>

- ★ Nous avons reçu :
- ★ Philippe LAUDET
- ★ CNES Astrophysicien
- ★ chef du projet SEIS sur Insight
- ★ Sur : SEIS un sismomètre français sur Mars. Une aventure humaine et technologique.
- ★ Le SEIS, un des instruments les plus sensibles n'ayant jamais été incorporé à bord d'une sonde spatiale, est capable de détecter un mouvement du sol de l'ordre de grandeur de la taille d'un atome !!!
- ★ Le Prix international d'astronautique 2021 de la SAF, qu'il partage avec Philippe Lognonné, lui sera remis par PIF et Gilles à cette occasion
- ★ Félicitations





- ★ Nous aurons le plaisir de recevoir le 12 Janvier 2022
- ★ Aurélie MOUSSI du CNES
- ★ Dr en astrophysique.
- ★ spécialiste des astéroïdes
- ★ chef projet Hayabusa/Mascot et MMX/MIRS
- ★ Le titre de son intervention :
- ★ L'exploration des astéroïdes : petits corps mais grands exploits
- ★ Réservation en cours



- ★ Les dernières conférences et news
- ★ Elles sont disponibles sur le site de la commission :

<http://www-cosmosaf.iap.fr/>

et sur [www.planetastronomy.com](http://www.planetastronomy.com)

- ★ Les conférences mensuelles sont maintenant filmées en vidéo et disponibles sur Internet.

# La dernière réunion Cosmo : a eu lieu au siège!



- ★ C'était notre reprise en présence du public et aussi avec diffusion Zoom, grâce à la nouvelle installation média de la SAF
- ★ Sur la radioastronomie et le réseau SKA/LOFAR avec C Tasse
- ★ CR sur : <https://www.planetastronomy.com/special/2022-special/25sep/Tasse-CosmoSAF.html>

# Cours 2021-2022

## Les planètes extrasolaires

Danielle Briot

Jeudi à 19 h

Prochain cours : 18 novembre

## Photométrie

Thierry Midavaine

Jeudi à 18 h 30

Prochain cours : 21  
octobre

## Cosmologie

Jacques Fric

Mardi à 18 h

Premier cours : 23  
novembre

## Mécanique céleste

Stéphane

Mihajlovic

Mercredi à 18 h

Prochain cours : 29  
septembre

**Au siège de la SAF - retransmission en direct - cours  
enregistrés**

Inscription sur [www.saf-astronomie.fr/cours](http://www.saf-astronomie.fr/cours)

- ★ La SAF organise tous les ans :
- ★ Des cours de cosmologie donnés par **Jacques Fric** vice Président de la commission de cosmologie
- ★ Réservés aux membres de la SAF

les **Mardis de 18H00 à 19H30** au siège rue Beethoven

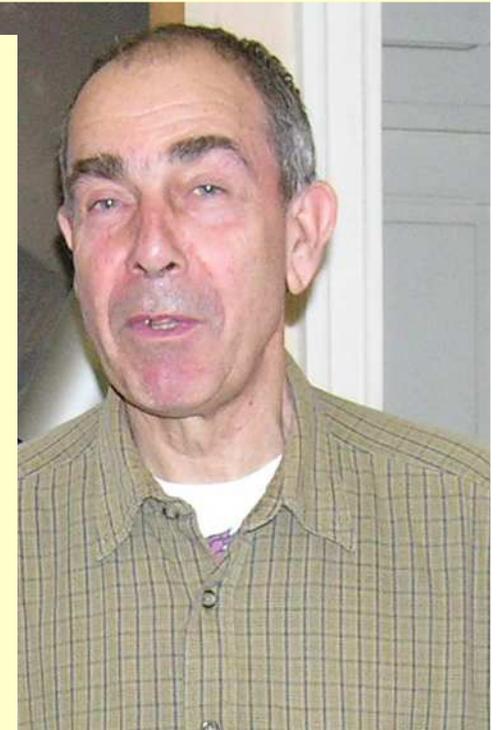
\*voici le programme :

- **23 novembre 2021** - Histoire et philosophie des sciences - Painlevé, une contribution à la relativité générale trop innovante pour être comprise à l'époque : tout public

- **30 novembre 2021** - Rappel sur la relativité générale - l'équation d'Einstein- convergence avec la mécanique newtonienne.

**7 décembre 2021** - Cosmologie- le principe copernicien - établissement de la métrique de Robertson- Walker (espace à symétrie maximale) , établissement de l'équation de Friedmann, l'apport de Lemaître.

**14 décembre 2021.** Les conséquences de cette équation, quelques exemples, expansion de l'univers, inflation, redshift, dilatation temporelle- l'apport des SN1A, principe utilisé pour déterminer le modèle cosmologique actuel.



- ★ La SAF organise tous les ans : des cours d'Astronomie donnés par **Danielle Briot** astronome à l'Observatoire de Paris
- ★ Réservés aux membres de la SAF  
Inscription via le formulaire de contact sur le site de la SAF.

thème : **les planètes extrasolaires**

DES JEUDIS À 19H AU SIÈGE (sinon en visio) :

