

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: 69 (1886)

Vereinsnachrichten: Physique et mathématiques

Autor: Hagenbach / Guye

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: 13.04.2026

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

Nous allons donner maintenant le compte rendu des différents travaux présentés dans le cours de cette session, soit dans les assemblées générales, soit dans les séances des sections, en les groupant suivant les branches de la science auxquelles ils se rapportent.

Physique et mathématiques.

Président : M. le prof. HAGENBACH, de Bâle.

Secrétaire : M. le Dr GUYE, de Genève.

Marcel Deprez. Transmission de la force par l'électricité. — Alb. Rilliet. Transparence du Lac de Genève. — Amagat. Mesure des hautes pressions et compressibilité des liquides. — Forster. Tromomètres synchrones. — Forster. Tremblements de terre. — Marcel Deprez. Mesure de la pesanteur par le pendule. — Marcel Deprez. Nouveau galvanomètre. — F.-A. Forel. Grotte naturelle d'Arolla et structure du glacier. — Gladstone. Équivalents de réfraction et de dispersion. — Thury. Nouveau sismomètre enregistreur. — V. von Lang. Propriété de l'ellipse. — H. Dufour. Sur les hygromètres et les substances hygrométriques. — H. Dufour. Appareil pour la mesure de l'évaporation — L. de la Rive. Théorie mathématique de la composition des sensations. — C. Dufour. Accélération de la marche de la lune. — Robert Weber. Nouvelle méthode pour la mesure des coefficients de dilatation. — Ed. Sarasin. Observations limnimétriques au lac de Zurich. — G. Oltramare. Généralisation des identités. — Hagenbach. Transmission de l'électricité par les fils télégraphiques.

M. Marcel DEPREZ, membre de l'Institut de France, expose les beaux résultats auxquels il est arrivé dans ses recherches pour *la transmission de la force motrice par l'électricité*.

Il décrit les expériences qui se poursuivent depuis le mois de novembre 1885 entre Creil et Paris (la Chapelle), deux stations situées à 56 kilomètres l'une de l'autre. Deux

machines dynamo-électriques sont disposées, l'une la machine génératrice à Creil, l'autre la machine réceptrice, à peu près identique, mais de dimensions plus faibles que la première, à Paris. Elles sont d'un type nouveau imaginé par M. Deprez et qui présente de grands avantages au point de vue de la production du champ magnétique, au point de vue du rendement de son anneau, au point de vue aussi de la grande facilité de construction et de réparation. La machine de Creil marche seulement à 200 tours environ. Le fil conducteur qui relie les deux stations et qui a une longueur totale de 112 kilomètres aller et retour est en bronze siliceux de 5 mm. de diamètre, sa résistance est de 97 ohms,45. Il est nu.

Les deux machines de Creil et de la Chapelle sont excitées chacune par une machine de Gramme.

En résumé ces expériences ont permis avec une seule génératrice et une seule réceptrice de transporter à une distance de 56 kilom. une force industriellement utilisable de 52 chevaux avec un rendement de 45 pour 100, sans dépasser un courant de 10 ampères et une vitesse de 216 tours à la minute.

A chaque tour que font les anneaux de la machine génératrice un travail mécanique de 1000 kilog. à 1200 kilog. devient industriellement utilisable à 56 kilom. du point où ils tournent.

Avec une vitesse de 300 tours au lieu de 200 on pourrait uniquement en diminuant la résistance des anneaux, gagner encore sur le rendement. M. Deprez espère ainsi dépasser le rendement de 50 pour 100 d'abord annoncé par lui.

A la première assemblée générale M. Alb. RILLET pré-

sente un rapport sur les travaux de la Commission nommée par la Société de Physique de Genève pour l'étude *de la transparence des eaux du lac Léman* ¹.

M. E.-H. AMAGAT, professeur à Lyon rend compte à la section de physique de ses expériences *sur la mesure des hautes pressions et la compressibilité des liquides*.

L'instrument auquel il s'est définitivement arrêté pour la mesure des hautes pressions est un manomètre à piston différentiel d'une construction spéciale dont il indique rapidement les principales dispositions. La condition à réaliser pour obtenir avec ce genre d'instruments des résultats parfaitement exacts est celle-ci :

Conservé aux pistons une très grande mobilité tout en faisant qu'ils restent parfaitement étanches.

Depuis longtemps déjà M. Marcel Deprez avait eu l'idée de supprimer les cuirs du petit piston ; par un rodage convenable il arrivait à rendre la fuite très petite ; mais cet artifice devient insuffisant pour de très fortes pressions, surtout si la capacité de l'appareil est peu considérable. Quant au grand piston qui dans tous les appareils construits jusqu'ici repose sur une membrane, de nombreux essais lui ont montré que : outre l'incertitude relative à la mesure du diamètre la membrane en question donne lieu à plusieurs causes d'erreur ; l'auteur l'a supprimée et a rendu le piston complètement libre ².

