

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

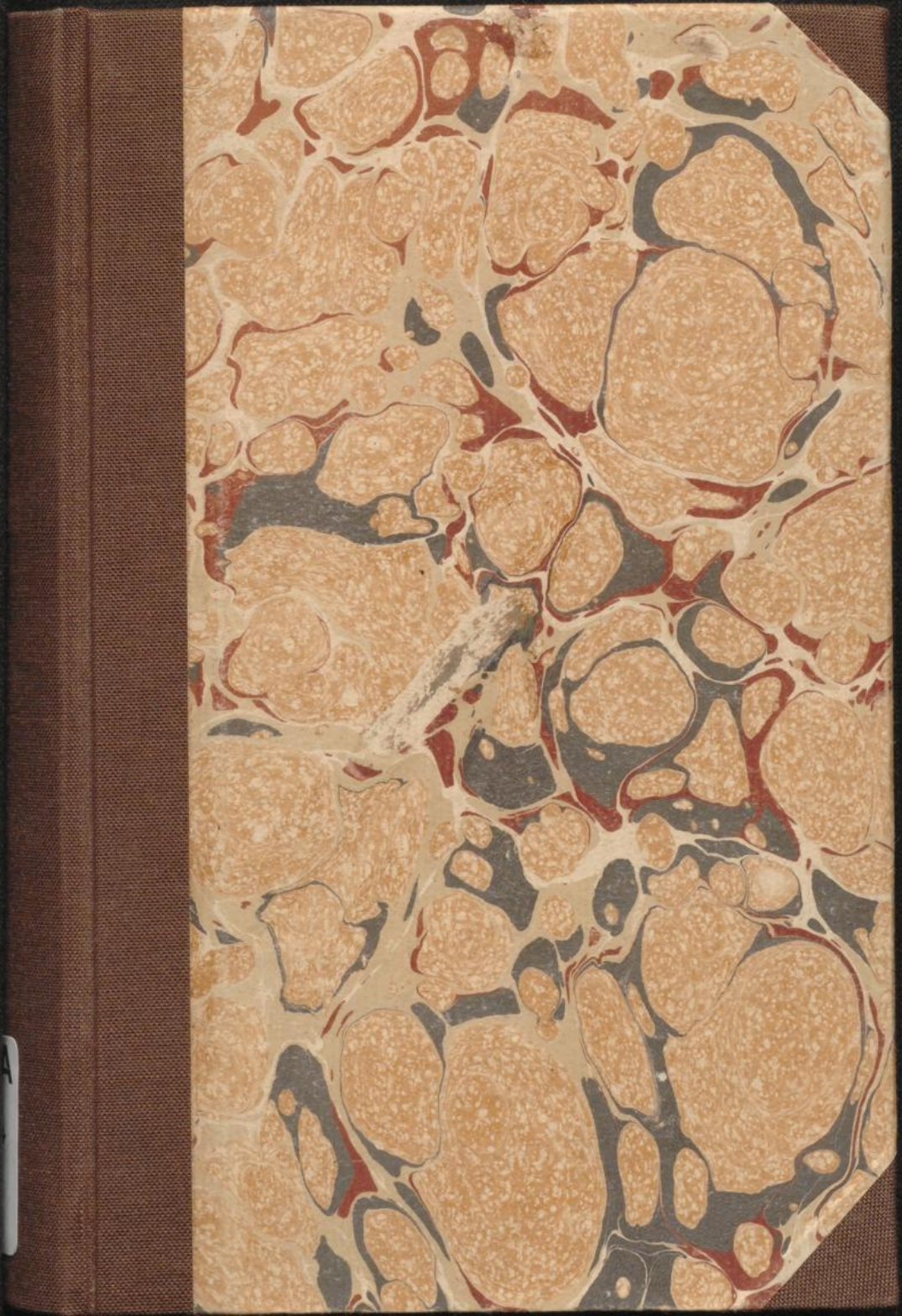
Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Première Conférence du 3 avril 1866 ... au bénéfice de la Société de Secours des Amis des Sciences

Delaunay, Charles

Paris, 1866

[urn:nbn:de:bsz:31-272418](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-272418)



7

PREMIÈRE CONFÉRENCE DU 3 AVRIL 1866,

SOUS LE PATRONAGE DE S. M. L'IMPÉRATRICE.

Au bénéfice de la Société de Secours des Amis des Sciences,
fondée par le baron Thénard.

SUR LE RALENTISSEMENT

DU

MOUVEMENT DE ROTATION DE LA TERRE,

[Charles Eugène]
PAR M. DELAUNAY,

MEMBRE DE L'INSTITUT.

Dans cette première conférence, qui a été honorée par la présence de S. M. L'IMPÉRATRICE, M. Delaunay a traité de la question du *ralentissement du mouvement de rotation de la Terre*. Ce sujet, intimement lié à une récente découverte de ce savant Académicien, n'était pas facile à exposer; car, pour être compris, il suppose la connaissance de principes scientifiques dont il fallait donner préalablement une idée précise en recourant à des explications élémentaires. On doit savoir gré à M. Delaunay d'avoir cherché, dans les applications les plus utiles de la science à l'industrie, des comparaisons à la portée de tout le monde, bien faites pour peindre aux yeux les grands phénomènes célestes.

B.