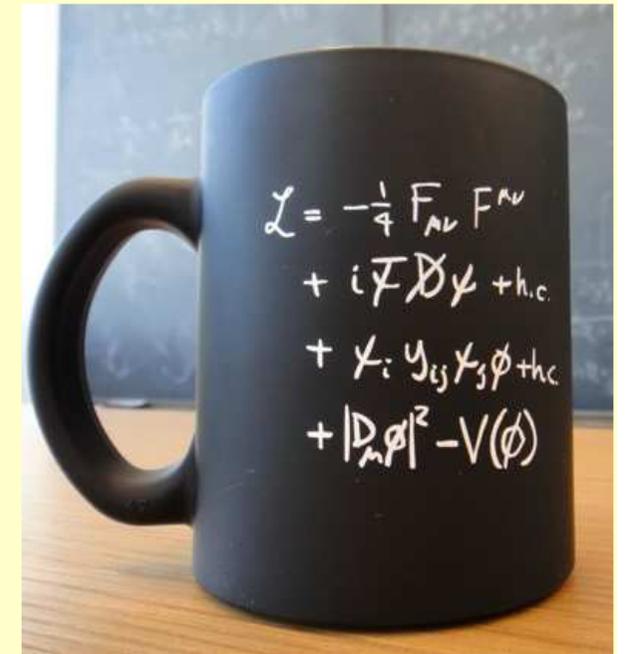
- 1) 9 septembre 2021 : A la recherche d'autres mondes
  - 2) 23 septembre : Que sont les étoiles, les planètes et les naines brunes ?
  - 3) 18 novembre : On recherche des planètes désespérément : différentes méthodes
  - 4) 9 décembre : On recherche des planètes désespérément : encore d'autres méthodes
  - 5) 13 janvier 2022 : Ce que nous ont appris les Jupiters chauds
  - 6) 27 janvier : Ce que nous ont appris les transits
  - 7) 10 février : Planètes excentriques et planètes en résonance
  - 8) 10 mars : Etoiles multiples et planètes multiples
  - 9) 24 mars : Planètes et pulsars
  - 10) 7 avril : Un futur prometteur
- Plus d'infos au 01 42 24 13 74



# COURS DE MATH POUR LA COSMOLOGIE

- \* un mercredi sur deux de 18H00 à 20H00 au siège par S. Mihajlovic Programme :
- \* \* Étude du mouvement képlérien idéal; application aux systèmes binaires isolés.
- \* \* Potentiel newtonien perturbé. Mouvement képlérien réel.
- \* \* Éléments de dynamique hamiltonienne et problème à 3 corps.
- \* \* Introduction aux systèmes dynamiques; questions de stabilité.
- \* Premier cours mercredi 30 sept 2020;
- \* Octobre: mercredi 07/10
- \* Novembre: les mercredi 18/11 et 25/11
- \* Décembre: les mercredi 02/12 et 16/12
- \* Janvier: les mercredi 06/01 et 20/01
- \* Février: mercredi 03/02
- \* Mars: les mercredi 03/03, 17/03 et 31/03
- \* Avril: mercredi 07/04
- \* Mai: les mercredi 05/05, 19/05 et 26/05
- \* Juin: les mercredi 02/06, 16/06 et 23/06.

VÉRIFIER



$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} R g_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

