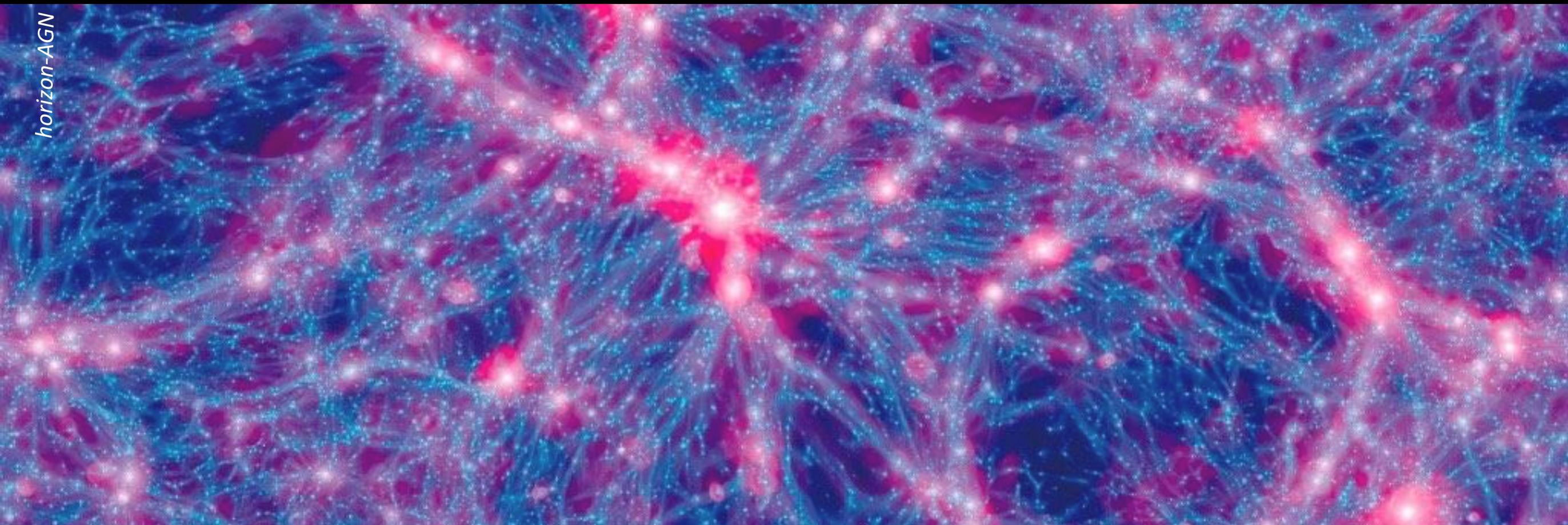


Les grandes structures de l'Univers

ou comment se tisse la toile cosmique ?



Sandrine Codis
- Institut d'Astrophysique de Paris -

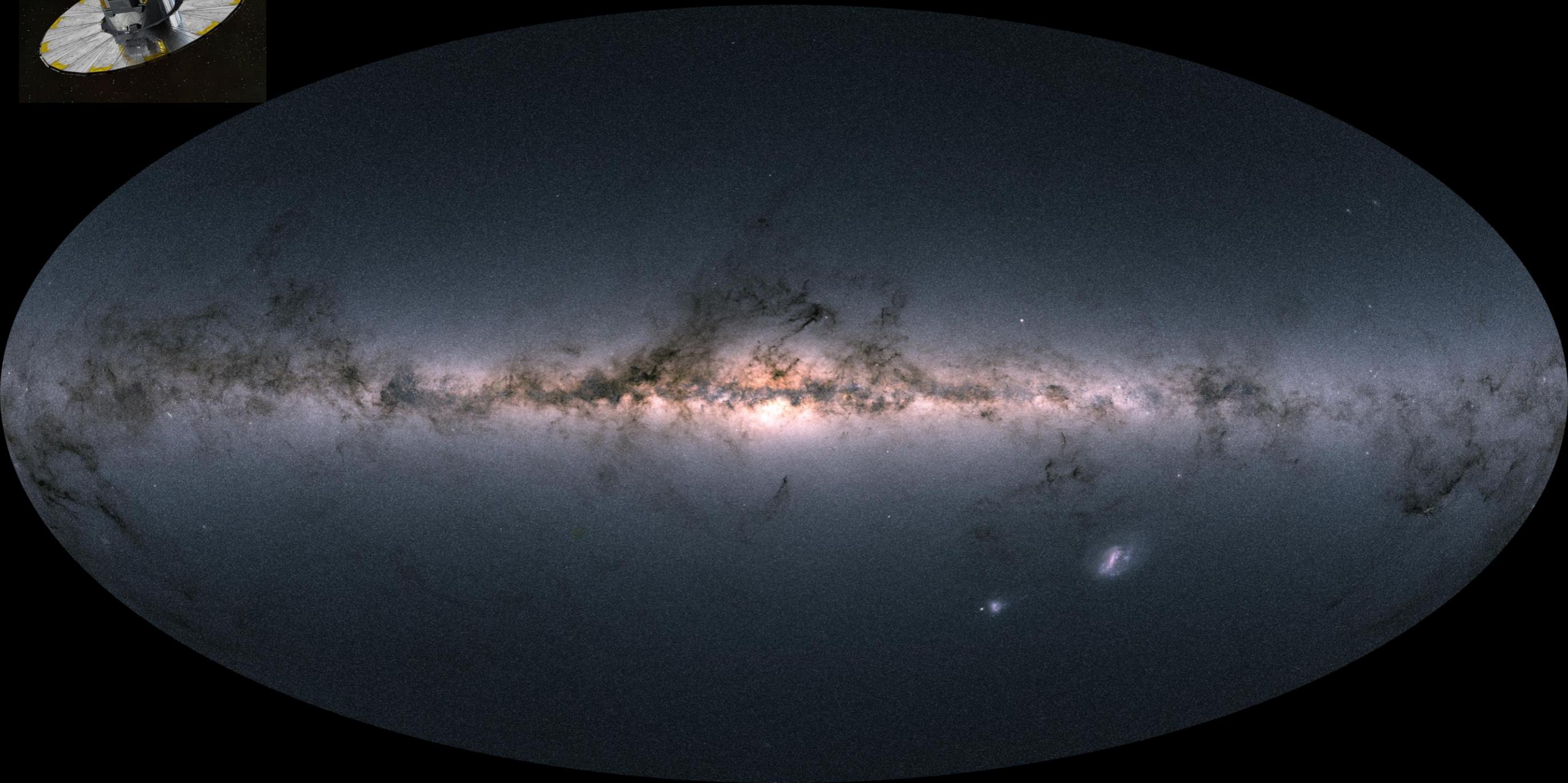
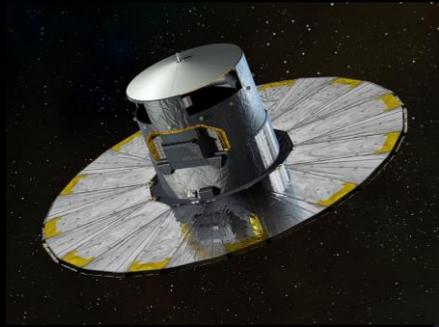


horizon-AGN



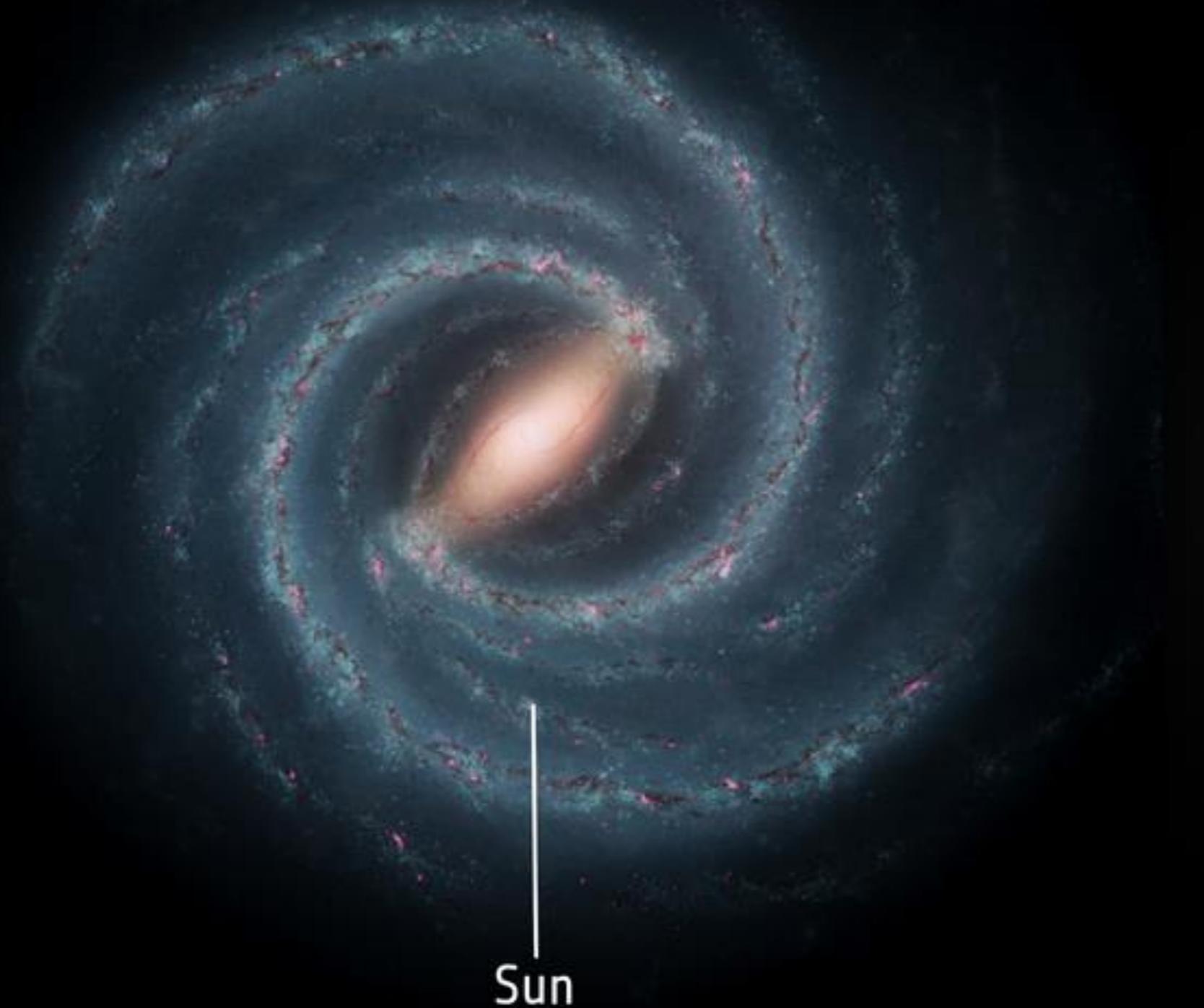
(c) Guillaume Cannat, Lac des Pises. autourduciel.blog.lemonde.fr
Son: Marc Namblard www.promeneursecoutant.fr/

