

# Étude de l'extinction par la poussière interstellaire dans les lentilles gravitationnelles

# Plan

1. Extinction

# Plan

1. Extinction
2. Les lentilles gravitationnelles

# Plan

1. Extinction
2. Les lentilles gravitationnelles
3. Estimation du redshift d'une lentille gravitationnelle

# Plan

1. Extinction
2. Les lentilles gravitationnelles
3. Estimation du redshift d'une lentille gravitationnelle
4. Extraction de la loi d'extinction

# Plan

1. Extinction
2. Les lentilles gravitationnelles
3. Estimation du redshift d'une lentille gravitationnelle
4. Extraction de la loi d'extinction
5. Caractérisation de la loi d'extinction extraite

# Plan

1. Extinction
2. Les lentilles gravitationnelles
3. Estimation du redshift d'une lentille gravitationnelle
4. Extraction de la loi d'extinction
5. Caractérisation de la loi d'extinction extraite
6. Conclusions et perspectives

Première partie

Extinction

# Définitions

- Extinction = absorption + diffusion

# Définitions

- Extinction = absorption + diffusion
- Dépendance avec la longueur d'onde  $\lambda$  : loi d'extinction  $A(\lambda)$  (en magnitude)

$$A(\lambda) = -2,5 \log \left( \frac{F(\lambda)}{F_0(\lambda)} \right)$$

- $F(\lambda)$  : flux après extinction
- $F_0(\lambda)$  : flux avant extinction

# Définitions

- Extinction = absorption + diffusion
- Dépendance avec la longueur d'onde  $\lambda$  : loi d'extinction  $A(\lambda)$  (en magnitude)

$$A(\lambda) = -2,5 \log \left( \frac{F(\lambda)}{F_0(\lambda)} \right)$$

- $F(\lambda)$  : flux après extinction
- $F_0(\lambda)$  : flux avant extinction
- Rapport de l'extinction totale sur l'extinction sélective :  $R_V = \frac{A_V}{A_B - A_V}$

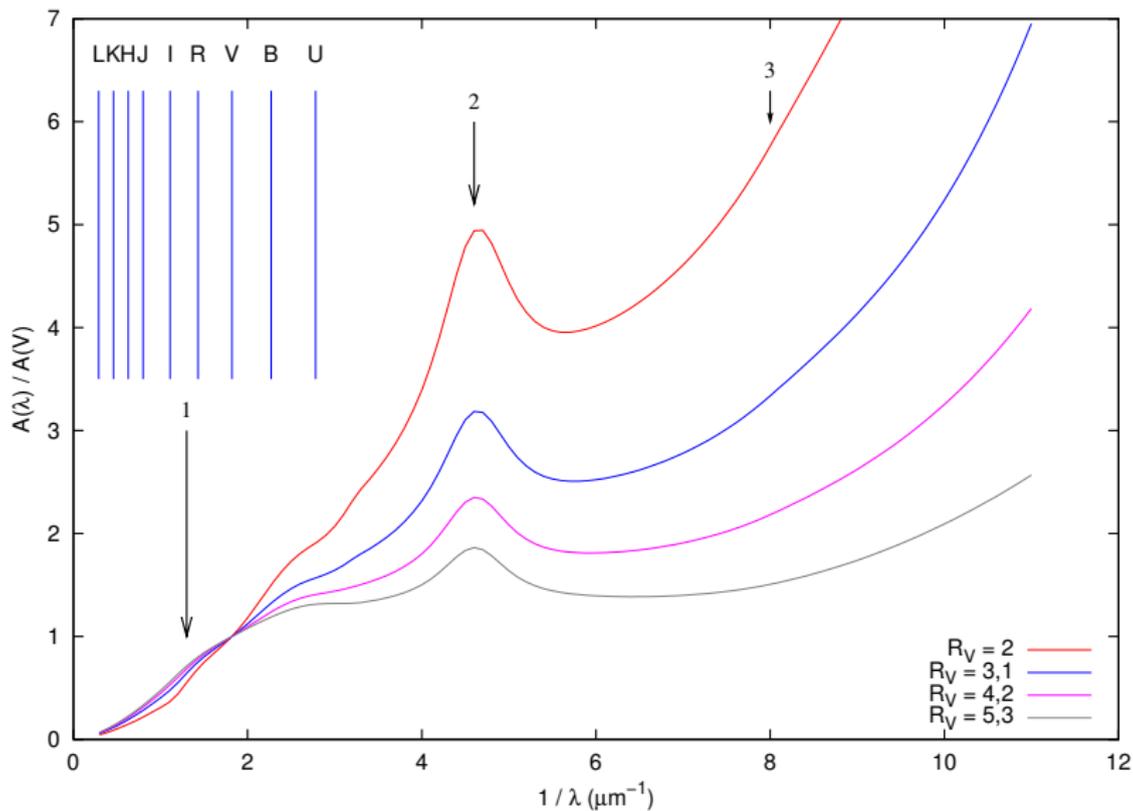
# Définitions

- Extinction = absorption + diffusion
- Dépendance avec la longueur d'onde  $\lambda$  : loi d'extinction  $A(\lambda)$  (en magnitude)

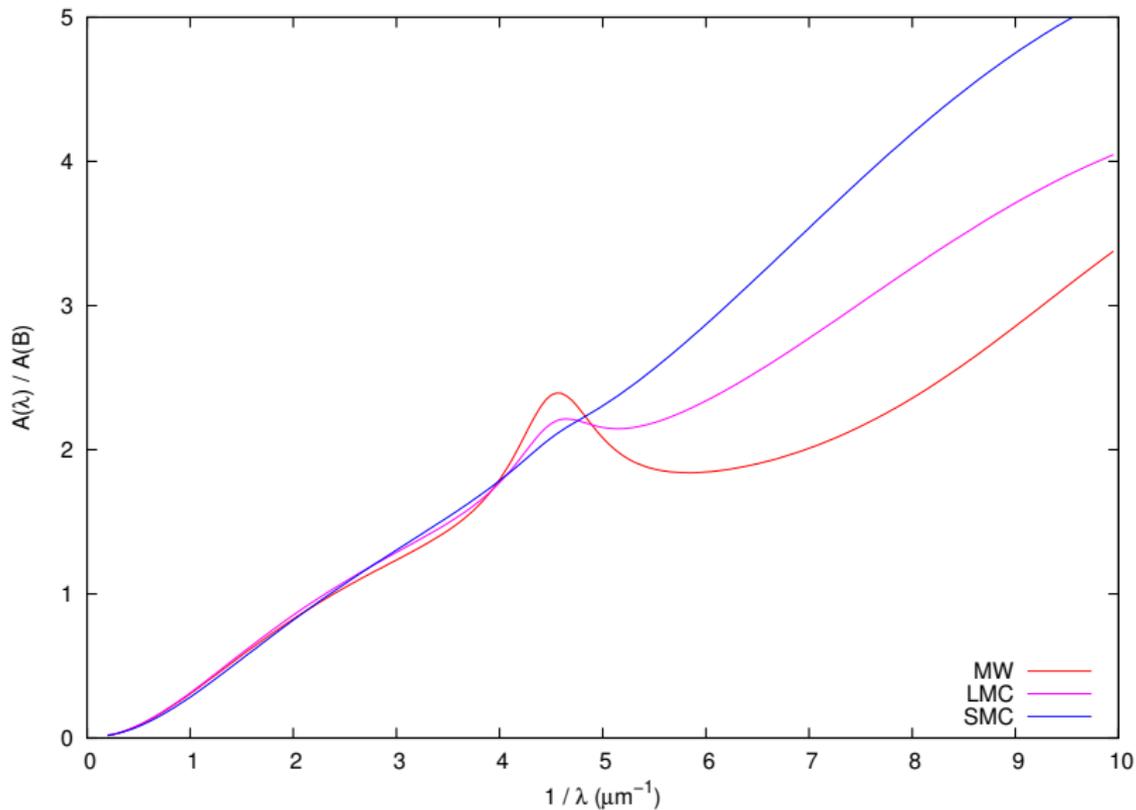
$$A(\lambda) = -2,5 \log \left( \frac{F(\lambda)}{F_0(\lambda)} \right)$$

- $F(\lambda)$  : flux après extinction
- $F_0(\lambda)$  : flux avant extinction
- Rapport de l'extinction totale sur l'extinction sélective :  $R_V = \frac{A_V}{A_B - A_V}$
- Premières mesures de loi d'extinction dans la Galaxie en 1930

# Exemples de lois d'extinction dans la Galaxie



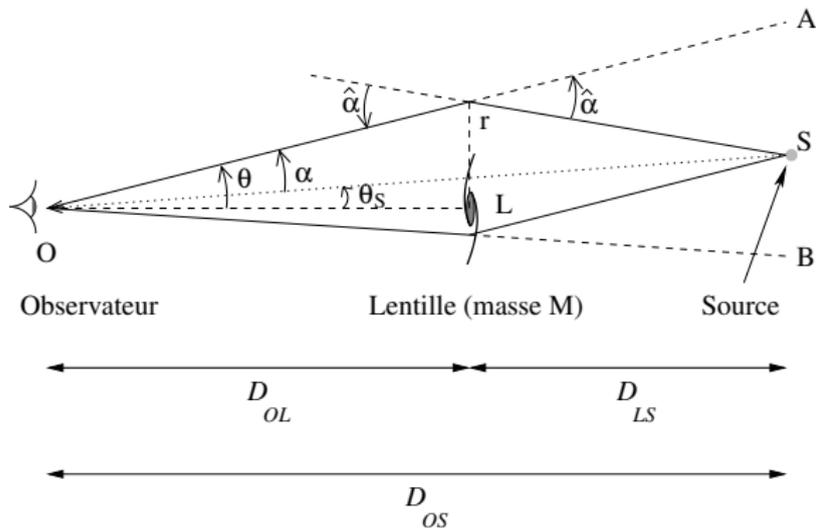
# Dans les Nuages de Magellan



Deuxième partie

Les lentilles gravitationnelles

# Schéma d'un mirage gravitationnel



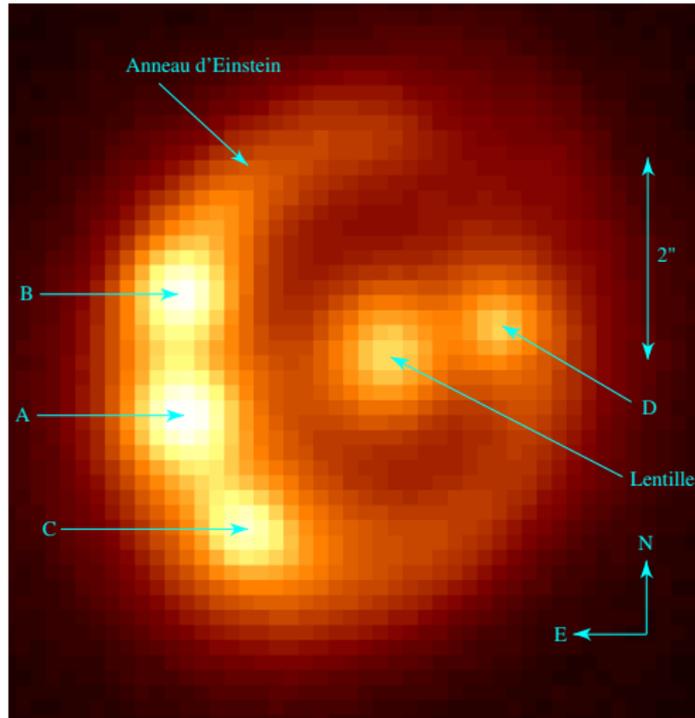
$$\hat{\alpha} = 4 \frac{GM}{c^2 r}$$

$$\vec{\theta}_S = \vec{\theta} - \vec{\alpha}(\vec{\theta})$$

avec :

$$\vec{\alpha}(\vec{\theta}) = -\frac{D_{LS}}{D_{OS}} \vec{\hat{\alpha}}(\vec{r})$$

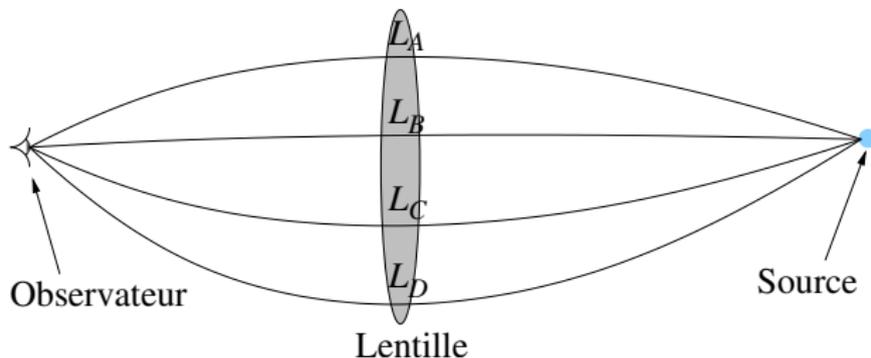
# Exemple de mirage gravitationnel : RXS J1131-1231



## Troisième partie

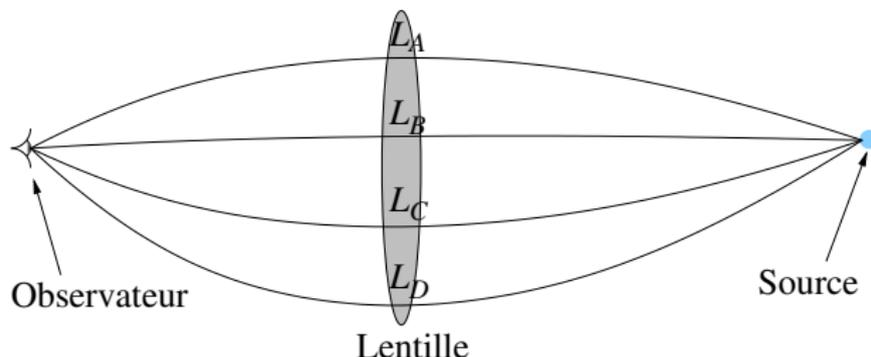
# Estimation du redshift d'une lentille gravitationnelle

