

Modélisation du profil de lumière des galaxies

Marta ARROYO

05/07/2006 au 05/11/2006



Plan

- 1 Introduction
 - Modélisation du profil de lumière



Plan

- 1 Introduction
 - Modélisation du profil de lumière
- 2 Méthodologie
 - Seuillage
 - Conditions initiales
 - Ajustement du profil



Plan

- 1 Introduction
 - Modélisation du profil de lumière
- 2 Méthodologie
 - Seuillage
 - Conditions initiales
 - Ajustement du profil
- 3 Banque d'images



Plan

- 1 Introduction
 - Modélisation du profil de lumière
- 2 Méthodologie
 - Seuillage
 - Conditions initiales
 - Ajustement du profil
- 3 Banque d'images
- 4 Résultats



Plan

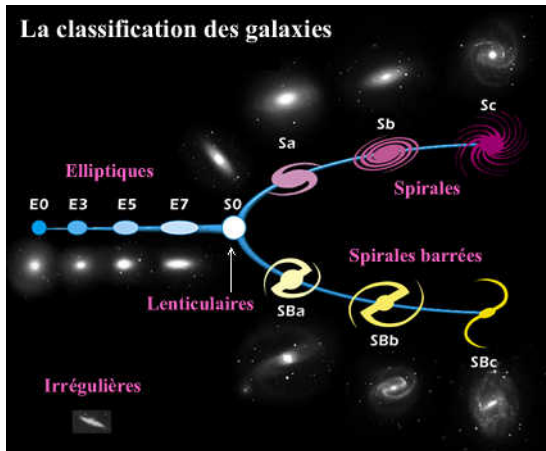
- 1 Introduction
 - Modélisation du profil de lumière
- 2 Méthodologie
 - Seuillage
 - Conditions initiales
 - Ajustement du profil
- 3 Banque d'images
- 4 Résultats
- 5 Conclusions



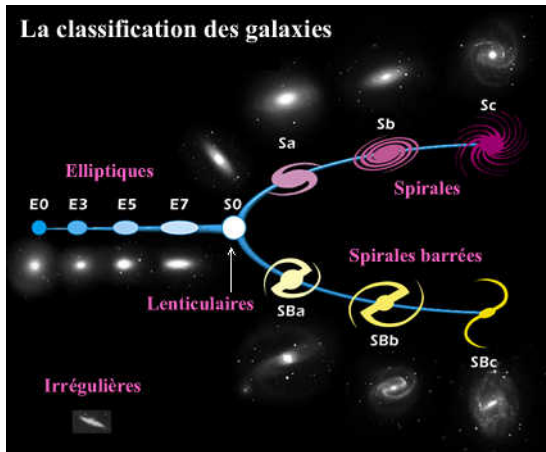
Plan

- 1 Introduction
 - Modélisation du profil de lumière
- 2 Méthodologie
 - Seuillage
 - Conditions initiales
 - Ajustement du profil
- 3 Banque d'images
- 4 Résultats
- 5 Conclusions

La séquence morphologique de Hubble

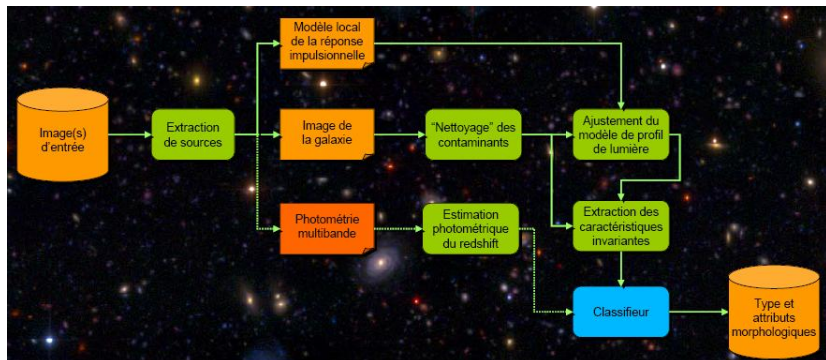


La séquence morphologique de Hubble



- Elliptiques
- Spirales
- Lenticulaires
- Irrégulières

Schéma de fonctionnement global



Vaucouleurs (1948) et Freeman (1970)

Décomposition **bulbe** + **disque**

Chaque composante est décrite par plusieurs **paramètres**

Vaucouleurs (1948) et Freeman (1970)

