

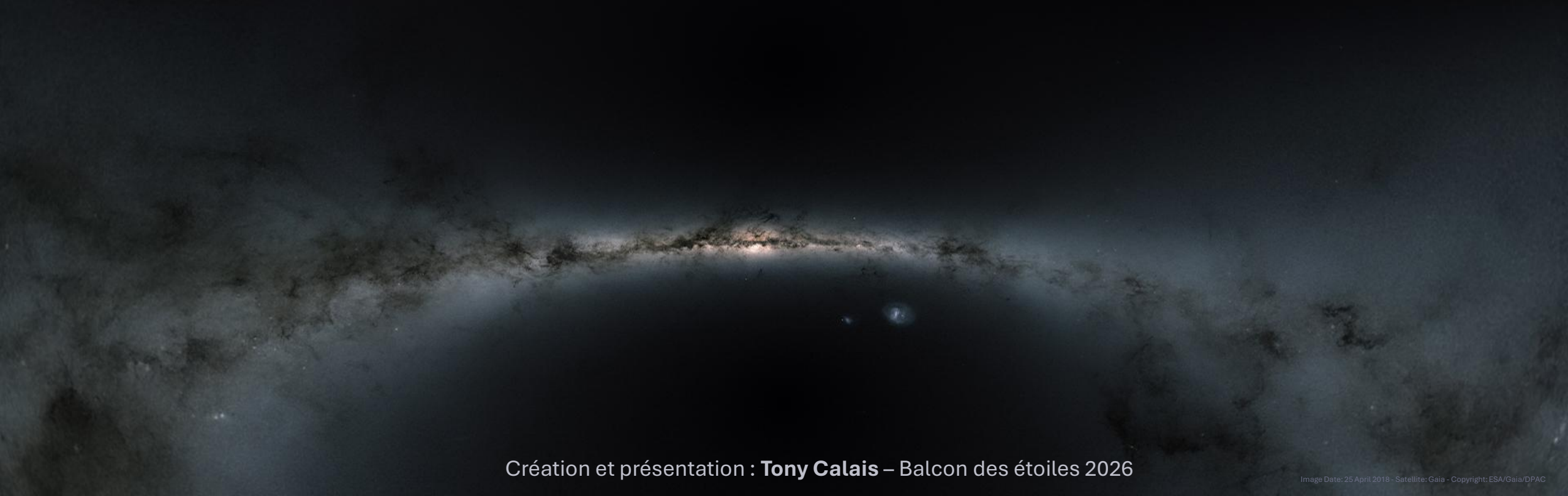
Voyage au cœur de notre Galaxie la voie lactée

Qu'est-ce qu'une galaxie ?

Une galaxie est un immense système d'étoiles, de gaz et de matière noire, liés par la gravité. Elles sont toutes différentes : spirales, elliptiques ou irrégulières.

Dans notre Voie Lactée, la gravité maintient l'ensemble. Elle agit comme une véritable « colle cosmique ».

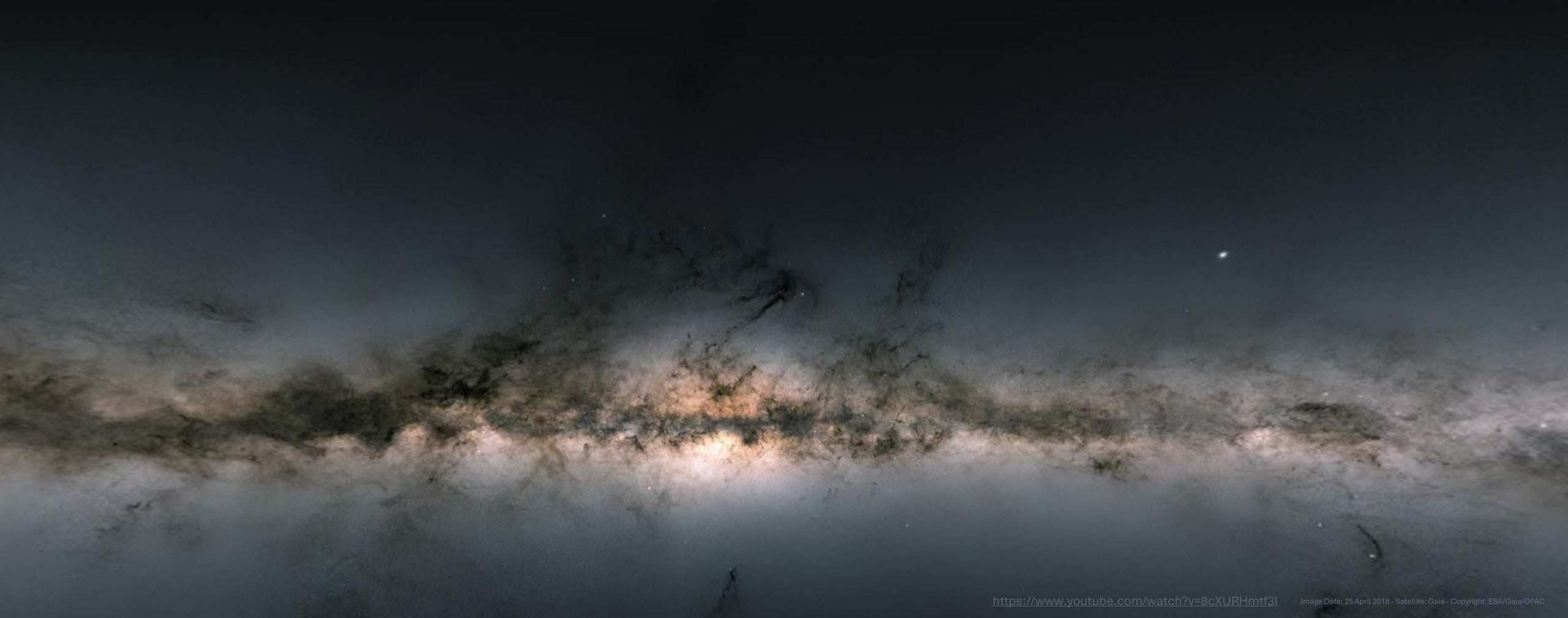
Ce que vous allez voir n'est pas une image du ciel... C'est une plongée à l'intérieur de notre propre Galaxie...