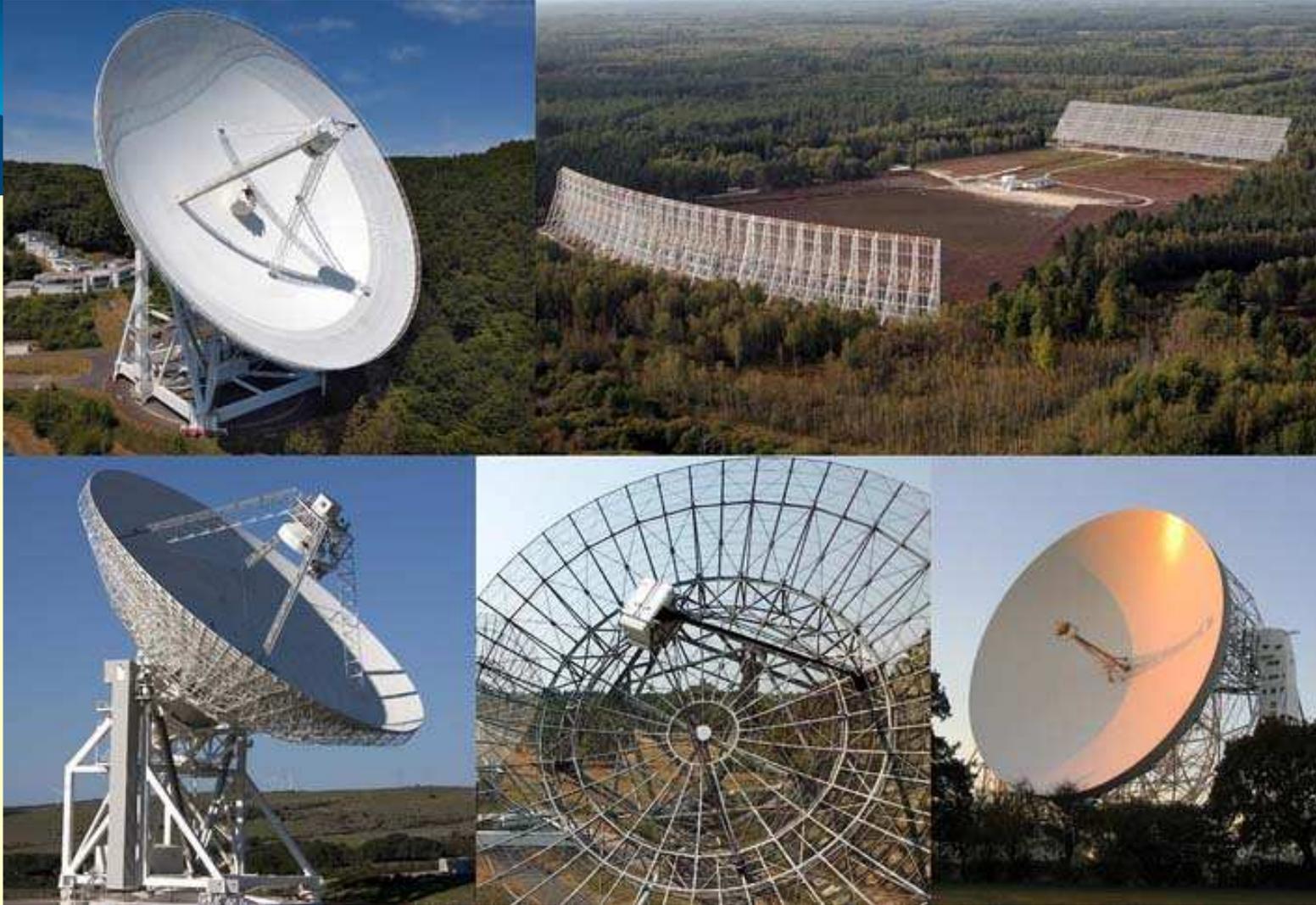
# ACTUALITÉS

- ★ Quelques évènements importants ont marqué la période depuis notre dernière réunion, en voici quelques uns.

# LE FOND D'ONDES GRAVITATIONNELLES

- ★ Tout le monde connaît le fond cosmologique micro-ondes (CMB) apparu vers 380.000 ans après le Big Bang, eh bien, il existerait de façon similaire un autre fond cosmologique, le fond d'ondes gravitationnelles ou **GWB** en anglais pour **Gravitational Waves Background**.
- ★ Ces ondes gravitationnelles (OG) seraient apparues lors des fluctuations quantiques au moment du BB.
- ★ Il semble bien que différentes équipes aient détecté ce fameux fond d'OG, qui correspondrait à des vibrations de l'espace-temps dus à des Trous Noirs binaires très massifs tournant l'un autour de l'autre, ce serait une équipe américaine qui en serait le découvreur.
- ★ En plus de cette équipe US qui a étudié **45 pulsars pendant 13 ans**, le consortium NANOGrav utilisant les radiotélescopes de Green Bank et d'Arecibo, il y a une équipe australienne utilisant le radiotélescope de Parkes (PPTA : Parkes Pulsar Timing Array) et une équipe européenne, le consortium EPTA (European Pulsar Timing Array) où la France joue un rôle important avec notamment le radiotélescope de Nançay.
- ★ Justement, ce consortium européen vient de publier par l'intermédiaire de l'Observatoire de Paris un communiqué que je transmets :

- S
- \* Une collaboration scientifique européenne impliquant des chercheurs de l'Observatoire de Paris - PSL, du CNRS et de l'Université d'Orléans annonce la détection d'un "signal prometteur" qui pourrait être lié au fond d'ondes gravitationnelles, tel que produit par des couples de trous noirs supermassifs en phase spirale. L'étude parue en ligne le 27 octobre 2021 dans "Monthly Notices of the Royal Astronomical Society" représente une étape importante dans la recherche des ondes gravitationnelles à l'aide des pulsars.
  - \* ■ Les "Pulsar Timing Arrays" (PTA) sont des réseaux de pulsars, dont la rotation très stable est utilisée comme détecteur d'ondes gravitationnelles à l'échelle galactique. Les signaux de pulsars sont notamment sensibles aux ondes de très basse fréquence, dans le régime du milliardième de hertz.
  - \* Cette technique permet d'élargir les modes de détection des ondes gravitationnelles actuellement observées aux hautes fréquences (centaines de hertz) par les détecteurs terrestres LIGO/Virgo/Kagra.
  - \* Alors que les détecteurs au sol étudient les collisions de courte durée entre des trous noirs de masse stellaire et des étoiles à neutrons, les PTA permettent d'étudier les ondes gravitationnelles telles que celles émises par des couples de trous noirs supermassifs, lesquels se rapprochent lentement en spiralant au centre des galaxies. La superposition de l'ensemble des signaux émis par la population totale de ces binaires forme ce qu'on appelle un fond d'ondes stochastique.
  - \* Dédiée à l'étude des PTA, l'European Pulsar Timing Array (EPTA) est une collaboration européenne réunissant une quarantaine de scientifiques autour des cinq plus grands radiotélescopes européens :



Les cinq principaux radiotélescopes européens. De gauche en haut à droite en bas : radiotélescope d'Effelsberg (Allemagne), radiotélescope de Nançay (France), radiotélescope de Sardaigne (Italie), radiotélescope de synthèse de Westerbork (Pays-Bas) et télescope Lovell, Royaume-Uni.

© Norbert Tacke/MPIfR (Effelsberg), Letourneur / Observatoire de Paris - PSL (Nançay), Anthony Holloway (Jodrell Bank), ASTRON (WSRT), Gianni Alvaro/INAF (SRT).

- ★ ■ L'European Pulsar Timing Array a ainsi identifié un "signal prometteur", tel que celui produit par des couples de trous noirs supermassifs en phase spiralante, qui pourrait être lié au fond d'ondes gravitationnelles, recherché depuis longtemps, à très basse fréquence, de l'ordre du milliardième de hertz.
- ★ Bien que l'on ne puisse pas encore affirmer qu'il s'agisse à proprement parler d'une détection, l'analyse représente une étape importante dans la recherche des ondes gravitationnelles. Le signal découvert est étayé par une analyse extrêmement détaillée et sans précédent, sur la base de deux méthodologies indépendantes. Pour valider ces résultats, plusieurs codes indépendants avec des méthodes statistiques différentes ont été utilisés, permettant ainsi de caractériser et d'atténuer d'autres sources parasites de bruit et de rechercher le fond d'ondes gravitationnelles proprement dit.
- ★ Quelle que soit la procédure employée, l'analyse EPTA, a mis clairement en évidence la présence d'un bruit de fond dont les propriétés spectrales (c'est-à-dire la façon dont l'amplitude du signal observé varie avec la fréquence) sont dans les limites théoriques attendues pour l'émission d'ondes gravitationnelles par des couples de trous noirs supermassifs.
- ★ ■ Ce signal présente de fortes similitudes avec ce qui a été mis à jour au même moment par les travaux d'équipes concurrentes. Le consortium EPTA est en effet membre fondateur de l'International Pulsar Timing Array (IPTA), qui regroupe à l'échelle mondiale les efforts dans cette thématique.

