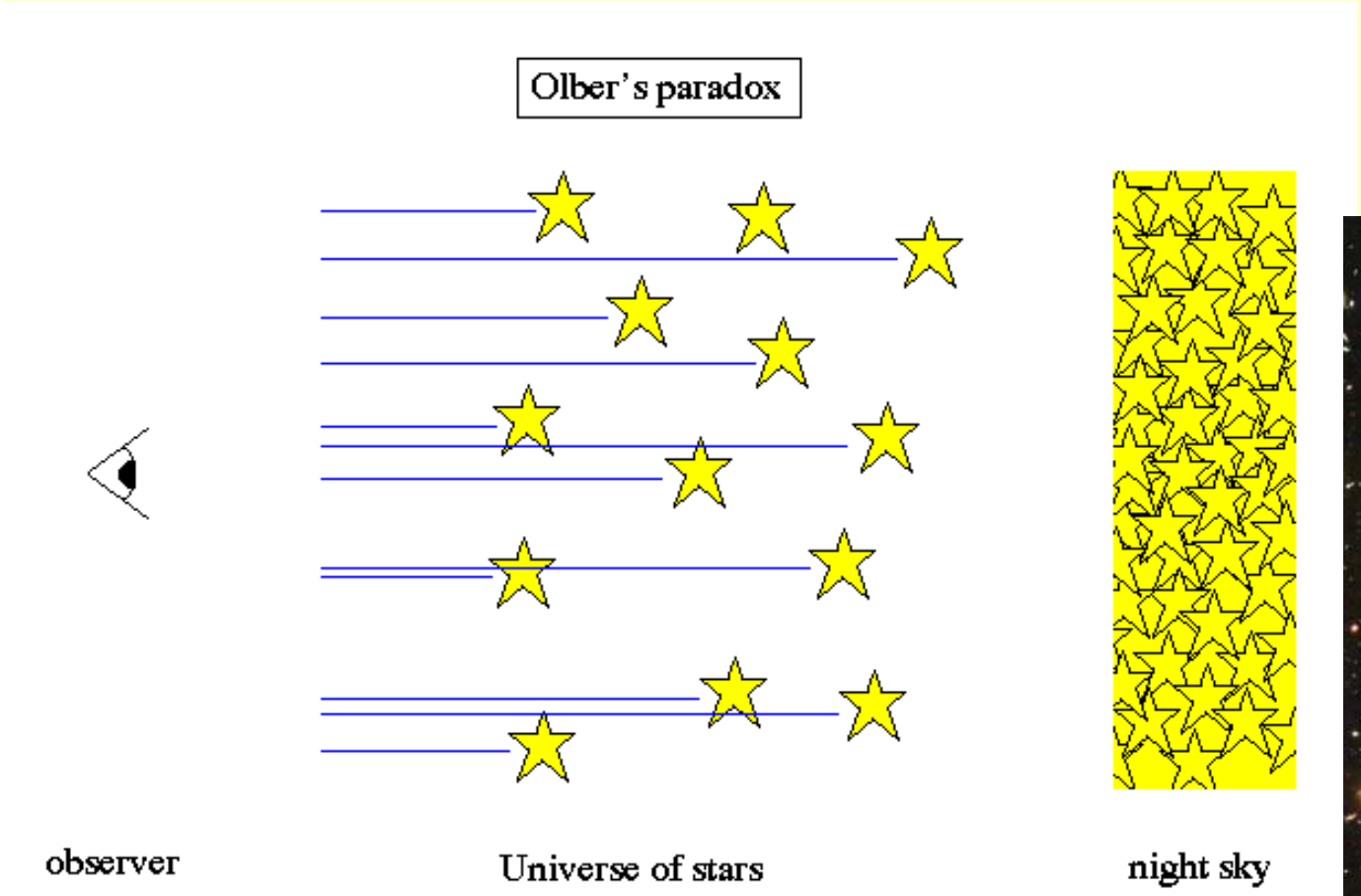
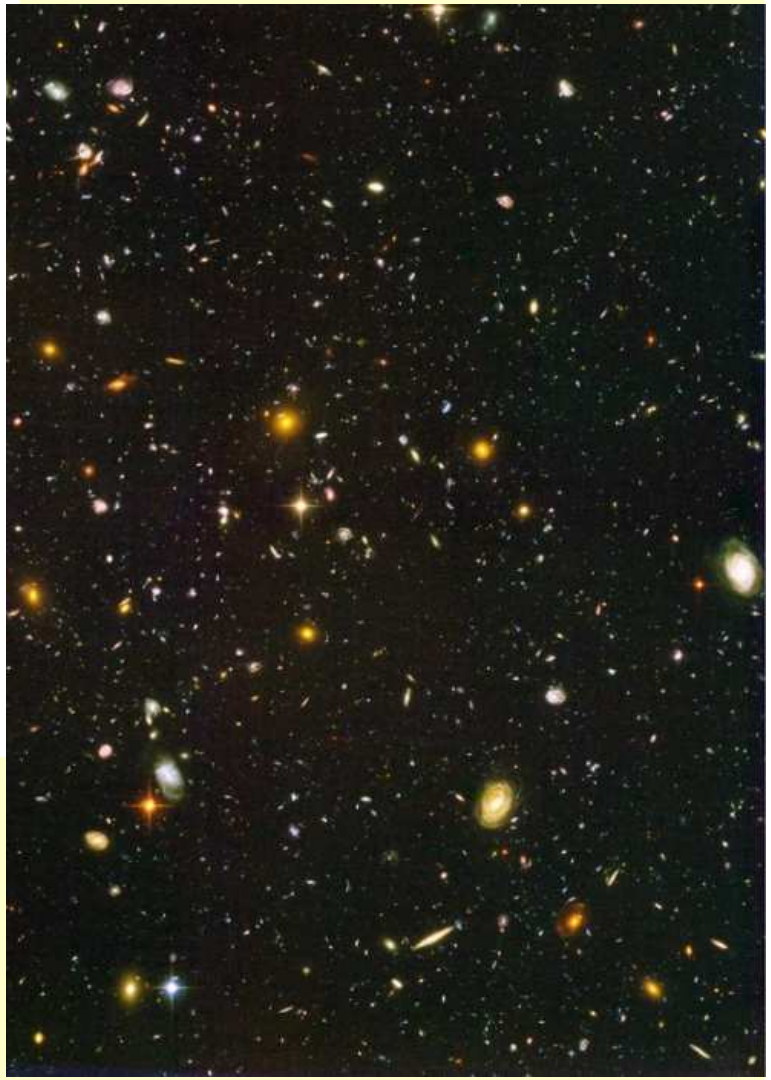
COMMISSION DE COSMOLOGIE
DU 24 MAI 2025





© Jean-Pierre MARTIN www.planetastronomy.com

La dernière réunion Cosmo :

- CONFÉRENCE De Etera LIVINE Astrophysicien Il nous parlait de
- POURQUOI LA GRAVITATION QUANTIQUE Le 22 MARS 2025
- CR sur https://www.planetastronomy.com/special/2025-special/22mar/Cosmo-SAF-gravQ.html
- VIDÉO : https://youtu.be/VuW8a9XQbYI

3 constantes fondamentales: ⟶ 3 unités fondamentales:

- la constante universelle de la gravitation de Newton

$$G \simeq 6,67 \times 10^{-11}\, m^3\, kg^{-1}\, s^{-2}$$

- la vitesse de la lumière

$$c \simeq 300\,000\, km\, s^{-1}$$

- la constante de Planck

$$h \simeq 1,05 \times 10^{-34}\, m^2\, kg\, s^{-1}$$

⟶

- Temps de Planck

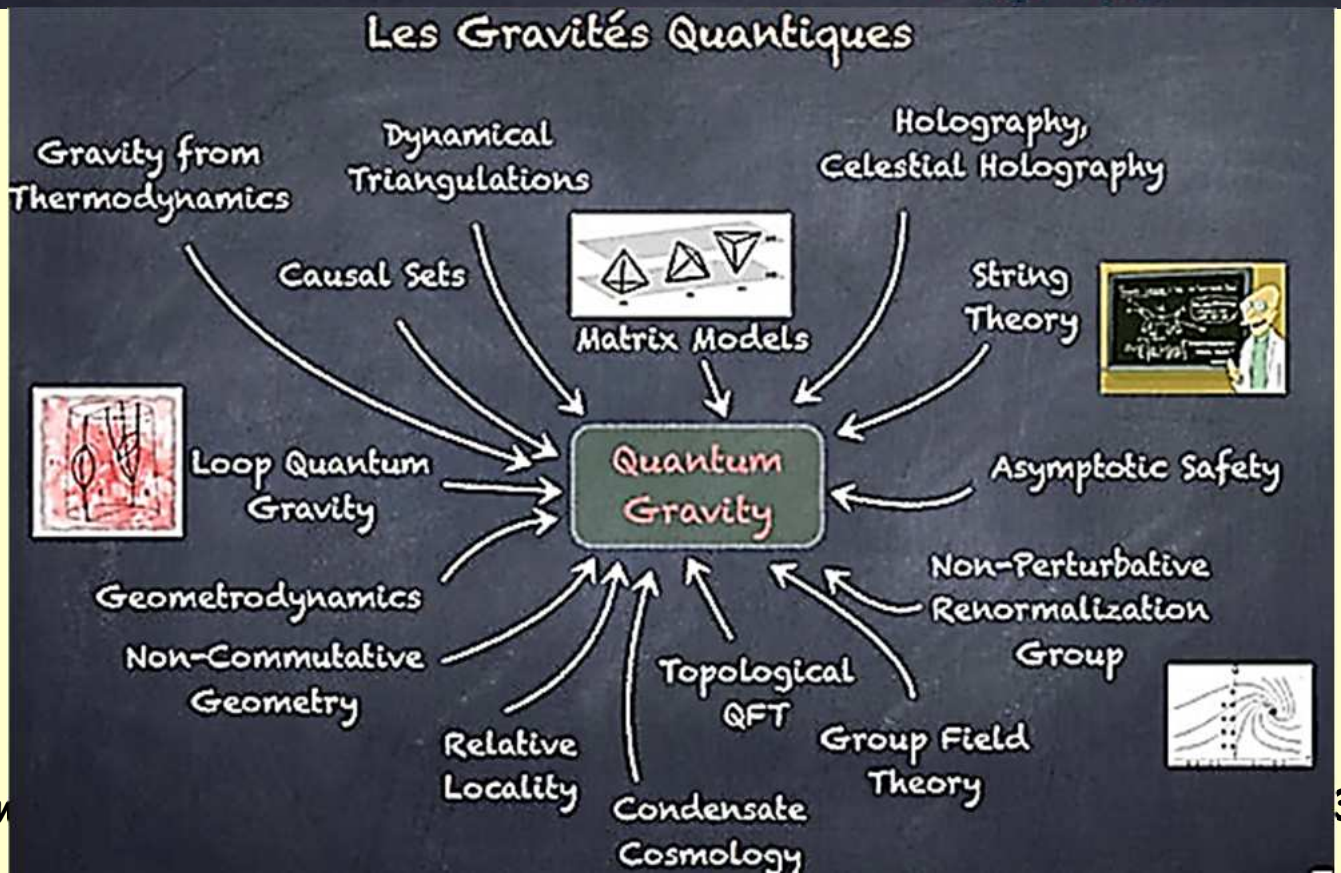
$$t_P = \sqrt{\frac{hG}{c^5}} \simeq 5,4.10^{-44}\, s$$

