

# Histoire des conceptions de la Voie Lactée

9 mars 2020

Structure et modèles Galactiques

*“la Galaxie n'est rien d'autre qu'un amas d'étoiles innombrables”*

*Galilée (1610)*

# Histoire des conceptions de la Voie Lactée



9 mars 2020

Structure et modèles Galactiques

*“la Galaxie n'est rien d'autre qu'un amas d'étoiles innombrables”*

*Galilée (1610)*



## Rappel :

### Les Météorologiques d'Aristote (384-322 BC)

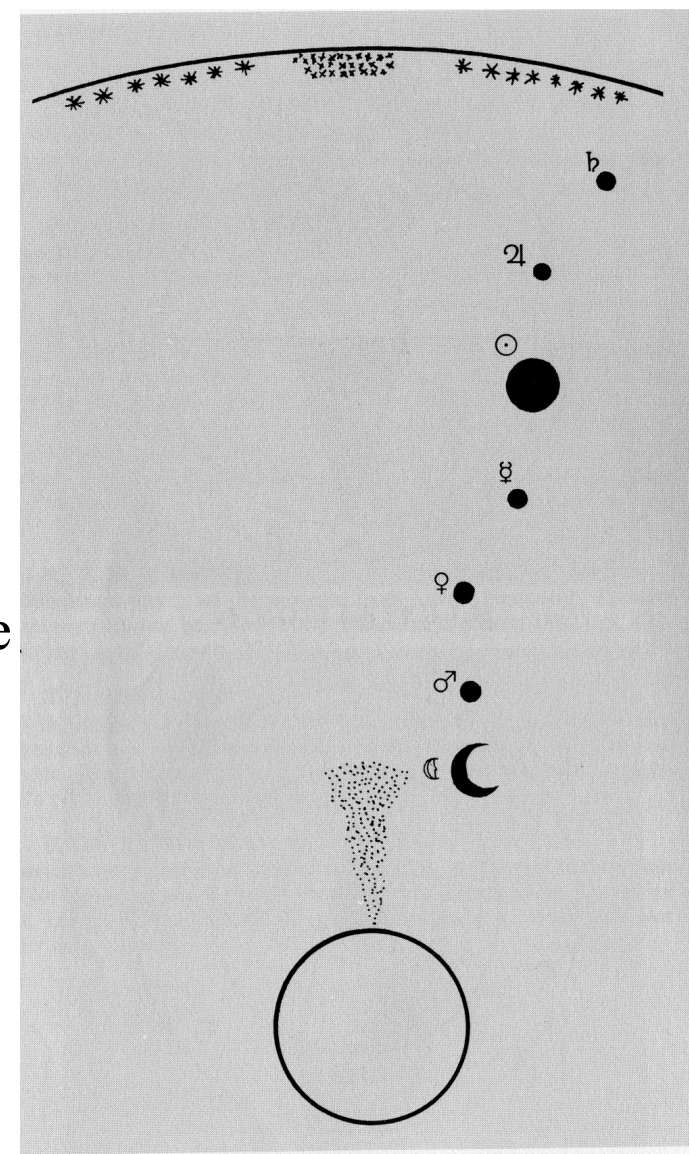
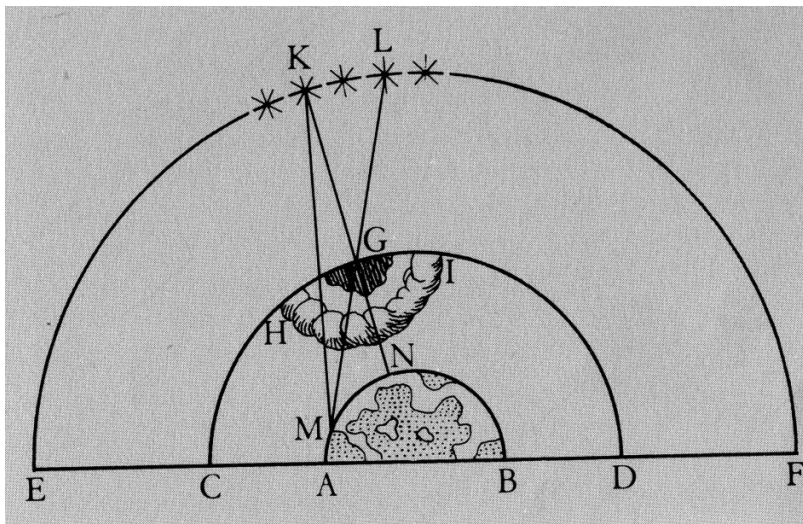
La Voie Lactée irrégulière appartient au monde sublunaire  
Un phénomène atmosphérique comme les étoiles filantes  
et les comètes

### Démocrite (460-370 BC) et la vision atomiste

Des étoiles très petites et serrées qui, à cause de la distance  
du ciel à la Terre, nous paraissent former une masse unie.

### Lucrece (99-51 BC)

la juxtaposition et le mélange des rayons lumineux  
créent la Voie Lactée



### Critiques au moyen-âge :

Pb de parallaxe, au-delà des planètes  
Pas de variation saisonnière

## Les critiques d'Aristote

Pourquoi cette permanence de la Voie Lactée ?

(pas de variation avec saisons, météo, trajet du Soleil, comètes, ...)

Et on ne connaît pas de variation climatique à l'échelle de la Terre entière

Si c'est le même phénomène que les comètes, pourquoi on n'y voit pas plus de comètes, et pourquoi elle ne varie pas comme celles-ci

Pourquoi ne voile-t-elle pas la lumière des planètes ?

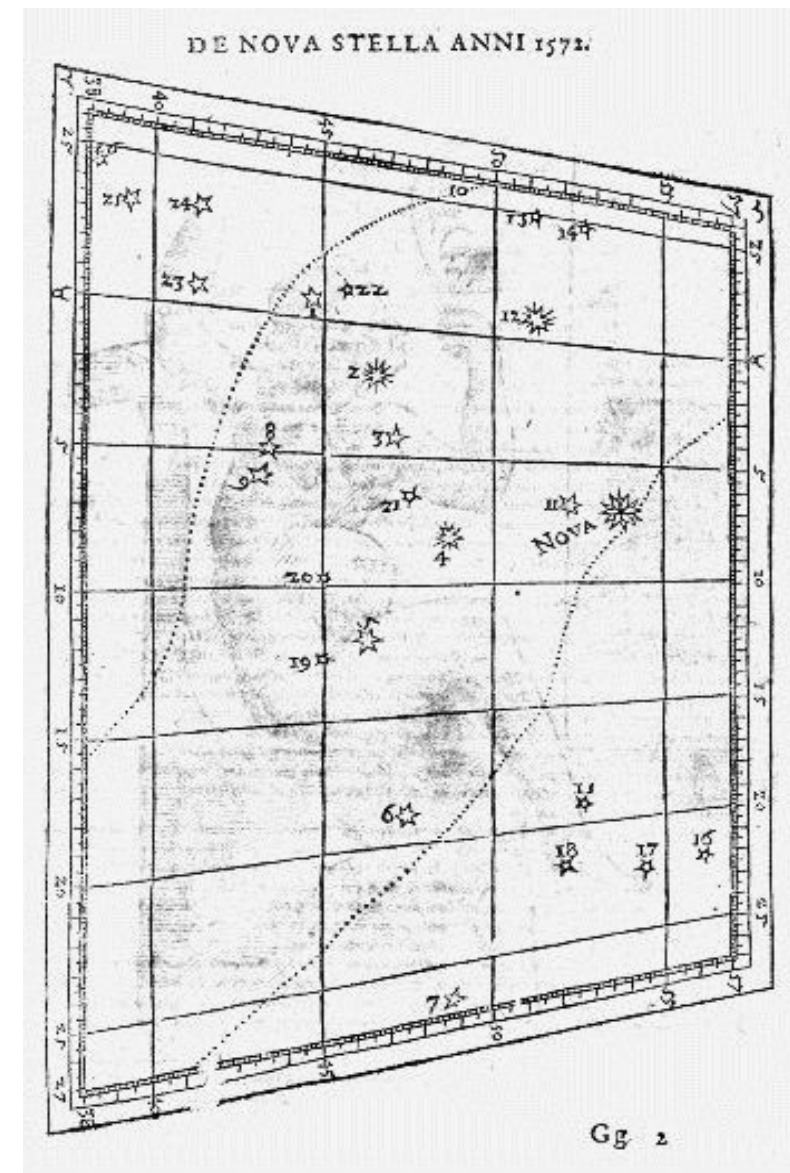
Pourquoi se projette elle devant les même étoiles quelque soit le lieu ?

Pourquoi on ne la voit pas plus brillante dans la région d'Orion ?

## XVIème et XVIIème siècles:

**Tycho Brahe (1546-1601) (EXTRAITS)**  
interprétation de l'étoile nouvelle de 1572  
relie les comètes à la Voie Lactée  
la Voie Lactée entre le système solaire  
et la sphère des fixes

**Galilée (1564-1642) (EXTRAITS)**  
le Messager Céleste (Siderus Nuncius, 1610)  
La Voie Lactée comme agglomérat d'étoiles, révélées par la lunette

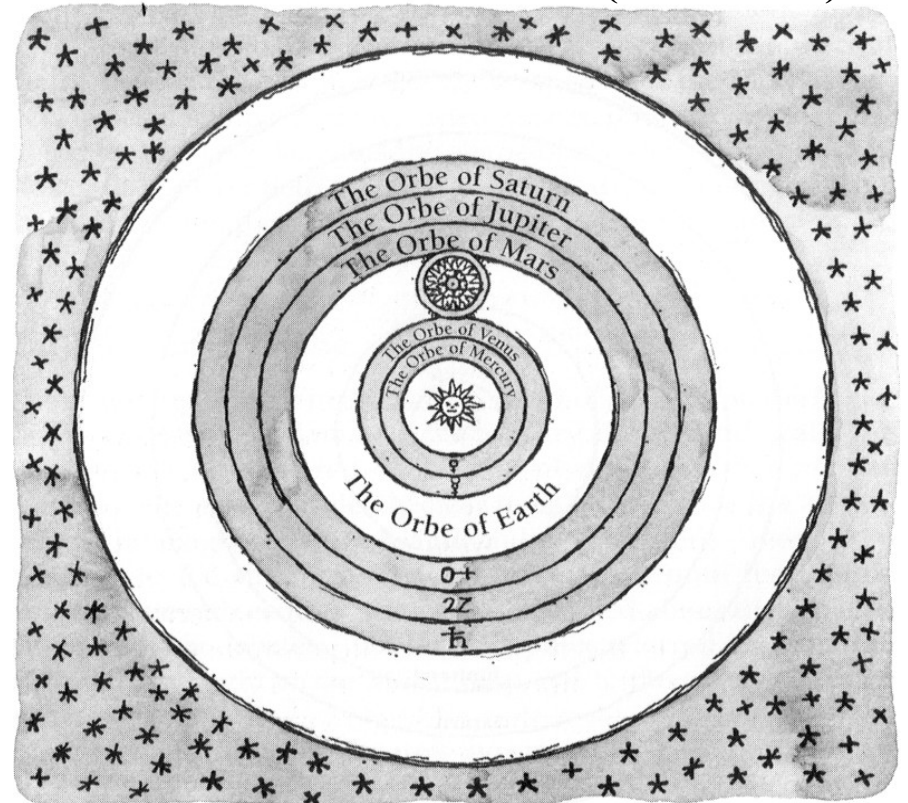




# Etat des lieux au début du XVIIème siècle:

Thomas Digges  
(1546-1595)

*La voie Lactée est  
constituée d'étoiles,  
mais ...*



y aurait-il un nombre infini d'étoiles ?

Pourquoi les étoiles sont-elles concentrées dans la Voie Lactée ?

Si les nébuleuses sont des conglomérats d'étoiles,  
sont-elles d'autres Voies Lactées?

Avec le développement de la Physique “mathématique” Newtonienne,  
jusqu'au milieu du XIXème, ces questions sont repoussées hors de la  
science “positive” (Auguste Comte)

# Newton (1642-1727)

*les principia (1687) :*

*asseoir les fondements même de la philosophie naturelle sur des propositions mathématiques*

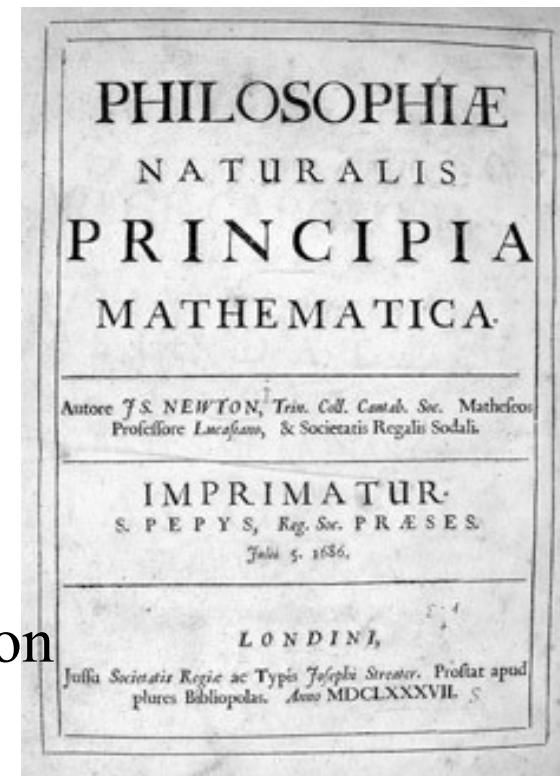
- lois fondamentales de la mécanique et de la gravitation
- applications à la mécanique du système solaire
- critique de la théorie des tourbillons de Descartes
- importance de la méthode expérimentale et de l'induction

*le Système du Monde (1728)*

La distance de Sirius par la méthode de Gregory (1638-1675) :

distance de Saturne au moment où Sirius apparaît avec le même éclat.

