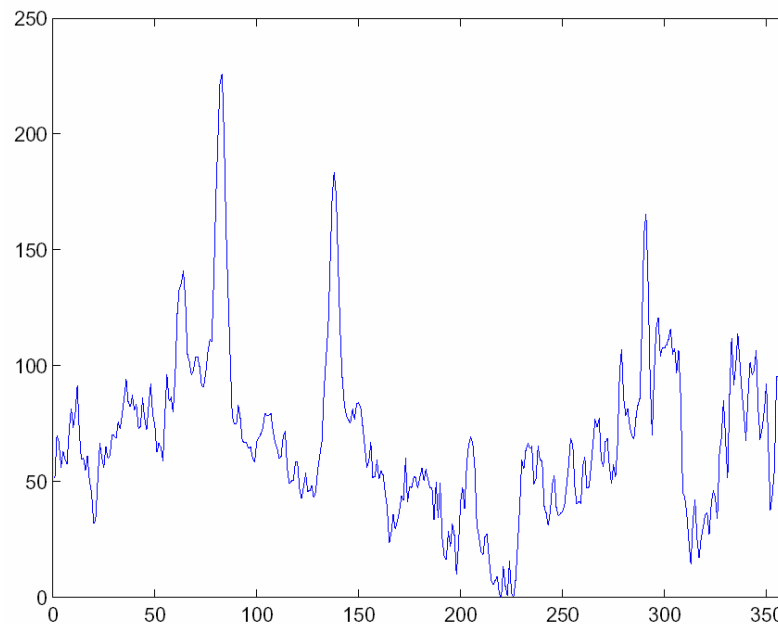


Analyse Spectromorphologique d'images hyperspectrales par algorithme génétique



Introduction 1/2

- Production de grandes masses de données astronomiques hyperspectrales (> 50 bandes)
- Accès aux propriétés physiques, chimiques... des objets
- Nécessité d'outils de spectromorphologie :
 - Forme du spectre
 - Propriétés statistiques

Introduction 2/2

- Réduction des données hyperspectrales en vue d'une segmentation markovienne → Méthode de réduction par algorithme génétique
- Méthode d'analyse spectrale → Méthode des Mean Shift
- Couplage entre les deux méthodes pour proposer une chaîne de traitement spectral d'images hyperspectrales

Observation



Mean
Shift

Les Mean Shift 1/3

- Méthode d'estimation itérative non paramétrique des modes d'une densité de probabilité associée à une distribution de points
- Basée sur une montée du gradient de la densité de probabilité estimée
- Les Mean Shift reviennent à résoudre l'équation suivante :

$$\nabla f(x) = 0$$

Les Mean Shift 2/3

- On ne connaît pas la densité de probabilité réelle

$$\hat{\nabla} f(x) \equiv \nabla \hat{f}(x)$$

- Calcul du vecteur Mean Shift : Hypersphère $S_h(x)$ de rayon h contenant n_x points

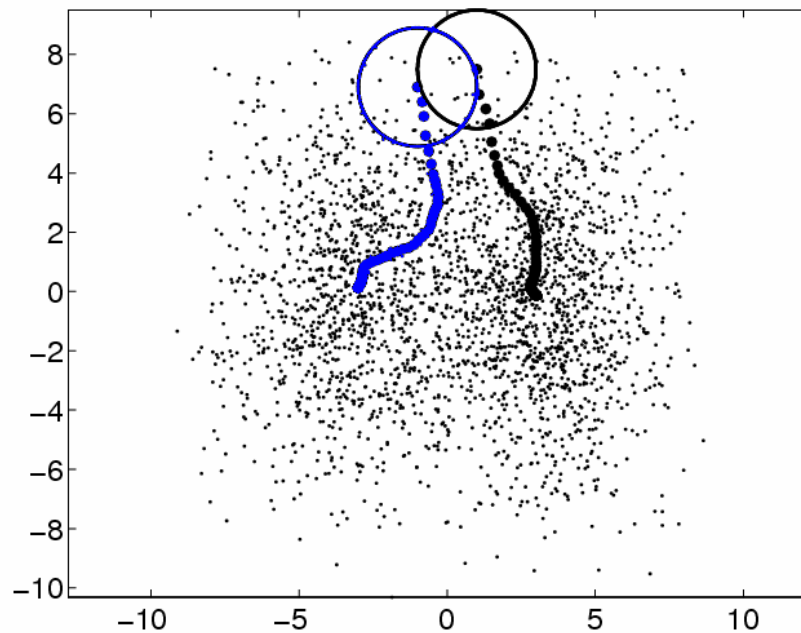
$$M_h(x) = \frac{1}{n_x} \sum_{x_i \in S_h(x)} (x_i - x)$$