Si la Voie Lactée avait la taille de la France, notre Système solaire ne serait qu'une minuscule pièce posée sur le sol.

Et la Terre ?

Un grain de poussière perdu sur cette pièce.



Sommaire

1 - La Voie lactée dans l'Univers des galaxies

- Les différentes formes de galaxies
- Notre maison cosmique : la Voie Lactée
- Disque galactique
- Bras spiraux
- Bulbe central
- Halo galactique
- Amas globulaires
- Trou noir central

2 - Les composants de la galaxie

- Les étoiles
- Les gaz interstellaire
- Poussières cosmiques
- La matière noire

3 - Notre système solaire

4 - Les merveilles de la Voie Lactée

- Objets emblématiques

5 - Observer la Voie Lactée

- Observation et photographie

6 - L'avenir de notre Galaxie

- Collision avec Andromède





Les différentes formes de galaxies

Galaxies spirales

- Disque plat avec bras spiraux
- Riche en gaz → formation active d'étoiles
- Exemple : Andromède (M31)



Galaxies spirales barrées

- Idem spirale mais avec une barre centrale
- Bras spiraux partent de la barre
- Exemple : Voie Lactée



Galaxies elliptiques

- Forme ronde ou ovale
- Peu de gaz → peu de formation d'étoiles
- Exemple : Messier 87



Galaxie annulaire

- Structure en anneau d'étoiles avec peu ou pas de matière au centre
- Une des formes les plus parfaitement symétriques connues
- Exemple : L'objet de Hoag



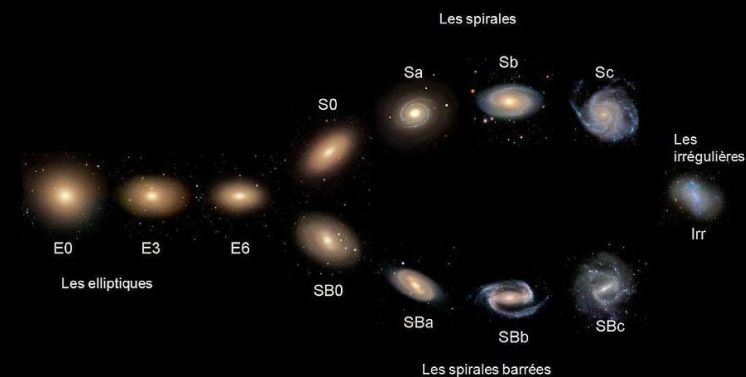
Galaxie lenticulaire

- Forme intermédiaire entre spirale et elliptique
- Possède un disque, mais sans bras spiraux visibles
- Contient peu de gaz → faible formation d'étoiles
- Exemple : Sombrero



Galaxies irrégulières

- Pas de forme définie
- Souvent déformées par des interactions gravitationnelles
- Riches en gaz et en formation d'étoiles
- Exemple : Grand Nuage de Magellan





Notre maison cosmique : La Voie Lactée

Introduction

- La Voie Lactée est notre galaxie. C'est une galaxie spirale barrée d'environ 100 000 années-lumière de diamètre.
- Elle contient entre 100 et 400 milliards d'étoiles.
- Nous nous situons dans le bras d'Orion.
- Au centre se trouve un bulbe dense, entouré d'un vaste halo d'étoiles et d'amas globulaires.
- La galaxie abrite également un trou noir supermassif : Sagittarius A*.

