

Simulations



- Pourquoi simuler
- Quoi simuler
- Comment

Pourquoi simuler



- Prédire les performances
- Optimiser le design
- Estimer les erreurs sur le résultat final
- Comparer avec des approches concurrentes
- Préparer les logiciels de traitement et analyse

Pourquoi simuler ?

- **Peut-on s'en passer ? Approche Fisher matrix**

- Paramètres observables O_i , physiques P_1

- Fit : minimiser $\chi^2 = [O_i^m - O_i^{th}]^T [C]^{-1} [O_j^m - O_j^{th}] \rightarrow \partial \chi^2 / \partial P_l = 0 \rightarrow P_l$

- Erreurs $[\sigma_P]^{-1} = [\partial O / \partial P]^T [\sigma_O]^{-1} [\partial O / \partial P]$

- **Problèmes**

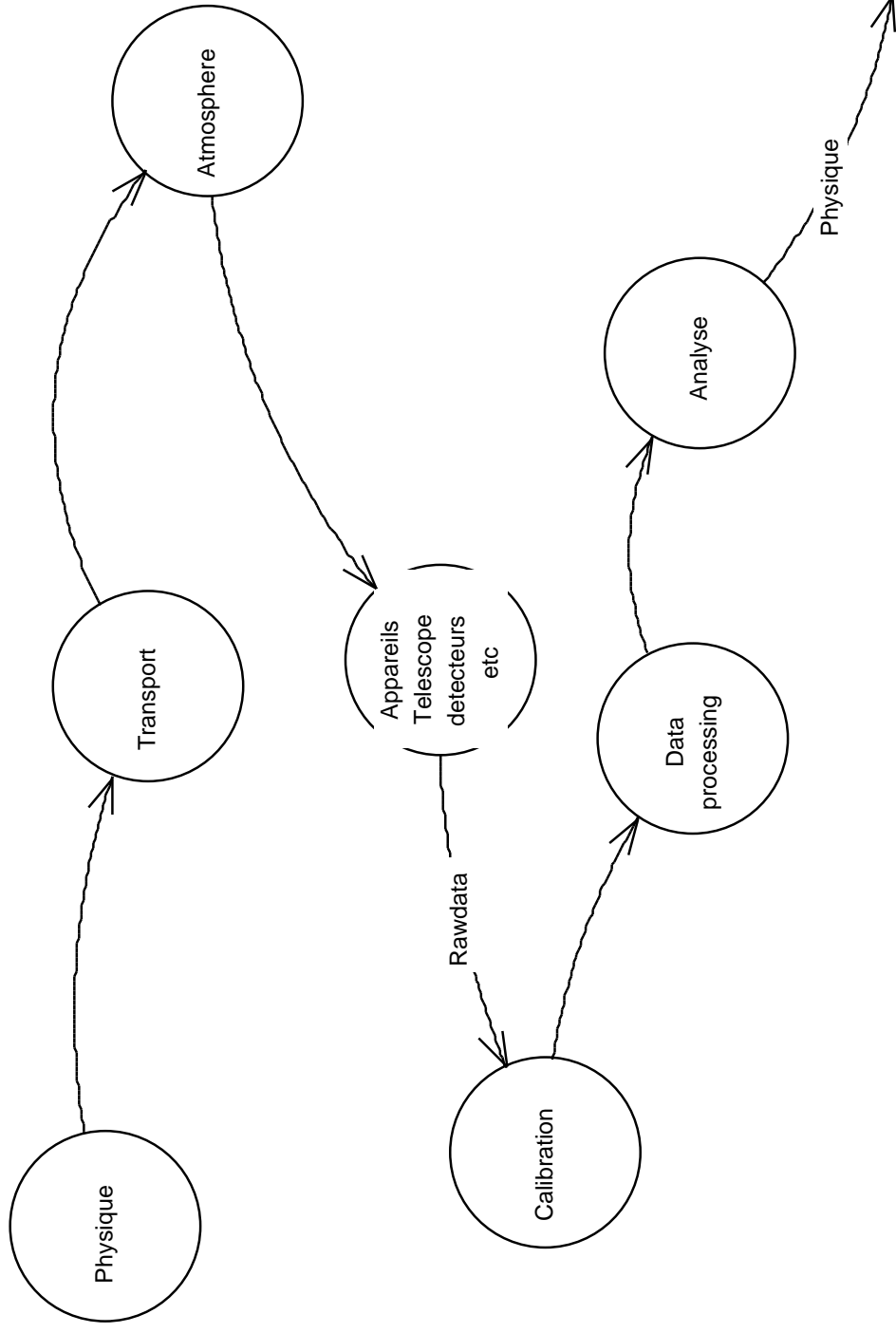
- Erreurs systématiques

- Non linéarités, coupures, erreurs non gaussiennes

Pourquoi simuler , problèmes

- **Non linéarités :**
 - Réponse des détecteurs
 - Contamination par SN autres que Ia
 - Lensing
 - Ajustement fonction non linéaire (/ paramètres)
Formule de FWRL
- **Coupures :**
 - Objets peu lumineux
 - Filtres