¹ Les travaux de cette Commission ayant déjà plusieurs fois trouvé place dans les *Archives* nous n'y revenons pas ici.

² Dans les instruments à membrane que M. Amagat avait tout d'abord construits, il avait ajouté une pompe régulatrice permettant, en faisant varier la quantité de liquide, de maintenir la membrane toujours dans un même plan horizontal ; ce régulateur a été conservé

Il paraît difficile dans ces conditions d'obtenir des pistons étanches sous des pressions de plusieurs milliers d'atmosphères, tout en restant parfaitement libres, c'est-à-dire ajustés à frottement très doux, M. Amagat est arrivé facilement à vaincre cette difficulté par l'emploi de corps visqueux convenablement choisis.

Le grand piston qui reçoit par sa base inférieure une pression ne dépassant jamais 5 ou 6 atmosphères, repose sur une couche d'huile de ricin qui transmet la pression au mercure. Le petit piston qui par sa base supérieure reçoit toute la pression, devient parfaitement étanche, si, après l'avoir graissé avec de l'huile, et mis en place, on noie cette base dans une couche d'un corps suffisamment visqueux. La mélasse remplit très bien les conditions voulues.

L'emploi de ces deux substances permet un ajustage très libre des pistons sans qu'il se produise de fuite proprement dite, mais seulement un très léger suintement même sous des pressions qui ont dépassé 3000 atmosphères.

Cependant, même dans ces conditions, la colonne de mesure s'élève encore avec des soubresauts qui peuvent correspondre à des erreurs très notables. On évite complètement cette cause d'erreur en imprimant aux deux pistons un mouvement de rotation au moyen d'un mécanisme qui ne présente aucune difficulté de construction.

C'est sur ces données qu'a été construit l'instrument que M. Amagat a fait fonctionner devant les membres de la Section de physique.

dans ses nouveaux instruments, il en facilite l'usage notamment parce qu'il permet de maintenir les pistons dans des limites de course convenables.

Il n'a étudié jusqu'ici que la compressibilité de l'eau et celle de l'éther ordinaire.

Le piezomètre contenant le liquide à étudier est placé dans un cylindre vertical d'acier; on y verse une couche de mercure dans lequel plonge la partie inférieure ouverte de la tige de l'instrument, et par-dessus le liquide qui doit transmettre la pression, de la glycérine. Le cylindre d'acier a 1 mètre 20 cent. de hauteur, il est fretté sur toute sa longueur sauf une partie de la culasse, son diamètre intérieur est de 3 centimètres, l'épaisseur des parois de 8 centimètres; il est fixé dans un grand réservoir de cuivre; de manière à pouvoir opérer soit dans la glace fondante soit dans un courant d'eau à température déterminée.

La lecture des volumes du liquide comprimé est faite par le procédé suivant qui a été indiqué à M. Amagat par M. le prof. Tait d'Edimbourg: On a soudé dans la tige du piezomètre une série de fils de platine disposés comme ceux des thermomètres avertisseurs à mercure; tous ces fils sont reliés par une spirale enroulée sur la tige et produisant entre chaque fil une résistance de 2 ohms, le prolongement de la spirale traverse les parois du cylindre d'acier au moyen d'un point isolé que l'auteur ne décrira pas. Le courant d'une pile arrive par la masse du cylindre au mercure dans lequel plonge la tige du piezomètre; on conçoit de suite comment des indications galvanométriques feront connaître exactement le moment où le mercure s'élevant dans la tige atteindra successivement chacun des fils de platine.

L'échauffement considérable que subit par la compression le liquide du piezomètre et celui dans lequel il est baigné, rend les expériences longues et pénibles; on doit

pour chaque contact répéter les mesures, jusqu'à ce que l'indication du galvanomètre ait lieu sous une pression devenue invariable, ce qui demande assez de temps, la masse à équilibrer étant peu conductrice. Le procédé que M. Amagat vient de décrire permet heureusement de répéter la mesure autant de fois qu'on le veut. Quand on est arrivé à la pression la plus élevée, on recommence toutes les mesures en descendant, l'échauffement du liquide est alors remplacé par un refroidissement, on prend la moyenne des résultats obtenus; leur concordance montre que l'ensemble de la méthode ne laisse réellement presque rien à désirer.

Ce qui précède suffit pour montrer quelles grossières erreurs on a pu commettre, avec les artifices qui ont été employés jusqu'ici pour mesurer les volumes dans des conditions analogues.

L'eau et l'éther ont été étudiés à zéro, vers 20° et vers 40° .

Pour ces deux liquides le sens de la variation du coefficient de compressibilité avec la température est le même sous les pressions très fortes qu'aux faibles pressions; l'eau continue à faire exception, son coefficient diminue, quand la température augmente, du moins dans les limites de températures que l'auteur vient d'indiquer.

