

Comptes rendus
hebdomadaires des
séances de l'Académie
des sciences / publiés...
par MM. les secrétaires
perpétuels

Académie des sciences (France). Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences / publiés... par MM. les secrétaires perpétuels. 1835-1965.

1/ Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'oeuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 :

*La réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur et notamment du maintien de la mention de source.

*La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

Cliquer [ici](#) pour accéder aux tarifs et à la licence

2/ Les contenus de Gallica sont la propriété de la BnF au sens de l'article L.2112-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

3/ Quelques contenus sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit :

*des reproductions de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

*des reproductions de documents conservés dans les bibliothèques ou autres institutions partenaires. Ceux-ci sont signalés par la mention Source gallica.BnF.fr / Bibliothèque municipale de ... (ou autre partenaire). L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques de leurs conditions de réutilisation.

4/ Gallica constitue une base de données, dont la BnF est le producteur, protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

5/ Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Gallica sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

6/ L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur, notamment en matière de propriété intellectuelle. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

7/ Pour obtenir un document de Gallica en haute définition, contacter reutilisation@bnf.fr.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 NOVEMBRE 1859.
PRÉSIDENTE DE M. DE SENARMONT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Seconde Note sur l'influence du mouvement de la terre; par M. J. BERTRAND.*

« L'effet qu'il s'agit d'apprécier étant extrêmement petit, il est indispensable dans cette question, plus encore que dans aucune autre, de bien préciser le problème que l'on veut résoudre : examiner l'influence de la rotation de la terre sur un phénomène quelconque, c'est chercher les différences entre ce qui arrive réellement et ce qui arriverait si la terre, ralentissant graduellement son mouvement, cessait de tourner autour de ses pôles.

» En entendant la question de cette manière, il ne me semble pas contestable qu'un mobile lancé vers l'ouest peut être dévié vers la gauche ou vers la droite, suivant la vitesse qu'on lui imprime : il suffit pour s'en convaincre d'un raisonnement extrêmement simple, sur le résultat duquel je ne pense pas qu'il puisse y avoir discussion.

» Je vois du reste, par les explications de M. Babinet, que si nous différons dans nos conclusions, cela tient à ce qu'il ne se pose pas le problème comme je l'ai énoncé plus haut. Pour M. Babinet, il est convenu, à priori, et en quelque sorte comme définition, que le mouvement de la terre est sans action sur un fluide en repos relatif. On ne peut pas contester une défini-

tion; mais si l'on admet, comme il est impossible de ne pas le faire, que, la terre venant à s'arrêter, il en résulterait pour les liquides en repos une tendance à se précipiter vers le nord, il paraît naturel d'énoncer ce fait en disant au contraire que sur un liquide placé en repos relatif, la rotation de la terre exerce une action qui tend à le précipiter vers le sud. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur le déplacement vers le nord ou vers le sud d'un mobile qui se meut librement dans une direction perpendiculaire au méridien; par M. BABINET.*

« Je me suis porté garant d'un théorème remarquable de M. Léon Foucault sur le déplacement constant vers la droite (dans notre hémisphère) d'un point libre qui se meut dans une direction horizontale quelconque. J'en ai deux démonstrations, indépendamment de celle qu'on peut tirer de cet autre théorème astronomique qui a été donné, par le même savant, dans sa théorie du gyroscope, savoir : que tout astre qui se lève ou se couche, quelle que soit sa déclinaison et le point où il perce l'horizon, se meut azimutalement, ou comme on dit en *amplitude*, d'une quantité angulaire constante et égale à sa vitesse angulaire autour de l'axe du monde multipliée par le sinus de la latitude du lieu de l'observateur.

» Ce dernier théorème est curieux et me semble tout à fait nouveau en astronomie. Il résulte d'ailleurs directement des formules de la trigonométrie sphérique (1).

» L'importance du théorème de M. Léon Foucault relatif au déplacement constant d'un point qui se meut horizontalement dans une direction