- Longueur de Planck

$$l_P = ct_P = \sqrt{\frac{hG}{c^3}} \simeq 1,6.10^{-35}\, m$$

- Masse de Planck

$$m_P = \frac{h}{cl_P} = \sqrt{\frac{hc}{G}} \simeq 2,2.10^{-8}\, kg$$



Playlist de la cosmo : https://www.youtube.com/playlist?list=PL78ug7UrzPF1GW7iMV42mAx34bmlk8HxD

1

Réunion de la commission Cosmologie du 27 janvier 2024
Société Astronomique de France • 54 vues • il y a 2 mois

2

Réunion de la commission Cosmologie du 25 novembre 2023
Société Astronomique de France • 27 vues • il y a 2 mois

3

Réunion de la commission Cosmologie du 30 septembre 2023
Société Astronomique de France • 53 vues • il y a 5 mois

4

Réunion de la commission Cosmologie du 13 mai 2023
Société Astronomique de France • 44 vues • il y a 9 mois

5

Réunion de la commission Cosmologie du 11 mars 2023
Société Astronomique de France • 193 vues • il y a 1 an

6

Réunion de la commission Cosmologie du 10 décembre 2022
Société Astronomique de France • 137 vues • il y a 1 an

7

Réunion de la commission Cosmologie du 1er octobre 2022
Société Astronomique de France • 121 vues • il y a 1 an

La dernière conférence SAF

CONFÉRENCE SAF "LES EXOPLANÈTES, 30 ANS DE SURPRISE"
AVEC JAMES LEQUEUX PARIS 12 MARS 2025

CR : https://www.planetastronomy.com/special/2025-special/12mar/Exopl-SAF.html

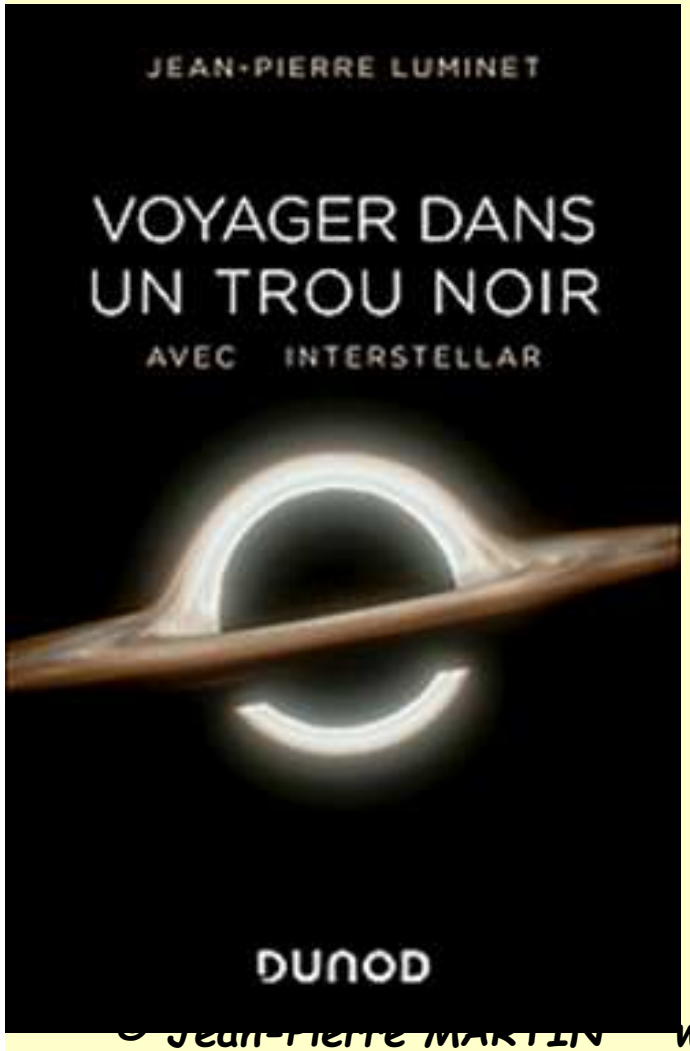
Mercredi 11 Juin 25 19H au CNAM	Jean Pierre LUMINET astrophysicien LAM Obs de Paris.	**Voyage dans un trou noir avec Interstellar** ***Réservation à partir du 15 Mai***	

SAISON 2025/2026 PRÉ PROGRAMME

Mercredi 10 Sept 25 19H au CNAM	Clotilde LAIGLE Astrophysicienne Paris VI	**Le télescope Euclid à la conquête de l'Univers sombre: plongée au cœur de toile cosmique** ***tion à partir du 10 Aout***	
Mercredi 15 Oct 25 19H au CNAM	Didier MASSONNET Chef du projet Pharao au CNES	**Pharao, une horloge atomique dans l'espace.** ***Réservation à partir du 11 Sept***	
Mercredi 12 Nov 25 19H au CNAM	Aurélie MOUSSI Astrophysicienne CNES	**HERA et DART, missions de défense planétaire** ***Réservation à partir du 16 Oct***	
Mercredi 10 Dec 25 19H au CNAM	Jacques ARNOULD Expert éthique au CNES	**Camille Flammarion, le pèlerin des étoiles** ***Réservation à partir du 13 Nov***	

LA PROCHAINE FOIS

- Jean Pierre LUMINET Astrophysicien LAM Observ de Paris
- **« VOYAGE DANS UN TROU NOIR AVEC INTERSTELLAR».**
- On pourra se procurer le livre dans la salle!



Le film de Christopher Nolan, « Interstellar », imagine ainsi la possibilité pour l'humanité d'échapper à une Terre moribonde pour s'établir sur une nouvelle planète accueillante.

Ce film est-il crédible ?
Les trous de ver sont-ils traversables ?
Qu'y a-t-il aux abords et à l'intérieur d'un trou noir ?

https://camille-flammarion.fr/

- 18h00 : Inauguration de l'exposition photographique.
- 19h00 : Conférence de Françoise Combes, présidente de l'Académie des sciences.
- 20h00 : Table-ronde : « L'astronomie d'hier à aujourd'hui ». Avec Françoise Combes, Roland Lehoucq (astrophysicien au CEA Saclay), Jean-Philippe Uzan (astrophysicien à l'IAP), Sylvain Bouley (président de la SAF, professeur Université Paris-Saclay).
- Dédicaces d'ouvrages par les invités.

La soirée sera animée par Gilles Dawidowicz, vice-président de la SAF.

Sous le haut patronage de la ville de Juvisy-sur-Orge.

