

Cosmondements

Les 10 commandements de la voie et la vertu de la

Cosmologie observationnelle

Martin Tourneboeuf

2019

Cosmologie observationnelle

☉ Astrologie

Cosmologie observationnelle

② Astronautique

Cosmologie observationnelle

② Astronomie

Cosmologie observationnelle

⌚ Astrophysique

Cosmologie observationnelle

- ⌚ Astrophysique
- ⌚ Cosmologie observationnelle

Cosmologie observationnelle

0 Univers

0.0 Composition

0.1 Topologie

0.2 Expériences de pensée

1 Étoile

1.0 Lumière

1.1 Naissance

1.2 Vie

1.3 Mort

2 Galaxie

2.0 Astrophysique galactiques

2.1 Recherche des lointaines (Chili)

2.2 Infra-Rouge

2.3 Résultats

3 Cosmologie

3.0 Principales méthodes observationnelle

3.1 Étude des bleux (Hawaii)

Cosmologie observationnelle

0 Univers

0.0 Composition

0.1 Topologie

0.2 Expériences de
pensée

1 Étoile

1.0 Lumière

1.1 Naissance

1.2 Vie

1.3 Mort

Voie

2 Galaxie

2.0 Astrophysique
galactiques

2.1 Recherche des
lointaines (Chili)

2.2 Infra-Rouge

2.3 Résultats

3 Cosmologie

3.0 Principales méthodes
observationnelle

3.1 Étude des bleux
(Hawaii)

Vertu

Vocabulaire

Mot	Définition
Métal	Éléments plus lourds que l'hélium
Gaz	Atomes dans la nature
Filtre	Optique (chromatique)
Couleur	Différence de luminosité entre 2 filtres
Matière	Barionique (quark)
Dégénéré	Plusieurs scénarios sont possibles
Contraindre	Supprimer des scénarios possibles

Cosmologie observationnelle

0 Univers

0.0 Composition

0.1 Topologie

0.2 Expériences de
pensée

1 Étoile

1.0 Lumière

1.1 Naissance

1.2 Vie

1.3 Mort

Voie

2 Galaxie

2.0 Astrophysique
galactiques

2.1 Recherche des
lointaines (Chili)

2.2 Infra-Rouge

2.3 Résultats

3 Cosmologie

3.0 Principales méthodes
observationnelle

3.1 Étude des bleux
(Hawaii)

Vertu

0.0 Univers : Composition : Λ CDM : 13,8 Gans

Élément	Densité	Facteur
Énergie noire	72%	0
Matière noire	23%	3
Baryons	4.6%	3
Étoile	0.5%	3
Photons	0.005%	4
Neutrino	0.004%	3.99

0.0 Univers : Composition : Λ CDM : 13,8 Gans

Élément	Densité	Facteur
Énergie noire	72%	0
Matière noire	23%	3
Baryons	4.6%	3
Étoile	0.5%	3
Photons	0.005%	4
Neutrino	0.004%	3.99

★ **01** commandement

| On ne voit que les photons

0.1 Univers : Topologie <- Cosmogonie

0.1 Univers : Topologie <- Cosmogonie

Lie Yukou (Chine -400)

0.1 Univers : Topologie <- Cosmogonie

Lie Yukou (Chine -400)

- ⊗ Il y a un producteur qui n'a pas été produit,
 - ▶ un transformeur qui n'est pas transformé.

0.1 Univers : Topologie <- Cosmogonie

Lie Yukou (Chine -400)

- ⊗ Il y a un producteur qui n'a pas été produit,
 - ▶ un transformeur qui n'est pas transformé.
- ⊗ Ce non-produit a produit tous les êtres,
 - ▶ ce non-transformé transforme tous les êtres.

0.1 Univers : Topologie <- Cosmogonie

Lie Yukou (Chine -400)

- ② Il y a un producteur qui n'a pas été produit,
 - ▶ un transformeur qui n'est pas transformé.
- ② Ce non-produit a produit tous les êtres,
 - ▶ ce non-transformé transforme tous les êtres.
- ② Depuis le commencement de la production,
 - ▶ le producteur ne peut plus ne pas produire ;

0.1 Univers : Topologie <- Cosmogonie

Lie Yukou (Chine -400)

- ⊗ Il y a un producteur qui n'a pas été produit,
 - ▶ un transformeur qui n'est pas transformé.
- ⊗ Ce non-produit a produit tous les êtres,
 - ▶ ce non-transformé transforme tous les êtres.
- ⊗ Depuis le commencement de la production,
 - ▶ le producteur ne peut plus ne pas produire ;
- ⊗ Depuis le commencement des transformations,
 - ▶ le transformeur ne peut plus ne pas transformer

0.1 Univers : Topologie <- Cosmogonie

Moïse (Moyen-Orient -1000)

- ⌚ Au commencement, Dieu créa les cieux et la terre.
 - ▶ La terre était informe et vide : il y avait des ténèbres à la surface de l'abîme, et l'esprit de Dieu se mouvait au-dessus des eaux.

0.1 Univers : Topologie <- Cosmogonie

Moïse (Moyen-Orient -1000)

- ⌚ Au commencement, Dieu créa les cieux et la terre.
 - ▶ La terre était informe et vide : il y avait des ténèbres à la surface de l'abîme, et l'esprit de Dieu se mouvait au-dessus des eaux.

1. Lumière
2. Ciel
3. Terre
4. Soleil, lune, étoiles
5. Vie
6. Humain
7. Dodo

0.1 Univers : Topologie <- Cosmogonie

Et Al

1. Univers <- néant | chaos | inconnu | puissance
2. Temps, espace, lumière, matière <- chaos inerte
3. Soleil, terre
4. Vie
5. Humain

0.1 Univers : Topologie <- Cosmogonie

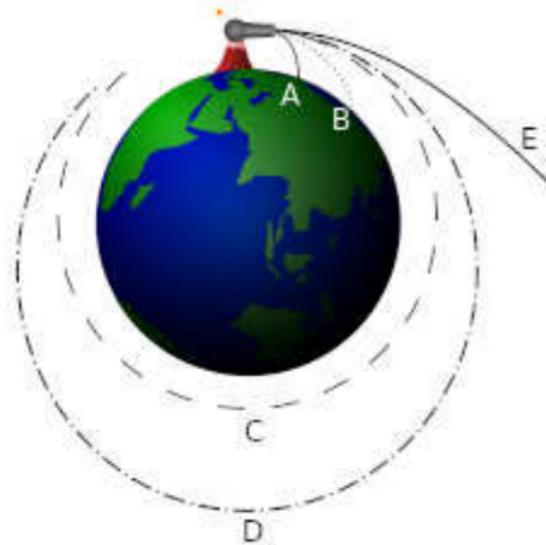
Et Al

1. Univers <- néant | chaos | inconnu | puissance
2. Temps, espace, lumière, matière <- chaos inerte
3. Soleil, terre
4. Vie
5. Humain

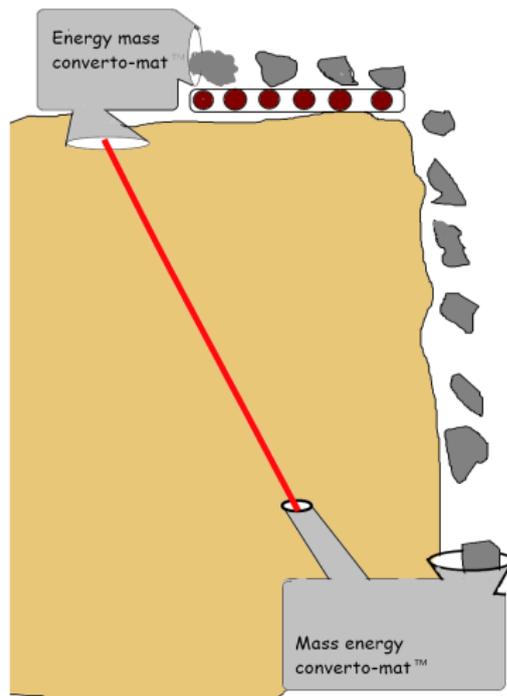
Principe cosmologique :

- ⊗ Isotrope
- ⊗ Homogène 1930
- ⊗ Anthropique 1973

0.2 Expériences de pensée : Mauvais élève

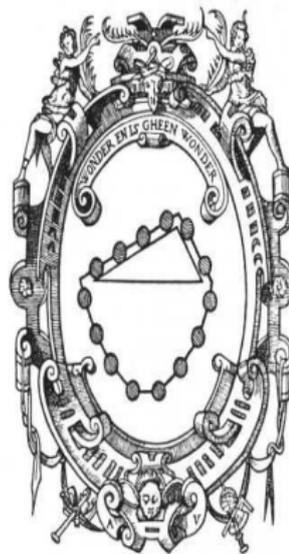
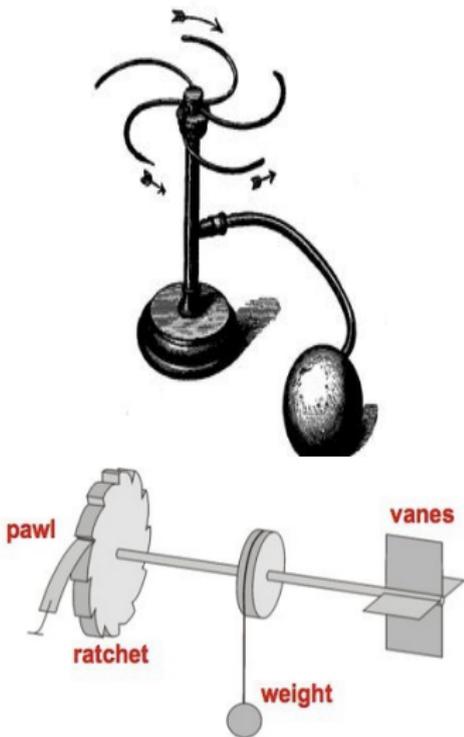


Boule de canon de Newton



Redshift gravitationnel

0.2 Expériences de pensée : Pentesteur



Vignette from the Title Page
of SIMON STEVIN'S DE BEGHINSELEN DER WEEGHCONST,
or *Principles of Statics* (Leiden, 1586)

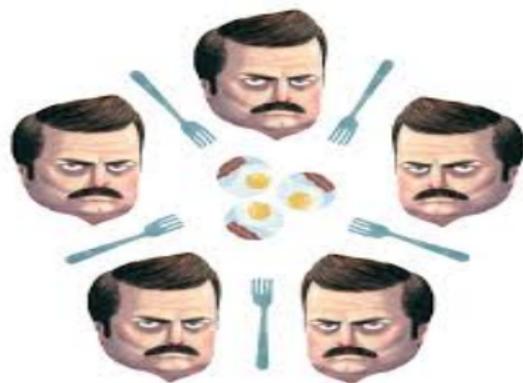
0.2 Expériences de pensée : Science

0.2 Expériences de pensée : Science

- ⌚ Informatique : diner des philosophes (Dijkstra 1965)

0.2 Expériences de pensée : Science

- ② Informatique : diner des philosophes (Dijkstra 1965)



0.2 Expériences de pensée : Science

- ⌚ Informatique : diner des philosophes (Dijkstra 1965)
- ⌚ Informatique : problème de l'arrêt (Alan Turing 1936)

0.2 Expériences de pensée : Science

- ⌚ Informatique : diner des philosophes (Dijkstra 1965)
- ⌚ Informatique : problème de l'arrêt (Alan Turing 1936)

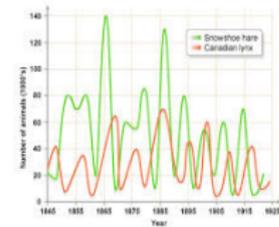
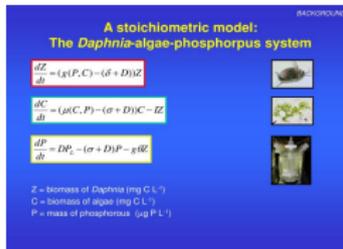
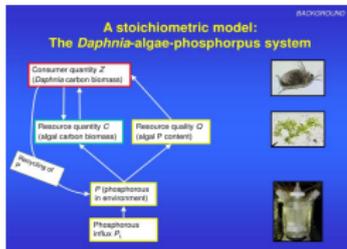
```
def routine() :  
    if halts(routine) :  
        loop_forever()
```

0.2 Expériences de pensée : Science

- ⌚ Informatique : diner des philosophes (Dijkstra 1965)
- ⌚ Informatique : problème de l'arrêt (Alan Turing 1936)
- ⌚ Biologie : paradoxe de l'enrichissement (Rosenzweig 1971)

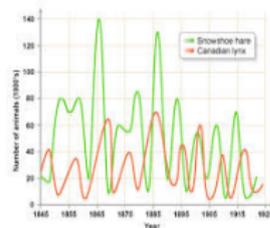
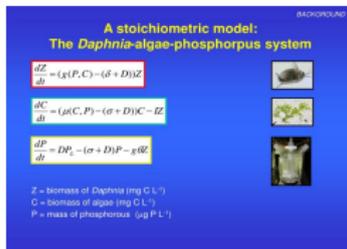
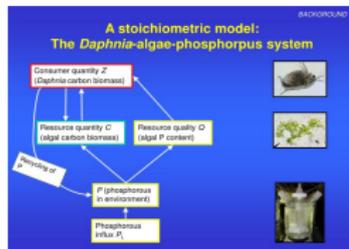
0.2 Expériences de pensée : Science

- ⌚ Informatique : diner des philosophes (Dijkstra 1965)
- ⌚ Informatique : problème de l'arrêt (Alan Turing 1936)
- ⌚ Biologie : paradoxe de l'enrichissement (Rosenzweig 1971)



0.2 Expériences de pensée : Science

- 🌀 Informatique : dîner des philosophes (Dijkstra 1965)
- 🌀 Informatique : problème de l'arrêt (Alan Turing 1936)
- 🌀 Biologie : paradoxe de l'enrichissement (Rosenzweig 1971)



★ 21 commandement

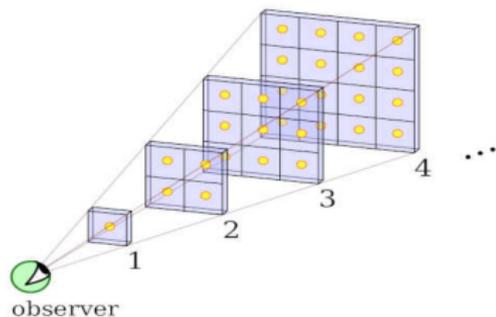
Une équation différentielle d'ordre 2 ou avec plusieurs variables, c'est compliqué

0.2 Expériences de pensée : Cosmologie

- ⌚ Pourquoi la nuit noire ? (Olbers 1823)

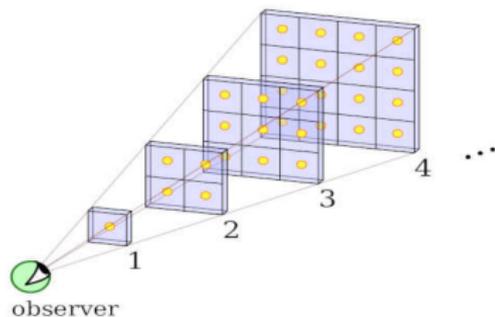
0.2 Expériences de pensée : Cosmologie

🌀 Pourquoi la nuit noire ? (Olbers 1823)



0.2 Expériences de pensée : Cosmologie

② Pourquoi la nuit noire ? (Olbers 1823)



0.2 Expériences de pensée : Cosmologie

- ⌚ Pourquoi la nuit noire ? (Olbers 1823)
- ⌚ Pourquoi l'Univers n'est-il pas en équilibre thermodynamique (Kelvin 1862)