Que simuler ? Data flow diagram



Que simuler ?sources



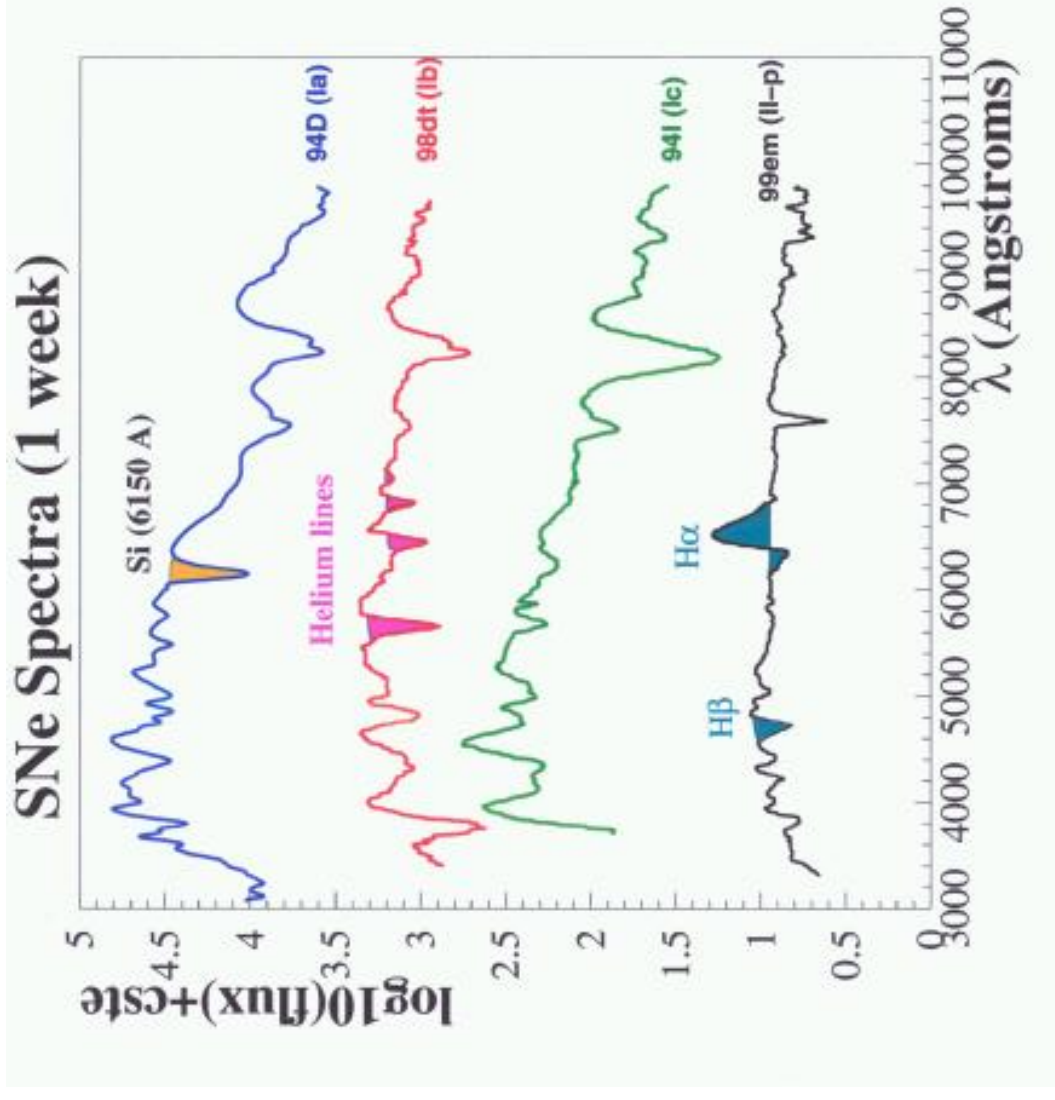
- SNIa
- Autres SN
- Galaxies

Que simuler ? Sources

- SNIa
- Paramètres physiques intrinsèques
 - ρ_{trans}
 - Métallicité
 - M_{ms} : main sequence mass
 - ...
- Paramètres observables:
 - M_B, M_V
 - Stretch α
 - Rise time
 - Peak-to-tail ratio
 - Spectral features : T, V, ...

Sources : contamination

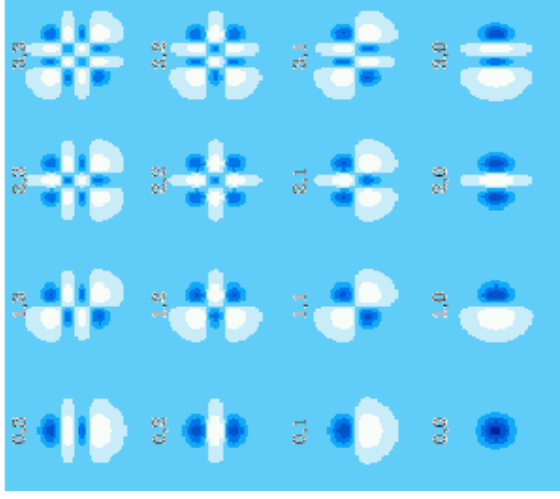
- SNIa, b, c
- SN II
- Autres objets variables



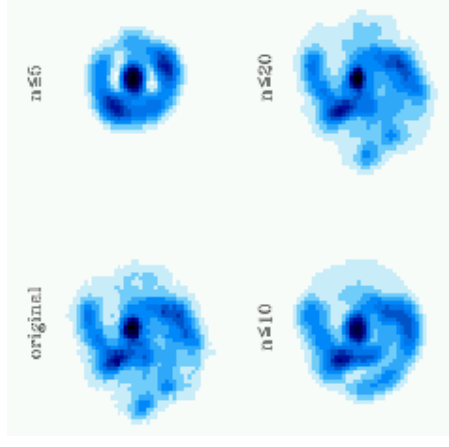
Sources : Galaxies

- Catalogue d'images, ou prog. de simulation
- Fraction elliptiques/spirales (variable avec z)
- Flux, spectre
- **Simulation rapide :**
 - Estimation de l'effet de la galaxie dans l'angle solide couvert par la SN, compte tenu de la soustraction d'images.
- **Simulation détaillée :**
 - Image complète de la galaxie(avec caractéristiques spectrales)
 - Combinaison avec image et spectre de la SN

Galaxies : shapelets



Les polynomes de Hermite permettent de construire une base de fonctions orthogonales (shapelets)

