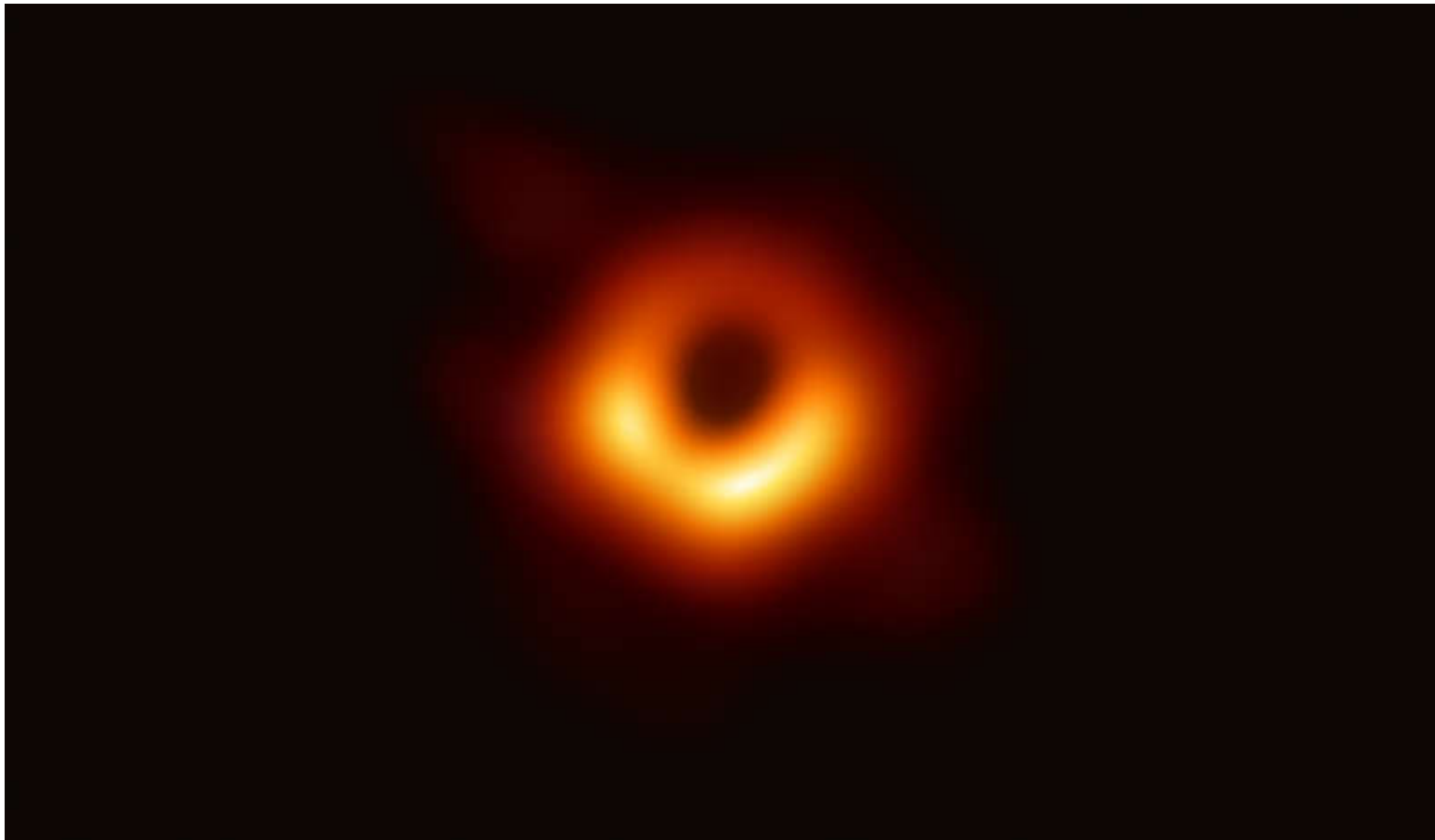


# SAF-Commission de COSMOLOGIE

## Réunion du 13 Avril 2019





# EXCELLENTE NOUVELLE!!!

- ★ Le CNAM vient de confirmer les dates de la prochaine saison
- ★ Ce sera bien (sauf exception) le deuxième mercredi du mois
- ★ Amphi Grégoire
- ★ Adresse 292 rue St Martin
- ★ Heure 19H ouverture 18H



Mercredi 19H

11 sept 2019

9 Octobre

13 Novembre

11 Décembre

8 Janvier 2020

12 Février

11 Mars

15 Avril (à cause de Pâques)

13 Mai

10 Juin

Programme en  
cours  
d'élaboration



# NOTRE NOUVEL AMPHI



- ★ Notre nouvel amphi est au CNAM
- ★ 292 rue St Martin Paris 3<sup>ème</sup>
- ★ Amphi Abbé Grégoire de 220 places
- ★ En principe le deuxième mercredi du mois à 19H00  
confirmé par les plus hautes instances du CNAM
- ★ Accès pratique Métro Arts et Métiers / Réaumur  
Sébastopol à côté; accès plain pied à l'amphi
- ★ Une convention doit être signée
- ★ Début : **11 sept 2019**



- Jean Prouvé (V) JP
- Robert Faure (Z) RF
- Jean Baptiste Say (Y) JBS
- Paul Painlevé (PP) PP
- Fabry Perot (A) FP
- Abbé Grégoire (C) AG



# AMPHI CNAM ABBÉ GRÉGOIRE

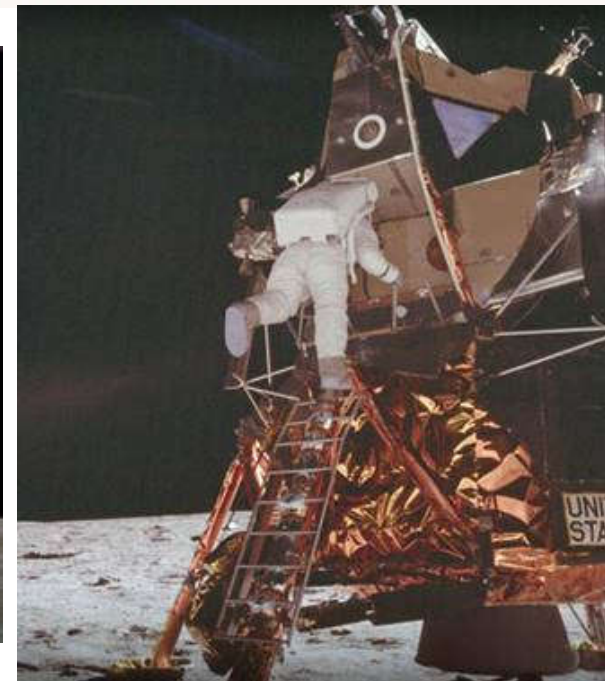




# La dernière conf SAF





Conférence mensuelle SAF "50 ans Apollo" par JP Martin Paris 8 Mars 2019



Travail réalisé par [www.planetastronomy.com](http://www.planetastronomy.com)

# LES CONFS DE LA SAF

<p>17·Mai° °19H00·à· TelecomParisTech)</p>	<p>Pierre·Guillard← ← Sorbonne·Univ·et·IAP✕</p>	<p>Le·James·Webb·Telescope· (JWST)·missions·et·objectifs°← ← Réservation·à·partir·du·13·Avril.✕</p>	
<p>14·Juin· °19H00·à· TelecomParisTech)</p>	<p>Nombreux·intervenants· dont·:← F·Rocard·(CNES),·Olivier· De·Goursac,·PF·Mouriaux, JPM·etc...✕</p>	<p>TABLE·RONDE°:·La·Lune,· qu'avons·nous·appris·de·la· conquête·lunaire?·pourrons·nous· y·retourner?·pour·quoi·faire?· le·futur·des·vols·spatiaux¶ Réservation·à·partir·du·18·Mai✕</p>	

