

# Histoire des conceptions de la Voie Lactée

4 mars 2019

- La nature des nébuleuses
- Les modèles analogiques de la Voie Lactée
- Les théories cosmogoniques

*Voir en particulier le livre de F.Chaberlot aux éditions du CNRS  
et qui a fortement inspiré ce cours*

**Gilles Theureau, LPC2E Orléans**

# La Nature des nébuleuses

## Galilée, le Messager Céleste: (EXTRAIT) la description d'Orion et les nébuleuses

*PLEIADUM CONSTELLATIO*



*CINGULI ET ENSIS ORIONIS ASTERISMUS*



*NEBULOSA ORIONIS*

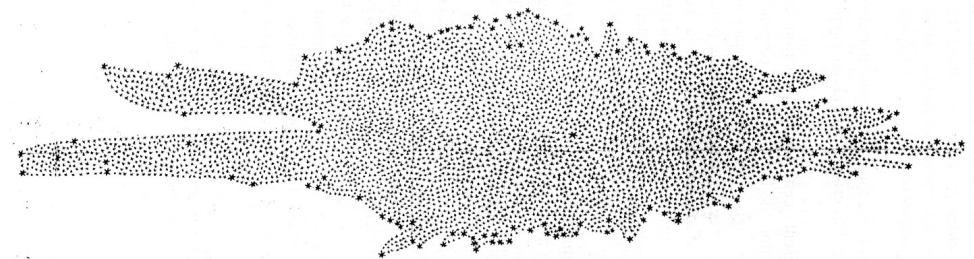
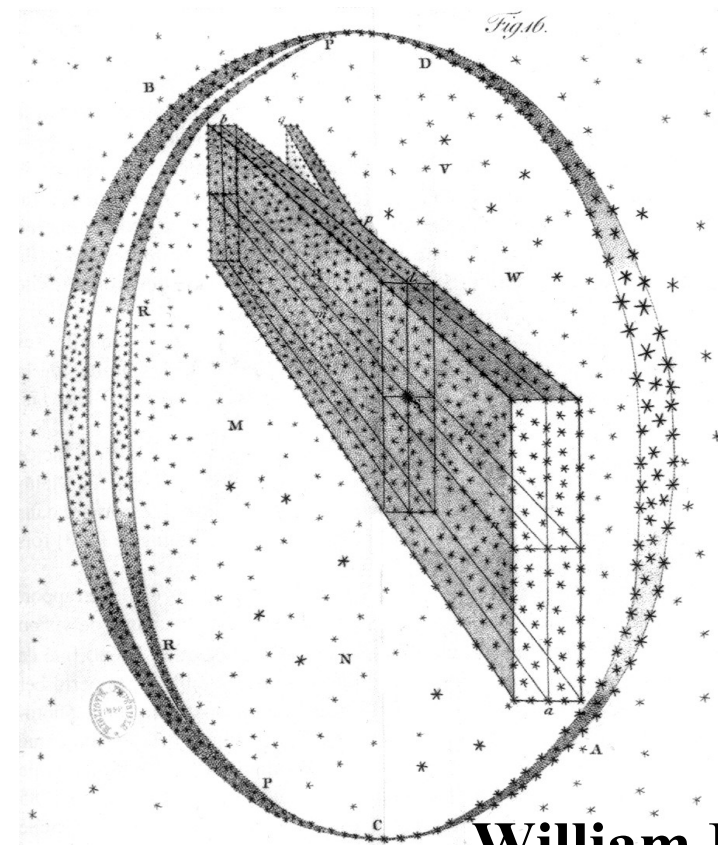
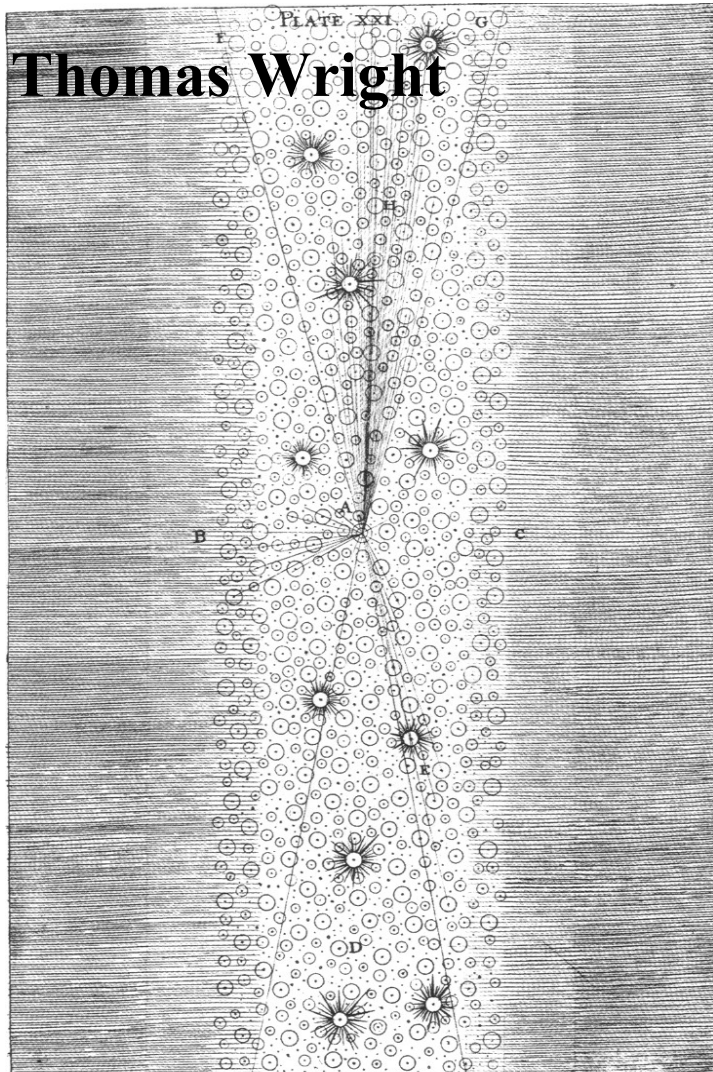


*NEBULOSA PRÆSEPE*



# La Nature des nébuleuses

## Modèles stellaires (rappel) :



« Section de notre système sidéral ».

## Jacobus Kapteyn

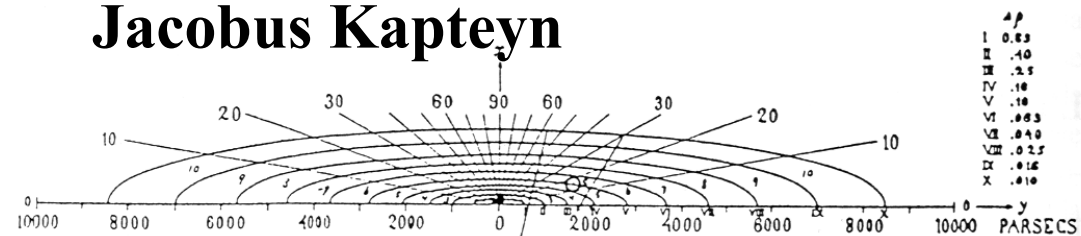
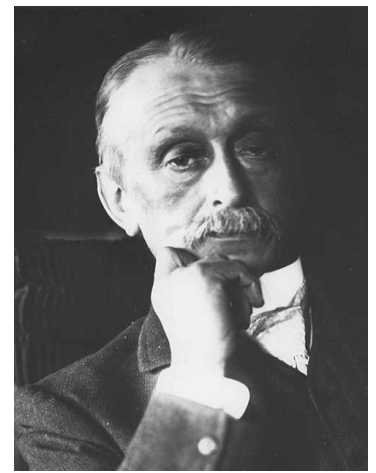


Figure 6

La Voie lactée selon Kapteyn (modèle de 1922).

# Kapteyn (1851-1922)



**1877** professeur d'astronomie et mécanique  
à l'université de Gröningen

**1882-1892** avec David Gill (Cap de Bonne Espérance),  
relevé sur plaques photographiques de l'hémisphère austral :  
450,000 étoiles mesurées + corrections réfraction/précession

**1887** début du projet Carte du Ciel (18 sites)

**1900** mesure de 250 nouvelles parallaxes;

Gröningen devient le premier grand centre de calcul astronomique

Kapteyn propose une relation statistique entre mvts propres et parallaxes  
qu'il raffine ensuite en introduisant le type spectral, la couleur et la fonction  
de luminosité des étoiles : il gagne un facteur 10 en distance (~3000 a.l.)

**1902** découverte des courants d'étoiles → projet “plan of selected areas”  
(vers Orion et le Sagittaire)

# L'univers de Kapteyn (1908)

plus la magnitude apparente est élevée,  
plus le mouvement propre est petit,  
plus la *probabilité* que l'étoile soit  
lointaine est élevée

*Déterminer séparément, pour des  
régions à différentes latitudes  
galactiques, de quelle manière la  
densité et le mélange d'étoiles  
varient avec la distance au Soleil*

- la fonction de luminosité
- les distances stellaires

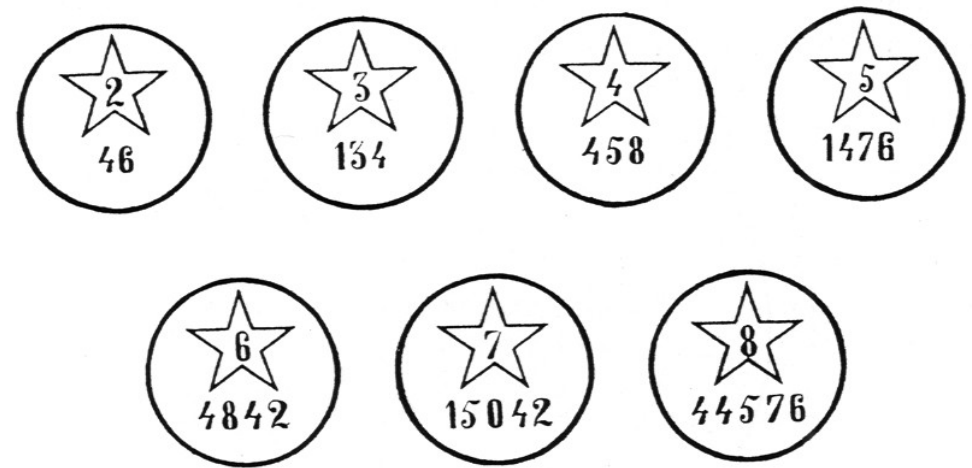


Figure 1  
La méthode de Kapteyn (I).

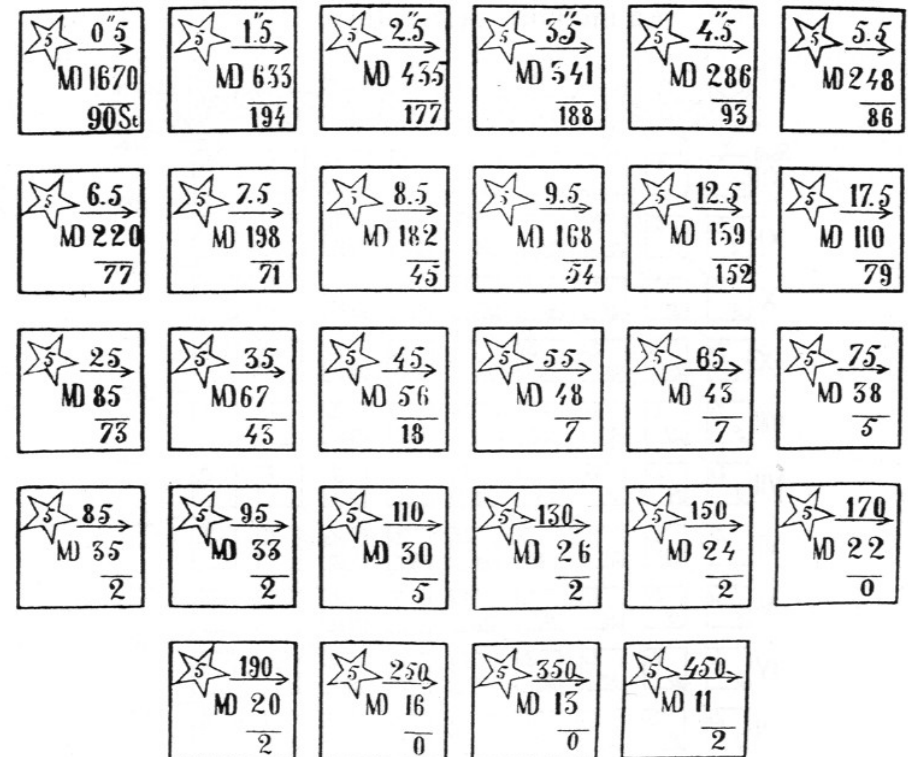


Figure 2  
La méthode de Kapteyn (II).

# L'univers de Kapteyn (1908)

## Hypothèses:

*la loi du mélange est identique  
quelque soit la distance au Soleil*

*Il n'y a pas d'extinction*

*Il existe une échelle caractéristique  
des mvts propres*

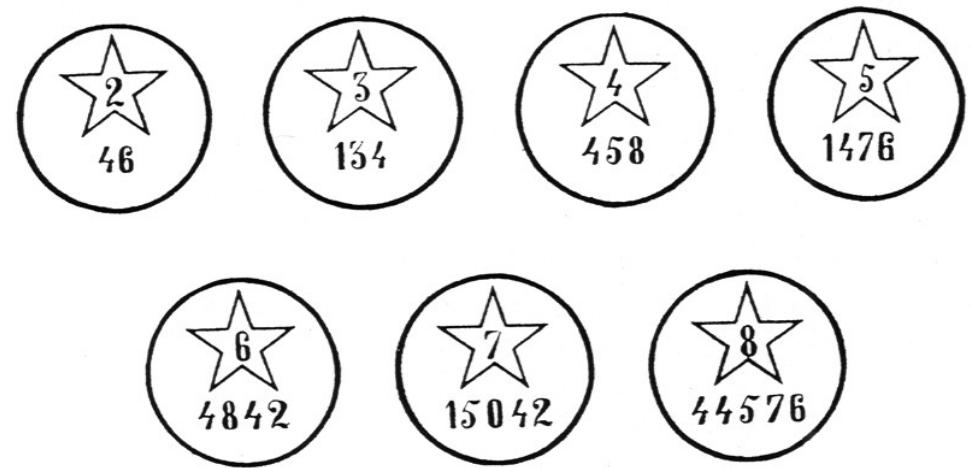


Figure 1  
La méthode de Kapteyn (I).

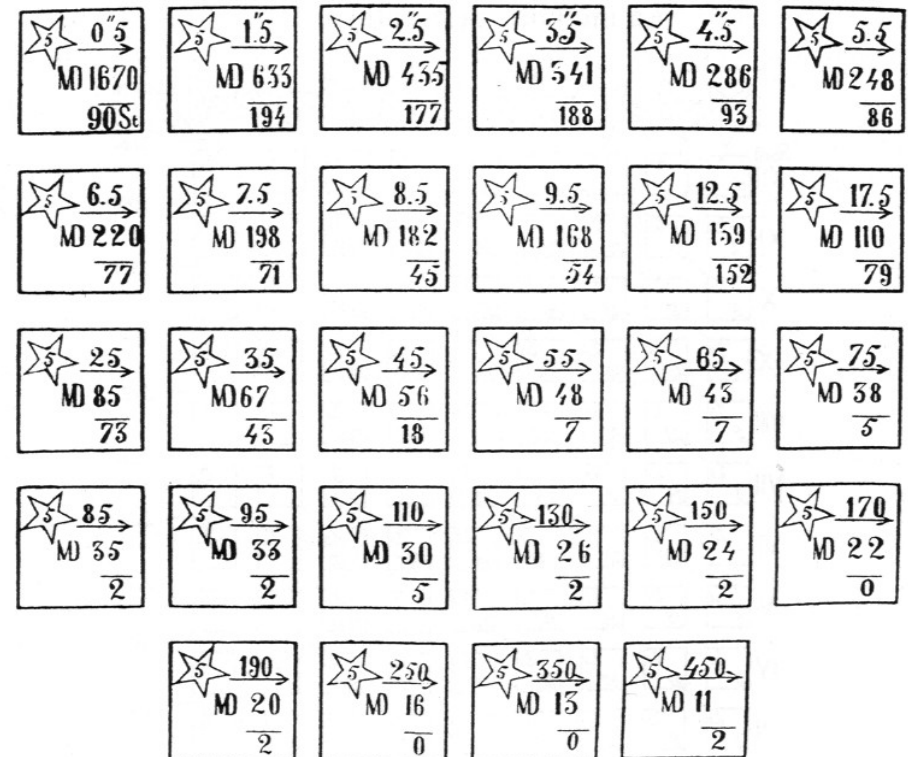


Figure 2  
La méthode de Kapteyn (II).

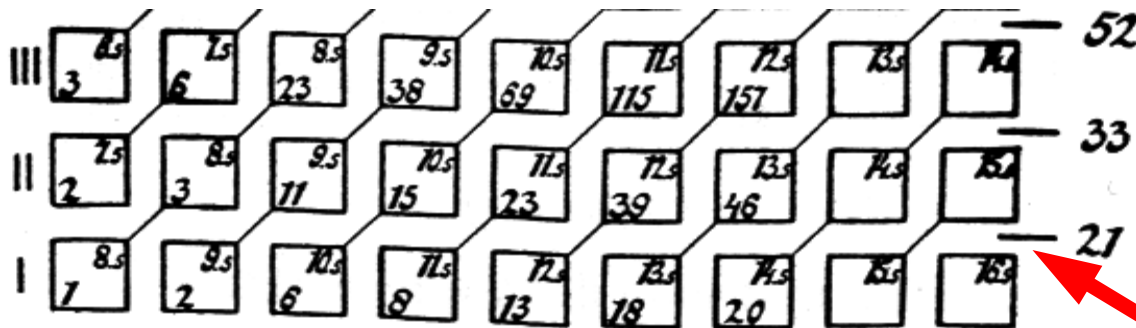
# L'univers de Kapteyn (1908)

## Hypothèses:

*la loi du mélange est identique  
quelque soit la distance au Soleil*

*Il n'y a pas d'extinction*

*Il existe une échelle caractéristique  
des mvts propres*



Diamètre de la Voie Lactée = 20,000 pc  
épaisseur = 1500 pc

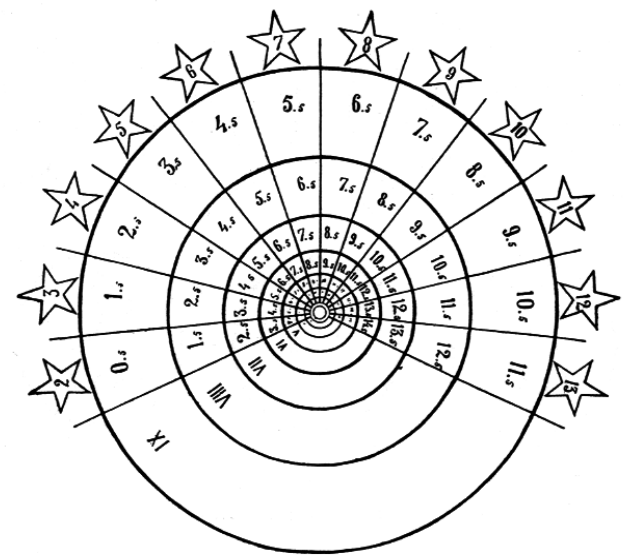


Figure 3  
La méthode de Kapteyn (III).