# Schéma introductif



$$F_i(\lambda) = F_0(\lambda)M_i e^{-\kappa(\lambda')L_i} \quad \text{avec} \quad \lambda' = \lambda/(1 + z_i)$$

# Schéma introductif

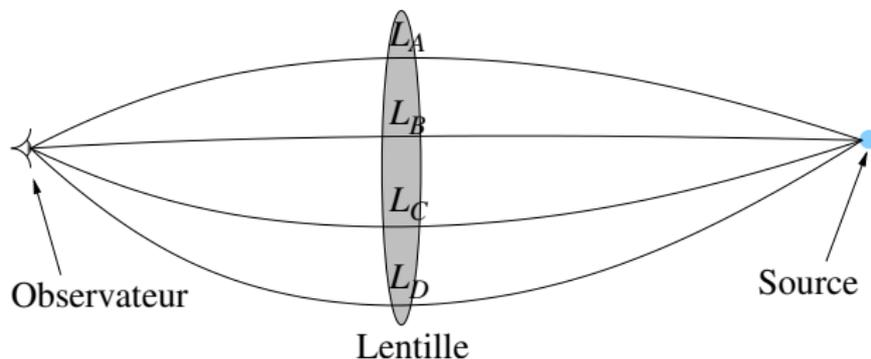


$$F_i(\lambda) = F_0(\lambda)M_i e^{-\kappa(\lambda')L_i} \quad \text{avec} \quad \lambda' = \lambda/(1 + z_i)$$

## Hypothèses

- pas de contamination

# Schéma introductif

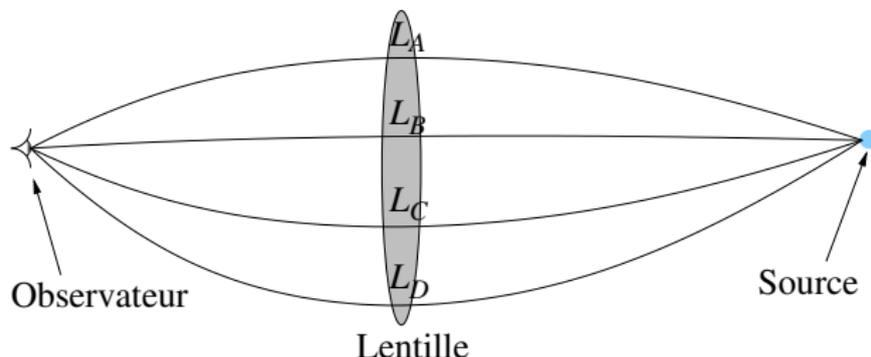


$$F_i(\lambda) = F_0(\lambda)M_i e^{-\kappa(\lambda')L_i} \quad \text{avec} \quad \lambda' = \lambda/(1 + z_l)$$

## Hypothèses

- pas de contamination
- pas d'effet de micro-lentille

# Schéma introductif

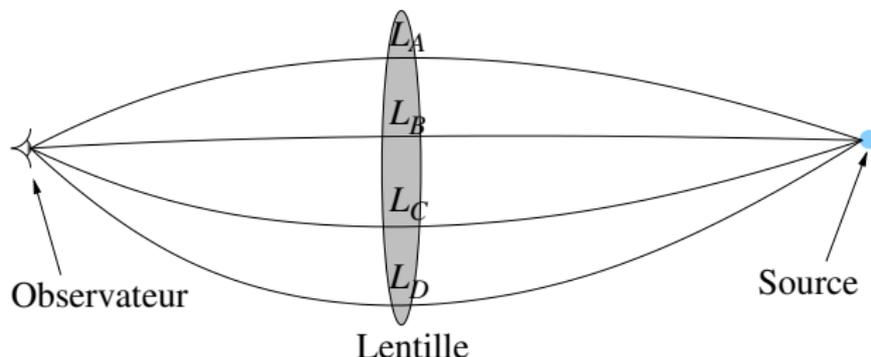


$$F_i(\lambda) = F_0(\lambda)M_i e^{-\kappa(\lambda')L_i} \quad \text{avec} \quad \lambda' = \lambda/(1 + z_l)$$

## Hypothèses

- pas de contamination
- pas d'effet de micro-lentille
- pas de variation intrinsèque de la source

# Schéma introductif

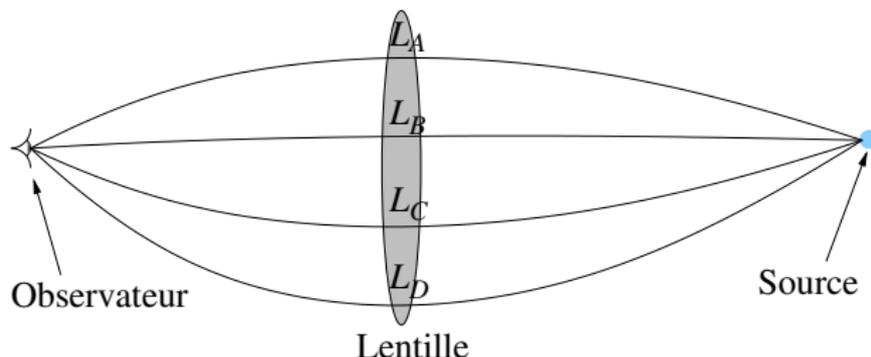


$$F_i(\lambda) = F_0(\lambda) M_i e^{-\kappa(\lambda') L_i} \quad \text{avec} \quad \lambda' = \lambda / (1 + z_l)$$

## Hypothèses

- pas de contamination
- pas d'effet de micro-lentille
- pas de variation intrinsèque de la source
- loi d'extinction est la même dans toute la galaxie

# Schéma introductif



$$F_i(\lambda) = F_0(\lambda)M_i e^{-\kappa(\lambda')L_i} \quad \text{avec} \quad \lambda' = \lambda/(1 + z_l)$$

## Hypothèses

- pas de contamination
- pas d'effet de micro-lentille
- pas de variation intrinsèque de la source
- loi d'extinction est la même dans toute la galaxie
- rougissement différentiel uniquement dû à l'extinction

# Couleurs relatives

$$F_i(\lambda_1) = F_0(\lambda_1)M_i e^{-\kappa(\lambda_1')L_i}$$

$$F_i(\lambda_2) = F_0(\lambda_2)M_i e^{-\kappa(\lambda_2')L_i}$$

## Couleurs relatives

$$F_i(\lambda_1) = F_0(\lambda_1)M_i e^{-\kappa(\lambda'_1)L_i}$$

$$F_i(\lambda_2) = F_0(\lambda_2)M_i e^{-\kappa(\lambda'_2)L_i}$$

L'indice de couleur est donc :

$$m_i(\lambda_1) - m_i(\lambda_2) = -2,5 \log \left( \frac{F_0(\lambda_1)}{F_0(\lambda_2)} \right) + \frac{2,5}{\ln 10} L_i [\kappa(\lambda'_1) - \kappa(\lambda'_2)]$$

## Couleurs relatives

$$F_i(\lambda_1) = F_0(\lambda_1)M_i e^{-\kappa(\lambda'_1)L_i}$$

$$F_i(\lambda_2) = F_0(\lambda_2)M_i e^{-\kappa(\lambda'_2)L_i}$$

L'indice de couleur est donc :

$$m_i(\lambda_1) - m_i(\lambda_2) = -2,5 \log \left( \frac{F_0(\lambda_1)}{F_0(\lambda_2)} \right) + \frac{2,5}{\ln 10} L_i [\kappa(\lambda'_1) - \kappa(\lambda'_2)]$$

D'où la couleur relative :

$$(m_i(\lambda_1) - m_i(\lambda_2)) - (m_{\text{ref.}}(\lambda_1) - m_{\text{ref.}}(\lambda_2)) = \frac{2,5}{\ln 10} \mathcal{L}_i [\kappa(\lambda'_1) - \kappa(\lambda'_2)]$$

avec  $\mathcal{L}_i = L_i - L_{\text{ref.}}$ .

# Diagramme couleur - couleur

## Rapport de couleurs relatives

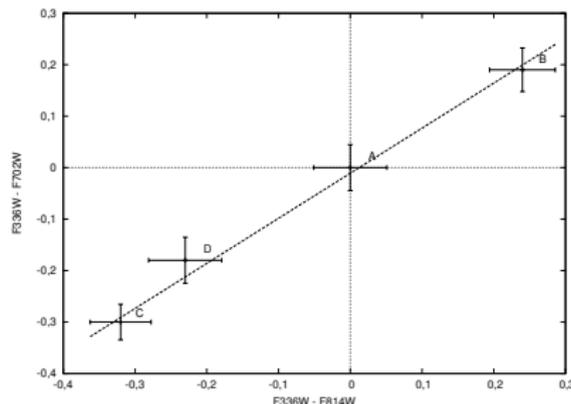
$$\frac{(m_i(\lambda_1) - m_i(\lambda_2)) - (m_{\text{ref.}}(\lambda_1) - m_{\text{ref.}}(\lambda_2))}{(m_i(\lambda_3) - m_i(\lambda_4)) - (m_{\text{ref.}}(\lambda_3) - m_{\text{ref.}}(\lambda_4))} = \frac{\kappa(\lambda'_1) - \kappa(\lambda'_2)}{\kappa(\lambda'_3) - \kappa(\lambda'_4)}$$

# Diagramme couleur - couleur

## Rapport de couleurs relatives

$$\frac{(m_i(\lambda_1) - m_i(\lambda_2)) - (m_{\text{ref.}}(\lambda_1) - m_{\text{ref.}}(\lambda_2))}{(m_i(\lambda_3) - m_i(\lambda_4)) - (m_{\text{ref.}}(\lambda_3) - m_{\text{ref.}}(\lambda_4))} = \frac{\kappa(\lambda'_1) - \kappa(\lambda'_2)}{\kappa(\lambda'_3) - \kappa(\lambda'_4)}$$

## Diagramme couleur - couleur



# Ajustement des paramètres

Paramètres à ajuster :  $z_l$ ,  $R_V$  et  $\mathcal{L}_i$

On fait varier  $z_l$  et  $R_V$  par valeurs discrètes.

Les  $\mathcal{L}_i$  sont ajustés par minimisation de

$$\chi^2 = \sum \frac{(C_{\text{obs}} - C_{\text{mod}}(R_V, z_l, \mathcal{L}_i))^2}{\sigma_{\text{obs}}^2}$$

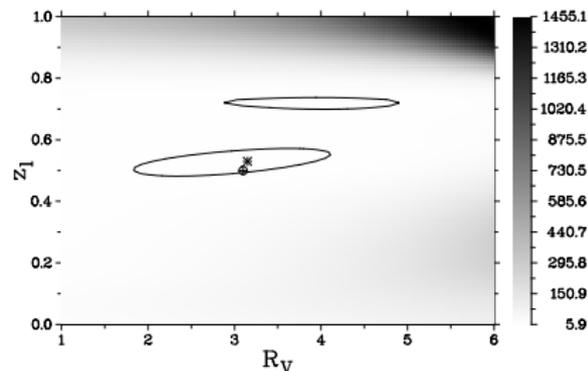
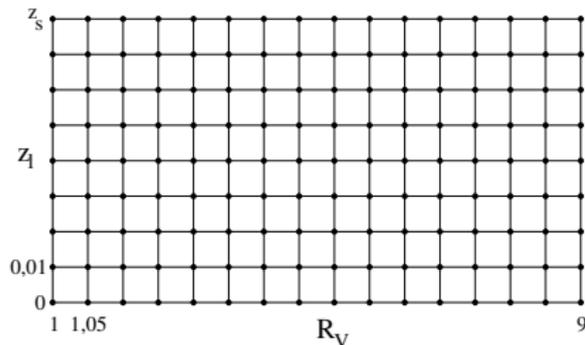
# Ajustement des paramètres

Paramètres à ajuster :  $z_l$ ,  $R_V$  et  $\mathcal{L}_i$

On fait varier  $z_l$  et  $R_V$  par valeurs discrètes.

Les  $\mathcal{L}_i$  sont ajustés par minimisation de

$$\chi^2 = \sum \frac{(C_{\text{obs}} - C_{\text{mod}}(R_V, z_l, \mathcal{L}_i))^2}{\sigma_{\text{obs}}^2}$$



# Simulations

## But

Vérifier la méthode et estimer l'incertitude sur les paramètres ajustés.

# Simulations

## But

Vérifier la méthode et estimer l'incertitude sur les paramètres ajustés.

## Méthode

1. calcul d'un jeu de données (magnitudes) pour une configuration choisie

# Simulations

## But

Vérifier la méthode et estimer l'incertitude sur les paramètres ajustés.

## Méthode

1. calcul d'un jeu de données (magnitudes) pour une configuration choisie
2. ajout d'un bruit gaussien de variance connue

# Simulations

## But

Vérifier la méthode et estimer l'incertitude sur les paramètres ajustés.

