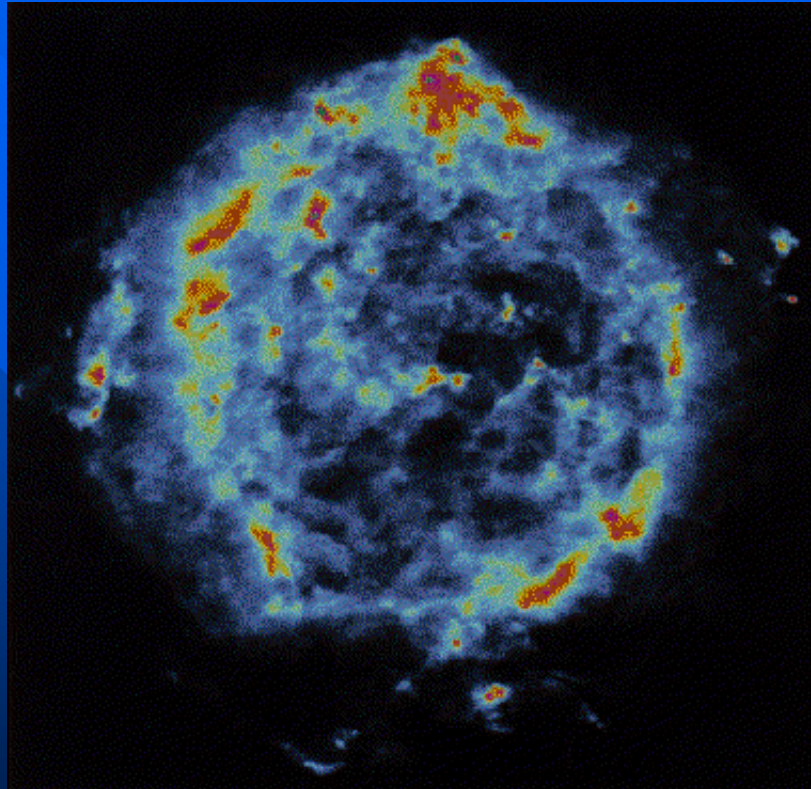


SNLS : Simulation, Efficacité et Biais de Sélection



Pascal Ripoche

Septembre 2006

Sommaire

- Un peu de cosmologie
- SNLS
- La Simulation dans SNLS
- Efficacité et Taux
- Biais et Contamination
- Conclusion

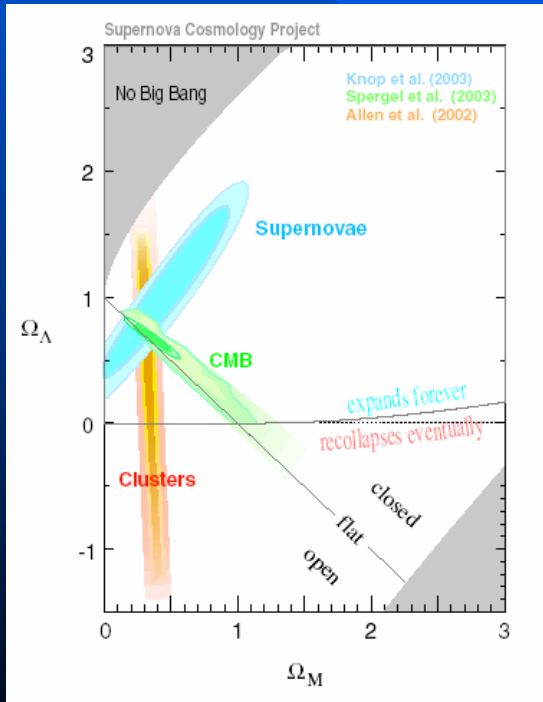
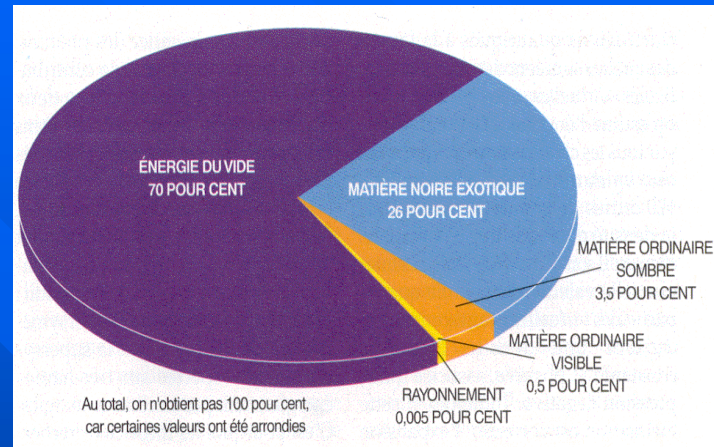
Problématique

$$\Omega = 1,02 \pm 0,02$$

(WMAP, Spergel et al., 2003)

Les contributions :

- $\Omega_M = 0,27 \pm 0,04$
- $\Omega_X = 0,73 \pm 0,04$



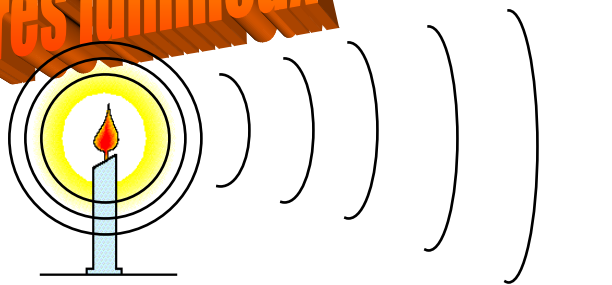
Ω_X : constante cosmologique
et/ou énergie noire?

modèle	$\omega = P/\rho$
Constante Cosmologique	-1
Quintessence	$\frac{1/2\dot{\phi}^2 - V(\phi)}{1/2\dot{\phi}^2 + V(\phi)}$

Utiliser les supernovae pour mesurer Ω_X et w_X

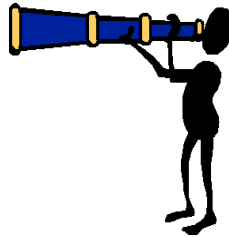
Paramètres cosmologiques, distance lumineuse

Objets lointains
très lumineux



Luminosité
intrinsèque L

$$d_L \equiv \sqrt{\frac{L}{4\pi f}}$$



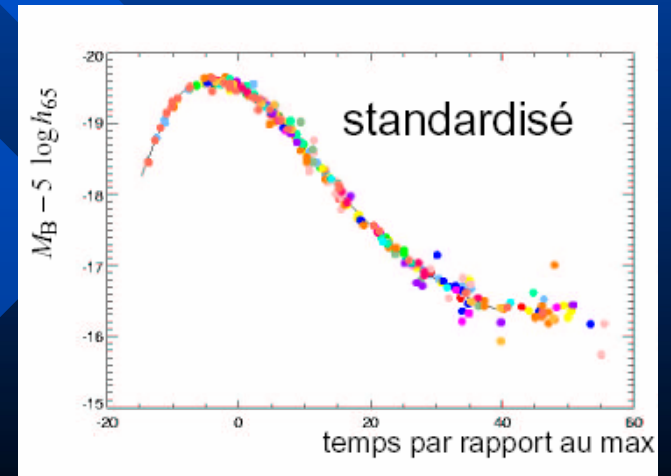
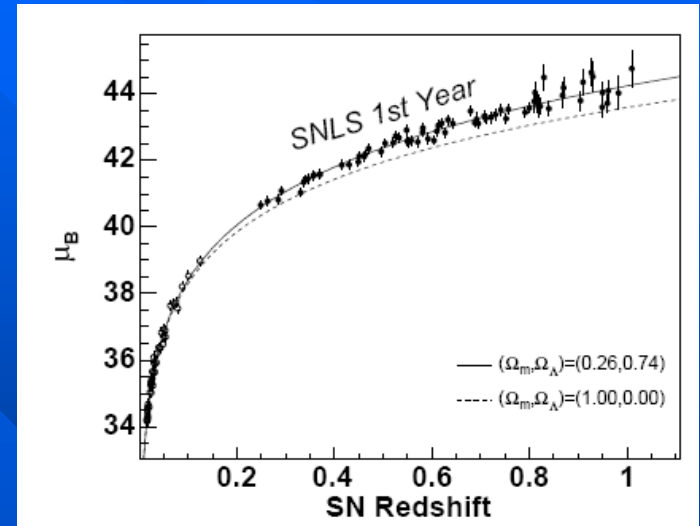
Flux
observé f
Redshift z

de luminosité connue

$$mag = -2,5 \log \frac{f}{f_0} = const(H_0) + \beta \log(H_0 d_L(z, \Omega_i, \omega_i))$$

Supernovae de type Ia

- très forte luminosité (10^{34} W)
- chandelles standards (dispersion : 40 %)
- Correction de stretch $\Rightarrow$ 15 %



L'expérience SuperNovae Legacy Survey

■ Collaboration

- France (IN2P3, CEA, INSU)
- Canada
- ...

■ Buts

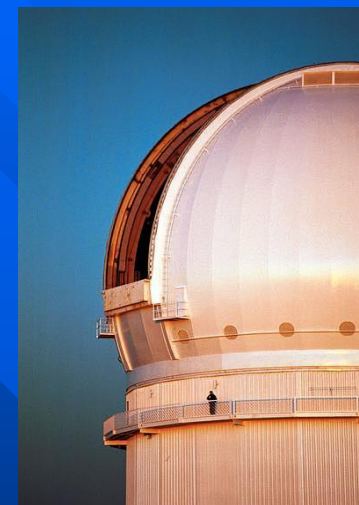
- Mesure des paramètres cosmologiques et **de l'équation d'état de l'énergie noire**
 - » 1000 supernovae détectées
 - » 500 supernovae la spectrées
- Étude supernovae
 - » Mesure du taux de supernovae en fonction du type et de la morphologie des galaxies hôtes
 - » Évolution?