Quant à la variation, avec la pression, ainsi que cela est évident à priori, le coefficient diminue régulièrement quand la pression augmente, et cela a lieu dans toute l'échelle des pressions, contrairement à ce que soutiennent encore quelques physiciens; c'est à quoi M. Amagat était arrivé dans son mémoire de 1877 (Annales de chimie et physique) pour des pressions inférieures à 40 atmosphères, c'est aussi ce qu'avaient trouvé bien long-

temps avant lui MM. Colladon et Sturm dans leur travail classique sur la compressibilité des liquides.

M. Amagat transcrit ici les résultats de deux séries relatives l'une à l'eau, l'autre à l'éther.

EAU A 17°,6		ÉTHER A 17°,4	
Limites des pressions en atmosphères	Coefficients de compressibilité	Limites des pressions en atmosphères	Coefficients de compressibilité
entre 1 at. et 262 at.	0,0000429	entre 1 at. et 154 at.	0,000156
262 — 805	0,0000379	154 — 487	0,000107
805 — 1334	0,0000332	487 — 870	0,000083
1334 — 1784	0,0000302	870 — 1243	0,000063
1784 — 2202	0,0000276	1243 — 1623	0,000051
2202 — 2590	0,0000257	1623 — 2002	0,000045
2590 — 2981	0,0000238		

Des séries analogues faites à diverses températures ont permis de calculer le coefficient de dilatation de ces liquides sous diverses pressions ; voici un tableau relatif au coefficient moyen de l'éther entre zéro et 35°,4.

ÉTHER ENTRE ZÉRO ET 35°,4	
Pressions en atmosphères	Coefficients de dilatation
300 at.	0,00133
500	0,00115
1000	0,00089
1500	0,00076
2000	0,00063
2300	0,00057

Tous les résultats qui précèdent sont apparents, c'est-à-dire non corrigés de la variation de volume du piezo-

mètre ; ces corrections seront faites ultérieurement quand l'auteur publiera le travail d'ensemble dont il considère les résultats obtenus jusqu'ici comme n'étant que les essais préliminaires.

M. le prof. FORSTER, de Berne, parle des *Résultats obtenus avec les tromomètres synchrones de Berne et Bâle*.

On a signalé ces dernières années le fait que le sol subit constamment de petites oscillations, à peine sensibles et qui ne sont pas accusées par les sismomètres. Les petits mouvements ou *mouvements microsismiques* ont été constatés par l'observation, dans de certaines conditions, de pendules construits dans ce but et appelés *tromomètres*. On a cru constater en Italie que ces mouvements microsismiques étaient dus à des causes géologiques, présentaient des lois régulières et, en particulier, se propageaient à des distances considérables. C'est la vérification de cette opinion qu'a entreprise M. Forster, directeur de l'observatoire de Berne. Dans ce but des tromomètres synchrones, absolument identiques et de provenance italienne, ont été installés à Berne et à Bâle ; l'observation des instruments était faite à Berne par M. Forster, à Bâle sous la direction de M. Hagenbach.

Il est évident que si les mouvements microsismiques sont susceptibles de se propager à des grandes distances à la surface du sol, comme on le croit en Italie, les indications fournies par les instruments placés à Berne et à Bâle auraient dû montrer un certain parallélisme dans les tracés graphiques synchrones. Or il résulte des observations faites du 1^{er} juillet 1885 au 1^{er} juillet 1886 (3 fois par jour) que les choses ne se passent pas ainsi qu'on l'avait cru, et qu'il faut renoncer à l'idée de voir

dans ces mouvements microsismiques une sorte de mouvement ondulatoire, ou autre, attribuable à des causes géologiques et susceptible de se propager à distance; qu'il s'agit au contraire là de mouvements dus à des causes purement accidentelles et locales.

Bien que les tromomètres synchrones ne soient pas des instruments de mesure absolus, ils permettent cependant de tenir compte d'une façon relative au moins de l'intensité des mouvements microsismiques, et l'on a constaté à Berne le fait assez singulier qu'il y a une certaine proportionnalité entre l'intensité des mouvements microsismiques et l'intensité du vent mesurée à l'aide d'un anémomètre enregistreur; à Bâle, les observations relatives à la direction et à l'intensité du vent ne se font pas à l'aide d'appareils aussi exacts, et la même proportionnalité n'a été très nettement constatée que dans les jours de vent violent. Il importe de noter aussi qu'à Berne le corps de maçonnerie qui supporte les appareils est directement exposé à l'action du vent, tandis qu'à Bâle, les tromomètres sont fixés à un pilier isolé au milieu d'une tour, c'est-à-dire protégé contre l'action directe du vent.