M. DELAUNAY s'est exprimé ainsi :

Le sujet dont je dois vous entretenir est tant soit peu ardu; je ne me dissimule pas toutes les difficultés qui se présentent pour le traiter convenablement. Aussi, aurai-je besoin de toute votre indulgence; je sais d'avance qu'elle ne me fera pas défaut; d'ailleurs, je ferai tout mon possible pour bien m'acquitter de ma mission.

I

20

Avant d'aborder la question qui fait l'objet de cette réunion, il faut commencer par établir les conditions dans lesquelles la Terre se meut. Une idée nette de ce mouvement étant une fois acquise, on comprendra ensuite facilement comment il se modifie peu à peu.

La Terre est un globe, une boule; l'observation la plus simple suffit pour reconnaître cette vérité, de manière à ne laisser aucun doute, lorsqu'on se trouve dans le voisinage de la mer, car les irrégularités des continents s'opposent aux observations très-simples démontrant sa rondeur. Tout le monde peut observer un bateau à vapeur partant d'un port de mer et s'éloignant sur les flots; il semble monter pour ainsi dire, il atteint l'horizon, puis disparaît progressivement, le corps du bâtiment d'abord, la cheminée ensuite. Cet effet ne pourrait se produire si la surface de la mer n'était pas arrondie.

Notre Terre est une boule presque parfaite; aussi la représente-t-on par un globe (une sphère). Elle n'est pas régulièrement sphérique, elle est aplatie dans le sens de la ligne des pôles (l'un de ses diamètres) et tourne sur elle-même autour de cette ligne. Ainsi, en prenant l'épaisseur de notre globe d'un pôle à l'autre, on la trouve plus petite que dans toute autre direction. En figurant cet aplatissement sur une sphère de $1\frac{1}{2}$ décimètre de diamètre, par exemple, on ne parvient pas à le rendre sensible à l'œil, car il répond à une différence d'épaisseur inférieure à $\frac{1}{3}$ de millimètre.

Les aspérités de la surface terrestre sont des montagnes, et l'on voit qu'elles sont bien peu de chose relativement au globe lui-même. Pour marquer sur notre sphère (de $1\frac{1}{2}$ décimètre de diamètre) une montagne haute de 5 kilomètres, il faudrait une aspérité moindre que $\frac{1}{30}$ de millimètre.

En regardant cette sphère d'un peu près, les irrégularités qu'on peut y voir, malgré tous les soins pris pour rendre sa surface unie, sont comparables au mont Blanc.

La Terre se meut dans l'espace; il s'agit de voir comment. Pour s'en faire une idée, il faut se figurer un boulet lancé par un canon. On sait qu'il possède une grande vitesse. Ce projectile parcourt l'espace en tournant sur lui-même, et donne ainsi l'image de la Terre emportée dans l'immensité. Imaginons sur la surface de ce boulet en mouvement une multitude d'êtres animés, incomparablement plus petits que des fourmis; il est clair que l'existence de ces êtres serait compromise par l'explosion de la poudre. Mais s'ils naissent, vivent et meurent pendant le mouvement du boulet, les conditions seront changées, surtout si l'on suppose l'absence de l'air, et par conséquent de la pression gênante qu'il exerce. Or, la Terre se meut dans le vide, la manifestation de la vie et la conservation des êtres animés sont donc favorisées par cette circonstance.

Cherchons maintenant à aller plus loin. Vous savez que tous les corps sont pesants : un corps soutenu à une certaine hauteur de la surface terrestre tombe s'il est abandonné à lui-même. Le boulet lancé par un canon tomberait sans l'impulsion qu'il a reçue. En mouvement, il tombe également sur la Terre, et sa marche étant horizontale, il devrait se mouvoir indéfiniment dans cette direction s'il n'était pas pesant. Mais il s'abaisse peu à peu au-dessous de la ligne suivant laquelle il a été dirigé. Animé d'une petite vitesse, il tombe à une petite distance de son point de départ; il tombe plus loin si la vitesse est plus grande. En supposant la Terre plane, le boulet tomberait toujours sur sa surface, malgré son augmentation de vitesse. Mais la Terre est ronde; il en résulte

qu'en donnant au boulet une vitesse initiale suffisamment grande, il finira par ne plus tomber sur la Terre. Avec une petite vitesse, le chemin parcouru par le projectile est courbé; avec une vitesse plus grande, il est moins courbé; si elle est suffisamment grande, 8000 mètres en une seconde par exemple, le chemin du boulet ne sera pas plus courbé que la surface terrestre; il cédera à l'attraction de la Terre en restant à la même distance de celle-ci, en tournant autour d'elle indéfiniment, absolument comme la Lune: en un mot, ce boulet deviendrait un satellite de notre globe. Il est bien entendu que les conditions que nous venons d'énoncer seraient changées par la résistance de l'air qui forme notre atmosphère.

