

Analyse des spectres VLT pour le SNLS

Qualification de transients cosmologiques

Sylvain Baumont

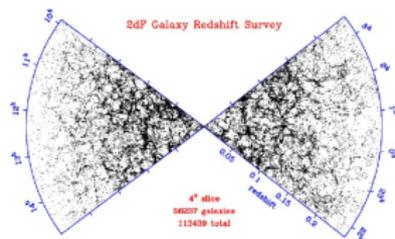
LPNHE-ESO

10 Octobre 2007

- 1 Cosmologie observationnelle et SuperNovæ de type Ia
- 2 L'expérience SNLS
- 3 Calibration des spectres VLT : Temps Réel / Différé
- 4 PHASE : Extraction des Spectres Assistée par la PHotométrie
- 5 Exemples d'Extraction et d'Identification des SNe
- 6 Conclusion

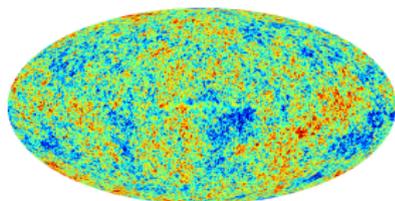
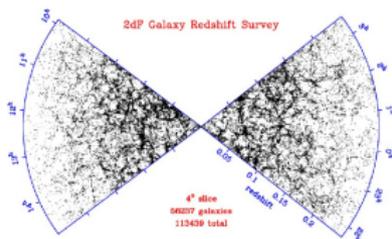
Observables et théorie

- Vitesse de récession des galaxies. \Rightarrow Expansion de l'espace-temps.



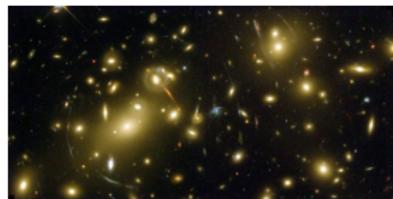
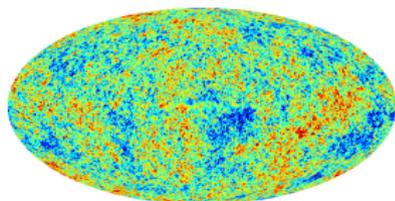
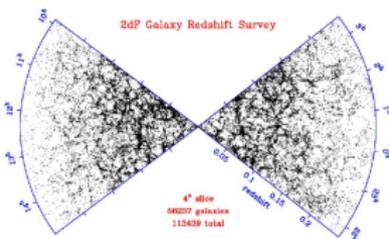
Observables et théorie

- Vitesse de récession des galaxies. \Rightarrow Expansion de l'espace-temps.
- Fond diffus cosmologique. \Rightarrow anisotropie du rayonnement fossile du Big Bang.
- Répartition des galaxies (BAO).



Observables et théorie

- Vitesse de récession des galaxies. \Rightarrow Expansion de l'espace-temps.
- Fond diffus cosmologique. \Rightarrow anisotropie du rayonnement fossile du Big Bang.
- Répartition des galaxies (BAO).
- Comptage et dynamique des amas de galaxies. \Rightarrow Matière baryonique / matière noire.
- Lentilles gravitationnelles.

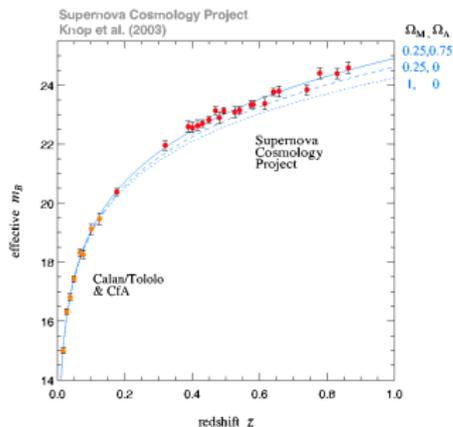
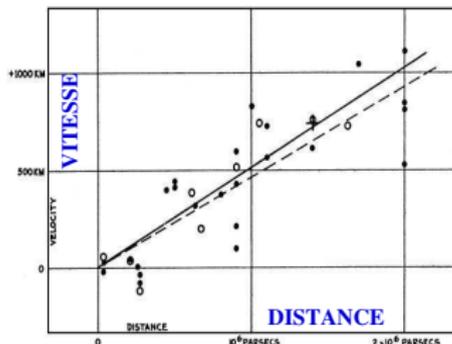


Le diagramme de Hubble et la constante cosmologique Λ

1929 : Le premier diagramme vitesse(distance) de 24 galaxies proches, par **Edwin Hubble** \Rightarrow Univers en **expansion**, **Big-Bang**.

1998 : le **SCP** et le **High-Z team** observent des SuperNovæ de type Ia jusqu'à des distances cosmologiques.

\Rightarrow Expansion **accélérée**,
Réhabilitation de Λ , notion d'**énergie du vide**.



2006 : Résultat du SNLS 1 an

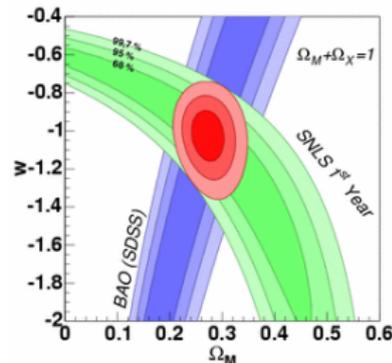
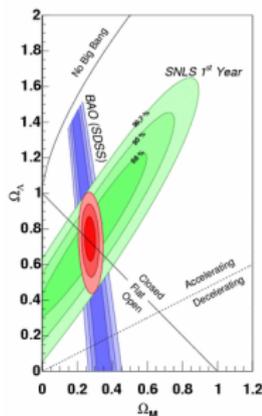
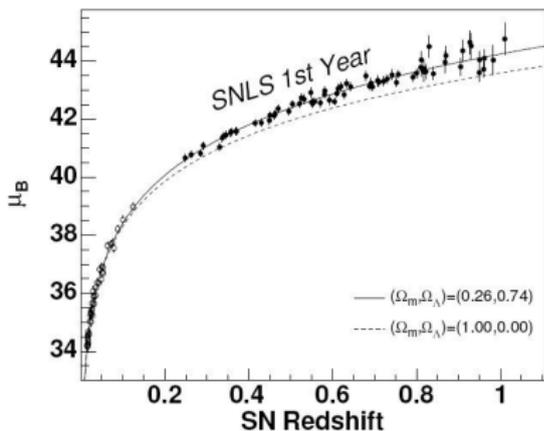
41 SN-Ia proches et 71 SN-Ia lointaines pour contraindre

$$\Omega_{tot} = \Omega_M + \Omega_\Lambda$$

$$p_{DE} = w \times \rho_{DE}$$

$$\Omega_M = 0.26 \pm 0.04 \quad (\text{si univers plat})$$

$$w = -1.023 \pm 0.087$$

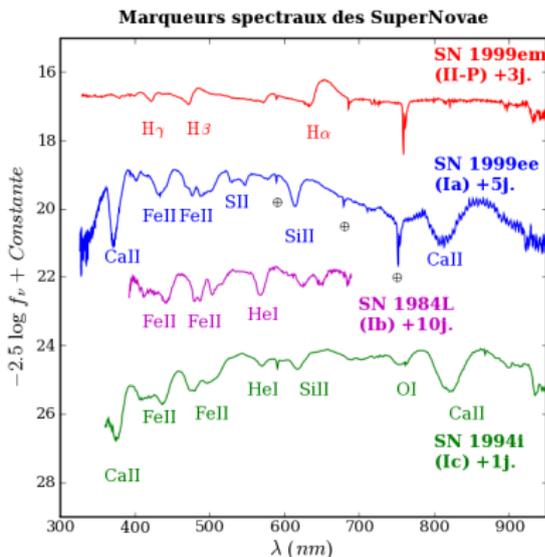


À terme (après 5ans, en 2008) on table sur ~ 500 SN-Ia.

Les différentes familles de SuperNovæ

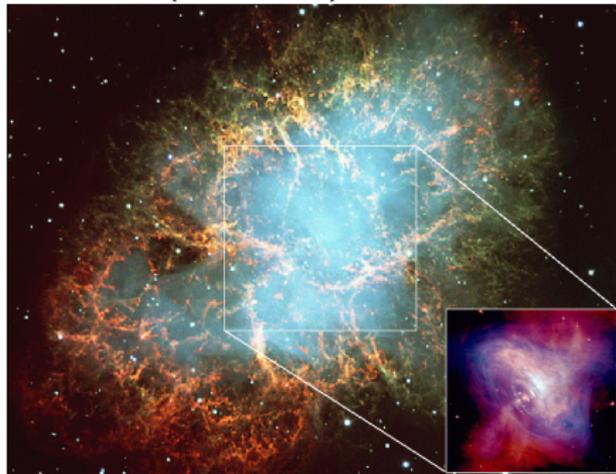
La classification est fondée sur les raies spectrales présentes :

- SuperNovæ **gravitationnelles** (collapse du cœur) :
 - SN-II : dominé par **H**.
 - SN-IIb : dominé par **He**.
 - SN-Ib : pas de **H**, **He** domine.
 - SN-Ic : pas de **H** et peu de **He**.
- SuperNovæ **thermonucléaires** :
 - SN-Ia : pas de **H** ni de **He**, forte présence de **Si**, présence de **S**.



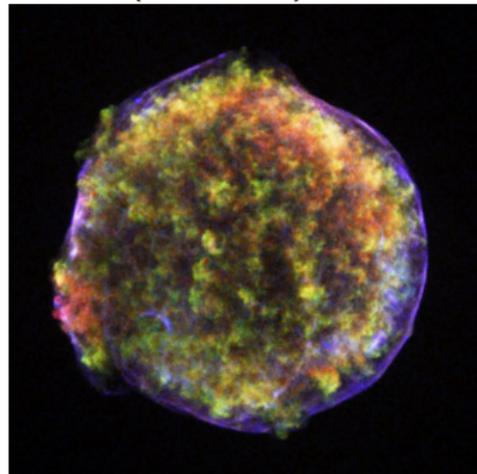
Rémanents de Supernovæ dans la galaxie

Rémanent d'une SN II :
le Crabe (SN 1054)

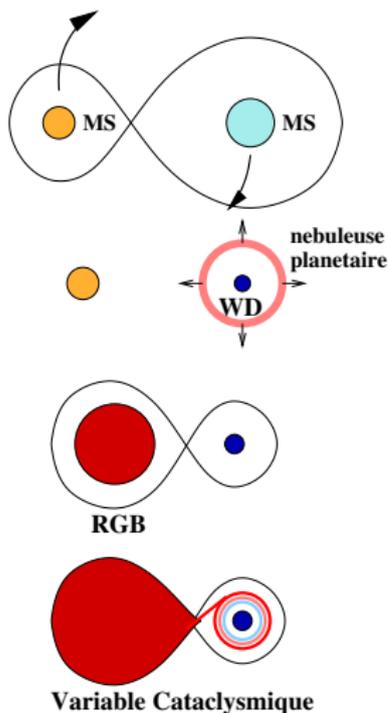


Un pulsar (étoile à neutron) réside au centre.

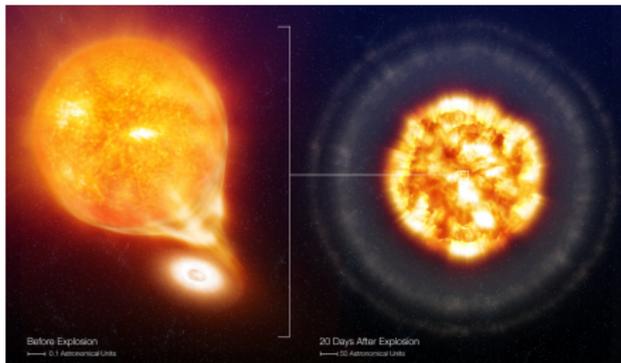
Rémanent d'une SN Ia :
Tycho (SN 1572)



Aucun objet central n'est visible.

Scénario d'explosion des SN-Ia : *Dégénéré Simple*

Emballlement thermonucléaire dans une naine blanche C+O approchant la masse limite de Chandrasekhar ($\sim 1.4 M_{\odot}$) par l'accrétion de matière de son étoile compagne.



SN 2006X, before and after the Type Ia Supernova Explosion
(Artist Impression)

ESO Press Photo 31b/07 (12 July 2007)

This image is copyright © ESO. It is released in connection with an ESO press release and may be used by the press on the condition that the source is clearly indicated in the caption.