- Le vecteur Mean Shift est proportionnel au gradient de la ddp estimée

$$M_h(x) \sim \nabla \hat{f}(x)$$

Les Mean Shift 3/3

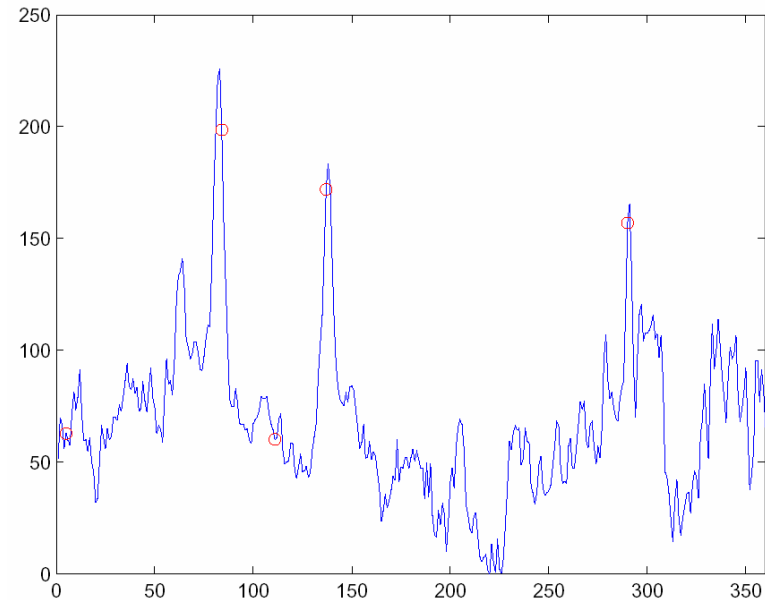
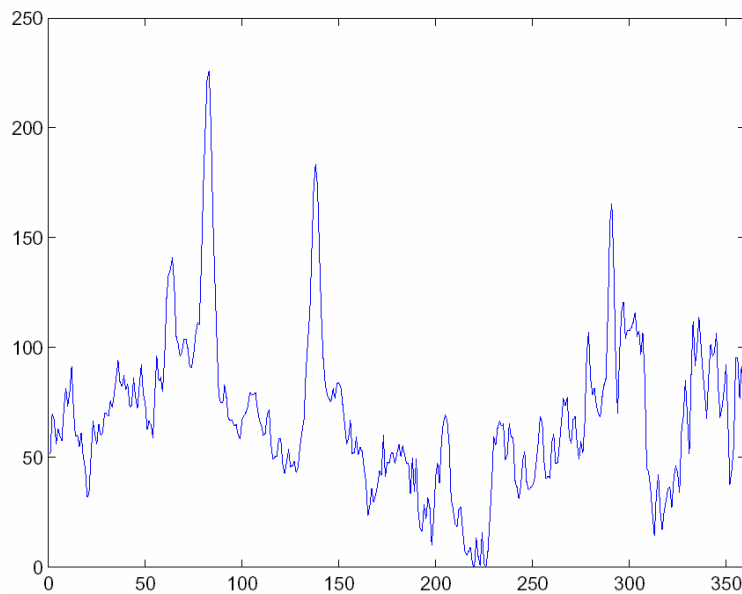
Moyenne des distances entre le centre d'une sphère et tous les points compris dans cette sphère



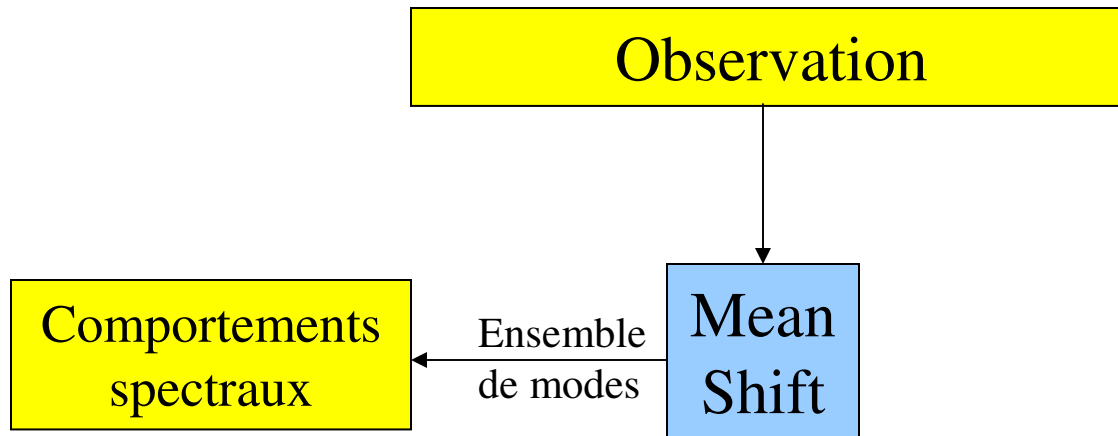
Rayon de la sphère?

