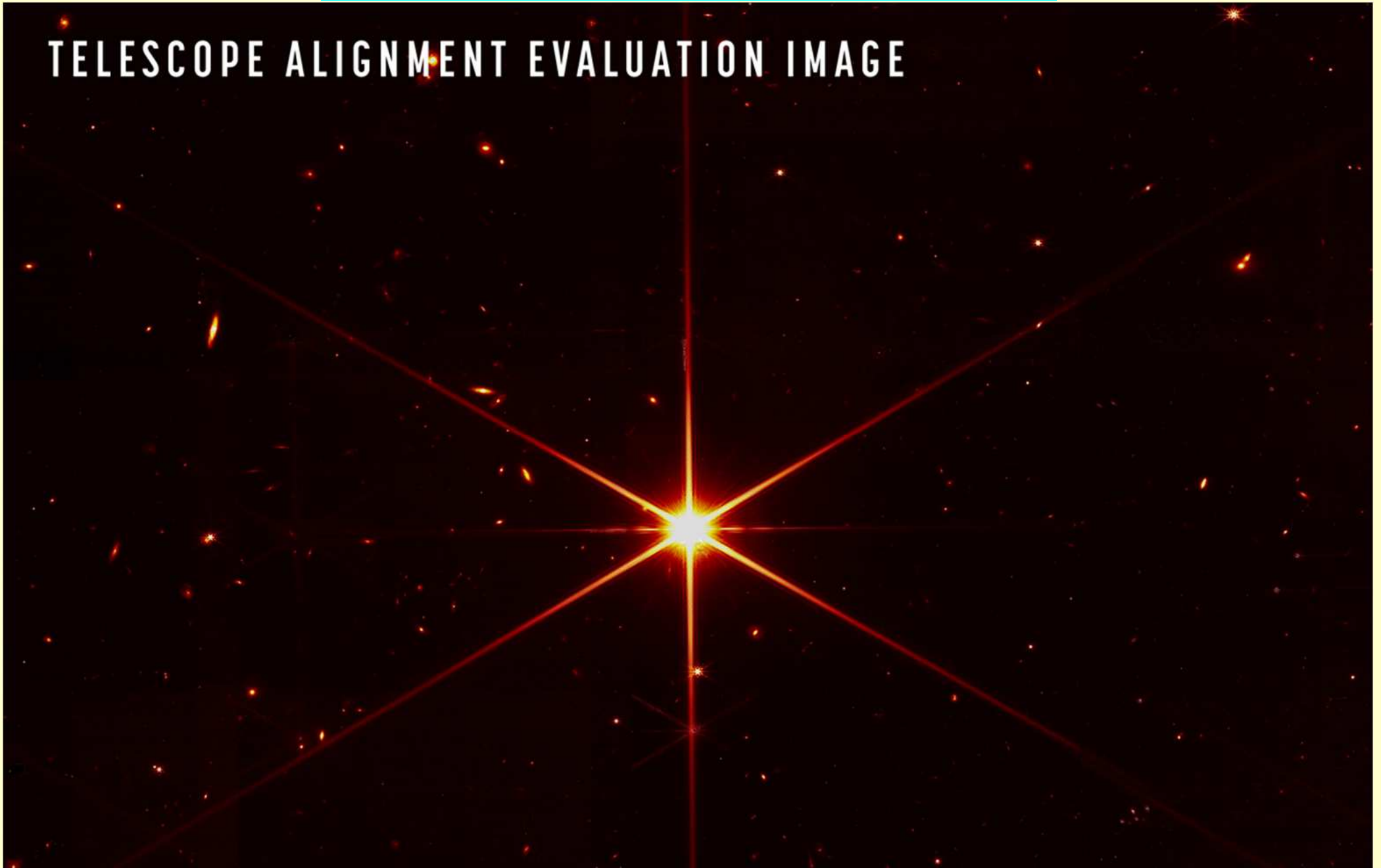


# SAF-Commission de COSMOLOGIE

## Réunion du 26 Mars 2022

TELESCOPE ALIGNMENT EVALUATION IMAGE



- ★ 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

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

# Les prochaines conférences mensuelles d'astronomie de la SAF

Mercredi 9 Mars 19H au CNAM	Alexandre <b>LE TIEC</b> LUTH Obs de Paris spécialiste théorie de la gravitation	<b>Astronomie gravitationnelle :          dernières nouvelles des          vibrations de l'espace-temps</b>  <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	<b>Les débris spatiaux, problèmes          et solutions</b>  <i>Réservation à partir du 10 Mars</i>	
Mercredi 11 Mai 19H au CNAM	André <b>DEBUS</b> CNES chef projets des contrib. françaises à bord d'EXOMARS	<b>Mission Exomars2022 : L'Europe          à la recherche de traces de vie          sur Mars</b>  <i>Réservation à partir du 14 Avr</i>	
Mercredi 8 Juin 19H au CNAM	Nombreux intervenants	<b>Table ronde sur l'Observatoire          de Juvisy, Flammarion etc..</b>  <i>Réservation à partir du 11 Mai</i>	

CONFÉRENCE SAF DU 9 FÉVRIER 2022  
AVEC F. BERNARDEAU SUR LA MISSION EUCLID



- ✦ Nous aurions dû recevoir Yannick MELLIER (IAP) responsable de la mission
- ✦ Mais il était indisponible.
- ✦ Son collègue F Bernardeau astrophysicien CEA de l'IPhT (Institut de Physique Théorique) et ancien Directeur de l'IAP a eu la gentillesse d'intervenir sur :
- ✦ À la recherche de l'énergie noire avec le projet EUCLID
- ✦ CR sur :

<https://www.planetastronomy.com/special/2022-special/09fev/Euclid-SAF.html>

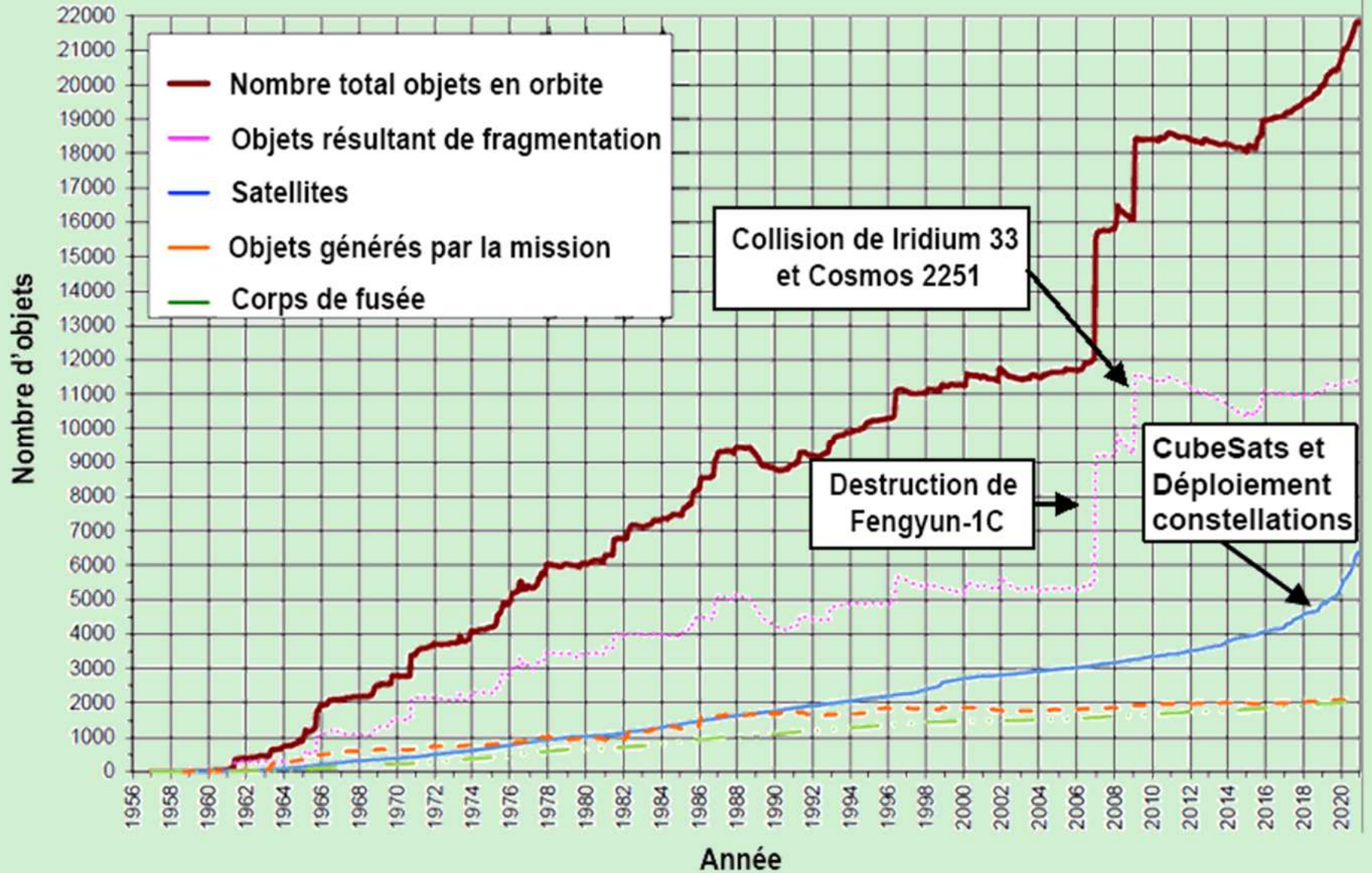


CR disponible sur :

<https://www.planetastronomy.com/special/2022-special/09mar/OG-LeTiec-SAF.html>

- ★ LE 13 Avril 19h
- ★ Nous recevrons :
- ★ **Christophe BONNAL**
- ★ De la Direction des lanceurs du CNES
- ★ Expert débris spatiaux
- ★ **Les débris spatiaux, problèmes et solutions**
- ★ Réservation à partir de demain 9H





