

# MUR DE GALAXIES

## Genèse.

Les galaxies peuvent s'agencer en groupes de galaxies, c'est-à-dire des structures composées d'une centaine de galaxies environ.

Passé le seuil de 100 galaxies, la structure formée devient un amas de galaxies. Si plusieurs amas sont liés entre eux, on parle alors de superamas.

Mais l'univers ne s'est pas arrêté là, des superamas bordés par des vides cosmiques peuvent se lier gravitationnellement les uns aux autres pour former les plus grandes structures connues dans l'univers: les filaments galactiques.

Ces filaments galactiques peuvent adopter des configurations variées dont les « murs galactiques » et les « feuilles galactiques ».

## Cas de notre galaxie la Voie Lactée.

En 2014, des chercheurs ont montré que la Voie lactée appartient à un groupe Local, lui-même appartenant à l'amas de la Vierge situé dans le superamas de la Vierge.

Le superamas de la Vierge est à son tour contenu dans le **superamas Laniakea** (*Laniakea* (« *horizons célestes immenses* » en hawaïen).

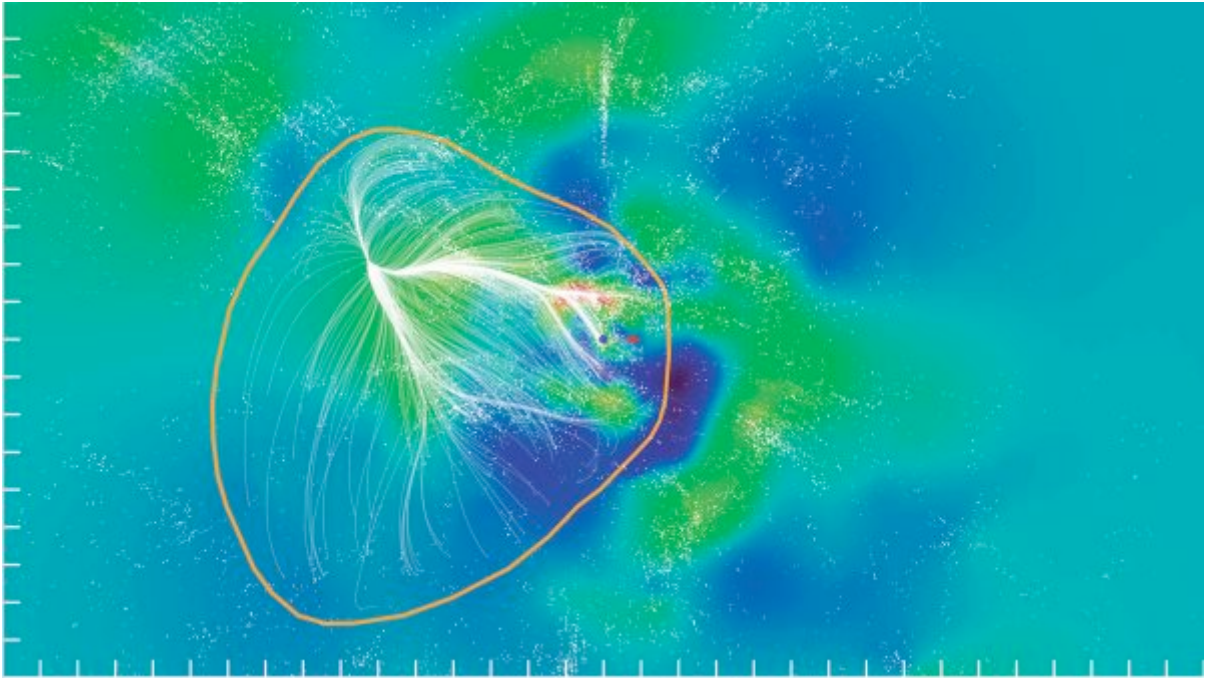
Ce dernier contient environ 10 000 galaxies pour un diamètre de 200 millions d'années-lumière et une masse de  $2 \times 10^{46}$  kg (soit 1015 masses solaires) sur un diamètre de 500 millions d'années-lumière