0.2 Expériences de pensée : Cosmologie

- ⌚ Pourquoi la nuit noire ? (Olbers 1823)
- ⌚ Pourquoi l'Univers n'est-il pas en équilibre thermodynamique (Kelvin 1862)



0.2 Expériences de pensée : Cosmologie

- ⌚ Pourquoi la nuit noire ? (Olbers 1823)
- ⌚ Pourquoi l'Univers n'est-il pas en équilibre thermodynamique (Kelvin 1862)
- ⌚ Pourquoi la force centrifuge si je suis seul (Mach 1893)

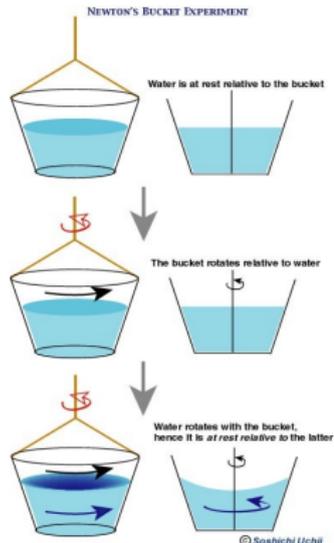
0.2 Expériences de pensée : Cosmologie

- ⌚ Pourquoi la nuit noire ? (Olbers 1823)
- ⌚ Pourquoi l'Univers n'est-il pas en équilibre thermodynamique (Kelvin 1862)
- ⌚ Pourquoi la force centrifuge si je suis seul (Mach 1893)



0.2 Expériences de pensée : Cosmologie

- ⌚ Pourquoi la nuit noire ? (Olbers 1823)
- ⌚ Pourquoi l'Univers n'est-il pas en équilibre thermodynamique (Kelvin 1862)
- ⌚ Pourquoi la force centrifuge si je suis seul (Mach 1893)



Cosmologie observationnelle

0 Univers

0.0 Composition

0.1 Topologie

0.2 Expériences de
pensée

1 Étoile

1.0 Lumière

1.1 Naissance

1.2 Vie

1.3 Mort

Voie

2 Galaxie

2.0 Astrophysique
galactiques

2.1 Recherche des
lointaines (Chili)

2.2 Infra-Rouge

2.3 Résultats

3 Cosmologie

3.0 Principales méthodes
observationnelle

3.1 Étude des bleux
(Hawaii)

Vertu

1 Étoile

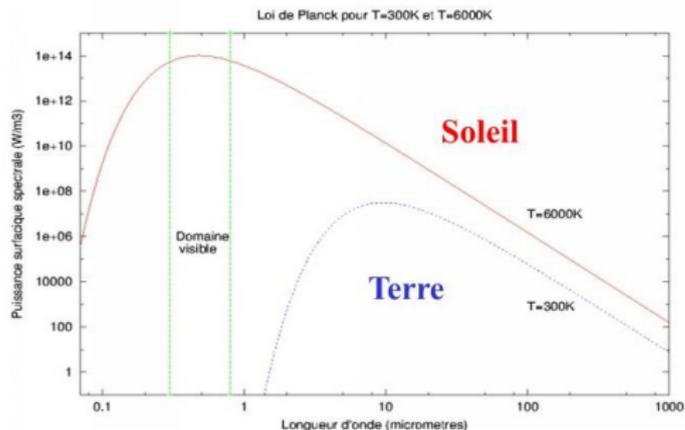
- ⊗ Ponctuelles au télescope, c'est pourquoi elles scintillent à l'oeil nue

1 Étoile

- ⌚ Ponctuelles au télescope, c'est pourquoi elles scintillent à l'oeil nue
- ⌚ Corps noir

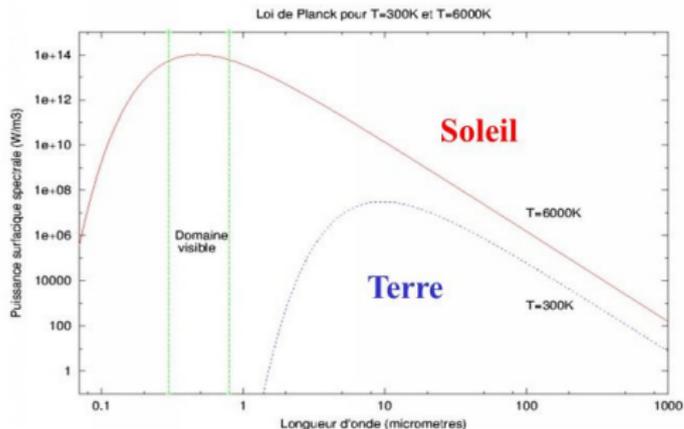
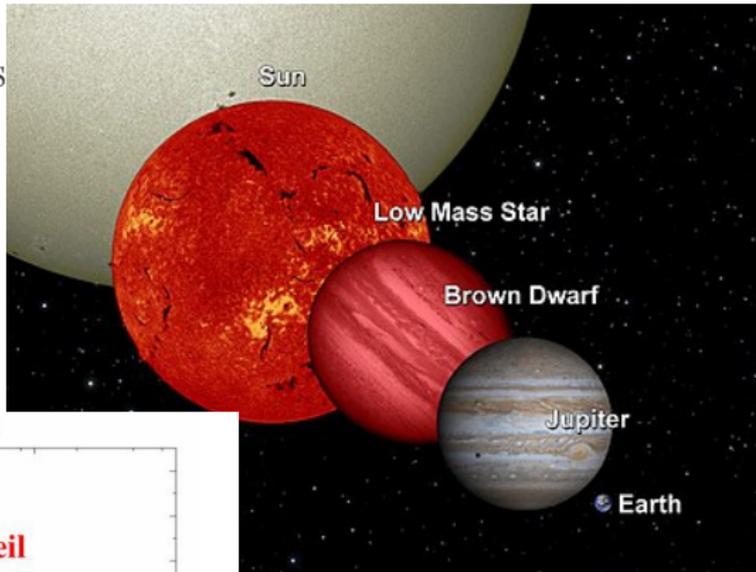
1 Étoile

- ☉ Ponctuelles au télescope, c'est pourquoi elles scintillent à l'oeil nu
- ☉ Corps noir



1 Étoile

- ☉ Ponctuelles au téles
à l'oeil nue
- ☉ Corps noir



1.0 Étoile : Lumière : Larmor (1897)

★ **02** commandement

| La lumière est émise par une charge qui accélère

1.0 Étoile : Lumière : Larmor (1897)

$$P = \frac{2q^2 a^2}{3\pi c^3}$$

★ **02** commandement

| La lumière est émise par une charge qui accélère

1.0 Étoile : Lumière : Larmor : Démo : Équation de Maxwell (1861)

Gauss	$\nabla \cdot E = 4\pi \rho$
Gauss magnétisme	$\nabla \cdot B = 0$
Maxwell–Faraday induction	$\nabla \times E = -\frac{1}{c} \frac{\delta B}{\delta t}$
Ampère circuit	$\nabla \times B = \frac{1}{c} \left(4\pi J + \frac{\delta E}{\delta t} \right)$

⊗ ρ = charge électrique

⊗ E = champ électrique

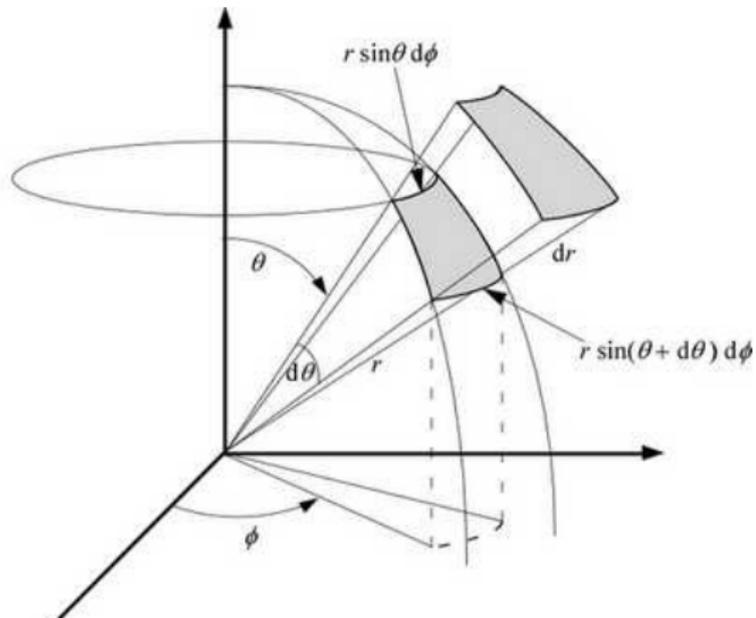
⊗ B = champ magnétique

⊗ J = densité de courant électrique $\nabla \cdot J = -\frac{\delta \rho}{\delta t}$

1.0 Étoile : Lumière : Larmor : Démo : Vecteur de Poynting (1884)

Poynting

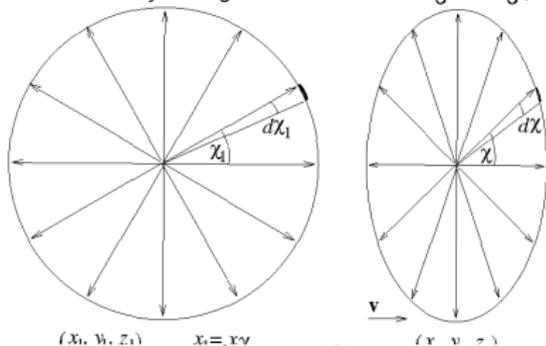
- ② $S = \frac{1}{\mu_0} E \times B$
- ② $-\frac{\delta u}{\delta t} = \nabla \cdot S + J \cdot E$
- ② $S = \text{Flux d'énergie}$
(vecteur de Poynting)



1.0 Étoile : Lumière : Larmor : Démo : Vecteur de Poynting (1884)

Stationary Charge

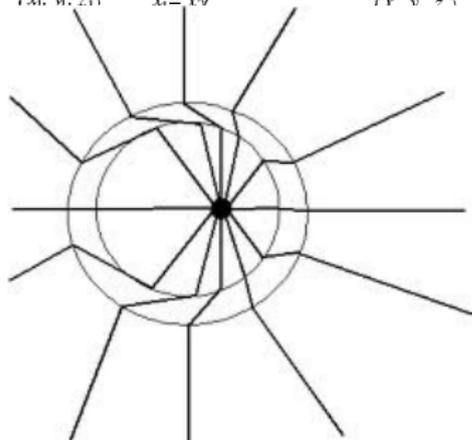
Moving Charge



Champs retardés

$$\textcircled{e} \quad E = \frac{q}{Rc^2} n \times n \times a$$

$$\textcircled{e} \quad B = n \times E$$



1.0 Étoile : Lumière : Larmor : Démo : Vecteur de Poynting (1884)

Poynting

$$\textcircled{e} \quad S = \frac{1}{\mu_0} E \times B$$

$$\textcircled{e} \quad -\frac{\delta u}{\delta t} = \nabla \cdot S + J \cdot E$$

$\textcircled{e} \quad S = \text{Flux d'énergie}$
(vecteur de Poynting)

Champs retardés

$$\textcircled{e} \quad E = \frac{q}{Rc^2} n \times n \times a$$

$$\textcircled{e} \quad B = n \times E$$

Résultat

$$P = \frac{2q^2 a^2}{3\pi c^3} \quad | \quad \frac{\delta W}{\delta t \delta \Omega} = \frac{q^2 a^2}{4\pi c^3} \sin^2 \Theta$$

★ **02** commandement

La lumière est émise par une charge qui accélère

1.1 Étoile : Naissance

1.1 Étoile : Naissance

★ **03** commandement

| Les étoiles ne naissent pas seules

1.1 Étoile : Naissance



★ **03** commandement

| Les étoiles ne naissent pas seules

1.1 Étoile : Naissance : Théorème du Viriel (1870)

$$2E_c + E_p = 0 \left(= \frac{1}{2} \frac{\delta^2 I}{\delta t^2} \right)$$

- ⊗ Rudolf Clausius <- Thermodynamique (1865)
- ⊗ $E_C \approx \frac{1}{2}MV^2$ (V : vitesse moyenne)
- ⊗ $E_p \approx -\frac{GM}{2R}$ (R : distance moyenne [entre 2 étoiles])
- ⊗ $M = \frac{2RV}{G}$

1.1 Étoile : Naissance : Masse de Jean (1902)

Stabilité

$$\textcircled{e} \quad \frac{\delta p}{\delta r} = - \frac{G \cdot \rho(r) \cdot M_{\text{enclosed}}(r)}{r^2}$$

Masse

$$\textcircled{e} \quad M_J = 2M_{\odot} \left(\frac{c_s}{0.2 \text{ km.s}^{-1}} \right)^3 \left(\frac{n}{10^3 \text{ cm}^{-3}} \right)^{-\frac{1}{2}}$$

1.1 Étoile : Naissance : Masse de Jean (1902)

Densité critique

- ② $1M_{\odot} \leftarrow 10^{-19}g.cm^{-3}$
- ② $1,000M_{\odot} \leftarrow 10^{-25}g.cm^{-3}$
- ② $1,000,000M_{\odot} \leftarrow 10^{-31}g.cm^{-3}$

Stabilité

$$\textcircled{2} \quad \frac{\delta p}{\delta r} = - \frac{G \cdot \rho(r) \cdot M_{enclosed}(r)}{r^2}$$

Masse

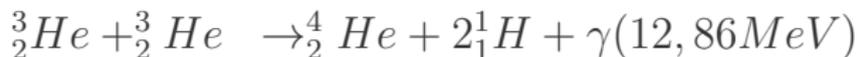
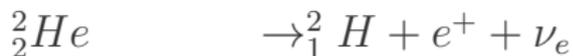
$$\textcircled{2} \quad M_J = 2M_{\odot} \left(\frac{c_s}{0.2km.s^{-1}} \right)^3 \left(\frac{n}{10^3cm^{-3}} \right)^{-\frac{1}{2}}$$



1.1 Étoile : Naissance : Nuage moléculaire

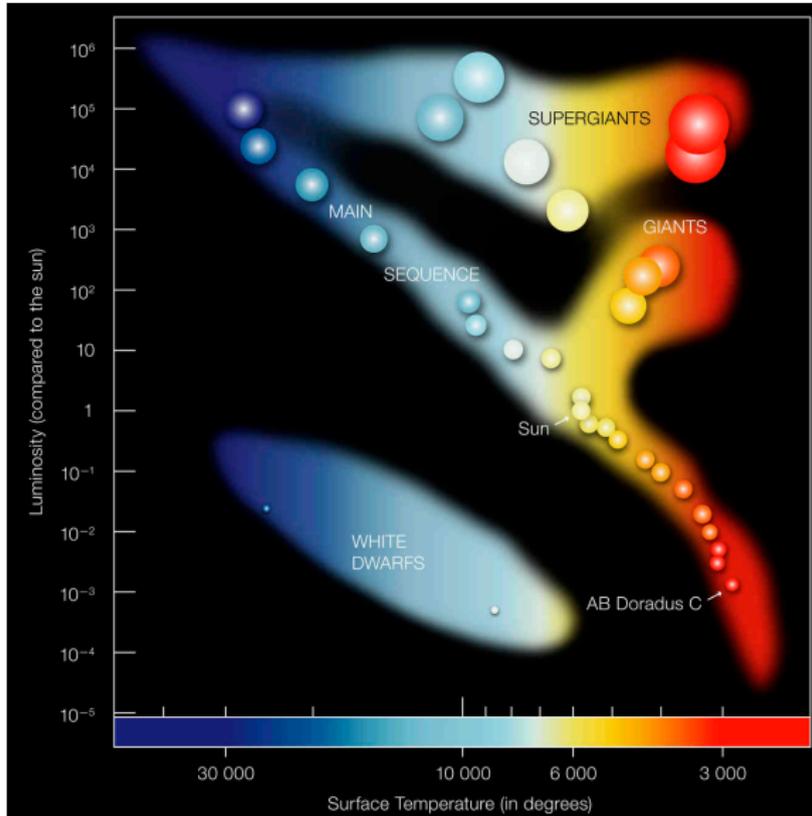
- ⊗ Masse du nuage : $10^4 - 10^6 M$ qui brilleront (10 fois plus de gaz)
- ⊗ Taux d'étoiles binaires : 50-80%
- ⊗ Importance de la métallicité <- importance du refroidissement
- ⊗ C'est l'hypothèse nébulaire

