

PRIX : TROIS FRANCS

EDITION ILLUSTRÉE

LES MYSTERES DE L'UNIVERS

l'Abbé Th. MOREUX

Directeur de l'Observatoire de Bourges.

LES MERVEILLES

DES MONDES 



PARIS
A. FAYARD
éditeur

RUE DU SAINT GOTHARD,
18 et 20

Les Merveilles des Mondes



Ouvrages de la même Collection et du même Auteur :

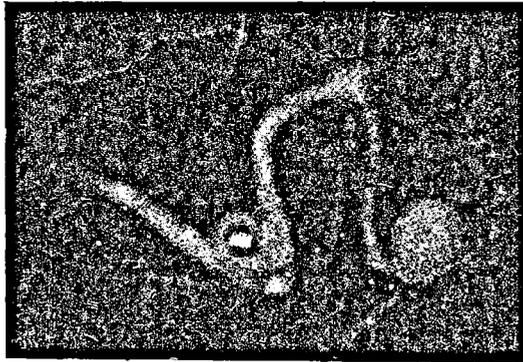
1. — Quelques Heures dans le Ciel.
 2. — Les Merveilles des Mondes.
 3. — L'Océan Aérien.
 4. — Un Jour dans la Lune.
 5. — Les Éclipses.
 6. — Les Secrets de la Mer.
- La Foudre, les Orages, la Grêle.**

Abbé Th. MOREUX

Directeur de l'Observatoire de Bourges

Les Merveilles des Mondes

Illustrations d'après des photographies
et documents originaux

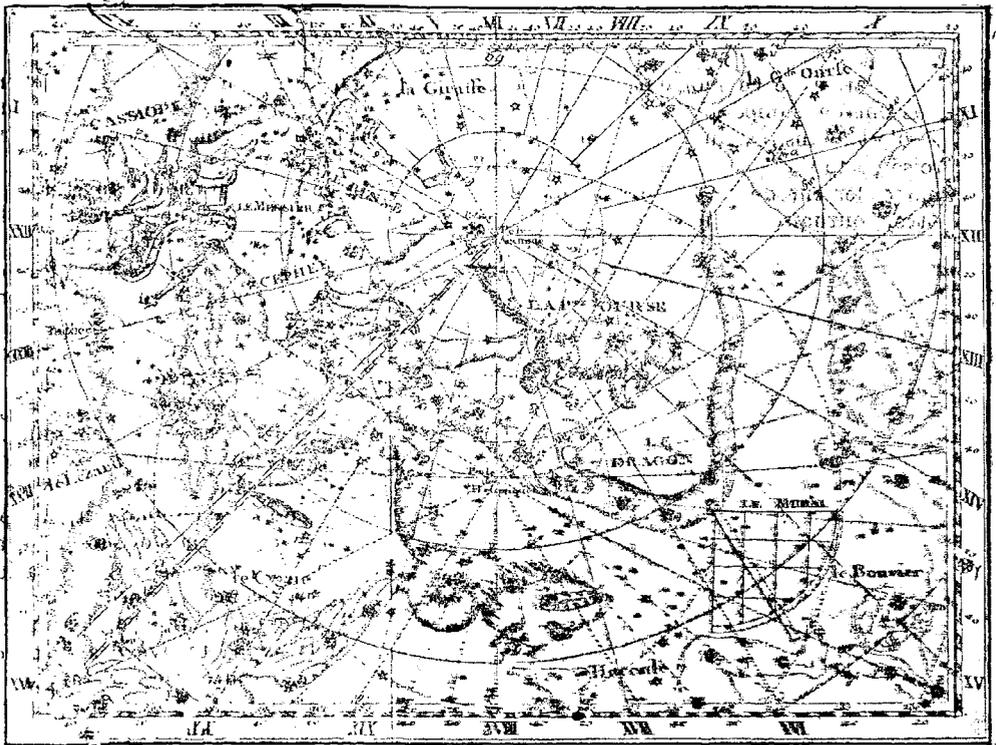


PARIS
ARTHÈME FAYARD, ÉDITEUR
18-20, RUE DU SAINT-GOTHARD, 18-20

Tous droits réservés



LA GRANDE NÉBULEUSE AMÉRICA.
ainsi nommée en raison de sa ressemblance avec l'Amérique du Nord.



LES CONSTELLATIONS DU POLE NORT.

(D'après *Tatlas de Flamsteed*.)

CHAPITRE PREMIER

L'Étude du Ciel.

Nous venons de passer quelques heures dans le ciel et les merveilles qu'il nous a été donné d'y contempler ont fait naître en vous le désir de pousser plus avant l'étude des splendeurs sidérales.

Qu'avons-nous exploré, en effet, comparativement à l'étendue des champs célestes? un simple système perdu dans les profondeurs de la Voie lactée.

Tout autour de nous les étoiles scintillent par millions et notre soleil compte à peine pour un atome dans cette lumineuse poussière.

Un rayon du foyer fécondant qui nous

éclaire nous a transportés sur les planètes voisines : successivement nous avons rencontré Mercure et Vénus; la blonde et froide Phœbé nous a montré ses plaines désolées, ses rocs arides, ses montagnes déchiquetées, son sol craquelé conservant encore les traces de la lutte de ses éléments contre les « outrages du temps » ; Mars nous a offert le spectacle de notre Terre dans quelques centaines de milliers d'années; un soleil pâle verse encore sa faible lumière sur le sable ocreux de ses déserts aux mornes horizons. Puis nous avons franchi la zone des petites planètes

et, à partir de ce moment, les ténèbres nous ont enveloppés.

C'est dans la nuit que nous avons croisé Jupiter; ce monde formidable, amoncellement de 1 300 Terres comme la nôtre, fournaise tournoyante qu'un man-

Alors, où sommes-nous? Quel chemin avons-nous parcouru? Cette course audacieuse ne semble même pas nous avoir rapproché des étoiles.

Etrange constatation, mystères effrayants de l'Espace que la création place sans cesse sous nos yeux!

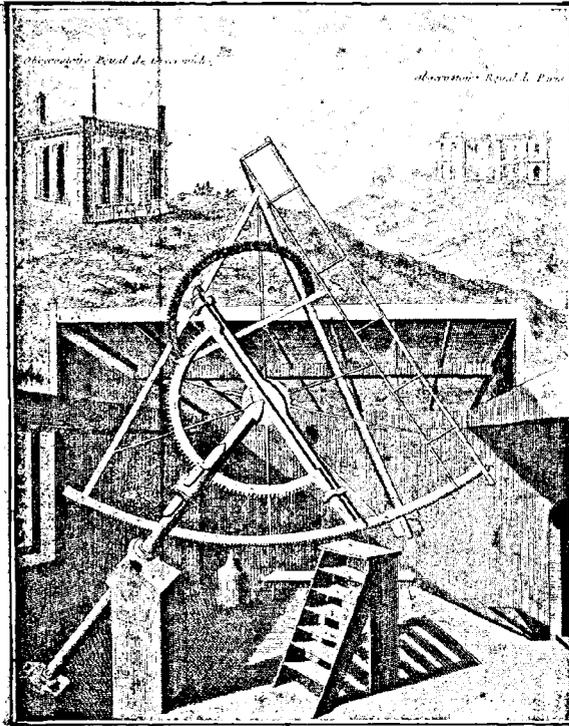
Le *Songe de Scipion*, les sphères de cristal transparent accomplissant sous les yeux des mortels éblouis leurs lentes révolutions, les astres distribués suivant les *Lois Harmoniques* rêvées par Képler, tous ces échafaudages de savants, toutes ces fictions gracieuses des poètes antiques en face de cette énigme toujours présente, tout cela s'évanouit devant les conquêtes et les révélations de la science moderne.

Depuis un siècle à peine, nous avons trouvé des méthodes pour mesurer les distances des étoiles voisines. L'imagination reste confondue devant les résultats désormais acquis; les intervalles qui séparent les soleils de l'univers sont tout simplement fantastiques.

Qui donc prétendait que la science détruit la poésie? Quels esprits, avant les astronomes contemporains, eussent osé concevoir, ou même imaginer, l'étendue des espaces intersidéraux? Quel fil eût conduit nos ancêtres à travers les détours de cet im-

mense labyrinthe dont les bornes reculent à mesure que se perfectionnent les télescopes, ces yeux géants de l'humanité nouvelle?

Notre rayon lumineux lui-même ne saurait nous emporter si loin. Malgré son incroyable rapidité qui nous a fait voler à raison de 300 000 kilomètres à la seconde, il ne saurait désormais nous servir de véhicule; nous aurions le temps de mourir trente fois en cours de route, avant d'avoir atteint les régions qu'illuminent les lointains soleils enregistrés sur nos photographies.

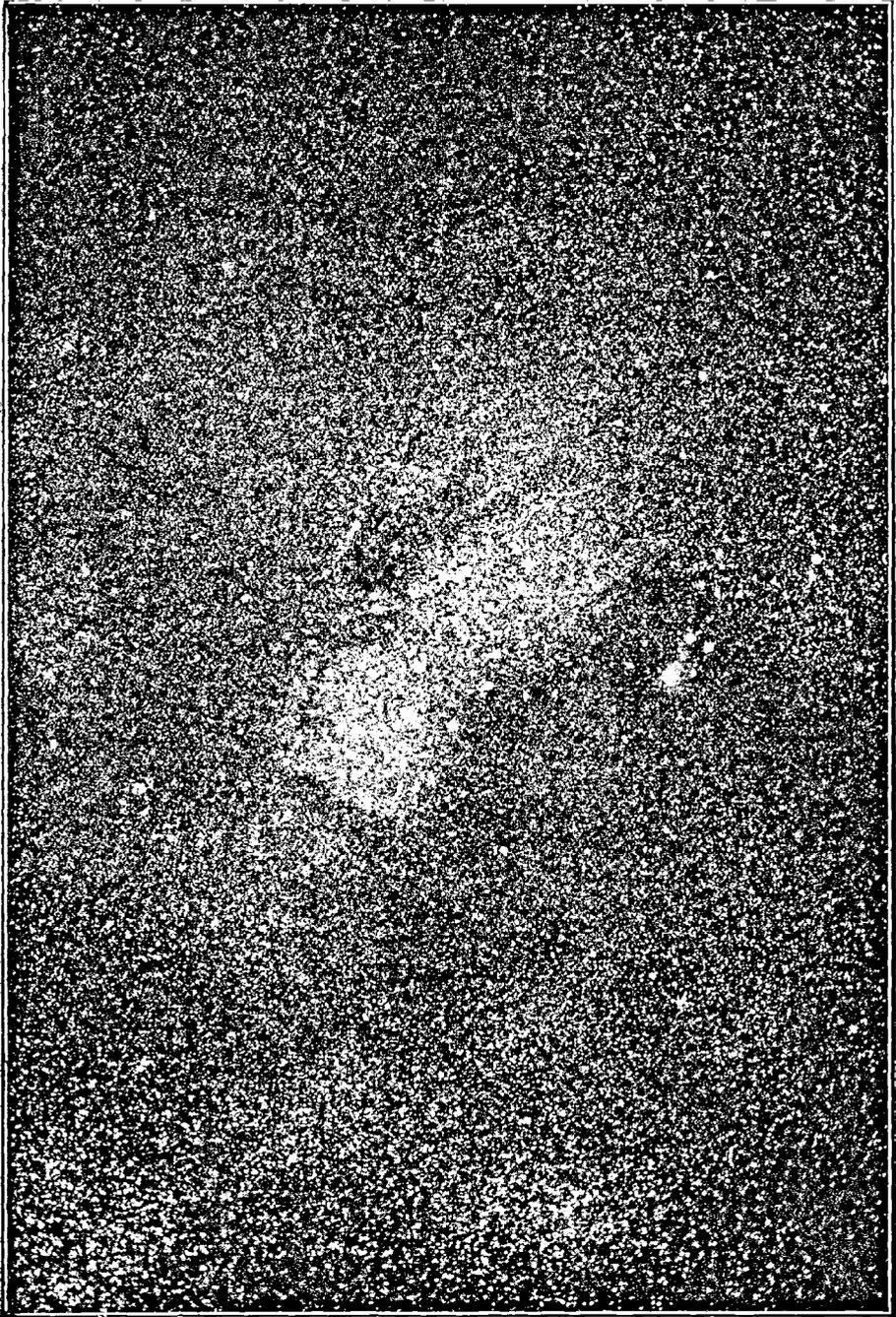


INSTRUMENT DONT SE SERVAIT FLAMSTEED POUR L'EXAMEN DES ÉTOILES ET LES MESURES CÉLESTES.

teau de sombres vapeurs protège en vain du froid des noirs espaces.

Alors, franchissant les orbes des dernières planètes, nous avons suivi les comètes vagabondes dont l'aphélie se perd dans la grande nuit stellaire, et contemplant notre soleil nous avons compris qu'il était une simple étoile, une unité lumineuse au milieu des phares perdus aux rives lointaines de l'océan des cieux.

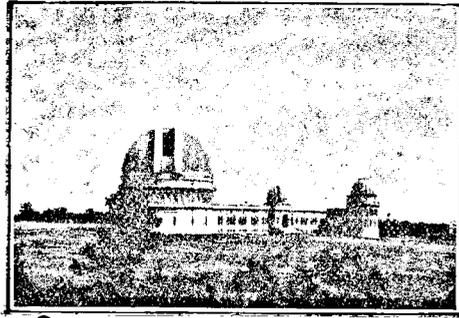
De toutes parts, en effet, les astres brillent du même éclat que nous leur connaissions sur la Terre...



En certaines régions, la Voie lactée nous présente une telle agglomération d'étoiles qu'il devient difficile de pouvoir les recenser toutes.

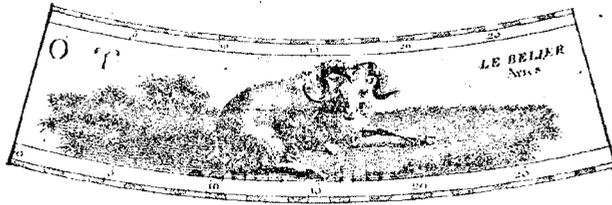
Petitesse du système solaire, infime grandeur du globe où nous sommes déposés, néant de l'homme devant ces écrasantes et inconcevables grandeurs ! Mais aussi merveilleuse puissance de cet atome humain, microbe par le corps, géant par la pensée, lumière intellectuelle plus brillante que tous les soleils de l'espace, centre immatériel qui ose mesurer des distances inaccessibles, qui parvient à les évaluer, qui s'élançe à la conquête de ces mondes lointains, les pèse aux balances rigoureuses de l'Algèbre, décompose leur lumière, analyse les éléments qui brûlent en leur sein, décrit les révolutions millénaires d'étranges systèmes évoluant au sein de régions inconnues, suppute les mouvements effrayants de ces projectiles célestes et finalement découvre le plan grandiose qui a présidé à leur distribution.

Nous nous extasions devant le courage d'un explorateur traversant de part en part le continent africain, montant à l'assaut des plus hauts sommets des Alpes ou de l'Himalaya, gravissant les montagnes du pôle sud; nous applaudissons aux conquêtes de nos aviateurs, de nos aéronautes pénétrant à travers la faible épaisseur de cette mince pellicule atmosphérique qui

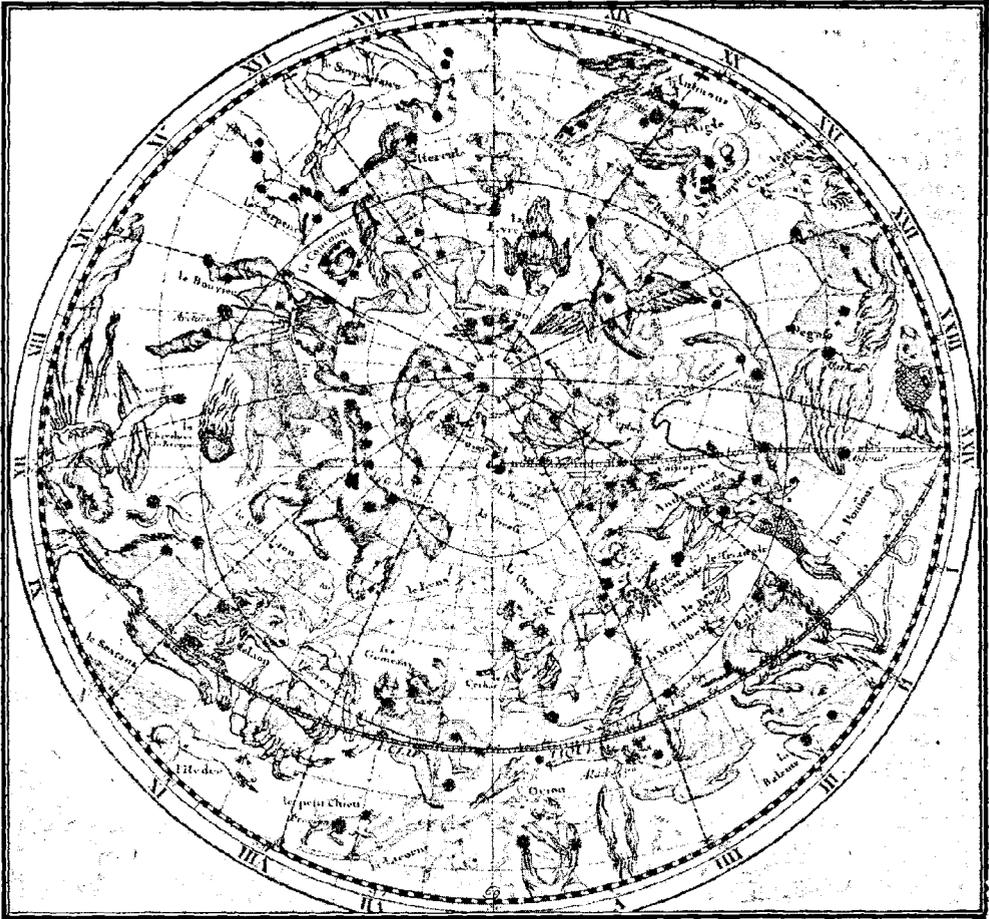


VUE GÉNÉRALE DE L'OBSERVATOIRE YERKES EN AMÉRIQUE.

« enrobe » notre humble « pilule » terrestre. Quels enthousiasmes devrions-nous donc réserver aux conquérants des espaces célestes, à ces immortels génies qui ont ouvert nos yeux, ont centuplé la puissance de notre rétine, nous ont montré la nature dans toute sa splendeur et nous ont mis à même d'apprécier, autant que le peut notre esprit borné, les merveilles de la création et les perfections infinies de la Puissance qui les a réalisées ?



AVRIL — SIGNE DU ZODIAQUE : LE BÉLIER.



LES CONSTELLATIONS DE L'HÉMISPHERE BORÉAL.

Atlas de Flamsteed.

Librairie astronomique Thomas, Paris.

CHAPITRE II

Nuit étoilée.

Il suffit de tourner ses regards vers le Nord en toute saison pour voir apparaître, peu de temps après le coucher du Soleil, la constellation bien connue de la *Grande Ourse* ou *Chariot de David*.

Vous la reconnaîtrez facilement une fois pour toutes en considérant la figure formée par les sept plus brillantes étoiles :

quatre d'entre elles sont disposées en trapèze, tandis que les trois autres, non alignées, représentent les trois chevaux traînant la caisse du chariot.

Les peuples antiques ont tous connu sous différents noms cette importante constellation qui va nous servir de point de départ pour trouver et identifier tous

les astérismes du ciel ; les sept astres qui la composent avaient été nommés par les Romains *Septem Triones*, les sept chevaux de labour, et comme ceux-ci sont toujours voisins du Nord, cette partie du ciel a précisément pris le nom de *Septentrion*.

Voulez-vous avoir le Nord plus exactement ? Prolongez de cinq fois environ la droite joignant les deux étoiles arrière de la caisse du chariot, vous arriverez à un astre plus faible en éclat : c'est l'*Etoile polaire*, celle qui sert de guide au marin et au voyageur.

En nous tournant de son côté, nous avons le Nord en face, le Sud derrière nous ; à droite c'est l'Est ou l'Orient, partie du ciel où se lèvent le Soleil et les étoiles, car tous les astres, vous l'avez sans doute remarqué déjà, semblent tourner comme d'un seul bloc autour du pôle, dont l'emplacement est assez bien déterminé par la Polaire.

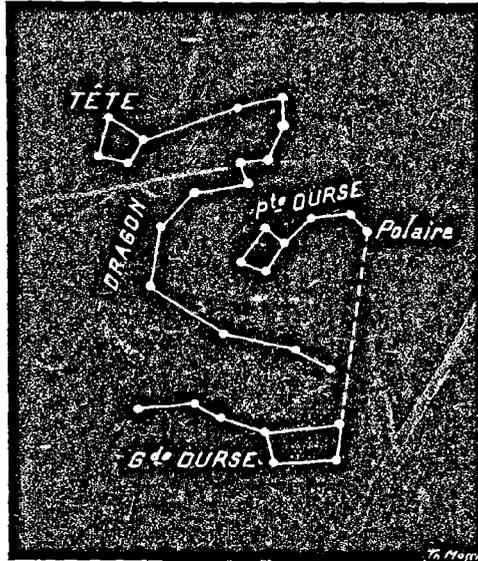
En d'autres termes, les choses se passent comme si toutes les étoiles étaient fixées à l'intérieur d'une grosse sphère creuse dont la Terre occuperait le centre, et comme si cette boule gigantesque tournait autour d'un axe aboutissant à deux points fixes qui ne sont autres que les pôles du monde.

Il n'y a là évidemment qu'une pure apparence provenant du mouvement de rotation de la Terre. Et, de même que sur une barque avançant sans secousse, le passager voit défiler les objets de la rive en sens contraire de sa marche, ainsi le spectateur rivé à la Terre et emporté par

elle dans une course effrénée autour de son axe voit les étoiles tourner en sens contraire de sa rotation et avancer de l'Est à l'Ouest.

Cette ronde des étoiles n'est nulle part aussi visible que dans les régions polaires. Le pôle céleste y est en effet situé au-dessus du spectateur et toute l'année les étoiles y décrivent, sans se coucher jamais, de grandes circonférences parallèles à l'horizon.

Mais dans nos latitudes où l'axe de la Terre est penché par rapport à la verticale, les choses se passent autrement : tandis que certaines constellations, les plus éloignées du pôle, se lèvent et disparaissent chaque jour, les plus proches au contraire restent constamment visibles. De ce nombre est la Grande Ourse dont le poète antique traduisant ce fait déjà observé disait « qu'elle ne se baigne jamais dans les flots de l'o-



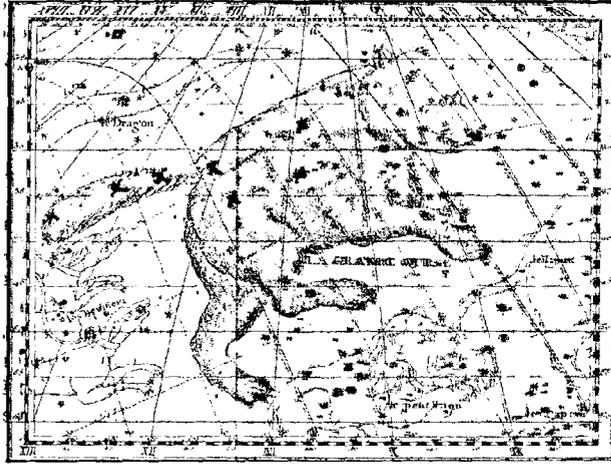
En prolongeant de 5 fois environ la ligne des étoiles de la caisse du *Chariot*, on trouve la *Polaire*. Le *Dragon* serpente entre la *Petite* et la *Grande Ourse*.

céan ». L'étoile polaire est dans le même cas, ainsi que la constellation dont elle fait partie : la *Petite Ourse* ou *Petit Chariot*. Examinez bien les faibles étoiles de cette région et vous ne tarderez pas à découvrir une figure analogue à celle de la Grande Ourse mais plus petite et tournée en sens contraire ; une caisse et trois chevaux dont le premier est l'étoile polaire.

Entre ces deux Ourses si différentes d'éclat, vous pourrez remarquer un grand nombre d'étoiles figurant une ligne sinueuse de longue étendue. L'imagination antique avait vu là un immense serpent dont le corps se replie plusieurs fois sur

lui-même : c'est le *Dragon*; des étoiles plus ou moins brillantes marquent les anneaux ainsi que la tête façonnée en losange.

Prolongeons encore la ligne droite qui nous a déjà servi à reconnaître la Polaire,



Le *Chariot*, composé de sept étoiles brillantes, ne forme qu'une toute petite partie de la *Grande Queue*. Les trois chevaux du *Chariot* constituent la queue de l'*Animal*.

(Extrait de l'*Atlas de Flamsteed*)

nous passerons à mi-chemin de *Céphée* et de *Cassiopeé*. *Céphée* offre trois étoiles brillantes et *Cassiopeé* en montre facilement cinq disposées de façon à figurer un 'W' ou un 'M' à jambages très écartés, mais si vous avez une très bonne vue, vous ne pourrez vous empêcher d'associer une sixième étoile à ces cinq premières, et la constellation vous offrira d'aspect d'une *Chaise* avec dossier légèrement recourbé.

Poursuivant toujours dans la même direction vous ne tarderez pas à découvrir un immense quadrilatère presque régulier avec une étoile à chaque angle : c'est le *Carre de Pégase* que prolongent en avant et du même côté que *Cassiopeé*, trois belles étoiles appartenant aux constellations d'*Andromède* et de *Persée*. Ces deux groupes ne sont donc pas séparés de *Pégase* ; certaines étoiles leur sont communes et les relient en quelque sorte.

De la dernière d'*Andromède* qui commence *Persée* et qu'on a souvent nommée

la *Luisante*, part une traînée de petites étoiles aboutissant à un amas stellaire unique en son genre : c'est celui de la *Pousinière* ou *Petits de la Poule*, mais célébrée par les anciens poètes sous le nom

plus commun de *Vésicales*. A côté sont les *Hyades* et le *Taureau* que les Indiens appelaient *Mâchoire de Bœuf*.

Ainsi toute la mythologie défile sous nos yeux ; mais c'est une mythologie compliquée où chaque peuple a mis sa note, où chaque astronome antique a introduit de nouvelles figures.

En Egypte des constellations se rapportaient aux différents travaux de l'année, ainsi qu'aux divinités présidant chaque mois : Jupiter *Hammon*, Orus, Isis, Osiris, Typhon, Mendès, le Bœuf Apis avaient leur place marquée dans le ciel ; mais plus tard les Grecs adaptèrent cette nomenclature à leur religion, ajoutèrent de nou-

veaux personnages, si bien que tout d'ensemble nous offre un chaos inextricable.

Le voisinage de certaines figures s'explique cependant en grande partie.

C'est au *Dragon*, dit la légende antique, que Jupiter le roi des Dieux a confié la garde des constellations voisines du pôle et c'est lui qui les empêche de se baigner dans les flots de l'océan.

De quoi sont-elles donc coupables, grand Dieu ! pour mériter pareil supplice !

Écoutez leur histoire, vous apprendrez ainsi à les mieux connaître.

Il y avait une fois... un roi d'Éthiopie, du nom de *Céphée* qui avait pour femme *Cassiopeé* et pour fille *Andromède*.

Or, la reine était belle et ne l'ignorait pas ; aussi, dans son amour-propre, assez excusable et bien féminin, elle osa un jour comparer la beauté de sa fille et la sienne à celle de *Junon* et des *Néréides* et naturellement... elle se décerna la palme.

Furieuse, et il y avait de quoi, la reine

de l'Olympe alla se plaindre à Neptune, le suppliait de punir les deux coupables, au demeurant, les plus affreuses négresses du monde.

Le Dieu des Mers acquiesça sans doute à ses désirs, car peu après il envoyait en Ethiopie un épouvantable Dragon qui causa dans la contrée les plus affreux ravages.

La pauvre Céphée, désespérée et témoin des douleurs de son peuple, n'eut d'autres moyens pour apaiser le monstre que de lui livrer sa propre fille.

Andromède fut donc enchaînée sur un rocher, mais, au moment où la Dragon allait la dévorer, survint Persée, monté sur Pégase et tenant en main la Tête de Méduse qui pétrifiait d'honneur ceux qui affrontaient ses regards.

Persée sortit vainqueur de la lutte, Andromède fut sauvée et toute la famille reçut pour récompense le privilège d'être placée au ciel à côté de la nymphe Callisto changée en Ourse par la fière Junon. Arcas, fils de Callisto est non loin de sa mère sous la figure du Bouvier et vous le trouverez facilement en prolongeant la ligne des deux dernières étoiles de la Grande Ourse, celles qui représentent les deux premiers chevaux dans l'hypothèse du chariot.

Pour protéger sa mère, le roi des Dieux lui a donné un chien fidèle devenu depuis la Petite Ourse, mais que les Egyptiens appelaient le Chien d'Oras.

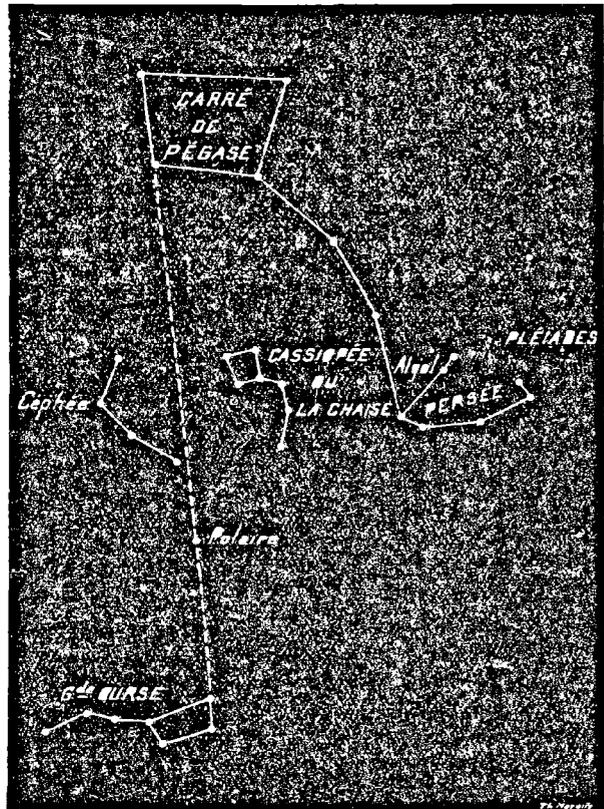
Ainsi, en haut, comme sur la Terre, tout finit par s'arranger.

Pour compléter cette classification des principales constellations boréales, revenons à gauche de Pégase, nous trouverons sur les deux branches de la Voie Lactée et dans son voi-

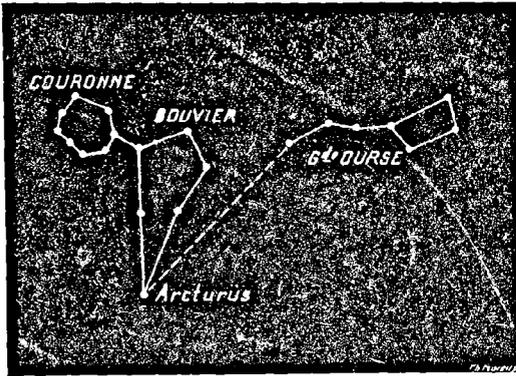
sinage trois belles étoiles disposées en un large triangle et centres elles-mêmes de nouvelles constellations. Ce sont : *Deneb* du Cygne, *Altair* de l'Autour et *Féga* de la Lyre.

C'est la première fois que nous rencontrons des noms mythologiques associés à des étoiles ; les anciens les réservaient en général aux astres les plus brillants et les plus remarquables à différents titres ; on en compte une centaine dans le ciel et nous aurons souvent l'occasion de les citer.

De ce nombre sont encore : *Arcturus* du Bouvier que nous avons déjà identifié, *l'Epi* de la *Vierge*, un peu plus au Sud et enfin *Dénébola* de la constellation du *Lion* dont elle forme la queue.



En alignant les deux dernières étoiles de la Grande Ourse et la Polaire, on arrive au Carré de Pégase, Céphée est à gauche, Cassiopee à droite. Entre Pégase et Persée se trouve Andromède.



Au moyen des deux premiers chevaux du Chariot, il est facile de trouver *Arcturus*. La constellation du Bouvier ressemble à un cerf-volant auquel est attachée la Couronne boréale, dont la plus brillante est la *Perle*.

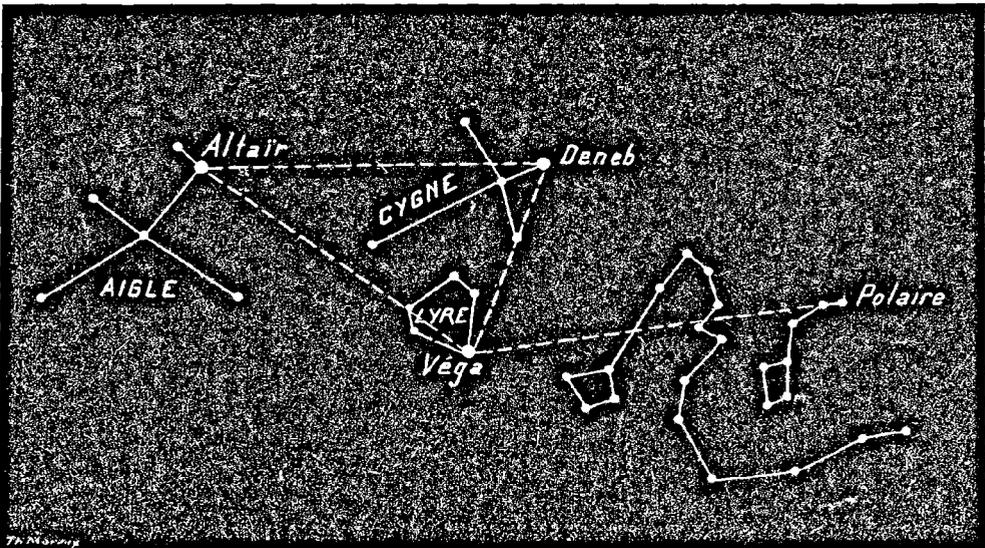
A la droite de cette dernière brille le beau *Régulus*, facile à trouver puisqu'il fait le pendant de *Pégase* par rapport au Grand Chariot et à la Polaire.

Entre celle-ci et *Aldébaran* du Taureau, vous apercevrez une très belle étoile jaunâtre : c'est la *Chèvre* ou *Capella* qui appartient au Cocher, grand pentagone irrégulier situé à l'Est de Persée.

Les *Gémeaux* sont dans le voisinage ; ils forment un parallélogramme allongé dont *Castor* et *Pollux* terminent l'extrémité la plus resserrée.

Si nous ajoutons à cette liste, déjà longue, des constellations de moindre importance, comme celle d'*Hercule*, d'*Ophiucus* et du *Serpent*, de la *Girafe*, toutes faciles à reconnaître à première vue dès qu'on possédera la place des étoiles les plus brillantes, le lecteur aura déjà en mains tous les principaux éléments nécessaires pour apprendre sa carte du ciel boréal.

Mais dans nos latitudes nous découvrons pendant toute l'année plus de la moitié de la voûte céleste, et ceci est facile à comprendre. Reportons-nous aux apparences des nuits polaires. Le pôle du ciel indiqué par l'endroit où l'axe de la Terre perce la sphère céleste est tout en haut, au-dessus de l'observateur très exactement, l'horizon divise donc le ciel en deux parties symétriques : l'hémisphère boréal et l'hémisphère austral, le Nord au-dessus, le Sud aux antipodes. J'entends déjà quelques lecteurs se ré-



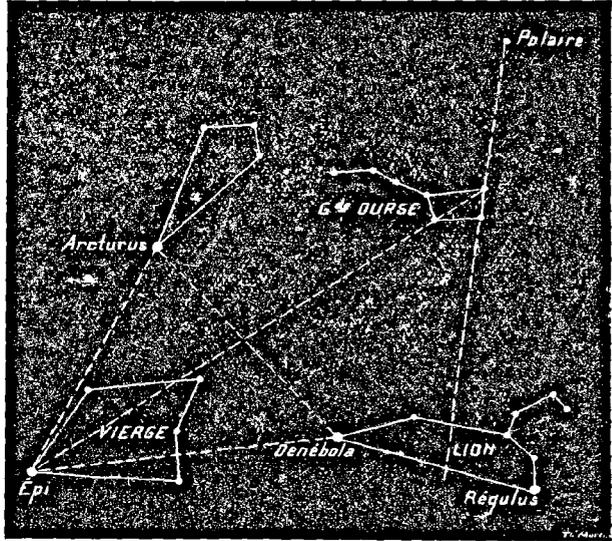
Les belles étoiles *Altair*, de l'*Aigle*, *Deneb*, du *Cygne*, *Véga* de la *Lyre*, forment un grand triangle céleste; on trouve d'abord *Véga*, superbe étoile bleue, par une droite joignant la *Polaire* à la région de la tête du *Dragon*; *Altair* et *Deneb* sont ensuite plus faciles à identifier.

crier et m'objecter qu'un plan mené par les pôles de la Terre ne sépare pas le ciel en deux parties égales et qu'il faut tenir compte de l'épaisseur du Globe.

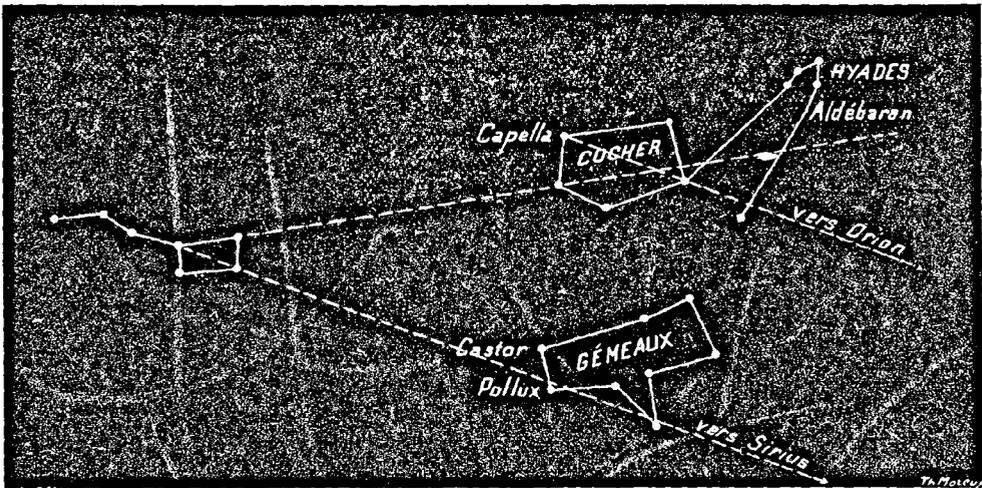
Eh bien, en réalité, les 13 000 kilomètres de notre boule minuscule ne sont rien en comparaison de la distance des étoiles. Menez un plan horizontal en un endroit quelconque du globe, à Paris, je suppose, et disposez une lunette dans ce plan, puis, visez une étoile connue et repérée. Si votre instrument conserve son horizontalité, vous pouvez le monter sur la tour Eiffel, à 300 mètres du sol, le transporter à des hauteurs prodigieuses, à 10, 20, 30 kilomètres, le descendre au centre de la Terre supposée transparente, l'emporter aux antipodes de Paris, dans la Nouvelle-Zélande, toujours il visera la même étoile. Par rapport aux distances stellaires, la grosseur de la Terre est moindre que

l'épaisseur d'un cheveu comparée à la hauteur de l'Himalaya.

Ainsi en tout temps, d'un endroit où nous découvrons l'horizon entier, nous



Une droite prolongeant au sud les étoiles arrière de la caisse du Chariot permet de trouver le Lion avec Régulus. Denébola du Lion, avec l'Epi de la Vierge et Arcturus du Bouvier, forment un immense triangle céleste presque régulier.



En alignant les deux étoiles supérieures de la caisse du Chariot, on trouve le Cocher, les Hyades et le Taureau. Orion est à droite, un peu plus au sud. Une diagonale menée dans le Chariot va vers Sérius du Grand Chien, en traversant les Gémeaux faciles à reconnaître par Castor et Pollux.



Dans nos régions, les étoiles décrivent des cercles obliques par rapport à l'horizon.

Un observateur voit la moitié boréale de la sphère céleste, dans nos latitudes son regard découvre une partie de l'hémisphère austral, il est donc plus favorisé.

— Mais, dites-vous, l'horizon se relève de la même quantité du côté du Nord et de ce fait nous cache en partie quelques constellations voisines du pôle.

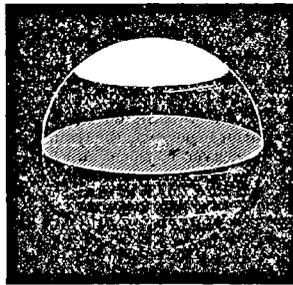
— Ceci est très vrai, je vous l'accorde, mais en vertu de la rotation de la Terre, pendant l'intervalle d'une nuit, nous avons le temps de voir défiler sous nos yeux des étoiles invisibles à un moment donné, au début de la soirée, par exemple.

Ajoutez à cela que, en raison du déplacement du globe terrestre sur son orbite, les constellations ne se lèvent pas à la même heure, chaque jour il y a donc un léger changement et tout compte fait, en l'espace d'une année, l'hémisphère boréal en entier et une partie de l'hémisphère austral se sont présentés à nos observations.

Si maintenant nous allions vers le Sud, le pôle céleste s'abaîsserait à l'horizon et, arrivés à l'équateur, nous constaterions un changement radical.

En ces régions toutes les étoiles se lèvent et se couchent. L'axe de la sphère céleste paraît posé bien à plat sur le sol

et nous apercevons une moitié de la voûte étoilée; mais la Terre est ronde et notre horizon n'aboutit pas toujours aux mêmes points du ciel; tandis qu'aux pôles, le spectateur



Aux pôles de la Terra, le pôle céleste est au-dessus du spectateur, les étoiles bougent indéfiniment suivant des parallèles à l'horizon.

et c'est à l'horizon nord et sud qu'il faut chercher les pôles du ciel.

En l'espace d'une année on y peut donc observer toutes les étoiles; ce privilège, hélas! est malheureusement détruit en partie par ce fait que les constellations voisines du pôle s'élèvent fort peu dans le ciel et sont presque inaccessibles aux instruments; les observations pour ces régions sont gênées par la couche atmosphérique et tous les astronomes savent que dans les télescopes les images sont d'autant plus nettes que les étoiles sont plus hautes sur la voûte céleste.

Ainsi nos observatoires sont, en somme, plus favorisés et si de nos contrées nous ne découvrons pas certaines belles constellations australes, comme la Croix du Sud, ce que nous voyons suffit amplement à nos études et à notre enthousiasme.

D'ailleurs en France et dans toute l'Europe centrale, nous apercevons au-dessous de l'équateur céleste — grand cercle divisant la sphère en deux parties égales — une large zone de la moitié australe.

C'est d'abord, à cheval sur les deux hémisphères, le géant *Orion*, prêt à la

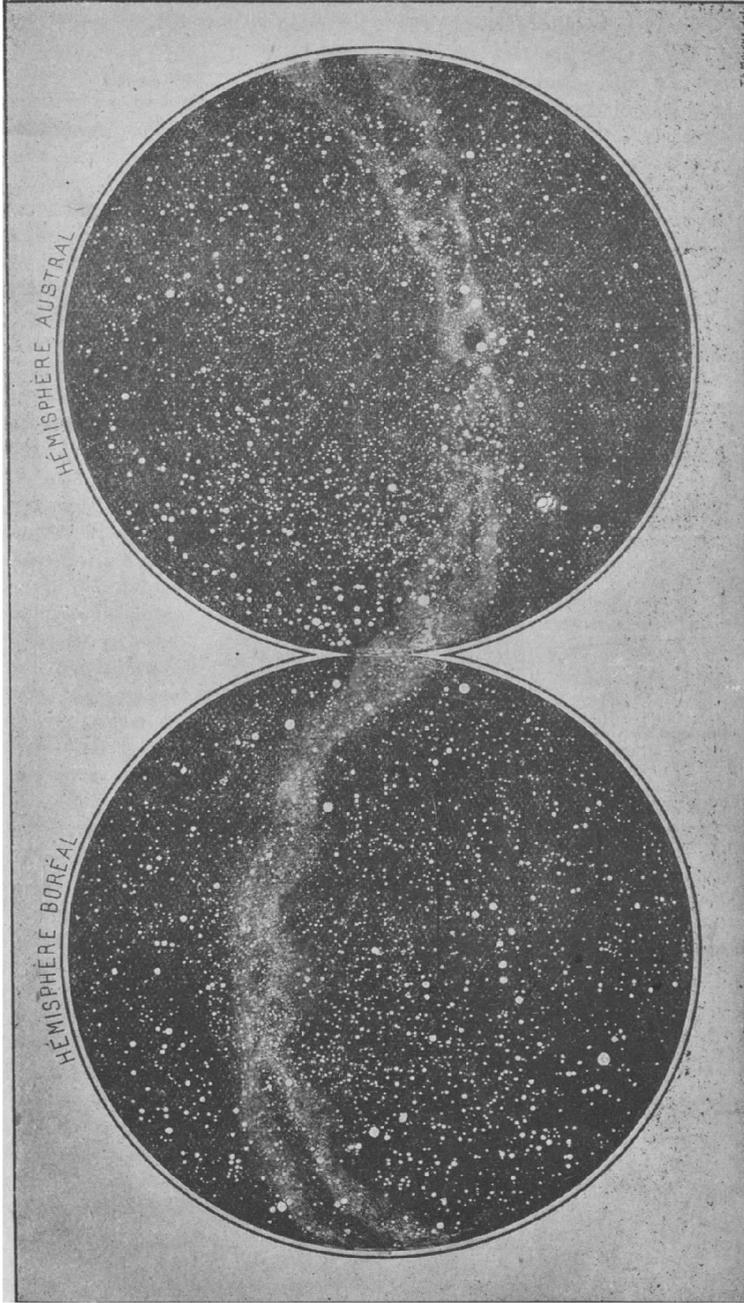
bataille, avec son bouclier, son baudrier et son épée. *Rigel* et *Bételgeuse* occupent

deux angles opposés de ce magnifique quadrilatère, et le Baudrier du guerrier est formé de trois étoiles brillantes. Suivant qu'on y ajoute trois ou quatre autres plus faibles on ob-



Dans les régions équatoriales, toutes les étoiles se lèvent et se couchent et les pôles célestes sont à l'horizon. Toutes ces apparences proviennent de la rotation de la Terre.

3 LE CIEL ÉTOILÉ



Ces deux disques contiennent toutes les étoiles visibles à l'œil nu, elles ne sont donc pas aussi nombreuses qu'on le croirait à première vue. Un œil exercé n'en compte guère que 3 000 à la fois.

tient les *Rois mages*, le *Bâton de Jacob* ou le *Rateau*.

Lorsque *Orion* illumine nos belles nuits d'hiver, personne ne peut retenir son admiration devant ses *merveilleuses splendeurs*. Dirigez vers cette région le plus faible instrument, jumelle ou longue-vue, vous apercevrez là des *multitudes de points étincelants*, soleils énormes, étoiles scintillantes, nébuleuses où s'agglomèrent les matériaux de systèmes naissants, astres rouges qui jettent dans l'espace les derniers rayons d'une vie qui lentement se consume, mondes étranges dont la diversité pose à l'homme les problèmes du Temps et de la Mort.