## Méthode

1. calcul d'un jeu de données (magnitudes) pour une configuration choisie
2. ajout d'un bruit gaussien de variance connue
3. application de la méthode

# Simulations

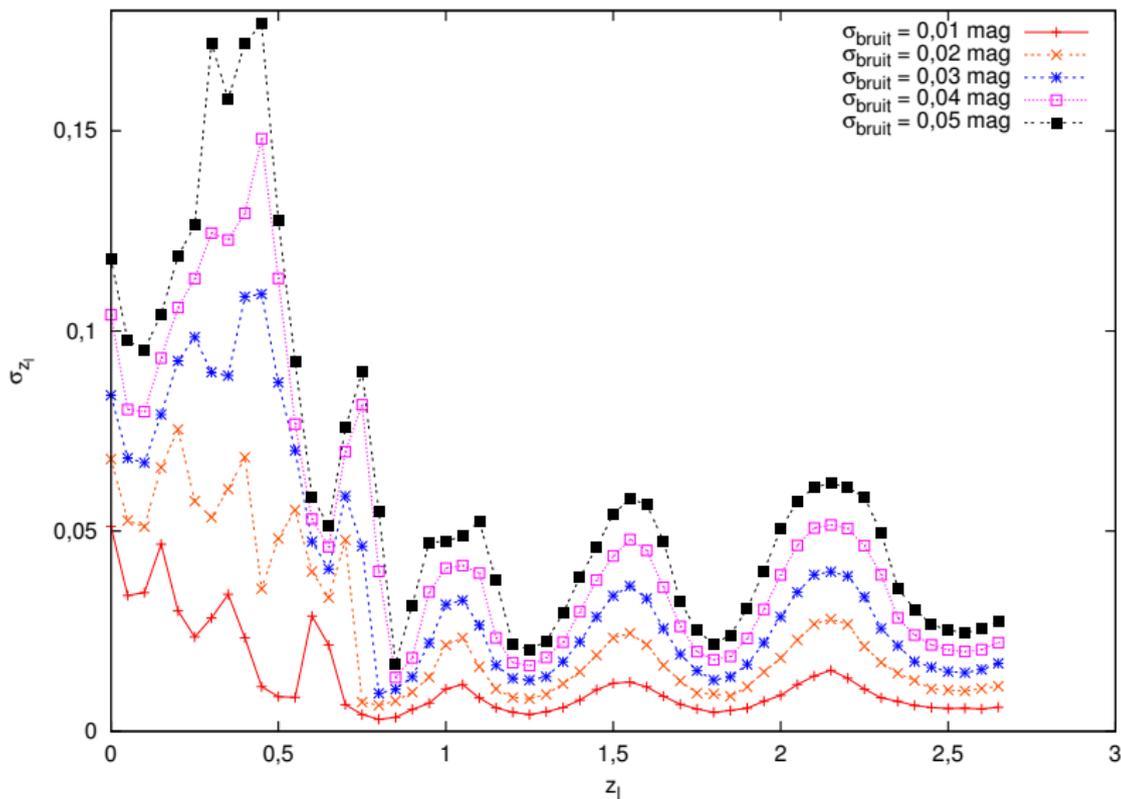
## But

Vérifier la méthode et estimer l'incertitude sur les paramètres ajustés.

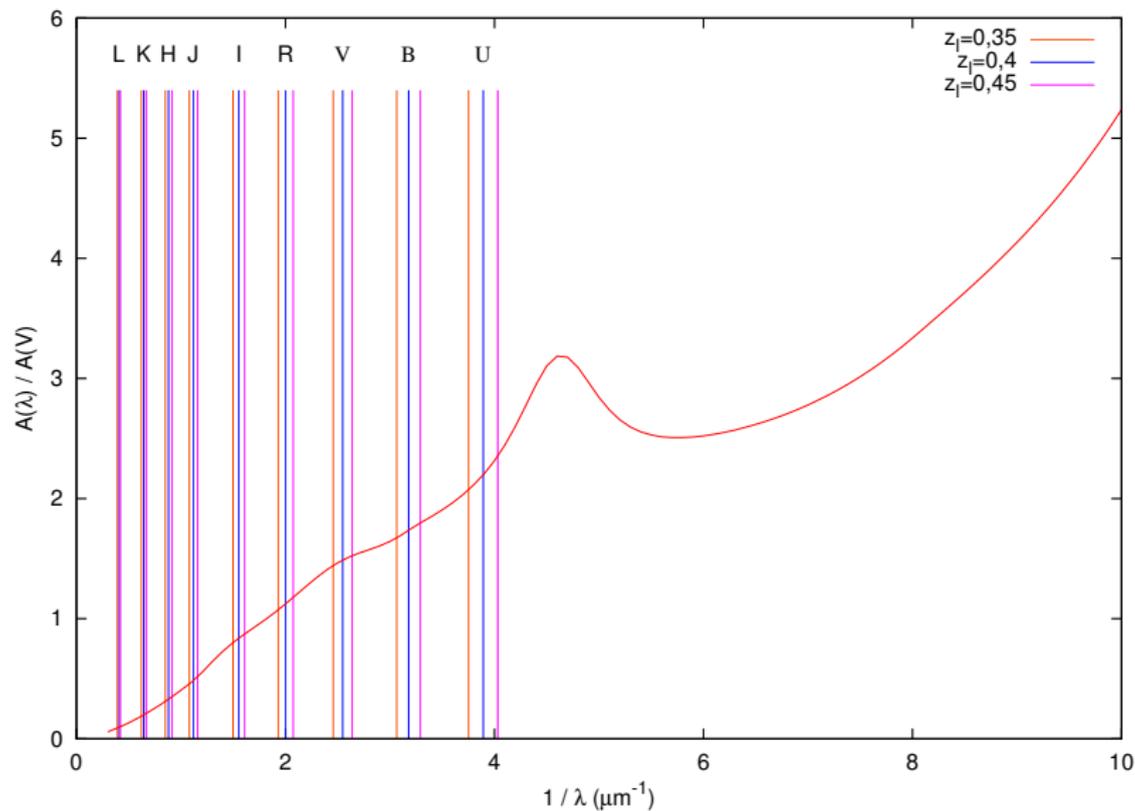
## Méthode

1. calcul d'un jeu de données (magnitudes) pour une configuration choisie
2. ajout d'un bruit gaussien de variance connue
3. application de la méthode
4. répétition de ces étapes 100 fois et mesure de la dispersion des résultats

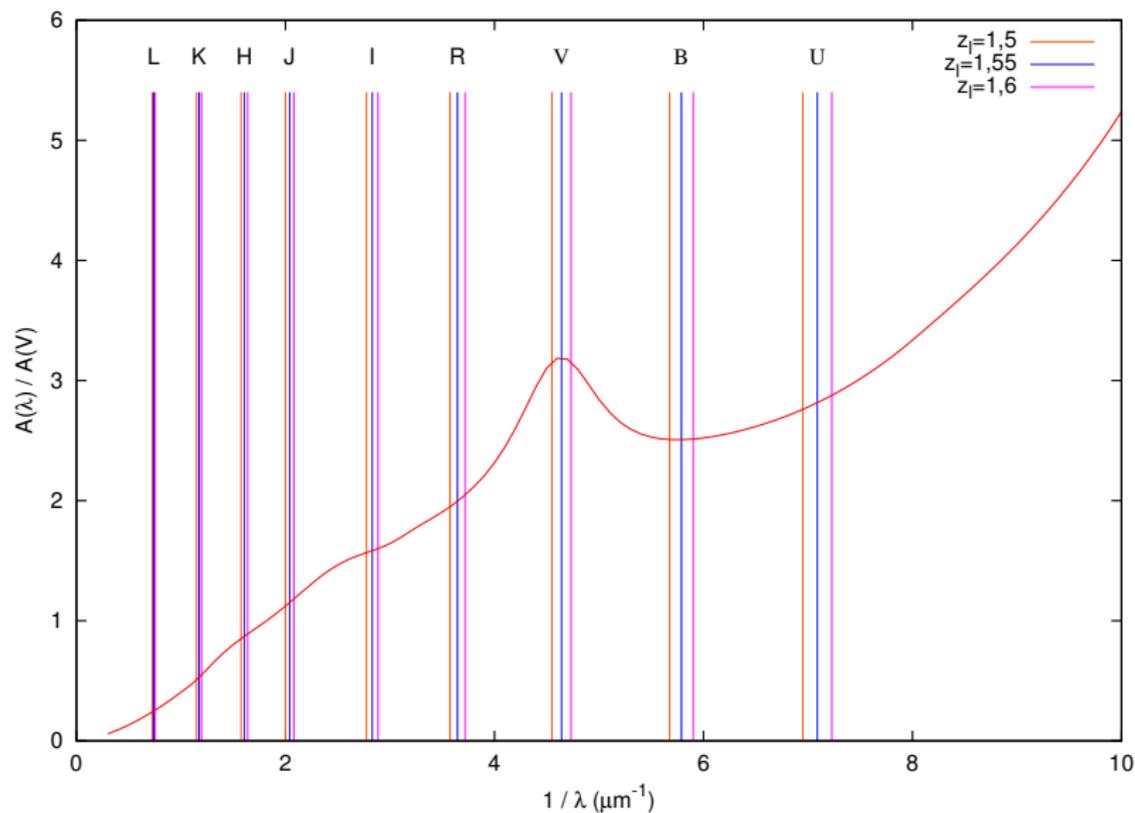
# Incertitude sur $z_l$ en fonction de $z_l$



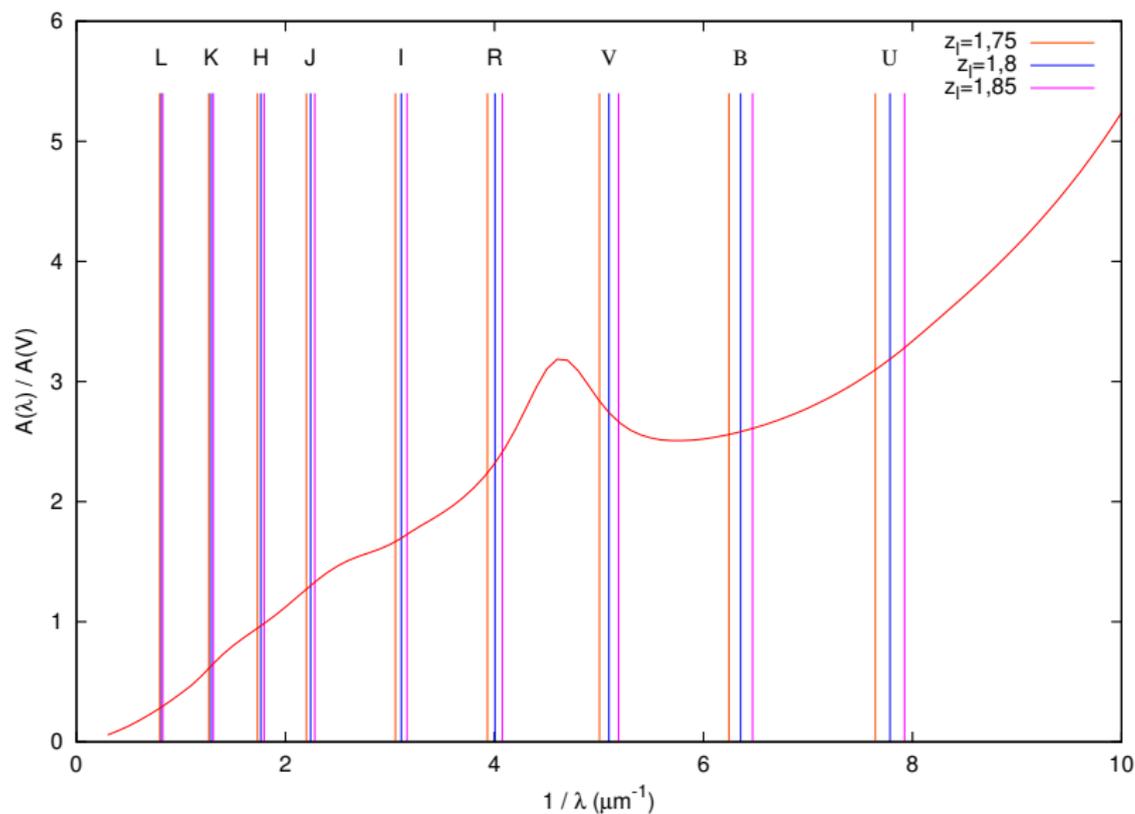
# Positions des filtres autour de $z_l = 0,4$



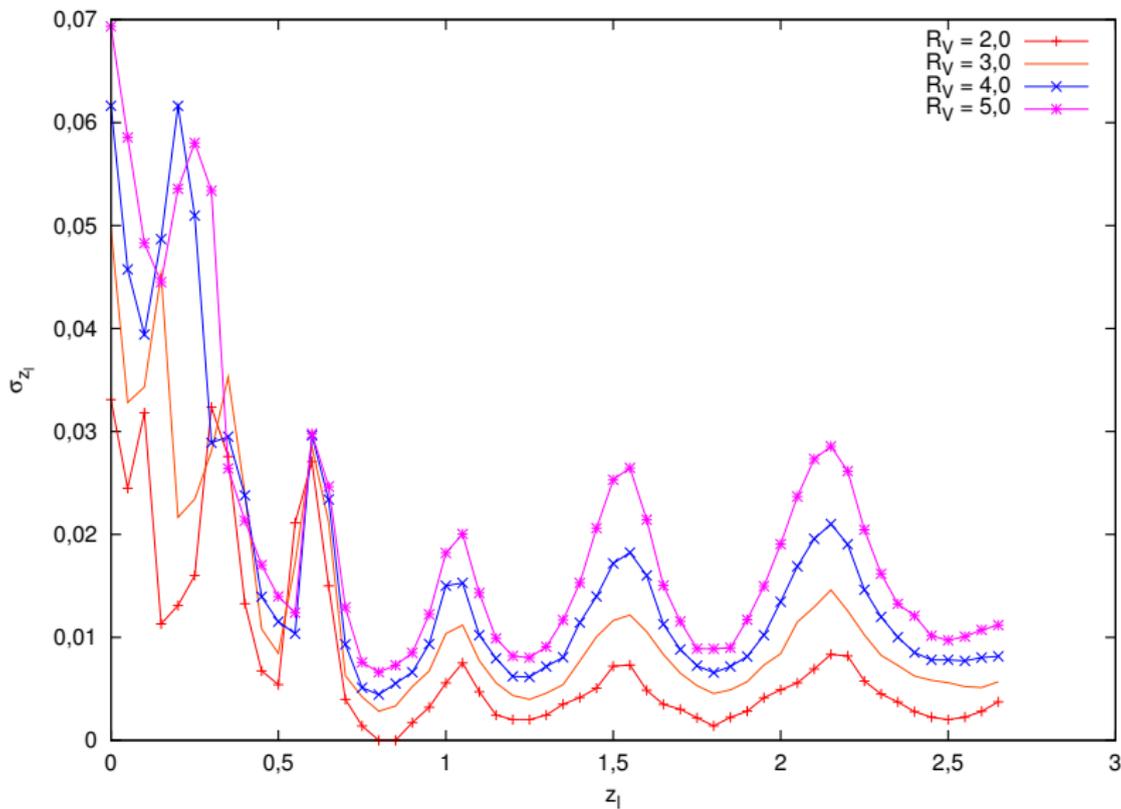
# Origine des oscillations : $z_l = 1,55$



