

# Une analyse photométrique des données du SNLS

Gurvan BAZIN  
23 février 2009

Laboratoire Astroparticule et Cosmologie  
Université Denis Diderot, Paris 7



# Sommaire

- 1 Contexte
  - Les SN Ia
  - SNLS, une brève introduction
  - Le suivi spectroscopique
- 2 Une sélection photométrique de SNe Ia
  - Motivations
  - Optimisations
  - Sélection photométrique
- 3 Biais de sélection spectroscopique
  - Propriétés des SNe Ia sélectionnées
  - Impact sur le module de distance
- 4 La cosmologie avec une sélection purement photométrique
  - Faisabilité
  - Conclusion



# Sommaire

## 1 Contexte

- Les SN Ia
- SNLS, une brève introduction
- Le suivi spectroscopique

## 2 Une sélection photométrique de SNe Ia

- Motivations
- Optimisations
- Sélection photométrique

## 3 Biais de sélection spectroscopique

- Propriétés des SNe Ia sélectionnées
- Impact sur le module de distance

## 4 La cosmologie avec une sélection purement photométrique

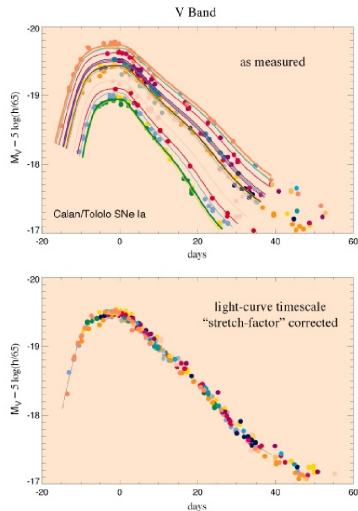
- Faisabilité
- Conclusion



# Les SN Ia

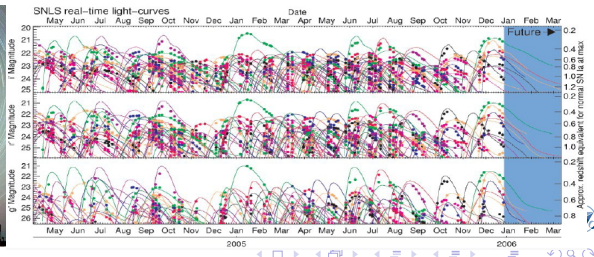
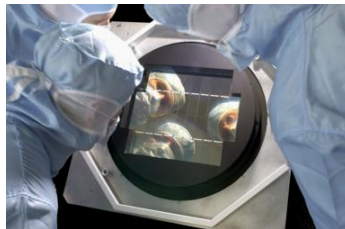
## Courbes de lumière

- reproductibles
- variabilité intrinsèque de 40 % au pic
- relations empiriques reliant cette variabilité aux propriétés des courbes de lumières :
  - **brighter-slower** (stretch)
  - **brighter-bluer** (couleur B-V)
$$\Rightarrow \mu_B = m_B - M + \alpha x_1 - \beta c$$
- réduction de la variabilité à 15 %  
 $\Rightarrow$  indicateur de distance



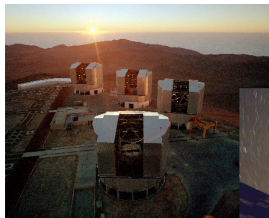
# SNLS, une brève introduction

- observation des 4 champs profonds du CFHTLS **260 h/an**
- Megacam (36 CCD)
- au foyer du CFHT (3.60 m)
- 4 filtres g'r'i'z'
- échantillonnage temporel de 3-4 jours pendant les lunaisons



# Le suivi spectroscopique

## Télescopes de la classe des 8 m



- 120 h/an au VLT
- 120 h/an aux Gemini
- 3 nuits/an aux Kecks
- 15 nuits/an au Magellan



# Biais et futurs projets

But du suivi spectroscopique

identification des SNe Ia et obtention du redshift

⇒ sélection des objets les plus brillants au delà d'un certain redshift, biais de sélection attendu

⇒ temps spectroscopique limité, impossibilité de baser les futurs relevés sur un recours systématique à la spectroscopie



# Sommaire

- 1 Contexte
  - Les SN Ia
  - SNLS, une brève introduction
  - Le suivi spectroscopique
- 2 Une sélection photométrique de SNe Ia
  - Motivations
  - Optimisations
  - Sélection photométrique
- 3 Biais de sélection spectroscopique
  - Propriétés des SNe Ia sélectionnées
  - Impact sur le module de distance
- 4 La cosmologie avec une sélection purement photométrique
  - Faisabilité
  - Conclusion