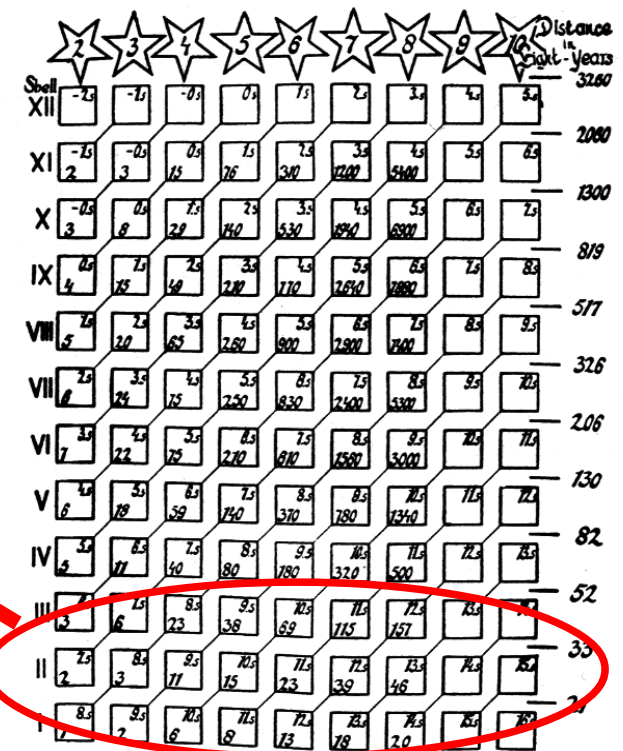


Figure 4  
La méthode de Kapteyn (IV).

## Kapteyn (1922)

*“première ébauche d'une théorie générale de la distribution des masses, forces et vitesses dans le système d'étoiles”*

1. théorie des ellipsoïdes de densité
2. forces gravitationnelles et nb total d'\* à l'intérieur du système
3. accélérations et masses moyennes des étoiles (théorie cinétique des gaz, rotation galactique, vitesses et courants d'étoiles)
4. position du Soleil dans le système (centre à 651 pc vers Cassiopée)
5. défauts de la théorie

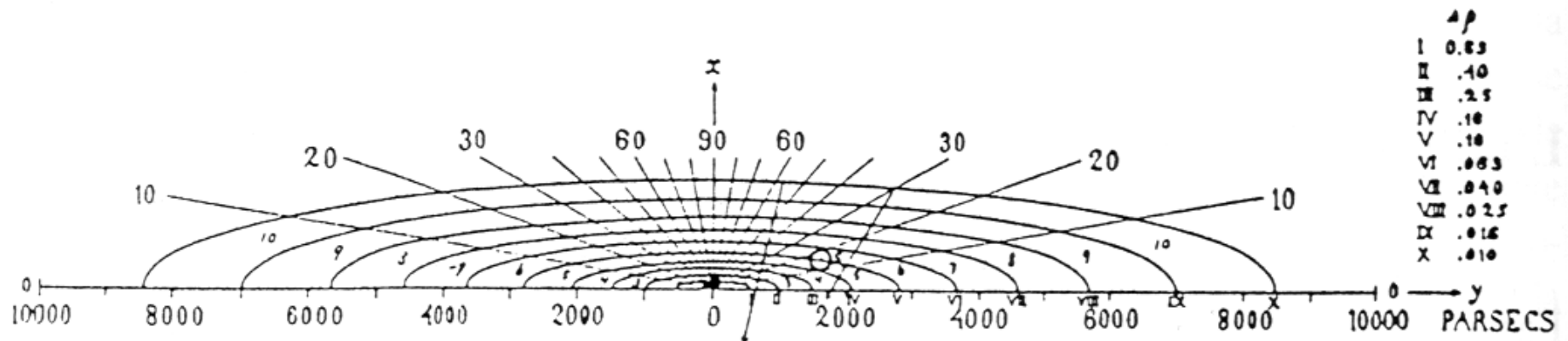


Figure 6

La Voie lactée selon Kapteyn (modèle de 1922).

# La Galaxie selon Charlier (1912, 1926)

la distribution des étoiles de type B  
 unité de distance: le siriomètre =  $10^6$  u.a.

Galaxy of the B-stars as seen from the axis of Z.

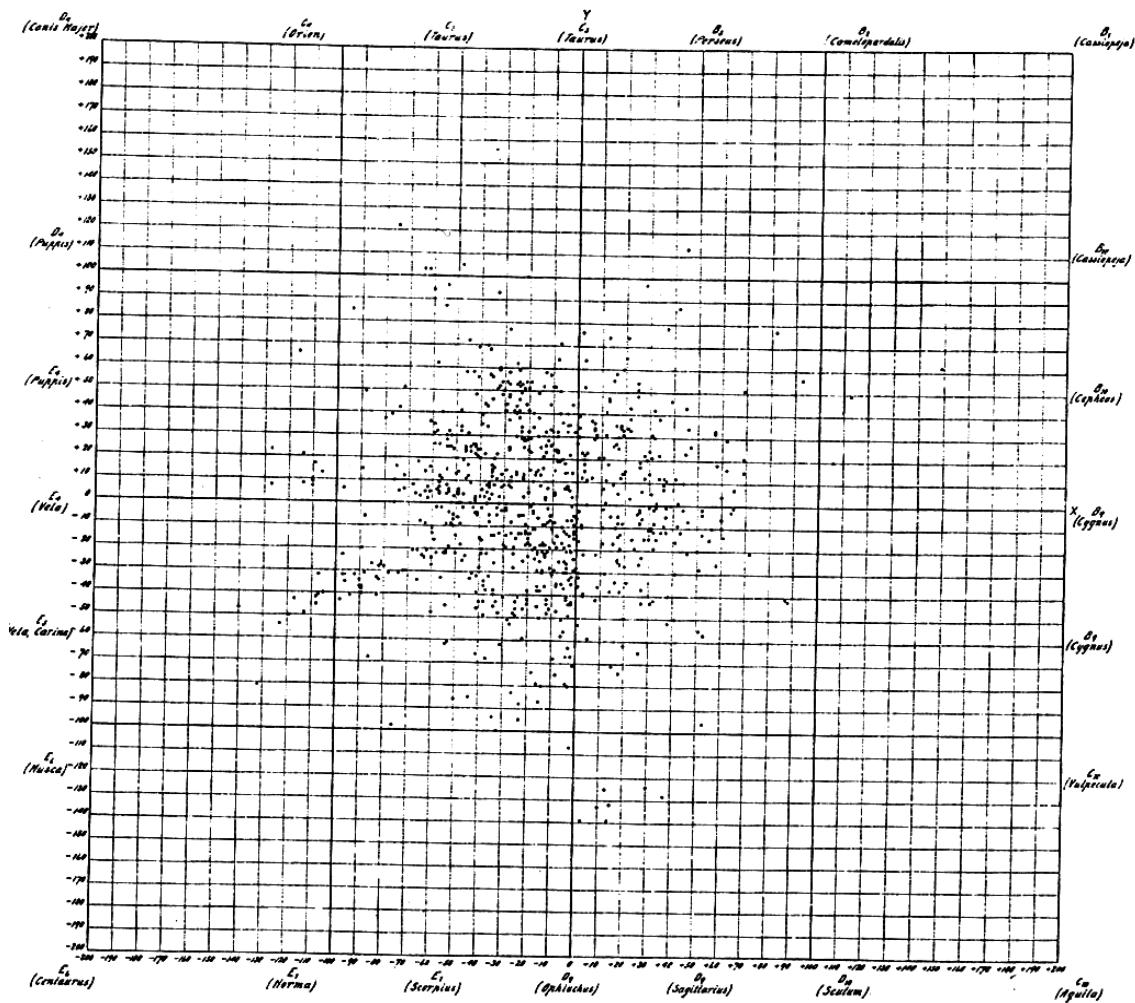


Figure 3  
 La Voie lactée selon Charlier (I).

Galaxy of the B-stars as seen from the axis of Y.

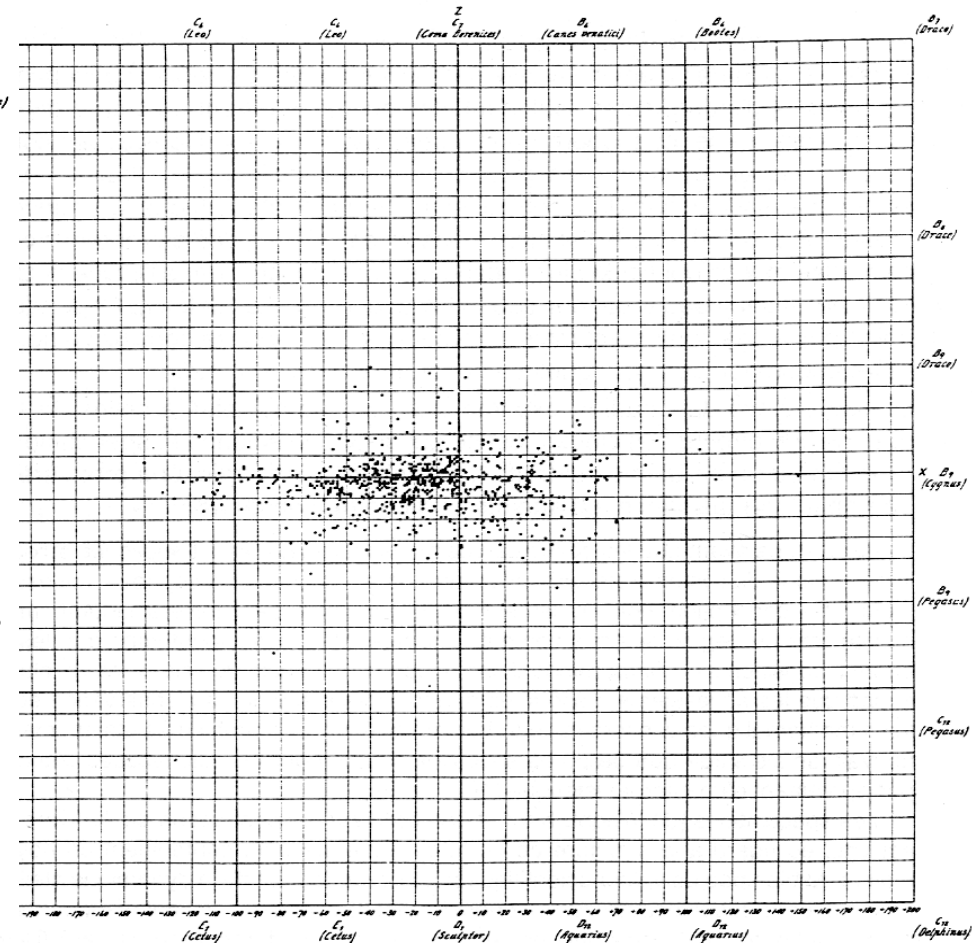
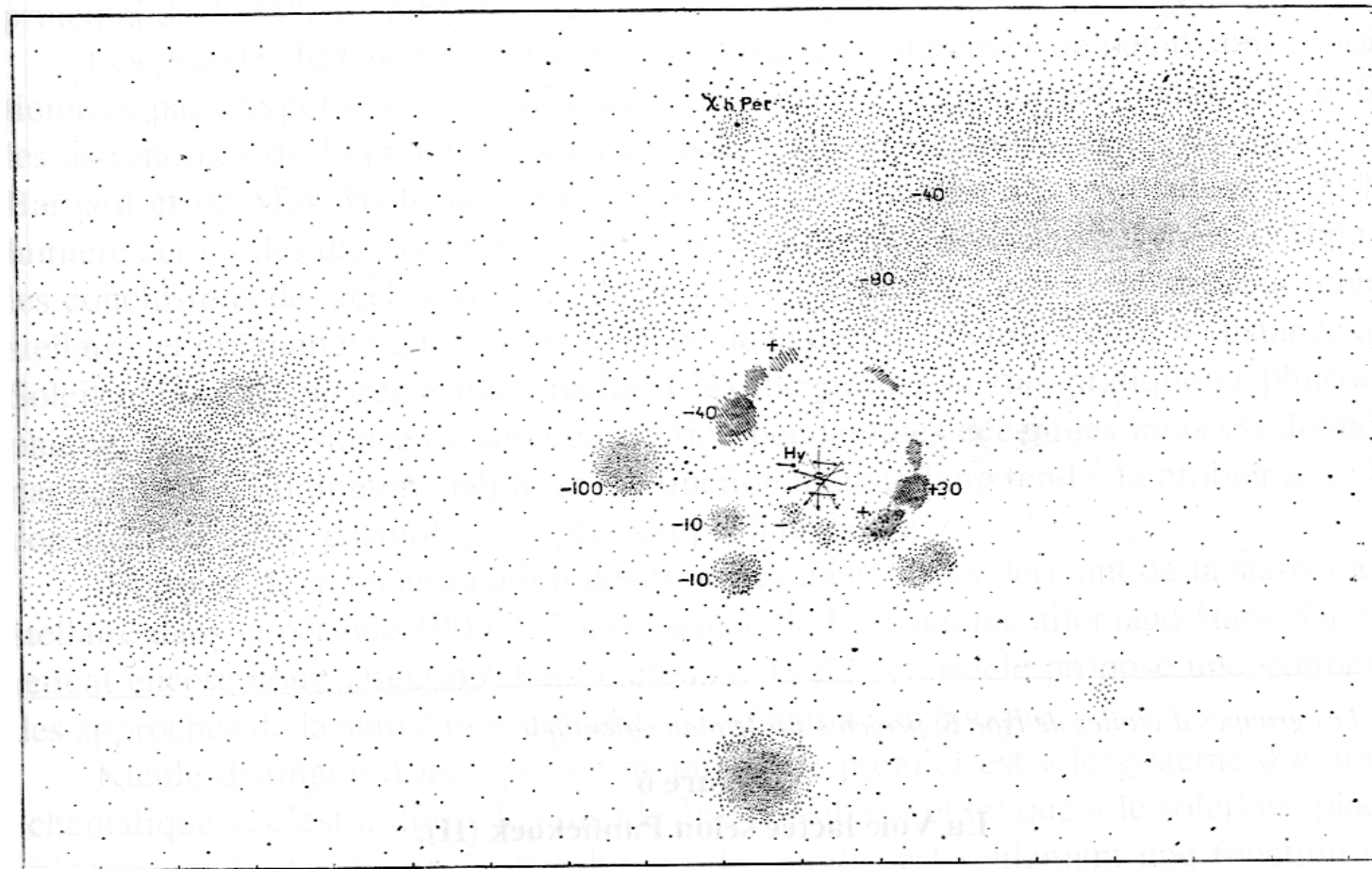


Figure 4  
 La Voie lactée selon Charlier (II).

# La Galaxie selon Pannekoek (1924)

Prise en compte des irrégularités  
de la distribution stellaire:

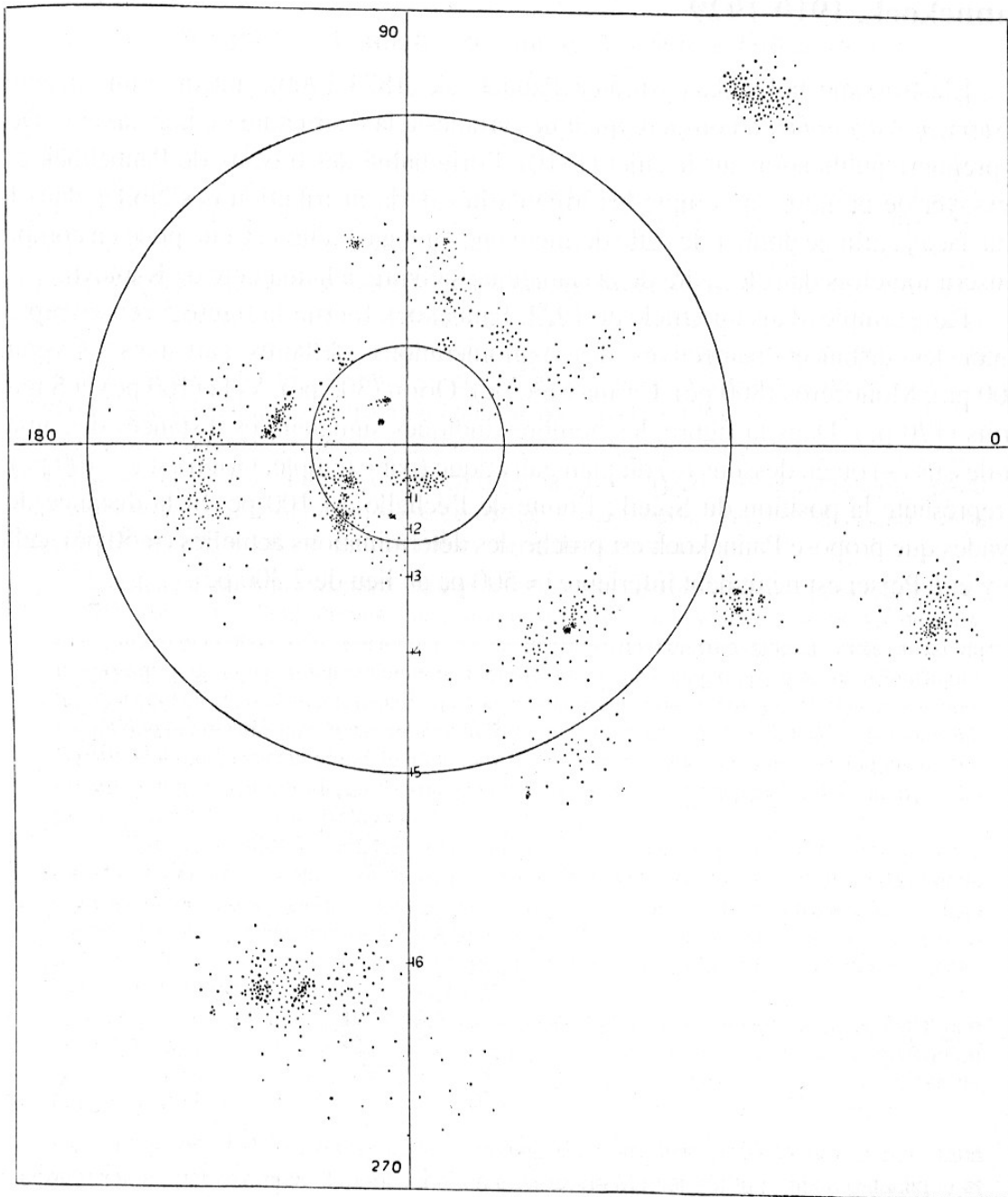


Cygnus (600 pc)  
Monoceros (800 pc)  
Carina (400 pc)  
Orion (300 pc)  
Vela (160 pc)  
Sagittarius (170 pc)  
Hyades (50 pc)

**Figure 5**  
**La Voie lactée selon Pannekoek (I).**

# La Galaxie selon Pannekoek (1929)

Les étoiles de classe A, K, B  
du catalogue de Draper



*Les groupes d'étoiles de type B, projetés sur le plan galactique.*

# Conclusion sur les modèles de la statistique stellaire

## trois types de modèles

- 1) le système d'étoile schématisé, idéalisé:  
le Soleil au centre, la densité fonction de la distance au Soleil
- 2) le système "typique":  
différences avec la latitude galactique, plan de symétrie
- 3) le système réel:  
structure interne, amas stellaires

→ *un univers d'étoiles*  
*une structure hiérarchique*  
*une force centrale*

→ *le problème des distances*  
*le problème de l'extinction*

## Quelques grandes questions en suspens :

- Comment déterminer la structure et l'étendue de la Voie Lactée ?
- L'Univers se réduit-il à la Voie Lactée ou est-il beaucoup plus vaste ?
- Contient-il d'autres systèmes stellaires semblables au nôtre ?
- Les nébuleuses sont-elles à l'intérieur ou à l'extérieur de notre système ?

# La Nature des nébuleuses

**Homère, Hésiode** (-VIII)

Pléiades, Hyades

**Aristote** (-IV)

M41, M39 ?