La Voie Lactée vue par Gaia



Notre galaxie, la Voie Lactée

100 000 années lumière de diamètre



Andromède notre plus proche voisine

400 milliards d'étoiles, située à 2.5 millions d'années lumière de nous



Groupes, amas, superamas de galaxies

Quintette de Stephan



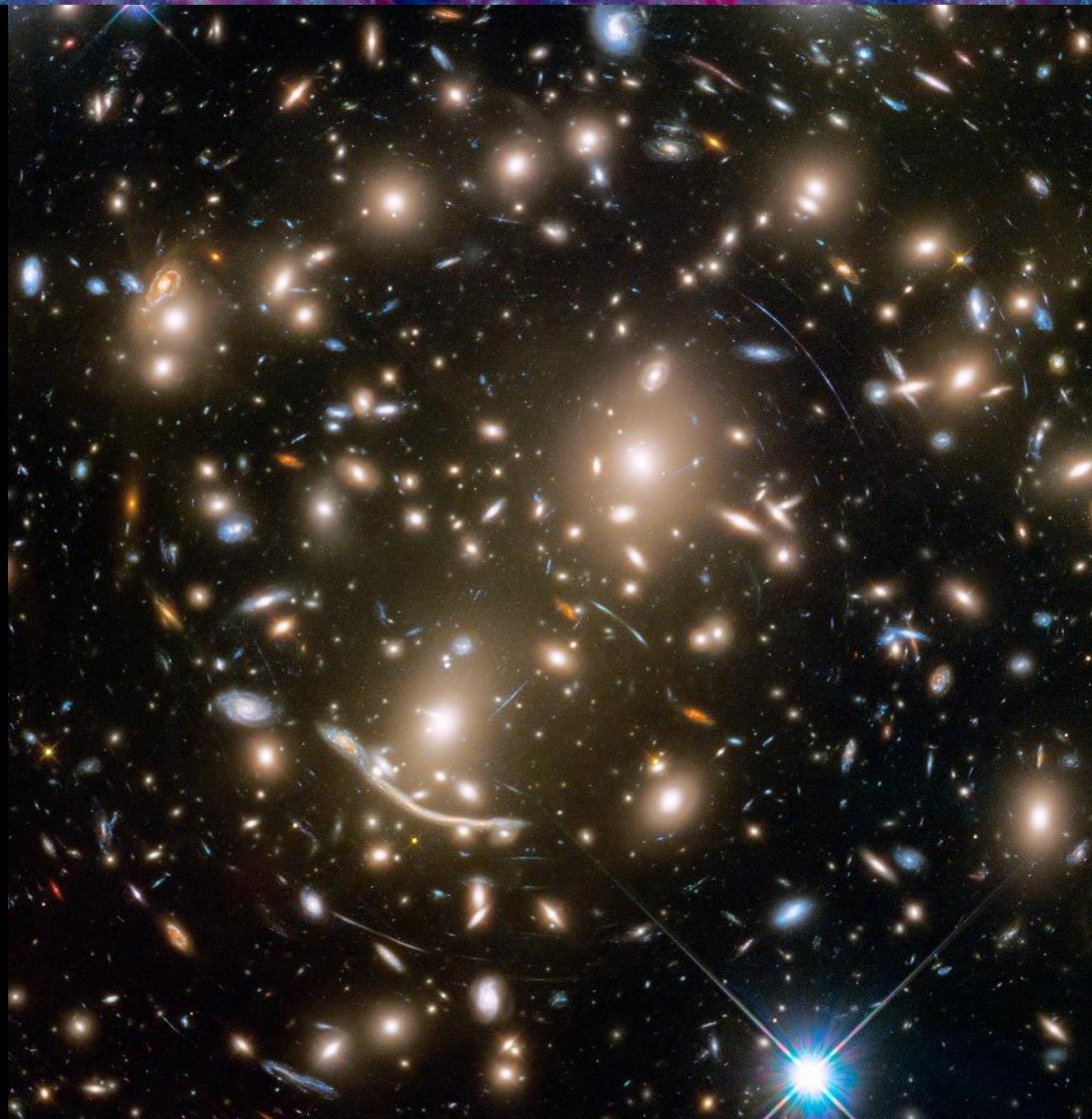
Groupes, amas, superamas de galaxies

Abell 2218



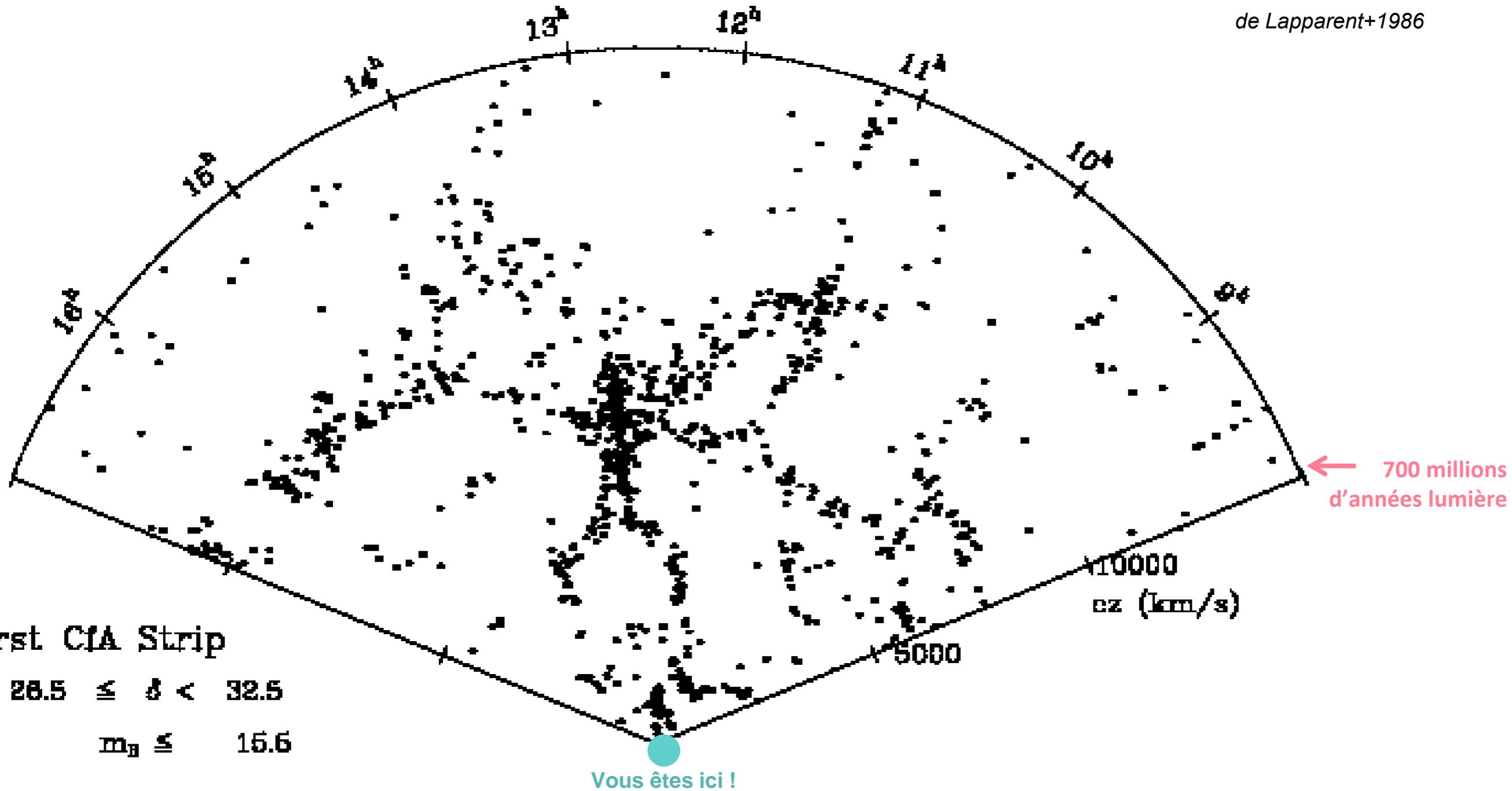
Groupes, amas, superamas de galaxies

Abell 370



Distribution des galaxies

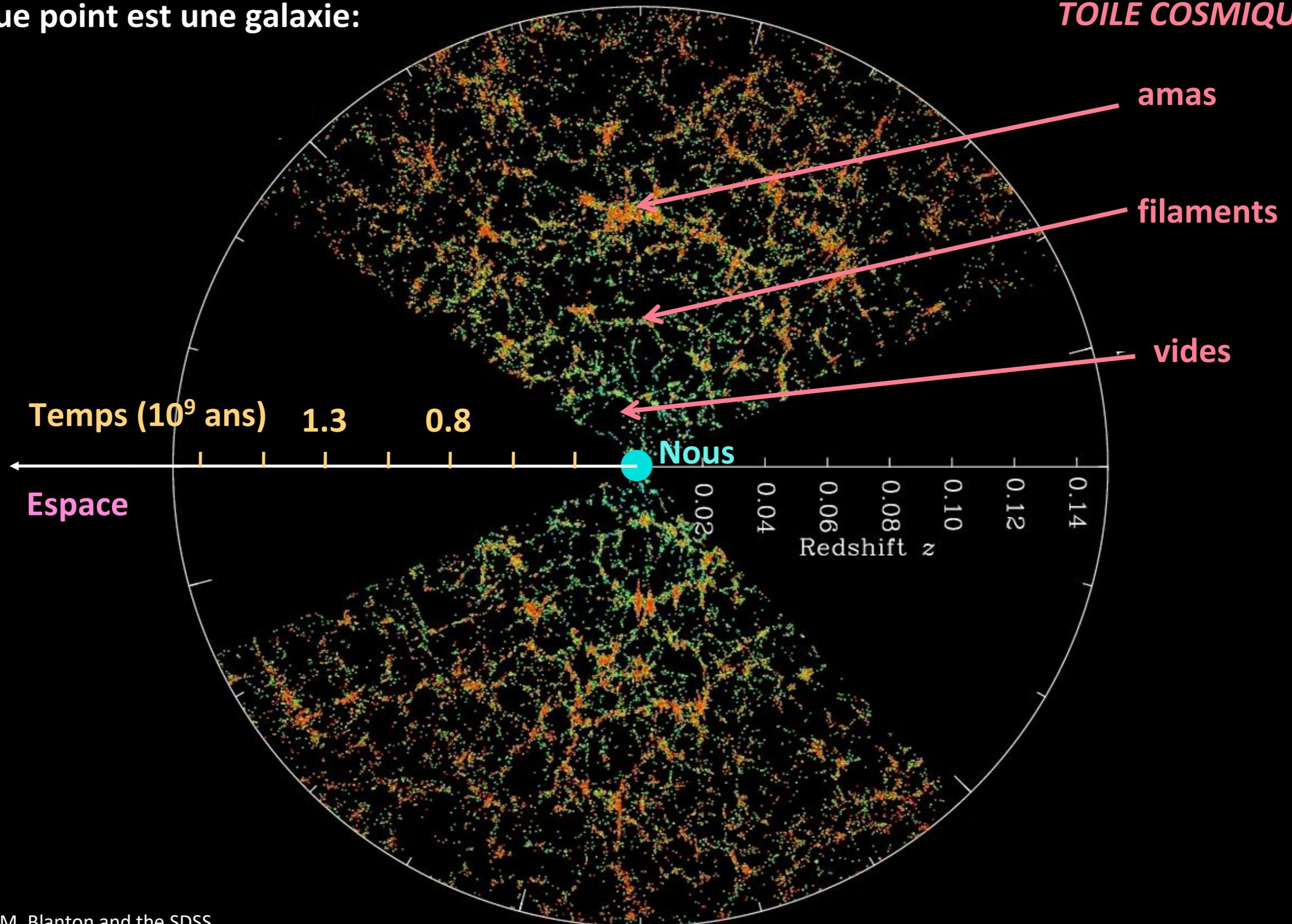
de Lapparent+1986

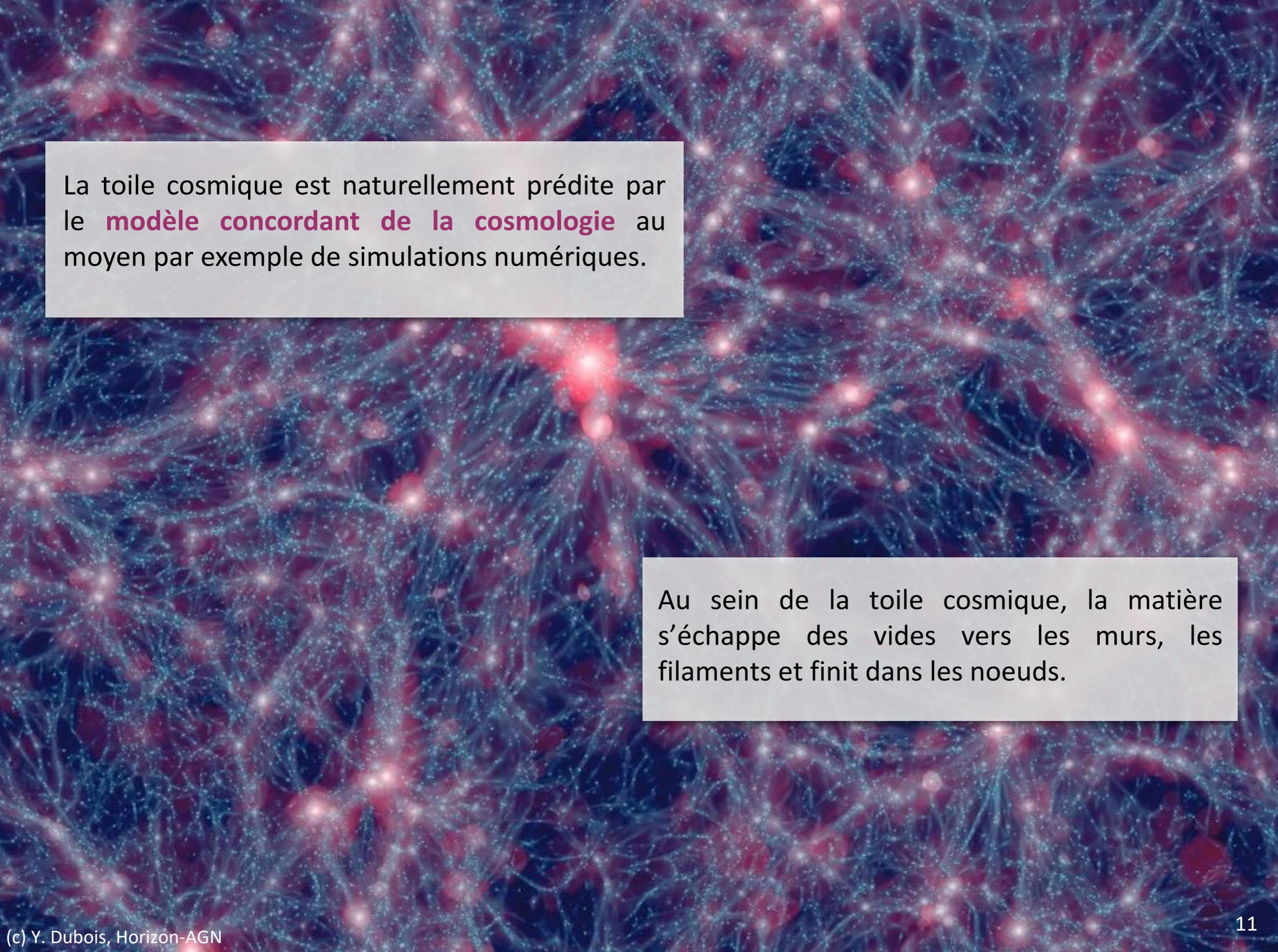


Distribution des galaxies

Chaque point est une galaxie:

TOILE COSMIQUE :



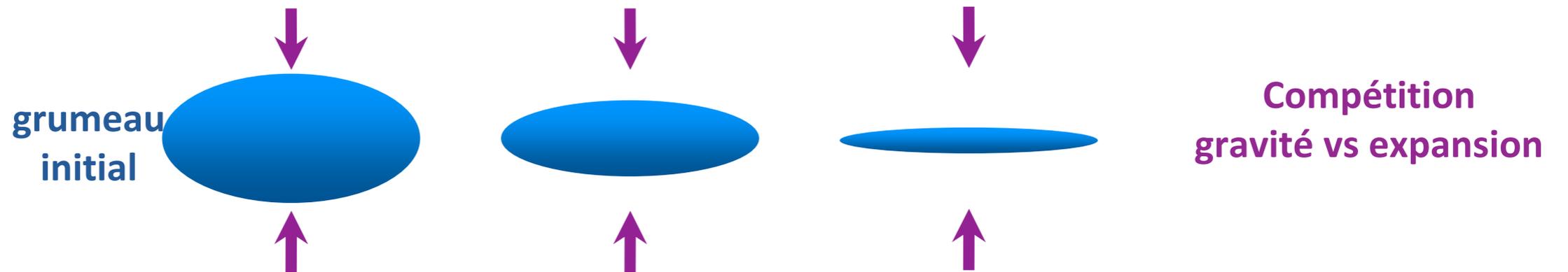
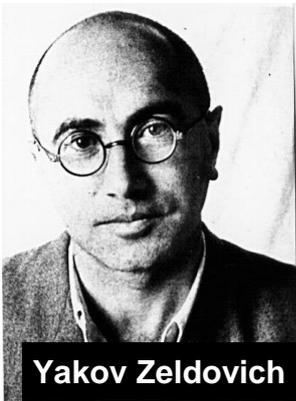


La toile cosmique est naturellement prédite par le **modèle concordant de la cosmologie** au moyen par exemple de simulations numériques.

