

# Introduction générale

L'Univers a toujours fasciné l'esprit, et les tentatives de compréhension et de description sont nombreuses. En Grèce antique, l'ordre était de mise, et le philosophe ANAXIMANDRE proposait de décrire l'Univers comme une sphère dont la Terre serait le centre, entourée d'une sphère de poussière et d'une sphère de feu concentriques ; les étoiles étaient pour lui des trous dans la première laissant passer le feu de la seconde. En étudiant le système Solaire, KEPLER publie en 1596 son *Mysterium Cosmographicum* dans lequel il en propose un modèle où les distances des (à l'époque) 6 planètes seraient décrites par une imbrication des cinq solides de PLATON.

Si ces idées peuvent paraître saugrenues aujourd'hui, c'est que d'autres théories et expériences ont permis de les invalider ; pour autant les idées apportées au XX<sup>e</sup> siècle par EINSTEIN avec la Relativité Générale (EINSTEIN 1915) n'étaient *a priori* pas moins déconcertantes. Par exemple, en découvrant que sa théorie impliquait que l'Univers n'était pas statique et pour correspondre à sa vision personnelle, il dut y rajouter un terme compensant l'effondrement d'un univers qui ne serait composé que de matière : la constante cosmologique, étirant l'espace-temps de l'Univers, était née.

S'il l'a ensuite abandonnée du manque de motivation rigoureuse, les observations des années 30 par LE MAÎTRE et HUBBLE (HUBBLE 1929) ont montré que toutes les galaxies s'écartent de nous, avec une vitesse croissante avec la distance *via* la constante de HUBBLE  $H_0$  décrivant le taux d'expansion actuel de l'Univers. La cosmologie observationnelle moderne en était alors à ses débuts, permettant d'inclure le paramètre d'état de l'énergie sombre  $w$  dans les équations d'EINSTEIN pour décrire ce phénomène semblant dilater le tissu de l'espace-temps.

Ces deux termes sont aujourd'hui au cœur de toute la cosmologie, décrivant son âge, son passé et son futur. À ce titre, les SNe Ia se sont illustrées comme étant des outils indispensables à l'étude de ces valeurs. Elles ont en effet, d'une part, permis à RIESS, SCHMIDT et PERLMUTTER de publier deux articles en 1998 et 1999 (RIESS et al. 1998 ; PERLMUTTER et al. 1999), indiquant que l'énergie sombre constitue approximativement 70% du budget énergétique total de l'Univers. Cette mesure implique la découverte de son expansion accélérée, et a été récompensée d'un prix NOBEL en 2011. D'autre part, ces astres sont utilisés de manière extensive pour la mesure de  $H_0$ , remplaçant les galaxies utilisées par HUBBLE en 1929.

Leur utilisation repose sur le fait que leur luminosité est constante. En effet, deux étoiles n'émettent pas forcément la même luminosité, ce qui rend pratiquement impossible par cette seule donnée le fait de savoir laquelle est la plus proche de nous. Or, les SNe Ia sont le résultat de la mort d'étoiles avec un mécanisme particulier qui les fait exploser à une masse standard, et donc avec une énergie totale similaire, ce qui leur vaut le terme de « chandelle standard ». Cette caractéristique permet de facilement déterminer leur distances.

Seulement, cette hypothèse n'est pas si exacte et la nature précise de leur mécanisme d'explosion est encore méconnue, ce qui fait qu'il existe une variabilité dans cette luminosité intrinsèque. Il a en réalité fallu trouver une corrélation entre cette luminosité et d'autres

de leurs propriétés pour déterminer une relation amenant à la standardisation de la mesure de leur distance ; on appelle aujourd’hui les SNe Ia des chandelles *standardisables*.

C’est dans ce contexte que s’ancre notre thèse. Dans l’optique de continuer à améliorer cette standardisation, la cosmologie observationnelle utilisant les SNe Ia cherche des corrélations supplémentaires nous permettant de les décrire au mieux, notamment en distinguant deux sous-populations ayant des propriétés différentes selon la valeur d’un paramètre. Seulement, étant par nature non-reproductible, cette science se trouve être fastidieuse dans son développement. Différents paramètres sont proposés comme étant à l’origine des propriétés physiques des SNe Ia, amenant à des standardisations différentes et donc à des mesures des paramètres cosmologiques différents. Si cette méconnaissance de la physique intrinsèque des SNe Ia n’était pas dominante avec peu de statistique de points de mesure, la cosmologie moderne acquiert de plus en plus de données à un rythme frénétique, passant de  $\approx 100$  données en 1999 à  $\approx 1300$  aujourd’hui et bientôt 10 000 dans les années à venir.

Notre objectif est donc de contribuer à la compréhension de la physique des SNe Ia en étudiant les implications d’une corrélation largement étudiée mais encore peu implémentée aujourd’hui : celle des propriétés d’une SN Ia avec l’âge de son étoile d’origine.

Nous posons la base de cette étude dans les trois premiers chapitres, à savoir le contexte cosmologique, le fonctionnement des SNe Ia et les corrélations utilisées aujourd’hui qui motivent notre analyse.

Dans un deuxième temps, nous décrirons également en trois chapitres ce qui a constitué la première partie de ces trois ans de recherche, à savoir la description des sondages utilisés pour l’établissement d’un échantillon de données permettant l’analyse des propriétés des SNe Ia avec leur âge. Dans cette partie nous décrirons le modèle d’évolution que nous proposons dans les analyses cosmologiques.

Finalement, nous traiterons dans les chapitres suivants de l’implémentation de ce modèle dans le pipeline<sup>1</sup> d’analyse cosmologique le plus utilisé dans la communauté, permettant de simuler des données de SNe Ia et d’en calculer la distance selon les hypothèses de corrélation ; nous y montrerons le biais possible sur la mesure de  $w$  selon les hypothèses de corrélation. Nous donnons dans le dernier chapitre quelques perspectives à une possible suite de ces travaux.

Nous portons à l’attention de quiconque lit cette thèse que nous avons choisi d’utiliser partiellement la grammaire neutre du français lorsque cela est jugé nécessaire ou pertinent. Nous nous basons pour cela sur l’ouvrage et le travail proposé par [ALPHERATZ \(2018\)](#), dont les résultats principaux sont visibles sur son site : <https://www.alpheratz.fr/linguistique/genre-neutre/>.

---

1. Nous utilisons ce terme par manque d’un meilleur mot ; il décrit ici la suite de procédures numériques permettant de passer des paramètres d’entrée les plus bruts aux grandeurs de sortie les plus raffinées.

## Bibliographie

- ALPHERATZ. 2018, « Grammaire du français inclusif », Châteauroux, [Vent Solars](#) ↑ [Section \(document\)](#)
- EINSTEIN A. 1915, « Die Feldgleichungen der Gravitation », [Sitzungsberichte der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften \(Berlin\)](#), 844 ↑ [Section \(document\)](#)
- HUBBLE E. 1929, « A Relation between Distance and Radial Velocity among Extra-Galactic Nebulae », [Proceedings of the National Academy of Science](#), 15, 168 ↑ [Section \(document\)](#)
- PERLMUTTER S., ALDERING G., GOLDHABER G. et al. 1999, « Measurements of  $\Omega$  and  $\Lambda$  from 42 High-Redshift Supernovae », [ApJ](#), 517, 565 ↑ [Section \(document\)](#)
- RIESS A. G., FILIPPENKO A. V., CHALLIS P. et al. 1998, « Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant », [AJ](#), 116, 1009 ↑ [Section \(document\)](#)