LA CAPSULE DU DÉBUTANT

Les étoiles

- ✓ La structure de la matière (partie 1)
- ✓ La structure de la matière (partie 2)
- ✓ L'énergie des étoiles
- ✓ L'anatomie des étoiles
- ✓ **Le substrat précurseur :**
  - ✓ **Le milieu interstellaire**
  - ✓ **Les nébuleuses diffuses**

LES OBJECTIFS

- Au terme de cette présentation, le participant pourra :
  - Raconter l'histoire de la représentation des nébuleuses et les raisons de la confusion qu'elle engendre.
  - Décrire l'aspect et les caractéristiques des diverses nébuleuses diffuses galactiques.
  - Exposer les contraintes visuelles de l'observation des nébuleuses.
  - Expliquer les concepts physiques de température et de chaleur et en démontrer les implications spatiales.

DÉFINITIONS

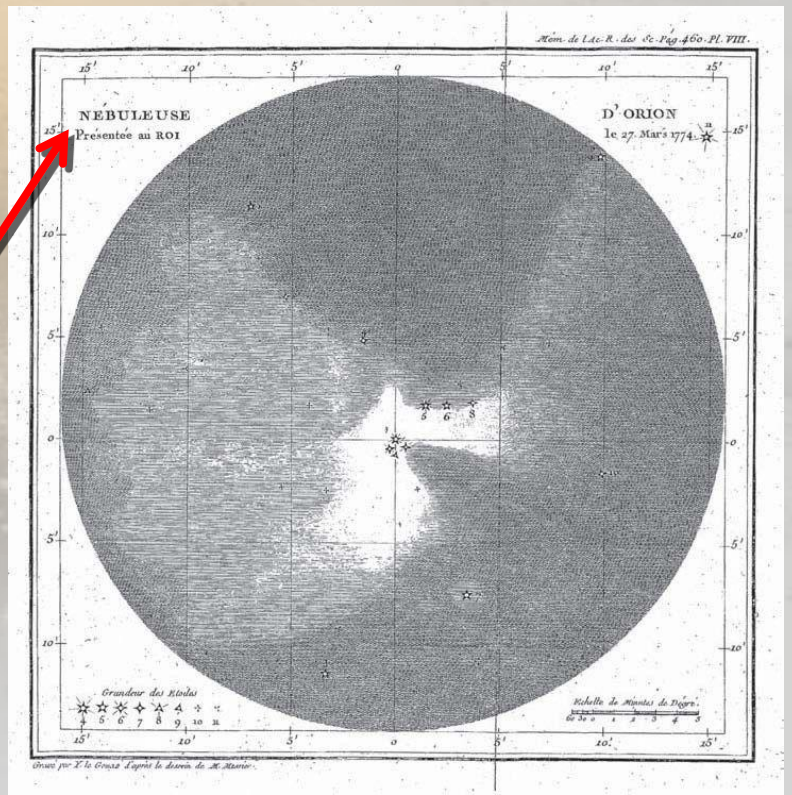
- ***Nébuleuse*** : masse vaporeuse, amas diffus, amas informe.
  Substantif

- ***Nébuleux*** : qui a l'aspect d'un nuage, dont le contour est flou, vague, imprécis.
  Adjectif

HISTORIQUE

- Jusqu'au début du XXe siècle, le terme "***nébuleuse***" désignait tout objet céleste d'aspect diffus.

Charles Messier (1730-1817)



HISTORIQUE

- Jusqu'au début du XXe siècle, le terme "***nébuleuse***" désignait tout objet céleste d'aspect diffus.

Vincent van Gogh (1853-1890)

Nuit étoilée (1889)

NÉBULEUSES "*GALACTIQUES*"

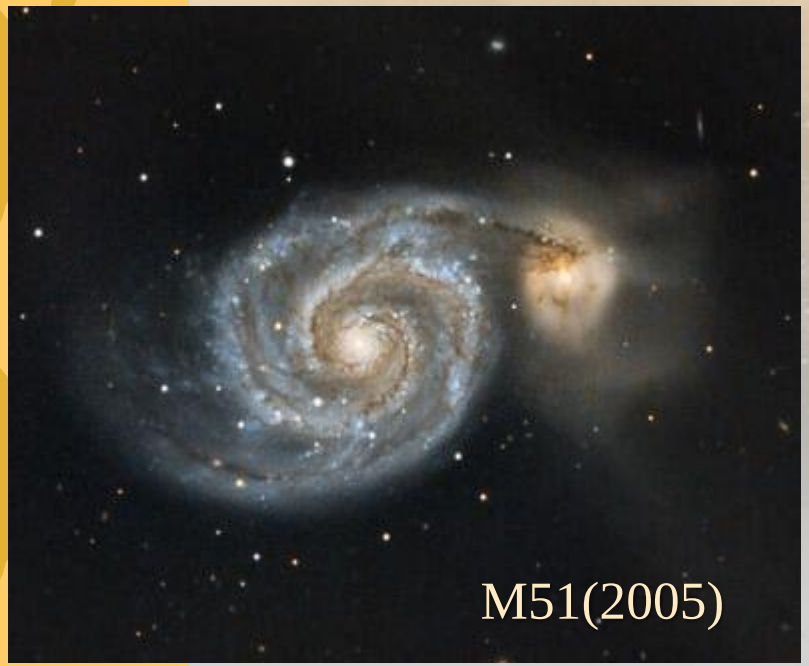
- Jusqu'au début du XXe siècle, le terme "***nébuleuse***" désignait tout objet céleste d'aspect diffus.

William Parsons (1800-1867)

Nébuleuse du Tourbillon (1845)

NÉBULEUSES "*GALACTIQUES*"

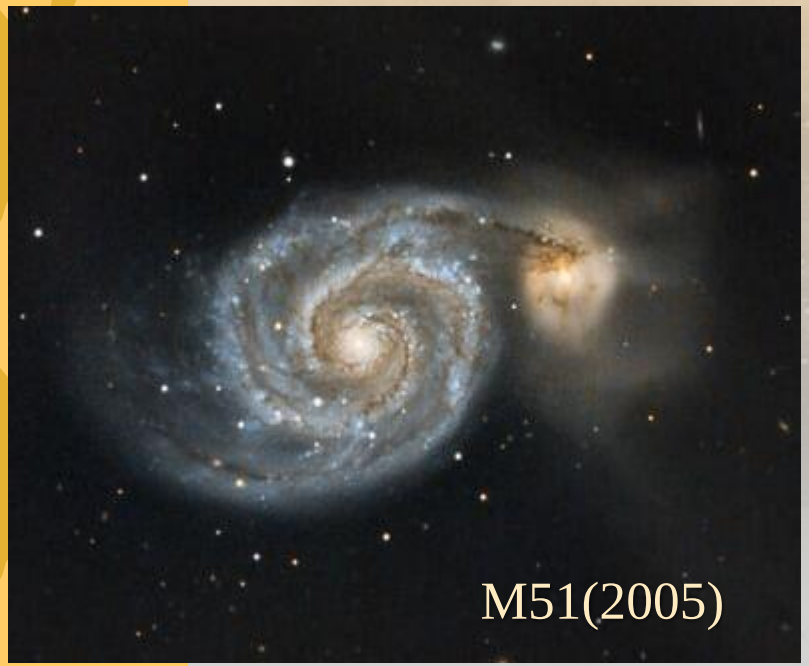
- Jusqu'au début du XXe siècle, le terme "***nébuleuse***" désignait tout objet céleste d'aspect diffus.



Nébuleuse du Tourbillon (1845)

NÉBULEUSES "*GALACTIQUES*"

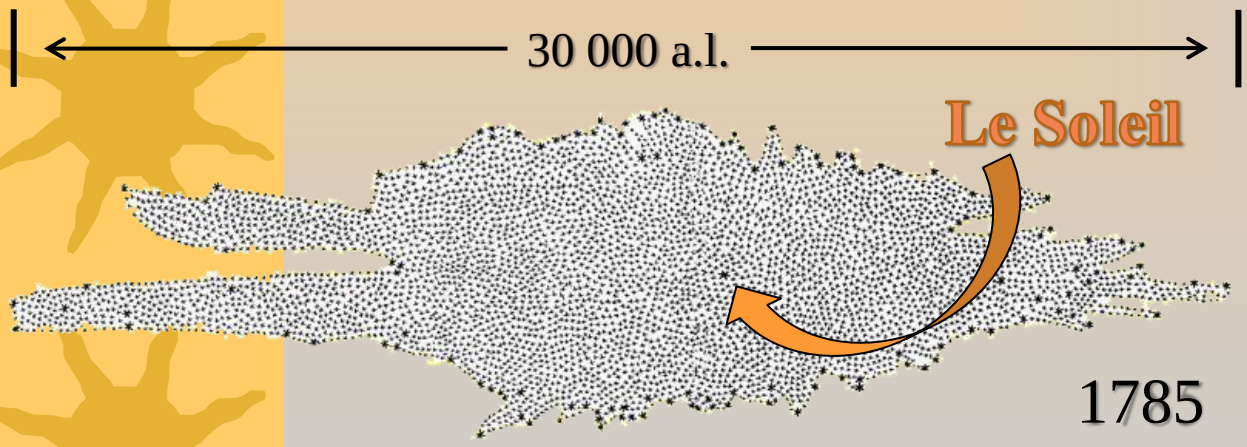
- Jusqu'au début du XXe siècle, le terme "***nébuleuse***" désignait tout objet céleste d'aspect diffus.



Nébuleuse du Tourbillon (1889)

AUTREFOIS L'UNIVERS…

- À l'époque des Herschel, l'Univers, c'était la ***Voie Lactée***.

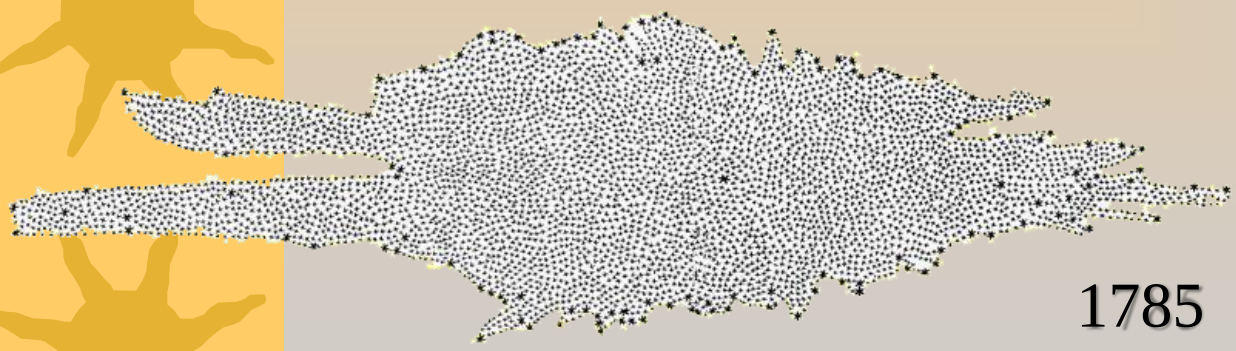


Disque plat au diamètre sous-estimé en raison de l'extinction.

William et Caroline Herschel

AUTREFOIS L'UNIVERS…

- À l'époque des Herschel, l'Univers, c'était la ***Voie Lactée***.



- Toutes les "***nébuleuses***" étaient considérées intra galactiques.

William et Caroline Herschel

AUTREFOIS L'UNIVERS…

- À l'époque des Herschel, l'Univers, c'était la Voie Lactée.
  - « La Voie Lactée semble être un corps en rotation d'un nombre incroyable d'étoiles tenues ensemble par des forces gravitationnelles, tout comme le Système solaire. »

    (Kant 1775)

Emmanuel Kant (1724-1804)

AUTREFOIS L'UNIVERS…

- À l'époque des Herschel, l'Univers, c'était la Voie Lactée.
  - « La Voie Lactée semble être un corps en rotation d'un nombre incroyable d'étoiles

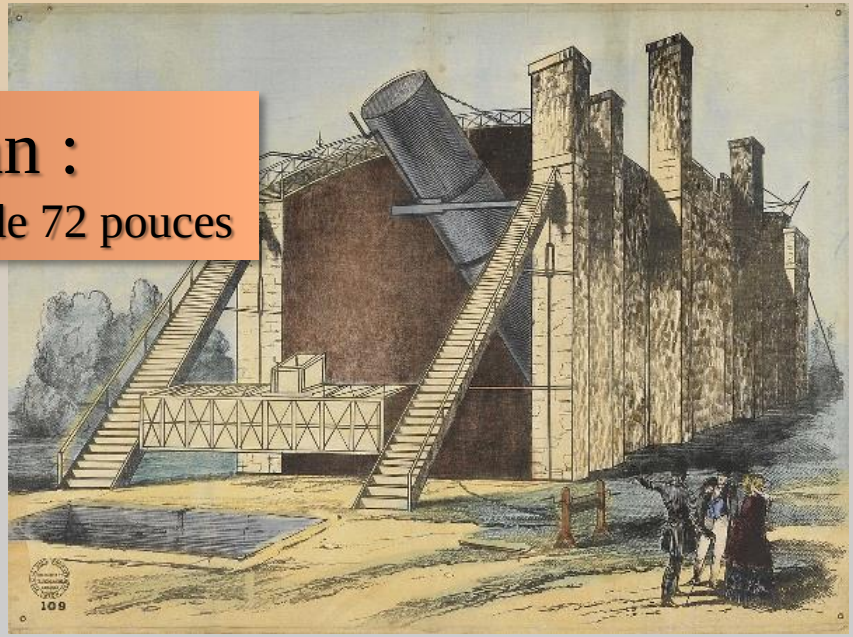
Déjà Kant soupçonne que certaines de ces ***nébuleuses*** sont elles-mêmes des galaxies.

Emmanuel Kant (1724-1804)

AUTREFOIS L'UNIVERS…

- À l'époque des Herschel, l'Univers, c'était la Voie Lactée.

1845



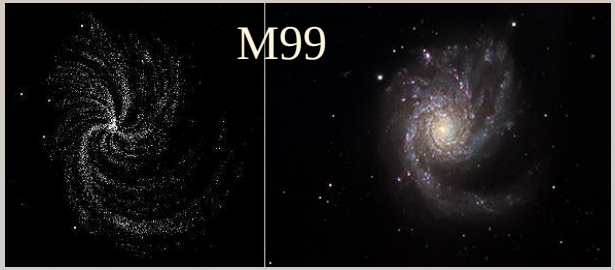
Le Leviathan :
Miroir en bronze de 72 pouces

William Parsons (Lord Rosse)
(1800-1867)

AUTREFOIS L'UNIVERS…

- À l'époque des Herschel, l'Univers, c'était la Voie Lactée.

1845



William Parsons (Lord Rosse)
(1800-1867)

AUTREFOIS L'UNIVERS…

- À l'époque des Herschel, l'Univers, c'était la Voie Lactée.

1845

Parsons soupçonne que ces ***nébuleuses*** sont extra galactiques

William Parsons (Lord Rosse)
(1800-1867)

L'UNIVERS S'AGRANDIT

- Edwin Hubble fait éclater l'Univers.

