

Documentation Simulateur Néo-Narval

Anthony NOLL

1 Introduction

Le simulateur Néo-Narval a pour but la création d'images semblables à celle que pourrait produire Narval ou Néo-Narval afin de tester la réduction de données. Par conséquent, ce simulateur n'a pas pour but de recréer Narval à l'identique mais bel et bien de créer des images *à la façon* de Narval. Par exemple, la courbure n'a pas besoin d'être recrée à l'identique, de même pour l'intensité en absolu.

Dans sa construction, le simulateur recrée naïvement la physique du simulateur à travers les lois simples de l'optique. Cependant, le résultat répond aux attentes précisées ci-dessus.

Le document ci-présent cherche à développer les indications déjà présentes dans les commentaires du code.

2 Fonctionnement

Le simulateur suit la démarche suivante :

- Import des données (Dark, PSF, courbe de sensibilité CCD, potentiellement spectre étoile)
- Calcul de la PSF sous-échantillonnée
- Inclinaison de la PSF selon l'angle donné
- Puis, pour chaque ordre :
 - Calcul de l'ensemble des longueur d'onde correspondant à chaque arturo calculé
 - Calcul de la position de la PSF pour chacune de ses longueurs d'onde
 - Ajout de la PSF à la position calculée
- Somme des matrices calculées pour chaque ordre
- Ajout du dark puis calcul du bruit
- Ecriture en fits

Par la suite, les particularités propres à chaque étape vont être détaillées

2.1 Import des données

Les données devant être importées sont le Dark, la PSF (calculée grâce à un logiciel optique), la courbe de sensibilité de la CCD ainsi que le spectre potentiel d'une étoile.

Le Dark constitue en l'image `SRC/DATA/Narval_20161028_053601_10b.fits`, qui est un flat de Narval.

La PSF est importée à partir du fichier `SRC/DATA/IMA_45Langst5019_S2.csv` puis convertie en matrice numpy.

La courbe de sensibilité CCD est importée à partir du fichier `SRC/DATA/NARVAL_QE.txt`. Il est à noter qu'il faudrait charger une autre courbe de sensibilité pour Néo-Narval.

Enfin, le spectre d'une étoile est importée à partir d'un fichier texte (ici `SRC/DATA/spectre_kappaceti.spctr`). Sa structure est composée de deux colonnes séparées d'un unique espace. La première est la longueur d'onde en nm, la deuxième l'intensité (normalisée ou non).

2.2 Calcul de la PSF sous-échantillonnée

Dans les images de Narval, il a été vu que la PSF fait environ 14 pixel de hauteur. Or, la PSF fournie en entrée a pour taille 320×320 ce qui est sur-échantillonné par rapport à la résolution de l'instrument. Par conséquent, un sous-échantillonnage est nécessaire.

Par défaut, le rapport entre la taille du pixel instrument et du pixel PSF est de 15. De plus, les dimensions de la PSF en pixel image est de 14×6 . Ces dimensions ont été déterminées afin de correspondre au mieux aux images originales. Il est **important** de noter que les dimensions de la PSF doivent être paires, afin de faciliter les conversions entre les repères PSF et images. (Ce détail sera expliqué dans la partie sur l'ajout de la PSF).

2.3 Inclinaison de la PSF

Un détail important des images de Narval est que les fentes du Fabry-Pérot sont inclinées de l'angle α . Cette fonction est émulée dans le simulateur avec l'utilisation d'une transformée de fourier : chaque lignée est ainsi décalée en fonction de sa distance à la ligne centrale par un rapport $\tan \alpha$

2.4 Calcul de l'ensemble des longueurs d'onde

Ce calcul est effectuée directement à partir de la formule des réseaux

2.5 Calcul de la position de la PSF

Pour chaque longueur d'onde (à laquelle correspond donc un certain angle β), le trajet de la PSF correspondante va être calculé à l'aides des formules de Snell-Descartes. Cependant, contrairement aux conditions usuelles, le rayon n'arrive pas dans un plan normal à la face du prisme. Pour prendre cela en compte, une correction est appliquée à l'indice du verre (calculé auparavant selon une formule fournie par le fabricant). La correction, tirée de *Spectrométrie optique* de Patrick Bouchareine, est la suivante :

$$n' = n + \frac{4\beta^2(n^2 - 1)}{8n}$$

Ensuite, les formules utilisées sont celles de Descartes :

$$n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2)$$

Les prismes s'enchaînant, les formules sont utilisées plusieurs fois. On notera d'ailleurs que les positions en y n'ayant pas de valeurs en absolue, on peut y appliquer un offset afin de placer correctement les ordres sur l'image finale.

2.6 Ajout de la PSF sur l'image

Le centre de la PSF étant un flottant, alors que les pixels de l'image sont indicés en entier, une algorithme particulier est nécessaire à l'ajout de la PSF sur l'image. Le principe de celui-ci est de calculer, pour chaque pixel de la PSF, sa contribution aux 4 pixels qui l'entourent.

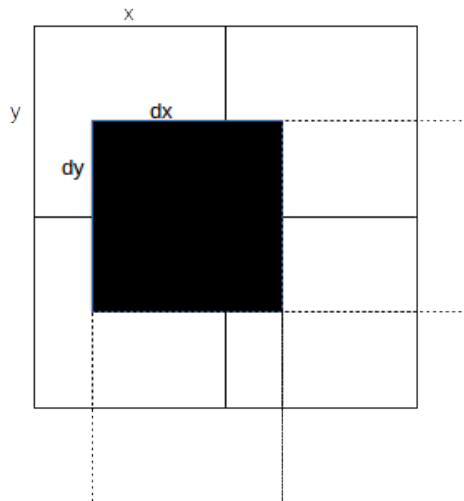


FIGURE 1 – Schema de l'ajout d'un pixel PSF (en noir) sur l'image

Pour cela, comme le montre la figure 1, on calcule les différents rapports entre dx et x , ainsi qu'entre dy et y et on applique le coefficient ainsi obtenu au pixel. Ainsi, on évite l'effet d'escalier et on obtient une image réaliste.

2.7 Ajout des matrices calculées pour chaque ordre

Chaque ordre étant calculé dans un processus différent afin d'optimiser l'utilisation des différents coeurs du processeur, chaque ordre stocke ses calculs dans son image propre : à la fin, les différentes matrices sont additionnées pour former l'image finale. On notera que le format `sparse` de Scipy a été utilisé afin d'économiser de la place mémoire.