HAL
open science

# Sur la variation des latitudes

W. Ebert

## To cite this version:

W. Ebert. Sur la variation des latitudes. J. Phys. Theor. Appl., 1908, 7 (1), pp.773-786. 10.1051/jphystap:019080070077301 . jpa-00241403

**HAL Id: jpa-00241403**
**https://hal.science/jpa-00241403**

Submitted on 4 Feb 2008

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## SUR LA VARIATION DES LATITUDES ;

Par M. W. EBERT.

La vitesse de rotation de la Terre n'est soumise à aucun contrôle direct, parce qu'on se sert des angles parcourus pour régler les pendules.

Pour la contrôler, on n'a donc recours qu'à des procédés indirects,

(1) Braum, *Wied. Ann.*, t. LXV, p. 361 ; 1898.
(2) Berti, *l'Elettricista*, t. XII, p. 1 ; 1902.

Article published online by EDP Sciences and available at http://dx.doi.org/10.1051/jphystap:019080070077301

comme, par exemple, l'étude du mouvement des satellites des grandes planètes.

C'est seulement le déplacement du pôle de rotation de la Terre qu'on peut observer directement.

## I. — NOTIONS GÉOMÉTRIQUES.

Soit O le lieu d'observation (*fig.* 1), OZ la direction zénithale correspondante, donnée par la pesanteur, ou la verticale. Soit

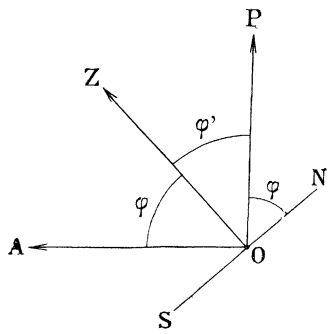


FIG. 1.

de plus OP la parallèle à l'axe de rotation instantané de la Terre. Alors le plan ZOP est ce qu'on appelle le méridien du lieu O. L'angle ZOP $= \varphi'$ est ce qu'on appelle la colatitude.

Le plan passant par O et perpendiculaire à l'axe de rotation OP est l'équateur céleste vu depuis le lieu O.

Ce plan coupe le méridien suivant la ligne OA ; on appelle l'angle ZOA la latitude $\varphi$ du lieu, qui est ainsi égale à $90° - \varphi'$.

Le plan perpendiculaire à OZ, appelé horizon du lieu O, coupe le plan méridien suivant la ligne Nord-Sud (NOS), qui est perpendiculaire à OZ.

De là il résulte que la latitude $\varphi$ est égale à la hauteur PON du pôle sur l'horizon.

Si la direction de l'axe de rotation OP subit de légères variations, il en est donc de même pour la latitude et la direction Nord-Sud.

Pour toute la Terre, voici comment les choses se présentent (*fig.* 2):

Nous considérons l'ellipsoïde de rotation qui représente la surface

de niveau passant par le lieu d'observation O; le centre C de cet ellipsoïde est le centre de gravité de la Terre.

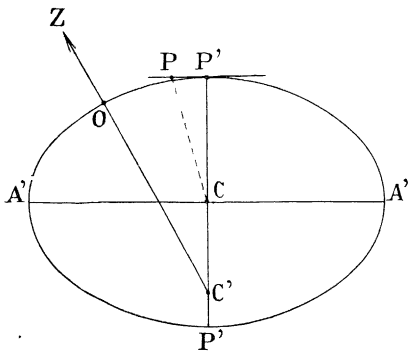


FIG. 2.

Soit A'P'A'P' un plan passant par O et le petit axe P'CP'.

La ligne OZ est normale à la surface de cet ellipsoïde, et elle coupe forcément P'CP'.

L'équateur de cet ellipsoïde coupant le plan de la figure en A'CA' représente une situation moyenne de l'équateur comme P'CP' représente une situation moyenne de l'axe de rotation de la Terre.

Si l'axe de rotation instantané CP s'écarte un peu de cette situation moyenne, il peut sortir du plan de la *fig.* 2. En ce cas, la colatitude n'est plus représentée dans la *fig.* 2.