Stratégie de Recherche

Suivi de 4 champs d'un degré carré chacun pendant 5 ans (18 nuits par période sombres, 6 mois)

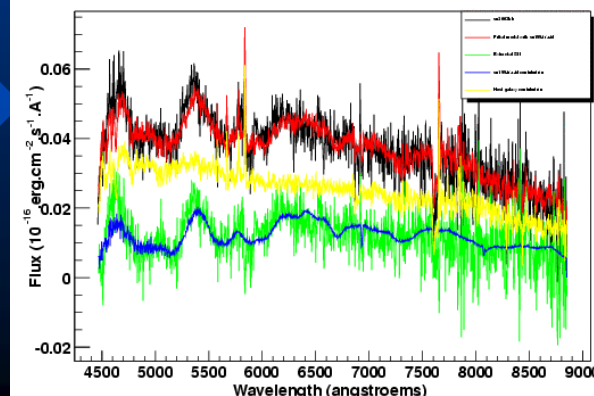
Detection

- Télescope : CFHT (Hawaï)
- Camera : megacam (36 CCDs & 240 Mpixels)
- 4 filtres : g(15'), r(30'), i(1h), et z(30')
- Methodes : Rolling Search et soustraction d'image



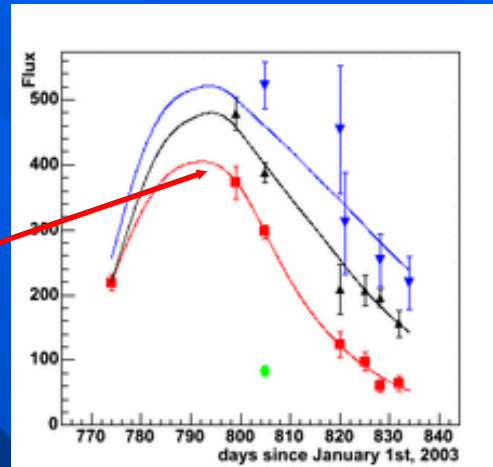
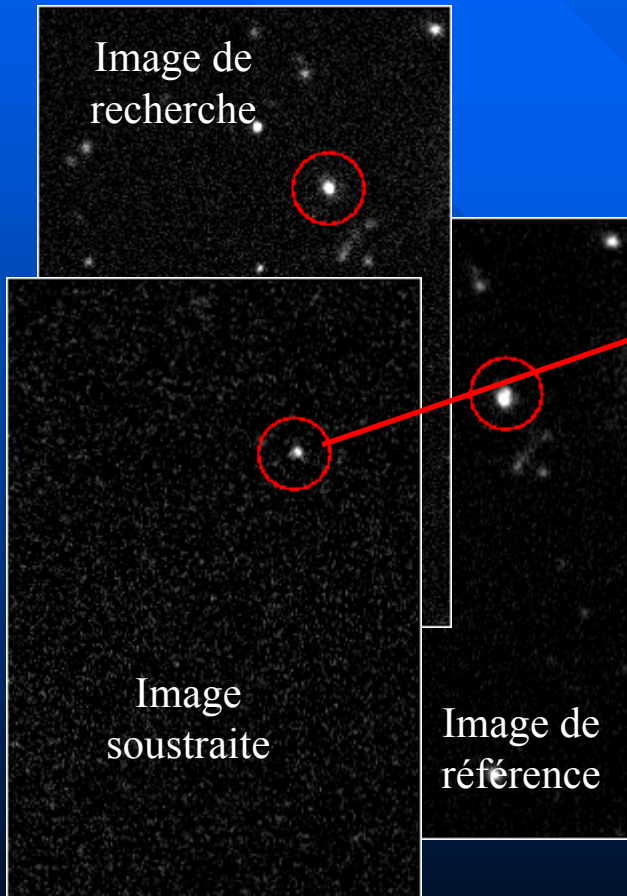
Identification par spectroscopie jusqu'à $z = 0.9$

- Télescopes: VLT, Gemini, Keck et Magellan
- Mesure de z
- Détermination de la nature de la SN



Soustraction d'image & Rolling Search

Prise de données (images) tout les 3 à 4 jours dans les périodes sombres



Paramètres de sélection des candidats :

- Nombre de détections
- Magnitude minimale
- Fit de la courbe de lumière
- Couleurs relatives

Soustraction



Matching des détections



Sélection des **candidats**
ACE

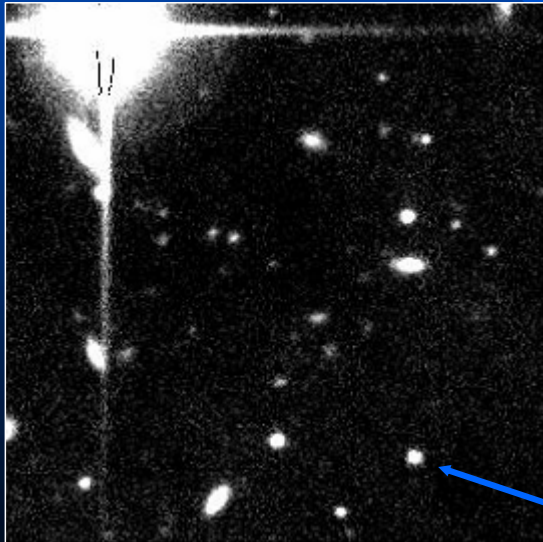


Spectroscopie et
Identification

Simulation(1)

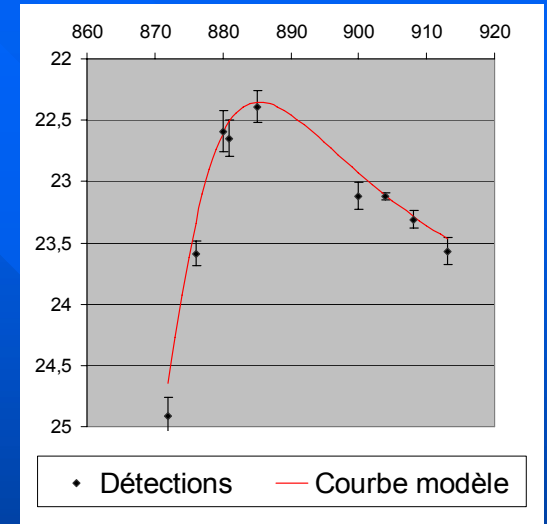
Pourquoi une simulation :

- Optimisation de la chaine de détection
- Automatisation de la sélection des candidats
- Étude des biais de sélection
- Étude de l'efficacité de détection
- Mesure du taux d'explosion
- Reprocessing des images



Comment :

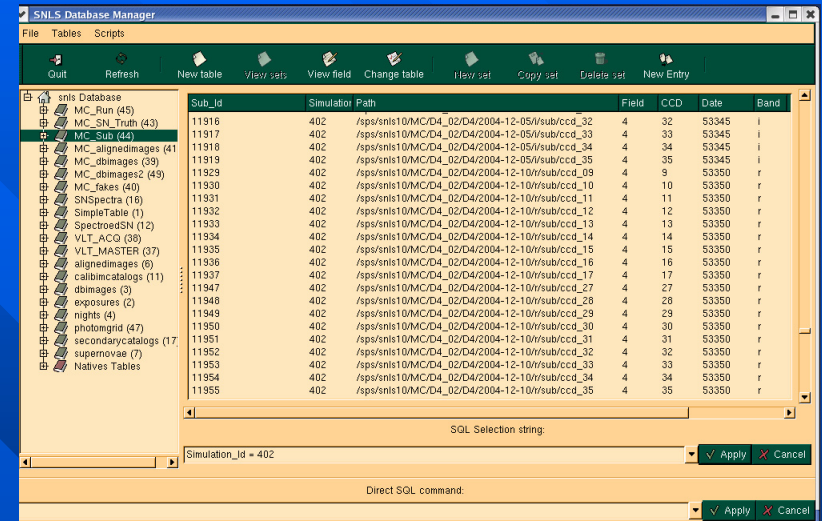
- Utilisation de courbe de lumière modèle
- Simulation sur images réelles
- Pipeline de détection



Simulation(2)

Quelques chiffres pour 1 champ et 1 saison :

- 72 000 supernovae => 288 000 courbes de lumières
- 15 000 images
- 4 000 000 détections à traiter
- 1,5 Tbytes d'image à traiter



The screenshot shows the SNLS Database Manager interface. On the left is a tree view of the database structure, including tables like MC_Run, MC_SN_Truth, MC_Sub, MC_alignedimages, MC_dbimages, MC_dbimages2, MC_fakes, MCSpectra, SingleTable, SpectroedSN, VLT_ACO, VLT_MASTER, alignedimages, calimcatalogs, dbimages, exposures, nights, photomgrid, secondarycatalogs, supernovae, and Natives Tables. The main window displays a table with columns: Sub_Id, Simulator Path, Field, CCD, Date, and Band. The table contains 10 rows of data for Sub_Id values 11916 through 11955. At the bottom, there is a section for SQL Selection string and Direct SQL command, both with Apply and Cancel buttons.