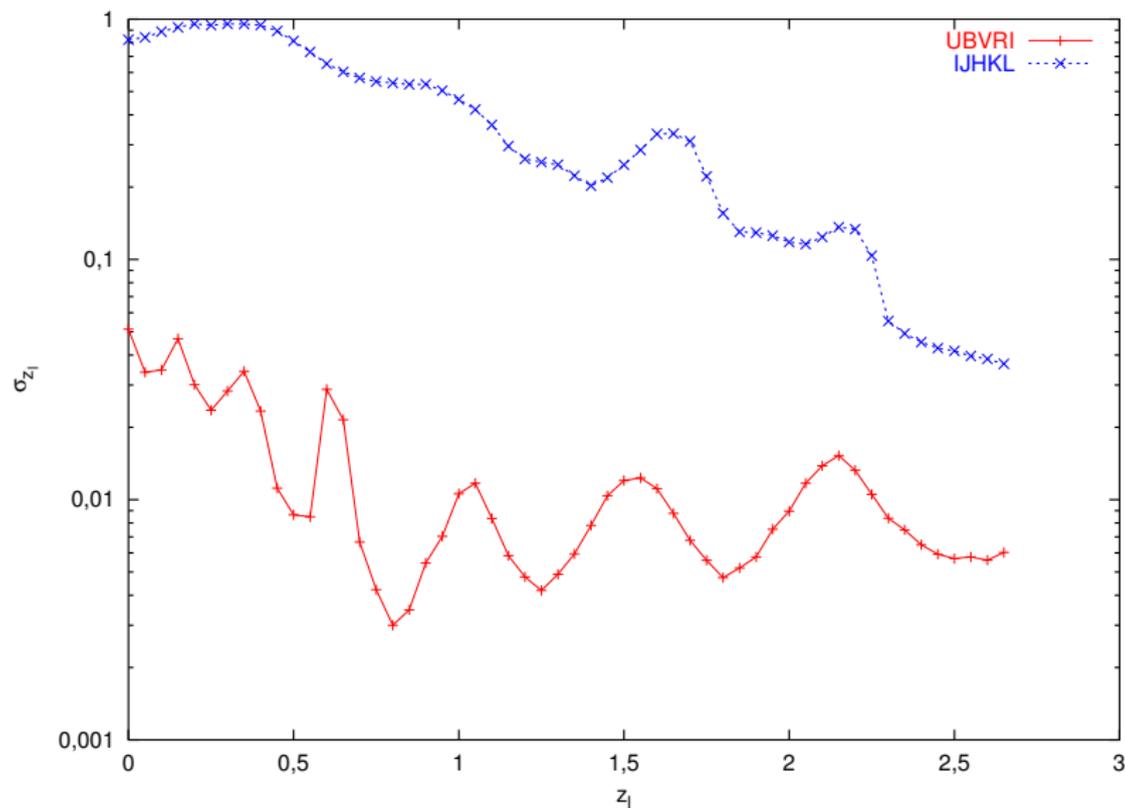
# Origine des oscillations : $z_l = 1,8$



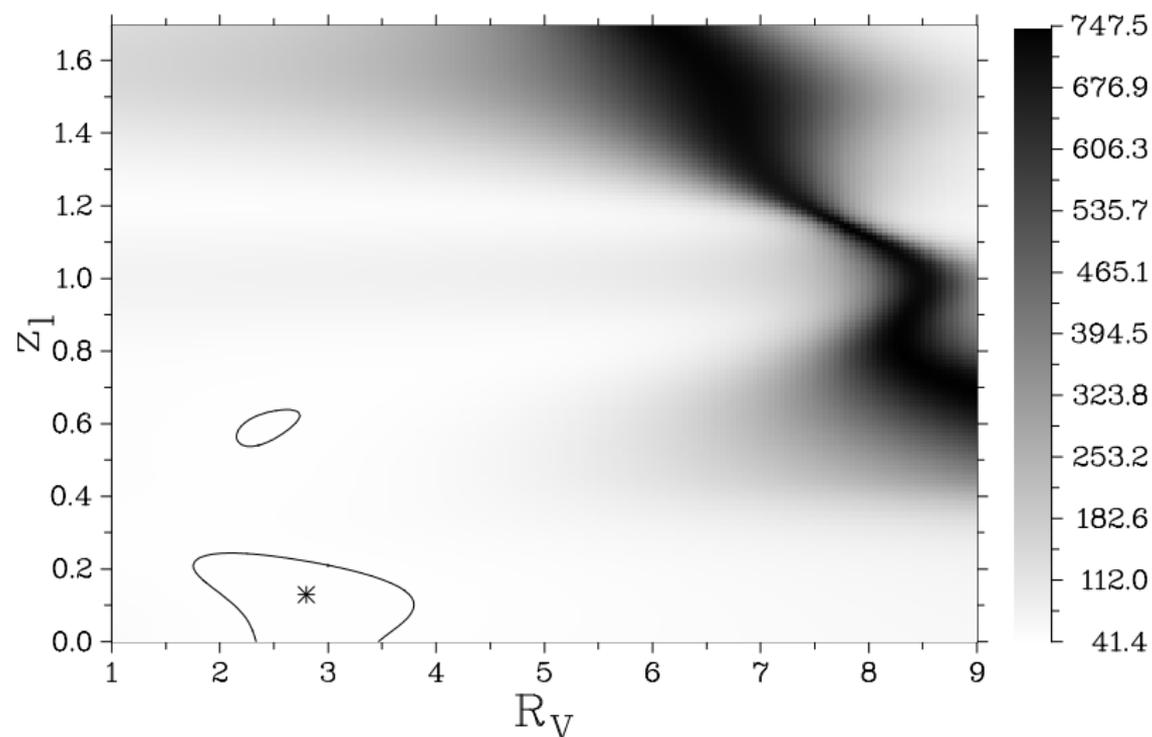
# Influence de $R_V$ sur l'incertitude sur $z_l$



# Influence des filtres utilisés

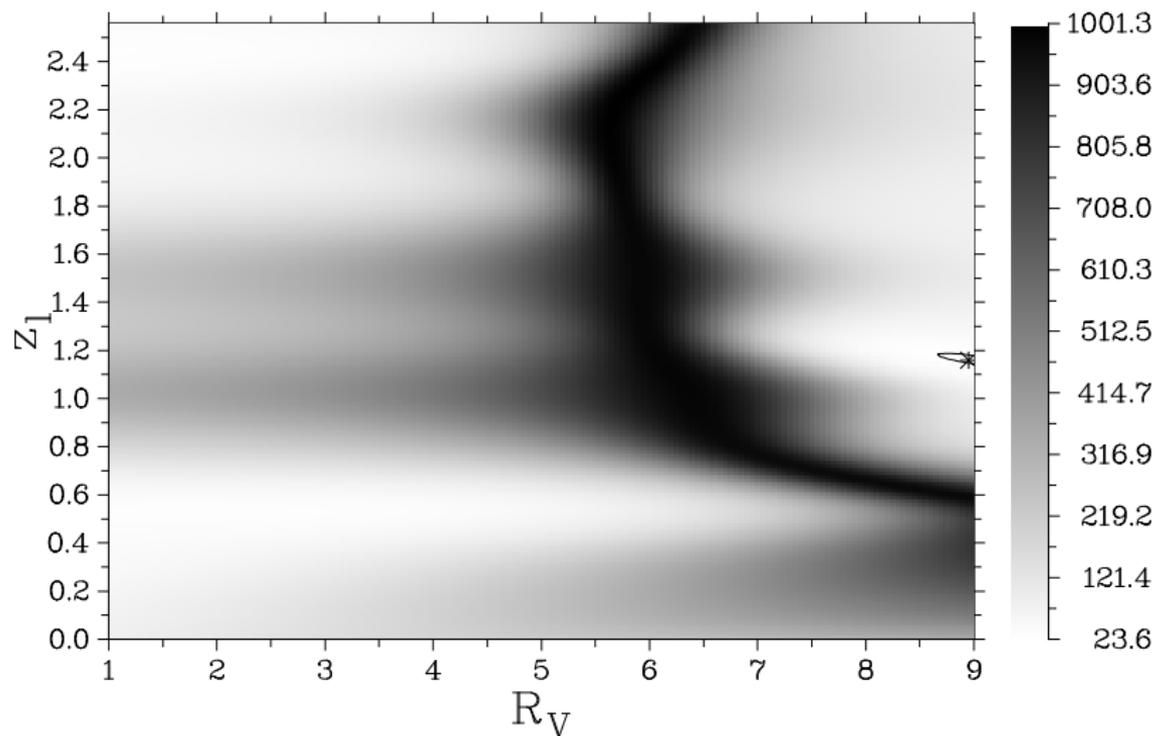


# Application à des cas réels (1/3) : 2237+0305



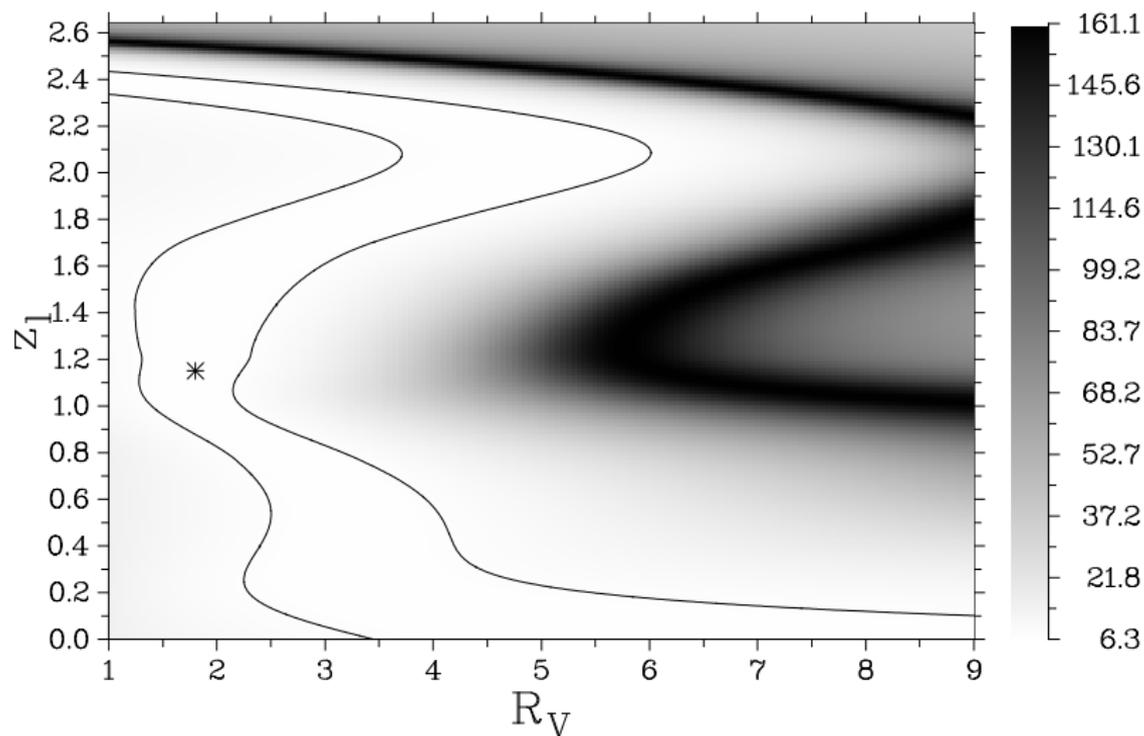
# Application à des cas réels (2/3) :

## H1413+117



# Application à des cas réels (3/3) :

## MG 0414+0534



# Quatrième partie

## Extraction de la loi d'extinction

# Extraction de la loi d'extinction

## Principe

$$\begin{aligned}A_i(\lambda) = m_i(\lambda) - m_{\text{ref.}}(\lambda) &= -2,5 \log \left( \frac{F_i(\lambda)}{F_{\text{ref.}}(\lambda)} \right) \\ &= \frac{2,5}{\ln 10} \kappa(\lambda') \mathcal{L}_i - 2,5 \log \mathcal{M}_i\end{aligned}$$

⇒ loi d'extinction à une constante près,  $2,5 \log \mathcal{M}_i$

# Extraction de la loi d'extinction

## Principe

$$\begin{aligned}
 A_i(\lambda) = m_i(\lambda) - m_{\text{ref.}}(\lambda) &= -2,5 \log \left( \frac{F_i(\lambda)}{F_{\text{ref.}}(\lambda)} \right) \\
 &= \frac{2,5}{\ln 10} \kappa(\lambda') \mathcal{L}_i - 2,5 \log \mathcal{M}_i
 \end{aligned}$$

