

CHAPITRE 1

Lumières sur le Cosmos

La distance qui relie la terre au ciel est celle de la pensée.
(Proverbe mongol)

Du Cosmos et de la cosmologie

Le dictionnaire du Trésor de la langue française (TLF¹) définit le Cosmos comme : « l'ensemble de tout ce qui existe, la totalité des êtres et des choses ». Nous retiendrons ici, comme définition préliminaire, celle « du monde des galaxies », considérant ces astres comme les « objets cosmologiques élémentaires », oubliant un temps qu'elles sont elles-mêmes peuplées d'étoiles, de planètes et de gaz². L'échelle des galaxies reste bien sûr astronomique et le paradoxe sera de découvrir qu'elles prennent leur origine au sein de processus œuvrant aux échelles subatomiques. Mais, élucider cette question n'est qu'un des aspects de la cosmologie. Plus largement, elle se veut la science qui appréhende l'Univers comme objet d'étude en soi et pas seulement par le biais de ses composantes. Elle a pour objectif d'élucider les grandes lois qui le gouverne et les grandes étapes de son histoire. Mais pour comprendre l'Univers, il faut le connaître et le décrypter. Nous décrirons dans la suite, un

1. <http://atilf.atilf.fr/tlf.htm>

2. Une telle précision est nécessaire, car comme on le verra plus loin, l'Univers doit être envisagé comme un « espace-temps » et non comme un ensemble d'objets astronomiques.

bref aperçu de ses propriétés¹ révélées par la « lumière » des objets qu'il contient², même si, comme nous le verrons au fil de cet ouvrage, cette vision est « biaisée », l'Univers réel possédant de multiples faces cachées.

De la Terre aux nébuleuses lointaines

La Terre, notre « planète bleue » qui nous semble si singulière n'est en fait qu'une planète parmi les autres membres du système solaire. Et la découverte récente de planètes « extrasolaires³ » révèle que le système solaire n'est, lui-même, qu'un système planétaire parmi tant d'autres. Il est localisé en bordure de la Voie lactée, notre Galaxie si visible durant les nuits d'été, elle aussi galaxie « anonyme » parmi les milliards et les milliards de ses semblables peuplant le Cosmos.

Ces galaxies furent d'abord classées dans les années 1770 comme des objets « non stellaires » par C. Messier qui s'intéressait aux comètes. Leur vraie nature (intérieure ou extérieure à notre propre Voie lactée) fit l'objet d'un (*Grand*) débat⁴ qui dura jusqu'au XX^e siècle et ne fut tranché que dans les années 1920 par E. Hubble. Celui-ci mesura de façon convaincante les distances de plusieurs nébuleuses, distances qui apparurent largement supérieures à la taille de la Voie lactée, ce qui situa alors ces nébuleuses définitivement dans le *domaine extragalactique*.

Cette gigantesque population de galaxies formant ce qu'on appelait encore à l'époque le « royaume des nébuleuses » peut se classer en trois grandes familles.

1. Pour une description plus approfondie de ces propriétés, voir l'ouvrage *Architecture de l'Univers* de J. Hladik chez le même éditeur.

2. Lumière est ici pris au sens lumière visible. La plupart des astres émettent un rayonnement sur l'ensemble du spectre électromagnétique. Voir encadré I-C.

3. Voir <http://media4.obspm.fr/exoplanetes/>. Découverte qui rend justice à G. Bruno brûlé en 1600 pour avoir évoqué l'existence possible de mondes multiples.

4. *The « Great Debate »* entre les astronomes Shapley et Curtis (voir chapitre II).

La première, identifie les Spirales (S) dont notre voisine la galaxie Andromède ou NGC 3370 en sont de magnifiques exemples (figure I.1.a). Ces astres exhibent, comme leur nom l'indique, une structure en forme de spirale (c'est-à-dire, possédant des bras qui s'enroulent) et sont composés d'un disque plat avec en son centre un bulbe sphérique peuplé d'étoiles et de gaz.



Credit : HST

Figure I.1.a

La galaxie Spirale NGC 3370.

La deuxième famille regroupe les Elliptiques (E) qui ont une forme, soit sphérique comme un ballon de football, soit elliptique comme un ballon de rugby (comme NGC 1854, figure I.1.b).

Enfin, comme toujours, il y a des « mauvais élèves » qu'on ne peut classer avec les autres. C'est la dernière catégorie, constituée des Irrégulières (Ir), dont deux exemples fameux sont bien connus de ceux qui résident ou voyagent dans l'hémisphère Sud : le petit et le grand nuage de Magellan (figure I.1.c).



Crédit : HST

Figure I.1.b

La galaxie Elliptique NGC 1854.