Ce serait alors l'angle compris entre OZ et une parallèle à CP passant par O, comme nous avons défini l'angle $\varphi'$ dans la *fig.* 1.

## II. — REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DES RÉSULTATS.

Pour représenter graphiquement la marche de l'axe de rotation instantané CP, on n'aurait qu'à faire passer un plan tangent par le pôle moyen P'. Alors les très petits angles PCP' sont représentés dans ce plan par la distance, variable en direction et en grandeur, du pôle de rotation instantané P au pôle moyen P'.

Il est aisé de se rendre compte que deux observatoires situés sur le même méridien subissent les mêmes variations de latitude à des infiniment petits du second ordre près. Il faut donc posséder les observations d'au moins deux observatoires de longitudes différentes

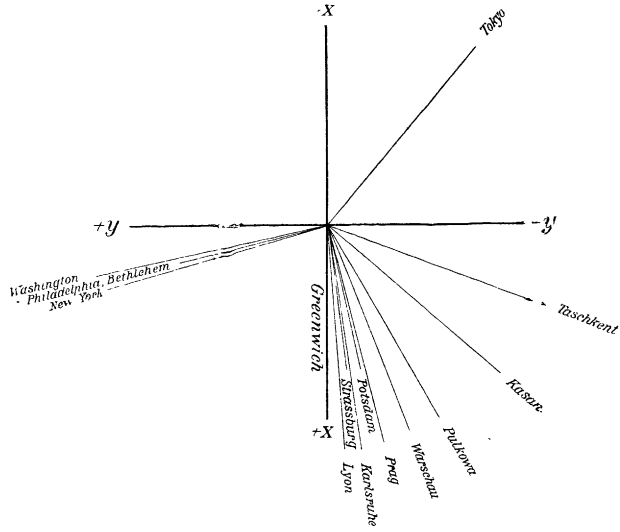
-X
Tokyo
+y
-y'
Washington
Philadelphia
Bethlehem
New York
Greenwich
Tashkent
Kasan
Potsdam
Strassburg
Pulkowa
Prag
Warschau
Karlsruhe
Lyon
+X

FIG. 3a.

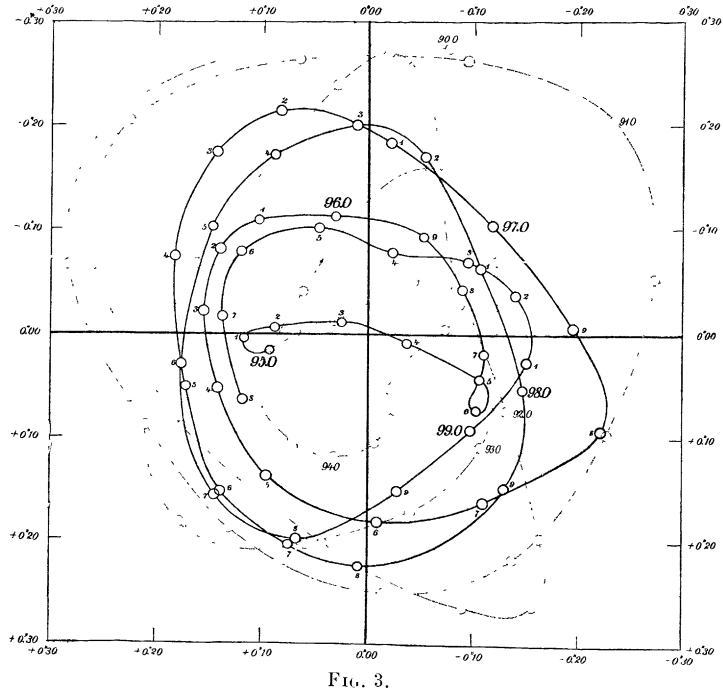
+0".30
+0".20
+0".10
0".00
-0".10
-0".20
0".30
90.0
91.0
96.0
97.0
95.0
98.0
92.0
99.0
93.0
94.0

FIG. 3.

pour pouvoir tracer la courbe qui donne le mouvement du pôle de rotation instantané P autour du pôle moyen P′.