Au sein de la toile cosmique, la matière s'échappe des vides vers les murs, les filaments et finit dans les noeuds.

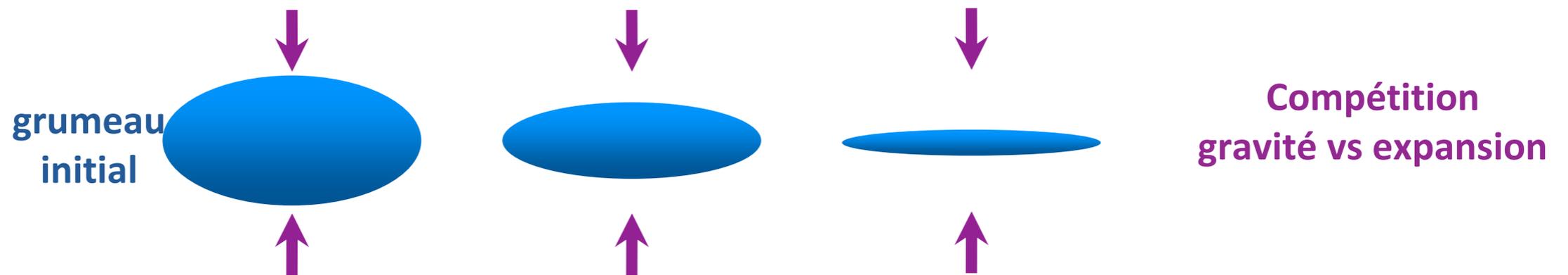
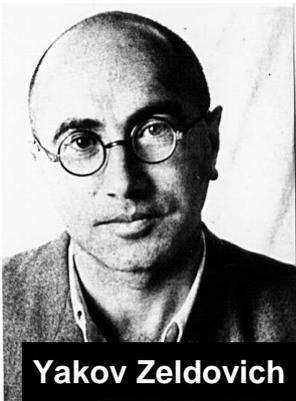
Modèles théoriques

-L'effondrement gravitationnel produit naturellement des objets aplatis, allongés comme les murs et les filaments: les **pancakes de Zeldovich** (70's)

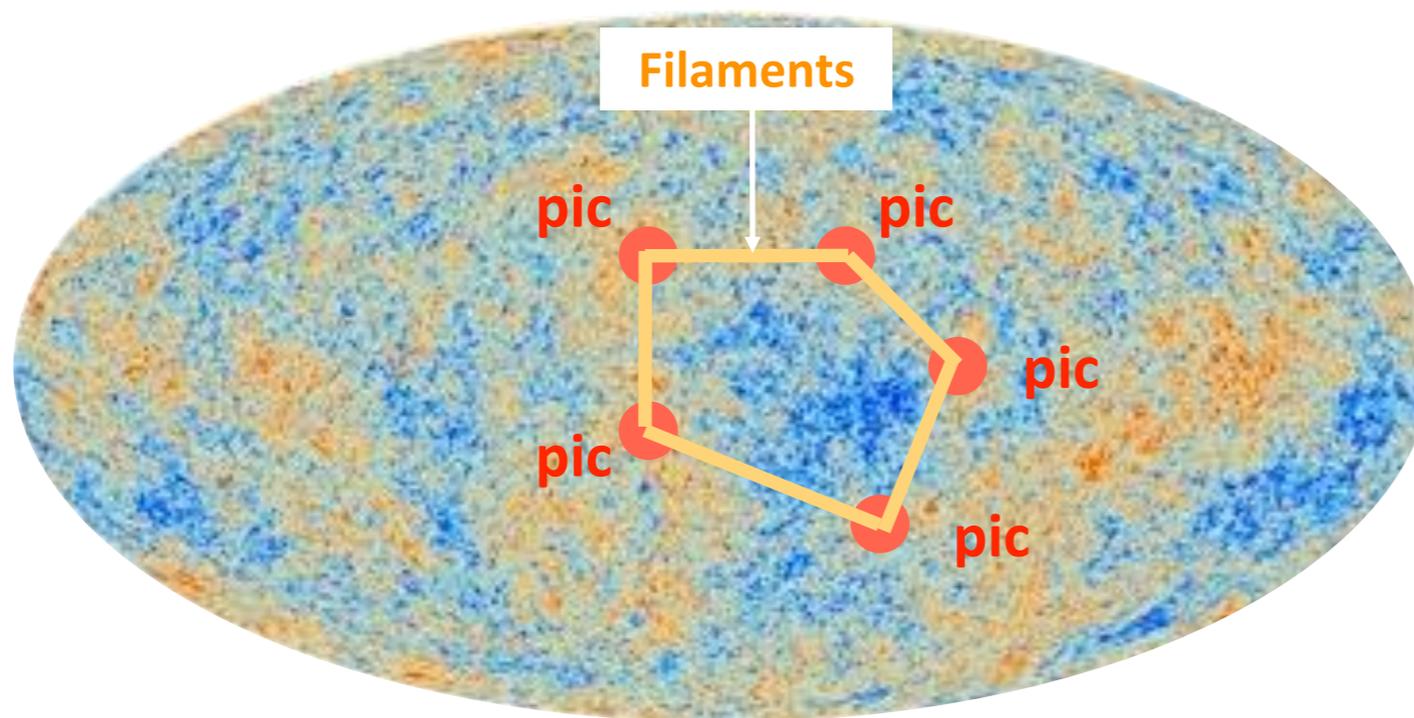


Modèles théoriques

-L'effondrement gravitationnel produit naturellement des objets aplatis, allongés comme les murs et les filaments: les **pancakes de Zeldovich** (70's)



-1996: J.R. Bond, L. Kofman et D. Pogosyan comprennent l'origine de la toile cosmique dans sa globalité

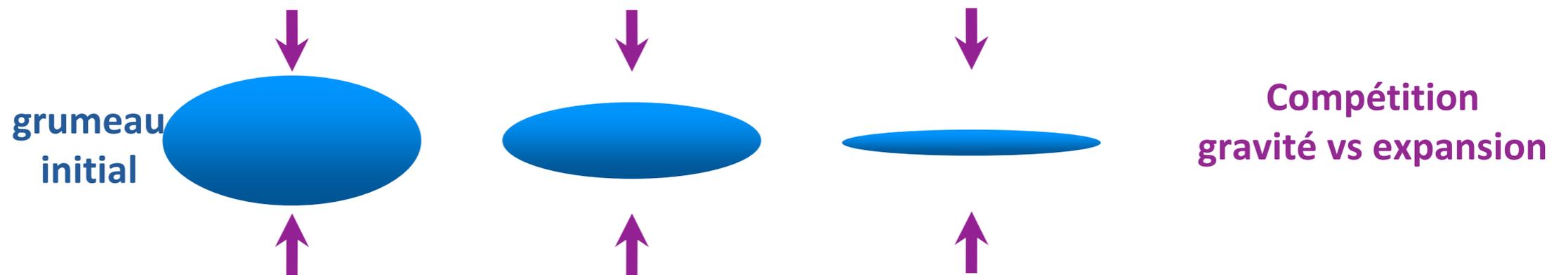
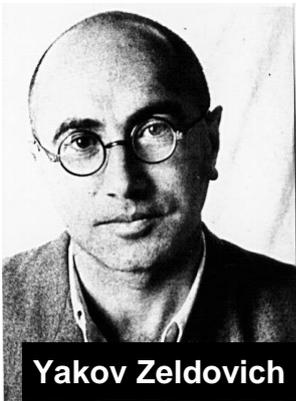


Les pics de densité dans l'Univers primordial vont croître pour former les noeuds de la toile cosmique (amas).