Structure

- Disque galactique : étoiles jeunes et gaz (zone de formation d'étoiles)
- Bulbe central : étoiles anciennes concentrées au cœur
- Barre centrale : structure d'où partent les bras spiraux
- Halo étendu : étoiles anciennes, amas globulaires, et forte présence de matière noire

Centre galactique

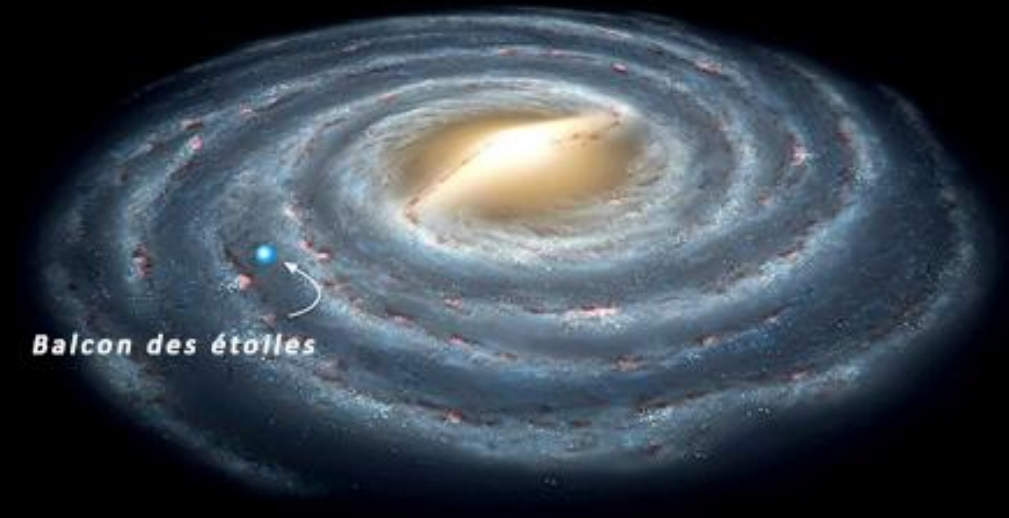
- Au cœur de la Voie Lactée se trouve Sagittarius A*. C'est un trou noir supermassif d'environ 4 millions de masses solaires.
- Il faut environ 26 000 ans à la lumière du centre galactique pour nous atteindre

Échelle et mouvement

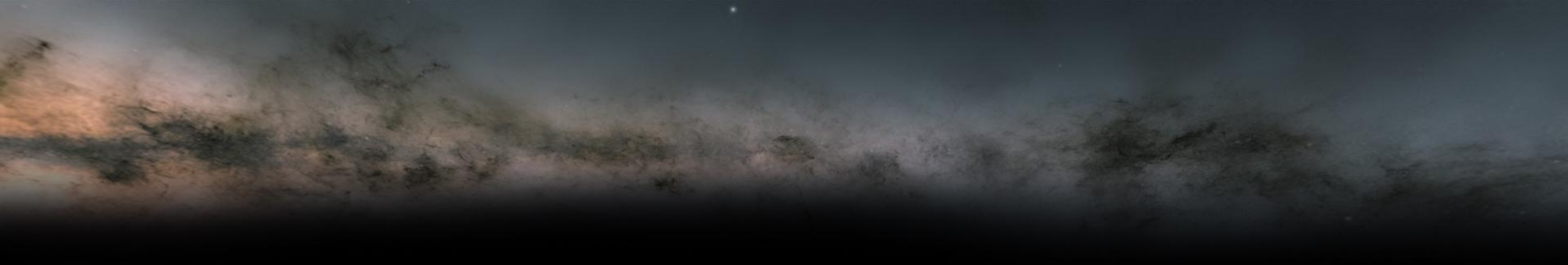
- Année-lumière : Distance que la lumière parcourt en un an → En une seconde, elle fait environ 7,5 fois le tour de la Terre
- Année galactique : le Soleil met 225 à 250 millions d'années pour faire un tour complet de la galaxie
- Toutes les étoiles de la Voie lactée orbitent autour de son centre

Observation

- Visible à l'œil nu comme une traînée blanchâtre dans un ciel pur et sombre. Cette lumière est la somme de milliards d'étoiles
- La lumière que nous voyons ce soir a parfois voyagé des dizaines de milliers d'années avant d'arriver jusqu'à nous



Il pourrait y avoir des milliards de planètes habitables dans notre galaxie.



Disque galactique : le cœur en rotation

Le disque galactique est la principale composante visible de la Voie lactée.

Notre Soleil s’y trouve, dans le **bras d’Orion–Cygne (bras local)**

C’est une structure aplatie en rotation où se concentrent la majorité des étoiles, ainsi que le gaz et la poussière interstellaire..

Composition :

- Population mixte : jeunes étoiles dans les bras spiraux, et étoiles plus anciennes réparties dans tout le disque
- Gaz Interstellaire : principalement hydrogène, carburant des nouvelles étoiles.
- Poussières : Absorbent et diffusent la lumière, créant des nébuleuses sombres et des zones obscurcies..

Structure :

- Bras spiraux riches en étoiles jeunes et en gaz
- Bulbe central : Région dense dominée par des étoiles anciennes
- Halo étendu : contient des étoiles anciennes, des amas globulaires, dans une région où la matière noire est dominante gravitationnellement

Dynamique :

- Les étoiles du disque sont en orbite autour du centre galactique, les étoiles du disque suivent une rotation différentielle : leur vitesse dépend de leur distance au centre galactique

Dimensions :

- Diamètre : ~100 000 années-lumière
- Épaisseur : ~1 000 à 3 000 année lumière selon les populations stellaires :
- Disque mince (jeunes étoiles)
- Disque épais (étoiles anciennes)





Bras spiraux :

La Voie Lactée est structurée par de vastes bras spiraux...chaque bras spiral est une immense région où se concentrent gaz, poussières et étoiles jeunes.

