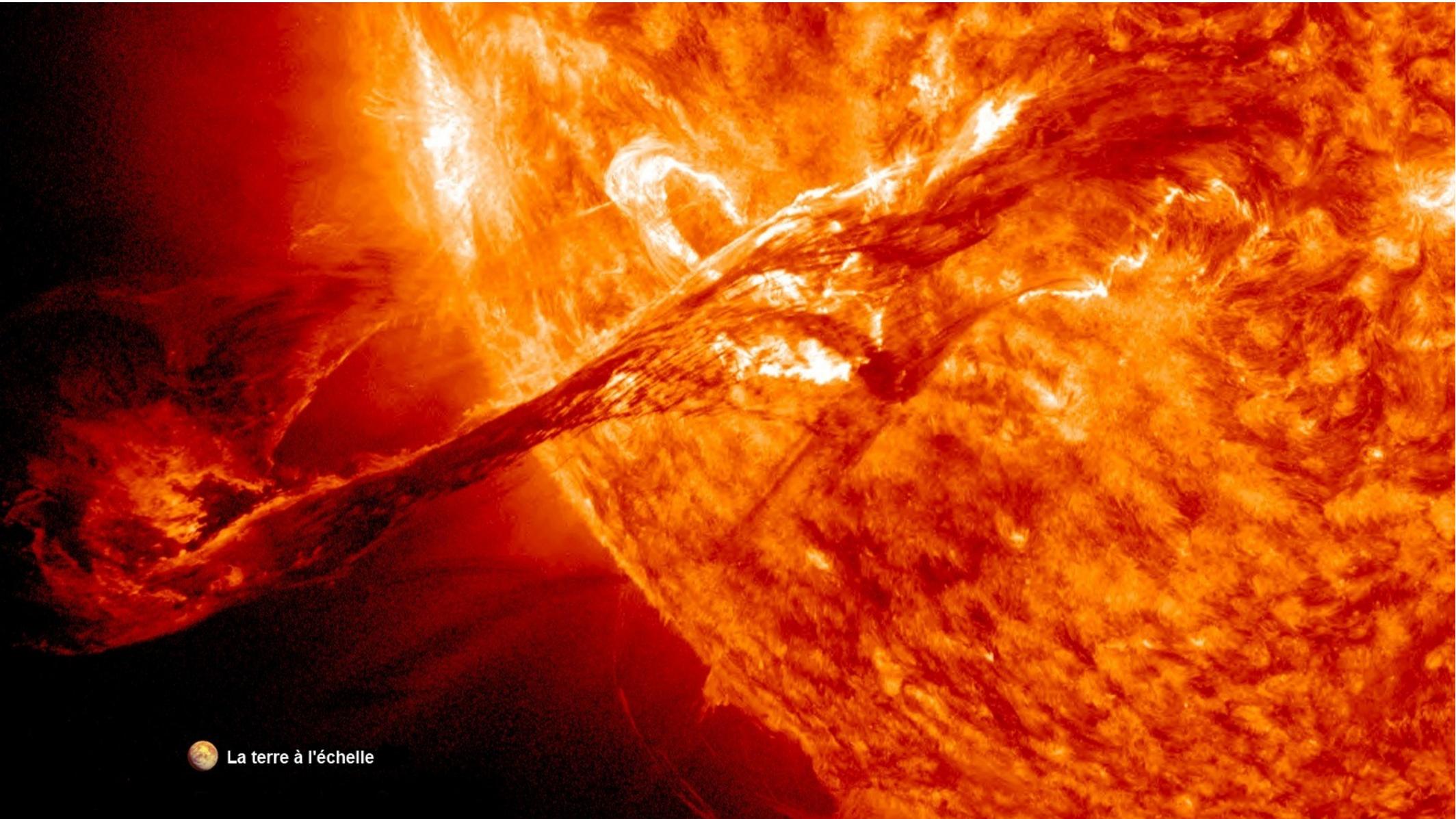


Opération 1 classe – 1 chercheur



 La terre à l'échelle

Partie 1 : Les métiers de l'astrophysique

- I. Vue d'ensemble
- II. Développements observationnels et expérimentaux
- III. Recherche scientifique
- IV. Comment devient-on astrophysicien(ne) ?

Partie 2 : Le cycle de la matière galactique

- I. Exemple d'un cycle bien connu : le cycle de l'eau
- II. Notions préliminaires
- III. Vue globale : les 4 étapes du cycles
- IV. Vue détaillée
 - Étape 1 : formation de nuages moléculaires
 - Étape 2 : formation d'étoiles
 - Étape 3 : au coeur des étoiles
 - Étape 4 : retour au milieu interstellaire
- V. Les galaxies dans leur environnement
- VI. Vers l'apparition de la vie

Partie 1 : Les métiers de l'astrophysique

- I. Vue d'ensemble
- II. Développements observationnels et expérimentaux
- III. Recherche scientifique
- IV. Comment devient-on astrophysicien(ne) ?

Partie 2 : Le cycle de la matière galactique

- I. Exemple d'un cycle bien connu : le cycle de l'eau
- II. Notions préliminaires
- III. Vue globale : les 4 étapes du cycles
- IV. Vue détaillée
 - Étape 1 : formation de nuages moléculaires
 - Étape 2 : formation d'étoiles
 - Étape 3 : au coeur des étoiles
 - Étape 4 : retour au milieu interstellaire
- V. Les galaxies dans leur environnement
- VI. Vers l'apparition de la vie

Exemple 1 : l'astrophysique à Besançon



5 équipes :

- MSS : Matériaux et Surfaces Structurés
- NCM : Nanoparticules, Contaminants et Membranes
- PhAs : Physique théorique et Astrophysique
- SPACE : Spectroscopie, Planétologie, Atmosphères, Clathrates et Environnement
- SRS : Sonochimie et Réactivité des Surfaces

PhAs : 27 personnes

- 15 permanents
(4 ingénieurs – 11 chercheurs)
- 5 non-permanents
(3 doctorants – 2 chercheurs associés)
- 7 stagiaires

SPACE : 18 personnes

- 10 permanents (10 chercheurs)
- 8 non permanents
(7 doctorants – 1 postdoc)

Exemple 1 : l'astrophysique à Besançon



5 équipes :

- MSS : Matériaux et Surfaces Structurés
- NCM : Nanoparticules, Contaminants et Membranes
- PhAs : Physique théorique et Astrophysique
- SPACE : Spectroscopie, Planétologie, Atmosphères, Clathrates et Environnement
- SRS : Sonochimie et Réactivité des Surfaces

PhAs : 27 personnes

- 15 permanents
(4 ingénieurs – 11 chercheurs)
- 5 non-permanents
(3 doctorants – 2 chercheurs associés)
- 7 stagiaires

SPACE : 18 personnes

- 10 permanents (10 chercheurs)
- 8 non permanents
(7 doctorants – 1 postdoc)

2 types de métiers : Ingénieur
 Chercheur

Partie 1 : Les métiers de l'astrophysique

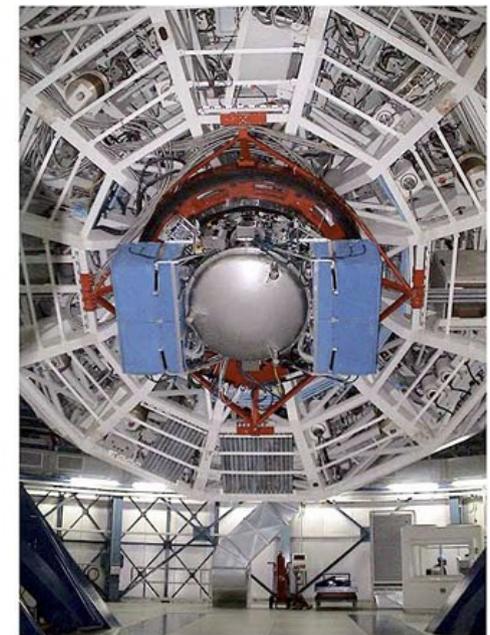
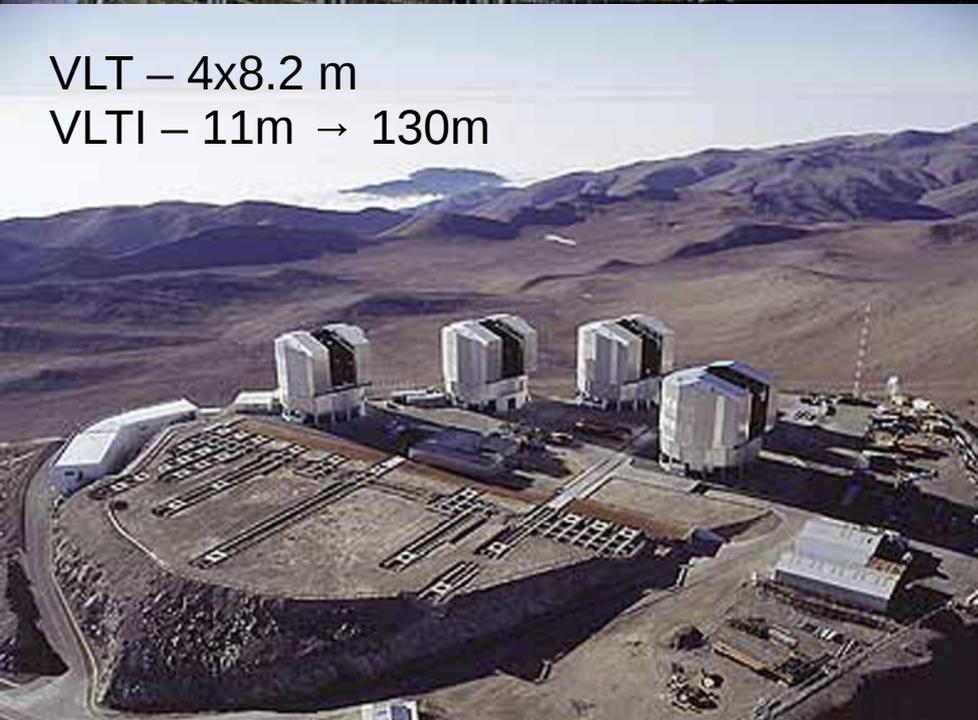
- I. Vue d'ensemble
- II. Développements observationnels et expérimentaux**
- III. Recherche scientifique
- IV. Comment devient-on astrophysicien(ne) ?

Partie 2 : Le cycle de la matière galactique

- I. Exemple d'un cycle bien connu : le cycle de l'eau
- II. Notions préliminaires
- III. Vue globale : les 4 étapes du cycles
- IV. Vue détaillée
 - Étape 1 : formation de nuages moléculaires
 - Étape 2 : formation d'étoiles
 - Étape 3 : au coeur des étoiles
 - Étape 4 : retour au milieu interstellaire
- V. Les galaxies dans leur environnement
- VI. Vers l'apparition de la vie

II. Développements observationnels et expérimentaux

II.1 Télescopes



VISIR Mounted behind the 8.2-m Mirror of Melipal

II. Développements observationnels et expérimentaux

II.2 Expériences



Exemple :
Expérience PIRENEA
à Toulouse (C. Joblin)

Étude de la poussière
d'étoile dans des
conditions interstellaires

$P \sim 10^{-12}$ atm
(=0.000000000001 atm)

$T \sim 40$ K
(= -233 °C)

II. Développements observationnels et expérimentaux

II.3 Effectifs et activités

Exemple 2 : Pôle technique au LESIA (Paris)

(Laboratoire d'études spatiales et d'instrumentation en astrophysique)

Pôles scientifiques 70 chercheurs titulaires – 1 chercheur contractuel - 20 chercheurs affiliés - 13 post-doctorants – 2 ATER - 29 doctorants – 10 visiteurs longue durée

Pôles techniques 25 IR (16 CNRS – 3 MEN – 1 UPMC - 5 CDD) ; 30 IE (17 CNRS – 4 MEN - 9 CDD) ; 6 AI (3 CNRS – 2 MEN – 1 CDD) ; 16 T (7 CNRS – 4 MEN – 4 SAENES – 1 CCD) ; 1 Adj Tech; 2 apprentis

Pôle Informatique

Groupe Informatique LESIA	Traitement de Données	Informatique instrumentale
Resp. : E. Grolleau	N. Azouaoui	K Boughedada
J. Brulé	X. Bonnin	C. Cuomo
G. Gras	A. Bouteille	R. Dembet
S. Vassin	S. Chaintreuil	T. Gadeaud
	C. Chauvin	A. Gaget
	Y. de Conchy	L. Gueguen
	A. Deru	L. Malac-Allain
	A. Ferrigno	Ph. Plasson
	N. Fuller	E. Revert
	F. Henry	A. Sevin
	E. Holle	
	M-P. Issartel	
	S. Jacquiod	
	Q-N. Nguyen	
	C. Renié	
	R. Romagnan	

Coordinatrice: S. Chaintreuil

Pôle Ingénierie

Electronique	Optique	Bureau d'études
P-L. Astier	P. Bernardi	N Bedel
G. Barbary	M. Blavier	F. Chapron
M. Dekkali	M. Bonafous	I. Laglil
D. Dias	M. Glanc	M. Marteaud
A. Docclo	M. Motisi	J. Tanrin
P. Fedou	J-M. Réess	
A.C. Guériaux		Atelier
Y. Hello		V. Arslanyan
B. Leruyet	Système	C. Collin
J-P. Michel	T. Buey	
L. Mouysset	Z. Hubert	
S. Pau	V. Lapeyrere	Service solaire
D. Perret		Resp. : D. Crussaire
D. Polizzi	Intégration	I. Bualé
R. Schmidt	O. Dupuis	R. Le Cocguen
D. Ziegler	J. Parisot	F. Dauny
	Qualité	
	D. Zeganadin	

Coordinateur: R. Schmidt

Pôle Services

Administration	Graphisme
Resp. : C. Colon	S. Cnudde
O. Achelhi	
F. Bollart	
C. Dupont	
S. d'Estan	
C. Imad	Webmaster
K. Maspimby	A. Fave
P. Nibert	
D. Savary	

Coordinatrice: A. Fave

Partie 1 : Les métiers de l'astrophysique

- I. Vue d'ensemble
- II. Développements observationnels et expérimentaux
- III. Recherche scientifique**
- IV. Comment devient-on astrophysicien(ne) ?

Partie 2 : Le cycle de la matière galactique

- I. Exemple d'un cycle bien connu : le cycle de l'eau
- II. Notions préliminaires
- III. Vue globale : les 4 étapes du cycles
- IV. Vue détaillée
 - Étape 1 : formation de nuages moléculaires
 - Étape 2 : formation d'étoiles
 - Étape 3 : au coeur des étoiles
 - Étape 4 : retour au milieu interstellaire
- V. Les galaxies dans leur environnement
- VI. Vers l'apparition de la vie

III. Recherche scientifique

III.1 C'est quoi, chercher ?





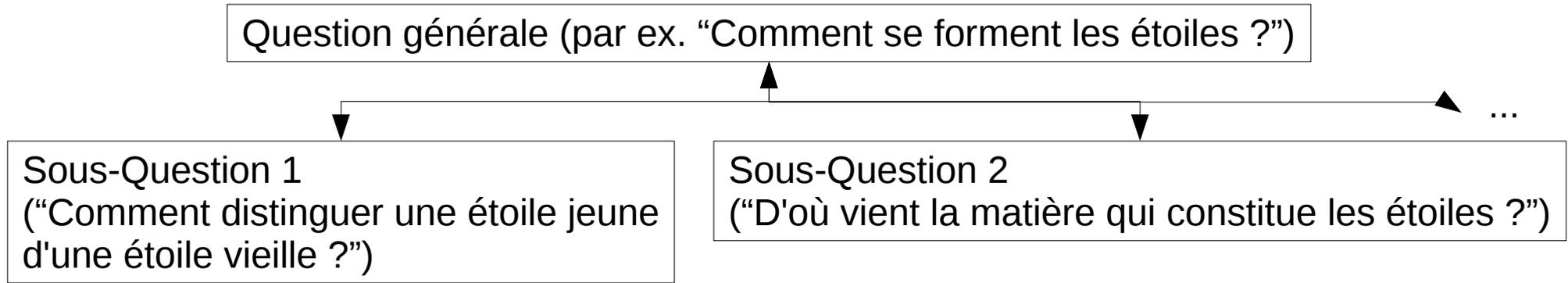
III. Recherche scientifique

III.1 C'est quoi, chercher ?

Question générale (par ex. “Comment se forment les étoiles ?”)

