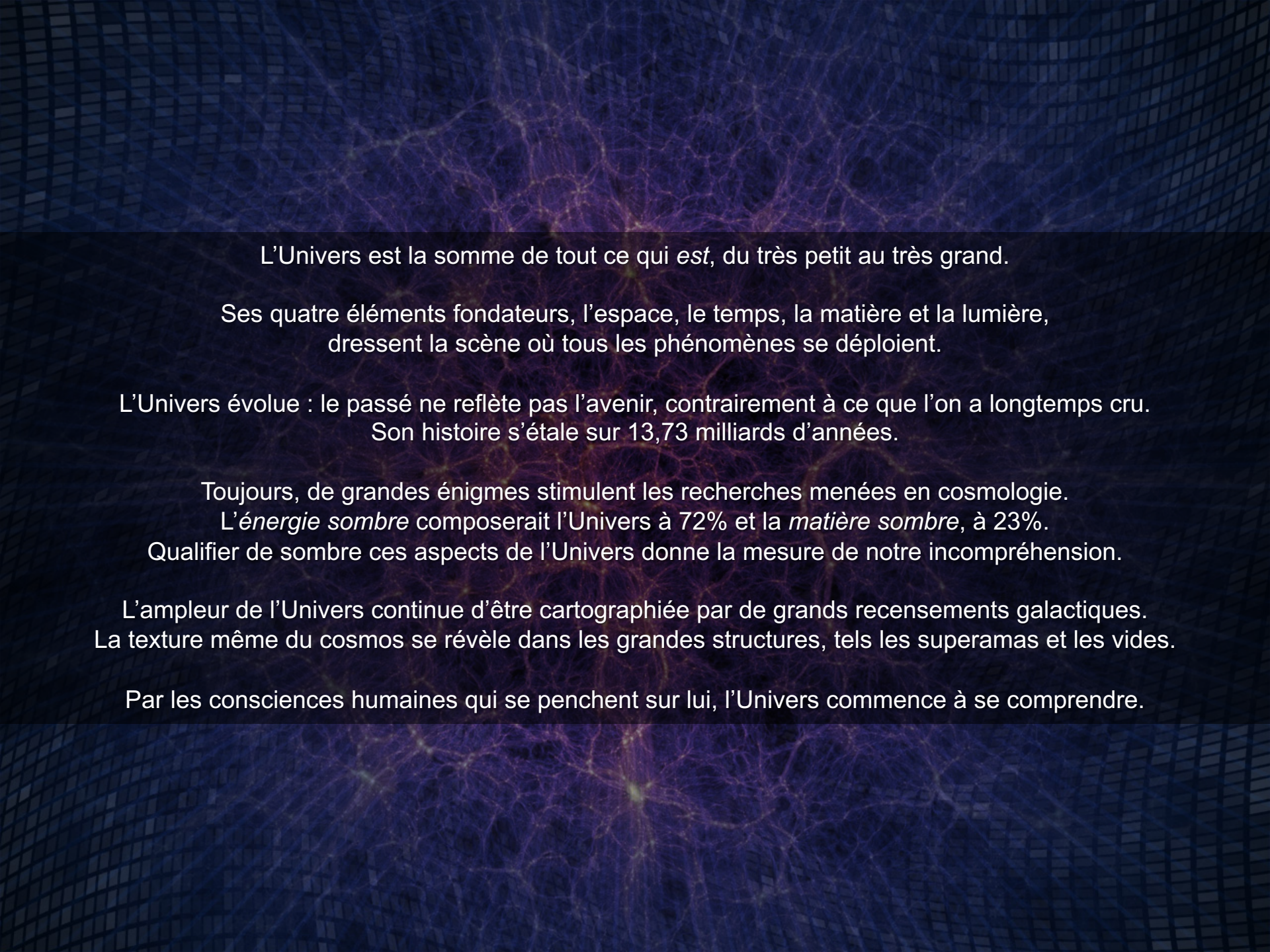


l'UNIVERS

The background of the entire slide is a deep blue and purple cosmic web visualization, showing a complex network of filaments and nodes representing the large-scale structure of the universe. The text is overlaid on this background in white.

L'Univers est la somme de tout ce qui *est*, du très petit au très grand.

Ses quatre éléments fondateurs, l'espace, le temps, la matière et la lumière,
dressent la scène où tous les phénomènes se déploient.

L'Univers évolue : le passé ne reflète pas l'avenir, contrairement à ce que l'on a longtemps cru.
Son histoire s'étale sur 13,73 milliards d'années.

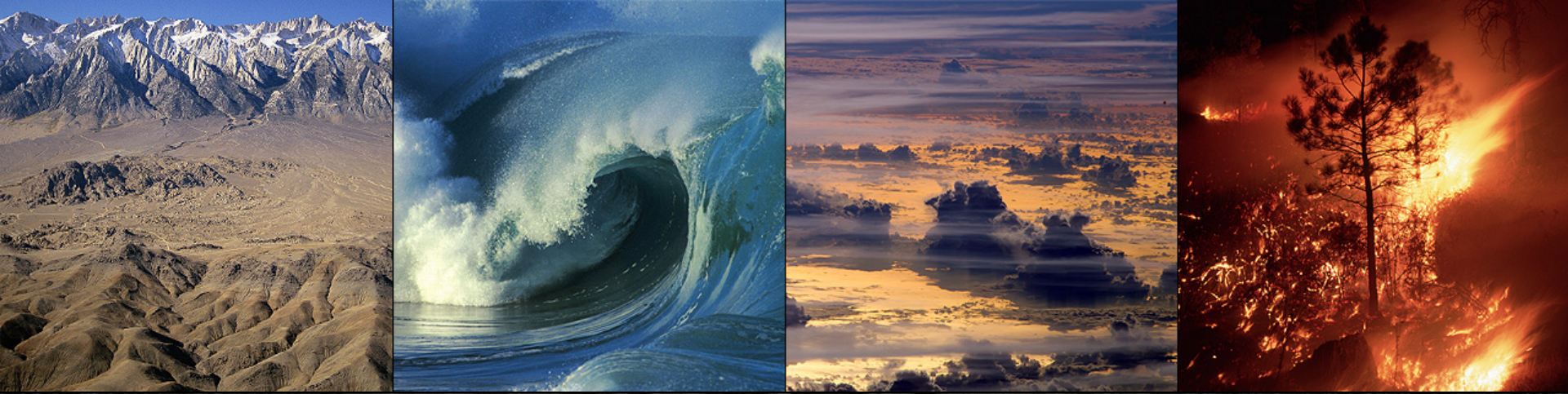
Toujours, de grandes énigmes stimulent les recherches menées en cosmologie.

L'*énergie sombre* composerait l'Univers à 72% et la *matière sombre*, à 23%.

Qualifier de sombre ces aspects de l'Univers donne la mesure de notre incompréhension.

L'ampleur de l'Univers continue d'être cartographiée par de grands recensements galactiques.
La texture même du cosmos se révèle dans les grandes structures, tels les superamas et les vides.

Par les consciences humaines qui se penchent sur lui, l'Univers commence à se comprendre.



