

Les Poussières du Cosmos

De la Terre aux galaxies lointaines

Patrick Boissé

IAP et Université P. et M. Curie

Plan de la présentation:

- introduction: de l'importance des poussières
- un peu d'histoire
- quelques expériences: interaction lumière - poussières
- comment se manifestent les poussières dans l'Univers
- les poussières dans
 - le système solaire
 - notre galaxie: la Voie Lactée
 - les galaxies lointaines
- propriétés des poussières
- formation et destruction
- Conclusion

Constituants de l'Univers

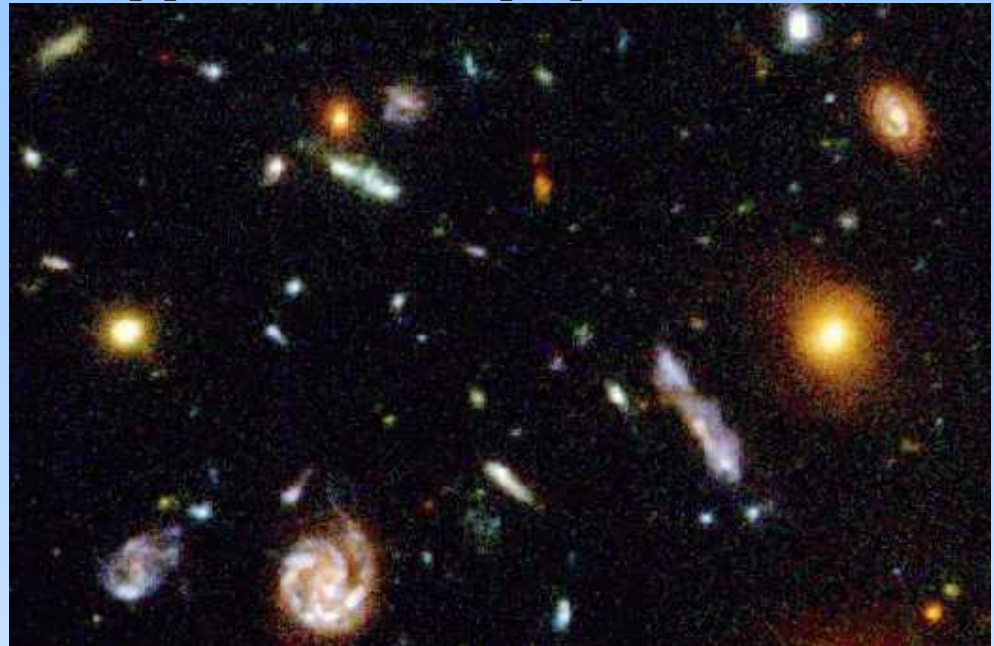
Univers = astres « condensés », souvent lumineux: planètes, étoiles, galaxies

... et **matière diffuse**, peu apparente: gaz et poussières

Galaxie spirale ESO 269-57



Champ profond du télescope spatial Hubble



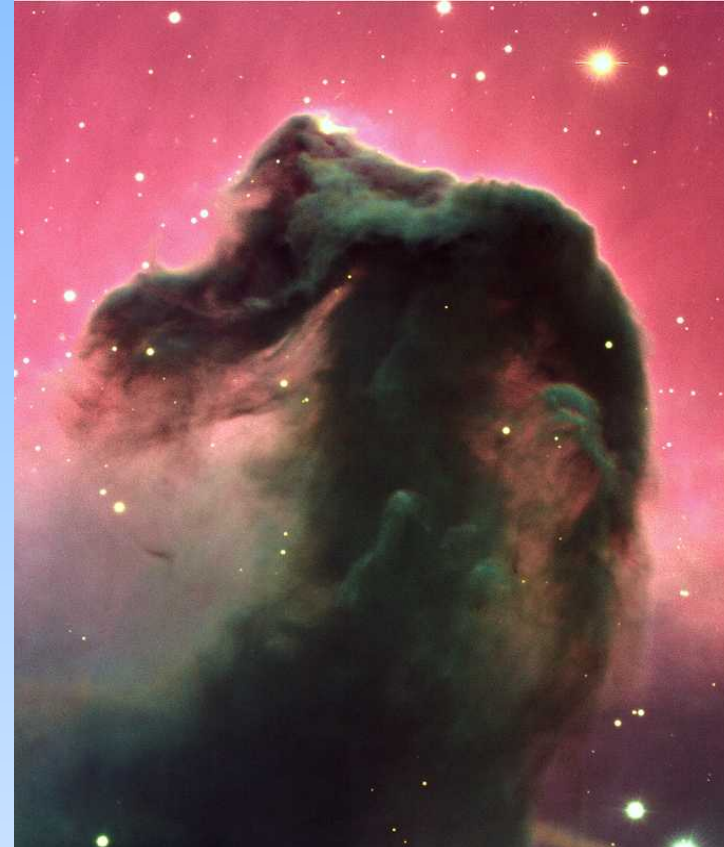
Comment se révèle la matière diffuse ?