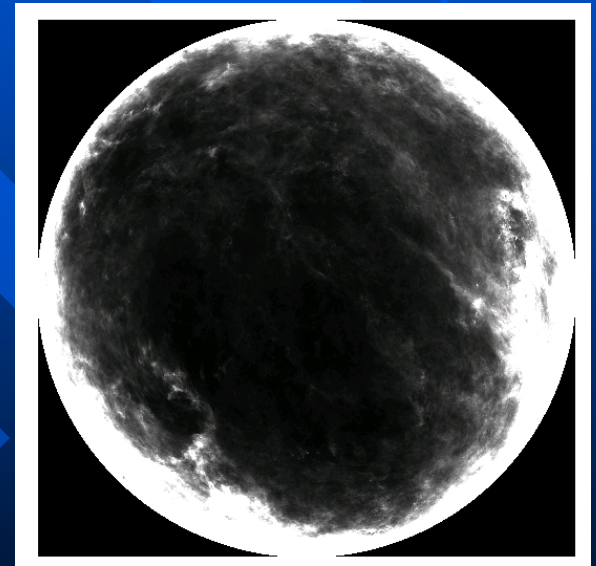
Sub_Id	Simulator Path	Field	CCD	Date	Band
11916	/sps/snls10/MC/D4_02/D4/2004-12-05/sub/ccd_32	4	32	53345	i
11917	/sps/snls10/MC/D4_02/D4/2004-12-05/sub/ccd_33	4	33	53345	i
11918	/sps/snls10/MC/D4_02/D4/2004-12-05/sub/ccd_34	4	34	53345	i
11919	/sps/snls10/MC/D4_02/D4/2004-12-05/sub/ccd_35	4	35	53345	i
11920	/sps/snls10/MC/D4_02/D4/2004-12-10/sub/ccd_09	4	9	53350	r
11921	/sps/snls10/MC/D4_02/D4/2004-12-10/sub/ccd_10	4	10	53350	r
11922	/sps/snls10/MC/D4_02/D4/2004-12-10/sub/ccd_11	4	11	53350	r
11923	/sps/snls10/MC/D4_02/D4/2004-12-10/sub/ccd_12	4	12	53350	r
11924	/sps/snls10/MC/D4_02/D4/2004-12-10/sub/ccd_13	4	13	53350	r
11925	/sps/snls10/MC/D4_02/D4/2004-12-10/sub/ccd_14	4	14	53350	r
11926	/sps/snls10/MC/D4_02/D4/2004-12-10/sub/ccd_15	4	15	53350	r
11927	/sps/snls10/MC/D4_02/D4/2004-12-10/sub/ccd_16	4	16	53350	r
11928	/sps/snls10/MC/D4_02/D4/2004-12-10/sub/ccd_17	4	17	53350	r
11929	/sps/snls10/MC/D4_02/D4/2004-12-10/sub/ccd_27	4	27	53350	r
11930	/sps/snls10/MC/D4_02/D4/2004-12-10/sub/ccd_28	4	28	53350	r
11931	/sps/snls10/MC/D4_02/D4/2004-12-10/sub/ccd_29	4	29	53350	r
11932	/sps/snls10/MC/D4_02/D4/2004-12-10/sub/ccd_30	4	30	53350	r
11933	/sps/snls10/MC/D4_02/D4/2004-12-10/sub/ccd_31	4	31	53350	r
11934	/sps/snls10/MC/D4_02/D4/2004-12-10/sub/ccd_32	4	32	53350	r
11935	/sps/snls10/MC/D4_02/D4/2004-12-10/sub/ccd_33	4	33	53350	r
11936	/sps/snls10/MC/D4_02/D4/2004-12-10/sub/ccd_34	4	34	53350	r
11937	/sps/snls10/MC/D4_02/D4/2004-12-10/sub/ccd_35	4	35	53350	r

Les outils de production :

- Suivi de la production via une base de données SQL
- Production automatisée
- Outils d'analyse implémenté en C++ et ROOT

Tirage des Supernovae : Coordonnées/Redshift

- Adaptation galaxie $\Leftrightarrow$ supernova
- Création d'un catalogue de galaxies hôte
 - Catalogue de redshift photométrique CFHT
 - Matching avec image profonde et récupération des paramètres de forme
- Tirage des coordonnées
 - Sélection d'une galaxie hôte $\Rightarrow$ Redshift
 - Tirage des coordonnées de la supernovae en fonction des paramètres de forme
- Calcul de la densité de poussière



North galactic dust map
David Schlegel, april 1999

Tirage des Supernovae :

Paramètres du modèle

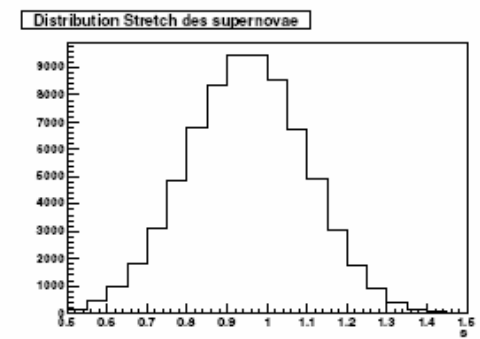
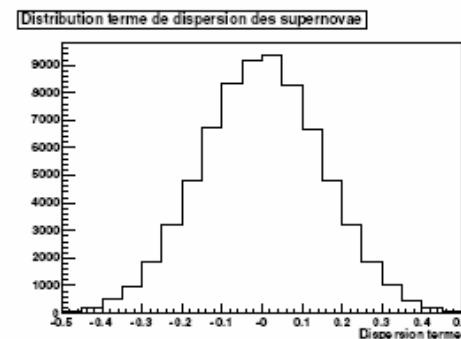
Modèle SALT

Paramètre des supernovae :

- Ra/Dec coordinates
- z : Redshift
- MW_ E(B-V) : Milkyway extinction
- MW_ R_v : Milkyway extinction correction term
- D0: Date of Max
- s : Stretch
- ∞ : stretch correction
- c : SALT color tem
- β : Salt color correction term
- E(B-V) : host galaxy extinction
- R_v : Cardelly's correction term
- disp : intrinsec dispersion term

Parameter	Type	min/mean	max/sigma
z	flat	0.2	1.2
s	Gauss	0.95	0.15
α	const	1.4	nan
c	flat	-0.2	0.4
β	const	2.3	nan
E(B-V)	const	0	nan
R _v	const	0	nan
Disp	Gauss	0	0.153

Table 2: Used randomization values



Simulation des courbes de lumière

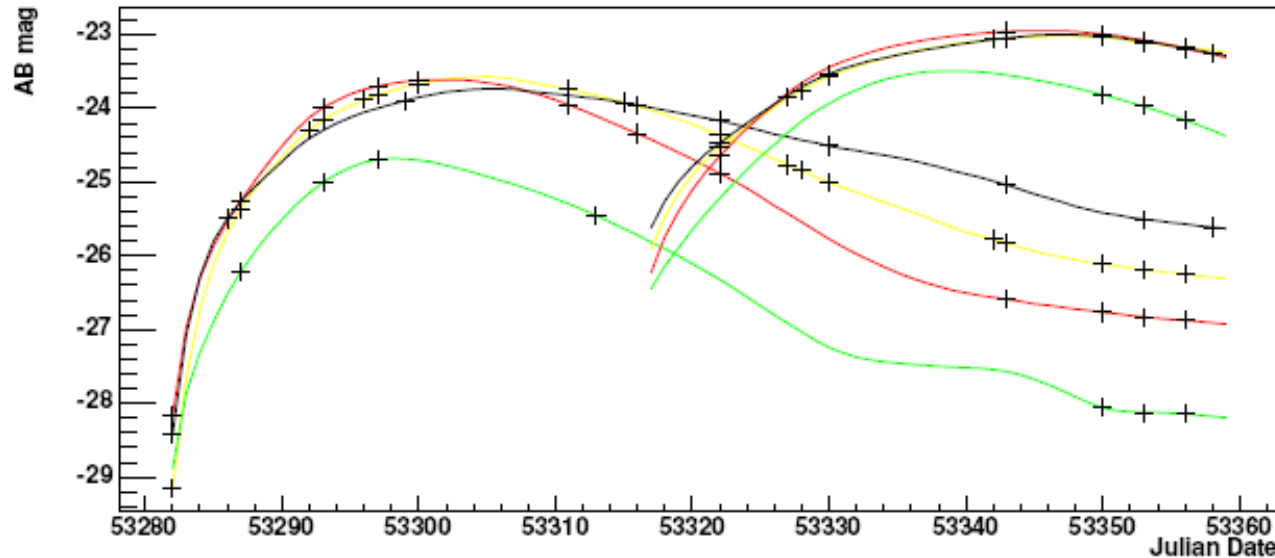


Figure 6: Examples of simulated lightcurves for $z = 0.44$ and $z = 0.58$; yellow, red, green and black are respectively i, r, g and z filters. Markers are points which will be added to images.