Ensuite : nouvelle saison, nouveau lieu,  
nouveau jour



<p>"L'insoutenable gravité de l'Univers " dans le cadre des <u>conférences du CIS-PTT</u></p>	<p>Telecom ParisTech 46 rue Barrault -75013 PARIS, Amphithéâtre B 310</p> 	<p>G. Chardin Dir de Recherche au CNRS, Institut National de Physique Nucléaire</p>	<p>Lundi 15 Avril 19H30 Entrée libre à partir de 19h</p>
<p>"Charte Espace et Catastrophes majeures " dans le cadre <u>des mardis de l'espace du CNES</u></p>	<p>Café Le Lutèce 8 boulevard St Michel 75006 Paris (Changement de lieu)</p>	<p>Claire Tinel</p>	<p>Mardi 16 Avril 19H30 entrée avec consommation</p>
<p>« <u>Battre la NASA? Impossible?</u> » dans le cadres des <u>confs publiques IAP</u></p>	<p>IAP, 98 bis Boulevard Arago 75014 Paris - M° St Jacques ou Denfert-Rochereau Exeptionnellement à l'<u>Amphi Farabeuf</u>, 15 rue de l'école de médecine - 75006 Paris</p>	<p>Roger-Maurice Bonnet (Dr de recherche émérite au CNRS (IAP), ancien Directeur scientifique de l'ESA</p>	<p>Mardi 7 Mai 19H30 entrée libre <u>mais il faut s'inscrire</u></p> 
<p>Commission de planétologie de la SAF : "Le volcanisme de Mercure"</p>	<p>SAF 3 rue Beethoven Paris 16</p>	<p>Océane Barraud LESIA Obs de Paris</p>	<p>Samedi 11 Mai 15H00 entrée réservée aux membres de la commission et à leurs invités</p>

<p>"La structure à grande échelle de l'Univers " dans le cadre des <u>conférences du CIS-PTT</u></p>	<p>Telecom ParisTech 46 rue Barrault -75013 PARIS, Amphithéâtre B 310</p>	<p>Margueritte Pierre astrophysicienne CEA Saclay</p>	<p>Lundi 13 Mai 19H30 Entrée libre à partir de 19h</p>
<p>"Autour de l'éclipse de 1919, un anniversaire pour la RG" dans le cadre des <u>séminaires de l'histoire de l'Astronomie</u></p>	<p>Salle JF Denisse (Atelier) Observatoire de Paris - 77 Av. Denfert-Rochereau, F-75014 PARIS</p>	<p>Jean eisenstaedt Observatoire. de Paris</p>	<p>Mercredi 15 Mai 14H00 entrée libre attention petite salle <u>renseignements.</u></p>
<p>Gaia et sa place dans l'HIstoire de l'Astronomie dans le cadre <u>des conférences du BdL</u></p>	<p>École normale supérieure - Salle Jaurès - 29, rue d'Ulm 75005 Paris</p>	<p>François Mignard BDL , OCA</p>	<p>Mercredi 15 Mai 14H30 entrée libre <u>renseignements</u></p>
<p>"La conquête lunaire, comment a-t-elle commencée?" dans le cadre <u>du cycle des 50 ans Apollo au Palais de la Dé.</u></p>	<p>Palais de la Découverte Av F Roosevelt Paris 8</p>	<p>JP Martin Physicien, SAF</p>	<p>Mercredi 15 Mai 19H entrée libre</p>
<p>"Explorer la formation des galaxies avec le futur télescope JWST ". dans le cadre des <u>conférences mensuelles de la SAF</u></p>	<p>TelecomParisTech 46 rue Barrault Paris 13 <i>réserv. à partir du 13 Avril 9H00</i></p>	<p>Pierre Guillard Sorbonne Université IAP</p>	<p>Vendr. 17 Mai 19H00 entrée libre (attention contrôle d'identité) inscription obligatoire par <u>Internet</u> ou tel SAF : 01 42 24 13 74</p>
<p>"Asteroides et géocroiseurs " dans le cadre <u>des mardis de l'espace du CNES</u></p>	<p>Café Le Lutèce 8 boulevard St Michel 75006 Paris (Changement de lieu)</p>	<p>Francis Rocard CNES et P Michel OCA</p>	<p>Mardi 21 Mai 19H30 entrée avec consommation</p>



- ★ 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



COMMISSION DE COSMOLOGIE DE LA SAF  
G. CHARDIN PARIS 9 FÉVRIER 2019

CONFÉRENCE de Gabriel CHARDIN  
«L'INSOUTENABLE GRAVITÉ DE L'UNIVERS.»  
CR SUR :

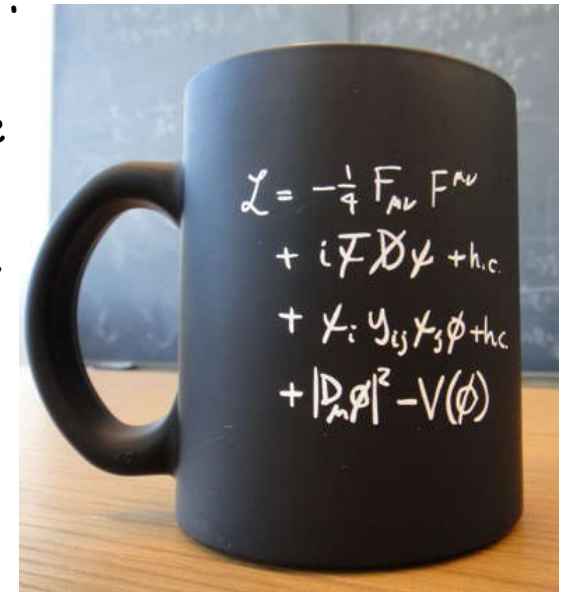
<http://www.planetastronomy.com/special/2019-special/09fev/CosmoSAF-Chardin.htm>



# COURS DE MATH POUR LA COSMOLOGIE



- \* un mercredi sur deux à 18H00 au siège par S. Mihajlovic :
- \* "Le calcul des variations et quelques applications en physique théorique" et s'articule sur 4 chapitres avec de nombreux TD.
- \* Chap. I : Outils préliminaires de calcul différentiel.
- \* Chap. II : Équations d'Euler Lagrange.
- \* Chap III : Formalisme hamiltonien.
- \* Chap IV: Application en théorie des champs et en relativité.
- \* Premier cours : Mercredi 3 Octobre 18H.
- \* Réservés aux membres de la SAF



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



# ACTUALITÉS COSMOLOGIQUES

★ Peu fourni cette fois, car j'ai été occupé avec des sujets plus personnels

# PREMIÈRE IMAGE D'UN TROU NOIR SUPER MASSIF



- \* Branle-bas de combat dans l'astrophysique, en effet ce mercredi 10 Avril 2019 est à marquer d'une croix blanche, ou plutôt noire, pour la première fois, une conférence de presse mondiale en divers endroit de la planète à la même heure (15H de Paris) va diffuser, la « photo » d'un trou noir super massif.

