

www.e-rara.ch

Uranographie ou traité élémentaire d'astronomie

Francoeur, Louis Benjamin

Paris, 1853

ETH-Bibliothek Zürich

Shelf Mark: Rar 15234

Persistent Link: <https://doi.org/10.3931/e-rara-74985>

Du soleil.

www.e-rara.ch

Die Plattform e-rara.ch macht die in Schweizer Bibliotheken vorhandenen Drucke online verfügbar. Das Spektrum reicht von Büchern über Karten bis zu illustrierten Materialien – von den Anfängen des Buchdrucks bis ins 20. Jahrhundert.

e-rara.ch provides online access to rare books available in Swiss libraries. The holdings extend from books and maps to illustrated material – from the beginnings of printing to the 20th century.

e-rara.ch met en ligne des reproductions numériques d'imprimés conservés dans les bibliothèques de Suisse. L'éventail va des livres aux documents iconographiques en passant par les cartes – des débuts de l'imprimerie jusqu'au 20e siècle.

e-rara.ch mette a disposizione in rete le edizioni antiche conservate nelle biblioteche svizzere. La collezione comprende libri, carte geografiche e materiale illustrato che risalgono agli inizi della tipografia fino ad arrivare al XX secolo.

Nutzungsbedingungen Dieses Digitalisat kann kostenfrei heruntergeladen werden. Die Lizenzierungsart und die Nutzungsbedingungen sind individuell zu jedem Dokument in den Titelinformationen angegeben. Für weitere Informationen siehe auch [Link]

Terms of Use This digital copy can be downloaded free of charge. The type of licensing and the terms of use are indicated in the title information for each document individually. For further information please refer to the terms of use on [Link]

Conditions d'utilisation Ce document numérique peut être téléchargé gratuitement. Son statut juridique et ses conditions d'utilisation sont précisés dans sa notice détaillée. Pour de plus amples informations, voir [Link]

Condizioni di utilizzo Questo documento può essere scaricato gratuitamente. Il tipo di licenza e le condizioni di utilizzo sono indicate nella notizia bibliografica del singolo documento. Per ulteriori informazioni vedi anche [Link]

clu le rayon de l'écliptique, on peut prendre ce dernier pour unité. C'est ainsi qu'on est parvenu à trouver avec précision les distances des planètes au Soleil, ainsi qu'il sera expliqué plus tard. Le mouvement de la Terre qui, par les illusions dont il est cause, a pendant longtemps retardé la connaissance des mouvements réels des planètes, nous les fait donc connaître avec plus de précision que si nous étions fixés au centre.

29. Puisque l'axe de la Terre reste parallèle à lui-même, et fait, avec le plan de son orbite, un angle de $66^{\circ} 32'$, les extrémités de cet axe devraient tracer dans le ciel, autour des pôles, deux courbes fermées, d'une étendue proportionnée à celle de l'écliptique et au rayon de la sphère céleste; mais il n'en est pas ainsi, et cet axe se prolonge en effet jusqu'aux deux pôles, points opposés invariables. Cela résulte du prodigieux éloignement des étoiles, les parallèles se joignant à l'infini. Nous avons vu (n^o 11) que les dimensions de la Terre sont nulles comparativement à cette distance; il faut en dire autant du diamètre même de l'écliptique, quoique ce diamètre ait près de 70 millions de lieues: c'est ce qui sera prouvé par la suite (voir n^o 131).

Ainsi l'axe de la Terre ne répond constamment aux mêmes points, les pôles célestes, que parce que les parallèles concourent à l'infini. Le plan de l'équateur, emporté par le mouvement annuel, conservant son parallélisme aussi bien que l'axe, fait toujours avec l'orbite un angle de $23^{\circ} 28'$, et coupe le ciel suivant le même cercle (l'équateur céleste) que si le globe était fixe. Le mouvement de la Terre ne contrarie donc en rien les observations relatives à la situation fixe des pôles et de l'équateur céleste.

Du Soleil.