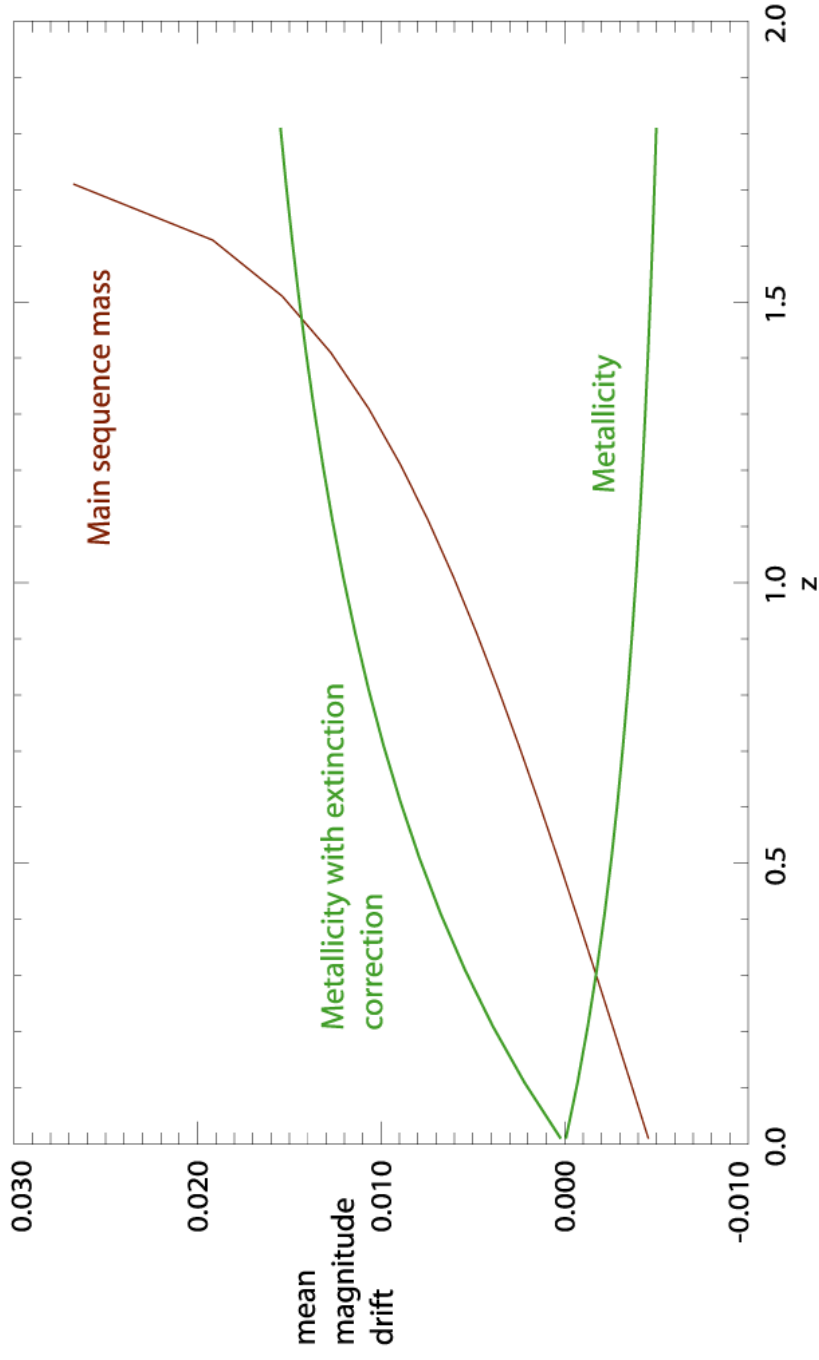


Une combinaison linéaire de shapelets reproduit la forme de toute galaxie

Distribution des morphologie = distribution des coefficients

Que simuler ? Evolution

L'environnement varie avec le temps : plus de galaxies jeunes à grand z ;
Populations de tous les types mais valeur moyenne depend de z
==> biais sur la magnitude apparente .



