

# Réponse impulsionnelle de la SEDm

## Sommaire

6.1	Réponse impulsionnelle spectrale : LSF . . . . .	<b>2</b>
6.1.1	Lampes à arc . . . . .	2
6.1.2	Détermination de la LSF . . . . .	2
6.2	Réponse impulsionnelle spatiale : PSF . . . . .	<b>3</b>
6.2.1	Modèle de profil radial . . . . .	3
6.2.2	Entraînement du modèle . . . . .	3
6.2.3	Chromaticité et ADR . . . . .	3
6.3	Validation . . . . .	<b>3</b>
6.3.1	Calibration photométrique . . . . .	3
6.3.2	Résultats . . . . .	3

Le chapitre précédent était consacré à la modélisation hyperspectrale de la galaxie hôte en utilisant localement le SED fitter **CIGALE** sur des images photométrique de PS1. Cette étape d'**HYPERGAL** nous fournit le cube intrinsèque de la galaxie, composé de spaxels ayant chacun un spectre qui lui est propre.

Les résolutions spectrales et spatiales ne sont cependant pas encore adaptées à l'espace des observations dans lequel nous souhaitons projeter le cube, à savoir celui de la SEDm. Nous devons pour cela considérer la réponse impulsionnelle de notre instrument.

Par ailleurs, l'objectif d'**HYPERGAL** étant d'être un modéliseur de scène, nous serons forcément amenés à modéliser la supernova. Cet objet étant une source ponctuelle, elle est entièrement définie par le profil de PSF, qui est la réponse impulsionnelle spatiale de la SEDm.

Dans ce chapitre nous commencerons par présenter la méthode de détermination de la réponse impulsionnelle spectrale (LSF) de la SEDm, et son application au cube intrinsèque. Puis nous introduirons un modèle de profil radial pour la réponse impulsionnelle spatiale, que nous entraînerons grâce à l'observation d'étoiles standards (sources ponctuelles). Enfin procéderons à la validation de ce modèle de PSF par une analyse de la calibration spectrophotométriques à partir de ces étoiles standards.

## 6.1 Réponse impulsionnelle spectrale : LSF

### 6.1.1 Lampes à arc

Afin de caractériser la réponse impulsionnelle spectrale de la SEDm, nous utilisons les lampes à arc que nous avons introduit dans le chapitre ??.

Ces sources de lumière émettent un spectre avec d'intenses raies d'émissions caractéristiques de l'élément présent dans la lampe.

Nous les utilisons initialement afin de déterminer la solution en longueur d'onde de chaque trace spectrale sur le CCD, ce qui permet d'associer une longueur d'onde à une localisation spatiale sur le détecteur du CCD.

Ce processus, détaillé dans ? et le chapitre ?? de ce manuscrit, est effectué à l'aide de 3 lampes à arc : au Xenon (Xe), Mercure (Hg) et Cadmium (Cd). La combinaison de ces 3 lampes permet de couvrir tout le domaine spectral de la SEDm. La Table 6.1 détaille la position des raies pour chacune des lampes.

TABLE 6.1 – Raies d'émission lampes à arc

Lampe	Raie 1	Raie 2	Raie 3	Raie 4	Raie 5	Raie 6
Hg	4047.7	4359.6	5462.3	5781.7*	...	...
Cd	4679.3	4801.3	5087.2	6440.2	...	...
Xe	7644.1	8250.1*	8386.2*	8821.8	9001.3*	9165.1

**Notes.** La notation \* correspond aux raies d'émissions qui résultent d'un mélange de plusieurs raies très rapprochées spectralement et non discernables par la SEDm.

La LSF de la SEDm pouvant très bien être chromatique, nous allons pouvoir tirer parti de la répartition de ces raies sur toute la plage spectrale. La Figure 6.1 montre le spectre (moyenné sur tout le MLA) des 3 lampes à arc utilisées, en unité de flux par longueur d'onde. La distribution des raies sur l'espace spectral permet une excellente contrainte entre 4000 et 6500Å grâce aux lampes Hg et Cd. La lampe à Xenon permet, elle, de contraindre la solution en longueur d'onde (et a fortiori la LSF dans cette étude) au delà de 7500Å.

### 6.1.2 Détermination de la LSF

En toute rigueur, chaque spaxel possède sa propre réponse impulsionnelle, et il faudrait déterminer la LSF pour chacun d'entre eux. En pratique, nous faisons la supposition que la LSF moyenne sur tout le MLA est suffisamment représentative de la réponse impulsionnelle spectrale de la SEDm à l'échelle locale.