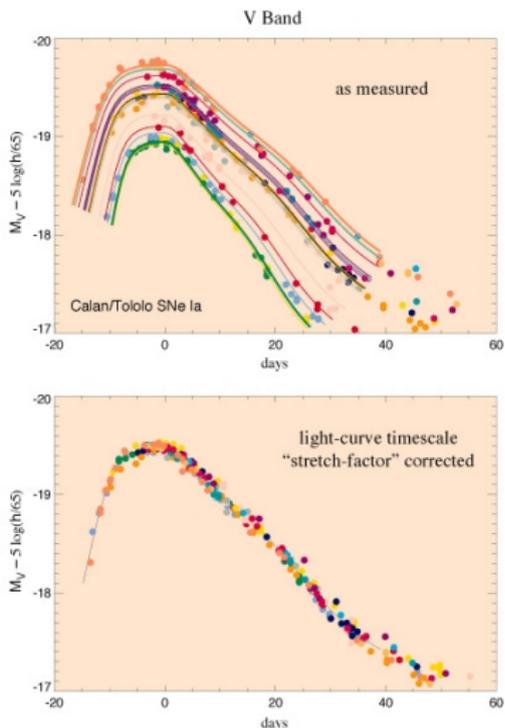
Relation *Stretch*-Luminosité

Les SN-Ia sont une famille remarquablement homogène, mais leur luminosité intrinsèque M_B peut varier d'une magnitude (de $\pm 50\%$).

Leur utilisation comme indicateur de distance (chandelle standard) repose sur la relation de calibration "**brighter-slower**", i.e. par correction de *stretch* :

$$\Delta m_V = 1.18 \times (1 - s)$$

La dispersion intrinsèque est réduite à $\sim 15\%$.



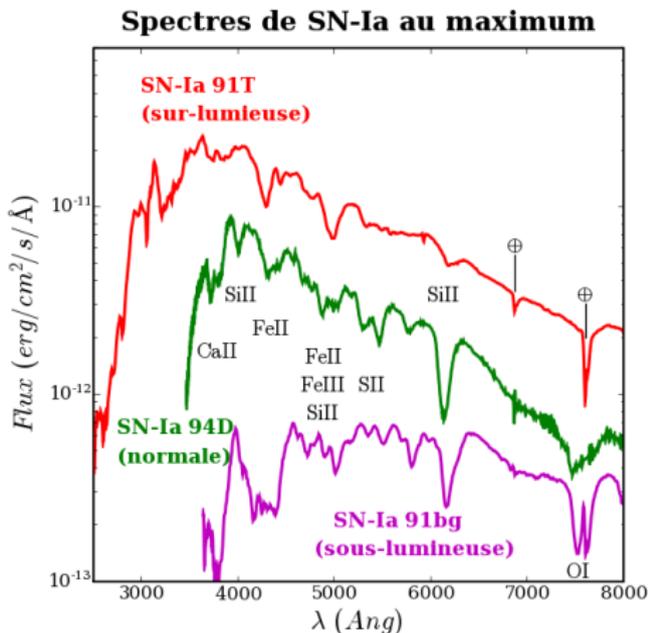
Les bornes de la famille des SN-Ia

À mesure que l'on observe plus d'événements, le nombre de SN-Ia « particulières » augmente.

En particulier, on distingue deux sous-groupes de SN-Ia :

les **sur**-lumineuses (1991T-like) et

les **sous**-lumineuses (1991bg-like).



- 1 Cosmologie observationnelle et SuperNovæ de type Ia
- 2 L'expérience SNLS**
- 3 Calibration des spectres VLT : Temps Réel / Différé
- 4 PHASE : Extraction des Spectres Assistée par la PHotométrie
- 5 Exemples d'Extraction et d'Identification des SNe
- 6 Conclusion

L'expérience SNLS : CFHTLS Deep + Spectro 8m.

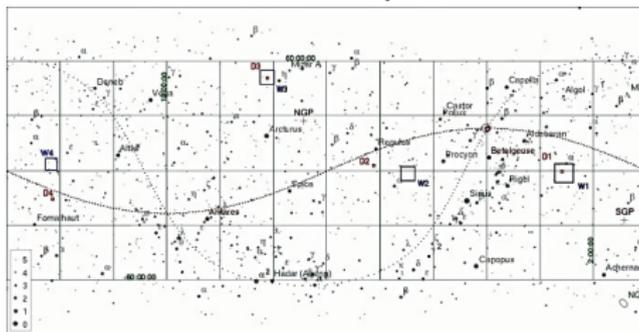
Partie importante du CFHTLS : relevé profond avec l'imageur grand champ **MegaCam** monté au foyer primaire du CFHT (Canada-France-Hawaï Telescope, $\varnothing = 3,6m$).

Suivi **Deep** : Suivi de 4 champs de 1 degré carré, tous les 4 jours, dans 4 filtres (g' , r' , i' et z'). $M_I \sim 24$ en une nuit, $M_I \sim 27$ en stack.

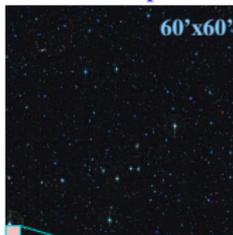


36 CCD
4Kx2K
0.8GB/img

Carte du ciel & Champs du CFHTLS



CFHTLS Deep4

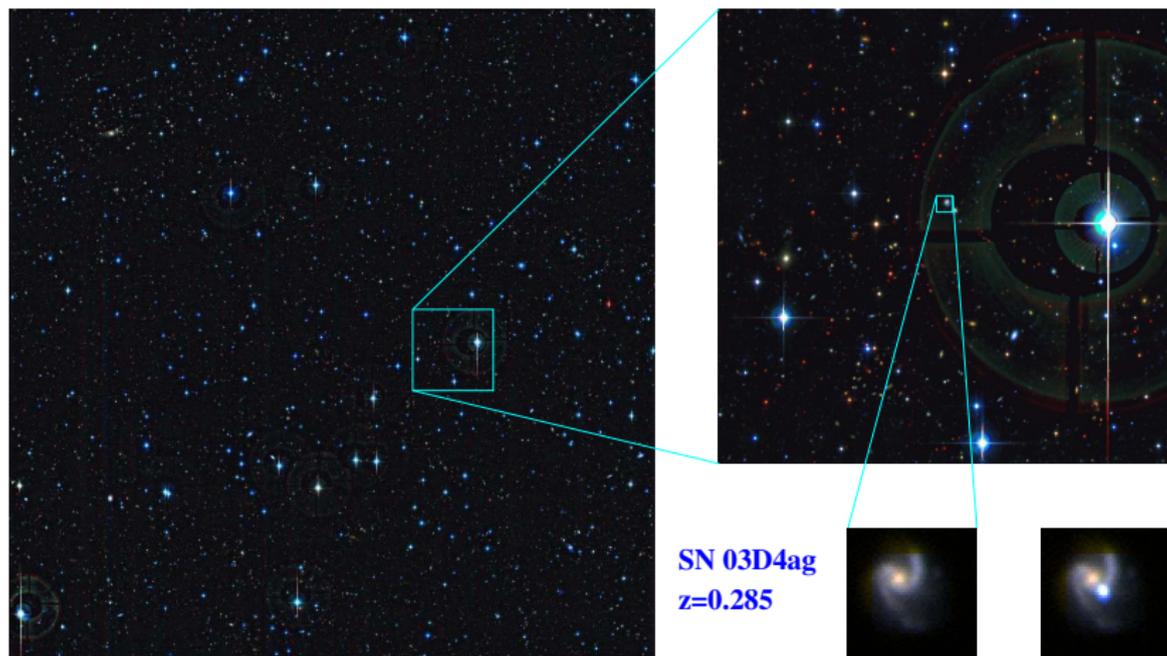


Hubble Ultra-Deep Field



La mascotte du SNLS : 03D4ag

Le champ **Deep4** (1 deg^2) : ~ 10 validés pour la spectroscopie/lunaison.



Les acteurs du SNLS

imagerie :

CFHT (Hawaii)
MegaCam 260h/an



Spectroscopie :

Genimi North (Hawaii)
GMOS-N 80h/an



VLT (Paranal)
FORs1 120h/an



Gemini South (Chile)
GMOS-S 40h/an



CADC (Victoria)
+TeraPix



Centre de Calcul
IN2P3 (Lyon)



+ Keck
3 nuits/an



+
Lune,
visibilité,
neige,
CCD-13, casse ...



cosmologie,
taux SN,
évolution SN,
effet de l'hôte...

Suivi spectroscopique

Buts primaires :

- **Identification** spectrale du type de transient : confirmation des SN-Ia.
- Mesure précise du **redshift** z de la galaxie hôte.

Les candidats ayant un **temps de montée** et des **couleurs** compatibles avec une SN-Ia sont choisis.

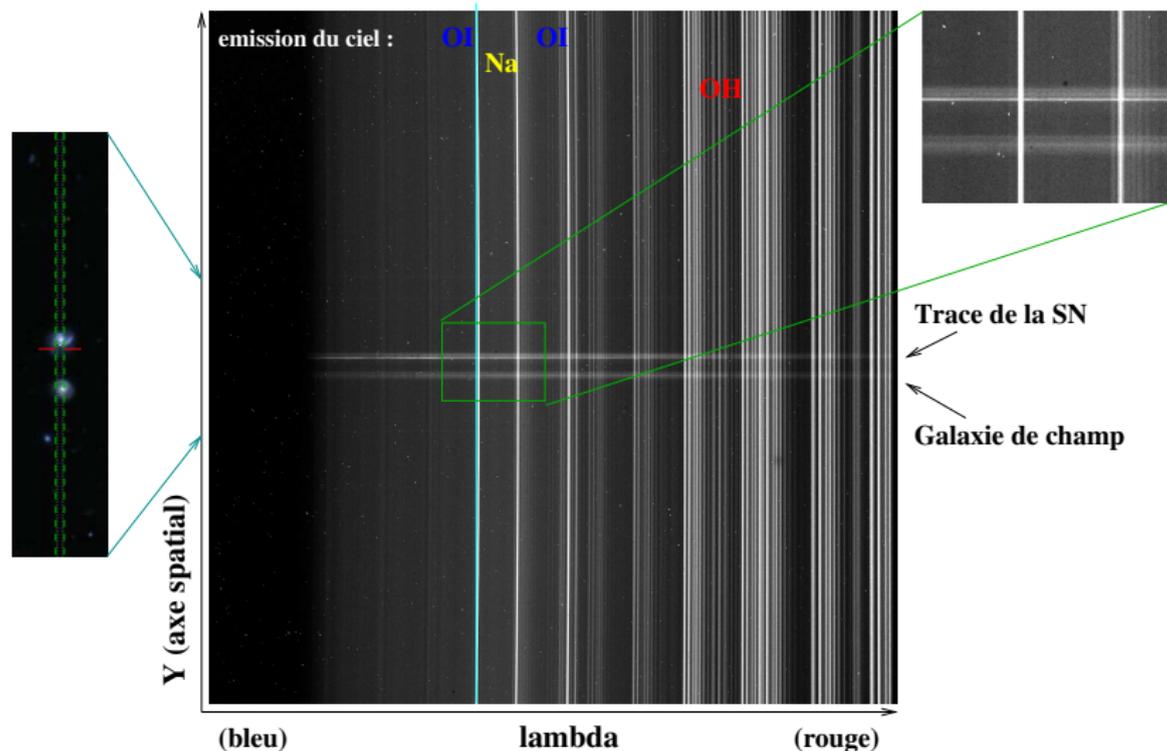
⇒ Suivi spectro. sur VLT, Gemini Nord et Sud (8 mètres!), en mode service, au maximum de luminosité.

Spectroscopie longue fente de résolution moyenne, dans le visible et le proche infra-rouge (Grismes 300V et 300I). Choix de l'instrument : **VLT-FORS1** pour $0.2 < z < 0.7$, G-MOS pour $z > 0.7$

Analyse sous 24h pour valider l'observation et pouvoir prévoir des observations complémentaires.

