



Cosmologie et Supernovae de Type Ia



Sylvain Baumont

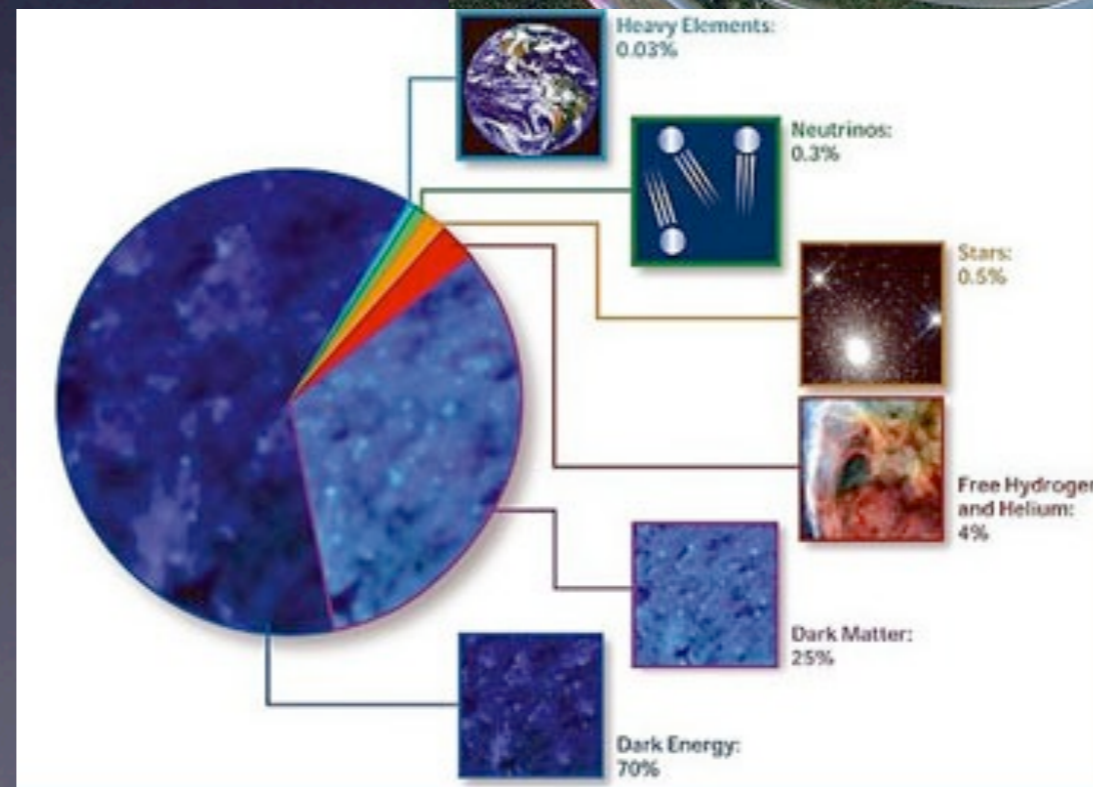
d'après une présentation originale de S. Bongard

La Cosmologie observationnelle

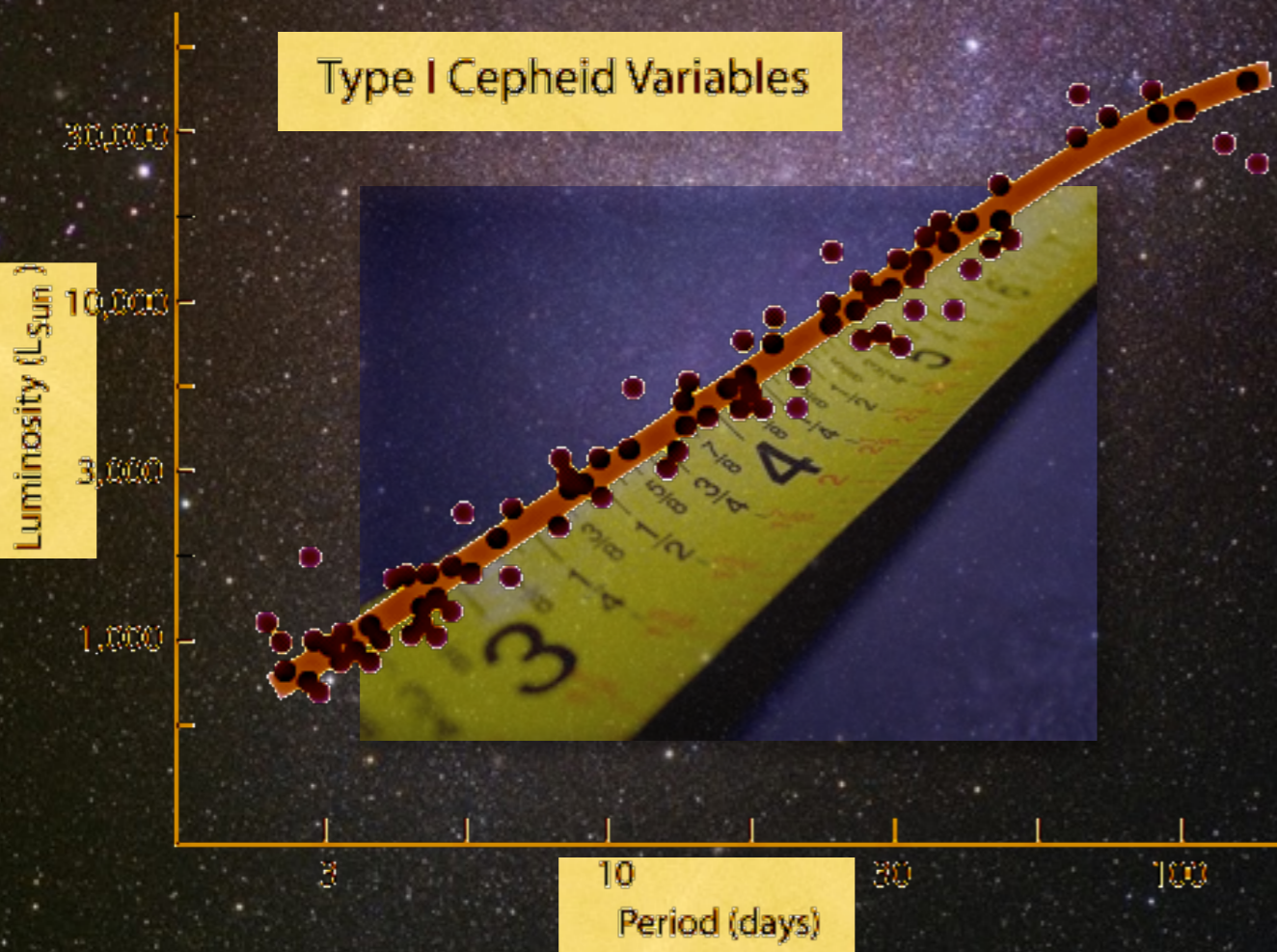
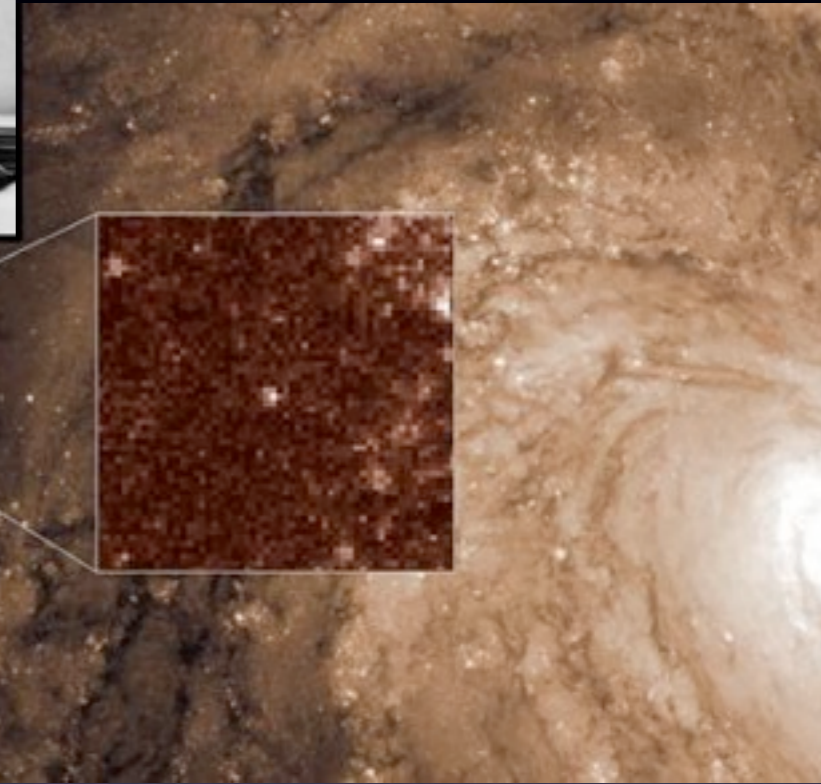
Ou l'on s'attache à mesurer l'univers visible ...



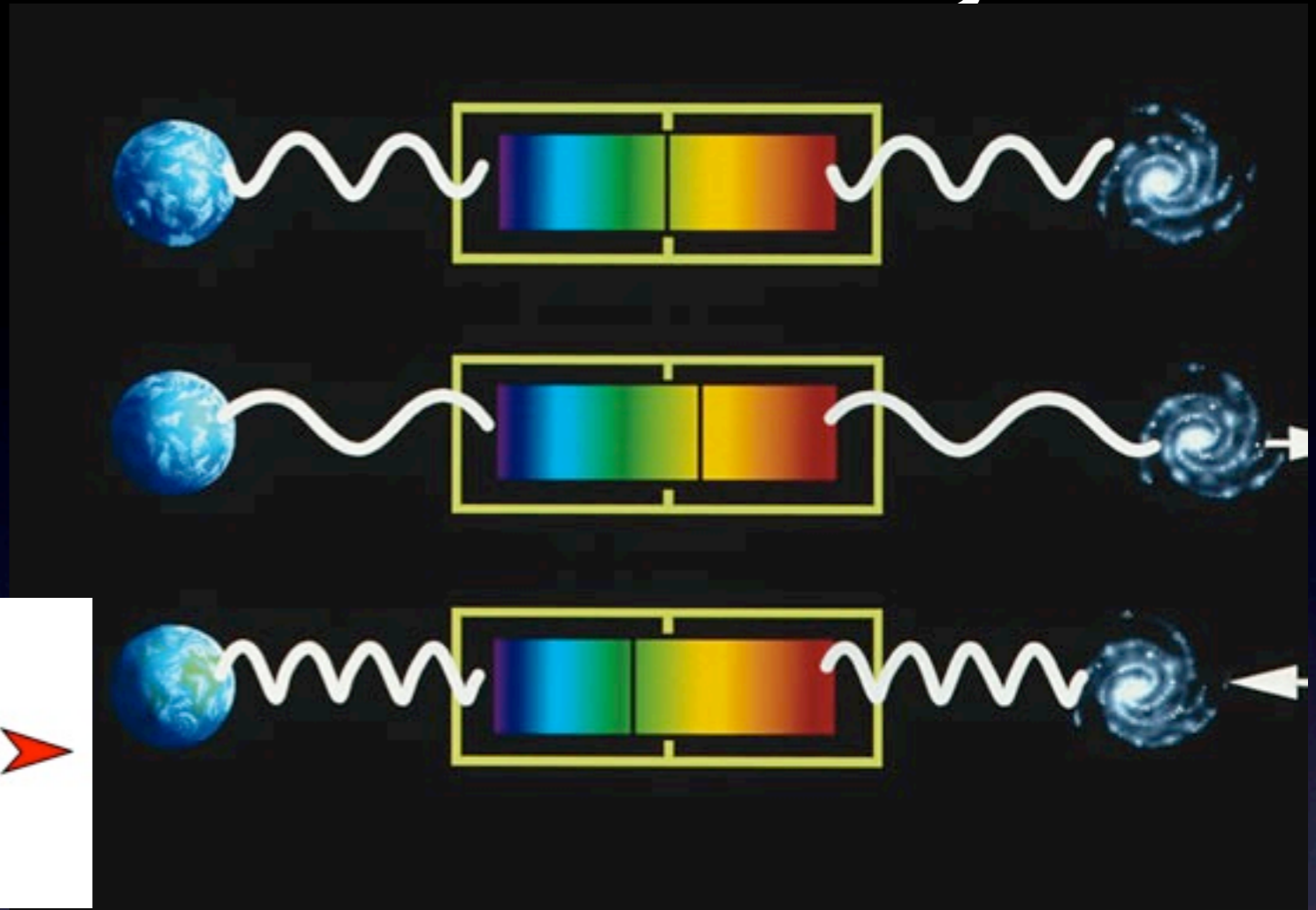
... pour réaliser
que l'essentiel
nous échappe