Pour prendre en compte une potentielle variation de la LSF au cours du temps, nous utilisons les solutions en longueurs d'onde de 65 nuits étalées entre 2018 et 2022. Nous récupérons ainsi les positions et écarts types modélisés pour chaque raie d'émission pour chaque spaxel de chaque nuit.

Nous utilisons la médiane de la localisation fittée de chaque raie sur tous les spaxels, de même pour les écarts types, afin d'éviter les potentiels outliers. Les Figure 6.2 et 6.3 montrent la distribution des localisations et écart types médians des 65 nuits pour chaque raie d'émission. On observe dans la majorité des solutions en longueur d'onde un biais systématique par rapport à la longueur d'onde de la raie de référence de l'ordre de 3Å pour les lampes Cd et Hg . Les deux dernières raies de Xenon sont très peu contraintes, et on peut apercevoir une dispersion de l'ordre de 20Å entre les différentes nuits d'étude.

La distribution des écarts types propres à chaque raie indique bien une évolution chromatique, avec une résolution spectrale plus fine dans le bleu que dans le rouge. La dispersion sur les nuits sélectionnées est de l'ordre de quelques Å.

Sachant que les raies d'émission de la lampe à Xenon sont faiblement contraintes, nous choisissons de modéliser la chromaticité de la LSF en utilisant une combinaison linéaire de polynômes de Legendre de degré 2, afin d'éviter un effet d'over-fitting aux extrémités.

Pour rappel, les polynômes de Legendre sont constitués d'une suite de polynômes  $p_n(x)$  de degré  $n$ , et tous les polynômes de la suite sont orthogonaux deux à deux.

On peut les définir sous forme de somme tel que :

$$P_n(x) = \frac{1}{2^n} \sum_{k=0}^n \binom{n}{k}^2 (x-1)^{n-k} (x+1)^k \quad (6.1)$$

Nous montrons dans la Figure 6.4 la modélisation de la LSF chromatique, avec les coefficients fittés des polynômes de Legendre étant :