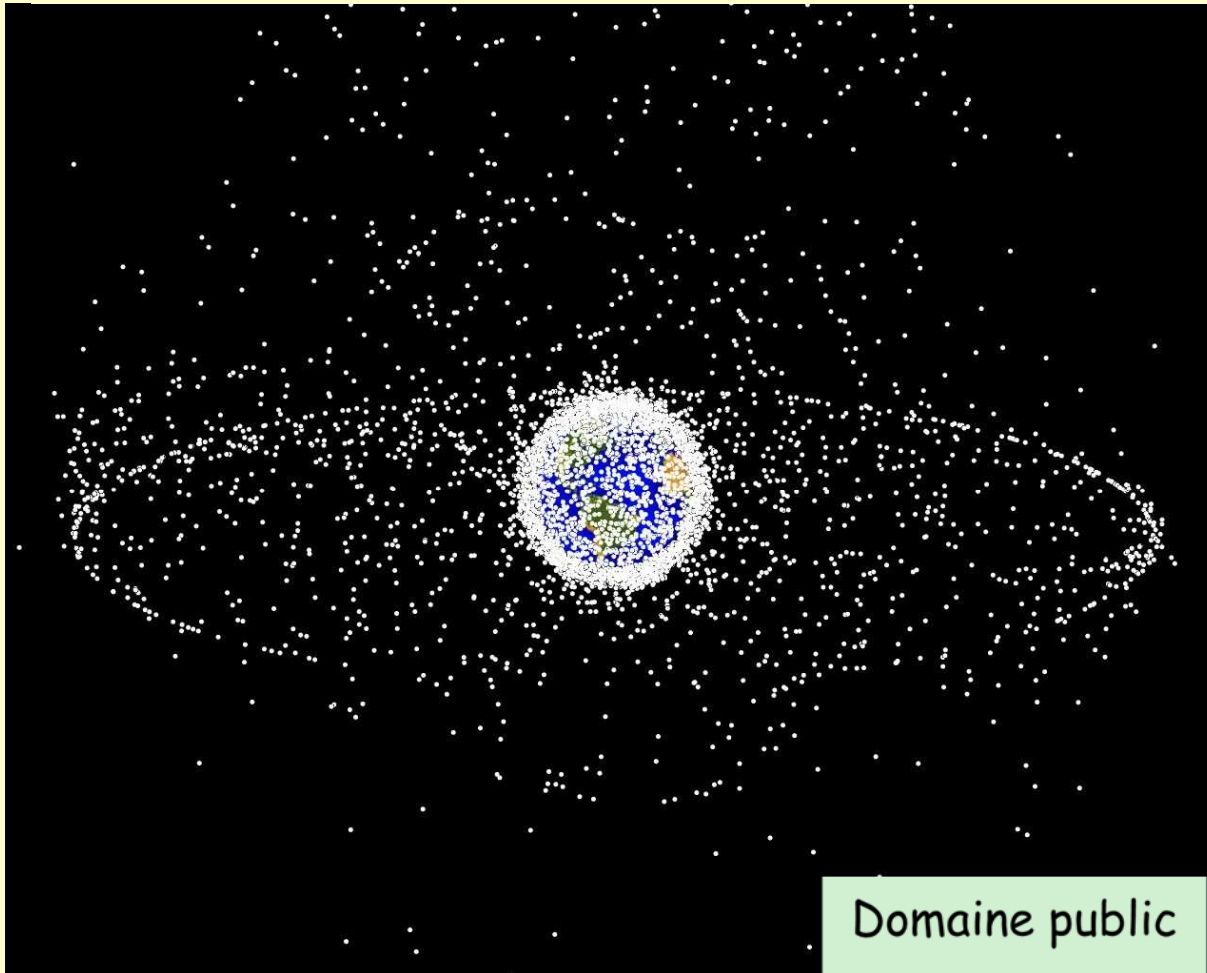
Domaine public



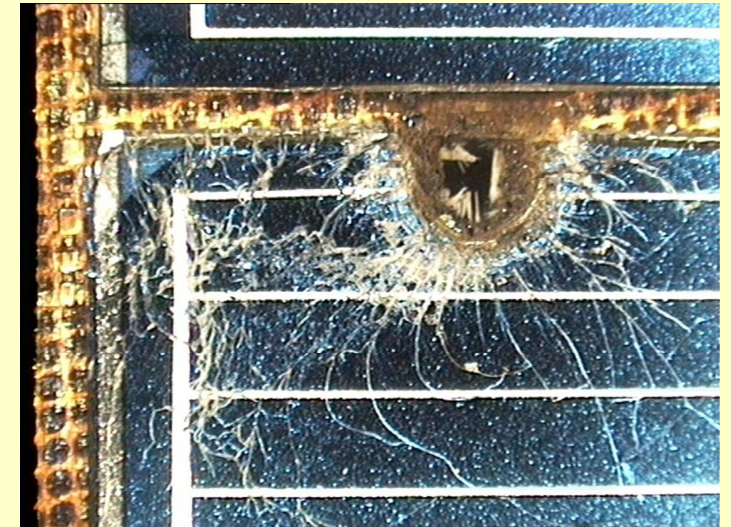
Il existe des parades, vous pouvez encore vous inscrire à cette conférence du 13 Avril 19H au CNAM avec le spécialiste C. Bonnal du CNES à :

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfl-wYMTmlfGQvLJB1ViOzXGgcScyNCqBysCyHIS3ErwPVKQg/viewform>

Ou directement sur le site de la SAF: <https://saf-astronomie.fr/conferences/>



Domaine public



- ★ 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!



- ★ CONFÉRENCE de Pauline ZARROUK le 11 Dec 2022
- ★ Astrophysicienne CEA-Saclay. Durham University LPNHE
- ★ « L'EXPANSION DE L'UNIVERS S'ACCÉLÈRE ! QUI APPUIE SUR LA PÉDALE D'ACCÉLÉRATEUR ? » CR sur :
- ★ <https://www.planetastronomy.com/special/2022-special/11dec/Zarrouk-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**

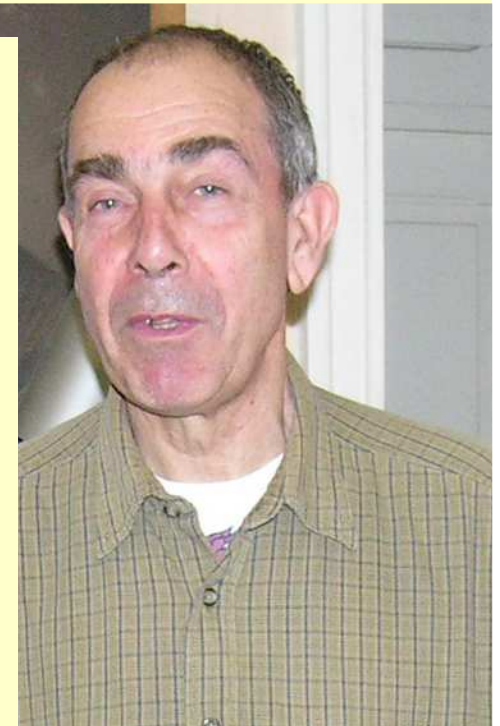
Inscription sur [www.saf-astronomie.fr/cours](http://www.saf-astronomie.fr/cours)

- ★ 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  
**(VÉRIFIER TOUT N'EST PAS DÉFINITIF)**

4 conférences espacées d'une semaine, soit fin d'année 2022 (novembre-décembre) ou début 2023 (janvier).

- ★ 1- « **Ne m'appellez plus jamais Big Bang!** ». La déclaration fracassante de J. Peebles, suite à son Nobel en 2019, est commentée pour éclairer ce qu'il veut dire par là.
- ★ 2- Que nous enseigne **l'histoire de la relativité** et de la cosmologie, en particulier, sur la compréhension de l'univers dans lequel nous vivons ?
- ★ 3- **La force de Planck**. Curieusement ce paramètre peu connu est omniprésent en relativité et en cosmologie. Nous verrons comment une simple analyse dimensionnelle permet de déterminer certains paramètres de l'univers.
- ★ 4- **Le mystère de notre existence** dans l'univers. Voyage de la mécanique quantique à la cosmologie.



- ★ 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) :

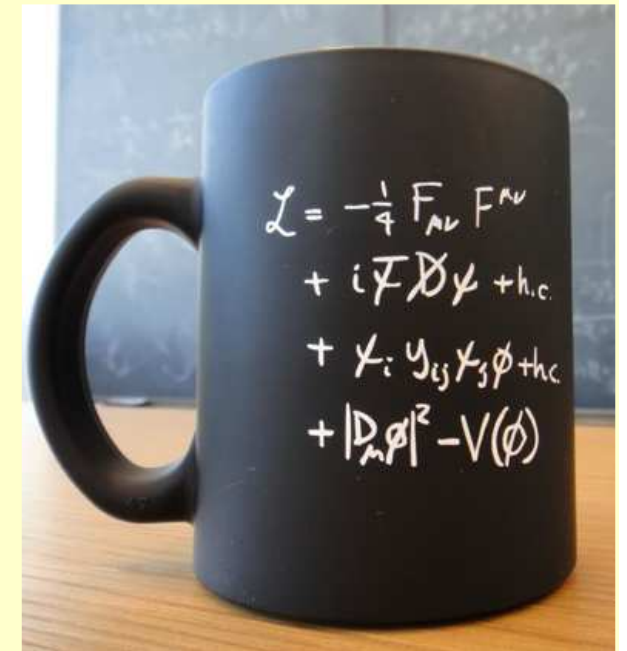
- 1) 9 septembre 2021 : A la recherche d'autres mondes
  - 2) 23 septembre : Que sont les étoiles, les planètes et les naines brunes ?
  - 3) 18 novembre : On recherche des planètes désespérément : différentes méthodes
  - 4) 9 décembre : On recherche des planètes désespérément : encore d'autres méthodes
  - 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

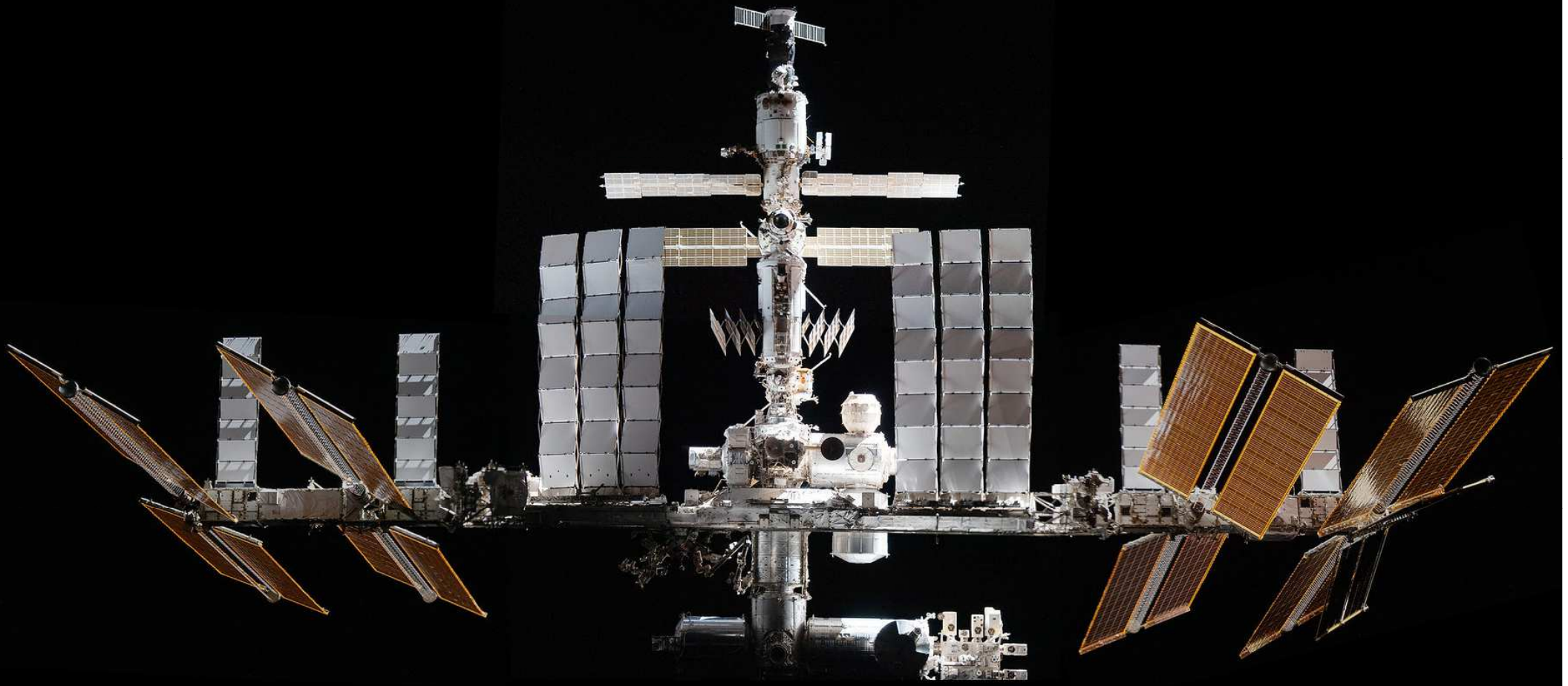
- ★ Quelques évènements importants ont marqué la période depuis notre dernière réunion, en voici quelques uns.