Les principaux bras :

- Bras de Persée
- Bras Sagittaire-Carène
- Bras Écu-Croix (Scutum-Crux)
- Bras du Cygne (extérieur)
- Bras d'Orion-Cygne (bras local) ➔ Le bras dans lequel se trouve notre Soleil

Composition :

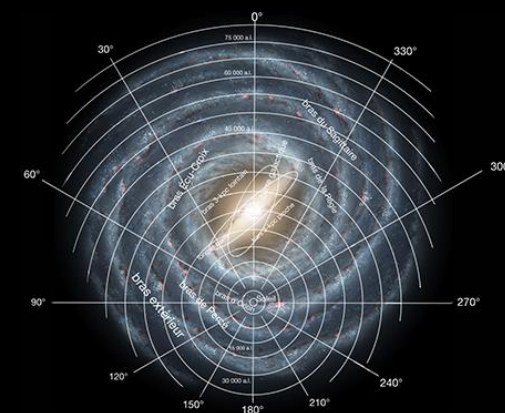
- Étoiles jeunes, massives et brillantes (souvent bleues), qui illuminent les bras spiraux
- Gaz interstellaire et poussières où naissent de nouvelles étoiles.
- Étoiles plus anciennes, Présentes mais plus dispersées dans tout le disque..

Dynamique :

- La rotation de la galaxie crée un mouvement globalement stable.
- Les bras spiraux sont probablement des zones de densité plus élevées où gaz et étoiles se concentrent temporairement.

Échelle :

- Les bras spiraux s'étendent sur des dizaines de milliers d'années-lumière, traversant une grande partie du disque galactique.



🔗 Même si les bras semblent figés, les étoiles passent à travers comme des voitures dans un bouchon ... et certaines étoiles visibles ce soir pourraient être nées il y a moins de 10 millions d'années !



✳️ **Bulbe central : Le cœur central de la Voie lactée**

Le bulbe galactique est une région centrale très dense de la Voie Lactée. Il est composé majoritairement d'étoiles anciennes et forme un renflement au cœur de la galaxie. Région centrale de la galaxie, dominée par un fort champ gravitationnel.

Composition :

- Étoiles anciennes : rouges et très concentrées
- Zone lumineuse : la forte concentration d'étoiles rend le bulbe très lumineux dans les galaxies spirales observées de profils

Centre galactique :

- Au cœur du bulbe se trouve Sagittarius A*, le trou noir supermassif de la Voie Lactée.
- Il est entouré d'une très forte densité d'étoiles et de gaz

Dynamique :

- Les étoiles tournent rapidement autour du centre, ce mouvement influence la structure globale de la galaxie.

Échelle :

- Diamètre ~10 000 années-lumière ➔ Une région compacte mais extrêmement dense et massive.



🔗 Même si c'est petit comparé au disque, le bulbe central contient des milliards d'étoiles... et abrite Sagittarius A*, un trou noir 4 millions de fois plus massif que le Soleil



Halo galactique : La sphère fantomatique

Le halo galactique est une vaste enveloppe sphérique qui entoure la Voie Lactée. Il est extrêmement étendu mais contient très peu d'étoiles.

Composition :

- Étoiles très anciennes : Issues des premières phases de formation de la galaxie
- Amas globulaires : Groupes d'étoiles très anciens en orbite autour de la galaxie
- Matière noire : Composante invisible dominante à l'échelle galactique, qui structure gravitationnellement la galaxie.

Dynamique :

- Les étoiles du halo ne suivent pas la rotation organisée du disque. Elles possèdent des orbites inclinées, excentrées et peu structurées.

• Échelle :

- Le halo s'étend sur plusieurs centaines de milliers d'années-lumière.
- Il enveloppe largement le disque galactique.



 Le halo est un fantôme cosmique : invisible à l'œil nu mais contient une grande partie de la matière noire, qui représente la majorité de la masse de la galaxie !



✦ Amas globulaires : Les fossiles stellaires de la galaxie

Les amas globulaires sont d’immenses regroupements sphériques contenant parfois plusieurs centaines de milliers d’étoiles. Ils orbitent autour de la Voie lactée dans le halo galactique. Ce sont parmi les objets les plus anciens de la galaxie, témoins des premières phases de sa formation.

Composition :

- Étoiles très anciennes : souvent âgées de plus de 10 milliards d’années
- Structures sphériques extrêmement compactes
- Faible présence de gaz et de poussières → Aucune formation stellaire récente

Dynamique :

Les étoiles y sont extrêmement concentrées, surtout dans les régions centrales. Dans ces zones, les distances entre étoiles sont bien plus faibles que dans notre voisinage solaire. Les amas globulaires orbitent autour du centre galactique, au sein du halo.