Les poètes antiques se doutaient-ils des richesses fabuleuses accumulées en ce coin du ciel, lorsque dans leurs chants ils célébraient à l'envi le groupe splendide du géant côtoyant l'image gracieuse des *Pléiades*!

Homère en parle à différentes reprises dans l'*Iliade* et l'*Odyssée* : Vulcain grave sur le bouclier d'Achille la Terre, le Ciel et l'Océan... les *Pléiades*, l'*Orion* brillant et l'*Ourse* qui, tournant autour du pôle, regarde l'*Orion*.

« Est-ce toi, disait le Seigneur à Job, qui resserres les liens des *Pléiades*, ou pourrais-tu relâcher les chaînes de l'*Orion*?... »

C'est dans la même région, quoique un peu plus au Sud, que brille *Sirius* la plus belle étoile du firmament, dans la constellation du *Grand Chien*, et *Procyon*, magnifique soleil qui lui fait face de l'autre côté de la Voie lactée.

Sirius par son éclat tenait, pour les prêtres égyptiens, une grosse place dans le ciel. C'est lui qui réglait leur année et son lever était soumis aux plus scrupuleuses observations. Mais le Soleil se déplace

sur la voûte céleste. A sa marche diurne qui lui fait décrire un cercle autour du pôle, tout comme une simple étoile, vient s'ajouter un mouvement propre dirigé à l'inverse du premier. Si donc nous pouvions apercevoir les étoiles en plein jour, nous aurions vite constaté que, chaque mois, le Soleil se trouve dans une constellation différente; pendant le cours de l'année il occupe ainsi « douze maisons », pour parler le langage antique; et comme,



La constellation d'*Orion*, l'une des plus belles du Ciel, représentée sous la forme du Géant de la Fable.

par une étrange coïncidence, ces douze constellations portent à peu près toutes le nom d'un animal, les douze stations solaires ont reçu le nom de *Constellations zodiacales*.

A la fin de l'année, le Soleil revient à son point de départ et le cercle parcouru est incliné par rapport à l'équateur, puisque la Terre roule penchée sur son axe : c'est l'*Ecliptique*.

Ce voyage de l'astre du jour rendant visite aux constellations zodiacales, avait pour les anciens un intérêt puissant, et nos almanachs modernes eux-mêmes ne manquent jamais d'indiquer pour chaque mois l'entrée du Soleil dans tel ou tel signe.

Voilà en peu de mots le grand principe et la base de la vieille astrologie.

Lorsqu'un grand de la Terre faisait son entrée dans le monde, tous les savants de l'époque relevaient la position du Soleil sur le *Zodiaque* et tiraient des horoscopes. Tel signe faisait les puissants, les hommes forts, habiles à gouverner; tel autre était réservé aux faibles, aux constitutions délicates. Il y en avait pour les médecins, pour les alchimistes, pour les apothicaires et les avocats.

Ces temps d'ignorance nous paraissent

bien lointains, et cependant, de nos jours encore, nous rencontrons plus d'un astro-

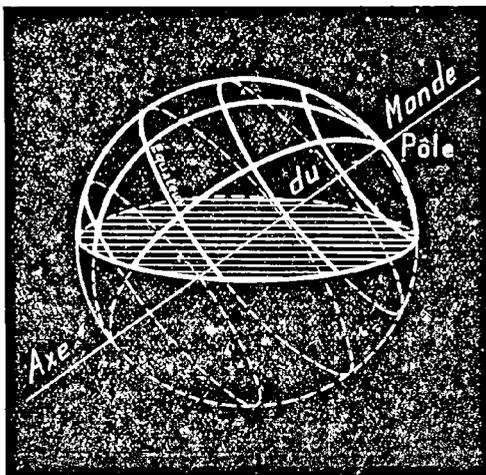
logue moderne vivant de la crédulité des peuples. L'astrologie, peut-on même ajouter, s'est démocratisée et, pour une maigre obole, chacun peut faire tirer son horoscope, trouver sa règle de conduite et découvrir son avenir dans la marche du Soleil et des planètes! Pauvres esprits qui s'imaginent que les astres du ciel s'intéressent aux banales péripéties d'un atome roulant comme un grain de poussière dans les plaines de l'immensité.

Au temps d'Hipparque, le Soleil traversait la constellation du Bélier à l'équinoxe du Printemps. C'est donc le Bélier qui commence habituellement la liste des constellations zodiacales qu'un poète latin a citées dans les deux vers suivants :

- « Sont : Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo.
- « Libraque, Scorpius, Arcitenens, Caper, Amphora, Pisces.

Nous les nommons en français : le Bélier, le Taureau, les Gémeaux, le Cancer, le Lion, la Vierge, la Balance, le Scor-

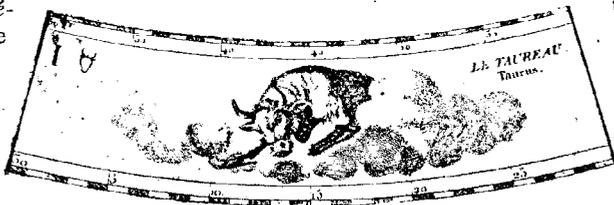
pion, le Sagittaire, le Capricorne, le Verseau, et enfin les Poissons.



Pour la commodité de leurs observations, les astronomes ont divisé la sphère céleste apparente par des cercles analogues aux parallèles et aux méridiens sur la Terre.

Mais en vertu de la précession des équinoxes, c'est-à-dire du cône décrit par l'axe de la Terre en 25 817 ans, le Soleil n'occupe plus au printemps la même position qu'à l'époque d'Hipparque; il y a eu des changements dont les astronomes modernes ont calculé la valeur et, comme les peuples antiques, ont toujours eu soin de noter, souvent avec la plus scrupuleuse exactitude, l'em-

placement du Soleil dans le Ciel, les représentations du Zodiaque qu'ils nous ont laissées nous fournissent avec une merveilleuse précision tout un système de chronologie que les historiens d'autrefois n'auraient osé espérer. Le lecteur trouvera, à la fin de chaque chapitre, la figure des si-



MAL. — SIGNE DU ZODIAQUE : LE TAUREAU.

gnes du Zodiaque, ainsi que le symbole astronomique qui leur sert de représentation.

Nous avons vu dans *Quelques heures dans le ciel* que toutes les planètes du système solaire tournent sur un même plan ou à peu près.

De notre station terrestre, les planètes doivent donc se mouvoir en apparence sur un grand cercle de la sphère céleste coïncidant avec la région où se meut le Soleil et que nous avons appelée *éclipti-*

que : De là l'importance des constellations zodiacales. C'est dans cette bande assez large que l'observateur devra chercher toutes les planètes, aussi bien Jupiter, Mars et Saturne que les astéroïdes plus petits comme Pallas, Cérès et Vesta.

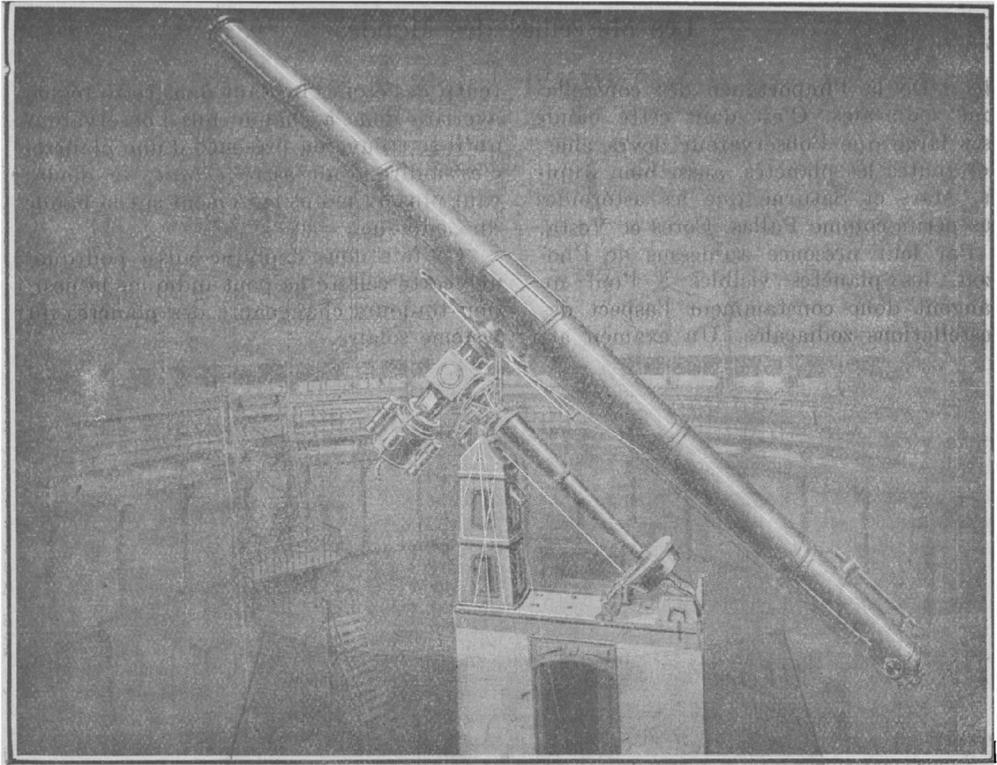
Par leur présence au-dessus de l'horizon, les planètes visibles à l'œil nu changent donc constamment l'aspect des constellations zodiacales. Un examen at-

tentif des étoiles brillant dans cette région avertira donc à chaque fois l'observateur qu'il se trouve en présence d'une planète, c'est-à-dire d'un astre *errant*, se déplaçant plus ou moins lentement sur la bande du Zodiaque.

Ce fait nous explique aussi pourquoi une carte céleste ne peut indiquer la position toujours changeante des planètes du système solaire.



JUIN. — SIGNE DU ZODIAQUE : LES GÉMEAUX.



LA GRANDE LUNETTE DE L'OBSERVATOIRE DE NICE.

(Cliché de la maison Vion.)

CHAPITRE III

Lunettes monstres et Téléscopes géants.

L'étude sommaire des constellations, nous l'avons constaté ensemble, n'offre vraiment aucune difficulté sérieuse. Ces groupements factices facilitent l'identification des étoiles et leur classement sur une carte céleste ne paraît qu'un jeu.

Comment expliquer alors que les hommes ont mis des siècles et des siècles pour dresser des catalogues stellaires ?

C'est que, en réalité, il y a loin de la reconnaissance générale d'une région au plan exact dressé par un géographe habile. Ce dernier doit être outillé pour repérer les positions constatées; il faut

avancer pas à pas, instruments en main, relever les angles, mesurer les bases, se servir de l'équerre et de la chaîne d'arpenteur. De nos jours, le service géographique de l'armée doit même employer des appareils plus compliqués. Au moyen de repères géodésiques, on dresse une sorte de canevas et, dans la mesure des angles, nos théodolites munis de véritables lunettes ont remplacé l'équerre et les graphomètres d'autrefois.

Assigner une place à une étoile sur la sphère céleste, relever les positions des étoiles voisines, telle fut aussi l'ambition

des astronomes anciens. Or, au temps d'Hipparque, c'est-à-dire 125 ans avant l'ère chrétienne, la technique des instruments, on le croira sans peine, n'était pas aussi avancée que la nôtre.

Il fallut bien des veilles et une habileté consommée pour noter la position assez précise de 1 080 étoiles visibles sous le beau ciel d'Alexandrie. Et tel fut cependant le tour de force que réalisa Hipparque, le plus grand astronome de l'antiquité dont l'histoire nous ait conservé le souvenir.

Or, fait curieux à enregistrer et qui monte au surplus qu'un instrument parfait est nécessaire dans un tel travail, le nombre des étoiles cataloguées et repérées ne s'accrut pas sensiblement pendant les dix-huit siècles suivants.

A la fin du XVII^e siècle, les catalogues stellaires ne comprenaient que la position de 1 533 étoiles!

Cependant deux inventions allaient révolutionner les méthodes astronomiques et leur faire accomplir en deux cents ans plus de chemin qu'elles n'en avaient parcouru depuis l'apparition de l'humanité sur la Terre. Nous voulons parler de la découverte des lunettes et des perfectionnements apportés aux horloges.

L'une d'elles devait permettre à l'homme de centupler l'acuité de sa vue, rapprocher et mettre à sa portée les astres lointains, lui révéler les mystères d'une création insoupçonnée; tandis que par l'appréciation du temps, il allait aborder la solution inespérée de problèmes posés par des générations de savants, la connaissance exacte du système solaire, l'appréciation des distances célestes et celle de la place que nous occupons au milieu des mondes semés à profusion autour de notre terrestre demeure.

C'est à John Lippersey qu'on attribue généralement l'invention des lunettes et à Galilée que revient l'honneur de leur application à l'étude des phénomènes célestes.

Ces premiers instruments ressemblaient à nos jumelles de théâtre, la lentille placée près de l'œil, l'oculaire, était

concave; on n'embrassait ainsi qu'une toute petite étendue, un champ restreint et les grossissements étaient tout à fait limités.

Mais en 1645, le P. Scheiner, savant jésuite astronome, imagina notre lunette actuelle fondée sur un tout autre principe.

Prenez une lentille convexe, une loupe que le premier opticien venu vous procurera pour quelques centimes, placez-vous au fond d'un appartement face à la fenêtre, il vous sera facile, après quelques tâtonnements, de recevoir sur une carte de visite placée en arrière de la lentille, une image nette mais renversée de cette fenêtre et du paysage qui vous est familier.

Cette propriété des lentilles convexes de donner des images réelles des objets éloignés, vous la connaissez sans doute depuis longtemps; c'est elle qu'on utilise en photographie, et on conçoit qu'il suffise de substituer à la feuille de papier blanc ou au verre dépoli de l'appareil une plaque sensible à la lumière pour obtenir une reproduction exacte des objets.

Par le même procédé, vous pourriez recevoir, sur un écran, le portrait authentique de la Lune et du Soleil.

Faites cette dernière expérience avec une feuille de papier à cigarettes; vous obtiendrez un tout petit cercle éblouissant cette fois: c'est l'image du Soleil; mais comme les rayons solaires sont concentrés sur une surface restreinte, le papier s'enflammera instantanément.

Voilà pourquoi l'endroit où vient se peindre, derrière une lentille, l'image du Soleil ou d'un objet très éloigné s'appelle foyer de la lentille, et comme c'est cette dernière qui fournit l'image de l'objet, les physiciens l'ont pour cette raison nommée objectif. La distance de l'image à l'objectif varie suivant la courbure de la lentille, c'est la distance focale.

Maintenant que nous possédons parfaitement ces notions simples, variations l'expérience.

Votre loupe est toujours devant la

fenêtre, mais au lieu de la tenir à la main, placez-la sur un support bien verticalement et notez l'endroit où se forme l'image sur la feuille de papier. Il est d'abord évident que vous pouvez remplacer cette feuille par une surface moitié transparente, un verre dépoli d'un appareil photographique, et il est non moins évident que vous avez tout loisir de regarder l'image du paysage lointain à l'aide d'une seconde loupe très petite et très grossissante, imitant ainsi les photographes lorsqu'ils cherchent une mise au point soignée.

Eh bien ! constatation extrêmement intéressante et de la plus haute portée, vous pouvez, sans déranger les deux lentilles, supprimer feuille transparente ou verre dépoli, vous apercevrez encore l'image renversée, comme précédemment, mais cette fois les objets vous paraîtront beaucoup plus nets et vous les verrez encore très grossis, rapprochés pour ainsi

dire : vous venez de construire une lunette astronomique.

— Aussi simple que cela ?

— Parfaitement ; et les premières lunettes n'étaient pas composées d'autre façon. Elles avaient un pied et demi de longueur seulement et on pouvait les tenir à la main.

Mais plus la distance focale de l'objectif augmente, plus fort est le grossissement de l'appareil ; aussi dès le début on s'ingénia à « allonger » les lunettes et en 1655, Huygens réussit à en construire d'énormes. L'une d'elles avait 6 m. 50 de distance focale ; mais l'ambition n'a jamais de limites et bientôt l'astronome étant parvenu à tailler une lentille de 23 centimètres de diamètre, put lui donner une distance focale de 70 mètres !

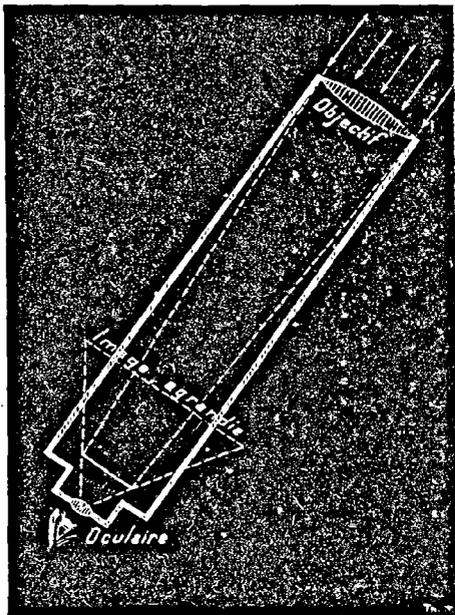
Observer un astre dans ces conditions n'était pas chose facile ; on dressait de grands mâts en plein air et au moyen de cordages et de poulies on manœuvrait péniblement l'objectif cependant que l'observateur resté sur le sol s'ingéniait à trouver l'endroit où l'astre venait peindre son image.

Un peu plus tard, on s'avisait sans doute de construire des tours élevées, mais la manœuvre de tout cet attirail compliqué rendait toujours difficile l'emploi des lunettes astronomiques de quelque puissance.

Et cependant ces grandes longueurs étaient nécessaires pour éviter un inconvénient terrible : la formation autour des images de couleurs irisées tout à fait gênantes.

Pour remédier à cet état de choses, nos objectifs actuels sont composés de deux lentilles accouplées, juxtaposées et taillées dans des disques de verre à densité différente ; en un mot, elles sont achromatiques (1).

Les oculaires eux-mêmes ont été perfectionnés et on a pu obtenir ainsi dans ces derniers temps de merveilleux résultats.



L'objectif de la lunette astronomique est une lentille convexe dirigée vers l'objet. A l'aide d'une loupe nommée oculaire, l'astronome grossit l'image renversée de l'astre que fournit l'objectif à son foyer.

(1) Achromatique, veut dire : sans couleur.

A la fin du XVIII^e siècle, les plus grandes lunettes achromatiques ne possédaient pas d'objectifs supérieurs à 12 centimètres d'ouverture, la taille même de pareilles lentilles était malaisée, mais après les travaux de Foucault, la construction des grands instruments prit un essor subit et à l'heure actuelle on ne compte plus les yeux géants qui de la Terre, sont tournés vers le ciel pour en pénétrer les mystères et en sonder les profondeurs.

Il y a quelque soixante ans seulement, lorsqu'on exécuta les lentilles de 38 centimètres destinées aux observatoires de Pulkowa en Russie et de Harvard en Amérique, ces instruments furent regardés comme des monstres, et beaucoup d'astronomes crurent que les limites de grandeur pour les lunettes étaient sensiblement atteintes. Mais d'autres se montrèrent plus confiants dans l'avenir et de ce nombre était Struve, directeur de l'Observatoire de Pulkowa.

La grande lunette de 7 mètres de distance focale était à peine installée que le tsar vint l'admirer.

— Eh bien ! dit-il, s'adressant à l'astronome, eh bien ! Struve, êtes-vous satisfait ?

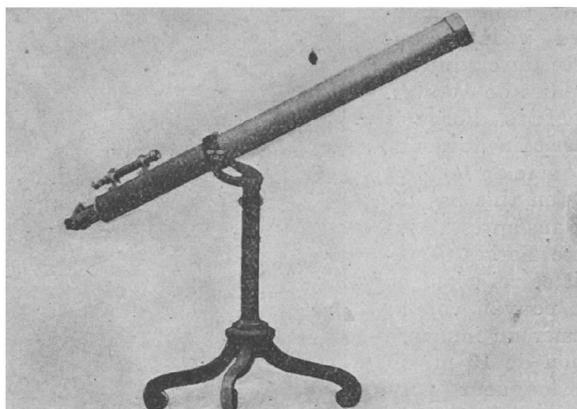
Mais celui-ci, rêveur, hocha la tête.

— Oui, majesté, répondit-il..., pour le moment...

Et de fait, près de cent observatoires sont dotés aujourd'hui d'appareils analogues ou un peu plus puissants. Une trentaine possèdent des instruments dont l'ouverture est supérieure à 50 centimètres et beaucoup d'objectifs dépassent notablement cette dimension.

Pulkowa et Nice sont pourvus de lentilles de 76 centimètres de diamètre. Potsdam vient ensuite avec 79 centimètres et l'objectif du grand équatorial de Meudon a une ouverture de 82 centimètres.

Les difficultés qui arrêtaient les anciens artistes paraissent définitivement



LUNETTE ASTRONOMIQUE D'AMATEUR

(Modèle de l'Abbé Moreux, construit par la maison Secretan, de Paris, Epry, successeur.)

vaincues et s'il faut en croire M. Alvan Clark, le célèbre constructeur américain, de regrettable mémoire, la production et la taille de lentilles d'énormes dimensions bien supérieures à tout ce que l'on a tenté jusqu'ici n'est qu'une question de temps et d'argent.

Et déjà les faits ont réalisé ces prévisions.

La lunette de Meudon, avec son objectif visuel de 82 centimètres, sa lentille photographique de 63 centimètres, son long tube de 17 mètres et sa coupole de 70 000 kilogrammes que commande un moteur à gaz de 12 chevaux, a été dépassée par les Américains.

James Lick, jaloux de conquérir à son pays la première place dans la science d'Irannie, offrit 750 000 dollars pour la fondation d'un observatoire qui devait dans sa pensée dépasser les dimensions précédentes.

Il fit donc installer au sommet du mont Hamilton, à 1 400 mètres d'altitude, une magnifique lunette de 91 centimètres d'ouverture et dont l'objectif à lui seul absorba 225 000 francs.

Terminé en 1887, ce merveilleux instrument servit entre les mains de M. Burnham, à des recherches précises sur les systèmes d'étoiles doubles et entre

celles de M. Barnard à la découverte du cinquième satellite de Jupiter.

Mais l'orgueil américain toujours en quête du *the best* ne s'en tint pas là. Six ans après, la lunette Yerkes détrônait ce roi géant et l'on pouvait voir se dresser un immense canon de 19 m. 50 de longueur portant une lentille de 1 mètre d'ouverture. Le tube seul pèse 6 000 kilos; en son milieu, l'épaisseur de la tôle d'acier atteint près de 19 centimètres; les arbres servant d'axe à la lunette ont de 30 à 38 centimètres d'épaisseur et le tout est supporté par une colonne et un chapiteau de 45 tonnes.

Lorsque la lunette dont l'ensemble dépasse 75 000 kilogrammes, est braquée au zénith (1), l'objectif se trouve porté à 22 mètres de hauteur, ce qui équivaut au faite d'une maison à six étages.

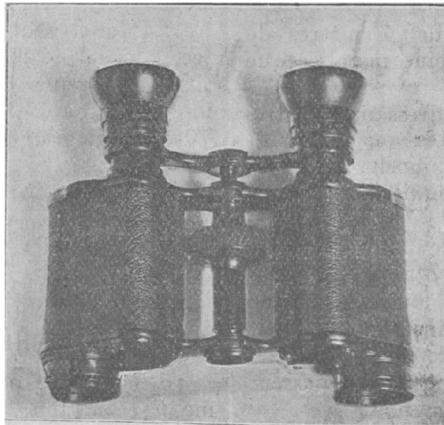
Dans ces conditions, il devient impossible de suivre les déplacements de l'oculaire au moyen

(1) Zénith, point du ciel situé au-dessus de la tête de l'observateur. (Mot dérivé de l'arabe.)



VUE DE LA GRANDE LUNETTE DE L'EXPOSITION DE 1900.

Un énorme tube horizontal de plus de 60 mètres de longueur et dans lequel un miroir renvoyait l'image des astres, telle était la colossale lunette qu'on pouvait admirer au Palais de l'Optique, à l'Exposition Universelle de 1900, à Paris.



JUMELLES A PRISMES.

Pour chercher une étoile faible, on peut se servir d'une jumelle à prismes à grand champ.

(Modèle de l'Abbé Moreux, construit par la maison Straigh-Warehouse, de Paris.)

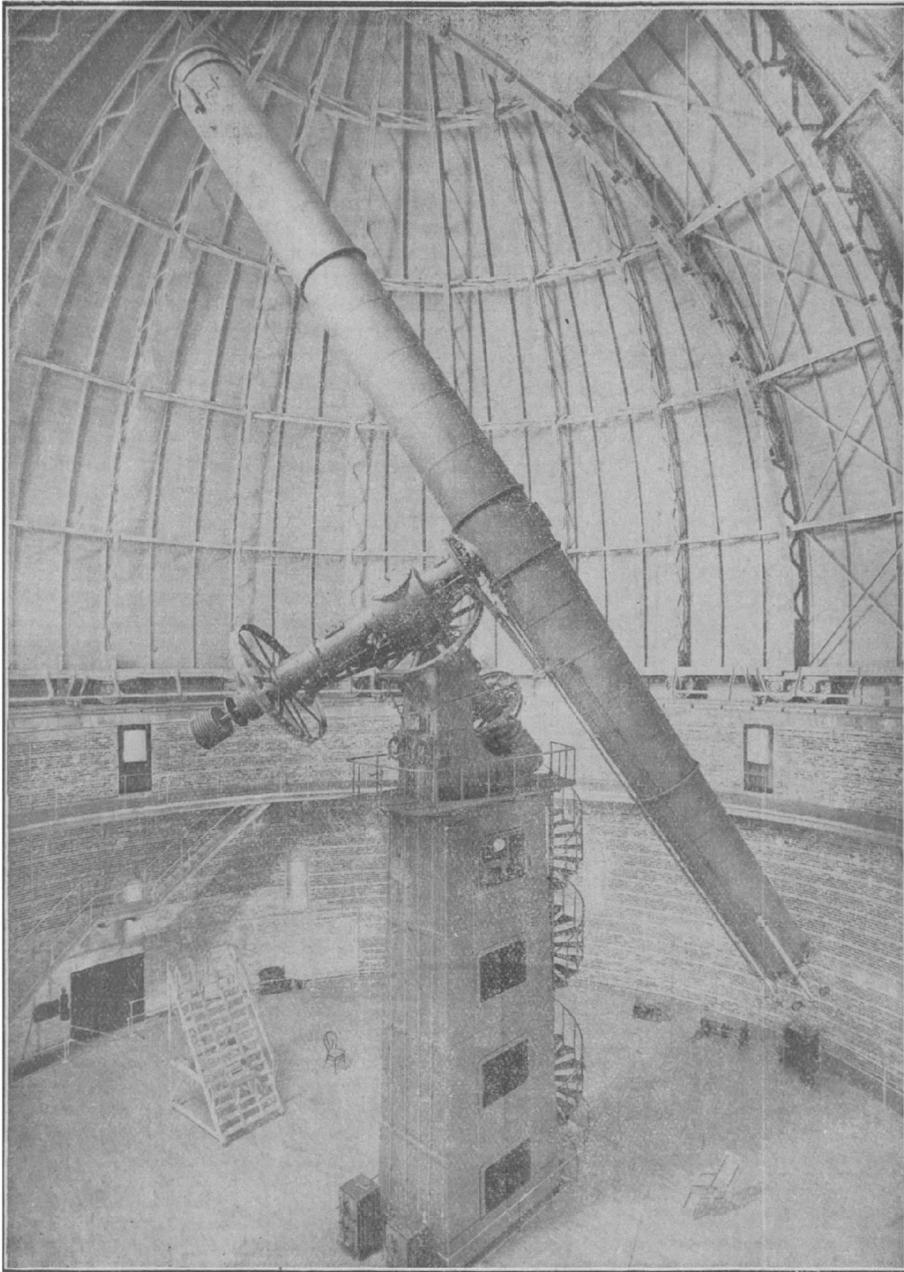
d'échelles roulantes; aussi tout le plancher manœuvre comme un véritable ascenseur et automatiquement; pendant qu'un formidable mouvement d'horlogerie entraîne la lunette dans la direction changeante de l'astre observé, l'astronome est porté à la hauteur requise pour ne pas quitter son poste.

Et cependant tous ces records ont été battus peu d'années après par la grande lunette de l'Exposition française de 1900, dont les objectifs visuels et photographiques interchangeablemes mesuraient 1 m. 25 d'ouverture utilisable, avec une longueur focale de 64 mètres.

Etant données de semblables dimensions on ne pouvait songer au montage d'un pareil instrument dans les conditions ordinaires.

Avec un tube aussi élevé que les tours de Notre-Dame de Paris, les flexions n'auraient été évitées. Et puis comment remuer pareille masse?

On laissa donc la lunette dans une position horizontale



L'Observatoire de Yerkes, en Amérique, grâce à la libéralité de son fondateur, possède actuellement la plus grosse lunette du monde. L'objectif mesure 1 mètre de diamètre. L'instrument a la hauteur d'une maison à six étages et pèse au total 75 000 kilogrammes.

et les images des astres y pénétrèrent au moyen d'un miroir incliné, de deux mètres de diamètre, merveille de précision réalisée par le constructeur Gautier.

C'était la première fois qu'on taillait mécaniquement des pièces de verre avec un si haut degré d'exactitude.

On installa la lunette, j'eus même l'honneur de faire le premier dessin obtenu avec elle, celui de la grande tache solaire de juin 1900; l'Exposition terminée on dut reléguer le merveilleux instrument dans des hangars où les pièces gisent pêle-mêle encore aujourd'hui!

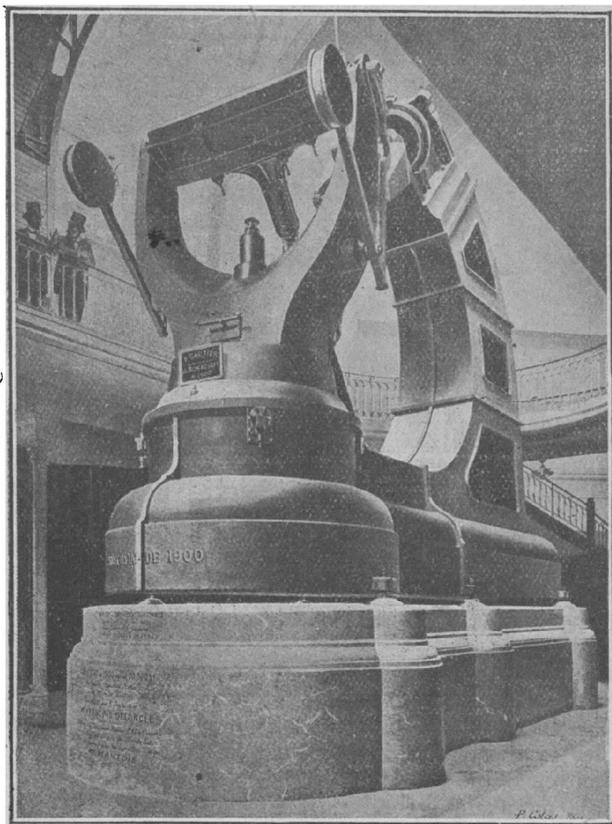
Il ne s'est pas trouvé en France où l'on dépense sans compter, dans toute l'Europe où les nations se saignent à blanc pour entretenir leurs canons et leur artillerie de marine, pour s'entre-tuer à la première occasion, il ne s'est trouvé personne pour prendre à sa charge l'installation de cette merveille d'optique destinée à jauger les espaces célestes et à nous permettre de pénétrer plus avant dans les mystères et les splendeurs du ciel étoilé.

A côté de ces instruments que les Anglais appellent des *réfracteurs* parce que les rayons lumineux sont réfractés à travers des lentilles, absolument comme dans les prismes, prennent place d'autres appareils dont le but est le même et dont le principe est cependant différent : ce sont les *télescopes* ou *réflecteurs*.

Au lieu d'une lentille convexe, procurez-vous un miroir concave du genre de ceux que possèdent certaines tables de toilette, glaces originales où mes lectrices osent à peine se regarder tant elles grossissent les traits des plus fins visages.

Placez encore ce miroir au fond de

votre chambre en face de la fenêtre. Cette fois vous obtiendrez, comme avec la lentille convexe, une image des objets que vous pourrez recevoir sur une feuille blanche, mais l'image se produira en avant, c'est-à-dire entre le miroir et la fenêtre.

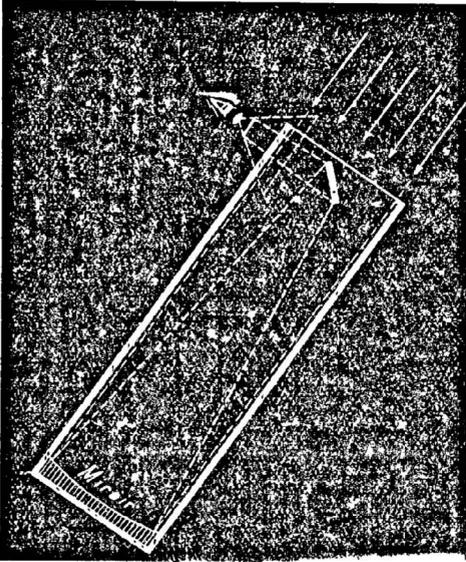


Le sidéostat de la grande lunette de 1900 portait un miroir de 2 mètres de diamètre, la plus grande surface plane que l'homme ait pu réaliser.

(Construit par la maison Gautier, de Paris, cliché Vion).

En examinant de nouveau cette image, à l'aide d'une loupe, vous aurez une disposition nouvelle permettant de grossir et par conséquent de rapprocher les objets.

Les anciens connaissaient parfaitement cette propriété des miroirs concaves, et nous ne sommes pas assurés qu'ils ne l'aient utilisée comme lunettes d'approche.



Dans les télescopes l'image de l'astre est fournie par un miroir concave. Cette image est renvoyée par une glace dans l'œil de l'observateur qui l'examine avec une loupe.

Quoi qu'il en soit, le premier télescope moderne fut exécuté par le P. Zucchi, savant jésuite dont nous avons déjà parlé à propos de Jupiter. C'était en 1616, six années après que Galilée eut construit ses lunettes.

Le nouvel instrument se perfectionna peu à peu. Tantôt, en effet, on examine les images directement au foyer; tantôt les rayons sont renvoyés sur le côté, au moyen d'une petite glace bien plane; tantôt enfin un second miroir concave ramène l'image à travers une ouverture du grand miroir, derrière celui-ci.

Newton, Cassegrain, Gregory, furent les auteurs de ces perfectionnements successifs, mais personne n'atteignit l'habileté de William Herschel dans la construction de ces immenses pièces de canon braquées paisiblement sur le Ciel.

Nous avons raconté les premières tentatives du grand astronome pour la construction de ses télescopes. Celui de 2 m. 13 de longueur focale qui lui servit pour découvrir Uranus ne suffisait déjà plus à son ambition, et déjà il rêvait de

dimensions plus colossales. Hélas! la science d'Uranie n'enrichit pas généralement ses disciples, et l'argent manquait. C'est alors qu'au printemps de 1782, le roi manifesta le désir de voir Herschel. Celui-ci se rendit à la cour avec son télescope favori. George III fut charmé de l'entretien, et prévoyant ce qu'un tel homme pouvait apporter de gloire à son pays, il résolut de se l'attacher.

A propos de cette visite qui n'avait pas enthousiasmé l'astronome, voici ce qu'Herschel écrivait à sa sœur :

« Je passe assez agréablement mes journées entre Greenwich et Londres, mais c'est une perte de temps pour mes travaux. D'ailleurs la compagnie n'est pas toujours intéressante et j'aimerais souvent beaucoup mieux polir mes miroirs... Les opticiens et les astronomes ne parlent que de ce qu'ils appellent mes grandes découvertes. »

La comparaison de ses télescopes avec les instruments officiels, fut si défavorable pour ces derniers, que le directeur de l'observatoire prit la résolution de changer les siens.

Le 22 juillet, Herschel montra pour



Télescope d'amateur construit par la maison Secretan de Paris (Épny, successeur).

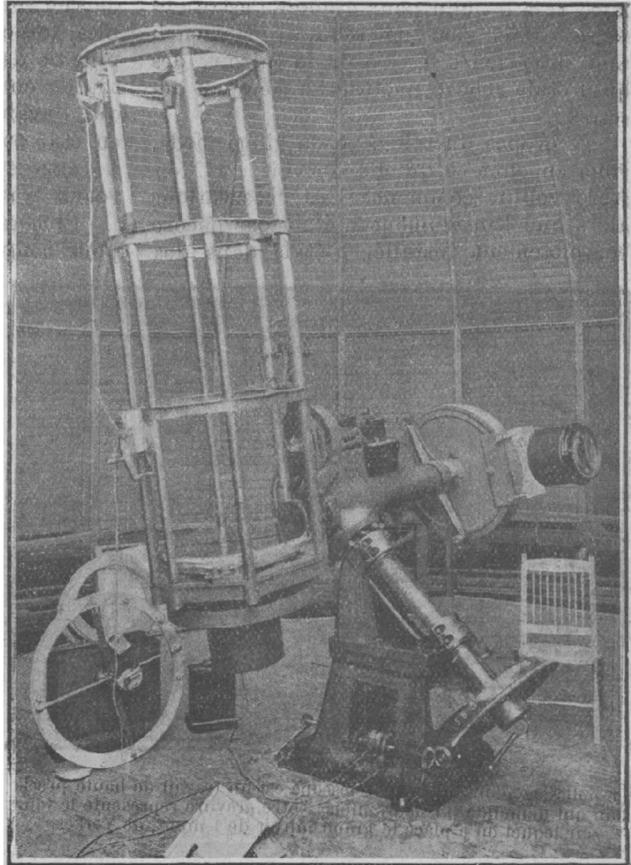
la première fois les cieux au roi et à la reine. Peu après, il recevait le titre d'astronome du roi avec le modeste salaire de 200 livres sterling (5 000 fr.). « Jamais, s'écria sir William Watson en apprenant cette nouvelle, un roi ne s'est honoré à si bon marché! »

La pension était minime, sans doute, mais elle suffisait à soustraire Herschel aux exigences de la vie matérielle. Elle lui permettait d'abandonner la musique, qui était son gagne-pain depuis longtemps, pour ne plus se vouer qu'à ses chères études.

Le roi, le voulant près de lui, l'avait fait installer à côté du château de Windsor dans une vieille maison toute délabrée.

Le premier soin d'Herschel fut de transformer toutes les pièces de l'habitation en ateliers pour la fabrication des miroirs. Mais l'opération était délicate, ainsi que nous le raconte miss Caroline, sa sœur.

Le nouveau miroir, de grandes dimensions, devait être coulé dans un moule en terre glaise mélangée à du crottin de cheval dont une immense quantité devait être réduite en poussière puis passée à travers un fin tamis. « Ce fut pour moi, ajoute Caroline, un long et pénible travail; Alex (c'était ainsi qu'elle avait surnommé son frère), venait souvent m'aider, car il était très enthousiasmé par cette nouvelle entreprise. Sir William Watson lui-même m'enlevait le pilon des mains quand il me trouvait dans l'atelier... Enfin, le grand jour arriva, l'opération du coulage réussit parfaitement, mais le métal se fendit en refroidissant. Une seconde tentative fut faite quelques jours plus tard; malheureusement, au



LE GRAND TÉLÉSCOPE DE 60 CENTIMÈTRES D'OUVERTURE DE L'OBSERVATOIRE YERKES, EN AMÉRIQUE

moment où l'opération du coulage commençait, il se produisit une fuite. Mes deux frères et les ouvriers durent se retirer précipitamment, car le dallage, sur lequel se répandait le métal en fusion, volait en éclats dans tous les sens, jusqu'au plafond. »

Le diamètre du miroir dont il s'agit devait être de 91 centimètres avec 40 pieds de longueur focale. Avant de le réussir, Herschel, en 1788, en construisit un de 20 pieds et de 50 centimètres d'ouverture.

En raison de la disposition de pareils instruments, l'observation n'était pas chose aisée : il fallait monter à l'embouchure de l'énorme puits et diriger l'oc-

laire vers le fond pour étudier l'astre observé. Mais rien ne rebutait Herschel. Son impatience à essayer le miroir, dès qu'il était achevé, mettait sa sœur au désespoir.

A propos du télescope de vingt pieds, voici en effet ce qu'elle écrivait : « Mon frère voulut commencer ses observations alors que l'instrument n'était pas encore complètement installé. J'étais dans des

de s'en servir. Malgré tous les soins possibles, le poli du grand miroir ne dura pas plus de deux ans. La maladie allait bientôt devenir incurable, car seule la main qui l'avait construit pouvait le remettre en état et Herschel n'avait plus la force à cette époque d'entreprendre de nouveaux travaux.

Plus récemment le dernier essai tenté pour construire des miroirs en métal l'a été par lord Ross qui parvint à obtenir un télescope de 6 pieds d'ouverture (1 m. 82), mais les progrès réalisés dans l'obtention de disques énormes en verre par la Manufacture Française des Glaces de Saint-Gobain a permis aux astronomes de ne plus limiter leurs ambitions.

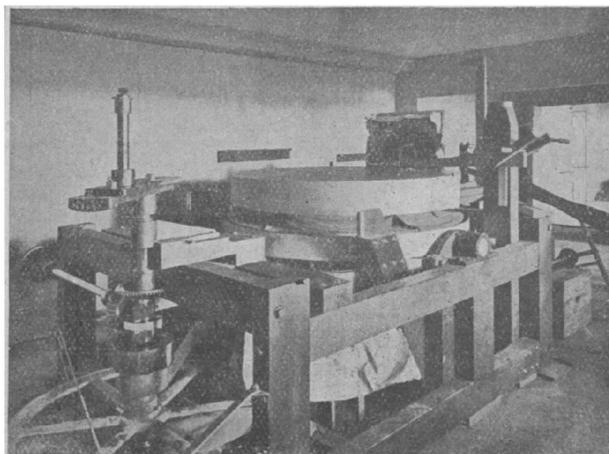
Les miroirs d'un mètre de diamètre sont presque courants et certains opticiens savent les travailler d'une façon parfaite.

Les observateurs eux-mêmes se sont mis résolument à l'œuvre et ont imité Herschel. Nombre d'astronomes ont acquis dans la taille des objectifs de lunettes ou de

télescopes, une réputation hors de pair.

Sans parler des admirables travaux de Foucault, nous pouvons aujourd'hui utiliser les lentilles travaillées par les Frères Henry, de l'Observatoire de Paris; par M. Schaer, de l'Observatoire de Genève, qui vient d'achever un superbe miroir d'un mètre de diamètre; par M. Alvan Clarck, et surtout par M. Ritchey, qui termine actuellement un miroir télescopique de 2 m. 50 d'ouverture utilisable.

Ce même astronome employait déjà depuis plusieurs années un 60 pouces (1 m. 52) qui lui a permis d'obtenir une partie des merveilleuses photographies que mes lecteurs admireront dans ce volume. C'est le cas de citer ici les paroles du P. Lucas à propos d'un instrument de ce genre :



Le polissage d'un miroir de télescope est un travail de haute précision qui demande plusieurs mois. Notre gravure représente le tour sur lequel on a placé le grand miroir de 1 m. 52, de Yerkes.

tranches continuelles en entendant à chaque instant des craquements et des chutes, le sachant à plus de quinze pieds de hauteur sur un échafaudage provisoire... Une nuit, par un vent très violent, mon frère venait à peine de toucher le sol, que toute la construction s'écroula. Il appela des ouvriers pour l'aider à retirer le miroir qui heureusement n'avait aucun mal. »

En août 1789, l'infatigable savant terminait son miroir de 40 pieds de longueur focale et découvrait à l'aide de ce gigantesque instrument dont nous avons déjà donné le dessin, le septième satellite de Saturne.

Mais les grands instruments sont difficiles à manier, les variations de température les affecte énormément et il y a bon nombre de nuits où il devient impossible

« Combien de temps le télescope de 2^m 50 gardera-t-il la préséance ? La noble émulation et la royale libéralité des mécènes américains nous fait présumer que son règne ne sera pas de longue durée : Nous allons donc voir, comme le disait M. Alvan Clarck, s'enrichir grandement le trésor de nos connaissances actuelles. Dans ces dernières années l'horizon de la science s'est considérablement élargi. Sur ses confins apparaissent des lueurs encore mystérieuses. Les grands télescopes de l'avenir seront leurs interprètes. »

Il ne saurait être question pour un simple amateur dont les moyens pécuniaires sont souvent modestes de commencer l'étude du ciel par d'aussi gros instruments.

L'œil d'ailleurs doit subir une longue éducation, et j'engage les commençants de débiter par des essais avec une toute petite lunette.

Avec un instrument possédant un bon objectif de 56 ou de 61 millimètres, on peut déjà voir une quantité d'objets célestes intéressants.

On braquera d'abord la lunette sur la Lune, en choisissant le moment du premier ou du dernier quartier, époque à laquelle les ombres des montagnes et des cirques lunaires se projettent nettement

sur le sol éclairé de notre satellite. L'examen journalier de la surface du soleil offrira aussi plus d'une surprise agréable — surtout ne pas oublier de se protéger l'œil par un verre noir, sans quoi on perdrait la vue presque instantanément.

Enfin pour s'habituer à placer l'astre dans le champ de vision de l'oculaire, on fera bien de chercher à observer au début les planètes les plus brillantes, Jupiter,

Vénus, Saturne. La moindre lunette astronomique laissera voir très nettement les satellites de Jupiter, des pha-



À L'OBSERVATOIRE YERKES.

Le grand miroir de 2 m. 52 de diamètre est terminé et prêt à être utilisé.

ses de Vénus et l'anneau de Saturne.

Avec un peu d'habitude, la lunette de 61 m/m vous permettra de découvrir la Tache Rouge sur la surface du monde jovien, et aux moments favorables comme en 1912, 1913, 1914, vous pourrez dédoubler l'anneau de Saturne et apercevoir la division de Cassini, ainsi que Titan le plus gros satellite. Pour voir Rhéa, Japet, Téthys et Dioné, il faut être muni d'appa-

reils un peu plus forts, et possédant des objectifs de 102 ou de 108 m/m.

Avec ces derniers instruments qui sont infiniment supérieurs à toutes les lunettes que possédaient nos ancêtres, les principales merveilles du ciel seront accessibles à tous et chaque nuit étoilée consacrée à

la voûte céleste sera pour vous une véritable révélation.

Essayez et vous vous demanderez bientôt comment il peut exister sur la Terre des gens fortunés qui s'ennuient et ne savent quel emploi faire de leur temps et de leur argent.



JUILLET. — SIGNE DU ZODIAQUE : LE CANCER

pour posséder une classification établie sur des principes immuables et d'ordre photométrique.

L'observatoire de Harvard College en Amérique s'est consacré à cette tâche ingrate et aujourd'hui nous possédons des tables à l'aide desquelles il est facile d'apprécier la grandeur d'une étoile donnée. Près de 50 000 étoiles sont ainsi classées, les autres peuvent l'être par comparaison.

Mais lorsque les astronomes parlent de grosseur d'étoiles, une remarque s'impose : ils n'entendent pas du tout préjuger de leur grosseur réelle.