- ★ La collaboration Ligo/Virgo/Kagra vient de publier son troisième catalogue de détection d'ondes gravitationnelles (OG) et il est copieux !
- ★ **Ligo et Virgo** sont des détecteurs d'OG situés à la surface terrestre, Ligo aux USA en deux endroits et Virgo en Italie dans la région de Pise.
- ★ En revanche, **Kagra** (acronyme de Kamioka Gravitational Wave Detector) que peu d'entre vous doivent connaître, est situé sous terre au Japon dans la région du Kamiokande célèbre pour ses détecteurs de neutrinos.
- ★ Cet interféromètre est enfoui sous terre à 200 m de profondeur, son principe est le même que Ligo et Virgo. Kagra (anciennement LCGT Large-scale Cryogenic Gravitational-wave Telescope) est un **laser de 3 km** de



Photos des 4  
interféromètres :  
rang du haut de g à d :  
Ligo (Hantford état  
de Washington) et  
Kagra ; rang du bas :  
Virgo en Italie et Ligo  
(Livingston Louisiane).  
Crédit : ICRR, Univ. of  
Tokyo/LIGO  
Lab/Caltech/MIT/  
Virgo Collaboration

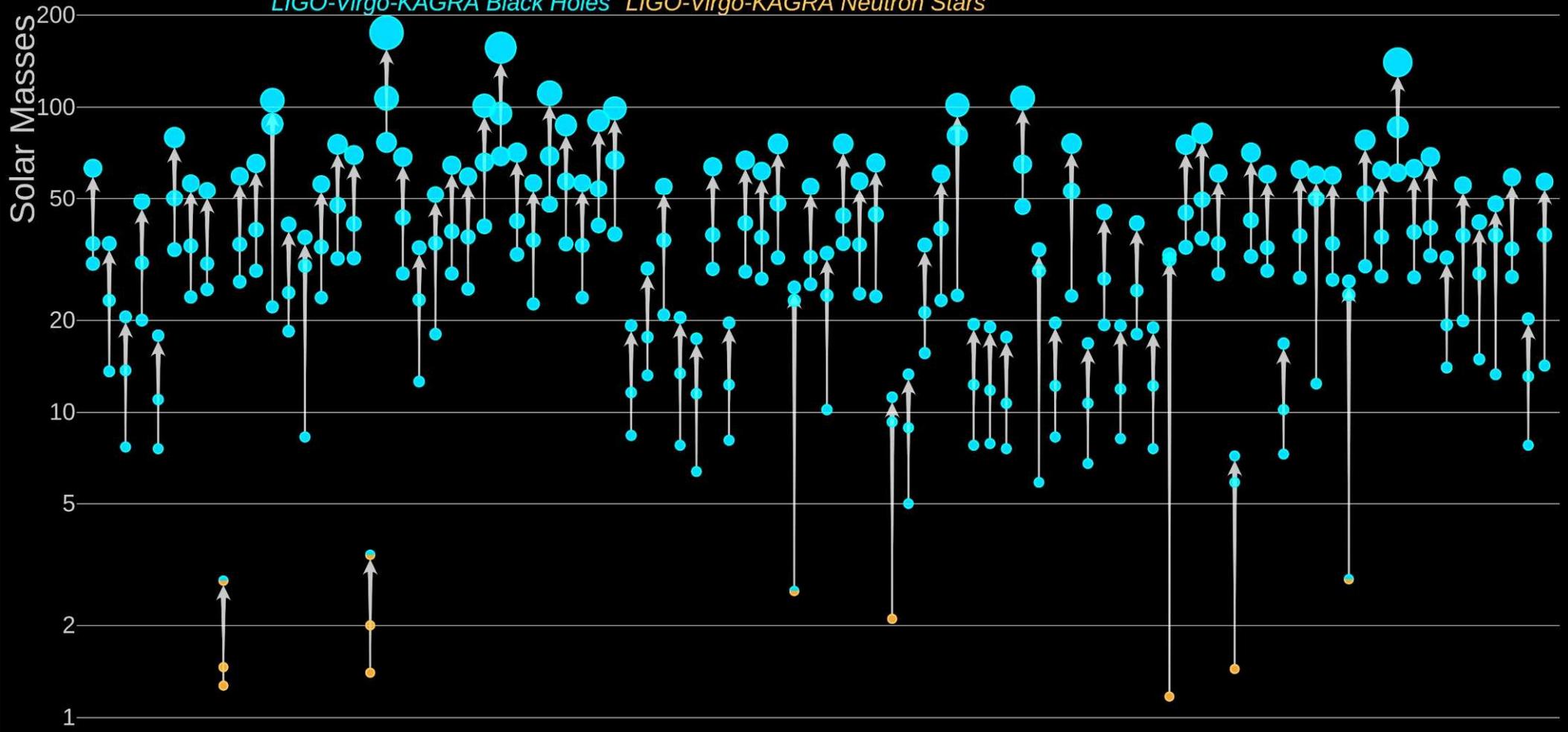
Crédit : ICRR, Univ. of Tokyo



- ★ Le premier catalogue (baptisé GWTC-1) contenait 11 événements des premiers rounds d'observation O1 et O2, il contenait notamment les premières découvertes.
- ★ Le deuxième catalogue (GWTC-2) avait ajouté 44 nouveaux événements pour l'observation O3
- ★ Soit un total de 545 événements.
- ★ Le troisième catalogue (GWTC-3) qui vient d'être publié, rajoute encore 35 événements, amenant le compte total à ce jour à 90. On les a placés sur la figure ci-après.
- ★ Ces nouveaux 35 éléments sont très probablement des fusions de trous noirs (32) et 3 de trous noirs et étoiles à neutrons.