Objets emblématiques :

- Omega Centauri
- Messier 13 (M13)

Échelle :

- Un amas globulaire peut mesurer plusieurs centaines d’années-lumière de diamètre et contenir des centaines de milliers d’étoiles.



👉 Observer un amas globulaire, c’est regarder un vestige vivant des débuts de la Voie Lactée

● Trou noir central (Sagittarius A*) : Le monstre invisible

Situé au centre de la Voie Lactée, Sagittarius A* est un trou noir supermassif. Il influence fortement la dynamique de la région centrale de la galaxie. Invisible directement, il est détecté grâce au mouvement des étoiles autour de lui.

Caractéristiques :

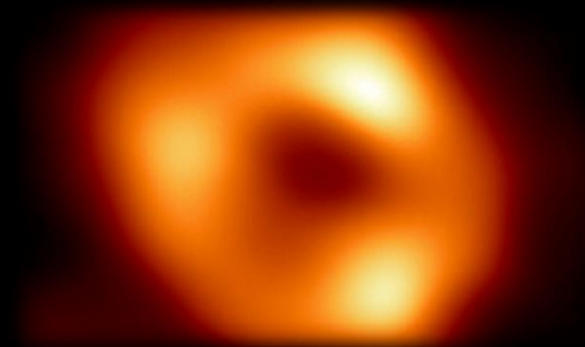
- Masse colossale : Environ 4 millions de fois la masse du Soleil
- Objet invisible : Aucun rayonnement direct observable
- Détection indirecte : effets gravitationnels sur les étoiles et le gaz

Dynamique :

- Sa gravité extrême déforme les trajectoires des étoiles proches. La matière s'approchant trop près peut être capturée et absorbée.
- Certains trous noirs supermassifs peuvent produire des jets, mais Sagittarius A* est actuellement peu actif.

Échelle :

- Son horizon des événements est extrêmement compact à l'échelle galactique.
- Une région minuscule comparée à la taille de la Voie lactée, mais concentrant une masse énorme.



PHOTOGRAPHIE DE EVENT HORIZON TÉLESCOPE
COLLABORATION

👉 Imagine un objet 4 millions de fois plus massif que le Soleil, capable d'engloutir une étoile entière sans émettre de lumière visible... Et nous, à 26 000 années-lumière, nous tournons autour... comme si de rien n'était



★ Étoile : La lumière de la galaxie

Les étoiles sont des sphères de plasma en équilibre gravitationnel.
Elles produisent leur énergie par fusion nucléaire (hydrogène → hélium) et constituent les éléments fondamentaux des galaxies.

Types d'étoiles :

- Étoiles "classiques" → Naines rouges, jaunes et blanches
- Étoiles évoluées → Géantes rouges et supergéantes. Étoiles massives en fin de vie
- Objets extrêmes → Étoiles à neutrons (restes ultra-denses), Trous noirs stellaires (effondrement des étoiles les plus massives)
- Objets substellaires → Naines brunes (fusion incomplète)

Formation & évolution :

Naissent dans les nébuleuses de gaz et de poussière
Vivent de millions à milliards d'années

Évolution finale :

- Naines blanches - Étoiles à neutrons - Trous noirs (pour les plus massives)

Propriétés :

Composition → Plasma d'hydrogène et d'hélium
Énergie → Fusion nucléaire (hydrogène → hélium)
Température → ~3 000 K (rouges) à >30 000 K (bleues)

Échelle :

Diamètre : quelques milliers à plus d'un million de km

Étoile naine :

Exemple : Soleil
Étoiles les plus communes dans l'univers observable



Étoile géante :

Exemple : Arcturus - Rayon : ≈ 25 fois celui du Soleil
Particularité : étoile en fin de vie qui a gonflé
Si le Soleil était une bille... une géante serait une balle de tennis



Étoile supergéante :

Exemple : Bételgeuse - Rayon : ≈ 700 à 1 000 fois celui du Soleil
Particularité : ce sont des étoiles très évoluées et instables en fin de vie
Si le Soleil était une bille... une supergéante serait une maison.



Étoile hypergéante :

Exemple : UY Scuti - Rayon : ≈ 1 700 fois celui du Soleil
Particularité : étoile gigantesque, extrêmement instable et en fin de vie
Si le Soleil était une bille... UY Scuti serait une montagne.

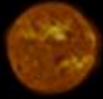


☞ Chaque étoile est une usine à matière... et nous sommes faits de leurs cendres.