→ *Sirius est qq 100,000 fois plus éloignée que le Soleil (548,100 u.a.)*



**1718:**

Halley découvre les mouvements propres stellaires (Aldebaran, Arcturus, Sirius), pour Newton c'est la preuve que les étoiles s'attirent sous l'action de la gravitation.

→ *“afin que le système des fixes ne tombent pas les uns sur les autres, [Dieu] a placé ces systèmes à une immense distance les uns des autres”*

**1729:**

Bradley découvre l'aberration de la lumière

→ preuve que la Terre est en mouvement



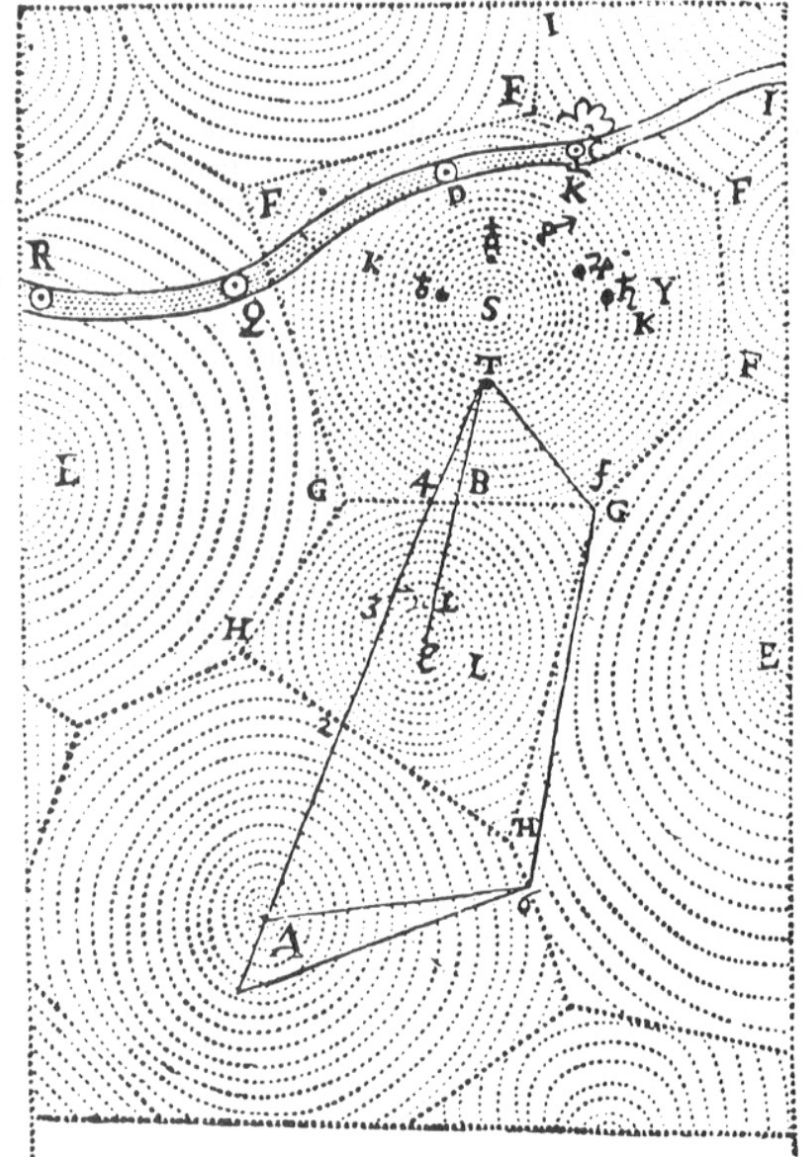
## La théorie des tourbillons de Descartes:

*“les cieux sont constitués d'une sorte d'éther et animés de tourbillons dont les étoiles sont les centres; le Soleil est au centre d'un tourbillon qui entraîne les planètes dans son mouvement.”*

## Les conceptions cartésiennes de Swedenborg (1688-1772) :

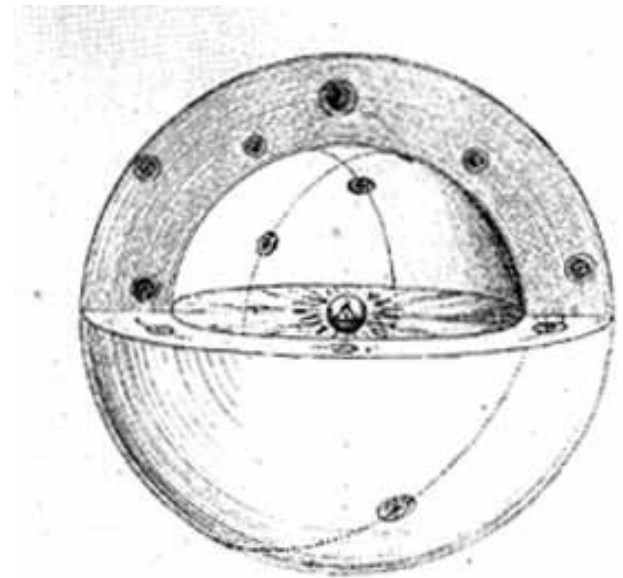
La Voie Lactée est l'axe d'une sphère Magnétique (cf W.Gilbert, 1600), et chaque étoile est le centre d'un tourbillon (Swedenborg, 1734)

**EXTRAIT**



# Thomas Wright (1711-1786) :

Enseigne les mathématiques et la navigation  
dessins architecturaux et relevés topographiques



## 1734-1742, *Clavis Coelestis* :

un univers fini, à symétrie sphérique,  
pluralité des mondes (soleil = étoile = grosse boule de feu + planètes  
l'éclat des étoiles inversement proportionnel à la distance  
(on ne voit que les plus proches étoiles)  
les étoiles en mouvement réparties au hasard  
(cf mvts propres, ce qui résoud le problème du collapse)

## 1750 : *An Original Theory of the Universe* “*Neuf lettres à un ami*”

(un texte à destination du grand public et aux philosophes)

les étoiles sont distribuées en strates, en un ordre régulier,  
elles sont en mouvement autour d'un centre commun,  
occupé par une présence divine

## **Thomas Wright (1750):**

An Original Theory of the Universe “*Neuf lettres à un ami*”

**Un équilibre entre des arguments mathématiques, des démonstrations rigoureuses, et l'usage de l'analogie et de principes de symétrie**

*“une théorie rationnelle et régulière de l'univers connu”*

### **Une hypothèse probable**

*“En astronomie, aussi bien qu'en philosophie naturelle, quoique nous ne puissions affirmer avec assurance que toutes les choses que nous disons sont des faits et la vérité, [...] il est déjà magnifique, comme le dit Mr Huygens, d'arriver ne serait-ce qu'à des probabilités”*

**Thomas Wright (1750):**

An Original Theory of the Universe “*Neuf lettres à un ami*”

**Un univers infini d'étoiles, le soleil est l'une d'elle**

*“La Terre a longtemps été le principal lieu de notre système, et y régnait paisiblement, comme au centre de l'univers [...] “*

*“Le Soleil, ou plutôt le système solaire, a presque aussi longtemps usurpé le centre de l'infini”*

**(EXTRAITS – 6ème lettre)**



**Thomas Wright (1750):**

An Original Theory of the Universe “*Neuf lettres à un ami*”

**La situation de l'observateur à l'intérieur du système :**

*“toutes les étoiles appartiennent au même système : la Voie Lactée,  
il existe un ordre plus général que nous ne pouvons pas voir”*

(**EXTRAITS** – 6ème lettre)

## **Thomas Wright (1750):**

An Original Theory of the Universe “*Neuf lettres à un ami*”

- 1) Les conceptions antérieures** (Milton, Bruno, Huygens, Newton...)
- 2) Méthode** : arguments mathématiques, analogies, principes de symétrie
- 3) Mouvements dans le Système Solaire** (planètes, comètes)
- 4) Pluralité des mondes**
- 5) La Voie Lactée** : rappel de la mythologie et des théories du 18ème  
→ toutes les nébulosités résolvables en étoiles, distances (exp Sirius)
- 6) Un univers ordonné par la gravitation**, toutes les étoiles en mouvement
- 7) Deux modèles possibles** : il existe un centre, occupé par Dieu
- 8) Considérations sur l'Espace et le Temps** : dimension et âge
- 9) L'existence d'autres systèmes extérieurs**

## Thomas Wright (1750):

An Original Theory of the Universe “*Neuf lettres à un ami*”

### Arguments théologiques

La multiplicité des mondes comme nécessité théologique

➔ “La Création est infinie, donc l'univers est infini”

Un ordre régulier, pas au hasard

La sphère comme forme parfaite

*“les étoiles ne sont pas seulement des astres lumineux de la même nature que le Soleil, mais elles sont vraiment comme autant de soleils, toutes dispensant chaleur et gravité, dans un ordre régulier, à travers la création visible.”*

## **Thomas Wright (1750):**

An Original Theory of the Universe “*Neuf lettres à un ami*”

### **Analogies avec le système solaire**

Soleil = étoile = boule de feu + planètes

Il existe un point, le Soleil, d'où on voit l'ordre régulier du système

Les trajectoires des comètes sont confinées dans une sphère plutôt que dans un plan.

- les étoiles suivent des orbites courbes
- il existe un centre commun
- le Soleil n'est pas au centre
- le système est sphérique
- pluralité des mondes



## **Thomas Wright (1750):**

An Original Theory of the Universe “*Neuf lettres à un ami*”

### **Arguments observationnels**

Voie Lactée : ensemble d'étoiles rapprochées,  
toutes les nébulosités sont “résolvables” en étoiles

#### les dimensions du système stellaire:

l'éclat des étoiles est inversement proportionnel à leur distance  
on ne voit que les plus proches

distances de Sirius selon Huygens ( $2 \cdot 10^{12}$  miles)

→  $R(\text{sphère}) = 100 \cdot 10^{12}$  miles,  
une révolution stellaire  $> 1$  million d'années;  
10 millions de soleils, 60 millions de planètes

#### existence de mouvements propres stellaires

→ Les étoiles gravitent et tournent autour d'un centre commun  
et la force centrifuge les empêche de s'agglomérer.

**Thomas Wright (1750):**

An Original Theory of the Universe “*Neuf lettres à un ami*”

## **Le Soleil n'est pas au centre de l'univers**

Nous sommes des spectateurs internes au système

*“Il existe un centre depuis lequel l'ordre et les mouvements des étoiles apparaissent plus réguliers et harmonieux”*

Voie Lactée = vue en perspective depuis l'intérieur d'une coquille

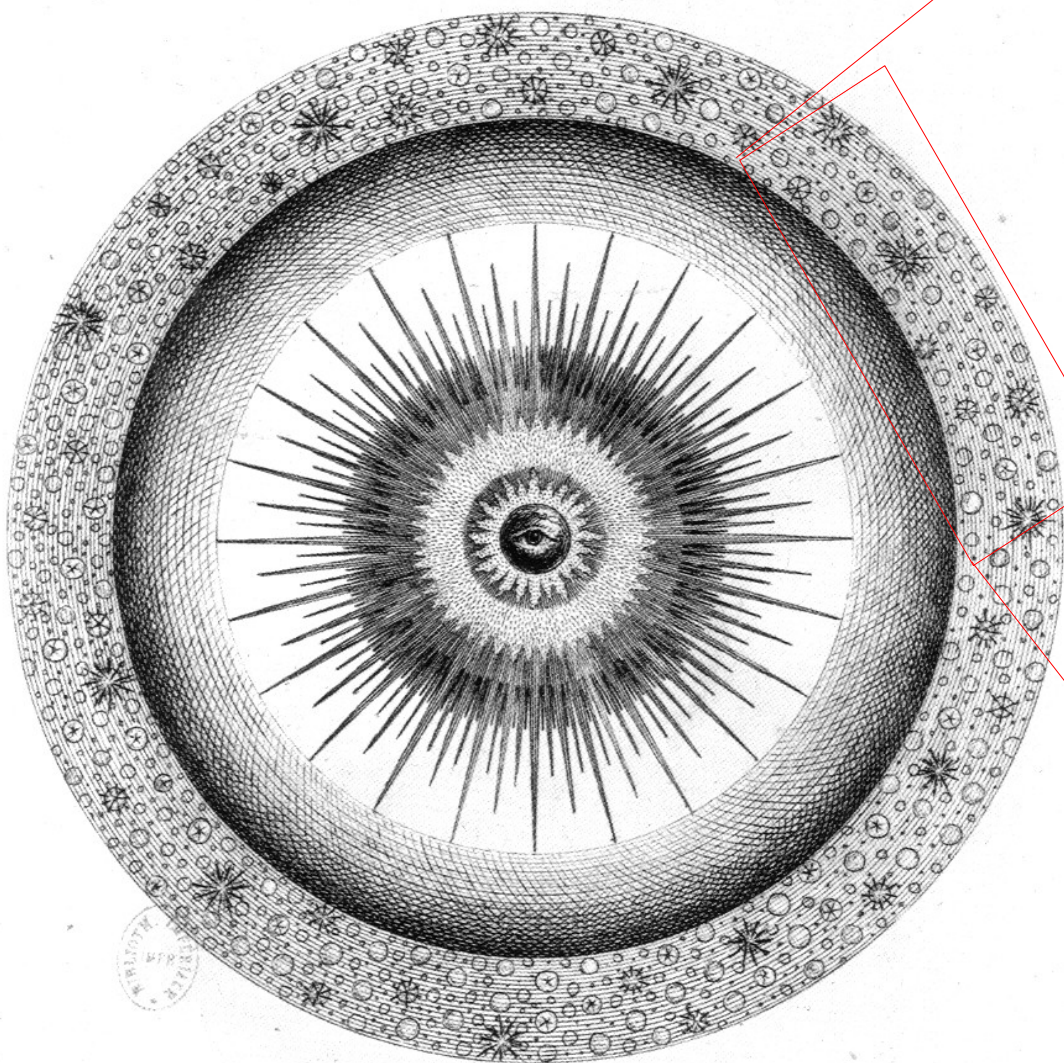
Les étoiles suivent des orbites courbes.