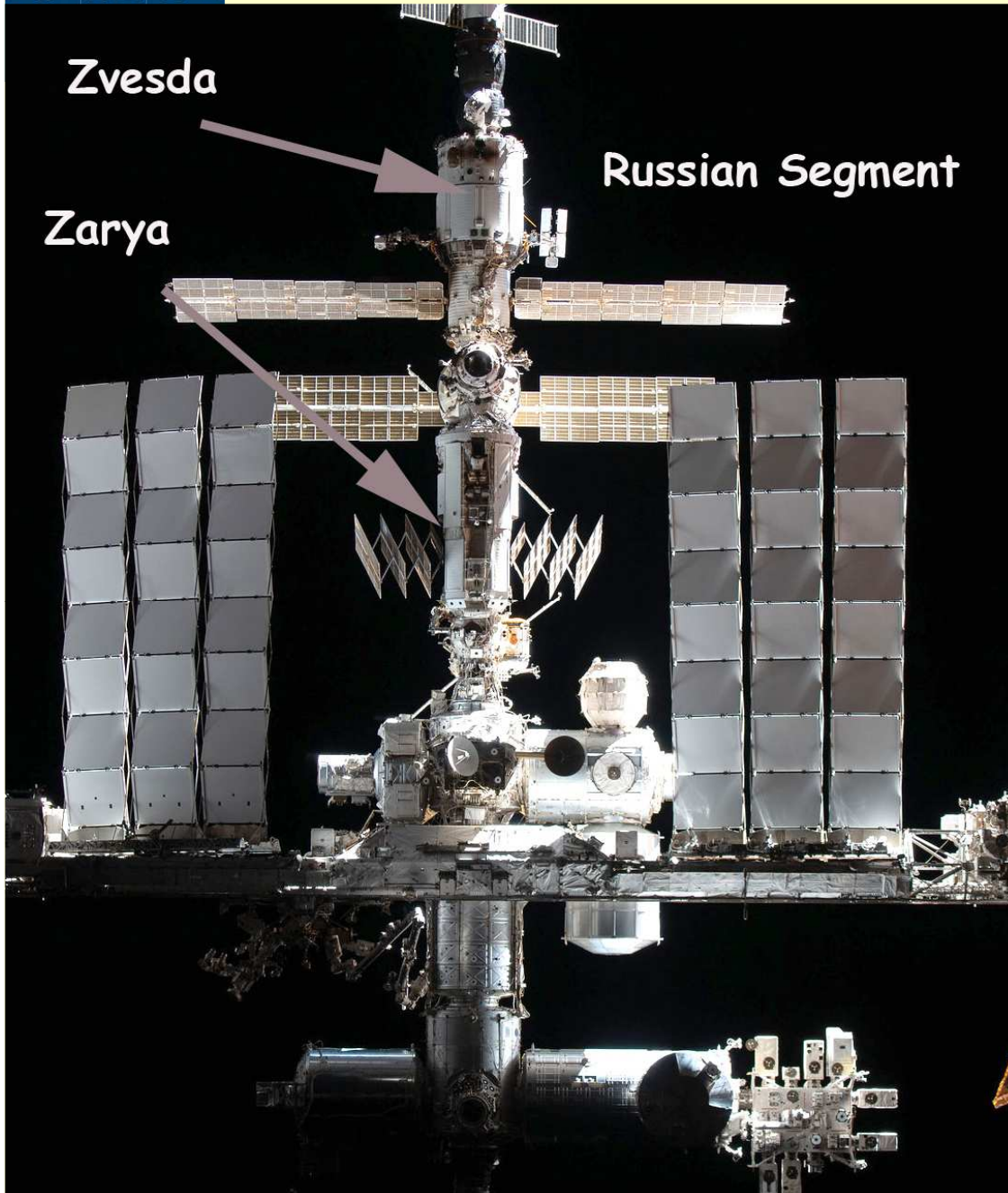


# ISS : LA GUERRE RUSSIE-UKRAINE CHANGE-T-ELLE LA DONNE ?

- ★ Les tristes évènements entre l'Ukraine et la Russie il y a quelques semaines ont tout bouleversé de nos relations avec la Fédération de Russie, au moins en ce qui concerne les coopérations scientifiques.
- ★ Il semble donc bien que les projets concernant la tant attendue mission **ExoMars** soit remise aux calendes grecques, que la livraison des moteurs fusées russes **RD-180** (utilisés par les lanceurs de ULA Atlas et Antares) soit aussi remise en question, que la coopération **Soyuz à Kourou** soit abandonnée et surtout qu'une réelle (ou feinte ?) **menace sur le devenir immédiat de l'ISS** soit apparue par nos amis de RosCosmos.
- ★ Intéressons-nous à ce dernier point.

- ★ Suite aux sanctions internationales prises contre la Russie en relation avec son invasion de l'Ukraine, le patron de l'agence spatiale Russe Roscosmos, **Dimitri Rogozin**, a annoncé que le partenariat avec les USA était terminé et que cela pourrait entraîner la chute incontrôlée de l'ISS, et pas forcément sur la Russie !!
- ★ **Vrai ou intox ?**
- ★ On rappelle que l'espace est un dernier secteur où la Russie et les USA coopèrent. L'ISS devant être désorbitée vers 2030 ou plus tôt.
- ★ On sait aussi que les Russes viennent d'envoyer leur dernier module à l'ISS, le module Nauka dont nous avons parlé. Cela serait-il aussi perdu dans cette affaire ? Dommage !
- ★ On sait que c'est la partie russe de l'ISS qui est chargée de la **correction d'altitude** (en moyenne une fois par mois) et des **procédures d'évitement** de débris spatiaux situés sur sa trajectoire, de même que les vaisseaux de ravitaillement Progress avec leur moteur fusée ; mais cela suffit-t-il pour paniquer ? Ne pas oublier non plus que c'est la partie US qui fournit l'électricité grâce aux nombreux panneaux solaires.





- \* Le programme est pour le moment inchangé :
- \* • Le 18 Mars, en principe 3 cosmonautes Russes décolleront pour l'ISS avec un Soyuz.
- \* • Le 30 Mars les astronautes Vande Hei (NASA) et Shkaplerov et Dubrov (Roscosmos) devraient rentrer sur Terre avec un Soyuz et atterrir au Kazakhstan.
- \* • Une mission « privée » US Axiom-1 devrait aussi avoir lieu vers fin Mars avec 4 astronautes.
- \* • Mi-Avril mission Crew 4 de SpaceX avec 4 astronautes et notamment l'Italienne Samantha Cristoforetti qui prendra les commandes de l'ISS. Elle a déjà effectué des séjours longue durée à bord.

- ★ Cette crise va-t-elle sceller le sort de l'ISS avant l'heure ?
- ★ Une chose est sûre, il ne faut pas prendre à la légère la menace, même si nous sommes capables de suppléer aux moteurs russes ; que se passerait-il si les Russes décidaient unilatéralement de séparer le segment russe du reste de l'ISS et de le précipiter sur Terre ? Vers un pays ami ou ennemi ?
- ★ Cela vous semble fou ? Oui certainement, mais nos amis ( ? ) Russes ont tourné un film de fiction montrant la séparation de la partie russe de l'ISS, le voici :  
<https://twitter.com/i/status/1500164274571948041>  
impressionnant !
- ★ **Enfin, peut-être les scientifiques vont-ils devenir raisonnables avant les autres ? Espérons-le !**

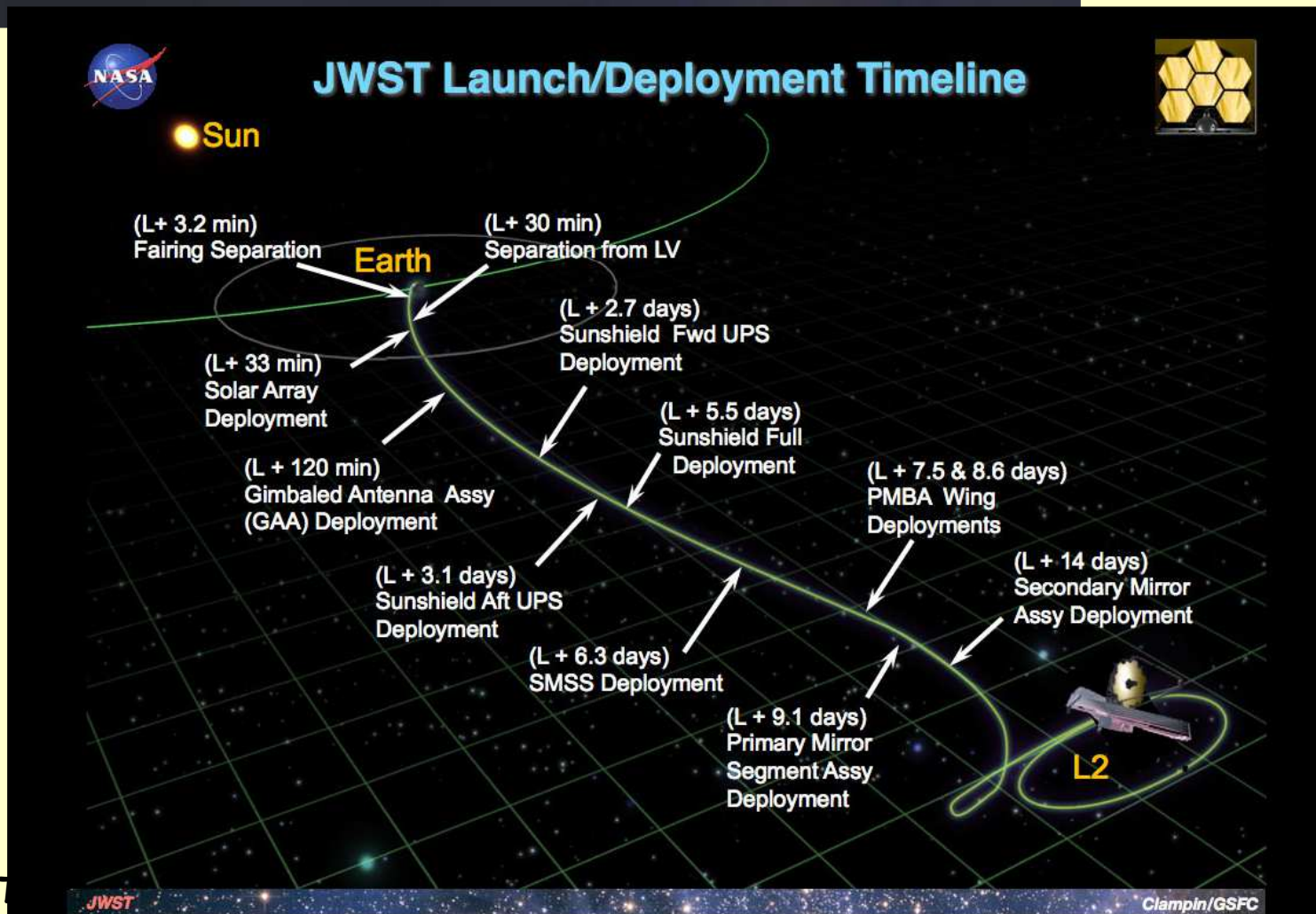
# JWST LANCEMENT RÉUSSI BRAVO ARIANE



- ★ Ce 25 Décembre 2021 nous avons eu droit à un cadeau de choix du Père Noël : un superbe lancement nominal comme on dit là-bas, du télescope spatial James Webb tant attendu par une Ariane 5
- ★ L'ESA et la NASA communiquent que le lancement a été si précis qu'il va permettre d'économiser du carburant pour les corrections de trajectoire. Il devrait lui rester suffisamment de carburant pour prolonger la durée de vie du télescope et dépasser les 10 ans garantis.
- ★ Crédit photo : ESA/CNES/Arianespace.