Il faut trouver des «phares» pour pouvoir «arpenter» l'espace



On étudie aussi comment les objets s'y déplacent



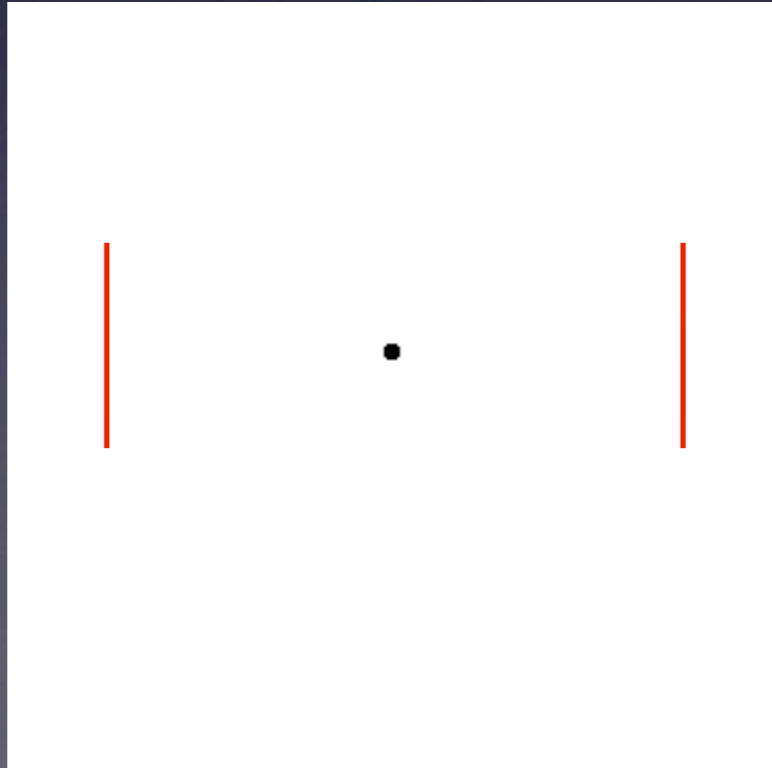
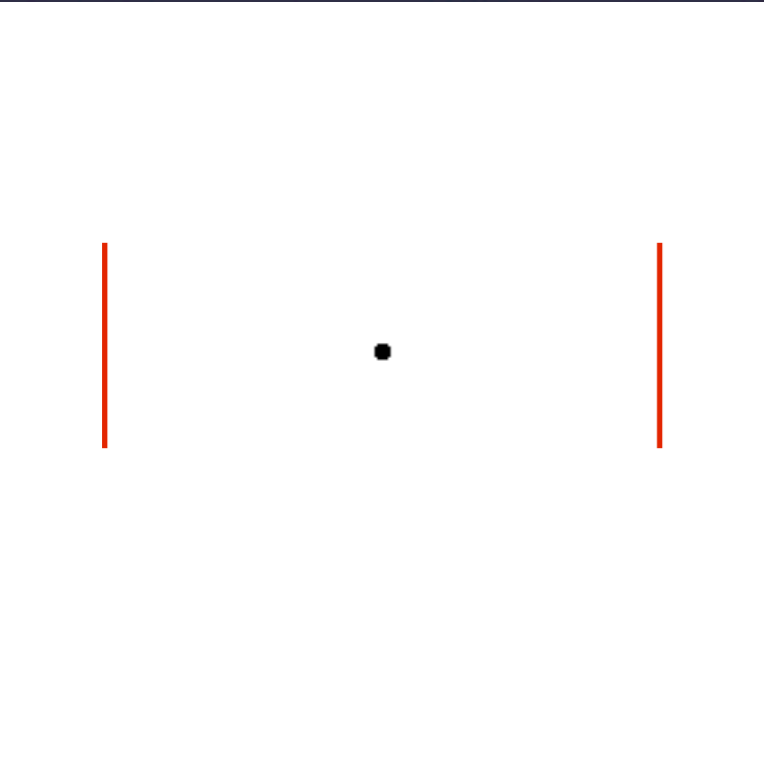
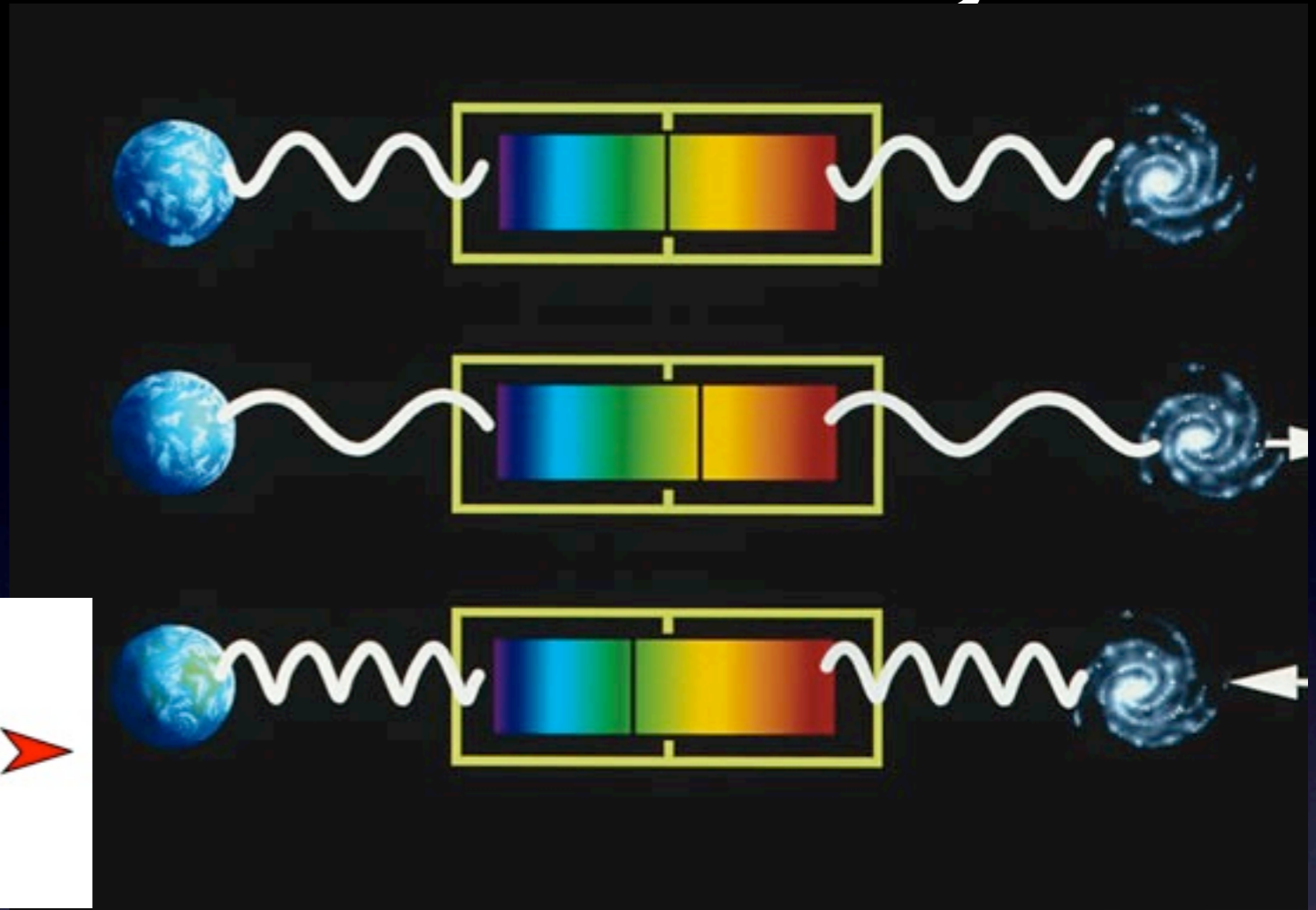
Décalage vers le rouge

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} \sim \frac{\Delta v}{c}$$

Vitesse d'éloignement



On étudie aussi comment les objets s'y déplacent

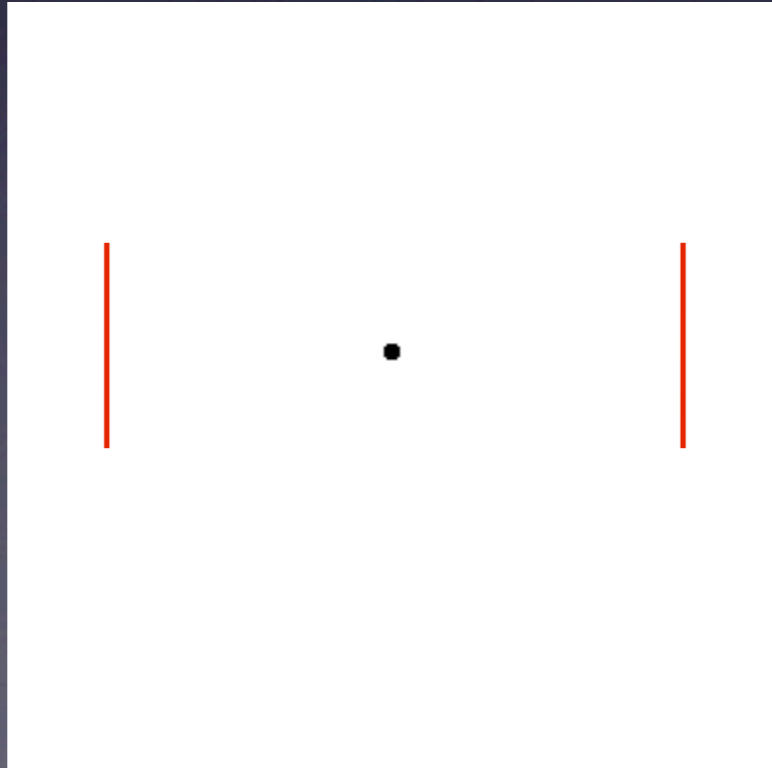
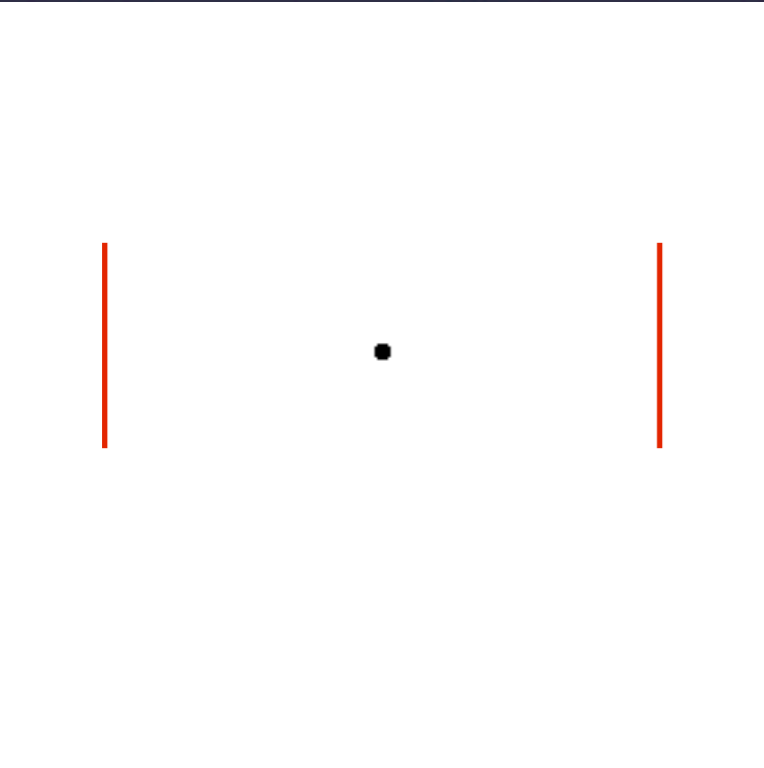
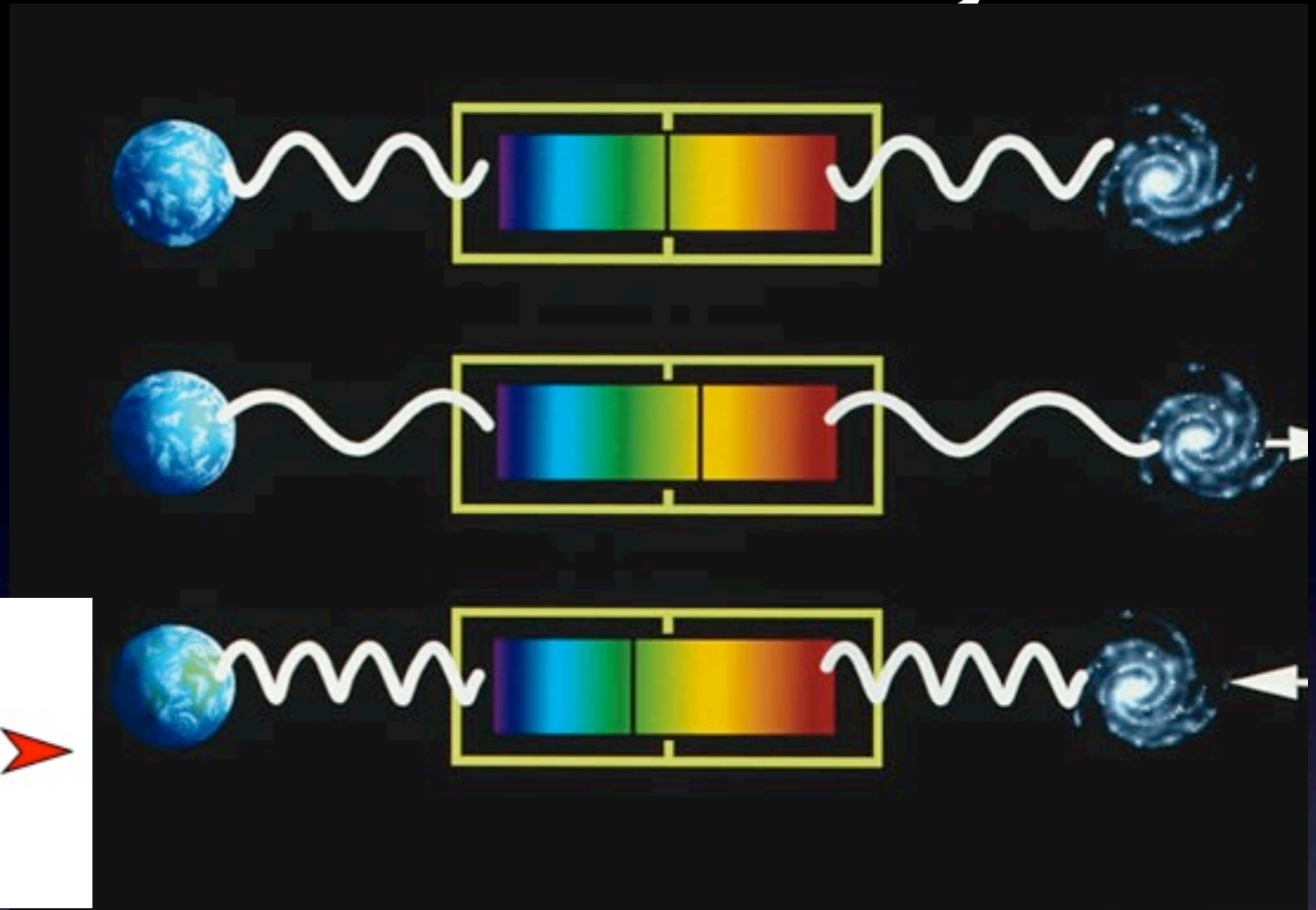