(1) Voici la démonstration très-simple de ce théorème de M. Léon Foucault. Imaginez un triangle sphérique rectangle formé par le pôle P, par le point nord N de l'horizon et par le point de l'horizon E où se lève l'étoile. Le triangle PNE sera rectangle en N, le côté PN sera la hauteur du pôle ou la latitude λ , le côté PE sera le complément de la déclinaison d de l'étoile, et l'arc NE de l'horizon sera l'amplitude ortive de l'étoile comptée à partir du nord. Dans ce triangle, l'opposition des sinus donnera

$$\sin \text{PEN} = \frac{\sin \lambda}{\cos d}.$$

Maintenant le petit arc du parallèle que parcourt l'étoile pendant l'unité de temps sera égal à $\omega \cos d$ (ω étant le mouvement angulaire de rotation de la terre). Ce petit arc, sensiblement rectiligne, étant perpendiculaire à PE, fera en E avec l'horizon, du côté sud, un angle complémentaire de PEN, et le cosinus de cet angle sera le sinus de PEN, c'est-à-dire $\frac{\sin \lambda}{\cos d}$. C'est

quelconque, est très-grande dans la physique du globe et ailleurs. Il rectifie et complète plusieurs théories admises et professées par des savants du premier ordre. Je pourrais lui laisser le soin d'en donner la démonstration. Je le ferai cependant dans une prochaine Note. Ici je me borne à montrer qu'un point libre marchant vers l'ouest, par exemple, avec une vitesse a , acquiert vers le nord, c'est-à-dire vers la droite, une vitesse relative égale à

$$\omega a \sin \lambda,$$

ω étant la vitesse angulaire de la terre autour de son axe, c'est-à-dire $\frac{2\pi}{J}$, ($J = 86164,09$). Ainsi

$$\omega = \frac{2\pi}{J}.$$

Or, ω étant la vitesse angulaire de rotation d'une sphère autour de son axe, la vitesse d'un point du parallèle dont la latitude est λ , sera

$$\omega R \cos \lambda,$$

R étant le rayon de la sphère; et tout le monde sait que la force centrifuge dans le plan de ce parallèle est

$$\omega^2 R \cos \lambda,$$

qui peut s'écrire et s'écrit souvent ωv , car on a

$$v = \omega R \cos \lambda.$$

Cette force, décomposée suivant l'horizon, produit une composante

$$\omega^2 R \cos \lambda \sin \lambda = \omega v \sin \lambda,$$

dirigée vers le sud et qui est l'origine première du renflement équatorial. Tant que cette force ne varie pas, tant que v reste constant, il n'y a pour les points du parallèle aucune tendance au déplacement et tout reste dans

donc par cette quantité qu'il faut multiplier le petit arc $\omega \cos d$ pour le projeter en amplitude sur l'horizon. Cette projection est donc

$$\omega \sin \lambda.$$

Ainsi, quel que soit d , le mouvement angulaire de l'astre en amplitude sera constant et égal au mouvement de la sphère céleste multiplié par le sinus de la latitude du lieu de l'observation. On sait qu'on a la vitesse angulaire de rotation de la terre ω égale à $\frac{2\pi}{J}$, J étant le nombre de secondes de temps solaire moyen que contient le jour sidéral, c'est-à-dire 86164,09, le temps d'une révolution complète de la terre étant de 24^h 56^m 4^s, 09.

un état stable. Mais il n'en sera plus de même si la vitesse v vient à diminuer, comme, par exemple, dans le cas où le mobile marche vers l'ouest avec une vitesse a en sens contraire du mouvement de la terre : alors la vitesse v n'est plus que $v - a$ et la composante de la force centrifuge dirigée vers le sud devient

$$\omega(v - a) \sin \lambda,$$

il s'en faudra donc d'une vitesse

$$\omega a \sin \lambda$$

que le point mobile ait la composante vers le sud qui le maintiendrait en repos relatif; il tendra donc vers le nord (à droite de sa direction qui est vers l'ouest) avec cette même vitesse

$$\omega a \sin \lambda.$$

» Je crois qu'il est fort inutile de faire entrer les notions de la force centrifuge dans cette question; mais comme c'est le point de vue qui paraît avoir embarrassé plusieurs personnes, j'ai voulu d'avance lever cette petite difficulté en suivant les mêmes considérations qui avaient été invoquées contre le théorème de M. Léon Foucault, et je suis heureux que l'attention de l'Académie ait été ainsi appelée sur les grandes théories de la physique du globe, lesquelles jusqu'ici dans cette enceinte avaient été un peu négligées. »

Observations de M. DELAUNAY sur la même question.