Panneau solaire en train de se déplier,  
vu par le dernier étage d'Ariane

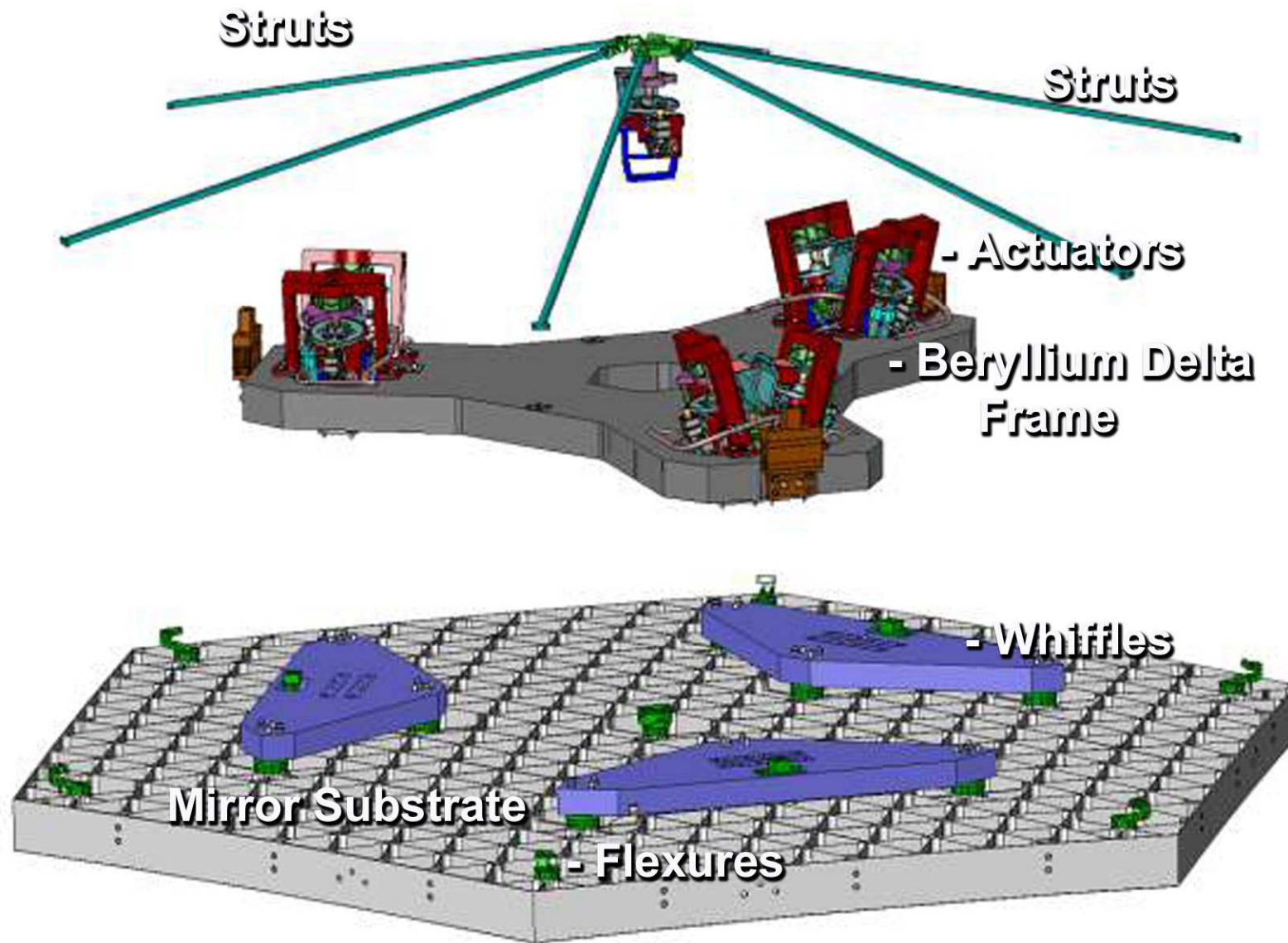


# WEBB DÉPLOYÉ BRAVO LA NASA

- \* Nous avons suivi au jour le jour les différentes étapes du déploiement, et TOUT EST PARFAIT
- \* LE JWST EST TOTALEMENT DÉPLOYÉ:
- \* Le déploiement complet prend approximativement un mois, il démarre quelques heures après le lancement et procède étape par étape. Voir vidéo
- \* En ce moment, il aligne les miroirs un par un à l'aide de micromoteurs
- \* Cela va prendre quelques mois, la vitesse étant de quelques mm par jour
- \* Les miroirs avaient été décalés légèrement pour le décollage (vibrations)
- \* Une question que tout le monde se pose : pourquoi aucune caméra n'a photographié l'évolution du déploiement?
- \* Il n'y en avait pas!!!!
- \* Les Américains n'ont pas voulu prendre le risque d'une complexité supplémentaire!
  
- \* Arrivée en L2 PROCHAINE ÉTAPE!
  
- \* Film du déploiement (animation) : [https://youtu.be/RzGLKQ7\\_KZQ](https://youtu.be/RzGLKQ7_KZQ)



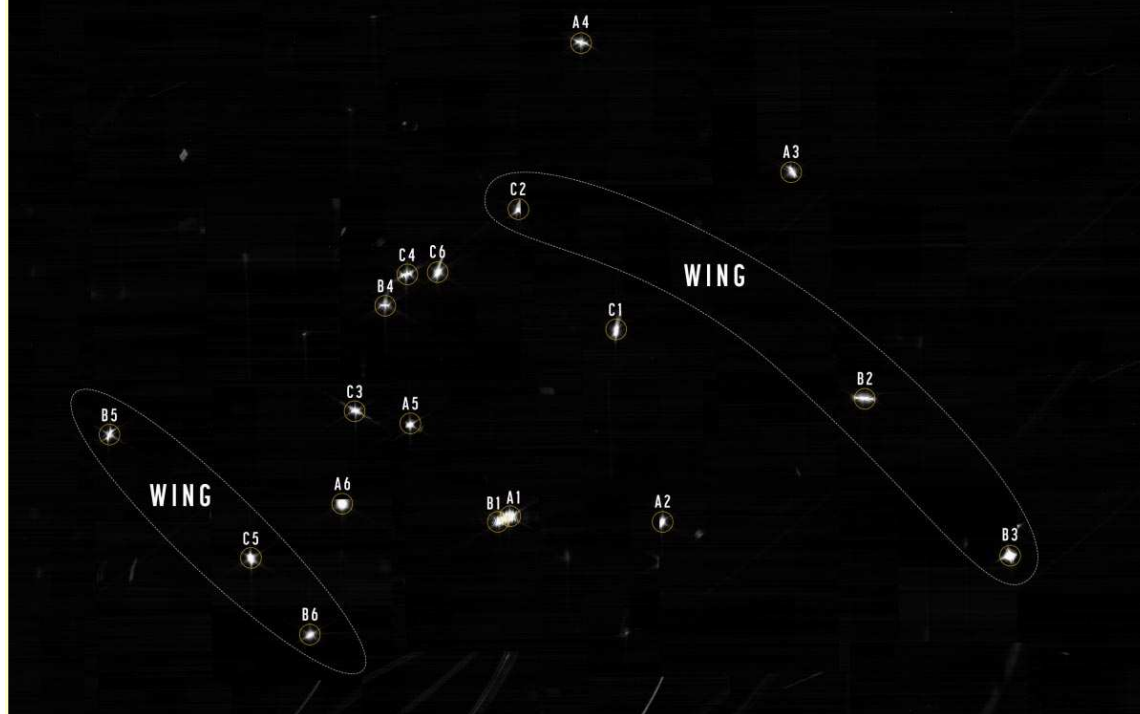
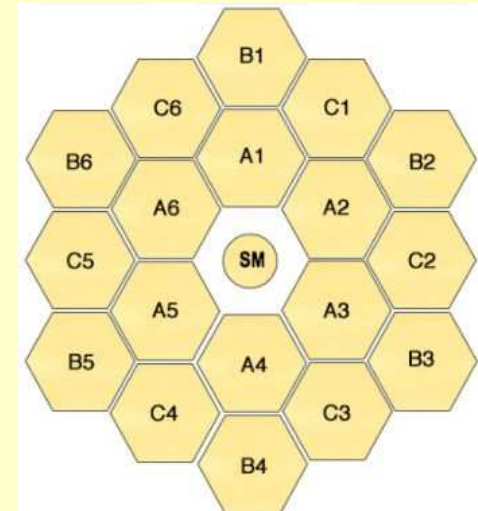
- ★ Le télescope spatial James Webb, le Webb est maintenant parfaitement à poste en L2 ; la NASA a commencé depuis Février 2022 l'alignement des 18 segments du miroir principal afin d'obtenir la mise au point optimale et que ces 18 miroirs se comportent comme un seul de 6,5 m de diamètre.
- ★ Pourquoi aligner ces miroirs, il aurait suffi de les envoyer dans l'espace déjà alignés ! Eh bien non ! Pour des raisons de sécurité, on ne voulait pas que ces miroirs élémentaires se touchent (ils doivent être finalement jointifs), de peur que les vibrations au moment du lancement et des changements de trajectoires, ne les endommagent.
- ★ Donc une fois à poste et stabilisé, on peut procéder à cette délicate (et très lente opération).
- ★ En effet chaque miroir est équipé de petits micromoteurs (actuateurs) permettant de très légers déplacements, de l'ordre de quelques mm.
- ★ La vitesse de déplacement de chaque miroir élémentaire peut atteindre 1 mm par jour.
- ★ Cette opération va durer trois mois. Car pour ne pas trop réchauffer le télescope à cause du mouvement des moteurs, on les fait fonctionner l'un après l'autre et sur une très courte durée de temps. Le miroir doit atteindre une température de 50K, pas plus.
- ★ Cette procédure d'alignement est une procédure en sept étapes, nous venons d'achever la phase cinq



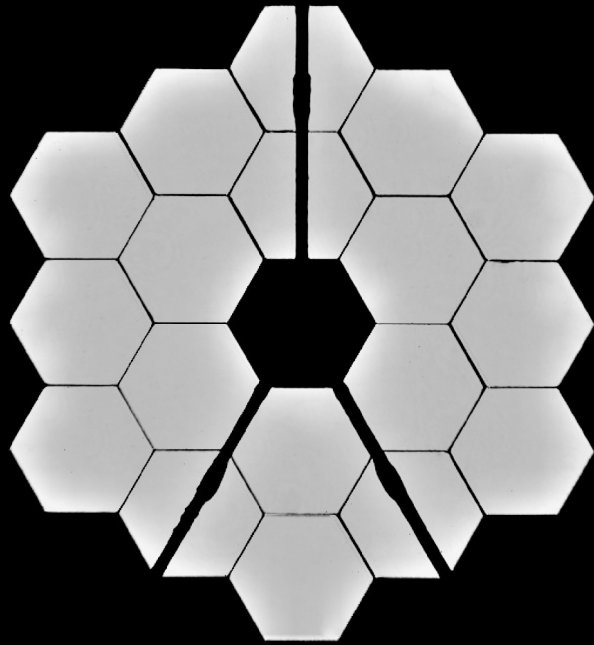
Crédit ASU/NASA



Une première image avant alignement a été publiée, où l'on voit 18 points lumineux correspondant aux 18 images des 18 miroirs.  
Crédit : NASA