Des maisons toutes semblables alignées sur un boulevard s'étendant à perte de vue nous paraîtraient diminuer à mesure qu'elles s'éloignent de notre œil. De même telle étoile nous semblera plus ou moins lumineuse suivant sa distance. Nous reviendrons sur ce sujet dans un des chapitres suivants et nous constaterons que dans le ciel règne une diversité aussi grande que sur la Terre, que les pygmées côtoient les géants et que ni l'éloignement ni le rapprochement d'un astre ne sont associés à son éclat.

Toutes les étoiles visibles à l'œil nu, depuis la plus étincelante jusqu'à la plus faible, peuvent se ranger en 6 grandeurs différentes.

Leur nombre n'est pas d'ailleurs aussi grand qu'on l'imaginerait à première vue, et les anciens les avaient comptées sans difficulté.

Dans la classification actuellement admise nous trouvons 21 étoiles de première grandeur, en comprenant naturellement les deux hémisphères. L'étoile type de ce

genre est Aldébaran du Taureau ; au-dessous d'elle s'échelonnent toutes les étoiles plus faibles et nous arrivons insensiblement à la grandeur 2, puis à la grandeur 3 et ainsi de suite, chaque classe se trouvant 2 fois et demie moins brillante que la précédente.

En tenant compte de ces données, on voit que le nombre des étoiles augmente à mesure que nous passons d'une grandeur à la suivante.

Nous obtenons ainsi :



TYCHO-BRAHE

Savant astronome danois qui dressa un catalogue d'étoiles au XVI^e siècle (1546-1601).

21 étoiles de première grandeur;

52 étoiles de seconde grandeur;

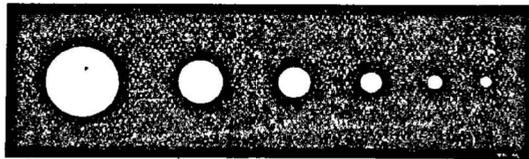
157 étoiles de troisième grandeur ;

506 étoiles de quatrième grandeur ;

1 740 étoiles de cinquième grandeur ;

5 171 étoiles de sixième grandeur.

Au total 7 647 étoiles visibles à l'œil nu et qu'un œil normal peut distinguer sous un ciel pur et bien transparent. Une bonne vue peut donc apercevoir au-dessus de l'horizon à un moment donné, plus de 4 000 points lumineux.



La grandeur de ces disques fortement éclairés donne une idée exacte de la lumière relative fournie par les 6 premières grandeurs d'étoiles, celles qui sont visibles à l'œil nu.

Ce premier classement vraiment scientifique serait encore insuffisant. Chaque étoile doit avoir un nom ou un matricule et les premiers observateurs ont imaginé la méthode

suivante que nous employons encore de nos jours.

La plus brillante étoile de chaque constellation porte, en principe, le nom de la première lettre de l'alphabet grec : α , qui représente un α mais qui se prononce *alpha*; la seconde en éclat s'appelle β qui se prononce *bêta* et ainsi de suite.

Nous donnons ici l'alphabet grec avec sa prononciation : cinq minutes d'attention le graveront dans votre mémoire. C'est un léger travail devant lequel vous ne reculerez pas, je l'espère, et qui, au surplus, vous facilitera singulièrement la lecture des livres d'Astronomie.

Dès qu'on a épuisé la liste des lettres grecques, on s'adresse aux lettres romaines, celles qui composent notre alphabet, puis viennent des numéros d'ordre souvent tirés des catalogues remarquables indiqués par une majuscule. Ceux-ci d'ailleurs ne font pas défaut et l'embarras du choix augmente plutôt la difficulté.

Sans parler des travaux d'Hipparque, 125 avant J.-C.; de ceux d'Ulugh-Beigh au xv^e siècle et de Tycho-Brahé au xvi^e, nous avons aujourd'hui des listes d'étoiles classées d'une façon plus méthodique grâce au célèbre Huygens qui, à la fin du xvii^e siècle eut l'idée géniale d'appliquer le pendule à la marche des horloges.

A partir de ce moment une véritable révolution se produisit, en effet, dans l'Astronomie stellaire : on venait du même coup d'inventer un moyen précis de fixer la position des étoiles sur la sphère céleste.

Le fait vaut la peine qu'on insiste.

Les géographes depuis longtemps ont partagé le globe terrestre en tranches ou fuseaux par des cercles qu'ils appellent *méridiens* ; ceux-ci sont coupés par les *parallèles* et l'*équateur* d'un pôle à l'autre.

Or, il n'y a aucune raison de ne pas user du même procédé pour la sphère céleste.

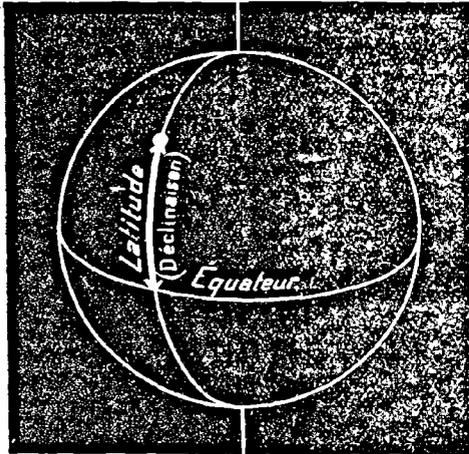
Là, comme sur la Terre, nous avons deux points fixes : les pôles. Nous pouvons donc installer une sorte de canevas dont l'analogie avec le réseau des méridiens et des parallèles est frappante.

Prenons un exemple. Lorsque nous disons que Paris a pour *latitude* 49 degrés, nous entendons par là que la capitale de la France est éloignée de 49 degrés de l'*équateur* terrestre.

De même ferons-nous pour une étoile, en transposant ; mais cette distance de

TABLEAU des LETTRES GRECQUES comparées aux LETTRES FRANÇAISES		
FORME DES LETTRES GRECQUES	PRONONCIATION DES LETTRES GRECQUES	LETTRES ET SONS FRANÇAIS CORRESPONDANTS
α	Alpha	a
β, β	Bêta	b
γ	Gamma	g
δ	Delta	d
ε	Epsilon	e bref
ζ	Zêta	z ou dz
η	Èta	è long
θ	Théta	th
ι	Iota	i
κ	Kappa	k
λ	Lambda	l
μ	Mu	m
ν	Nu	n
ξ	Xi	x
ο	Omicron	o bref
π	Pi	p
ρ	Rho	r
σ, σ	Sigma	s
τ	Tau	t
υ	Upsilon	u
φ	Phi	ph, f
χ	Ki	kh
ψ	Psi	ps
ω	Oméga	ô long

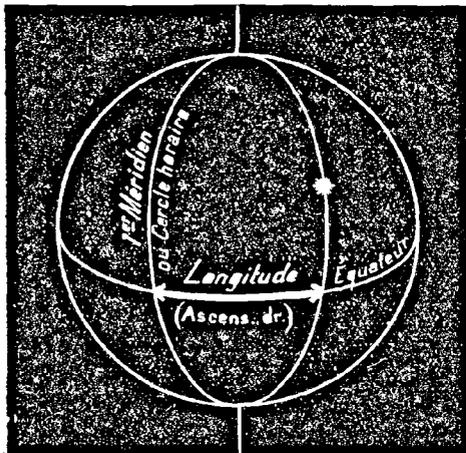
Dans l'alphabet grec, certaines lettres n'ont pas leur correspondante en français. φ (pai) par exemple correspond à ps; d'autres lettres ont deux formes, comme β et s, suivant qu'elles sont placées au commencement, au milieu ou à la fin des mots; β et σ s'emploient au commencement du mot.



Le procédé employé pour déterminer la position d'une étoile sur la sphère céleste ressemble à celui des géographes sur le globe terrestre, mais la latitude s'appelle *déclinaison*.

L'astre à l'équateur céleste ne s'appellera plus latitude ; les astronomes ont changé l'étiquette et ils préfèrent la nommer *déclinaison*.

Si donc nous visons une étoile avec la pointe d'un compas tandis que l'autre branche sera dirigée vers l'équateur, l'écartement des deux côtés de cet angle



Les méridiens deviennent des *cercles horaires* et ce que les géographes appellent *longitude* d'un lieu est désigné sous le nom de *ascension droite* de l'étoile.

mesuré avec un rapporteur nous donnera le nombre de degrés de *déclinaison* de l'étoile.

C'était ce procédé assez primitif qu'avait employé Tycho-Brahé au début de ses observations.

Plus tard les pointes du compas furent remplacées par de grandes règles portant des alidades et des pinnules comme dans nos graphomètres d'arpenteur. Mais la précision augmenta lorsque la visée se fit à travers les lunettes. Un fil d'araignée tendu devant l'oculaire permit d'évaluer les minutes et les secondes d'arc.

Nous voici donc en mesure d'indiquer la distance d'une étoile à l'équateur ; mais ceci ne suffit pas puisque tous les astres situés sur le même parallèle ont une *déclinaison égale*.

Il nous faut encore imiter les géographes qui calculent la distance d'une ville à un premier méridien conventionnel, celui de Greenwich, par exemple, et qui obtiennent ainsi la *longitude* du lieu.

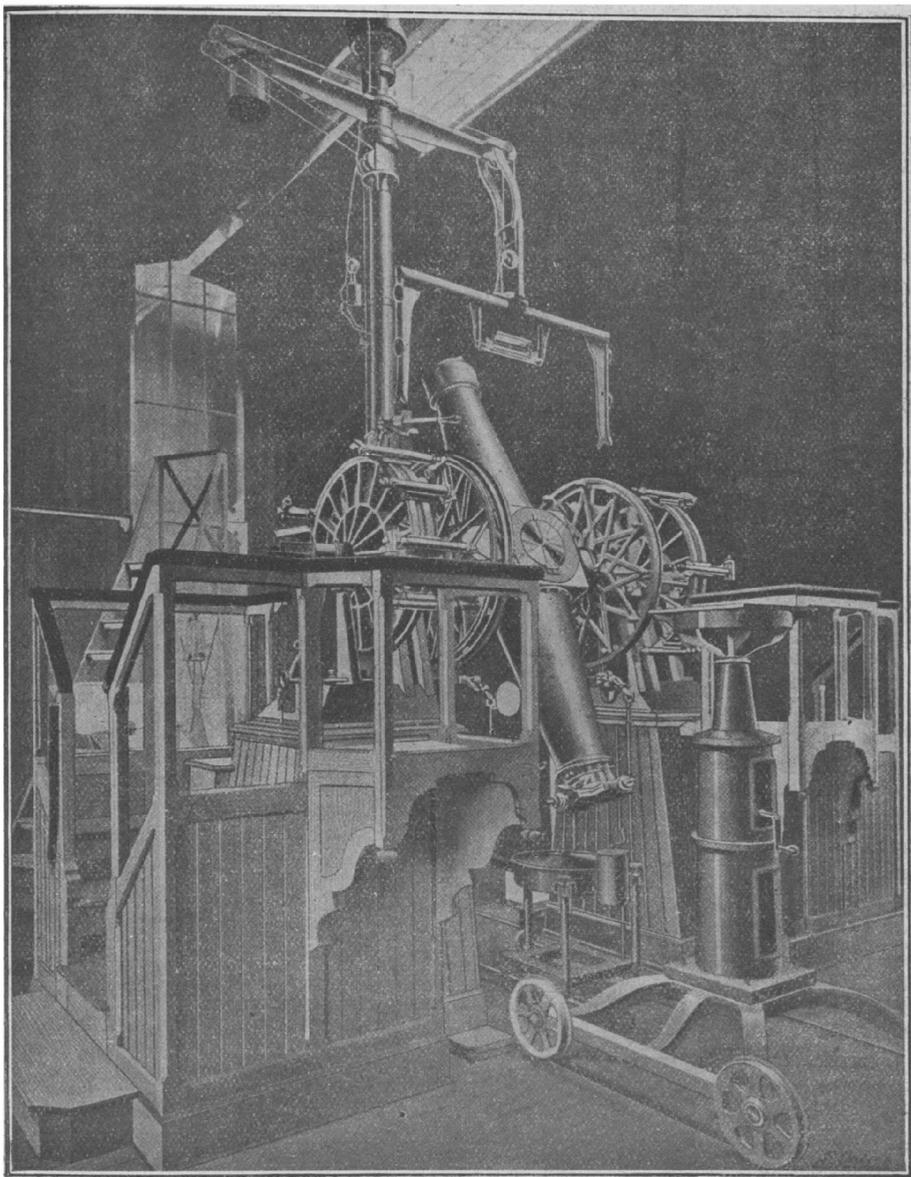
Faisons passer des cercles par les pôles de la sphère céleste : ceux-ci vont représenter nos méridiens, mais nous les appellerons *cercles horaires* ; et pour une fois, le nom n'est pas si mal choisi ; remarquez, en effet, que le ciel entier paraît tourner en 24 heures, chaque étoile parcourt donc les 360 degrés de la circonférence en un jour et par conséquent en 360 divisé par 24, soit 15 degrés en une heure.

Si maintenant nous divisons toute la sphère par un canevas de 24 méridiens, l'un prendra la place du précédent en une heure exactement et il est assez naturel que chaque méridien porte le nom de cercle horaire.

De là cette conséquence extrêmement intéressante :

Si, dans une lunette convenablement orientée, une étoile passe au milieu du champ, derrière le fil d'araignée, *une heure* après une autre étoile servant de repère, il est bien évident que 15 degrés la sépareront de la première.

Pratiquement nous choisirons notre étoile de repère sur le cercle horaire ori-



LA GRANDE LUNETTE MÉRIDIENNE DE L'OBSERVATOIRE DE TOULOUSE CONSTRUITE PAR
M. GAUTIER

(Communiqué par la Maison Vion, de Paris.)

Les lunettes méridiennes ne peuvent se mouvoir que dans le plan Nord-Sud ou plan *méridien*. L'astronome attend patiemment que chaque étoile passe derrière le fil tendu devant l'oculaire. Au moment du passage, il note le temps exact et il en déduit par le calcul la position de l'astre observé par rapport au premier cercle horaire.

gine qui passe non loin de α (Alpha) Pégase, et nous aurons ainsi la distance de notre étoile : ce sera l'*ascension droite* analogue à la longitude terrestre.

Voulez-vous encore un exemple : Supposons qu'au moment où α Pégase passe dans la lunette, supposée fixe, il soit très exactement 8 heures du soir, et qu'à 11 heures, une faible étoile l'ait remplacée derrière le fil de l'oculaire, en raison du mouvement de la sphère céleste; quelle sera l'*ascension droite* de l'étoile?

Calculons. Je sais qu'en une heure, une étoile parcourt 15 degrés, en trois heures elle fera 3 fois plus de chemin : soit

$$15 \times 3 = 45.$$

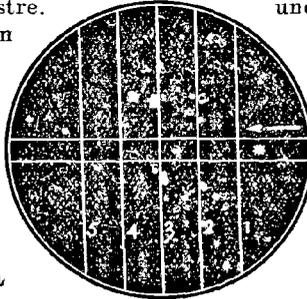
La déclinaison de l'étoile sera donc de 45 degrés.

Vous comprenez maintenant comment une horloge bien réglée est l'instrument nécessaire de celui qui veut noter la position précise des étoiles.

Autrefois, on prenait l'angle directement sur le ciel; il fallait une très grande habitude jointe à des précautions innombrables; et la plupart du temps... on commettait des erreurs.

Aujourd'hui, on installe un instrument à demeure dans le plan Nord-Sud, dans le plan méridien : c'est la lunette méridienne; l'astronome s'assied dans son

fauteuil, l'œil à l'oculaire, et toute la nuit il attend le passage des étoiles. Devant le champ céleste, faiblement éclairé par une petite lampe électrique, se projettent des fils bien tendus,

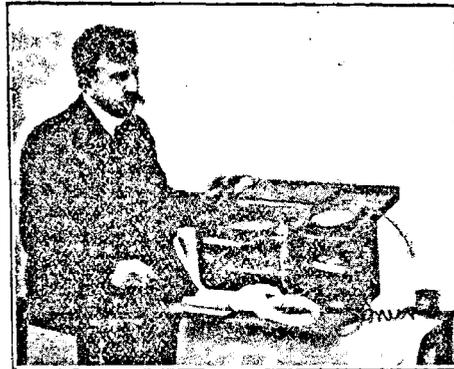


plus fins encore que les fils d'araignée, trop grossiers pour nos mesures modernes; cinq fils, un au milieu, deux de chaque côté, plus légers que des traits de diamant. Tout à coup l'étoile paraît; elle avance régulièrement; son image vient coïncider 5 fois avec les fils de l'oculaire, et 5 fois l'astronome, au moment précis, donne un coup sec sur le bouton du chronomètre enregistreur qui inscrit les temps exacts de l'expérience.

L'heure du passage derrière le fil principal n'est plus maintenant qu'une affaire de moyennes, un simple calcul.

Dans cet exposé sommaire de la méthode employée actuellement pour déterminer la position des étoiles, j'ai simplifié autant que possible la technique de l'opération, mais pratiquement des complications surgissent, des quantités de phénomènes viennent fausser les résultats; il faut en tenir compte :

flexions dans le tube de la lunette méridienne, température, densité des couches d'air, pression



Pour réaliser l'observation précédente il se sert d'un chronographe enregistreur qui inscrit électriquement les temps des cinq passages sur une bande analogue à celle du télégraphe Morse.



A chaque contact, l'aiguille trace en regard des divisions des secondes un faible trait dont on mesure la position. On a ainsi l'évaluation du temps à un centième de seconde près.

(Modèle Ditisheim, de La Chauve-de-Fonds.)

barométrique, lenteur plus ou moins grande de l'influx nerveux chez l'astro-

nome ou équation personnelle, etc., etc...

Si j'ajoute que l'inclinaison même de la lunette par rapport à l'équateur, ce qui nous donne la *déclinaison* de l'étoile, doit être corrigée des erreurs causées par la *dévi*ation des rayons lumineux traversant l'atmosphère, on comprendra avec quelle lenteur avance la confection des catalogues stellaires.

En 1725, Flamsteed, directeur de l'observatoire de Greenwich, publiait l'ascension droite et la déclinaison de 3 310 étoiles; un peu plus tard, Lalande portait ce chiffre à 47 390, et en 1862, Argelander donnait des cartes où 324 000 points lumineux étaient repérés et mis à leur place exacte.

Il ne faudrait pas, cependant, comparer ces catalogues à ceux qui sont actuellement en cours de publication. Grâce à la photographie, cette représentation impersonnelle du Ciel, nous obtenons une exactitude à laquelle ne pouvaient aucunement prétendre nos devanciers.

La campagne internationale commencée en 1889 sous l'initiative de la France et qui a réuni la coopération de 18 observatoires disséminés sur toute la Terre, va nous fournir la position des étoiles jusqu'à la 14^e grandeur.

Cette œuvre colossale, aux trois quarts terminée, s'accomplit dans des conditions merveilleuses de précision. On emploie à cet effet des lunettes identiques de 33 centimètres d'ouverture, montées *en équatorial*. L'axe qui supporte la lunette n'est

plus vertical, mais dirigé suivant les pôles du ciel; il s'ensuit que, dans toutes ses positions, l'instrument, une fois fixé en déclinaison, balaye le ciel suivant des parallèles ou l'équateur. Grâce à un mouvement d'horlogerie, la même région, quelle que soit la durée de la pose, vient donc constamment se peindre au même endroit sur la plaque exposée.

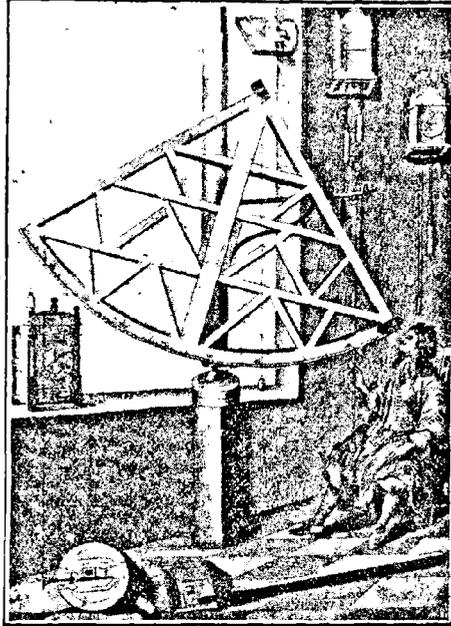
Au début, on devait se borner à dresser un catalogue qui, à première vue, comprendrait 2 000 000 de points célestes exactement repérés, mais en cours de route on s'aperçut vite que les plaques sensibles enregistraient les étoiles jusqu'à la 18^e grandeur et qu'on atteindrait ainsi le chiffre fantastique de cent millions d'étoiles!

Devant cette complication nouvelle, il fut décidé qu'après avoir catalogué les étoiles principales, on publierait un tirage des clichés; chaque observatoire aurait ainsi à sa

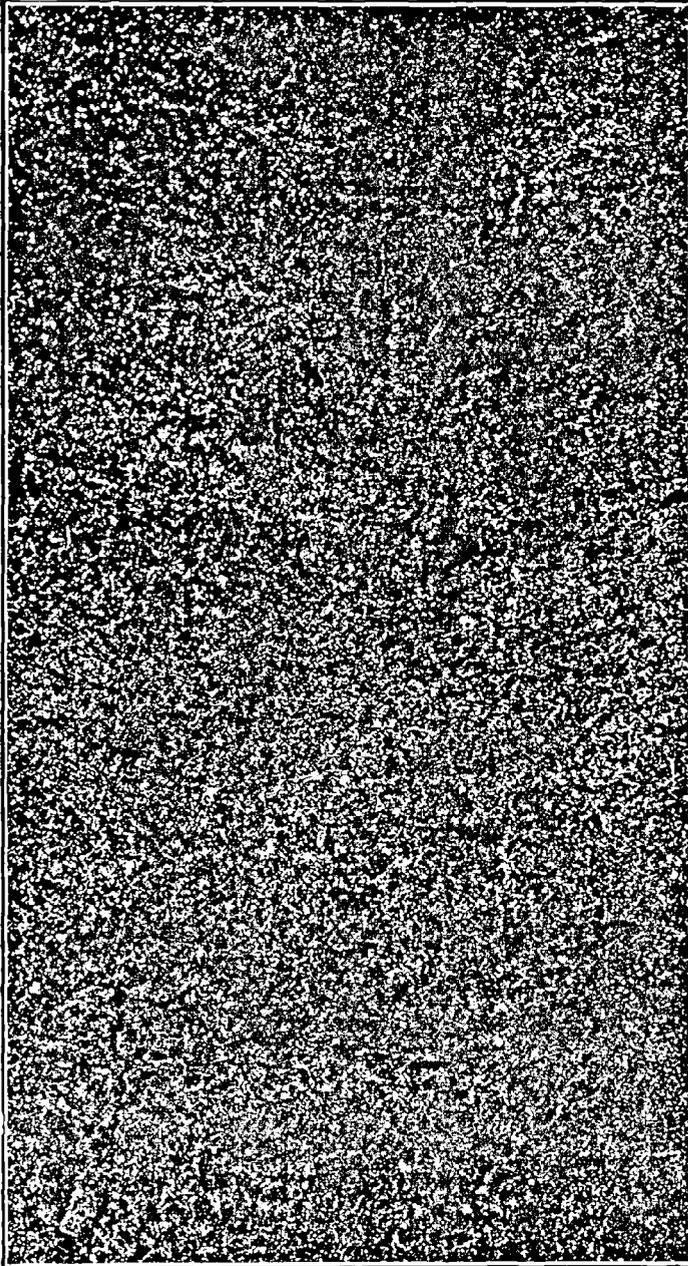
disposition une carte céleste d'une rigoureuse exactitude.

— Est-ce à dire que l'observation visuelle ne sera plus d'aucune utilité?

— Pas du tout. Les astronomes continueront à prendre à la lunette méridienne les données nécessaires pour connaître la position de ce qu'ils appellent les étoiles de repère: l'heure du passage atteint, par les méthodes actuelles, une précision de l'ordre du centième de seconde. Le centre de chaque cliché contient au moins une étoile déjà observée, on pourra donc rapporter à cette étoile la position de tous



On peut voir par cet instrument rudimentaire employé au XVII^e siècle les progrès réalisés par nos appareils modernes dans les mesures célestes et l'évaluation du temps.



UNE PORTION DE LA VOIE LACTÉE

Avec une patience admirable Argelander, en 1862, avait réuni les positions de 324 000 étoiles et avait dressé à la main des cartes célestes dont la figure ci-dessus nous offre un spécimen.

les points visibles sur la même plaque photographique.

Un réseau quadrillé imprimé sur la gélatine facilite d'ailleurs cette dernière opération.

Mais reste à fixer la position de l'étoile dans le petit carré où elle est venue peindre son image. Un système ingénieux permet de promener sur la plaque un microscope muni de deux fils croisés. Un tambour gradué, placé latéralement, donne la valeur du déplacement du microscope en longueur et en largeur, par rapport aux côtés du carré; on arrive ainsi à évaluer facilement de toutes petites fractions de millimètre. Tous les chiffres sont repris et transformés en ascension droite et en déclinaison.

La tâche s'annonçait, toutefois, longue, ardue et fastidieuse; des quantités d'ouvriers devaient être mobilisés dans ce but, et bientôt on s'aperçut qu'on n'en sortirait plus.

C'est alors que plusieurs directeurs d'observatoires songèrent à confier ce pénible travail à des équipes féminines.

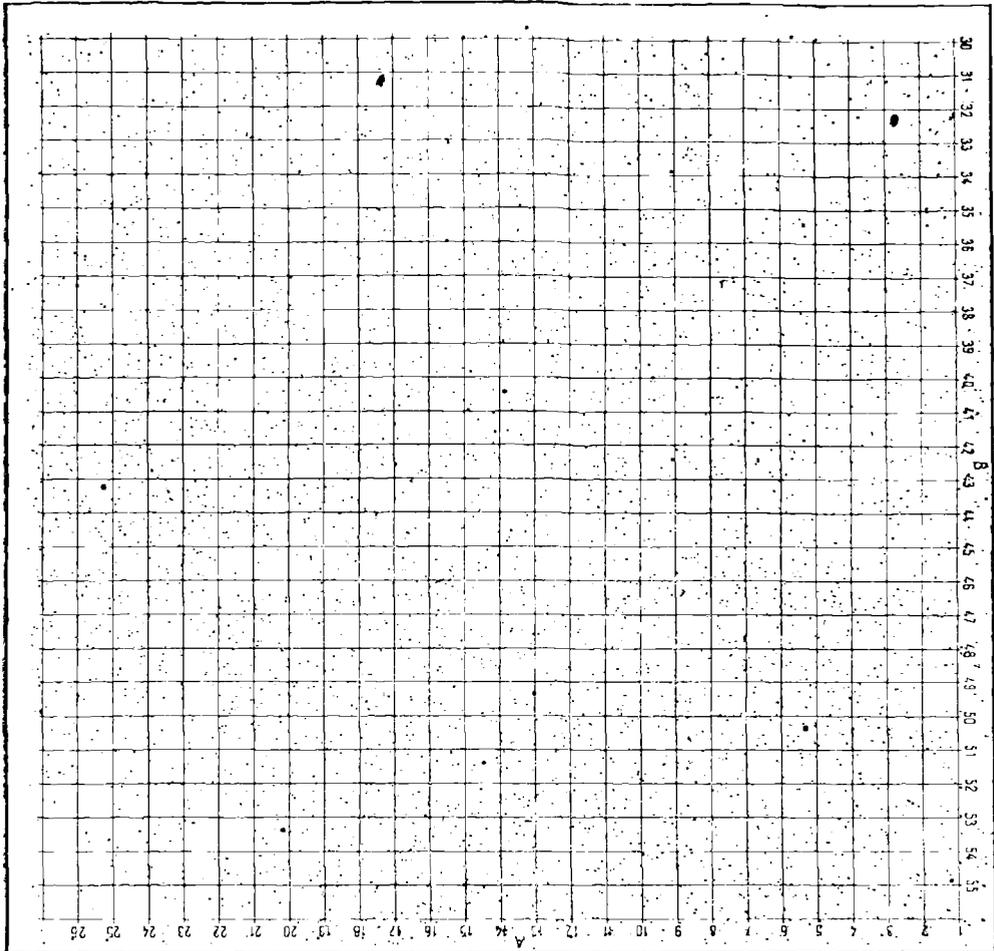
A l'Observatoire de Paris, M^{lle} Dorothée Klumpke, aujourd'hui M^{me} V^{re} Isaac Roberts, commença cette grande œuvre à laquelle elle consacra plu-

CARTE PHOTOGRAPHIQUE DU CIEL

Position du centre pour 1900 | R. = 19°56"
 D. = 9°

Zone • D N° 150

Observatoire de Toulouse



1 cm = 2 millimètres
 1 mm = 256 micromètres (échelle du ciel)

Le centre de la Carte est à l'ascension droite 19h 56m 13s
 et à la déclinaison 9° 00' 00"

Ciel à 3 pans de 30 minutes, comprenant 1208 étoiles obtenus le 11 Août 1898 à 10^h 46^m 7^s M. de Toulouse

PAR M. MONTANGERAND

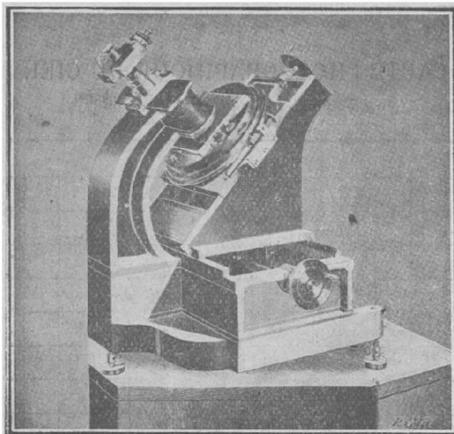
Mais rien ne peut lutter avec la précision que nous offre la photographie appliquée à l'étude du ciel. Sur un réseau quadrillé, chaque étoile vient s'enregistrer automatiquement sous la forme d'un point facile à repérer. Dix-huit observatoires sont occupés depuis des années à cette grande œuvre de la Carte du Ciel, entreprise sur l'initiative de la France.

sieurs années de sa vie. A l'observatoire du Vatican, cette tâche est dévolue à un personnel de religieuses, qui s'en occupe, est-il besoin de l'ajouter, le plus consciencieusement du monde. D'autres établissements ont suivi la même voie, et nombreuses sont les femmes et les jeunes filles qui, à l'heure actuelle, même en France, comptent les étoiles et effectuent des mesures célestes.

Ces résultats remarquables ne sont point pour nous étonner, car l'histoire nous dit que c'est précisément dans l'Astronomie que les femmes de science ont cueilli leurs plus beaux lauriers.

Comme Caroline Herschel, M^{me} Fleming, directeur du Bureau des Mesures à Harvard College, et morte en 1911, a réalisé au cours de ses travaux des records merveilleux : elle a découvert des nébuleuses insoupçonnées, des quantités d'étoiles variables; elle a entassé pendant trente-deux ans des documents sans nombre qui rendront aux chercheurs futurs des services inappréciables.

Lalande n'avait-il pas été aidé dans



Au moyen d'appareils spéciaux, chaque point représentant l'étoile est examiné et repéré à l'aide d'un microscope. Un tambour gradué donne la valeur du déplacement. (Cliché Vion.)



Ce travail de patience est confié à des équipes féminines qui s'en acquittent à merveille. La gravure représente le Bureau des Mesures à l'Observatoire de Paris

la confection de ses tables astronomiques par sa propre nièce, M^{me} Lefrançais de Lalande?

Au xviii^e siècle encore, M^{me} du Pierry; Janet Taylor, M^{me} Yvon Villarceau, au xix^e, consacrèrent une partie de leur vie à des travaux analogues.

Faut-il citer encore la belle M^{me} Hortense Lepaute, femme du célèbre horloger de Louis XV?

Cette femme zélée pour la science, n'a pas seulement le mérite d'avoir donné son nom à la fleur appelée *Hortensia*, elle eut encore celui d'aider les grands astronomes Lalande et Clairaut dans des calculs longs et compliqués. Il lui arriva même, à propos du retour prévu de la comète de Halley, de passer des jours et des nuits à aligner des chiffres, à tel point, disent les témoins d'un zèle si ardent, « qu'il lui arrivait maintes fois d'en perdre le boire et le manger ».

Mais revenons à la carte du Ciel.

L'amiral Mouchez, autrefois directeur de l'observatoire de Paris, avait estimé que l'ensemble de la reproduction des clichés formerait un atlas, dont toutes les pages mises bout

à bout couvriraient une superficie de 170 mètres carrés. Eh bien! ces résultats ont été quelque peu dépassés. La plupart des photographies ont été prises plusieurs fois, et comme chaque angle d'une plaque coïncide avec le centre du cliché suivant, l'aire totale ainsi couverte sera au moins égale à 500 mètres carrés.

Chacun pourra ainsi à loisir, étudier ces points lumineux que l'œil, même armé des plus forts instruments, est impuissant à contempler. Aucune variation, aucun mouvement appréciable n'échappera aux astronomes de l'avenir. Grâce à cette représentation fidèle des mondes de l'espace, l'homme s'élancera à la conquête de soleils inconnus, et dérobera au ciel quelques-uns des mystères à peine entrevus par les générations qui nous ont précédés.

Cette supériorité de la photographie céleste associée à nos observations visuelles s'est encore affirmée en ces derniers temps.

Grâce à la découverte de la petite planète Eros par M. Witt de l'Observatoire Urania de Berlin, en 1898, et en raison de sa faible distance, on pouvait espérer une mesure plus parfaite de l'intervalle

qui nous sépare du Soleil. Mais pour arriver à ce résultat il fallait obtenir des séries de positions extrêmement précises de l'astre nouveau.



Madame Hortense Lepaute qui aida Lalande et Clairaut dans leurs calculs.

Une nouvelle campagne internationale s'organisa, des milliers de clichés photographiques furent pris dans les observatoires du monde entier et les résultats dépassèrent toutes les espérances. Nous connaissons aujourd'hui la distance du Soleil à la Terre à un dix milliè^{me} près!

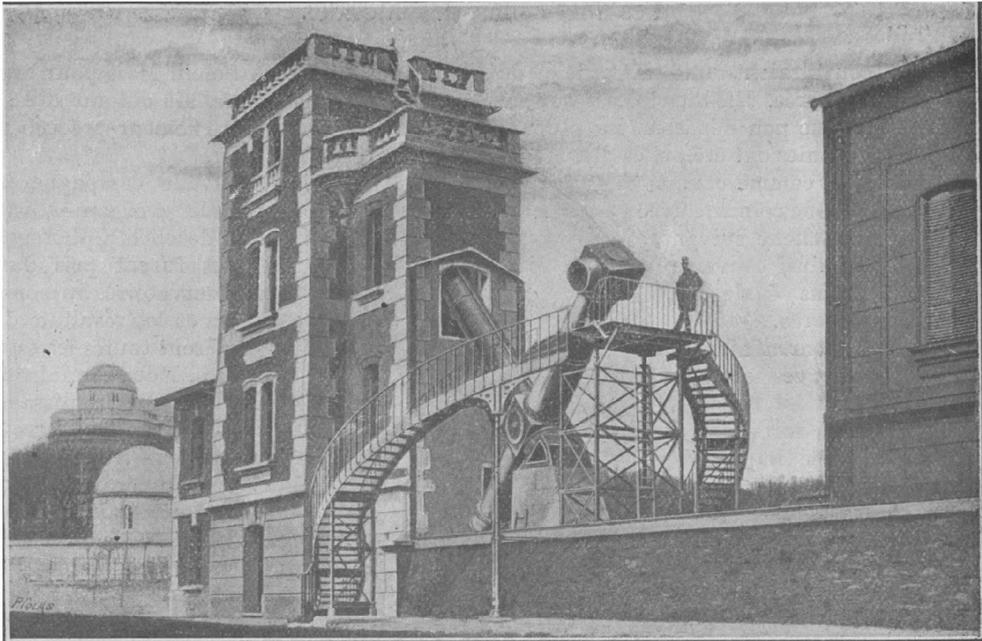
On espérait réduire encore cette faible erreur de moitié au moins, lorsque à la fin de l'année 1911 M. Palisa, de Vienne, annonça la découverte d'un astéroïde analogue au premier et tournant entre Mars et la Terre.

Ce frère jumeau d'Eros n'a pas encore été baptisé au moment où j'écris ces lignes, mais son acte d'état civil, quoique incomplet, nous promet des précisions plus grandes pour un avenir prochain.

La nouvelle planète a déjà été photographiée en plus d'un endroit : elle paraît plus proche qu'Eros, c'est dire qu'avant peu, la distance du Soleil à la Terre sera définitivement fixée.



AOUT. — SIGNE DU ZODIAQUE : LE LION.



LE GRAND ÉQUATORIAL COUDÉ DE L'OBSERVATOIRE DE PARIS.

(Cliché Vion.)

CHAPITRE V

La distance des Étoiles.

Les anciens astronomes avaient toujours eu le soin de placer la sphère des étoiles au delà des planètes sans toutefois la supposer très éloignée. Chaque étoile était donc fixée à la surface de la voûte sphérique et tournait avec elle. De là le nom de *fixes* donné aux étoiles par opposition au mot *planètes* qui signifie *astres errants*.

Quant à la distance même approximative de ces *fixes*, il ne fallait pas songer à la déterminer.

Cependant, quelques esprits curieux des choses du Ciel se livraient à toutes sortes de combinaisons pour déduire, de *rappports* qu'ils croyaient *harmoniques*, des conclusions bien erronées d'ail-

leurs, sur ces incommensurables distances.

Képler plaçait la sphère des étoiles 2 000 fois plus loin que la distance du Soleil à Saturne; Huygens un peu plus tard pensa que Sirius est « probablement 28 000 fois plus éloigné que le Soleil ».

Combien toutes ces conclusions étaient loin de la vérité!

Ajoutons cependant à l'honneur des astronomes du XVIII^e siècle que pas un d'entre eux ne se faisait illusion sur les difficultés d'un problème que seules nos méthodes modernes, appuyées sur des mesures de haute précision, ont pu nous aider à résoudre.

Lorsque nous déterminons actuellement la distance d'une étoile à la Terre,

nous prenons toujours pour *unité* notre distance au Soleil, c'est-à-dire le rayon de l'orbite terrestre : c'est là une méthode que nous justifierons plus tard et qui a donné les meilleurs résultats. Il importe donc avant tout de mesurer très exactement cette distance. « Evaluer positivement l'intervalle qui nous sépare du Soleil, voilà, disait le grand Airy, le problème capital de toute l'Astronomie moderne ».

Peut-on, sans le secours des hautes mathématiques, donner à un profane une idée de la méthode suivie pour résoudre la question? Je le crois sincèrement et au surplus, si vous voulez bien consacrer quelques minutes d'attention à la lecture de ce chapitre, vous en serez vous-même convaincus.

Transportons-nous par la pensée sur la surface du Soleil et regardons du côté où se trouve la Terre.

Notre planète est un tout petit point lumineux, bien faible, il est vrai, mais elle

offre un certain diamètre apparent. Je m'explique : lorsqu'un objet se présente dans le lointain, un peuplier par exemple, nous pouvons tirer deux lignes droites idéales partant de notre œil, et dont l'une va vers la base, l'autre vers le sommet.

A l'aide d'un rapporteur, nous pouvons mesurer l'écart des deux lignes; nous aurons, en degrés, l'angle qu'elles font entre elles; c'est précisément ce que l'on nomme le *diamètre apparent* de l'objet. Si l'angle vaut 25 degrés, nous dirons que le peuplier a un diamètre apparent, une hauteur de 25 degrés.

Mesurer le diamètre apparent de la Terre vue du Soleil, telle a donc été, depuis des siècles, l'ambition des astronomes.

— Ceci, direz-vous, n'indique pas la distance.

— Patience, nous y arriverons.

En attendant, continuons notre démonstration.

Supposons que l'angle sous lequel se montre le diamètre de la Terre vue du Soleil, soit *un degré exactement*; si nous placions par la pensée une autre Terre à côté de la nôtre, et de même grandeur qu'elle, puis une troisième, puis une quatrième, rangées en file comme des perles sur une ficelle, combien faudrait-il en mettre pour faire le tour entier du ciel, l'observateur étant toujours supposé occupant le Soleil?..

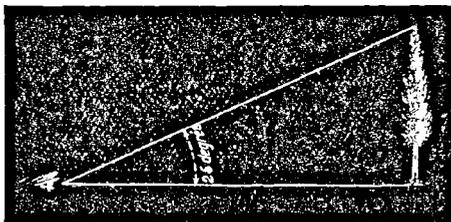
Le problème n'est guère compliqué. Il y a 360 degrés dans une circonférence; si la Terre occupe *un degré*, 360 Terres occuperont la circonférence entière.

Mais nous connaissons exactement le diamètre terrestre, puisque nous l'avons mesuré à différentes reprises : il a une longueur de 12 756 kilomètres; donc, la circonférence entière aurait 360 fois 12 756 kilomètres. Dans cette hypothèse, la Terre

parcourrait chaque année autour du Soleil une grande piste presque circulaire de 360 fois 12 756 kilomètres. Etant donnée cette circonférence, un élève de l'école primaire en trouverait le rayon; et ce rayon serait précisément la distance du Soleil à la Terre.

J'ai supposé pour simplifier un diamètre apparent de *un degré*, ce qui n'est pas, mais quelle que soit la valeur de l'angle, il est bien évident que la solution se ferait d'une façon analogue, et il suffirait de chercher combien de fois ce petit angle serait contenu dans 360 degrés.

En visant au même moment le centre du disque du Soleil et en mesurant soigneusement leurs angles, les astronomes sont parvenus à obtenir la valeur de ce petit angle au sommet de ce long triangle qui, partant de la Terre, s'appuie sur le Soleil.



Deux lignes droites menées de l'œil aux extrémités d'un objet donnent son diamètre apparent évalué en angle. Sur la figure, le diamètre apparent de l'arbre est de 25 degrés.

Oh! ce n'a pas été sans difficultés, car si la méthode est simple, comme je le disais, l'angle à mesurer est tellement faible qu'il a fallu toute la technique savante des constructeurs pour nous procurer des instruments capables d'apprécier des quantités aussi minimes.

Sur l'initiative de la France, une grande campagne internationale a été entreprise pour mesurer, par des méthodes plus compliquées, cet angle dont dépend la distance du Soleil à la Terre.

Depuis 1900 on a pris des milliers de photographies, on a fait des mesures à la lunette, on a compté, on a calculé, on a repéré les clichés; puis le tout a été soumis à un examen qui dure depuis plus de trois ans; nous avons dit au chapitre précédent les résultats obtenus par ces méthodes de précision entièrement nouvelles.

Vue du Soleil, la Terre offre un angle non pas d'un degré, pas même d'une minute (et vous savez qu'il y a 60 minutes dans un degré), mais quelque chose de beaucoup plus petit, un angle de 17 secondes 612 millièmes de secondes seulement; si bien qu'il faudrait mettre bout à bout 204 Terres comme la nôtre pour occuper dans le ciel une longueur de un degré, près de 73 440 Terres les unes au bout des autres pour occuper toute la circonférence de la voûte céleste, c'est-à-dire l'orbite que la Terre décrit en une année autour du Soleil.

On en déduit que la distance du Soleil à la Terre est de 149 392 542 kilomètres.

Voilà le chiffre le plus exact qu'aient trouvé les astronomes. Avant le XVIII^e

siècle, on adoptait volontiers des nombres compris entre 138 millions et 220 millions de kilomètres.

De 1801 à 1833, on avait admis un chiffre voisin de 146 millions.

De 1834 à 1869, on éloignait l'astre du jour de 7 millions de kilomètres, pour le rapprocher ensuite à 147 millions.

En 1881, on avait adopté la distance de 148 684 000 kilomètres.

Nombre d'Astronomies populaires et de Cosmographies donnent encore la valeur adoptée en 1896, c'est-à-dire 149 501 000 kilomètres.

Cette valeur est décidément trop grande. Les astronomes viennent de rapprocher le Soleil d'une façon notable. De plus, nous savons quelles sont les limites de l'erreur commise.

Dans nos mesures, nous n'attei-

gnons pas, bien certainement, une erreur de un centième de seconde; or, un centième de seconde, c'est l'épaisseur d'un cheveu vu à 2 400 mètres; nous sommes loin du cheveu coupé en quatre!

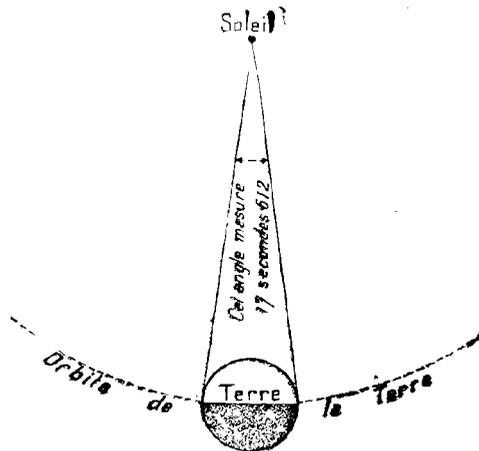
Nous connaissons la distance du Soleil à 60 000 kilomètres près.

— C'est peu précis, direz-vous.

— C'est énorme, au contraire, comme exactitude. Songez que les 60 000 kilomètres ne constituent que la 25 000^e partie de la distance à mesurer.

Un géomètre qui, sans sortir de sa chambre, pourrait évaluer la distance d'un clocher situé à 17 000 mètres, et cela à 70 centimètres près, serait tenu pour un habile homme.

Essayez vous-même de mesurer une barre de fer de 10 mètres de longueur à 4 centièmes de millimètres près! Si vous



Pour un observateur placé sur le Soleil, le diamètre apparent de la Terre serait à peine de 18 secondes. C'est cet angle si faible que les astronomes doivent mesurer pour évaluer notre distance au Soleil.

réussissez, vous serez arrivé à un résultat aussi précis que celui de l'astronome moderne vous donnant la distance du Soleil à la Terre.

Nous voilà donc en possession d'une unité de longueur assez bien fixée. C'est tout ce que désiraient les astronomes pour aller plus avant.

Lorsque vous mesurez un coupon d'étoffe ou la longueur de votre jardin, vous prenez un mètre, c'est-à-dire une unité linéaire, eh bien! ce rayon de l'orbite terrestre va nous servir de même à jauger les cieux et à apprécier les distances des étoiles!

Cette fois le problème est formidable et vous comprenez immédiatement que des mesures effectuées au même moment sur la Terre en visant une étoile, ne donneraient rien de précis. Le diamètre terrestre vu d'une étoile n'offrirait aucune valeur mesurable et on s'en aperçoit dès qu'on imagine un triangle ayant pour base le diamètre de la Terre et pour sommet une étoile quelconque. Si un astronome essayait de mesurer les angles à la base, il n'y trouverait aucune différence, les deux côtés du triangle pouvant pratiquement être regardés comme parallèles.

Posons donc le problème autrement.

Notre base est trop petite, imaginons-en une plus grande.