Propagation

- Distance lumineuse, effet de la courbure, paramètres cosmo.
- Décalage spectral ($1+z$) et temporel
- Poussières
 - Galaxie hôte
 - Poussières grises intergalactiques
 - Galaxie locale
- Lentilles gravitationnelles

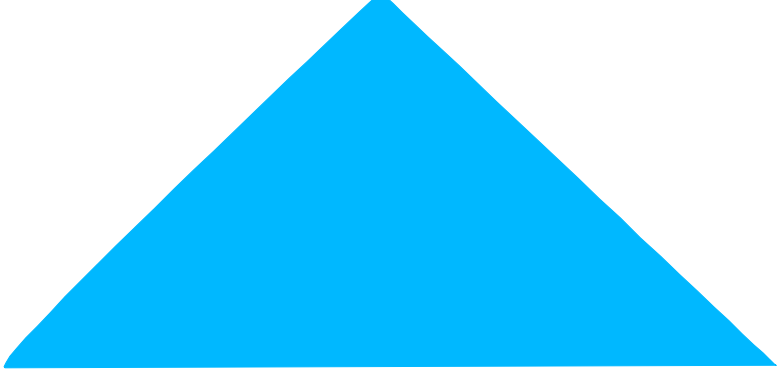
Que simuler ? Site et conditions

- Telescope + instruments
- Conditions atmosphériques,
- Seeing
- Lune

- Plan d'observation :
 - Champs
 - Type et nb d'objets par jour
 - Trigger pour observations combinées

Télescope et instruments

- **Télescope :**
 - Diamètre primaire
 - Diamètre secondaire
 - Obscuration
 - Atmosphère (eventuellement)
- **Instrument :**
 - Filtres
 - Miroirs, prismes ...
 - Détecteurs



Psf
transmission
distorsions

Télescope et instruments

- Simulation complète pour étude de la détection
Champ complet (CCD), galaxies, distorsions, SN
Simulation de chaque pixel
Pas d'informations spectrales
Série d'images dans chaque filtre