Analogie avec l'imagerie astronomique

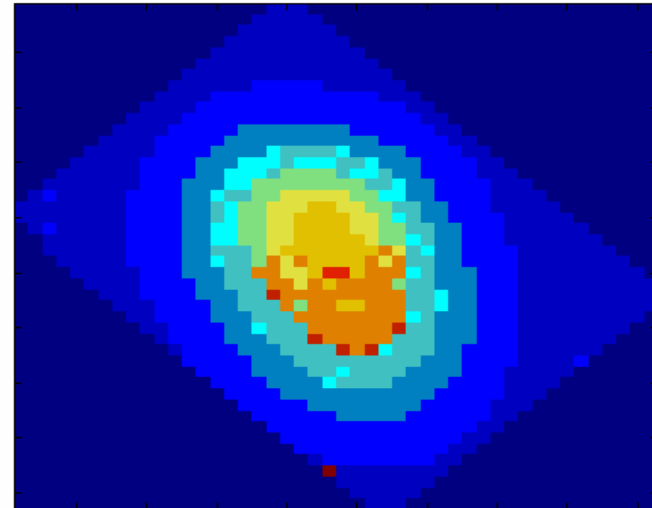
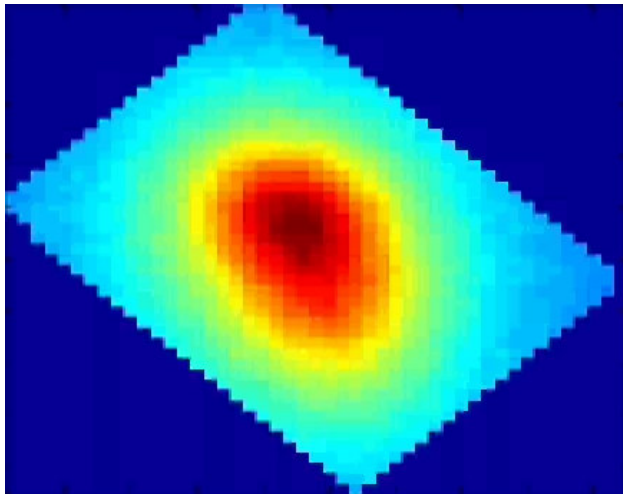
- Distribution de points → Un spectre de l'observation
- Un mode → une raie d'émission ou d'absorption