→ Deux modèles proposés: système sphérique, anneaux  
(**EXTRAITS** – 7ème lettre)

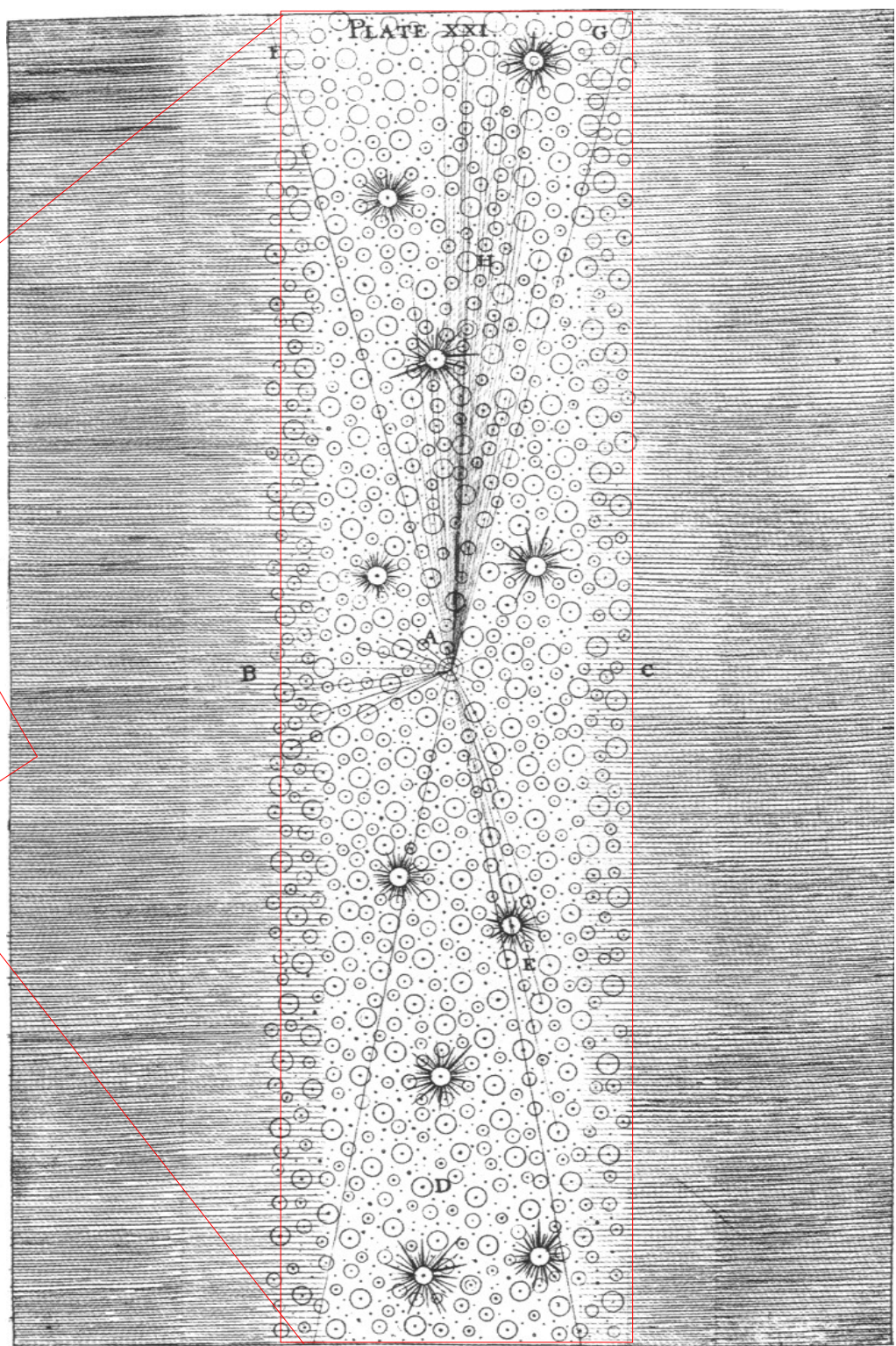


# Thomas Wright (1750): An Original Theory of the Universe

PLATE XXV.



(EXTRAIT – 7ème lettre)





# Thomas Wright (1750): An Original Theory of the Universe

PLATE. XXIX.

Figure I.

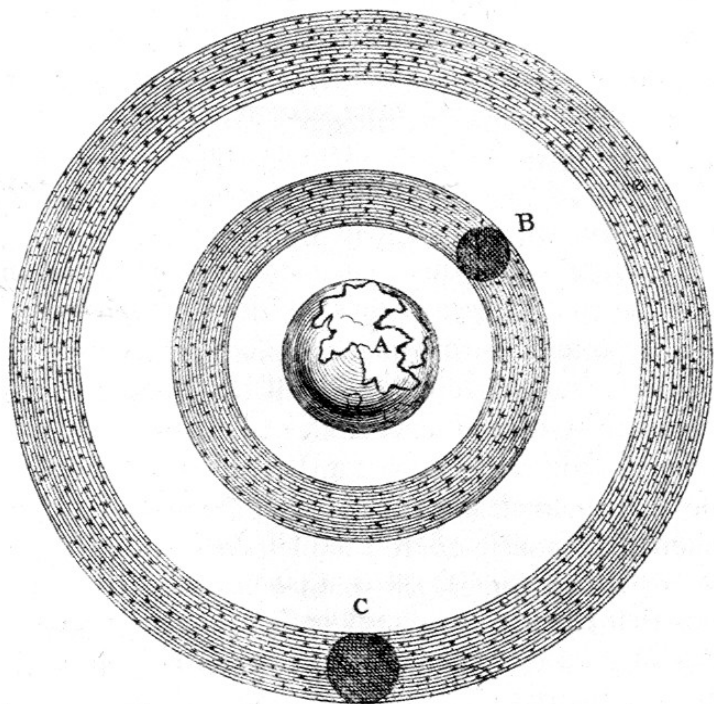
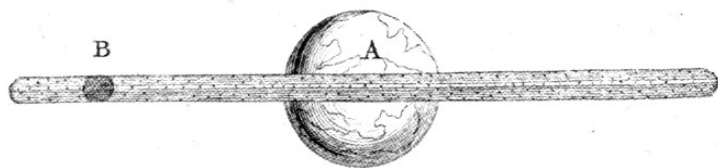


Fig. II.



(EXTRAIT – 7ème lettre)

PLATE XXVII.

Figure. 1.

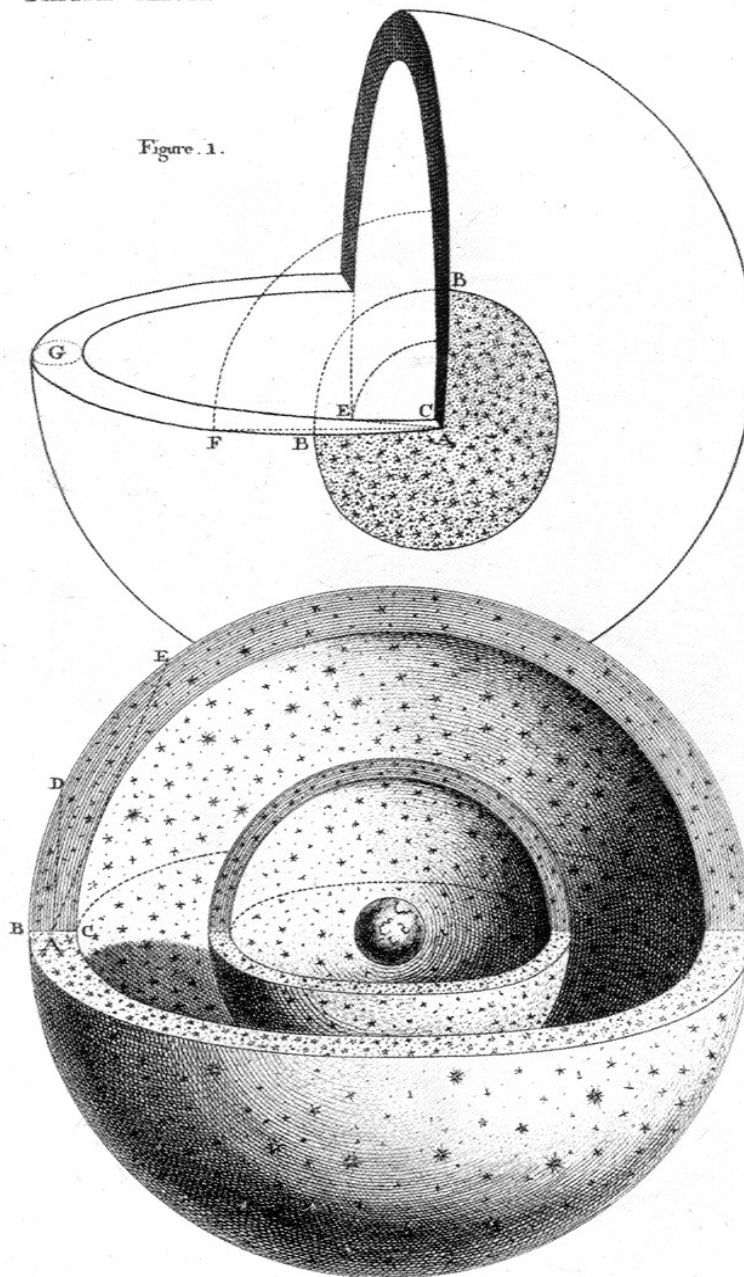


Fig. 2.



**Thomas Wright (1750):**

An Original Theory of the Universe

**L'Espace et le Temps**

*“L'Espace doit être étendu à tout l'infini,  
le Temps doit continuer de toute éternité”*

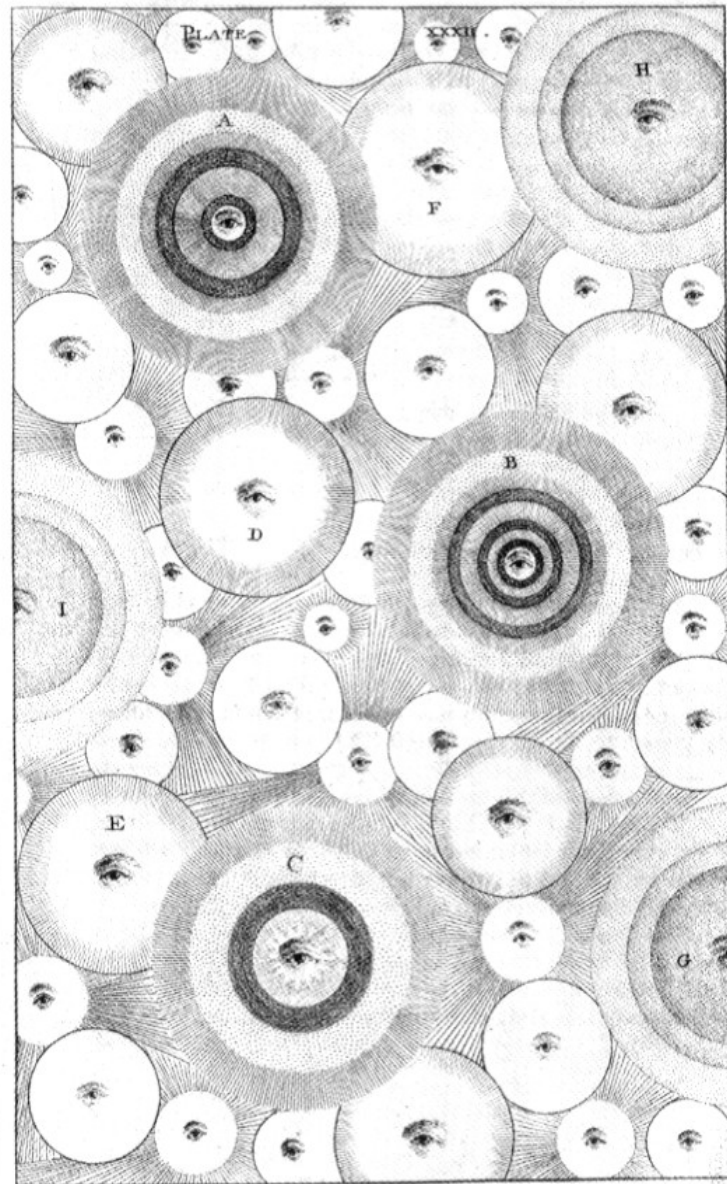
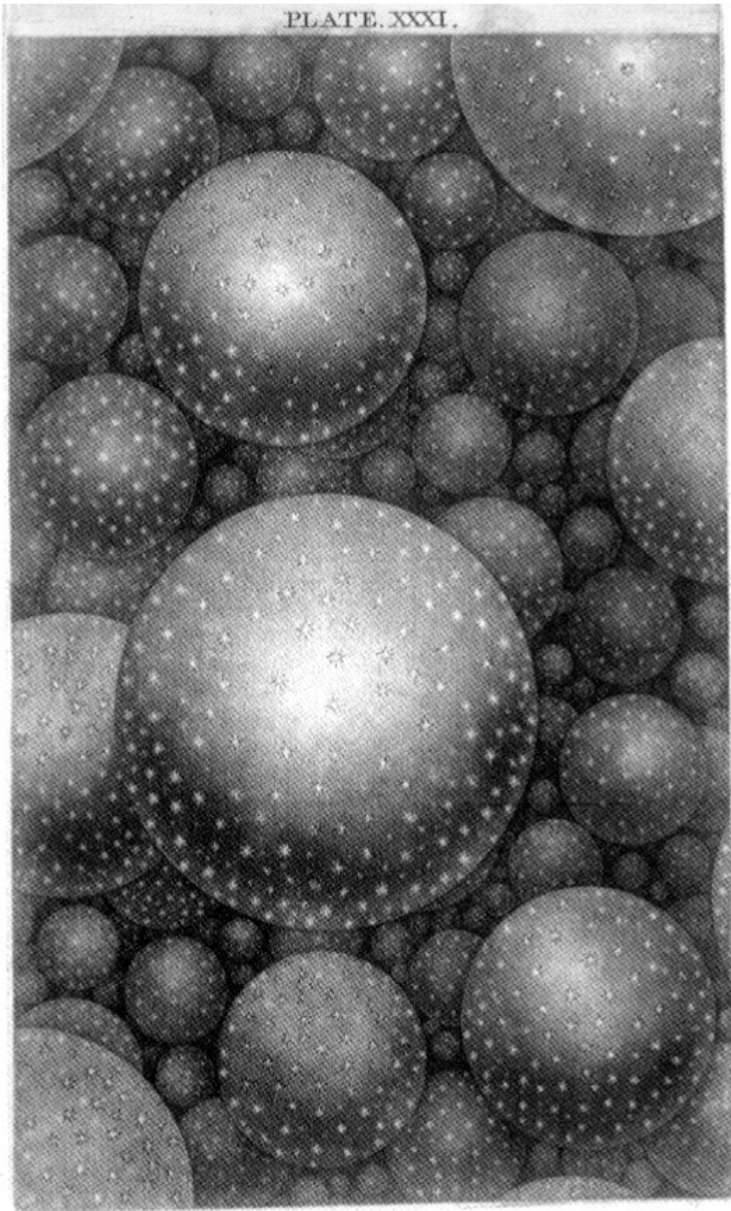
**les étoiles naissent et meurent**