30. Supposons-nous maintenant placés au centre S du Soleil (*fig.* 13), et jetons les yeux sur la Terre T; nous re-

connaitrons qu'elle a dans l'espace une rotation en vingt-quatre heures sur son axe, et une translation qui fait parcourir à son centre une courbe plane GTAH en trois cent soixante-cinq jours et un quart environ, l'axe de rotation diurne demeurant parallèle.

La ligne ST, qui joint les centres du Soleil et de la Terre, se nomme *rayon vecteur*. Notre globe entraîne dans l'espace ce rayon idéal, en lui faisant subir les variations de longueur nécessaires pour qu'il unisse toujours ces deux centres. En effet, nous verrons bientôt (n° 39) que l'écliptique n'est pas un cercle et que la rotation diurne est uniforme, tandis que la vitesse de translation ne l'est pas.

31. Montrons d'abord que le phénomène du renouvellement des saisons est dû à l'inclinaison constante de l'axe de la Terre sur le plan de l'orbe annuel, ce qui produit le changement en déclinaison. Soit T notre globe (*fig. 14*) ; le rayon vecteur ST rencontre la surface en A. Le plan AB, perpendiculaire à son axe PT, donne le cercle AB, dont chaque point vient tour à tour passer en A par l'effet de la rotation diurne. Le Soleil étant fixé en S, les habitants de ce cercle AB ont donc tour à tour cet astre à leur zénith ; les ombres à midi sont, à cet instant, tout à fait nulles pour eux ; l'image du Soleil se réfléchit au fond d'un puits. Si OT est l'équateur, AO désigne la latitude de ce cercle AB.

Supposons que la Terre ait en T la position pour laquelle la projection de l'axe PT sur le plan de l'orbite coïncide avec le rayon vecteur ST, c'est-à-dire que le plan PTA soit perpendiculaire au plan de l'écliptique ; cette époque sera le *solstice d'été*. Les habitants de la zone AIB ne verront pas, il est vrai, le Soleil à leur zénith ; mais ce sera le jour où cet astre en approchera le plus. Le cercle qui est au zénith de BA, et que le Soleil paraît décrire en vingt-quatre heures, sera le plus éloigné de l'équateur TO vers le pôle boréal. AO sera de $23^{\circ} 28'$, distance de l'équateur céleste au cercle que décrit alors le Soleil, qu'on appelle *tropique*

du *Cancer*, nom qu'on donne aussi au cercle terrestre AB.

Lorsque la Terre aura quitté le lieu T, et sera arrivée au point T' diamétralement opposé, l'axe P'T' étant parallèle à PT, et se projetant de nouveau sur le rayon vecteur ST', l'angle P'T'S est obtus et supplément de PTS. Ce rayon S'T' coupe en A' la surface terrestre de l'autre côté de l'équateur T'O', qui est demeuré parallèle à TO. Les habitants de la région A'I'B' ont alors l'été, tandis que dans l'hémisphère opposé on est arrivé au *solstice d'hiver*. A midi, le Soleil passe au zénith des habitants du cercle A'B', qui est à $23^{\circ} 28'$ de l'équateur, vers la région australe. Ce cercle est le *tropique du Capricorne*, nom qu'on applique aussi au cercle céleste que le Soleil paraît décrire à cette époque, et qui a $23^{\circ} 28'$ de déclinaison australe. Il est le plus éloigné de l'équateur, parmi ceux que cet astre parcourt dans cet hémisphère.

32. Examinons ce qui arrive dans les intervalles de ces deux situations de la Terre. L'axe ne se projette plus sur le rayon vecteur, et l'angle de ces deux lignes varie sans cesse. D'abord la Terre partant de T pour passer en t' , cet angle est aigu et va en croissant; il est droit en t' ; la projection de l'axe $p't'$ sur l'orbite est $t'i'$ perpendiculaire au rayon vecteur $Sa't'$. De t' en T' l'angle de l'axe de la Terre et du rayon vecteur continuant de croître devient obtus. Lorsque la Terre passe de T' en t , cet angle *Sati* décroît sans cesser d'être obtus, redevient droit en t , et enfin aigu en passant de t en T. Les positions T et T' des solstices sont les limites de cet angle.