Décalage vers le rouge

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} \sim \frac{\Delta v}{c}$$

Vitesse d'éloignement

On étudie aussi comment les objets s'y déplacent

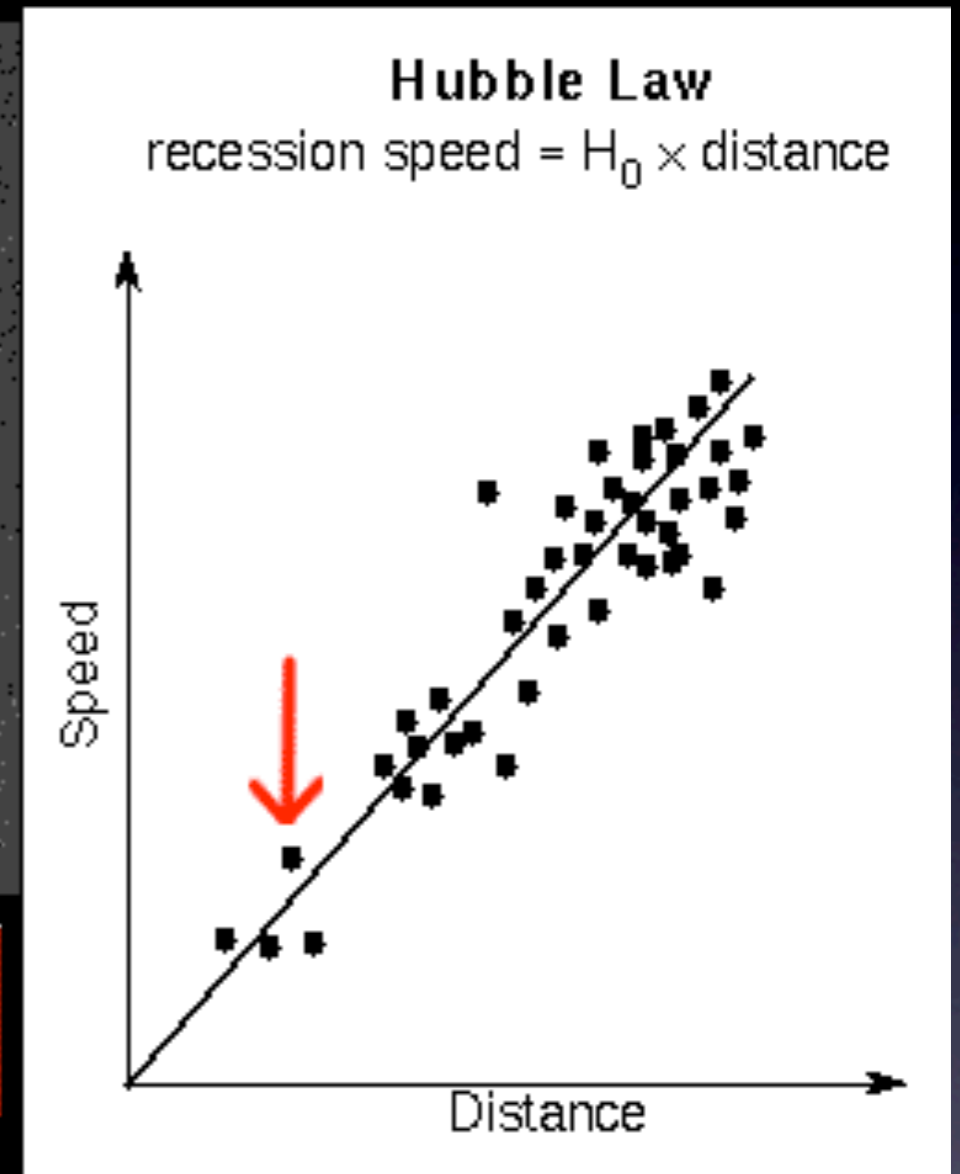
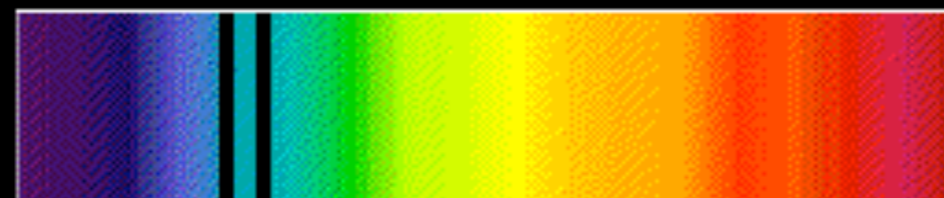


Décalage vers le rouge

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} \sim \frac{\Delta v}{c}$$

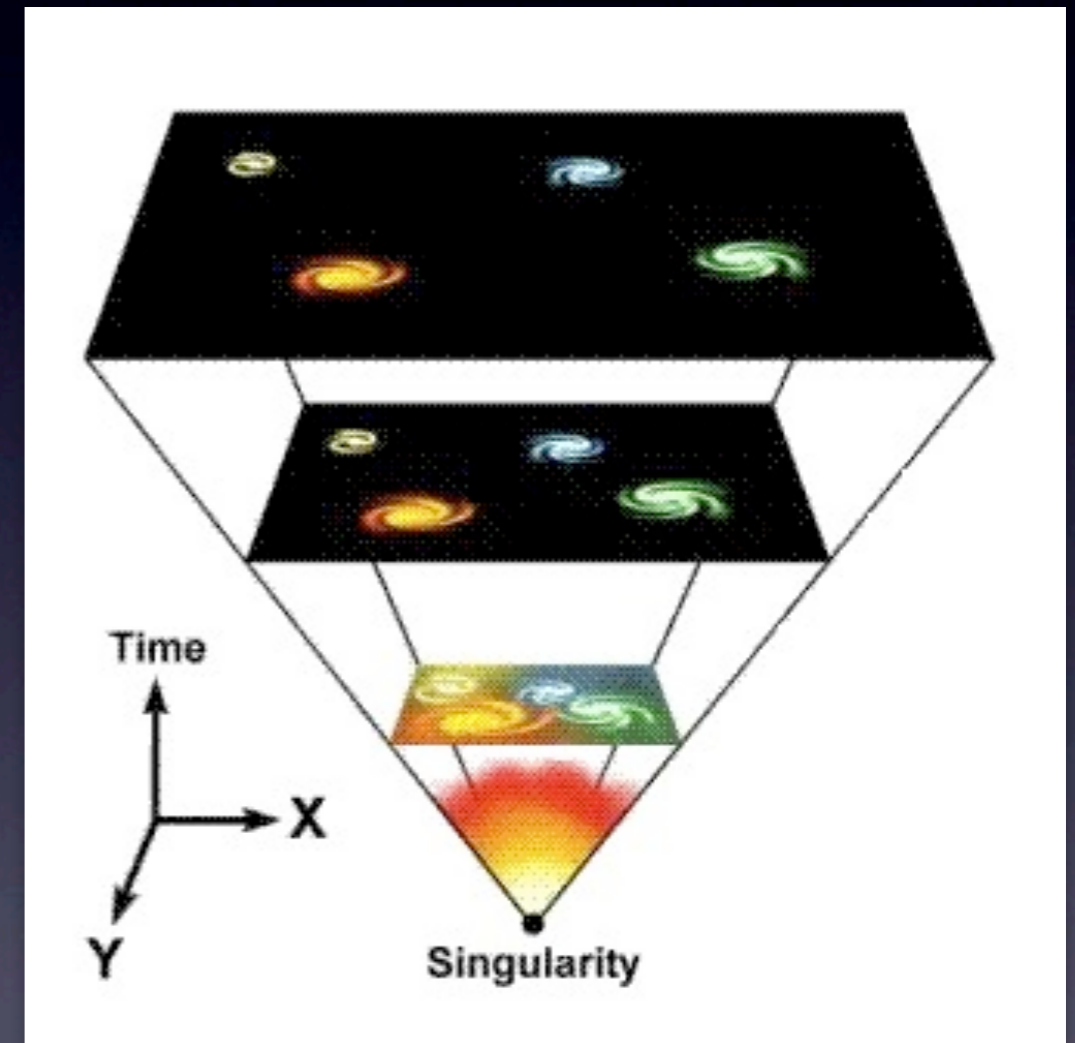
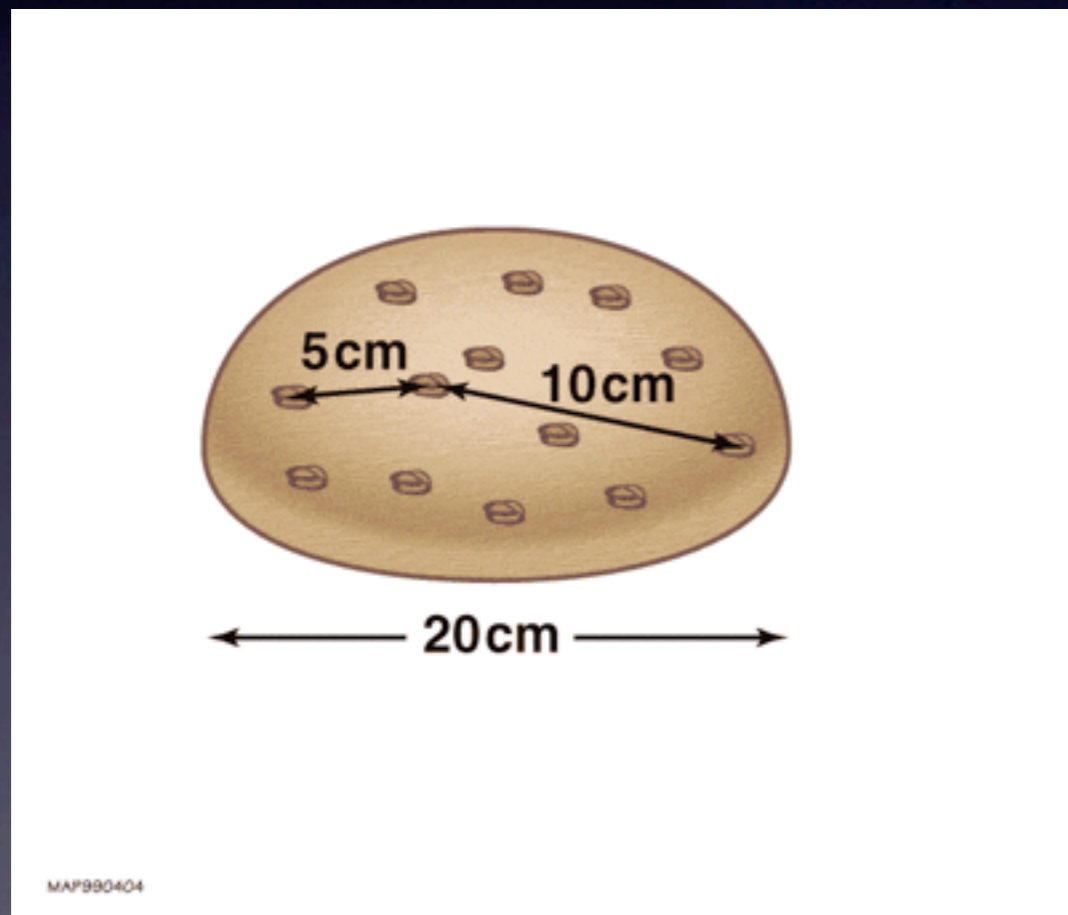
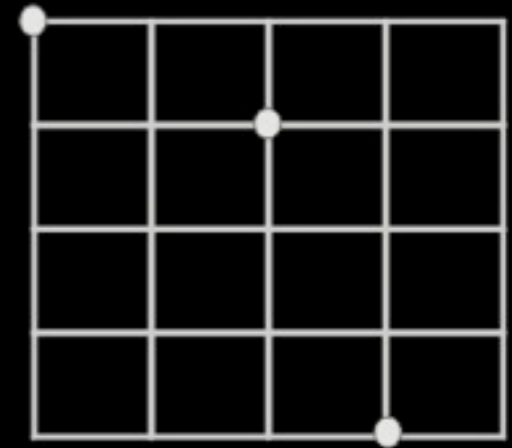
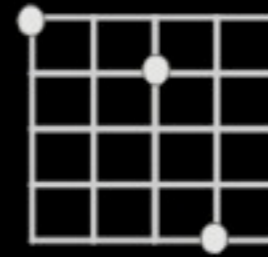
Vitesse d'éloignement

Plus les galaxies sont loin...



... Plus elles s'éloignent vite.

Si nous ne sommes pas au centre...

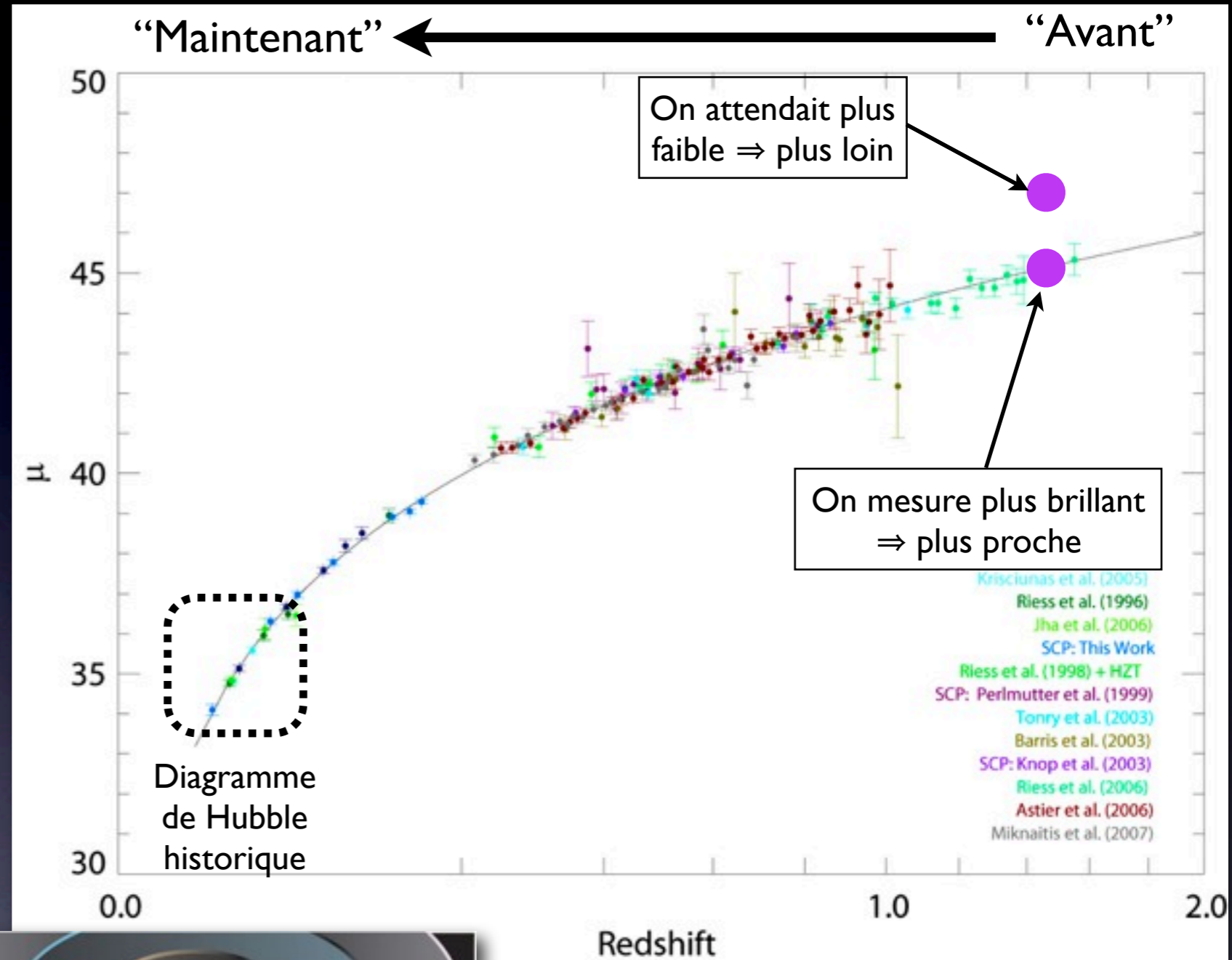


...Alors l'univers est en expansion !

