BIBLIOTHÈQUE POPULAIRE

10

MERVEILLES DE LA NATURE

ASTRONOMIE

DESCRIP. DU CIEL

URANOGRAPHIE

OU

DESCRIPTION DU CIEL,

RENFERMANT

un Abrégé de Géographie mathématique et un Traité du Calendrier,

D'APRÈS

ARAGO, BIOT, BOUVARD, FLAMSTEED, FRANCOEUR, HERSCHEL, S.-F. LACROIX, ETC.,

PAR

AJASSON DE GRANDSAGNE.

SUIVI D'UN ARTICLE

SUR LES ÉTOILES DOUBLES,

PAR M. ARAGO,

Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, Membre du Bureau des longitudes, de la Société royale de Londres, etc., etc.

PARIS,

RUE ET PLACE ST.-ANDRÉ DES-ARTS, N. 30.

1834

Liste des Ouvrages de la BIBLIOTHÈQUE POPULAIRE *publiés.*

120 volumes sont en vente.

Notions générales, 1 v.
Méthode de lecture, 3 v.
Dictionnaire français, 6 v.
Grammaire française, 1 v.
Logique populaire, 1 v.
Sagesse populaire, 1 v.
Prosateurs français, 1 v.
Poètes français, 2 v.
Théorie des calculs, 3 v.
Traité de physique, 3 v.
Merveilles de la nature, 1 v.
Météorologie, 1 v.
Physique végétale, 1 v.
Médecine domestique, 1 vol.
Histoire d'Allemagne, Suisse et Pays-Bas, 1 v.
Histoire de Prusse, 1 v.
— des Israélites, 1 v.
— de Russie, 1 v.
— des Croisades, 1 v.
— de Paris, 2 v.
Etablissemens des Européens aux Indes, 1 v.
Arithmétique, 2 v.
Géométrie, 2 v.
— descriptive.
Jardinier maraîcher, 1 v.
Droits et devoirs municipaux, 2 v.
Traité d'agriculture, 1 v.
— de numismatique.
— de musique.
Instinct des animaux, 1 v.
Histoire des mammifères, 2 v.
Ornithologie, 1 v.
Histoire naturelle des reptiles, 1 v.
Géographie générale, 2 v.
— d'Europe, 2 v.
— de France, 1 v.
— historique du Brésil, 2 v.
Chronologie, 1 v.
Histoire de la Grèce, 1 v.
— des Empereurs, 1 v.
— de France, 21 v.
Campagne d'Italie, 1 v.
— d'Egypte et de Syrie, 1 v.
— d'Austerlitz, 1 v.
— d'Espagne et de Portugal, 1 v.
Histoire de Napoléon, 2 v.
Mythologie grecque et rom., 1 v.
Hygiène, 1 v.
Mécanique, 1 v.
Simples vérités, 1 v.
Histoire des pêches, 1 v.
— du Portugal, 1 v.
Révolutions de Perse, 1 v.
Campagne de Saxe, 1 v.
Publicistes, 2 vol.
Chimie, 2 vol.
Astronomie, 1 v.
Anatomie humaine, 1 v.
Atlas hist. de France, 3 parties.
Art de parler et d'écrire.
Archéologie, 2 v.
Histoire d'Angleterre, 4 v.
— naturelle des poissons.
— des insectes et mollusques, 2 v.
Tableau chron. de la Rév. franç.
Constitutions et Chartes.
Description du ciel, 3 v.
Table des logarithmes.

IMPRIMERIE DE G.-A. DENTU,
Rue d'Erfurth, 1 *bis*.

PRÉFACE.

Il est sans doute inutile de dire qu'en composant ce petit ouvrage nous avons fait abnégation de toute prétention scientifique. Loin d'aspirer à étendre le domaine de l'uranographie *, nous n'avons pas même voulu en présenter l'ensemble complet et régulier. Notre but est tout simplement d'initier nos lecteurs à ces hautes connaissances qu'on est trop enclin à regarder comme l'apanage exclusif de quelques intelligences privilégiées. Il est en effet bien plus commode pour notre paresse de rejeter comme inaccessible une étude qui nous coûterait quelque travail que d'éprouver si elle est réellement au-dessus de notre portée. Pour nous, sans admettre que tous les esprits sont de même trempe et sont également propres à tout, nous sommes persuadé que les différences ne sont pas aussi tranchées qu'on le croit généralement, et nous pensons que les idées, même les plus

* Mot dérivé du grec et qui signifie description du ciel, de *ouranos*, ciel, et *graphein*, décrire.

relevées, peuvent être saisies par le plus grand nombre des hommes, pourvu que l'écrivain sache modifier, suivant le genre et le degré d'aptitude de chacun, l'ordre dans lequel il les présente et l'expression dont il les revêt. Aussi nous sommes-nous permis des répétitions, afin que ce qui, présenté sous un point de vue, exprimé d'une certaine façon, n'aurait pas été compris par quelques lecteurs, frappât leur attention et entrât dans leur esprit sous une autre forme. Mais nous n'avons point esquivé les questions difficiles; nous avons pénétré au cœur de la science, du moins autant que nous le permettaient l'étendue et la matière de cet ouvrage.

Toutefois, n'ayant à exposer que des notions positives et qui ne peuvent plus être l'objet d'aucune discussion, nous n'avons pas craint de faire de nombreux emprunts aux pères de la science sans substituer une rédaction nouvelle à celle des savans à qui nous les avons faits. Il eût été absurde de notre part de prétendre exprimer les idées des Herschel, des Flamsteed, des Francœur, des Arago, des Biot, des Lacroix, mieux qu'ils ne l'ont fait eux-mêmes. Ainsi tout le mérite de cet opuscule appartient aux hommes justement célèbres que nous venons de nommer. Si dans nos mains leur enseignement a perdu quelque chose de son élégance, la faute en est à nous, et peut-être aussi au peu d'espace qu'il nous était permis de remplir.

Nous devons avertir aussi que la lecture de ce petit traité exige des connaissances préliminaires que nous ne pouvions y faire entrer sans encombrer un cadre déjà fort étroit et sans répéter des choses déjà dites dans plusieurs volumes de la *Bibliothèque populaire*. Au reste, on trouvera ces connaissances préliminaires dans les ouvrages de *géométrie*, de *géométrie descriptive*, d'*arpentage* et d'*astronomie*, qui font partie de cette collection.

D'ailleurs, les personnes qu'ennuieraient les détails donnés dans le premier volume pourront passer immédiatement, soit au Traité du Calendrier, soit au troisième volume, sauf à revenir sur leurs pas et à approfondir plus tard les principes exposés dans les deux premières parties.

Nous nous bornerons à expliquer ici quelques signes abréviatifs.

La lettre h signifie *heure*, m *minute*, s *seconde*. On emploie aussi, pour exprimer les divisions du temps, les mêmes signes que pour exprimer les divisions de l'espace sur un cercle. Ainsi, le signe ′ indique également la minute, 60e partie d'une heure, et la minute, 60e partie d'un degré; le signe ″ indique les secondes, le signe ‴ les tierces, soit qu'on emploie ces mots pour désigner des mesures de temps, c'est-à-dire des parties d'heure et de minute, ou des mesures d'espace, des parties de cercle, de degré et de minute.

Ainsi on exprimerait donc 2 *heures* 5 *mi-*

nutes 27 *secondes* 3 *tierces* des deux manières suivantes :

2 h. 5 m. 27 s. 3 t. *ou* $2^{h.}\ 5'\ 27''\ 23'''$

et 2 *degrés* 5 *minutes* 27 *secondes* 3 *tierces de* CERCLE s'exprimeraient :

$$2^{\circ}\ 5'\ 27''\ 3'''.$$

Rappelons aussi la valeur de quelques signes mathématiques qui se trouvent dans le cours de l'ouvrage, quoique nous les ayons déjà fait connaître ailleurs :

$+$ signifie *plus*... $4 + 2$ (4 plus 2).

$-$ signifie *moins*... $4 - 2$ (4 moins 2).

$\times$ signifie *multiplié par*... 4×4 (4 multiplié par 4).

$=$ signifie *égal*... $2 + 2 = 4$ (2 plus 2 égal 4).

— entre deux nombres indique que celui qui est au-dessus doit être divisé par celui qui est au-dessous $\frac{4}{2}$ (4 divisé par 2).

AJASSON DE GRANDSAGNE.

Paris, juillet 1834.

URANOGRAPHIE

OU

DESCRIPTION DU CIEL.

PREMIÈRE PARTIE.

Après le spectacle d'un beau jour, en est-il de plus imposant que celui d'une belle nuit, lorsque le ciel sans nuage nous découvre ses plaines azurées où l'or semble mêler son éclat aux diamans dont elles sont semées? Que le manteau de la nuit est riche et pompeux! Sous cet aspect elle n'a rien d'affreux ; elle était même une divinité; elle répand sur son passage une rosée bienfaisante qui abreuve les fleurs, les feuilles et les plantes desséchées par l'ardeur du jour, et elle entretient dans l'air cette douce humidité nécessaire à la végétation. Elle est comme la mesure du sommeil de la nature; elle étend un voile sur l'homme et sur les animaux pendant leur repos, qu'elle environne d'un majestueux silence. A l'ombre de ses ailes, tout ce qui respire sur la terre, dans les airs, dans les eaux, se délasse des travaux du jour ou se livre aux plaisirs de l'amour. Ses ténèbres ne sont point celles du chaos, car elle a sa lumière, son ordre et son harmonie qu'on admire et qui ne le cède qu'à celle du jour.

Ce n'est point, il est vrai, cet éclat éblouissant du soleil qui fait tout disparaître, excepté lui, dans les cieux, et nous découvre tout sur la terre; la nuit, au contraire, nous cache la terre, et veut que nous ne soyons plus occupés que du spectacle des cieux, dont, sans elle, les astres brillans nous seraient inconnus.

C'est donc quand le soleil aura disparu sous l'horizon, quand la nuit aura étendu son voile sur la voûte céleste, que nous pourrons nous livrer à la science qui nous intéresse. Que de charmes dans l'étude de ces étoiles, soleils lointains dont l'énorme distance fait la petitesse apparente! que de charmes dans l'étude de ces groupes où l'imagination des peuples crut tantôt lire les destinées du genre humain, tantôt voir l'image des hommes que l'apothéose avait transportés au ciel et rangés parmi les dieux!

CHAPITRE Ier.

Du Mouvement diurne des Étoiles.

La première impression produite par l'aspect du mouvement *diurne* ou *journalier* du ciel (du mot latin *diurnus*, qui dure un jour, c'est-à-dire une nuit et un *jour* proprement dit) porte à conclure que tous les corps célestes accomplissent leur révolution dans une commune période dont la durée est d'un *jour* ou de 24 heures. Mais si nous observons, avec des *instrumens précis*, les passages successifs des astres au-dessus de notre tête, nous trouvons des différences qui ne peuvent être imputées à des erreurs d'observation. Toutes les étoiles, il est vrai, mettent le même intervalle de temps entre leurs passages successifs par le *méridien*, ou par tout autre plan vertical; mais cet intervalle n'est pas celui de deux passages consécutifs du soleil; il se trouve sensiblement plus court, n'étant que de 23 h. 56′ 4″, au lieu de 24 heures telles que les marquent nos horloges ordinaires. Nous sommes amenés de la sorte à distinguer deux jours différens, un jour *sidéral* (du mot latin *sidus, sideris,* astre, étoile, mot qui a donné l'adjectif français *sidéral*) et un jour *solaire*; et si, au lieu du soleil, nous observions la lune, nous trouverions un troisième jour beaucoup plus long que les deux autres, puisque sa durée moyenne serait de 24 h. 54′, comptées en temps ordinaire, c'est-à-dire en temps *solaire*, attendu qu'il a bien fallu accommoder le temps aux réapparitions du soleil, puisque toutes les relations de la vie sont liées aux retours successifs de cet astre.

En nous conformant aux apparences, supposons pour un moment que (fig. 1) la terre soit en S, le soleil en T, une étoile en Z, située à midi dans le même plan vertical ou méridien que le soleil; puis supposons que l'étoile et le soleil marchent vers le couchant ou *dans le sens de la flèche;* l'étoile sera revenue à son point de départ (en 23 h. 56′ 4″), tandis que le soleil ne sera encore arrivé qu'en B. Il lui faudra encore 3′ 56″, ou 24 h., pour achever son cercle et correspondre au même point T. Nous verrons plus tard, et nous l'avons déjà dit dans l'*Astronomie,* que c'est la rotation (tournoiement, roulement) de la terre sur son axe (pour ainsi dire sur son essieu) et sa progression (sa marche) en sens inverse de la flèche qui produit ces apparences. Il faudrait, pour être dans le vrai, mettre la terre en T, le soleil en S, en laissant l'étoile en Z (fig. 2).

Et comme toutes les étoiles s'accordent unanimement à assigner au jour sidéral exactement la même durée de 23 h. 56′ 4″, comme elles reviennent toutes les 23 heures 56 minutes 4 secondes correspondre au même point du ciel, nous ne saurions hésiter à regarder cette période comme celle d'une révolution de la terre autour de son axe. Si le soleil et la lune font exception à cette loi générale, c'est que leur nature est différente, ou qu'ils ont avec nous d'autres relations que les étoiles.

La *culmination* (du latin *culmen, culminis*, faite, sommet, le point le plus élevé) ou *passage* de chaque étoile au méridien de l'observateur est l'un de ces phénomènes qu'on nomme régulièrement périodiques : aussi les astronomes font-ils choix des passages des étoiles fixes les plus brillantes et les plus convenablement placées, pour s'assurer de la mesure du temps, ou, ce qui revient au même, pour s'assurer de l'exactitude de leurs horloges.

Comme les étoiles sont *fixes* et que c'est le mouvement de notre planète qui produit l'illusion du mouvement de l'ensemble de la voûte étoilée, le mot de *passage au méridien* n'est pas exact, puisque les étoiles *ne viennent pas* percer le plan du méridien, et que c'est au contraire le plan du méridien du lieu où s'est placé l'observateur qui va trouver successivement toutes les étoiles dans l'espace d'une révolution diurne ou d'un jour.

CHAPITRE II.

Des Instrumens nécessaires pour les observations astronomiques.

Ce n'est pas tout de reconnaître en général les phénomènes que la nature nous présente, il faut en déterminer les circonstances d'une manière rigoureuse, et les fixer avec assez de précision pour qu'il n'y reste plus rien d'arbitraire. Nous sommes alors forcés de recourir aux procédés rigoureux et aux instrumens précis que les astronomes emploient.

Les instrumens d'astronomie peuvent se diviser en deux classes : les instrumens *optiques* qui servent à perfectionner la vision, les *horloges* qui servent à mesurer le temps.

Les horloges sont *sexagésimales* ou *décimales*, selon la division de leur cadran. Dans les horloges *sexagésimales* (dont le cadran est divisé en 60 parties ; du mot latin *sexaginta* soixante, et *sexagesimus* soixantième) une des aiguilles fait le tour entier du cadran en soixante *pas ;* on la nomme *aiguille des secondes*. La réunion de soixante oscillations ou secondes forme ce qu'on appelle une *minute*. Il y a pareillement une *aiguille des minutes*; celle-ci fait un pas sur le cadran, pendant que l'aiguille des secondes fait son tour entier ou fait la soixantième partie du chemin de l'aiguille des secondes. Enfin, la réunion de 60 minutes forme ce qu'on appelle une *heure*. Il y a aussi une *aiguille des heures* qui fait un pas sur le cadran, pendant que l'aiguille des minutes fait un tour entier; de cette manière, l'*heure sexagésimale* contient 60 *minutes* ou 3600 *secondes*. On comprend que les dénominations d'*heures*, *minutes*, *secondes*, sont tout à fait arbitraires, qu'elles n'indiquent pas des mesures absolues de temps, mais des mesures relatives à la durée des oscillations du pendule ou balancier qui fait marcher l'horloge; durée qui est différente, selon la longueur de ce pendule. Cependant les habitudes nées de nos besoins ont introduit à cet égard des usages généraux dont on s'écarte peu. Les horloges sexagésimales sont toujours réglées de manière à marquer à peu près 24 heures dans l'intervalle d'un jour et d'une nuit; alors les heures deviennent des périodes de temps communes à toute la société et en rapport avec ses besoins et ses travaux.

L'introduction si avantageuse du système décimal dans toutes les mesures a donné naissance aux *horloges décimales*. Dans celles-ci, l'intervalle entier d'un jour et d'une nuit est divisé en 10 heures (de *decimus*, dixième, d'où le nom d'*horloges décimales*), l'heure en 100 minutes, la minute en 100 secondes. Il y a de même une aiguille pour chacun de ces systèmes de divisions, et le cadran est divisé en conséquence. On voit ainsi que 10 heures décimales répondent à 24 heures sexagésimales; et généralement il est très-facile de convertir un nombre quelconque d'heures, minutes et secondes, d'une de ces divisions dans l'autre.

Quant à la valeur absolue de ces divisions, le ciel offre, comme on le verra tout à l'heure, des moyens très-précis pour la déterminer et la fixer. Notre but ici était seulement de considérer les horloges à pendule * comme un moyen exact d'obtenir des intervalles de temps égaux, indépendamment des durées absolues de ces intervalles.

Si l'application du pendule aux horloges a été d'un grand secours pour l'astronomie, l'invention des *lunettes* ne lui a pas été moins utile, surtout depuis que l'on a imaginé de les adapter à des *limbes circulaires*, ou cercles plats de métal, sur lesquels on a gravé des divisions. Toute l'exactitude des observations modernes est due à la réunion de ces deux procédés.

Il n'entre pas dans notre plan de donner beaucoup de détails sur la théorie et la construction des lunettes ; nous nous bornerons aux notions indispensables pour l'intelligence des observations.

Les *lunettes astronomiques* sont composées de deux *verres convexes* ou *bombés* (*lentilles*) placés aux deux bouts d'un tube cylindrique ou tuyau ; le verre qui est du côté de l'astre ou de l'*objet* que l'on observe se nomme *objectif*, celui qui est à l'extrémité de la lunette, du côté où l'on applique l'œil, se nomme *oculaire* (du mot latin *oculus*, œil).

Les lunettes font voir les objets plus nettement, en les faisant voir amplifiés ou grossis. Cette propriété tient à leur construction, mais nous la prendrons seulement ici comme un fait dont tout le monde peut s'assurer

Lorsqu'on regarde le ciel à travers une lunette, le petit espace que l'on découvre est exactement circulaire (ou rond) ; cet espace se nomme *le champ de la lunette*.

---

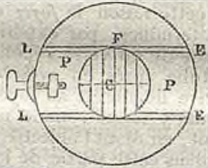
* Il est inutile sans doute de dire que le *pendule* est la tige métallique qui porte *la lentille* dont les oscillations (mouvement de *va-et-vient*) règlent la marche des horloges. Beaucoup de personnes qui désignent une *horloge* par le nom de *pendule* donnent le nom de *balancier de pendule* à ce que ici nous nommons *pendule* (du mot latin *pendulus*, qui pend, qui est suspendu.)

Comme la vision devient défectueuse vers les bords de l'objectif, on place ordinairement, dans la lunette, un anneau circulaire et noirci, percé, à son centre, d'une petite ouverture qui ne laisse passer que les rayons voisins de l'axe ou centre de l'objectif; cet anneau s'appelle un *diaphragme*. On peut augmenter ou diminuer le champ de la lunette en donnant au diaphragme une ouverture plus ou moins grande.

Il y a dans l'intérieur des lunettes, un espace où les objets extérieurs viennent se peindre en petit, avec beaucoup de netteté, et que l'on nomme pour cette raison le *foyer* de la lunette. On peut le déterminer, par expérience, en plaçant dans la lunette un verre dépoli, et regardant à travers le tube après en avoir ôté l'oculaire. Lorsque le verre dépoli est au foyer, l'image des objets extérieurs y forme comme une miniature; réciproquement, en ôtant l'objectif, les plus petits objets placés dans cette partie de la lunette peuvent toujours être vus à travers l'oculaire d'une manière très-distincte.

On place ordinairement au foyer des lunettes astronomiques des fils d'une finesse extrême, et qui, vus à travers l'oculaire, semblent partager le champ de la lunette en plusieurs intervalles égaux. Ces fils servent à déterminer la position précise des astres que l'on observe, à l'instant où ils s'éclipsent en passant derrière chacune de ces lignes. Pour que les fils restent toujours fixes et bien tendus, on les applique sur une plaque métallique percée en forme de diaphragme, que l'on fixe dans l'intérieur de la lunette par le moyen d'une vis latérale, après avoir déterminé auparavant, par des essais, le point où il faut la placer, pour que les astres et les fils soient vus à travers l'oculaire avec une égale netteté. L'appareil de ces fils, ainsi disposés, se nomme un *micromètre*. L'oculaire et l'objectif des lunettes astronomiques sont ordinairement portés sur des tuyaux mobiles, qui peuvent s'enfoncer plus ou moins dans le tuyau principal de la lunette (à la manière des tubes d'une lorgnette de spectacle) pour donner à l'observateur la facilité de régler, conformément à sa vue, la distance des verres entre eux et par rapport aux fils du micromètre. Il faut toujours profiter de ce moyen pour enfoncer l'oculaire au point convenable, de manière que l'image de chaque fil soit parfaitement distincte, unique et bien terminée.

Il y a plusieurs espèces de micromètres; le plus simple et le plus en usage est celui que représente la figure ci-après :



Il est composé de cinq fils parallèles et d'un sixième qui les coupe à angles droits par le milieu; la plaque qui porte les fils est mobile dans la coulisse EL, EL, au moyen d'une vis V. Lorsque le micromètre est placé, on pratique dans le tuyau de la lunette une ouverture qui permet de faire marcher la plaque P P et les fils qu'elle porte, jusqu'à ce qu'on ait amené le centre C des fils *dans l'axe optique* de la lunette, c'est-à-dire sur la ligne qui va du centre de l'oculaire au centre de l'objectif. Quelquefois le micromètre (fig.3) est composé seulement de deux fils parallèles AB, CD, l'un fixe, l'autre mobile par le moyen d'une vis qui l'approche ou l'éloigne du premier; un troisième fil EM croise les deux autres à angles droits. Cet appareil sert pour mesurer les diamètres apparens des astres : il est représenté dans la figure 3 avec le disque d'une planète sur le bord supérieur de laquelle on a descendu le fil, qu'on a représenté en ponctué dans cette seconde position.

Il y a encore plusieurs autres espèces de micromètres; mais ils sont d'un usage beaucoup moins général que les précédens.

Tels sont les principes généraux qui font l'essence des lunettes astronomiques. En appliquant ces instrumens à des limbes circulaires exactement divisés, on en a formé un grand nombre d'instrumens, mais dont nous ne parlerons pas. On emploie aussi, en astronomie, une autre classe d'instrumens d'optique, que l'on nomme des *télescopes à miroir*, et dans lesquels les rayons lumineux sont réunis par la reflexion sur un miroir métallique concave (creux); au lieu de l'être, comme dans les lunettes, par la *réfraction* dans un objectif de verre. (Voy. le volume de la *Physique*.) Le miroir des télescopes les rend nécessairement volumineux, et ne permet pas de les appliquer à des limbes gradués. Aussi les emploie-t-on seulement pour les observations où la mesure des angles n'est pas nécessaire : par exemple, pour examiner le disque des planètes, celui de la lune, pour observer les éclipses, et généralement tous les phénomènes célestes qui consistent en une simple apparition. Dans ces différens cas les télescopes ont de grands avantages sur les lunettes, parce qu'ils ne décomposent point la lumière, et aussi parce qu'on peut leur appliquer un grossissement plus fort, sans nuire à la netteté.

Avant d'entrer dans de plus grands détails sur les instrumens, nous devons donner la définition de quelques termes techniques dont il est important de bien connaître la valeur.

CHAPITRE III.

Définition des principaux termes.

On a vu dans le volume d'*Astronomie* et dans celui de la *Géographie générale* ce que c'est que l'*axe* de la terre, espèce d'*essieu* imaginaire, ou ligne mathématique autour de laquelle tourne notre globe; ce que c'est que les *pôles* de la terre. Nous en reparlerons plus loin.

On a vu aussi que la *sphère céleste* ou *sphère des etoiles* est une surface sphérique ou ronde, mais imaginaire, d'un rayon infini, ayant pour centre le centre même de la terre, ou, ce qui revient au même, l'œil du spectateur placé en un point quelconque de la surface terrestre; car notre planète est si petite, comparativement à la sphère céleste, qu'on peut, sans erreur sensible, la considérer comme un point mathématique qui n'a aucune dimension.

Le mouvement diurne de la terre semble faire décrire à tous les astres des cercles parallèles entre eux, qui ont tous par conséquent pour axe ce même axe de la terre qu'on appelle alors l'*axe* du monde, et les deux *pôles* de ces cercles sont aussi les *pôles du monde*, c'est-à-dire les deux points où l'axe de la terre, suffisamment prolongé, perce la sphère céleste. Le pôle qui est dans la partie du ciel visible pour les peuples de l'Europe se nomme *pôle septentrional*, *arctique* ou *boreal*; et le pôle qui lui est opposé s'appelle *méridional*, *antarctique* (opposé à l'*arctique*) ou *austral*. Nous allons traiter en particulier de chaque cercle de la sphère.

L'HORIZON est un plan qui divise, qui coupe la sphère céleste ou l'univers en deux parties égales; l'une est sous nos yeux tandis que l'autre est cachée par rapport à nous. La première est appelée *hémisphère* (demi-sphère) supérieur; la seconde, *hémisphère* inférieur, parce que la première est au-dessus de la seconde. L'hémisphère supérieur est donc cette partie du ciel, cette voûte que nous voyons, et l'hémisphère inférieur est l'autre partie que nous ne pouvons apercevoir à cause de la terre qui la dérobe à nos yeux; enfin, ce plan, en coupant la sphère céleste, détermine un cercle immense qu'on appelle *cercle de l'horizon*, ou *horizon* tout simplement.

L'horizon sert à déterminer le lever et le coucher des astres; car lorsque le soleil, par exemple, apparaît sur l'horizon, on dit qu'il se lève; il se couche quand il disparaît au-dessous. On distingue deux sortes d'horizons, le *rationnel* et le *sensible*.

L'horizon *rationnel* ou *mathématique* est celui qui passe par le centre de la terre, et qui, par conséquent, divise la sphère en deux parties entièrement égales, en supposant que la terre soit au centre du monde. Soit le cercle ABQ (fig. 4), la terre vue de profil, M son centre; soit un spectateur au point A : *l'horizon rationnel* de cet observateur sera un plan qui coupera la terre suivant la ligne CD, passant par le centre M, et perpendiculaire à la ligne A M, direction d'un fil à plomb que l'observateur tiendrait à sa main.

L'horizon *sensible*, que l'on appelle aussi *horizon apparent*, est un plan H O (*même figure*) que l'on suppose toucher la surface de la terre, parallèlement à l'horizon rationnel C D. Les parties dans lesquelles cet horizon divise la sphère céleste sont inégales, en parlant à la rigueur; mais cependant on peut les considérer comme sensiblement égales; car, quoique le rayon A M, ou le demi-diamètre de la terre, qui est la distance entre l'un et l'autre horizon, contienne environ 1500 lieues, cependant cette différence devient insensible, et doit être regardée comme nulle. On conçoit qu'il y a une infinité d'horizons rationnels et sensibles; car si le spectateur passe au point B, son horizon rationnel devient E F et l'autre R Z, représentés par des lignes ponctuées.

L'horizon, soit rationnel, soit sensible, se partage, pour chaque observateur, en deux moitiés, dont l'une est appelée *l'horizon oriental* et l'autre *l'horizon occidental*, parce que la première est à l'orient et l'autre à l'occident du méridien, cercle dont nous parlerons bientôt.

Il y a encore une autre espèce d'horizon qu'on peut appeler *visible* : ce n'est autre chose que l'étendue de la terre ou de la mer que chacun peut voir en regardant autour de soi autant que la vue peut s'étendre ; la grandeur de cet horizon visible n'est pas toujours la même, car il est évident que plus le spectateur sera élevé, plus cet horizon sera grand. Si, par exemple, il est sur le sommet d'une haute montagne, il découvrira une plus grande étendue de pays que s'il était vers le pied : son horizon visible sera agrandi.

L'axe de notre horizon est une ligne droite que l'on conçoit passant par le point du ciel qui est directement au-dessus de nous, et par celui qui lui est diamétralement opposé, lequel répond à nos antipodes ; le premier point est appelé *zénith*, et le second *nadir :* ce sont deux termes qui nous viennent de l'arabe. Cet axe passe aussi par le centre de la terre. Ainsi, en reprenant la fig. 4, la ligne AM du fil à plomb, prolongée au-dessus de A, donne le zénith ; et, prolongée en sens contraire, par M, vers Q (antipode du spectateur placé au point A), elle donne le nadir.

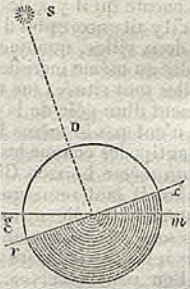
Du Méridien. — Le *méridien terrestre* d'un point situé à la surface de la terre est un grand cercle passant par les deux pôles et par ce point. Si le plan de ce cercle est prolongé jusqu'à la sphère céleste, il déterminera le *méridien céleste* du même lieu de la terre. Quand on parle du méridien d'un spectateur, on entend le méridien céleste, cercle vertical passant par les deux pôles du ciel.

Quand on parle du méridien, souvent on confond le *plan* avec le cercle que détermine ce plan, en coupant, soit la surface sphérique *solide* de la terre, soit la surface imaginaire de la sphère céleste. Le cercle est la *ligne* proprement dite, et non la *surface circulaire* et *plane* qu'elle renferme.

Le *plan du méridien* est le plan de ce cercle : son intersection avec l'horizon sensible du spectateur se nomme une *ligne méridienne* qui détermine, par ses extrémités, les points *nord* et *sud* de l'horizon.

Le méridien est donc un grand cercle de la sphère dont le plan passe par les deux pôles du monde (par l'axe du monde conséquemment), par le zénith et le nadir, et qui divise la sphère en deux hémisphères, dont l'un est appelé *oriental* et l'autre *occidental*. Le méridien est perpendiculaire à l'horizon, puisqu'il passe par le zénith et le nadir, qui sont les pôles du cercle de l'horizon. On a inventé le méridien pour déterminer le milieu de la course des astres sur l'horizon. Or il est évident qu'il peut servir à cet usage, puisqu'il divise la sphère en deux parties égales, dont l'une est *orientale* et l'autre *occidentale*. Ce cercle est nommé *méridien* (du latin *meridies*, midi, milieu du jour), parce que, quand le soleil y est parvenu, il est *midi* pour tous ceux qui ont le même méridien, ou plutôt pour le même demi-méridien ; car alors il est minuit pour ceux qui sont sous le demi-méridien opposé. Or il faut concevoir que ces deux demi-méridiens sont séparés l'un de l'autre par un grand cercle, au pôle duquel se trouve le soleil quand il répond au méridien, et que, par conséquent, ce grand cercle est différent de l'horizon, à moins que le soleil ne soit au zénith de l'observateur.

Rendons ceci plus sensible par une figure.



Soit un observateur placé au point D sur la terre vue de profil; soit le cercle D*grmx* le cercle du méridien de cet observateur, vu de plat ; soit S le soleil, que nous supposons arrivé dans le plan du même méridien : *g m* sera l'horizon rationnel de l'observateur D, et *r x* sera l'autre plan dont nous parlions tout-à-l'heure. Ce n'est donc pas pour le demi-méridien inférieur *g r m* qu'il est minuit, tandis qu'il est midi pour *g* D *m ;* mais bien pour le demi-méridien *r g* D *x* qu'il est midi, tandis que *r m x* a minuit.

De ce que le méridien passe par les pôles du monde, il s'ensuit qu'un homme qui va droit d'un pôle de la terre à l'autre, répond toujours au même méridien, comme ferait une mouche qui, en suivant la ligne de séparation de deux côtes d'un melon, irait de la queue à la place où se trouvait la fleur de ce légume. Mais si l'homme avance selon toute autre direction, par exemple à l'Orient ou à l'Occident, vers la droite ou la gauche, il change alors de méridien. Il y a donc cette différence entre l'horizon et le méridien, qu'un homme change toujours d'horizon lorsqu'il va d'un endroit dans un autre quelconque sensiblement éloigné du premier, mais qu'il ne change de méridien que quand il avance vers l'Orient ou vers l'Occident.

On voit donc encore qu'il y a des méridiens sans nombre, quoiqu'il y ait encore plus d'horizons que de méridiens ; car deux villes, quoique très-éloignées, peuvent répondre au même méridien : c'est ce qui arrive quand elles sont situées sur une même ligne qui va directement d'un pôle de la terre vers l'autre ; mais elles n'ont pas le même horizon, hormis qu'elles soient antipodes comme les points A et Q, fig. 4, qui ont un même horizon CD, mais pris sur les faces opposées. Il faut remarquer que tous les méridiens se coupent aux pôles du monde, et que, par conséquent, ils sont d'autant moins distans les uns des autres qu'ils approchent davantage de ces pôles. C'est ce que l'on peut observer dans les cartes géographiques où sont représentés les méridiens terrestres, qui répondent aux méridiens célestes, comme nous l'avons dit.

Quoiqu'il y ait plusieurs méridiens (et même une infinité) dans la sphère céleste, cependant il n'y en a qu'un pour chaque lieu; c'est celui qui passe par le zénith et par le nadir, et que l'on appelle pour cela le *méridien du lieu*, ou simplement le *méridien*.

Les pôles du méridien se nomment *l'orient* et *l'occident vrais*; c'est-à-dire les points dans lesquels le soleil se lève et se couche à l'époque de l'équinoxe, ce qui arrive quand le jour est égal à la nuit : or, le jour est égal à la nuit lorsque le soleil, par son mouvement *diurne* ou *journalier*, semble parcourir le cercle équinoxial ou l'équateur dont nous allons parler. (Souvenons-nous que ce n'est pas réellement le soleil qui tourne autour de la terre.) Ces pôles du méridien se trouvent dans le plan de l'horizon; ils sont situés sur la ligne menée dans le plan de l'horizon, perpendiculairement à l'axe du monde. Il y a deux autres points remarquables de l'horizon et déterminés par le méridien; savoir : ceux de l'extrémité de la ligne suivant laquelle ces deux cercles se coupent; celui qui est du côté du pôle septentrional s'appelle le *nord* ou le *septentrion*; on nomme l'autre le *sud* ou le *midi*.

L'ÉQUATEUR — *L'équateur terrestre* est un grand cercle de la surface de la terre dont tous les points sont à égale distance de ses pôles, et qui la partage en deux hémisphères, *nord, boréal* ou *septentrional*, et *sud, austral* ou *méridional*, dont chacun a pour centre le pôle de même nom, c'est-à dire que l'hémisphère nord a pour centre le pôle nord, etc. Si l'on tourne une boule entre les deux pointes d'un tour et qu'on appuie à égale distance des deux pointes du tour (sur le milieu de la boule) l'angle d'un ciseau, le cercle décrit représenterait l'équateur, et les deux petits trous faits par les pointes du tour seraient les pôles. Les pôles du ciel sont les points de la sphère céleste vers lesquels se dirige la ligne ou axe qui passe par les deux pôles terrestres. Le plan de l'équateur est perpendiculaire à cet axe de la terre et le coupe perpendiculairement par son centre. *L'équateur céleste* est un grand cercle de la sphère déterminé par le plan de l'équateur terrestre, lorsque l'on conçoit ce plan étendu jusqu'à la région des étoiles. Les astronomes l'appellent encore *cercle équinoxial*. On appelle ce cercle *équateur* (du latin *æquare*, égaler), par la raison que, quand le soleil paraît se mouvoir dans le plan de ce cercle, le *jour* est *égal* à la *nuit*; ce qui arrive deux fois l'année; savoir, vers les 21 mars et 23 septembre. Les points auxquels l'équateur coupe l'horizon s'appellent l'*est* ou l'*orient* (le *levant*) vrai, et l'*ouest* ou *occident* (le *couchant*) vrai. Ces points sont les mêmes que les pôles du méridien.

On voit, par la définition de l'équateur, qu'il n'y en a qu'un, et qu'il est coupé perpendiculairement par tous les méridiens, puisque tous les méridiens passent par ses pôles. On peut s'en assurer en faisant passer, par les deux pôles de la boule dont nous parlions, des cercles méridiens. (Voyez la figure page 27.)

Latitude. Les anciens connaissaient une plus grande étendue de pays d'occident en orient que du midi au nord; car ils jugeaient la zône torride et les zônes glaciales inhabitables : voilà pourquoi ils ont appelé la première dimension *longitude* (du latin *longitudo*, longueur), et l'autre *latitude* (de *latitudo*, largeur), parce que la plus grande des deux dimensions d'une surface est appelée *longueur*, et que l'autre se nomme *largeur*.

La latitude d'un lieu de la surface de la terre est donc sa distance à l'équateur, mesurée sur le méridien terrestre de ce même lieu. On la compte en degrés, minutes et secondes, de 0 à 90°, en allant vers le pôle nord ou vers le pôle sud, selon l'hémisphère où ce point est placé, comme M et M', figure de la page 27. Ainsi l'observatoire de Paris est à 48° 50′ 14″ de latitude nord.

Les parallèles de latitude (ou simplement les *parallèles*) sont des cercles de la surface terrestre parallèles à l'équateur, et plus petits que l'équateur par conséquent. Chaque point d'un même cercle a évidemment la même latitude.

Des Cercles polaires. Les deux cercles polaires sont de petits cercles parallèles à l'équateur qui sont éloignés des pôles du monde ou des pôles de l'équateur de 23° 28′. On conçoit qu'ils sont décrits par les pôles de l'écliptique pendant que la sphère fait sa révolution, et c'est pour cela que ces cercles sont éloignés des pôles du monde de 23° 28′; car l'équateur faisant avec l'écliptique un angle de 23° 28′, il faut que les pôles de ce premier cercle soient distans de ceux du second de la même quantité, et par conséquent, les cercles polaires étant décrits par les pôles de l'écliptique, sont aussi distans des pôles de l'équateur de 23° 28′. L'un est appelé *cercle polaire arctique*, parce qu'il est auprès du pôle du même nom, ou pôle nord, et l'autre est nommé *cercle polaire antarctique*, parce qu'il est opposé à l'autre ou qu'il se trouve autour du pôle sud.

Des Cercles verticaux, des Cercles de déclinaison, de longitude, etc. Les *cercles verticaux* sont des cercles qui passent par le zénith et le nadir, comme les méridiens par les pôles de l'équateur. Ces cercles sont perpendiculaires à l'horizon. On peut en compter autant qu'il y a de points dans l'horizon; c'est-à-dire qu'il y en a une infinité, par rapport au même horizon, qui se coupent tous au zénith et au nadir; et le méridien du lieu où se trouve l'observateur, passant aussi par ces deux points, est aussi un des cercles verticaux.

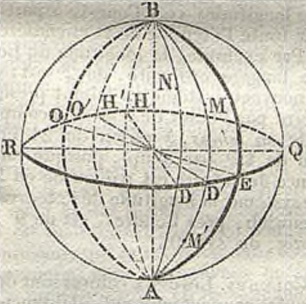
Il y a un autre cercle vertical remarquable qu'on appelle le *premier vertical*; c'est celui qui passe par deux points de l'horizon qui sont à l'Orient et à l'Occident et sont les deux pôles du méridien : ce vertical est, par conséquent, perpendiculaire au méridien.

Les cercles verticaux servent à mesurer la hauteur d'un astre qui est élevé sur l'horizon; car la hauteur d'un astre se mesure par l'arc du cercle vertical compris entre l'astre et l'horizon. Au contraire, l'arc vertical compris entre le zénith et l'astre se nomme *distance zénithale* ou *distance au zénith*. La hauteur d'un astre est appelée *hauteur méridienne* quand cet astre se trouve dans le plan du méridien, et pour lors cette hauteur se mesure par l'arc de méridien compris entre l'astre et l'horizon. Par exemple, la hauteur méridienne du soleil est l'arc de méridien contenu entre le centre du soleil et de l'horizon.

Les cercles de *déclinaison* sont ceux qui passent par les pôles du monde ou de l'équateur, et qui coupent par conséquent ce cercle à angles droits. On les appelle *cercles de déclinaison*, parce qu'ils mesurent la déclinaison d'un astre ou d'un point du ciel. Or, la déclinaison (éloignement) d'un astre est sa distance à l'équateur, qui est mesurée par l'arc du cercle de déclinaison compris entre l'équateur et le centre de l'astre. La déclinaison est *australe* ou *boréale*, selon que l'astre auquel elle appartient se trouve dans l'un ou l'autre hémisphère de même dénomination.

Il est évident que les cercles de déclinaison sont autant de méridiens; c'est pourquoi, dans une sphère artificielle en carton, le méridien tient lieu de tous ces cercles. Si donc on veut, par exemple, connaître la déclinaison de quelque point de l'écliptique, on place ce point sous le méridien, et on juge de sa déclinaison, qui est égale à l'arc de méridien contenu entre ce point et l'équateur.

Les CERCLES HORAIRES sont de grands cercles qui passent par les pôles du monde, et qui, par conséquent, sont, comme les méridiens, perpendiculaires à l'équateur RDD′ EQO, etc. On voit par là que ces cercles ne sont pas différens des méridiens et des cercles de déclinaison, et qu'il y en a une infinité; mais le soleil achevant sa révolution en 24 heures autour de l'équateur, ou d'un parallèle à ce cercle, il s'ensuit que, dans une heure, il parcourt la 24e partie de 360 degrés. Or, la 24e partie de 360 est 15 : c'est pourquoi il y a 15 degrés d'un cercle horaire à un autre qui en est le plus proche ; cependant il ne faut que 12 cercles horaires pour désigner 24 heures du jour, parce que le plan de chacun de ces cercles AEBO′, AD′BH, ADBH, coupant l'équateur en deux points opposés, détermine deux heures, dont l'une est autant éloignée de minuit que l'autre l'est de midi. Il faut compter la suite de ces cercles, par rapport à nous, depuis la partie inférieure du méridien, en avançant vers l'orient, en sorte que l'on regarde comme le premier celui qui passe par le 15e degré de l'équateur vers l'orient, et comme le second, celui qui passe par 30e degré ; ainsi de suite.



Longitude. La longitude d'un lieu M ou M′ de la surface terrestre est l'inclinaison de son méridien AD′ BH′ sur le méridien AEBO′ d'un lieu fixe regardé comme origine ou point de départ. Les astronomes et les géographes français sont dans l'usage de choisir pour cette station l'observatoire de Paris ; les étrangers choisissent de même les principaux observatoires de leur pays respectifs : quelques-uns (les Hollandais) ont adopté l'Ile-de-Fer. Quelle que soit la station principale qu'on choisisse pour point de départ, la longitude d'un autre lieu quelconque sera mesurée par l'arc de l'équateur, intercepté entre le méridien de ce lieu et celui de lá station principale ; ou, ce qui est la même chose, par l'angle sphérique que font ces deux méridiens en se coupant aux pôles.

De même que l'on compte la *latitude* au nord ou au sud de l'équateur, la *longitude* est comptée, d'ordinaire, à l'ouest ou à l'est du premier méridien, de 0 à 180 degrés. Ainsi Leipzig est à 2° de longitude est, et Londres à 2° 20′ de longitude ouest. On donnerait toutefois aux calculs une régularité systématique bien préférable, et on éviterait une source de confusion et d'ambiguité, si l'on abandonnait cet usage pour compter invariablement les longitudes vers l'ouest, à partir de l'origine, sur toute l'étendue de la circonférence, de 0 à 360°. Par exemple, la longitude de Leipzig est, selon le langage ordinaire, de 2° est; elle serait dans le nouveau système en faisant presque le tour de la terre par l'ouest de 358°. On compte aussi la longitude *en temps*, à raison de 24 heures pour 360°, ou de 15° par heure, puisque toute la circonférence de la terre est parcourue en 24 heures. Dans ce système, la longitude de l'observatoire royal de Greenwich, près Londres, est de 9′ 22″; celle de Leipzig, de 23° 40′.

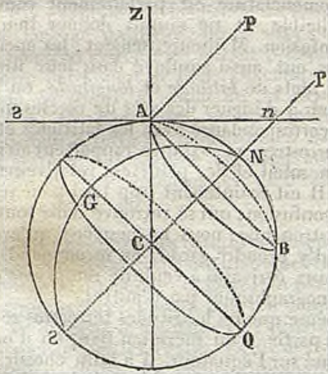
Des Colures. Les deux colures sont deux grands cercles qui se coupent perpendiculairement aux pôles de la sphère ou du monde, et dont l'un passe par les points équinoxiaux, l'autre par les points solsticiaux : ils divisent le zodiaque et l'équateur, chacun en quatre parties égales. Celui des deux colures, qui passe par les points équinoxiaux, lesquels sont au commencement du bélier et de la balance, s'appelle *le colure des équinoxes*; et l'autre, qui coupe le zodiaque aux points solsticiaux, points situés au commencement du *cancer* et du capricorne, est nommé *le colure des solstices* : celui-ci est perpendiculaire à l'écliptique, et passe par conséquent par ses pôles. Ces deux cercles sont de véritables méridiens, puisqu'ils passent par les pôles du monde.

C'est afin d'établir une distinction bien nette entre la *géographie* et *l'uranographie*, comme entre deux branches séparées d'une même science, que les astronomes ont adopté des termes particuliers (ceux de *déclinaison* et *d'ascension droites*) pour désigner les arcs qui correspondent dans le ciel aux *latitudes* et *longitudes* terrestres. Par la même raison, ils appellent l'équateur céleste le *cercle équinoxial*; les cercles correspondans dans le ciel aux méridiens terrestres sont nommés *cercles horaires*, parce qu'ils sont placés d'heure en heure, ou de 15 en 15 degrés, et qu'une heure correspond à 15 degrés, et les angles que ces cercles forment au pôle s'appellent *angles horaires*. Toute cette nomenclature est parfaitement convenable et intelligible, et ne saurait donner lieu à aucune confusion. Malheureusement, les anciens astronomes ont aussi employé dans leur uranographie les mots de *latitude* et *longitude*, en les faisant servir à désigner des arcs de cercles qui n'ont aucune correspondance avec les latitudes et longitudes terrestres, mais qui se rapportent au mouvement du soleil et des planètes, relativement aux étoiles. Il est maintenant trop tard pour remédier à cette confusion, qui se retrouve dans tous les livres d'astronomie; nous ne pouvons qu'avertir le lecteur d'y prendre garde, en recommandant fortement aux écrivains à venir de remplacer ces termes uranographiques par d'autres.

De même que les longitudes terrestres se comptent à partir d'un méridien fixe, ou d'un point déterminé sur l'équateur, il a fallu choisir dans le ciel un cercle horaire déterminé, ou un point connu du cercle équinoxial, pour en faire l'origine ou le *zéro* des ascensions droites. On aurait pù choisir, à cette effet, le cercle horaire passant par quelque étoile d'un éclat remarquable; mais les astronomes ont trouvé plus d'avantage à prendre pour origine des ascensions droites un certain point du cercle équinoxial qui porte lui-même le nom d'*équinoxe*, par lequel ils font passer le premier des cercles horaires.

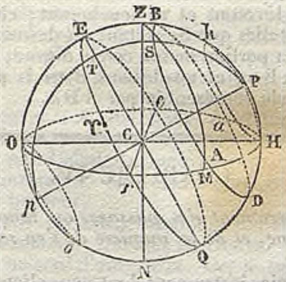
En conséquence, les ascensions droites des objets célestes se comptent toujours *à l'est* de l'équinoxe, en degrés, minutes et secondes de cercle, de 0 à 360°; ou en heures, minutes et secondes de temps, de 0 à 24 heures. Comme le mouvement diurne apparent du ciel est contraire au mouvement réel de la terre, ceci s'accorde avec ce que nous avons dit de la manière de compter la longitude *à l'ouest*.

Il nous reste à résumer tout ce que nous avons dit sur les cercles et à rendre sensible toutes ces définitions par des figures.



Soit C le centre de la terre, SCNP son axe; N et S seront ses *pôles*, EQ son équateur, AB le *parallèle* de la latitude du point A pris à sa surface; A P, parallèle à S C N, sera la direction dans laquelle l'observateur placé en A verra le pôle du ciel correspondant à l'hémisphère où il se trouve et qu'on nomme *pôle élevé;* A Z, prolongement du rayon terrestre C A, sera la direction de son zénith, N A S sera son méridien, et si l'on indique par N G S celui d'un lieu déterminé, par exemple de Paris, l'arc G E, ou l'angle sphérique G N E, sera la *longitude* de l'observateur; E A sera sa latitude. De plus, en indiquant par *n s* un plan qui touche la surface de la terre au point A, ce plan fera l'horizon *sensible* du spectateur A; *n* A *s* marquera la ligne d'intersection de ce plan avec le méridien, ou la ligne méridienne; *n* et *s* seront les points nord et sud de l'horizon.

Maintenant, négligeons les dimensions de la terre, et concevons l'observateur placé au centre, rapportant tous les objets célestes à son horizon *rationnel.* Imaginons, dans cette hypothèse, que la figure ci-jointe représente la sphère céleste.



C sera le spectateur, Z son zénith, N son nadir; le grand cercle H A O, qui a pour pôle les points Z et N, sera l'horizon céleste; P et *p* seront les POLES *élevé* (visible) et *abaissé* (invisible) du ciel; H P sera la *hauteur du pôle*; et H P Z E O le méridien du spectateur; E T Q, grand cercle perpendiculaire à P p, sera l'équinoxial; et si, de plus, ♈ représente l'équinoxe, ♈ T sera *l'ascension droite*, T S la *déclinaison*, P S la *distance polaire* d'une étoile ou d'un objet céleste S, rapporté à l'équinoxial par le cercle horaire P S T p; B S D sera le *cercle diurne* qu'il paraît décrire autour du pôle. Si nous rapportons le même objet à l'horizon au moyen du *cercle vertical* Z S M, H M sera son *azimuth*, M S sa *hauteur*, Z S M sa *distance zénithale*, H et O seront les points nord et sud, et e et r les pointes est et ouest de l'horizon céleste. Si le petit cercle, ou *parallèle de déclinaison* H h, O o touche l'horizon aux points nord et sud, H h sera le cercle de *perpétuelle apparition*, ou celui dans l'intérieur duquel, du côté du pôle élevé, les étoiles ne se couchent jamais; O o sera le cercle de *perpétuelle occultation*, ou celui dans l'intérieur duquel, du côté du pôle abaissé, les étoiles ne se lèvent jamais. Toutes les étoiles comprises dans la zône céleste entre H h et O o se lèveront et se coucheront; chacune de celles-ci, telles que S, restant au-dessus de l'horizon dans la portion de son cercle diurne, représentée par A B a, et au-dessous dans la portion du même cercle représentée par A D a.

CHAPITRE IV.

De l'Instrument des passages ou lunette méridienne, et de la manière de s'en servir.

Le premier instrument dont nous allons nous servir et dont l'usage fait le fondement de toutes les observations astronomiques, c'est celui que l'on nomme *instrument des passages*, parce qu'en effet il sert à observer les astres lorsqu'ils *passent* au point le plus haut ou le plus bas du cercle qu'ils décrivent, ou, pour parler plus exactement, que la rotation de la terre autour de son axe propre semble leur faire décrire.

Il est composé d'une lunette astronomique à micromètre fixe, montée à angles droits sur deux tourillons faits au tour (voyez fig. 5), destinés à rester toujours horizontalement, et qui reposent par leurs extrémités sur deux coussinets parfaitement polis, enchâssés et scellés dans deux blocs de pierre.

On voit que la lunette de l'instrument des passages, lorsqu'elle tourne autour de son axe horizontal, ou autrement dit sur ses tourillons, décrit un *plan vertical;* c'est-à-dire qu'elle se meut de haut en bas, et qu'on peut lui faire décrire autour de ses tourillons un cercle situé dans un plan vertical ou perpendiculaire au plan de l'horizon; seulement la direction de ce plan *vertical* est différente selon les points de l'horizon vers lequel l'axe de la lunette est dirigé. Et en effet, tous les plans qui contiennent la ligne verticale, ou la ligne du fil à plomb, étant nécessairement verticaux, il y a toujours, pour chaque point de la surface terrestre, une infinité de plans qui jouissent de cette propriété; car il suffit de détourner un peu l'instrument à droite ou à gauche pour changer de plan vertical.

Parmi toutes ces directions, quelle est celle qu'il faut choisir pour que les astres, amenés dans la lunette par l'effet du mouvement diurne, y passent à l'instant de leur culmination ou de leur plus grande hauteur?

Comme tous les astres semblent marcher d'un mouvement commun, il suffit de trouver cette position pour un seul d'entre eux. Or, le soleil, par l'inégale longueur de ses ombres qu'il projette aux divers instans du jour, nous offre un moyen, sinon très-exact, du moins très-simple d'en approcher.

Pour faire ces observations, on place sur le terrain une table de pierre polie ou de marbre, que l'on rend tout à fait horizontale, ce dont on s'assure par le moyen d'un niveau à bulle d'air que l'on promène sur la surface dans tous les sens. On y plante une aiguille ou une tige de fer bien dressée que l'on nomme *style*, et que l'on rend aussi exactement verticale qu'il est possible, au moyen d'un fil à plomb. Ce style, qui, prolongé indéfiniment par la pensée, passe par le zénith du lieu où se trouve l'observateur, représente la verticale de cet endroit. Autour du pied du style, comme centre (voyez fig. 6), on trace, sur le plan horizontal, plusieurs circonférences concentriques, dont les rayons peuvent être choisis arbitrairement (ou, en d'autres termes, plusieurs cercles de grandeurs différentes et ayant le même point de centre). L'ombre projetée par le style, d'abord très-longue le matin, se raccourcit continuellement à mesure que le soleil s'élève; son extrémité atteint successivement les diverses circonférences de plus en plus petites qu'on a tracées, que l'on a décrites; et l'on marque exactement les points où elle les atteint. (On conçoit qu'il y a des lieux de la terre où, à midi, le style ne donnerait point d'ombre, des lieux où, pour parler plus exactement, l'ombre coïnciderait avec le pied du style même.) Lorsque le soleil a passé à sa plus grande hauteur et qu'il commence à redescendre vers l'horizon, l'ombre s'alonge de nouveau par les mêmes degrés qu'elle s'était raccourcie; son extrémité atteint successivement les diverses circonférences, dans un ordre contraire et sur des points différens. Mais ces points correspondent évidemment à des hauteurs égales du soleil, choisies à droite et à gauche du méridien, pour des heures analogues ou également éloignées de midi, et prises avant et après cet instant. On les marque avec soin, et, divisant en deux parties égales l'arc de chaque circonférence compris entre les deux observations, puis joignant avec le pied du style tous les milieux de ces arcs, on obtient une ligne droite qui est la trace du plan où se trouvait le soleil lorsqu'il a atteint sa plus grande hauteur. Ce plan se nomme le *méridien;* sa trace la *méri-*

dienne, comme nous l'avons déjà dit, parce qu'en effet (et cela se vérifie, quoique grossièrement, par cette expérience) l'instant où le soleil atteint chaque jour sa plus grande hauteur divise en deux parties égales l'arc de cercle qu'il décrit ce jour-là sur l'horizon.

L'extrémité de l'ombre du style est assez difficile à reconnaître avec exactitude, elle est toujours *mal terminée*. Pour éviter cet inconvénient, on peut substituer au style une plaque inclinée, percée d'un trou circulaire (rond) pour laisser passer l'image du soleil. Le centre de cette image, en tombant sur le plan horizontal, y trace bien plus exactement l'extrémité du rayon solaire; mais alors les circonférences concentriques doivent avoir pour centre le pied de la verticale qui passe par le centre de l'ouverture. On le détermine par le moyen d'un fil à plomb qu'on laisse descendre de ce centre sur le plan horizontal. La direction de la tige qui porte la plaque est alors tout à fait indifférente; elle peut être verticale ou inclinée. — Un pareil instrument se nomme un *gnomon*.

Une inexactitude commune à ces deux méthodes, c'est de faire abstraction du mouvement propre par lequel le soleil semble s'avancer chaque jour du nord au sud, ou du sud au nord, mouvement dont nous avons déjà indiqué ou reconnu l'existence (volume de l'*Astronomie*). Car, par une conséquence de cette apparence, les arcs que le soleil décrit chaque jour sur l'horizon ne sont pas tout à fait parallèles à ceux que les étoiles décrivent par le seul effet du mouvement diurne de la terre sur son axe. Mais comme ce déplacement apparent du soleil s'opère graduellement et avec beaucoup de lenteur, les effets en sont peu sensibles dans l'intervalle qui sépare les observations d'un même jour, et l'on peut se dispenser d'y avoir égard, surtout dans des procédés graphiques, qui servent seulement à donner une première et même une grossière approximation. Les procédés *graphiques* (mot dont l'étymologie grecque signifie *écrire*, *dé-*

crire, tracer) sont ceux par lesquels on arrive au résultat désiré à l'aide de *lignes* ou de *figures tracées* sur le papier ou sur d'autres surfaces.

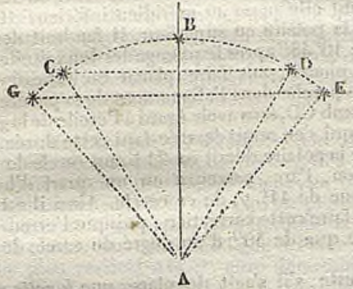
Moyen de tracer une ligne méridienne avec la boussole. — On sait que l'aiguille aimantée (fig. 7) se dirige vers le nord en s'écartant du pôle de la terre d'une quantité à peu près constante dans la durée d'une année. L'*Annuaire du Bureau des Longitudes* donne chaque année cette déclinaison, qui, pour Paris, est, en 1834, de 22° 2′ 44″ vers l'ouest. Ainsi, en dirigeant une boussole de manière à faire répondre le pôle nord de l'aiguille à 22° environ à l'ouest du *o* de l'instrument, le diamètre qui passe par le degré zéro se trouve dans le plan méridien. Des jalons placés dans cet alignement fixeront la situation de ce plan, et la ligne que l'on trace par ce moyen sur le plan de l'horizon est encore la ligne méridienne. On ne doit pas oublier que le fer a la faculté de déranger l'aiguille et qu'il faut éviter l'approche de ce métal.

Autres Moyens; par les Etoiles. — On alignera l'étoile polaire en se plaçant derrière un fil à plomb CD (7 *bis*). A l'aide d'un signal blanc, ou de tout autre indicateur visible la nuit, qu'on place à distance dans cet alignement, on détermine la méridienne, comme on trace une ligne à l'aide de jalons. Le plan vertical ABCD, ainsi déterminé, est à peu près le méridien. On a vu en géométrie que la direction d'un plan était fixée quand il était assujéti à passer par deux lignes droites. Seulement il faut faire attention que la polaire n'est pas exactement dans le prolongement de l'axe de la terre, et qu'elle est à 1° 38′ du pôle; ainsi cette direction n'est qu'approchée, à moins qu'on ne choisisse l'instant où l'étoile, dans son mouvement diurne, entre au méridien; ce qui arrive à peu près quand cette polaire se trouve dans le même fil à plomb que la première des trois étoiles de la queue de la grande ourse que nous apprendrons à connaître. C'est même ce mode d'alignement que présente la fig. 7 *bis*. Lorsque le soleil sera chaque jour dans cet alignement, ou que l'ombre du fil à plomb se projètera sur BC, on sera assuré que l'astre est au *méridien* ou qu'il est *midi juste*.

Le concours de nos deux étoiles dans la verticale AB n'indique pas précisément leur passage au méridien, parce que leurs ascensions droites, au lieu de différer de 180°, d'une demi-circonférence (ou, en d'autres termes, de se trouver sur le même cercle méridien, et l'une en avant, l'autre au-delà du pôle par rapport à nous), diffèrent de 177° 10′; l'erreur est de 2° 42′ de division de cercle, ou 10′ 48″ de temps, c'est-à-dire que l'étoile de la grande ourse passe au méridien supérieur 10′ 48″ avant la polaire au méridien inférieur, ou réciproquement elle passe au méridien inférieur 10′ 48″ avant la polaire au supérieur. Il faudrait donc attendre 10′ 48″ après le passage des deux étoiles dans le fil à plomb, puis faire placer un indicateur, tel qu'une perche dans l'alignement de la polaire et du fil à plomb CD, sans avoir égard à l'étoile de la grande ourse, qui s'en serait écartée dans cette durée. Mais comme la polaire décrit en 24 h. un cercle de 1° 38′ de rayon, l'arc, parcouru en un quart d'heure, n'est que de 11′ ½ de ce cercle. Ainsi il est inutile de faire cette correction, puisque l'erreur n'est à peine que de 30″ d'un degré du cercle de l'horizon.

Du reste, s'il s'agit de placer une *lunette méridienne*, on ne peut espérer que ces divers procédés conduisent au degré de précision qu'exigent les observations astronomiques. Le moyen le plus sûr consiste à observer une étoile circompolaire, ou la polaire même, aux passages inférieur et supérieur; mais ce procédé, qui suppose qu'on a de longues nuits sans nuages et qui ne peut s'appliquer qu'à plusieurs étoiles, n'est pas toujours praticable.

On emploie alors des *hauteurs correspondantes*. Une étoile est à la même hauteur, de part et d'autre du méridien, pour des distances égales à ce plan. On observe donc plusieurs fois une étoile avant son passage; on reconnaît son élévation, et l'on attend qu'après son passage elle se trouve de l'autre côté à la même distance ou même hauteur correspondante. Le milieu entre les plans verticaux correspondans est l'instant du passage. Quand l'axe optique d'une lunette décrit un plan vertical, on notera l'heure du passage de l'étoile dont il s'agit par cet axe, et il faudra que cette heure soit précisément la moyenne entre celle des observations précédentes. S'il n'en est pas ainsi, on déplacera la lunette jusqu'à ce que ces conditions soient remplies. (La figure suivante rendra ce procédé sensible.)



Si un spectateur placé sur la terre au point A observe l'étoile quand elle est au point G, qu'il attende qu'elle soit arrivée en E; la ligne BA, qui divisera l'arc GE en deux parties égales, se trouvera dans le méridien. On pourrait faire la même chose par un arc CD plus petit que le précédent, et qui donnerait la même ligne AB.

Le milieu entre ces deux plans inclinés *correspondans* est donc le méridien. On notera l'heure du passage de l'étoile dont il s'agit par cet axe, par ce point intermédiaire B, par ce méridien en un mot, et il faudra que cette heure soit précisément la moyenne entre celles des observations précédentes. S'il n'en est pas ainsi, on déplacera la lunette jusqu'à ce que ces conditions soient remplies.

Ce que nous avons dit plus haut suffit pour donner une idée très-exacte des méthodes de tracer une méridienne et de déterminer le méridien, quoique les astronomes aient recours à des moyens plus délicats de corrections et de vérifications, dans les détails desquels nous ne pouvons entrer.

Lorsqu'on a ainsi tracé la ligne méridienne, il est facile de placer l'instrument des passages, au moyen de deux fils à plomb qu'on laisse tomber sur cette ligne pendant des deux extrémités de la lunette, l'un passant par le centre de l'oculaire, l'autre par le centre de l'objectif. Cette position trouvée, on fixe invariablement dans la pierre les coussinets qui portent l'axe : on rend celui-ci bien horizontal, au moyen d'un niveau d'épreuve qui s'y attache; et alors la lunette, en décrivant un cercle vertical, décrit le plan du méridien.

Le micromètre de l'instrument des passages, ou de la *lunette méridienne*, car on lui donne également ces deux noms, doit être placé de manière que le rayon visuel, qui passe par le centre des fils, soit exactement perpendiculaire à l'axe de rotation, c'est-à-dire à la ligne qui passerait par le centre des tourillons. Pour l'y amener, on dirige la lunette sur un objet éloigné; on remarque le point de cet objet, qui répond au centre des fils, ce qui détermine la direction du rayon visuel ; puis on enlève la lunette de dessus ses coussinets, et on la retourne de manière à ce que le bout de l'axe qui était à l'Occident ou à droite se trouve à l'Orient ou à gauche, et que celui qui était à gauche se trouve à droite. Alors on dirige de nouveau la lunette sur l'objet : si le fil central répond au même point, c'est une preuve qu'il est placé exactement, et que le rayon visuel qui y passe est perpendiculaire à l'axe de rotation ; en un mot, que l'instrument est ajusté.

La lunette méridienne, étant ainsi réglée, décrit un plan vertical qui, s'il n'est pas exactement le plan du méridien, du moins ne s'en écarte pas beaucoup. Dirigeons-la vers le ciel pendant la nuit, et commençons à observer les étoiles situées du côté du Sud. Une étoile entre dans le champ de la lunette *par la droite :* nous la plaçons sur un fil transversal ou horizontal du micromètre ; elle le suit : elle parcourt successivement, sans le quitter, les intervalles des différens fils verticaux parallèles ; et après quelques instans elle sort de la lunette *par la gauche*, c'est-à-dire du côté opposé à celui par où elle était entrée.

La marche apparente de l'étoile de droite à gauche dans la lunette indique une marche réelle de gauche à droite, ou d'Orient en Occident ; car les lunettes astronomiques renversent les objets. Notez bien ce fait.

Ici nous voyons en un moment les effets du mouvement diurne dont nous avons reconnu l'existence d'une manière générale.

La terre, outre son mouvement de rotation, qui se fait d'Occident en Orient autour de son axe, parcourt d'Occident en Orient, ou dans le sens des flèches de la fig. 8, le cercle d'environ 104 millions de lieues de circonférence qu'elle décrit autour du soleil.

De plus, la permanence de l'étoile sur le fil transversal du micromètre montre que la direction de son mouvement était sensiblement perpendiculaire au plan vertical que la lunette décrit. Cette direction était donc horizontale : ainsi, l'étoile était au point le plus élevé de sa révolution.

Cependant, nous ne devons pas accorder à cette conséquence une rigueur trop absolue ; il suffirait que le mouvement de l'étoile fût à peu près horizontal pour qu'il nous parût tel dans le petit intervalle qu'occupe le fil horizontal du micromètre.

Tous les astres situés vers le Sud, et dont nous pouvons observer ainsi le passage, présentent les mêmes effets. Le méridien, déterminé par le soleil, est donc aussi le même pour les étoiles; c'est le plan du *midi* de chacune d'elles, au moins autant que nous pouvons en juger par ces effets.

Dirigeons maintenant la lunette du côté du Nord, vers les étoiles qui ne se couchent jamais. Nous voyons les unes marcher dans la lunette de gauche à droite; ce sont les plus hautes. Les autres vont de droite à gauche; ce sont les plus basses. Les premières marchent donc en réalité de droite à gauche, ou d'Orient en Occident; les dernières d'Occident en Orient, puisque les lunettes renversent les images. Voilà les effets de leur révolution circulaire; les supérieures sont au point le plus haut de leur course, les inférieures au point le plus bas.

D'ailleurs, on remarque évidemment une très-grande différence dans la rapidité des passages en général. Les étoiles situées du côté du Sud parcourent beaucoup plus vite le champ de la lunette; celles qui se trouvent du côté du Nord vont beaucoup plus lentement. Une d'entre elles surtout, la polaire, a un mouvement si lent, qu'on peut, entre son entrée et sa sortie, observer un grand nombre de passages d'étoiles situées du côté du Sud.

Ces différences indiquent évidemment que le mouvement général des astres s'exécute autour d'un axe dont un des pôles de rotation est situé du côté du Nord.

Mais c'est l'admirable invention des horloges à pendule qui donne la mesure précise de ces mouvemens divers. Quand on observe le passage d'un astre, on écoute en silence les battemens de l'horloge, et l'on note exactement l'heure, la minute, la seconde et la fraction de seconde où l'astre passe à chacun des fils verticaux.

Si ces fils sont tous à égale distance, et l'on s'efforce toujours de les placer ainsi, une moyenne arithmétique * entre les époques observées, donne, *en temps de la pendule*, l'instant précis du passage de l'astre au fil du milieu du micromètre, c'est-à-dire au fil central vertical. (Voyez la figure, page 16.) Ce passage se trouve déterminé par les cinq observations, dont chacune se fait sur l'un des cinq fils verticaux plus exactement que par une seule, parce qu'il est toujours probable qu'on ne se trompe pas dans le même sens pour tous les fils, mais dans des sens différens; de sorte que, dans l'addition des cinq résultats, une partie des erreurs doit probablement s'entre-détruire.

CHAPITRE V.

De l'Ecliptique et du Zodiaque, ainsi que du mouvement du soleil.

L'*Ecliptique* (fig. 8) est un grand cercle qui coupe obliquement l'équateur, et fait avec lui un angle A ♈ C de 23 degrés et environ 28 minutes. Cet angle se nomme *l'obliquité de l'écliptique*. Le *Zodiaque* (fig 10) est une zône ou bande de 16 à 18 degrés de largeur, coupée sur champ en deux parties égales par le plan de l'écliptique. Le soleil, ou, pour mieux dire, la terre ne s'écarte jamais du plan de l'écliptique, mais les autres planètes s'en éloignent, tantôt vers un pôle, tantôt vers l'autre, les unes plus, les autres moins. C'est ce qu'on appelle l'*inclinaison* de l'orbite des planètes

* Supposons que 5 personnes aient l'une 15 fr., l'autre 3, l'autre 2, l'autre 12, l'autre 18; qu'elles mettent en commun cette somme totale de 50 fr., puis, qu'elles se la partagent par égales portions; chacune aura 10 fr. : c'est là une moyenne arithmétique, et l'on voit par ce seul exemple comment elle se détermine.

sur le plan de l'écliptique. Les astronomes de l'antiquité, en formant le zodiaque, lui ont donné une largeur assez considérable pour qu'il contînt les orbites ou les circonférences que décrivent les planètes qui leur étaient connues; mais les découvertes modernes ont fait connaître des planètes dont l'inclinaison du plan des orbites sur le plan de l'écliptique nécessiterait une beaucoup plus grande largeur du zodiaque. (Voyez *Astronomie*, fig. 6, et son texte.) Le nom d'*écliptique* lui a été donné, parce qu'il faut, pour qu'il y ait possibilité d'*éclipse*, que la lune, la terre et le soleil soient dans ce plan.

Le plan de l'écliptique, faisant un angle de 23° 28′ avec l'équateur, il est nécessaire que les axes de ces deux cercles fassent aussi entre eux un angle égal, et que, par conséquent, les pôles de l'écliptique ou du zodiaque soient éloignés de la même quantité des pôles de l'équateur ou pôles du monde; je veux dire de 23° 28′.

L'écliptique est aussi la base commune de deux hémisphères, dont l'un est hémisphère boréal, l'autre hémisphère austral.

L'angle que fait l'écliptique avec l'équateur n'est pas invariable : il va en diminuant environ de 50″ par siècle; mais il est prouvé qu'il ne sera jamais nul. Cette diminution de 50″ se nomme *variation séculaire* (par siècle).

L'obliquité de l'écliptique varie encore par une cause que nous ne pouvons expliquer ici, et qui fait qu'en dix-huit ans et demi environ elle a augmenté de 9″, puis diminué de la même quantité. Ce phénomène périodique se nomme *nutation* (balancement), parce qu'il est produit par le balancement de l'axe de la terre.

On a coutume de partager le zodiaque en douze parties égales qu'on appelle signes. D'où il suit que chaque signe comprend 30°, parce que 30 est la douzième partie du nombre de degrés que contient l'écliptique ou tout autre cercle, c'est-à-dire la douzième partie de 360°. Voici les noms de ces douze signes : le *bélier*, le *taureau*, les *gémeaux*, le *cancer*, le *lion*, la *vierge*, la *balance*, le *scorpion*, le *sagittaire*, le *capricorne*, le *verseau* et les *poissons*. (Voyez fig. 8 et 11.)

Tous ces noms, pour la plupart, sont tirés des animaux et désignent aussi des constellations qui occupaient jadis le même lieu que les *signes* du même nom ; mais aujourd'hui il faut bien distinguer la constellation du signe proprement dit.

Le signe du bélier (fig. 9) prend son commencement à une intersection ♈ de l'équateur et de l'écliptique, et le commencement de la balance est à l'autre intersection ♎ de ces deux cercles. Les autres signes, savoir : le taureau, les gémeaux, etc. (fig. 11) sont disposés de façon que leur suite tend d'occident en orient, ou de droite à gauche, pour l'observateur qui a la figure tournée du côté du midi et le dos au pôle boréal. Or, ces signes sont désignés par des marques ou caractères qui les distinguent les uns des autres. Les voici placés chacun à côté des noms qu'on a donnés aux signes, avec le jour du mois où nous voyons le soleil entrer dans chaque signe, pendant les années moyennes entre deux bissextiles.

LE SOLEIL ENTRE DANS LE SIGNE

♈ du bélier le 21 mars.
♉ du taureau le 20 avril.
♊ des gémeaux le 20 mai.
♋ du cancer le 22 juin.
♌ du lion le 23 juillet.
♍ de la vierge le 23 août.
♎ de la balance le 23 septembre.
♏ du scorpion le 24 octobre.
♐ du sagittaire le 23 novembre.
♑ du capricorne le 22 décembre.
♒ du verseau le 20 janvier.
♓ des poissons le 19 févier.

Le soleil paraît parcourir les trois premiers signes pendant le printemps, les trois suivans pendant l'été, trois autres pendant l'automne, et les trois derniers pendant l'hiver. C'est pourquoi l'on divise les signes du zodiaque en ceux du *printemps*, savoir : le *bélier*, le *taureau* et les *gémeaux*; ceux de l'*été*, qui sont le *cancer*, le *lion* et la *vierge*; ceux de l'*automne* : la *balance*, le *scorpion* et le *sagittaire*; et enfin ceux de l'*hiver* : le *capricorne*, le *verseau* et les *poissons*.

Il est aisé de comprendre (fig. 8) que quand nous voyons le soleil dans les signes du printemps, dans le bélier par exemple, la terre est alors dans les signes d'automne (la balance, etc.), ou, autrement dit, un spectateur placé dans le soleil nous verrait dans la balance, tandis que nous le verrions dans le bélier. L'examen un peu attentif de la figure précédente fera aisément comprendre cela.

De plus, les signes du zodiaque sont divisés par l'équateur en *septentrionaux* et en *méridionaux*.

Les septentrionaux, c'est-à-dire ceux qui sont dans la partie septentrionale du monde, sont les six premiers; savoir : le bélier, le taureau, les gémeaux, le cancer, le lion et la vierge; les six autres sont appelés méridionaux, parce qu'ils sont dans la partie méridionale du ciel par rapport à l'équateur. Le soleil est plus long-temps à parcourir les signes septentrionaux que les méridionaux : c'est pourquoi le printemps et l'été, pris ensemble, sont plus grands que l'automne et l'hiver : la différence est d'environ sept jours. En effet,

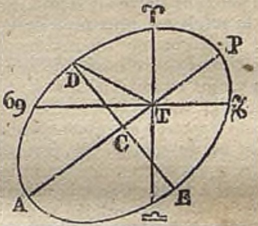
La durée du printemps est de	92 jours	21 heures.
Celle de l'été de	93	13
Celle de l'automne de	89	16
Celle de l'hiver de	89	2

Enfin il y a six signes que l'on appelle *ascendans*, et six autres qui se nomment *descendans*. Les signes ascendans sont ceux que le soleil parcourt lorsqu'il monte, c'est-à-dire quand il s'approche tous les jours de plus en plus du zénith à midi : ce sont le capricorne, le verseau, les poissons, le bélier, le taureau et les gémeaux. Les six autres signes sont nommés descendans, parce que le soleil, à midi, est plus éloigné du zénith à un jour qu'à celui qui l'a prédédé. Un plan perpendiculaire à l'équateur, comme serait un méridien passant par les deux solstices, donne cette nouvelle division. On voit que les signes zodiacaux, répartis en *septentrionaux* et *méridonaux*, en *ascendans* et *descendans*, correspondent aux deux systèmes d'hémisphères, savoir, l'hémisphère *septentrional* et le *méridional*, quand nous avons coupé la sphère par l'équateur, et en hémisphères *oriental* et *occidental* quand nous l'avons coupée en deux, suivant son axe, par un plan méridien.

Ces trois divisions des signes sont déterminées par quatre points du zodiaque et de l'équateur, dont deux sont appelés *équinoxiaux* ♈ et ♎ (fig. 9), et les deux autres *solsticiaux* ♋ et ♑: les deux premiers, qui séparent les signes septentrionaux des méridionaux, sont les points d'intersection de l'écliptique et de l'équateur. On les appelle *équinoxiaux*, parce que le jour est égal à la nuit quand le soleil répond à l'un ou à l'autre point. Les deux derniers, qui séparent les signes ascendans d'avec les descendans, sont ceux qui sont les plus éloignés de l'équateur, l'un vers un des pôles, l'autre vers l'autre pôle. On les appelle solsticiaux (de *solstitium*, solstice, immobilité du soleil, dont la racine est *sol*, soleil, et *stare*, s'arrêter), parce que, quand le soleil est arrivé à l'un ou l'autre point, il paraît s'arrêter, c'est-à-dire qu'il ne s'éloigne ni ne se rapproche sensiblement de l'équateur pendant plusieurs jours. Enfin ces quatre points séparent les signes d'une saison de ceux d'une autre.

Pour avoir une idée plus précise de l'irrégularité du mouvement du soleil, il est nécessaire de savoir que l'écliptique n'est pas rigoureusement un grand cercle de la sphère céleste, mais une ellipse peu *excentrique* ou un peu alongée, au foyer de laquelle se trouve la terre, et que la terre se meut d'autant plus vite qu'elle est plus près du soleil.

Soit A ♈ P ♎ l'écliptique, A P le grand axe de cette ellipse, C le centre, T la terre, que pour un moment, en nous conformant aux apparences, nous considérerons comme immobile et placée à l'un des foyers, et que ce soit le soleil qui parcourt la courbe de l'écliptique.



Et supposons que ♈ soit le commencement du signe du bélier ou le point où se trouve le soleil à l'équinoxe du printemps, alors ♎ sera le commencement de la balance ou l'équinoxe d'automne, et les deux autres points ♋ et ♑, qui se trouvent sur une ligne droite perpendiculaire à la ligne des équinoxes, seront les solstices d'été et d'hiver. Telle est maintenant en effet la position respective des droites A P et ♈ ♎, droites qui font entre elles un angle ♈ T P d'environ 8° 14′ 30″.

L'extrémité P du grand axe de l'ellipse solaire se nomme le *périgée* (*peri*, près de, *gé*, la terre), et l'autre extrémité A l'*apogée* (*apo*, loin de, *gé*, la terre), parce que, quand le soleil est en P, il est plus près de la terre que quand il se trouve en A. L'axe A P se nomme la ligne des *apsides*. Cette ligne partage évidemment l'écliptique en deux parties égales et symétriques; aussi le soleil met-il le même temps pour parcourir ces deux parties de sa course annuelle, dans la supposition toutefois de l'immobilité de la ligne des apsides; mais avec cette différence que son mouvement se retarde de plus en plus en allant du périgée P au point A de l'apogée, et qu'il s'accélère d'après la même loi en partant de ce dernier point A pour retourner au périgée. On voit donc pourquoi les quatre arcs ♈♋, ♋♎, ♎♑, ♑♈, décrits successivement par le soleil, ne peuvent l'être en temps égaux, et pourquoi aussi le soleil est plus près de nous en hiver qu'en été. Mais comme ses rayons arrivent alors obliquement pour notre hémisphère septentrional, nous avons moins chaud qu'en été.

La droite TD, qui joint la terre au soleil, se nomme *rayon vecteur :* ce rayon varie constamment de grandeur et devient T♋, TA, T♎, T♑, TP, etc. On a reconnu cette variation de la distance du soleil à la terre par la mesure précise du diamètre apparent du soleil, prise en différens temps de l'année. En effet, il est évident que nous devons voir ce diamètre sous un angle d'autant plus grand ou plus petit que le soleil est plus près ou plus loin de nous. Au solstice d'hiver, ce diamètre paraît sous l'angle de 32′ 34″, et au temps du solstice d'été, sous l'angle de 31′ 32″.

Le rayon vecteur T D, qui aboutit à l'extrémité du petit axe E D de l'écliptique, se nomme la *distance moyenne* de la terre au soleil, laquelle est égale au demi-grand axe A C, en vertu de la propriété connue de l'ellipse. Cette distance est de 35 millions de lieues communes : quant à l'excentricité CT, moitié de la différence entre le plus grand éloignement et la plus grande proximité de la terre au soleil, elle est seulement de 580,122 lieues. Le double de ce nombre donne donc la différence totale entre les deux distances extrêmes.

Si nous admettons, avec tous les astronomes, que le soleil ne paraît parcourir les signes du zodiaque d'occident en orient, que parce que nous sommes réellement entraînés, d'occident en orient, dans l'espace, et que nous lui attribuons notre mouvement; il s'ensuit que, quand nous voyons, par exemple, le soleil en ♈ ou à l'équinoxe du printemps (figure précédente), la terre est précisément vue au point opposé ♎, qui est l'équinoxe d'automne; de même, lorsque le soleil paraît à l'extrémité P du grand axe A P, la terre est à son *périhelie*, c'est-à-dire à sa plus grande proximité du soleil; elle est au contraire à son *aphélie*, ou à sa plus grande distance de cet astre, quand le soleil lui paraît en A.

CHAPITRE VI.

Du mouvement progressif des étoiles.

On distingue deux sortes de *zodiaques*, l'un qui est *sensible* ou *visible*, l'autre *invisible*. Le zodiaque visible est celui des étoiles fixes, des *constellations;* le second, qui est invisible, n'existe pas dans la nature, mais on l'imagine et on lui attribue la même largeur. Ce qui a donné lieu d'admettre ce second zodiaque est le mouvement commun et tres-lent des étoiles, d'occident en orient, selon des cercles parallèles à l'écliptique, ou bien autour de l'axe et des pôles de ce cercle : car il arrive de là que les étoiles qui répondaient autrefois à l'une ou à l'autre des intersections de l'équateur et de l'écliptique (à l'un des équinoxes en un mot) en sont présentement éloignées, vers l'orient, d'une certaine quantité : c'est pourquoi le commencement du signe du bélier, pris dans le zodiaque étoilé, ne répond plus à la première intersection de l'équateur et de l'écliptique; c'est à présent le commencement des poissons (constellation) ♓ : cependant on dit toujours que le commencement du bélier, ou d'*aries*, est à la première intersection de ces cercles, et que celui de la balance est à l'opposé; mais il faut pour lors entendre les signes du zodiaque invisible et immobile. La figure 11 rendra ceci tout à fait sensible. La bande circulaire la plus extérieure représente le zodiaque fictif et immobile des *signes*; la seconde bande parsemée d'étoiles représente le zodiaque des *constellations*, qui a marché, qui a empiété d'un signe, ou de 30°, vers l'orient, sur le zodiaque fictif. Ainsi, on y voit que la constellation des poissons correspond aujourd'hui au signe du bélier, que la constellation du bélier est dans le signe du taureau, etc. Ce n'est pas sans raison que les astronomes ont imaginé le zodiaque immobile, car sans cela ils auraient été obligés de dire, dans une année, que le soleil répond à un certain degré, et que, dans une autre année, il répond à un autre degré que l'année précédente, quoique dans la même saison, par exemple au commencement du printemps et à la même distance des points équinoxiaux ou solsticiaux.

En d'autres termes, il ne faut pas confondre les douze signes du zodiaque avec ses douze constellations, comme on le pouvait à l'époque inconnue de l'invention de ce zodiaque, puisque les signes dont il s'agit ne sont, à proprement parler, que des divisions égales de l'écliptique qui se déplacent dans le ciel, relativement aux étoiles ou aux constellations, mais fort lentement à la vérité; au lieu que les *constellations* zodiacales n'ont aucun mouvement les unes par rapport aux autres.

Selon les calculs des astronomes, les signes coïncidaient avec les constellations du zodiaque en l'an 417 avant l'ère chrétienne.

Au reste, ce mouvement des étoiles fixes est si lent, qu'elles ne font qu'un degré de l'écliptique en soixante-douze ans environ; et comme il y a 360 degrés dans le cercle, elles n'achèveraient leur révolution qu'en 25868 ans. Les anciens astronomes, avant Hipparque, qui vivait environ 150 ans avant Jésus-Christ, ne connaissaient pas ce mouvement.

Le mouvement des étoiles fixes vers l'orient est la cause de ce qu'on appelle la *précession des équi-*

noxes, qui vient de ce que le temps qui est entre deux équinoxes semblables, par exemple, entre deux équinoxes du printemps, est moindre que celui qu'emploie le soleil à parcourir l'écliptique entière par le mouvement apparent dont le mouvement réel de la terre le gratifie, et à revenir correspondre à la même étoile.