Soleil



Arcturus

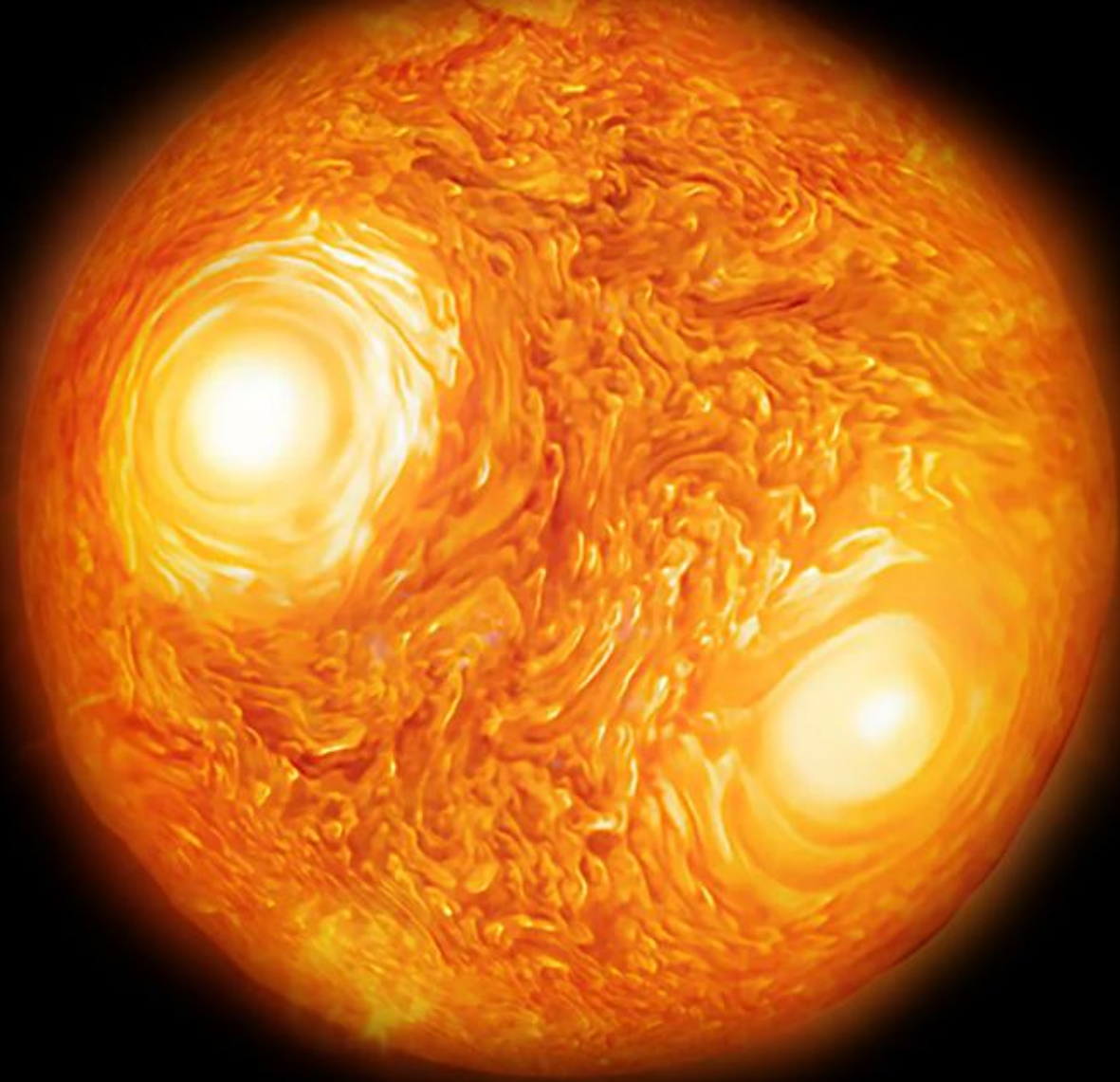


Bételgeuse



UY Scuti

UY Scuti fait partie des plus grandes étoiles connues.





Gaz : Le carburant des étoiles

Gaz interstellaires : Matière diffuse entre les étoiles, ils forment le milieu interstellaire. Selon les régions, ils sont froids et denses ou chauds et ténus, et servent de “réservoir” pour la naissance des étoiles

Hydrogène neutre (HI) :

- Couleur : bleu clair
- Gaz le plus abondant de la Voie Lactée
- Visible en radioastronomie (raie à 21 cm)
- Trace les grandes structures galactiques
- Exemple : régions diffuses du disque galactique



Hydrogène moléculaire (H₂) :

- Couleur : bleu foncé / bleu profond
- Gaz froid et très dense
- Principal réservoir de formation des étoiles
- Invisible directement (déecté via le CO)
- Exemple : nuages moléculaires d'Orion



Gaz ionisé (HII) :

- Couleur : rouge / rose (H α)
- Gaz chauffé et ionisé par des étoiles massives jeunes
- Exemple : nébuleuse d'Orion (M42)



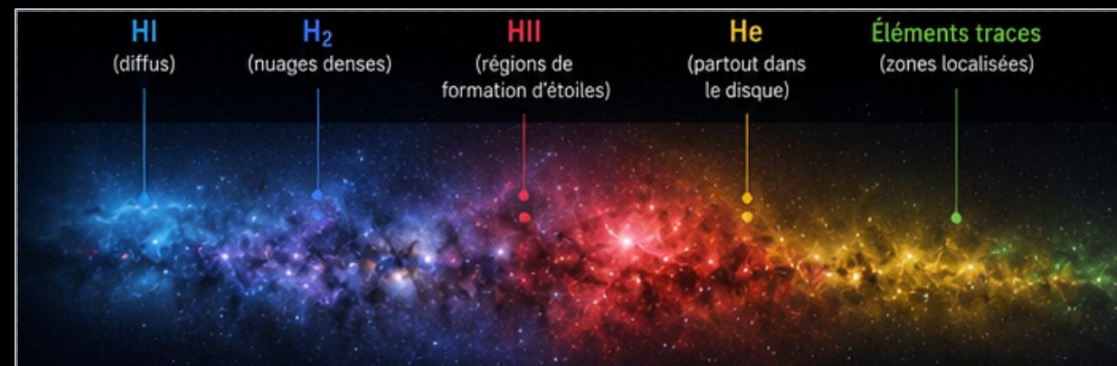
Hélium (He) :

