

**Zeitschrift:** Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft =  
Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della  
Società Elvetica di Scienze Naturali

**Herausgeber:** Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

**Band:** 95 (1912)

**Vereinsnachrichten:** Physikalisch-meteorologische Sektion

**Autor:** [s.n.]

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 17.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## II

### Physikalisch-meteorologische Sektion

zugleich Versammlung der Schweizerischen Physikalischen Gesellschaft.

Sitzung : Dienstag, den 10 September 1912

Präsident: Herr Prof. P. Weiss, Zurich.

Sekretär: » Prof. H. Veillon, Basel.

1. M. A. JAQUEROD parle des travaux qu'il a effectués en collaboration avec M. St. PRZEMYSKI sur la *diffusion de l'hydrogène et de l'hélium à travers la silice*.

Les mesures ont été faites à des températures comprises entre 17° et 1200° pour l'hélium, et entre 400° et 1200° pour l'hydrogène; elles ont permis de constater les faits suivants:

L'hélium diffuse encore sensiblement à la température ordinaire; pour l'ampoule employée (50 cm<sup>2</sup> de surface et 0,8 mm. d'épaisseur) la vitesse est de 1 mm<sup>3</sup> à l'heure; à 1200° elle est plus de mille fois plus considérable.

L'hydrogène diffuse notablement plus lentement, mais les courbes représentant le phénomène en fonction de la température ont des allures très semblables. Une relation simple semble même exister: si l'on représente par T<sub>H</sub> et par T<sub>He</sub> les températures, comptées sur l'échelle absolue, pour lesquelles la vitesse de diffusion des deux gaz est la même, on a sensiblement :

$$\frac{T_H}{T_{He}} = \text{constante (1,8 env.)}$$

La vitesse de diffusion est pour les deux gaz, à température constante, directement proportionnelle à la pression, ce qui

différencie nettement ce cas de celui de la diffusion de l'hydrogène à travers le platine, par exemple, la vitesse étant alors proportionnelle à  $\sqrt{p}$ . Dans ce dernier cas, on admet que l'hydrogène diffuse à l'état dissocié — ce qui explique bien la loi  $vit. \text{ diff.} = C\sqrt{p}$ . Avec la silice, le phénomène est donc différent — on ne saurait d'ailleurs admettre une dissociation, au sens ordinaire du mot, de l'hélium.

L'explication la plus simple consiste à supposer qu'il y a dissolution des gaz dans le verre de silice, et que le processus de diffusion est exactement le même que dans le cas d'une pellicule liquide. S'il en est ainsi, la solubilité des deux gaz H et He dans la silice doit être sensible. Des expériences tentées sur l'hélium ont donné des résultats positifs : des fragments de verre de silice placés dans une atmosphère d'hélium, se saturent de gaz, dont le volume peut ensuite être déterminé par chauffage et extraction à la pompe. Les auteurs ont ainsi constaté que cette dissolution suit bien la loi de Henry. De plus, la solubilité diminue lorsque la température s'élève, ce qui a bien lieu également avec les liquides.

Enfin des essais analogues ont été faits avec le verre ordinaire. Ils n'ont pas pu être poussés au delà de 400° par suite de la facile fusibilité de cette substance, mais ont permis de déceler une diffusion appréciable dans le cas de l'hélium ; la vitesse est, à 400°, environ cent fois plus faible qu'à travers la silice.

Les phénomènes constatés auront leur importance dans certaines études relatives à la radioactivité et au dégagement d'hélium par les minéraux chauffés ; la diffusion à travers le verre, qui existe probablement aussi pour l'hydrogène, permettra peut-être d'expliquer le vieillissement des tubes de Plücker, phénomène ordinairement attribué aux électrodes, ou à un effet dû à la décharge électrique, mais dans lequel la solubilité dans le verre du gaz étudié pourrait bien jouer un rôle.

Les données numériques encore incomplètes seront publiées plus tard dans un mémoire détaillé.

**2. P. CHAPUIS.** — *Sur une nouvelle mire de précision en invar.*

Les mires actuellement en usage au Bureau topographique fédéral pour les nivellements de précision sont constituées par des lames de bois sans nœuds, soigneusement assemblées et recouvertes de plusieurs couches de peinture. La division est gravée en noir sur l'enduit blanc (ripolin) dont la surface a été doucie et polie avec soin.

La peinture n'est cependant pas absolument imperméable à l'humidité, et l'on n'a pas tardé à reconnaître que lorsqu'une mire, longtemps maintenue à l'air sec, est exposée à l'air humide, elle s'allonge progressivement de quantités qui dépassent de beaucoup les erreurs de lecture. Pour éviter les erreurs systématiques qui résulteraient de ces variations de longueur, on a reconnu nécessaire de comparer la mire chaque jour avec une règle de longueur connue. Les mires du colonel Goulier, qui sont utilisées par l'un des ingénieurs du Bureau topographique fédéral, sont munies à cet effet d'une règle bimétallique, système Borda, logée dans le bois et portant un dispositif qui permet d'effectuer très simplement cette comparaison. Pour les autres mires de précision, l'ingénieur chargé du nivelllement procède chaque jour à la mesure des intervalles de la mire à l'aide d'un mètre étalon. Ces déterminations exigent un outillage encombrant et compliquent beaucoup les opérations du nivelllement.

Il est naturel de chercher à supprimer les inconvénients que l'on vient de mentionner en substituant au bois un métal peu dilatable. L'acier nickel (à 36 % de Ni) appelé invar, qui a déjà rendu de si grands services pour la mesure des bases géodésiques, semble tout désigné à cette application et divers essais ont été déjà effectués à cet effet.

L'appareil que je vous présente a été construit suivant mes indications par M. Kern, à Aarau. M. Kern a apporté à ce travail l'appoint précieux de sa grande expérience et je tiens à le remercier ici de son très généreux et très utile concours.