Ce mouvement vers l'orient n'est qu'apparent, comme nous le dirons; il est dû à une rétrogradation de la terre; mais pour rendre plus simple ce que nous allons dire, supposons que le mouvement des étoiles soit réel, et attribuons au soleil le mouvement de la terre, faisons-lui décrire, pour un instant, un cercle autour de la terre; d'ailleurs les phénomènes ont les mêmes apparences, et pour être dans le vrai il suffira de substituer la terre au soleil.

Supposons (fig. 2) que le soleil S réponde à une étoile E, qui soit à la première intersection ♈ de l'écliptique et de l'équateur, ce sera le moment de l'équinoxe du printemps. Après cela, le soleil, par son mouvement apparent vers l'orient, parcourra en un an toute l'écliptique; mais comme les étoiles fixes ont aussi un mouvement propre vers l'orient, l'étoile qui était au point de la première intersection des deux cercles sera, vers la fin de la révolution du soleil, en E′ un peu plus avancée vers l'orient que le point E. Ainsi le soleil arrivera plus tôt au point d'intersection E qu'à l'étoile E′ qui y répondait auparavant. Par conséquent l'équinoxe *précédera* également la fin de la révolution du soleil par rapport à l'étoile : qu'on nous passe l'expression, l'équinoxe arrivera avant que le soleil n'ait *rattrapé* l'étoile. Il y aura donc anticipation ou *précession* de l'équinoxe. Ainsi la précession ou l'anticipation des équinoxes consiste en ce que le soleil étant parti d'un point équinoxial, par exemple de celui du printemps, arrive à ce même point avant d'avoir fait, dans le zodiaque ou dans l'écliptique, son tour entier par rapport aux étoiles. Le temps que le soleil emploie pour revenir au même point équinoxial d'où il était parti s'appelle l'*année tropique;* c'est celle sur laquelle on règle les années civiles : sa durée est de 365 jours 5 heures 48 minutes et 51 secondes; et le temps que le soleil emploie à faire sa révolution entière dans le zodiaque est appelée *année sidérale :* celle-ci est plus grande que la première de 20 minutes et 20 secondes.

Après être, non en apparence mais réellement, parti de l'équinoxe ♈, lorsque la terre T aura accompli sa révolution ♈ A H P (fig. 2) et sera revenue au même point ♈, l'équateur, dont l'intersection ♈ S avec l'écliptique passait par le soleil S, aura changé sa position, ce qui donnera à cette trace une autre direction; et arrivée en ♈' S, cette trace ♈' S rencontrera le soleil un peu avant le lieu ♈, où cela aurait dû avoir lieu si la terre eût été sphérique.

Dans ce mouvement de l'équateur, la trace seule a changé de direction, et l'inclinaison est restée la même. Ainsi, l'équinoxe, au lieu d'arriver en ♈, sera observé en ♈' un peu plus tôt. Qu'on prolonge le rayon vecteur vers le ciel, et qu'il y rencontre une étoile E; au retour à ce point ♈ et lorsqu'on retrouvera l'étoile E sur le rayon vecteur ♈ S, l'équinoxe sera déjà passée; ou, plus exactement, à l'équinoxe prochain ♈', l'étoile ne sera pas encore atteinte par ce rayon, et la terre devra continuer quelque temps sa course pour que cette rencontre ait lieu, c'est-à-dire pour que la révolution complète et *sidérale* soit effectuée. On voit donc que *l'année sidérale ou le temps du retour de la terre à la même étoile, ou au même point de son orbite, surpasse l'année tropique ou le temps du retour au même équinoxe.*

Ce phénomène, qui change sans cesse la trace de l'équateur sur l'écliptique, et transporte l'équinoxe en divers points rétrogrades ♈', ♈'', ♈''', est donc un résultat de la rotation de la terre, combinée avec l'attraction qu'éprouve son excès de sphéricité, son renflement sous l'équateur. Il est, comme nous venons de le dire, analogue à la rétrogradation de la lune. Mais celle-ci s'accomplit en dix-neuf ans environ, tandis que le mouvement des équinoxes est d'une durée bien plus grande, parce que l'action solaire, qui le produit, s'exerce sur un ménisque (l'excédent de la sphéricité) très-petit, lequel entraîne le globe entier, dont la masse étant immense par rapport au ménisque anéantit presque tout son excès de vitesse en la partageant. Ce mouvement réellement rétrograde de l'équinoxe est ce que l'on nomme la *précession*, comme nous l'avons dit ci-dessus.

Outre ce mouvement apparent très-lent des étoiles fixes vers l'orient, chacune d'elles paraît aux astronomes décrire de très-petites ellipses dans le ciel, et cela dans l'intervalle d'une année : c'est ce mouvement purement apparent que l'on nomme *aberration*, parce qu'il résulte d'une illusion d'optique qui nous fait paraître les étoiles dans un lieu autre que celui qu'elles occupent en effet, et qui sans nul doute a pour cause le mouvement de la lumière de l'astre, mouvement combiné avec celui de la terre autour du soleil.

Tout le monde a pu observer un phénomène parfaitement analogue et qui fera comprendre celui de l'aberration. Placé dans une voiture en repos, et ouverte par devant seulement, comme un cabriolet, on est abrité de la pluie qui tombe verticalement; mais si la voiture court, elle se présente au-dessous de la pluie avant que celle-ci ait pu atteindre à terre, et l'on est mouillé dans le cabriolet. On reçoit donc la pluie, qui semble alors tomber obliquement.

En effet, quoiqu'il soit impossible d'estimer la vitesse prodigieuse de la lumière qui émane des corps terrestres, comme le feu d'un canon qui part, d'une lumière qui apparaît subitement, quelque éloignés qu'ils soient de nous, il ne faut pas en conclure que cette vitesse est réellement infinie ou incommensurable relativement aux astres; car les molécules lumineuses, ou, selon un autre système plus probable, les ondulations qui partent du soleil, n'arrivent à nous, selon les astronomes, qu'après 8′ 13″ de temps : d'où il suit que, quand nous croyons voir cet astre en un point de l'écliptique, il est au contraire plus avancé vers l'orient d'une distance angulaire de 20″ (division du cercle).

Il est plus naturel et plus simple de penser aussi que le mouvement de précesssion, attribué d'abord à toutes les étoiles, est plutôt dû à celui de la ligne des équinoxes, qui aurait lieu contre l'ordre des signes, c'est-à-dire d'orient en occident, ainsi que nous l'avons dit tout à l'heure. Or, cette ligne, en parcourant l'écliptique d'un mouvement de 50″ par an, fait nécessairement décrire à celles des pôles de l'équateur la surface courbe d'un cône droit, puisque ces deux lignes doivent toujours être perpendiculaires entre elles. Les pôles dont il s'agit décrivent donc, chacun en 25868 ans, des cercles parallèles à l'écliptique.

Les astronomes ont découvert aussi dans la ligne des apsides un mouvement direct de 12″ par an, autour du foyer T et dans le plan de l'écliptique ; ainsi l'angle ♈ TP diminue pendant le même temps de 62″. Il arrivera, par conséquent, une époque à laquelle la ligne des apsides coïncidera avec celle des équinoxes, ou lui sera perpendiculaire : et pour lors les durées des saisons seront un peu différentes de celles qui ont lieu maintenant.

Il résulte de ce mouvement de la ligne des apsides que le soleil, ou plutôt la terre, met un peu plus de temps pour revenir au même point de son orbite que pour arriver au même point du ciel ; ou, en d'autres termes, l'*année anomalistique* est plus longue que l'année sidérale, mais de cinq minutes seulement. L'*anomalie* est la distance angulaire du soleil au périgée. (*Voyez, plus loin, le Calendrier et la Chronologie.*)

CHAPITRE VII.

Des Levers et Couchers héliaques, cosmiques, achroniques.

Lorsque la terre passe d'un point ♈ (fig. 8) de l'écliptique à un autre point ♉, le méridien ♈ S tourne avec elle chaque 24 heures, et lorsqu'après sa révolution complète il redevient parallèle à ♈ S, les étoiles qui étaient dans le méridien ♈ S s'y retrouvent encore, à cause de leur immense éloignement ; mais le soleil, qui y était avec elles, n'y est pas en encore arrivé ; il faut que la terre continue de tourner quelque temps, jusqu'à ce que ce méridien passe en S.

La terre changeant sans cesse de place dans son orbite, nous rapportons le soleil à des points du ciel qui varient chaque jour ; et outre les changemens de déclinaisons qui amènent la succession des saisons, il faut encore avoir égard à ceux qu'éprouve l'ascension droite. L'astre occupe ainsi des lieux différens en procédant, en apparence, d'un degré par jour de droite à gauche (d'occident en orient). L'éclat du soleil nous ôte la vue des termes de comparaison qui nous rendraient cette marche sensible ; mais s'il était réduit à la simple lumière d'une étoile, comme il répondrait chaque jour à un astre différent, on le verrait se porter sans cesse vers les étoiles orientales, les atteindre et les dépasser.

Telle est la cause du retard du soleil sur les étoiles. En regardant le ciel chaque soir à 10 heures, on reconnait bientôt que, dans les diverses saisons, les constellations qui sont au méridien sont très-indifférentes, et que la partie de la sphère céleste qui est exposée à nos yeux n'est pas la même. Les étoiles qui sont aujourd'hui au méridien à midi-y passent un peu plus tôt que les jours suivans, lorsqu'on mesure le temps avec une montre réglée sur le soleil : dans trois mois, elles y seront 6 heures avant le soleil (à 6 heures du matin) ; six mois après, elles y passeront à minuit, etc.

On explique donc aisément pourquoi *le ciel d'hiver n'est pas le même que le ciel d'été*, car à la même heure solaire les constellations prennent chaque 24 heures des dispositions plus reculées vers l'occident : elles sont fixes dans l'espace aussi bien que le soleil, mais le mouvement de la terre dans son orbite, qu'une illusion nous fait transporter à cet astre, surtout dans le langage vulgaire, produit la même illusion que s'il traversait les constellations successives par une progression lente dirigée vers l'orient, se rapprochant de celles qui se couchent peu de temps après lui, les atteignant et les dépassant ensuite. L'étoile, ainsi placée à la droite du soleil, se couche et se lève un peu avant lui : bientôt, en continuant de s'écarter à gauche, il la laisse devancer son lever d'environ une heure ; la faible clarté de l'aurore ne suffit plus pour l'absorber, et on la voit paraître le matin quelque temps avant le soleil : c'est le *lever héliaque* de cette étoile (ou *lever solaire*, qui se fait avec le soleil, car *héliaque* dirive du mot grec *hélios*, soleil). Le *coucher héliaque*, au contraire, a lieu pour l'étoile qui se couche environ 1 heure après le soleil couché.

Ainsi, lorsqu'après avoir cessé de voir un astre depuis quelque temps, on l'aperçoit la première fois le matin à l'orient, avant le jour, c'est son lever *héliaque*. Ce ne sont donc que des apparences passagères causées par le plus ou moins de proximité du soleil, et qui se manifestent pour les étoiles éclatantes à environ une heure de distance.

Les levers et les couchers des étoiles qui arrivent *en même temps* que les levers et les couchers du soleil sont appelés *levers cosmiques* et *couchers cosmiques* (le mot *cosmique* signifie *bien ordonné*) ; mais on peut, chaque jour, remarquer des étoiles qui ont dû se lever au moment où le soleil s'est levé. Ces circonstances sont désignées par les dénominations de *levers achroniques* et *couchers achroniques* (épithète qui signifie *à contre-temps*).

L'épithète de *cosmique* se donne aux phénomènes qui arrivent à l'instant du soleil levant; celle *d'achronique* à ceux du couchant. Le lever et le coucher cosmiques ont lieu le matin, le lever et le coucher achroniques ont lieu le soir. Une planète est dite achronique lorsqu'elle se lève au soleil couchant pour demeurer visible la nuit entière. Le lever cosmique précède le lever héliaque de 12 à 15 jours; le coucher achronique suit le lever héliaque d'une égale durée.

Comme chaque année, les lever et coucher héliaques des étoiles reviennent avec la même position du soleil dans l'écliptique, leur retour a servi dans l'antiquité de signe pour fixer l'époque des travaux agricoles. C'est ce qui a fait accorder une si haute importance à ces phénomènes, dont l'observation est très-facile.

La figure 11 va nous servir à faire comprendre très-clairement les levers et couchers héliaques et achroniques. Soit en effet la terre en T, tournant sur elle-même dans le sens de la flèche courbe qui l'enveloppe à moitié, et avançant dans le cercle de l'écliptique, suivant la direction de la flèche droite et de l'écriture des mots : *Orbite de la terre;* on conçoit que, quand un spectateur, d'abord correspondant au point T, sera amené par la rotation de la terre du côté E, il apercevra en même temps que le soleil levant, et même un peu avant le lever du soleil, les étoiles de la constellation du lion. c'est le lever héliaque de ces étoiles. Le coucher achronique a lieu pour les étoiles du verseau, etc.

Puisque la terre n'a accompli qu'au bout d'un an le tour entier de son orbite, les 360° de ce cercle sont distribués sur la durée de l'année entière. En divisant 360° par 365 jours 242 millièmes, on trouve que si sa révolution était uniforme, le retard serait par jour de 59′ 8″ et ⅓ de degrés du cercle (environ 1° de l'écliptique, ou 4 minutes de temps). *Telle est l'étendue de l'arc moyen que le soleil nous semble parcourir chaque jour d'occident en orient.*

GÉOGRAPHIE

MATHÉMATIQUE.

On a vu que le globe terrestre est un sphéroïde aplati vers les pôles et renflé vers l'équateur. Il y a donc une différence entre la longueur du diamètre de l'équateur et celle de l'axe de rotation. Cette différence, selon Laplace, serait seulement d' $1/334$; mais les calculs récens de MM. Brousseau et Nicollet indiquent qu'il est beaucoup plus grand et engagent à le porter à $1/282$. Les expériences du pendule, faites à différentes latitudes par MM. Sabine, Freycinet et Duperrey, donnent $1/288$; le bureau des longitudes admet actuellement $1/305$. On reviendra plus bas à ces variations dans la mesure de l'aplatissement. Ce qu'il est essentiel de remarquer pour l'instant, c'est que, très-certainement, on s'écarte peu de de la vérité en admettant que la différence entre le diamètre équatoréal et l'axe terrestre, ou, ce qui revient au même, entre le demi-diamètre et le demi-axe, est d'un trois centième.

Quoi qu'il en soit, les mesures ordinaires portent :

Le rayon équatoréal à	6 376 159 mètres.
Le demi-axe de rotation à	6 356 234
Total.	12 732 393
Et par conséquent, le rayon moyen à	6 366 192

La circonférence totale présente alors un développement de 40 millions de mètres, et le quart de cette circonférence ou distance en ligne directe de l'équateur au pôle 10 millions de mètres.

On doit comprendre combien il serait commode pour toute espèce de calculs itinéraires, géographiques et autres, non-seulement de pouvoir se servir du mètre afin d'exprimer les distances, mais surtout de voir coordonner la division de la circonférence avec les mesures métriques. Ainsi, par exemple, une fois admis (ce que l'on a vu ailleurs) que

10 mètres s'appelleront	décamètre,
100	hectomètre,
1000	kilomètre,
10000	myriamètre,

quoi de plus commode que d'élever le multiple suivant ou 100 000 mètres, au rang de degré, ou, comme on l'a dit, de *grade*?

La circonférence alors étant de 400 grades, le quart de circonférence en contiendrait 100. La minute à son tour serait le centième du grade, la seconde le centième du degré. On aurait donc

1 quart de circonférence = 100 degrés,
1 degré = 100 minutes,
1 minute = 100 secondes,

et, ce qui revient au même,
1 quart de circonférence $= 100^{\circ} = 10\,000' = 1\,000\,000''$; ce qui nous amène à voir que le nombre de mètres compris dans le quart de circonférence est décuple du nombre de secondes qu'il contient, ou, comme on s'exprime en géométrie, $10\,000\,000 : 1\,000\,000 :: 10 : 1$, par cela même qu'il égale le nombre de décametres. En effet, 10 000 000 est à 1 000 000 comme 10 est à 1; et 10 millions est le nombre de mètres, 1 million le nombre de secondes.

Ceci posé, puisque 10 mètres forment un décamètre, et qu'en conséquence 10 000 000 mètres reviennent à 1 million de décamètres, le décamètre et la seconde décimale peuvent donc se prendre l'un pour l'autre, et l'on arrive au tableau suivant :

NOMBRE de mètres.	NOMS DE LA MESURE, comme mètre ou multiple de mèt.	comme grade ou fraction de grade.
1	1 mètre.	$\frac{1}{10}''$
10	1 décamètre.	1 seconde (1″).
100	1 hectomètre.	$\frac{1}{10}'$
1000	1 kilomètre.	1 minute (1′).
10000	1 myriamètre.	$\frac{1}{10}°$
100000	1 décamyriamètre.	1 grade (1°).

Rien alors de si facile que de conclure tantôt de la distance d'un lieu à l'équateur sa position sur le globe, tantôt au contraire de sa position sur le globe, sa distance à l'équateur. Ainsi, par exemple, Dunkerque est à 5 670 665 mètres, et prononcez 56° 70′ 66″, au nord de l'équateur; donc Dunkerque est décimalement par 56° 70′ 66″ ½ de latitude septentrionale; et réciproquement, si l'on sait que Dunkerque est par 56° 70′ 66″ ½ de latitude septentrionale, on en conclut bien vite qu'il est à 5 670 665 mètres nord de l'équateur. Il suffit pour cela, dans le premier cas, de partager le groupe de chiffres qui exprime la somme des décamètres en tranches de deux chiffres qu'on prend, le premier à droite pour des secondes, le deuxième pour des minutes, le troisième pour des grades (exemple : 5 670 655 mètres, ou 567 066 décamètres : écrivez 56 | 70 | 66 | et voyez dans 56 les grades); dans le second cas, il suffit d'écrire les chiffres de grades, minutes et secondes les uns à côté des autres, comme formant un seul grand nombre, lequel exprimera des décamètres, ou bien d'ajouter un 0 après le dernier chiffre, si l'on veut que la totalité des chiffres exprime des mètres (exemple : 56° 70′ 66″; écrivez 567066 ou 5670660, mais prononcez 567066 décamètres ou 5 670 660 mètres).

Malheureusement, il y a trop d'habitudes à rompre pour que l'on adopte exclusivement le système qui simplifierait si puissamment les calculs et qui donnerait des idées si nettes, tant des positions que des distances, à quiconque s'occupe de géographie. Dans l'impossibilité où nous sommes de nous servir ici de cette méthode, qui a déjà été introduite dans la Trigonométrie et en partie dans l'Astronomie, nous sommes forcés de présenter le tableau des mesures ordinairement employées.

Ici trois points doivent être remarqués.

1° Au lieu de divisions décimales ou centésimales (c'est-à-dire par 10 et par 100), on emploie, pour la graduation de la circonférence, la division nonagésimale (ou par 90, nombre qui, on doit le voir, n'égale ni 9×9, ni 10×10, mais 9×10). La circonférence totale est donc, dans ce système, de 360°.

2° Les mesures que l'on emploie pour indiquer les distances itinéraires ne sont pas des fractions décimales ou centésimales du degré ; très-souvent ce ne sont pas même des fractions dont le dénominateur soit multiple de 10; quelquefois enfin il arrive que ce dénominateur n'est pas un nombre entier. Ainsi, non-seulement on aura des lieues marines de 20 au degré, des milles géographiques de 60 au degré (ce qui donne pour expression à chacune de ces mesures les fractions $^1/_{20}$, $^1/_{60}$ de degré); mais on a de grands milles d'Allemagne de 12 au degré, des lieues communes françaises de 25 au degré, des goss ou gau de Coromandel de 11 au degré ($^1/_{12}$, $^1/_{25}$, $^1/_{11}$); on a, ce qui est le comble de la confusion, des lieues de poste qui sont de 28.54 au degré (ou $^{100}/_{2854}$ lieues), des verstes russes de 104 $^1/_4$ ou 104.716 au degré (ou

$^{4}/_{417}$ dans le premier cas, $^{1000}/_{104716}$ dans le second. Ce que de telles anomalies ont de désolant, c'est que les mesures les plus simples et les plus rationnelles elles-mêmes, lorsqu'on veut les comparer à celles-là, se compliquent de nombres fractionnaires, et par conséquent n'exemptent point de calculs assez pénibles. Ainsi, par exemple, le myriamètre, ce dixième du grade dont l'emploi est si facile dans la division décimale, est compris 11 fois $^{1}/_{4}$ dans le degré nonagésimal, et doit être exprimé par $^{1}/_{11} + {}^{1}/_{4}$ de onzième, ou $^{4}/_{45}$. Le kilomètre, au lieu d'être le 100e du grade, y est contenu 11 fois plus $^{1}/_{8}$, et s'exprime par la fraction $^{8}/_{889}$.

3° Si les mesures itinéraires présentent des rapports si peu faciles avec les divisions de la circonférence, leurs rapports entre elles sont bien plus difficultueux encore. Pour nous borner à un exemple, que l'on examine le rapport de la lieue de poste française à la lieue de 25 au degré. La première étant de 28.54 par degré, on a la proportion suivante :

$$28.54 : 25 :: 1 : x$$

ou

$$28.54 : 2500 :: 1 : {}^{2500}/_{2854}.$$

ce qui donne pour quatrième terme 0,8759.

L'impossibilité où presque toujours l'on est de faire ces calculs amène presque tout le monde à ne plus tenir compte des distances ou à ne les saisir que de la manière la plus grossière : de là tant de vague, tant d'erreurs dans ce que l'on regarde comme des notions géographiques. Et quoi de plus ridicule que ces erreurs? De bonne foi, est-ce lire que de lire dans tel voyage ou tel tableau statistique que de Nanking à une autre ville de la Chine il y a 192 *li*, et d'ignorer ce que c'est qu'un li? C'est comme si, en entendant parler de places rétribuées 96 000 reis par an (en Portugal), on allait s'imaginer que c'est au moins un ministère : 96 000 reis ne font que 680 fr.

De même donc qu'il est nécessaire d'avoir des tables de monnaie, de même quiconque étudie la géographie doit souhaiter ce que nous lui donnons ici, d'après le *Précis* de Malte-Brun et quelques autres, une table comparative des principales mesures itinéraires et de superficie.

(*Voyez* le tableau ci-contre.)

On voit que des six colonnes de chiffres qui, dans cette table, accompagnent les noms des mesures, les trois premières se rapportent aux dimensions longitudinales, les trois dernières aux dimensions de longueur et largeur ou dimensions de superficie.

Le chiffre à la colonne des degrés indique combien de fois la mesure *est contenue* dans le degré; les chiffres des autres colonnes, au contraire, expriment combien de fois la mesure contient celle qui est inscrite en titre et en tête de la colonne.

Ainsi, la première ligne de la table, relative au grand mille d'Allemagne, signifie que ce mille est contenu 12 fois dans le degré (en d'autres termes, qu'il est $\frac{1}{12}$ du degré), et qu'il contient, soit 2 lieues de 25 au degré, plus 833 dix milliêmes, et $\frac{1}{3}$ de dix milliêmes de lieues semblables, soit 9 kilomètres, 2708 dix milliêmes $\frac{1}{3}$ de kilomètre (autrement, 9270 mètres, 8 dixièmes et $\frac{1}{3}$ de dixième). Ce même grand mille carré contient:

1.6525 milles carrés de 15 au degré (prononcez 1 mille carré 6525 dix milliêmes).
4.3389 lieues carrées de 25.
85.951 kilomètres carrés.

Très-souvent le chiffre des colonnes 2, 4 et 5 peut être une fraction. En effet, beaucoup de mesures itinéraires sont moins grandes que la lieue, et à plus forte raison que le mille de 15 au degré. Ainsi, par exemple, vis-à-vis du mille légal d'Angleterre, on lit dans la 2e colonne 0.3616, dans la 5e 0.13075. Cela veut dire : 1° que ce mille légal contient 3616 dix milliêmes de la lieue longitudinale de 25 au degré, 2° que ce mille légal carré est contenu 13075 cent milliêmes de fois

TABLE COMPARATIVE

des principales mesures itinéraires et topographiques (ou de superficie) en usage, rapportées : 1° au degré nonagésimal, à la lieue de 25 au degré, au kilomètre pour les distances longitudinales ; 2° au mille de 15, à la lieue de 25 et au kilomètre pour les surfaces.

RAPPORT ITINÉRAIRE			MESURES.	RAPPORT TOPOGRAPHIQUE		
au degré.	à la lieue de 25 au d.	au kilomètre.		au mille de 15 au d.	à la lieue de 25 au d.	au kilomètre.
12	2.0833 ⅓	9.2708 ⅓	*Grand mille d'*Allemagne.	1.5625	4.3389	85.951
15	1 ⅔	7.4166 ⅔	*Mille ordinaire ou géogr., d°.*	1	2 7/9	55.001
17 ¾	1.4081	6.2676	*Petit mille, d°.*	0.714	1.987	39.2753
69 ⅕	0.3616	1.6091	*Mille légal d'*Angleterre.	0.0471	0.13075	2.5889
73	0.3425	1.524	*Mille de Londres, d°.*	0.0422	0.1173	2.32257
60	0.4167	1.8542	*Mille marin ou géographique, d°.*	0.0625	0.17363	3.4373
20	1 ¼	5.5625	*Lieue* (league) *marine, d°.*	0.5525	1.5625	30.9414
33	0.7576	3.371	*Lieue d'*Anjou.	0.2066	0.5739	11.3636
57 ⅕	0.4371	1.9449	*Lieue d'*Arabie.	0.687	0.191	3.78
28	0.8929	3.9732	*Lieue d'*Artois.	0.2868	0.7973	15.785
17 ⅓	1.4423	6.4183	*Lieue* astronomique.	0.7489	2.079	41.2
105.6	0.2367	1.0535	*Pfase de* Batavia, Java, *etc.*	0.02018	0.005602	1.09
26.397	0.9471	4.2145	*Horaire, d°.*	0.3229	0.897	17.759
16.087	1.55405	6.9155	*Lieue, d°.*	0.8694	2.4149	47.823
33	0.7576	3 371	*Lieue de* Beauce.	0.2066	0.5739	11.3636
26	0.9615	4.2788	*Lieue de* Berry.	0.3228	0.9215	18.308
16	1.5625	6.953	*Mille de* Bohême.	0.8789	2.44	48.314
21.521	1.1617	5.1693	*Lieue de* Bourgogne.	0.4858	1.3502	26.7186
20	1 ¼	5.5625	*Mille du* Brabant.	0.5625	1.5625	30.9414
17	1.4706	6.5141	*Lieue du* Brésil.	0.7785	2.1638	42.8239
33	0.7576	3.371	*Lieue de* Bretagne.	0.2066	0.5739	11.3636
28	0.8929	3.9732	*Lieue de* Cayenne.	0.2868	0.7973	15.7847
28.54	0.8759	3.898	*Lieue du* Canada.	0.2762	0.7672	15.1914
35	0.71429	3.17857	*Lieue de* Carnate (*Hindoustan*).	0.1837	0.5102	10.1
192.4	0.1299	0.5782	*Li de la* Chine.	0.0060	0.01687	0.3343
11	2.2727	10.1136	*Goss ou gau de* Coromandel.	1.8597	5.1663	102.2856
14.77	1.6926	7 5321	*Mille de* Danemarck.	1.0315	2.866	66.731
12 ⅓	2.027	9.002	*Mille de* Saxe (*dit* de Dresde).	1.479	4.1087	81.036
50	½	2.225	*Mille d'*Ecosse.	0.09	¼	4.9506 ¼
16 ⅔	1 ½	6.675	*Lieue nouvelle d'*Espagne.	0.8117	2 ¼	44.5556 ¼
20	1 ¼	5.5625	*Lieue horaire, d°.*	0.5625	1.5625	30.9414
26 ⅔	0.9375	4.1718 ¾	*Lieue juridique, d°.*	0.3164	0.8789	17.4056
28.54	0.8759	3.898	*Lieue de poste de* France, 2000 t.	0.2762	0.7672	15.1914
25	1	4.45	*Lieue géographique ou ordin., d°.*	0.36	1	19.8025
20	1 ¼	5.5625	*Lieue marine, d°.*	0.5625	1.5625	30.9414
22 ¼	1.1236	5	*Lieue moyenne, d°.*	0.4544	1.2633	25
11 ⅛	2 2472	10	*Myriam. ou gr. lieue nouv., d°.*	1.818	5.049	100
111 ¼	0.2247	1	*Kilom. ou petite lieue nouv., d°.*	0.01818	0.05049	1
19.025	1.3139	58.476	*Lieue de* Gascogne.	0.6216	1.7266	34.194
26.838	0.9315	4.1452	*Lieue de la* Guyane.	0.3124	0.8677	17.181
	1.3158	5.855	*Mille de la* Hollande.	0.6232	1.7319	34.281
13 ⅓	1.875	8.34375	*Mille de* Hongrie.	1.266	3.5159	69.622
42 ¾	0.5848	2.6023	*Coss ou coron de l'*Hindoustan.	0.1231	0.342	6.7718
40	0.625	2.78125	*Mille de l'*Irlande.	0.1416 ½	0.3907	7.735
3	8 ⅓	37.08333 ⅓	*Tingmannaleid de l'*Islande.	25	69 4/9	1375.1736
9	2 7/9	12.36 1/9	*Mille marin, d°.*	2 778	7.716	152.797
12	2.0833	9.2708	*Mille ordinaire de terre, d°.*	1.5625	4.3389	85.96
58.48	0.4275	1.9024	*Lieue* (lega) *du* Bo[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

dans
loin
tenu
long
2768/
de f
Mai
gage
tien
quin
qua
autr
P
lonn
de p
indi
écri
de
exis
cul
nen
que
des
qua
que
1
1
Dor
1 :
le r
carr
la t
réel
mét
hec
D'a
par
25
Nor
qu'

dans la même lieue carrée. C'est bien dire que, loin de contenir la lieue, ce mille légal est contenu dans la lieue. En effet, celle-ci le contient longitudinalement $^{10000}/_{3616}$ de fois (ou 2 fois plus $^{2768}/_{3616}$ de fois), et superficiellement $^{100000}/_{13075}$ de fois (autrement 7 fois plus $^{8475}/_{13075}$ de fois). Mais, en mathématiques, c'est une forme de langage usuel que de dire : « Telle quantité en contient une autre, un quart, un soixantième, un quinze millième de fois », au lieu de : « Telle quantité est le quart, le 60ᵉ, le 15000ᵉ de telle autre. »

Peut-être, en comparant la colonne 2 à la colonne 5, sera-t-on étonné de voir que les chiffres, de part et d'autre, ne sont pas les mêmes, quoique indiquant également les rapports de la mesure écrite en toutes lettres et vis-à-vis avec la lieue de 25 au degré; mais cet étonnement ne peut exister que chez les personnes étrangères au calcul des surfaces. Sitôt que deux longueurs donnent lieu à des carrés dont alors elles ne sont plus que le côté, le rapport des deux carrés est celui des carrés des deux nombres qui exprimaient la quantité linéaire. Or on sait, par l'arithmétique, que les carrés de

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, etc., sont
1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81, 100, etc.

Donc, si deux lignes sont l'une à l'autre comme 1 : 2, les carrés formés sur elles sont comme 1 : 4; le rapport des deux lignes est-il 1 à 3, celui des deux carrés devient 1 à 9, et ainsi de suite. C'est ainsi que la toise en longueur vaut 6 pieds, et la toise carrée39 pieds carrés, l'hectomètre en longueur (100 mètres) 10 décamètres, et l'hectomètre carré (ou hectare) 100 décamètres carrés (ou 100 ares). D'après cela on doit trouver tout simple que la parasange, qui longitudinalement vaut 2 lieues de 25 au degré, carrée en vaille 4; que le mille de Norvége revienne à 2 lieues ½, ou à 6 ¼, selon qu'il est pris comme ligne ou comme surface.

D'après le principe analogue appliqué aux fractions, on verra au contraire si le chiffre de la colonne 2 est au-dessous de l'unité, celui de la colonne 5 doit rester encore bien plus au-dessous. En effet, si d'une part on a eu

$$1 \times 1 ;\ 2 \times 2 ;\ 3 \times 3 ;\ 4 \times 4 ;\ 5 \times 5, \text{ etc.}$$

ce qui donne

$$1 \qquad 4 \qquad 9 \qquad 16 \qquad 25$$

de l'autre on a

$$1 \times 1 ;\ \tfrac{1}{2} \times \tfrac{1}{2} ;\ \tfrac{1}{3} \times \tfrac{1}{3} ;\ \tfrac{1}{4} \times \tfrac{1}{4} ;\ \tfrac{1}{5} \times \tfrac{1}{5}$$

ce qui donne

$$1 \qquad \tfrac{1}{4} \qquad \tfrac{1}{9} \qquad \tfrac{1}{16} \qquad \tfrac{1}{25}$$

De telle sorte que si deux longueurs sont l'une à l'autre comme 1 : ¼, les carrés qui ont ces longueurs pour côté sont l'un à l'autre comme 1 est à $\tfrac{1}{16}$. On comprend par là que le berri de Turquie, après avoir été à notre lieue géographique : : 0.375 est à 1, soit carrément à cette même lieue carrée : : 0.1406 est à 1, c'est-à-dire que le rapport qui était plus de ⅓ se réduise dans la quadrature à environ ⅛.

Les colonnes 3 et 6, consacrées au kilomètre et kilomètre carré, présentent la même particularité.

On devine maintenant pourquoi la colonne 4 n'a pas été consacrée par analogie aux degrés carrés : 1° jamais on n'emploie cette dernière mesure, et 2° on a raison de ne pas l'employer. Le degré carré n'est point dans la nature. En effet, qu'on jette les yeux sur un globe, on verra bientôt, ce qui d'ailleurs sera développé plus bas, que les quadrilatères formés par l'intersection des parallèles et des méridiens ne sont point des carrés. Les portions de méridiens interceptées entre les parallèles sont à peu près égales ou sont censées l'être, mais les portions de parallèles ne le sont n aucune façon.

Ceci posé, voici de quelle manière on pourra se servir de la table comparative. Toutes les opérations usuelles se réduiront aux quatre suivantes : 1° réduire un nombre donné de degrés ou fractions de degrés en un nombre de mesures itinéraires quelconques ; 2° réduire un nombre donné de mesures itinéraires quelconques en un nombre de degrés ou de fractions de degrés ; 3° réduire un nombre donné de mesures, soit itinéraires, soit de surface, en un nombre de lieues de 25, de milles de 15 ou de kilomètres ; 4° au contraire, réduire un nombre donné de kilomètres, ou milles de 15, ou lieues de 25, en autres mesures désignées.

Première opération (dans laquelle le nombre connu est celui des degrés, et le nombre inconnu celui des mesures différentes du degré). Elle donne lieu à la proportion suivante :

Un degré
Est au nombre de mesures proposées contenues dans le degré
Comme le nombre de degrés proposé
Est au nombre cherché de mesures.

D'où résulte * que le nombre cherché de mesures égale le nombre de mesures proposées contenues dans le degré multiplié par le nombre de degrés proposé. Donc, multipliez le nombre de mesures proposées contenues dans le degré par le nombre de degrés proposé, vous aurez le nombre cherché de mesures. Combien, par exemple, 11° 40′ contiennent-ils de grands milles d'Allemagne? Multipliez 12 (nombre de grands milles que con-

---

* On se rappelle que, dans toute proportion, un *extrême* égale le produit des *moyens* divisés par l'autre extrême : lors donc que celui-ci est l'unité (comme dans les présentes opérations) il égale le produit des moyens.

tient le degré) par 11 $^{40}/_{60}$ ou 11 $^{2}/_{3}$: le produit sera la 140 réponse.

Seconde opération. Ici c'est tout le contraire : on sait le nombre de mesures proposées ; l'on ignore et l'on cherche le nombre équivalent de degrés : 140 grands milles allemands, à combien de degrés reviennent-ils ? L'on dit alors :

Le nombre de mesures proposées contenu dans un degré
Est à 1 degré
Comme le nombre connu des mesures
Est au nombre cherché de degrés,

Ou, dans l'exemple en question,

$$12 : 1 :: 140 : x$$

Ce qui nous mène à la conséquence suivante : le nombre cherché de degrés égale le nombre connu de mesures divisé par le nombre de ces mesures contenu dans le degré (ici donc $x = {}^{140}/_{12} = 11\ {}^{8}/_{12}$ ou 11 $^{2}/_{3}$, et, puisqu'il s'agit de degrés, 11° 40′). Et voici le principe qui en résulte pour la seconde opération : divisez le nombre connu de mesures par le nombre de ces mesures contenu dans le degré, vous aurez le nombre cherché de degrés.

Troisième opération. Etant donné un nombre de mesures, le réduire en kilomètres ou lieues de 25, ou, s'il s'agit de superficie, en milles de 15. Par exemple, que valent en lieues, kilom., etc., 285 milles géographiques?

L'unité de la mesure dont on sait le chiffre
Est au nombre de lieues, kilomètres, etc., contenu dans cette unité,
Comme le nombre connu desdites mesures
Est au nombre cherché de lieues, kilom., etc.

C'est-à-dire que, dans l'exemple ci-dessus, on arriverait, selon qu'on voudrait convertir en lieues, kilomètres ou de 15 au degré les 285 milles géographiques pris tour à tour longitudinalement et en carré aux cinq proportions qui suivent :

$$1 : 0.4167 :: 285 : x$$
$$1 : 1.8542 :: 285 : x$$
$$1 : 0.17363 :: 285 : x$$
$$1 : 3.4373 :: 285 : x$$
$$1 : 0.0625 :: 285 : x$$

De là le principe : le nombre cherché de lieues, kilomètres, etc., égale le nombre connu de mesures à convertir multiplié par le nombre de lieues, kilomètres, etc., contenu dans une seule de ces mesures à convertir. Ainsi x est

285 $\times$ 0.4167 lieues de 25
285 $\times$ 1.8542 kilomètres
285 $\times$ 0.17263 lieues carrées de 25
285 $\times$ 3.4373 kilomètres carrés
285 $\times$ 0.0625 milles allemands de 15

Et de là le précepte : multipliez par le nombre connu de mesures à convertir le nombre de lieues, kilomètres, etc., que contient une seule de ces mesures, le produit sera le nombre cherché de lieues, etc., équivalent au nombre connu des mesures premières.

Quatrième opération. Etant connu au contraire un nombre de lieues, kilomètres, etc., le réduire à un nombre de mesures déterminées différentes. Soit 912 kilomètres : combien ces 912 kilomètres valent-ils de lieues de 25 au degré?

Le nombre de lieues, etc., contenu dans une seule des mesures en qui l'on doit convertir
Est à une de ces mesures
Comme la totalité connue des lieues, etc.,
Est à la totalité cherchée des mesures en qui l'on doit convertir.

Ici, par exemple, la lieue de 25 degrés valant 4450 mètres, ou 4 kilomètres 45, on dira :

$$4.45 : 1 :: 912 : x$$

C'est-à-dire que le nombre qu'on cherche égale le nombre total des mesures à convertir, divisé par le nombre de ces mêmes mesures contenu dans une seule de celles en qui l'on doit convertir,

$$x = \frac{9124}{4.45}$$

Conclusion : divisez le nombre connu de mesures à convertir par le nombre desdites mesures que contient l'unité de celles en qui l'on convertit, le quotient sera le nombre cherché de ces dernières mesures. — Il en serait absolument de même si l'on voulait convertir les mesures carrées en mesures carrées. Par exemple : à combien de lieues carrées (de 25) reviennent 912 kilomètres carrés? On aurait alors

$$19.8025 : 1 :: 912 : x$$

et par conséquent

$$x = \frac{912}{19.8025}$$

Le quotient serait beaucoup moins grand que celui de 912 divisé par 4.45. Et en effet, le nombre de lieues carrées contenues dans un nombre quelconque de kilomètres carrés est moindre que le nombre de lieues longitudinales contenues dans une même quantité de kilomètres linéaires.

On pourrait aussi, tant qu'il ne s'agirait que de mesures longitudinales, opérer ces conversions à l'aide de la première colonne, celle qui indique le rapport au degré. Par exemple, combien 360 lieues de Portugal font-elles de nos lieues de 25 au degré? La lieue portugaise étant de 18 au degré, il est clair que l'on a sur-le-champ :

$$18 : 25 :: 360 : x = 2\,\frac{360 \times 85}{18} = \frac{9000}{18} = 500.$$

Et en général,

Le nombre de mesures à convertir compris au degré
Est au nombre de mesures en qui l'on veut convertir compris au degré
Comme le nombre connu des premières
Est au nombre cherché des secondes.

On voit même que par ce moyen on peut réduire non-seulement les mesures mentionnées dans la grande colonne centrale aux mesures inscrites en tête des petites colonnes, et réciproquement, mais encore toutes les mesures les unes aux autres, immédiatement et sans passer par les réductions en lieues, kilomètres, etc. Ainsi, combien 210 milles d'Irlande valent-ils de milles de Londres?

$$40 : 73 :: 210 : \frac{210 \times 73}{40} = \frac{1433}{4} = 368\ ^1/_4$$

En revanche, un inconvénient qui nuit un peu à l'excellence de cette méthode, c'est que, pour obtenir le quatrième terme, il faut une multiplication et une division, tandis que, dans les opérations appliquées ci-dessus, le soin que nous avons eu d'introduire toujours l'unité comme un des termes de la proportion fait que l'on arrive au quatrième terme seulement par l'une ou l'autre de ces opérations.

Ce que l'on a dit jusqu'à présent n'indique encore qu'imparfaitement de quelle manière on peut mesurer les distances et les superficies. En effet, nous savons substituer à un nombre de certaines mesures un nombre équivalent de mesures différentes; mais de quelle manière arriver à une première mesure?

Longitudinalement même, ce résultat ne s'obtient pas sans difficulté; lorsqu'il s'agit de superficie l'embarras est plus grand.

Pour bien comprendre ces difficultés, ainsi que pour en activer la solution, il faut remonter aux latitudes et longitudes, et donner quelques explications plus géographiques qu'astronomiques sur les unes et les autres.

En thèse générale, la latitude est la distance droite d'un lieu à l'équateur, distance qui se mesure par l'arc de cercle compris entre le pôle et l'horizon. En d'autres termes, l'élevation du pôle, soit arctique, soit antarctique, relativement à l'horizon, donne la latitude. Or, cette élevation n'est pas toujours d' 1°, de 2°, de 3°, n'est pas toujours exprimée par des nombres entiers. L'arc qui la mesure se complique de minutes, de secondes, de fractions de secondes. Ne voulût-on tenir compte que des secondes, comme $360 \times 60 \times 60$ (ou 6 à la quatrième puissance $\times 1000$) fait 1296000 sur un demi-méridien (ou demi-circonférence croisant à angle droit l'équateur). On ne compterait donc pas moins de 648000 distances différentes à l'équateur, 324000 au nord, 324000 au sud. Le 324000e et le 648000e points seraient les pôles. Or, comme par chaque point qui marque cette distance on peut mener un cercle parallèle à l'équateur, on aurait donc sur le demi-méridien 647 098 parallèles (323 099 de chaque côté de l'équateur), et entre les deux parallèles immédiatement voisins serait toujours compris un arc de cercle de 1 seconde. Si, au lieu de cercles tracés à la surface, on concevait des plans parallèles passant à l'intérieur de la terre et aboutissant à ces cercles, le globe entier se trouverait partagé en 648 000 segmens sphériques, dont 647 098 à deux bases, et la surface de chaque segment, sauf les deux derniers, formerait une zône bornée par deux parallèles distincts, qui toujours, comme ci-dessus, intercepteraient entre eux un arc d' 1 seconde. On devine, du reste, que jamais semblable tracé n'a été réalisé ; il suffit de le concevoir, et dans l'usage on se borne à faire courir sur les très-grands globes, de chaque côté de l'équateur, 89 cercles parallèles à ce grand cercle ; au nord et au sud le pôle tient lieu du cercle 90. On compte, on le voit, à partir de l'ééquateur qui est chiffré 0. En effet, pour l'homme placé sur l'équateur même, les deux pôles sont dans l'horizon. Quelle est donc alors l'élévation du pôle au-dessus de l'horizon? — 0; et par suite, quelle est la latitude? — 0. Dès que le même homme s'écarte un peu, soit au nord, soit au sud, l'un des pôles s'enfonce légèrement sous son horizon, l'autre commence à s'élever; un arc de cercle, si faible qu'il soit, est intercepté entre l'horizon et lui. Si cet arc est d'une seconde, la latitude est 0° 0' 1", et ainsi de suite. Le point de départ, ou l'équateur, est donc 0; et avant d'arriver au degré 1, on peut passer par bien des latitudes différentes, toutes entre 0 et 1, toutes exprimées par une fraction de l'unité, ou 0° et par un certain nombre de minutes et secondes, etc.

Ce qu'on vient de remarquer pour les parallèles et les latitudes se reproduit avec de légères modifications pour les méridiens.

Méridiens. — Autant de lieux sur un même parallèle, autant de méridiens divers. En effet, le plan du méridien étant déterminé par trois points, savoir : le lieu où posent les pieds de l'observateur, son zénith et le pôle : dès que les deux premiers points changent, le plan change. Or, autant il y a de points distincts sur un même parallèle, autant on peut faire jouer sur ce parallèle de plans divers qui tous passeront par le pôle. Que la circonférence du parallèle contienne donc, comme toute circonférence, 1 296 000 points distincts marquant les secondes, voilà 1 296 000 zénith, et le plan méridien, tout fixe qu'il est au pôle, tout perpendiculaire qu'il est constamment à l'équateur, aura 1 296 000 positions possibles; ou, puisque toute portion de plan placée derrière l'axe de la terre (et passant par cet axe), qui fait un angle de 180° avec une portion de plan située en avant de ce même axe et le comprenant aussi, n'en est que la prolongation et se confond avec elle, il peut alors y avoir 648000 méridiens. Or, les cercles que tracent autour du globe, et perpendiculairement à l'équateur, ces plans méridiens, en rencontrant la sphère terrestre, sont des méridiens, et les demi-cercles des demi-méridiens : on a donc ou 1296000 demi-méridiens ou 648000 méridiens. Il y en a bien plus, car une circonférence telle que celle de l'équateur a plus de 1296000 points distincts ; mais, comme pour les parallèles, il suffit ici d'avoir conçu que la multitude des méridiens est en quelque sorte infinie, puis rentrant dans la pratique vulgaire, on trouvera tout simple que des 1296000 demi-méridiens ou 648000 méridiens possibles on soit revenu à 360 des premiers ou 180 des seconds, pour ne pas couvrir les cartes de lignes.

Tous ces méridiens se croisent à l'un et l'autre pôle. De sorte que qui suivrait, sans varier un seul instant dans sa route, le même méridien et marcherait toujours en avant, en partant du pôle arctique, arriverait à l'équateur, de là toucherait le pôle antarctique, couperait de nouveau l'équateur, mais au point diamétralement opposé à celui qu'il aurait franchi d'abord, et enfin serait ramené au pôle arctique. Il aurait décrit un cercle autour du globe, et ce cercle pourtant serait pour lui une ligne droite. Telle est, en effet, la propriété de tout grand cercle de la sphère (un grand cercle est celui dont le plan passe par le centre de la sphère, et en conséquence comprend un diamètre de la sphère); l'équateur lui-même offre cette particularité.

Tout plan méridien coupant le plan de l'équateur à angle droit, tout méridien, à son tour, coupe l'équateur lui-même à angle droit. Ce n'est pas tout ; il coupe aussi, dans son trajet du pôle à l'équateur et de l'équateur au pôle opposé, les 89 parallèles nord et les 89 parallèles sud situés entre l'équateur et les pôles : *il les coupe à angles droits.*

Puisque les méridiens se croisent, c'est-à-dire se rencontrent et se confondent aux pôles, et se trouvent très-notablement écartés les uns des autres à l'équateur, on doit sentir que cet écartement ne se fait pas tout d'un coup et qu'il est graduel. Il y a déjà divergence des deux méridiens lorsqu'ils rencontrent le parallèle 89 ; plus grand est l'écart au parallèle 88, plus grand encore au 87, et ainsi de suite jusqu'au parallèle 0 ou à l'équateur; et une fois ce point franchi, les deux méridiens vont se rapprochant de plus en plus, et au pôle antarctique ils se confondent comme au pôle arctique.

De là résultent trois faits.

1° Deux méridiens ADNB, AM'D'MB (fig. p. 27), d'un pôle à l'autre, laissent entre eux un espace dit *fuseau sphérique*, espace qui se termine en pointe en haut et en bas ou vers les pôles B et A. Il offre certaine largeur au milieu, et cette largeur changeant sans cesse entre le milieu et les extrémités, va diminuant de celles-là vers celles-ci, et augmentant de celles-ci vers celles-là.

2° Divisé en deux moitiés par la portion DD' d'équateur qui le traverse, le fuseau sphérique présente deux triangles sphériques DAD', DBD'. Chacun de ces triangles a pour côtés les deux quarts de méridiens ou moitiés de demi-méridiens qui courent de l'équateur à l'un ou l'autre pôle, et l'arc d'équateur intercepté par ces premiers côtés.

3° Si, au lieu de prolonger les deux demi-méridiens jusqu'à l'équateur, on les arrêtait à un cercle parallèle quelconque, fig. 10 et 16, là toujours se dessinerait un triangle sphérique : les portions de demi-méridiens en formeraient les deux côtés isoscèles; la portion de parallèle interceptée serait le troisième côté. Peu importerait que ce troisième côté appartînt au 1^er^, au 2^e^, au 10^e^, au 45^e^ ou au 89^e^ parallèle. Le triangle sphérique ne varierait que dans ses dimensions; il ne varierait ni dans le nombre de ses dimensions ni dans l'ouverture de ses angles.—Maintenant, supposons qu'après avoir pris sur le triangle sphérique primitif, qui a pour troisième côté un arc d'équateur, un triangle sphérique moins grand, dont le troisième côté serait un arc du 45^e^ parallèle, nous considérions ce qui resterait du premier triangle, ce triangle serait un quadrilatère, sphérique aussi, un vrai trapèze sphérique formé : 1° des deux portions de demi-méridiens, côtés non parallèles; 2° de deux arcs de cercles, l'un appartenant au 45e cercle de latitude, l'autre appartenant à l'équateur.

Qu'après ces préliminaires on jette un coup-d'œil sur un globe où soient dessinés les méridiens et les parallèles, on remarquera bientôt que leur entrecroisement donne lieu à une foule de triangles et de quadrilatères sphériques tels que nous venons de les indiquer. Les triangles sont tous rangés autour de l'un et de l'autre pôle; les quadrilatères, plus nombreux, occupent le reste du globe. Quel est le nombre de ces polygones sphériques? Si la superficie de la sphère terrestre était, comme nous le supposions plus haut, divisée d'une part en 648 000 zônes par des parallèles situés de seconde en seconde, de l'autre par des demi-méridiens placés de seconde en seconde en 1296000 fuseaux, le nombre total de ces polygones serait de 648 000 $\times$ 1 296 000 ou 648 fois 1296 multiplié par un million, ou 839808 millions, dont 2592000 triangulaires. Mais en se bornant, comme dans la graduation ordinaire, à 360 fuseaux et 180 zones, un globe qui réellement serait bariolé des 360 demi-méridiens et des 180 parallèles aurait encore 360 $\times$ 180 ou 64800 polygones, dont 720 triangles et 64800 trapézes, ou, comme l'on dit, quadrilatères. Sur nos globes ordinaires les méridiens et parallèles ne sont marqués que de 10 en 10 degrés, ce qui réduit de beaucoup le nombre des polygones sphériques.

De même que la distance d'un parallèle à l'autre est mesuré par un arc du demi-méridien, de même la distance d'un demi-méridien à l'autre est mesurée par l'arc du parallèle ou de l'équateur. Tout méridien forme avec celui qui le suit immédiatement un angle d' 1 degré, avec le second un angle de 2, avec le troisième un angle de 3, et ainsi de suite. Parmi ces angles, ceux de 90 et de 180° sont surtout remarquables. Les deux demi-méridiens qui forment cet angle de 90 se coupant à angles droits, le triangle sphérique qu'ils forment avec l'équateur est donc un triangle sphérique à trois angles droits. Lorsque l'angle des deux demi-méridiens est de 180°, il est clair que les deux demi-méridiens sont dans le même plan, ne forment pas d'angle véritable et se soudent en un cercle unique ou méridien complet : ce cercle est digne d'observation. Ceux qui en habitent les deux demi-méridiens opposés et à latitudes égales, mais l'une sud, l'autre nord, sont dits *antipodes*. Deux peuples habitent-ils sur ces deux demi-méridiens opposés des latitudes égales, mais du même côté de l'équateur, ce sont des *périœciens ;* habitent-ils au contraire des latitudes égales, l'une au nord, l'autre au sud de l'équateur, mais sur un même demi-méridien, ce sont des *antœciens*. Les antipodes réunissent donc deux conditions outre la latitude égale ; ils ont demi-méridiens opposés, latitudes opposées : le manque de la première fait les antœciens, l'absence de la seconde fait les périœciens. Ceux-ci ont les mêmes saisons et des heures opposées (l'un à minuit et l'autre midi, une heure du matin et une heure du soir, etc.) ; ceux-là ont les mêmes heures et des saisons opposées : chez les antipodes, tout est opposé, heures et saisons.

Avant d'aller plus loin, il faut revenir à la manière de compter les méridiens. Le premier AEB (p. 27), par exemple, s'appelle 0 comme l'équateur. Mais l'équateur était un point fixe, tandis, au contraire, que le premier méridien, ou plutôt le méridien 0, a été déterminé arbitrairement et en lieux divers : de là nécessité de réduire les unes aux autres les diverses manières de chiffrer la longitude. Ce n'est pas tout : les uns comptant, d'après le demi-méridien, 180, 181, 182, 183, etc., jusqu'à 360, tandis que les autres rétrogradent et disent 179, 178, etc., et reviennent ainsi à 0, il faut pouvoir ramener chacune de ces deux manières à l'autre.

D'abord on devra savoir que, lorsqu'on procède selon la seconde méthode, on est tenu de joindre au chiffre exprimant le demi-méridien le mot *est* ou *ouest*. Si donc on a compté 10, 20, 30,.... 170 de longitude est, après avoir prononcé 180, qui n'est ni ouest ni est, on reprend 179 de long. ouest, 178 de long. ouest, etc; et si, au contraire, on a voyagé à l'ouest et dit 20, 40, 60°, etc., de longitude occidentale, immédiatement après 180 on prononce 179 de long. orientale, 178 de long. or., et ainsi de suite. Dans cette manière de compter il arrive toujours que, réunis, les chiffres des deux demi-méridiens égalent 180. En effet, $0° + 180 = 180$; $1 + 179 = 180$; $2 + 178 = 180$; $45 + 135 = 180$.

Maintenant se présentent les questions suivantes :

1° Etant donné une longitude qui prend pour point de départ un autre 0 que Paris, comment la ramener à l'expression du méridien de Paris?

Donnons d'abord les 0 (ou points de départ) ordinaires, et voyons à quelle distance en longitude ils sont de Paris. (O. signifie *ouest*, E. *est*.)

Observatoire de Greenwich.	2° 20′ 15″	O.
Saint-Paul de Londres (point de départ assez usité en Angleterre, quoique moins que le précédent).	2° 25′ 47″	O.
Cap Lézard (anciennes mesures anglaises).	7° 32′	O.
Ile-de-Fer (une des Canaries).	20° 30′	O.
Pic de Ténériffe (*id.*).	19°	O.
Copenhague.	10° 15′ 30″	E.
Stockholm.	15° 43′ 45″	E.
Saint-Pétersbourg.	27° 59′	E.

De ces zéros, les uns sont occidentaux, les autres orientaux par rapport à Paris. — Pour les premiers, si la position exprimée est occidentale relativement au zéro, il faudra joindre au chiffre de la longitude celui qui marque la différence du zéro à Paris; si l'observation est orientale par rapport à Paris, on retranchera dudit chiffre de longitude la différence du zéro et de Paris; l'observation enfin est-elle occidentale par rapport à Paris, orientale par rapport au zéro choisi, du chiffre qui marque la différence de longitude entre le zéro et Paris ôtez celui de la longitude observée; le reste sera le chiffre demandé et indiquera la longitude occidentale. Exemple : réduire à la longitude de Paris trois observations faites sur le méridien de l'île de Fer, et qui donnent 27° 7′ 35″ ouest, 27° 7′ 35″ est, et 17° 59′ 30″ aussi à l'est. Les réponses seront 27° 7′ 35″ + 20° 30′, ou 47° 37′ 35″ ouest ; 27° 7′ 35″ - 20° 30′, ou 6° 37′ 35″ est ; 27° 7′ 35″ - 17° 59′ 30″, ou 9° 8′ 5″ ouest. Si la longitude a été exprimée en mesures qui partent du zéro oriental relativement à Paris, on prendra des méthodes inverses : en cas d'observations orientales pour les deux endroits, additionnez la longitude observée et la différence ; en cas d'observations à l'ouest des deux points de départ, soustrayez de la longitude observée la différence ; enfin, en cas d'observations intermédiaires, retranchez de la différence la longitude observée et mettez à l'est.

2° Etant donné une longitude sur le méridien de Paris, la convertir en longitudes sur tel autre méridien que l'on voudra.

Pour convertir en expression de méridien oriental, il faut, — pour une longitude à l'est du zéro à l'est de Paris, soustraire du chiffre qui exprime la longitude selon la manière parisienne, celui de la différence ; — pour une longitude à l'ouest du O Paris, additionner cette longitude et la différence ; — pour une longitude intermédiaire (E. de Paris, O. de l'autre zéro), retrancher de la différence la longitude.

Si c'est au contraire en méridiens partant d'un zéro à l'ouest qu'on veut exprimer la longitude exprimée à la manière parisienne, on devra, — pour une observation à l'ouest des deux O, réunir la différence et la longitude ; — pour une observation à l'est, prendre la longitude moins la différence ; — pour une observation intermédiaire, prendre la différence moins la longitude, et qualifier la longitude d'*orientale*.

3° Etant donné des longitudes au-delà de 180, les ramener aux longitudes rétrogrades :

De 360 retranchez le nombre proposé, le reste sera le nombre cherché ; mais donnez une latitude inverse. Qu'est-ce, par exemple, que le 299e degré à l'est de Paris ? c'est le 360 — 299e ou 61e à l'ouest. Qu'est-ce que le 345e degré à l'ouest de l'île de Fer? c'est le (360 — 345) 15e à l'est de cette même île, point qui répond à 5° 30′ ouest de Paris.

On voit par là comment on peut convertir des longitudes de ce genre en longitudes de Paris qui n'aillent pas plus loin que 180. A quelle longitude parisienne répondent 200° 0′ 15″ du cap Lézard? 1° Les 200° 15″ sont 159° 59′ 45″ de long. ouest; 2° 159° 59′ 45″ de long. ouest à partir du cap Lézard, qui est par 7° 32′ à l'ouest de Paris, reviennent à 167° 31′ 45″ de long. occid. Ou bien, premièrement, les 200° 15″ (est), à partir du cap Lézard, sont 192 28 15″; et secondement, 192° 28 15″ est, retranchés de 360, donnent 167° 31′ 45″ ouest.

4° Etant donné des longitudes rétrogrades, les convertir en longitudes qui passent 180.

Retranchez de 360 le nombre donné, le reste sera le nombre cherché; mais changez est en ouest, et réciproquement. A quoi reviennent 245° 15′ 15″ longitude occidentale de Paris? De 360, ou plutôt de

plutôt de	359° 59′ 60″
retranchez	245 15 15
le reste	114° 44′ 45″

est la longitude orientale à partir de Paris.

Des mesures au moyen des méridiens et des parallèles. — Il est inutile de s'appesantir sur la rigueur avec laquelle cette double indication, latitude et longitude, surtout lorsque l'on spécifie jusqu'aux secondes, détermine la position des lieux, et sur l'importance dont elle est dans une foule de cas, principalement en marine.

Elle l'est aussi pour fournir des élémens aux calculs sur les longueurs itinéraires et les superficies des provinces, des empires, des mers, etc.

Toutefois, il faut savoir que, lorsqu'on veut être rigoureux, les rapports ci-dessus donnés entre les mesures ordinaires et le degré ne suffisent plus. Les degrés, c'est-à-dire les arcs de cercle qui mesurent les degrés, ne sont pas égaux.

1° Sur le méridien même, les 360° de la circonférence ne sont pas précisément égaux les uns aux autres : la terre étant un sphéroïde, non une sphère, et le pôle étant aplati d'environ $1/300$, les 360° de l'ellipse (non de la circonférence) sont un peu plus longs vers les pôles, mais cette différence est légère.

2° Sur les parallèles, à mesure que l'on monte de l'un ou de l'autre côté de 0 au pôle, les degrés diminuent notablement : au pôle, ils sont nuls. En effet, les parallèles sont tous de petits cercles. Seul, l'équateur a son plan passant par le centre de la terre ; les autres cercles, semblables en ce que leur plan est perpendiculaire à l'axe de la terre, et comprend un point de cet axe qui passe par le centre de tous, sont tracés avec des rayons de plus en plus petits : toujours divisibles et divisés en 360 parties ou arcs qui sont des degrés, ils offrent des degrés ou des 360es de plus en plus petits, à mesure que le chiffre du parallèle hausse. Et c'est tout simple ; l'arc d'un degré mesure l'angle des deux demi-méridiens voisins : cet angle reste le même, quelle que soit la longueur des côtés et à quelque parallèle qu'il descende ; mais si l'angle est le même, l'écart des côtés n'est pas le même : il est donc toujours mesuré par un arc, qui est le 360e de la circonférence ; mais le 360e appartient tantôt à une grande, tantôt à une petite circonférence.

On a des formules pour calculer l'altération graduelle soit des arcs du méridien, soit des arcs des parallèles. Ces formules ne peuvent être longuement développées ici : nous nous bornerons à en expliquer le principe, puis à mettre sous les yeux du lecteur des tables qui indiquent la longueur de chaque degré soit de longitude, soit de latitude.

Pour ceux-ci, c'est-à-dire pour les arcs de méridien interceptés entre deux parallèles, il faut employer des formules qui expriment les relations des

x

arcs d'ellipse avec les axes de cette courbe et les parties de ces axes.

Pour ceux-là il faut multiplier le *cosinus* de l'angle que forme la latitude avec l'équateur par la valeur d'un degré d'équateur. — Soit, en effet, un globe PAHP′ (fig. I, pl. T, n° 4), dont PEP′, PGP′ sont des demi-méridiens, EGF l'équateur, HM un parallèle ; les arcs de l'équateur et du parallèle, ou, ce qui revient au même, les degrés de longitude sont entre eux comme les circonférences, et en conséquence comme les rayons de ces circonférences. Or, les rayons de l'équateur et de ses parallèles sont les perpendiculaires abaissées des différens points du méridien sur le diamètre du cercle par les lignes EC, HK. Si donc l'on prend le rayon EC pour la longueur du degré de l'équateur, et qu'on le divise en 25 parties représentant des lieues géographiques ordinaires, le nombre de ces parties que contiendra le rayon HK du parallèle LM fera connaître la longueur du degré de ce parallèle. Donc, pour déterminer la longueur des degrés sur chaque parallèle, il faut décrire sur une ligne EC, qui figure la longueur du degré équatorial, un quart de cercle EP, le diviser en degrés, et abaisser des perpendiculaires de chaque point de division sur CP : ces lignes seront les longueurs respectives du degré des parallèles pour toutes les latitudes. Or, chacune de ces lignes est *sinus* et *cosinus ;* sinus de l'arc, qui marque la distance du parallèle au pôle ; cosinus de l'arc, qui marque la distance à l'équateur. Si donc on prend pour unité le degré de l'équateur, celui d'un parallèle quelconque sera le cosinus de la latitude fourni par les tables trigonométriques.

Ceci posé, nous allons donner les deux tableaux promis qui font connaître la valeur de chaque degré ; et nous y joindrons un troisième tableau pour la surface des quadrilatères et triangles sphériques compris entre les arcs de méridien et les arcs de parallèles, qui se coupent. Cette étendue superficielle de chaque quadrilatère compris entre deux méridiens et deux parallèles se calcule facilement en déterminant d'abord l'étendue de la zone renfermée entre les deux parallèles ; or celle-ci est à l'aire de la sphère comme la distance des parallèles qui la terminent est au diamètre ; et cette distance répond sur le diamètre à la différence des sinus des latitudes de chaque parallèle, ainsi que cela se voit sur la fig. 1, pl. T, par la ligne CK, différence entre CP et KP.

Pour la zone comprise entre le 48e et le 49e parallèle, et dans laquelle se trouvent Paris et ses environs,

le sinus de 49° étant	0,755
celui de 48°	0,743
la différence	0,012

comparée au diamètre, qui est deux, fait voir que cette zone renferme les $^{12}/_{2000}$ ou les $^{3}/_{500}$ de l'aire ou superficie totale du globe.

Pour obtenir d'abord la mesure de la zone en lieues carrées, il faut partir de l'aire totale du globe terrestre, estimée de 16 501 200 lieues carrées ; on en conclut que la zone renferme 99 007 lieues carrées.

Quant à la partie de cette zone comprise entre deux méridiens donnés, elle est visiblement à la zone entière dans le même rapport que la différence de longitude des deux méridiens est à la circonférence entière : on a par conséquent le quadrilatère terminé par deux méridiens distans d'un degré, et par le 48e et le 49e parallèle, en prenant la 360e partie du nombre 99 007, qui donne l'aire totale de la zone, on trouve 275 lieues carrées environ (de 20 au degré).

TABLEAU I.

Alongement des degrés de lat. ou arcs de demi-méridien compris entre parallèles (aplatissement supposé de 1/333).

LATITUDE			VALEUR	LATITUDE			VALEUR
degrés centésim.	degrés nonagésim. corresp.		du degré de latitude.	degrés centésim.	degrés nonagésim. corresp.		du degré de latitude.
	°	'	mèt.		°	'	mèt.
0	0	0	99552.5	24	21	36	99678.0
1	0	54	99552.9	25	22	30	99687.9
2	1	48	99553.8	26	23	24	99698.1
3	2	42	99555.1	27	24	18	99708.6
4	3	36	99556.9	28	25	12	99719.4
5	4	30	99559.0	29	26	6	99730.5
6	5	24	99561.8	30	27	0	99741.9
7	6	18	99564.7	31	27	51	99753.5
8	7	12	99568.2	32	28	48	99765.3
9	8	6	99562.1	33	29	42	99777.4
10	9	0	99576.4	34	30	36	99789.7
11	9	54	99581.2	35	31	30	99802.2
12	10	48	99586.3	36	32	24	99811.9
13	11	42	99591.8	37	33	18	97823.8
14	12	36	99597.8	38	34	12	99840.9
15	13	30	99604.2	39	35	6	99854.1
16	14	24	99610.9	40	36	0	99867.5
17	15	18	99618.0	41	36	54	99881.0
18	16	12	99625.4	42	37	48	99995.6
19	17	6	99633.4	43	33	42	99908.3
20	18	0	99641.6	44	39	36	99922.1
21	18	54	99650.2	45	40	30	99936.0
22	19	48	99559.1	46	41	24	99950.0
23	20	42	99568.4	47	42	18	99964.0

LATITUDE degrés centésim.	LATITUDE degrés nonagésim. corresp.		VALEUR du degré de latitude.	LATITUDE degrés centésim.	LATITUDE degrés nonagésim. corresp.		VALEUR du degré de latitude.
	°	'	mè.		°	'	mèt.
48	43	12	99978.0	74	66	36	100312.0
49	44	6	99992.1	75	67	30	100322.0
50	45	0	100006.2	76	68	24	100331.7
				77	69	18	100341.1
51	45	54	100020.3	78	70	12	100350.1
52	46	48	100034.4	79	71	6	100358.8
53	47	42	100048.4	80	72	0	100367.2
54	38	36	100062.4				
55	49	30	100076.3	81	72	54	100375.1
56	50	24	100090.2	82	73	48	100382.7
57	51	15	100103.9	83	74	42	100389.9
58	52	12	100117.6	84	75	36	100396.8
59	53	6	100131.2	85	76	30	100103.2
60	54	0	100144.6	86	77	24	100409.8
				87	78	18	100414.9
61	54	54	101057.9	88	79	12	100420.1
62	55	48	101071.0	89	80	6	100424.9
63	56	42	100181.0	90	81	0	100429.3
64	57	36	100196.8				
65	58	30	100209.4	91	81	54	100433.2
66	59	24	100221.7	92	82	48	180436.8
67	60	18	100233.9	93	83	42	100430.9
68	71	12	100245.9	94	84	36	100142.5
69	62	6	100257.5	95	85	30	100444.7
70	63	0	100269.0	96	86	24	100446.5
				97	87	18	100447.8
71	63	54	100280.2	98	88	12	100448.7
72	64	48	100291.1	99	89	6	100149.2
73	65	42	100301.7	100	90	0	

TABLEAU II.

Diminution des degrés de longitude ou arcs de parallèles compris entre les deux demi-méridiens voisins (aplatissement supposé, 1/335).

LONGITUDE degrés centésim.	LONGITUDE degrés nonagésim.		VALEUR du degré de longitude.	LONGITUDE degrés centésim.	LONGITUDE degrés nonagésim.		VALEUR du degré de longitude.
	°	'	mèt.		°	'	mèt.
0	0	0	100149.4	23	20	42	93719.1
1	0	54	100137.1	24	21	36	93154.2
2	1	48	100100.3	25	22	30	92566.4
3	2	42	100038.9	26	23	24	71955.8
4	3	36	99953.0	27	24	18	91322.6
5	4	30	99842.5	28	25	12	90666.4
6	5	24	99707.6	29	26	6	89988.9
7	6	18	99548.2	30	27	0	89288.6
8	7	12	99364.3	31	27	54	88560.4
9	8	6	99156.2	32	28	48	87822.4
10	9	0	98923.6	33	29	42	87056.7
11	9	54	98666.8	34	30	36	86269.5
12	10	48	98385.8	35	31	30	85461.8
13	11	42	98080.6	36	32	24	84631.4
14	12	36	97751.3	37	33	18	83780.7
15	13	30	97398.1	38	34	12	82909.7
16	14	24	97020.9	39	35	6	82018.1
17	15	18	96616.9	40	36	0	81106.2
18	16	12	96195.1	41	36	54	80174.1
19	17	6	95746.8	42	37	48	79222.3
20	18	0	95274.9	43	38	42	78250.9
21	18	54	24779.6	44	39	36	77260.1
22	19	48	94260.9	45	40	30	76250.1

LONGITUDE			VALEUR	LONGITUDE			VALEUR
degrés centésim.	degrés nonagésim.		du degré de longitude.	degrés centésim.	degrés nonagésim.		du degré de longitude.
	°	'	mèt.		°	'	mèt.
46	41	24	75221.3	73	65	42	41315.3
47	42	18	74173.8	74	66	36	39874.4
48	43	12	73108.0	75	67	30	38123.4
49	44	6	72024.0	76	68	24	36962.8
50	45	0	70922.1	77	69	18	35493.0
				78	70	12	34014.2
51	45	54	69802.6	79	71	6	32527.0
52	46	48	68665.8	80	72	0	31031.6
53	47	42	67512.0				
54	48	36	66341.3	81	72	54	29528.5
55	49	30	65154.2	82	73	48	28017.9
56	50	24	63950.9	83	74	42	26500.3
57	51	18	62731.7	84	75	36	24976.1
58	52	12	64496.8	85	76	30	23445.6
59	53	6	60246.7	86	77	24	21909.2
60	54	0	58981.5	87	78	18	20367.3
				88	79	12	18820.3
61	54	54	57701.6	89	80	6	17268.6
62	55	48	56407.4	90	81	0	15712.6
63	56	42	55899.1				
64	57	36	53777.1	91	81	54	14152.6
65	58	30	52441.7	92	82	48	12589.0
66	59	24	51093.1	93	83	42	11022.3
67	60	18	49731.8	94	84	36	9452.9
68	61	12	48358.3	95	85	30	7881.0
69	62	6	46972.4	96	86	24	6307.2
70	63	0	45574.8	97	87	18	4731.8
				98	88	12	3155.7
71	63	54	44165.9	99	89	0	1577.8
72	64	48	42746.0	100	90	0	

TABLEAU III.

Superficie des quadrilatères sphériques comprenant un degré en longitude et un degré en latitude.

Latitude.	Lieues carrées.	Latitude.	Lieues carrées.	Latitude.	Lieues carrées.	Latitude.	Lieues carrées.	Latitude.	Lieues carrées.	Latitude.	Lieues carrées.
0	399,98	15	385,45	30	344,65	45	280,36	60	196,97	75	100,[illegible]
1	399,86	16	383,52	31	341,05	46	275,34	61	190,86	76	93,[illegible]
2	399,62	17	381,48	32	337,35	47	270,23	62	184,70	77	86,[illegible]
3	399,25	18	379,33	33	333,55	48	264,05	63	178,48	78	79,7[illegible]
4	398,76	19	377,05	34	329,65	49	259,78	64	172,20	79	72,8[illegible]
5	398,16	20	374,66	35	325,64	50	254,43	65	165,87	80	66,0[illegible]
6	397,42	21	372,16	36	321,54	51	249,00	66	159,50	81	59,1[illegible]
7	396,58	22	369,55	37	317,34	52	243,50	67	153,07	82	52,2[illegible]
8	395,60	23	266,82	38	313,04	53	237,93	68	146,60	83	45,2[illegible]
9	394,51	24	363,98	39	308,65	54	232,28	69	104,08	84	38,3[illegible]
10	393,30	25	361,03	40	304,16	55	226,56	70	133,52	85	31,3[illegible]
11	391,97	26	357,97	41	299,58	56	220,77	71	126,92	86	24,4[illegible]
12	390,51	27	254,82	42	294,91	57	214,92	72	120,28	87	17,4[illegible]
13	388,94	28	351,52	43	290,15	58	209,00	73	113,60	88	10,4[illegible]
14	387,25	29	348,14	44	285,30	59	203,01	74	106,89	89	3,4[illegible]
15		30		45		60		75		90	

Avec ces tableaux il devient facile de mesurer : 1° les distances qui séparent un lieu d'un autre lieu, 2° les superficies d'un espace quelconque qui fait partie de la surface terrestre.

Pour la mesure des distances, de deux choses l'une : ou les deux lieux dont on cherche la distance sont situés soit sur un même méridien et ne diffèrent que par la latitude, soit sur un même parallèle et n'ont que la longitude de différente, ou bien ils diffèrent en même temps de longitude et de latitude.

Dans le premier cas, rien de plus facile : qu'on détermine la longitude des lieux placés sur le même parallèle, ou la latitude des lieux placés sur le même méridien. Dès lors on a soit l'arc ou portion d'arc du méridien compris entre les parallèles, soit l'arc ou portion d'arc de parallèle compris entre les méridiens : la valeur de ces arcs et portion d'arc en mètres ou autres longueurs est justement la mesure cherchée.

Dans le second cas, il y a quelque difficulté de plus. En effet, la mesure de la distance n'est ni l'arc du méridien compris entre les parallèles des deux lieux, ni l'arc du parallèle compris entre les méridiens. C'est l'arc du grand cercle qui joint les deux lieux en question, et qui, avec les méridiens de ces deux lieux, forme un triangle sphérique. (Voy. fig. 1re, où les lieux A et L, unis chacun au pôle par les arcs méridiens AP, LP, sont réunis l'un à l'autre par l'arc AL.) Cet arc avec les deux méridiens forme le triangle sphérique ALP. Mais cet arc, qui n'est ni portion de méridien ni portion de parallèle, suffit pour mesurer la distance des lieux. Voici comment on connaît du triangle sphérique ALP, d'abord ses côtés AL, PL, qui sont chacun le complément de la latitude du lieu où ils se terminent, puis l'angle APL qu'ils forment en se croisant au pôle et qui n'est autre chose que la différence de longitude des deux lieux. Or, en trigonométrie, lorsque l'on connaît deux côtés et un angle d'un triangle sphérique, on conclut très-vite les deux autres angles et le troisième côté : ce troisième côté ici est A L. Lorsqu'on sait combien il vaut d'arcs et de portions d'arcs, il ne faut plus que convertir ce nombre d'arcs en mètres, c'est-à-dire multiplier le nombre d'arcs par le nombre de mètres compris dans un arc à la latitude moyenne entre les deux lieux. Soit, par exemple, le lieu A, situé par 39°, lat. N., le point L par 51°, et que l'arc soit de 15°; il faudra multiplier 15 par le nombre de mètres compris, non dans l'arc de méridien à la lat. de 51°, non dans l'arc de méridien à lat. de 39°, mais par l'arc à la latitude moyenne de 45.

Pour la mesure des superficies, il ne s'agit que de circonscrire l'espace dont on demande l'aire, de le diviser convenablement par les portions de méridiens et de parallèles s'il ne l'est pas (on verra plus bas comment s'opère ce tracé), et de former ainsi comme un réseau de quadrilatères et de triangles. Parmi ces polygones, tous ceux qui sont compris entre parallèles identiques donnent lieu à une série ou à une zône de polygones égaux. En général, donc cette première opération morcelle l'espace donné en plusieurs zônes, chacune divisée en plusieurs polygones. Or, le tableau III nous donne la surface d'un quelconque de ces polygones. En multipliant cette surface par le nombre de polygones de la zône, on a la valeur exacte de la zône. Si certains polygones n'étaient qu'en partie compris dans la zone, il faudrait déterminer la fraction d'eux-mêmes qui est comprise dans la zône, additionner ces diverses fractions, et si la somme était fractionnaire, ajouter l'entier de la somme au nombre des polygones entiers de la zône, et multiplier la surface du polygone modèle par la fraction. Ainsi, qu'on ait dans une zône 13 polygones, dont 9 entiers, et 4 incomplets, si, après examen, on trouve que l'aire des polygones complets étant 1, l'aire des incomplets est 0.988; 0.009; 0.057; 0.712; on fera l'addition suivante :

TABLEAU DU CALCUL DE L'ÉTENDUE SUPERFICIELLE DE LA MÉDITERRANÉE.

INDICATION des parallèles.	LIMITES DES BANDES EN LONGITUDE.	Étendue en longitude	Superficie de chaque bande, en y comprenant les petites îles.	Superficie des îles de chaque bande.	Superficie occupée par la mer.
			lieues carr.	lieues carr.	lieues carr.
De 30°,75 à 31°	Depuis 13°,925 jusqu'à 16°,500.	2°,575	221,868	»	221,868
De 31 à 32	—— 13,210 —— 16,530. D. 23,666 j. 28.840. D. 29,830 j. 32,200.	11,014	3756,325	»	3756,325
De 32 à 33	—— 12,000 —— 17,570. D. 20,700 j. 32,620.	17,490	5900,252	»	5900,252
De 33 à 34	—— 9,305 —— 32,965.	23.660	7891,793	»	7891,793
De 34 à 35	—— 9,333 —— 22,600. D. 22,660 j. 30,340. D. 30,791 j. 33,460.	23,616	7785,014	7,326	7777,688
De 35 à 36	—— occid. 7,166 —— or. 3,833. D. 8,800 j. 22,063. D. 23,000 j. 30,420. D. 31,000 j. 33,470.	26,487	8625,227	26,232	8598,995
De 36 à 37	—— occid. 6,500 —— or. 0,333. D. 8,720 j. 12,250. D. 12,709 j. 19,900. D. 20,275 j. 26,666. D. 28,000 j. 31,000.	26,945	8564,295	125,044	8539,251
De 37 à 38	—— occid. 3,580 —— or. 7,000. D. 8,000 j. 10,425. D. 13,000 j. 19,090. D. 20,650 j. 25,050.	23,495	7455,903	116,358	7339,545
De 38 à 39	—— occid. 2,480 —— occid. 1,000. D. occid. 0,937 j. or. 14,000. D. 15,000 j. 19,350. D. 21,000 j. 24,500.	21,266	7596,541	286,953	7309,588
De 39 à 40	—— occid. 2,520 —— or. 0,500. D. 0,930 j. 6,100. D. 7,320 j. 13,820. D. 14,900 j. 17,900. D. 20,620 j. 24,000.	20,970	6472,391	85,736	6386,655
De 40 à 41	—— occid. 1,750 —— or. 6,000. D. 7,335 j. 12,388. D. 15,833 j. 17,300. D. 21,333 j. 23,833. D. 25,000 j. 26,277.	18,047	5489,176	26,292	5462,884
De 41 à 42	—— occid. 0,056 —— or. 6,450. D. 7,000 j. 10,472. D. 14,100 j. 17,030.	12,958	3881,692	»	3881,692
De 42 à 43	—— or. 0,810 —— 6,450. D. 7,061 j. 8,940. D. 12,000 j. 16,000.	11,519	3397,068	16,384	3380,684
De 43 à 44	—— 3,870 —— 8,000. D. 11,090 j. 14,200.	7,240	2100,686	36,269	2064,417
De 44 à 45	—— 6,000 —— 6,500. D. 10,000 j. 12,820	3,320	947,196	36,455	910,741
De 45 à 45,666	—— 10,000 —— 11,580.	1,580	295,313	18,691	276,622
				Total.	79699,000

INDICATION des parallèles.	ÉTENDUE des îles en lat.	ÉTENDUE des îles en long.	INDICATION des parallèles.	ÉTENDUE des îles en lat.	ÉTENDUE des îles en long.	INDICATION des parallèles.	ÉTENDUE des îles en lat.	ÉTENDUE des îles en long.
De 34 à 35	10′	0°,133	De 38 à 39	10′	5°,500	De 43 à 44	10′	0,750
De 35 à 36	10′	0,483	De 39 à 40	10′	1,666	De 44 à 45	10′	0,766
De 36 à 37	10′	2,333	De 40 à 41	10′	0,516	De 45 à 45,666	10′	0,400
De 37 à 38	10′	2,200	De 41 à 42	10′	0,333			

Nota. Pour faciliter l'évaluation des îles qui n'embrassent pas un degré en latitude, on les a partagées en quadrilatères ayant 10′ de hauteur en latitude, ce qui fait ⅙ de degré. On les a réunies sur chaque bande, pour les retrancher de l'étendue de cette bande, ce qui a fourni la colonne intitulée *superficie occupée par la mer*, et l'addition des nombres de cette colonne a donné 79699, ou, en nombre rond, 80000 lieues marines carrées pour la superficie totale de la mer Méditerranée.

9
0. 988
0. 009
0. 057
0. 712
et par le total fractionnaire 10. 766

on multipliera la surface que le tableau III indique pour tout polygone compris entre les mêmes latitudes que cette zône. Ce qu'on a fait pour la première zône, on le fait pour la seconde, pour la troisième, pour toutes enfin. Les produits partiels ainsi obtenus s'écrivent les uns au-dessous des autres, puis s'additionnent : leur somme représente la surface demandée.

Nota. Dans certaines occasions, il faut déduire. Par exemple, si l'on veut la superficie du royaume de Würtenberg, il faut en déduire les deux principautés de Hohenzollern, qui sont des *enclaves* (qui s'y trouvent comprises, enveloppées, *enclavées*). Ces déductions se font de deux manières : ou de la somme totale on retranche le nombre qui exprime la superficie des enclaves, ou du nombre qui exprime la superficie de chaque zône on retranche l'aire de la portion d'enclave comprise dans cette même zône.

Le tableau suivant, offrant le calcul de l'étendue superficielle de la Méditerranée par M. Lapie, achèvera d'éclaircir ce que l'exposé de ces méthodes peut encore avoir d'obscur.

(*Voyez* le tableau ci-contre.)

Dans tout ceci, nous avons supposé la valeur du degré du méridien connu. Une fois la valeur d'un arc d'un degré connu, les méthodes et les principes nous donnent celle de la circonférence entière et celle d'un arc quelconque petit ou grand de cette circonférence. Nous en sommes même venus à comprendre la loi des degrés inégaux : nous avons déterminé l'allongement des degrés de latitude à mesure que l'on approche du pôle, la diminution des degrés de longitudes à mesure qu'on les compte sur des parallèles dont le rayon se raccourcit de plus en plus. Mais, en dernière analyse, toute série de valeurs données à tel arc, à telle somme d'arcs, repose sur la valeur incontestée, précise, graphique en quelque sorte d'un premier arc.

C'est à la géodésie et à la trigonométrie que doit être demandée cette valeur.

Mesure du méridien. — Plus l'arc mesuré par ces deux sciences est grand, plus la certitude de la mesure est grande. L'arc qui, le premier, a dû s'offrir à la pensée comme suffisant est l'arc d'un degré. Toutefois on verra que l'on a opéré sur des arcs plus considérables.