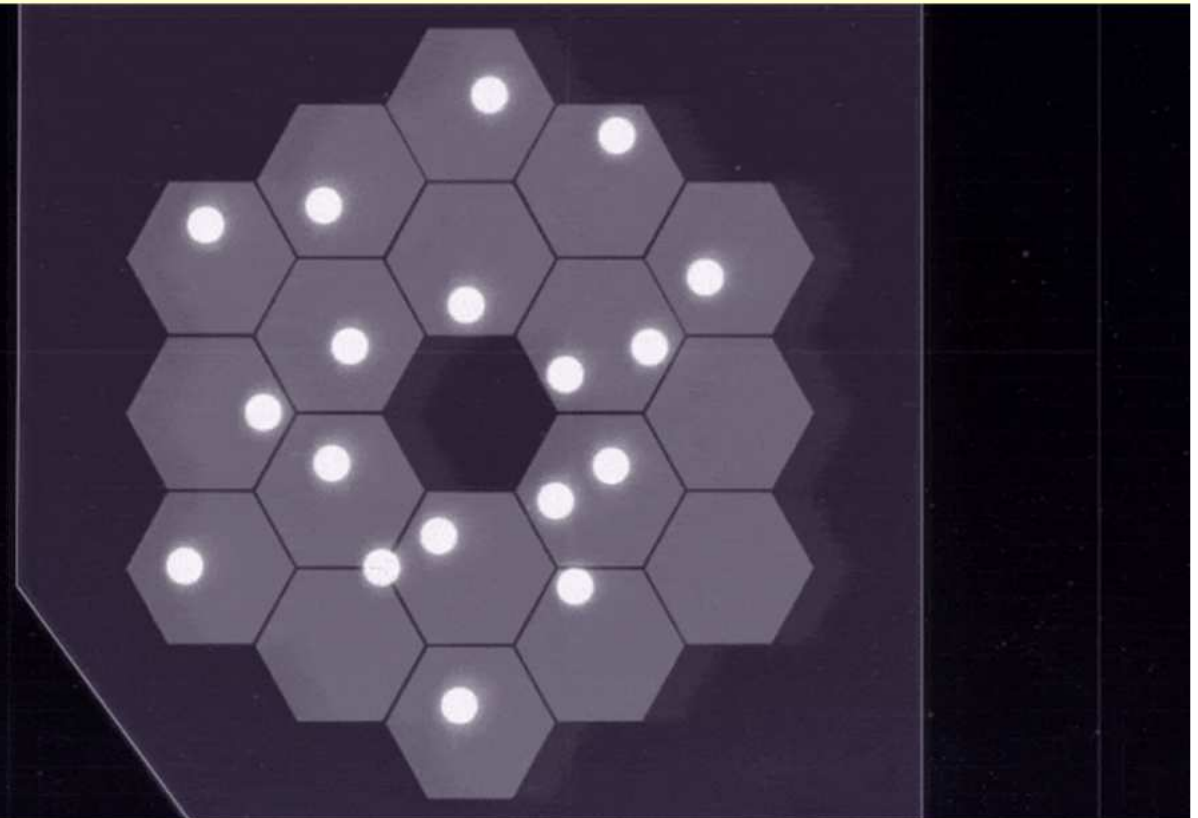


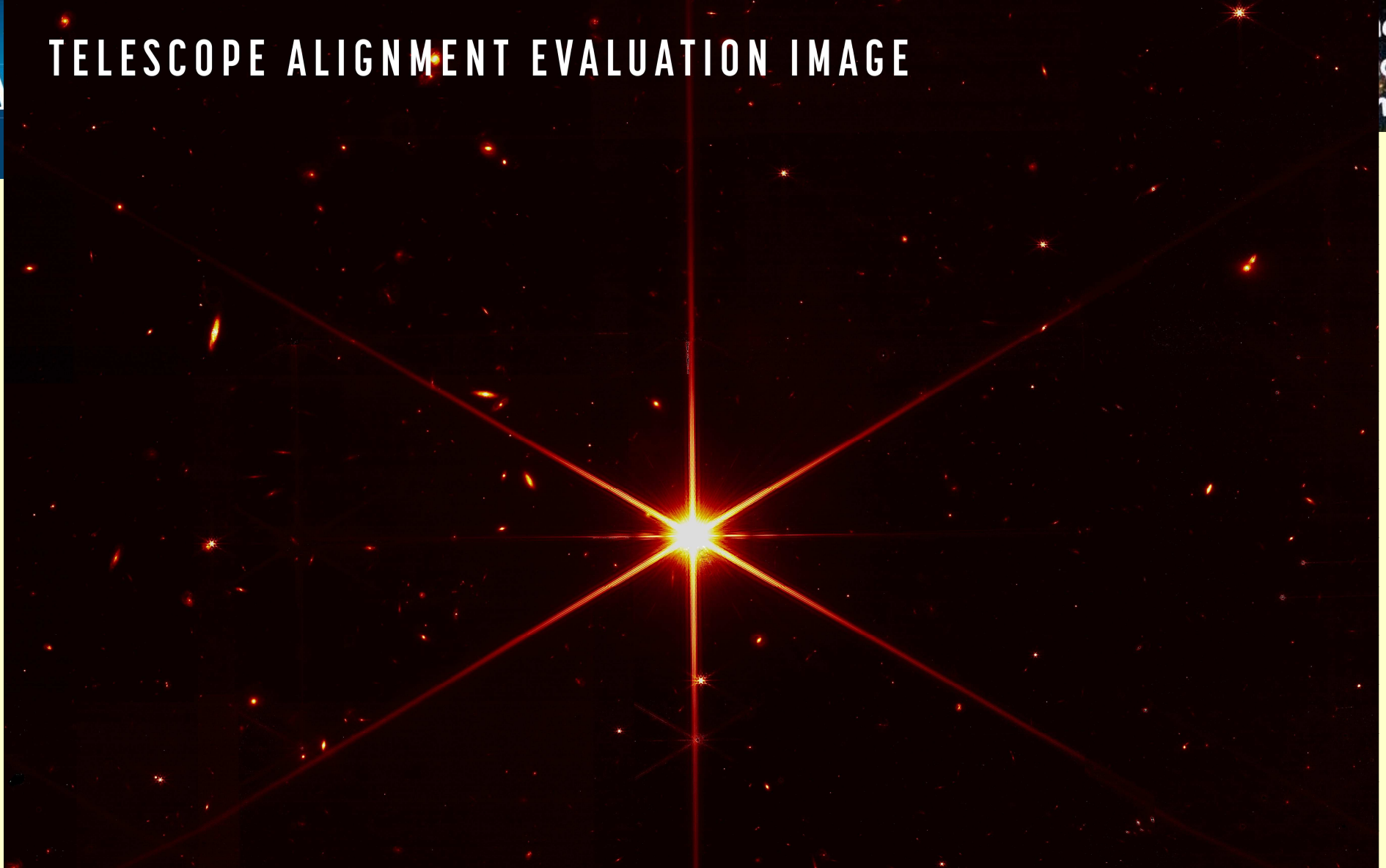
Ensuite il a fallu identifier les miroirs auxquelles elles appartiennent.  
Crédit : NASA



La NASA a même publié un selfie du miroir par la NirCam.

Ensuite c'est le travail des micromoteurs d'aligner les miroirs un par un (voir cette animation gif qui l'explique) afin d'obtenir une image finale.





Première photo prise par la NIRC*am* lors d'une pose de 2100 secondes (35 minutes) avec un filtre rouge en IR à 2 microns. Crédit NASA/STScI.

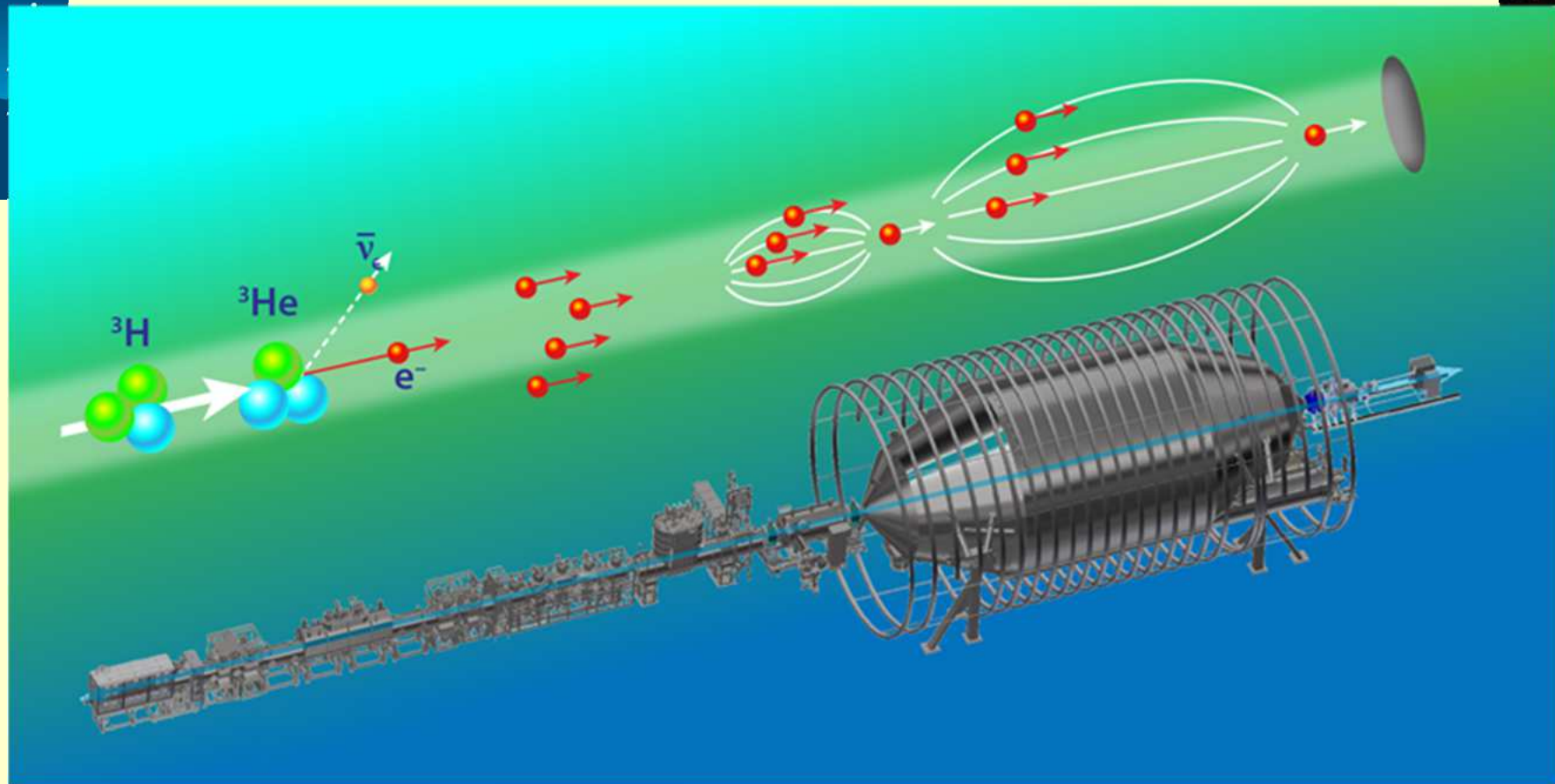
La prise de vue de 35 minutes prouve que tout fonctionne parfaitement dans le pointage du télescope (guide, roues à réaction etc..) On remarque sur l'image qu'en plus de notre étoile de référence, on distingue des galaxies en arrière-plan

# CONCLUSION (provisoire)

- \* On attend beaucoup de ce nouveau télescope, mais, attention, **ses photos** seront principalement des photos de zones prises en IR (proche et moyen) et **ne ressembleront peut-être pas à celles de Hubble** (prises la plupart dans le visible). Alors laissons-nous surprendre, cela devrait intervenir approximativement 6 mois après le lancement et après de nombreuses répétitions.
- \* Le télescope James Webb est effectivement d'un nouveau type complètement novateur, mais d'une complexité extrême due au fait de sa taille qui nécessite un pliage ultra sophistiqué.
- \* Le déploiement dans l'espace est un processus, lui aussi complexe où la moindre vis ou goupille de travers rendrait la mission finie avant d'avoir commencée.
- \* Signalons aussi que ce qui avait été l'avantage de Hubble (la proximité terrestre permettant des opérations de dépannage) est pour le JWST un inconvénient vu son éloignement.
- \* C'est un **pari risqué** pour la NASA qui joue sa crédibilité encore une fois.
- \* Toute la communauté scientifique est heureuse que tout se soit passé sans problème.
- \* **SOUHAITONS BONNE CHANCE À CE NOUVEAU TÉLESCOPE SPATIAL.**

