

---

---

E X P O S I T I O N  
D U  
S Y S T È M E D U M O N D E.

---

Me verò primùm dulces ante omnia Musæ  
Quarum sacra fero, ingenti percussus amore,  
Accipiant, cœlique vias et sydera monstrent.

V I R G. lib. II. Georg.

**D**E toutes les sciences naturelles, l'Astronomie est celle qui présente la plus longue suite de découvertes. Il y a extrêmement loin, de la première vue du ciel, à la vue générale par laquelle on embrasse aujourd'hui, les états passés et futurs du système du monde. Pour y parvenir, il a fallu observer les astres, pendant un grand nombre de siècles; reconnoître dans leurs apparences, les mouvemens réels de la terre; s'élever aux loix des mouvemens planétaires, et de ces loix, au principe de la pesanteur universelle; redescendre enfin, de ce principe, à l'explication complète de tous les phénomènes célestes, jusques dans leurs moindres détails. Voilà ce que l'esprit humain a fait dans l'astronomie. L'exposition de ces découvertes, et de la manière la plus simple dont elles ont pu naître les unes des autres, aura le double avantage d'offrir un grand ensemble de vérités importantes, et la vraie méthode qu'il faut suivre dans la recherche des loix de la nature. C'est l'objet que je me suis proposé dans cet ouvrage.

A

---



---

## L I V R E P R E M I E R.

### DES MOUVEMENS APPARENS DES CORPS CÉLESTES.

---



---

## C H A P I T R E P R E M I E R.

### *Du mouvement diurne du ciel.*

SI pendant une belle nuit, et dans un lieu dont l'horizon soit à découvert, on suit avec attention, le spectacle du ciel ; on le voit varier à chaque instant. Les étoiles s'élèvent ou s'abaissent sur l'horizon ; quelques-unes commencent à paroître vers l'Orient ; d'autres disparaissent vers l'Occident ; plusieurs, telles que l'étoile polaire et les étoiles de la grande Ourse, n'atteignent jamais l'horizon. Dans ces mouvemens divers, elles ne changent point de position respective : elles décrivent des cercles d'autant plus petits, qu'elles sont plus près d'un point que l'on conçoit immobile. Ainsi, le ciel paroît tourner sur deux points fixes, nommés par cette raison, *pôles du monde* ; et dans ce mouvement, il emporte le système entier des astres. Le pôle élevé sur notre horizon, est le pôle *boréal* ou *septentrional* : le pôle opposé, que l'on imagine au-dessous de l'horizon, se nomme pôle *austral* ou *méridional*.

Déjà, plusieurs questions intéressantes se présentent à résoudre : que deviennent pendant le jour, les astres que nous voyons durant la nuit ? D'où viennent ceux qui commencent à paroître ? Où vont

D U S Y S T È M E D U M O N D E. 5

ceux qui disparaissent? L'examen attentif des phénomènes fournit des réponses simples à ces questions. Le matin, la lumière des étoiles s'affoiblit à mesure que l'aurore augmente; le soir, elles deviennent plus brillantes à mesure que le crépuscule diminue; ce n'est donc point parce qu'elles cessent de luire, mais parce qu'elles sont effacées par la vive lumière des crépuscules et du soleil, que nous cessons de les appercevoir. L'heureuse invention du télescope nous a mis à portée de vérifier cette explication, en nous faisant voir les étoiles, au moment même où le soleil est le plus élevé. Celles qui sont assez près du pôle, pour ne jamais atteindre l'horizon, sont constamment visibles. Quant aux étoiles qui commencent à se montrer à l'Orient, pour disparaître à l'Occident; il est naturel de penser qu'elles continuent de décrire sous l'horizon, le cercle qu'elles ont commencé à parcourir au-dessus, et dont l'horizon nous cache la partie inférieure. Cette vérité devient sensible, quand on s'avance vers le nord : les cercles des étoiles situées vers cette partie du monde, se dégagent de plus en plus de dessous l'horizon; ces étoiles cessent enfin de disparaître, tandis que d'autres étoiles situées au midi, deviennent pour toujours invisibles. On observe le contraire, en s'avancant vers le midi : des étoiles qui demeuroient constamment sur l'horizon, se lèvent et se couchent alternativement, et de nouvelles étoiles, auparavant invisibles, commencent à paroître. La surface de la terre n'est donc pas ce qu'elle nous semble, un plan sur lequel le ciel s'appuie sous la forme d'une voûte surbaissée. C'est une illusion que les premiers observateurs ne tardèrent pas à rectifier par des considérations analogues aux précédentes : ils reconnurent bientôt que le ciel enveloppe de tous côtés, la terre, et que les étoiles y brillent sans cesse, en décrivant, chaque jour, leurs différens cercles. On verra dans la suite, l'astronomie souvent occupée à corriger de semblables illusions, et à démêler la réalité des objets, dans leurs trompeuses apparences.