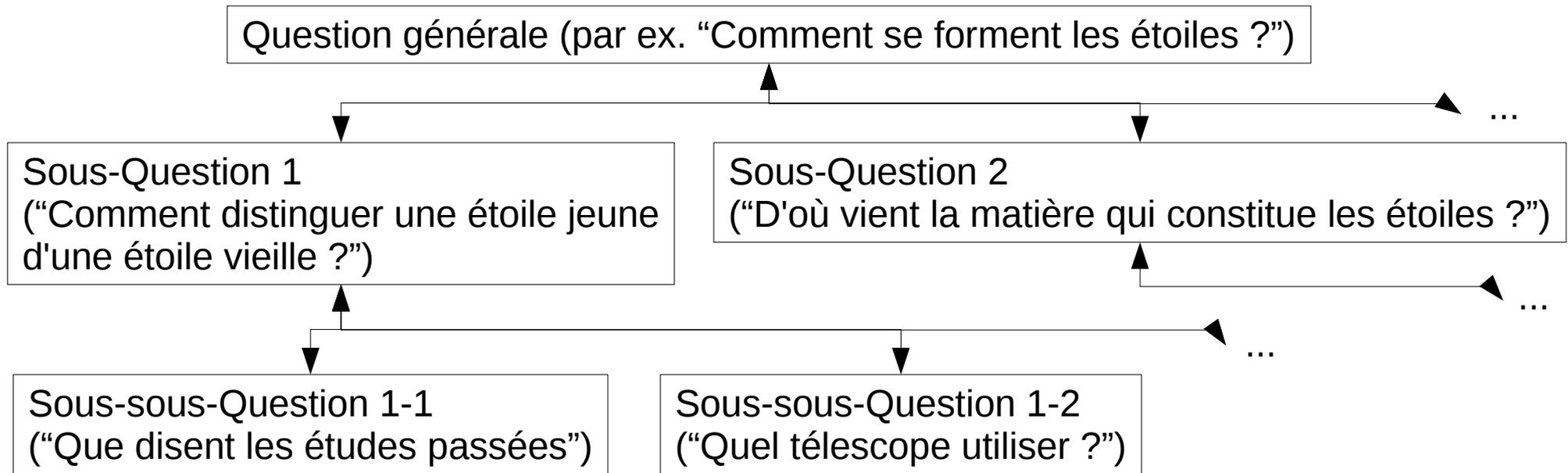
III. Recherche scientifique

III.1 C'est quoi, chercher ?



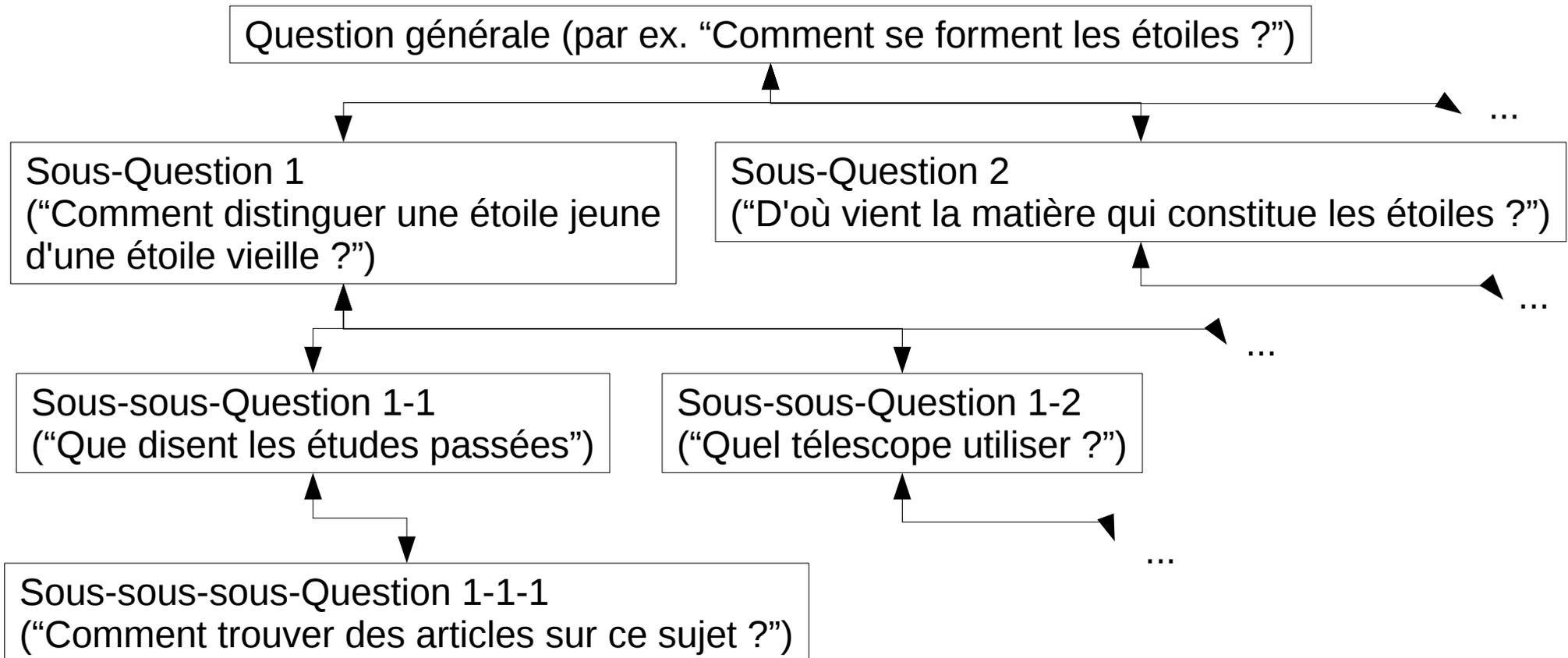
III. Recherche scientifique

III.1 C'est quoi, chercher ?



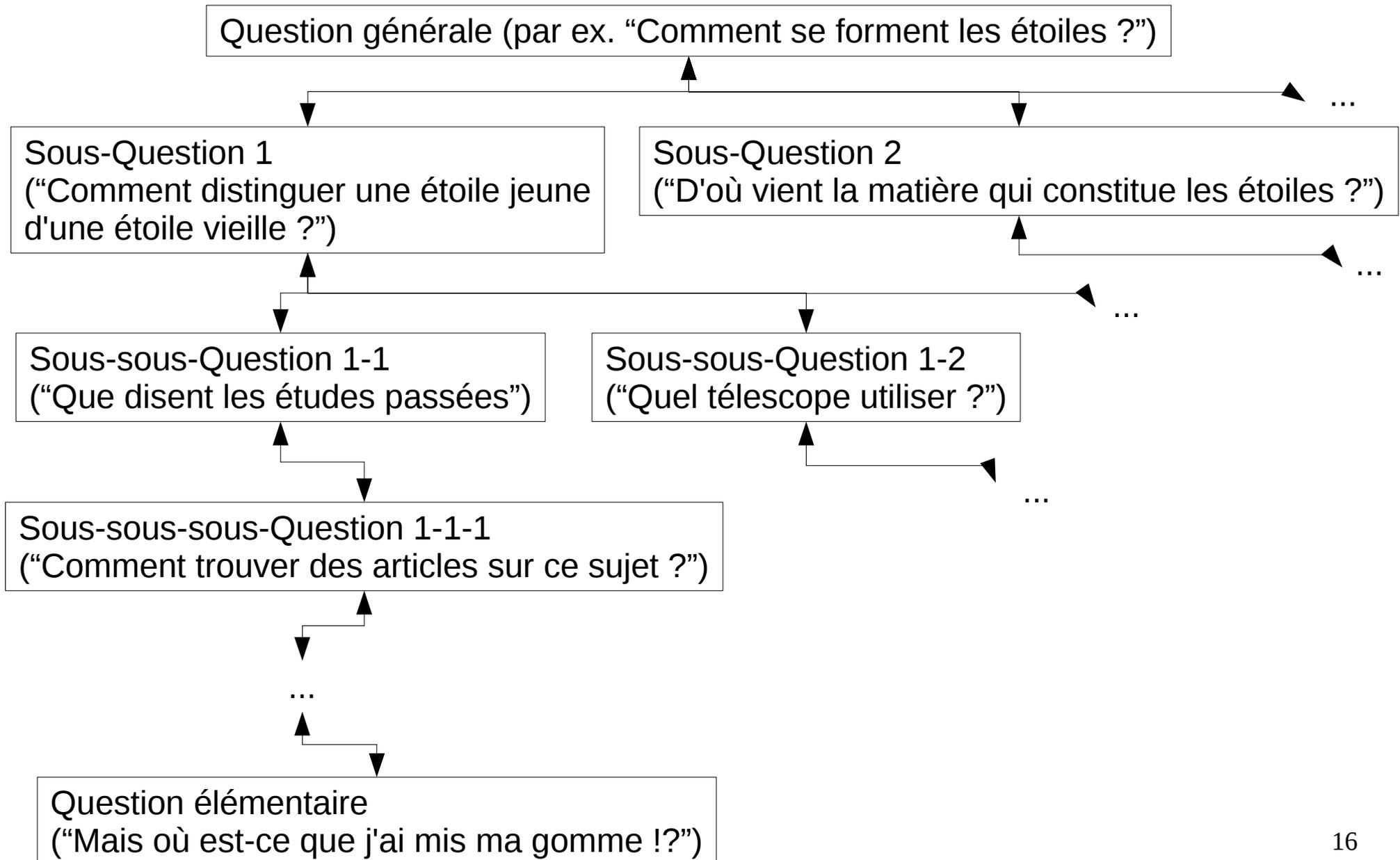
III. Recherche scientifique

III.1 C'est quoi, chercher ?



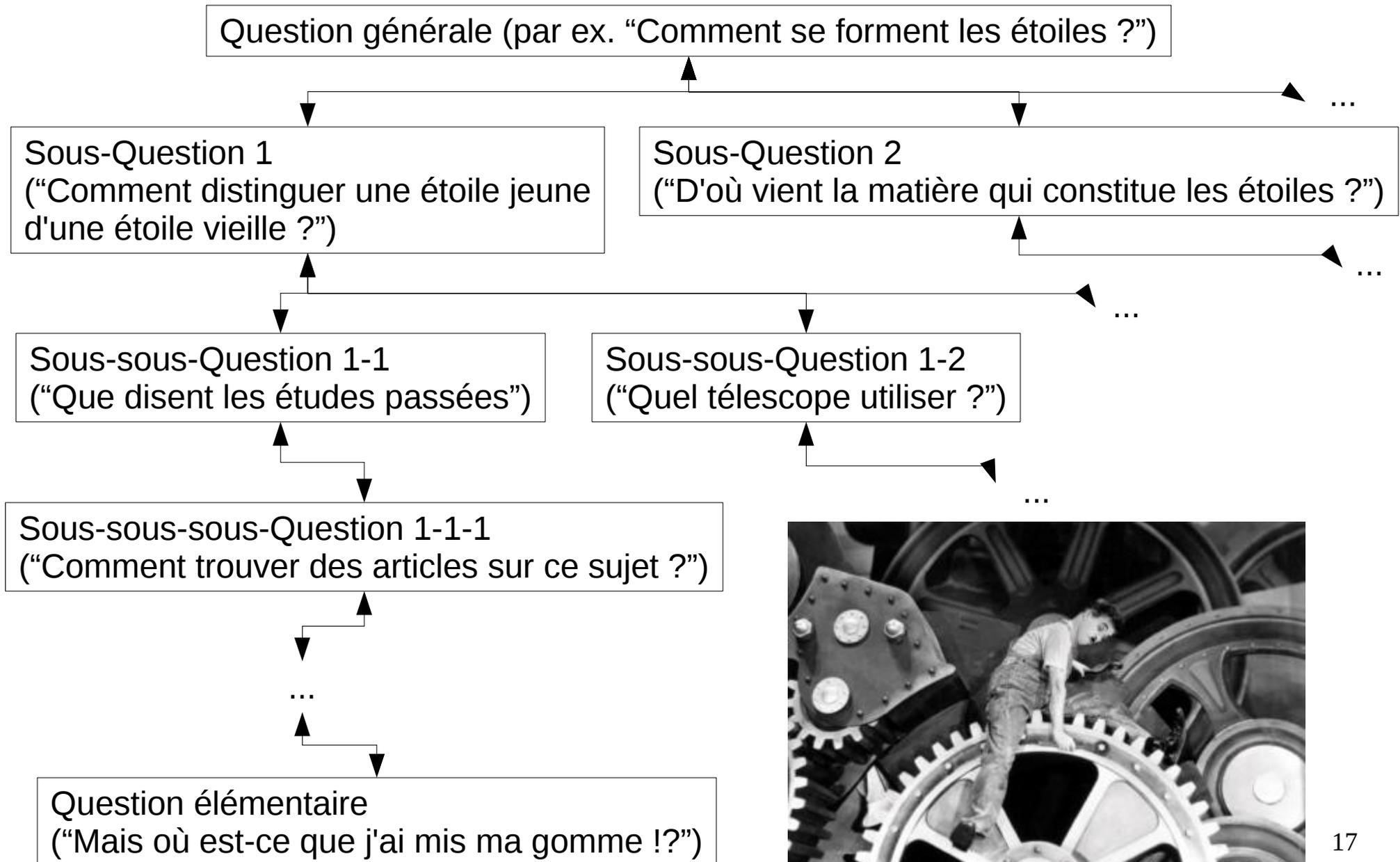
III. Recherche scientifique

III.1 C'est quoi, chercher ?



III. Recherche scientifique

III.1 C'est quoi, chercher ?



Au bureau (90% du temps) :

A&A 518, L96 (2010)
DOI: 10.1051/0004-6361/201014643
© ESO 2010

**Astronomy
&
Astrophysics**
Special feature

Herschel: the first science highlights

LETTER TO THE EDITOR

Evolution of interstellar dust with *Herschel*. First results in the photodissociation regions of NGC 7023*

A. Abergel¹, H. Arab¹, M. Compiègne^{1,4}, J. M. Kirk³, P. Ade³, L. D. Anderson², P. André⁴, J.-P. Baluteau², J.-P. Bernard⁷, K. Blagrave¹⁴, S. Bontemps⁵, F. Boulanger¹, M. Cohen⁹, P. Cox¹⁰, E. Dartois¹, G. Davis¹¹, R. Emery⁶, T. Fulton¹², C. Gry⁷, E. Habart¹, M. Huang¹¹, C. Joblin⁷, S. C. Jones¹⁶, G. Lagache¹, T. Lim⁶, S. Madden⁴, G. Makiwala¹⁶, P. Martin¹⁴, M.-A. Miville-Deschênes¹, S. Molinari¹⁵, H. Moseley¹⁷, F. Motte⁴, D. Naylor¹⁶, K. Okumura⁴, D. Pinheiro Gonçalves¹⁴, E. Polehampton^{16,6}, J. Rodon², D. Russeil², P. Saraceno¹⁵, M. Sauvage⁴, S. Sidher⁶, L. Spencer¹⁶, B. Swinyard⁶, D. Ward-Thompson³, G. J. White^{6,18}, and A. Zavagno²

(Affiliations are available in the online edition)

Received 31 March 2010 / Accepted 10 May 2010

ABSTRACT

Context. In photodissociation regions (PDRs), the physical conditions and the excitation evolve on short spatial scales as a function of depth within the cloud, providing a unique opportunity to study how the dust and gas populations evolve with the excitation and physical conditions. The mapping of the PDRs in NGC 7023 performed during the science demonstration phase of *Herschel* is part of the “Evolution of interstellar dust” key program. The goal of this project is to build a coherent database on interstellar dust emission from diffuse clouds to the sites of star formation.

Aims. We study the far-infrared/submillimeter emission of the PDRs and their fainter surrounding regions. We combine the *Herschel* and *Spitzer* maps to derive at each position the full emission spectrum of all dust components, which we compare to dust and radiative transfer models in order to learn about the spatial variations in both the excitation conditions and the dust properties.

Methods. We adjust the emission spectra derived from PACS and SPIRE maps using modified black bodies to derive the temperature and the emissivity index β of the dust in thermal equilibrium with the radiation field. We present a first modeling of the NGC 7023-E PDR with standard dust properties and abundances.

Results. At the peak positions, a value of β equal to 2 is compatible with the data. The detected spectra and the spatial structures are strongly influenced by radiative transfer effects. We are able to reproduce the spectra at the peak positions deduced from *Herschel* maps and emitted by dust particles at thermal equilibrium, and also the evolution of the spatial structures observed from the near infrared to the submillimeter. On the other hand, the emission of the stochastically heated smaller particles is overestimated by a factor ~ 2 .

Key words. dust, extinction – photon-dominated region (PDR) – evolution – submillimeter: ISM

1. Introduction

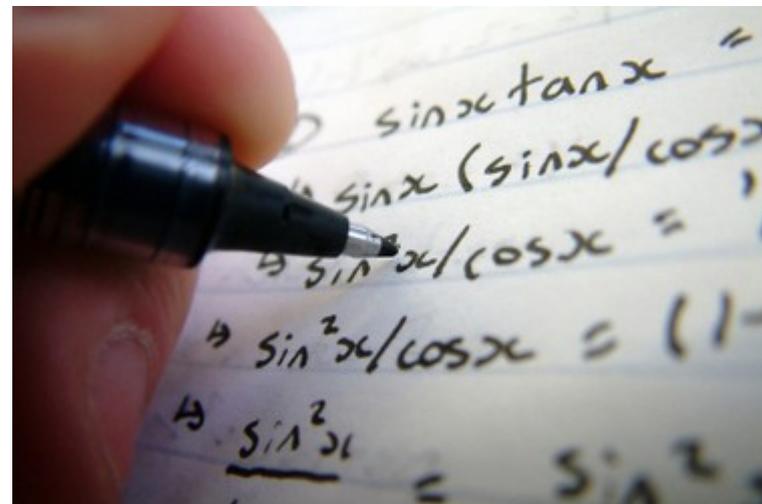
The motivation behind the “Evolution of interstellar dust” key program is to explore with *Herschel* (Pilbrat et al. 2010) the far-infrared (FIR) to submillimeter (submm) emission properties of dust particles in a wide range of regions within our Galaxy, from very diffuse clouds to sites of star formation and protostars. Photometric data taken with SPIRE (Griffin et al. 2010) and PACS (Poglitsch et al. 2010) are complemented with spectroscopy using the FTS of SPIRE and PACS to derive the physical conditions of the gas from the lines of [C I], the high-level rotational lines of CO, and the major cooling lines of [C II] and [O I]. This project is coordinated with the Gould Belt survey (André et al. 2010) and HOBYS (Motte et al. 2010).