# KATRIN ET LA MASSE DU NEUTRINO

- ★ Les scientifiques travaillant sur l'expérience KATRIN (KARlsruhe TRITium Neutrino Experiment) à Karlsruhe en RFA, dont notre ami Thierry Lasserre du CEA ont déterminé une limite supérieure à la masse du neutrino (en fait antineutrino) électronique (on se rappelle qu'il en existe 3 sortes), à savoir 0,8 eV (en fait eV/c<sup>2</sup>).
- ★ On savait que la masse serait très faible, mais ces mesures donnent une limite haute intéressante.
- ★ À quoi bon, allez-vous me dire, c'est une masse si petite (par comparaison la masse d'un électron est de 511.000 eV) que l'on peut se demander si elle a une influence.
- ★ Eh bien oui, car les neutrinos sont très très très nombreux et ils jouent un rôle essentiel dans l'histoire de l'Univers.
- ★ Les mesures précédentes donnaient en fait une limite sur la somme des masses des trois neutrinos à savoir approx 0,13 eV.
- ★ Les dernières mesures ont eu lieu grâce à l'expérience KATRIN,

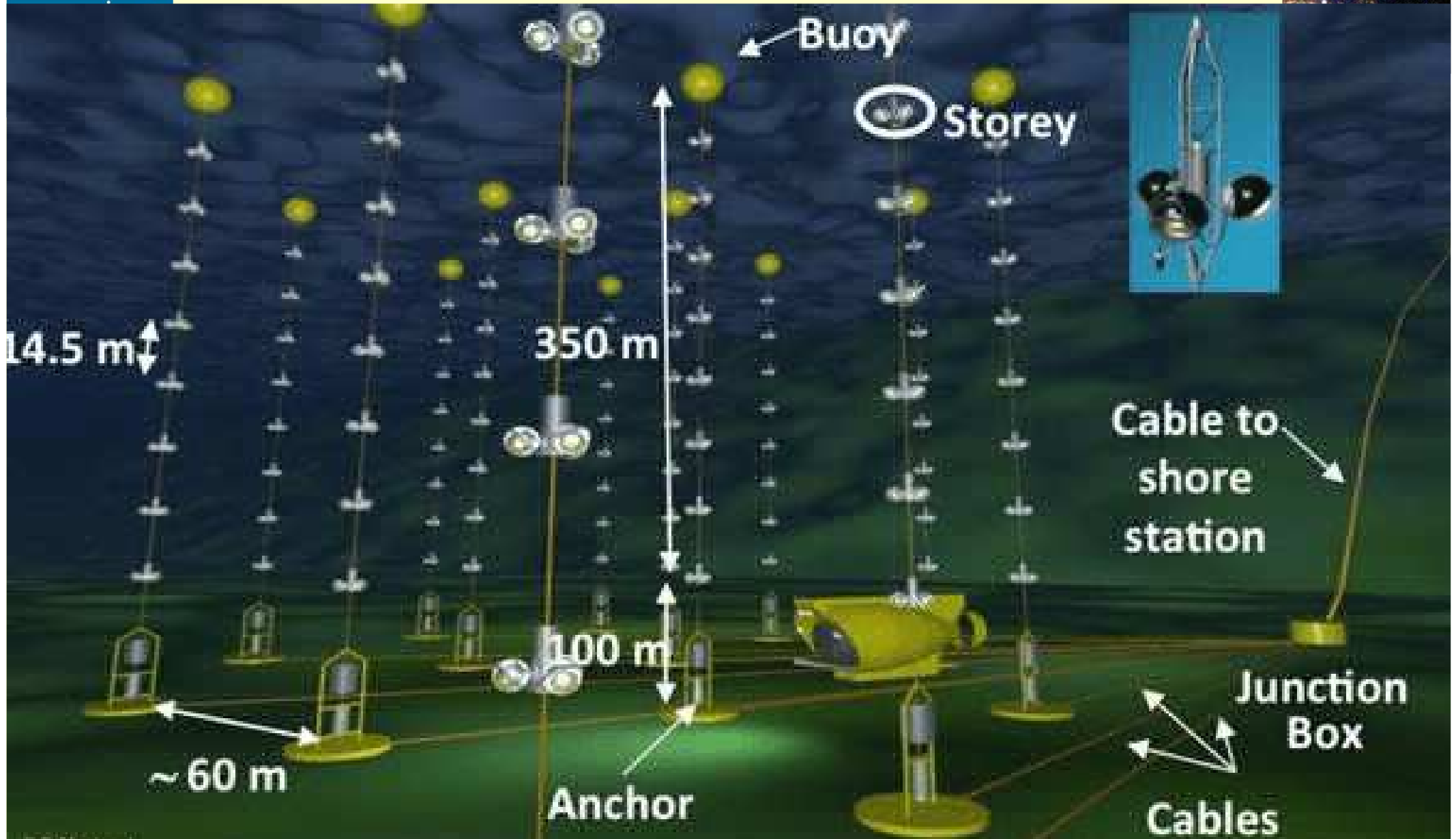


- \* Schéma de l'installation KATRIN. Une source gazeuse contient des molécules de di-tritium ( ${}^3\text{H}-{}^3\text{H}$ ), dont les noyaux se désintègrent par radioactivité bêta en hélium 3 ( ${}^3\text{He}$ ) pour émettre des électrons ( $e^-$ ) et des antineutrinos électroniques. Les électrons sont transportés vers le spectromètre qui sélectionne ceux dont l'énergie dépasse une valeur prédéfinie (appelée potentiel de retard) avant qu'ils n'atteignent le détecteur. En faisant varier la valeur du potentiel de retard, le spectre en énergie des électrons peut être reconstruit grâce à un détecteur pixelisé situé au bout du spectromètre, avec une résolution en énergie de 3 eV. L'analyse fine de ce spectre permet de contraindre la masse du neutrino et la recherche d'hypothétiques neutrinos stériles.
- \* Crédit : KATRIN Collaboration adapté par APS/Alan Stonebraker.



- ★ On s'intéresse ici à la désintégration du Tritium en Hélium 3 (période 12 ans) avec émission d'un électron et d'un antineutrino.
- ★ On va étudier le spectre en énergie des électrons émis.
- ★ La forme de ce spectre dépend en fait de la masse du neutrino émis. Si on répète cette opération un très grand nombre de fois, on pourrait atteindre le niveau (très faible) d'énergie du neutrino envisagée (quelques eV) au bout de deux campagnes de mesures.
- ★ Cette borne de 0,8 eV peut encore être améliorée, c'est ce que l'on nous prépare avec de nouvelles campagnes de mesures.
- ★ À partir de 2025, de nouvelles expériences devraient nous permettre de rechercher l'éventuel « neutrino stérile », plus lourd (de l'ordre du keV) que ses autres collègues. Sont-ils des potentiels candidats de la matière noire ?
- ★ Neutrino stérile car il n'interagirait pas avec les autres types. Ne seraient sensible qu'à la gravitation.

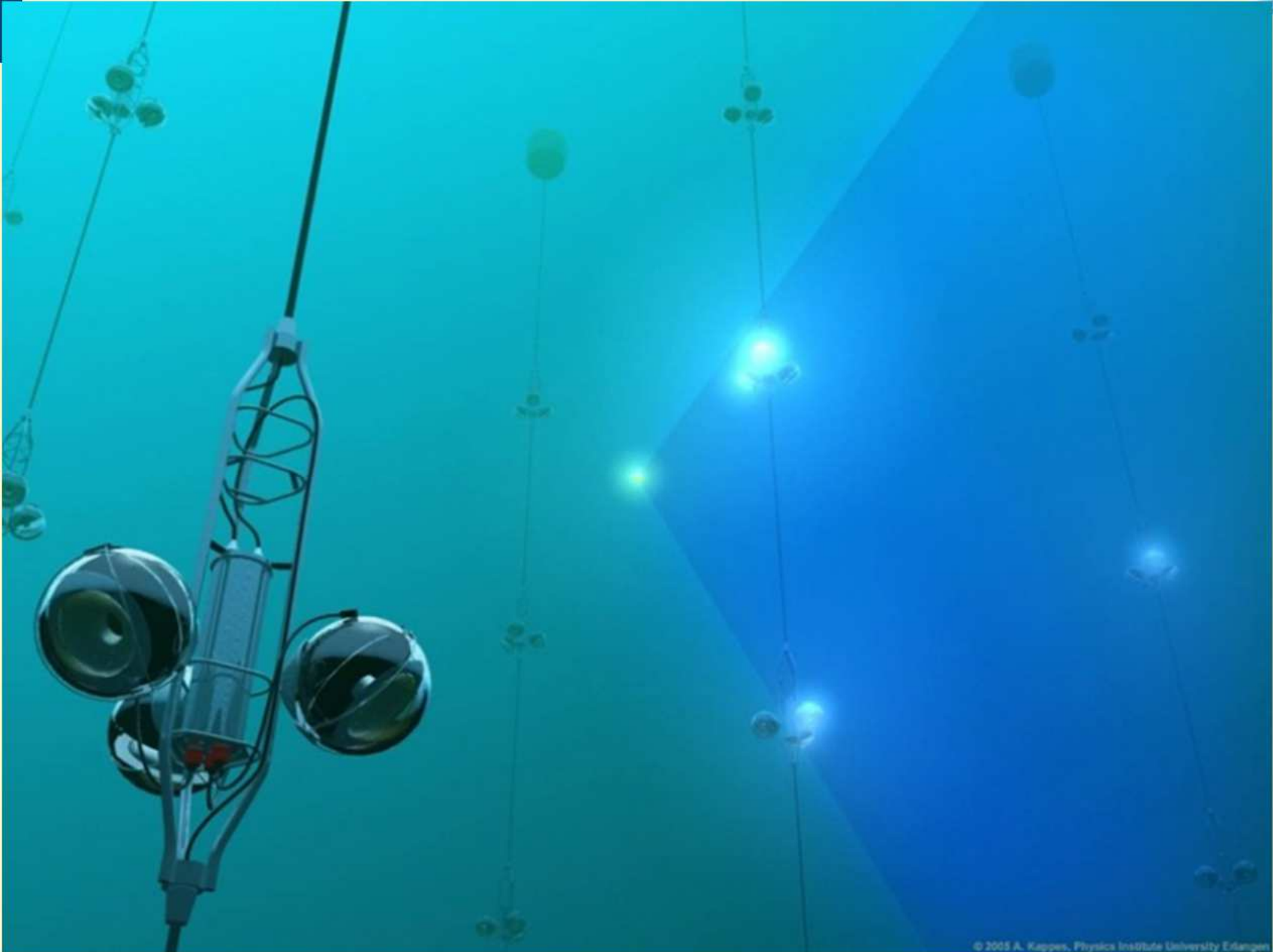
- ★ Je vous ai souvent parlé de la mission **Antares** (acronyme anglais de Astronomy with A Neutrino Telescope and Abyss environmental RESearch) dans la Méditerranée au large de Toulon.
- ★ C'est un projet (CEA CNRS) pour installer dans le fond de la Méditerranée des détecteurs de neutrinos. À terme plus de **900 détecteurs** doivent être immergés. Dans le cas d'ANTARES les détecteurs sont dirigés **VERS LE BAS** car ils doivent détecter les neutrinos qui ont traversé la Terre et interagit avec elle (cela produit un muon lumineux grâce à l'effet Tcherenkov). La mer protège aussi des cosmiques parasites