Quand la Terre est parvenue aux lieux t' et t , où le rayon vecteur $Sa't'$, *Sat*, est perpendiculaire à l'axe $p't'$, pt , nous avons l'*équinoxe du printemps* et celui de l'*automne*. Ce rayon vecteur rencontre visiblement notre globe en des points a' , a , sur l'équateur; et tous les habitants de ce cercle ayant tour à tour le Soleil à leur zénith, cet astre nous paraît décrire l'équateur céleste.

33. Suivons la Terre dans son mouvement entre les quatre points principaux de l'orbite.

1°. L'inclinaison constante de l'axe terrestre sur le plan de l'écliptique nous fait juger que le Soleil change de déclinaison et décrit une série de parallèles à l'équateur, en passant d'un des tropiques à l'autre, cercles qu'il parcourt ensuite de nouveau en rétrogradant vers l'équateur. Chacun de ces parallèles est l'effet de notre rotation diurne, et le passage d'un cercle à l'autre, ou le changement de déclinaison du Soleil, est dû à la translation de la Terre dans l'écliptique.

2°. Le passage d'une étoile au méridien divise en deux temps parfaitement égaux l'intervalle du lever au coucher; mais la même chose n'a lieu pour le Soleil qu'aux solstices. A raison du changement perpétuel de déclinaison, les angles horaires du lever et du coucher sont un peu inégaux. A l'équinoxe du printemps, la seconde moitié du jour surpasse la première de $1' 12''$. C'est le contraire à l'équinoxe d'automne. *Midi n'est donc exactement le milieu du jour qu'aux deux solstices.*

3°. Aux équinoxes, la hauteur méridienne du Soleil est précisément $D'E = DE'$ (fig. 3), complément de la latitude ou de la hauteur du pôle PD (n° 17). Aux solstices, elle est cette même quantité $\pm 23^{\circ} 28'$. Il est facile de reconnaître ces quatre époques. Sur un sol horizontal BMA (fig. 41), si l'on fixe un *gnomon* ou *style vertical* CI, et qu'on trace une méridienne CM, intersection de l'horizon avec le méridien qui passe par le style (nos 6 et 206), l'ombre de ce style tombera chaque jour à midi sur CM. En examinant la longueur de l'ombre, on pourra déterminer les jours des solstices et des équinoxes (1). Par

(1) Le style CI (fig. 41) et son nombre CB forment le triangle rectangle CIB, où l'angle CBI est la hauteur du Soleil sur l'horizon; on a

$$CI \times \cot B = CB,$$

équation qui donne, à un instant quelconque, l'une des quantités B, CI et CB, connaissant les deux autres. A midi, la hauteur D'g (fig. 3) est celle

exemple, au solstice d'été, l'ombre méridienne atteint sa plus petite longueur, ce qui rend cette époque facile à reconnaître.

Si l'on mesure avec soin les longueurs d'un gnomon et de son ombre méridienne, on en conclura la hauteur du Soleil à midi. Des observations faites aux deux solstices donnent ainsi la plus grande hauteur méridienne $D'g$ (fig. 3), et la moindre $D'G$, compléments des distances zénithales Zg, ZG , qui reviennent à $ZE - Eg, ZE + EG$. La demi-différence de ces arcs est $EG = Eg =$ l'obliquité de l'écliptique, ou l'angle que forment l'écliptique gG' et l'équateur EE' : la demi-somme des mêmes arcs est $ZE = PD =$ la hauteur du pôle. Ainsi les deux distances zénithales méridiennes et solsticiales ont pour demi-différence l'obliquité de l'écliptique, et pour demi-somme la latitude du lieu de l'observation.

