

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

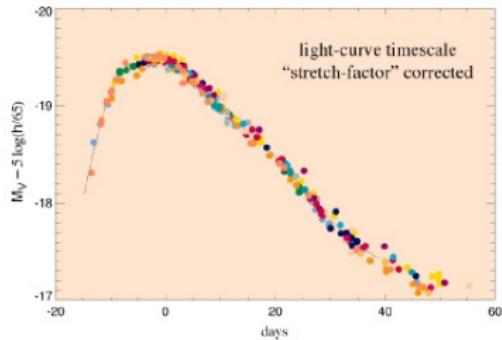
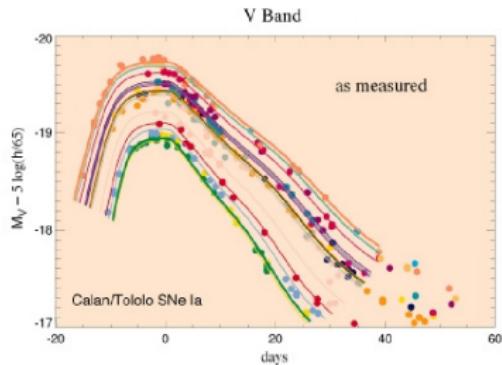
4 La cosmologie avec une sélection purement photométrique

- Faisabilité
- Conclusion

Les SN Ia

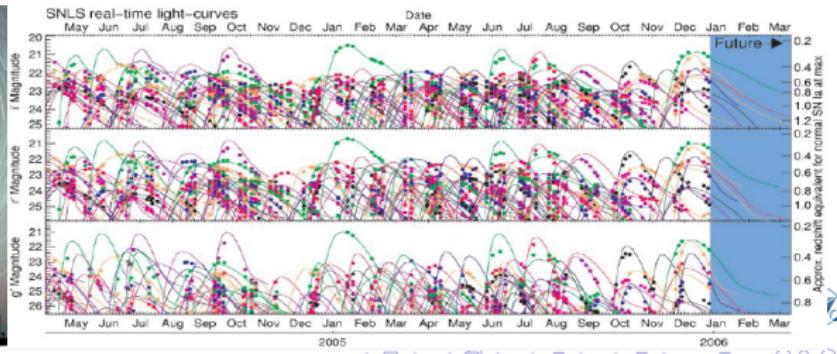
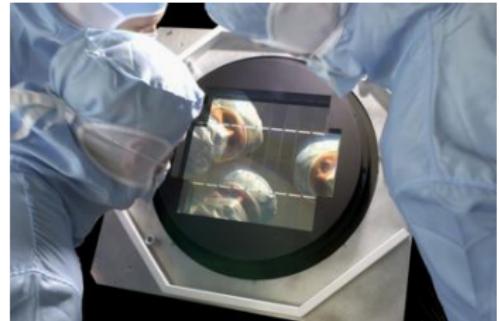
Courbes de lumière

- 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 Geminis
- 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

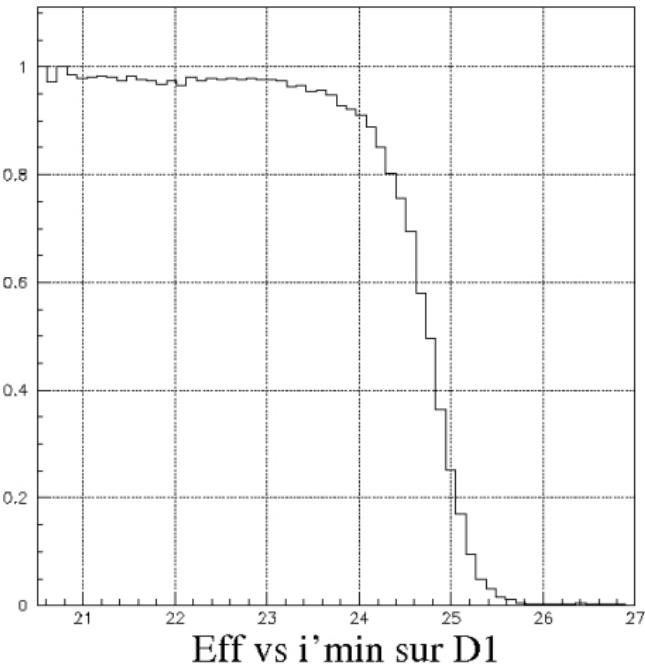
4 La cosmologie avec une sélection purement photométrique