Tous les corps sont pesants à la surface de la Terre; mais cette pesanteur n'est pas une particularité qui est propre à notre globe seul: elle est un cas particulier de la pesanteur universelle découverte par Newton. Tous les corps de la nature s'attirent; ils tendent à se rapprocher continuellement les uns des autres, et ces forces attractives sont d'autant plus énergiques que la distance des corps est elle-même plus petite. La Terre se trouve, relativement au Soleil, dans des conditions analogues à celles du boulet-satellite dont nous avons parlé: elle est un satellite du Soleil, étant attirée par lui. Si elle n'avait pas une grande vitesse d'impulsion, elle tomberait sur le Soleil; mais elle possède une grande vitesse, analogue à celle dont il a été question plus haut, c'est-à-dire qu'elle se meut autour de cet astre avec une vitesse suffisamment grande dans l'espace d'une année. En même temps que la Terre se meut, elle tourne sur elle-même, comme le boulet lancé par le canon, ainsi que nous l'avons déjà dit.

Voyons comment nous pourrions arriver à reconnaître

l'existence de ce double mouvement : c'est par l'observation des objets extérieurs. Nous avons à notre disposition, depuis un certain nombre d'années, un mode de comparaison précieux pour nous faire comprendre les phénomènes célestes : il réside dans les mouvements des wagons sur les chemins de fer. Tout le monde a remarqué que l'on voit les objets extérieurs se mouvoir quand on est dans un wagon. Si l'on voit les arbres, etc., en mouvement, on sait bien que c'est le véhicule qui marche. Mais si les objets visibles ne sont pas nécessairement fixes, on peut être induit en erreur. Une illusion de ce genre très-fréquente se produit dans un train arrêté en gare, si à côté un autre train, allant en sens contraire, se trouve aussi arrêté pendant quelque temps et se remet en marche. Celui-ci semblera au repos pour les voyageurs du premier train, qui croiront être en mouvement. Mais quand on a des raisons de croire à l'immobilité des objets extérieurs, on en conclut que l'on est soi-même en mouvement. Imaginons un chemin de fer construit pour reproduire quelque chose d'analogue au mouvement de la Terre autour du Soleil; concevons que dans une immense plaine on ait construit ce chemin circulairement, de manière à apercevoir très-nettement tous les objets situés dans la campagne, et supposons une tour placée au centre de la voie ferrée. Imaginons, de plus, que le wagon dans lequel nous sommes placés soit monté sur un pivot, la caisse du véhicule reposant sur une plate-forme disposée pour tourner sur elle-même. Pendant que le wagon tourne sur le chemin de fer, un voyageur verra successivement divers objets, et, à cause du mouvement de rotation, il apercevra la tour de temps en temps; à d'autres moments il ne la verra pas. Il la verra d'abord à sa gauche, puis devant lui, puis à sa droite, et enfin elle

disparaîtra pour faire place aux objets situés de l'autre côté; puis la tour reviendra à gauche, et ainsi de suite, les mêmes aspects se reproduisant. En même temps que le wagon tourne sur lui-même, il se déplace sur le chemin, de telle sorte que le voyageur revoit chaque fois la tour centrale correspondre successivement à différents points de l'horizon.

Telles sont les conditions suivant lesquelles s'effectue le double mouvement de la Terre, savoir : sa rotation sur elle-même, et sa translation autour du Soleil. Le mouvement de pivotement du wagon sur lui-même, en vertu duquel la tour paraît et disparaît périodiquement, correspond au mouvement de rotation de la Terre sur elle-même, en vertu duquel on voit le Soleil se lever, monter progressivement sur l'horizon, puis se coucher, pour reparaître à l'orient. Mais pendant que la Terre tourne ainsi sur elle-même, et qu'on voit le Soleil se lever et se coucher alternativement, cet astre semble se projeter sur différents points de la voûte céleste, comme la tour sur les diverses parties de l'horizon. Seulement, l'astre éblouissant empêche de voir les étoiles placées dans son voisinage.

C'est donc par l'observation du mouvement des astres se levant vers l'orient pour se coucher à l'occident, qu'on reconnaît le mouvement de rotation de la Terre sur elle-même; on constate encore, au moyen des étoiles, qu'elle effectue une translation entière autour du Soleil dans l'espace d'une année. Sa vitesse est très grande : nous avons dit qu'un boulet, lancé à la surface de la Terre avec une vitesse de 8 kilomètres par seconde, ne toucherait pas le sol (en faisant abstraction de la résistance de l'air). La Terre doit également être lancée dans l'espace avec une très-grande vitesse pour ne pas tomber sur le Soleil.

Cette vitesse de la Terre est de 30 kilomètres par seconde. Mais elle ne décrit pas régulièrement un cercle autour du Soleil; elle trace une courbe un peu allongée, l'ovale des jardiniers, à laquelle on a donné le nom d'*ellipse*. Il est facile de décrire cette courbe au moyen d'un crayon tenant toujours tendu un fil qui est fixé en deux points appelés *foyers*. A mesure qu'on rapproche ces deux points, la courbe devient moins allongée, si bien qu'avec une distance des foyers encore assez grande, la courbe se distingue à peine d'une circonférence de cercle. Le centre de la Terre décrit une ellipse dont le Soleil occupe l'un des foyers, en un temps mesuré par une année ou par 366 tours qu'elle effectue sur elle-même. Mais la Terre ne se meut pas seule : elle est accompagnée d'un autre corps, de la Lune, qui est placée à une distance de nous beaucoup plus petite que celle qui nous sépare du Soleil.