⇒ loi d'extinction à une constante près,  $2,5 \log \mathcal{M}_i$

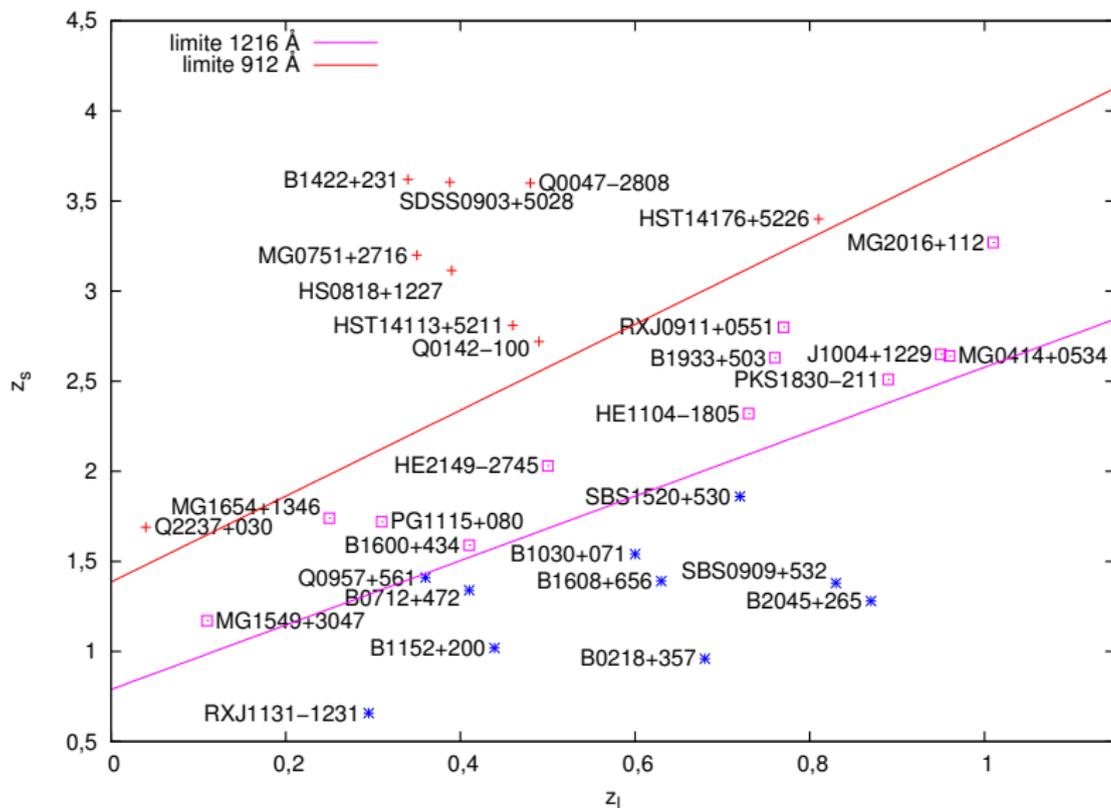
## Conditions pour détecter le pic à 2 175 Å

$$(1 + z_l) \times 2175 > (1 + z_s) \times 1216$$

ou, à la rigueur,

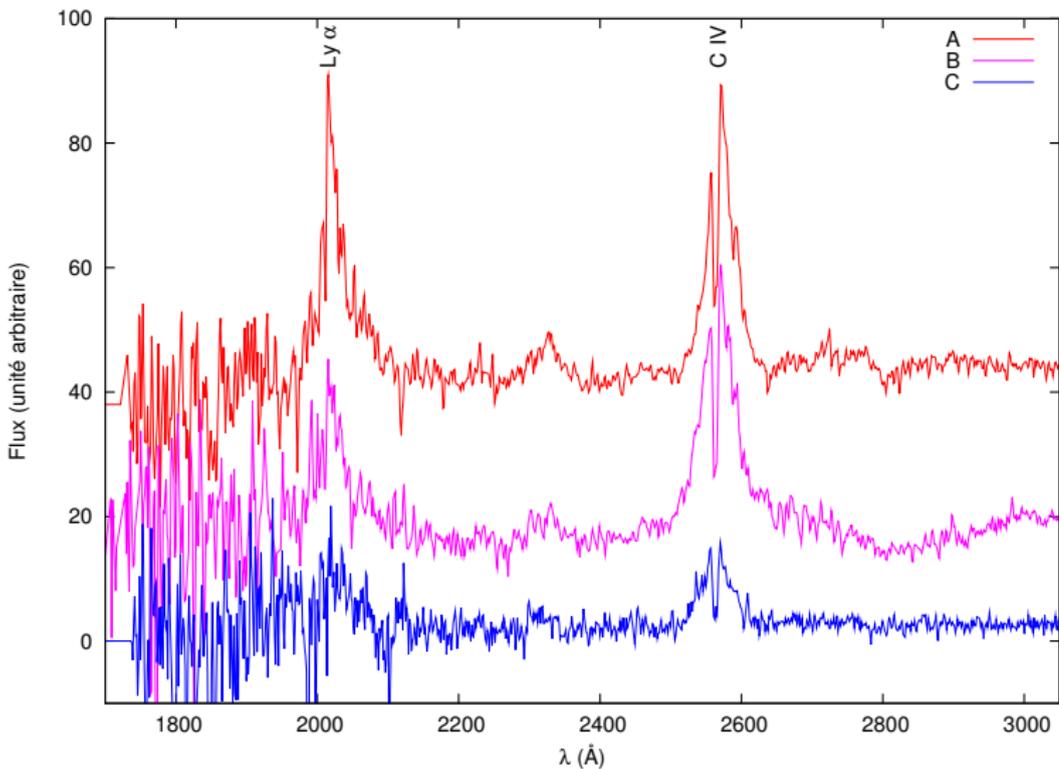
$$(1 + z_l) \times 2175 > (1 + z_s) \times 912$$

# Conditions pour détecter le pic à 2175 Å



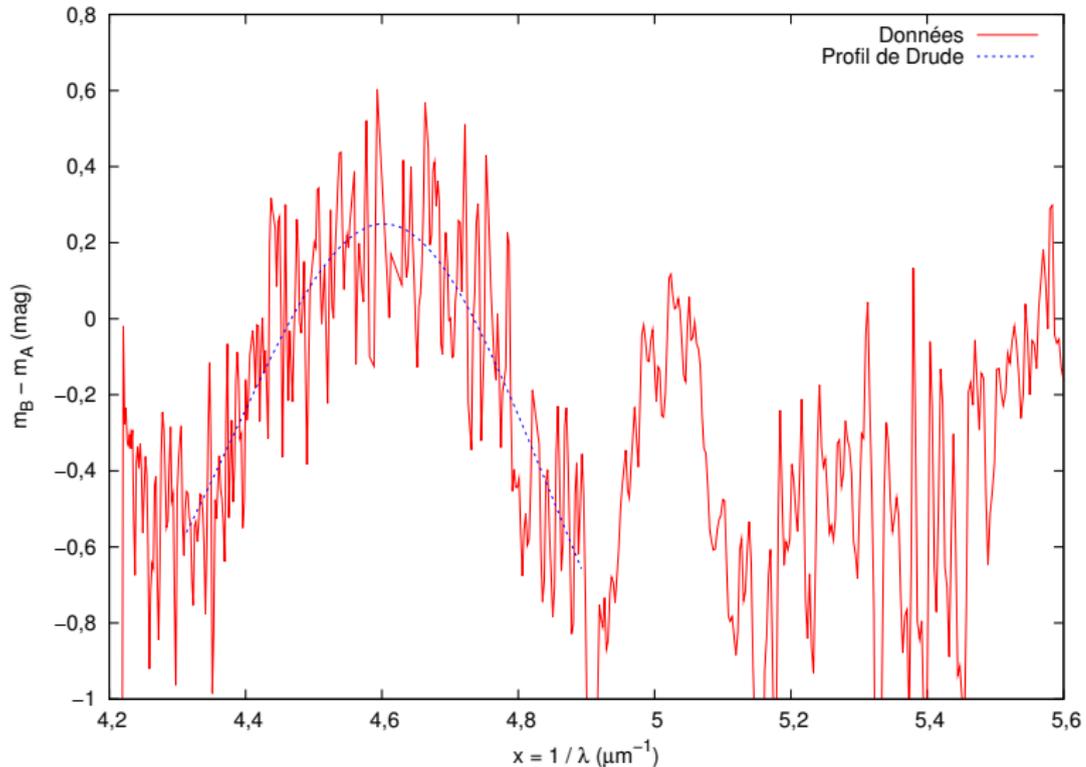
# Application au mirage gravitationnel

## RXS J1131-1231



# Application au mirage gravitationnel

## RXS J1131-1231



# Application au mirage gravitationnel

## RXS J1131-1231

Ajustement d'un continu linéaire + profil de Drude :

$$f(x) = cx + b + \frac{a}{(x - x_0^2/x)^2 + \gamma^2}$$

# Application au mirage gravitationnel

## RXS J1131-1231

Ajustement d'un continu linéaire + profil de Drude :

$$f(x) = cx + b + \frac{a}{(x - x_0^2/x)^2 + \gamma^2}$$

### Résultats

- $c = -0,5 \pm 0,4$
- $b = 0,04 \pm 1,42$
- $a = 1,66 \pm 1,42$

# Application au mirage gravitationnel

## RXS J1131-1231

Ajustement d'un continu linéaire + profil de Drude :

$$f(x) = cx + b + \frac{a}{(x - x_0^2/x)^2 + \gamma^2}$$

### Résultats

- $c = -0,5 \pm 0,4$
- $b = 0,04 \pm 1,42$
- $a = 1,66 \pm 1,42$
- $x_0 = 4,619 \pm 0,019 \mu\text{m}^{-1}$  soit  $\lambda_0 = 2\,165,0 \pm 9,0 \text{ \AA}$

# Application au mirage gravitationnel

## RXS J1131-1231

Ajustement d'un continu linéaire + profil de Drude :

$$f(x) = cx + b + \frac{a}{(x - x_0^2/x)^2 + \gamma^2}$$

### Résultats

- $c = -0,5 \pm 0,4$
- $b = 0,04 \pm 1,42$
- $a = 1,66 \pm 1,42$
- $x_0 = 4,619 \pm 0,019 \mu\text{m}^{-1}$  soit  $\lambda_0 = 2\,165,0 \pm 9,0 \text{ \AA}$
- $\gamma = 0,81 \pm 0,21 \mu\text{m}^{-1}$

# Application au mirage gravitationnel

## RXS J1131-1231

Ajustement d'un continu linéaire + profil de Drude :

$$f(x) = cx + b + \frac{a}{(x - x_0^2/x)^2 + \gamma^2}$$

### Résultats

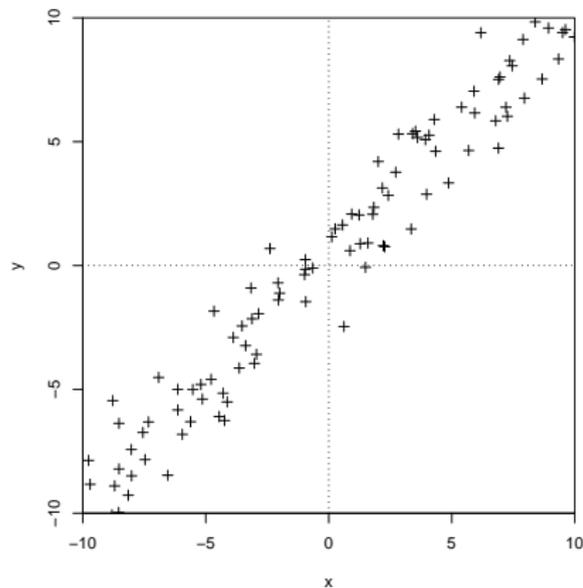
- $c = -0,5 \pm 0,4$
- $b = 0,04 \pm 1,42$
- $a = 1,66 \pm 1,42$
- $x_0 = 4,619 \pm 0,019 \mu\text{m}^{-1}$  soit  $\lambda_0 = 2\,165,0 \pm 9,0 \text{ \AA}$
- $\gamma = 0,81 \pm 0,21 \mu\text{m}^{-1}$

→ valeurs de  $x_0$  et  $\gamma$  qu'on peut rencontrer dans la Galaxie

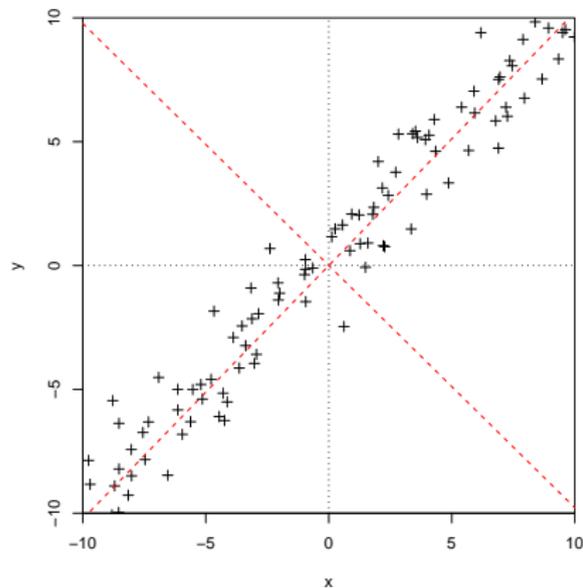
# Cinquième partie

## Caractérisation de la loi d'extinction extraite

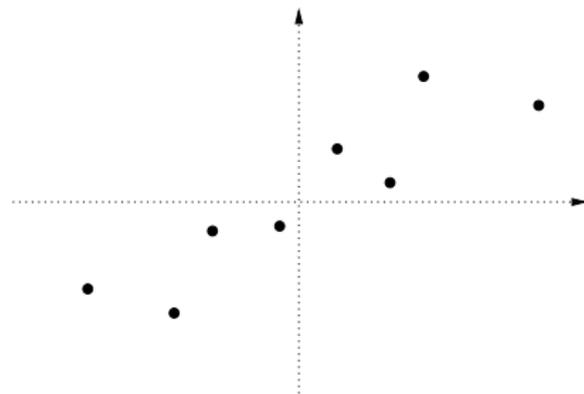
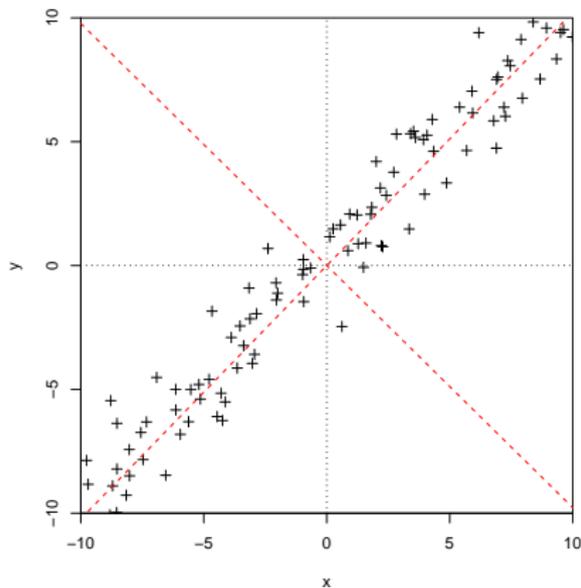
# Analyse en composantes principales