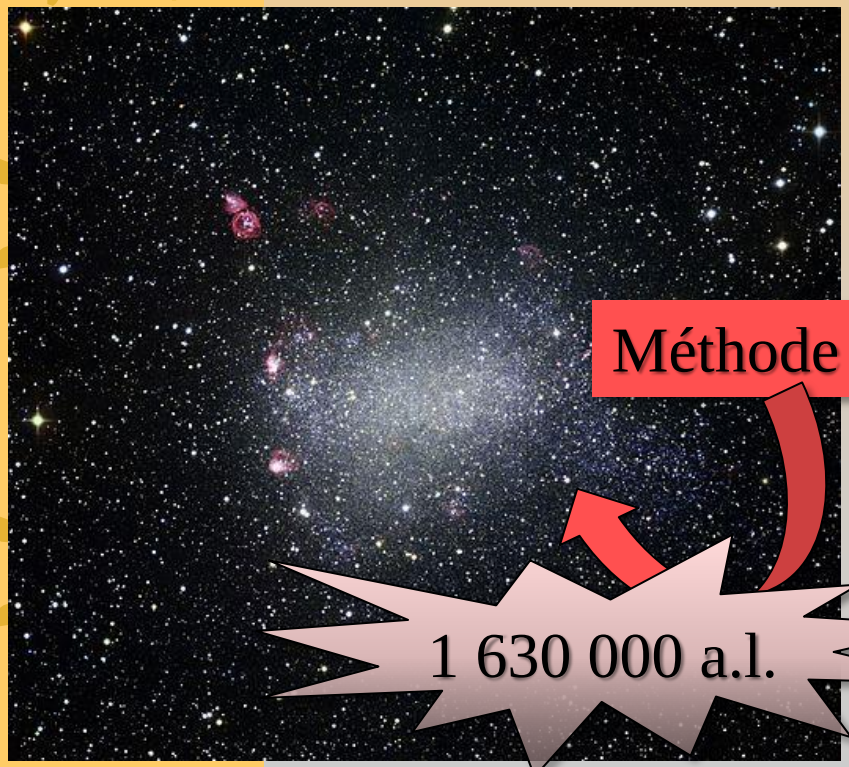
Télescope Hooker
(miroir de 2,5 m)
Observatoire du
Mount Wilson

1924

Edwin Hubble (1889-1953)

L'UNIVERS S'AGRANDIT

- Edwin Hubble fait éclater l'Univers.



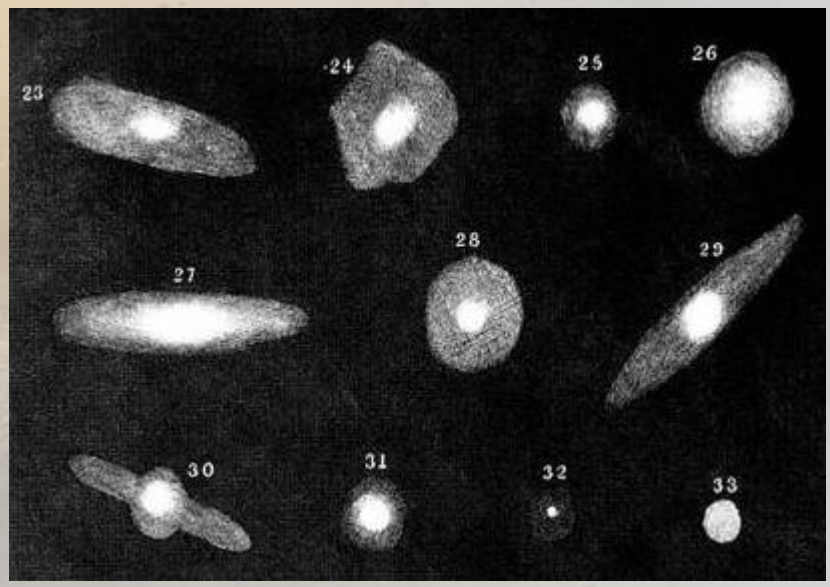
Galaxie de Barnard (NGC 6822)

Edwin Hubble (1889-1953)

HISTORIQUE

- Jusqu'au début du XXe siècle, le terme "***nébuleuse***" désignait tout objet céleste d'aspect diffus.

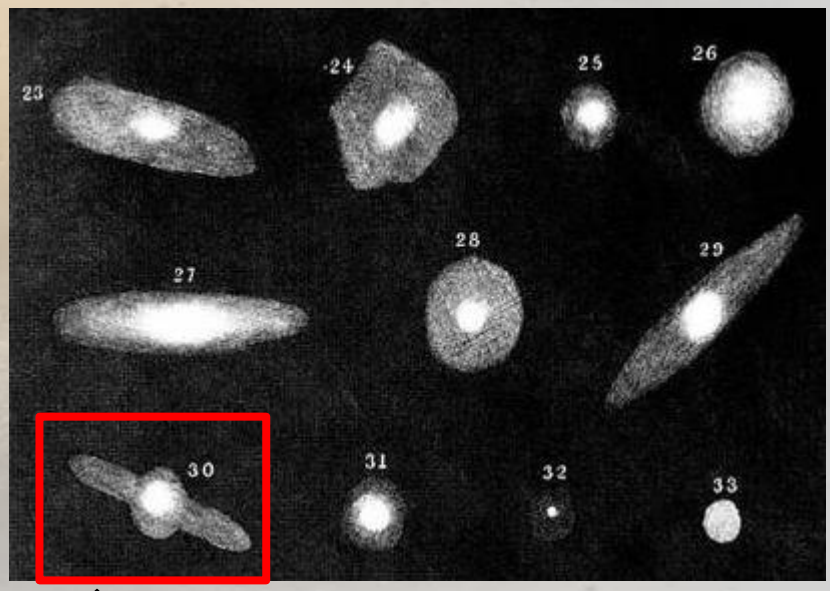
William Herschell (1738-1822)



HISTORIQUE

- En 1782, Herschell découvre la "***nébuleuse Saturne***" qu'il croit être une planète.

William Herschell (1738-1822)



NGC 7009 (nébuleuse Saturne)

HISTORIQUE

- En 1782, Herschell découvre la "***nébuleuse Saturne***" qu'il croit être une planète.

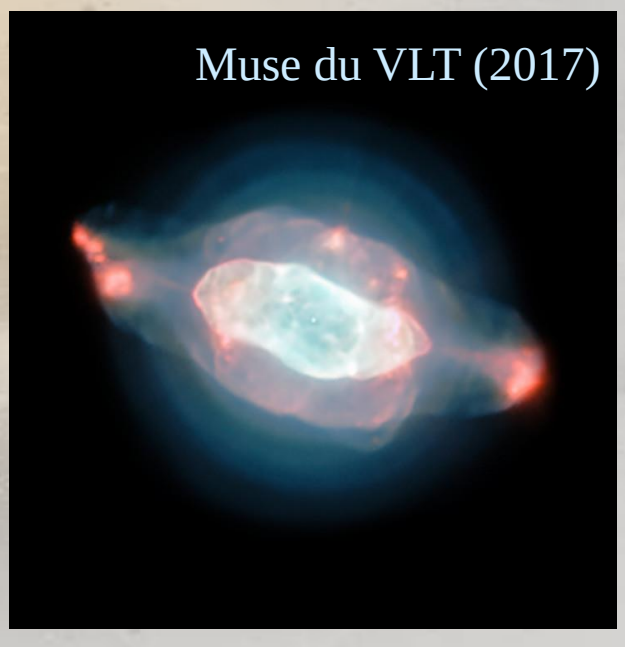
William Herschell (1738-1822)

Il venait de découvrir Uranus en 1781

NGC 7009 (nébuleuse Saturne)

NÉBULEUSE "*PLANÉTAIRE*"

- Il utilise pour la première fois le terme "*nébuleuse planétaire*".



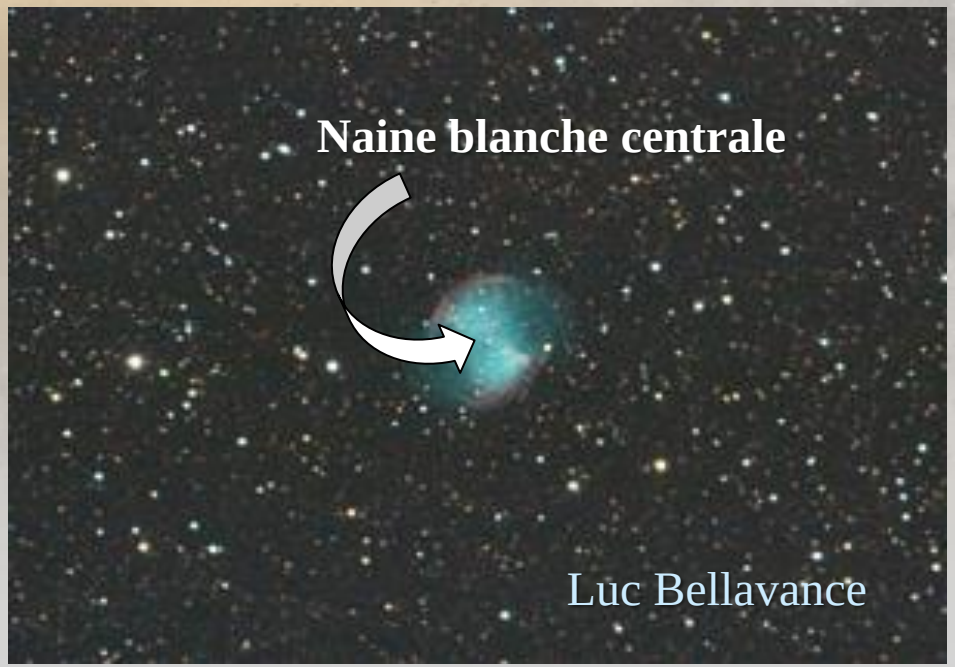
NGC 7009 (nébuleuse Saturne)

NÉBULEUSE "*PLANÉTAIRE*"

- La première de ces "*nébuleuses planétaires*" avait été découverte par Messier en 1764.

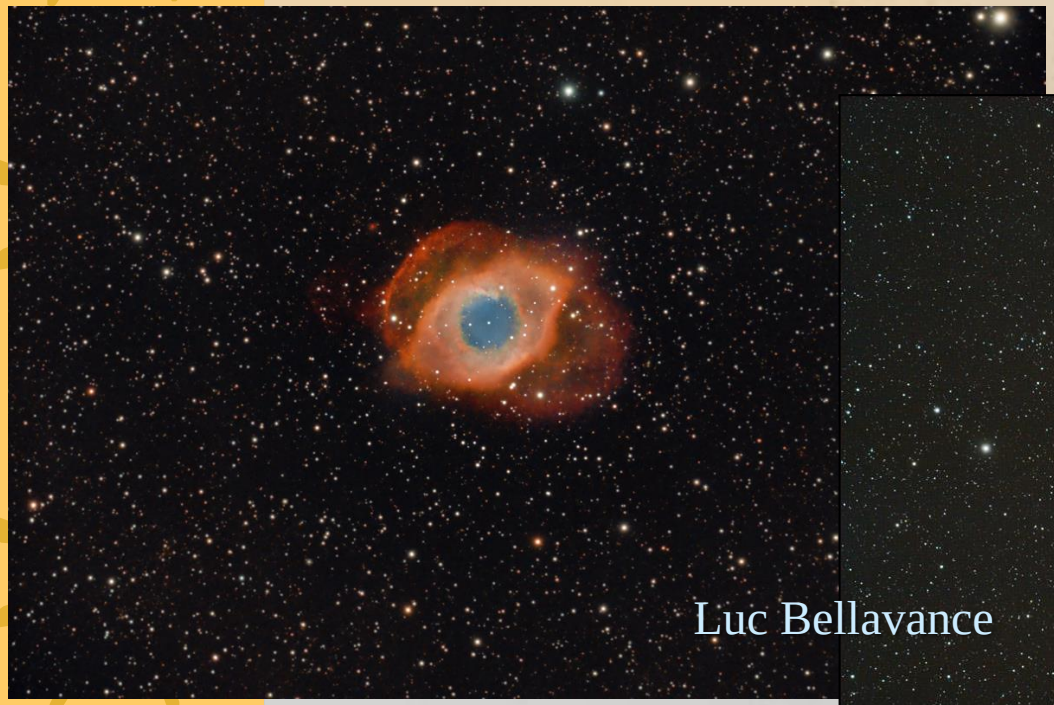
Charles Messier (1730-1817)

M27 (Nébuleuse de l'Haltère)



NÉBULEUSE "*PLANÉTAIRE*"

- Ces "*nébuleuses planétaires*" sont des étoiles en fin de vie.



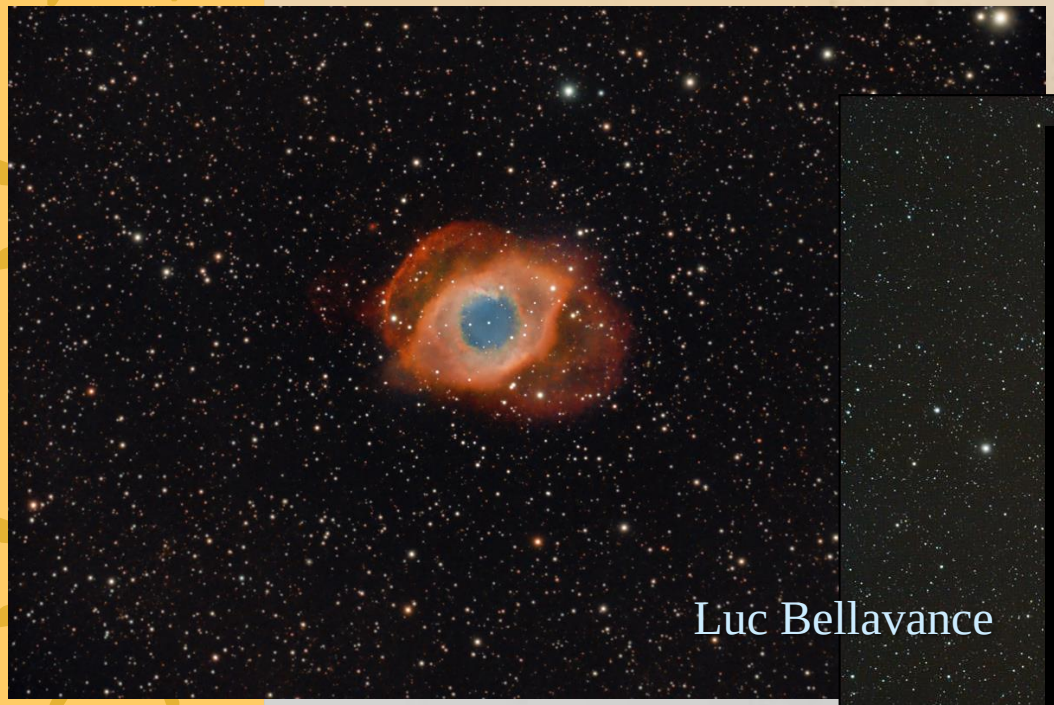
M57 (Nébuleuse de la Lyre)

NGC 7293 (Nébuleuse de l'Hélice)

Luc Bellavance

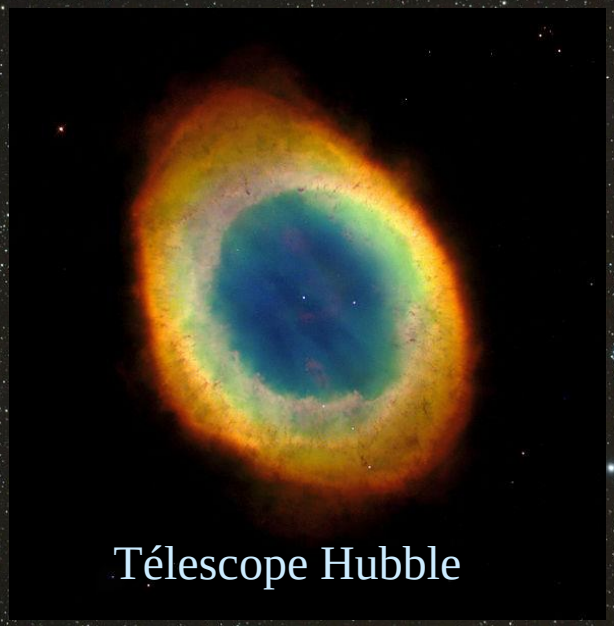
NÉBULEUSE "*PLANÉTAIRE*"

- Ces "*nébuleuses planétaires*" sont des étoiles en fin de vie.