**Aratos** (-III)

M44 (Praesepe)

**Hipparque** (-II)

M44, Perseus

**Al Sufi** (+X)

M31, IC2391

**Pinzon** (+XV)

Sac de Charbon

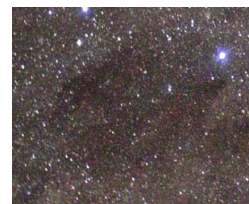
**Vespucci, Magellan** (+XVI)

Nuages de Magellan

**Hodierna** (+XVII)

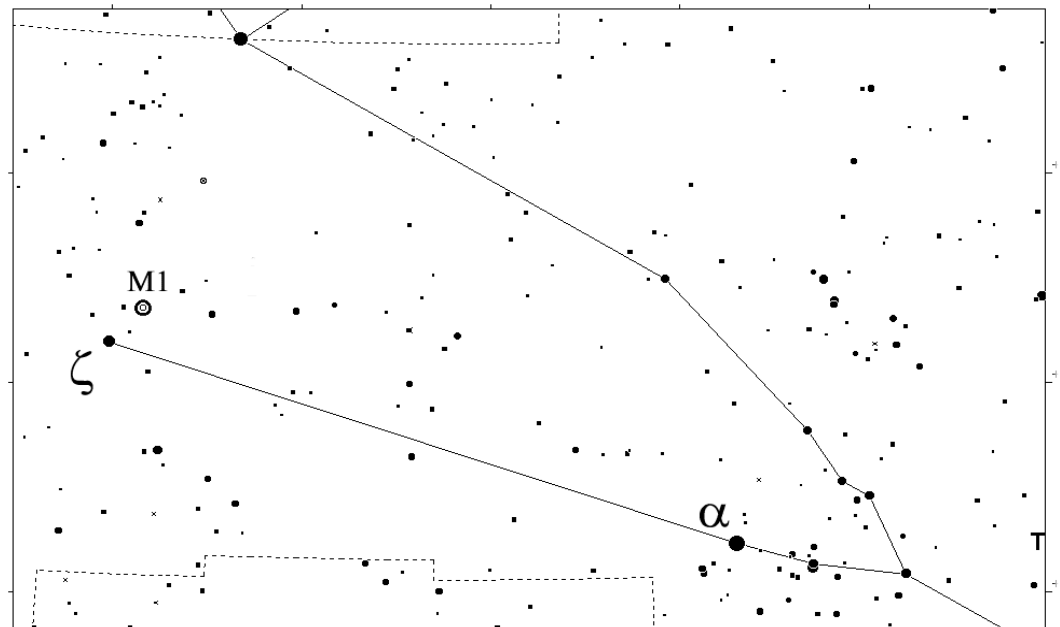
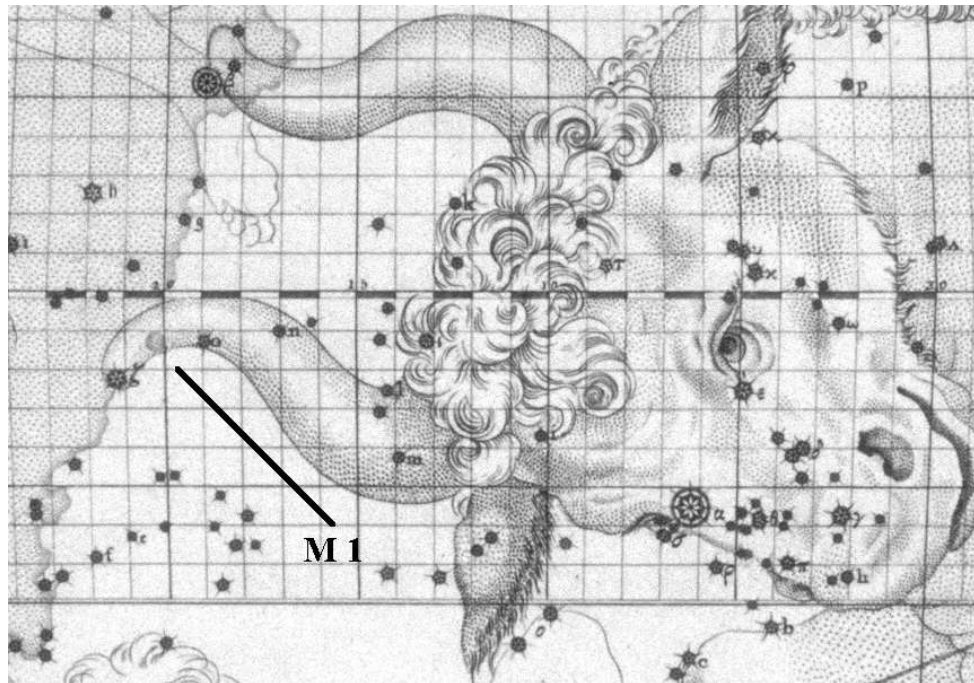
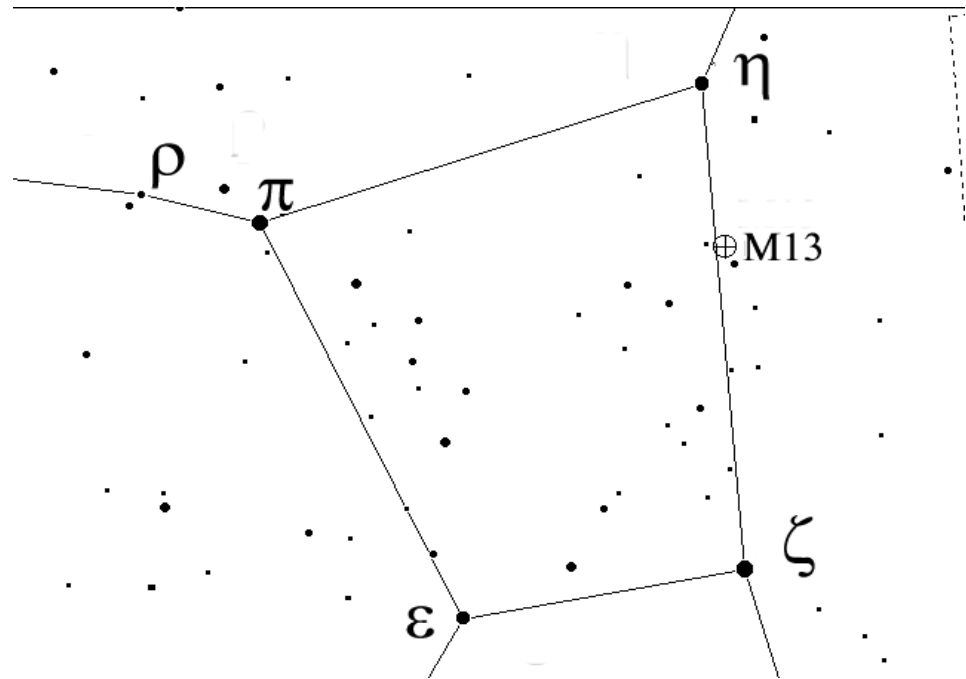
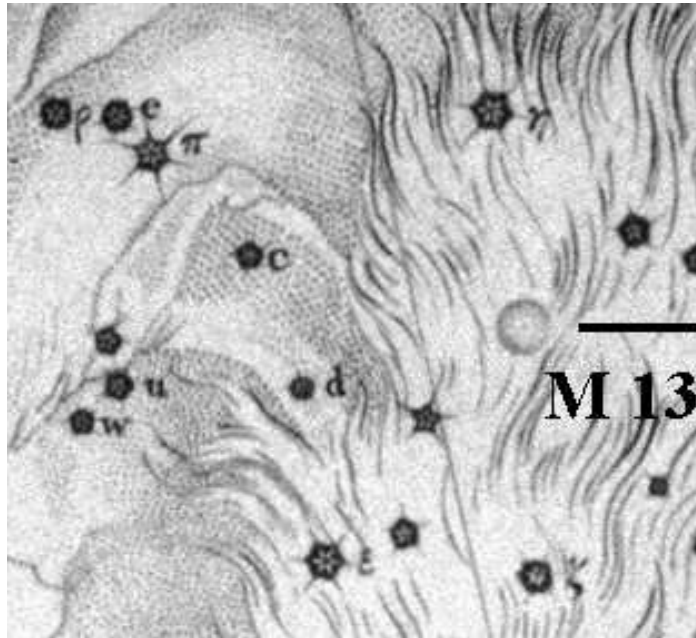
15 amas stellaires et nébuleuses

**Flamsteed, Halley** (+XVII)..... 5 nouveaux objets

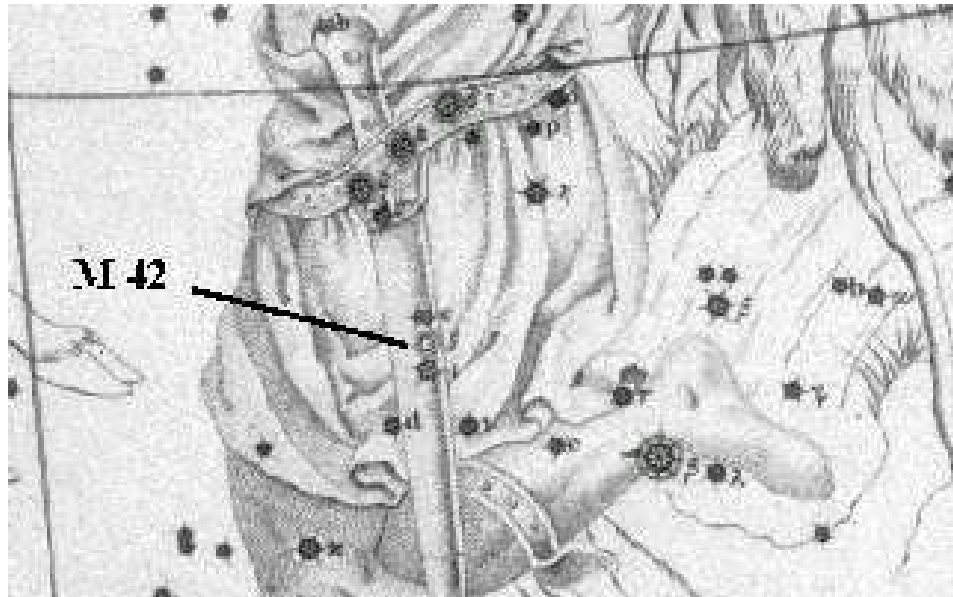


# La Nature des nébuleuses

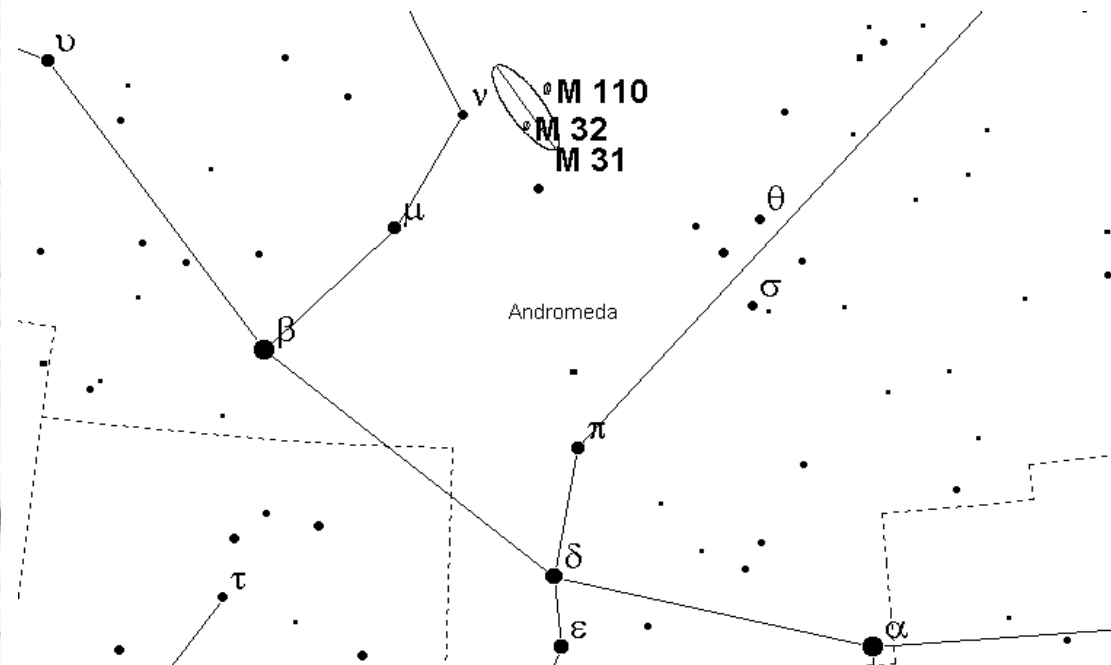
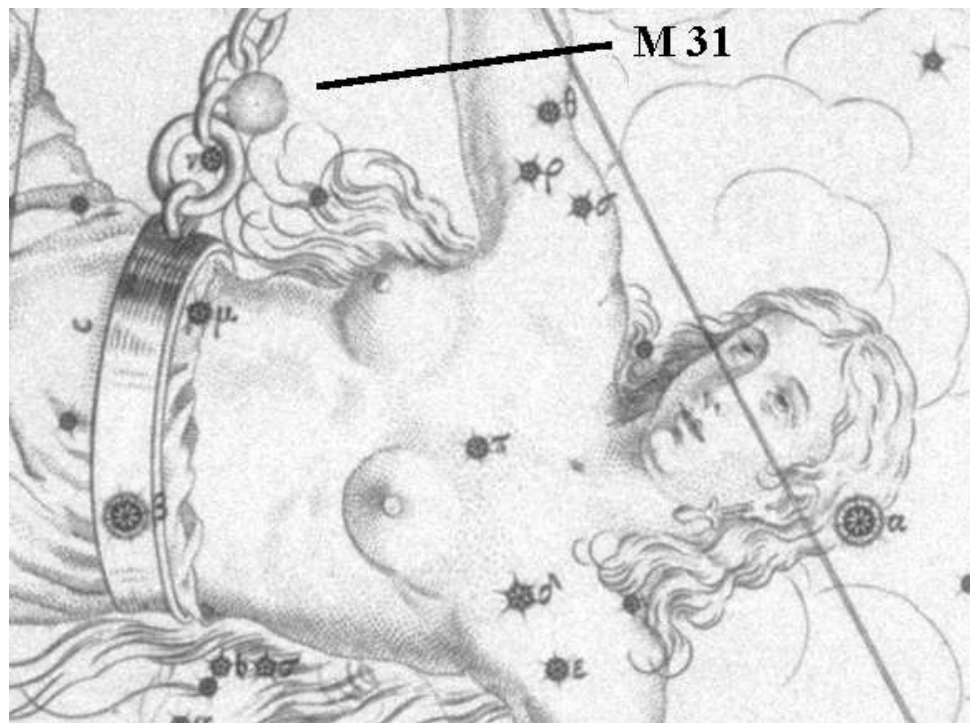
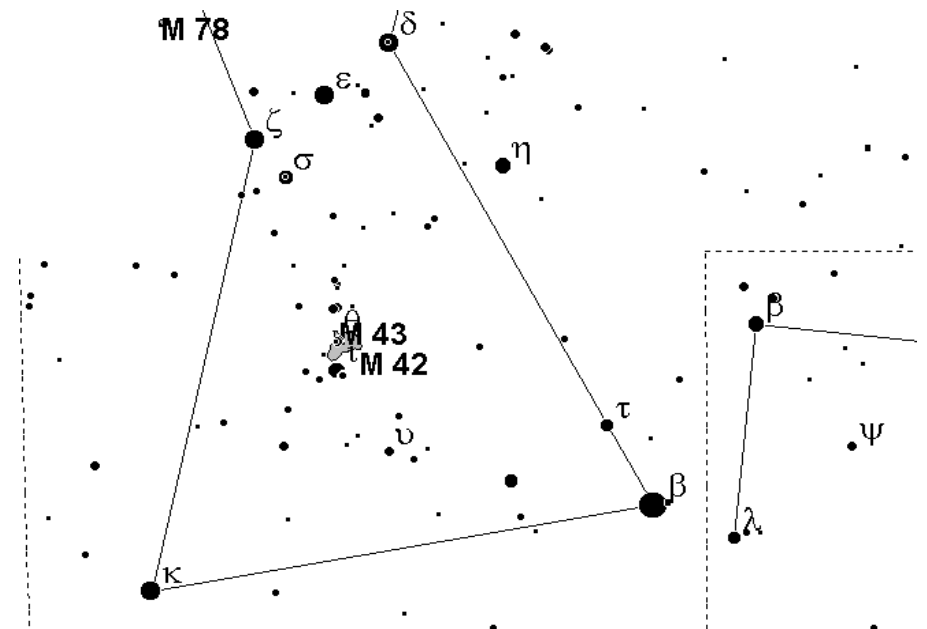
## L'Atlas de Jonn Bevis (1746)



# La Nature des nébuleuses



## L'Atlas de John Bevis (1746)



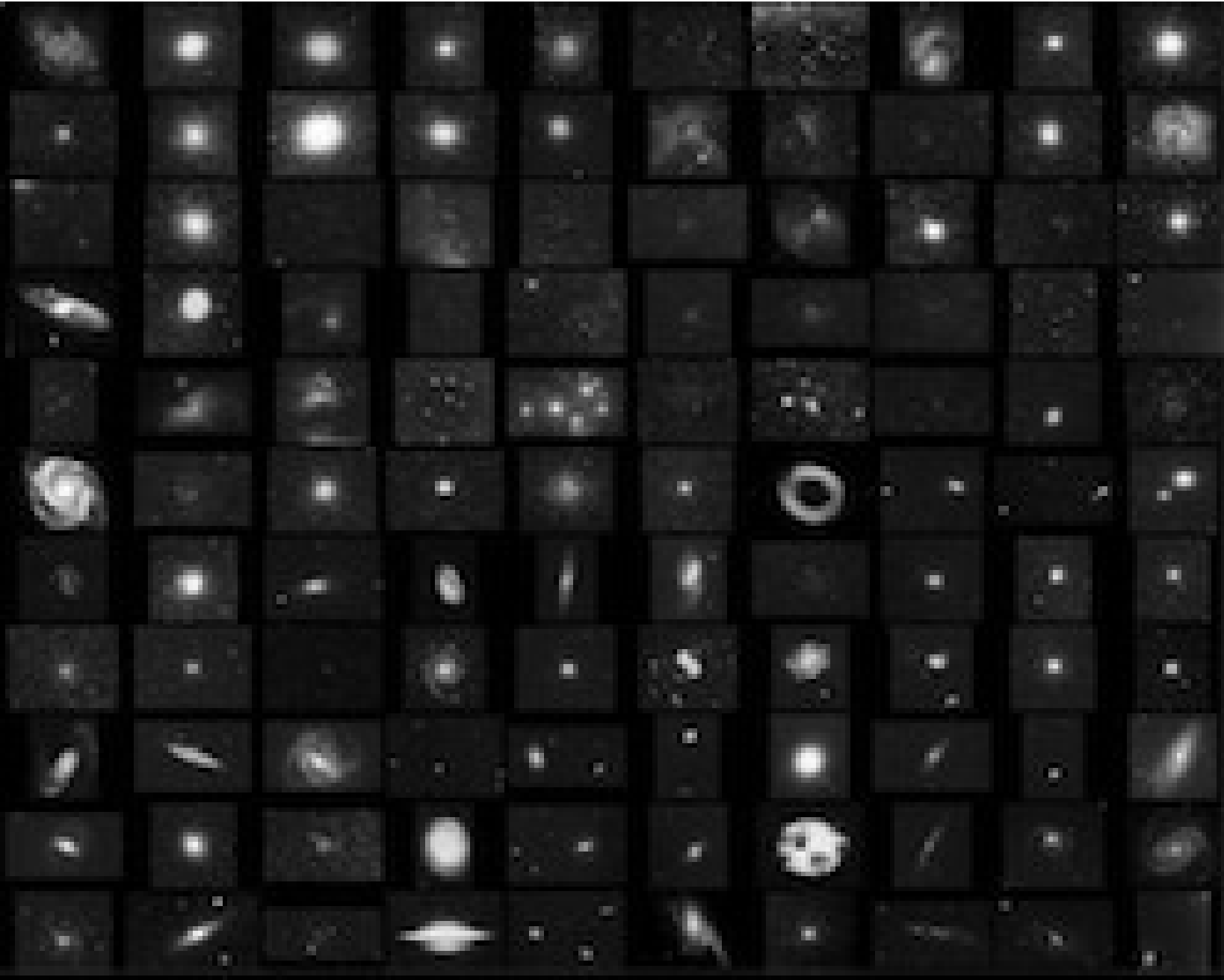
# La Nature des nébuleuses

## Le catalogue de Messier (1771, 1784)

*“La plupart  
vus comme  
des nébuleuses  
sans étoiles”*

*“M4 et M11  
résolus avec  
un grand  
Diamètre”*

(EXTRAIT)



