

Introduction générale

A l'aube du 21^{ème} siècle, les astrophysiciens ont obtenu des réponses à plusieurs questions fondamentales concernant l'Univers. L'observation du rayonnement cosmologique à 2.7° K a permis de préciser les propriétés des fluctuations primordiales de densité et les paramètres cosmologiques (Bennett et al. 1996; MacTavish et al. 2006; Dunkley et al. 2009). Ces résultats sont en bon accord avec l'expansion accélérée de l'Univers mise en évidence par l'observation des supernovae lointaines (Riess et al. 1998; Perlmutter et al. 1999), et les mesures de la constante de Hubble par l'observation des céphéides avec le Télescope Spatial de Hubble (Freedman et al. 2001). Ces observations cosmologiques sont par ailleurs cohérentes avec la répartition des galaxies à grande échelle dans le cadre d'un effondrement gravitationnel de fluctuations gaussiennes du champ de matière, comme le révèlent les distorsions dans l'espace des décalages vers le rouge (Hawkins et al. 2003; Guzzo et al. 2008). La distribution des galaxies recèle en outre des informations mesurables sur les oscillations baryoniques acoustiques, témoins des premiers instants de l'Univers (Eisenstein et al. 2005; Percival et al. 2007), et qui confirment le rôle de la gravitation et de la matière noire dans la formation des structures, et qui fournissent une échelle standard qui peut être mesurée à différents décalages vers le rouge.

Pourtant, la compréhension de la séquence de phénomènes ayant conduit à l'immense diversité des galaxies observées n'en est qu'à l'étape du défrichage. Les grands relevés effectués au tournant du siècle, après qu'il soit apparu indispensable d'effectuer des analyses statistiques fiables, fournissent des observations dans de grands volumes de l'Univers, que ce soit l'Univers proche (2dFGRS, SDSS, "Millennium" ; Colless et al. 2003; Adelman-McCarthy et al. 2008; Cross et al. 2004) ou à grande distance (DEEP2, VVDS ; Davis et al. 2003, 2007; Garilli et al. 2008) : ces données produisent de nombreux résultats prometteurs sur l'évolution des galaxies (Driver et al. 2005; Wake et al. 2006; Cimatti et al. 2006; Zucca et al. 2006; Franzetti et al. 2007; De Propriis et al. 2007; Vergani et al. 2008; Cooper et al. 2008; Coil et al. 2008). La difficulté réside cependant dans la comparaison des observations de l'Univers lointain avec l'Univers local ou à faible décalage vers le rouge, ainsi que la mise en relation des différentes populations de galaxies détectées. Les limites sont liées au mode d'observation (spectroscopie à fente ou à fibre), à la qualité des images (différences d'échantillonnage et de réponse impulsionnelle), et aux indicateurs statistiques (décalages spectraux ou photométriques ; types morphologiques, spectraux, ou spectro-photométriques).

Les simulations numériques à N-corps avec matière noire et gaz montrent qu'à l'intérieur des halos de matière noire (aux échelles de l'ordre du Mpc et en dessous), les effets de marée et de fusion façonnent les propriétés et les proportions des différents types de galaxies (Pomarède et al. 2009; Bournaud et al. 2011). Les observations et modélisations théoriques suggèrent que les effets d'accrétion et de rétroaction jouent par ailleurs un rôle important dans la régulation de la formation d'étoiles (Kaviraj et al. 2007; Ocvirk et al. 2008; Oppenheimer et al. 2010; voir aussi Silk 2011). Cependant, les simulations numériques existantes sont insuffisantes pour reproduire la diversité des galaxies observées dans des volumes cosmologiques (c'est-à-dire de l'ordre du gigaparsec), la résolution ne pouvant être accrue qu'au détriment du volume. Celle-ci est cependant nécessaire pour modéliser la formation d'étoiles lors des collisions de galaxies (Teyssier et al. 2010). Par ailleurs, si des modèles semi-analytiques prédisent avec succès les distributions de comptages, les détails du regroupement des galaxies de différentes masses et couleurs sont contredites par les observations (de la Torre et al. 2011).