**(EXTRAIT)**

**Il existe d'autres systèmes extérieurs: les nébuleuses**

**(EXTRAIT)**

**Thomas Wright (1750):**  
An Original Theory of the Universe



## Thomas Wright (1771):

**retour aux représentations médiévales !**

la Voie Lactée = une chaîne de volcans en éruption

étoiles = volcans distribués sur un ciel solide

comètes = éjectas de lave

le système solaire est lui-même à l'intérieur d'un soleil plus grand

*(Rem. Traumatisme du tremblement de Terre au Portugal en 1755)*

# Jean Henri Lambert (1728-1777)

La Galaxie est un système d'étoiles irrégulier, circulaire et plat constitué de sous-systèmes. (**EXTRAITS**)

## **Lettres Cosmologiques (1761) :**

20 lettres, les 10 premières consacrées au système solaire et aux comètes

Le Soleil est dans le sous-système d'Orion

il existe un centre commun à toutes les galaxies

l'univers est fini, statique et possède au maximum 1000 ordres



# Emmanuel Kant (1755) : Théorie du Ciel

Une mauvaise lecture de Wright : analogie avec le système planétaire

Influence de Maupertuis : Discours sur les différentes figures des astres

*“Des amas de matière fluide, qui ont un mouvement de révolution autour d'un centre, doivent former des astres forts aplatis et en forme de meules”*

→ **la Voie Lactée: un disque plat vu de l'intérieur**

(EXTRAIT)

→ **les taches nébuleuses sont des systèmes d'étoiles**

(EXTRAIT)

le mvt orbital des planètes → la rotation différentielle de la Galaxie

il existe un centre de l'univers, lieu de sa formation

## Les modèles de Swedenborg, Wright, Kant, Lambert:

peu de données observationnelles

basés sur des principes philosophiques et la spéculation

peu de mathématiques, géométrique mais pas de quantitatif

subjectifs

### → **William Herschel**

premières recherches “scientifiques”

(observationnelles et quantitatives + souci de l'instrumentation)

des tests des hypothèses spéculatives de ses prédécesseurs

des modèles basés sur des données objectives

# William Herschel (1738-1822)

Astronome et musicien (hautbois, violon, orgue)

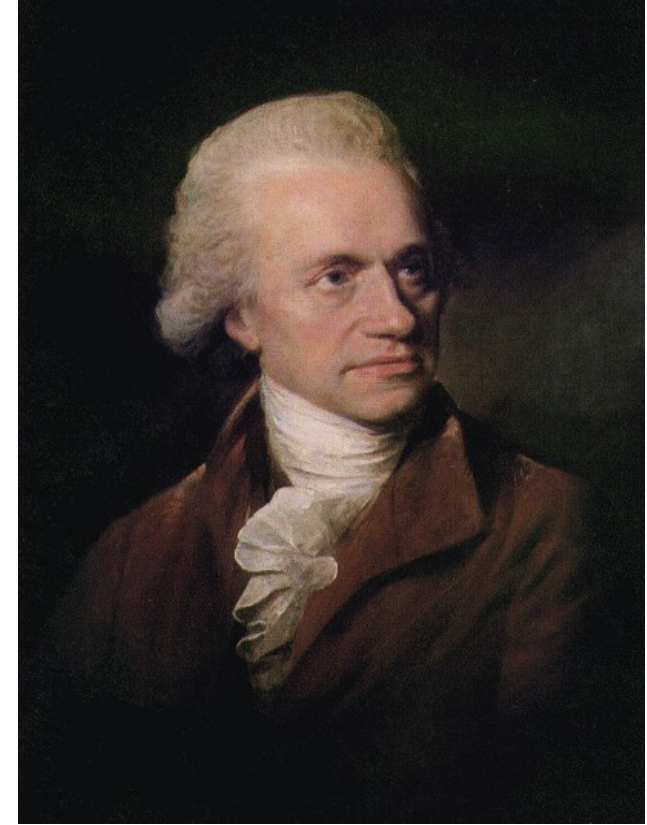
## premiers travaux (1774-1782) :

objets du système solaire, montagnes de la lune...

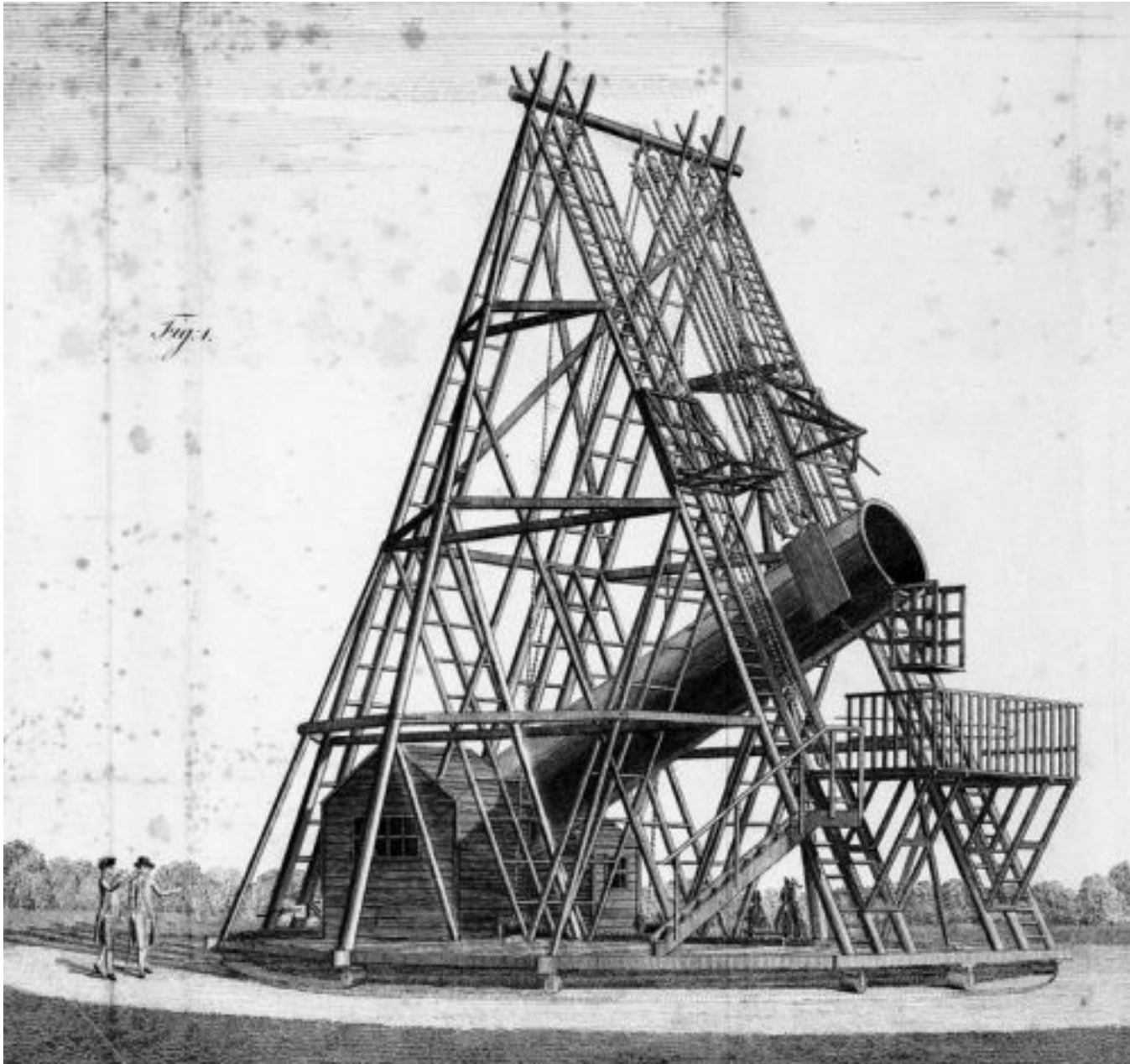
recherche de parallaxe par l'études des étoiles doubles (269 \* binaires).  
la plupart sont des doubles réelles → masse des étoiles,  
mais preuve de différences de luminosité intrinsèque entre les étoiles

recherche de l'apex du Soleil

**découverte d'Uranus (1781)** → entrée à la Royal Society  
découverte de Titania & Obéron (1787) – Uranus  
découverte de Mimas & Enceladus (1789) – Saturne



# William Herschel



**Un constructeur de télescopes:**

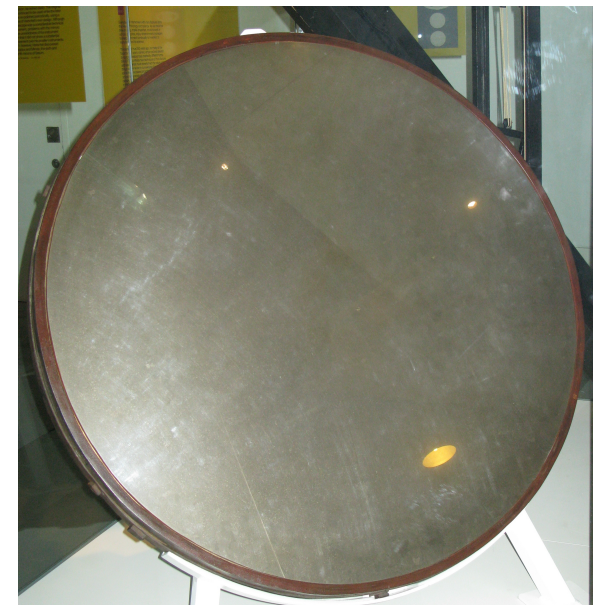
plus de 200 miroirs

6,2'' - 7 pieds

12'' - 20 pieds

19'' - 20 pieds

18,7'' - 40 pieds





# William Herschel

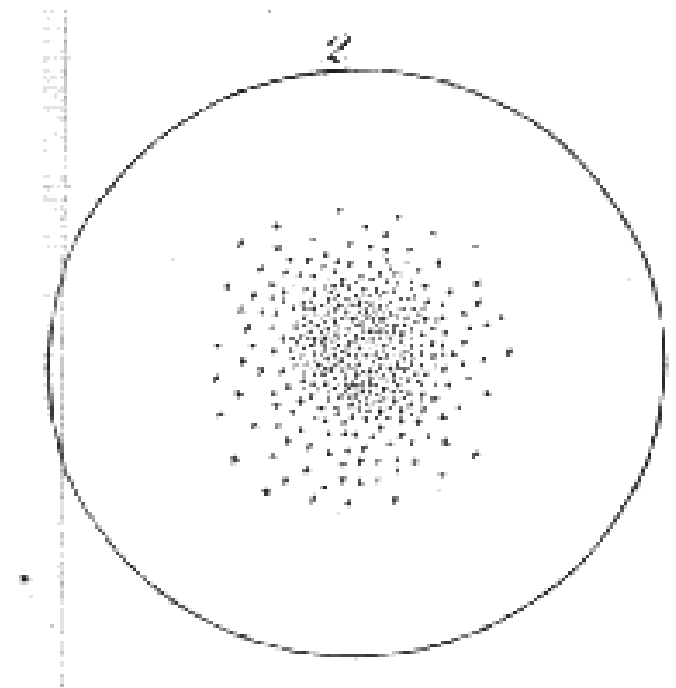
## L'exploration des nébuleuses (1783-...)