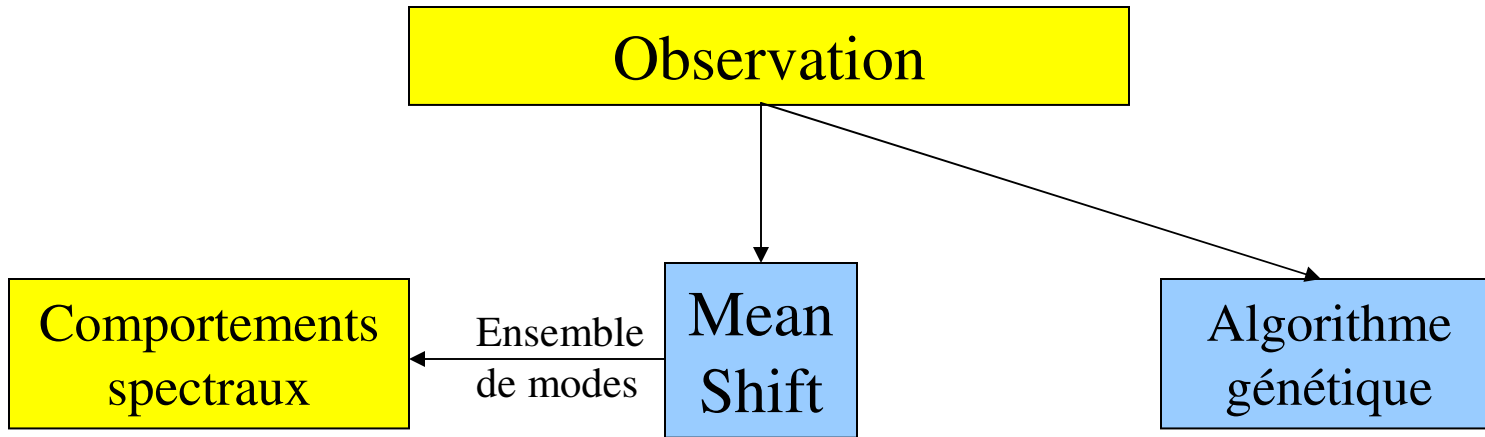


→ Nombre des raies, position des raies et amplitude



- Mean Shift sur chaque spectre de l'observation
- Regroupement de chaque ensemble de modes → comportements spectraux identiques → Nombre de classes





Algorithme génétique

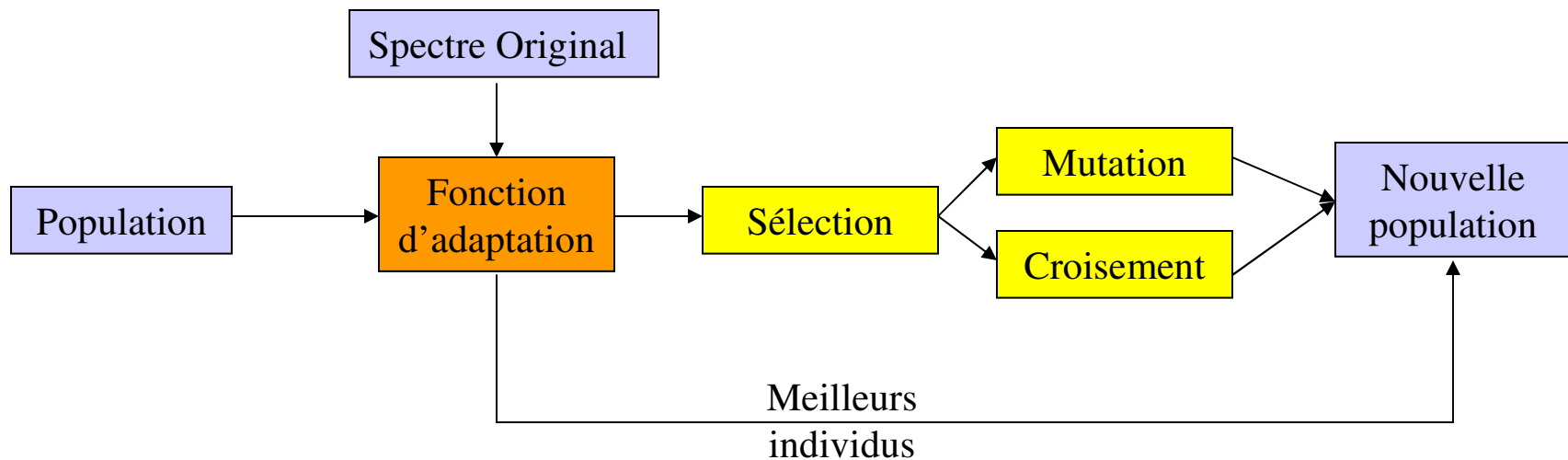
- Méthode d'optimisation possible explorant l'espace des solutions par une population d'individus
- Avantage → Parcours de l'espace des solutions et sélection des plus adaptées
- Inconvénient → Temps de calcul, convergence inconnue

Le modèle de mélange de gaussiennes

- Somme pondérée de g gaussiennes (3 paramètres par gaussienne)
- Une somme de gaussiennes est paramétrée par $g \times 3$ valeurs
- Chaque spectre \rightarrow somme pondérée de gaussiennes
- Nécessité d'estimer les paramètres de la somme \rightarrow algorithme génétique

Algorithme génétique

- Une population \rightarrow un ensemble d'individus
- Un individu \rightarrow un vecteur de $g \times 3$ composantes (une paramétrisation possible du spectre)
- Définition d'une fonction évaluant l'erreur de reconstruction entre le spectre original et le spectre reconstruit