M57 (Nébuleuse de la Lyre)

NGC 7293 (Nébuleuse de l'Hélice)



Abell 61
Abell 61 planetary nebula in Cygnus
astrojolo 2018

CLASSIFICATION

- Il existe un autre type de *nébuleuses* : Ce sont les ***nébuleuses diffuses*** :
  1. En émission
  2. Par réflexion
  3. D'absorption ou obscures

- Elles ont des bords flous, indéfinis pour l'observateur.

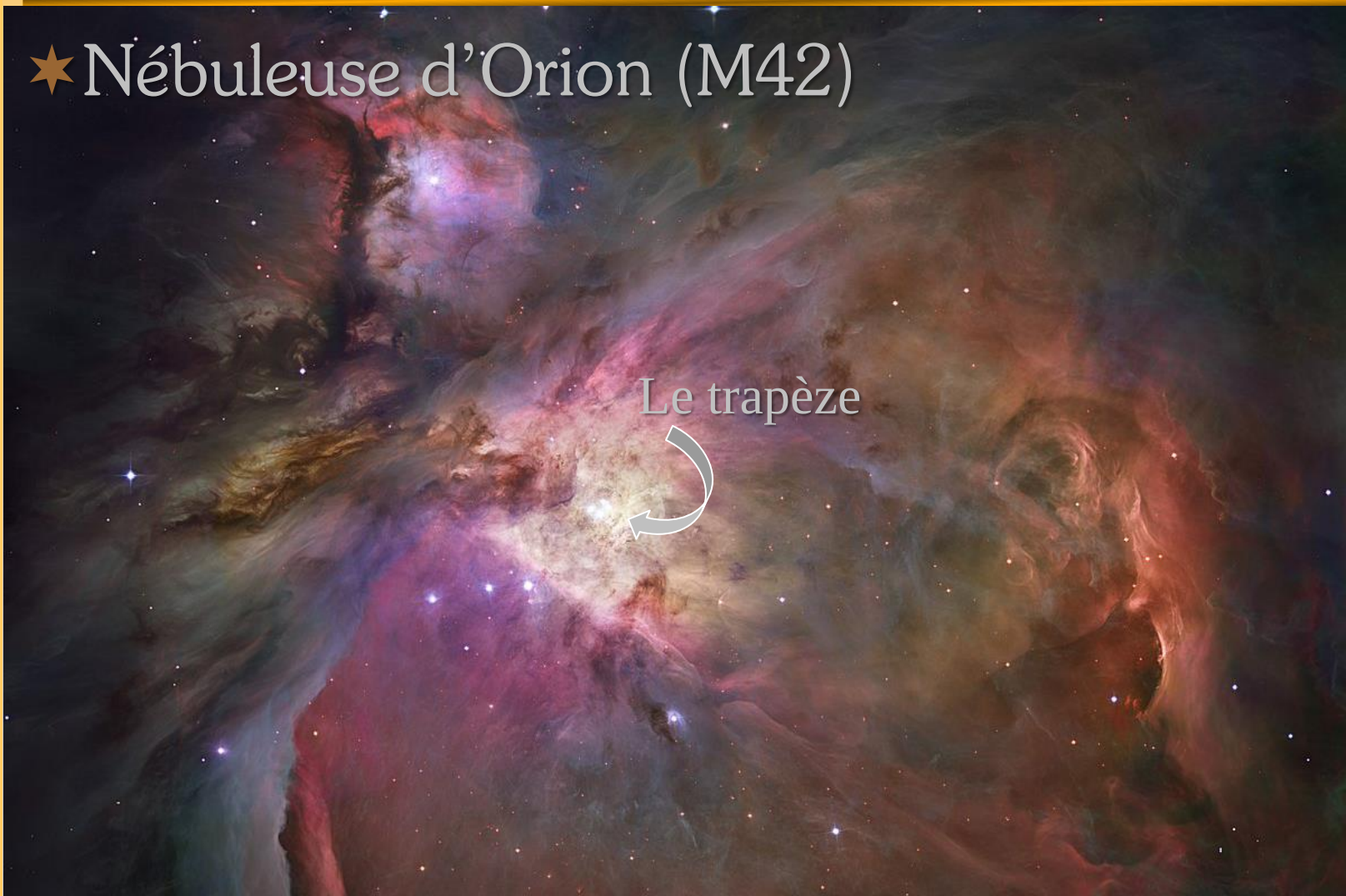
LES NÉBULEUSES EN ÉMISSION

- **On les appelle aussi les *régions HII*.**
  - Elles se situent à proximité d'étoiles jeunes et massives émettrices de radiations de haute énergie.
  - Densité varie de 1 à 10^4 atomes • cm^{-3}.
  - Température ≅ 10 000 K (Soleil = 5 800 K)
  - Elles sont surtout visibles grâce à la raie Hα à 656 nm qui leur donne cette teinte rougeâtre caractéristique.

LES NÉBULEUSES EN ÉMISSION

- On les appelle aussi les *régions HII*.
  - Certaines sont visibles à l'œil nu :
    - Nébuleuse d'Orion (M42) ➡ m=3,7
    - Nébuleuse de la Lagune (M8) ➡ m=6,0
    - Nébuleuse de la Rosette (Caldwell 49)
      - En fait, c'est l'amas ouvert NGC 2244 qui est visible avec m=4,4
    - Nébuleuse de la Carène (NGC 3372) ➡ m=1,0
  - **Attention !** Leur luminosité est répartie sur une grande surface ; elles sont moins visibles que les étoiles de luminosité équivalente.

LES NÉBULEUSES EN ÉMISSION



- Nébuleuse d'Orion (M42)

LES NÉBULEUSES EN ÉMISSION

LES NÉBULEUSES EN ÉMISSION

- Nébuleuse de la Rosette (Caldwell 49)

LES NÉBULEUSES EN ÉMISSION

- Nébuleuse de la Rosette (Caldwell 49)

LES NÉBULEUSES EN ÉMISSION

- Nébuleuse de la Carène (NGC 3372)

LES NÉBULEUSES EN ÉMISSION

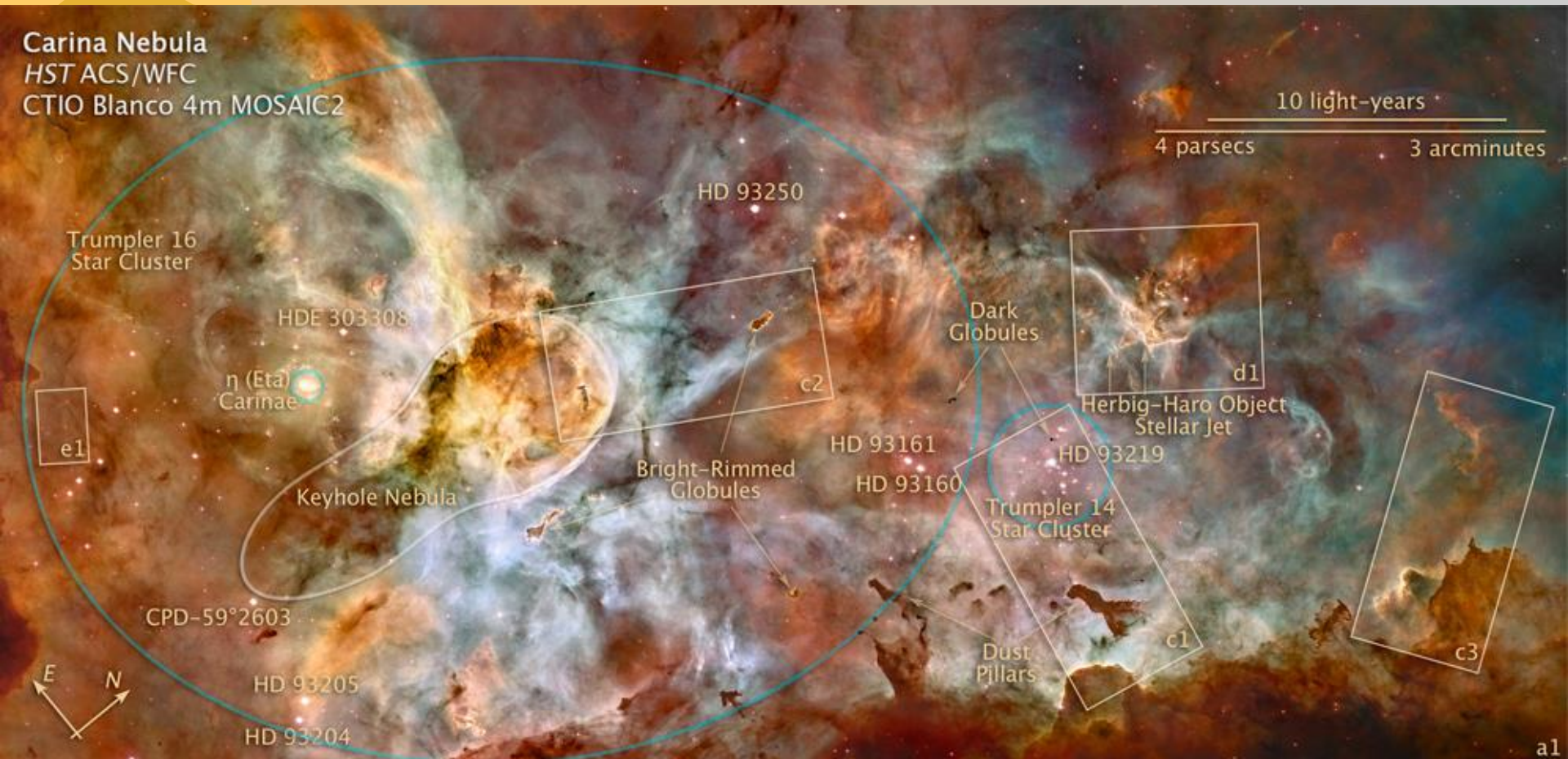
- Nébuleuse de la Carène (NGC 3372)

LES NÉBULEUSES EN ÉMISSION

- Nébuleuse de la Carène (NGC 3372)

LES NÉBULEUSES EN ÉMISSION

★Nébuleuse de la Carène (NGC 3372)



LES NÉBULEUSES EN ÉMISSION

- Nébuleuse de l'Amérique du nord (NGC 7000)

Luc Bellavance

LES NÉBULEUSES EN ÉMISSION

- Nébuleuse de la pince de homard (SH2-157)

Patrick Dubé

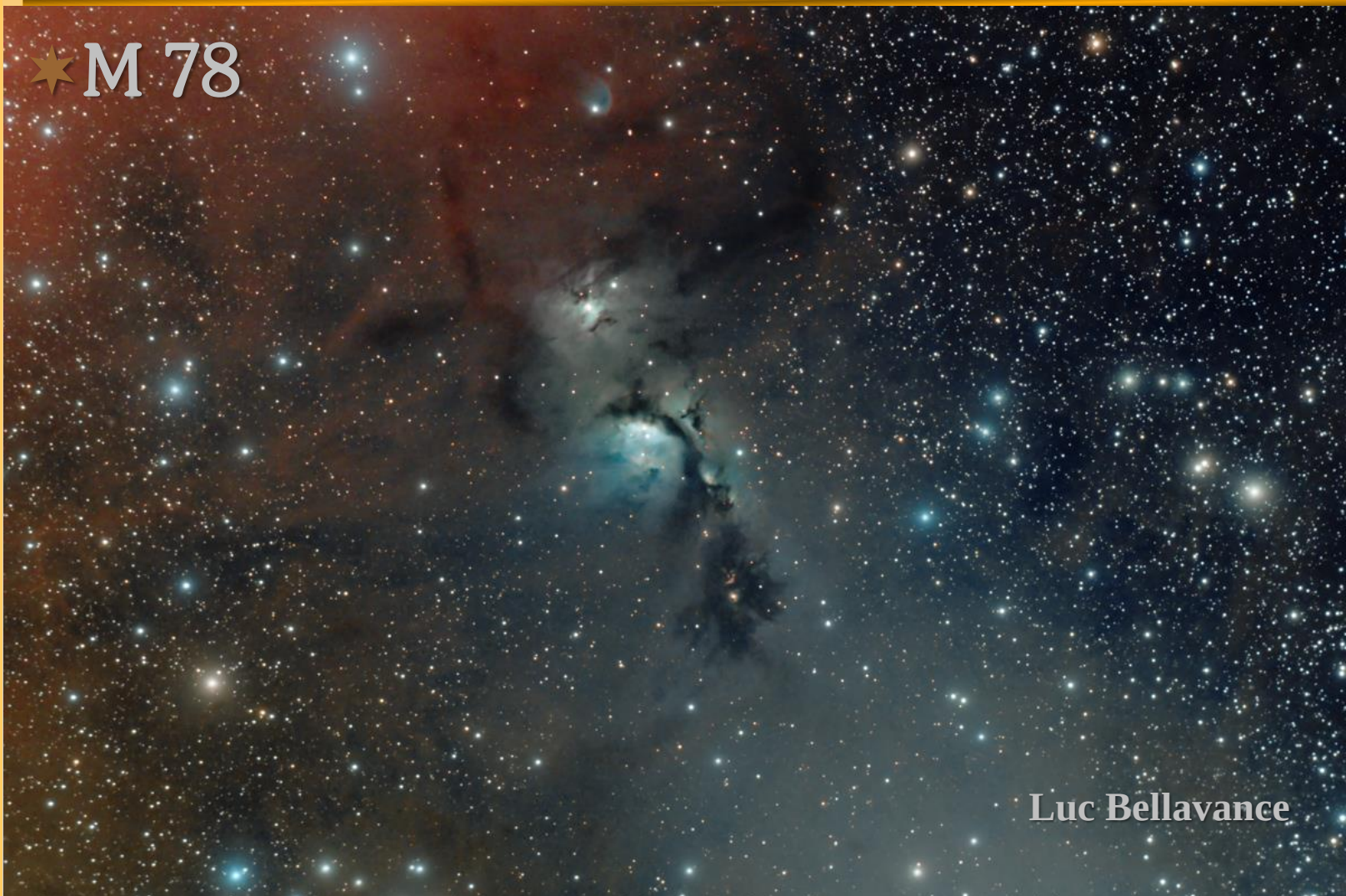
LES NÉBULEUSES PAR RÉFLEXION

- **Ce sont des *nuages de poussières* qui diffusent la lumière d'étoiles voisines.**
  - Ces étoiles ne sont pas assez chaudes pour ioniser les gaz et/ou molécules.
  - Elles apparaissent **bleues** parce que les courtes longueurs d'ondes du visible sont plus facilement dispersées.
  - Ce sont des régions froides.