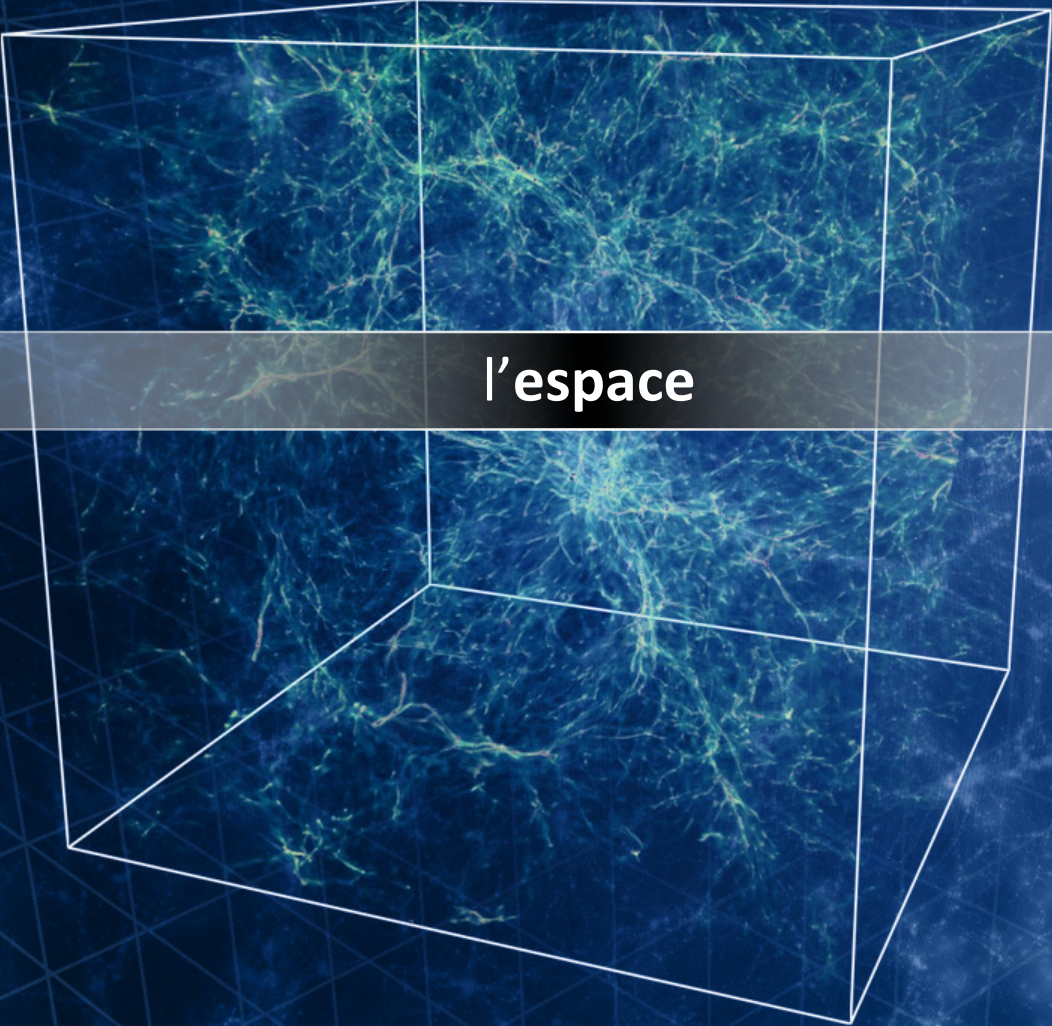
la matière



Jadis, les philosophes de la nature pensaient que tout l'Univers était composé de quatre éléments : la terre, le feu, l'eau et l'air. De nos jours, ces quatre éléments classiques ont laissé place aux quatre éléments de la cosmologie contemporaine. Le premier d'entre eux, la matière, est peut-être le plus évident. Les atomes sont à la base des choses matérielles : étoiles, planètes, êtres vivants, de même que l'eau, l'air et la roche, en sont constitués. L'Univers observable est fait d'environ 50 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 étoiles, sans parler de la matière noire, non-lumineuse.

la lumière

Le second élément est la lumière, laquelle est aussi énergie. La lumière est un important véhicule de l'information qui nous renseigne sur l'Univers. La lumière se déplace dans le vide à une vitesse constante et, estime-t-on, indépassable : 299 792 458 mètres/seconde. En vertu de la fameuse équation formulée par Einstein, $E=MC^2$, la matière et l'énergie sont intimement liées et interchangeables.

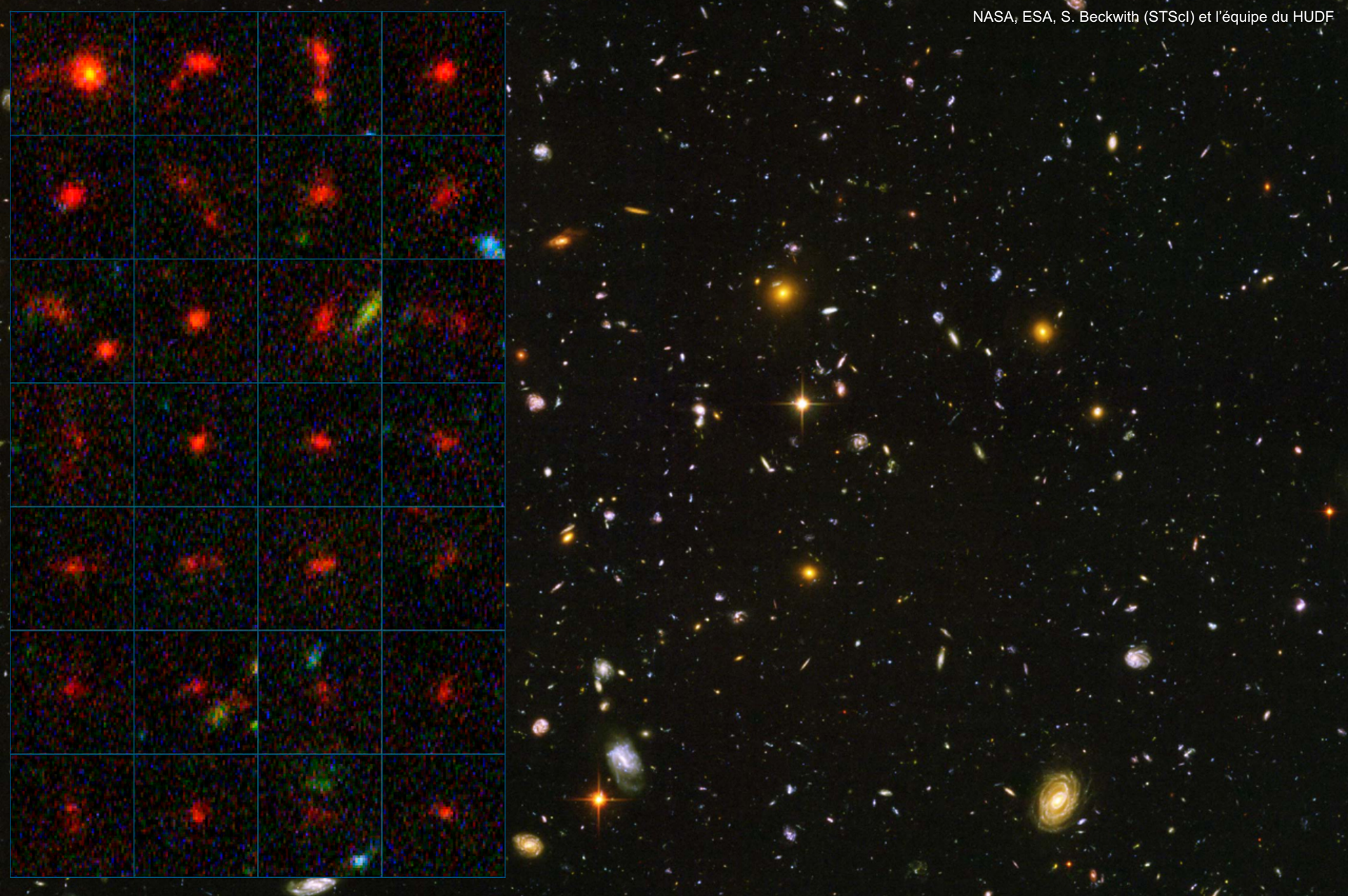
The image features a 3D wireframe cube centered on a dark blue background with a faint grid of light blue lines. Inside the cube is a complex, filamentary structure representing the cosmic web, with green and yellow highlights indicating areas of higher density. A horizontal, semi-transparent grey bar passes through the center of the cube, containing the text 'l'espace' in white.