Around one third of the observing time of our project is dedicated to photodissociation regions (PDRs) to study how their dust populations and gas content evolve with the excitation and physical conditions. Our sample of PDRs covers a variety of

geometries and spans a wide range of both intensity and hardness of the radiation field.

This paper presents SPIRE and PACS mapping of the reflection nebula NGC 7023, which contains three PDRs illuminated by the Herbig B3 star HD 200775 (Rogers et al. 1995) located at 430 pc (van den Ancker 1997, at this distance $l = 0.125$ pc). The three PDRs (NW, E, and S) lies at $\sim 40^\circ$ northwest, $\sim 70^\circ$ south and $\sim 170^\circ$ east of the star, respectively. As discussed by Gérin et al. (1998), NGC 7023 consists of a sheet of dense material in which the star was born, blowing away much of the surrounding gas. The three PDRs at the edges of the remaining material are viewed approximately edge-on. NGC 7023 has been observed extensively in the radio (e.g., Gerin et al. 1998), in H₂ lines (Lemaire et al. 1999) and in the visible (e.g., Berné et al. 2008; Witt et al. 2006). Several infrared (IR) features were discovered with ISO and *Spitzer* (Cesarsky et al. 1996; Werner et al. 2004), in addition to strong variations in the 5–35 μ m spectra explained by photo-chemical processing of the very small particles (Abergel et al. 2002; Rapacioli et al. 2006; Berné et al. 2007). We can now study with *Herschel* the big grain component, which contains most of the dust mass.

* *Herschel* is an ESA space observatory with science instruments provided by European-led Principal Investigator consortia and with important participation from NASA.



III. Recherche scientifique

III.2 L'activité de recherche au quotidien

Ateliers de recherche
(~ 10 / an ?)



Collaborations internationales
⇒ télé / vidéo- conférences
⇒ voyages

Communications

1 – 5 / an

A&A 518, L96 (2010)
DOI: 10.1051/0004-6361/201014643
© ESO 2010

**Astronomy
&
Astrophysics**
Special feature

Herschel: the first science highlights

LETTER TO THE EDITOR

Evolution of interstellar dust with *Herschel*. First results in the photodissociation regions of NGC 7023*

A. Abergel¹, H. Arab¹, M. Compiègne^{1,4}, J. M. Kirk³, P. Ade³, L. D. Anderson², P. André⁴, J.-P. Baluteau², J.-P. Bernard⁵, K. Blagrove^{1,4}, S. Bontemps⁴, F. Boulanger¹, M. Cohen⁹, P. Cox¹⁰, E. Dartois¹, G. Davis¹, R. Emery⁶, T. Fulton¹², C. Gry², E. Habart¹, M. Huang¹¹, C. Joblin⁷, S. C. Jones¹⁰, G. Lagache¹, T. Lim⁶, S. Madden⁸, G. Makiwa¹⁶, P. Martin¹⁴, M.-A. Miville-Deschênes¹, S. Molinari¹⁵, H. Moseley¹⁷, F. Motte⁴, D. Naylor¹⁶, K. Okumura⁴, D. Pinheiro Gonçalves^{1,4}, E. Polehampton^{16,6}, J. Rodon², D. Russeil², P. Saraceno¹⁵, M. Sauvage⁴, S. Sidher⁶, L. Spencer¹⁶, B. Swinyard⁸, D. Ward-Thompson³, G. J. White^{6,18}, and A. Zavagno²

(Affiliations are available in the online edition)

Received 31 March 2010 / Accepted 10 May 2010

ABSTRACT

Context. In photodissociation regions (PDRs), the physical conditions and the excitation evolve on short spatial scales as a function of depth within the cloud, providing a unique opportunity to study how the dust and gas populations evolve with the excitation and physical conditions. The mapping of the PDRs in NGC 7023 performed during the science demonstration phase of *Herschel* is part of the “Evolution of interstellar dust” key program. The goal of this project is to build a coherent database on interstellar dust emission from diffuse clouds to the sites of star formation.

Aims. We study the far-infrared/submillimeter emission of the PDRs and their fainter surrounding regions. We combine the *Herschel* and *Spitzer* maps to derive at each position the full emission spectrum of all dust components, which we compare to dust and radiative transfer models in order to learn about the spatial variations in both the excitation conditions and the dust properties.

Methods. We adjust the emission spectra derived from PACS and SPIRE maps using modified black bodies to derive the temperature and the emissivity index β of the dust in thermal equilibrium with the radiation field. We present a first modeling of the NGC 7023-E PDR with standard dust properties and abundances.

Results. At the peak positions, a value of β equal to 2 is compatible with the data. The detected spectra and the spatial structures are strongly influenced by radiative transfer effects. We are able to reproduce the spectra at the peak positions deduced from *Herschel* maps and emitted by dust particles at thermal equilibrium, and also the evolution of the spatial structures observed from the near infrared to the submillimeter. On the other hand, the emission of the stochastically heated smaller particles is overestimated by a factor ~ 2 .

Key words. dust, extinction – photon-dominated region (PDR) – evolution – submillimeter: ISM

1. Introduction

The motivation behind the “Evolution of interstellar dust” key program is to explore with *Herschel* (Pilbrat et al. 2010) the far-infrared (FIR) to submillimeter (submm) emission properties of dust particles in a wide range of regions within our Galaxy, from very diffuse clouds to sites of star formation and protostars. Photometric data taken with SPIRE (Griffin et al. 2010) and PACS (Poglitsch et al. 2010) are complemented with spectroscopy using the FTS of SPIRE and PACS to derive the physical conditions of the gas from the lines of [C I], the high-level rotational lines of CO, and the major cooling lines of [C II] and [O I]. This project is coordinated with the Gould Belt survey (André et al. 2010) and HOBYS (Motte et al. 2010).

Around one third of the observing time of our project is dedicated to photodissociation regions (PDRs) to study how their dust populations and gas content evolve with the excitation and physical conditions. Our sample of PDRs covers a variety of

geometries and spans a wide range of both intensity and hardness of the radiation field.

This paper presents SPIRE and PACS mapping of the reflection nebula NGC 7023, which contains three PDRs illuminated by the Herbig B3 star HD 200775 (Rogers et al. 1995) located at 430 pc (van den Ancker 1997, at this distance $l = 0.125$ pc). The three PDRs (NW, E, and S) lies at $\sim 40''$ northwest, $\sim 70''$ south and $\sim 170''$ east of the star, respectively. As discussed by Gerin et al. (1998), NGC 7023 consists of a sheet of dense material in which the star was born, blowing away much of the surrounding gas. The three PDRs at the edges of the remaining material are viewed approximately edge-on. NGC 7023 has been observed extensively in the radio (e.g., Gerin et al. 1998, in H₂ lines (Lemaire et al. 1999) and in the visible (e.g., Berné et al. 2008; Witt et al. 2006). Several infrared (IR) features were discovered with ISO and *Spitzer* (Cesarsky et al. 1996; Werner et al. 2004), in addition to strong variations in the 5–35 μ m spectra explained by photo-chemical processing of the very small particles (Abergel et al. 2002; Rapacioli et al. 2006; Berné et al. 2007). We can now study with *Herschel* the big grain component, which contains most of the dust mass.

* *Herschel* is an ESA space observatory with science instruments provided by European-led Principal Investigator consortia and with important participation from NASA.



III. Recherche scientifique

III.2 L'activité de recherche au quotidien

Communications

1 – 5 / an



A&A 518, L96 (2010)
DOI: 10.1051/0004-6361/201014643
© ESO 2010

Herschel: the first science highlights

LETTER TO THE EDITOR

Evolution of interstellar dust with *Herschel*. First results in the photodissociation regions of NGC 7023

A. Abergel¹, H. Arab¹, M. Compiègne^{1,4}, J. M. Kirk³, P. Ade³, L. D. Anderson², P. André⁴, J.-P. Bernard¹, K. Blagrave^{1,4}, S. Bontemps⁵, F. Boulanger¹, M. Cohen⁷, P. Cox¹⁰, E. Dartois¹, G. T. Fulton¹², C. Gry², E. Habart¹, M. Huang¹¹, C. Joblin⁷, S. C. Jones¹⁰, G. Lagache¹, T. Lin¹, G. Makiwara¹⁶, P. Martin¹⁴, M.-A. Miville-Deschênes¹, S. Molinari¹⁵, H. Moseley¹⁷, F. Motte¹, K. Okumura⁴, D. Pinheiro Gonçalves¹⁴, E. Polehampton^{16,6}, J. Rodon², D. Russeil², P. Saraceno¹, S. Sidher⁶, L. Spencer¹⁶, B. Swinyard⁸, D. Ward-Thompson³, G. J. White^{6,18}, and A. ...

(Affiliations are available in the online edition)
Received 31 March 2010 / Accepted 10 May 2010

ABSTRACT

Context. In photodissociation regions (PDRs), the physical conditions and the excitation evolve on short spatial scales within the cloud, providing a unique opportunity to study how the dust and gas populations evolve with the excitation and the mapping of the PDRs in NGC 7023 performed during the science demonstration phase of *Herschel* is part of the “Evolution of interstellar dust” program. The goal of this project is to build a coherent database on interstellar dust emission from diffuse clouds to study the evolution of the dust and gas populations in a wide range of regions within our Galaxy, from very diffuse clouds to sites of star formation and protostars. Photometric data taken with SPIRE (Griffin et al. 2010) and PACS (Poglitsch et al. 2010) are complemented with spectroscopy using the FTS of SPIRE and PACS to derive the physical conditions of the gas from the lines of [C I], the high-level rotational lines of CO, and the major cooling lines of [C II] and [O I]. This project is coordinated with the Gould Belt survey (André et al. 2010) and HOBYS (Motte et al. 2010).

Methods. We adjust the emission spectra derived from PACS and SPIRE maps using modified black bodies to derive the emissivity index β of the dust in thermal equilibrium with the radiation field. We present a first modeling of the NGC 7023 dust properties and abundances.

Results. At the peak positions, a value of β equal to 2 is compatible with the data. The detected spectra and the spatial variations are influenced by radiative transfer effects. We are able to reproduce the spectra at the peak positions deduced from *Herschel* dust particles at thermal equilibrium, and also the evolution of the spatial structures observed from the near infrared to the far infrared, the emission of the stochastically heated smaller particles is overestimated by a factor ~ 2 .

Key words. dust, extinction – photon-dominated region (PDR) – evolution – submillimeter: ISM

1. Introduction

The motivation behind the “Evolution of interstellar dust” key program is to explore with *Herschel* (Pilbrat et al. 2010) the far-infrared (FIR) to submillimeter (submm) emission properties of dust particles in a wide range of regions within our Galaxy, from very diffuse clouds to sites of star formation and protostars. Photometric data taken with SPIRE (Griffin et al. 2010) and PACS (Poglitsch et al. 2010) are complemented with spectroscopy using the FTS of SPIRE and PACS to derive the physical conditions of the gas from the lines of [C I], the high-level rotational lines of CO, and the major cooling lines of [C II] and [O I]. This project is coordinated with the Gould Belt survey (André et al. 2010) and HOBYS (Motte et al. 2010).

Around one third of the observing time of our project is dedicated to photodissociation regions (PDRs) to study how their dust populations and gas content evolve with the excitation and physical conditions. Our sample of PDRs covers a variety of

geometries and spans a wide range of physical conditions and excitation.

This paper presents SPIRE and PACS maps of the photodissociation nebula NGC 7023, which contains the Herbig B3 star HD 200775 (Rogstad & Anker 1997), at this distance of 430 pc (van den Anker 1997). The three PDRs (NW, E, and S) lie at south and $\sim 170''$ east of the star, respectively (Gérin et al. 1998). NGC 7023 consists of a dense core of material in which the star was born, surrounded by a large amount of surrounding gas. The three PDRs at the material are viewed approximately edge-on. The PDRs are observed extensively in the radio (e.g., Golin et al. 1999) and in the far infrared (Witt et al. 2006). Several infrared lines are covered with ISO and *Spitzer* (Cesarsky et al. 2004), in addition to strong variations in the emission lines (Abergel et al. 2002; Rapacioli et al. 2004). We can now study with *Herschel* the big picture of the dust and gas content of the dust mass.

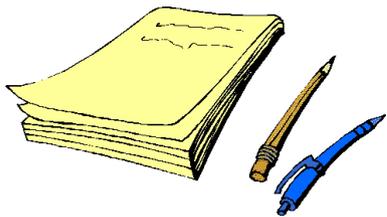
A&A
A&A
S



* *Herschel* is an ESA space observatory with science instruments provided by European-led Principal Investigator consortia and with important participation from NASA.

III. Recherche scientifique

III.3 Les principaux outils de l'astrophysicien



Partie 1 : Les métiers de l'astrophysique

- I. Vue d'ensemble
- II. Développements observationnels et expérimentaux
- III. Recherche scientifique
- IV. Comment devient-on astrophysicien(ne) ?

Partie 2 : Le cycle de la matière galactique

- I. Exemple d'un cycle bien connu : le cycle de l'eau
- II. Notions préliminaires
- III. Vue globale : les 4 étapes du cycles
- IV. Vue détaillée
 - Étape 1 : formation de nuages moléculaires
 - Étape 2 : formation d'étoiles
 - Étape 3 : au coeur des étoiles
 - Étape 4 : retour au milieu interstellaire
- V. Les galaxies dans leur environnement
- VI. Vers l'apparition de la vie

IV. Comment devient-on astrophysicien(ne) ?

IV.1 Que signifie “être astrophysicien” ?

Astrophysicien = “Docteur en astrophysique”

Exemple : “Brian Harold May est un guitariste, pianiste de rock et astrophysicien britannique, né le 19 juillet 1947 à Hampton (Angleterre), au sud-ouest de Londres, principalement connu pour son travail au sein du groupe de rock Queen.”

http://fr.wikipedia.org/wiki/Brian_May



IV. Comment devient-on astrophysicien(ne) ?

IV.2 Les emplois permanents en France

Emplois permanents de la recherche en astrophysique, en France :
(30 à 50% des emplois de chercheur : exception française !)



“Section 4”

- Chargé de recherche
- Directeur de recherche

Recherche 100%



“Section 34”

- Maître de conférence
- Professeur des Universités

Recherche 50%
Enseignement 50%



“Section Astronomie”

- Astronome adjoint
- Astronome

Recherche 50%
Enseignement 30%
Tâche de service 20%

IV. Comment devient-on astrophysicien(ne) ?

IV.3 Les cursus classiques



temps ↑

Doctorat en astrophysique ou proche

Master 2 en astrophysique ou vaguement proche

Université

M1 **Physique**, Sciences de la matière

L3 Maths / **Physique**, etc

L2 Maths / **Physique**, etc

L1 Maths / **Physique**, etc

Grande école généraliste

Formation en **physique**

3 ou 4 ans

CPGE (MP, PC, PSI)

2 ou 3 ans

Baccalauréat (S de préférence)

IV. Comment devient-on astrophysicien(ne) ?

IV.3 Les cursus classiques



temps ↑

Post-doctorat : 0-10 ans (?)

Doctorat en astrophysique ou proche

Master 2 en astrophysique ou vaguement proche

Université

M1 **Physique**, Sciences de la matière

L3 Maths / **Physique**, etc

L2 Maths / **Physique**, etc

L1 Maths / **Physique**, etc

Grande école généraliste

Formation en **physique**

3 ou 4 ans

CPGE (MP, PC, PSI)
2 ou 3 ans

Baccalauréat (S de préférence)



IV. Comment devient-on astrophysicien(ne) ?

IV.4 Les qualités nécessaires

D'après vous ?