Où la trouver cependant? nous ne

pouvons quitter la Terre et arpenter les champs célestes? Evidemment non, mais nous savons que notre globe tourne autour du Soleil en une année. Six mois après le 1^{er} janvier, c'est-à-dire le 1^{er} juillet, la Terre aura parcouru la moitié de

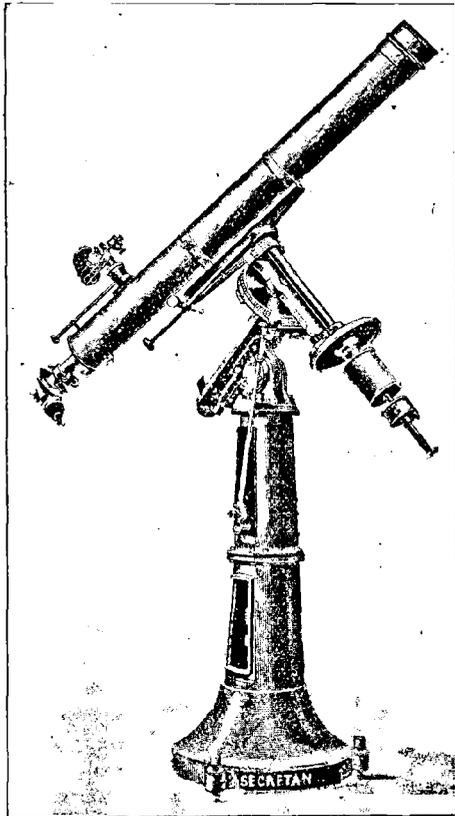
son orbite, elle sera donc exactement en face de la position qu'elle occupait au commencement de l'année.

Entre ces deux positions extrêmes il y a en ligne droite très exactement 2 fois 149 392 542 kilomètres, soit en chiffres ronds 298 800 000 kilomètres. Voilà notre base si longtemps cherchée; il nous suffira de mesurer les angles à la base de notre triangle pour en déduire immédiatement l'angle au sommet, puisque la somme des 3 angles d'un triangle est toujours égale à 180 degrés. Et c'est ce que l'on a fait en opérant sur un grand nombre d'étoiles.

Or, savez-vous les résultats? Les astronomes ont constaté avec stupéfaction que l'angle au

sommet du triangle est, non seulement très petit — ils le savaient depuis longtemps — mais qu'il est toujours inférieur à deux secondes d'arc.

Si de l'étoile la plus voisine un être intelligent pouvait apercevoir la Terre évoluant autour du Soleil, ce déplacement serait tout à fait insignifiant. Imaginez que vous puissiez voir un microbe placé



LUNETTE MONTÉE EN « ÉQUATORIAL ».

(Modèle de la Maison Secartan, de Paris, Epy, successeur.)

à 140 mètres de votre œil tourner en rond dans un cercle de un millimètre de diamètre, tel vous apparaîtrait le déplacement de la Terre si tout à coup vous étiez transporté sur l'étoile la plus proche. Vu

de là-bas le diamètre de l'orbite terrestre occuperait dans le ciel un tout petit espace de deux secondes d'arc à peine, et comme il y a dans une circonférence 360 degrés ou, ce qui revient au même : 648 000 fois 2 secondes, il s'ensuit que de l'étoile où nous sommes descendus, il faudrait mettre bout à bout 648 000 diamètres de l'orbite terrestre, pour former un cercle entourant le Ciel entier. Or 648 000 diamètres de notre orbite c'est 1 296 000 fois la distance du Soleil à la Terre.

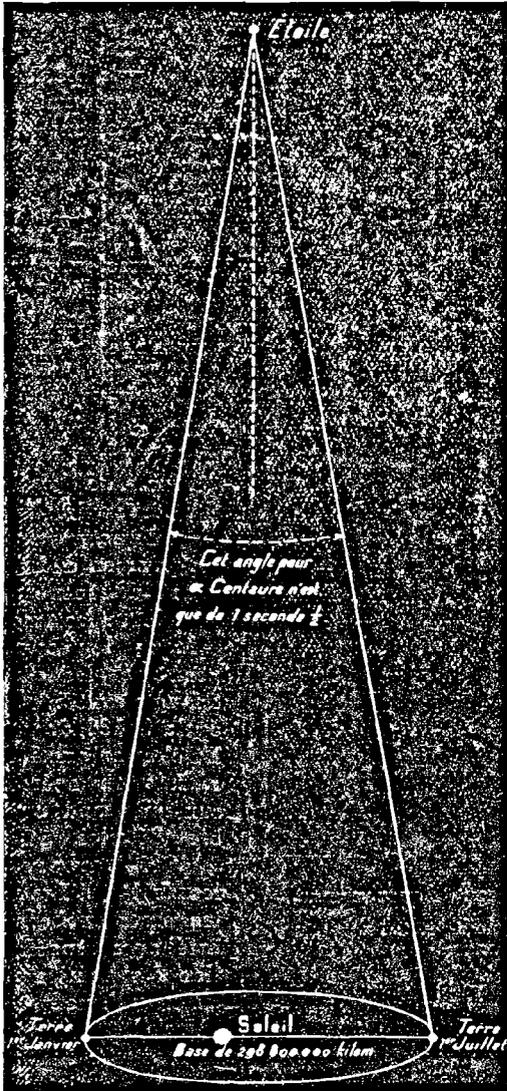
Multipliez ce nombre 1 296 000 par 149 400 000 kilomètres, et vous obtiendrez la circonférence entière. Cela vous donnera un chiffre fantastique que vous diviserez par 2 fois 3,1416, soit 6,2832 et vous aurez le rayon de votre circonférence. Eh bien, ce rayon, ce sera précisément la distance de l'étoile au Soleil.

Tous vos calculs étant effectués, vous trouverez que l'éloignement de l'étoile vaut 206 265 fois l'intervalle qui nous sépare actuellement de l'astre du jour : 206 265 fois 149 400 000 kilomètres !

Rappelez-vous maintenant que nous avons raisonné sur une pure hypothèse, nous avons dit : s'il existe au ciel une étoile assez rapprochée pour que l'orbite terrestre nous apparaisse de là-bas sous un angle de deux secondes, ce calcul nous l'a indiqué, serait 206 265 fois plus éloignée de nous que le Soleil. La lumière partie de cet astre lointain mettrait un peu plus de trois années pour parvenir jusqu'à nous.

Eh bien ! nous sommes certains maintenant qu'une telle étoile n'existe pas, aucune n'est si proche, mais le raisonnement peut encore nous servir si nous connaissons l'angle du triangle dont l'étoile occupe le sommet.

Si cet angle, exactement mesuré, était deux fois plus petit que dans le cas précédent, cela indiquerait pour l'étoile une distance deux fois plus grande; avec un angle 10 fois plus faible, la distance serait 10 fois plus forte, et ainsi de suite.



Le diamètre de l'orbite terrestre sert de base pour évaluer le tout triangle dont une étoile occupe le sommet. Vu de l'étoile voisine, le diamètre de 298 800 000 kilomètres apparaît sous un petit angle de 1 seconde 1/2. C'est la moitié de cet angle que les astronomes appellent parallaxe de l'étoile et qui sert pour calculer la distance.

Kilomètres, 275 286 fois la distance du Soleil à la Terre!

Ces chiffres fantastiques sont trop élevés pour parler à notre imagination, et pour nous en faire une idée exacte nous sommes obligés de recourir à une comparaison. Prenons un grain de poussière pour représenter le Soleil, puis un atome

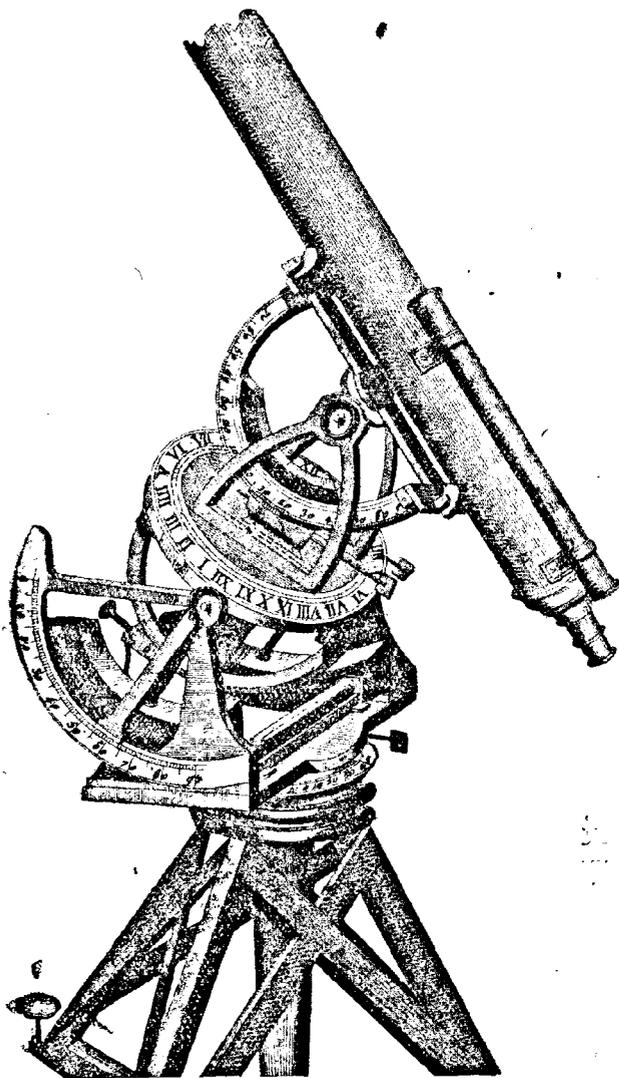
que nous ferons tourner autour de lui dans un cercle de un millimètre de rayon. Cet atome figurera la Terre, et les proportions seront assez bien gardées. A quelle distance devons-nous porter Alpha du Centaure, figuré encore par un autre grain de poussière?

A un peu plus de 275 mètres! Et c'est l'étoile la plus proche. Vous concevez, maintenant, l'isolement du système solaire dans l'espace.

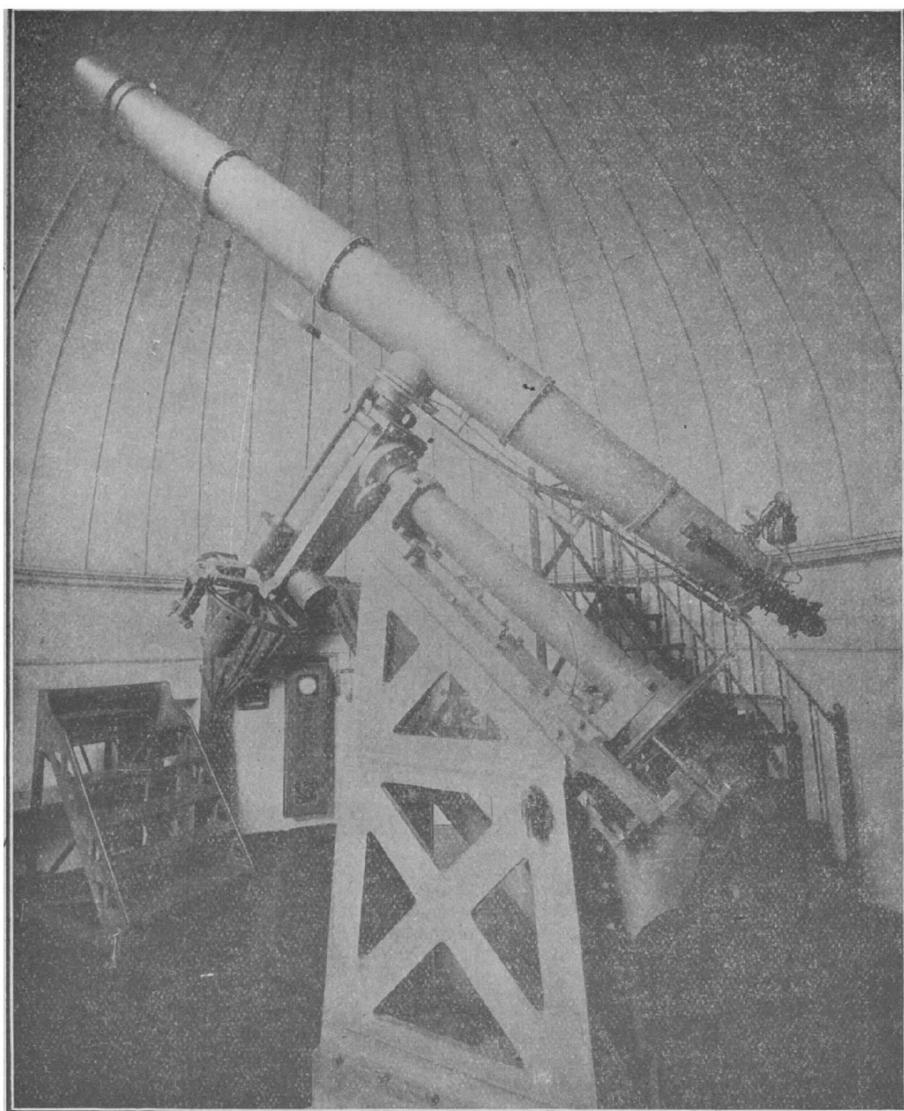
A voir tous ces astres peuplant l'immensité, ces myriades d'étoiles s'inscrivant serrées les unes contre les autres sur nos plaques photographiques, nous pourrions nous croire plongés dans un univers extrêmement dense; la comparaison précédente montre qu'il n'en est rien.

L'ensemble de l'univers ressemble à ces tubes de Crookes, dans lesquels on a fait un vide aussi parfait que possible. Quelques rares molécules y exécutent encore des mouvements intestins, mais les chocs y sont peu nombreux, et les chances de rencontre diminuées dans une forte proportion. La matière disséminée au début de la création dans les insondables abîmes de l'espace s'est agglomérée lentement pour donner naissance à tous les mondes de l'univers. « Au commencement, nous dit la Genèse, les ténèbres couvraient l'abîme » et c'est ensuite seulement que Dieu créa la lumière.

Tout d'abord ce fut le chaos, les atomes disséminés dans le vide, comme un corps sans vie, mais sous l'impulsion de la grande force d'attraction dont nous soupçonnons à peine la nature, sous l'influence du souffle créateur, la vibration



Un équatorial au XVIII^e siècle. On voit nettement l'appareil, les cercles qui servent à mesurer les déclinaisons et les ascensions droites.



EQUATORIAL DE BRUNNER, A L'OBSERVATOIRE DE TOULOUSE.

Pour suivre la marche d'un astre dans le ciel, on a imaginé la monture équatoriale. La lunette tourne autour d'un axe dirigé vers le pôle céleste, lorsque l'instrument est perpendiculaire à l'axe, il décrit l'équateur, de là son nom. Dans toute autre position, il décrit un parallèle comme chaque étoile. Un mouvement d'horlogerie entraîne la lunette qui suit l'astre dans sa marche diurne.

naît et se propage, toutes les forces physiques en dérivent peu à peu, l'électricité, puis la chaleur ; les atomes se condensent, s'attirent mutuellement.

Dans une masse aussi compacte, des chocs sont inévitables, les agglomérations deviennent fatales. La chaleur s'accroît, les vibrations augmentent ; bientôt c'est la pâle phosphorescence des nébuleuses qui luisent comme autant de phares lointains et qui percent la grande brume enveloppant l'immense océan stellaire.

Peu à peu la lumière jaillira resplendissante, les ténèbres auront disparu et la clarté des étoiles éclairera les mondes qui lentement accomplissent autour d'elles leurs lentes révolutions.

Et maintenant que l'Univers a vieilli, que des milliards d'années peut-être ont passé sur ce monde matériel, depuis l'origine du Temps, la condensation a fait son œuvre, chaque système solaire est nettement délimité, le Ciel s'est vidé au profit d'agglomérations qui parsèment la voûte céleste.

Le rayon lumineux parti d'une étoile, s'élance à la vitesse fabuleuse de 300 000 kilomètres à la seconde, et il vole ainsi pendant des heures, nuit et jour, pendant des années sans rencontrer aucun obstacle sur son chemin. Avec les forces toujours à l'œuvre de l'attraction, ce rayon lumineux est le seul lien qui nous unit à ces mondes disséminés dans l'espace comme des oasis dans un désert qui s'étend

à perte de vue aux confins des horizons que découvrent de jour en jour nos télescopes de plus en plus puissants.

Cette marche de la lumière à travers les espaces nous offre une conséquence extrêmement curieuse signalée depuis longtemps par les anciens astronomes.

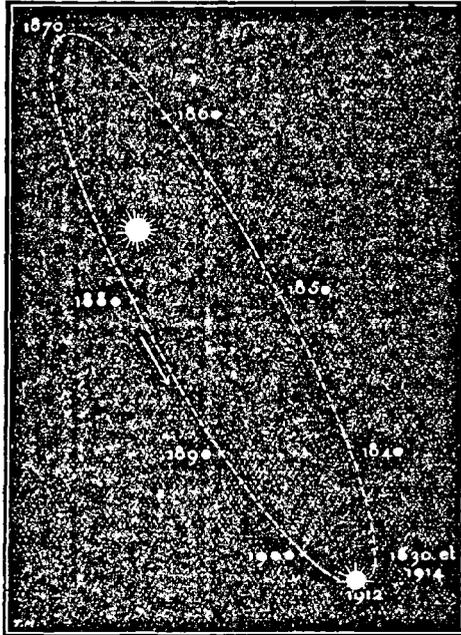
Lorsque nous observons une étoile, même visible à l'œil nu, le rayon lumineux qui nous la révèle est parti depuis des années. Si à l'aide d'instruments optiques perfectionnés nous réussissions à examiner sa surface, ce que nous en verrions ne répondrait donc aucunement à son état actuel, mais à son état passé.

Inversement, si nous étions tout à coup transportés dans une étoile dont la distance est telle que la lumière met 20 ans, 50 ans, 3 siècles, 20 siècles pour nous parvenir, nous assisterions de là-bas, en regardant la Terre, à des événements passés de-

puis ce même laps de temps et que les traditions ou les manuscrits de l'époque nous ont conservés.

Ce serait là un précieux moyen de contrôle que n'ont peut-être pas encore imaginé nos historiens modernes.

Il y a mieux : supposons qu'actuellement nous soyons emportés par un rayon lumineux à la vitesse de 300 000 kilomètres dans les espaces intersidéraux, en nous tournant vers la Terre que nous pourrions regarder avec un puissant instrument, nous verrions tous les phénomènes qui s'y passent dans un état de fixité complète.



Notre voisine Alpha du Centaure n'est pas une seule étoile. Elle est formée en réalité de deux soleils tournant l'un autour de l'autre en 81 ans. L'orbite de ce système double nous apparaît, vue d'ici, comme fortement elliptique.

Si nous n'avions aucune idée de notre vitesse, nous supprimerions l'un des éléments indispensables de notre pensée dans notre état actuel : le Temps.

On conçoit donc par ce simple raisonnement que pour un Etre qui serait présent à la fois dans tous les points de l'espace, tous les événements se produiraient au même moment. Le temps pour lui n'existerait pas, ou bien il le concevrait d'une autre façon que la nôtre.

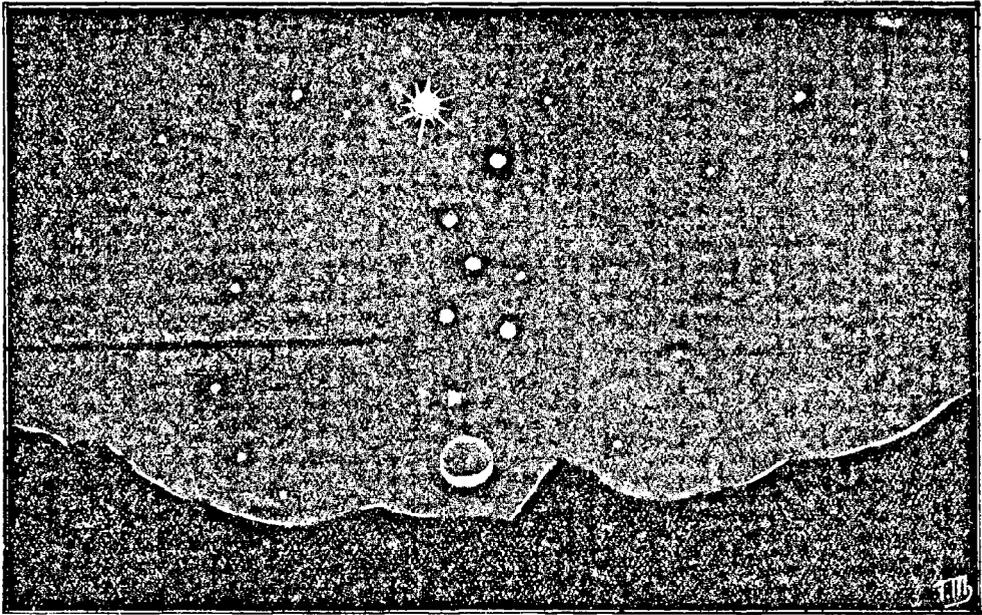
Faisons un pas de plus, imaginons que nous nous éloignons de la Terre avec une vitesse plus grande que la lumière. Nous gagnerons ainsi des régions de l'espace où

nous verrons des phénomènes de plus en plus reculés dans le passé. Si notre éloignement est continu nous verrons les événements terrestres à rebours. Nous nous verrons rajeunir — au lieu de vieillir. Aux générations actuelles succéderont les plus vieilles. Napoléon précédera Henri IV qui précédera lui-même Charlemagne et toute l'histoire se déroulera devant nous par une succession de faits enchaînés à l'envers.

Plus d'un philosophe qui a écrit sur le Temps pour n'en *rien dire*, pourrait puiser dans ces réflexions matière à de profondes pensées.



SEPTEMBRE. — SIGNE DU ZODIAQUE : LA VIERGE.



NOTRE SOLEIL VU D'UNE PLANÈTE DE ALPHA CENTAURE. UN SPECTATEUR L'APERCEVRAIT DANS LE CIEL À CÔTÉ DE CASSIOPÉE.

CHAPITRE VI

Les Soleils de l'espace.

Qu'est-ce qu'une Etoile? — C'est un soleil, avons-nous répondu à plusieurs reprises, un soleil comme le nôtre avec ses taches, ses protubérances, ses tempêtes formidables, une source de chaleur pour les corps qui l'entourent.

Toutes ces déductions sont aussi certaines que les lois les mieux établies de la Physique, mais il faut avancer prudemment dans l'étude des systèmes stellaires; les soleils qu'il s'agit d'examiner sont situés à de telles distances, si loin, si loin, que nos instruments les plus puissants ne les rapprochent pas encore assez pour nous permettre de voir et d'analyser directement leur surface.

↳ Lorsque l'étudiant du Ciel, armé d'une lunette même très modeste et qui toutefois ferait pâlir de jalousie les anciens astro-

nomes, dirige son objectif vers le Soleil ou la Lune, ses premières sensations se traduisent par un véritable émerveillement; la fascination continue avec la contemplation de certaines planètes.

Avec une lunette de 57 millimètres d'ouverture, j'ai dessiné autrefois Jupiter, mon croquis représente parfaitement son disque aplati, ses bandes de nuages; que de fois j'ai même réussi à voir la Tache rouge accomplir rapidement sa rotation; avec un 108 millimètres, il est facile de percevoir en ce moment l'anneau de Saturne comme une triple ceinture.

Depuis 1907, le système saturnien se présente à nous sous une obliquité qui va diminuer de plus en plus jusqu'en 1914 pour s'accroître pendant les années sui-

vantes. C'est donc le moment favorable pour en étudier les détails.

Il n'est pas rare que la vue de toutes ces merveilles fasse naître des vocations astronomiques, mais ce bel enthousiasme se refroidit parfois lorsqu'on aborde l'étude des étoiles.

Dans nos plus grands télescopes avec les plus forts grossissements qui rapprocheraient la Lune à 16 lieues seulement, les étoiles nous apparaissent comme de véritables points.

Songez que s'il existait une étoile de même grosseur que notre Soleil, à une distance telle que sa parallaxe fût de un^e seconde, en d'autres termes, si notre Soleil lui-même était transporté à 31 trillions

de kilomètres, son diamètre apparent serait tout juste de 9 millions de seconde d'arc!

C'est comme si l'on avait la prétention d'observer à l'œil nu une pièce française de 50 centimes placée à une distance de 3 712 mètres!

Aucun instrument n'est capable d'effectuer pareille mesure tout au moins d'une façon directe.

Eh bien! une telle étoile n'existe pas. A plus forte raison pouvons-nous appliquer le même raisonnement à notre voisine Alpha du Centaure, qui est située à plus de 41 trillions de kilomètres.

On conçoit dès lors quelle erreur commettait Tycho-Brahé en s'imaginant que toutes les étoiles offraient un diamètre apparent compris entre 120 secondes pour les plus brillantes et quelques secondes seulement pour les plus faibles.

De nos jours même, plus d'un observateur non averti dirigeant un instrument sur une étoile pourrait encore tomber dans une erreur semblable.

Lorsque nous avons affirmé qu'une

étoile vue dans une lunette présentait un simple point lumineux, c'était au point de vue théorique simplement; il faut bien se garder de prendre cette phrase à la lettre.

Certains phénomènes d'optique interviennent pour donner à l'étoile la forme d'un tout petit disque sensible. Mais ce disque est purement subjectif en ce sens qu'il varie suivant la grosseur de l'instrument : de dimensions relativement grandes dans une modeste lunette, de faible diamètre au contraire dans nos grands télescopes.

Vous avez même là une manière pratique de juger de la valeur d'un instrument.

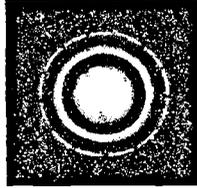
Si votre objectif est convenablement taillé et correctement retouché, en visant une étoile de 3^e grandeur par temps calme, vous devez apercevoir un disque nettement circulaire aux

bords adoucis et faiblement teintés de rouge. Autour de cette plage lumineuse, après des intervalles sombres, se trouvent un ou deux anneaux qui ne sont pas toujours complètement visibles.

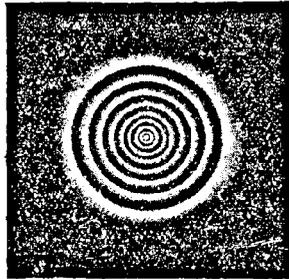
Voulez-vous déceler une imperfection dans votre objectif? ayez soin de ne pas faire une mise au point rigoureuse. Vous devrez noter tout un système d'anneaux dont le dernier plus large est frangé sur le bord extérieur.

Toute déformation dans les anneaux qui doivent être rigoureusement circulaires, vous indiquera que votre objectif n'est pas suffisamment corrigé; vous pouvez le renvoyer à votre constructeur.

Ne vous hâtez pas trop cependant, car certaines déformations proviennent d'une atmosphère agitée par des courants violents et souvent très éloignés du sol, parfois aussi d'un mauvais centrage de l'objectif ou de la qualité de l'oculaire.



Dans une bonne lunette les étoiles doivent apparaître sous forme de disques bien nets entourés d'un ou deux anneaux.



En ne faisant pas une mise au point rigoureuse, les anneaux produits par les phénomènes optiques doivent être réguliers et le dernier est frangé sur les bords.

Une expérience de plusieurs nuits bien pures est donc nécessaire pour se prononcer en toute connaissance de cause.

Quoiqu'il en soit, l'examen du disque et des anneaux ne peut nous fournir aucun renseignement sur la grosseur de l'étoile. Pour calculer le diamètre réel de l'astre, il nous faut avoir recours à d'autres éléments : les principaux sont l'éclat stellaire et la distance.

En combinant ces données et grâce aussi à l'examen des spectres stellaires dont nous parlerons au chapitre suivant, nous commençons à nous faire une idée de la grandeur réelle des soleils de l'espace.

Commençons par notre proche voisin, Alpha du Centaure. La première étape de ce voyage lointain est déjà une révélation. A la place du soleil que nous nous attendions à contempler, nous trouvons deux grosses étoiles tournant l'une autour de l'autre, ou plutôt autour de leur centre de gravité commun. De masse à peu près égale, les deux astres sont cependant de grosseur quelque peu différentes et notre Soleil pourrait tenir le milieu entre les deux.

Séparés par un intervalle supérieur d'un milliard de kilomètres au rayon de l'orbite d'Uranus, ces corps célestes accomplissent leurs lentes révolutions en une période d'un peu plus d'un siècle.

Si chacune de ces composantes d'éclat différent possède des planètes avec des habitants, quel étrange spectacle pour eux ! Tantôt leur premier soleil vient à peine de disparaître à l'horizon que l'autre se lève à l'opposé prolongeant ainsi les jours d'une façon indéfinie et non uniforme.

Tantôt les deux astres apparaissent presque en même temps et se poursuivent dans le ciel ; alors que le premier tourne lentement, le second, plus rapide, gagne du terrain, éclipse son devancier et, continuant sa route, mêle bientôt des teintes rouges de crépuscule à la lumière blafarde provoquée par son compagnon.

Parfois, enfin, les deux soleils sont absents, c'est la nuit comme sur la Terre :

des quantités d'étoiles piquent de points d'or la voûte céleste illuminée depuis des mois. C'est alors que les astronomes de ces étranges systèmes peuvent se livrer à leurs observations, étudier les mouvements en apparence désordonnés de cette bizarre cosmographie, calculer et prévoir la durée des jours et des nuits, l'arrivée des éclipses, supputer les perturbations formidables produites dans l'orbite de leur planète par les divagations célestes de deux soleils accouplés.

C'est la nuit sur cette terre lointaine, et malgré notre éloignement, bien que nous ayons parcouru 41 trillions de kilomètres, c'est-à-dire un long trajet que la lumière met plus de 4 années à effectuer à la vitesse de trois cent mille kilomètres par seconde, rien n'est changé dans le ciel, nous nous sommes si peu déplacés dans l'espace immense que cela ne vaut pas la peine d'en tenir compte.

Lorsque de loin le passager d'un bateau aperçoit la côte, le paysage lui paraît-il différent s'il se déplace de quelques centimètres sur le pont ?

Par rapport à la grandeur de l'Univers, l'intervalle qui nous sépare de notre voisin est tout à fait insignifiant. Jugez-en vous-mêmes, les constellations dont vous avez appris la forme brillent ici comme chez vous ; la Voie lactée partage en deux le ciel de la planète où nous sommes descendus : voilà Céphée, la Grande Ourse, la Polaire et le Dragon. Maintenant examinez bien Cassiopée, la belle constellation en forme de chaise à dos légèrement recourbé, que remarquez-vous ?

Un peu en arrière du dossier, entre Cassiopée et Persée, brille un astre de première grandeur, presque aussi éclatant que Procyon. Cette étoile que vous ne reconnaissez pas, c'est notre Soleil !

Il fait encore « bonne figure » vu de si loin ; les astronomes, s'il en existe ici, le connaissent parfaitement, et, quel que soit le nom qu'ils lui donnent, plus d'une fois ils ont dû tourner vers lui leurs instruments de mesure et leurs verres grossissants. (Voir la figure en tête du chapitre.)

Quant aux planètes évoluant dans son sillage, même Jupiter, malgré sa grosseur relative, rien ne peut révéler leur présence aux habitants de ces lointaines régions.

Pour les astronomes échoués sur les mondes gravitant autour des soleils jumelés d'Alpha Centaure, notre existence est sans doute plus qu'hypothétique, et au moment où nous agitions ces troublantes questions, peut-être sommes-nous l'objet de leurs discussions passionnées.

Ne nous attardons pas à ces considérations, et prenons notre vol vers les régions de la Grande Ourse. A mi-chemin, sur notre carte, de γ de cette constellation et de γ Lion, nous trouvons une toute petite étoile de 7^e grandeur à peine; Lalande l'a inscrite dans son catalogue, sous le matricule 21 185. Malgré sa petitesse elle n'est pas très éloignée de nous, c'est notre seconde voisine à la distance de 64 200 milliards de kilomètres. Le rayon lumineux qui nous a véhiculé dans notre système solaire, mettrait près de 7 années à nous conduire dans cette région limitrophe!

— Vous faites-vous seulement une idée de cette distance formidable? — Non, assurément, à partir de quelques millions, les nombres ne nous disent

plus rien. Il faut leur associer des éléments mieux à notre portée, et des comparaisons deviennent nécessaires.

Un aéroplane qui ferait le tour du globe terrestre en moins de 18 jours, et en voyageant à la vitesse de 100 kilomètres à l'heure sans se reposer, nous conduirait à l'étoile 21 185 Lalande, en 73 millions 332 000 années.

Si nous pouvions lancer un boulet en l'air à raison de 1 000 mètres à la seconde, cet obus retomberait infailliblement sur la terre, mais, en admettant qu'il pût sortir de notre sphère d'attraction, il lui faudrait accomplir un long voyage de 2 millions d'années avant d'atteindre ce soleil voisin à peine plus gros que Jupiter.

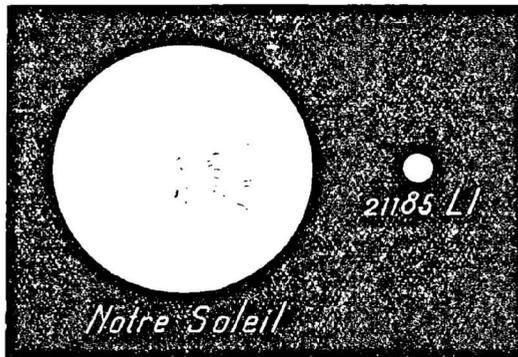
Continuons toujours; passons près de Sirius, la plus belle étoile du ciel. Quelle boule formidable! Dans une enceinte de 3 millions de

kilomètres de diamètre, gisent rassemblés les matériaux de plusieurs soleils comme le nôtre, amoncellement fantastique de vapeurs brûlantes, torche enflammée agitant ses éclairs fulgurants au milieu du ciel noir, obus gazeux 12 fois plus gros que notre Soleil, roulant à 83 trillions de kilomè-



LALANDE

Astronome français (1732-1807), qui a dressé un célèbre catalogue stellaire.



Comparé à l'étoile 21 185 du catalogue de Lalande (une de nos voisines de l'espace), notre Soleil est une énorme sphère incandescente.

tres son infernale fournaise.

Encore 16 000 milliards de kilomètres et nous voici à côté d'une toute petite

étoile de volume moindre que notre globe jovien : c'est Cordova n° 243 de la zone V.

N'avions-nous pas raison d'affirmer que la grosseur n'est pas nécessairement associée aux faibles distances ?

Le Ciel nous présente toutes les variétés : les étoiles géantes côtoient, oh ! de très loin, des soleils lilliputiens, flocons de laine échappés du troupeau.

Rapides comme la pensée, franchissons encore des déserts, des immensités noires à peine éclairées par « l'obscur clarté des étoiles », traversons des steppes glacés, grisons-nous du vertige des espaces sans fin, nous voici à plus de 102 000 milliards de kilomètres, voilà Procyon du Petit Chien, la plus grande étoile que nous ayons contemplée, plus volumineuse encore que Sirius, sphère incandescente 16 fois plus grosse que notre Soleil.

Quenoussommes loin de la Terre, et cependant les trillions de kilomètres parcourus si rapidement ont à peine changé la perspective du Ciel. Là-bas, devant nous, la Voie lactée nous apparaît toujours comme un large ruban laiteux. Au télescope il y a là des agglomérations d'étoiles, et à l'œil nu aucune d'elles ne paraît se détacher de ses voisines.

Combien de temps volerons-nous encore pour rôler ces républiques de soleils accourulées en une même région de l'espace ?

Illusion invincible de notre sens visuel ! Cette Voie lactée que nous désirons atteindre, elle n'est ni là-bas, ni plus loin, ni devant nous ni derrière nous, ni à droite ni à gauche ; depuis notre départ nous nageons en elle : notre Soleil, Sirius, Procyon, 21 185 Lalande, toutes ces étoiles, tous ces mondes, tous ces systèmes appartiennent à la Voie lactée.

D'un soleil à l'autre les distances sont les mêmes en moyenne ; de loin, tous les arbres d'une forêt semblent se toucher, mais dès qu'on approche, qu'on traverse l'ensemble, des sentiers, des avenues apparaissent, de grandes éclaircies laissent apercevoir l'horizon, les troncs sont distincts et souvent très éloignés les uns des autres.

Nous avons à peine franchi quelques trillions de kilomètres du côté de l'apparence galactique (1), qu'un nouveau soleil se présente encore à nous, plus proche que tous les autres. De la Terre vous le trouverez entre Deneb et Zêta (ζ) du Cy-

gne, humble étoile inscrite sous le numéro 61. Elle n'a ni l'éclat de Sirius, ni celui du Dragon ; elle est de 4^e grandeur seulement, et cependant elle nous intéresse à plus d'un titre. Arrêtons-nous pour raconter son histoire.

Nous avons

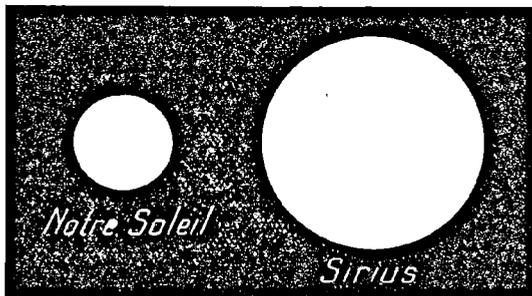
dit au chapitre V quelle idée les anciens astronomes se faisaient des étoiles, soleils fixes dans l'espace, points lumineux tout à fait stables sur la sphère céleste, et dont on pouvait une fois pour toutes calculer l'ascension droite et la déclinaison.

Tout le monde vivait sur ces notions acquises, lorsqu'un jour de 1804, l'astronome Piazzi bouleversa les idées reçues, en annonçant que la 61^e du Cygne se déplaçait au ciel tout comme une vulgaire planète.

Oh ! ce fut à l'époque un très grave événement et gros de conséquences !

Réfléchissez un peu : si la 61^e du Cygne n'était pas une exception, toutes les étoiles se déplaçaient ; tout était en mouvement dans le Ciel. Alors quels points

(1) Galactique, qui se rapporte à la Voie Lactée.



Mais il paraît déjà bien petit lorsqu'on le compare à l'énorme Sirius qui est pour nous la plus belle étoile du ciel.

de repère les astronomes pouvaient-ils choisir pour appuyer leurs bases de calculs? Ascensions droites, déclinaisons, nombres factices vrais pour une époque, faux dans quelques années. Et notre Soleil, allait-il se déplacer, lui aussi, nous emporter à notre tour et, dans sa course effrénée, compliquer encore les difficultés?

On entrevit tout cela, lorsque Piazzi annonça sa découverte, mais on était loin de se douter de l'importance du fait, des effrayantes complications qu'il allait introduire dans l'étude de l'univers, et, par contre, de la portée philosophique considérable d'une aussi évidente constatation.

Et il n'y avait pas à en douter : Flamsteed, cent ans auparavant, avait donné la position de la 61^e du Cygne; Bradley, qui l'observait en 1755, en avait fait autant, et aucune des données ne se correspondait.

« A chaque jour suffit sa peine, » dit le proverbe; les astronomes ne s'effrayèrent pas outre mesure des difficultés qui devaient surgir dans la suite, et tout heureux de cette remarquable trouvaille, ils songèrent à en tirer un merveilleux parti.

Une simple comparaison pour vous aider à comprendre leur raisonnement : vous êtes chasseur, je suppose, et au-dessus de la plaine que vous parcourez, vous apercevez une nuée d'oiseaux fuyant dans tous les sens. Comment pourrez-vous juger de la distance relative de chacun? Ici vous ne pouvez, comme sur le sol, prendre des points de repère fixes, plus ou moins éloignés.

Résolvez ce simple problème et vous aurez une idée du principe qui a guidé les astronomes dans ces recherches délicates de la distance des étoiles?

Regardez attentivement votre vol d'oiseaux et vous ne tarderez pas à vous apercevoir que ceux dont la marche paraît la plus rapide sont précisément les plus proches.

Evidemment, ceci n'est vrai que pour l'ensemble, certains peuvent flâner en route — il y a partout des exceptions — n'empêche que, d'une façon générale, une étoile dont le mouvement est très accen-

tué plaide en faveur de son voisinage.

Voilà ce qu'entrevirent les astronomes après la découverte de Piazzi, et résolument, tous se mirent à l'œuvre. Mais, hélas! que de difficultés à peine prévues.

Enfin, en 1840, Bessel, après des années de calculs, annonça au monde savant que la 61^e du Cygne se trouvait à 88 trillions de kilomètres.

Pour la première fois l'homme sortait vraiment de sa prison terrestre et solaire et, abordant le problème des distances stellaires, se lançait à l'assaut des provinces célestes.

Bessel s'était d'ailleurs trompé, mais le principe était acquis et les mesures suivantes rapprochèrent l'étoile au point de lui faire gagner quelques milliers de milliards de kilomètres, ce qui la plaça au troisième rang dans l'ordre des distances.

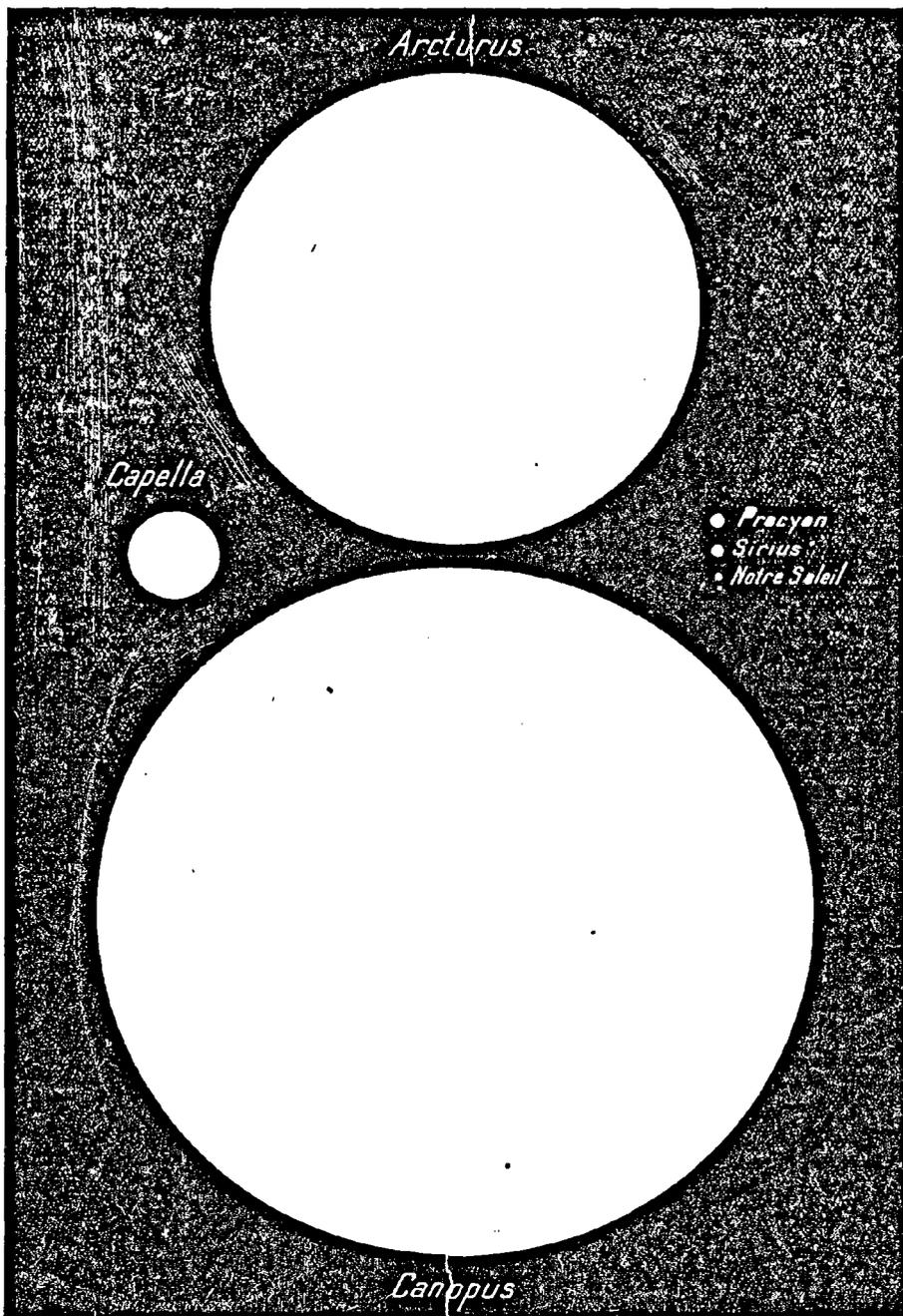
On trouve encore cette ancienne détermination dans les Annuaires récents du Bureau des Longitudes. La science officielle se hâte lentement, comme les personnes âgées, graves et respectables.

Les dernières mesures photographiques s'accordent toutes cependant pour assigner à la 61^e du Cygne une distance 710 000 fois plus grande que celle du Soleil. Elle n'arrive donc plus la troisième, mais la dixième sur la liste des étoiles dont nous connaissons la parallaxe.

Partie de si loin, la lumière nous parvient après plus de 11 années d'un vol ininterrompu.

Soyons plus rapides encore et éloignons-nous toujours. Nous côtoyons Deneb du Cygne, Bêta (β) de la Grande Ourse, Véga le beau soleil bleu de la Lyre, Bêta (β) Céphée, Pollux des Gémeaux, phares géants disséminés dans la nuit sidérale et auprès desquels notre Soleil ferait l'effet d'une simple bouée lumineuse.

Et il faut bien qu'il en soit ainsi pour que nous les voyions briller à ces distances effrayantes, car maintenant nous sommes très très loin de la Terre. De Véga la lumière nous arrive après 27 années de marche: 257 600 milliards de kilomètres! Notre aéroplane faisant du 100 kilomètres



Si notre Soleil n'est pas la plus petite étoile que nous connaissons, il est loin d'être la plus grosse, et ce tableau nous l'indique d'une façon précise.

à l'heure parviendrait dans ces régions au bout de 293 millions d'années et 3 280 siècles.

Si une Compagnie Transidérienne s'établissait pour transporter de hardis touristes et relier les mondes de l'espace, savez-vous quel serait le prix d'un billet pour Véga, à raison de 0 fr. 05 le kilomètre ?

Le voyageur devrait verser au guichet la jolie somme de 12 850 milliards; alors que, pour le prix modique de 38 440 fr., on lui délivrerait un billet pour la Lune, retour compris.

Comprenez-vous maintenant les distances effrayantes, fantastiques, inimaginables qui nous séparent des étoiles ?

Véga. est très loin, mais nous avons étendu nos mesures à des distances autrement supérieures.

L'étoile Polaire est presque deux fois plus éloignée : 440 500 milliards de kilomètres !

En continuant la comparaison des billets, un voyageur, avant de s'embarquer, devrait fournir 22 025 milliards !

Supposons qu'il paie en pièces de 20 francs, le poids total de la somme dépasserait 7 millions de tonnes de mille kilos ! Avec l'or pur entrant dans la composition de cette somme effrayante, si l'on élevait une colonne de 64 mètres carrés de base, sa hauteur dépasserait de 190 mètres le sommet du Mont-Blanc. En réduisant de 3 millions de fois la hauteur de cette colonne, nous aurions ce qu'il nous faudrait dépenser d'or pour aller d'ici au Soleil.

Faites le calcul et vous trouverez à peine deux millimètres de hauteur.

La science ne s'est pas arrêtée en si bon chemin et les astronomes se sont élancés plus loin encore.

Rigel, ce beau soleil qui brille dans la constellation d'Orion, a certainement une parallaxe inférieure à un centième de seconde, sa distance est au moins 20 millions de fois plus forte que l'éloignement de la Terre au

Soleil et la lumière ne met pas moins de 325 ans pour nous venir de là-bas. Transporté à cette distance, notre Soleil serait invisible à l'œil nu, Rigel est donc un astre énorme.