Décomposition **bulbe** + **disque**

Chaque composante est décrite par plusieurs **paramètres**

Travaux existants

- **GALFIT** : Ajustement 2D, algorithme Levenberg-Marquardt
- **GIM2D** : Ajustement 2D, algorithme Metropolis
- **GASPHOT** : Ajustement 1D/2D, algorithme Levenberg-Marquardt

Le profil de Sérsic

Nous avons utilisé un modèle avec une seule composante suivant la loi de Sérsic :

- r_e : rayon effectif de la galaxie

$$I(r) = I_e \cdot e^{-k \left(\left(\frac{r}{r_e} \right)^{1/n} - 1 \right)}$$

Le profil de Sérsic

Nous avons utilisé un modèle avec une seule composante suivant la loi de Sérsic :

$$I(r) = I_e \cdot e^{-k \left(\left(\frac{r}{r_e} \right)^{1/n} - 1 \right)}$$

- r_e : rayon effectif de la galaxie
- I_e : brillance de surface au rayon effectif

Le profil de Sérsic

Nous avons utilisé un modèle avec une seule composante suivant la loi de Sérsic :

$$I(r) = I_e \cdot e^{-k \left(\left(\frac{r}{r_e} \right)^{1/n} - 1 \right)}$$

- r_e : rayon effectif de la galaxie
- I_e : brillance de surface au rayon effectif
- n : indice de Sérsic

Le profil de Sérsic

Nous avons utilisé un modèle avec une seule composante suivant la loi de Sérsic :

$$I(r) = I_e \cdot e^{-k \left(\left(\frac{r}{r_e} \right)^{1/n} - 1 \right)}$$

- r_e : rayon effectif de la galaxie
- I_e : brillance de surface au rayon effectif
- n : indice de Sérsic
- k : paramètre qui dépend de n

Le profil de Sérsic

Nous avons utilisé un modèle avec une seule composante suivant la loi de Sérsic :

$$I(r) = I_e \cdot e^{-k \left(\left(\frac{r}{r_e} \right)^{1/n} - 1 \right)}$$

- r_e : rayon effectif de la galaxie
- I_e : brillance de surface au rayon effectif
- n : indice de Sérsic
- k : paramètre qui dépend de n

Loi de Sérsic

$$I(r) = I_e \cdot e^{-k \left(\left(\frac{r}{r_e} \right)^{1/n} - 1 \right)}$$

$$\left(\frac{r}{r_e} \right) = \sqrt{\left(\frac{x - x_c}{A} \right)^2 + \left(\frac{y - y_c}{B} \right)^2}$$

$$\begin{pmatrix} x_r \\ y_r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x - x_c \\ y - y_c \end{pmatrix}$$

Loi de Sérsic

$$I(r) = I_e \cdot e^{-k \left(\left(\frac{r}{r_e} \right)^{1/n} - 1 \right)}$$

$$\left(\frac{r}{r_e} \right) = \sqrt{\left(\frac{x - x_c}{A} \right)^2 + \left(\frac{y - y_c}{B} \right)^2}$$

$$\begin{pmatrix} x_r \\ y_r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x - x_c \\ y - y_c \end{pmatrix}$$

Paramètres

Loi de Sérsic

$$I(r) = I_e \cdot e^{-k \left(\left(\frac{r}{r_e} \right)^{1/n} - 1 \right)}$$

$$\left(\frac{r}{r_e} \right) = \sqrt{\left(\frac{x - x_c}{A} \right)^2 + \left(\frac{y - y_c}{B} \right)^2}$$

$$\begin{pmatrix} x_r \\ y_r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x - x_c \\ y - y_c \end{pmatrix}$$

Paramètres

 $x_c, y_c,$

Loi de Sérsic

$$I(r) = I_e \cdot e^{-k \left(\left(\frac{r}{r_e} \right)^{1/n} - 1 \right)}$$

$$\left(\frac{r}{r_e} \right) = \sqrt{\left(\frac{x - x_c}{A} \right)^2 + \left(\frac{y - y_c}{B} \right)^2}$$

$$\begin{pmatrix} x_r \\ y_r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x - x_c \\ y - y_c \end{pmatrix}$$