Nébuleuses sombres

Nuage sombre B68



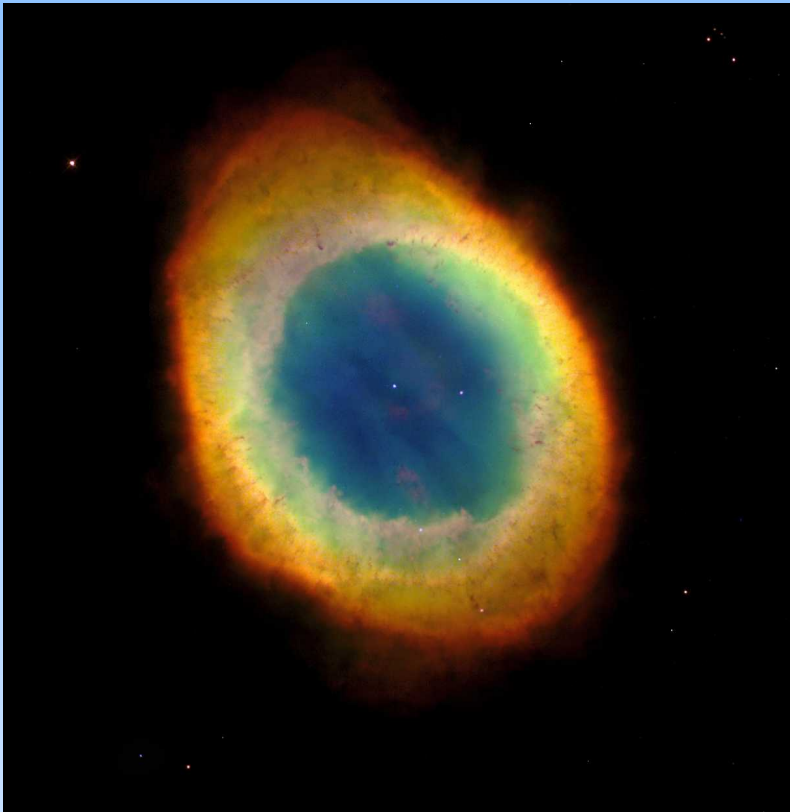
Nébuleuse de la tête de cheval



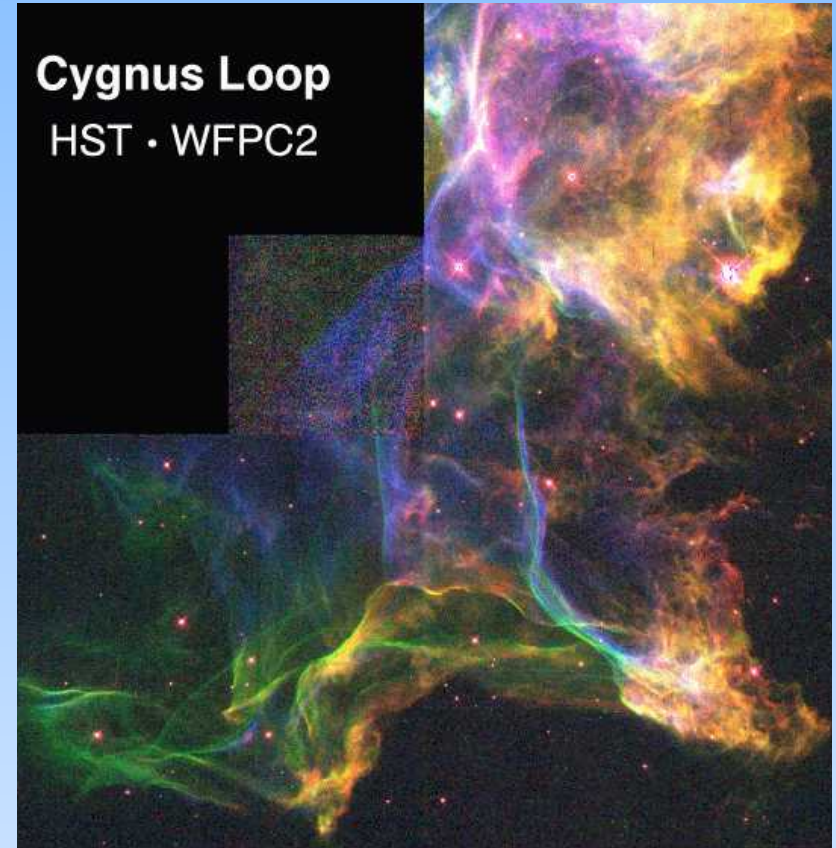
Comment se révèle la matière diffuse ?

Nébuleuses brillantes

Nébuleuse de l'anneau



Nébuleuse du Cygne

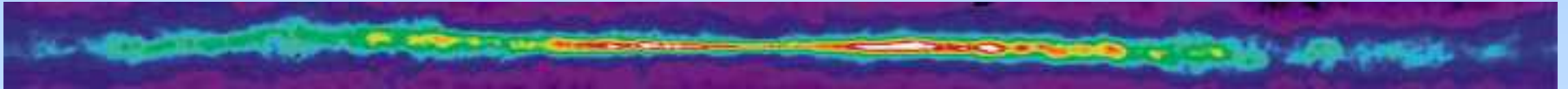


Comment se révèle la matière diffuse ?

A l'échelle de notre Galaxie (la Voie Lactée), en lumière visible



Rayonnement radio émis par le gaz de la Voie Lactée



Les Poussières: quelle importance ?

- masquent-elles une partie de l'univers ?
- faussent elles notre vision de certains astres ?
- contiennent elles
 - une masse importante ?
 - une grande quantité de certains éléments ?
- jouent-elles un rôle important dans l'évolution des astres, même en faible quantité (cf Ozone)

==> essentiel d'évaluer l'importance réelle des poussières

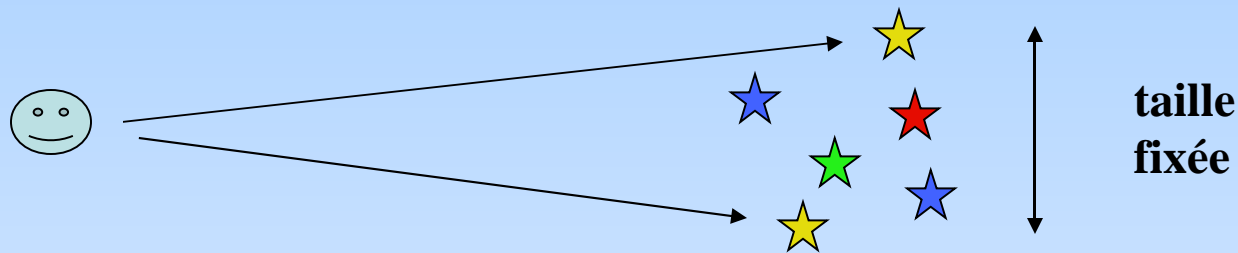
Un peu d'histoire ...