*Amas de galaxies, que nous pouvons admirer depuis la Terre dans la constellation de la Vierge. Il rassemble près de 2000 galaxies, dont 3 galaxies elliptiques géantes et une dizaine de galaxies spirales (les autres étant des galaxies naines ou irrégulières).*

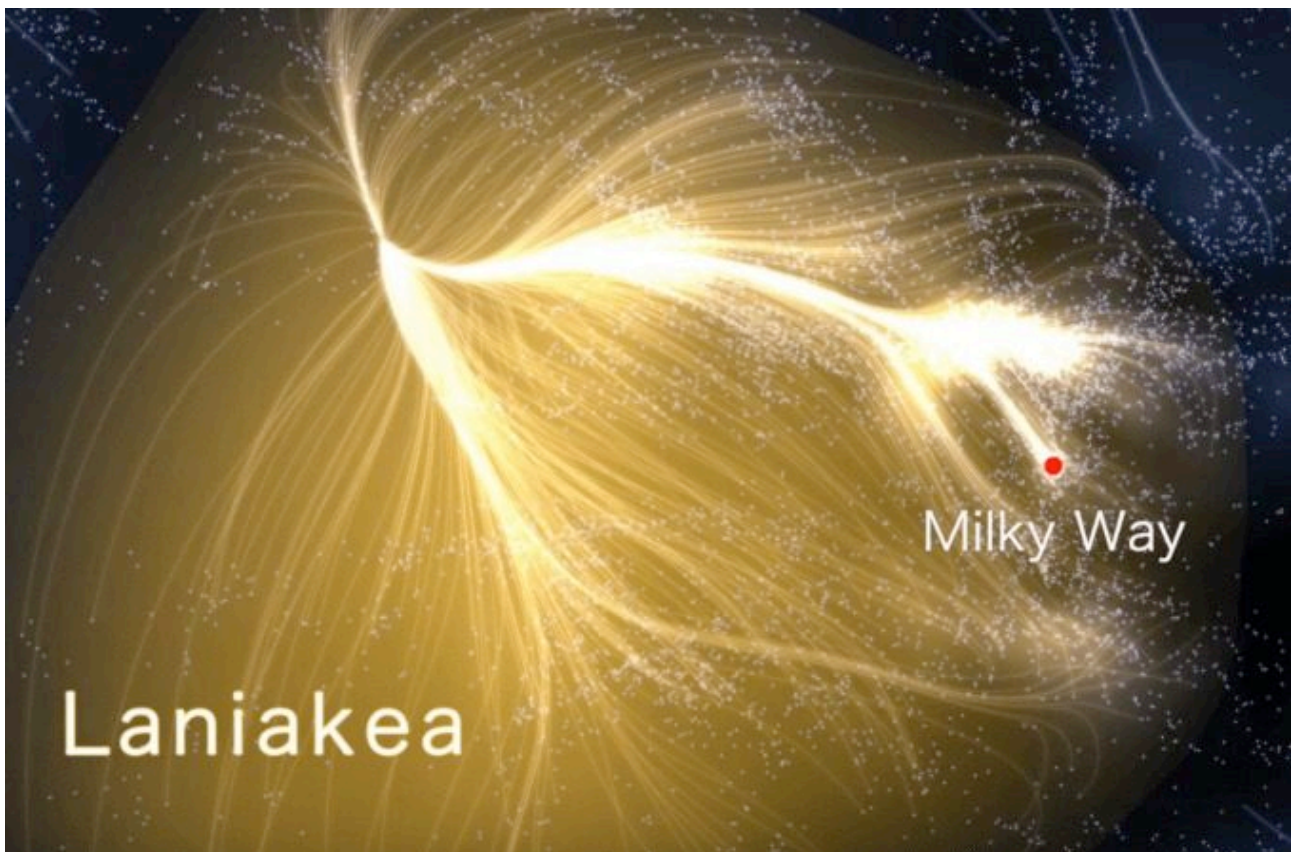


Cette photo montre plusieurs galaxies de l'amas de la Vierge. Les plus brillantes d'entre elles sont facilement visibles avec des instruments d'amateur, malgré un éloignement de plusieurs dizaines de millions d'années-lumière. Photo: Günter Kerschhuber (Gahberg Observatory).