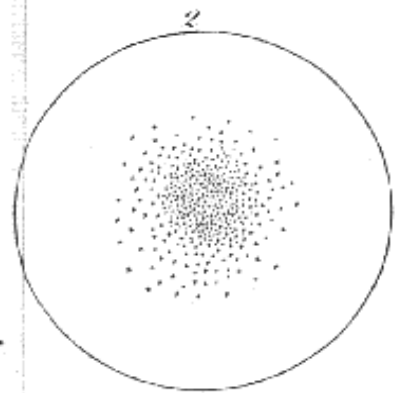
# La Nature des nébuleuses

## Le catalogue de Messier (1771, 1784)

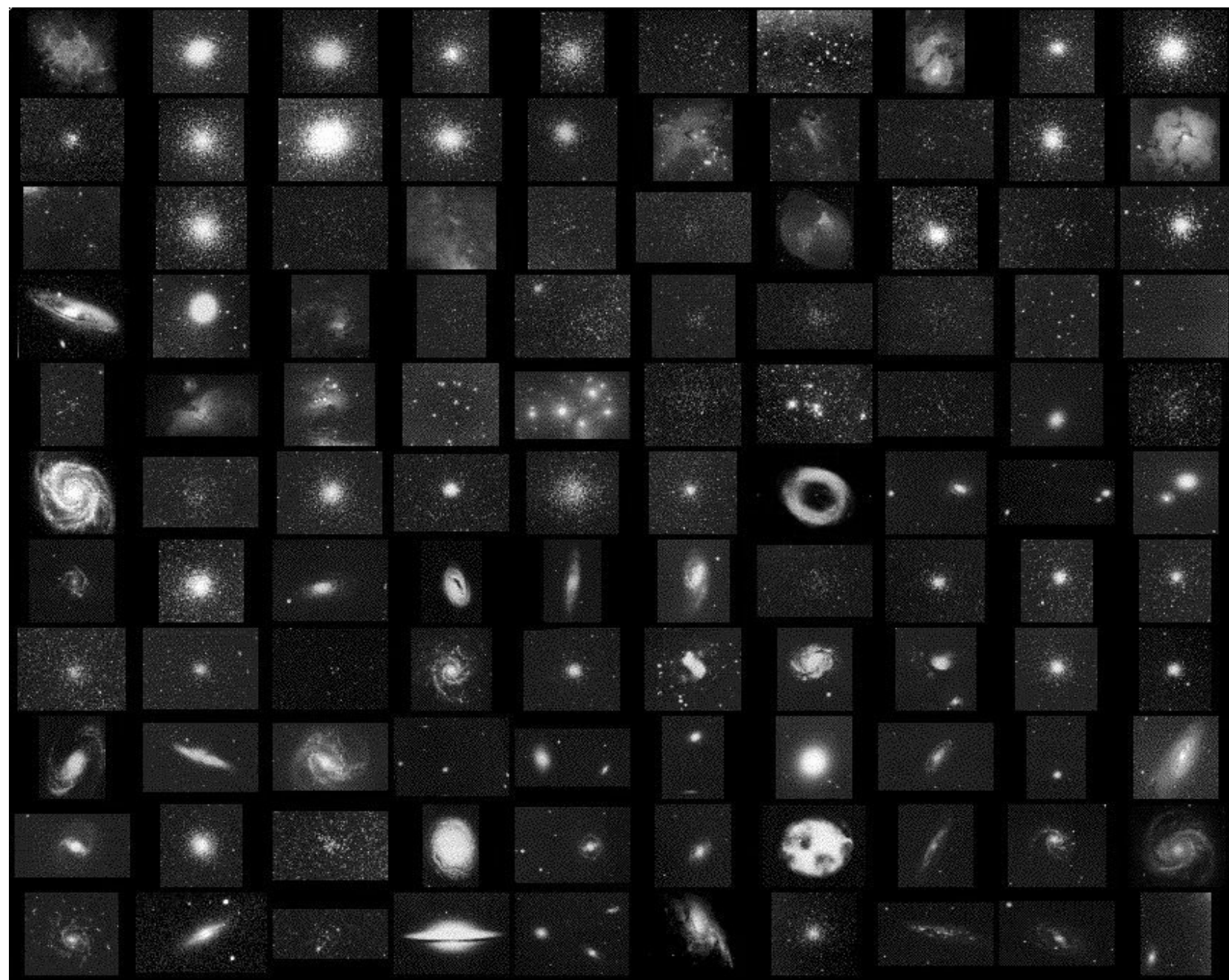
*“La plupart  
vus comme  
des nébuleuses  
sans étoiles”*

*“M4 et M11  
résolus avec  
un grand  
Diamètre”*

(EXTRAIT)



M53 vu par  
W.Herschel



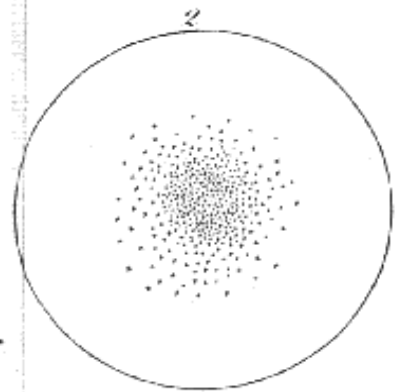
# La Nature des nébuleuses

## Le catalogue de Messier (1771, 1784)

*“La plupart  
vus comme  
des nébuleuses  
sans étoiles”*

*“M4 et M11  
résolus avec  
un grand  
Diamètre”*

(EXTRAIT)

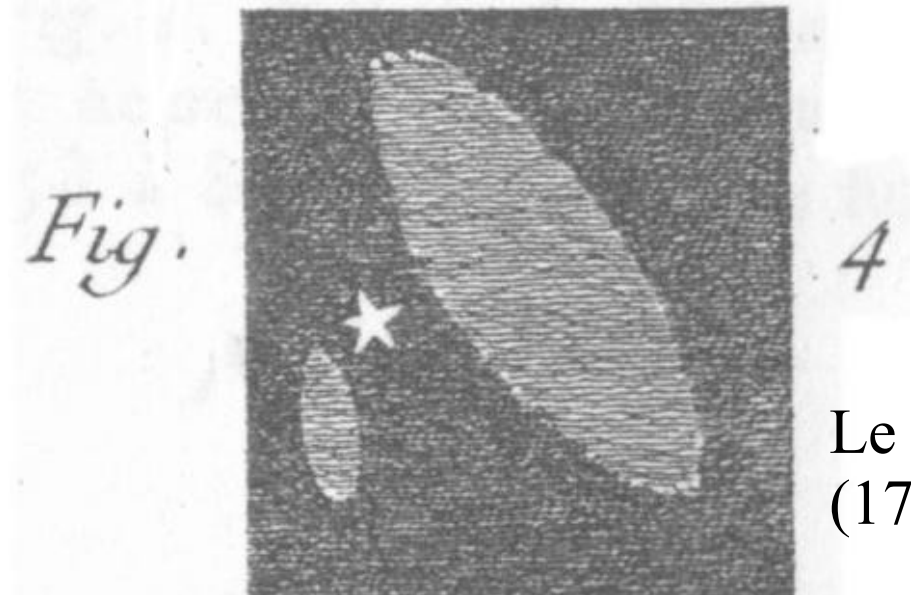


M53 vu par  
W.Herschel

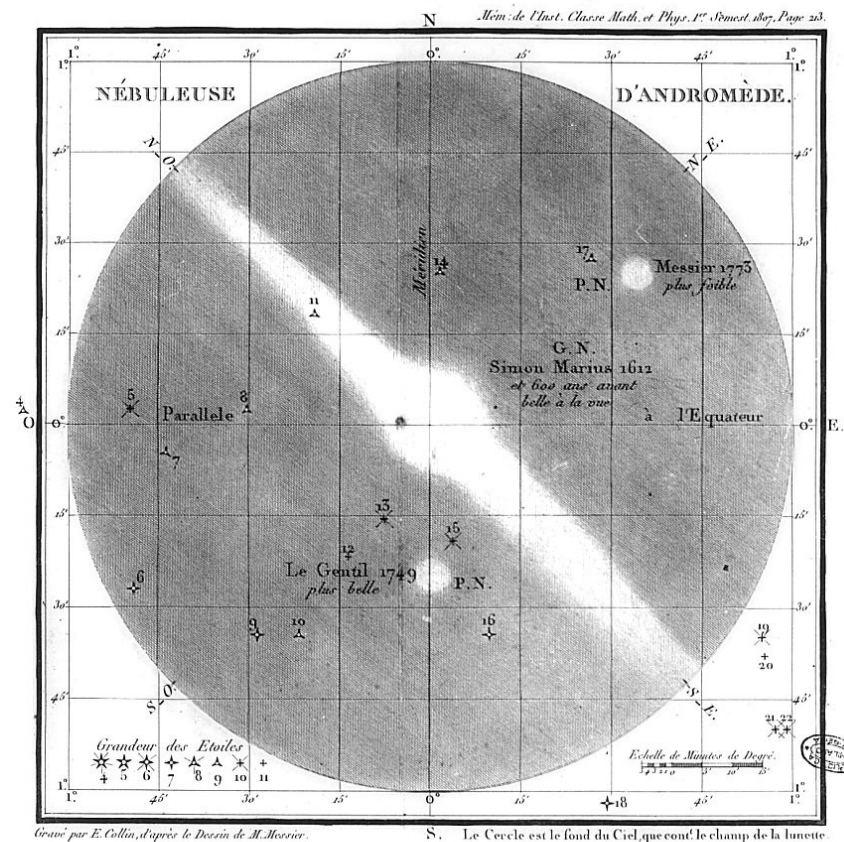


# La Nature des nébuleuses

## M31-Andromède

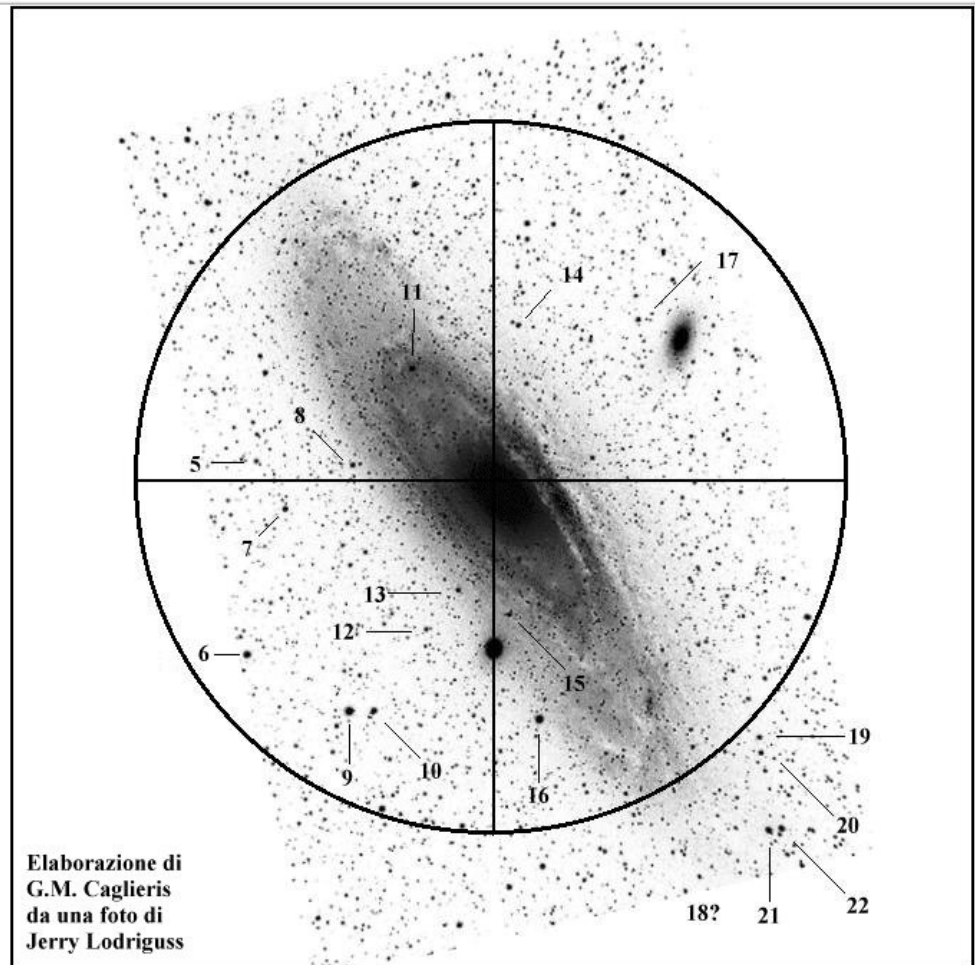


Le Gentil  
(1759)



Messier (1807)

Elaborazione di G.M. Cagliari  
Cortesia della Biblioteca Nazionale Braidense - Milano  
Tutti i diritti riservati