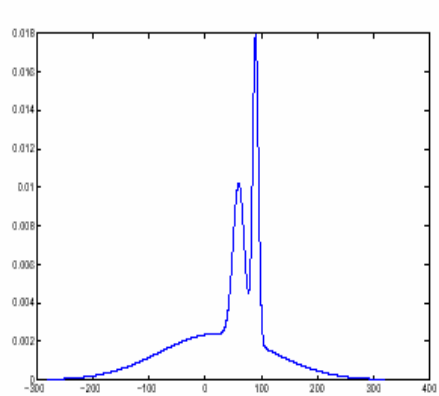


Fonction d'adaptation

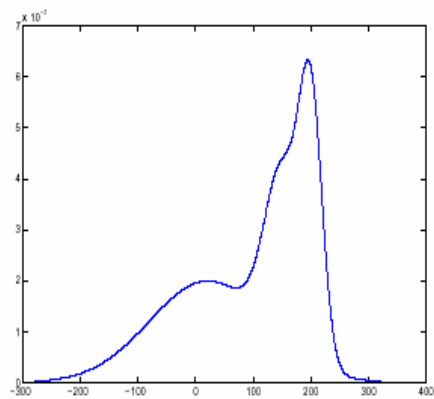
$$\rho(y_s, \hat{y}_s) = \underbrace{\sum_{\lambda \in D} \max(y_s^{(\lambda)}, \hat{y}_s^{(\lambda)}) \times \Delta(y_s^{(\lambda)}, \hat{y}_s^{(\lambda)})}_{T1} + \underbrace{\sum_{\lambda \in D} (\Delta(a_{y_s}^{(\lambda)}, a_{\hat{y}_s}^{(\lambda)}) + \Delta(b_{y_s}^{(\lambda)}, b_{\hat{y}_s}^{(\lambda)}))}_{T2}$$

où D est le domaine de définition des spectres, $\Delta(x, y) = \|x - y\|$, $a_{y_s}^{(\lambda)}$ est le coefficient directeur de la tangente à la longueur d'onde λ du signal y_s et $b_{y_s}^{(\lambda)}$ est l'ordonnée à l'abscisse de cette tangente.

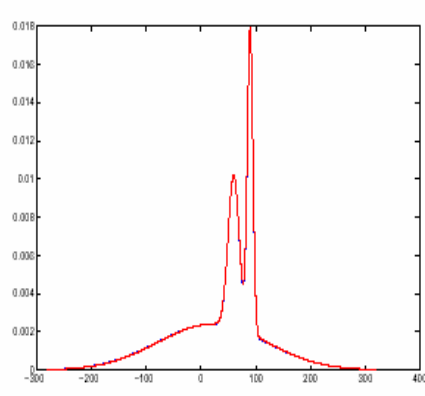
- Terme T1 \rightarrow Mesure d'aire pondérée
- Terme T2 \rightarrow Contrainte de forme



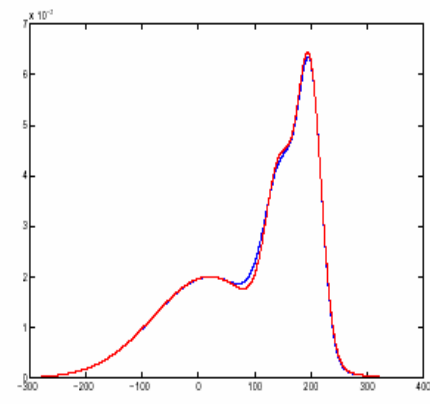
(a)



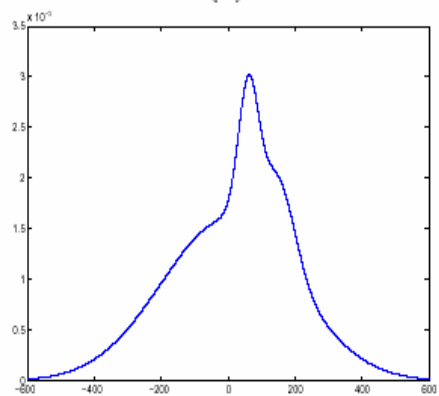
(b)



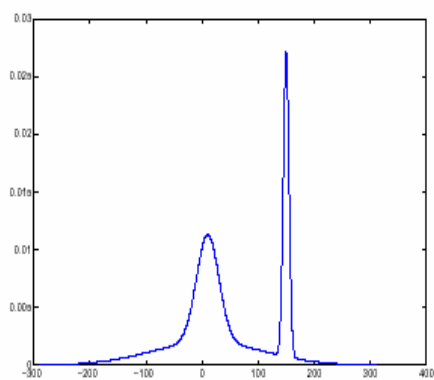
(a)



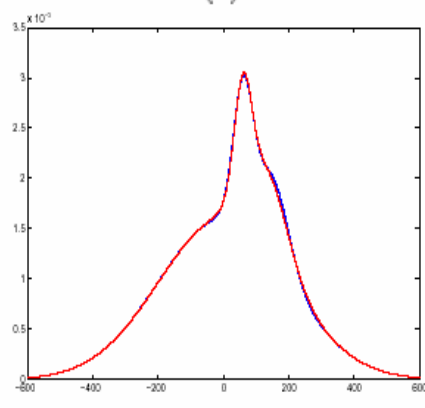
(b)