Les objets de Messiers (publiés en 1783 et 1784)  
(EXTRAITS)

catalogue de nébuleuses:

1000, 1000 et 500 objets en 1786, 1789 et 1802

- + des considérations méthodologiques (observations, comptages ...)
- + des classifications descriptives et phénoménologiques des objets
- + des tentatives de reconstruction cosmologiques et cosmogoniques



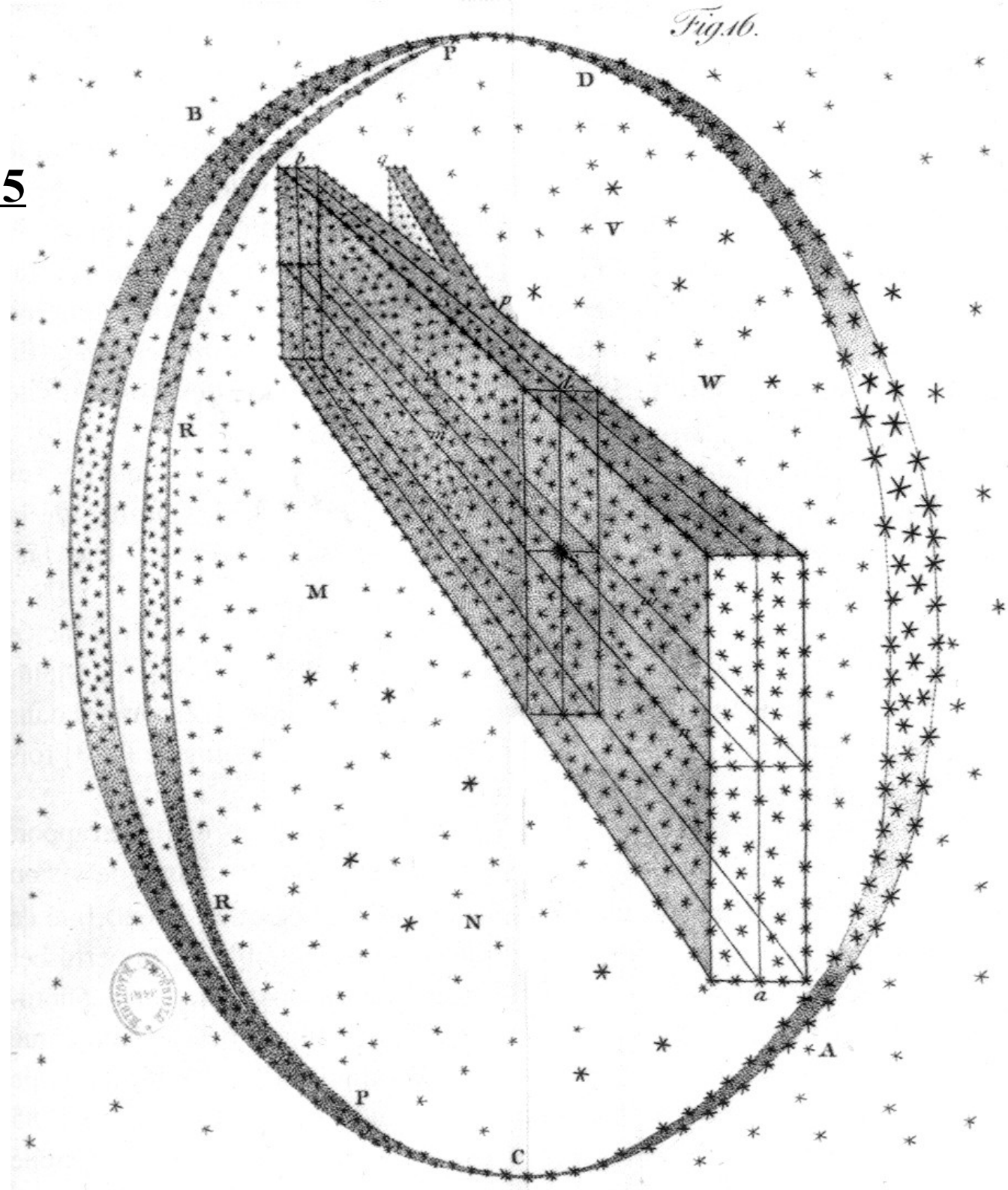
M53 vu par  
W.Herschel

# William Herschel

premiers articles 1784-1785

la Voie Lactée comme  
strate d'étoiles fixes  
(EXTRAITS)

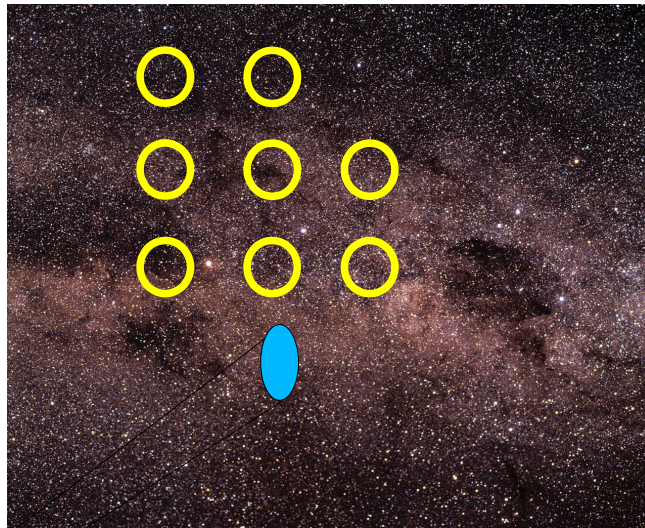
résolution en étoiles,  
reparties en amas ou strates  
(amas de la vierge)  
(EXTRAITS)



# William Herschel

## théorie des jauges

- les étoiles sont identiques
- le rapport des magnitudes égale le rapport des distances
- le nb d'\* dans un champ croît en  $r^3$
- il n'y a pas d'extinction
- les télescopes atteignent les limites



3400 jauges,  $1/250^e$  du ciel

TABLE

Stars in the field.	Visual ray.	Stars.	Ray.	Stars.	Ray.	Stars.	Ray.	Stars.	Ray.
0-1	27	31	186	71	245	210	352	700	527
0-2	34	32	188	72	246	220	358	800	551
0-3	39	33	190	73	247	230	363	900	573
0-4	43	34	192	74	249	240	368	1000	593
0-5	46	35	193	75	250	250	374	10000	1280
0-6	49	36	195	76	251	260	378	100000	2758
0-7	52	37	197	77	252	270	383		
0-8	54	38	199	78	253	280	388		
0-9	56	39	201	79	254	290	393		
		40	202	80	255	300	397		
1	58	41	204	81	256	310	401	636175 or resolvable nebulosity	} 5112
2	74	42	206	82	257	320	406		
3	85	43	207	83	258	330	410		
4	93	44	209	84	259	340	414		
5	101	45	210	85	260	350	418		
6	107	46	212	86	261	360	422		
7	113	47	214	87	262	370	426		
8	118	48	215	88	263	380	430		
9	123	49	217	89	264	390	433		
10	127	50	218	90	265	400	437		
11	131	51	219	91	266	410	441	2544700 or milky nebulosity	} 8115
12	135	52	221	92	267	420	444		
13	139	53	222	93	268	430	448		
14	142	54	224	94	269	440	451		
15	146	55	225	95	270	450	455		
16	149	56	226	96	271	460	458		
17	152	57	228	97	272	470	461		
18	155	58	229	98	273	480	464		
19	158	59	230	99	274	490	468		
20	160	60	232	100	275	500	471		
21	163	61	233	110	284	510	474		
22	166	62	234	120	291	520	477		
23	168	63	236	130	300	530	480		
24	170	64	237	140	308	540	483		
25	173	65	238	150	315	550	486		
26	175	66	239	160	322	560	489		
27	177	67	240	170	328	570	492		
28	180	68	242	180	335	580	495		
29	182	69	243	190	341	590	498		
30	184	70	244	200	347	600	500		



# William Herschel

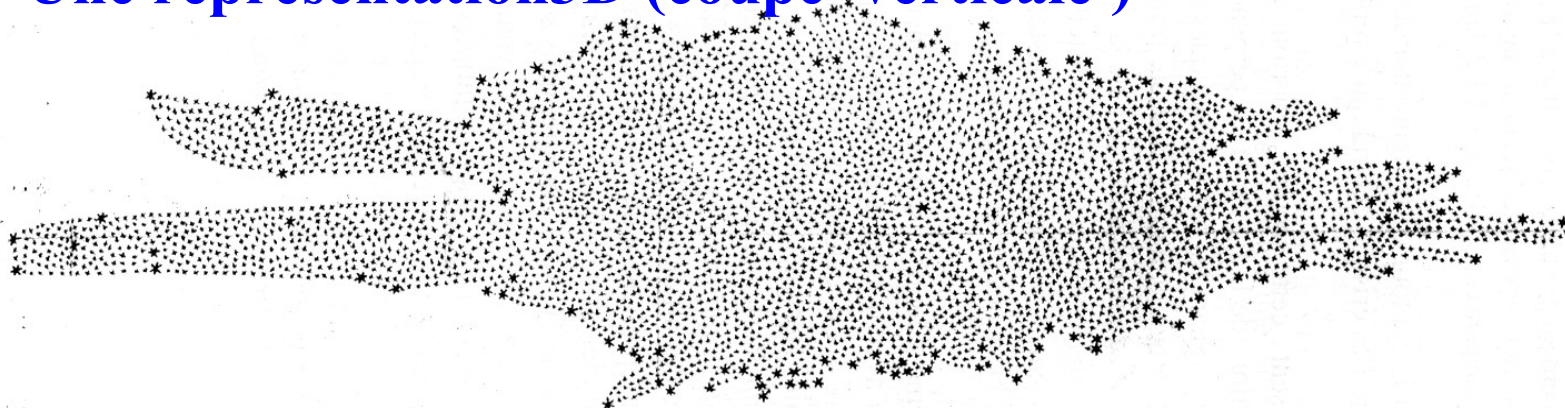
## théorie des jauges

- les étoiles sont identiques
- le rapport des magnitudes égale le rapport des distances
- le nb d'\* dans un champ croît en  $r^3$
- il n'y a pas d'extinction
- les télescopes atteignent les limites

TABLE

Stars in the field.	Visual ray.	Stars.	Ray.	Stars.	Ray.	Stars.	Ray.	Stars.	Ray.
0.1	27	31	186	71	245	210	352	700	527
0.2	34	32	188	72	246	220	358	800	551
0.3	39	33	190	73	247	230	363	900	573
0.4	43	34	192	74	249	240	368	1000	593
0.5	46	35	193	75	250	250	374	10000	1280
0.6	49	36	195	76	251	260	378	100000	2758
0.7	52	37	197	77	252	270	383		
0.8	54	38	199	78	253	280	388		
0.9	56	39	201	79	254	290	393		
1.0	56	40	202	80	255	300	397		
1	58	41	204	81	256	310	401	636175 or resolvable nebulousity	5112
2	74	42	206	82	257	320	406		
3	85	43	207	83	258	330	410		
4	93	44	209	84	259	340	414		
5	101	45	210	85	260	350	418		
6	107	46	212	86	261	360	422		
7	113	47	214	87	262	370	426		
8	118	48	215	88	263	380	430		
9	123	49	217	89	264	390	433		
10	127	50	218	90	265	400	437		
11	131	51	219	91	266	410	441		
12	135	52	220	92	267	420	445		
13	139	53	221	93	268	430	449		
14	143	54	222	94	269	440	453		
15	147	55	223	95	270	450	457		
16	151	56	224	96	271	460	461		
17	155	57	225	97	272	470	465		
18	159	58	226	98	273	480	469		
19	163	59	227	99	274	490	473		
20	167	60	228	100	275	500	477		
21	171	61	229	101	276	510	481		
22	175	62	230	102	277	520	485		
23	179	63	231	103	278	530	489		
24	183	64	232	104	279	540	493		
25	187	65	233	105	280	550	497		
26	191	66	234	106	281	560	501		
27	195	67	235	107	282	570	505		
28	199	68	236	108	283	580	509		
29	182	69	243	190	341	590	498		
30	184	70	244	200	347	600	500		

## Une représentation 3D (coupe 'verticale')



3400 jauges,  $1/250^\circ$  du ciel

« Section de notre système sidéral ».