Paramètres

$x_c, y_c, I_e,$

Loi de Sérsic

$$I(r) = I_e \cdot e^{-k \left(\left(\frac{r}{r_e} \right)^{1/n} - 1 \right)}$$

$$\left(\frac{r}{r_e} \right) = \sqrt{\left(\frac{x - x_c}{A} \right)^2 + \left(\frac{y - y_c}{B} \right)^2}$$

$$\begin{pmatrix} x_r \\ y_r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x - x_c \\ y - y_c \end{pmatrix}$$

Paramètres

$x_c, y_c, I_e, n,$

Loi de Sérsic

$$I(r) = I_e \cdot e^{-k \left(\left(\frac{r}{r_e} \right)^{1/n} - 1 \right)}$$

$$\left(\frac{r}{r_e} \right) = \sqrt{\left(\frac{x - x_c}{A} \right)^2 + \left(\frac{y - y_c}{B} \right)^2}$$

$$\begin{pmatrix} x_r \\ y_r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x - x_c \\ y - y_c \end{pmatrix}$$

Paramètres

$x_c, y_c, I_e, n, \theta,$

Loi de Sérsic

$$I(r) = I_e \cdot e^{-k \left(\left(\frac{r}{r_e} \right)^{1/n} - 1 \right)}$$

$$\left(\frac{r}{r_e} \right) = \sqrt{\left(\frac{x - x_c}{A} \right)^2 + \left(\frac{y - y_c}{B} \right)^2}$$

$$\begin{pmatrix} x_r \\ y_r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x - x_c \\ y - y_c \end{pmatrix}$$

Paramètres

$x_c, y_c, I_e, n, \theta, A, B,$

Loi de Sérsic

$$I(r) = I_e \cdot e^{-k \left(\left(\frac{r}{r_e} \right)^{1/n} - 1 \right)}$$

$$\left(\frac{r}{r_e} \right) = \sqrt{\left(\frac{x - x_c}{A} \right)^2 + \left(\frac{y - y_c}{B} \right)^2}$$

$$\begin{pmatrix} x_r \\ y_r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x - x_c \\ y - y_c \end{pmatrix}$$

Paramètres

$x_c, y_c, I_e, n, \theta, A, B, b.$



Plan

- 1 Introduction
 - Modélisation du profil de lumière
- 2 **Méthodologie**
 - Seuillage
 - Conditions initiales
 - Ajustement du profil
- 3 Banque d'images
- 4 Résultats
- 5 Conclusions

La méthode développée pendant ce stage peut être globalement divisée en trois étapes consécutives :

- 1 Seuillage.
- 2 Calcul des conditions initiales du modèle.
 - Calcul des paramètres de position dérivés des moments de deuxième ordre.
 - Calcule des autres paramètres.
- 3 Ajustement du profil de la galaxie grâce à l'algorithme de Levenberg-Marquardt.



Seuillage

- Fabriquer un masque de pixels permettant de mesurer les moments du 2^e ordre.
- Accélérer le temps de calcul et concentrer l'ajustement sur les pixels qui font partie de la galaxie.
 - Diminuer le seuil pour éviter le biais dans l'estimation des paramètres.
 - Autres méthodes d'optimization du temps de calcul.

Seuillage

- Fabriquer un masque de pixels permettant de mesurer les moments du 2^e ordre.
- Accélérer le temps de calcul et concentrer l'ajustement sur les pixels qui font partie de la galaxie.
 - Diminuer le seuil pour éviter le biais dans l'estimation des paramètres.
 - Autres méthodes d'optimization du temps de calcul.

Méthodes

- **Méthode principale** : Méthode des courbes de niveau.
- **Méthode auxiliaire** : Méthode de l'histogramme.



Courbes de niveau

Principe de Helmholtz

Utilisé pour la reconnaissance de structures dans une image sans aucune information *a priori*.

Courbes de niveau

Principe de Helmholtz

Utilisé pour la reconnaissance de structures dans une image sans aucune information *a priori*.

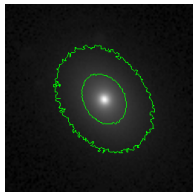
- Courbe fermée la plus significative : Détection du bulbe.
- Courbe fermée la plus longue avec un contraste assez grande : Détection de la galaxie.

Courbes de niveau

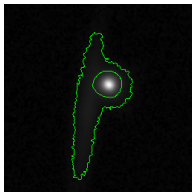
Principe de Helholtz

Utilisé pour la reconnaissance de structures dans une image sans aucune information *a priori*.