Au reste, comme la longueur des ombres méridiennes varie très-peu vers les solstices, il y a toujours quelque incertitude sur cette détermination. Les effets de la pénombre dans les grands gnomons (n° 122) augmentent encore l'incertitude, quoiqu'on puisse parer à cet inconvénient. On ne doit donc regarder les ombres méridiennes que comme des moyens très-imparfaits de déterminer les solstices et les équinoxes. Il en faut dire autant des retours de levers et couchers d'étoiles à la même heure (n° 35). Aussi les modernes ont-ils trouvé des moyens beaucoup plus exacts.

4°. On nomme *année tropique* la durée qui s'écoule entre deux passages du Soleil par le même point de son orbite,

$D'E$ de l'équateur $+ Eg$, ou la déclinaison du Soleil, d'où

haut. mérid. $= 90^\circ - \text{latit.} + \text{déclin. Soleil.}$

Ainsi l'on a

$\text{gnomon} \times \text{tang} (\text{latit.} - \text{déclin.}) = \text{ombre.}$

La déclinaison est négative lorsqu'elle est australe, nulle aux équinoxes, et de $23^\circ 28'$ aux solstices. Il est donc bien aisé d'évaluer les longueurs de l'ombre à ces quatre époques, et de les déterminer par observation.

tels qu'un équinoxe ou un solstice. Les mesures les plus précises ont donné (*voir* n° 111)

$$\text{année tropique} = 365^{\text{j}}, 242218124 = 365^{\text{j}} 5^{\text{h}} 48^{\text{m}} 47^{\text{s}}, 6459.$$

On n'avait d'abord fait l'année que de 365 jours, parce qu'en se servant des ombres méridiennes, on n'avait compté que 365 jours entre les retours du Soleil à la même hauteur méridienne équinoxiale. On préférerait observer les longueurs d'ombres vers les équinoxes, parce que les variations sont plus marquées. Mais comme, après 365 jours, le Soleil n'est pas revenu précisément au même point du ciel, il en résultait une petite erreur qui n'était rendue sensible qu'après un laps de plusieurs années. Par exemple, au bout de quatre ans, au lieu de retrouver la même ombre méridienne après quatre fois 365 jours ou 1460 jours, on ne l'observait qu'après 1461 jours. Ce jour de plus, réparti sur les quatre années, donnait à très-peu près $365 \frac{1}{4}$ jours pour l'année. Les observations étant répétées durant un temps très-considérable, une moyenne entre les résultats y a apporté plus de précision.

34. Pour les habitants de l'équateur terrestre KK' (*fig. 6*), les pôles P et P' sont dans l'horizon. Tous les astres ont leurs cercles diurnes verticaux et coupés par la moitié. Toute l'année, les jours sont égaux aux nuits. Le Soleil passe deux fois l'an au zénith, et ses hauteurs méridiennes solsticiales sont de $66^{\circ} 32'$, inclinaison de l'astre terrestre sur l'écliptique : les hauteurs croissent en approchant des équinoxes. Dans le cours de l'année, les ombres prennent toutes les situations possibles, tantôt d'un côté de l'équateur, tantôt de l'autre; six mois vers le pôle boréal, six vers le pôle austral, l'ombre méridienne allant directement à ces pôles, et s'accourcissant de plus en plus à mesure qu'on approche davantage de l'équinoxe, où elle est nulle. Ainsi, à proprement parler, il n'y a par an sous l'équateur que deux étés et deux hivers. La première saison est la plus dés-

agréable, à cause des chaleurs excessives et des pluies abondantes.

Il est aisé de voir qu'entre les deux tropiques, zone qu'on a désignée sous le nom de *torride*, toutes les choses s'y passent d'une manière plus ou moins analogue.