1.2 Étoile : Vie : Nucléosynthèse

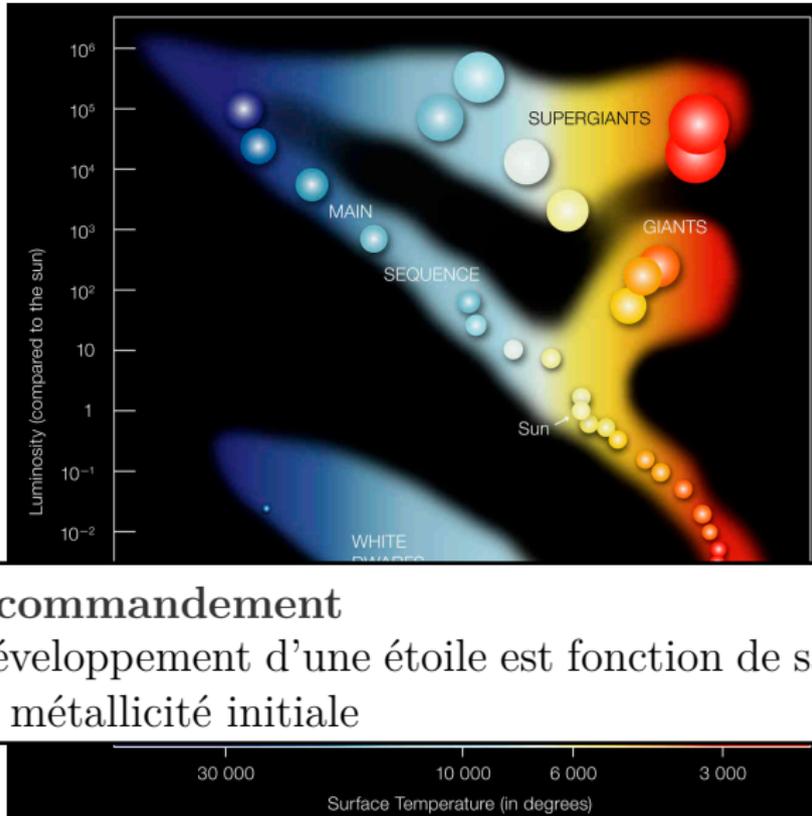


- ⊗ masse de l'électron : $511keV/c^2$
- ⊗ énergie libérée : 25,7 MeV (soit perte de masse de 0.7%)

1.2 Étoile : Vie : Hertzsprung–Russell diagram



1.2 Étoile : Vie : Hertzsprung–Russell diagram



1.2 Étoile : Vie : Vent

★ **05** commandement

| Le vent solaire et les rayons cosmiques
| existent

1.2 Étoile : Vie : Vent

★ 05 commandement

Le vent solaire et les rayons cosmiques existent

- ⌚ Planètes telluriques
- ⌚ Les premières grosses étoiles (bleus) diffusent le nuage de formation

1.3 Étoile : Mort

- ☉ Impact de la métallicité de l'Univers
- ☉ $M > 8_{\odot}$ pour enclencher la production de fer
- ☉ On ne sais pas simuler l'explosion des supernovas

1.3 Étoile : Mort

- ⌚ Impact de la métallicité de l'Univers
- ⌚ $M > 8_{\odot}$ pour enclencher la production de fer
- ⌚ On ne sais pas simuler l'explosion des supernovas



1.3 Étoile : Mort

- ⌚ Impact de la métallicité de l'Univers
- ⌚ $M > 8_{\odot}$ pour enclencher la production de fer
- ⌚ On ne sais pas simuler l'explosion des supernovas

★ **06** commandement

| Plus une étoile est massive, plus sa vie
| est courte

Cosmologie observationnelle

0 Univers

0.0 Composition

0.1 Topologie

0.2 Expériences de
pensée

1 Étoile

1.0 Lumière

1.1 Naissance

1.2 Vie

1.3 Mort

Voie

2 Galaxie

2.0 Astrophysique
galactiques

2.1 Recherche des
lointaines (Chili)

2.2 Infra-Rouge

2.3 Résultats

3 Cosmologie

3.0 Principales méthodes
observationnelle

3.1 Étude des bleux
(Hawaii)

Vertu

2 Galaxie

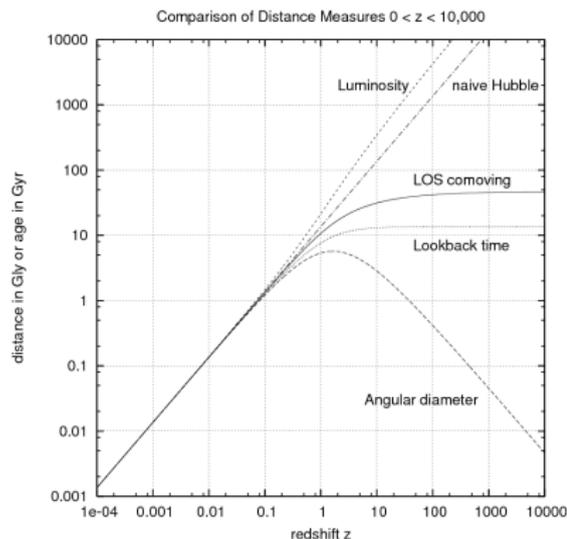
Distance

1. Lumineuse
2. Angulaire : $d_A(z) = \frac{d_L(z)}{(1+z)^2}$
3. Comobile : $d_M(z) = \frac{d_L(z)}{(1+z)}$
4. Propre

2 Galaxie

Distance

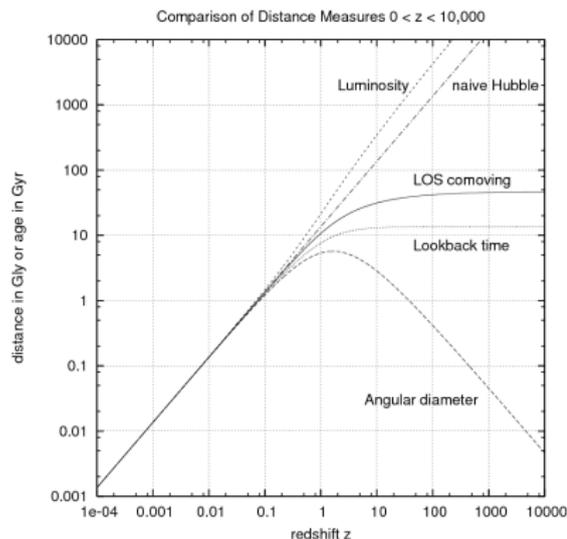
1. Lumineuse
2. Angulaire : $d_A(z) = \frac{d_L(z)}{(1+z)^2}$
3. Comobile : $d_M(z) = \frac{d_L(z)}{(1+z)}$
4. Propre



2 Galaxie

Distance

1. Lumineuse
2. Angulaire : $d_A(z) = \frac{d_L(z)}{(1+z)^2}$
3. Comobile : $d_M(z) = \frac{d_L(z)}{(1+z)}$
4. Propre



★ **24** commandement
| Utilise le redshift

2.0 Galaxie : Science dégénérée

- ⌚ Étude des proches
 - ⌚ Modélisation
 - ⌚ Étude comparative
 - ⌚ Milieu intergalactique
 - ⌚ Formation stellaire

 - ⌚ Traceur de matière
 - ⌚ Témoin du passé
 - ⌚ Témoin de la physique à son échelle
- ⌚ Redshift
 - ⌚ Masse
 - ⌚ Taux de formation stellaire
 - ⌚ Métallicité
 - ⌚ Age
 - ⌚ Histoire de formation stellaire

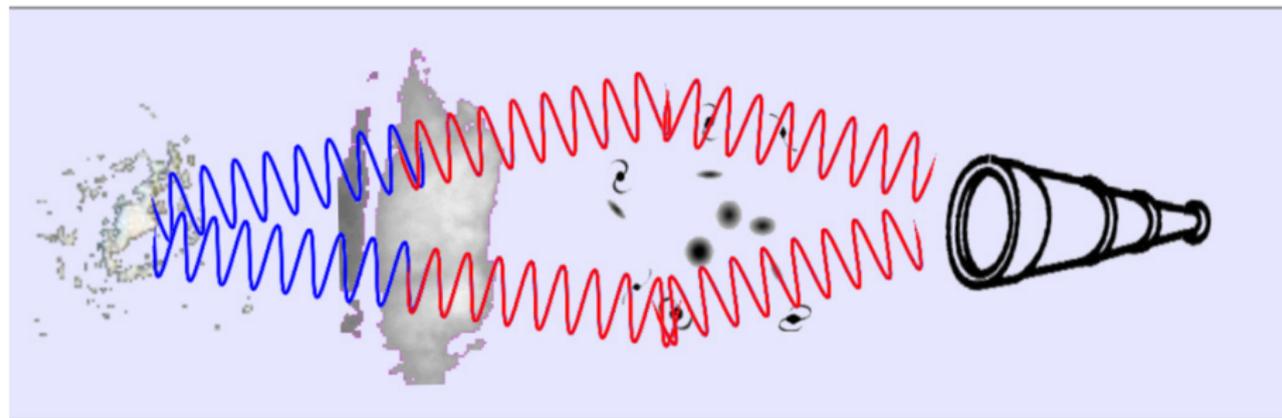
2.1 Galaxie : Lointaines

★ **Chili 2013**

Recherche de galaxies à $z=6$
au travers de
lentilles gravitationnelles



2.1 Galaxie : Lointaines : Présentation



Galaxy
 $z=6$

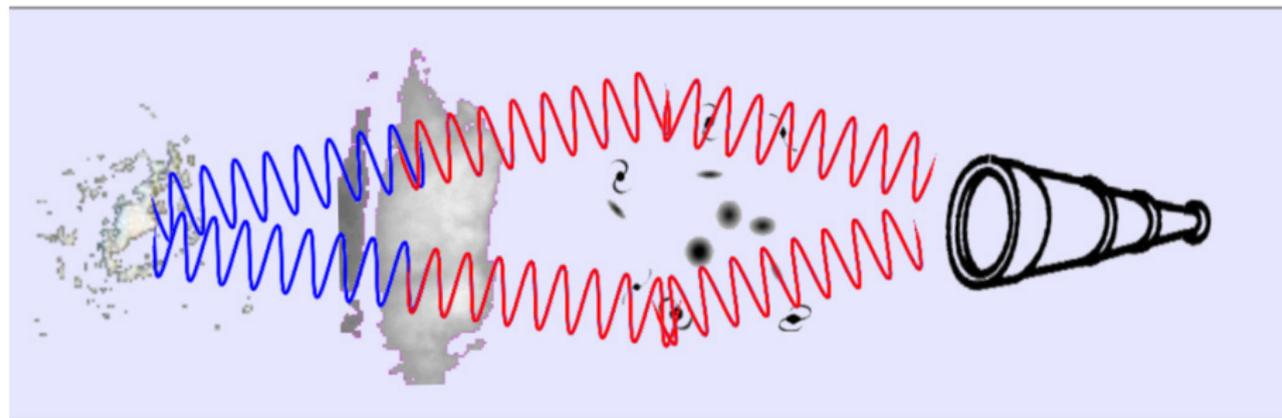
Cloud
 $z=5.9$

Galaxy cluster
 $z=1$

Telescope
 $z=0$

1. I-dropouts
2. Modèles
3. Réduction infrarouge

2.1 Galaxie : Lointaines : Présentation



Galaxy
 $z=6$

Cloud
 $z=5.9$

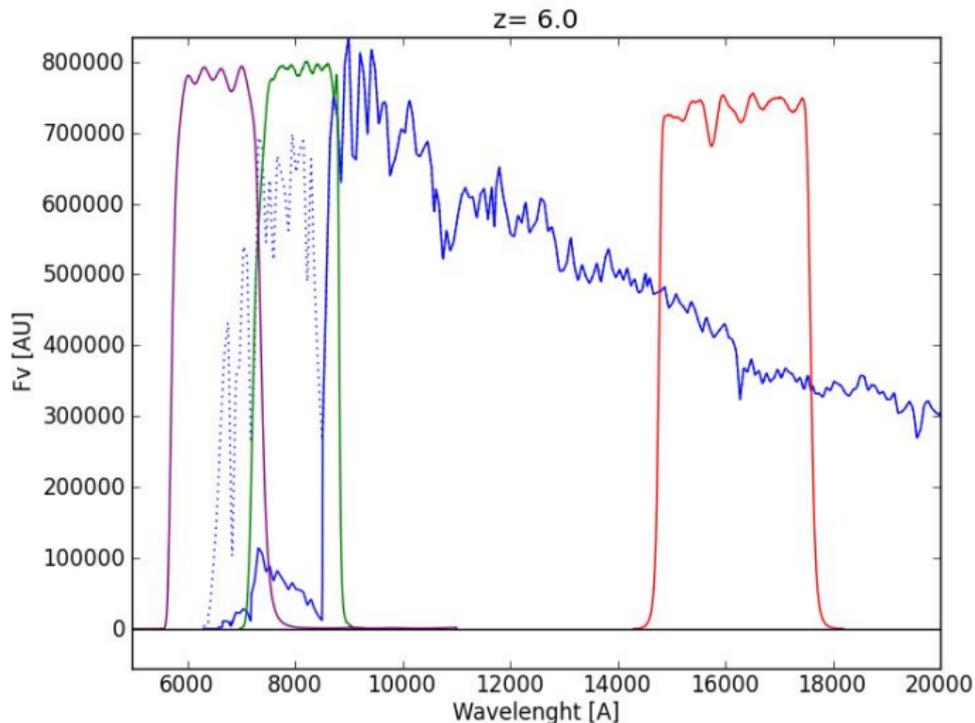
Galaxy cluster
 $z=1$

Telescope
 $z=0$

★ **07** commandement

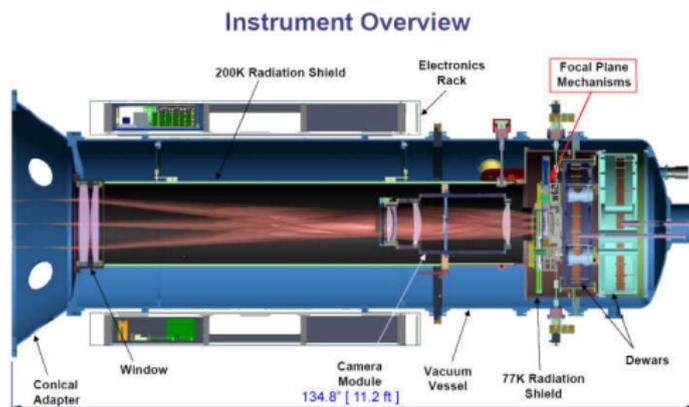
La lumière bleue a plus de mal à traverser
que la rouge

2.1 Galaxie : Lointaines : Présentation



2.2 Galaxie : Infra-Rouge

- ② ▶ Ciel est très haut (*imSky*)
- ▶ Pas de biais
- ▶ Correction de non-linéarité