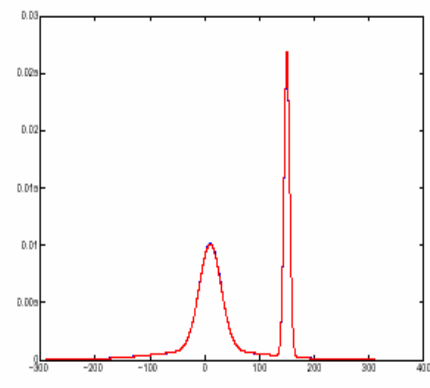
(c)



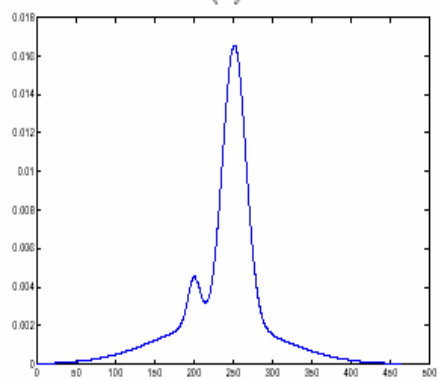
(d)



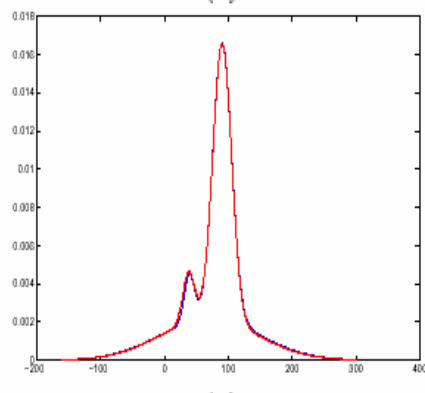
(c)



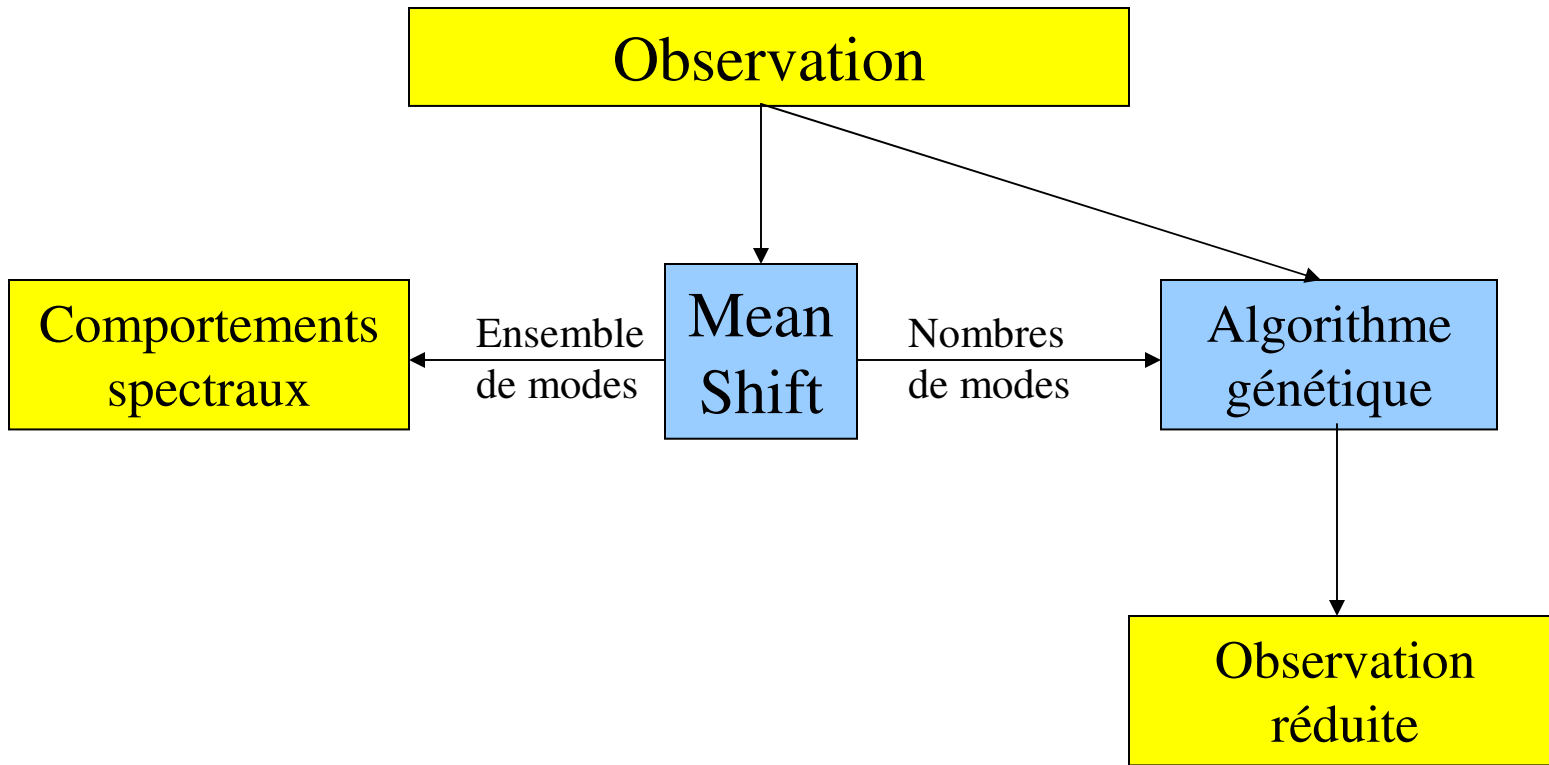
(d)