- Absence d'étoiles dans certaines régions : cf B68
(W. Herschel 1738 - 1822) :

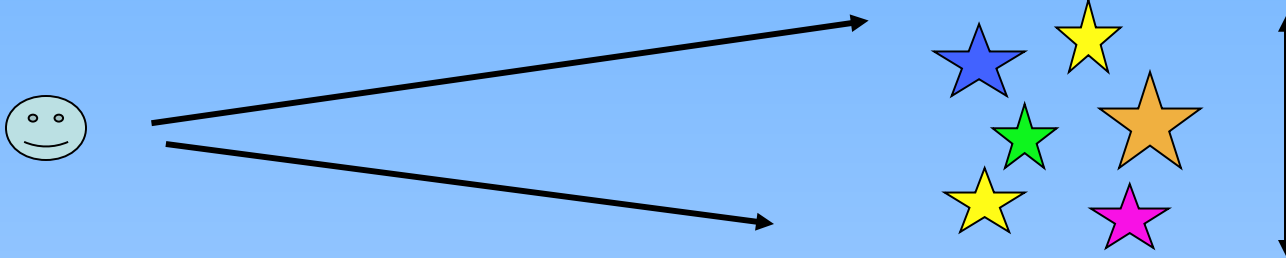
- zones « vides » ?
- étoiles cachées ?

- R. Trumpler (1930): absorption
interstellaire

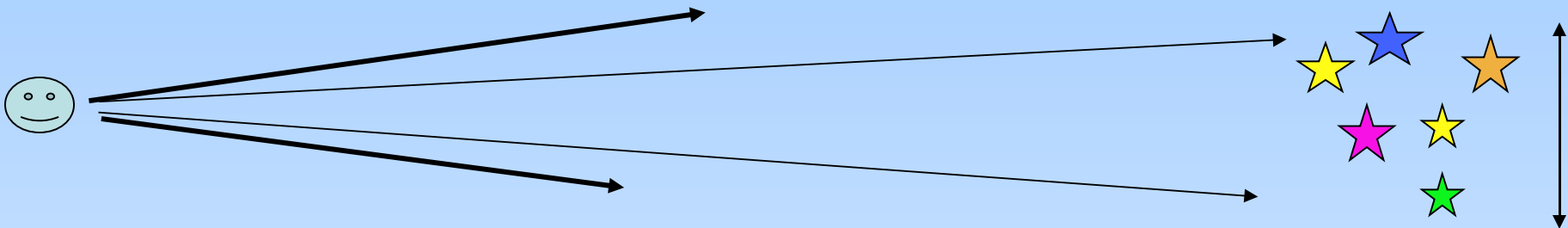
- étude d'amas ouverts:
 - o taille sur le ciel
 - o éclat



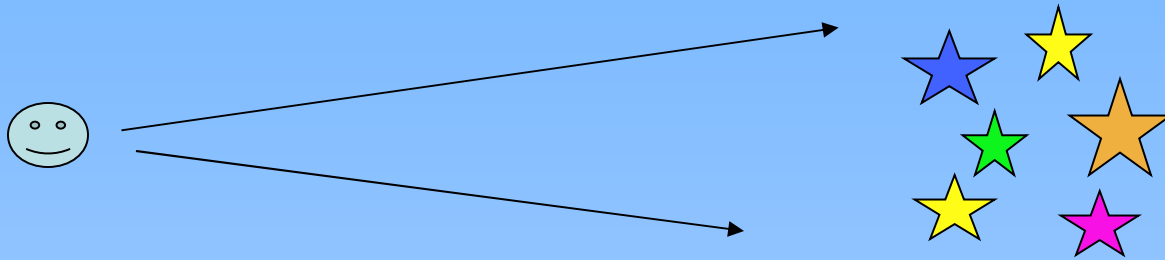
Amas proche



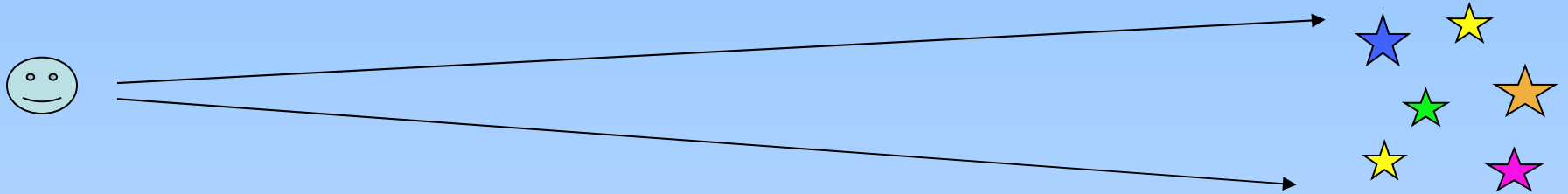
Amas lointain



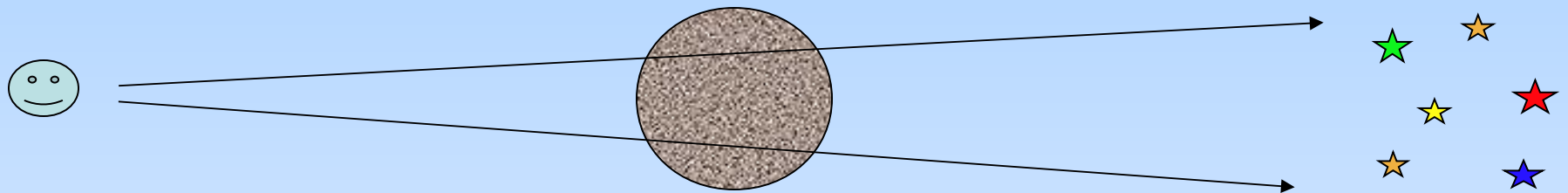
Amas proche



Amas lointain



Amas lointain obscurci



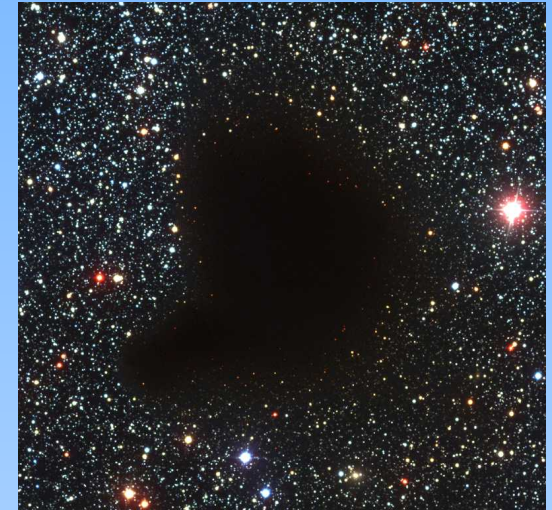
Un peu d'histoire ...