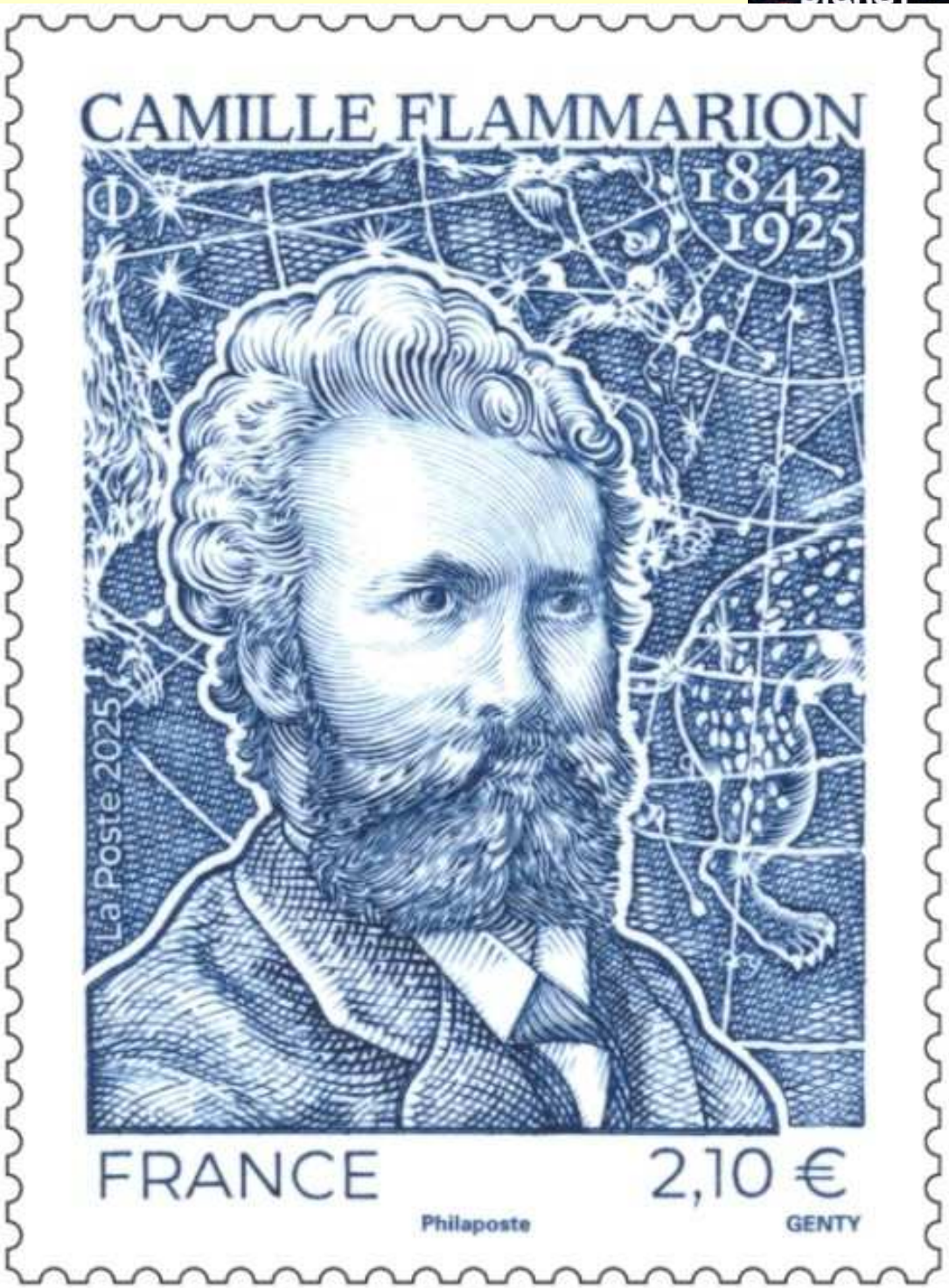
Événements

Sortie du timbre Camille Flammarion

6 juin

Sortie nationale du timbre poste : Paris, Marseille, Cannes. En savoir plus

Dans le cadre des festivités pour le Centenaire de



https://camille-flammarion.fr/

© Jean-Pierre MARTIN www.planetastro

- Les dernières conférences et news
- Elles sont disponibles sur le site de la commission : https://cosmologie.saf-astronomie.fr/
- et sur www.planetastronomy.com
- Les conférences mensuelles sont maintenant filmées en vidéo et disponibles sur Internet.

calendrier

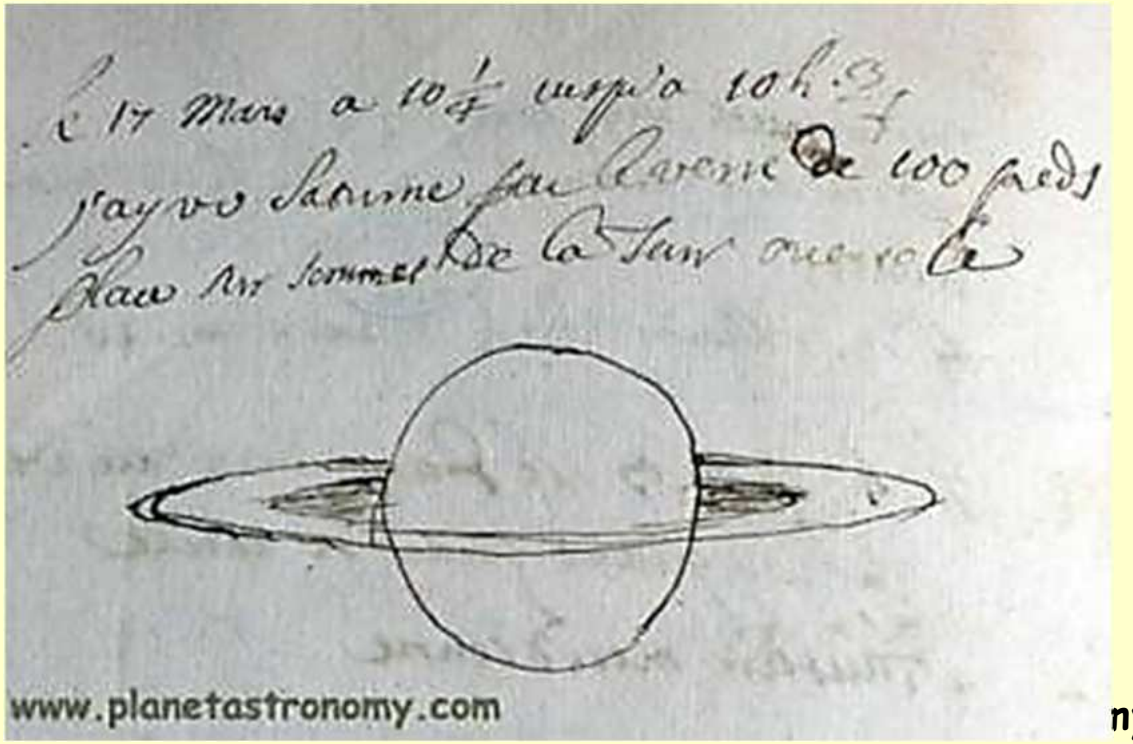
"Données satellites, des outils pour secourir " dans le cadre des mardis de l'Espace	Brasserie Au Vieux Châtelet, 1 place du Châtelet, 75001 Paris	XXX	Mardi 18 Mars 19H30 Consommation obligatoire.
"Pourquoi une gravitation quantique " dans le cadre de la comm de cosmologie de la SAF	SAF 3 rue Beethoven 75016 Paris sera aussi retransmis en vidéo pour nos membres	Etira LIVINE Astrophysicien Normal Sup Lyon	Samedi 22 Mars 2025 15h00 réservée aux membres de la SAF et à leurs invités. une invitation est envoyée deux semaines avant.
"L'origine de l'eau terrestre" dans le cadre de la comm de Planétologie	SAF 3 rue Beethoven 75016 Paris sera aussi retransmis en vidéo pour nos membres	Thérèse Encrenaz astrophysicienne LESIA	Samedi 29 Mars 2025 15h00 réservée aux membres de la SAF et à leurs invités. une invitation est envoyée deux semaines avant.
« Comprendre l'émergence des propriétés des galaxies grâce à la simulation numérique " dans le cadre des confs publiques IAP à voir sur leur canal YouTube	IAP 98 bis boulevard Arago 75014 PARIS	Corentin Cadiou (IAP)	Mardi 1er Avril 19h30 entrée libre mais il faut s'inscrire
"Arpenter l'Univers " dans le cadre des confs Mensuelles de la SAF sous réserve de confirmation	CNAM 292 rue St Martin Paris 3ème Amphi xx visible en libre sur le Canal YouTube SAF *réserv. à partir 9 Janv 9h00*	Ruth DURRER astrophysicienne à l'Université de Génève et prix Janssen 2024.	Mercredi 9 Avril 19h00 entrée libre inscription obligatoire par Internet (adresse mail nécessaire) ou tel SAF : 01 42 24 13 74
" Climat et géologie de Titan " dans le cadre des conférences du CVS	ENSAM amphi Manet 155 bd de l'Hôpital Paris 13	Sébastien RODRIGUEZ, IPGP	Lundi 14 Avril 19h15 entrée libre sans inscription

Colloque à l'Observatoire de Paris
10-11 juin

400-ème anniversaire de la naissance de JD Cassini

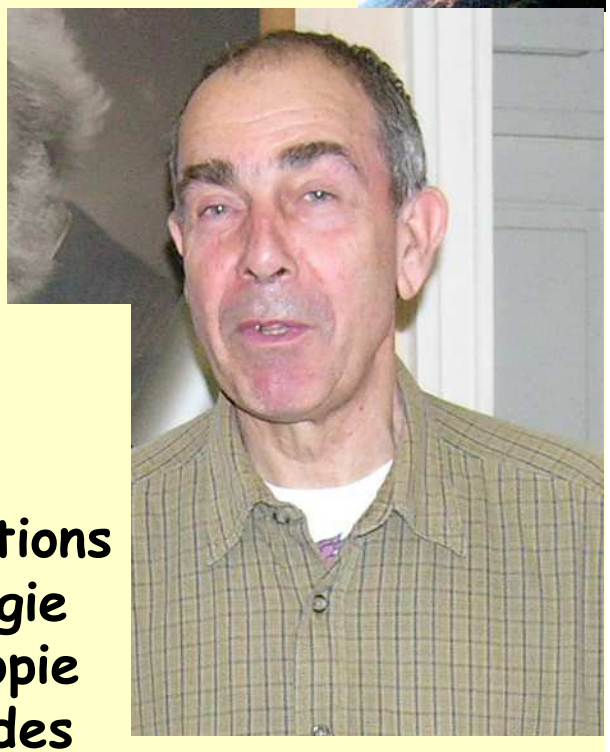
Un évènement à ne pas oublier!

https://syrte.obspm.fr/spip/science/histoire/seminaires-et-colloques/colloque-cassini-2025/article/colloque-400e-anniversaire-de-la-naissance-de-jean-dominique-cassini-8-juin



ny.com

LES COURS DE LA SAF



Des cours de physique et de cosmologie donnés par Jacques Fric vice-président de la commission de cosmologie

les Mardis 14, 21, 28 janvier et 4 février 2025 de 18H00 à 19H30 uniquement en visio sur Zoom

1-L'assistance gravitationnelle : principe, calcul, applications -lien avec le mécanisme de Penrose d'extraction d'énergie desTN's de Kerr, variation de l'entropie, lien de l'entropie avec la présence des trous noirs supermassifs au cœur des galaxies.