Du reste, c'est un arc de méridien qu'on doit mesurer, et non un arc d'autre cercle. En effet, l'équateur est plus que la circonférence moyenne de la terre; les parallèles, tous inégaux, donneraient encore bien moins cette circonférence. Il faut ajouter que ceux qui, les premiers, s'occupèrent de ces questions, n'ayant jamais été à l'équateur, ne pouvaient songer à mesurer un arc de ce grand cercle.

Les Grecs semblent avoir ouvert la voie aux recherches de ce genre. Possidonius ayant remarqué que la différence de Rhodes et d'Alexandrie, en latitude, était 7° ½ ou la 48e partie du cercle, en conclut que la circonférence de la terre était 48 fois la distance d'Alexandrie à Rhodes, et cette distance étant, selon les itinéraires du temps, 5000 stades, il assigna pour mesure à la circonférence de la terre 240,000 stades. Nous ne pouvons rien prononcer sur la justesse de cette conclusion : peut-être la mesure de 5000 stades était-elle inexacte; peut-être, et c'est une critique de la plus haute importance, ne fit-il pas attention que l'arc pris comme mesure première doit être une portion du méridien, et non d'un autre cercle (or, Rhodes et Alexandrie ne sont pas sur le même méridien). Mais il est clair que le principe était trouvé : il n'y avait plus qu'à l'appliquer.

Nous ne pouvons nous appesantir ici sur les recherches d'Eudoxe, d'Archimède, d'Eratosthène, qui, eux aussi, essayèrent de mesurer la circonférence terrestre. Leurs méthodes ne différaient que dans la manière dont ils commençaient par établir les latitudes, et aucun d'eux n'avait et n'essayait d'avoir de mesures géodésiques du terrain. Toutefois, il faut savoir que quelques modernes ont prétendu que des mesures exactes avaient existé, soit que les Grecs les eussent trouvées eux-mêmes, soit plutôt qu'elles leur eussent été transmises par les Egyptiens et les Chaldéens. On a même prétendu ramener à une seule et vraie mesure les diverses mesures que nous ont laissées les anciens, en disant qu'ils avaient exprimé leur résultat en stades de diverses espèces (de 666 ⅔ au degré, de 700 au degré, de 833 ⅓ au degré, enfin de 1111 ⅑ au degré), d'où les chiffres totaux 240,000, 252,000, 300,000, 400,000 pour le nombre de stades contenus dans la circonférence. Ce système, beaucoup plus ingénieux que solide, est abandonné aujourd'hui.

Il est hors de doute que les Arabes, à l'époque florissante du khalifat, essayèrent la mesure d'un degré. Mais les données que nous avons sur cette entreprise sont très-imparfaites, et les résultats mêmes de la mesure ne sauraient être conciliés avec la vérité qu'au moyen d'évaluations peu sûres. C'est après la renaissance des lettres (16e siècle) que les tentatives pour mesurer un degré du méridien devinrent plus fréquentes. Elles furent long-temps à peu près infructueuses. En 1617, Snellius, après avoir déterminé les arcs célestes compris entre Alkmaer, Leyde et Berg-op-Zoom, par les différentes hauteurs du pôle pour ces trois villes, calcula les distances méridiennes terrestres des trois parallèles au moyen d'une suite de triangles liés entre eux et qui partaient d'une base mesurée sur le terrain : il trouva de cette manière que la valeur du degré terrestre était de 55,021 toises. Norwood, astronome anglais, avait dès 1535 mesuré avec beaucoup de soin l'arc du méridien qui passe entre Yorck et Londres, et trouvé pour résultat 57,300 toises, quantité déjà voisine de la vérité. Quinze ans après pourtant, l'astronome italien Riccioli s'en écartait étrangement, en prétendant avoir trouvé, par une mesure prise aux environs de Bologne, que le degré terrestre avait 62,900 toises. L'erreur ici est presque de 9000 toises.

Mais c'est à Picard qu'il était réservé d'effacer pour long-temps tous ses prédécesseurs. Cet habile mathématicien, un des premiers membres de l'Académie des Sciences de Paris, ayant substitué aux pinnules (à l'aide desquelles on prenait les alignemens dans les instrumens à mesurer les angles) les lunettes, qui permettent de pointer sur des objets plus éloignés, et de saisir avec une plus grande exactitude les points à déterminer, fut en état de prendre avec la précision de quelques secondes les angles qu'on obtenait à peine à quelques minutes près.

Picard exécuta son opération entre Malvoisine et Amiens : pour fixer d'abord la distance itinéraire qui sépare ces deux points, il les lia avec la cathédrale d'Amiens, par une suite de triangles, comme on le voit dans la fig. 24, et dont il observa successivement tous les angles, ce qui lui fournit dans chacun un moyen précieux de vérification, puisque la somme des trois angles de tout triangle doit constamment faire 180°. Il n'obtint presque jamais cette somme; mais les différences qu'il remarqua ne s'élevant qu'à un petit nombre de secondes, lui montrèrent le degré de précision auquel il pouvait espérer d'atteindre.

On sait que la connaissance des angles d'un triangle ne mène qu'aux rapports de ses côtés ; mais, dès qu'on a la valeur d'un seul, on trouve celle des autres. Picard mesura donc avec des soins inconnus jusque-là une distance de 5663 toises sur le chemin de Villejuif à Juvisy, où l'on voit encore deux petites pyramides qui marquaient les deux extrémités de sa base. Avec cette ligne, représentée par A B dans la figure et formant un des côtés du triangle A B C, il calcula les côtés A C et B C, qu'il employa à leur tour pour calculer les côtés des triangles D C D, B C E, liés au précédent ; et il s'éleva ainsi, de proche en proche, depuis Malvoisine jusqu'à Amiens, points qui terminent son opération.

On aurait pu craindre que les erreurs inévitables dans la mesure des angles des triangles venant à s'accumuler, les côtés du dernier triangle déduits du calcul, ne différassent beaucoup de leur mesure réelle. Pour se rassurer à cet égard, il était naturel de penser à mesurer un de ces côtés ; mais comme le plus souvent leur situation ou leur étendue rendrait cette opération très-difficile, on arrive au même but en liant ce dernier triangle avec une ligne d'une longueur médiocre et placée dans une situation commode. Le résultat de sa mesure est nécessairement affecté de la somme des erreurs que l'on peut avoir à craindre. Picard choisit pour cet effet la ligne X Y, et calcula par son moyen le côté G I, auquel il était parvenu par la suite des triangles établis sur la base A B. La plus grande différence entre les résultats ne s'éleva qu'à 7 toises sur 17 564 *.

Pour conclure la distance, dans le sens du méri-

* Il aurait aussi bien pu calculer la ligne XY par le moyen du côté GI ; c'est ce qu'on ferait aujourd'hui, et la ligen XY s'appellerait *base de vérification*.

dien, des points extrêmes de cette suite de triangles, il fallait orienter leurs côtés, c'est-à-dire en déterminer la position par rapport à la méridienne, et c'est ce que l'on peut faire en prenant dans un instant dont l'heure est bien connue l'angle compris entre le soleil et l'extrémité de l'un de ces côtés. On le concevra sans peine par les considérations suivantes. Si la ligne A b, fig. 4, représente ce côté, l'observateur étant placé au point A, qu'il mesure les angles b A S et b A Z, il connaîtra dans le triangle b Z S les trois côtés b Z, Z S, b S, et calculera l'angle sphérique B Z S, équivalant à l'angle plan B A H. Cherchant ensuite l'azimuth N A H du soleil, il en déduira l'angle B A N que fait la droite A B avec la méridienne A N. Tel est le moyen maintenant en usage; mais Picard, au lieu d'employer le soleil, se servit de l'étoile polaire.

Ayant ainsi déterminé l'angle que fait avec la méridienne le côté GI, fig. 3, on obtient la longueur de la portion correspondante de la méridienne par le calcul du triangle rectangle indiqué en lignes ponctuées sur la figure, et concevant que l'on abaisse de même de tous les sommets des angles de chacun des autres triangles, sur la méridienne, des perpendiculaires, on calculera semblablement toutes les portions de cette ligne qui répondent à ces divers côtés; ce qui fournira plusieurs combinaisons pour arriver à la longueur totale de la distance TU, et par conséquent des moyens de la vérifier. Après toutes ces opérations, il reste encore à déterminer avec précision l'amplitude de l'arc mesuré sur ce cercle, c'est-à-dire combien il contient de degrés, afin d'avoir son rapport avec la circonférence entière.

Dans cette seconde partie de son opération, qui dépendait de l'observation des astres, il s'attacha à celle de l'étoile placée dans le genou de la constellation de *Cassiopée*. Il choisit cette étoile, parce que, se trouvant peu éloignée du zénith, elle était moins affectée de la réfraction sur la valeur de laquelle il y avait, au temps de Picard, beaucoup d'incertitude. Il trouva, par ce moyen, que la différence de latitude entre Malvoisine et Sourdon, près Amiens, était 1° 11′ 37″; qu'elle répondait, dans le sens du méridien, à une distance de de 68 430 toises; et il en conclut que la longueur du degré était de 57 064 toises.

Il trouva aussi entre la cathédrale d'Amiens et Malvoisine une différence en latitude de 1° 22′ 55″, et une distance de 78 850 toises, ce qui donnait pour le degré 57 057 toises; et il s'en tint à 57 060 toises.

Après cette mesure, il fut démontré que si la terre n'était pas une sphère exacte, elle n'en différait que très-peu. A la vérité, indépendamment de la remarque que la surface de la mer est arrondie, la forme circulaire de l'ombre de la terre dans les éclipses de lune, et la rondeur apparente de tous les corps célestes qui ont un diamètre sensible, étaient des indices très-puissans de la sphéricité de la terre; mais néanmoins, comme ces divers phénomènes ne présentaient la forme ronde que très en petit, il était possible qu'il y eût entre cette forme et la véritable figure de la terre des différences notables dont on n'aurait pu s'apercevoir. Mais les navigateurs employant sans cesse, dans la détermination de leur route et dans le calcul des distances qu'ils parcourent, la grandeur des degrés du méridien terrestre, si l'égalité de ces degrés pour toute la terre n'avait pas été au moins très-approchée, ce qui n'aurait pu arriver si la figure de la terre eût été assez différente d'une sphère, ils n'auraient pas manqué de trouver dans le résultat de leurs opérations journalières des erreurs considérables et toutes relatives à cette fausse supposition. Or, c'est c'est ce qui n'a jamais eu lieu par rapport à la latitude, que l'on peut toujours observer assez exactement sur mer; ainsi l'hypothèse faite sur la forme ronde de la terre a été parfaitement confirmée.

Sur ces entrefaites, une expérience à jamais mé-

mérable fit entrevoir que la figure de la terre n'est pas complètement sphérique, et que par conséquent les degrés sont inégaux. Richer, à Caïenne, en 1672, s'aperçut que son horloge à pendule, réglée à Paris sur le moyen mouvement du soleil, retardait de 2 minutes 28 secondes par jour. La pesanteur agissait donc plus lentement sur le pendule; elle était donc moins puissante; le centre du globe était donc plus éloigné, puisque la pesanteur agit en raison inverse de la distance; le rayon équatorial était donc plus grand que le rayon de Paris, et en conséquence le globe terrestre était renflé à l'équateur et devenait un sphéroïde et non une sphère parfaite.

Huyghens, géomètre hollandais, avait la gloire de deviner cette vérité par le raisonnement seul, avant que l'expérience du pendule fût connue. Considérant que les corps qui tournent autour d'un centre ou d'un axe acquièrent une *force centrifuge* qui tend sans cesse à les éloigner de ce centre ou de cet axe, ainsi qu'on le voit dans la pierre lancée par une fronde, il en conclut que le fluide répandu sur une grande partie de la surface terrestre, devant obéir à cette force en même temps qu'à la pesanteur dirigée vers le centre de la terre, ne pouvait affecter une forme parfaitement sphérique; car la force centrifuge, toujours dirigée suivant la ligne M B, fig. 5, perpendiculaire à l'axe de rotation P P′, étant inclinée par rapport à la direction M C de la force qui ferait tendre directement les corps au centre de la terre, une molécule de fluide située en M, soumise en même temps à ces deux forces et par conséquent animée par leur résultante, ne serait plus pressée perpendiculairement à la surface du fluide, et ne saurait ainsi demeurer en équilibre. Il faut donc que la surface de la terre soit telle que dans tous ses points la direction M N de la résultante de la force centrifuge et de la tendance au centre lui soit perpendiculaire.

On voit facilement que la figure de la courbe doit se relever vers l'équateur, pour que la perpendicularité se rétablisse, et aussi Huyghens trouvait-il que la terre devait être aplatie vers les pôles, en sorte que l'axe de rotation fût plus court que les diamètres de l'équateur de $1/578$ de cet axe, ce qui répond à environ quatre lieues marines. Cette conséquence, tirée de la force centrifuge par Huyghens, se rend sensible en faisant tourner rapidement autour d'un axe une vessie mouillée, qui prend alors la forme d'un sphéroïde aplati aux extrémités contiguës à cet axe ou aux pôles de rotation.

Newton, que ses profondes méditations sur les lois remarquées par Kepler dans le mouvement des planètes avait conduit à la découverte de la gravitation universelle, ne regardant plus la pesanteur à la surface de la terre comme une force constante, dirigée partout vers le centre de notre globe, mais comme le résultat de l'attraction réciproque qu'exercent les unes sur les autres toutes les molécules de la terre, trouva que cette force variait un peu en intensité et en direction, lorsqu'on ne supposait plus la terre sphérique; et en la combinant dans cet état avec la force centrifuge, il vit bien, comme Huyghens, que la terre devait être aplatie vers les pôles; mais il trouva la différence entre l'axe de rotation et les diamètres de l'équateur un peu plus que double de celle qu'assigne Huyghens; car il la fixa à $1/230$, ce qui donne environ dix lieues.

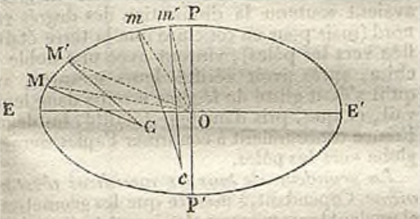
Ces conclusions, différentes relativement à la quantité du résultat, mais d'accord entre elles sur l'altération que la figure de la terre a dû recevoir de la force centrifuge, et fondées d'ailleurs sur les principes incontestables de la mécanique, pouvaient être vérifiées par des mesures prises sur le globe terrestre; car il en résultait que les degrés de latitude n'étaient pas égaux dans toute l'étendue du méridien, mais qu'on devait les trouver plus grands, ou contenant plus de mesures itinéraires ou lieues dans la partie aplatie du méridien, c'est-à-dire vers les pôles, et moins dans la partie la plus convexe de ce même méridien, c'est-à-dire vers l'équateur. Ces conséquences, qui reposent sur les premières notions de la géométrie élémentaire, en ont toute la certitude et ne peuvent être attaquées que par ceux qui ne comprennent pas ce que l'on doit entendre par les degrés du méridien, et comment ils se mesurent : c'est ce que nous allons exposer avec quelque détail, vu l'importance du sujet.

C'est un fait confirmé par l'expérience la mieux constatée et la plus répétée, que la direction de la pesanteur, ou la *verticale*, est perpendiculaire à la surface terrestre, quelle que soit sa forme. On en est assuré par tous les nivellemens, par les observations faites à l'horizon, au bord de la mer, etc. D'après cette remarque, *on est convenu d'appeler degré du méridien l'espace qu'il faut parcourir sur cette courbe, quelle qu'elle soit, pour que les deux lignes* AZ *et* $A'Z'$, fig. 6, *menées par les extrémités de cet espace, perpendiculairement à la courbe* FG, *c'est-à-dire à ses tangentes* AM, $A'M'$, *qui marquent l'horizon du point* A *et celui du point* A', *fassent entre elles,* au centre de la terre, *un angle* ACA' *d'un degré.*

Cet énoncé étant une définition ne saurait être contesté ; il ne s'agit que de s'assurer que les astronomes ont toujours assigné les degrés du méridien suivant cette définition : or c'est ce qu'on ne peut nier, puisqu'ils ont toujours mesuré l'amplitude de l'arc en comparant à la même étoile le zénith de chaque extrémité de cet arc, ou les verticales menées par ces points.

Cela posé, si la courbe FG est un arc de cercle, les lignes CA et CA', perpendiculaires à ses tangentes, n'étant autres que les rayons menés au centre, se rencontreront toujours à la même distance de la courbe, et dans toute l'étendue de la circonférence le même angle répondra au même arc : les degrés auront donc tous même longueur.

Il n'en est pas ainsi pour les courbes dont la courbure n'est pas uniforme. Si on prend deux arcs de même longueur, comme MM' et mm', fig. ci-après, l'un dans la partie la plus convexe, l'autre dans celle qui est plus aplatie, les perpendiculaires M C et M′ C, menées aux extrémités du premier arc, se rencontreront plus près de cet arc que les perpendiculaires *m c*, *m′ c*, menées aux extremités de l'arc plus aplati *m m′*. L'angle *m c m′* est donc visiblement moindre que l'angle M C M′; et par conséquent, si ce dernier est d'un degré, l'arc *m m′*, égal en longeur à M M′, ne répond pas à un degré. Il faut nécessairement, pour obtenir cet angle dans la partie *m* P de la courbe, embrasser un espace plus grand que M M′.



Faute d'être remonté à ces notions, on avait, au commencement du siècle dernier, conclu le contraire, parce qu'on supposait que les degrés étaient déterminés par les angles M O M′, *m* O *m′*, formés par des lignes tirées au centre de l'ellipse E P E′ P′; mais cette hypothèse n'était pas conforme aux opérations, car les lignes O M et O M′, O *m* et O *m′*, n'étant pas perpendiculaires à la courbe, sont trèsdifférentes des verticales auxquelles on rapporte les points de l'arc céleste. On a bientôt reconnu cette erreur, et elle n'a été renouvelée depuis que par des personnes absolument étrangères aux considérations les plus simples de la géométrie.

L'Académie des sciences s'occupa fortement des moyens de vérifier les théories établies par Newton et Huyghens sur l'aplatissement de la terre. Deux commissions prises dans son sein furent envoyées, l'une, en 1736, au Pérou, et l'autre, en 1737, au cercle polaire, pour mesurer les degrés du méridien dans le voisinage de l'équateur et auprès du pôle. Les résultats obtenus par chaque commission, comparés soit entre eux, soit au degré mesuré en France, sans s'accorder parfaitement sur la quantité de l'aplatissement de la terre, le mirent pleinement hors de doute. Le degré mesuré au cercle polaire surpassa celui de l'équateur de 669 toises; et celui de France, plus petit que celui du cercle polaire, surpassa encore celui de l'équateur de 307 toises. Les Cassini eux-mêmes, qui avaient soutenu la diminution des degrés vers le nord (mais pour en conclure que la terre était renflée vers les pôles), vinrent avec une noble franchise, après avoir vérifié leurs mesures, avouer qu'il s'était glissé de légères erreurs dans leur travail, et que, pris dans leur totalité, les degrés de France concouraient à confirmer l'aplatissement du globe vers les pôles.

La grandeur de tous les méridiens n'est pas la même. Cependant, à mesure que les géomètres proclamaient leurs mesures, des incertitudes naissaient. La différence des degrés équatorial, parisien et polaire, telle qu'elle résultait des opérations faites au Pérou, à Malvoisine et en Laponie, présentait des différences assez notables pour qu'on ne les attribuât pas simplement à la sphéroïdalité de la terre. C'est surtout le géomètre italien Frisi qui a prouvé cette proposition. Prenant les douze meilleures mesures que l'on connût il y a trois quarts de siècle, il en forma le tableau suivant, en tenant compte de la latitude sous laquelle avait été mesuré le degré :

NOMS des pays.	LATITUDE d'où l'on est parti.		VALEUR trouvée pour le degré mesuré.	NOMS des observateurs.
Pérou.	0°	0	56 763 toises.	Bouguer, Lacondamine.
Cap de Bonne-Espérance.	33	18 S	57 107	Lacaille.
Pensylvanie.	39	12 N	56 888	Mason, Dison.
Etats de l'Église.	43	1	56 979	Boscovich, Maire.
France.	43	31	57 048	Cassini, Lacaille.
Piémont.	44	44	57 137	Beccaria.
France.	45	45	57 050	Cassini, Lacaille.
Hongrie.	45	57	56 881	Liesganig.
Autriche.	48	43	57 086	Liesganig.
France.	49	23	57 174	Picard, Cassini.
Hollande.	52	4	57 045	De Thury, G. Cassini.
Laponie.	66	20	57 405	Maupertuis, etc.

En essayant de calculer une courbe régulière dans laquelle ces 12 degrés pourraient entrer, Frisi les trouva tous trop grands ou trop petits : les erreurs qu'il faudrait supposer dans les degrés pour les plier dans une ellipse régulière dont le grand axe serait au petit comme 231 à 230, s'éleveraient à plus de 100 toises par degré, et même, pour le degré de Hongrie, à plus de 200 toises. De plus, Frisi tenta de découvrir, par des combinaisons binaires et décimales multipliées, un terme moyen entre les divers aplatissemens indiqués par les mesures. Mais, comme il n'a pas eu d'abord le soin de soumettre à une critique sévère les divers degrés de son tableau, ses résultats ne peuvent être pris en considération. S'il eût ainsi discuté les mesures, il eût repoussé de prime-abord, et celle de Maupertuis, qui fut prise très-négligemment, dans laquelle d'ailleurs l'arc mesuré avait trop peu d'étendue, et les deux mesures de Liesganig, entachées des erreurs les plus graves.

Il est plus curieux de remarquer qu'en comparant à la 1^re^ des 12 mesures les 6 qui doivent inspirer le plus de confiance, on obtient un résultat presque identique à celui que fournissent et les observations du pendule et les dernières mesures françaises. La différence des axes ou la valeur absolue de l'aplatissement étant prise pour unité, le 1^er^ degré, combiné avec

le 3^e^, donne pour le grand axe	505
le 4^e^,	353
le 7^e^,	292.3
le 9^e^,	290.4
le 10^e^,	307.4
le 11^e^,	270
Total,	2018.1

$$\text{Et le grand axe moyen,}\quad \frac{2018.1}{6} = 336.35$$

Le grand axe serait donc environ 336 fois la différence du grand au petit, et par conséquent la différence des deux axes serait 1/336 du grand.

Quelques personnes doutaient de la possibilité de mesurer avec une exactitude parfaite un degré du méridien. Les erreurs auxquelles donnaient lieu les instrumens qu'on possédait alors pouvaient s'élever à 3 ou 4'' pour l'arc céleste, ou 60 toises pour le degré terrestre. Une autre cause d'erreur venait désoler les géomètres.

C'était l'attraction des montagnes, que Bouguer remarqua au pied du Pitchintcha, par une déviation que le fil à plomb de son quart de cercle éprouvait en se portant vers cette montagne ; attraction que Maskelyne a de nouveau constatée et mesurée avec soin en Ecosse. Enfin la durée des oscillations d'un pendule, qui dépend de l'intensité de la pesanteur, diminuait bien en allant de l'équateur au pôle, ainsi que l'exigeait le rapprochement des points du méridien et du centre de gravité de la terre, plus voisin des pôles que des points de la circonférence de l'équateur ; mais les variations de cette durée, ou, ce qui en est la suite, les alongemens qu'il fallait donner à la verge du pendule, pour obtenir à diverses latitudes la même durée d'une seconde dans les oscillations, ne s'accordaient point avec l'aplatissement déduit de la mesure des degrés.

Enfin, une idée simple et décisive s'offrit à quelques esprits supérieurs. On soupçonna que la courbure du sphéroïde terrestre pourrait bien être sujette à quelques légères irrégularités. Buffon le premier émit cette idée ; Lacondamine semble y être assez favorable ; Maupertuis, après l'avoir hautement rejetée, finit par trouver la chose douteuse ; Lacaille, dont les mesures ne s'accordaient avec aucune autre, ne pouvait manquer d'en admettre la probabilité. Cependant cette opinion fut soutenue plus faiblement qu'elle n'en n'était susceptible, et bientôt on l'oublia. Il est vrai que c'était à l'expérience de la confirmer, et que le plus sage était d'attendre. Un géomètre allemand, Klügel, fit une tentative plus ingénieuse, en démontrant que tous les degrés mesurés d'une manière authentique, même celui de Lacaille, pouvaient entrer dans une ellipse régulière, pourvu seulement qu'on supposût une petite différence entre le petit axe primitif de l'ellipse terrestre et l'axe actuel de rotation. Mais, dans cette hypothèse, le grand axe du globe ne se trouverait plus exactement dans le plan de l'équateur; et, d'ailleurs, les lois de l'hydrostatique ne permettent guère de penser que le sphéroïde terrestre fasse sa révolution autour d'un axe différent de son petit axe.

Enfin il était réservé à la France, qui avait donné la première, sur la mesure des degrés du méridien, des résultats précis, de porter cette mesure à un degré d'exactitude encore bien supérieur, au moyen du *cercle répétiteur* appliqué par Borda aux observations de longitudes à la mer, et approprié ensuite aux observations à terre. Avec cet instrument et par une foule d'attentions minutieuses, Delambre et Mechain, chargés de mesurer l'arc du méridien compris entre Dunkerque et Barcelone, pour fixer la longueur du *mètre*, qu'on a pris égal à la dix millionième partie du quart du méridien, ont, à l'époque la plus orageuse de notre révolution, opéré avec une précision assez grande pour apercevoir dans un arc, plus long que ceux qu'on avait mesurés jusque-là, mais qui n'est encore que la dixième partie du quart de cercle, l'inégalité des degrés resultant de l'aplatissement de la terre.

Les décroissemens qu'ils ont remarqués semblent annoncer des irrégularités dans la figure du méridien terrestre; mais elles sont trop petites pour intéresser la géographie. La discussion approfondie à laquelle s'est livrée la commission des poids et mesures de l'Institut, composée de savans nationaux et de savans étrangers envoyés par leurs gouvernemens respectifs pour prendre part à cette importante détermination, les a conduits à fixer l'aplatissement de la terre à $1/334$. Le méridien de France, que MM. Biot et Arago, par un travail des plus pénibles, ont prolongé jusqu'aux îles d'Iviça et de Formentera, donne, si on le considère en lui-même, un aplatissement d' $1/350$, qui, comparé à celui du Pérou, se réduit à 1/334. Cette valeur, déduite de la comparaison des arcs du méridien mesurés au Perou et en France, est d'autant plus probable qu'elle résulte aussi de la combinaison d'un grand nombre d'expériences faites en différens lieux sur la longueur du pendule et des phénomènes célestes, dont la cause est dans la non sphéricité de la terre. En effet, cette planète étant renflée aux environs de son équateur, éprouve, de la part du soleil et de la lune, dans cette partie, une somme d'attraction plus considérable que vers les pôles; et comme le plan de l'équateur est incliné par rapport à ceux de l'écliptique et de l'orbite lunaire, ce surcroît d'attraction produit une force qui, n'étant pas appliquée au centre de gravité du corps, change la position de l'axe de rotation par un mouvement progressif, en faisant rétrograder les points équinoxiaux comme nous l'avons dit plus haut, et lui imprime en outre un mouvement alternatif, par lequel il oscille autour de la position qu'il aurait en vertu du premier mouvement: celui-ci s'appelle *précession des equinoxes*, et l'autre *nutation*.

Le degré mesuré au cercle polaire par les académiciens français en 1737, étant celui de tous qui donnait le plus grand aplatissement et s'écartait le plus des autres, on avait soupçonné, à cause de cela, qu'il s'était glissé une erreur considérable dans l'opération; et Melander-Hielm, savant astronome suédois, entreprit de le faire mesurer de nouveau par ses élèves, employant le cercle répétiteur et tous les moyens délicats dont la géodésie s'était enrichie depuis. Les académiciens français n'avaient pas mesuré un degré entier, et Melander fit pousser l'opération jusqu'à deux. Swanberg, qui avait d'abord commencé l'opération sous la direction de Melander-Hielm, et qui l'a conduite seul après la mort de celui-ci, a trouvé qu'à 66° 20′ de latitude, le degré contient 57 188 toises, ce qui fait 231 toises de moins que ne l'avait donné la mesure de 1737: aussi en résulte-t-il pour l'aplatissement une fraction qui diffère à peine de $1/334$ rapporté ci-dessus.

Enfin l'aplatissement d'un corps céleste, comme résultat de sa rotation sur lui-même, se manifeste encore dans la planète Jupiter, où il est assez sensible pour qu'on aperçoive dans les lunettes la différence des deux diamètres du disque, qui est presque de $1/16$; et quand on compare la mesure exacte de cet aplatissement, les dimensions de Jupiter et la durée de sa rotation, avec les dimensions de la terre et la durée de sa rotation, on trouve pour cette dernière planète un aplatissement de $1/338$ à $1/328$, ce qui ne diffère presque point du résultat adopté par la commission des poids et mesures. D'autres phénomènes, dont l'indication n'entre pas dans notre plan, confirment encore l'aplatissement de la terre, en sorte qu'*aucun fait physique n'est mieux constaté aujourd'hui, puisqu'il a été vérifié tant immédiatement que dans ses conséquences et dans ses analogies.*

Cependant, il ne faut pas dissimuler que cet accord qu'on aimerait à se figurer comme universel a été troublé par quelques doutes nouveaux. Les deux mesures des Indes-Orientales, l'une par Burrow, sous le tropique, l'autre par Lambdon, à 12° de lat. N., ont à la vérité donné des résultats qui se combinent assez bien avec les mesures françaises, quoiqu'ils se rapprochent encore plus de la théorie de Newton. Mais la mesure de trois degrés faite en Angleterre par le major Mudge donne, en ne la considérant qu'en elle-même, un renflement sous l'équateur beaucoup plus considérable.

C'est de l'ensemble des mesures françaises qu'a été tirée la longueur du *mètre*. Comme préalablement il avait été fixé que l'on prendrait pour unité de mesure la 10,000,000e partie du quart de méridien, et que l'opération française amenait à conclure pour un arc de 90 degrés d'ellipsoïde régulier 5,130,740 toises (ou pour toute la circonférence de l'ellipsoïde 20,522,760), le mètre a été $\dfrac{513074 \text{ toises},}{1000000}$

ou $\left(\dfrac{20\,522\,960}{4\,000\,000}\right)$ toises,

ou 443 lignes 296 millièmes de ligne, ou enfin 3 pieds 0 pouce 11 lignes 296 millièmes de ligne; et l'on a rédigé le tableau suivant des principales dimensions et mesures du globe.

I. *Dimensions.*

	En toises.	En mètres.
1. Rayon d'équateur, ou demi-grand axe de l'ellipsoïde.	3 271 226	6 375 250
2. Rayon du pôle au centre, ou demi-petit axe.	3 201 432	6 356 662
3. Aplatissement du pôle, ou excès du rayon équatoréal sur le rayon polaire.	9 794	19 088
4. Rayon de la terre supposée sphérique, ou rayon moyen.	3 266 329	6 366 206
5. Circonférence de l'ellipsoïde sous le méridien de Paris.	20 522 960	39 999 867
6. Circonférence sous l'équateur.	20 553 717	40 059 918

II. *Principaux degrés.*

7. Ancien degré de latitude sous l'équateur.	56 753	110 614
8. Ancien degré de latitude à 45° N. (ancienne mesure nonagésimale).	57 011	111 117
9. Ancien degré de latitude sous le pôle.	57 261	111 612
10. Nouveau degré de la-		

	En toises.	En mètres.
titude sous l'équateur (mesure centésimale).	51 078	99 552
11. Nouveau degré de latitude à 50° degré N. (mesure centésimale).	51 310	100 106
12. Nouveau degré de latitude sous le pôle (mesure centésimale).	51 358	100 449
13. Nouveau degré de longitude à 0° latitude (mesure centésimale.	100 100	100 149
14. Nouveau degré de longitude de 49 à 50° N. (mesure centésimale)	70 711	70 922
15. Nouveau degré de longitude de 99° N. au pôle.	1 571	1 577

Des globes géographiques. Les globes constituent les meilleures représentations de la terre, puisqu'ils en offrent le *relief*, et ce sont par conséquent les seuls qui puissent donner en même temps, sous la forme la plus simple, les relations de grandeur, de distance et de configuration de toutes les régions.

La manière la plus simple, comme la plus exacte, de les construire, lorsqu'ils ont de grandes dimensions, c'est de dessiner immédiatement sur leur surface, que nous allons décrire, les pays qu'ils doivent représenter.

Nous supposons d'abord qu'on ait fixé deux points diamétralement opposés pour représenter les pôles et pour faire passer l'axe de rotation : prenant l'un de ces points pour centre et à égale distance de chacun, on décrira un cercle qui sera l'équateur *; on tracera par les pôles un autre grand cer-

---

* Il y a plusieurs manières de tracer un grand cercle sur un globe. On peut se servir pour cela d'un compas dont une des branches soit très-

de pour représenter le *premier méridien*, qu'on divisera en 90 degrés, à partir de l'équateur, et allant vers chaque pôle; ensuite, à partir de ce méridien, on divisera, de degré en degré, la circonférence de l'équateur. Cela fait, rien ne sera plus aisé que de placer sur le globe un lieu dont on connaîtra la latitude et la longitude; car il suffira de marquer la première sur le premier méridien, et par le point où elle tombe, on décrira, en prenant le pôle pour centre, le parallèle à l'équateur passant par le lieu proposé; puis menant par le point de l'équateur sur lequel tombe la longitude et par les pôles un demi-cercle, on aura le méridien dont la rencontre avec le parallèle marque la position de ce lieu. (Pl. 1, fig. 13.)

Quand on a placé sur le globe, par leurs longitudes et leurs latitudes, tous les lieux pour lesquels on a pu se procurer ces déterminations, et qui sont ordinairement les capitales des états et de leurs grandes subdivisions, les ports les plus fréquentés, ou enfin les points qui fixent l'étendue

---

courte, et dont l'autre, plus longue, soit recourbée de manière à tomber à peu près perdiculairement sur la surface sphérique. Un fil tendu librement entre deux points, le bord d'une règle droite et flexible fixé sur ces points, marquant leur plus courte distance, prennent aussi la direction du grand cercle qu'ils déterminent; et l'on peut tracer très-simplement, par ce moyen, un grand cercle quelconque lorsqu'on a deux points sur lesquels il doit passer.

On élève un grand cercle perpendiculaire sur un autre en déterminant deux points à égale distance de deux autres points pris sur le grand cercle proposé, et le grand cercle qui passe par les deux points ainsi obtenus passe par les pôles du premier. Ces procédés, déduits des premières propriétés de la sphère, suffisent pour tracer tous les cercles nécessaires à la construction des globes.

et les limites des principales sinuosités du rivage des mers, il ne reste plus qu'à remplir les espaces intermédiaires, en achevant, conformément à des dessins tracés sur des surfaces planes et levés géométriquement ou construits d'après les relations des voyageurs, comme on le verra dans la suite, les contours des frontières des pays, le cours des fleuves. Les sinuosités des côtes seront suffisamment indiquées par le nombre de points dont on a assigné rigoureusement la position : d'ailleurs, en parlant de la construction des cartes, nous ferons connaître les procédés dont on se sert pour donner à cette opération toute l'exactitude qu'on peut y désirer.

Le premier usage qu'on peut faire du globe, c'est de déterminer la distance d'un lieu à un autre et les étendues respectives des diverses contrées. La plus courte distance de deux points sur la sphère se mesure par l'arc du grand cercle qui les joint ; et comme tous les grands cercles sont égaux, les degrés d'un grand cercle quelconque contiennent le même nombre de mesures itinéraires que celles du méridien : on prend donc avec un compas l'ouverture de l'arc compris entre les points proposés, pour la porter sur le méridien ou sur l'équateur qui sont gradués.

Mais, de plus, le globe peut servir à résoudre un certain nombre de questions, et alors ses usages se multiplient.

Pour rendre le globe d'un emploi plus commode, on fixe d'abord son axe de rotation dans le diamètre d'un cercle de carton ou de cuivre, divisé en degrés, et qui représente le plan d'un méridien céleste quelconque. Ce cercle *s'encastre* dans un autre lié au support et qu'on nomme *l'horizon*, parce qu'en variant par rapport à son plan l'inclinaison de l'axe du globe, ce cercle peut représenter le plan d'un horizon quelconque. Dans cet assemblage, le globe tourne sur son axe indépendamment de son *méridien*, qui demeure fixe et au moyen duquel on peut placer les pôles dans telle situation qu'on voudra, par rapport à l'horizon.

L'axe du globe porte une aiguille qui tourne avec lui sur un cadran dont le pôle occupe le centre, et qui est divisé en 24 parties ou heures, à partir du plan du méridien *. On attache quelquefois sur le pied de l'instrument une boussole, pour qu'on puisse orienter le globe, c'est-à-dire mettre les pôles dans le plan où se trouvent ceux de la terre.

Pour faciliter sur les globes un peu grands la mesure des distances, on a joint à leur monture un arc de grand cercle mobile qui peut se fixer sur chaque point du méridien, et s'appliquer exactement contre la surface du globe. Ce cercle est nommé *cercle des hauteurs*, parce qu'en mettant son point d'attache à 90 deg. de l'horizon, il donne la distance de ce cercle à chacun des points par lesquels il passe, distance qui serait la hauteur d'un astre placé verticalement sur ce point. Lorsque ce cercle manque, on peut le remplacer par une bande de papier étroite et dont le bord soit coupé très-droit; si on la tend, entre deux points, avec l'attention de ne la tordre dans aucun sens, elle marquera assez exactement le grand cercle passant par ces points.

On trace quelquefois l'écliptique sur les globes terrestres, et sur leur horizon les signes du zodiaque, les mois de l'année, etc.; mais c'est à tort, et tous ces accessoires sont trop étrangers aux usages géographiques de ces globes pour en faire mention ici.

Voici maintenant les principales questions qu'on résout avec ces instrumens:

1° On trouve la latitude d'un lieu quelconque en faisant tourner le globe jusqu'à ce que ce lieu

---

* Il faut, pour plus de commodité, que ce cercle soit placé entre la surface du globe et le méridien fixe; sans cela il empêche de mettre le globe dans les situations où le pôle est peu élevé au-dessus de l'horizon.

soit sous le méridien fixe, et en lisant le degré marqué sur le méridien et correspondant à ce lieu.

2° La longitude du même lieu se lit sur l'équateur au point sur lequel passe le méridien.

Choisissant Paris pour exemple, on lit sur le méridien environ 49 degrés et sur l'équateur 20 degrés de l'île de Fer.

3° Réciproquement on trouve la position d'un lieu, quand on connaît sa longitude, en amenant sous le méridien le point de l'équateur qui a cette longitude, et en comptant sur le méridien la latitude donnée avec sa dénomination : le point où elle se termine répond, sur le globe, à celui qu'on cherche.

Prenons pour exemple Pékin, dont la latitude est septrionale et d'environ 40 degrés, et la longitude 134; on amènera sous le méridien le 134e degré de l'équateur, et remontant vers le nord sur le premier cercle jusqu'au 40e degré, on y rencontrera Pékin.

4° L'heure que l'on compte dans un pays, lorsqu'il est midi dans un autre, s'obtient en plaçant ce dernier sous le méridien, et en fixant sur 12 heures l'aiguille du cadran qui environne le pôle, puis en faisant tourner le globe jusqu'à ce que le lieu dont on cherche l'heure soit arrivé sous le méridien; l'aiguille marque alors sur le cadran l'heure demandée : elle est *après midi*, si l'on a fait tourner le globe d'orient et occident; et *avant midi* dans le cas contraire.

Ayant mis Paris sous le méridien et fixé sur midi l'aiguille du cadran polaire, si l'on fait tourner le globe vers l'occident, c'est-à-dire sur la gauche en regardant le pôle arctique, et que par-là on amène Pékin sous le méridien, l'aiguille marquera 7 heures ½, ce qui est en effet l'heure du soir que l'on compte dans cette dernière ville lorsqu'il est midi à Paris.

La même différence de 7 h. ½, ajoutée à un temps quelconque relatif au méridien de Paris, donnera le temps correspondant sous le méridien de Pékin.

On peut connaître la longueur du plus grand jour pour tous les points d'un hémisphère, du septentrional, par exemple, en plaçant le méridien de manière que le bord du cercle polaire arctique rase l'horizon du globe ; cet horizon représentera alors le cercle d'illumination diurne. Si l'on amène sous le méridien un point quelconque de l'hémisphère proposé, qu'on fixe l'aiguille du cadran polaire sur 12 heures, et qu'on fasse tourner le globe vers l'orient jusqu'à ce que le point remarqué entre dans l'horizon, l'aiguille s'arrêtera sur l'heure à laquelle ce point passe de la partie éclairée à la partie obscure, qui est celle du coucher du soleil. Le nombre d'heures parcourues sur le cadran sera la moitié de la durée du jour cherché.

Paris entre dans l'horizon par l'orient, 8 heures après son passage sous le méridien ; la durée du plus long jour est donc de 16 heures dans cette ville.

En plaçant le pôle plus près de l'horizon, on donnera à ce cercle la position que prend le cercle d'illumination dans les temps qui précèdent et qui suivent les solstices, et on connaîtra, comme ci-dessus, la longueur du jour dans chaque pays.

Il faut remarquer que, dans cette position du globe, tous les points qui se trouvent en même temps sur le bord occidental de l'horizon sont ceux qui, passant à la fois de la partie obscure dans la partie éclairée, voient le soleil se lever au même moment. Ceux qui sont sur le bord oriental le voient coucher à ce moment ; et il passe alors au méridien pour tous ceux qui sont placés sous ce dernier cercle.

On mesure la distance de deux lieux en plaçant l'un de ces points sous le méridien, puis en amenant au-dessus l'attache du cercle des hauteurs, et en faisant tourner cet arc de cercle autour de son attache jusqu'à ce qu'il passe par l'autre point proposé. Le nombre de degrés et de parties de degrés marqué à ce point étant réduit en mesures itinéraires donnera la distance demandée.

Si l'on veut connaître sur quel alignement l'un de ces lieux est situé par rapport à la méridienne de l'autre, il faut d'abord placer le globe de manière que le second point réponde au centre de l'horizon, c'est-à-dire *rectifier* le globe pour ce point. On y parvient en faisant mouvoir le méridien dans ces encastremens avec l'horizon jusqu'à ce que l'élévation du pôle le plus voisin soit égale à la latitude de ce même point, que l'on amène ensuite sous le méridien : l'horizon se trouve alors, par rapport au globe, dans la position qu'occupe sur la terre l'horizon rationnel du second lieu proposé.

Cela fait, on place sur ce lieu l'attache du cercle des hauteurs, qu'on fait passer ensuite par le premier point, puis on compte le nombre de degrés et parties de degrés compris sur l'horizon depuis le cercle des hauteurs jusqu'au méridien, soit du côté du nord, soit du côté du midi, et on a la mesure de l'angle que fait avec le méridien l'arc de grand cercle qui joint, par le chemin le plus court, les deux points proposés.

En supposant que le cercle des hauteurs manque et qu'on le remplace par la bande de papier dont nous avons parlé plus haut, si on la fait partir de Paris en passant par Pékin, et la prolongeant jusqu'à l'horizon, elle rencontrera ce cercle à 43° de l'est vers le nord; telle est la direction qui conduirait à Pékin sans changer d'alignement. Ceci fait voir qu'on ne doit pas juger de la position respective des lieux par les parallèles à l'équateur seulement, puisque Pékin est sur un parallèle plus méridional que celui de Paris, et que pourtant c'est entre le nord et l'est de Paris qu'est placée la direction qui tend vers Pékin.

Le globe fait trouver sur-le-champ les antipodes d'un lieu quelconque, parce qu'il suffit d'amener ce lieu sous le méridien, et de chercher le point qui est dans la partie inférieure à la même distance du pôle opposé.

Des cartes. -- La difficulté d'exécuter des globes assez grands pour y insérer tous les détails géographiques a fait sentir le besoin de représenter sur une surface plane la situation respective des divers lieux de la terre. Ces surfaces planes se nomment cartes (primitivement *mappæ* en latin, *serviettes*, d'où nous reste encore le nom de mappe-monde).

Une carte est donc la surface plane destinée à représenter une surface courbe. Or, les surfaces courbes, comparées au plan, sont de deux sortes, développables ou non développables. Développable veut dire qui peut s'étendre sur un plan sans déchirure ni duplicature; non développable est le contraire. Les cônes, les cylindres sont développables; la sphère et les sphéroïdes ne le sont pas. Une carte ne peut donc conserver en même temps ses rapports naturels entre l'étendue d'un pays, ceux des distances de lieux et la similitude des configurations. Il faut donc avoir recours, pour représenter approximativement ces rapports, à diverses constructions que l'on appelle *projections*. Ce nom s'applique en général aux dessins dont l'objet est de faire trouver sur un plan les dimensions de l'espace et des corps qu'il renferme. On distingue en *cartographie* (l'art de dresser des cartes géographiques) deux grandes classes de projections, les unes qui sont de véritables représentations perspectives du globe ou des diverses parties de sa surface, les autres qui ne sont que des espèces de développemens assujétis à des lois approximatives et appropriées aux rapports que l'on veut conserver.

Projections perspectives. — Partons de quelques principes communs à toute projection. 1° Dans toute projection, il faut distinguer le point de vue (lieu où est l'œil de l'observateur); l'objet qu'il observe; un plan perspectif infini entre le point de vue et ce qu'on observe. 2° De chaque point de l'objet se rend au point de vue un rayon de lumière ou rayon visuel. Ces rayons convergent à partir de l'objet et forment un cône dont le sommet est dans l'œil de l'observateur. 3° En se rendant de l'objet au point de vue, ces rayons rencontrent le plan perspectif, chacun en un point. Chaque point d'intersection du plan et d'un rayon visuel est la projection du point de l'objet d'où il part. L'ensemble de ces points forme un dessin perspectif. 4° Les formes de l'objet observé, fût-il plane, sont rarement rendues par une figure semblable. Pour qu'un cercle, qu'un carré soient un cercle, un carré sur le plan perspectif, deux conditions sont nécessaires : premièrement, que le point de vue soit dans l'axe de la figure; secondement, que le plan du tableau soit perpendiculaire à cet axe 5° Les figures non planes sont encore plus altérées; mais il faut commencer par bien comprendre que naturellement nous ne voyons rien en relief, que tout à nos yeux est plane ou s'offre sur une surface plane. 6° Si un plan à représenter se trouve tout entier dans un plan perpendiculaire au tableau, il ne peut être représenté que par une ligne droite. 7° On ne peut voir entièrement un solide d'un seul point de vue : il en faut au moins deux. 8° Pour qu'une sphère soit partagée en deux surfaces égales par la perspective simple, il faut que le point de vue soit à une distance infinie. 9° La ligne droite tirée du centre du globe au point de vue est l'axe du grand cercle qui sépare l'hémisphère visible de celui qui ne l'est pas. On l'appelle *axe optique*.

Ceci posé, les projections régulièrement perspectives se distinguent, 1° (relativement à l'emplacement du point de vue comparé à l'hémisphère qu'il s'agit de rendre) en *stéréographique*, *orthographique* et *centrale*; 2° (relativement au plan perspectif) en *polaire*, *équatoréal* et *horizontal*. — Dans la projection polaire, le point de vue est un des pôles, et le plan perspectif le plan de l'équateur. Dans la projection équatoréale, au contraire, le point de vue est un des points de la circonférence de l'équateur (soit le point où le méridien 0 coupe ce grand cercle), et le plan perspectif le plan d'un méridien quelconque (dans l'exemple qui précède, ce serait le 90e). Enfin, dans la projection horizontale, le point de vue est un point quelconque de la surface de la terre, qui ne coïncide ni avec les pôles ni avec l'équateur, et le plan perspectif est l'horizon rationnel, plan qui alors coupe obliquement et l'équateur ainsi que tous les parallèles, et les méridiens. — Dans la projection centrale, le point du vue est au centre de la sphère, et le plan perspectif un plan tangent à la surface. L'orthographique et la stéréographique, au contraire, ont le point de vue en dehors de la sphère, et pour plan perspectif le plan qui coupe le globe en deux hémisphères. Mais il y a de l'une à l'autre cette différence, que, dans la première, la surface projetée est celle de l'hémisphère le plus voisin de l'œil; tandis que, dans la seconde, c'est celle de l'hémisphère éloigné. Dans celle-ci donc, le globe est considéré comme un solide transparent : le plan perspectif est véritablement entre l'œil et l'objet projeté ; tandis que, dans la projection orthographique, le plan perspectif est derrière l'objet relativement au point de vue. — Ces deux genres de projections se combinent 3 à 3, c'est-à-dire qu'il y a trois espèces de projections centrales (la centrale polaire, la centrale équatoréale, la centrale horizontale), trois espèces de projections orthographiques (l'orth. pol., orthog. équat., orthog. horiz.), trois espèces de projections stéréographiques (stéréog. pol., stéréog. équat., stéréog. horiz.), ou, si on l'aime mieux, trois espèces de projections polaires, trois de projections stéréographiques, trois de projections orthographiques,

La projection centrale étant presque inusitée, nous nous bornerons à expliquer ce qui regarde les deux autres.

Voici les deux propriétés fondamentales des projections stéréographiques.

1° L'œil étant supposé en O, *fig.* 7, le plan ADBE, mené par le centre C de la sphère, perpendiculairement au rayon OC, est la *tableau* ou *le plan de projection ;* un cercle quelconque GIH, tracé sur la surface de la sphère, détermine le cône

OGIH, dont l'intersection *gih* avec le plan ADBE, est la projection du cercle proposé : or, le plan AFBO, mené par la ligne DF et par le centre K du cercle GIH, coupant à angle droit les plans GIH et ADBE, donne le moyen de connaître les angles que ces plans font avec les côtés OG et OH du cône. On voit que l'angle OGH, dont le sommet est à la circonférence, ayant pour mesure la moitié de l'arc OBH, est égal à l'angle O*hg*, qui, placé entre le centre et la circonférence, a pour mesure la moitié de la somme des arcs HB et AO; de plus, l'angle O étant commun aux deux triangles OGH et O*gh*, il en résulte que les angles OHG et O*gh* sont égaux : donc le cône OGIH est coupé *anti-parallèlement* à sa base par le plan ADBE; donc la section *gih* est un cercle.

Ce dernier, qui est la *projection* du cercle GIH, sera déterminé quand on connaîtra la grandeur et la position de son diamètre; et pour les obtenir il suffit de construire, dans le plan AOBF, le triangle GOH, suivant lequel ce plan rencontre le cône OGIH; la ligne AB, qui représente alors le plan de projection, coupe le triangle OGH, dans le diamètre *gh* de la projection demandée.

2° Par le point G, fig. 8, où se coupent deux cercles quelconques sur le globe, et par la droite OF, tirée perpendiculairement du point de vue au tableau, on mènera le plan AOBF, puis on tirera jusqu'à la rencontre du plan ADBE, les droites GI et GL, tangentes aux cercles proposés qu'on n'a point marqués dans la figure pour ne pas trop la compliquer. Cela fait, on observera que ces tagentes touchant aussi la surface du globe, déterminent son plan tangent IGL, lequel étant perpendiculaire au rayon CG, sera perpendiculaire au plan AOBF, que le plan ADBE rencontre aussi à angle droit. Les deux plans IGL et ADBE étant perpendiculaires au plan AGBF, se couperont dans une droite IL perpendiculaire à ce dernier, et qui le sera par conséquent aussi à la droite CK, qui n'est que CB prolongée, et à la droite GK, qui touche en G le cercle AOBF. De plus, les angles K G g, et K g G, sont égaux; le premier ayant pour mesure la moitié de la somme des arcs GB et AO, dont le dernier est égal à BO : donc GK est égal à g K. Enfin, les plans menés par le rayon visuel OG et par les droites GI et GL, touchant respectivement les cônes formés sur les cercles proposés, marqueront dans leurs intersections gI et gL avec le plan du tableau, les tangentes des projections de ces cercles, et l'angle IgL, sous lequel elles se couperont, sera celui que comprendront entre elles les projections elles-mêmes. Cela posé, il suit de ce qui précède que les triangles IGK et IgK sont rectangles en K, qu'ils ont le côté IK commun, et les côtés GK et gK respectivement égaux : donc les angles IGK et I gK sont égaux. On prouverait de même que les angles KGL et KgL le sont aussi : les angles IGL et IgL étant ainsi formés de parties égales, seront par conséquent égaux; donc les cercles proposés et leurs projections se couperont respectivement sous les mêmes angles.

Il pourrait arriver que les droites IG et IL tombassent toutes deux du même côté de GK : la démonstration ne changerait pas pour cela, seulement l'angle IGL serait la différence des angles IGK et KGL, au lieu d'en être la somme.

La projection stéréographique équatoréale présente les particularités suivantes. Pour tracer les projections des méridiens, on prend pour tenir lieu du plan AOBF des figures précédentes celui de l'équateur, parce qu'il est perpendiculaire à tous ceux des méridiens. La ligne AG, fig. 9, commune section de ce plan et de celui du tableau, représente la projection de l'équateur; et prenant sur la circonférence de ce cercle, l'arc AM égal à la longitude du méridien dont on cherche la projection, on tirera du point O, le rayon visuel OM, qui donnera, en m, la projection du point M. En menant par le point M', diamétralement opposé au point M, un rayon visuel M′O, on achevera l'angle MOM′, formé par les deux côtés opposés du cône passant par la circonférence qui comprend le méridien du point M et son opposé ; et prolongeant les droites AB et M′O jusqu'à ce qu'elles se rencontrent en *m′*, l'intervalle *mm′* sera le diamètre de la projection du méridien qui passe par le point M.

Si maintenant on conçoit que le cercle AOBF tourne autour du diamètre AB, on pourra l'amener sur le plan du premier méridien : la ligne OF deviendra alors l'axe, les points O et F seront les pôles, et les lignes MO et M′O, n'ayant point changé de situation à l'égard de AB, les points *m* et *m′* n'en auront point changé non plus : en décrivant donc sur *mm′*, comme diamètre, un arc O*m*F, ce sera la projection du méridien dont la longitude est égale à l'arc AM.

Pour construire les projections des parallèles à l'équateur, il faut considérer la section du globe faite par le plan du méridien passant par l'œil, parce que ce plan rencontre tous ceux des parallèles à angles droits; et il est visible que si on le faisait tourner sur l'axe, il pourrait venir s'appliquer sur celui du premier méridien, sans que les lignes qu'il contient changeassent de situation respective. Supposant donc que ce mouvement se soit effectué, le point de vue sera parvenu alors en B; et comme tout parallèle coupe un méridien quelconque et son opposé en deux points placés à une distance de l'équateur égale à la latitude de ce parallèle, si on prend sur le méridien les arcs AN et BN′ égaux à celle du parallèle dont on cherche la projection, les points N et N′ appartiendront à ce parallèle : les lignes BN et BN′ représenteront les rayons visuels menés aux extrémités de son diamètre, et marqueront sur l'axe OF les extrémités *n* et *n′* du diamètre de cette projection qu'il sera par conséquent facile de décrire.

La seule figure 9 a suffi pour toute la construction, qui revient comme l'on voit à trouver la graduation du diamètre A B qui représente l'équateur, et celle de l'axe O F, qui est aussi le méridien du milieu de la carte; car le point m étant combiné avec les pôles O et F, on a trois points de chaque méridien, et on en trouve pareillement trois pour les parallèles, en combinant les deux extrémités N et N′ avec le point n déterminé sur le diamètre O F.

Les lignes Cm et Cn se calculent facilement dans les triangles rectilignes O Cm, et B Cn, rectangles en C, où l'on connaît les côtés O C et C B égaux aux rayon du globe, et les angles C Om, et C Bn, mesurés par les moitiés des arcs M F et A N, dont l'un est le complément de la longitude du méridien, et l'autre est la latitude du parallèle cherché.

Il est facile de voir, par les opérations indiquées, que les divisions seront inégales, tant sur le diamètre A B que sur le diamètre O F. Elles iront en diminuant de la circonférence vers le centre, ainsi que le montre la fig. 10, où sont tracés plusieurs méridiens et plusieurs parallèles.

La construction de la projection polaire se réduit à la détermination des degrés du méridien; la fig. 11 indique l'opération à effectuer. Le cercle A O B F représente d'abord un méridien, sur lequel l'œil est placé en O sur l'un des pôles, et dont la projection est le diamètre A B; les arcs A M, M N, N F, sont projetés sur cette ligne en Am, mn, nC, par les rayons visuels O M, O N. On conçoit ensuite que le plan A O B F, tournant autour de A B, vienne s'appliquer sur l'équateur; et du centre C, avec les rayons Cn, Cm, on décrit des cercles qui sont les projections des parallèles à l'équateur, passant par les latitudes égales aux arcs A N, A M. Quant aux méridiens, comme leurs plans se coupent tous suivant l'axe des pôles, qui est en même temps l'axe optique, leurs projections sont les rayons CM, CN, correspondans aux longitudes A M, A N.

Lorsqu'il s'agit de la projection horizontale le cercle A O B F, fig. 12, désigne d'abord le méridien du lieu proposé, qui divise son horizon en deux parties égales. L'œil étant toujours en O, les rayons visuels O P, O N, O N′, menés au pôle supérieur P, et aux extrémités N et N′ d'un parallèle quelconque, marquant sur A B, qui est la projection du demi-cercle A F B, la projection *p* du pôle, et le diamètre *n n′* du parallèle. L'équateur s'obtient de même; G G′ désignant son diamètre, *gg′* est celui de sa projection. On peut tracer cette projection et celle du parallèle, en concevant que le cercle A O B F a tourné autour du diamètre A B pour s'appliquer sur l'horizon; on a pour l'équateur l'arc O *g* F, et pour le parallèle le cercle *n n′*.

Pour déterminer les projections des méridiens, on cherche d'abord celle du pôle inférieur P′, que le rayon visuel O P′ prolongé donne en *p′*. Concevant alors le cercle A O B F appliqué de nouveau sur l'horizon, on décrit sur le diamètre *pp′* un cercle qui représente la projection du méridien perpendiculaire à celui du lieu. Devant toutes passer par les deux points *p* et *p′*, les projections des méridiens auront leurs centres dans la ligne *d c*, perpendiculaire sur le milieu de *p p′*; et pour achever de les déterminer, il suffit de se rappeler que, d'après la seconde propriété de la projection stéréographique, la ligne *p p′*, qui représente la projection du méridien passant par le milieu de l'hémisphère, doit les rencontrer tous sous des angles égaux à celui que mesure leur différence de longitude avec ce méridien. Si l'on cherche par exemple celui qui répond à une différence de 30 degrés, comme il doit couper *p p′* sous un angle du même nombre de degrés, la droite qui le toucherait au point *p* fait nécessairement un pareil angle avec *pp′*; tirant donc *p* L sous cet angle, et lui menant *p c* à angle droit, la première de ces lignes sera la tangente, et la seconde le rayon du méridien demandé, puisque le rayon et la tangente d'un cercle sont perpendiculaires l'un à l'autre. On peut même réduire l'opération à mener immédiatement le rayon pr, faisant avec pp' un angle, complément de celui qui est compris entre le méridien cherché et le méridien du milieu de l'hémisphère.

On remarquera encore qu'un rayon quelconque CQ est la projection du cercle des hauteurs mené par le lieu qui occupe le centre de la carte, puisque les plans des cercles de hauteur, passant par la ligne OF, ces cercles ont nécessairement pour projections des lignes menées par le centre C de la carte, et graduées de même que le rayon CB sur lequel sont marqués les degrés de latitude.

L'inégalité des espaces de la graduation de la projection stéréographique ne permet pas de lui appliquer, en général, une échelle rectiligne pour comparer les distances respectives des lieux, distances qui se mesurent suivant l'arc de grand cercle qui joint ces lieux deux à deux; mais on peut toujours, par le moyen de la graduation même, mesurer la distance entre le centre de la carte et l'un quelconque de ses points; et on peut par conséquent connaître, sur la projection horizontale relative à Paris, par exemple, la distance de cette ville à tous les autres points du globe.

Les projections orthographiques supposent, comme nous l'avons dit, l'œil de l'observateur, en d'autres termes, le point de vue du même côté que l'hémisphère dont il s'agit de faire tomber la surface sur le plan perspectif. Dans ce mode de projections, les rayons visuels sont tous parallèles entre eux, et, de plus, les méridiens et les parallèles sont généralement exprimés par des ellipses, excepté dans la projection polaire où les méridiens sont des lignes droites, et les parallèles des cercles concentriques. L'ensemble des rayons visuels menés aux différens points du cercle à représenter forme alors un cylindre dont l'axe est parallèle à la ligne marquée CO dans la fig. 13. Pour s'en former une idée, il suffit de jeter les yeux sur la fig. 14, analogue à la fig. 9; les rayons visuels, comme Mm, menés par les différens points du cercle A O B F, pris pour l'équateur, détermineront sur son diamètre la graduation, conformément aux lois de la projection : l'espace $m m'$, compris entre les deux perpendiculaires Mm et M'm', abaissées des deux points opposés du méridien, est le petit axe de l'ellipse que ce cercle a pour projection, et le grand axe est le diamètre de la sphère ou du premier méridien qui demeure circulaire. Les parallèles à l'équateur, ayant leurs plans perpendiculaires à celui du premier méridien, y sont représentés par leurs diamètres, tels que N N'. D'après la manière dont je viens de modifier le tracé de la projection méridienne, il est aisé de trouver les changemens que doit subir celui des deux autres.

Un tracé fort simple fait trouver immédiatement la projection orthographique d'un lieu quelconque sur le plan du méridien, et sa distance perpendiculaire à ce plan. Ayant tiré sur le plan du premier méridien A O B F, par la latitude A N du lieu proposé, le diamètre N N' de son parallèle, on décrit ce cercle, on prend l'arc N L égal à la longitude, on abaisse sur N N' la perpendiculaire Ll; le point l est la projection orthographique de ce lieu, et Ll est sa distance au plan du premier méridien. Le même tracé exécuté pour un autre point, donnant aussi sa projection, il est aisé de trouver la droite qui joint immédiatement ces deux lieux, à travers le globe.

L'opération se simplifie lorsqu'on projette sur le plan de l'équateur. On fait l'angle A C B, fig. 15, égal à la différence de longitude des lieux proposés; on prend les arcs A M et B N égaux aux latitudes respectives; les droites Mm et Nn, perpendiculaires sur A C et B C, donnent les projections m et n de ces lieux; mn est celle de leur distance. Si donc on élève sur mn, les perpendiculaires mM'', nN'', respectivement égales aux droites Mm, Nn, et qu'on tire M'' N'', cette droite sera la corde de l'arc de grand cercle compris entre les deux lieux proposés. En la portant sur le méridien divisé en degrés, on obtiendra la mesure du plus court chemin à suivre pour aller de l'un de ces points à l'autre.

Si le point N était dans l'hémisphère opposé à celui où se trouve le point M, il faudrait le construire en N', au-dessous de BC : sa projection sur le plan de l'équateur serait encore n; mais il faudrait porter la perpendiculaire N'n au-dessous de la droite mn, et la plus courte distance rectiligne des deux points proposés serait alors M'' N'''.

La projection orthographique a, par rapport aux espaces, le défaut contraire des précédentes; elle les diminue du centre à la circonférence, fig. 16, à cause de l'obliquité sous laquelle les parties latérales de la sphère se présentent à son plan diamétral. La Hire a conclu de là qu'en prolongeant l'axe optique hors de la sphère, le tableau passant toujours par le centre, il existait sur cet axe un point tel que l'inégalité des espaces devenait la plus petite possible; car il est évident que lorsque le point de vue s'éloigne assez pour que l'obliquité des rayons, qui tend à agrandir les espaces, étant moindre, puisse être compensée par celle des surfaces projetées, qui tend à les diminuer, leur accroissement doit se changer en décroissement. Il ne peut y avoir égalité absolue dans tous, parce que la loi de leur variation dépend de leur situation particulière; mais à la limite que nous venons d'assigner, leurs différences sont assez petites pour pouvoir être négligées dans une carte générale.

La Hire a pris le point de vue de sa projection à une distance de la sphère égale au sinus de 45°. La fig. 17 montre comment on obtient la graduation de l'équateur lorsqu'on projette sur le plan du méridien, en plaçant l'œil au point o, tel que Oo = EG, l'arc EG étant la moitié de BF; et alors Cg est la moitié de BC.

On pourrait aussi chercher à placer sur la ligne OF le point o, de manière que les degrés de l'équateur contigus au point C, ou au méridien du milieu de la carte, et au point A, ou au premier méridien, occupassent, sur le diamètre A B, le même espace. On y parvient facilement au moyen des formules trigonométriques qui expriment la grandeur d'un espace quelconque *m n*.

La plus simple des *projections par développement* est celle qu'on nomme la *projection conique*. Il est bien naturel en effet d'assimiler une zône sphérique à un cône tronqué, et d'en construire ensuite le développement : les parallèles deviennent des cercles décrits du sommet du cône pris pour centre, et les méridiens sont des lignes droites assujéties à passer par ce point. Il est visible qu'on aura un résultat d'autant plus approché que la carte embrassera moins d'étendue en latitude. Cette projection peut varier de plusieurs manières, car on peut supposer que le cône soit tangent au parallèle moyen de la carte, et par conséquent extérieur, ou bien qu'il soit en partie inscrit dans la sphère, c'est-à-dire formé par les sécantes des méridiens. Dans le premier cas, la carte n'aura d'exactitude rigoureuse, que sur le parallèle moyen, qui conservera dans le développement la longueur qu'il a réellement sur le globe ; mais les parallèles, placés tant au-dessus qu'au-dessous de celui-là, excéderont ceux qui leur correspondent sur le globe. Murdoch, géomètre anglais, a proposé de substituer au cône tangent un cône en partie inscrit et déterminé par cette condition : *que la partie de son aire, comprise dans la carte, soit équivalente à celle de la zône sphérique qu'elle représente.*

Toute la construction de cette espèce de carte repose sur la détermination du sommet du cône, et de l'amplitude que prend, dans son développement, le cercle qui lui sert de base.

Lorsque le cône est tangent à un point E du méridien A P, fig. 18, on obtient son côté en prolongeant la tangente à ce point, jusqu'à ce qu'elle rencontre l'axe CP, aussi prolongé : la ligne E R est alors le côté du cône ; sa base est le cercle ayant

Ec pour rayon, et qui, dans le développement, devient un arc décrit du rayon R E : ce développement s'effectue par les moyens connus.

Pour former les degrés de longitude, il faut prendre la 360e partie de l'arc décrit du sommet R, comme centre, avec un rayon R E, fig. 19, et qui représente le développement du parallèle passant par le point E; tirant ensuite, par les divisions de cet arc et par le sommet du cône, des droites, on aura les méridiens, qui, répondant à un arc d'un rayon plus grand que celui du parallèle, intercepteront un angle moindre qu'un degré. Pour avoir les degrés de latitude, on portera sur l'un de ces méridiens, à partir du point E, tant au-dessus qu'au-dessous, des parties égales au développement des arcs du méridien terrestre. Enfin, on décrira du point R, et par les divisions du méridien, des cercles concentriques qui représenteront les parallèles.

Quand le cône doit être en partie inscrit, on tire par les points A et F, fig. 18, dans lesquels il doit couper le méridien, une sécante A F, dont la rencontre R′, avec l'axe C P, donne le point de concours des droites qui représentent les méridiens, ou le sommet du cône; la droite A R′ en est le côté, et A *a* le rayon de la base. L'espace A F étant celui qui correspond à l'arc A E F, doit être divisé comme cet arc. Par cette construction, on prend la corde A F pour l'arc A E F, et le degré de latitude se trouve un peu trop petit, par rapport au degré de longitude, sur les parallèles des points A et F; mais la différence est très-peu de chose quand l'arc du méridien a peu d'amplitude. Cependant, on peut établir une égalité parfaite entre les degrés de latitude sur la carte et ceux du méridien de la sphère, en prenant au lieu de A F le développement de l'arc A E F. Cette circonstance augmentant la distance des rayons A *a* et F *f* des parallèles, éloigne un peu le point de concours des lignes A R′ et C P.

Le point R′ s'obtient en général en considérant les triangles semblables.

R′A a, R′ F f, qui donnent
A a : F f : : A R′ : F R′
A a - F f : A a : : A R′- F R′ ou A F : AR′.

Quand on veut avoir égard à la différence entre l'arc et sa corde, on substitue à la ligne A F la longueur développée de l'arc A E F.

Chargé de construire une carte genérale de l'empire russe, l'astronome Delisle (de la Croyère) imagina de faire entrer le cône dans la sphère, de manière qu'il la coupât suivant deux parallèles placés chacun à égale distance du parallèle moyen et de l'un des deux parallèles extrêmes. La carte avait, par ce moyen, sur deux parallèles dont on vient de parler, la même dimension que la partie correspondante du globe; et son étendue totale différait peu de celle du pays qu'elle devait représenter, parce que l'excédant qui se trouvait aux deux extrémités de la carte était au moins compensé en partie par le défaut qu'avait, à l'égard de la zône sphérique, la portion inscrite du cône. La carte comprenant depuis le 40° degré de latitude jusqu'au 70°, le parallèle moyen répondait à 55°, les parallèles communs avec la sphère étaient ceux de 47° 30′ et 62° 30′. — A la détermination des parallèles qui doivent être communs avec la sphère, Euler substitua celle du point de concours des lignes droites qui représentent les méridiens, et de l'angle qu'elles font entre elles lorsqu'elles comprennent un degré de longitude. Ses calculs sont appuyés sur les conditions suivantes : 1° que les erreurs soient égales aux extrémités méridionales et septentrionales de la carte; 2° qu'elles soient aussi égales à la plus grande de celles qui ont lieu vers le parallèle moyen de la carte. Il en conclut que le point de concours du méridien doit être placé au-delà du pôle, d'une quantité égale à 5° de latitude; et que l'angle de deux méridiens consécutifs doit être de 48′ 44″.

Il cherche ensuite de combien les arcs des grands cercles qui mesurent les distances sur le globe diffèrent des lignes droites qu'on leur substitue sur la carte, et il trouve qu'un arc de 90° aurait sur la carte une longueur de 90°, 79, exacte à moins d'un centième de sa valeur.

M. Delorgna (*Principi di Geographia Astronomico-Geometrica*, in-4°, *Verona*, 1789) a proposé une nouvelle projection jouissant de la propriété de représenter par des espaces égaux les régions d'é-étendue. Pour construire la carte d'un hémisphère, il le conçoit partagé en demi-fuseaux par des plans menés par son axe, et sur le centre du grand cercle perpendiculaire à cet axe il en décrit un autre dont l'aire soit équivalente à celle de l'hémisphère. Il est aisé de voir que chaque demi-fuseau sera représenté sur le cercle dont il s'agit par un secteur dont l'angle sera égal à celui qui forment les deux plans qui comprennent le fuseau. C'est ce que montre la figure 20, dans laquelle P représente le pôle, ABD le plan de l'équateur, APB un demi-fuseau compris entre deux méridiens et l'équateur; le cercle A′B′D′ est celui dont l'aire est égale à celle de l'hémisphère PABDE. On découvrira sans peine que le rayon A′C doit en général être égal à la corde AP de l'arc du méridien compris entre le pôle et le plan qui termine la *calotte sphérique* qu'on veut représenter.

Dans la projection polaire, tracée d'après ce principe, figure 21, les méridiens sont les rayons du cercle qui termine la carte; les parallèles sont des cercles concentriques à ce premier, décrits d'un rayon égal à la corde du complément de la latitude; les quadrilatères formés par les méridiens et les parallèles qui terminent une zone sont égaux et rectangles, comme sur la sphère; et par cette raison, la configuration des pays n'est pas très-altérée. Les distances ne se mesurent pas immédiatement par la droite qui joint les deux points que l'on compare, mais elles n'en diffèrent pas beaucoup, et leur valeur exacte peut s'en déduire assez facilement.

Ces propriétés, qu'on ne peut contester à la projection de M. Delorgna, constituent, suivant lui, celles que doit avoir, pour être admise, toute bonne projection géographique; et dans le vrai, il ne pourrait qu'être utile d'adopter, pour les cartes ordinaires, cette projection, qui est très-facile à décrire, lorsqu'il s'agit des hémisphères terminés par l'équateur. L'auteur a aussi donné le moyen de l'appliquer aux cartes particulières; mais ce tracé se complique lorsqu'il s'agit des hémisphères terminés par l'horizon, parce qu'il faut alors substituer aux méridiens et aux parallèles les cercles *azimutaux* et les *almicantarats* (ou parallèles à l'horizon) du lieu pour centre de la carte, cercles auxquels on ne peut rapporter les longitudes et les latitudes que par une construction ou un calcul particulier. L'inconvénient est le même à l'égard des hémisphères terminés par le méridien; mais, comme je l'ai dit plus haut, il faut toujours compter pour peu de chose les difficultés de la projection, qui ne doivent jamais arrêter le géographe lorsqu'il en résulte des avantages dans l'usage journalier des cartes.

Les opérations effectuées dans le siècle précédent pour déterminer la figure de la terre par la mesure des degrés du méridien et des parallèles ont fait naitre une espèce de projection très-importante, puisque c'est celle de la grande carte de France des Cassini, le plus beau travail géographique qu'on ait exécuté jusqu'ici.

Lorsqu'on entreprit de mesurer un degré de longitude, on reconnut la difficulté qu'il y avait à tracer exactement sur la terre un parallèle à l'équateur. En effet, si, par un alignement dirigé au moyen de piquet verticaux, et perpendiculaire au méridien d'un lieu, on marque une suite de points, il est évident qu'en supposant la terre sphérique, ils appartiendront au grand cercle que détermine le plan vertical mené perpendiculairement au méridien dont il s'agit, et qui, sur la terre, répond au cercle céleste que l'on nomme *premier vertical*.

Le parallèle se sépare bientôt de ce cercle, qu'il ne fait que toucher au point où il coupe le méridien. Dans une sphéroïde, la courbe perpendiculaire au méridien est à double courbure, et la recherche de ses propriétés a occupé plusieurs géomètres.

Le méridien et ses perpendiculaires étant les lignes qui se tracent le plus facilement par les opérations astronomiques et géodésiques, c'est au méridien de l'observatoire de Paris et à ses perpendiculaires qu'on rapporte immédiatement les points de la carte de France; leurs latitudes et leurs longitudes n'ont été conclues qu'à *posteriori* (après coup) et par le calcul.

Pour se former une idée de la manière dont cette projection représente les espaces terrestres, il faut observer que les grands cercles perpendiculaires au méridien (en supposant la terre sphérique) se coupent tous aux pôles de ce méridien, et convergent par conséquent les uns vers les autres; tandis que sur la carte, où le même méridien est une ligne droite, ils deviennent parallèles entre eux. Il résulte de là que les portions déterminées par deux cercles perpendiculaires au méridien sont représentés par des rectangles de même longueur, mais plus larges vers leurs extrémités. Ainsi les distances et les aires ne peuvent être mesurées immédiatement sur la carte de France que par approximation, et à cause que l'étendue en longitude n'est pas assez considérable pour que la convergence des perpendiculaires au méridien entraîne une erreur de quelque importance par rapport aux usages ordinaires des cartes géographiques.

Les *rumbs de vent*, ou les directions indiquées par la boussole, dont la propriété est de couper sous le même angle tous les méridiens qu'ils rencontrent, et qui, pour cette raison, ont, sur le globe, la forme d'une spirale, sont aussi représentés par des lignes courbes de ce genre dans toutes les cartes où les méridiens ne sont pas parallèles.

Les marins qui dirigent leurs courses sur ces lignes ne peuvent rapporter commodément, dans cette espèce de carte, le chemin qu'ils ont fait, ni trouver celui qu'ils ont à faire, à cause de la difficulté de mesurer avec le compas les arcs d'une courbe : ils ont en conséquence cherché une projection de cartes dans laquelle les méridiens fussent des lignes droites parallèles.

Lorsqu'il ne s'agit de représenter que de très-petits espaces, ou du moins peu étendus en latitude, on peut substituer à la zone sphérique le développement d'un cylindre, soit inscrit, soit circonscrit à cette zone, et dont l'axe coïncide avec celui du globe. Les méridiens, qui résultent des sections du cylindre par des plans passant par son axe, sont représentés par des lignes droites parallèles à cet axe; les plans des parallèles coupent le cylindre suivant des cercles parallèles à sa base, et qui deviennent des lignes droites dans le développement. Telle est la construction des *cartes plates* dont on attribue l'invention à don Henri, infant de Portugal. Leurs défauts sont analogues à ceux de la projection conique, et même plus considérables; car dans celle-ci on peut donner à deux parallèles leur véritable longueur par rapport aux degrés de latitude, et à un seulement sur les cartes plates; savoir : à l'inférieur pour le développement du cylindre circonscrit, et au supérieur pour le développement du cylindre inscrit. On pourrait aussi employer le cylindre construit sur un des parallèles intermédiaires, et qui serait en partie intérieur et en partie extérieur à la sphère : de cette manière, l'étendue en longitude ne se trouverait exacte que vers le milieu, mais l'erreur serait partagée entre les deux extrémités. Il se présente ici des questions pareilles à celles qu'Euler a résolues pour la projection conique. Il est évident, par exemple, qu'on peut placer le parallèle qui sert de base au cylindre, de manière que l'aire du développement soit égale à celle de la zone sphérique.

Le tracé de ces cartes s'effectue sans peine dès qu'on a fixé la position du parallèle terrestre qu'on développe : il n'est question que de donner aux degrés de longitude, sur ce parallèle, la grandeur qu'ils doivent avoir par rapport à celle qu'on assigne au degré de latitude.

La ligne H G, fig. 22, étant supposée parallèle à l'axe CP et égale au développement de l'arc BF, sera le méridien de la carte destinée à représenter la zône comprise entre les parallèles des points B et F. Le développement du parallèle moyen, dont le rayon est E*e*, donnera les degrés de longitude. On voit par cette figure le défaut de la carte sur les parallèles extrêmes, puisque le rayon G*g* est plus petit que B*b*, et le rayon H*h* plus grand que F*f*.

Mercator et Edward Wright ont imaginé la projection des *cartes réduites*, qui satisfait parfaitement aux conditions ci-dessus. Les méridiens y sont des lignes droites parallèles, équidistantes et coupées à angle droit par les parallèles à l'équateur ; mais les intervalles qui séparent ceux-ci croissent à mesure qu'on s'avance vers les pôles, dans un rapport précisément inverse de celui que suit sur le globe la diminution des dégrés de longitude. Il résulte de là que les distances en longitude, mesurées sur chaque parallèle, ont, par rapport aux distances en latitude correspondantes, la même relation que sur le globe.

Le tracé de ces cartes n'a d'autre difficulté que la construction de l'échelles des latitudes, pour laquelle on a depuis long-temps des tables calculées avec beaucoup de soin, et même en ayant égard à l'aplatissement de la terre. Elles portent le nom de tables des *latitudes croissantes*, à cause de l'augmentation que subit dans ces tables la longueur de chaque degré de latitude, à mesure qu'il est plus près du pôle : nous indiquerons plus loin les principes de leur formation.

Il est évident qu'on ne doit point chercher sur les cartes réduites, ni les rapports d'étendue des pays ni l'exactitude de leur configuration ; car cette projection augmente considérablement les régions qui sont placées vers les pôles, quoique d'ailleurs elle partage avec la *projection stéréographique* la propriété de conserver aux portions infiniment petites du globe leur similitude; mais ces défauts n'ont aucun inconvénient pour des cartes, qu'on ne doit regarder que comme des instrumens destinés à résoudre graphiquement les principales questions du *pilotage*, ce qu'elles font avec la plus grande exactitude et la plus grande facilité.

C'est aux développemens du globe qu'il faut rapporter la construction des *fuseaux*, qu'on trace sur le papier, pour recouvrir les globes qui ne sont pas fort grands. On partage en douze ou en dix-huit parties, selon la grandeur de son diamètre, la surface du globe, en menant des méridiens de 30 en 30° ou de 20 en 20°. L'espace compris entre deux de ces méridiens ayant très-peu de courbure dans le sens de sa largeur, peut être regardé comme faisant partie d'une suface cylindrique, circonscrite à la sphère, suivant le méridien qui le divise en deux également. On développe ce méridien, et en portant perpendiculairement (comme des ordonnées), de chaque côté, les demi-largeurs des portions de parallèles comprises entre les méridiens qui terminent le fuseau, on obtient la forme de son développement. Quelquefois on le tronque par les deux extrémités à 15 ou à 20° des pôles; et l'on trace à part ces deux zônes sur le papier, comme si elles étaient plates. Ce procédé n'est, comme on le voit, qu'aproximatif, et ne peut servir qu'à la fabrication des globes, à laquelle il permet d'appliquer les avantages que procure la gravure pour la multiplication des exemplaires; car le tracé qu'on obtient ne présentant que des portions disjointes, ne peut servir comme carte. C'est pourquoi nous ne dirons rien de plus sur ce sujet, qui appartient proprement aux détails de la construction des instrumens de géographie.

FIN DE LA PREMIÈRE PARTIE.

GÉOGRAPHIE

MATHÉMATIQUE.

(Suite.)

On distingue les cartes en *mappemondes* lorsqu'elles expriment toute la surface du sphéroïde terrestre (lorsqu'elles sont circulaires on les appelle proprement *planisphères*); *cartes générales*, si elles représentent une partie du monde, plusieurs royaumes, ou une très-vaste monarchie composée de parties évidemment distinctes; *cartes spéciales* lorsqu'elles se bornent à un état; *cartes chorographiques* si elles offrent en grand la figure d'une province, d'un département; *cartes topographiques*, lorsque le dessinateur est entré dans les détails de la nature et des accidens du terrain, qu'il a retracé des habitations isolées, etc. Ces sortes de cartes, on le sent, arrivent peu à peu à se confondre avec les plans géométriques. On a de plus des *cartes hydrographiques*, soit marines ou *nautiques*, soit *fluviales*; des *cartes minéralogiques*, *géologiques*, *botaniques*, *zoologiques* même, pour indiquer la composition des terrains, les gisemens des minéraux, la distribution géographique des plantes et des animaux. Enfin, suivant les divers buts que l'on se propose ou le degré d'instruction auquel est parvenu le public, à qui on destine ces cartes, on fait des *cartes militaires*, *élémentaires*, *muettes*, etc. La réunion d'un nombre de cartes forme un *atlas*. Les meilleurs ne sont pas toujours les plus volumineux et ceux qui semblent se recommander par les plus grands formats, mais bien ceux qui conduisent aux détails par une succession bien graduée de cartes de plus en plus particulières. Certaines cartes se composent de plusieurs feuilles qui alors doivent être susceptibles de s'ajuster les unes aux autres par des *lignes directrices*. Quand ces lignes directrices manquent, c'est une faute : au reste, le nombre de feuilles n'a point de limites. Beaucoup de cartes n'ont que deux feuilles; quelques-unes, par exemple la grande carte de France des Cassini en a plus de 200.

Les usages des cartes sont nombreux et se présentent d'eux-mêmes. Ils nécessitent l'intelligence d'un petit nombre de signes faciles à reconnaître, et qu'autrefois on avait soin d'expliquer dans une légende placée à l'un des côtés de la carte.

Ces signes marquent l'emplacement des lieux, et sont modifiés suivant l'importance de ces lieux, le rang qu'ils occupent dans le gouvernement civil, militaire ou ecclésiastique du pays. Il faut remarquer toujours le très-petit cercle qui est ou adjacent ou incorporé à chacun de ces signes, parce que c'est le centre de ce cercle qui fixe la position du lieu correspondant.

Lorsque la carte descend dans un détail assez grand, on y exprime les principaux traits du plan des villes un peu étendues, et il convient alors d'indiquer dans ce plan celui de ses points auquel se rapporte la position géographique.

Un simple trait marque les cours d'eau de peu d'importance, et l'on n'indique séparément les deux rives que lorsque la largeur du fleuve et de la rivière peut être appréciée par l'échelle de la carte, ce qui a lieu le plus souvent aux embouchures.

C'est par un trait bien net, bordé de hachures, que l'on indique les rivages de la mer. Dans les cartes géographiques, ces hachures sont extérieures par rapport aux terres, et semblent désigner les ondulations de la mer sur les côtes, tandis que dans les cartes marines les hachures sont portées sur la terre, comme pour faire sentir l'escarpement des côtes; et, à cette égard, le dessin de ces cartes a été considérablement perfectionné au *Dépôt de la marine*, dans ces derniers temps.

Les canaux de navigation, tracés sur une suite d'alignemens, sont représentés par des lignes brisées, qui les distinguent suffisamment des cours d'eau naturels, indiqués par une ligne ondulée.