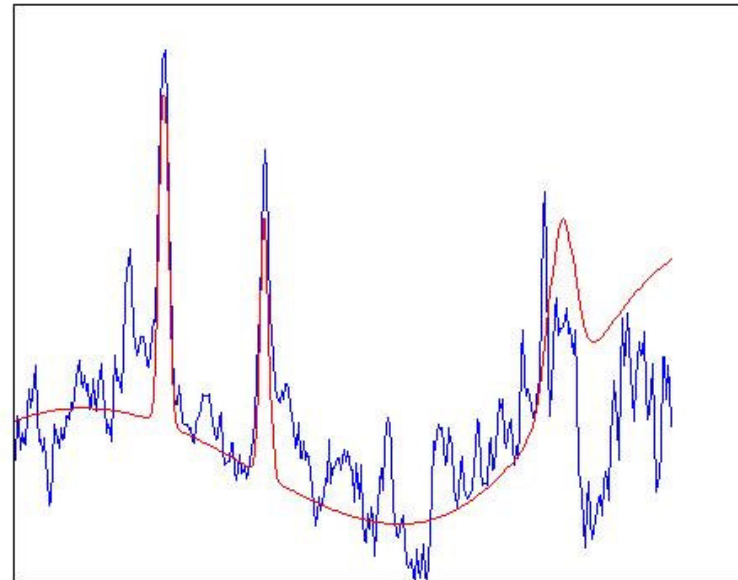
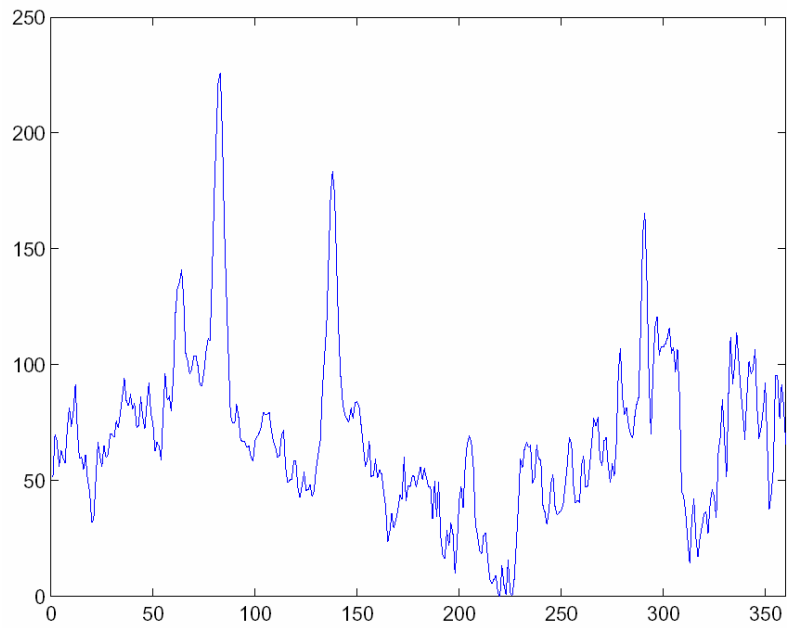
(e)



(e)