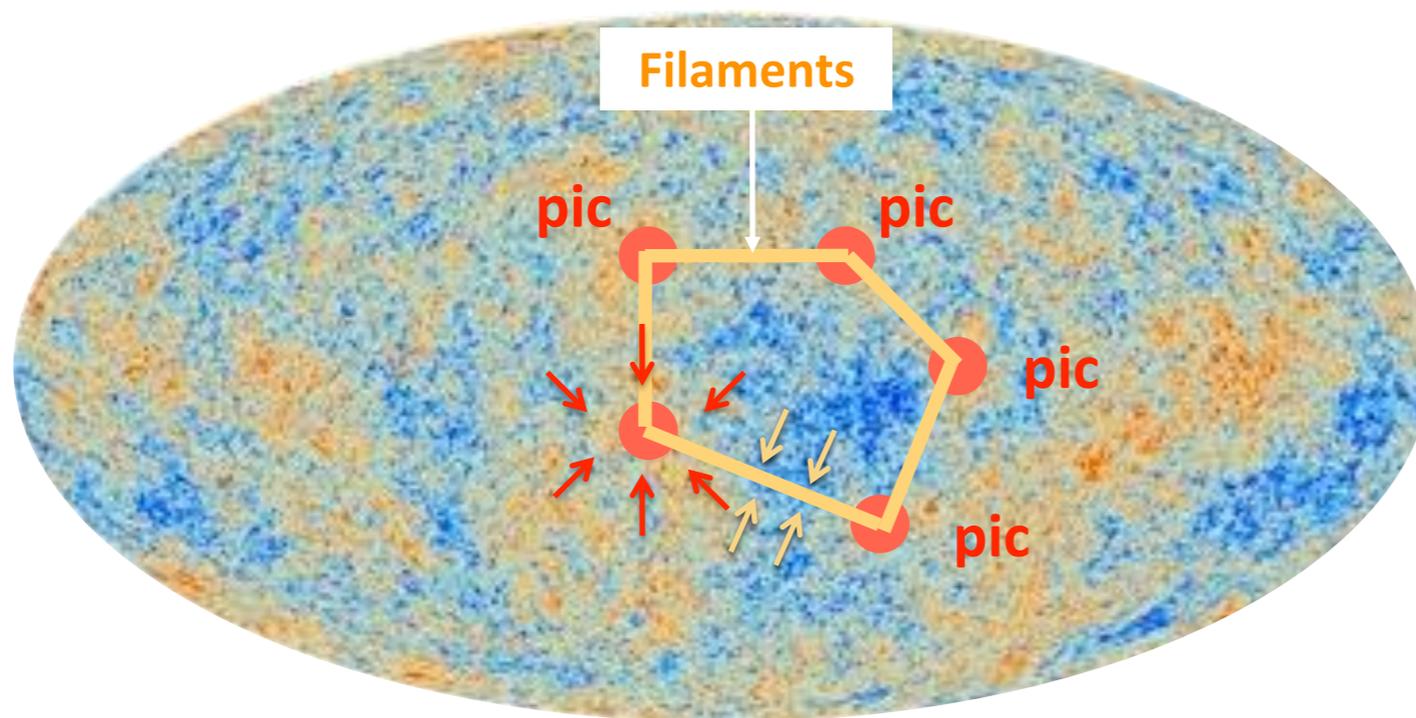
Entre les pics, des ponts se forment, ce sont les filaments.

Modèles théoriques

-L'effondrement gravitationnel produit naturellement des objets aplatis, allongés comme les murs et les filaments: les **pancakes de Zeldovich** (70's)



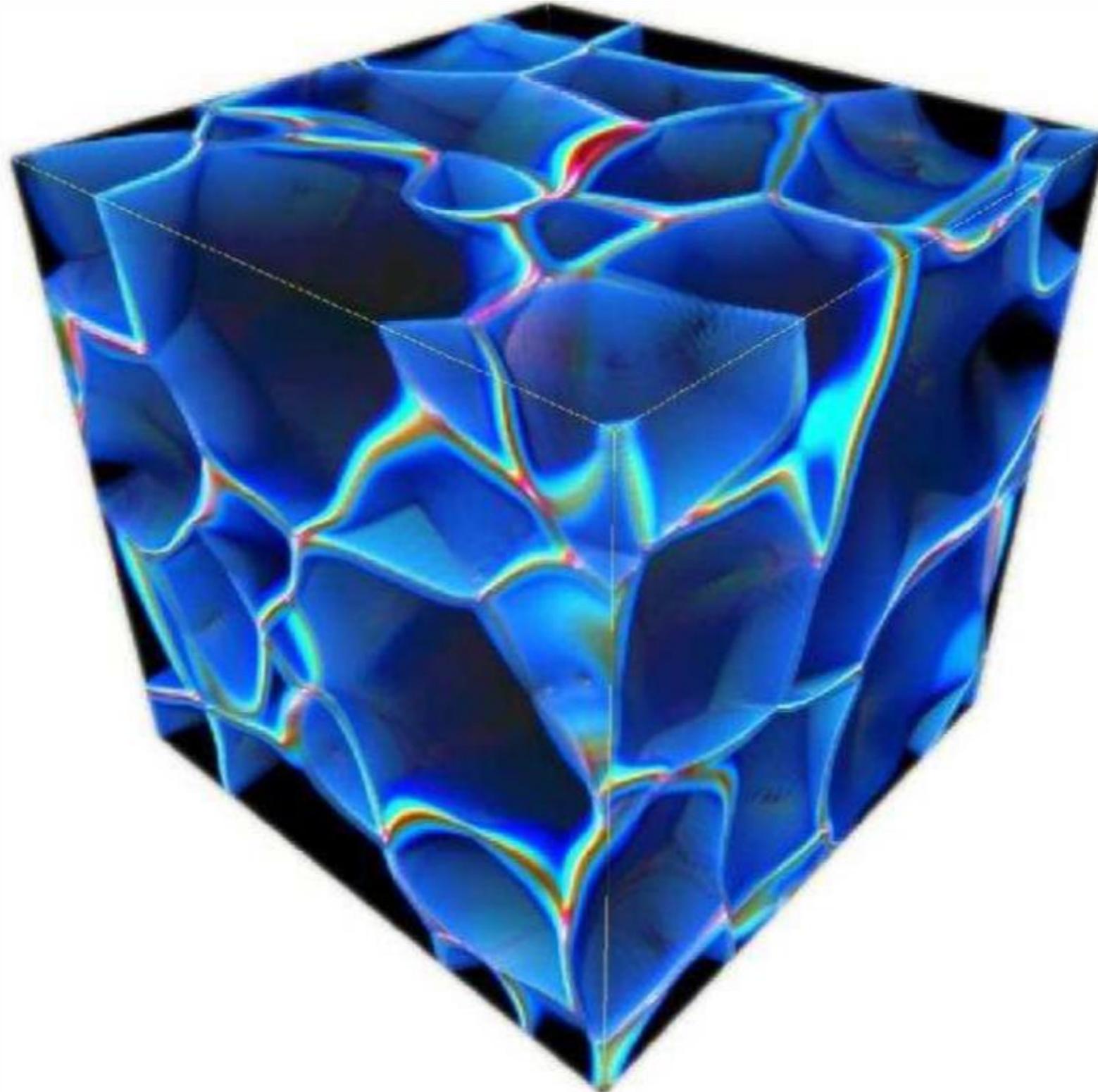
-1996: J.R. Bond, L. Kofman et D. Pogosyan comprennent l'origine de la toile cosmique dans sa globalité



Les pics de densité dans l'Univers primordial vont croître pour former les noeuds de la toile cosmique (amas).

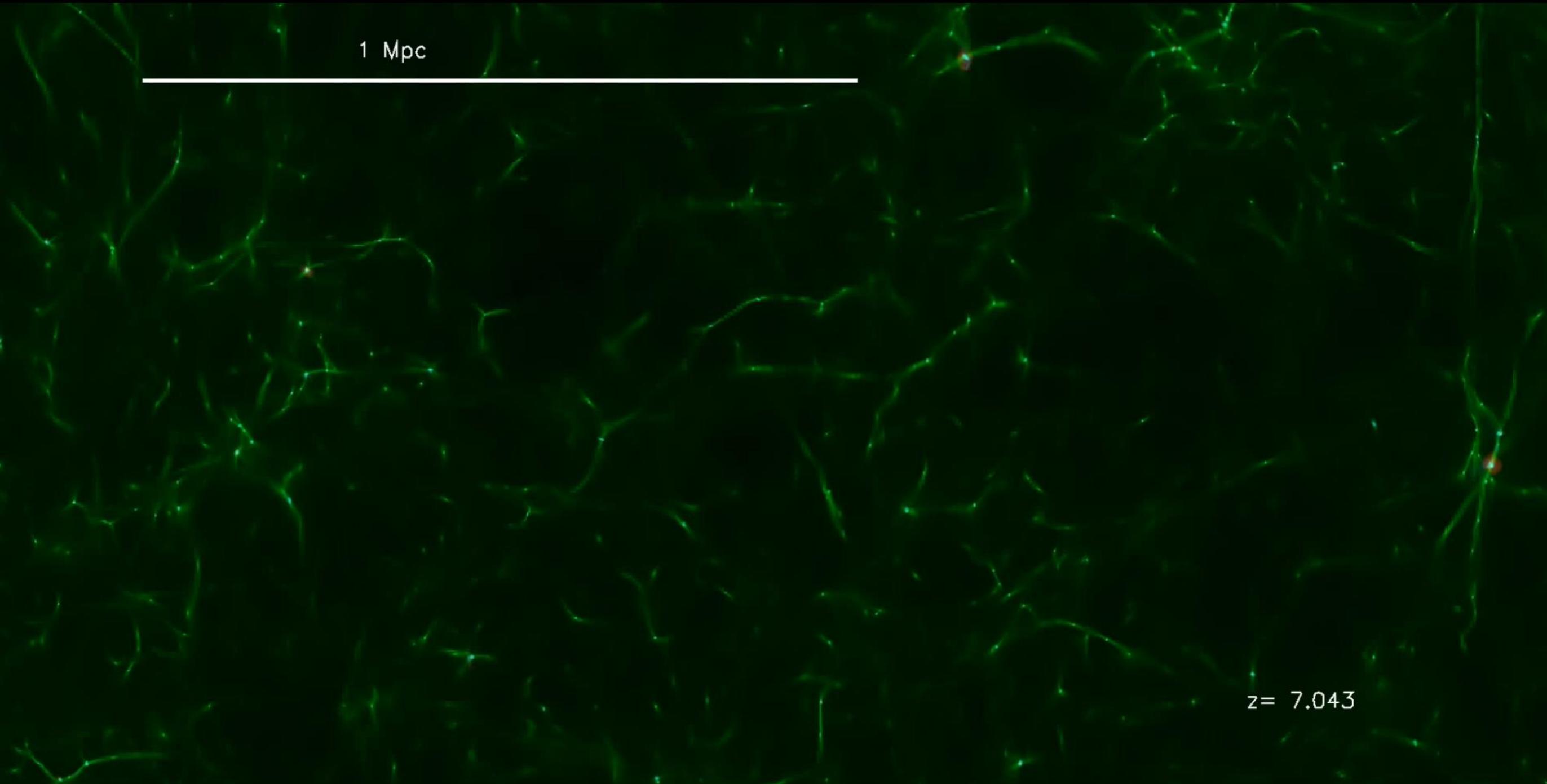
Entre les pics, des ponts se forment, ce sont les filaments.