Les routes sont souvent marquées par deux traits fins et parallèles, quelquefois par de simples lignes, soit pleines, soit ponctuées; cependant on réserve le plus ordinairement ces dernières pour marquer les limites des états et de leurs provinces, et on varie, à cet effet, la grandeur et la forme des points. Pour rendre les limites encore plus sensibles, on les enlumine de diverses couleurs. Dans quelques pays, particulièrement en Allemagne, on place une même teinte sur toute l'étendue de la région qu'on veut distinguer des autres. Cette manière d'enluminer a peut-être moins de grâce que celle qui est usitée en France, mais elle a aussi l'avantage de faire mieux apercevoir la grandeur des régions et les formes de leurs limites.

On joint à ces marques beaucoup d'autres signes particuliers au but auquel la carte est destinée. Les uns, en partie pittoresques et en partie conventionnels, servent à faire connaître les formes de la surface terrestre dans ces régions, ou ce que l'on entend par le *ton* du pays, c'est-à-dire, s'il est plat ou montueux, nu ou boisé, sec ou marécageux. L'étendue des forêts ayant considérablement diminuée dans les pays très-peuplés, elles ont dû disparaître de presque toutes les *cartes à petit point;* il n'en est pas de même des divers ordres d'inégalités de la surface terrestre, objet très-important qui sera traité plus bas avec quelque détail.

Les autres signes, purement conventionnels, ont rapport aux formes de l'administration civile, militaire, aux productions naturelles du pays, etc. Il serait bien à désirer, à l'égard de ces derniers, qu'il s'établît un usage général et relatif à la grandeur de l'échelle, de manière que les signes géographiques fussent une sorte d'écriture universelle.

Les cartes sont orientées par l'indication des points cardinaux qu'on inscrit sur les bords, à moins que la forme de la projection, en distinguant les méridiens des parallèles, ne rende cette indication superflue : dans le premier cas, les mots *nord* ou *septentrion*, *midi* ou *sud*, *orient* ou *est*, *occident* ou *ouest*, écrits sur les quatre bords du cadre, font connaître le sens dans lequel la carte répond aux pôles terrestres. Plus communément, c'est le haut de la carte qui répond au *nord*, le bas au *midi*, le côté droit à l'*orient*, et le côté gauche à l'*occident*. Cependant, les dimensions de la carte exigent quelquefois que l'on change cet ordre; mais alors on a toujours soin d'en avertir, en inscrivant sur chaque bord sa dénomination particulière, ou en traçant sur la carte une rose des vents, dont la pointe principale indique toujours le *nord*.

La latitude et la longitude d'un lieu placé sur une carte seraient bien aisées à déterminer, s'il se trouvait exactement sur l'un des parallèles et sur l'un des méridiens tracés sur la carte, puisqu'il n'y aurait qu'à lire dans les graduations marquées sur ses bords les nombres correspondant à ce parallèle et à ce méridien ; mais lorsque cette circonstance n'a pas lieu, il faut avoir égard à la projection de la carte.

Si les méridiens y sont des lignes parallèles, comme dans les cartes plates ou les cartes réduites, la latitude d'un lieu quelconque se trouvera en prenant sa distance au parallèle le plus voisin, dans le sens du méridien; et portant cette distance sur le méridien gradué, on aura la latitude de ce point: sa longitude s'obtiendra par la mesure de sa distance au méridien le plus proche, prise dans le sens du parallèle.

Les graduations marquées sur les bords de la carte, devenant obliques à l'égard des parallèles, quand ceux-ci sont des lignes courbes (*voyez* figure 19), les distances prises comme on vient de le dire, et portées sur ces graduations, ne donneront pas exactement la différence de latitude entre le point proposé et le parallèle le plus voisin. De plus, les intervalles entre les méridiens changeant d'un parallèle à l'autre, les graduations de longitude ne sauraient convenir aux points situés au milieu de la carte, en sorte qu'il faudrait, à la rigeur, décrire le parallèle et le méridien qui passent par le lieu proposé, et les prolonger jusqu'aux bords de la carte, ce qui n'est guère praticable que sur la projection polaire, dans laquelle les méridiens sont des lignes droites, et les parallèles des cercles dont le centre coïncide avec celui de la carte. On se borne donc en général à trouver immédiatement le rapport que les distances du lieu proposé, au parallèle et au méridien les plus proches, ont avec celles des deux parallèles et des deux méridiens entre lesquels tombe ce lieu. Il est visible que cette estimation sera d'autant plus facile que les parallèles et les méridiens seront plus serrés sur la carte, parce que leur courbure et l'inégalité de leurs parties seront moins sensibles à raison de la petitesse des intervalles.

Sur la projection conique, où les méridiens sont des lignes droites perpendiculaires aux parallèles, on peut prendre la plus courte distance entre le point proposé et le parallèle qui en est le plus voisin, pour la porter sur l'échelle de la carte, qui donne la valeur de cette distance exprimée en lieues, que l'on convertira en degrés. On voit par là qu'il est très-commode que la carte porte une échelle divisée au moins en lieues marines, parce que leurs divisions se convertissent plus aisément en degrés et minutes; mais ce qui serait le mieux serait de diviser l'un des méridiens même de la carte, parce qu'ils rencontrent les parallèles à angle droit, et que l'on y trouverait immédiatement la mesure des différences de latitude pour toutes les parties de la carte.

L'usage des échelles pour mesurer la plus courte distance entre deux points sur une carte n'a guère besoin d'explications, puisqu'il suffit de mesurer la droite qui joint ces points; mais la plus importante à connaître étant la distance itinéraire, on doit, lorsque les routes sont marquées, mesurer le long de ces lignes, en prenant en particulier, par une ouverture de compas, chacune des parties comprises entre leurs détours; et c'est ce qu'on ne pourrait pratiquer, au plus, que sur les cartes chorographiques, la projection empêchant, dans le plus grand nombre de cas, les cartes générales d'admettre les échelles.

Il serait à désirer qu'on adoptât pour les différens ordres de cartes, des échelles, non seulement aliquotes, mais suivant l'ordre décimal, comme le *Dépôt général de la guerre* l'a arrêté, pour les cartes qui y seront exécutées désormais. Par ce moyen les cartes générales s'enchaînent parfaitement avec les cartes particulières, et avec les plans topographiques, en ce que les détails croissent d'un ordre à l'autre, par des rapports faciles à apprécier.

Le degré de latitude dans les cartes géographiques étant pris pour unité, celui de la carte chorographique doit être représenté par l'un des nombres 2, 5 ou 10, qui sont des diviseurs exacts dans le système décimal, et de même pour le degré résultant des dimensions du plan topographique, à l'égard du degré de la carte chorographique.

Les montagnes, ou en d'autres termes les inégalités de terrain, sont peut-être ce qu'il y a de plus difficile à représenter sur les cartes. Long-temps on a négligé cette partie de la tâche du cartographe, ou bien on se contenta de dessiner des simulacres de montagnes presque au hasard et sans faire sentir quel espace occupent les chaînes et quelles sinuosités elles tracent sur le sol. Peu à peu, cependant, on comprit l'importance en même temps que la difficulté de cette partie du tracé des cartes. On s'efforça de rendre au moins la direction des chaînes, et dans ce but, en général, on employa de petites élévations de profil qui supposaient l'œil du spectateur dans le plan de la carte. Les dessinateurs chargés de cartes topographiques ne tardèrent pas à voir l'imperfection de ce moyen, doublement vicieux : 1° en ce qu'il ne s'accorde pas avec la perspective ordinaire, où tout est vu dans la carte à vue d'oiseau; et 2° en ce que de cette manière on ne peut rendre les hauteurs respectives des diverses assises du terrain.

En observant que si l'on joignait sur une carte marine, par une ligne, tous les points auxquels sont marqués des sondes égales (profondeurs), le contour de cette ligne serait celui d'une section faite au fond de la mer, par un plan horizontal abaissé au-dessous de la surface du fluide, d'une quantité égale au nombre de mesures ou *brasses* contenues dans la sonde, M. Ducarla conçut un moyen aussi ingénieux que satisfaisant pour représenter *géométriquement* la configuration de la surface d'un pays. Ce moyen, publié par M. Dupain-Triel, consiste à tracer sur la carte que l'on construit les lignes qui passent par des points placés au même niveau, ou à la même hauteur au-dessus de la surface de la mer; lignes qui deviendraient successivement ses rivages, si elle s'élevait, par une cause quelconque, à la hauteur où elles sont situées; comme les lignes qui joignent des sondes égales deviendraient à leur tour les rivages de la mer, si elle s'abaissait du nombre de brasses marqué par ces sondes.

On gradue les hauteurs de ces lignes ou *sections horizontales du terrain*, suivant l'échelle de la carte et la rapidité des pentes. Sur le projet de carte de la France qu'il a publié, M. Dupain-Triel trace, dans les pays presque plats et vers les bords de la mer, la ligne qui passe par les points élevés de 10 toises; puis, celle qui passe par les points élevés de 20; et ainsi de suite, de 10 en 10 toises : on voit bientôt ces lignes, d'abord assez espacées, se resserrer à mesure que le pays s'élève plus rapidement. A l'entour des montagnes isolées, les lignes de niveau, marquées seulement par des différences de 50 toises et même de 100, se resserrent d'autant plus que les pentes sont plus raides; ce qu'il est facile de concevoir en observant que les mêmes changemens de hauteurs répondent à un espace horizontal d'autant plus petit que l'on s'élève plus rapidement. L'explication de quelques figures achevera d'éclaircir ceci. Pour plus de simplicité, je ne considérerai d'abord sur la surface terrestre qu'une portion assez petite, pour qu'il ne soit pas nécessaire d'avoir égard à sa sphéricité.

La figure 24 représente la coupe faite par un plan passant par le centre de la terre, dans une portion irrégulière de sa surface. Les droites parallèles et équidistantes marquent les lignes de niveau, qui ne sont autre chose que les intersections de la surface terrestre par des plans horizontaux également éloignés. Dans les endroits où le contour du terrain s'élève lentement, les intersections de ce contour avec les lignes de niveau sont très-écartées, et elles se rapprochent de plus en plus à mesure que la pente du terrain s'augmente.

On ne peut représenter sur une coupe que deux points opposés d'une ligne de niveau; mais il est visible que ces lignes doivent tourner tout autour des hauteurs isolées et rentrer en elles-mêmes; mais comme elles sont toutes dans des plans parallèles à celui de la base A B, sur lequel on suppose la carte dessinée, on peut concevoir qu'elles descendent sur ce plan sans changer de forme. C'est ainsi qu'on a construit la figure 25. Cette figure peut donner une idée de la carte de M. Dupain-Triel; les courbes qu'on y voit tracées sont les projections des lignes de niveau, correspondantes à des hauteurs exprimées par les nombres écrits sur chaque courbe en particulier. Dans la partie qui répond à la montagne C, ces courbes sont très-resserrées, surtout du côté où elle est le plus escarpée. Sur l'espace occupé par la montagne D, plus arrondie comme on peut le voir par sa coupe, dans la figure précédente 24, les lignes de niveau sont plus distantes entre elles, et l'espace renfermé dans la dernière indique bien évidemment le plateau qui couronne cette montagne. Si l'on descend suivant l'ordre des numéros, on voit les courbes relatives à chaque montagne se rapprocher et finir par se rencontrer deux à deux, en des points qui sont communs aux deux pentes opposées, et marquent par conséquent le fond de la vallée qui sépare les deux montagnes.

En général, l'ensemble des points où des lignes du même niveau se rencontrent, ou du moins forment des angles rentrans bien marqués, indiquent nécessairement un pli dans le terrain; ce pli sera une arrête suivant la loi du décroissement des hauteurs, et on verra bientôt comment l'un de ces cas se distingue de l'autre.

Si les numéros des lignes de niveau vont toujours en décroissant, et que ces lignes soient rentrantes, comme en G (fig. 25), il y aura évidemment là un enfoncement ou entonnoir, puisque le terrain s'élève tout autour.

Toutes les lignes de niveau marquées sur cette carte ne sont point rentrantes, parce qu'elles parcourent un espace plus étendu que celui de la carte; mais néanmoins, elles finissent par revenir sur elles-mêmes, puisqu'on doit trouver au-dessous d'elles le rivage de la mer, qui rentre sur lui-même lorsqu'on l'embrasse dans son entier.

Ce n'est donc pas sur une ligne seulement que la figure que nous examinons fait connaître la forme du terrain. Dans quelque direction que l'on y mène une ligne droite ou courbe, on verra par le n° des lignes de niveau qu'elle rencontre la hauteur du terrain sur chacun de ses points; et il serait par conséquent facile d'en construire la coupe ou le profil.

En marquant la suite de points dans lesquels les lignes consécutives de niveau se rapprochent le plus, on formera la projection de la *ligne de plus grande pente* de la surface du terrain, ligne qui se réduit à un escarpement vertical; car alors toutes les lignes de niveau, dans cet espace, étant directement les unes au dessous des autres, se confondent dans leurs projections. Outre cette ligne de plus grande pente, que l'on pourrait nommer *ab-*

solue, il en existe une infinité d'autres qui partent de chaque point du terrain, en se dirigeant perpendiculairement aux lignes de niveau; et ce sont celles que suivent dans leur chute les eaux répandues sur le flanc des montagnes. Elles pourraient se tracer aisément à vue, sur la figure, en les dirigeant à angle droit sur toutes les lignes de niveau. Nous en avons indiqué une sur la pente gauche de la montagne C.

On a proposé d'employer les projections des lignes de plus grande pente pour exprimer les formes du terrain; mais il est aisé de prouver qu'elles ne sauraient le faire d'une manière aussi complète et aussi bien déterminée que les lignes du niveau.

Si on conçoit que le triangle rectangle CAB, fig. 26, le quart de cercle C′ A′ B′, l'espace C″ A B″ E″ tournent respectivement autour des axes verticaux A B, A′ B′, A″ B″, ils engendront trois corps, de formes bien différentes, et dont les lignes de plus grandes pentes auront cependant les mêmes projections *; car ces lignes étant le plus court chemin pour descendre au plan de la base du corps auquel elles appartiennent, ne sont autres que les diverses positions de la ligne génératrice de sa surface, et se projettent par conséquent sur les rayons des cercles décrits par les droites AC, A′C′, A″ C″, ce qui produirait pour les trois corps le même tracé, ainsi qu'on le voit dans la figure, en F, F′, F″.

Rien ne faisant distinguer sur ces projections de quelle forme elles dérivent, il faut y appliquer des moyens pittoresques, c'est-à-dire renforcer ou adoucir suivant le jeu de la lumière, sur la surface proposée, le trait des projections des lignes de plus grandes pentes; et dès lors l'arbitraire du goût prend la place de la précision géométrique. Que l'on jette au contraire les yeux sur les projections

* Il en serait ainsi de toute autre surface de révolution décrite autour d'un axe vertical.

G, G′, G″, formées de lignes de niveau, les cercles équidistans produits par le premier corps feront connaître que l'inclinaison de sa surface, par rapport au plan de sa base, est partout le même. Pour le second corps, les cercles se rapprochant de plus en plus, en allant du centre vers la circonférence, montrent que la pente de sa surface augmente à mesure qu'on descend vers sa base, et par conséquent cette surface est convexe. Le contraire a lieu à l'égard du troisième corps, pour lequel les cercles concentriques s'éloignent en allant du centre vers la circonférence ; aussi la surface de ce corps est concave, et sa pente diminue en s'approchant de la base.

On opposa d'abord à l'adoption des lignes de niveau, sur les cartes, la difficulté de les déterminer sur le terrain; mais M. Clerc, capitaine au corps des ingénieurs géographes, s'est assuré, par des épreuves faites dans les levés d'un terrain très-irrégulier, que les lignes de niveau s'obtiennent avec promptitude en circulant autour de la surface à représenter. Il a même fait pratiquer cette opération aux élèves de l'Ecole polytechnique.

On se tromperait beaucoup si l'on pensait qu'il faut niveler en détail tous les points d'un terrain pour en trouver sensiblement toutes les coupes horizontales. Quand on a des repères bien déterminés, on peut le plus souvent supposer dans leur intervalle la pente uniforme, parce que la réduction que souffrent les dimensions du terrain, en passant sur la carte, force de négliger les petites inégalités dont la base ne peut s'apprécier par l'échelle. C'est ainsi que des pics isolés des montagnes de peu d'étendue s'effacent dans les cartes générales ou ne peuvent y être indiqués que par un point accompagné du nombre qui exprime leur hauteur, si elle est considérable. Pour le reste, on se borne à faire sentir les grands plateaux, les longues chaines de montagnes, en ne traçant les lignes de niveau que pour de grandes différences, comme on n'y marque les méridiens et les parallèles qu'à des intervalles considérables.

Une dernière objection qu'on élève contre la construction des lignes de niveau, sur les cartes, c'est que la multiplicité de ces lignes rendrait les cartes confuses ; mais cet inconvénient, tout réel qu'il peut être, ne saurait entrer en balance avec les propriétés utiles qu'elles acquerraient par-là.

PLANISPHÈRE.

Du Planisphère ou Carte représentant les constellations de la voûte céleste, et de la zône sur laquelle se trouvent les constellations situées depuis le 45e degré de latitude sud jusqu'au 48e 50′ nord, zénith de Paris.

Il convient, avant tout, d'exposer la formation de ces planisphères ou cartes représentant la position des étoiles dont les groupes composent les constellations ; mais nous devons prévenir que sur ces cartes les alignemens ne répondent qu'à peu près à ceux que nous voyons au firmament. On ne peut représenter, *projeter* la sphère céleste (et de même pour sphère terrestre) sur un plan que par des procédés qui ont leurs avantages et leurs inconvéniens. Après avoir essayé avec soin toutes les projections connues, nous avons préféré celles qui conservent aux constellations leurs figures, objet ici le plus important ; mais les alignemens sont un peu altérés, surtout si on les prolonge beaucoup.

L'ascension droite et la déclinaison sont les deux lignes qui déterminent la place des astres, comme la longitude et la latitude pour les lieux en géographie. On conçoit, en effet, que la position d'une ville ou d'une étoile est déterminée quand on dit qu'elle est, par exemple, sur le méridien qui passe par le 16e degré à l'est d'un autre méridien connu, et sur le cercle parallèle à l'équateur, qui est éloigné de ce dernier cercle, vers le nord, de 45 degrés; ce qui revient à dire 16 degrés de longitude (ascension droite), 45 degrés de latitude (déclinaison). Comme un point ne peut être situé sur deux lignes à la fois sans être à leur intersection, il faudra donc chercher la ville ou l'étoile à l'endroit où se coupent le méridien et le parallèle. Ces lignes ont reçu le nom de *coordonnées*, et dans ce cas l'équateur et le méridien qui a servi de point de départ ont reçu le nom d'*axes des coordonnées*.

Il suffit donc, pour former des cartes du ciel ou planisphères, d'adopter un système de projection de la sphère céleste, d'y rapporter l'équateur et les méridiens; enfin d'y placer les étoiles, dans le réseau ainsi formé, d'après leurs ascensions et leurs déclinaisons, précisément comme on place les villes dans les cartes terrestres, d'après leurs longitudes et latitudes.

La planche Ire offre la sphère projetée sur l'équateur; les méridiens y sont représentés par une suite de rayons qui se croisent tous aux pôles sous des angles égaux à ceux que forment les cercles horaires entre eux : l'équateur et ses parallèles sont figurés par des circonférences concentriques dont le centre est au pôle. C'est, comme on voit, la méthode de Delorgna, indiquée plus haut dans la géographie mathématique.

Cette projection a l'inconvénient de dilater les dimensions dans le sens des circonférences, surtout vers l'équateur, et de les resserrer dans le sens des rayons (ainsi deux étoiles situées sur le même rayon seront relativement plus rapprochées sur les cartes que sur la voûte céleste; deux étoiles situées sur un même cercle, un même parallèle, seront relativement plus éloignées sur la carte qu'elles ne le sont dans le ciel); mais toutes les constellations circompolaires sont très-exactement représentées, ce qui importe le plus ici, attendu que les parties voisines de l'équateur sont figurées dans la planche II. L'usage des deux hémisphères est d'ailleurs très-commode, puisque les méridiens étant des droites et les parallèles à l'équateur des cercles concentriques, la règle et le compas suffisent à la résolution d'une foule de problèmes.

La planche IIe est de celles connues sous le nom de cartes réduites ; l'équateur est une droite, et les méridiens sont des perpendiculaires à cette ligne. Les degrés d'ascension droite sont marqués sur le bord inférieur du cadre, les parties latérales ou marges portent les degrés de déclinaison. Pour y trouver une étoile désignée, il suffit de mener des parallèles à ces deux dimensions, soit par les numéros des degrés d'ascension droite et de déclinaisons, soit par le point où est l'astre sur la carte.

Comme cette zône représente encore la ceinture du ciel, l'observateur de notre région est censé avoir le visage tourné vers le midi, l'occident à sa droite et l'orient à sa gauche ; les constellations ont par conséquent leur mouvement diurne de gauche à droite. Au-dessous des degrés d'ascension droite, on lit les temps qui en sont la traduction à raison de 15° du cercle par heure. Nous avons pareillement marqué l'ascension droite du soleil pour chaque jour à midi, ainsi que sa déclinaison, et en unissant ces points par un trait continu, l'écliptique est développée selon une courbe ; d'où il suit qu'on peut trouver de suite le lieu que le soleil occupe chaque jour dans le ciel, les étoiles dont il est voisin, son ascension droite, sa déclinaison, etc.

A l'aide de ces cartes, il est facile de se rendre compte de la distance de tel ou tel astre, soit par rapport aux principaux cercles de la sphère, soit au soleil, à la lune, aux planètes, et aux divers astres.

Pour déterminer, sur la planche II qui renferme le zodiaque, la position d'une planète ou du soleil, ou de la lune, on peut prendre indifféremment l'ouverture du compas soit sur l'équateur, soit sur la graduation de déclinaison placée aux extrémités de la zône, chaque degré étant égal en tous sens. Dans les hémisphères, la même facilité se présente pour avoir l'ascension d'un astre. Pour cela on n'aura qu'à faire passer une règle par le pôle qui est le point central, et par la division circulaire du cadre.

La déclinaison s'obtiendra en ouvrant le compas de la quantité indiquée par les calculs ; la graduation qui se trouve à l'équinoxe du printemps servira à cet effet : la pointe de l'instrument étant reportée sur la ligne graduée qui va du pôle à l'équateur, on aura la position de l'astre.

Les lignes ponctuées, ou lieux du soleil, indiquent les constellations qui passent au méridien à dix heures du soir, le 1er et le 15 de chaque mois ; les chiffres romains placés près du cadre de chaque hémisphère marquent la division en vingt-quatre heures, qui est alors exprimée en temps ; chaque degré du cercle vaut 4 minutes de temps, ou, si l'on veut, 15 degrés de cercle correspondent à une heure, tandis que, dans l'ascension droite et la déclinaison, chaque degré contient 60 minutes de cercle.

Il est important de ne point confondre ces deux dénominations quand il s'agit de déterminer la position d'une planète.

Les vingt-quatre heures dont nous venons de parler composent le jour sidéral.

Si une étoile passe, par exemple, à midi au méridien, la pendule astronomique en marquera constamment la marche, et l'étoile, en parcourant un espace de 15 degrés par heure, reparaîtra exactement au même instant que la veille, et ainsi de suite, toujours invariablement.

Mais si l'on comptait sur la marche de nos montres ordinaires, réglées d'après le mouvement apparent du soleil, chaque mois la pendule astronomique avancerait de deux heures ; donc l'étoile qui passait à midi au point de l'équinoxe est déjà à 30 degrés vers l'ouest, et quatre autres mois après se trouverait précisément dans le méridien inférieur. Le pendule astronomique marque alors douze heures; au bout de neuf mois dix-huit heures, il se retrouvera encore d'accord avec le soleil un an après, et ainsi de suite sans interruption.

Dans l'hémisphère boréal sont gravés deux petits cercles. L'un fait connaître toutes les étoiles qui passent au zénith; l'autre, un peu plus au sud, indique les constellations qui sont toujours visibles pour notre horizon, et qui par conséquent ne se couchent jamais. Dans l'hémisphère austral, un cercle embrasse toutes les étoiles qui ne se montrent point sur l'horizon de Paris.

Comme les constellations qui se trouvent vers le milieu de la sphère se trouvent un peu défigurées dans les projections polaires, nous les avons représentées de nouveau dans la planche II. Cette zône est la partie la plus intéressante de la sphère. Elle contient toutes les constellations situées depuis le 45ᵉ degré sud jusqu'au zénith de Paris, à 48 degrés 50 minutes nord. Le spectateur, tourné vers le midi, aura devant lui toutes les constellations remarquables qui successivement se présentent au méridien sous l'aspect qu'elles présentent sur la carte.

Les lieux du soleil indiqués en points longs vont correspondre aux divisions des mois qui se trouvent vers le haut et le bas de la zône, et qui forment le bord supérieur et l'inférieur du cadre.

L'équateur, qui sert à connaître l'ascension droite des astres, est divisé en 360 degrés, marqués de 15 en 15, et subdivisé en minutes dans sa partie supérieure, et en temps au-dessous de cette ligne. L'écliptique est divisée de la même manière et indique la longitude. On concevra aisément pourquoi l'écliptique est représentée comme une ligne courbe qui passe au-dessus et au-dessous de l'équateur, si l'on fait attention que la figure 9, où nous avons représenté l'inclinaison de l'écliptique sur l'équateur, donne, si on la déroule sur un plan, absolument le résultat que nous voyons sur la zône. Les fig. 9 et 9 *bis* le feront comprendre aisément. La *latitude* astronomique se trouve en élevant une perpendiculaire sur le plan de l'écliptique. C'est la déclinaison relative à l'écliptique, au lieu d'être rapportée à l'équateur. La *déclinaison* est indiquée à chaque extrémité de la zône sur le cadre.

Les douze signes du zodiaque sont les seules constellations que nous ayons représentées, parce que ces figures compliquent et embarrassent les alignemens au moyen desquels on retrouve mieux les noms des groupes d'étoiles.

Nous nous sommes abstenu de mettre une foule de noms de constellations qui ne se trouvent point dans les catalogues, et qui ne font que gêner pour l'étude.

Nous avons aussi retranché souvent les noms qu'on ajoute à la lettre des étoiles, comme étant très-nuisibles dans une carte, puisqu'ils en détruisent l'effet, et sont un double emploi dont on ne se sert plus dans les catalogues modernes, la lettre étant bien préférable à ces noms arabes, que pour la plupart nous avons cités dans le texte en décrivant les constellations. Nous avons seulement gravé les noms qui, appartenant à des étoiles primaires ou secondaires, sont généralement connus. Dans la partie inférieure de la zône, on trouvera une division qui est la même que dans les hémisphères, et une division de mois qui peut servir avec avantage pour connaître l'époque des équinoxes et des solstices en même temps qu'elle indique les étoiles qui se présentent chaque jour, à midi, au méridien, si on élève des perpendiculaires aux divisions qu'elle contient.

TEMPS.

Du Temps vrai, du Temps moyen et de l'Equation du Temps, etc.

Nous avons dit précédemment que le soleil est toujours en retard sur les étoiles ; mais ce retard est variable, comme on peut s'en assurer avec une bonne montre réglée sur le temps sidéral. D'ailleurs, pour se rendre raison de ce fait, l'on remarquera que le soleil décrit dans un jour sidéral un plus grand arc de son orbe au commencement de janvier qu'au commencement de juillet. Cette cause suffirait donc seule pour produire l'inégalité des jours et des heures solaires. Mais, par une autre raison que nous exposerons tout-à-l'heure, cette inégalité subsisterait encore, quand même le soleil décrirait uniformément l'écliptique.

Nous allons entrer dans quelques détails à cet égard et développer ce que nous n'avons fait qu'énoncer dans le volume précédent. Le *jour sidéral* est la durée qui s'écoule de l'instant où une étoile passe au méridien supérieur à celui où elle y revient, et qui est la même pour tous ces corps : on prend pour point de départ le point de l'équinoxe du printemps. Cette durée du jour sidéral commence et finit donc au moment où l'équinoxe du printemps passe au méridien, et est divisée en 24 h., qu'on compte de 0 à 24 : chaque heure a 60′, chaque minute 60″, etc., quoique ces heures, ces minutes, ces secondes soient un peu plus courtes que les heures, minutes et secondes du jour solaire, puisque le jour sidéral ne correspond qu'à 23 h. 56′ solaires. Le *jour vrai* ou *solaire* se compte à partir de minuit, passage du soleil au méridien inférieur : il est formé de 24 h., qu'on partage en deux durées de 12 heures chaque : l'une, qui commence *à minuit*, époque où le soleil passe au méridien inférieur, finit à midi ; l'autre, qui commence *à midi* et s'étend jusqu'*à minuit*. Les astronomes comptent les heures solaires de 0 à 24, à partir de midi : c'est ce qu'on appelle le *jour astronomique*. Ainsi, on dit *treize heures*, au lieu de *une heure après minuit ; quatorze heures* pour *deux heures* du matin, et 23 h. pour onze heures du matin. Le 15 d'un mois, à 8 h. du matin, est alors nommé le 14, à 20 heures ; et le 15 du mois, à 11 h. du matin, n'est que le 14, à 23 heures.

Les étoiles devancent le soleil d'environ 4 minutes par jour, à raison de l'espace apparent que cet astre décrit vers l'orient. La différence des passages méridiens s'accumule de jour en jour ; et après un an, ou une révolution entière dans l'écliptique, l'étoile se retrouve dans la même situation à l'égard du soleil, et a passé une fois de plus au méridien. Le *jour solaire est donc plus long que le jour sidéral ;* mais la différence est variable, comme nous l'allons démontrer.

Imaginons deux cercles horaires menés par les extrémités de l'arc d'écliptique que le soleil a paru décrire en 24 h., arc d'à peu près le 365e de son orbite : ces deux cercles feront entre eux un angle mesuré, non par l'arc d'écliptique décrit, mais par l'arc d'équateur compris entre ces deux cercles horaires. Le temps que le soleil met à traverser de l'un de ces plans à l'autre est la différence du jour sidéral au jour solaire : elle est donc égale à l'arc d'équateur intercepté, réduit en temps. Or,

1° La vitesse du soleil est variable, et l'arc parcouru chaque jour change ; tantôt il est par jour de 57′, et tantôt de 61′ de cercle : ces 4′ de différence équivalent à 16″ de temps ; de là une première cause d'inégalité.

2° Même en supposant les arcs décrits égaux, les angles des cercles horaires qui les interceptent ne le seraient pourtant pas, parce que ces angles sont mesurés par des arcs d'équateur sur lesquels ceux d'écliptique se trouvent diversement inclinés; aux équinoxes, l'angle dièdre (c'est un angle formé par deux plans au lieu de l'être, comme les angles ordinaires, par deux lignes) est de 23° 28′, tandis qu'aux solstices les arcs d'équateur et d'écliptique interceptés sont égaux et parallèles : telle est la seconde cause d'inégalité.

Ainsi, quoique les jours solaires soient tous partagés en 24 h., ils ne sont cependant pas égaux, et les heures sont inégales. Midi n'est pas le milieu du jour, si ce n'est aux solstices. Une horloge dont la marche est parfaitement uniforme et réglée sur le soleil ne demeure donc pas d'accord avec cet astre : les différences accumulées rendent les erreurs plus ou moins grandes. On peut maintenant apprécier la bonne foi ou l'instruction d'un homme qui, pour exagérer la perfection du travail d'une pendule, affirme qu'elle va toujours comme le soleil.

Dans les usages civils, nous ne tenons pas compte de l'inégalité des jours solaires, parce qu'elle n'est pas assez grande pour intéresser nos besoins ; mais les travaux astronomiques exigent plus de précision. Voici le procédé qu'on suit :

Concevons une horloge d'une exécution parfaite : en donnant au pendule la longueur convenable, on pourra la mettre d'accord avec le soleil pour une époque désignée, et la régler de manière à ce qu'elle s'y retrouve encore un an après.

Dans l'intervalle, l'horloge avancera et retardera ; mais, au bout de l'année, tout se trouvera compensé et l'accord rétabli. Nous donnerons bientôt le moyen d'atteindre ce but. Il nous suffit ici de concevoir que cette horloge serait perpétuellement d'accord avec l'heure d'un soleil qui, en un an, parcourrait uniformément le cercle céleste équatorial, partant d'un cercle horaire en même temps que le soleil véritable, et ayant une vitesse telle qu'il rejoignît celui-ci après l'accomplissement de la révolution annuelle entière. Les heures indiquées par cette horloge, ou ce soleil imaginaire, hypothétique, est ce qu'on nomme le *temps moyen*.

Il est assez ordinaire aux astronomes de comparer les mouvemens irréguliers à un état moyen et réglé qui donne, par un calcul simple, des résultats opposés, qu'on corrige ensuite en considérant les différences comme de petits écarts : c'est ce que nous avons fait jusqu'ici : et *toutes* les valeurs numériques que nous avons données se rapportent au jour moyen.

Il y a donc trois manières de mesurer le temps, dont chacune offre des avantages :

1° *L'heure sidérale*, qui est régulière, et que donnent les étoiles.

2° *L'heure moyenne*, qui est également régulière, et dont nous avons exposé la nature.

3° *L'heure solaire ou vraie*, qui est un peu inégale, et que marque le soleil.

Puisque le soleil imaginaire, *moyen*, décrit l'équateur céleste en un an, l'arc de cercle qu'il parcourt chaque jour est de 59′ 8″ ⅓, qui revient à 3 55′ de temps moyen. *C'est la quantité dont le jour sidéral est plus court que le jour moyen ;* ou celle dont une étoile revient chaque jour au méridien plus tôt que le *soleil moyen*, en s'avançant vers l'ouest ; en sorte que la sphère céleste accomplit sa révolution en 23 h. 56′ 4″.

La différence des heures marquées par le soleil vrai et le soleil *moyen* ou *fictif*, ou, en d'autres termes, *l'équation du temps* n'est autre chose que la différence des ascensions droites de ces deux soleils, convertie en temps à raison de 15° par heure ; elle varie chaque jour de quelques secondes, et peut aller au plus à 15′. Enfin elle est nulle quatre fois dans l'année, comme on le voit par la table suivante, qui fait connaître le temps moyen qu'une horloge bien réglée doit marquer quand il est midi au soleil.

Dans ce tableau la date des mois est indiquée, dans la première colonne, de cinq en cinq jours. En suivant *horizontalement* la ligne sur laquelle cette date se trouve, elle sert successivement pou chacun des quatre mois qui se trouvent à la suite les uns des autres.

Temps moyen qu'une horloge doit marquer quand il est midi au soleil.

Jours.	JANVIER.	FÉVRIER.	MARS.	AVRIL.
1	0 h. 4′	0 h. 14′	0 h. 13′	0 h. 4′
5	0 6	0 14	0 12	0 3
10	0 8	0 15	0 11	0 1
15	0 10	0 15	0 9	0 0
20	0 11	0 14	0 8	11 59
25	0 13	0 13	0 6	11 58

Jours.	MAI.	JUIN.	JUILLET.	AOUT.
1	11 h. 57′	11 h. 57′	0 h. 3′	0 h. 6′
5	11 56	11 58	0 4	0 6
10	11 56	11 59	0 5	0 5
15	11 56	0 0	0 5	0 4
20	11 56	0 1	0 6	0 3
25	11 56	0 2	0 6	0 2

Jours.	SEPTEM.	OCTOBRE.	NOVEMB.	DÉCEMB.
1	0 h. 0′	11 h. 50′	11 h. 44′	11 h. 49′
5	11 59	11 49	11 44	11 51
10	11 57	11 47	11 44	11 53
15	11 55	11 46	11 45	11 55
20	11 54	11 45	11 46	11 58
25	11 52	11 44	11 47	0 0

On voit donc par ce tableau qu'au 1er janvier, quand le soleil est au méridien, qu'il marque midi, une horloge bien réglée marque midi 4 minutes; qu'au 15 février la pendule avance de 15 minutes; qu'ensuite l'équation du temps diminue, et qu'au 15 avril l'horloge et le soleil indiquent midi en même temps. Puis la pendule est en retard jusqu'au 15 juin; et si l'on veut avoir l'équation directement pour tous les jours, avec la précision des secondes, il faudra recourir à l'Annuaire que le Bureau des longitudes publie chaque année, et qui se trouve à Paris, chez M. Bachelier.

Pour comparer le temps moyen au temps solaire vrai, il faut convenir d'une époque de départ commun. Supposons (fig. 12) la terre en T et le soleil mobile à l'entour, le cercle céleste de l'équateur D ♎ C ♈, l'écliptique A ♎ P ♈; P le périgée, A l'apogée. Imaginons qu'un mobile parcourt uniformément l'écliptique, ♎ ♈, *arrivant à l'apogée et au périgée en même temps que le soleil vrai*; sa vitesse constante devra se trouver intermédiaire entre celle que l'astre prend en ces deux points. Le mobile et le soleil partent de l'apogée A, où la vitesse solaire est plus lente; le premier devancera d'abord l'autre, qui accélère de plus en plus sa marche, tandis que celle du mobile demeure la même. Les vitesses deviennent bientôt égales, et celle du soleil continuant de croître jusqu'au périgée P, l'intervalle qui les sépare commence dès lors à diminuer, pour devenir nul enfin en P, où le soleil atteint le mobile, puis le devance à son tour. Mais, puisque le soleil se ralentit de plus en plus, il arrivera le contraire de ce qui a eu lieu; à mesure que les deux corps approcheront de l'apogée A, leur distance décroîtra, et ils arriveront ensemble à ce point, et ainsi de suite, le soleil se trouvant sans cesse plus près de l'apogée que le mobile. L'arc qui sépare ces deux corps est *l'équation du centre* ou *de l'orbite*, parce qu'en astronomie on nomme *équation* les nombres qu'on doit ajouter ou ôter à des valeurs moyennes pour obtenir les véritables.

Le mobile partagera donc le cercle de l'écliptique céleste en 365 arcs égaux A*o*, *ol*, *lm*,...... *ki*, *ia*, *ab*, *bc*.... et il restera à la fin un petit arc A*x* provenant de l'excès de l'année sur 365 jours; chacun de ces arcs est de 59',13883. Concevons qu'à partir de l'équinoxe ♈ on ait pris sur l'équateur DC, ♈a' = ♈a; ♈b' = ♈b; ♈c' = ♈c....., l'équateur DC sera ainsi divisé, comme l'est l'écliptique, en un peu plus de 365 arcs $k\,i'$, $i'a'$, $a'b'$.... égaux, de 59' 13883 : ♈ ne sera pas l'un des points de division entière.

Cela posé, concevons un soleil fictif qui décrirait l'équateur DC de manière à arriver en k' lorsque notre mobile est en k, à atteindre de même les i', a', k'.... lorsque le mobile est en i, a, b..... ce soleil fictif parcourra des arcs égaux dans des durées égales, c'est-à-dire que son mouvement sera dégagé des deux irrégularités du soleil vrai. Les retours de ce soleil fictif au méridien donnent l'instant du midi moyen.

On peut maintenant évaluer *l'équation du temps*, ou la différence entre le temps vrai et le temps moyen, pour chaque jour. On calculera d'abord le lieu k du mobile qui décrit uniformément l'écliptique, en considérant que depuis le périgée il a parcouru autant d'arcs de 59',13883 qu'il y a eu de de jours écoulés depuis l'instant où le soleil vrai a passé par ce point. Or, la distance du périgée à l'équinoxe est connue, et on en conclut l'époque où le mobile passe en ♈ : on a donc ainsi le nombre de degrés de ♈k, ou de ♈k', par une soustraction. Les tables solaires font d'ailleurs connaître son ascension droite pour chaque jour : la différence sera donc, après avoir été réduite en temps, l'intervalle entre le midi moyen et le midi vrai.

Une horloge qui marque le temps moyen peut bien se trouver d'accord avec celle qui donne l'heure vraie ou solaire; mais dans les jours suivans l'accord cesse d'avoir lieu, et la différence est variable, comme on l'a déjà vu dans le tableau ci-dessus. *Les pendules à équation* sont destinées à donner ces deux heures et leur différence; elles ont deux aiguilles des minutes, dont l'une, par sa marche uniforme, indique le temps moyen; l'autre est consacrée au temps vrai, à l'aide d'un mécanisme particulier, destiné à l'accélérer ou à la retarder, précisément comme cela arrive au soleil. La complication des rouages tend à diminuer la régularité de la marche de l'instrument; il doit être préférable de recourir aux tables qui donnent cette différence, et c'est ce qu'on indique pour chaque jour dans l'*Annuaire*, sous le titre de *temps moyen au midi vrai*. On peut donc trouver aisément l'avance ou le retard du soleil, et se servir constamment, pour les trois unités de temps, d'une pendule réglée sur le temps moyen ou sur le temps sidéral.

Dans les observatoires, on emploie de préférence le temps sidéral, parce qu'on a de fréquentes occasions de s'assurer de la marche de la pendule. On note l'heure, la minute et la seconde du passage d'une étoile quelconque aux cinq fils du réticule ou micromètre de la lunette méridienne; et prenant la moyenne entre le passage aux cinq fils, la pendule sidérale devra marquer, à cet instant, l'heure connue d'avance par l'ascension droite en temps.

On peut encore régler la pendule sur le soleil; car la *Connaissance des temps* (ouvrage publié par les membres du Bureau des longitudes) donne la distance de cet astre au point ♈, ou équinoxe du printemps, pour le midi de chaque jour.

L'heure solaire ou vraie s'obtient par le passage du centre du soleil au méridien. On peut aussi lire cette heure sur un cadran solaire bien construit; mais ce procédé, en usage pour la vie civile, est très-peu précis.

On peut encore se servir des étoiles pour arriver au temps solaire vrai; mais nous n'entrerons pas dans les détails mathématiques de cette détermination; d'ailleurs les grandes irrégularités du temps solaire vrai empêchent les astronomes de s'en servir.

Le *temps moyen* s'obtient en cherchant le temps vrai par l'un des procédés ci-dessus, et ayant égard à sa différence avec le temps moyen. Lorsqu'on a observé le passage du ☼ au méridien, la pendule moyenne doit, au même instant, marquer le temps moyen à midi vrai, tel qu'on le voit dans les tables.

Pour qu'une pendule moyenne soit bien réglée, il faut qu'elle retarde chaque jour sur les étoiles de 3′ 55″, 9. Ainsi, dirigez à un instant quelconque une lunette vers une étoile, et remarquez l'heure à votre pendule moyenne ; elle devra, le lendemain, marquer 3′ 55″, 9 de moins, quand l'astre reviendra au fil du réticule : il faudra donc monter ou descendre un peu la lentille, jusqu'à ce que cette condition soit rigoureusement remplie, même après 20 ou 30 jours.

Comme on peut avoir l'heure vraie par les étoiles, il est bien aisé d'en tirer l'heure moyenne.

On règle encore les pendules par des hauteurs correspondantes et des hauteurs absolues.

TRAITÉ DU CALENDRIER.

On entend parler de *cycle solaire*, de *cycle lunaire*, de *nombre d'or*, d'*épactes*, *etc.*, ces termes se trouvent dans les almanachs, dans les livres d'église; cependant il y a peu de personnes qui les comprennent; on croit même n'être pas en état de les concevoir, parce qu'on s'imagine qu'il faut être fort versé dans l'astronomie pour acquérir ces connaissances. Il est vrai qu'il n'y a que des astronomes très-instruits qui aient pu inventer les différens cycles; mais il n'est point nécessaire d'être astronome pour en comprendre la nature et l'usage. Nous espérons même que ceux qui voudront se donner la peine de lire attentivement ce petit traité et le volume de la *Chronologie* (nº 16 de la BIBLIOTHÈQUE POPULAIRE, 2e édition) auront peu de chose à désirer.

Le calendrier n'est qu'une méthode de distribution du temps que les hommes ont imaginée pour leurs usages. Il y a plusieurs choses qui appartiennent à la connaissance du calendrier; les *jours*, les *mois*, les *années*, le *cycle solaire*, les *lettres dominicales*, le *cycle lunaire*, l'*indiction romaine*, la *période victorienne*, la *période julienne*, les *épactes*, etc. Le calcul de ces différentes parties du calendrier, représentées par des nombres, est appelé *comput* (calcul) *ecclésiastique*.

Des Jours et des Mois.

On a vu dans la *Chronologie* que le commencement du *jour naturel* n'est pas le même par rapport à différens peuples. Les uns ont pris le commencement du jour au lever du soleil, comme les

Assyriens; d'autres le prennent au soleil couchant comme on fait en Italie, en Bohême et ailleurs; plusieurs à minuit, comme en France, en Espagne, en Allemagne et dans la plus grande partie de l'Europe; alors l'intervalle de temps compris entre deux minuits consécutifs forme le *jour civil*. D'autres enfin fixent le commencement du jour à midi, comme font aujourd'hui les astronomes et les navigateurs, parce que le passage du soleil au méridien est un phénomène remarquable qui est propre à leur indiquer le commencement du nouveau jour : c'est là l'origine du *jour astronomique* ou du *jour vrai*.

Le jour naturel se divise en 24 portions, qu'on appelle *heures;* nous faisons les 24 heures égales entre elles. Il y a eu des peuples qui les faisaient inégales, parce qu'ils donnaient 12 heures au jour artificiel, et autant à la nuit; alors les 12 heures du jour étaient égales entre elles aussi bien que celles de la nuit; mais les 12 heures du jour n'étaient pas égales à celles de la nuit, excepté au temps de l'équinoxe; car il est évident que celles du jour sont plus longues en été, et plus courtes en hiver. Nous ne parlons pas des peuples qui sont sur la *ligne*, c'est-à-dire sur *l'équateur terrestre*, parce qu'ils ont un équinoxe perpétuel.

Le mois est environ la douzième partie de l'année. Il y en a de deux sortes: les mois solaires et les mois lunaires. Les mois solaires dépendent du mouvement du soleil, et les lunaires ont rapport à celui de la lune.

Romulus, fondateur de Rome, n'avait composé l'année que de 304 jours répartis en dix mois; savoir, *mars*, qui était le premier, puis les neuf autres suivans, *avril*, *mai*, *juin*, etc. Les deux qui s'appellent présentement *juillet* et *août* se nommaient pour lors *quintile* et *sextile*, parce que l'un était le cinquième et l'autre le sixième. Ces deux noms furent conservés, même après que Numa Pompilius eût ajouté les deux mois de *janvier* et *février*, qu'il plaça au commencement de l'année. Mais dans la suite on donna le nom de Jules-César à quintile, en le faisant appeler juillet, et celui d'Auguste fut attribué au mois suivant. Pour ce qui est des quatre derniers mois, septembre, octobre, etc., ils ont conservé les noms des rangs qu'ils tenaient dans l'ordre des mois du temps de Romulus; septembre a été ainsi nommé, parce qu'il était le septième (de *septem*, sept) en commençant l'année par mars.

Jules-César avait fait le premier, le troisième, le cinquième, le septième, le neuvième et le onzième mois, c'est-à-dire janvier, mars, mai, juillet, septembre, novembre, chacun de 31 jours, et tous les autres mois en avaient 30, excepté février, qui ne devait en avoir que 29 dans les années communes, et 30 dans les années bissextiles. Mais les flatteurs d'Auguste ne voulurent pas que le mois qui portait son nom, c'est-à-dire le mois d'août (*Augustus* en latin; plusieurs écrivains du siècle dernier, et Voltaire entre autres, disaient encore *mois d'Auguste* pour *mois d'août*), fût inférieur à celui de juillet (*Julius* en latin, même nom que celui de *Julius-César*, d'où nous avons fait le mois *juillet* et le nom *Jules*). C'est pourquoi l'on prit un jour au mois de février pour le donner au mois d'août : ce mois, ainsi que ceux d'octobre et de décembre, sont donc de 31 jours, au lieu que septembre et novembre n'en ont chacun que 30. De cette manière l'on dérangea l'ordre commode que Jules-César avait établi en ordonnant que les mois auraient alternativement 30 et 31 jours.

Voici à ce sujet une règle pour aider la mémoire : alongez les 4 doigts de la main, non compris le pouce, et comptez-les, ainsi que les trois intervalles qui les séparent, pour les sept premiers mois, en prenant l'index pour janvier, et le premier intervalle pour février, ainsi de suite. Alors les mois qui tomberont sur les doigts auront 31 jours, et ceux qui tomberont dans les intervalles n'en auront que 30 au plus. Lorsque la série sera épuisée, recommencez par l'index, qui répondra cette seconde fois au mois d'août, le petit doigt ayant répondu à juillet.

Les Romains, qui ne comptaient pas les jours comme nous, avaient trois points fixes dans chaque mois, les *calendes*, les *nones* et les *ides*, desquels ils comptaient les autres jours. Le premier jour de chaque mois se nommait les calendes, d'où dérive le mot *calendrier*, qui signifie le livre ou la table de tous les jours de l'année. Les nones arrivaient le 7 dans les mois de mars, de mai, de juillet et d'octobre, mais elles étaient le 5 des autres mois; les ides tombaient au 15 dans les mois de mars, de mai, de juillet et d'octobre; elles arrivaient le 13 dans les autres. Les jours qui précédaient ces trois termes en tiraient leur dénomination, c'est-à-dire que les jours compris entre les calendes et les nones étaient appelés les *jours avant les nones*, suivant le rang qu'ils tenaient avant ce jour. Ceux qui étaient entre les nones et les ides étaient appelés les *jours avant les ides*; enfin, les jours, depuis les ides jusqu'aux calendes du mois suivant, étaient nommés les *jours avant les calendes* de ce mois. La veille des ides, des nones et des calendes était le *pridie*, la surveille le *tertio* (sous-entendu *die*, troisième jour), le jour d'avant *quarto* (*die*, quatrième jour). Le 4 *avant les calendes d'août* désignait le quatrième jour à compter de celui des calendes d'août en remontant, c'est-à-dire le 29 du mois de juillet. Les mois de mars, de mai, de juillet et d'octobre avaient six jours qui étaient dénommés par les nones; les autres mois n'en avaient que quatre. Tous les mois avaient huit jours qui tiraient leurs noms des ides.

On comprendra tout cela par la table suivante, dans laquelle les jours sont nommés à la manière des Romains avec la correspondance aux quantièmes des mois actuels.

JANVIER, AOUT, DÉCEMBRE.		AVRIL, JUIN, SEPTEMBRE, NOV.		MARS, MAI, JUIL., OCTOBRE.	
1	CALENDES.	1	CALENDES.	1	CALENDES.
2	4 Av. nones.	2	4 Nones.	2	6 Nones.
3	3 Nones.	3	3 Nones.	3	5 Nones.
4	2 Nones.	4	2 Nones.	4	4 Nones.
5	NONES.	5	NONES.	5	3 Nones.
6	8 Av. Ides.	6	8 Ides.	6	2 Nones.
7	7 Ides.	7	7 Ides.	7	NONES.
8	6 Ides.	8	6 Ides.	8	8 Ides.
9	5 Ides.	9	5 Ides	9	7 Ides.
10	4 Ides.	10	4 Ides.	10	6 Ides.
11	3 Ides.	11	3 Ides.	11	5 Ides.
12	2 Ides.	12	2 Ides.	12	4 Ides.
13	IDES.	13	IDES.	13	3 Ides.
14	19 Av. cal.	14	18 Calendes.	14	2 Ides.
15	18 Calendes.	15	17 Calendes.	15	IDES.
16	17 Calendes.	16	16 Calendes.	16	17 Calendes.
17	16 Calendes.	17	15 Calendes.	17	16 Calendes.
18	15 Calendes.	18	14 Calendes.	18	15 Calendes.
19	14 Calendes.	19	13 Calendes.	19	14 Calendes.
20	13 Calendes.	20	12 Calendes.	20	13 Calendes.
21	12 Calendes.	21	11 Calendes.	21	12 Calendes.
22	11 Calendes.	22	10 Calendes.	22	11 Calendes.
23	10 Calendes.	23	9 Calendes.	23	10 Calendes.
24	9 Calendes	24	8 Calendes.	24	9 Calendes.
25	8 Calendes.	25	7 Calendes.	25	8 Calendes.
26	7 Calendes.	26	6 Calendes.	26	7 Calendes.
27	6 Calendes.	27	5 Calendes.	27	6 Calendes.
28	5 Calendes.	28	4 Calendes.	28	5 Calendes.
29	4 Calendes.	29	3 Calendes.	29	4 Calendes.
30	3 Calendes.	30	2 Calendes.	30	3 Calendes.
31	2 Calendes.			31	2 Calendes.

Dans les années bissextiles il y avait deux jours de suite au mois de février, dont chacun était appelé le VI avant les calendes; le premier répond au 24 du mois, et le second au 25. On disait *bis sexto calendas*, sixième jour *bis* (le 6 *bis*) avant les calendes de mars. C'est de là que ces années ont été nommées *bissextiles*.

Il paraît, par cette table, qu'en comptant les jours du mois par rapport au rang qu'ils occupent avant celui des nones, ou des ides, ou des calendes, on y comprend ce jour. Par exemple, le second jour de janvier est appelé *le quatrième avant les nones*, parce que le jour même des nones y est compris; sans cela, ce ne serait que le troisième avant les nones. C'est par la même raison que le dixième jour est nommé *le quatrième avant les ides*. De même le vingt-cinquième est appelé *le huitième avant les calendes de février*, parce qu'on compte le jour des calendes de février.

Il y a deux sortes de mois lunaires : l'un est appelé *périodique*, et l'autre *synodique*. Le mois périodique est le temps que la lune emploie à parcourir le zodiaque, c'est-à-dire à faire son tour dans le ciel d'occident en orient. Sa durée est de 27 j. 7 h. 43′ 4″ $^7/_{10}$.

Le mois synodique, qu'on nomme aussi *lunaisons*, est le temps que la lune emploie pour rejoindre le soleil après l'avoir quitté; ou, ce qui revient au même, c'est le temps qu'il y a depuis une nouvelle lune jusqu'à la nouvelle lune suivante. Ce temps est de 29 j. 12 h. 44′ 2″ $^8/_{10}$.

On néglige ces minutes et secondes dans l'usage civil, au moins pendant un temps, et on suppose qu'il y a 29 jours et demi d'une nouvelle lune à l'autre. Or, comme il serait incommode de compter un demi-jour, on fait les mois alternativement de 30 et de 29 jours, et l'on donne ainsi à l'un ce que l'on ôte à l'autre.

Les mois synodiques de 30 jours sont nommés *pleins*, et ceux de 29 jours sont appelés *caves* (creux). Au lieu de dire les mois pleins et les mois caves, on dit souvent les lunes pleines et les lunes caves, ou bien lunaisons pleines et lunaisons caves. Il faut observer que toutes les fois que l'on parle des mois de la lune sans les spécifier, il faut toujours entendre les mois synodiques.

Quand on dit que le mois périodique lunaire est de 27 j. 7 h. 43′ 4″ 7/10 et le mois synodique de 29 j. 12 h. 44′ 2″ 8/10, il s'agit du *mouvement moyen*, et non pas du *mouvement vrai*. Le mouvement vrai d'un astre est celui qui lui convient ou réellement ou en apparence. Ce mouvement n'est pas toujours le même dans une planète; il est tantôt plus fort, tantôt plus faible. Le mouvement moyen est celui qu'on imagine toujours le même dans une planète, et par lequel elle ferait un certain nombre de révolutions dans le même temps qu'elle les fait effectivement, ou qu'elle paraît les faire par le mouvement vrai. Ce mouvement fictif est égal et uniforme, au lieu que le premier, ou mouvement vrai, est inégal et variable.

L'année solaire astronomique est le temps que le soleil emploie à faire le tour de l'écliptique d'occident en orient, ou, pour parler plus exactement, c'est le temps qui s'écoule depuis un équinoxe, par exemple celui du printemps, jusqu'au premier équinoxe semblable; c'est aussi le temps qui est entre un solstice, par exemple celui d'hiver, et le solstice suivant semblable. Ce temps est de 365 j. 5 h. 48′ 51″.

L'année lunaire astronomique est composée de douze lunaisons qui contiennent chacune 29 jours 12 h. 44′ 2″ 8/10. Ainsi cette année est de 354 j. 8 h. 48′ 34″.

Ceux qui règlent l'année civile sur le mouvement de la lune composent leur année de 12 lunaisons ou 12 mois lunaires. Or, puisque les mois lunaires sont alternativement de 30 et de 29 jours, les douze mois qui composent l'année entière font 354 jours, et par conséquent l'année lunaire est plus courte que l'année solaire commune de 11 jours. Ces 11 jours font 33 jours en 3 ans. Ainsi 3 années solaires contiennent au moins 37 lunaisons.

Les 44 minutes, dont une lunaison surpasse

29 jours et demi, font, après les 12 lunaisons d
l'année, 12 fois 44, c'est-à-dire 528 minutes, o
8 heures 48 minutes. Or, ces 8 heures 48 minute
de chaque année produisent en 30 ans 264 heure
c'est-à-dire 11 jours. C'est pourquoi les Turc
qui se servent encore aujourd'hui de l'année lu-
naire, ajoutent 11 jours en 30 années; en sort
que sur 30 ans il y a 19 années simples qui n'o
chacune que 354 jours, et 11 intercalaires ou *em-
bolismiques*, qui sont chacune de 365 jours. C
sont les années 2, 5, 7, 10, 13, 16, 18, 21, 24, 2
et 29 de chaque cycle.

Il est évident que cette année des Turcs n
peut pas toujours commencer à la même saison,
c'est-à-dire, par exemple, à la même distance d
solstice ou de l'équinoxe; car, l'année solaire étant
composée de 365 jours et l'année lunaire de 35
(nous négligeons les heures de part et d'autre), si elle
ont commencé toutes les deux le même jour, l'an-
née lunaire finira 11 jours avant l'autre, c'est-à-
dire le 20 décembre; par conséquent, la second
année lunaire commencera au 21 de ce mois, e
se terminera au 10 du même mois, parce que cett
seconde année est composée de 355 jours; la troi-
sième commencera donc au 11, et finira au 29 d
novembre, ainsi de suite; de sorte que le com-
mencement de l'année lunaire parcourra les diffé-
rentes saisons de l'année solaire, et reviendra enfin
au commencement en moins de 34 ans lunaires,
qui, par conséquent, ne font que 33 années solai-
res. Dans le calendrier ecclésiastique on ramène le
commencement de l'annéee lunaire vers celui de
l'année solaire toutes les fois qu'il s'en est un peu
écarté. Nous dirons, en traitant du cycle lunaire,
le moyen dont on se sert pour y réussir.

Cette année des Turcs est appelée *vague*, parce
que son commencement est tantôt à une saison,
tantôt à une autre. Par la raison contraire notre
année solaire est appelée *fixe*.

Du Cycle solaire.

Le cycle (cercle) solaire est une révolution de 28 ans qui renferme toutes les variétés possibles des jours de la semaine par rapport à ceux du mois. Ces variétés consistent en ce que les dimanches ne tombent pas tous les ans au même quantième du mois. Par exemple, si l'année a commencé par un lundi, et que par conséquent le 7 janvier ait été un dimanche, l'année suivante ne commencera pas par un lundi, mais par le mardi, et le premier dimanche sera le 6 janvier. L'année d'après commencera par un mercredi, et, pour lors, le premier dimanche tombera le 5, ainsi de suite. Cependant il faut remarquer que quand l'année est bissextile la différence est de deux jours, c'est-à-dire que si l'année bissextile a commencé par un lundi, l'année d'après commencera par un mercredi, puisque celle-ci a un jour de plus.

Pour entendre la raison de ces variétés, il suffit de faire réflexion que si l'année contenait exactement un certain nombre de semaines sans aucun jour de surplus, chaque année commencerait toujours par le même jour de la semaine, par exemple par le lundi; car, comme l'année contiendrait justement un certain nombre de semaines, si elle commençait par un lundi, elle finirait par un dimanche, et par conséquent le premier jour de la suivante serait aussi un lundi. Ces variétés viennent donc de ce que l'année renferme 52 semaines avec un jour de plus dans les années communes, et deux dans les bissextiles. L'année commune ayant un jour de plus que 52 semaines, il est clair que si elle a commencé par un lundi, elle finira aussi par un lundi, et par conséquent la suivante commencera par un mardi; la troisième commencera par le mercredi; ensuite la quatrième, que nous supposons être bissextile, commencera par un jeudi; mais elle finira seulement un vendredi, parce qu'elle contient deux jours au-delà de 52 semaines; par conséquent le premier jour de la cinquième année sera un samedi.

On peut voir à présent pourquoi les fêtes qui sont immobiles, c'est-à-dire qui sont fixées à un certain jour du mois, telles que sont toutes les fêtes des saints, parcourent les différens jours de la semaine en plusieurs années, en allant du lundi au mardi, ensuite au mercredi, puis au jeudi, etc. Prenons pour exemple la fête de la Circoncision, qui est fixée au 1er janvier. Si elle est arrivée un lundi, l'année d'après doit être un mardi, ensuite le mercredi, puisque, comme nous l'avons dit, après que le premier jour de janvier a été un lundi, l'année suivante c'est un mardi, etc. Quand l'année est bissextile, il doit y avoir une différence de deux jours dans les fêtes qui viennent après le 24 février, et dans celles de l'année suivante qui arrivent depuis le commencement de janvier jusqu'au 24 février.

Si toutes les années étaient communes, c'est-à-dire composées seulement de 365 jours, le cycle solaire ne contiendrait que 7 ans, parce que le même jour de la semaine reviendrait au même quantième du mois après 7 ans. Si, par exemple, une année a commencé par un lundi, la seconde commencerait par un mardi, la troisième par un mercredi, la quatrième par un jeudi, ainsi de suite; par conséquent la huitième commencerait encore par un lundi. Mais il arrive une année bissextile de 4 ans en 4 ans. Or, cette année étant composée de 366 jours, produit un jour de différence de plus que les autres années. Par conséquent il faut sept années bissextiles pour que le jour excédant de chaque année bissextile produise sept jours ou une semaine; or, il ne peut y avoir sept années bissextiles que dans l'espace de 28 ans. Ainsi il faut 28 ans pour que l'excédant de chaque année bissextile sur l'année commune ramène un jour de la semaine au même quantième du mois. Mais d'ailleurs on vient de dire que, sans l'année bissextile, le même jour de la semaine reviendrait après 7 ans au même quantième du mois, et par conséquent aussi après 14, puis après 21, et enfin après 28. Donc les deux causes concourent ensemble pour ramener un jour de la semaine au même quantième du mois à la fin de 28 ans : ainsi le cycle (cercle) solaire est de 28 années.

On pourrait se figurer que l'année bissextile, au lieu d'augmenter le cycle solaire, doit au contraire le diminuer; une année commençant un lundi, la suivante commencera par un mardi, l'autre par un mercredi, la quatrième, qui sera bissextile, par un jeudi, et la cinquième par un samedi, et non par un vendredi; ainsi la septième commencera par un lundi. Donc on pourrait dire que le cycle solaire ne doit être que de six ans, puisque l'année recommence par le même jour au bout de six ans.

Pour répondre à cette difficulté, il faut prendre garde que si chaque cycle solaire ne renfermait que six ans, l'année bissextile serait la quatrième du premier cycle, au lieu qu'elle tomberait à la seconde et à la sixième du cycle suivant; par conséquent ces deux cycles ne seraient pas semblables, ce qui est contre la nature et la notion du cycle, qui doit renfermer toutes les variétés des jours de la semaine. De plus, le troisième cycle ne commencerait pas par un lundi comme les deux précédens, ce qui est encore contraire à l'idée du cycle. Il faut 28 ans pour que tout revienne dans le même ordre.

Chaque année après la naissance de Jésus-Christ, ou du moins après l'origine de l'ère chrétienne ou *vulgaire*, répond à une année du cycle solaire; de sorte qu'après avoir compté 28 années de ce cycle, on en recommence un nouveau; par exemple, l'année 1725 était la vingt-sixième du cycle solaire alors courant; 1726 était donc la vingt-septième de ce cycle, 1727 était la vingt-huitième et dernière. Par conséquent l'année 1728 était la première d'un nouveau cycle, 1729 la seconde, 1730 la troisième, ainsi de suite. Il faut entendre la même chose du temps qui a précédé la naissance de Jésus-Christ.

Il ne nous reste plus qu'à exposer comment on trouve l'année de ce cycle pour une année proposée, par exemple pour 1834.

Il faut ajouter 9 au nombre qui marque l'année de la naissance de J.-C., c'est-à-dire à 1834; la somme est 1843. Ensuite on divise cette somme par 28 (nombre d'années d'un cycle), et le reste marque l'année du cycle. Je divise donc 1843 par 28; le quotient est 65, et le reste est 23. Par conséquent, l'année 1834 est la vingt-troisième du soixante-sixième cycle solaire.

S'il ne restait rien, ou, ce qui est la même chose, si le diviseur 28 était contenu exactement dans la somme que l'on a trouvée après avoir ajouté 9, ce serait une marque que l'année proposée serait la vingt-huitième ou la dernière du cycle solaire.

1° On a ajouté 9 au nombre qui exprime les années depuis l'origine de l'ère chrétienne, parce que le cycle solaire a précédé cette origine de 9 ans.

2° En divisant par 28 la somme qui résulte d'après l'addition de 9, on voit combien il s'est écoulé de cycles depuis le commencement de l'ère vulgaire; car, puisque le quotient marque toujours combien de fois le diviseur est contenu dans la somme qu'on divise, il est clair que le quotient exprime ici combien il y a de cycles passés. Quant au reste de la division, il désigne l'année du dernier cycle dans lequel se trouve l'année proposée.

La réforme du calendrier par le pape Grégoire XIII a apporté quelque changement au cycle solaire, à cause du retranchement de 3 jours sur 400 ans, comme nous le dirons dans la suite. Cependant cela n'empêche pas qu'on compte encore à présent les années du cycle solaire de la même manière qu'on les comptait auparavant.

Il y a néanmoins un cycle solaire nouveau proposé par ceux qui ont travaillé à la réforme du calendrier ; il est de 400 ans, après lesquels le soleil se trouve, depuis la correction du calendrier, au même point du zodiaque immobile où il était au commencement de ce cycle ; et, de plus, les lettres dominicales, dont nous allons parler, reviennent dans le même ordre ; mais personne n'en fait usage.

Des Lettres dominicales.

On s'est servi, pour plus de généralité, des sept premières lettres de l'alphabet, que l'on a placées vis-à-vis des jours du mois dans le calendrier perpétuel, pour marquer les jours de la semaine. Ces lettres sont disposées de cette manière : A est à côté du premier jour de janvier, B à côté du second, C à côté du troisième ; ainsi de suite, jusqu'au G, qui est à côté du septième jour. Ensuite on retrouve les mêmes lettres dans le même ordre ; savoir : A au huitième jour, B au neuvième, C au dixième, etc. A est encore placé au 15, puis au 22, et enfin au 29 janvier. Par conséquent le B est vis-à-vis du 30, le C vis-à-vis du 31 ; d'où il suit que le D se trouve au 1er de février, au 8, au 15, au 22 de ce dernier mois.

Il paraît par là que le même jour de la semaine arrive le 1, le 8, le 15, le 22, le 29 du même mois, c'est-à-dire que si le premier jour d'un mois est un dimanche, le 8, le 15, le 22, le 29 de ce mois seront aussi un dimanche. Il faut entendre la même chose des autres jours de la semaine, qui se correspondent d'une manière analogue.

Ces lettres sont appelées *dominicales*, parce qu'on s'en sert pour marquer tous les dimanches de l'année. (Le dimanche se dit en latin *dies dominica*, jour du seigneur : c'est pour cela qu'on appelle *dominicale* la lettre qui marque le dimanche). Par exemple, si l'A est la lettre dominicale d'une année, tous les jours des mois vis-à-vis desquels se trouvent l'A seront des dimanches pendant le cours de l'année ; on les verra dans le calendrier perpétuel à la fin de ce volume Il faut dire la même chose des autres lettres qui deviennent successivement dominicales.

Remarquez : 1° que dans l'année bissextile il y a toujours deux lettres dominicales, dont l'une sert depuis le commencement de l'année jusqu'à la fête de saint Mathias, et l'autre depuis le jour de cette fête inclusivement jusqu'à la fin de l'année.

Cependant l'on est maintenant dans l'usage de ne changer de lettre dominicale qu'à compter du 1er mars : de cette manière la fête de saint Mathias est toujours le 24 février, au lieu de tomber le 25 dans les années bissextiles.

Remarquez : 2° que les lettres ne deviennent pas dominicales d'une année à l'autre, suivant le rang qu'elles tiennent dans l'alphabet, mais dans un ordre renversé, c'est-à dire que si la lettre G est dominicale pendant une année, F le deviendra l'année suivante, ensuite E, D, C, B, et enfin A; après cela G redeviendra la lettre dominicale. La raison se trouve dans ce que nous avons dit : car si l'année commence par un lundi, et que, par conséquent, le dimanche arrive le 7 de janvier, à côté duquel est G, l'année suivante commencera par un mardi, et le dimanche tombera au 6 ; ainsi la lettre F sera dominicale cette seconde année, et, par la même raison, E sera la lettre dominicale de la troisième année, en supposant les deux années précédentes chacune de 365 jours. Par cette remarque, on peut, sachant quelle est la lettre dominicale d'une année, trouver celles des années suivantes.

Quand on connait la lettre dominicale d'une année et le jour de la semaine, on trouve sur-le-champ le quantième du mois, à l'aide du tableau suivant, qui forme un calendrier civil perpétuel.

MOIS.			G.	F.	E.	D.	C.	B.	A.	QUANTIÈME du mois.				
Janv.	. . . .	Octob.	Lundi.	Mardi.	Merc.	Jeudi.	Vend.	Sam.	Dim.	1	8	15	22	29
. . . .	Mai.	. . . .	Mardi.	Merc.	Jeudi.	Vend.	Sam.	Dim.	Lundi.	2	9	16	23	30
Août.	. . . .	. . . .	Mercr.	Jeudi.	Vend.	Sam.	Dim.	Lundi.	Mardi.	3	10	17	24	31
Févr.	Mars.	Nov.	Jeudi.	Vend.	Sam.	Dim.	Lundi.	Mardi.	Merc.	4	11	18	25	
Juin.	. . . .	. . . .	Vend.	Sam.	Dim.	Lundi.	Mardi.	Merc.	Jeudi.	5	12	19	26	
Sept.	Déc.	. . . .	Sam.	Dim.	Lundi.	Mardi.	Merc.	Jeudi.	Vend.	6	13	20	27	
Avril.	. . . .	Juillet.	Dim.	Lundi.	Mardi.	Merc.	Jeudi.	Vend.	Sam.	7	14	21	28	

Sachant, par exemple, que les lettres dominicales de l'année bissextile 1816 ont été GF, on verra, en consultant dans ce tableau, la colonne des mois, celle de la première lettre dominicale G, et la colonne du quantième, que le 1er janvier est un lundi, le 2 un mardi, etc.

Les deux premières colonnes font voir de même que le 1er février est un jeudi : choisissez pour ce mois la colonne D, qui commence par jeudi, et vis-à-vis, dans celle du quantième, vous trouverez la date du mois pour un jour quelconque de la semaine, jusques et compris le 29 février.

Pour les mois suivans, changez de lettre dominicale, c'est-à-dire prenez F, et dans ce cas vous verrez, par les première et troisième colonnes, que le 1er mars est un vendredi. Or la colonne qui commence par ce jour est désignée par C; choisissez-la donc pour le mois de mars, correspondante à un jour donné de la semaine, ou réciproquement.

Voici une méthode pour trouver la lettre dominicale des années qui suivent 1700. 1°. Il faut compter les années, en commençant par 1701, jusqu'à l'année proposée inclusivement, et ajouter 5 au nombre de ces années, et de plus autant d'unités qu'il y a d'années bissextiles pendant ce temps. 2°. On divisera la somme par 7; et le reste de la division, s'il y en a un, désignera la lettre dominicale, pourvu qu'on compte les lettres dominicales dans un ordre rétrograde, ensorte que G soit la 1re, F la 2^{e}, E la 3^{e}, D la 4^{e}, C la 5^{e}, B la 6^{e}, A la 7^{e}. S'il n'y a point de reste après la division faite, la lettre dominicale sera A. Par exemple, je veux savoir la lettre dominicale de l'année 1743 : 1°. je prends le nombre des années 43, j'ajoute 5 à ce nombre, et de plus 10, parce qu'il y a eu dix années bissextiles depuis 1701 jusqu'à 1743. 2° Je divise la somme 58 par 7, le reste est 2; d'où je conclus que la lettre dominicale de l'année 1743 est F, ou la 2^{e} lettre.

La raison pour laquelle on ajoute 5, c'est que la lettre dominicale de l'année 1701 était B, et, par conséquent, avant l'année 1701, il y avait déjà 5 lettres dominicales qui avaient servi; savoir, G, F, E, D, C. D'ailleurs on ajoute autant d'unités qu'il y a eu d'années bissextiles depuis 1601, parce que chaque année bissextile a deux lettres dominicales, dont l'une sert jusqu'à la fin de février, et l'autre pendant le reste de l'année. Les autres parties de cette méthode suivent de ce que l'on a dit ci-dessus.

Si l'on cherchait la première lettre dominicale de l'année bissextile 1744, on aurait d'abord, par la première partie de la règle prescrite, 44 plus 5 ou 49; nombre auquel il ne faudrait pas ajouter 11, mais seulement 10 pour les années bissextiles passées; ce qui ferait alors 59. Divisant ensuite par 7, le reste 3 indiquera que E est la 1re lettre dominicale de l'année proposée. La 2e lettre dominicale d'une année bissextile est celle qui précède la 1re dans l'alphabet, parce que les lettres deviennent dominicales selon l'ordre rétrograde ou renversé : ainsi la 1re lettre dominicale de 1744 étant E, la 2e est D.

Veut-on une règle analogue pour trouver la lettre dominicale pendant le XIXe siècle, dans lequel nous sommes maintenant, c'est-à-dire depuis 1800 jusqu'à 1900, la voici :

Du nombre qui désigne l'année proposée supprimez les deux premiers chiffres de la gauche, qui sont 18, et au nombre exprimé par les chiffres restans ajoutez son quart s'il est exact, ou son quart par excès dans le cas contraire; puis divisez la somme par 7; enfin ôtez le reste de 6, et si ce second reste est zéro, la lettre domincale sera G; mais si ce reste n'est pas nul, il indiquera dans l'ordre alphabétique la lettre dominicale.

On propose, par exemple, de connaître cette lettre pour l'année 1812. En retranchant 18, on aura 12 plus $^{12}/_{4}$ ou 12 plus 3, ou 15 en un mot : divisant 15 par 7 et ôtant le reste 1 de 6, il vient pour second reste 5; par conséquent, la lettre dominicale cherchée est la 5e de l'alphabet ou E; mais comme l'année 1812 est bissextile, la 2e lettre dominicale est D; il suit de là que le 1er janvier était un mercredi.

Si l'année était 1813, on aurait 13 plus $^{13}/_{4}$, ou 13 plus 4 ou 17, puisque 4 est le quart de 13, en négligeant l'excès 1. Divisant ensuite 17 par 7, le reste est 3 qu'il faut ôter de 6; il vient donc 3 : ainsi la lettre dominicale est la 3e de l'alphabet ou C. Le premier jour de l'an était donc un vendredi.

On pourra trouver dans la Table suivante les lettres dominicales de toutes les années depuis 1600 jusqu'à 5699. Il y a quatre colonnes de lettres qui sont au dessous des années séculaires, c'est-à-dire des centièmes années ou des dernières années des siècles; la première de ces quatre colonnes est sous les centièmes années qui sont les premières après les séculaires bissextiles; la seconde sous les centièmes qui sont les secondes après les bissextiles; la troisième sous les centièmes qui sont les troisièmes après les bissextiles; et enfin la quatrième colonne sous les centièmes années bissextiles. A la gauche des quatre colonnes de lettres, il y en a d'autres qui contiennent la première année des siècles et les années intermédiaires entre la première et la dernière.

Voici comment on trouve les lettres dominicales des différentes années par cette Table. 1° Si l'on veut trouver la lettre dominicale d'une centième année, on cherchera cette année au-dessus des colonnes des lettres dominicales; la lettre qui est au haut de la colonne placée au-dessous de l'année sera la lettre dominicale qu'on cherche. Par exemple, la lettre dominicale de 1700 est C, parce qu'elle est au haut de la colonne placée sous 1700. 2°. Si l'on veut avoir la lettre dominicale d'une année intermédiaire, par exemple de 1745, on cherchera 45 dans les colonnes des années intermédiaires de chaque siècle, et l'on prendra, dans la colonne placée sous 1700, la lettre c, qui est vis-à-vis de 45 : c'est la lettre dominicale de 1745.

Nota bene. Nous ferons observer au lecteur que la petitesse de notre format nous a obligés à faire porter le tableau suivant sur deux pages au lieu d'être tout entier sur une seule. Ainsi donc, en lisant, on devra considérer les huit lignes de la page 57 comme se trouvant à la suite du tableau de la page 56.

Table des Lettres dominicales, depuis 1600 *jusqu'à* 560[illegible]

	Années séculaires, ou les dernières des siècles.			1600
	1700,2100 2500,2900 3300,3700 4100,4500 4900,5300	1800,2200 2600,3000 3400,3800 4200,4600 5000,5400	1900,2300 2700,3100 3500,3900 4300,4700 5100,5500	2000,24[illegible] 2800,32[illegible] 3600,40[illegible] 4400,48[illegible] 5200,56[illegible]
Année de chaque siècle.	C	E	G	BA
1.29.57.85	B	D	F	G
2.30.58.86	A	C	E	F
3.31.59.87	G	B	D	E
4.32.60.88	FE	AG	CB	DC
5.33.61.89	D	F	A	B
6.34.62.90	C	E	G	A
7.35.63.91	B	D	F	G
8.36.64.92	AG	CB	ED	FE
9.37.65.93	F	A	C	D
10.38.66.94	E	G	D	C
11.39.67.95	D	F	A	B
12.40.68.96	CB	ED	GF	AG
13.41.69.97	A	C	E	F
14.42.70.98	G	B	D	E
15.43.71.99	F	A	C	D
16.44.72.	ED	GF	BA	CB
17.45.73.	C	E	G	A
18.46.74.	B	D	F	G
19.47.75.	A	C	E	F
20.48.76.	GF	BA	DC	ED

21.49.77.	E	G	B	C
22.50.78.	D	F	A	B
23.51.79.	C	E	G	A
24 52.80.	BA	DC	FE	GF
25.53.81.	G	B	D	E
26.54.82.	F	A	C	D
27.55.83.	E	G	B	C
28.56.84.	DC	FE	AG	BA

Du Cycle lunaire et des Nombres d'or.

Le cycle lunaire ancien est une révolution de 19 ans, qui renferme toutes les variétés qui peuvent arriver aux nouvelles lunes par rapport aux jours du mois. Ces variétés consistent en ce que les nouvelles lunes ne tombent pas tous les ans le même jour du mois : quelquefois elles arrivent plus tôt, quelquefois plus tard. Cependant Méton, célèbre astronome d'Athènes, environ 439 ans avant l'ère vulgaire, apprit aux Grecs qu'au bout de 19 ans les nouvelles lunes tombent aux mêmes jours auxquels elles arrivaient 19 ans auparavant, et c'est ce qui a déterminé le cycle lunaire de 19 ans. On disait donc, comme on dit encore à présent, qu'une telle année était la première du cycle lunaire, la suivante était la seconde, celle d'après était la troisième, etc. ; après quoi, l'année qui suivait la dix-neuvième était dite la première du cycle suivant. Or en dix-neuf ans il y a 235 lunaisons, savoir 228 lunaisons à raison de 12 par an, et 7 autres à cause des 11 jours dont chaque année solaire surpasse l'année lunaire. Ces sept mois lunaires sont appelés *embolismiques* ou *intercalaires*. On en compose six de 30 jours chacun, et le septième de 29 seulement.

C'est par le moyen de ces mois embolismiques que dans le calendrier ecclésiastique on ramène le commencement de l'année lunaire vers les premiers jours de janvier, après qu'il s'en est un peu écarté. Pour cet effet, on attribue 13 mois lunaires à sept années pendant la durée du cycle lunaire ; et ces sept années sont appelées *embolismiques*, parce qu'elles contiennent toutes un mois embolismique. Les six premières sont chacune de 384 jours, et la dernière n'est que que de 383, parce que le dernier mois embolismique n'a que 29 jours. Ces sept années sont la 3e, la 6e, la 9e, la 11e, la 14e, la 17e et la 19e du cycle lunaire. Toutes les autres années lunaires sont appelées *communes*, et ne sont composées chacune que de douze lunaisons, qui font 354 jours. Il est aisé de voir que, par ce moyen, la fin de la troisième année lunaire se rapproche de la fin de l'année solaire. Car la différence entre l'année lunaire commune et la solaire étant de 11 jours, si la troisième année lunaire était commune, elle finirait 33 jours avant l'année solaire. (Je suppose que la première a commencé avec l'année solaire.) Mais comme on fait cette troisième année embolismique, elle a 30 jours de plus qu'une année commune; par conséquent elle ne finit que trois jours avant l'année solaire. Ainsi la quatrième année lunaire ne commencera que trois jours avant la quatrième année solaire. On trouvera que les années embolismiques produisent le même effet.

Après la découverte du cycle lunaire de 19 ans on marquait à Athènes l'année de ce cycle par des *chiffres d'or* qui étaient gravés en grand dans un lieu public. C'est pour cette raison que le *nombre* qui désigne l'année du cycle lunaire est encore aujourd'hui appelé le *nombre d'or*, ou plutôt parce que, dans les calendriers, on écrivait ces nombres en caractères d'or.

Ces nombres servaient à marquer dans le calendrier les jours de chaque mois auxquels arrivaient les nouvelles lunes. Ainsi, quand on était dans la première année du cycle lunaire, le nombre I marquait dans le calendrier tous les jours auxquels arrivait la nouvelle lune pendant cette année. De même, à la seconde année, le nombre XI marquait tous les jours auxquels tombaient les nouvelles lunes de cette année; ainsi de suite. On avait donc disposé les nombres d'or dans les anciens calendriers, comme on le verra dans la Table suivante, de manière qu'ils désignassent les nouvelles lunes de chaque année du cycle lunaire; ce qui était très-commode, puisque par ce moyen on pouvait voir tout d'un coup, à l'aide d'un calendrier, non-seulement les jours des nouvelles lunes de l'année dans laquelle on était, mais aussi de toutes les autres, soit passées, soit futures.

Nous donnons ici le commencement de l'ancien Calendrier de l'Eglise, pour faire voir la manière dont les nombres d'or y étaient disposés. Le nombre d'or III répond au 1er de janvier, parce que, dans le temps où l'on a mis les nombres d'or dans le calendrier, c'est-à-dire vers l'an 530, la nouvelle lune arrivait le 1er de janvier à la troisième année du cycle lunaire. Il y a onze jours de ce mois à côté desquels il n'y a point de nombre d'or; ce sont ceux où il n'arrivait point alors de nouvelles lunes pendant la révolution du cycle lunaire.

Calendrier ancien de l'Eglise.

JANVIER.			FÉVRIER.			MARS.		
J. du mois.	Let. dom.	Nomb. d'or.	J. du mois.	Let. dom.	Nomb. d'or.	J. du mois.	Let dom	Nomb. d'or.
1	A	III	1	D		1	D	III
2	B		2	E	XI	2	E	
3	C	XI	3	F	XIX	3	F	XI
4	D		4	G	VIII	4	G	
5	E	XIX	5	A		5	A	XIX
6	F	VIII	6	B	XVI	6	B	VIII
7	G		7	C	V	7	C	
8	A	XVI	8	D		8	D	XVI
9	B	V	9	E	XIII	9	E	V
10	C		10	F	II	10	F	
11	D	XIII	11	G		11	G	XIII
12	E	II	12	A	X	12	A	II
13	F		13	B		13	B	
14	G	X	14	C	XVIII	14	C	X
15	A		15	D	VII	15	D	
16	B	XVIII	16	E		16	E	XVIII
17	C	VII	17	F	XV	17	F	VII
18	D		18	G	IV	18	G	
19	E	XV	19	A		19	A	XV
20	F	IV	20	B	XII	20	B	IV
21	G		21	C	I	21	C	
22	A	XII	22	D		22	D	XII
23	B	I	23	E	IX	23	E	I
24	C		24	F		24	F	
25	D	IX	25	G	XVII	25	G	IX
26	E		26	A	VI	26	A	
27	F	XVII	27	B		27	B	XVII
28	G	VI	28	C	XIV	28	C	VI
29	A					29	D	
30	B	XIV				30	E	XIV
31	C	III				31	F	III

On s'est enfin aperçu que la méthode de trouver les nouvelles lunes par les nombres d'or est sujette à erreur, parce que les nouvelles lunes ne reviennent pas au même moment après dix-neuf années passées : elles arrivent environ une heure et demie plus tôt, comme il est facile de le voir : car, multipliant 365 jours 6 heures, qui est la durée de l'année civile, par 19, le produit sera 6939 jours 18 heures. Au lieu que si l'on multiplie la durée moyenne d'une lunaison, qui est 29 j. 12 h. 44′ 3″, par 235, qui est le nombre de lunaisons qui arrivent en 19 ans, on ne trouvera au produit que 6939 j. 16 h. et environ 32′. Or cette différence produit une erreur d'un jour après 16 cycles et 8 ans et ½ environ, c'est-à-dire après 312 ans et ½, et par conséquent une erreur de deux jours après 625 ans ; en sorte que si la lune a été nouvelle le 10 du mois de janvier de quelque année, elle sera nouvelle le 8 après 625 ans. C'est ce qui a obligé, pour trouver les nouvelles lunes, d'employer les épactes, dont nous parlerons en traitant de la réformation du calendrier faite par l'ordre de Grégoire XIII.