Il n'en serait plus de même si l'on avait un moyen sûr de contrôler les variations de la ligne nord-sud, comme le donnent les méthodes de Lœwy, si l'on dispose d'une mire invariable pendant des années. Alors les observations d'un seul observatoire suffiraient.

Les *fig.* 3 et 4 donnent, d'après M. Albrecht, le mouvement du pôle de rotation instantané de la Terre autour d'un pôle nord moyen depuis 1890,0 jusqu'à 1899,8 et depuis 1899,9 jusqu'à 1905,0, donc pour quinze années en tout.

La ligne depuis le centre des figures en bas correspond au méridien de Greenwich.

On doit s'imaginer d'être placé au-dessus du pôle nord de la Terre.

Donc, en allant dans le sens des aiguilles d'une montre, on se déplace en longitude vers l'ouest, comme l'indiquent d'ailleurs les figures 3*a* et 4*a* montrant la situation des observatoires qui ont pris part à ces déterminations.

Les écarts dans les deux sens sont donnés en fractions de seconde d'arc. Les époques sont données en fractions d'annés.

On remarque d'abord que les anciennes observations, qui étaient faites moins systématiquement que les dernières, donnent un mouvement plus compliqué.

La *fig.* 4 donne, pour une durée totale de cinq années, quatre révolutions et un quart, ce qui correspondrait approximativement à une période de 429 jours.

## III. — DISCUSSIONS GÉNÉRALES.

Si le pôle instantané de rotation ne s'écartait que d'un dixième de seconde d'arc du pôle moyen, j'admettrais à la rigueur que le phénomène puisse être attribué à des erreurs d'observations.

Mais les écarts s'élèvent à plus de 0″,2 de chaque côté et produisent des variations totales de la latitude de plus de 0″,4 pour un lieu d'observation déterminé; or c'est là une quantité facilement mesurable.

Donc l'existence du phénomène est hors de doute, mais on ne doit pas trop insister sur les détails des précédentes courbes.

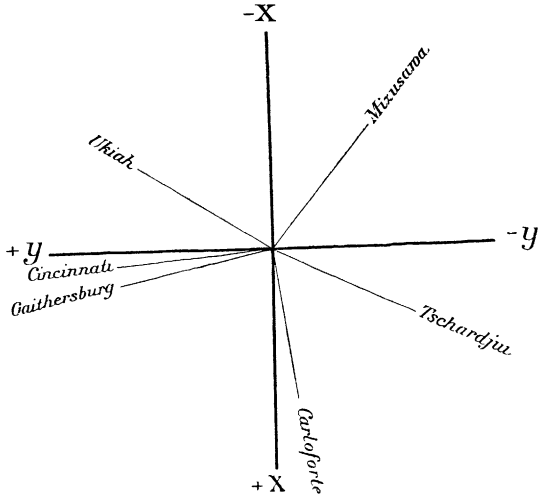
-X
Mizusawa
Ukiah
+y
-y
Cincinnati
Gaithersburg
Tschardjui
Carloforte
+X

FIG. 4 *a*.

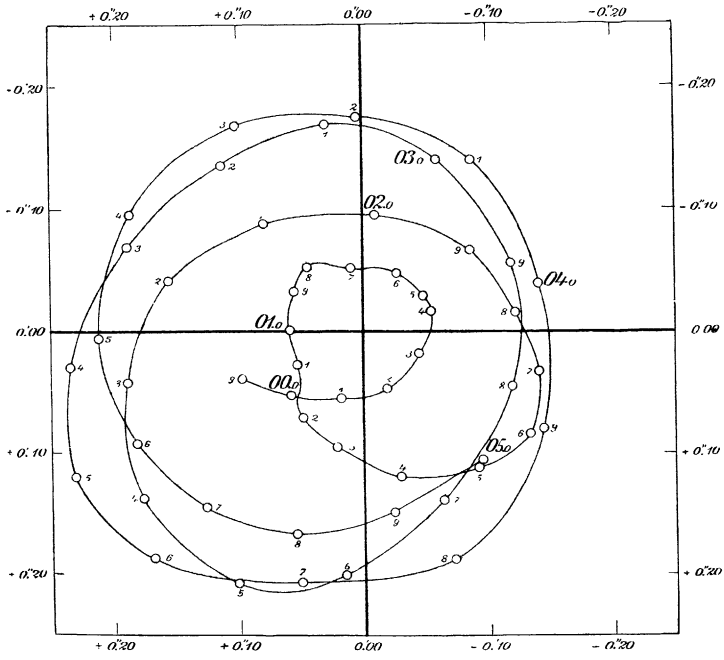
+0.″20
+0.″10
0.″00
-0.″10
-0.″20
-0.″20
-0.″10
0.″00
+0.″10
+0.″20
$0.3_0$
$0.2_0$
$0.4_0$
$0.1_0$
$0.0_0$
$0.5_0$