$$C_0 = 19.65 \pm 0.32$$

$$C_1 = 26.0 \pm 0.6$$

$$C_2 = 7.3 \pm 0.6$$

## 6.2 Réponse impulsionnelle spatiale : PSF

### 6.2.1 Modèle de profil radial

### 6.2.2 Entraînement du modèle

### 6.2.3 Chromaticité et ADR

## 6.3 Validation

### 6.3.1 Calibration photométrique

### 6.3.2 Résultats

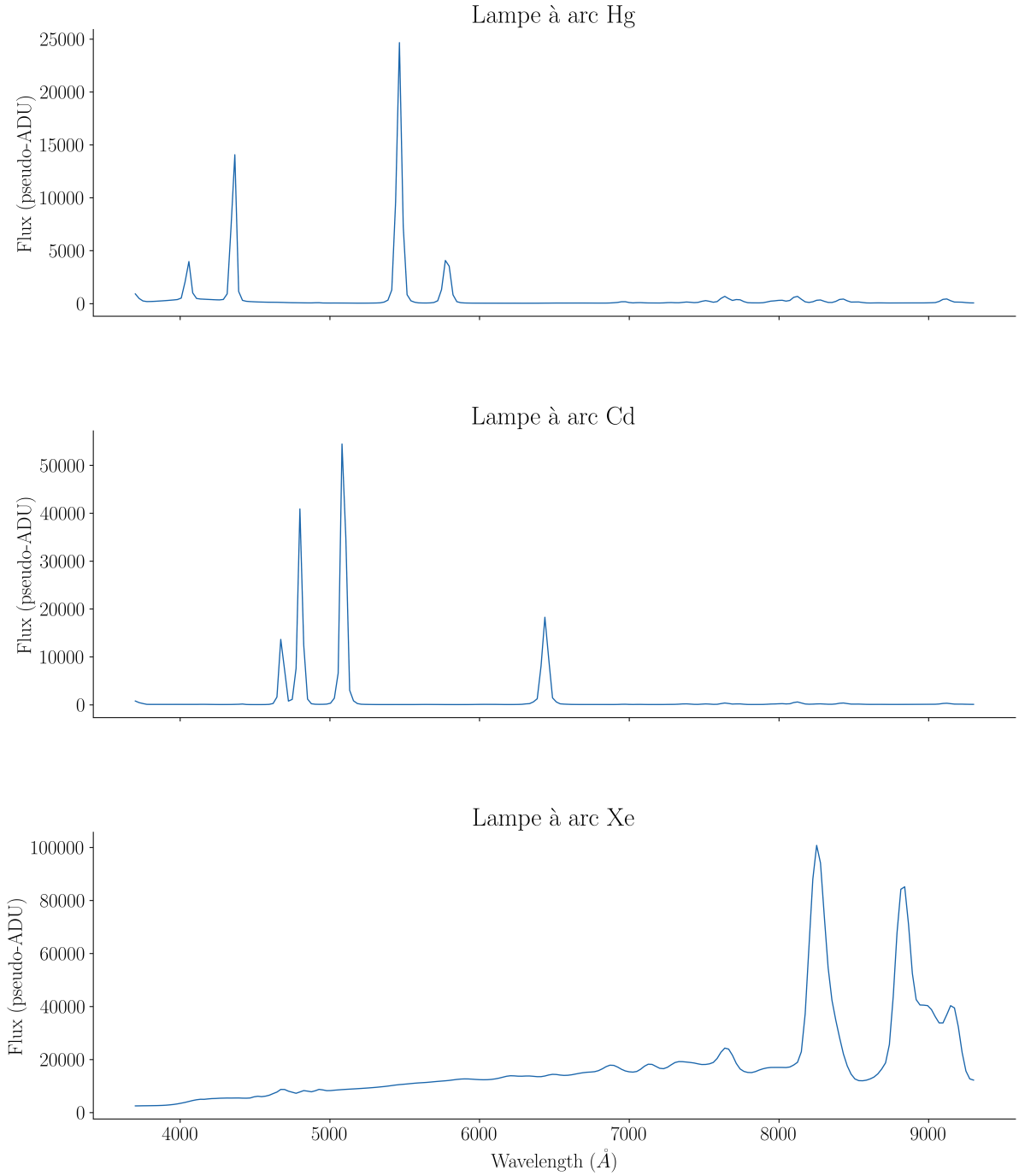


FIGURE 6.1 – Spectres des lampes à arc utilisées pour la SEDm pour la nuit du 3 Juillet 2020. De haut en bas, spectre de la lampe à mercure (Hg), à cadmium (Cd) et à Xenon (Xe). Ces spectres sont en unité de flux (pseudo-ADU) par longueur d’onde, et sont donc reconstruits à partir de la solution en longueur d’onde correspondante. Chaque spectre correspond au spectre moyen sur tout le MLA.