+ la Galaxie est un système isolé



# William Herschel

## Doutes sur les hypothèses

la distribution est vraisemblablement irrégulière  
les luminosités des étoiles ne sont pas égales  
la relation magnitude-distance est fausse (N(m), expérience phot.)  
(EXTRAIT)

## Derniers articles 1817-1818

la Voie Lactée est insondable  
(EXTRAIT)

# la course aux parallaxes: Bessel (1784-1846) et Struve (1793-1858)

—► *recherche d'une précision astrométrique meilleure que quelques 0,1''*  
—► *lunette méridienne, lentilles achromatiques, micromètre, héliomètre...*

Piazzi (1803) – Palerme

catalogue de 7000 étoiles

le grand mvt propre de 61 Cygni (5''/an)

Bessel (1833) – Königsberg

-les positions précises de 50,000 étoiles,

-de nombreux mvts propres à partir

des données de Bradley (1750-1762)

*difficultés :*

*réfraction atmosphérique (< 34')*

*précession (50''/an)*

*nutations (10''/an)*

*aberration (20''/an)*

Struve (1836) – Pulkovo

parallaxe de Vega

0,125'' (non publiée)

**Bessel (1838)**

parallaxe de 61 Cygni

0,314''

**Henderson (1839)**

parallaxe de alpha-centauri

1,0''

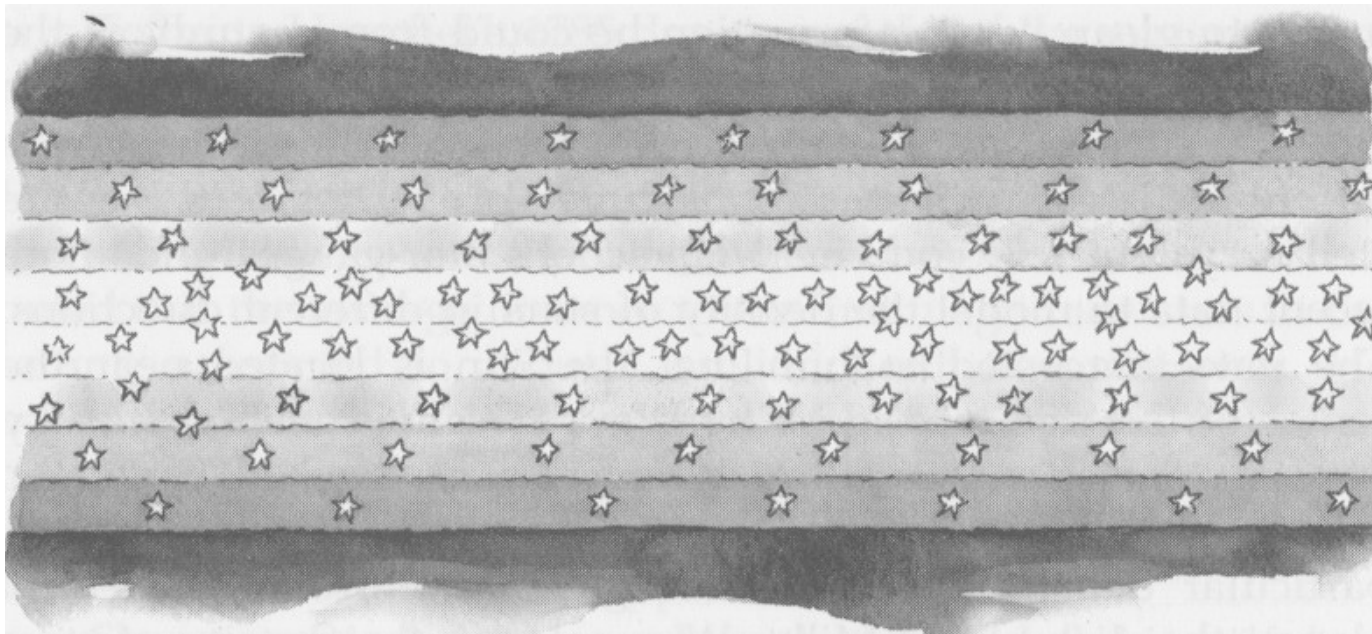
**Struve (1840)**

parallaxe de Vega

0,256''

# Les études stellaires de Struve (1847)

- une relation entre le nb d'étoiles et la latitude Galactique
- la densité stellaire en fonction de la distance au plan de la Voie Lactée
- des arguments en faveur de l'existence d'une extinction interstellaire
- la Voie Lactée est insondable



Struve publie une calibration absolue des jauges d'Herschel  
à partir de 35 parallaxes

- les étoiles de première magnitude sont à  $10^6$  u.a.
- le système s'étend sur  $817 \cdot 10^6$  u.a., soit 13,000 a.l.

# Les équations de la statistique stellaire:

$$N(r) = \int D_w r^2 dr$$

**A** distribution uniforme

**B** étoiles identiques

**C<sub>1</sub>**  $E_1 = (m_2/m_1) E_2$

**D<sub>1</sub>**  $m_2/m_1 = E_1/E_2 = d_2/d_1$

**E** pas d'extinction

**A** distribution uniforme

**B** étoiles identiques

**C<sub>2</sub>**  $m_1 - m_2 = -2.5 \log[E_1/E_2]$

**D<sub>2</sub>**  $E_1/E_2 = [d_2/d_1]^2$

**E** pas d'extinction



$$N(m) \sim m^3$$



$$N(m) \sim 4^m$$

m	1	2	3	4	5	6	10	
N1	1	8	27	64	125	216	1000	$\sim m^3$
N2	4	16	64	256	1024	4096	$\sim 10^6$	$\sim 4^m$
Obs	3	9	27	81	243	729	$\sim 60000$	$\sim 3^m$



## Le modèle de Seeliger (1898)

la densité stellaire dépend à la fois de la distance au Soleil et de la latitude galactique :

$$D(r) \sim r^{-a}, \text{ où } 0.25 < a < 0.63$$

+ prise en compte d'une “**fonction de luminosité**” des étoiles

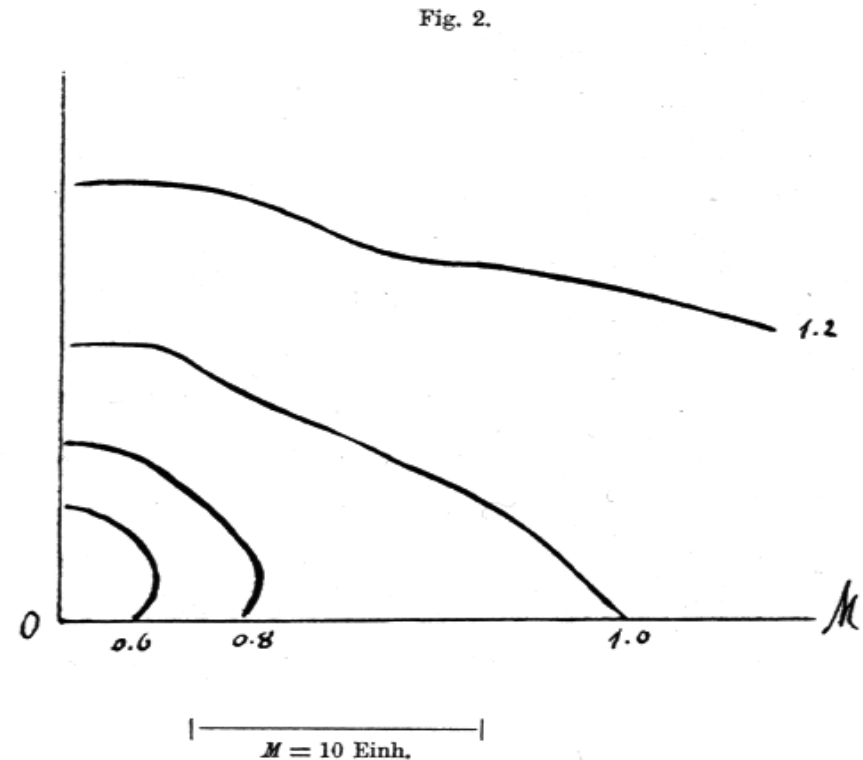
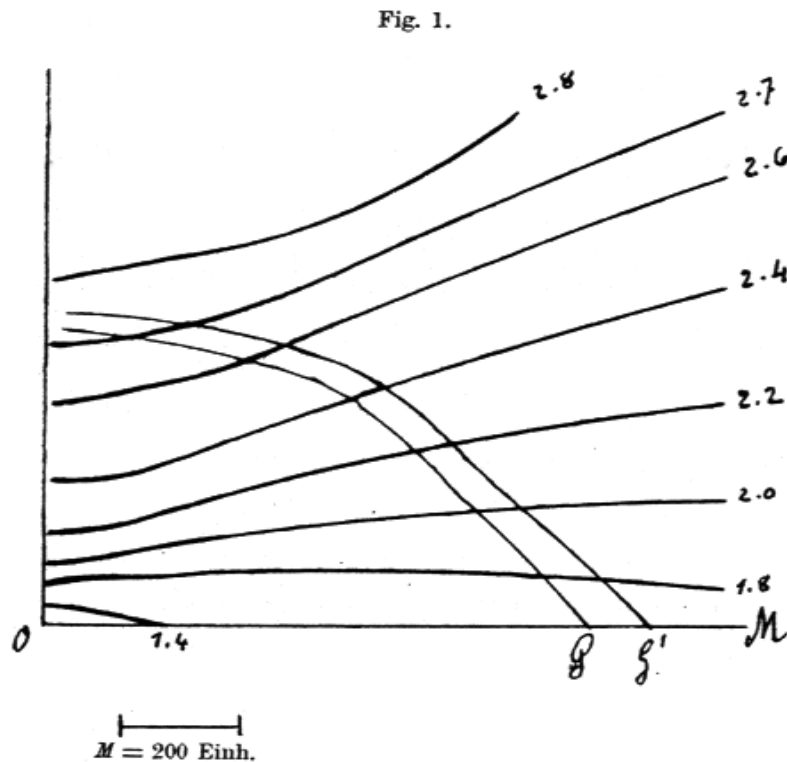
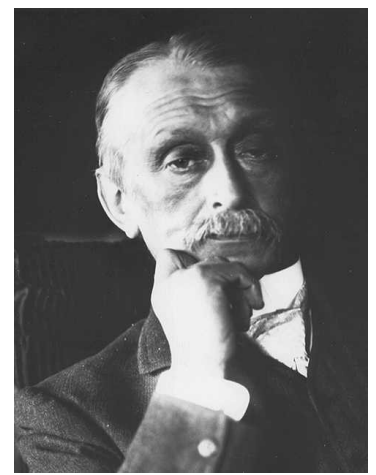


Figure 2  
Courbes d'égalé densité stellaire, dans le modèle de Seeliger.

# Kapteyn (1851-1922)



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

**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

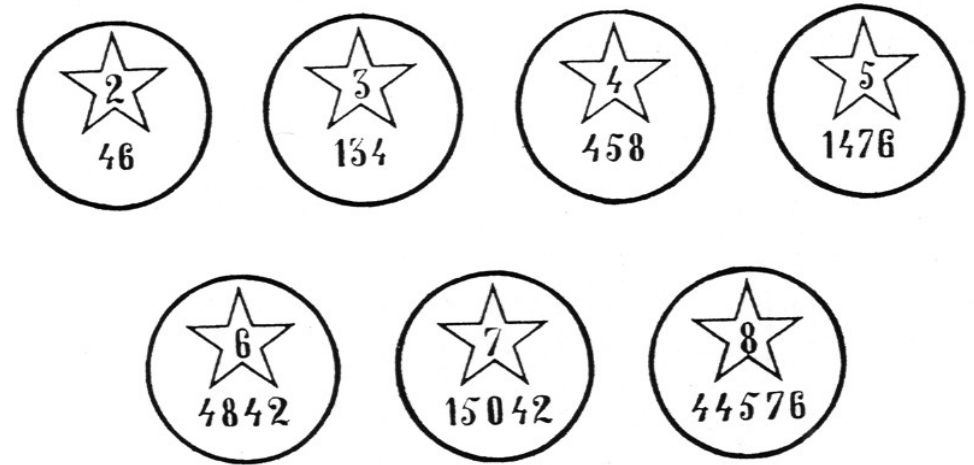


Figure 1  
 La méthode de Kapteyn (I).

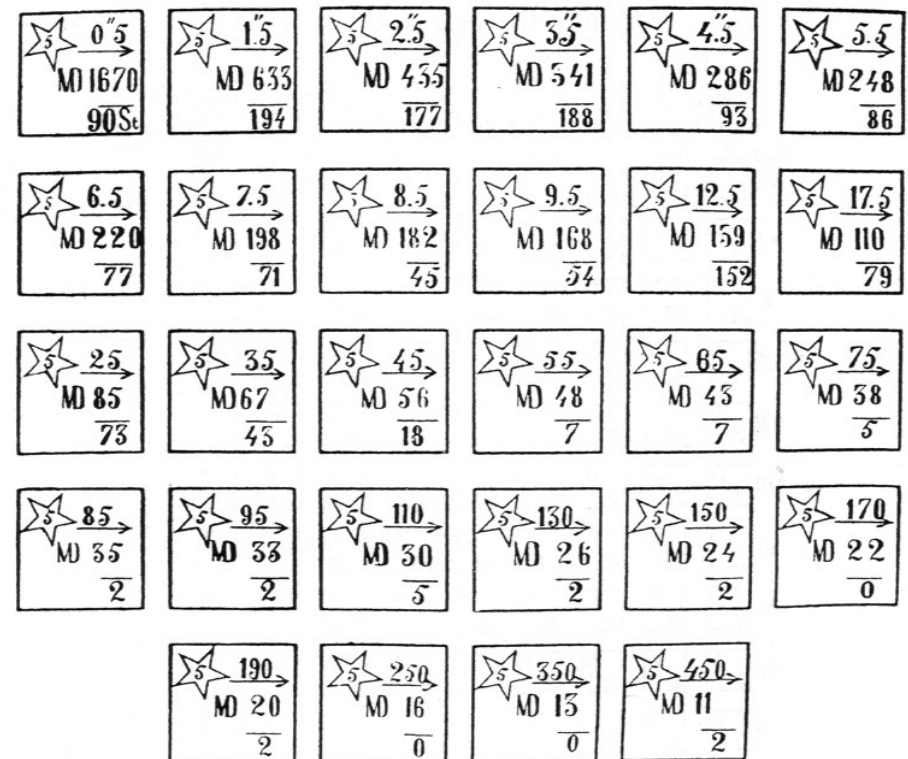


Figure 2  
 La méthode de Kapteyn (II).