Cette mire est constituée par deux rubans d'invar, fixés par leur extrémité inférieure à la platine d'acier qui sert de base à la mire et maintenus en haut sous une tension de 10 kg. envi-

ron par l'action d'un ressort. Ce ressort est disposé dans un tube d'acier, fixé sur la base, qui occupe le centre de la mire et règne sur toute sa longueur.

Comme une division sur métal nu, mat ou poli, n'eût pas été visible à distance, j'ai recouvert le métal d'un enduit blanc bien adhérent. Les traits ont été tracés sur cet enduit, le ruban ayant été placé sous la tension de 10 kg. La dilatation de l'invar a été mesurée par des expériences spéciales sur deux échantillons du ruban employé.

Ces mesures ont donné pour le coefficient moyen  $2,5\mu$  par mètre et par degré, ce qui montre que l'invar employé n'est pas de très bonne qualité. Ce coefficient doit être un peu majoré par suite de l'augmentation de tension qu'éprouve le ressort lorsque la température s'élève. En effet, le tube d'acier auquel est fixé le ressort se dilate plus que l'invar. En tenant compte de cette correction, on trouve pour le coefficient moyen de dilatation  $3,3\mu$  par mètre et par degré. Ce résultat est confirmé par des comparaisons effectuées directement sur la mire à de températures comprises entre  $4^\circ$  et  $25^\circ$ , qui ont donné une dilatation de  $2,9\mu$  par mètre et par degré.

Dans ces conditions, il est nécessaire de tenir compte des variations assez grandes de température qui se présentent au cours des observations sur le terrain; mais il suffit d'une mesure assez grossière de température (à  $1^\circ$  près) pour établir la correction de dilatation avec toute la précision désirable. J'ajouteraï que des comparaisons, effectuées à différentes reprises depuis neuf mois, n'ont révélé aucun changement notable dans la longueur des rubans.

Un appareil destiné à des mesures en campagne doit être mis à l'épreuve non seulement au laboratoire mais sur le terrain. Le Bureau topographique fédéral a bien voulu faire l'essai de cette mire dans un niveling exécuté ce printemps par M. l'ingénieur R. Gassmann, entre Bulle et Vevey. Dans son rapport, M. Gassmann constate que l'appareil s'est bien comporté. Il m'écrivait à ce sujet de Vevey que s'il avait disposé d'une deuxième mire en invar, il aurait abandonné ses anciennes mires pourachever sa campagne avec les nouvelles.

3. M. Auguste PICCARD (Zurich) démontre un *manomètre de grande sensibilité*<sup>1</sup>.

L'appareil est basé sur le principe du tube en U contenant au milieu une colonne d'eau. Avec cette forme primitive on devrait, pour déterminer la variation de pression à l'un des deux bouts du tube, mesurer la variation de la différence de niveau des deux ménisques. Le premier perfectionnement (apporté par Olivier à l'occasion de mesures magnétiques au simple tube en U inauguré par Quincke dans ce genre de

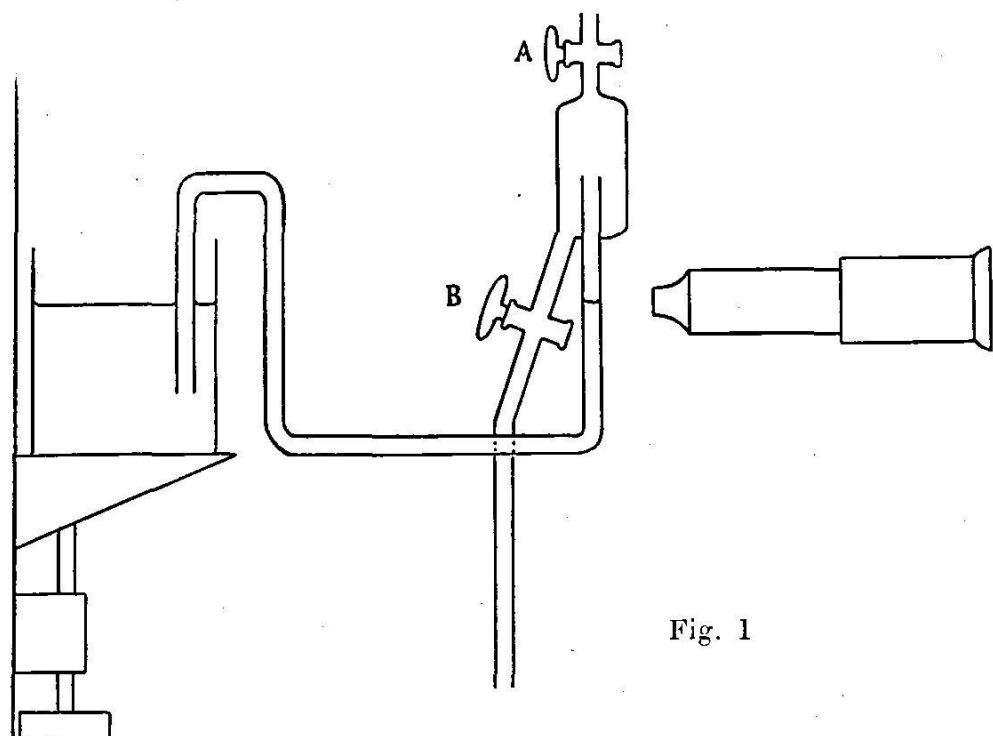


Fig. 1

recherches) consiste à faire communiquer l'un des bouts du tube (celui de gauche dans notre figure) avec l'eau contenue dans un récipient à grande surface. Ce récipient peut être déplacé dans le sens vertical à l'aide d'une vis micrométrique. Le petit ménisque (dans le tube de droite) est pointé par un microscope. C'est sur ce petit ménisque que l'on fait agir la pression que l'on veut mesurer (ou le champ magnétique dont on veut étudier l'effet sur le liquide). On observe tout d'abord

<sup>1</sup> Ce tube avait déjà fait ses preuves quand parut un travail de M. Sève (Thèse, Paris 1912) décrivant un appareil analogue.

au microscope un dénivelingement du ménisque, mais au lieu de le mesurer l'on agit sur la vis micrométrique de façon à déplacer le grand ménisque jusqu'à ce que le petit ménisque revienne à sa position primitive. C'est ainsi la vis micrométrique qui détermine la pression à mesurer. L'appareil serait excellent si le petit ménisque ne présentait pas de frottements irréguliers sur les parois du tube. On a en effet souvent l'impression que le ménisque reste accroché au tube. Ces frottements produisent en général des causes d'erreurs considérables. L'on peut s'en libérer complètement en assurant au ménisque et au tube une *propreté parfaite*. Cela se fait aisément en employant le tube démontré en séance (fig. 1). Le tube de droite débouche dans un petit globe de verre qui communique d'une part au moyen du robinet A avec le récipient dont on veut mesurer la variation de pression, et d'autre part au moyen du robinet B avec un tube descendant.