# COMMENT EST-CE POSSIBLE ?

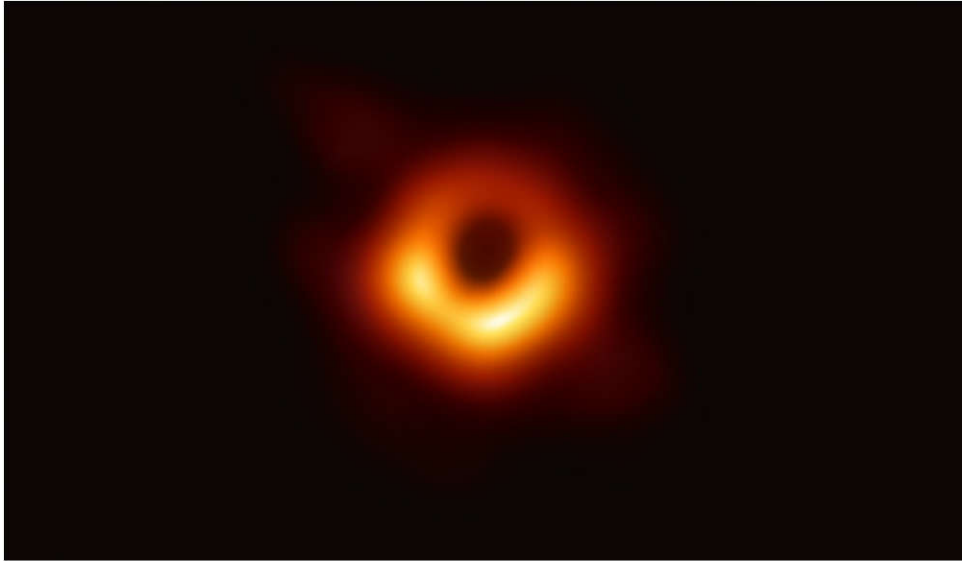


- ✦ Ce n'est possible que grâce à la mise en réseau interférométrique d'un grand nombre de radiotélescopes (8) répartis sur la Terre entière et impliquant plus de 200 chercheurs.
- ✦ Ce groupement de télescopes a été baptisé Event Horizon Telescope (EHT).
- ✦ Les informations de ces divers observatoires correspondent ainsi à un observatoire virtuel gigantesque de la taille de notre planète.



- ★ Les télescopes ont synchronisé leurs données grâce à des horloges atomiques (maser) ultra précises, qui ont été collectées pendant la campagne de mesure de 2017. Les mesures ont été effectuées à 1,3 mm de longueur d'onde avec une résolution de 20 micro arc seconde ; d'après les chercheurs, cela permettrait de lire de New York un journal à Paris !
- ★ Pour information, chaque télescope fournissait une énorme quantité de mesures, de l'ordre de 350 Térabytes (un milliard de milliards de bytes soit  $10^{12}$ ) par jour !! Ces données ne pouvaient pas être transmises par Internet, on envoyait les disques de stockage à des calculateurs spécialisés (les corrélateurs) situés au Max Planck Institute for Radio Astronomy et au MIT.
- ★ On avait d'abord annoncé que la première image d'un TN serait celle du TN de notre galaxie, en fait les astronomes se sont intéressés aux deux à M87 et à SagA\*, mais le premier étant beaucoup plus massif que le second, c'est le premier qui est publié d'abord. Le nôtre sera imagé plus tard.

# QUE VOIT-ON ?



- \* On voit l'image du TN super massif situé au centre de la galaxie M87 (amas de la Vierge) à approximativement 50 millions d'années-lumière de la Terre. Ce trou noir géant est plus de 1000 fois plus imposant que le nôtre (celui de Sag A\*) puisque sa masse est évaluée à 6,5 milliards de fois celle de notre Soleil.
- \* Au centre de l'image, le trou noir, autour son disque d'accrétion, car il est en plein repas, il mange les étoiles autour de lui, ce qui lui fait émettre de la lumière.
- \* L'horizon des évènements (la limite noire du TN) mesure approximativement 40 milliards de km de diamètre.

### Singularity

At the very centre of a black hole, matter has collapsed into a region of infinite density called a singularity. All the matter and energy that fall into the black hole ends up here. The prediction of infinite density by general relativity is thought to indicate the breakdown of the theory where quantum effects become important.

### Event horizon

This is the radius around a singularity where matter and energy cannot escape the black hole's gravity: the point of no return. This is the "black" part of the black hole.

### Photon sphere

Although the black hole itself is dark, photons are emitted from nearby hot plasma in jets or an accretion disc (see below). In the absence of gravity, these photons would travel in straight lines, but just outside the event horizon of a black hole, gravity is strong enough to bend their paths so that we see a bright ring surrounding a roughly circular dark "shadow".

### Relativistic jets

When a black hole feeds on stars, gas or dust, the meal produces jets of particles and radiation blasting out from the black hole's poles at near light speed. They can extend for thousands of light-years into space.

### Innermost stable orbit

The inner edge of an accretion disc is the last place that material can orbit safely without the risk of falling past the point of no return.

### Accretion disc

A disc of superheated gas and dust whirls around a black hole at immense speeds, producing electromagnetic radiation (X-rays, optical, infrared and radio) that reveal the black hole's location. Some of this material is doomed to cross the event horizon, while other parts may be forced out to create jets.

