

CLASSIFICATION AUTOMATIQUE DES DIFFÉRENTS TYPES DE SUPERNOVA

STAGE ACADÉMIQUE MASTER 2
ANTHONY BRUNEL

Superviseurs: Marc Chaumont, Nancy Rodriguez, Jérôme Pasquet, Johanna Pasquet, Dominique Fouchez

Présentation / parcours

- Bac scientifique
- Une année en Licence STAPS
- Licence Informatique
- Master IMAGINA

Stage: Classification automatique des différents types de supernova à l'aide du machine learning [En cours]

Les supernovae

Il existe plusieurs types de supernova déterminées en fonction de la présence d'éléments chimiques et du mécanisme d'explosion (Type Ia, Ib, Ic, II ...)

Deux mécanismes d'explosions différents

- Explosion thermonucléaire (Supernova Ia)
- Explosion dite à effondrement de coeur (Supernova Non Ia)

Une explosion différente implique un spectre de la lumière émise différent.

Les supernovae Ia

Système binaire composé d'une naine blanche et d'une étoile moyennement massive dans lequel la naine blanche attire la matière de l'étoile et finit par exploser.

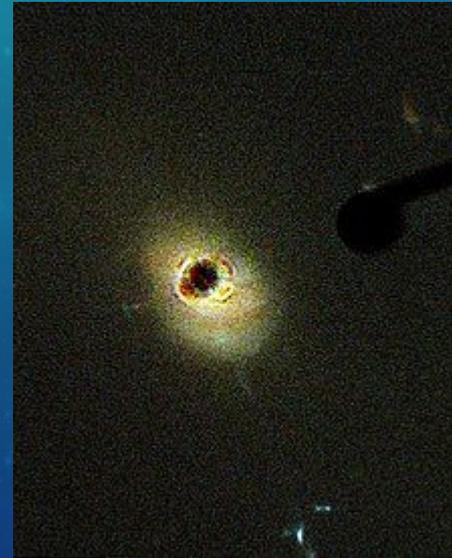
Elles sont utilisées comme chandelles cosmiques pour déterminer les distances extragalactiques

Elles ont permis de découvrir l'accélération de l'expansion de l'univers (Prix Nobel de physique 2011)

Quasars et étoile variable

Les quasars sont des objets très brillants situés au centre d'une galaxie et résultant de l'accrétion provenant du trou noir supermassif situé en son centre.

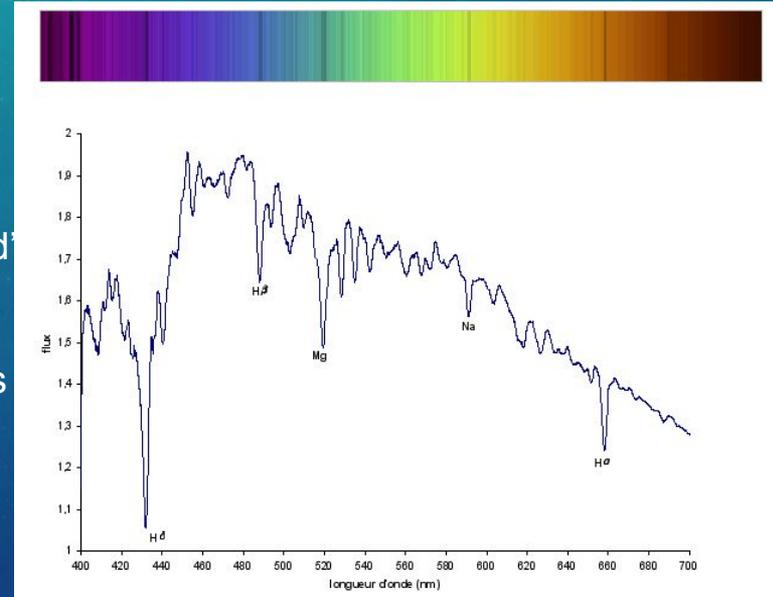
Les étoiles variables sont des étoiles dont la luminosité change très rapidement.