- **Absence d'étoiles dans certaines régions : cf B68 (W. Herschel 1738 - 1822) :**

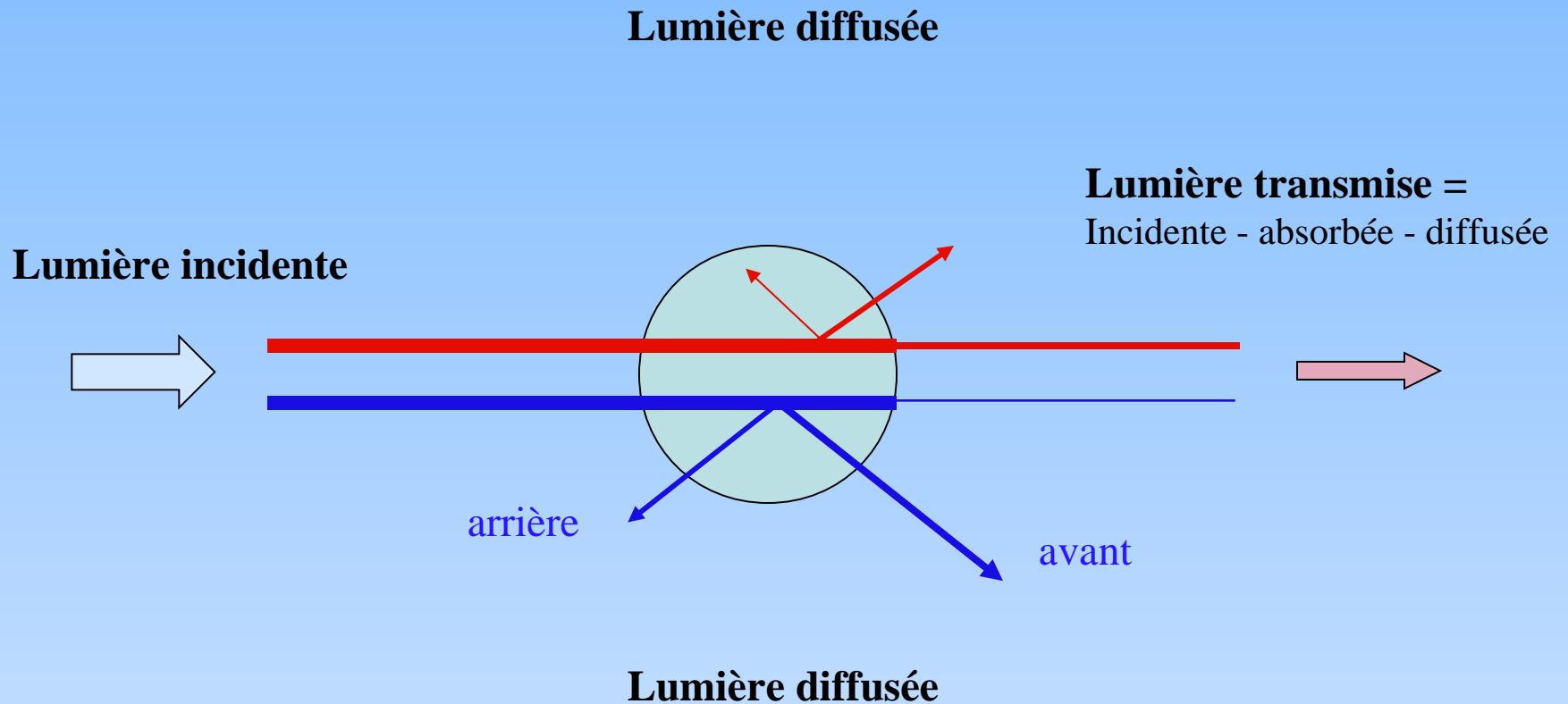
- zones « vides » ?
- étoiles cachées ?

- **R. Trumpler (1930): absorption interstellaire**

- étude d'amas ouverts:
 - o taille sur le ciel --> D_1
 - o éclat --> $D_2 > D_1$
- atténuation (1mag/1000 a. l.)
- petits grains interstellaires (gaz insuffisant)

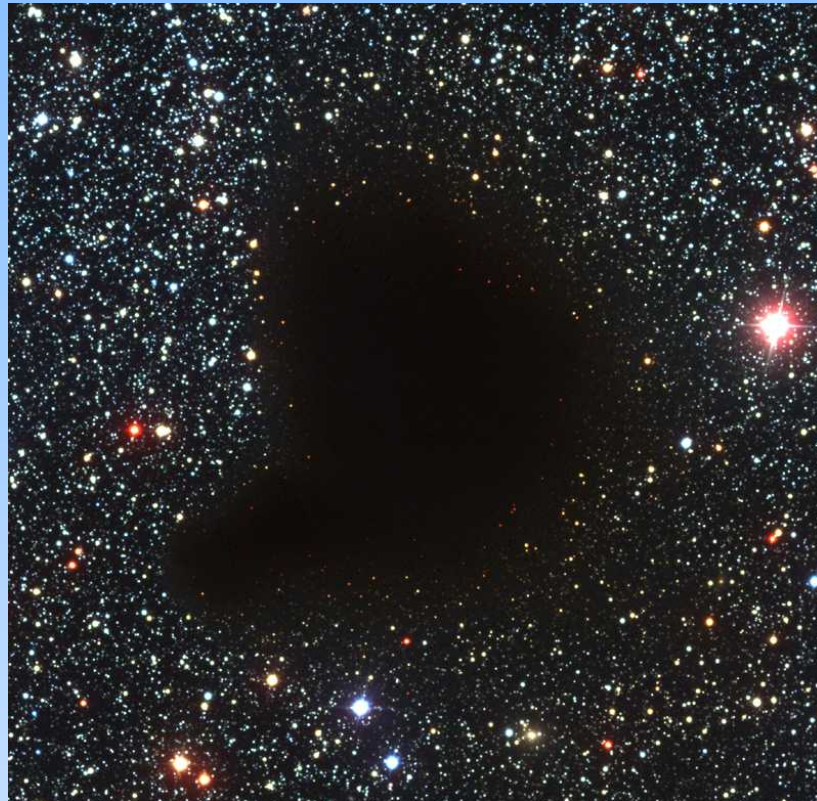


Quelques expériences ...