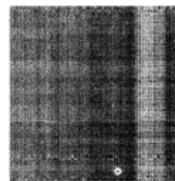


$$imReduced = \sum fctLinearCor \left(\frac{imRaw - imDark}{imFlat} \right) - imSky$$

2.2 Galaxie : Infra-Rouge : Dark, Flat, Non-linearity, Bad pixels

⊗ Dark

- ▶ Just myself



⊗ Correction de non-linéarité

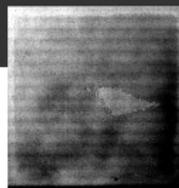
- ▶ Change le résultat de 5% et 10% pour les étoiles brillantes

$$imTrue = imRaw + imRaw^{2.5} \times imLinCor$$



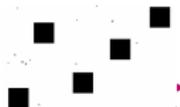
⊗ Flat

- ▶ Sum \rightarrow master flat
- ▶ Normalisation



⊗ Bad pixel mask

- ▶ $imBpm = |1 - imFlat| > 0.2?0 : 1$
- ▶ masque les pixels avec une réponse trop haute ou trop basse

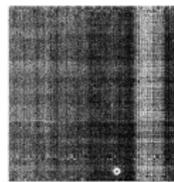


$$imReduced = \sum fctLinearCor \left(\frac{imRaw - imDark}{imFlat} \right) - imSky$$

2.2 Galaxie : Infra-Rouge : Dark, Flat, Non-linearity, Bad pixels

⊗ Dark

- ▶ Just myself



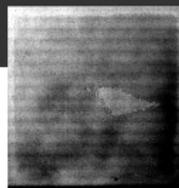
⊗ Correction de non-linéarité

- ▶ Change le résultat de 5% et 10% pour les étoiles brillantes
- ▶ $imTrue =$



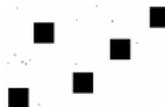
⊗ Flat

- ▶ Sum -> master flat
- ▶ Normalisation



⊗ Bad pixel mask

- ▶ $imBpm = |1 - \frac{imFlat}{imTrue}| > 0.2 ? 0 : 1$
- ▶ masque les pixels avec une réponse trop

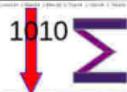
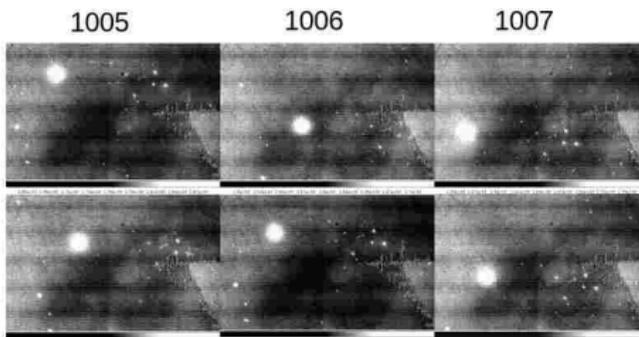
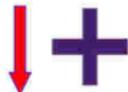
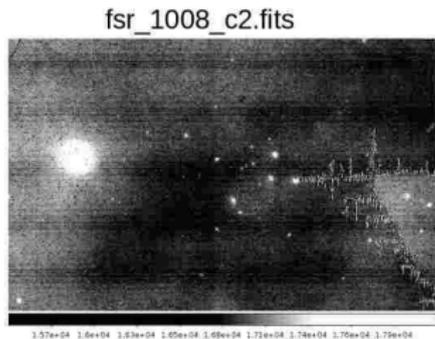


★ 10 commandement

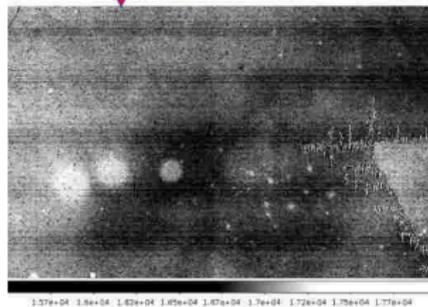
| Le professionnel mesure ses erreurs

$$imReduced = \sum fctLinearCor \left(\frac{imFlat}{imTrue} \right) - imSky$$

2.2 Galaxie : Infra-Rouge : Réduction du ciel



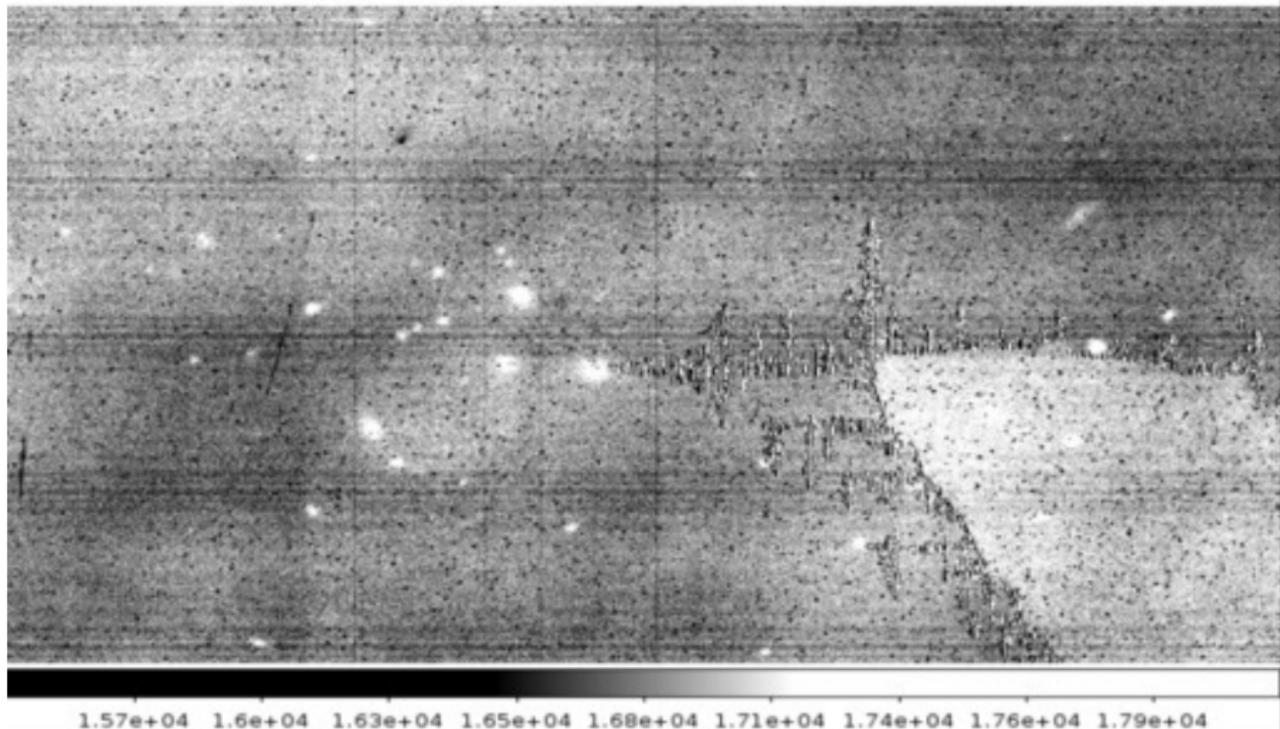
ss_1008_c2.fits



sky_1008_c2.fits

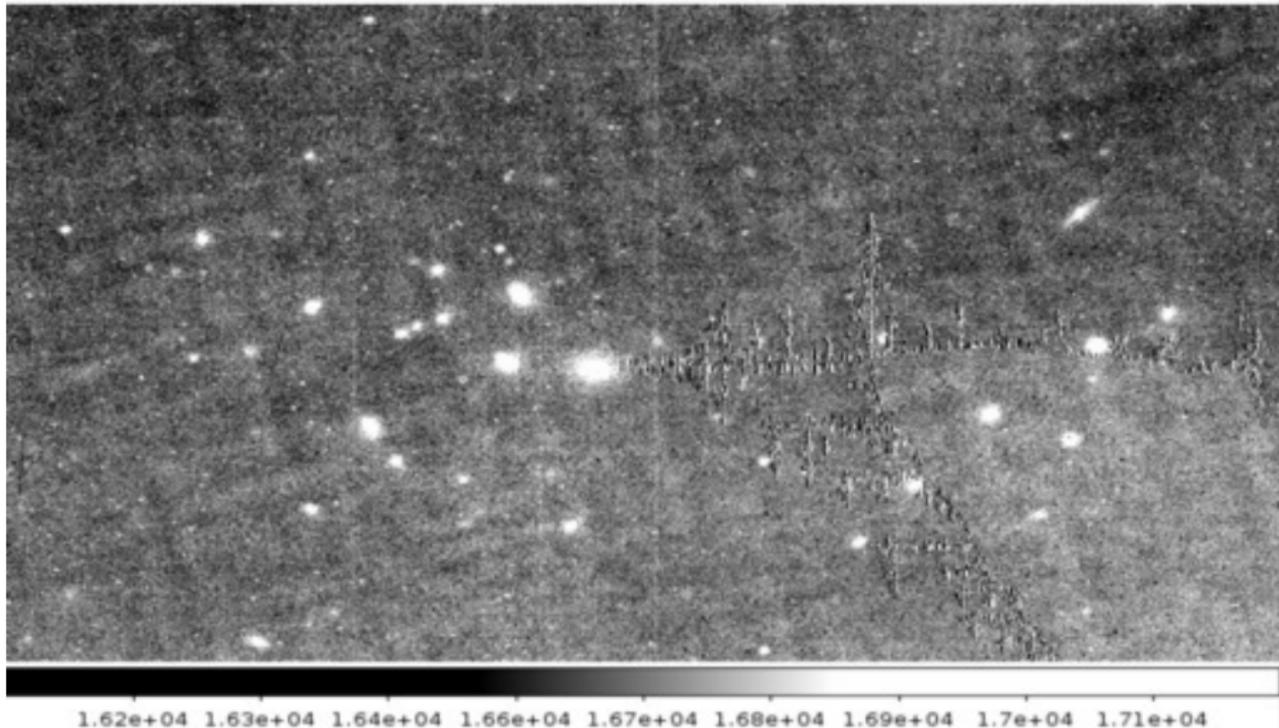
2.2 Galaxie : Infra-Rouge : Réduction : Brut

Raw (zoom)

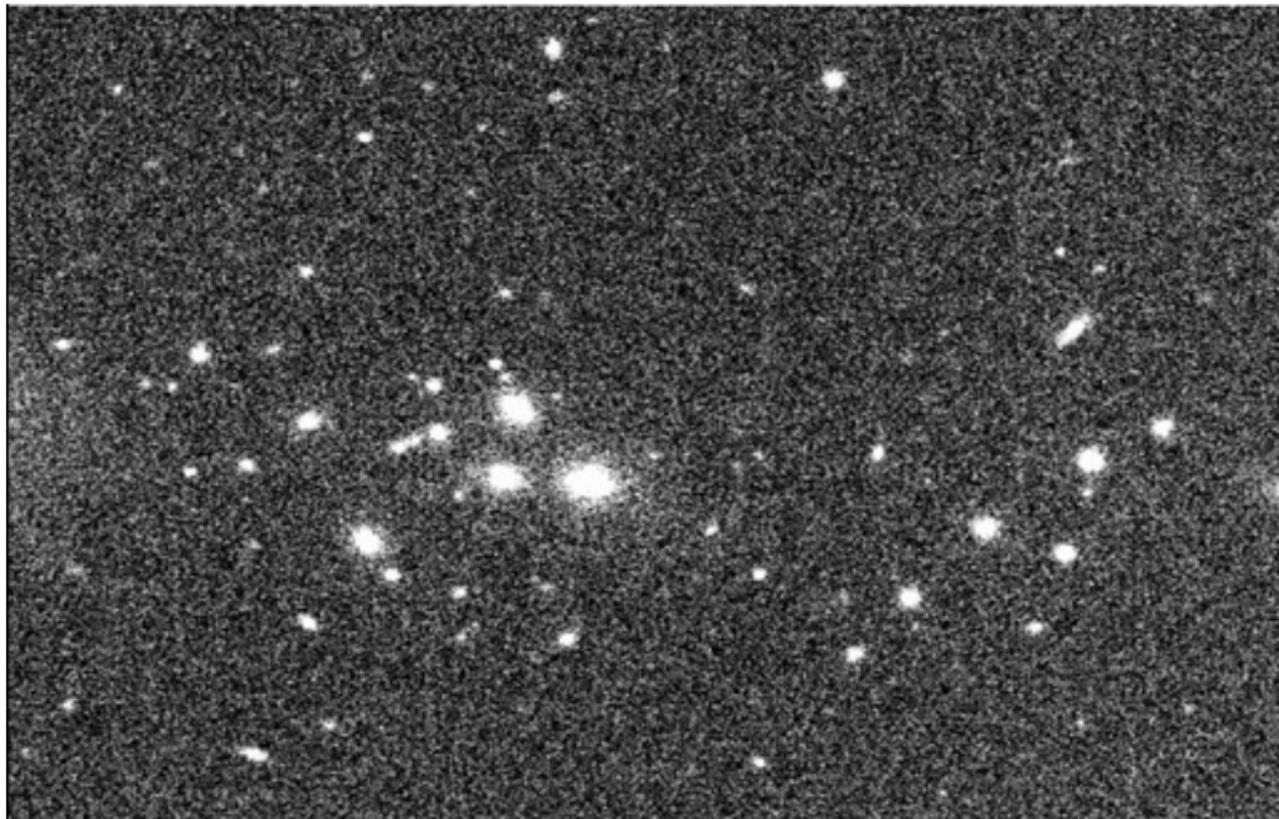


2.2 Galaxie : Infra-Rouge : Réduction : Plat

Flat Subtraction



2.2 Galaxie : Infra-Rouge : Réduction : Ciel



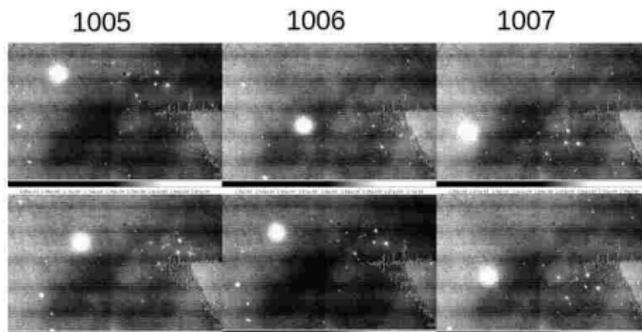
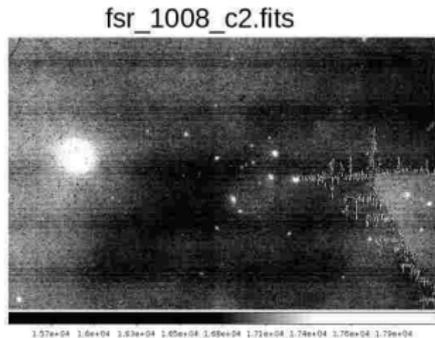
2.2 Galaxie : Infra-Rouge : Réduction : Somme



2.2 Galaxie : Infra-Rouge : Réduction : Ciel mal estimé



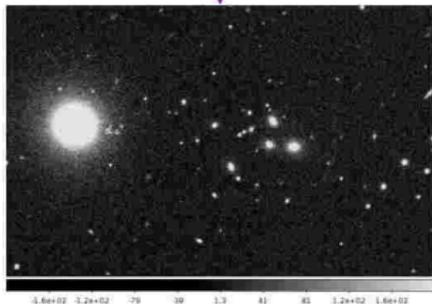
2.2 Galaxie : Infra-Rouge : Infra-Rouge : Réduction du ciel