« Je regrette de me trouver en désaccord avec M. Bertrand, au sujet des objections qu'il a faites à M. Babinet dans la dernière séance, et qu'il vient de reproduire aujourd'hui en les appuyant de nouveau. M. Babinet avait dit que, par suite de l'existence du mouvement de rotation de la terre, les cours d'eau de notre hémisphère tendent constamment à ronger leur rive droite, tandis que ceux de l'autre hémisphère de la terre doivent tendre de même à ronger leur rive gauche, et cela quelle que soit l'orientation de leur direction. M. Bertrand admet que cette tendance des cours d'eau de notre hémisphère à ronger leur rive droite existe bien réellement pour ceux qui sont dirigés suivant le méridien, soit du nord au sud, soit du sud au nord; il ajoute que la force qui les porte ainsi vers leur rive droite est trop faible pour produire un effet sensible. Je suis de son avis sous ce rapport. Mais il conteste l'existence d'une tendance analogue pour les cours d'eau dirigés de l'est à l'ouest, ou bien de l'ouest à l'est : je vais essayer d'établir que sur ce dernier point il n'est pas dans le vrai.

» Les mouvements que nous voyons autour de nous, sur la terre, ne sont pas des mouvements absolus ; ce ne sont que des mouvements relatifs, puisque la terre tourne (nous faisons abstraction ici du mouvement de translation de la terre dans l'espace, à cause de son peu d'influence sur les phénomènes dont il s'agit). L'étude de ces mouvements relatifs, la recherche des particularités qu'ils présentent et qui peuvent nous les faire distinguer des mouvements absolus, est extrêmement délicate. La marche qui me semble la plus convenable pour y arriver, consiste à s'appuyer sur une théorie fort ingénieuse que nous devons à Coriolis, et qui a été tellement simplifiée dans ces dernières années, qu'elle a pu être introduite dans l'enseignement ordinaire de la mécanique rationnelle : je veux parler de la *théorie des forces apparentes dans les mouvements relatifs*.

» Les mouvements que nous voyons s'effectuer autour de nous, sur la terre, peuvent-ils être traités comme les mouvements absolus ? Pouvons-nous leur appliquer ce que nous savons sur la manière dont les mouvements absolus sont produits et modifiés par les forces auxquelles les mobiles sont soumis ? Oui, répond la théorie de Coriolis, pourvu qu'à la force qui agit sur le corps dont on veut étudier le mouvement et qui n'est autre chose que l'attraction de la terre sur ce corps, on joigne deux forces fictives, savoir : 1° la *force centrifuge* due à la rotation de la terre ; 2° une autre force que Coriolis a nommée *force centrifuge composée*, et dont il a complètement défini la valeur, la direction et le sens. Ainsi les phénomènes d'équilibre et de mouvement à la surface de la terre ne sont pas ce qu'ils seraient si la terre était immobile ; ils sont influencés de deux manières différentes par le mouvement de rotation du globe terrestre : les modifications qu'ils éprouvent ainsi peuvent être regardées comme les effets dus aux deux forces fictives dont il vient d'être question.

» La première de ces deux forces fictives, la force centrifuge, subsiste seule dans le cas où le corps que l'on considère est immobile sur la terre, c'est-à-dire est en équilibre relatif ; parce qu'alors la force centrifuge composée est nulle, comme on le voit de suite par l'expression de cette force que nous donnerons dans un instant. C'est la résultante de l'attraction de la terre sur le corps et de cette force fictive unique (force centrifuge) que nous désignons sous le nom de poids du corps ; c'est l'intensité de cette résultante que nous obtenons quand nous suspendons le corps à un dynamomètre ; c'est la direction de cette même résultante qui nous est fournie par le fil à plomb. Cette résultante joue pour nous le même rôle que si elle était uniquement due à l'attraction de la terre sur le corps. Rien, dans les phénomènes que nous observons, ne peut nous faire voir directement que le poids d'un corps,

et la direction du fil à plomb, sont l'intensité et la direction d'une force obtenue par la composition de l'attraction de la terre avec une force fictive, plutôt que l'intensité et la direction de cette attraction toute seule.

» Mais quand nous passons de l'équilibre relatif d'un corps sur la terre au mouvement relatif de ce corps, les choses changent complètement. La force centrifuge composée, qui n'est plus nulle, vient combiner son effet avec celui qui est dû à l'action du poids du corps; et il en résulte, dans le mouvement, des modifications qui nous révèlent l'existence de la rotation de la terre. C'est la force centrifuge composée qui donne lieu à la rotation du plan d'oscillation du pendule, dans l'expérience de M. Foucault; c'est elle qui produit les mouvements qu'on observe dans le gyroscope du même physicien; c'est elle enfin qui intervient dans le mouvement des cours d'eau, et qui tend à porter les eaux vers la rive droite de leur lit.