Avant de se servir du manomètre, on ferme A, ouvre B, puis on fait circuler un mélange chaud de bichromate de potasse et d'acide sulfurique à travers tout le tube dans la direction de gauche à droite, le tube vertical à partir de B faisant siphon aspirateur. Puis on remplace l'acide chromique peu à peu par de l'eau absolument pure (ne contenant surtout pas trace de graisse), en ayant soin de ne jamais laisser pénétrer de l'air dans le tube. Si l'on veut commencer maintenant les lectures, il suffit de fermer B et d'ouvrir A. On voit qu'on se sert maintenant d'un ménisque qui vient de déborber dans toutes les directions et qui par ce fait est absolument pur. M. Piccard remercie M. Chappuis auquel il doit l'idée de cet étalement quasi infini. Il faut encore avoir soin de ne laisser pénétrer par A que de l'air filtré et saturé d'humidité. Dans ces conditions le ménisque garde ses excellentes qualités pendant très longtemps, et si jamais il devient suspect, il suffit de fermer A et d'ouvrir B un petit instant, ce qui rajeunit le ménisque. Cet appareil a servi pour déterminer directement la susceptibilité magnétique de l'eau. Les moyennes de plusieurs petites séries d'observations coïncident à 0,001 mm. près, même si l'on travaille à raison de une observation à la minute.

4. Herr Dr. Eduard RIECKE (Göttingen): *Ueber die Piëzo-elektricität des Turmalins.*

Der Anschauung zufolge, welche zuerst von *Lord Kelvin* ausgesprochen worden ist, besitzt der Turmalin ein molekulares elektrisches Moment in der Richtung der Hauptachse. Die Wirkungen dieses Moments werden für gewöhnlich verdeckt durch eine äusserlich aufgelagerte elektrische Schichte, welche überall das entgegengesetzte Vorzeichen besitzt wie die mit der molekularen Ladung äquivalente Oberflächenbelegung. Die Beobachtung gibt nur Aufschluss über die Aenderungen der molekularen Ladung, welche durch Verschiebung der Moleküle veranlasst werden.

Die phänomenologische Theorie stellt zwischen den beobachteten piëzoelektrischen Momenten der Volumeinheit und zwischen den Deformationsgrössen die Beziehungen auf :

$$\begin{aligned} p_1 &= \varepsilon_{11}X_x + \varepsilon_{12}Y_y + \varepsilon_{13}Z_z + \varepsilon_{14}Y_z - \varepsilon_{15}Z_x + \varepsilon_{16}X_y \\ p_2 &= \varepsilon_{21}X_x + \dots \\ p_3 &= \varepsilon_{31}X_x + \dots \end{aligned}$$

Der Molekulartheorie zufolge besitzt jedes Molekül des Turmalins ein elektrisches Moment in der Richtung der Hauptachse. Ausserdem sind in einer zur Hauptachse senkrechten Ebene sechs in den Ecken eines regulären Sechseckes verteilte abwechselnd positive und negative Pole von gleicher Stärke vorhanden. Die molekulare Theorie erklärt die bei einer Deformation neu auftretenden Momente durch eine diélektrische Polarisation, welche durch die bei der Deformation entstehenden elektrischen Kräfte erzeugt wird. Sie führt auf Formeln von der oben gegebenen Art. Die piëzoelektrischen Konstanten  $\varepsilon$  erscheinen aber nun als Funktionen der diélektrischen Konstanten und der molekularen Ladungen ; sie hängen ausserdem ab von gewissen Molekularsummen, die im Falle des Turmalins sehr einfache Werte besitzen. Die elektrischen Erscheinungen des Turmalins hängen nur ab von den vier Constanten  $\varepsilon_{15}$ ,  $\varepsilon_{31}$ ,  $\varepsilon_{33}$  und  $\varepsilon_{22}$ . In den Werten der drei ersten tritt nur das molekulare Moment der Volumeinheit in der Richtung der Hauptachse auf. Der Wert von  $\varepsilon_{22}$  hängt ab von den in

den Ecken des Sechseckes verteilten Polen. Man kann hiernach das molekulare Moment der Volumeinheit aus den beobachteten Werten von  $\epsilon_{31}$ ,  $\epsilon_{33}$  und  $\epsilon_{15}$  berechnen. Die unter sich wohl übereinstimmenden Werte ergeben für das molekulare Moment der Volumeinheit ungefähr den Wert  $10^5$ . Die Zahl der Moleküle im ccm beträgt etwa  $10^{21}$ . Somit das Moment eines einzelnen Moleküls  $0,7 \times 10^{-16}$ . Für den Durchmesser des Moleküls ergibt sich ein Wert von  $0,8 \cdot 10^{-7}$  cm; hiernach wäre die Ladung eines Pols gleich  $8,8 \cdot 10^{-10}$ , also nahe das doppelte des Elementarquantums. An dieses Resultat schliessen sich weitere Betrachtungen an, die sich auf die Temperaturabhängigkeit des molekularen Momentes, die Theorie der Elastizität und der Kristallstruktur beziehen.