Des supernovae pour "voir" plus loin



Des objets très brillants



"Maintenant" ←

→ "Avant"

On attendait plus faible => plus loin

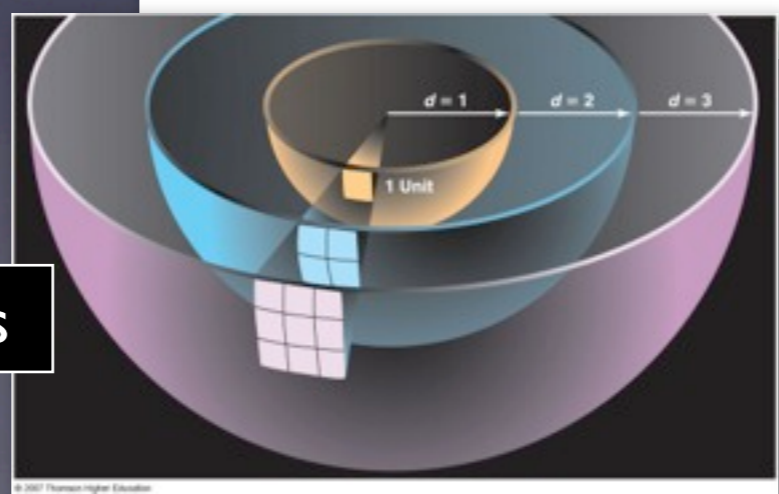
On mesure plus brillant => plus proche

Diagramme de Hubble historique

Redshift

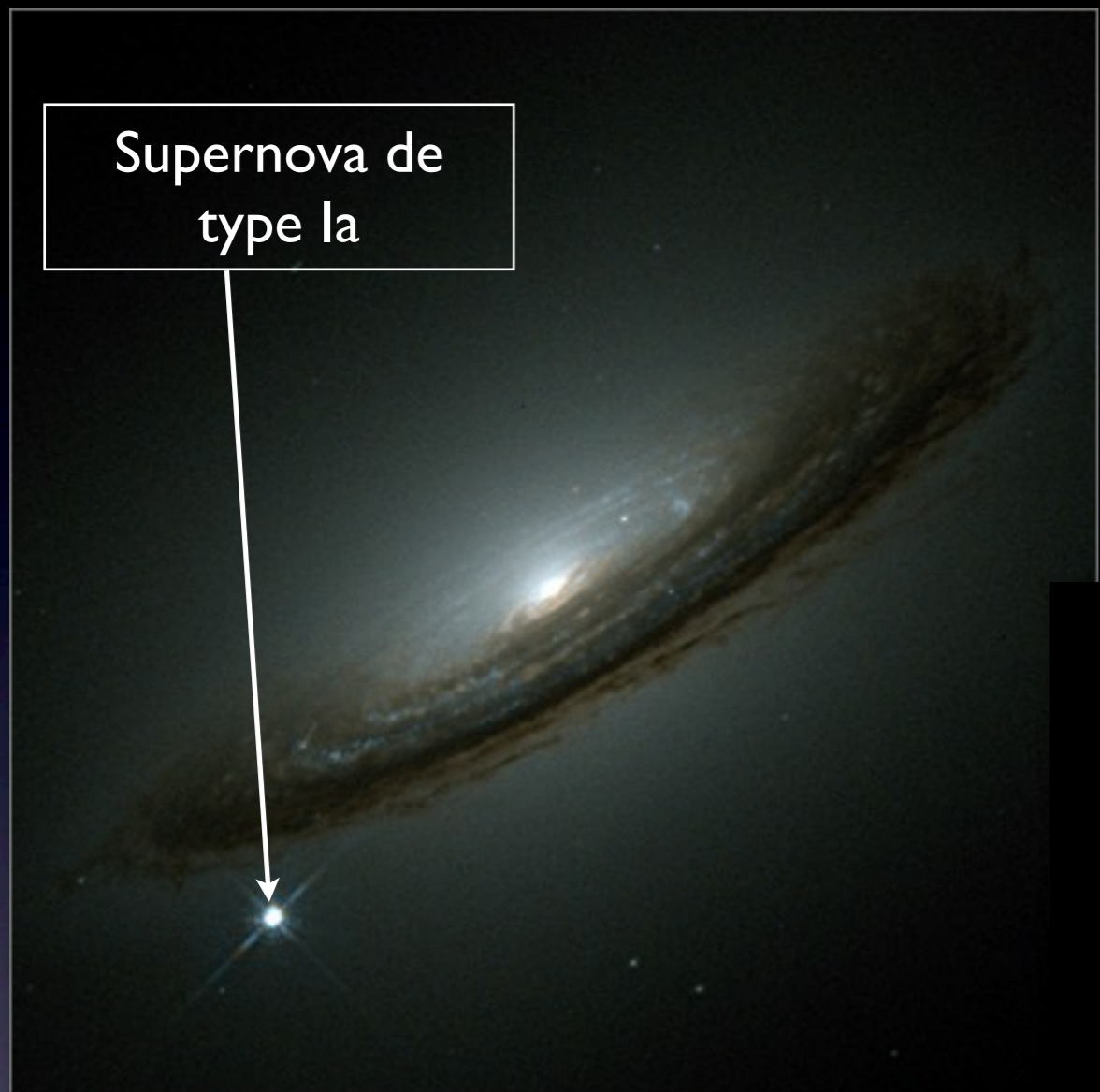


et très homogènes

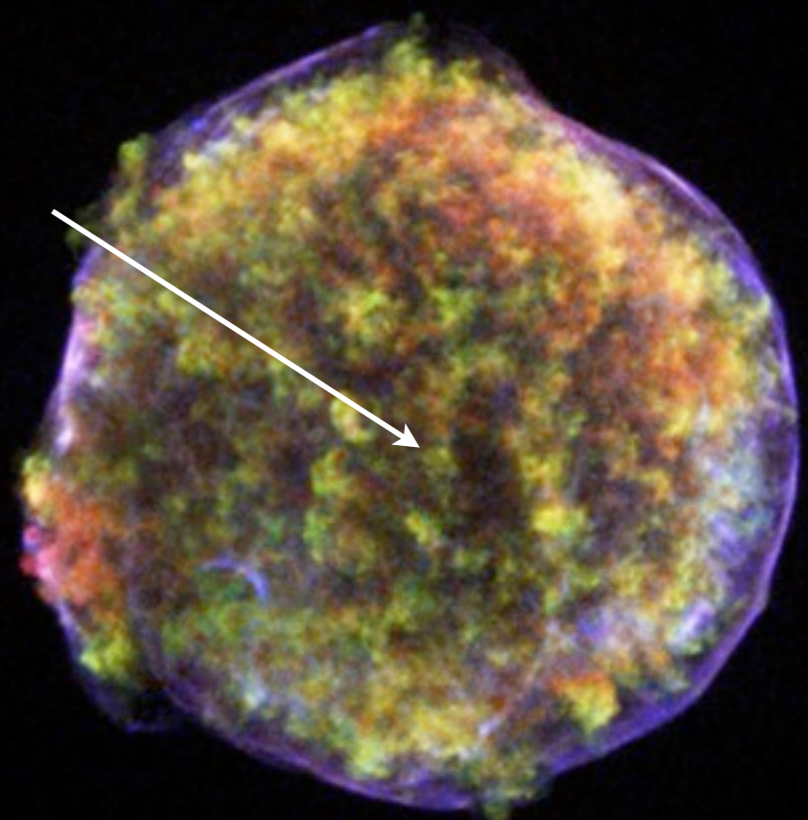


⇒ montre que
l'Univers est en
expansion accélérée

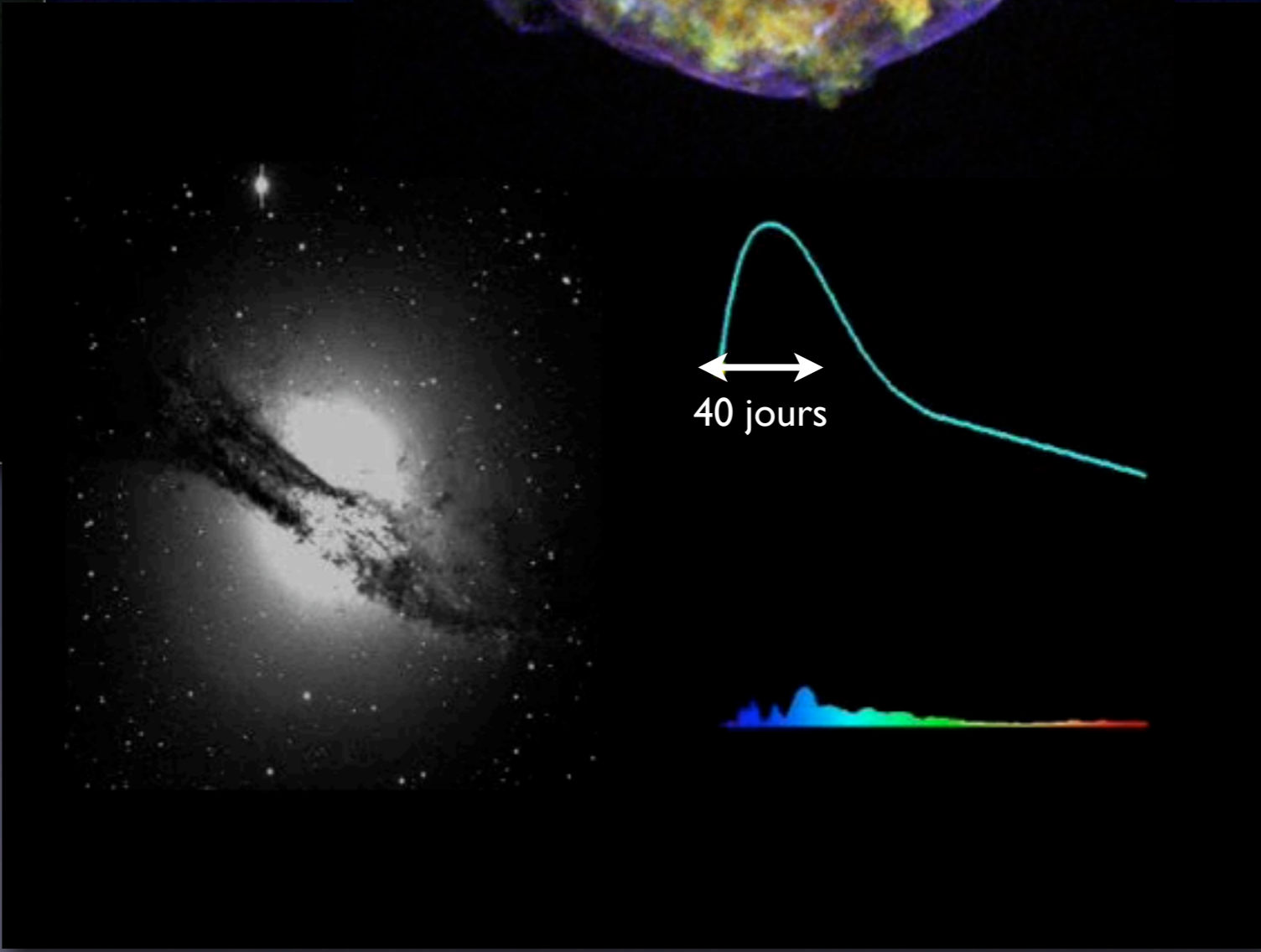