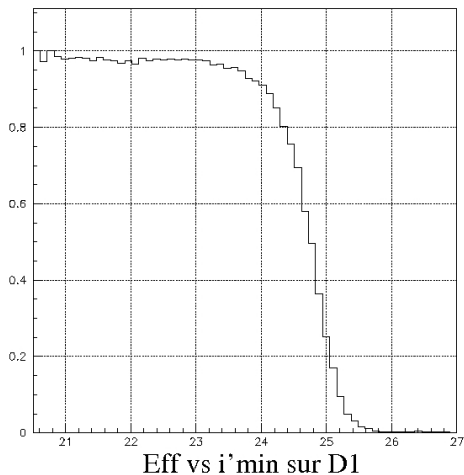


# Une sélection photométrique de SNe Ia

- choix d'une sélection photométrique de SNe Ia
  - confirmer le **biais de sélection** spectroscopique et déterminer son possible **impact sur la cosmologie**
  - étudier la **faisabilité** d'une sélection et d'une analyse **purement photométrique**
- 
- réduction des données
  - détection des SN Ia
  - photométrie
  - sélection et analyse
- } **indépendants** de la procédure  
« **standard** » du SNLS



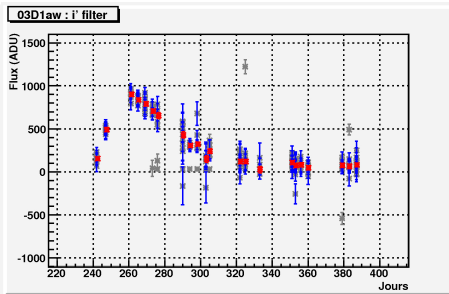
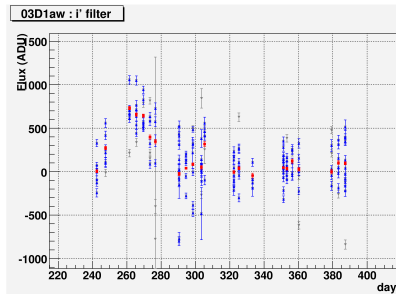
# Optimisations de la réduction des données



- **307179** détections sur les 4 champs et les 3 ans de données
- réduction du bruit d'un facteur **70** par rapport à la précédente version de la procédure de détection
- meilleure efficacité (simulation P. Ripoche)



# Optimisations de la réduction des données



- réduction de la dispersion d'un facteur 5 au sein des nuits
- courbes de lumière utilisables pour toute l'analyse



# Sélection

Première série de coupures :

- réduction du **bruit de fond**
- rejet des **étoiles** (variables) à partir d'un catalogue établi sur nos images
- rejet des objets de type **AGN** ou **quasars** (lentement variables)
- échantillonnage suffisant autour du maximum de luminosité



# Sélection

Première série de coupures :

- réduction du **bruit de fond**
- rejet des **étoiles** (variables) à partir d'un catalogue établi sur nos images
- rejet des objets de type **AGN** ou **quasars** (lentement variables)
- échantillonnage suffisant autour du maximum de luminosité

puis, sélection **photométrique** sur des **critères physiques**



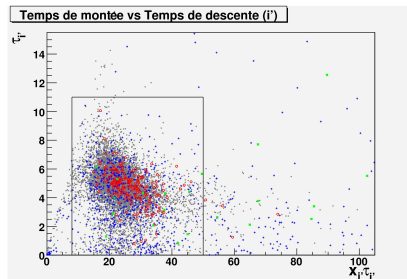
# Temps de montée et de descente

- temps de montée et de descente compatibles avec ceux des SNe Ia

Exemple dans le filtre  $i'$  :

⇒ temps de montée < 11 jours

⇒ 8 jours < temps de descente < 50 jours



SNe Ia id / SNe Ia non id / SNe Ib/Ic/II id / simulation



# Ajustement du modèle SALT2

association des événements présélectionnés  
aux **galaxies** du catalogue de Ilbert et al.  
2006 A&A 457, 841-856

- **nécessité d'un redshift !**
- ajustement d'un modèle  
phénoménologique :  
**SALT2**

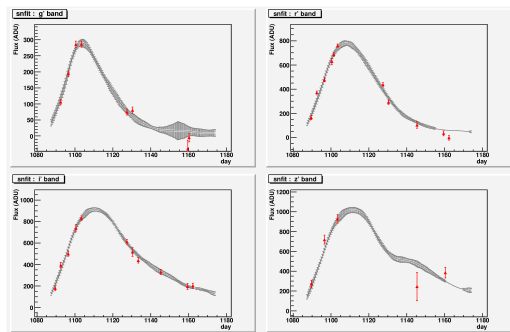
⇒ attribution du **redshift galactique photo-**  
**métrique** lorsqu'il est disponible (**79 %** des  
candidats)