M. FORSTER fait ensuite une communication *sur les Tremblements de terre dans le Simmenthal*.

Il résulte de l'ensemble des circonstances dans lesquelles ces phénomènes se sont produits, circonstances dont M. Forster a donné la description complète à la section de physique, ainsi que de l'examen approfondi des conditions géologiques du Simmenthal, que les tremblements de terre dont la série a commencé le 13 avril 1885, se sont produits à la suite de l'action de l'eau sur les gisements de gypse de cette région.

M. Marcel DEPREZ fait une communication sur les *Pendules pour la mesure de la pesanteur*.

Le premier dispositif consiste en un pendule tel que ceux employés aujourd'hui pour ce genre de mesure, mais qui en diffère en ce sens que le nombre des oscillations effectuées par l'instrument est compté sans qu'il y ait le moindre frottement mécanique provenant de ce chef. M. Marcel Deprez a d'abord songé à utiliser la propriété du selenium de présenter une conductibilité électrique différente suivant qu'il est ou n'est pas soumis à l'action de la lumière; mais ces variations de conductibilité sous l'action de la lumière ne se produisent pas assez instantanément pour que l'on puisse les utiliser en vue d'atteindre le but en question. M. Marcel Deprez s'est arrêté au dispositif suivant : le disque massif du pendule est percé d'une fente; derrière le disque le pendule étant dans sa position verticale, se trouve un écran percé également d'une fente; enfin derrière l'écran et dans le prolongement de la fente est placée une lampe à pétrole à mèche plate qui, lorsque le pendule se trouve dans sa position verticale émet à travers les fentes de l'écran et du disque un faisceau de rayons calorifiques lequel agit sur une pile thermo-électrique placée de l'autre côté du disque et formée d'une série d'aiguilles thermo-électriques. Il en résulte un faible courant dans le circuit duquel se trouve un galvanomètre apériodique de Podarçonval qui sert de relai à un courant d'intensité plus forte utilisé pour faire marcher un compteur électrique. Lorsque le pendule marche, à chaque demi-oscillation un courant naît dans la pile thermo-électrique et dans le circuit auxiliaire et ce dernier fait avancer d'une division l'aiguille du compteur électrique. De cette façon les oscil-

lations du pendule sont donc comptées sans qu'il en résulte aucun frottement mécanique.

Dans son second dispositif M. Marcel Deprez a cherché à réaliser un pendule dont la masse soit considérable, de façon à pouvoir regarder comme négligeable le travail qui résulte du mode de suspension et de la résistance qu'oppose un bain de mercure au passage d'une pointe placée en-dessous de la masse pendulaire, pointe qui à chaque demi-oscillation du pendule pénètre dans un bain de mercure et ferme ou rompt un circuit dans lequel se trouve intercalé un compteur électrique. En outre, M. Marcel Deprez démontre qu'en adoptant un mode de suspension analogue à celui du marteau de Hirn dans son expérience sur la détermination de l'équivalent mécanique de la chaleur, tous les points de la masse du pendule sont à chaque instant animés de la même vitesse de translation, d'où résulte que l'on n'a pas à tenir compte de la distribution de la masse, ce qui, dans les pendules ordinaires est toujours une question si délicate ; ce nouveau pendule se comporte donc comme si toute sa masse se trouvait concentrée à son centre de gravité. En outre M. Marcel Deprez réalise la suspension de la masse du pendule au moyen de deux fils d'acier de poids tout à fait négligeable relativement à la masse du pendule ; il emploie dans ce but le fil d'acier de fabrication spéciale employé depuis peu avec succès pour remplacer les anneaux frettés des pièces d'artillerie ; ce fil présente une résistance à la rupture de 200 kilog. par millimètre carré de section, et l'on peut sans aucun inconvénient le faire travailler d'une manière constante soumis à une tension de 50 kilog. par m^2 carré de section ; deux fils de 1 m^2 carré de section permettront donc d'employer une masse

pendulaire de 100 kilog. Un dernier point important à considérer est le mode de suspension d'un pendule aussi pesant. M. Marcel Deprez estime que des couteaux tels que ceux employés dans les balances destinées au pesage des locomotives se prêteront très bien à la réalisation du but qu'il se propose.

Ces deux dispositifs n'ont pas encore été mis à exécution.

M. CELLÉRIER rappelle à ce propos les expériences de Hirsch sur l'ébranlement inévitable des supports des pendules, et comment l'on peut, en faisant varier la masse du pendule, tenir compte de la grandeur de cette cause d'erreur.

Pour les *mesures électriques* M. Marcel DEPREZ se sert depuis quelque temps d'un galvanomètre dont les indications sont proportionnelles à l'intensité pour des écarts allant jusqu'à 100°. Ce nouveau galvanomètre n'est autre que le galvanomètre apériodique de Podarçonval auquel on a ajouté deux pièces polaires. M. Marcel Deprez a constaté que dans ces conditions les déviations de l'aiguille sont proportionnelles à l'intensité pour des angles inférieurs à 100°.