Pour se former une idée précise du mouvement des astres; on conçoit par le centre de la terre, et par les deux pôles du monde, une droite que l'on nomme *axe du monde*, et autour de laquelle tourne la sphère céleste. Le grand cercle de cette sphère, perpendiculaire à cet axe, s'appelle *équateur*. Les petits cercles que

les étoiles décrivent parallèlement à l'équateur, en vertu de leur mouvement diurne, se nomment simplement *parallèles* ; le *zénith* d'un observateur, est le point du ciel, que sa verticale va rencontrer ; le *nadir* est le point directement opposé. Le grand cercle qui passe par le zénith et par les pôles, est le *méridien* ; il partage en deux également, l'arc décrit par les étoiles sur l'horizon, et lorsqu'elles l'atteignent, elles sont à leur plus grande ou à leur plus petite hauteur. Enfin, l'*horizon* est le grand cercle perpendiculaire à la verticale, ou parallèle au plan qui touche la surface de l'eau stagnante dans le lieu de l'observateur.

La hauteur du pôle tient le milieu entre la plus grande et la plus petite hauteur d'une de ces étoiles qui ne se couchent jamais, ce qui donne un moyen facile de la déterminer ; or, en s'avancant directement vers le pôle, on le voit s'élever à fort peu près proportionnellement à l'espace parcouru : la surface de la terre est donc convexe, et sa figure est peu différente d'une sphère. La courbure du globe terrestre est sensible à la surface des mers : le navigateur, en approchant des côtes, aperçoit d'abord leurs points les plus élevés, et découvre ensuite successivement, les parties inférieures que lui déroboit la convexité de la terre. C'est encore à raison de cette courbure, que le soleil à son lever, dore le sommet des montagnes avant que d'éclairer les plaines.

D U S Y S T È M E D U M O N D E. 5

C H A P I T R E I I.

*Du Soleil et de son mouvement propre.*

Tous les astres participent au mouvement diurne de la sphère céleste; mais plusieurs ont des mouvemens propres qu'il est intéressant de suivre, parce qu'ils peuvent seuls, nous conduire à la connoissance du système du monde. De même que pour mesurer l'éloignement d'un objet, on l'observe de deux positions différentes; ainsi, pour découvrir les loix de la nature, il faut la considérer sous divers points de vue, et observer le développement de ces loix, dans les changemens du spectacle qu'elle nous présente. Sur la terre, nous faisons varier les phénomènes, par des expériences; dans le ciel, nous déterminons avec soin, tous ceux que nous offrent les mouvemens célestes. En interrogeant ainsi la nature, et soumettant ses réponses à l'analyse; nous pouvons, par une suite d'inductions bien ménagées, nous élever aux causes des phénomènes, c'est-à-dire, les ramener à des loix générales dont tous les phénomènes particuliers dérivent. C'est à découvrir ces loix, et à les réduire au plus petit nombre possible, que doivent tendre nos efforts; car les causes premières et la nature intime des êtres, nous seront éternellement inconnues.