- Couleur : jaune pâle
- 2^e élément le plus abondant de l'Univers
- Héritage direct du Big Bang
- Présent de façon diffuse dans toute la galaxie



Autres éléments traces (O, C, N...) :

- Couleur : orange / multicolore chimique
- Produits des générations d'étoiles
- Base de la chimie complexe (poussières, molécules organiques)
- Indicateurs de l'évolution chimique galactique
- Exemple : nébuleuse du Crabe



Poussières cosmiques : Le voile de la galaxie

La poussière cosmique est constituée de minuscules particules solides présentes dans tout le milieu interstellaire. Elle joue un rôle essentiel dans l'apparence et l'évolution des galaxies. Invisible à petite échelle, elle façonne pourtant ce que nous voyons du cosmos.

Composition :

- Particules solides : silicates, carbone, glace
- issues des phases finales de vie des étoiles (supernovas, étoiles géantes rouges)
- présentes dans le milieu interstellaire aux côtés du gaz

Dynamique :

- La poussière absorbe et diffuse la lumière des étoiles
- Elle crée des zones sombres et des contrastes dans les nébuleuses.
- Elle joue un rôle clé dans la formation des étoiles et des planètes

Échelle :

- Taille : de quelques nanomètres à quelques micromètres
- Extrêmement petites... mais présentes dans toute la galaxie
 - Suffisantes pour atténuer fortement la lumière sur des distances galactiques



© NASA, ESA/HUBBLE HERITAGE TEAM /STSCI/AURA

 Sans ces grains invisibles, il n'y aurait ni étoiles... ni planètes... ni nous.

● Matière noire : l'architecture invisible de l'Univers

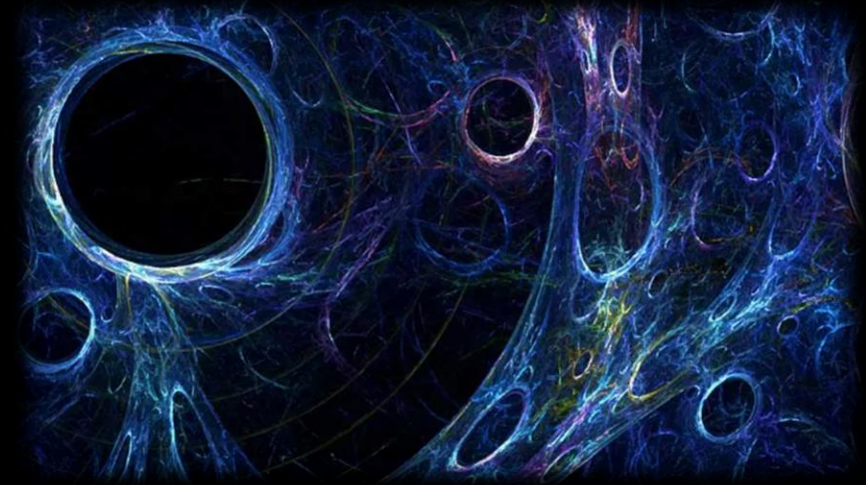
Invisible, la matière noire représente environ 85 % de la matière de l'Univers. Elle n'émet ni ne réfléchit de lumière, mais exerce une influence gravitationnelle majeure à grande échelle. Elle est essentielle à la stabilité et à la cohésion des galaxies

Détection :

- Impossible à observer directement
- Sa présence est déduite uniquement par ses effets gravitationnels
- Influence les vitesses de rotation des étoiles et les mouvements des galaxies

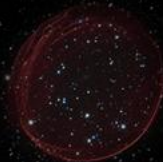
Rôle cosmique :

- Forme des halos étendus autour des galaxies
- Structure la "charpente" gravitationnelle de l'Univers
- Agit comme une matrice invisible maintenant les galaxies et amas galactiques liés





Objets emblématiques de la Voie Lactée





SOLEIL
1 392 700 km
(diamètre)

MERCURE



4 879 km

VÉNUS



12 104 km

TERRE



12 742 km



Lune

MARS



6 779 km



Phobos



Déimos

JUPITER



139 820 km



Europe



IO



Ganymède



Callisto

SATURNE



116 460 km



Titan



Mimas



Encelad



Téthys



Dioné



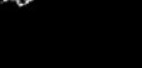
Rhéea



Hypérion



Japet



Phoebé

URANUS



50 724 km



Ariel



Umbriel



Titania

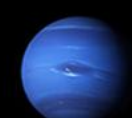


Obéron



Miranda

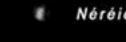
NEPTUNE



49 244 km



Triton



Néréide

Notre Système Solaire : Notre coin du cosmos

Le Système solaire est un ensemble d'objets liés par la gravité autour d'une étoile : le Soleil.
Il constitue notre "voisinage" immédiat dans la galaxie.