# 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*

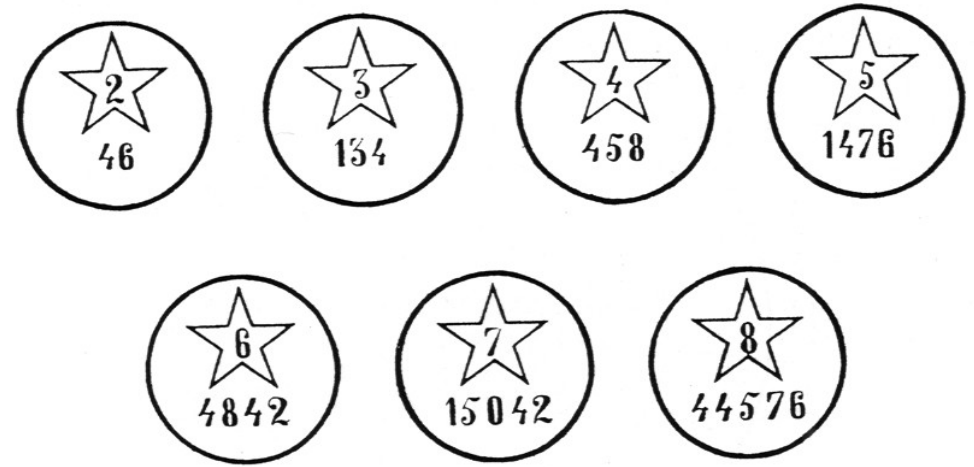


Figure 1  
La méthode de Kapteyn (I).

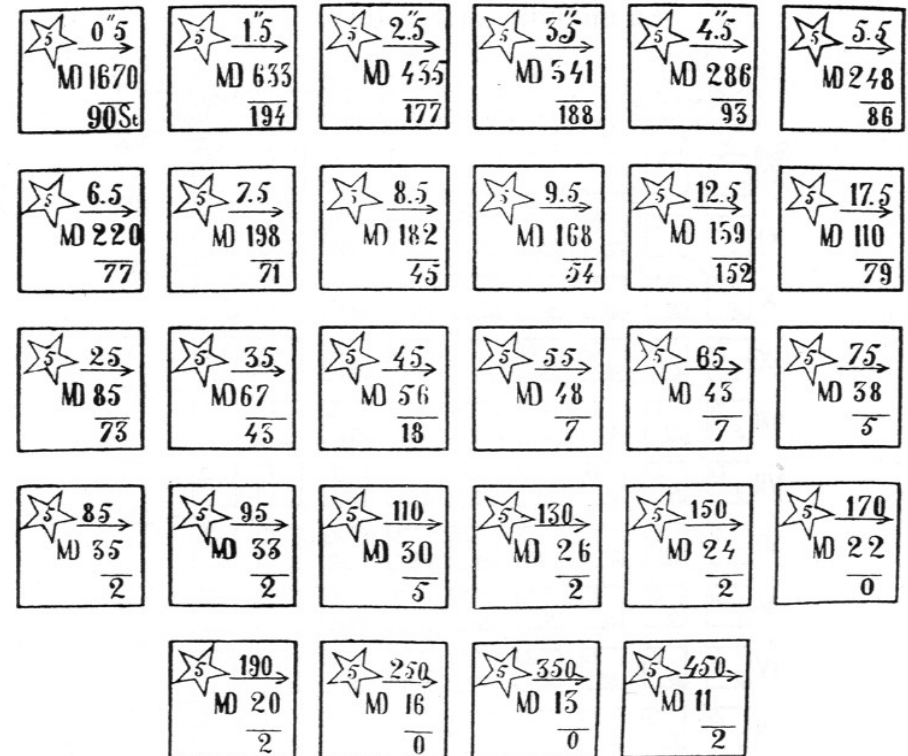


Figure 2  
La méthode de Kapteyn (II).



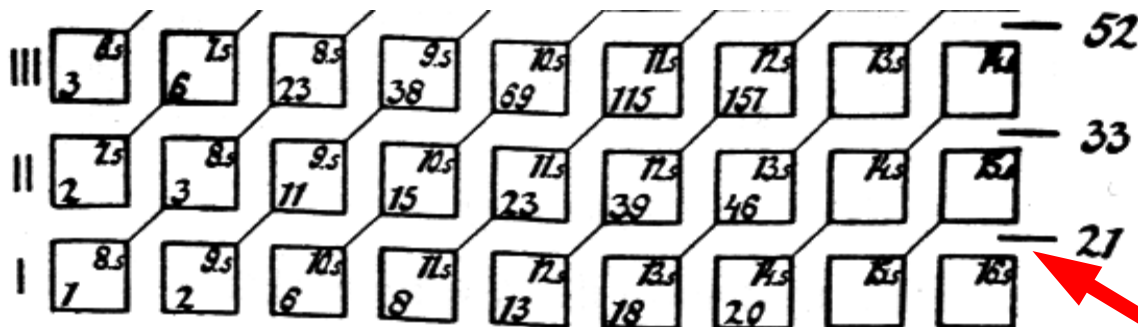
# L'univers de Kapteyn (1908)

## 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

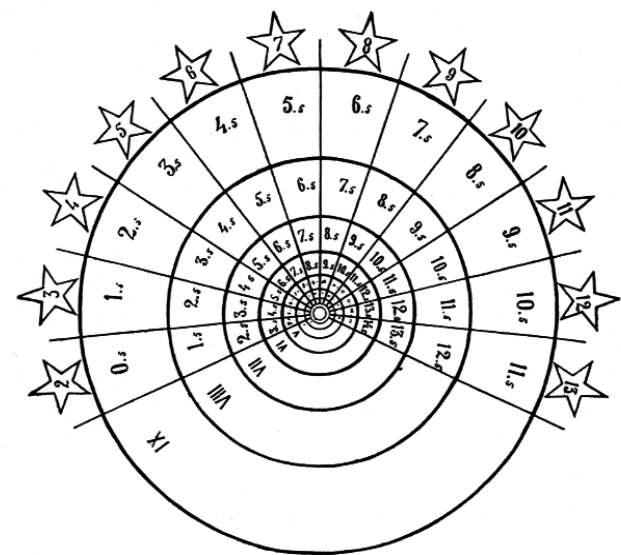


Figure 3  
La méthode de Kapteyn (III).

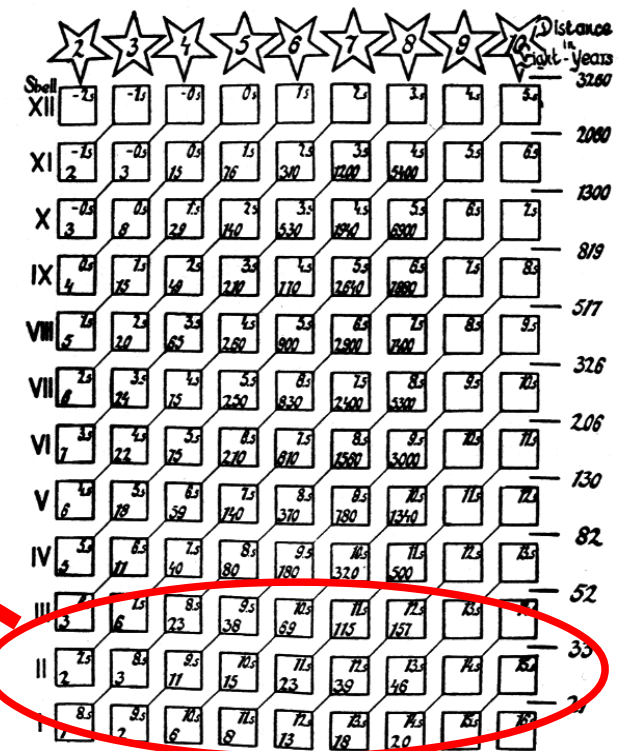


Figure 4  
La méthode de Kapteyn (IV).

# L'univers de Kapteyn (1920)

## La fonction de luminosité des étoiles

$$\phi(M) = A \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2(M - M_0)^2}$$

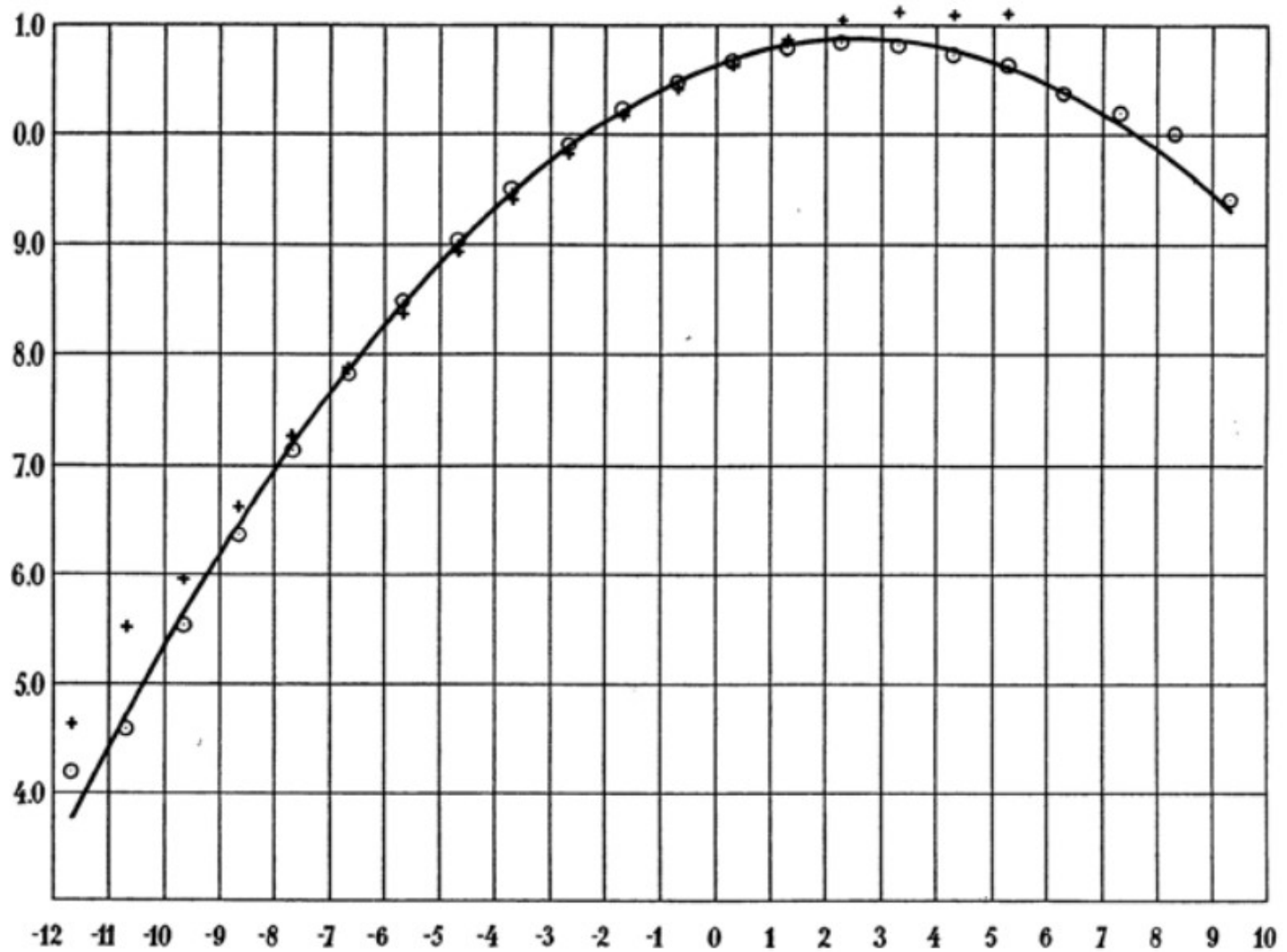
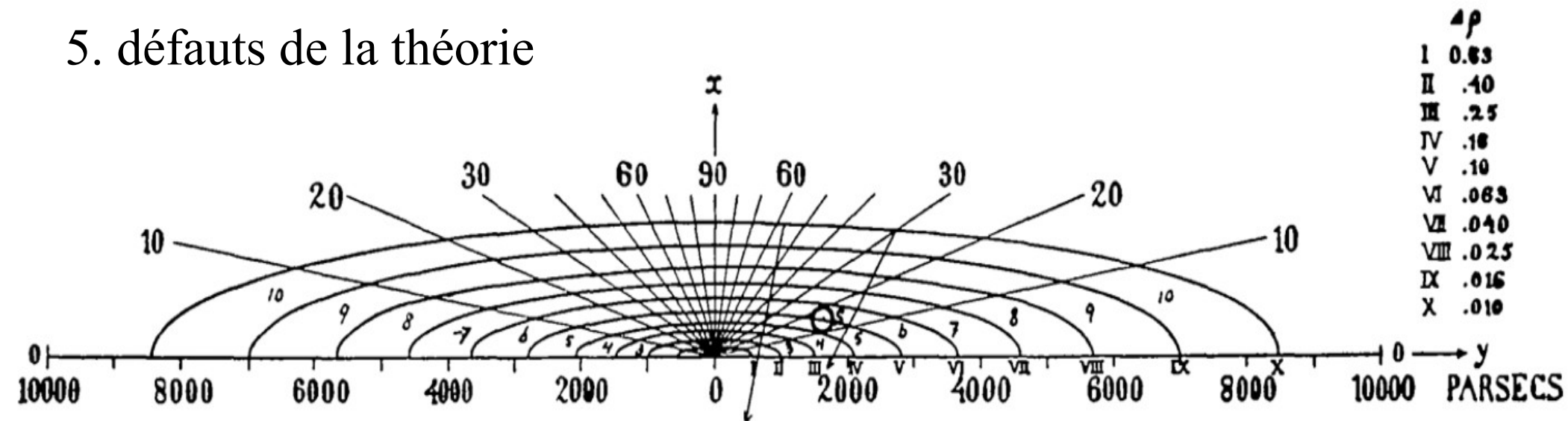


FIG. 1.—Luminosity-curve, all spectral types together. Abscissae are absolute magnitudes (unit of distance, 1 parsec). Ordinates are logarithms of numbers of stars per 1000 cubic parsecs near the sun.