- 1 Cosmologie observationnelle et SuperNovæ de type Ia
- 2 L'expérience SNLS
- 3 Calibration des spectres VLT : Temps Réel / Différé**
- 4 PHASE : Extraction des Spectres Assistée par la PHotométrie
- 5 Exemples d'Extraction et d'Identification des SNe
- 6 Conclusion

Exemple d'image brute



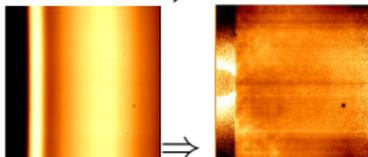
La Calibration Spectroscopique

Cosmétique du CCD
(idem photométrie) :

- Soustraction du piédestal
(Bias, niveau zéro)

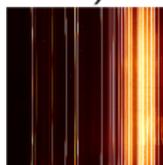


- Division par le champ
plan (Flat, carte de
sensibilité)



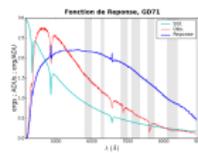
Calibration en λ et en Flux :

- Fonction de dispersion : $\lambda(X, Y)$
(dépend du Grisme et de la
fente)



$$\lambda = \lambda_0 + C_x \cdot x + C_{x2} \cdot x^2 + C_{x3} \cdot x^3 + C_{y2} \cdot y^2 + C_{xy2} \cdot xy^2$$

- Fonction de réponse
instrumentale $R(\lambda)$
(étoile standard)



Faiblesses identifiées du Temps Réel : méthodologie

filtrage spatial des rayons cosmiques et rééchantillonnage ($\lambda(Y) = cst$)
⇒ résidus et corrélation pixel à pixel.

Image brute

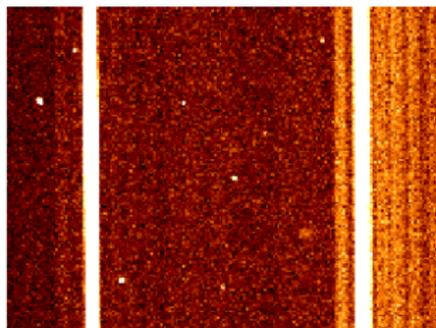
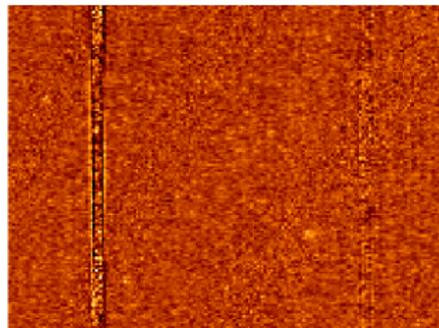
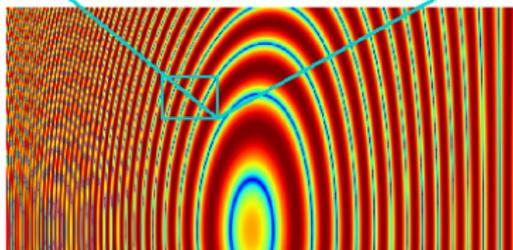


Image reechantillonnee



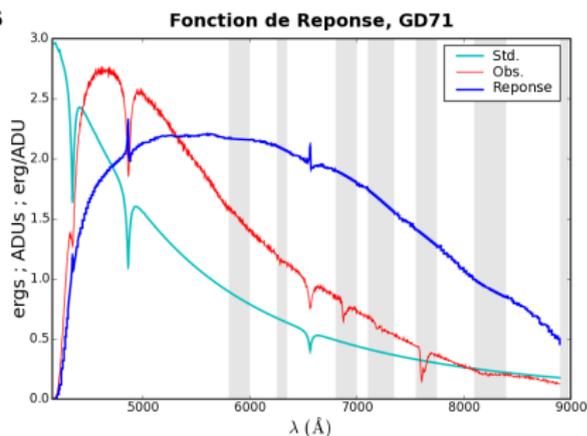
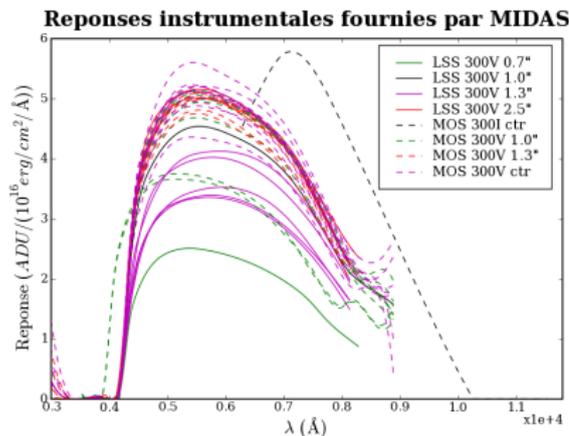
**Modele de corrélation
pixel a pixel
(0 - 0.5)**



Faiblesses identifiées : fonction de réponse MIDAS

La fonction de réponse est lissée par des **splines** (les points déviants sont retirés interactivement), et le **second ordre** n'est pas pris en compte.

L'atmosphère est variable, les fonctions de réponse aussi.
Pertes de fentes en LSS 0.7''.



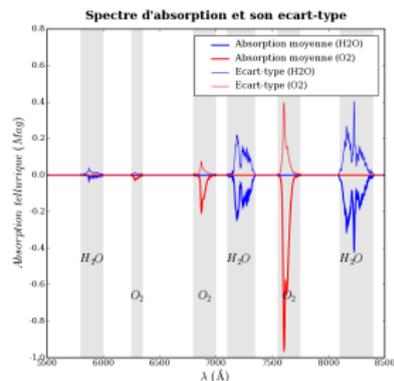
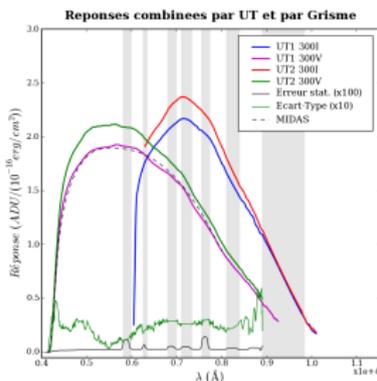
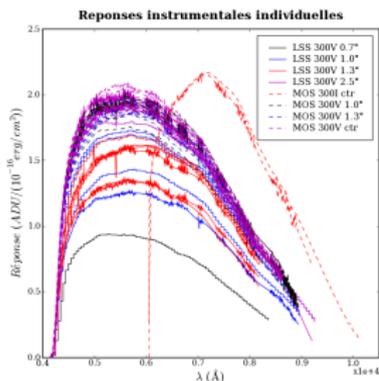
Optimisation du traitement

Pour identifier les effets **systematiques**, trouver leur source et les corriger :
J'ai développé une chaîne de reduction dédiée à ces données **uniques** et à forte **valeur scientifique** (données « héritage ») :

- automatisée (travail à distance, D.B. Python,MySQL)
- utilisant toute la statistique (systematiques ?)
- proche des données (traçabilité)
- conservative (propagation du bruit, réversibilité)
- spécifique à notre lot de données (au moins des 2 premières années, du premier Large Program ESO).

Une seule fonction de réponse par Grisme/UT

Nombreuses étapes pour calculer la fonction de réponse globale :
 Calculée pour chaque étoile standard (mode MOS).
 Moyennées entre elles (résolutions disparates).



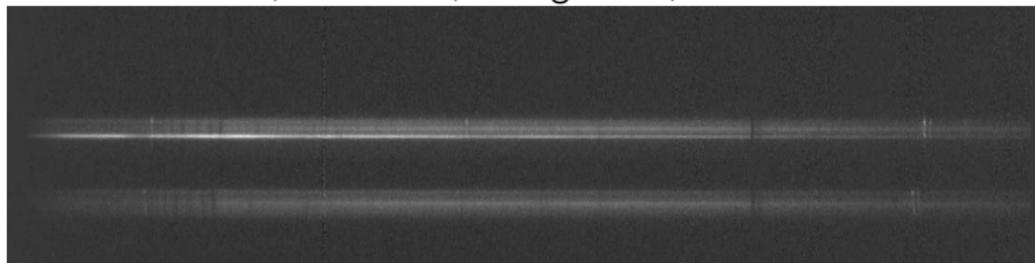
⇒ permet de calculer le spectre d'**absorption atmosphérique** et sa variance.

- Correction de l'extinction atmosphérique et des pertes de fente.
- Le second ordre a été estimé sur une Naine Blanche (GD71).

Le Spectrogramme 2D combiné

- Calcul des **décalages** entre images d'après les pointés.
- Estimation du **fond ciel** en deux temps pour masquer les sources fortes : projection/ Y , moyenne dans l'espace des λ .
- Application des modèles de Bias et de Flat et soustraction des modèles de ciel pour chaque pixel de N images.
- **Moyennage robuste** pour filtrer temporellement les rayons cosmiques.

Exemple : SN-03D4ag le 30 Juin 2003, 2x750',
Grisme 300V, fente 1.0", seeing 0.56", A.M. 1.03



L'image du bruit : un outil de contrôle

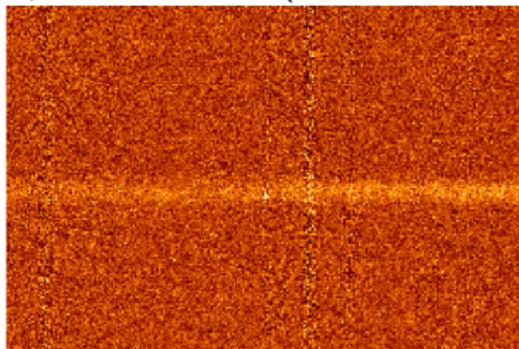
Elle reflète :

- les défauts de sensibilité du CCD
- le modèle du fond de ciel
- la position des pixels rejetés

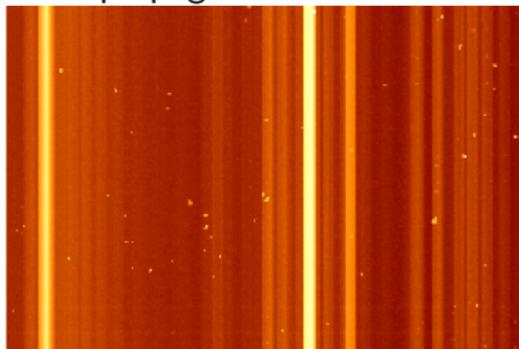
⇒ Facilite le diagnostic de

raies galactiques
versus
résidu de rayon cosmique.

Spectre combiné (05D2ci, 2x900') :



Bruit propagé :

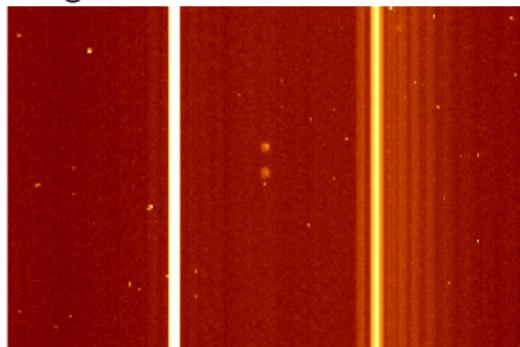


Comparaison avec le Temps Réel

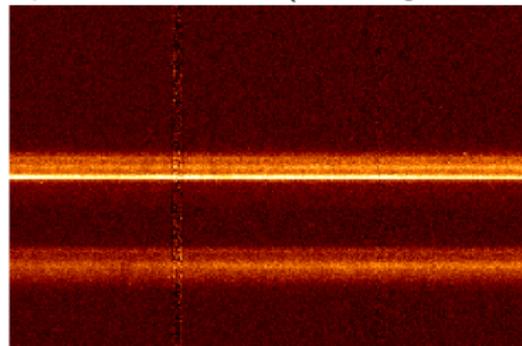
Comparaison qualitative entre :

- le spectrogramme combiné
- une des images calibrées en temps réel

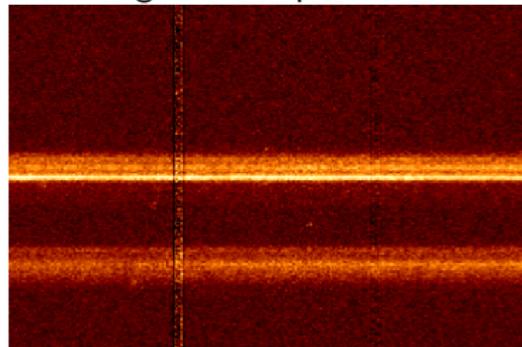
image du bruit :



Spectre combiné (03D4ag, 2x750') :



une image du temps réel :



- 1 Cosmologie observationnelle et SuperNovæ de type Ia
- 2 L'expérience SNLS
- 3 Calibration des spectres VLT : Temps Réel / Différé
- 4 PHASE : Extraction des Spectres Assistée par la PHotométrie**
- 5 Exemples d'Extraction et d'Identification des SNe
- 6 Conclusion

Extraction Assistée par la PHotométrie : PHASE

But : pouvoir **séparer** le spectre de la **SN** de celui de la **galaxie hôte** pour en faciliter l'identification, de manière **reproductible**.