crédit collaboration Antares

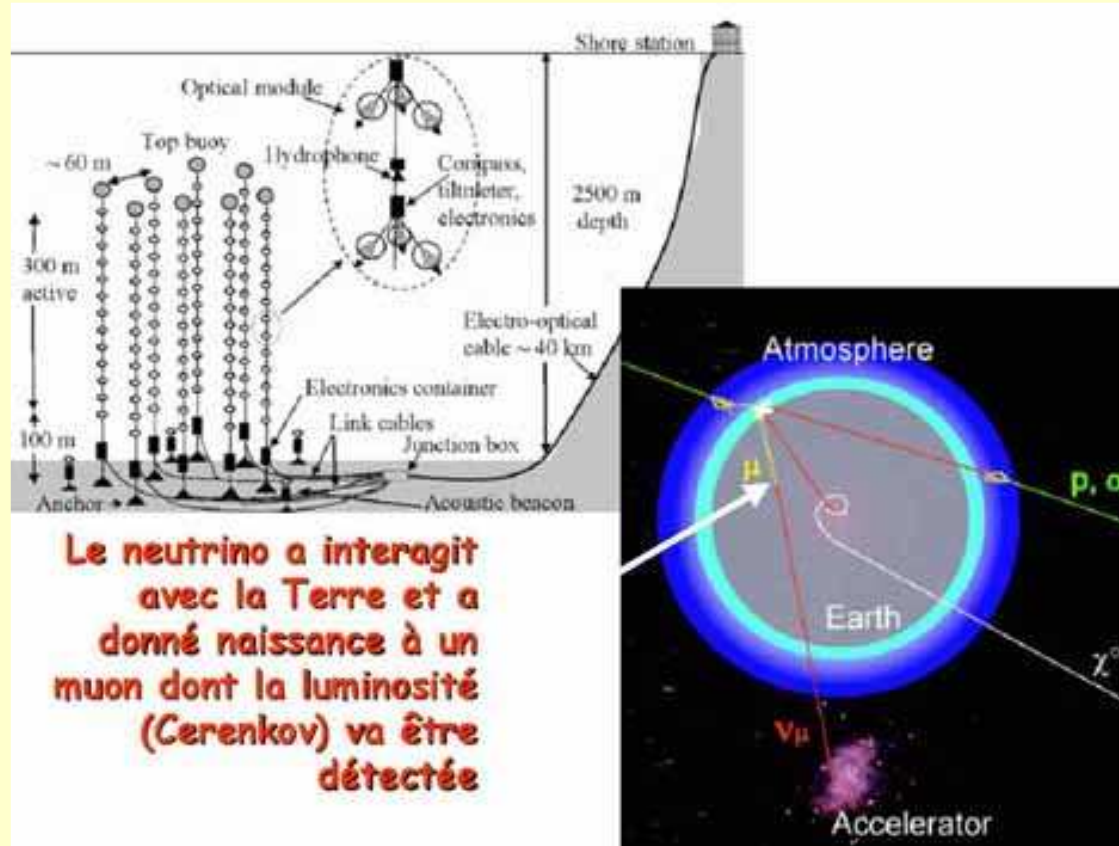
- ★ Au total ANTARES dispose de 900 yeux ou "fish-eye" constitués par des modules optiques protégés par des sphères en verre capable de résister à une pression de 250 bars. Ces modules optiques sont des **photomultiplicateurs**.
- ★ Ils peuvent enregistrer les traces lumineuses infimes provoquées, dans cette eau très pure, par l'arrivée de particules électrisées. Les 2 500 mètres de hauteur d'eau permettent d'obtenir une obscurité complète mais ils servent surtout de **blindage naturel contre le bruit de fond** résultant d'autres particules qui peuvent provenir de la surface. Les neutrinos s'échappent des régions denses de l'Univers en se propageant en ligne droite. Ils peuvent fournir des informations précieuses sur les cataclysmes cosmiques de haute énergie comme : les restes de supernova, les micro-quasars, les galaxies actives, les sursauts gamma.



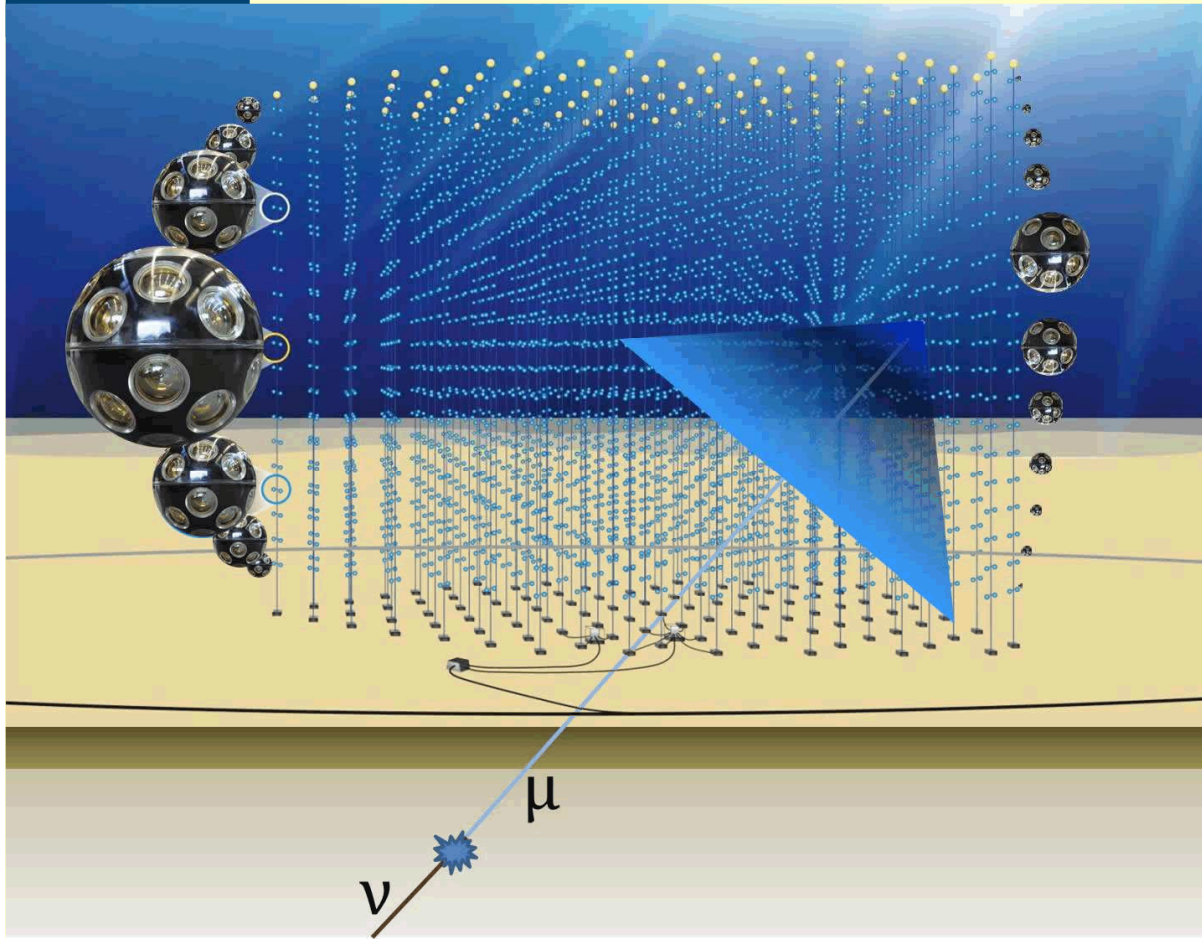


© 2015 A. Kappes, Physika Institute University Erlangen

- ★ ANTARES est l'expérience précurseur d'un programme plus vaste le **KM3NeT**, acronyme de Kubikkilometer-Neutrino-Teleskop ou en français télescope à neutrinos sur un kilomètre cubique. Contrairement à ANTARES, chaque module détecteur comporte 20 détecteurs alors qu'ANTARES n'en contient qu'un seul. Bien entendu il est implanté aussi au fond de la mer, prévu au large de Toulon et de la Sicile.
- ★ Eh bien, on vient de mettre un point final à cette expérience, la raison en est que l'étape suivante le KM3NeT est suffisamment avancée pour que l'on s'y consacre pleinement.
- ★ L'IN2P3 (la physique des hautes énergies française) vient d'y mettre fin après 16 ans de bons et loyaux services
- ★ La collaboration ANTARES regroupe environ 140 scientifiques de 33 laboratoires et institutions de 8 pays (Allemagne, Australie, Espagne, France, Italie, Maroc, Pays-Bas, Roumanie)

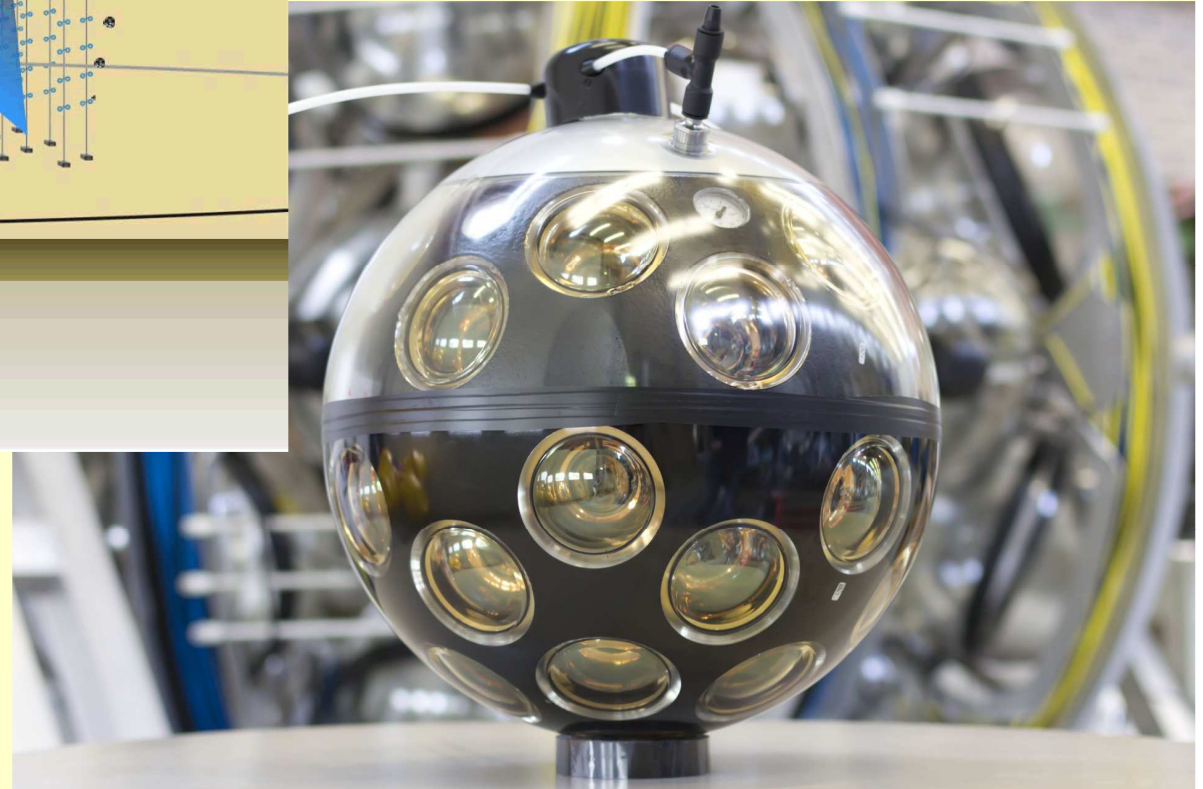


- ★ C'est l'interaction (très très faible) avec la Terre des neutrinos qui permet au muon de créer l'effet Tcherenkov qui sera détecté par les PM.
- ★ Une remarque sur Antares qui détecte les neutrinos provenant de l'autre côté de la Terre ; on s'est aperçu qu'il y avait dans les mesures beaucoup de bruit de fond dont on n'arrivait pas à connaître la cause.
- ★ Après recherche et coup de main de l'IFREMER, on s'est aperçu que cela provenait de ...la bioluminescence des organismes marins !!



toile d'araignée géante  
déployée dans un  
kilomètre cube d'eau.  
Illust : KM3NeT

300 lignes contenant  
chacune 18 sphères, ce  
qui nous donne plus de 5  
000 détecteurs





# LE PROTON PLUS PETIT QUE CE QUE L'ON PENSAIT

- ★ Le proton est un des constituants de l'atome avec le neutron et l'électron.
- ★ Ce n'est plus une particule élémentaire comme on l'imaginait le siècle dernier, c'est en fait la composition de trois quarks : deux « up » et un « down » liés par des « gluons ». Ces quarks sont, elles, élémentaires.
- ★ On s'est posé la question depuis longtemps d'évaluer la masse et la taille des protons.
- ★ La masse est connue :  $1.6726219 \times 10^{-27}$  kilogrammes soit en unités utilisés en physique atomique : 938 MeV (en fait MeV/c<sup>2</sup>), à noter que le neutron vaut 939 MeV, cette petite différence a en fait au moment du Big Bang scellé le destin du neutron, il y aurait beaucoup plus de protons que de neutrons (heureusement sans cela nous ne serions pas là !).