Accretion disc

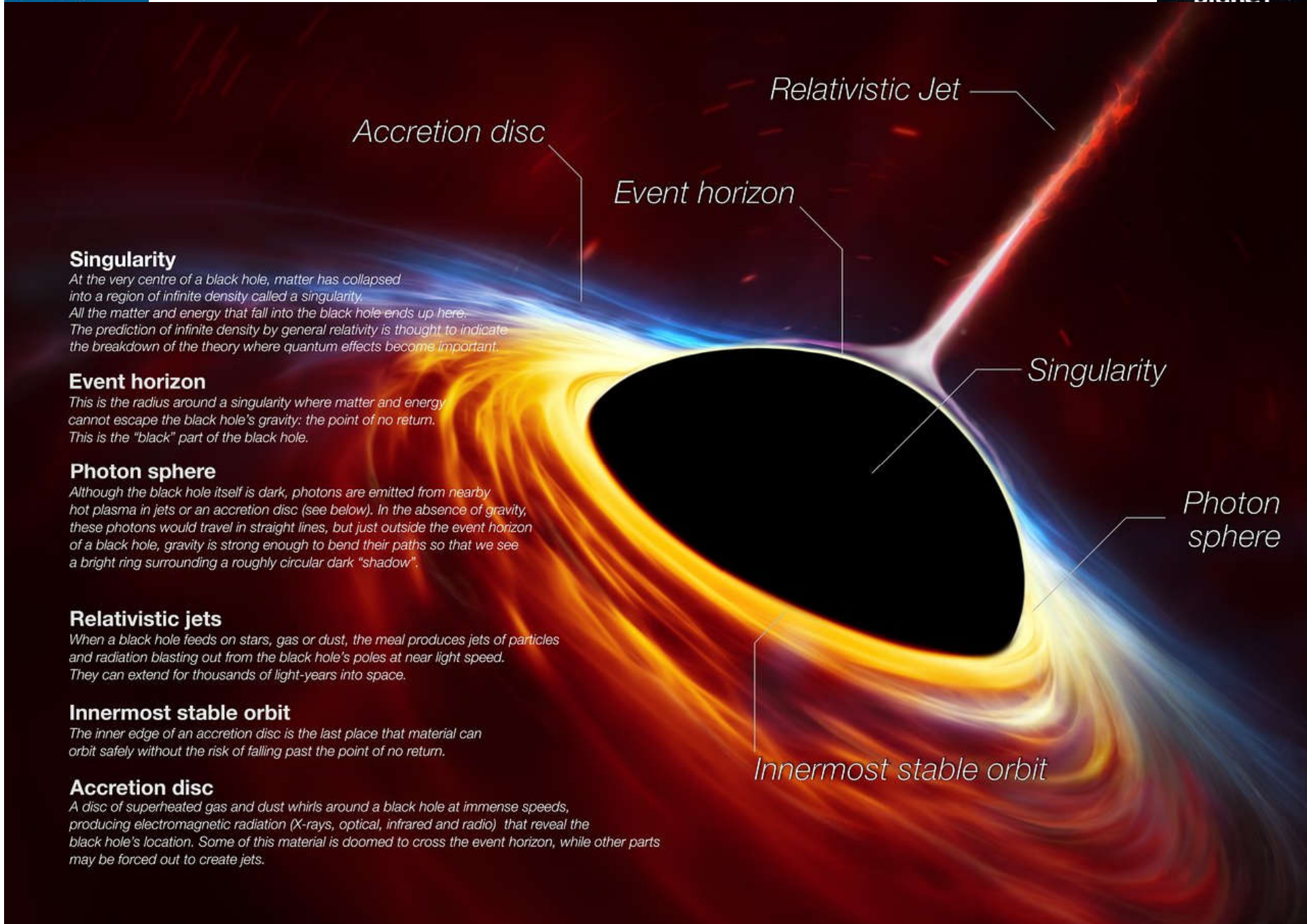
Event horizon

Relativistic Jet

Singularity

Photon sphere

Innermost stable orbit



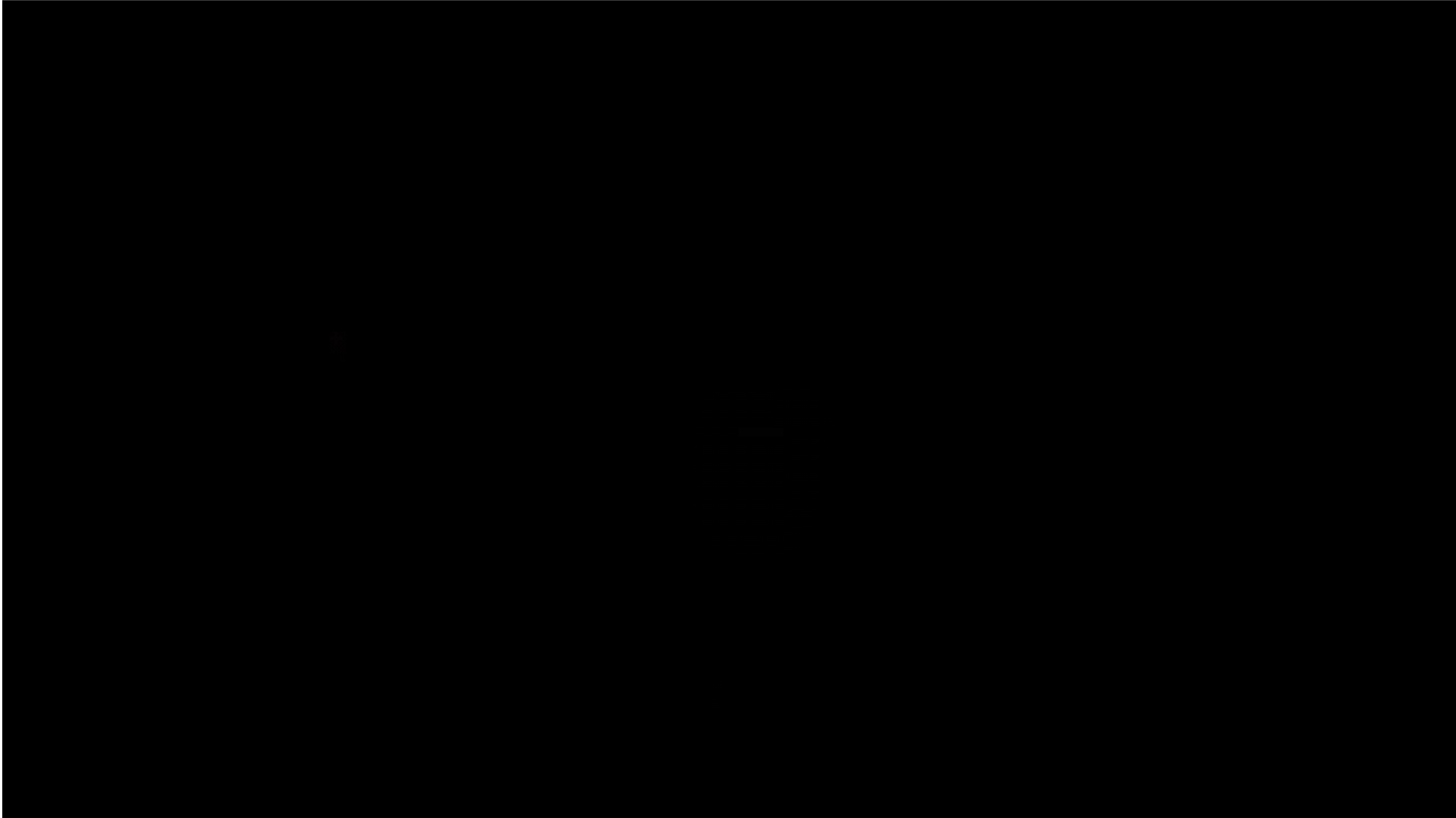


<https://youtu.be/5Oqop50ltrM>



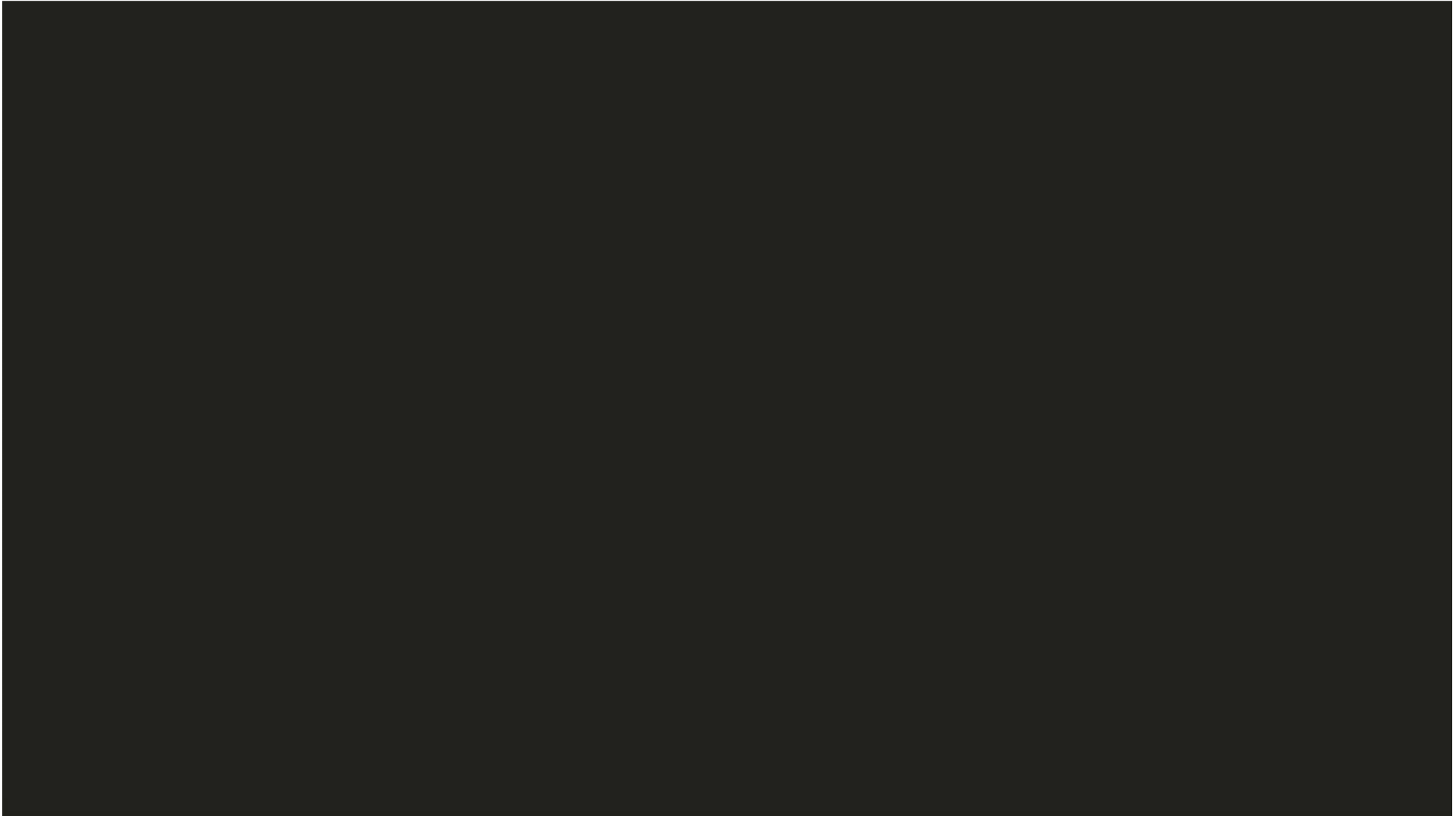


<https://youtu.be/pkTWO0crVng>





[https://youtu.be/hMsNd1W\\_lmE](https://youtu.be/hMsNd1W_lmE)