Les galaxies observées se distinguent les unes des autres par leur masse, leur forme, leur dynamique, leur contenu spectral, et montrent des comportements collectifs en lien avec ces descripteurs. Les simulations numériques existantes montrent que ces descripteurs sont étroitement liés aux divers processus en

jeu dans la formation des galaxies (relaxation violente et dissipation, instabilité dynamique, formation d'étoiles, effets de marées), donnant ainsi accès à l'histoire des galaxies (Widrow et al. 2003; Debattista et al. 2004; Athanassoula 2005; Puech et al. 2010; Scannapieco et al. 2010; Bois et al. 2010; Guedes et al. 2011; Cappellari et al. 2011). Une mesure fiable de ces descripteurs est donc nécessaire si l'on souhaite comprendre la physique des galaxies, ainsi que la part des conditions initiales et celle des effets d'environnement. La masse et le contenu spectral des galaxies sont habituellement dérivés de la distribution en énergie spectrale des objets, par l'ajustement de spectres à la photométrie multi-bande. La dynamique est obtenue à partir des mesures de spectroscopie intégrale de champ (Puech et al. 2007). Quant à établir la forme des objets, cela nécessite des images bien résolues et des outils performants d'ajustement de profils. Les travaux cités indiquent que c'est pourtant un paramètre clé : les différentes histoires de formation des bulbes et des disques ainsi que des accrétions et fusions de galaxies conduisent à des objets distincts morphologiquement.

Aux limitations des observations et des simulations numériques s'ajoutent les problèmes de biais systématiques dans les mesures observationnelles. Ceux-ci peuvent être inhérents aux algorithmes de mesure, ou liés à certaines propriétés des objets. Dans la première catégorie se trouvent les problèmes de photométrie, qui sont récurrents dans l'histoire de l'astronomie. On mentionnera par exemple l'erreur d'échelle de magnitude du catalogue de plaques photographiques de l'hémisphère sud, obtenu par numérisation avec la machine APM ("Automatic Plate Measuring"), et les conséquences que cela pouvait avoir sur l'interprétation en terme d'évolution des galaxies (Maddox et al. 1990c; Bertin & Dennefeld 1997). Le "Sloan Digital Sky Survey" (SDSS) a résolu les problèmes d'uniformité de point-zéros et de vignettage, inhérents aux relevés couvrant le ciel par la juxtaposition de nombreuses plaques photographiques (de Lapparent et al. 1986b; Maddox et al. 1990b,a). Néanmoins, je montre ici que les détails de l'extraction de source, du calcul du fond de ciel et d'ajustement des profils peuvent conduire à des biais systématiques substantiels pour les galaxies proches du relevé SDSS, celles qui sont pourtant les mieux résolues et qui devraient servir d'étalon pour l'étude de l'Univers lointain.

Concernant les biais liés aux objets eux-mêmes, on mentionnera le fait que les galaxies se présentent avec des orientations différentes sur le ciel, ce qui conduit d'une part à des effets systématiques dans la photométrie des objets, avec un rougissement et une sous-estimation des flux pouvant atteindre 1 à 2 mag. (Driver et al. 2007), et à la possibilité de biais dans les estimations de masse stellaire (Graham & Worley 2008). La combinaison de l'orientation des galaxies sur le ciel avec les contraintes techniques des observations de spectroscopie (fentes alignées selon une même direction dans un champ de spectroscopie multi-objet; fibre optique centrée sur le bulbe des objets) peuvent conduire à des différences notables dans les propriétés spectrales des galaxies (voir par exemple Kewley et al. 2005). Dans ce mémoire, j'utilise les différents relevés auxquels j'ai participé pour évaluer ces divers biais et leur impact sur la caractérisation des différentes populations de galaxies.

Dans un premier temps, je décris le relevé ESO-Sculpteur, un programme-clé de l'ESO que j'ai mené à terme avec succès. Grâce à 70 nuits de temps d'observation sur le 3.5 m-NTT de La Silla, nous avons constitué des catalogues photométriques et spectroscopiques qui ont conduit à de nouvelles analyses concernant les fonctions de luminosité et le regroupement spatial des galaxies, ainsi qu'à un suivi infra-rouge moyen. Ce programme a rendu possible l'accomplissement de trois thèses de doctorat.

Dans un deuxième temps, je décris le catalogue morphologique EFIGI, dont j'ai pris la co-responsabilité avec E. Bertin, qui a conduit également à une thèse de doctorat. Ce programme contient deux volets, une analyse visuelle par attributs morphologiques, et une analyse automatique de mesure des flux et des rayons d'échelle des galaxies, ainsi que de leurs composantes de bulbe et disque par ajustement de profils convolués. Je présente ici les mesures de flux, et je les utilise pour montrer les biais entre les types morphologiques et les types spectraux des galaxies, qui ne peuvent manquer d'affecter les relevés lointains. Dans la dernière partie je résume mes activités et mon expérience professionnelle, et je présente ma liste de publications.

J'utilise dans ce mémoire les paramètres cosmologiques suivants :

- $H_0 = 70$ km/s/Mpc (Freedman et al. 2001)
- $\Omega_m = 0.3$ et $\Omega_\Lambda = 0.7$ (Dunkley et al. 2009)