Selon une découverte annoncée en 2014 par une équipe de chercheurs dirigée par Brent Tully, le superamas de la Vierge est lié à d'autres superamas (superamas de l'Hydre, du Centaure et de Pavo-Indus) au sein d'un ensemble de plus de 500 millions d'années-lumière comportant 100 000 galaxies. Notre galaxie fait partie de ce gigantesque ensemble appelé **Laniakea**, ce qui signifie « horizon céleste immense en hawaïen ».



Sur cette simulation informatique, le superamas Laniakea est délimité en par la ligne orange. Les zones vertes et rouges représentent les régions les plus denses en matière. Les petits points blancs sont des galaxies, les lignes blanches indiquent les mouvements vers le centre du superamas. La position de notre Voie Lactée est marquée par une pastille bleue sur la droite près de la frontière orange. Image: R. Brent Tully (U. Hawaii) et al., SDvision, DP, CEA/Saclay.



### Pour résumer.

En astronomie, on appelle **grand mur** les plus grandes structures de l'univers visible, constituées par un très grand nombre de galaxies.

Ces superstructures se composent de plusieurs milliers de galaxies, lesquelles sont réparties en amas et en superamas interconnectés entre eux par des filaments de gaz chauds. Ces « murs » de plus ou moins grandes envergures tissent la grande toile de l'univers, avec de grands vides entre eux. Bien entendu, il est possible qu'un filament galactique encore plus grand se cache dans le cosmos. Néanmoins ces immenses structures intriguent les cosmologistes car elles remettent en question le principe cosmologique.

### Quelques « grands murs » remarquables découverts chronologiquement.

- le **Grand Mur CfA2**, découvert en 1989 est long d'environ 500 millions d'années-lumière.
- le **Grand Mur de Sloan**, annoncée le 20 octobre 2003, qui mesure environ 423 Mpc (~1,38 milliards d'a.l.) d'années-lumière de long et se situe à environ un milliard d'années-lumière de la Terre.
- le **Grand Mur d'Hercule-Couronne boréale** mis en évidence en 2013.
- le **Huge-LQG**, découvert en janvier 2013, long d'environ environ 1 240 Mpc (~4,04 milliards d'a.l.).
- le **Grand Mur de BOSS**, découvert en 2016.



Simulation très détaillée d'une structure cosmique très vaste, créée dans le cadre du projet Illustris. La répartition de la matière noire est représentée en bleu et le gaz apparaît en orange. La simulation concerne l'état actuel de l'Univers et est focalisée sur un amas galactique massif. La région illustrée ici fait 300 millions d'années-lumière de large. | Illustris Collaboration.



Simulation montrant l'agencement des filaments galactiques sur une portion d'univers supérieure à 50 millions d'années-lumière. Crédits : London Global University

## LE GRAND MUR D'HERCULE ET DE LA COURONNE BOREALE

Le **Grand Mur d'Hercule-Couronne boréale** ou **Grand Mur d'Hercule et de la Couronne boréale** (nom donné en référence à sa position dans la voûte céleste, en direction de ces **constellations** : **Her-CrB GW** pour *Hercules-Corona Borealis Great Wall* - **GMHCB en français**) est un immense **filament galactique** situé dans les constellations d'**Hercule** et de la **Couronne boréale**.

Ce grand mur s'étend sur près de 15 milliards d'**années-lumière** avec une largeur de 7.2 milliards d'années-lumière, et une masse de  $2 \times 10^{19}$  masses solaires. Cela représente environ 11% du diamètre de l'univers observable. Cependant, il est extrêmement difficile de donner les dimensions exactes d'une telle structure à cause des biais d'observation imposés par la taille du filament dans le ciel. Il aurait une épaisseur de 900 millions d'années-lumière.

Ce grand mur a été découvert en novembre 2015 à partir d'une cartographie de sursauts gamma réalisée à l'aide d'observations des télescopes SWIFT et GLAST.