De tous les astres qui nous paroissent avoir des mouvemens particuliers, le plus remarquable est le soleil. Son mouvement propre, dirigé en sens contraire du mouvement diurne, ou d'occident en orient, se reconnoît facilement par le spectacle du ciel pendant les nuits, spectacle qui change et se renouvelle avec les saisons. Les étoiles situées sur la route du soleil, et qui se couchent un peu après lui, se perdent bientôt dans sa lumière, et reparoissent ensuite avant son lever; le soleil s'avance donc vers elles, en sens contraire de son mouvement diurne. C'est ainsi que l'on a suivi long-temps son

mouvement propre; mais aujourd'hui, ce mouvement se détermine avec une grande précision, en observant, chaque jour, la hauteur méridienne du soleil, et l'intervalle de temps qui s'écoule entre son passage et ceux des étoiles, au méridien. On a ainsi les mouvemens propres du soleil dans le sens du méridien, et dans le sens des parallèles, et en les composant, leur résultante donne son vrai mouvement. On a trouvé de cette manière, que le soleil se meut dans un orbe qui, au commencement de 1750, étoit incliné de  $26^{\circ},0796$  à l'équateur, et que l'on a nommé *écliptique*.

C'est de la combinaison du mouvement propre du soleil, avec son mouvement diurne, que résulte la différence des saisons. On appelle *équinoxes*, les points d'intersection de l'écliptique avec l'équateur; en effet, le soleil dans ces deux points, décrivant l'équateur, en vertu de son mouvement diurne, et ce cercle étant partagé en deux parties égales, par tous les horizons; le jour est alors égal à la nuit, sur toute la terre. A mesure que le soleil, en partant de l'équinoxe du printemps, s'avance dans son orbe, ses hauteurs méridiennes sur notre horizon, croissent de plus en plus; l'arc visible des parallèles qu'il décrit, chaque jour, augmente sans cesse, et fait croître la durée des jours, jusqu'à ce que le soleil parvienne à sa plus grande hauteur. A cette époque, le jour est le plus long de l'année, et comme, vers le *maximum*, les variations de la hauteur méridienne du soleil sont insensibles, le soleil, à ne considérer que cette hauteur de laquelle dépend la durée du jour, paroît stationnaire, ce qui a fait nommer *solstice* d'été, ce point du *maximum*. Le parallèle que le soleil décrit alors, est le *tropique* d'été. Cet astre redescend ensuite vers l'équateur qu'il traverse de nouveau dans l'équinoxe d'automne, et de-là, il parvient à son *minimum* de hauteur, ou au solstice d'hiver. Le parallèle décrit alors par le soleil, est le *tropique* d'hiver, et le jour qui lui répond, est le plus court de l'année. Parvenu à ce terme, le soleil remonte vers l'équateur, et revient à l'équinoxe du printemps, recommencer la même carrière.

Telle est la marche constante du soleil et des saisons. Le printemps est l'intervalle compris entre l'équinoxe du printemps et le solstice d'été; l'intervalle de ce solstice à l'équinoxe d'automne, forme l'été; l'intervalle de l'équinoxe d'automne au solstice d'hiver,

D U S Y S T È M E D U M O N D E. 7

forme l'automne; enfin, l'hiver est l'intervalle du solstice d'hiver à l'équinoxe du printemps.

La présence du soleil sur l'horizon, étant la cause de la chaleur, il semble que la température devrait être la même en été qu'au printemps, et dans l'hiver qu'en automne. Mais la température n'est pas un effet instantané de la présence du soleil; elle est le résultat de son action long-temps continuée; elle n'atteint son *maximum*, dans le jour, qu'après la plus grande hauteur de cet astre sur l'horizon; elle n'y parvient dans l'année, qu'après la plus grande hauteur solsticielle du soleil.