2- Les fusées, équation de Tsiolkovski, présentation, pourquoi des fusées à étages, application, exemple de calcul du gain en charge utile en utilisant la rotation de la Terre (Kourou).

3- Le formalisme de Newmann-Penrose, intérêt, introduction des nombres complexes en physique: artifice de calcul ou nécessité physique?

4- Comment l'existence d'une vitesse limite en relativité

LES COURS DE LA SAF

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

thème : « Les grandes étapes principales de l'astronomie ».

LES JEUDIS À 19H au siège et sur Zoom l'année 2024 – 2025 :
1/ jeudi 19 septembre 2024
2/ « « 3 octobre
3/ « « 7 novembre
4/ « « 21 novembre
5/ « « 12 décembre
6/ « « 9 janvier 2025
7/ « « 23 janvier
8/ « « 6 février
9/ « « 20 mars
10/ « « 3 avril.
Plus d'infos au 01 42 24 13 74

LES COURS DE LA SAF

COURS DE PHOTOMÉTRIE
CYCLE II EN 2024-25

Un jeudi par mois hors congés et voisin de la P.L.
Cours proposé par Thierry Midavaine
De la Commission des Techniques en Astronomie Amateur

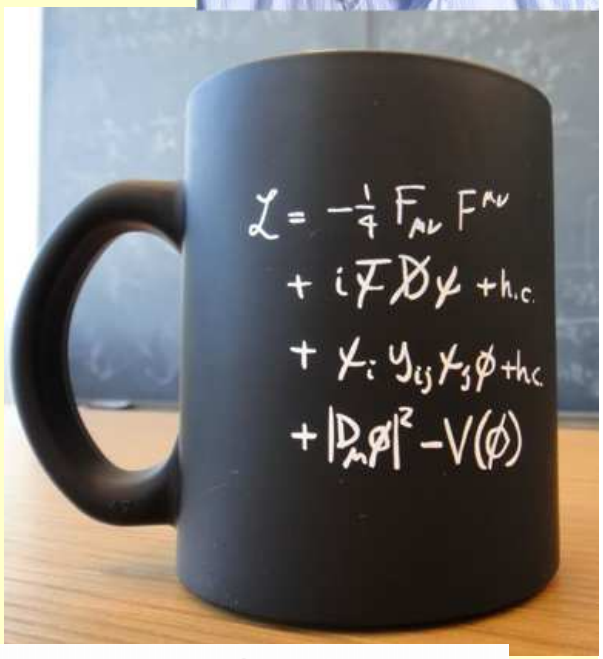
1. **12 septembre 2024 : le Corps Noir et les représentations spectrales**
2. **17 octobre 2024 : les bandes spectrales et les magnitudes des étoiles**
3. **14 novembre 2024 : les effets de l'atmosphère**
4. **16 janvier 2025 : la réduction photométrique**
5. **13 mars 2025 : la magnitude des objets du système solaire**
6. **15 mai 2025 : le cas de la Lune**
7. **19 juin 2025 : (option) la photographie argentique**

COURS DE MATH POUR L'ASTRONOMIE

- **Stephan MIHAJLOVIC** Programme 2025:
  « Modèle de formation d'une étoile »

Un mercredi par mois à 18h (durée 2 h)

- Mercredi 29 janvier
- **Mercredi 26 mars**
- Mercredi 30 avril
- **Mercredi 21 mai**
- Mercredi 25 juin



- Inscription aux cours et autres informations :
  https://saf-astronomie.fr/cours/

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

Le prochain cours de géométrie différentielle de Stéphane Collion

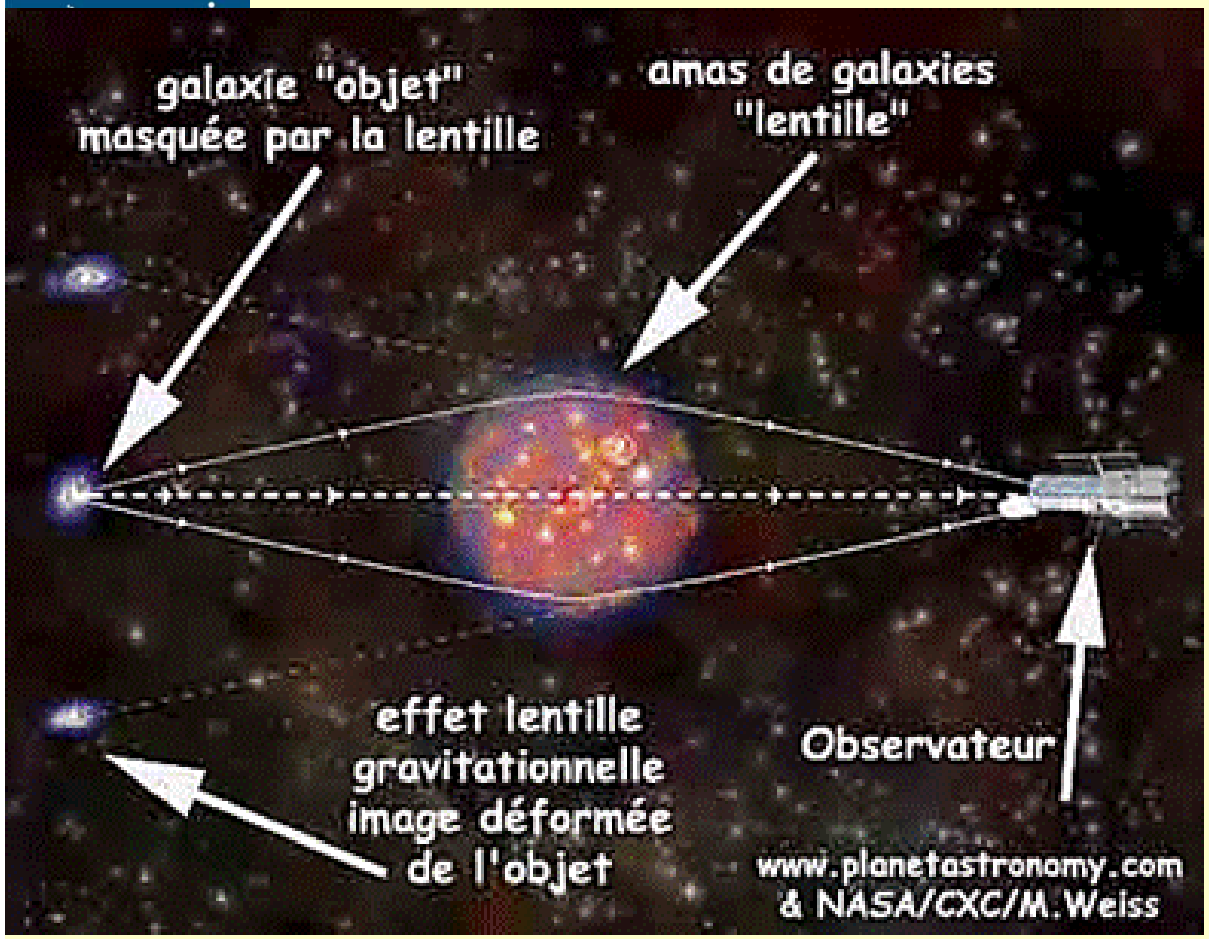
- aura lieu le ???? 2025 à partir de 18h00 au siège.
- Le plan prévisionnel de cette séance est le suivant :
- 1/ retour sur les vecteurs tangents
- 2/ revue « rapide » (selon les besoins de chacun) sur les points clés des tenseurs.
- 3/ la métrique d'une variété
- 4/ dériver les champs de vecteurs : présentation du problème, et un peu plus selon le temps disponible.
- Vous trouverez ci-dessous le lien Zoom vous permettant de vous connecter à ce cours.
- https://us02web.zoom.us/j/86599978177?pwd=s3lY0EUuVJGXHASP5YCatplaT0aatP.1
- ID de réunion: 865 9997 8177 Code secret: TwvPV1