l'espace

Le troisième élément est celui qui permet le mouvement : l'espace, s'étalant des échelons subatomiques aux échelons cosmologiques. L'espace est fait d'une géométrie à trois dimensions – longueur, profondeur et hauteur, lesquelles forment notre quotidien. L'espace est aussi hiérarchisé, les montagnes étant faites de pierres et non l'inverse. Il est possible que de nombreuses autres dimensions existent à de très petites échelles.

le temps

Le quatrième élément est également, d'une certaine manière, la quatrième dimension de l'espace, soit le temps. Le temps est non seulement inéluctable, il est aussi linéaire. La flèche du temps nous fait nous souvenir du passé, non de l'avenir. La théorie de la Relativité générale assemblée par Albert Einstein a établi un lien serré entre l'espace et le temps : le *continuum espace-temps*. Ce continuum est malléable ; il est le tissu même de l'Univers. La matière « grave » l'espace-temps et la lumière « glisse » sur lui.



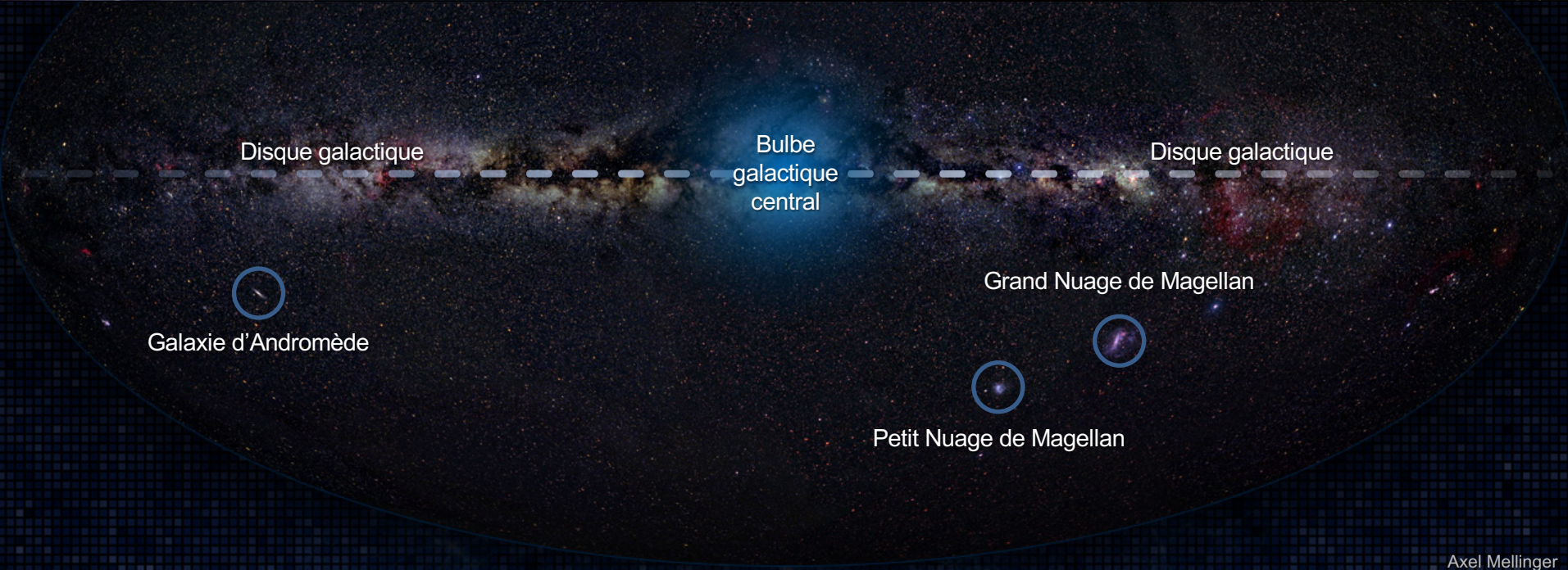
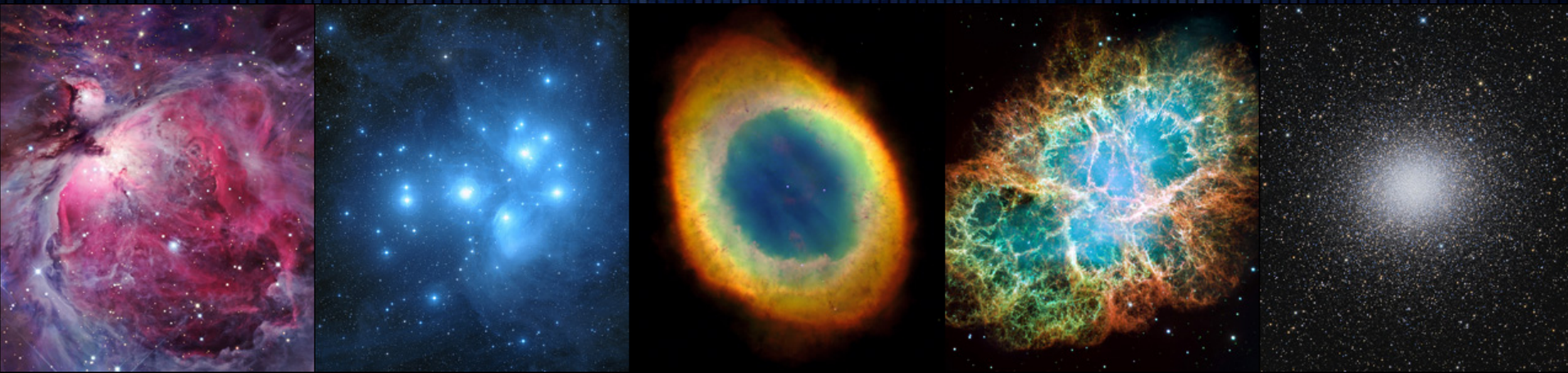
Voici l'image la plus profonde jamais réalisée de l'Univers : le *Hubble Ultra Deep Field* (HUDF) ou le champ très profond de Hubble. Cette mosaïque assemblée par le télescope spatial Hubble a nécessité 400 révolutions autour de la Terre et 11,3 jours d'exposition. À elle seule, ce fidèle portrait de l'Univers offre à voir 10 000 galaxies, certaines distantes de 13 milliards d'années-lumière. Nombreuses sont les galaxies anciennes dans ce saisissant portrait d'un univers qui n'avait qu'1 milliard d'années lorsqu'elles se sont formées.