Courbe de lumière simulées avec le modèle SALT

Ajout sur image

- Supernovae $\Leftrightarrow$ objet ponctuel $\Leftrightarrow$ étoile
- Fit de la PSF (Point Spread Function)
 - Fit de la PSF moyenne
 - Fit des variations des paramètres de PSF dans le champs
- Ajout des supernovae

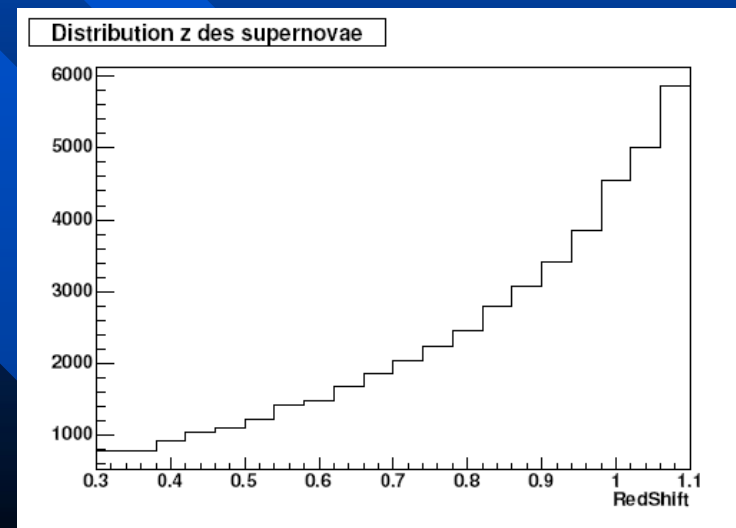
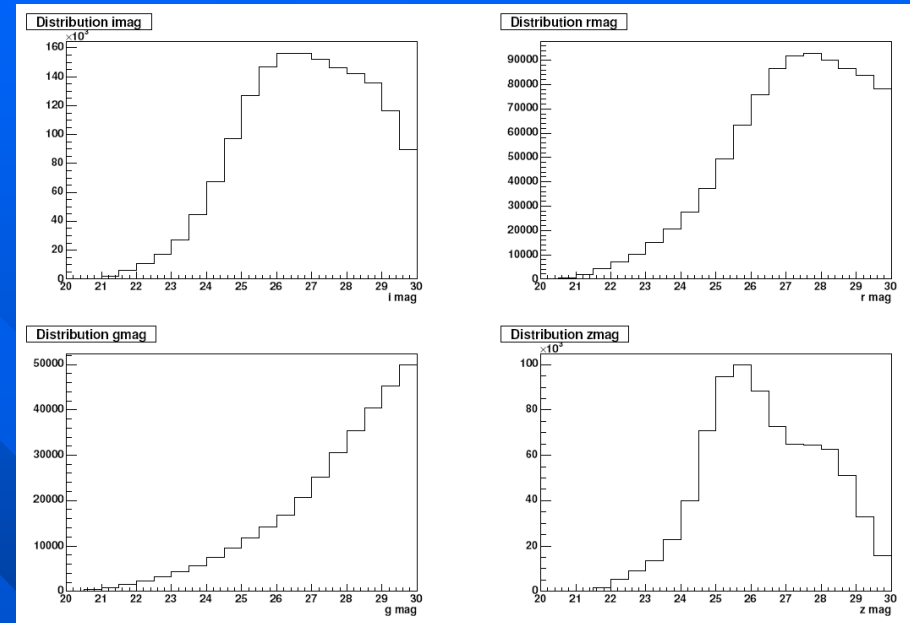
Test de la Simulation

■ Images:

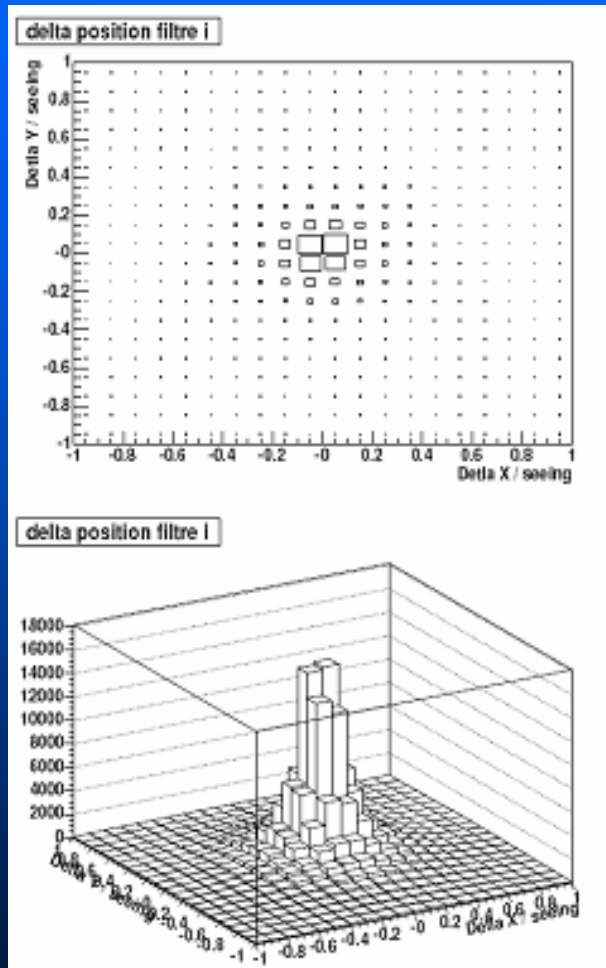
- D1, saison 2
- 23 000 images
- 71192 SN simulées (2000/ccd)

■ Données :

- Images soustraites avec une référence profonde de la saison 1
- 3 701 445 points simules
- Détections mises en correspondance avec les points simules



Test de Positionnement



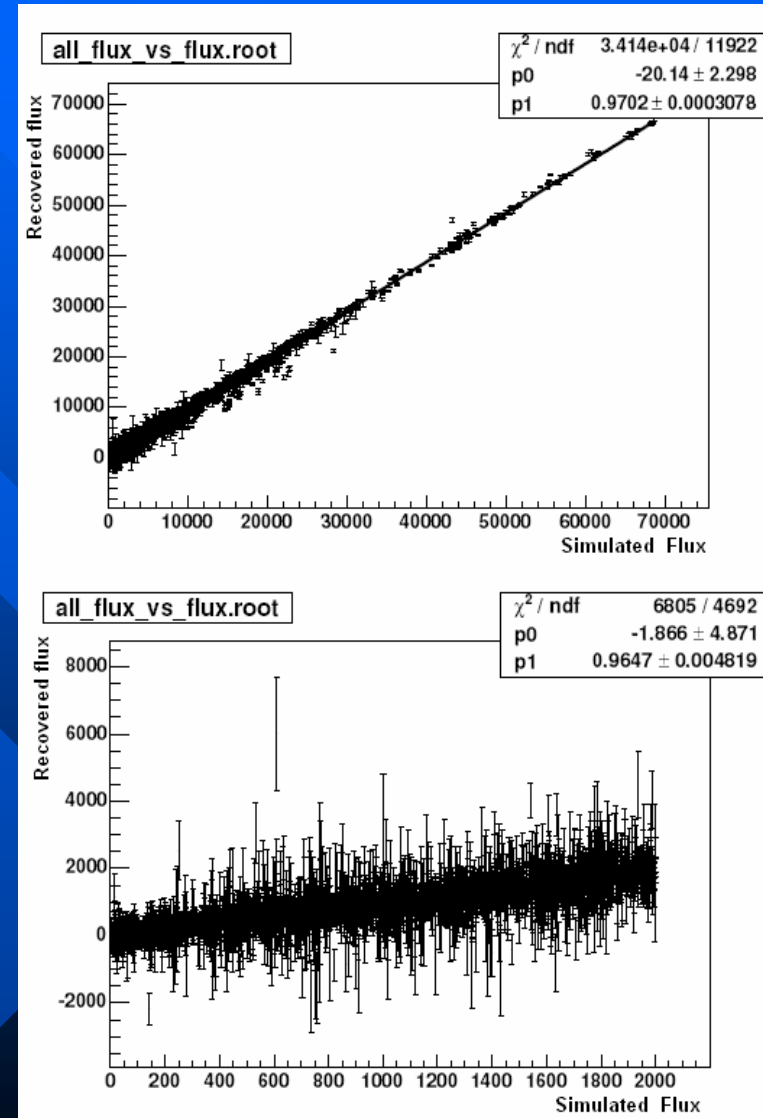
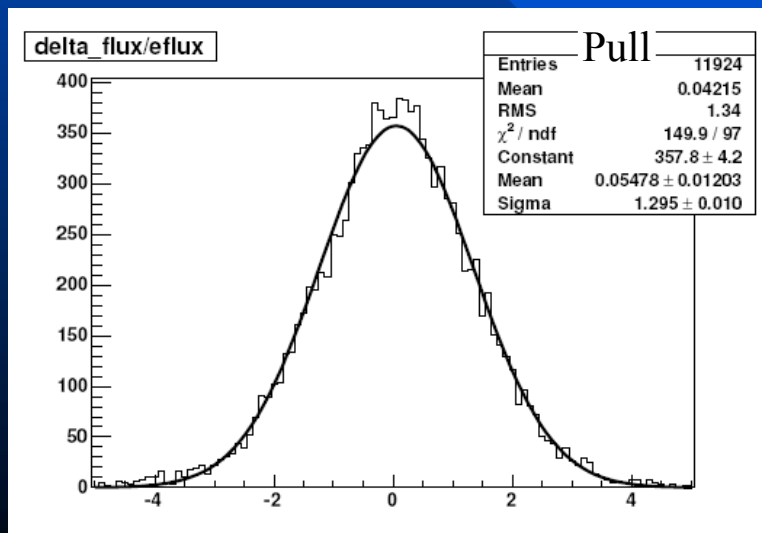
- Bon taux de récupération pour S/N 5
- Précision 0,1 seeing
- Pas de décalage significatif
- Pas de biais attendu :
précision $\ll$ distance d
association (3 pixels)

Seeing = 1 sigma = 1.3 to 3.0 pixels

Test de photométrie

Photométrie sur images alignées avant soustraction

- 97% du flux est retrouvé
 - les bords de la psf ne sont pas ajoutés
- Test de dispersion : légers excès 1.29 (1.25 attendu du fait de la corrélation entre pixels) principalement en i et z (frange)



Efficacité

■ Paramètres étudiés :