Passion : Curiosité – obstination

- culture scientifique
- capacité à l'abstraction
- aisance dans les calculs (“maths”)
- goût pour l'informatique

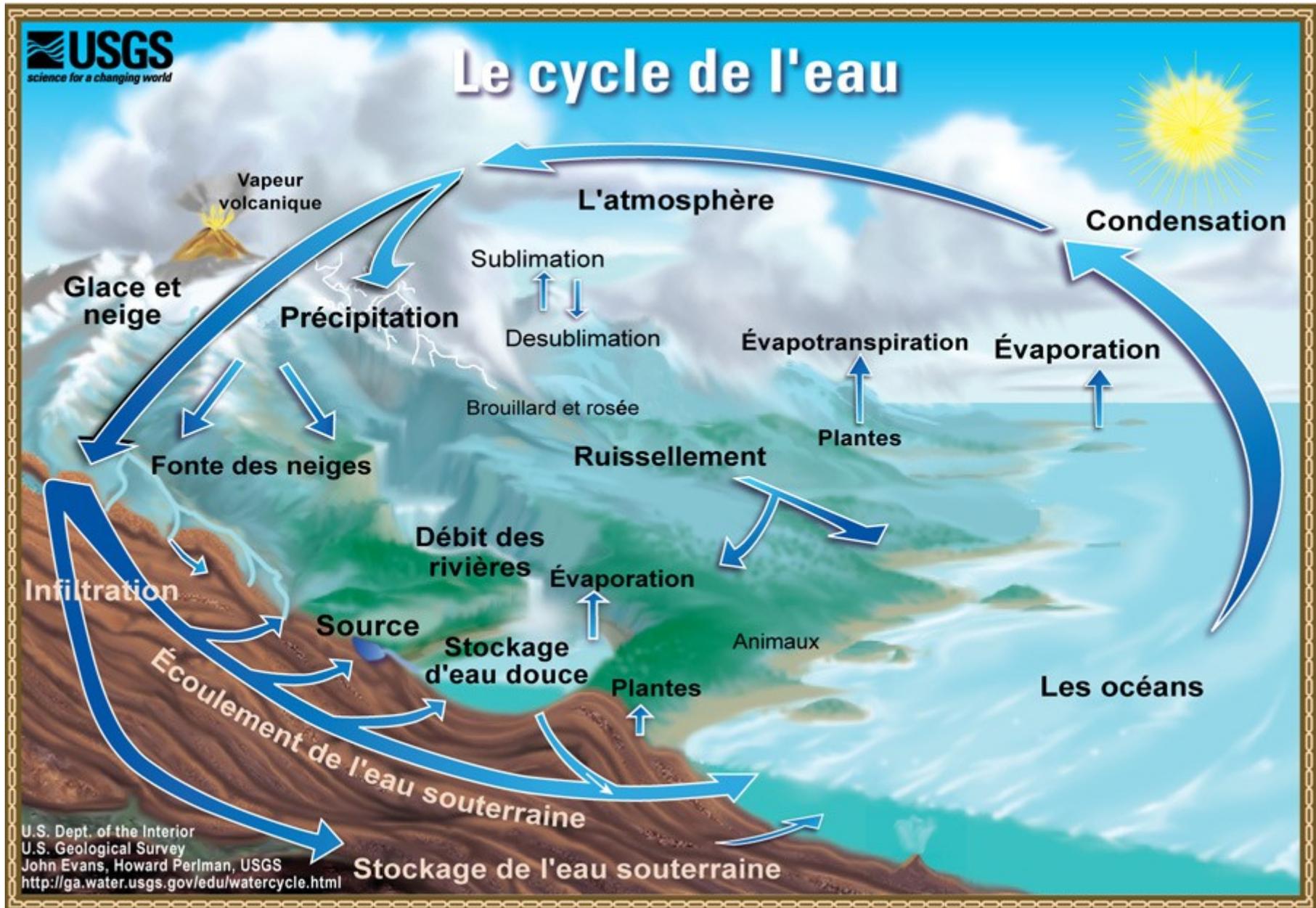
Partie 1 : Les métiers de l'astrophysique

- I. Vue d'ensemble
- II. Développements observationnels et expérimentaux
- III. Recherche scientifique
- IV. Comment devient-on astrophysicien(ne) ?

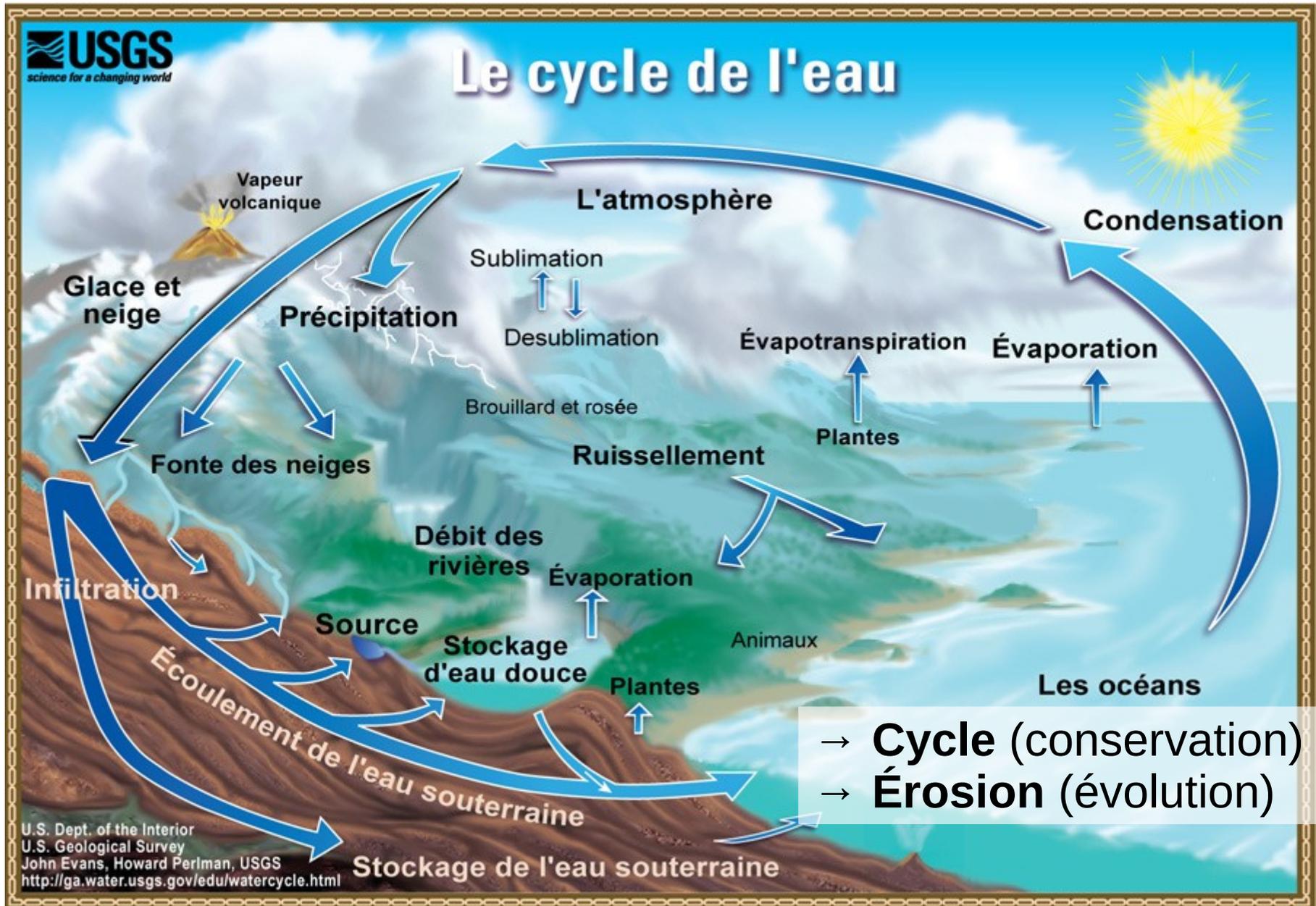
Partie 2 : Le cycle de la matière galactique

- I. Exemple d'un cycle bien connu : le cycle de l'eau
- II. Notions préliminaires
- III. Vue globale : les 4 étapes du cycles
- IV. Vue détaillée
 - Étape 1 : formation de nuages moléculaires
 - Étape 2 : formation d'étoiles
 - Étape 3 : au coeur des étoiles
 - Étape 4 : retour au milieu interstellaire
- V. Les galaxies dans leur environnement
- VI. Vers l'apparition de la vie

I. Exemple d'un cycle bien connu : le cycle de l'eau



I. Exemple d'un cycle bien connu : le cycle de l'eau



Partie 1 : Les métiers de l'astrophysique

- I. Vue d'ensemble
- II. Développements observationnels et expérimentaux
- III. Recherche scientifique
- IV. Comment devient-on astrophysicien(ne) ?

Partie 2 : Le cycle de la matière galactique

- I. Exemple d'un cycle bien connu : le cycle de l'eau
- II. Notions préliminaires**
- III. Vue globale : les 4 étapes du cycles
- IV. Vue détaillée
 - Étape 1 : formation de nuages moléculaires
 - Étape 2 : formation d'étoiles
 - Étape 3 : au coeur des étoiles
 - Étape 4 : retour au milieu interstellaire
- V. Les galaxies dans leur environnement
- VI. Vers l'apparition de la vie

II. Notions préliminaires

II.1 Les éléments chimiques, atomes, molécules

TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

<http://www.periodni.com/fr/>

PÉRIODE

MASSE ATOMIQUE RELATIVE (1)

GROUPES IUPAC

NOMBRE ATOMIQUE

SYMBOLE

NOM DE L'ÉLÉMENT

■ Métaux ■ Métalloïdes ■ Non-métaux

■ Métaux alcalins ■ Chalcogènes

■ Métaux alcalino-terreux ■ Halogènes

■ Métaux de transition ■ Gaz nobles

■ Lanthanides ■ Actinides

ETAT PHYSIQUE (25 °C; 101 kPa)

Ne - gaz Fe - solide

Hg - liquide Tc - synthétique

GROUPE																		18 VIIIA																	
1 IA		2 IIA												13 IIIA		14 IVA		15 VA		16 VIA		17 VIIA		18 VIIIA											
1	1.0079																			2	4.0026														
1	H																			2	He														
HYDROGÈNE																				HÉLIUM															
2	3 6.941	4 9.0122											5 10.811	6 12.011	7 14.007	8 15.999	9 18.998	10 20.180																	
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne																	
LITHIUM		BÉRYLLIUM												BORE		CARBONE		AZOTE		OXYGÈNE		FLUOR		NÉON											
3	11 22.990	12 24.305											13 26.982	14 28.086	15 30.974	16 32.065	17 35.453	18 39.948																	
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar																	
SODIUM		MAGNÉSIMUM												ALUMINIUM		SILICIUM		PHOSPHORE		SOUFRE		CHLORE		ARGON											
4	19 39.098	20 40.078	21 44.956	22 47.867	23 50.942	24 51.996	25 54.938	26 55.845	27 58.933	28 58.693	29 63.546	30 65.38	31 69.723	32 72.64	33 74.922	34 78.96	35 79.904	36 83.798																	
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																	
POTASSIUM		CALCIUM		SCANDIUM		TITANE		VANADIUM		CHROME		MANGANÈSE		FER		COBALT		NICKEL		CUIVRE		ZINC		GALLIUM		GERMANIUM		ARSENIC		SÉLÉNIUM		BROME		KRYPTON	
5	37 85.468	38 87.62	39 88.906	40 91.224	41 92.906	42 95.96	43 (98)	44 101.07	45 102.91	46 106.42	47 107.87	48 112.41	49 114.82	50 118.71	51 121.76	52 127.60	53 126.90	54 131.29																	
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																	
RUBIDIUM		STRONTIUM		YTRIUM		ZIRCONIUM		NIOBIUM		MOLYBDÈNE		TECHNÉTIUM		RUTHÉNIUM		RHODIUM		PALLADIUM		ARGENT		CADMIUM		INDIUM		ETAÏN		ANTIMOÏNE		TELLURE		IODE		XÉNON	
6	55 132.91	56 137.33	57-71	72 178.49	73 180.95	74 183.84	75 186.21	76 190.23	77 192.22	78 195.08	79 196.97	80 200.59	81 204.38	82 207.2	83 208.98	84 (209)	85 (210)	86 (222)																	
6	Cs	Ba	La-Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																	
CÉSIUM		BARYUM		Lanthanides		HAFNIUM		TANTALE		TUNGSTÈNE		RHÉNIUM		OSMIUM		IRIDIUM		PLATINE		OR		MERCURE		THALLIUM		PLOMB		BISMUTH		POLONIUM		ASTATE		RADON	
7	87 (223)	88 (226)	89-103	104 (267)	105 (268)	106 (271)	107 (272)	108 (277)	109 (276)	110 (281)	111 (280)	112 (285)	113 (...)	114 (287)	115 (...)	116 (291)	117 (...)	118 (...)																	
7	Fr	Ra	Ac-Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Fl	Uup	Lv	Uus	Uuo																	
FRANCIUM		RADIUM		Actinides		RUTHERFORDIUM		DUBNIUM		SEABORGIUM		BOHRIUM		HASSIUM		MEITNERIUM		DARMSTADIUM		ROENTGENIUM		COPERNICIUM		UNUNTRIUM		FLEROVIUM		UNUNPENTIUM		LIVERMORIUM		UNUNSEPTIUM		UNUNOCTIUM	

Copyright © 2012 Eni Generalic

(1) Pure Appl. Chem., 81, No. 11, 2131-2156 (2009)
 La masse atomique relative est donnée avec cinq chiffres significatifs. Pour les éléments qui n'ont pas de nucléides stables, la valeur entre parenthèses indique le nombre de masse de l'isotope de l'élément ayant la durée de vie la plus grande. Toutefois, pour les trois éléments (Th, Pa et U) qui ont une composition isotopique terrestre connue, une masse atomique est indiquée.

LANTHANIDES

57 138.91	58 140.12	59 140.91	60 144.24	61 (145)	62 150.36	63 151.96	64 157.25	65 158.93	66 162.50	67 164.93	68 167.26	69 168.93	70 173.05	71 174.97															
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu															
LANTHANE		CÉRIUM		PRASÉODYME		NÉODYME		PROMÉTHIUM		SAMARIUM		EUROPIUM		GADOLINIUM		TERBIUM		DYSPROSIUM		HOLMIUM		ERBIUM		THULIUM		YTTERBIUM		LUTÉTIUM	

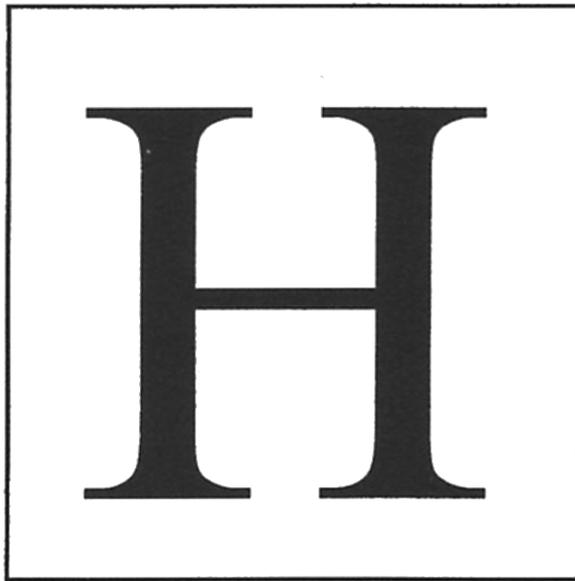
ACTINIDES

89 (227)	90 232.04	91 231.04	92 238.03	93 (237)	94 (244)	95 (243)	96 (247)	97 (247)	98 (251)	99 (252)	100 (257)	101 (258)	102 (259)	103 (262)															
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr															
ACTINIUM		THORIUM		PROTACTINIUM		URANIUM		NEPTUNIUM		PLUTONIUM		AMÉRICIUM		CURIUM		BERKÉLIUM		CALIFORNIUM		EINSTEINIUM		FERMIUM		MENDELÉVIUM		NOBÉLIUM		LAWRENCIUM	

II. Notions préliminaires

II.1 Les éléments chimiques, atomes, molécules

Classification périodique des astronomes :