# Masses in the Stellar Graveyard

LIGO-Virgo-KAGRA Black Holes LIGO-Virgo-KAGRA Neutron Stars

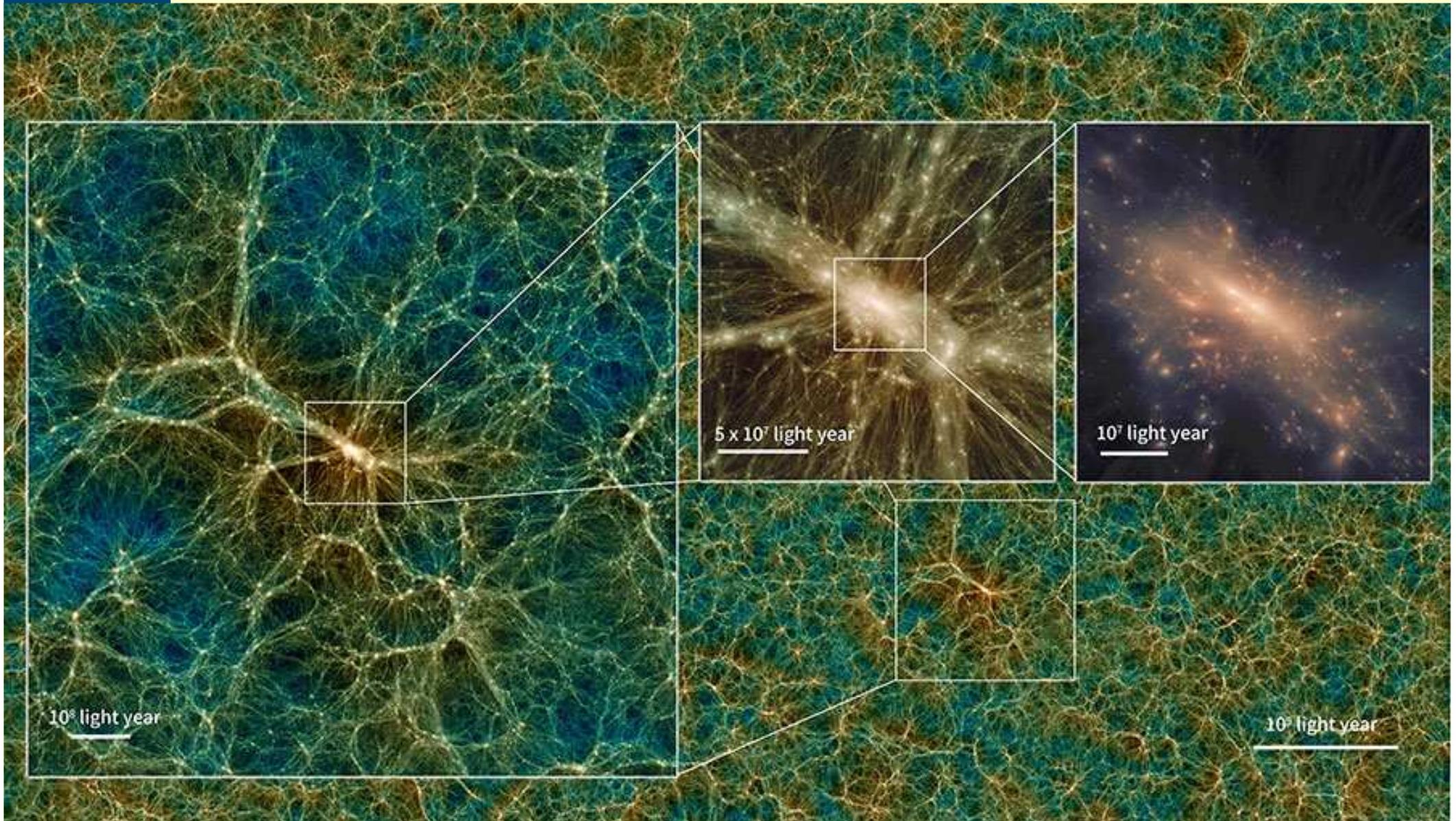


LIGO-Virgo-KAGRA | Aaron Geller | Northwestern

Représentation de ces divers objets compacts. Chaque cercle représente un de ces objets, l'échelle verticale représente la masse en masses solaires. Les cercles bleus correspondent aux trous Noirs, les oranges aux étoiles à neutrons. Les quelques objets incertains sont moitié-moitié bleu/orange. Chaque coalescence (merger) implique 3 objets, les 2 objets qui vont fusionner et le résultat final. La flèche indique quels objets ont fusionnés et quel objet est le résultat. Crédits : LIGO-Virgo-KAGRA Collaborations/Frank Elavsky, Aaron Geller/Northwestern

# UNE NOUVELLE SIMULATION D'UNIVERS

- ★ Une équipe japonaise en liaison avec des équipes internationales dont le LAM (laboratoire d'Astrophysique de Marseille) a développé une simulation de l'évolution de l'Univers depuis son début jusqu'à maintenant. Et ceci grâce au supercalculateur japonais Aterui-II contenant plus de 40.000 processeurs. Il est construit par l'Observatoire astronomique national du Japon (NAOJ).
- ★ Il a utilisé 20 millions d'heures de calculs à raison de 48 heures par mois pendant douze mois.
- ★ Le résultat a été baptisé UCHUU c'est-à-dire « espace » en japonais.



