

Le ciel nocturne de Décembre.

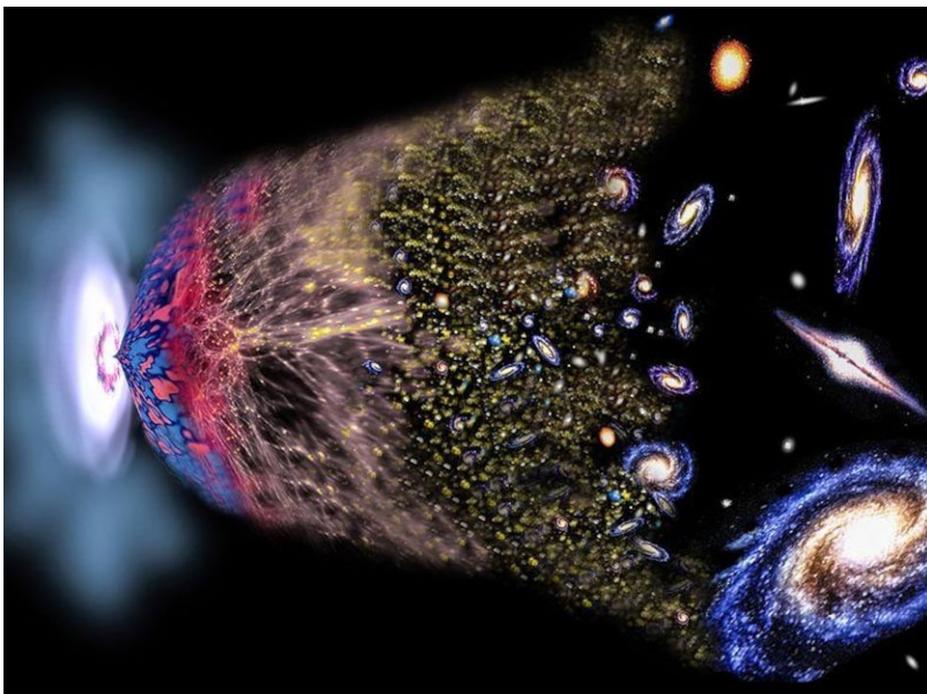
Les articles « Ciel Nocturne » ont accompagné la course de la Terre autour du Soleil depuis Janvier. Cette édition de Décembre clôt donc le cycle puisque la Terre aura bouclé sa boucle. En effet, à notre échelle de temps, les étoiles semblent immobiles et le Ciel Nocturne de Janvier 2022 ressemblera furieusement au Ciel Nocturne de Janvier 2021.

Et cette série d'articles finira par le commencement ... de l'Univers.

D'où venons-nous ? Qu'y avait-il avant ? Que se passera-t-il après ?

Grandes questions existentielles que se pose l'humanité depuis qu'elle est en mesure de penser, et aux quelles la science tente de répondre.

L'Enfance de l'Univers.



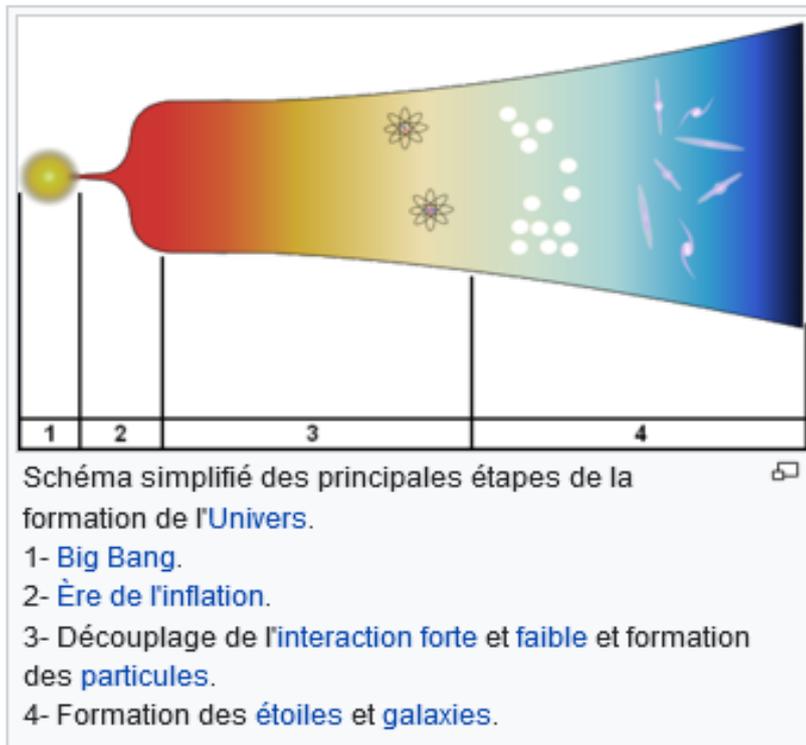
Les théories actuelles du début de l'Univers sont basées sur le **modèle standard de la cosmologie** : c'est le nom donné au modèle cosmologique qui décrit à l'heure actuelle de la façon la plus satisfaisante les grandes étapes de l'histoire de l'univers observable, et des objets qui le composent, tels qu'ils nous apparaissent au travers des observations astronomiques.