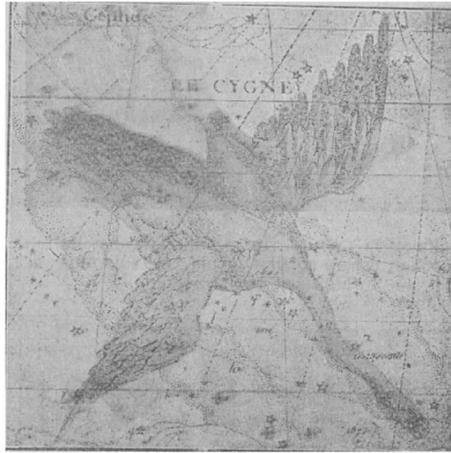
Regardez maintenant dans la constellation du Cocher et contemplez au bout de votre télescope les feux scintillants de Capella (La chèvre). Cette lumière éclairant le champ de l'instrument émane d'un globe incandescent

5 800 fois plus gros que notre Soleil.

Voyez aussi Arcturus du Bouvier. Malgré son énorme distance, 11 millions de fois supérieure à celle du Soleil, cette magnifique étoile est la plus brillante de notre Ciel boréal. Cette seule considération suffirait à nous indiquer que nous sommes en présence d'un soleil aux dimensions effrayantes. En réalité, il faudrait rassembler un million de soleils comme le nôtre pour égaler son volume.

Reportez-vous à la page 14 de *Quelques heures dans le Ciel* et contemplez les grandeurs comparées du Soleil et de la Terre. Entre Arcturus et notre astre du jour, les proportions sont presque les mêmes.

Betelgeuse d'Orion rivalise de grosseur avec Arcturus, mais Canopus les éclipe tous par ses fantastiques dimensions.



La constellation du Cygne, où se trouve l'étoile 81, l'une des plus proches de la Terre, et qui nous a initiés au problème de la distance des étoiles.

Canopus n'est pas visible dans nos contrées. Pour l'apercevoir, il faut gagner les régions australes où il brille dans la magnifique constellation du Navire.

Voilà la plus grosse étoile connue jusqu'à ce jour.

Mobilisez dans le ciel toute une armée de soleils comme le nôtre et supposez qu'un puissant génie les conduise un par un dans une même région. Admettez encore qu'à chaque heure et successivement, il entasse soleil par soleil. Au bout d'une année, il aura rassemblé autant de soleils qu'il y a d'heures en 365 jours : 8 760 soleils seront réunis et coalisés pour lancer dans l'espace leurs ardents rayons.

Après un siècle de ce travail titanesque, l'immense sphère lumineuse n'atteindra pas encore le volume de Canopus. Il lui faudra travailler 342 ans d'un labeur continu, charrier au même endroit plus de 3 millions de soleils comme le nôtre pour mener au bout la tâche entreprise.

Quelles planètes résisteraient à une action aussi puissante!... à moins qu'elles ne tournent autour de ce centre gigantesque à des distances effrayantes, elles seraient fondues, gazéifiées, volatilisées en un instant.

Etranges créations, dont notre sys-

tème solaire ne peut nous donner aucune idée.

Et tous ces soleils se meuvent dans le Ciel avec des vitesses folles, tout est

mouvement, le repos n'existe nulle part. Nous-mêmes nous sommes emportés dans le sillage de notre centre d'attraction avec une rapidité 25 fois supérieure à celle des obus lancés par nos plus puissants canons. Dans le vide du ciel, dans l'espace noir, nous tombons sans nous arrêter depuis des milliards d'années peut-être.

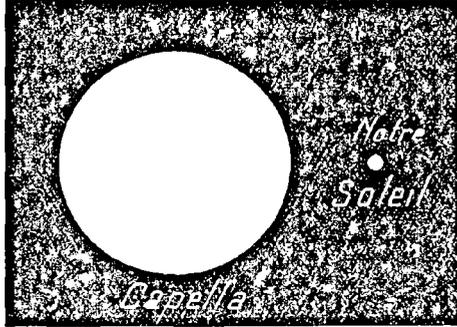
Sommes-nous au moins passés une seule fois au même endroit? Nul ne le sait.

Les mystères de l'Espace nous offrent des énigmes aussi insolubles que les mystères du Temps.

Il nous paraît utile en terminant ce chapitre, de donner un tableau renfermant les distances et les vitesses de déplacement de quelques étoiles dans le ciel.

Le lecteur ne doit se faire aucune illusion sur la va-

leur de certains tableaux analogues rencontrés dans différents traités élémentaires de cosmographie où l'on précise la distance de toutes les étoiles à un milliard de kilomètres près. Nous n'en sommes pas encore là.



Capella ou la Chèvre, située dans la constellation du Cocher, est un soleil énorme 5 800 fois plus volumineux que le Soleil.



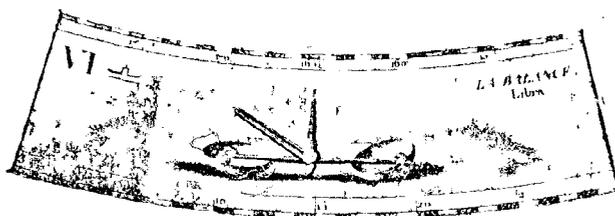
La constellation du Cocher, d'après l'Atlas de Flamsteed.



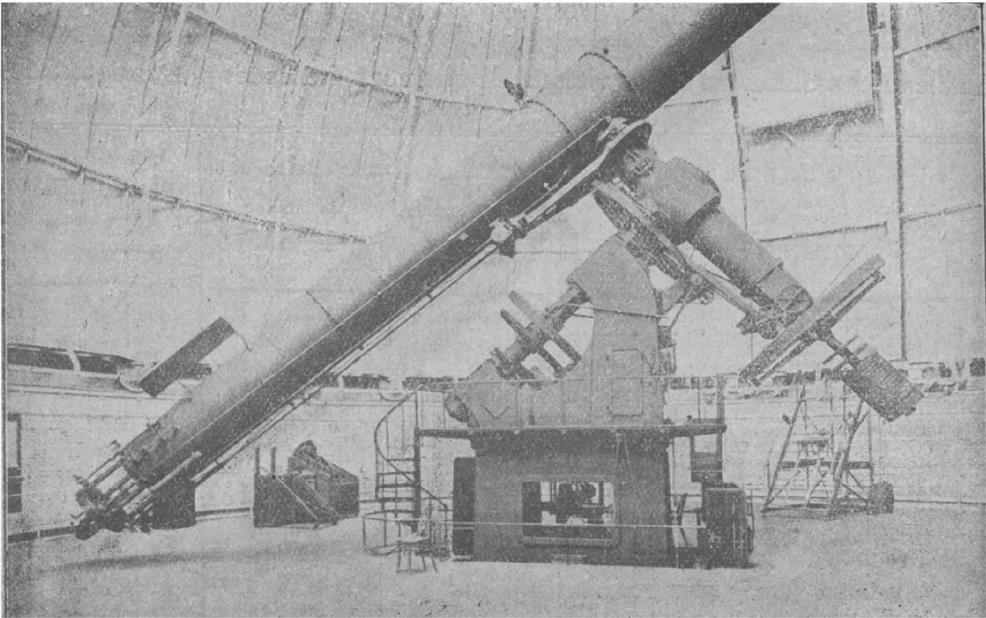
D'une planète analogue à la Terre mais tournant autour de Canopus, de la constellation du Navire, un spectateur verrait se lever à l'horizon un soleil trois millions de fois plus gros que le nôtre.

Tableau des distances et des vitesses de quelques étoiles les plus rapprochées

NOM DE L'ÉTOILE et CONSTITUTION	Distances en trillions de kilomètres	Durée du trajet de la lumière (en années)	Vitesse de déplacement en kilomètres par seconde
α Centaure.....	41	4 ^{ans} , 3	22
21 185 Lalande.....	64	6,8	47
α Grand Chien (Sirius).....	83	8,7	16
18 609 O A.....	88	9	»
243 Cordova Z. V.....	99	10	128
τ Baleine.....	99	10,2	29
ν Dragon.....	99	10,2	2
34 Groombridge.....	100	10,6	47
α Petit Chien (Procyon).....	103	10,9	19
61 Cygne.....	106	11	59
9 352 Lacaille.....	140	11,6	114
α Aigle (Altaïr).....	134	11	12
α ² Eridan.....	170	18	105
α Taureau (Aldébaran).....	205	21,7	8
1 830 Groombridge.....	205	21,7	222
α Poisson austral (Fomalhaut).....	220	23	12
α Cocher (Capella).....	257	27,1	24
α Lyre (Véga).....	257	27,1	11
μ Cassiopée.....	280	29,6	161
Étoile Polaire.....	440	46	3



OCTOBRE. — SIGNE DU ZODIAQUE : LA BALANCE.



SPECTROSCOPE DE LA LUNETTE YERKES.

A l'aide d'ingénieux instruments adaptés à leurs lunettes, les astronomes parviennent à analyser les substances brûlant dans les étoiles.

CHAPITRE VII

La Chimie des Étoiles.

Malgré les énormes distances qui nous séparent des étoiles, l'éclat de leur lumière combiné avec la mesure de leur éloignement nous a permis d'aborder le problème de leur grosseur.

Par analogie nous pouvons penser que ces soleils si variés ont la constitution du nôtre; mais la science ne saurait se contenter de preuves approximatives.

Parfois telle ou telle étoile, nous le verrons bientôt, possède un compagnon, véritable satellite tournant autour de son soleil suivant les lois de la gravitation universelle. Il nous a donc été possible, en plus d'une occasion, d'en déduire la masse des deux corps célestes réduits à de simples points au foyer de nos télescopes géants.

Nous sommes donc en mesure d'ap-

précier la densité de certaines étoiles.

Qu'est-ce, en effet, que la densité d'un corps? Rappelez-vous les éléments de Physique appris à l'école.

Voici un morceau de fonte pesant 90 kilogrammes, et dont le volume mesure 13 décimètres cubes. Sa densité est le poids d'un décimètre cube de fonte; une simple division et vous obtiendrez immédiatement le nombre cherché. Effectuez l'opération, vous trouverez pour la densité du bloc un chiffre voisin de 7 (exactement 6,9).

Or, les astronomes, au moyen des effets de l'attraction, savent fort bien calculer la masse, disons le poids pour simplifier, de la Terre, de la Lune et du Soleil, ainsi que de quelques étoiles. Vous comprenez, maintenant, comment ils en

déduisent la densité de ces corps puisqu'ils en connaissent le volume. Eh bien, il arrive souvent que la densité de certains soleils de l'espace est extrêmement faible, beaucoup moindre que celle de l'astre radieux qui nous éclaire et qui, cependant, est entièrement gazeux.

Les étoiles ne possèdent donc pas toutes la même constitution. Mais alors il y a lieu de se demander si les substances qui brûlent dans Arcturus, dans Capella et dans Rigel sont totalement différentes des éléments constitutifs de notre Soleil.

Tel est le problème qu'ont résolu les astronomes modernes; nos ancêtres n'en avaient même pas entrevu la solution.

Personne évidemment ne peut aller dérober aux mondes lointains des échantillons de leurs substances.

Nous n'avons en mains aucune parcelle de Canopus ou de Véga, mais le rayon lumineux parti depuis si longtemps de ces soleils lointains nous en apporte des nouvelles.

C'est en effet une page de leur histoire qu'il nous livre; la lumière émanée de ces gemmes célestes aux feux scintillants contient des caractères aussi nets que les palimpsestes vieillis ou les colonnes antiques racontant en écriture cunéiforme les hauts faits des héros; à nous d'imiter Champollion devant la pierre de Rosette et d'en savoir déchiffrer les hiéroglyphes.

Si les méthodes pour arriver à ce résultat sont, entre les mains des savants modernes, d'une effrayante complexité, il n'en reste pas moins que le principe sur lequel sont basées nos conclusions présente en lui-même une telle simplicité que nous pouvons facilement l'exposer ici.

Ne vous est-il jamais arrivé, au temps où vous étiez enfant, de troubler le calme d'une pièce d'eau en y lançant quelques cailloux? Recommencez l'expérience sans fausse honte et étudiez-la de plus près.

Autour du point frappé, vous verrez se développer une belle série d'ondulations : un minuscule bateau en papier, un copeau de bois se soulevant et s'abaissant alternativement au-dessus ou au-dessous du niveau moyen vous apprendront à

concevoir ce que les physiciens appellent l'*amplitude* de l'ondulation. De prime abord, vous pourriez croire que les particules d'eau rayonnent autour d'un centre et vont lentement rejoindre les bords de la nappe liquide : c'est une pure illusion. Chaque molécule reçoit un choc et le transmet simplement à sa voisine.

Regardez encore notre morceau de bois flottant, il ne se déplace qu'en hauteur; dès que l'effet cessera, vous le retrouverez au même endroit.

Eh bien, tout se passe de la même façon dans l'espace que remplit une matière extrêmement subtile, tout à fait élastique. Les physiciens lui ont donné le nom d'*éther*. Sa nature est encore bien mystérieuse et pendant longtemps défrayera les entretiens des philosophes et des savants.

L'éther est élastique, c'est entendu, d'une élasticité presque indéfinie; mais alors, comment concevoir un tel corps déformable sans particules distinctes? Et, s'il y a des particules, dans quel milieu évoluent-elles? Nous voilà conduits à admettre un second éther moins dense que le premier, et les questions recommencent indéfiniment.

Admet-on, au contraire, un milieu non décomposable en parties distinctes, nous ne concevons plus la possibilité d'une déformation dans son sein.

D'un côté, il faut faire intervenir un espace vide sans signification et des actions à distance, de l'autre, nous nous heurtons à une conception mécanique impossible. On le voit, la nature de l'éther touche aux questions les plus complexes : nous arrivons aux confins de la science et de la philosophie, c'est la vieille querelle des partisans du *plein* et du *vide* agitée au xvii^e siècle, qui ressuscite et renaît, comme le phœnix, de ses cendres. Les savants, avec Pascal en tête, croyaient avoir résolu ce troublant problème, et de nouveau les voilà aux prises avec leurs collègues les philosophes.

Laissons-les discuter sans espoir d'une solution prochaine, et retenons de cette digression un seul point capital : l'*existence* de l'éther.

Par quel mécanisme, ce mystérieux milieu, qu'on qualifie d'impondérable, c'est-à-dire sans poids, agit-il sur les substances pondérables ?

D'une façon assez simple à comprendre.

Vous savez que tous les corps sont formés de fines particules en mouvement, ce sont les atomes. Or, tous les jours, les progrès réalisés dans les méthodes expérimentales nous fournissent des données de plus en plus précises sur leur nature et leur grandeur. Nous allons, dans ce domaine de la science, de surprise en surprise.

Ne voilà-t-il pas qu'en vient de s'apercevoir que ce que nous considérons comme *atome* n'est, en réalité, qu'un grossier assemblage de corps beaucoup plus petits.

Un chimiste du temps de Lavoisier serait bien surpris, s'il revenait dans nos laboratoires, d'apprendre que l'atome, l'hydrogène par exemple, cette petite partie du gaz le plus léger connu à son époque, n'est en réalité qu'un grossier assemblage de corpuscules que les physiciens parviennent à compter.

Atome veut dire insécable. Eh bien, notre atome d'hydrogène en fait est partagé en 2 000 portions distinctes. Mais nous avons poussé plus avant les analyses. Cette agglomération d'infimes éléments offre une architecture tout à fait définie. Si nos yeux pouvaient nous permettre de pénétrer dans ce petit monde inaccessible même à nos microscopes, savez-vous ce que nous constaterions : une sorte de système solaire où tout est ordonné comme dans celui que nous connaissons ; au milieu, un soleil assez gros chargé d'électricité positive et autour de lui 2 000 petites lunes chargées négativement et qui exécutent

une ronde effrénée à la vitesse de 1 844 mètres par seconde !

Tous ces satellites paraissent, comme les petites planètes, tourner dans le même plan ou à peu près, et l'ensemble rappelle tout à fait l'anneau de Saturne évoluant autour de son énorme boule centrale.

Et maintenant, chauffez tout le système, la vitesse de chaque particule augmentera et probablement aussi l'amplitude ou la grandeur des orbites.

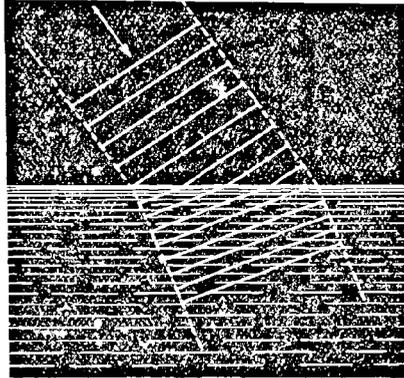
Ainsi, de l'atome à la molécule, de la molécule à la Lune et à la Terre, de la Terre au Soleil, du Soleil aux systèmes variés qui exécutent lentement leur révolutions séculaires, tout semble construit sur le même plan. Une même loi que nous entrevoyons produit, suivant les circonstances et les milieux, des effets variés à l'infini.

La Mécanique céleste paraît embrasser dans une même synthèse, tous les phénomènes de la matière, mais cette science se complique à mesure que les centres d'attraction se rapprochent et que nous l'étudions dans les mouvements imperceptibles de l'atome et qui relèvent plus spécialement de la Physique moléculaire.

Dans cette science encore mystérieuse de l'infiniment petit, où l'homme pénètre chaque jour davantage, la nature nous apparaît aussi merveilleuse que dans le domaine de l'infiniment grand. Nulle part le désordre, partout l'on suit

l'empreinte d'une main guidée par une Pensée qui a tout prévu, tout arrangé avec ordre, poids et mesure, et l'on songe involontairement à ce vieil adage de la philosophie grecque dont Platon a représenté l'apogée : « Ἄει ὁ Θεός γεωμετρεῖ », Dieu fait sans cesse de la géométrie.

On conçoit maintenant que le rai-



En pénétrant dans l'eau les ondes lumineuses subissent une sorte d'inflexion qui dévie leur marche : c'est la *réfraction*.

sonnement seul peut nous guider dans l'étude de ces mondes minuscules que sont les atomes des corps, nos yeux sont totalement impuissants à nous révéler les phénomènes qui s'y passent, nous ne voyons que l'ensemble et les détails nous échappent; et de même qu'un charbon en ignition agité fortement produit sur nous l'illusion d'un large ruban de feu, de même nous concevons maintenant comment les vibrations de l'éther qui communiquent à notre rétine les chocs répétés des molécules peuvent nous four-

nir les sensations de surfaces colorées. La couleur d'un corps n'est donc pas dans le corps lui-même, mais en nous, et c'est par une illusion invincible que nous l'extériorisons. En dehors de nous, il n'y a que des mouvements vibratoires transmis par l'éther à notre rétine puis à notre cerveau, c'est-à-dire une impression toute mécanique que le *moi* transforme en sensation.

Aux philosophes d'intervenir ici pour nous en expliquer le mécanisme : c'est leur affaire et nous les laisserons encore discuter pour revenir à l'étude de notre rayon lumineux en tout point comparable à la vibration sonore.

Dans la lumière, en effet, comme dans le son, le nombre des ondulations en un temps donné fait varier la sensation. Si les vibrations sonores augmentent, le son devient plus aigu; de même en est-il pour les ondulations de l'éther. Les couleurs sont les notes de la gamme chromatique. Notre rétine reçoit-elle 450 trillions de chocs par seconde, nous avons la sensation du rouge; 750 trillions, nous avons l'impression du violet.

Continuons la comparaison : les notes graves émises par un long tuyau d'orgue

sont formées de vibrations beaucoup plus longues que les sons aigus; de même les ondulations qui nous procurent la sensation du rouge sont plus larges et celles du violet plus courtes.

Voulez-vous des nombres pour vous aider à mieux saisir ?

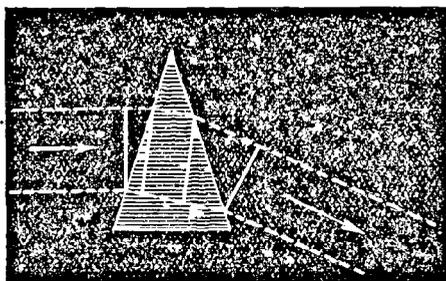
Les physiiciens sont parvenus à mesurer le nombre de vibrations correspondant à toutes les nuances.

Dans le rouge, la longueur d'onde est de 6 562 dix millièmes de millimètre, dans le vert 5 166 et dans le violet 3 968. Il en résulte que pour couvrir un

millimètre, il faudrait mettre bout à bout 1 523 ondulations du rouge, 1 935 du vert et 2 520 de celles qui produisent le violet. La lumière blanche, ainsi que l'a prouvé Newton, n'est qu'un mélange de toutes les couleurs de l'arc-en-ciel : celles-ci nous arrivent du Soleil pêle-mêle, pour ainsi dire et le prisme qui décompose cette lumière en fait une sorte de tri par un procédé facile à saisir.

Supposons un train d'ondes de lumière blanche frappant un prisme obliquement. Nous savons que la lumière varie de vitesse avec les milieux traversés. Alors qu'elle voyage à raison de 300 000 kilomètres à la seconde dans le vide, c'est-à-dire dans les espaces intersidéraux (exactement 299 460 kilomètres), sa vitesse, en traversant une lame de verre diminue de plus de 100 000 kilomètres dans le même temps.

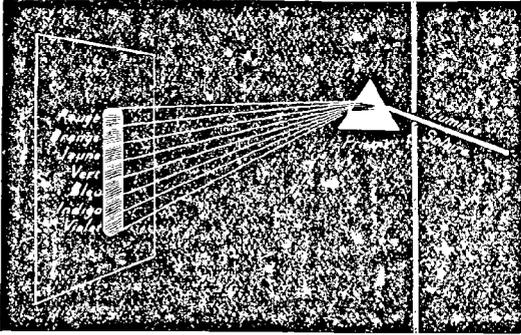
Lors donc que le front de l'onde lumineuse, c'est-à-dire sa partie antérieure, commencera à rencontrer obliquement la surface d'un prisme, il y aura une différence sensible dans la progression en avant, la partie inférieure du front, sur la figure, sera retardée par rapport à la partie supérieure, d'où il résultera un mouvement de bascule bien prononcé : c'est la *réfraction*. (V. aussi fig. p. 72.)



La déviation du rayon lumineux s'opère une première fois en arrivant dans un prisme de verre et une seconde fois en le quittant.

A la sortie, même résultat. La différence de translation des ondulations rou-

d'ondulations que nous envoyait le Soleil : certaines notes étaient absentes.



Non seulement un rayon solaire est dévié, réfracté, en raversant un prisme, mais il est analysé et dispersé en différentes couleurs qu'on peut recevoir sur un écran : c'est le *spectre solaire*. Les rayons rouges sont les moins déviés.

ges et violettes ne fera qu'accentuer ce phénomène, si bien que tout compte fait le prisme sera parvenu à *dispenser* les couleurs sur l'écran placé derrière lui.

Cette expérience dite du spectre solaire expliquée pour la première fois par Newton, fut reprise un siècle plus tard par Wollaston (1802).

Ce physicien ayant remarqué que toutes les couleurs empiétaient les unes sur les autres et se mélangeaient malgré la dispersion du prisme, eut l'idée de les trier en faisant passer le rayon lumineux à travers une fente très étroite.

Le résultat fut assez inattendu : le spectre se montra divisé en plusieurs portions par quatre ou cinq raies noires transversales.

La conclusion ne faisait aucun doute. De même qu'un morceau ou une phrase musicale ne contient pas néces-

sairement toutes les notes de la gamme suivant le bon plaisir de l'artiste, de même il n'y avait pas continuité dans la série

Treize ans plus tard, Fraunhofer, opticien de Munich, eut l'idée d'observer le spectre dans les mêmes conditions, mais en intercalant un système de lentilles pour grossir l'effet.

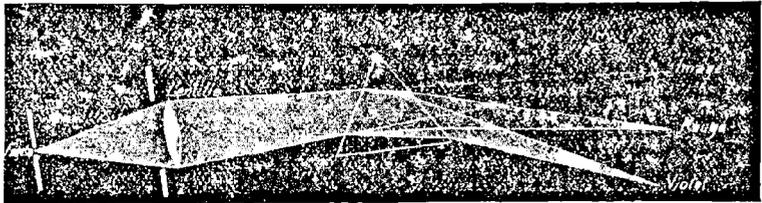
Cette fois, ce ne fut plus quatre raies seulement qu'on entrevit, les solutions de continuité dans la *gamme solaire* se montrèrent tellement nombreuses que Fraunhofer les compta par centaines et put finalement en repérer plus de 600.

Les physiciens actuels ont beaucoup dépassé ce nombre et le spectre dessiné par Rowland contient les positions exactes de 20 000 raies toutes fixées à un dix-millionième de mil-

limètre près : pour ne pas les confondre entre elles, le dessin doit avoir une longueur de 13 mètres!

Il était naturel d'examiner à l'aide de ce procédé les différentes sources lumineuses que nous employons ; on ne manqua pas de les étudier et l'on constata bientôt de nouveaux faits.

C'est ainsi qu'un gaz illuminé et rendu incandescent par l'étincelle électrique ne fournit plus un spectre à raies noires mais un long ruban coupé par des lignes brillantes de diverses couleurs et nettement séparées. En outre, et c'est là un fait capital, dans les mêmes circonstances



Si l'on intercale une fente et une lentille entre le Soleil et le prisme, on remarque que les couleurs du spectre ne sont plus fondues entre elles, mais séparées çà et là par des raies sombres transversales.

de température et de pression, ces lignes brillantes occupent toujours la même position pour un gaz déterminé.

roulant à des distances inconcevables, aussi aisément que le chimiste analyse, dans son laboratoire, les substances brûlant au fond de ses creusets.

C'est alors que le P. Secchi se consacra à cette grande œuvre de la classification des spectres stellaires.

Depuis, l'examen des spectrogrammes photographiques a modifié un peu et augmenté les classes d'étoiles. Le premier type diffère à peine des nébuleuses bien formées; on y rencontre surtout des substances primordiales comme l'Hélium et certains états de l'hydrogène comme dans α Orion.

Le second type correspond aux étoiles dont la lumière est blanche ou bleue, comme celle de Sirius ou de Véga et s'applique à la moitié environ des astres examinés.

Ce sont des soleils jeunes encore, où domine surtout l'hydrogène; celui-ci nous apparaît sous forme de lignes à la fois larges et accentuées. Les raies des métaux par contre, sont relativement faibles. Au sein de ces foyers gigantesques, entourés d'une épaisse atmosphère, toutes les substances métalliques sont non seulement réduites à l'état gazeux, mais volatilisées en éléments plus simples,

dissociées, comme disent les chimistes.

Du fond de ces ardentes fournaies, les gaz intérieurs plus chauds explosent violemment et gagnent la surface plus froide, conflagrations épouvantables où toutes les forces physiques entrent en jeu, tempêtes perpétuelles où les molécules emportées dans d'effroyables tourmentes forment d'indescriptibles chaos.

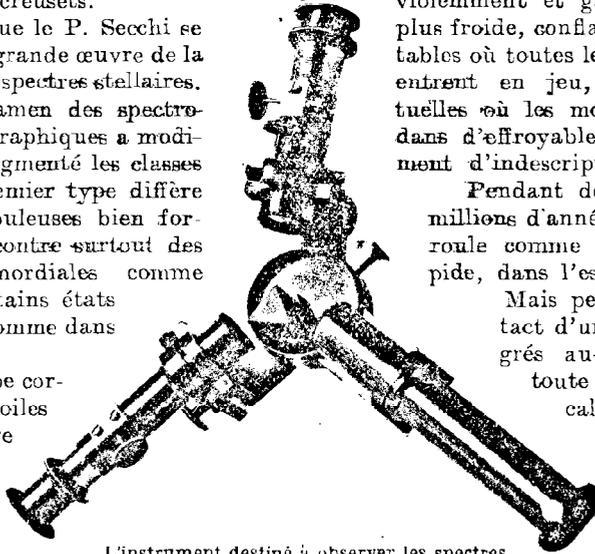
Pendant des millions et des millions d'années, la grosse étoile roule comme un projectile rapide, dans l'espace glacé.

Mais peu à peu, au contact d'un froid de 273 degrés au-dessous de zéro, toute cette agitation se calme, l'atmosphère diminue d'épaisseur, les raies de l'hydrogène s'affaiblissent, de nouvelles associations moléculaires font apparaître des

éléments plus semblables à ceux de notre chimie terrestre. C'est le troisième type spectral.

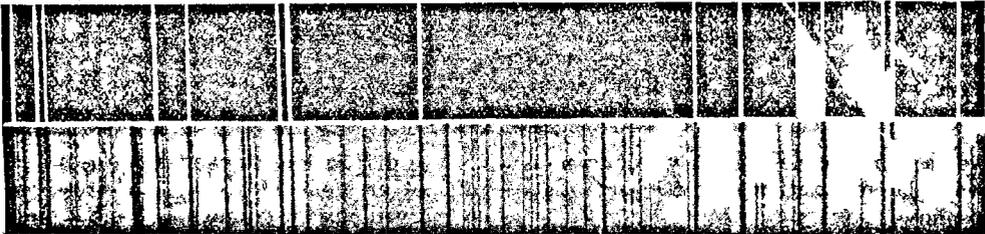
Ici, les vibrations moins rapides abaissent le ton de l'étoile, les notes passent du bleu-violet au jaune.

Notre Soleil traverse cette phase intermédiaire entre une jeunesse désordonnée, et la froideur de la vieillesse; il représente la sérénité de l'âge mûr.



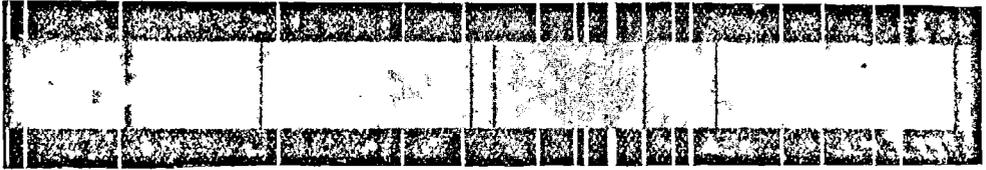
L'instrument destiné à observer les spectres des différentes substances s'appelle un spectroscopie, on peut l'adapter aux lunettes astronomiques.

(Modèle de la Maison Maillat, de Paris.)



Les raies brillantes du fer dans le spectre de l'étincelle électrique apparaissent exactement à la même place que certaines raies sombres dans le spectre du Soleil. Ce phénomène connu sous le nom de *renversement des raies* provient de l'absorption exercée par l'atmosphère solaire.

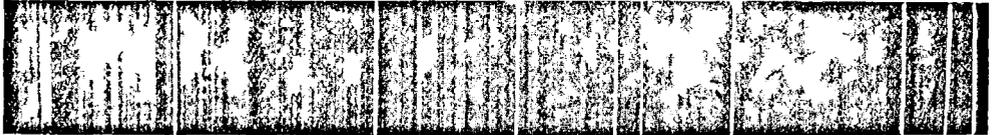
LA VIE DES ÉTOILES ÉCRITE PAR LA LUMIÈRE



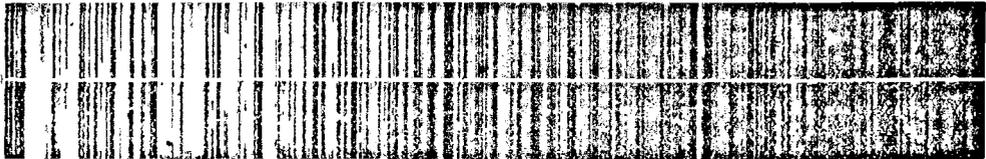
A leur naissance les étoiles offrent des raies sombres indiquant la présence de gaz primordiaux comme l'Hélium et certains états physiques de l'Hydrogène. *(Ce sont les étoiles à Hélium, du type Orion.)*



Puis l'Hydrogène prédomine en même temps que d'autres substances apparaissent. Des spectres de ce genre appartiennent aux *étoiles blanches, Soleils jeunes comme Sirius, Véga, Fomalhaut.*



Bientôt la température s'accroît et le type précédent se transforme par l'apparition de raies faibles appartenant à des métaux nombreux, *phase intermédiaire comme dans Procyon ou Canopus.*



Ces raies dans les étoiles jaunes s'accroissent encore. C'est la phase d'activité décroissante que traverse notre Soleil. (*1^{re} bande*), *étoiles jaunes ou solaires comme Arcturus (2^e bande), Capella, la Polaire.*



Peu à peu l'étoile vieillit et devient rouge avec un spectre cannelé dégradé vers le rouge, ce qui indique un abaissement de température. *(Étoiles rouges très nombreuses, comme dans Antarès, Bételgeuse.)*



Autre type d'étoiles rouges où l'on remarque encore des cannelures dégradées du côté du violet.

Sans doute, les tempêtes que nous constatons à sa surface sont encore effrayantes pour nos yeux de terriens, mais la faible épaisseur de son enveloppe hydrogénée nous avertit que déjà l'heure de la décadence a sonné pour lui.

Nombreux sont dans le ciel les soleils qui partagent cette proche destinée. L'énorme Arcturus, Aldébaran, Pollux, le brillant voisin de Castor, peuvent être rangés dans le troisième type stellaire.

Certains soleils, comme Procyon et Canopus, semblent n'être pas encore parvenus à ce stade de leur condensation : ils formeraient donc, pour ainsi dire une classe intermédiaire entre le second et le troisième type, celui de notre Soleil.

La quatrième classe comprend les étoiles rouges dont la température est plus voisine de celle que nous obtenons sur la Terre avec nos faibles moyens d'action. Les raies des métaux se montrent alors nombreuses dans le spectre de ces soleils qui marchent rapidement vers la mort. Alpha d'Hercule, Betelgeuse d'Orion, le bel Antarès qui brille dans le Scorpion, malgré tout leur éclat, sont des astres au

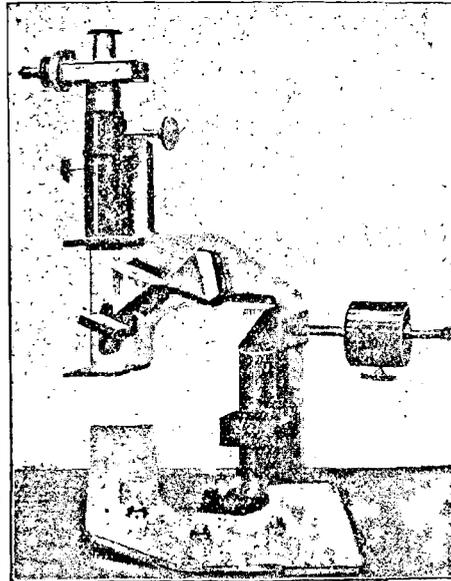
déclin de leur vie, images fidèles de ce que sera notre Soleil lorsque l'Horloge du Temps, compteur impassible, aura tourné de quelques révolutions.

En examinant des étoiles rouges plus faibles, on a créé un cinquième type assez curieux.

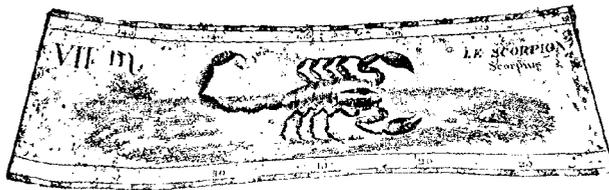
Alors que les spectres précédents sont caractérisés par de larges bandes dégradées vers le rouge, ces cannelures, dans certaines étoiles ont une disposition contraire, la dégradation se fait du côté du violet.

A mesure qu'avancent nos connaissances spectrales, les classifications, on le conçoit aisément, de-

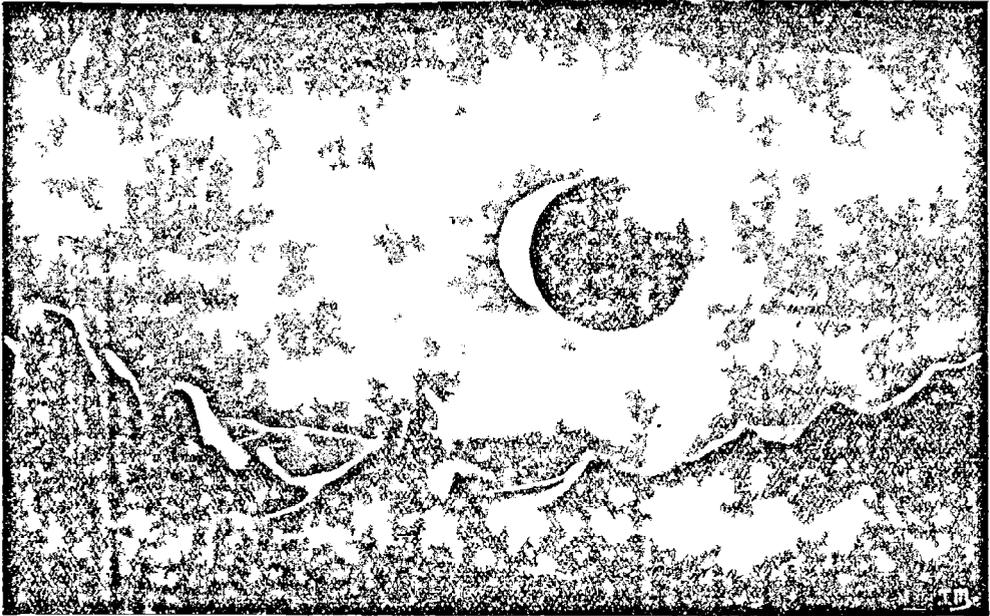
viennent de plus en plus artificielles, mais, par contre, cette difficulté nous indique précisément que nous sommes en présence d'une loi générale qui dès le commencement a présidé à la transformation de la matière et qui nous permet d'ores et déjà de suivre son évolution, de prévoir les phases que nous réserve l'avenir, comme aussi de soulever, en remontant le passé, un coin du voile derrière lequel se dérobent les profondeurs mystérieuses des lointaines origines du monde.



Spectroscopie à grande dispersion obtenue au moyen de plusieurs prismes. (Modèle Mailhat.)



NOVEMBRE - SIGNE DU ZODIAC - LE SCORPION.



SPECTACLE CELESTE VU D'UNE PLANÈTE APPARTENANT A UN SYSTEME DOUBLE FORMÉ D'UN SOLEIL BRILLANT ET D'UN SOLEIL NOIR.

CHAPITRE VIII

Les systèmes stellaires.

Au début de notre voyage aux soleils de l'espace, il nous est arrivé de rencontrer deux astres à l'endroit où l'œil n'apercevait qu'une simple étoile. Nous avons vu que notre voisine α Centaure n'est pas du tout constituée comme notre système solaire où un gros corps central régit de toutes petites planètes tournant autour de lui en des orbites presque circulaires.

Eh bien, ce cas d'Alpha Centauré est loin d'être unique et on le rencontre même très fréquemment.

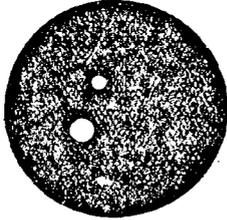
Les anciens astronomes l'avaient déjà constaté et en avaient fait une classification spéciale connue sous le nom d'*étoiles doubles*, mais ils n'avaient pas toujours su distinguer les cas où les composantes de semblables systèmes étaient liées physiquement par leur mutuelle attraction.

Deux étoiles peuvent en effet nous paraître presque se toucher, en vertu d'une simple illusion de perspective, alors qu'elles sont réellement séparées par un intervalle de milliards de kilomètres.

Nous en voyons un exemple presque tous les jours lorsque la Lune, dans sa révolution autour de la Terre, se déplace parmi les constellations et passe en apparence à côté de certaines étoiles.

Pour qu'un astre soit nettement double, au sens que les astronomes attachent à ce mot, il faut que les deux composantes forment vraiment un couple physique et mécanique, c'est-à-dire qu'elles tournent autour de leur centre de gravité commun. Or, nous ne pouvons constater le fait qu'après un grand nombre d'années d'observations. Mais, depuis 1781, époque à laquelle

William Herschel eut l'occasion de mesurer la position de plusieurs étoiles doubles, le nombre de ces systèmes s'est accru dans des proportions inespérées et les recensements célestes qui se poursuivent d'une façon systématique dans les observatoires nous en promettent un plus grand nombre encore.



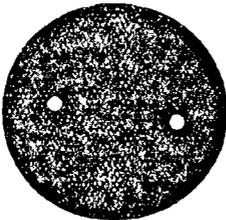
MIZAR.

Certains couples assez écartés sont accessibles aux plus faibles instruments.

Regardez l'étoile Zéta (ζ) Grande Ourse, le deuxième cheval du Chariot, connu depuis longtemps sous le nom de Mizar. Au-dessus, un peu en avant, vous apercevrez une toute petite étoile nommée Alcor, le cocher de l'attelage.

Cette étoile de 6^e grandeur pourra vous servir, soit dit en passant, pour mesurer votre acuité visuelle, car certains yeux ne l'aperçoivent pas.

Voilà deux étoiles, Mizar et Alcor, quoique très rapprochées, qui ne constituent pas, astronomiquement parlant, une véritable étoile double, précisément parce qu'elles sont visibles à l'œil nu.



NU (γ) DRAGON.

Mais pointez votre lunette sur Mizar, vous serez tout surpris de dédoubler l'étoile en deux composantes, deux points brillants qu'il vous est impossible de dis-

tinguer à l'œil nu, et séparés par un large intervalle de 14 secondes d'arc.

Delta (δ) Céphée est encore plus facile à dédoubler puisque l'écartement de ses deux étoiles est près de 4 fois plus fort (42").

Voyez aussi dans le même genre l'étoile Nu (ν) de la Tête du Dragon (62" d'écartement).

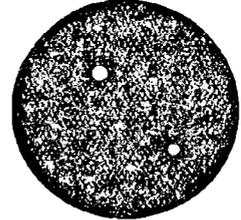
Gamma (γ) d'Andromède nous offrira un intervalle de 10 secondes seulement,

couple merveilleux dont les soleils vous paraîtront l'un bleu et l'autre rouge dans la plus petite lunette.

Si vous en aviez le loisir, vous pourriez, à la façon des astronomes, et en vous servant d'un micromètre, noter leur

position exacte à un moment donné par rapport à la ligne Nord-Sud, apprécier leur écartement à l'aide d'un réticule mobile; vous arriveriez ainsi à constater au bout d'un certain temps un changement très net dans la place qu'ils occupent, à tracer leur orbite et, connaissant leur distance à la Terre, à vous faire une idée de la grandeur de ces systèmes lointains si différents du nôtre.

En multipliant vos observations,



DELTA (δ) CÉPHÉE.

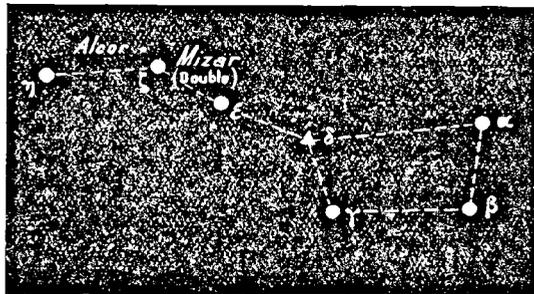
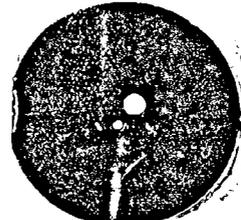


Figure indiquant la place de l'étoile double Mizar dans la Grande Ourse.



ALPHA (α) HÉRULE.

Les grossissements employés dans ces figures ne sont pas égaux.

vous auriez vite la conviction qu'il existe, parmi ces couples étranges, une variété infinie aussi bien dans les masses que dans les temps de révolution ; alors que certaines étoiles accomplissent leurs périodes en quelques années, d'autres au contraire tournent si lentement que de longs siècles leur sont nécessaires pour revenir à leur point de départ.

« Nous avons vu au chapitre VI que la 61° du Cygne était la première étoile dont l'homme ait essayé de déterminer la distance. Eh bien, cette étoile nous présente, elle aussi, le cas d'un système double, et, remarque assez curieuse, ce fut par son examen que le grand Herschel conçut l'idée qu'il devait exister au ciel des couples non seulement optiques, mais mécaniques pour ainsi dire.

Cette découverte, due au hasard, avait enthousiasmé le grand astronome qui disait plaisamment en racontant le fait : « Je suis allé comme Saül à la recherche des ânesses de mon père, et j'ai découvert un royaume. » Le royaume était plus vaste encore qu'il ne l'avait imaginé.

Bessel reprit la question en 1812 et il crut pouvoir déduire de ses observations que la période des deux astres était de 400 ans ; mais, peu après, on s'aperçut qu'il fallait renchérir sur ces conclusions et, finalement, personne n'osa plus se prononcer.

Le plus piquant de l'histoire, c'est que la 61° du Cygne qui a mis Herschel sur la voie de la découverte des systèmes doubles n'appartient probablement pas à cette classe d'étoiles. Les deux astres ne formeraient pas un couple physique, mais voyageraient de conserve à une assez grande distance l'un de l'autre.

Quoi qu'il en soit, l'élan était donné et certaines orbites sont aujourd'hui parfaitement déterminées.

Le système de Gamma (γ) Vierge est un des plus intéressants. De la Terre nous pouvons suivre les fluctuations de ces

deux soleils presque semblables, l'un et l'autre, de 3° grandeur environ.

Tantôt les deux points lumineux sont éloignés de 6 secondes, comme au moment où Bradley, Cassini et Herschel firent leurs observations ; tantôt l'intervalle diminue de 15 fois cette valeur, comme en 1836, et les deux étoiles se confondent dans nos télescopes.

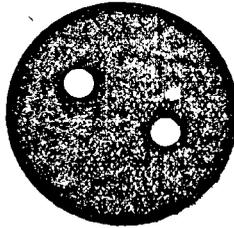
J'ai calculé la marche de ce système voisin pour les années qui vont suivre. La position de l'année 1912 coïncide avec celle de 1718, date à laquelle Bradley commença les mesures, et pour la première fois depuis cette époque, la même composante revient au même endroit, achevant sa longue révolution qui, pour elle, n'a que la valeur d'une seule année.

Que d'événements se sont passés sur notre petite planète depuis le commencement de cette période de 194 ans ! Les royaumes, les empires, les républiques se sont disputés tour à tour le gouvernement d'un monde aux trois quarts

disparu. Lorsqu'en l'an 2030 ces deux points lumineux se confondront de nouveau, la plupart des yeux terrestres qui contempleront ce spectacle ne sont pas encore ouverts à la lumière, et quand, dans 194 ans, une nouvelle année de Gamma Vierge se sera écoulée, tous ceux qui habitent notre atome terrien, tous les rois, tous les empereurs, tous les conquérants, tous les potentats, les riches et les pauvres, tous auront quitté la scène du monde !

Vu de ce système lointain situé à 27 années-lumière de notre demeure, le rayon de l'orbite terrestre se présente sous un angle de 12 centièmes de seconde à peine, et comme l'écartement des composantes, vu de la Terre, est de 6",3, c'est-à-dire 52 fois plus grand, nous obtiendrons l'écartement réel en multipliant ce nombre 52 par 149 400 000 kilomètres, distance du Soleil à la Terre.

L'opération nous donne 7 774 millions



Castor des Gémeaux est formé de deux soleils jumelés tournant l'un autour de l'autre en 4 000 ans environ.

de kilomètres. Au moment où les deux astres sont le plus éloignés, ils sont donc à une distance près de 2 fois plus grande que l'intervalle séparant Neptune du Soleil. Mais au moment de leur plus grand rapprochement, les deux astres sont environ 10 fois plus près.