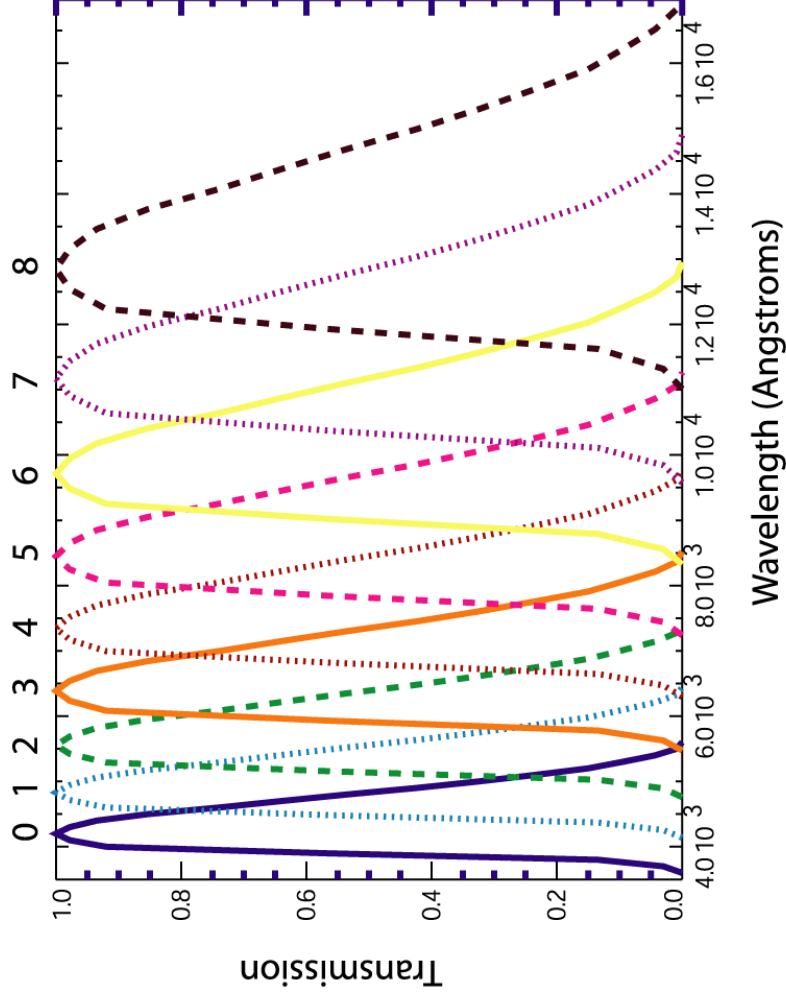
Télescope et instruments

- **Intermédiaire, SN+galaxie unique**
Convolution du spectre avec chaque filtre
Convolution de la psf avec les pixels
Convolution du spectre avec resolution spectro
(spatiale et spectrale)
Cosmiques ...
Resultat : images + spectre(s)