Vue d'artiste de l'histoire de l'Univers.

En effet, à cause du temps que la lumière met à voyager, plus un objet est loin, plus nous le voyons quand il était jeune : nous remontons le temps !

La notion d' « univers observable » recouvre deux aspects liés à la lumière (ou aux ondes électromagnétiques en général) puisque la lumière émise par les étoiles constitue notre unique moyen d'observation des espaces lointains.

D'abord, au début de l'univers, la lumière ne circulait pas (nous y reviendrons). Ensuite, la lumière circule à une vitesse déterminée ($3 \cdot 10^8$ m/s), et l'âge de l'univers est lui aussi déterminé (environ 14 milliards d'années) : nous ne pouvons observer que les objets situés à une distance de moins de 14 milliards d'années lumière : l'Univers est plus vaste que ce que nous pouvons en voir !

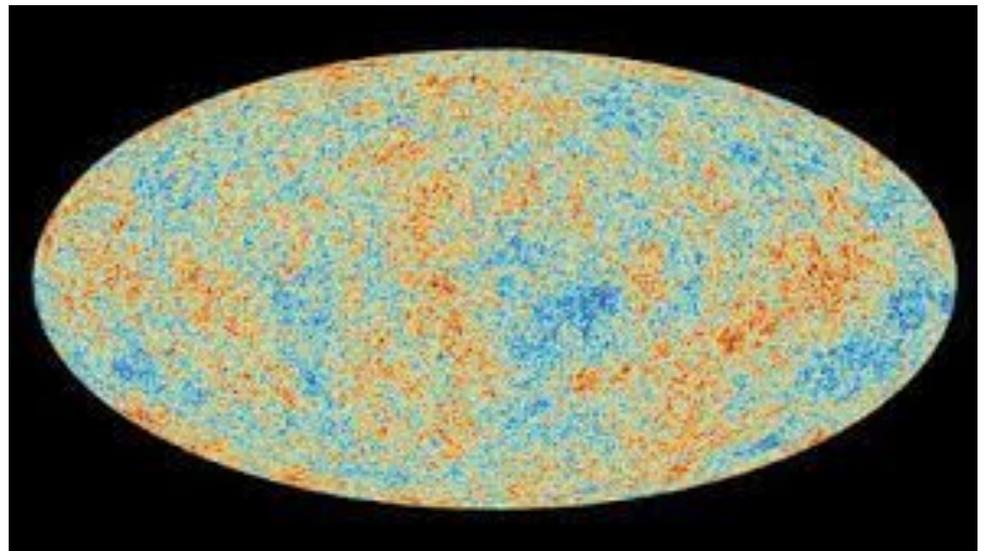


Actuellement, l'âge de l'Univers est estimé à environ 13,8 milliards d'années.

L'évolution de l'Univers depuis le **Big Bang** jusqu'à nos jours est divisée en plusieurs ères.

Le Big Bang et les premières fractions de seconde.

Le modèle du **Big Bang** est validé par l'observation du **fond diffus cosmologique** (*Cosmic Microwave Background* ou CMB), identifié pour la première fois en 1964, par **Arno Penzias (US)** et **Robert Wilson (US)** (prix Nobel de Physique 1978).



Présentation aplatie de la mesure du fond diffus cosmologique, depuis notre point de vue et dans toutes les directions. (les variations sont exagérées pour plus de visibilité).