Si quelques planètes analogues à Vénus ou à la Terre circulent autour de ces soleils, équivalant chacun à 4 fois la masse du foyer qui nous éclaire, à quelle chaleur torride ne sont-ils pas soumis au moment surtout où, nuit et jour, leur ciel est embrasé des ardeurs de ces énormes fournaises !

Rapprochons-nous maintenant de Sirius et descendons sur une planète évoluant autour de lui à la distance du rayon de l'orbite terrestre, nous allons constater des conditions climatiques encore plus étranges.

Sur la voûte azurée, un disque éclatant, 5 fois plus large que celui de notre Soleil, verse à flots une belle lumière bleuâtre sur un paysage brûlé par les rayons d'une flamme 28 fois plus éclairante et 28 fois plus chaude que le Soleil des tropiques. La nuit n'arrive pas assez vite pour tempérer les ardeurs de ce feu dévorant ; mais hélas ! Sirius a un compagnon et l'astre flamboyant n'a pas plutôt disparu à l'horizon qu'à l'opposé se lève un autre soleil, égal au nôtre, celui-là, et qui va prolonger dans sa course « noc-

turne » les affres de ces journées de feu.

Même décor dans le système de Procyon qu'on dirait calqué sur celui de Sirius. Mais ici la chaleur est plus supportable, car Procyon et son satellite sont des soleils plus avancés dans le stade de l'évolution stellaire.

Le compagnon de Sirius accomplit une révolution en l'espace de 52 ans, à une distance de 21 fois le rayon de l'orbite terrestre, mais la vision télescopique nous offre des périodes tantôt plus courtes, tantôt plus longues. L'étoile 85 Pégase possède un satellite qui accomplit sa révolution en

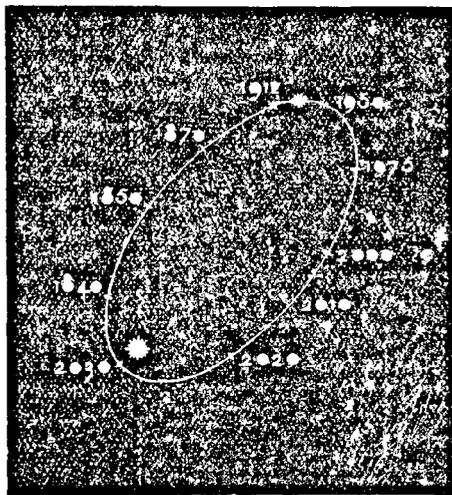
25 années seulement, à 15 fois la distance du Soleil à la Terre ; le compagnon d'Aldebaran est 20 fois plus éloigné de son étoile centrale et celui de Rigel tournant dans une orbite 950 fois plus étendue que la nôtre, met plusieurs milliers d'années pour achever sa période.

A côté de ces empires colossaux où les attractions se partagent entre deux soleils pro-

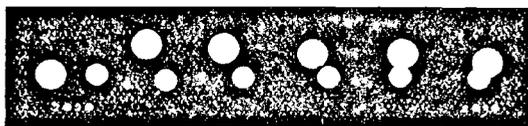
portionnellement à leur masse nous en voyons de beaucoup plus compliqués : telles sont les étoiles triples qui offrent à l'astronome les problèmes les plus ardués de la mécanique céleste.

Sans avoir la prétention de les exposer au lecteur, nous pouvons cependant lui en donner quelque idée.

Lorsque l'astronome calcule l'orbite



Gamma (γ) Vierge apparaît double à la lunette. L'un des soleils revient en 1992 à la place qu'il occupait lorsque Bradley l'a observé il y a 294 ans.



A partir de 2020, l'intervalle entre les deux étoiles composantes de γ Vierge diminuera peu à peu, si bien qu'en l'an 2030 les deux points lumineux se confondront dans nos télescopes.

d'une planète comme la Terre, simple point par rapport au volume énorme du Soleil, il ne commet pas une grosse erreur en assimilant cette trajectoire à une ellipse presque parfaite, mais il n'en est plus de même dès que le satellite augmente de masse par rapport à l'étoile centrale, comme c'est le cas généralement pour les étoiles doubles. Chacune d'elles s'attire en proportion de sa masse et tout

le couple tourne autour du centre de gravité du système, c'est-à-dire autour d'un point situé entre les deux composantes à une distance inégale de l'une et de l'autre si les masses sont différentes.

Dès qu'il s'agit de prédire la position de chaque étoile à un moment donné le calcul se complique donc.

Et maintenant, introduisons dans cette sorte de duo céleste un troisième acteur, obéissant, lui aussi, aux lois de la gravitation; quelles seront les positions de ces trois composantes?

Oh! cette fois, la difficulté devient extrême; voilà ce que les astronomes appellent *le problème des trois*

corps. Il a été entrevu pour la première fois par Newton. Ce génie auquel nous

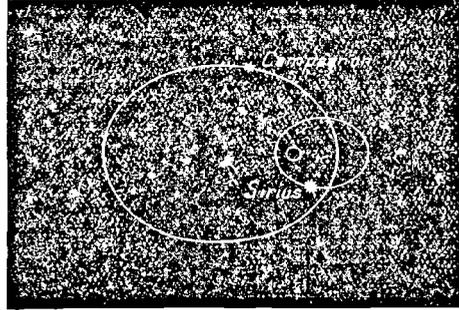
devons la découverte des lois de l'attraction avait fort bien remarqué que les orbites des corps célestes n'ont pas du tout la forme théorique que nous leur attribuons. Elles ne sont des ellipses que dans notre esprit pour ainsi dire; dans la réalité et particulièrement dans un système multiple comme le nôtre, en raison surtout de

l'influence du géant Jupiter, le Soleil ne reste jamais au centre de figure de l'ensemble, à chaque instant il est tiraillé de-ci, de-là; chaque planète dans

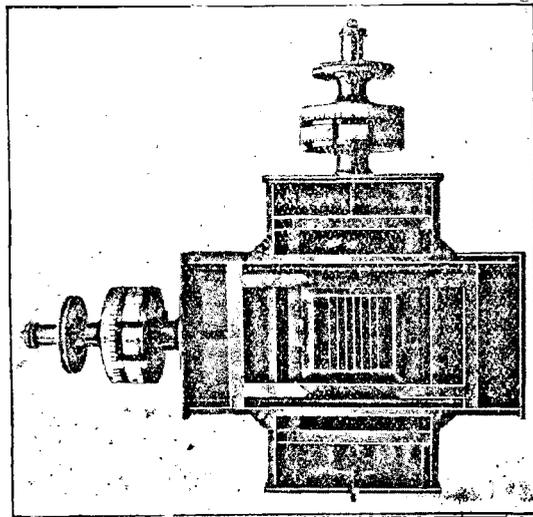
son mouvement influe quelque peu sur la position du Soleil et sur tous les autres membres du système, en un mot amène des perturbations dans leur marche.

Perturbation est-il bien le mot juste, puisque tout dans la nature obéit à des lois? Evidemment non. Les atomes, aussi bien que les satellites, les planètes et les soleils, agissent les uns sur les autres, et les

phénomènes mêmes que nous attribuons au hasard sont, dans la mécanique maté-

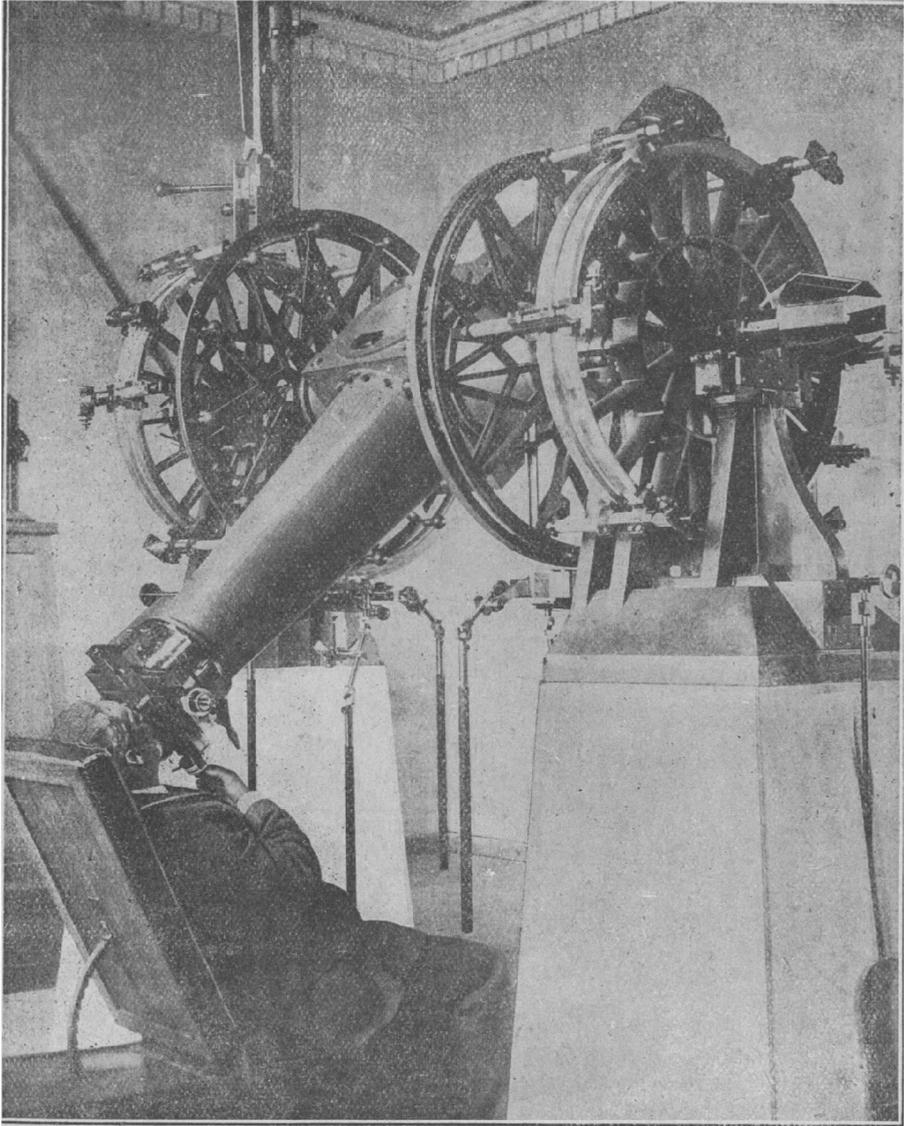


En tournant l'une autour de l'autre, les étoiles doubles décrivent deux ellipses enchevêtrées. La figure représente le chemin parcouru par Sirius et son Compagnon. La circonférence au milieu de la petite ellipse représente l'orbite de la Terre à la même échelle.



Instrument nommé micromètre et qui s'adapte aux lunettes pour mesurer la position et l'écartement des étoiles doubles.

(Modèle de la Maison Mathat.)



LA LUNETTE MÉRIDIENNE DE L'OBSERVATOIRE DE BARCELONE.

L'œil au micromètre, l'astronome mesure la position et l'écartement des systèmes stellaires en déplaçant l'appareil et en amenant les fils en coïncidence avec les étoiles visibles dans le champ de la lunette.
(Instrument construit par la Maison Mailhat de Paris.)

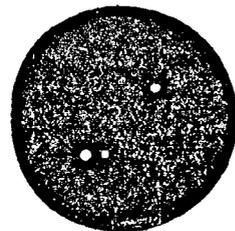
rielle, aussi bien déterminés à l'avance que la hausse du thermomètre l'été prochain.

Le *hasard* n'existe donc pas, ni les perturbations, mais ce qui existe réellement c'est notre ignorance seule des causes agissant simultanément.

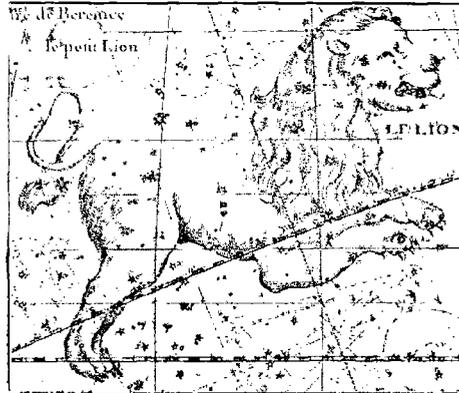
Un esprit qui, d'un seul coup d'œil, pourrait embrasser toutes les données fournies par la position des molécules de l'univers, qui saurait en dégager des équations en nombre formidable et surtout les résoudre, serait bien près d'être aussi savant que Celui qui a imposé des lois au monde et qui ne cesse, par son concours toujours agissant, de le conduire vers un but marqué à l'avance.

Nos grands mathématiciens du XVIII^e siècle, Euler, d'Alembert, Clairaut, Lagrange et Laplace, n'avaient jamais nourri le secret dessein d'étudier ce que nous appelons les *perturbations* sur une quantité de corps liés par les lois de l'attraction. Ils avaient restreint le problème et l'avaient réduit à sa plus simple expression en ne considérant que trois corps en présence.

Cette simplicité n'était qu'apparente et nos cinq géomètres s'aperçurent bientôt que le problème revenait à intégrer



L'ÉTOILE TRIPLE ZÉTA (5) CANCER.



LA CONSTELLATION DU LION OU BRILLE L'ÉTOILE RÉGULUS.

un système de six équations différentielles et le principe pour arriver à ce résultat n'existait pas. Il fallait donc prendre un biais et procéder par approximations successives, méthode lente, faite de tâtonne-

ments et dont on se contenta faute de mieux.

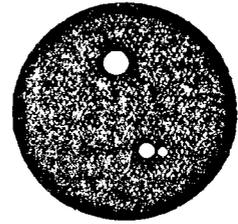
En 1748, Euler commença par étudier les perturbations de Jupiter et de Saturne tandis que Clairaut et d'Alembert s'acharnaient à déterminer le mouvement exact de la Lune dont l'orbite est sans cesse déformée par l'attraction du Soleil.

Les résultats furent d'abord bien médiocres et si peu en accord avec les observations qu'on eut même le courage d'accuser la loi de Newton. En réalité les calculs étaient faux; on aurait dû commencer par s'en douter.

Toutefois quatre ans plus tard, Euler présentait à l'Académie un Mémoire bien mieux au point, où l'on remarquait cependant que l'éminent géomètre s'était embarrassé dans une équation du second degré! Le même fait devait arriver plus tard à l'illustre Monge dans ses recherches sur les équations aux différences partielles. Inexplicables faiblesses du génie humain « toujours court par quelque endroit ». Elles sont bien propres à confondre notre orgueil et à justifier ces ironiques paroles de Pascal : « Humiliez-vous, raison impuissante; taisez-vous, nature imbécile (1). »

Quoi qu'il en soit, en 1758 le problème des trois corps était résolu par des méthodes indirectes, et on fut tout heu-

(1) Le mot *imbécile* est pris ici dans son sens dérivé du latin, et qui veut dire *faible*.



Régulus vu dans un fort insimment. Le Compagnon de grandeur 8,5 est difficile à dédoubler

Les résultats furent d'abord bien médiocres et si peu en accord avec les observations qu'on eut même le courage d'accuser la loi de Newton. En réalité les calculs étaient faux; on aurait dû commencer par s'en douter.

Toutefois quatre ans plus tard, Euler présentait à l'Académie un Mémoire bien mieux au point, où l'on remarquait cependant que l'éminent géomètre s'était embarrassé dans une équation du second degré! Le même fait devait arriver plus tard à l'illustre Monge dans ses recherches sur les équations aux différences partielles. Inexplicables faiblesses du génie humain « toujours court par quelque endroit ». Elles sont bien propres à confondre notre orgueil et à justifier ces ironiques paroles de Pascal : « Humiliez-vous, raison impuissante; taisez-vous, nature imbécile (1). »

(1) Le mot *imbécile* est pris ici dans son sens dérivé du latin, et qui veut dire *faible*.

reux d'en appliquer la solution au calcul du retour de la comète de Halley, l'année suivante.

Il ne saurait être question, à l'heure actuelle, de profiter de récents progrès mathématiques pour calculer les orbites des systèmes triples, quadruples et même sextuples, que le Ciel offre à nos regards étonnés. Les observations de ces mondes étranges datent vraiment d'hier. Les astronomes ont plutôt le devoir d'accumuler les données et déjà celles-ci ne manquent pas.

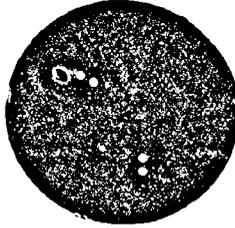
Dirigez une lunette sur Zéta (ζ) Cancer que vous trouverez dans l'alignement de Castor et de Pollux, vous aurez sous les yeux un système triple formé d'une étoile principale et de deux soleils satellites, évoluant dans une région située à 64 années-lumière environ.

L'étoile α^2 (40) Eridan vous offrira le même spectacle. Sur une piste immense,

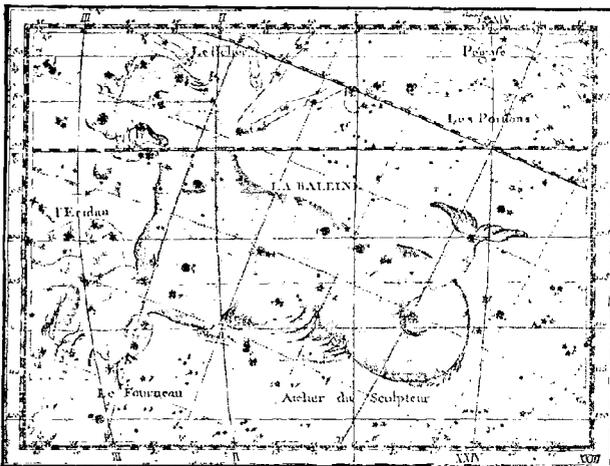
Régulus, le beau soleil de la constellation du Lion, nous présente aussi deux compagnons évoluant à une distance de 177 secondes. Eh bien, étant donné l'éloignement de ce système perdu à plus de 9 millions de fois la distance du Soleil, ces 177 secondes représentent 1 196 milliards de kilomètres. Une dépêche emportée par le courant électrique que nous considérons comme instantané sur la Terre, mettrait près de 14 jours à parcourir cette orbite colossale dont la trajectoire est marquée par la ronde lente et continue de deux composantes associées. Entre l'étoile principale et ces deux soleils plus petits, il y a donc place pour des quantités de planètes.

Imaginez-vous une terre comme la nôtre, perdue dans les feux de Régulus? Quels spectacles pour les habitants de ces étranges régions. A peine le crépuscule a-t-il fait place à la nuit, qu'à l'horizon opposé paraissent deux belles étoiles; l'une a l'éclat de Sirius, tandis que l'autre répand une lumière 8 fois plus éclairante que notre astre du Berger. Nuits singulières pendant lesquelles les astronomes se hâtent de calculer les écarts formidables que subissent leur année, leurs mois, les fluctuations des jours et du calendrier; nuits à peine suffisantes pour leur permettre de se reconnaître dans ce chaos inextricable de perturbations apportées à la voûte céleste par ces trois soleils s'attirant mutuellement et déjouant la science la plus versée dans la mécanique céleste.

Que dire alors des mouvements réels au milieu de systèmes à quatre ou cinq étoiles. Il doit y avoir là une complexité qui défie l'Analyse, celle du moins que l'homme a conçue avec sa faible intel-



L'étoile Epsilon (ϵ) Lyre, surnommée la *Double-Double*. Chaque composante visible à l'œil nu est dédoublee par la lunette. L'étoile du centre n'appartient pas au système.



La constellation de la Baleine qui renferme l'étoile *Mira Ceti*, la *Merveilleuse*, ainsi surnommée en raison de ses variations d'éclat.

372 fois plus étendue que l'orbite terrestre, et dont l'étoile principale occupe le centre, pirouettent deux soleils accouplés; et le tour de valse dure des milliers d'années.

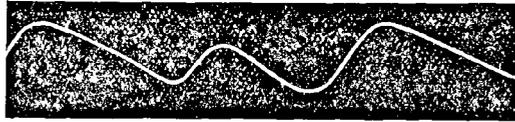
ligence. Le perfectionnement des Mathématiques et de la Mécanique céleste, malgré les Lagrange, les Leverrier, les Tisserand et les Newcomb, ne semble pas suivre de pair l'avancement de la technique des instruments modernes.

Le spectroscopie nous fait actuellement distinguer des systèmes si éloignés que jamais l'œil humain ne pourra probablement les contempler, d'une façon directe, tout au moins.

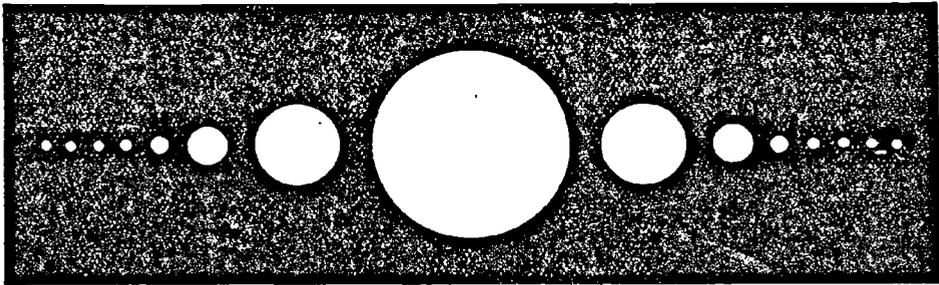
On avait remarqué depuis longtemps qu'il existe dans le Ciel toute une catégorie d'étoiles, dont la lumière varie en d'étranges proportions.

Ce phénomène remarquable fut observé pour la première fois par Fabricius en

1796 sur l'étoile σ de la Baleine qui, pour cette raison, fut appelée *Mira Ceti* (la Merveilleuse de la Baleine). Tous les 11 mois, elle passe par des variations in-



La courbe des variations d'éclat d'une étoile variable, comme δ Céphée, ressemble à la pulsation d'un organisme vivant.



L'Etoile Omicron Baleine (*Mira Ceti*) est soumise à des fluctuations étranges, dont la période est de 11 mois, et qui la font passer de la 2^e grandeur à la 9^e: elle devient alors invisible à l'œil nu. On a cru tout d'abord à des éclipses provoquées par des essaims de corps obscurs, mais l'irrégularité du phénomène fait plutôt penser à de violentes éruptions des gaz intérieurs qui obscurcissent l'étoile.

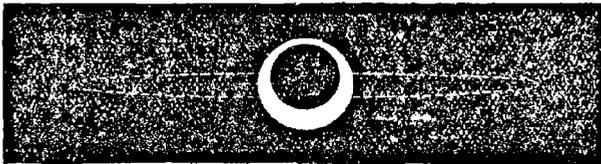
Nos plaques photographiques ne se contentent plus d'enregistrer des points lumineux en dehors de la visibilité de la rétine humaine aidée des plus forts grossissements; associée aux appareils spectroscopiques puissants, la photographie nous a fait pénétrer les mystères de mondes inconnus des anciens astronomes, et nous ne saurions passer sous silence ses troublantes révélations.

croyables, atteignant parfois la 2^e grandeur pour s'abaisser lentement à la 9^e et disparaître à l'œil nu.

Depuis, on a découvert des étoiles à variations plus rapides encore.

Bêta (β) Lyre nous présente une période de 13 jours environ; nous la connaissons à un centième

de seconde près; elle est exactement de 12 jours 21 heures 47 minutes 23 secondes, 72 centièmes.



Tel n'est pas le cas des étoiles doubles spectroscopiques dans lesquelles l'abaissement d'éclat est produit par un soleil obscur tournant autour d'un soleil brillant, comme dans le système d'Algol.

La période de Bêta Persée, connue sous le nom d'Algol, est encore plus courte : 2 jours 20 heures 48 minutes 55 secondes, 43 centièmes.

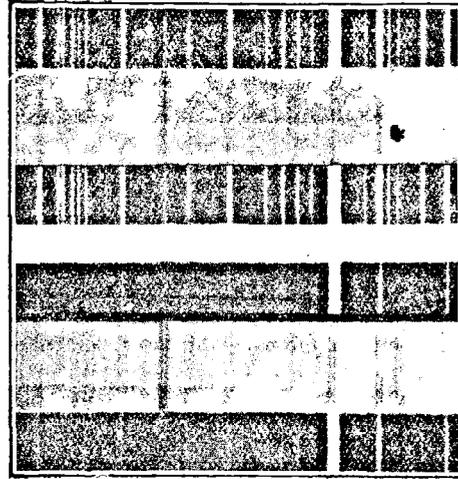
A quelle cause attribuer ces changements subits de luminosité et d'éclat ?

Le spectre de ces soleils lointains nous a permis d'analyser ce qui se passe dans ces régions inaccessibles à l'œil humain. La plupart des variables sont en réalité des étoiles doubles très serrées, couples formés par l'association d'un soleil noir éteint depuis des milliers d'années, mais continuant à tourner son cadavre refroidi autour d'une ardente fournaise.

C'est ainsi que près du soleil brillant d'Algol, un peu plus gros que le nôtre, tourne un astre noir dont le disque obscur vient nous cacher la splendeur du premier en décrivant une orbite presque circulaire de 5 200 000 kilomètres seulement de rayon.

Mizar, la belle étoile double que vous avez contemplée dans la Grande Ourse, nous offre un cas analogue. Le plus gros de ses deux soleils est double lui-même. Autour de la composante principale dont la masse équivaut à 40 fois celle de notre

Soleil, évolue en 104 jours un autre corps situé à 225 millions de kilomètres.



La belle étoile double Mizar est, en réalité, un soleil triple. L'une des composantes est, en effet, formée d'un soleil brillant et d'un soleil noir. A certains intervalles réguliers toutes les raies simples sur la bande grise supérieure se dédoublent (bande grise inférieure).

Dans certains cas, celui des variables à longue période, nous sommes probablement en présence d'étoiles subissant des fluctuations réelles dans l'éclat, vastes réservoirs de gaz à haute température qui, sous l'action de satellites monstrueux et de marées formidables, explosent périodiquement.

Castor qu'on aperçoit double dans les lunettes, est en réalité un astre quadruple, chacune des composantes étant double elle-même et formée d'un soleil brillant associé à un astre éteint.

L'étoile Orion a été aperçue sextuple par John Herschel, et Lassell a découvert à ce système, déjà si compliqué, une septième composante.

Jusqu'à quel point ces associations régies par les lois de l'attraction sont-elles stables ? Ne verrons-nous pas un jour ces soleils se précipiter les uns sur les autres dans une conflagration formidable où leurs planètes seront volatilisées à nouveau ? fins de mondes terrifiants, incendies célestes effrayants, dont la lumière nous apportera le lointain écho après un long voyage de plusieurs siècles ?



DÉCEMBRE. -- SIGNE DU ZODIAQUE : LE SAGITTAIRE.



PHOTOGRAPHIE MONTRANT LES NÉBULOSITÉS QUI ACCOMPAGNENT LES PLÉIADES

CHAPITRE IX

Les Archipels célestes.

Lorsqu'on examine la voûte céleste par une nuit pure et sans Lune, la première pensée qui s'impose à l'esprit est relative à la distribution des étoiles.

Certaines régions appellent plus particulièrement l'attention. Sans parler de la Voie lactée et de la tendance qu'ont les étoiles à se grouper vers ce large ruban phosphorescent, l'œil est attiré malgré lui par des groupes bien accusés.

Tantôt c'est un semis d'étoiles, comme dans les Pléiades, les Hyades et la Chevelure de Bérénice, tantôt ce sont des taches blanches, laiteuses, comme dans Persée ou la région voisine de Bêta Andromède.

Avant l'invention des lunettes, les an-

ciens astronomes avaient désigné ces dernières régions sous le nom général de nébuleuses.

Les amas stellaires bien définis pour une vue normale, apparaissent, en effet, à certains yeux, sous la forme d'une vague nébulosité.

Aussi, lorsqu'en 1612, Simon Marius pointa sa lunette sur la nébuleuse d'Andromède, il ne fut pas peu surpris de ne percevoir, dans le champ de son modeste instrument, aucune étoile apparente.

Bientôt on découvrit dans le ciel plusieurs objets analogues, et on discuta sur la nature de ces lueurs mystérieuses. Quelques esprits, doués d'une brillante imagi-

nation, se demandèrent le plus sérieusement du monde, si l'on n'était pas en présence d'ouvertures pratiquées dans la voûte céleste et laissant entrevoir l'Empyrée, où l'on plaçait volontiers le séjour des bienheureux.

En 1716, on comptait déjà six objets de ce genre, dont deux découverts par Halley, le parrain de la comète qui fit couler des flots d'encre à chacune de ses dernières apparitions

Ce grand astronome, par une intuition de génie, avait déjà pressenti la nature de ces taches nébuleuses, lorsqu'il écrivait : « Elles ne sont rien autre chose que la lumière venant d'un espace immense situé dans les régions de l'éther, rempli d'un milieu diffus et lumineux par lui-même. »

Cette assertion, toutefois, ne pouvait tenir lieu de preuve décisive, et pendant longtemps encore on devait se demander si l'on n'était pas en présence d'amas stellaires trop lointains pour être résolus en étoiles distinctes.

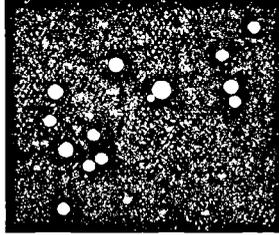
L'examen du Ciel devait plus tard répondre à cette question que nous étudierons d'une façon plus approfondie dans le chapitre suivant.

Quoi qu'il en soit, il existe de véritables groupements d'étoiles. Sont-ils réels ou apparents ? En d'autres termes, y a-t-il des régions de l'espace où les astres

sont assemblés en troupes plus ou moins serrées, ou bien ces apparences ne seraient-elles pas dues à des effets de perspective ?

Telle est la question que se sont posée

les astronomes modernes et que nous allons étudier ensemble.



Les Pléiades vues dans une jumelle de théâtre

Commençons par l'amas des Pléiades. Il y a là une véritable accumulation d'étoiles dans un tout petit espace, et les grossissements ne font que l'accroître dans de fortes proportions.

Les anciens y mentionnent sept étoiles, les modernes en ont ajouté deux autres.

Möstlin, contemporain de Képler, voyait là 14 points brillants ; c'est beaucoup, mais il faut reconnaître qu'il a fixé la position de 11 d'entre elles sans le secours d'aucune lunette.

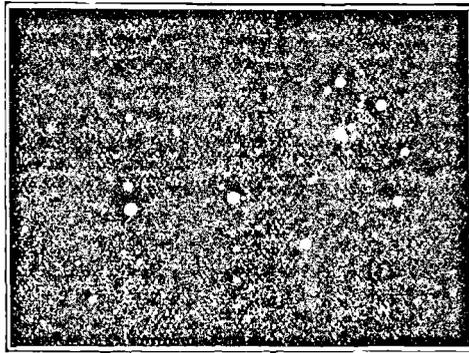
Miss Airy en comptait une douzaine. Ce dernier chiffre est encore extraordinaire, car sous nos latitudes les bonnes vues n'aperçoivent que 6 étoiles, et les meilleurs yeux ne dépassent pas le nombre de 10 ou 11.

Galilée en apercevait 36 avec ses lunettes. Nos instruments modernes en accusent plus de 600, mais les clichés photographiques en révèlent bien davantage : 2 326 étoiles dans un espace de 3 degrés carrés !

Entre les plus brillantes du groupe et les plus faibles, il existe une différence de 14 grandeurs.

Si tous ces soleils appartiennent à une même famille, nous sommes en présence d'une variété déconcertante.

Eh bien ! toutes les conclusions actuelles tendent à démontrer que les Pléiades sont au contraire en très petit nombre, le groupe n'est formé que de quelques dizaines d'étoiles ayant le même mouvement propre. Tout l'en-



Les Pléiades photographiées avec un petit instrument

semble se déplacer donc de conserve sur un champ de faibles étoiles situées bien au delà et constituant pour ainsi dire le fond d'un tableau dont les Pléiades forment le premier plan.

Cette dernière expression est d'ailleurs toute relative. Les mesures opérées sur Alcyone, la plus brillante, montrent, en effet, que la lumière met 192 ans pour nous parvenir de ce soleil lointain, 4 000 fois plus volumineux que le nôtre. Vu de cette énorme distance, notre Soleil serait réduit à n'être plus qu'un simple point, pauvre petite étoile de 9^e grandeur, accessible seulement aux instruments de moyenne puissance.

Si les planètes qui tournent autour des soleils constituant les Pléiades emportent avec elles des habitants, ni la Terre, ni Saturne, ni le monde jovien, ni même notre Soleil, ne sauraient exister dans leur ciel. Tout cela pourrait être subitement anéanti, les astronomes de ces univers éloignés seraient les seuls à noter la disparition de notre étoile.

En étudiant la Chevelure de Bérénice, autre amas formé d'astres faibles, nous arrivons à des conclusions analogues. Bien plus, il paraît aujourd'hui évident que nous n'avons pas affaire à un groupement réel, mais à un simple effet de perspective.

Tout autres, se présentent les Hyades, dont l'étude récente faite par Lewis Boss démontre que les 34 étoiles qui leur appartiennent, composent une sorte d'amas grossièrement sphérique de 15 degrés de diamètre avec une condensation centrale bien prononcée.

Tout l'ensemble est animé d'un même mouvement, et converge vers un point du ciel situé un peu au-dessous et à gauche

de Bételgeuse, dans la constellation d'Orion. Dans une cinquantaine de millions d'années, ces étoiles seront groupées en une surface de la sphère céleste analogue à celle des Pléiades, et formeront un amas très dense.

A côté de ces agglomérations d'une grande étendue relative, nous rencontrons des amas plus restreints et plus difficiles à analyser dans leurs moindres détails.

Leur étude en a été faite par sir John Herschel, le fils du grand William Herschel et le neveu de Caroline.

John avait hérité des grandes qualités intellectuelles de son père; elles devaient faire de lui l'un des plus illustres savants du XIX^e siècle.

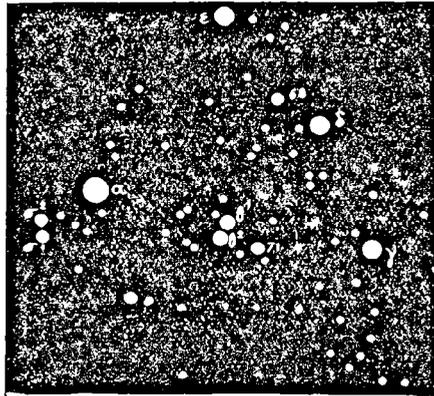
Son enfance se passa à l'ombre du grand télescope de quarante pieds, mais John, tard venu, gamin espiègle et gâté

par sa tante, ne faisait pas prévoir de grandes dispositions pour l'étude de l'astronomie.

« C'était, disait Caroline, un enfant industriel, mais surtout pour faire le mal. » Un jour on le trouva démolissant les pierres d'angle de l'habitation. L'alarme fut donnée et le vieux charpentier d'Herschel accourut en criant : « Que Dieu le bénisse s'il ne renverse pas la maison. »

Son précepteur, un Ecossais du nom de Rogers, put développer cependant chez John, le goût des mathématiques. A 23 ans il n'avait encore choisi aucune profession, et il songea sérieusement au barreau. Il s'y fit inscrire, mais il revint peu après sur cette décision et se lança dans la Chimie et la Physique optique.

Bientôt, par amour pour son père déjà âgé et afin de continuer son œuvre ina-



Le groupe des Hyades visible dans la constellation du Taureau.

chevée, il eut l'idée de se faire astronome.

Pour bien comprendre à quel point son abnégation était méritoire, il faut connaître les fatigues et les ennuis que doit supporter l'observateur de la voûte céleste. Ni l'argent, ni les honneurs, ni même la gloire ne peuvent payer ce dur labeur. Le jour devient la nuit, la société est abandonnée, la vie de famille et les relations avec le monde sont en partie interrompues. Laisant de côté tous les plaisirs ordinaires de la vie, l'astronome observateur doit trouver sa compensation dans l'amitié des étoiles.

Ces pénibles sacrifices, le jeune Herschel les accomplit par pur amour filial, puisque rien ne l'attirait vers cette partie de la science.

Bientôt, il révisait le catalogue des étoiles doubles, mesurées par son père, et sentant le besoin d'être soutenu dans un travail aussi fatigant, il fonda la *Royal Astronomical Society*. Mais peu après le vieil Herschel mourait (1822), se reposant sur son fils du soin de mener à bien l'œuvre commencée, et Caroline rentrait dans l'antique cité de Hanovre, sa ville natale.

C'est alors qu'on vit cette femme admirable commencer, à l'âge de soixante-treize ans, un catalogue de nébuleuses afin d'aider son neveu à achever le travail du frère qu'elle avait tant aimé et auquel elle avait consacré sa vie.

« Je n'ai pas plus de six heures sup-

portables sur vingt-quatre, écrivait-elle, en 1823, à John Herschel, et cependant je désire vivre encore un peu, afin de pouvoir vous donner un catalogue plus exact des 2 500 nébuleuses. Ce catalogue n'est pas encore commencé, mais j'espère le faire à mes heures de loisir pendant le prochain hiver. »

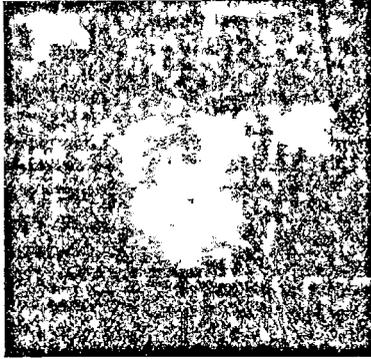
Ce travail devait être la mise au point des observations exécutées en collaboration avec William. La recherche des nébuleuses, avant eux, n'avait pas été poussée bien avant. On en connaissait deux cent environ, et encore les astronomes ne s'intéres-

saient-ils à la statistique de ces objets que d'une façon indirecte, simplement pour les éliminer et ne pas les confondre avec les comètes.

Lorsque Caroline parlait de dresser la liste de 2 500 nébuleuses observées par son frère et qu'elle termina en deux années seulement, elle pouvait en revendiquer la gloire au moins en partie.

Calculatrice exercée, expéditive, assidue, elle avait exécuté pendant des années les multiples opérations indispensables pour donner au public le résultat de l'exploration des cieux poursuivie avec tant d'ardeur par William.

Aussi, comprend-on l'enthousiasme de la pauvre fille, sevrée de tout plaisir intellectuel, lorsqu'elle apprit la détermination de son neveu de continuer dans le ciel austral les jaugeages célestes commencés par son frère dans nos régions.



Le Petit Nuage, nébulosité faisant partie des Nuées de Magellan, visibles dans l'hémisphère austral.



SIR JOHN HERSCHEL.

(1792-1871)

Le ciel brumeux d'Angleterre ne permettait que rarement l'emploi des grands télescopes ; Sir William s'en était plaint très souvent. A mesure d'ailleurs qu'on augmente la puissance d'un instrument on amplifie les défauts des images qui deviennent confuses et tremblotantes, et c'est à peine si le grand astronome trouvait dans toute l'année cent nuits où il pût employer ses grands objectifs.

Sir John Herschel espérait que le ciel de l'Afrique australe lui serait plus propice : il n'en fut rien.

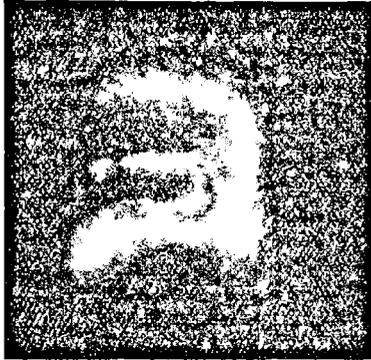
« J'ai le regret de vous dire, écrivait-il de là-bas à sa tante, que les nuits où l'on peut se servir du 20 pieds sont rares. »

Et puis, il n'avait que très peu l'habitude des observations et il lui fallut commencer par l'éducation de ses yeux.

Toutefois, les progrès furent rapides et en quatre années il termina son travail.

C'est au cours de cet examen qu'il put étudier les deux singulières agglomérations cosmiques entourant le pôle austral et connues sous le nom de Nuées de Magellan. Celles-ci semblent à première vue se relier à la Voie lactée dont elles sont comme des portions détachées et de forme grossièrement circulaire. Le Grand et le Petit Nuage forment, au dire de Humboldt, un objet unique dans le monde des

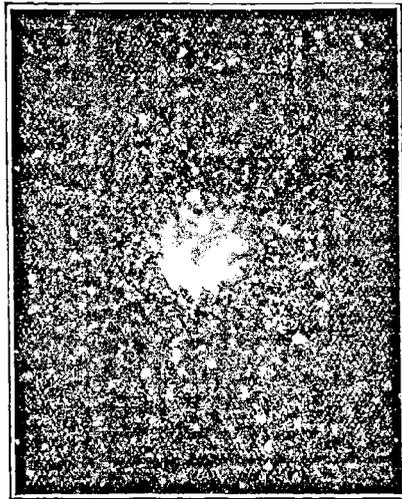
phénomènes célestes : « Ils ajoutent encore au charme pittoresque de l'hémisphère austral, je dirais presque à la grâce du paysage. »



Le Grand Nuage, visible dans les Nuées de Magellan et qui contient des centaines de nébuleuses et des milliers d'étoiles.

Ce sont probablement des marins portugais, puis des hollandais et des danois qui, frappés de l'éclat de ces nuées, les baptisèrent pour la première fois du nom de Nuages du Cap, mais l'appellation actuelle a pour origine le voyage de Magellan dans l'hémisphère austral.

Ils sont tellement brillants qu'ils frappent l'observateur le moins attentif aux curiosités du ciel. Par un beau clair de lune le Petit Nuage disparaît mais le Grand reste encore bien visible.



Cet amas du Toucan, visible près du petit Nuage, comme une étoile de 4^e grandeur est, en réalité, formé de plus de 3000 soleils.

A côté d'eux, c'est presque le vide stellaire : « Autour du Petit Nuage surtout, disait Herschel, le ciel est désolé de la façon la plus accablante... et pour y arriver il faut de tous côtés traverser un désert. »

Mais dès que le télescope pénètre dans ce champ mystérieux, c'est une richesse à dérouter la plus fertile imagination.

On se trouve en présence de véritables univers avec leurs étoiles, leurs constellations, leurs amas dont les points brillants criblent le fond du ciel.

Devant cette magnificence, sir John Herschel a désespéré d'en saisir et d'en fixer l'extraordinaire complexité.

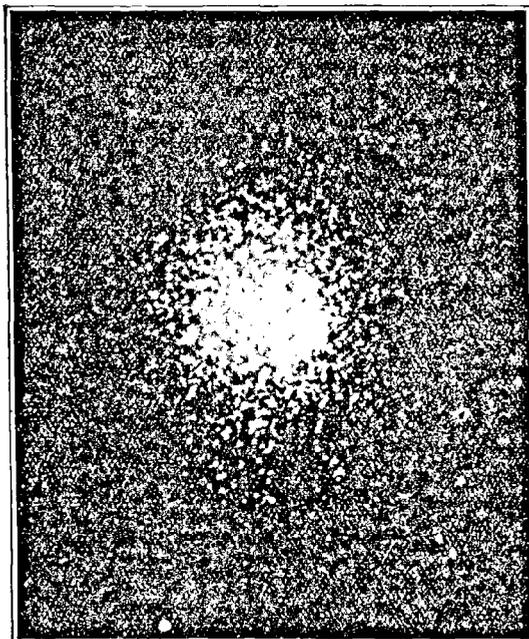
mais la plaque photographique n'a aucun souci de la difficulté du détail ; elle dissèque aussi bien la poussière des mondes lointains que la structure architecturale du cristal microscopique.

Dans une seule des nébuleuses du Grand Nuage, qui en compte des centaines, nos clichés nous montrent une agglomération fantastique de 300 000 soleils, amas formidable de mondes circulant dans un espace dont le diamètre réel est 12 millions de fois supérieur à la distance du Soleil à la Terre.

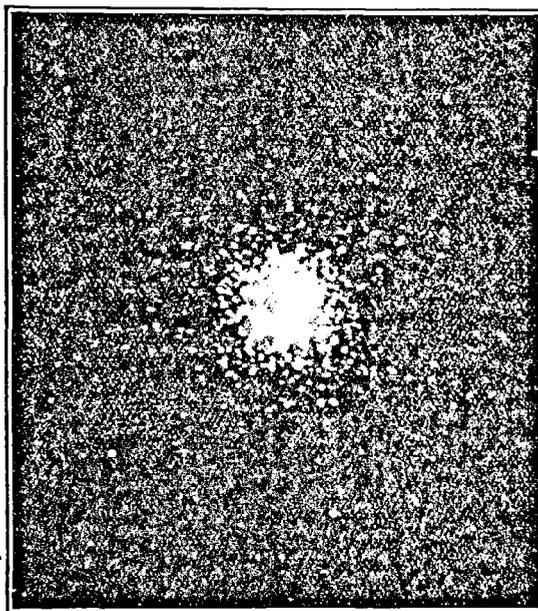
La lumière partie de cet archipel céleste perdu à la limite de notre vision télescopique nous arrive de là-bas après un long trajet de 15 siècles.

Même richesse ou à peu près dans le Petit Nuage où l'on a déjà compté plus de 280 000 étoiles !

L'amas du Toucan, situé à l'Ouest et qui non loin de là,



L'amas d'Oméga Centaure où brillent plus de 6 000 étoiles.



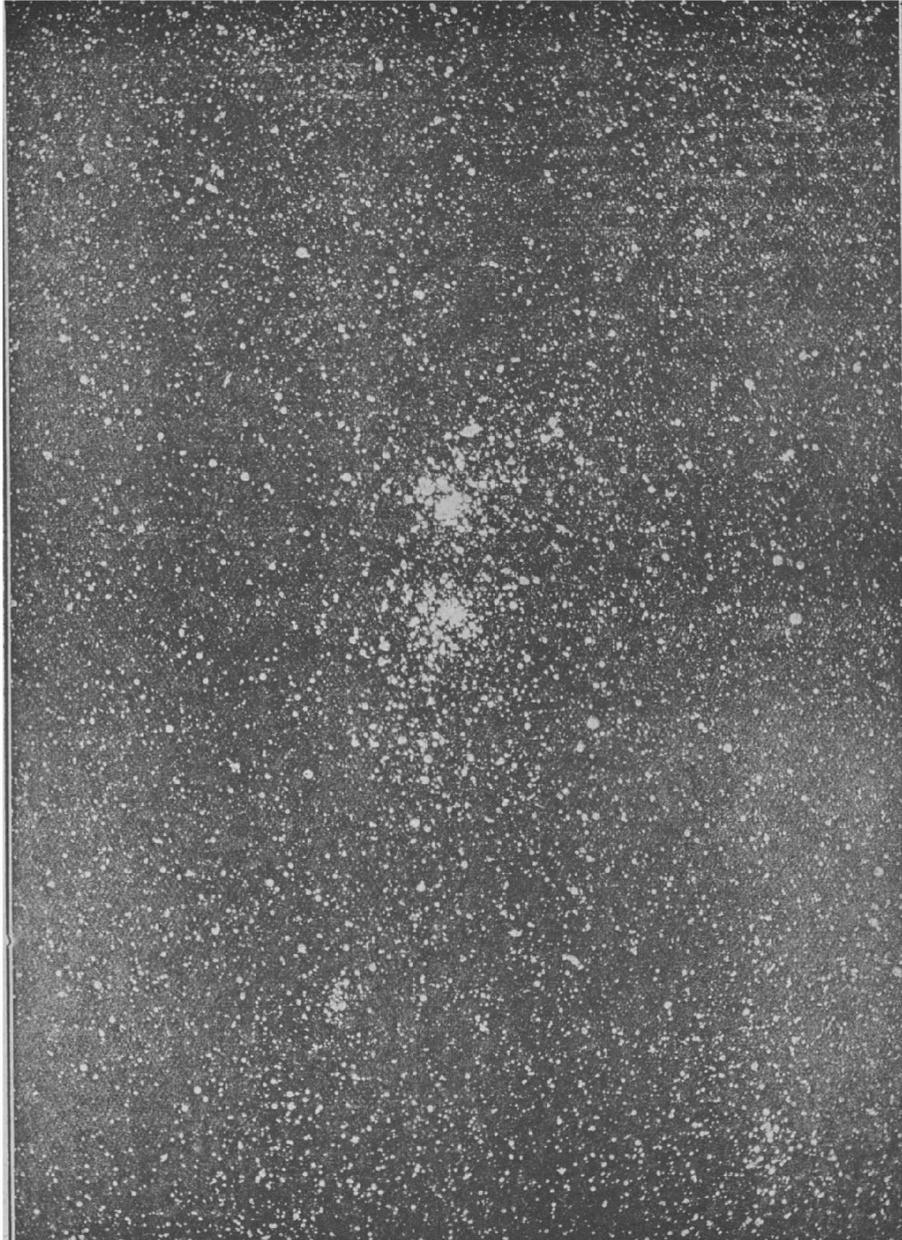
Entre η et ζ Hercule se trouve un amas stellaire visible à l'œil nu et accessible à tous les instruments.

n'apparaît que sous la forme d'une étoile de 4^e grandeur, est, en réalité, un assemblage de 2 000 soleils !