Méthodes d'identification

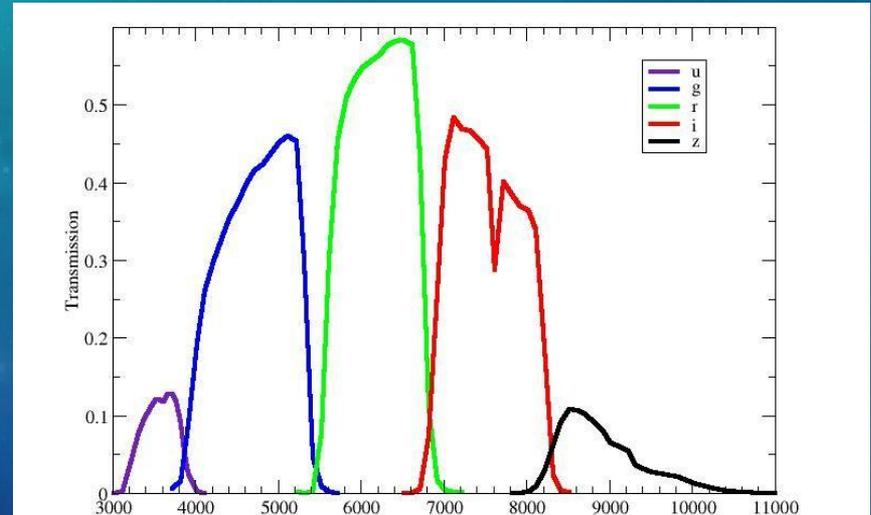
Deux méthodes d'identifications:

- L'analyse spectrale mesure les raies d'absorptions et d'émissions dues à la présence d'éléments chimiques.
- L'analyse photométrique consiste à identifier les astres à l'aide de différents filtres



Analyse photométrique: filtres *ugriz*

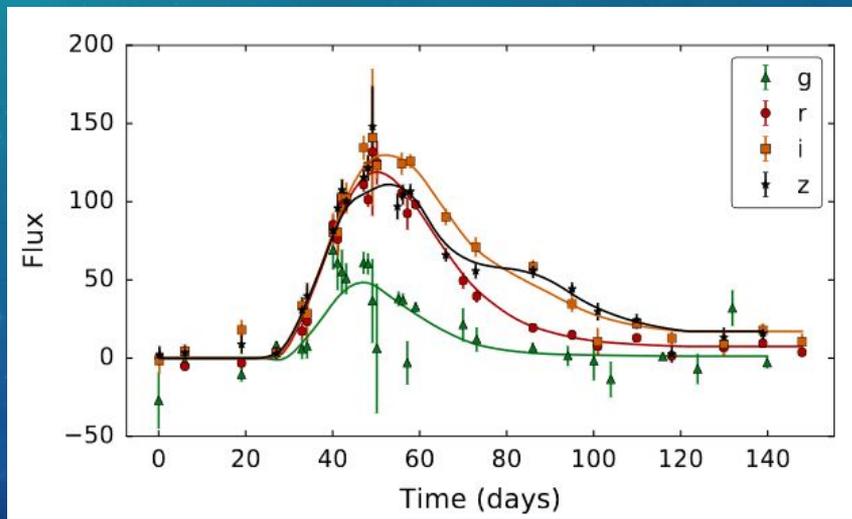
Chaque filtre est conçu pour laisser entrer la lumière dans une longueur d'onde spécifique.



Courbes de lumière

Les objets célestes sont observés sur une certaine période, on procède à un échantillonnage temporel.

Les points de la courbe sur la Figure à droite correspondent aux données mesurées. La courbe est le meilleur ajustement fait par un modèle physique permettant de modéliser des courbes de lumière (SALT2).

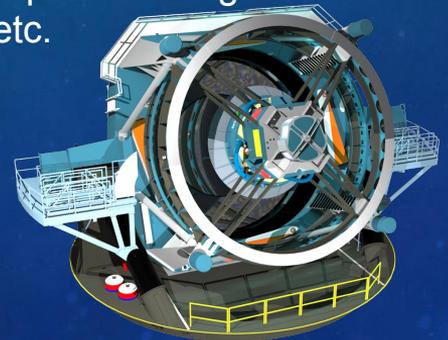


LSST: Large Synoptic Survey Telescope

Le LSST en construction au Chili, est un télescope extrêmement puissant qui sera pleinement fonctionnel en 2022.