Mg

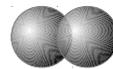
C N O Ne
Si S Ar

Fe

Atome le plus abondant : H



Molécule la plus abondante : H₂





II. Notions préliminaires

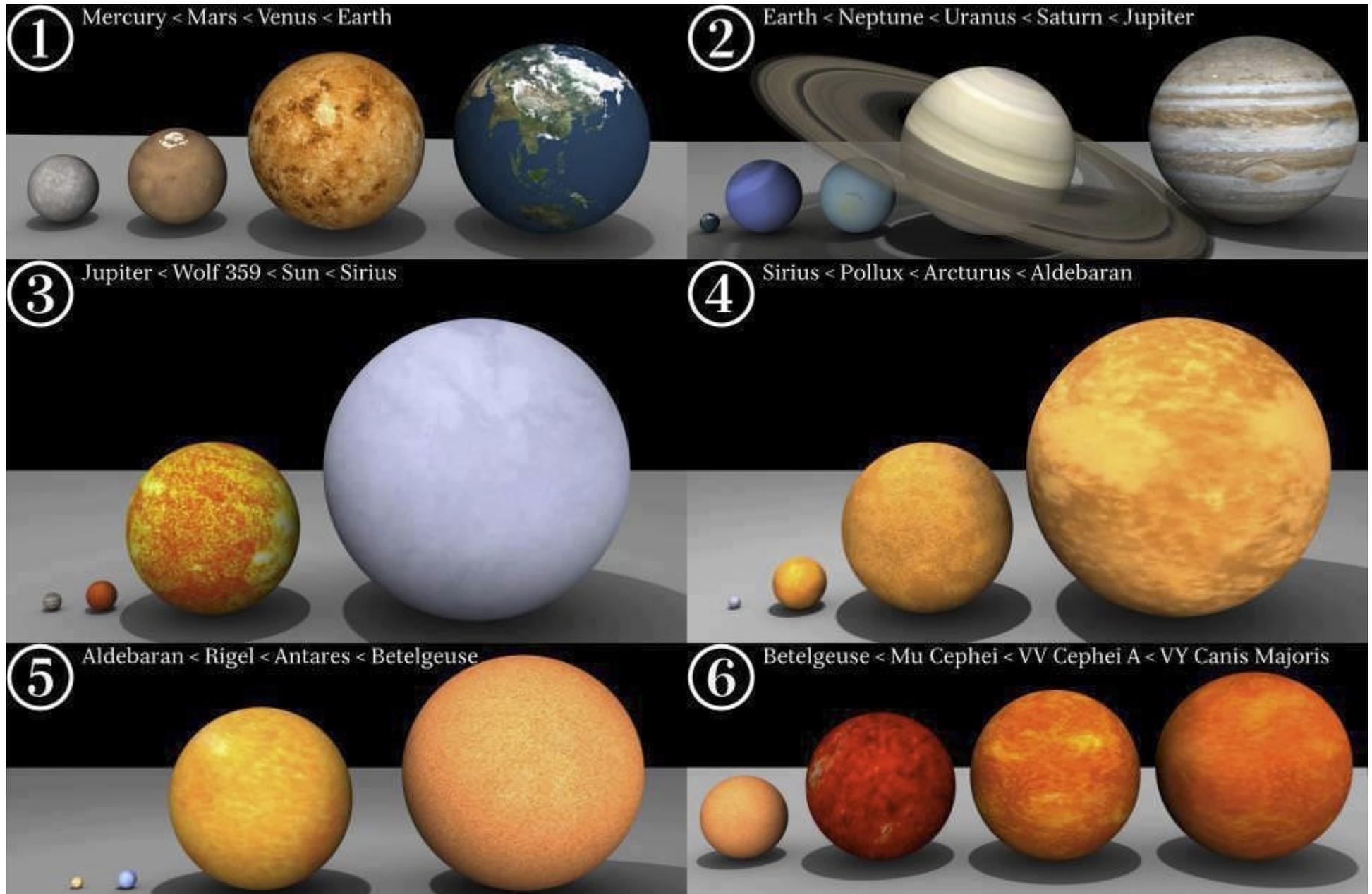
II.2 Ordres de grandeurs dans l'Univers

Étoiles

→ film

II. Notions préliminaires

II.2 Ordres de grandeurs dans l'Univers



II. Notions préliminaires

II.2 Ordres de grandeurs dans l'Univers

① Mercury < Mars < Venus < Earth

② Earth < Neptune < Uranus < Saturn < Jupiter

③ Jupiter < Wolf 359

⑤ Aldebaran < Rigel

Bételgeuse

Soleil



II. Notions préliminaires

II.2 Ordres de grandeurs dans l'Univers

Milieu interstellaire et nuages interstellaires

→ film

II. Notions préliminaires

II.2 Ordres de grandeurs dans l'Univers

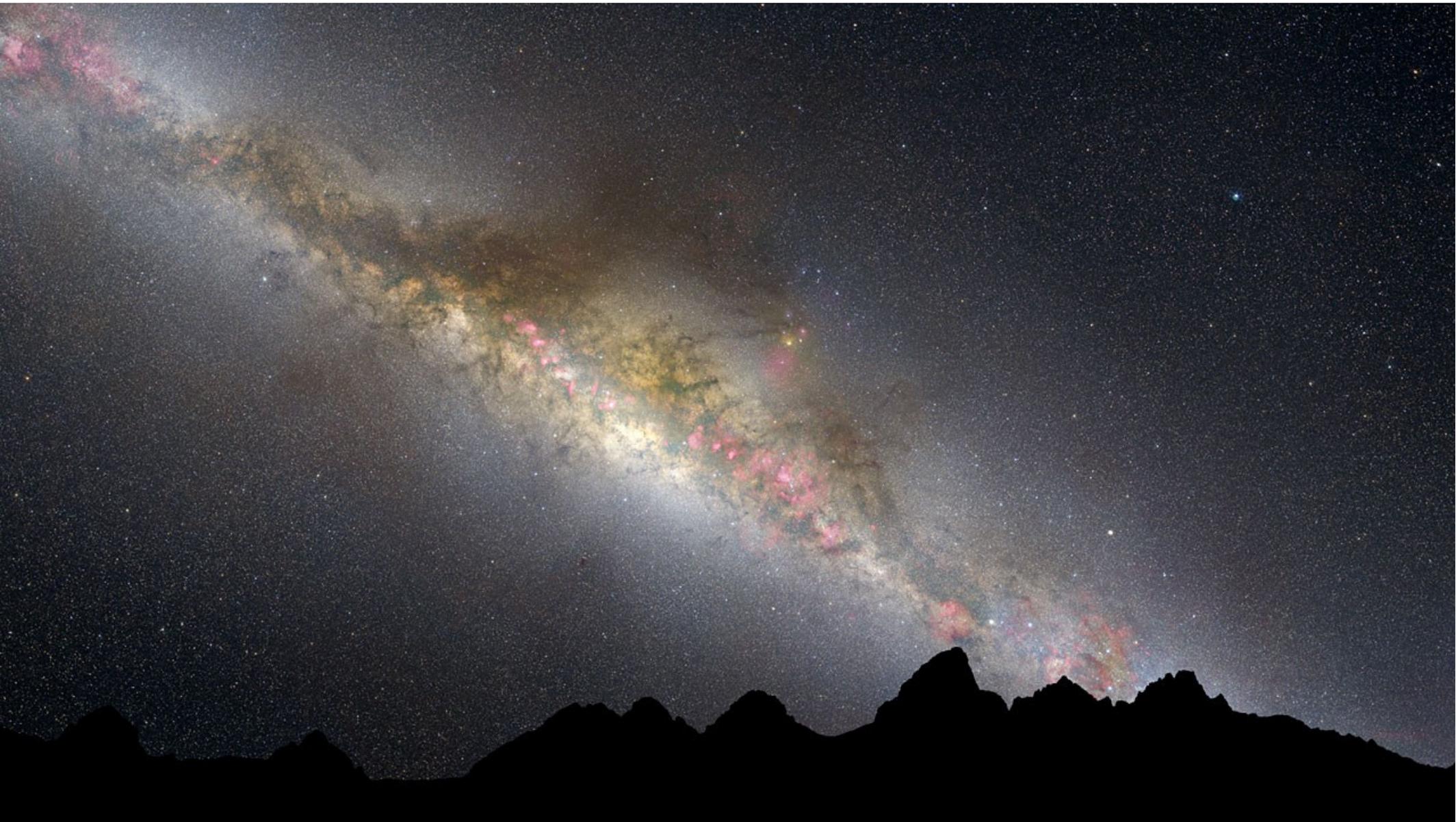
Galaxies



II. Notions préliminaires

II.2 Ordres de grandeurs dans l'Univers

La Voie Lactée : notre galaxie, vue de l'intérieur



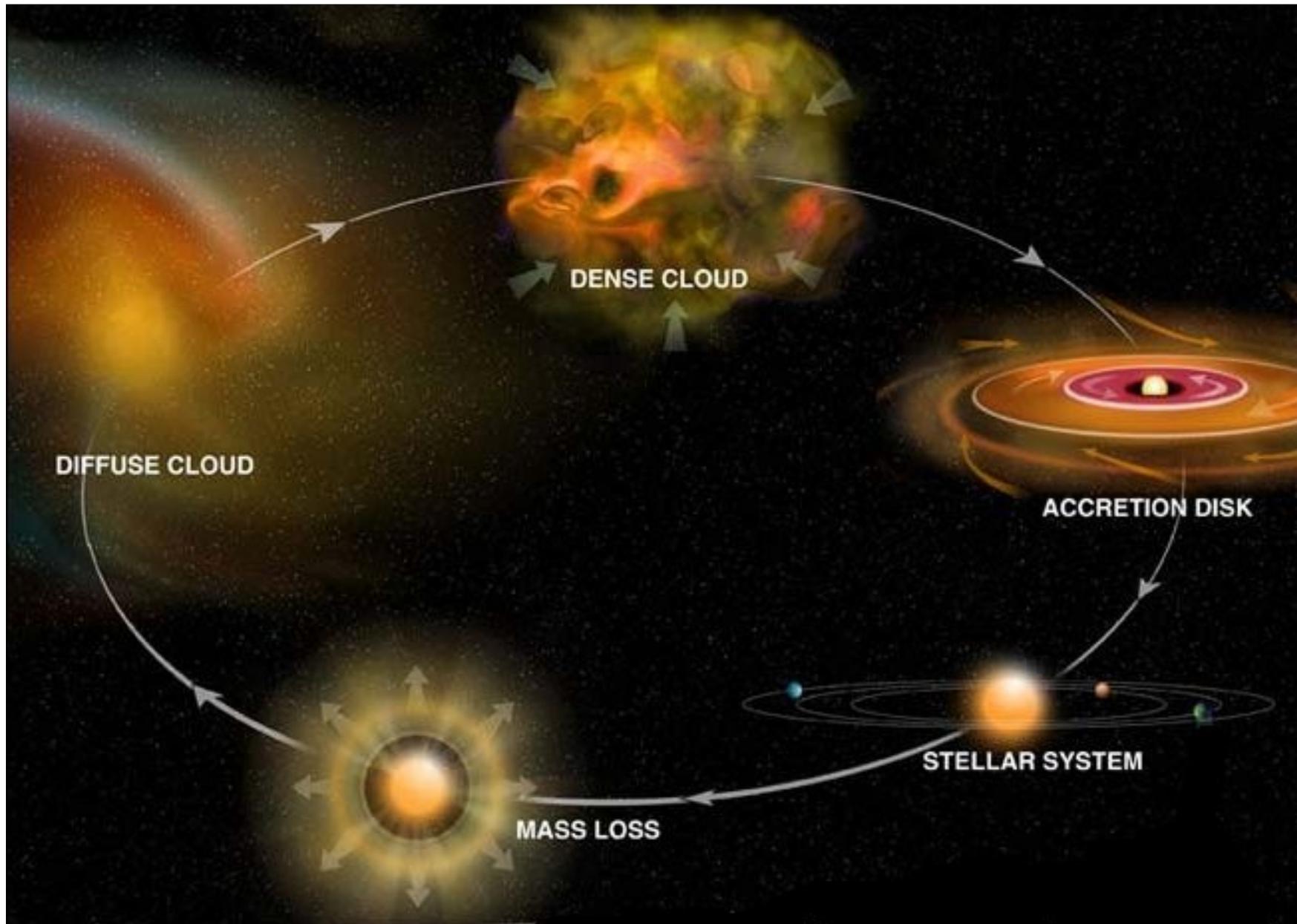
Partie 1 : Les métiers de l'astrophysique

- I. Vue d'ensemble
- II. Développements observationnels et expérimentaux
- III. Recherche scientifique
- IV. Comment devient-on astrophysicien(ne) ?

Partie 2 : Le cycle de la matière galactique

- I. Exemple d'un cycle bien connu : le cycle de l'eau
- II. Notions préliminaires
- III. Vue globale : les 4 étapes du cycles**
- IV. Vue détaillée
 - Étape 1 : formation de nuages moléculaires
 - Étape 2 : formation d'étoiles
 - Étape 3 : au coeur des étoiles
 - Étape 4 : retour au milieu interstellaire
- V. Les galaxies dans leur environnement
- VI. Vers l'apparition de la vie

III. Vue globale : les 4 étapes du cycle de la matière galactique



Partie 1 : Les métiers de l'astrophysique

- I. Vue d'ensemble
- II. Développements observationnels et expérimentaux
- III. Recherche scientifique
- IV. Comment devient-on astrophysicien(ne) ?

Partie 2 : Le cycle de la matière galactique

- I. Exemple d'un cycle bien connu : le cycle de l'eau
- II. Notions préliminaires
- III. Vue globale : les 5 étapes du cycles
- IV. Vue détaillée
 - Étape 1 : formation de nuages moléculaires
 - Étape 2 : formation d'étoiles
 - Étape 3 : au coeur des étoiles
 - Étape 4 : retour au milieu interstellaire
- V. Les galaxies dans leur environnement
- VI. Vers l'apparition de la vie