Mais dès qu'on sort des tropiques, les phénomènes s'éloignent de plus en plus de ceux qui viennent d'être décrits. L'arc diurne s'étend en été et s'accourcit en hiver; pour notre hémisphère, l'ombre à midi est toujours portée vers le nord dans une direction constante, qui est celle de la méridienne. Le zénith Z de l'observateur s'avance vers le pôle; les jours prennent de plus en plus de longueur en été, et s'accourcissent au contraire en hiver. Si l'on trace sur la Terre (*fig. 6*) un cercle OR à $23^{\circ} 28'$ du pôle, les habitants de ce cercle qu'on nomme *polaire*, auront un jour de vingt-quatre heures lorsque le Soleil décrira le tropique voisin de ce pôle, et une nuit de vingt-quatre heures à l'autre solstice. Plus près du pôle, on voit que le temps de la présence et de l'absence de l'astre vers les solstices deviendra plus grand encore. Enfin, sous le pôle, l'horizon étant l'équateur même EE', le Soleil est six mois au-dessus et six mois au-dessous de ce plan, et l'année n'est formée que d'un jour et d'une nuit de même durée.

Les espaces terrestres contenus vers les pôles dans les cercles polaires forment les *zones glaciales*; les *zones tempérées* sont comprises entre ces cercles et les tropiques. Ces divisions terrestres sont de convention; mais elles dérivent de la considération des températures habituelles. Le froid est plus long et plus rigoureux à mesure qu'on s'avance vers les zones glaciales, dans le temps où le Soleil décrit les régions placées vers le tropique opposé; mais lorsque l'astre parcourt le tropique voisin, la faible intensité de chaleur de ses rayons obliques est compensée par la longue durée de leur action, puisqu'il est bien plus longtemps sur l'horizon; la température s'y élève beaucoup, mais l'été est fort court. Les glaces polaires, accumulées par la rigueur

d'un froid long et rigoureux, se fondent alors en partie pour se reproduire bientôt.

Au reste, mille circonstances physiques influent sur la température, telles que le voisinage des lacs, des mers, des montagnes et des forêts. C'est ce qui empêche de juger des rigueurs habituelles de l'hiver pour un pays, par la seule connaissance de sa latitude.

35. Examinons maintenant les apparences causées par les changements d'ascension droite du Soleil. Lorsque la Terre passe d'un point de l'écliptique à un autre point, le rayon dirigé au Soleil et prolongé jusqu'au ciel étoilé, y va marquer chaque jour des étoiles différentes : ainsi, outre les changements de déclinaison qui amènent la succession des saisons, il faut encore avoir égard à ceux qu'éprouve l'ascension droite. L'astre nous semble occuper au ciel des lieux différents, et procéder de près 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 on peut observer le Soleil avec des verres colorés et d'épaisseur convenable à l'état de l'atmosphère, et en comparer la position à celle des autres astres. C'est ainsi qu'on reconnaît que, si le Soleil était réduit à la lumière d'une étoile, comme il répondrait chaque jour à une nouvelle étoile, on le verrait se porter sans cesse vers celles qui sont 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 reconnaît bientôt que, dans les diverses saisons, les constellations qui sont au méridien sont très-différentes, 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 les jours suivants, lorsqu'on mesure le temps avec une montre réglée sur le Soleil ; dans trois mois elles y seront six heures avant le Soleil (à six heures du matin) ;

trois autres 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 vingt-quatre heures, des positions plus avancées vers l'occident. Elles sont fixes dans l'espace, aussi bien que le Soleil; mais ce mouvement de la Terre dans son orbite produit la même illusion que si elle était fixe, et que le Soleil traversât les constellations successives par une progression lente dirigée vers l'orient, se rapprochant de celles qui se couchent peu 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; on la voit paraître à l'orient quelque temps avant le Soleil: c'est le *lever héliaque* de cette étoile. Le *coucher héliaque*, au contraire, a lieu pour l'étoile qui se couche environ une heure après le Soleil.

Ainsi, lorsque après avoir cessé de voir depuis quelque temps un astre voisin du Soleil, on l'aperçoit la première fois le matin à l'orient avant le jour, c'est son lever héliaque. Si on le voit à l'occident, dans les feux du Soleil qui vient de se cacher sous l'horizon, c'est le coucher héliaque. Ce ne sont donc que des apparences passagères, causées par le plus ou moins de proximité apparente du Soleil, et qui se manifestent, pour les étoiles éclatantes, à environ une heure de distance.