*Les sursauts gamma proviennent de l'explosion d'étoiles très massives. Or, ces étoiles ne peuvent se former que dans des zones de l'univers riches en matière. La survenue d'un sursaut gamma est donc un événement globalement rare.*

*Une telle fréquence concentrée dans une zone aussi délimitée apparaît alors très peu probable aux chercheurs, à moins qu'il ne s'agisse d'un immense filament galactique.*

# LE GRAND MUR DE BOSS

Le Grand Mur de BOSS est désormais la plus grande superstructure galactique connue dans l'univers visible.

Le **Grand Mur de BOSS** serait un système de superamas de galaxies. Il est situé à 5 milliards d'années-lumière de la Terre.

Sa découverte est annoncée le 1<sup>er</sup> mars 2016 par **Heidi Lietzen** et ses collaborateurs (Heidi Lietzen est chercheuse à l'Institut d'astrophysique des Canaries).

*« BOSS est tellement immense dit 'elle que lorsqu'une étoile naît d'un côté de la superstructure sa lumière met un milliard d'années pour atteindre le côté opposé ».*

Le Grand Mur de BOSS a été découvert grâce à un projet qui porte le même nom : BOSS pour Baryon Oscillation Spectroscopic Survey, un programme international regroupant de nombreuses informations sur la formation des galaxies dans le cosmos.

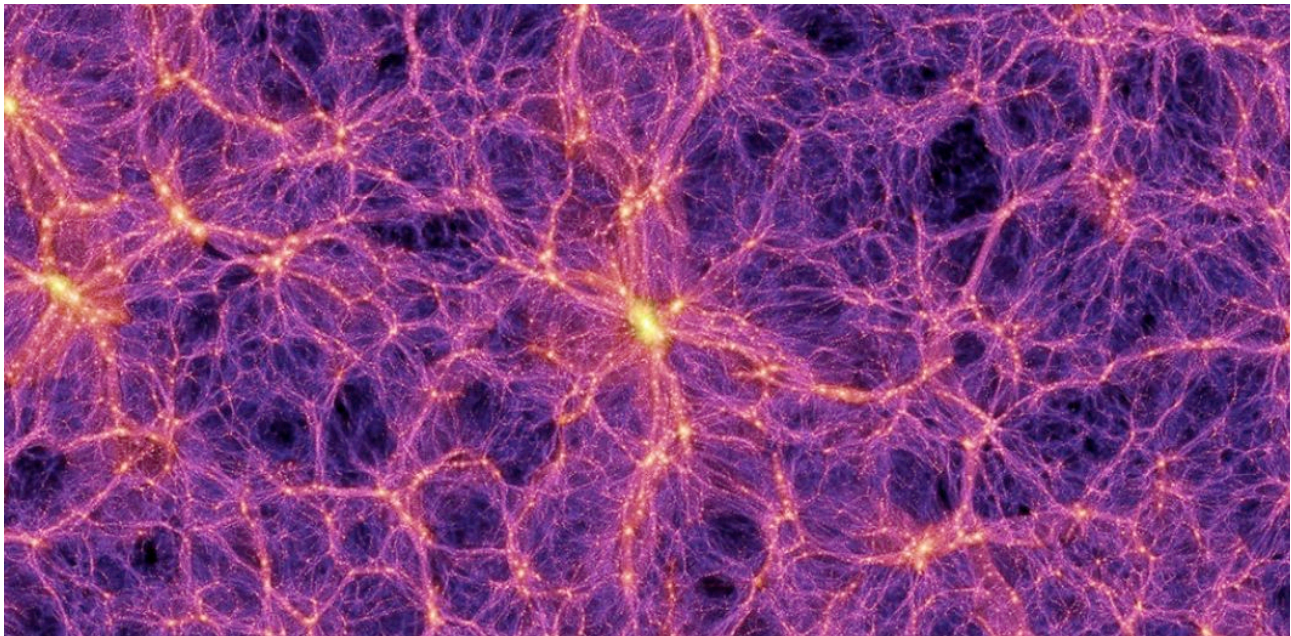
**Entité unique ou non, cette découverte devrait aider considérablement les experts à mieux comprendre le Big Bang, la formation de notre Univers, son avenir, et bien d'autres mystères encore.**