On peut représenter la Lune par une boule 49 fois plus petite que la Terre. La Lune tourne autour de la Terre comme la Terre tourne autour du Soleil; mais, en même temps que la Terre se déplace, et en raison de la présence de la Lune, ces deux corps tournent en réalité l'un autour de l'autre, et cet ensemble circule autour du Soleil. Ce mouvement autour d'un certain point (*centre de gravité*) a beaucoup d'analogie avec celui de la valse de deux personnes dans un salon. La Lune présente d'ailleurs une particularité assez remarquable : elle fait un tour sur elle-même pendant qu'elle en fait un autour de la Terre; c'est pourquoi nous ne voyons toujours que sa même face. En simulant un mouvement d'une petite boule tournant autour d'un globe représentant la Terre, mais de façon à ce que la petite boule roule comme une bille sur le terrain, il est facile de voir que de la surface

terrestre on apercevra successivement tous les points de la surface de la Lune. Si la Lune se mouvait ainsi, les habitants de la Terre verraient tour à tour ses différentes faces. Mais il en est autrement : la Lune ramène toujours la même face du côté de la Terre ; les taches grises qu'on y voit, représentant grossièrement une figure humaine, offrent continuellement le même aspect. Il n'en est pas de même pour la Terre ; elle tourne sur elle-même rapidement. Pendant que la Lune fait un tour autour de la Terre, celle-ci fait sur elle-même plus de 29 tours ; c'est pour cela que notre satellite paraît se lever à l'orient et se coucher à l'occident un nombre de fois correspondant. Il y a là une différence essentielle entre ces deux corps célestes : la Terre présente successivement à la Lune les diverses parties de sa surface, tandis que la Lune ne lui montre qu'un même hémisphère.

Voyons ce qui va résulter des différentes circonstances qui accompagnent le mouvement de la Lune autour de la Terre, relativement au Soleil. Ces corps tournent ensemble autour du Soleil, mais la Lune se place suivant différentes directions par rapport à l'astre du jour ; et, comme elle n'est pas lumineuse par elle-même, qu'elle est éclairée par le Soleil, il y a constamment une moitié de la Lune non éclairée.

De la surface de la Terre, les habitants ne voient pas toujours la Lune éclairée de la même manière. Quand la Lune est pleine, sa moitié illuminée est tournée vers nous. Si la Lune est nouvelle, c'est sa même face obscure qui nous regarde. A partir de cette position, on commence à apercevoir une partie de cet hémisphère qui s'éclaire, en prenant la forme d'un croissant qui va en augmentant jusqu'au premier quartier, puis jusqu'à la pleine Lune. A partir de cette position, le cercle lunaire

s'obscurcit progressivement, en passant par le dernier quartier, pour revenir à la nouvelle Lune.

Dans son mouvement autour de la Terre, la Lune nous rend quelquefois témoins de phénomènes remarquables; ce sont les éclipses : il est bien facile de s'en rendre compte. En circulant autour de nous, elle peut se placer du côté de la Terre opposé au Soleil et se trouver éclipsee par nous. En d'autres moments, la Lune peut se trouver entre le Soleil et la Terre, d'où éclipse de Soleil pour certains habitants de notre globe.

Ainsi, les éclipses de Soleil ont lieu lorsque la Lune s'interpose entre la Terre et l'astre étincelant; les éclipses de Lune arrivent quand c'est la Terre qui se place entre les deux autres corps.

Mais la Lune ne se meut pas dans des conditions tellement régulières, que ces deux phénomènes se produisent à chacune de ses révolutions. Elle passe tantôt au-dessus, tantôt au-dessous de la position qu'elle devrait occuper pour qu'il y eût éclipse.

Cherchons maintenant à nous faire une idée exacte des dimensions et des distances respectives de ces trois corps : le Soleil, la Terre, et la Lune. Avec le globe mis sous vos yeux, et représentant la Terre (d'un diamètre de $1\frac{1}{2}$ décimètre), le Soleil devrait être représenté par une sphère de 17 mètres de diamètre; ce serait la hauteur d'une maison de cinq étages, en donnant $3\frac{1}{3}$ mètres de hauteur à chacun d'eux. Quant au diamètre de la Lune, il serait environ de 4 centimètres. Le volume du Soleil est 1 300 000 fois celui de la Terre. Celui de la Terre vaut 49 fois celui de la Lune.

Parlons des distances : celle de la Terre à la Lune est de 60 fois le rayon terrestre, et, en conservant les dimensions relatives qui précèdent, le Soleil devrait être placé

1 . .

pour toutes. La connaissance de la forme de la surface de la mer, sans la présence de la Lune, et ensuite avec la présence du même astre, permettrait de mesurer le renflement liquide opéré du côté de la Lune, ainsi que du côté opposé.

Du fait de la rotation de la Terre en présence de la Lune, il résulte que l'intumescence liquide, due aux causes précédentes, intumescence qui tend toujours à se produire du côté de la Lune et du côté opposé, doit avoir lieu en différents points de la surface de la Terre, à mesure que celle-ci tourne. En un même port, la surface de la mer voisine tend à monter et à descendre alternativement deux fois pendant que la Lune fait un tour autour de la Terre. Or, c'est dans l'espace de près de 25 heures que cet effet a lieu. Ce phénomène des marées est bien connu; on sait sur les côtes que la surface de la mer monte progressivement pendant 6 heures.