1009

1010

1011



ss_1008_c2.fits

sky_1008_c2.fits

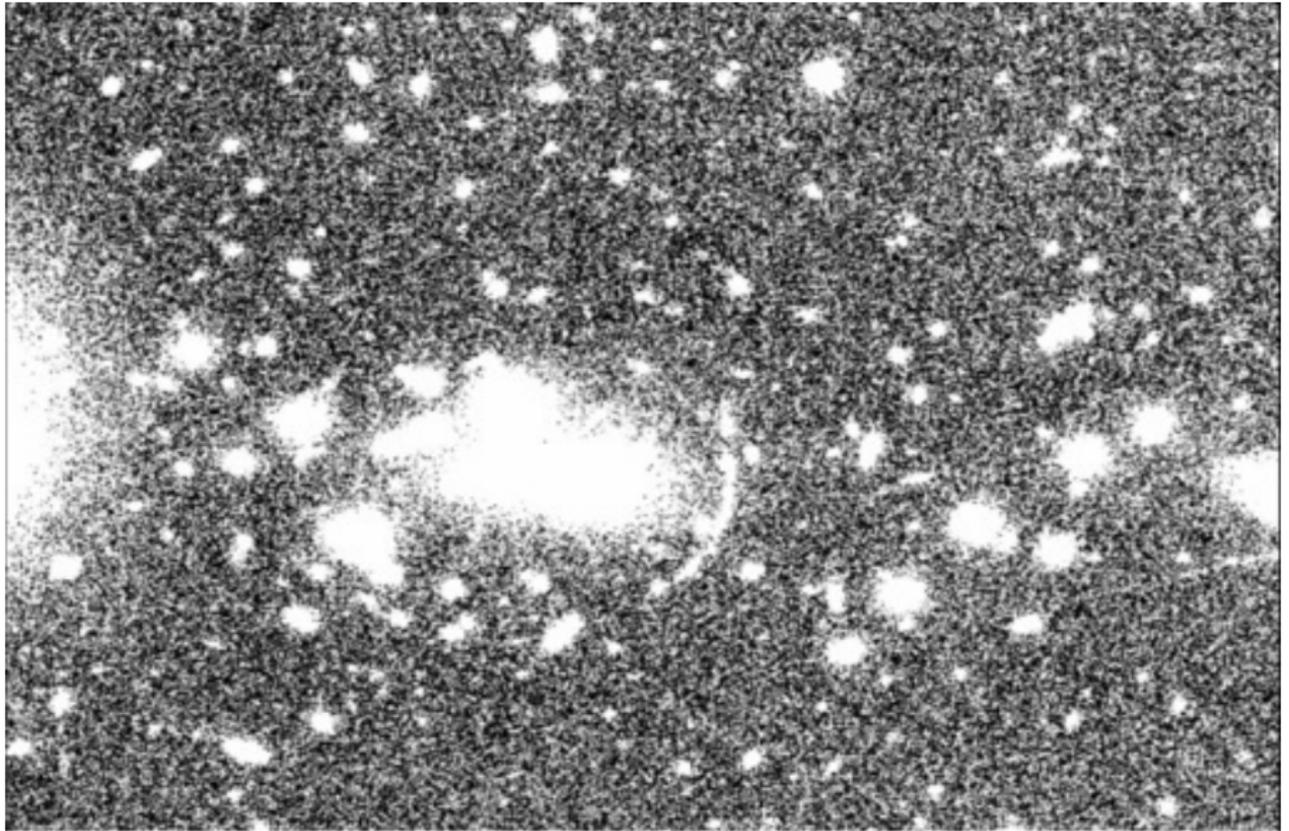
2.2 Galaxie : Infra-Rouge : Réduction : Masques



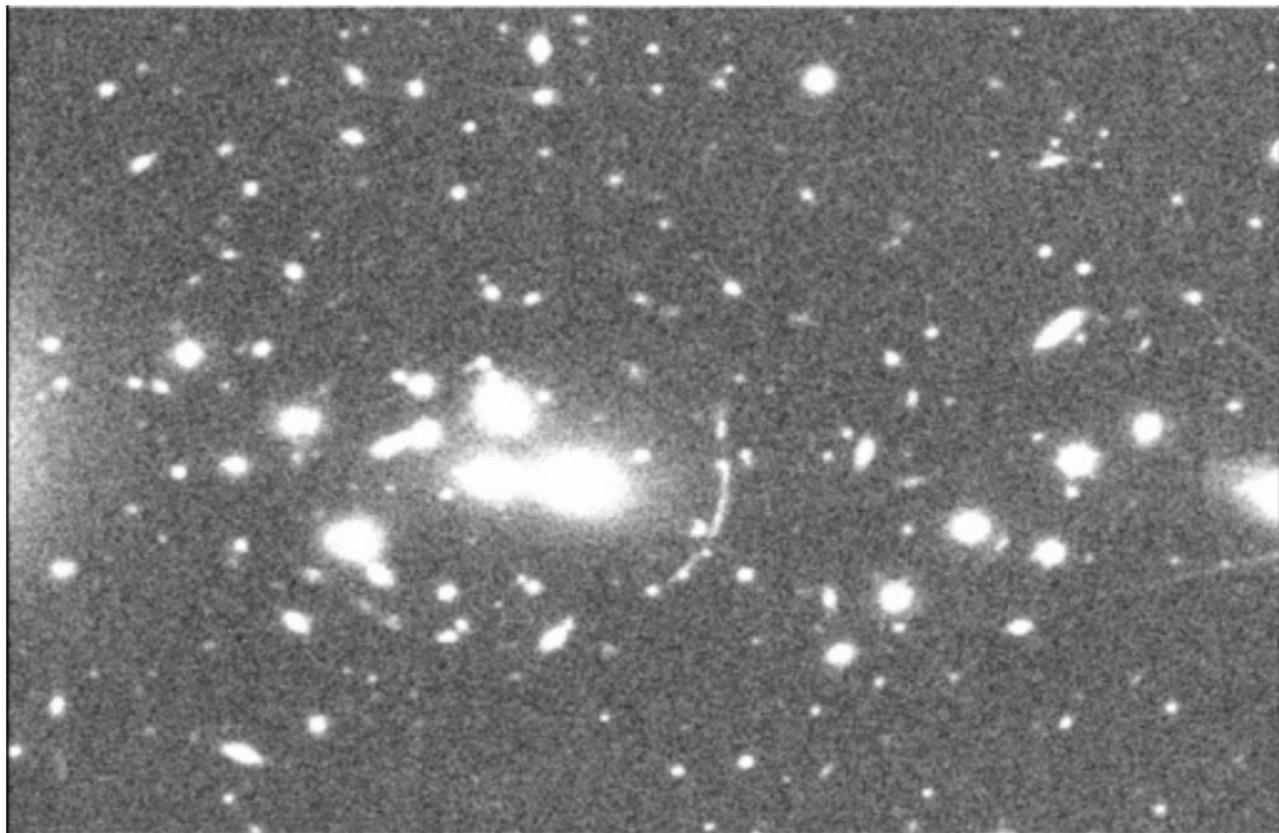
2.2 Galaxie : Infra-Rouge : Réduction : Mauvais



2.2 Galaxie : Infra-Rouge : Réduction : Bon



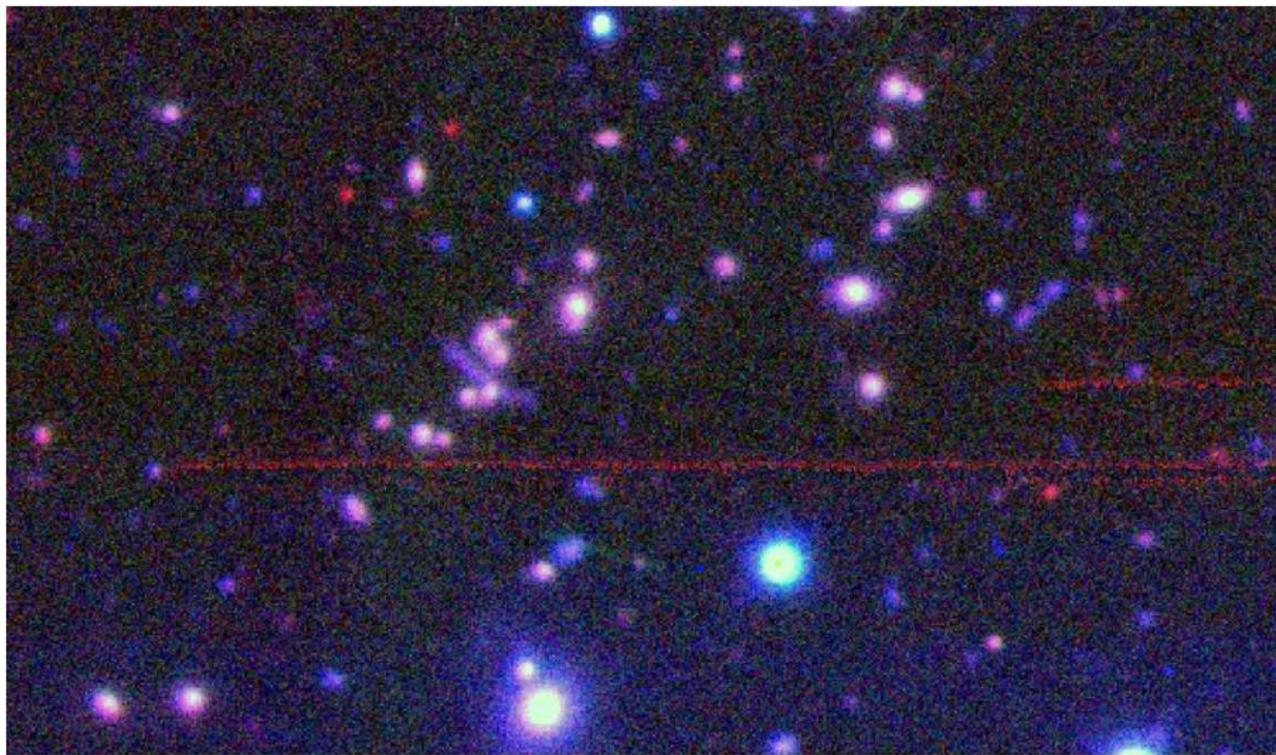
2.2 Galaxie : Infra-Rouge : Réduction : Résultat



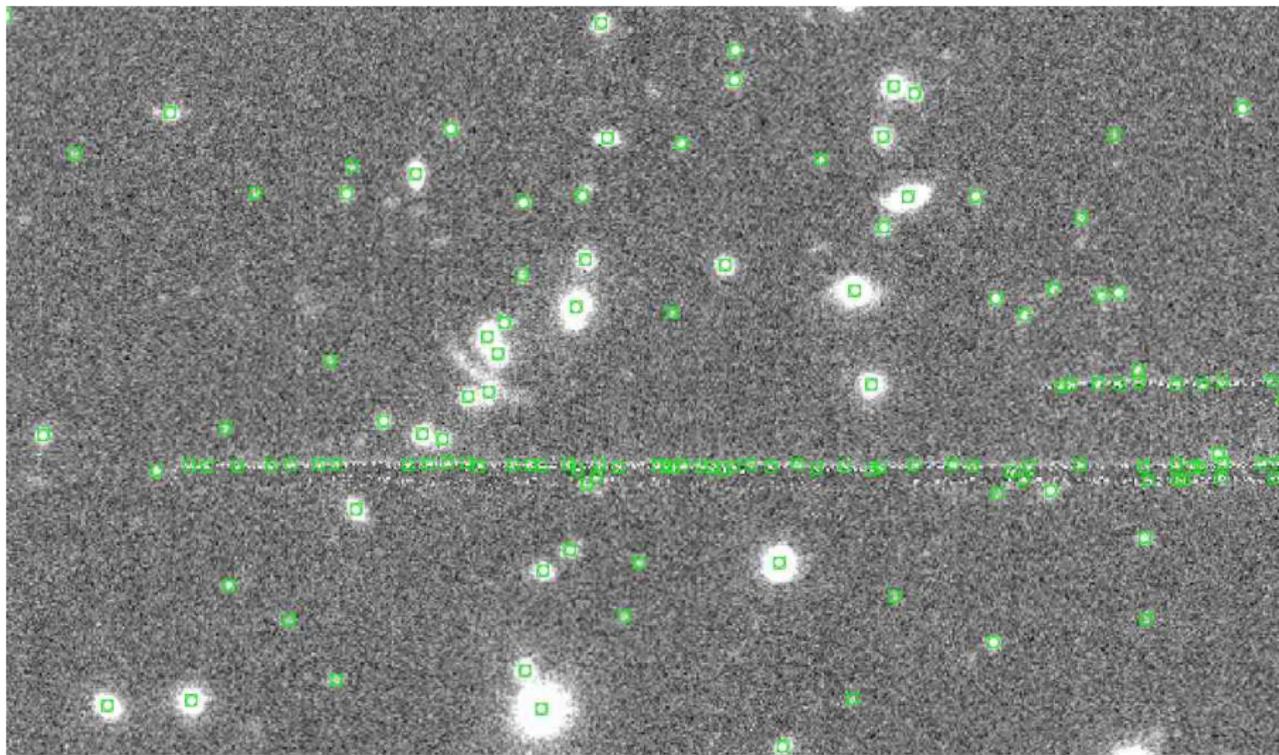
2.2 Galaxie : Infra-Rouge : Traitement

1. Réduction
2. Alignement (WCS)
3. Calibration (ZPT)
4. Extraction du flux
5. Sélection des couleurs
6. Rejet des fausses détections

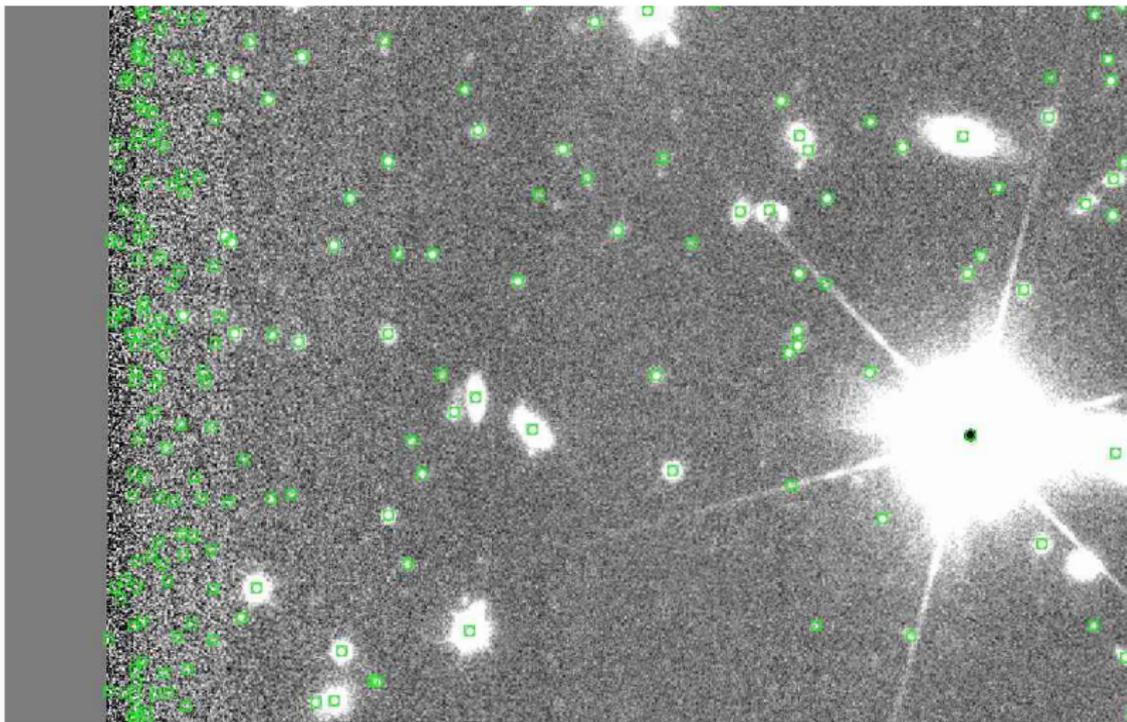
2.2 Galaxie : Infra-Rouge : Fausses détections