La différence des hauteurs du pôle dans les divers climats, produit dans les saisons, des variétés remarquables que nous allons suivre de l'équateur aux pôles. A l'équateur, les pôles sont à l'horizon qui coupe alors en deux parties égales, tous les parallèles; le jour y est donc constamment égal à la nuit. A midi, le soleil passe au zénith, dans les équinoxes. Les hauteurs méridiennes de cet astre dans les solstices, sont les plus petites et égales au complément de l'inclinaison de l'écliptique à l'équateur. Les ombres solaires ont, dans ces deux positions du soleil, des directions opposées, ce qui n'arrive point dans nos climats où elles sont toujours, à midi, dirigées vers le nord. Il y a donc, à proprement parler, deux hivers et deux étés, chaque année, sous l'équateur. La même chose a lieu dans tous les pays où la hauteur du pôle est moindre que l'obliquité de l'écliptique. Au-delà, le soleil ne s'élevant jamais au zénith, il n'y a plus qu'un hiver et qu'un été dans l'année; le plus long jour augmente, et le plus court diminue, à mesure que l'on avance vers le pôle; et lorsque le zénith n'en est éloigné que d'un angle égal à l'obliquité de l'écliptique sur l'équateur, le soleil ne se couche point au solstice d'été, il ne se lève point au solstice d'hiver. Plus près du pôle encore, le temps de sa présence et celui de son absence sur l'horizon vers les solstices, surpassent plusieurs jours et même plusieurs mois; enfin, sous le pôle, l'horizon étant l'équateur même, le soleil est toujours au-dessus, lorsqu'il est du même côté de l'équateur, que le pôle; il est constamment au-dessous, quand il est de l'autre côté de l'équateur; il n'y a donc qu'un jour et qu'une nuit dans l'année.

Les intervalles qui séparent les équinoxes et les solstices, ne sont pas égaux ; il s'écoule environ sept jours de plus, de l'équinoxe du printemps à celui d'automne, que de ce dernier équinoxe à celui du printemps ; le mouvement propre du soleil n'est donc pas uniforme. Des observations précises et multipliées ont fait connoître qu'il est le plus rapide, dans un point de l'orbite solaire, situé vers le solstice d'hiver, et qu'il est le plus lent, dans le point opposé de l'orbite, vers le solstice d'été. Le soleil décrit par jour,  $1^{\circ},1527$  dans le premier point, et seulement  $1^{\circ},0591$  dans le second : ainsi, pendant le cours de l'année, son mouvement journalier varie en plus et en moins, de trois cent trente-six dix millièmes de sa valeur moyenne.

Pour avoir la loi de cette variation, et généralement celle de toutes les inégalités périodiques ; on peut considérer que les sinus et les cosinus des angles, redevenant les mêmes à chaque circonférence dont ces angles augmentent, ils sont propres à représenter ces inégalités ; en exprimant donc de cette manière, toutes les inégalités des mouvemens célestes, il n'y a de difficulté qu'à démêler ces inégalités entr'elles, et à déterminer les angles dont elles dépendent. On trouve ainsi, que la variation de la vitesse angulaire du soleil, est à fort peu-près proportionnelle au cosinus de la moyenne distance angulaire de cet astre, au point de l'orbite, où cette vitesse est la plus grande.

Il est naturel de penser que la distance du soleil à la terre, est variable comme sa vitesse angulaire ; c'est ce que prouvent les mesures de son diamètre apparent. Il augmente et diminue en même temps et suivant la même loi, que cette vitesse ; mais dans un rapport deux fois moindre. Lorsque la vitesse est la plus grande, ce diamètre est de  $6035''{,}7$  ; on ne l'observe que de  $5836''{,}3$ , lorsque cette vitesse est la plus petite ; ainsi, sa grandeur moyenne est de  $5936''{,}0$ . Il doit être diminué de quelques secondes, pour le dépouiller de l'effet de l'irradiation qui dilate un peu, les diamètres apparens des objets.

La distance du soleil à la terre, étant réciproque à son diamètre apparent ; son accroissement suit la même loi que la diminution de ce diamètre. On nomme *périgée*, le point de l'orbite, où le soleil

est



D U S Y S T È M E D U M O N D E. 9

est le plus près de la terre, et *apogée*, le point opposé où cet astre en est le plus éloigné. C'est dans le premier de ces points, que le soleil a le plus grand diamètre apparent et la plus grande vitesse : dans le second point, ce diamètre et cette vitesse sont à leur *minimum*.