LES NÉBULEUSES PAR RÉFLEXION

- Les Pléiades (M45)

LES NÉBULEUSES PAR RÉFLEXION



LES NÉBULEUSES PAR RÉFLEXION

- Nébuleuse de l'Iris (NGC 7023)

Patrick Dubé

LES NÉBULEUSES PAR RÉFLEXION

- IC 4592

LES NÉBULEUSES PAR RÉFLEXION

- Nébuleuse de la Tête de sorcière (IC 2118)

CERTAINES SONT MIXTES

- Nébuleuse de la Carène (NGC 3372)

CERTAINES SONT MIXTES

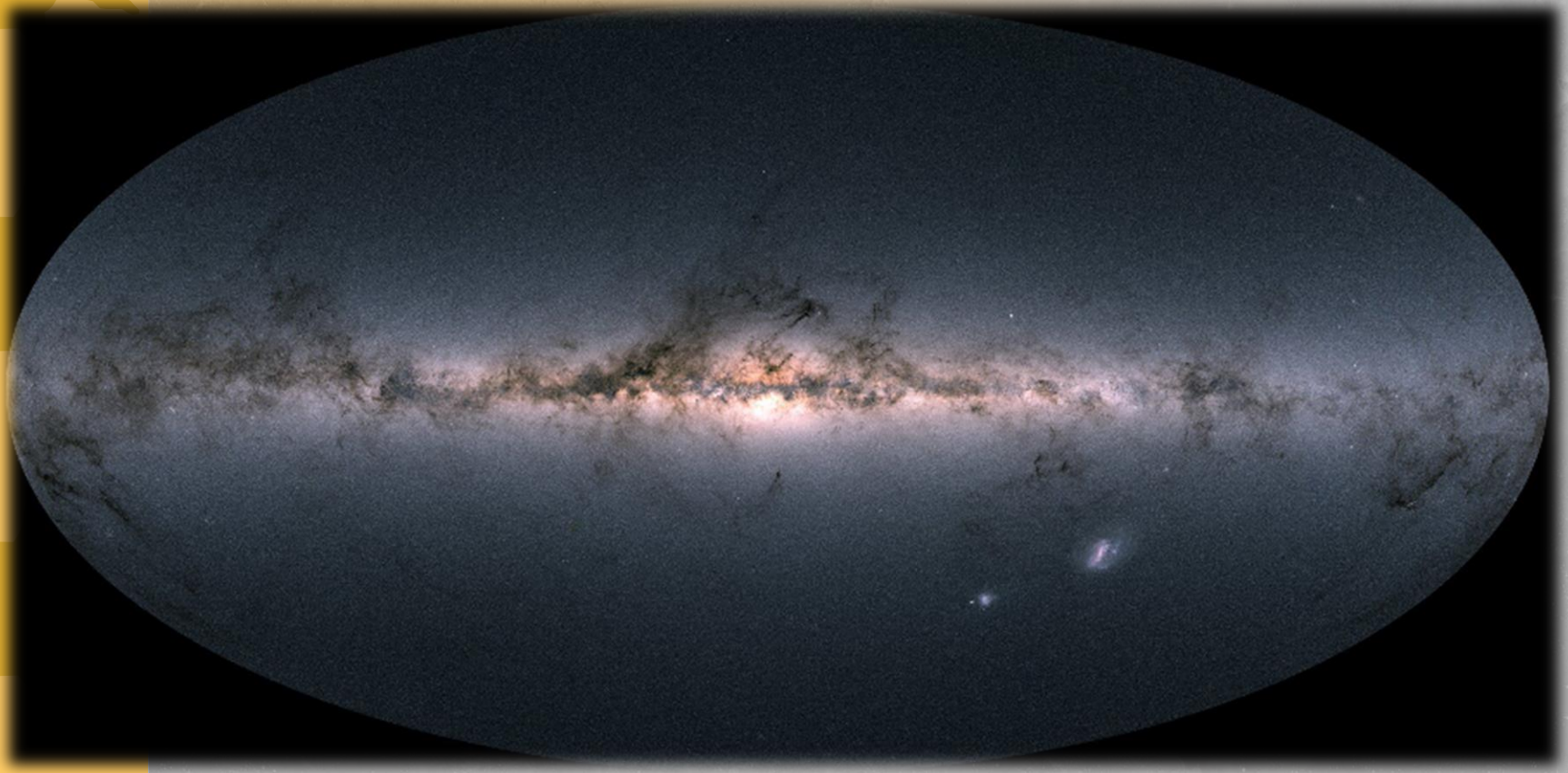
- Nébuleuse trifide (M 20)

LES NÉBULEUSES OBSCURES

- **Elles sont un amalgame de nuages moléculaires et de poussières cosmiques.**
  - Leur densité varie de 10^{-6} grain • m^{-3} jusqu'à 10^{4} molécules • cm^{-3}.
  - T° froide 10 à 100 K.
  - Elles bloquent la lumière visible et semblent former des ***trous*** dans l'espace galactique.
  - Elles bigarrent largement la Voie lactée et l'espace interstellaire.

LES NÉBULEUSES OBSCURES

- La Voie lactée selon le satellite Gaia



LES NÉBULEUSES OBSCURES

- La Voie lactée (hémisphère nord)

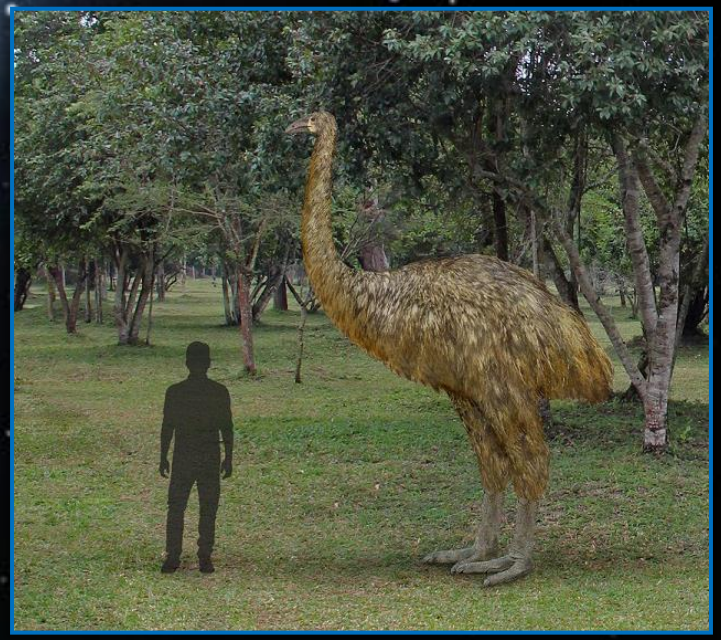
LES NÉBULEUSES OBSCURES

- La Voie lactée (hémisphère sud)

LES NÉBULEUSES OBSCURES

- Le sac de charbon

★ La constellation du Grand Moa



LES NÉBULEUSES OBSCURES

- Nébuleuse de la Tête de cheval (IC 434)

Luc Bellavance

LES NÉBULEUSES OBSCURES

- Nébuleuse de la Tête de cheval (IC 434)

Wu Zhen

LES NÉBULEUSES OBSCURES

- LDN 673

Luc Bellavance

LES NÉBULEUSES OBSCURES

- M 9

Luc Bellavance

LES NÉBULEUSES OBSCURES

- Nébuleuse du Serpent (Barnard 72)

Luc Bellavance

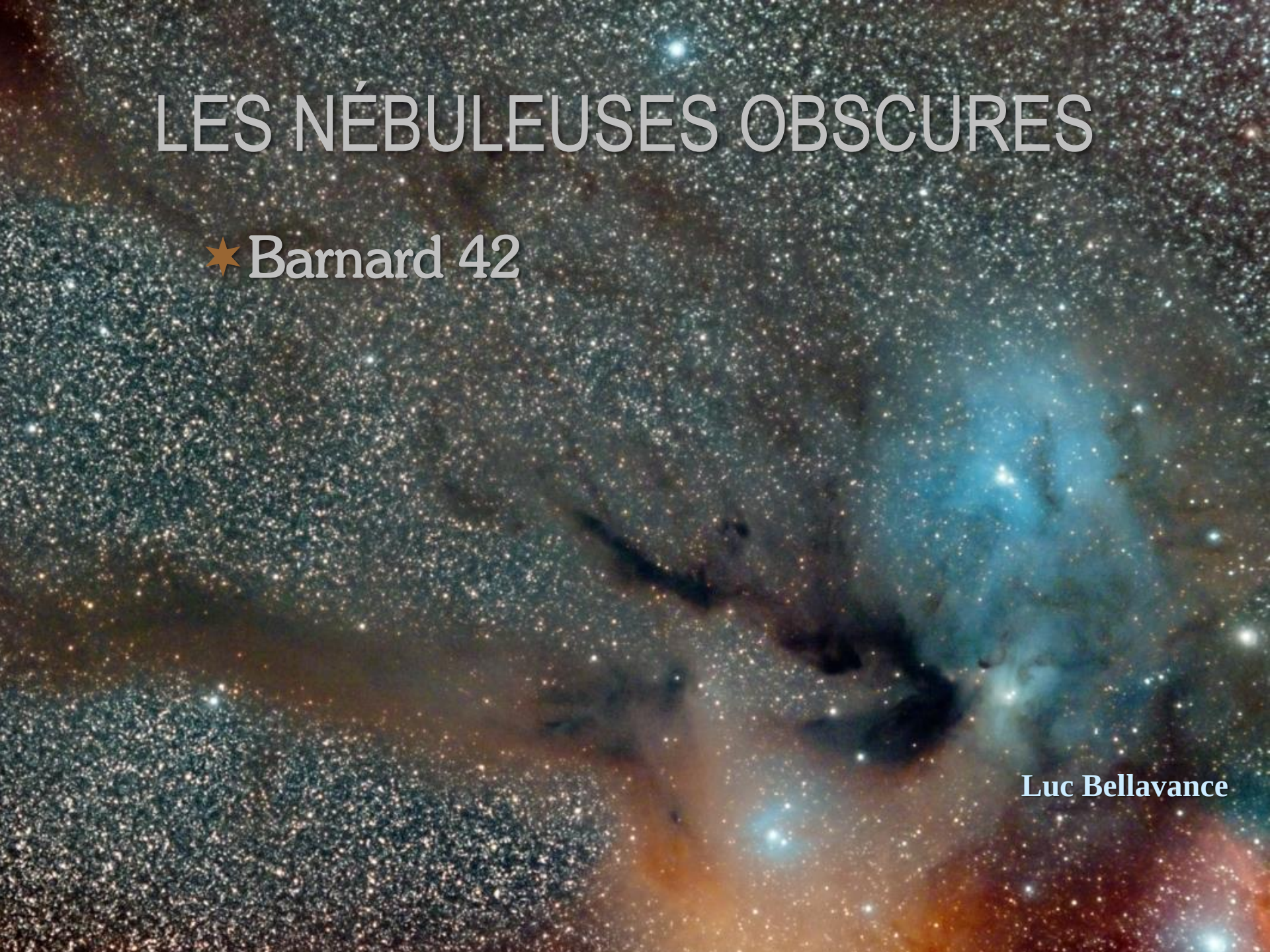
LES NÉBULEUSES OBSCURES

- M 78

Luc Bellavance

LES NÉBULEUSES OBSCURES

- Barnard 42



Luc Bellavance

LES NÉBULEUSES OBSCURES

- Nébuleuse de l'hippocampe (B 150)

LES NÉBULEUSES OBSCURES

- Nébuleuse de la Trompe d'éléphant (IC 1396)

Patrick Dubé

LES NÉBULEUSES OBSCURES

- Nébuleuse de la Trompe d'éléphant (IC 1396)

Télescope Hubble

LES NÉBULEUSES OBSCURES

- Nébuleuse de l'Aigle (M 16)

Johannes Schedler

LES NÉBULEUSES OBSCURES

- Nébuleuse de l'Aigle (M 16)
  Piliers de la création

3 a.l.

Télescope Hubble

VOIR LA VIE EN ROSE

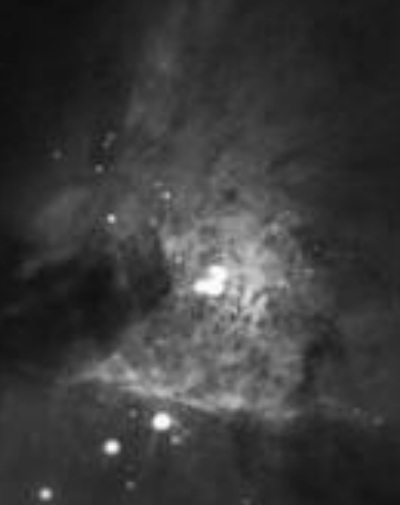
- Ces magnifiques photos en couleurs naturelles des nébuleuses sont le fruits de :
  - Longues expositions guidées
  - L'utilisation de caméras spécialisées ultrasensibles (CMOS)
  - D'un traitement d'images élaboré…

VOIR LA VIE EN ROSE

Luc Bellavance
Constellation d'Orion

LA RÉALITÉ DE L'OBSERVATEUR EN TEMPS RÉEL EST BIEN DIFFÉRENTE…

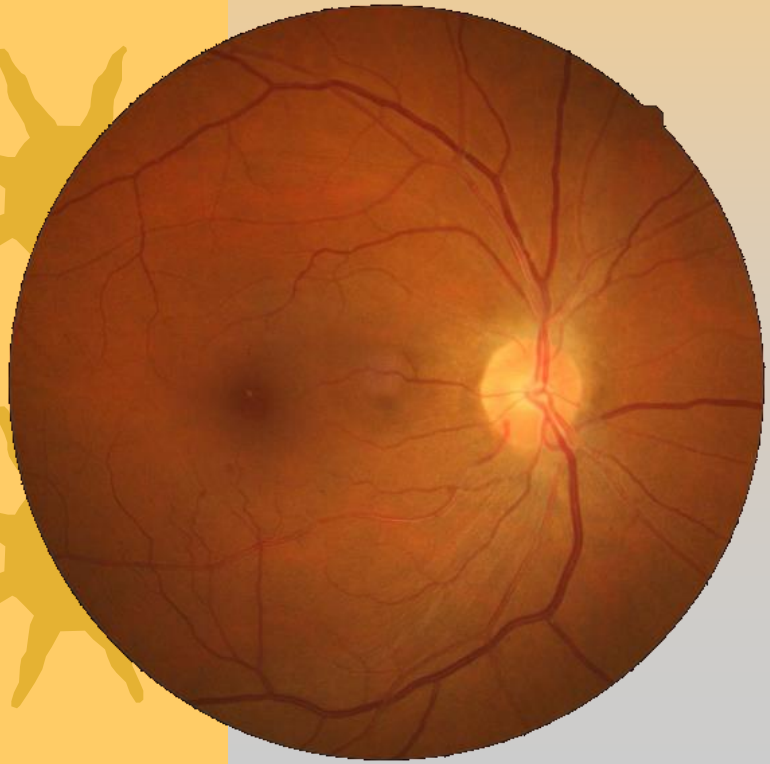
★Nébuleuse d'Orion dans un petit télescope



➢La luminosité surfacique des nébuleuses diffuses est faible.

LA RÉTINE : PHYSIOLOGIE

- La rétine est le récepteur luminosensible de l'œil.



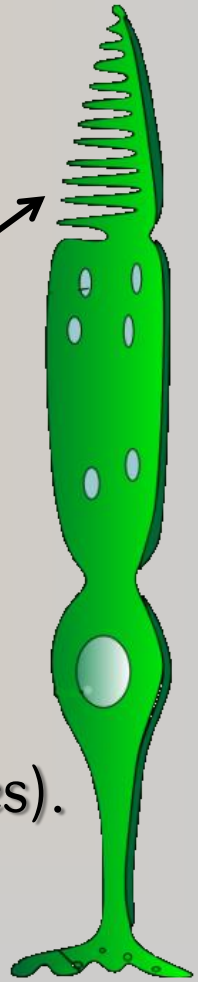
- Elle contient deux types de récepteurs :
  - Les cônes
  - Les bâtonnets

LA VIE EN CINÉMASCOPE

- La rétine fonctionne comme une ciné caméra.
- Le **rafraichissement** de la rétine :
  - Persistance des images = 50 msec
  - Les images se renouvellent 20 fois / sec.
- Les images ne s'empilent pas.