» Pour définir la force centrifuge composée dont on doit tenir compte dans l'étude du mouvement d'un corps sur la terre, imaginons que nous menions par le point A, où se trouve le corps à un instant quelconque, une droite AB parallèle à l'axe de rotation de la terre; concevons ensuite que nous fassions passer un plan par AB et par la direction de la vitesse v du corps: 1° la force centrifuge composée est perpendiculaire à ce plan; 2° elle a pour expression

$$2m\omega v \sin \alpha,$$

m étant la masse du corps, ω la vitesse angulaire de la terre, et α l'angle que la direction de la vitesse v fait avec AB; 3° enfin elle agit en sens contraire du sens dans lequel la droite qui représente la vitesse v serait entraînée, si cette droite tournait autour de AB dans le même sens que la terre autour de son axe. Voyons ce que devient cette force centrifuge composée, dans le cas du mouvement d'une molécule d'eau dans un cours d'eau, c'est-à-dire dans le cas où la vitesse v est horizontale. Si la vitesse de la molécule est dirigée suivant le méridien, et du nord au sud, la force centrifuge composée sera dirigée horizontalement, de l'est vers l'ouest, et aura pour valeur

$$2m\omega v \sin \lambda,$$

λ étant la latitude géographique du lieu, car alors α est le supplément de λ . Si la molécule marche du sud au nord, la force centrifuge composée aura la même valeur, et sera dirigée horizontalement, de l'ouest vers l'est. Si la molécule marche de l'ouest vers l'est, la force centrifuge composée sera dirigée dans le plan méridien et vers le sud; mais sa direction, au lieu d'être horizontale comme précédemment, fera avec l'horizon un angle égal au complé-

ment de λ ; d'ailleurs l'angle α est alors de 90 degrés : la composante horizontale de cette force sera donc encore égale à

$$2m\omega v \sin \lambda.$$

Si enfin la molécule marche de l'est vers l'ouest, la force centrifuge composée sera égale et contraire à celle que nous venons de trouver en dernier lieu, et aura par conséquent la même composante horizontale que cette dernière force. Dans chacun de ces quatre cas, la force centrifuge composée agit exactement avec la même énergie pour transporter la molécule d'eau, dans le sens horizontal, à droite de la direction de sa vitesse. J'ajouterai qu'il est très-facile de s'assurer que la même chose a lieu lorsque la direction de la vitesse v fait un angle quelconque avec le méridien. Donc M. Babinet a eu raison de dire que les cours d'eau (de notre hémisphère), en vertu de la rotation de la terre, tendent tous à ronger leur rive droite, et cela avec la même énergie, quelle que soit leur orientation sur la surface de la terre.

» M. Bertrand, dans la réponse qu'il a faite à ce qui précède, semble répugner à se servir des forces fictives de Coriolis pour arriver à l'explication des phénomènes réels qui nous manifestent l'existence de la rotation de la terre. Je n'ai pas la prétention de dire que la théorie de Coriolis peut seule en rendre compte. Mais je viens de faire voir que cette théorie conduit très-facilement à une idée nette et précise de la manière dont les choses doivent se passer. J'ajoute que de quelque manière qu'on raisonne, en suivant une autre marche, on doit arriver identiquement aux mêmes résultats ; qu'enfin si certains raisonnements conduisent à des conséquences différentes, ces raisonnements sont nécessairement inexacts.

» En parlant de ce qui arriverait si le mouvement de rotation de la terre venait à se ralentir ou à s'accélérer, M. Bertrand change la nature de la question. La proposition émise par M. Babinet me semble devoir être présentée de la manière suivante. On sait que la terre tourne ; son mouvement de rotation s'effectue avec une vitesse déterminée : il doit en résulter que les cours d'eau tendent tous à ronger, soit leur rive droite, soit leur rive gauche, suivant qu'ils sont situés sur l'hémisphère boréal ou bien sur l'hémisphère austral de la terre, et cela avec une énergie qui ne dépend en aucune manière de l'orientation de ces cours d'eau sur le globe. Pour préciser davantage, considérons un canal parfaitement régulier, creusé sur l'hémisphère boréal de la terre dans une direction quelconque, en ligne droite, ou plutôt suivant une ligne géodésique. Imaginons que ce canal soit plein d'eau et fermé à ses extrémités, de manière que l'eau y reste immobile : le liquide exercera des pressions égales sur les deux rives du canal. Si l'on vient à déterminer le

mouvement de l'eau le long du canal, la pression diminuera un peu sur la rive gauche du courant et augmentera un peu sur la rive droite, et cet effet, dû uniquement à la rotation de la terre, ne se produirait pas si la terre était immobile.