Elaborazione di  
G.M. Cagliari  
da una foto di  
Jerry Lodriguss

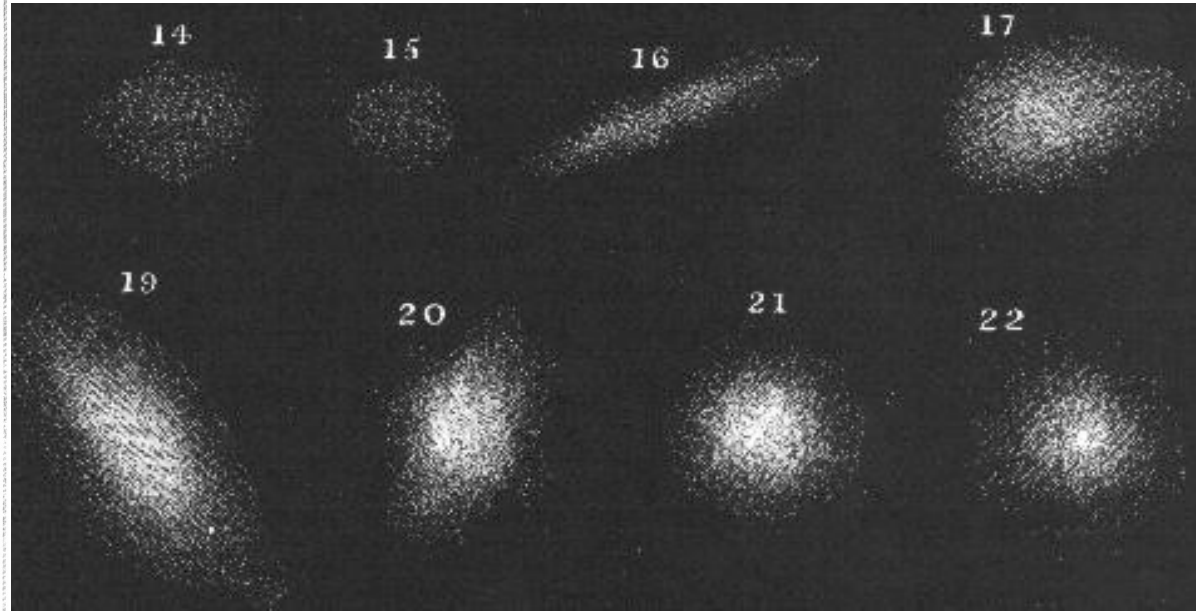
# La Nature des nébuleuses

William Herschel

1786 1000 nébuleuses

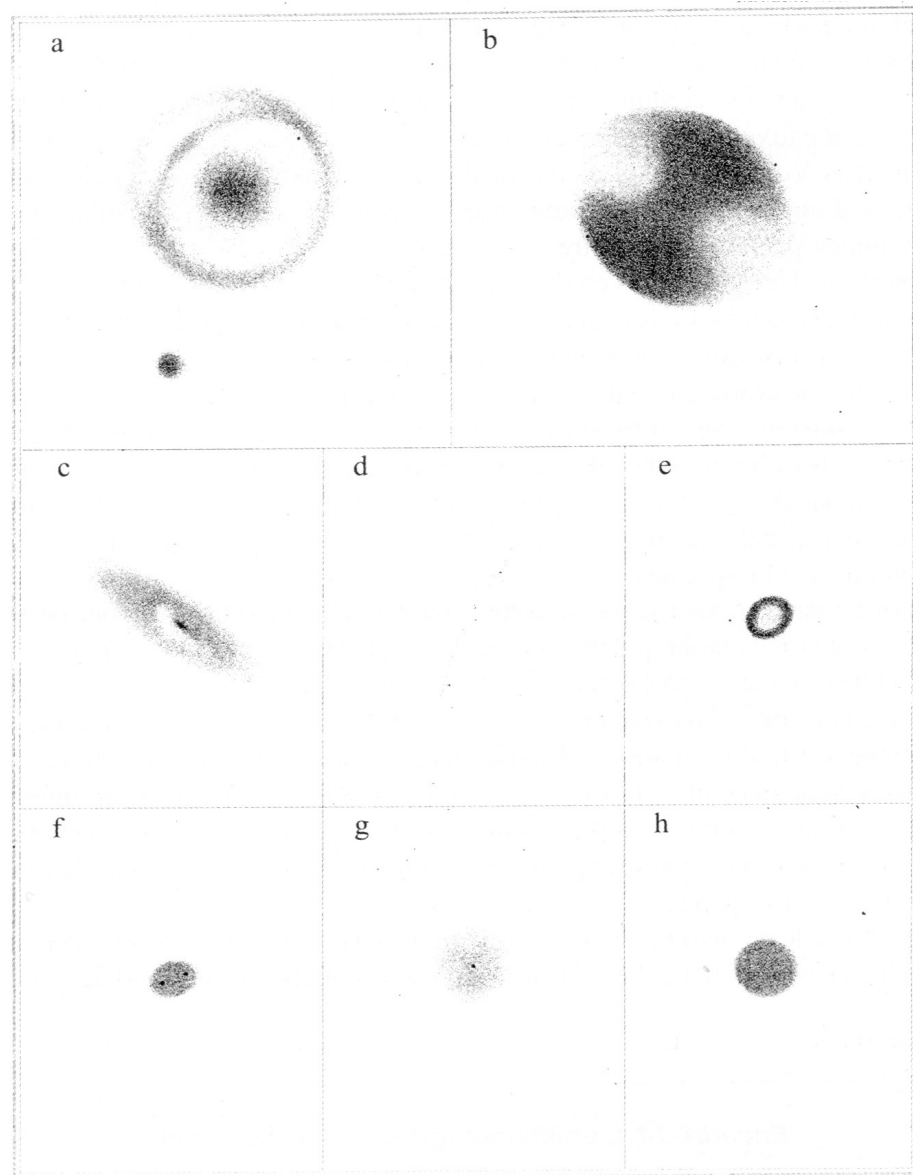
1789 1000 nébuleuses

1802 500 nébuleuses



John Herschel 1864

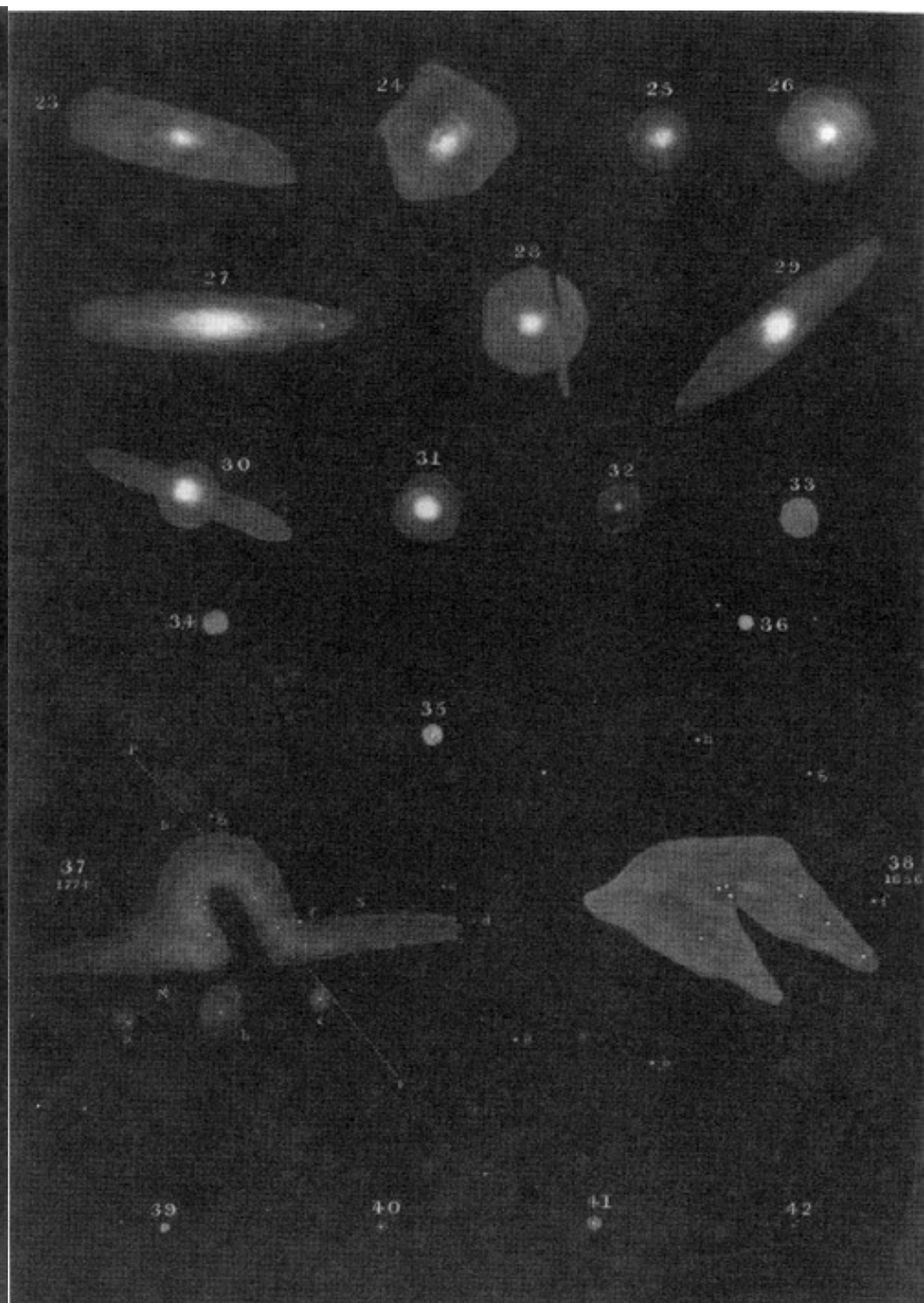
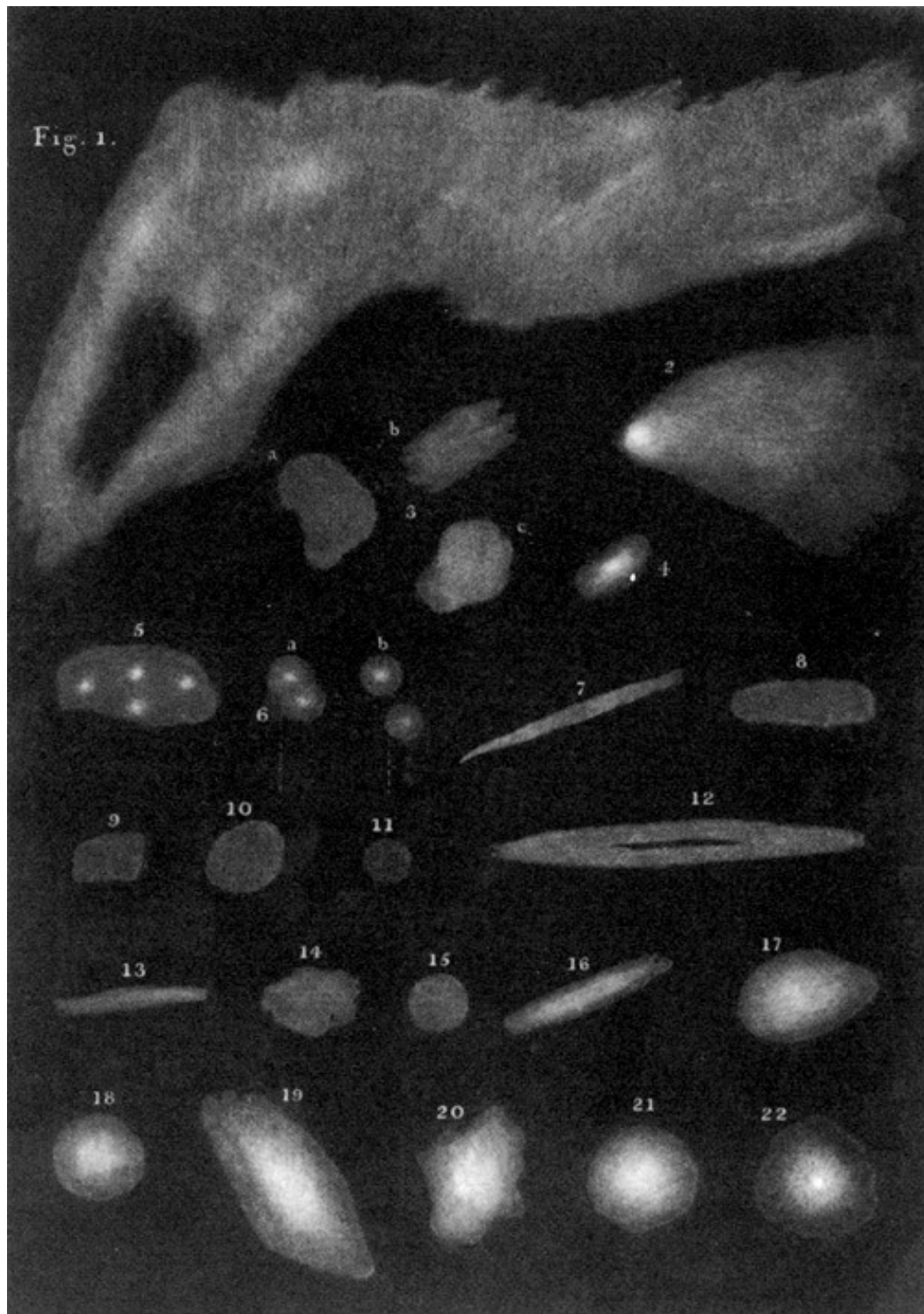
5000 nébuleuses et amas d'étoiles



(1833)

Dessins de nébuleuses par John Herschel.

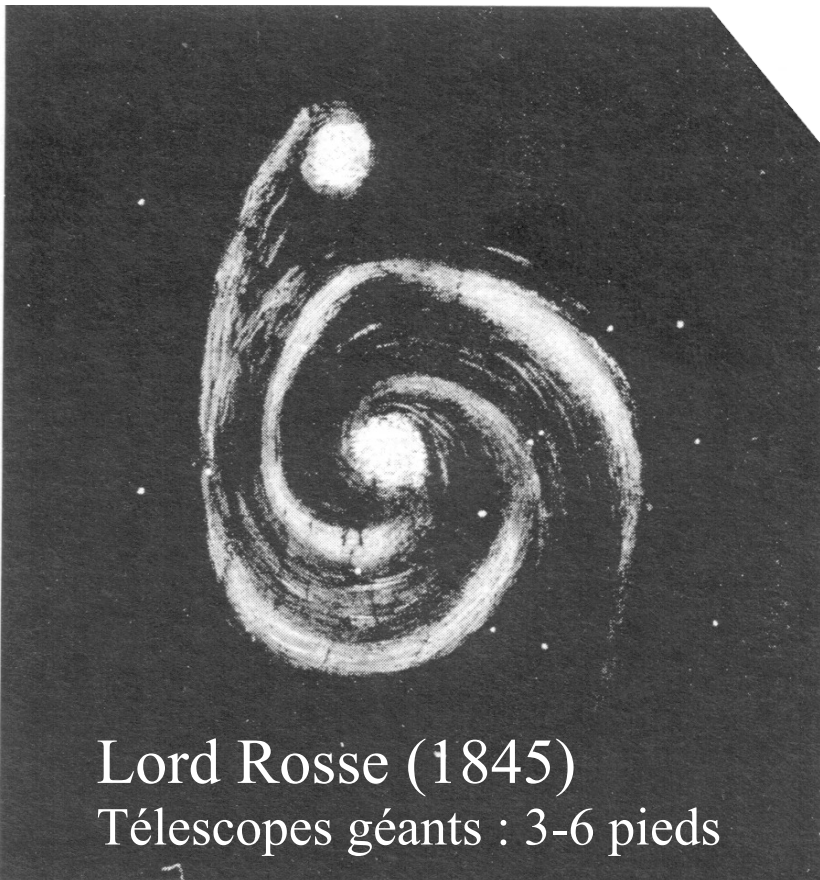
Fig. 1.



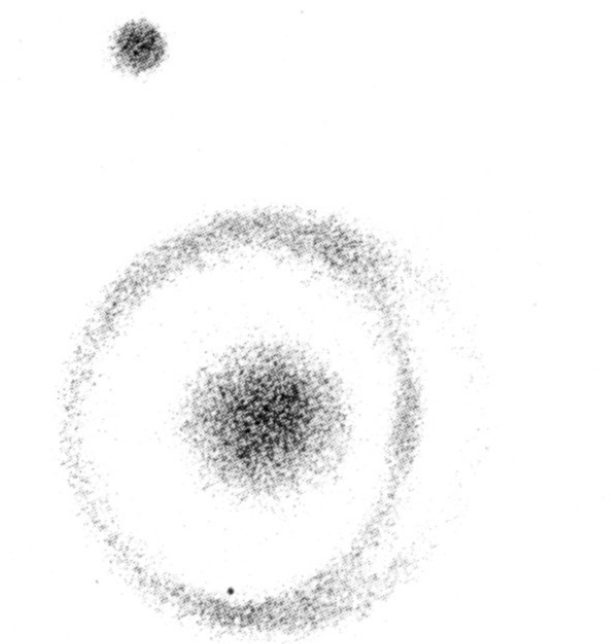
# La Nature des nébuleuses

les nébuleuses spirales

**M51**



Lord Rosse (1845)  
Télescopes géants : 3-6 pieds



J. Herschel (1833)



Alexander (1852)

# La Nature des nébuleuses

## La spectroscopie

1- un gaz à pression élevée, un liquide ou un solide, s'ils sont chauffés, émettent un **rayonnement continu** qui contient toutes les couleurs



2- un gaz chaud, à basse pression, émet un rayonnement uniquement pour certaines couleurs bien spécifiques: le spectre présente des **raies d'émission**



3- un gaz froid, à basse pression, s'il est situé entre l'observateur et une source de rayonnement continu, absorbe certaines couleurs, produisant dans le spectre des **raies d'absorption**



1859 premières publications de **Kirchhoff et Bunsen**:  
découverte des raies d'émissions, spectre continu et raies d'absorption  
→ une nouvelle technique d'analyse chimique possible

# La spectroscopie

*“Le spectre du Soleil avec ses raies sombres est juste la version inverse du spectre que son atmosphère émettrait par elle-même. L'analyse chimique de l'atmosphère solaire ne demande que la recherche en laboratoire des différentes substances qui produisent les raies brillantes équivalentes aux raies d'absorption”*

→ en 1895 on a identifié 14,000 raies dans le spectre solaire

# La Nature des nébuleuses

## La spectroscopie

1861-1863 construction d'un spectroscopie dédié  
à l'observation stellaire par **Miller et Huggins** (Sirius, Capella)

**1864** → publication de 50 spectres d'étoiles (exp : 70 raies pour Aldebaran)  
coïncidences avec spectres de laboratoires (Na, Mg, H, Ca, Fe...)  
aucun spectre sans raie d'absorption  
des différences dans les groupements et arrangements des raies  
→ des proportions différentes dans la nébuleuse primitive

Huggins observe UNE raie d'émission dans la nébuleuse planétaire “Cat's eye”,

→ un gaz chaud d'une composition différente de l'atmosphère des étoiles

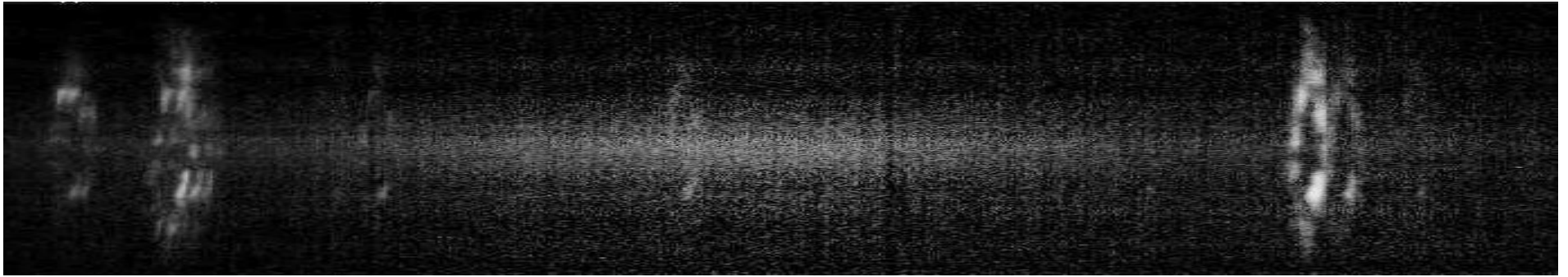
- les amas globulaires et M31/M32 ont des spectres stellaires

→ déconnexion entre systèmes stellaires et nébuleuses diffuses  
qui “ne sont pas des amas d'étoiles non-résolus”

**1868** découverte des vitesses Doppler des étoiles :  $V_{\text{Sirius}} \sim 60 \text{ km/s}$

# La Nature des nébuleuses

## La spectroscopie (et la photographie)



- 1872 première photographie d'un spectre d'étoile (Véga) par H.Draper
- 1882 première photographie d'un spectre de nébuleuse par Huggins
- 1888 Photographie d'Andromède par Isaac Roberts (nébulosité + coeur)  
Huggins interprète ses observations de M31  
comme étant une étoile unique entrain de se  
former à partir d'une nébulosité
- 1899 Julius Scheiner  
réalise un spectre d'Andromède avec 7h30 de pause  
→ **gaz et étoiles cohabitent !!**
- 1886-1915 fondation H.Draper : relevés photographiques  
et classification spectrale de milliers étoiles  
le système OBAFGKM de Harvard (Pickering)



**Abbe (1867)**, analyse du “General Catalogue” de J.Herschel

1) les amas appartiennent à la Voie Lactée,  
mais sont plus proches de nous que les étoiles faibles

2) la Voie Lactée est essentiellement stellaire,  
même s'il existe quelques nébuleuses irrésolues  
*Les nombreuses étoiles les empêchent de se condenser*

3) les nébuleuses (résolues et irrésolues) sont situées en général à  
l'extérieur de la Voie Lactée.

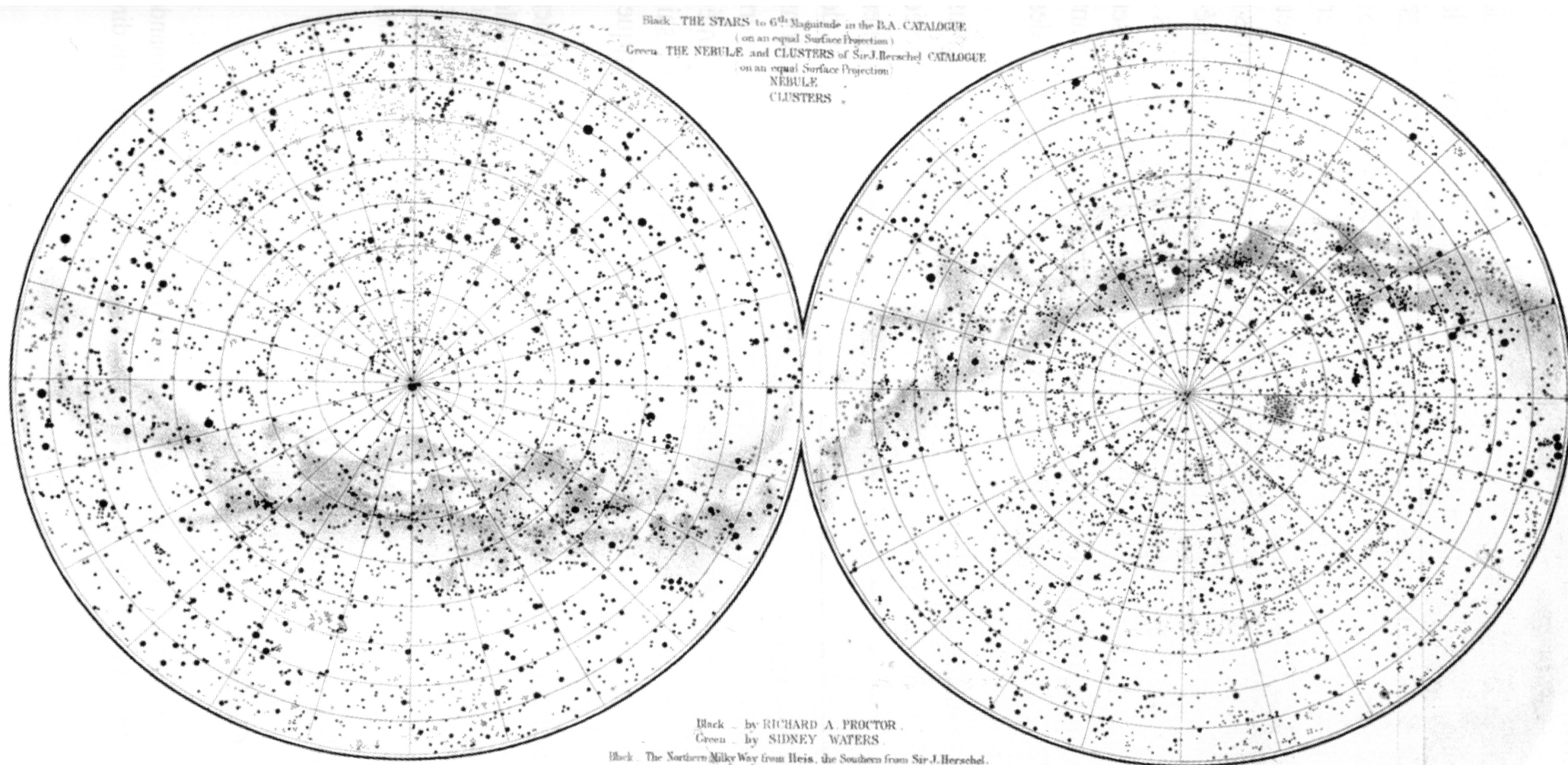
4) l'univers visible est composé de systèmes et sous-systèmes :  
la Voie Lactée, les deux nuages de Magellan et les nébuleuses,  
eux-mêmes composés d'étoiles et de corps gazeux réguliers ou irréguliers