Ils ont découvert que le rayonnement provenant de l'espace (en retirant la

lumière émise par les étoiles) est indépendant de la direction d'observation et correspond à une température constante – à de faibles fluctuations près - de 4 degré Kelvin (K).

La température aurait dû être zéro K, puisqu'il n'y a pas de source lumineuse.

Cette observation est la trace d'un événement brutal unique, **le Big Bang**, un peu comme un caillou jeté dans une mare, qui provoque des remous décroissant dans le temps.

Les satellites astronomiques, de plus en plus précis, fournissent tous des mesures en conformité quasiment parfaite avec le modèle théorique.

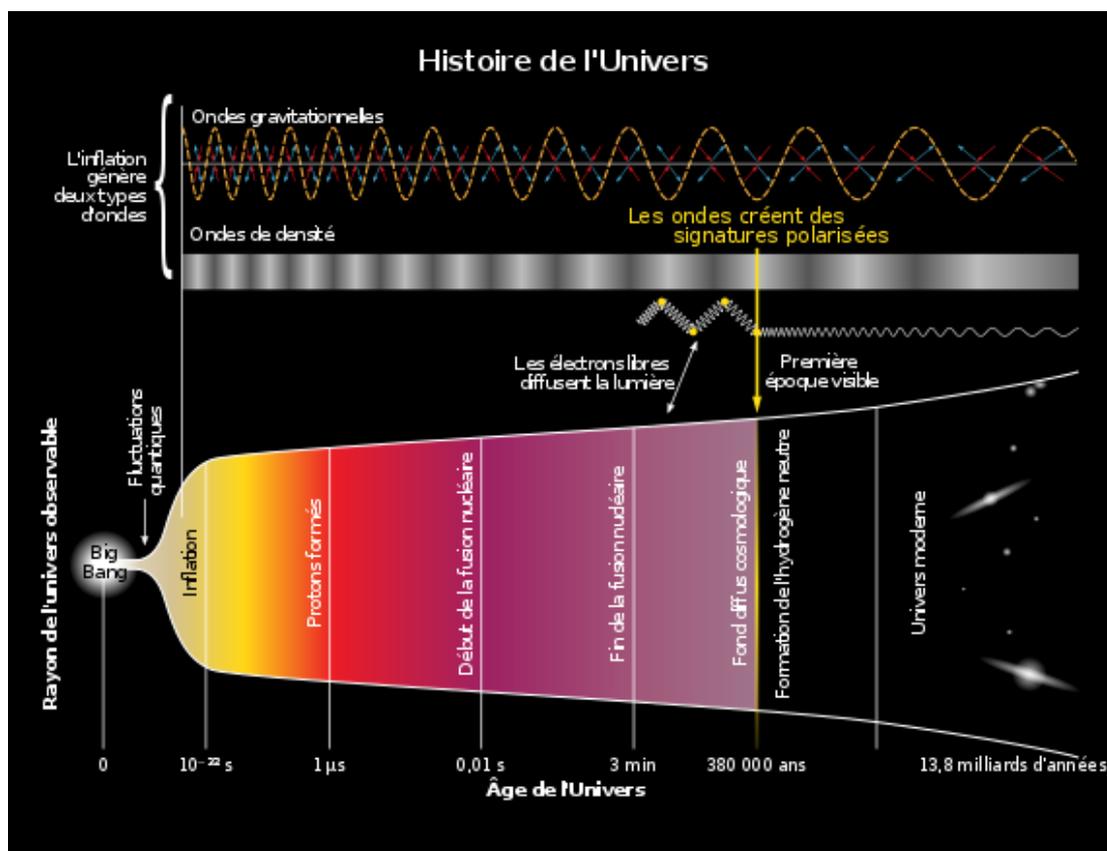
Les modèles indiquent que la température initiale était tellement élevée (de l'ordre du milliard de degrés !) que la matière était complétement déstructurée, une sorte d'hyper-plasma, dans lequel les particules élémentaires (électrons, neutrons, protons) n'étaient même pas formées.

Les modèles permettent de reconstituer les évènements jusqu'à 10^{-30} seconde après le Big Bang. Ce qui s'est passé avant n'est pas décrit par le modèle.