- **Rapide**
valeur centrale + dispersion
Courbe de lumière + spectre au max

Télescope et instruments



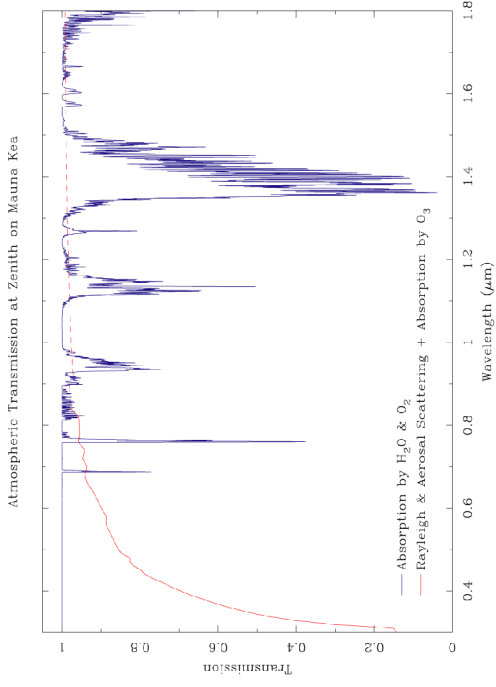
Les 9 filtres de SNAP (imagerie)



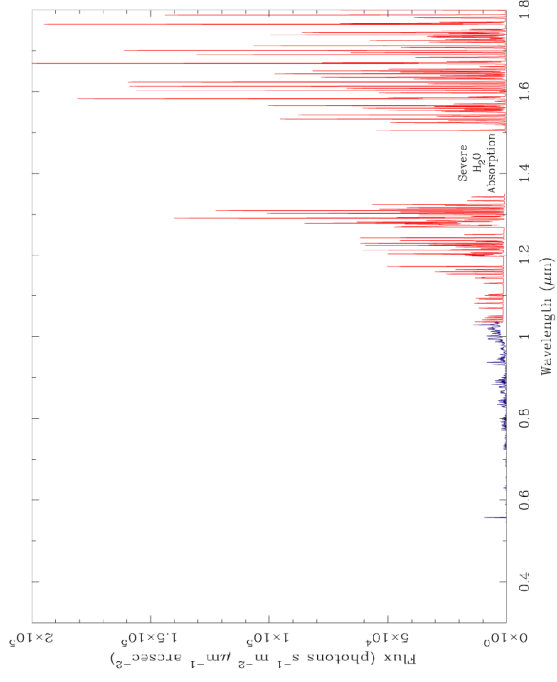
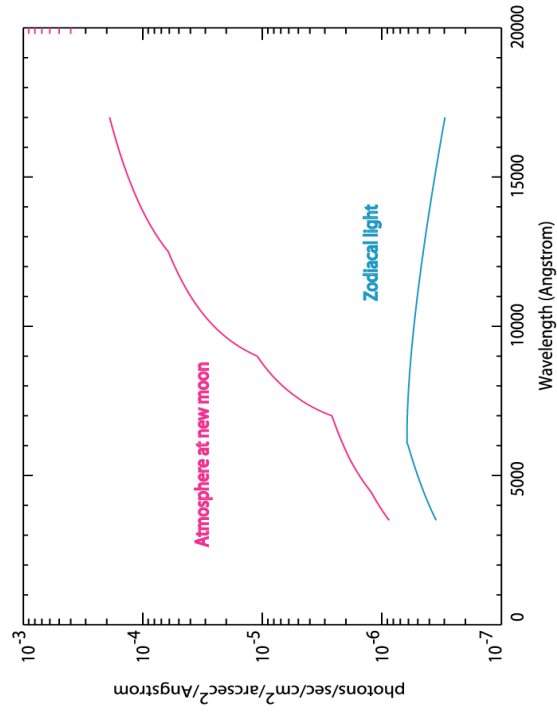
Site d'observation