Principaux effets des grains de poussières

a. Atténuation « sélective » \longrightarrow rougissement



b. Polarisation de la lumière (grains partiellement alignés ...)

Principaux effets des grains de poussières

c. Diffusion \longrightarrow nébuleuses par réflexion :



Les Pléiades

Principaux effets des grains de poussières

c. Diffusion \longrightarrow nébuleuses par réflexion :

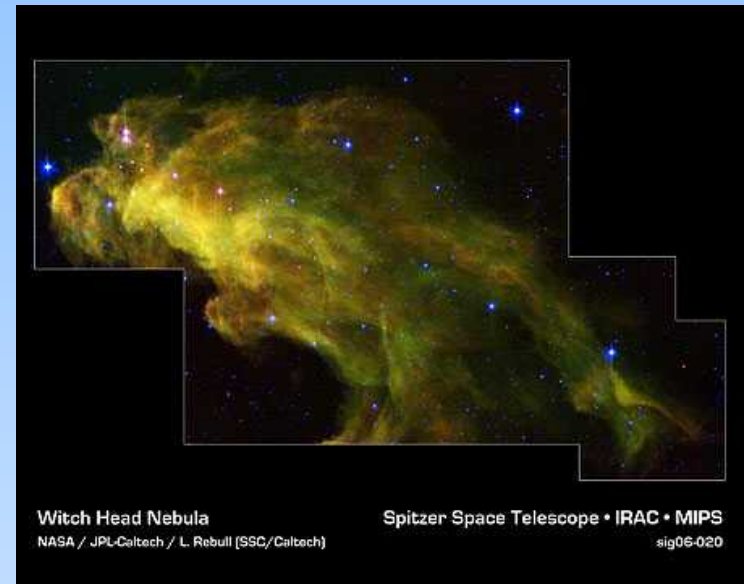


**La tête de sorcière
(Rigel, Orion)**

Principaux effets des grains de poussières

d. Émission infrarouge des grains: observations SPITZER

absorption \longrightarrow grains chauffés \longrightarrow rayonnement IR



Emission infrarouge



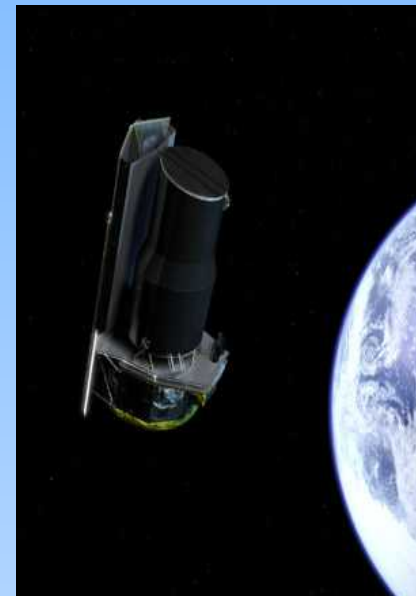
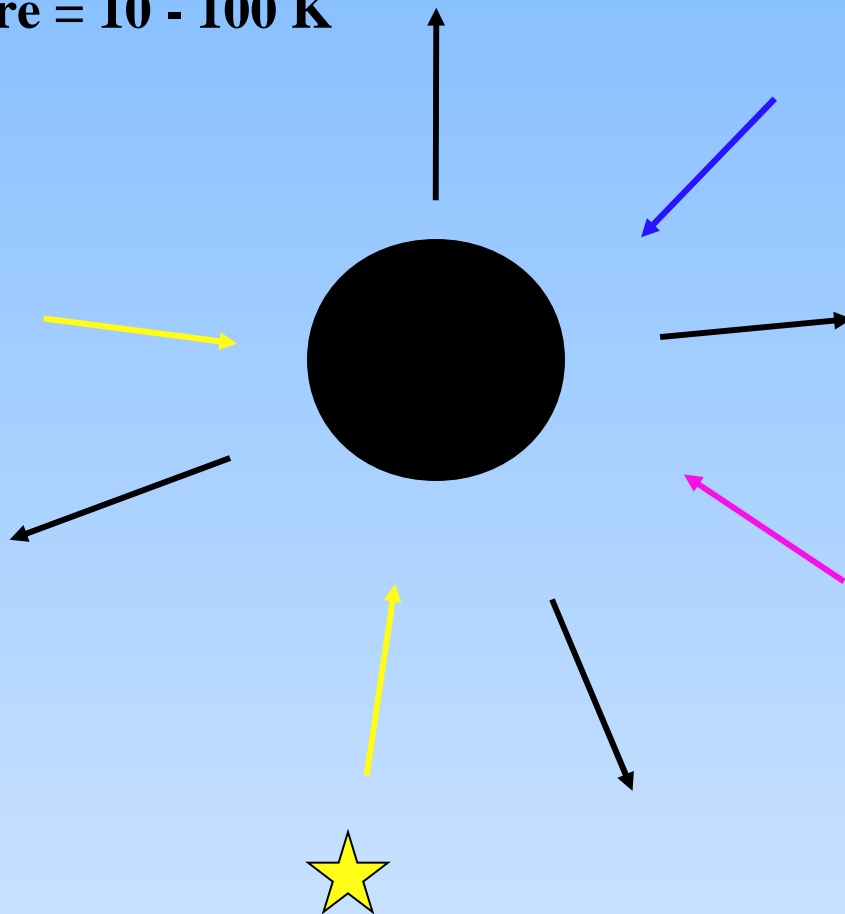
Le rayonnement émis dépend de la température, qui détermine:

- l'intensité,**
- la longueur d'onde ($20^{\circ}\text{C} \rightarrow 10\ \mu\text{m}$)**