M. le professeur F.-A. FOREL, de Morges, expose quelques faits qu'il a étudiés dans la grotte naturelle découverte par lui, en juillet 1886, dans le *glacier d'Arolla*, vallée d'Hérens, Valais. Cette galerie de 250 m. de long, de 8 à 15 m. de large, de 2 à 4 m. de hauteur, pénètre dans le cœur du glacier et permet une observation facile de la structure intime de la glace.

1° Les fissures capillaires, qui séparent les grains du

glacier dans la couche superficielle, ne sont pas infiltrables dans la glace saine du cœur du glacier, pas plus dans la glace bleue que dans la glace blanche. L'auteur confirme ses recherches de 1884 faites dans les galeries artificielles des glaciers de Fee et du Rhône ; il y ajoute de nouvelles démonstrations, en ayant cette année fait intervenir la pression. Un trou est foré dans la paroi de la grotte, et rempli d'une solution d'aniline ; aucune infiltration n'est apparente ; il ajuste à ce trou un tube de caoutchouc qu'il relie à une seringue pleine d'air ou d'eau. Un coup de piston augmente notablement la pression, et cependant l'aniline ne s'infiltré pas dans les fissures capillaires. Donc celles-ci ne sont pas béantes, mais elles sont obstruées ; elles ne s'ouvrent que sous l'action de la chaleur rayonnante.

2° Des trous forés dans la glace saine, et remplis d'eau, se sont obstrués en moins de 24 heures par un bouchon de glace, de structure rayonnée. M. Forel en conclut que la température de la glace est inférieure à 0°.

3° L'auteur arrive à la même conclusion en considérant des cristaux de glace formés par sublimation sur les parois de la chambre postérieure de la grotte. Ces cristaux sont des trémies, soit pyramides creuses, à faces en escaliers, à base hexagonale, très surbaissées, et atteignant jusqu'à un et deux centimètres de diamètre ; exceptionnellement la trémie peut être à base quadrangulaire.

4° Les grains du glacier présentent d'une manière fort brillante les stries superficielles dont M. Forel avait déjà produit des empreintes en 1871 (Actes de Fraunfeld, p. 74). Il en montre de nouveaux moulages qui prouvent l'indépendance des systèmes de stries dans chaque grain de glacier.

5° Quelques expériences ont montré à M. Forel que le plan de ces stries serait perpendiculaire au plan des lentilles de Tyndall, passerait par conséquent par l'axe optique du grain cristallin. Le résultat de ces expériences n'est cependant pas constant et la question reste ouverte.

6° Le sol de la grotte est recouvert d'une couche de stalagmites formée par congélation de l'eau d'un ruisseau. Cette glace d'eau est constituée par des prismes irréguliers, de 1 à 5 cm. de diamètre normaux à la surface de congélation. Par la disposition des stries, et par celle des lentilles de Tyndall, M. Forel montre que ces prismes sont des grains cristallins analogues à ceux du glacier, et que leur axe optique est orienté dans une direction quelconque et non dans l'axe du prisme.

M. le prof. GLADSTONE, de Londres, expose ses recherches *sur les équivalents de réfraction et de dispersion*.

On sait que le pouvoir réfringent d'une substance transparente $\frac{\nu - 1}{d}$ est constant (ou à peu près) en dépit des changements de température, du passage de l'état solide à l'état liquide ou gazeux, d'un mélange, d'une solution, ou même d'une combinaison chimique; la loi étant que le pouvoir réfringent d'une solution, d'un mélange ou d'un composé est la moyenne des pouvoirs réfringents de ses constituants. Cette observation a été faite par le Rév. J.-P. Dale et par l'auteur, il y a environ vingt ans. La différence entre les pouvoirs réfringents pour deux raies différentes A et H p. ex. du spectre solaire $\left(\frac{\nu_H - 1}{d} - \frac{\nu_A - 1}{d} \right)$ ou plus simplement $\frac{\nu_H - \nu_A}{d}$ est le pouvoir spécifique de dispersion.

Landolt multiplie le pouvoir réfringent par le poids atomique, et appelle ce produit l'équivalent de réfraction $\left(P \frac{\nu - 1}{d} \right)$. Il a montré que parmi les composés organiques la combinaison CH_2 a toujours un équivalent de réfraction de 7,6, que le carbone a l'équivalent 5,0, et l'hydrogène 1,3. Il a déterminé aussi les valeurs pour l'oxygène et pour d'autres éléments, et établi la loi fondamentale que l'équivalent de réfraction d'un composé est la somme des équivalents de réfraction de ses constituants.

On pourrait naturellement s'attendre à ce que la même loi s'appliquât aux « équivalents de dispersion »

$\left(P \frac{\nu_H - \nu_A}{d} \right)$, et il en est ainsi, au moins dans une cer-

taine mesure. L'auteur a déterminé ces équivalents de dispersion pour les halogènes il y a 20 ans, et a repris ce sujet l'année dernière à l'occasion des soigneuses observations de M. Charles Soret sur la réfraction des aluns cristallisés. L'équivalent de dispersion du radical CH_2 a été déterminé très récemment, il est 0,34, celui du carbone de 0,25, celui de l'hydrogène de 0,045, etc.