Il cartographiera l'ensemble du ciel visible deux fois par semaine, pendant dix ans et générera jusqu'à 15 Téraoctet de données chaque nuit.

Les images fournies seront analysées en temps réel afin d'identifier les objets qui ont changé ou se sont déplacés, des explosions de supernova à l'autre bout de l'univers etc.



Méthodes de classification

Deux techniques de classification par apprentissage:

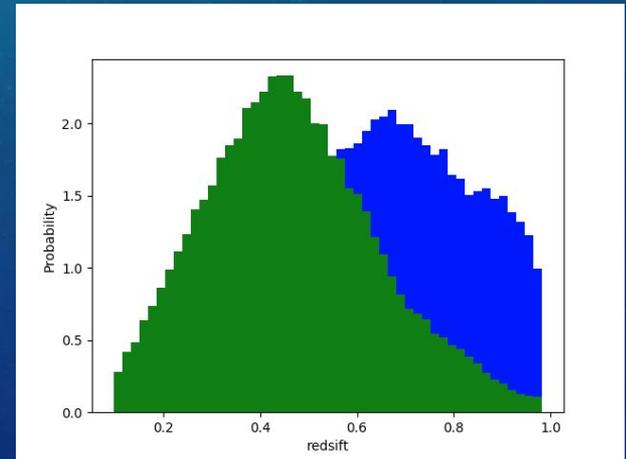
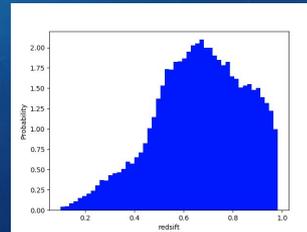
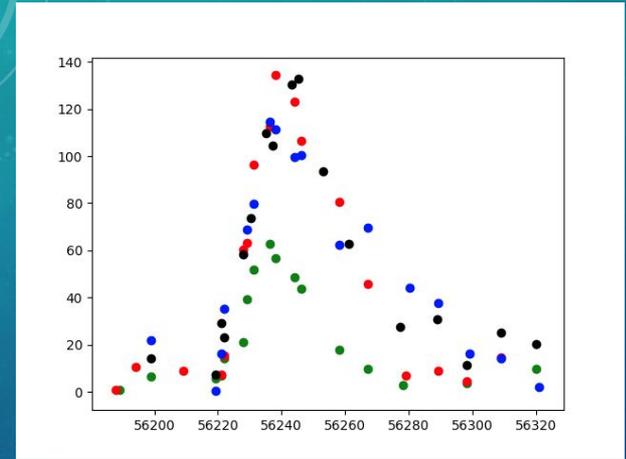
- Machine learning (forêt d'arbres décisionnelles, support à vecteur machine...)
Implique une étape d'extraction de caractéristique
- Deep learning (réseau de neurones convolutifs, réseau de neurones récurrents)
Travaille directement sur des données brutes

Problématique

Les courbes de lumière possèdent un échantillonnage temporel irrégulier et une durée d'observation différente entre les objets.

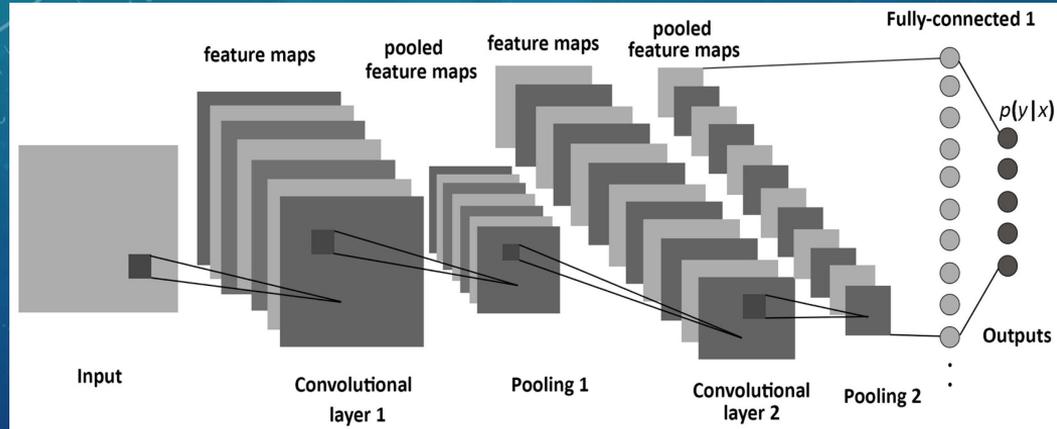
Plusieurs sources de mismatch:

- Mismatch lié à la distance nous séparant des objets observés
- Mismatch sur la proportion des données dans la base
- Mismatch due à l'absence de données sur la courbe



Réseau de neurones convolutifs (CNN)

- Les CNN sont capables d'extraire des caractéristiques et classifier des données.
- L'entrée du réseau est une matrice (image) de dimension Nombre de jours par Nombre de filtres (matrice composée de beaucoup de zéros)



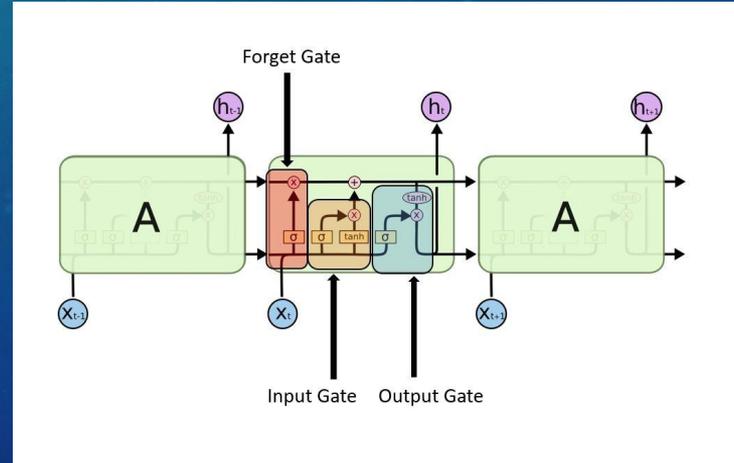
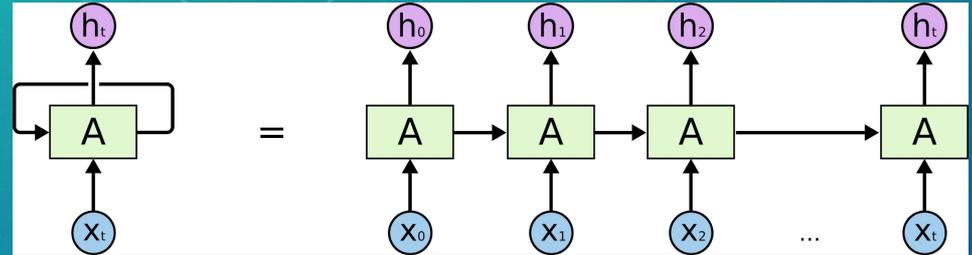
Réseau de neurones récurrents (RNN)

Adaptés aux séries temporelles

Problème de disparition de gradients sur les RNN classiques

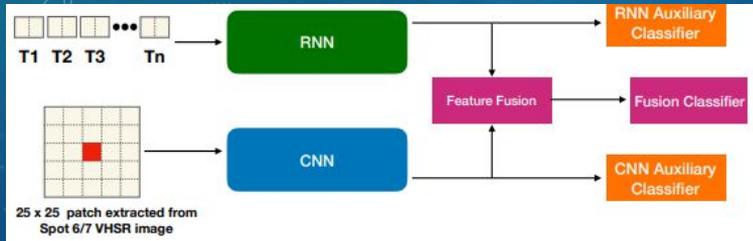
Ne peut pas retenir les informations au long terme

Amélioration LSTM (Long Short Term Memory), GRU (Gated Recurrent Unit)



Travail en cours et perspective

- Familiarisation avec tensorflow et construction d'une architecture (CNN) pour traiter les courbes de lumière
- Gérer le problème des données sparses, plusieurs idées
 - Ajouter une matrice en entrée
 - Transformation du signal en image 2D
 - M3Fusion



The background is a blue gradient with faint white circular patterns and a scale on the left side. The scale has numbers from 140 to 260 in increments of 10. There are also several circular arrows and dashed lines scattered across the background.

Merci de votre attention