## Caractéristiques techniques.

Selon l'étude de Heidi Lietzen et de ses collaborateurs, le Grand Mur de BOSS serait constitué de deux murs de respectivement 186 et 173  $h^{-1}$  mégaparsecs de diamètre et deux autres grands superamas de respectivement 64 et 91  $h^{-1}$  mégaparsecs de diamètre.

Où  $h = H_0/(100 \text{ km/s/Mpc}) \approx 0,7$  est le taux d'expansion de l'univers.

Le Grand mur de Boss contiendrait **830 galaxies**, sa masse totale est estimée à environ  $2 \times 10^{17} h^{-1}$  **masses solaires**, soit 10 000 fois supérieure à celle de la Voie lactée.



Une représentation du Grand Mur de BOSS | Volker Springel/Max Planck Institute For Astrophysics/SPL

## POUR ALLER PLUS LOIN...

### La sphère observable (le cosmos)

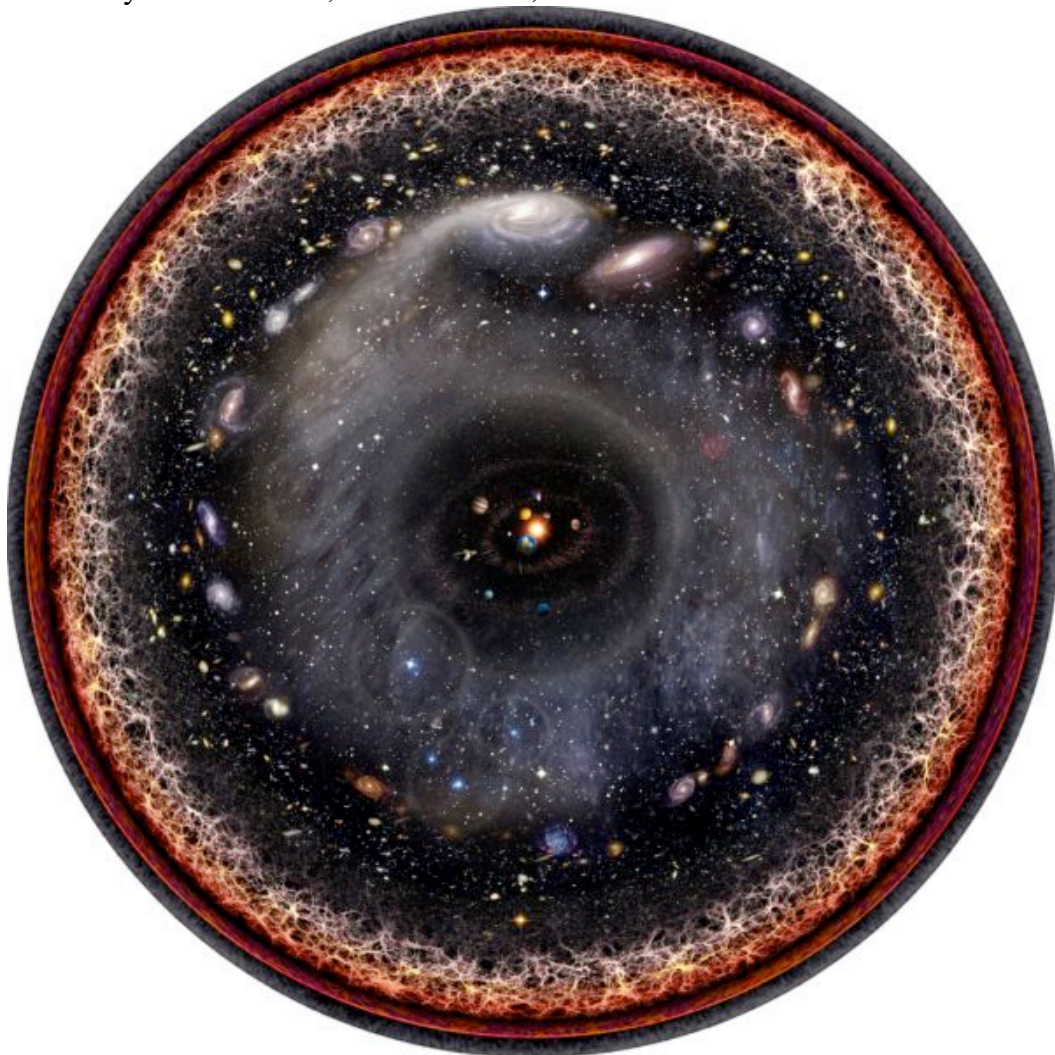
- Les rayonnements émis par les astres ont une vitesse finie (vitesse de la lumière, 300 000 km/s).
- Les premiers rayonnements observables ont été émis il y a un temps fini, 13,8 milliards d'années (« âge de l'Univers » correspondant au temps écoulé depuis le Big Bang).