- ★ Cette simulation contient approx. 2 100 milliards de particules de matière dans un cube de 9,6 milliards d'années-lumière de côté. La quantité d'information recueillie est phénoménale (3 pétaoctets de données soit 3 fois  $10^{15}$ ) et nécessite des stockages particuliers.
- ★ On peut ainsi assister à l'évolution de notre Univers depuis sa prime enfance.
- ★ Ce genre de simulations arrive à point nommé, quand les nouveaux télescopes sont ou vont être mis en service incessamment, comme DESI et Euclid par exemple.
- ★ Elle permet d'explorer l'évolution de l'Univers au cours des 13,8 milliards d'années écoulées. Et d'observer comment la matière noire structure l'espace à grande échelle, des amas géants aux plus petites des galaxies. Le tout accessible à tous via Internet. © Tomoaki Ishiyama, Hirotaka Nakayama, 4D2U Project, NAOJ
- ★ Courte vidéo de la simulation : <https://youtu.be/R7nV6JEMGAo>

©2021 Tomoaki Ishiyama, Hirotaka Nakayama, 4D2U Project, NAOJ

# RÉVÉLATIONS SUR NOS GALAXIES NAINES



- \* À partir des dernières données astrométriques du catalogue Gaia, une équipe scientifique internationale dirigée par un astronome de l'Observatoire de Paris- PSL (François Hammer) apporte un éclairage nouveau sur la façon dont les galaxies naines se sont trouvées autour de notre Voie lactée : une arrivée beaucoup plus récente que ce que l'on pensait depuis près 50 ans.
- \* L'étude parait en ligne le 24 novembre 2021 dans la revue Astrophysical Journal.
- \* On sait que notre Galaxie est entourée d'au moins une cinquantaine de galaxies naines, on a longtemps pensé qu'elles étaient des satellites de notre propre galaxie. Elles sont nommées d'après la constellation dans laquelle elles ont été détectées, comme on le voit sur la représentation ci-après. Rappelons qu'une galaxie naine peut rassembler des milliers à des milliards d'étoiles.

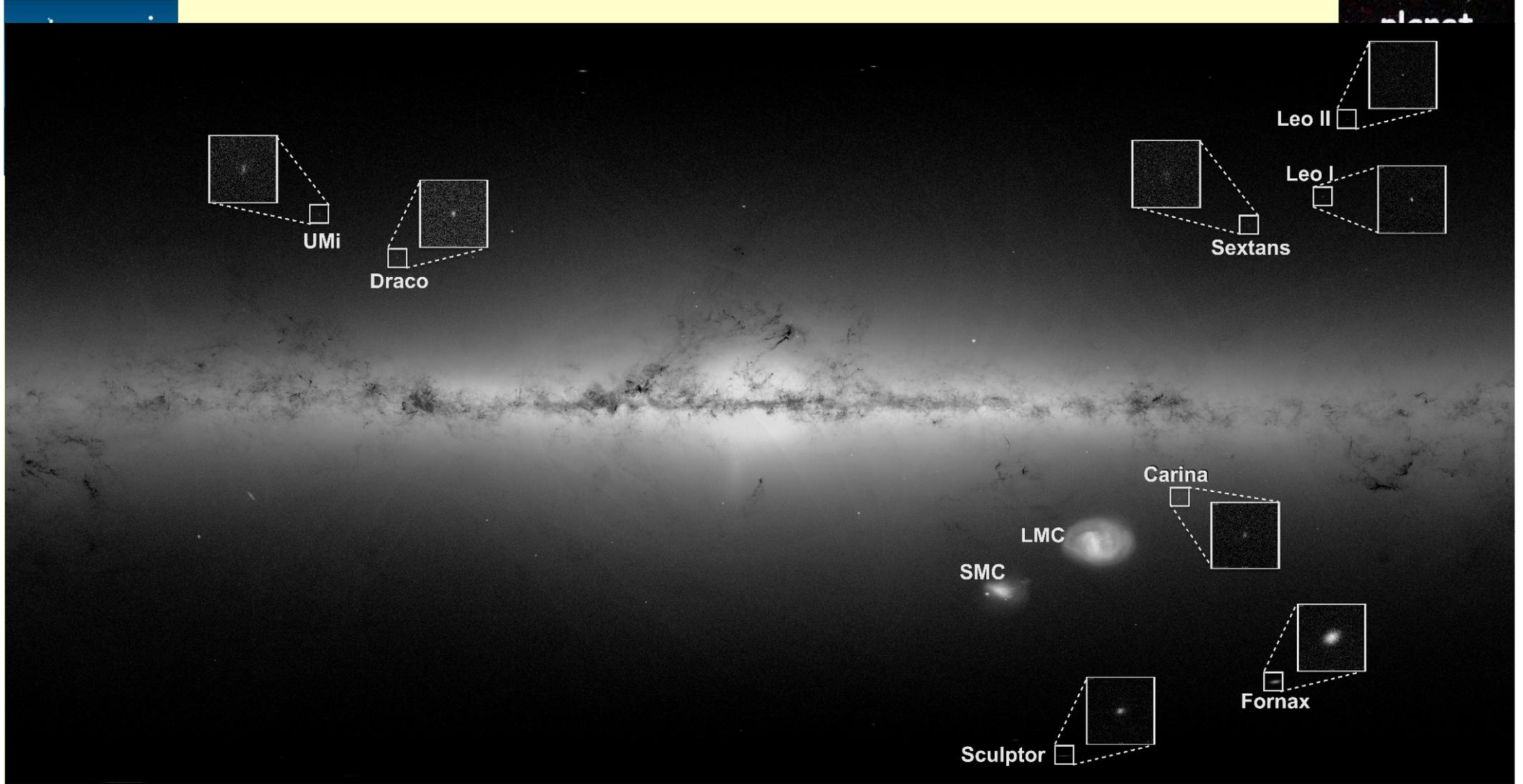


Image de la Voie lactée et son cortège de galaxies naines, réalisée à partir de Gaia EDR3.  
Chaque étoile est représentée par un point.  
On y distingue les Nuages de Magellan ainsi que plusieurs galaxies naines qui ont été  
labélisées.