Notre **astre**, la planète Terre



Nous allons à présent réaliser un court voyage dans l'espace et le temps. Pour ce faire, nous aurons recours à la projection Aitoff, une manière de représenter la globalité largement utilisée dans les milieux astronomiques. Voici la Terre, notre astre sphéroïde, en projection Aitoff.

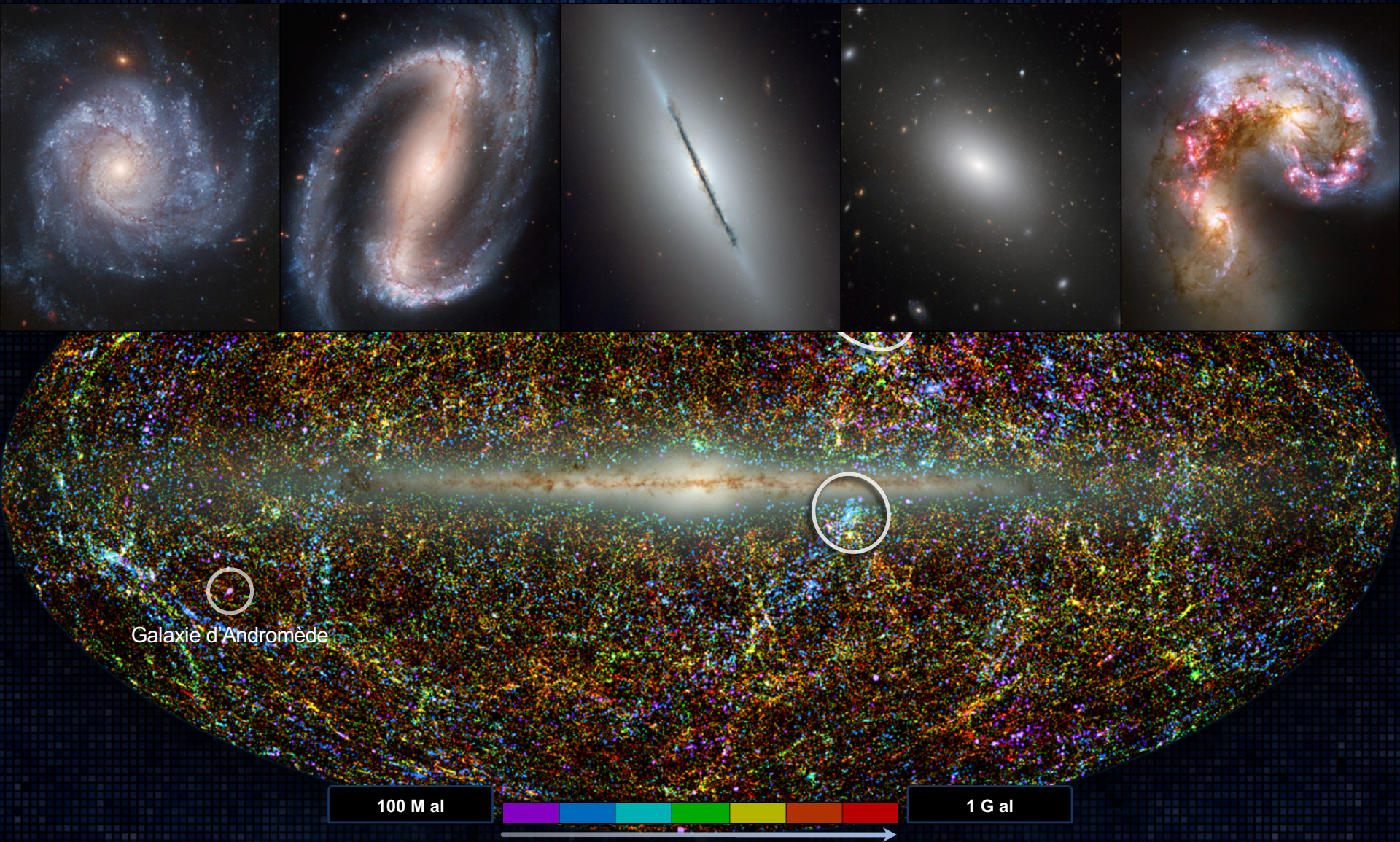
Notre galaxie, la Voie Lactée



Axel Mellinger

Maintenant, si nous tournons notre regard de la Terre vers le ciel nocturne, une fenêtre s'ouvre littéralement sur notre entourage cosmique. Cette image est une mosaïque qui rassemble une cinquantaine de photographies prises dans les deux hémisphères terrestres. Les 88 constellations, ainsi que les quelque 6000 étoiles visibles à l'œil nu, sont toutes présentes dans cette vue de la sphère céleste. L'environnement galactique est le creuset dans lequel naissent et meurent les étoiles en transitant par les nébuleuses. Cette projection Aitoff est centrée sur le centre de la Voie Lactée, notre galaxie, évidente par la lumière émanant du disque galactique. Enfin, au moins trois objets extragalactiques sont visibles : les Grand et Petit Nuages de Magellan, de même que la galaxie d'Andromède.

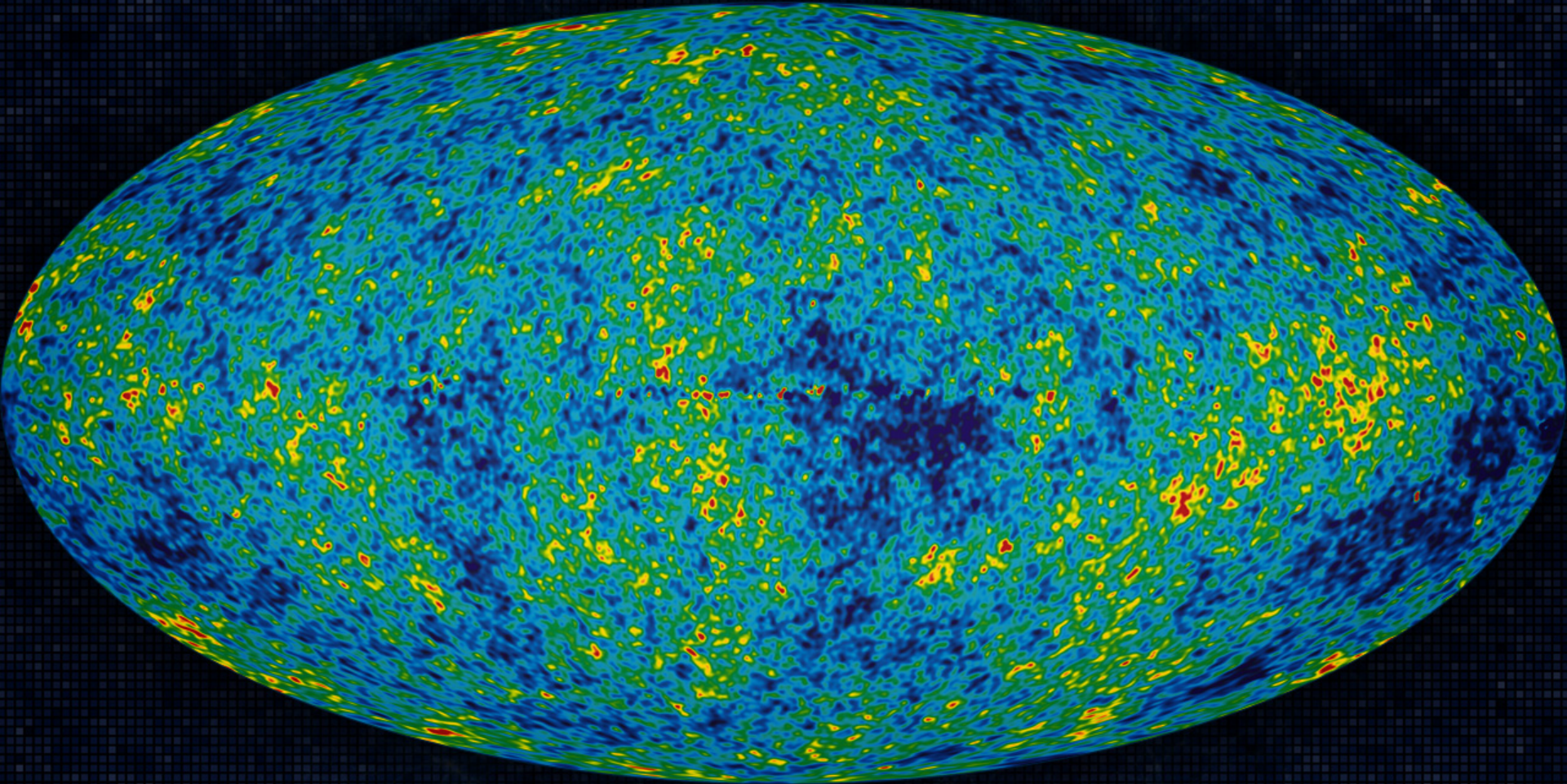
Notre voisinage cosmique, l'univers local