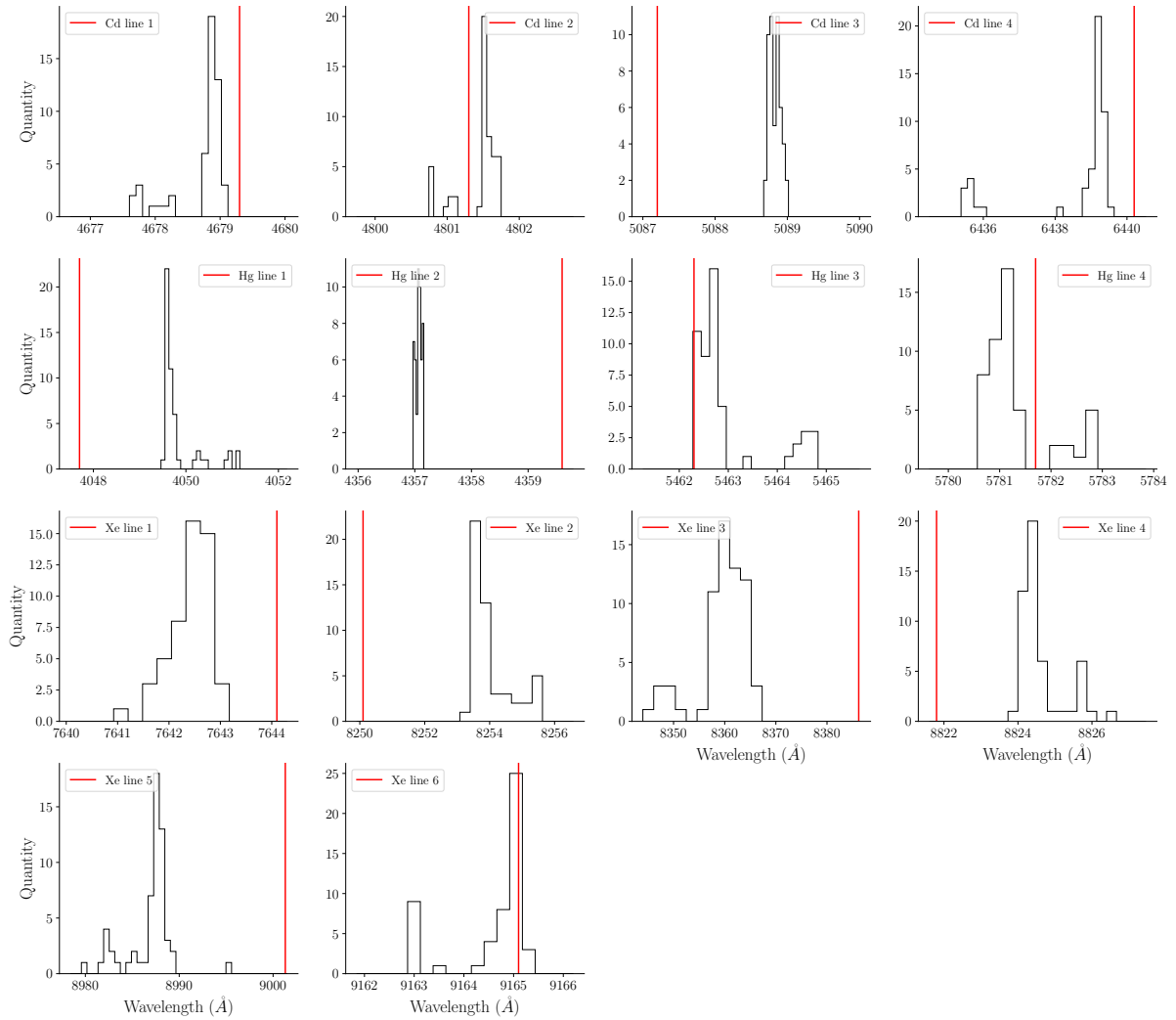


FIGURE 6.2 – Distribution de la localisation des raies des lampes à arc, en considérant la position médiane sur tous les spaxels du MLA pour la solution en longueur d’onde de 65 nuits entre 2018 et 2022. La localisation rouge verticale indique la position de la raie pour chaque lampe suivant les valeurs de la Table 6.1.