© ESA/Gaia/DPAC, CC BY-SA 3.0 IGO

- ★ L'observatoire de Paris publie un communiqué à ce sujet :
- ★ Depuis longtemps, on pensait que les galaxies naines situées au voisinage de la Voie lactée s'étaient satellisées autour d'elle il y a plusieurs milliards d'années. Mais cette idée a pu directement être remise en question grâce aux nouvelles données astrométriques du satellite Gaia, publiées en décembre 2020 dans le catalogue EDR3, et à ce jour les plus précises au monde à disposition de la communauté scientifique.
- ★ Une équipe internationale dirigée par un astronome de l'Observatoire de Paris - PSL (François Hammer) au département Galaxies, étoiles, physique et instrumentation - GEPI (Observatoire de Paris - PSL / CNRS) et associant des scientifiques du National Astronomical Observatory of China (NAOC) et du Leibnitz Institute for Astrophysics at Postdam (AIP) s'est en effet penchée sur les mouvements propres des galaxies naines autour de la Voie lactée.
- ★ Et le résultat de l'étude est une complète surprise.
- ★ L'équipe a calculé les mouvements de 40 galaxies naines cartographiées par Gaia autour de la Voie lactée. Pour ce faire, elle a mesuré, pour chaque galaxie, un ensemble de quantités connues sous le nom de vitesses tridimensionnelles, puis en a déduit leurs énergies orbitales et leurs moments angulaires (rotationnels).

- ★ En résumé :
- ★ Nos scientifiques, en étudiant les mouvements de cette quarantaine de galaxies naines, ont mis au jour le fait qu'elles se **déplaçaient beaucoup plus vite** que ce qui était admis.
- ★ Ils en déduisirent qu'elles ne pouvaient pas être dans notre voisinage depuis très longtemps, sinon elles auraient déjà perdu beaucoup d'énergie (à cause des forces de marée). D'après les calculs, elles ne seraient à nos côtés que depuis peu (au sens astronomique du terme !), **depuis un ou deux milliards d'années seulement**.
- ★ Une conséquence inattendue de cette découverte, certains pensent que cela peut mettre en cause la présence de matière noire autour de notre Galaxie.
- ★ Peut-être faut-il revoir l'histoire de notre Galaxie ?

- ★ Et enfin un évènement auquel on ne pourra pas échapper :
- ★ Le lancement du JWST (théoriquement le 22 décembre) , appelé faussement le successeur de Hubble.
- ★ Pourquoi faussement ?
- ★ Ses images seront en IR et non pas en visible comme Hubble, on n'aura pas le même feeling ou émotion que celles de Hubble à mon avis
- ★ Mais attendons, wait and see!!

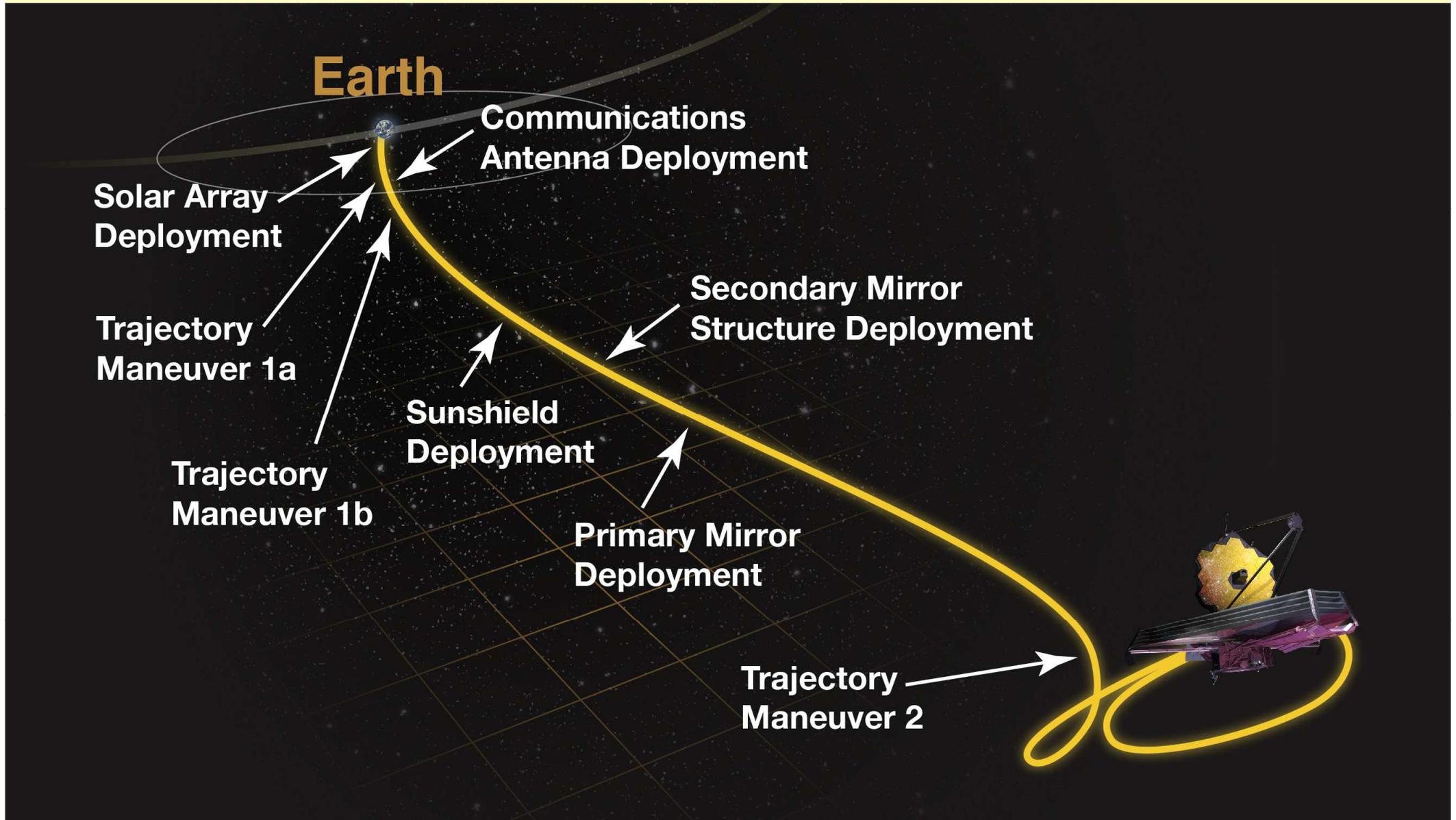
- ★ Le JWST voyage en bateau vers son site de lancement, en effet, un voyage en avion aurait été problématique à l'arrivée.
- ★ Le reste du parcours de l'aéroport de Cayenne à Kourou aurait été plus difficile à surmonter pour ses fragiles instruments et aussi le passage de nombreux ponts aurait été problématique, c'est la raison pour laquelle on a choisi le transport par bateau.
- ★ Finalement le télescope est arrivé au port de Pariacabo le 12 Octobre 2021.
- ★ Son container de 30 m de long (70 tonnes) est placé à bord du MN Colobri qui a voyagé depuis la Californie et le canal de Panama jusqu'à la Guyane.