FIG. 4.

Voici ce que l'on peut dire, sans aller trop loin :

Le pôle de rotation instantané de la Terre oscille sur une circonférence d'un rayon de 0″,15 à peu près autour d'une position moyenne ; il parcourt cette circonférence en moyenne dans une période de 427 jours (*période de Chandler*). Quant aux soi-disant variations de l'amplitude de la courbe d'oscillation, je crois prudent de ne pas les prendre en considération ; elles ne dépassent pas, à mon avis, les erreurs admissibles des observations.

### IV. — LES THÉORIES DYNAMIQUES.

Les observations dans l'hémisphère nord ont été confirmées dans l'hémisphère sud. Ainsi tombent les explications qui attribuent le phénomène à des déplacements de la verticale provenant de phénomènes atmosphériques tels que les vents alizés.

La théorie du mouvement d'un corps solide montre la possibilité d'un phénomène de ce genre, appelé le *cycle d'Euler*.

Le rayon du cercle que décrit le pôle de rotation instantané autour du pôle moyen s'introduit comme constante d'intégration et peut, par suite, avoir une valeur quelconque. Mais la période est une fonction des rapports des moments d'inertie du corps solide. Ces moments sont très bien connus pour la Terre par la théorie de la *précession* et de la *nutation*, de sorte qu'on a pu calculer la période.

On a ainsi trouvé une période de 305 jours seulement au lieu de 427. C'est en cette différence de période de 122 jours que consiste surtout le désaccord entre la théorie et les observations.

En supposant les deux moments d'inertie équatoriaux de la Terre inégaux (ce qui semble pouvoir s'accorder avec certains travaux géodésiques), on ne fait point disparaître la différence signalée. On est alors porté à penser que la Terre ne se comporte pas comme un corps solide.

Il y a d'autres phénomènes qui viennent appuyer cette opinion : ce sont surtout les irrégularités dans le mouvement de la Lune. Mais ici nous avons devant nous de grands écarts faciles à observer. Ainsi je pense qu'une théorie satisfaisante des variations de la latitude ne saurait être possible qu'après une explication complète des irrégularités du mouvement de la Lune.

Alors on aura une théorie des variations de la latitude qui pourra être vérifiée partiellement par les observations après coup.

On pourra aussi corriger le mouvement de l'axe de rotation terrestre dans l'espace, en tenant compte du fait que la Terre n'est pas solide.

Mais jusqu'alors il importe de rendre les résultats des observations aussi indépendants que possible des formules qui donnent ce dernier mouvement, qu'il faudrait tirer lui-même des observations.

### V. — DISCUSSION DES CULMINATIONS MÉRIDIENNES.

Au début, les variations de latitude ont été observées surtout au moyen des cercles méridiens. Il existe en effet des observatoires qui possèdent de longues séries d'observations de culmination, en particulier pour l'étoile polaire. On obtient ainsi la hauteur de l'astre par l'intermédiaire d'un cercle divisé, la verticale étant définie au moyen d'un bain de mercure.

On a alors comme sources d'erreur la réfraction atmosphérique, les erreurs de division du cercle et les flexions (de la lunette et du cercle).