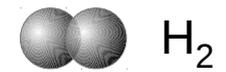
IV. Vue détaillée

IV.1 Étape 1 : Formation de nuages moléculaires

Aspects microscopiques



Gaz atomique
=
Milieu
interstellaire
diffus

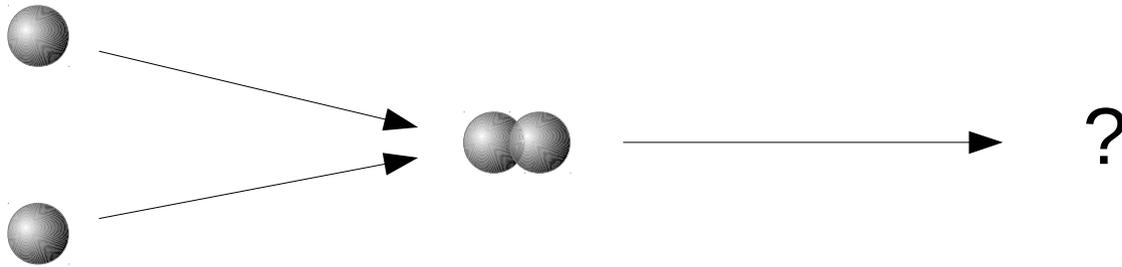


Gaz moléculaire
=
Nuage
moléculaire

IV. Vue détaillée

IV.1 Étape 1 : Formation de nuages moléculaires

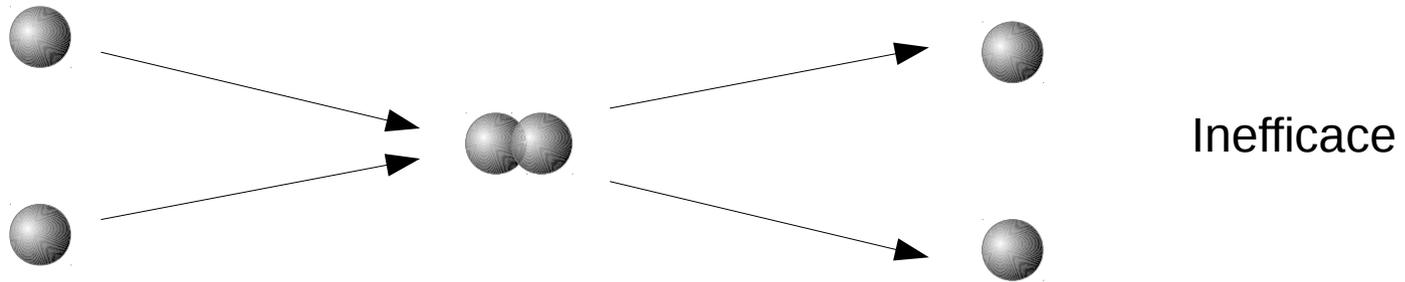
Aspects microscopiques



IV. Vue détaillée

IV.1 Étape 1 : Formation de nuages moléculaires

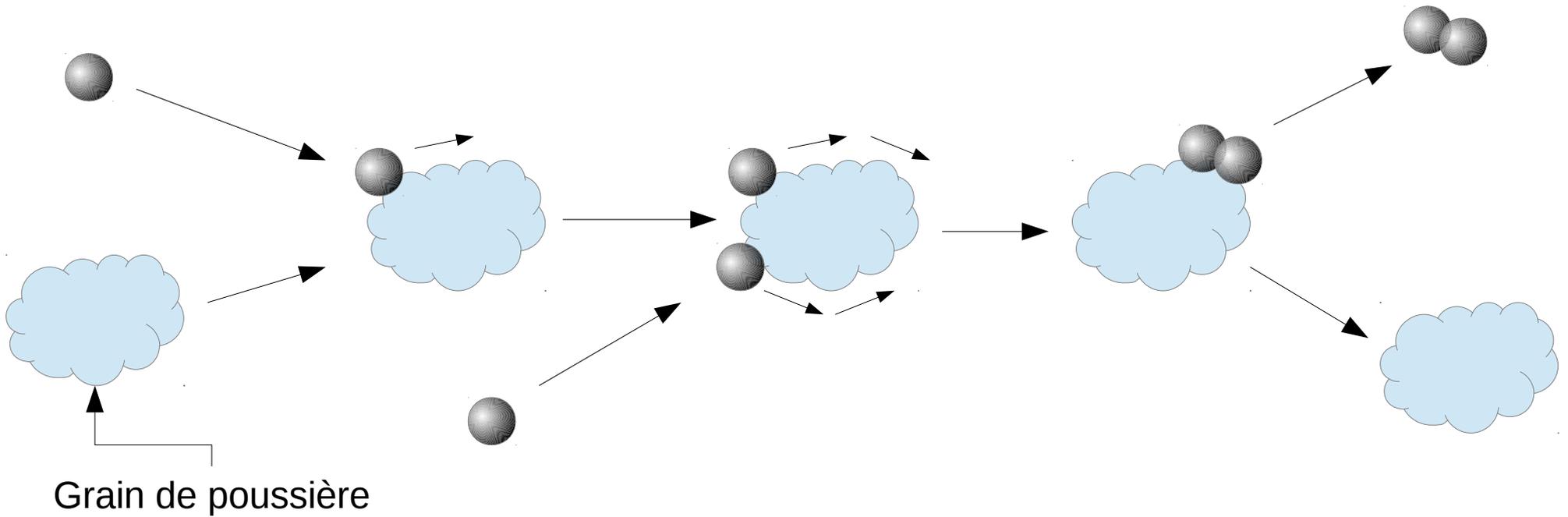
Aspects microscopiques



IV. Vue détaillée

IV.1 Étape 1 : Formation de nuages moléculaires

Aspects microscopiques



⇒ Formation de H_2 grâce aux grains de poussière

IV. Vue détaillée

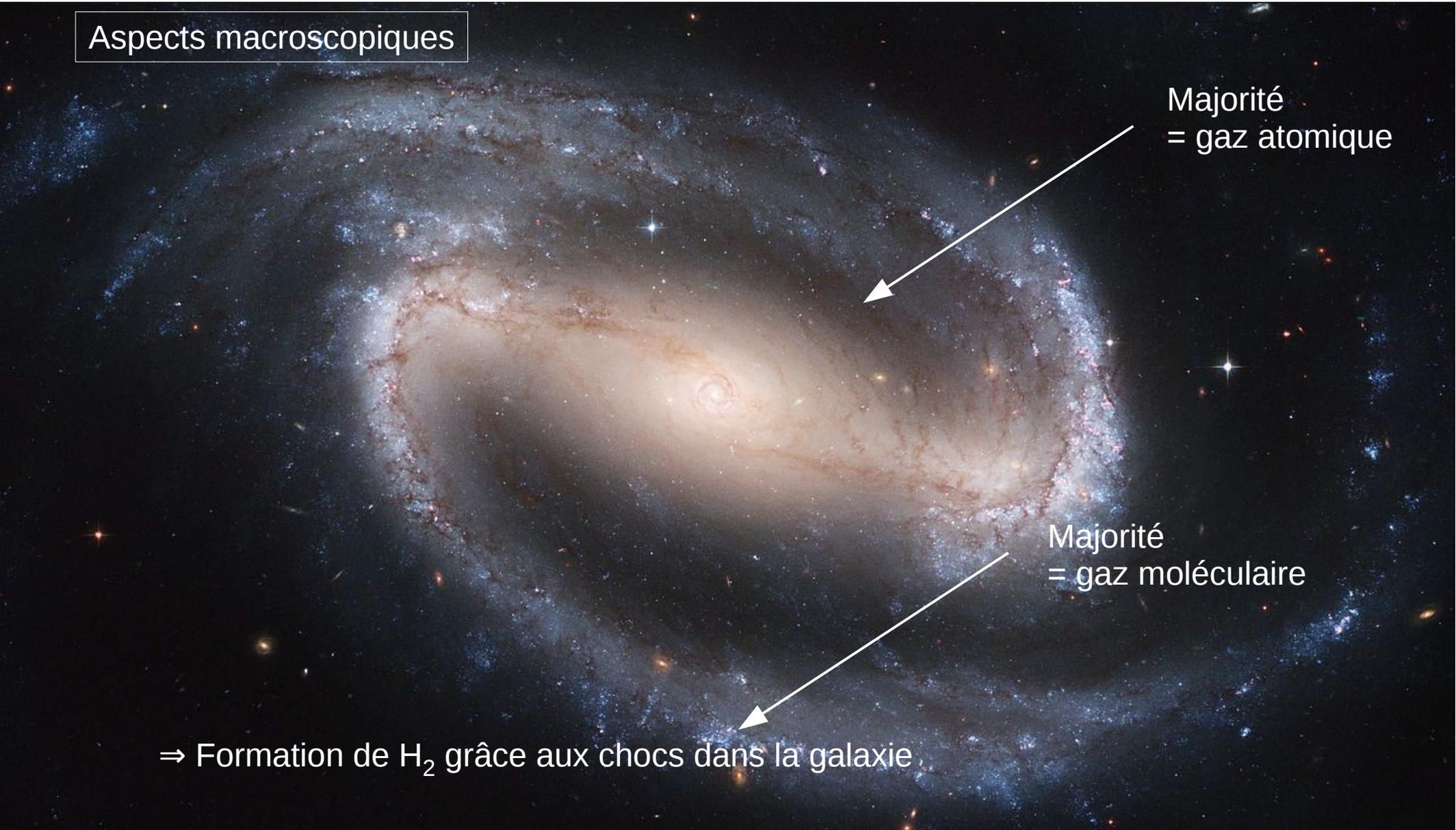
IV.1 Étape 1 : Formation de nuages moléculaires

Aspects macroscopiques

Majorité
= gaz atomique

Majorité
= gaz moléculaire

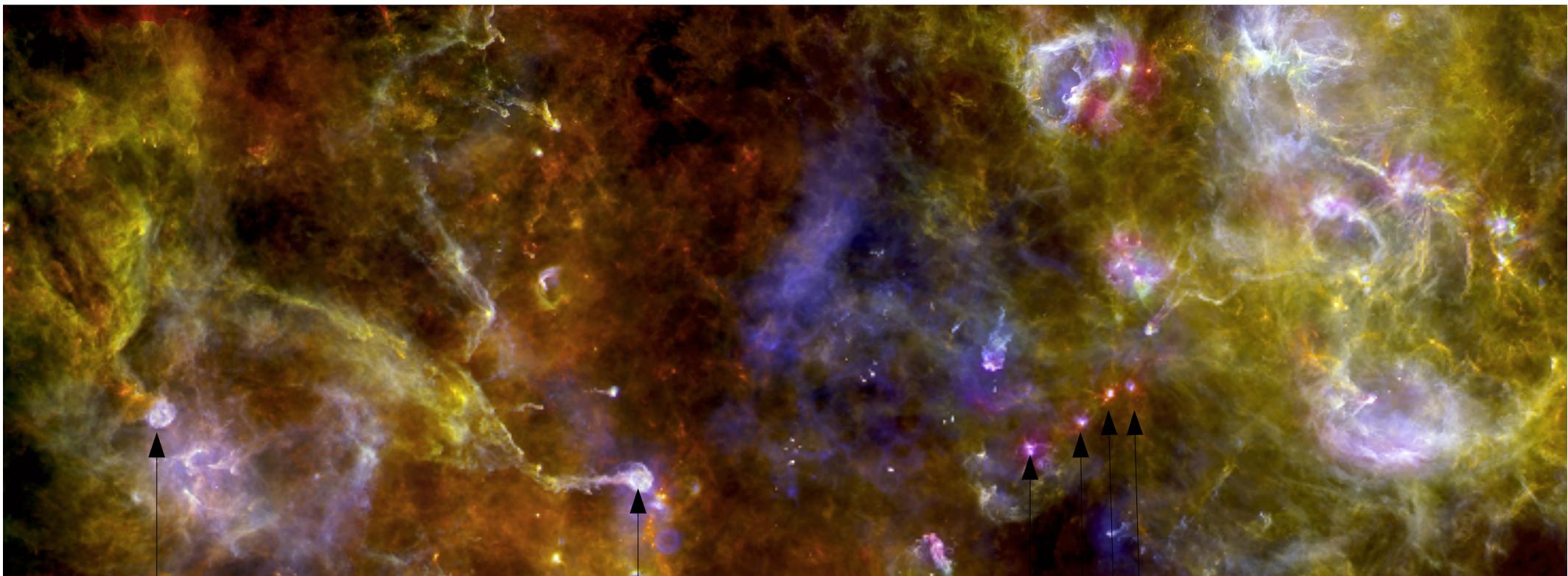
⇒ Formation de H_2 grâce aux chocs dans la galaxie



IV. Vue détaillée

IV.2 Étape 2 : Formation des étoiles

→ Dans les nuages moléculaires



Nouvelles étoiles

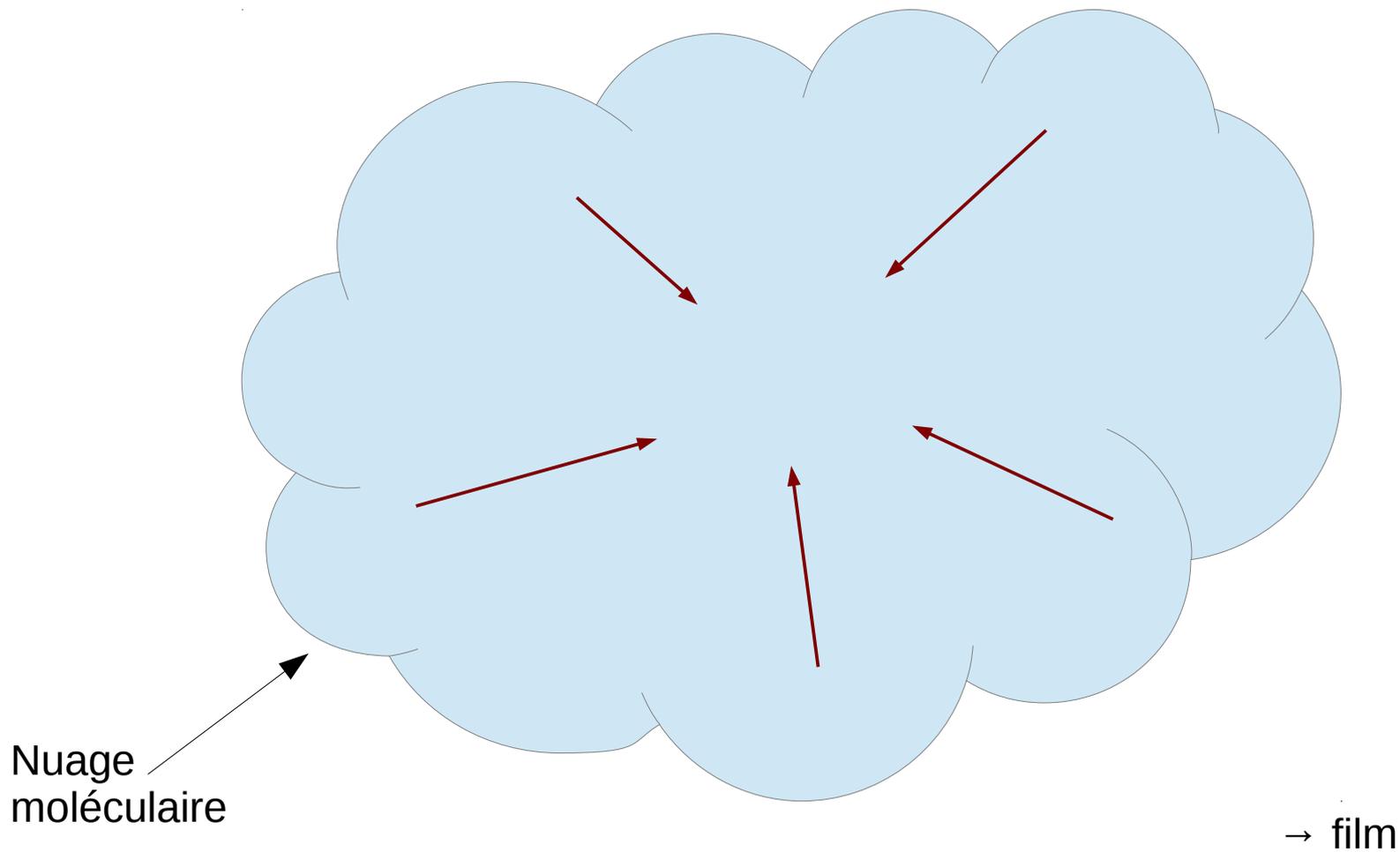
Formation par effondrement gravitationnel