© 2021 ESA/ CNES/ ARIANESPACE. Droits réservés au CSO - P. BAUDON, E. PIGNET

- ✳ Le MN Colibri est la réplique du MN Toucan qui sert aussi au transport des pièces d'Ariane vers la Guyane en traversant l'Atlantique.
- ✳ Ces deux bateaux sont conçus pour pouvoir remonter le fleuve Kourou jusqu'au port indiqué.
- ✳ L'avantage de ce port, c'est qu'il est situé à Kourou, près du site de lancement, il n'y a plus qu'à décharger l'ensemble et à l'amener sur site.

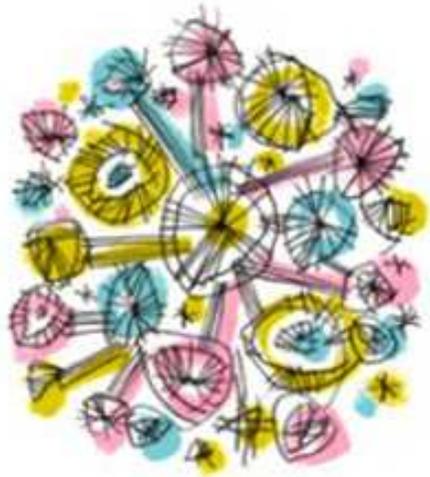
✳ Photo : ESA



# James Webb Space Telescope Edited Deployment 2011



## Michel Cassé Du vide et de la création



- ★ Pourquoi y a-t-il quelque chose plutôt que rien ? Le vide est-il le néant ? Jusqu'à présent, ces questions sont restées l'apanage de la métaphysique et de la théologie.
- ★ Le temps est venu pour la science de les reformuler en s'interrogeant sur la nature profonde de la réalité.
- ★ Michel Cassé montre que, dans le moindre centimètre cube d'espace, fourmille une faune stupéfiante de particules, de quanta. Parfaitement neutre, mais totalement habité, le vide est au centre des corps. Et l'on s'émerveille que de lui soit né un monde.
- ★ 10€

- ★ Le Dr Pauline ZARROUK astrophysicienne CEA Saclay, Durham University, LPNHE
- ★ Après avoir obtenu son doctorat en cosmologie au CEA-Saclay en 2018, Pauline Zarrouk a effectué un post-doctorat en Angleterre à l'Université de Durham puis elle a obtenu un poste de chercheur CNRS en octobre 2020 à Paris au LPNHE.
- ★ En 2018, Pauline a obtenu une des 30 bourses L'Oréal-Unesco Pour les Femmes et la Science ainsi que le prix de thèse 2018 du LabEX P2IO. Depuis son doctorat, Pauline est très impliquée dans la diffusion scientifique, elle a notamment développé un jeu de plateau sur les exoplanètes et elle est membre du comité scientifique du Festival d'Astronomie de Fleurance et du Festival Atmosphères de Courbevoie.
- ★ Elle nous parle :
- ★ **L'expansion de l'Univers s'accélère. Qui appuie sur la pédale d'accélérateur?**



- ★ PROCHAINE RÉUNION COSMOLOGIE :
- ★ Samedi xxx 15 H : à définir
- ★ Merci de proposer des thèmes et conférenciers
- ★ Réunion au siège si les conditions l'autorisent

# L'observatoire de Jaipur Inde





# MERCI DE VOTRE ATTENTION

Cosmic Spheres of Time