Le choix sémantique est effectivement malheureux : la dénomination « *Big Bang* » induit une notion d'unicité de lieu et de temps : en fait, on n'en sait rien : la théorie décrit l'enfance de l'Univers, mais pas sa naissance.

L'ère de l'inflation.

L'homogénéité du fond cosmologique diffus pose un autre problème : le fait que 2 régions aient la même température indique une évolution identique, donc - à un moment donné - ces 2 régions ont partagé la même information.



Or l'information, portée par des particules physiques, voyage au maximum à la vitesse de la lumière. Comment 2 régions de l'espace diamétralement opposées peuvent partager la même information, alors que les particules n'ont pas eu un temps suffisant pour voyager d'une région à l'autre ?

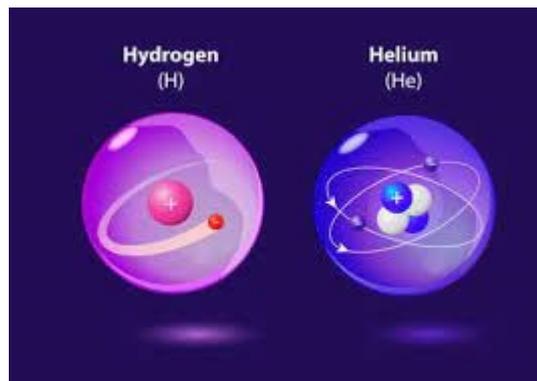
Cette difficulté a été contournée par la proposition du cosmologiste **Ian Guth (US)** en 1979 : le volume de la matière primordiale s'est dilaté d'un facteur 10^{30} en 10^{-35} seconde. Atteignant ainsi des dimensions largement supérieures aux dimensions de l'Univers observable actuel.

Cette théorie de **l'inflation primordiale** est aujourd'hui communément admise, bien qu'elle n'ait pas été démontrée.

L' Age Sombre.

Après cette expansion brutale, l'univers a commencé son refroidissement.

Les particules élémentaires (électrons, neutrons, protons) se forment, puis se structurent en atomes. Les atomes d'hydrogène et d'hélium - les plus simples - se forment préférentiellement.



Les deux gaz, Hydrogène (H_2 , molécule formée de 2 atomes d'hydrogène) et Hélium (He, gaz monoatomique), constituent majoritairement la matière de l'Univers.

Pendant ce temps, les photons, au début piégés dans ce brouillard dense de particules, commencent à circuler à mesure que la condensation de la matière rend le milieu plus transparent.

On estime que la lumière a pu circuler librement après une période de 380 000 ans après le Big Bang. Aucune observation n'est donc possible durant cet **Age Sombre**, lors duquel aucune lumière n'a été émise. La température du fond diffus cosmologique d'alors est estimée à 4000 K.

La formation des étoiles et des Galaxies.



Dans ce plasma, les instabilités provoquent des fluctuations de densité : les premières étoiles se forment et commencent le processus de transmutation des éléments chimiques les plus légers (hydrogène, hélium et lithium) en éléments plus lourds.

Progressivement, apparaissent des structures plus importantes, les galaxies et les amas de galaxies.

Enfin, des objets de la taille de notre **Système Solaire** se forment.

Notre **Soleil** est une étoile de génération tardive, qui incorpore des débris de nombreuses générations antérieures d'étoiles. Sa formation date d'approximativement 5 milliards d'années, soit environ 9 milliards d'années après le Big Bang.

Et maintenant ?

Le modèle standard décrit l'Univers comme un espace homogène et isotrope.

L'astronome **Edwin HUBBLE (US)** a mis en évidence l'expansion de l'Univers : les galaxies s'éloignent les unes des autres.

Cette expansion est un gonflement de l'Univers, comparable à la cuisson d'une brioche aux raisins : la pâte – l'Univers – gonfle en cuisant, ce qui entraîne un éloignement des raisins – les galaxies – les uns des autres, sans que les raisins eux-mêmes (la matière des galaxies) ne soient modifiés. En supposant évidemment que tous les raisins ne soient pas tombés au fond du moule.



Cette expansion prolonge naturellement le scénario du Big Bang. Elle provoque un décalage -par effet Doppler- vers le rouge des lumières émises (**Red Shift**) . Des observations récentes ont mis en évidence une accélération constante de cette expansion, phénomène encore mal expliqué.