Il suit de là que la réfraction et la dispersion de la lumière dépendent toutes deux de la constitution atomique, chaque élément ayant son pouvoir de réfraction et de dispersion propre qu'il apporte avec lui dans ses composés.

Ceci n'est cependant pas absolument vrai. La loi fondamentale est modifiée par certaines particularités de constitution chimique. Ainsi on ne tarda pas à remarquer que les essences huileuses et les corps aromatiques ont des équivalents de réfraction plus grands que ceux que l'on obtient par le calcul en partant des chiffres de Landolt. Brühl a d'ailleurs montré depuis lors que partout où

deux atomes de carbone sont, comme on dit, « doublement unis, » il se produit une augmentation de réfraction égale à 2,2. On peut aussi exprimer cela en disant que dans ce cas chacun des atomes de carbone a un équivalent de réfraction égal à 6,1. On observe aussi une augmentation analogue dans la dispersion, seulement la différence est beaucoup plus marquée. L'augmentation de l'équivalent de dispersion pour chaque paire d'atomes de carbone doublement unis est d'au moins 0,8 dans la série aromatique, quoique dans certains corps des séries des acides gras il paraisse être d'environ 0,5.

M. Gladstone a dressé un tableau des équivalents de réfraction de 53 des éléments chimiques, c'est le tableau qu'il avait imprimé précédemment dans les *Philosophical transactions*, agrandi et corrigé dans quelques cas par les déterminations récentes de Kanonnikov de Kasan, et Nasini de Rome, et comprenant le gallium et l'indium d'après les observations de C. Soret. Les équivalents de dispersion y sont aussi donnés pour 15 éléments, mais ces chiffres sont présentés sous toutes réserves, et seulement comme premières approximations. Le tableau suivant contient ceux qui sont peut-être les plus intéressants.

	Équivalents de réfraction.	Équivalents ^a de dispersion.
Carbone	5,0	0,25
» doublement uni	6,1	0,65
Hydrogène	1,3	0,045
Oxygène simple lien	2,8	0,10
» double lien	3,4	0,18
Chlore	9,9	0,51
Brome	15,3	1,22
Iode	24,5	2,70
Soufre	16,0	2,40
Phosphore	18,3	3,31
Argent	13,2	1,30

On peut juger de l'importance de ces équivalents de réfraction et de dispersion par les considérations suivantes :

1° Ils forment deux propriétés caractéristiques de toute substance.

2° Ils fournissent un double témoignage de la pureté de chaque échantillon. Les chiffres obtenus expérimentalement doivent concorder avec ceux qui sont calculés ou connus.

3° Ils promettent un nouveau moyen de déterminer, dans certains cas, l'arrangement moléculaire d'un composé. Ainsi parmi les essences huileuses isomères de la composition $C_{10}H_{16}$, la réfraction et la dispersion des terpènes indiquent une paire d'atomes de carbone doublement unis, celles des citrènes deux paires, tandis que l'isoprène paraît en avoir quatre paires dans la double molécule 2 (C_5H_8).

M. le prof. THURY donne la *Description du sismographe enregistreur* construit dans les ateliers de la Société genevoise, chemin Gourgas, 5, et installé à l'observatoire de Genève dans l'année 1886.

Cet instrument, dont la construction a été décidée en 1881, enregistre sur les six cadrans d'une horloge et par quinze plumes différentes :

1° Le nombre des secousses et leur intensité.

2° L'heure exacte à laquelle chaque secousse a eu lieu.

3° La direction exacte des secousses.

4° Le côté de l'horizon d'où est venu le premier ébranlement.

5° Les inclinaisons temporaires qui ont pu se produire dans le sol sur lequel l'instrument repose.

La *direction* des secousses est mesurée par ses trois composantes rectangulaires, deux horizontales et une verticale, données implicitement par les mouvements de trois masses qui peuvent osciller parallèlement aux trois axes coordonnés. Chacune des composantes s'enregistre simultanément sur trois disques de laiton noirci, fixés à trois cadrans de l'horloge marquant les heures, les minutes et les secondes. Lorsqu'il n'y a pas de secousses, les plumes, liées aux trois masses par des appareils multiplicateurs, tracent des cercles toujours les mêmes sur les cadrans ; les indications sismiques partent de ces cercles.