Emission infrarouge des grains de poussière

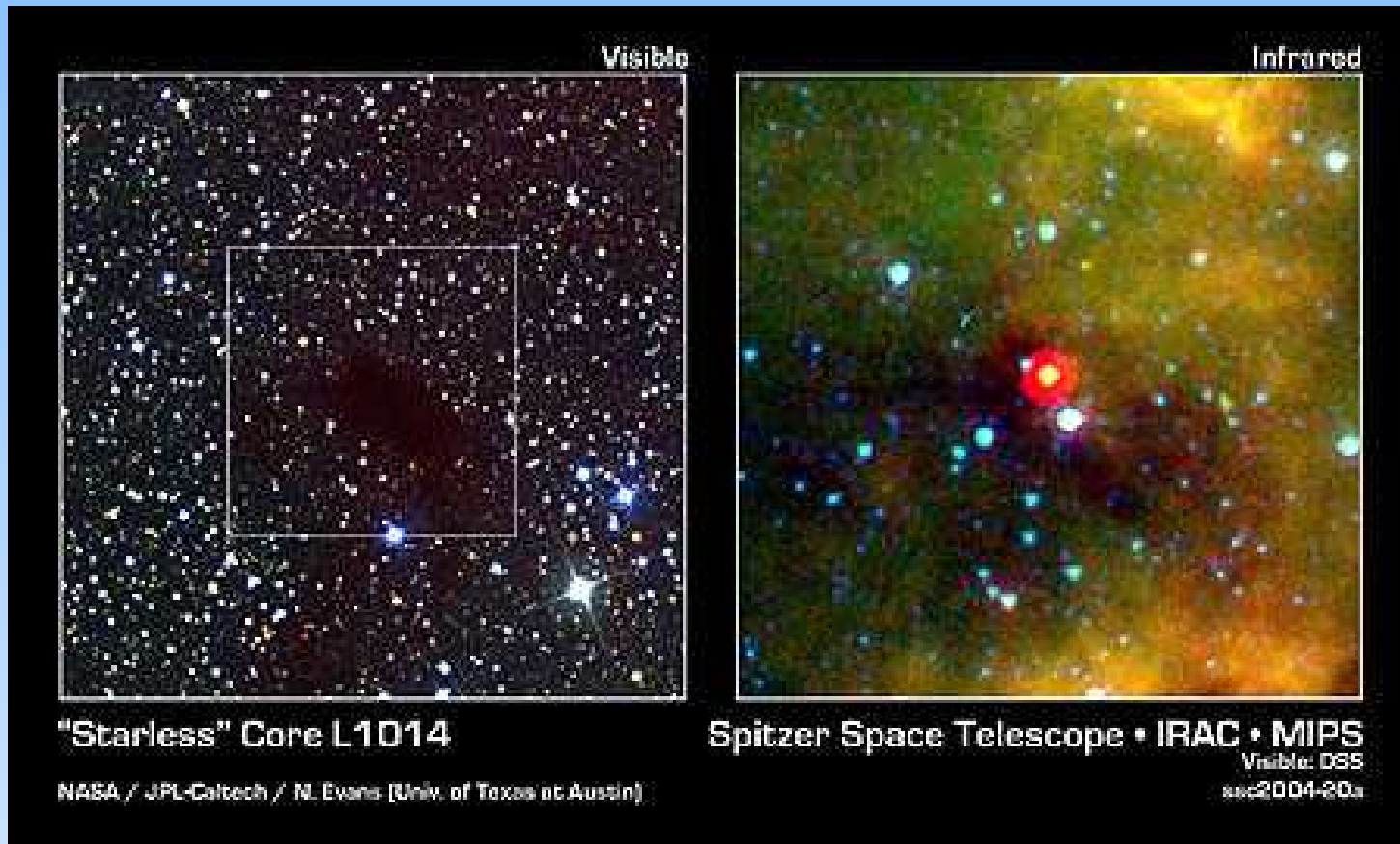
Equilibre chauffage <--> rayonnement IR

==> température = 10 - 100 K



Principaux effets des grains de poussières

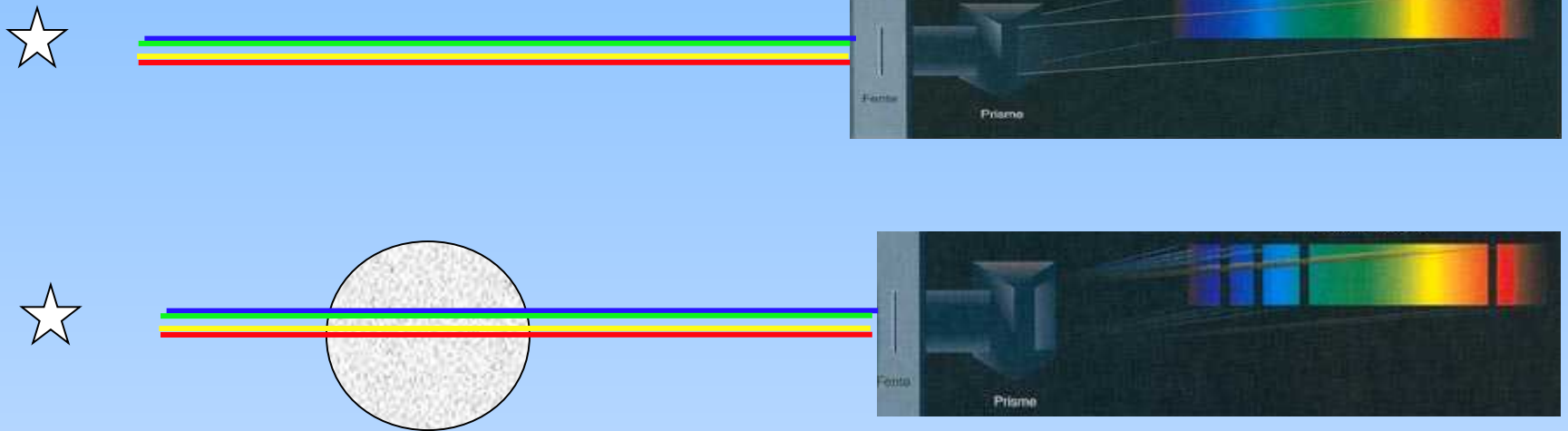
d. Émission infrarouge des grains: résultats SPITZER