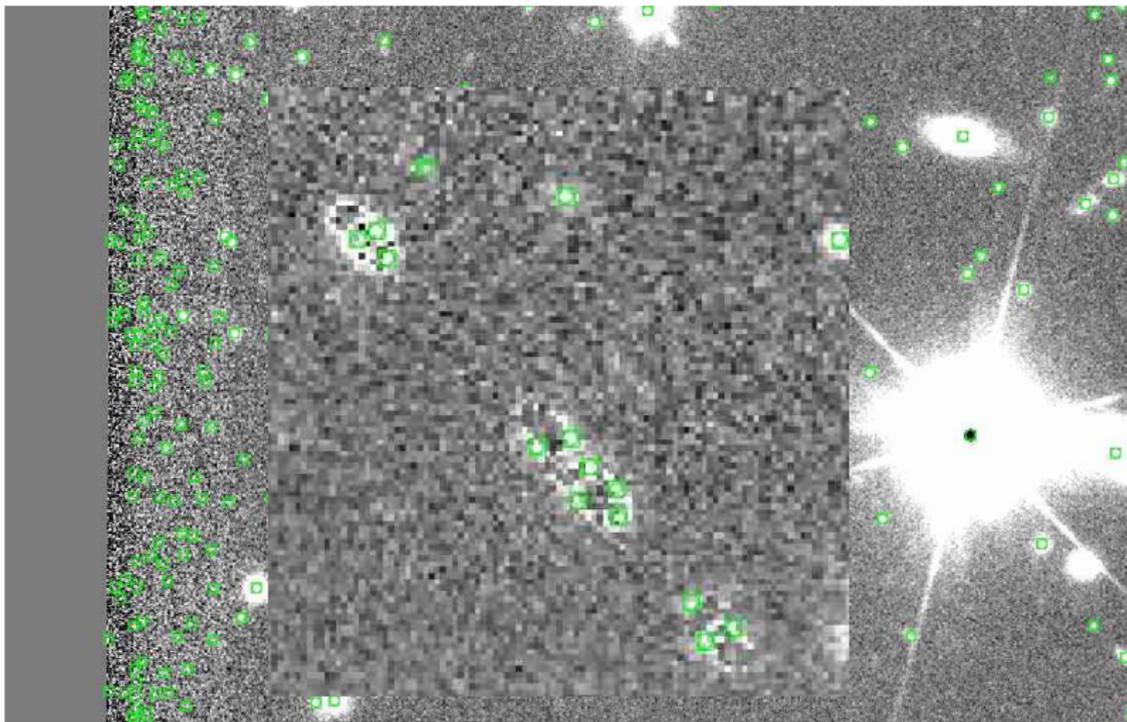
2.2 Galaxie : Infra-Rouge : Fausses détections



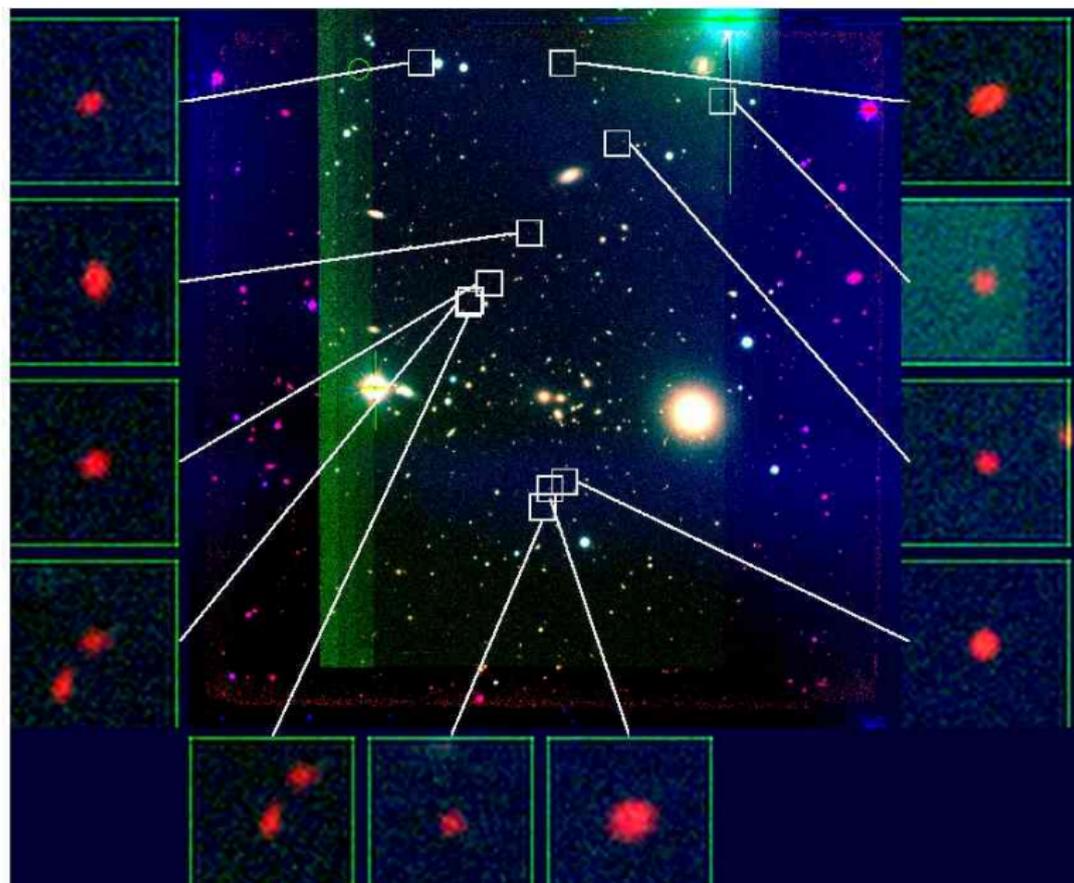
2.2 Galaxie : Infra-Rouge : Fausses détections



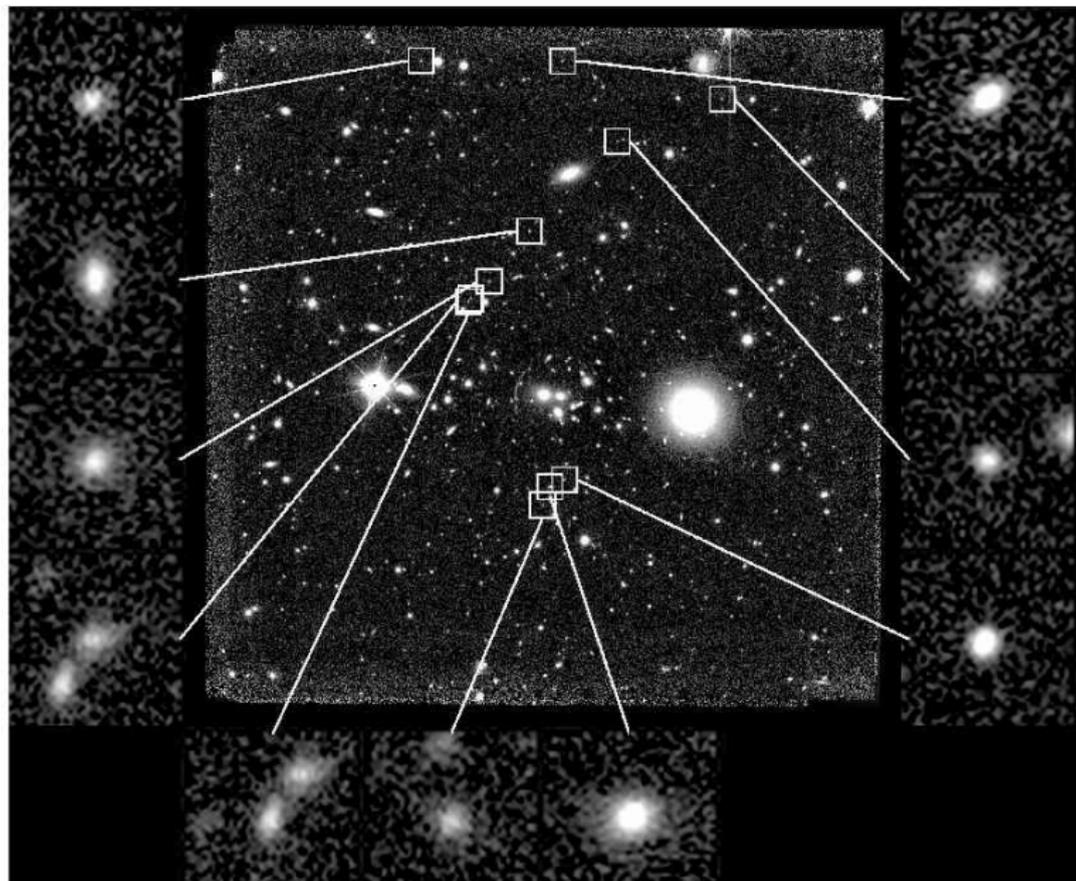
2.2 Galaxie : Infra-Rouge : Fausses détections