L'inclinaison est donnée par deux masses allongées dans le sens vertical, et dont chacune est en équilibre indifférent autour d'un axe horizontal passant par son centre de gravité ; un faible ressort peut cependant ramener les masses dans une situation déterminée. Les deux plans du mouvement possible sont perpendiculaires l'un à l'autre. Trois cadrans spéciaux situés au revers de l'horloge, et marquant comme les premiers les heures, les minutes et les secondes, reçoivent les indications du mouvement relatif de l'horloge et des masses, mouvement qui se produit par le déplacement de l'horloge elle-même toutes les fois que le sol s'incline. La direction réelle de l'inclinaison peut se conclure du mouvement apparent des deux masses.

Le régulateur de *l'horloge* est un balancier à spiral semblable à celui des chronomètres. Un mécanisme spécial transforme le mouvement saccadé de la roue d'échappement en mouvement continu uniforme.

M. le prof. VON LANG, de Vienne, démontre par la

méthode statique la *propriété de l'ellipse* en vertu de laquelle la normale est bissectrice de l'angle des rayons vecteurs. Pour cela il considère une ellipse tracée sur un plan vertical et tournant dans son plan, autour de son centre, par exemple. Aux foyers F et F' sont fixées les extrémités d'une corde égale en longueur au grand axe de l'ellipse : dans l'intérieur de cette corde roule une poulie qui supporte un poids. Dans le mouvement de rotation que l'on exécute, la poulie courra le long de la corde et décrira l'ellipse. Dans chaque position, la poulie occupe le point le plus bas de l'ellipse; la tangente en ce point est donc horizontale, et la direction du poids ou la verticale se trouve normale à l'ellipse. D'autre part le poids étant équilibré par les tensions des deux cordons, tensions qui sont naturellement égales, la direction du poids est la bissectrice de l'angle de ces deux cordons. Donc la bissectrice des rayons vecteurs coïncide avec la normale.

M. le prof. Henri DUFOUR, de Lausanne, expose les premiers résultats de ses recherches *sur les substances hygrométriques*. L'emploi du psychromètre pour la mesure de l'humidité de l'air ne paraît pouvoir donner de bons résultats qu'entre des mains exercées, les nombreuses recherches faites sur ce sujet montrent en effet quelles précautions il faut prendre, surtout lorsque la température est voisine de zéro, ou lorsque la différence de température des deux thermomètres dépasse douze degrés, pour obtenir l'humidité relative; enfin peu d'instruments ont leurs indications plus affectées par les objets qui les entourent que le psychromètre. Pour toutes ces raisons on tend, après avoir abandonné l'hygromètre à cheveu de de Saussure, à revenir à l'emploi de cet appareil pour les observations cou-

rantes. Cet instrument est beaucoup plus constant qu'on ne le croit généralement *lorsqu'il est bien construit*, et pour cela il faut, comme l'avait observé déjà M. Regnault et plus tard M. Carl Koppe, suivre les indications de de Saussure. Il y aurait donc un grand intérêt pour faciliter les observations météorologiques sur l'humidité de l'air, à ce que les physiciens exigent des constructeurs une fabrication soignée de l'hygromètre de de Saussure.

D'après les observations faites sur un hygromètre de de Saussure tel qu'il les faisait construire par Paul à Genève, cet instrument qui a probablement plus de 50 ans et dont on n'a pas changé le cheveu a aujourd'hui encore toute sa sensibilité; quoique le cheveu soit resté depuis 34 ans au moins toujours tendu, l'allongement, lorsqu'il est dans l'air humide, ne dépasse pas 8 ‰. Il faut remarquer en outre qu'il est inutile de chercher à obtenir le zéro (très sec) de l'hygromètre, ce point est toujours incertain et n'est pas utilisé dans la pratique météorologique. Chaque instrument doit être gradué à part par un procédé direct; dans ces conditions il suffit de vérifier le 100° soit 100 ‰ d'humidité relative de temps à autre.

Depuis quelques années on emploie pour la construction d'hygromètres, surtout enregistreurs, d'autres substances, entre autre la corne (hygromètre Richard), on a proposé aussi la baudruche et la gélatine en feuille mince. De nombreuses mesures faites sur ces substances ont eu pour premier objet de déterminer leur pouvoir absorbant et leur coefficient de dilatation hygrométrique moyen, c'est-à-dire le rapport entre l'allongement maximum de la lame, placée successivement dans l'air sec et dans l'air humide, et sa longueur primitive. Les résultats sont les suivants :

	Pouvoir absorbant.	Coef. de Dilat. hygromét.
Corne (lame de $\frac{1}{10}$ de mil. d'épaisseur).....	0,10	0,061
Gélatine.....	0,34	0,108
Baudruche.....	0,43	0,060

Le pouvoir absorbant est le rapport entre le poids de vapeur d'eau absorbée et le poids de la substance sèche. Les variations de longueur de la lame de corne quoique assez rapides le sont moins que celles de la baudruche; la gélatine n'a pas une tenacité suffisante, lorsqu'elle est humide, pour être employée pratiquement, c'est donc la baudruche qui paraît convenir le mieux pour remplacer le cheveu dans les enregistreurs, cette substance se conserve pendant fort longtemps puisque les essais ont été faits sur des échantillons ayant au moins quinze ans. M. Dufour se propose d'étudier les variations du coefficient de dilatation hygrométrique de ces diverses substances, mais les recherches faites jusqu'ici confirment complètement l'opinion de de Saussure, c'est qu'il est peu probable qu'on trouve une meilleure substance hygrométrique que le cheveu préparé et employé comme l'a indiqué le grand savant genevois.