Le Soleil agit d'une manière analogue pour soulever périodiquement les eaux de la mer. Mais, comme il est beaucoup plus loin que la Lune, les différences d'action sont beaucoup plus faibles. Aussi l'oscillation de la mer, due à l'action du Soleil, est-elle relativement faible, comparée à l'oscillation due à la Lune; cependant elle est sensible: tantôt elle augmente l'effet produit par la Lune, tantôt elle le diminue, d'où résultent de grandes et de petites marées. Dans la nouvelle Lune, et dans la direction opposée à la pleine Lune, ces deux tendances se combinent et s'ajoutent. Au moment du premier quartier, le Soleil fait disparaître une partie de l'action lunaire, et les marées ont une faible intensité.

Mais ce phénomène des marées présente une particularité qui mérite de fixer notre attention. La mer, avons-nous dit, tend à se gonfler du côté de la Lune et du côté

opposé, et, en tournant, la Terre entraîne ce gonflement liquide, lequel ne se produit jamais exactement dans la direction de la Lune; il existe, en réalité, un peu plus loin, à côté de cette direction, et les oscillations, dans les bassins des mers, continuent à produire ce déplacement liquide, par rapport à la Lune, à cause du mouvement de rotation de notre planète. Il suit de là que, un port déterminé, après être arrivé dans la direction de la Lune, doit la dépasser ensuite pour que la mer soit haute, c'est-à-dire que la Lune doit avoir dépassé la direction répondant à midi depuis quelque temps, lors de la pleine mer. Ce retard est variable aux différents points de la surface terrestre; mais en prenant le phénomène en gros, dans les grands bassins des mers, on reconnaît que ce retard est à peu près de 3 heures. C'est, en moyenne, 3 heures après la Lune vue dans la direction de midi que la pleine mer s'observe.

Arrivons, maintenant, au ralentissement du mouvement de rotation de la Terre, et disons d'abord quelle est la grandeur de ce ralentissement. Elle est extrêmement faible.

D'après ce que nous pouvons savoir, ce ralentissement, en vertu duquel la durée du jour va en augmentant de plus en plus, est tellement petit, que cette durée croîtrait seulement de 1 seconde dans l'espace de 100 000 ans! Il y a dans un jour 86 400 secondes; pour une augmentation de la 86 400^e partie de sa valeur, il faut laisser écouler 100 000 ans. La Terre s'arrêtera tout à fait dans 8 600 000 000 d'années! Ce ralentissement de rotation est extrêmement délicat et difficile à constater. La première idée qui se présente est de se servir d'une horloge parfaite, marquant exactement le temps. Il faudrait qu'elle eût été mise en mouvement il y a 2000 ans et

qu'elle eût continué de marcher jusqu'à nous. Nous verrions alors que la durée du jour actuel est plus longue de $\frac{1}{50}$ de seconde. Une semblable hypothèse est impossible à réaliser et dans l'existence de l'instrument et dans sa marche. Quand on a à sa disposition plusieurs pendules et qu'on cherche à les mettre d'accord, on ne peut jamais y parvenir, et cependant il ne s'agit que d'un accord de quelques jours.

On a donc été obligé de recourir à un autre moyen ; voyons en quoi il consiste. C'est le mouvement de rotation de la Terre sur elle-même qui sert à mesurer le temps. C'est à l'aide du jour que nous mesurons les grandes durées ; l'accumulation des jours donne des années, et celles-ci des siècles. Les horloges sont uniquement employées pour diviser le jour plus ou moins exactement en heures, minutes et secondes ; elles ne sont destinées qu'à fractionner le jour, et c'est le jour qui est pour nous la véritable mesure du temps. Comment donc reconnaître que notre horloge ne marche pas avec une régularité absolue ? On a tourné la difficulté. Pour tâcher de faire comprendre comment on est parvenu à constater le ralentissement dont il s'agit, nous ferons une comparaison empruntée encore aux chemins de fer. Nous supposerons qu'une locomotive parcourt tout d'un trait la route de Strasbourg à Paris, sans s'arrêter, en la faisant marcher avec toute la régularité possible. Le conducteur a avec lui une montre. En consultant le registre de ce conducteur, on trouve que la locomotive a passé à Epernay à midi ; à 1^h 37^m ou à 97^m elle était à Meaux. Or il y a 97 kilomètres entre ces deux stations ; il est donc bien facile de conclure que la locomotive a parcouru 1 kilomètre en 1 minute. A l'aide de cette donnée, on peut se reporter en arrière et rechercher à quelle

heure elle passait à Nancy, située à 211 kilomètres avant Épernay. Cela ramène à 8^h 29^m du matin pour le passage à Nancy. On consulte le conducteur, et il répond : Non, cela n'est pas exact; l'heure du passage à Nancy était 8^h 10^m ou 19 minutes plus tôt. Que conclure? C'est que la locomotive n'a pas toujours été aussi vite depuis Nancy qu'entre Épernay et Meaux. Entre ces deux villes son mouvement s'est accéléré : reste à savoir pourquoi. On examine la question, et un Ingénieur reconnaît qu'il y a dans le chemin une cause d'altération. Ce chemin n'est pas horizontal : il monte, il descend; mais les descentes l'emportent sur les montées, d'où excès d'accélération sur les ralentissements, et on explique ainsi comment le mouvement de la locomotive s'est accéléré. Mais, quelque temps après, un autre Ingénieur voit que la cause d'accélération indiquée ne peut pas rendre compte de la totalité du désaccord des 19 minutes. Cette cause ne peut rendre compte que de la moitié de ces 19 minutes. Il y a donc une autre cause : on la trouve. Un horloger examine la montre du conducteur, et il s'aperçoit qu'elle n'a pas marché régulièrement : au lieu de marquer des minutes d'égale durée, elle a marqué des minutes de plus en plus longues. Une montre qui aurait bien marché en aurait marqué 98 ou 99. Il y a là deux causes en vertu desquelles la différence des 19 minutes s'est produite : d'une part, le chemin qui a produit une accélération, et, d'autre part, la montre qui s'est ralentie peu à peu.