Notre ciel boréal nous montre des agglomérations identiques. Dirigez un fort télescope dans la constellation d'Hercule, vous trouverez un amas globulaire entre η et ζ , qui vous rappellera celui du Toucan.

L'amas d'Oméga Centaure est encore plus remarquable. A l'œil nu, il apparaît comme une étoile de 4^e grandeur sur les bords de la Voie lactée : 6 000 étoiles peuvent être aperçues dans un champ à peine plus grand en apparence que celui de la pleine Lune. Mais dès qu'il s'agit d'énumérer l'ensemble de ces points brillants qui se recouvrent les uns les autres par un effet de perspective, la difficulté devient insurmontable.

S'imaginait-on cette profusion de soleils évo-



Non loin de l'Étoile γ Persée apparaît une tache laiteuse visible à l'œil nu, A la lunette c'est un double amas stellaire, l'un des plus beaux du Ciel.

uant suivant les lois de l'attraction et dont chacun, peut-être, retient enchaînées un nombre plus ou moins grand de planètes? Les calculs auxquels doivent se livrer les astronomes de ces régions bizarres sont bien propres à donner le vertige à leurs confrères vivant sur un système où tout paraît ordonné autour d'un plan de symétrie presque parfait!

Et ce ne sont pas les seuls problèmes que nous posent ces univers lointains!

Les photographies prises à l'Observatoire Harvard et à la Station d'Aréquipa qui en dépend, ont révélé un fait extrêmement curieux : des quantités d'amas renferment une forte proportion d'étoiles variables.

Dans celui qui porte le n° 3 du catalogue de Messier, on a compté jusqu'à 132 variables, soit une étoile variable sur sept; Omega Centaure en renferme 125, alors que l'amas du Toucan n'en fournit que 6 sur 2 000 examinées. Dans l'amas N. G. C., on en a compté 7 078!

Autre fait caractéristique : la variation d'éclat est extrêmement rapide, de 10 à 14 heures en moyenne, mais pour quelques-unes la période ne dépasse pas une heure ou deux.

Voilà des phénomènes étranges et qui tendraient à nous faire croire que nous sommes en présence de cas analogues au système d'Algol. Les amas renfermeraient donc des quantités de soleils noirs tournant autour de soleils brillants et souvent dans des orbites si petites, que les deux corps seraient presque en contact.

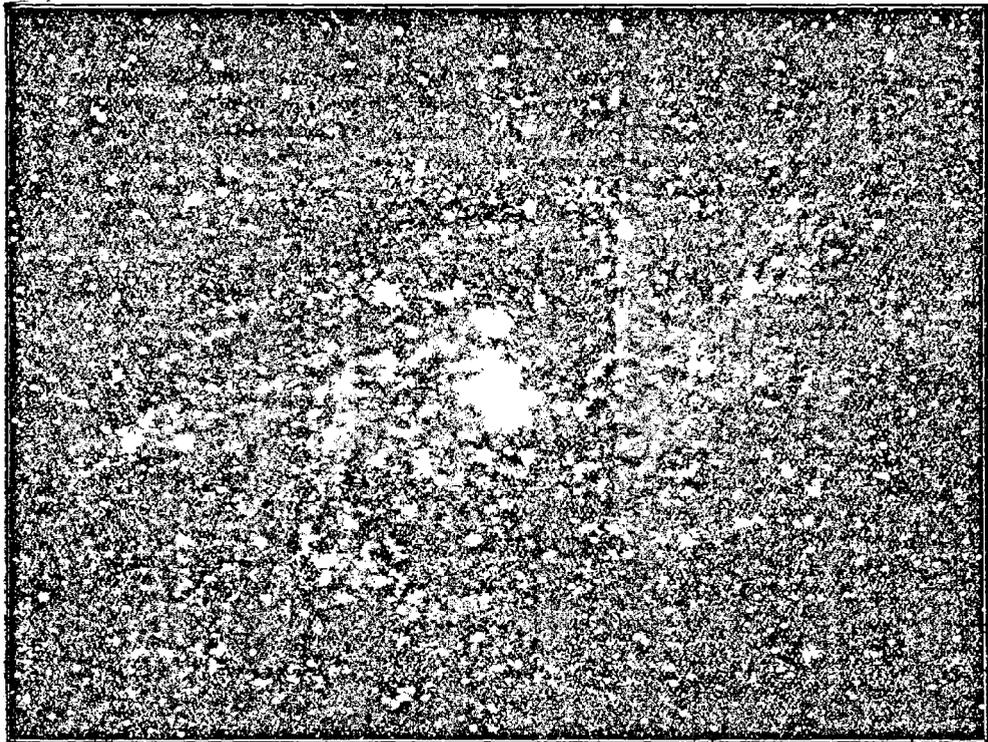
Mais alors à quelles marées formidables ne donne pas lieu cette valse échevelée de soleils?

Quelles explosions, quelles protubérances à la surface de ces globes gigantesques!

Notre modeste Soleil tombant isolé de ses voisins dans le grand vide stellaire, ne peut nous donner aucune idée de l'infinie variété des systèmes que contemple l'astronome au cours de ses randonnées célestes.



JANVIER — SIGNE DU ZODIAQUE : LE CAPRICORNE.



LA NÉBULEUSE EN SPIRALE DU TRIANGLE.

CHAPITRE X .

La naissance des Mondes.

Il existe donc dans le ciel des régions où s'amassent les étoiles, taches plus ou moins étendues de matière blanchâtre qui au foyer des grands instruments se résolvent en une poussière de points lumineux.

Les anciens astronomes, nous l'avons déjà fait remarquer, désignaient tous ces objets sous le nom général de *nébuleuses*.

Celles-ci étaient elles-mêmes divisées en deux classes, les nébuleuses *résolubles* et les nébuleuses *non résolubles*.

En réalité, on inclinait à faire croire, par cette distinction explicite, que la résolubilité d'une nébuleuse dépendait de l'instrument employé.

« De même, pensait-on à cette époque, que l'amas de Persée se résout en étoiles à l'aide de grossissements médiocres, de même si nous avions à notre disposition des pouvoirs optiques suffisants, il nous serait possible d'énumérer les soleils évoluant au sein de lointaines nébuleuses ».

Il est curieux, lorsqu'on étudie cette partie de l'Astronomie physique, de suivre pas à pas la marche des idées relatives à ces objets célestes.

La nébuleuse d'Andromède fut, à proprement parler, la première découverte par un astronome, à l'aide d'une lunette.

Ce fut Simon Marinus, mathéma-

ticien et astronome de l'électeur de Brandebourg qui l'aperçut.

La façon dont Marius fut amené à fabriquer une lunette astronomique nous a été racontée par lui-même dans un ouvrage qu'il publia à Nuremberg en 1614 et qui porte pour titre : « Le monde de Jupiter découvert en 1609 à l'aide de la lunette belge. »

Si la date de 1609 est fautive très certainement, tout le reste est véridique et parfois fort intéressant.

Jé résume le passage du *Mundus Jovialis* où Marius nous rapporte le fait que j'ai cité.

C'était en 1608, pendant la grande foire d'automne de Francfort-sur-le-Mein, le général Fuchs de Bienbach, grand amateur de mathématiques, vit chez un marchand belge un instrument qu'on venait d'inventer et à l'aide duquel on rapprochait les objets éloignés en les grossissant.

Tout en marchant, car le prix en était fort élevé, Fuchs remarqua la façon dont il était construit.

Immédiatement le général fut hanté du désir de posséder semblable appareil.

Le marché ne fut pas conclu, mais de retour chez lui à Onolzbach, notre amateur en parla à Simon Marius. « Cet instrument, ajouta-t-il, est composé de deux verres, l'un concave et l'autre convexe » et au surplus, il lui en dessina parfaitement la figure.

Marius se mit dès lors à l'œuvre pour assortir des verres de cette forme qu'il avait en sa possession, mais aucun ne put

lui convenir : ses objectifs étaient trop convexes et il se décida à commander une lentille aux opticiens de Nuremberg qui ne purent d'ailleurs le satisfaire.

L'été suivant, le général qui en tenait pour son idée, fit enfin l'acquisition rêvée depuis longtemps, et ce fut avec cet instrument que Marius et lui commencèrent leurs observations célestes.

Comme Galilée, ils examinèrent d'abord Jupiter, puis ils étendirent peu à peu leurs recherches.

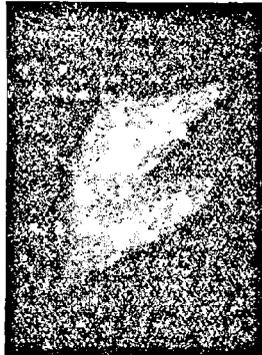
« Le 15 décembre de l'an 1612, dit encore Marius, dans le même ouvrage, j'aperçus une étoile fixe telle que je n'en avais jamais vu; elle est voisine de la 3^e et de la plus boréale de la ceinture d'Andromède. A l'œil nu, elle paraît comme un petit nuage. Avec une lunette on n'y voit aucune étoile; on n'y distingue que des rayons blanchâtres, qui

sont plus brillants vers le centre, et la lumière s'affaiblit vers les bords.

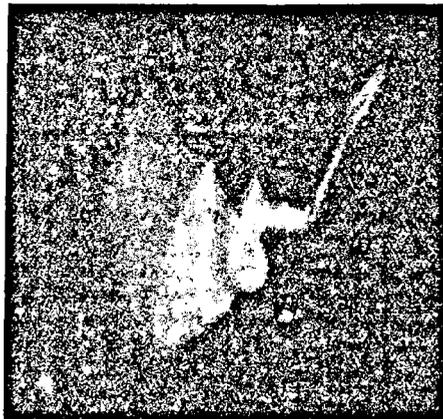
Elle a un quart de degré de diamètre; elle ressemble à une chandelle vue de loin et de nuit dans une lanterne de corne. »

La seconde nébuleuse ne devait être découverte que près d'un demi-siècle plus tard par Huygens qui nous rapporte son observation dans son *Systema Saturninum*

publié en 1659 : « Les astronomes, dit-il, ont compté dans l'Épée d'Orion trois étoiles très voisines les unes des autres. Lorsque, en 1656, j'observai par hasard celle de ces étoiles qui occupent le centre du



LA NÉBULEUSE D'ORION.
Dessin de Huygens en 1656.



LA NÉBULEUSE D'ORION.
D'après un dessin de Messier (1771).

groupe, au lieu d'une j'en découvris douze, résultat que d'ailleurs il n'est pas rare d'obtenir avec les télescopes.

De ces étoiles il y en avait trois qui, comme les premières, se touchaient presque, et quatre autres semblaient briller à travers un nuage, de telle façon que l'espace qui les environnait paraissait beaucoup plus lumineux que le reste du ciel, qui était entièrement noir. On eût cru volontiers qu'il y avait une ouverture dans le ciel qui donnait jour sur une région plus éclairée...

En 1665, Hévélius découvrit aussi par hasard une troisième nébuleuse située entre la Tête et l'arc du Sagittaire.

La quatrième fut aperçue en 1681 par Halley pendant qu'il observait le ciel austral, elle est située près de ω Centaure. La même année Godefroy Kirch en aperçut une autre près du pied droit d'Antinoüs.

Il n'y eut donc en tout que cinq nébuleuses de découvertes durant le premier siècle où l'on se servit des lunettes.

En 1755, l'abbé de Lacaille travaillant à son catalogue de 10 000 étoiles australes, y ajouta 42 nébuleuses, la plupart invisibles dans nos régions.

Mais déjà les astronomes sont en désaccord sur la nature des objets nébulaires : Atmosphères ou amas d'étoiles ?

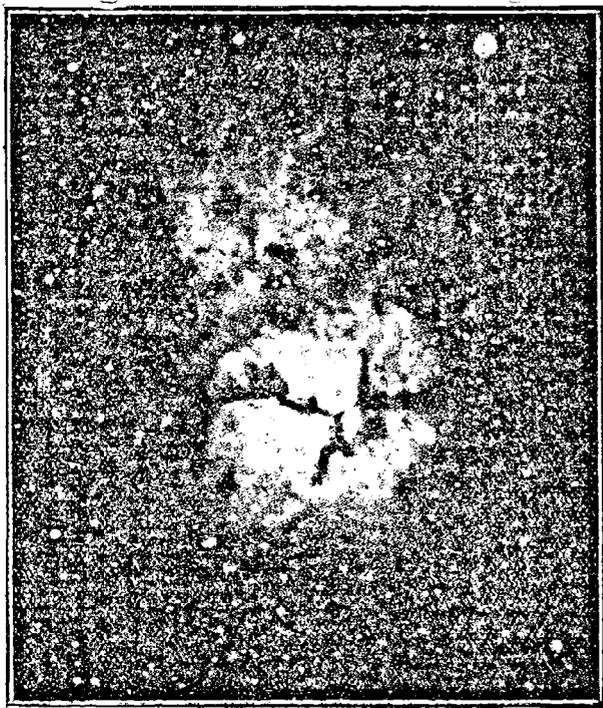
Il fallut encore attendre pour résoudre le mystère.

En 1775, William Herschel entreprend sa première revue générale du ciel et nous avons vu comment, avec l'aide de sa sœur, il put dresser un catalogue de 2 500 nébuleuses.

Ces objets, si difficiles à voir étaient cependant observés avec la plus scrupuleuse attention. Souvent l'habile astronome, pour être plus apte à en saisir les

détails à peine visibles dans le champ des télescopes, restait pendant vingt minutes la tête enfouie dans un voile noir.

Je ne connais d'ailleurs aucun travail à la lunette qui soit aussi pénible que cette observation d'une matière blanchâtre à peine phosphorescente, à contours



UNE NÉBULEUSE TRIPIDE DANS LA CONSTELLATION DU SAGITTAIRE.

mal définis et dont la forme paraît s'évanouir toutes les deux ou trois secondes.

Ceci nous explique à merveille l'état d'esprit de Sir John Herschel peu après le commencement de la révision du catalogue des nébuleuses dressé par sa tante : « Je suis las de regarder les astres, lui écrivait-il ; je veux briser les télescopes et fondre les miroirs. »

Heureusement qu'il n'en fit rien.

D'ailleurs, certains spectacles célestes vous payent amplement de vos fatigues ; Sir John était le premier à le reconnaître.

La nébuleuse d'Orion vue dans son té-

lescope de 45 centimètres d'ouverture lui apparaissait comme une vision merveilleuse : « C'est un phénomène inexplicable, disait-il, son aspect est celui d'un ciel couvert s'éclaircissant au moment où les nuages commencent à prendre l'apparence des cirrus. »

L'illustre astronome y revint souvent dans la suite. C'était son objet de prédilection et, en 1837, il en fit un nouveau dessin. En considérant l'original, on se demande ce que l'on doit le plus admirer, ou du mystérieux assemblage de soleils et de systèmes renfermés dans cette portion de l'espace céleste, ou de la patience et de l'habileté de l'artiste à dessiner ces formations mystérieuses et compliquées. Il n'y a pas moins de 150 étoiles, toutes exactement placées et la faible luminosité s'estompé et s'évanouit peu à peu, comme sur la voûte stellaire dans le ciel noir.

L'analyse spectrale appliquée à l'étude des étoiles depuis 1824 devait quelques années avant la mort d'Herschel, donner aux astronomes la solution d'un problème qu'ils avaient longtemps cherché.

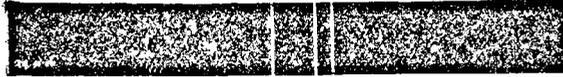
Voici comment sir William Huggins rapporte sa première observation spectroscopique d'une nébuleuse : « Dans la soirée du 24 août 1864, je dirigeais pour la première fois le spectroscope vers une nébuleuse dans le Dragon. Je regardai... Pas de spectre tel que je l'attendais ! Seulement une ligne unique et brillante. Je soupçonnai d'abord un déplacement du prisme... mais la vraie explication m'apparut aussitôt. »

L'astronome n'ignorait pas, en effet, que tout métal incandescent donne un spectre continu ; qu'une masse éclairante vue à travers une atmosphère gazeuse montre au contraire une série de raies noires, tandis que seuls les gaz illuminés fournissent des lignes vives, brillantes et distinctes.

Huggins ne pouvait donc s'y tromper : « Un examen plus attentif, ajoute-t-il aussitôt dans son Mémoire, me montra deux autres lignes brillantes du côté du bleu, ces trois lignes étant séparées par des intervalles relativement noirs. »

L'énigme des nébuleuses était résolue. La lumière elle-même nous avait envoyé la réponse : Ce n'est pas une agglomération d'étoiles mais un gaz lumineux. »

Cette merveilleuse découverte inaugurerait une ère nouvelle dans la conquête des cieux.



Les trois lignes brillantes du spectre de la nébuleuse du Dragon, qui montrèrent à Huggins qu'il avait affaire à une agglomération de gaz lumineux.

Les astronomes, grâce au spectroscope, ont pu, en effet, se faire une idée de la grandiose évolution que subissent les mondes, depuis leur naissance jusqu'à leur mort. Ces phases variées que nous ne pourrions étudier, faute de temps, sur un objet en particulier, nous avons tout le loisir de les observer sur des types différents. Depuis l'application de la photographie, il a été surtout facile d'accumuler les données.

Des pionniers d'avant-garde ont d'ailleurs déblayé le terrain. Grâce aux Roberts, aux Koeler, aux Pickering, aux Lewis Swift, aux Barnard, aux Ritchey, aux Wolff et tant d'autres qu'on ne peut tous citer, les catalogues se remplissent d'une façon presque inquiétante.

Parmi ces noms, vous l'avez remarqué, aucun Français. Hélas ! les observatoires les mieux montés chez nous, se désintéressent, pour la plupart, de recherches d'Astronomie physique ; et puis ils sont officiels et à ce titre dépendent du budget de l'Etat... Et l'Etat français a autre chose à faire qu'à protéger la science d'une façon efficace !

Aujourd'hui donc, grâce aux études faites à l'étranger, en Amérique plus particulièrement, nous connaissons plus de 200 000 nébuleuses. Avec le grand télescope Crossley, le nombre de ces objets que nous pouvons atteindre dépasse certainement 500 000. Les photographies prises à



Fig. 31. — Hémisphère boréal.



Fig. 52. — Hémisphère austral.

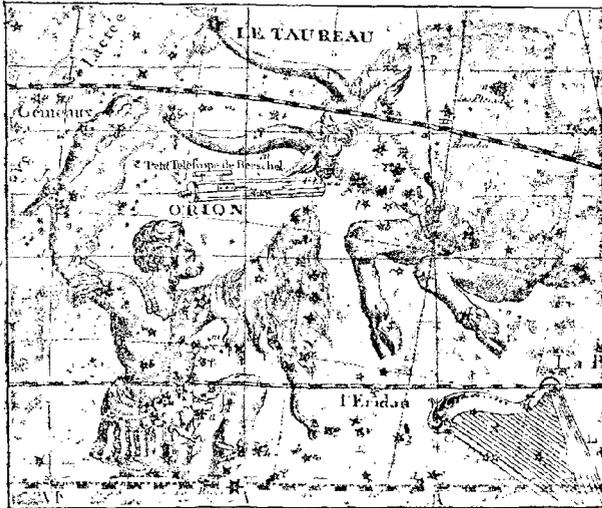
l'aide du miroir de 2^m 50 construit par M. Ritchey font espérer davantage encore et dans un avenir prochain nous aurons un catalogue d'un million de nébuleuses accessibles aux plus grands instruments.

L'intérêt d'une telle documentation n'échappera à personne, bien que nous ayons déjà en mains la plus grande partie des données du problème de l'Évolution stellaire.

Suivre pas à pas les transformations des nébuleuses dans les espaces intersidéraux, n'est-ce pas en effet nous renseigner sur notre propre histoire, celle du Soleil, chef de notre système? N'est-ce pas remonter de l'état présent à celui du passé; assister aux transformations de la matière, à la naissance des planètes, prévoir aussi les phases successives que le temps nous réserve.

Ce voyage dans l'immensité des siècles nous allons l'accomplir ensemble au moyen du télescope et de la photographie.

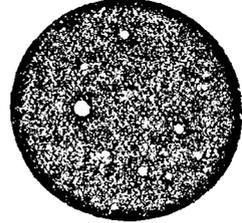
Voulez-vous d'abord vous faire une



LES CONSTELLATIONS D'ORION ET DU TAUREAU.
(Atlas de Flamsteed.)

idée du chaos primitif régnant à l'origine dans l'immense étendue de l'Univers? Dirigez un instrument même modeste vers la nébuleuse d'Orion.

Rien de plus simple que de la trouver : Notez d'abord les trois brillantes étoiles ⁶ du milieu de la constellation et qui forment le Baudrier du Géant. Au Sud trois plus faibles figurent l'épée et l'ensemble rappelle assez bien un rateau de moissonneur. Si vous avez une très bonne vue, l'étoile ⁹ du milieu de l'épée vous paraîtra brumeuse; à l'aide d'une jumelle de de théâtre, vous la verrez entourée d'une petite nébulosité.



L'étoile sextuple de Thêta (θ), Orion.

Une lunette munie d'un oculaire faible vous permettra d'embrasser une grande partie de la nébuleuse et ce sera pour vous une véritable révélation.

L'étoile visible à l'œil nu vous apparaîtra triple, quadruple, avec des grossissements plus forts; elle est même sextuple, ainsi que l'a prouvé John Herschel, en 1830, et probablement septuple, comme nous l'avons déjà fait observer.

Au-dessus d'elle et un peu sur la droite (image renversée et vue dans une lunette astronomique), s'alignent trois autres étoiles. Ces deux groupes paraissent même limiter la nébuleuse en cette région et l'ensemble prend l'aspect d'une aile déployée.

Restez en contemplation devant cet étrange objet et vous serez étonné à mesure que s'écouleront les minutes, d'y découvrir toujours de nouveaux détails : au milieu de ce voile brumeux, vous verrez des banderoles phosphorescentes,

des condensations plus accusées, à travers lesquelles la lumière d'étoiles vous apparaîtra verdâtre, avec çà et là, des reflets rouges d'incendies lointains, vastes amas

de gaz raréfiés s'étendant sur une superficie incalculable.

Les tentatives faites pour mesurer l'éloignement de cet ensemble chaotique, n'ont rien donné de très précis, mais on peut admettre que θ Orion est au moins à la même distance que plusieurs étoiles connues de son voisinage.

Cette remarque va nous permettre d'arriver à quelques conclusions intéressantes.

D'après les recherches du P. Secchi, la nébuleuse s'étend visuellement sur une largeur de 5 degrés, ce qui nous donne à la distance de θ Orion un espace fantastique de 67 230 milliards de kilomètres! 450 000 fois l'intervalle du Soleil à la Terre, une fois et demi l'éloignement de α Centaure notre voisin.

Et c'est là évidemment un minimum, puisque les photographies ont agrandi encore le champ céleste occupé par cette vaste nébuleuse.

Enfin, remarque intéressante et qui prouve bien que ces objets ont une connexion physique avec les étoiles, c'est que θ Orien semble s'être formé aux dépens de toute la partie orientale de la nébuleuse. Sur la droite, c'est le ciel noir sans aucune trace de phosphorescence.

Cette association des étoiles aux nébuleuses est presque la règle dans le ciel. A côté des gaz agglomérés sur des espaces immenses, dans leur sein pour mieux dire, naissent des soleils de toute grosseur. Souvent ceux-ci sont nettement visibles sur nos photographies, mais dans beaucoup de cas le spectroscopie seul nous avertit de leur présence.

Beaucoup de nébuleuses, comme celle d'Andromède, offrent en effet un spectre nettement continu et aucun astronome actuel ne peut cependant les résoudre en points lumineux séparés.

Que se passe-t-il donc, dans ces amas fantastiques, où les étoiles paraissent tourner dans un milieu phosphorescent qui les pénètre et les enveloppe de toutes parts?

La réponse à cette dernière question relève d'une science encore à l'état embryonnaire, mais qui, chaque jour, par ses

développements, nous promet les plus sensationnelles révélations.

Cette science nouvelle entrevue par les Kant, les Herschel et les Laplace est la Cosmogonie, celle qui s'occupe de l'origine du monde.

Dans une magistrale étude M. Faye a abordé ce passionnant problème qui a été repris plus récemment par le colonel du Ligondès.

Ce dernier a montré, en effet, que sous l'influence des lois de la gravitation, une nébuleuse a toujours une tendance en se condensant à former un disque très aplati.

Dans notre minuscule système solaire, ce disque s'est vite divisé en anneaux dont chacun par sa dislocation a donné naissance à une planète.

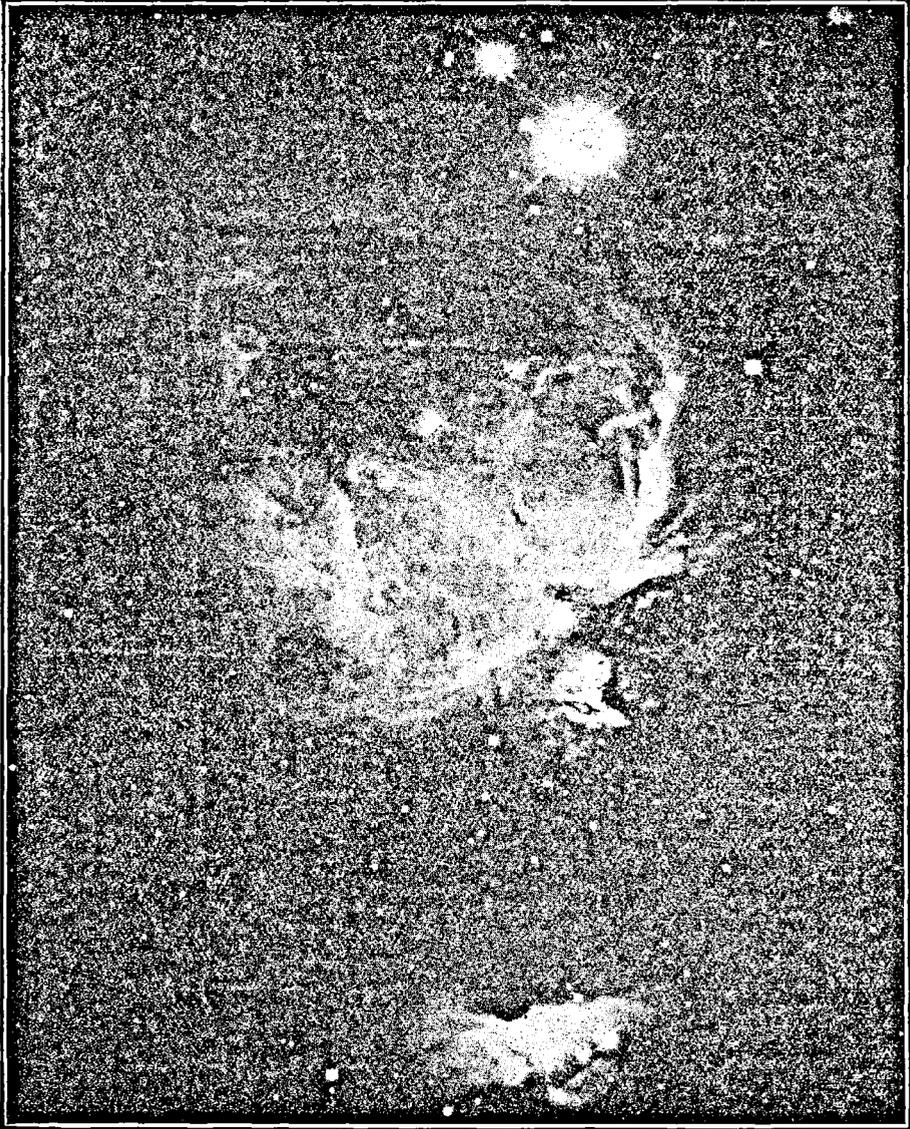
Le plus gros a formé Jupiter que son énorme volume a défendu jusqu'à ce jour du froid de l'espace ambiant. Notre Terre est venue plus tard, et lorsque, boule incandescente, elle présentait l'aspect d'une minuscule étoile, notre Soleil n'était pas encore entièrement formé. Seule au centre du système solaire apparaissait une masse informe où déjà cependant les chocs répétés de milliards de molécules faisaient prévoir l'apparition prochaine de l'astre flamboyant d'aujourd'hui.

Tous ces stades de la condensation de notre humble système, nous pouvons les suivre l'œil à la lunette, au sein de milliers de nébuleuses analogues à celle dont nous sommes dérivés.

Cette explication toutefois paraît bien insuffisante, lorsque nous abordons la formation de ces vastes agglomérations où les soleils se comptent par milliers. De nouveaux problèmes surgissent et l'intelligence humaine se sent prise de vertige lorsqu'il s'agit de retracer l'histoire de ces genèses de systèmes aux dimensions fantastiques.

Sans avoir eu la prétention de résoudre entièrement l'énigme, j'ai essayé cependant d'esquisser à grands traits les phases d'évolution de ces formidables nébuleuses.

Voici, aussi simplifiée que possible, l'explication que j'ai proposée.



LA GRANDE NÉBULEUSE D'ORION.

C'est un vaste espace rempli d'une matière raréfiée s'étendant sur un diamètre d'au moins 67 280 milliards de kilomètres : 450 000 fois la distance du Soleil à la Terre.

Admettons toujours la tendance des masses de gaz raréfiés, quel qu'en soit le volume, à se résoudre en un disque aplati, puis en anneaux distincts.

Les matériaux destinés à former l'amas central mettront si longtemps à gagner les parties extérieures de la nébuleuse, que pratiquement pendant des millions de siècles l'ensemble ne présentera qu'une forme grossièrement annulaire.

Mais n'oublions pas que nos anneaux sont immenses, des milliers de fois plus grands que nos orbites planétaires, il y aura donc en eux des matériaux en quantité assez considérable pour donner naissance à de nombreux soleils tournant presque circulairement comme les anneaux de Saturne.

Et tous ces soleils évoluent dans un milieu lumineux dont la densité offre une résistance sérieuse à la circulation.

Cette influence combinée avec l'attraction de la

masse centrale qui grossit peu à peu, va semer la désorganisation dans l'ensemble.

A partir de ce moment la stabilité n'est plus qu'un « vain mot » et les lois de la Mécanique exigent en effet que tous les amas, y compris les soleils répartis au sein des anneaux, décrivent des orbites se serrant de plus en plus.

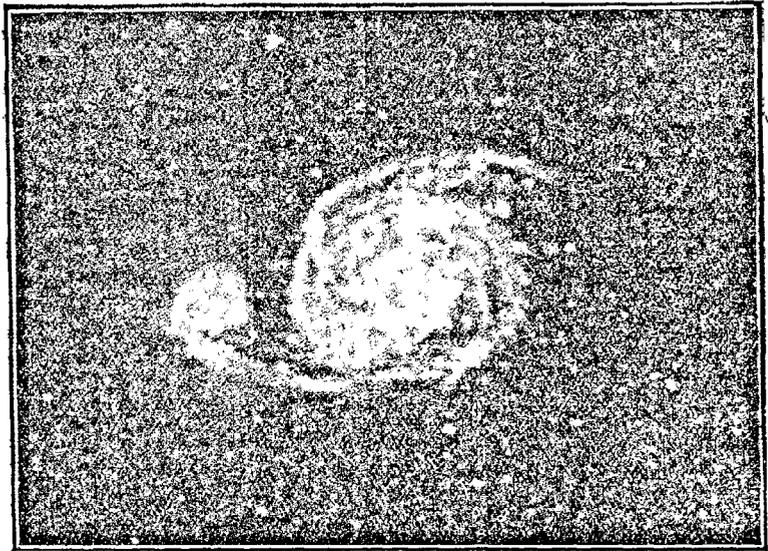
En fait, l'Analyse montre que nos orbites ne seront plus circulaires ou elliptiques, mais affecteront la forme de spirales dont les extrémités seront dirigées vers le centre. C'est là que toutes les trajectoires devront aboutir, là que tous nos soleils devront converger comme en un tom-

beau commun ; mais des siècles passeront avant que se réalise cette fatale destinée, et nous verrons bientôt qu'ici encore la nature a mis le remède à côté du mal.

Avant de pousser plus avant l'explication commencée, vérifions notre hypothèse ; nos déductions sont trop souvent « à côté » si nous négligeons l'expérience.

Que constatons-nous dans le ciel ?

Déjà le télescope avait montré que bon nombre de nébuleuses ont une structure spiraloïde bien marquée, mais la photo-



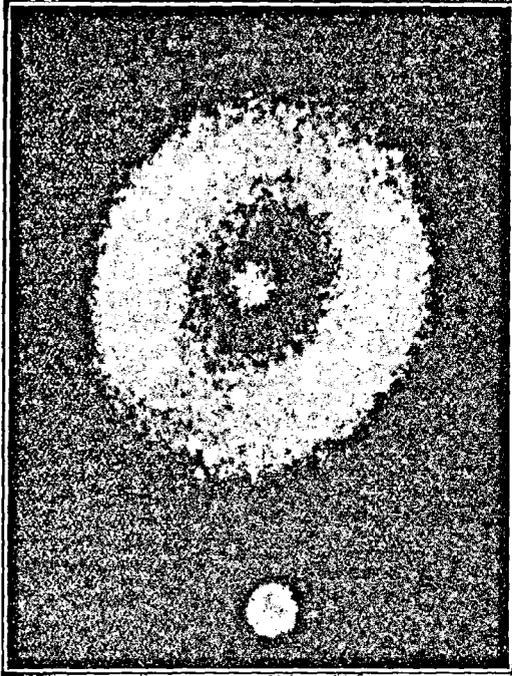
La belle nébuleuse des Chiens de Chasse est un des objets qui montrent le mieux la formation spiraloïde.

graphie est venue à notre aide et maintenant nous sommes certains que la plupart des nébuleuses, même celles classées autrefois parmi les nébuleuses irrégulières, sont en réalité des nébuleuses spirales.

Examinons attentivement ces photographies où la lumière a fixé en traits indélébiles la phase actuelle de ces monstrueuses agglomérations.

Voyez la belle nébuleuse des Chiens de Chasse dessinée autrefois par lord Ross, mais dont nos clichés nous fournissent des détails autrement précis ; voyez celles du Triangle, celle de Messier (51), celle qu'a photographiée le D^r Roberts dans la Li-

corne et des quantités de nébuleuses accessibles aux grands instruments, partout vous constaterez que chaque spire de matière nébulaire est comme jalonnée pour ainsi dire par des processions de soleils.



NÉBULEUSE ANNULAIRE DE LA LYRE.

(Photographie de M. Montangerand de l'Observatoire de Toulouse.)

— Au premier abord, cela ressemble, direz-vous, aux anneaux de notre nébuleuse primitive, celle qui a formé notre Soleil et les planètes.

— Oui, sans doute, les apparences sont les mêmes, mais vous ne tenez pas compte des fantastiques dimensions de ces systèmes lointains.

Chez nous, chaque anneau n'a formé qu'une seule planète; ici, les centres d'attraction sont innombrables; les étoiles paraissent se toucher, en réalité il n'en est absolument rien, et cette illusion provient de l'éloignement.

Voulez-vous des chiffres, la belle né-

buleuse d'Andromède va nous les fournir.

On a pu mesurer d'une façon approximative, la parallaxe de cet admirable objet céleste. Elle n'est pas si éloignée que le pensaient les anciens astronomes, au regard desquels les nébuleuses représentaient de lointains univers analogues à notre Voie lactée.

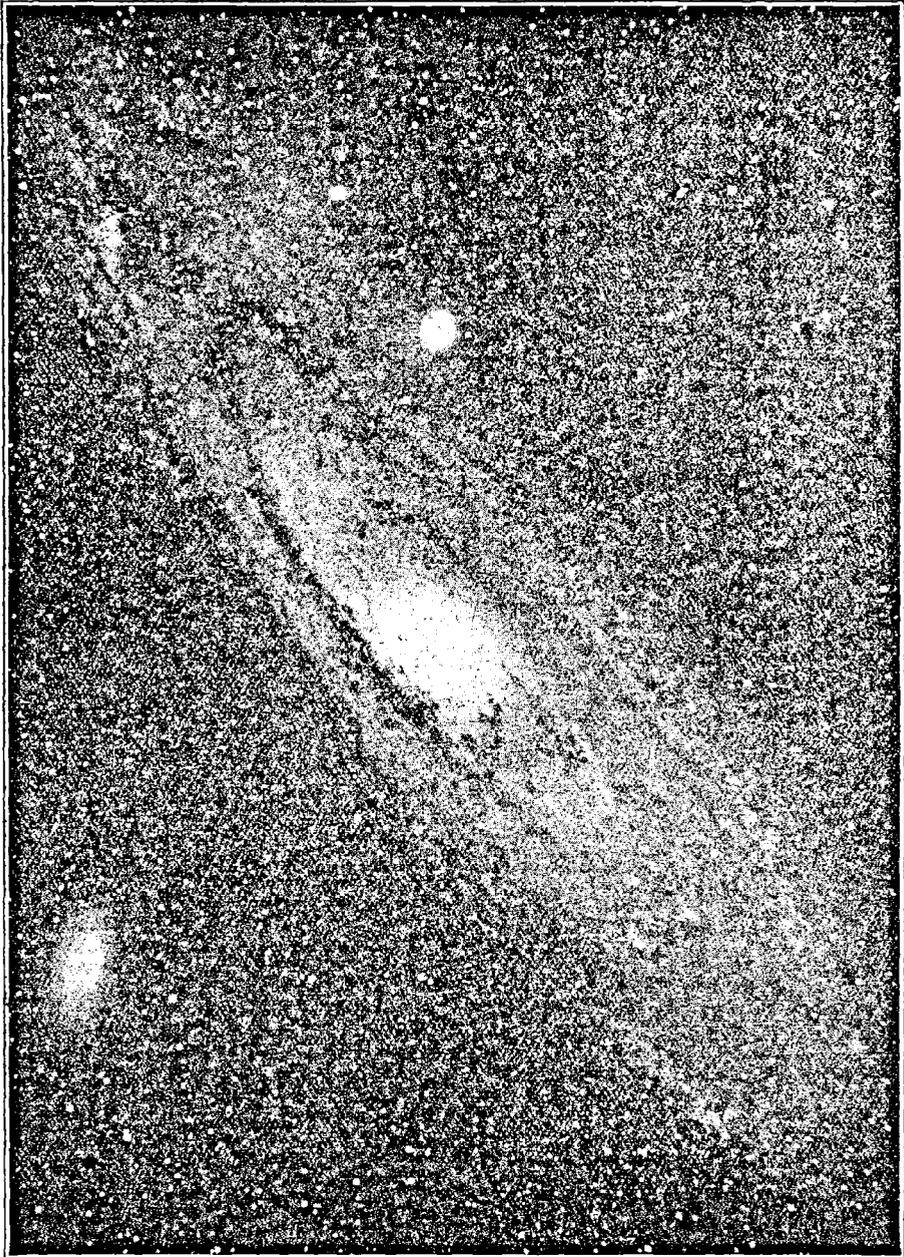
Herschel plaçait la nébuleuse d'Andromède à 17 000 années-lumière. En d'autres termes, la lumière aurait mis 17 000 ans pour nous parvenir de cet univers perdu dans les abîmes de l'espace. Or, ces nombres fantastiques ont été singulièrement réduits par les recherches récentes. Il faut diviser par 1 000 le chiffre précédent et placer la nébuleuse qui nous occupe, à moins de 20 années-lumière, ce qui nous donne encore à la vérité pour le diamètre de ce formidable objet la jolie étendue de 7 516 milliards de kilomètres. Un rapide lancé à la vitesse de 100 kilomètres à l'heure, ne mettrait pas moins de 2 384 années pour traverser cet immense brouillard, probablement des millions de fois plus léger que le vide réalisé dans nos machines pneumatiques.

Ne tenons pas compte des étoiles semées à profusion dans son sein, il n'en reste pas moins certain que disséminé en un volume aussi effrayant, notre brouillard si léger soit-il, possède encore une masse 8 millions de fois supérieure à celle de notre Soleil!

En tout cas, ce qui reste certain c'est que dans cet ensemble il y a place pour une quantité prodigieuse d'étoiles.

Voilà le vrai type des nébuleuses spirales, celui vers lequel tendent les formations les plus variées; c'est le stade moyen où aboutissent fatalement ces agglomérations que la gravitation sans cesse à l'œuvre façonne au cours inexorable des siècles.

Notre théorie nous permet de remonter plus avant. Suivez-moi encore l'œil au télescope, vous allez voir se dessiner les premiers stades de la condensation, ceux pendant lesquels, la phase annulaire était bien caractérisée.



La GRANDE NÉBULEUSE D'ANDROMÈDE.

Voici entre β et γ de la Lyre une magnifique nébuleuse accessible aux instruments de moyenne puissance.

La photographie obtenue par M. Montangerand est une des meilleures que nous possédions.

L'anneau a d'ailleurs une structure compliquée. Il paraît formé de plusieurs cercles brillants entrelacés qui se résoudreont plus tard en étoiles, et déjà au milieu s'accuse sous la forme d'un beau soleil nébuleux, un centre d'attraction formidable dont l'influence se fait sentir au lointain des mondes gravitant autour de lui.

La belle nébuleuse annulaire du Cygne paraît présenter le même phénomène.

Nous pourrions multiplier les exemples ; partout nous verrions au milieu

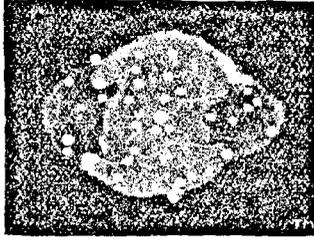
d'une infinie variété, la formation plus ou moins hâtive d'une condensation centrale, celle des anneaux où se rangent les soleils, des spires plus ou moins pressées de matière s'écoulant lentement vers le centre.

Les conditions d'étendue au début, la phase d'avancement à laquelle chaque nébuleuse est parvenue, la présence dans le voisinage de corps perturbateurs, la tendance actuelle vers des foyers différents, toutes ces circonstances accumulées ou prises séparément, ont dû produire, cela se conçoit, des formes qui défient la

plus fantasque imagination.

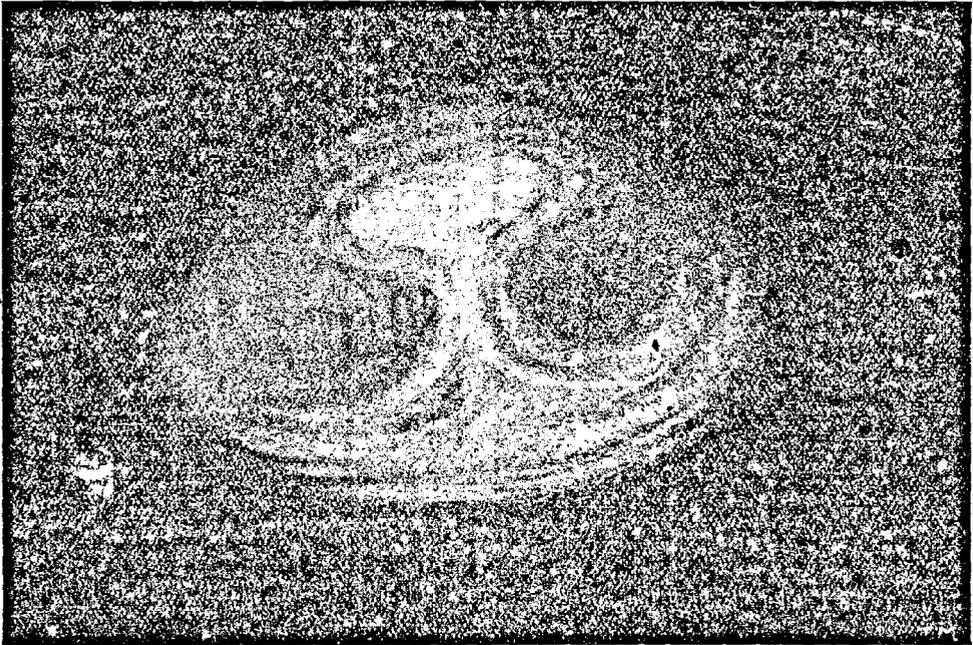
Cependant derrière les apparences les plus désordonnées, un œil habitué ne se trompe pas.

Ici, comme dans la nébuleuse du Re-



Zones d'éclat différentes dans la nébuleuse Dumb-Bell.

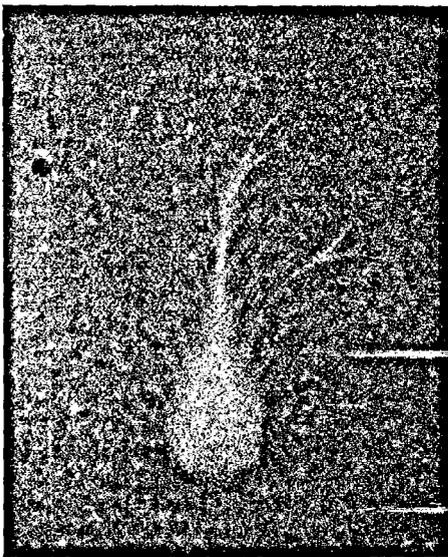
(D'après M. Kowalewski.)



La nébuleuse du Renard, surnommée Dumb-Bell en raison de sa vague ressemblance avec un battant de cloche, est un des objets les plus curieux du ciel.

nard surnommée Dumb-Bell, en raison de sa ressemblance avec un battant de cloche, le système annulaire, faute de matériaux vers le centre, s'est transformé en des condensations opposées : elles donneront naissance à un beau soleil double, entouré de nombreux satellites; voici une nébuleuse de la Vierge arrivée à cette phase de condensation avancée.