Principaux effets des grains de poussières

e. « Déplétion » de certains éléments chimiques dans le gaz

Spectroscopie de la lumière traversant un nuage ==> composition du **gaz**

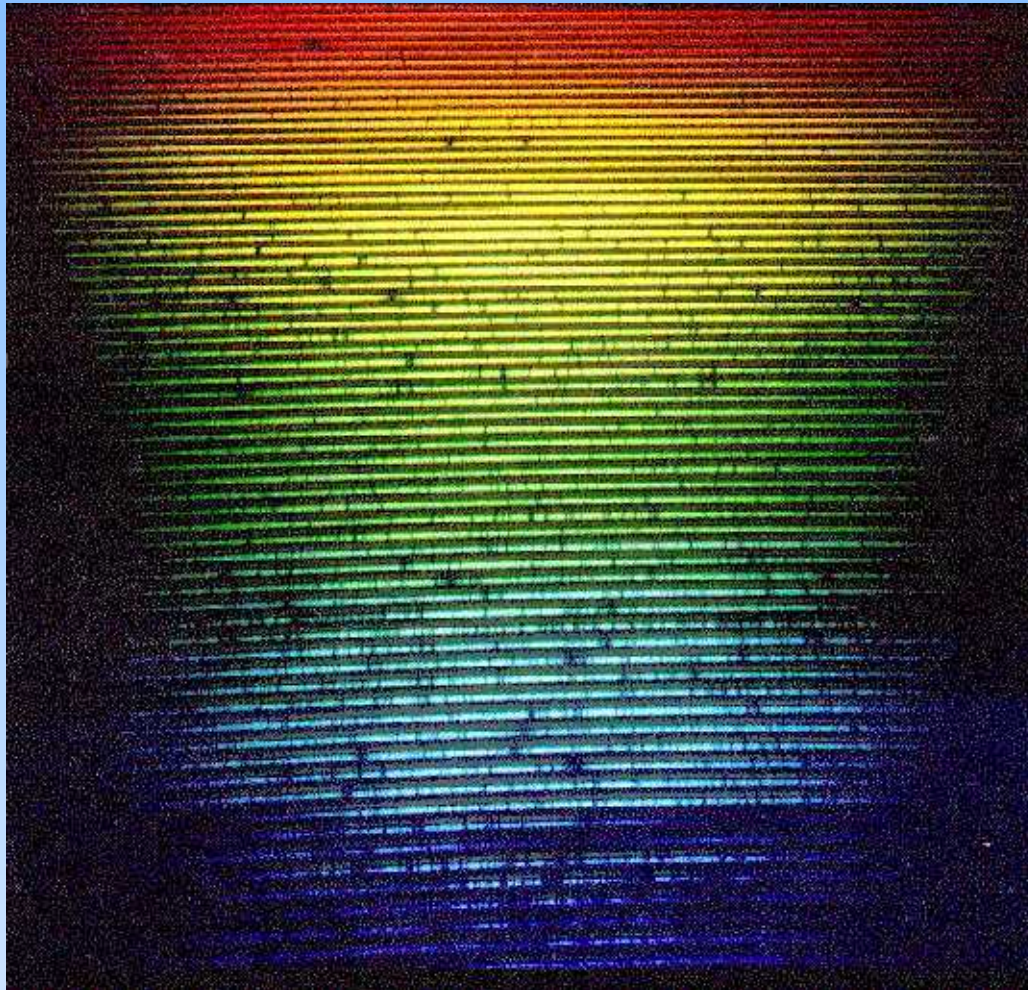


Poussières de C, Si, Ca, Fe \longrightarrow gaz appauvri C, Si, Ca, Fe

Mesure de l'abondance des éléments faussée ou incertaine

Spectroscopie et composition chimique du gaz

Spectre « échelle » obtenu à Calar Alto (FOCES)



Poussières dans le système solaire

a. La lumière zodiacale: diffusion par les poussières interplanétaires



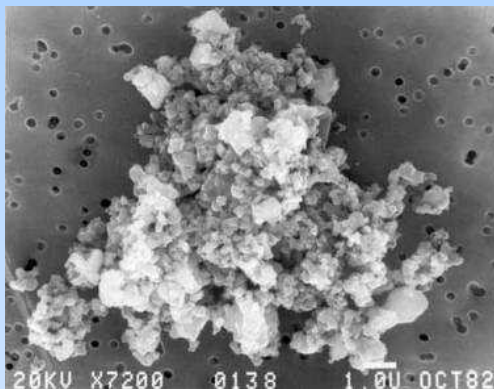
Poussières dans le système solaire

b. Etoiles filantes: poussières interplanétaires tombant dans la haute atmosphère (100 000 tonnes/an !)

c. Queue de poussières des comètes
(Hale-Bopp, 1995, 2380 ans)



d. Recueil direct de poussières
mission stardust (comète Wild-2, 1999, 2004 - 2006)



Poussières dans le milieu interstellaire de la Voie Lactée

Nébuleuse de la
tête de cheval
(Orion)