Pour trouver le nombre d'or ou le cycle lunaire dans une année proposée, ajoutez 1 à l'année dont il s'agit ; ensuite divisez la somme par 19, et le reste de la division sera le nombre d'or de l'année proposée : par exemple, pour trouver le nombre d'or de l'année 1745, il faut d'abord ajouter 1 à 1745, et puis diviser la somme 1746 par 19, et le reste 17 est le nombre d'or de l'année 1745.

On ajoute 1 à l'année proposée, parce que l'année de la naissance de J.-C. était la seconde du cycle lunaire, et par conséquent ce cycle avait commencé un an avant cette célèbre époque.

Il est clair qu'en divisant la somme par 19, le quotient montrera combien il y a eu de cycles lunaires depuis l'année qui a précédé l'origine de l'ère chrétienne, et que le reste désignera l'année du cycle qui s'écoule.

Ceux qui ont travaillé à la réformation du calendrier, sous Grégoire XIII, ont proposé un nouveau cycle lunaire qui contient 2500 années juliennes moins 8 jours, parce qu'après ces 2500 ans la nouvelle lune arrive 8 jours plus tôt qu'elle ne faisait au commencement du cycle, comme il paraît, en ce qu'elle avance d'un jour en 312 ans et demi. Quoique les réformateurs du calendrier n'aient pas expressément défini l'époque de ce cycle, ils ont néanmoins supposé qu'un de ces cycles avait fini à l'an 1500 : d'où il suit qu'il a commencé mille ans avant Jésus-Christ; en sorte que l'année qui a précédé cette époque a été la millième de ce cycle. Mais quand on parle du cycle lunaire, il faut toujours entendre l'ancien : c'est la même chose à l'égard du cycle solaire.

Nous allons donner une Table pour trouver les nombres d'or depuis l'origine de l'ère vulgaire jusqu'à l'an 5600. Quoique cette Table soit contenue en deux pages, on doit la regarder comme n'en occupant qu'une seule, parce que les lignes de la seconde sont la continuation des lignes correspondantes de la première. L'on a mis au haut de la Table trois rangées qui contiennent les dernières ou les centièmes années de chaque siècle. Ces centièmes années sont marquées de suite en allant de la première rangée à la seconde et de la seconde à la troisième. Au-dessous de ces trois rangées on a placé les nombres d'or en autant de colonnes qu'il y a de centièmes années en chacune des rangées. Enfin on a mis à la gauche des nombres d'or toutes les années des siècles qui sont entre les centièmes. Cela posé, voici comment on trouve par cette table le nombre d'or d'une année proposée. 1° Si cette année est une centième, le nombre d'or qui lui appartient est le premier de la colonne qui est sous cette centième année. Ainsi le nombre d'or de l'année 1700 est 10, parce que ce nombre est le premier de la colonne qui est au-dessous de 1700. 2° Si l'année dont on cherche le nombre est après une centième, par exemple 1745, on cherchera

45 entre les années à la gauche des nombres d'or ; ensuite on regardera dans la colonne qui est sous 1700 quel est le nombre d'or qui est vis-à-vis de 45 : on trouvera 17 ; c'est le nombre d'or de 1745.

Années séculaires, c'est-à-dire les dernières des siècles.						
	0	100	200	300	400	500
	1900	2000	2100	2200	2300	2400
	3800	3900	4000	4100	4200	4300

NOMBRES

Années de chaque siècle.							
		1	6	11	16	2	7
1 20 39	53 77 96	2	7	12	17	3	8
2 21 40	59 78 97	3	8	13	18	4	9
3 22 41	60 79 98	4	9	14	19	5	10
4 23 42	61 80 99	5	10	15	1	6	11
5 24 43	62 81	6	11	16	2	7	12
6 25 44	63 82	7	12	17	3	8	13
7 26 45	64 83	8	13	18	4	9	14
8 27 46	65 84	9	14	19	5	10	15
9 28 47	66 85	10	15	1	6	11	16
10 29 48	67 86	11	16	2	7	12	17
11 30 49	68 87	12	17	3	8	13	18
12 31 50	69 88	13	18	4	9	14	19
13 32 51	70 89	14	19	5	10	15	1
14 33 52	71 90	15	1	6	11	16	2
15 34 53	72 91	16	2	7	12	17	3
16 35 54	73 92	17	3	8	13	18	4
17 36 55	74 93	18	4	9	14	19	5
18 37 56	75 94	19	5	10	15	1	6
19 38 57	76 95	1	6	11	16	2	7

NOMBRES D'OR

l'ère vulgaire jusqu'à l'an 5600.

600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800
2500	2600	2700	2800	2900	3000	3100	3200	3300	3400	3500	3600	3700
4400	4500	4600	4700	4800	4900	5000	5100	5200	5300	5400	5500	5600

D'OR.

12 17 3	8 13 18	4 9 14	19 5 10 15
13 18 4	9 14 19	5 10 15	1 6 11 16
14 19 5	10 15 1	6 11 16	2 7 12 17
15 1 6	11 16 2	7 12 17	3 8 13 18
16 2 7	12 17 3	8 13 18	4 9 14 99
17 3 8	13 18 4	9 14 19	5 10 15 1
18 4 9	14 19 5	10 15 1	6 11 16 2
19 5 10	15 1 6	11 16 2	7 12 17 3
1 6 11	16 2 7	12 17 3	8 13 18 4
2 7 12	17 3 8	13 18 4	9 14 19 5
3 8 13	18 4 9	14 19 5	10 15 1 6
4 9 14	19 5 10	15 1 6	11 16 2 7
5 10 15	1 6 11	16 2 7	12 17 3 8
6 11 16	2 7 12	17 3 8	13 18 4 9
7 12 17	3 8 13	18 4 9	14 19 5 10
8 13 18	4 9 14	19 5 10	15 1 6 11
9 14 19	5 10 15	1 6 11	16 2 7 12
10 15 1	6 11 16	2 7 12	17 3 8 13
11 16 2	7 12 17	3 8 13	18 4 9 14
12 17 3	8 13 18	4 9 14	19 5 10 15

De l'Indiction.

Les deux cycles dont nous avons parlé, le solaire et le lunaire, ont pour fondement le mouvement du soleil et celui de la lune, et par conséquent ils ne dépendent pas de la volonté des hommes. Il y en a un troisième entièrement arbitraire, qu'on appelle *indiction* ou *cycle de l'indiction romaine*, composé de quinze ans. En le prolongeant jusqu'avant la naissance de J.-C., on a le nombre de l'indiction d'une année qui suit cette époque, en ajoutant 3 au nombre des années de l'ère chrétienne, et en divisant la somme par 15; le reste, s'il y en a, marque l'indiction de l'année proposée; mais s'il n'y a point de reste, l'indiction est 15. Si, par exemple, on cherche l'indiction pour l'année 1745, on ajoutera 3 à ce nombre, et l'on divisera la somme 1748 par 15; le quotient sera 116, et le reste est 8 : ainsi 8 est l'indiction de l'année 1745, ou la 8e année du 117e cycle de l'indiction. Pour avoir l'indiction de 1834 on ajouterait 3, et l'on aurait 1837, qui, divisé par 15, donnerait 122 pour quotient, et 7 pour reste. Ainsi, en 1834, nous sommes dans la 7e année du 123e cycle de l'indiction.

On voit donc, par ce qui a été dit ci-dessus, qu'afin d'avoir les trois cycles, le solaire, le lunaire, et celui de l'indiction pour une des années de l'ère chrétienne, il faut ajouter quelque chose au nombre des années de l'ère chrétienne; savoir : 9 pour le cycle solaire, 1 pour le cycle lunaire, et 3 pour l'indiction, parce que la première année de notre ère était la dixième du cycle solaire, la seconde du cycle lunaire, et la quatrième de l'indiction.

De la Réformation du Calendrier en 1582.

Dans la deuxième édition de la *Chronologie* nous avons traité assez longuement des périodes *juliennes* et autres pour les passer sous silence; ici nous parlerons seulement de la réformation du calendrier. Il y avait deux défauts dans le calendrier ancien : le premier venait de ce que l'année astronomique est plus courte que ne l'avait supposé Jules-César ; car elle n'est que de 365 j. 5 h. et environ 49', et non pas 365 j. 6 h., comme on l'avait cru ; ainsi l'erreur est de 11'. Or ces 11' font environ 24 h. en 134 ans ; en sorte qu'après ces 134 ans l'équinoxe arrive un jour plus tôt qu'il n'arrivait en faisant l'année de 365 j. 6 h. C'est pourquoi, sous le pontificat de Grégoire XIII, vers l'an 1580, l'équinoxe du printemps, qui, du temps du concile de Nicée, tenu en 325, tombait au 21 mars, arrivait pour lors au 11 de ce mois. Ainsi les 11' de différence avaient produit une différence de 10 jours entiers, que l'on voulait corriger, pour conserver l'usage qui avait eu lieu au temps du concile.

Il fut facile de remédier à cet inconvénient en retranchant 10 jours de l'année civile ; et c'est ce qui se fit à Rome l'an 1582, au mois d'octobre ; car le jour qui suit la Saint-François, c'est-à-dire le 5 de ce mois, fut compté pour le 15. Ainsi on supprima 10 jours de ce mois, et par là l'équinoxe du printemps revint au 21 de mars, parce que, par la suppression de 10 jours, on compta le 21 de mars 10 jours plus tôt qu'on n'aurait fait sans cela ; de même que l'on compta le 15 d'octobre 10 jours avant qu'on ne l'aurait compté en suivant l'ancien usage.

Mais, pour empêcher que l'on ne retombât dans le même inconvénient, on résolut de retrancher ce qu'il y avait de trop dans l'année julienne, c'est-à-dire un jour sur 134 ans, et par conséquent 3 jours sur 400 ans. On régla donc que, sur 400 ans, les dernières années des trois premiers siècles ne seraient pas bissextiles, et qu'il n'y aurait que la dernière du 4e siècle qui le serait. Par exemple, les années 1700 et 1800 n'ont pas été bissextiles : 1900 ne le sera pas non plus, mais l'an 2000 le sera. Ainsi, comme selon le calendrier Julien, la dernière de quatre années consécutives est la seule qui soit bissextile; de même aussi, selon le calendrier grégorien, sur quatre centièmes années, il n'y a que la dernière qui soit bissextile. Par ce moyen, on retranche 3 jours en 400 ans; car, selon le calendrier de Jules-César, la centième, c'est-à-dire la dernière année de chaque siècle, devrait toujours être bissextile. Voilà comme on a remédié au premier défaut du calendrier.

On peut donc établir pour règle, dans le calendrier grégorien, que les années séculaires ne sont bissextiles que quand, après avoir supprimé les deux zéros du nombre qui les exprime, ce nombre est encore divisible exactement par 4.

Il paraît, par ce que nous venons de dire, que l'on compte aujourd'hui douze jours de plus que l'on ne compterait, sans la correction qui a été faite par les ordres du pape Grégoire XIII, à cause des dix jours que l'on supprima tout d'un coup en 1582, et de ceux que l'on a retranchés en 1700 et 1800 : aussi, les Russes, qui n'ont pas adopté la réforme du calendrier, comptent douze jours de moins que nous, en sorte que le jour qui est, par exemple, le 21 du mois, n'est compté chez eux que pour le 9, et qu'on met sous la forme d'une fraction $^9/_{21}$; et par conséquent, les dix premiers jours de chaque mois sont comptés chez eux pour les douze derniers du mois précédent. Afin de distinguer ces deux manières différentes de compter les jours des mois, celle que conservent encore les Russes est appelée *vieux style*, et celle qui est en usage dans le reste de l'Europe s'appelle *nouveau style*. Les protestans d'Allemagne ont enfin reçu le nouveau style en 1700, quoiqu'il ait été réglé par un pape; mais les Anglais ne l'ont adopté qu'en 1752.

Le second défaut du calendrier ancien, c'est que les nouvelles lunes n'étaient pas indiquées exactement par les nombre d'or qui avaient été placés dans le calendrier vers l'an 530; mais elles précédaient de quatre jours celui auquel elles étaient marquées : par exemple, la nouvelle lune, qui était marquée au 5 de janvier, arrivait au premier de ce mois. Cela vient de ce que la durée de 235 lunaisons contenues en 19 ans est un peu plus courte que les 19 années : car il arrive de là, comme nous l'avons dit, qu'après 625 ans la nouvelle lune tombe deux jours plus tôt qu'auparavant; et si 625 ans font une erreur de deux jours, 1250 ans ont dû produire une erreur de quatre jours. Or, il faut compter environ 1250 ans jusqu'au temps de Grégoire XIII; car, quoique les nombres d'or aient été placés dans le calendrier vers l'an 530, on les a néanmoins disposés comme on aurait fait du temps du concile de Nicée, tenu en 325.

Il paraîtrait donc qu'il aurait fallu remettre les nombres d'or quatre ligne plus haut, c'est-à-dire quatre jours plus tôt qu'ils n'étaient, afin qu'ils indiquassent au juste les nouvelles lunes. Mais le retranchement de dix jours, dont nous avons parlé, obligeait au contraire de faire descendre les nombres d'or dix places au-dessous de celles qu'ils occupaient. Par exemple, ceux qui étaient au 5 et au 6 de janvier devaient être remis au 15 et au 16 de ce mois. La raison de cela est que les deux jours qui, sans la réforme, auraient été appelés le 5 et le 6 janvier, sont devenus, par cette réforme, le 15 et le 16; de même que le jour du mois d'octobre, qui aurait été appelé le 5, fut compté pour le 15. Ainsi, puisque d'un côté il fallait remonter les nombres d'or de quatre jours vers le commencement de chaque mois, et que, de l'autre, il fallait les faire descendre de dix jours vers la fin, il s'ensuit qu'en faisant une juste compensation, il fallait les abaisser seulement de six places; et par conséquent, ceux qui répondaient, avant la réforme, au 5 et au 6 de janvier, devaient être remis au 11 et au 12: ainsi de tous les autres nombres d'or à proportion.

Il n'aurait pas été difficile de remettre les nombres d'or six places au-dessous de celles qu'ils occupaient, afin qu'ils indiquassent exactement les nouvelles lunes; mais le calendrier aurait encore eu besoin dans la suite d'une nouvelle réforme, si l'on n'avait fait d'autre changement; car, 1° toutes les fois qu'on aurait retranché un jour dans l'année à la fin du siècle, il aurait fallu abaisser les nombres d'or d'une ligne, comme il paraît par ce que nous venons de dire touchant le retranchement des dix jours. Or Grégoire XIII ordonna qu'on retrancherait un jour sur chaque centième année, excepté chaque quatrième siècle. 2° Il aurait fallu, au contraire, remonter les nombres d'or au bout de 312 ans et demi, parce que, après ce nombre d'années, les nouvelles lunes arrivent un jour plus tôt qu'auparavant, comme nous l'avons fait voir.

Lorsque la nouvelle lune arrive un jour plus tard qu'auparavant, les *computistes* appellent ce retardement *métemptose* ou *équation solaire*; et, au contraire, ils nomment *proemptose* ou *équation lunaire* l'anticipation de la nouvelle lune, c'est-à-dire, quand elle arrive un jour plus tôt qu'auparavant, par l'imperfection du cycle lunaire.

Après ce que nous avons dit, on voit que les nombres d'or n'étaient pas propres pour un calendrier perpétuel; les astronomes en convenaient, mais il fallait une autre méthode. Un savant astronome et médecin de Naples, appelé Aloysius-Lilius (Luigi Lilio), proposa un moyen de faire un calendrier perpétuel qui indiquât les nouvelles lunes pour tous les jours de chaque année, par le moyen des *épactes* : c'est ce que nous allons expliquer d'après le grand traité du P. Clavius, auquel M. Lalande a fait quelques additions dans son astronomie.

Des Epactes.

Ce nom vient d'un mot grec qui signifie *ajouter*, parce qu'en effet l'*épacte* est le supplément de jours qu'il faut *ajouter* à l'année lunaire pour l'égaler à l'année solaire. Les épactes sont trente nombres que l'on écrit ordinairement en chiffres romains à côté des jours du mois, comme on plaçait autrefois les nombres d'or dans notre calendrier; chez nous elles sont écrites à droite de chaque colonne en chiffres arabes. Mais il existe cette différence entre les épactes et les nombres d'or, qu'il y a des épactes vis-à-vis de tous les jours du mois : les nombres d'or, au contraire, ne se trouvaient que vis-à-vis de quelques jours du mois, c'est-à-dire de ceux où il arrivait des nouvelles lunes pendant les 19 ans du cycle lunaire. Il n'y avait, par exemple, dans le mois de janvier, que 20 jours qui eussent des nombres d'or ; c'est même pour ce sujet que ces nombres étaient insuffisans pour marquer les nouvelles lunes.

Les épactes ont été placées à côté des jours du mois dans un ordre rétrograde, en sorte que le zéro qui tient lieu de l'épacte 30 est à côté du premier jour de janvier; ensuite l'épacte 29 est placée à côté du second, 28 vis-à-vis du troisième jour, ainsi de suite jusqu'à l'épacte 1, qui répond au 30 de ce mois. Après cela revient le 0, qui répond au 31, et ensuite 29 à côté du premier, 28 à côté du 2, etc. (Voyez le Calendrier.)

Les 30 épactes ainsi disposées répondent à 30 jours, et par conséquent elles désignent les 30 jours des mois lunaires qui sont pleins; mais parce qu'il y en a six dans l'année qui sont caves, c'est-à-dire de 29 jours, on a mis ensemble les deux épactes 25 et 24, en sorte qu'elles répondent à un même jour dans ces différens mois; savoir : au 5 février, au 5 avril, au 3 juin, au 1er août, au 29 septembre, et au 27 novembre; et comme la colonne des épactes était trop étroite dans notre calendrier, on y a remplacé le chiffre 25 par une étoile *, et on n'a mis que le nombre 24. Par ce moyen les 30 épactes ne répondent qu'à 29 jours dans ces six mois.

On a donné le nom d'épactes à ces 30 nombres, parce que celui qui sert pour chaque année désigne l'épacte de cette année. Or l'épacte n'est autre chose que le nombre de jours dont la nouvelle lune précède le commencement de l'année civile. Par exemple, il y a 20 d'épacte en 1834, parce que la lune avait 20 jours quand cette année commença : c'est donc pour cela que l'épacte de l'année 1834 est 20. On peut dire aussi que l'épacte d'une année désigne le nombre de jours qui restaient au mois de décembre précédent, après la lune qui s'est terminée dans ce mois. Cela revient au même que la définition précédente.

L'épacte vient de ce que l'année solaire est plus grande que la lunaire, la première étant de 365 jours, et la seconde de 354 seulement. C'est pour cela que l'on dit souvent que l'épacte est l'excès de l'année solaire sur l'année lunaire; mais cette notion de l'épacte pourrait faire croire qu'elle doit toujours être la même, d'autant que l'excès de l'année solaire sur l'année lunaire est toujours onze.

L'usage de l'épacte de chaque année consiste donc à indiquer les jours auxquels arrivent les nouvelles lunes pendant le cours de l'année. Prenons pour exemple 20, qui est l'épacte de 1834; elle se trouve à côté du 11 janvier, du 9 février, du 11 mars, du 9 avril, du 15 août, etc. Ainsi la nouvelle lune est indiquée pour tous ces jours en 1834. Il faut cependant remarquer que le plus souvent la nouvelle lune arrive un ou deux jours avant celui qui est marqué par l'épacte, quelquefois même trois jours; elle arrive fort rarement le même jour. On l'a fait exprès pour que la Pâque des chrétiens ne concourût pas avec celle des juifs.

L'épacte 0, qui tient lieu de 30, répond au 1er janvier, ensuite 29 au 2 de ce mois, 28 au 3, 27 au 4, ainsi de suite dans un ordre rétrograde, afin que ces nombres puissent marquer l'épacte, c'est-à-dire le nombre des jours de la lune au commencement de l'année pendant laquelle ils indiquent les nouvelles lunes. Prenons pour exemple l'épacte 29 : je dis qu'elle doit répondre au 2 janvier. Quand la dernière lunaison d'une année finit au 2 décembre, comme il reste encore 29 jours jusqu'à la fin du mois, l'épacte de l'année suivante doit être XXIX. Or il est nécessaire que cette épacte soit placée au 2 janvier pour marquer la nouvelle lune, parce que la lunaison, qui est composée de 30 jours, ayant commencé le 3 décembre, il faut qu'elle finisse au 1er janvier : il parait donc que l'épacte XXIX doit être placée au 2 janvier, afin de marquer le jour de la nouvelle lune. Par une raison semblable, l'épacte XXVIII doit répondre au 3 janvier; car, lorsque la dernière lune d'une année finit au 3 décembre, il reste encore 28 jours jusqu'à la fin de ce mois : l'épacte de l'année suivante sera donc XXVIII. Or il faut qu'elle soit placée au 3 janvier, parce que la lune ayant commencé au 4 décembre, il faut qu'elle finisse au 2 janvier, et qu'ainsi la suivante commence au 3. On trouvera de même que les autres épactes doivent être disposées dans un ordre rétrograde, afin qu'elles puissent marquer combien la lune a de jours quand l'année commence.

Afin de comprendre pourquoi on place 0 (zéro) ou * au lieu de 30 au 1er janvier, il faut faire attention que l'épacte d'une année marque le nombre de jours qui restaient du mois de décembre précédent, après la fin de la lune qui s'est terminée dans ce mois. Or, il peut arriver qu'il y ait une lune qui se termine au 1er décembre et une autre au 31. Si l'on a égard à celle qui se termine au 1er décembre, l'épacte de l'année suivante doit être XXX, parce qu'il reste 30 jours après le 1er de ce mois jusqu'à la fin; mais si l'on a égard à la lunaison qui se termine au dernier jour du mois, l'épacte de l'année suivante doit être zéro ou nulle. Ainsi, pour indiquer la nouvelle lune qui tombe au 1er janvier, il faudrait mettre à ce jour XXX par rapport à la première lune, et 0 par rapport à la dernière; mais, au lieu de XXX et de 0, on met aussi l'astérisque *, qui peut également signifier XXX.

Enfin, on trouvera, dans les anciens calendriers, l'épacte XIX placée à côté de l'épacte XX au 31 décembre; elle sert seulement lorsque l'épacte xix concourt avec le nombre d'or xix. Dans cette année, qui est la dernière des sept embolismiques à cause du nombre d'or xix, la lune qui commence au second jour de décembre où se trouve l'épacte xix doit finir au 30 du mois : puisque cette lune ne contient que 29 jours; par conséquent la nouvelle lune doit être le 31. Ainsi l'épacte xix doit aussi se trouver à côté de ce jour. D'ailleurs, comme on suppose que l'épacte xix concourt avec le nombre d'or xix; pour avoir l'épacte de l'année suivante, il faut ajouter 12 à 19, comme nous le dirons dans la suite, et ôter 30 de la somme 31; le reste 1 sera l'épacte de cette année. Or l'épacte I ne se rencontre pas avant le 30 de janvier : c'est pourquoi, si l'on n'avait pas placé xix au 31 décembre, il n'y aurait point eu de nouvelle lune indiquée dans le calendrier, depuis le 2 décembre jusqu'au 30 janvier suivant : c'est à quoi il fallait remédier.

Au reste, il n'y a pas lieu de craindre qu'il y ait deux nouvelles lunes indiquées au 31 décembre, pendant la révolution du cycle lunaire, à cause des deux épactes xix et xx qui répondent à ce jour, parce que l'épacte xx ne se trouve pas dans la suite des épactes où xix concourt avec le nombre d'or xix. La dernière fois que l'épacte xix a concouru avec le nombre d'or xix a été en 1690, et cela n'arrivera pas avant l'an 8500; mais on a prévu tous les cas, comme on peut le voir plus au long dans *l'Astronomie* de Lalande.

Voici le calendrier grégorien qui est présentement en usage dans tous les pays catholiques. Il y a trois colonnes pour chaque mois; la première contient la date des jours du mois, la seconde les lettres dominicales, et la troisième les épactes.

Nous ne reproduisons ici que les trois premiers mois de l'année, parce que nous donnerons à la fin de ce volume un calendrier perpétuel dans lequel on trouvera les noms des saints dont la fête tombe à chaque quantième du mois.

JANVIER.			FÉVRIER.			MARS.		
J. du mois.	Lett. dom.	Cycle des Epactes.	J. du mois.	Lett. dom.	Cycle des Epactes.	J. du mois.	Lett. dom.	Cycle des Epactes.
1	A	*	1	D	XXIX	1	D	*
2	B	XXIX	2	E	XXVIII	2	E	XXIX
3	C	XXVIII	3	F	XXVII	3	F	XXVIII
4	D	XXVII	4	G	25. XXVI	4	G	XXVII
5	E	XXVI	5	A	XXV. 24	5	A	XXVI
6	F	24. XXV	6	B	XXIII	6	B	XXV. 25
7	G	XXIV	7	C	XXII	7	C	XXIV
8	A	XXIII	8	D	XXI	8	D	XXIII
9	B	XXII	9	E	XX	9	E	XXII
10	C	XXI	10	F	XIX	10	F	XXI
11	D	XX	11	G	XVIII	11	G	XX
12	E	XIX	12	A	XXVII	12	A	XIX
13	F	XVIII	13	B	XVI	13	B	XVIII
14	G	XVII	14	C	XV	14	C	XVII
15	A	XVI	15	D	XIV	15	D	XVI
16	B	XV	16	E	XIII	16	E	XV
17	C	XIV	17	F	XII	17	F	XIV
18	D	XIII	18	G	XI	18	G	XIII
19	E	XII	19	A	X	19	A	XII
20	F	XI	20	B	IX	20	B	XI
21	G	X	21	C	VIII	21	C	X
22	A	IX	22	D	VII	22	D	IX
23	B	VIII	23	E	VI	23	E	VIII
24	C	VII	24	F	V	24	F	VII
25	D	VI	25	G	IV	25	G	VI
26	E	V	26	A	III	26	A	V
27	F	IV	27	B	II	27	B	IV
28	G	III	28	C	I	28	C	III
29	A	II				29	D	II
30	B	I				30	E	I
31	C	*				31	F	*

Pour avoir l'épacte d'une année, il suffit d'ajouter onze à celle de l'année précédente ; et si la somme n'excède pas 30, ce sera l'épacte cherchée; mais quand la somme surpasse 30, il faut ôter 30 (nombre de jours qui forment une lunaison), et le reste est l'épacte de l'année proposée. Par exemple, pour avoir l'épacte de 1833, j'ajoute 11 à celle de 1832, qui est 28, et la somme 39 serait l'épacte de 1833 ; mais comme on retranche 30, il reste 9 pour l'épacte 1833 ; pour avoir l'épacte de 1834, il suffit d'ajouter 11, et l'on a 20 pour cette dernière épacte. Cette méthode souffre une exception dans un cas, lorsque le nombre d'or est 1 ; car pour lors il faut ajouter 12 à la dernière épacte. Ainsi, comme le nombre d'or de 1748 était 1, il fallut ajouter 12 à XVIII, épacte de 1747 ; et la somme XXX, ou plutôt l'astérisque ou étoile * ou bien 0, mis à la place de XXX, était l'épacte de 1748.

Voici pourquoi l'on retranche 30 lorsque la somme surpasse ce nombre. Les onze unités que l'on ajoute chaque année à l'épacte de l'année précédente viennent de ce que l'année solaire est plus grande de 11 jours que l'année lunaire. Or ces 11 jours, ajoutés les uns aux autres, forment les sept mois embolismiques d'un cycle lunaire, qui sont composés de 30 jours. Il faut donc que l'on retranche toujours 30 jours de la somme qu'on obtient en ajoutant 11 chaque année, au lieu de retrancher alternativement 30 et 29 jours.

On remarquera cependant que les 11 jours ajoutés chaque année ne font que 19 fois 11 jours, ou 209 jours pendant le cours du cycle lunaire. Or ces 209 jours font 7 mois embolismiques, dont les 6 premiers sont de 30 jours, mais le dernier n'est que de 29 jours. Ainsi, on voit que, sur la fin du cycle lunaire, on ne devrait retrancher que 29 de la somme pour le dernier mois embolismique.

Il faut avouer que le dernier retranchement, qui n'a été établi que pour garder l'uniformité, produit une erreur, en ce que cela diminue d'une unité le reste de la soustraction ; mais ce défaut est aussitôt réparé, parce qu'au lieu d'ajouter seulement 11 à l'épacte de la dernière année du cycle, on ajoutera 12. Cette addition de 12 au lieu de 11 se doit donc faire dans chaque année qui a 1 pour nombre d'or : c'est ce que l'on a fait en 1710, 1729, 1748, 1767, etc., etc., parce que toutes ces années avaient 1 pour nombre d'or.

De l'Usage du Calendrier.

Il y a deux usages du calendrier qui dépendent des épactes : le premier sert à connaître l'*âge* de la lune pour tous les jours de l'année ; le second est pour trouver quel jour on doit célébrer la fête de Pâques, et c'était un objet capital dans l'idée des réformateurs.

Afin de connaître l'âge de la lune par le calendrier, il faut chercher d'abord quelle est l'épacte de l'année dans laquelle arrive le jour proposé; ensuite voir dans le calendrier le dernier jour vis-à-vis duquel se trouve cette épacte avant celui dont il s'agit; ce jour auquel répond l'épacte est celui de la nouvelle lune.

Il sera facile de trouver l'*âge* ou le quantième de la lune, c'est-à-dire depuis combien de temps la nouvelle lune est passée. Par exemple, je veux savoir quel est le quantième de la lune pour le 10 septembre 1834. L'épacte de cette année est xx; or cette épacte se trouve vis-à-vis du 4 septembre : la nouvelle lune arrive donc ce jour-là (rigoureusement parlant, c'est le 3, à 3 heures du soir). Par conséquent, en comptant à partir de ce jour et en comprenant ce jour lui-même, le 10 septembre est le 7 de la lune. Nous devons faire remarquer que le calendrier n'indique ordinairement les nouvelles lunes vraies qu'un ou deux jours après qu'elles sont arrivées.

Il y a une autre méthode plus commune, indépendante du calendrier : elle consiste à prendre la somme de trois nombres; savoir : de l'épacte, des jours du mois depuis le premier inclusivement jusques et y compris celui pour lequel on cherche l'âge de la lune, et enfin des mois depuis celui de mars exclusivement; car je suppose qu'il sagit de quelques-uns des mois qui sont après celui de mars : si ces trois nombres ajoutés ensemble ne surpassent pas 30, ils marquent l'âge de la lune; mais s'ils sont plus grands que 30, il faut ôter 30, et le reste montrera l'âge de la lune. Par exemple, pour connaître l'âge de la lune au 15 août 1834, je prends l'épacte xx, qui est celle de 1834; puis j'y ajoute 15, qui sont les jours passés depuis le commencement du mois; ensuite j'y ajoute encore 5, qui marque le nombre des mois après mars jusqu'au mois d'août inclusivement; la somme est 40; d'où j'ôte 30, et le reste 10 marque l'âge de la lune au 15 août 1834.

Voici la raison de cette méthode. L'épacte d'une année marque l'âge de la lune avant le commencement de cette année. Ainsi l'épacte xx montre que la lune avait 20 jours au 31 décembre 1833; et comme les mois de janvier et de février pris ensemble sont égaux à la durée de deux lunaisons, il s'ensuit que le dernier jour de février 1834 était encore le 20 de la lune. Par conséquent, s'il s'agissait de savoir le quantième de la lune pour un jour du mois de mars, par exemple pour le 5, il suffirait d'ajouter à l'épacte le nombre des jours passés depuis le commencement du mois. Dans l'exemple proposé, il faudrait donc ajouter 5 à 20, et la somme 25 désignerait l'âge de la lune au 5 mars. D'où il est facile de voir que si tous les mois lunaires étaient égaux aux mois solaires et civils, il suffirait d'ajouter ces deux nombres, savoir l'épacte et les jours du mois; mais, depuis le mois de mars les mois solaires excédant les lunaires d'un jour, il est nécessaire d'ajouter à ces deux nombres autant de fois 1 qu'il y a de mois passés depuis le mois de mars.

Pour ce qui est des mois de janvier et de mars, on prend seulement la somme de l'épacte et des jours du mois; et quand il s'agit de février, on ajoute 1 à la somme de ces deux nombres. Ainsi, pour savoir l'âge de la lune au 20 février 1834, je prends xx, qui est l'épacte de l'année; puis j'y ajoute 20 pour les jours du mois, et 1 à cause des 31 jours de janvier; la somme est 41 : d'où ôtant 30 il reste 11, qui est l'âge de la lune au 20 février 1834 selon cette méthode, quoique, suivant le calendrier grégorien, nous trouvions que ce jour est le 12 de la lune.

On peut perfectionner cette méthode: 1° en ne retranchant de la somme des trois nombres, quand elle monte au moins jusqu'à 30, en ne retranchant, dis-je, que 29 au lieu de 30 pour les mois pairs de la lune, savoir, le 2e, le 4e, le 6e, le 8e, le 10e, c'est-à-dire pour février, avril, juin, août, octobre et décembre, qui ne contiennent chacun que des lunaisons de 29 jours; 2° en prenant plus exactement l'épacte des mois, c'est-à-dire le 3e nombre que nous avons dit qu'il faut ajouter pour les mois passés après celui de mars. La voici écrite au-dessus de chacun des mois, selon qu'elle leur convient.

0	1	0	1	2	3
janvier,	*février,*	*mars,*	*avril,*	*mai,*	*juin,*
4	5	7	7	9	9
juillet,	*août,*	*septemb.,*	*octob.,*	*novemb.,*	*décemb.*

On voit que les épactes de septembre et de novembre surpassent celles des mois d'août et d'octobre de deux unités. C'est parce que ces deux derniers mois sont chacun de deux jours plus longs que les mois lunaires qui y répondent. Au contraire, les épactes des mois d'octobre et de décembre sont les mêmes que celles de septembre et de novembre, parce que ces deux derniers mois solaires n'excèdent pas les mois lunaires qui s'y terminent. On se souviendra aisément quelles sont les épactes des mois qui suivent celui de mars, si on fait attention qu'elles sont égales au nombre de ces mois jusqu'à celui d'août inclusivement; que celles de septembre et d'octobre sont chacune 7, et celles de novembre et de décembre sont toutes les deux 9.

Quand on parle d'épacte sans spécifier ni celle de l'année ni celle des mois, il faut entendre celle de l'année.

Selon la première correction, l'âge de la lune au 15 du mois d'août 1834 est de 11 jours, parce qu'il ne faut ôter de la somme 40 que 29, au lieu de 30.

Le second usage du calendrier, et le principal, qui a été cause que l'Eglise s'est interessée à la réforme de l'ancien calendrier, consiste à faire connaître le jour auquel on doit célébrer la fête de Pâques, d'après l'intention du concile de Nicée, quoiqu'il y ait du doute là-dessus. (*Astronomie* de Lalande, art. 1576, édition de 1792.) On suppose que le concile de Nicée, qui s'est tenu en 325, voulait qu'on célébrât la fête de Pâques le dimanche qui suit la pleine lune du jour de l'équinoxe du printemps, ou qui vient immédiatement après cet équinoxe. Or l'équinoxe du printemps était alors le 26 du mois de mars, et d'ailleurs le jour de la pleine lune est toujours le 14^e^ après celui de la nouvelle lune inclusivement.

Il suit de là que si la nouvelle lune tombe au 8 de mars, la pleine lune tombera au 21, qui est le jour de l'équinoxe; et par conséquent cette pleine lune sera *pascale*, c'est-à-dire qu'il faudra célébrer Pâques le premier dimanche qui la suivra. Pareillement, si la nouvelle lune tombait quelques jours après le 8 de mars, la pleine lune suivante serait aussi pascale. Si, au contraire, la nouvelle lune tombait au 7 de mars, ou quelques jours avant, la pleine lune arriverait avant l'équinoxe, et par conséquent il faudrait attendre la pleine lune suivante pour faire la célébration de Pâques. Cela posé, voici comment on trouve le jour de Pâques.

Cherchez 1° l'épacte et la lettre dominicale de l'année proposée; 2° voyez ensuite quel est le premier jour, après le 7 mars, auquel répond l'épacte de l'année dans le calendrier, ce jour est le premier de la lune pascale; 3° Comptez 14 jours depuis celui de la nouvelle lune inclusivement, le quatorzième sera la pleine lune pascale ; 4° enfin, voyez le premier jour après cette pleine lune auquel répond la lettre dominicale, ce jour est le dimanche de Pâques.

Je veux, par exemple, savoir quel jour du mois a dû arriver la fête de Pâques l'année 1834 : je cherche d'abord l'épacte, qui est XX, et la lettre dominicale, qui est E ; 2° je regarde dans le calendrier quel est le premier jour, après le 7 mars, auquel répond l'épacte XX, et je vois que c'est le 11 (rigoureusement parlant, c'était la nouvelle lune le 10, à 11 h. 26 min. du matin) : ainsi ce jour est la nouvelle lune ; 3° je compte 14 jours depuis le 11 inclusivement, et je trouve que le quatorzième est le 25 du mois de mars ; la pleine lune arrive donc le 25 de mars ; 4° je cherche à la suite du 25 mars quel est le premier jour à côté duquel se trouve la lettre E (ou le premier dimanche), et je vois que c'est le 30 mars ; c'est par conséquent le dimanche de Pâques 1834.

Quand même le calendrier ne montrerait pas exactement la nouvelle ni la pleine lune, on ne laisserait pas de suivre la méthode que nous venons d'expliquer, parce que le temps de la célébration de Pâques dépend de la nouvelle et de la pleine lune moyenne ; non pas de la pleine lune astronomique, mais de celle qui est indiquée par le calendrier ecclésiastique.

Pâques ne peut arriver plus tôt que le 22 mars ni plus tard que le 25 avril ; c'est ce que nous allons faire voir. Selon l'intention du concile de Nicée, afin qu'une pleine lune soit pascale, il faut qu'elle arrive au plus tôt le jour même de l'équinoxe, c'est-à-dire le 21 de mars, ou après ce temps. Or on ne célèbre la Pâque qu'après la pleine lune pascale : par conséquent on ne peut la célébrer plus tôt que le 22 mars : c'est ce qui arrive quand la pleine lune tombe au 21 de mars, et que ce jour est un samedi. En second lieu, cette fête peut être reculée jusqu'au 25 avril : car si la nouvelle lune tombe au 7 de mars, la pleine lune arrivera le 20 de ce mois; elle ne sera donc pas pascale : ainsi il faudra attendre la nouvelle lune suivante, qui n'arrivera que le 5 d'avril : d'où, comptant 14 jours pour la pleine lune, on trouvera qu'elle doit tomber au 18 de ce mois, qui peut être un dimanche : il faudra attendre le dimanche suivant : or ce dimanche suivant sera nécessairement le 25 d'avril.

Il est évident que Pâques ne peut pas être reculé plus loin : car si la nouvelle lune, au lieu d'arriver le 7 de mars, était tombée au 8, la pleine lune aurait été pascale, puisqu'elle serait arrivée le 21 de ce mois.

Autre méthode pour trouver le jour de Pâques et l'age de la lune.

On publia vers 1740 une autre méthode pour trouver le jour de Pâques; elle dépend d'un changement fait dans le calendrier, qui consiste à mettre les épactes des pleines lunes à la place de celles des nouvelles ; ce changement fut proposé par le Père Méliton, capucin. Cette substitution des épactes des pleines lunes à celle des nouvelles fait trouver la fête de Pâques plus aisément, et d'ailleurs elle fait connaître la bonté et la justesse du calendrier ecclésiastique, qui doit montrer les pleines lunes plus exactement que les nouvelles, parce que l'Eglise ne s'intéresse qu'au jour de la pleine lune pascale qui arrive le 21 du mois de mars, ou quelques jours après. Aussi les réformateurs ont mieux aimé que le calendrier marquât exactement la pleine lune, qui est toujours censée le 14 du mois lunaire, que la nouvelle. Il y a tant de variété dans l'intervalle de la nouvelle à la pleine lune qu'il n'est pas possible de déterminer exactement dans le calendrier l'une et l'autre de ces deux phases d'une manière fixe et constante; si les nouvelles lunes sont bien marquées, les pleines lunes seront mal indiquées ; et réciproquement, si celles-ci le sont bien, les premières le seront mal. Il est donc à propos de prendre, pour l'usage du calendrier, des épactes qui montrent les pleines lunes, plutôt que d'autres qui indiquent les nouvelles : c'est ce qu'a fait le Père Méliton. Le calendrier qu'il proposa est le même que celui de Grégoire XIII avec un léger changement; mais l'usage en est différent.

Nous avons dit que la pleine lune était toujours censée le 14 du mois lunaire. Il est cependant vrai qu'elle n'arrive ordinairement que le 16 du mois, en commençant à compter ce mois du moment où la lune répond au même point de l'écliptique que le soleil, qui est le temps de la nouvelle lune astronomique. Si donc il s'agit de celle-là, on peut dire que la pleine lune est le 16 du mois lunaire. Mais le calendrier marque seulement le temps de la nouvelle lune civile, qui est le jour où l'on commence à apercevoir la lune le soir, après qu'elle a quitté le soleil. Or cette nouvelle lune n'arrive qu'environ deux jours après la première ; ainsi la pleine lune est le 14e jour, eu égard à cette nouvelle lune. Mais nous n'entrerons pas dans de plus grands détails.

Du Calendrier perpétuel.

Résumons tout ce que nous avons, trop longuement peut-être, exposé sur le comput ecclésiastique, et faisons-en l'application à la formation d'un calendrier perpétuel. Remarquons d'abord que les subdivisions de l'année n'ont pas été réglées par des phénomènes solaires. On la partage en 12 mois; mais si l'on eût donné 30 jours à chacun, on n'aurait eu que 360 jours; ce qui a conduit à distribuer les 5 ou 6 autres jours dans ces 12 mois. On a choisi l'ordre suivant, qu'on a supposé s'accorder avec la marche du soleil, et amener à la même date le passage de cet astre dans les divers signes.

HIVER.	PRINTEMPS.
1. Janvier, 31 jours.	4. Avril, 30 jours.
2. Février, 28 ou 29.	5. Mai, 31.
3. Mars, 31.	6. Juin, 30.

ÉTÉ.	AUTOMNE.
7. Juillet, 31 jours.	10. Octobre, 31 jours.
8. Août, 31.	11. Novembre, 30.
9. Septembre, 30.	12. Décembre, 31.

Les mois sont ainsi alternativement de 31 et 30 jours, excepté les mois consécutifs de juillet et août qui ont 31, et février qui a 28 jours dans les années communes, et 29 dans les bissextiles.

On emploie encore une autre subdivision de l'année, qui est la *semaine* formée de 7 jours : *lundi*, *mardi*, *mercredi*, *jeudi*, *vendredi*, *samedi* et *dimanche*. L'année est composée de 52 semaines : chacun de ces noms revient ainsi 52 fois par an ; mais comme 52 fois 7 jours ne donnent que 364 jours, celui qui commence l'année se reproduit une 53e fois pour la terminer. Si l'année est bissextile, le 2 janvier porte le nom du jour terminal. La dénomination du premier jour de l'an est donc la même que celle du 30 décembre suivant, ou du 31 si l'année est bissextile. La même chose a lieu pour toute autre date : le 1er mars porte le nom du 28 février suivant, etc.

Lorsqu'on change de mois, pour trouver le jour initial du nouveau mois il suffit de procéder de 2 ou 3 rangs au-delà de l'initial du premier mois, selon que celui-ci a 30 ou 31 jours, 2 si le mois a 30, et 3 s'il a 31. Par exemple, si mars commence par un samedi, avril a pour premier jour le mardi, qui vient 3 jours après, attendu que mars a 31 jours ; mai commence par le jeudi, deux rangs après, parce que avril n'a que 30 jours, etc.

Remarquons que, dans un mois quelconque, *les nombres*

1, 8, 15, 22, 29,

disposés de 7 en 7, *appartiennent à des dates de même dénomination* (au même jour). Si l'on se grave ces 5 nombres dans la mémoire, ainsi que le nom du premier jour du mois, on a le nom de quatre autres dates, et par suite les noms des autres jours de ce mois. Je sais, par exemple, que le mois commence par un samedi, j'en conclue que le 8, le 15, le 22 et le 29 de ce mois sont aussi des samedis. Si je veux connaître le nom du 19, quatre jours au-delà du 15, en comptant quatre rangs au-delà de samedi, je trouve que le 19 est un mercredi.

Le nom du jour qui convient à chaque date est connu, lorsqu'on sait le nom du premier jour du mois; par exemple du 1er mars, que nous choisissons de préférence, pour que les intercalations des bissextiles soient moins gênantes. Dans le siècle de 1800 à 1900, on compte, en partant de la colonne C, 1800 sur le premier nom, *samedi*; 1801 sur le deuxième, *dimanche*; 1802 sur le 3e *lundi*, etc.; 1804 sur *jeudi*, initial de la colonne D, et ainsi de suite. Lorsqu'on a terminé la dernière colonne, on revient jusqu'à la première A, qui répond à 1820, et on continue périodiquement jusqu'à ce qu'on arrive à l'année proposée, de laquelle on a ainsi le jour initial de mars. Nous avons inscrit quelques années, pour rendre plus aisé l'usage de ce tableau. On voit, par exemple, qu'en 1855 (colonne B), mars commence par un *jeudi*; c'est un samedi en 1856, colonne C, etc. *

---

* On peut aussi, dans le dix-neuvième siècle, suivre cette règle : *Au nombre exprimé par les deux chiffres à droite du millésime* (par exemple 34 pour 1834), *ajoutez son quart* (*en rejetant les fractions, s'il y en a*), *ôtez un*, *puis tous les 7, ou, autrement dit, divisez par 7*; si le reste est 1, l'initial de mars sera un lundi; ce sera un mardi si le reste est 2; un mercredi si le reste est 3, etc.; un dimanche si le reste est zéro. Par exemple, pour 1834, je prends le quart de 34, qui est 8 pour 32, je néglige le reste 2, j'ajoute 8 à 34, et j'ai 42, d'où retranchant 1 j'obtiens 41, qui, divisés par 7, me donnent 6 pour reste. Ce reste 6 m'annonce que mars 1834 commence par un *samedi*.

A	B	C	D			
Merc. 20	Lun. 80	Sam 28	Jeud. 60	Mar. 8	Dim. 40	Vend. 4[illegible]
Jeud. 77	Mar. 25	Dim. 85	Vend. 5	Merc. 65	Lun. 13	Sam. 7[illegible]
Vend. 50	Merc. 82	Lun. 30	Sam 90	Jeud. 10	Mar. 70	Dim. 18
Sam. 23	Jeud 55	Mar. 59	Dim. 35	Vend. 95	Merc. 15	Lun. 7[illegible]

De 1900 à 2000, on opérera de même, en partant de la colonne D (1900, jeudi; 1901, vendredi; 1902, samedi.....); de 2000 à 2100, on partira de la colonne A (2000, mercredi; 2001, jeudi.....); de 2100 à 2200, de la colonne B, etc., changeant ainsi périodiquement de colonne, et partant seulement des quatre premières A, B, C, D. Cette règle est générale pour tous les siècles futurs et passés. Bien entendu que le système de numéros inscrits au tableau change avec les siècles.

On trouvera ci-après, dans ce volume, un *calendrier perpétuel*. Les noms des jours de la semaine y sont remplacés par les lettres A, B, C, D, E, F, G, écrits périodiquement devant les dates respectives. Si l'année commence par un mercredi, ce jour est désigné par A durant toute l'année; jeudi l'est par B..., dimanche par E. La lettre qui indique le dimanche se nomme *dominicale* : elle change chaque année, et rétrograde d'un rang, parce que l'année a un jour de plus que 52 semaines. Dans les années bissextiles, comme février a un jour de plus que ne porte notre calendrier, la lettre qui a désigné dimanche en janvier et février, désigne lundi en mars, avril... : ainsi, les bissextiles ont deux lettres dominicales, et celle qui convient aux dix derniers mois, précède celle des mois de janvier et février dans l'ordre A, B, C, D, E, F, G, A. Après une bissextile, la lettre dominicale se trouve donc avoir rétrogradé de deux rangs.

Ainsi donc, après avoir trouvé l'initial de mars, qui est un D dans le calendrier perpétuel, il sera bien aisé de reconnaître la lettre qui désigne le dimanche, en observant l'ordre des lettres D, E, F, G, A, B, C, D. C'est ainsi que mars 1848 commence par un mercredi, qu'on représente par D; donc, A est la lettre dominicale pour les dix derniers mois seulement, parce que cette année est bissextile. B sert pour les mois de janvier et de février 1848.

Pour former le calendrier d'une année proposée, après avoir déterminé la lettre dominicale, ou le nom du premier jour de mars, il faudra distribuer aux diverses dates les noms des jours correspondans, les saints et les fêtes qui s'y rapportent. Notre calendrier perpétuel servira à faire connaître ces conventions. Quant aux *fêtes mobiles*, ainsi nommées parce qu'elles changent de date chaque année, elles dépendent toutes de Pâques. On trouve d'abord le jour de la *fête de Pâques*, ainsi que nous l'avons déjà dit et que nous le répéterons; on place ensuite :

La *Septuagésime* le 9e dimanche, ou 63 jours avant Pâques;

La *Quinquagésime*, ou le dimanche gras, 49 jours avant Pâques. Le jour des *Cendres*, ou l'entrée du carême, est le mercredi suivant.

Quatorze jours avant Pâques est le dimanche de la *Passion;* sept jours avant Pâques est celui des Rameaux, que suit la *Semaine sainte*. La *Quasimodo* est le dimanche qui suit Pâques.

Le jeudi, 40e jour à compter depuis Pâques, est l'*Ascension*, qu'on fait précéder par trois jours de *Rogations*.

La *Pentecôte* est le 10e jour après l'Ascension, 50e jour après Pâques.

La *Trinité* est le dimanche suivant, ou le 8e dimanche après Pâques : la Fête-Dieu est le jeudi d'après; elle tombe à la même date que le samedi saint, mais deux mois plus tard.

Les quatre dimanches avant Noël sont ceux de l'*Avent*.

Enfin les *Quatre-Temps* sont placés aux mercredis *qui suivent* : 1° les Cendres, 2° la Pentecôte, 3° le 14 septembre, 4° le 13 décembre.

Quant aux *fêtes immobiles* ou invariables de date, c'est-à-dire indépendantes de la date de Pâques :

La *Circoncision* tombe le 1^{er} janvier, — l'*Epiphanie* ou *les Rois* le 6 janvier, — la *Purification* ou la *Chandeleur* le 2 février, — l'*Annonciation* le 25 mars (mais lorsque le dimanche de Pâques tombe avant le 1er avril, l'Annonciation est remise au lundi, huit jours après Pâques), — la *Saint-Jean* d'été le 24 juin, — la *Saint-Pierre* et *Saint-Paul* le 29 juin, — l'*Assomption* le 15 août, — la *Nativité* de la Vierge le 8 septembre, — la *Toussaint* le 1er novembre, — la *Conception* le 8 décembre, — *Noël*, jour de la *nativité* ou *naissance* de Jésus-Christ, le 25 décembre.

Tous les 19 ans les phases lunaires reviennent aux mêmes dates, parce qu'il y a juste 235 lunaisons écoulées. Si l'on construit 19 tables pour autant d'années, tables indiquant la date de chaque phase, il suffira de choisir, pour une année proposée, celle de ces tables qui doit y être appliquée.

Marquons ces tables des nos 1, 2, 3... 19, dans l'ordre de leur succession naturelle, et nommons, comme nous l'avons dit plus haut, *cycle lunaire* ou *nombre d'or* le no qui convient à chaque année. L'an qui précéda la 1re de notre ère fut la 1re du cycle, la suivante fut la 2e, l'an 2 de l'ère fut la 3e du cycle, etc. ; la période recommença l'an 19. Donc, *si l'on ajoute* 1 *au millésime et qu'on divise par* 19, *le reste sera le nombre d'or de l'année proposée*, le quotient marquera le nombre de cycles ou périodes accomplies depuis l'origine de notre ère. Ainsi, en 1834, comme 1834 plus 1 ou 1835 divisés par 19 donnent 96 pour quotient et un reste 11, 11 est le nombre d'or pour l'année 1834, ou l'an 1834 est la onzième du 97e cycle lunaire depuis l'ère chrétienne.

Mais une seule table suffit peut tenir lieu des 19 dont il vient d'être question ; on inscrit (voyez le calendrier perpétuel dans ce volume) près des jours successifs les nombres de 1 à 30 en ordre rétrograde, 30 ou 0 au 1er janvier, 29 au 2e, 28 au 3e, et ainsi en continuant. Et comme la lunaison n'a que 29 ½, on fait alternativement ces périodes de 30 et de 29 jours, c'est-à-dire qu'on *cumule de 2 en 2 mois lunaire* l'épacte 25 avec 26, si le nombre d'or est plus grand que 11, et avec 24 s'il est entre 1 et 11. Il est superflu de nous arrêter ici à la cause qui a déterminé le choix des épactes cumulées 24, 25 et 26.

Voici l'usage de ces séries : nous savons que si on a *l'âge de la lune* au renouvellement de l'année ou *l'épacte*, on trouve aisément la *première néoménie* ou *première nouvelle lune*, et par suite toutes les autres et les diverses phases moyennes. Supposons cet age donné. D'après l'ordre rétrograde de nos nombres 30 ou 0, 29, 28..., le numéro de cet âge doit répondre à la date de la première néoménie, et par suite à toutes les néoménies de l'année. Les autres phases s'obtiennent en ajoutant 6, 13 et 20 à cette épacte. En 1821 l'épacte fut 26, et nous trouvons ce nombre aux dates des 25 janvier, 4 février, 5 mars : ce furent les dates des néoménies moyennes. Les pleines lunes correspondaient aux nombres 9, les premiers quartiers aux 2, et les derniers quartiers aux nombres 16.

Enseignons donc à trouver cette épacte. Puisque l'année solaire dépasse de 11 j. la lunaire, si l'épacte est 0 pour une année, elle est 11 pour la suivante, puis 22, puis 33 (ou plutôt 3 en ôtant 30), etc. De là ce tableau de correspondance entre les nombres d'or et les épactes, qu'on peut, par approximation, regarder comme concordant avec les vraies épactes moyennes.

N. d'or.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Epactes.	*	XI	XXII	III	XIV	XXV	VI	XVII	XXVIII

N. d'or.	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Epactes.	IX	XX	I	XII	XXIII	IV	XV	XXVI	VII	XVIII

Soit l'équidifférence ou les nombres également distans les uns des autres 0, 11, 22, 33, 44... supprimez tous les multiples de 30, c'est-à-dire retranchez 30 toutes les fois que la chose sera possible, et vous aurez 0, 11, 22, 3, 14..., qui est la série des épactes. Pour avoir l'épacte d'une année proposée, il ne s'agit que de prendre le nombre dont le rang est marqué par le nombre d'or.

Cette table doit changer avec les siècles; de 1900 à 2100, il faudra ôter 1 à chaque épacte; ce ne sera plus XIV mais XIII qui répondra alors au nombre d'or 5, puis XXII au lieu de XXIII à 14, * à 12, XXIX à 1, etc. Cette altération tient à la réforme grégorienne; la période de 19 ans n'étant pas rigoureusement exacte, il faut changer aussi cette correspondance tous les 300 ans.

On ne doit d'ailleurs considérer ce mode de trouver les néoménies que comme une approximation dont le but est moins de donner les époques des phases, que de fixer la date des fêtes mobiles, ainsi que nous allons l'exposer.

L'année lunaire étant plus courte de 11 jours que la solaire, le mois surpasse d'à peu près 1 jour la lunaison. Chaque date de la néoménie arrive donc environ 1 jour plus tôt que dans le mois précédent; de là cette règle : *Pour trouver l'âge de la lune à un quantième proposé, ajoutez à cette date l'épacte de l'année et autant d'unités qu'il y a eu de mois entièrement écoulés à partir de mars; enfin, s'il se peut, retranchez* 30, *le reste sera la date lunaire.* On demande l'âge de la lune pour le 29 mai 1822. L'épacte était 7; j'ajoute à 7 et 29 le nombre du mois 2 après mars, et j'ôte 30 de la somme 38; le reste 8 annonce que le 29 mai était le 8e de la lunaison. Lorsqu'il s'agit des deux premiers mois de l'année, on substitue mars à janvier, et avril à février, les dates lunaires étant respectivement les mêmes.

D'après les décisions de l'Église, *la fête de Pâques,* avons-nous dit, *doit être célébrée le 1er dimanche d'après la pleine lune qui suit le 20 mars.* On y suppose que l'équinoxe du printemps arrive toujours le 21 mars, et que les lunaisons sont réglées sur les épactes civiles. Ces hypothèses étant défectueuses, on ne peut regarder la détermination de cette fête que comme le résultat d'une convention assez compliquée et à peu près étrangère aux phénomènes astronomiques auxquels on l'avait cru soumise. Le nombre d'or fait connaître l'épacte de l'année; d'où résultent les néoménies du mois de mars et avril. En comptant 13 jours *après* le jour de cette néoménie, ou 14 en le comptant lui-même, on arrive à la pleine lune (laquelle doit venir après le 20 mars). C'est la pleine lune pascale; le dimanche qui *suit* est la fête de Pâques.

Nous avons dit précédemment comment on trouve le nombre d'or, l'épacte, etc., et comment on en déduit le jour de Pâques; nous n'y reviendrons pas; seulement nous répéterons qu'il ne faut pas oublier que si l'épacte est 25, elle est cumulée avec 26 ou 24, selon que le nombre d'or est ou n'est pas plus grand que 11.

Nous allons indiquer ici, depuis 1819 jusqu'à 1845, la date de la fête pascale, l'épacte et le nom du jour qui commence mars, sept autres tables servent à perpétuité à trouver le dimanche de Pâques, lorsqu'on connaît l'initial de mars et l'épacte (par les procédés indiqués précédemment). On choisit la section qui se rapporte à l'initial de mars, l'épacte donne ensuite la date pascale. Par exemple, en 1861, l'épacte sera 18, mars commence par un vendredi; la table qui porte VENDREDI en tête contient à la troisième ligne (14 à 20, 31 M), qui montre que le 31 mars est un dimanche de Pâques.

AN	1er MARS.	ÉPACTES.	PAQUES.	DIMANCHE.		MERCREDI.		SAMEDI.	
1819	Lun.	4	11 A	0 et 1	19 A	0 à 4	16 A	0	20 A
20	Merc.	15	2A	2 à 8	12 A	5 à 11	9 A	1 à 7	13 A
21	Jeud.	26	22A	9 à 15	5 A	12 à 18	2 A	8 à 14	6 A
22	Ven.	7	7 A	16 à 22	29 A	19 à 23	26 M	15 à 21	30 M
23	Sam.	18	30M	23	22 M	24 à 27	23 A	22et23	23 M
1824	Lun.	*	18 A	24 à 30	19 A	28 à 30	16 A	24 à 30	20 A
25	Mar.	11	3 A						
26	Merc.	22	26M	LUNDI.		JEUDI.			
27	Jeud.	3	15 A						
28	Sam.	14	6 A	0 à 2	18 A	0 à 5	15 A		
1829	Dim.	25	9 A	3 à 9	11 A	6 à 12	8 A		
30	Lun.	6	11 A	10 à 16	4 A	13 à 19	1 A		
31	Mar.	17	3 A	17 à 23	28 M	20 à 23	25 M		
32	Jeud.	28	22 A	24et25	*25 A	24 à 28	22 A		
33	Ven.	9	7 A	26 à 30	18 A	29et30	15 A		
1834	Sam.	20	30M						
35	Dim.	1	19 A	MARDI.		VENDREDI.			
36	Mar.	12	3 A						
37	Merc.	23	26M	0 à 3	17 A	0 à 6	14 A		
38	Jeud.	4	15 A	4 à 10	10 A	7 à 13	7 A		
39	Ven.	15	31M	11 à 17	3 M	14 à 20	31 M		
1840	Dim.	26	19 A	18 à 23	27 M	21 à 23	24 M		
41	Lun.	7	11 A	24 à 26	24 A	24 à 29	21 A		
42	Mar.	18	27M	27 à 30	17 A	30	14 A		
43	Merc.	*	16 A						
44	Ven.	11	7 A						
45	Sam.	22	23M						

Nota. A désigne *Avril*, M désigne *Mars*.

* Si mars commence par un lundi, que l'épacte soit *25 et le nombre d'or plus grand que 11, la fête pascale tombe le 18 avril et non le 25.

Si la pleine lune tombe le 21 mars et que le lendemain soit un dimanche, ce jour sera celui de Pâques; c'est le plus tôt que cette fête puisse arriver (comme en 1818). Le plus tard a lieu quand la pleine lune tombe le 20 mars, et que, forcé de recourir à la lunaison suivante, qui est le 18 avril, ce jour se trouve être un dimanche, car il faut procéder 7 jours plus loin, ou le 25 avril (en 1886). La fête de Pâques tombe donc toujours du 22 mars au 25 avril.

Cette exposition suffit pour composer le calendrier. On cherche l'initial de mars ou la lettre dominicale, qui règle les dénominations de chaque jour de l'année, le nombre d'or, puis l'épacte qui détermine les phases moyennes de la lune, et la fête de Pâques. Il reste ensuite à distribuer les fêtes mobiles d'après leurs distances à cette fête, et à inscrire aux autres dates les noms des saints et des fêtes fixes.

On a coutume d'indiquer dans les calendriers les phases lunaires, les éclipses et divers autres phénomènes astronomiques. Quant aux prédictions morales et à celles des variations atmosphériques dont on a soin d'enrichir les almanachs, nous croirions faire injure à nos lecteurs en les entretenant de ces ridicules présages, qu'il faut rejeter parmi les absurdes rêveries de *l'astrologie judiciaire*.

Appliquons ces règles au calendrier de 1834. Nous avons dit comment on connaîtra l'initial de mars, qui commence par un samedi; de là résultent les noms des autres jours de l'année. D'ailleurs, comme nous l'avons dit plus haut, la lettre dominicale est E, et on peut inscrire dans le calendrier perpétuel dimanche à chaque retour de E, lundi pour F, etc. Nous indiquons ici la semaine du commencement de chaque mois.

	JANVIER.	FÉVRIER.	MARS.	AVRIL.	MAI.	JUIN.	JUILLET.	AOUT.	SEPTEMB.	OCTOBRE.	NOVEMBRE.	DÉCEMBRE.
1	Merc.	Sam.	Sam.	Mardi.	Jeudi.	Dim.	Mardi.	Vend.	Lundi.	Merc.	Sam.	Lundi.
2	Jeudi.	Dim.	Dim.	Merc.	Vend.	Lundi.	Merc.	Sam.	Mardi.	Jeudi.	Dim.	Mardi.
3	Vend.	Lundi.	Lundi.	Jeudi.	Sam.	Mardi.	Jeudi.	Dim.	Mercr.	Vend.	Lundi.	Merc.
4	Sam.	Mardi.	Mardi.	Vend.	Dim.	Merc.	Vend.	Lundi.	Jeudi.	Sam.	Mardi.	Jeudi.
5	Dim.	Merc.	Merc.	Sam.	Lundi.	Jeudi.	Sam.	Mardi.	Vend.	Dim.	Merc.	Vend.
6	Lundi.	Jeudi.	Jeudi.	Dim.	Mardi.	Vend.	Dim.	Merc.	Sam.	Lundi.	Jeudi.	Sam.
7	Mardi.	Vend.	Vend.	Lundi.	Merc.	Sam.	Lundi.	Jeudi.	Dim.	Mardi.	Vend.	Dim.

Les jours de la semaine ainsi distribués, les saints et les fêtes fixes sont classés à leur place dans le calendrier perpétuel, et il ne reste qu'à marquer les fêtes mobiles d'après la date pascale, comme nous l'avons dit plus haut.

Quant aux néoménies moyennes, on les place chaque fois que l'épacte 20 se rencontre dans le calendrier perpétuel; savoir : 11 janvier et mars, 9 février, avril et mai, 7 juin et juillet, 5 août... les pleines lunes viendront aux épactes 5, ou les 26 janvier et mars, 24 février, avril et mai, 22 juin, etc. N'oublions point que ce ne sont pas les lunaisons rigoureusement exactes, astronomiquement parlant. Voici quelques-unes de ces dernières pour 1834 : nouvelle lune, les 9 janvier, à 11 h. 19' du soir, 8 février, à 5 h. 11' du soir, 10 mars, à 11 h. 26' du matin, etc.

Dates.	JANVIER. Féeries.	Ep.	FÉVRIER. Féeries.	Ep.
1	A CIRCONCISION.	0	D S. Ignace.	29
2	B S. Basile.	29	E PURIFICATION.	28
3	C Ste. Geneviè.	28	F S. Blaise.	27
4	D S. Rigobert.	27	G S. Philéas.	26
5	E S. Siméon sty.	26	A Ste. Agathe.	24*
6	F LES ROIS.	25	B S. Vast.	23
7	G S. Théau.	24	C S. Romuald.	22
8	A S. Lucien.	23	D S. Jean de M.	21
9	B S. Pierre év.	22	E Ste. Apolline.	20
10	C S. Paul erm.	21	F Ste. Scholast.	19
11	D S. Hygin.	20	G S. Séverin ab.	18
12	E S. Arcade.	19	A Ste. Eulalie.	17
13	F Bapt. de J.-C.	18	B S. Mélèce év.	16
14	G S. Hilaire.	17	C S. Valentin.	15
15	A S. Maur.	16	D S. Faustin.	14
16	B S. Guillaume.	15	E Ste. Julienne.	13
17	C S. Antoine ab	14	F Ste. Théodule.	12
18	D Ch. S. P. à R.	13	G S. Siméon.	11
19	E S. Sulpice.	12	A S. Boniface.	10
20	F S. Sébastien.	11	B S. Eucher.	9
21	G Ste Agnès.	10	C S. Flavien.	8
22	A S. Vincent m.	9	D Ste. Isabelle.	7
23	B S. Ildefonse.	8	E S. Mérault.	6
24	C S. Babylas.	7	F S. Mathias.	5
25	D Conv. S. Paul.	6	G S. Césaire.	4
26	E Ste. Paule.	5	A S. Nestor.	3
27	F S. Julien.	4	B Ste. Honorine.	2
28	G S. Charlemag.	3	C S. Romain.	1
29	A S. Franç. de S.	2		
30	B Ste. Batilde.	1		
31	C Ste Marcelle.	0		

Dates.	MARS.		AVRIL.	
	Féeries.	*Ep.*	*Féeries.*	*Ep.*
1	D S. Aubin.	0	G S. Hugues.	29
2	E S. Simplice.	29	A S. François de P.	28
3	F Ste Cunégonde.	28	B S. Richard.	27
4	G S. Casimir.	27	C S. Ambroise.	26
5	A S. Adrien.	26	D S. Vincent f.	24*
6	B Ste. Colette.	25	E S. Prudence.	23
7	C S. Thom. d'Aq.	24	F S Hégésipe.	22
8	D S. Jean de Dieu.	23	G S. Perpet.	21
9	E Ste. Françoise.	22	A Ste. Marie égyp.	20
10	F Ste. Doctorée.	21	B S. Macaire.	19
11	G 40 Martyrs.	20	C S. Léon.	18
12	A S. Grégoire pape.	19	D S. Jules.	17
13	B Ste. Euphrasie.	18	E S. Marcelin.	16
14	C S. Lubin.	17	F S. Tiburce.	15
15	D S. Zacharie.	16	G S. Paterne.	14
16	F S. Abraham.	15	A S. Fructueux.	13
17	F Ste. Gertrude.	14	B S. Anicet.	12
18	G S. Alexandre.	13	C S. Parfait.	11
19	A S. Joseph.	12	D S. Elphége.	10
20	B S. Joachim.	11	E Ste. Hildegonde.	9
21	C S. Benoît.	10	F S. Anselme.	8
22	D S. Epaphrodite.	9	G Ste. Opportune.	7
23	E S. Victorien.	8	A S. Georges.	6
24	F Ste. Catherine.	7	B Ste. Beuve.	5
25	G S. Irénée.	6	G S. Marc.	4
26	A S. Ludger.	5	D S. Clet.	3
27	B S. Rupert.	4	E S. Anastase.	2
28	C Ste. Dorothée.	3	F S. Vital.	1
29	D S. Cyrile.	2	G S. Robert.	0
30	E S. Rieul.	1	A S. Eutrope.	29
31	F Ste. Balbine.	0		

Dates.	MAI.		JUIN.	
	Féeries.	*Ep.*	*Féeries.*	*Ep.*
1	B S. Jacq. et Phil.	28	E S. Pamphile.	27
2	C S. Athanase.	27	F S. Pothin.	26
3	D Inv. Ste.-Croix.	26	G S. Clotilde.	24*
4	E Ste. Monique.	25	A S. Optat.	23
5	F Conv. S. Aug.	24	B S. Boniface.	22
6	G S. Jean P. L.	23	C S. Norbert.	21
7	A S. Stanislas.	22	D S. Paul arch.	20
8	B S. Désiré.	21	E S. Medard.	19
9	C S. Grégoire Naz.	20	F S. Vincent.	18
10	D S. Gordien.	19	G S. Landry.	17
11	E S. Mamert.	18	A S. Barnabé.	16
12	F S. Pancrace.	17	B S. Olympe.	15
13	G S. Gervais.	16	C S. Antoine de P.	14
14	A S. Boniface.	15	D S. Rufin.	13
15	B S. Isidore.	14	E S. Guy.	12
16	C S. Honoré.	13	F S. Cyr.	11
17	D S. Paschal.	12	G S. Avit.	10
18	E S. Venance.	11	A Ste. Marine.	9
19	F S. Yves.	10	B S. Gerv. et Prot.	8
20	G S. Bernardin.	9	C S. Silvère.	7
21	A S. Hospice.	8	D S. Leufroi.	6
22	B Ste. Julie.	7	E S. Paulin.	5
23	C S. Didier.	6	F S. Adolphe.	4
24	D S. Donatien.	5	G NAT. de S. J.-B.	3
25	E S. Urbain.	4	A S. Prosper.	2
26	F S. Quadrat.	3	B S. Babolin.	1
27	G S. Hildevert.	2	C S. Ladislas.	0
28	A S. Germain.	1	D S. Loubert.	29
29	B S. Maximin.	0	E S. PIERRE et P.	28
30	C S. Hubert.	29	F Com. S. Paul.	27
31	D Ste. Pétronille.	28		

Dates.	JUILLET. Féeries.	Ep.	AOUT. Féeries.	Ep.
1	G S. Martial.	26	C S. Pierre-ès-liens.	24 *
2	A VIS. DE LA V.	25	D S. Etienne pape.	23
3	B S. Anatole.	24	E Ste. Lydie.	22
4	C Ste. Berthe.	23	F S. Dominique.	21
5	D Ste. Zoé.	22	G S. Yon.	20
6	E S. Tranquillin.	21	A Translat. J. C.	19
7	F Ste. Aubierge.	20	B S. Gaétan.	18
8	G S. Procope.	19	C S. Justin.	17
9	A S. Ephrem.	18	D S. Romain.	16
10	B Ste. Félicité.	17	E S. Laurent.	15
11	C Trans. S. Benoît.	16	F S. Suzanne.	14
12	D S. Gualbert.	15	G Ste. Claire.	13
13	E S. Eugène.	14	A S. Hippolyte.	12
14	F S. Bonaventure.	13	B S. Eusèbe.	11
15	G S. Henri.	12	C ASSOMPTION.	10
16	A S. Eustate.	11	D S. Roch.	9
17	B S. Alexis.	10	E S. Carloman.	8
18	C S. Arnould.	9	F Ste. Hélène.	7
19	D S. Vincent de P.	8	G S. Louis év.	6
20	E Ste. Marguerite.	7	A S. Bernard.	5
21	F S. Victor.	6	B S. Privat.	4
22	G Ste. Madeleine.	5	C S. Symphorien.	3
23	A S. Apollinaire.	4	D S. Thimotée.	2
24	B Ste. Christine.	3	E S. Barthélemi.	1
25	C S. Jacq. le maj.	2	F S. Louis roi.	0
26	D Trans. S. Marcel.	1	G S. Zéphirin.	29
27	E S. Pantaléon.	0	A S. Césaire.	28
28	F Ste. Anne.	29	B S. Augustin.	27
29	G Ste. Marthe.	28	C S. Médéric.	26
30	A S. Abdon.	27	D S. Fiacre.	25
31	B S. Germain Aux.	26	E S. Ovide.	24

Dates.	SEPTEMBRE.		OCTOBRE.	
	Féeries.	*Ep.*	*Féeries.*	*Ep.*
1	F S. Leu et Gilles.	23	A S. Remi.	22
2	G S. Lazare.	22	B SS. Anges gard.	21
3	A S. Grégoire pap.	21	C S. Denis aréo.	20
4	B Ste. Rosalie.	20	D S. François d'As.	19
5	C S. Victorin.	19	E S. Constant.	18
6	D S. Eleuthère.	18	F S. Bruno.	17
7	E S. Cloud.	17	G Ste. Serge.	16
8	F F. NATIV. N. D.	16	A S. Démétrius.	15
9	G S. Omer.	15	B S. Denis év.	14
10	A Ste. Pulchérie.	14	C S. Paulin.	13
11	B S. Patient.	13	D S. Gomer.	12
12	C S. Raphaël.	12	E S. Vilfrid.	11
13	D S. Amé.	11	F S. Edouard.	10
14	E Ex. Ste.-Croix.	10	G S. Caliste.	9
15	F S. Nicomède.	9	A Ste. Thérèse.	8
16	G S. Cyprien.	8	B S. Gal.	7
17	A S. Lambert.	7	C S. Cerbonney.	6
18	B S. Chrysostôme.	6	D S. Luc.	5
19	C S. Janvier.	5	E S. Savinien.	4
20	D S. Eustache.	4	F S. Caprais.	3
21	E S. Mathieu.	3	G Ste. Ursule.	2
22	F S. Maurice.	2	A S. Mellon.	1
23	G Ste. Thècle.	1	B S. Hilarion.	0
24	A S. Andoche.	0	C S. Magloire.	29
25	B S. Firmin.	29	D S. Crépin et Cr.	28
26	C Ste. Justine.	28	E S. Rustique.	27
27	D S. Côme et Da.	27	F S. Frumence.	26
28	E S. Céran.	26	G S. Sim. et Jude.	25
29	F S. Michel.	24*	A S. Faron.	24
30	G S. Jérôme.	23	B S. Lucain.	23
31			G S. Quentin.	22

Dates.	NOVEMBRE.		DÉCEMBRE.	
	Feeries.	*Ep.*	*Féeries.*	*Ep.*
1	D TOUSSAINT.	21	F S. Eloi.	20
2	E Les Morts.	20	G S. François Xav.	19
3	F S. Marcel.	19	A S. Mirocle.	18
4	G S. Charles év.	18	B Ste. Barbe.	17
5	A Ste. Bertille.	17	C S. Sabas.	16
6	B S. Léonard.	16	D S. Nicolas.	15
7	C S. Florent.	15	G Ste. Fare.	14
8	D S. Godefroi.	14	F CONCEPT. N. D.	13
9	E S. Mathurin.	13	G Ste. Gorgonie.	12
10	F S. Juste.	12	A Ste. Valère.	11
11	G S. Martin.	11	B S. Fuscien.	10
12	A S. René.	10	C S. Damase.	9
13	B S. Brice.	9	D Ste. Luce.	8
14	C S. Maclou.	8	E S. Nicaise.	7
15	D S. Malo.	7	F S. Mesmin.	6
16	E S. Edme.	6	G Ste. Adélaïde.	5
17	F S. Agnan.	5	A Ste. Olimpiade.	4
18	G Ste. Ode.	4	B S. Zozime.	3
19	A Ste. Elizabeth.	3	C S. Philile.	2
20	B S. Edmond.	2	D S. Philogone.	1
21	G Prés. N. D.	1	E S. Thomas ap.	0
22	D Ste. Cécile.	0	F S. Chéromon.	29
23	E S. Clément.	29	G Ste. Victoire.	28
24	F S. Séverin, sol.	28	A Ste. Irmine.	27
25	G Ste. Catherine.	27	B NOEL.	26
26	A Ste. Gen. des Ar.	26	C S. Etienne.	25
27	B S. Maxime.	24*	D S. Jean évang.	24
28	C S. Amédée.	23	E SS. Innocens.	23
29	D S. Saturnin.	22	F S. Thom. Cant.	22
30	E S. André.	21	G Ste. Colombe.	21
31			A S. Sylvestre.	20

Ère républicaine.

Les transactions passées dans le cours de la république française et plusieurs de nos lois en vigueur, qui furent rendues alors, portant les dates de la nouvelle ère, il est utile de connaître les dates correspondantes du calendrier grégorien, et nous ne pouvons nous dispenser d'en dire quelques mots.

Lorsque la France fut constituée en république, on imagina ce nouveau calendrier, qui avait beaucoup d'analogie avec le calendrier égyptien : en effet, l'on fit tous les mois de 30 jours, et l'on composa le mois de 3 *décades* (10 jours) ; l'année se complétait par l'addition de 5 ou de 6 *jours complémentaires*, selon qu'elle était commune ou *sextile*. Ces mois reçurent les noms suivans : *vendémiaire*, *brumaire*, *frimaire*, *nivôse*, *pluviôse*, *ventôse*, *germinal*, *floréal*, *prairial*, *messidor*, *thermidor*, *fructidor*.

Les trois premiers se rapportaient à l'automne, les trois suivans à l'hiver, les trois autres au printemps, et les trois derniers à l'été.

Ces dénominations étaient certainement très-significatives, et elles avaient de plus l'avantage d'offrir des terminaisons uniformes pour chaque saison. Enfin le quantième de la décade correspondait à celui du mois, ce qui n'était pas moins commode. Mais la difficulté était de fixer précisément le commencement de l'année, parce que l'on voulait qu'il fût déterminé par l'entrée vraie du soleil dans le signe de la balance, et arrêté chaque fois par le Corps législatif, d'après une déclaration formelle des astronomes : or cela rendait l'intercalation fort embarrassante. Néanmoins l'origine de l'ère française fut fixée au 22 septembre 1792, et il est dit, par l'art. 3 du décret du 4 frimaire an II (24 novembre 1793), que *chaque année commence à minuit, avec le jour où tombe l'équinoxe vrai.*

Il est probable que si nos astronomes eussent été libres de fixer le commencement de l'année, ils l'auraient placé à l'équinoxe du printemps ou au solstice d'hiver, et auraient imaginé un mode d'intercalation plus simple et plus régulier que celui qui est relatif au calendrier français; mais puisque ce calendrier ne pouvait, sous plusieurs rapports, obtenir l'assentiment des autres nations, il valait encore mieux y renoncer entièrement, comme on l'a fait depuis le 1er janvier 1806.

Nous allons donner la correspondance de ces deux calendriers pour l'an VII, qui a commencé au 22 septembre 1798, et fini au 22 septembre 1799; mais on observera qu'il y a un jour de plus à la date grégorienne lorsque l'année française commence le 23, comme en 1799, 1800, 1802, 1804, etc., et 2 jours quand c'est le 24, comme en 1803.

De même, quand l'année grégorienne est bissextile, comme en 1804, 1808, 1812, etc., après le 28 février il y a 29, et tous les jours suivans doivent être diminués d'une unité dans la colonne du calendrier grégorien.

Correspondance du nouveau Calendrier, pour l'an VII.