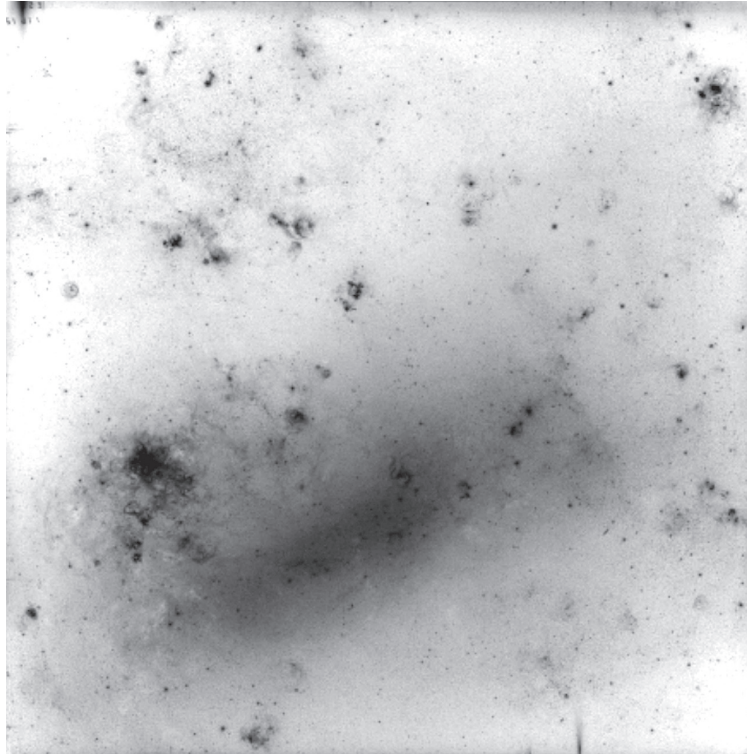


Figure I.1.c

Une galaxie irrégulière dans l'hémisphère Sud :
Le Grand Nuage de Magellan.

Ces galaxies sont des objets astronomiques dont les dimensions ou les masses sont sans commune mesure avec les astres qui nous sont proches et qui nous semblent pourtant déjà gigantesques (*cf. encadré I-A*). Elles contiennent des centaines de milliards d'étoiles ($\sim 10^{11}$) plus ou moins analogues au Soleil¹ et ont des diamètres caractéristiques d'environ $100\,000\text{ AL}^2$. Enfin, leurs distances outrepassent les distances usuelles. Si la lumière met

1. Dont la masse est $\sim 3 \cdot 10^{30}\text{ kg}$.

2. AL = année-lumière (*cf. encadré I-A*).

environ une seconde pour nous parvenir de la Lune, huit minutes pour venir du Soleil, trois ans depuis l'étoile la plus proche, il lui faut deux millions d'années à partir de la galaxie la plus proche de nous : Andromède¹.

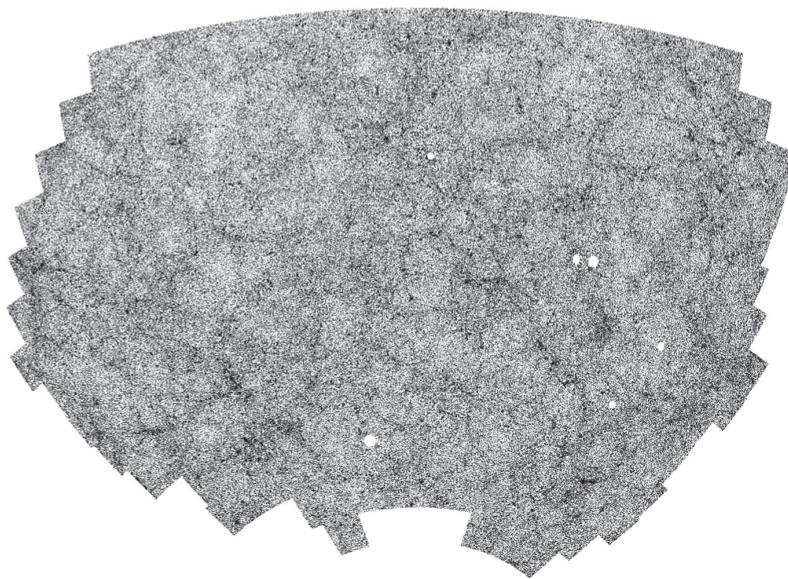
Des nébuleuses à l'Univers

Le développement d'instruments de plus en plus efficaces, associé à la mise en œuvre de très grands télescopes, a permis à l'astronomie de ces vingt dernières années des progrès fantastiques. Comme dans la découverte approfondie de nouveaux continents et leur cartographie toujours plus précise, on dispose maintenant d'une cosmographie cosmique de plus en plus élaborée. Après des années d'efforts, l'Univers proche a été sondé en mesurant les positions, les distances et l'éclat de dizaines de milliers voire de millions de galaxies².