# La Nature des nébuleuses

# la “Zone d'Absence”

**Proctor (1869) et Waters (1873)**

*la distribution des nébuleuses “vertes et blanches”*

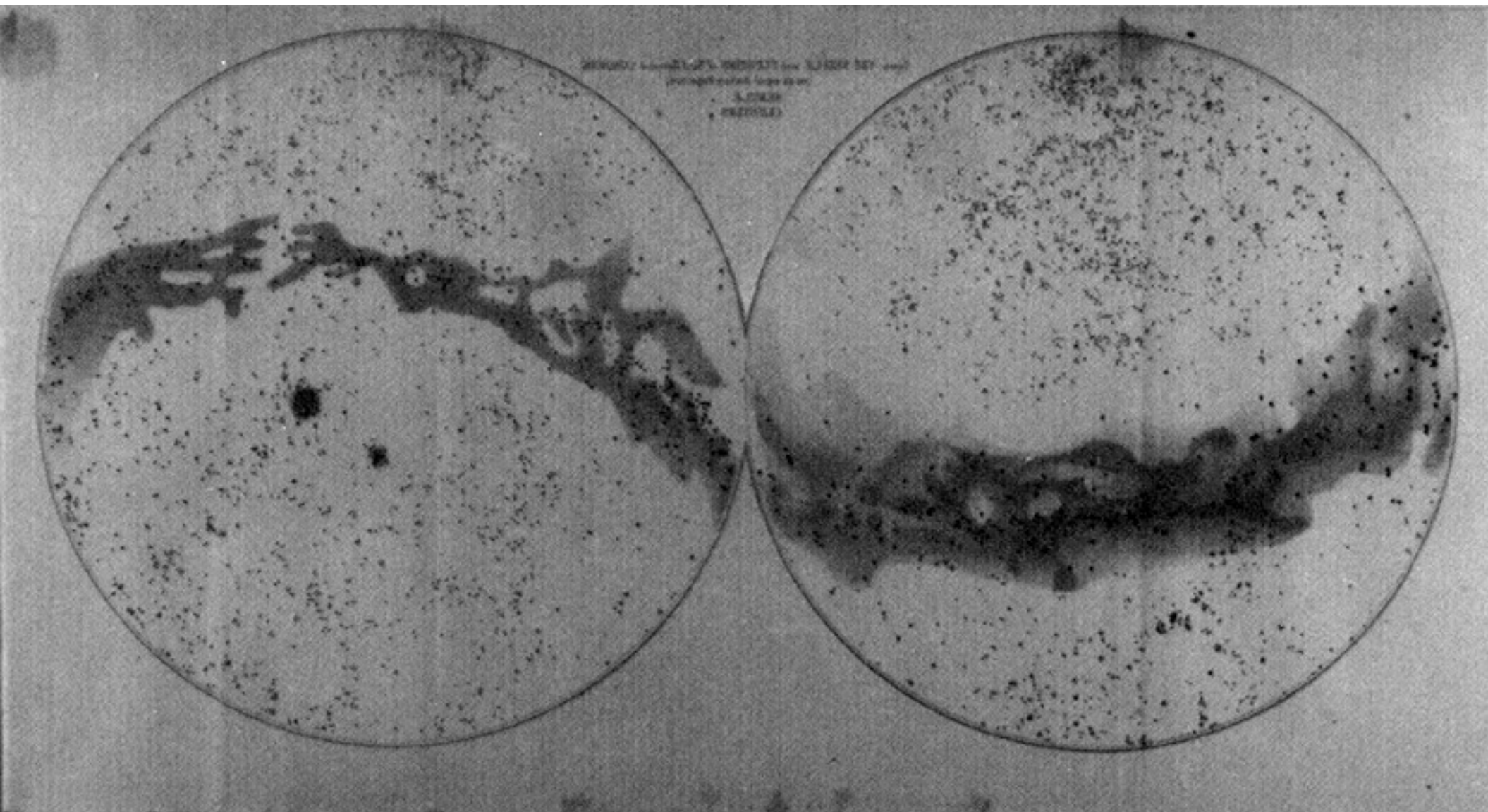


## La Nature des nébuleuses

## la “Zone d'Absence”

**Proctor (1869) et Waters (1873)**

*la distribution des nébuleuses “vertes et blanches”*



**Proctor (1869) et Waters (1873)**

*la distribution des nébuleuses “vertes et blanches”*

## La Voie Lactée et les nébuleuses sont liées :

**1) les nébuleuses blanches “évitent” la Voie Lactée**

→ dans le classement de J.Herschel : amas, amas glob. résolus, amas glob. résolubles, nébuleuses résolubles, nébuleuses non-résolvable...  
on s'écarte graduellement de la Voie Lactée

**2) ce phénomène n'est pas du à de la matière interstellaire absorbante**

**3) parmi les non-résolues, seules les nébuleuses gazeuses**

**appartiennent à la Voie Lactée.** (comme dans les Nuages de Magellan, où il y a cohabitation d'étoiles et de matière nébulaire )

→ **Les étoiles de la Voie Lactée dispersent les nébulosités.**

# La Nature des nébuleuses

**Agnes Clercke (1905) (EXTRAIT)**

“les nébuleuses ne sont pas des systèmes stellaires du même rang que la Voie Lactée”

- 1) de part leur nature (spectroscopie)
- 2) de part leur connexion à des étoiles particulières (distances des novae)
- 3) de part leur arrangement systématique :  
*elle évitent “systématiquement” la Voie Lactée,  
donc elles en dépendent*

# La Nature des nébuleuses

## Doutes et hésitations

### **Les grands catalogues de nébuleuses:**

le New General Catalogue (NGC) de Dreyer en 1888: 7000 objets

Keeler (1900) collecte les images de 120,000 nébuleuses,  
la plupart sont spirales → renouveau de la théorie de Laplace

### **Les mesures de distances:**

la parallaxe d'Andromède (Bohlin, 1907)... 19 années lumières (a.l.) !

les novae (Curtis, 1911) 1600 a.l. pour Andromède

les filaments sombres dans les nébuleuses gazeuses (Wolf, 1912)

→ *33,000 a.l. pour M31, 94,000 a.l. pour M33, 172,000 a.l. pour M81*

### **Les mesures Doppler (“redshift”) :**

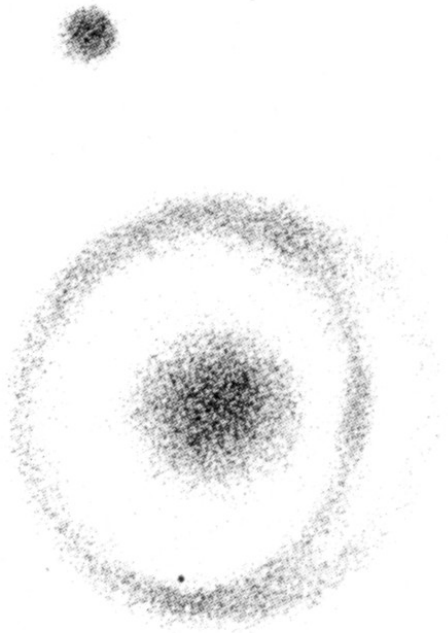
Slipher (1912) mesure une vitesse radiale de -300 km/s pour M31,

puis des vitesses de 14 autres spirales (1914) + rotation

→ les spirales sont des objets très grands et très éloignés

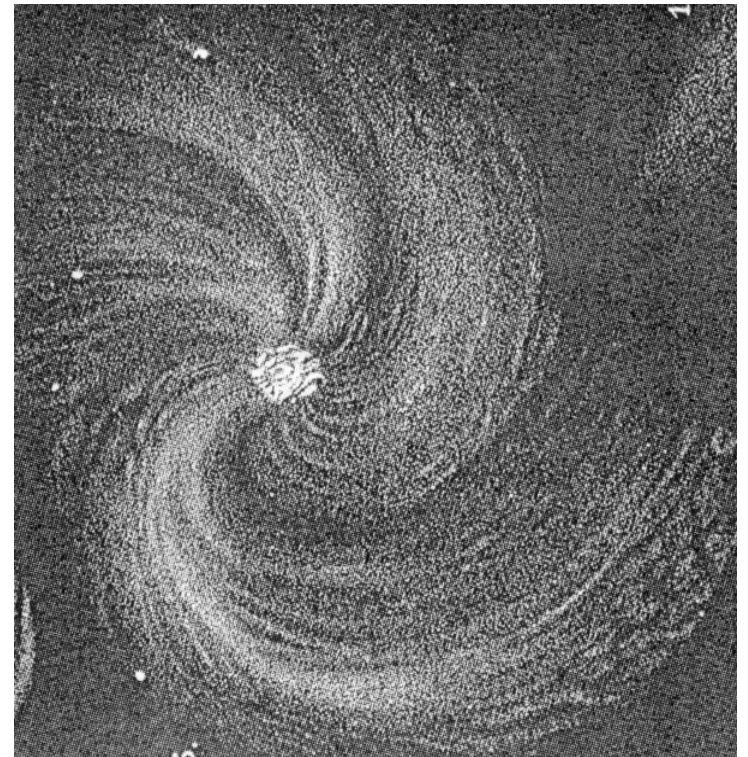
## Méthodes analogiques :

la Voie Lactée est-elle une nébuleuse spirale ?



## Alexander (1852)

*“La Voie Lactée constitue une spirale à plusieurs (quatre ?) branches, et un amas central (probablement sphérique); nous sommes situés dans l'amas central, plutôt vers le Nord”*



## Les modèles analogiques

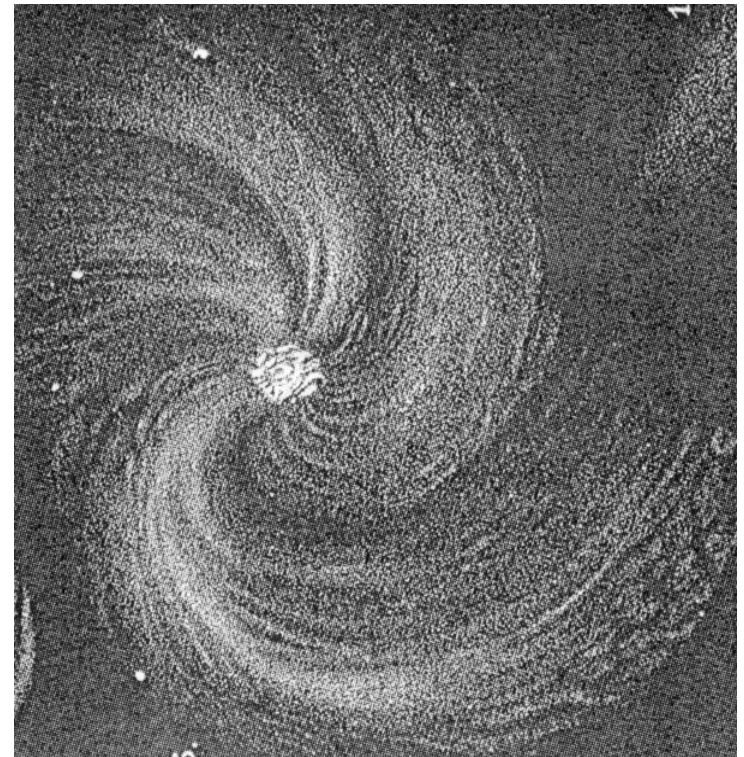
*“The Milky Way, a spiral”*

- 1) La densité stellaire croît quand on se rapproche de la Voie Lactée
- 2) la Voie Lactée contient des zones stellaires + denses: les amas
- 3) les étoiles rouges sont dans les zones de plus grande densité
- 4) il y a des étoiles rouges dans notre voisinage, donc nous sommes proches du centre
- 5) le Soleil est au-dessus et proche du centre, au départ d'un bras d'étoiles brillantes (Orion)
- 5bis) Le mouvement lent du Soleil vers la constellation d'Hercule est en accord avec notre position centrale dans la Voie Lactée (*“près de l'axe”*)

Alexander (1852)

*mélange d'observations,*

*“La Voie Lactée constitue une spirale à plusieurs (quatre ?) branches, et un amas central (probablement sphérique); nous sommes situés dans l'amas central, plutôt vers le Nord”*



## Les modèles analogiques

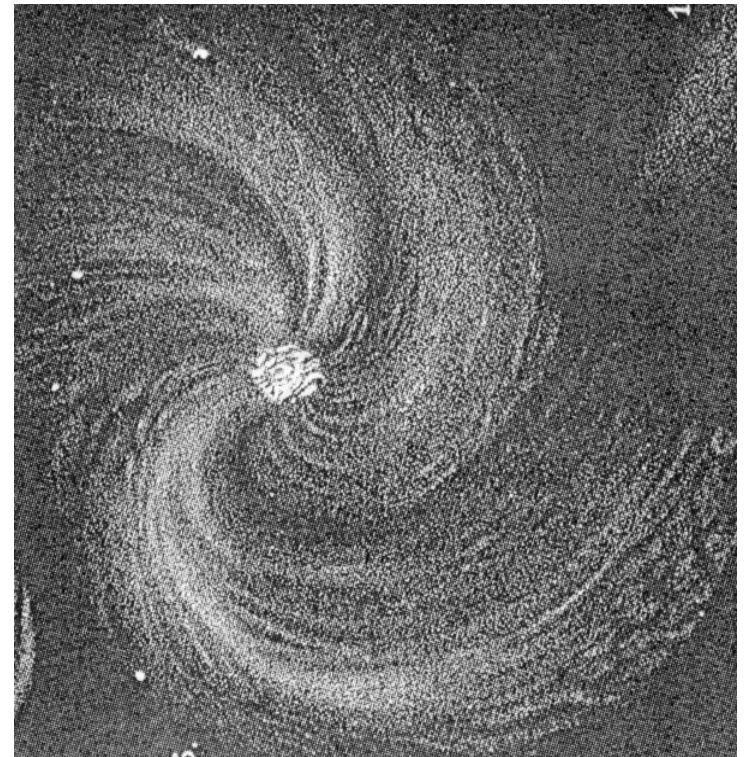
*“The Milky Way, a spiral”*

6) Les parties internes de l'amas central étaient chaudes, les étoiles s'en sont séparées à l'état nébulaire; vers le centre, on trouve encore des nébulosités (Orion)

Alexander (1852)

*mélange d'observations,  
d'hypothèses cosmogoniques*

*“La Voie Lactée constitue une spirale à plusieurs (quatre ?) branches, et un amas central (probablement sphérique); nous sommes situés dans l'amas central, plutôt vers le Nord”*



## Les modèles analogiques

*“The Milky Way, a spiral”*

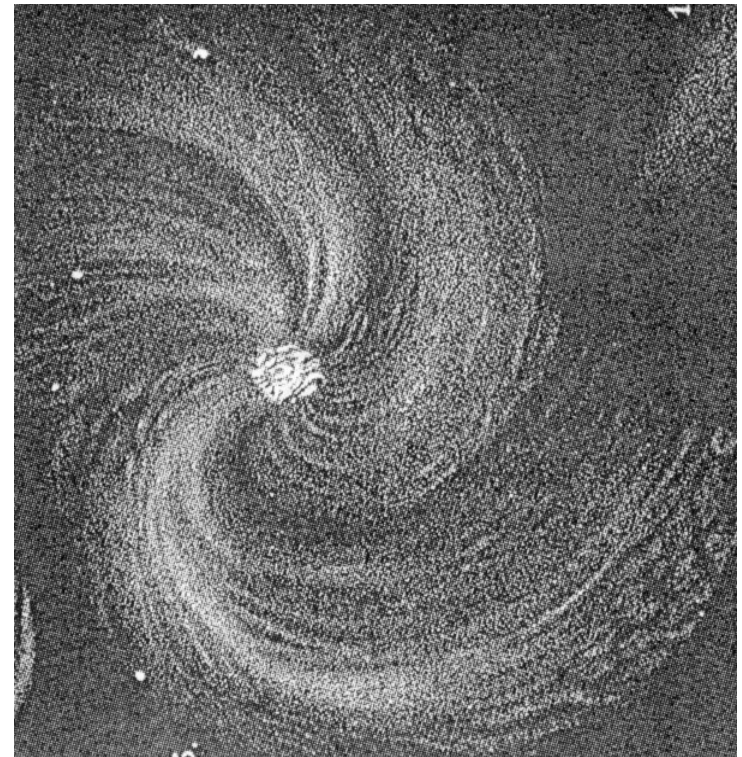
7) la structure est proche de M99, il y a quatre bras spiraux

8) les régions “insondables” sont dues à la superposition des bras

Alexander (1852)

*mélange d'observations,  
d'hypothèses cosmogoniques  
et analogiques*

*“La Voie Lactée constitue une spirale  
à plusieurs (quatre ?) branches, et un  
amas central (probablement sphérique);  
nous sommes situés dans l'amas central,  
plutôt vers le Nord”*



## Les modèles analogiques

### Proctor (1869)

les “trous” comme le sac de charbon sont la preuve qu'il s'agit d'une structure mince le long de la ligne de visée et non d'un disque ou d'un anneau vu par la tranche.

projection sur le ciel  
d'un courant d'étoiles  
se déployant dans l'espace  
ainsi que d'étoiles isolées  
(EXTRAIT),

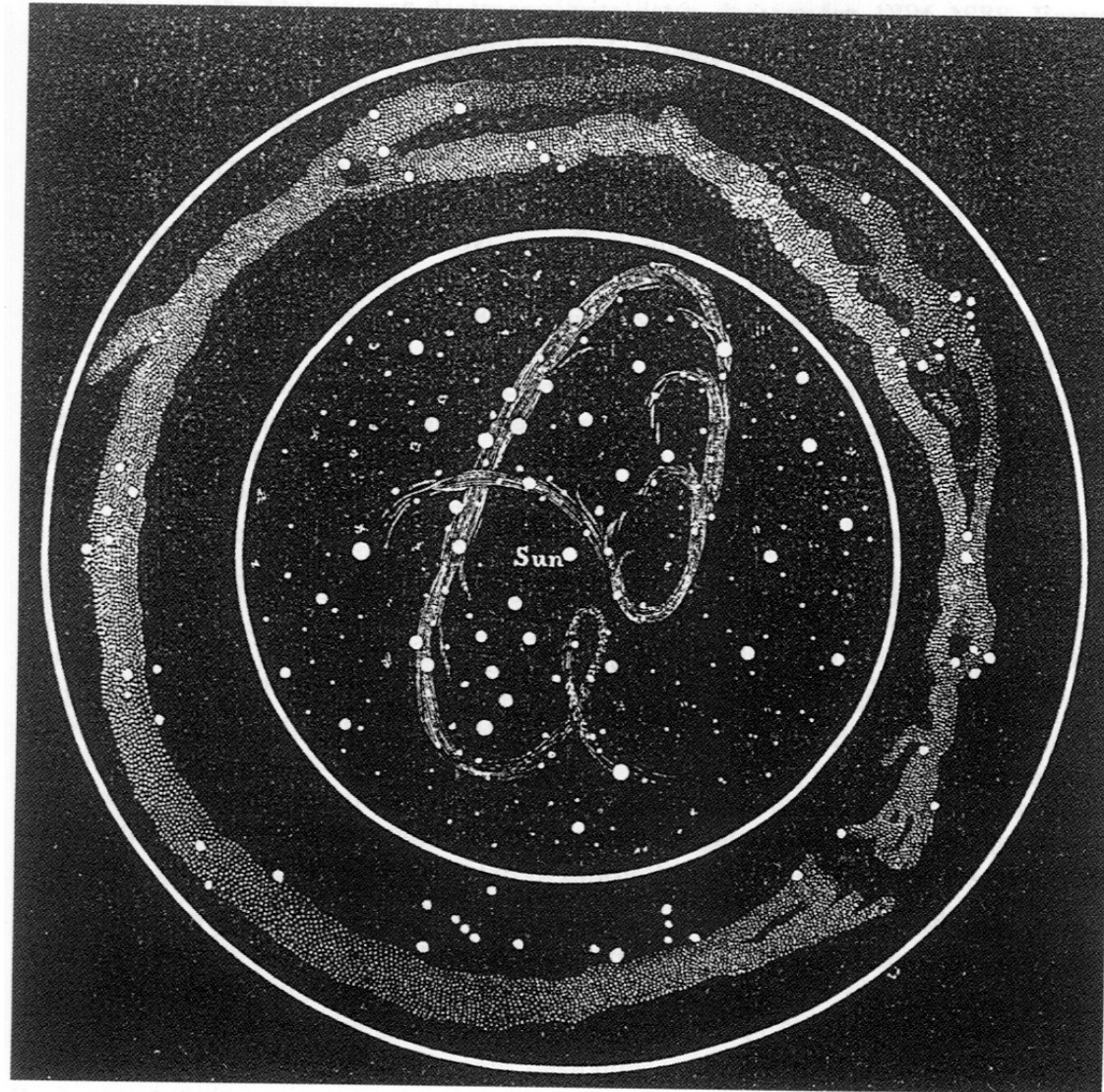


Figure 3  
La Voie lactée selon Proctor.