Méthode : Le profil spatial issu des images profondes (Deep) est utilisé pour guider l'extraction.



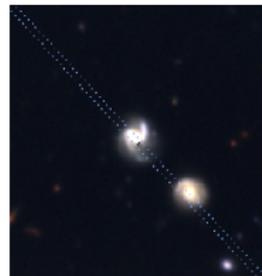
Hypothèses primaires :

- La SuperNova est un point source non résolu.
- les sources étendues définies ont un spectre **uniforme/Y**.
- La PSF est **gaussienne**, de FWHM égale au *seeing*.
- Pointage parfait du VLT (au moins selon X).

Définition des Sources : Galaxies

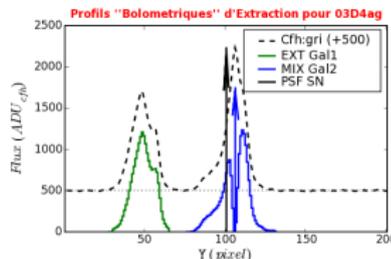
Informations déduites de l'imagerie (références **pro-fondes** Deep) :

- ① Le profil spatial des galaxies
- ② La couleur des galaxies
- ③ Les coordonnées de la SN



1 + 2 \Rightarrow Permettent une classification des **Galaxies** en 3 types :

- **PSF** : \sim sources non résolues, gaussiennes.
- **EXT** : \sim galaxies elliptiques, uniformes.
- **Mix**=PSF+EXT : \sim galaxies spirales.



Moyennant 6 paramètres de coupure.

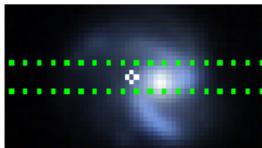
Définition des Sources : ajout de la SN

Informations déduites de l'imagerie :

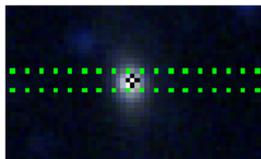
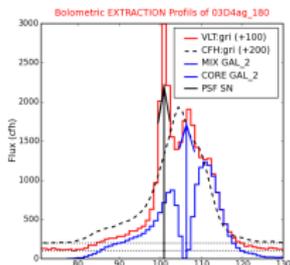
3 \Rightarrow On place le **Transient** à ses coordonnées.

Un 7^{ieme} paramètre $d_{sep} = 0.2$: proximité SN/cœur galactique :

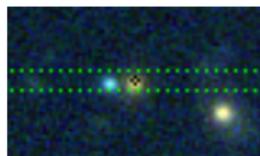
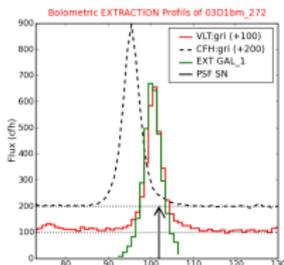
\Rightarrow Groupement si $|Y_{gal} - Y_{sn}| < d_{sep} \times seeing$.



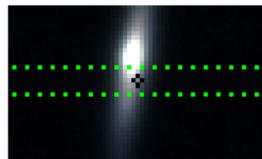
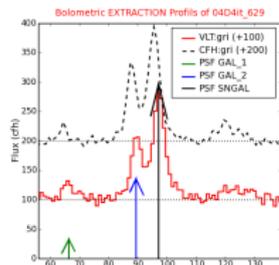
03D4ag



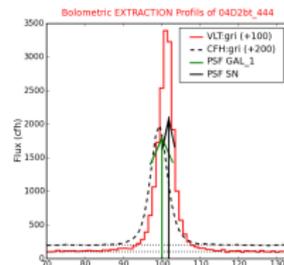
03D1bm



04D4it



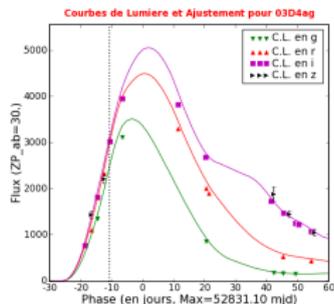
04D2bt



Définition du locus de la SuperNova

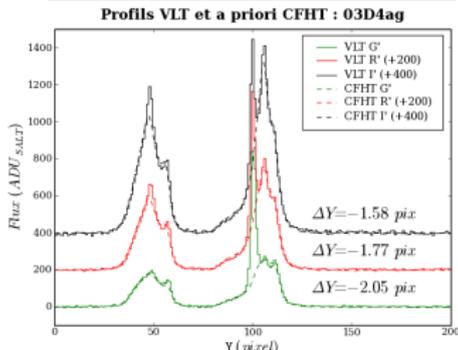
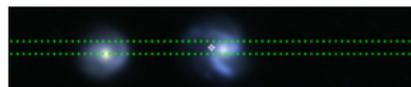
Calage des profils photométriques sur les profils spectroscopiques intégrés dans les 3 filtres couverts par le spectrogramme ([g',r',i'] en 300V), par maximum de corrélation.

Il faut estimer le flux de la SN à la date de la spectroscopie.



Solution linéaire ($Y_{SN} = Y_0 + \alpha X$), qui dépend de la validité des hypothèses :

- bon pointé selon X
- interpolation de la courbe de lumière



L'Extraction proprement dite

Tout est prêt :

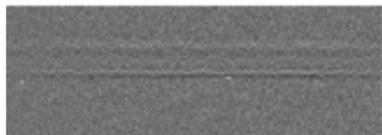
- Une valeur de *seeing* moyen.
- Un fichier contenant le profil des sources C_k .
- L'équation de la trace.

⇒ en chaque colonne i , on minimise le résidu :

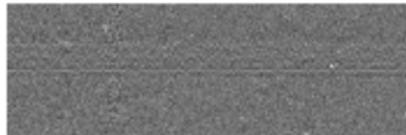
$$\chi_i^2 = \sum_j \left(F_i(Y_j) - \sum_k (f_k \times C_k(Y_j)) \right)^2$$

pour dériver les flux f_k des composantes C_k .

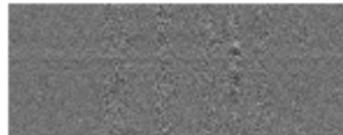
Image résiduelle : écart modèle/données (ici pour 03D4ag) :



Bleu



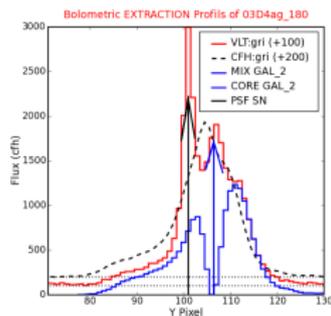
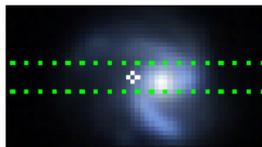
Vert



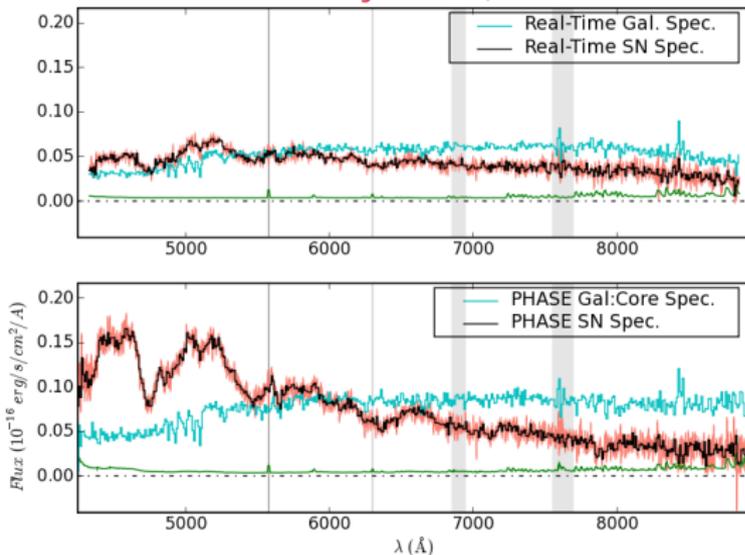
Rouge

- 1 Cosmologie observationnelle et SuperNovæ de type Ia
- 2 L'expérience SNLS
- 3 Calibration des spectres VLT : Temps Réel / Différé
- 4 PHASE : Extraction des Spectres Assistée par la PHotométrie
- 5 Exemples d'Extraction et d'Identification des SNe**
- 6 Conclusion

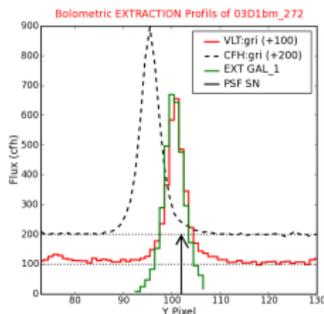
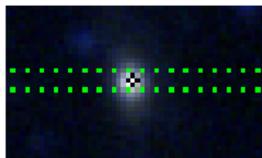
Comparaison avec le temps réel : 03D4ag, SN-Ia z=0.285



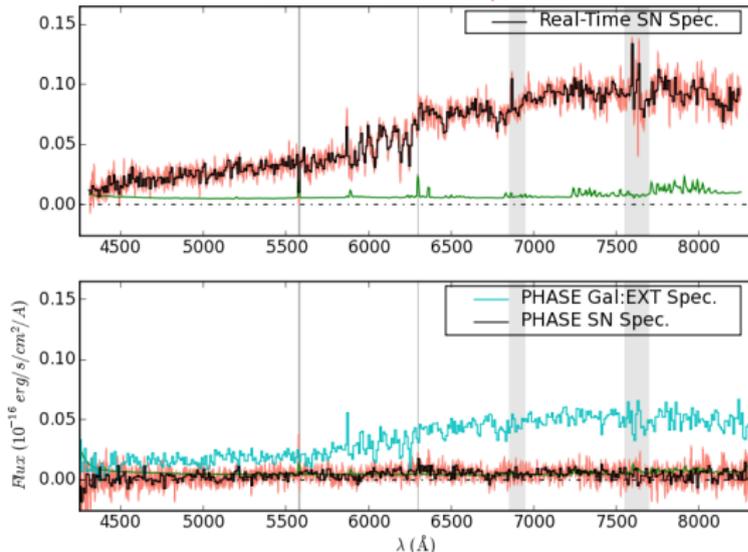
SN 03D4ag : Real-Time / PHASE



Comparaison avec le temps réel : 03D1bm, SN-Ia ? $z=0.575$

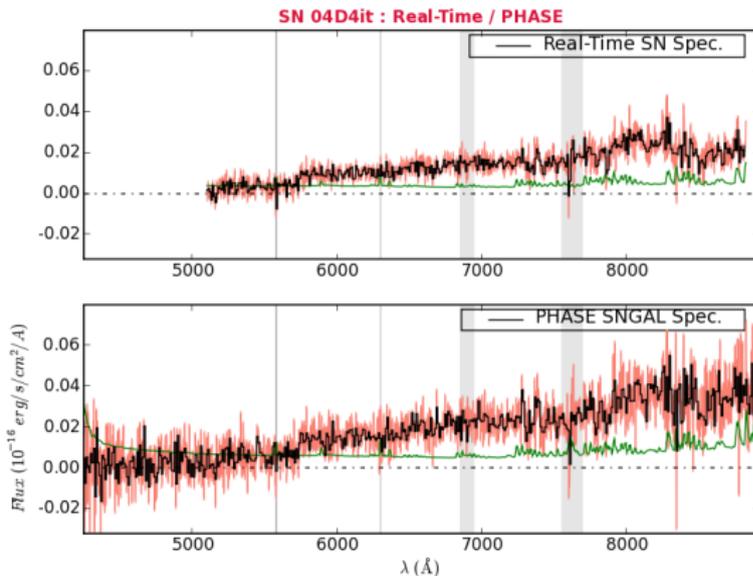
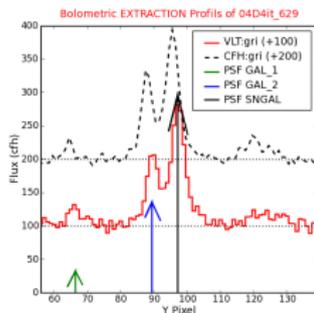
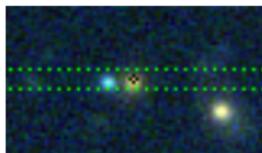


SN 03D1bm : Real-Time / PHASE



! Si les profils se recouvrent trop, les spectres ont du bruit anti-corrélé!