- Faisabilité
- Conclusion

Une sélection photométrique de SNe Ia

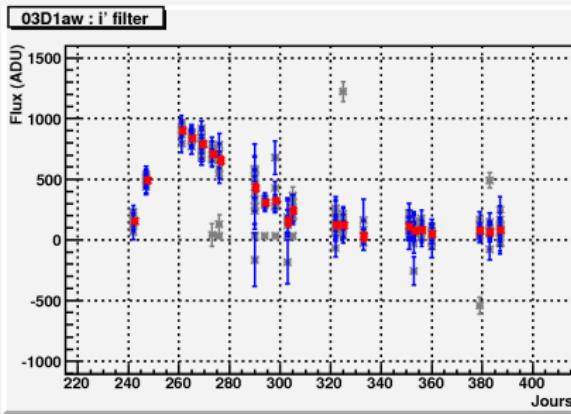
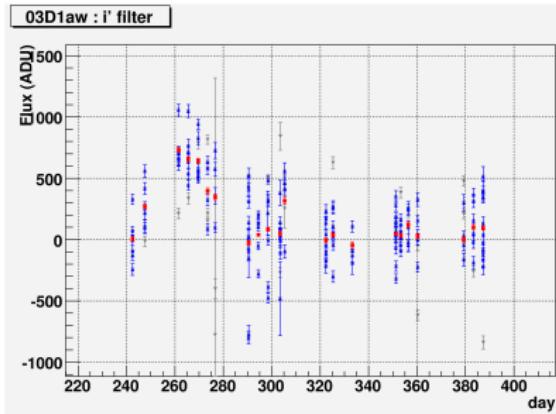
- choix d'une sélection photométrique de SNe Ia
 - confirmer le **biais de sélection** spectroscopique et déterminer son possible **impact sur la cosmologie**
 - étudier la **faisabilité** d'une sélection et d'une analyse **purement photométrique**
 - réduction des données
 - détection des SN Ia
 - photométrie
 - 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. Ripache)

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

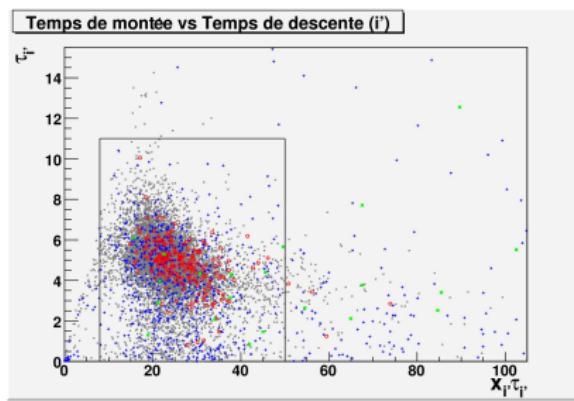
puis, sélection **photométrique** sur des **critères physiques**

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

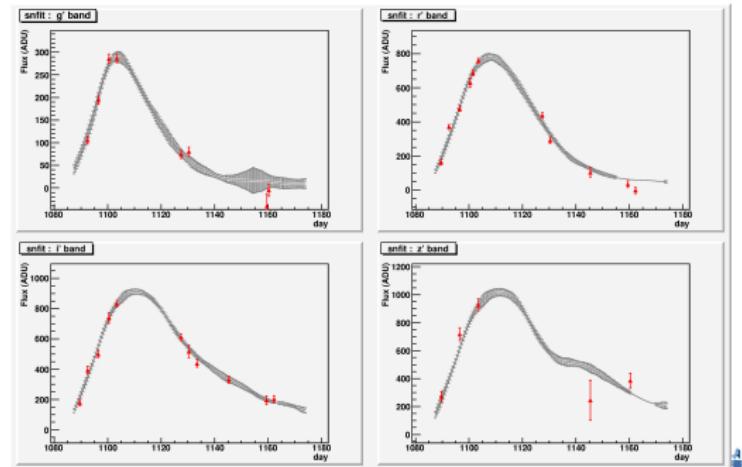
- nécessité d'un redshift !
- ajustement d'un modèle phénoménologique : SALT2