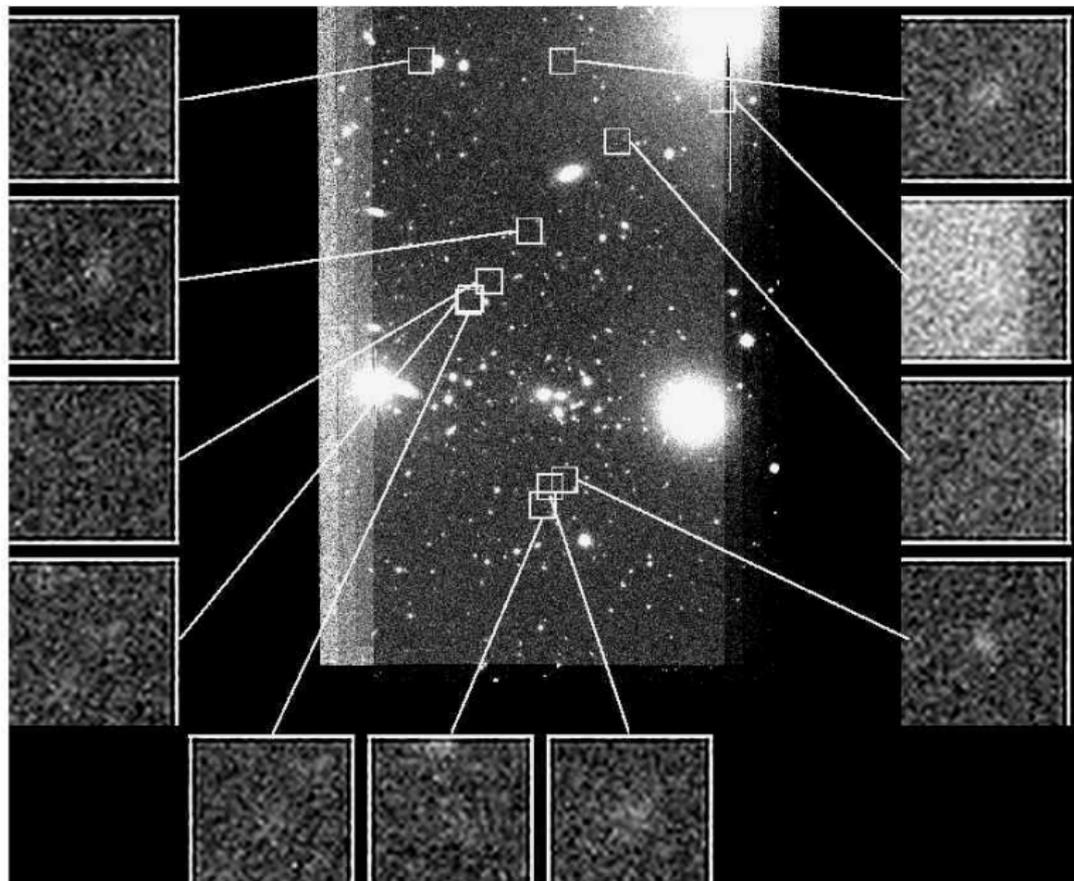
2.3 Galaxie : Résultats



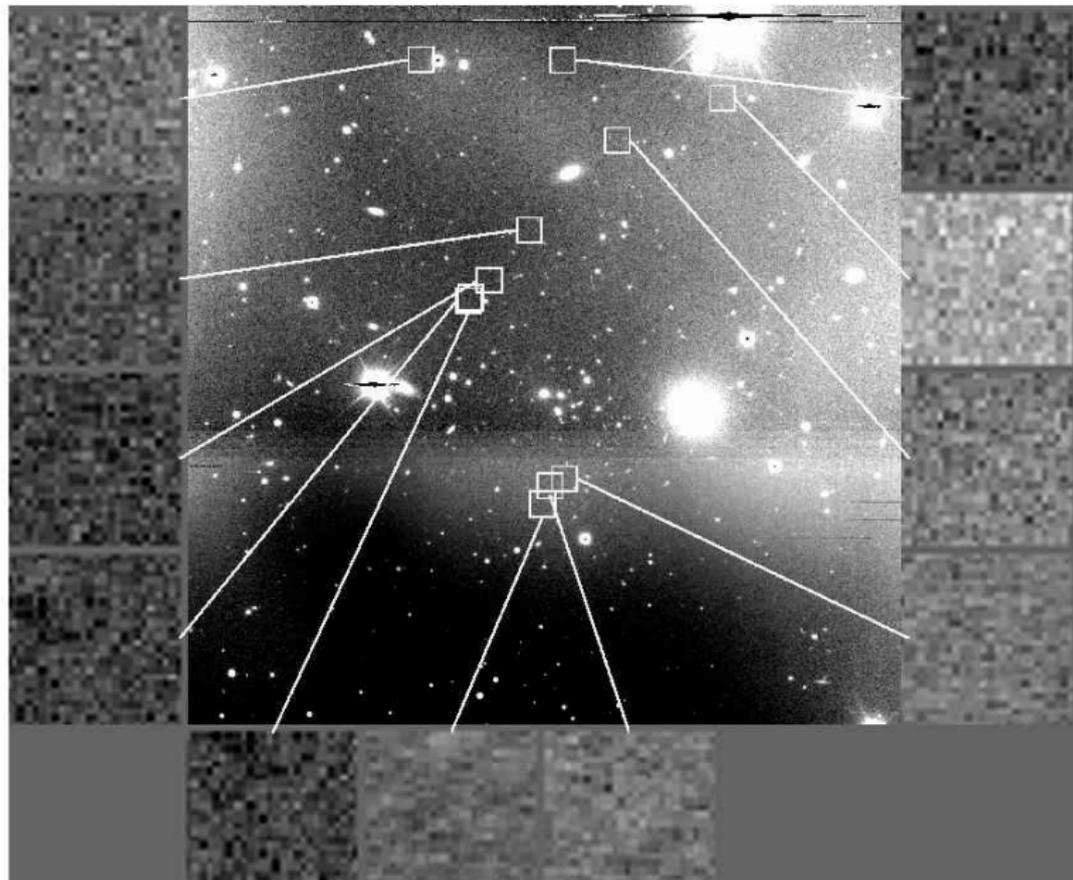
2.3 Galaxie : Résultats



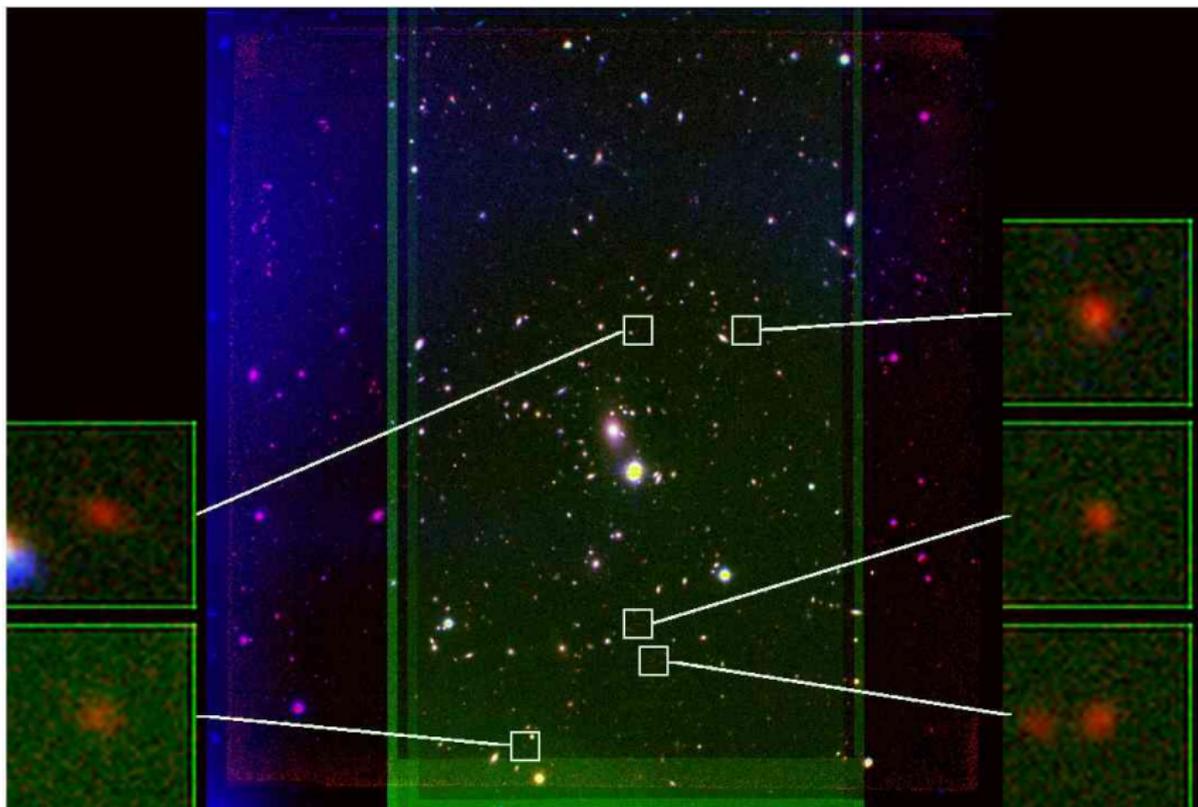
2.3 Galaxie : Résultats



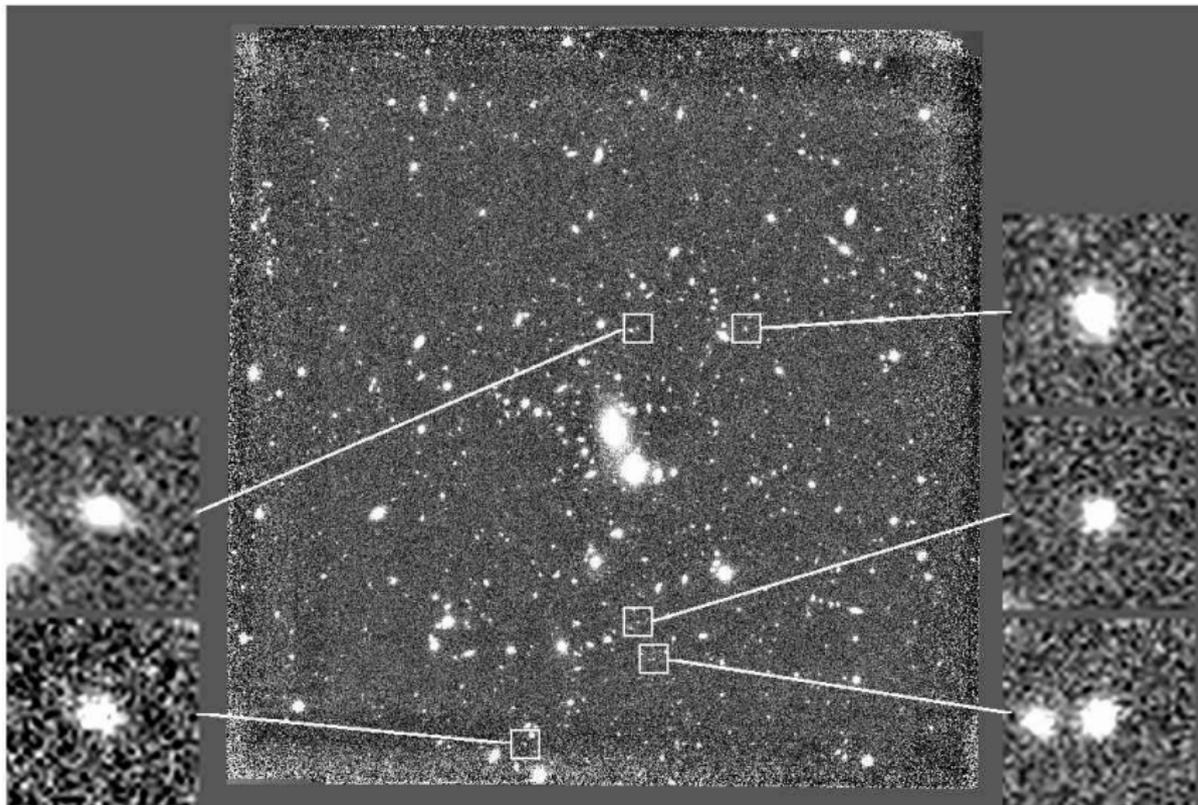
2.3 Galaxie : Résultats



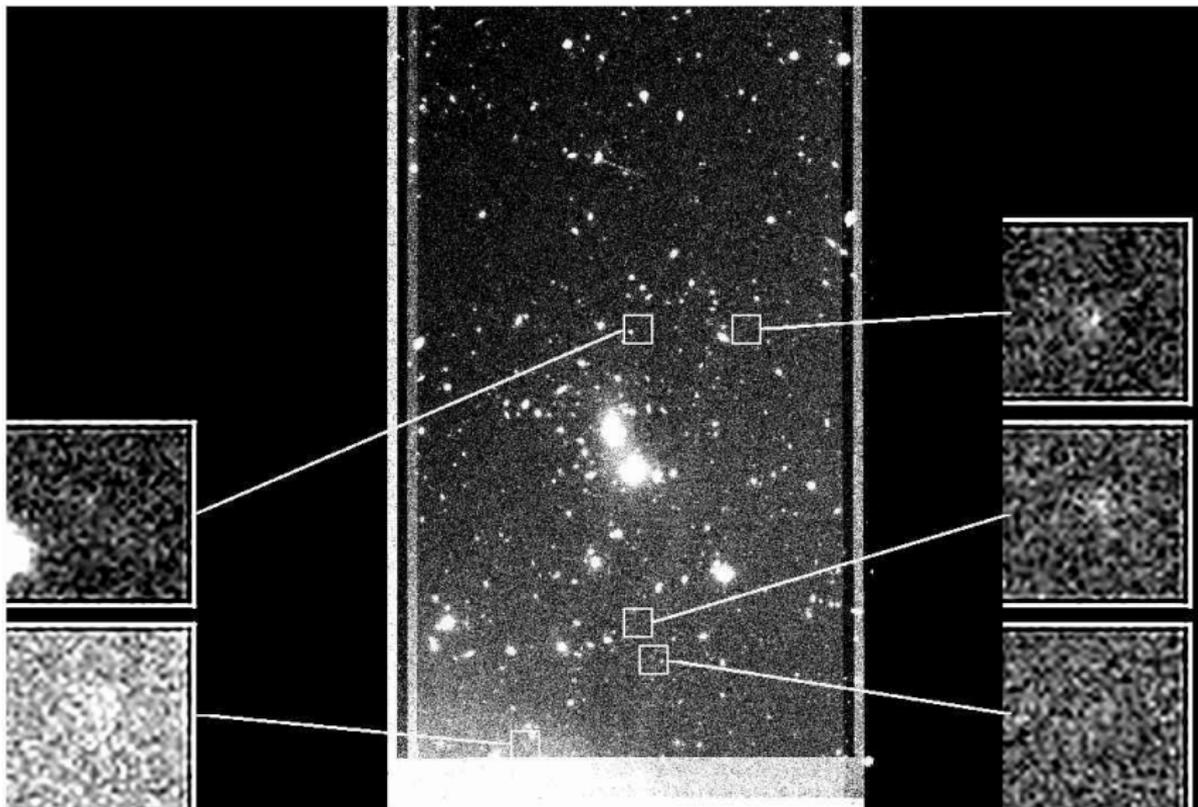
2.3 Galaxie : Résultats



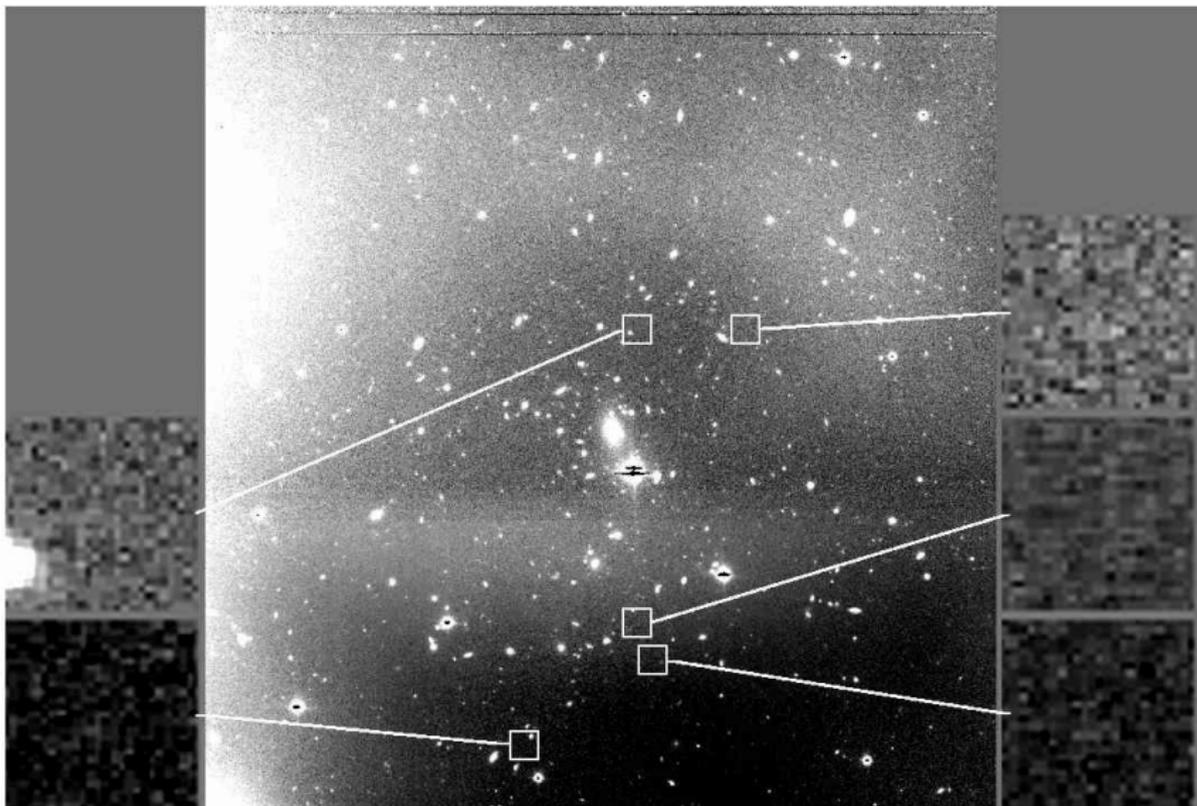
2.3 Galaxie : Résultats



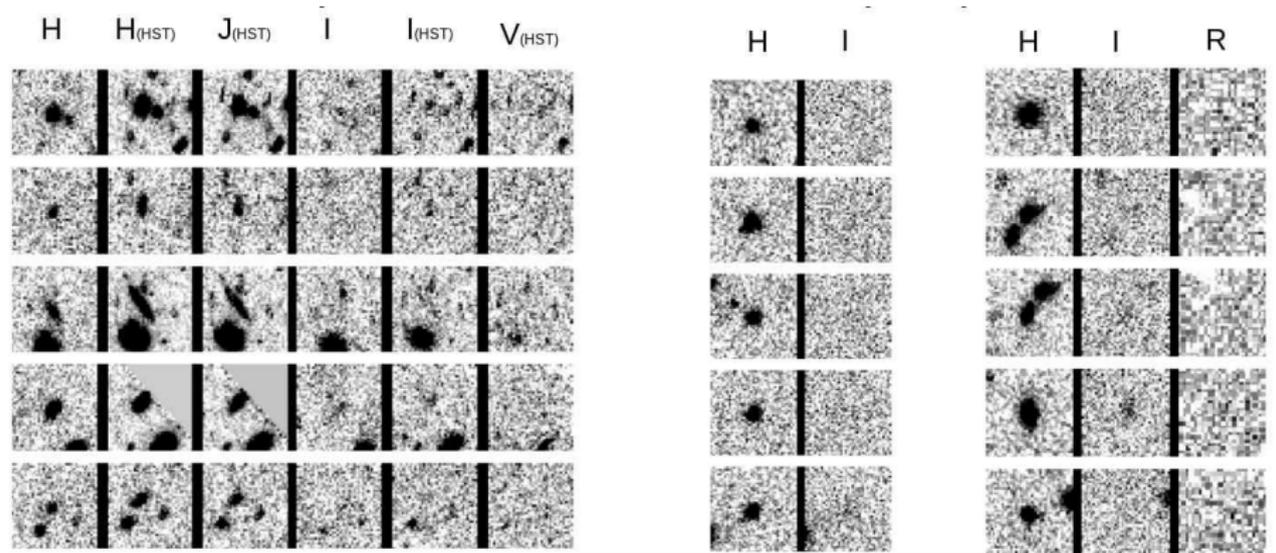
2.3 Galaxie : Résultats



2.3 Galaxie : Résultats



2.3 Galaxie : Résultats



140 galaxies sélectionnées, probablement à $z=6$
(i-droupouts) avec 2, 3 ou 6 filtres.