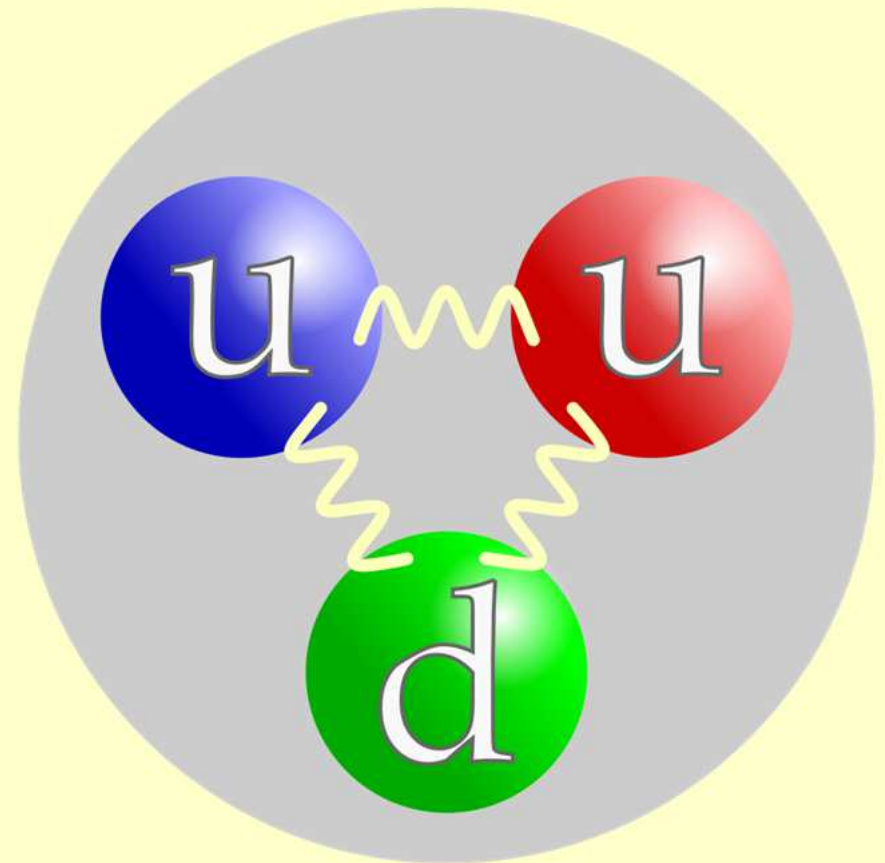


- ★ Quant à la taille du proton, elle n'a pas été facile à mesurer. Les premières mesures donnaient une valeur de 0,88 femtomètre ( $10^{-15}$  m).
- ★ Mais de nouvelles études ont abouti, par une méthode nouvelle à une valeur légèrement plus faible de 0,84 femtomètre. Cette valeur est en dehors de la marge d'erreur et préoccupe fortement les physiciens.

- ★ La méthode originale du siècle dernier était basée sur les interactions entre le noyau de l'hydrogène (proton) et de son électron.
- ★ Alors que la nouvelle méthode du début de ce siècle était très originale, l'électron est remplacé par une particule beaucoup plus lourde (200 fois), un muon c'est de l'hydrogène muonique.
- ★ Le fait d'utiliser une particule si lourde permettait d'améliorer la précision de mesure, étant plus lourde elle s'approchait plus du noyau ce qui augmente la précision. D'où le résultat de 0,84.
- ★ Encore mieux, récemment, des scientifiques de Toronto ont obtenu à partir d'une nouvelle étude (interférométrie de Ramsey), mais basée sur la précédente méthode électron/proton. Ils ont trouvé une valeur très proche de la dernière, à savoir :  $0,833 \cdot 10^{-15}$  m.
- ★ D'autres chercheurs, américains ceux-là, du Jefferson Lab ont trouvé une valeur similaire : 0,831.

S

- ★ Le proton est donc plus petit que ce que l'on croyait.
- ★ De très peu, mais cela suffit à se poser des questions sur la validité du modèle standard.
- ★ Il faudra bien trouver une explication.



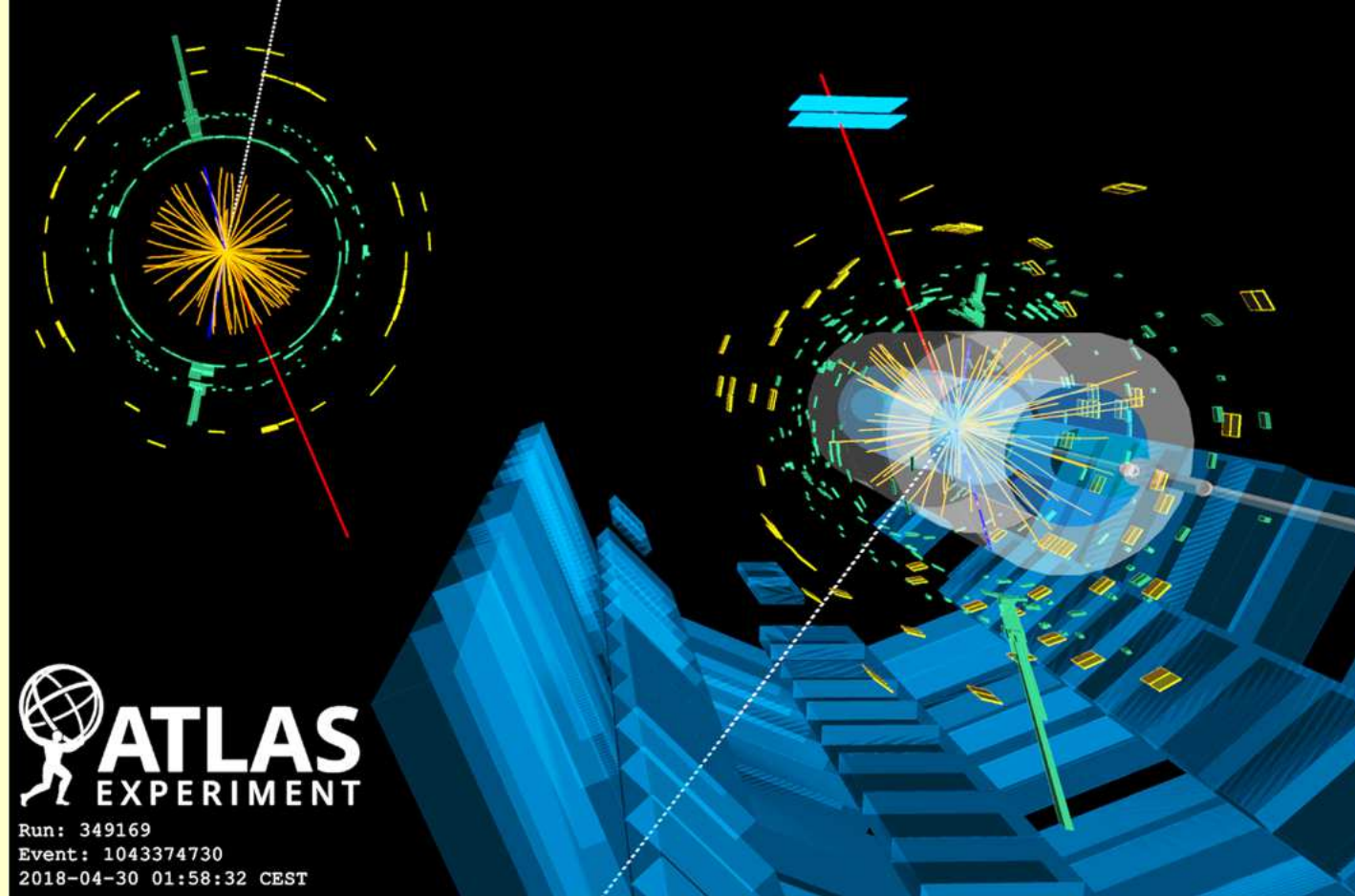
# LHC : DÉCOUVERTE D'UN TRIPLLET DE BOSONS W

- ★ La collaboration ATLAS annonce avoir observé pour la première fois la production d'un triplet de bosons W, à savoir la création simultanée de trois bosons W massifs au sein de collisions de haute énergie au LHC
- ★ Le 26 juillet, lors de la Conférence EPS-HEP 2021, la collaboration ATLAS a annoncé avoir observé pour la première fois un processus rare : la production simultanée de trois bosons W lors d'une seule collision. Phénomène rare.
- ★ Le LHC est actuellement avec une puissance de 13 TeV!

Les particules constituant la matière sont séparées en deux groupes :

- ★ • Les **Fermions** sont des particules liées à la matière, ce sont tout ce que l'on connaît : les atomes et les molécules
- ★ • Les **Bosons** sont principalement les « messagers » des Forces de la nature (4) le photon est le plus connu de tous
- ★ Pour simplifier : **Fermion = Matière    Boson = Rayonnement**
- ★ Les principaux fermions sont : les quarks, les électrons, les neutrinos etc..
- ★ Et alors où sont les protons et les neutrons ? Pas de panique, protons et neutrons ne sont que des combinaisons de quarks.
- ★ Les bosons Ce sont des particules « porteurs » d'une interaction élémentaire, elles transmettent une force.
- ★ Le plus connu : le photon
- ★ Le moins connu : le boson W/Z de la force faible
- ★ Le plus collant : le gluon de la force forte
- ★ Le plus controversé : le graviton de la gravitation, on le cherche
- ★ Et le boson de Higgs alors ? Ce n'est PAS un boson transmetteur de force comme les 4 autres familles
- ★ C'est lui qui va donner une masse aux différentes particules.

- S
- ★ Intéressons-nous aux bosons  $W$ , en fait  $W^+$  et  $W^-$ , ce sont deux des trois bosons (l'autre le boson  $Z$ ) liés à l'interaction faible.
  - ★ Cette force faible est responsable de la désintégration bêta, celle qui transforme un neutron en proton en émettant (notamment) un électron.
  - ★ Force fondamentale qui permettra la création de tous les éléments, mais c'est une autre histoire.
  - ★ Les bosons  $W$  furent découverts au CERN en 1983.



les physiciens ont analysé près de 20 milliards de collisions enregistrées et pré-filtrées par l'expérience ATLAS pour trouver quelques centaines d'événements susceptibles de relever du processus de production des triplets de bosons W. Pour isoler le signal du triplet de bosons W des très nombreux événements relevant du bruit de fond, les chercheurs ont utilisé une technique d'apprentissage automatique appelée « Arbre de décision optimisé » (Boosted Decision Trees).





- ★ Hors-série Pour la Science n°114 - Janvier 2022
- ★ 124 pages
- ★ Physique des particules : dépasser le modèle standard
- ★ Et si vous ne voulez pas dépasser le modèle standard, alors.....

# À LIRE



- ★ La machine d'Anticythère, 2000 ans plus tard, le mécanisme antique enfin décrypté. Le mécanisme antique d'Anticythère enfin décrypté?
- ★ Un calculateur astronomique grec d'une incroyable complexité intrigue depuis sa découverte au XXe siècle. Grâce à la tomographie à rayons X, l'équipe de recherche dédiée à cette machine à l'université de Londres en propose une reconstitution d'une précision inédite.
- ★ Suite dans le magazine.
- ★ Autres articles intéressants :
- ★ Un gaz d'atomes ultrafroids devient invisible par Sean Bailly
- ★ Mars aurait pu accueillir un océan il y a trois milliards d'années
- ★ L'âge de l'Univers livre par Marc Lachièze-Rey

# L'observatoire de Jaipur Inde





# MERCI DE VOTRE ATTENTION

Cosmic Spheres of Time