VENDÉM.			BRUMAIRE.			FRIMAIRE.			NIVOSE.		
1	22	SEPT. 1798.	1	22	OCTOBRE.	1	21	NOVEMBRE.	1	21	DÉCEMBRE.
2	23		2	23		2	22		2	22	
.	.		.	.		.	.		.	.	
.	.		.	.		.	.		.	.	
9	30		10	31		10	30		11	31	
10	1	FÉVR.	11	1	NOVEMBRE.	11	11	DÉCEMBRE.	12	12	JANV. 1799.
11	2		12	2		12	12		13	13	
.	.		.	.		.	.		.	.	
.	.		.	.		.	.		.	.	
30	21		30	20		30	20		30	19	

PLUVIOSE.		VENTOSE.		GERMIN.		FLOR.	
1	20 JANV. 1799.	1	19 FÉVRIER.	1	21 MARS.	1	20 AVRIL.
2	21	2	20	2	22	2	21
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
12	31	10	28	11	31	11	30
13	1 FÉVR.	11	1 MARS.	12	1 AVRIL.	12	1 MAI.
14	2	12	2	13	2	13	2
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
30	18	30	20	30	19	30	19

PRAIRIAL.		MESSIDOR.		THERMID.		FRUCT.	
1	20 MAI 1799.	1	19 JUIN.	1	19 JUILLET.	1	18 AOUT.
2	21	2	20	2	20	2	19
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
12	31	12	30	13	31	14	31
13	1 JUIN.	13	1 JUILLET.	14	1 AOUT.	15	1 SEPTEMBRE.
14	2	14	2	15	2	16	2
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
30	18	30	18	30	17	30	16

Jour complé	
1	17
.	.
6	22

	AN II. 1793—1794	AN III. 1794—1795	AN IV. 1795—1796	AN V. 1796—1797	AN VI. 1797—1798	AN VII. 1798—1799	AN VIII. 1799—1800
1 Vendé.	22 se. 1793	22 se. 1794	23 se. 1795	22 se. 1796	22 se. 1797	22 se. 1798	23 se. 1799
15	6 oct. *id.*	5 oct. *id*	7 oct. *id.*	6 oct. *id.*	6 oct. *id.*	6 oct. *id.*	7 oct. *id.*
1 Brum.	22 oct. *id.*	22 oct. *id.*	23 oct. *id.*	22 oct. *id.*	22 oct. *id.*	22 oct. *id.*	23 oct. *id.*
15	5 nov. *id.*	5 nov. *id.*	6 nov. *id.*	5 nov. *id.*	5 nov. *id.*	5 nov. *id*	6 nov. *id.*
1 Frim.	21 nov. *id.*	21 nov. *id.*	22 nov. *id.*	21 nov. *id.*	21 nov. *id.*	21 nov. *id.*	22 nov. *id.*
15	5 déc. *id.*	5 déc. *id.*	6 déc. *id.*	5 déc. *id.*	5 déc. *id.*	5 déc. *id.*	6 déc. *id.*
1 Nivose.	21 déc. *id.*	21 déc. *id.*	22 déc. *id.*	21 déc. *id.*	21 déc. *id.*	21 déc. *id.*	22 déc *id.*
15	5 ja. 1794	4 ja. 1795	5 jan. 1796	4 jan. 1797	4 jan. 1798	4 jan. 1899	5 ja. 1800
1 Pluvi.	20 jan. *id.*	20 jan. *id.*	21 jan. *id.*	20 jan. *id.*	20 jan. *id.*	20 jan. *id.*	21 jan. *id.*
15	4 fév. *id.*	3 fév. *id.*	4 fév. *id.*	3 fév. *id.*	3 fév. *id.*	3 fév. *id.*	4 fév. *id.*
1 Vent.	19 fév. *id.*	19 fév. *id.*	20 fév. *id.*	19 fév. *id.*	19 fév. *id.*	19 fév. *id.*	20 fév. *id.*
15	5 mar. *ia.*	5 mars *id.*	5 mar. *id.*	5 ma. *id.*	5 ma. *id.*	5 ma. *id.*	6 ma. *id.*
1 Germi.	21 mar. *id.*	21 mars *id.*	21 mar. *id.*	21 ma. *id.*	21 ma. *id.*	21 ma. *id.*	22 ma. *id.*
15	4 avr. *id.*	4 avr. *id.*	4 avr. *id.*	4 avr. *id.*	4 avr. *id.*	4 avr. *id.*	5 avr. *id.*
1 Flor.	20 avr. *id.*	20 avr. *id.*	20 avr. *id.*	20 avr. *id.*	20 avr. *id.*	20 avr. *id.*	21 avr. *id.*
15	3 mai *id.*	4 mai *id.*	4 mai *id.*	4 mai *id.*	4 mai *id.*	4 mai *id.*	5 mai *id.*
1 Prair.	20 mai *id.*	20 mai *id.*	20 mai *id.*	20 mai *id.*	20 mai *id.*	20 mai *id.*	21 mai *id.*
15	3 juin *id.*	3 juin *id.*	3 juin *id.*	3 juin *id.*	3 juin *id.*	3 juin *id.*	4 juin *id.*
1 Messi.	19 juin *id.*	19 juin *id.*	19 juin *id.*	19 juin *id.*	19 juin *id.*	19 juin *id.*	20 juin *id.*
15	3 juil. *id.*	3 juil. *id.*	3 juil. *id.*	3 juil. *id.*	3 juil. *id.*	3 jui. *id.*	4 juil. *id.*
1 Therm.	19 juil. *id.*	19 juil. *id.*	19 juil. *id.*	19 juil. *id.*	19 juil. *id.*	19 jui. *id.*	20 juil. *id.*
15	3 août *id.*	2 août *id.*	2 août *id.*	2 août *id.*	2 août *id*	2 août *id.*	3 août *id.*
1 Fruct.	18 août *id.*	18 août *id.*	18 août *id.*	18 août *id.*	18 août *id.*	18 août *id.*	19 août *id.*
15	3 sep. *id.*	1 sep. *id.*	1 sep. *id.*	1 sep. *id.*	1 sep. *id.*	1 sep. *id.*	2 sep. *id.*
5e jour co.	21 sep. *id.*	22 sep. *id.*	21 sep. *id.*	21 sep. *id.*	21 sep. *id.*	22 sep. *id.*	22 sep. *id.*

	An IX. 1800—1801	An X. 1801—1802	An XI. 1802—1803	An XII. 1803—1804	An XIII. 1804—1805	An XIV. 1805
1 Vend.	23 se. 1800	23 se. 1801	23 se. 1802	24 se. 1803	23 se. 1804	23 se. 1805
15	7 oct. id.	7 oct. id.	7 oct. id.	8 oct. id.	7 oct. id.	7 oct. id.
1 Brum.	28 oct. id.	23 oct. id.	23 oct. id.	24 oct. id.	23 oct. id.	23 oct. id.
15	6 nov. id.	6 nov. id.	6 nov. id.	7 nov. id.	6 nov. id.	6 nov. id.
1 Frim.	22 nov. id.	22 nov. id.	22 nov. id.	23 nov. id.	22 nov. id.	22 nov. id.
15	6 déc. id.	6 déc. id.	6 déc. id.	7 déc. id.	6 déc. id.	6 déc. id.
1 Nivose.	22 déc. id.	22 déc. id.	22 déc. id.	23 déc. id.	22 déc. id.	22 déc. id.
15	5 jan. 1801	5 jan. 1802	5 jan. 1803	6 jan. 1804	5 ja. 1805	
1 Pluv.	21 jan. id.	21 jan. id.	21 jan. id.	22 jan. id.	21 jan. id.	
15	4 fév. id.	4 fév. id	4 fév. id.	5 fév. id.	4 fév. id.	
1 Vent.	20 fév. id.	20 fév. id.	20 fév. id.	21 fév. id.	20 fév. id	
15	6 ma. id.	6 mars id.	6 ma. id.	6 ma. id.	6 ma. id.	
1 Germ.	22 ma. id.	22 mars id.	22 ma. id.	22 ma. id.	22 ma. id.	
15	5 avr. id	5 avr. id.	5 avr. id.	5 avr. id.	5 avr. id.	
1 Flor.	21 avr. id.	21 avr. id.	21 avr. id.	21 avr. id.	21 avr. id.	
15	5 mai id.	5 mai id.	5 mai id.	5 mai id.	5 mai id.	
1 Prair.	21 mai id.	21 mai id.	22 mai id.	21 mai id.	21 mai id.	
15	4 juin id.	4 juin id.	4 juin id.	4 juin id.	4 juin id.	
1 Mess.	20 juin id.	20 juin id.	20 juin id.	20 juin id.	20 juin id.	
15	4 juil. id.	4 juil. id.	4 juil. id.	4 juil. id.	4 juil. id.	
1 Ther.	20 juil. id.	20 juil. id.	20 juil. id.	20 juil. id.	20 juil. id.	
15	3 août id.	3 août id.	3 août id.	3 août id.	3 août id.	
1 Fruct.	19 août id.	19 août id.	19 août id.	19 août id.	19 août id.	
15	2 sep. id.	2 sep. id.	2 sep. id.	2 sep. id.	2 sep. id.	
5e jour co	22 sep. id.	22 sep. id.	23 sep. id.	22 sep. id.	22 sep. id.	

FIN DE LA DEUXIÈME PARTIE.

URANOGRAPHIE,

OU

DESCRIPTION DU CIEL.

(TROISIÈME PARTIE.)

§ I[er]

Les étoiles sont visibles, à l'aide d'un télescope, aussi bien de jour que de nuit. Pourvu que l'instrument ait un pouvoir suffisant, non seulement les étoiles les plus brillantes, mais celles dont l'éclat est le plus faible, au point de frapper à peine les yeux pendant la nuit, peuvent être aperçues et suivies, même en plein midi (excepté dans les régions du ciel les plus rapprochées du soleil), par ceux qui connaissent les moyens de pointer exactement le télescope vers les lieux que ces étoiles occupent. On peut même discerner à l'œil nu, lors de leur passage au zénith, certaines étoiles brillantes, quand on se place au fond d'une cavité étroite et profonde, comme un puits ordinaire ou celui d'une mine. Les personnes qui ont voyagé dans les hautes montagnes savent que sur le flanc septentrional, et surtout à l'ombre, on voit des étoiles en plein jour. Et un célèbre opticien raconte, que la première circonstance qui avait appelé son attention sur l'astronomie, c'était le retour régulier, à la même heure, pendant plusieurs jours consécutifs, d'une étoile de première grandeur, visible à travers le tuyau d'une cheminée.

Dès les temps les plus reculés un grand nombre d'étoiles ont été réunies en *constellations* ou *astérismes*, groupes auxquels on a imposé des noms tirés de la fable, de l'histoire, où des scienees naturelles. Ces dénominations, consacrées par l'antiquité, sont d'ailleurs tout-à-fait arbitraires, et à moins que l'imagination ne crée des fantômes, comme elle fait voir des tableaux ou des monstres dans les contours capricieux des nuages, on ne doit s'attendre à trouver dans ces groupes d'étoiles rien qui puisse rappeler la figure ou imiter l'image de l'objet dont la constellation porte le nom. Les constellations zodiacales (nous avons déjà dit ce que c'est que le zodiaque, dans le volume précédent) sont celles qui présentent le plus d'intérêt, parce que l'histoire en tire des indications utiles pour porter la lumière dans l'étude des fables et de l'antiquité.

Il eût été impossible de donner un nom propre à chaque étoile; une aussi grande multitude de corps aurait exigé un immense vocabulaire. L'astronomie des premiers peuples s'est bornée à quelques distinctions grossières. On s'est d'abord contenté de dénommer les planètes et les plus belles étoiles, et nous avons conservé cet usage; mais quand on a voulu étudier avec plus de soin, et qu'on a eu besoin de désigner les astres d'un éclat moindre, on n'a pu suivre une méthode dont on sentait l'imperfection. On s'est conduit comme le font les naturalistes, qui, pour dénommer les espèces des trois règnes, réunissent sous un nom commun de genre un certain nombre d'individus, dont ils distinguent ensuite les espèces par une qualification. Les astronomes ont donc réuni les étoiles en divers groupes, sur lesquels il ont dessiné un animal ou un être fabuleux.

Tel est le système adopté pour classer et dénommer les étoiles : un lion, par exemple, est dessiné sur un groupe de ces astres; l'une des étoiles occupe le cou, l'autre est au dos, celle-ci à la queue, celle-là au cœur, et ces places servent à reconnaître chacun de ces points flamboyans. Puis, on a affecté à chaque étoile, une lettre grecque ou romaine, ou même un chiffre, qui sert à sa dénomination. C'est ainsi qu'on dit α (1) *de la grande Ourse*, *α des Gémeaux*, *β d'Orion*, la 61e du Cygne (2). Les étoiles dont l'éclat est le plus vif sont dites de *première grandeur* ou *primaires;* celles dont la lumière est un peu moindre sont de *seconde grandeur* ou *secondaires ;* il y en a de 3e (tertiaires), 4e (quartaires) etc., jusqu'à la 15e et même 16e grandeur.

On a aussi conservé quelques noms particuliers, tirés de l'arabe ou du grec, à diverses étoiles très remarquables. Ces noms, pour les étoiles de première grandeur, sont les suivans : *Sirius, l'épaule droite d'Orion, son pied gauche ou Rigel, l'œil du Taureau ou Aldébaran, la Chèvre, la Lyre, Arcturus,*

---

(1) Nous reproduisons ici les principales lettres de l'alphabet grec pour les personnes qui n'auraient pas sous la main le *Traité de Numismatique*, dans lequel se trouve un tableau complet de ces caractères. (N. 102 de la Bibliothèque populaire)

α alpha. — β bêta. — γ gamma. —
δ delta. — ε epsilon. — ζ zêta — η êta. —
θ thêta. — ι iota. — κ cappa. — λ lambda.
— μ mu. — ν nu. — ξ xi. — ο omicron. —
ϖ pi. — ρ rhô. — σ sigma. — τ tau.
— υ upsilon. — φ phi. — χ chi. — ψ psi.
— ω ômega.

(2) Lorsque Bayer publia, en 1603, des cartes célestes, il plaça dans chaque constellation une lettre à côté de chaque étoile. L'α, première lettre de l'alphabet grec, fut affectée à l'étoile la plus brillante *de la constellation;* le β, seconde lettre, à l'étoile la plus brillante après la première, et ainsi de suite jusqu'à ω. Les lettres de l'alphabet grec épuisées, on a fait usage, toujours dans le même ordre, des lettres *a*, *b*, *c*, etc., de l'alphabet romain. Plus tard, le nombre des étoiles de toutes les constellations s'étant prodigieusement accru par les observations télescopiques, on s'est borné à les placer dans les catalogues, avec un numéro d'ordre. Les numéros employés par les astronomes, à moins qu'on avertisse du contraire, sont ceux de l'ancien catalogue de Flamsted, connu sous le nom de Catalogue britannique.

Antarès ou le cœur du Scorpion, l'épi de la Vierge, le cœur de l'Hydre, la queue du Lion, le cœur du Lion ou Régulus, Canopus, Fomalhaut et Acharnar.

Des quinze étoiles primaires ci-dessus dénommées, il en est deux que plusieurs astronomes ne regardent que comme secondaires, *l'épi de la Vierge*, et *le cœur de l'Hydre*; d'autres, au contraire, veulent que *Altaïr*, *Procyon*, *Castor*, *la queue du Cygne*, soient primaires. Cette différence d'opinion tient, comme on l'a dit, à ce que la mesure des étoiles manque de précision. Au reste, ces distinctions ne sont d'aucune importance pour la science astronomique.

Les 50 ou 60 étoiles qui viennent après ces 15 ou 20 principales sont les étoiles de seconde grandeur : puis on en compte environ 200 dans le troisième ordre, et ainsi de suite : les quantités augmentent très rapidement, à mesure que l'on descend l'échelle des grandeurs, et le nombre des étoiles déjà enregistrées, en allant jusqu'à la septième grandeur inclusivement, monte à quinze ou vingt mille.

DE LA LUMIÈRE ET DU NOMBRE DES ÉTOILES; DE LEUR DISTRIBUTION DANS LE CIEL.

Comme nous ne pouvons apprécier le disque réel des étoiles; que, vus au télescope, ces astres ne nous paraissent que des points et que nous ne jugeons de leurs grandeurs apparentes que par l'impression plus ou moins vive qu'exercent sur l'œil les rayons confondus qui partent de tous les points de leur disque, cette grandeur devra dépendre pour chaque étoile : 1° De la distance où elle est réellement de nous; 2° de la grandeur absolue de sa surface lumineuse; 3° de l'éclat intrinsèque de la lumière de cette surface.

Puisque tous ces élémens nous sont complétement ou presque complétement inconnus; que nous avons toute raison de supposer qu'ils peuvent différer considérablement selon les individus, il est clair qu'on ne doit pas s'attendre à tirer des conclusions bien satisfaisantes de ces rapports, en nombre.

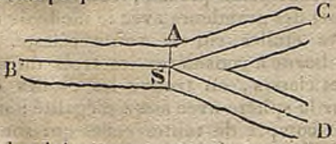
Cependant on pourra provisoirement employer comme première approximation les proportions suivantes de lumières, que feu W. Herschel a conclues de ses expériences sur un petit nombre d'étoiles choisies :

La lumière comparative d'une étoile moyenne de 1ère grandeur étant	—	100
Celle de 2e sera	—	25
3e	—	12
4e	—	6
5e	—	2
6e	—	1

D'après les expériences de sir J. F. W. Herschel, fils du précédent, on est porté à croire que la lumière de Sirius, la plus brillante des étoiles fixes, égale environ 324 fois (au lieu de n'être égale qu'à 100) celle d'une étoile moyenne de sixième grandeur.

Si la comparaison des nombres d'étoiles dans chaque ordre de grandeur apparente ne conduit pas à une conclusion précise, il en est autrement du rapport des grandeurs avec le mode de répartition des étoiles sur la voûte céleste. Lorsqu'on se borne à considérer les trois ou quatre premières classes, on trouve les étoiles distribuées sur la sphère avec assez d'égalité; mais si l'on tient compte de toutes celles qui sont visibles à l'œil nu, on s'aperçoit que les nombres éprouvent un grand et rapide accroissement quand on approche des bords de la Voie Lactée. Et si l'on descend jusqu'aux grandeurs télescopiques, l'accumulation des étoiles le long de cette zône et des deux branches dans lesquelles elle se divise, surpasse l'imagination : tellement qu'en réalité la lumière de la Voie Lactée n'est que le résultat de cette accumulation d'étoiles, dont la grandeur moyenne peut être rapportée au dixième ou onzième ordre (*Voyez* plus loin les constellations qui se trouvent dans la Voie Lactée).

Un pareil phénomène s'accorde avec la supposition que les étoiles qui peuplent notre firmament, au lieu d'être indifféremment réparties dans l'espace, suivant toutes les directions, forment une couche, dont l'épaisseur est petite en comparaison de sa longueur et de sa profondeur, couche dans l'intérieur de laquelle la terre se trouve située vers le milieu de l'épaisseur et près du point où elle se divise en deux lames principales, inclinées d'un petit angle l'une sur l'autre. Il est certain que, pour un œil placé de la sorte, la densité apparente, l'accumulation des étoiles, en les supposant distribuées à peu près également dans l'espace qu'elles occupent, aura sa moindre dimension dans le sens de l'épaisseur, ou si l'on veut dans la direction du rayon visuel S A perpendiculaire à la couche; et que les longueurs les plus grandes correspondront aux rayons S B, S C, S D, menés soit dans le sens de la largeur, soit dans la direction perpendiculaire à la feuille de papier;



que la densité, l'accumulation des étoiles croîtra rapidement en passant de la direction S A à l'une des autres directions, précisément comme nous voyons une brume, un brouillard qui paraît léger au-dessus de nos têtes, dans les régions supérieures de l'atmosphère, s'épaissir près de l'horizon, et y former un banc nébuleux qui paraît bien dense uniquement par suite de la longueur du rayon visuel qui traverse les couches d'air. Ce rayon visuel se prolonge indéfiniment à l'horizon, et est obligé de pénétrer une masse illimitée de vapeurs, tandis que verticalement il a seulement à traverser l'épaisseur réelle de la couche.

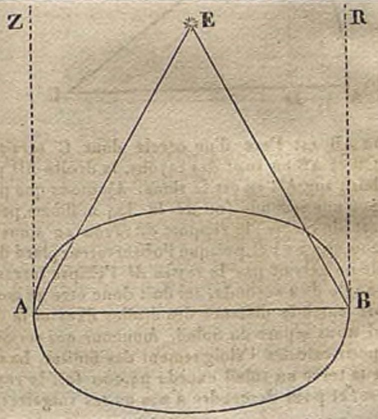
Qu'on nous permette une dernière comparaison, qui achèvera peut-être de nous faire comprendre. Supposons une roue de très-grande dimension dans le sens des rayons, et très peu épaisse dans le sens de l'axe de l'essieu; supposons qu'un spectateur se mette au centre du moyeu : il est facile de comprendre que s'il regarde tantôt selon l'épaisseur du moyeu, tantôt vers la circonférence de la roue, ou en d'autres termes s'il dirige ses regards tantôt parallèlement à l'essieu, tantôt suivant un rayon de la roue, son rayon visuel aura moins de chemin à parcourir pour sonder l'épaisseur que la profondeur.

Telle est l'hypothèse d'Herschel père, dont les puissans télescopes (près de 40 pieds de long) ont opéré l'analyse complète de cette zône merveilleuse, et montré qu'elle est entièrement composée d'étoiles. L'accumulation de ces corps dans certaines régions de la Voie Lactée est telle, que l'illustre astronome anglais a été mené à conclure, en comptant les étoiles comprises dans le champ de son télescope, qu'il y en avait passé cinquante mille sous ses yeux, dans une bande de deux degrés de largeur, pendant une heure seulement d'observation. Les distances immenses qui doivent nous séparer des régions les plus éloignées de la Voie Lactée expliquent suffisamment le très-grand nombre d'astres de petites grandeurs relativement à ceux de premier et deuxième ordre. La distance plus ou moins grande peut suffire pour qu'une étoile paraisse primaire, secondaire, tertiaire, etc., sans autre cause de diminution de son éclat ; car tout le monde sait que plus une lumière est éloignée, moins elle paraît brillante, quoique très-éclatante par elle-même.

De la distance des étoiles.

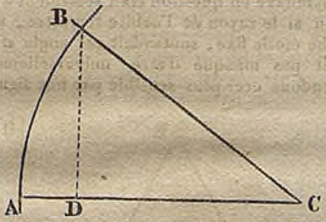
Quand nous parlons de l'éloignement relatif de certaines régions du ciel étoilé, la question qui s'offre immédiatement est celle-ci : à quelle distance sommes-nous des étoiles fixes les plus voisines ? Sur quelle échelle notre firmament visible est-il construit ? Quel est le rapport de ses dimensions à celles de notre système solaire ? A toutes ces demandes, les astronomes reconnaissent qu'ils sont jusqu'ici hors d'état de répondre. Toutes nos connaissances sur ce sujet sont négatives. Nous sommes parvenus, moyennant des observations délicates et des théories subtiles, à déterminer en premier lieu les dimensions de la terre ; puis nous sommes partis de cette base pour mesurer les dimensions de l'orbite que la terre décrit autour du soleil ; en choisissant ensuite pour stations deux points opposés de la circonférence de cet orbite, c'est-à-dire en nous servant de son diamètre pour base, nous avons étendu nos mesures jusqu'aux limites de notre système planétaire ; et, d'après la connaissance des lois qui règlent les excursions des comètes, nous avons fait quelques pas au-delà de l'orbite de la planète la plus reculée. Mais entre cet orbite et l'étoile la plus voisine, il y a un abîme que nos observations n'ont pu sonder. Jusqu'à ce jour, elle ne nous permettent d'assigner distinctement aucune approximation, de fixer aucune distance, quelqu'immense qu'elle soit, qu'on ne puisse encore supposer inférieure de beaucoup à la véritable.

Le diamètre de l'ellipse que la terre décrit autour du soleil est de 68 millions de lieues ordinaires de France. On devrait s'attendre à ce qu'une base aussi vaste pût être avantageusement employée pour les triangles qui détermineraient la distance des étoiles. Deux rayons visuels dirigés de chacune des extrémités de ce diamètre vers une même étoile où ils doivent nécessairement se couper en formant le sommet d'un triangle dont chacun de ces rayons est un côté, et dont le diamètre de l'orbite terrestre est la base, font le même angle, sont parallèles ; en d'autres termes ces rayons ne produisent pas de parallaxe susceptible d'être mesuré et de conduire par le calcul à la connaissance de la distance des étoiles. Quelque raffinement que l'on ait apporté aux observations, les astronomes n'ont pu arriver par cette voie à des conclusions positives ou concordantes ; de façon qu'il semble démontré que ce parallaxe, même pour les étoiles fixes les plus proches parmi celles que l'on a examinées avec le soin convenable, se trouve mêlé avec les erreurs fortuites inhérentes aux observations, et est masqué par elles. Or, le degré de perfection auquel les observations ont été portées ne permet pas de douter que si le parallaxe en question était seulement d'une seconde (ou si le rayon de l'orbite terrestre, vu de la plus proche étoile fixe, soutendait cet angle si petit), il n'aurait pas manqué d'être universellement reconnu. Rendons ceci plus sensible par une figure.



Soit AB le diamètre de l'orbite, AE et BE les rayons dirigés vers l'étoile E, qui sera Sirius, par exemple, ils devraient se couper en E ; mais la distance de l'étoile est telle que les angles EBA et EAB sont des angles droits, et que les rayons AB et BE sont parallèles et deviennent AZ et BR au lieu de se couper.

Nous avons déjà dit ailleurs que le quart de la circonférence d'un cercle est divisé en 90 parties, qu'on nomme *degrés* ; chaque degré est divisé en 60 parties, qui prennent le nom de *minutes* ; chaque minute se subdivise en 60 parties, qui prennent le nom de *secondes*. — Le *sinus* d'un arc de cercle est la ligne perpendiculaire abaissée d'une des extrémités de l'arc sur le rayon qui passe par l'autre extrémité de ce même arc. Ainsi dans la figure ci-jointe



la courbe AB est l'arc d'un cercle dont C serait le centre, CB et AB en sont des rayons, la droite BD perpendiculaire sur AC en est le sinus. Ajoutons que pour un angle d'une seconde (ou de la 324 millième partie d'un quart de cercle) le rapport du rayon au sinus est comme 200,000 à 1 ; et, puisque l'observateur placé dans une étoile ne verrait pas le rayon de l'ellipse terrestre sous un angle de 1 seconde, tel doit donc être au moins le rapport entre la distance des étoiles fixes et la distance qui nous sépare du Soleil, longueur qui servirait de base pour calculer l'éloignement des étoiles. La distance de la terre au soleil excède 24,000 fois le rayon de la terre; et pour descendre à nos unités vulgaires, le rayon terrestre vaut environ 1500 de nos lieues, ce qui donne au moins 32 millions de lieues pour distance de la terre au soleil, ou pour base d'un triangle dont l'angle correspondant à l'étoile ne serait pas *une seconde*. En admettant que l'angle fût d'une seconde, la distance de la terre à l'étoile serait donc 200,000 fois 32 millions de lieues, c'est-à-dire au moins 6 trillions, 400 billions de lieues (6,400,000,000,000). De combien est-elle plus grande? C'est ce que nous ignorons.

L'imagination se perd dans de tels nombres.

Le seul moyen de concevoir de pareilles distances est de les mesurer par le temps que la lumière emploie à les parcourir. Or, nous savons que la vitesse de la lumière est de 70,000 lieues par seconde : ainsi, elle mettrait plus de 100,000,000 de secondes en plus de trois ans, pour arriver d'une étoile à la terre, d'après la plus basse évaluation. Quelles distances assignerons-nous donc à ces innombrables étoiles de petites grandeurs que le télescope nous découvre! Si l'on admet que la lumière d'une étoile dans chaque ordre de grandeur soit la moitié de la lumière d'une étoile de l'ordre qui précède, il en résultera qu'une étoile de première grandeur, pour nous paraître comme une étoile du seizième ordre, devrait être reculée à une distance 362 fois plus grande que celle à laquelle elle se trouve déjà. Ainsi, dans la foule innombrable des étoiles télescopiques, il doit y en avoir dont la lumière a mis au moins mille ans pour venir à nous; et quand nous les observons, que nous prenons note de leurs changemens, c'est leur histoire d'il y a mille ans que nous lisons et écrivons. Nous ne pouvons échapper à cette conclusion surprenante, à moins qu'on n'admette l'hypothèse d'une infériorité intrinsèque de lumière dans *toutes* les petites étoiles de la Voie Lactée. Nous pourrons mieux estimer la probabilité de l'une ou de l'autre alternative, lorsque nous aurons pris connaissance d'autres systèmes stellaires (d'étoiles), dont l'existence nous est révélée par le télescope, et qui, par les analogies observées dans leurs constitutions, nous montreront que la première hypothèse est en harmonie parfaite avec l'ensemble des faits astronomiques. Très-probablement le génie de l'homme parviendra à poser des limites entre lesquelles sont placés certains systèmes stellaires ! Déjà les astronomes sont sur la voie, comme on le verra dans ce volume !!

Quittons toutefois le champ de la spéculation, et au moyen de ce que nous avons assigné des limites qui sont certainement moindres que les distances des étoiles, tirons de ce fait négatif quelque aperçu sur leurs grandeurs réelles. Le télescope ne peut nous fournir à ce sujet aucune indication directe. Les disques que les étoiles semblent conserver, même dans les bons télescopes, sont aussi petites que la pointe d'une aiguille, n'ont rien de réel et ne sont qu'une pure illusion d'optique. Mais le docteur Wollaston a trouvé par des expériences photométriques (de mesure de lumière) directes, qui ne nous paraissent pas comporter d'objections, que la lumière qui nous vient de Sirius est à celle du Soleil dans le rapport de 1 à 20,000,000,000. Pour que le Soleil ne nous parût pas plus brillant que Sirius, il faudrait donc qu'il fût éloigné de nous de 141,400 fois sa distance actuelle (de 34,00,000 de lieues multipliés par 141,400, ce qui donne 4,807,600,000,000 de lieues). Or, nous avons vu précédemment que la distance de Sirius est nécessairement plus grande que 200,000 fois celle du Soleil, puisque le rayon de l'ellipse décrit autour du soleil n'y serait pas vu sous un angle de 1''. Par conséquent, à compter au plus bas, la lumière émanée de Sirius doit être plus du double de celle qui émane du Soleil ; ou Sirius doit équivaloir, quant à l'éclat intrinsèque, au moins à deux Soleils; et selon toute probabilité la supériorité de sa lumière sur celle du Soleil est encore beaucoup plus grande.

Or, certaines étoiles (on les nomme étoiles périodiques), sans se distinguer des autres par un déplacement apparent, ni par une différence d'aspect dans les télescopes, sont sujettes à des accroissemens et diminutions périodiques d'éclat qui, dans un ou deux cas, vont jusqu'à l'extinction et la revification complètes.

§ II.

Quoiqu'on puisse observer le ciel dans toutes les nuits sereines, celles d'automne et d'hiver sont préférables à cause de leur longueur, et parce qu'aucune lueur crépusculaire ne diminue l'éclat des étoiles.

Deux belles nuits, vers le mois d'octobre et de mars suffiront pour faire connaître toutes les constellations visibles à Paris. On ne distinguera d'abord que les plus brillantes étoiles, les primaires et les secondaires; leur éclat les rend remarquables, même lorsque le ciel est un peu couvert, ou quand la lune brille; et ce sont autant de repaires qui servent à trouver les noms des étoiles voisines. Pour apprendre à reconnaître ces astres, on se sert de deux procédés, les *passages au méridien* et les *alignemens*. Le premier consiste à se placer à la lunette méridienne, ou seulement dans un alignement méridien, comme nous le dirons, et à observer les heures du passage successif des principales étoiles.

Ces heures suffisent pour trouver le nom de chacune, à l'aide de nos cartes, ainsi que nous le montrerons tout à l'heure.

Dans le second procédé il faut connaître d'avance les noms d'un certain nombre d'étoiles très-remarquables, et s'en servir pour déterminer les autres. On tend un fil, par exemple, et on le place de manière à aligner trois étoiles, dont deux sont déjà connues (il suffit que cet alignement soit approché), on recourt ensuite aux cartes et on y forme le même alignement qui conduit ainsi sur l'étoile inconnue, en ayant égard aux distances observées.

On ne doit pas oublier qu'en vertu de la rotation du ciel, les étoiles, tout en conservant leurs distances et leurs relations mutuelles, tournent avec le ciel; les lignes idéales qui les joignent en reçoivent des directions variables, qu'on n'a pu figurer dans les cartes. Telle droite qu'on imagine passer par deux étoiles se trouve tantôt horizontale, tantôt inclinée, tantôt verticale. Ce sont surtout les constellations circompolaires (situées autour du pôle) qui présentent ces variations d'une manière remarquable.

Que l'observateur se place dans un lieu découvert; qu'il ait le dos tourné au midi, et par conséquent le nord en face, le levant à droite, le couchant à gauche : il aura devant lui le pôle boréal, distingué par une étoile qui semble être immobile, et qu'on nomme polaire; c'est presque la seule secondaire dans cette région du ciel, et nous apprendrons à la reconnaître. Il nous suffit maintenant de dire que toutes les constellations tournent autour de ce point. Celles qui en sont voisines (les circompolaires) ne se couchent jamais, et prennent en 24 heures toutes les situations possibles, soit en haut, soit en bas, et de l'un ou de l'autre côté du pôle (pour Paris).

Dans la succession des saisons, le ciel change d'aspect pour une même heure de chaque nuit, prise dans des saisons différentes; le cercle horaire d'une étoile s'avance de jour en jour vers l'Occident, et procède vers celui que le Soleil occupe. On ne peut d'ailleurs indiquer la place d'un astre qu'en ayant égard aux variations diurnes; car sa position change à chaque instant d'une même nuit, l'étoile ne revenant au même lieu qu'après 24 heures sidérales.

Le spectateur ainsi placé voit devant lui une constellation que nous allons décrire, et qu'on nomme la *Grande Ourse*. On devra d'abord chercher à la reconnaître, parce qu'à l'aide des algnemens et des cartes, elle servira à trouver successivement toutes les autres. Nous engageons à procéder à cette observation dans l'ordre suivant (du moins pour Paris et les autres lieux où ces constellations sont visibles pour l'observateur) : La Grande Ourse, la Polaire, Cassiopée, Pégase, Andromède, Persée, le Lion, Orion, Sirius, les Gémeaux, le Taureau, le Cocher, la Lyre, le Cygne, le Scorpion et le petit Chien. Les autres constellations se présenteront d'elles-mêmes.

Entrons maintenant en matière, et indiquons les figures des constellations et les alignemens qui peuvent servir à les reconnaître.

CONSTELLATIONS BORÉALES.

(On trouvera toutes les constellations boréales dans le premier hémisphère, celui qui est situé à droite, pl. I.)

LA GRANDE OURSE (*Arctos* en grec, d'où le nom de *pôle arctique* pour le *pôle nord*) le CHARIOT.

Cette constellation est une de celles qui ne se couchent jamais pour Paris, et qui, par conséquent, prend toutes les situations possibles en tournant autour du pôle, propriété qu'elle partage avec les trois suivantes. Elle est formée principalement de sept belles étoiles, dont quatre, α, β, γ, et δ, forment un carré long ; les trois autres ε, ζ et η, sont en ligne courbe. Les deux premières ε et ζ sont le prolongement de la ligne diagonale qui passerait par β δ du carré. Ces étoiles sont secondaires (excepté δ qui est tertiaire); α β se nomment *les gardes*, α est *Dubhe*, β *Merak*, γ *Phegda*, δ *Megrez*, ε *Alioth*, ζ *Mizar*, η *Alkaid*; ε ζ η sont *la* *queue*. En avant du carré et du côté opposé à la queue, on voit six à sept étoiles quartaires, placées en demi-cercle $o\ h\ v$, convexe vers le carré, et dont un bout $\varkappa\ \iota$ se joint à trois ou quatre autres du Lynx, pour former une sorte de S. Ce demi-cercle $o\ h\ v\ \xi$ est la tête de l'Ourse; les quatre pattes $\mu\ \lambda$, $\nu\ \theta$ et $\varkappa\ \iota$ sont placées entre l'Ourse et le Lion, λ et μ se nomment *Tania*; ν et ζ *Alula*, ι *Talita*.

La Petite Ourse, le Petit Chariot.

Plus près du pôle que les précédentes, cette constellation est aussi formée de sept étoiles qui affectent la même figure; mais avec moins d'éclat, sous des dimensions moindres, et placées en sens inverse, c'est-à-dire, que la queue de l'une correspond au corps de l'autre. Si l'on prolonge une ligne que l'on ferait passer par $\beta\ \alpha$ des deux gardes de la Grande Ourse, c'est-à-dire par le côté du carré qui est opposé à la queue, on sera conduit à la dernière de la queue de la Petite Ourse; c'est la *Polaire* α ou la Tramontane, elle est à 1° 38' du pôle. Les deux étoiles $\beta\gamma$ sont les *gardes*, β *Kocab*, γ *Pherkad*; ε, δ et α composent la queue. Excepté α, β et γ, les autres étoiles sont peu visibles.

On voit donc combien il est facile de s'orienter la nuit, c'est-à-dire de trouver les quatre points cardinaux, parce qu'il est aisé de déterminer le sud quand on a le nord, et que l'est et l'ouest sont donnés par une ligne perpendiculaire à celle qui va du nord au sud.

Cassiopée, le Trône, la Chaise.

Cette constellation est de l'autre côté du pôle par rapport à la Grande Ourse; elle est de celles qui ne se couchent jamais pour Paris. La ligne qui va de la première ε de la queue de la Grande Ourse à l'étoile polaire, prolongée de l'autre côté de la polaire d'une quantité égale, va traverser Cassiopée. Ce groupe de cinq étoiles tertiaires est très remarquable par sa figure en *M*, dont les jambes sont très écartées. Quelques personnes y trouvent encore la forme d'une chaise à dossier renversé : β α γ et κ sont le siége. γ δ ε sont le dos courbé. Ces figures sont assez équivoques, surtout à cause des changemens causés par la rotation diurne; mais rien n'est plus facile que de distinguer cette constellation. α est *Schedir*, β *Chaph*, δ *Rucha*. β est de deuxième grandeur, et passe au méridien en même temps que la polaire et α de la constella-d'Andromède; δ de la Grande-Ourse est alors au méridien inférieur.

Cephée : Trois étoiles tertiaires α β γ, près de la ligne qui va de la polaire à α du Cygne, forment un arc dont le centre est vers β de Cassiopée, et qui tourne sa convexité au Dragon : cet arc est plus près du pôle que Cassiopée. La ligne α β des gardes de la Grande-Ourse, qui, prolongée, donne la polaire, va se porter au-delà de celle-ci presque sur γ, qui limite l'arc de Cephée. α se nomme aussi *Alderamin*, β *Alphirk*, γ *Errai*.

Pégase, la Grande-Croix.

En prolongeant la ligne qui va des gardes α β de la Grande-Ourse à la polaire, on traverse au-delà de Cassiopée, en passant entre Cassiopée et Céphée, le carré de Pégase, formé de quatre étoiles secondaires; les deux méridionales sont γ *Algenib* et α *Markab*; les deux septentrionales sont β *Scheat*, à l'occident, au-dessus de Markab, et la tête α d'Andromède (qui complète le carré de Pégase), au-dessus d'*Algénib*.

Le carré de la Grande-Ourse et celui de Pégase sont des deux côtés opposés du pôle et viennent passer au méridien à 12 heures environ d'intervalle l'un de l'autre; l'une est toujours au méridien supérieur, quand l'autre constellation est à l'inférieur.

ANDROMÈDE :

Cette constellation offre un caractère très remarquable; la diagonale menée de α de Pégase à la tête α d'Andromède, et prolongée au-delà de Cassiopée, s'étend jusqu'à Persée, en passant sur les trois secondaires d'Andromède; savoir: α l'une des quatre du carré, *sirrah*; β à la ceinture, *mirack*; et γ au pied, *alamack* : ces trois étoiles sont équidistantes (également éloignées entr'elles) et forment une ligne un peu courbée.

LE DRAGON (gardien du Jardin des Hespérides).

Cette constellation très importante est du nombre de celles qui ne se couchent point à Paris; elle est très facile à reconnaître à la file d'étoiles doublement sinueuses que nous allons décrire. La queue sépare les deux Ourses et a une secondaire α *Therban*, placée entre les gardes de la petite, et ζ de la queue de la grande. En suivant cette file de cinq étoiles, λ, $\varkappa$, α, ι, θ, on trouve un coude vers cette dernière, puis une étoile η sur le prolongement des gardes de la Petite-Ourse: c'est le corps du Dragon qui contourne cette constellation, en se rapprochant de la polaire, ou plutôt de Céphée, et s'en éloigne ensuite par une courbure en sens contraire. On suit cette traînée d'étoiles ζ, ω, χ, δ, π, et on arrive à la tête formée par quatre étoiles tertiaires très visibles, γ, β, ν, ξ, sur la ligne qui va de la Lyre à α du Dragon : β est *Alwaid*, γ *Etamin*, λ *Giausar*, μ *Arrachis*, θ *Aldib*.

PERSÉE, (en latin et en grec *Perseus*).

La luisante α de Persée, étoile secondaire sur le prolongement des trois principales d'Andromède, est entre deux autres tertiaires δ et γ, qui forment un arc concave vers la Grande-Ourse, et très facile à distinguer. A partir de δ, on voit deux files d'étoiles : l'une va à l'Orient, vers la Chèvre, et continue l'arc de Persée ; l'autre, qui va au Midi, formant d'abord une courbure opposée, se porte en ligne droite aux Pléïades : cette droite est un cercle horaire. β *Algol* ou la *Tête-de-Méduse*, au-dessous de l'arc de Persée, est changeante et environnée d'un groupe de petites étoiles.

α de Persée et la dernière η de la queue de la Grande-Ourse viennent passer au zénith de Paris à 11 h. d'intervalle à peu près : ces deux étoiles sont sur le cercle dont les points sont tous à 41° 1\|2 du pôle, presque le complément de la latitude. (Le complément, comme on le sait déjà, est le nombre de degrés qu'il faut ajouter à un arc de cercle, pour que celui-ci atteigne 90 degrés, ou autrement dit, qu'il devienne un quart de cercle. Or, Paris est à 48° 50'' de latitude, ou en d'autres termes 48° 50'' de l'équateur, le complément de cet arc de méridien est donc à peu de chose près 41° 1\|2.)

Le Cocher, le Charretier :

Nous venons de dire que l'arc de Persée conduit à la Chèvre. Cette belle étoile α fait partie de la constellation du Cocher, qui avec β ι forme un triangle isoscèle ; et si l'on mène une ligne par θ de cette même constellation et β du taureau on obtient un grand pentagone irrégulier, dont trois étoiles plus brillantes sont en triangle isoscèle ; le sommet β est en bas (c'est la corne supérieure du Taureau), et la base vers le nord s'étend de la Chèvre à β du Cocher, *Menkalinan*.

On remarque trois étoiles ϵ, ζ, η, qu'on nomme les Chevreaux ou les Boucs, qui forment un petit triangle isoscèle étroit, placé tout près de la Chèvre, et qui sert à distinguer cette étoile de toutes les autres primaires.

La Giraffe : Constellation formée en 1679 de quelques étoiles peu apparentes, comprises dans l'espace qui sépare les Deux Ourses, Cassiopée, Persée et le Cocher.

Le Triangle Boréal :

Trois étoiles, α, β, γ, en figure de triangle, placées entre le pied d'Andromède et le Bélier.

Le Lynx : peu remarquable, placé entre le Cocher et la Grande-Ourse.

Le Petit Lion : au-dessous et entre les pattes de la grande-Ourse, n'a qu'une étoile tertiaire sur le prolongement méridional de la ligne des gardes, qui, de l'autre côté, se porte vers la polaire. Le Petit Lion, placé au-dessus du Lion, faisait autrefois partie du *Jourdain*, constellation qu'on a supprimée, et qui comprenait en outre les Levriers et quelques étoiles éparses.

Le Bouvier :

α *Arcturus*, l'une des plus brillantes étoiles, est situé sur le prolongement des deux dernières ζ η, de la queue de la Grande Ourse. Le Bouvier présente une espèce de pentagone au nord-est d'Arcturus ; β est *Nekkar*, ε *Izar*, η *Muphrid*.

La main supérieure du Bouvier, formée des quartaires θ κ ι, est proche de la queue de l'Ourse. Cette main est représentée tenant *deux Levriers*, placés au dessous de cette queue, et dont l'un porte sur son cou le *cœur de Charles*, étoile tertiaire.

La chevelure de Bérénice. Groupe de petites étoiles très rapprochées, qu'on trouve à l'endroit où se couperaient deux lignes dont l'une serait menée de δ du lion à Arcturus et dont l'autre serait le prolongement de la ligne qui joindrait la polaire à δ de la Grande-Ourse.

La Couronne Boréale.

Six à sept étoiles à l'orient du Bouvier, forment un demi cercle très remarquable, dont la concavité regarde la tête du Dragon. La diagonale $\beta\delta$ du carré de la Grande Ourse, qui, prolongée, s'étend sur ϵ et ζ de la queue, se porte plus loin sur la couronne, qui a une belle étoile secondaire α *la perle*.

La Flèche. Formée d'étoiles quartaires en ligne droite entre l'Aigle et β du Cygne. α est *Sham*.

La Lyre :

Cette constellation, figurée en aigle dont le vol se porte en bas, est aussi nommée le *Vautour tombant*, tandis que l'aigle véritable se dirige vers le nord. La Lyre a une belle étoile primaire α *Wéga*, qui offre avec Arcturus et la Polaire, un grand triangle dont la lyre est le sommet d'un angle droit : elle est opposée à la chèvre relativement au pôle; quand l'une est au zénith, l'autre est à l'horizon. Un peu au dessous de Wéga sont trois tertiaires $\beta\ \gamma\ \delta$, qui font un triangle isoscèle, β est *Sheliak*, γ *Sulaphat*.

Le Cygne, la Croix : Cette constellation, à l'orient de la Lyre, forme une grande croix dans la voie lactée; elle est opposée aux Gémeaux, relativement au pôle, qui se trouve au milieu de ces deux constellations; une secondaire α *Deneb* est, en haut, sur la diagonale $\beta\ \gamma$ de Pégase. β du Cygne se nomme *al Bireo*, γ *Sadr*, ϵ *Gienah*, π *Azelfafage*.

L'Aigle : Au midi du Cygne et de la Lyre, on voit trois étoiles voisines et en ligne oblique, dont celle du milieu est primaire ou secondaire, α *Altaïr* ou *Ataïr* : les deux autres $\beta\ \gamma$ sont tertiaires, β est *Alshain*, γ *Tarazed*. Au nord, la direction de cette ligne va sur la Lyre. On dessine l'Aigle volant vers la région supérieure.

Antinoüs : (en latin Ganymedes). Les quatre tertiaires $\theta\ \eta\ \iota$ et κ forment un quadralitère au midi de l'Aigle. (Voyez l'hémisphère austral.)

Le Dauphin : (Voyez l'hémisphère boréal.)

Petit lozange de quatre étoiles tertiaires, serrées, $\alpha \beta \gamma \delta$; α est *Svalocin*, β *Rotanev* ; une cinquième ϵ est un peu plus bas. Le Dauphin est précisément au midi de la luisante α du Cygne.

Le Petit Cheval :

La ligne de la Lyre au Dauphin se prolonge sur le milieu du petit Cheval, trapèze de 4 étoiles quartaires. α est *Kit al Phard*.

Le Serpentaire ou Ophiuchus, et le Serpent. (Voyez l'hémisphère boréal et la zône de la planche IIe).

Ces deux constellations semblent n'en former qu'une.

Le Serpent est enlacé autour d'Ophiuchus ; ces deux constellations embrassent un vaste espace. Au-dessous de la couronne est la tête du Serpent qui imite une sorte de *Y* oblique, dont la queue est brisée et formée de deux tertiaires δ et ϵ, entre lesquelles est le cœur α *Unukalhay*, qui est secondaire. La queue de l'*Y* se prolonge en une file d'étoiles tertiaires qui va s'abaissant beaucoup au dessous de l'équateur, δ et ϵ *Yed* très voisines, puis ζ et η ; ces quatre dernières appartiennent à Ophiuchus. Cette longue série se dirige en bas vers la tête du Sagittaire.

La tête α d'Ophiuchus est un peu à gauche et plus bas que la tête d'Hercule. Au-dessous, deux tertiaires très voisines β γ forment l'épaule orientale ; à l'autre épaule sont deux quartaires très proches κ ι, à droite des têtes d'Hercule et d'Ophiuchus ; des lignes menées par les épaules et ces deux têtes forment un trapèze à la pointe méridionale duquel on trouve un groupe serré de petites étoiles : c'est le *Taureau Royal de Poniatowski*. Au-dessous de ce trapèze on remarque dans les replis du Serpent, un quadrilatère d'étoiles quartaires $\gamma\ \xi\ \nu\ \mu$. Enfin la queue θ, *Alya*, du Serpent est entre les deux trapèzes d'Ophiuchus et d'Antinoüs, proche de l'Aigle.

HERCULE :

La ligne qui va de la Lyre à α de la couronne, traverse un quadrilatère $\eta\ \pi\ \varepsilon\ \zeta$ d'étoiles tertiaires ; la diagonale $\eta\ \varepsilon$ se dirige au midi sur une tertiaire δ, puis à la tête α d'Hercule ; β est *Korneforos*. *Le Rameau et Cerbère*, est un petit groupe peu visible, qu'on rencontre en allant de l'épaule β d'Ophiuchus à la Lyre. On représente Hercule couvert de la peau d'un lion, et dans l'attitude d'un homme *Agenouillé*, les pieds vers le pôle, la tête en bas, voisine de celle du Serpentaire.

Nous ne dirons rien de quelques constellations peu apparentes et que leur place sur la carte finit par faire connaître : telles sont le *Renard* et l'*Oie*, entre la Flèche et le Cygne, l'*Écu de Sobieski*, à l'occident de λ d'Antinoüs ; le *Lézard*, à l'orient du Cygne, enfin le *Renne* et le Messier vers le pôle, etc., etc.

DES CONSTELLATIONS ZODIACALES.

—

Pour ces constellations voyez la planche II. On les trouvera aisément en suivant la courbe de l'écliptique.

LE BÉLIER ♈ (en latin *Aries*).

La tête du Bélier est formée de deux étoiles tertiaires très voisines, α *Hamal*, β *Sheratan*, dans une direction qui va au nord-est sur le Cocher ; β est la plus occidentale. Un peu au-dessous de

β est une quartaire γ *Mesarthim*, appelée aussi la première du Bélier, parce qu'elle était autrefois l'étoile la plus rapprochée du point équinoxial du printemps.

Cette constellation est au-dessous d'Andromède; entre les deux on voit la *Mouche*, qui forme un petit triangle sur le prolongement de la ligne α β. Le Bélier est situé sur la ligne des Pléiades à γ *Algénib*.

Le Taureau ♉ : (deuxième constellation) est placé au-dessus d'Orion dans la direction de ζ ι ε de cette dernière constellation, en se dirigeant vers le Nord. La tête du Taureau contient l'étoile primaire α, qu'on nomme aussi *Aldébaran* ou l'œil du Taureau. Cette étoile, jointe à θ, γ, δ et ε, forme un *V* oblique qui porte le nom d'Hyades.

Les Pléïades, la Poussinière.

Ce groupe d'étoiles fort rapprochées et qui semblent se confondre, est situé au-dessous de Persée. L'étoile η, de troisième grandeur, est la plus forte; les six autres sont de quatrième et cinquième grandeur. Les Latins les appelaient aussi du nom de *Vergiliæ* (*Vergilies*).

Les Hyades.

La ligne du Baudrier-d'Orion se dirige au nord-ouest sur un groupe de six étoiles très serrées, dont une η est tertiaire: ce sont les Pléiades placées sur le dos du Taureau. Une étoile primaire α, un peu rougeâtre, est Aldebaran ou l'œil du Taureau; elle termine la branche inférieure du *V* oblique formé de cinq étoiles très visibles au front du Taureau, et qui sont les Hyades, comme nous l'avons dit. Ce *V* peut se prolonger en bas jusqu'à une quartaire λ, qui lui donne alors la forme d'un Y. *Aldebaran* est sur une ligne qui, du pôle, va passer entre la Chèvre et Persée, sans rencontrer aucune étoile remarquable. Au-dessus d'Aldébaran l'étoile secondaire β *Nath*, placée à la pointe inférieure du pentagone du Cocher, forme la pointe de la corne septentrionale du Taureau.

Les Gémeaux ♊ : troisième constellation du Zodiaque, représentent un grand parallélogramme oblique. Une diagonale, menée par δ et β de la Grande-Ourse, passe par α *Castor*, qui est au Nord et à droite; près de là et un peu au Sud brille β *Pollux* : ce sont les têtes des Gémeaux. Une ligne de quatre étoiles, dont une, γ, est secondaire à l'est du Taureau, sont les pieds des Gémeaux. Castor et Aldebaran sont à la base d'un triangle isoscèle qu'on pourrait former et dont la Chèvre serait le sommet.

L'Écrevisse ou le Cancer ♋ : quatrième constellation du Zodiaque, est composée de beaucoup de petites étoiles de quatrième et cinquième grandeur. Cette constellation est la moins apparente du Zodiaque. Sur le milieu de la ligne droite, qui va de α de l'Hydre aux têtes des Gémeaux, sont deux quartaires voisines, puis un groupe d'étoiles très petites qu'on nomme l'*Étable* ou la *Nébuleuse*, entre deux quartaires γ δ qui sont les *Anes*.

Le Lion ♌ : cinquième constellation du Zodiaque, est un grand trapèze de quatre belles étoiles $\alpha \beta \gamma \delta$, au-dessous de la Grande-Ourse. La ligne des gardes, qui donne le polaire, prolongée en sens inverse, c'est-à-dire vers l'équateur, traverse ce trapèze. La base inférieure a deux étoiles primaires, α le *Cœur* ou *Regulus*, et β la queue. $\eta \gamma \zeta \mu \varepsilon$, forment une faucille dont Régulus, qui est au bas, termine le manche vers l'Orient.

La Vierge ♍ : sur le prolongement de la grande diagonale α γ du carré de la grande Ourse, est une

3.

étoile primaire α; c'est l'épi de la Vierge. Elle fait un triangle équilatéral avec *Arcturus* et la queue β du Lion. La ligne droite qui va de cette dernière étoile à l'épi, rencontre un *V* ouvert à cet angle droit et formé de cinq étoiles tertiaires ι γ η δ β. Le côté inférieur suit l'écliptique et se dirige vers Régulus; le second va à la dernière η de la queue de la grande Ourse. ϵ se nomme la *Vendangeuse*. Cette constellation, la sixième du Zodiaque, est très étendue et contient beaucoup d'étoiles qui présentent des triangles en tous sens.

La Balance ♎ : Septième constellation du Zodiaque, présente un carré disposé obliquement. Elle se compose des étoiles α, β qui sont secondaires, de γ ι qui sont quartaires et d'un petit quadrilatère proche du Scorpion. A l'est de l'épi on voit α et β, les *Plateaux*, dont la direction prolongée suivant α et β, tend à la Lyre en passant par le Serpentaire.

Le Scorpion ♏ : La ligne menée de Régulus à l'Epi, passe sur le bassin austral α de la Balance et donne plus bas encore sur α, *Antarès*, ou le cœur du Scorpion, étoile rougeâtre. La Lyre, Arcturus et Antarès forment un grand triangle isoscèle dont Arcturus est le sommet. Antarès forme, avec β δ π ρ, une espèce d'éventail, α *Krab* est secondaire, β s'appelle aussi le *front*. Le reste de la constellation se dirige vers le midi, c'est la queue qui est composée d'une file d'étoiles tertiaires et quartaires courbées en crosse vers l'horizon et représentant assez bien la queue d'un cerf-volant. Les étoiles les plus australes ne sont pas visibles à Paris. Cette constellation est la huitième du Zodiaque.

La Sagittaire ♐ : neuvième constellation du Zodiaque. Un peu à l'orient d'Antarès en suivant toujours la direction de l'écliptique, est le Sagittaire formant un trapèze oblique $\zeta\ \tau\ \sigma\ \varphi$. A droite une file d'étoiles $\beta\ \varepsilon\ \delta\ \lambda$ en ligne courbe, imitent un arc convexe vers le Scorpion ; la flèche est $\sigma\ \varphi\ \delta\ \gamma$. On trouve la tête un peu plus haut à gauche, elle est formée de $\xi\ \pi\ o$. Cette constellation est toujours proche de l'horizon. Son aspect a ceci de remarquable, que toutes ses étoiles présentent des trapèzes en tous sens.

Le Capricorne ♑ : C'est la 10e constellation du zodiaque. La ligne qui va de la Lyre à l'Aigle se prolonge vers deux étoiles très voisines et tertiaires, $\alpha\ \beta$, la tête du Capricorne. La plus élevée α est double. Vers l'orient $\gamma\ \delta\ \varepsilon$, forment un petit triangle isoscèle aigu, renversé.

Le Verseau ♒ : Le prolongement de la ligne qui va de la *Lyre* au *Dauphin* et au *Petit Cheval*, se porte sur le Verseau et plus loin sur *Fomalhaut*. Les étoiles $\gamma\ \eta\ \zeta$ et π sont disposées en pyramide ; α et o fort proches de ce groupe remarquable, forment encore avec γ un triangle. Une file d'étoiles $\alpha\ \beta\ \mu\ \varepsilon$ se prolonge vers la tête du Capricorne, et vers la gauche se porte sur $\zeta\ \eta$, l'*Urne*. De là part une ligne sinueuse de très petites étoiles, laquelle se termine à Fomalhaut, vers l'horizon : c'est l'eau du Verseau. Cette constellation est la 11e du Zodiaque.

Les Poissons ♓ : la ligne menée du pied γ d'Andromède à la tête α du Bélier, se prolonge sur une tertiaire α : c'est le nœud où se joignent les cordons qui attachent les Poissons. Le Poisson boréal est placé sous Andromède, l'occidental sous le carré de Pégase. Cette constellation, peu apparente, la douzième du Zodiaque, est composée de deux files d'étoiles très fines, qui partent de α et vont en divergeant, l'une vers α d'Andromède, et l'autre vers α du Verseau.

Dans la planche IIe, cette constellation se trouvant aux deux extrémités du cadre, il est bon, pour s'en faire une idée exacte, de rapprocher les deux bords de cette zône.

CONSTELLATIONS AUSTRALES.

—

(Voyez la zône et l'hémisphère austral.)

La Baleine. En menant une droite de β d'Orion ou *Rigel*, à γ de Pégase ou Algénib, on rencontre au-dessous du Bélier la tête de la Baleine, formée des étoiles $\xi\ \nu\ \gamma\ \mu\ \lambda\ \alpha$, et une petite κ plus à l'est ; α est la mâchoire. Une tertiaire δ est fort près de l'Equateur ; et sur le même cercle horaire que cette étoile, en descendant vers le pôle sud, on trouve un carré composé de quatre étoiles $\varepsilon\ \rho\ \sigma\ \pi$, qui touche à l'Eridan. δ est tertiaire et forme un triangle avec ε et d *Mira*, *variante* qui paraît de seconde grandeur pendant près de quinze jours, au bout desquels son éclat diminue et s'efface pour reparaître après 333 jours environ. L'étoile β *Diphda* de la queue, qui est une secondaire, devient au contraire de plus en plus brillante.

En tirant une ligne par ζ et β de la Baleine on tombe sur *Fomalhaut* ou α du *Poisson-Austral*. On croit trouver dans la Baleine la figure d'une lampe antique dont α est le bec, et β l'anse.

Le Poisson Austral. Vers l'horizon, sous le Verseau, est *Fomalhaut* ou *la Bouche*, belle étoile primaire. Cette constellation s'élève très peu sur l'horison de Paris. On arrive aussi à Fomalhaut en prolongeant au sud, vers l'horizon, une ligne qui passerait par β et σ du carré de Pégase.

Orion. Orion est placé au dessous du Cocher, sur le prolongement de la diagonale δ β de la grande Ourse, qui rencontrerait les Gémeaux; elle est entre cette dernière constellation et le Taureau, mais un peu plus bas. On peut y arriver également en faisant passer par α du Cocher et β du Taureau une ligne qui traverse la nouvelle constellation. On la voit étinceler dans les belles nuits d'hiver, et elle se trouve dans une région du ciel qui est peuplée d'une multitude d'étoiles brillantes.

Vers neuf à dix heures du soir, en février et mars, on peut découvrir à la fois jusqu'à douze primaires, savoir : Sirius, Procyon, la Chèvre, Aldébaran, Arcturus l'Épi, le Cœur de l'Hydre, Orion, les Gémeaux et le Lion, sans compter un grand nombre de secondaires.

Cette constellation est la plus belle de toutes, par son étendue et le nombre d'étoiles brillantes qui la composent. Un grand quadrilatère $\alpha\ \gamma\ \beta\ \varkappa$, a ses diagonales formées de deux secondaires $\varkappa\gamma$, et de deux primaires $\alpha\beta$. A l'angle nord-est on voit α ou *l'épaule droite*; à l'angle sud-ouest, β ou le pied gauche, ou *Rigel*. Au milieu du quadrilatère, sont trois secondaires serrées, disposées en ligne oblique $\delta\ \varepsilon\ \zeta$; c'est le *Baudrier*, la *Ceinture*, *les trois Rois*, le *Rateau*, le *bâton de Jacob* : ces trois étoiles forment, avec $\varkappa$ et β, un quadrilatère oblique à l'angle inférieur duquel on voit entre $\varkappa$ et ι la belle nébuleuse d'Orion; ε est *Anilam*, ι *Thabit*, α *Saïph*, ζ *Alnitak*. Cette ligne va au nord-ouest sur Aldébaran, et au sud-est vers Sirius. Au dessous est une traînée lumineuse de trois étoiles très rapprochées : c'est l'Épée. Entre l'épaule occidentale γ et Aldébaran, est le *Bouclier* composé d'une file de petites étoiles en ligne courbe $\varpi\ q\ r\ z$.

Le Grand Chien. En prolongeant vers la gauche la base $\beta\ \varkappa$ du quadrilatère d'Orion, ou la ligne du baudrier $\delta\zeta$, on trouve *Sirius*, la plus belle étoile du ciel. A l'est de cette étoile on trouve $\iota\ \mu\ \gamma$, qui forment un triangle, et plus bas un autre triangle composé par $\epsilon\ \sigma\ \delta$, voisin de l'horizon de Paris. Les étoiles $\beta\ \zeta\ \epsilon$ et α présentent encore un quadrilatère irrégulier, alongé dans le sens du méridien. α est primaire. Les cinq étoiles suivantes sont secondaires : β est *Mirzam*, γ *Muliphen*, δ *Wesen*, ϵ *Adhara*, η *Aludra*.

Le Petit Chien est au-dessous des Gémeaux et à l'est de l'angle supérieur α du quadrilatère d'Orion. Près de Procyon, α de cette constellation, on trouve une tertiaire, β *Gomeiza*.

Cette constellation se compose principalement de deux étoiles disposées comme Castor et Pollux des Gémeaux. L'étoile α, de première grandeur, est *Procyon*, et se trouve sur le même méridien ou cercle horaire que Pollux ; β ou *Gomeiza* sur celui de Castor. Procyon forme avec α d'Orion et Sirius un triangle équilatéral.

L'Éridan. Une file d'étoiles tertiaires et quartaires part, en serpentant, de l'angle occidental inférieur d'Orion, en descendant sous l'horizon, où elle se perd. Après plusieurs grandes sinuosités invisibles pour nous, elle se termine à une belle étoile primaire, α Acharnar, à 32° du pôle austral, ou 58° de déclinaison austral,

Le Lièvre. Quatre étoiles tertiaires $\alpha\ \beta\ \delta\ \gamma$ forment un quadrilatère au dessous de celui d'Orion : α est *Arneb*, β *Nihal*. Plus bas encore on voit la Colombe entre le Lièvre et Canopus.

L'Hydre. L'Hydre est une longue constellation qui occupe le quart de l'horizon, sous le Cancer, le Lion et la Vierge. A la gauche de Procyon est la tête, formée de quatre étoiles quartaires $\delta\ \epsilon\ \eta\ \zeta$, au-dessous du Cancer et sur le prolongement de la droite menée par α d'Orion et par Procyon. Le côté occidental γ α du grand trapèze du Lion, prolongé, va plus bas sur le *cœur* α, qui est primaire ou secondaire.

La ligne des têtes des Gémeaux se dirige aussi sur α. Une file de dix étoiles forme le repli de l'Hydre, qui porte sur son dos le Corbeau et la Coupe.

Le Corbeau. Grand trapèze de quatre étoiles tertiaires $\alpha\,\beta\,\gamma\,\delta$, sur le même méridien que la chevelure de Bérénice, au midi de la Vierge et sur l'alignement de la Lyre à l'Épi. En prolongeant la base supérieure de ce trapèze, on arrive à l'Épi.

La Coupe. Au dessous de δ du Lion (l'angle supérieur à gauche du grand trapèze), on voit une file de petites étoiles qui se rendent à la Coupe, constellation formée de six quartaires en demi-cercle. Le pied de la Coupe, que quelques astronomes rapportent à l'Hydre, est représenté par $\beta\,\alpha\,\nu$.

Le Navire, le Vaisseau. Cette constellation est à l'orient du Grand Chien et un peu plus au-dessous. Trois tertiaires sont à côté du triangle de cette dernière constellation; plus loin, à gauche, on en voit 2 ou 3 autres qui forment la mâture. L'horizon nous cache le reste, et particulièrement la plus belle des étoiles apres Sirius, α *Canopus*; ζ est *Naos*, ρ Turéis, ξ Asmidiske. (Voyez l'hémisphère Austral.)

La Licorne est entre le Petit Chien et Orion; elle a quelques étoiles quartaires qui imitent un *V* très oblique, dont la branche supérieure continue la ligne droite des pieds des Gémeaux.

Le Centaure. Cette constellation est au-dessous de l'épi de la Vierge, et s'élève peu sur notre horizon: on y remarque une secondaire θ, et vers la droite une tertiaire ; un peu au-dessus, est la tête formée de plusieurs petites étoiles. Le reste de la constellation n'est jamais visible à Paris, et contient plusieurs belles étoiles, entre autres deux primaires α β. Entre les jambes du Centaure est la *Croix-du-Sud*, formée de quatre secondaires toujours cachées pour nous.

Le Loup. Vers le sud-ouest d'Antarès on voit plusieurs petites étoiles qui appartiennent au Loup : on représente cet animal percé d'une pique que tient le Centaure.

Le Solitaire. Au-dessous du bassin austral de la Balance est une tertiaire γ qu'on a séparée du Scorpion ; c'est la plus remarquable des étoiles de cette petite constellation.

Le Télescope. Sous la flèche du Sagittaire, à gauche de la queue du Scorpion, dans les brumes de notre horizon, sont deux quartaires β γ, qui forment le télescope.

L'Autel a trois étoiles tertiaires sous la queue du Scorpion. Ces dernières constellations sont peu ou point visibles à Paris.

La Grue est au-dessous du Poisson austral ; elle a deux secondaires α et β, et une tertiaire γ.

Le Phénix est un quadrilatere d'étoiles tertiaires au-dessus d'Acharnar ou Achernard.

Le Paon a une secondaire α au-dessous du Sagittaire, et plus bas encore, sur la même ligne, trois tertiaires γ β δ.

Il nous resterait à parler du Triangle austral, du Poisson-Volant, de la Dorade, de l'Indien, de la Mouche australe, de l'Hydre mâle, du Caméléon, etc. mais ces constellations, voisines du pôle austral, n'étant jamais visibles à Paris, nous ne nous y arrêterons pas.

Nous nous sommes contentés d'indiquer les alignemens les plus remarquables ; mais en jetant les yeux sur les planisphères, il est facile d'en trouver beaucoup d'autres. Lorsqu'on voudra reconnaître dans le ciel quelque étoile dont le nom ne sera pas présent à la mémoire, il suffira d'en chercher deux qui soient connues et qui s'alignent avec la première, puis de comparer les distances; recourant ensuite aux cartes, on devra être conduit sur l'étoile inconnue, en y exécutant les mêmes alignemens. Il faudra, autant que possible, préférer la Polaire dans ces opérations, parce que l'arc qui la joint à l'étoile quelconque dont il s'agit est un méridien, et que la direction de ce méridien représentée par des verticales sur notre planisphère, n'exige, pour former l'alignement, que de remarquer parmi les étoiles que ce méridien céleste sépare, celles qui en sont les plus voisines des deux côtés. Si l'on ne trouve pas l'étoile sur la carte dans la direction dont il s'agit, il faut la chercher parmi les planètes; car c'en est probablement une.

AUTRE MOYEN DE RECONNAITRE LES CONSTELLATIONS.

Trouver l'instant où une étoile désignée passe au méridien.

Pour que la planche IIe donne une idée plus exacte des constellations qu'elle renferme et de leur position relative dans le ciel, on peut en réunir les deux bords latéraux en donnant à cette carte la figure d'un cylindre, d'une zône. Mais pour que l'analogie fût complète, il faudrait que la dimension fût très grande et permit à l'observateur de se placer au centre, après avoir monté cette zône sur un axe de rotation et retourné à l'intérieur la face étoilée.

A l'aide de cette planche on peut trouver sans calcul l'heure du passage d'une étoile au méridien à 1' près, précision au moins égale à celle du cadran solaire. En jetant les yeux sur cette carte, on y reconnait de suite par le moyen que nous exposerons bientôt, le lieu de l'écliptique qu'occupe le Soleil dont on détermine d'abord l'ascension droite, en lisant sur l'équateur à quel degré il correspond pour la date à laquelle il se trouve. Il suffira de partir du lieu du Soleil et d'aller à droite ou à gauche, suivant que l'étoile est à l'orient ou à l'occident du soleil; de voir à quel degré d'ascension correspond l'étoile, et de compter combien il y a de degrés entre les cercles horaires des deux astres. Comme un degré pris sur la division du cercle vaut 4' de temps, que par conséquent 15° valent une heure; autant il y aura de fois 15° entre la position du Soleil et celle de l'étoile, autant d'heures l'étoile passera au méridien avant le Soleil, si elle se trouve à l'ouest, autant d'heures plus tard que lui, si elle se trouve à l'est de cet astre. Seulement il faut faire attention que le Soleil s'avance vers l'orient d'environ 1° par jour, ce qui équivaut à 10" de temps par chaque heure de la journée, et que par conséquent si le Soleil passe au méridien trois heures avant l'étoile, il aura déjà marché vers l'orient, il se sera déjà rapproché de la première étoile de trois fois 10" ou 30" lorsque celle-ci arrivera au même méridien. Et si nous supposons maintenant que l'étoile était à l'ouest du Soleil, comme dans ce cas elle est passée au méridien trois heures avant lui, celui-ci s'en sera déjà éloigné de 30" lorsqu'il arrivera au méridien. Si l'on voulait connaître la différence en temps des ascensions droites de deux étoiles, on comprend aisément que les étoiles ne changeant pas de position les unes à l'égard des autres, il suffira de voir sur la carte de combien de degrés elles sont distantes, pour savoir aussitôt à combien d'heures d'intervalle elles passeront au méridien du l'eu de l'observateur.

Maintenant fesons une application de ce que nous venons de dire, et cherchons la différence de deux passages au méridien (ou différence de deux ascensions droites). On peut se dispenser pour cette opération de la lunette méridienne. Que l'on trace une ligne verticale sur une vitre, que l'on fixe une très longue aiguille au devant de cette ligne en la plantant dans la traverse du chassis d'une fenêtre, de telle sorte que l'ombre de l'aiguille tombe un jour à midi sur cette ligne verticale; on est assuré que l'ombre tombera tous les jours à midi sur la même ligne qui est avec l'aiguille dans le plan méridien (puisque ces deux droites déterminent ce plan méridien). Qu'un observateur place son œil dans l'alignement de la ligne et de l'aiguille; dès que l'étoile y passera, il pourra l'observer et noter l'heure qu'une horloge marque au même instant; et s'il répète la même observation pour d'autres étoiles en tenant toujours compte de l'heure à laquelle elles passent successivement au méridien, il aura déterminé, en temps, la différence d'ascension droite de ces divers astres; et comme, ainsi que nous l'avons dit, une heure correspond à 15° d'ascension droite, il déduira aisément cette dernière évaluation de la première. Il dira par exemple, telle étoile passe au méridien une heure après telle autre, il y a donc entre elles 15° d'ascension droite de différence; une autre étoile y passe une heure quarante minutes après, elle en est donc à 25° d'ascension droite, etc. Il ne serait pas moins aisé de remonter des ascensions droites, connues en degrés, aux différences, en temps, du passage au méridien.

Si l'on veut connaître l'état du ciel à une époque désignée, l'on cherche d'abord le lieu du Soleil : Il est clair que ce point passe à midi au méridien du lieu de l'observateur; puis partant du degré d'ascension droite que l'on trouve sur la carte, on procede vers la gauche; et à 15° de là on trouvera le cercle horaire qui, à une heure après-midi, se confond avec le méridien; 15° plus loin est le cercle horaire qui atteint le méridien à 2 heures, et ainsi de suite. On va jusqu'à ce qu'on ait rencontré l'étoile et reconnu de combien de degrés d'ascension droite son cercle horaire est éloigné de celui du Soleil. Sur les cartes les lignes verticales marquées en points longs indiquent les lieux du Soleil.

Toutes les étoiles qui sont situées sur le même cercle horaire passeront évidemment en même temps au méridieu, et les constellations voisines de ce cercle seront alors visibles et de la manière suivante : Celles qui sont tracées sur la carte (placée le haut au nord) vers la gauche ou à l'ouest sont, dans le ciel, à la droite de l'observateur tourné les yeux vers le sud, et ont déjà passé au méridien; au contraire celles qui sont marquées à gauche du cercle horaire méridien, vont y entrer et sont placées à gauche du spectateur ou du côté de l'orient. On peut même estimer par les degrés d'ascension droite qui les séparent, depuis combien de temps les premières ont quitté le méridien et dans combien de temps les autres y arriveront. En recourant ensuite aux planisphères polaires (au planisphère Boréal ou au plamisphère Austral suivant que l'étoile se trouve dans l'un ou l'autre), on y cherchera le numéro d'ascension droite du méridien actuel, et on tournera la carte de manière à avoir près de soi directement le rayon qui part de ce numéro et à pouvoir lire les noms des constellations qui en sont voisines, et cela dans le sens où ils sont écrits, non pas à l'envers. Le point du ciel qui se trouve actuellement au Zénith correspond à la section du rayon dont nous venons de parler avec un cercle décrit du pôle, comme centre, au moyen d'un compas dont l'ouverture serait égale au complément de la latitude du lieu de l'observateur. La latitude de Paris par exemple, est, en nombres ronds, de 49° (en d'autres termes cette ville est à 49 degrés de l'équateur); et comme il y a 90 degrés de l'équateur au pôle, Paris sera donc éloigné de 41 degrés du pôle; ces 41 degrés complètent la distance du pôle à l'équateur, ou sont le *complément* de la latitude. Cet arc complémentaire est pour Paris, en nombres exacts, de 41° 10'; ainsi en décrivant autour du pôle un cercle dont le rayon aurait 41° 10' pris sur l'échelle de déclinaison on reconnaîtra de suite toutes les étoiles qui passent au Zénith de Paris. Au moyen de l'échelle de déclinaison ou de latitude, tracée sur les cartes polaires on décrirait tout aussi facilement le cercle Zénithal de tout autre lieu de la terre. Les constellations qui avoisinent le pôle Boréal prennent sous nos yeux toutes les positions autour de ce pôle, la carte boréale montre leurs situations respectives à l'instant proposé.

Joignons maintenant un exemple à ces détails, prenons l'époque du 22 août à 9 heures et demie du soir, et cherchons l'état du ciel à cet instant (nous supprimerons des fractions dont il faudrait tenir compte si l'on voulait opérer rigoureusement, mais qui ne feraient ici que compliquer inutilement notre exemple). Cherchons d'abord le nom du mois, dans la ligne des mois placée sur le bord inférieur de la planche II^e; puis remarquons des divisions et des chiffres qui indiquent, de cinq en cinq jours, le quantième du mois. Quand le mois a trente et un jours, l'espace qui se trouve entre le 25 de ce mois et le 1er du mois suivant est plus grand et correspond à 6 jours au lieu de 5.

Nous trouvons d'abord le 20 août et un peu plus loin le 25: divisons en 5 parties l'espace qui se trouve entre ces deux dates et par la seconde division, ainsi obtenue, qui correspondra au 22 de ce mois, menons une ligne parallèle à celles qui sont ponctuées sur notre zône. La ligne que nous mènerons ainsi coupera l'écliptique et nous voyons qu'elle passe près de Régulus. Quand nous avons ainsi reconnu qu'à midi le Soleil était dans la constellation du Lion, près de Régulus, nous abaissons par cette étoile une perpendiculaire sur l'équateur ou cercle des ascensions droites, et nous trouvons que cette perpendiculaire tombe à peu de chose près sur le 150^e degré d'ascension droite ou X heures (exactement sur le 151^e degré et 1/2 ou, en temps, sur 10 h. 6').

Or, nous voulons savoir quelles étoiles passeront au méridien à 9 heures 1/2, heure que nous avons choisie; reculons donc vers la gauche de 9 fois quinze degrés ou 135 degrés pour 9 h. plus 7 degrés et demi pour une demi-heure, ou en somme de 142 degrés. Le Soleil était déjà à 150 degrés; nous arriverons donc à 292 degrés d'ascension droite pour le cercle horaire de l'étoile, lequel correspond à XIX h. et demie environ. Les heures sont marquées en chiffres romains au-dessous de l'équateur, et correspondent, de 15 en 15 degrés aux divisions de ce cercle. En sorte qu'il y a 19 h. 1/2 que le point de l'équinoxe du printemps ♈ est passé au méridien (on indique ainsi ♈ l'équinoxe du printemps dans les cartes et les ouvrages d'astronomie). Nous devons rappeler ici que les astronomes prennent le passage de l'équinoxe du printemps au méridien pour point de départ de leurs calculs. Quand on aura trouvé le 292^{me} degré, on y fera passer une ligne perpendiculaire à l'équateur et toutes les étoiles que rencontrera cette ligne seront sur un même méridien. Nous aurons pour l'exemple proposé l'aspect suivant du ciel :

Le méridien traverse Antinoüs, l'Aigle, la Flèche et le Cygne; auprès, à gauche, on voit le Capricorne, le Dauphin; à droite, la Lyre, Ophiucus. Un peu à gauche sont le Verseau, le Petit Cheval, les Poissons, Pégase; enfin Andromède, Persée et le Bélier. A l'occident, au contraire, sont : Le Sagittaire, Hercule, la Tête du Serpent, la Couronne et le Bouvier. Si l'on se tourne vers le pôle, la Petite et la Grande Ourse, séparées par la queue du Dragon, sont à gauche; à droite sont Cassiopée et la Chèvre; enfin le Zénith correspond à peu de distance de θ du Cygne.

Cet exposé offre un moyen commode de reconnaître les constellations sans le secours des alignemens et même lorsque le temps est un peu nébuleux. Faisons remarquer encore que le spectateur tourné vers le sud a l'orient à sa gauche. Que la zône (planche II), étant étendue sur une table et orientée comme une carte géographique, le haut vers le nord, lui offre les constellations dans un sens inverse, c'est-à-dire l'orient à droite. D'ailleurs, comme le corps de l'observateur est obligé de faire un demi-tour chaque fois que ses yeux quittent le ciel pour se reporter sur la carte et réciproquement, il s'habitue en un instant à ce renversement et à lire, pour ainsi dire, dans cette contre-épreuve, comme s'il voyait l'image des étoiles réfléchies dans de l'eau.

Afin de rendre les recherches moins longues, nous donnons ici un tableau (1) des aspects du ciel sous la latitude de Paris, à 9 heures du soir, pour le 1er de chaque mois, en nous bornant aux principales constellations. Puisque chaque mois, les étoiles, à cause de l'illusion que produit le mouvement réel de la terre vers l'Orient, semblent s'avancer vers le couchant de 30°, qui correspondent à 2 heures; si l'on veut avoir cet aspect pour

(1) Voyez ce tableau, pages 40 et 41.

une heure quelconque, il suffit de changer de mois : C'est ainsi, par exemple, que l'hémisphère céleste est le même au 1er août, à 9 heures du soir, qu'au 1er septembre à 7 heures, qu'au 1er octobre à 5 heures, qu'au 1er novembre à 3 heures du soir, et ainsi de suite, en reculant de 2 heures pour chaque mois. Dans un demi-mois la portion de révolution céleste, quoique très sensible, est de peu d'importance pour notre objet, puisqu'il n'est pas question ici d'avoir la situation précise des étoiles, que les cartes peuvent d'ailleurs donner.

Des Horoscopes. — L'écliptique est coupée en deux points par l'horizon ; l'un, qui est à l'Occident, se couche ; l'autre, à l'Orient, se lève : c'est l'*Horoscope*. Le milieu entre ces deux points, celui qui correspond au méridien ou à 90° de l'horizon, s'appelle le *Nonagésime*, du mot latin *nonagesimus*, quatre-vingt dixième. La superstition qui persuada que les événemens humains sont liés aux phénomènes célestes et ramenés périodiquement avec eux, fit croire que le point de l'écliptique qui se lève lors de la naissance d'un enfant devait présager sa destinée future. Cette erreur rendit célèbre ce point qu'on nomma *l'Horoscope*, de deux mots grecs qui signifient *examen de l'heure* (sous-entendu *de la naissance*). On étudia aussi le lieu du soleil dans l'écliptique, le point où ce cercle coupe le méridien, etc. *L'Astrologie judiciaire* crut y voir autant d'indices d'un avenir certain.

Le célèbre Tycho-Brahé avait la foi la plus aveugle dans ces chimères, et ses œuvres sont un monument déplorable des travers d'esprit dont les plus grands hommes ne sont pas exempts. On n'est plus surpris que ce savant ait rejeté le mouvement de la terre lorsqu'on sait qu'il fut le jouet des plus bizarres superstitions, et qu'il était opiniâtre dans ses sentimens. Son ami Kepler, le plus grand des astronomes, fit aussi des almanachs à prédictions, mais du moins il n'y ajoutait pas foi, et déplorait le malheur de se voir réduit à la nécessité de sacrifier à ce goût de son siècle pour conserver l'emploi qui le faisait subsister.

Catherine de Médicis, livrée à cette erreur, avait fait bâtir la colonne de l'Hôtel de Soissons pour y consulter les astres ; on voit encore cette colonne au sud-est de la Halle au blé de Paris, à laquelle elle est adossée.

ASPECT DU CIEL POUR LE PREMIER JOUR DE CHAQUE MOIS,

A NEUF HEURES DU SOIR ET A PARIS.

Le Spectateur a le dos tourné au Pôle.

Le spectateur ayant la face tournée du côte du POLE BOREAL, voit :

MOIS	COTE GAUCHE OU ORIENT.	MÉRIDIEN.	CÔTE DROIT OU OCCIDENT.	ZÉNITH.	POLE BOREAL, VOIT :
Janvier.	Cocher, Chèvre. Orion, les Deux Chiens. Gémeaux, Régulus *se lève*.	Pléiades. Eridan. Taureau.	Baleine, Bélier. Poissons, Pégase. Andromède.	Persée.	*A dr.* Gr. Ourse, Lévriers. *En bas* Petite-Ourse. Dragon.
Février.	Les Deux Chiens, Hydre. Gémeaux, Lion, Cancer.	Sirius, Lièvre. Orion, Colombe	Eridan, Taureau. Pléiades, Bélier, Baleine. Andromède, Persée, Pégase.	Cocher. Chèvre.	*A gauche* Cassiopée. Céphée, Cygne.
Mars.	Hydre, Cancer, Lion, Bouvier. Vierge et Corbeau *se lèvent*.	Procyon. Gémeaux.	Sirius, Orion. Cocher, Taureau. Pléiades, Bélier.	Lynx.	*A droite* les deux Ourses. Dragon. *En bas* Céphée.
Avril.	Bérénice, Vierge. Epi, Corbeau, Coupe. Bouvier, Couronne.	Hydre, Cancer. Lion.	Procyon, Gémeaux. Orion, Taureau, Pléiades. Cocher, Sirius.	L'S de la Gr. Ourse	*a* Cygne, Lyre. *A gauche* Cassiopée. Persée, Andromède.
Mai.	Vierge, Balance, Bérénice. Bouvier, Couronne. Têtes du Serpent et d'Ophiucus.	β Lion. Coupe. Corbeau.	Hydre, Lion, Cancer. Procyon, Gémeaux. Cocher.	Grande Ourse.	*A droite* Dragon. Petite-Ourse. *a* Cygne, Lyre.
Juin.	Balance, Antarès. Serpent, Ophiucus, Aigle. Couronne, Hercule, Lyre.	Epi. Arcturus.	Vierge, Coupe. Corbeau, Lion. Hydre, Gémeaux.	Grande Ourse.	*En bas* Cassiopée. *A gauche* Persée. Chèvre.
Juillet.	Ophiucus, Aigle. Cygne, Lyre, Hercule. Pégase *se lève*.	Antarès. α Serpent. Couronne.	Balance, Vierge. Bouvier, Lion. Bérénice.	Dragon.	*En haut* Dragon. Petite Ourse. A droite Céphée, Cass.
Aout.	Antinoüs, Aigle. Cygne, Capricorne. Verseau, Pégase, Sagittaire.	Ophiucus. Hercule.	Scorpion, Balance. Serpent, Bérénice. Couronne, Bouvier.	Lyre. Dragon.	*En bas* Persée. Chèvre. *A gauche* Gr.-Ourse.
Septembre.	Verseau, Pégase. Dauphin, Bélier. Poissons, Capricorne.	Aigle. Sagittaire.	Bouvier, Serpent, Ophiucus. Hercule, Couronne.	Cygne. Lyre.	*A droite* Céphée, Cass. Andromède. *A gau.* les deux Ourses.
Octobre.	Poissons, Bélier. Baleine, Pégase. Andromède, Fomalhaut.	Verseau.	Capricorne, Dauphin. Aigle, Antinoüs. Hercule, Lyre, Couronne.		*En haut* Céphée. *A droite* Cassiopée. Cocher, Persée.
Novembre.	Andromède, Bélier. Taureau, Pléiades. Baleine, Orion *se lève*	Algénib. Poissons.	Antinoüs, Verseau. Capricorne, Dauphin. Aigle, Cygne, Lyre.	*a* Andromède.	*En bas* Gr.-Ourse. *A gauche* Petite-Ourse. Dragon.
Décembre.	Eridan, Taureau, Baleine. Pléiades, Orion. Gémeaux, Chèvre, Persée.	Bélier.	Pégase, Andromède. Verseau, Cygne, Lyre. Dauphin, Poissons.	Persée.	*En haut* Cassiopée. *A droite* Gr.-Ourse. *A gau.* Céphée, Dragon.

L'*Ecliptique* et *l'équateur* sont deux cercles de la sphère céleste dont il importe de reconnaître la position à tous les instans.

En consultant les cartes, on voit que *l'équateur* passe par les étoiles η γ et ζ de la Vierge entre le cœur du Serpent et δ ε d'Ophiucus, par la plus boréale η du trapèze d'Antinoüs, un peu au-dessus de la tête α du Verseau, au-dessous du nœud α des Poissons, entre δ et γ de la Baleine, par la plus septentrionale δ du baudrier d'Orion, entre Procyon et le cœur de l'Hydre; enfin par le nœud ι de l'Hydre, après avoir passé au-dessous de sa tête.

La trace de *l'écliptique* dans le ciel est aussi aisée à trouver. Ce cercle de la sphère céleste, que décrit la Terre et que le Soleil nous semble parcourir annuellement, en rétrogradant, traverse la série des constellations zodiacales, il passe entre α du Bélier et la mâchoire α de la Baleine; entre les Pléiades et Aldébaran, un peu au-dessus des Hyades; il sépare les deux cornes β et ζ du Taureau, va au pied boréal μ et à δ des Gémeaux, puis à Regulus; de là, traverse la Vierge un peu au-dessus de l'Epi, va au bassin austral α de la Balance, au front β du Scorpion, à la tête π du Sagittaire, enfin à la queue $\delta\gamma$ du Capricorne et à λ du Verseau.