Thomas Jarett / 2MASS / IPAC / Caltech

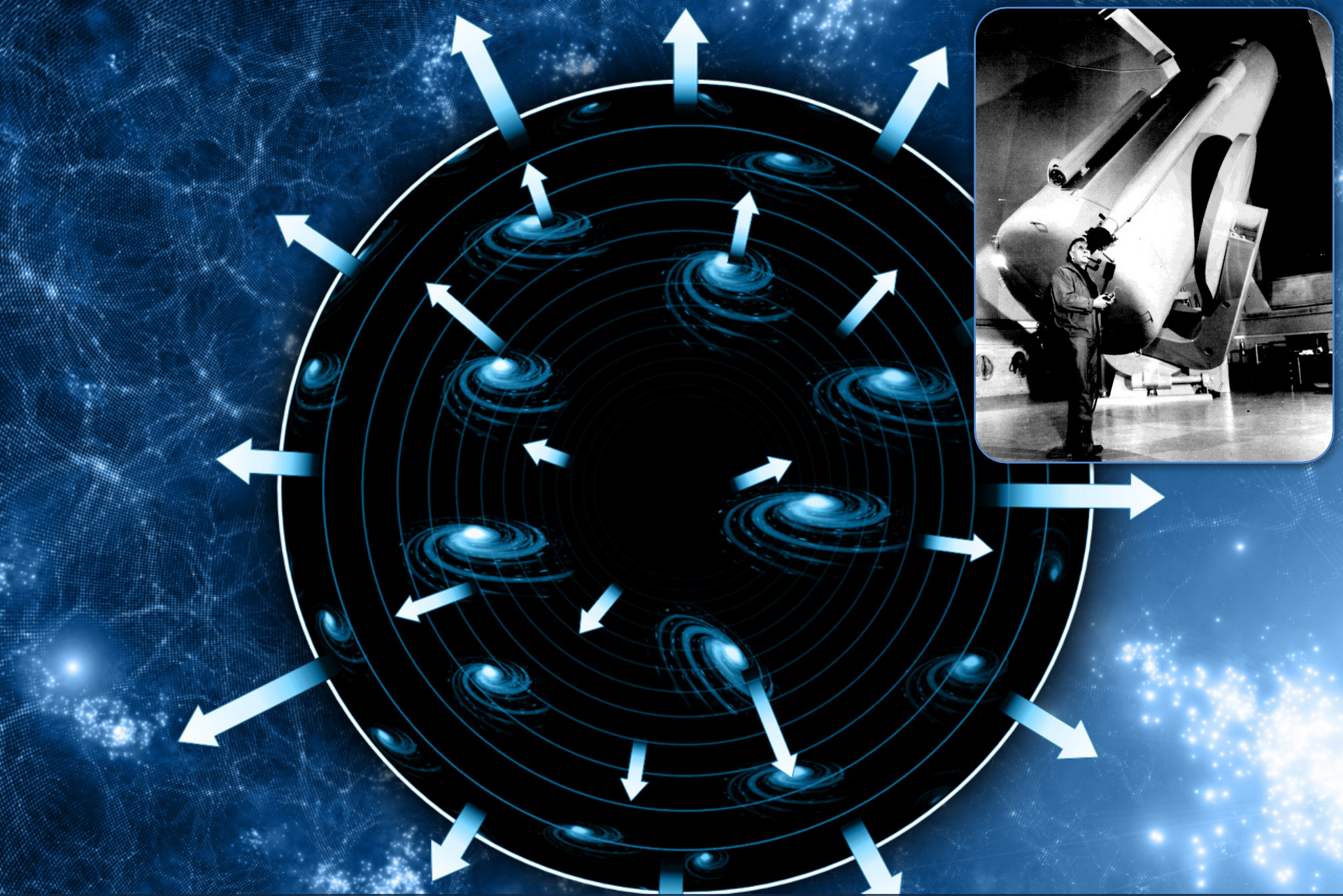
Cette image est le fruit d'un vaste effort de recensement de l'univers local. Environ 1,1 millions de galaxies sont représentées. Les différentes couleurs représentent les distances, de violet-bleu à orange-rouge, soit de 100 millions (M) à 1 milliard (G) d'années-lumière. Ce portrait de l'environnement cosmique local laisse entrevoir de grandes concentrations de galaxies, appelées *superamas galactiques*. Le superamas de la Vierge, auquel la Voie Lactée est associée, rassemble lui-même une centaine de groupes et d'amas galactiques. Ce vaste filament de galaxies est lui-même attiré par une région voisine, le Grand Attracteur.

Le rayonnement de fond cosmologique (RFC)



WMAP / NASA

Au-delà des structures tissées par les galaxies résonne l'écho fossile du Big Bang, connu sous le nom de rayonnement de fond cosmologique. Environ 379 millénaires après le Big Bang, la température du jeune Univers avait baissé à environ 3000 K. Le plasma opaque qui était omniprésent jusqu'alors changea de phase : les électrons libres se mirent en orbite autour des noyaux atomiques, rendant brusquement l'Univers transparent. Aussitôt, la lumière fut libérée de l'emprise de la matière, circulant désormais sans entrave. Cet événement, appelé *découplage* ou *recombinaison*, est le plus ancien message véhiculé par la lumière jusqu'à nous.