# Les modèles analogiques

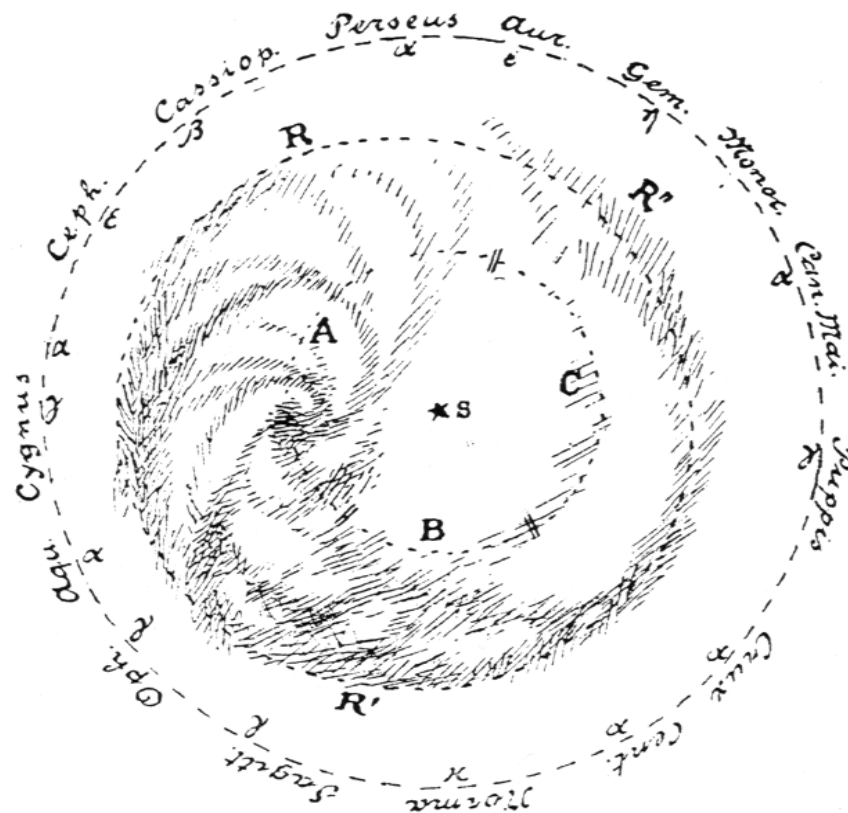
## Easton

- 1) plus une partie de la Voie Lactée est brillante, plus elle est proche
- 2) l'extinction interstellaire est négligeable
- 3) la Voie Lactée EST une nébuleuses spirale

1er modèle (1900)  
(observations à l'oeil nu)

la Galaxie n'est pas  
annulaire mais spirale

l'amas stellaire central  
se trouve dans le Cygne



Figures 4 et 5

La Voie lactée selon Easton (premier modèle).

# Les modèles analogiques

## Easton (EXTRAIT)

2<sup>nd</sup> modèle (1904): deux pops stellaires, deux types de nébuleuses, toutes font partie de la Voie Lactée

- - - - limite système stellaire

tr---- zone de transition

.... limite des nébuleuses brillantes

n / z pôles galactiques nord/sud

m, m<sub>1</sub> maxima d'accumulation des nébuleuses

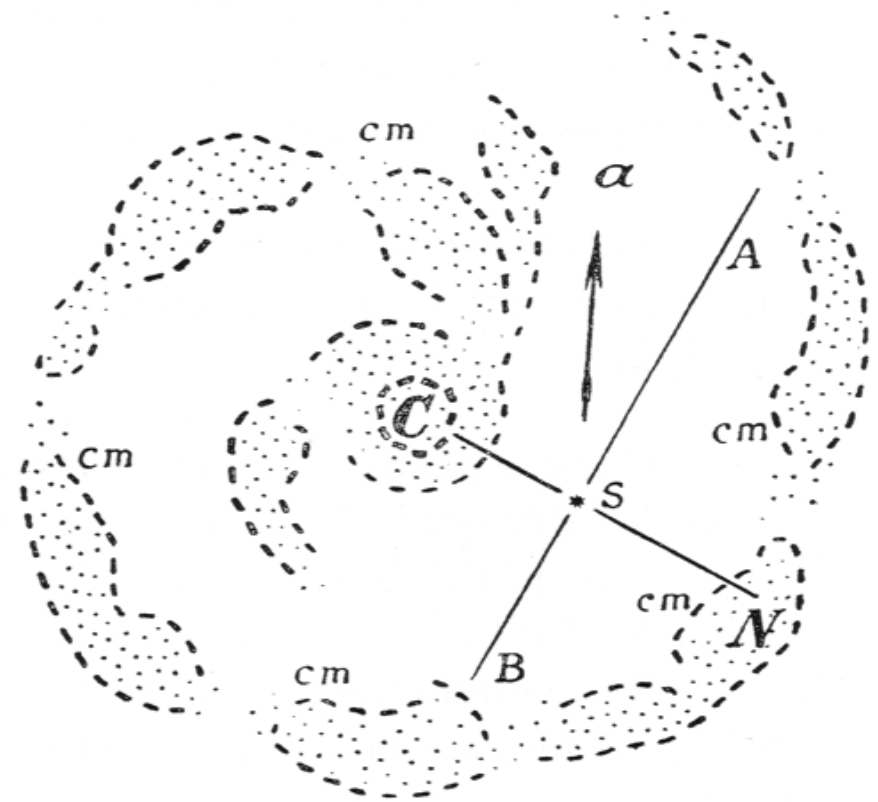
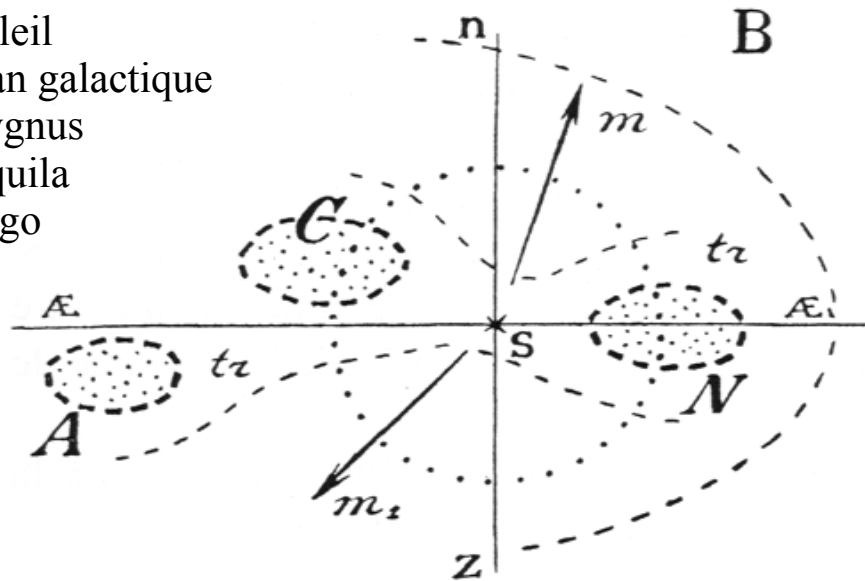
S Soleil

AE plan galactique

C Cygnus

A Aquila

N Argo



Figures 6 et 7

La Voie lactée selon Easton (deuxième modèle).

# Les modèles analogiques

## Easton

3ème modèle (1913)  
(relevé photographique):

une galaxie spirale  
entre M51 et M101,

les Nuages de Magellan  
sont comparables au  
compagnon de M51

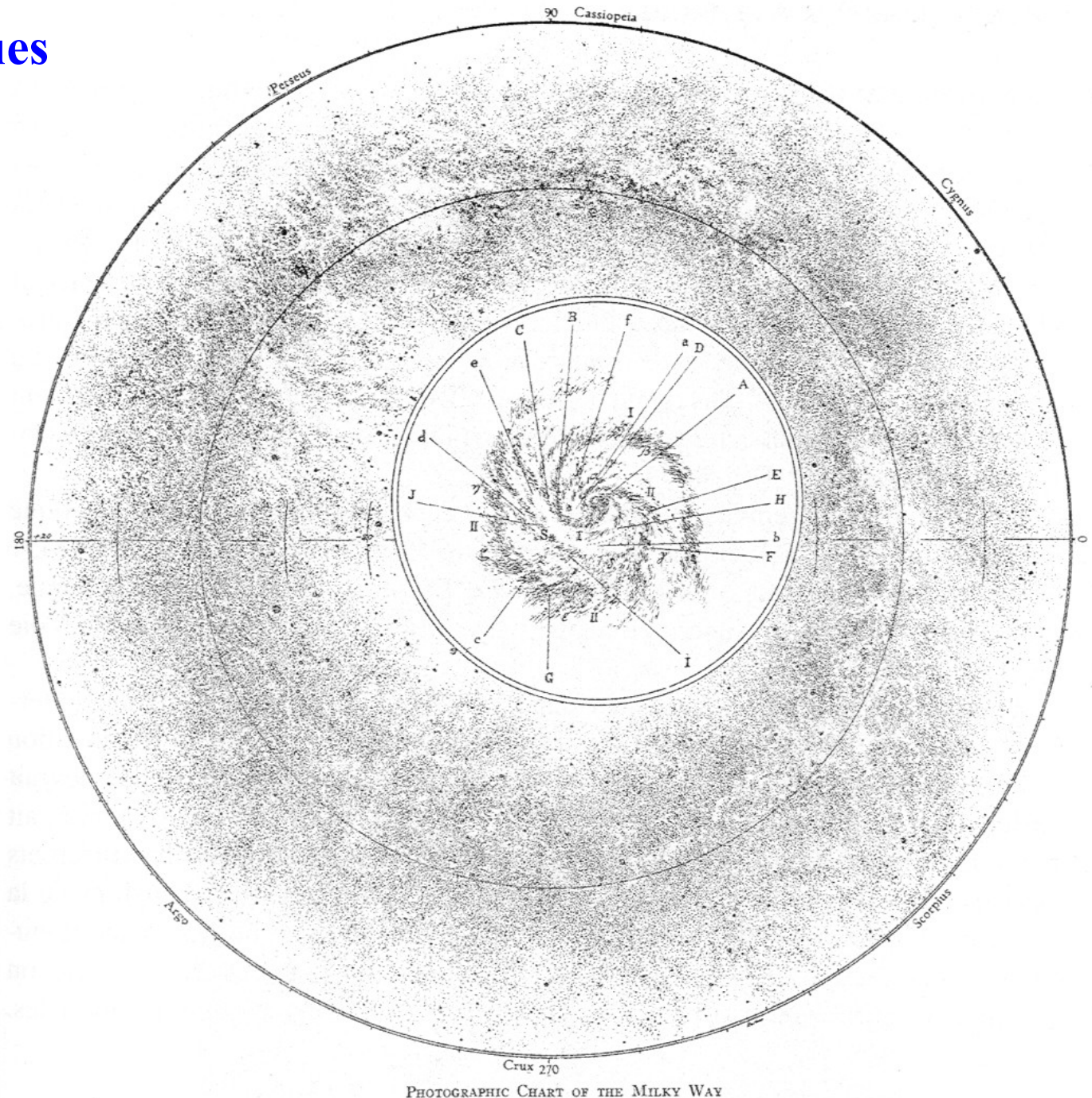


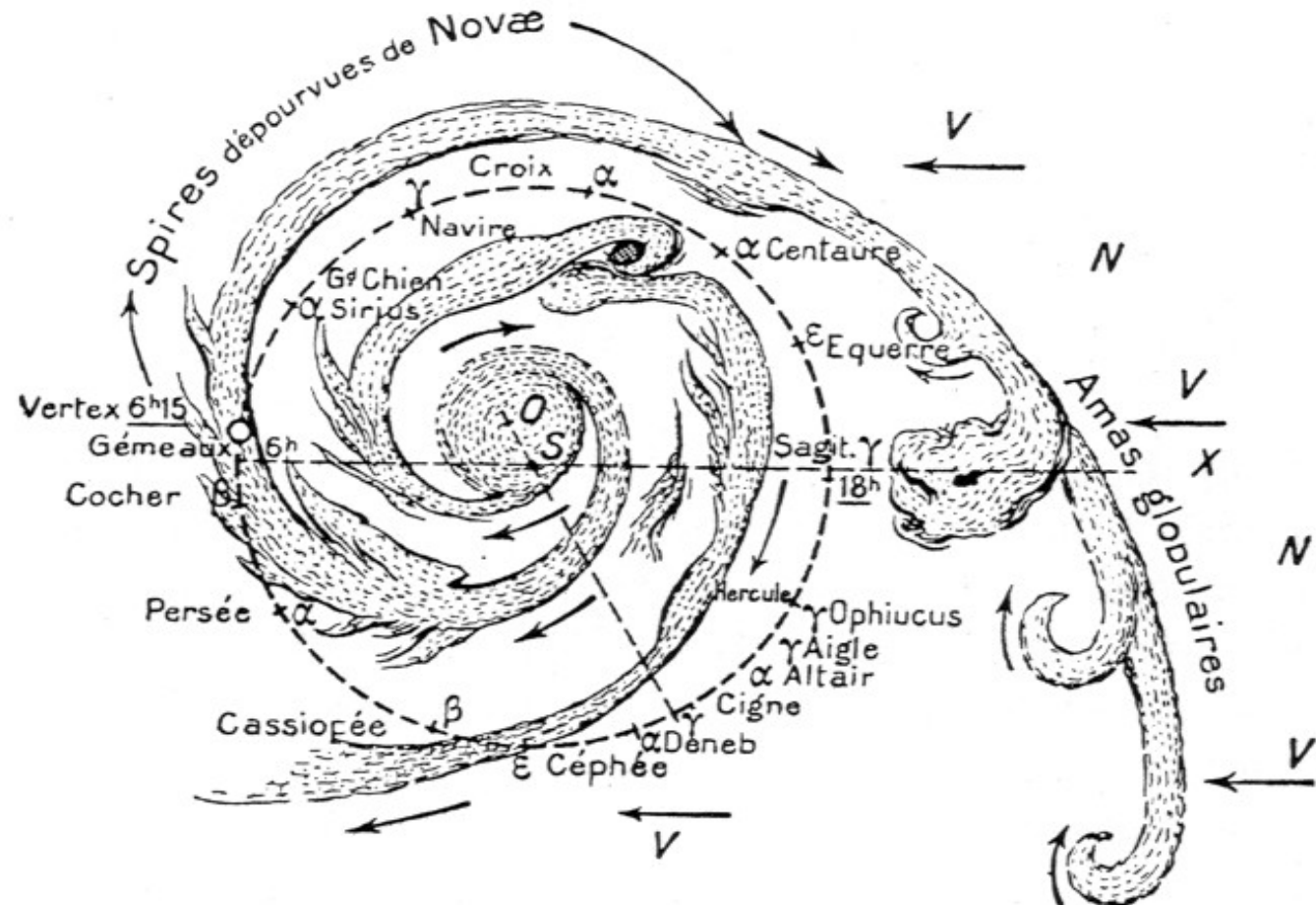
Figure 8

La Voie lactée selon Easton (troisième et dernier modèle).

## Les modèles analogiques

**Belot (1911)**

une hypothèse  
tourbillonnaire



*La Voie lactée assimilée en plan à la nébuleuse des Chiens de chasse. S position du Soleil.*

**Figure 11**  
**Le modèle galactique de Belot.**

# Les modèles analogiques

## Bilan

basés sur l'analyse de cartes réalisées par observation à l'oeil nu,  
à l'aide de télescope, puis de photographies (domaine visible)

reliés à des théories cosmogoniques

analogie avec les nébuleuses spirales

*des résultats divergents et trop subjectifs*

*il n'existe pas de critère de distance fiable*

## Les modèles analogiques



S'agit-il du même  
type d'objet ?

# Les théories Cosmogoniques

des hypothèses naturalistes :

des objets en apparence différents = des stades évolutifs d'un seul système

des principes analogiques entre les systèmes sidéraux à différentes échelles

recherche d'explications mécaniques (universalité de la gravitation)

*intestables en temps réel*

## **deux grandes classes**

**évolutionnistes:** hypothèse nébulaire (Kant, Laplace, Jeans)  
*problème du moment cinétique et de la durée*

**catastrophistes:** captures gravitationnelles, collisions cosmiques  
*problème des temps caractéristiques des rencontres*

# Les théories Cosmogoniques

## Evolutionnistes

**Kant** (1755) hypothèse nébulaire (**EXTRAIT**)

*utilisation des seules lois de la mécanique newtonienne*

l'instant initial est d'essence divine, donc hors de la science

l'univers est rempli d'une matière primitive chaotique  
qui se condense par gravitation à partir de fluctuation primordiales

un centre de l'univers se constitue :

la formation se fait du centre au bord

la matière primitive se divise en Voies Lactées,  
puis en systèmes stellaires, en planètes

# Les théories Cosmogoniques

## Evolutionnistes

**Laplace (1796-1814)**

**l'exposition du système du monde (6 éditions)**

la nébuleuse primitive

la condensation des planètes à partir de l'atmosphère solaire :

rotation initiale inexplicquée, refroidissement, aplatissement  
sous forme de disque (conservation du moment cinétique),

formation des anneaux depuis les régions externes, fragmentation

# Les théories Cosmogoniques

## Evolutionnistes

**Laplace (1796-1814)**

*Le système solaire devient une sorte de paradigme*

*l'univers peut être conçu comme la répétition indéfinie de systèmes structurés par la gravitation, soit qu'ils aient atteint la stabilité du système solaire, soit qu'ils soient dans un état antérieur de son histoire*

(EXTRAIT)

# Les théories Cosmogoniques

## Evolutionnistes

### **Kant et Laplace :**

*bilan du philosophe et du mathématicien*

- les étoiles se groupent en grands systèmes en contenant des milliards
- la Voie Lactée est la forme que prend pour nous le groupe auquel appartient le Soleil et les plus brillantes étoiles
- la profondeur de la Voie Lactée est probablement supérieure à mille fois la distance de Sirius
- il est probable que parmi les nébuleuses plusieurs soient des Voies Lactées vues de loin
- il est difficile de concevoir des bornes à l'univers
- il existe un centre de l'univers !