# Ajustement du modèle SALT2

à partir d'un **redshift**, d'une **extinction** sur la ligne de visée (Schlegel et al. 1998, ApJ, 500, 525-+), nous ajustons le modèle sur les courbes de lumière

- nécessité d'un redshift !
- ajustement d'un modèle phénoménologique : SALT2

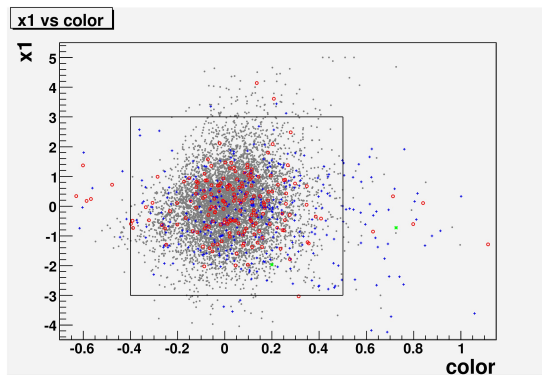




# Couleur et stretch

Sélection sur les propriétés issues de l'ajustement :

- flux et rapport de flux (couleurs)
- paramètres intrinsèques (exemple)



# Bilan de la sélection photométrique

- ⇒ 472 candidats sélectionnés
  - ⇒ dont 166 / 257 (64 %) SNe Ia identifiées par la spectroscopie
  - ⇒ dont 1 / 39 (3 %) SN gravitationnelle identifiée par la spectroscopie
- 
- ⇒ 213 SN/SN ? dans la base de données du SNLS
  - ⇒ 2 AGN/AGN ? sur 17



# Sommaire

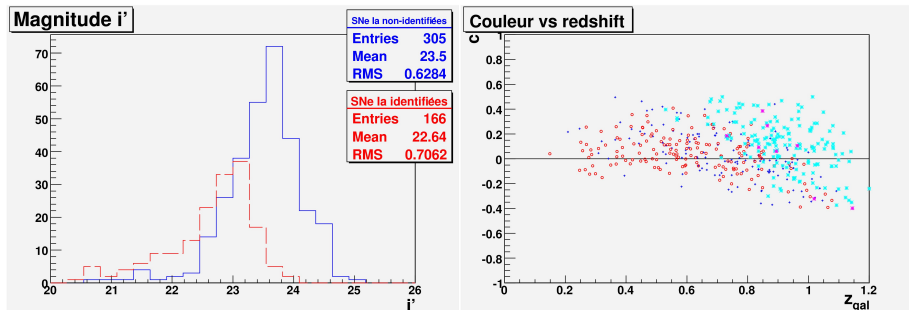
- 1 Contexte
  - Les SN Ia
  - SNLS, une brève introduction
  - Le suivi spectroscopique
- 2 Une sélection photométrique de SNe Ia
  - Motivations
  - Optimisations
  - Sélection photométrique
- 3 **Biais de sélection spectroscopique**
  - Propriétés des SNe Ia sélectionnées
  - Impact sur le module de distance
- 4 La cosmologie avec une sélection purement photométrique
  - Faisabilité
  - Conclusion



# Magnitude $i'$ observée et couleur

Sous-lot non identifié par la spectroscopie :

- à plus grande magnitude  $i'$
- plus bleu à partie de  $z = 0.7$



# Biais de sélection spectroscopique

- coupure spectroscopique à  $i' \simeq 23.5$  visible pour  $z > 0.7$
- propriétés relativement semblables avec  $i' < 23.5$  (vérifié !)

⇒ quel est l'impact sur  $\mu_B$  ?