**5. Joseph DE KOWALSKI (Fribourg). — *Sur la coloration des platinocyanures par les rayonnements du radium.***

En poursuivant les études qu'il a présentées à la Société de Physique à la séance de Berne, l'auteur a fait tailler par MM. Steeg et Reuter, à Hambourg, des plaques de platinocyanure du calcium et de platinocyanure du rubidium paralleles et perpendiculaires à l'axe principal. Les plaques furent soumises au rayonnement des rayons  $\beta$  et  $\gamma$  rendus parallèles. Les plaques taillées parallèlement à l'axe se colorèrent très rapidement. Les plaques perpendiculaires à l'axe ne donnèrent aucune trace de coloration, après trois mois d'exposition au rayonnement. La source du rayonnement étant très faible, l'auteur se propose de continuer les expériences dans des conditions plus favorables. Si l'observation se confirmait, il en résulterait le phénomène inattendu, à savoir: que l'absorption de ces rayonnements dépend de l'orientation du cristal.

**6. Dr. R. BILLWILLER (Zürich). *Neue Untersuchungen über die Dynamik des Föhn.***

Die Einführung leicht zu bedienender *Registrierapparate* in der Meteorologie ermöglicht es, den zeitlichen und örtlichen Verlauf von Föhnfällen jetzt weit besser zu übersehen als bisher.

Dadurch hinwiederum werden wir in den Stand gesetzt, Fragen der Entscheidung näher zu bringen, welche auf Grund des bisherigen Beobachtungsmaterials nicht gelöst werden konnten.

Hieher gehört in erster Linie die Frage nach der *Ursache des Herabsteigens des Föhn* in die Täler. *Wild* nahm eine saugende Wirkung des über die Alpenkämme hinbrausenden Sturmes an, während *Billwiller*, sen. auf die natürlichen Konsequenzen des Luftzuflusses gegen das bei Föhn immer vorhandene atlantische Depressionsgebiet hinwies.

Auf Grund eines umfangreichen, durch Registrierapparate im Innsbrucker Föhngebiete gewonnenen Materials kommt von *Ficker* zur Ueberzeugung, dass « die Ursache für das Herabsteigen des Föhn ganz im Sinne Billwillers auf der Seeseite des Gebirges liege », modifiziert aber diese Erklärung folgendermassen. Dem Föhne vorgängig findet sich immer sehr stabile Temperaturschichtung, ja meist ausgesprochene Temperaturumkehr im Föhntal. Das Abfliessen dieser Inversionsschicht verursacht im Inntal die dem Föhn vorgängigen talabwärts wehenden Winde mit langsamer Temperaturerhöhung bei hoher relativer Feuchtigkeit. Erst wenn der Kaltluftsee abgeflossen ist, kann Föhn durchbrechen. v. *Ficker* neigt zur Annahme, dass das Vorhandensein einer kalten Tiefenschicht Bedingung für das Herabsteigen des Föhn sei.

Aus dem im *Reusstal* im Jahre 1911 gewonnenen Beobachtungsmaterial geht aber hervor, dass hier zufolge der viel besseren Ventilation der Täler der Westalpen im allgemeinen und des Reusstales im besondern die Temperaturschichtung vor Föhn eine viel weniger stabile zu sein pflegt und dass Inversionen selten sind. Für einen ausgewählten Fall (3. Okt. 1911) wird gezeigt, wie wenige Stunden vor Föhn ausbruch im Reusstal noch vom St. Gotthard bis Erstfeld-Altdorf hinunter ein einheitlicher, sehr starker Temperaturgradient ( $0,65^\circ$  pro 100 m) besteht und wie der Föhn in Altdorf *plötzlich* (ohne vorgängigen, talabwärtswehenden Wind mit langsamer Erwärmung) einsetzt. Daraus darf der Schluss gezogen werden, dass für den Durchbruch des Föhnes kein Abfliessen einer Inversionsschicht erforderlich ist. Wenn in gewissen Tälern der Ostalpen eine dem

Föhne vorgängige Inversionsschicht die Regel ist, so besteht allerdings ein Zusammenhang zwischen Abfließen der Inversionsschicht und Föhndurchbruch, aber nur derart, dass beide Erscheinungen auf dieselbe Ursache (Saugwirkung der Depression) zurückzuführen sind.

7. M. le Dr CH.-ED. GUILLAUME a envoyé quelques exemplaires de sa note intitulée : *Etude des mouvements verticaux de la Tour Eiffel*<sup>1</sup>, dont M. Raoul GAUTIER rend compte brièvement en montrant quelques diagrammes originaux que M. Guillaume a joints à son envoi.

C'est une nouvelle application des propriétés de l'*invar*. M. Guillaume a mesuré les mouvements verticaux de la Tour Eiffel en tendant un fil d'*invar* entre le sol et la deuxième plateforme (116 mètres). Sur celle-ci, le fil, tendu au moyen de contre-poids, peut, par un système de leviers et une plume, inscrire ses oscillations sur un cylindre d'enregistreur Richard. Le fil lui-même a un coefficient de dilatation faible qui s'annule sous une tension de 19 kg. Cette tension étant insuffisante pour résister au vent, elle a été poussée à 25 et même 50 kg. Sous cette dernière tension, la dilatabilité du fil est négative et ce fil ajoute aux mouvements thermiques de la Tour un supplément de  $\frac{1}{23}$  de leur valeur.

Mais cela n'infirme en rien la valeur des diagrammes obtenus qui accusent un parallélisme remarquable entre les mouvements du vaste thermomètre métallique que constitue la Tour et les changements de température de l'air enregistrés au Bureau météorologique central tout voisin.

Certaines oscillations brusques dans la courbe sont dues aux coups de vent qui courbent le fil et qui s'inscrivent sur les diagrammes par des pointes dirigées vers le haut et dont la base s'appuie sur la courbe générale du mouvement thermique. Durant les jours de tempête, l'appareil mis en déroulement rapide a enregistré très fidèlement la structure des coups de vent. Il n'est donc pas seulement un thermographe fidèle, mais

<sup>1</sup> C. R., t. 155, p. 26, 1<sup>er</sup> juillet 1912.

un anémographe dont on pourrait utiliser les indications en le rendant indépendant de la température.