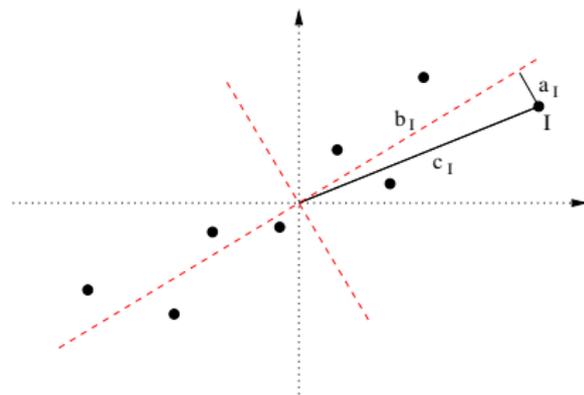
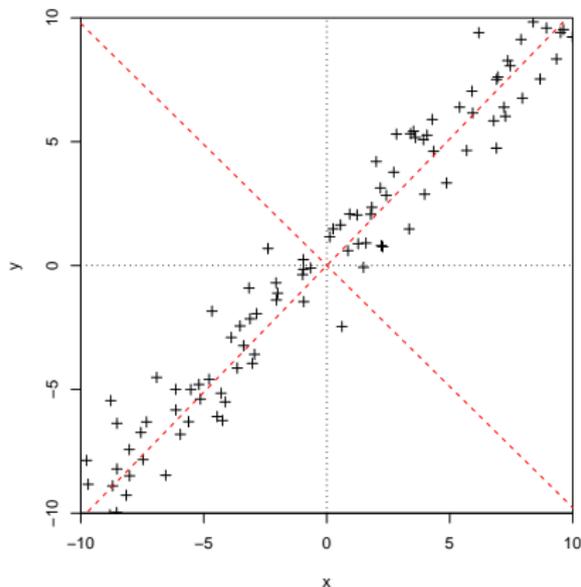
# Analyse en composantes principales



# Analyse en composantes principales



# Analyse en composantes principales



# Application aux lois d'extinction

## Description de la collection de lois d'extinction

- 105 variables : 105 nombres d'ondes entre 0,3 et 5,5  $\mu\text{m}^{-1}$  par pas de 0,05  $\mu\text{m}^{-1}$

# Application aux lois d'extinction

## Description de la collection de lois d'extinction

- 105 variables : 105 nombres d'ondes entre 0,3 et 5,5  $\mu\text{m}^{-1}$  par pas de 0,05  $\mu\text{m}^{-1}$
- 451 lois :

# Application aux lois d'extinction

## Description de la collection de lois d'extinction

- 105 variables : 105 nombres d'ondes entre 0,3 et 5,5  $\mu\text{m}^{-1}$  par pas de 0,05  $\mu\text{m}^{-1}$
- 451 lois :
  - 41 valeurs de  $R_V$  entre 2 et 6 par pas de 0,1

# Application aux lois d'extinction

## Description de la collection de lois d'extinction

- 105 variables : 105 nombres d'ondes entre 0,3 et 5,5  $\mu\text{m}^{-1}$  par pas de 0,05  $\mu\text{m}^{-1}$
- 451 lois :
  - 41 valeurs de  $R_V$  entre 2 et 6 par pas de 0,1
  - 11 valeurs de  $z_l$  entre 0 et 1 par pas de 0,1

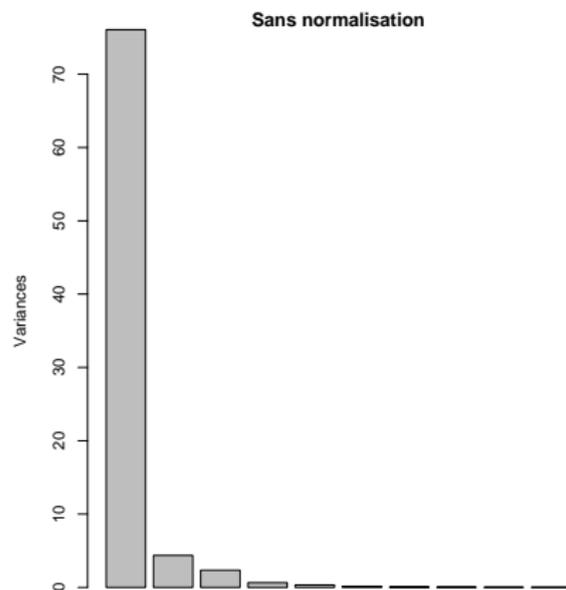
# Application aux lois d'extinction

## Description de la collection de lois d'extinction

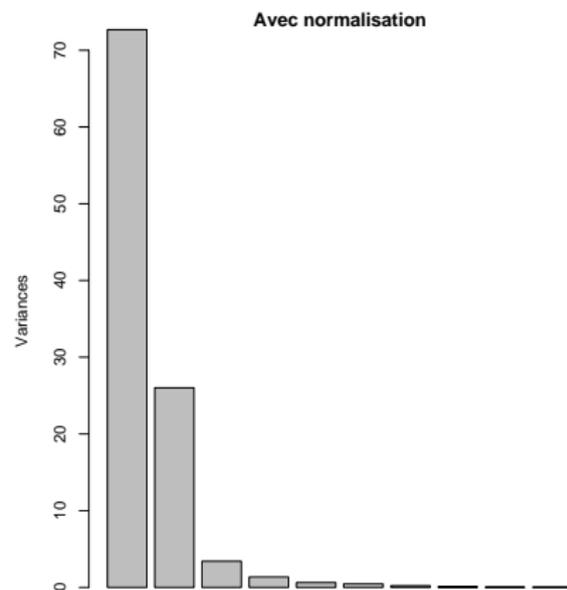
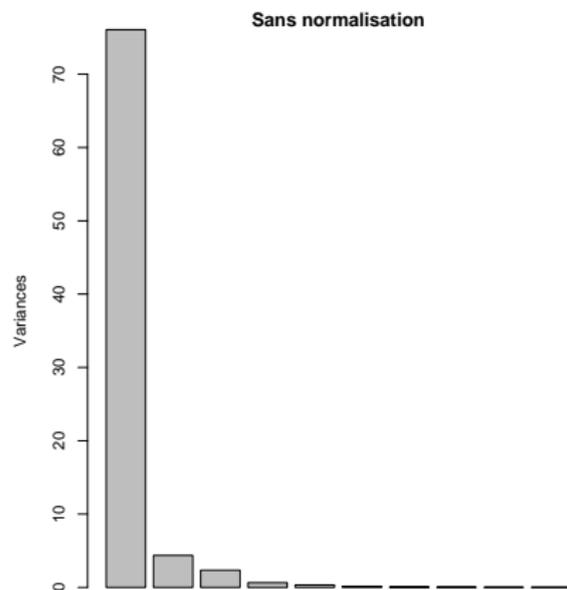
- 105 variables : 105 nombres d'ondes entre 0,3 et 5,5  $\mu\text{m}^{-1}$  par pas de 0,05  $\mu\text{m}^{-1}$
- 451 lois :
  - 41 valeurs de  $R_V$  entre 2 et 6 par pas de 0,1
  - 11 valeurs de  $z_l$  entre 0 et 1 par pas de 0,1

normalisation des variables : centrage et réduction

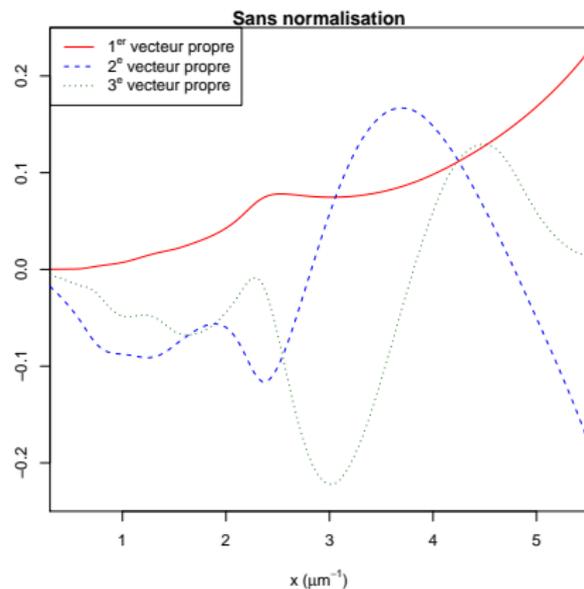
# Variances



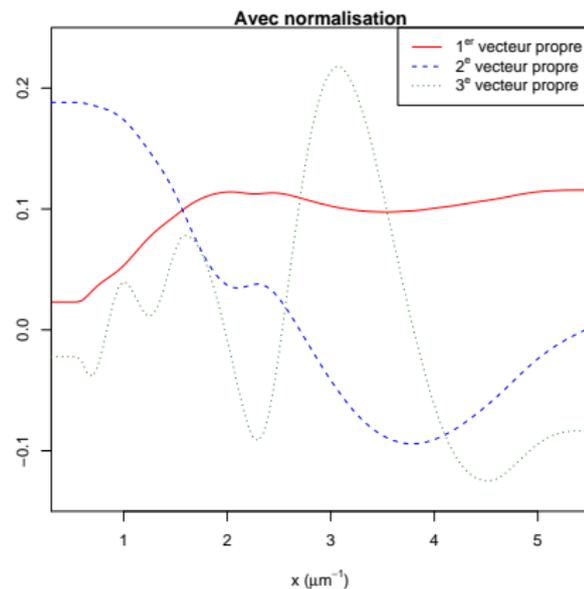
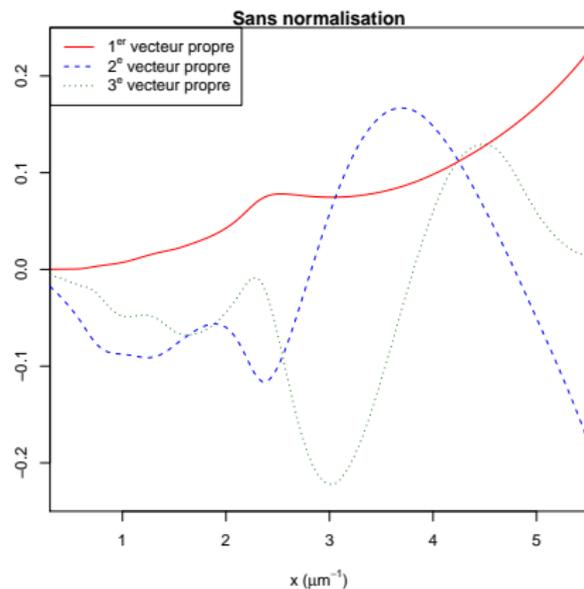
# Variances



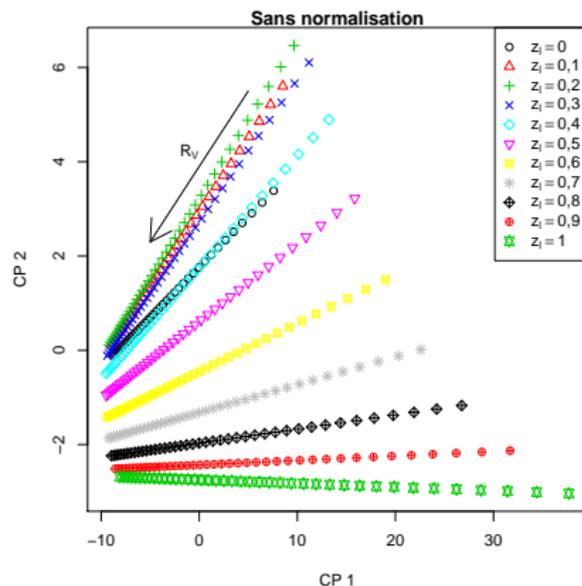
# Vecteurs propres



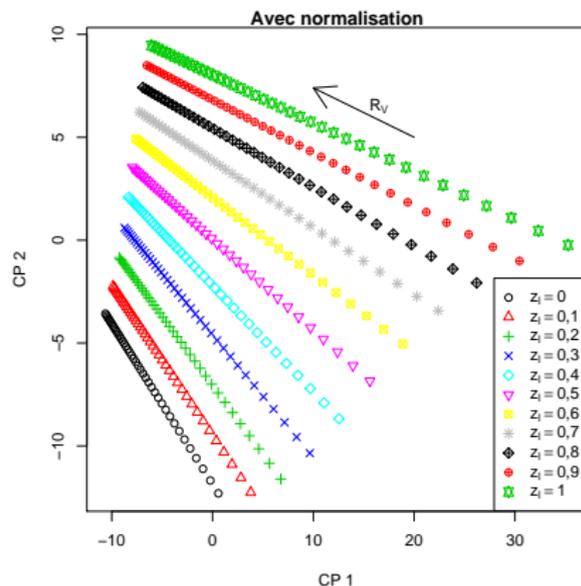
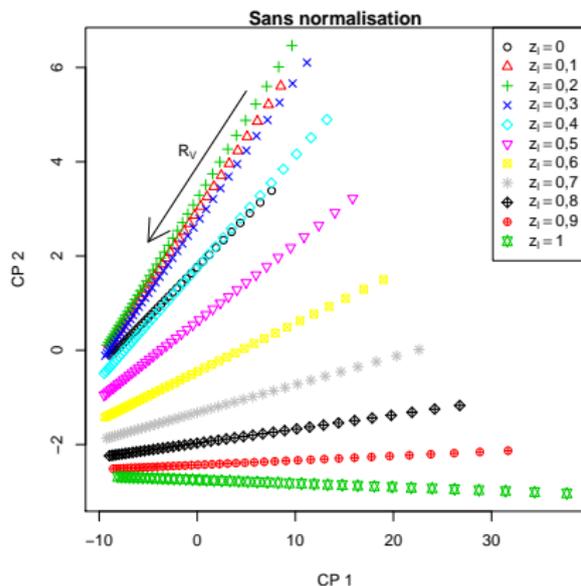
# Vecteurs propres



# Projections sur les vecteurs propres



# Projections sur les vecteurs propres



# Simulations

## But

Tester la méthode et estimer sa précision au moyen de simulations de type Monte Carlo