Comparaison avec le temps réel : 04D4it, SN-Ia ? $z=0.983$

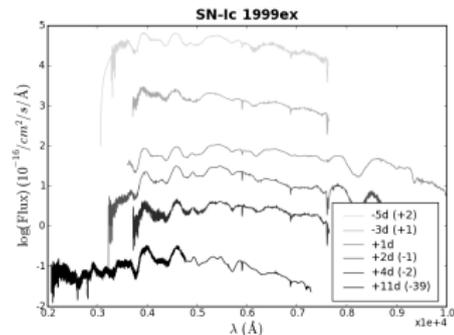
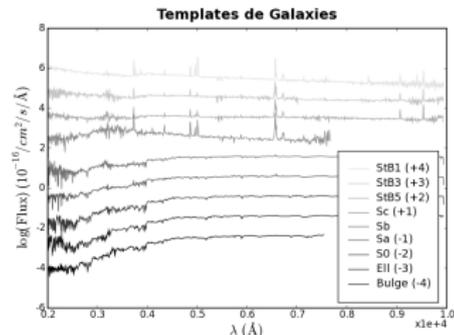
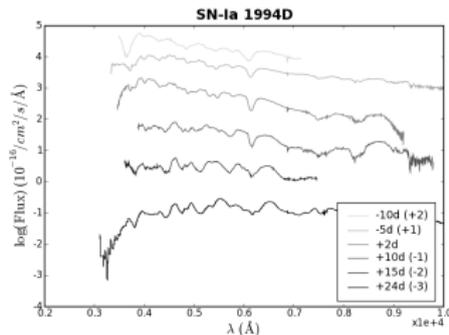


SN et Galaxie hôte sont regroupées \Rightarrow résultat comparable.

Identification en Temps Réel

Le spectre est ajusté par la somme de deux *templates* :

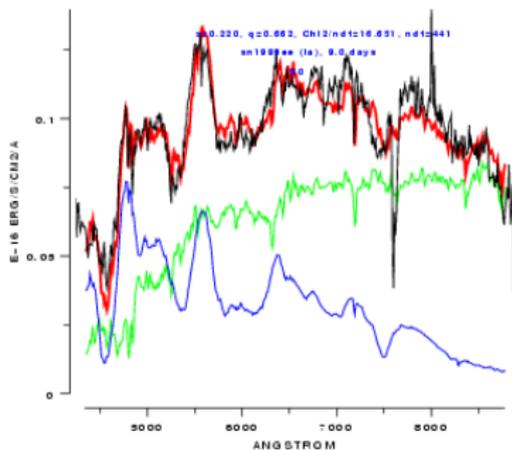
$$\mathcal{M}_{p,q}(\lambda) = \alpha SN_p\left(\frac{\lambda}{1+z}\right) + \beta Gal_q\left(\frac{\lambda}{1+z}\right)$$



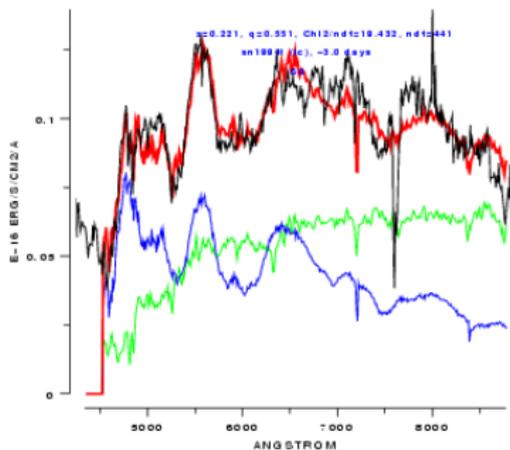
Méthode d'autant moins discriminante que le spectre est **contaminé**.

Dégénérescence Ic pré-Max / Ia post-Max

Ajustement de 04D2bt ($z = 0.22$) avec toutes les SN-I et un hôte S0 :
 Meilleur χ^2 pour une SN-Ic pré-max, et pour une SN-Ia post-max

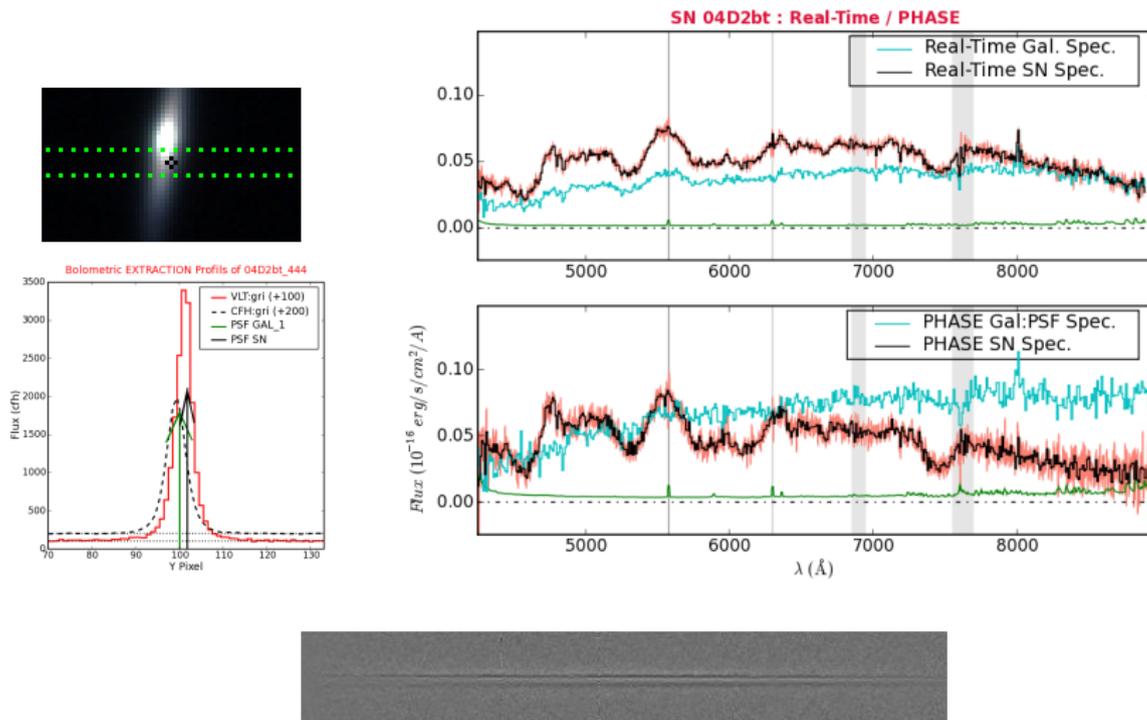


$0 < \text{phase} < 10$ jours
 → SN-Ia 99ee +9j.
 + 66% S0, $\chi^2 = 19.4$



$-10 < \text{phase} < 0$ jours
 → SN-Ic 94i -3j.
 + 55% S0, $\chi^2 = 16.6$

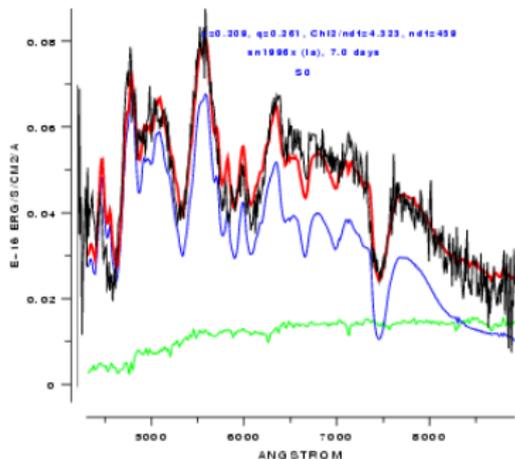
Comparaison avec le temps réel : 04D2bt, SN-Ia z=0.220



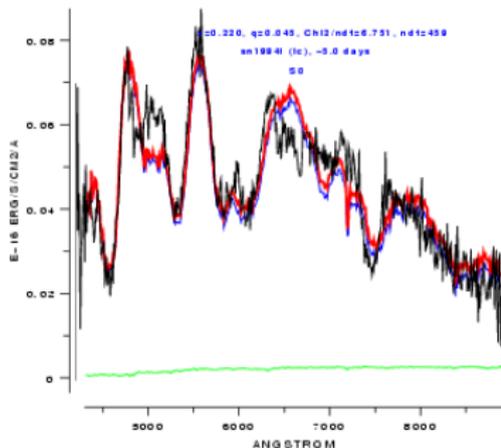
Même proches, les sources peuvent être séparées, si le *seeing* est bon.

Levée de dégénérescence ?

La fraction de galaxie hôte est maintenant beaucoup plus faible, donc l'ajustement est plus robuste.



$0 < \text{phase} < 10$ jours
 \rightarrow SN-Ia 96x +7j.
 $+ 26\%$ S0, $\chi^2 = 4.3$



$-10 < \text{phase} < 0$ jours
 \rightarrow SN-Ic 94i -3j.
 $+ 4.5\%$ S0, $\chi^2 = 6.7$

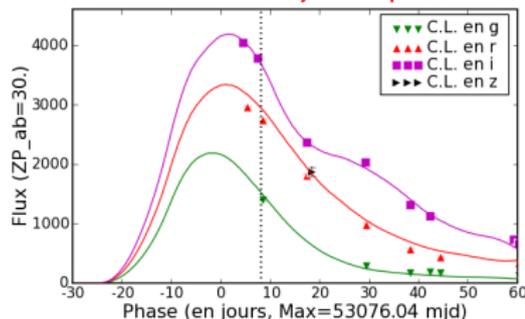
Identification avec SALT2

SALT2 (J. Guy et al.) : modèle de SN-Ia entraîné sur un lot de données de SN-Ia proches (photo. et spectro.), plus des SN-Ia SNLS lointaines pour densifier l'espace UV.

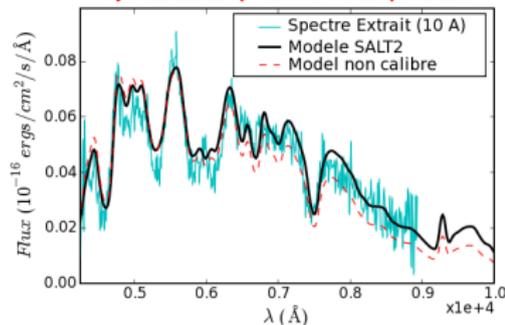
⇒ 2 composantes principales (+loi d'extinction). Modèle analytique de la "SN-Ia moyenne".

Ce modèle est utilisé pour l'identification de SN-Ia lointaines, en ajustant leurs courbes de lumière et/ou leur spectre.