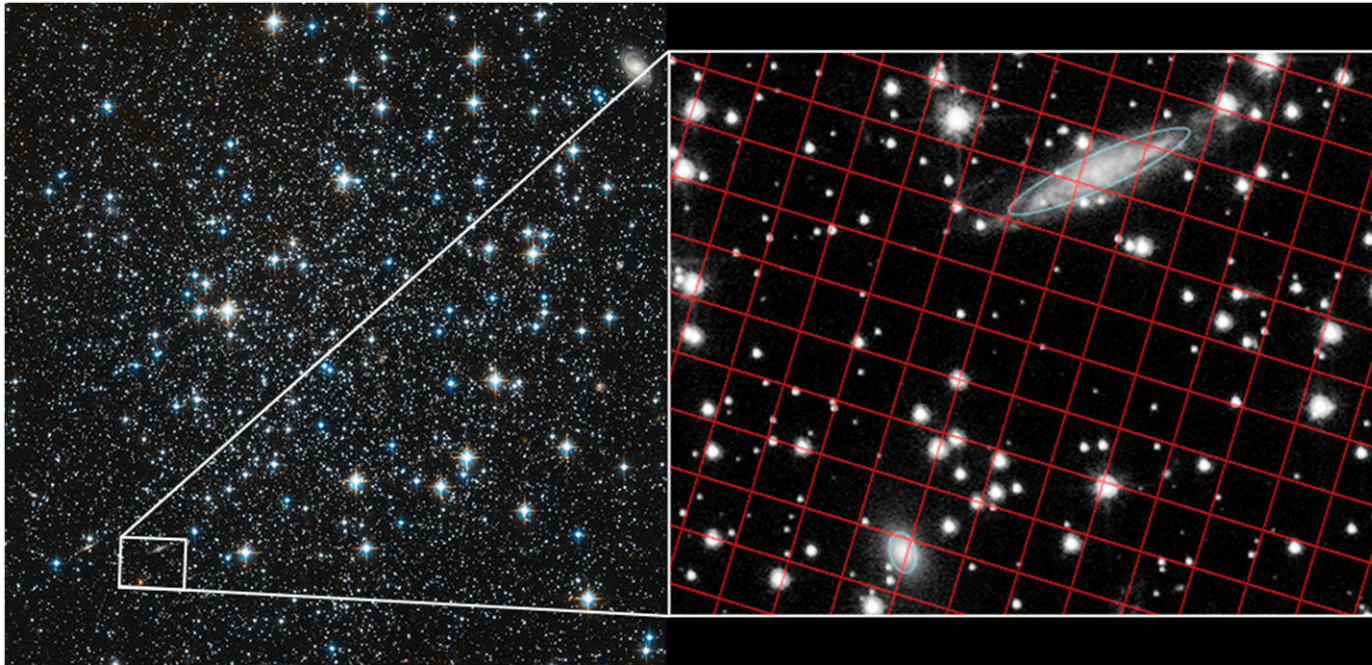


# ON VIENT DE PESER NOTRE GALAXIE !

- ★ La masse exacte de notre Galaxie, la Voie Lactée, n'était pas connue avec une grande précision, cela allait de 500 à 3000 milliards de masses solaires.
- ★ L'incertitude provenant de la plus grande partie composant la Galaxie, la matière noire qui est invisible. Ce qui est effectivement un problème ! Comment détecter sa présence ? Par son interaction gravitationnelle avec la matière visible.
- ★ Les scientifiques de l'ESO menés par Laura Watkins ont affiné ce chiffre : ils trouvent la valeur de **1540 milliards de masses solaires** !
- ★ Ces résultats sont basés sur la combinaison des mesures de Hubble et des récentes mesures du catalogue de Gaia.

- ★ Ces résultats sont basés sur la combinaison des mesures de Hubble et des récentes mesures du catalogue de Gaia.
- ★ Nos scientifiques se sont intéressés aux **amas globulaires** d'étoiles, en remarquant que ces amas se déplacent plus rapidement quand la galaxie est massive
- ★ À cet effet, ils ont comparé les données de ces deux télescopes spatiaux et ont mesuré la vitesse de nombreux amas globulaires, puis les ont comparés et en ont déduit la répartition.
- ★ Ils en ont déduit le chiffre de 1540 milliards de masses solaires pour une galaxie contenant approximativement **200 milliards d'étoiles** (une goutte d'eau dans la masse totale) et dont la composante la plus importante est invisible !
- ★ Étude publiée dans The Astrophysical Journal sous le titre [Evidence for an Intermediate-Mass Milky Way from Gaia DR2 Halo Globular Cluster Motions](#) et disponible en pdf.





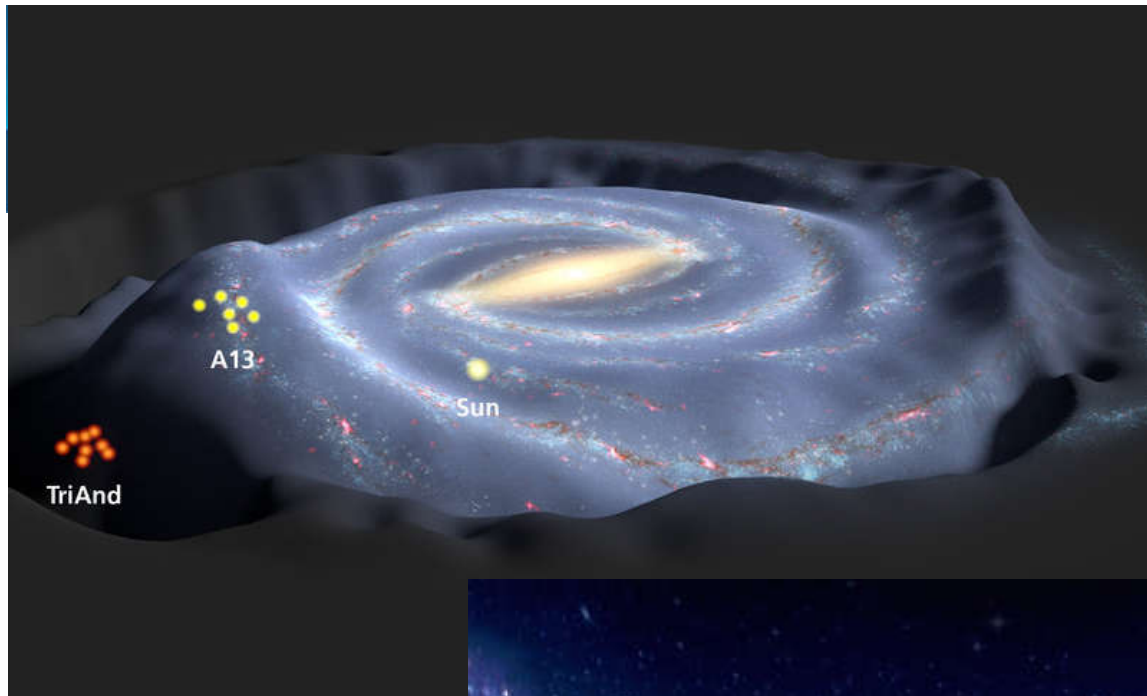
- ★ La partie gauche est une image Hubble partielle de l'amas NGC 5466.
- ★ La partie droite compare les données à 10 ans d'intervalle et met en valeur le mouvement des étoiles.
- ★ Crédit images : NASA/ ESA/ S.T. Sohn et J. DePasquale/ STScI



# NOTRE GALAXIE EST TORDUE!



- \* On a longtemps cherché à connaître la forme de la Galaxie dans laquelle nous vivons ; mais ce n'est pas facile alors que l'on est en plein dedans.
- \* On s'est surtout raccroché aux galaxies similaires du ciel, par exemple Andromède.
- \* Nous serions donc dans une galaxie spirale avec un bulbe central qui dépasse du plan des bras.
- \* Mais de nouvelles études menées par des astronomes Chinois du et de l'Institut Kavli de Pékin, ont montré qu'en fait, notre disque au lieu d'être plat est tordu vers les bords (warped en anglais).
- \* Plus on s'éloigne du centre et plus elle est tordue.
- \* D'où provient cette torsion ? Très probablement d'effets de marées gravitationnelles dues à la présence de galaxies proche
- \* Elle est en forme de S.