*Nous ne pouvons donc rien observer dont la lumière ait mis plus de 13,8 milliards d'années à nous parvenir, cette limitation s'appelle « sphère observable ».*

Le contenu de cette sphère est appelé « **cosmos** », mais il ne faut pas le confondre avec l'Univers tout entier, qui est probablement beaucoup plus vaste.

#### Quelle est la taille de la sphère observable ?

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, le rayon de cette sphère n'est pas de 13,8 milliards d'années, car l'espace-temps se dilate depuis le Big Bang (on parle d'expansion de l'Univers), si bien que les objets que nous observons se sont éloignés depuis le moment où ils ont émis la lumière que nous percevons. Selon le modèle cosmologique admis actuellement par les scientifiques, la sphère observable a un rayon estimé à 46,5 milliards d'al, soit un diamètre de 93 milliards d'al.



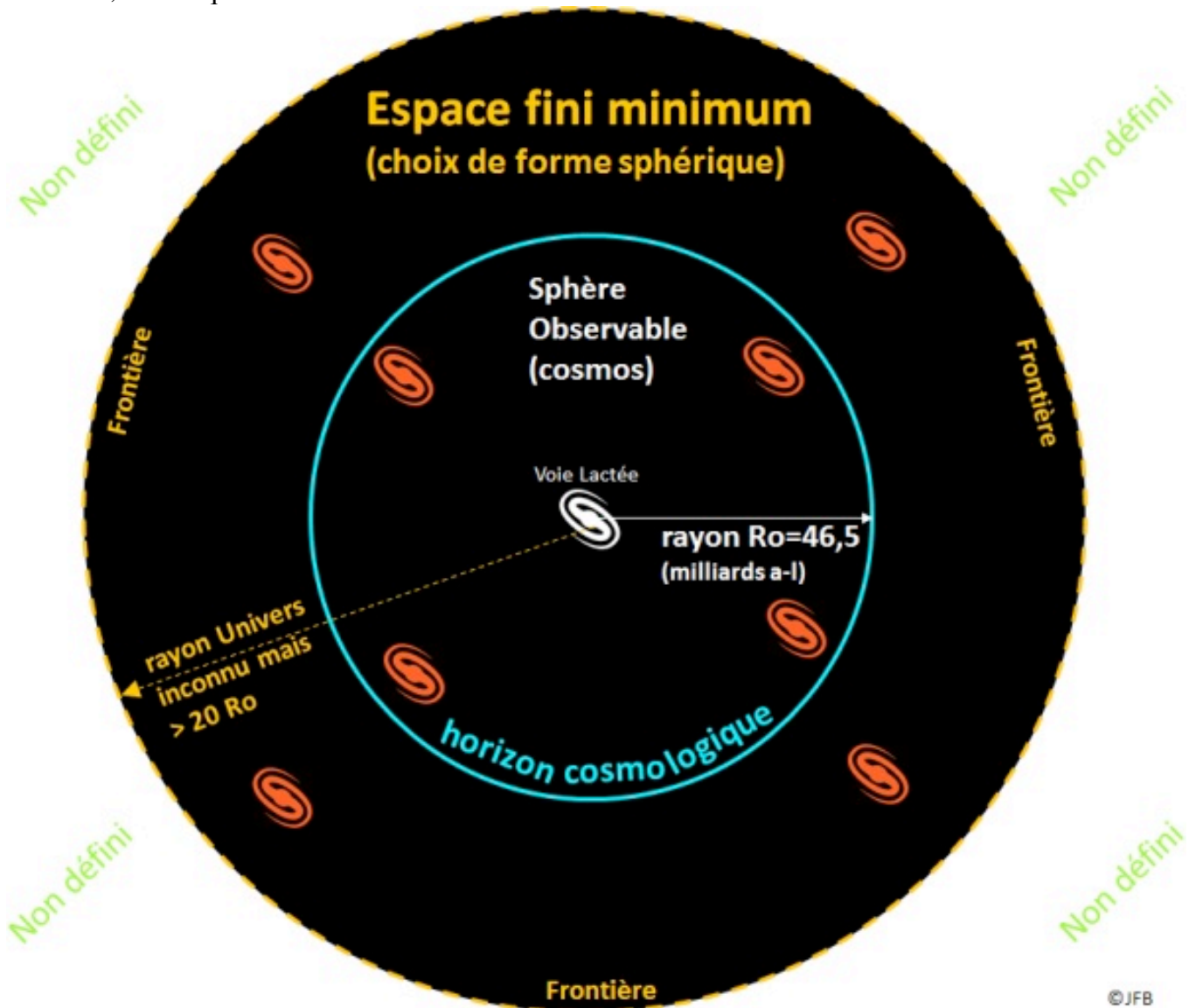
Représentation à l'échelle logarithmique de l'univers observable avec, au centre, le Système solaire, et, en s'éloignant du centre, les galaxies proches, les structures filamenteuses à grande échelle, le fond diffus cosmologique et, à la périphérie, le plasma invisible du Big Bang. Illustration Pablo Carlos Budassi pour Wikipedia.org.