Tantôt au contraire, la portion centrale a tout englobé et il ne reste plus qu'une spire plus ou moins régulière, comme dans une nébuleuse du Navire ou dans celle d'Oméga Centaure, visible dans la constellation de l'Ecu de Sobieski.



Nébuleuse du Taureau, surnommée Crab Nebula, immense poisson aux nageoires étendues.
D'après lord Ross.

Tantôt enfin les dernières traces spiraloïdes se sont évanouies et l'ancien dessin est méconnaissable : voyez cette nébuleuse du Taureau que lord Ross appelait *Crab Nebula*; ne dirait-on pas, en effet, un monstrueux poisson aux nageoires étendues? et cette autre partagée en trois par des vides accentués; nous assistons là évidemment, à la genèse d'un soleil triple, analogue à ceux que nous avons étudiés.

D'une façon générale, d'ailleurs, sous l'in-

fluence de la condensation centrale qui augmente aux dépens du milieu environnant, les alentours se vident, la matière attirée plus loin se raréfie et disparaît peu à peu découvrant de larges espaces sombres.

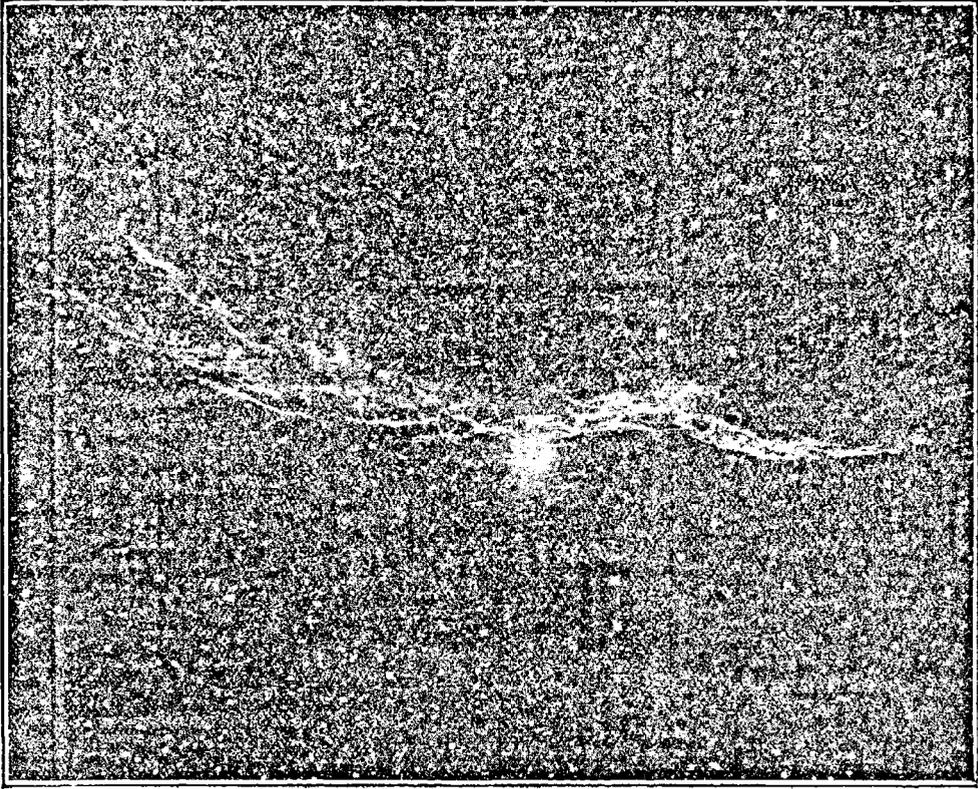
Cette remarque, Herschel l'avait faite longtemps avant nous; lorsque, par les belles nuits d'hiver, le grand astronome balayait les régions stellaires de son grand télescope, il lui arrivait parfois de parcourir d'immenses étendues sans apercevoir aucune étoile. A l'aspect de ces régions dévastées : « Préparez-vous à écrire disait-il, à sa sœur, les nébuleuses vont arriver. »

Les Pléiades nous offrent un bel exemple de nébulosités associées à différents soleils. En examinant les photographies récentes, on a immédiatement l'impression que nous touchons à l'avant-dernière phase des nébuleuses, celle qui donnera naissance aux amas stellaires.

A mesure, en effet, que les soleils épars dans les nébuleuses grossissent et captent à leur profit, la matière ténue et légère dispersée dans toute la masse, la résistance du milieu diminue, la chute vers le centre se ralentit; de spiraloïdes, les or-

NÉBULEUSE DE OMÉGA CENTAURÉ.

D'après un dessin de J. Herschel.



Et cette nébuleuse du Cygne, ne dirait-on pas un énorme oiseau aux ailes déployées ?

bites deviennent presque circulaires ou elliptiques ; tout le système acquiert une stabilité relative et bientôt l'amas est formé.

Chaque unité, surtout si l'amas central n'a pu se former, va continuer de vivre d'une façon autonome, sans s'occuper de ses voisins.

A la vérité, de fortes perturbations doivent avoir lieu dans l'ensemble, mais tant que les siècles accumulés n'auront pas diminué les intervalles de ces fourmilières gigantesques, des planètes nombreuses où la vie, peut-être, est semée à profusion continueront sans trouble, le cours de leurs développements variés.

Ainsi, peu à peu, les phases de l'évolution stellaire se complètent par celles des nébuleuses.

De l'amas informe rappelant le chaos dont parle Moïse, au commencement de la Genèse, naissent des amas grossièrement sphériques, qui parfois se rencontrent, et donnent lieu à de nouvelles formations.

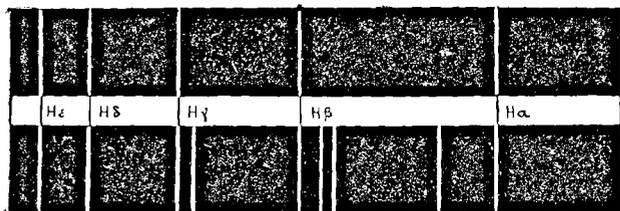
Les éléments s'attirent, se combinent et dès ce premier contact, indice des conflagrations futures, apparaissent des gaz légers comme l'hydrogène, l'hélium et quelques substances, dont le *nébulinum*, inconnues de notre Terre trop vieillie.

Déjà les forces physiques sont entrées en jeu, la gravitation les guide dans ce travail formidable dont la progression lente et continue marque le cours des siècles.

La substance matérielle évolue, se précipite pour former les soleils, s'épure à

nouveau dans les creusets qu'elle s'est elle-même façonnée, se dissocie encore dans un brassage sans fin des éléments confondus.

Pour la première fois, elle lance dans le ciel noir l'éclat de ses rayons ; reflets



En haut le spectre de l'Hydrogène, en bas celui des nébuleuses qui montre, à côté des raies précédentes, des substances inconnues de notre chimie terrestre.

opalins, phosphorescence verdâtre qui étonnent la grande nuit stellaire; puis, so-

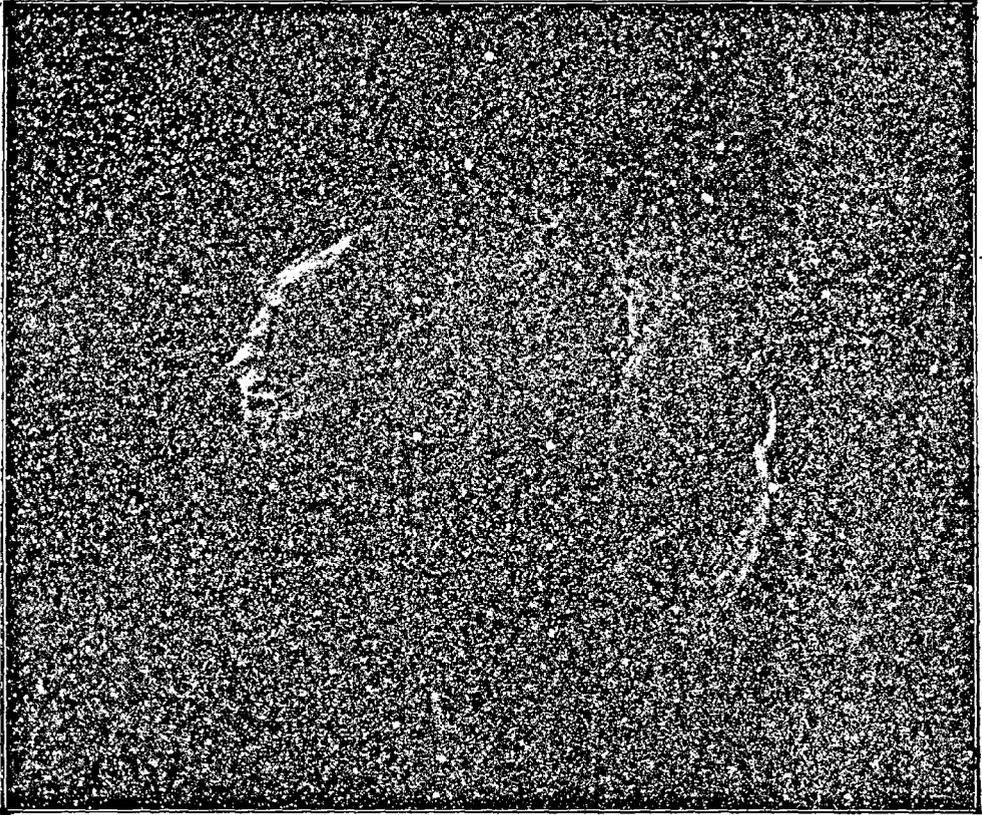
leils jeunes dont la lumière perce de ces ondulations bleues leur chrysalide enveloppée de chaudes vapeurs ; soleils blancs qui étalent leur gloire orgueilleuse au milieu de planètes qu'ils inondent de leurs

rayons féconds, qui sillonnent l'espace avec une effrayante rapidité et s'en vont inconscients vers des régions où la mort les guette; soleils rouges jetant leurs feux mourants dans l'espace glacé, secoués des derniers spasmes d'une lente agonie; alors viendra la fin; sous leur enveloppe encore tiède, les laves bouillantes se condenseront, le froid aura fait son œuvre et

bientôt mènera le deuil des soleils noirs vers les cimetières du ciel.



FÉVRIER. — SIGNE DE ZODIAQUE : LE VERSEAU.



UNE RÉGION DANS LA VOIE LACTÉE.

Cette photographie prise dans la constellation du Cygne, l'une des plus riches de la Voie lactée, nous montre des milliers d'étoiles, soleils perdus à des distances telles que la lumière met plusieurs siècles pour nous venir de si loin.

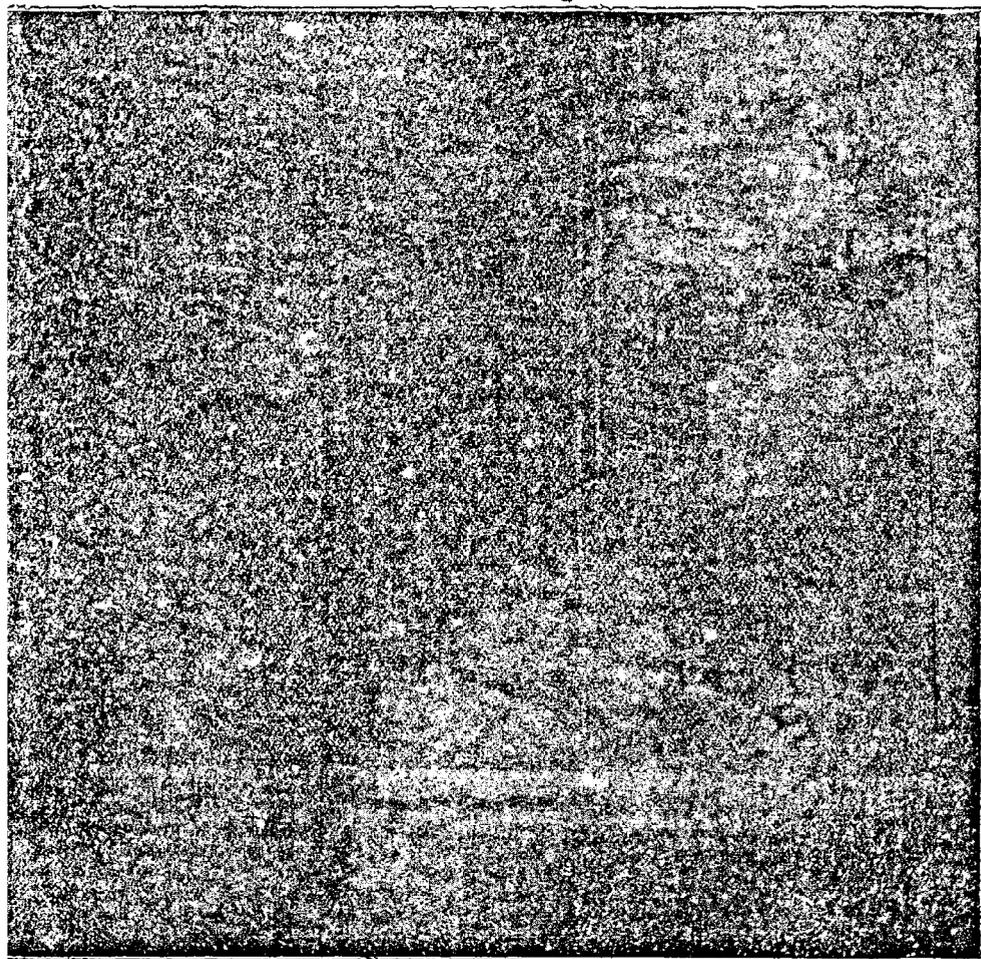
CHAPITRE XI

La Structure de l'Univers.

Après avoir étudié les soleils de l'espace, les amas stellaires, les nébuleuses; après avoir constaté le nombre effrayant de systèmes qui peuplent l'étendue des cieux, les vitesses propres dont tous sont animés, il est bien naturel de redescendre vers notre humble étoile centrale, de regagner notre petite patrie terrestre et de nous poser une dernière question.

Au milieu de ce dédale de mondes tournoyant par millions dans ce vide béant des espaces intersidéraux, l'homme a-t-il surpris un arrangement? ou bien pour employer un terme antiscientifique, sans doute, mais que tout le monde comprend, les étoiles sont-elles disséminées au hasard?

Tel est le problème que les astronomes ont osé aborder depuis des siècles; pro-



Certaines régions de la Voie lactée comme celle d'Ophiucus, que représente cette photographie, paraissent vides d'étoiles. Ne serions-nous pas plutôt en présence d'un gaz gazeux de matière noire, nébuleuses obscures qui, plus tard, formeront des mondes ?

blème le plus formidable que l'esprit humain ait à résoudre au point de vue matériel.

Un volume ne suffirait pas pour exposer les questions qu'il soulève. Si le hasard a tout fait dans cet univers accessible à nos investigations, les lois que nous constatons autour de nous, celles qui groupent les atomes en de merveilleuses et parfaites cristallisations, celles qui président aux mouvements des planètes de notre système et des astres que nous avons sou-

mis à nos calculs, ces lois immortelles découvertes par les Képler, par les Newton, par les Young, les Fresnel les Ampère et les Hertz, ne seraient donc plus valables pour l'ensemble des étoiles. D'autre part, si vraiment un plan a présidé dès l'origine du monde à la distribution des astres dans le ciel, la loi primitive est-elle encore apparente, et s'il y a désordre, sommes-nous fondés à croire que l'ordre était absent au début même des temps ?

L'univers a-t-il une forme géométrique définie, et dans le cas affirmatif, comment pouvons-nous la justifier?

Pouvons-nous fixer la place que nous y occupons, tout au moins la région dans laquelle évolue notre infime système solaire?

Enfin, l'ensemble des mondes, des soleils, des planètes, est-il limité? ou bien s'étend-il indéfiniment dans toutes les directions?

Tels sont les points d'interrogation que le mystère du ciel pose à l'astronomie échoué sur notre misérable planète.

Et ces problèmes sont loin d'être nouveaux. Les philosophes grecs et ceux qui les avaient précédés agitaient déjà ces troublantes questions aux époques lointaines où l'homme ne possédait aucun moyen d'en fournir une solution même approchée.

Nous avons déjà eu l'occasion dans les chapitres précédents de parler de la Voie lactée où le télescope découvre des quantités d'étoiles invisibles à l'œil nu.

Or, la Voie lactée forme autour de nous une grande ceinture blanchâtre, et si la Terre était transparente, nous pourrions constater que ce cercle lumineux fait le tour entier du ciel. Sa structure intérieure est cependant loin d'être régulière. Tantôt ce sont de gros nuages brillants amoncelés bout à bout comme dans le Cygne ou le Sagittaire; tantôt ce sont de soudaines interruptions d'éclat ou de grandes ouvertures sombres comme dans le Navire ou la Croix du Sud; tantôt enfin le courant lumineux se divise en deux branches, si bien que le large ruban paraît nettement double sur un tiers de son parcours.

Les régions galactiques sont donc loin de présenter la même richesse en étoiles et le nombre de soleils visibles à la fois dans un même espace varie de 2 000 à 80.

De plus, à mesure que nous avançons dans le ciel en nous éloignant des bords plus ou moins définis de la Voie lactée, nous constatons un fait singulier : les étoiles se font de plus en plus rares.



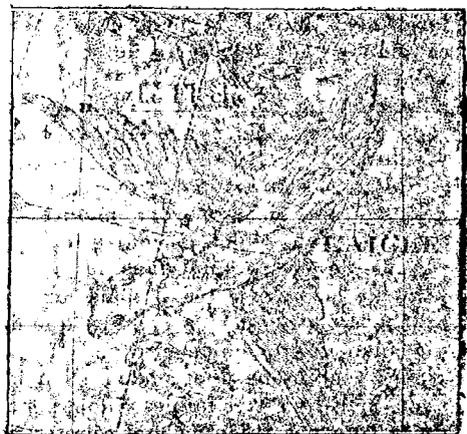
La constellation du Sagittaire forme, avec celle de l'Aigle, les plus riches régions de la Voie lactée.

Les jaugeages célestes entrepris par William Herschel avaient déjà amené le grand astronome à des conclusions du même genre et à la conception d'une forme de l'univers en rapport avec ses dénombrements stellaires.

Pour lui, l'univers devait se représenter assez bien par un volume, non pas sphérique, mais aplati, sorte de lentille biconvexe, au milieu de laquelle étaient plongés tous les soleils de l'espace.

En supposant notre soleil placé presque au centre de la fantastique agglomération, les apparences s'expliquaient tout naturellement.

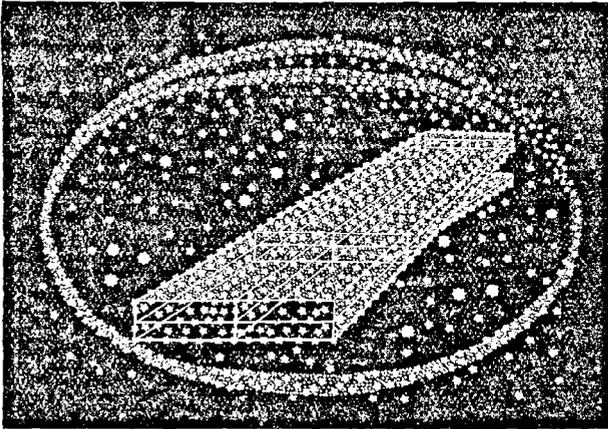
Notre rayon visuel traversait-il le disque dans sa faible épaisseur, nous n'aper-



La constellation de l'Aigle, d'après Pallas de Flamsteed.

cevions que très peu d'étoiles. Se dirigeait-il, au contraire, suivant la direction diamétrale, les étoiles se projetaient les unes derrière les autres et semblaient constituer une véritable ceinture donnant la raison d'être de l'anneau galactique.

Les sondages célestes entrepris depuis par la photographie, quoique différents de ceux d'Herschel, ont cependant, d'une façon générale, abouti à la même conclusion.



Le cercle d'étoiles extérieures représente la Voie lactée vue de la Terre. Pour expliquer cette étrange apparence avec sa bifurcation, W. Herschel avait imaginé deux plans riches en étoiles se coupant vers le centre de l'univers.

Si les étoiles étaient distribuées uniformément autour de nous, elles seraient contenues dans une sorte de sphère très aplatie que les géomètres appellent un *ellipsoïde*. La coupe de ce volume offrirait, en effet, une figure elliptique assez régulière.

Mais cette répartition uniforme n'existe pas, nous l'avons maintes fois constaté. Nous avons, en outre, de fortes raisons de croire que dans le sens des pôles de la Voie lactée, l'épaisseur de la couche stellaire est bien moindre que dans son plan. Non seulement, en effet, les étoiles y accusent une condensation marquée, mais les astres faibles y dominent, et de ce côté nos recensements célestes nous ont apporté de curieuses révélations. L'accroissement des étoiles d'une grandeur à

la suivante n'existe plus; à partir de la 10^e grandeur, il y a une diminution progressive d'étoiles faibles; après la 18^e grandeur, nos plaques photographiques même surabondamment exposées, n'enregistrent plus rien.

D'une part, il semble donc que nous sommes bien près d'avoir atteint les limites de notre univers visible, si toutefois nous ne les dépassons pas, et d'autre part il faut abandonner l'idée du disque aplati d'Herschel : les étoiles seraient distribuées au milieu d'un immense anneau rappelant en très grand les nébuleuses annulaires comme celle de la Lyre, par exemple; les astres seraient moins condensés sur les bords et vers la partie centrale, celle précisément que nous occupons à l'heure actuelle. Enfin, dans cet anneau immense nous constaterions deux circulations en sens opposés.

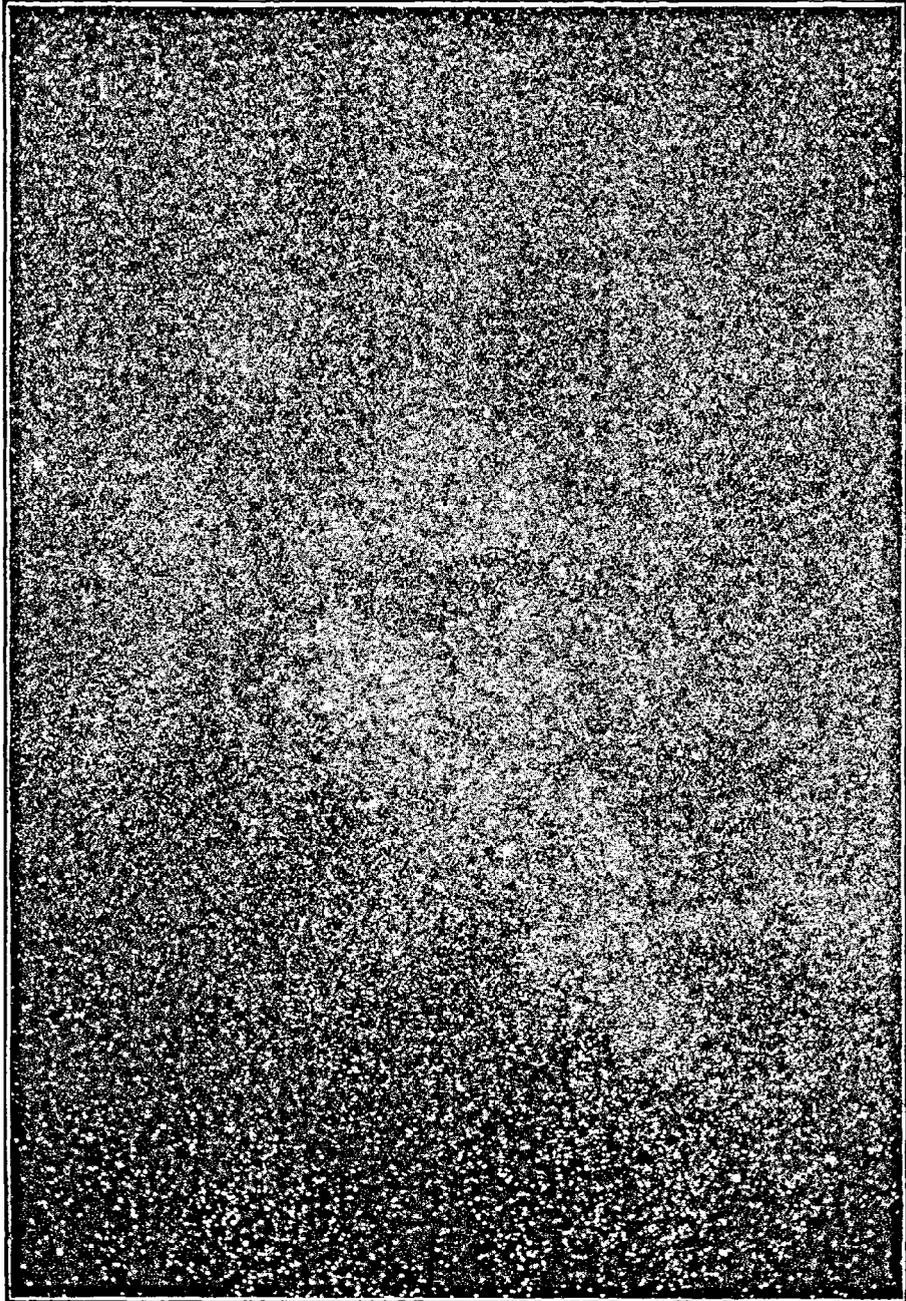
La théorie annulaire, quoique plus rapprochée de la vérité que l'hypothèse d'Herschel, ne nous fournit pas cependant l'explication de toutes les apparences constatées :

agglomérations dans le Cygne et le Sagittaire, bifurcations dans le Serpent et la constellation du Centaure, fentes et déchirures dans le Navire, etc...

En réfléchissant à toutes ces particularités, les astronomes ont été amenés à proposer différentes hypothèses souvent trop complexes pour s'allier avec la simplicité des lois naturelles.

Les uns ont vu dans la Voie lactée un double cercle d'étoiles dont les plans étaient inclinés l'un sur l'autre de 20 degrés environ. Plusieurs ont cherché des figures encore plus compliquées.

L'astronome anglais Proctor supposait que la Voie lactée n'est qu'une vaste traînée d'étoiles; mais cette traînée, loin de représenter un anneau, ressemblerait plutôt à un immense serpent étendu en ovale



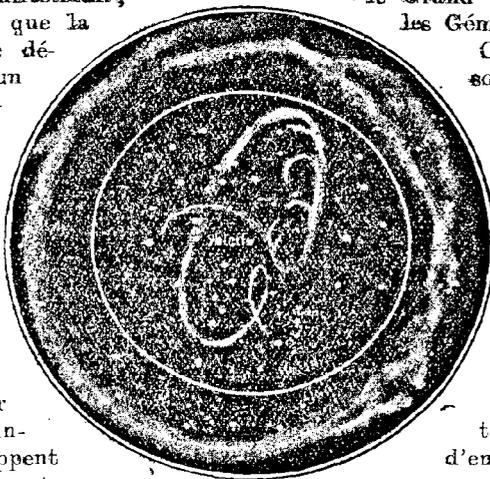
UNE RÉGION DE LA VOIE LACTÉE DANS LE SAGITTAIRE.

avec ses deux extrémités ramenées vers le centre. C'est vers cet endroit qu'une sorte de vide se manifesterait ; enfin, en supposant que la traînée principale se déroule, non plus dans un seul plan, mais au-dessus et au-dessous suivant une surface gauche, nous aurions l'explication du dédoublement de la Voie lactée sur tout son parcours.

Cette hypothèse ingénieuse avait été surtout formulée pour rendre compte de singularités qui frappent l'observateur le moins attentif de la voûte céleste.

La Voie lactée, avons-nous dit, n'a pas le même éclat dans toutes ses parties, tout nous porte à croire que ce fait est dû à la distance inégale des nuages galactiques. Nous sommes bien à peu près dans le plan diamétral, mais notre place n'est pas tout à fait centrale,

et nous sommes plus rapprochés du Cygne et du Sagittaire que de la partie opposée, le Grand Chien, la Licorne et les Gémeaux.



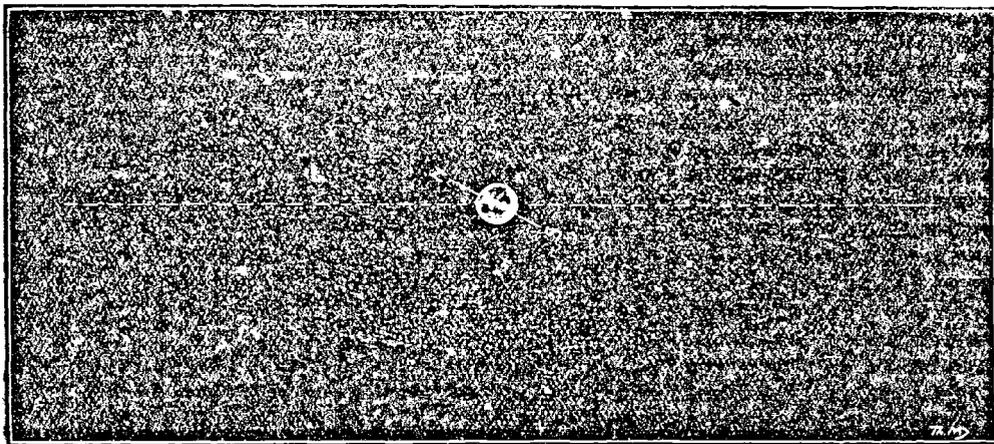
Voulant expliquer les apparences de la Voie lactée (couronne extérieure), Proctor avait imaginé, pour notre Univers, une sorte de spirale irrégulière, serpent qui se trouvait plusieurs fois recourbé sur lui-même.

Ce que nous connaissons maintenant des lois de la cosmogonie joint aux recherches sur la distribution des étoiles et des nébuleuses m'a donc amené à proposer une théorie nouvelle sur la forme de notre univers.

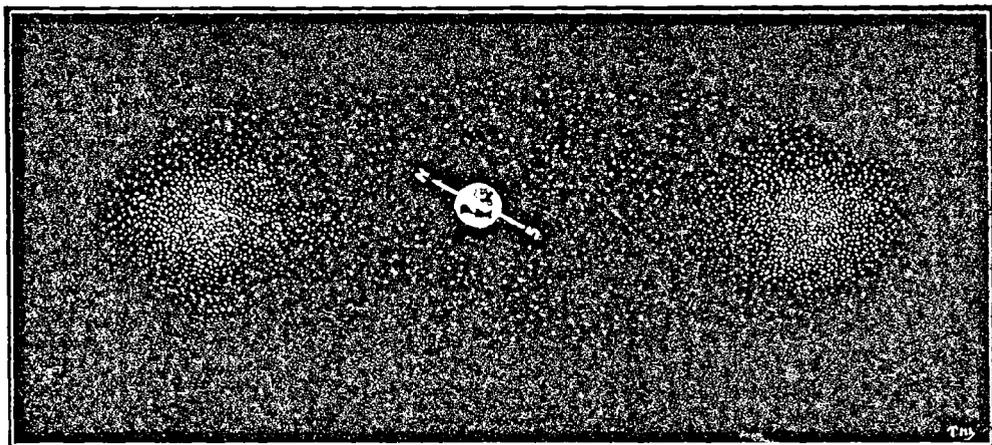
Sans vouloir entrer ici dans les détails, qu'il me suffise d'en faire comprendre les grandes lignes à mes lecteurs.

Reportez-vous à la figure de la page 123. Dans la couronne extérieure, j'ai représenté la Voie lactée, telle que nous la voyons de notre obser-

vatoire terrestre ; voilà l'apparence qu'il s'agit d'expliquer, non pas dans les détails — ce sera le travail de plusieurs siè-



D'après les jauges célestes actuelles, si les étoiles étaient distribuées uniformément autour de la Terre supposée au centre le volume de l'univers aurait (en coupe) cette forme aplatie, ce serait donc un peu le disque plat d'Herschel, avec quelques irrégularités dans la partie sud.



Mais nous savons que la répartition des étoiles n'est pas uniforme, et la meilleure interprétation des faits consiste à admettre que tous les soleils sont surtout distribués à l'extérieur d'un anneau dont la coupe est donnée par cette figure : cet anneau c'est la Voie lactée. Mais ce n'est là qu'une explication du fait général. La page suivante nous fera faire un pas de plus vers la forme véritable.

cles — mais au moins d'une façon générale. Notre Soleil est situé presque au centre d'un anneau d'étoiles. Si l'on admet, en effet, que toute la matière de l'univers visible était répartie dans une grosse sphère plus ou moins homogène, les lois de la Mécanique céleste nous conduisent à la formation d'un anneau intérieur immense, sans aucune condensation centrale très marquée, mais peu à peu la dislocation survient dans le vaste ensemble, des chocs ont lieu, les pertes de vitesse tendent à précipiter les soleils à peine formés vers les régions intérieures, et d'énormes processions de soleils orientent leur direction vers les régions voisines du centre, nous avons une sorte de nébuleuse spirale mais dont les spires, à l'inverse des petites formations que nous avons déjà étudiées, partent de la circonférence extérieure.

On conçoit ainsi fort aisément que la régularité des spires ne puisse être parfaite et que toutes ne soient pas alignées sur le même plan.

La Voie lactée serait donc la partie de l'univers la plus anciennement formée, comme aussi la plus dense; et en fait nous y rencontrons une énorme quantité d'étoiles rouges, astres vieilliss cõtoyant sans

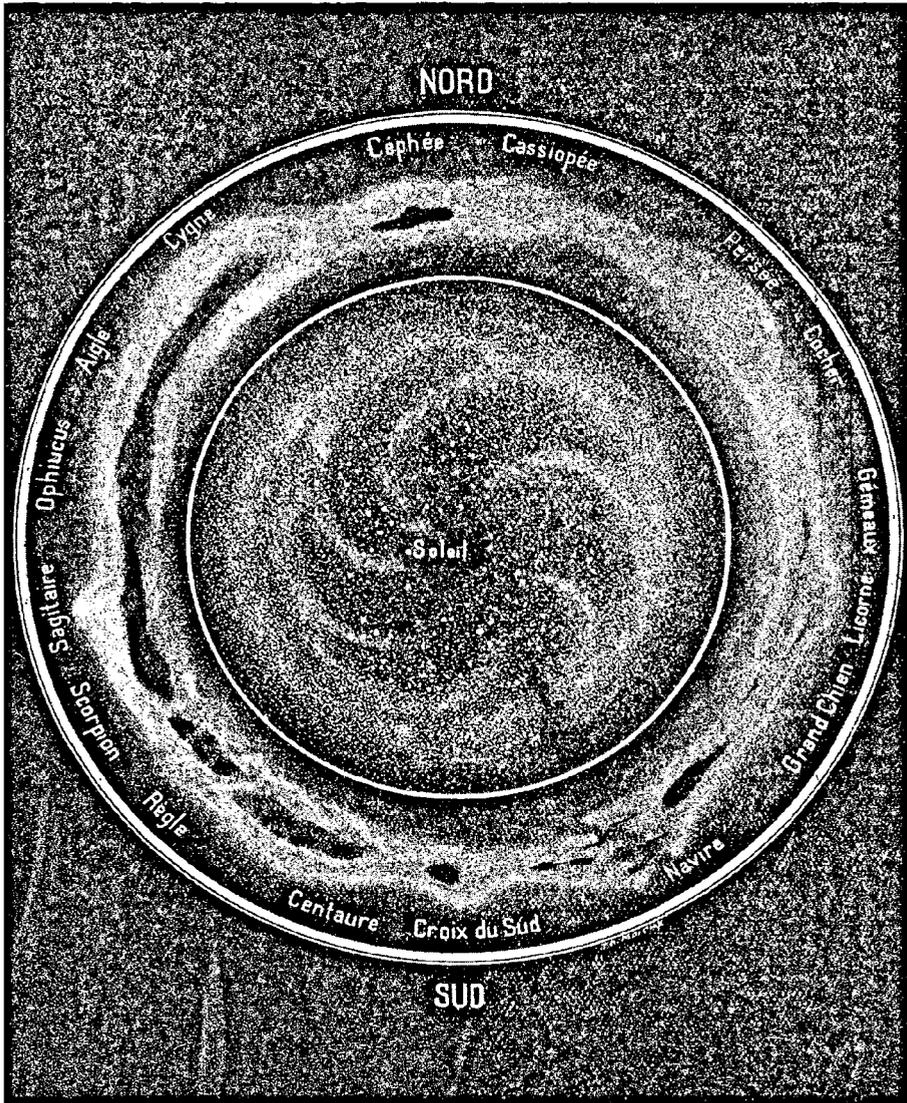
doute d'innombrables soleils noirs. Les nébuleuses, par contre, sont généralement éloignées de cette ceinture où la circulation est de plus en plus encombrée.

Enfin, dernière question, à quelle distance sont les étoiles les plus profondément situées dans cette direction?

Du côté du Cygne, l'ensemble de l'anneau stellaire serait en moyenne à 600 années-lumière, mais du côté opposé dans la direction de la Licorne, le rayon lumineux émané d'une étoile mettrait plus de 1 800 ans pour parvenir jusqu'à nous. Il ne faudrait pas moins de 40 siècles au bas mot à ce même rayon lumineux parti des confins de la Voie lactée pour traverser de part en part ce colossal univers dont fait partie notre Soleil. Un obus lancé à la vitesse de 1 000 mètres par seconde devrait voler pendant 1 200 millions d'années pour accomplir le même trajet.

Ces chiffres sont d'ailleurs bien incertains et ne sont que des minima.

Certaines évaluations basées sur les recherches récentes des mouvements propres des étoiles, conduiraient à admettre que le soleil et tout son système gravitent à 700 ou 800 années-lumières du centre de l'immense anneau galactique. Pour



PLAN DE L'UNIVERS D'APRÈS L'ABBÉ MOREUX.

Le cercle intérieur qui renferme un immense anneau rempli d'étoiles avec des spires dirigées vers le centre donne une idée du plan de l'Univers visible. C'est à l'intérieur de l'anneau que sont les plus gros soleils. Nous occupons une région assez voisine du centre. Pour un spectateur placé près de notre Soleil l'anneau d'étoiles est vu de profil, c'est l'aspect sous lequel nous apercevons la Voie lactée, dont le dessin est donné dans la couronne extérieure : large bande irrégulière avec sa bifurcation, ses déchirures et ses ouvertures sombres.

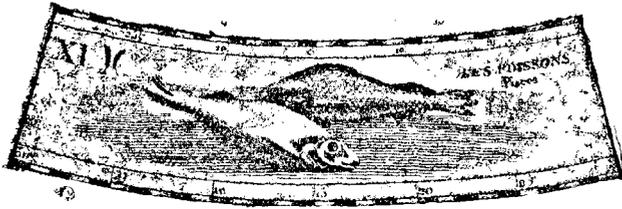
traverser le diamètre de cette ceinture formidable, c'est-à-dire pour parcourir l'univers en entier, et dans cette hypothèse, il faudrait au rayon lumineux un long intervalle de temps compris entre 10.000 ou 15.000 années!

Nous touchons du doigt les dimensions du gigantesque système au sein duquel nous évoluons.

Et maintenant avons-nous atteint les dernières étoiles? nos plaques photogra-

phiques ont-elles jaugé tous les espaces célestes? Derrière les astres dont la lueur phosphorescente palpite faiblement aux profondeurs de la grande spirale galactique, par delà ces couches accumulées de soleils, n'y aurait-il pas d'autres étoiles, d'autres mondes, d'autres univers, d'autres cieux?

Notre science positive s'arrête impuissante, nul ne peut répondre. Cette fois nous voguons en plein mystère.



MARS. — SIGNE DU ZODIACUE : LES POISSONS.

Tableau des Principales Étoiles

DOUBLES OU MULTIPLES

Visibles à l'aide d'instruments de faible ou de moyenne puissance.

Les *étoiles doubles* sont celles qui apparaissent à l'œil nu comme un simple point lumineux, et qu'on aperçoit doubles dans une lunette ou un télescope.

Si l'une des composantes est très faible par rapport à l'autre, elle prend le nom de *compagnon*.

Certaines étoiles apparaissent triples, quadruples, etc., à la lunette

Les *étoiles binaires* sont des étoiles doubles formant un couple mécanique; elles tournent autour de leur centre de gravité commun en un temps appelé *période* que le tableau indique pour chaque cas bien constaté.

Les intervalles sont classés par ordre de distance décroissante.

Les premières sont visibles dans les plus petits instruments; les dernières de la liste doivent être observées avec des lunettes de moyenne puissance.

Toutes ces étoiles sont sur la *Carte céleste* insérée à part dans ce volume.

NOM DE L'ÉTOILE et CONSTITUTION	GRANDEUR des COMPONENTES	Écartement en Secondes	REMARQUES
ε Pégase	2,5 et 9	140"	Etoile triple avec un grand instrument.
ζ Gémeaux	4 et 7	94	Double.
ν Dragon	4,5 et 4,5	62	Double.
δ Céphée	4 et 5	41	Double : Principale variable; compagnon bleu.
π Andromède	4 et 8	36	Double.
15 Aigle	6 et 7	34	Double : Jaune et rouge.
β Cygne	3 et 5,5	34	Double : Jaune d'or et bleue.
π ₁ Petite Ourse	6 et 7	30	Double.
η Persée	4 et 8,5	28	Double : Jaune et bleue.
61 Cygne	5,5 et 6	21	Double : 1 ^{re} étoile dont on ait mesuré la distance
α Pte Ourse (Polaire).	2 et 9	19	Double : Compagnon bleu.
39 Ophiucus	5,3 et 6	18	Double : Orangée et bleue.
ζ Gde Ourse (Mizar).	2 et 4	14	Double : Alcor est à 11' du groupe.
β Céphée	3 et 8	14	Double : Belle étoile avec compagnon bleu.
β Scorpion	2 et 4	13	Double.
κ Bouvier	5 et 7	12,6	Double (près de la Grande Ourse).
ι Orion	3 et 7	11	Double.
γ Andromède	3 et 5	10	Double : Orangée et bleue.
β Orion (Rigel)	1 et 8	9	Double : Compagnon bleu.
γ Bélier	4,5 et 4,5	8,6	Double.
δ Gémeaux	3 et 8	7	Double.

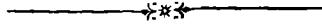
NOM DE L'ÉTOILE et CONSTITUTION	GRANDEUR des composantes	Ecarte- ment en Secondes	REMARQUES
π Bouvier	5 et 6	7	Double.
θ Vierge.	4 et 9	7	Double.
ζ Céphée	5 et 6,5	7	Double.
32 Eridan.	4 et 6	6,7	Double : Jaune et bleu-vert.
α Gémeaux (Castor).	2,5 et 3,5	6	Binaire : Période de 1000 ans environ ; objet magnifique.
ζ Couron. boréale.	4 et 6	6	Double : Blanche et verte.
μ Cygne.	4 et 5	5,6	Double.
γ Vierge.	3 et 3	5	Binaire : Période de 194 ans.
γ Cassiopée	4 et 7,5	5	Binaire : Période de 196 ans ; jaune et rouge pâle.
α Hercule	3 et 6	4,6	Double : Orange et bleu-vert.
17 Hydre.	7 et 7	4,3	Double.
36 Ophiucus	6 et 6	4	Binaire.
70 Ophiucus	4,5 et 6	4	Binaire : Période de 88 ans.
δ Serpent	3 et 4	3,6	Binaire.
γ Lion	2 et 3,5	3,5	Double (magnifique couple céleste).
ξ Bouvier.	4,7 et 6,5	3,2	Binaire : Période de 128 ans.
σ Cassiopée	5,5 et 7,5	3	Double : Champ magnifique avec faible grossissement.
μ Grand Chien.	5 et 8	3	Double : Jaune et bleue.
ϵ } ϵ_1	4,5 et 6,5	3	} ϵ_1 et ϵ_2 sont visibles à l'œil nu, et chaque étoile est double. De là le nom de <i>Double-Double</i> donné à ϵ Lyre ; 3 autres étoiles sont visibles entre les deux couples.
Lyre } ϵ_2	5 et 5,2	2,3	
γ Baleine.	3 et 7	2,6	Double.
ϵ Bouvier	3 et 6,5	2,6	Très belle double ; jaune et bleue.
ξ Grande Ourse	4 et 5	2,5	Binaire : Période de 60 ans.
ι Lion.	4 et 7	2,5	Binaire.
52 Orion	6 et 6	1,5	Double.
π Aigle	6 et 7	1,4	Double.

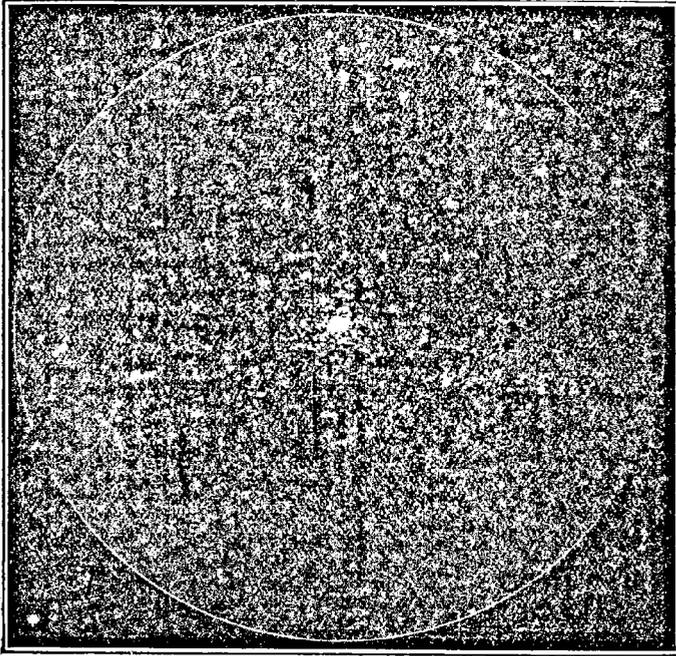
ÉTOILES DIFFICILES

α Lion (Régulus)	1 et 8,5	177	Triple, mais le comp. est difficile à dédoubler.
α Scorpion.	1 et 7	3	Double difficile.
α Taureau (Aldébaran)	1 et 11	109	Double.
α Lyre (Véga)	1 et 10	52	Double.
η Pégase.	3 et 10	90	Double : Compagnon difficile.
ξ Scorpion.	7 ; 5 et 7	»	Étoile triple.
ζ Cancer.	5 ; 5,5 et 5,5	1 et 5,5	Étoile triple.
σ Orion	4 ; 10 ; 7 ; 7,5	»	Étoile quadruple.
θ Orion	»	»	Étoile multiple ; le nombre d'étoiles dépend de l'instrument.

TABLE DES MATIÈRES

	PAGES
I. — L'ÉTUDE DU CIEL	5
II. — NUIT ÉTOILÉE	10
III. — LUNETTES MONSTRES ET TÉLESCOPES GÉANTS	22
IV. — LES RECENSEMENTS DU CIEL	35
V. — LA DISTANCE DES ÉTOILES	46
VI. — LES SOLEILS DE L'ESPACE	57
VII. — LA CHIMIE DES ÉTOILES	70
VIII. — LES SYSTÈMES STELLAIRES	80
IX. — LES ARCHIPELS CÉLESTES.	91
X. — LA NAISSANCE DES MONDES	99
XI. — LA STRUCTURE DE L'UNIVERS	115





AMAS STELLAIRE DANS PÉGASE.

imp. Mauchausat, 46, rue François-Guibert, Paris, XV^e — 1929