Le squelette cosmique

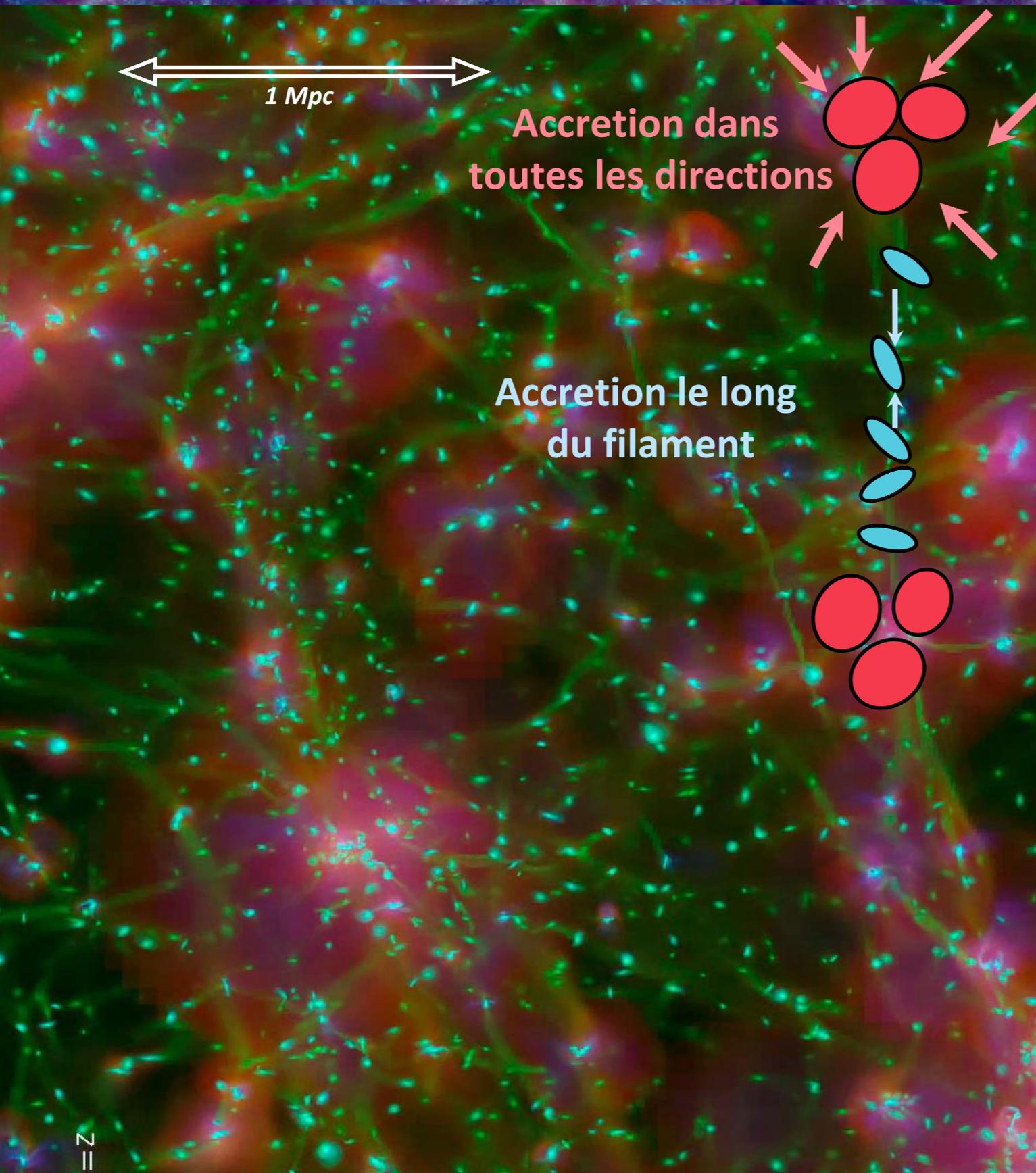


Quelles sont les propriétés de ce squelette? Longueur des filaments? connectivité? ...

Les galaxies se forment au sein de la toile cosmique



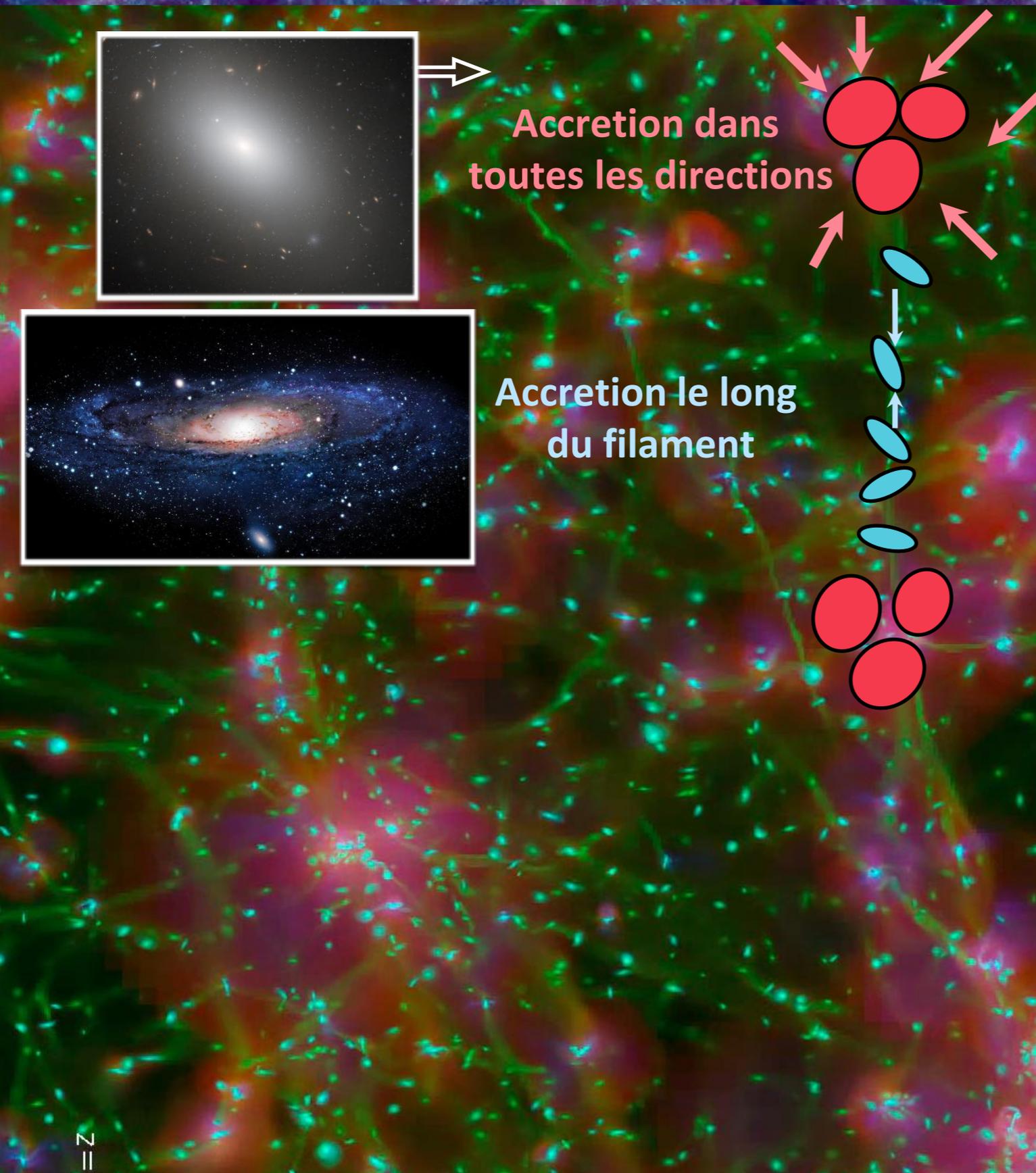
Les galaxies se forment au sein de la toile cosmique



L'environnement a un impact sur les propriétés des galaxies car il influence en particulier l'accrétion de matière.

Aux noeuds de la toile cosmique, on retrouve les galaxies:
-les plus massives

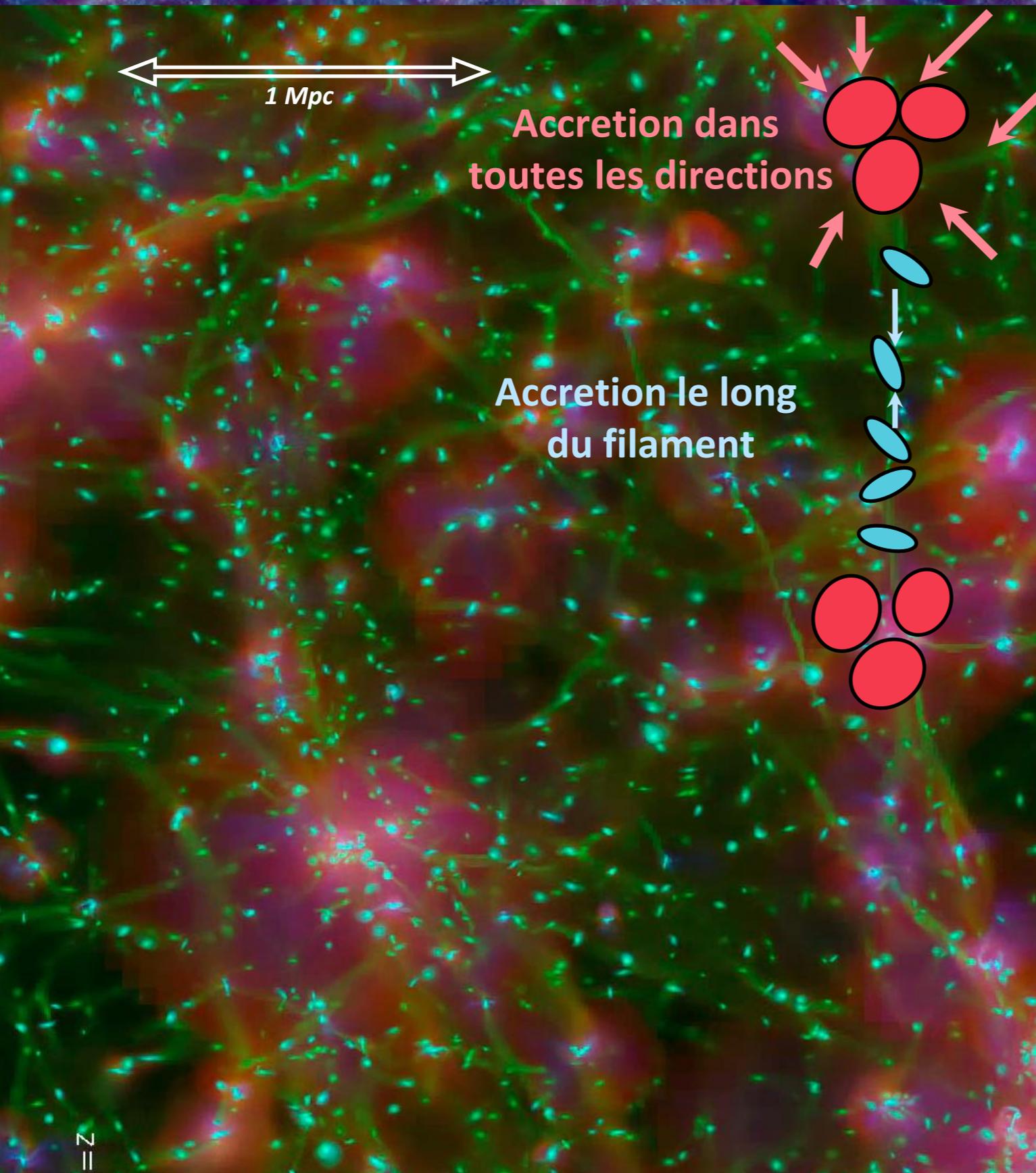
Les galaxies se forment au sein de la toile cosmique



L'environnement a un impact sur les propriétés des galaxies car il influence en particulier l'accrétion de matière.