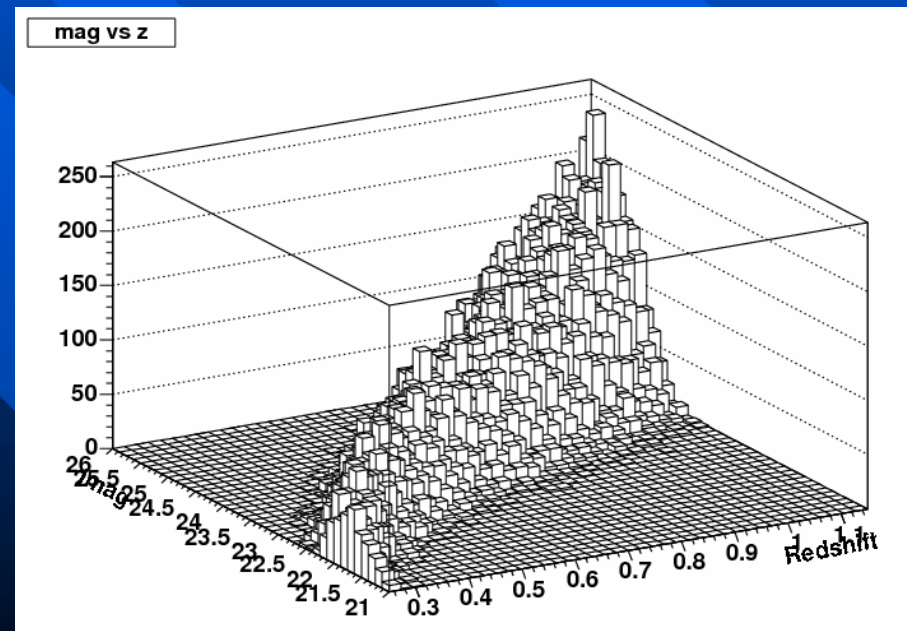
- Imag : Magnitude max dans le filtre i'
- %Inc : flux max i' / background flux (estimateur de contrast)
- D0 : Date du max
- Redshift
- Position

■ Données :

- Saison 2 Champ D1
- 72000 SNe simulées

Parameter	Type	min/mean	max/sigma
z	flat	0.2	1.2
s	Gauss	0.95	0.15
alpha	const	1.4	nan
c	flat	-0.2	0.4
beta	const	2.3	nan
E(B-V)	const	0	nan
Rv	const	0	nan
Disp	Gauss	0	0.153

Table 2: Used randomization values



Efficacité de détection d'un point simulé

Efficacité de détection d'un point
simulé : on considère chaque point
indépendamment

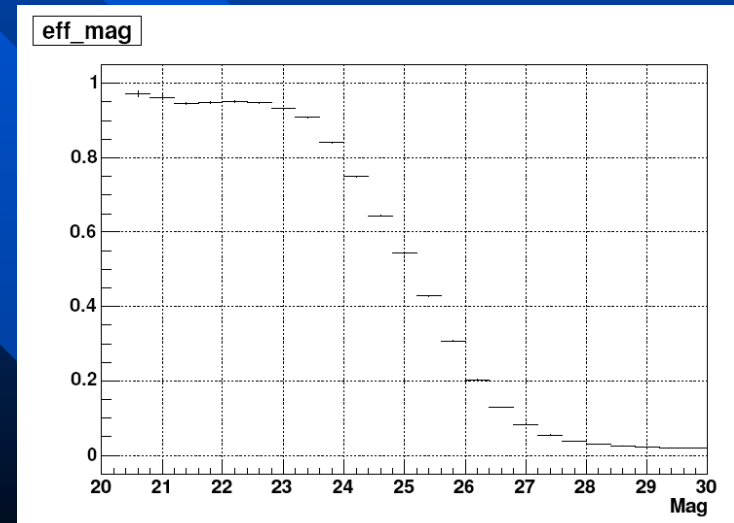
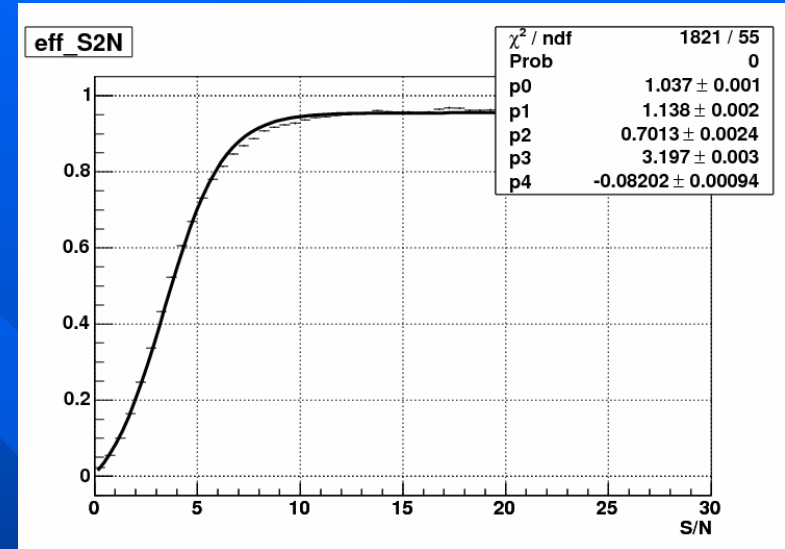
point détecté $\Leftrightarrow$
distance à la détection la plus
proche < 3.0 pixels

Efficacité globale :

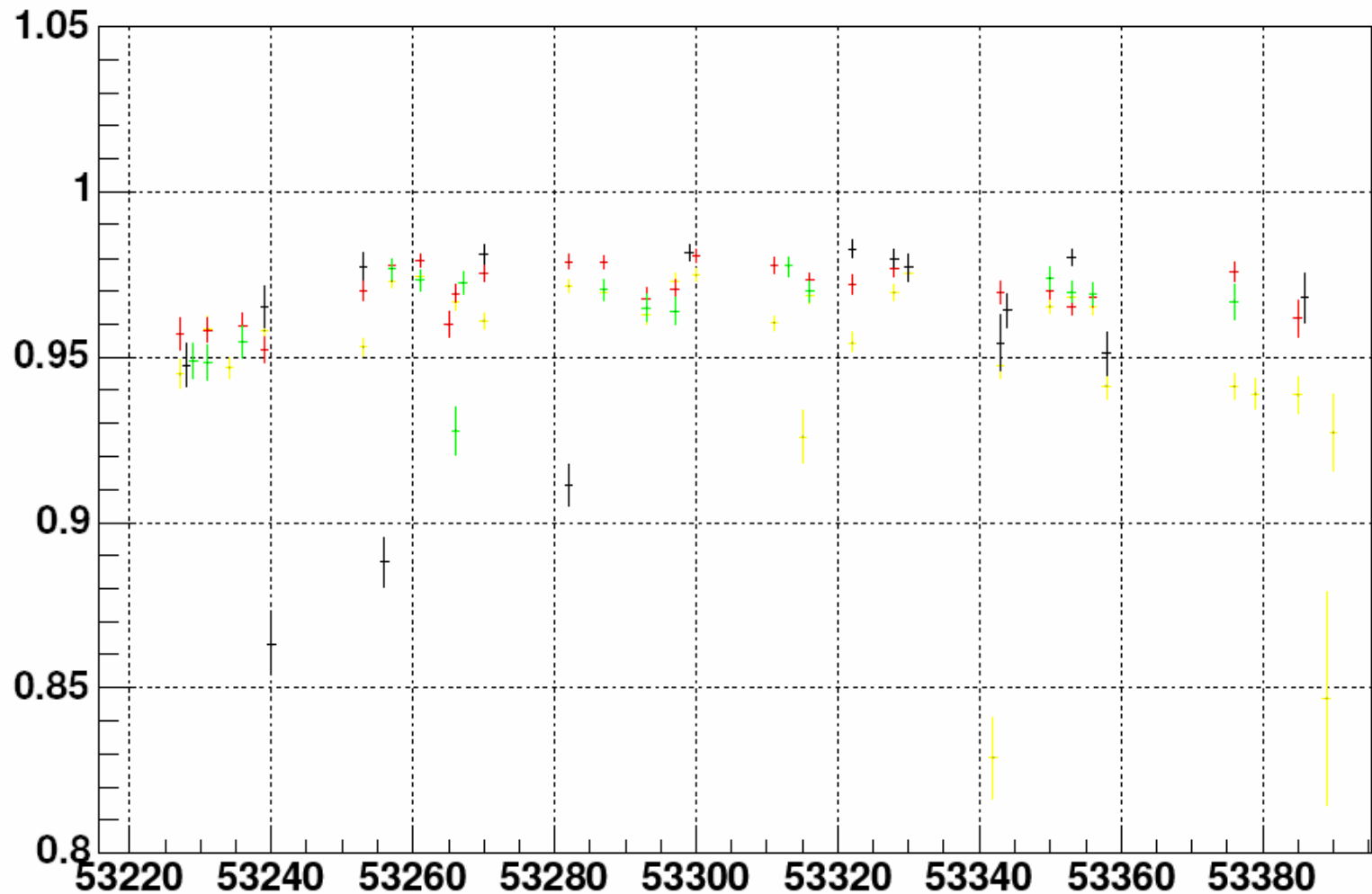
- 50% d'efficacité : $S/N = 3.73$
- Efficacité maximale : 95.5 %

Les points non-retrouvés à grand S/N:

- Masque
- Bord de CCD (mais retrouvé
dans le CCD adjacent)



Efficiency (S/N > 10.0)



Julian date

Toutes les efficacités en-dessous de 94% correspondent à des époques de mauvais temps ou à un faible nombre d'images

Efficacité de détection des SN

Outils de sélection : ACE

- Matching des détections sur toutes les époques
- Réseaux de neurone et Shapelets pour détecter les résidus de soustraction