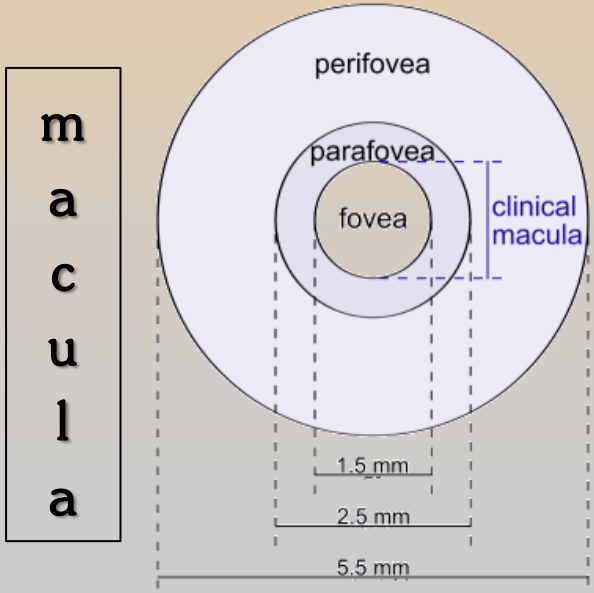
LA RÉTINE : ANATOMIE

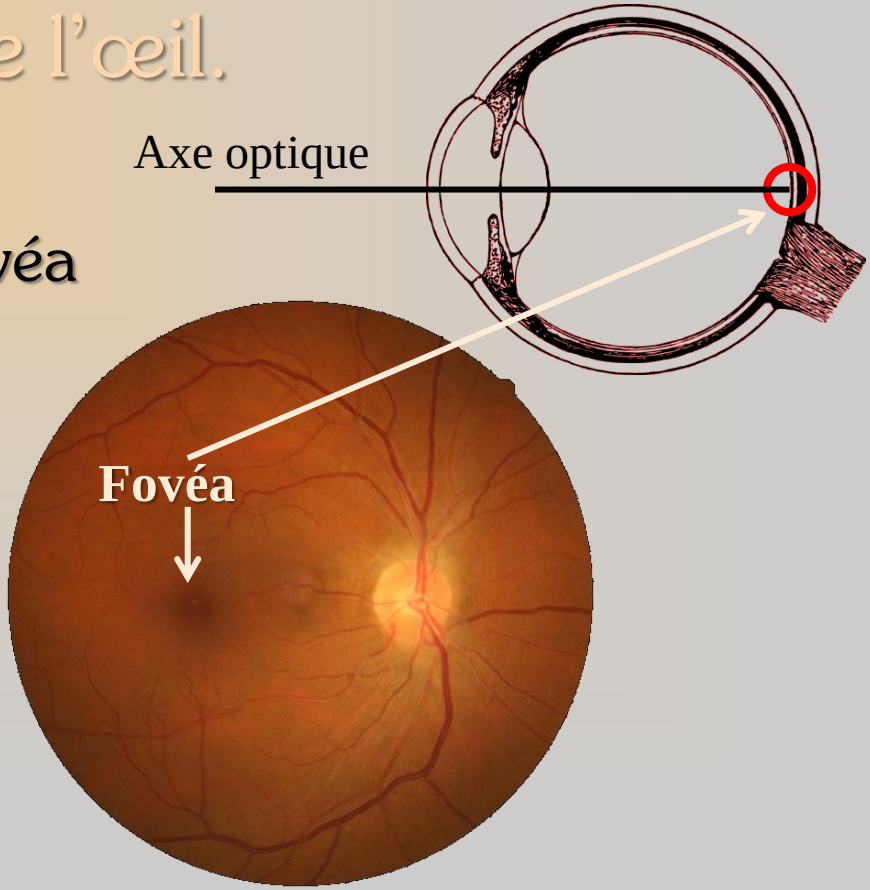
- La rétine est le récepteur luminosensible de l'œil.
  - Les **cônes**
    - Les disques contiennent des pigments photosensibles (iodopsines) qui convertissent l'énergie lumineuse en influx nerveux (énergie électrique).
    - Ils ont besoin de plusieurs photons (≈100) pour être *excités* (peu sensibles).



LA RÉTINE : ANATOMIE

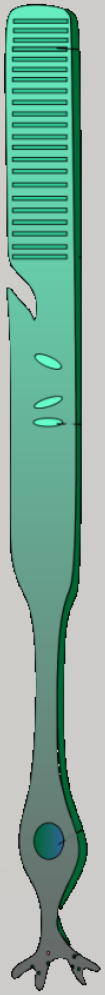
- La rétine est le récepteur luminosensible de l'œil.
  - Les **cônes**
    - Limités à ± la fovéa





LA RÉTINE : ANATOMIE

- La rétine est le récepteur luminosensible de l'œil.
  - Les **bâtonnets**
    - Les disques contiennent des pigments photosensibles (rhodopsine) qui convertissent l'énergie lumineuse en influx nerveux (énergie électrique).
    - Ils n'ont besoin que d'un seul photon pour être *excité* (très sensibles).



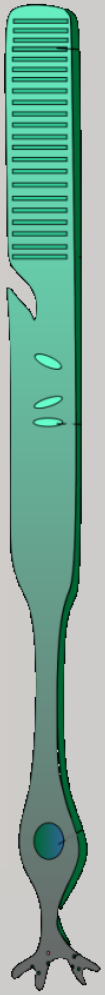
Les bâtonnets sont 100 fois plus sensibles que les cônes à la lumière.

LA RÉTINE : ANATOMIE

- La rétine est le récepteur luminosensible de l'œil.
  - Les **bâtonnets**
    - Ils ne mesurent que l'intensité lumineuse
      Ils voient en tons de gris.

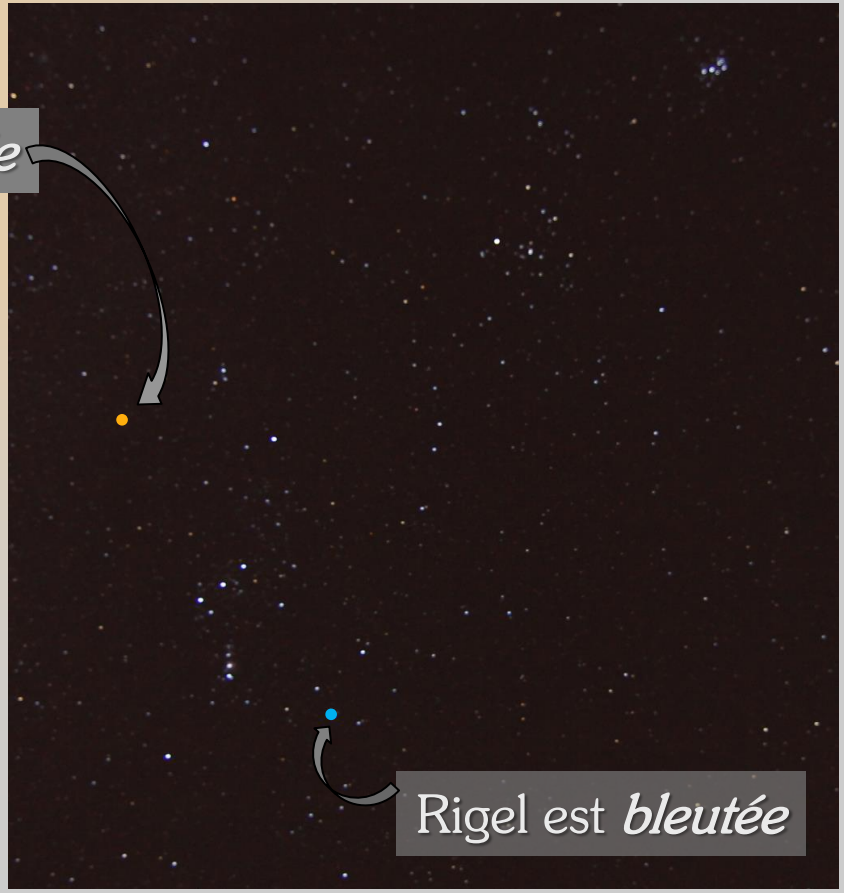
      La nuit tous les chats sont gris
    - Responsables de la vision nocturne.
    - Responsables de la détection des mouvements.

La rétine contient $100 \cdot 10^6$ de bâtonnets



LA RÉTINE : PHYSIOLOGIE

- La vision des *couleurs* en astronomie.



  - Il faut une intensité lumineuse suffisante pour exciter les cônes afin d'observer la couleur.
  - Peut être acquise par le grossissement.

LA RÉTINE : PHYSIOLOGIE

Albireo

Deneb

Luc Bellavance
Constellation du Cygne

LA RÉTINE : PHYSIOLOGIE

- La vision d'une *tache de faible luminosité surfacique* en astronomie.

Nébuleuse d'Orion (M 42)
Luc Bellavance

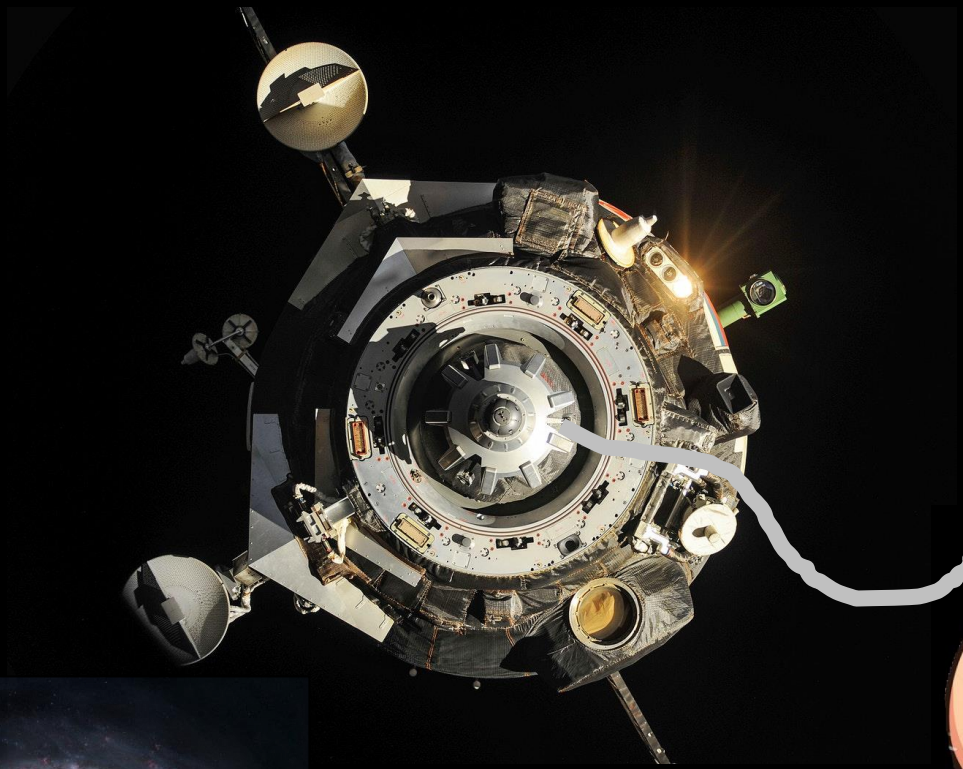
Si on la regarde à faible grossissement :

La faible luminosité ne permet pas d'exciter les cône de la fovéa.
Seuls les bâtonnets rendent la nébuleuse visible au prix d'une perte d'information sur les couleurs pourtant naturelles de l'objet.

GELER OU CUIRE

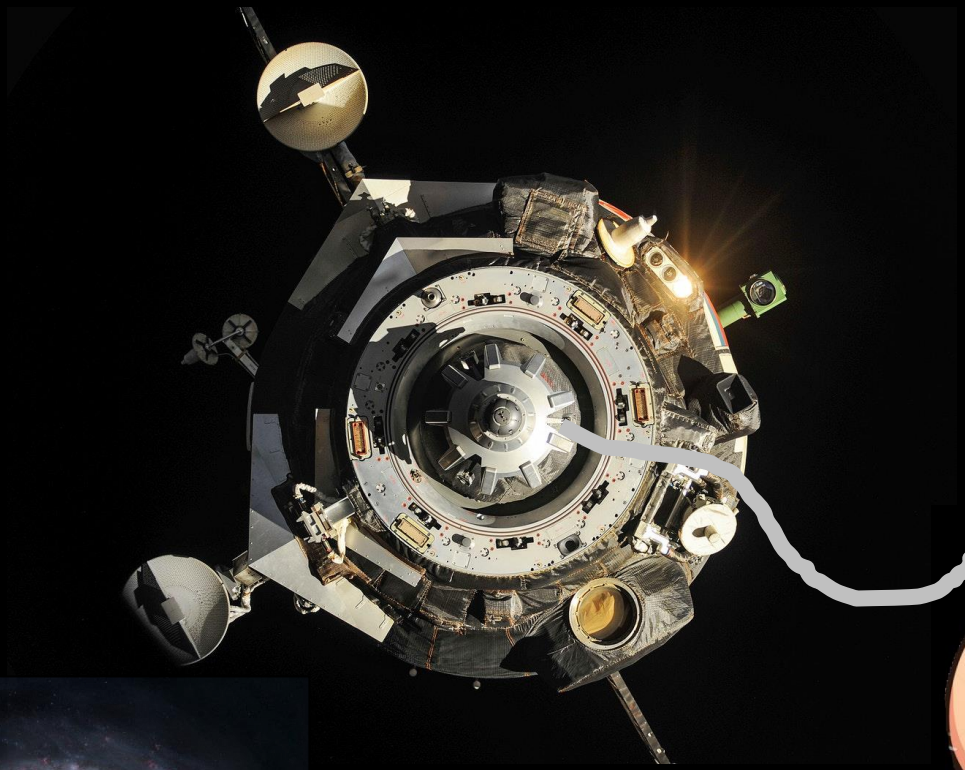
- Jusqu'à maintenant, nous avons parlé de lieux de températures extrêmes et variées.
  - Nuages moléculaires et de poussières (*10* K)
  - Régions HII (*10 000* K)
  - Rémanents de supernovæ (> *1 000 000* K)

COMMENT ME SENS-JE ?



Heureux qui comme Ulysse...

COMMENT ME SENS-JE ?



Fiou…

Brrrr..

COMMENT ME SENS-JE ?

Un statisticien est une personne qui peut avoir la tête dans un four et les pieds pris dans la glace et dire qu'en moyenne il se sent bien.

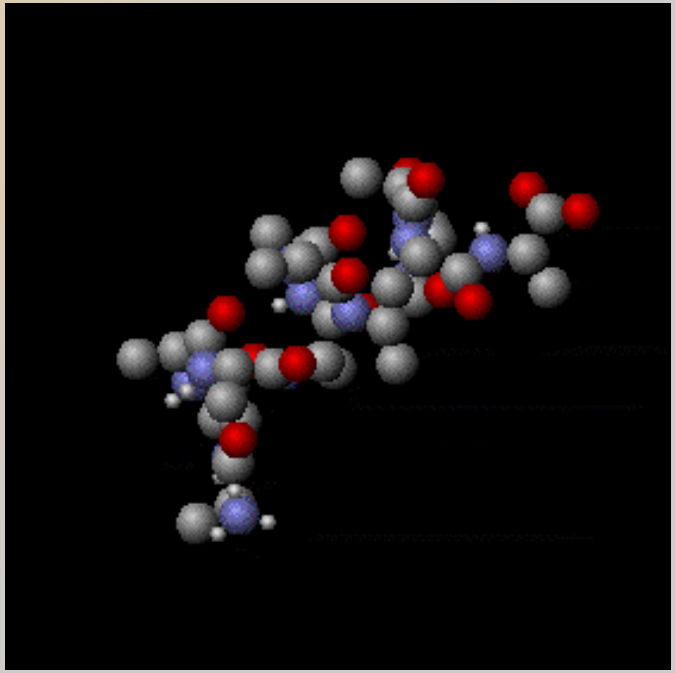
METTONS LES CHOSES CLAIRES

- 2 concepts ; 2 définitions :
  - Qu'est-ce que la **Température** ?