» Quant à l'intensité de la force qui tend ainsi à porter l'eau d'un cours d'eau vers sa rive droite, dans notre hémisphère, je répète que je suis d'accord avec M. Bertrand pour croire qu'elle est beaucoup trop faible pour produire des effets sensibles. »

Réponse de M. BERTRAND à M. Delaunay.

« Je ne pense pas qu'il soit utile d'introduire dans la discussion du problème les forces centrifuges composées de Coriolis. Ces forces fictives conduisent à un résultat exact; mais précisément parce qu'elles sont fictives, elles ne paraissent pas de nature à faire bien comprendre le mécanisme du phénomène en donnant l'analyse des causes réelles qui le produisent et de la manière dont elles sont mises en jeu.

» Cependant, comme le fait observer avec raison M. Delaunay, le théorème étant exact, il faut bien que les conséquences le soient, et toute autre méthode rigoureuse doit conduire aux mêmes conclusions. Cela est incontestable, pourvu que l'on adopte toujours le même langage. Or la méthode de Coriolis conduit à adjoindre à l'attraction de la terre deux forces, dont l'une est la force centrifuge et l'autre la force centrifuge composée; ces forces sont l'une et l'autre proportionnelles à la vitesse de rotation de la terre, et je les regarde pour cette raison toutes deux comme produites par cette rotation. M. Delaunay, au contraire, compose la première avec l'attraction terrestre, et leur résultante est pour lui la pesanteur qu'il accepte pour telle, soit qu'il étudie les phénomènes tels qu'ils se passent réellement, soit qu'il cherche ce qui arriverait si la terre ne tournait pas.

» Je ne conteste pas à M. Delaunay le droit de poser la question de cette manière, mais il me semble plus naturel de l'énoncer autrement, et toutes les fois que, sans plus ample explication, on parlera de l'influence exercée par la rotation de la terre, on comprendra, je crois, à moins d'avertissement contraire, qu'il s'agit de comparer les phénomènes observables avec ceux qui les remplaceraient si la terre ne tournait plus.

» Je termine en faisant observer que quelle que soit la manière d'énoncer la question théorique, tout le monde paraît admettre l'absence de toute influence sensible de la rotation terrestre sur la déviation des cours d'eau. »

M. PIOBERT.

« Une partie de la discussion précédente ayant porté sur la déviation que les projectiles éprouvent dans leur trajectoire par suite du mouvement de rotation de la terre, j'aurai l'honneur de rappeler à l'Académie que M. Poisson a traité cette question, il y a vingt-deux années, avec beaucoup de développements; il est arrivé à la conclusion suivante, après avoir indiqué la modification apportée dans la portée : « Le mouvement diurne fait, en » outre, sortir le mobile du plan vertical où il a été projeté; ce qui donne » lieu à une déviation horizontale dont la valeur se compose de deux par- » ties distinctes, exprimées par des intégrales doubles. L'une de ces dévia- » tions partielles est indépendante de la direction du plan vertical; elle a » toujours lieu à droite (1) de l'observateur au point de départ et tourné » vers la trajectoire. » Il trouve ensuite que pour une bombe de 27 centimètres lancée à notre latitude à une distance de 1200 mètres sous l'angle de 45 degrés, la déviation due au mouvement de la terre serait comprise entre 0^m,90 et 1^m,20, ce qui correspondrait à un angle de déviation d'environ 3 minutes. Pour une vitesse initiale presque horizontale d'environ 400 mètres par seconde et une portée de 200 mètres « les déviations hori- » zontale et verticale de la balle, dues au mouvement de la terre, s'élé- » veraient à peine à un demi-centimètre. »

PATHOLOGIE. — *Observations sur deux cas de calculs urinaires vésicaux;*
par **M. J. CLOQUET.**

PREMIÈRE OBSERVATION. — *Calcul urinaire chez un enfant nouveau-né.*

« L'observation de ce fait pathologique, qui m'a été communiquée par M. le docteur Burdel, médecin en chef de l'hôpital de Vierzon, m'a paru devoir intéresser l'Académie sous plus d'un rapport : les faits de ce genre sont très-rares, bien qu'on en possède quelques exemples, auxquels celui-ci vient s'ajouter.

» M. le docteur Burdel a extrait ce calcul de l'urètre d'un enfant de cinq mois. Le corps étranger venait de sa vessie, et trop volumineux pour être expulsé, il s'était arrêté dans la partie inférieure du canal. Arrivé là, il augmenta graduellement de volume, en dilatant la partie de l'urètre où il s'était engagé. Les parents avaient observé que peu de temps après sa nais-

(1) Cela se rapporte à l'hémisphère boréal; la déviation aurait lieu à gauche dans l'autre hémisphère.