8. J. ANDRADE (Besançon). — *Spiral double pour chronomètres marins.*

I. — On sait que le spiral *cylindrique* réglant des chronomètres marins, à spires suffisamment nombreuses, constitue avec le balancier un organe régulateur dont les vibrations ont été obtenues isochrones par deux procédés distincts devinés par deux artistes au XVIII<sup>e</sup> siècle.

L'Anglais Arnold modelait le spiral à ses extrémités suivant des courbes terminales appropriées.

Le français Pierre Le Roy conservait au spiral sa forme cylindrique, mais lui donnait une étendue angulaire d'un nombre entier de tours plus ou moins un quart de tour.

Phillips a justifié par la théorie la règle d'Arnold et précisé le tracé des courbes terminales.

M. Caspari a donné la théorie de la méthode de Le Roy.

La méthode d'Arnold produit sur le balancier libre non seulement une vibration isochrone, mais encore une vibration régulière, c'est-à-dire sinusoïdale, qui est liée à la proportionnalité de l'angle dont tourne le balancier au moment qui lui est transmis par le spiral.

Au contraire, la méthode de Pierre Le Roy produit un isochronisme satisfaisant, mais détruit la régularité, c'est-à-dire la loi sinusoïdale de la vibration du balancier.

Or, on peut désirer conserver la loi sinusoïdale, non pas par une simple coquetterie théorique, mais pour obtenir des avantages de marche qui sont liés à cette régularité sinusoïdale elle-même.

Le principal de ces avantages est la sécurité complète de l'isochronisme sinusoïdal à l'égard de la lente mais forte variation du terme constant du frottement qui est dû à l'épaisseur des huiles.

Mais d'autre part, d'excellents réguleurs répugnent à violer l'élasticité du spiral par le modelage des courbes terminales.

Dans ces conditions, il m'a paru intéressant de chercher à généraliser la méthode de Pierre Le Roy, de manière à obtenir une *vibration sinusoïdale sans courbes terminales*.

Or nous allons voir que le but est facile à atteindre, en nous servant de l'analyse d'approximation qui a conduit M. Caspari à sa belle justification théorique de la méthode devinée par Le Roy.

Rappelons d'abord la valeur du moment transmis au balancier par la déformation d'un spiral cylindrique.

Soient avec les désignations habituelles :

E le coefficient d'élasticité      }  
L la longueur                        } du spiral ;

I le moment d'inertie géométrique de sa section transversale par rapport à l'axe de flexion de cette section ;

A le moment d'inertie du balancier ;

p l'étendue angulaire du spiral cylindrique, et u l'angle d'écart du balancier ;

Soit :  $K^2 = \frac{EI}{AL}$ . Si l'on néglige le petit effet d'inertie du spiral.

et si l'on a égard à la petitesse de  $\frac{1}{p}$  nous pourrons adopter pour mesure du moment transmis au balancier l'expression :

$$- K^2 u - K^2 u \frac{2}{p^2} [2 - 2 \cos(p + u) + u \sin(p + u)]$$

Cette formule est due à M. Caspari ; j'en ai tiré les conséquences suivantes :

Adoptons un second spiral prolongeant en quelque sorte le premier, mais s'encastrant sur une nouvelle virole et sur un nouveau piton ; désignons par K' et p' les analogues de K et p pour ce second spiral appliqué au même balancier.

Ce nouveau spiral transmettra au balancier le moment

$$- K'^2 u - K'^2 u \frac{2}{p'^2} [2 - 2 \cos(p' + u) + u \sin(p' + u)]$$

Mais maintenant associons nos deux spiraux de manière que l'on ait :

$$\begin{cases} \frac{K'^2}{p'^2} = \frac{K^2}{p^2} \\ p' = p + (2K'' + 1) \pi \end{cases} \quad (K'' \text{ entier})$$

L'ensemble des deux spiraux produira sur le balancier une vibration *isochrone et sinusoidale* de durée :

$$\frac{2\pi}{\sqrt{K^2 + K'^2 + \frac{8K^2}{p^2}}}$$

Le mode opératoire le plus simple consistera à scinder un spiral cylindrique en deux portions égales, de sorte que

$$p' = -p = (2K'' + 1)\frac{\pi}{2}$$

II. *Description.* — Un spiral cylindrique d'environ vingt tours et demi est coupé en deux portions égales, dont chacune, avec son piton et sa virole propres angulairement distantes de 90°, reproduit un spiral de Le Roy.

La fig. 1 représente les deux spiraux attachés à leurs viroles et pitons respectifs.

La fig. 2 est une vue en plan montrant les positions relatives des points d'attache des spiraux au balancier et aux pitons.

Les fig. 3 et 4 montrent schématiquement des variantes d'exécutions dans lesquelles les positions relatives de chacun des deux spiraux sont différentes de celles de la fig. 2.