Comme pour le début de l'Univers, des avancées en physique fondamentale sont impératives pour prédire le destin de l'Univers.

Actuellement, le scénario le plus probable est le **Big Freeze** : il se produira si l'Univers continue son expansion. Sur une échelle de temps de l'ordre de 10^{14} années (cent mille milliards d'années tout de même !), les étoiles existantes auront brûlé et la création des nouvelles étoiles aura cessé : l'Univers s'assombriera.

Le télescope spatial James Webb



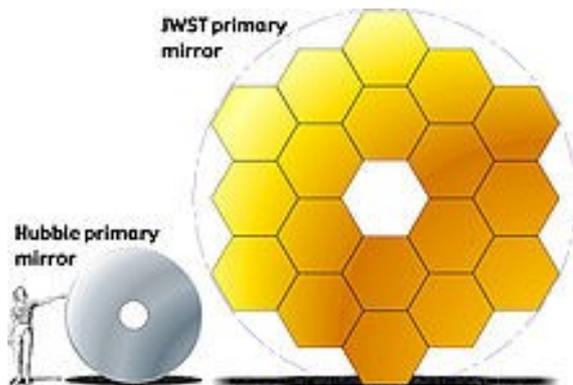
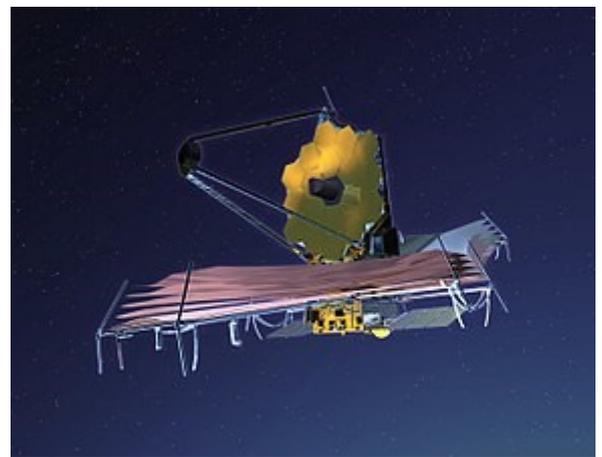
Le télescope spatial HUBBLE

La description de l'histoire de l'Univers repose sur une confrontation permanente entre les théories et les observations astronomiques. Elle résulte d'un consensus entre scientifiques, et peut évoluer à tout moment si les faits contredisent les hypothèses.

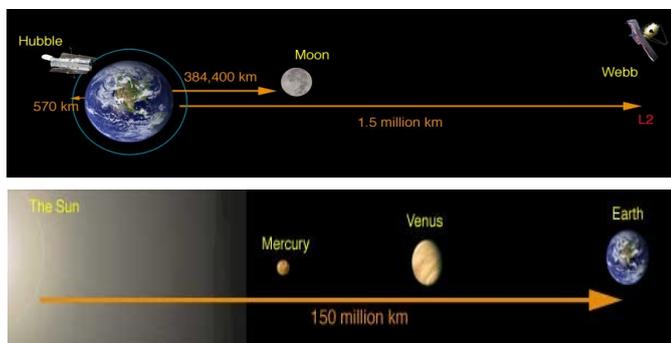
Par conséquent, les scientifiques ont besoin d'instruments de plus en plus performants pour progresser.

Le célèbre **télescope spatial HUBBLE**, lancé le 14 Avril 1990, a permis des pas de géants dans la compréhension de notre Univers.

Son successeur, le **télescope spatial James Webb** (JWST : James Webb Space Telescope, [vidéo](#)) sera mis en orbite par le lanceur ARIANE V ([vidéo](#)) le **22 Décembre 2021**, et constituera une avancée considérable dans l'observation de l'Univers, grâce un foisonnement d'instruments à la pointe de la technologie.



Si masse du JWST (6,2 tonne) est largement inférieure à la masse de HUBBLE (11 tonnes), ses dimensions sont impressionnantes : la plateforme mesure 22mx12m (contre une longueur de 13,2 m pour un diamètre de 4,2 m pour HUBBLE). Le miroir du JWST mesure 6 m de diamètre (contre 2,4 m pour HUBBLE), soit une meilleure sensibilité (6,25 fois) et une meilleure résolution. (la [vidéo](#) impressionnante du déploiement).



