

# **Cosmologie et grandes cartes de l'Univers**

Éric Aubourg • APC

# Problèmes clés en cosmologie

On ne connaît que 4% de ce qui compose l'Univers

- Quelle est la nature de la matière noire ?
- Quelle est la cause de l'accélération de l'expansion de l'Univers ? Une composante supplémentaire de pression négative et de nature inconnue (« énergie noire ») ? Faut-il modifier la théorie de la gravitation ?

Un objectif important actuellement : étudier les caractéristiques de l'énergie noire

- Reconstruire l'histoire de l'expansion de l'Univers
- Étudier la croissance des grandes structures

# Outils et méthodes

Cartographie de « traceurs » des grandes structures.

Utilisation d'étalons de distance (supernovae, BAO...).

Détection d'objets lointains pour remonter l'histoire de l'expansion

Nécessité d'explorer un grand volume : grande surface du ciel, grande profondeur

# Projets à l'horizon 2020

Deux projets majeurs :

— Satellite Euclid, dédié à l'énergie noire, qui va utiliser les oscillations de baryons et les lentilles gravitationnelles

— Télescope au sol LSST, polyvalent, qui utilise pour l'énergie noire toutes les principales sondes : oscillations de baryons, lentilles, amas, supernovae.

LSST est le projet qui pose le plus de problèmes de traitement de données en raison du volume et de la rapidité souhaitée.

# LSST

Large Synoptic Survey Telescope, 2020 au Chili.

Caméra de 3.2 Gpixel (6.4 Go), une image toutes les 15 secondes : 15-30 To de données par nuit.

Objectifs scientifiques très vastes.

En dix ans d'opération, mille « visites » sur chaque endroit du ciel (couverture totale en trois nuits).

— accès au ciel profond par addition des images

— analyse d'événements transitoires (supernovae), d'objets mobiles (astéroïdes).

Mode relevé uniquement : le télescope livre des données réduites à la communauté.

# LSST

5 000 milliards de détections de sources

32 000 milliards de mesures de photométrie

38 milliards d'objets suivis (dont 24 milliards de galaxies)

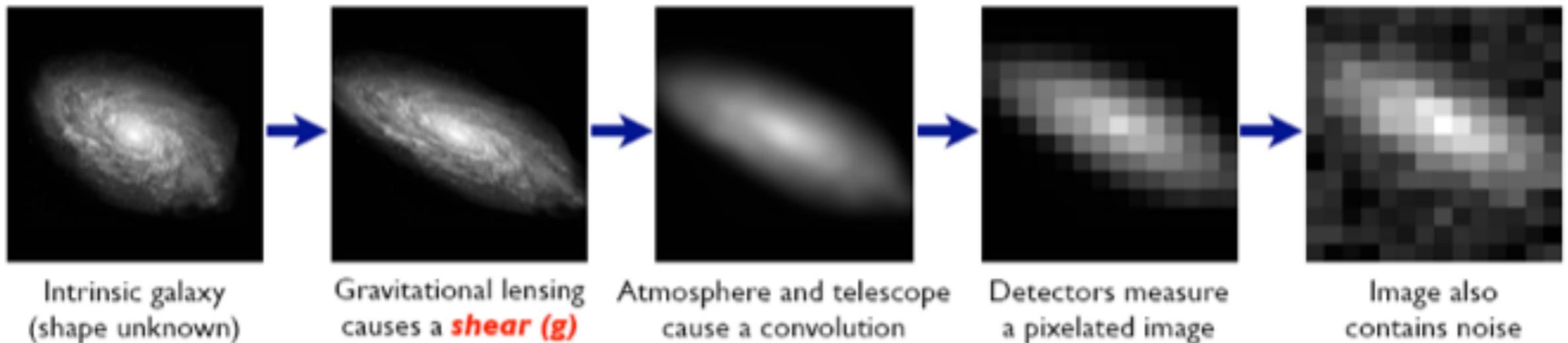
Des alertes sur les objets transitoires publiées moins de 60 secondes après la lecture de la caméra.

# LSST : quelques objectifs scientifiques clés

## Cosmologie : étude des effets de lentilles gravitationnelles

Mesure de la matière *totale* présente devant une source par l'effet de distorsion gravitationnelle

### Galaxies: Intrinsic galaxy shapes to measured image:



# LSST : quelques objectifs scientifiques clés

Pour analyser l'effet de lentille gravitationnelle, on doit connaître la distance des sources

Impossible de prendre un spectre pour chaque objet

On s'appuie sur des redshifts photométriques : mesure dans 5 filtres différents, et reconstruction (probabiliste) de la distance

Améliorable par croisement avec d'autres relevés (satellite Euclid dans l'infrarouge par exemple)

Nécessité d'un étalonnage photométrique précis

# LSST : quelques objectifs scientifiques clés

Les effets de l'instrument et de l'atmosphère se moyennent entre les différentes « visites » d'un champ

Additionner les images n'est pas optimal

Ajustement simultané sur une « pile » d'images, avec pour chacune un modèle des effets de l'instrument et de l'atmosphère

# LSST : quelques objectifs scientifiques clés

## Recherche de supernovae

Explosion d'étoiles, dont la luminosité atteint celle d'une galaxie.

Peuvent servir d'étalon de distance pour mesurer l'expansion de l'Univers.

## Recherche d'apparition d'objets dans les images

Algorithme spécifique de soustraction d'images

# LSST : quelques objectifs scientifiques clés

Systeme solaire et astéroïdes

Recherche d'objets ayant bougé, reconstruction de trajectoires

# LSST

Les catalogues seront publiés tous les ans (quelques mois de retraitement chaque année)

Les images seront publiques, mais il faudra sans doute aller calculer là où sont les images (100 Pb...) : data access centers.

Reconstruction de séries temporelles : nécessité d'accès direct, non séquentiel, aux données.

Découverte d'objets atypiques.

Stockage distribué, bases de données distribuées, algorithmes de type map-reduce.

Développement d'un système (QServ) de requêtes parallèles sur une ferme de serveurs MySQL, s'appuyant sur Scalia/xrootd.

# LSST : le consortium

Huit laboratoires IN2P3 en France

Le Chili (toutes les universités)

35 universités américaines

Google

# LSST : distribution des données et partenariats

Les acteurs du cloud sont intéressés :

Google est membre du consortium.

Amazon propose l'hébergement gratuit de toutes les données publiques, et la vente de temps de calcul.