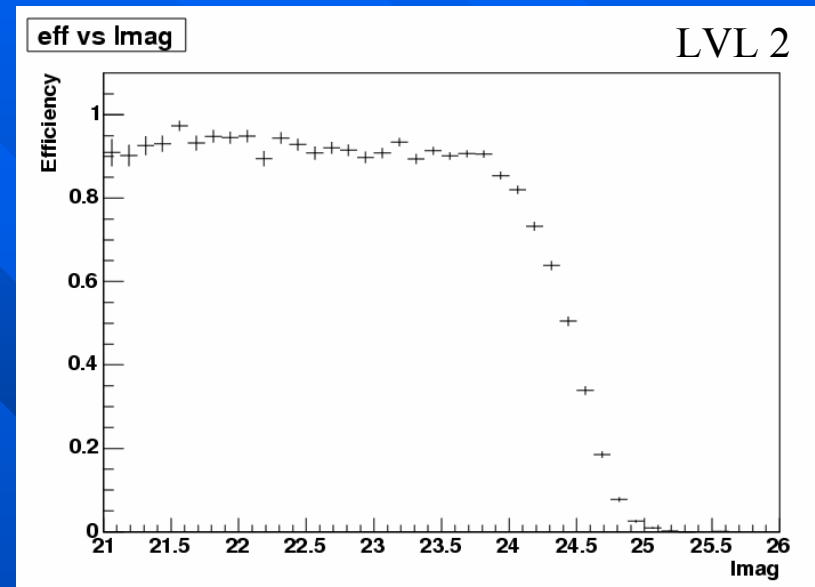
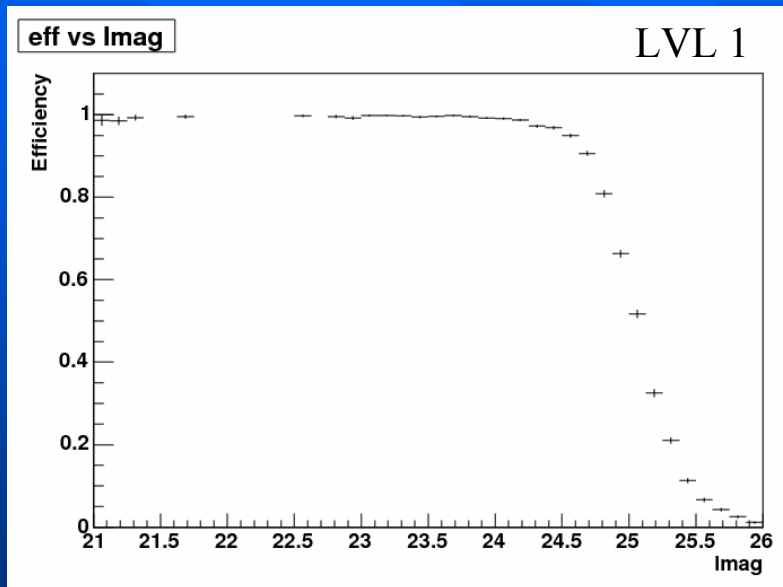
■ Lvl 1 sélection : sélection des objets variables

- Plus de 3 détections
- Au moins 1 détection avec $S/N > 5$

■ Lvl 2 sélection : sélection des supernovae Ia

- Fit de courbe de lumière
- Magnitude min : 24,5

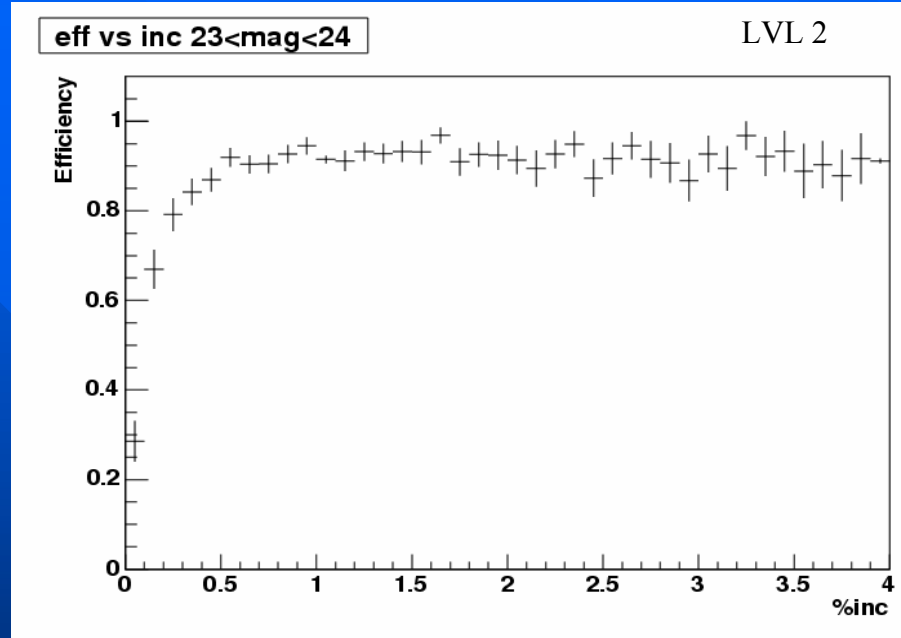
Efficacité Vs i Magnitude



Efficacité vs Imag

La Magnitude max est le paramètre principal de détectabilité

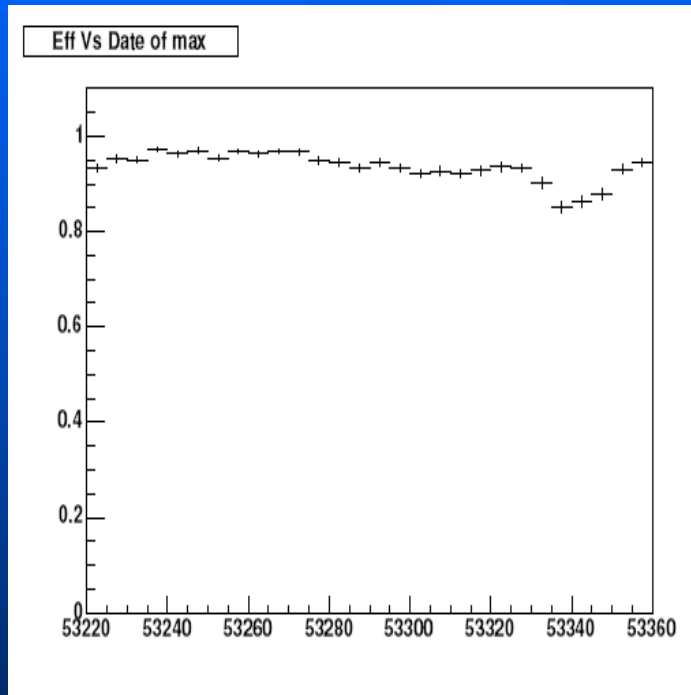
Effacité Vs %Inc



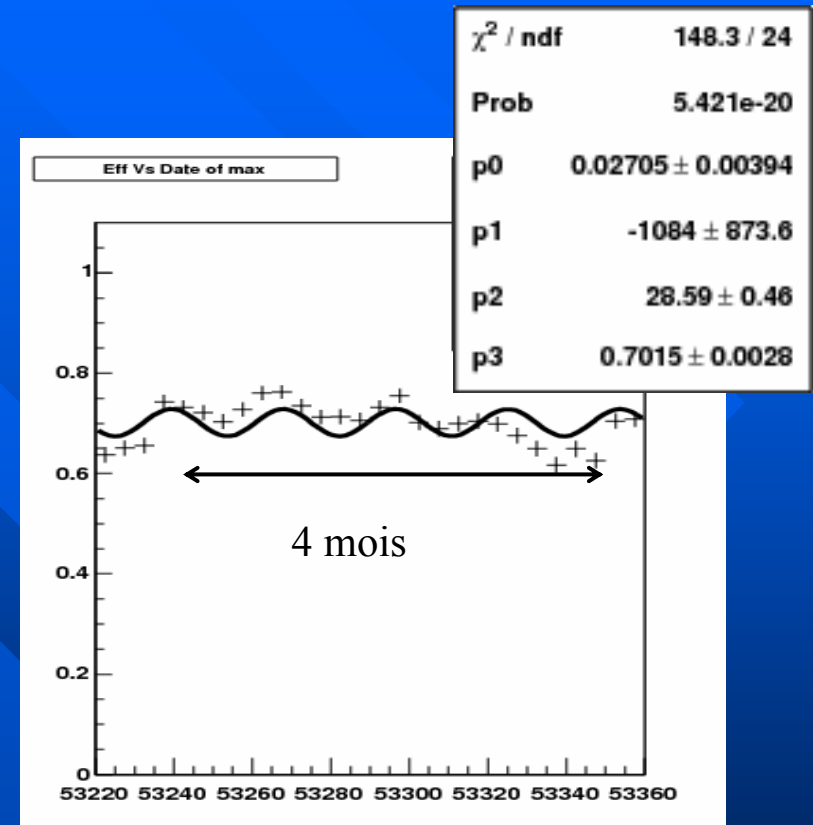
$$\%Inc = \text{flux max } i' / \text{background flux}$$