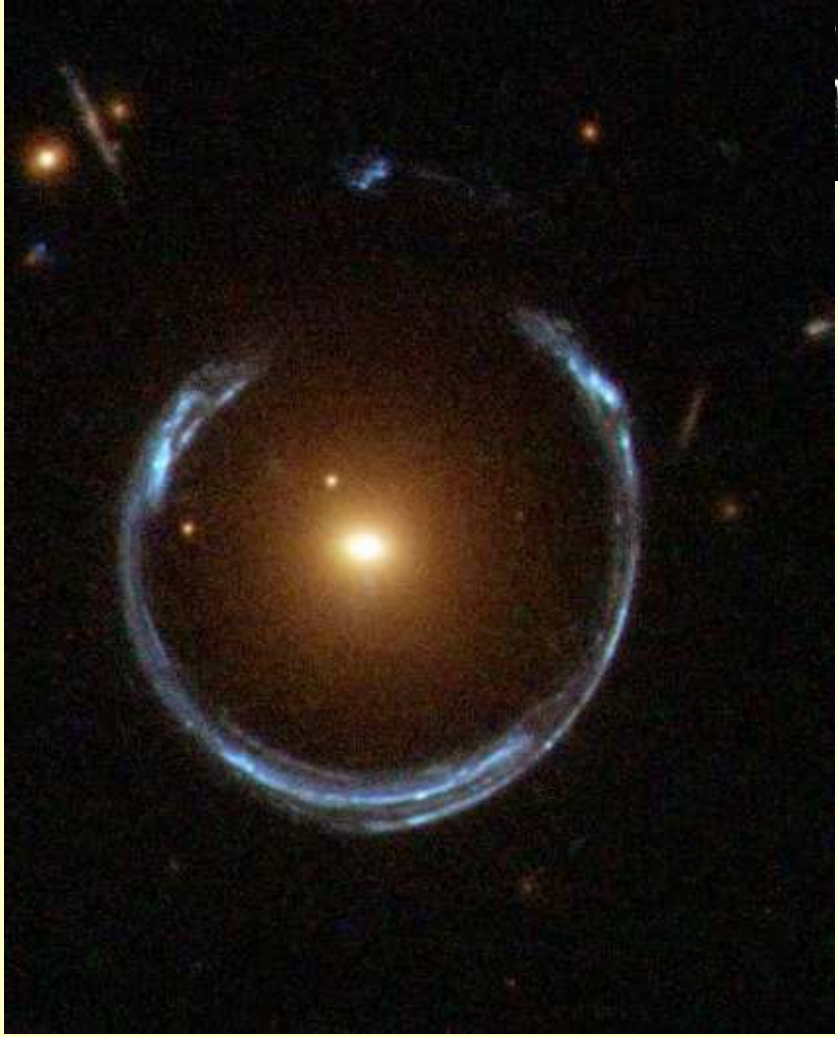
ACTUALITÉS

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

L'ŒIL D'EINSTEIN VOUS REGARDE!

- Tout le monde connait l'effet de lentille gravitationnelle (gravitational lensing en anglais), je rappelle cet effet :
- Cet effet est basé sur la variation de lumière d'un objet source (une étoile, une galaxie, un amas de galaxies invisible sans cela) devant laquelle passe une masse importante, une autre galaxie par exemple, suivant ce qu'avait prédit le génial Albert Einstein avec ses lois de la relativité. (la masse dévie la lumière).
- En effet suivant la position de la source et de l'objet lentille on voit des formes différentes





- La masse interposée entre la galaxie lointaine et nous fait un "effet loupe".
- Cela donne de temps en temps l'aspect de ce que l'on appelle les anneaux d'Einstein comme celui-ci.

En fait le JWST vient d'obtenir une photo très particulière d'un de ces anneaux, il ressemble à énorme œil dont le centre montre une galaxie superbe.

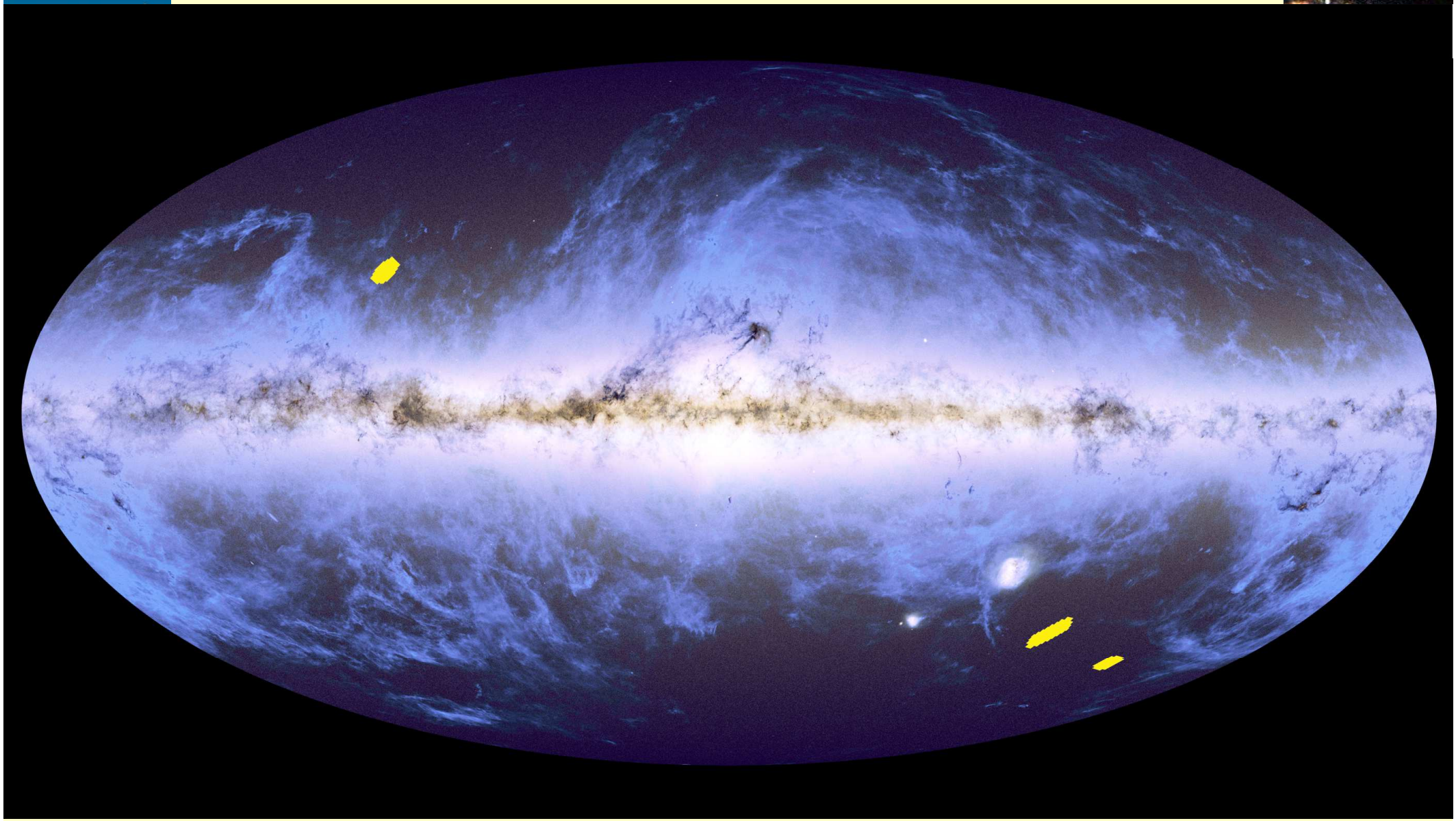
Ici, la galaxie lentille est une galaxie elliptique portant le doux nom de SMACSJ0028.2-7537.
La galaxie « objet » située beaucoup plus loin est une galaxie spirale dont on voit l'image déformée et on perçoit même des amas d'étoiles.
Ces données font partie de l'étude SLICE (Strong Lensing and Cluster Evolution) dirigée par Guillaume Mahler de l'Université de Liège.

On a si on peut dire deux galaxies pour le même prix !