⇒ attribution du *redshift galactique photométrique* 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

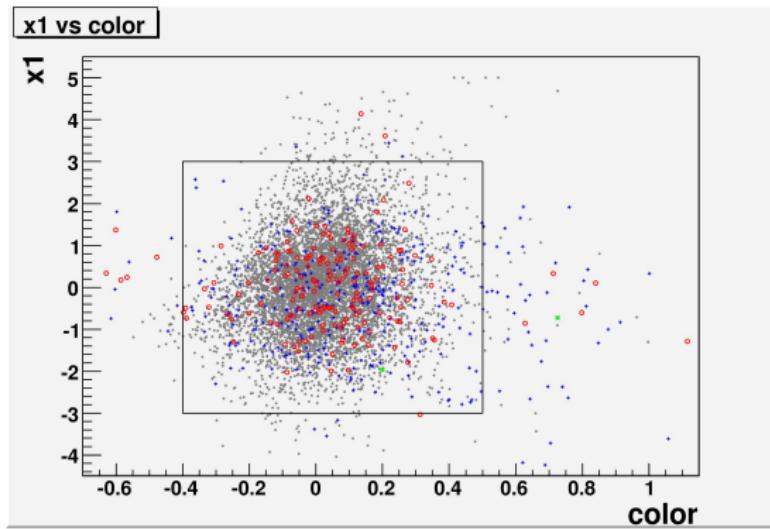
- nécessité d'un redshift !
- ajustement d'un modèle phénoménologique : SALT2



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

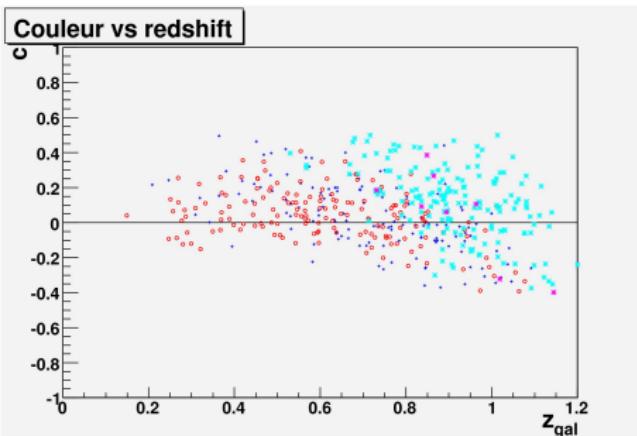
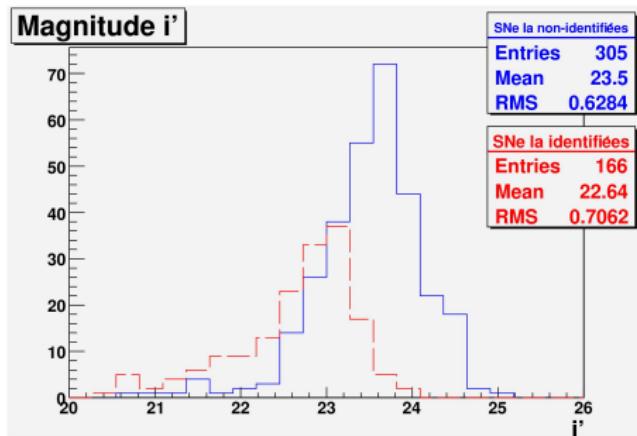
4 La cosmologie avec une sélection purement photométrique

- 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 μ_B ?