L'une des plus importantes découvertes du 20^{ème} siècle est celle de l'expansion de l'Univers.
On attribue généralement cette percée à Edwin Hubble en 1929 mais l'histoire est plus complexe et inclut Vesto Slipher et Milton Humason.
À l'échelle des galaxies et des superamas, la gravitation fait en sorte que ces ensembles s'attirent et se fusionnent.
Mais à l'échelle cosmologique, l'expansion opère : l'espace se dilate et accentue les distances séparant ces agrégats de matière.

la théorie du Big Bang



La *théorie du big bang* est, à ce jour, l'explication consensuelle la plus apte à rendre compte du développement et de la maturation du cosmos. Bien qu'incomplète, elle souscrit aux trois impératifs qui font d'une théorie qu'elle est bonne : elle est *descriptive*, *prescriptive* et *falsifiable*.

1. **DESCRIPTIVITÉ** : elle offre des modèles explicatifs qui parviennent à adhérer aux observations réalisées auprès de la nature ;
2. **PRESCRIPTIVITÉ** : elle prédit l'existence de phénomènes encore non observés mais néanmoins observables par de meilleurs instruments ;
3. **FALSIFIABILITÉ** : elle est composée d'axiomes et de postulats qui peuvent être démontrés comme faux grâce aux expériences ou observations.

la théorie du Big Bang exprime un ensemble d'idées :

L'Univers dans lequel nous vivons n'a pas toujours été ; il est apparu il y a environ 13,7 Ga.

D'un état originel d'extrême chaleur (10^{32} K), il s'est refroidi avec le temps pour atteindre aujourd'hui 2,725 K.

D'un état initial d'extrême densité (10^{94} g/cm³), il s'est dilué pour atteindre la valeur actuelle de 10^{-29} g/cm³.

D'un état génésiaque d'extrême petitesse (10^{-33} cm), il s'est dilaté pour atteindre une extension visible de 10^{28} cm et cette expansion va en accélérant.

D'un état originel d'extrême simplicité physique, l'Univers s'est complexifié au travers des différents états de la matière (plasma, gaz, liquide, solide et *organique*).

Big Bang**+380 K**
Découplage**+400 M**
Premières étoiles**+500 M**
Premières galaxies**+4,5 G**
Naissance du Soleil**+13,7 G**
Époque actuelle

Depuis moins d'un siècle, l'histoire de l'Univers se révèle à nous grâce à la conjugaison des instruments et des théories scientifiques. Nous savons maintenant qu'il a traversé une série d'étapes cruciales pour parvenir à l'état que nous lui reconnaissons aujourd'hui. Cette illustration synthétise cette lente maturation. Ici, **K** signifie millier d'années, **M**, million et **G**, milliard.

13,7 milliards plus tard
AUJOURD'HUI

Basses
températures

Électromagnétique

Nucléaire faible

Nucléaire forte

Gravitation

**UNIFICATION
ÉLECTROFAIBLE**

Formulation : 1973-1983

**THÉORIE DE
GRANDE UNIFICATION**

Non encore formulée

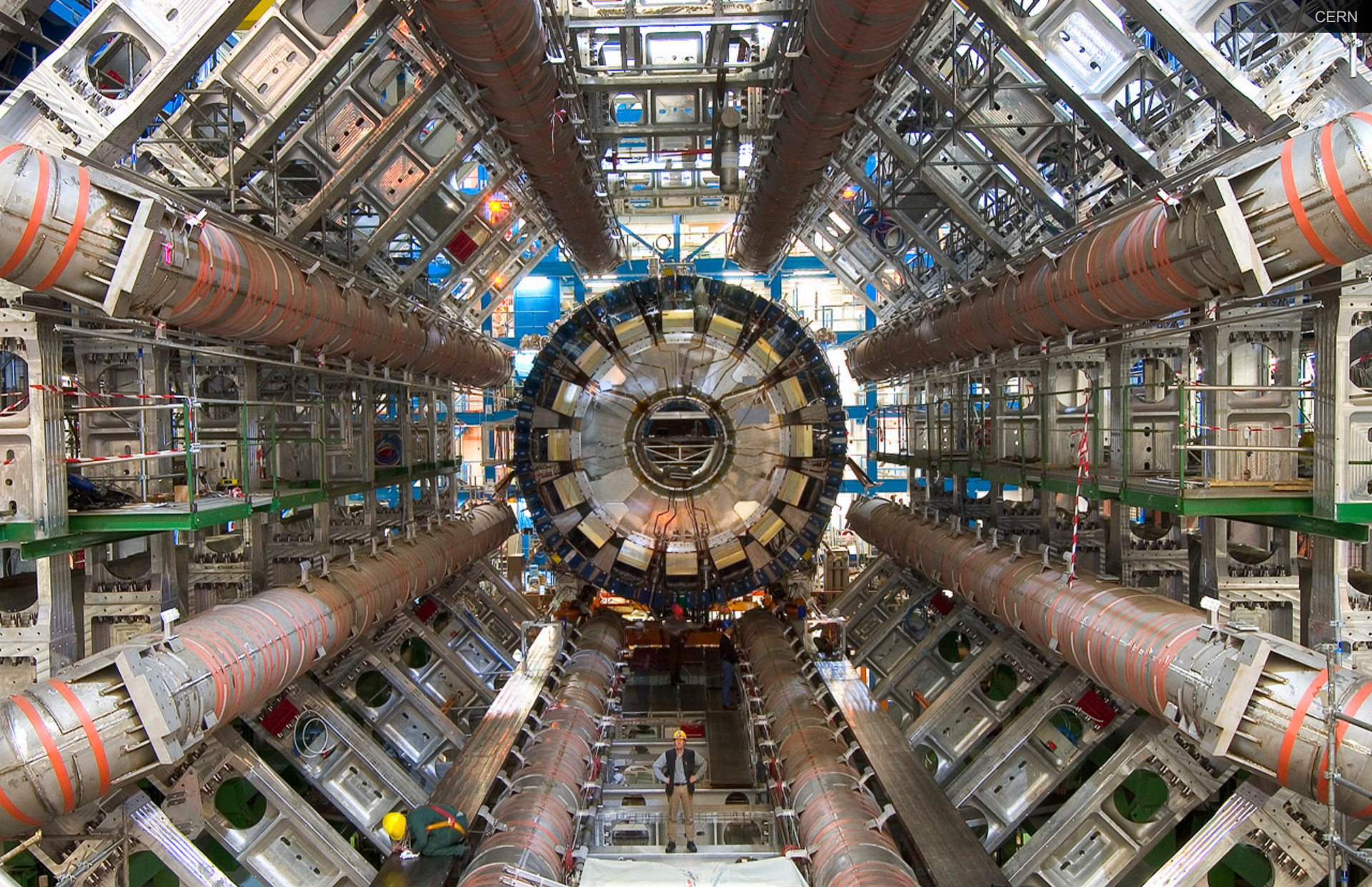
THÉORIE DU TOUT

Non encore formulée

Temps 0
BIG BANG

Hautes
températures

L'Univers physique est gouverné par quatre grandes forces, aussi appelées les *interactions fondamentales*. Deux d'entre elles nous sont plus familières : la gravitation est la sensation de pesanteur qui nous retient au sol ; l'interaction électromagnétique maintient les atomes ensemble, assurant ainsi une cohésion aux formes du monde, notre corps compris. Les deux autres interactions – nucléaires forte et faibles – se limitent aux atomes. Elles maîtrisent néanmoins une énergie prodigieuse. Notre compréhension scientifique du monde nous fait croire que toutes ces forces étaient unifiées lors du Big Bang. Toutefois, une théorie capable de rendre compte des comportements de l'espace, du temps, de la matière et de la lumière dans ces conditions extrêmes attend encore de voir le jour.