La **température** est une grandeur physique qui mesure l'agitation des particules dans un corps, soit :

✓ Vibration dans un solide

➡ agitation thermique



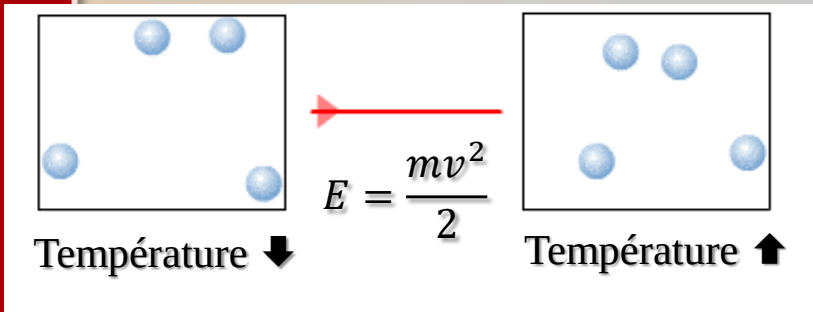
METTONS LES CHOSES CLAIRES

- 2 concepts ; 2 définitions :
  - Qu'est-ce que la **Température** ?

La **température** est une grandeur physique qui mesure l'agitation des particules dans un corps, soit :

✓ Vibration dans un solide
➡ agitation thermique

✓ Vitesse de déplacement dans un gaz
➡ moment cinétique

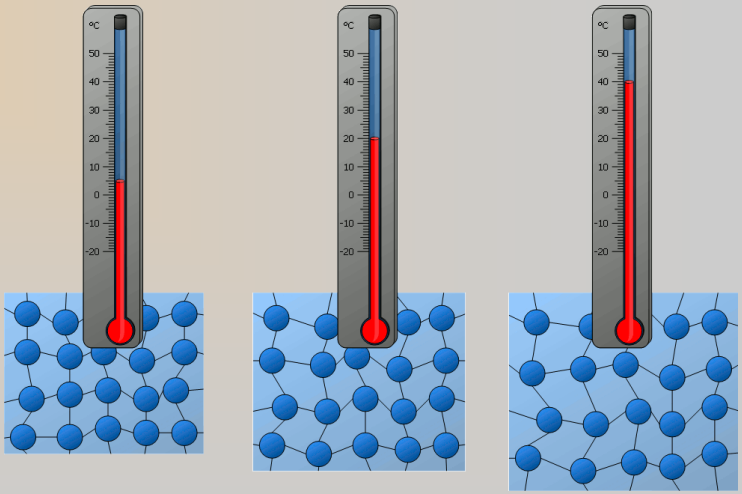


METTONS LES CHOSES CLAIRES

- 2 concepts ; 2 définitions :
  - Qu'est-ce que la **Température** ?

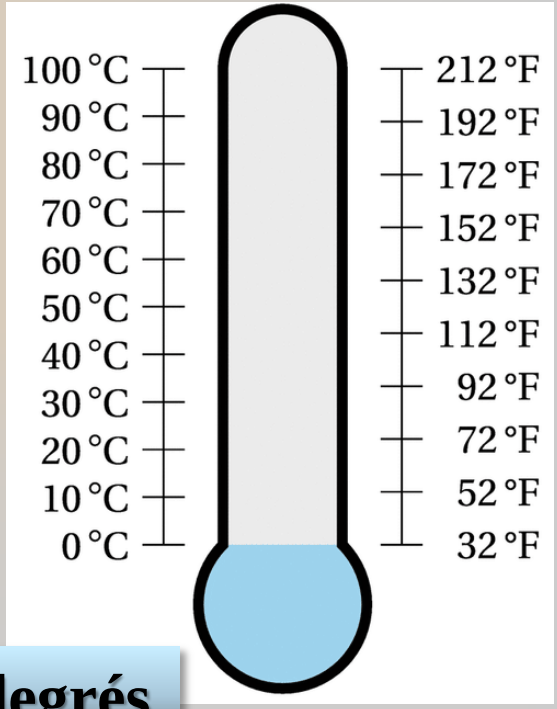
La **température** est une grandeur physique qui mesure l'agitation des particules dans un corps, soit :

- ✓ Vibration dans un solide
  - ➡ agitation thermique
- ✓ Vitesse de déplacement dans un gaz
  - ➡ moment cinétique
- ✓ Les deux dans un liquide



METTONS LES CHOSES CLAIRES

- 2 concepts ; 2 définitions :
  - On mesure la température avec un **thermomètre**.



On exprime la température en **degrés**

METTONS LES CHOSES CLAIRES

- 2 concepts ; 2 définitions :
  - Qu'est-ce que la **Chaleur** ?

La **chaleur** représente un <u>transfert</u> de l'agitation thermique d'un corps à un autre.
Le corps ayant une T° élevée transfère de l'énergie thermique à celui qui a une T° plus basse.

- ✓ Alors que la température est une ***propriété*** d'un corps matériel,
- ✓ La chaleur est un ***processus dynamique*** d'échange d'énergie à la recherche d'un état d'équilibre.

On exprime la chaleur en **Joules**

METTONS LES CHOSES CLAIRES

- 2 concepts ; 2 définitions :
  - On mesure la chaleur avec un **calorimètre**.

METTONS LES CHOSES CLAIRES

- 2 concepts ; 2 définitions :
  - Le langage courant confond souvent température et chaleur…

Une vague de chaleur record frappe le Québec pour la deuxième fois cet été

Montréal bat un record caniculaire.
PHOTO : RADIO-CANADA / JEAN-CLAUDE TALIANA

- ✓ Devrait-on plutôt utiliser le terme ***canicule*** ?

Une vague de chaleur est une période marquée par des températures bien au-dessus des normales de saison.

« Le terme "canicule" n'a pas de définition scientifique et n'est pas utilisé par Environnement Canada, mais il fait partie du folklore québécois pour décrire les épisodes de chaleur. On parle d'une canicule pour une période de trois jours consécutifs avec un maximum enregistré à 30°C et plus ».

METTONS LES CHOSES CLAIRES

- 2 concepts ; 2 définitions :
  - Le langage courant confond souvent température et chaleur…

On nous dit…

- ✓ Devrait-on plutôt utiliser le terme ***canicule*** ?

Une vague de chaleur est une période marquée par des températures bien au-dessus des normales de saison.

« Le terme "canicule" n'a pas de définition scientifique et n'est pas utilisé par Environnement Canada, mais il fait partie du folklore québécois pour décrire les épisodes de chaleur. On parle d'une canicule pour une période de trois jours consécutifs avec un maximum enregistré à 30°C et plus ».

METTONS LES CHOSES CLAIRES

- 2 concepts ; 2 définitions :
  - Le langage courant confond souvent [illegible]rature et chaleur…

… mais on utilise un terme tout aussi ***non scientifique*** !

Montréal bat un record caniculaire.
PHOTO : RADIO-CANADA / JEAN-CLAUDE TALIANA

- ✓ Devrait-on plutôt utiliser le terme ***canicule*** ?

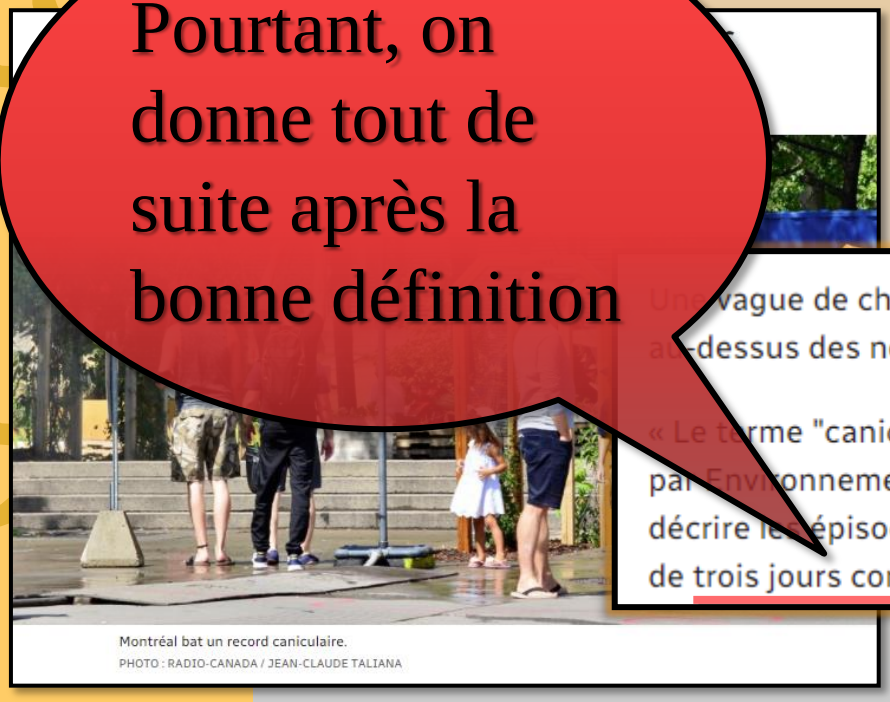
Une vague de chaleur est une période marquée par des températures bien au-dessus des normales de saison.

« Le terme "canicule" n'a pas de définition scientifique et n'est pas utilisé par Environnement Canada, mais il fait partie du folklore québécois pour décrire les épisodes de chaleur. On parle d'une canicule pour une période de trois jours consécutifs avec un maximum enregistré à 30°C et plus ».

METTONS LES CHOSES CLAIRES

- 2 concepts ; 2 définitions :
  - Le langage courant confond souvent température et chaleur…

Pourtant, on donne tout de suite après la bonne définition



Montréal bat un record caniculaire.
PHOTO : RADIO-CANADA / JEAN-CLAUDE TALIANA

- ✓ Devrait-on plutôt utiliser le terme ***canicule*** ?

Une vague de chaleur est une période marquée par des températures bien au-dessus des normales de saison.

« Le terme "canicule" n'a pas de définition scientifique et n'est pas utilisé par Environnement Canada, mais il fait partie du folklore québécois pour décrire les épisodes de chaleur. On parle d'une canicule pour une période de trois jours consécutifs avec un maximum enregistré à 30°C et plus ».

METTONS LES CHOSES CLAIRES

- 2 concepts ; 2 définitions :
  - Le langage courant confond souvent température et chaleur…

- ✓ Ma mère disait que la principale qualité d'une bonne soupe est d'être bien ***chaude***…

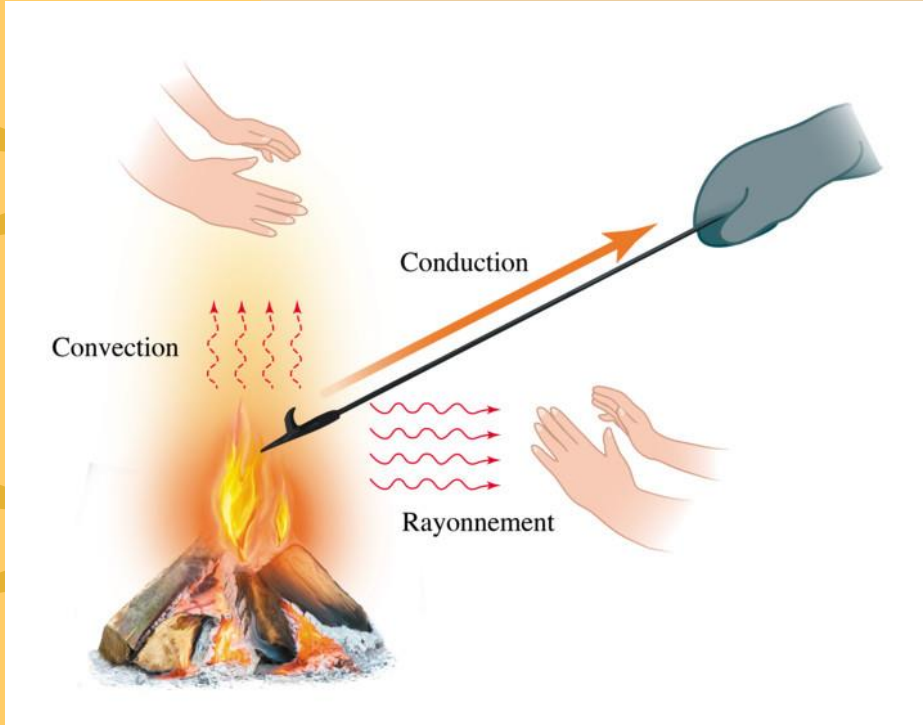
Ici, le terme ***chaude*** décrit une propriété de l'objet et est inapproprié.

METTONS LES CHOSES CLAIRES

- 2 concepts ; 2 définitions :
  - Dans le langage courant, la chaleur est confondue avec la ***sensation de chaud***.
    - Chaleur du Soleil, chaleur du feu et même de “chaleur humaine”.
  - En physique, la chaleur est un ***échange d’énergie thermique*** avec l’environnement.

METTONS LES CHOSES CLAIRES

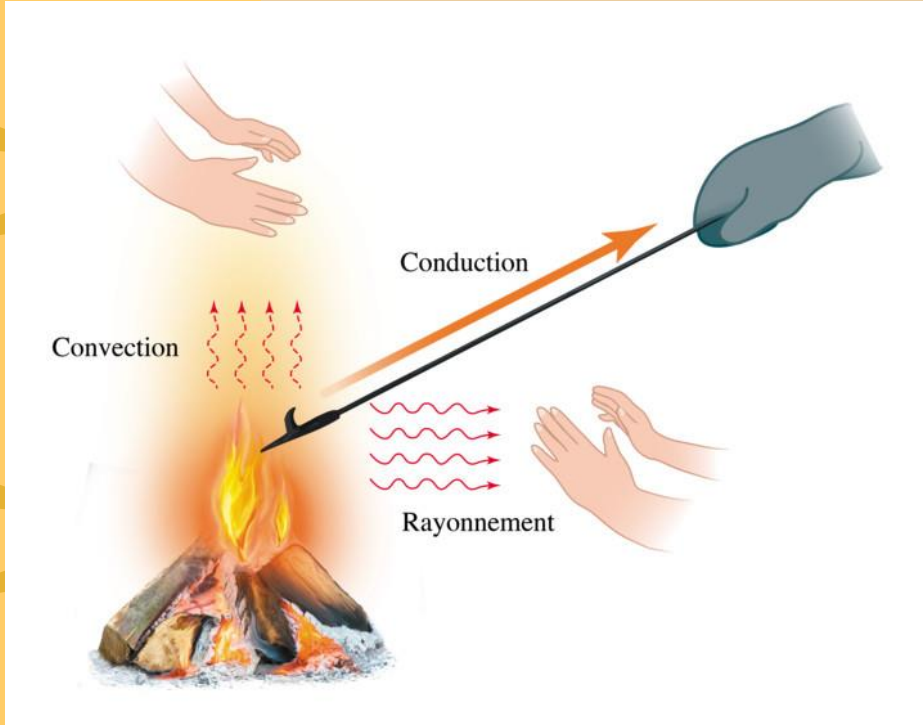
- 2 concepts ; 2 définitions :
  - Comment se transmet la chaleur ?