## 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



# 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.

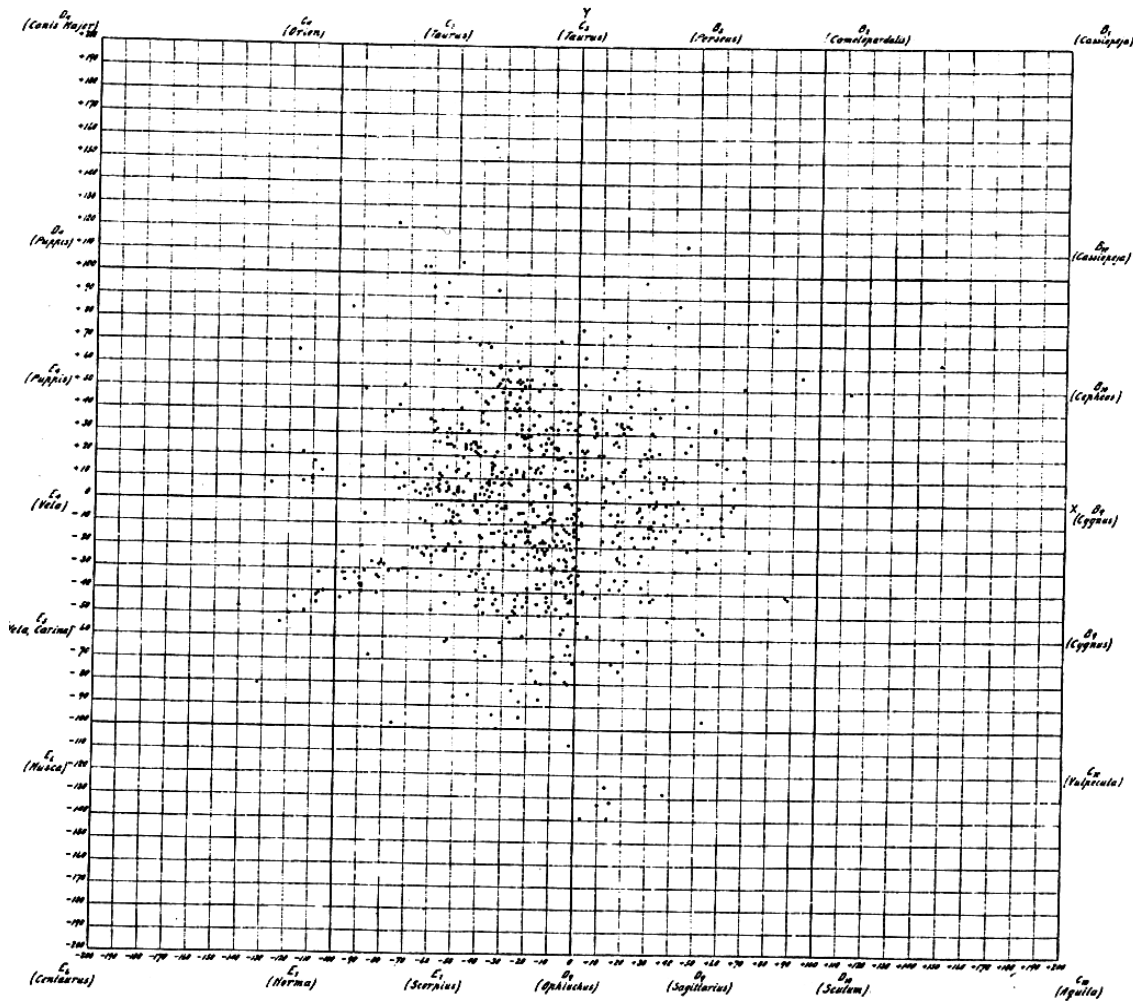


Figure 3  
 La Voie lactée selon Charlier (I).

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

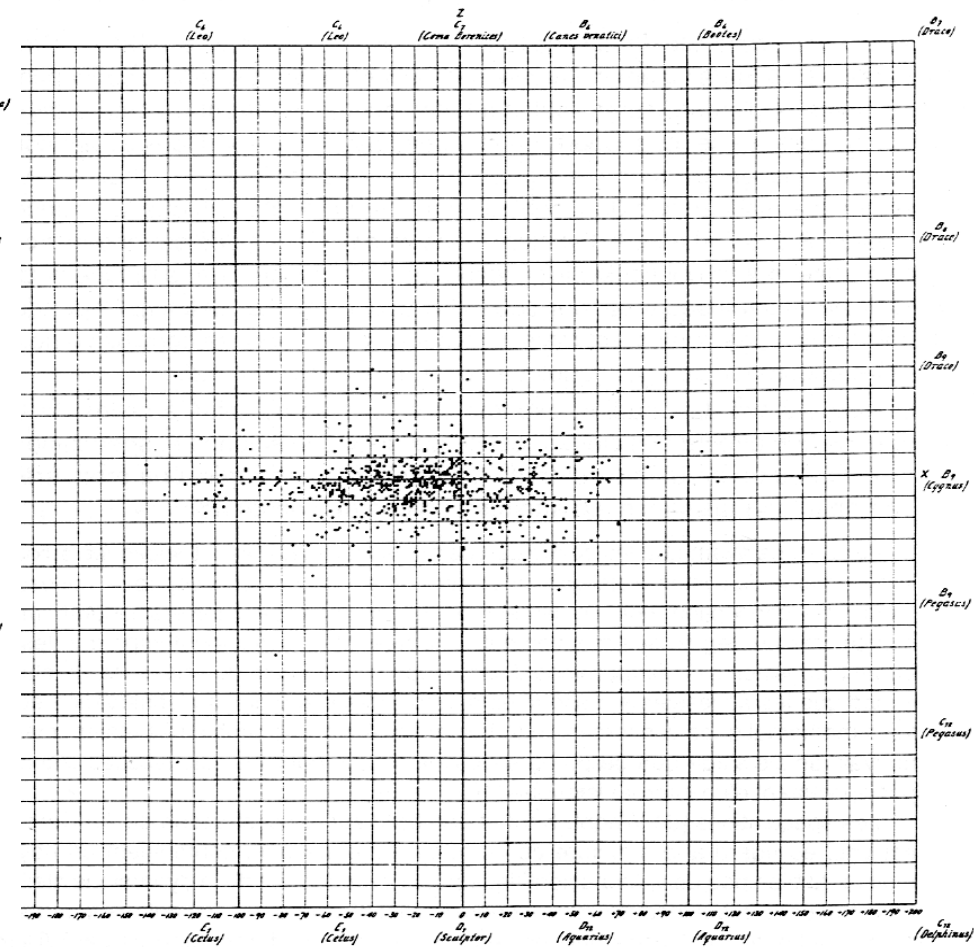


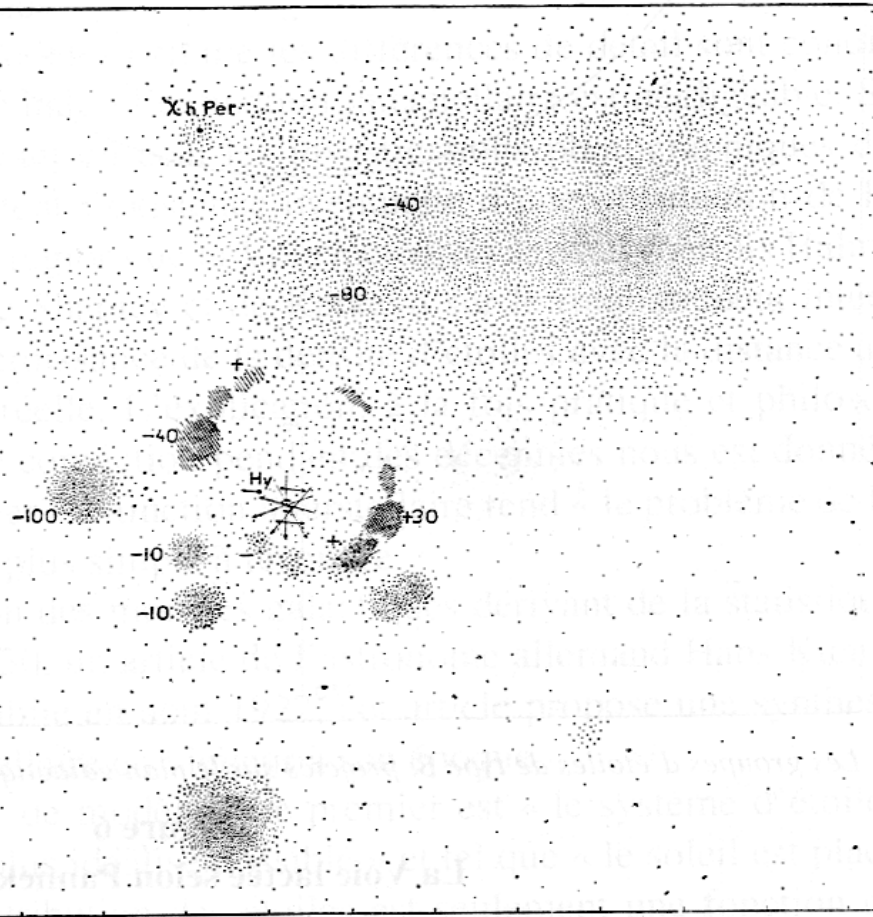
Figure 4  
 La Voie lactée selon Charlier (II).



# 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)

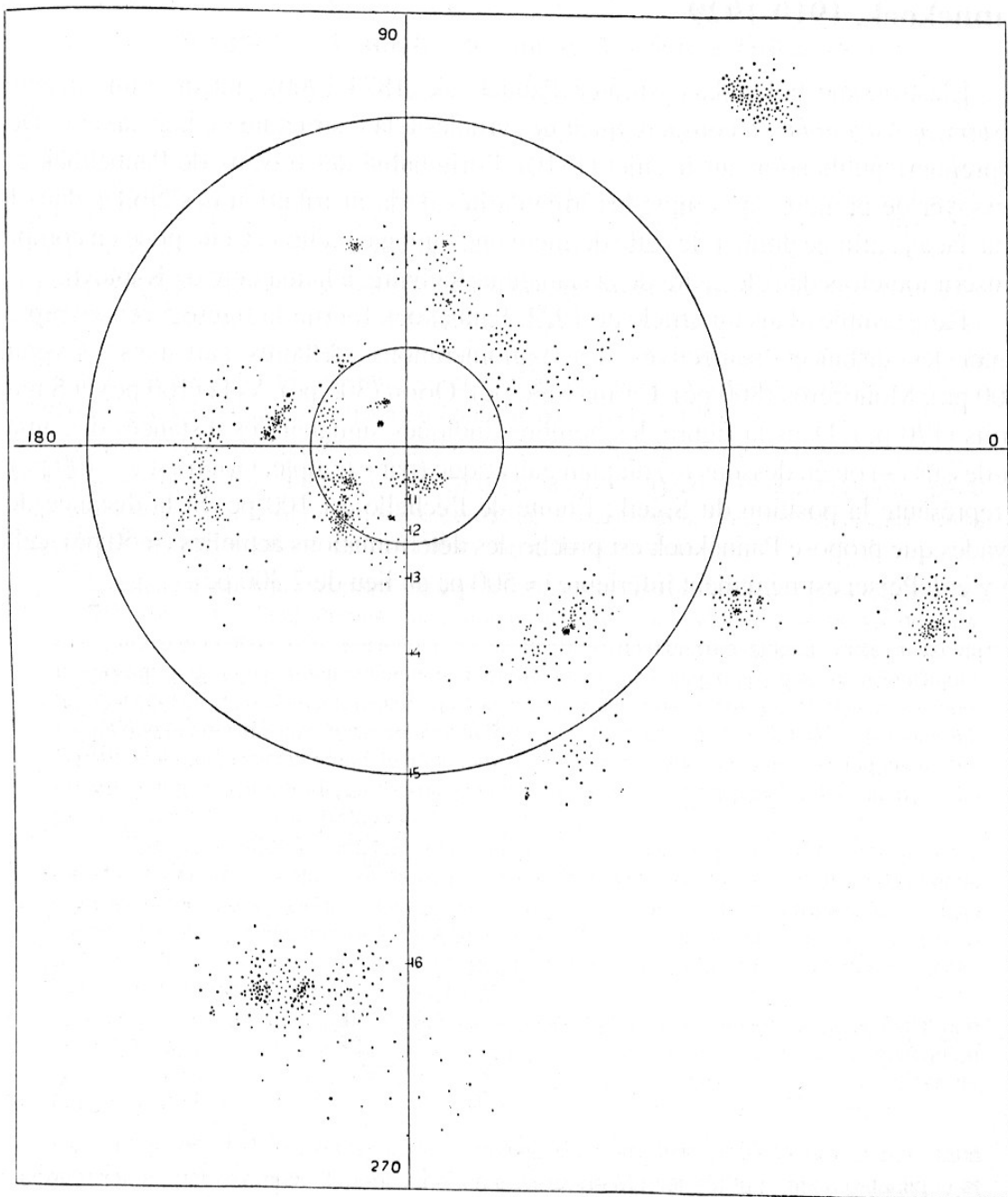


**Figure 5**

**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 schématique, 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*