Courbes de Lumière et Ajustement pour 04D2bt

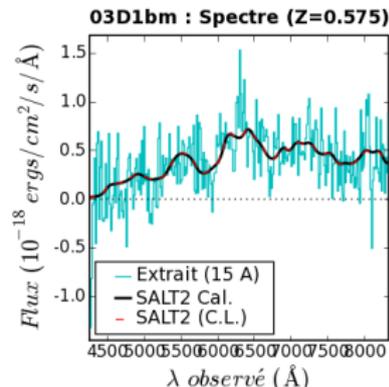
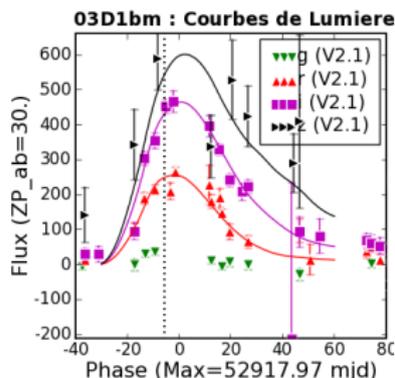


Ajustement du spectre de 04D2bt par SALT2

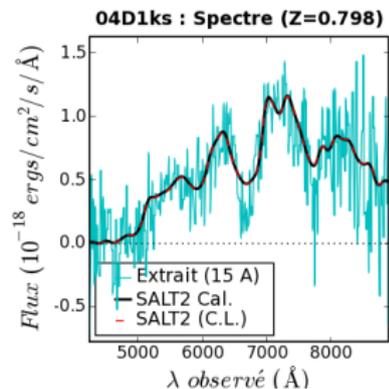
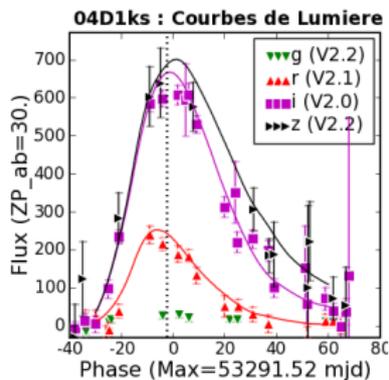


Identification de deux SN-Ia lointaines

Une SN-Ia à distance intermédiaire :
03D1bm ($z=0.575$,
Gal. EXT)



Une SN-Ia lointaine
et orpheline : 04D1ks
($z=0.798$)

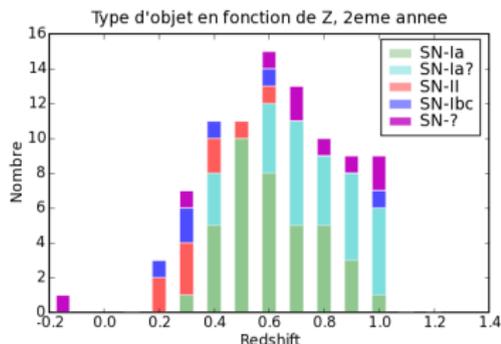
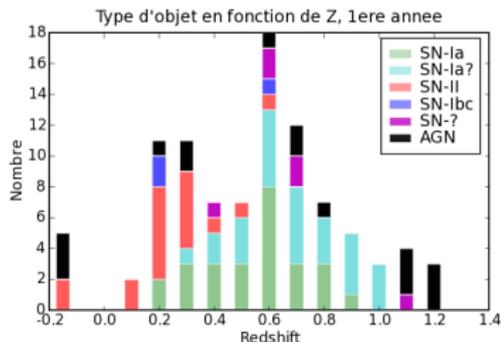


Résultats sur deux années

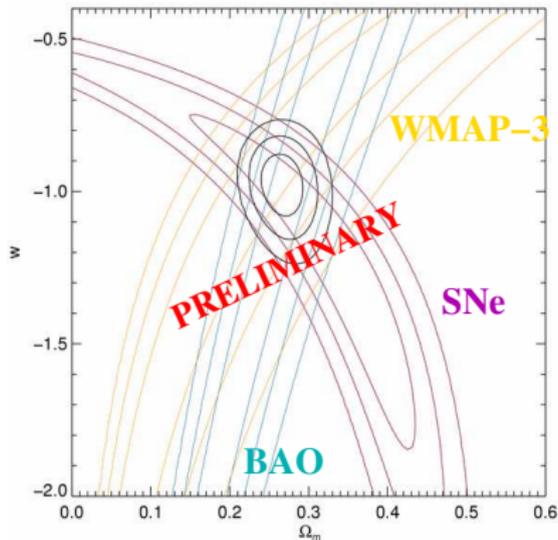
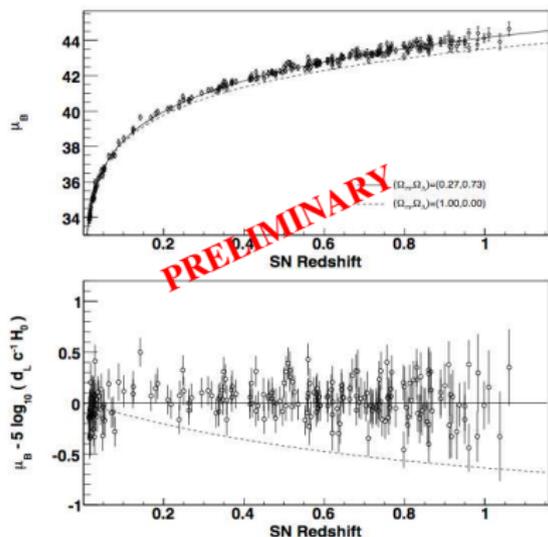
Mise en place d'une chaîne de réduction dédiée à l'extraction systématique de transients à partir des spectres FORS1 :

- Calibration améliorée
- Extraction assisté (PHASE).
- Identification des SNe (SALT2)

⇒ Traitement des 184 candidats (204 OB), 169 sont identifiés :
 117 comme des SN-Ia* (64 certaines + 53 SN-Ia ?), plus 16 AGN, 27 SN-II, 9 SN-Ibc.



Vers une Cosmologie SNLS-3ans



SNe proches + 250 SNe SNLS + BAO + WMAP + plat
 → w est contraint à 7%

Conclusion et Perspectives

On dispose d'un échantillon **uniforme** (un seul instrument) et de procédures de calibrations « sur mesure »

⇒ on comprend et l'on contrôle les effets systématiques de calibration et l'on optimise l'extraction du signal.

Mise en œuvre d'un traitement systématisé (« en aveugle ») des données spectroscopique

⇒ Un lot homogène **unique** de spectres et de courbes de lumières de centaines de SN-Ia à $0.3 < z < 1$.

Les données du SNLS seront une **référence** pour l'étude des SN-Ia, dans le cadre des grands projets de recherche de SN-Ia (LSST, JDEM/SNAP : kilo-SN/an) qui disposeront de moyens limités pour la spectroscopie.

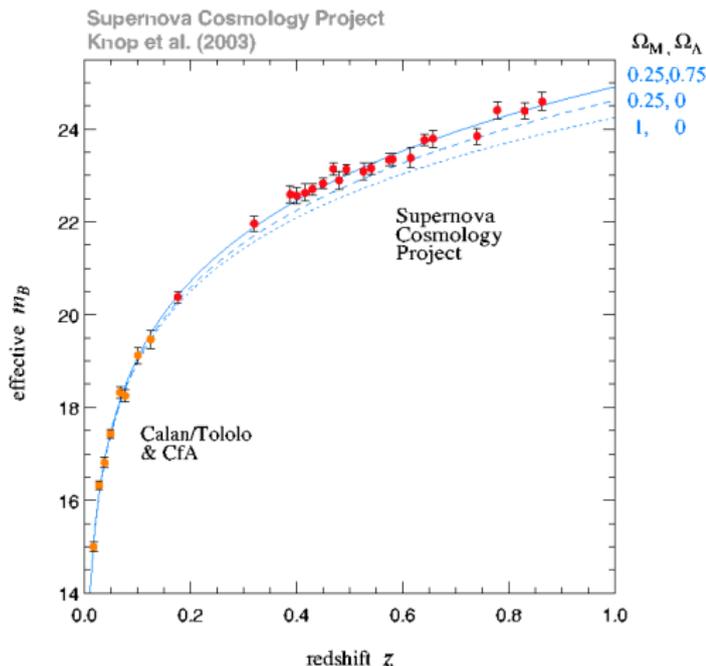
FIN

*Annexes

1998 : Découverte de l'accélération de l'expansion

Le **Supernova Cosmology Project** et le **High-Z team** observent des Supernovæ de type Ia jusqu'à des distances cosmologiques.

La dynamique obtenue favorise un modèle cosmologique composé de 25% de matière baryonique et de 75% d'énergie noire sous forme d'une **constante cosmologique Λ** .



Où explosent les SuperNovæ ?

SN gravitationnelles : dans les bras des galaxies ayant connu une phase de formation stellaire récente : galaxies actives, spirales.

SN thermonucléaires : elles sont aussi observées dans les galaxies elliptiques \Rightarrow temps de gestation qui peut être long (qq Myr).



SN Ia 1994D, dans NGC 4526
 $D \sim 40$ million a.l.



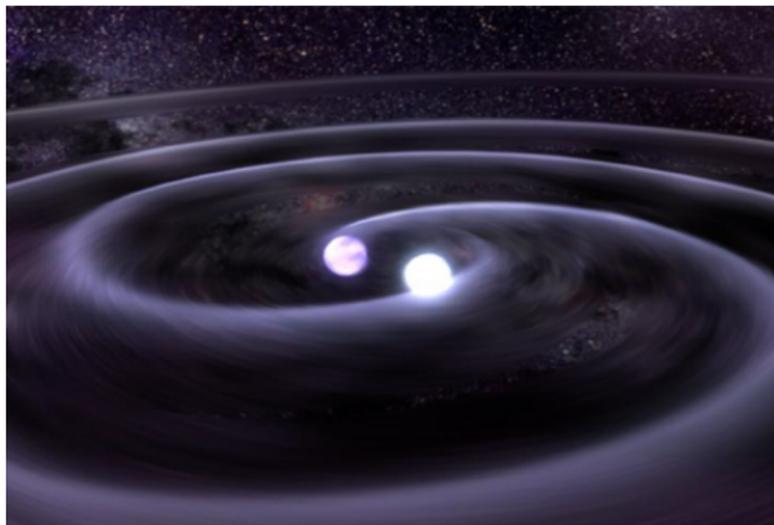
Supernova SN 2006dr in NGC 1288
ESO Press Photo 3867 (3 September 2007)

SN Ia 2006dr, dans NGC 1288
 $D \sim 200$ million a.l.

Scénario alternatif : *Dégénéré Double*

Coalescence d'un système binaire serré de deux naines blanches, par émission d'ondes gravitationnelles.

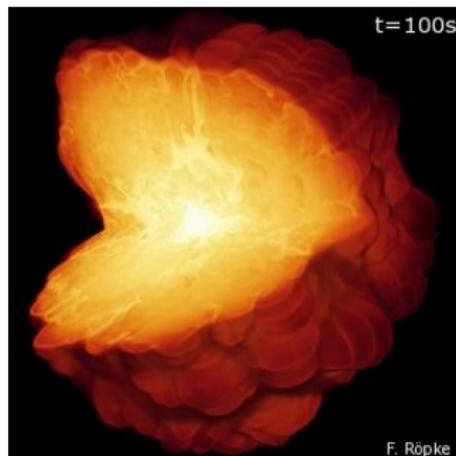
$\Rightarrow M_{progenitor} > 1.4 M_{\odot}$?



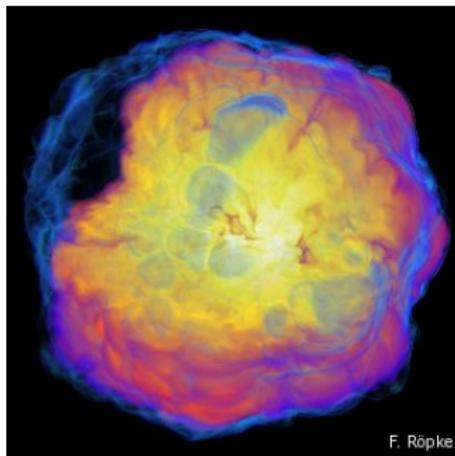
Modélisations Hydrodynamique 3D

Après des simulations 1D, 2D, maintenant 3D.