⇒ les corrections apportées au module de distance en couleur et stretch sont-elles suffisantes pour la cosmologie ?

$$\mu_B = m_B - M + \alpha x_1 - \beta c$$



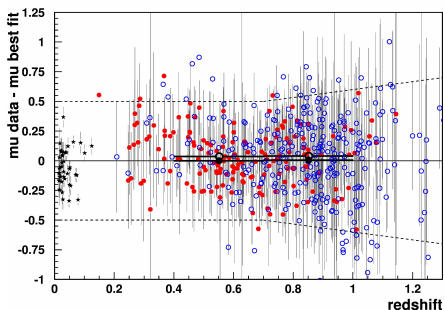
# Impact sur le module de distance

## Comparaison

du sous-lot **identifié** par la spectroscopie avec mon lot **total** de SNe Ia

$z \in [0.4; 0.7]$  et  $z \in [0.7; 1.0]$

$z$	0.4 - 0.7	0.7 - 1.0
$\delta\mu_B^{\text{id}} - \delta\mu_B^{\text{tot}}$	$-0.016 \pm 0.016$	$-0.025 \pm 0.028$



utilisation du **redshift galactique** pour **traitement équivalent**

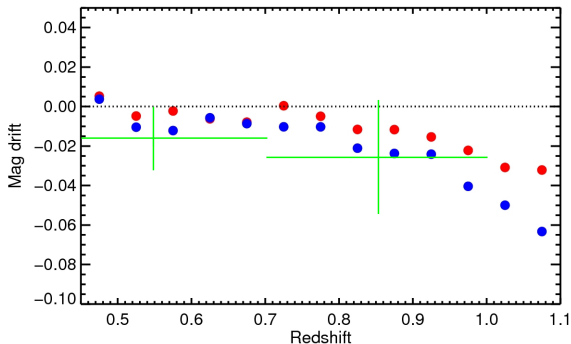
⇒ pas d'effet significatif sur la cosmologie

⇒ **corrections** en couleur et stretch appliquées au module de distance sont **robustes** à ce niveau de précision



# Comparaison à la simulation canadienne

## Comparaison qualitative avec la simulation de la collaboration



Simulation :

- en **sortie de détection**
- en **sortie de sélection spectroscopique**

Données :

- en **sortie de sélection photométrique**

⇒ accord entre les deux méthodes

⇒ grandes barres d'erreur statistique sur l'analyse photométrique et difficile contrôle de la simulation à ce niveau de précision



# Sommaire

- 1 Contexte
  - Les SN Ia
  - SNLS, une brève introduction
  - Le suivi spectroscopique
- 2 Une sélection photométrique de SNe Ia
  - Motivations
  - Optimisations
  - Sélection photométrique
- 3 Biais de sélection spectroscopique
  - Propriétés des SNe Ia sélectionnées
  - Impact sur le module de distance
- 4 La cosmologie avec une sélection purement photométrique
  - Faisabilité
  - Conclusion





# Ajustement cosmologique

La cosmologie avec une sélection purement photométrique :

- ajustement d'un modèle cosmologique  $\Lambda$ CDM avec espace plat
- lot total issu de ma sélection photométrique (305+166 SNe Ia)
- lot de SNe Ia proches (44 collectées dans la littérature, SNLS 1 an)

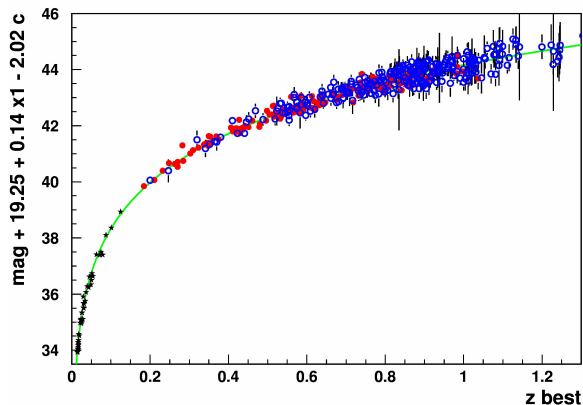
à bas  $z$  :

- erreurs dues au redshift photométrique dominantes (pente du diagramme de Hubble)
- plus de SNe Ia identifiées et de  $z$  spectroscopiques

⇒ utilisation du redshift spectroscopique quand on en dispose



# Diagramme de Hubble



$$\bullet \Omega_M = 0.259 \pm 0.026$$

$$\bullet \alpha = 0.14 \pm 0.01$$

$$\bullet \beta = 2.02 \pm 0.08$$

$$\bullet M = -19.25 \pm 0.03$$

SNe Ia identifiées et redshift spectroscopique :  $\Omega_M = 0.252 \pm 0.032$

SNLS 1 an (Astier et al. 2006, A&A, 447, 31-48) :  $\Omega_M = 0.263 \pm 0.042$



# Conclusion

- développement d'une méthode de réduction des données **complète** et **indépendante**
- sélection et analyse **totale** **photométrique** des SNe Ia
- 166 SNe Ia (/284) avec un redshift galactique identifiées spectroscopiquement et 305 SNe Ia non identifiées
- net **biais de sélection sans impact significatif** sur la cosmologie
- **première étude** de faisabilité