Les cartes des figures I.2, I.3 et I.4 montrent d'une part la densité projetée sur le ciel³ de plusieurs millions de galaxies et d'autre part la distribution spatiale⁴ de plusieurs dizaines de milliers de galaxies (chaque point représentant une galaxie individuelle) sur une profondeur d'environ *1 000 Mpc*. L'aspect le plus frappant pour un observateur attentif est qu'en examinant ces cartes avec suffisamment de détail, on réalise qu'une galaxie y apparaît rarement isolée. Au contraire, et des mesures élaborées le confirment, elles s'agglomèrent par paires, triplets, groupes...

-
1. Pour admirer les merveilles du Cosmos, parcourir les sites : <http://hubblesite.org/>, <http://eso.org/outreach/gallery/astro/> et <http://cfht.hawaii.edu/HawaiianStarlight/>
 2. Ce fut l'objectif de trois grands sondages de l'Univers proche :
 - le sondage « APM » (http://www-astro.physics.ox.ac.uk/~wjs/apm_survey.html) ;
 - le sondage « 2dFGRS », (<http://www.mso.anu.edu.au/2dFGRS/>) ;
 - et le sondage « SDSS » (<http://www.sdss.org/>).
 3. C'est-à-dire la densité (nombre par unité de surface) de toutes les galaxies, jusqu'à un éclat apparent donné, quelle que soit leur distance.
 4. Contrairement au cas précédent, il s'agit de la distribution dans l'espace réel, la distance de chaque galaxie ayant été mesurée.

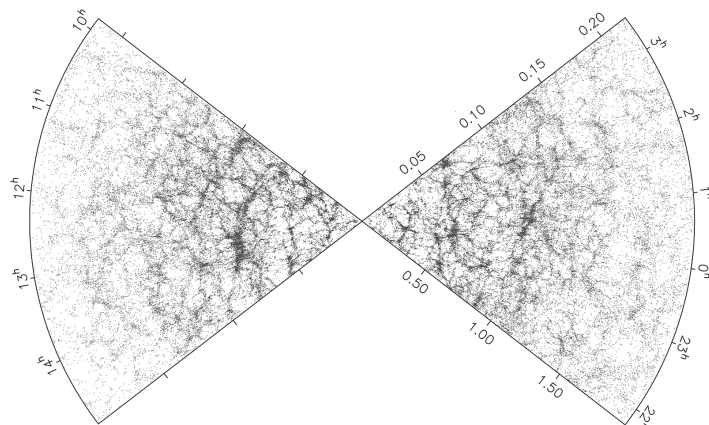
Cette structuration *a priori* surprenante n'est en fait que le reflet de l'interaction qui domine l'Univers à grande échelle : *la gravitation*. Grâce à leurs masses, deux galaxies quelconques suffisamment proches vont s'attirer sous l'action de l'interaction gravitationnelle mutuelle et former un système lié : une « paire de galaxies ». Si ces deux galaxies ont d'autres voisines elles-mêmes assez proches pour que la force d'attraction gravitationnelle de cette paire soit suffisante, elle attirera une ou plusieurs autres voisines. À moins que les distances entre les galaxies soient trop grandes ou que l'expansion de l'Univers, en compétition avec la gravitation locale ne les éloigne, le processus d'agglomération se poursuit de proche en proche. Des systèmes de plus en plus riches en population sont formés, délimitant la structuration à grande échelle observée.



Crédit : The APM Galaxy Survey, Maddox et al.

Figure 1.2

Distribution de la densité projetée d'environ 2 millions de galaxies observées sur $1/10^{\circ}$ du ciel par le sondage « APM ». Les zones claires excluent les positions des étoiles brillantes.



Crédit : The 2dF Galaxy Redshift Survey

Figure 1.3

La distribution spatiale (la distance à l'observateur situé au centre est connue) des galaxies dans deux directions opposées du ciel et projetées sur un plan : angle (mesurés en heures) et distances (mesurées en décalage spectral z en haut et en années-lumière en bas) obtenue par le sondage « 2dFGRS ». On distingue de vastes zones quasiment vides, dessinées par des filaments et des nœuds plus denses à l'intersection de ces filaments.

Figure 1.4

Un zoom de la carte précédente. Chaque point est une galaxie dont la distance à l'observateur a été mesurée. On observe que toute zone d'un diamètre suffisant (~ 100 Mpc $\sim 1/3$ de la carte) prise au hasard, est « similaire » à toute autre région de taille identique prise n'importe où ailleurs dans la carte.