Poussières dans la Voie Lactée

Domaine visible: étoiles et régions très obscurcies



Domaine infrarouge proche: étoiles peu obscurcies



Domaine infrarouge lointain: émission des poussières



Poussières dans les galaxies

Centaurus A



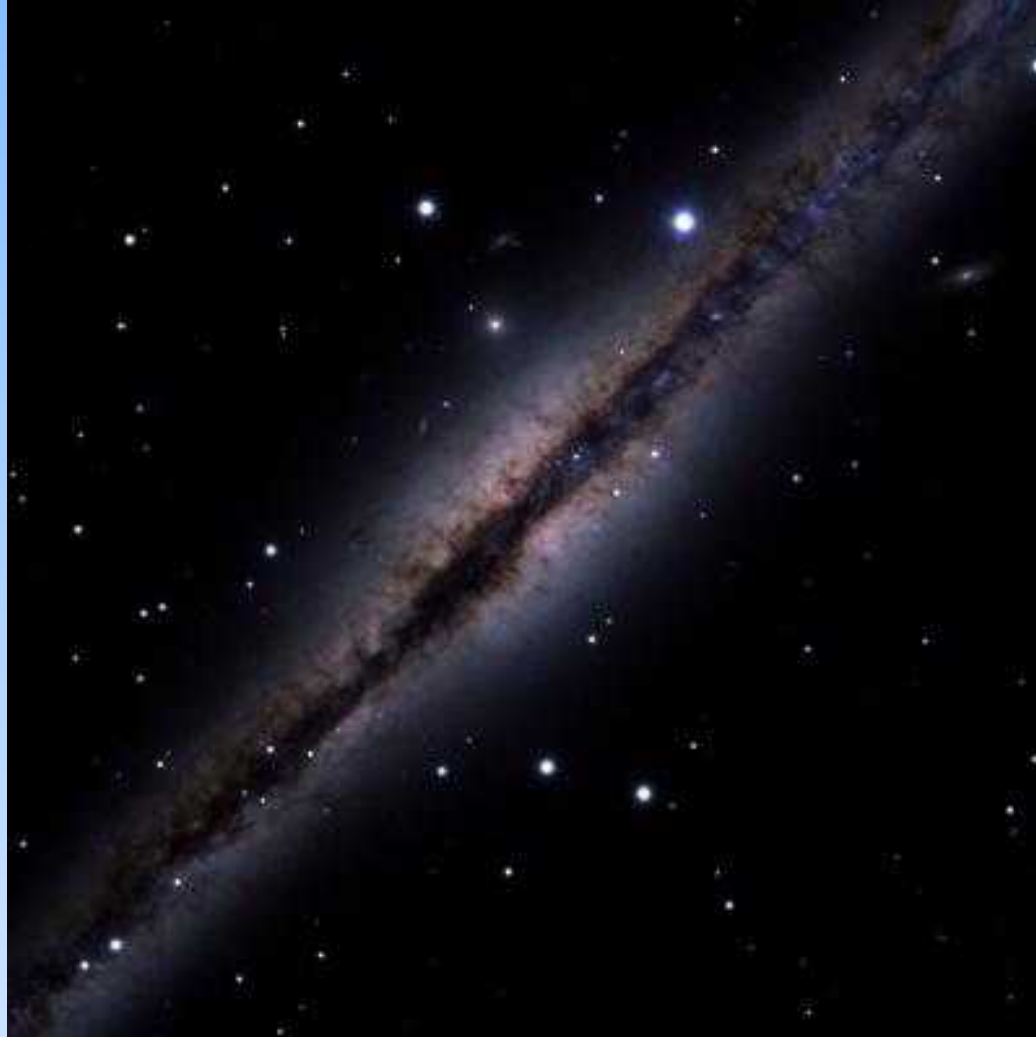
Poussières dans les galaxies

La galaxie du Sombrero



Poussières dans les galaxies

Une galaxie vue par la tranche: NGC 891

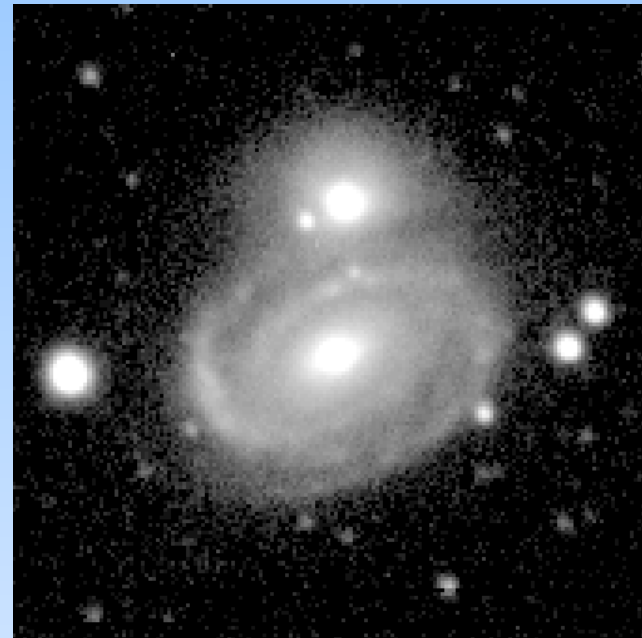


Les galaxies sont-elles « transparentes »

Voit-on l'intérieur des galaxies ? --> mesure correcte de la masse des étoiles ?



**Les paires de galaxies: opacité modérée
de la galaxie située en avant-plan**



Poussières et univers lointain



Effets à grande échelle des poussières:

- quasars lointains cachés ?
- estimations basées sur les quasars faussées ?

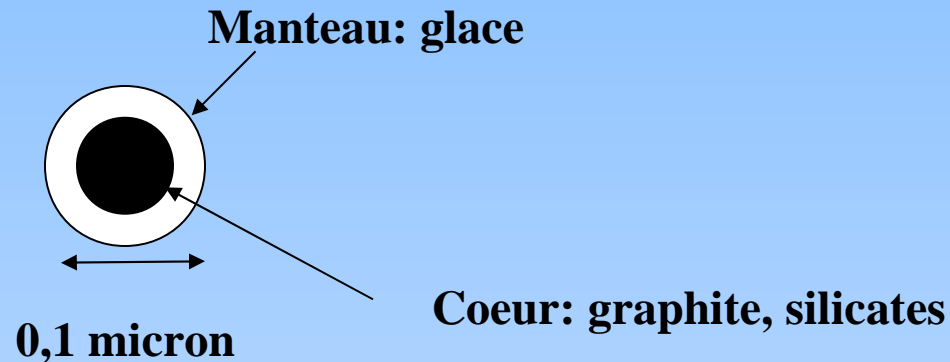
Effets non négligeables mais modérés

Portrait d'une poussière

Observations indirectes (sauf système solaire ...)



caractéristiques très incertaines !



En fait:

- distribution continue de tailles (de quelques atomes à quelques microns)
- compositions très diverses : C, Si, Fe, Mg, Ca,
- structure 3D complexe (fractale ?)

Formation et destruction des poussières

Formation: du cœur, dans le « vent » des étoiles géantes, en fin de vie

Evolution: dans les nuages denses:

- croissance (manteau) ,
- agglomération,
- fragmentation,

Destruction:

- explosions de supernovae (ondes de choc)
- formation d 'étoiles
- agglomération (cailloux → planètes)

➔ **Cycle complexe depuis la formation jusqu'à la destruction**
(désaccord modèles - observations : trop de grains observés !)

Quelques conclusions

- **Besoin de corriger l'effet d'absorption/diffusion des poussières surtout pour les galaxies lointaines (visible reçu = UV émis)**
- **Importance des observations infrarouge (émission, faible opacité)**
- **Rôle très important des grains:**
 - chimie des nuages interstellaires (synthèse de molécules: H₂, etc).
 - limite la masse des étoiles formées
 - formation de planètes telluriques
- **Nombreux liens avec expériences de labo en cours (croissance en apesanteur, analyse des grains interplanétaires etc)**