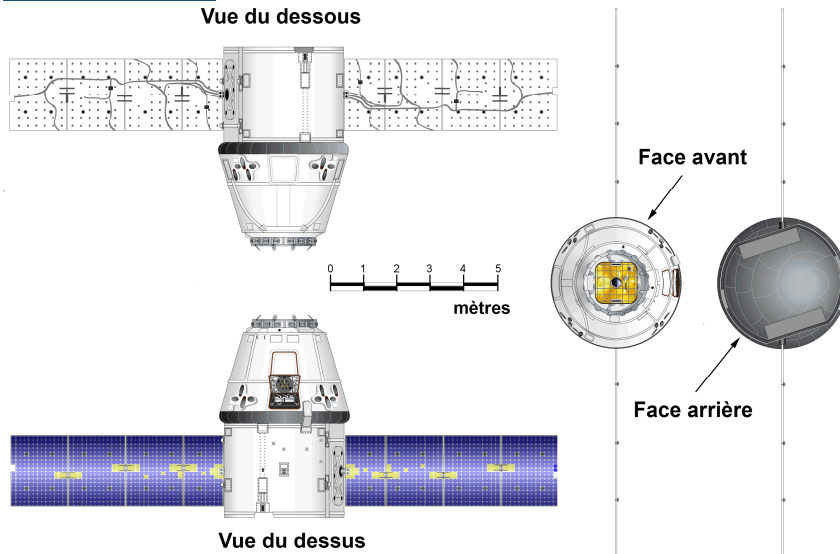
★ UNE NOUVELLE IMPORTANTE MAIS  
QUI N'EST PAS COSMOLOGIQUE



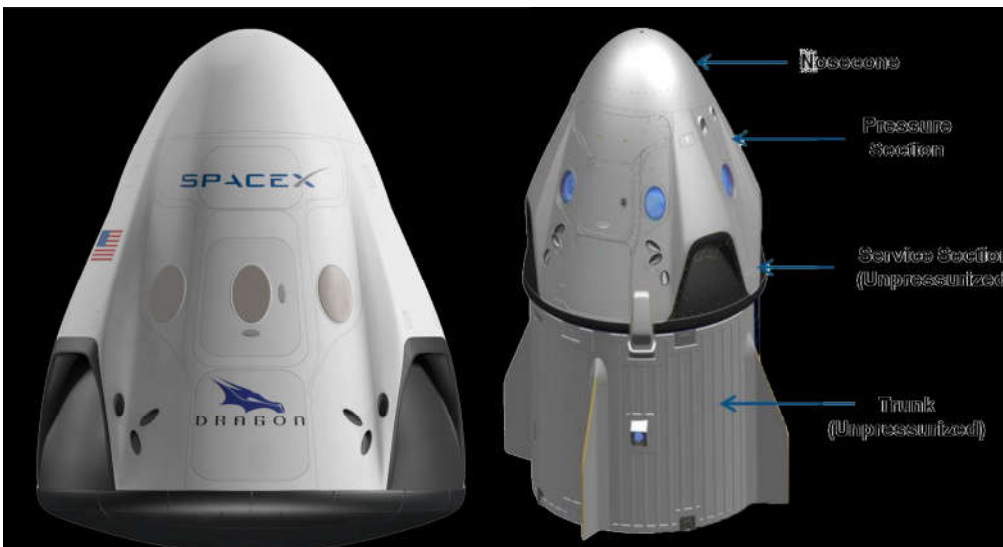


# USA : LA RÉVOLUTION

- \* Pour la première fois une société privée américaine a envoyé une capsule prévue pour transporter des astronautes s'amarrer à l'ISS, y rester une semaine et délivrer la charge utile, puis se désamarrer pénétrer dans l'atmosphère, et se poser délicatement dans l'Atlantique.
- \* On sait que la NASA a mis en concurrence des sociétés privés pour ses futurs vols spatiaux, ce sont SpaceX et Boeing qui ont obtenu le marché.
- \* C'est SpaceX qui dégage le premier avec sa nouvelle capsule pour transporter des astronautes, la Crew Dragon (ou Dragon 2) qui est une évolution de sa capsule de transport, maintes fois envoyée vers l'ISS, la Dragon.
- \* La mission s'appelle Demo-1, la prochaine (Demo-2) transportera des hommes.
- \* L'Amérique est maintenant capable d'envoyer des astronautes américains à partir du sol américain et avec un lanceur américain.
- \* En effet depuis la fin de l'ère navette, en Juillet 2011, les USA dépendaient du bon vouloir (et du prix de plus en plus cher) des Russes.
- \* Un grand bravo pour les sociétés privées qui ont pu à partir de (presque) zéro, se hisser au niveau de la NASA, .....

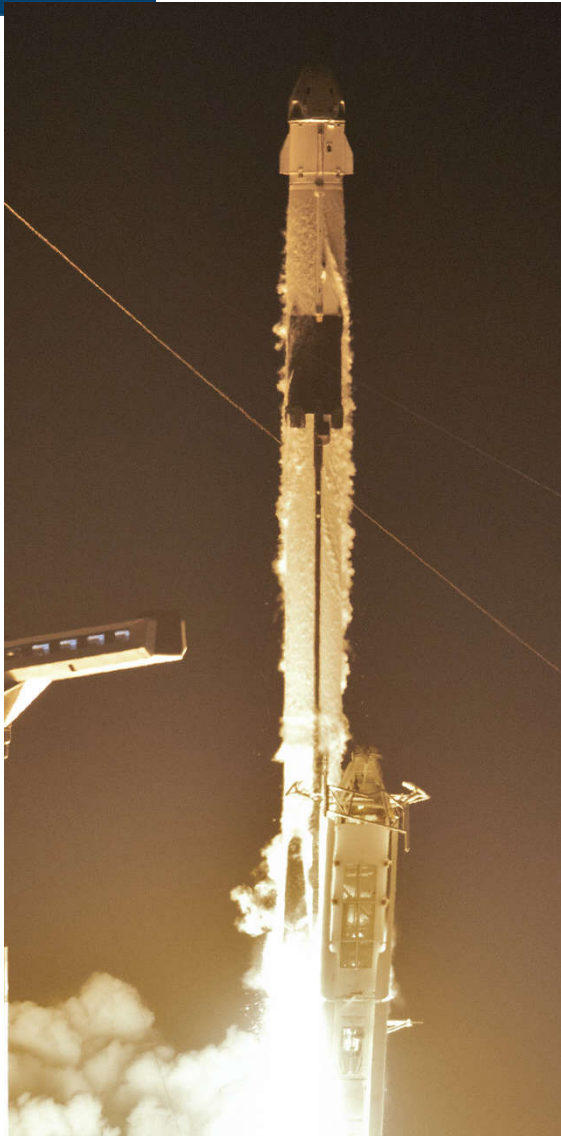


- ★ La capsule Dragon qui a ravitaillé plusieurs fois l'ISS avec succès.
- ★ Capture par bras robotisé de l'ISS.
- ★ Une douzaine de ravitaillements effectués avec récupération en mer comme d'habitude.
- ★ La plupart des capsules sont reconditionnées pour de futurs vols.