C'est précisément dans ces conditions que s'est présentée la question que nous examinons aujourd'hui. La locomotive, c'est la Lune tournant autour de la Terre; le conducteur, c'est l'histoire, laquelle enregistre les diverses observations faites sur la Lune, et la montre du

conducteur, c'est la Terre tournant sur elle-même et marquant les jours successivement. La locomotive passe successivement devant divers poteaux kilométriques; de même la Lune passe devant différentes étoiles, telles que Sirius. Les stations principales devant lesquelles la locomotive passe successivement sont les éclipses. Mais pour pouvoir trouver dans les observations des diverses positions de la Lune quelque chose qui nous indique les circonstances analogues à celles de notre locomotive, il faut que nous possédions des observations précises, et il n'y a que les modernes qui le soient; les anciennes ne le sont pas. Il faut remonter jusqu'à 2000 et 2500 ans, époque où l'on n'avait pas de lunettes ni de fils pour effectuer des mesures suffisamment exactes.

Il faut suppléer à ce manque d'exactitude. Fort heureusement, nous avons un phénomène très-précieux, fournissant des indications presque aussi précises que nos moyens d'observation actuels. La Lune, en tournant autour de la Terre, se place quelquefois entre elle et le Soleil, en produisant une éclipse de Soleil pour certains points de la surface de notre globe. Imaginez qu'au moment précis où la Lune se trouve ainsi interposée entre le Soleil et la Terre, on ait tracé une raie noire avec un pinceau, laquelle raie serait la trace laissée par une ligne menée du Soleil et passant par la Lune. Comme la Terre tourne, la position de ce trait noir indiquera le moment précis de l'éclipse. Ce pinceau n'existe pas en réalité; mais il se passe quelque chose d'analogue au moment d'une éclipse de Soleil : la Lune projette une ombre qui se déplace sur la surface terrestre. On peut comparer cet effet à celui d'un petit nuage projetant son ombre sur la Terre, laquelle marche avec lui. L'ombre de l'éclipse de Soleil occupe très-peu d'étendue sur la

Terre ; elle se déplace rapidement, en laissant une impression profonde dans l'esprit des spectateurs qui se sont trouvés sur la trace de cette ombre lunaire. Cette trace profonde ne disparaît pas ; elle se trouve consignée dans l'histoire : on sait que dans telle circonstance les habitants de la Terre ont été effrayés par une éclipse de Soleil. C'est ce phénomène, rapidement produit en certaines régions, qui peut nous montrer où se trouvait la Terre dans son mouvement de rotation au moment où il est arrivé. Il est facile d'apprécier le degré de précision qu'on peut ainsi atteindre.

Pour l'Asie Mineure et pour l'Espagne, pays auxquels nous pouvons rapporter des éclipses historiques, un semblable phénomène, arrivé 1 minute plus tôt, donnerait une différence de 22 kilomètres entre le lieu où il aurait été vu et celui auquel on le fixerait. Sur l'équateur, cette différence serait de 28 kilomètres. Comme l'ombre projetée est très-peu large, et qu'on sait par l'histoire les points où elle a passé, on obtient une indication exacte de la position occupée par la Terre au moment du phénomène.

Nous obtenons donc la mesure du temps, au moment de l'éclipse, comme si l'on avait observé une bonne horloge. A l'aide de ces anciennes éclipses, équivalant à des observations précises, on a pu suivre la marche de la Lune autour de la Terre, comme celle de notre locomotive entre Nancy et Meaux.

En 1795, Halley reconnut l'accélération du mouvement de la Lune. Cette accélération est restée inexpliquée pendant près d'un siècle. En 1786, Laplace en trouva la cause. La Terre, en tournant, se rapproche ou s'éloigne du Soleil ; quand elle s'en rapproche, le Soleil attire davantage la Lune à lui. En s'éloignant de nous, son mou-

vement s'en trouve affecté, elle tourne moins rapidement.

L'ellipse décrite par la Terre autour du Soleil devient moins allongée; elle se rapproche du cercle d'année en année. C'est là une cause d'accélération très-lente dans le mouvement de la Lune. Cette accélération, observée depuis les temps les plus reculés, se changera en un ralentissement, lorsque l'allongement de l'ellipse terrestre se reproduira, car ces variations ont lieu périodiquement et dans des limites constantes.

Cette explication ne rend pas compte de la totalité de l'accélération trouvée par Halley; M. Adams reconnut, en 1853, que la cause trouvée par Laplace ne rendait compte que de la moitié du phénomène. Il fallait donc chercher à expliquer ce qui ne l'était pas, et l'on eut alors recours au ralentissement de rotation de la Terre. Ce ralentissement permet d'expliquer ce que Laplace n'expliquait pas suffisamment; on a donné une idée de sa grandeur progressive, laquelle est excessivement faible, comme nous l'avons vu.