Les nœuds de l'équateur, ou ses intersections avec l'écliptique, sont les équinoxes, dont la situation change lentement par l'effet de la précession. Actuellement l'un de ces nœuds ♎ (équinoxe d'automne) est près de η de la Vierge, l'autre ♈ (équinoxe du printemps), est au milieu de la ligne qui joint la queue ι de la baleine à Algénib ou γ de Pégase. C'est à partir du passage de ce dernier point au méridien qu'on commence à compter les heures sidérales; ces nœuds sont importans à connaître, puisque les éclipses ne peuvent avoir lieu que lorsque la Lune est dans leur voisinage, et en même temps en conjonction ou en opposition avec le Soleil.

Le pôle de l'écliptique est un point du ciel à 90° de distance de toutes les parties de ce cercle; une ligne menée par le centre de la terre perpendiculairement au plan de ce cercle en détermine les pôles, qui sont bien différens des pôles de l'équateur. La planche I (projection du pôle boréal) donne un alignement pour servir à trouver ce pôle, qui est environné par les replis du corps du Dragon; mais il ne correspond à aucune étoile remarquable; s'il y en avait une, elle ferait un triangle équilatéral avec la lyre et la queue α du Cygne. Ce pôle, comme tous les points du ciel, décrit un cercle autour de l'étoile polaire qui correspond au pôle de l'équateur; d'ailleurs on peut le trouver aisément sur les cartes, en donnant à un compas une ouverture de 23° 1/2, prise sur l'échelle de déclinaison qui va du pôle à l'équateur dans l'hémisphère boréal; puis du pôle comme centre, en décrivant un cercle, on trace la courbe que suit le pôle de l'écliptique autour de celui de l'équateur.

Nous avons dit que la *voie lactée* est une bande irrégulière et blanchâtre, qui traverse le ciel en coupant l'écliptique vers les deux solstices. Ajoutons qu'on y trouve la queue du Scorpion vers l'endroit où la bande se partage en deux branches, l'une, qui monte au nord-est, se dirige à l'arc du Sagittaire, à l'Aigle et à la Flèche; l'autre, qui va au nord en passant sur le pied et l'épaule orientale d'Ophiucus et retrouve vers la queue du Cygne la première branche dont elle s'est peu écartée. La Voie lactée passe ensuite sur la couronne de Céphée, sur Cassiopée, Persée; puis sur les deux côtés inférieurs du pentagone du Cocher, les pieds des Gémeaux, la Licorne, le Vaisseau, la Croix du Sud, α et β du Centaure, pour revenir enfin à la queue du Scorpion.

FABLES

Relatives aux principales constellations.

LE BÉLIER. — Forcés de fuir leur père Athamas (roi de Thèbes en Béotie), Phryxus et Hellé sa sœur, portés par un *bélier à toison d'or*, traversent l'Hellespont, aujourd'hui détroit des Dardanelles.

Hellé, que le bruit des vagues effraya, se laissa tomber, et son frère tenta inutilement de la sauver. Cette mort fit donner au détroit le nom d'Hellespont (*mer d'Hellé*), dont l'éthymologie est *Pontos*, mer, et *Hellès*, d'Hellé. Phryxus, accablé de fatigue, fit aborder son bélier à un cap habité par des barbares voisins de Colchos (sur la rive orientale du Pont-Euxin ou mer Noire) et s'y endormit. Les habitans se disposaient à le massacrer, lorsque le bélier le réveilla en le secouant, et lui apprit, en luifaisant entendre une voix humaine, le danger auquel il était exposé. Phryxus remonta sur le bélier et se rendit dans la Colchide, auprès de Eétès qui y régnait : il sacrifia le Bélier, selon les uns, à Jupiter; selon les autres, au dieu Mars qui préside au signe du Bélier; il en suspendit la toison sur un hêtre, dans un champ consacré à Mars. On commit pour le garder un dragon qui veillait jour et nuit; et, pour plus grande sûreté, on environna le champ de taureaux furieux qui avaient les pieds d'airain et qui jetaient des flammes par les narines. Eétès ayant fait assassiner Phryxus, tous les princes de la Grèce, informés de cette barbarie, résolurent la perte du meurtrier, etf ormèrent en même temps le dessein de reconquérir la toison d'or, ce qui fut exécuté par Jason, accompagné des Argonautes.

D'après le géographie Strabon, né dans le royaume de Pont, voisin de la Colchide, la fable de la Toison-d'Or devrait son origine aux moyens que pratiquaient les habitans des rives du fleuve aurifère (qui roule de l'or.) le Phase, pour se procurer les parcelles d'or entraînées par les flots. Ils opposaient obliquement au courant du fleuve des peaux de moutons non dépouillées de leur laine; l'eau par la vitesse de sa marche s'élevait le long de ces peaux velues, et son cours, se ralentissant par cet obstacle, elle laissait déposer les paillettes de métal qui s'enchevêtraient dans la laine, et de là la Toison-d'Or.

Selon quelques astronomes, qui appliquèrent à la Mythologie des explications tout-à-fait astronomiques, l'expédition des Argonautes est relative au soleil équinoxial dans le Taureau. De la Thrace, patrie de Jason, on voyait le matin cet astre sortir de la Colchide. Le lever héliaque du Bélier était l'emblème de la toison d'or, gardée par un monstre (la Baleine) et par un taureau qui vomissait des flammes. Le soir, Ophiucus, qui est Jason, se lève alors et sort du lieu où, le matin, paraissait le Bélier : le héros enlève donc cette précieuse toison. Ses compagnons, Hercule, Castor et Pollux, Céphée..... sont sur l'horizon, dont le navire Argo est voisin à l'occident.

Le Taureau. Plusieurs taureaux sont célèbres dans la Fable. On ne sait lequel donna son nom à la constellation du Taureau, qui correspond au mois de mai. D'après quelques écrivains, c'est la génisse dont Io prit la forme pour se soustraire à la jalousie de Junon, qui a été changée en constellation; selon d'autres, parmi lesquels le poète grec Euripide, c'est le Taureau dont Jupiter aurait pris la forme pour enlever Europe, fille d'Agénor, roi de Phénicie. Jupiter, épris des charmes d'Europe, se transforma en taureau, et se mêla parmi les troupeaux d'Agénor au moment où sa fille cueillait des fleurs avec ses compagnes. Europe, frappée de la douceur et de la beauté de cet animal, qui venait se jouer à ses pieds, eut l'imprudence de s'asseoir sur son dos. Le dieu se précipita aussitôt dans la mer, et gagna l'île de Crète à la nage. Quand il fut arrivé sur le rivage, il reprit sa première forme pour lui déclarer son amour. Quoique Europe eût fait vœu de se consacrer au culte de Diane, elle céda aux instances du dieu, et devint mère de Minos, d'Eaque et de Rhadamante (les trois juges de l'enfer).

D'après quelques astronomes, l'enlèvement d'Europe et d'Io par Jupiter est probablement une allusion à la néoménie (nouvelle lune), le soleil et la lune étant au printemps dans le Taureau. Sirius se couche avec le soleil, et annonçait autrefois le printemps.

Les Pléiades sont filles d'Atlas (le ciel) et de Pléioné ou d'Hespérie (le soir); peut-être aussi Atlas est-il le Bouvier, dont le coucher fait lever les Pléiades: ce qui a fait dire qu'il était leur père. On les nommait *Atlantides* (filles d'Atlas); ou *Hespérides* (filles du soir). Selon Germanicus César, leur nom dérive du mot grec *Pléionès* (plusieurs), ou de *Pléô* (je navigue). Elles étaient sept: Electre, Maïa, Taygète, Alcyone, Séléno, Stérope et Mérope; mais celle-ci se cacha, humiliée d'être la seule qui eût épousé un mortel.

Calipso et Pasiphaé ont aussi été classées parmi elles. Orion était le persécuteur des Pléiades; mais, pour les soustraire à sa fureur, Jupiter les mit aux cieux, où ce géant les poursuit encore vainement.

Pasiphaé, mère d'Ammon ou du Bélier, devint amoureuse du Taureau, c'est-à-dire de Taurus, un des officiers de Minos, père de Pasiphaé, et en eut le Minotaure (Orion). Cette fable est fondée, disent quelques astronomes, sur ce que les Pléiades entrent dans les rayons solaires quand le Bélier s'en dégage.

Les Hyades. Les poètes ont beaucoup varié sur leur généalogie : les uns font les Hyades filles d'Atlas et d'Hétra ; d'autres, filles d'Érechthée, souverain d'Athènes ; d'autres leur donnent Océan pour père ; d'autres les font filles ou sœurs d'Hyas. On n'est pas moins divisé sur leur nombre, qui a été de deux à sept (mais cinq et sept plus généralement), et sur leurs noms : les plus ordinaires sont Cisséis, Nysa, Erato, Eriphie, Polyhymno, Bromie, quand on en admet six ; Ambrosie, Eudora, Phesule, Coronis, Polixo, Phéo, Thioné, lorsqu'on en admet sept. Elles étaient nymphes de Dodone et nourrices de Bacchus. On les nommait aussi Héliades (filles du Soleil, *Hélios* signifie Soleil, en grec) ou Titanides (filles de Titans), et même Atlantides. Leur nom vient de *Hyeïn* (pleuvoir) parce que leur présence sur l'horizon annonçait le retour des pluies, ou encore d'*Hyas*, qui était le nom de leur père ou de leur frère. Ce prince ayant été déchiré par une louve, ses filles ou ses sœurs versèrent tant de larmes, que les dieux, par compassion, pour les consoler, les changèrent en étoiles pluvieuses et les placèrent au ciel.

Les Gémeaux sont les *Dioscures* Castor et Pollux, ou Apollon et Hercule, ou Triptolème et Jasion, ou Amphion et Zéthus ; ils sont le symbole de l'amitié, de la fécondité...

Généralement ce sont Castor et Pollux, connus par leur amitié fraternelle qui est passée en proverbe. Ils eurent pour mère Léda, femme de Tyndare, roi de Sparte, et pour père, l'un Tyndare, et l'autre Jupiter. Les poètes racontent que Jupiter, épris des charmes de Léda, emprunta la forme d'un cygne pour réussir auprès d'elle, et que cette princesse eut deux œufs, dont l'un, de Tyndare son mari, produisit deux mortels

Castor et Clytemnestre, et l'autre, de Jupiter produisit Hélène et Pollux, tous deux immortels comme leur père. Devenus grands, ils purgèrent la mer Egée des pirates qui l'infestaient, et suivirent Jason à la conquête de la Toison d'or. Ayant été invités aux noces de Lyncée et d'Idas, ils enlevèrent Phébé et Thalaïr, femmes de ces deux princes, qui les attaquèrent: Castor tua Lyncée et fut tué par Idas, qui à son tour périt sous les coups de Pollux. Désespéré de la mort de son frère, Pollux supplia Jupiter de rendre la vie à celui-ci, ou de le faire périr lui-même. Jupiter ne pouvant exaucer entièrement cette prière, partagea entre eux l'immortalité; ensorte qu'ils vivaient et mouraient alternativement, et que l'un était sur la terre tandis que l'autre était dans les enfers; et ensuite il les transporta au ciel, changés en une constellation.

L'Ecrevisse ou le *Cancer*. Les poètes disent que c'est le Cancer qui fut envoyé par Junon contre Hercule lorsqu'il combattait l'hydre de Lerne (le second de ses douze travaux), et qui blessa le héros au pied. Hercule l'écrasa; mais Junon, pour récompenser le Cancer, le mit au rang des signes du Zodiaque. D'autres poètes prétendent que l'Ecrevisse fut placée au ciel par Jupiter, parce que cet animal avait retardé par sa piqûre la fuite d'une nymphe. Les *Anes* qui font partie de ce signe sont la monture de Bacchus, ou bien encore ceux dont les cris ont effrayé les Titans.

Le Lion. Les anciens mytographes (écrivains de *Mythes* ou fables) disent que c'est le lion de la forêt de Némée; d'autres, qu'il était fils d'Echidna et de Typhon. Ce monstre ne pouvait être blessé par aucune arme; de plus, il habitait une caverne à deux issues, ce qui lui facilitait les moyens d'échapper à ceux qui le poursuivaient.

Hercule, après avoir fermé une des deux issues, pénétra par l'autre dans la caverne, et y étouffa le lion entre ses bras, parce qu'on ne pouvait le blesser à coup de flèches. Le Lion, suivant les astronomes, fut symbole de la force et de la puissance, parce qu'il se rapportait au soleil du solstice d'été. Il est Osiris, Jupiter, Hercule, comme Bacchus est le Taureau équinoxial.

La Vierge, emblème de la justice et des lois, représentait Thémis, dont la balance est à ses pieds, ou Astrée, fille de Jupiter et de Thémis, que les crimes des hommes forcèrent de remonter au ciel à la fin de l'âge d'or.

La Vierge est encore Cérès et le symbole des moissons, la Diane d'Ephèse, l'Isis d'Egypte, la grande déesse de Syrie, Atergatis ou la Fortune; Cybèle traînée par des lions; Minerve, Méduse; Erigone, fille du Bouvier; enfin, la Sibylle de Virgile, qui, un rameau à la main, descend aux enfers ou sous l'horison.

La Balance était, il y a 2000 ans, le lieu du soleil à l'équinoxe d'automne: c'est ce qui explique le sens du vers latin de Virgile, dont voici la traduction:

Quand la Balance enfin, recevant le soleil,
Egale au jour la nuit, le travail au sommeil.

On figurait la Balance, soit dans les mains de la Vierge, soit entre les serres du Scorpion. Les Grecs, dont la sphère était celle des Chaldéens, n'avaient que onze constellations zodiacales; ils donnaient au Scorpion une étendue de deux signes, en prolongeant les serres dans l'étendue de la Balance: c'est ce qui le faisait appeler le *grand animal* par Aratus.

Le signe formé par les serres se nommait Chelæ (bras ou pinces d'écrevisse). C'est par les Egyptiens que le signe de la Balance avait été institué, ainsi que le prouvent leurs monumens. Comme Auguste était né le 23 septembre, la flatterie se ligua avec l'Astrologie pour célébrer le bonheur promis à la terre par la naissance de cet empereur : on replaça au ciel la Balance, symbole de la justice. D'après cela, on interprète aisément ces vers que Virgile adresse à Auguste :

Peut-être, plus voisin de tes nobles aïeux,
Nouveau signe d'été veux-tu briller aux cieux ?
Le Scorpion brûlant, déjà loin d'Erigone,
S'écarte avec respect et fait place à ton trône.

Le Scorpion est le symbole des maladies et des fléaux destructeurs. Les poètes l'appellent *terrible*, parce qu'il était funeste d'être né sous son influence. Il était la terreur d'Orion, de Phaéton, d'Hippolyte, dont il causa la mort, et l'effroi de tous ses paranatellons. On le figurait dévorant les testicules du Taureau, pour désigner le temps où le génie du mal triomphe de la force fécondante. C'est la victoire de Typhon sur Osiris, d'Ahrimane sur Ormusd...., etc.

Le Sagittaire a été quelquefois remplacé par un arc, un carquois ou une flèche ; il est le centaure Chiron, instituteur d'Achille, de Jason, d'Esculape, et l'inventeur de l'art de l'équitation. Selon d'autres, le Sagittaire était un chasseur célèbre qui résidait avec les Muses sur l'Hélicon ; ou même Croton, poète et chasseur ; ou enfin le Janus égyptien.

Le Capricorne est un bouc, fils d'Egipan, qui fut élevé avec Jupiter sur le mont Ida. Il découvrit et emboucha le premier la conque marine, dont le bruit porta l'effroi parmi les Titans, dans leur guerre contre l'Olympe. Jupiter, pour le récompenser, le transporta aux cieux.

Les dieux épouvantés, par l'approche des Titans, se cachèrent sous diverses formes d'animaux ; Mercure se changea en ibis, Apollon en grue, Diane en chat.... ; enfin Pan, qui, selon une autre fable, est le même que le Capricorne, se sauva en Egypte où il se cacha dans le Nil, c'est-à-dire qu'il prit un corps de bouc et une queue de poisson. Jupiter, charmé de ce stratagème, le mit au nombre des constellations dès que la guerre fut terminée.

Le Verseau est Ganymède, que Jupiter fit enlever par son aigle pour servir d'échanson aux dieux. L'aigle placé au-dessus ne s'élève jamais au ciel sans entraîner avec lui le Verseau, l'urne qui penche et l'eau qui s'en écoule.

Les pieds de Pégase se lèvent avant l'eau du Verseau : c'est l'Hippocrène (mot qui signifie *Fontaine du cheval*), que le quadrupède aîlé fait jaillir d'un coup de pied. Les neuf étoiles du Dauphin, placées au-dessus du Verseau, sont la constellation des Muses, qui se désaltèrent à cette fontaine.

Le Verseau est encore Deucalion, roi de Thessalie, qui, échappé au déluge avec Pyrrha, sa femme, vint débarquer sur le Parnasse, séjour des Muses, de Pégase et de l'Hippocrène. Il est aussi Aristée, fils d'Apollon, qui obtint de Neptune le bienfait des vents étésiens. Cette fable se rapporte au temps où le lever du soir du Verseau arrivait au solstice d'été et annonçait le retour des vents frais, comme Sirius était le précurseur de la chaleur. Le Verseau est encore Cécrops, roi d'Athènes.

Les Poissons sont ceux dont Vénus et l'Amour prirent la forme pour échapper à Typhon. Selon d'autres fables, deux poissons trouvèrent un œuf et le roulèrent sur le rivage ; il fut couvé par une colombe, et Vénus en sortit : ils ont, dit-on, sauvé des eaux Dercéto, fille de Vénus. C'est depuis ce temps que les Syriens s'abstinrent de se nourrir de poissons. Enfin, suivant l'astronome grec Théon, les Poissons sont les enfans du Poisson austral, à la suite duquel ils se lèvent toujours.

La grande et la petite Ourse sont Callisto et son chien. Sous la forme de Diane, Jupiter ayant séduit Callisto, nymphe favorite de cette déesse, il en eut un fils, qui est Arcas, ou le Bouvier. Jupiter les plaça l'un et l'autre dans le ciel. Junon, furieuse, pria Thétis d'empêcher l'Ourse, cette constellation adultère, de se baigner dans l'Océan, (Ces deux constellations restent en effet toujours sur l'horizon pour les peuples septentrionaux).

Selon d'autres, les deux Ourses sont les nymphes qui ont nourri Jupiter sur le mont Ida; on les nomme Hélices, à cause de leur mouvement *spiral* (en hélice) autour du pôle. La grande Ourse, formée principalement de sept (*Septem* en latin) étoiles, est appelée *Septem-Triones;* d'où dérive le mot *Septentrion.* Le voisinage du Bouvier (Icare) l'a fait nommer aussi les *Bœufs d'Icare.*

On y figurait aussi un sanglier, qui est peut-être celui d'Erymanthe.

Cassiopée, femme de Céphée, roi d'Ethiopie, avait la vanité de se croire plus belle que les Néréïdes. Neptune s'en vengea en suscitant un monstre destructeur. Céphée, pour en arrêter les ravages, se vit forcé de lui dévouer sa fille Andromède. Les dieux, touchés de tant d'innocence et de beauté, permirent à Persée de la délivrer.

Cette fable vient de ce que la Baleine descend dans les flots avec Andromède, qui, le lendemain se lève avant elle, précédée de Persée; ce héros semble la ramener au jour. Cassiopée est figurée sur un trône orné de palmes, pour marquer son orgueil; Andromède est sur un roc; Persée est dans l'attitude d'un combattant.

Au lieu de Cassiopée, on a aussi peint une biche, ou un sanglier (celui d'Erymanthe). On a remplacé Céphée par un berger et son troupeau; c'est le jardin des Hespérides. Enfin, Andromède passait pour être Antiope, ou Hippolyte, reine des Amazones.

Persée. Acrisius, roi d'Argos et père de Danaé, ayant appris de l'oracle que son petit-fils lui ravirait la couronne et la vie, enferma Danaé dans une tour d'airain pour l'empêcher de devenir mère. Malgré cette précaution, Danaé fut séduite par Jupiter, métamorphosé en pluie d'or, et donna le jour à Persée. Acrisius l'ayant appris, mit la mère et l'enfant dans une nacelle demi-brisée, et les exposa à la merci des flots. La nacelle ayant été poussée par les vents sur les côtes de l'île de Sériphe, une des îles Cyclades, un pêcheur, nommé Dyctis sauva Danaé et son fils, et les présenta à Polydecte, roi de l'île, qui les accueillit avec humanité. Dans la suite, Polydecte, amoureux de Danaé, voyant un obstacle à sa passion dans Persée déjà devenu grand, résolut de l'éloigner: il invita tous ses courtisans à un grand festin, ordonnant à chacun d'eux de lui faire présent d'un beau cheval. Mais le fils de Danaé dit au roi que ne pouvant lui offrir un cheval, il lui apporterait la tête de Méduse, la seule des Gorgones qui fût mortelle. Polydecte applaudit, espérant que le héros périrait dans cette entreprise. Les dieux, touchés de l'innocence de Persée, lui accordèrent leur protection: Neptune lui prêta son casque, doué de la vertu de rendre invisible celui qui le portait; Minerve son bouclier; Mercure ses ailes, ses talonnières; et Vulcain une épée de diamans, appelée *Harpé*. Ainsi armé, Persée, après avoir enlevé la tête de Méduse, changé par cet aspect le roi de Mauritanie en cette chaîne de montagnes qui portent son nom d'Atlas ; délivré, sur les côtes d'Ethiopie, Andromède, exposée toute nue sur un rocher et prête à devenir la proie d'un monstre marin, pétrifia Polydecte lui-même en lui offrant le présent qu'il lui avait promis, puis il s'embarqua bientôt après pour le Péloponèse avec Andromède et Danaé, et épousa Andromède à Argos.

Pégase ou Arion, est un cheval né du sang de Méduse, ou bien de la Terre et de Neptune ; ce qui signifie que Pégase se lève au coucher de la Vierge. Il s'envola sur l'Hélicon, où il fit jaillir l'Hippocrène. Minos le dompta et le donna à Bellérophon pour combattre la Chimère, monstre qui tenait du Lion, de la Chèvre et du Serpent. Cette fable vient de ce que ces trois constellations sont les paranatellons du soleil solsticial dans le Lion, dont les feux s'éteignent en automne, c'est-à-dire à la chute du cocher Bellérophon et au coucher du soir de Pégase. On ajoute que le héros avait été précipité pour avoir voulu escalader le ciel. Le soleil étant dans le Taureau, Pégase est en effet sur l'horizon quand le Cocher est au-dessous.

Pégase n'est qu'un demi-cheval, une tête ailée. Son lever héliaque est l'origine de la fable de Céphale et de l'Aurore qui donnent naissance à Phaéton. En effet, celui-ci est le Cocher, qui se levait peu après le soleil du printemps, et semblait naître de la conjonction de cet astre avec Pégase : à moins que Céphale ne soit la tête de Méduse, mais l'explication serait la même.

Le cheval est encore Ménalippe, fille de Chiron qui, séduite par Eole ou par Neptune, prit la fuite. Son père la chercha dans tout l'univers. Au lever de Pégase, le Centaure achève en effet de se coucher : la réunion de ces deux constellations forme un cheval complet.

Le DRAGON fut préposé à la garde du jardin des Hespérides.

C'est aussi Python, dont Apollon a triomphé, ou le Serpent que Minerve a vaincu, dans la guerre des Titans, et qu'elle a attaché au pôle, ou enfin le dragon de Cadmus.

Le COCHER annonçait par son lever héliaque l'entrée du soleil dans le Taureau équinoxial. Ce symbole de la force fécondante était Pan et Mendès. Il est aussi Erichthon, roi d'Athènes et inventeur des chars.

Selon le savant Dupuis, le Cocher est aussi Phaéton, fils du Soleil. Pour prouver son illustre origine, ce jeune imprudent voulut conduire le char de son père; mais, effrayé à la vue du Scorpion, la terreur lui fit abandonner les rênes. Les chevaux égarés vinrent si proche de la terre, qu'elle fut presque embrasée. Il périt foudroyé et tomba dans l'Eridan.

Le Cocher est encore Bellérophon, Héniochus, Absyrthe, frère de Médée; Myrtile, cocher d'OEnomaüs, etc.

LA CHÈVRE est Amalthée, ou Ægа (nom qui en grec signifie *chèvre*), nourrice de Jupiter, qui, selon certaines traditions, aida ce dieu à vaincre les Titans, allégorie purement astronomique.

LE BOUVIER est Arcas, fils de Jupiter et de Callisto. Le Loup et la Vierge ont servi à composer cette fable. Arcas est petit-fils de Lycaon, qui fut changé en loup, après avoir donné son propre fils à manger aux dieux, à la fin de l'âge d'or, c'est-à-dire lorsque Thémis (la Justice) est remontée au ciel. Le Bouvier est aussi Icare qui, ayant appris de Bacchus l'art de faire le vin, fut lapidé par des bergers ivres. Sa fille Erigone (la Vierge) se pendit de désespoir, et ce fut un chien (Procyon, ou Sirius) qui fit retrouver son corps dans un puits où cet animal se précipita.

Cette constellation est encore Atlas, qui porte le monde, parce qu'autrefois sa tête était voisine du pôle. Il épousa Hespérie et en eut sept filles, les Pléiades, qui se couchent en effet au lever du Bouvier. Volney pense que Bootès est Osiris.

Il y a 2500 ans, du temps du roi Numa, le soleil était dans le Capricorne au solstice d'hiver; à minuit, cette constellation était au méridien inférieur. C'était l'époque du renouvellement de l'année romaine, qui était annoncée par le lever de la Vierge et du Bouvier. L'étoile qu'on voyait alors à l'horizon, au même instant, était ζ de cette dernière constellation : elle précédait le lever des pieds de la Vierge et ouvrait l'année. On a, par cette raison, fait de cette étoile le dieu du temps, sous le nom de Janus, chef et moteur du système harmonique de l'univers. On lui donnait deux visages, douze autels, ou un seul à quatre faces. Il tenait les clefs du temps, le nombre de 300 dans une main, et 65 dans l'autre. Ce sont des allusions aux douze mois et aux 365 jours de l'année. Janvier, le premier mois, était consacré à Janus. On donnait à ce dieu une barque. Il était accompagné de son père Icare et de sa mère Erigone. Le Bouvier, la Vierge et le Verseau se lèvent ensemble.

La Chevelure de Bérénice. Cette reine fit vœu de se couper les cheveux si Ptolémée Evergète, son frère et son époux, revenait vainqueur. Elle les consacra dans le temple de Vénus, d'où ils disparurent le lendemain : Conon en fit une constellation. Le lever héliaque de cette constellation annonçait autrefois les moissons, et on y figurait une gerbe de blé.

La Couronne est celle d'Ariadne, que Bacchus plaça au ciel.

C'est aussi Proserpine, fille de Cérès, ou la

Vierge, et qui fut enlevée par Pluton ou le Serpentaire.

Le Serpentaire et le Serpent. Ophiucus est Esculape, né des amours d'Apollon et Coronis, ou d'Arsinoé, l'une des Hyades. Cette fable fait allusion à ce que le Soleil dans le Taureau, en se couchant le soir, fait lever le Serpentaire; ce qui fut pris pour emblême du retour de l'équinoxe. On ajoute qu'il fut nourri par une chèvre et élevé par Chiron; et en effet, le lever du Centaure se fait immédiatement avant celui d'Ophiucus, qui arrive au coucher de la Chèvre. Ophiucus est encore Jason, Sérapis, Pluton, Triopas, Phorbas, Tantale. L'Eridan se couche au lever du Serpentaire, et réciproquement; de là cette fable de l'eau qui fuit sans cesse devant l'altéré Tantale.

Hercule est fils de Jupiter et d'Alcmène. Cette constellation est aussi Thésée, Prométhée, Orphée et Ixion. La fable d'Ixion poursuivant Junon, à qui Jupiter substitua une Nuée, d'où naissent les Centaures, vient de ce que, dans la saison des pluies, le Sagittaire et le Centaure se lèvent à la suite d'Hercule; et enfin, peu après, on voit la Couronne australe, qui est la roue d'Ixion, placée dans les signes inférieurs, en latin *inferi* (enfers).

La Lyre est celle d'Hercule, de Mercure, d'Orphée; on y peint un vautour dont le vol est dirigé en bas, *vautour tombant*. Cet oiseau, figuré sur les monumens d'Egypte, était l'objet d'un culte. La Flèche est celle d'Hercule ou celle d'Apollon, après son combat contre les Cyclopes.

Le Cygne. Jupiter, épris de Léda, se changea en cygne. Léda accoucha d'un œuf d'où sortirent Hélène et Pollux. Cette constellation annonçait autrefois le printemps, et fut l'emblême de la fécondation.

L'Aigle, ou l'*Accipiter* égyptien, porte la foudre de Jupiter, à qui jadis il avait porté l'ambroisie dans un antre de Crète.

C'est aussi l'aigle engendré par Typhon et qui dévore les entrailles de Prométhée. Son vol est dirigé vers le pôle, *vautour volant*. Il est l'emblême de l'élévation du soleil solsticial.

Antinoüs est un démembrement de la constellation de l'Aigle, que la flatterie a consacré au favori d'Adrien. Cet empereur lui avait érigé des autels. On a cependant prétendu que l'Antinoüs céleste était un des amans de Pénélope.

Le Dauphin. Bacchus changea en dauphins les pirates tyrrhéniens (toscans) qui l'avaient attaqué, et mit au ciel Acetès, le seul qui eût pris sa défense. On dit aussi que cet animal est celui que Neptune envoya pour découvrir la retraite d'Amphytrite, ou le dauphin qui sauva le poète Arion du naufrage.

Le petit Cheval est celui dont Neptune emprunta la forme lorsqu'il fut surpris avec Philyre, mère du centaure Chiron et fille de l'Océan, ou Cyllarus, cheval que Mercure donna à Castor.

La Baleine fut envoyée par Neptune pour dévorer Hésione et Andromède. Hercule délivra l'une et Persée la seconde.

Le Poisson austral sauva la vie à Isis, et, selon les Syriens, à Dercéto. Le lever du soir de *Fomalhaut* annonçait l'entrée du soleil dans le Lion solsticial, comme Sirius par son lever héliaque. Ces deux astres furent adorés des Egyptiens, qui les regardaient comme cause de l'inondation du Nil. Fomalhaut était honoré sous les noms d'Oxyrhinque, de Phagre, d'Oannès et de Dagon. Sa présence sur l'horizon mesurait alors la plus courte nuit de l'année, puisqu'il se levait le soir et se couchait le matin, le jour du solstice d'été. Le solstice d'hiver arrivait à son lever cosmique, le soleil étant dans le Verseau.

Orion était un géant, chasseur intrépide, d'une taille prodigieuse. Son lever du soir et sa présence sur l'horizon dans les nuits d'hiver lui a fait attribuer le pouvoir de troubler les mers. On l'a, par cette raison, supposé fils de Neptune, qui lui accorda le don de marcher sur l'eau. On disait encore que les dieux l'avaient engendré dans la peau d'un taureau, à cause du voisinage d'Orion et du Taureau. On le supposait amoureux de Mérope, l'une des Pléïades, ou de Diane, qui est la lune dans sa néoménie au Taureau équinoxial. Le lever du Scorpion a lieu quand Orion se couche, et on dit que cet animal, suscité par Diane, avait fait périr Orion.

Orion est encore Orus, Arion, le Minotaure, enfin le Nembrod des Assyriens, qui depuis devint Saturne.

L'Éridan est pour quelques astronomes le Nil ou le fleuve d'Orion. Nous ne suivrons pas les poètes dans l'énumération de toutes les localités où ils placent le cours de l'Éridan; les uns, en Italie, le confondent avec le Pô, d'autres le prenent pour plusieurs fleuves du nord de l'Europe, où l'on trouvait l'ambre jaune, larmes solidifiées ds sœurs de Phaëton. La situation la plus conforme aux idées mythologiques des anciens est de trouver le cours de l'Éridan dans celui du Nil; car, disent les poètes, les Ethiopiens prirent ce teint noir qu'ils conservent encore et l'Afrique perdit sa verdure lorsque le char du Soleil, conduit par le téméraire Phaëton, s'approcha trop près du monde et dessécha les rivières. La terre calcinée jusque dans ses fondemens se plaignit à Jupiter, qui, pour prévenir le bouleversement de l'univers, foudroya le fils du Soleil et le précipita dans l'Eridan. Un écrivain grec (Lucien) donne une explication ingénieuse de la mort prématurée de Phaëton. Ce jeune prince était livré à l'astronomie et s'appliquait surtout à connaître le cours du Soleil, mais étant mort fort jeune, il avait laissé ses observations imparfaites, ce qui fit dire qu'il n'avait pu conduire le char du Soleil jusqu'à la fin de sa carrière.

Le Lièvre est un des attributs du fameux chasseur Orion sous les pieds duquel on l'a placé.

Le Grand Chien était, avec le Dragon, chargé de la garde d'Europe. Après l'enlèvement, Jupiter le donna à Minos; il appartint ensuite à Procris, puis à Céphale, et enfin à l'Aurore. C'est aussi le chien d'Orion, celui d'Hélène, et enfin Méra, chien d'Icare.

Dans l'origine des constellations, le solstice d'été arrivait lorsque le soleil parcourt le Capricorne, ou le Lion. Le lever du soir ou du matin de *Sirius* annonçait à l'Egypte l'époque de la crue du Nil et avertissait les hommes, comme un chien fidèle, de se tenir sur leurs gardes à l'approche du débordement. Son nom Sirius ou Siris dérive d'Osiris, qui est le soleil et le fleuve fécondans. On nomme aussi cette étoile *Mercure-Anubis*, *Seth ou Sothis*.

Depuis ces temps reculés, qui remontent à 5,000 ans au moins, la précession a ôté à Sirius la faculté de prédire l'inondation; son lever héliaque, qui avait lieu en Egypte vers le 20 juin, 15 jours avant la crue des eaux du Nil, n'est sensible maintenant pour cette contrée que le 10 août; mais vers l'an 300 de notre ère il arrivait au milieu de juillet et déterminait l'époque des grandes chaleurs et des maladies qu'elles entraînent, qu'on attribuait à l'influence de Sirius, nommé *Canicule*. C'est l'origine de la dénomination des jours caniculaires, du 22 juillet au 23 août, pendant que le soleil décrit le signe du Lion, ou la constellation du Cancer.

Le Petit Chien partage avec le grand la plupart des fables que nous avons rapportées.

L'Hydre, par sa sinuosité, imite le cours d'un fleuve. Cet animal amphibie représentait le Nil; il s'étend sous les trois signes où l'inondation avait lieu. L'Hydre se lève entre le Chien et le Lion, et semblait concourir avec eux à produire cet important phénomène. Le Serpent et l'Éridan ont aussi servi de pronostic lorsque le solstice d'été arrivait, dans la Balance pour le premier, et dans le Sagittaire pour le second.

Le Corbeau et la Coupe sont placés sur l'Hydre. On a dit que la Coupe était celle d'Icare, parce qu'elle se lève avec le Bouvier, ou celle de Bacchus, parce que son lever héliaque annonçait les vendanges. On prétend que ce Corbeau fut celui qui découvrit à Apollon l'infidélité de Coronis sa maîtresse.

Le Soleil étant dans le Lion solsticial, le Navire et le Corbeau se levaient avec lui et étaient enveloppés de ses feux; le soir le Verseau paraissait à l'horizon, et le Nil commençait bientôt à s'enfler. Ces aspects expliquent le déluge de Deucalion qui se sauve dans un vaisseau, et qui, 40 jours après, s'assure si les eaux sont retirées en donnant la liberté à un corbeau.

Le navire Argo fut le fameux navire sur lequel Jason et ses compagnons appelés Argonautes (en grec *Nautès*, *marin*) ou *matelots du navire Argo*, allèrent en Colchide faire la conquête de la Toison d'Or. Il fut ainsi nommé soit d'*Argos* (que nous nommons *Argus*) qui le construisait, soit de la ville d'Argos dans laquelle il fut bâti. Ce navire fut construit d'après les conseils de Neptune et de Minerve, et garni de cinquante rames. Le bois en avait été coupé sur le mont Pélion; il avait un mât fait d'un chêne de la forêt de Dodone, et qui rendait des oracles. Ce fut, dit-on, le premier vaisseau que l'on ait vu en Grèce. Après l'expédition, Jason le consacra à Neptune dans l'isthme de Corinthe, et dans la suite, les dieux le placèrent au ciel. Cette constellation, créée par les Egyptiens, dit le savant Francœur, dut probablement son existence aux nombreuses barques de Papyrus qui couvraient le sol entier de l'Egypte dans le temps de l'inondation. Le lever héliaque de l'étoile *Canopus* (nom qui lui fut donné de celui de l'amiral de la flotte d'Osiris), fut long-temps le signe précurseur du gonflement des eaux du Nil, puisque cette étoile se levait avec les premières du Lion, signe dans lequel se trouvait alors le Soleil au solstice d'été.

Les CENTAURES, monstres fabuleux, demi-hommes et demi-chevaux, étaient fils d'Ixion et de la Nue que Jupiter substitua à Junon poursuivie par cet audacieux. Ils habitaient la Thessalie aux environs des monts Pelion et Ossa. On fait dériver leur nom de deux mots grecs K*entein* (piquer), et *Tauros* (taureau), parce que les Thessaliens, distingués parmi les Grecs par leur talent pour l'équitation, acquirent cette adresse en combattant des taureaux aux environs du mont Pélion. Quelques jeunes Thessaliens, habiles dans cet exercice, insultèrent les Lapithes aux noces d'Hippodamie, fille d'Adraste, roi d'Argos et femme de Pirithoüs, qui les avait invités à ses noces. Comme ils se retiraient avec une extrême vitesse, après avoir lancé leurs traits, on les jugea de loin demi-hommes et demi-chevaux. Pirithoüs, dont ils voulaient enlever l'épouse avec les autres femmes du festin, secondé d'Hercule et de Thésée, tua un grand nombre de Centaures.

On dit aussi que le Centaure est le célèbre Chiron, qui fit l'éducation d'Achille.

Le Loup est Lycaon, roi d'Arcadie. Selon la fable, il faisait mourir tous les étrangers qui passaient dans ses états. Jupiter étant allé loger chez lui, Lycaon se prépara à lui ôter la vie pendant que son hôte était endormi, mais auparavant il voulait s'assurer si ce n'était pas un dieu, et lui fit servir à souper des membres humains. Un feu vengeur, allumé par l'ordre de Jupiter consuma le palais, et Lycaon fut changé en loup, métamorphose fondée sans doute et sur sa cruauté et sur son nom (*Lycos* en grec, Loup).

On représente le Loup percé d'une pique que tient le Centaure. On a regardé la constellation du Loup comme un présage sinistre, ainsi que le Serpent et le Scorpion, qui occupent la même région du ciel et sont les symboles de l'hiver.

La Couronne australe est celle de Corinne, qui, dans la dispute des prix de poésie, a remporté cinq fois la victoire sur Pindare. On dit encore que Bacchus la plaça au ciel en l'honneur de sa mère Sémélé.

La *Voie Lactée.* — Les poètes racontent que Junon ayant rencontré dans les champs un enfant nouveau-né, lui présenta son sein; mais qu'ayant appris que cet enfant était Hercule, fils de Jupiter et d'Alcmène, elle l'en arracha brusquement. Il rejaillit aussitôt une grande quantité de son lait sur l'Olympe, et les gouttes de la liqueur précieuse furent changées en autant d'étoiles, qui formèrent dans le ciel ce que nous appelons la *Voie Lactée* (voie ou route de lait). D'autres ont dit qu'elle avait été produite par l'embrâsement du ciel causé par Phaëton. Elle est aussi le chemin de l'empire et du palais de Jupiter.

TRAVAUX D'HERCULE.

Nous croyons ne pouvoir nous dispenser de donner au moins une idée d'un système d'interprétations astronomiques qui a fait grand bruit au commencement de ce siècle. Fort ingénieux dans beaucoup de cas, ce système, poussé trop loin, conduit à des résultats inadmissibles. Nous dirons même que le point de départ ne nous paraît pas incontestable; car il est plus probable que les hommes ont transporté au ciel des noms d'objets terrestres, que de croire qu'ils les ont fait descendre du ciel sur la terre. Et vouloir trouver dans des dénominations astronomiques la base, le principe d'une religion, c'est comme si l'on cherchait dans les noms chrétiens de *Sainte-Marie*, d'*Assomption*, etc., donnés par les navigateurs à différentes îles, l'origine de la religion chrétienne. C'en est la conséquence et non la cause.

Les Egyptiens considérant, dit M. Francœur, les constellations extra-zodiacales, c'est-à-dire placées en-dehors du zodiaque, soit vers le pôle nord, soit vers le pôle sud, nommèrent *paranatellons* celles de ces figures qui bordent l'horizon au même instant où y arrive aussi l'un des signes du zodiaque. Ces aspects servent de base aux principales fables. L'astre qui se lève est dit *triompher* de celui qui se couche, ou bien ce dernier *donner naissance* à l'autre. C'est ainsi que s'explique cette énigme sacrée : *Taurus Draconem genuit, et Taurum Draco* (le Taureau a donné naissance au Dragon, qui, à son tour, engendre le Taureau). On disait, dans les mystères de Cérès, aux initiés, que le Taureau avait engendré Proserpine, et que ce mariage avait donné naissance à un taureau. En effet, le Taureau, en se couchant, fait lever le Serpent, qu'on prenait pour Proserpine, et réciproquement. Quand le Serpent se couche, le Taureau se lève. Lorsque deux constellations voisines se lèvent successivement, on dit qu'elles se poursuivent, ou que l'une *enlève* l'autre, ou enfin la *fait naître*. En voici un exemple : Comme la constellation du Bouvier se couche quand les Pléïades se lèvent, que le Bouvier est *Atlas*, et que le soir est *Hespéris* (mot grec qui signifie *le soir*). On a dit qu'Atlas ayant épousé Hespéris, en eut sept filles, qui sont les Pléïades.

Les trois paranatellons du Cancer sont le grand et le petit Chien, et la Couronne, parce que les trois premiers se lèvent ensemble quand celle-ci se couche. Les deux chiens sont les astres d'Isis, déesse qu'on adorait en Egypte sous les traits de la Lune. En considérant donc la pleine Lune dans le Cancer, on a dit qu'Isis, ayant quitté les enfans des Gémeaux, avait trouvé deux chiens et une couronne jetée au bord de la mer.

L'acception du mot *paranatellon* est plus générale que sa définition (*para anatellôn*, se levant ensemble), puisque cette définition se rapporte à tous les astres qui bordent en même temps l'horizon, soit au levant, soit au couchant. Du reste, on conçoit que ce système d'astres doit varier avec le temps et les lieux : la précession change non-seulement les levers et les couchers *héliaques*, mais même la relation mutuelle des astres avec l'horizon. En passant sous une autre latitude, il est clair qu'on voit aussi se lever et se coucher ensemble des étoiles différentes, puisque l'aspect entier du Ciel n'y est pas le même, et qu'on acquiert d'un côté la connaissance de quelques astres, tandis que de l'autre côté il en est qu'on cesse de voir.

C'est d'après cette considération que MM. Jollois et Devilliers ont prouvé très simplement que la sphère, dont nous devons la connaissance à Eratosthène, n'est point le fruit de ses observations : il ne peut avoir vu le Ciel qu'il décrit à Alexandrie 255 ans avant Jésus-Christ ; c'est sous le parallèle d'Esné (Haute-Égypte), et au temps où les monumens de cette ville ont été construits, qu'il faut remonter (2800 ans avant Jésus-Christ). Thèbes florissait alors, et cette cité, voisine d'Esné, célèbre dans toute l'antiquité, et dont les vastes ruines attestent la splendeur, était assurément le séjour des astronomes auxquels nous devons les connaissances que les Grecs nous ont communiquées. Ainsi, Eratosthène s'est contenté de copier les manuscrits égyptiens dont la garde lui était confiée à Alexandrie, et il l'a fait sans connaissance et sans discernement, adoptant, par respect pour ses prédécesseurs, des erreurs qui prouvent leur savoir et son ignorance. Cette sphère n'est donc pas plus l'ouvrage d'Eratosthène que celle d'Eudoxe n'est due à ce dernier, qui vivait 370 ans avant notre ère, et a décrit un ciel de 1000 ans antérieur au sien. Une partie de la sphère de Méthon se rapporte à l'état du ciel 500 ans avant lui.

Au reste, les paranatellons ne sont pas la seule clé des allégories mythologiques : plusieurs reposent sur des événemens ou des catastrophes, ou des phénomènes physiques. Nous en citerons deux exemples.

Suivant les Egyptiens, un jour Osiris quitta son épouse Isis, dont il alla trouver l'ennemie Nephtys, et il en eut un fils. Isis, abandonnée, poursuit son époux, qui, dans sa fuite, laissa, pour preuve de son infidélité, sa belle couronne de fleurs et son vêtement sur le lit de Nephtys. Dans les fables, Osiris est pris pour l'action fécondante, le Soleil d'été, le Nil débordé, etc.; Isis est la substance fécondée, la terre fertile..... Enfin Nephtys est la matière stérile, les sables, le désert, etc. Ainsi notre allégorie se traduit en ces termes; dans une année, l'inondation du Nil fut si considérable, que le fleuve se répandit jusque dans le désert qu'il féconda, laissant, après sa retraite, les sables couverts de fleurs de lotus et de végétaux inconnus à cette contrée.

L'année civile égyptienne était de trois cent soixante-cinq jours, et, à leur avènement au trône, les rois juraient de ne jamais consentir à l'intercallation des bissextiles. Cette *année vague* recommence un jour plus tôt que la solaire tous les quatre ans, deux jours après huit ans, trois jours après douze ans, etc.; enfin, trois cent soixante-cinq jours ou un an plus tôt, au bout de trois cent soixante-cinq fois quatre ans, c'est-à-dire après mille quatre cent soixante (en ne tenant pas compte du quart de jour qu'il faut ajouter à 365 jours pour avoir l'année réelle). Donc, l'année solaire, supposée de trois cent soixante-cinq jours un quart, revenait coïncider après mille quatre cent soixante-une années vagues. (Voyez la *Chronologie*.)

Le jour initial de l'année civile (*le premier de l'an*) parcourait donc lentement l'année solaire à reculons; les saisons, les travaux d'agriculture, et les fêtes qui s'y rapportent, ne pouvaient pas, comme chez nous, être liés à des dates immuables. L'inondation, ramenée périodiquement par l'été, arrivait à une date qui reculait d'un jour tous les quatre ans dans le calendrier civil. Le Soleil atteint le solstice d'été le 21 juin; quelques jours après, on voit le Nil s'enfler, et bientôt il commence à déborder et se répand sur les campagnes (vers le 15 juillet). Il fut nécessaire de chercher dans le ciel, si serein dans ces climats, un signe propre à annoncer le retour de ce phénomène important. Les levers ou couchers héliaques de Fomalhaut, de Canopus, et surtout de Sirius, ont servi à cet usage. Le lever du matin de Sirius, qu'on nommait alors *Sothis*, annonçait à l'Égypte l'époque du renouvellement de l'année solaire et l'approche de l'inondation du Nil. Cette belle étoile, qu'on avait long-temps vu briller durant la nuit entière, puis disparaître, semblait ne revenir que pour avertir les hommes du retour d'un phénomène bienfaisant, dont on la croyait l'auteur.

Ce n'était donc que tous les mille quatre cent soixante-un ans que le lever héliaque de Sirius ou *Sothis*, ou *Canis*, était ramené au jour initial de l'année civile. Cette période, qui équivaut à mille quatre cent soixante années solaires de trois cent soixante-cinq jours un quart, constituait la *période sothiaque* ou le *cycle caniculaire*. La fable du *Phénix* paraît n'être qu'une allégorie relative à cette sorte de cycle. Comme dans les Indes et en Arabie, on suivait l'année intercalaire, qui s'accorde avec la marche du Soleil; on disait qu'après une vie errante de mille quatre cent soixante-un ans, le Phénix arrivait des Indes dans le temple du Soleil à Héliopolis, pour y mourir, brûlé par les feux de cet astre; mais qu'il renaissait aussitôt de ses cendres, et recommençait une nouvelle carrière de mille quatre cent soixante-un ans. Cette renaissance était consacrée par des fêtes magnifiques. On joignait à cette fiction des idées superstitieuses; on supposait que, durant mille quatre cent soixante-un ans, tous les phénomènes naturels possibles et tous les événemens politiques étaient compris, parce qu'on croyait que ceux-ci dépendaient des aspects célestes, et qu'on imaginait que tout devait se reproduire dans le même ordre; de là cette opinion du retour de l'âge d'or, que les poètes ont consacrée.

Sous le règne de Sésostris, ou, selon d'autres, dans le temps fabuleux d'Hercule, Thésée, Laïus, Jupiter... mille trois cent vingt-deux ans avant notre ère, la période sothiaque s'est renouvelée, ainsi que sous le bon Antonin, l'an 138, et sous Henri IV, en 1598. Ces trois règnes heureux, que le hasard a placés aux époques du retour présumé de l'âge d'or, justifieraient presque l'antique opinion, si l'on pouvait encore croire aux rêves de l'astrologie, et chercher ailleurs que dans le cœur des princes la source du bonheur des peuples.

Les constellations zodiacales ne divisent pas l'écliptique en douze intervalles égaux; quelques-unes anticipent même sur l'espace de celles qui sont voisines. Il est bien vraisemblable que les Egyptiens donnaient, comme nous, 30 degrés à chaque signe, et que, pour soumettre à cette loi d'égalité les constellations imaginées dans des temps antérieurs, ils leur avaient imposé des limites qui sont perdues pour nous. On a pensé qu'il fallait commencer le signe du Bélier à l'étoile de cette constellation, et l'étendre jusqu'à 30° à l'est; que ce point était l'origine du Taureau, qui se prolongeait aussi à 30°, et ainsi des autres. D'après cette supposition, chaque signe aurait pour limites, à très peu près, les mêmes que maintenant, les noms seuls se trouveraient ne plus convenir à la fois aux signes et aux constellations. En un mot, pour trouver, suivant ce système, ce que les Grecs nommaient *le signe ou la* *constellation du Bélier, du Taureau, etc.*, il suffira de déplacer chacun des signes actuels de 30° vers l'orient ; attendu que notre signe du Bélier occupe entièrement aujourd'hui la constellation des Poissons, se limitant d'une part, à l'entrée du Verseau, de l'autre à la fin du Bélier (voyez la planche Ire, fig. 11), et ainsi des autres. Ce qui a établi l'opinion qui vient d'être émise, c'est que cette disposition est la seule qui, donnant à chaque constellation une étendue égale à 30°, laisse toutes les principales étoiles dans le signe qui s'y rapporte.

Expliquons maintenant la fable du Soleil considéré sous les traits d'Hercule ; nous devons ici nous contenter d'esquisses rapides : ce qui précède suffit pour l'intelligence de cette fable et de plus amples détails seraient superflus.

Une heure avant le lever du lion, on voit la constellation d'Hercule se coucher, au lieu même ou le soir le Lion va disparaître ; autrefois le solstice d'été arrivait quand le Soleil était dans le Lion ; le coucher du matin d'Hercule était donc l'annonce de ce solstice. On figure le héros agenouillé, comme prêt à descendre sous l'horizon, foulant à ses pieds le dragon polaire et revêtu d'une peau de lion : Dans l'une de ses mains est un rameau chargé du fruit des Hespérides ; dans l'autre est une massue. Ces attributs caractérisent la force du soleil solsticial, ou bien se rapportent aux douze travaux, qui, d'après Porphyre (philosophe d'Alexandrie), ne sont que les passages du Soleil dans les douze constellations du zodiaque. C'est ce que nous allons vérifier, en suivant Hercule dans tous les actes de sa vie, pris dans l'ordre de leur succession.

Agé de dix mois, il étouffe à minuit deux énormes serpens que Junon avait suscités contre lui. Le lever héliaque d'Hercule doit être regardé comme l'instant de la naissance du héros, qui après avoir été long-temps invisible, apparaît de nouveau. Le Soleil est alors au milieu du Scorpion, dédié à Mars. Dix mois après, l'Astre est aux deux tiers de la Vierge. Or, en plaçant ce point au méridien inférieur, pour avoir la situation du ciel à minuit, on remarque que les deux serpens célestes sont entièrement déployés sous l'horizon. Cette situation de la spère est même la seule où ces deux grandes constellations, l'Hydre et le Serpent, soient à la fois cachées, tandis qu'Hercule est visible vers l'occident, et que le Lion va se lever.

Passons maintenant aux *douze travaux* auxquels Hercule fut condamné par Junon avant d'obtenir l'immortalité. L'explication astronomique n'est pas toujours aussi directe, mais il suffit qu'elle soit souvent claire, et que ces travaux se présentent tous les douze dans l'ordre même où la fable dit qu'ils ont été accomplis. Prenons les donc tour à tour dans cet ordre, et remarquons l'aspect correspondant qu'offre le ciel, lorsque le Soleil parcourt les signes successifs du zodiaque, à partir du Lion.

1° L'entrée du Soleil dans le *Lion* solsticial, qu'il fait disparaître en le couvrant de ses feux, est la victoire sur le *Lion de Némée*.

2° A mesure que le Soleil s'avance, il traverse le Cancer, le Lion et la *Vierge;* les diverses parties de l'Hydre s'éclipsent tour à tour; d'abord la tête, puis le corps, et enfin la queue, mais alors la tête reparaît dans son lever héliaque. C'est le triomphe sur l'*Hydre renaissante du lac de Lerne*, qu'Hercule brûla, après avoir écrasé l'écrevisse qui la secondait.

3° Le Soleil traversant la *Balance* au temps des vendanges couvre le Centaure de ses feux; la fable dit que le Centaure Chiron, ayant reçu Hercule, en avait appris l'art de faire le vin. Elle ajoute que, dans une dispute causée par l'ivresse, le peuple des Centaures avait voulu tuer l'hôte d'Hercule, ce qui avait forcé le héros à les combattre; ceci paraît relatif au coucher du soir du Sagittaire. Enfin, dans une chasse, il avait vaincu un monstre nommé le *Sanglier d'Erymanthe*, qu'on croit se rapporter au lever du soir de la grande Ourse.

4° Cassiopée, qu'on figurait aussi par une biche, se plonge le matin dans les flots, quand le Soleil est dans le *Scorpion*, ce qui arrivait à l'équinoxe d'automne; c'est cette *Biche aux cornes d'or* que, malgré son incroyable vitesse, Hercule fatigua à la course, et prit au bord des eaux où elle se reposait.

5° Au lever du Soleil, dans le *Sagittaire*, l'Aigle, la Lyre (ou le Vautour) et le Cygne, placés dans le fleuve de la voie Lactée, disparaissent tour à tour dans les feux de cet astre : ce sont les *oiseaux du lac Stymphale* chassés d'Arcadie par Hercule, dont la flèche est placée entre eux.

6° Le *Capricorne*, ou le Bouc céleste, est baigné sur le devant par l'eau du Verseau : Ce sont les *écuries d'Augias* nettoyées en y faisant passer le fleuve Alphée.

7° Le Soleil dans le *Verseau*, au solstice d'hiver, était près de Pégase ; le soir on voyait se coucher le Vautour, tandis que le Taureau passait au méridien ; on a dit qu'Hercule, à son arrivée en Elide, pour combattre le *Taureau de Crète* et le *Vautour de Prométhée*, monta le cheval Arion et institua les jeux olympiques, qu'on célébrait à la pleine Lune du solstice d'été ; la Lune est précisément alors dans le Verseau, c'est-à-dire dans la région opposée au Lion.

8° L'enlèvement *des Cavales de Diomède*, fils d'Aristée, se rapporte au lever héliaque de Pégase et du petit Cheval, le Soleil étant dans les *Poissons* ; ces deux chevaux sont placés au-dessus du Verseau, qui est Aristée.

9° Hercule part ensuite pour la conquête de la Toison d'Or ; le Vaisseau et le Serpentaire (l'Argonaute Jason) achèvent de se lever le soir, tandis qu'en même temps le *Bélier*, Cassiopée, Andromède, les Pléiades et Pégase se couchent. De là la victoire d'Hercule sur Hippolyte, *reine des Amazones*, dont la ceinture (Mirach) brillait d'un vif éclat ; plusieurs de ces guerrières avaient les noms de Pléiades.

10° Au lever du *Taureau*, le Bouvier se couche et la grande Ourse (les Bœufs d'Icare) se lève ; c'est la défaite de *Gérion* et l'enlèvement de ses bœufs. Hercule tue *Busiris*, persécuteur des Atlantides ; fable qui fait allusion à Orion poursuivant les Hyades, et qui alors est dans les feux solaires. Le retour du printemps est en outre exprimé par la destruction des reptiles venimeux de la Crète et par la défaite du brigand *Cacus*; celle du fleuve Achéloüs, changé en taureau, est relative à l'Eridan qui est placé au-dessous.

11° Après avoir fondé Thèbes d'Egypte, Hercule va aux *Enfers* délivrer Thésée et enlever *Cerbère*. Le Soleil est arrivé dans l'hémisphère boréal; le grand Chien, dont le coucher héliaque a eu lieu dans le signe précédent, est maintenant absorbé dans les feux; il est tiré des régions inférieures, et produit à la lumière. Le fleuve du Verseau, qui se lève le soir avec le Cygne, lorsque le Soleil achève de décrire les *Gémeaux*, est Cycnus vaincu au bord du Pénée.

12° Le Dragon polaire et Céphée, ou le *jardin des Hespérides*, se lèvent au couchant du soleil, dans le *Cancer* : de là le voyage d'Hercule en Hespérie. L'époque du lever héliaque de la constellation d'Hercule est vers l'automne; les pommes des Hespérides sont une allusion à cette saison.

Revenu au solstice d'été, le Soleil recommence sa révolution : C'est l'apothéose d'Hercule. La fable raconte que *Déjanire*, cherchant un philtre pour fixer son époux, lui envoya une chemise trempée dans le sang du Centaure Nessus. Hercule la revêtit pour sacrifier aux dieux, et leur demander l'immortalité promise à ses exploits; mais, dévoré par le poison dont ce vêtement était imprégné, le héros se brûla sur un bûcher. Voici le sens de cette fable. Le Soleil est rentré dans le Lion et se lève, tandis que les constellations d'Hercule et du Verseau sont prêtes à se coucher, le Centaure se couche peu après le Lion; le Centaure fait donc mourir Hercule; et le Verseau, Ganymède, est enlevé pour verser le nectar aux dieux, à la place d'Hébé donnée au héros. La réconciliation d'Hercule et de Junon est relative au Verseau, qui est dédié à la déesse.

Hercule vécut 52 ans, eut 52 épouses, et accorda les honneurs néméens à 360 de ses compagnons morts pour lui. Ce sont des allusions aux 52 semaines de l'année et aux 360 degrés du zodiaque. Les colonnes d'Hercule étaient les limites occidentales de la terre connue, où le Soleil semblait chaque jour se coucher dans la mer. Quelques vagues qu'on suppose plusieurs des interprétations qui viennent d'être exposées, il en est de si remarquables qu'on ne saurait les supposer l'effet du hazard. Ainsi Hercule n'a pas été un héros dont les bienfaits ont excité les hommes à lui ériger des autels, mais c'est le Soleil considéré dans ses attributs relatifs aux diverses époques de l'année, opinion conforme aux témoignages les plus révérés des anciens.

DES ÉTOILES DOUBLES.

Les astronomes appellent *étoiles doubles, triples, quadruples,* etc., des groupes de deux, de trois, de quatre étoiles *qui paraissent extrêmement rapprochées les unes des autres.*

Quand on observe le ciel avec une lunette, même dans les régions où les étoiles abondent le plus, comme la *voie lactée*, ceux de ces astres qu'embrasse le champ de la vision s'y trouvent ordinairement distribués d'une manière assez uniforme. Les intervalles qui les séparent sont à peu près égaux et fort grands. Plus cette règle était générale et plus les exceptions devaient frapper les astronomes. Comment n'aurait-on pas remarqué, par exemple, l'étoile Castor ou α des Gémeaux qui, à l'œil nu, paraît simple, que les observateurs grecs et arabes avaient, en effet, citée comme un seul astre; et qu'on trouve composée *de deux* étoiles de troisième et de quatrième grandeur presque en contact, quand on l'examine avec une lunette d'un pouvoir amplificatif suffisant, etc.

Parmi les étoiles doubles actuellement connues il en est dont les deux *élémens* sont excessivement voisins l'un de l'autre. Pour les séparer on a besoin des meilleures lunettes, des plus forts grossissemens, et de circonstances atmosphériques très rares dans nos climats. Dans ce nombre je citerai ε du Bélier, δ de la Couronne, π d'Hercule, etc.

William Herschel, père de l'astronome vivant, qui, le premier, s'est occupé des étoiles doubles avec une attention soutenue, les a partagées en quatre classes, non suivant leur intensité de lumière, mais d'après l'écartement angulaire plus ou moins grand des deux étoiles composantes. La *première classe* renferme tous les groupes dans lesquels les centres des deux étoiles sont à moins de 4 secondes *de distance* l'un de l'autre. Pour la *seconde classe*, les écartemens angulaires se trouvent compris entre 4 et 8 secondes; pour la *troisième*, entre 8 et 16; la *quatrième classe*, enfin, se compose de tous les groupes non contenus dans les classes précédentes et où la distance angulaire des deux étoiles ne surpasse pas 32 secondes.

Les premiers catalogues d'Herschel contenaient :

1re classe.	97	étoiles doubles.
2e.	102	
3e.	114	
4e.	132	
Total. . . .	445	étoiles doubles.

Peu de temps avant sa mort, Herschel accrut ce nombre jusqu'à plus de 500. Depuis, il a été considérablement augmenté. En faisant la revue générale du ciel avec une immense lunette de Fraunhofer; en portant ses investigations sur les étoiles des huit premières grandeurs, et même sur les plus brillantes de la 9e qui sont comprises entre le pôle boréal et 15 degrés au sud de l'équateur, M. Struve a signalé et catalogué (les étoiles d'Herschel y étant comprises) :

987	étoiles doubles de. . . .	1re	classe.
675	de. . . .	2e	
659	de. . . .	3e	
736	de. . . .	4e	

Total 3057 étoiles doubles.

Ce nombre de plus de 3,000 est le résultat de l'examen d'environ 120,000 étoiles différentes. Il s'en est donc trouvé, terme moyen, *une* sur quarante, qui devait être considérée comme double (1).

Les observateurs favorablement situés pour étudier le ciel austral : les astronomes du cap de Bonne-Espérance, et du Port-Jackson ont commencé aussi à s'occuper des étoiles multiples. Tout fait donc présumer que, d'ici à peu de temps, le nombre de ces astres qui se trouvera soumis à un examen annuel dans les grands observatoires ne sera pas au-dessous de 5 à 6 mille.

La division des étoiles doubles en quatre classes, proposée par Herschel et adoptée par ses successeurs, outre tout ce qu'elle offre d'arbitraire, a un défaut qui la fera inévitablement abandonner. On verra en effet, plus bas, que, suivant l'année de l'observation, on pourrait être

(1) Ce rapport, comme M. Struve l'a remarqué, change avec l'éclat des étoiles. Ainsi, sur les 2374 étoiles de première à sixième grandeur que Flamsteed avait déjà observées dans la région explorée récemment par l'astronome de Dorpat (ville de Russie), on en compte 230 de doubles : c'est un peu moins d'*une sur* 10.

Dans la même région du ciel, Piazzi a catalogué 3388 étoiles que l'ancien astronome anglais avait délaissées en partie, à raison de leur plus grande faiblesse. Eh bien, ce groupe de 3388 étoiles généralement moins vives que les 2374 dont nous nous sommes d'abord occupés, nous présente seulement 134 étoiles doubles : c'est *une sur* 25.

En répétant ce même calcul pour des étoiles d'un certain ordre de clarté encore inférieur, on ne trouve plus qu'*une* étoile double *sur* 12.

amené à placer le même groupe, tantôt dans la première, tantôt dans la seconde ou dans la troisième classe.

Les étoiles triples ou quadruples paraissent être peu nombreuses. Le catalogue de M. Struve ne renferme, par exemple, que 52 étoiles triples comprises dans les limites de l'échelle des distances angulaires qui caractérisent les quatre classes d'étoiles doubles d'Herschel. Je citerai dans le nombre ζ de l'Ecrevisse et ξ de la Balance, où les étoiles composantes sont toutes les trois assez brillantes.

Les deux étoiles distinctes dont se composent les étoiles doubles, ont, en général, des intensités assez dissemblables. Il arrive même très-fréquemment qu'elles se font remarquer par une notable différence de couleur. Souvent la plus forte des deux est *rougeâtre* ou *jaunâtre;* plus souvent encore la seconde offre une nuance *verdâtre* ou *bleuâtre* prononcée. Je réunirai dans la table suivante les noms d'un certain nombre d'étoiles doubles qui présentent des différences de coloration, soit afin de montrer que les étoiles de cette espèce ne sont pas très rares, soit parce qu'elles forment maintenant pour les curieux un des plus intéressans sujets d'observations. Les indications relatives aux étoiles du ciel austral, ont été empruntées à M. Dunlop, astronome du Port-Jackson, à la Nouvelle-Hollande; les autres sont tirées du catalogue de MM. Herschel et South.

La 35e des *Poissons*. La grande est blanche; la petite est bleue.

λ du *Bélier*. La grande est blanche; la petite, bleue.

β d'*Orion*. Grande, blanche; petite, bleuâtre.

δ des *Gémeaux*. Grande, blanche; petite, bleue.

α du *Lion*. Grande, blanche; petite, bleuâtre.

ι du *Cancer*. Grande, d'un beau jaune; l'autre, bleu d'indigo.

ι du *Bouvier*. Grande, jaune; petite, bleu verdâtre.

δ du *Bouvier*. Grande, blanche; petite, bleu foncé.

δ du *Serpent*. Les *deux* bleues.

β du *Scorpion*. Grande, blanche; petite, bleue.

κ d'*Hercule*. Grande, blanche; petite, rougeâtre.

α D'*Hercule*. Grande, rougeâtre, petite, verte.

α du *Serpent*. Grande, blanche; petite, bleue.

ζ de la *Grande Ourse*. Grande, blanche; petite, bleuâtre, etc., etc.

Pourquoi *les étoiles multiples sont-elles devenues tout à coup l'objet de tant d'observations assidues?*

Je disais tout à l'heure que les deux étoiles distinctes dont les étoiles doubles se composent ont, en général, des intensités fort dissemblables de lumière. Chaque groupe, dans lequel ces notables inégalités d'intensité tiendraient à de grandes différences dans l'éloignement des deux astres, fournirait, ainsi qu'on le verra plus loin, un moyen d'observation très simple pour juger de la distance de l'étoile la plus brillante à la terre. Ce moyen, Galilée l'avait déjà proposé; le docteur Long le mit en pratique; Herschel père, un peu plus tard, l'appliqua aux groupes binaires, déjà catalogués de son temps, qui semblaient présager le plus de réussite; mais, ainsi qu'il arrive à tout le monde, quoique tout le monde n'ait pas la candeur de l'avouer, en cherchant une chose, le célèbre astronome de Sloughen en trouva une autre. Il découvrit que, le plus ordinairement, les étoiles, de grandeur inégale, formant des groupes, ne sont pas, comme on l'avait imaginé jusqu'alors, des étoiles *indépendantes* placées *par hasard* sur deux lignes visuelles très rapprochées; que leur réunion dans un espace très-resserré n'est pas un simple effet de projection ou de perspective; que ces étoiles sont liées les unes aux autres; qu'elles forment de véritables systèmes; que leurs positions relatives changent sans cesse; *Que les petites étoiles, enfin, tournent autour des grandes*, précisément comme les planètes, Mars, Jupiter, Saturne, etc., circulent autour du Soleil (1).

En vertu de ces mouvemens circulatoires, la petite étoile est quelquefois exactement à l'est, et quelquefois exactement à l'ouest de la grande. A certaines époques, cette étoile mobile se trouve, tout juste, au nord de l'étoile plus brillante, qui paraît être son centre de mouvement. A des époques différentes, on la voit à l'opposite ou au sud.

Pour constater le déplacement relatif des deux étoiles, ces simples remarques suffiraient; mais, après avoir vu le mouvement, on a désiré savoir suivant quelle loi il s'opère. Dès-lors il a fallu multiplier les observations, et leur donner de l'exactitude à l'aide d'une méthode que je vais essayer de faire connaître.

(1) Mathématiquement parlant, les deux étoiles se meuvent *l'une et l'autre* autour de leur *centre commun* de gravité. Toutefois, les observations astronomiques ordinaires font seulement connaître les positions successives de la petite étoile *par rapport à la grande;* or si l'on ne recueille, pratiquement, que les élémens d'un *mouvement relatif*, l'orbite à laquelle la discussion de ces élémens conduira, ne pourra être aussi qu'une *orbite relative*. Ce sera, en un mot, la courbe le long de laquelle un observateur, situé dans la grande étoile et qui se croirait immobile, verrait la petite se déplacer. Au surplus, on ne fait pas autre chose quand on veut déterminer les orbites de Jupiter, de Saturne, etc. Chaque jour, en effet, on rapporte la position de ces planètes au Soleil, sans chercher si cet astre a ou n'a pas un mouvement propre de translation dans l'espace.

Tendons au foyer d'une lunette deux fils très fins. L'un passera par le centre de l'espace circulaire qu'on appelle le *champ de la vision*, et *sera fixe*, c'est-à-dire invariablement fixé au tuyau; l'autre pourra tourner autour du même centre, de manière à coïncider, quand on le voudra, avec le fil fixe, ou à faire avec lui, à droite, à gauche, en haut, en bas, tous les angles imaginables. Ces angles on les mesurera sur un cercle gradué, placé à l'intérieur ou à l'extérieur (Voyez d'ailleurs dans la première partie de cet ouvrage la description du micromètre).

Pour faire une observation, l'étoile brillante est d'abord placée, aussi exactement qu'il est possible, au point d'intersection des deux fils. Ensuite, on fait tourner le fil mobile jusqu'au moment où il passe par le centre de la seconde étoile. En lisant le degré auquel il s'est arrêté, on connaît l'angle que forme, avec la direction du fil fixe, la ligne visuelle qui serait amenée du centre de la grande étoile au centre de la petite.

D'après la manière dont la lunette est montée, et aussi d'après la direction particulière qu'on a donnée au fil fixe, quelle que soit l'heure où l'on fasse l'observation de l'angle, on trouve toujours le même nombre (1). Or, si la lunette est tournée vers l'étoile à l'instant où celle-ci décrit la partie la plus élevée de sa course nocturne, c'est-à-dire quand elle arrive au méridien, le fil fixe est horizontal.

L'instrument dont on fait usage donne donc,

(1) Ce résultat devra étonner tous ceux qui ont remarqué le renversement que les constellations éprouvent entre leur lever et leur coucher. Cependant on ne saurait le révoquer en doute. Il est même la propriété caractéristique des instrumens connus dans les observatoires sous le nom de *machines parallactiques*. Dans ces machines, le mouvement de la lunette s'opère autour d'un cy-

pour le moment en question, pour le moment du passage au méridien, l'ANGLE *que forme avec* UNE LIGNE HORIZONTALE *partant de la grande étoile, la ligne droite qui unit cette même étoile à la petite.* C'est ce qu'on appelle l'*angle de position.*

D'après cette méthode, les observations de différens astronomes, de différens jours, de différentes années, deviennent comparables entre elles. Le tableau des valeurs successives de l'angle de position apprend, d'un seul coup d'œil, si la petite étoile circule autour de la grande de l'ouest à l'est, ou de l'est à l'ouest; si le mouvement est uniforme ou non; quels sont les points de la plus grande et de la moindre vitesse.

Un second système composé de deux fils, l'un fixe, l'autre mobile *parallèlement au premier,* système qui porte le nom de *micromètre,* sert à reconnaître si la distance apparente des étoiles est constante ou variable, et, quand il y a variation, entre quelles limites cette variation se trouve renfermée.

Voilà tout ce que l'observation fournit. Ces données, au reste, suffisent amplement pour

lindre parallèle à l'axe sur lequel parait s'exécuter la révolution de la sphère étoilée. Eh bien! tournez la lunette *ainsi montée,* vers une constellation quelconque au moment de son lever. Supposons qu'à ce moment un des fils qu'elle renferme, soit parallèle à la ligne qui joindrait deux des étoiles contenues dans le champ de la vision. Ce parallélisme existera à quelque heure de la nuit qu'on répète l'observation. Il avait lieu au lever et aura lieu au coucher, au moment du passage au méridien, à toutes les époques intermédiaires. Sans doute, entre l'instant du lever et celui du coucher, la ligne joignant les deux étoiles prendra, par rapport à l'horizon, des positions très diversement inclinées; mais il en sera ainsi, identiquement, du fil auquel on la compare, puisque la sphère étoilée et la lunette de l'instrument parallactique se meuvent autour d'un seul et même axe.

Ces détails suffiront, je l'espère, pour faire comprendre la possibilité du genre d'observation que j'ai admis dans le texte.

qu'on puisse déterminer, à l'aide du calcul, *la forme* de la courbe que chaque étoile décrit ; pour qu'on arrive à savoir si cette courbe est circulaire ou elliptique, et dans ce dernier cas, à combien s'élève l'excentricité.

Quatre valeurs de l'angle de position et des distances apparentes micrométriques correspondantes à des époques connues sont nécessaires, en général, pour déterminer la forme et la position de la courbe que la petite étoile décrit autour de la grande.

Lorsque, par hasard, le plan qui contient cette courbe passe par la terre, le mouvement de l'étoile satellite *semble* s'opérer le long d'une ligne droite ; il n'y a plus alors d'angles de position successifs à mesurer ; tout se réduit aux observations micrométriques des distances, et il faut *cinq* de ces observations pour arriver aux résultats que *quatre* fournissaient dans l'hypothèse précédente.

Enfin, si l'observateur, dépourvu de micromètre, n'a pu observer que des déplacemens angulaires, *six* angles de position correspondans à des époques connues, seront indispensables quand on voudra calculer la forme de l'orbite de la petite étoile.

Il n'a jamais pu entrer dans mes projets de donner ici, même la plus légère idée des calculs algébriques qui servent à résoudre les problèmes relatifs à la forme et à la position des orbites des étoiles doubles. Je me contenterai de rapporter les résultats. Les premiers auxquels on soit arrivé, les élémens de l'orbite du satellite stellaire de ξ de la Grande Ourse, ont été obtenus par M. Savary, du Bureau des Longitudes, d'après des méthodes qui lui appartiennent. Les autres sont dus à MM. Bessel, Enke et Herschel fils.

NOMS des ETOILES DOUBLES.	Temps qu'emploie la petite étoile à faire une révolution entière autour de la grande.	Demi-grand axe de l'orbite telle qu'elle serait vue perpendiculairement de la Terre.	Excentricité de l'orbite (1).
η de la Couronne. .	43 ans.	———	———
ξ de la Gr. Ourse. .	58	3",8	0,42
70 d'Ophiucus. . .	88	4",4	0,47
Castor	253	8",1	0,76
σ de la Couronne. .	287	3",7	0,61
61e du Cygne. . . .	452	15",4	———
γ de la Vierge. . .	629	12",1	0,83
γ du Lion.	1200	———	———

Parmi ces étoiles, il en est une, la compagne de η de la Couronne, qui a parcouru le contour entier de son orbitre depuis qu'Herschel détermina, pour la première fois, son angle de position. Déjà même elle se trouve assez avancée

(1) Cette colonne renferme le rapport qui existe entre l'EXCENTRICITÉ, ou la distance du *centre* de chaque *ellipse* au *foyer* et le *demi-grand axe* (*Voyez* la définition de tous ces termes, dans le volume de l'Astronomie, et particulièrement dans la partie qui traite de l'ellipse.) Dans notre système solaire, les plus grandes valeurs de ces rapports étaient pour Mercure, 0,21; pour Pallas, 0,24; pour Junon, 0,25. Dans les huit autres planètes, on ne trouve pas même une seule fois 0,1. Les orbites des sept étoiles dont le tableau fait connaître la forme, sont donc beaucoup plus alongées, beaucoup plus différentes du cercle que celles des onze planètes connues. Ce résultat est certainement digne de remarque, mais il ne faut pas s'en étonner outre mesure. Les masses des planètes de notre système sont de très petites fractions de la masse du Soleil, tandis que, dans les étoiles doubles, l'astre satellite et l'astre central peuvent être des corps égaux, ou au moins du même ordre de grandeur. Au surplus, des rapprochemens de ce genre deviendront un jour la véritable pierre de touche des théories cosmogoniques (relatifs à la création du monde).

dans sa seconde révolution. Les plus anciennes observations de ξ de la Grande Ourse considérée comme étoile double, sont de 1782. La durée de la période étant de 58 ans, le satellite stellaire de ξ aura accompli, sous nos yeux, une révolution entière, en 1840.

Je disais tout à l'heure (p. 81) que si, par hasard, le prolongement du plan dans lequel l'orbite d'une petite étoile se trouve contenue, aboutissait à la Terre; que si cette orbite, en terme d'artiste, se présentait à nous par *sa tranche*, l'étoile satellite semblerait se mouvoir, tantôt dans un sens et tantôt dans le sens contraire, mais toujours le *long d'une ligne droite* passant par la grande étoile. C'est-à-dire que la petite étoile semble monter ou descendre le long de la ligne AB de la fig. p. 108, et elle parait tantôt au-dessus, tantôt au-dessous de la grande étoile qui est au centre. Ce cas s'est offert aux astronomes.

D'après Herschel le père, l'étoile π du Serpentaire est double. A l'époque où ce grand observateur formait le premier catalogue d'étoiles multiples, les deux astres distincts dont π se compose, étaient notablement séparés. Aujourd'hui ils sont si bien confondus, ils se projettent si exactement l'un sur l'autre, que Struve lui-même, armé de la grande lunette de Fraunhofer, n'a pas aperçu la moindre trace de duplicature (doublement). Qu'auraient dit Bradley, Lacaille, Mayer, si, de leur temps, on s'était avisé d'annoncer que, dans ce firmament qu'ils avaient tant étudié, il existait des étoiles qui s'occultaient (se cachaient) les unes les autres!

ζ d'Orion a présenté la contre-partie de π du Serpentaire. Aujourd'hui, c'est une étoile double facilement reconnaissable; Herschel le père l'inscrivait jadis dans son catalogue comme décidément simple.

Dans γ de la Vierge, le plan de l'orbite est assez incliné à la ligne visuelle partant de la Terre, pour que la distance de l'étoile satellite à l'étoile centrale qui, en 1756, était de $6'',5$, se trouvât réduite en 1829 à $1'',8$. Depuis, cette distance s'est déjà sensiblement augmentée.

La branche de l'astronomie qui traite des déplacemens du système stellaire est née d'hier. Ainsi il ne faut pas s'étonner qu'on sache encore peu de chose sur les mouvemens relatifs des étoiles triples. Déjà, cependant, les observations ont montré que dans ζ de l'Ecrevisse les deux faibles étoiles tournent autour de la principale. Pour ψ de Cassiopée, qui se compose d'une étoile assez brillante et de deux petites étoiles excessivement rapprochées entre elles, il est probable qu'on verra ces dernières circuler l'une autour de l'autre, et leur ensemble tourner autour de l'étoile brillante.

Conséquences qui résultent de la nature des mouvemens observés dans les étoiles doubles, relativement à l'universalité de l'attraction newtonienne.

Les formules algébriques à l'aide desquelles on est parvenu à débrouiller toutes les circonstances des curieux mouvemens elliptiques des étoiles doubles, reposent *entièrement sur l'hypothèse* (supposition) que la grande et la petite étoile s'attirent en raison inverse du carré de leurs distances. La détermination de l'orbite de chaque étoile exige seulement quatre, cinq ou au plus six mesures d'angles de position et de distances apparentes. Quant aux observations non employées dans ces premiers calculs, qu'elles soient antérieures, postérieures ou intermédiaires, elles deviennent autant de moyens de soumettre à une épreuve délicate et décisive l'hypothèse dont on était parti : il suffit de voir si elles s'accordent avec une orbite qui ne saurait être la véritable, dans le cas où l'on aurait déduit sa forme d'une supposition erronée. Or, beaucoup de comparaisons ont été faites entre les positions des *étoiles satellites* réellement observées, et les positions conclues des ellipses calculées. Les discordances n'ont pas dépassé les petites incertitudes inhérentes à ce genre difficile de mesures.

Ainsi, en admettant que jusqu'aux derniers confins du monde visible il existe une force attractive qui s'exerce en raison inverse du carré des distances, les calculateurs des orbites des étoiles doubles s'étaient placés dans le vrai ; ainsi, les étoiles sont régies par la même force qui, dans notre système solaire, préside à tous les mouvemens des planètes et des satellites ; ainsi, cette célèbre attraction newtonienne dont l'universalité n'était jusqu'ici établie que jusqu'aux limites de l'espace embrassé par la planète la plus éloignée du Soleil, c'est-à-dire par Uranus devient universelle dans toute l'acception grammaticale de ce terme !

Il ne faut pas croire qu'on pouvait, sans aucun scrupule, donner cette extension indéfinie à la découverte de Newton. L'existence de l'attraction, dans toutes les parties du système composé du Soleil et des planètes qui l'entourent, était un fait capital dont on avait découvert les lois et suivi les conséquences avec un succès merveilleux ; mais il n'en résultait pas que la vertu attractive fût inhérente à la matière ; que de grands corps ne pussent pas exister dans d'autres régions, dans d'autres systèmes, sans s'attirer mutuellement. A plus forte raison, n'aurait-on pas eu le droit de se prononcer sur la généralité de la loi du carré des distances. Maintenant, je le répète, grâce aux observations des étoiles doubles, ces doutes sont entièrement dissipés. Il n'en faudrait pas davantage pour justifier le vif intérêt que les déplacemens relatifs des étoiles ont excité parmi les astronomes. On verra, au reste, dans les chapitres suivans, tout ce que cette nouvelle branche de la science renferme encore d'avenir.

Quand on aura déterminé les distances des étoiles doubles à la terre, les masses de celles de ces étoiles dont les mouvemens relatifs seront connus, pourront être facilement comparées à la masse de la terre ou à celle du Soleil.

De tous les résultats qui font la gloire de l'astronomie moderne, aucun ne frappe plus fortement l'imagination des personnes étrangères aux lois de la mécanique céleste, que la détermination *des masses* des astres. Ainsi, lorsqu'un professeur chargé d'analyser les merveilles du firmament devant les gens du monde commet la faute, au début d'une leçon, de citer les valeurs numériques des masses planétaires; s'il dit, par exemple, je vais prouver qu'en supposant le Soleil placé dans le bassin d'une balance, il faudrait, pour lui faire équilibre, entasser dans le bassin opposé, 337000 globes pareils au globe terrestre, un vif sentiment d'incrédulité s'empare de l'auditoire, et, quand on l'écoute, c'est seulement pour juger de son habileté à développer un sophisme. Telle est cependant la question à laquelle l'ordre naturel des idées m'amène inévitablement. Il m'a semblé que, sans recourir à aucune formule algébrique, je pouvais ne pas renoncer à la satisfaction de donner à mes lecteurs une idée suffisamment exacte des méthodes à l'aide desquelles on est parvenu à peser les planètes. Si même je dévoilais ici toute ma pensée, l'on verrait, quoique j'aie réellement à parcourir l'ensemble des principes fondamentaux de la théorie de l'attraction, que je crains encore moins de ne pas être compris, que d'entendre dire à ceux qui auront la patience de suivre la démonstration jusqu'à la fin : « Comment ! ce n'était que cela ! »

Un corps abandonné à lui-même tombe vers la terre ; mais un corps inerte, c'est-à-dire dépourvu de volonté, ne peut se mouvoir, ne peut tomber, ne peut marcher de haut en bas que si une force l'y oblige. Tous les élémens de cette force émanent des particules matérielles dont notre globe se compose. Leur ensemble, leur résultante, est ce qu'on a appelé l'attraction, la gravitation, la pesanteur.

Supposons une certaine molécule, seule, isolée dans l'espace, et un corps, c'est-à-dire une masse composée d'un grand nombre de molécules et attirant la molécule unique. La force totale *qui sollicite* cette molécule attirée, étant la somme *des actions* de chaque molécule matérielle du corps attirant, sera, quant à son intensité, proportionnelle au nombre de ces dernières molécules. Ainsi, supposez que la Terre, sans changer de dimensions, de grosseur, devienne plus compacte d'un centième ; qu'il s'y interpose un centième des molécules qu'elle renferme déjà ; qu'elle arrive, en un mot, à renfermer un centième de matière de plus sous le même volume, sa force attractive sur les corps placés à la surface deviendra d'un centième plus grande qu'auparavant.