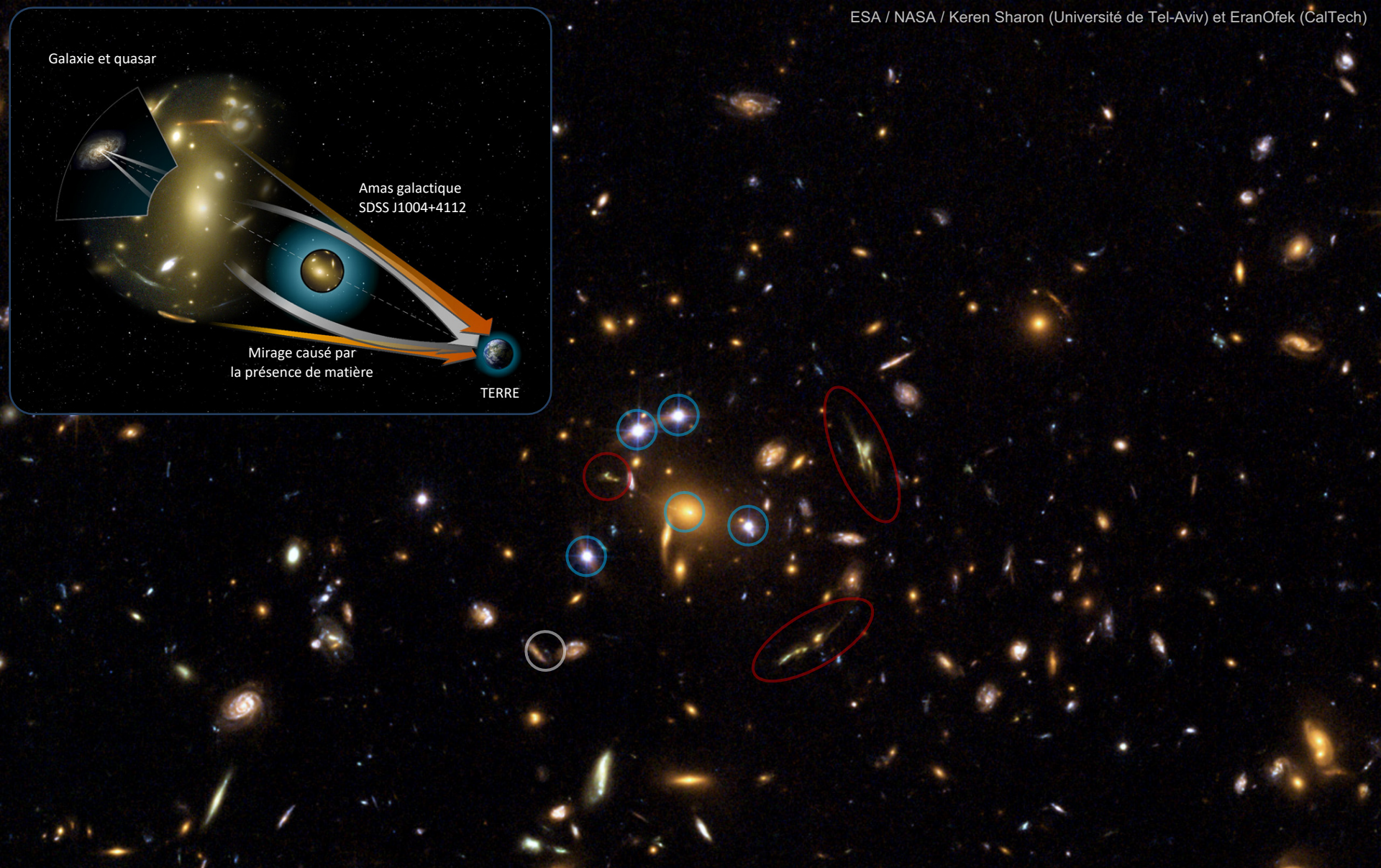


L'approfondissement de notre compréhension de l'Univers se poursuit ici même, sur Terre. En effet, pour saisir les phénomènes physiques « limites » où les interactions fondamentales sont réunies, comme les trous noirs et le Big Bang, il est nécessaire d'observer les comportements de la matière à très haute énergie. Puisque ces conditions intenses n'existent pas ici bas, il faut pouvoir les recréer afin d'élucider ces mystères. De grands accélérateurs de particules sont ainsi construits, comme le *Grand Collisionneur Hadronique* ou *Large Hadron Collider* (LHC). Cette machine, la plus complexe jamais développée, ouvre de nouvelles avenues de recherche.