# Les théories Cosmogoniques

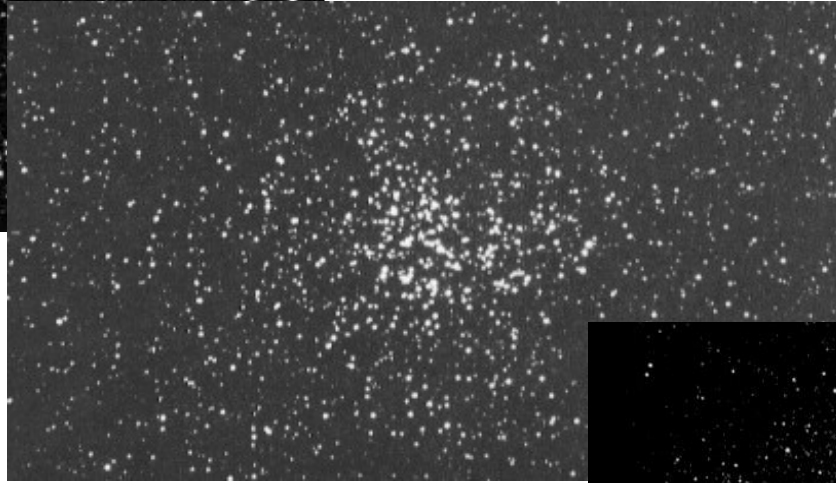
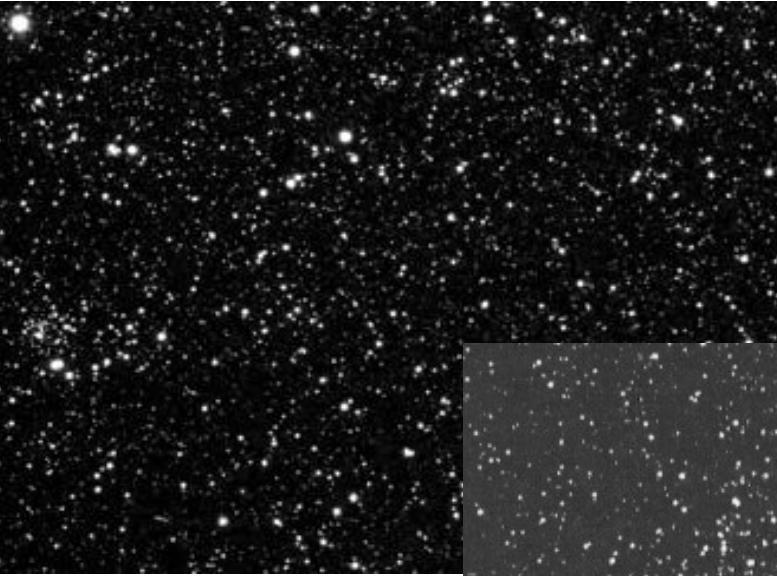
## Evolutionnistes

**W.Herschel** (1785-1814)      des observations multiples  
+ des hypothèses naturalistes

- **cinq formes théoriques**: amas globulaires(I), amas irréguliers (II), filamenteux/étendus (III), ensembles d'amas (IV), vides/cavités (V)
- **classification** des amas stellaires en fonction de leur “compression” apparente et selon leur résolution en étoiles  
→ une série continue jusqu'à la nébuleuse d'Orion ou aux nébuleuses planétaires.
- **condensation** selon un “clustering power”

## (EXTRAIT)

Il existe des “couches nébuleuses”  
qui se morcellent en amas d'étoiles  
ouverts ou globulaires :  
la Voie Lactée est dans cette phase ;  
le morcellement de la chevelure de  
Bérénice, une ancienne branche de  
notre Voie Lactée, est achevé.



“clustering power”



# Les théories Cosmogoniques

## Evolutionnistes

### **W.Herschel**



NGC1514, observées en 1790 (**EXTRAIT**):

Il existe un fluide nébuleux lumineux qui donne naissance aux étoiles  
celles-ci se condensent ensuite en amas ;

les nébuleuses planétaires sont de pures nébulosités  
elles correspondent à une phase initiale;

le degré de condensation d'un amas est une indication de son âge :  
la Voie Lactée a une vie finie ! (**EXTRAIT**)

le doute final:

l'ambiguïté nébulosité/amas dépend de la taille de l'instrument !

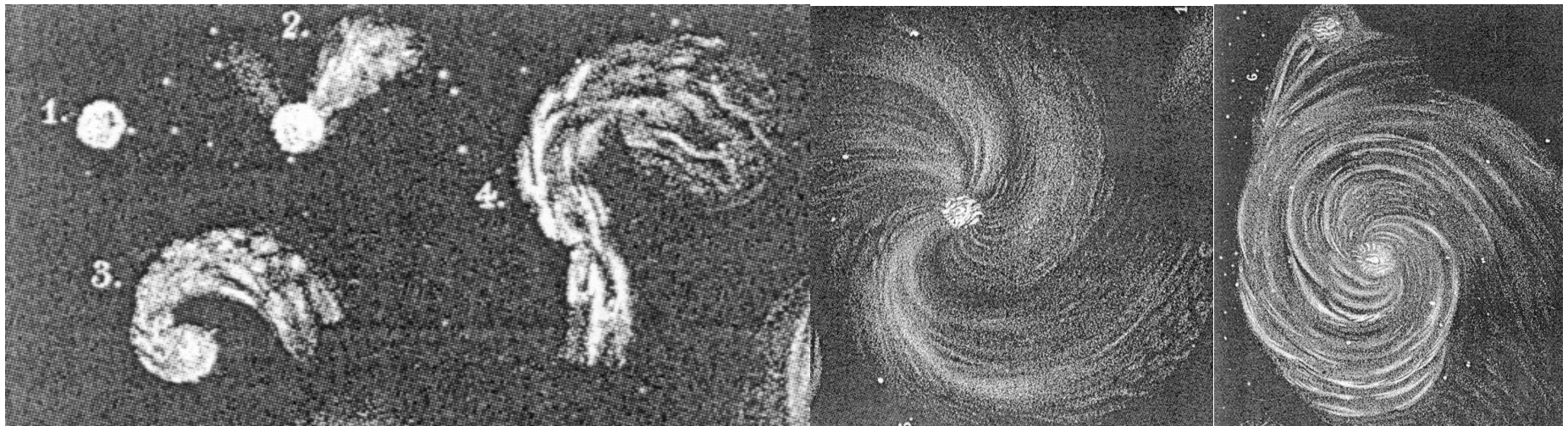
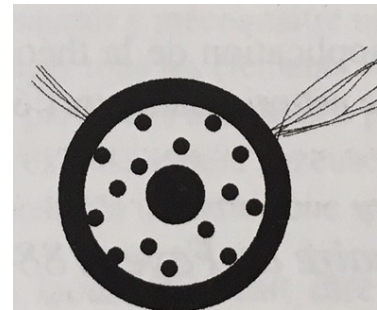
# Les théories Cosmogoniques

## Evolutionnistes

Alexander (1852)

essai d'application de la théorie de Laplace hors du système solaire

- (1) à l'origine : une masse hétérogène, sphérique et chaude en rotation  
→ aplatissement et évolution vers un anneau équatoriale  
et une région centrale
- (2) l'anneau se déchire et des jets de matière s'échappent
- (3) - (6) avec la rotation les jets forment des bras spiraux



# Les théories Cosmogoniques

## Evolutionnistes

(EXTRAIT)

### **Théorie nébulaire de Jeans (1917)**

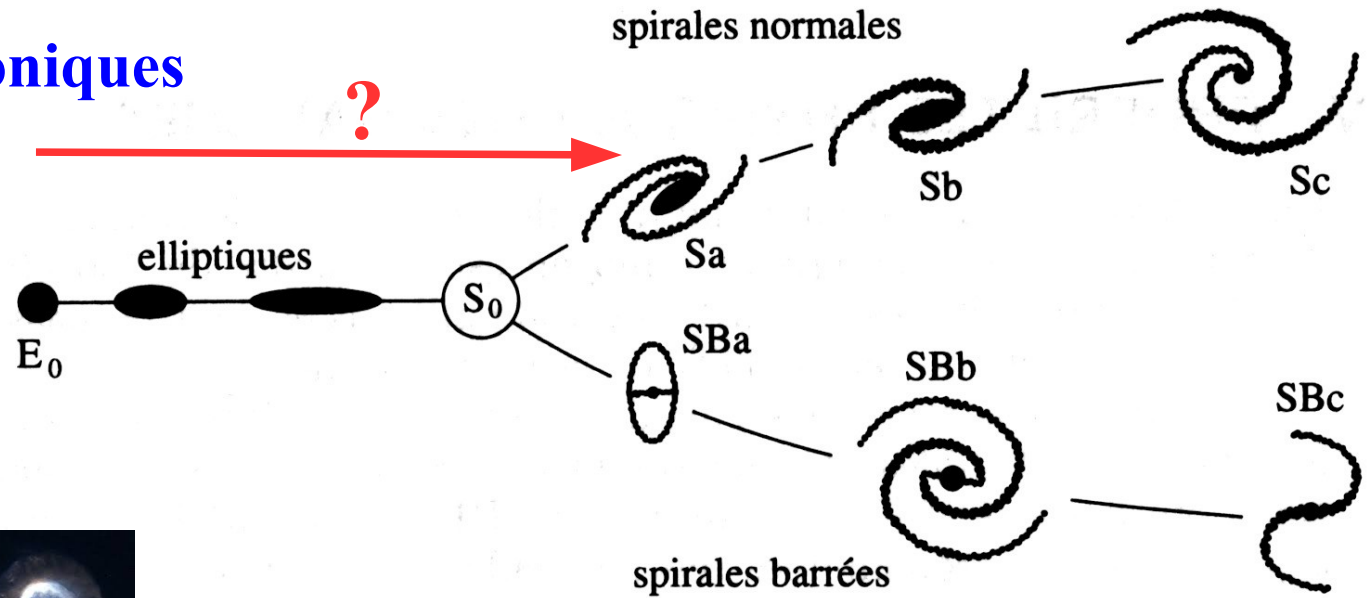
- la masse nébuleuse se contracte par gravité
- forme sphérique initiale mais aplatissement graduel du à l'augmentation de la rotation  
→ forme lenticulaire, bulbe central et bords éffilés
- de la matière éjectée par capillarité/viscosité forme des amas d'étoiles dans des bras spiraux



**Edwin Hubble pense vérifier par l'observation la théorie nébulaire de Jeans:**  
dans M87, il observe une chaîne de nébulosités qui s'étend depuis le noyau et forme des condensations quasi stellaires; des étoiles faibles s'amassent en périphérie (ce sont des amas globulaires !)

# Les théories Cosmogoniques

## Evolutionnistes



### I. Galactic nebulae

1. Planetary
2. Diffuse
  - a) Luminous
  - b) Dark



N.G.C. 7662

N.G.C. 1976  
Barnard 86

les études  
morphologiques  
de **Hubble (1922)**

### II. Non-galactic nebulae

1. Spiral
2. Elongated
  - a) Spindle
  - b) Ovate
3. Globular
4. Irregular



M 101 (N.G.C. 5457, 8)

HV 24 (N.G.C. 4565)

M 59 (N.G.C. 4621)

M 87 (N.G.C. 4486)

N.G.C. 2366

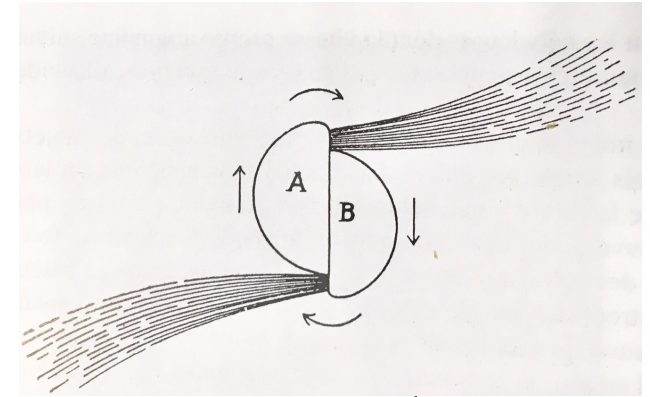
# Les théories Cosmogoniques

## Catastrophistes

**Arrhenius (1910)** : collisions cosmiques et pression de radiation

### Les nébuleuses diffuses :

- des corps célestes froids (50K)
- partie interne liquide ou solide, partie externe gazeuse
- les couches externes s'illuminent par interaction avec les particules chargées provenant des étoiles (aurores)



### Les nébuleuses spirales :

- lorsqu'une étoile vieillit il y a obscurcissement et encroûtement des couches périphériques l'intérieur de l'étoile restant fluide et chaud
- le choc de deux étoiles produit une nova et deux jets de matière la rotation rapide produit un aplatissement et une forme spirale
- celle-ci est bombardée par des corpuscules, elle capte des étoiles et des centres d'attraction se forment → amas stellaires

# Les théories Cosmogoniques

## Catastrophistes

**Arrhenius (1921):** collisions cosmiques

### La formation des étoiles :

condensation par gravitation des nébuleuses gazeuses irrégulières  
provoquée par des chocs de nébuleuses

### La formation de la Voie Lactée :

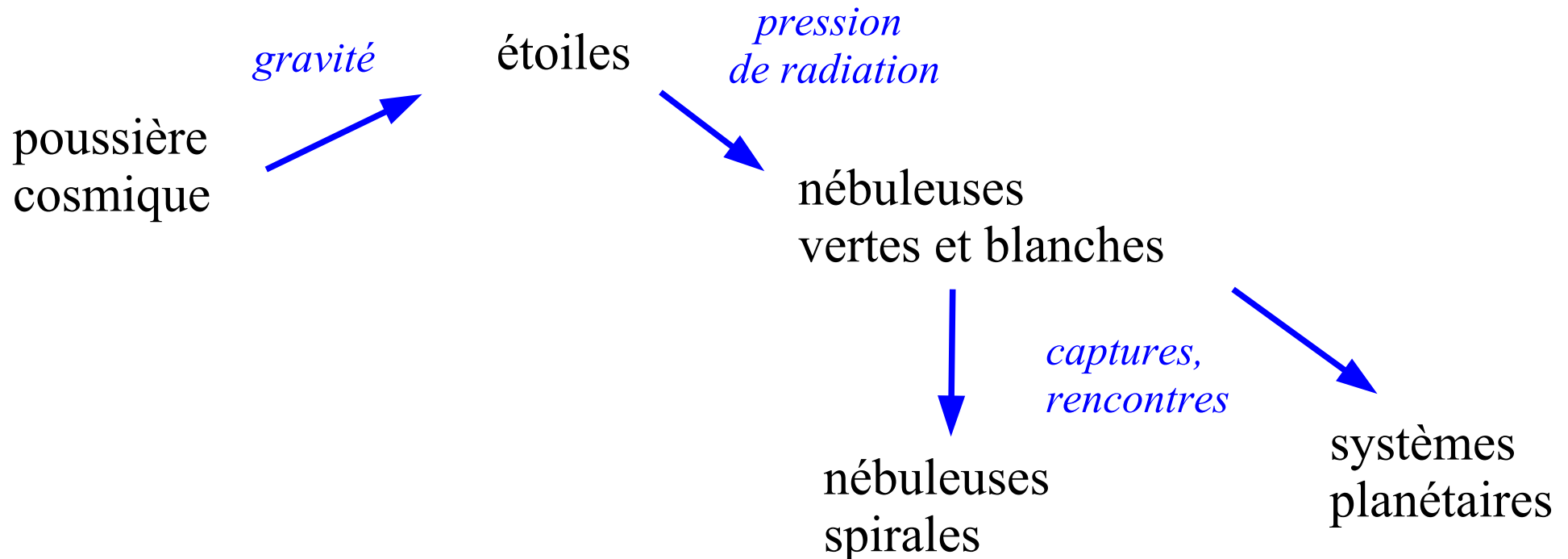
- collision de deux énormes nuées gazeuses  
qui se condensent et forment des bras spiraux
- capte de nombreuses étoiles
- bombardée par des nébuleuses planétaires

# Les théories Cosmogoniques

## Catastrophistes

See (1910)

- Il existe un milieu résistant constitué de poussière cosmique
- De nombreux objets sont le résultat de rencontres et d'effets de marées
- La pression de radiation des étoiles, force répulsive, éjecte des particules

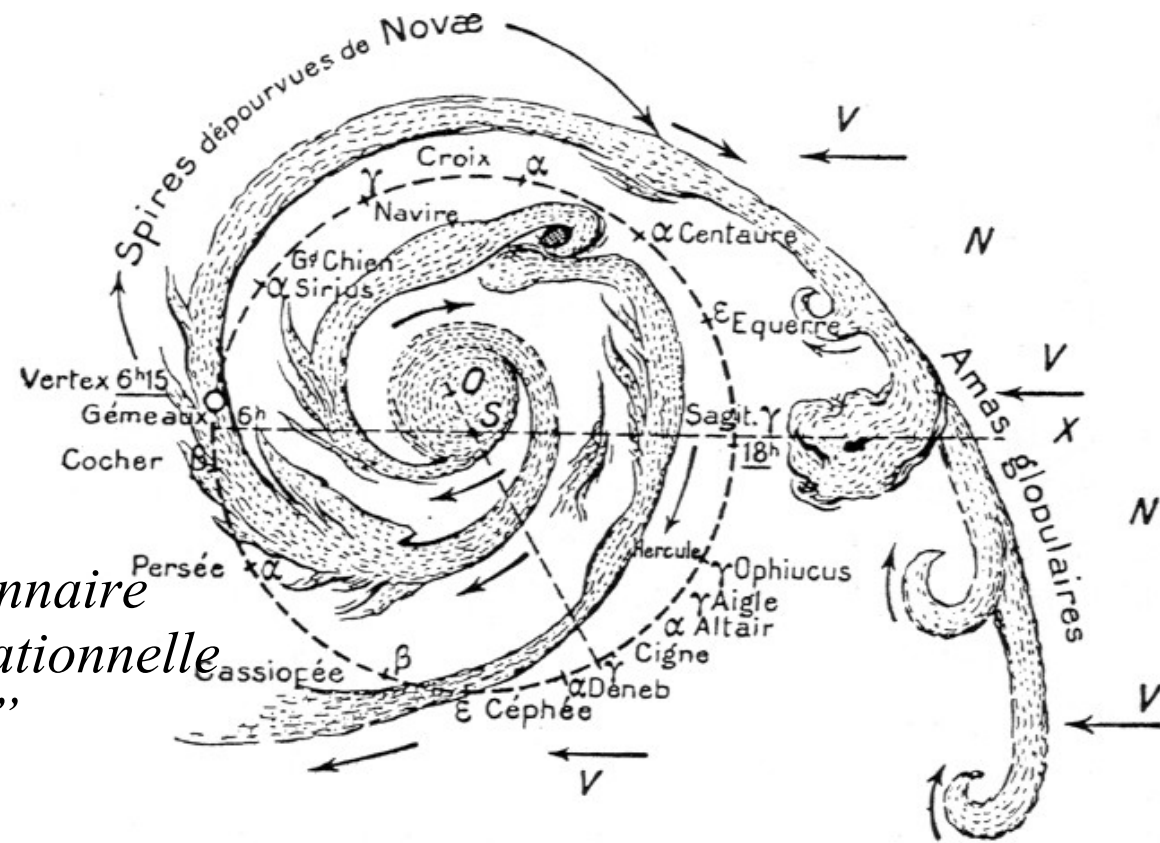


# Les théories Cosmogoniques

## Catastrophistes

**Belot (1911, 1924) :**

*“Tout système a dans sa vie deux périodes succédant insensiblement l'une à l'autre : la période tourbillonnaire ou cartésienne, et la période gravitationnelle régie par la gravitation universelle”*



**Les objets célestes résultent du choc de deux composantes:**

un “tube tourbillon” et une “nébuleuse amorphe” donnent une spirale, le choc crée une onde stationnaire le long du tube qui produit des sbires d'un second ordre puis des tourbillons d'étoiles et des amas globulaires (le même phénomène se produit à l'échelle d'un système planétaire)

- les bras spiraux ont un mouvement centrifuge (vers l'extérieur)
- la distribution des amas globulaires est dissymétrique

## **Bilan des modèles analogiques et cosmogoniques**

qualitatifs, grande subjectivité

pas de réelle confrontation aux observations  
pas de “falsification” possible

on ne prend pas en compte une extinction interstellaire

difficulté d'expliquer les courants d'étoiles  
dans des modèles héliocentriques

il manque des indicateurs de distances fiables