IV. Vue détaillée

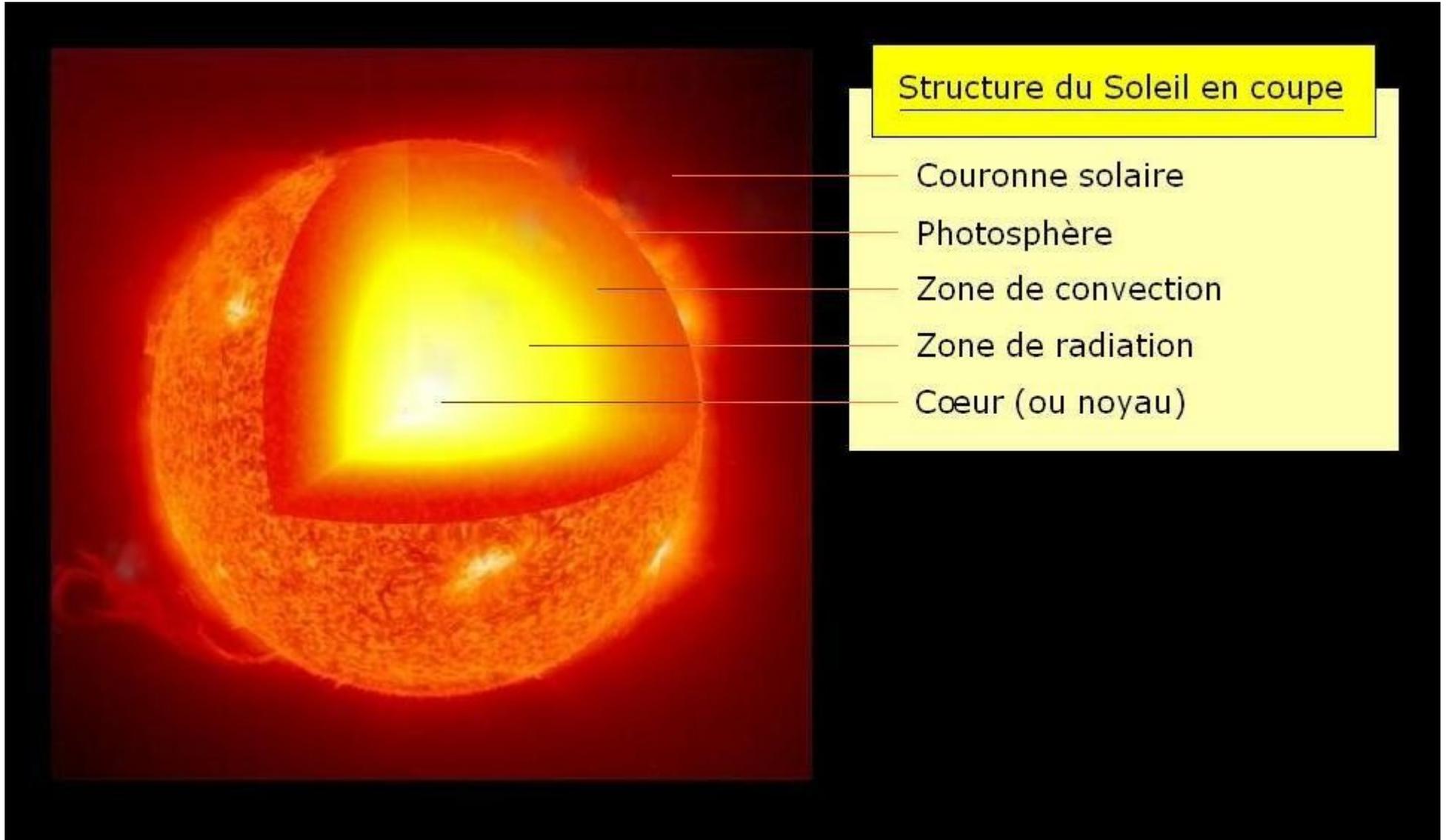
IV.2 Étape 2 : Formation des étoiles

Formation par effondrement gravitationnel

→ = gravité

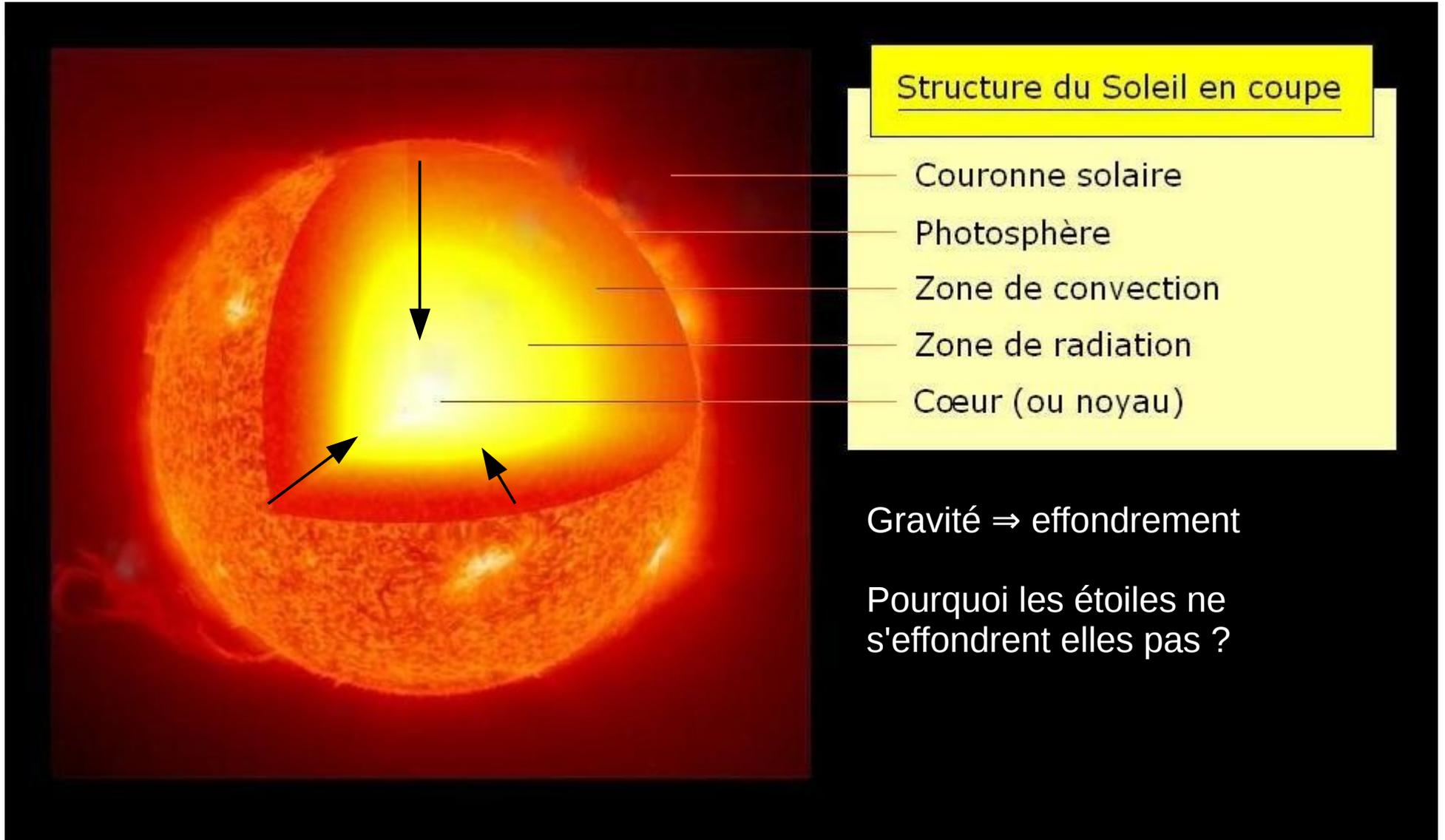


IV. Vue détaillée IV.3 Étape 3 : Au coeur des étoiles



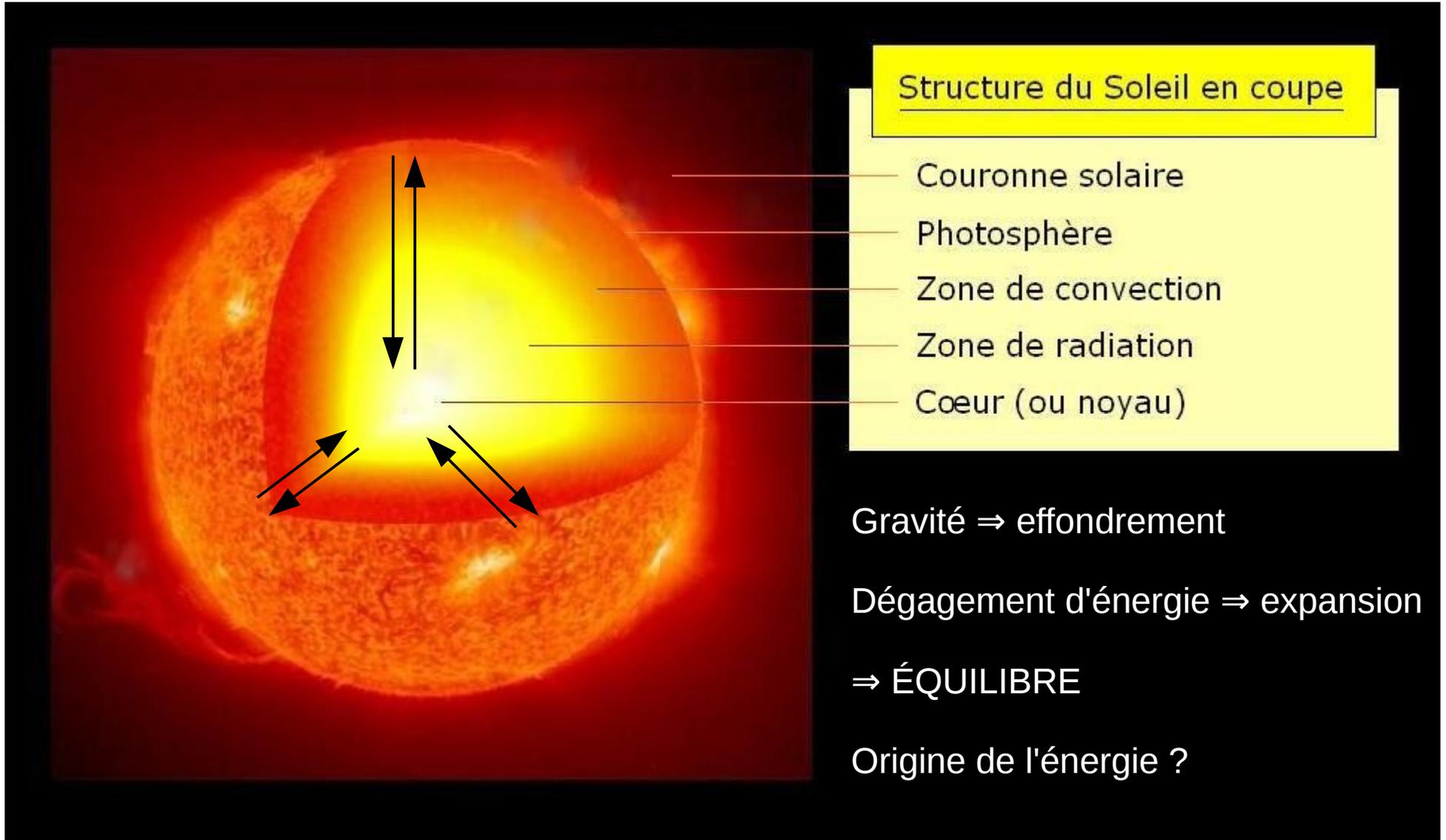
IV. Vue détaillée

IV.3 Étape 3 : Au coeur des étoiles



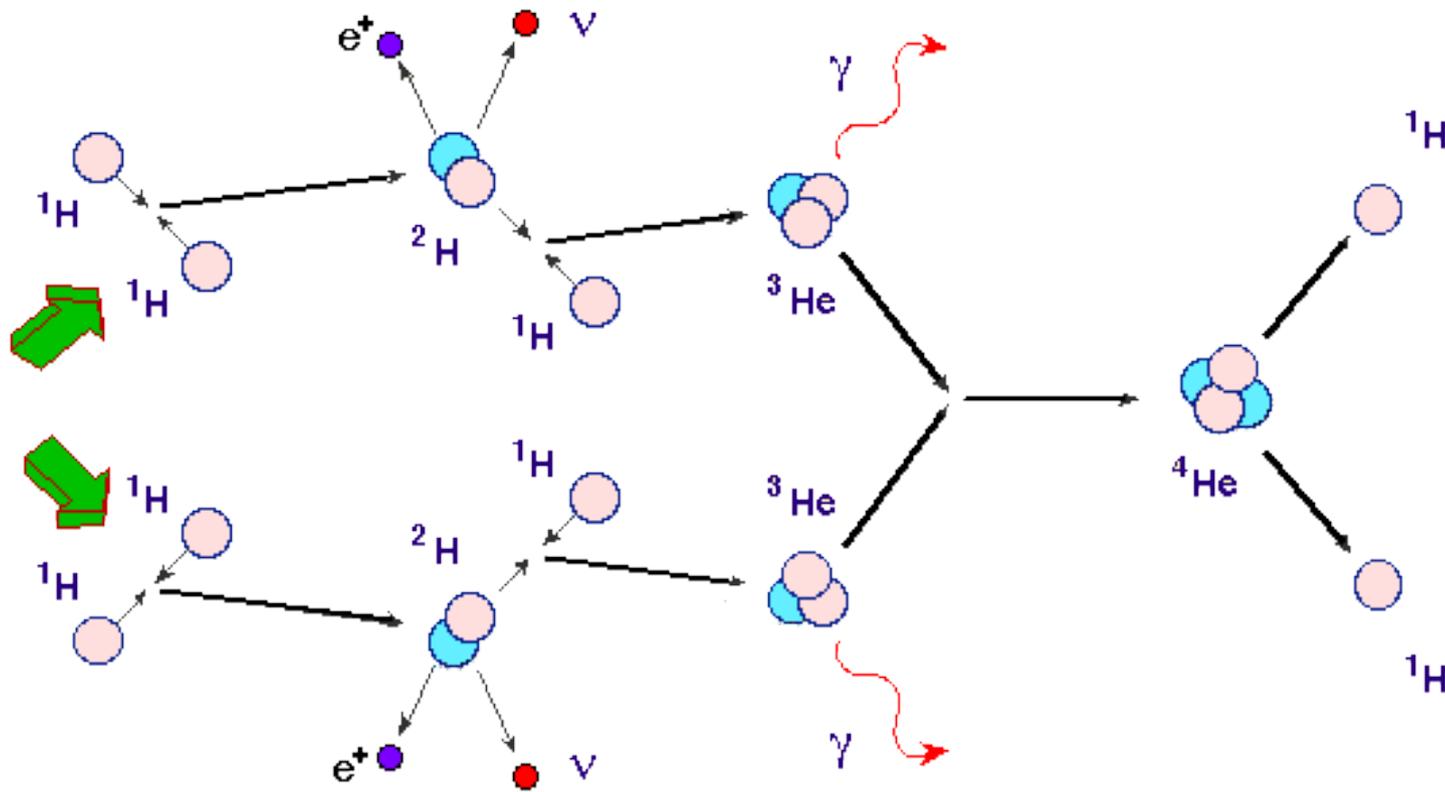
IV. Vue détaillée

IV.3 Étape 3 : Au coeur des étoiles



IV. Vue détaillée

IV.3 Étape 3 : Au coeur des étoiles

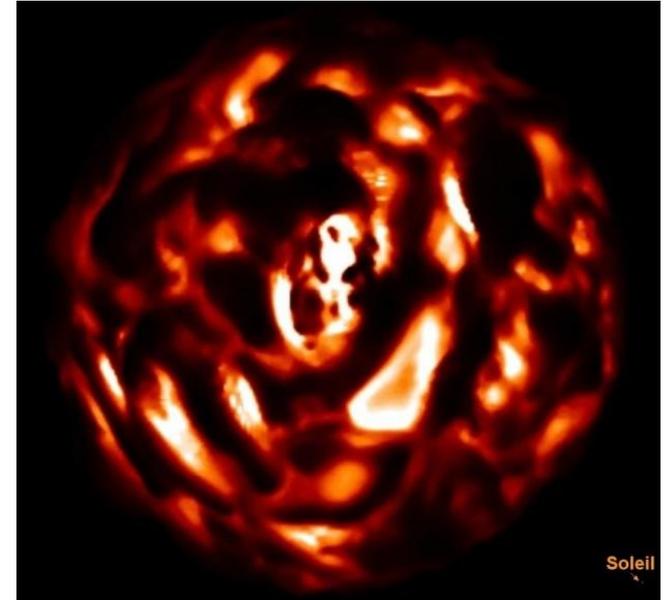
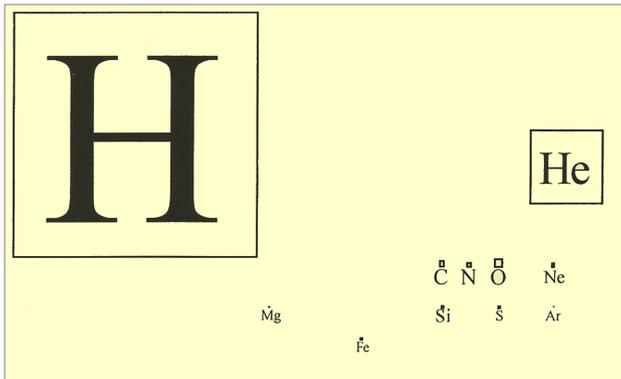


H	He
Mg	Ne
Fe	Ar
C	N
Si	S

IV. Vue détaillée

IV.3 Étape 3 : au coeur des étoiles

Étoiles en fin de vie

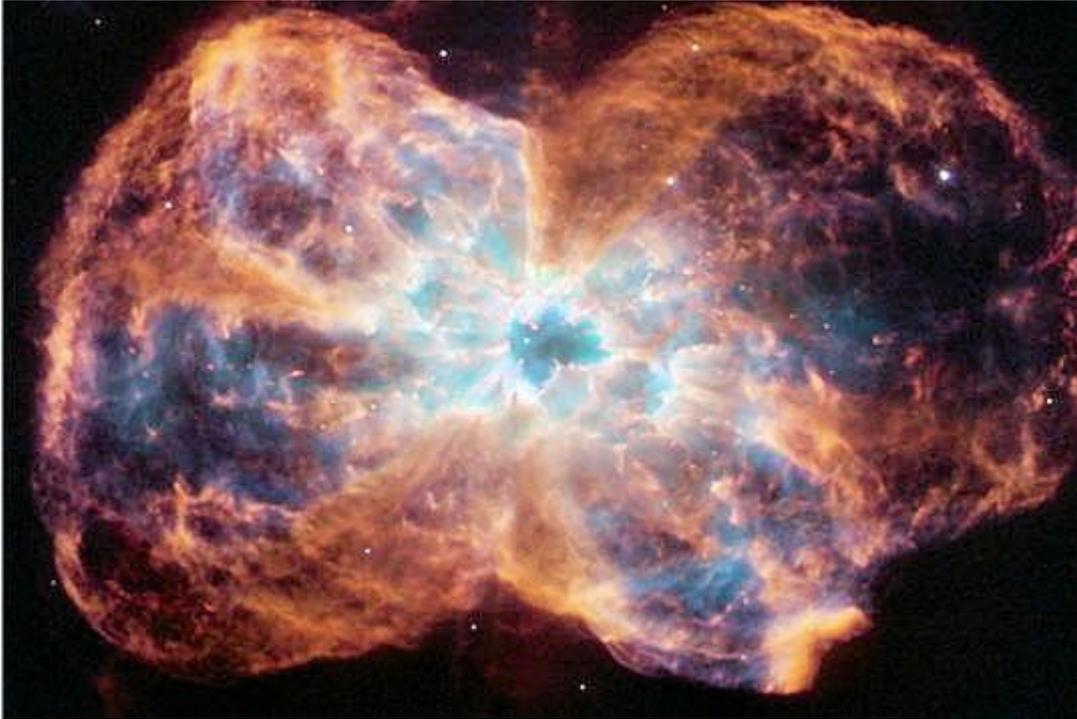


Formation des éléments au coeur des étoiles évoluées :

X consommé	T [K]	Étoile 0.3 Msun	Étoile 1 Msun	Étoile 25 Msun
H	4 – 15 – 40 e6	~800 Gyr	10-12 Gyr	7 Myr
He	1e8	-	~200 Myr	500000 ans
C	1e9	-	-	200 ans
Ne	1.2e9	-	-	1 an
O	2e9	-	-	5 mois
Si	3e9	-	-	~ 1jour

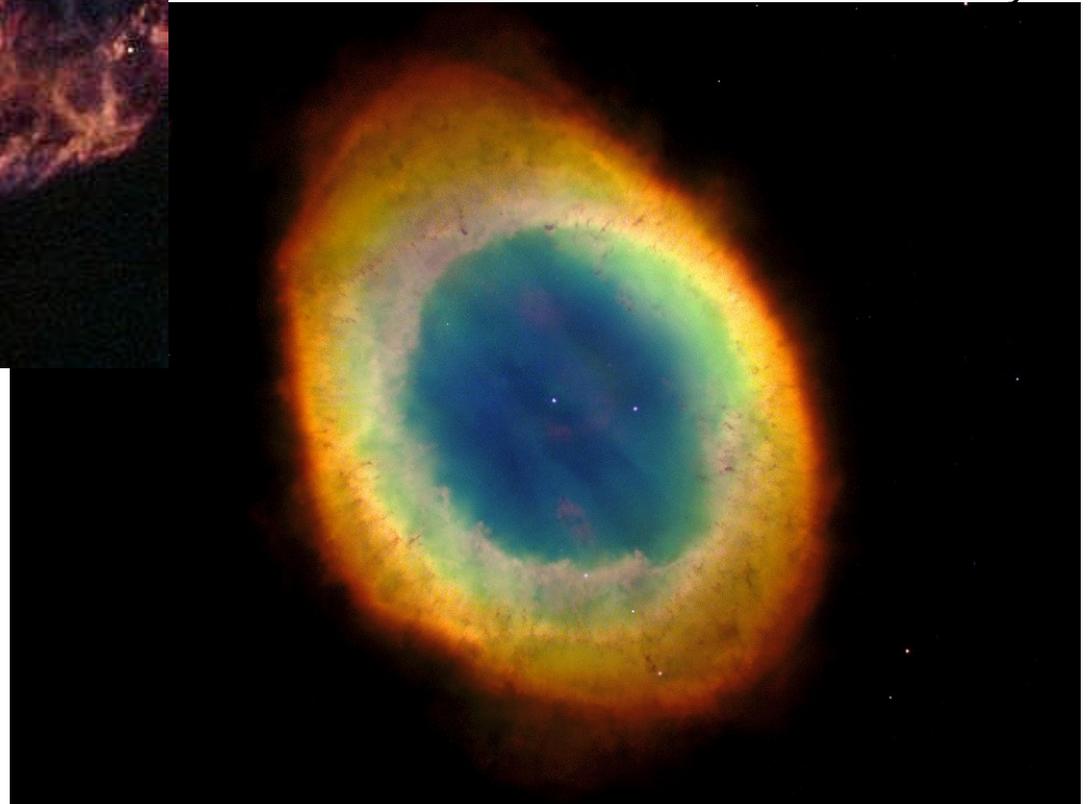
IV. Vue détaillée
IV.4 Étape 4 : retour au milieu interstellaire