Aux noeuds de la toile cosmique, on retrouve les galaxies:
-les plus massives
-plutôt des elliptiques

Les galaxies se forment au sein de la toile cosmique

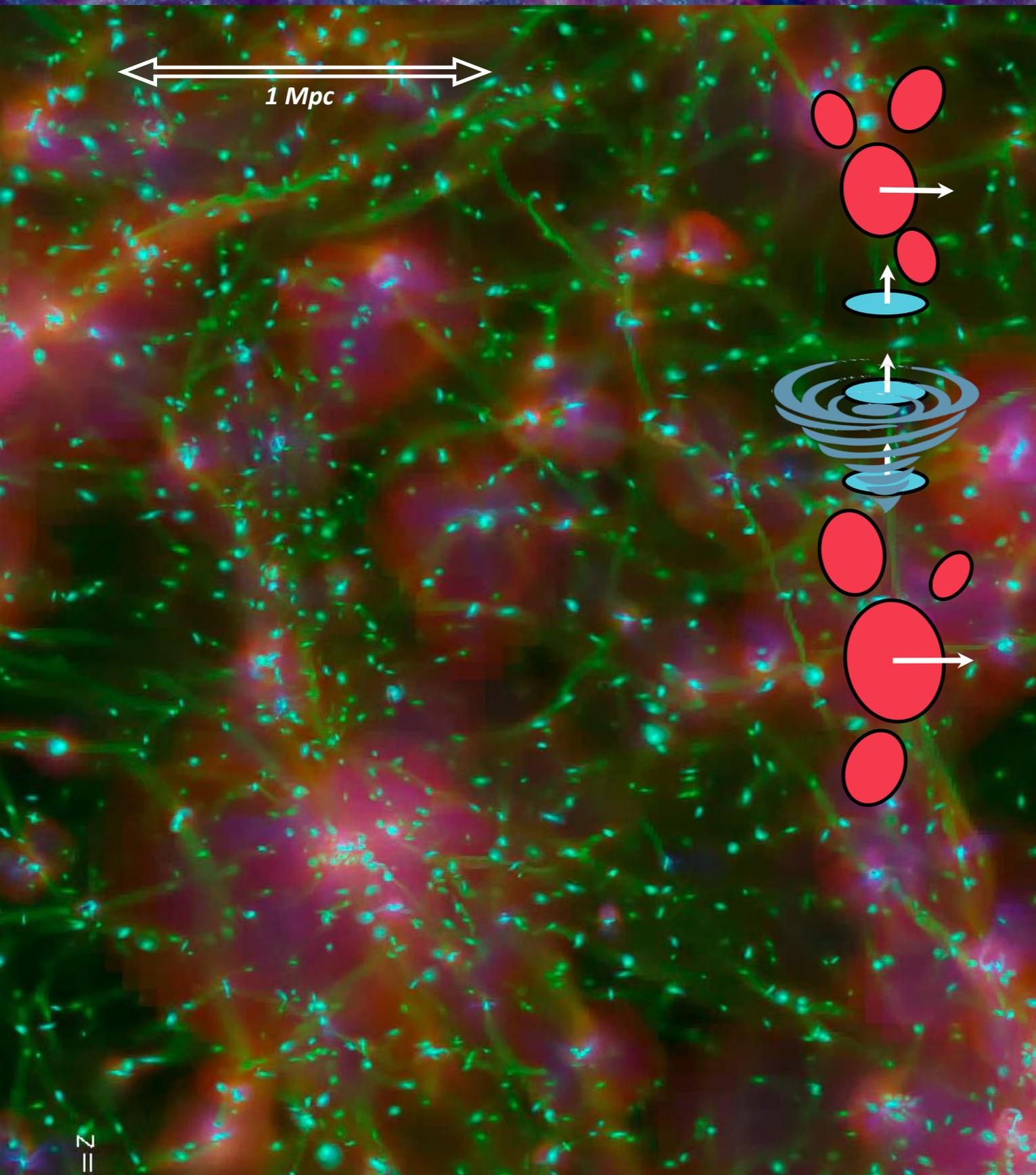


L'environnement a un impact sur les propriétés des galaxies car il influence en particulier l'accrétion de matière.

Aux noeuds de la toile cosmique, on retrouve les galaxies:

- les plus massives
- plutôt des elliptiques
- qui sont passives (ne forment plus d'étoiles)

Les galaxies se forment au sein de la toile cosmique

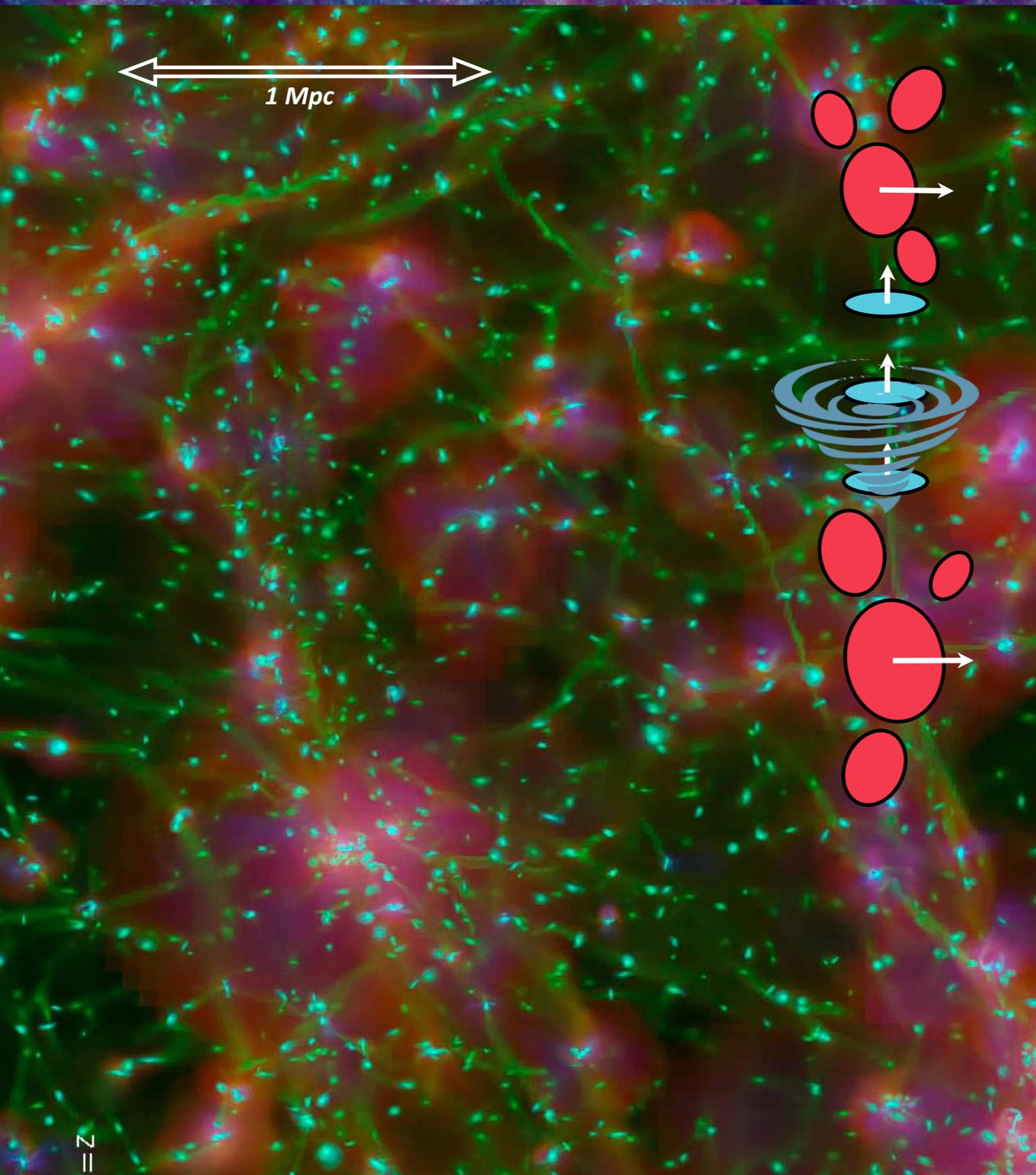


L'environnement a un impact sur les propriétés des galaxies car il influence en particulier l'accrétion de matière.

Aux noeuds de la toile cosmique, on retrouve les galaxies:
-les plus massives
-plutôt des elliptiques
-qui sont passives (ne forment plus d'étoiles)

L'axe de rotation des galaxies spirales a tendance à s'aligner avec les filaments.

Les galaxies se forment au sein de la toile cosmique



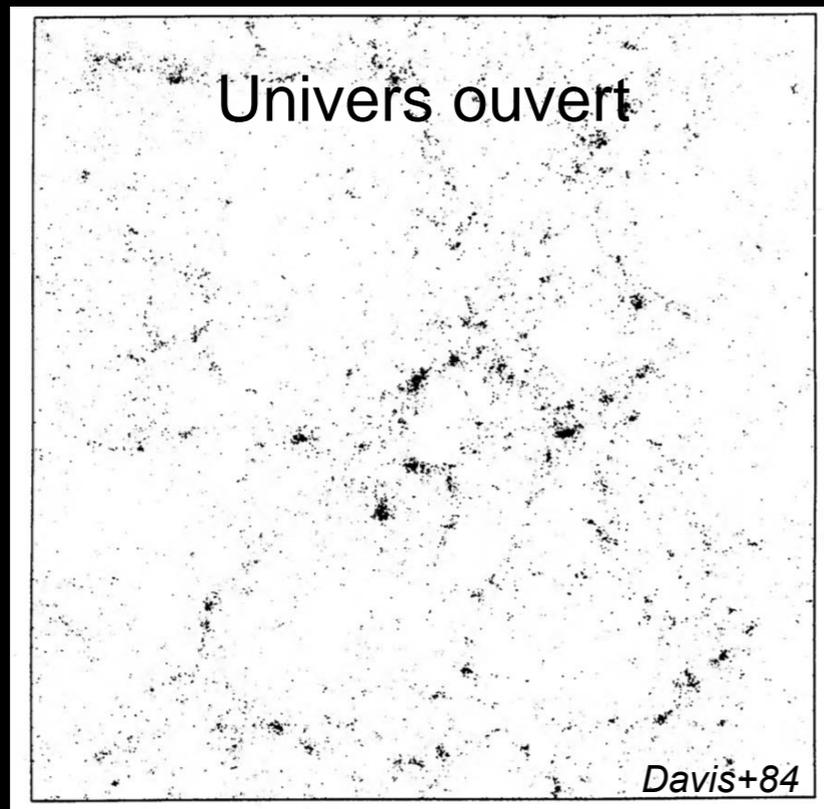
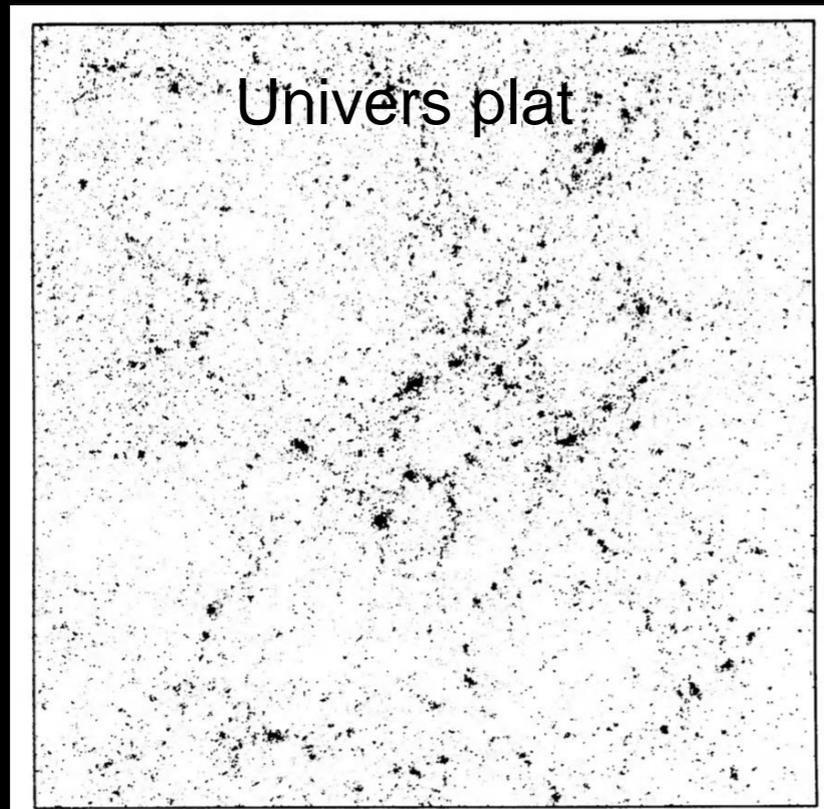
L'environnement a un impact sur les propriétés des galaxies car il influence en particulier l'accrétion de matière.