Les deux dernières sources d'erreur ont, pour la question de la *variation* des latitudes, peu d'importance. En effet, l'étoile culminant toujours à la même hauteur à peu près, on se sert toujours des mêmes traits du cercle, et la flexion pour cette position de la lunette est toujours la même.

Ces mesures ont donc un caractère essentiellement relatif et un cercle méridien d'ancienne construction peut y rendre des services excellents. Il faut toutefois que la lunette ait une forte ouverture, car les observations doivent se faire aussi bien le jour que la nuit.

L'erreur principale provient de la réfraction atmosphérique. Ainsi les observations méridiennes ont donné dans leur ensemble les mêmes résultats pour la variation des latitudes que les autres méthodes, mais les erreurs probables sont plus grandes.

Il suffirait pourtant d'observer à chaque culmination d'une polaire une étoile brillante de l'autre côté du zénith, à peu près à la même hauteur.

De cette façon on pourrait affranchir les résultats presque complètement des effets de la réfraction.

Un programme complet comprendrait l'observation de deux étoiles circumpolaires brillantes dont les ascensions droites diffèrent à peu près de six heures ou de dix-huit heures, et de quatre étoiles

brillantes qui culminent à peu près aux mêmes heures et à la même hauteur du côté sud, pour contrôler la réfraction.

L'instrument méridien donne les hauteurs pour les passages au méridien, soit : $h_i$ pour la culmination inférieure et $h_s$ pour la culmination supérieure de la même étoile circumpolaire (*fig.* 5).

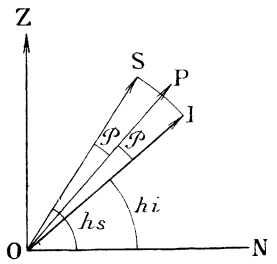


FIG. 5.

La hauteur du pôle, c'est-à-dire la latitude, est :

$$\varphi = \frac{h_s + h_i}{2}.$$

Ainsi une seule étoile circumpolaire suffirait pour étudier les variations de la latitude en un lieu donné.

Mais on obtient aussi la distance polaire P de l'étoile en calculant:

$$P = \frac{h_s - h_i}{2}.$$

Donc, si l'on observe deux étoiles circumpolaires dont les ascensions droites diffèrent de six heures ou dix-huit heures à peu près, on peut déterminer comment le pôle de rotation de la Terre se déplace par rapport aux étoiles, c'est-à-dire dans l'espace.

Comme on peut douter de la solidité de la Terre, cette dernière étude présenterait forcément un grand intérêt.

On pourrait d'ailleurs doubler le précédent programme en observant deux autres circumpolaires culminant à peu près trois heures avant ou après les autres. Ainsi on ne serait pas trop limité, dans la discussion, aux culminations qui coïncident de près avec celle du Soleil.

Je suis convaincu que des observations faites d'après ce programme donneraient de bons résultats. Il comporte en effet l'élimination

approximative de l'influence de la réfraction ; de plus, si les conditions de visibilité des traits dans les microscopes sont bonnes, on jouit de tous les avantages d'un instrument à forte ouverture et grand pouvoir séparateur.

### VI. — CRITIQUE DE LA MÉTHODE DE TALCOTT.

Malheureusement on a préféré avoir des erreurs probables plus petites, quitte à laisser les résultats de l'observation affectés d'erreurs systématiques incontrôlables. C'est pour cela que la méthode due à Talcott s'est si vite répandue.

Des travaux géodésiques avaient démontré qu'on obtient des latitudes fort concordantes si l'on observe des couples d'étoiles de position connue, qui culminent à peu près à la même hauteur des deux côtés du zénith. On se sert pour cela de petits instruments à faible ouverture qui, après calage, forment corps avec un niveau. On retourne l'instrument autour de son pied pour passer d'une étoile à l'autre ; le niveau donne alors la verticale et on achève l'observation au moyen de la vis micrométrique.

Vu la concordance des résultats obtenus, on a employé cette méthode de Talcott pour la variation des latitudes.

Au lieu d'observer un seul couple de deux étoiles, on en observe plusieurs que l'on réunit en groupes. Chaque soirée d'observations donne alors les différences de déclinaisons de plusieurs de ces groupes.