%inc est le paramètre secondaire de détectabilité

Efficacité Vs Date du Max

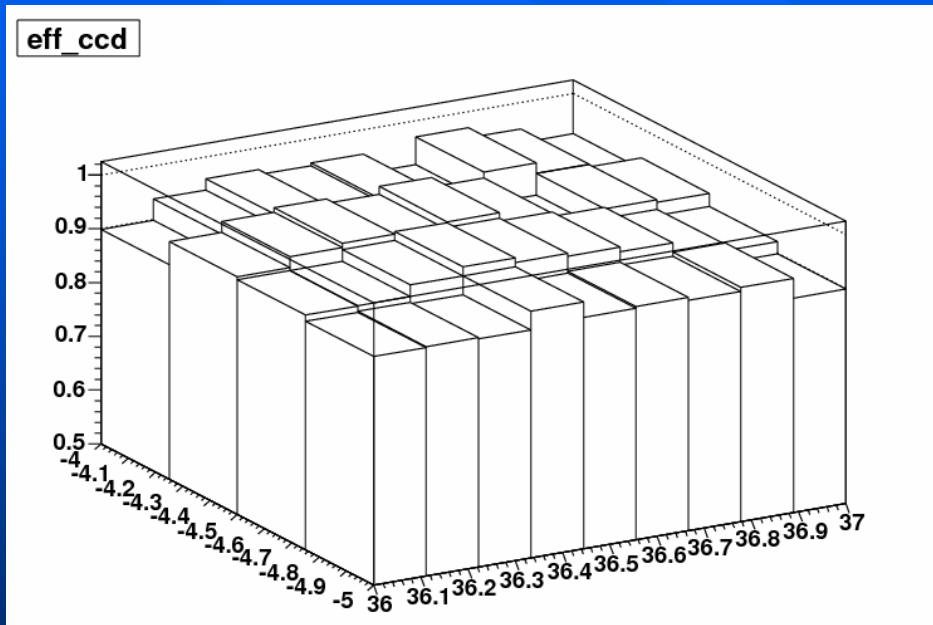


Stat : mag < 25.0
Cut : Lvl 1

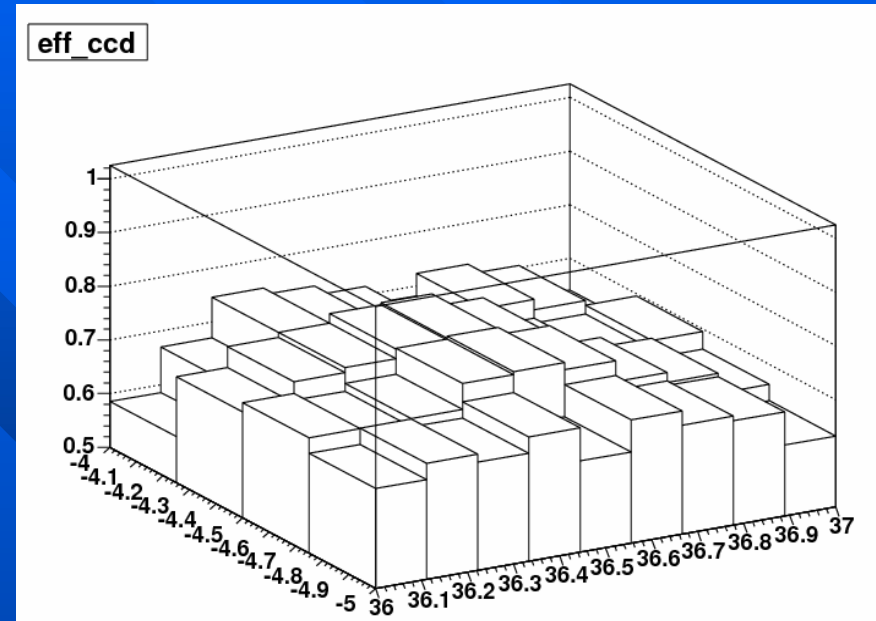


Stat : mag < 25.0
Cut : Lvl 2

Efficacité Vs ccds



Stat : mag < 25.0
Sélection : Lvl 1



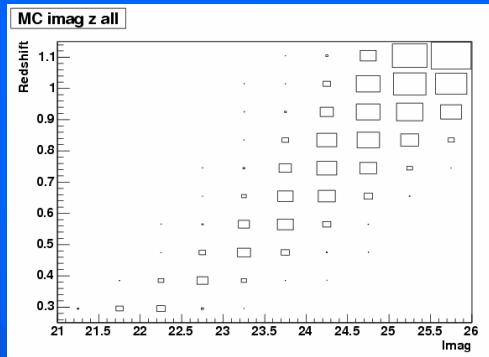
Stat : mag < 25.0
Sélection : Lvl 2

Taux : résultats préliminaires

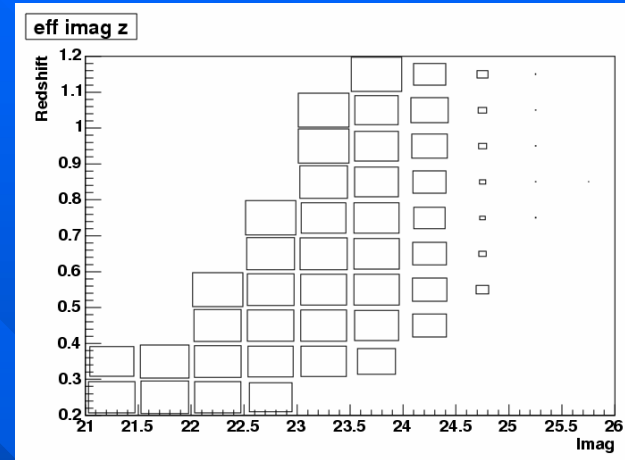
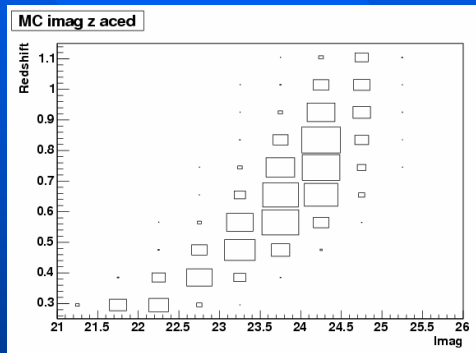
- DATA : D1 D2 D4 season 2
- Efficacité calculée avec 210 000 SN simulées + ace LVL2
- Sélection des vrais candidats sur les soustractions reprocessées + ace LVL2
- Catalogue photoZ pour la mesure du redshift des vrais SN
- Estimation grossière de la contamination

Z vs Imag

MC ALL

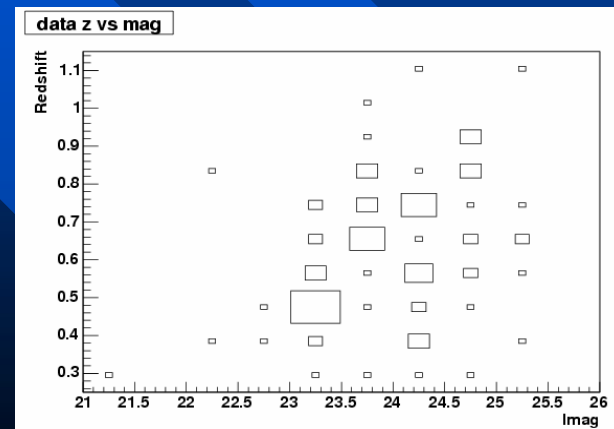


MC LVL2

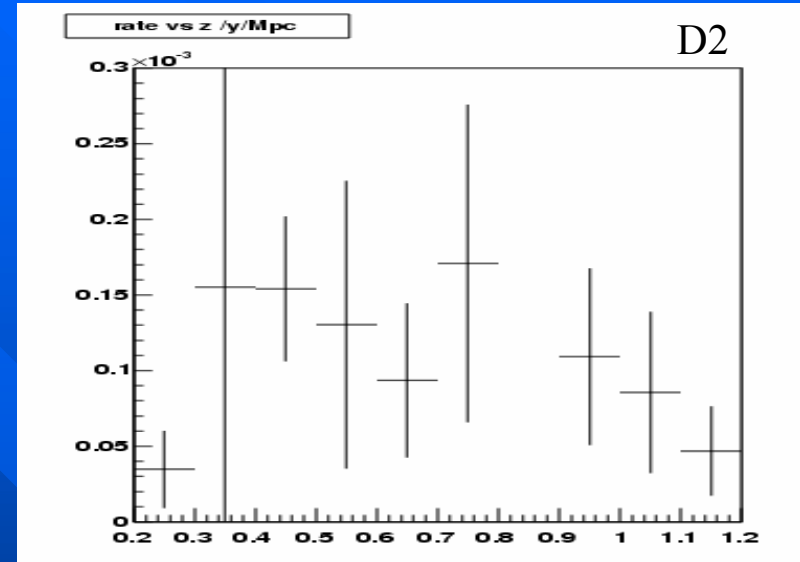
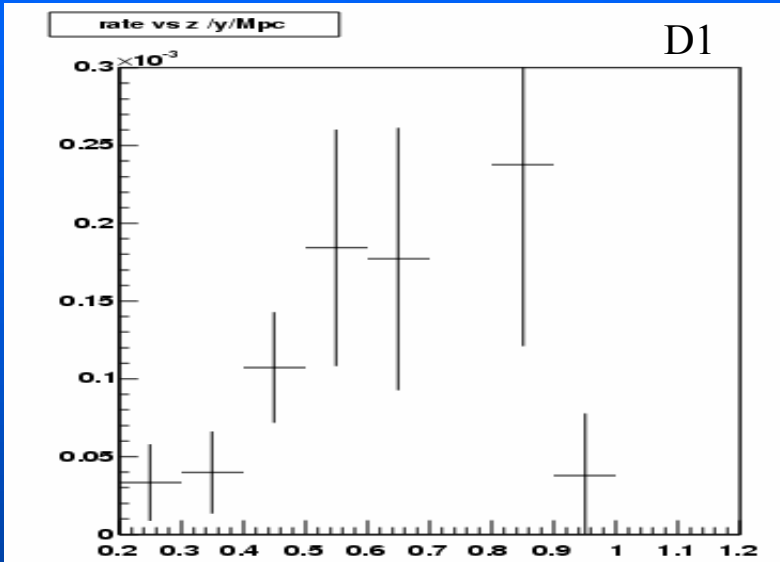