Crédit : ESA/Webb, NASA & CSA, G. Mahler

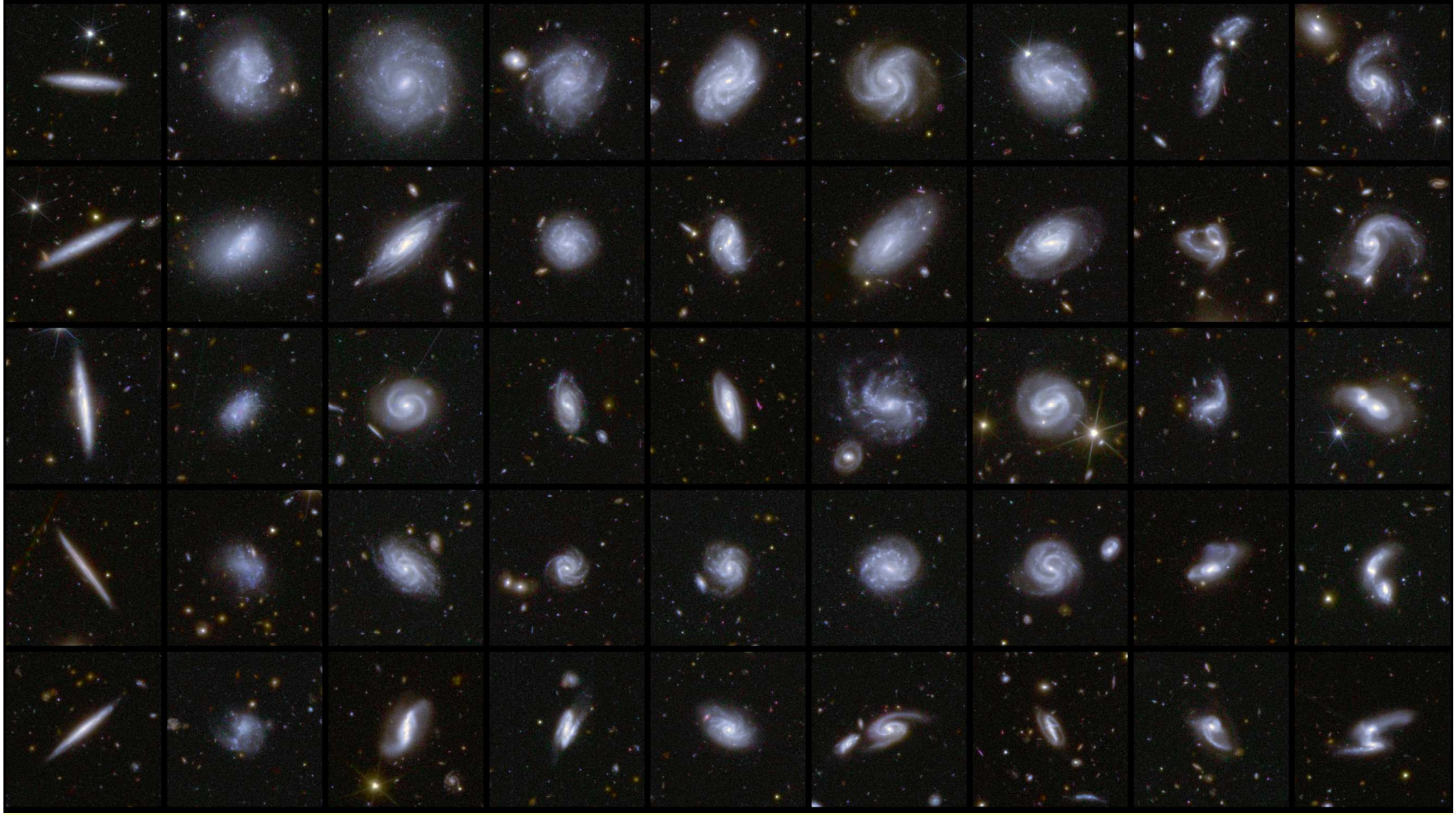
LES TRÉSORS D'EUCLID

- C'est le 19 Mars 2025 que l'ESA a publié le premier lot de données du satellite Euclid, lancé en Juillet 2023, il commence ses observations en Février 2024.
- Euclid est construit et opérée par l'ESA, avec la contribution de ses États membres et de la NASA. Le consortium Euclid, composé de plus de 2000 scientifiques de 300 instituts répartis dans 15 pays européens, aux États-Unis, au Canada et au Japon.
- Trois (minuscules) zones du ciel ont été étudiées dans cette première mouture, ce sont celles en jaune sur la carte du ciel.
- Euclid devrait capturer des images de plus de 1,5 milliard de galaxies sur six ans, envoyant environ 100 Go de données chaque jour



Position des trois domaines (en jaune) du ciel étudiés par Euclid.
Crédit : ESA/Euclid Consortium/NASA; ESA/Gaia/DPAC; ESA/Planck Collab.

- Ces trois minuscules zones du ciel (300 fois la pleine Lune !!!) ont permis de mettre au jour plus de 380.000 galaxies et 500 lentilles gravitationnelles candidates. Cela est dû principalement à l'utilisation de l'Intelligence Artificielle (IA) mais aussi à la science citoyenne, des milliers de volontaires ont « éduqué » régulièrement cette IA afin qu'elle travaille correctement.
- Trois zones du ciel ont été explorées par Euclid, et il a déjà découvert 26 millions de galaxies allant jusqu'à 10,5 Gal. À la fin de la mission, l'atlas devrait couvrir un tiers du ciel en haute définition.
- Euclid observe la grande variété des galaxies avec ses instruments :
- · Le VIS pour l'imagerie visible et
- · Le NISP pour le proche IR

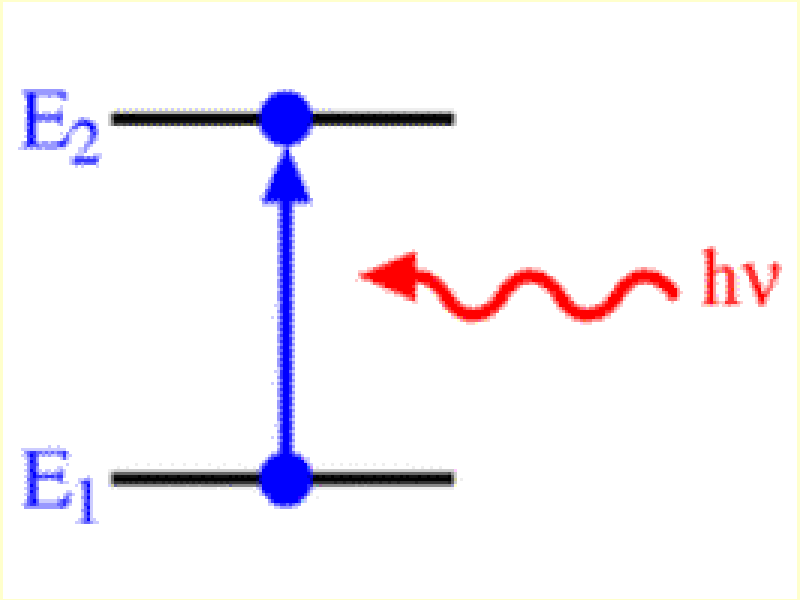


Les différents types de galaxies observées dans les zones de champ profond et classées par Euclid. La première colonne montre cinq galaxies vues par la tranche, qui apparaissent très fines. Les galaxies de la deuxième colonne ont une apparence plus floue et diffuse. Les colonnes du milieu montrent des galaxies spirales vues de face avec différentes formes. Les deux dernières colonnes incluent des galaxies en interaction. Crédit : ESA/Euclid/Euclid Consortium/NASA, traitement par M. Walmsley, M. Huertas-Company, J.-C. Cuillandre

Lentilles gravitationnelles fortes observées par Euclid Crédit : ESA/Euclid/Euclid Consortium/NASA, traitement par M. Walmsley, M. Huertas-Company, J.-C. Cuillandre La grande surprise a été la découverte d'un très grand nombre de lentilles gravitationnelles, près de 500 lentilles fortes (strong gravitational lensing) inconnues à ce jour. Le nombre total en fin de mission devrait atteindre plus de 100.000 ! Mais Euclid détecte aussi les lentilles faibles ou micro-lentilles

UNE HORLOGE ATOMIQUE À BORD DE L'ISS

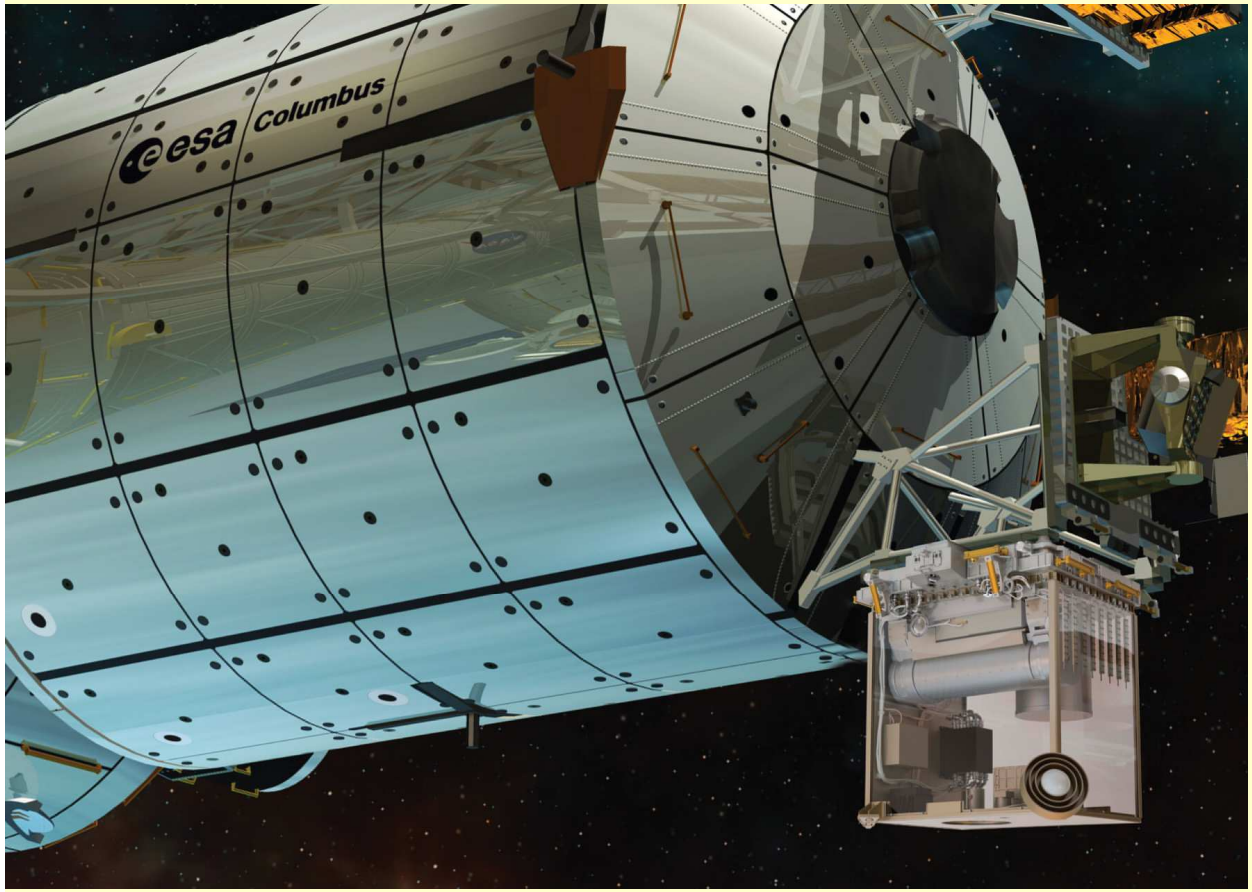
- Jusqu'en 1956 la seconde était une fraction du jour solaire (1/86400) puis de 1956 à 1967 la seconde a été définie comme une fraction de l'année tropique (365,2422 jours solaires, intervalle de temps pour que le soleil retourne à la même position).
- Mais ce n'était pas assez précis, aussi à partir de 1967, la seconde a été définie à partir d'horloges atomiques.
- C'est quoi une horloge atomique ?