# L'Univers (Hypothèse d'un espace fini)

**Remarque :** On ne sait pas si l'Univers est spatialement fini ou infini.

Dans l'hypothèse d'un Univers spatialement fini, et compte tenu des observations réalisées dans la sphère observable, on estime que sa taille est au minimum de 20 fois la taille de la sphère observable, soit 2 000 milliards d'al environ.

Dans ce cas, qu'y a-t-il au-delà ? Rien, pas même le vide ! Car, par définition, l'Univers contient tout ce qui existe. C'est pourquoi, dans l'illustration ci-dessous, tout ce qui est situé "à l'extérieur" de l'Univers, est marqué "non défini".



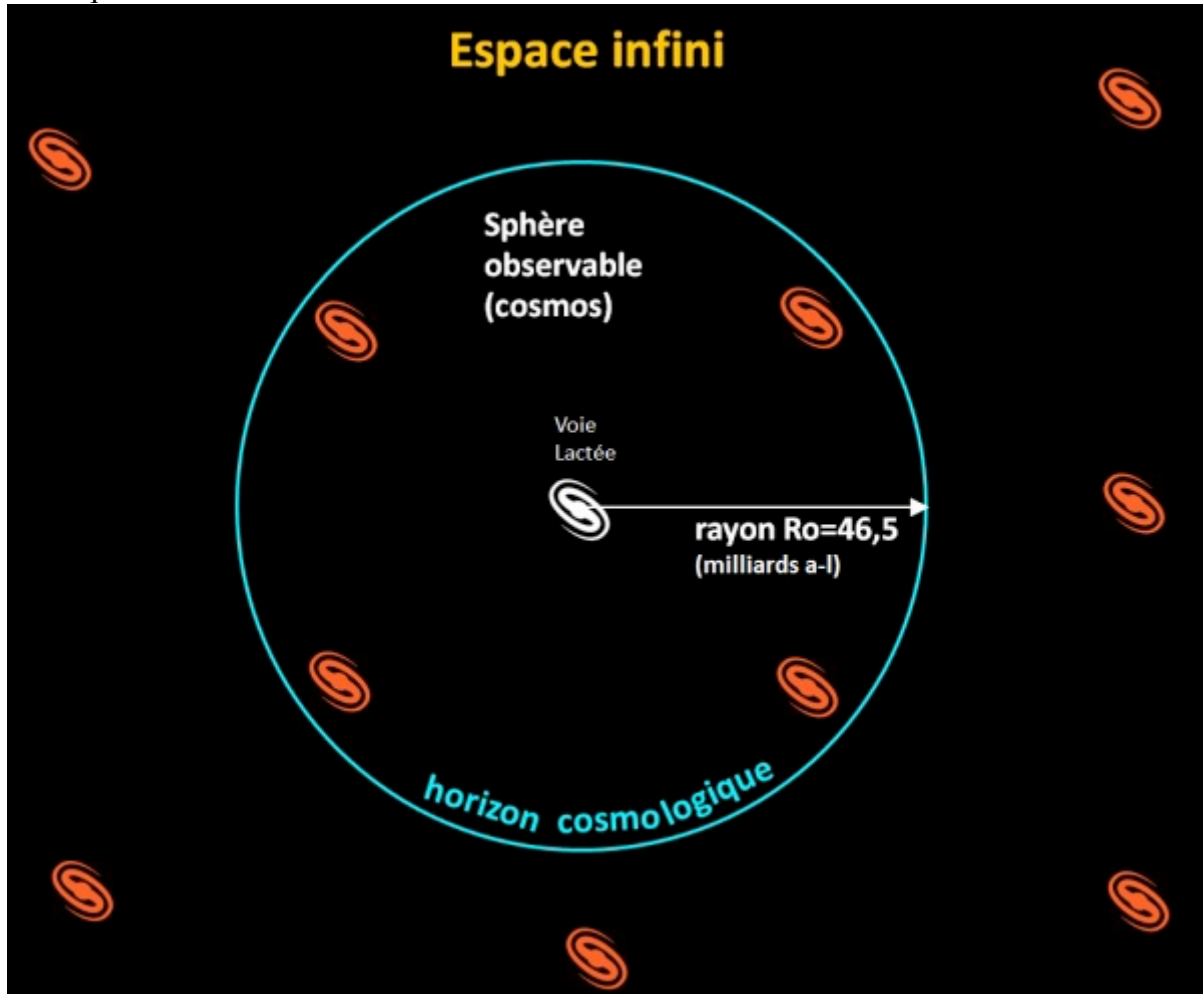
Représentation de la sphère observable dans l'hypothèse d'un Univers spatialement fini. Illustration: Jean-François Becquaert, dans *Le Sahara vient des étoiles bleues*, éditions Fayard.

# L'Univers (Hypothèse d'un espace infini)

Un Univers spatialement infini semble poser moins de difficulté de représentation qu'un Univers fini. Mais c'est un défi pour l'esprit: le cosmos que nous observons n'est plus qu'une portion négligeable de l'Univers !

L'infini ouvre la possibilité de troublantes duplications (un monde absolument identique au nôtre pourrait exister ailleurs !...).

Les astrophysiciens tentent de décrire l'Univers dans sa globalité, en faisant appel à des modèles théoriques.



Représentation de la sphère observable dans l'hypothèse d'un Univers spatialement infini. Illustration: Jean-François Becquaert, dans *Le Sahara vient des étoiles bleues*, éditions Fayard.

## Pour aller encore plus loin...

Lire le livre de Jean-François Becquaert, « *Le Sahara vient des étoiles bleues* », un ouvrage paru en juin 2015 aux éditions Fayard. Ce livre a inspiré une partie de cette présentation.

*Une partie du livre est consacrée à la description des grandes structures cosmiques, dans un style qui invite à l'émerveillement, avant d'explorer différents types d'Univers imaginables. Accrochez-vous, ce voyage vous emmènera notamment vers d'étonnants et vertigineux concepts d'Univers multiples !*