Efficacité

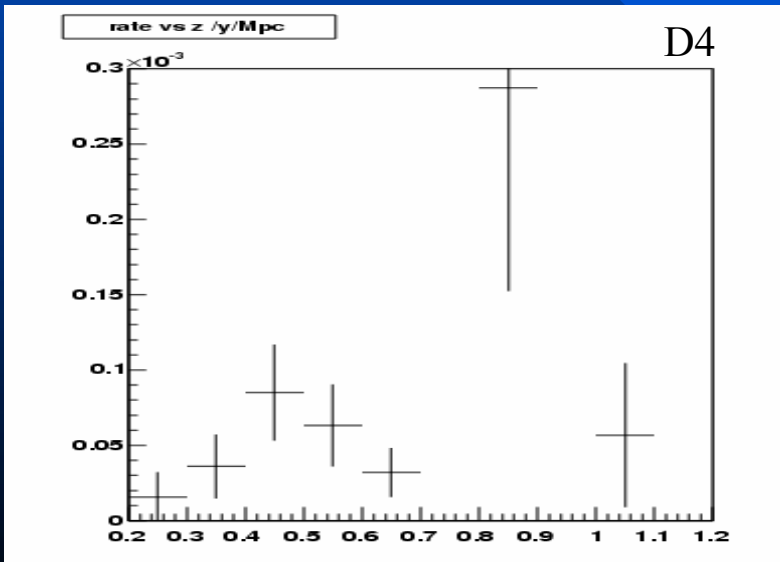
Data LVL2



Rate Vs Z

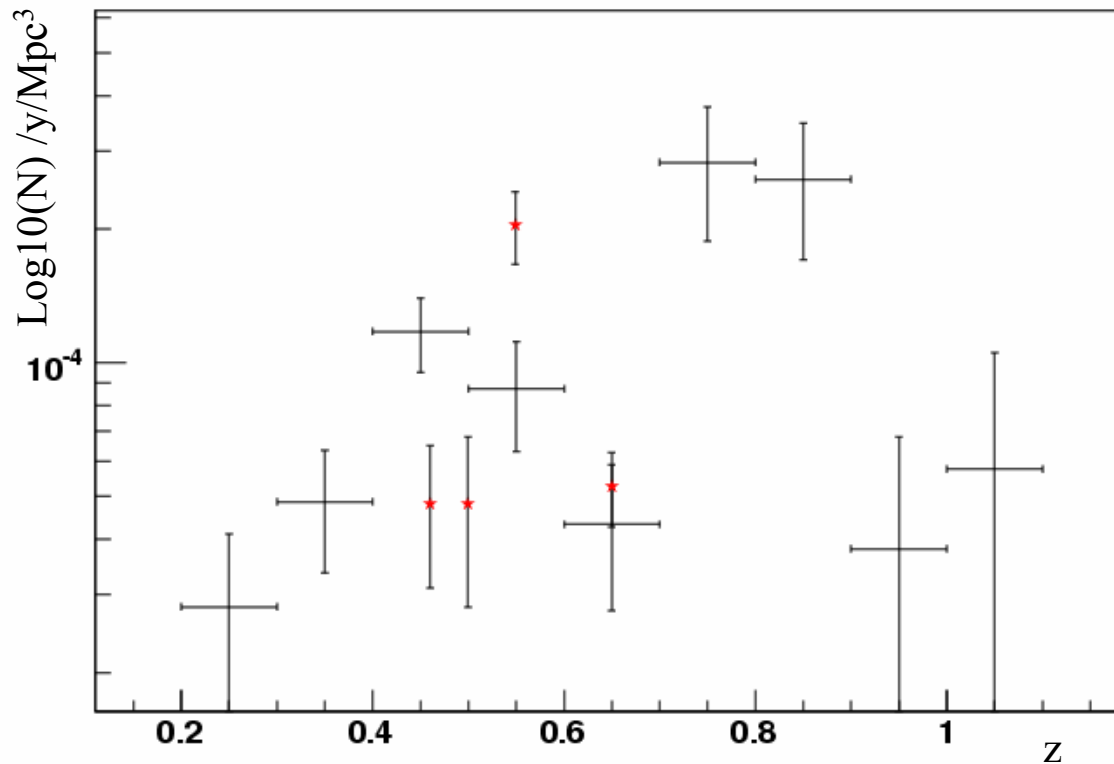


Contamination = 20 %



Taux d'explosion de supernovae de type Ia par an et par Mpc³ (volume comobile)

Rate Vs $z/y/\text{Mpc}^3$



Les résultats antérieurs :

Tonry et Al. 2003

Pain et Al. 2003

Barris et Tonry 2005

Neill et Al 2006

- Besoin de plus de statistique : 3 champ-saisons → 12 champ-saisons
- Premiers résultats très prometteurs
- Calcul des systématiques

Papier en préparation!

Biais de Sélection

Les problèmes :

- Evolution de la chaine de détection
- Le facteur humain : la sélection des objets spectrés
- Les objets sous et sur lumineux
- Efficacité

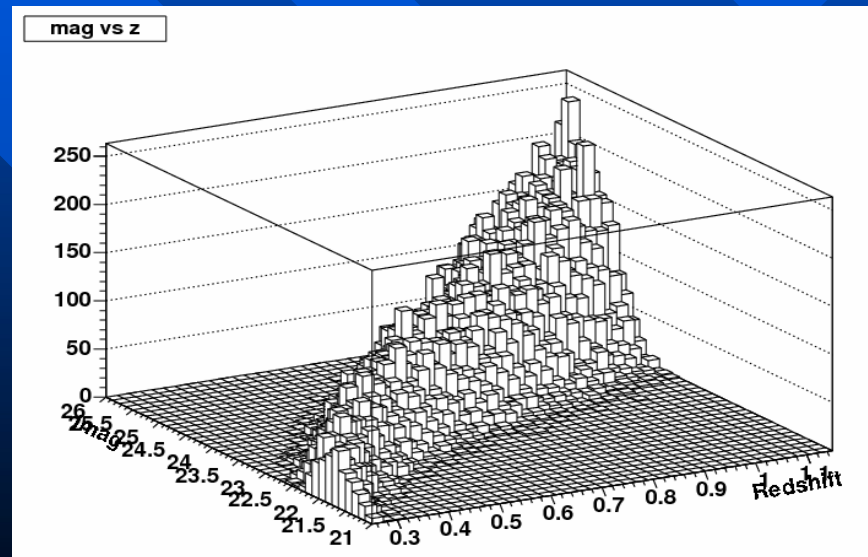
Les solutions :

- Reprocessing complet et homogène des images
- Simulation correspondante
- Sélection 100% automatisée des candidats
- Une parfaite connaissance de l'efficacité de sélection

Le biais de Malmquist

- Biais sur la cosmologie dû a la limite de détection
- SNLS 1 ans :
premières estimations du biais de Malmquist → faible par rapport aux autres systématiques et à l'erreur statistique
- SNLS 3 ans : Meilleure calibration, meilleur statistique
→ biais de Malmquist non négligeable

Etude en cours!

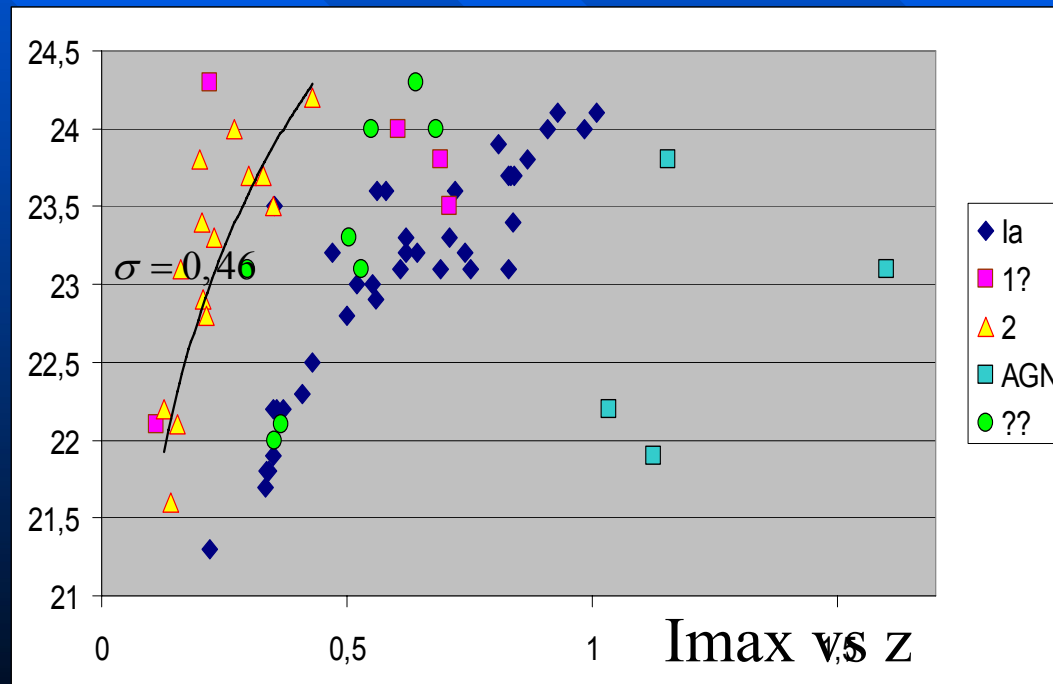


Contamination

Reprocessing + sélection automatisée

→ Utilisation de Sn non spectrée

→ risque de contamination



Conclusions

- Simulation globale de la chaine de détection
 - Outils de production
 - Outils d'analyse
- Chaine de détection 100% automatique
 - Pour la détection temps réel
 - Pour la simulation
- Outil complet d'analyse de l'efficacité et des biais de sélection

Conclusions

- Nouvelle production MC en cours
 - 3 ans de données
 - 864 000 sn simulées
- Mesure du Taux : Premiers résultats
 - Encore du travail sur les systématiques
 - Contamination
 - Bientôt un papier!
- Etude du biais de Malmquist en cours