Turbulence, propagation de flamme, réseau de réactions nucléaires, modèles microscopique :



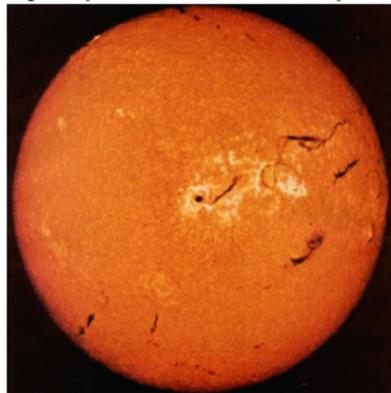
densité



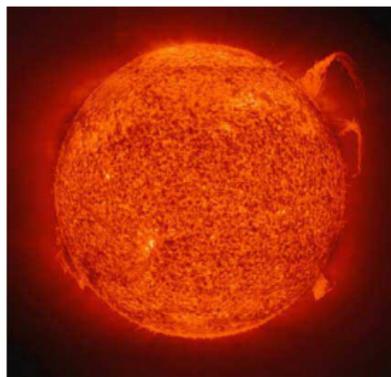
composition

Intérêt de la spectroscopie

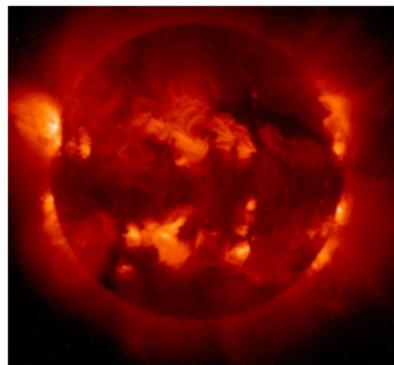
Les objets apparaissent différemment en fonction de la longueur d'onde à laquelle on les observe. Cela traduit différents acteurs ou mécanismes physiques. Par exemple, le soleil :



Photosphère (visible)



Chromosphère ($H\alpha$)



Rayons X

Spectroscopie VLT en temps réel

Consignes observationnelles :

- Grisme 300V ($400\text{nm} < \lambda < 800\text{nm}$, $\delta\lambda = 2.65\text{\AA}$).
- seeing < 1 arcsec ($\equiv 5$ pixels)
- $25' < T_{exp} < 60'$, en 2 à 5 images
- largeur de fente $\sim \text{seeing} + 0.2\text{arcsec}$: $[0.7, 1.0, 1.3]''$

Réduction et analyse (sous 24h) :

- MIDAS¹ pour la reduction.
- extract (\sim Horne en C++) pour extraire le(s) spectre(s)
- SNfit (G.Sainton 2004) pour l'identification (fit d'une librairie de spectres SN/galaxies)

¹Munich Image Data Analysis System

Images brutes de calibration

Un bloc de réduction complet contient, sous '030630/rawdata/' :

- Pour l'étoile standard (souvent MOS) :
 - 5 bias ($T_{\text{exp}}=0$) (FORS1_IMG_CAL180.[01234].fits)
 - 5 flat (Lampe continue) (FORS1_MOS_CAL180.[01234].fits)
 - 1 arc (Lampe à arc) (FORS1_MOS_CAL180.5.fits)
 - 1 std (étoile de référence) (FORS1_MOS_STD180.1.fits)
- Pour les images de science (LSS) :
 - 5 bias (FORS1_IMG_CAL180.[56789].fits)
 - 5 flat (FORS1_LSS_CAL180.[01234].fits)
 - 1 arc (FORS1_LSS_CAL180.5.fits)

Permet de préparer les modèles de Bias et de Flat, la fonction de dispersion et la fonction de réponse qui s'appliqueront aux FORS1_LSS180.[012..].fits.

L'environnement XSpecSNLS

The screenshot displays the XSpecSNLS software interface. The main window is titled "XSpecSNLS_baumont@lpp05.in2p3.fr" and contains a menu bar (Data Organizer, Data Reduction, Data Extraction, Data Analysis, Tools, Display, Settings, Log, Quit) and a toolbar. The current directory is "/home/bbaumont/hp/040414".

Three "MIDAS_00 display" windows are open, showing flat field images:

- MIDAS_00 display_1 (MASTER):** Shows a flat field image with a green "MASTER" label. Metadata: OBJECT: MASTER_SCREEN_FLAT_LSS, ORIGFILE: FORS1_LSS_CAL106.5.fits, ARCFIL: FORS1.2004-04-15T10:19:22.011. Parameters: DIRM: 0, FNAME: r_master.bdf, BITS: -24475, 20391, 25064, 26391.
- MIDAS_00 display_2 (TEST):** Shows a flat field image with a green "TEST" label. Metadata: OBJECT: FLAT_LAMP, ORIGFILE: FORS1_LSS_CAL106.5.fits, ARCFIL: FORS1.2004-04-15T10:19:22.011. Parameters: DIRM: 0, FNAME: r_rbf_4.bdf, BITS: -24475, 20391, 25064, 26391.
- MIDAS_00 display_3 (DIFFERENCE):** Shows a difference flat field image with a green "DIFFERENCE" label. Metadata: OBJECT: FLAT_FRAME, ORIGFILE: FORS1_LSS_CAL106.5.fits, ARCFIL: FORS1.2004-04-15T10:19:22.011. Parameters: DIRM: 0, FNAME: seen_bdf, BITS: -240, 26384, 347, 79004.

Two "MIDAS_00 graph" windows are open:

- MIDAS_00 graph_1:** A plot of Frequency vs. Wavelength (nm) showing a sharp peak at approximately 33650.2 nm. The y-axis ranges from 0 to 3.0 x 10⁶. The x-axis ranges from 33650.2 to 50475.3 nm.
- MIDAS_00 graph_2:** A plot of Frequency vs. Wavelength (nm) showing a sharp peak at approximately 33650.2 nm. The y-axis ranges from 0 to 300. The x-axis ranges from 33650.2 to 50475.3 nm.

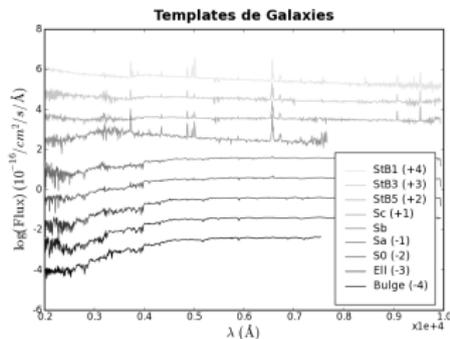
A "Science Frame" dialog box is open, showing the following options:

- Reduction:
 - Science:
 - Compute Master Bias: Do Log
 - Compute Normalized Master Flat: Do Log
 - Compute Wavelength Calibration: Do Log
 - Apply Flux and Wavelength Calibration: Do
 - Options:
 - Display: Yes No

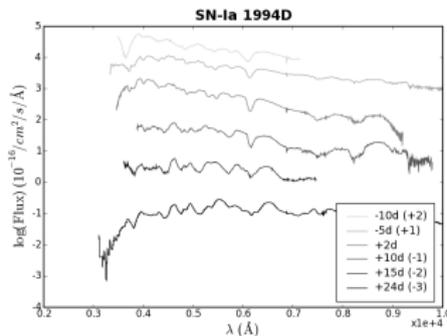
The dialog box has a "Done" button at the bottom.

Morceaux choisis des bibliothèques

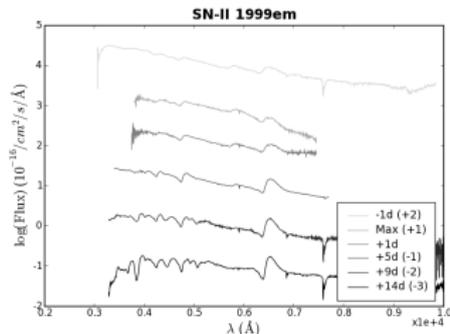
Galaxies (x11)



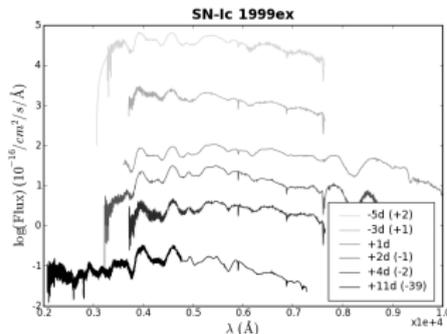
SN-Ia (x144, 15 obj.)



SNII (x21, 3 obj.)



SN-Ibc (x72, 27 obj.)



Organisation des données de réduction

MIDAS : par nuit

```
-+ YYYYMMDD/  
  | -+ rawdata/  
    | _ cal, sci, std  
  -+ calib/  
    | _ Bias, Flat, (2D)  
      _ Wave, Resp (1D)  
  -+ reduced/  
    | _ Std, Sci  
  
ex : sci_normflat_0000.fits
```

Post-Processing : par type

```
-+ YYYYMMDD/rawdata/  
-+ CARDS/  
  | -+ BIAS/ FLAT/ WAVE/  
    -+ STD/ RESP/ SCI/  
-+ MASTER/  
  | -+ BIAS/ FLAT/ WAVE/  
    -+ STD/ RESP/ SCI/  
-+ REDUCED/  
  | -+ STD/ SCI/  
  
ex : LSS_FLAT_1.0_300V_245_comb15.fits
```

⇒ simplifie l'accès aux fichiers et évite les doublons.

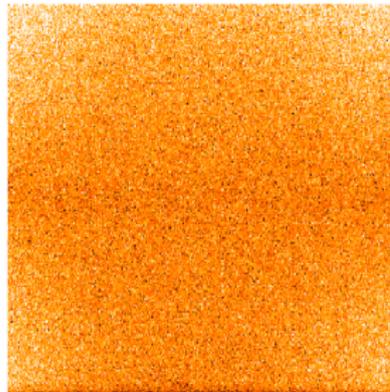
Les *cartes* sont les fichiers d'entrée des executables C++.

Un modèle de Bias par Trimestre/Mode

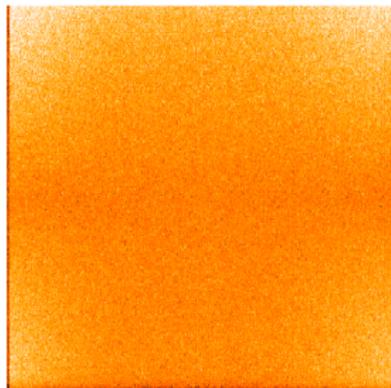
Temps de groupement = 90 jours.

$\Rightarrow 25 < Nimg < 80$

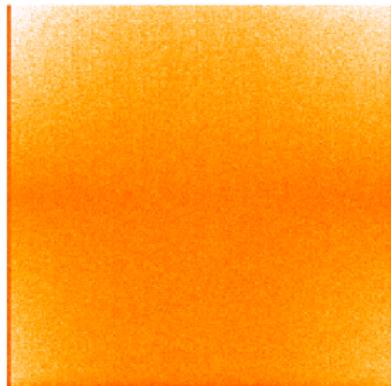
Normalisation additive du niveau des régions masquées.



Midast (x5)
RMS ~ 1.60 ADU



Modèle T3 (x25)
RMS ~ 0.85 ADU



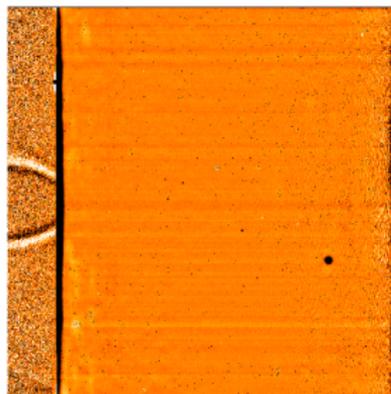
Modèle T5 (x80)
RMS ~ 0.50 ADU

Un modèle de Flat par Mois/Mode/Grisme/Fente

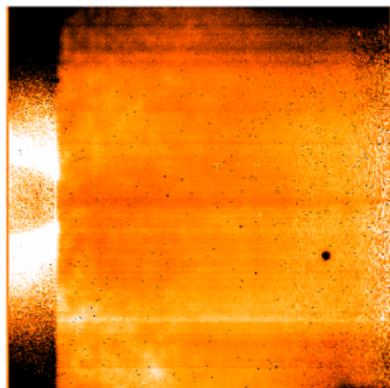
Temps de groupement = 30 jours.

$\Rightarrow 5 < N_{img} < 20$

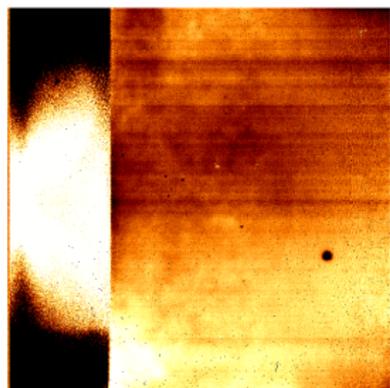
Normalisation par un spectre uniforme.



Midast (x5)
fente 1.0''



Modèle (x10)
fente 1.0''



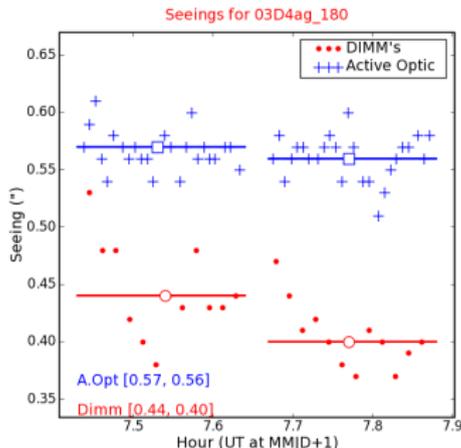
Modèle (x10)
fente 1.3''

La grande question : que vaut le seeing ?