Des objets TRÈS brillants



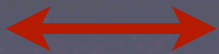
Au centre, il ne reste rien



Explosion thermonucléaire d'une Naine Blanche

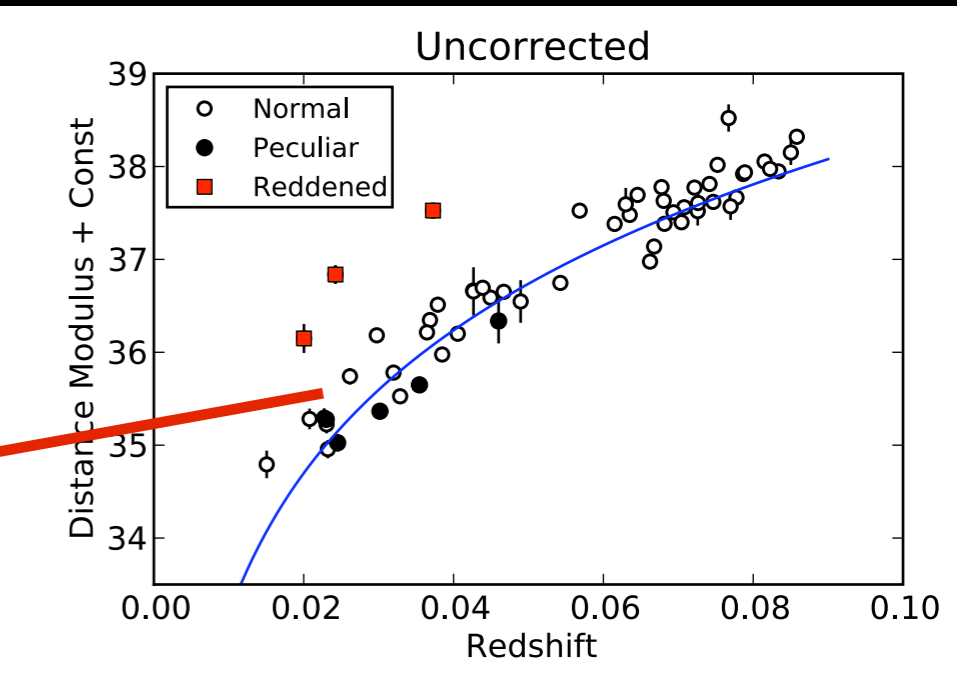
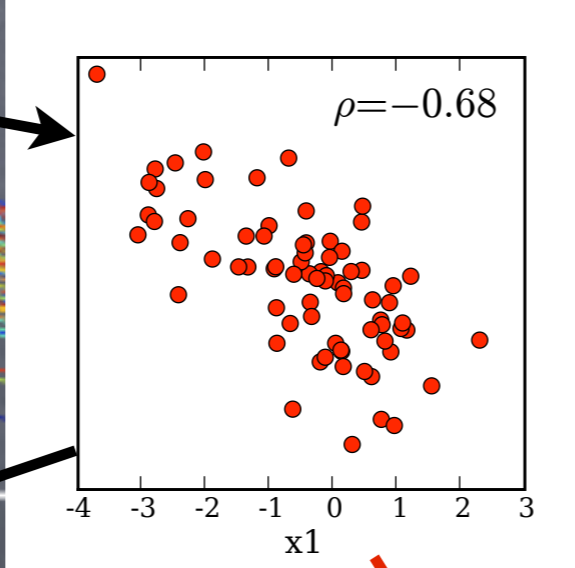
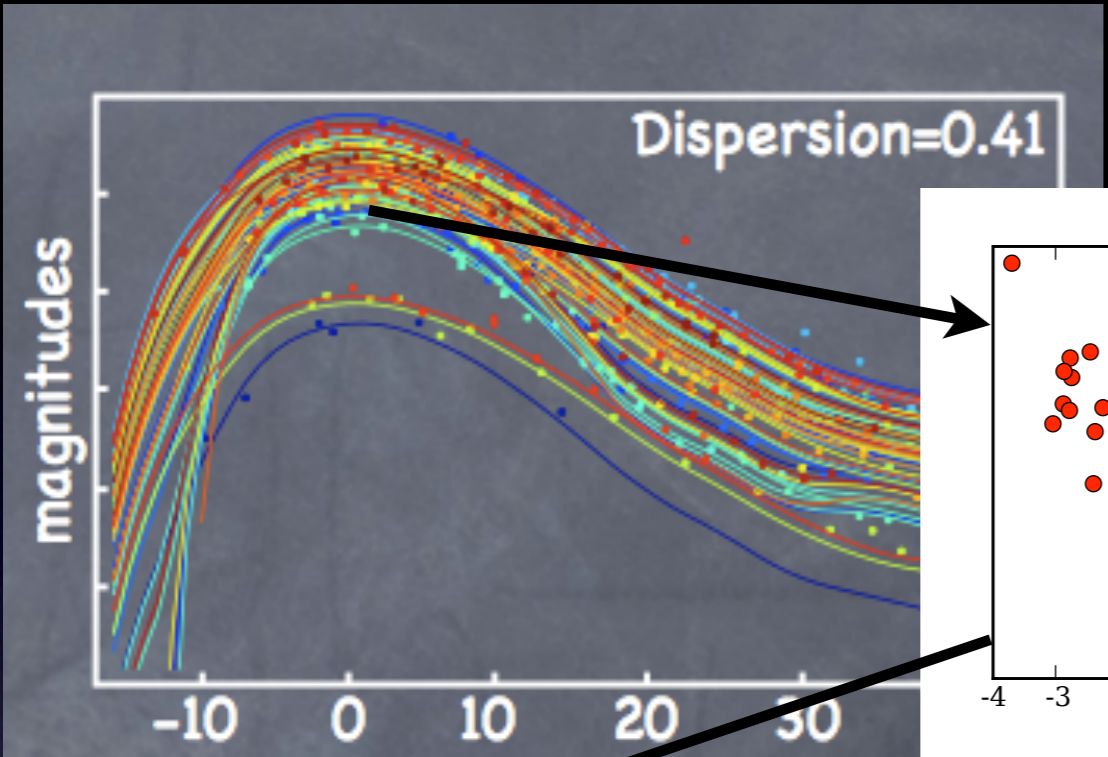


1.4 Masse solaire

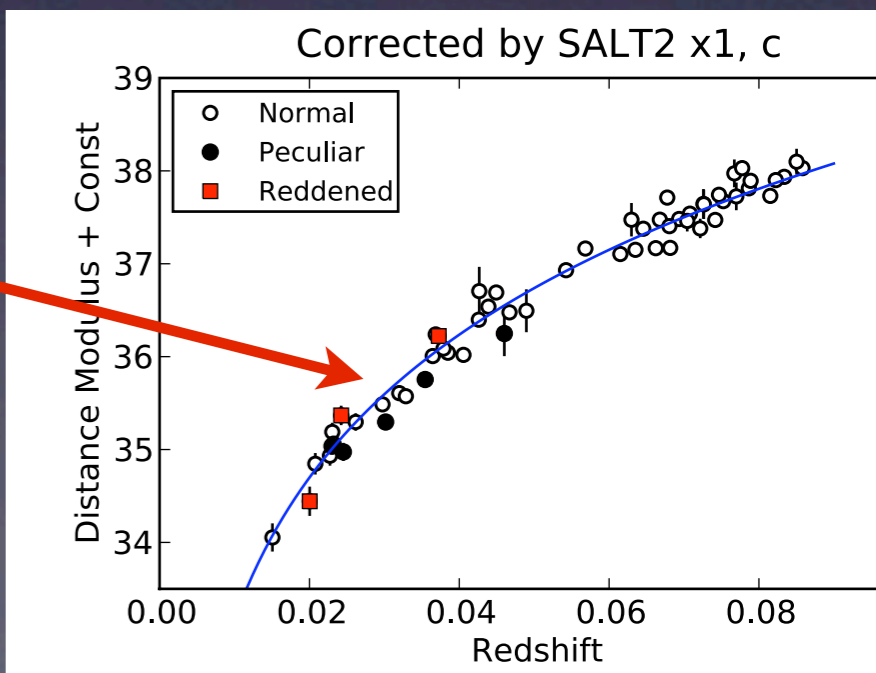
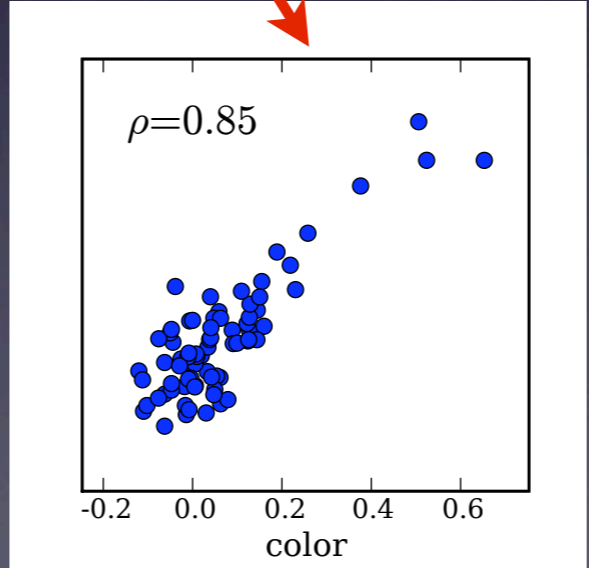
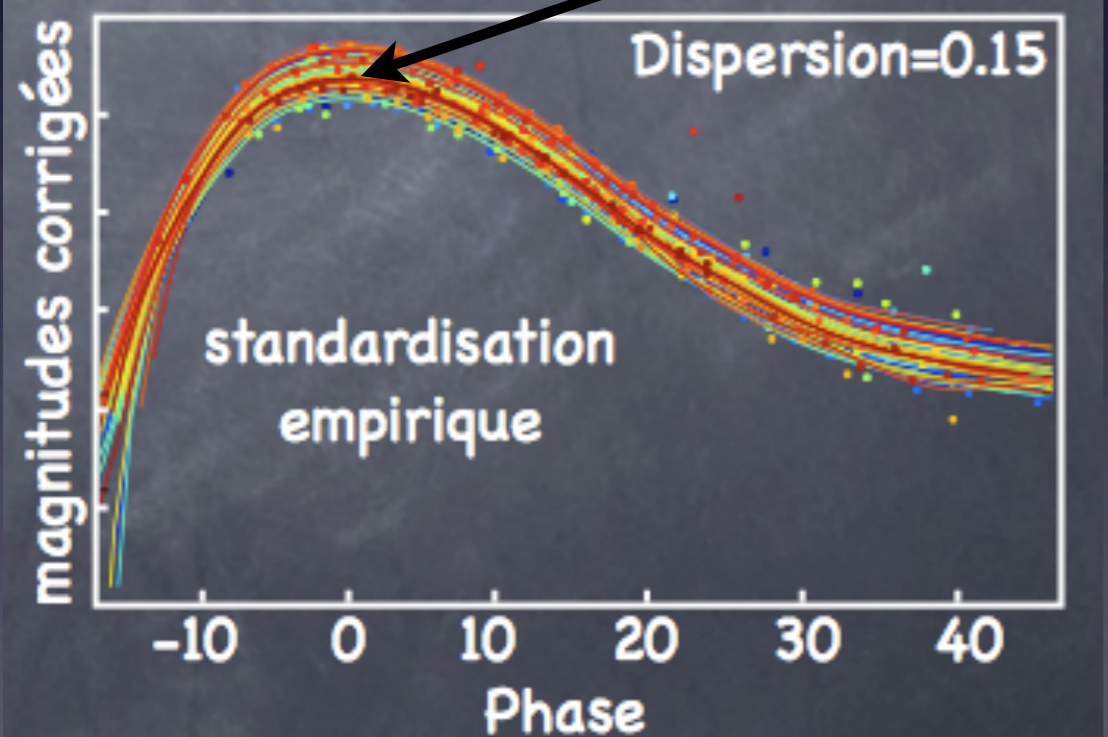