- 3 mécanismes :
  - Rayonnement
  - Convection
  - Conduction

METTONS LES CHOSES CLAIRES

- 2 concepts ; 2 définitions :
  - Comment se transmet la chaleur ?



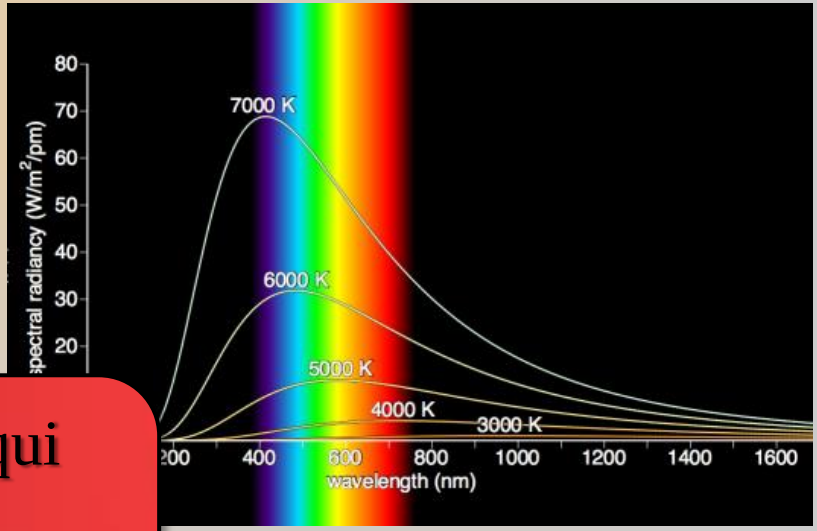
- ***Rayonnement*** : Transfert d'énergie par l'émission de rayonnement électromagnétique

Émission de photons

METTONS LES CHOSES CLAIRES

- 2 concepts ; 2 définitions :
  - On peut déterminer l'énergie des photons émis par un objet.

Rayonnement du corps noir

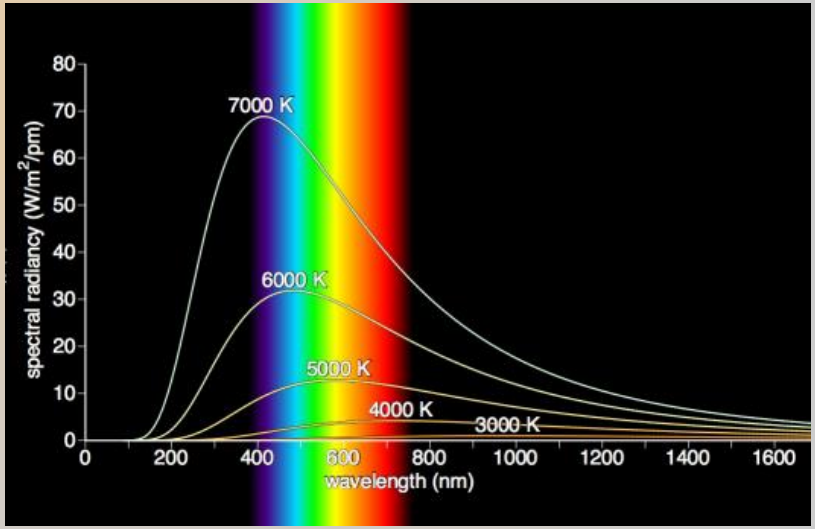


un **corps noir** désigne un objet idéal qui absorbe parfaitement toute l'énergie électromagnétique (toute la lumière quelle que soit sa longueur d'onde) qu'il reçoit.

METTONS LES CHOSES CLAIRES

- 2 concepts ; 2 définitions :
  - On peut déterminer l'énergie des photons émis par un objet.

Rayonnement du corps noir



Loi de Wein :

$$\lambda_{pic}(m) = \frac{2,90\ X\ 10^{-3}}{T(K)}$$

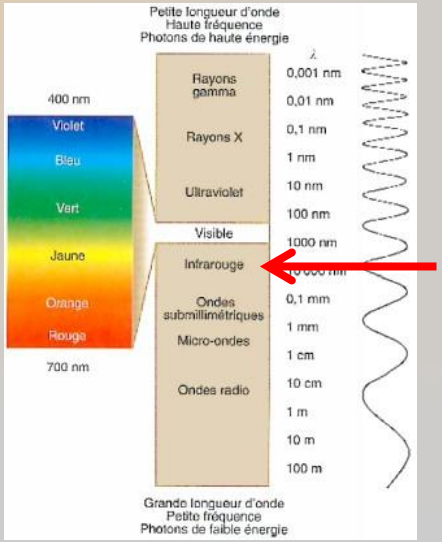
METTONS LES CHOSES CLAIRES

- 2 concepts ; 2 définitions :
  - Quel est le rayonnement du corps humain ?
    - La T° du corps humain = 37 °C ➡ 310 K

Loi de Wein : $$\lambda_{pic}(m) = \frac{2,90\ X\ 10^{-3}}{T(K)} = \frac{2,90\ X\ 10^{-3}}{310} = 9,354\ X\ 10^{-6} m$$

Ou λ = 9 354 nm

Infrarouge



METTONS LES CHOSES CLAIRES

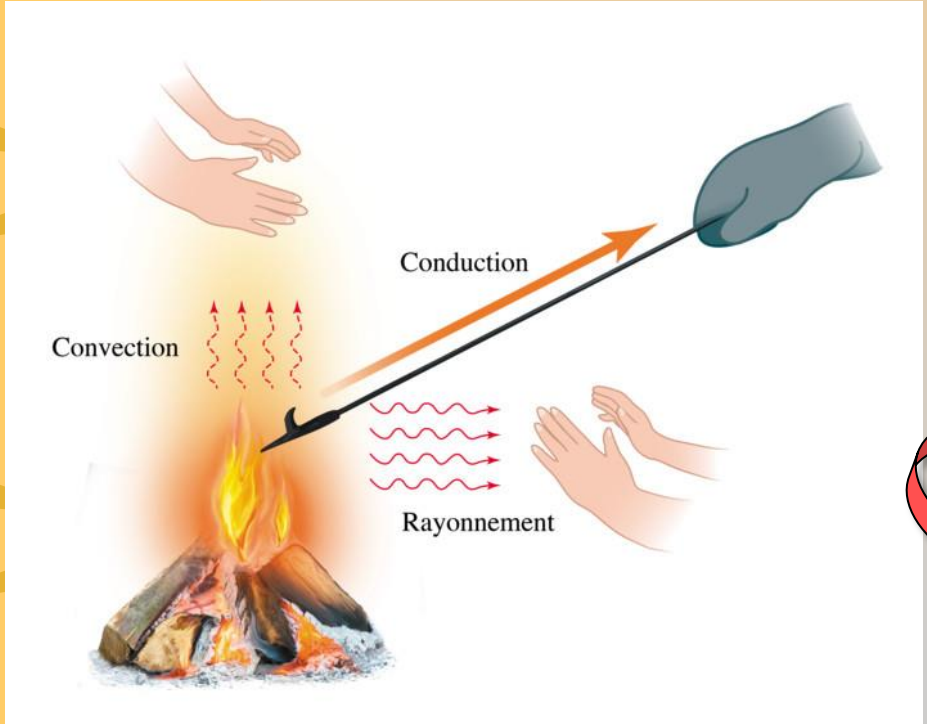
- 2 concepts ; 2 définitions :
  - Quel est le rayonnement du corps humain ?

Infrarouge

Vision nocturne

METTONS LES CHOSES CLAIRES

- 2 concepts ; 2 définitions :
  - Comment se transmet la chaleur ?

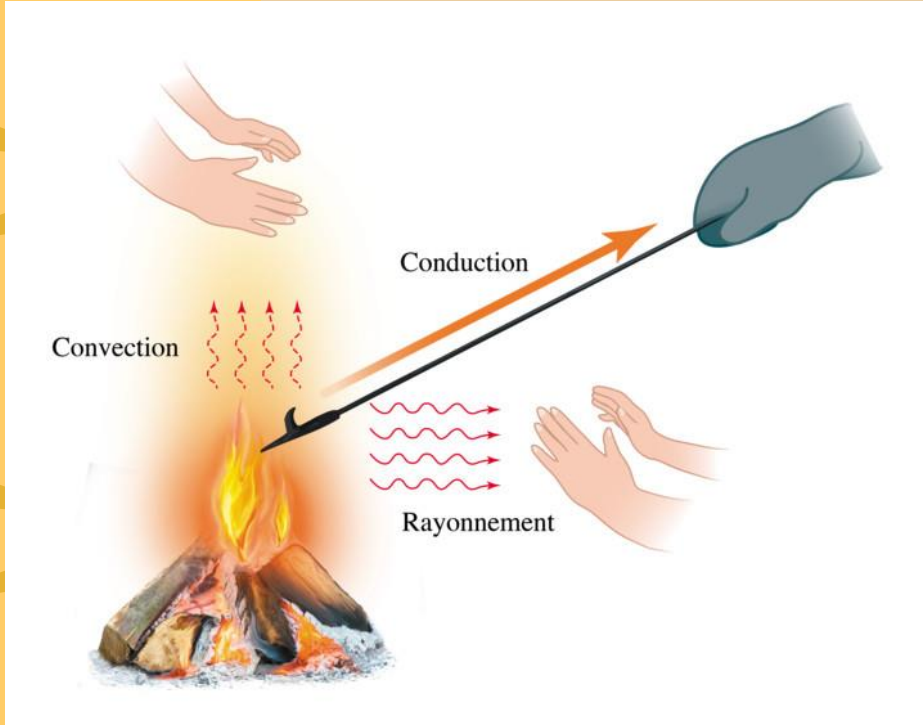


- ***Convection*** : Transfert d'énergie à partir de la source par l'intermédiaire d'un milieu secondaire.

⬆ excitation des particules

METTONS LES CHOSES CLAIRES

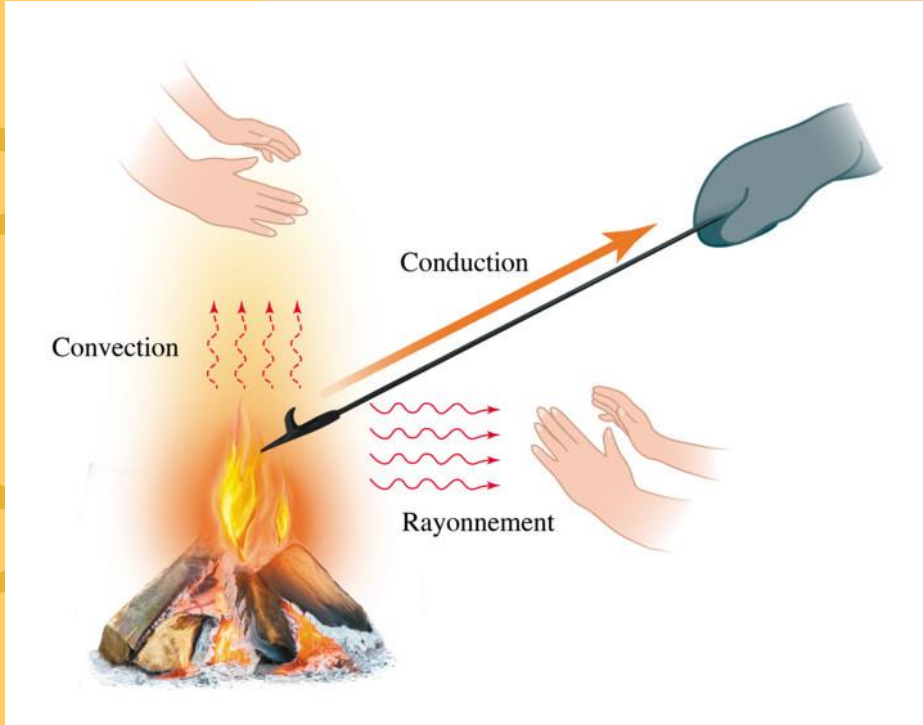
- 2 concepts ; 2 définitions :
  - Comment se transmet la chaleur ?



- ***Conduction*** : Transfert d'énergie par contact direct avec la source de chaleur. Chaque corps possède une conductivité propre.

METTONS LES CHOSES CLAIRES

- 2 concepts ; 2 définitions :
  - Comment se transmet la chaleur ?



- La **convection** et la **conduction** s'exercent à travers la matière.
- Le **rayonnement** fait appel à la radiation électromagnétique.

METTONS LES CHOSES CLAIRES

- 2 concepts ; 2 définitions :
  - La quantité de chaleur transmise par la matière dépend de :

Facteur	Variation	Énergie thermique
1. Quantité de particules	⬆	⬆
2. Densité des particules	⬆	⬆
3. Température	⬆	⬆
et vice-versa…		

METTONS LES CHOSES CLAIRES

- 2 concepts ; 2 définitions :
  - La quantité de chaleur transmise dépend de :

Facteur	Variation	Énergie thermique
1. Quantité de particules	⬆	⬆

- ✓ Étincelles d'aluminium en fusion.
- ✓ T° ≈ 1 500 °C.
- ✓ Chaque étincelle transporte peu d'énergie.
- ✓ Faible quantité de chaleur transmise à la peau ≠ brûlure.

METTONS LES CHOSES CLAIRES

- 2 concepts ; 2 définitions :
  - La quantité de chaleur transmise dépend de :

Facteur	Variation	Énergie thermique
1. Quantité de particules	⬆	⬆

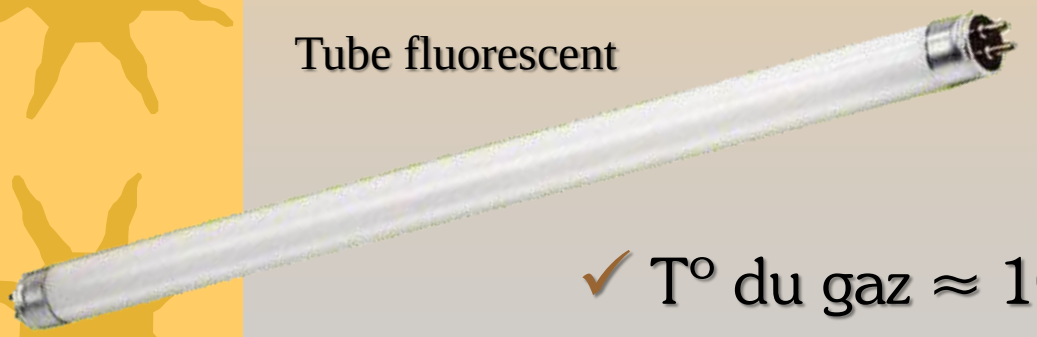
- ✓ Eau bouillante.
- ✓ T° = 100 °C.
- ✓ Masse d'eau transporte beaucoup d'énergie.
- ✓ Grande quantité de chaleur transmise à la peau = brûlure.

METTONS LES CHOSES CLAIRES

- 2 concepts ; 2 définitions :
  - La quantité de chaleur transmise dépend de :

Facteur	Variation	Énergie thermique
2. **Densité** des particules	⬆	⬆

Tube fluorescent



- ✓ Tube rempli d'un gaz inerte à faible pression sous vide.
- ✓ T° du gaz ≈ 10 000 °C
- ✓ T° externe du tube ≈ 25 °C
- ✓ On peut le toucher sans danger.