- On peut l'estimer sur les spectrogrammes **si** il y a une étoile dans la fente ou **si** la SN est assez lumineuse : pas souvent.
- Gaussianité ?
- Source **externe** : DIMM / étoile de guidage (AO, log ESO).

⇒ Pour donner **plus de poids aux meilleures images**.

- Pondération par $1/\text{seeing}^4$ lors du moyennage.
- Les mesures d'AO sont préférées à celles du DIMM, mais sont parfois **bloquées**.



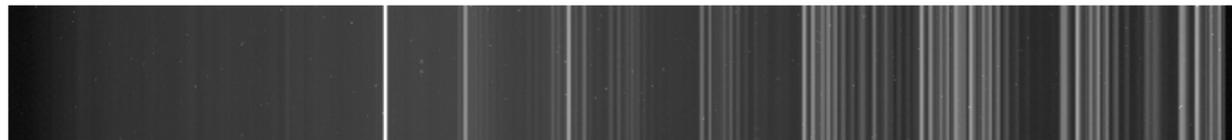
Modèle de bruit propagé

Observation limitée par le bruit de fond \Rightarrow bruits dominants :

- le bruit de lecture (RON en e^- , gain $g = 1.54e^-/ADU$).
- le bruit de photon du fond de ciel (poissonnien).

$$\sigma_{ciel,ADU} = \frac{\sigma_{ciel,e^-}}{g} = \frac{\sqrt{F_{ciel,e^-}}}{g} = \frac{\sqrt{F_{ciel,ADU} \times fg}}{fg} = \sqrt{\frac{F_{ciel,ADU}}{fg}}$$

$$\sigma_{pix} = \frac{\sqrt{\sum_{i=0}^N (RON_{e^-}^2 + F_{ciel,i} g)}}{f_i g N}$$



Définition des Sources : Galaxies

On utilise l'**imagerie** pour guider l'extraction :

- Les images de référence profondes (DeepN) pour les sources galactiques.

Sources galactiques :

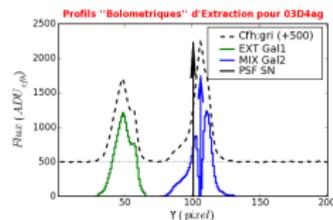
- Découpe du profil dans la fente, par filtre.
- Recherche et caractérisation des points sources.
- Regroupement par recouvrement.
- Mesure du rapport de flux $\frac{F_{extension}}{F_{cœur}}$ et de sa variance.

⇒ Au final, on obtient 3 types de sources :

- **PSF** : \sim sources non résolues, gaussiennes.
- **EXT** : \sim galaxies elliptiques, uniformes.
- **Mix=PSF+EXT** : \sim galaxies spirales.

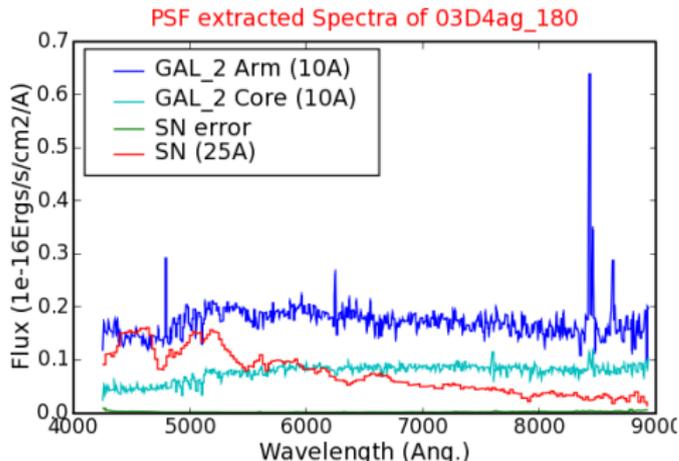
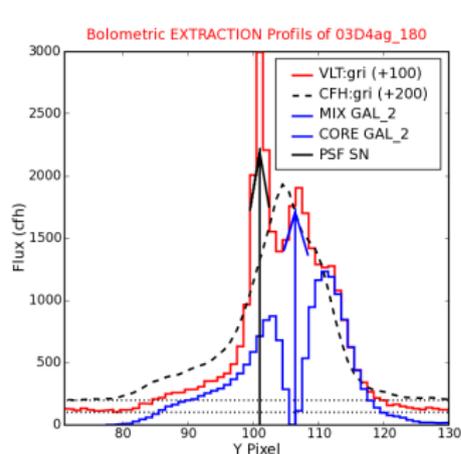
Moyennant 6 paramètres de coupure :

$$N_{\sigma} = 8, r_g = 66\%, q_e = 5\%, N_{\sigma B} = 5, r_{b/c} = 20\%, q_c = 15\%.$$



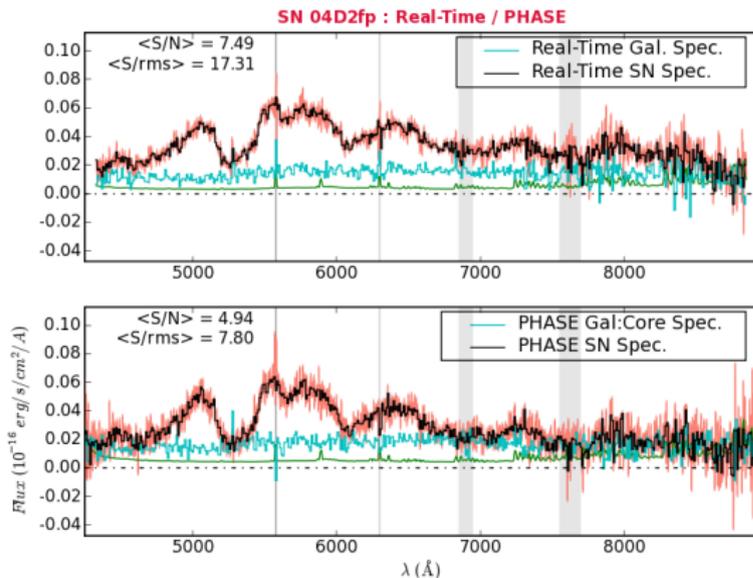
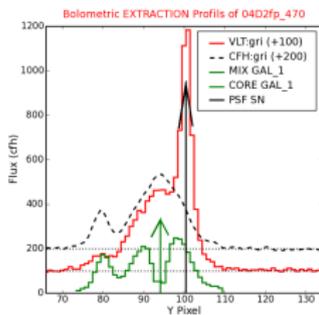
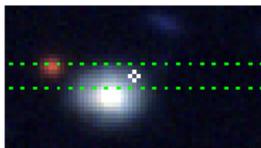
Résultat d'extraction

Après application des calibrations (λ , flux, extinction, pertes) on dispose du spectre de toutes les sources déclarées dans la fenêtre d'extraction (± 10 seeing) :



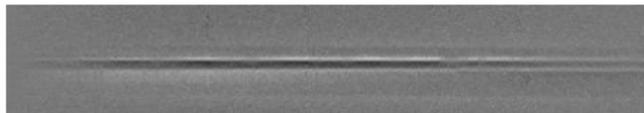
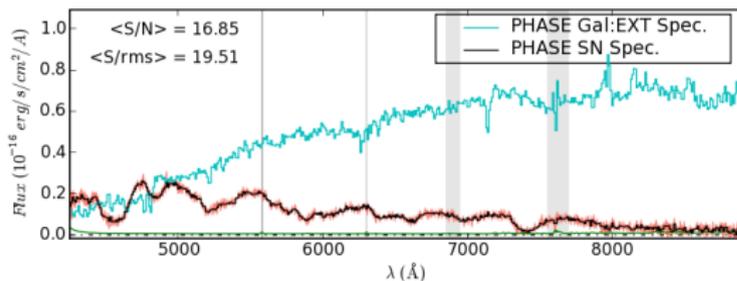
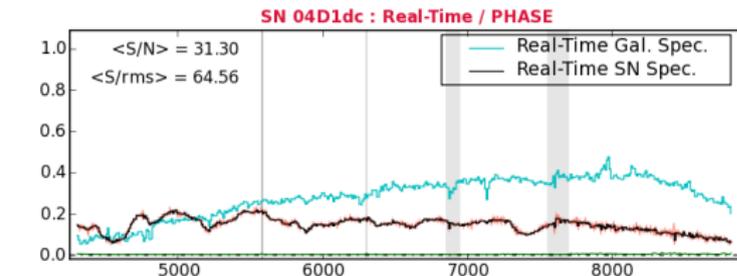
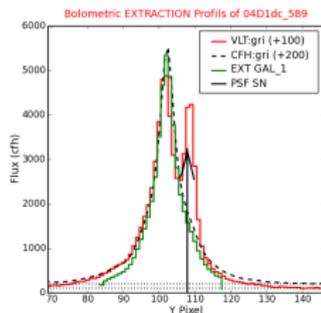
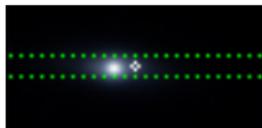
Ici, les profils des sources sont bien adaptés. Le *seeing* est meilleur que prévu.

Comparaison avec MIDAS : 04D2fp, SN-Ia z=0.415



Plus la SN est séparée de l'hôte, plus c'est facile !

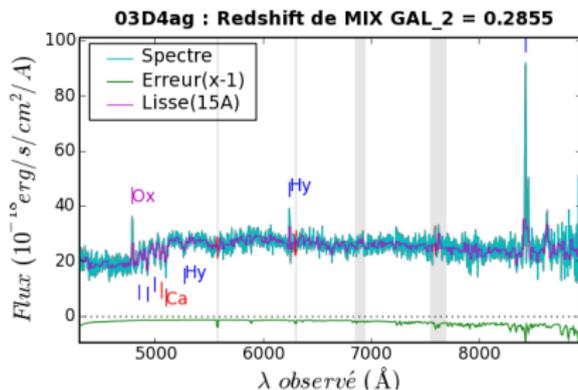
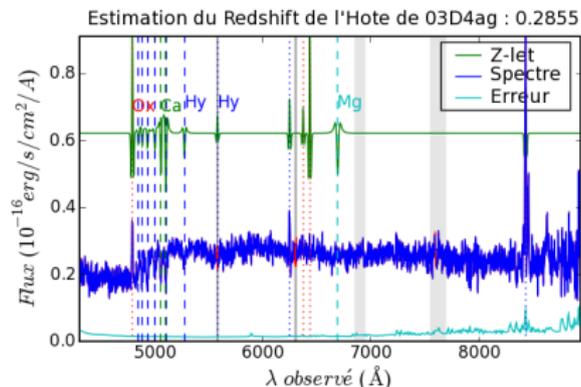
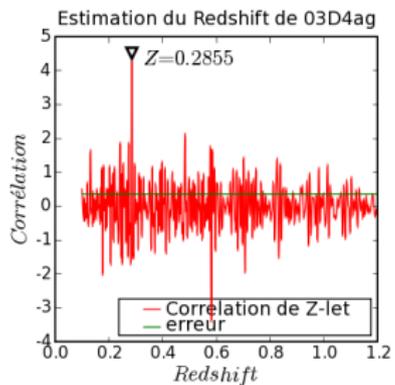
Comparaison avec MIDAS : 04D1dc, SN-Ia z=0.211



Les coordonnées ne sont pas exactes \Rightarrow les résidus l'expriment !

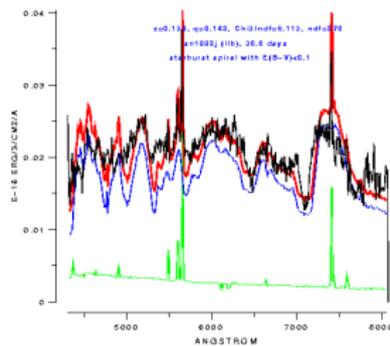
Mesure du *redshift*

Corrélation avec une **ondelette** ad-hoc, en espace $\log(\lambda)$
 \Rightarrow dépendant des raies présentes/supposées.
 Précision : $\delta z < 0.001$.

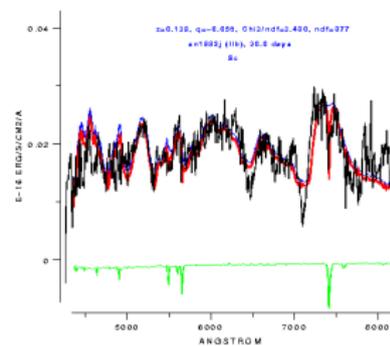


Une SN II

Une SN-II *proche* :
04D4bo ($z=0.128$, Gal
EXT)



Temps Réel



PHASE