Étoile moyenne en fin de vie



Éjection lente des couches externes

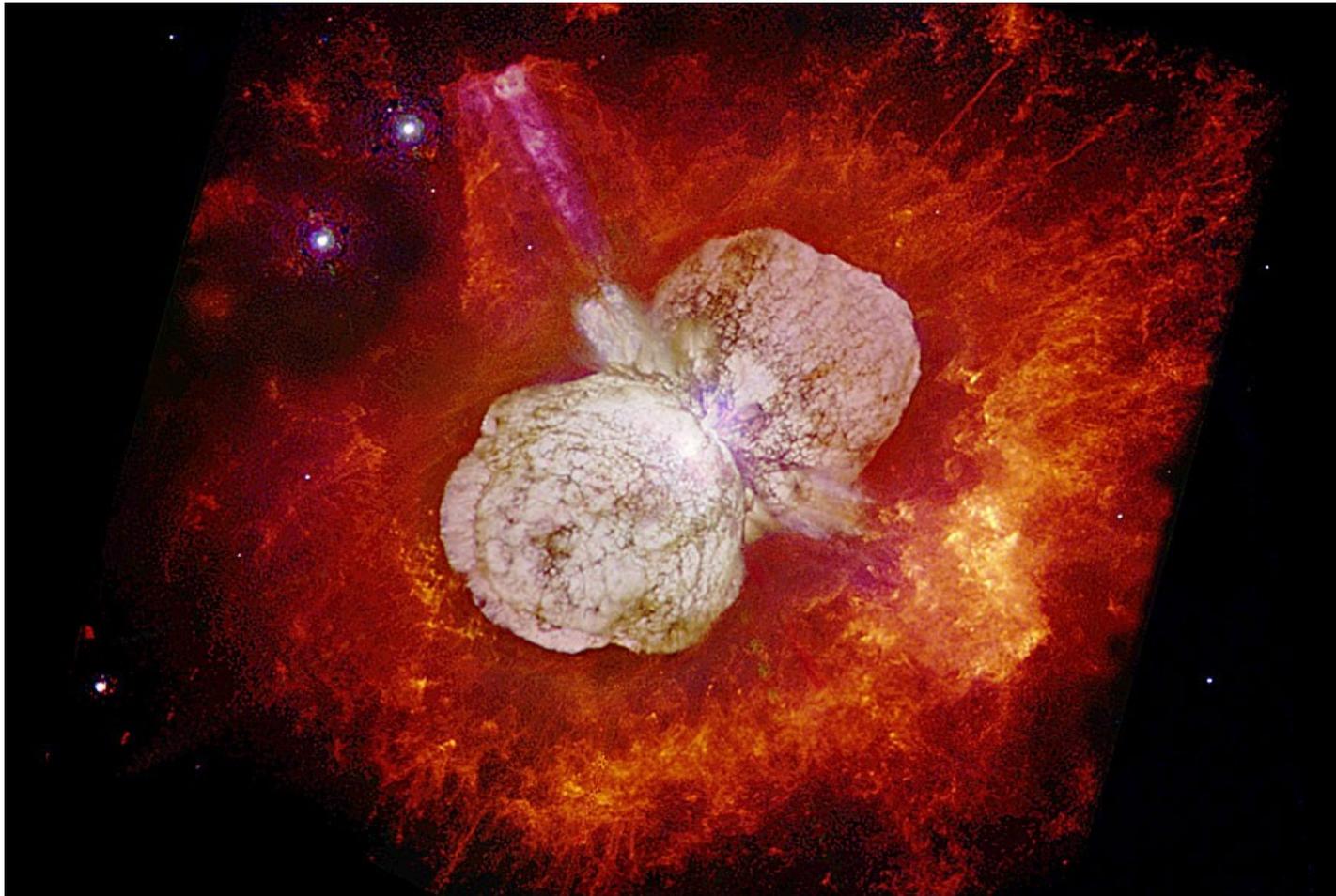
Nébuleuse de la Lyre



IV.4 Étape 4 : retour au milieu interstellaire

Étoile massive en fin de vie

Éjection catastrophique des couches externes
(Instabilités, pulsations, vents, éruptions)



Eta Carina : étoile binaire massive en fin de vie. Éruptions majeures en 1863 et 1990.
→ supernova imminente (~1 million d'années) 58

IV. Vue détaillée

IV.4 Étape 4 : retour au milieu interstellaire

Étoile massive en fin de vie

Supernova : Rupture de l'équilibre gravité – dégagement d'énergie
 ⇒ implosion → rebond → explosion
 ⇒ formation de tous les éléments chimiques de la classification

TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS
<http://www.periodni.com/fr/>

ÉLÉMENT HIGHLIGHTÉ: BORÉ (B)

- NUMÉRO ATOMIQUE: 5
- SYMBOLE: B
- NOM DE L'ÉLÉMENT: BORÉ
- MASSÉ ATOMIQUE RELATIVE (1): 10,811
- GROUPE IUPAC: IIIA
- GROUPE CAS: 13
- ÉTAT PHYSIQUE (25 °C, 101 kPa): Ne - gaz, Fe - solide, Hg - liquide, Te - synthétique

LEGÈNDE:

- Métaux (bleu)
- Métaux alcalins (bleu clair)
- Métaux alcalino-terreux (bleu très clair)
- Métaux de transition (bleu foncé)
- Actinides (rouge)
- Métalloïdes (orange)
- Non-métaux (vert)
- Chalcogènes (vert clair)
- Halogènes (vert très clair)
- Gaz nobles (jaune)
- Lanthanides (jaune clair)

LANTHANIDES

57 138.91 La LANTHANE	58 140.12 Ce CÉRIUM	59 140.91 Pr PRASEODYME	60 144.24 Nd NÉODYME	61 (145) Pm PROMÉTHIUM	62 150.36 Sm SAMARIUM	63 151.96 Eu EUROPIUM	64 157.25 Gd GADOLINIUM	65 158.93 Tb TERBIUM	66 162.50 Dy DYSPROSIUM	67 164.93 Ho HOLMIUM	68 167.26 Er ERBIUM	69 168.93 Tm THULIUM	70 173.05 Yb YTTÉRIUM	71 174.97 Lu LUTÉTIUM
------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

ACTINIDES

89 (227) Ac ACTINIUM	90 232.04 Th THORIUM	91 231.04 Pa PROTACTINIUM	92 238.03 U URANIUM	93 (237) Np NEPTUNIUM	94 (244) Pu PLUTONIUM	95 (243) Am AMÉRICIUM	96 (247) Cm CURIUM	97 (247) Bk BERKÉLIUM	98 (251) Cf CALIFORNIUM	99 (252) Es EINSTEINIUM	100 (257) Fm FERMIUM	101 (258) Md MENDELÉVIUM	102 (259) No NOBELIUM	103 (262) Lr LAWRENCIUM
-----------------------------------	-----------------------------------	--	----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------

(1) Pure Appl. Chem., 81, No. 11, 2131-2156 (2009)
 La masse atomique relative est donnée avec cinq chiffres significatifs. Pour les éléments qui n'ont pas de nucléides stables, la valeur entre parenthèses indique le nombre de masse de l'isotope de l'élément ayant la durée de vie la plus grande. Toutefois, pour les trois éléments (Th, Pa et U) qui ont une composition isotopique terrestre connue, une masse atomique est indiquée.

Copyright © 2012 Eni Generalis

IV. Vue détaillée IV.4 Étape 4 : retour au milieu interstellaire

Un autre type de supernova :



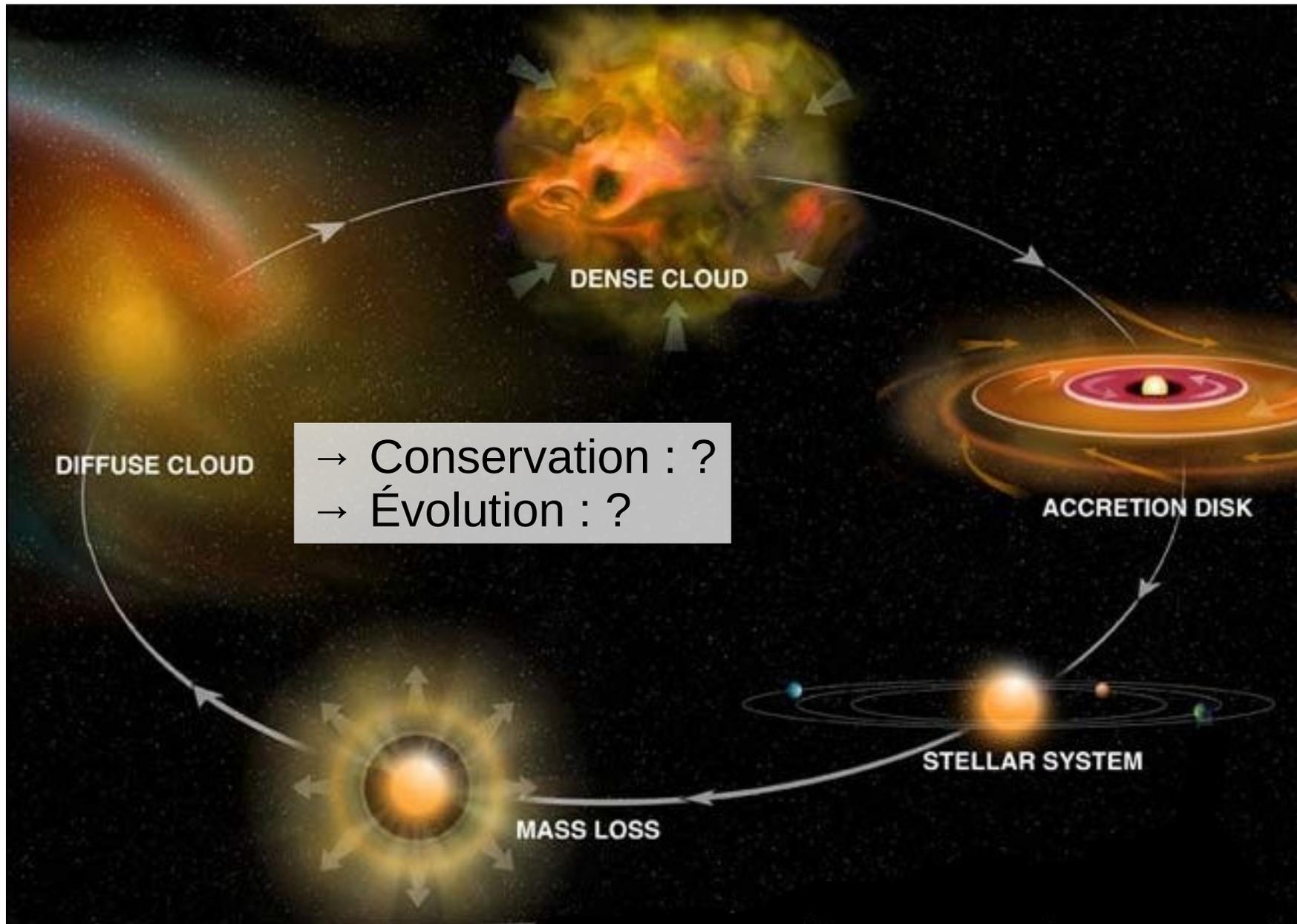
Artist's rendition of a white dwarf accumulating mass from a nearby companion star. This type of progenitor system would be considered singly-degenerate.

Image courtesy of David A. Hardy, © David A. Hardy/www.astroart.org.

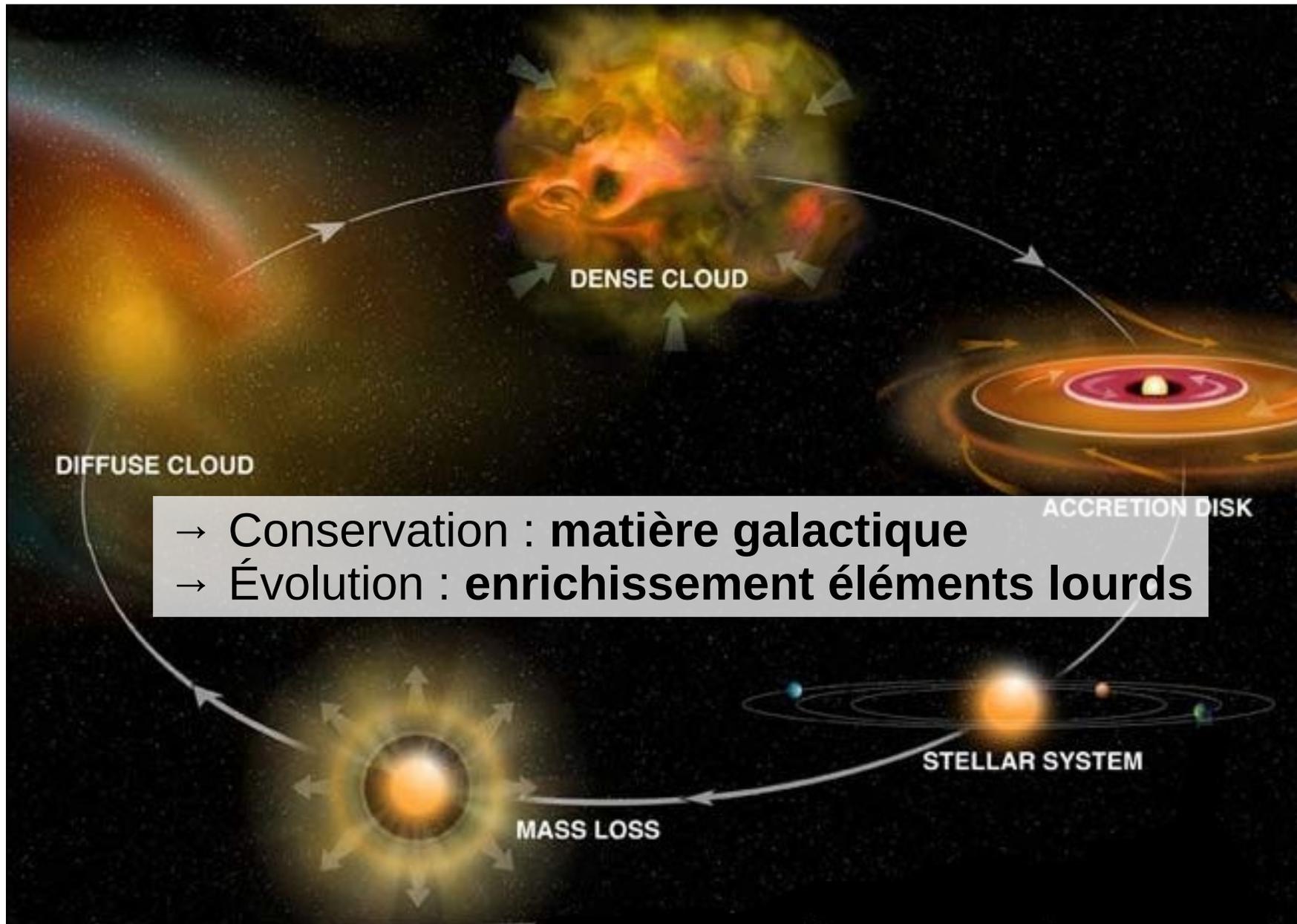
Accrétion de gaz par une étoile dégénérée jusqu'à
 $M > 1.44 M_{\text{sun}}$
⇒ supernova thermonucléaire (= SN Ia)

→ film

IV. Vue détaillée : IV.5 Bilan du cycle de la matière galactique



IV. Vue détaillée : IV.5 Bilan du cycle de la matière galactique



Partie 1 : Les métiers de l'astrophysique

- I. Vue d'ensemble
- II. Développements observationnels et expérimentaux
- III. Recherche scientifique
- IV. Comment devient-on astrophysicien(ne) ?

Partie 2 : Le cycle de la matière galactique

- I. Exemple d'un cycle bien connu : le cycle de l'eau
- II. Notions préliminaires
- III. Vue globale : les 5 étapes du cycles
- IV. Vue détaillée
 - Étape 1 : formation de nuages moléculaires
 - Étape 2 : formation d'étoiles
 - Étape 3 : au coeur des étoiles
 - Étape 4 : retour au milieu interstellaire
- V. Les galaxies dans leur environnement
- VI. Vers l'apparition de la vie

V. Les galaxies dans leur environnement

Formation des galaxies → film

Observations vs. Simulation : <https://www.youtube.com/watch?v=D-0GaBQ494E>

Collision Voie Lactée – Galaxie d'Andromède → film



V. Les galaxies dans leur environnement



Illustration of the Milky Way and Andromeda Galaxy Collision

NASA, ESA, Z. Levay and R. van der Marel (STScI), and A. Mellinger ■ STScI-PRC12-20a

Partie 1 : Les métiers de l'astrophysique

- I. Vue d'ensemble
- II. Développements observationnels et expérimentaux
- III. Recherche scientifique
- IV. Comment devient-on astrophysicien(ne) ?

Partie 2 : Le cycle de la matière galactique

- I. Exemple d'un cycle bien connu : le cycle de l'eau
- II. Notions préliminaires
- III. Vue globale : les 5 étapes du cycles
- IV. Vue détaillée
 - Étape 1 : formation de nuages moléculaires
 - Étape 2 : formation d'étoiles
 - Étape 3 : au coeur des étoiles
 - Étape 4 : retour au milieu interstellaire
- V. Les galaxies dans leur environnement
- VI. Vers l'apparition de la vie

VI. Vers l'apparition de la vie