- Le principe repose sur un principe quantique fondamental : un atome ne peut exister que sous différents niveaux d'énergie bien quantifiés dépendant de la nature de cet atome
- Lorsqu'il est « illuminé » par un faisceau de photons à la bonne énergie, l'atome peut chasser un électron d'une couche interne ; afin de conserver l'énergie, l'atome réagit en émettant un photon correspondant exactement à la différence d'énergie entre ces couches.

- Le principe d'une horloge atomique devient donc « simple » : « il suffit » de compter la fréquence émise par un atome bien particulier comme elle est constante, elle devient une base de temps.
- En fait, c'est un peu plus compliqué pour arriver à ce but.
- Néanmoins, c'est à partir de 1967 que la seconde va être définie comme la durée de 9129631770 périodes de la radiation correspondant à la transition de deux niveaux hyperfins de l'état fondamentale du Cs 133.
- C'est le temps atomique international (TAI) il est donné par la moyenne de quelques centaines d'horloges atomiques mondiales, il est absolu et totalement déconnecté de la rotation de la Terre et de ses variations éventuelles.
- Il donne naissance à l'UTC, temps universel.

- Ce 21 Avril 2025, une Falcon 9 a lancé depuis Cape Canaveral en accompagnant de la mission de ravitaillement 32 vers l'ISS, deux horloges atomiques européennes extrêmement précises.
- C'est l'ensemble ACES (acronyme de Atomic Clock Ensemble in Space) de l'ESA, comprenant les deux horloges
- PHARAO (Projet d'Horloge Atomique par Refroidissement d'Atomes en Orbite) développée par le CNES
- SHM (Space Hydrogen Maser) de Safran Timing Technologies en Suisse.
- Airbus est le maître d'œuvre.



- ACES devrait fournir le signal le plus précis jamais émis depuis l'espace et permettra de tester la Relativité Générale (RG) depuis l'espace.
- ACES sera accroché par la Canadarm au module européen Columbus.
- Le signal est si précis qu'il ne devrait perdre une seconde qu'en 300 millions d'années !
- Dix campagnes de mesures de 25 jours sont prévues.
- Crédit : ESA-D. Ducros

- Cette opération a pour but principal, encore une fois de tester la RG prévue par Albert Einstein.
- En effet on sait que la gravité affecte le temps, les horloges avancent plus lentement en présence d'objets massifs.
- Le test sera effectué à bord de l'ISS circulant à 400 km au-dessus de nos têtes, là où la gravité est plus faible que sur Terre
- Mais rien n'étant simple, attention le temps est aussi influencé par la vitesse.
- Ces horloges ultra précises devront prouver qu'une fois encore Albert avait raison !!!

- En résumé :
- 1. La masse ralentit le temps
- Selon la relativité générale, plus un objet est massif, plus il courbe l'espace-temps autour de lui. Cette courbure ralentit le passage du temps.
- 👉 Exemple : près d'un trou noir (très massif), le temps passe beaucoup plus lentement que loin de lui. (voir Interstellar)
- 2. La vitesse ralentit le temps
- Selon la relativité restreinte, plus un objet va vite, plus le temps passe lentement pour lui, vu depuis quelqu'un qui reste immobile.
- 👉 Exemple : un astronaute voyageant très vite dans l'espace vieillit moins vite que les gens restés sur Terre.
- Sur l'ISS (Station Spatiale Internationale), les deux effets jouent en même temps, mais de manière opposée :

- 1. Vitesse élevée = temps ralenti
- Les astronautes à bord de l'ISS vont très vite (environ 28 000 km/h) autour de la Terre.
- → Selon la relativité restreinte, le temps passe plus lentement pour eux que pour nous sur Terre
- 2. Gravité plus faible = temps accéléré
- La station est en orbite, donc un peu plus loin du centre de la Terre, où la gravité est un peu plus faible qu'à la surface.
- → Selon la relativité générale, le temps passe un peu plus vite que sur Terre (moins de courbure de l'espace-temps).
- ⚖️ Résultat ?
- Sur l'ISS, l'effet de la vitesse l'emporte légèrement sur celui de la gravité.
- 👉 Les astronautes vieillissent un tout petit peu moins vite que les gens sur Terre.
- Mais c'est vraiment minime : après 6 mois dans l'espace, la différence est de quelques millièmes de seconde seulement !

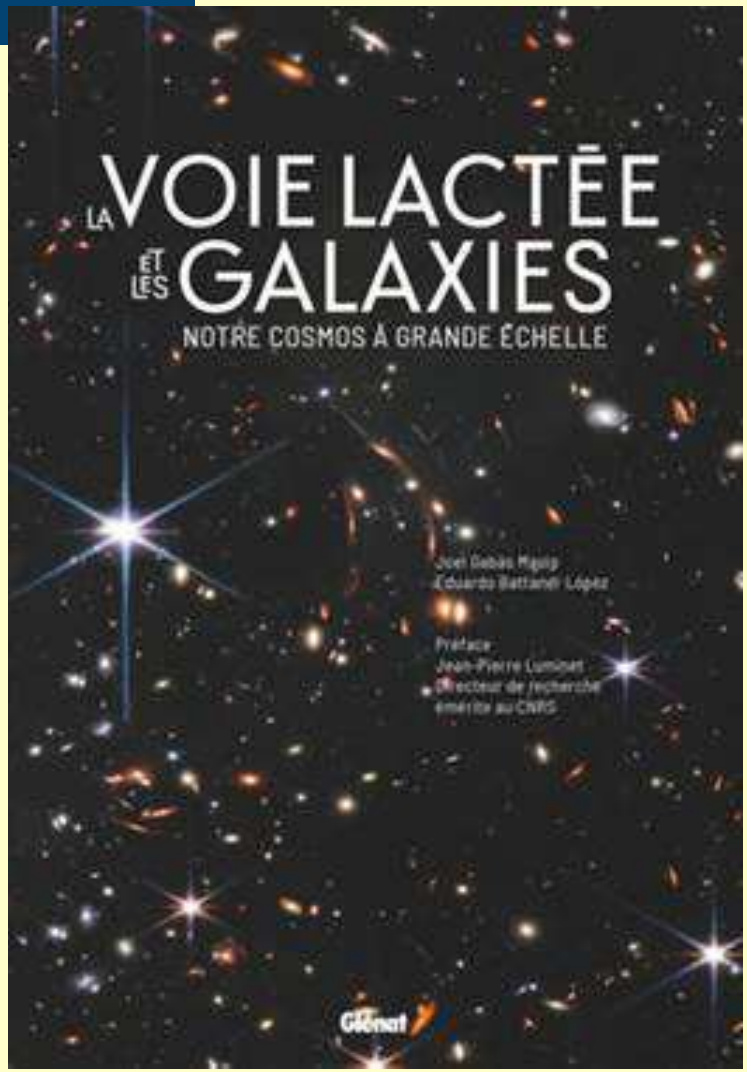
DESI : DES NOUVEAUTÉS QUI PERTURBENT !

- Les derniers résultats du Dark Energy Spectroscopic Instrument (DESI), situé en Arizona, publiés en mars 2025, apportent des avancées majeures dans notre compréhension de l'expansion de l'Univers (constante de Hubble) et de la nature de l'énergie noire.
- On se rappelle les résultats précédents, on avait alors publié les spectres de plus de 18 millions d'objets. Ce qui mena à une carte 3D exceptionnelle de l'Univers.

- Les nouvelles observations de plus de 15 millions de galaxies et quasars semblent indiquer que l'énergie noire, cette force répulsive qui serait responsable de l'accélération de l'expansion de l'Univers, ne serait pas constante au cours du temps. L'expansion de l'Univers que l'on croyait en accélération éternelle, pourrait ralentir, elle évoluerait donc au cours du temps.
- De plus grâce aux BAO (oscillations acoustiques des baryons, les scientifiques ont pu mesurer la constante de Hubble.
- Ils trouvent la valeur de 68,4 km/s/Mpc +/- 1,3%, valeur très proche de celle calculée avec les données de Planck, mais éloignée de l'autre valeur basée sur les Céphéides, 73 km/s/Mpc.
- La tension de Hubble existe donc toujours ?

- Rappelons que lors du premier catalogue de données, DESI avait permis de présenter des nouvelles contraintes sur les neutrinos, une limite sur la limite supérieure de la masse des trois neutrinos ; < 0,072 eV à 95% de confiance
- En revanche, DESI a confirmé que la gravité se comporte comme Albert Einstein l'avait prévu avec la RG, aux échelles cosmologiques, au moins sur les 11 derniers milliards d'années.
- Et maintenant ?
- Que prévoit-on pour la suite des opérations ?
- • Analyse des récentes données, élaboration de nouveaux modèles ?
- • Nouvelles observations jusqu'en 2028, 35 millions de spectres et meilleurs relevés de BAO
- • Confirmer les infos sur l'énergie noire.