On peut se demander si, dans ces observations anciennes d'éclipses, il se trouve quelque chose d'assez saillant pour être certain de ce ralentissement. Nous allons donner quelques indications pour faire comprendre comment, quoique très-petit, ce ralentissement a marqué anciennement des circonstances probantes qui n'ont pas dû échapper.

Nous avons dit que la durée du jour augmentait d'une seconde dans l'espace de 100 000 ans. Mais cela se produit progressivement, de telle manière que ces augmentations successives des jours s'ajoutent, et au bout d'un grand nombre de jours, font un total appréciable. Si on remonte à une époque de 2400 ans, époque, à peu près, à laquelle on rapporte les éclipses historiques dont on

a parlé, on voit que l'observation de l'une de ces éclipses a dû être faite $1^h \frac{3}{4}$ plus tôt que si le ralentissement du mouvement de rotation de la Terre n'avait pas existé.

La variation relative aux anciennes éclipses va donc jusqu'à $1^h \frac{3}{4}$. Ainsi, une éclipse a été observée à un certain moment $1^h \frac{3}{4}$ plus tôt qu'elle ne l'aurait été sans le ralentissement.

Prenons les trois éclipses principales rapportées par l'histoire. Celle de Thalès, arrivée 585 ans avant J.-C., a été vue en Asie Mineure; sans le ralentissement du mouvement de rotation de la Terre, on l'aurait vue dans l'île de Sardaigne.

Celle de Larissa (557 ans avant J.-C.) a été observée en Perse; on l'aurait vue dans la régence de Tripoli, sans le ralentissement.

Enfin, celle d'Agathocle (310 ans avant J.-C.), signalée près de Syracuse, aurait dû se montrer près de Cadix.

La cause du ralentissement de rotation de la Terre réside dans le phénomène des marées. Mais, comme la Terre tourne, les protubérances liquides tendent à disparaître, et ne se reproduisent pas exactement dans la direction de la Lune; elles sont un peu à côté. La pleine mer est un peu en retard sur la direction de la Lune, à peu près de 3 heures. Il y a donc une protubérance liquide d'un côté et une de l'autre côté, et la ligne qui les joint est oblique par rapport à la Lune. Cet astre tend à la remettre dans la position normale. Deux forces en sens contraire du mouvement de rotation de la Terre tendent donc l'une et l'autre à ralentir progressivement ce mouvement.

Combien faut-il d'eau à la surface de la Terre pour que l'action de la Lune produise cet effet dont nous connaissons la grandeur? En faisant le calcul, on trouve que

la masse d'eau proéminente à la surface terrestre formant une couche de 1 mètre d'épaisseur des deux côtés, doit couvrir un cercle de 14 degrés de diamètre pour que l'action de la Lune donne le ralentissement dont nous avons parlé. Or, si on compare une pareille masse d'eau avec les protubérances liquides produites en réalité par le phénomène des marées, on reconnaît qu'il y a dans ce phénomène une cause capable de produire le ralentissement de la rotation de notre planète (1).

On peut se demander si le mouvement de la Terre, en se ralentissant peu à peu, finira par s'arrêter tout à fait. Il faudrait pour cela un temps très-long.

C'est la Lune qui, par l'action des marées, tend à produire le ralentissement en même temps qu'elle tourne, et quand la Terre ne tournera pas plus vite que la Lune, elle lui présentera aussi toujours la même face. Alors la protubérance liquide dirigée vers la Lune ne sera plus en retard, et la continuation du ralentissement cessera. A la longue, ce n'est pas un arrêt complet de la Terre qui devrait arriver, mais une concordance avec la Lune, c'est-à-dire que notre globe tournerait la même face vers la Lune, de même que la Lune nous tourne le même hémisphère. On peut même dire que cette singularité de notre satellite n'a pas d'autre cause que celle dont nous venons de parler.

Mais les choses n'iront probablement pas jusque-là ; la température de la Terre va en diminuant, et, quand les eaux de la mer seront congelées, il n'y aura plus de marées, la cause du ralentissement disparaîtra, et la Terre tournera alors avec une vitesse constante. Nous ne connaissons pas exactement la valeur du ralentissement de

(1) Voir la note p. 21.

la rotation de la Terre; sa détermination un peu exacte sera l'œuvre du temps. Nous ne faisons que constater son existence.

NOTE.

Voici en substance la Communication faite par M. Delaunay à l'Académie des Sciences, dans la séance du 11 décembre dernier, et ayant pour titre : *Sur l'existence d'une cause en vertu de laquelle le mouvement de rotation de la Terre se ralentit peu à peu.*

L'uniformité de la rotation de la Terre a été admise jusqu'à présent par tous les astronomes; elle sert de base pour la mesure du temps. Le jour sidéral est en effet l'unité de temps fondamentale; si sa durée ne reste pas toujours la même, il doit en résulter, pour l'Astronomie qui la regarde comme constante, certaines modifications *apparentes* dans le mouvement des divers astres, modifications qui sont d'autant plus sensibles que le mouvement de l'astre est plus rapide : c'est donc principalement dans le mouvement de la Lune que l'influence de la variation du jour sidéral peut se faire sentir. Si, par exemple, le mouvement de rotation de la Terre se ralentit peu à peu, il doit en résulter, pour la Lune, une accélération séculaire *apparente*.