Qui ne comprendra maintenant le sens véritable de cette expression si souvent employée : « l'attraction est proportionnelle à la masse ! »

Une variation dans la masse, ou ce qui est la même chose, dans le pouvoir attractif de notre globe, comment se manifesterait-elle ? Je dis que ce serait par une variation correspondante dans la vitesse des corps tombans. Cette vitesse (que pendant un temps très court on peut supposer uniforme) doit être, en effet, proportionnelle à la force qui l'engendre ; or la force est comme la masse. Donc la vitesse sera aussi proportionnelle à la masse. Aujourd'hui un corps pesant parcourt, à Paris, dans la première seconde de sa chute, 4 mètres $\frac{9}{10}$ (15 pieds 1 pouce) ; eh bien ! si la masse de la Terre augmentait d'un centième, ce serait aussi d'un centième qu'augmenterait l'espace parcouru dans cette première seconde : au lieu de 4 mètres $\frac{9}{10}$ on trouverait 4 mètres 9 décimètres plus 49 millimètres (49 millièmes sont la centième partie de 4 mètres 9 décimètres), ou, en somme totale, 4 mètres 949 millimètres. Ne commence-t-on pas à entrevoir comment les vitesses conduiront à l'évaluation des masses ? Mais continuons.

La quantité dont un corps tombe, par l'action de la terre, dans l'intervalle d'une seconde, diminue à mesure qu'on s'élève au-dessus du sol. Elle est déjà sensiblement plus petite au sommet d'une haute montagne qu'au niveau de la mer. La force qui engendre cette vitesse, je veux dire la force attractive inhérente aux molécules matérielles, diminue donc quand la distance s'accroît. Il fallait trouver suivant quelle loi s'opère la diminution. Newton fit cette découverte capitale ; c'est lui qui démontra qu'à la distance 2, la *diminution* de la puissance attractive d'un corps devient 2 multiplié par 2, ou, en d'autres termes, que l'attraction est 4 fois plus petite à la distance 2 qu'à la distance 1; qu'à la distance 3 elle estdevenue 3 multiplié par 3 ou 9 fois plus petite qu'à la distance 1; qu'à la distance 10 elle n'a plus que la centième partie (10 multiplié par 10=100) de sa valeur à l'unité de distance. Puisqu'en arithmétique on appelle *carré* d'un nombre, le produit de ce nombre multiplié par lui-même, nous engloberons tous les résultats particuliers dans cet axiome général :

La puissance attractive d'un corps diminue proportionnellement au carré des distances.

Tout à l'heure nous entrevoyions que des mesures de vitesse pourraient conduire à la détermination des masses; maintenant nous reconnaissons l'impérieuse nécessité de tenir compte de la distance à laquelle l'expérience sur la vitesse aura été faite.

Revenons un moment sur nos pas, afin de lever une difficulté qui pourrait se présenter à l'esprit du lecteur sur la manière d'évaluer les distances, quand les corps attractifs auront des dimensions considérables.

Lorsqu'un petit corps terrestre, après avoir été soulevé jusqu'à 10 mètres de hauteur, par exemple, est abandonné à lui-même, il tombe, et nous sommes convenus que c'est en vertu de l'action individuelle exercée par chacune des molécules matérielles dont la terre se compose. Or, ces molécules terrestres ne se trouvent pas, tant s'en faut, à la même distance du corps grave. Les molécules de la surface situées de son côté et auxquelles il correspond verticalement, n'en sont, par hypothèse, qu'à 10 mètres. La distance est 1600 lieues plus 10 mètres, pour les molécules centrales et à peu près le double, plus toujours les 10 mètres, pour les molécules situées à l'antipode. Il semble véritablement impossible de tirer aucune conséquence simple de la somme des actions de tant de milliards de molécules si diversement placées ! Le problème est, en effet, insoluble lorsque le corps attirant a une forme irrégulière. Quand cette forme, au contraire, est sphérique, le calcul devient d'une simplicité remarquable. Newton a prouvé que « les molécules matérielles uniformément distribuées dans le volume d'une sphère, agissent en somme, sur un point extérieur, comme si elles étaient toutes réunies au centre de cette sphère. »

Ainsi, tant qu'il s'agira de corps rigoureusement ou à peu près sphériques, nous n'aurons pas besoin de nous préoccuper des distances (les unes grandes, les autres moindres, les autres petites) des diverses molécules attirantes par rapport au point attiré. Tout se passera exactement alors, comme si l'ensemble de ces molécules se trouvait au centre de la sphère ; il n'y aura, par une abstraction que le théorème de Newton a légitimée d'avance, qu'une seule distance à considérer : celle de ce centre au point attiré.

Avant de passer à la question de physique céleste qui fait l'objet de ce chapitre, nous devons encore examiner comment la force attractive de la terre s'exerce, non plus sur un corps en repos, mais sur un corps en mouvement.

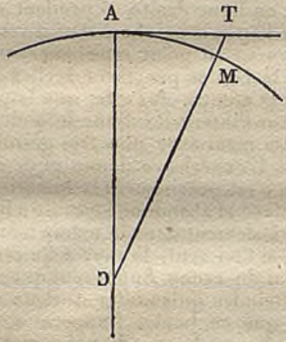
Supposons qu'un canon, placé à une certaine hauteur, ait été pointé dans une direction parfaitement horizontale. Le boulet sortira de cette pièce horizontalement ; mais personne n'ignore qu'il abandonne bientôt cette direction, qu'il descend peu à peu, qu'à la fin il tombe à terre. Personne ne doute, non plus, que cette descente graduelle du boulet ne soit l'effet de la force attractive du globe. On ne sait pas, aussi généralement, si cette force est modifiée dans ses effets par la vitesse de translation du boulet. Une expérience très simple nous l'apprendra.

Supposons qu'en face du canon il y ait un mur vertical; que l'éloignement de ce mur soit d'ailleurs tel que le boulet emploie, tout juste, une seconde pour aller le frapper. Marquons exactement le point sur lequel l'axe de la pièce est dirigé, le point que le boulet irait rencontrer s'il se mouvait en ligne droite, si pendant sa course la Terre ne l'attirait pas. La distance verticale de ce *point de visée* au point sensiblement plus bas par lequel le boulet pénétrera réellement dans le mur, est la mesure de l'effet que la pesanteur produit, dans l'intervalle d'une seconde, sur un corps qui se meut avec une très grande vitesse horizontale. L'expérience donne pour cette distance $4^m,9$; c'est précisément la quantité dont le boulet, soulevé et abandonné ensuite à lui-même, tombe verticalement dans le même temps.

Plaçons, si l'on veut, le mur à un plus grand éloignement du canon. Supposons que le boulet n'aille l'atteindre qu'au bout de deux secondes. Le point que ce boulet frappera se trouvera beaucoup plus au-dessous du point visé que dans la précédente expérience; mais la distance de ces deux points sera tout juste égale à la descente verticale d'un corps qui, abandonné à lui-même, subit pendant deux secondes l'action de la pesanteur.

En thèse générale, l'action attractive de la Terre produit exactement le même effet, sur un corps en repos et sur un corps en mouvement, quand cet effet est mesuré dans la direction suivant laquelle l'attraction s'exerce, c'est-à-dire suivant la ligne verticale.

La Lune va nous fournir un nouveau moyen de vérifier cette dernière loi, et celle de l'affaiblissement de la force attractive en raison du carré des distances. La Lune, en effet, n'est aux yeux de l'astronome et du géomètre qu'un projectile qui, à l'origine des choses, a été lancé avec assez de force pour circuler indéfiniment autour de la Terre, comme le ferait aujourd'hui, sans la présence de l'atmosphère, un boulet porté horizontalement près de la surface, avec une vitesse suffisante.



Soit C le point occupé par la Terre, autour duquel la Lune circule, de l'ouest à l'est, par exemple; A, la place actuelle de cet astre. Au moment de quitter le point A, la Lune se meut dans la direction du petit élément de son orbite curviligne qui passe par le point A, c'est-à-dire dans la direction de la ligne droite tangente AT. Ce n'est pourtant pas en T que la Lune va rencontrer le rayon CT (au lieu de rayon j'ai presque dit le mur vertical CT, comme dans le cas du boulet); c'est en M que la rencontre a lieu. Or, la Lune n'a pu quitter la direction AT, suivant laquelle elle se mouvait, sans qu'une force l'ait détournée de cette première route.

Or, je dis que cette force est la puissance attractive de la Terre située en C; que cette puissance, en agissant sur notre satellite, pendant le temps dont cet astre a eu besoin pour se transporter du rayon CA sur le rayon CMT, l'a attiré, l'a fait tomber de la quantité TM, distance, si je puis m'exprimer ainsi, du point de *visée* T au point M, réellement frappé par le *projectile-lune*.

Démontrer cette proposition, c'est faire les observations et les calculs suivans :

A l'aide d'une opération directe on détermine l'angle que forme le rayon CA, mené de la Terre à la Lune à une certaine époque, avec le rayon CM, dirigé vers le même astre *une seconde de temps* après. Le rayon CA, distance de la Lune à la Terre, est connu en lieues et en mètres. Dès-lors il doit être, et il est en effet facile de calculer pour l'angle ACM, mesure du déplacement angulaire de la Lune dans l'intervalle d'une seconde, de combien le point T, extrémité de la tangente, est éloigné du point M, situé sur le petit arc de cercle AM, c'est-à-dire de quelle fraction de mètre la Lune est tombée vers la Terre en une seconde.

L'espace que parcourt un corps en une seconde, quand il est abandonné à lui-même, à la surface de la Terre; quand, en d'autres termes, il est à 1600 lieues du centre, est de $4^m,9$. Pour avoir la quantité dont il tomberait si on l'éloignait de ce même centre jusqu'à la région de la Lune, réduisons le nombre précédent dans le rapport des carrés des distances.

Le résultat de ce calcul très simple, se trouve être, avec une étonnante exactitude, la valeur numérique de la quantité MT, telle que nous l'avions déduite de la vitesse de la Lune et des dimensions de son orbite. Ainsi, c'est bien la force dont nous observons journellement les effets à la surface de la Terre, la force à laquelle la chute des corps graves est due, qui maintient notre satellite dans la courbe qu'il décrit autour de notre globe. Seulement cette force, comparée à ce qu'elle a d'intensité à la surface de la Terre, s'y montre affaiblie dans le rapport des carrés des distances, et, répétons-le, sans qu'il faille prendre en considération l'état du mouvement de la Lune.

Avec ces notions préalables nous pouvons maintenant aborder la question de la détermination des masses des corps célestes.

Supposons qu'il s'agisse de trouver combien le Soleil a plus de masse, combien il renferme plus de matière que notre globe. Nous prendrons la quantité $4^{m},9$ dont un corps tombe à la surface de la Terre dans l'intervalle d'une seconde; nous la réduirons, dans la proportion des carrés des distances, de manière à savoir quelle serait (toujours par l'action de la Terre), la chute de ce même corps si sa distance devenait égale à celle du Soleil. Le résultat de ce simple calcul sera proportionnel à la masse de la Terre. Un astre qui, À LA MÊME DISTANCE, produirait, vers son propre centre, dans la première seconde, une chute double, triple,.... centuple, aurait évidemment une masse double, triple,... centuple de celle de la Terre. La question se trouve donc ramenée à celle-ci : « De combien le Soleil, dans l'intervalle d'une seconde, fait-il tomber, vers son centre, un corps qui en est éloigné autant que notre globe? » Or, cette dernière question qui, au premier aspect, doit sembler inabordable, puisque nous ne pouvons pas nous transporter à la surface du Soleil pour y faire l'expérience de la chute des graves, trouve sa solution directe, immédiate, dans les circonstances du mouvement annuel de la Terre.

En vertu de ce mouvement, notre globe décrit autour du Soleil, en 365 jours 1/4, une courbe presque circulaire dont le rayon est de 39 millions de lieues (1). Divisons les 360° que cette circonférence de cercle renferme, par le nombre de secondes contenues dans 365 jours 1/4. Le quotient sera la très petite fraction de degré que la Terre parcourt sur son orbite en une seconde de temps. Reportons-nous maintenant à la figure de la page 92. Supposons le Soleil en C, la Terre en A; faisons l'angle ACM égal au déplacement angulaire qu'éprouve la Terre en une seconde; le rayon de l'orbite CA, de 39 millions de lieues, et nous pourrons aisément calculer, en fractions de lieue ou en mètres, la quantité TM, dont le Soleil, par sa force attractive, fait tomber la Terre vers lui pendant une seconde. Tout à l'heure nous avons déterminé cette quantité pour notre globe. Nous avons vu de combien il ferait tomber, dans le même intervalle de temps, un corps qui serait aussi à 39 millions de lieues de distance. Les distances étant égales dans les deux cas, les chutes doivent être proportionnelles aux masses. En cherchant, par une simple division, combien de fois la chute vers la Terre est contenue dans la chute vers le Soleil, on saura donc combien il faudrait de globes terrestres pour faire une masse égale à celle de l'astre qui nous éclaire. C'est

(1) Nous avertissons, une fois pour toutes, que dans les calculs de M. Arago, les distances sont évaluées en lieues de 2000 toises (3898 mètres); tandis que nous avons généralement adopté la lieue ordinaire de 2850 toises.

ainsi du moins, quant au fond si ce n'est dans la forme, qu'on a trouvé le nombre 337000 cité déjà à la page 86.

Quels élémens avons-nous employés pour arriver à ce résultat? La quantité du mouvement angulaire de notre globe autour du Soleil, dans une seconde de temps, et la valeur, en lieues, du rayon de l'orbite terrestre, pas davantage. Or, l'observation directe des étoiles doubles donne la vitesse angulaire de la petite étoile autour de la grande; si nous avions en lieues le rayon de l'orbite que cette petite étoile parcourt, nous trouverions aisément qu'elle est, en fractions de lieue ou en mètres, la quantité dont elle tombe, en une seconde, vers l'étoile centrale. Cette quantité, comparée à la chute d'un corps vers la Terre, ou à la chute d'un corps vers le Soleil, lorsque préalablement les trois nombres, comme nous l'avons déjà expliqué, auraient été réduits à une distance commune par la proportion inverse des carrés; cette quantité, dis-je, donnerait le rapport de la masse de la grande étoile à la masse de la Terre ou à celle du Soleil. Jusqu'ici, malheureusement, on ne connaît, relativement aux rayons des orbites des satellites stellaires, que les angles qu'ils soutendent vus de la Terre. Pour transformer ces angles en mesure de longueur, en lieues ou en mètres, il faudrait avoir la valeur des distances qui nous séparent des étoiles. Lorsque ces distances auront été déterminées, les rayons des orbites en lieues s'en déduiront, et le reste du calcul s'achèvera sans difficulté.

La science, en s'enrichissant de la connaissance des mouvemens des étoiles doubles, a fait un pas immense vers la solution d'un problème qui semblait au-dessus de l'intelligence humaine.

Le jour où la distance d'une étoile double aura été déterminée, on la pèsera ; on saura combien de milliers de fois elle renferme plus de matière que notre globe ; on pénétrera ainsi dans sa constitution intime, quoiqu'elle soit placée à plus de 120 millions de millions de lieues de nous (120,000,000,000,000) ; quoique, dans les plus puissans télescopes, elle se présente seulement comme un point radieux sans dimensions appréciables.

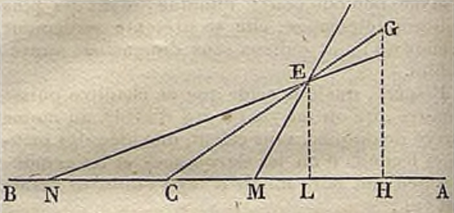
J'espère, quelque aride que ce chapitre puisse paraître, qu'on me saura gré d'avoir au moins essayé de donner, sans calcul, une idée des principes féconds d'où les astronomes et les geomètres peuvent faire surgir d'aussi étonnans résultats (1).

Les observations des groupes binaires composés d'étoiles indépendantes, pourront servir à déterminer la distance, à la Terre, de l'une des deux étoiles dont ces groupes se composent.

Je vais assayer de donner, dans ce chapitre, une idée élémentaire des méthodes dont les as-

(1) Mathématiquement parlant, la vitesse avec laquelle un boulet tombe vers la Terre, dépend *de la somme* des masses de la Terre et du boulet. La chute de la Terre vers le Soleil est déterminée aussi *par la somme* des masses de la Terre et du Soleil ; c'était donc le rapport de ces *sommes* de masses, et non pas seulement le rapport des masses isolées que le calcul nous a donné ; mais il est évident, vu l'excessive petitesse du boulet comparé à la Terre, et de la Terre comparée au Soleil, qu'on pouvait, sans erreur appréciable, adopter l'hypothèse dont nous sommes partis. Il n'en serait pas de même des étoiles doubles. L'étoile satellite diffère quelquefois assez peu de l'étoile centrale, du moins si l'on en juge par l'intensité de la lumière, pour qu'on doive regarder le résultat du calcul indiqué dans le texte, comme donnant la *somme* des masses des deux étoiles.

tronomes ont fait usage pour déterminer les distances des étoiles à la Terre. Je pourrai ainsi faire ressortir les avantages de celle de ces méthodes qui se fonde sur l'observation des étoiles multiples.



Concevons une ligne droite horizontale indéfinie telle que AB, sur tous les points de laquelle peut se transporter un observateur muni de l'instrument dont les astronomes font usage pour mesurer des angles contenus dans des plans verticaux, c'est-à-dire d'un cercle gradué armé d'un fil à plomb ou niveau et d'une lunette mobile. Imaginons qu'au-dessus de la ligne AB, se trouvent, à des hauteurs inégales EL, GH, deux petits objets E et G.

Quand l'observateur se transportera en C, les deux objets E et G seront, par un effet de perspective, situés sur le même rayon visuel. Dans la lunette de l'instrument, le plus voisin se projettera sur le plus éloigné; mais aussitôt qu'on abandonnera la station C d'un côté ou de l'autre, je veux dire en avant ou en arrière, cet état de choses sera totalement changé. Si l'observateur s'arrête en M, l'objet E cessera de correspondre à G; il semblera plus élevé puisque, après l'avoir visé, il faudra abaisser la lunette pour trouver G. Un déplacement vers la droite jusqu'en N, par exemple, aurait donné un résultat tout opposé : l'objet E, comme la figure le fait voir, s'y serait présenté au-dessous de G.

Il demeure donc établi que les positions RELATIVES de deux objets diversement éloignés changent nécessairement quand l'observateur se déplace.

Il ne suffit pas à la science d'avoir constaté l'existence des *mouvemens apparens relatifs* qui sont déterminés par le changement de place de l'observateur; elle a besoin de connaître, de plus, qu'elle est, dans le *mouvement apparent total*, la part de chacun des deux objets observés; quel est numériquement le rôle que jouent, dans le phénomène, les distances de ces objets à l'observateur, comparées aux chemins que celui-ci parcourt le long de la ligne horizontale.

Tout cela ressort immédiatement de la simple inspection des méthodes analytiques dont les astronomes font usage dans leurs calculs; mais, je m'abstiendrai de citer ici aucune formule. Je me contenterai de signaler, aussi clairement que possible, les résultats qu'elles fournissent.

Pour éviter de longues circonlocutions, nous conviendrons, d'abord, d'appeler hauteur angulaire d'un objet, l'angle que forme, avec l'*horizontale*, la ligne visuelle menée de l'œil de l'observateur à cet objet. C'est, au reste, l'expression technique.

Replaçons l'observateur en C, je veux dire dans le point de la ligne AB où les deux objets E et G ont la *même hauteur angulaire*, où les deux objets se projettent l'un sur l'autre. Si l'on marche d'une certaine quantité vers la droite, ces deux hauteurs croîtront à la fois, mais inégalement.

Si, au contraire, l'on se transporte de C vers la gauche, les hauteurs angulaires diminueront toutes les deux, et les diminutions n'auront pas la même valeur pour les deux objets.

Eh bien! le calcul et l'expérience concourent à montrer qu'à l'égard de chaque angle de hauteur, la variation dépend, uniquement, du rapport qu'il y a entre la distance de l'objet observé à la ligne AB le long de laquelle s'opère le mouvement, et la valeur même de ce mouvement. Quand la quantité CN, dont l'observateur se déplace, est une partie aliquote assez grande de la distance de l'objet E, le changement de hauteur est considérable entre la station C et la station N. Si, au contraire, la ligne CN est presque infiniment petite, comparée à la distance du point de mire, l'angle de hauteur se trouve avoir sensiblement la même valeur aux deux points C et N. On comprend, dès-lors, que si des deux objets E et G, qui, vus de C, se projetaient l'un sur l'autre, le second est excessivement éloigné, leurs changemens relatifs de position ne dépendront plus que des variations qu'éprouvera, par le déplacement de l'observateur, la hauteur angulaire de l'objet le plus rapproché. Ces variations pourront ainsi être appréciées presque à l'œil nu, ou, du moins, sans le secours d'un grand instrument gradué.

Je recommande cette remarque à l'attention du lecteur. Nous en ferons usage tout à l'heure.

Nous venons de dire que le changement qu'a éprouvé la hauteur angulaire d'un objet E, a dépendu de la quantité CN dont l'observateur s'est déplacé, et de la distance EL de cet objet à la ligne NCL passant par les deux stations. Or, telle est la liaison intime de ces trois quantités, que deux d'entre elles étant données, on peut toujours en déduire très simplement la troisième. Ainsi, quand l'observateur, en se transportant de C en N, a mesuré avec précision, à l'aide de son cercle gradué, la diminution qu'a subie la hauteur apparente de l'objet E, deux lignes de calcul le font passer de la valeur numérique de cette diminution à la détermination du nombre de fois que CN est contenu dans LE, c'est-à-dire à la connaissance de l'éloignement de l'objet inaccessible E; car CN est toujours mesurable en lieues.

Le lecteur connaît maintenant le principe de la méthode dont les astronomes font habituellement usage pour la détermination des distances des corps célestes et qu'ils appellent méthode des *parallaxes*.

La méthode des parallaxes, tout le monde peut le concevoir, doit donner des résultats d'autant plus précis, qu'en passant de la première à la seconde station, la hauteur angulaire de l'objet a plus sensiblement varié; ou bien, car c'est la même chose en d'autres termes, que la base CN parcourue est une partie aliquote plus considérable de la distance cherchée EL.

Quand l'objet E est une étoile; quand ce sont les étoiles dont on veut mesurer la distance, on prend pour première station N, l'une des extrémités d'un diamètre de l'ellipse presque circulaire que la Terre décrit annuellement autour du Soleil, et, pour seconde station C, l'autre extrémité de ce diamètre. Or, la distance qui sépare alors les deux points C et N est d'environ 80 millions de lieues. Eh bien! un aussi énorme déplacement ne change pas notablement les hauteurs angulaires de l'étoile. Les rayons visuels CE et NE, menés à cet astre de deux points éloignés de 80 millions de lieues, forment des angles à très-peu près égaux avec la ligne qui joint les deux points.

Je viens de dire à peu près, car il est rare qu'on ne trouve pas, entre les hauteurs angulaires mesurées aux deux extrémités de la base, des discordances, souvent irrégulières, il est vrai, mais qui vont à une, à deux et même à trois secondes. Ces quantités sont sans doute très petites; à peine surpassent-elles les erreurs des observations, et, toutefois, elles ont une grande importance. Si l'on parvenait, par exemple, à s'assurer que, pour une étoile peu éloignée d'une ligne visuelle perpendiculaire aux diamètres de l'orbite terrestre, la hauteur angulaire, à l'extrémité de l'un de ces diamètres, surpasse réellement de 3 secondes la hauteur à l'autre extrémité, le calcul donnerait pour la distance de cette étoile à la Terre, 5 millions de millions de lieues (5,000,000,000,000).

Si la différence des deux angles était de 2 secondes seulement, on trouverait une distance égale à une fois et demie la précédente.

Si, enfin, on parvenait à constater une différence des deux hauteurs angulaires d'une seule seconde, l'étoile serait à 16 millions de millions de lieues (16,000,000,000,000) de la Terre) (1).

(1) D'après l'idée, *en général* très plausible, que les étoiles les plus brillantes doivent être les moins éloignées de la Terre, les astronomes s'étaient anciennement accordés à chercher les parallaxes, surtout dans les étoiles de première ou de seconde grandeur. Depuis, on a eu quelques raisons de croire que certaines étoiles, peu remarquables par leur intensité, pourraient bien se trouver parmi les plus voisines. Voici d'après quels indices :

Jadis on appelait les étoiles, *les fixes*. Elles ne méritent plus cette qualification. Toutes marchent, en effet, toutes ont un mouvement propre. Je n'entends pas parler ici de ces mouvemens de circulation d'une petite étoile autour d'une grande dont nous nous sommes si longuement occupés ; mais d'un mouvement qui, Je vois déjà des personnes qui ont entendu parler de l'exactitude des observations modernes se récrier sur ce que j'admets la possibilité d'erreurs de 2 ou 3 secondes dans les différences des mesures des hauteurs angulaires d'un même astre! Je conviens qu'avec de très bonnes machines et de l'habitude, on peut éviter de pareilles erreurs dans un grand nombre de déterminations : dans celles des diamètres planétaires, par exemple; mais les observations de parallaxe ne sont pas dans ce cas.

Remarquons, d'abord, que ces observations exigent des instrumens de dimensions consi-

depuis qu'on l'observe, a toujours été dirigé dans le même sens; d'un mouvement destiné, à la longue, à mêler ensemble les étoiles des différentes constellations. Il est naturel de croire que plus ce mouvement propre est fort, et plus l'étoile dans laquelle on l'observe doit être rapprochée de nous. D'après cette base, la 61e du Cygne, qui a un mouvement propre annuel de plus de 5 secondes, se présentait naturellement comme pouvant offrir des chances de parallaxe sensible. Dans cette vue, nous l'observâmes avec beaucoup de soin, M. Mathieu et moi, pendant le mois d'août 1812 et pendant le mois de novembre suivant. La hauteur angulaire de l'étoile au-dessus de l'horizon de Paris à la seconde époque, ne surpassa la hauteur angulaire à la première que de 66 centièmes de seconde. Une parallaxe absolue d'une seule seconde aurait nécessairement amené entre ces deux hauteurs une différence de 1",2. Nos observations n'indiquent donc pas que le rayon de l'orbite terrestre, que 39 millions de lieues, soient vus de la 61e du Cygne, sous un angle de plus d'*une demi-seconde*. Mais une base, vue perpendiculairement, soutend un angle d'une demi-seconde, quand on en est éloigné de 412 mille fois sa longueur. Donc la 61e du Cygne est, *au moins*, à une distance de la Terre égale à 412 mille fois 39 millions de lieues. Le nombre qui résulte de cette multiplication indique une distance que la lumière ne pourrait franchir en moins de six ans, quoiqu'elle parcoure, comme tout le monde sait, 80 mille lieues par seconde.

Un seul mot encore, et j'ai fini. La 61e du Cygne se déplace, tous les ans, en ligne droite, de plus de 5 secondes. A la distance qui nous en sépare, une seconde correspond, *au moins*, à 80 millions de lieues. *Tous les ans* la 61e du Cygne parcourt donc, au moins, 400 millions de lieues. Naguère, cependant, on l'appelait une étoile fixe!

dérables : sans cette condition, une seconde ne serait pas visible sur le limbe gradué. Ajoutons que la Terre emploie six mois entiers à passer d'un point de l'orbite terrestre au point diamétralement opposé ; que si la hauteur angulaire d'une étoile a été mesurée, dans la première station en hiver, elle ne pourra l'être qu'en été dans la seconde ; que si tout l'appareil ne s'est pas conservé exactement dans le même état pendant six mois, les observations ne seront point comparables ; qu'il semble d'autant plus difficile d'éviter de petites flexions, de petites déformations que l'instrument, d'ailleurs fort grand, fort massif et composé de beaucoup de pièces, se trouve aux deux époques, dans des conditions de température entièrement dissemblables, etc., etc. Malgré ces obstacles, à force d'habileté de la part des artistes, de soin et de patience de la part des astronomes, on est arrivé à répondre de la différence des hauteurs angulaires d'une même étoile, observée à six mois de distance, jusqu'à 2 ou 3 secondes près.

Cette quantité, vue au foyer de grandes lunettes de nos cercles gradués, n'égale pas l'épaisseur d'un fil d'araignée ! Peut-on, après cela, s'étonner qu'on ait désespéré de dépasser une telle limite de précision par les procédés ordinaires ?

Eh bien ! dans certaines circonstances que je vais indiquer, les étoiles doubles permettraient d'évaluer le changement de hauteur angulaire de l'une d'entre elles, non pas seulement à 3 secondes entières, mais encore à la précision d'un dixième de seconde, ce qui serait trente fois plus d'exactitude qu'on en obtenait autrement.

C'est ici le moment de revenir à la remarque que nous avons mise en réserve page 101, sur le changement relatif de position de deux objets diversement éloignés.

Ce changement, avons-nous dit, dépend entièrement de l'un des deux objets, de celui qui est le plus voisin, toutes les fois que l'autre est à une telle distance, comparée à la quantité dont l'observateur peut se déplacer, que ses variations de hauteurs angulaires soient insensibles. Alors le second objet devient le plus exact des repères auquel on puisse rapporter le premier pour reconnaître et pour mesurer ses changemens de hauteur; alors on n'a besoin ni d'un grand instrument mathématiquement invariable pendant le passage de la première à la seconde station, ni de niveau, ni de fil à plomb; alors tout se passe sous les yeux de l'observateur, dans le champ de la vision du télescope; pour reconnaître s'il y a eu changement de position, il suffit d'un simple coup d'œil, quand les deux objets sont presque en contact; alors, d'ailleurs, la quantité de ce changement se mesure à l'aide du petit instrument connu sous le nom de micromètre, et qui, renfermé dans la lunette, se compose simplement de deux fils, l'un fixe et l'autre mobile à l'aide d'une vis, comme on l'a vu plus haut.

Si l'on suppose, comme il est naturel de le faire, que la différence d'éclat entre les étoiles dépende, en général, de la différence de leurs distances à la Terre; que les étoiles de septième, de huitième, de neuvième grandeur, soient beaucoup plus éloignées que les étoiles de première, de deuxième, de troisième, nous trouverons dans le ciel bien des combinaisons binaires qui satisferont aux conditions exigées. Tout amateur, muni d'une forte lunette, pourra dès-lors travailler à la détermination de la distance des étoiles, avec autant de chances de succès que les astronomes de profession.

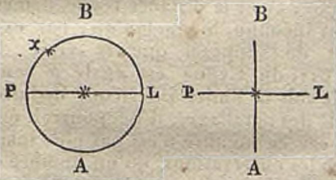
Tel est le moyen d'observation dont j'ai parlé précédemment. Il est évident aujourd'hui qu'on ne doit pas l'appliquer aux étoiles qui semblent presque se toucher. Dans les groupes de cette espèce, la différence d'éclat des deux étoiles tient si peu à la différence de distance, qu'en décrivant son orbite, la plus petite étoile, sans cesser de rester la plus petite, s'interpose entre la grande et nous. Quant aux combinaisons binaires où l'on remarque une étoile de première, de deuxième ou de troisième grandeur, à la distance angulaire de trois, de quatre ou de cinq minutes d'une étoile de sixième, de septième ou de huitième, il y en a, sans doute, un bon nombre où la petite étoile ne semble petite qu'à raison de son beaucoup plus grand éloignement. Celui qui tombera sur une semblable combinaison, s'il peut disposer d'un micromètre parfaitement construit et d'un pouvoir amplificatif un peu considérable, déterminera la distance réelle de la grande étoile à la Terre, pourvu toutefois, encore, que cette distance ne surpasse pas celle que la lumière emploie trente ans à parcourir. Il est donc possible que, malgré l'exactitude de la méthode, on obtienne seulement une limite en-deçà de laquelle l'étoile ne sera pas située. Au reste, qu'on se rappelle que chaque année est de 365 jours 1/4; que chaque jour se compose de 86,400 secondes; que, pendant chacune de ces secondes, la lumière parcourt 80 mille lieues, et l'on sentira tout ce qu'il y aurait de prodigieux dans cette limite *inférieure* de distance qu'un rayon de lumière ne saurait traverser en moins de trente ans !!!

Les observations des étoiles doubles proprement dites, pourront servir un jour, soit à déterminer les distances de ces groupes binaires à la Terre, soit à fixer une limite EN-DEÇA OU AU-DELA *de laquelle ils ne sauraient être placés.*

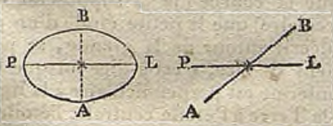
La méthode des parallaxes n'a déterminé, jusqu'ici, qu'une limite de distance EN-DEÇA de laquelle les étoiles observées ne se trouvent pas. Ainsi, les hauteurs angulaires de la 61e du Cygne, rapportées à la page 103, ont placé les deux étoiles qui composent ce groupe 412 mille fois AU MOINS plus loin que le Soleil. Mais ce qu'il faudrait ajouter à cette limite inférieure pour avoir la distance réelle, demeure totalement inconnu. Si quelqu'un, par exemple, s'avisait de supposer que la vraie distance de la 61e du Cygne est égale à cent millions de fois la limite inférieure déduite de a méthode des parallaxes, il ne pourrait être contredit; car ce nombre n'est pas plus incompatible avec les observations, qu'un nombre un million de fois plus petit ou qu'un nombre un million de fois plus grand! Dans cet état de la science, il était très désirable de découvrir un moyen de placer une limite supérieure à côté de la limite inférieure déjà trouvée. Or, ce moyen pourra, tôt ou tard, se déduire des observations des étoiles doubles, comme on va le voir.

Lorsque la courbe (je la supposerai exactement circulaire) que la petite étoile d'un groupe binaire décrit autour de la grande, se présente exactement de face, c'est-à-dire lorsque le plan qui la renferme est perpendiculaire à la ligne menée de la Terre à l'étoile centrale, l'étoile satellite, pendant la durée de sa révolution reste constamment à la même distance de la Terre, Cette étoile satellite va, en effet, occuper successivement, en vertu de son mouvement propre, toutes les positions possibles sur le contour du petit cercle : or, personne ne doute que tous les points d'une circonférence de cercle vue exactement de face, ne soient également éloignés de l'œil de l'observateur.

Par le centre de l'orbite circulaire du satellite stellaire menons un diamètre horizontal PL qui partagera cette orbite en deux parties égales, l'une supérieure, l'autre inférieure, comme on le voit dans la figure ci-après. Les deux lignes AP BL perpendiculaires représentent, le profil du cercle coupé par le plan horizontal :



Faisons ensuite tourner le plan dans lequel la courbe est contenue, autour de ce diamètre horizontal, et dans un tel sens, par exemple, que la partie inférieure vienne en avant ou vers l'observateur, tandis que l'autre se portera en arrière, comme le montre la figure ci-après :



Cette orbite, qui, d'abord vue de face, était un cercle, paraîtra maintenant une ellipse dont le grand diamètre *PL* est horizontal. A côté de cette figure, on en voit une autre composée de deux lignes qui se coupent obliquement, et dont l'une, *AB*, est le cercle vu de profil ou de tranche, l'autre, *PL*, étant la trace du plan qu'on a mené par le diamètre horizontal de l'ellipse. Vue perpendiculairement, l'orbite de la petite étoile était circulaire. Dans sa nouvelle position oblique, elle semblera alongée; mais il importe surtout de remarquer que ses diverses parties ne se trouveront plus réellement à la même distance de l'observateur. Dans le demi-cercle qui, à partir de la position perpendiculaire, aura marché en avant, il existera nécessairement un point *A* plus voisin de la Terre que tous les autres. Le point *B* diamétralement opposé à celui-là sera le plus distant. En allant du premier point *A* par le point *B* au second *B*, l'étoile satellite s'éloignera donc graduellement de l'observateur. En revenant de ce second point *B* au premier *A* et passant par *L*, elle s'en rapprochera. Cette double circonstance, attendu la vitesse appréciable de la lumière, peut apporter des différences sensibles dans la manière dont l'étoile semblera parcourir les deux moitiés, l'une ascendante et l'autre descendante de son orbite. Examinons, en effet, comment nous apercevons un astre lumineux qui est doué d'un mouvement propre.

Prenons cet astre dans une position déterminée *P* (première figure). De cette position, il dardera dans tous les sens des rayons qui se propageront en ligne droite et dont les directions prolongées, quels que soient le lieu et le moment où on les observe, indiqueront la place qu'occupait le corps radieux au moment de leur départ.

L'un de ces rayons arrivera à la Terre. Supposons qu'il ait mis un temps considérable, un mois par exemple, à faire le trajet. Pendant ce temps l'astre ne sera pas resté immobile, il aura quitté sa première place *P*. Ainsi nous le verrons dans cette première place quand il n'y sera déjà plus depuis un mois, et qu'il sera réellement en *x*.

Admettons maintenant (deuxième figure), pour fixer les idées, que l'astre ait parcouru, en s'éloignant de la Terre, un arc de la courbe d'une certaine étendue, un quart de cercle *AP*, si l'on veut, qui, placé obliquement dans l'espace, soit plus près de nous par un de ses bouts *A* que par l'autre *P*.

Nous apercevons l'astre mobile, sur cet arc, à l'extrémité *A* la plus voisine de la Terre, trente jours, je suppose, après qu'il l'aura quittée. Dès-lors, il faudra plus de trente jours pour que la lumière nous arrive de l'autre extrémité *P* qui est plus éloignée. L'astre aura donc visité cette seconde extrémité, il l'aura quittée, depuis plus de trente jours, au moment où, de la Terre, nous le verrons s'y placer. Quand, de la date de cette dernière observation, qui se trouve ainsi postérieure de plus de trente jours à celle de l'arrivée réelle de l'astre à l'extrémité *P* de l'arc, nous retranchons la date de l'observation du départ, dont l'erreur, par hypothèse, était seulement, et tout juste, de trente jours, la différence sera plus grande que celle qu'on obtiendrait en retranchant l'une de l'autre, si elles étaient connues, les dates des passages RÉELS du même astre par les points observés.

Si, au lieu de faire partir l'astre mobile du point *B* le plus voisin pour le conduire au point le plus distant, nous lui avions donné la marche inverse : si le point de la première observation avait été plus éloigné que le point de la seconde, il est évident que la différence entre les passages observés, c'est-à-dire entre les passages affectés de la propagation de la lumière, au lieu d'être plus grande serait plus petite que la différence entre les passages réels.

En thèse générale, si, dans sa course curviligne, un astre s'éloigne graduellement de la Terre, les rayons lumineux qui en émanent, viennent de plus en plus tard nous apprendre dans quelles directions il s'est successivement placé. Pour aller d'une de ces positions à l'autre il semblera donc employer plus de temps qu'il n'en dépense en réalité. L'inverse arrive nécessairement, lorsque, pendant sa course, l'astre se rapproche de nous. Or, les deux moitiés de l'orbite d'une étoile double se trouvent précisément dans les conditions que je viens de signaler, quand le plan qui les renferme est oblique au rayon visuel allant de la Terre à l'étoile centrale. Mathématiquement parlant, le satellite stellaire, vu de la Terre, emploiera donc plus de temps à parcourir la moitié ascendante *APB* de son orbite, la moitié dans laquelle il s'éloigne constamment de nous, que la moitié opposée *BLA*, que la moitié où il marche vers nous. Eh bien ! je vais montrer que la distance de ce satellite à la Terre pourra se déduire de la différence observée entre la durée de la demi-révolution ascendante et la durée de la demi-révolution opposée, toutes les fois que cette différence aura été déterminée avec précision.

Si l'on remonte aux explications précédentes, on verra aisément que la durée de la demi-révolution ascendante du satellite surpasse la durée de la demi-révolution réelle, du nombre de jours que la lumière emploierait à parcourir le nombre de lieues dont la distance du satellite à la Terre s'est accrue pendant cette demi-révolution. Il n'est pas moins évident que la durée de la demi-révolution descendante est au-dessous de la durée de la demi-révolution réelle, du même nombre de jours, puisque, dans sa marche rétrograde, le satellite se rapproche de nous tout autant qu'il s'en était d'abord éloigné. Définitivement, les deux demi-révolutions observées diffèrent entre elles du double du temps que la lumière emploie à parcourir le nombre de lieues dont la distance du satellite à la Terre varie entre ses deux positions extrêmes.

Soustrayons donc, l'une de l'autre, les durées des deux demi-révolutions observées; prenons la moitié de la différence; transformons cette moitié en secondes, à raison de 86400 secondes par jour; multiplions le nombre total de secondes ainsi obtenu par 80 mille, nombre de lieues que la lumière parcourt en une seconde, et le produit sera la valeur, exprimée aussi en lieues, de la quantité dont l'étoile satellite s'éloigne de la Terre dans son passage du point de l'orbite *A* le plus voisin au point *B* diamétralement opposé.

La position et les dimensions de l'orbite d'un satellite stellaire sont liées d'une manière nécessaire à la quantité totale dont ce satellite s'éloigne de la Terre, et s'en rapproche ensuite pendant chacune de ses révolutions. Quand les dimensions de l'orbite sont connues, on en conclut aisément, par le calcul, la valeur des changemens de distance. Réciproquement, de la valeur de ces changemens, on peut remonter à celle des dimensions de l'orbite. Or, je viens de montrer comment, dans certains cas, l'astronome détermine expérimentalement, en lieues, les changemens qu'éprouve la distance d'une étoile satellite à la Terre. Dans ces mêmes cas, le grand axe de l'orbite elliptique que l'étoile semble décrire, pourra donc aussi être exprimé en lieues. L'inclinaison sous laquelle ce grand axe se présente à nous, se déduit de la positiou du plan de l'orbite; le micromètre nous fait connaître d'ailleurs sa grandeur apparente, ou combien de secondes il soutend. Or, il n'est pas d'arpenteur qui ne sache déterminer le nombre de lieues dont il est éloigné d'une certaine base, dès qu'on lui fait connaître l'inclinaison de cette base au rayon visuel, sa longueur absolue, et l'angle sous lequel on la voit. L'astronome aura précisément les mêmes calculs à faire. Il opérera seulement sur de beaucoup plus grands nombres. Sa base, à lui, sera le diamètre de l'orbite parcourue par une étoile; mais aussi ce qu'il cherche, et ce qu'il trouvera, c'est la distance de cette étoile à la Terre.

M. Savary, à qui l'on doit d'avoir signalé, le premier, le rôle que la transmission successive de la lumière pourra jouer un jour dans le phénomène des étoiles doubles, craignant, sans doute, qu'on ne parvienne très difficilement, à cause de la lenteur du mouvement des étoiles satellites, à déterminer avec exactitude la différence de durée de leurs demi-révolutions ascendantes et descendantes, s'était contenté de présenter les observations de ces durées, comme un moyen d'arriver, non à une distance absolue, mais à une limite. Voici comment il faudrait expliquer la méthode si l'on ne voulait lui donner que cette portée :

Supposons qu'il soit résulté de l'examen minutieux d'une série de mesures d'angles de position, que la durée de la demi-révolution ascendante d'un satellite stellaire ne surpasse pas de plus de 20 jours la durée de la demi-révolution descendante. Dès-lors, la quantité totale dont l'étoile s'éloigne ou se rapproche de la Terre, en allant de l'une à l'autre de ses positions extrêmes, ne saurait, à son tour, être plus grande que le nombre de lieues parcourues par la lumière en 10 jours. En multipliant donc 86400 par 10 et le produit 864000 par 80000, on arrive à 69120000000 lieues pour la quantité dont le satellite s'éloigne en se rapprochant.

Adoptons, un moment, cette limite en plus, comme valeur réelle du changement total de distance de l'étoile, et cherchons, ainsi que nous le faisions tout à l'heure, l'étendue en lieues du grand axe de l'orbite stellaire. En partant d'une limite, c'est une limite que nous devons trouver. Ainsi le calcul nous donnera un nombre de lieues, que la longueur réelle du diamètre en question ne saurait surpasser. En d'autres termes, il nous conduira ou à la longueur réelle, ou à une longueur plus grande.

Maintenant si nous cherchons, par les méthodes d'arpentage connues, à quelle distance doit être transportée une ligne droite d'une longueur égale à ce nombre de lieues, limite supérieure, pour qu'elle se présente à nous sous l'angle que les observations micrométriques directes ont assigné au grand axe de l'orbite stellaire, ce qu'on trouvera sera, sans autre alternative, ou la vérité, ou une quantité trop forte. La vérité, si le nombre de lieues employé s'est trouvé, par hasard, exactement égal au diamètre de l'orbite; une quantité trop forte, dans tout autre cas, puisque alors le nombre sur lequel on opérera sera lui-même trop fort. Mais pour être amenée à soutendre un angle déterminé, une ligne doit évidemment être transportée d'autant plus loin qu'elle est plus longue. Nous voilà donc arrivés à la détermination d'une distance, au-delà de laquelle on ne saurait supposer l'étoile située, sans se mettre en opposition avec les faits.

Si, d'une autre part, la discussion des angles de position permettait d'affirmer que la durée de la demi-révolution ascendante du satellite stellaire est supérieure à la durée de la demi-révolution descendante, au moins de tel ou tel nombre donné de jours, le calcul appliqué à ce nouveau résultat, au lieu d'une limite en plus, conduirait à une limite en moins, c'est-à-dire à une distance en-deçà de laquelle l'étoile ne serait certainement pas placée!

Tout le monde peut maintenant comprendre quelles brillantes découvertes attendent l'astronome qui, en modifiant les moyens actuellement connus, d'observation des étoiles doubles, assignera, avec une nouvelle exactitude, les durées des demi-révolutions ascendantes et descendantes des satellites stellaires. La détermination de la distance des étoiles; la détermination de la masse de ces astres, deviendront le prix d'un pareil perfectionnement!

Des couleurs observées dans les étoiles multiples.

En voyant, dans les catalogues d'étoiles doubles, tant de combinaisons binaires de rouge et de bleu verdâtre, de jaune et de bleu, il me vint à l'esprit que les teintes bleue ou verte *de la petite étoile* n'avaient rien de réel, qu'elles étaient le résultat d'une illusion, un simple effet de contraste. Je pouvais étayer cette opinion des observations qu'on lit dans tout les traités d'optique sur les couleurs accidentelles. Dans ces observations, une faible lumière blanche paraît verte, dès qu'on en approche une forte lumière rouge; elle passe au bleu quand la vive lumière environnante est jaunâtre. Ces combinaisons étaient assez communément celles qui se faisaient remarquer entre la partie brillante et la partie faible des étoiles doubles, pour qu'on pût se croire autorisé à regarder l'assimilation des deux phénomènes comme parfaitement légitime. Un grand nombre d'exceptions cependant se présentaient, et il me parut qu'elles ne devaient pas être négligées. Une petite étoile bleue accompagnait souvent une brillante étoile blanche : témoin la trente-huitième des Gémeaux, témoin α du Lion, etc. Ici point de rouge, conséquemment point de phénomène de contraste. La teinte bleue de la petite étoile ne pouvait plus être considérée comme une illusion. Le bleu est donc la couleur réelle de certaines étoiles. Cette conséquence ne découlait pas moins directement de l'observation de δ du serpent; car, dans ce groupe, la grande et la petite étoile sont l'une et l'autre bleues. J'avais donc toute raison, en 1825 (voyez la *Connaissance des Temps* pour l'année 1828), de n'introduire la notion physique du contraste dans la question des étoiles doubles, qu'avec la plus grande réserve.

Le contraste, on doit le reconnaître, est quelquefois la cause de la teinte verte ou bleue que présente la petite étoile d'un groupe binaire où la brillante est rouge ou jaune. Il suffit d'une expérience très simple pour distinguer ces cas des autres : il suffit de cacher l'étoile principale avec un fil ou un diaphragme placé dans la lunette. Si pendant l'occultation de la grande étoile, la petite, qui s'aperçoit alors toute seule, cesse d'être colorée; si elle devient blanche, la teinte verte ou bleue dont elle semblait revêtue quand les deux étoiles se voyaient simultanément, n'était qu'une illusion. Lorsque le contraire arrive, on ne pourrait se refuser à regarder ces teintes comme réelles. Eh bien! l'occultation de la grande étoile n'amène, sur la seconde, la disparition de toute couleur, que dans un certain nombre de cas. Le plus ordinairement, cette occultation laisse la teinte de la petite étoile intacte, ou, du moins, n'y apporte que des modifications insensibles.

L'existence d'un si grand nombre d'étoiles bleues ou vertes, dans les groupes binaires connus sous le nom d'étoiles doubles, est un fait d'autant plus digne d'attention, comme je le faisais déjà remarquer dans l'ouvrage cité, que parmi les 60 ou 80 mille étoiles isolées dont les catalogues astronomiques font connaître les positions, il n'en est, je crois, aucune qui s'y trouve inscrite avec d'autres indications, en fait de teintes, que le blanc, le rouge et le jaune. Les conditions physiques inhérentes à l'émission d'une lumière bleue ou verte semblent donc ne se rencontrer que dans les étoiles multiples.

Ce phénomène a été remarqué depuis trop peu d'années (1) pour qu'on puisse espérer d'en trouver aujourd'hui une explication plausible. C'est au temps et à des observations précises à nous apprendre si les étoiles vertes ou bleues ne sont pas des soleils déjà en voie de décroissance (2);

(1) J'ai été curieux de rechercher quel observateur avait, le premier, reconnu qu'il *existe des étoiles bleues*. Les anciens n'ont parlé que d'étoiles *blanches et rouges*. Ils mettaient dans cette dernière *Arcturus*, *Aldébaran*, *Pollux*, *Antarès* et α d'*Orion*, qui sont rougeâtres encore aujourd'hui. A leur liste, et cette circonstance est digne de remarque, ils ajoutaient *Sirius*, dont la blancheur frappe tous les yeux. Il semblerait donc qu'avec le temps certaines étoiles changent de couleur. Au surplus, voici le premier passage, à moi connu, où il soit fait mention *d'étoiles bleues*. Je le trouve dans le *Traité des couleurs* de *Mariotte*, publié en 1686.

« Il y a des étoiles qui ont beaucoup de rougeur, comme l'œil du Taureau et le cœur du Scorpion ; il y en a aussi de jaunes et de *bleues* ; » et plus loin il dit : « Les étoiles qui paraissent rouges ou bleues doivent avoir une grande lumière, dont la vivacité est obscurcie par quelques exhalaisons qui s'étendent autour d'elles ; celles qui *paraissent bleues* ont une lumière faible, mais pure et sans mélange d'exhalaisons. »

Dans un catalogue que M. Dunlop a publié en 1828, on trouve, pour le ciel austral, l'indication d'un groupe ayant 3 minutes 1/2 de diamètre, et qui est composé d'une multitude d'étoiles toutes bleuâtres. Le même astronome parle d'une nébulosité réelle, c'est-à-dire d'un amas confus de matière rayonnante, dont la teinte serait aussi bleuâtre. Rien de semblable n'a été observé de ce côté-ci de l'équateur.

(2) Si l'*étoile nouvelle* de 1572 avait la constitution physique

si les différentes nuances de ces astres n'indiquent pas que la combustion s'y opère à différens degrés; si la teinte, avec excès des rayons les plus réfrangibles, que présente souvent la petite étoile, ne tiendrait pas à la force absorbante d'une atmosphère que développerait l'action de l'étoile, ordinairement beaucoup plus brillante, qu'elle accompagne, etc., etc. Dans l'étude de phénomènes où il y aurait sans doute à prendre en grande considération l'action que deux soleils, inégalement lumineux et de constitutions physiques inconnues, exercent l'un sur l'autre, nous n'avons plus pour nous guider le fil de l'analogie. En effet, les expériences des physiciens

des étoiles permanentes, l'explication de la couleur bleue, par l'affaiblissement de la combustion devrait être écartée. Cet astre, en effet, qui au moment de son apparition subite, le 11 novembre 1572, surpassait tellement en éclat les étoiles les plus brillantes du firmament, qu'on le voyait à la simple vue en plein midi, était alors d'une *blancheur parfaite*. En janvier 1573, sa lumière, déjà notablement affaiblie, avait *jauni*; plus tard, elle prit la couleur *rougeâtre* de Mars, d'Aldébaran ou de α d'Orion; au rouge succéda, disent les observateurs contemporains, *le blanc livide de Saturne*, et cette dernière nuance persista jusqu'au moment de la disparition entière de l'astre. Dans tout cela, aucune mention de bleu. L'étoile nouvelle de 1604 ne présenta pas non plus cette dernière couleur. Il est donc établi, par deux exemples frappans, qu'une étoile peut naître, acquérir le plus haut degré d'incandescence, diminuer ensuite, jusqu'à disparaître entièrement sans jamais *bleuir*! Il faut cependant remarquer que la disparition des étoiles de 1572 et de 1604, ayant été observée à l'œil nu, on pourrait soutenir, à la rigueur, que le bleu *s'y montra* seulement presqu'en s'affaiblissant, elles commencèrent à se trouver dans la classe des étoiles télescopiques. Au surplus, reste toujours cette question : les étoiles *nouvelles*, et les étoiles *permanentes*, sont-elles de la même nature? Les étoiles permanentes, comme notre Soleil, ne brillent, peut-être, que par une atmosphère gazeuse qui les entoure; or le propre d'un gaz dont on affaiblit la combustion, c'est de devenir bleu.

L'absence des principales nuances prismatiques, pendant les phases diverses des étoiles nouvelles et des étoiles changeantes, est un phénomène remarquable, dont on peut tirer d'importantes conséquences sur la vitesse des rayons lumineux de différentes couleurs.

n'ont pu mettre en rapport avec les rayons solaires, que les seules matières terrestres; encore étaient-elles à des températures peu élevées. Il serait donc possible que, sur cette question de la coloration des étoiles, le rôle des observateurs se réduisit, pendant long-temps encore, à celui de collecteurs de faits. La satisfaction de la rattacher à des lois physiques peut sembler réservée à nos arrière-neveux. Mais n'est-ce pas une raison de redoubler d'efforts et de zèle? Dans les phénomènes astronomiques, la précision des observations a souvent suppléé à la durée. Et d'ailleurs, quand, arrivé au terme de pénibles travaux, l'espoir de quelque généralisation ne s'est pas réalisé, on peut se consoler de ce mécompte en se rappelant que la découverte d'un seul fait, bien vu, bien décrit, bien apprécié, est incontestablement, dans la science, un pas en avant, tandis que des théories ingénieuses, séduisantes, et accueillies avec un enthousiasme presque général, ont été fréquemment des pas en arrière.

Fontenelle, Huygens, Grégory, etc., décrivent, dans des ouvrages bien connus du public, l'aspect et les mouvemens plus ou moins compliqués de tous les astres du firmament, pour des observateurs qui seraient situés à la surface du Soleil, de la Lune, de la planète Jupiter suivie de ses quatre satellites, de Saturne entouré de son prodigieux anneau, des comètes aux orbites si alongées. Les personnes qui se complaisent dans ces spéculations n'ont qu'à se transporter, par la pensée, sur les planètes dont les étoiles multiples sont sans doute accompagnées, et les actions réunies de deux, de trois soleils à ellipses très excentriques y deviendront l'origine d'une multitude de recherches intéressantes. Pressé par le temps, je me contenterai de signaler ici à l'attention de ces explorateurs des mondes lointains les groupes-binaires ou ternaires à étoiles colorées; la présence simultanée ou successive de ces divers soleils sur les horizons des planètes environnantes; les combinaisons variées de jours blancs, rouges et verts; les mille curieux phénomènes d'optique qui doivent en être la conséquence, etc. Il y a là de quoi occuper, pendant long-temps, l'imagination la plus active!

Les étoiles doubles sont devenues un moyen de juger de la bonté des lunettes et des télescopes de grandes dimensions.

Le dédoublement de ces étoiles est, pour les astronomes qui ont à prononcer sur la bonté des télescopes et des grandes lunettes, une pierre de touche plus précise et plus sensible, à certains égards, que ne l'était jadis l'observation du disque des planètes. La lunette *termine bien*; on *voit distinctement* les bandes de Jupiter et de Saturne; les taches de Mars *s'aperçoivent nettement*, etc., sont des expressions vagues qui auront telle ou telle autre portée, suivant qu'elles sortiront de la bouche d'un astronome plus ou moins habitué à faire usage d'instrumens puissans et bien construits. Ces expressions, quoi qu'on fasse, impliquent toujours, chez celui qui les emploie, l'idée d'une comparaison. Mais si je dis : avec un grossissement de 200 fois, par exemple, ma lunette sépare complètement les deux étoiles, aujourd'hui si voisines l'une de l'autre, dont l'ensemble forme α de la Couronne, je fournis à tous ceux qui tenteront une expérience semblable, les moyens de reconnaître, sans équivoque, si leur instrument est inférieur au mien.

Quoiqu'il ait été déjà parlé des lunettes dans le premier volume, que l'on me permette de rappeler ici le principe fondamental de toute lunette, et les avantages de ce genre d'épreuves deviendront évidens.

Une lunette se compose de deux lentilles de verre. L'une, large et tournée du côté de l'objet, s'appelle comme nous l'avons déjà dit, l'objectif; l'autre, très petite et placée près de l'œil, est désignée par le nom d'oculaire. La première lentille forme, dans une certaine région plus ou moins distante de sa surface et appelée le foyer, une image aérienne, une véritable peinture de chacun des objets en vue. C'est cette image, c'est cette peinture qu'on grossit à l'aide de la loupe oculaire, tout comme si elle était un objet matériel.

Quand la peinture focale (du foyer) est nette, quand les rayons partis d'un point de l'objet se sont concentrés en un seul point dans l'image, l'observation faite avec l'oculaire donne des résultats très satisfaisans. Si, au contraire, les rayons émanés d'un point ne se réunissent pas au foyer en un seul point; s'ils y forment un petit cercle, les images de deux points contigus de l'objet empiètent nécessairement l'une sur l'autre: leurs rayons se confondent. Or, cette confusion, la lentille oculaire ne saurait la faire disparaître; l'office qu'elle remplit exclusivement, c'est de grossir: elle grossit tout ce qui est dans l'image, les défauts comme le reste. La lunette, c'est-à-dire les deux lentilles réunies, ne peut donc pas alors présenter les objets bien tranchés.

Ce défaut de netteté existe, à différens degrés, dans les lunettes, suivant que l'artiste est parvenu à donner aux deux faces de la lentille objective une courbure régulière plus ou moins rapprochée de la forme géométrique, que la théorie a fait connaître comme la plus convenable, vers laquelle l'opticien tend sans cesse, mais qui reste cependant toujours une abstraction. Il suffit souvent d'un seul coup d'œil, quel que soit le point de mire, pour reconnaître qu'un objectif a été mal travaillé; mais il n'en est pas toujours ainsi: appelés à prononcer entre deux lunettes, les astronomes les plus exercés, eux-mêmes, éprouvent quelquefois de l'embarras s'ils n'ont observé que de grands corps, tels que Vénus, Jupiter, Saturne, Mars. Dans ce cas, les étoiles doubles font cesser toute incertitude.

Il est prouvé que les étoiles n'ont pas de diamètres angulaires sensibles. Ceux qu'elles conservent toujours tiennent, pour la plus grande partie, au manque de perfection des instrumens, et, pour le reste, à quelques défauts, à quelques aberrations de notre œil. Plus une étoile semble petite, tout étant égal quant au diamètre de l'objectif, au grossissement employé, et à l'éclat de l'étoile observée, et plus la lunette a de perfection. Or, le meilleur moyen de juger si les étoiles sont très petites, si des points sont représentés au foyer par de simples points, c'est évidemment de viser à des étoiles excessivement rapprochées entre elles et de voir si leurs images se confondent, si elles empiètent l'une sur l'autre, ou bien si on les aperçoit nettement séparées. Voici parmi les étoiles doubles connues un certain nombre de celles dont les meilleures lunettes seules, armées de forts grossissemens, parviennent à opérer la séparation.

36e d'Andromède; la distance des deux centres était de 0″,7 (sept dixièmes de seconde) en 1831.

η de la Couronne; distance des deux centres, 0″,8, (huit dixièmes de secondes) en 1830.

σ de la Couronne; distance des deux centres, 1″,8, (une seconde et huit dixièmes) en 1830.

γ de la Couronne ; une des plus difficiles à dédoubler, tant à cause de l'extrême rapprochement des deux étoiles, qu'à raison de leur grande différence d'intensité.

ι du Bélier très-difficile à séparer.

κ d'Hercule id.

τ du Serpentaire ; la lunette de Dorpat elle-même ne les sépare pas maintenant. Des observations plus anciennes ont cependant appris que cette étoile est double.

Pour rendre cette notice complète, je devais ne pas oublier de signaler le parti avantageux que l'on tire maintenant de l'observation des étoiles doubles dans les essais des grandes lunettes. En tout cas, je suis sûr qu'on sentira l'importance de l'application dès que j'aurai dit que ceux de ces instrumens dont les grands observatoires ne sauraient aujourd'hui se passer coûtent vingt, trente et même quarante mille francs, indépendamment de leur monture.

Du rôle que le calcul des probabilités a joué dans la question des étoiles multiples.

Le calcul des probabilités a enrichi l'astronomie d'un grand nombre de résultats très remarquables. Jusqu'ici, cependant, ils n'ont pas pris dans l'enseignement et dans les ouvrages élémentaires la place qui leur est due. Il semble qu'on ait craint de nuire aux vérités de la science dont la démonstration repose sur la combinaison immédiate d'observations directes, en les associant à des déductions qui, sans avoir tout-à-fait la même certitude, n'en méritent pas moins, cependant, d'être prises en grande considération. Au surplus, je ne connais aucune question plus propre que celle des étoiles multiples à montrer combien les observateurs auraient tort de dédaigner les enseignemens du calcul des probabilités.

Déjà, dès l'année 1767, un savant distingué, John Michell, frappé de l'inégale répartition des étoiles dans le firmament, examina si l'on pouvait croire que cette répartition fût l'effet du hasard. Il prit, comme exemple, le groupe des Pléïades.

Ce groupe se compose de *six* étoiles principales. Dans le ciel, tout entier, on n'en compte guère que 1500 d'une intensité qui puisse leur être comparée.

Le problème à résoudre était donc celui-ci: 1500 étoiles sont jetées *au hasard* sur l'étendue du firmament, quelle probabilité y a-t-il que 6 d'entre elles se trouveront réunies dans l'espace resserré qu'occupe la constellation des Pléiades. Michell trouva, pour cette probabilité, $\frac{1}{500000\ \text{me}}$; c'est-à-dire qu'il y avait 500000 à parier contre *un*, que la forte concentration des 6 étoiles ne se présenterait pas. Mais puisque cette concentration existe, malgré l'unique chance sur 500000 qui pouvait l'amener, nous devons croire qu'il y avait quelque chose d'erroné dans les bases du calcul. Or, en l'examinant de près, on n'y trouve qu'une seule hypothèse: celle que les étoiles sont réparties dans le ciel *au hasard*. Une hypothèse dont les conséquences probables sont si peu d'accord avec les faits, devient alors, elle-même, improbable. C'est donc l'hypothèse directement contraire qui doit avoir notre assentiment. Ainsi les 6 étoiles des Pléiades ne se trouvent pas si singulièrement concentrées par hasard; ainsi une cause physique a présidé à leur réunion dans un très petit espace ; ainsi elles sont dans une dépendance mutuelle ! Mais, n'est-ce pas là, précisément, la principale conséquence qui, beaucoup plus tard, a été déduite des laborieux travaux des astronomes sur les étoiles doubles? Ici, comme on voit, la théorie des probabilités a devancé les observations directes.

En appliquant les mêmes calculs, remarque le physicien anglais, aux étoiles qui ne paraissent doubles et triples que dans les télescopes, leur liaison se trouverait établie sur de beaucoup plus grandes probabilités encore. Et qu'eût dit Michell, si de son temps on avait connu certains groupes binaires tels que $\varkappa$ d'Hercule et γ de la Couronne, dont les deux parties constituantes peuvent à peine être séparées à l'aide des meilleures lunettes et des plus forts grossissemens ! Avec un peu plus de confiance dans les résultats du calcul des probabilités, les astronomes praticiens eussent commencé les observations des étoiles multiples, dès l'année 1767. Cette confiance, l'ingénieux auteur des calculs dont je viens de donner une idée, l'avait à tel point, qu'il parlait déjà, dans son Mémoire, de l'existence d'étoiles tournant les unes autour des autres, comme d'un moyen de résoudre diverses questions délicates d'astronomie physique.

Quoique aujourd'hui les principes des probabilités commencent à être fort répandus, je dirai même fort employés ; quoique, d'un autre côté, la liaison intime, la dépendance mutuelle des deux parties constituantes d'un bon nombre d'étoiles binaires, résulte d'observations directes, incontestables, je ne puis m'empêcher de faire remarquer, avec M. Struve, que cette liaison, que cette dépendance, fruit de tant de recherches délicates, résulterait, pour des yeux accoutumés à voir, de la simple inspection de la table où se trouvent dénombrées les étoiles doubles de diverses classes.

Les quatre classes d'Herschel, il faut bien se le rappeler ici, n'ont aucun rapport avec l'intensité des étoiles : elles sont seulement relatives à leurs distances angulaires. La première se compose de tous les groupes binaires dans lesquels les élémens constituans, c'est-à-dire chacune des deux étoiles du groupe, sont à moins de 4 secondes d'écartement. La seconde contient les distances au-dessus de 4 et au-dessous de 8 secondes. La troisième commence à 8 secondes, et finit à 16. La quatrième, enfin, s'étend jusqu'à 32 secondes. Maintenant, tout le monde comprendra qu'en cherchant la probabilité que des étoiles dispersées dans le firmament sans aucune règle se présenteront par groupes de deux; que cette probabilité, disons-nous, sera d'autant plus petite, que les groupes en question devront avoir des dimensions moindres C'est, en effet, comme si l'on calculait la chance qu'en jetant certain nombre de grains de blé sur un échiquier, ils se trouveront réunis, dans les cases, par groupes de deux : la chance doit évidemment diminuer en même temps que les dimensions de ces cases. Dans le problème proposé, les grains de blé sont des étoiles ; l'échiquier, c'est le firmament ; les cases, pour la première classe d'Herschel, ce sont des espaces de 4 secondes, au plus, de diamètre; pour la quatrième classe, les dimensions des cases vont jusqu'à 32 secondes. Dans l'hypothèse d'une indépendance absolue entre tous les astres dont le ciel est parsemé, la première classe d'étoiles doubles serait beaucoup moins nombreuse que la seconde, que la troisième, et surtout que la quatrième. Or c'est le contraire qui a lieu (*Voyez* la table). Nous voilà donc amenés, encore une fois, par de simples considérations de probabilités, à reconnaître que les étoiles voisines les unes des autres ne le sont pas seulement en apparence, c'est-à-dire par un effet d'optique ou de perspective, mais bien qu'elles forment des systèmes.

CONCLUSIONS

SUR LES ÉTOILES DOUBLES ET LES NÉBULEUSES.

On a donc reconnu des mouvemens apparens, non-seulement à des étoiles simples; mais à beaucoup d'étoiles doubles qui, indépendamment de leurs mouvemens de révolution l'une autour de l'autre, et autour de leur centre commun de gravité, se trouvent ainsi entraînées de compagnie, par un mouvement progressif de translation, vers certaines régions de l'espace; par exemple, les deux étoiles qui constituent la 61ᵉ du Cygne, et qui sont presque égales entre elles, n'ont pas cessé, au moins depuis 50 ans, de rester à une distance l'une de l'autre sensiblement la même, et égale à 15". Néanmoins elles se sont déplacées sur le ciel de 4' 23" dans cet intervalle de temps, le mouvement propre annuel de chacune d'elles étant de 5", 3 dixièmes, ou de plus du tiers de la distance qui les sépare. Cette vitesse est celle avec laquelle le système des deux étoiles est entraîné le long d'une orbite inconnue, d'un mouvement que l'on peut regarder pendant plusieurs siècles comme rectiligne et uniforme. Parmi les étoiles qui ne sont pas doubles, et qui ne se distinguent des autres par aucune particularité remarquable, μ de Cassiopée est celle à laquelle on a reconnu le plus grand mouvement propre : ce mouvement s'élève par an à 3", 74. On a remarqué sur un grand nombre d'autres étoiles des déplacemens continuels, plus petits, mais non moins hors de doute.

Des mouvemens qui doivent se soutenir pendant des siècles pour produire dans l'arrangement des étoiles des changemens perceptibles à l'œil nu, suffisent sans doute pour détruire en théorie l'idée d'une fixité mathématique; mais en ce qui concerne les applications pratiques, ils sont trop peu considérable pour nous porter à réformer notre langage, et à cesser de donner aux étoiles, la qualification de *fixes*. Jusqu'à présent on connaît d'une manière trop imparfaite les grandeurs et les directions de ces mouvemens pour s'occuper de les rattacher à des lois. On peut dire en général que les directions apparentes sont variables, et ne semblent pas indiquer une tendance commune vers un point du ciel plutôt que vers un autre. Cependant, sir W. Herschel avait supposé que les observations manifestaient une semblable tendance, et qu'on pouvait apercevoir un mouvement général des principales étoiles, qui les entraîne vers le point de la sphère céleste diamétralement opposée à l'étoile α d'Hercule. Il expliquait cette tendance par un mouvement du Soleil et du système solaire pour se rapprocher de cette étoile. Pour l'œil de l'observateur l'impression est la même, soit que notre Soleil se rapproche de α d'Hercule, soit que les étoiles s'en éloignent en sens opposé. Sans doute il suffit de réfléchir à la question pour admettre comme hautement probable, sinon comme certain, que le Soleil est animé d'un mouvement propre dans une direction quelconque; et la conséquence inévitable d'un pareil mouvement, d'après les lois de la perspective, doit être une tendance apparente du système des étoiles à se mouvoir d'un mouvement très-lent, en sens contraire de la direction réelle que suit le mouvement du Soleil.

Les observations pourraient donc nous faire connaître le mouvement propre du Soleil, si nous connaissions bien ceux des étoiles, et si nous étions sûrs que ces mouvemens sont indépendans, c'est-à-dire que le système entier du firmament, ou du moins que le système des étoiles les plus rapprochées de nous n'est pas entraîné d'un mouvement commun dans une même direction, par le mouvement que peut éprouver l'ensemble de la couche sidérale dont notre système fait partie, à peu près comme nous voyons tous les objets d'un vaisseau en mouvement conserver leurs mêmes distances relatives, ou mieux encore comme les poussières entraînées par un courant d'air, en conservant sensiblement leurs situations relatives. Mais la science n'est pas encore assez mûre pour conduire sur ce point à des conclusions certaines, dans un sens ou dans l'autre.

Lorsque nous jetons les yeux sur la voûte du ciel par une belle nuit, nous ne manquons pas de remarquer çà et là des groupes d'étoiles qui semblent plus rapprochées et en quelque sorte plus condensées que celles du voisinage ; en sorte que nous sommes portés à croire que quelque cause générale, et non le hasard, a présidé à cette agglomération. Tel est le groupe que l'on appelle les Pléïades, où l'on peut remarquer six ou sept étoiles, si on le fixe directement avec les yeux, et beaucoup plus, si l'on détourne négligemment l'*œil* un peu d'un autre côté, tout en fixant en même temps l'attention de son esprit sur ce groupe. Les télescopes y font voir cinquante à soixante belles étoiles accumulées sur un très médiocre espace, et comparativement isolées du reste du ciel. La constellation que l'on nomme la Chevelure de Bérénice, est un autre groupe du même genre, plus diffus et formé d'étoiles beaucoup plus brillantes.

Plusieurs objets du même genre ont une figure exactement ronde, et répondent parfaitement à l'idée d'un espace globulaire, rempli d'étoiles, isolé dans les espaces célestes, et constituant une famille ou société à part, régie uniquement par des lois qui lui sont propres. On chercherait en vain à dénombrer les étoiles dans un de ces amas globulaires : ce n'est point par centaines qu'elles se compteraient; et d'après un calcul informe, qui donne un nombre infiniment au-dessous de la vérité, on trouve que plusieurs de ces amas doivent contenir au moins dix ou vingt mille étoiles, pressées dans un espace circulaire dont le diamètre n'est pas mesuré par un angle qui excède 8 ou 10 minutes, et dont l'aire n'est que la dixième partie de celle que le disque de la Lune recouvre sur le firmament.

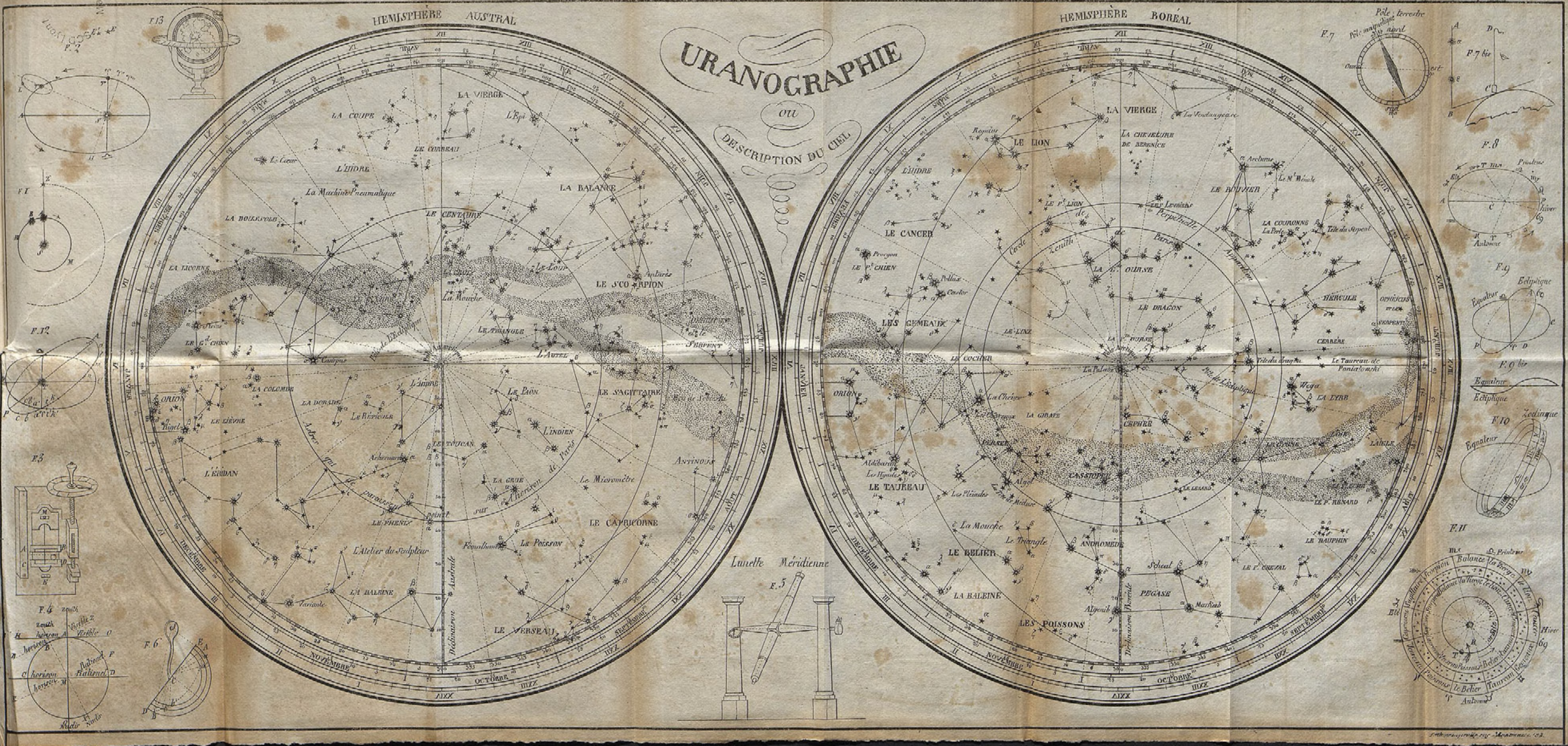
Peut être nous reprochera t-on d'être épris du gigantesque, si nous songeons à considérer chacun des individus associés dans ces groupes comme un Soleil du genre du nôtre, et leurs distances mutuelles comme étant de l'ordre des distances qui séparent notre Soleil des plus proches étoiles fixes. Cependant, si l'on réfléchit que la lumière confondue de toutes les étoiles qui composent le groupe, affectent l'œil moins vivement que celle d'une étoile de 5e ou 6e grandeur (car les plus étendus de ces amas sont à peine visibles à l'œil nu), l'idée qu'on se fera de leur distance, permettra à l'imagination de se familiariser même avec des dimensions aussi énormes. En tout cas, nous ne pouvons guère nous refuser à reconnaître dans un groupe isolé de la sorte, un système particulier, nettement caractérisé. La forme sphérique indique clairement l'existence d'un lien général, de la nature, de la force d'attraction; et un grand nombre de groupes laissent voir sans équivoque une condensation croissante vers le centre, incompatible avec une égale répartition des étoiles dans l'espace globulaire. Il est difficile de se former une idée de l'état dynamique (de la relation des forces, des mouvemens), d'un pareil système. D'un côté, à moins d'admettre un mouvement de rotation et une force centrifuge comme la terre en possède, il ne semble guère possible que le système se maintienne, et que les étoiles ne se précipitent pas les unes vers les autres. D'autre part, en admettant ce mouvement et cette force, il n'est pas plus aisé de concilier la sphéricité apparente avec la rotation autour d'un axe unique, et d'expliquer l'absence des collisions intérieures.

Sous quelque point de vue qu'on envisage les nébuleuses, elles offrent un champ inépuisable aux spéculations et aux conjectures. On ne saurait douter qu'elles ne soient pour la plupart, formées par une agglomération d'étoiles; et l'imagination se perd dans cette série interminable qu'elle entrevoit, de systèmes qui se groupent pour former d'autres systèmes, de firmamens qui composent d'autres firmamens. D'autre part, s'il est vrai (ce qui semble au moins extrêmement probable), qu'une matière lumineuse et phosphorescente existe disséminée dans l'immensité de l'espace, à la manière d'un nuage ou d'un brouillard, tantôt revêtant des formes capricieuses, comme les nuages véritables chassés par les vents, tantôt se concentrant autour de certaines étoiles, à la manière des atmosphères des comètes, nous devons naturellement demander quelles sont la nature et la destination de cette matière nébuleuse? Est-elle absorbée par les étoiles dans le voisinage desquelles elle se trouve, et leur fournit-elle en se condensant un supplément de chaleur et de lumière? Se ramasse-t-elle, par une concentration progressive due à la gravitation, de manière à fonder de nouveaux systèmes stellaires ou des étoiles isolées? Il est plus facile de poser de telles questions que d'y donner une réponse probable....... Dieu seul peut-être pourrait satisfaire notre curiosité!!!.......

Nous terminerons ce petit ouvrage par la mention d'un phénomène qui semble indiquer que notre Soleil lui-même est entouré d'une certaine nébulosité, et qu'il peut être mis sur la liste des étoiles nébuleuses. Nous voulons parler de la lumière qu'on appelle *zodiacale*, et qui se montre par les très beaux temps, aussitôt après le coucher du Soleil, vers les mois d'avril et de mai, ou immédiatement avant le lever du Soleil dans la saison opposée; elle prend la forme d'un cône ou d'une lentille dont la direction est en général celle de l'écliptique, ou mieux celle de l'équateur solaire. Cette lumière est extrêmement faible et mal terminée, au moins dans nos climats; mais on la voit beaucoup mieux dans les régions intertropicales, et elle ne peut être confondue avec un météore atmosphérique ou avec une aurore boréale. Elle s'annonce évidemment comme une atmosphère rare et de forme lenticulaire (de lentille), qui entoure le Soleil et s'étend au-delà des orbites de Mercure ou même de Vénus. On peut conjecturer que cette atmosphère n'est autre chose que la partie la plus condensée du milieu qui (ainsi que nous avons des motifs de le croire) résiste aux mouvemens des comètes. Peut-être résulte-t-elle des molécules volatilisées dont les queues de plusieurs millions de ces astres ont été dépouillées lors de leurs passages successifs près du Soleil, molécules qui doivent à la longue se précipiter sur cet astre.

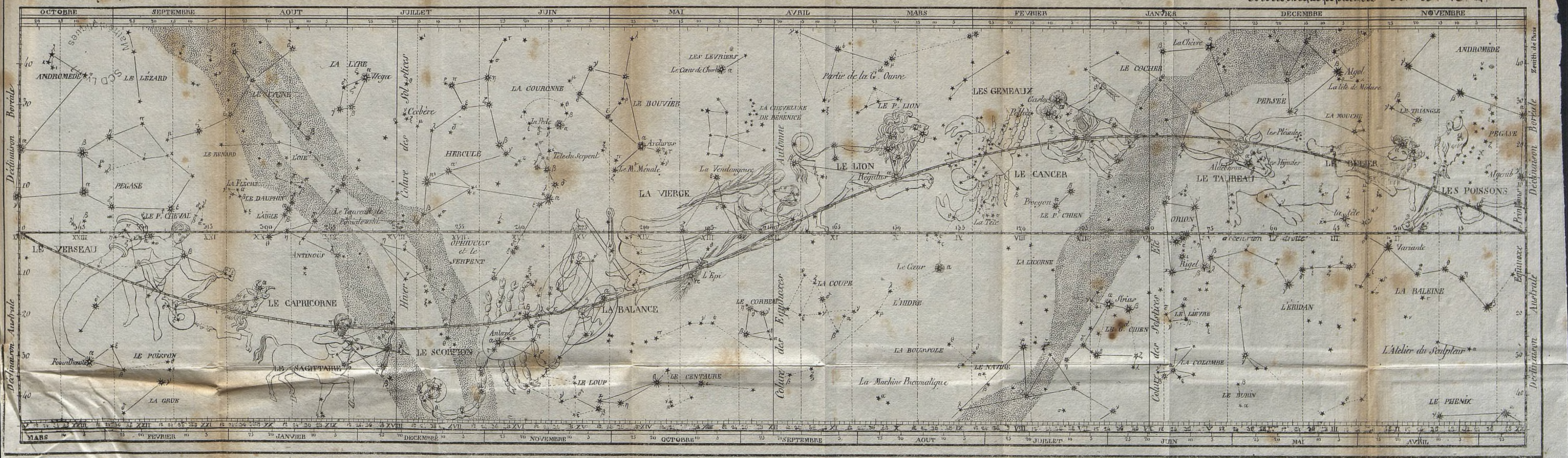
FIN DE LA 3e ET DERNIÈRE PARTIE.

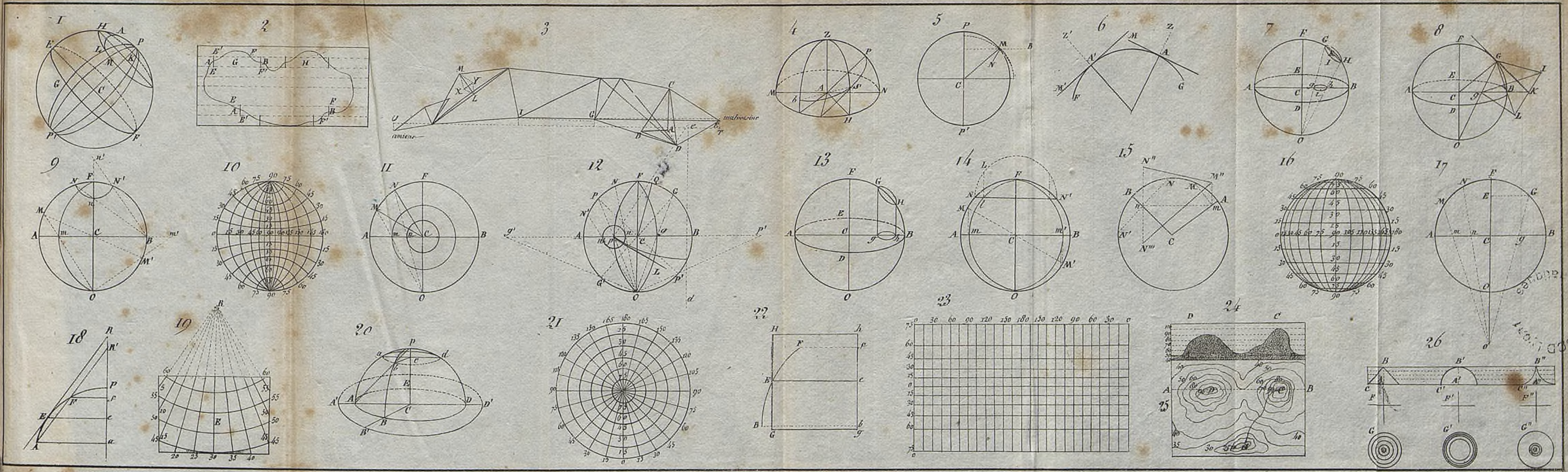
Bibliothèque populaire Pl. U. No 3



Uranographie

Bibliothèque populaire Pl. U. N° 4.





Lith. de Leprelle, rue Montmartre, 133.