Il suffit, pour diminuer le mouvement apparent du soleil, de l'éloigner de la terre; mais si la variation de ce mouvement ne provenoit que de cette cause, et si la vitesse réelle du soleil dans son orbite, étoit constante, sa vitesse apparente diminueroit dans le même rapport, que son diamètre apparent; elle diminue dans un rapport deux fois plus grand; il y a donc un ralentissement réel dans le mouvement du soleil, lorsqu'il s'éloigne de la terre. Par l'effet composé de ce ralentissement et de l'augmentation de la distance, le mouvement angulaire dans un jour, diminue comme le carré de la distance augmente, en sorte que son produit par ce carré, est à fort peu près constant. Toutes les mesures du diamètre apparent du soleil, comparées aux observations de son mouvement journalier, confirment ce résultat.

Imaginons par les centres du soleil et de la terre, une droite que nous nommerons *rayon vecteur* du soleil : il est facile de voir que le petit secteur, ou l'aire tracée dans un jour, par ce rayon, autour de la terre, est proportionnelle au produit du carré de ce rayon, par le mouvement journalier apparent du soleil; ainsi cette aire est constante, et l'aire entière tracée par le rayon vecteur, à partir d'un rayon fixe, croît comme le nombre des jours écoulés depuis l'époque où le soleil étoit sur ce rayon. De-là résulte cette loi remarquable du mouvement du soleil, savoir que *les aires décrites par son rayon vecteur, sont proportionnelles aux temps*.

Si, d'après les données précédentes, on marque, de jour en jour, la position et la longueur du rayon vecteur de l'orbe solaire, et que l'on fasse passer une courbe, par les extrémités de tous ces rayons; on voit que cette courbe n'est pas exactement circulaire, mais qu'elle est un peu alongée dans le sens de la droite qui, passant par le centre de la terre, joint les points de la plus grande et de la plus petite distance du soleil. La ressemblance de cette courbe avec l'ellipse, ayant donné lieu de les comparer; on a reconnu leur

B

identité; d'où l'on a conclu que *l'orbe solaire est une ellipse dont le centre de la terre occupe un des foyers.*

L'ellipse est une de ces courbes fameuses dans la géométrie ancienne et moderne, qui formées par la section de la surface du cône par un plan, ont été nommées *sections coniques*. Il est aisé de la décrire, en fixant à deux points invariables que l'on appelle *foyers*, les extrémités d'un fil tendu sur un plan, par une pointe qui glisse le long de ce fil. La courbe tracée par la pointe, dans ce mouvement, est une ellipse : elle est visiblement allongée dans le sens de la droite qui joint les foyers, et qui, prolongée de chaque côté, jusqu'à la courbe, forme le grand axe dont la longueur est la même que celle du fil. Le grand axe divise l'ellipse en deux parties égales et semblables ; le petit axe est la droite menée par le centre, perpendiculairement au grand axe, et prolongée de chaque côté jusqu'à la courbe ; la distance du centre à l'un des foyers, est l'*excentricité* de l'ellipse. Lorsque les deux foyers sont réunis au même point, l'ellipse est un cercle ; en les éloignant, elle s'allonge de plus en plus ; et si, leur distance mutuelle devenant infinie, la distance du foyer au sommet le plus voisin de la courbe, reste finie, l'ellipse devient une *parabole*.

L'ellipse solaire est peu différente d'un cercle ; car son excentricité est, évidemment, l'excès de la plus grande sur la moyenne distance du soleil à la terre, excès qui, comme on l'a vu, est égal à cent soixante et huit dix millièmes de cette distance. Les observations paroissent indiquer dans cette excentricité, une diminution fort lente et à peine sensible dans l'intervalle d'un siècle.

Pour avoir une juste idée du mouvement elliptique du soleil ; concevons un point mù uniformément sur une circonférence dont le centre soit celui de la terre, et dont le rayon soit égal à la distance périégée du soleil : supposons de plus que ce point et le soleil partent ensemble du périégée, et que le mouvement angulaire du point, soit égal au moyen mouvement angulaire du soleil. Tandis que le rayon vecteur du point tourne uniformément autour de la terre, le rayon vecteur du soleil se meut d'une manière inégale, en formant toujours avec la distance périégée, et les arcs d'ellipse, des secteurs proportionnels aux temps. Il devance d'abord le rayon vecteur du