Galaxie et quasar

Amas galactique
SDSS J1004+4112Mirage causé par
la présence de matière

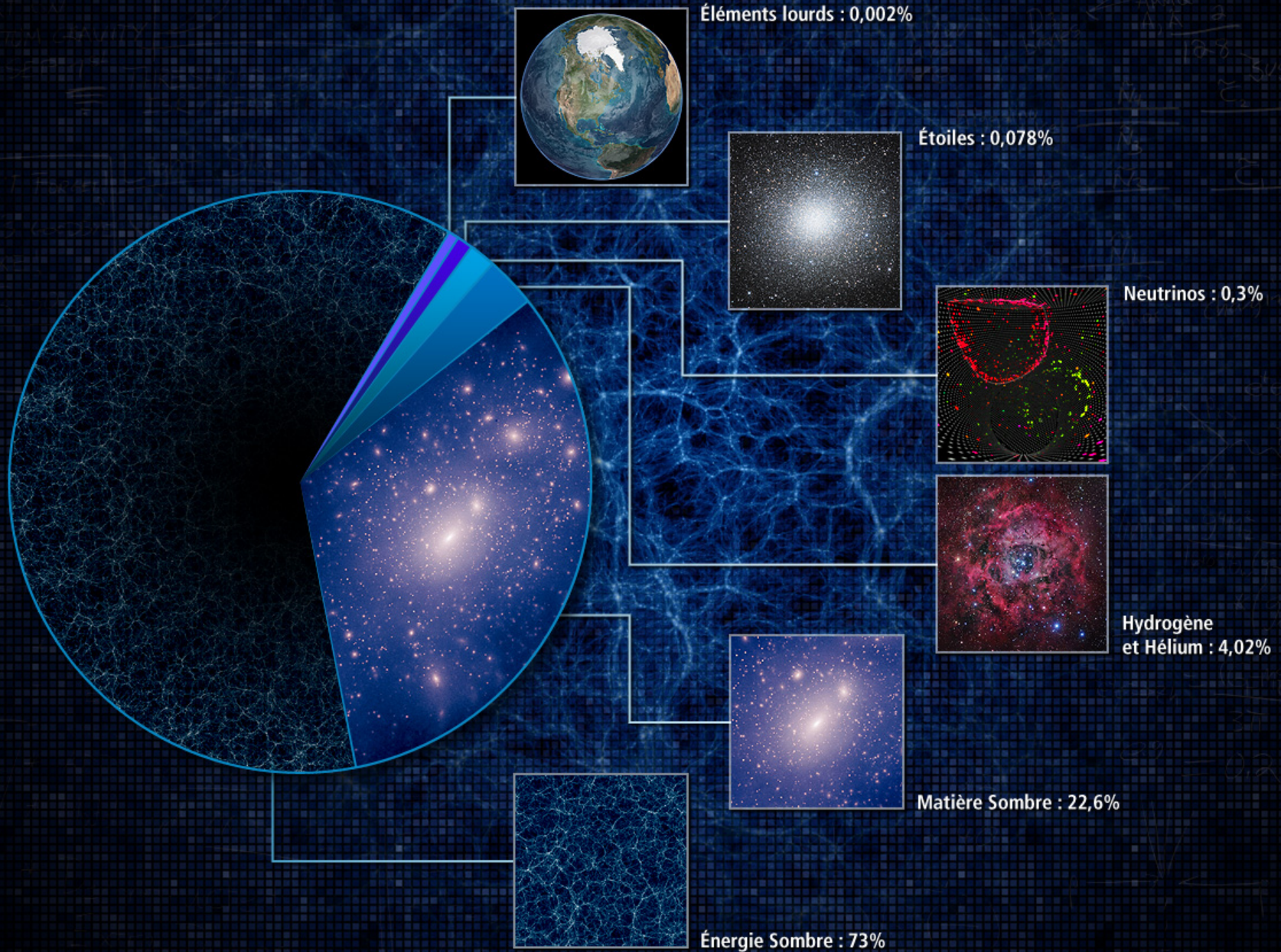
TERRE

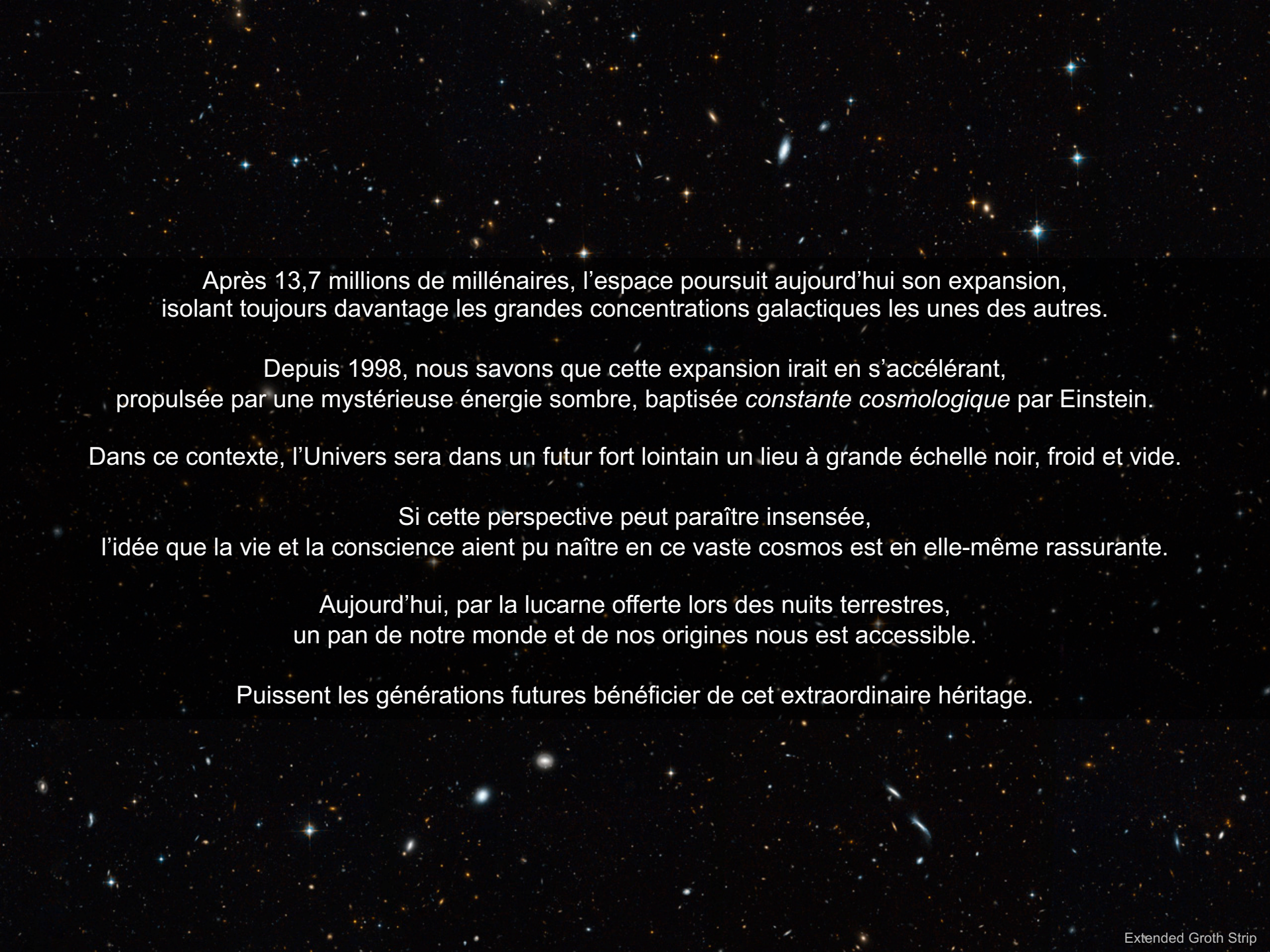


Cette image prise par le télescope spatial Hubble offre un exemple spectaculaire du bestiaire qui compose l'Univers. Il s'agit de l'amas galactique SDSS J1004+4112, situé à quelque 7 milliards d'années-lumière de la Terre. La lumière qui nous parvient de cet amas a donc été émise avant la naissance de la Terre, quand l'Univers était deux fois plus jeune qu'il ne l'est aujourd'hui (13,7 G). En rouge, l'effet de lentille gravitationnelle nous montre les trois reflets d'une même galaxie, située à 12 milliards d'années-lumière. En bleu, un phénomène unique : cinq reflets d'un même quasar, lui aussi situé derrière l'amas galactique. Enfin, en gris, une supernova, l'explosion cataclysmique d'une étoile située dans une galaxie de l'amas.

La composition de l'Univers

la matière qui nous compose ne constitue qu'une infime fraction de la masse de l'Univers





Après 13,7 millions de millénaires, l'espace poursuit aujourd'hui son expansion, isolant toujours davantage les grandes concentrations galactiques les unes des autres.

Depuis 1998, nous savons que cette expansion irait en s'accéléralant, propulsée par une mystérieuse énergie sombre, baptisée *constante cosmologique* par Einstein.

Dans ce contexte, l'Univers sera dans un futur fort lointain un lieu à grande échelle noir, froid et vide.

Si cette perspective peut paraître insensée, l'idée que la vie et la conscience aient pu naître en ce vaste cosmos est en elle-même rassurante.

Aujourd'hui, par la lucarne offerte lors des nuits terrestres, un pan de notre monde et de nos origines nous est accessible.

Puissent les générations futures bénéficier de cet extraordinaire héritage.

POUR POURSUIVRE L'EXPLORATION

[Cliquez pour y aller](#)

« Univers » sur Wikipedia

Un Atlas de l'Univers – du Système Solaire aux grandes échelles cosmologiques

Google Sky – découvrez les plus belles images du ciel

« La théorie du Big Bang » sur Wikipedia

« Millenium Simulation », une modélisation de l'Univers à grande échelle