# Simulations

## But

Tester la méthode et estimer sa précision au moyen de simulations de type Monte Carlo

## Méthode

1. construction de 100 collections identiques à la collection originale

# Simulations

## But

Tester la méthode et estimer sa précision au moyen de simulations de type Monte Carlo

## Méthode

1. construction de 100 collections identiques à la collection originale
2. ajout d'un bruit gaussien de variance connue à chacune de ces lois

# Simulations

## But

Tester la méthode et estimer sa précision au moyen de simulations de type Monte Carlo

## Méthode

1. construction de 100 collections identiques à la collection originale
2. ajout d'un bruit gaussien de variance connue à chacune de ces lois
3. projection de ces lois bruitées sur les vecteurs propres de la collection originale

# Simulations

## But

Tester la méthode et estimer sa précision au moyen de simulations de type Monte Carlo

## Méthode

1. construction de 100 collections identiques à la collection originale
2. ajout d'un bruit gaussien de variance connue à chacune de ces lois
3. projection de ces lois bruitées sur les vecteurs propres de la collection originale
4. pour chaque loi, mesure de la dispersion des 100 projections autour de la projection de la loi originale

# Description des simulations

## Construction des lois

- résolutions spectrales de 0,05, 0,1, 0,5, 1,0 et 2,0  $\mu\text{m}^{-1}$

# Description des simulations

## Construction des lois

- résolutions spectrales de 0,05, 0,1, 0,5, 1,0 et 2,0  $\mu\text{m}^{-1}$
- pas d'échantillonnage en  $z_l$  de 0,1, 0,2 et 0,5

# Description des simulations

## Construction des lois

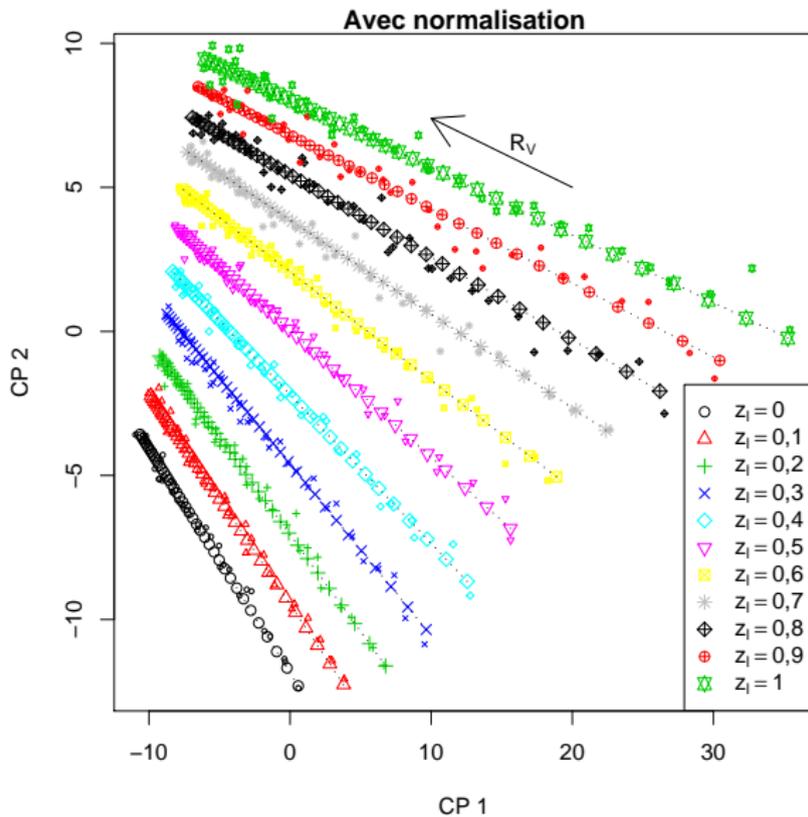
- résolutions spectrales de 0,05, 0,1, 0,5, 1,0 et 2,0  $\mu\text{m}^{-1}$
- pas d'échantillonnage en  $z_l$  de 0,1, 0,2 et 0,5
- pas d'échantillonnage en  $R_V$  de 0,1, 0,2, 0,5, 1,0 et 2,0

# Description des simulations

## Construction des lois

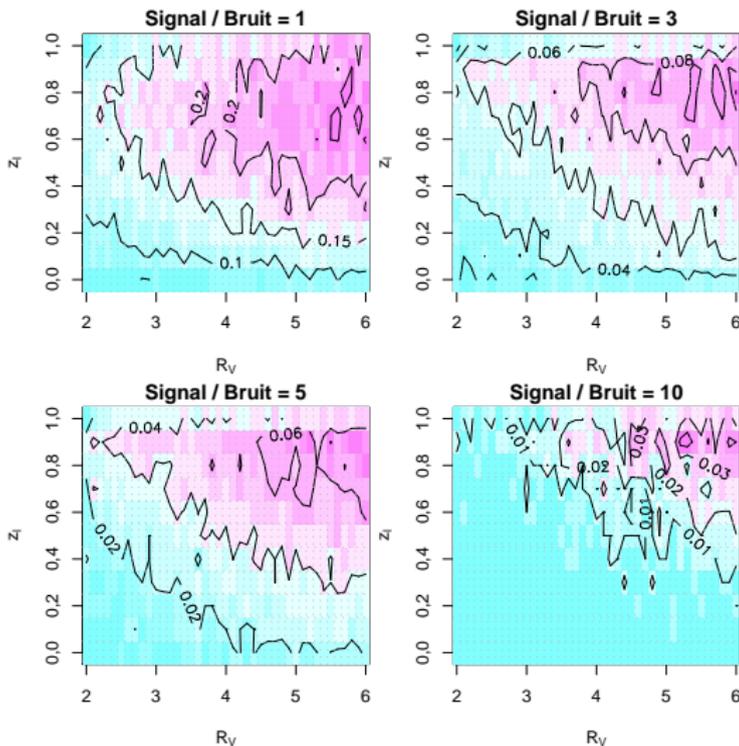
- résolutions spectrales de 0,05, 0,1, 0,5, 1,0 et 2,0  $\mu\text{m}^{-1}$
- pas d'échantillonnage en  $z_l$  de 0,1, 0,2 et 0,5
- pas d'échantillonnage en  $R_V$  de 0,1, 0,2, 0,5, 1,0 et 2,0
- rapports signal-sur-bruit de 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15... 100 par élément de résolution

# Exemple



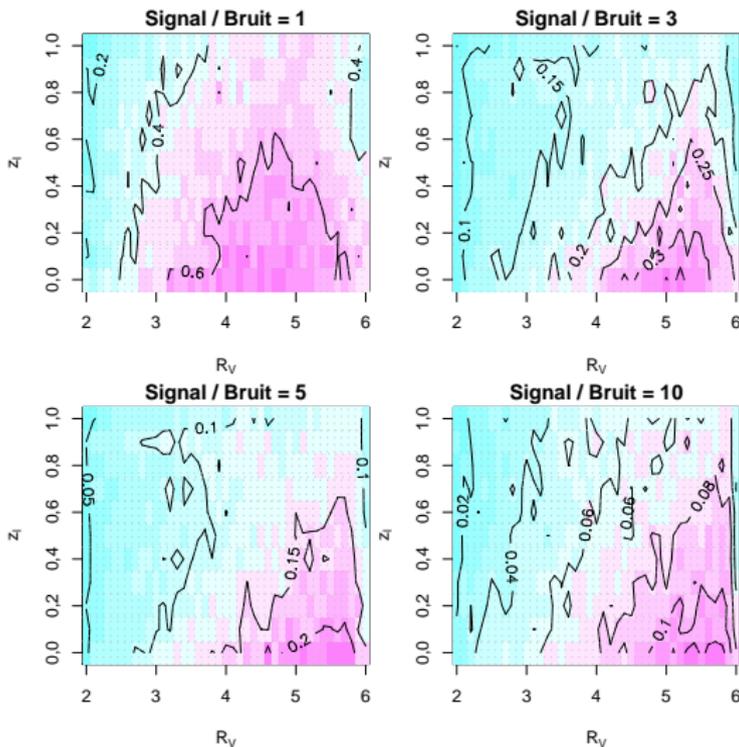
# Influence du rapport signal-sur-bruit

$$\sigma_{z_I}$$

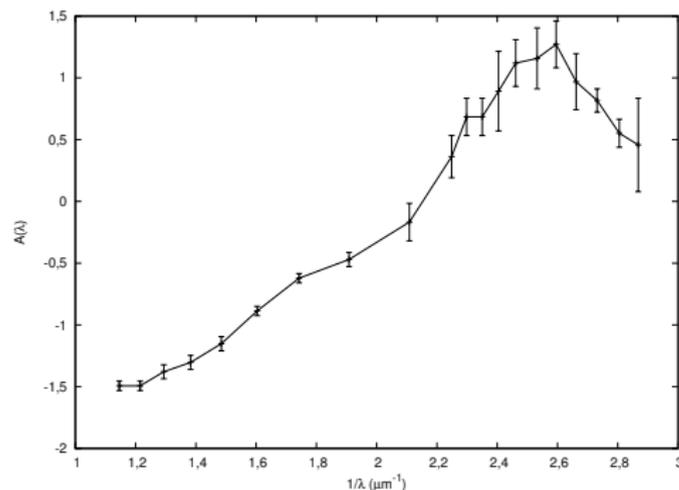


# Influence du rapport signal-sur-bruit

$$\sigma_{R_V}$$

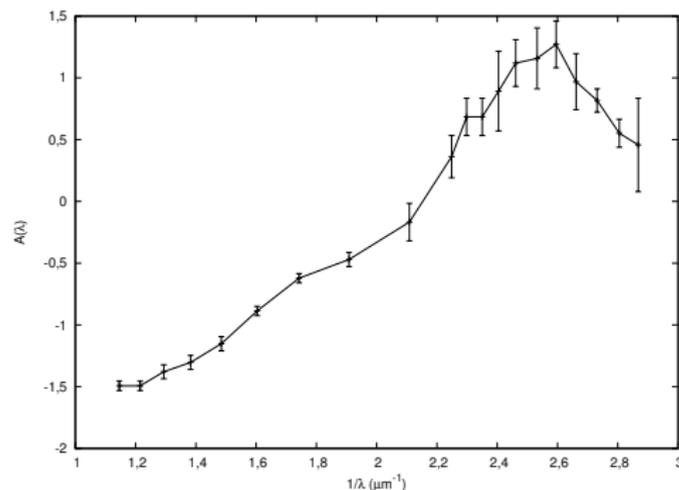


# Application à un cas réel : SBS 0909+532



(D'après Motta et al. 2002)

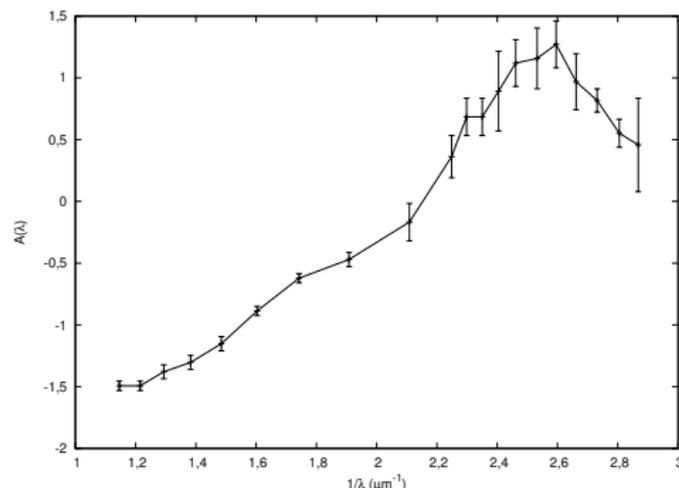
# Application à un cas réel : SBS 0909+532



- loi normalisée

(D'après Motta et al. 2002)

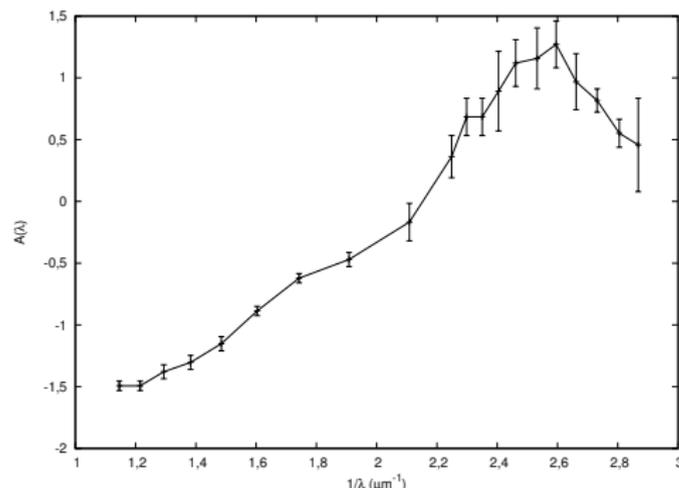
# Application à un cas réel : SBS 0909+532



- loi normalisée
- $z_l = 0,83$  (connu)

(D'après Motta et al. 2002)

# Application à un cas réel : SBS 0909+532



- loi normalisée
- $z_l = 0,83$  (connu)
- $R_V = 2,1 \pm 0,9$   
(ajusté par Motta et al.)