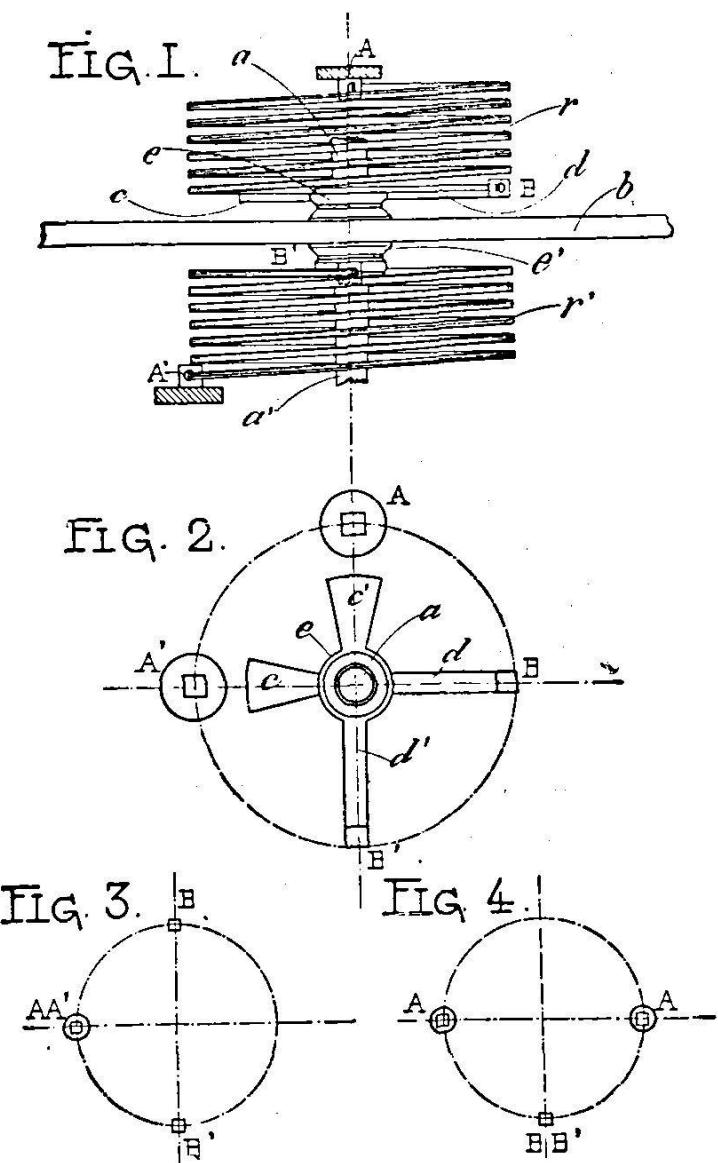
Le dispositif régulateur représenté fig. 1 et 2 comporte deux spiraux identiques,  $r$  et  $r'$ , fixés indépendamment l'un de l'autre de chaque côté du balancier  $b$ , dont  $a$  et  $a'$  sont les parties supérieure et inférieure de l'axe du balancier. Sur la partie supérieure  $a$  de l'axe de balancier est fixée la virole  $e$ , munie des bras  $c$  et  $d$  (fig. 2).

La partie inférieure  $a'$  porte la virole  $e'$  à bras  $c'$  et  $d'$  (fig. 2).

A et A' sont les pitons respectifs de chacune des deux portions du spiral.

Le spiral  $r'$  est fixé au balancier par l'extrémité  $B'$  du bras  $d'$  de la virole  $c'$  et d'autre part au piton  $A'$ .

Ainsi que le montre la fig. 2, les points d'attache  $B$ ,  $B'$  au balancier de chacun des spiraux font par rapport aux pitons



correspondants  $A$ ,  $A'$  un angle égal à  $90^\circ$ , soit  $90^\circ$  entre les points  $A$ ,  $B$  et  $90^\circ$  entre  $A'$ ,  $B'$ .

Dans la forme d'exécution représentée en fig. 2, la position relative des points d'attache  $A$  et  $B$  par rapport à ceux  $A'$  et  $B'$  correspond à la disposition en croix des bras  $c$ ,  $d$  et  $c'$ ,  $d'$  des viroles. Cette disposition laisse arbitraire l'écart angulaire

B', elle pourrait par exemple être modifiée comme l'indiquent les fig. 3 et 4.

Dans les fig. 3 et 4, A et A' sont les pitons, B et B' les points d'attache à la virole du balancier.

Les deux spiraux  $r$  et  $r'$  sont identiques comme dimensions et nature, et cette condition est réalisée au mieux en prélevant par sectionnement les spiraux  $r$  et  $r'$  à un même spiral.

Plus encore que pour le spiral simple, l'emploi des aciers « Guillaume » est ici tout indiqué.

De plus, comme pour tous les spiraux cylindriques, l'emploi de pitons-glissières réglables formant plans dont le prolongement passe par l'axe du balancier peut être ici recommandé pour l'ajustage des deux spiraux.

Le spiral double sans courbes terminales qui vient d'être décrit, breveté en Allemagne, fait actuellement l'objet de demandes de brevets dans les différents pays d'industrie horlogère.

**9. L. DE LA RIVE (Genève). — *Sur l'équivalence de la force Biot et Savart dans le champ magnétique uniforme et de la force centrifuge composée.***

Considérons un électron en mouvement dans un champ magnétique uniforme avec une vitesse initiale normale au champ qui est dirigé suivant OZ de telle sorte que la trajectoire est dans le plan  $xy$ ; les équations du mouvement sont :

$$[1] \quad \frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{eH}{m} \frac{dy}{dt} \quad \frac{d^2y}{dt^2} = \frac{eH}{m} \frac{dx}{dt}$$

où  $e$  est la charge de l'électron en unités électromagnétiques,  $H$  l'intensité du champ et  $m$  la masse de l'électron. Faisons  $eH/m = 2\omega$ ,  $\omega$  étant une vitesse angulaire, et cherchons l'équation de la trajectoire par rapport à des axes  $x'$ ,  $y'$  animés d'un mouvement de rotation autour de OZ d'une vitesse angulaire  $\omega$ .