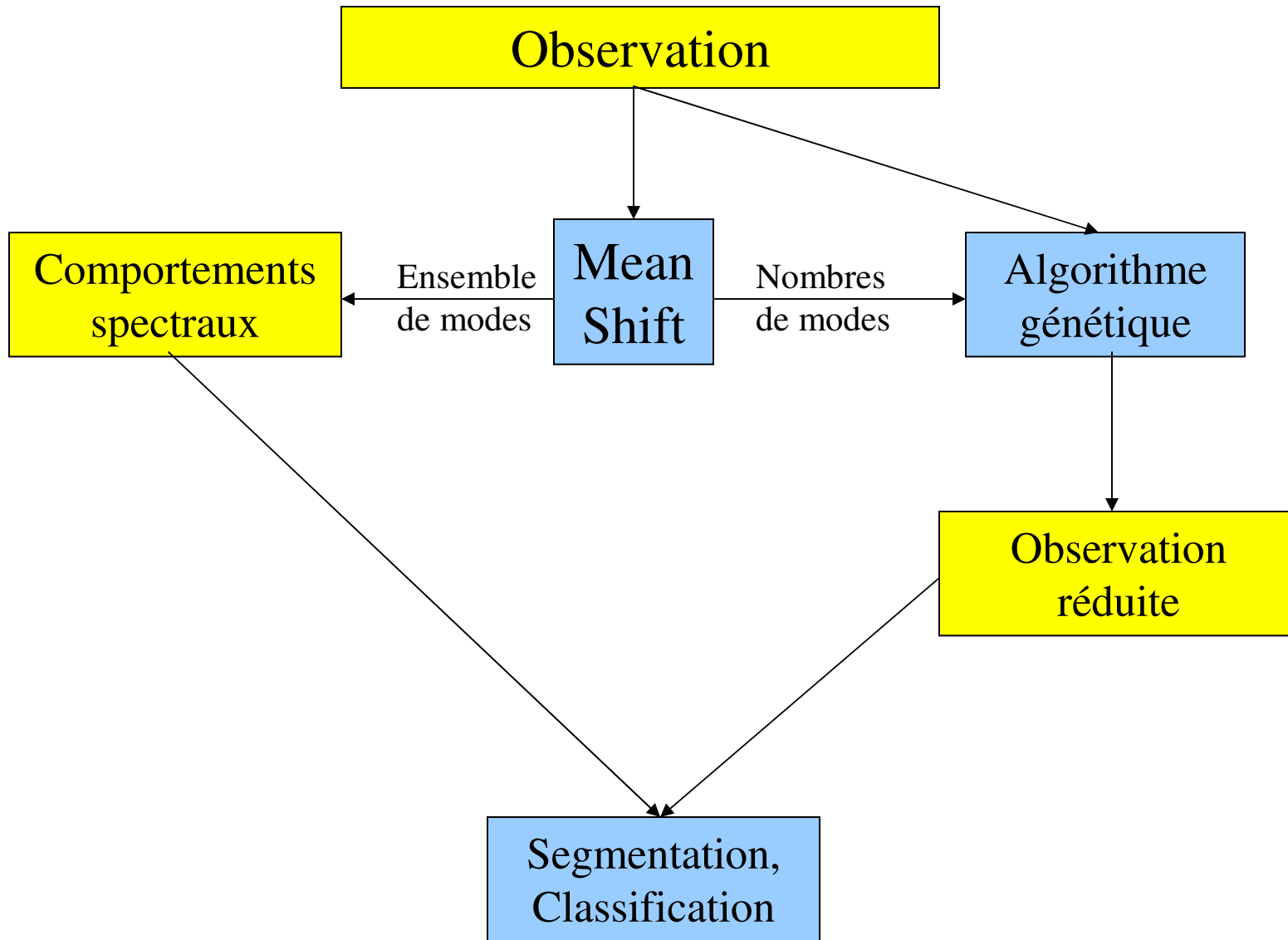


Résultat



Algorithme génétique

- Réaliser l'apprentissage de plusieurs modèles concurrents
- Sélectionner le meilleur modèle
- Chaque spectre de l'observation peut être paramétré par un modèle différent



Conclusion

- L'algorithme génétique permet d'obtenir un cube réduit
→ segmentation, classification
- La méthode des Mean Shift permet d'obtenir un ensemble de modes pour chaque spectre → comportements spectraux
- Les deux méthodes couplées permettent une étude spectromorphologique de l'observation

Perspectives

- Adapter les Algorithmes génétiques et les Mean shift aux raies d'absorption
- Estimer le rayon pour les Mean Shift
- Paralléliser l'algorithme génétique