Explosion ~ 15 secondes

Des chandelles *standardisables*

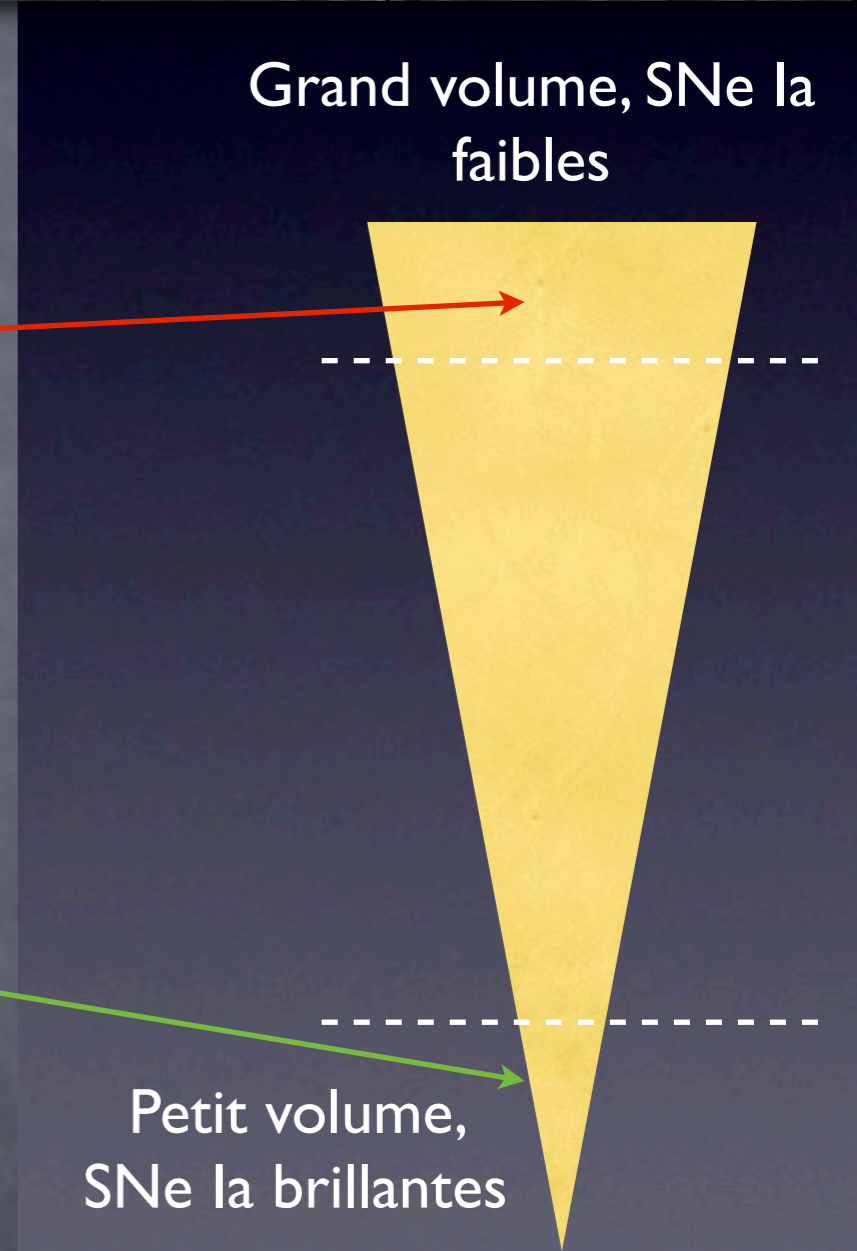
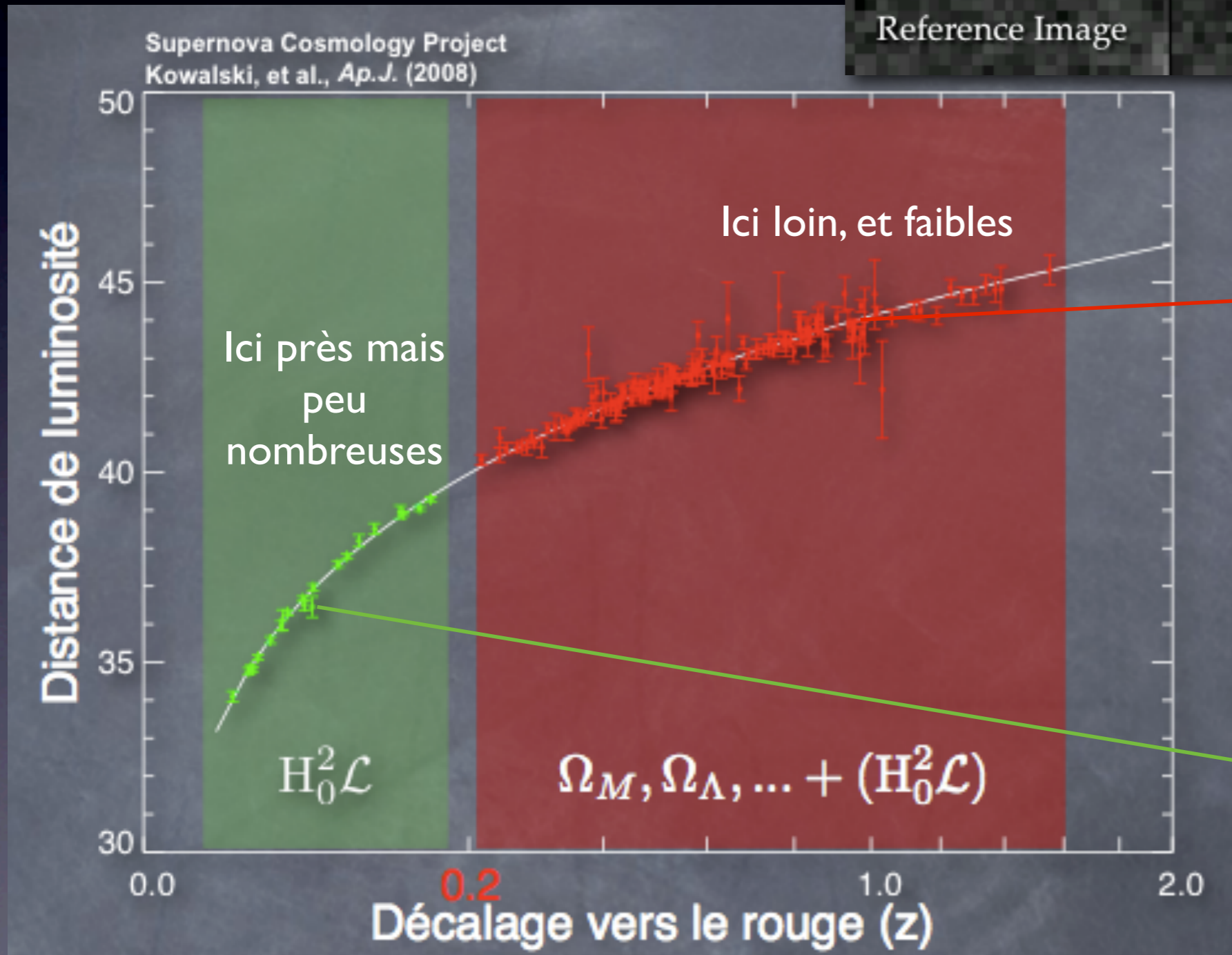


Diminution de la dispersion



$$m_{obs} = M_0 + \mu_0 + \alpha x + \beta c + \mu$$

Pour mesurer les SNe Ia, il faut les trouver



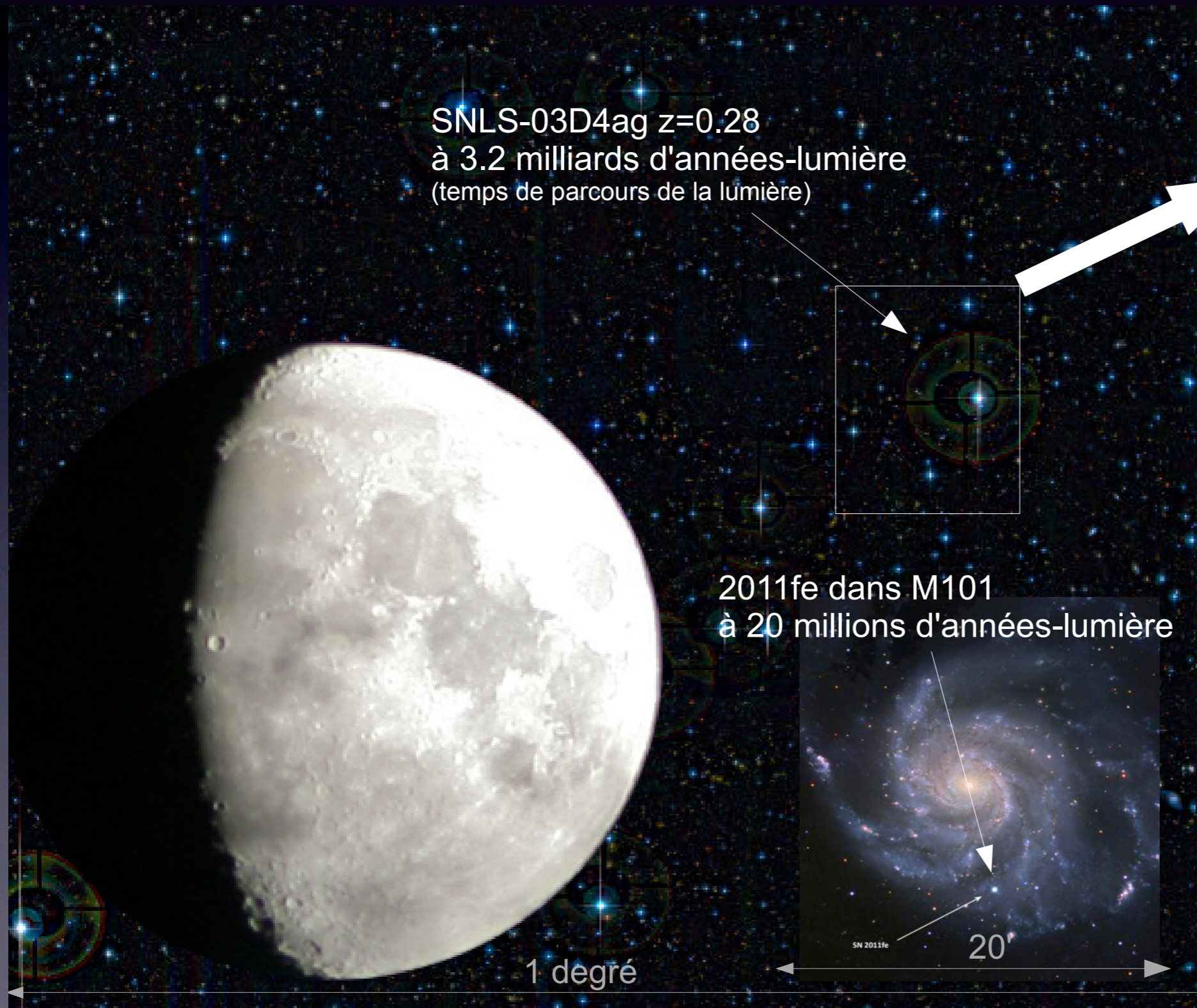
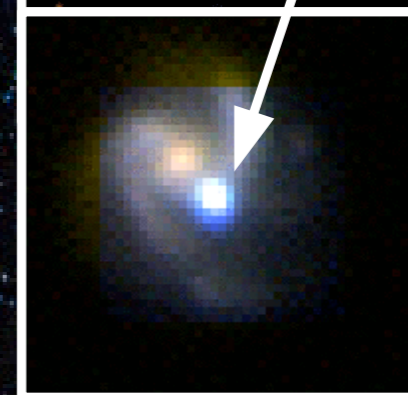
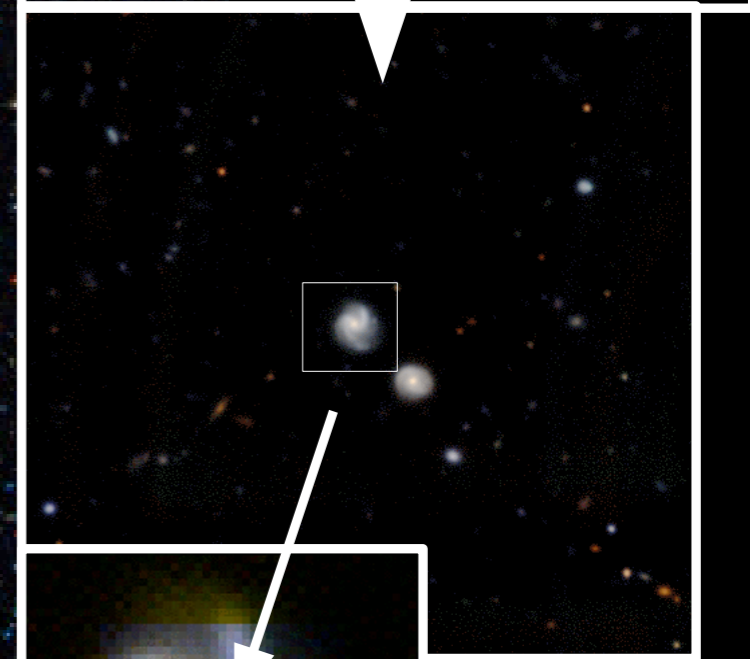
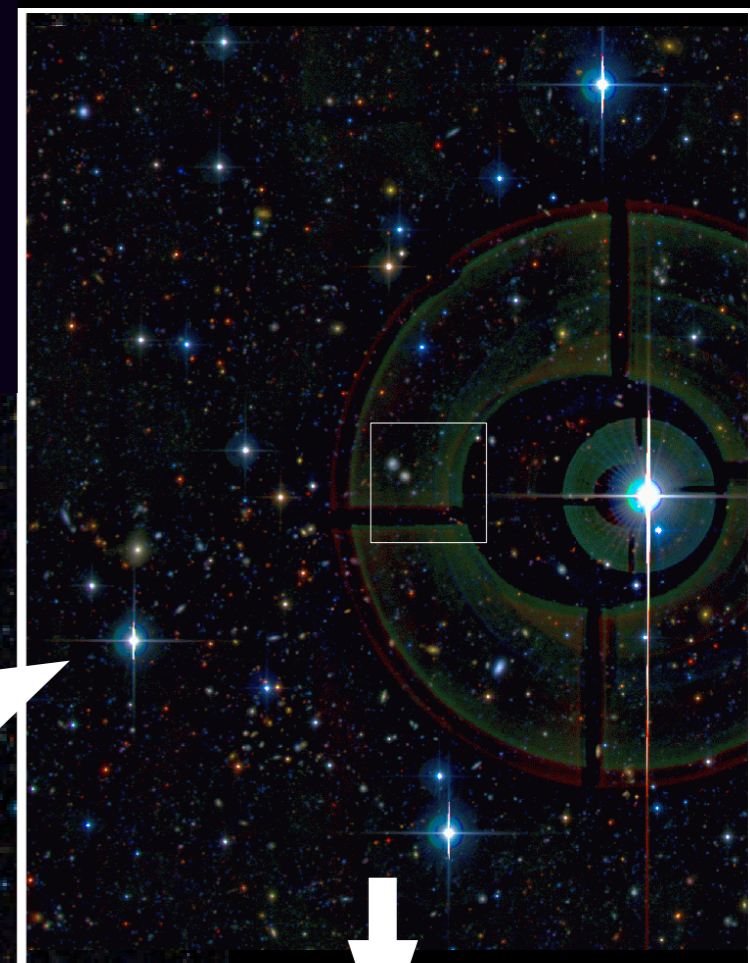
Le champ D4 du projet SuperNova Legacy Survey

SNLS-03D4ag $z=0.28$
à 3.2 milliards d'années-lumière
(temps de parcours de la lumière)

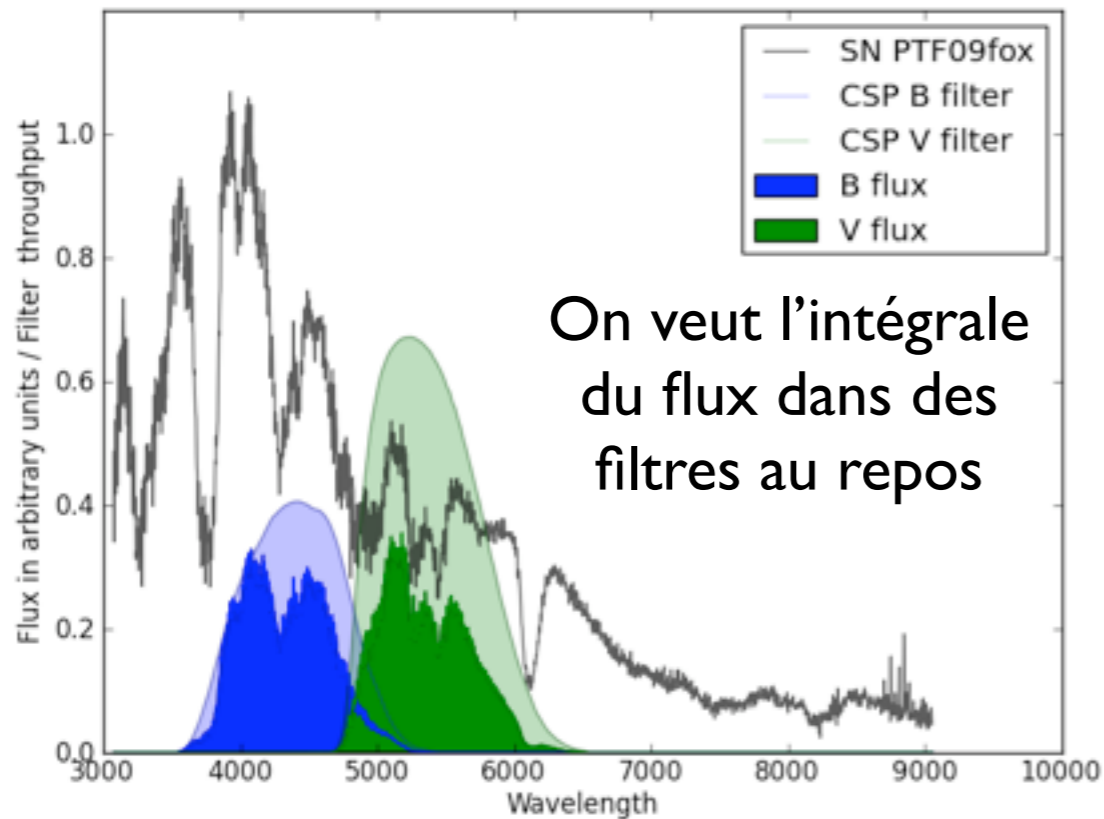
2011fe dans M101
à 20 millions d'années-lumière