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

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

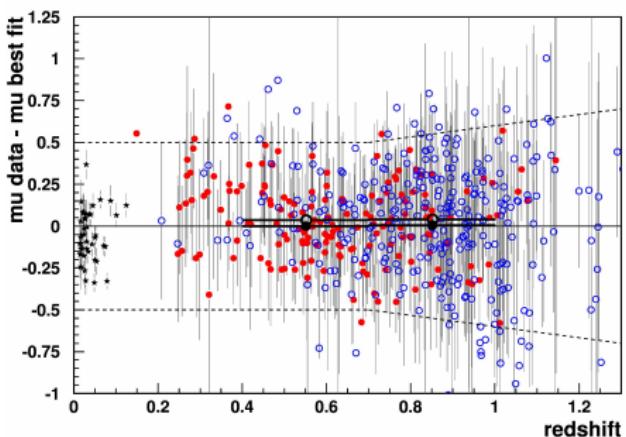
Impact sur le module de distance

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 ± 0.016	-0.025 ± 0.028



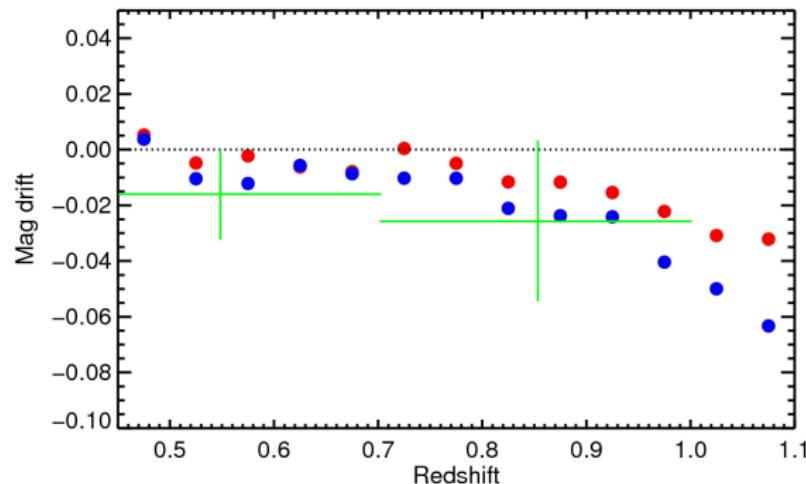
utilisation du redshift galactique pour traitement équivalent

⇒ 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

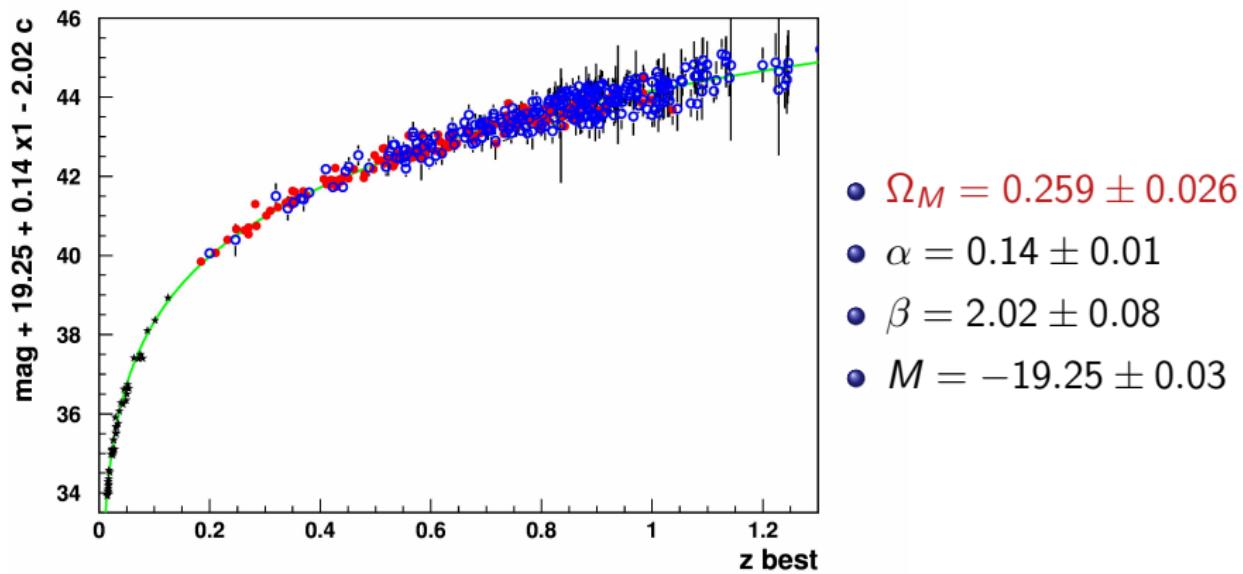
La cosmologie avec une sélection purement photométrique :

- ajustement d'un modèle cosmologique Λ 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)
⇒ utilisation du redshift spectroscopique quand on en dispose
- plus de SNe Ia identifiées et de z spectroscopiques

Diagramme de Hubble



SNe la 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**ment 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**