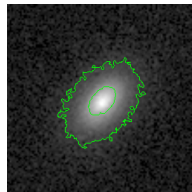
- Courbe fermée la plus significative : Détection du bulbe.
- Courbe fermée la plus longue avec un contraste assez grande : Détection de la galaxie.



PGC0060025



PGC0060044

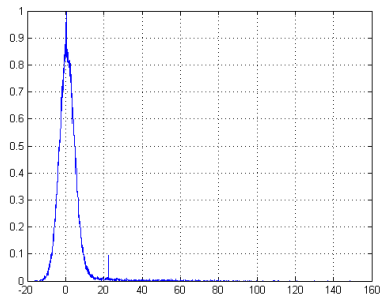


PGC0069914

Méthode de l'histogramme

Histogramme

- Population principale : Niveaux de gris correspondants au fond de ciel.
- Population secondaire assez éloignée de la principale, sans pics significatifs dans l'histogramme

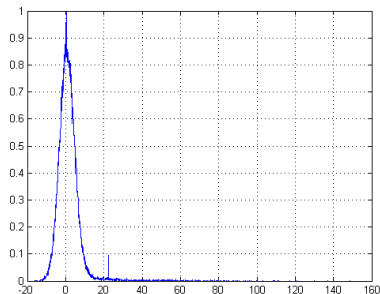




Méthode de l'histogramme

Histogramme

- Population principale : Niveaux de gris correspondants au fond de ciel.
- Population secondaire assez éloignée de la principale, sans pics significatifs dans l'histogramme



Méthode très simple !!!



Conditions initiales

- x_c : Coordonnée X du centre de la galaxie,
- y_c : Coordonnée Y du centre de la galaxie,

Conditions initiales

- x_c : Coordonnée X du centre de la galaxie,
- y_c : Coordonnée Y du centre de la galaxie,
- θ : angle de rotation,
- A : longueur du demi-grand axe,
- B : longueur du demi-petit axe,

Conditions initiales

- x_c : Coordonnée X du centre de la galaxie,
- y_c : Coordonnée Y du centre de la galaxie,
- θ : angle de rotation,
- A : longueur du demi-grand axe,
- B : longueur du demi-petit axe,
- I_e : Brillance,
- n : Indice de Sersic,
- b : niveau du fond ciel.

Barycentre

Paramètres

x_c et y_c .

Coordonnées du centre de la galaxie :

$$x_c = \frac{\sum_{i \in S} I_i x_i}{\sum_{i \in S} I_i}, \quad y_c = \frac{\sum_{i \in S} I_i y_i}{\sum_{i \in S} I_i}$$

où S représente les pixels de l'image au dessus le seuil.

Moments du deuxième ordre

Paramètres

θ , A et B .

À partir des moments du deuxième ordre nous pouvons calculer les paramètres qui décrivent la forme de la galaxie.

$$\overline{x^2} = \frac{\sum_{i \in S} I_i (x_i - x_c)^2}{\sum_{i \in S} I_i}, \quad \overline{y^2} = \frac{\sum_{i \in S} I_i (y_i - y_c)^2}{\sum_{i \in S} I_i},$$

$$\overline{xy} = \frac{\sum_{i \in S} I_i (x_i - x_c)(y_i - y_c)}{\sum_{i \in S} I_i}$$

Reste de paramètres

Paramètres

I_e , b et n .

- I_e : La valeur maximale de la galaxie.
- b : On fait la moyenne des pixels appartenant au fond de ciel.
- n : On met $n = 1$.

Algorithme de Levenberg-Marquardt

Caracteristiques

- Problèmes d'optimisation non-linéaire d'échelle moyenne.
- Utilisation des informations de deuxième ordre.
- Algorithme adaptative dependant de si la fonction de coût augmente ou diminue.

$$\chi^2(\vec{a}) = \sum_{x=1}^{nx} \sum_{y=1}^{ny} \left(\frac{im_{x,y} - f_{x,y}(\vec{a})}{\sigma_{x,y}} \right)^2$$



Plan

- 1 Introduction
 - Modélisation du profil de lumière
- 2 Méthodologie
 - Seuillage
 - Conditions initiales
 - Ajustement du profil
- 3 Banque d'images
- 4 Résultats
- 5 Conclusions



Banque d'images

SDSS (Sloan Digital Sky Survey)

- 1 Bande g (bleu-vert) : Similaire a celle des plaques photographiques sur lesquelles la sequence de Hubble a été élaborée.