(D'après Motta et al. 2002)

# Application à un cas réel : SBS 0909+532

1. construction d'une collection de lois d'extinction théoriques normalisées avec :

# Application à un cas réel : SBS 0909+532

1. construction d'une collection de lois d'extinction théoriques normalisées avec :
  - le même échantillonnage spectral que la loi observée

# Application à un cas réel : SBS 0909+532

1. construction d'une collection de lois d'extinction théoriques normalisées avec :
  - le même échantillonnage spectral que la loi observée
  - $0 < z_l < 1$  par pas de 0,1

# Application à un cas réel : SBS 0909+532

1. construction d'une collection de lois d'extinction théoriques normalisées avec :
  - le même échantillonnage spectral que la loi observée
  - $0 < z_l < 1$  par pas de 0,1
  - $1 < R_V < 6$  par pas de 0,2

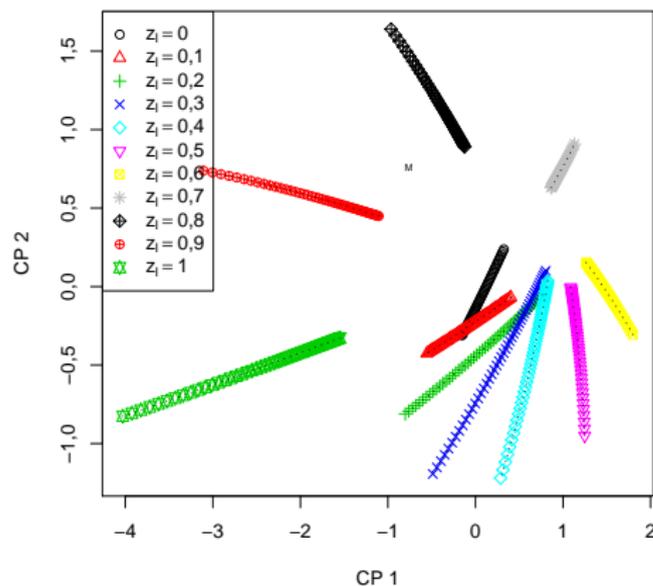
# Application à un cas réel : SBS 0909+532

1. construction d'une collection de lois d'extinction théoriques normalisées avec :
  - le même échantillonnage spectral que la loi observée
  - $0 < z_l < 1$  par pas de 0,1
  - $1 < R_V < 6$  par pas de 0,2
2. analyse en composantes principales de cette collection

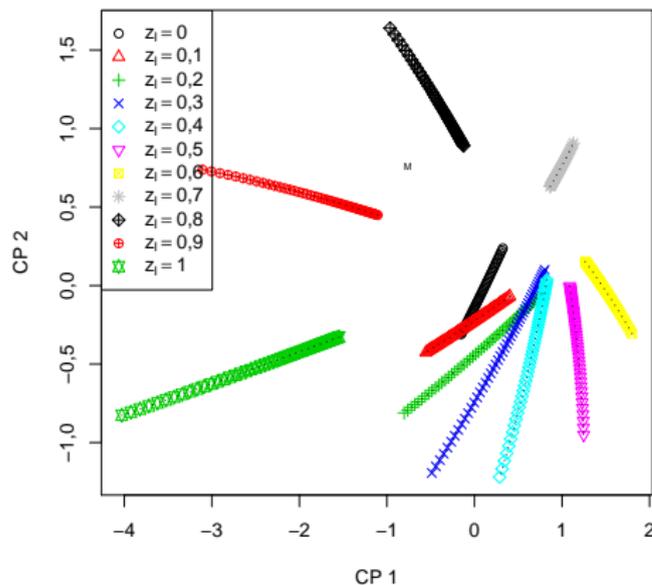
# Application à un cas réel : SBS 0909+532

1. construction d'une collection de lois d'extinction théoriques normalisées avec :
  - le même échantillonnage spectral que la loi observée
  - $0 < z_l < 1$  par pas de 0,1
  - $1 < R_V < 6$  par pas de 0,2
2. analyse en composantes principales de cette collection
3. projection de la loi observée sur les vecteurs propres calculés précédemment

# Résultat

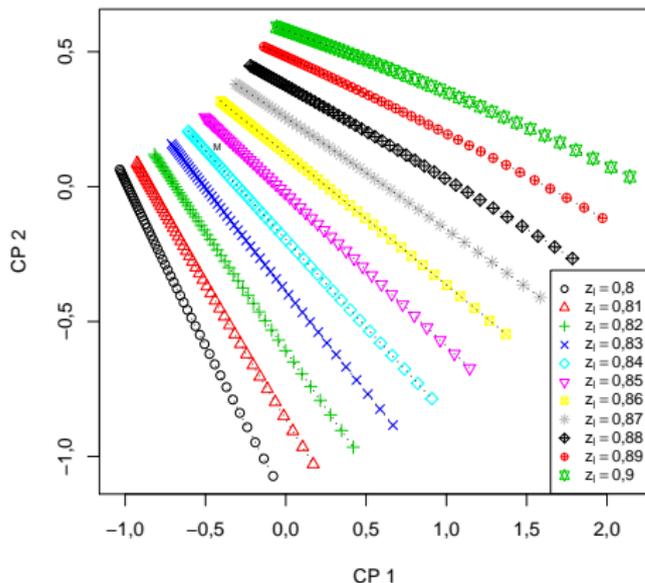


# Résultat

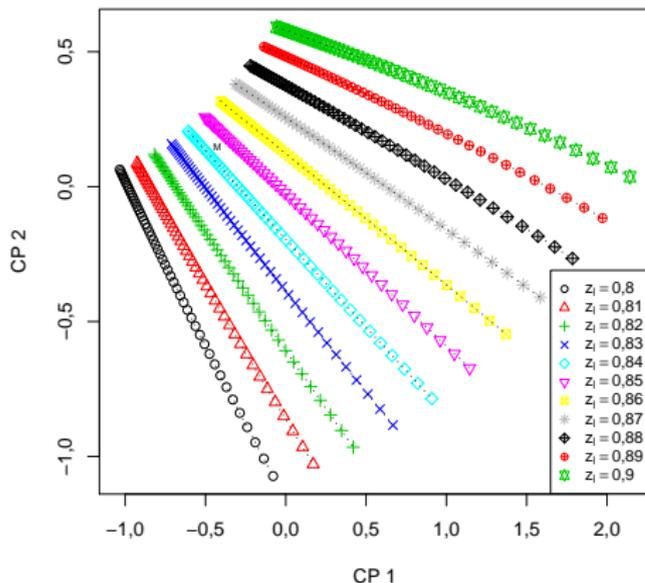


$$0,8 < z_l < 0,9$$

# Amélioration du résultat

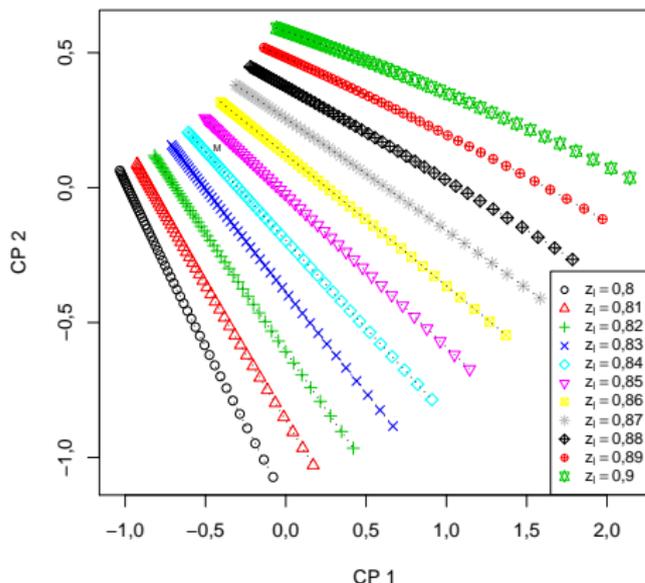


# Amélioration du résultat



$$z_i = 0,84 \text{ et } R_V = 2,4$$

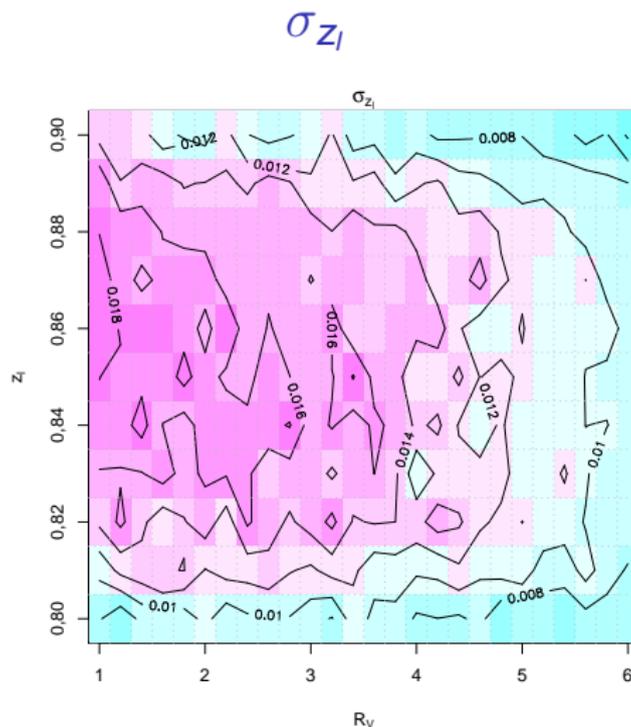
# Amélioration du résultat



$z_l = 0,84$  et  $R_V = 2,4$   
Rappel :

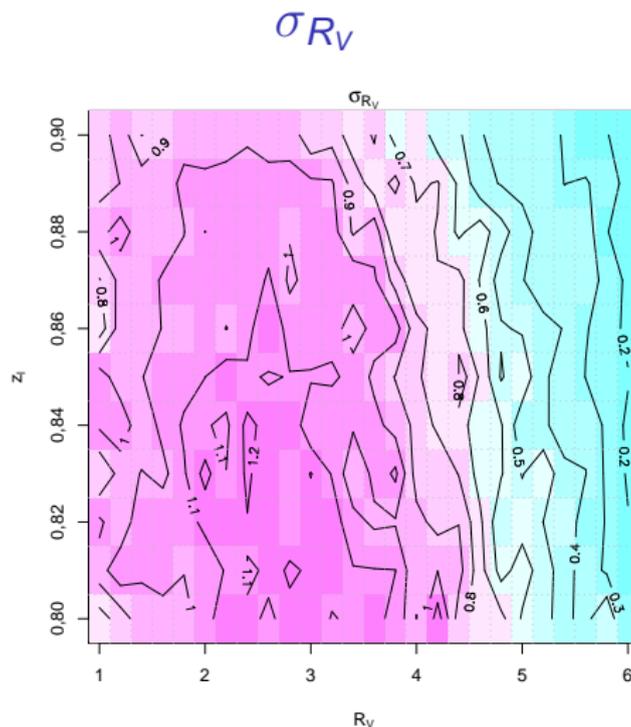
- $z_l = 0,83$  mesuré (spectroscopie)
- $R_V \simeq 2,1 \pm 0,9$  ajusté par Motta et al.

# Estimation de l'incertitude



$$\sigma_{z_I} \simeq 0,02 \Rightarrow z_I \simeq 0,84 \pm 0,02$$

# Estimation de l'incertitude



$$\sigma_{R_V} \simeq 1,2 \Rightarrow R_V \simeq 2,4 \pm 1,2$$

# Sixième partie

## Conclusions et perspectives

# Conclusions

1. Estimation du redshift d'une lentille gravitationnelle

# Conclusions

1. Estimation du redshift d'une lentille gravitationnelle
  - simulations → méthode relativement fiable et précise si données de bonne qualité

# Conclusions

1. Estimation du redshift d'une lentille gravitationnelle
  - simulations → méthode relativement fiable et précise si données de bonne qualité
  - applications à des cas réels → résultats plus incertains

# Conclusions

1. Estimation du redshift d'une lentille gravitationnelle
  - simulations → méthode relativement fiable et précise si données de bonne qualité
  - applications à des cas réels → résultats plus incertains
2. Extraction de lois d'extinction

# Conclusions

1. Estimation du redshift d'une lentille gravitationnelle
  - simulations → méthode relativement fiable et précise si données de bonne qualité
  - applications à des cas réels → résultats plus incertains
2. Extraction de lois d'extinction
  - difficile ← faible rapport S/B, effets de microlentille, etc.

# Conclusions

1. Estimation du redshift d'une lentille gravitationnelle
  - simulations → méthode relativement fiable et précise si données de bonne qualité
  - applications à des cas réels → résultats plus incertains
2. Extraction de lois d'extinction
  - difficile ← faible rapport S/B, effets de microlentille, etc.
  - détection du pic à 2 175 Å dans la loi d'extinction de RXS J1131-1231

# Conclusions

1. Estimation du redshift d'une lentille gravitationnelle
  - simulations → méthode relativement fiable et précise si données de bonne qualité
  - applications à des cas réels → résultats plus incertains
2. Extraction de lois d'extinction
  - difficile ← faible rapport S/B, effets de microlentille, etc.
  - détection du pic à 2 175 Å dans la loi d'extinction de RXS J1131-1231
3. Caractérisation de la loi d'extinction par l'ACP

# Conclusions

1. Estimation du redshift d'une lentille gravitationnelle
  - simulations → méthode relativement fiable et précise si données de bonne qualité
  - applications à des cas réels → résultats plus incertains
2. Extraction de lois d'extinction
  - difficile ← faible rapport S/B, effets de microlentille, etc.
  - détection du pic à 2 175 Å dans la loi d'extinction de RXS J1131-1231
3. Caractérisation de la loi d'extinction par l'ACP
  - simulations → méthode fiable et précise

# Conclusions

1. Estimation du redshift d'une lentille gravitationnelle
  - simulations → méthode relativement fiable et précise si données de bonne qualité
  - applications à des cas réels → résultats plus incertains
2. Extraction de lois d'extinction
  - difficile ← faible rapport S/B, effets de microlentille, etc.
  - détection du pic à 2 175 Å dans la loi d'extinction de RXS J1131-1231
3. Caractérisation de la loi d'extinction par l'ACP
  - simulations → méthode fiable et précise
  - application à un cas réel → résultat encourageant

# Perspectives

- nécessité d'avoir davantage de données spectrophotométriques de bonne qualité

# Perspectives

- nécessité d'avoir davantage de données spectrophotométriques de bonne qualité
- « monitoring » spectroscopique de plusieurs mirages  
→ distinction entre les effets de microlentille et ceux de l'extinction

# Perspectives

- nécessité d'avoir davantage de données spectrophotométriques de bonne qualité
- « monitoring » spectroscopique de plusieurs mirages → distinction entre les effets de microlentille et ceux de l'extinction
- extraction et caractérisation de lois d'extinction à des distances cosmologiques → évolution de la poussière au cours de l'histoire de l'Univers