Pour trouver les équations du mouvement, il faut obtenir :

1<sup>o</sup> Les composantes de la force réelle donnée par les [1] projetées sur les  $x'$   $y'$ ; pour l'axe  $x'$  on a :

$$X_1 = 2\omega \frac{dy}{dt} \cos \omega t + 2\omega \frac{dx}{dt} \sin \omega t$$

2° Les composantes de la force centrifuge composée, ce qui donne pour le même axe de coordonnées :

$$X_1 = 2\omega \frac{dy'}{dt} = 2\omega \left[ -\frac{dx}{dt} \sin \omega t - \omega x \cos \omega t + \frac{dx}{dt} \cos \omega t - \omega y \sin \omega t \right]$$

3° Les composantes de la force centrifuge, ce qui donne :

$$X_3 = \omega^2 x' = 2\omega^2 x' - \omega^2 x' = 2\omega^2 [x \cos \omega t + y \sin \omega t] - \omega^2 x'$$

En faisant la somme  $X_1 + X_2 + X_3$ , on voit que tous les termes se détruisent, sauf le dernier, et comme il en est de même pour l'axe  $oy'$ , on obtient pour les équations du mouvement :

$$[2] \quad \frac{d^2x'}{dt^2} = -\omega^2 x' \quad \frac{d^2y'}{dt^2} = -\omega^2 y'$$

d'où résulte que la trajectoire mobile est une ellipse parcourue par l'électron suivant la loi des aires décrites par rapport à l'origine. La trajectoire fixe est donc engendrée par un point qui décrit une ellipse, tandis que l'ellipse elle-même subit une rotation de vitesse angulaire constante autour de l'origine. Il est à noter que dans les [1]  $e$  est de l'électricité négative et aussi que la quantité  $eH/m$  a les dimensions d'une vitesse angulaire.

*En résumé, l'identité de définition des deux forces, Biot-Savart et centrifuge composée, qui dans le cas de  $e$  négatif sont dirigées en sens contraire, donne lieu pour les axes rotatifs à la disparition de la force centrifuge et à l'apparition d'une force attractive proportionnelle à la distance.*

#### 10. Adrian BAUMANN (Zürich II). a) *Die Erklärung der Oberfläche des Mars.*

Die dunklen Flächen auf dem Mars, welche die Bezeichnungen von Meeren und Seen tragen, sind Land. Der grösste Teil davon, ein mit Asien vergleichbarer Kontinent, zeigt ausgedehnte Schneefelder, dunkle Gebirgszüge und dazwischen Gletscher. Ausgedehnter als der Kontinent ist der mit dickem Eis bedeckte Ozean, der fast die ganze nördliche Halbkugel und einen grossen Teil des südlichen Tropengebietes umfasst. Seine verschiedenen Teile tragen heute noch die Namen von Ländern und die Inseln darin werden als Seen bezeichnet. Besonders

dann, wenn der Planet sich von der Sonne entfernt und sich seine Oberfläche abkühlt, reisst die Eistecke des Meeres in einige grosse Schollen entzwei; durch deren Zusammenstösse werden die entstandenen Risse erweitert und abgesplitterte Eisblöcke auf die Ränder der Schollen geschoben. Später verschweissen die Risse; es bilden sich neue nebenan, zwischen denselben Endpunkten; die Eisblöcke verdunsten; nur deren Verunreinigungen bleiben als unregelmässige Flecken und bilden zusammen breite, meist geradlinige Streifen, Moränen vergleichbar. Sowohl die Risse wie auch die Moränen werden als Kanäle bezeichnet. Die Verdopplung der Kanäle ist eine reelle Tatsache, indem durch schräg laufende Kräfte sich Risse als Tangenten an gegenüberliegenden Stellen einer Insel bilden können.

Mehrere Inseln enthalten tätige Vulkane: Abgesehen von früheren Veränderungen hat sich im Jahre 1907 eine vulkanische Insel neu gebildet; damals sowie zwei Jahre nachher sah man in der Umgebung der Insel die Verdunklung des Eises durch die vom Wind verstreute vulkanische Asche; eine gelbliche Wolke aus vulkanischem Staub bedeckte 1909 einen grossen Teil des Mars. — Eine andere vulkanische Insel warf damals auch Wasserdampf aus, der als Schnee herunterfiel.

Die Erscheinungen an den Polen erklären sich durch das eigenartige Klima, das einigermassen mit unserem Winter über dem Nebelmeer verglichen werden kann.

Diese Erklärung steht im Einklang mit sämtlichen beglaubigten Beobachtungen, auch mit der grossen Zahl derjenigen, welche man bisher wegen angeblicher Widersprüche bezweifelt hatte. Sogar der Wahrheits-Beweis ist möglich. Interessante Einzelheiten sind noch zu erforschen; besonders aber ergeben sich höchst wichtige Gesichtspunkte für die Erkenntnis unserer Erde.

b) *Der Ring des Saturn.*

Mit voller Sicherheit lösbar ist die folgende physikalische Aufgabe: Es sei gegeben ein Weltkörper mit einer ausgedehnten Atmosphäre, die hauptsächlich Wasserdampf enthält, also ent-

sprechend warm ist. Durch eine ausnahmsweise unterbrochene Abkühlung sinke die Temperatur bis unter den Gefrierpunkt. Was entsteht, wenn zugleich eine ungeheure Umdrehungsgeschwindigkeit vorausgesetzt wird ?

Infolge der gegenseitigen Anziehung der entstehenden Wassertropfen bildet sich von aussen nach innen ein Wasser-Ring, der immer flacher und gleichmässiger wird. Dann wächst von aussen nach innen ein Ring aus Eis. Da sich dieser nur als Ganzes umdrehen kann, läuft er innen langsamer als der äussere Rand des innen noch vorhandenen Wasserrings. Wenn daher infolge einer ausnahmsweisen Erwärmung der innere Teil des Eisrings schmilzt, hat das Schmelzwasser für den Umlauf als Mond eine zu kleine Geschwindigkeit und fällt in den Wasserring. Wenn dann später die Kälte wieder überhand nimmt, ist eine Lücke da (beim Saturn die Teilung von Cassini und diejenige von Encke) und es entsteht ein neuer Eisring innerhalb des äussern.

Die noch vorhandene, den Keplerschen Gesetzen entsprechend, umlaufende Luft wird durch die Reibung am Eisring aussen beschleunigt, innen verzögert. Dieser Teil der Luft wird durch das Wachstum des Eisringes immer mehr verzögert und bildet schliesslich einen besondern Ring innerhalb des Eisringes (beim Saturn der Florring ; es wurde auch die Beobachtung eines äussern Florringes gemeldet).

Der Ring des Saturn zeigt alle der Lösung dieser physikalischen Aufgabe entsprechenden Eigenschaften ; es scheinen ihn ausserdem eine Unmenge kleine und kleinste Körper zu begleiten.