1 degré

20'



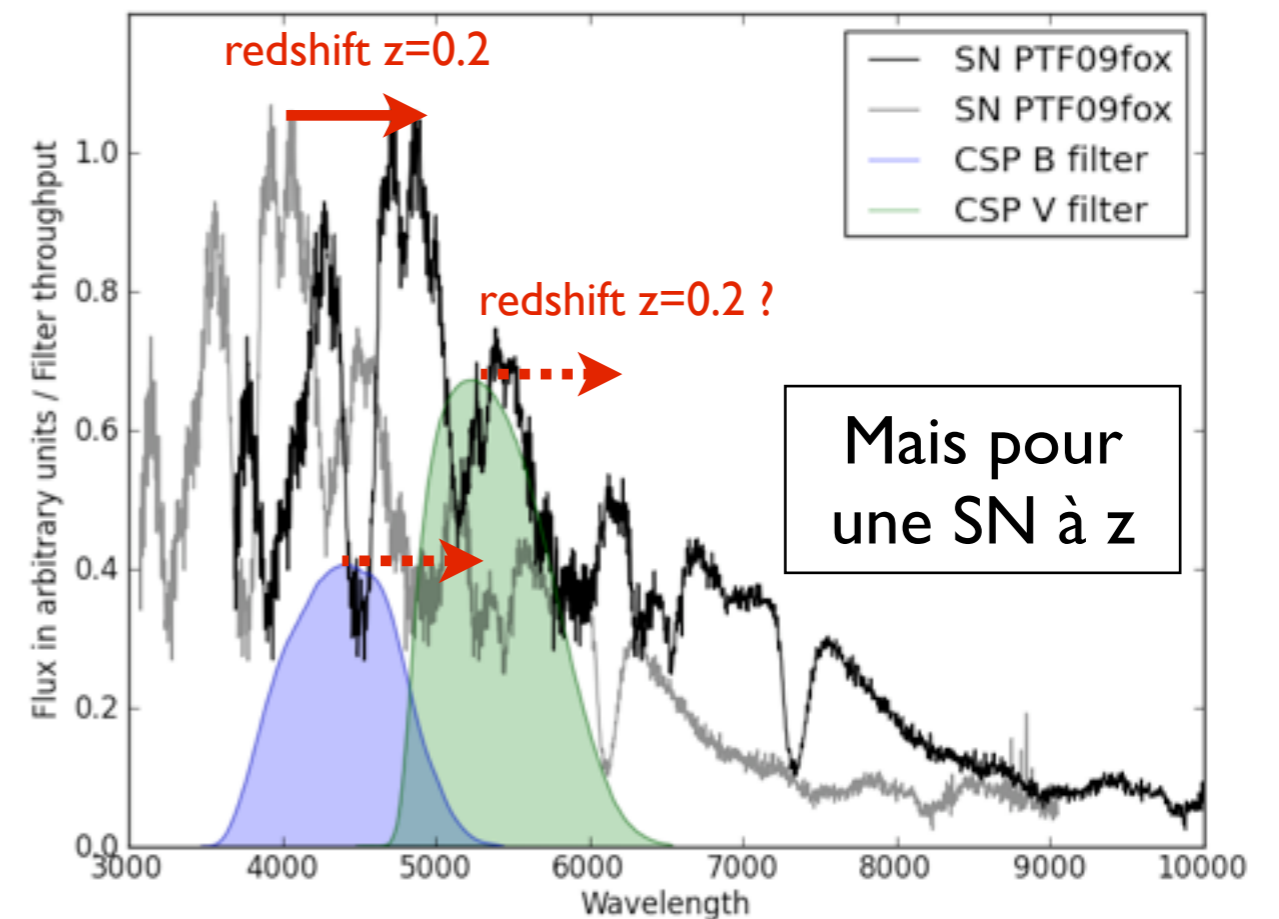
Quelques “petits détails” pratiques



On fait la mesure dans les filtres au repos

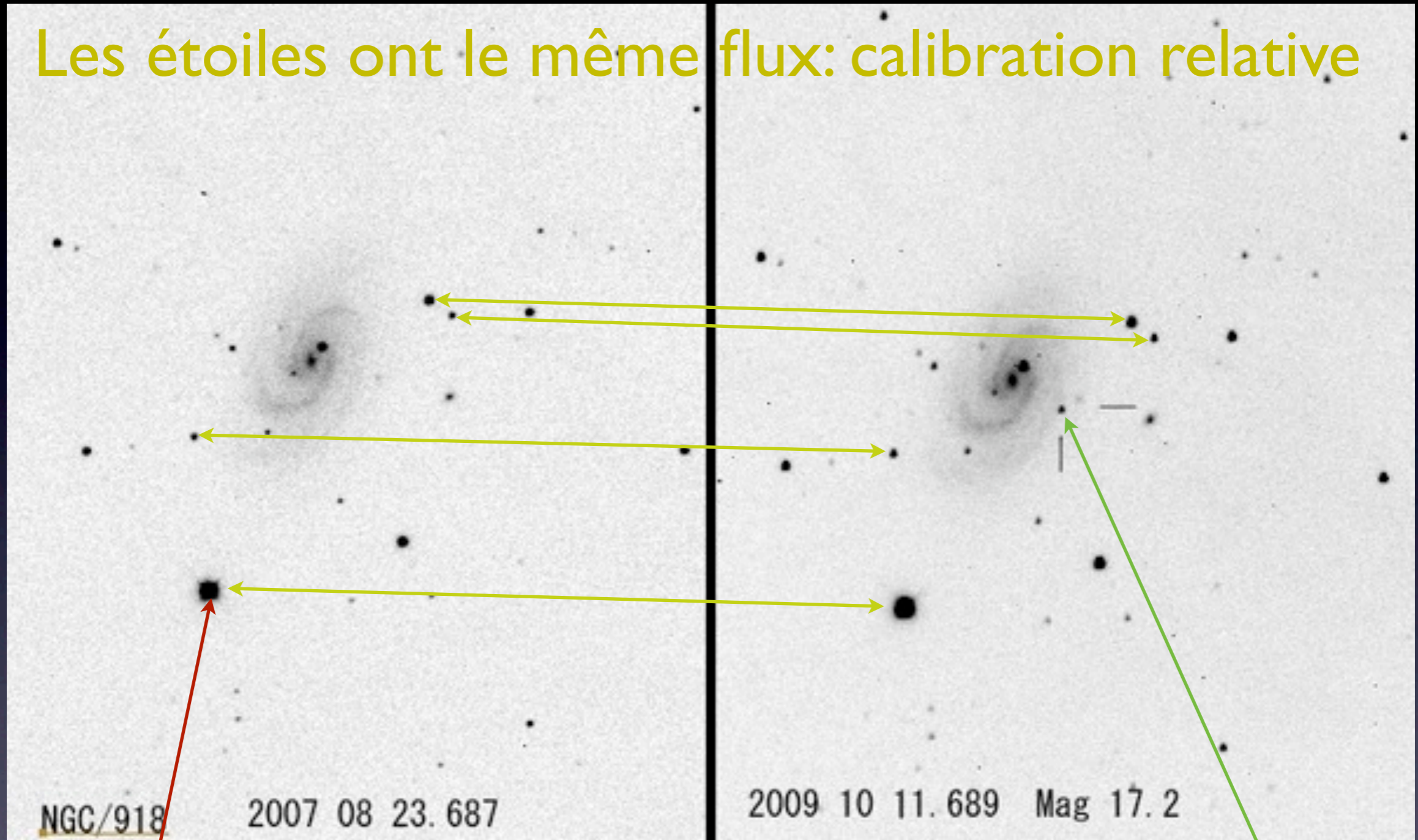
On doit trouver une correction pour chaque redshift ...