Banque d'images

SDSS (Sloan Digital Sky Survey)

- 1 Bande g (bleu-vert) : Similaire a celle des plaques photographiques sur lesquelles la sequence de Hubble a été élaborée.
- 2 Images nettoyées : Élimination des objets parasites présents dans l'image.

Banque d'images

SDSS (Sloan Digital Sky Survey)

- ① Bande g (bleu-vert) : Similaire a celle des plaques photographiques sur lesquelles la sequence de Hubble a été élaborée.
- ② Images nettoyées : Élimination des objets parasites présents dans l'image.

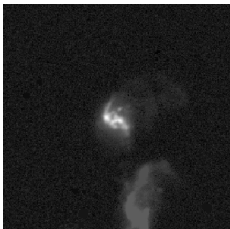


Image rejetée

Banque d'images

SDSS (Sloan Digital Sky Survey)

- 1 Bande g (bleu-vert) : Similaire a celle des plaques photographiques sur lesquelles la sequence de Hubble a été élaborée.
- 2 Images nettoyées : Élimination des objets parasites présents dans l'image.



Image rejetée

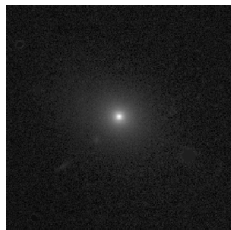


Image retenue



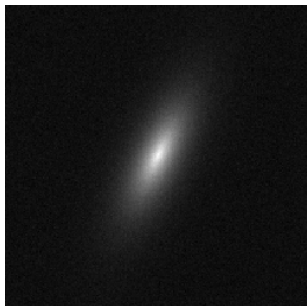
Plan

- 1 Introduction
 - Modélisation du profil de lumière
- 2 Méthodologie
 - Seuillage
 - Conditions initiales
 - Ajustement du profil
- 3 Banque d'images
- 4 Résultats
- 5 Conclusions