Le JWST sera placé au Point de Lagrange L2, à 1,5 million km de la Terre (là où l'attraction solaire compense l'attraction terrestre).

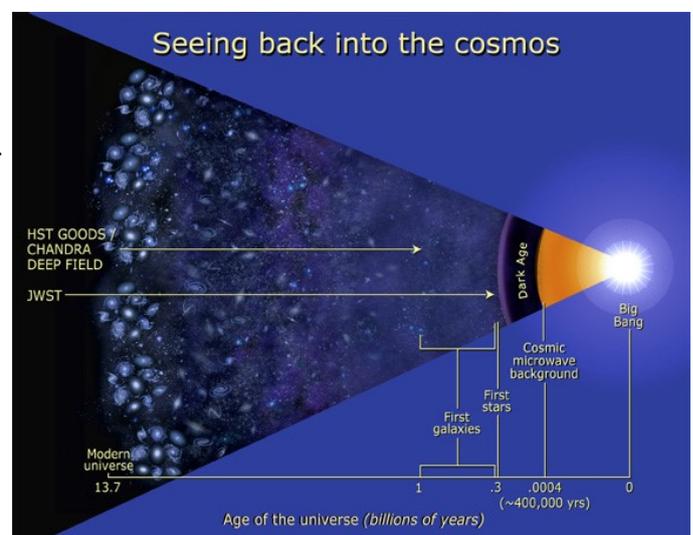
Ce positionnement permet d'abriter le miroir primaire de toute source lumineuse provenant du centre du système solaire : le JWST pourra ainsi observer en permanence les sources de lumières infrarouges .

Les performances en infra-rouge du JWST permettront d'observer des objets proches de la limite de l'Univers observable (380 000 ans après le Big Bang).

Les objets les plus vieux - observés à ce jour - remontent à 400 million d'années après le Big Bang pour HUBBLE, et 1 million d'années après le Big Bang pour le satellite CHANDRA.

Le JWST atteindra sa position d'observation 29 jours après le tir Ariane.

Souhaitons que le lancement et la mise à poste du JWST se passent sans anicroche : de formidables découvertes sont devant nous.



Amies lectrices, amis lecteurs,

Je vous remercie de votre attention et de votre fidélité.

J'ai eu plaisir à partager avec vous ces observations du ciel nocturne pendant cette année 2021.

Je vous souhaite une bonne fin d'année, avec des étoiles pleins les yeux.

Les Rendez-vous célestes de Décembre.

Tout au long du mois, **Jupiter** et **Saturne** continuent leur poursuite dans le ciel nocturne.

Ne manquez pas le plus grand éclat de **Vénus**, le 6 décembre visible au coucher du Soleil : pas besoin de se coucher tard !

3 Décembre : Rapprochement entre la Lune et Mars.

4 Décembre : Nouvelle lune.

5 Décembre : Lune au périgée (distance= 356794 km).

6 Décembre : Plus grand éclat de Vénus (magn. -4,71) à 18h00.

7 Décembre : Rapprochement entre la Lune et Vénus.

9 Décembre : Pluie d'étoiles filantes : Monocérotides (3 météores/h; durée = 20 jours).

9 Décembre : Pluie d'étoiles filantes : Sigma Hydrides (7 météores/h; durée = 12 jours).

9 Décembre : Rapprochement entre la Lune et Jupiter.

14 Décembre : Pluie d'étoiles filantes : Coma Bérénicides (3 météores/h, dur.: 11 jours) .

19 Décembre : PLEINE LUNE .

19 Décembre : Pluie d'étoiles filantes : Leo Minorides (5 météores/h, durée = 61 jours).

21 Décembre : **SOLSTICE d'HIVER.**

22 Décembre : Pluie d'étoiles filantes : Ursides (10 météores/h, durée = 9 jours).

22 Décembre : **Lancement du télescope spatial James Webb .**

27 Décembre : DERNIER QUARTIER DE LA LUNE.

31 Décembre : Rapprochement entre la Lune et Mars.



Carte du ciel à Toulouse le 15 Décembre 2021 18h30

Avec et sans les constellations.