#### 11. A. ROSEL. — *Progrès de la lumière artificielle. Les lampes électriques Soffites-Osram.*

La culture et le développement modernes doivent en grande partie leur extension au perfectionnement de l'éclairage. L'éclairage public a permis l'agrandissement des villes d'après les lois de l'hygiène ; le commerce en a largement profité ainsi que l'industrie partout où la lumière joue un rôle particulièrement important, entre autre pour l'application des couleurs ; en

même temps le confort a été introduit dans les habitations. Les localités et les locaux mal éclairés se trouvent dans un état d'infériorité évident. Les premières conditions de développement sont l'eau et la lumière.

Lors de la réunion de la Société helvétique des sciences naturelles à Zofingue, j'ai démontré pour la première fois la fabrication du carbure de calcium et la purification de l'acétylène, et à la réunion de Soleure, l'importance des découvertes Auer et la fabrication du filament métallique wolfram de la lampe Osram. Ces découvertes ont eu en Suisse pour conséquence une meilleure utilisation des forces hydrauliques, par conséquent le progrès national.

Actuellement, nous devons le perfectionnement de la lumière au courant électrique.

Edison avait trouvé le moyen pratique de la divisibilité de la lumière électrique au moyen des lampes à incandescence aux filaments de charbon. Cette découverte introduisit la lumière électrique dans les maisons, mais elle resta longtemps un objet de luxe. Auer de Welsbach auquel nous devons le manchon aux oxydes métalliques cerium et thorium, qui a popularisé la lumière du gaz, a également remplacé le filament de charbon dans la lampe électrique à incandescence par un filament métallique, l'osmium, qui avait l'avantage de n'exiger pour une bougie

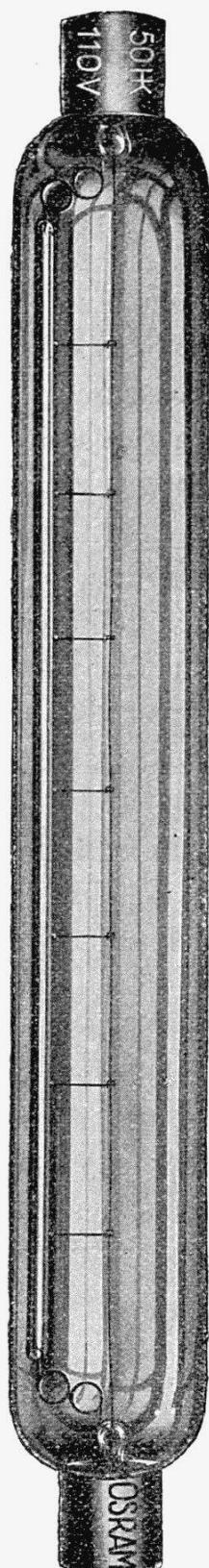


Fig. 1



Fig. 2

Nouvelle lampe électrique à fils métalliques soffites-osram en tubes réflecteurs. — Fig. 1, lampe de 50 bougies; fig. 2, lampe de 16 bougies.

normale que 1 watt au lieu de 3,5 watt du filament au charbon, par conséquent réalisant une économie de 70 %.

Cependant la lampe électrique aux filaments du métal osmium était loin de répondre aux exigences pratiques favorables au développement des forces hydrauliques. Le métal osmium, de la famille du platine, très coûteux, fut alors remplacé par le métal meilleur marché wolfram et nous fûmes dotés de la lampe *Osram*. Lors de la réunion de Soleure, j'ai décrit la fabrication du filament du métal wolfram qui présentait des difficultés particulières à cause de la faible malléabilité du métal qui ne se laissait pas étirer au fil que l'on fabriquait par un procédé fort compliqué de soudage. Actuellement cette difficulté est surmontée, le filament jusqu'à un diamètre de 0,01 millimètre de diamètre est tiré à la filière, ce qui assure la solidité absolue de la nouvelle lampe électrique. La Société Auer fabrique des lampes de 1 à 10 bougies pour les basses tensions, entre autre pour l'éclairage des wagons de chemins de fer et les lampes portatives, de 15 à 1000 bougies pour les tensions de 100 à 125 volts et de 10 à 1000 bougies pour les tensions de 200 à 250 volts. La nouvelle lampe *Osram* possède la même solidité que les lampes aux filaments de charbon, en sorte que l'économie de 70 % est réalisable pour toutes les conditions d'éclairage électrique.

Le filament métallique étiré à la filière a permis un nouveau perfectionnement, celui de la fabrication des lampes *Osram* sous forme de tubes au lieu de la forme de poires Edison. Dans un tube en verre de Bohême dans lequel on a fait le vide est placé un fil métallique allant d'une extrémité à l'autre ; ces lampes dont vous voyez ici deux exemplaires, dont l'un de 25, l'autre de 100 bougies, ont reçu le nom de *Soffites-Osram* et sont surtout employées pour la projection d'une lumière indirecte, la moitié du tube, à l'intérieur, étant recouverte d'une couche d'argent servant de réflecteur, ces lampes Osram de différentes formes, vu la somme de rayons violets de la lumière

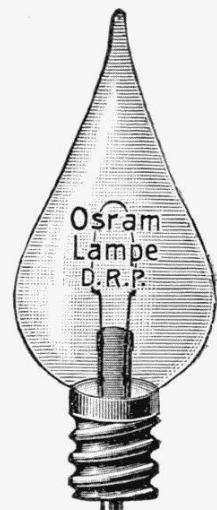


Fig. 3

Lampe Osram pour basses tensions.

qu'elles produisent, sont d'un grand secours pour l'éclairage de nuit, des galeries de tableaux.

J'ai le plaisir de remettre au P. Morand-Meyer une lampe Soffite-Osram de 100 bougies pour une tension de 125 volts, en souvenir de la belle réception faite à Altorf aux membres de la Société helvétique des sciences naturelles.

---