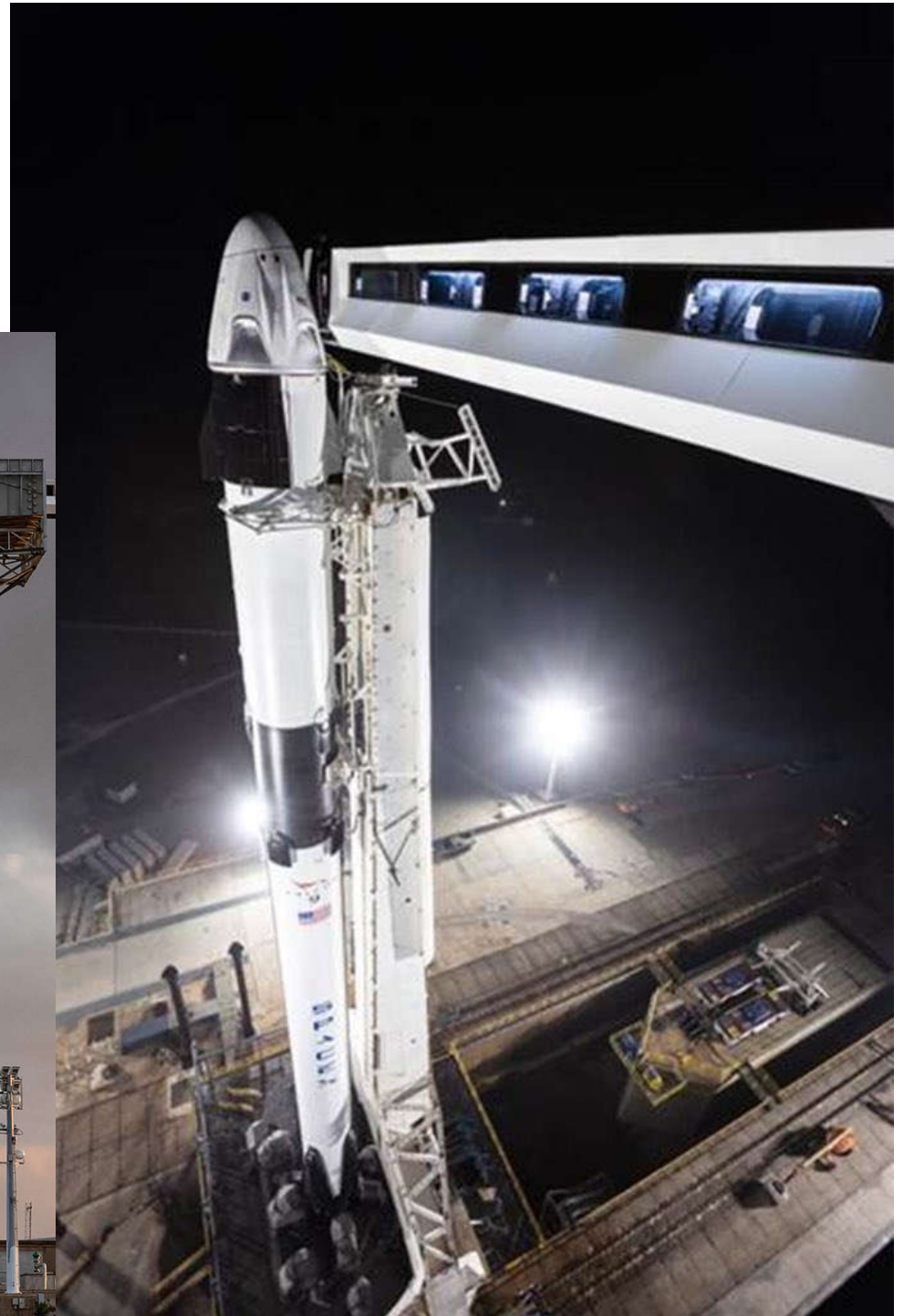
- ★ La Dragon 2 est une évolution de la capsule de ravitaillement Dragon, elle doit transporter des astronautes et est donc en partie pressurisée.
- ★ Le module de service est un peu différent de celui du Dragon. Les panneaux solaires sont contre la paroi

# LE LANCEMENT

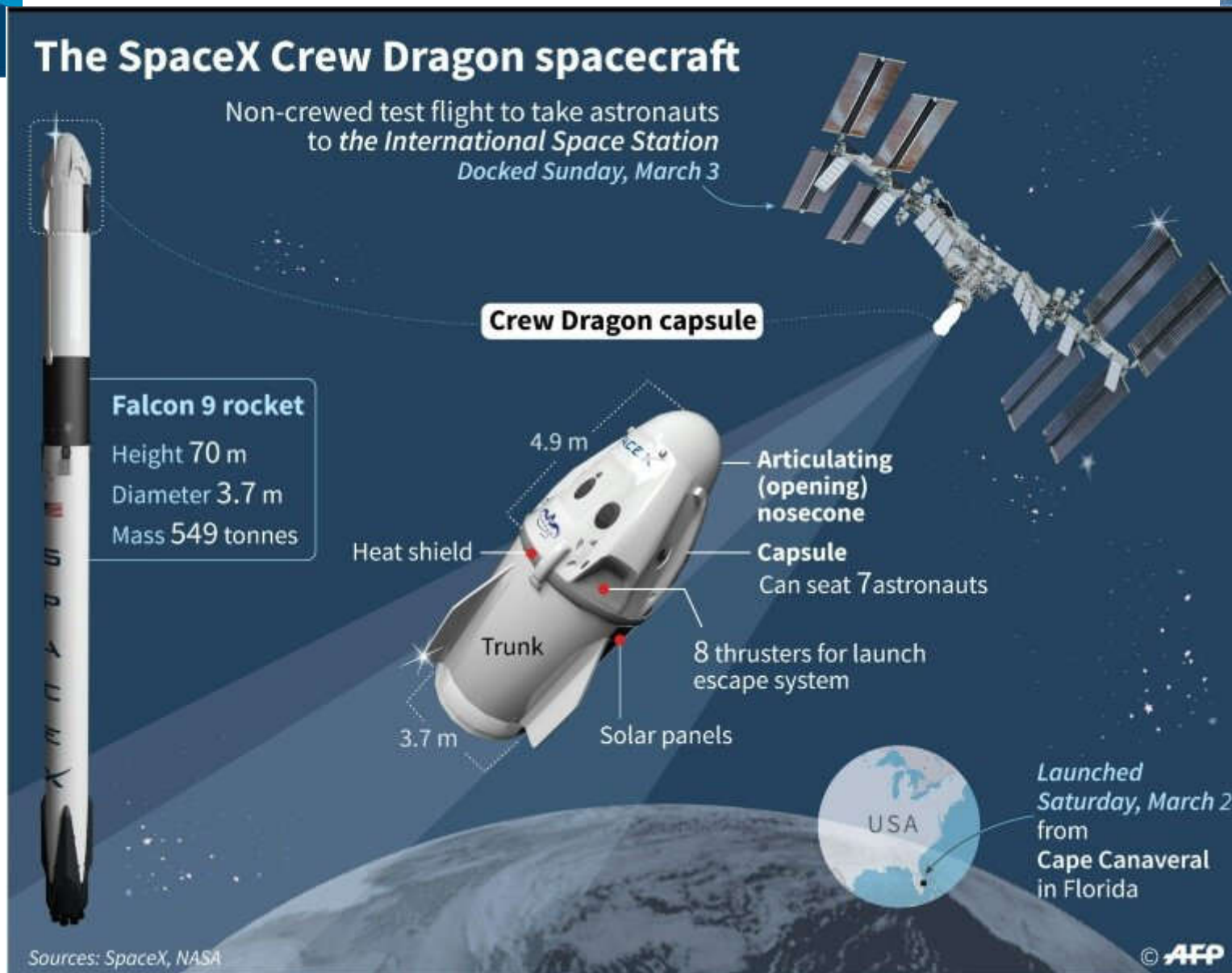


- \* Le lancement s'est effectué depuis le mythique **pad 39A de Cap Canaveral** le 2 Mars 2019 à 2h49 locales (07h49 TU).
- \* C'est-à-dire décollage en pleine nuit devant un public conquis.
- \* Le lanceur : une classique Falcon 9, dont la séparation avec Dragon 2 s'est effectuée correctement, la capsule est en route vers l'ISS.
- \* On remarque la plateforme d'accès très longue, à la capsule
- \* Cela est dû au système de retenue du lanceur au sol, comme on le voit ici.
- \* Le premier étage a été récupéré classiquement sur la barge (Of Course I Still Love You !) en pleine mer, à quelques centaines de km de Cap Canaveral.
- \* Succès complet du lancement.