Cosmologie observationnelle

0 Univers

0.0 Composition

0.1 Topologie

0.2 Expériences de
pensée

1 Étoile

1.0 Lumière

1.1 Naissance

1.2 Vie

1.3 Mort

Voie

2 Galaxie

2.0 Astrophysique
galactiques

2.1 Recherche des
lointaines (Chili)

2.2 Infra-Rouge

2.3 Résultats

3 Cosmologie

3.0 Principales méthodes
observationnelle

3.1 Étude des bleux
(Hawaii)

Vertu

3 Cosmologie

- ⌚ Fonctions de luminosité
- ⌚ Modèle | Théorie Vs Observation
- ⌚ Fusion Vs Accrétion
- ⌚ Donne moi un contre exemple : très vieille ou jeune galaxie

3 Cosmologie

- ⌚ Fonctions de luminosité
- ⌚ Modèle | Théorie Vs Observation
- ⌚ Fusion Vs Accrétion
- ⌚ Donne moi un contre exemple : très vieille ou jeune galaxie

★ 11 commandement

| Le cosmologue observateur compte les points

3.1 Cosmologie : Petites bleus

★ Hawaii 2011

Les galaxies de
faible masse
et
le scénario de
formation stellaire



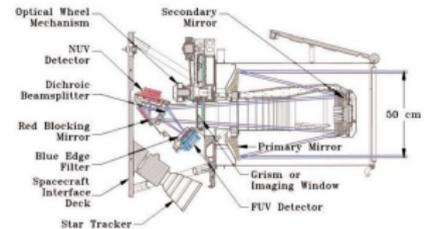
3.1 Cosmologie : Petites bleus : Cosmos & Galex

- ④ 2 degré carré de champs à l'équateur
- ④ Télescope de l'espace : Hubble, Spitzer, GALEX, XMM, Chandra
- ④ Télescope au sol : Subaru, VLA, ESO-VLT, UKIRT, NOAO, CFHT, et autres
- ④ 2 millions de galaxies détectées dans 34 filtres -> 1 fichier texte de 1Go

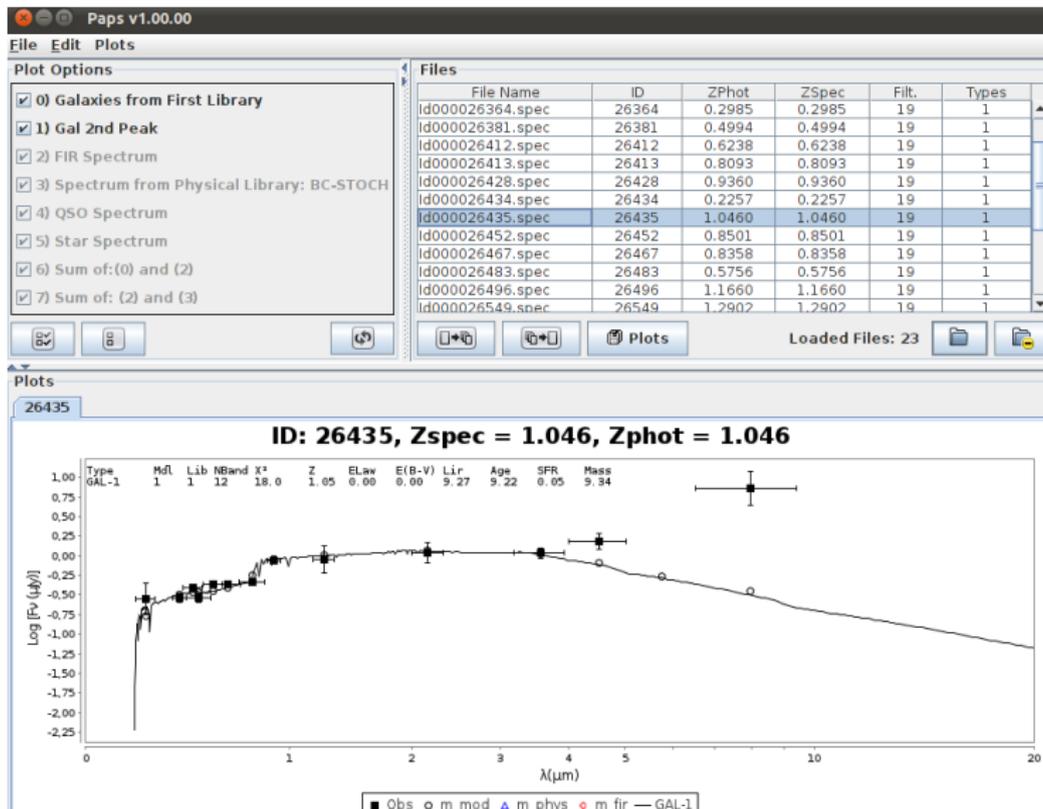


3.1 Cosmologie : Petites bleus : Cosmos & Galex

- ② 2 degré carré de champs à l'équateur
- ② Télescope de l'espace : Hubble, Spitzer, GALEX, XMM, Chandra
- ② Télescope au sol : Subaru, VLA, ESO-VLT, UKIRT, NOAO, CFHT, et autres
- ② 2 millions de galaxies détectées dans 34 filtres -> 1 fichier texte de 1Go



3.1 Cosmologie : Petites bleus : Ajustement de spectre



3.1 Cosmologie : Petites bleus : Ajustement de spectre

$$M = \sum_{i=1}^{N_{filt}} F_{Obs,i} \times F_{pred,i}$$

Paps v1.00.00

File Edit Plots

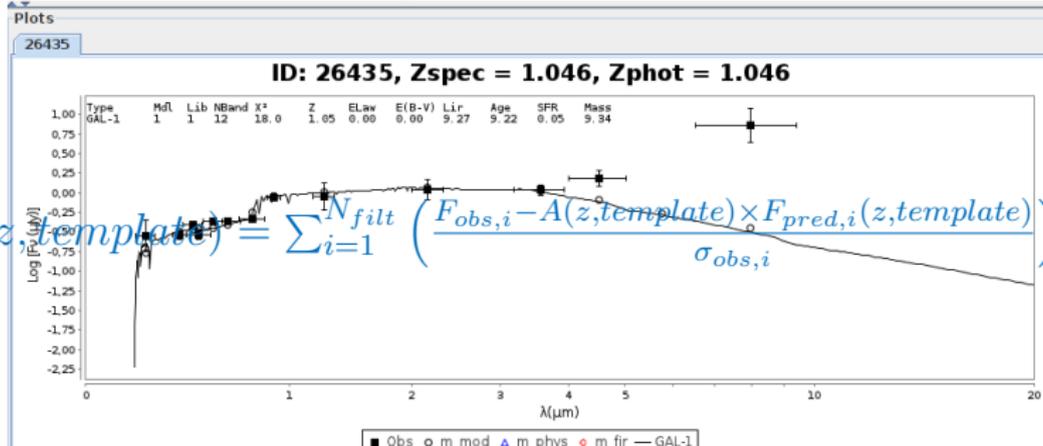
Plot Options

- 0) Galaxies from First Library
- 1) Gal 2nd Peak
- 2) FIR Spectrum
- 3) Spectrum from Physical Library (BESTOCH)
- 4) QSO Spectrum
- 5) Star Spectrum
- 6) Sum of: (0) and (2)
- 7) Sum of: (2) and (3)

Files

File Name	ID	ZPhot	ZSpec	Filt.	Types
ld000026364.spec	26364	0.2985	0.2985	19	1
ld000026381.spec	26381	0.4994	0.4994	19	1
ld000026412.spec	26412	0.6238	0.6238	19	1
ld000026413.spec	26413	0.8093	0.8093	19	1
ld000026428.spec	26428	0.9360	0.9360	19	1
ld000026434.spec	26434	0.2257	0.2257	19	1
ld000026435.spec	26435	1.0460	1.0460	19	1
ld000026452.spec	26452	0.8501	0.8501	19	1
ld000026467.spec	26467	0.8358	0.8358	19	1
ld000026483.spec	26483	0.5756	0.5756	19	1
ld000026496.spec	26496	1.1660	1.1660	19	1
ld000026549.sner	26549	1.2902	1.2902	19	1

Loaded Files: 23



$$\chi^2(A, z, template) = \sum_{i=1}^{N_{filt}} \left(\frac{F_{Obs,i} - A(z, template) \times F_{pred,i}(z, template)}{\sigma_{Obs,i}} \right)^2$$

3.1 Cosmologie : Science dégénérée

- ⌚ Étude des proches
 - ⌚ Modélisation
 - ⌚ Étude comparative
 - ⌚ Milieu intergalactique
 - ⌚ Formation stellaire

 - ⌚ Traceur de matière
 - ⌚ Témoin du passé
 - ⌚ Témoin de la physique à son échelle
- ⌚ Redshift
 - ⌚ Masse
 - ⌚ Taux de formation stellaire
 - ⌚ Métallicité
 - ⌚ Age
 - ⌚ Histoire de formation stellaire

3.1 Cosmologie : Petites bleus

0. Émetteur
1. Extinction galactique
2. Vide intergalactique
3. Voie lactée
4. Atmosphère
5. Télescope
6. Ordinateur
7. Observateur

3.1 Cosmologie : Petites bleus

0. Émetteur
1. Extinction galactique
2. Vide intergalactique
3. Voie lactée
4. Atmosphère
5. Télescope
6. Ordinateur
7. Observateur

★ **09** commandement
| N'oublie pas d'où tu viens

3.1 Cosmologie : Petites bleus

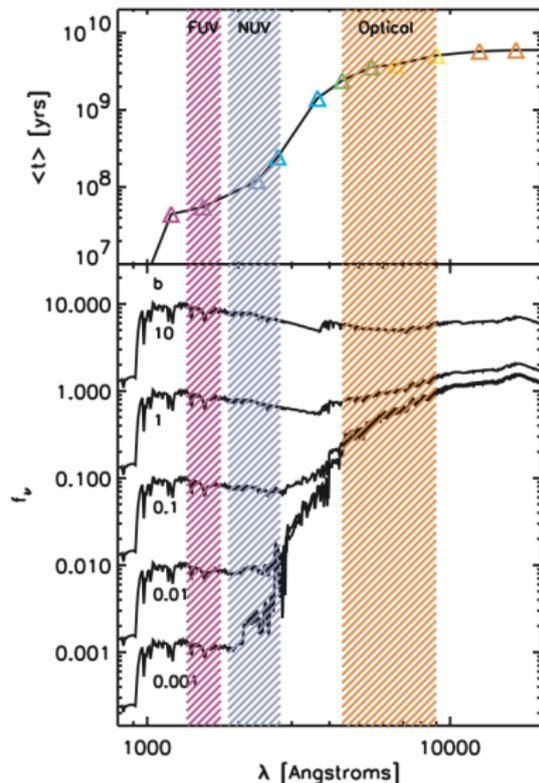
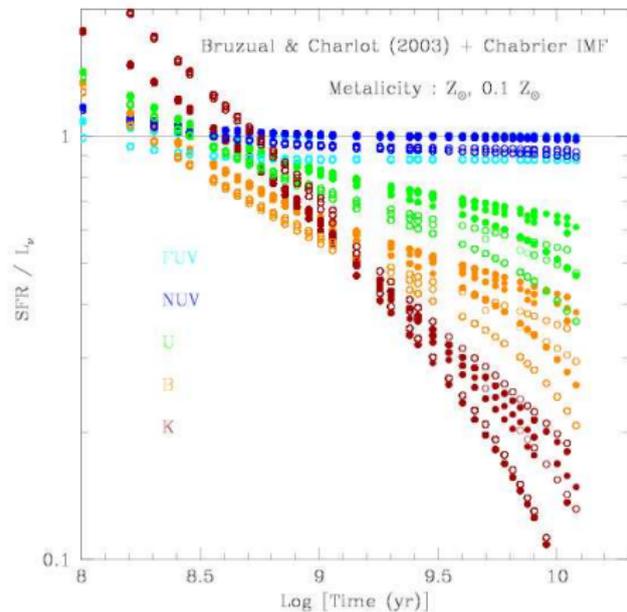
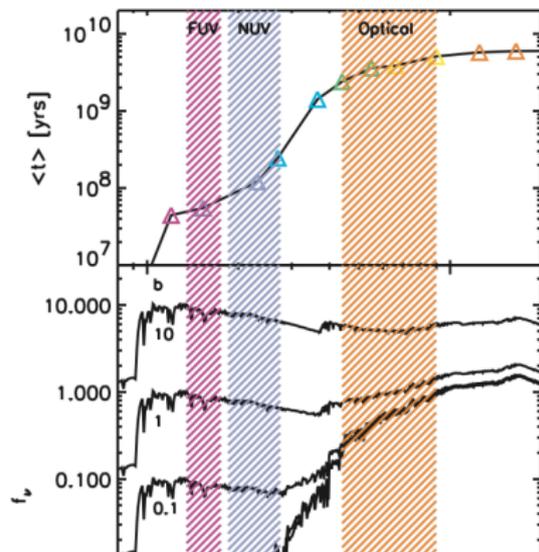
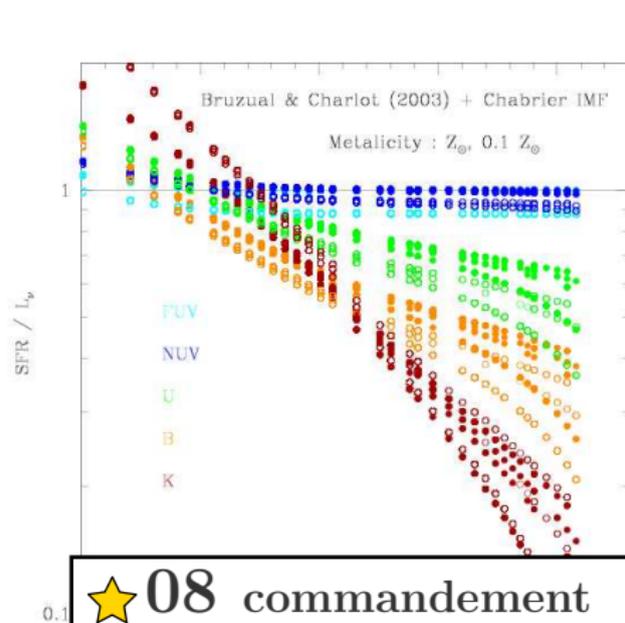


FIG. 1.—*Top*: Flux-weighted age of a simple stellar population from Bruzual & Charlot (2003) vs. wavelength. The UV traces star formation over timescales of $10^{7.5}$ – $10^{8.5}$ yr. *Bottom*: Flux from old plus young stellar populations, for

3.1 Cosmologie : Petites bleus



★ 08 commandement

La lumière UV trace la formation stellaire et la IR, la masse

FIG. 1.—*Top*: Flux-weighted age of a simple stellar population from Bruzual & Charlot (2003) vs. wavelength. The UV traces star formation over timescales of $10^{7.5}$ – $10^{8.5}$ yr. *Bottom*: Flux from old plus young stellar populations, for

Game Over



Sources cools



Cosmos : Une odysée à travers l'univers



Lehoucq : La physique de star wars



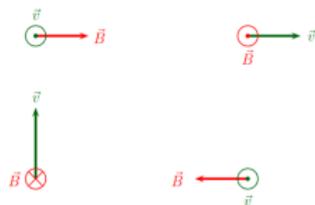
Wikipedia

Devoirs maison

1. Pourquoi le soleil, la terre est rond.e ?
2. Si on renvoie au soleil toute son énergie de radiation (via un miroir sphérique immense par exemple), que se passe t'il ?
3. Si on met un four (i.e cage avec des plaques de métal chaudes) très puissant dans un univers vide (hormis ce four). Qu'est ce qui se passe ?
4. Supposons (Λ CDM) que aujourd'hui : $\Omega_{matiere} = 0.3$ et $\Omega_{vide} = 0.7$. A l'aide des facteurs de densité (3 et 0), dessine leur évolution depuis le big bang. Et si, au contraire, $\Omega_{matiere} = 0.7$ et $\Omega_{vide} = 0.3$? Suppose $H_0 = 100 km.s^{-1}.Mpc^{-1}$ et utilise l'équation de Friedmann (20 min)

Devoirs maison

5. Quand est la période de “grande unification” ? Qu’est ce qu’on ne pouvait pas (encore) dire de l’Univers à cette époque ? C’était vraiment mieux avant ?
6. La force de Lorentz s’écrit $\vec{F} = q (\vec{E} + \vec{v} \wedge \vec{B})$. À l’aide de ta main pour simuler le produit vectoriel (\wedge), donne la direction de la force pour un électron de vitesse v (en vert) dans un champ magnétique B (en rouge)



7. Admire et imite si tu peux, le travail au septième jour du créateur de l’Univers selon Moïse