Aux noeuds de la toile cosmique, on retrouve les galaxies:
-les plus massives
-plutôt des elliptiques
-qui sont passives (ne forment plus d'étoiles)

L'axe de rotation des galaxies spirales a tendance à s'aligner avec les filaments.

Les galaxies elliptiques s'étirent le long des filaments.

La toile cosmique comme sonde cosmologique



La croissance de la toile cosmique est sensible :

- à des modifications de la gravitation
- aux propriétés de l'énergie sombre
- à la nature de la matière noire

...

On construit donc des instruments toujours plus puissants pour la cartographier finement et en apprendre ainsi davantage sur l'Univers.

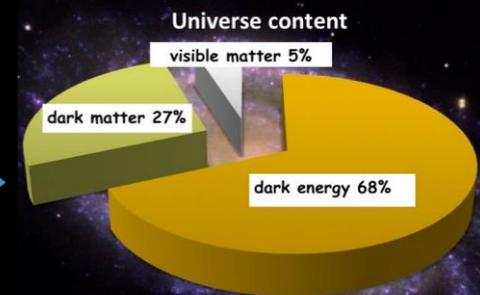
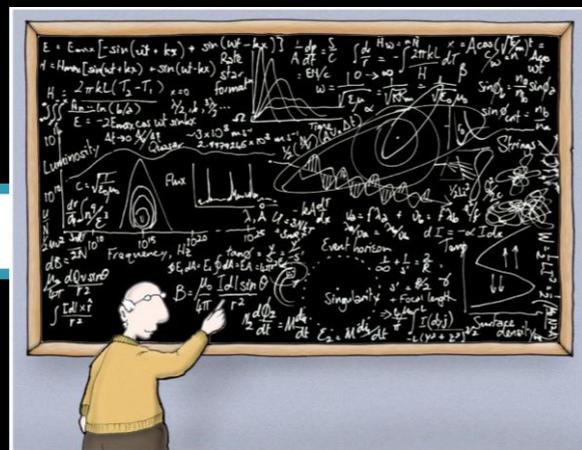
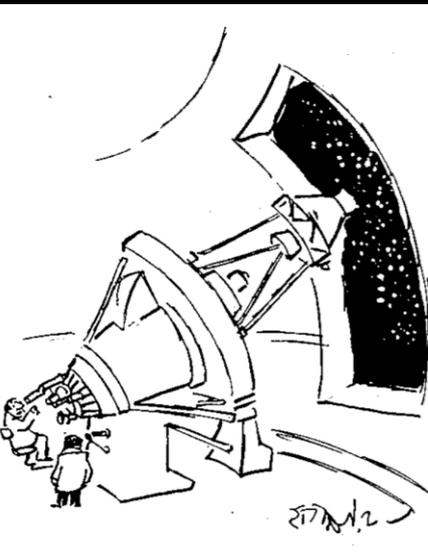
La toile cosmique comme sonde cosmologique



La croissance de la toile cosmique est sensible :

- à des modifications de la gravitation
- aux propriétés de l'énergie sombre
- à la nature de la matière noire
- ...

On construit donc des instruments toujours plus puissants pour la cartographier finement et en apprendre ainsi davantage sur l'Univers.

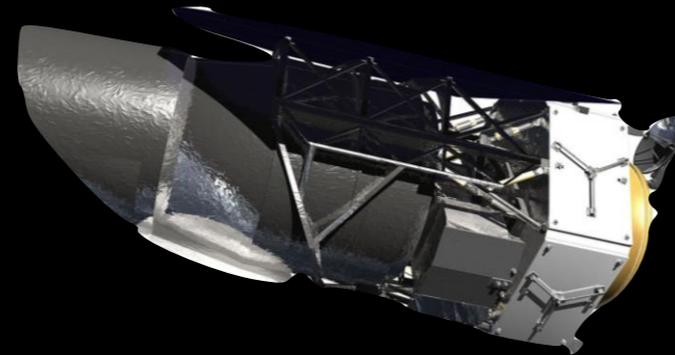


La toile cosmique comme sonde cosmologique

Euclid (ESA)
lancement 2022



WFIRST (NASA)
lancement ~2025



Observatoire LSST (US)
1ère lumière fin 2020



La croissance de la toile cosmique est sensible :

- à des modifications de la gravitation
- aux propriétés de l'énergie sombre
- à la nature de la matière noire

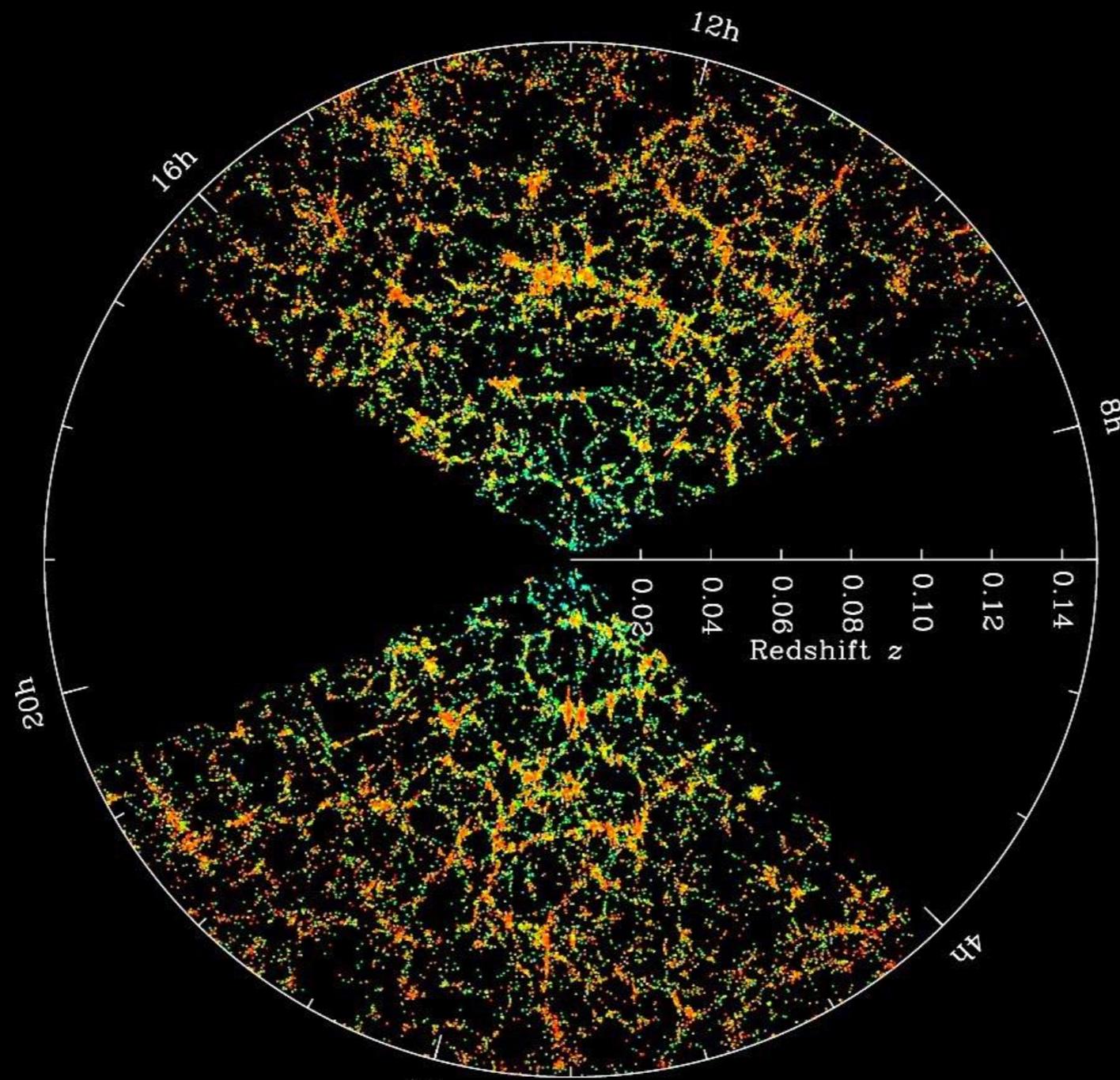
...

On construit donc des instruments toujours plus puissants pour la cartographier finement et en apprendre ainsi davantage sur l'Univers.

La toile cosmique comme sonde cosmologique

Deux sondes principales seront utilisées:

- 1) une cartographie tridimensionnelle de la toile cosmique en mesurant la **position des galaxies** (2 coordonnées sur le ciel + le décalage vers le rouge obtenu par spectroscopie)