SAFE









# CREW DRAGON



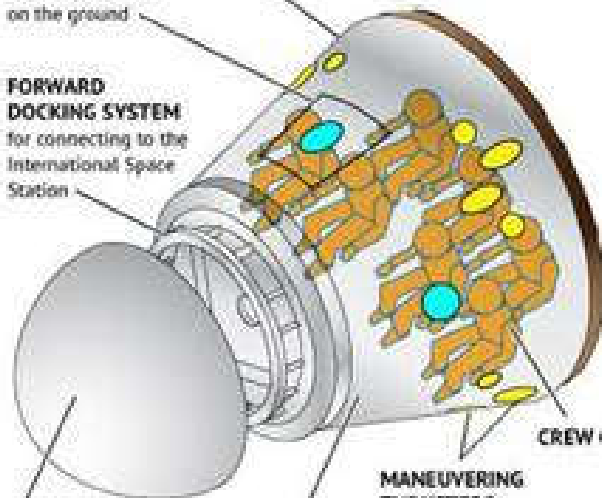
- ★ C'est le modèle sans astronaute, modèle de test de ce vol de démonstration.
- ★ Il comprend quand même un mannequin à bord, les Américains ne manquant jamais d'humour l'ont baptisé Ripley comme Ellen Ripley célèbre héroïne du film Alien.
- ★ Ripley est truffé de capteurs afin de monitorer complètement le vol, surtout la phase de retour dans l'atmosphère, qui sera le véritable test avec des astronautes.
- ★ Le vol avec astronautes ne sera validé que lorsque le test de sauvegarde des astronautes en cas de problème aura été effectué.
- ★ C'est là aussi l'astuce de cette capsule, les moteurs de propulsion de la capsule sont en partie les moteurs de sauvetage pour séparation du lanceur en cas de problème au lancement. Plus besoin de de tour de sauvetage type Apollo ou Soyuz.



**CREW MODULE**  
pressurized cabin  
carries heat shield  
and parachutes for  
the return to Earth

**SIDE HATCH**  
for entry and exit  
on the ground

**FORWARD  
DOCKING SYSTEM**  
for connecting to the  
International Space  
Station



CREW OF UP TO 7

**NOSE CAP**  
Discarded after the  
vehicle leaves  
Earth's atmosphere

**PARACHUTES**  
for water landing

**MANEUVERING  
THRUSTERS**

## CREW DRAGON

Équipage maximum  
7 astronautes



# LE DOCKING

- ✦ Après un vol d'un peu plus d'une journée pour atteindre l'ISS, l'amarrage automatique s'est produit avec succès le 3 Mars 2019.
- ✦ Illustration d'artiste du docking entre la capsule et l'ISS sur le port PMA-2 (équipé avec un adaptateur spécifique IDA-2) du module Harmony, utilisé auparavant par la navette spatiale
- ✦ Les mêmes ports seront utilisés par Boeing.





# LE RETOUR

- ✳ C'est Vendredi 8 Mars 2019 vers 7h30 (TU) que la capsule se sépare de l'ISS, quelques heures plus tard, elle se désorbite.
- ✳ Elle pénètre dans les couches basses de l'atmosphère pour l'épreuve ultime d'après Elon Musk : le test du bouclier thermique.
- ✳ La descente est complètement filmée en direct par la NASA et SpaceX
- ✳ Des avions et des drones ont été aussi réquisitionnés pour filmer la descente
- ✳ On peut voir la trace de la capsule se frottant à l'atmosphère, puis les 4 parachutes qui s'ouvrent et le plouf dans l'Atlantique du style « Apollo » à 350 km de Cap Canaveral.



# LE BOUCLIER

- ★ La rentrée est la période la plus délicate
- ★ En effet, si l'angle est trop aigu, on brûle, si l'angle est trop plat on rebondit (ricochet) sur l'atmosphère et on part dans l'espace pour toujours.
- ★ Cette technique est bien maîtrisée depuis l'époque Apollo
- ★ Le problème c'est l'échauffement en pénétrant l'atmosphère : 2000°C
- ★ La solution : un revêtement ablatif qui se consume et évacue la chaleur pendant la descente.



- \* Le bouclier thermique est composé d'un produit résistant à la chaleur de plusieurs milliers de degrés, causée par le frottement atmosphérique ; il doit aussi être **ablatif**, c'est-à-dire qu'il doit éliminer cette chaleur en perdant une partie de sa substance.
- \* Ces produits ont subi beaucoup d'évolution depuis les premiers temps de l'aéronautique, ils sont maintenant à base de résine carbonée imprégnée de type **PICA** (Phenolic Impregnated Carbon Ablator).
- \* Ce produit a été mis au point par le centre NASA Ames Thermal Protection Materials Branch sous la direction de Dan Rasky, il a été utilisé la première fois pour la mission Stardust qui ramenait une capsule de poussières de comète, à très grande vitesse (13 km/s) dans l'atmosphère terrestre en Janvier 2006. La récupération s'est parfaitement passée.
- \* Ce sont des vitesses qui peuvent correspondre à des retours de missions lunaires ou martiennes, donc tout à fait dans l'optique de SpaceX.
- \* C'est la raison pour laquelle SpaceX s'est associée avec D. Rasky et ont mis au point leur propre PICA, le PICA-X breveté par SpaceX.



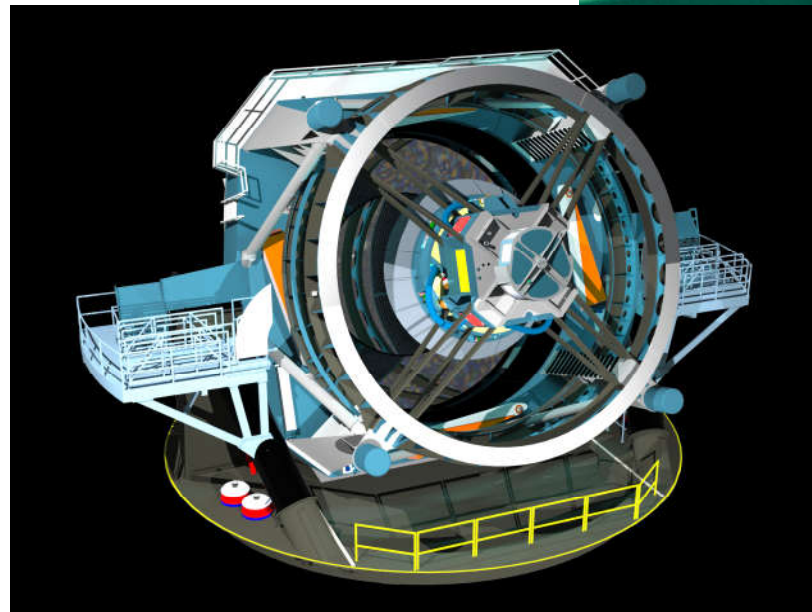




# À LIRE



- \* Notre conférencier  
**Jeremy Neveu** du LAL  
(Labo de l'Accélérateur  
Linéaire) d'Orsay
- \* Il nous parle du télescope  
cosmologique LSST
- \* Bonne conférence!





- ★ PROCHAINES RÉUNIONS COSMOLOGIE :
- ★ Samedi 15 Juin 2018 15H : Jean Christophe Hamilton de l'IN2P3 et AstroParticules sur « l'expérience QUBIC » qui va bientôt être installée au Chili
- ★ Samedi 12 Octobre 15 H : Denis Gialis astrophysicien viendra nous parler de « multivers et de cosmologie »
- ★ Merci de proposer des thèmes et conférenciers

# MERCI DE VOTRE ATTENTION

Cosmic Spheres of Time