METTONS LES CHOSES CLAIRES

- 2 concepts ; 2 définitions :
  - La quantité de chaleur transmise dépend de :

Facteur	Variation	Énergie thermique
2. **Densité** des particules	⬆	⬆

C'est l'hiver
Tº = -20 ºC

✓ Pourtant l'air, la vitre et le poteau de métal sont à la même température.

METTONS LES CHOSES CLAIRES

- 2 concepts ; 2 définitions :
  - La quantité de chaleur transmise dépend de :

Facteur	Variation	Énergie thermique
2. Température de la matière	⬆	⬆

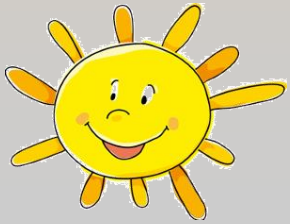
METTONS LES CHOSES CLAIRES

- 2 concepts ; 2 définitions :
  - La quantité de chaleur transmise dépend de :

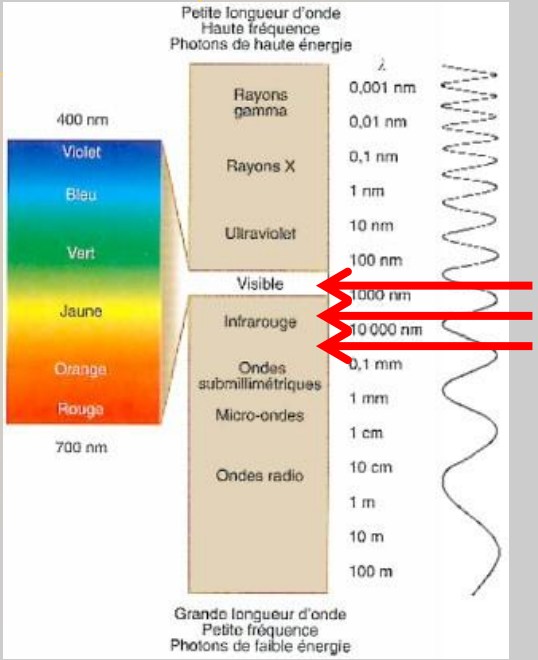
Facteur	Variation	Énergie thermique
2. Température de la matière	⬆	⬆

$\lambda = 10\ 622$ nm

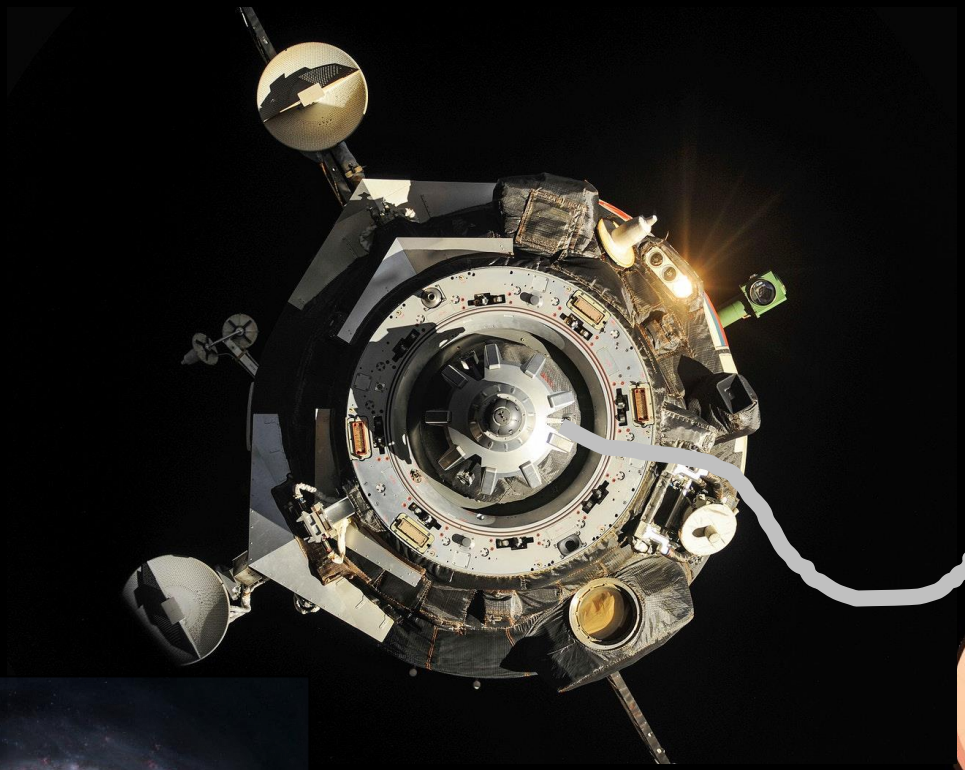
$\lambda = 2\ 278$ nm



$\lambda = 500$ nm



COMMENT ME SENS-JE ?

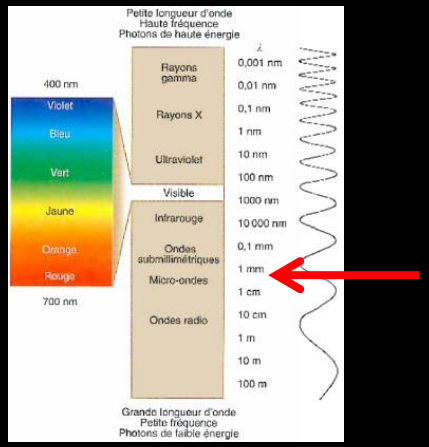


Fiou…

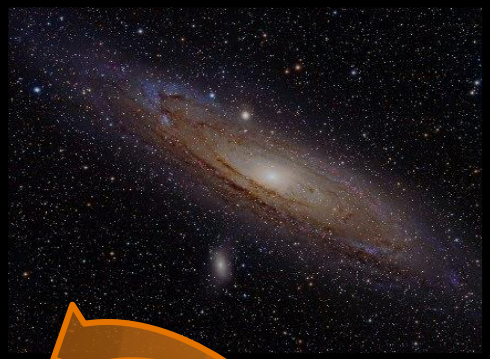
Brrrr…

COMMENT ME SENS-JE ?

- Description du milieu :
  - Densité de la matière = 1 atome • m^{-3}
  - Rayonnement = ✓ 400 à 500 photons • cm^{-3}
    ✓ avec λ = 1 mm ➡ micro-ondes
    ✓ Tº = 2,7 K



COMMENT ME SENS-JE ?

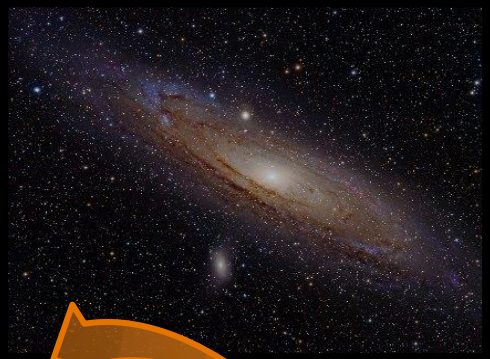


- Description du milieu :
  - Densité de la matière = 1 atome • m^{-3}
  - Rayonnement = ✓ 400 à 500 photons • cm^{-3}
    ✓ avec λ = 1 mm ➡ micro-ondes
    ✓ Tº = 2,7 K

Attention !

La Tº mesure le degré d'agitation de la **matière**.

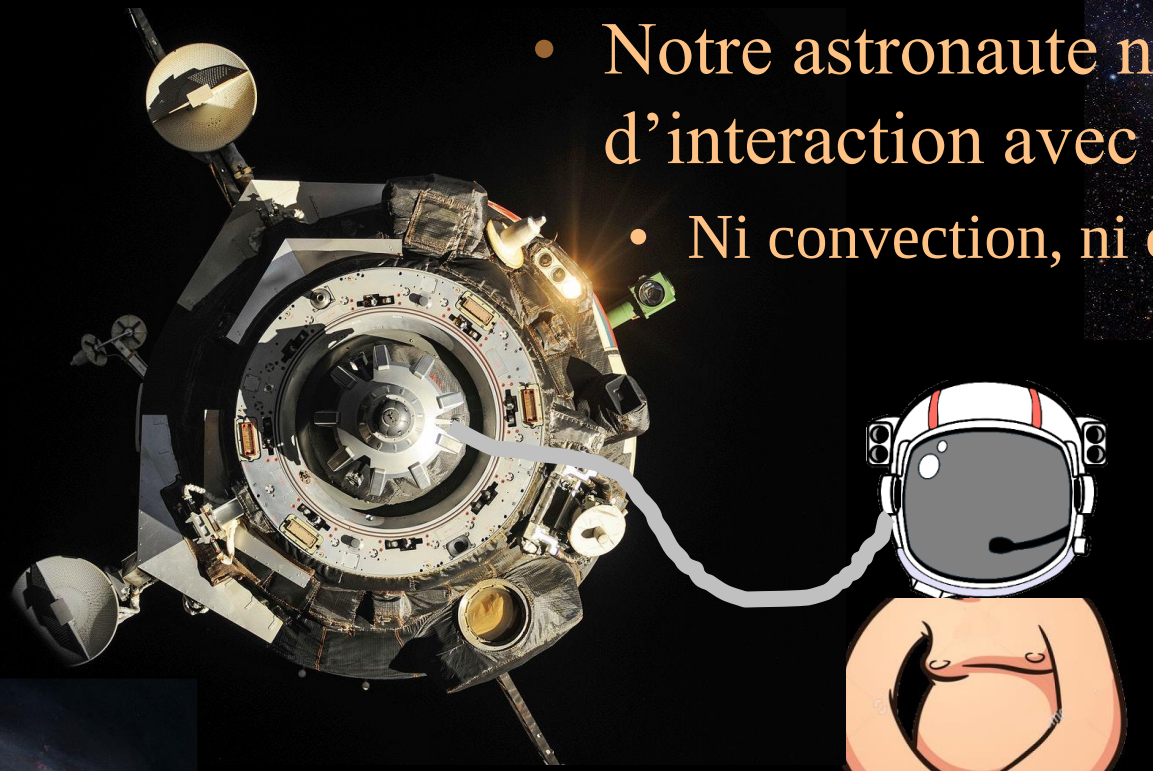
COMMENT ME SENS-JE ?



- Description du milieu :
  - Densité de la matière = 1 atome • m^{-3}
  - Rayonnement = ✓ 400 à 500 photons • cm^{-3}
    ✓ avec λ = 1 mm ➡ micro-ondes
    ✓ Tº = 2,7 K

Attention !
La Tº mesure le degré d'agitation de la **matière**.
L'espace n'a pas de température.
On peut considérer l'espace comme un parfait isolant.

COMMENT ME SENS-JE ?



- Notre astronaute n'a pas d'interaction avec la matière.
  - Ni convection, ni conduction

- Mais il perd de l'énergie par rayonnement… Et il n'en reçoit pas.

COMMENT ME SENS-JE ?

- Dans cet endroit de l'espace, notre astronautes peut être considéré comme un ***parfait corps noir***.
  - Son rayonnement se situe dans l'infrarouge.
  - On peut mesurer son intensité par la loi de Stephan-Boltzmann,

$$\ell_{(W/m2)} = \sigma T^4_{(K)}$$

Où la constante de Stephan-Boltzmann $\sigma = 5{,}67 \times 10^{-8}\ W/m^2 \bullet K^4$

$$L_{(W)} = \ell_{(W/m2)} \bullet S_{(m)}$$

Luminosité (L) = luminosité surfacique (ℓ) X surface corporelle (S)

COMMENT ME SENS-JE ?

- Dans cet endroit de l'espace, notre astronautes peut être considéré comme un ***parfait corps noir***.
  - On trouve L=1 000 W
  - Or, 1 W = 1 J/s
- Notre astronaute perd 1 000 J/s par rayonnement.

COMMENT ME SENS-JE ?

- Un repas normal ≅ 1 kW•h ≅ 3 600 000 J
- Notre astronaute rayonne l'équivalent d'un repas moyen à l'heure.
  - Pour conserver son homéostasie thermique, il doit ingérer 24 repas par jour…
  - … sans compter le nécessaire pour assurer ses fonctions métaboliques…
  - … et il lui faut dormir.

Mais dès sa sortie du vaisseau et son arrivée dans l'espace, il ne ressent pas de sensation de froid malgré la température à -270 ºC.

COMMENT ME SENS-JE ?

- Qu'arrive-t-il à notre astronaute en région HII ?
  - Densité varie de 1 à 10^4 atomes • cm^{-3}.
  - Température ≅ 10 000 K
- Notre astronaute n'a que peu d'interaction avec la matière…

À sa sortie du vaisseau et son arrivée dans l'espace, il ne ressent pas de sensation de chaud malgré la température à 10 000 ºC.

COMMENT ME SENS-JE ?

- Mais les étoiles massives de type O ou B qui ionisent les gaz de ces régions ont des températures de surface de 15 000 à 35 000 K.
  - Leur pic d'émission va de λ = 83 à 200 nm
  - Soit dans le domaine des ultraviolets…

L'intense rayonnement de radiation ionisantes auront tôt fait d'occire notre infortuné et téméraire bonhomme.

MESSAGES CLÉS

- Le terme de ***nébuleuse*** a été utilisé par les astronomes du XVIIIe siècle pour désigner toute structure céleste ayant des bords flous ou évanescents.
- Ce n'est qu'à partir des années 1920 qu'on a pu démontrer que certaines de ces nébuleuses avaient une existence extra galactique.
- Les nébuleuses diffuses peuvent être classifiées en trois catégories se recoupant parfois :
  - Nébuleuses en émission
  - Nébuleuses par réflexion
  - Nébuleuses d'absorption ou obscures

MESSAGES CLÉS

- Chacune de ces catégories a ses caractéristiques propres en terme d'étendue, de densité, de température et de composition.
- L'observation de ces nébuleuses à l'œil nu ou à l'aide de petits instruments montre des régions sombres pour les formes obscures ou des taches floues en tons de gris pour les autres.
- Des astronautes plongés dans ces milieux interstellaires ressentiraient des sensations inattendues étrangères à l'expérience commune.

QUELQUES RÉFÉRENCES

- Astronomie et Astrophysique, 2e édition
  Séguin M, Villeneuve B
  Éditions du Renouveau Pédagogique Inc., 2002

- L'espace interstellaire
  François Boulanger
  https://books.openedition.org/editionscnrs/11545?lang=fr

- Wikipédia :
  - Le milieu interstellaire
    https://fr.wikipedia.org/wiki/Milieu_interstellaire

QUELQUES RÉFÉRENCES

- Wikipédia :
  - Nébuleuses en émission https://fr.wikipedia.org/wiki/N%C3%A9buleuse_en_%C3%A9mission
  - Nébuleuses par réflexion https://fr.wikipedia.org/wiki/N%C3%A9buleuse_par_r%C3%A9flexion
  - Nébuleuses d'absorption (obscure) https://fr.wikipedia.org/wiki/N%C3%A9buleuse_obscure
- Les nébuleuses et la vision : http://www.astrorimouski.net/clubdocuments/coin_du_debutant/4_oeil_et_vision.pdf
- Les concepts

QUELQUES RÉFÉRENCES

- Les concepts physiques de température et de chaleur
  https://www.alloprof.qc.ca/fr/eleves/bv/sciences/sciences-la-temperature-et-la-chaleur-s1006

  https://www.futura-sciences.com/sciences/questions-reponses/energie-chaleur-temperature-difference-11779/

  https://www.youtube.com/watch?v=bqMXlgUZCVw

  https://www.youtube.com/watch?v=qNorja5cEw8