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

Comme chaque année les levers et couchers 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 (n^{os} 243 à 298).

Puisque la Terre n'a accompli qu'au bout d'un an le tour entier de son orbite, les 360 degrés de ce cercle sont distribués sur la durée de l'année entière. En divisant 360 degrés par $365^{\frac{1}{2}}, 2422181$, on trouve que si sa révolution était uniforme, le retard serait par jour de $59', 138837 = 59' 8'' \frac{1}{5}$ (environ 1 degré 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.

36. *L'orbite de la Terre n'est pas circulaire ; le Soleil n'occupe pas le centre de cette courbe ; enfin, le mouvement de translation n'est pas uniforme.* Nous allons démontrer ces trois propositions.

Les variations de la distance solaire sont trop faibles pour qu'on puisse les tirer de la parallaxe, puisque l'angle sous lequel la Terre est vue du Soleil n'est que de 17 secondes ; mais on remarque que le diamètre apparent du Soleil change périodiquement avec l'époque annuelle, et que les équinoxes et les solstices ne partagent pas l'année en quatre durées égales ; d'où il a été facile de juger que le Soleil S (fig. 12) n'est pas à égale distance de la Terre T dans tous les moments. Le point P le plus rapproché de cet astre est le *périgée* ou *périhélie* ; le point A diamétralement opposé est le plus éloigné : c'est l'*apogée* ou l'*aphélie*. Ces deux extrémités P et A sont les *apsides*. C'est à peu près au solstice d'hiver que la Terre est au premier point ; elle est alors plus proche du Soleil. Elle atteint le second point A vers l'autre solstice, où nous nous trouvons à la plus grande distance de cet astre.

A l'apogée A, le diamètre solaire est $31' 31'', 0$; au péri-

gée P, il est $32'35'',6$; la différence est assez légère. Il en résulte pourtant que les deux lignes AS, SP sont un peu inégales. Et comme ces distances sont en raison inverse des diamètres apparents, on a la proportion

$$AS : SP :: 32,59333 \dots : 31,51666 \dots,$$

c'est-à-dire que si de la plus grande distance solaire on retranche $\frac{1}{30}$ à peu près, on a pour reste la plus petite.

Voici les résultats numériques des calculs (n° 39).

Distance du Soleil à la Terre.

Périgée.....	23 580 ray. terr. ou 33 780 420 lieues de 2282 toises..	
Apogée.....	24 388.....	34 938 540 "
Moyenne.....	23 984.....	34 359 470 "
Grand diamètre..	47 969.....	68 720 570 "

Ainsi la plus grande distance surpasse la moyenne de 580 000 lieues, quantité très-petite comparativement aux dimensions de l'orbe. On suppose ici le rayon terrestre égal à 1432,7 lieues (page 32).

37. En supposant à la Terre la même vitesse en tout temps, l'espace ou l'arc décrit aurait même longueur pour des durées égales : et puisque la distance ST (*fig. 12*) varie, deux arcs égaux de l'orbite, vus du Soleil, paraîtraient inégaux. On les jugera plus grands pour des distances moindres. C'est aussi ce qui arrive, et l'espace angulaire que le Soleil semble décrire chaque jour varie avec le diamètre apparent, c'est-à-dire avec l'éloignement. Mais en comparant les longueurs des rayons vecteurs aux accroissements de ces angles, on reconnaît que ceux-ci sont plus grands qu'ils ne doivent l'être à raison du seul changement de distance.

C'est ainsi qu'à la périgée, où le diamètre apparent est de $32',593$, le Soleil nous semble décrire en vingt-quatre heures un arc de l'écliptique de $61',165$, tandis que cet arc n'est que de $57',192$ à l'apogée, où le diamètre est de $31',517$. D'où il suit qu'un spectateur placé dans le Soleil verrait