On s'est déjà préoccupé de cette influence d'une variation du jour sidéral sur les apparences du mouvement des astres; on a même indiqué diverses causes qui pourraient produire une diminution ou une augmentation de la longueur du jour, telles que le refroidissement du globe terrestre (d'où accélération de la Terre par la diminution de ses dimensions), et le frottement de la Terre contre l'éther au milieu duquel elle tourne (d'où ralentissement de la rotation de la Terre dû à cette résistance de l'éther, à laquelle on a déjà eu recours tant de fois, sans que la réalité de cette résistance ait jamais pu être démontrée). Mais toutes les particularités des mouvements célestes ayant pu être expliquées sans qu'on dût faire intervenir la variation de la durée du jour sidéral, on avait regardé cette durée comme constante ou du moins comme n'éprouvant que des variations insensibles.

La question de l'équation séculaire de la Lune, qui a été récemment l'objet d'une si vive et si longue controverse, a ramené l'attention sur la possibilité d'une variation de la durée du jour sidéral. On sait que Laplace a trouvé la cause de cette équation séculaire de la Lune découverte par

Halley ; il a reconnu qu'elle était due à la variation séculaire de l'excentricité de l'orbite de la Terre.

La valeur de l'accélération séculaire produite dans le moyen mouvement de la Lune, par la cause que Laplace a trouvée, a été regardée comme présentant un accord suffisant avec les indications fournies par l'observation. Mais M. Adams (actuellement directeur de l'Observatoire de Cambridge, en Angleterre) a montré que le calcul de l'effet, dû à la cause de Laplace, avait besoin d'être rectifié, et que la valeur de cet effet était notablement plus petite qu'on ne l'avait cru jusque-là. Le résultat de M. Adams a été confirmé de la manière la plus complète par MM. Plana, Lubbock, Cayley, et surtout par M. Delaunay, qui, en poussant les approximations plus loin que les autres, a fixé à 6,11 secondes l'accélération séculaire du moyen mouvement de la Lune, produite par la variation de l'excentricité de l'orbite terrestre. Cependant, une valeur à peu près double de cette accélération séculaire (trouvée par M. Hansen) a été soumise à un sérieux contrôle, par la comparaison des Tables lunaires affectées de cette accélération séculaire (double), avec les anciennes observations d'éclipses mentionnées par l'histoire ; il en est résulté de fortes raisons pour croire que cette plus grande valeur de l'équation séculaire de la Lune est bien celle qui est accusée par les observations. S'il en est ainsi, la cause assignée par Laplace ne rend compte que de la moitié du phénomène. Il est donc nécessaire de trouver une autre cause à laquelle on puisse attribuer la moitié non encore expliquée.

C'est cette nouvelle cause que M. Delaunay vient de trouver. Suivant lui, la partie de l'équation séculaire de la Lune non expliquée par la cause due à Laplace serait une accélération *apparente* du moyen mouvement de la Lune, due à ce que le mouvement de rotation de la Terre se ralentit peu à peu, ou, en d'autres termes, à ce que la durée du jour sidéral augmente progressivement. Ce ralentissement du mouvement de rotation de la Terre est occasionné par une sorte de réaction du phénomène des marées. La surface de la mer ayant à chaque instant une forme différente de celle qu'elle aurait sans ce phénomène, l'action de la Lune sur la masse totale de la Terre (y compris les eaux de la mer) n'est pas la même que si les marées n'existaient pas, et la différence consiste principalement en un *couple résistant* agissant continuellement en sens contraire du mouvement de rotation de la Terre, et par conséquent produisant un ralentissement progressif dans ce mouvement.

M. Delaunay a calculé les proportions que devraient avoir les protubérances liquides produites sur le globe par l'action perturbatrice de la Lune (protubérances qui sont d'ailleurs constamment en retard sur le mouvement diurne de la Lune, à cause des frottements et résistances de toutes sortes éprouvées par les eaux), pour que le couple résistant dû à la présence de ces protubérances donnât lieu précisément à une accélé-

ration séculaire apparente du mouvement lunaire égale à 6" (c'est la partie qui n'est pas expliquée par la cause de Laplace), et il a trouvé que les proportions de ces protubérances étaient entièrement comparables à celles qui existent réellement en vertu du phénomène des marées.

Il y a donc, dans l'existence de ce phénomène des marées, une cause capable de produire précisément la partie non encore expliquée de l'équation séculaire de la Lune. Il est impossible de calculer exactement la grandeur de l'effet produit par cette cause sur la rotation de la Terre, parce que, pour cela, il faudrait avoir une connaissance complète du phénomène des marées, non-seulement sur les côtes, mais encore sur toute l'étendue de la surface des mers. C'est donc par la valeur de l'équation séculaire de la Lune, déterminée aussi exactement que possible à l'aide des anciennes éclipses rapportées par l'histoire, qu'on devra chercher à déterminer la valeur exacte de la variation du jour sidéral, due à cette influence des marées.

B.

PARIS. — IMPRIMERIE DE GAUTHIER-VILLARS,
Rue de Seine-Saint-Germain, 10, près l'Institut.