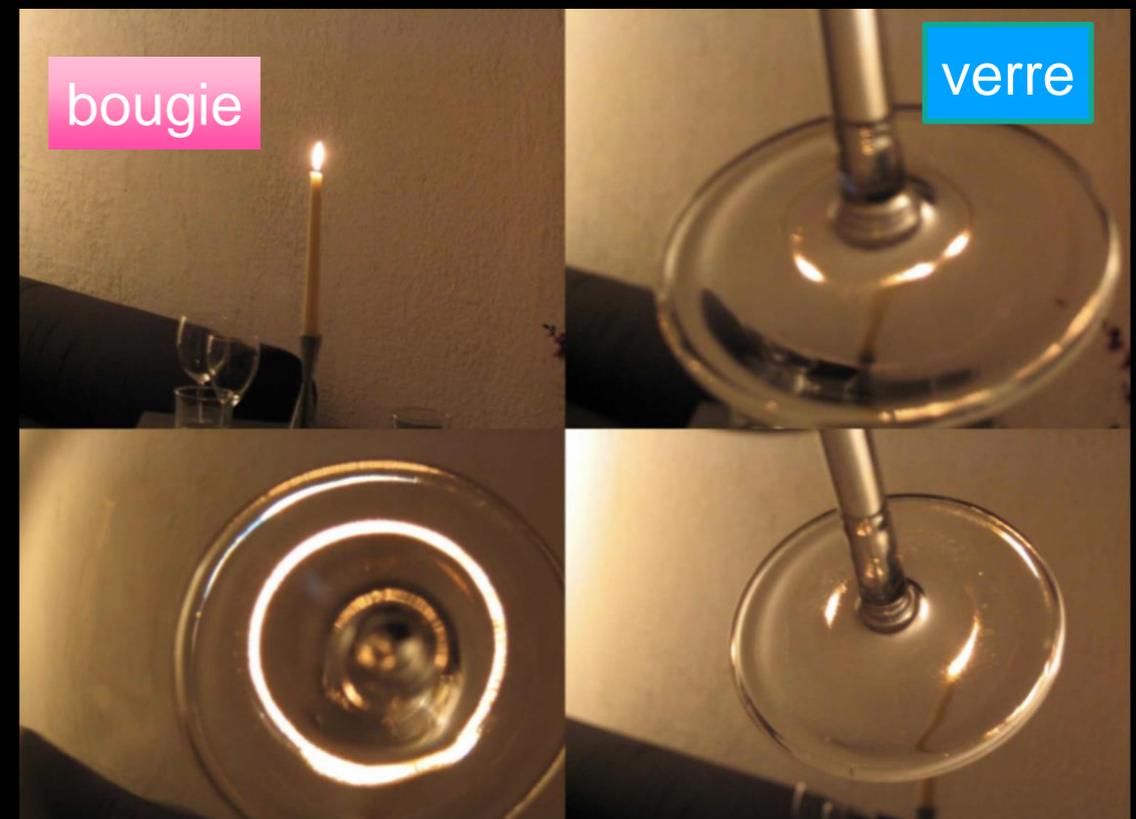
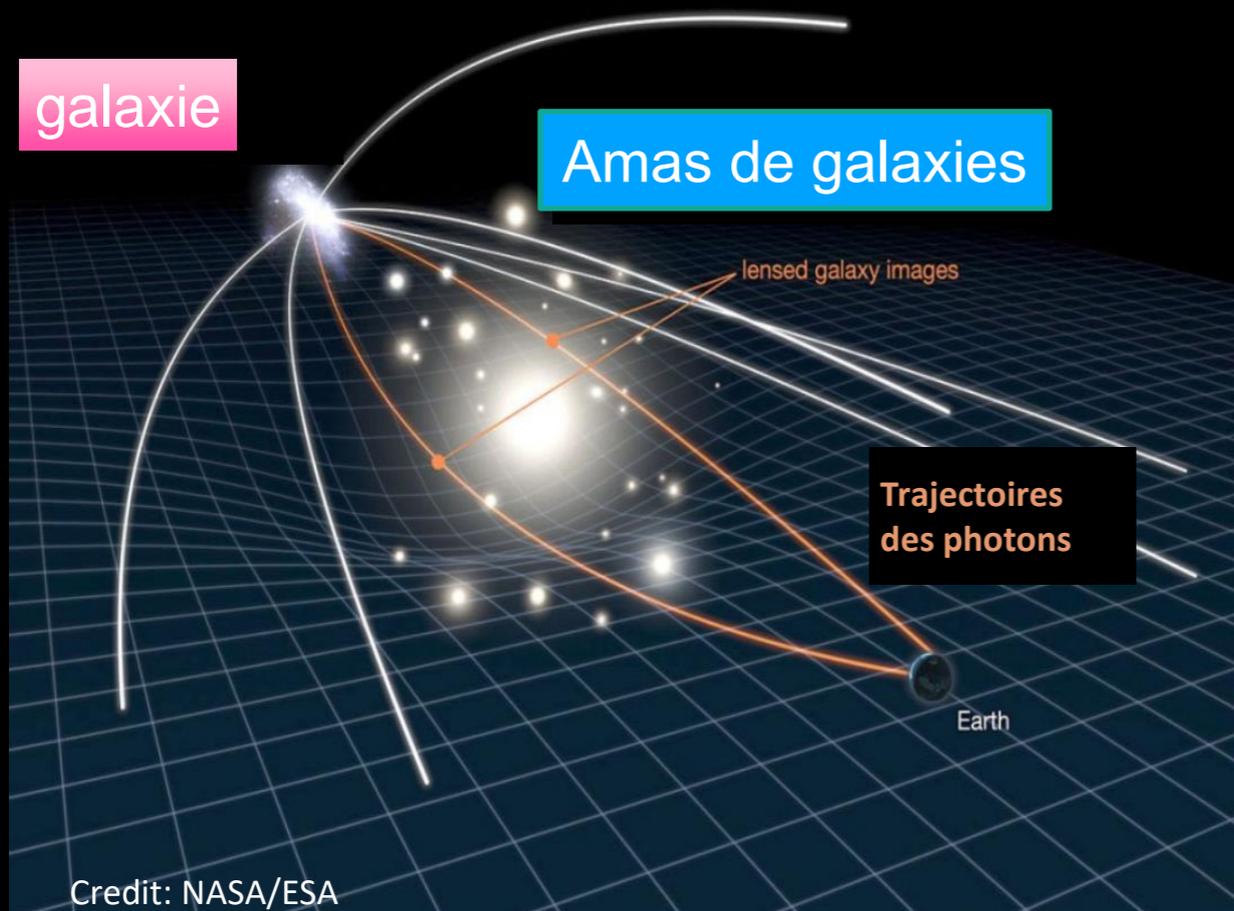
La toile cosmique comme sonde cosmologique

Deux sondes principales seront utilisées:

- 1) une cartographie tridimensionnelle de la toile cosmique en mesurant la **position des galaxies** (2 coordonnées sur le ciel + le décalage vers le rouge obtenu par spectroscopie)
- 2) l'optique gravitationnelle (l'Univers est une loupe!), en mesurant les **formes des galaxies** (imagerie)

effet de lentille gravitationnelle

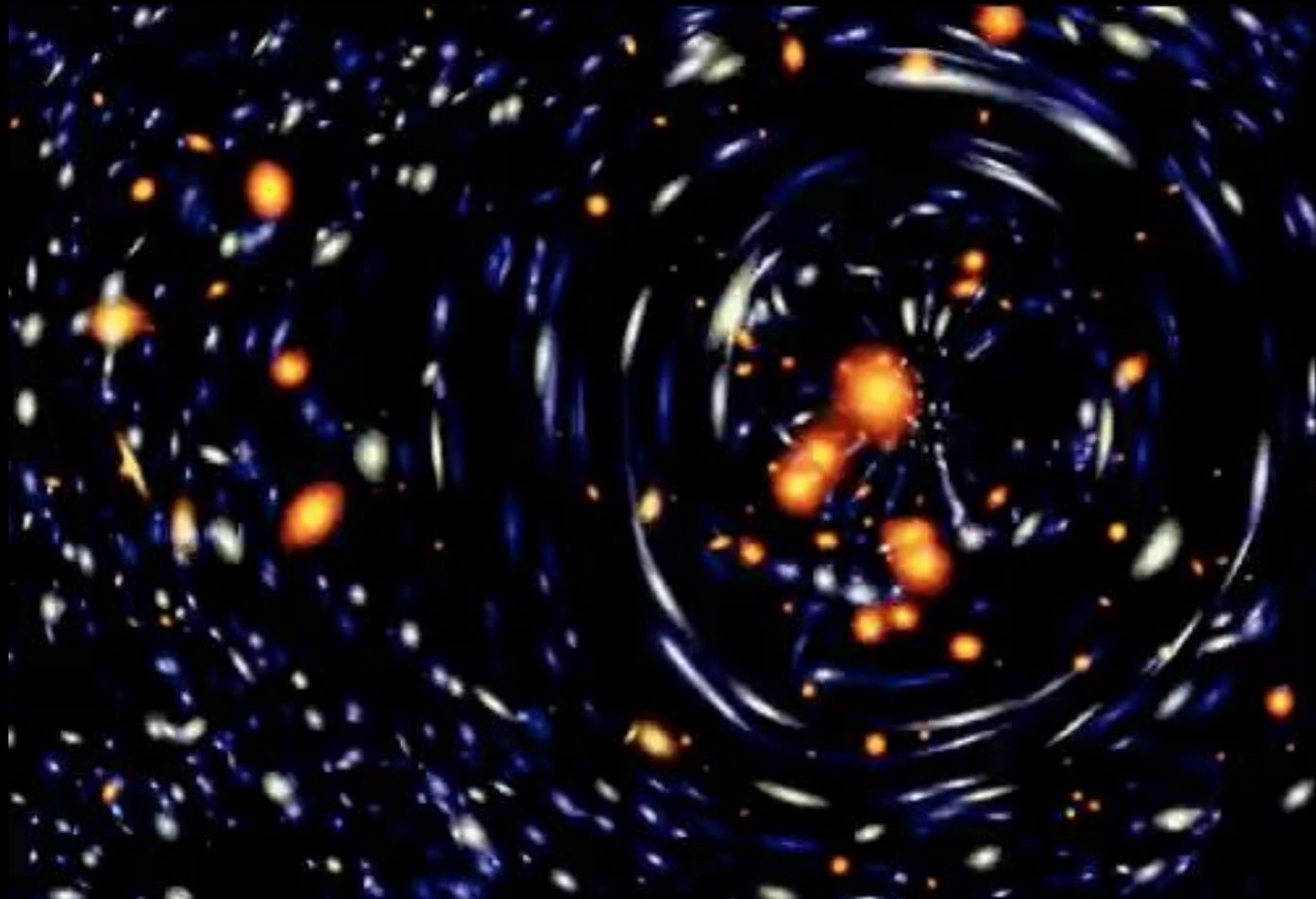
effet de lentille optique



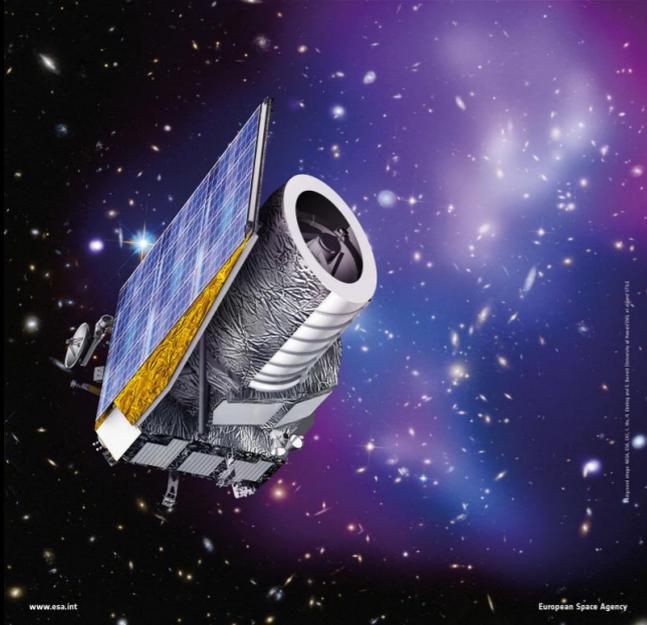
La toile cosmique comme sonde cosmologique

Deux sondes principales seront utilisées:

- 1) une cartographie tridimensionnelle de la toile cosmique en mesurant la **position des galaxies** (2 coordonnées sur le ciel + le décalage vers le rouge obtenu par spectroscopie)
- 2) l'optique gravitationnelle (l'Univers est une loupe!), en mesurant les **formes des galaxies** (imagerie)



Euclid, une mission spatiale européenne en quête de la matière noire et l'énergie sombre



15 pays, 1500 personnes (responsable scientifique à l'IAP);
Lancement prévu: 2022 depuis Kourou;
6 ans de mission autour du point L2.

Une couverture du ciel de 15000 deg² (1/3);
Qq milliards de galaxies sur les 10 derniers milliards d'années.

2 instruments:

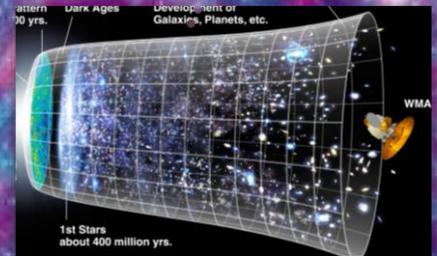
- ▶ un photomètre visible le VIS (600 millions de pixels);
- ▶ un spectro-photomètre infrarouge, le NISP (avec 60 millions de pixels, la plus grande caméra infrarouge jamais lancée dans l'espace).

Des milliers de calculateurs pour traiter 170 Po de données.



Conclusion

- ▶ Les galaxies sont distribuées le long de la toile cosmique.
- ▶ Cette toile cosmique est prédite par le modèle concordant de la cosmologie.
- ▶ Les galaxies naissent et évoluent au sein de ce grand ballet cosmique, ce qui laisse une empreinte sur leur masse, leur morphologie et leur orientation.
- ▶ La toile cosmique est et sera une sonde cosmologique majeure avec l'arrivée d'instruments comme Euclid.



Merci de votre attention !