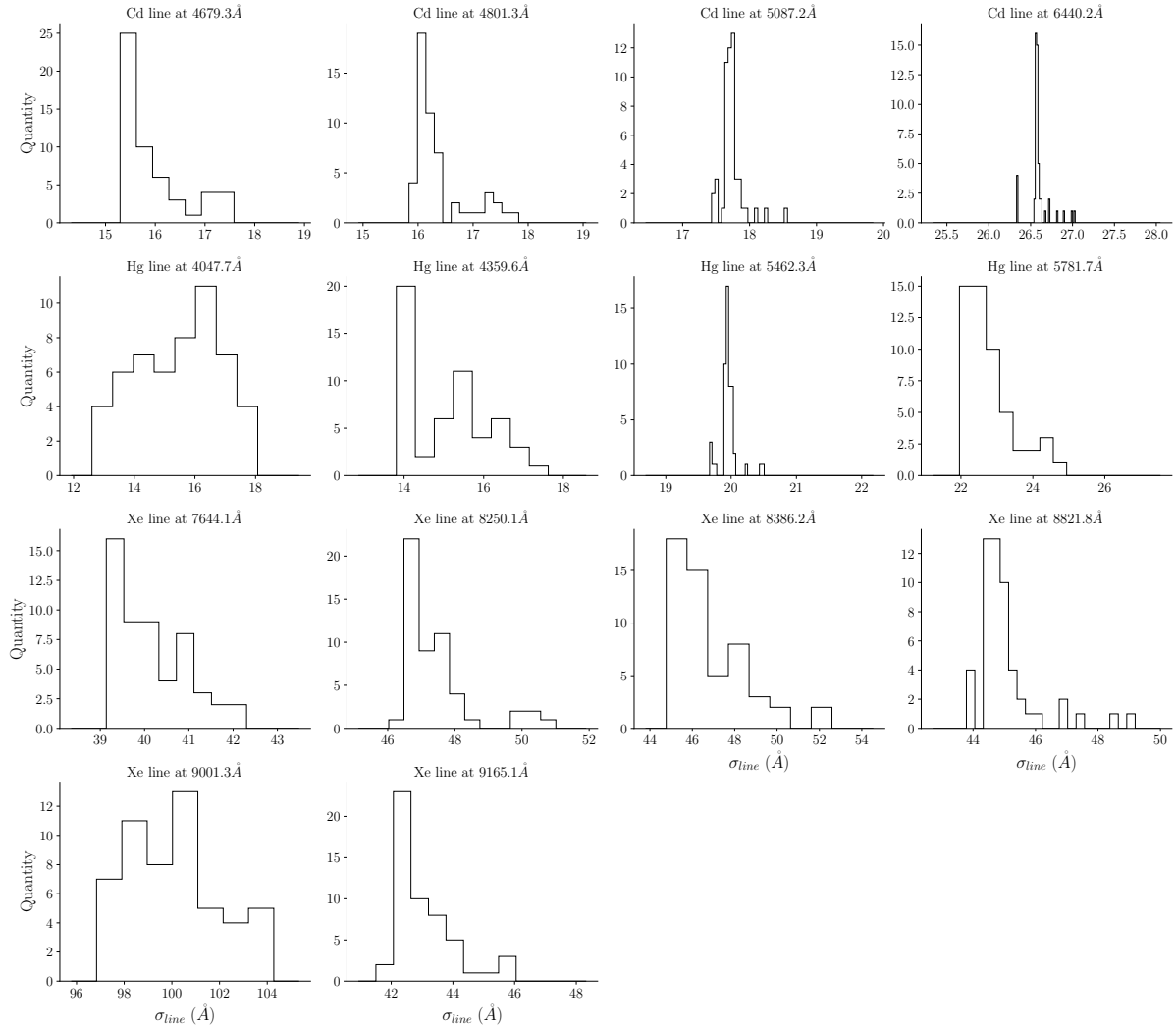


FIGURE 6.3 – Distribution de l'écart type  $\sigma_{line}$  des raies des lampes à arc, en considérant l'écart type médian sur tous les spaxels du MLA pour la solution en longueur d'onde de 65 nuits entre 2018 et 2022.

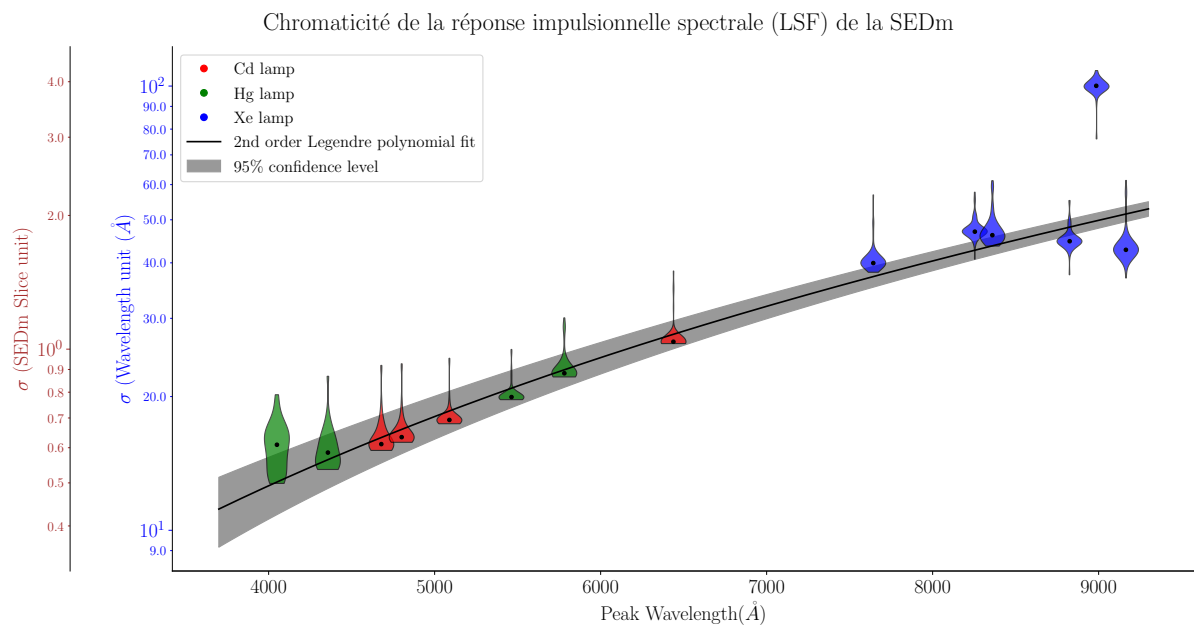


FIGURE 6.4 – Chromaticité de la LSF