On peut ainsi, au courant d'une année, faire le tour du ciel. La somme totale des différences de déclinaisons entre les groupes successifs doit être nulle.

Si elle ne l'est pas, on corrige en conséquence la constante d'aberration.

On a obtenu ainsi des valeurs de $20'',50$ au minimum pour la constante d'aberration, mais on a atteint parfois $20'',58$, valeur absolument en contradiction avec les anciennes déterminations qui donnent $20'',44$ ou $20'',46$ au plus.

Tout ceci suppose que l'on connaisse absolument le mouvement de l'axe de rotation instantané dans l'espace, dont la théorie repose sur l'hypothèse de la solidité de la Terre, hypothèse justement mise en doute pour l'écart de 122 jours entre les valeurs observées et calculées de la période de variation des latitudes. Or, dans

l'application de la méthode de Talcott, on a forcément recours à l'observation des étoiles faibles. Il en résulte que toutes les stations observent dans la même partie de l'année des étoiles ayant à peu près la même ascension droite.

Les incertitudes du mouvement de l'axe de rotation de la Terre dans l'espace interviennent donc partout à peu près de la même façon.

Il me paraît donc très probable qu'une correction convenable de ce mouvement diminuerait les valeurs de la constante d'aberration obtenues par cette méthode.

### VII. — LE PHÉNOMÈNE DE KIMURA.

Mais il y a un phénomène dit phénomène de Kimura (*Astronomische Nachrichten*, 3783) qui vient à l'appui de cette opinion : au mois de juin, toutes les stations montrent un minimum de latitude qui est à peu près de 0″,04 au-dessous de la moyenne.

Inversement, au mois de décembre, les stations, quelle que soit leur situation sur le globe, montrent un maximum de latitude qui est de 0″,06 au-dessus de la moyenne.

La réalité de ce phénomène semble garantie par l'accord des différents observatoires, et il a été constaté pendant plusieurs années.

Quand on sera arrivé à expliquer le mouvement de la Lune en ne considérant plus la Terre comme un corps solide, on arrivera aussi, à mon avis, à expliquer le phénomène de Kimura sans avoir recours aux vents alizés ou à des suppositions sur les parallaxes des étoiles qu'aucune autre observation n'a confirmées jusqu'à présent.

### VIII. — MÉTHODE DE LŒWY.

Pour éviter les inconvénients des observations de jour sans introduire aucune hypothèse sur le mouvement de l'axe de rotation instantané dans l'espace, notre regretté directeur de l'Observatoire, M. Lœwy, a imaginé des méthodes basées sur l'observation des étoiles circumpolaires les plus proches du pôle, dans un instrument méridien à forte ouverture. Voici celle de ces méthodes qui survivra :

On observe une de ces petites étoiles qui restent toujours dans le champ avec les deux vis et en notant le temps, l'instrument restant calé sur le trait le plus proche du pôle.

Quatre, cinq ou six heures plus tard, on observe la même étoile dans les mêmes conditions.

Si l'instrument avait gardé absolument sa position, voici ce qui se passerait dans le champ focal :

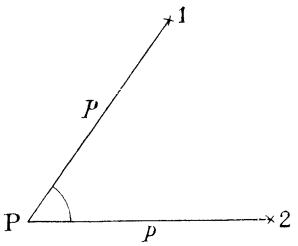


FIG. 6.

Les positions 1 et 2 (*fig.* 6) de l'étoile correspondant aux deux observations sont données par les deux vis qui définissent ici un système de coordonnées.

C'est par rapport à ce même système de coordonnées (dont l'origine est le zéro des vis) que l'on veut connaître la position du pôle de rotation P.

On connaît d'autre part l'angle de rotation $\vartheta$ de la Terre par le temps écoulé entre les deux observations.

Les deux distances $P_1$ et $P_2$ sont égales à la distance polaire $p$ de l'étoile.