Composition :

- Le Soleil : étoile centrale - Planètes rocheuses - Planètes géantes - Astéroïdes et comètes - Satellites naturels (Lune, etc.)

Mouvement :

- Tous les objets du Système solaire orbitent autour du Soleil.
- Le Système solaire lui-même se déplace dans la Voie Lactée.

 En une vie humaine d'environ 80 ans, Uranus n'a pas encore bouclé un seul tour complet autour du Soleil.



Observer la Voie Lactée

La Voie lactée est visible à l'œil nu depuis la Terre, dans un ciel sombre et sans pollution lumineuse. La meilleure période d'observation s'étend généralement de mai à septembre. Elle apparaît comme une bande lumineuse traversant le ciel nocturne : la lumière combinée de milliards d'étoiles lointaines.

Conditions d'observation :

- Ciel très sombre (loin des villes)
- Absence de Lune ou faible luminosité lunaire
- Faible pollution lumineuse
- Horizon dégagé

Ce que nous voyons :

Nous ne voyons pas la galaxie dans son ensemble, mais une portion de son disque. Cette lumière provient principalement des étoiles situées dans le bras d'Orion-Cygne, là où se trouve notre Système solaire.



Photo Tony CALAIS

 Quand on photographie la Voie Lactée, on ne capture pas le ciel... on capture notre place dans l'univers.



L'avenir de notre Galaxie

La Voie Lactée n'est pas immobile dans l'Univers.

Elle se déplace à travers l'espace... tout comme la galaxie d'Andromède.

Dans environ 4 à 5 milliards d'années, les deux galaxies entreront en collision gravitationnelle avant de fusionner lentement.

Dynamique :

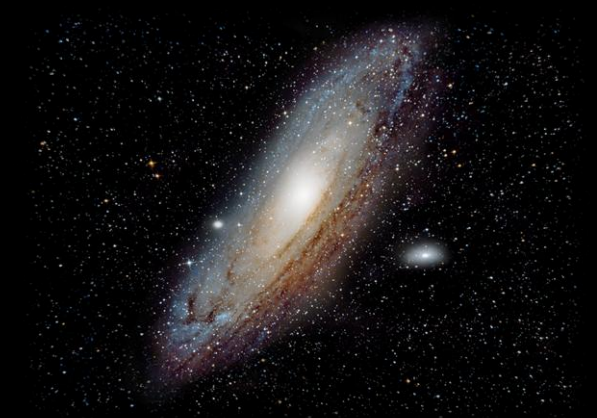
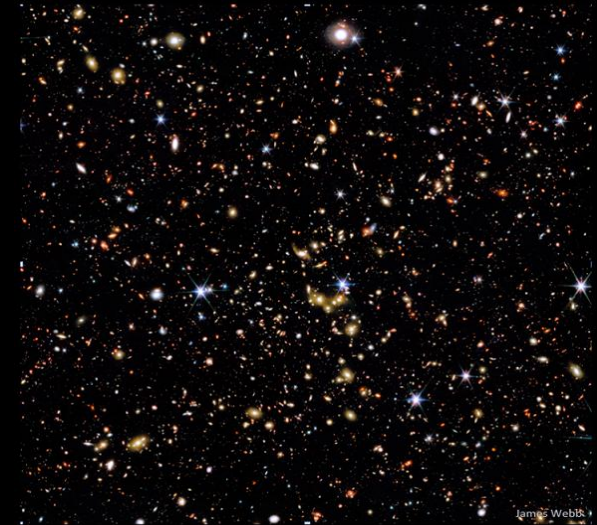
- Les galaxies ne vont pas “s’entrechoquer” comme des objets solides.
- Les distances entre les étoiles sont tellement immenses que très peu d'étoiles entreront réellement en collision.

Conséquences :

- Déformation des bras spiraux
- Immenses vagues de formation d'étoiles
- Fusion progressive des deux galaxies
- Formation probable d'une gigantesque galaxie elliptique

Échelle :

- Cette collision durera plusieurs milliards d'années.
- Le Soleil et le Système solaire survivront probablement à cette fusion galactique.



👉 Un jour, le ciel nocturne pourrait être rempli par une galaxie géante couvrant une immense partie du ciel



Humbles face à l'Univers

Nous vivons sur un minuscule point bleu, autour d'une étoile ordinaire, perdue dans l'immensité de Voie Lactée. Et pourtant... c'est ici, sur ce minuscule point bleu, que l'Univers a appris à s'observer lui-même. Depuis des milliers d'années, les humains lèvent les yeux vers le ciel.

Chaque regard vers la Voie Lactée nous rappelle notre véritable échelle :
Nous sommes infiniment petits face à quelque chose d'infiniment grand