Galaxies artificielles

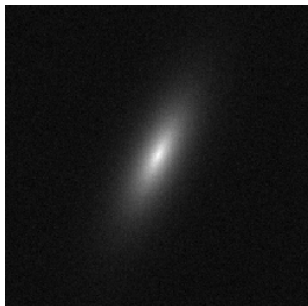
Image original





Galaxies artificielles

Image original



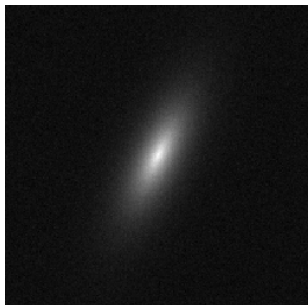
Modèle obtenu





Galaxies artificielles

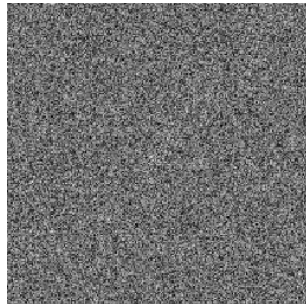
Image original



Modèle obtenu



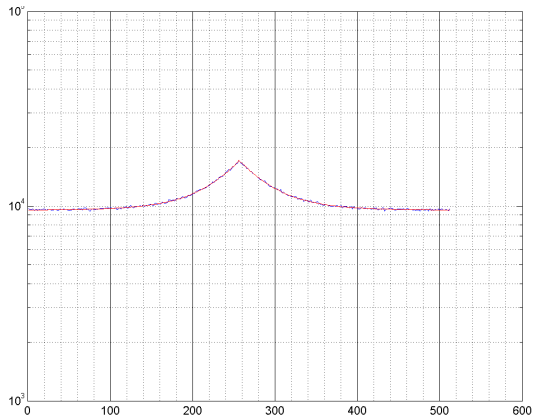
Erreur normalisée





Galaxies artificielles

Profil de brillance

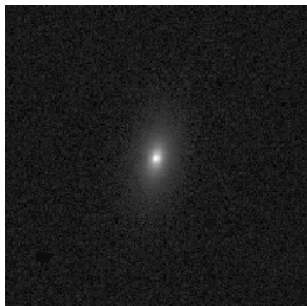




Images réelles

Galaxie PGC0003830

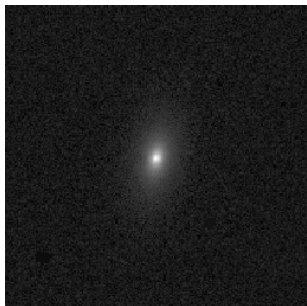
Image original



Images réelles

Galaxie PGC0003830

Image originale



Modèle obtenu



Images réelles

Galaxie PGC0003830

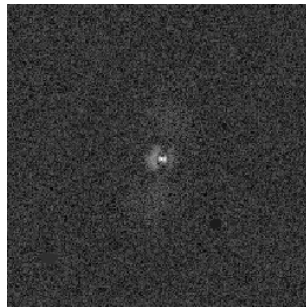
Image originale



Modèle obtenu



Erreur normalisée

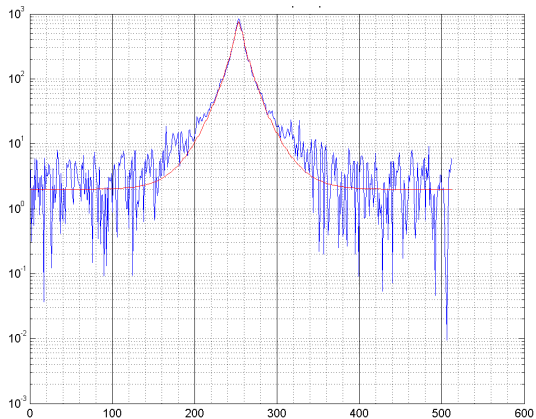




Images réelles

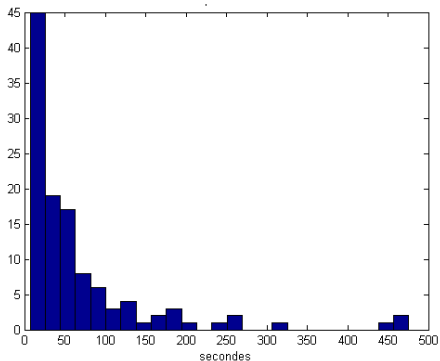
Profil de brillance

Galaxie PGC0003830





Temps de calcul



Caracteristiques

- Simulation sous MATLAB
- Processeur 1.73 GHz, 0.99 GB RAM



Plan

- 1 Introduction
 - Modélisation du profil de lumière
- 2 Méthodologie
 - Seuillage
 - Conditions initiales
 - Ajustement du profil
- 3 Banque d'images
- 4 Résultats
- 5 **Conclusions**



Conclusions

Nous obtenons un système capable de modéliser les galaxies.



Conclusions

Nous obtenons un système capable de modéliser les galaxies.

- Décomposition de la galaxie en bulbe et disque



Conclusions

Nous obtenons un système capable de modéliser les galaxies.




- Décomposition de la galaxie en bulbe et disque
- Influence des conditions initiales dans le temps de calcul





Conclusions

Nous obtenons un système capable de modéliser les galaxies.

- Décomposition de la galaxie en bulbe et disque
- Influence des conditions initiales dans le temps de calcul
- Extraction des paramètres par minimisation global

-  Simard, L., Willmer, Ch., Vogt, N., Sarajedini, V., Phillips, A., Weiner, B., Koo, D., Im, M., Illingworth, G., Faber, S. M. *The DEEP Groth Strip Survey II. Hubble Space Telescope Structural Parameters of Galaxies in the Groth Strip*, The Astrophysical Journal, 2002.
-  Allen, P.D., Driver, S.P., Graham, A.W., Cameron, E., Liske J., De Propriis, R. *The Millennium Galaxy Catalogue : bulge-disc decomposition of 10 095 nearby galaxies*, MNRAS, 371, 2, 2006.
-  Peng, C. Y., Ho, L. C., Impey, Ch. D., Rix, H. *Detailed Structural Decomposition of Galaxy Images*, The Astrophysical Journal, 2002.
-  Pignatelli, E., Fasano G., Cassata P. *GASPHOT : a tool for Galaxy Automatic Surface PHOTometry*, Astronomy and astrophysics, 2006.

-  Baillard, A. *Projet EFIGI : Classification automatique de galaxies*, 2005.
-  Liéno, M. *Classification morphologique des galaxies*, 2005.