Le problème est donc le suivant : dans un triangle équilatéral, on connaît les deux points de base et l'angle au sommet. On cherche le sommet, problème facile à résoudre. Il est à remarquer qu'une petite erreur en $\vartheta$ (différence des temps d'observation) n'agit que très peu sur la situation de P, comme on n'observe, pour des raisons pratiques, que des étoiles dont la distance polaire ne dépasse guère 20′.

Connaissant P par rapport au zéro des vis, on en déduit la latitude, le nadir étant donné par le bain de mercure.

Connaissant l'inclinaison de l'axe donnée également par le bain de mercure, on peut aussi obtenir l'azimut vrai des mires et, comme il est dit plus haut, les variations de la ligne nord-sud, si les mires sont suffisamment stables pendant des années.

En connaissant enfin le temps sidéral, on peut obtenir les coordonnées rectilignes de l'étoile par rapport à P, le plus grand cercle allant au point vernal fournissant l'axe des X.

Les quantités sont également très peu entachées par une incertitude de la correction de pendule, l'étoile étant très près du pôle.

On peut ainsi suivre le mouvement du pôle instantané par rapport aux étoiles.

Il est bon d'observer plusieurs étoiles dont le centre de gravité tombe à peu près au pôle, pour éliminer autant que possible les erreurs des pas des vis.

Ces méthodes sont très sensibles par rapport aux constantes instrumentales. Les variations de l'azimut et de l'inclinaison pendant la durée de l'observation doivent donc être soigneusement surveillées au moyen de l'observation des mires et du nadir.

Ainsi, dans une série d'observations exécutées en commun avec M. Renan à l'Observatoire de Paris, nous avons employé plus de travail à surveiller les constantes qu'à l'observation même des étoiles.

### IX. — RÉSULTATS OBTENUS PAR LA MÉTHODE DE LŒWY.

La *fig.* 7 donne la courbe obtenue par M. Renan pour représenter les variations de la latitude de Paris depuis le mois de mai 1899 jusqu'en septembre 1900.

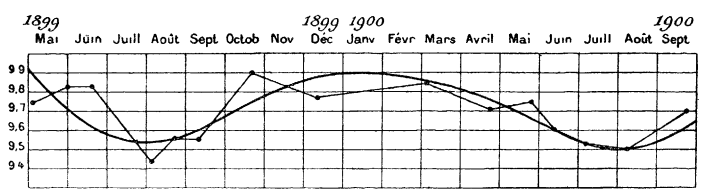


FIG. 7.

Comme pour toutes les observations méridiennes entachées par les réfractions, l'accord des différentes séries est moins bon que pour les méthodes de Talcott. En assimilant ces incertitudes de la réfraction aux erreurs accidentelles et en appliquant la méthode des moindres carrés, on conclurait qu'on ne peut garantir une variation de latitude par les meilleures observations méridiennes du monde.

Or c'est précisément de ces observations que MM. Chandler, Bakhuyzen, d'autres encore ont tiré de remarquables résultats qui ont été entièrement confirmés par la suite.

Ainsi je veux comparer la courbe précédente avec les résultats du Service international des latitudes.

Dans le *Bericht ueber den Stand der Erforschung der Breitenvariation am Schlusse des Jahres* (1899), M. Albrecht donne (p. 7) les variations des latitudes autour de la latitude moyenne depuis 1895,0 jusqu'à 1899,8, de trente en trente degrés de longitude. Pour la longitude zéro (Greenwich), qui correspond à peu près à Paris, il trouve un minimum de — 0″,10 pour 1899,5 (juillet), comme dans la *fig.* 7. La grandeur de l'amplitude dépend beaucoup de la façon dont on a tracé la courbe.

D'un autre côté, la station Carloforte, également à peu près sur le méridien de Paris, donne un maximum de + 0″,07 au commencement de l'année 1900 (Albrecht, *Resultate des internationalen Breitendienstes*, Bd. I, table XI).

Ce maximum se retrouve également dans la *fig.* 7.

Pour cette même station, il y avait un minimum de — 0″,08 pour 1900,4 (juin). Ce minimum se retrouve également dans la *fig.* 7.

L'accord pour les époques des maxima et minima est meilleur que je n'aurais osé l'espérer (¹).