... Sans connaître le spectre de la SN

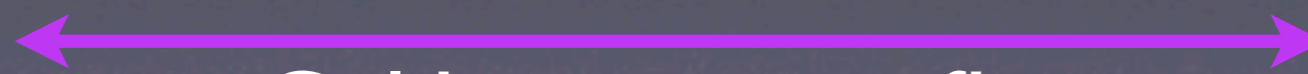


Une calibration difficile

Les étoiles ont le même flux: calibration relative



Étoile de référence

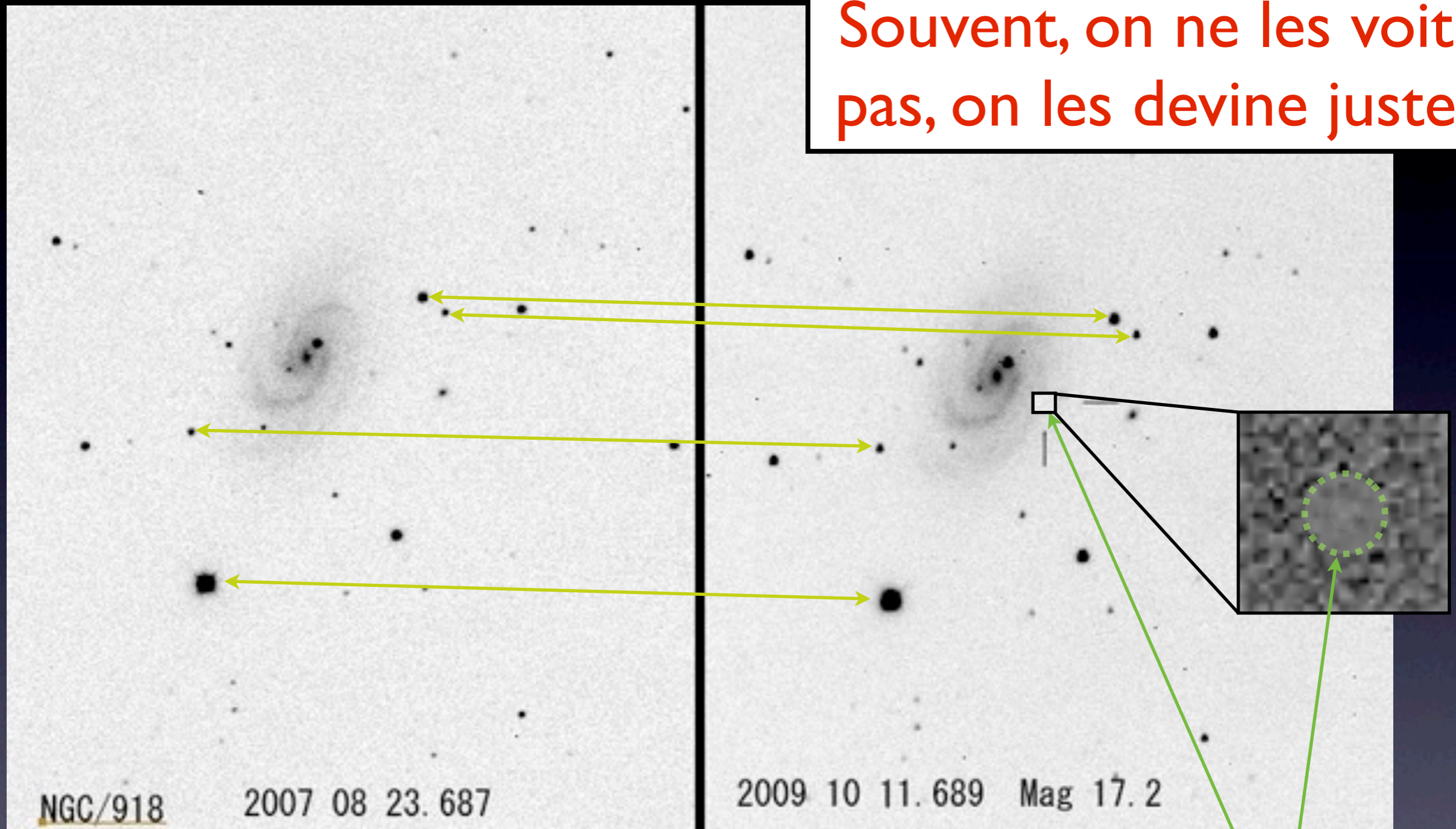


Calibration en flux

Supernova

Une calibration TRÈS difficile

Souvent, on ne les voit pas, on les devine juste

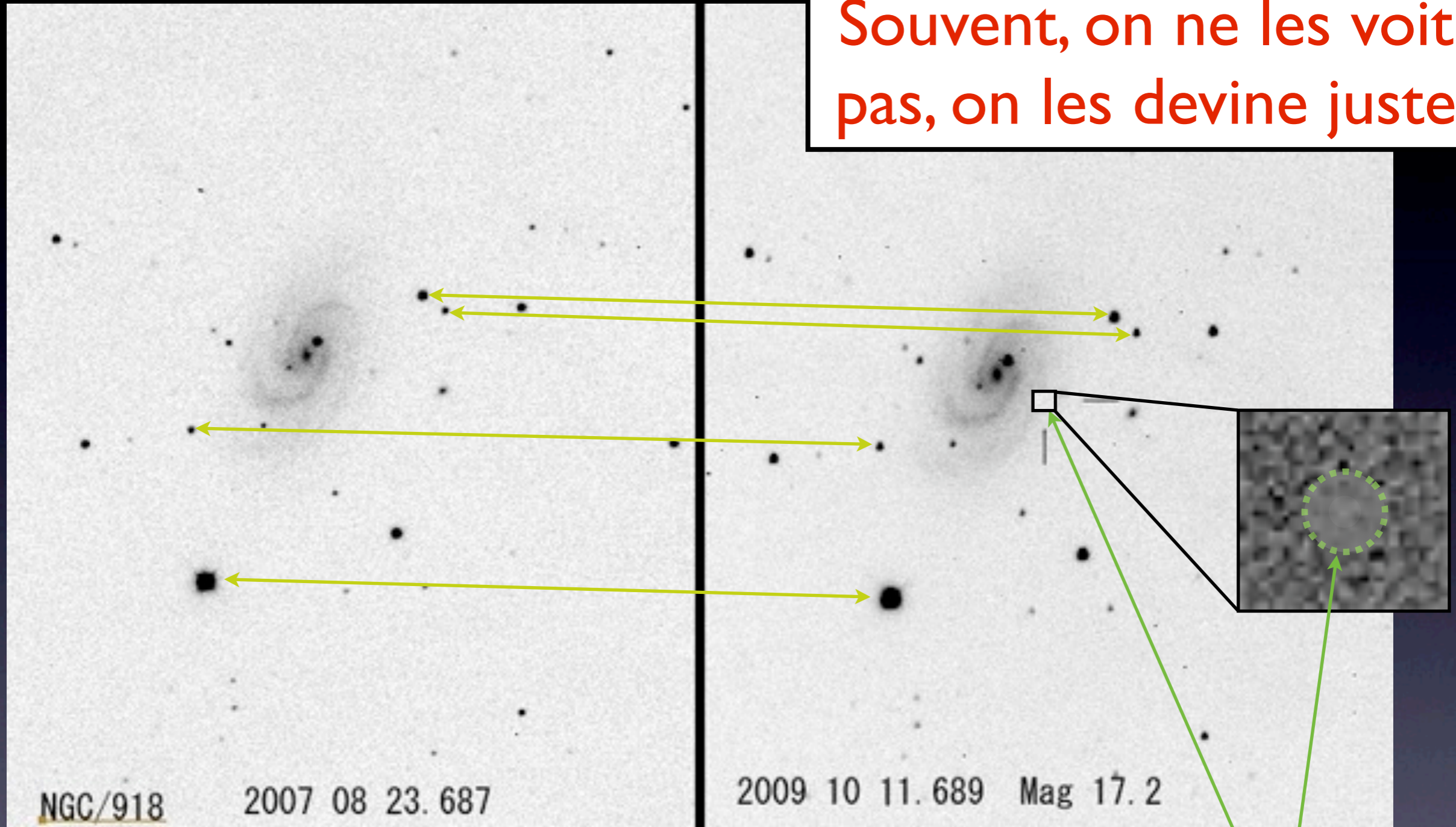


+

+

Une calibration TRÈS difficile

Souvent, on ne les voit pas, on les devine juste



Fond de ciel
variable

+

Bruit du
détecteur

+

Supernovae
très faibles

Couleur et extinction

De la poussière dans les galaxies



Si les poussières évoluent avec z ...

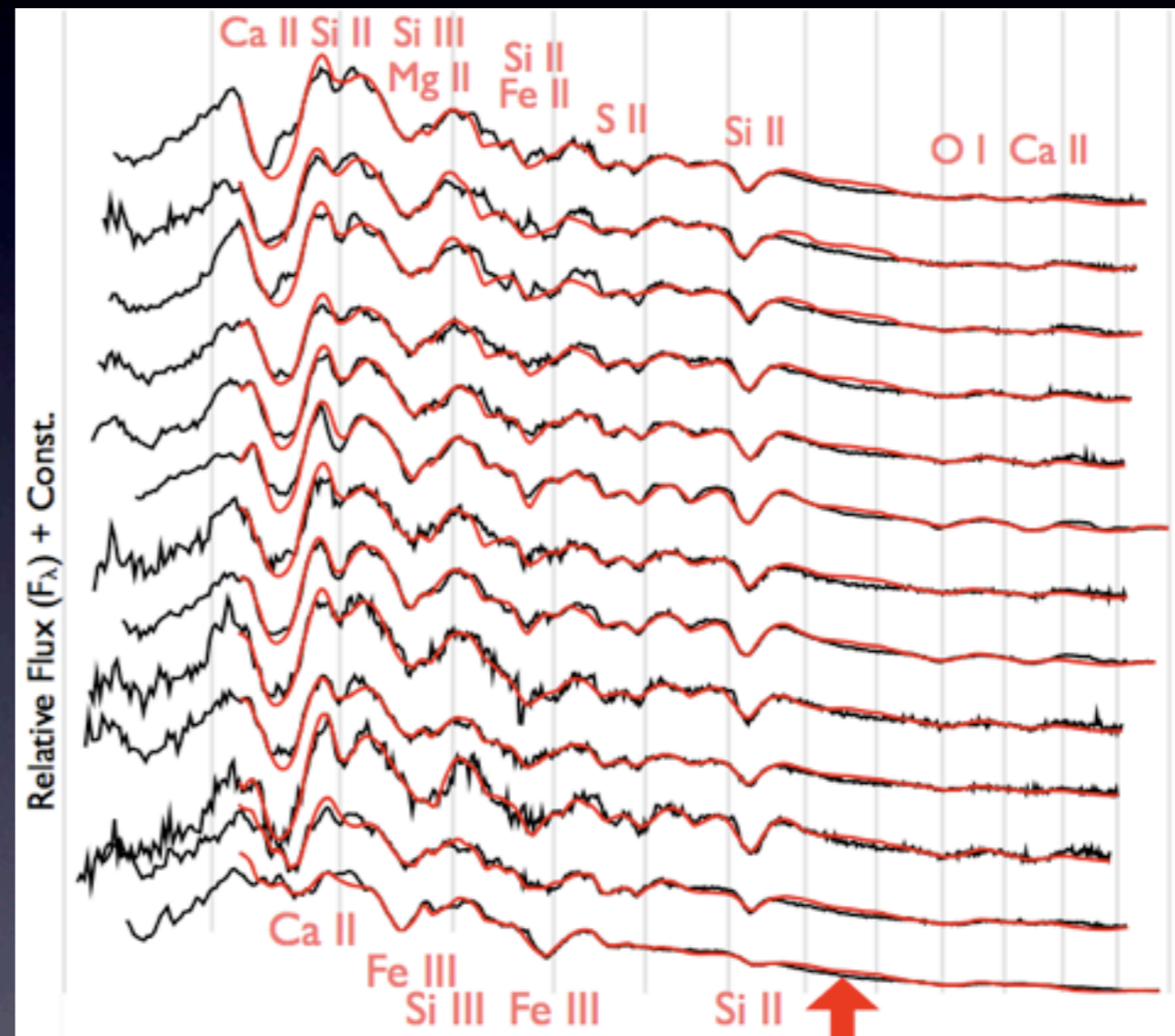
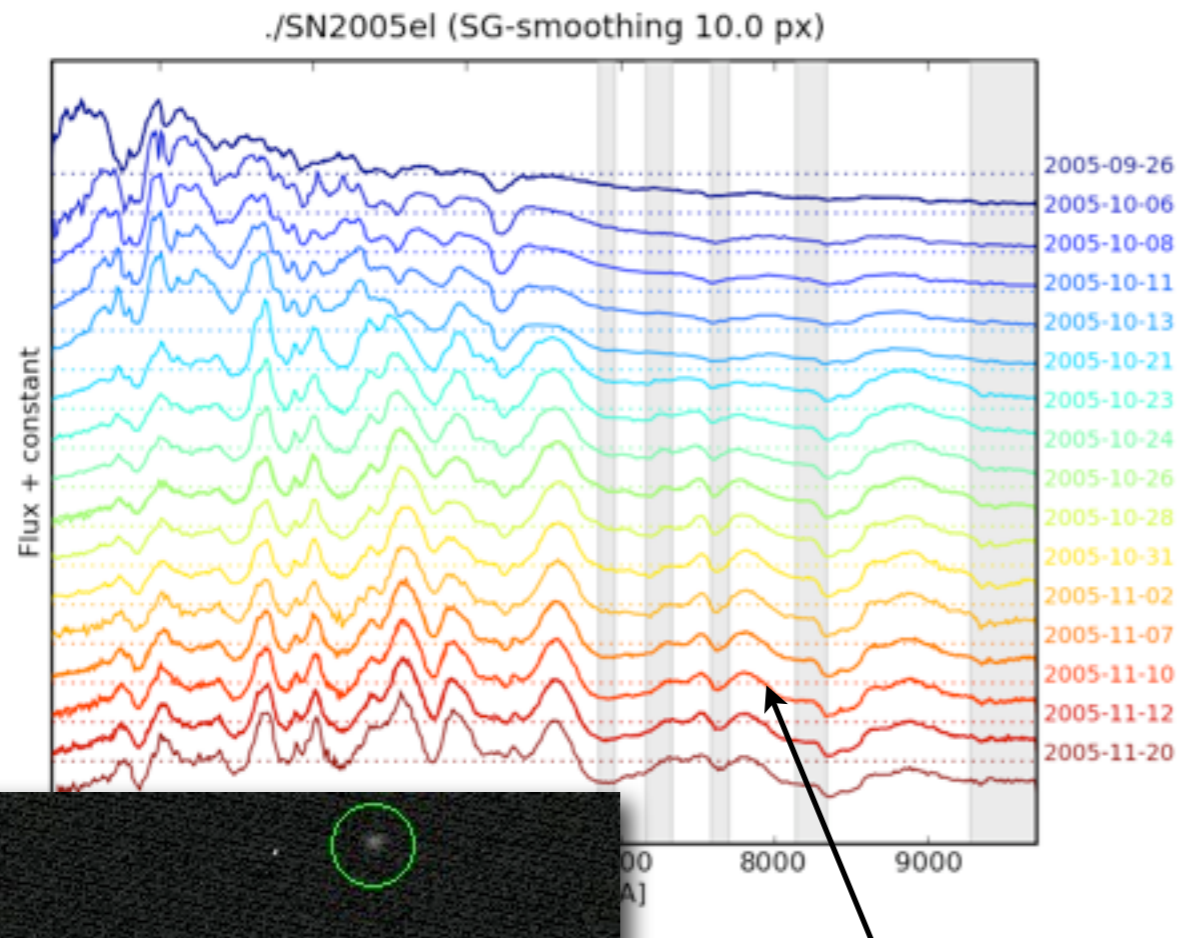
... On biaise la cosmologie

$$m_{obs} = M_0 + \mu_0 + \alpha x + \beta c + \mu$$

Et des SNe la dans la poussière

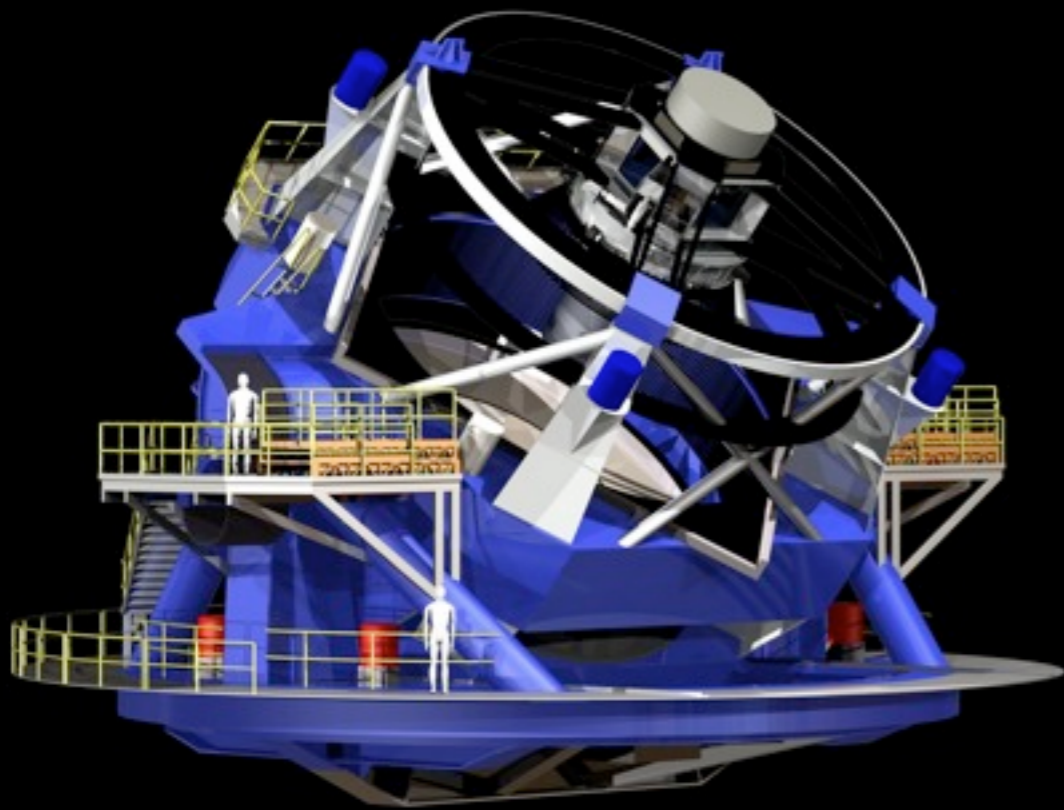


Des spectres pour comprendre les SNe Ia



Comprendre la physique et les couleurs des SNe Ia

Et ensuite: un télescope grand champ au sol

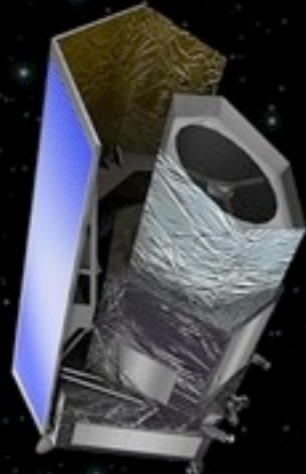


LSST pour trouver beaucoup de SNe Ia

+ Bonne calibration instrumentale



... et de la spectro-photométrie infrarouge depuis l'espace



Euclid pour observer des SNe la très lointaines

Expansion History of the Universe

Perlmutter, Physics Today (2003)