- **SNAP** :
Lumière zodiacale
Rayons cosmiques
- **SOL** :
Seeing (Télescope + air mass)
Conditions météo (avec corrélations, éventuellement
exemple : plusieurs nuits de mauvais temps)
Lune
Atmosphère :
 - **Emission**
 - **Absorption**

Site d'observation



Transmission



Emission

Plan d'observation

Durée : 60 jours (restframe)

Signal/noise => temps de pose

Ajouter temps de pointer + calibration (éventuel)

$N_{\text{SN}}/\text{degre}^2/\text{jour}$ fonction de z ; Ia, autres

- **Simulation rapide :**
 - Observations indépendantes de chaque SN+galaxie
 - Courbe de lumière + spectre SN seule

Plan d'observation

Simulation détaillée :

Traitement d'un champ complet

- Découverte
- Déclenchement
- Spectro
- Suivi photométrique
- Mauvais temps,
- Lune

Que simuler ? Traitement des données

- **Imageur :**
 - Calibration
 - K corrections
 - Co-addition, soustraction de la référence
 - Calibration finale
- **Spectro**
 - Calibration - réduction
 - Mesure des caractéristiques spectrales (fit)

Que simuler ? Analyse

- **Input :**
 - Courbe de lumière
 - Spectre SN
 - Spectre galaxie
- Pour chaque SN
- **Output :**
 - Paramètres cosmologiques

Données simulées

Format et structure identiques aux données réelles

- Images brutes
- Images calibrées, défauts corrigés
- Images coadditionnées
- Résultats de soustraction + extractor : candidats
- Photométrie : flux intégré de la SN, galaxie soustraite

- Datacube brut
- Datacube corrigé
- Spectre extrait : flux dans chaque bin

Analyse

Données identiques aux données réelles

Les programmes d'analyse doivent être identiques.

En plus : traitement des paramètres de la simulation: paramètres de l'explosion, z vrai, D_L vraie etc...

Tools :

Analyse interactive

Traitement d'images interactif

Cosmofit

Base de données : relations entre données et images

Comment

Produire des données identiques aux observations

Ensemble d'événements dans lequel chaque paramètre a une distribution réaliste, comparable à la réalité.

Comment

Paramètres “fixes”

- Modèle de SN
- Evolution
- Distribution poussières
- ...

Paramètres aléatoires

- Paramètres explosion SN
- Galaxie associée
- Position SN/galaxie
- Noise, gain CCD
- Psf
- ...

Comment

Générateur aléatoire avec une $P(x)$ donnée

Il est facile de générer une distribution y uniforme.
On veut $P(x)$:

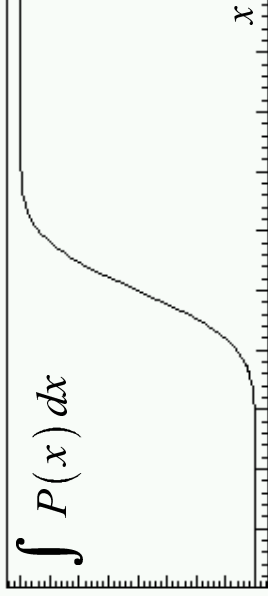
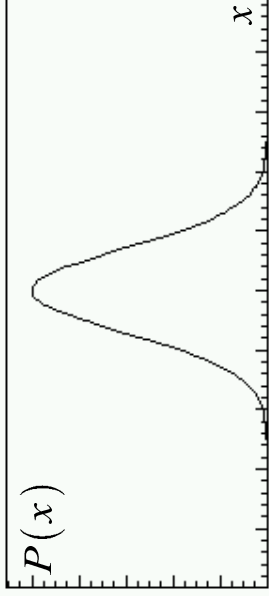
$$\int_x^{x+\Delta x} P(x) dx = \int_y^{y+\Delta y} Q(y) dy = \int_x^{x+\Delta x} Q[f(x)] f'(x) dx$$
$$y = f(x); f'(x) = \frac{df}{dx}; Q = C^{te} = 1/L$$
$$f'(x) = P(x)/L$$
$$y = f(x) = \int_{x_0}^x P(x') dx'$$

Puis inverser : $x = f^{-1}(y)$

Comment



Exemple : cas d'une gaussienne



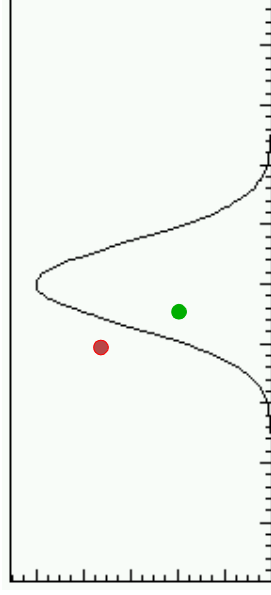
Autre methode

Utiliser 2 nb aléatoires avec distribution uniforme

x, y

$y < P(x)$: accepter

$y > P(x)$: rejeter



Adapté au cas de Prob fonction de
plusieurs variables (corrélées)

Fichiers

Sauvegarder les résultats intermédiaires
Fournir des données à la chaîne de traitement pour les
données réelles => format identique

Doivent inclure les info sur :

Paramètres de la simulation
Versions de programmes
Niveau de traitement

A éviter :

format ASCII (volumineux)

Objets : peu portables vers autre langage

Fichiers

Ma préférence :

Format tabulaire (binaire)

Run header

Event header

Table header

Table data

Table header

Table data

...

Event header

...

Implementation :

FITS images + données ?

Root + RootIO

Autre (éviter le fait maison)

Fichiers : volume

Images, vignettes 20x20 px 4 bytes

1.6 K

25 images sur 100 jours

40 K

10 filtres

400 K

2000 SN total

800 M (x 5...)

Courbes de lumière 25 pts 10 filtres

1 K

Spectres R=100

1K

Total 2000 SN

8 M

Nb fichiers : 20 K Ic 2000 spectres 500 K images (x 5 ...)

Envisager 100 à 1000 expts

Fichiers



Outils d'analyse

Visualisation d'images et spectres

Traitement interactif d'images et spectres

Cosmofit

Table browser

Fichiers, database

Connecter les divers éléments d'un événement

Série d'images

Spectres

Courbes de lumière

Données physique input :

Paramètres SN, dust, lensing, etc...

Utiliser une base de données relationnelle (Oracle, ...)

Associée à des utilitaires pour y accéder

Depuis les programmes

Interactivement (interface graphique)

Système de production

S'assurer qu'on simule des choses utiles

“Base de données” d'options permises

Outil interactif de préparation et soumission de jobs

Distributeur de Run#, random seeds ...

Suivi des jobs

Analyse des logfiles

Soumission à la base de données

Conclusion

Beaucoup de choses à prévoir
Quantité de travail appréciable
Plusieurs personnes , plusieurs années

Compétences multiples

- Techniques astronomiques
- Connaissance de l'appareillage
- Méthodes de réduction de données et d'analyse
- Informatique : programmation, système, bases de données

Le succès est à ce prix