

SAÉ. C2

Empilement d'images astronomiques

Samuel Delepoulle et Rémi Cozot

18 octobre 2022

1 Introduction à l'empilement d'images

Le *stacking* ou empilement d'images consiste à utiliser plusieurs prises de vue d'une même scène afin de les combiner en une unique photo. Cette technique est par exemple utilisée en macrophotographie pour augmenter la profondeur de champs (*focus stacking*). Mais c'est surtout en astrophotographie que cette méthode est très largement employée. Dans ce cas, il faut tirer un signal à partir de très faibles quantités de lumière. Dans ces conditions, les images sont de mauvaise qualité car le rapport entre le signal et le bruit est très faible. L'utilisation de multiples photos permet d'augmenter le signal à partir de calculs statistiques. La figure 1 présente le principe du *stacking*. Le résultat sur des prises de vue astronomique est représenté en figure 2.

L'un des problèmes du stacking est de disposer de prises de vues parfaitement alignées. Pour cela, il faut un dispositif de suivi puis réaliser un alignement logiciel pour corriger les petites variations. Il faut également normaliser les images afin de pouvoir les combiner. On supposera que ces étapes ont été réalisées en prétraitement.

2 Un format d'images astronomiques : le format FITS

Afin de faciliter le stockage, les échanges et les opérations sur les fichiers astronomiques, l'Union Astronomique Internationale a développé un format de fichier informatique : le Flexible Image Transport System (ou simplement FITS). Ce format est standardisé et open source (actuellement en version 4.0). Il permet de représenter :

des méta-données stockées sous forme d'une entête au format texte.

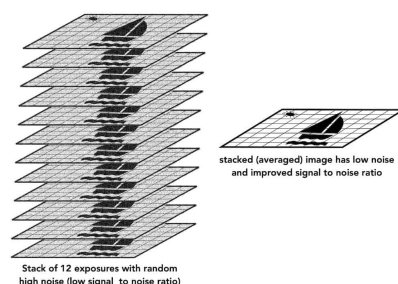
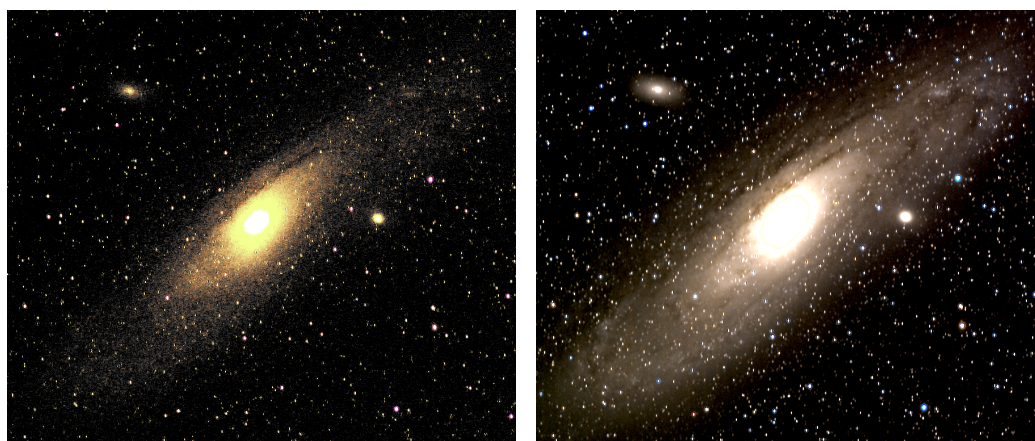


FIGURE 1 – Principe du stacking : plusieurs images (12 ici) sont assemblées en moyennant les valeurs de chaque pixel afin de produire une image de meilleur résultat



(a) Une prise de vue (pose de 2 min.) (b) Empilement d'images (130×2 min.)

FIGURE 2 – Prise de vue et stacking de la galaxie M31 d'Andromède

des images de format très variables (2D, 3D ou de plus grande dimension). Les valeurs peuvent être codées sous forme entière ou flottante avec différentes précisions (spécifié dans l'entête).

des tables de données qui permettent de compléter les images avec de nombreuses informations (données de calibration, mesures diverses, etc.)

3 cahier des charges

3.1 Réalisation

Vous réaliserez une application qui effectue de l'empilement d'images. Votre logiciel devra être capable d'empiler plusieurs images FITS et de produire une image en sortie.

Vous devez proposer au minimum deux méthodes d'empilement parmi :

- empilement par moyenne ;
- empilement par médiane ;
- empilement avec rejet des *outliers* (plusieurs méthodes possibles).

3.2 Environnement logiciel et langage

Vous pouvez réaliser ce travail de deux façons au moins :

- avec le langage python et la bibliothèque `astropy` (<https://www.astropy.org/>) ;
- avec le langage C++ et la bibliothèque `CCfits`

Vous pouvez également choisir d'autres technologies (langages et/ou bibliothèques mais vous devrez faire valider vos choix par les enseignants).

3.3 Livrables

Vous rendrez sur moodle :

- les fichiers sources de votre application
- au minimum un fichier exécutable (pour Windows ou pour Linux)
- un fichier README.md qui contiendra :
 - Comment compiler votre programme ;
 - Comment l'exécuter (préciser la plateforme d'exécution sur laquelle vous avez testé) ;
 - Une liste concise des réalisations

3.4 Remarques

- Le travail sera réalisé par binômes.
- la notation prendra en compte la qualité de la réalisation, les commentaires du code ainsi que la difficulté de solution utilisée.
- Tout plagiat (entre étudiants ou en rendant des fichiers récupérés) sera sanctionné par la note 0.

4 Images de test

Une archive `fits_test.tgz` sera mise à votre disposition pour vos tests. Elle contient :

un dossier mini avec 2 fichiers de 3×2 pixels contenant un dégradé.

Une fois assemblé, le résultat devrait être uniformément gris

un dossier simple avec 2 fichiers de 300×200 pixels contenant un dégradé. Une fois assemblé, le résultat devrait être uniformément gris

Un fichier HorseHead.fits avec une image 2D monochrome

Un dossier ngc7000 avec 5 fichiers monochromes du nuage de gaz NGC7000, l'amas d'Hercules.

Un dossier M31_rgb avec 5 fichiers comportant 3 canaux (Rouge, Vert et Bleu) de la galaxie M31 d'Andromède.

5 ressources

- Page Wikipedia sur le format FITS : https://fr.wikipedia.org/wiki/Flexible_Image_Transport_System
- La NASA propose de nombreux outils logiciels pour travailler avec les fichiers FITS : <https://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/software.html>
- La bibliothèque de la NASA dédiée à manipuler les fichiers FITS : <https://heasarc.gsfc.nasa.gov/fitsio/CCfits/>
- Le package `astropy` qui permet la lecture et l'écriture des fichiers FITS en python (<https://learn.astropy.org/tutorials/FITS-images.html>).