À LIRE



- La Voie lactée et les galaxies Notre cosmos à grande échelle, aux éditions Glénat.
- nouvel ouvrage préfacé par JP Luminet.
- Très richement illustré, tout ce que vous avez voulu savoir sur les galaxies et la nôtre en particulier.
- Comprendre la structure de notre Univers à grande échelle.
- Pages : 288 EAN : 9782344068113 36€

À LIRE

- Matière noire : les impasses, les nouvelles pistes
- POUR LA SCIENCE Mai 2025
- De la Voie lactée aux amas de galaxies, et même en remontant jusqu'au plasma primordial, la matière noire exerce son influence gravitationnelle sur l'Univers.
- Mais quelle est sa nature ? Certains pensent que ce n'est qu'une illusion, qui trahit une description imparfaite de la gravitation. Une autre école postule que la matière noire est bien réelle et composée de particules. Mais lesquelles ?
- 7,50 €

© Jean-Pierre MARTIN

AUJOURD'HUI

Nous recevons Thierry MIDAVAINE membre de la SAF bien connu de tous sur :

✸ « Retour sur le paradoxe d'Olbers »

✸ Pourquoi la nuit est-elle noire?

Résumé : ***Si l'univers était infini, éternel et uniformément rempli d'étoiles, alors le ciel nocturne devrait être entièrement lumineux, et non noir.***

Mais ce n'est évidemment pas le cas: la nuit, le ciel est noir.

Pourquoi ? Cest un paradoxe

Le conférencier nous montrera que le ciel est noir la nuit parce que l'univers a une histoire et une limite observable.

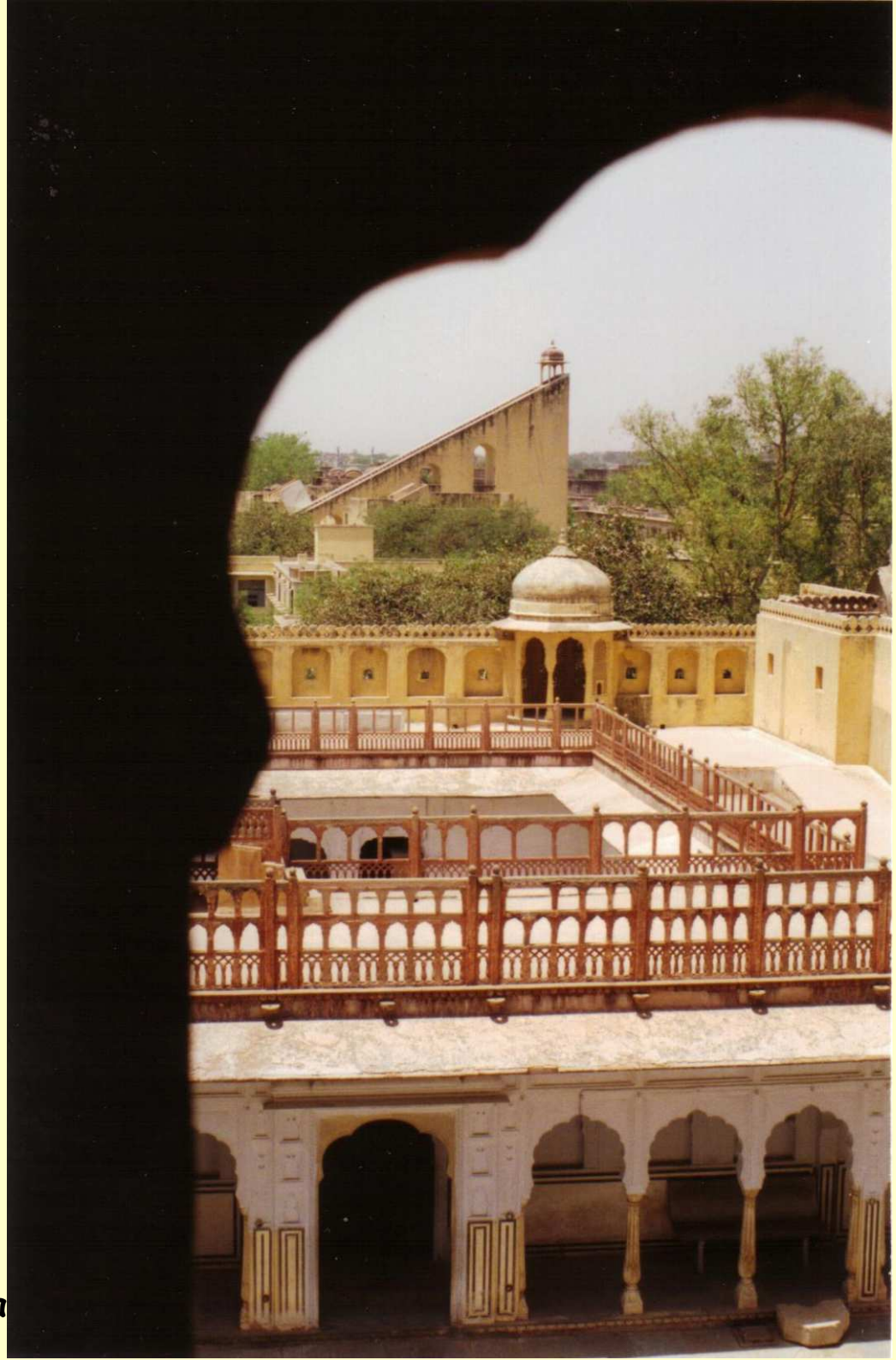
✸ ***Ce paradoxe touche à tous les aspects de la cosmologie***

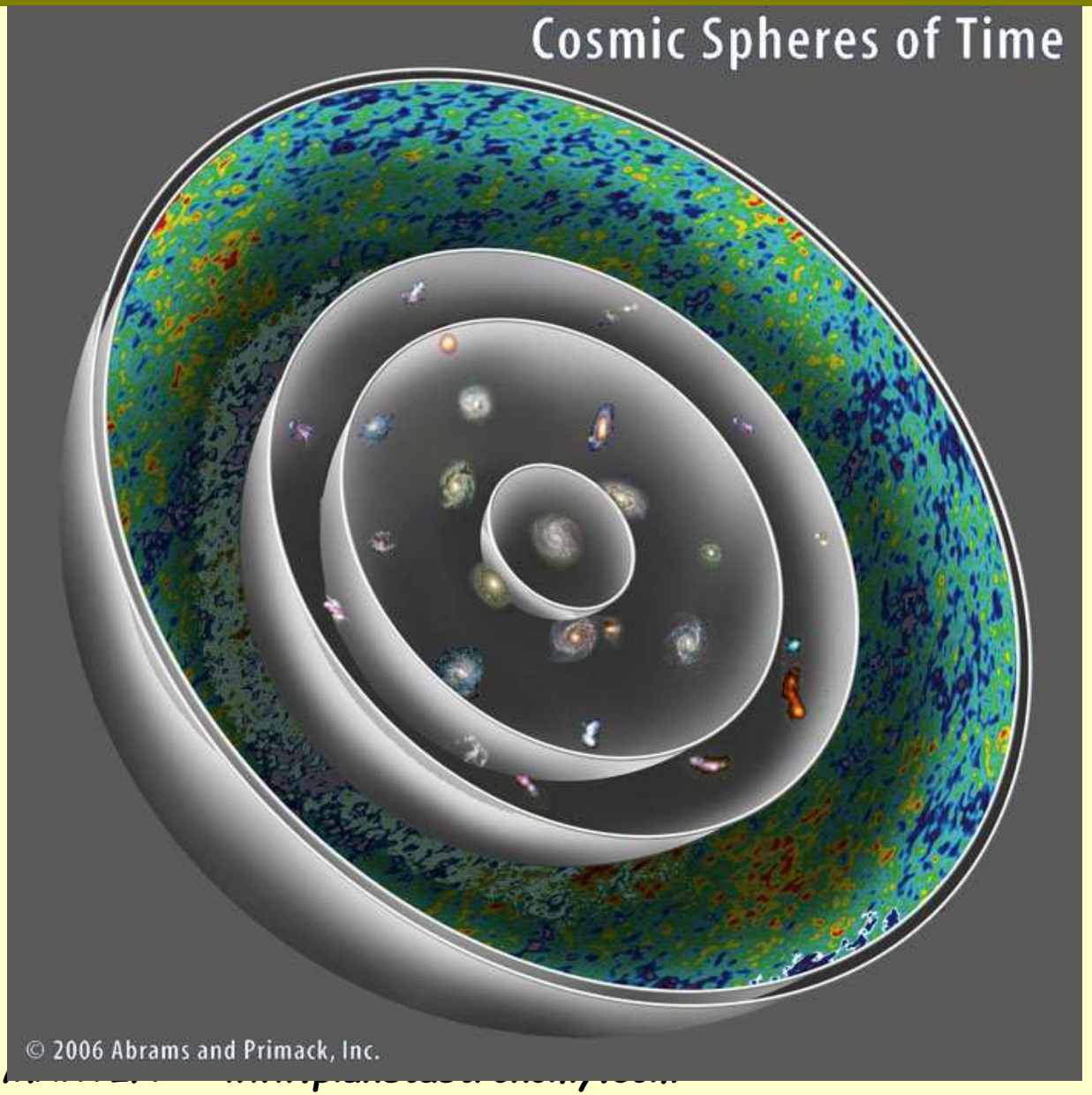
© Jean-Pierre MARTIN www.planetastronomy.com

La prochaine fois

- Samedi xxx 15h
- Invité : à déterminer
- Toutes bonnes idées acceptées!!

L'observatoire de Jaipur Inde



© Jean-Pierre M

MERCI DE VOTRE ATTENTION