M. Henri DUFOUR présente ensuite un *appareil destiné à la mesure de l'évaporation d'une nappe liquide*. Cet appareil est une modification du *siccimètre* de M. le prof. L. Dufour. Il est formé d'un bassin de zinc carré de 10 déc. ² de surface, rempli d'eau. Les variations du niveau du liquide s'observent comme suit :

Un tube en verre de 20 centimètres de longueur divisé en centimètres et ouvert aux deux bouts est placé oblique-

ment dans l'eau de façon à ce que l'une des extrémités soit au-dessous et l'autre au-dessus du niveau du liquide. L'inclinaison est de 10 %; la séparation de l'eau et de l'air dans le tube se fait sous forme d'un ménisque à contours très nets comme dans le niveau à bulle d'air. Un déplacement de 1 centimètre de la bulle correspond à un abaissement de niveau de 1^{mm}.

Le jaugeage de l'appareil se fait facilement, puisqu'il suffit de verser un litre d'eau dans le bassin pour que le ménisque se déplace, si l'instrument est bien réglé, de 10 centimètres.

M. Lucien DE LA RIVE, de Genève, donne lecture d'un travail *sur la composition des sensations, son application à la formation de la notion d'espace et la subjectivité possible des trois dimensions*.

Cette communication a pour objet l'exposition succincte de quelques parties d'une étude théorique sur la manière dont la perception de la sensation s'opère, les conditions auxquelles ce phénomène est soumis et ses relations avec la forme de notre connaissance du monde sensible. Cette étude rentre dans le domaine de la science qu'on appelle Psychophysique, nom actuel de la métaphysique, qui procédant, soit expérimentalement soit par généralisation, avec la rigueur mathématique doit prendre sa place dans la nomenclature scientifique.

Il convient de montrer en premier lieu quelle est l'importance du rôle de la sensation dans la formation de notre connaissance. Nos perceptions en général déterminent en nous la croyance à une cause des sensations perçues. A chacun de nos sens correspond une forme de la conviction de l'existence du monde sensible. D'autre part

la connaissance de la manière d'être de ces causes a pour base notre activité mise en contact avec la leur ; et plus cette relation est susceptible de s'établir avec précision et variété plus notre notion est complète. De là, la prépondérance des notions d'espace visuel et d'espace tactile dans la notion générale d'espace considérée comme pouvant être auditive ou même olfactive. On voit que c'est la perception de la sensation, en d'autres termes, l'activité consciente qui se formule à elle-même sa manière d'être lorsque nous parvenons à la connaissance du monde extérieur sous la forme que nous appelons espace.

La notion d'espace s'impose avec les trois dimensions. D'autre part la sensation colorée présente le phénomène de la composition qui, étudié expérimentalement donne lieu à une théorie mathématique. Il résulte de cette théorie que la sensation colorée dans sa variation dépend de trois variables indépendantes qui peuvent être les intensités de trois sensations colorées dites fondamentales, sensations qui, simultanées, donnent lieu à une synthèse psychologique. Dans cette étude, on admet par induction que la sensation qui nous donne la conscience de nos mouvements est assujettie à cette même loi et il en résulte que les trois dimensions de l'espace sont le caractère subjectif des relations entre les causes de nos sensations et notre propre conscience. Il est vrai que ce caractère s'impose aussi à des phénomènes d'où notre propre activité semble exclue, mais il n'en peut être autrement du moment que c'est la forme de notre connaissance du monde extérieur.

Une théorie de la composition des sensations, abstraction faite de la donnée expérimentale de celle des couleurs, peut se déduire de certains principes ou définitions en

procédant d'une manière analogue à la démonstration donnée par Laplace de la loi de la composition des forces. On obtient ainsi pour la composition des sensations la loi de la composition des forces. Ces démonstrations sont fondées sur la manière dont on suppose que la variation de la sensation est évaluée. La variation de l'intensité de la sensation a pour caractère important d'être susceptible de deux formes différentes suivant qu'elle est positive ou négative, donnant lieu ainsi à deux sensations de second ordre qui sont directe et inverse et satisfont à la condition de ne pas pouvoir être simultanées. Le champ de variation de la sensation de second ordre se compose de huit champs de variation juxtaposés formant un champ continu avec lui-même. Représentant le champ de variation spécifique de la sensation par l'angle droit solide, le champ continu avec lui-même est représenté par l'espace angulaire total.

La sensation d'innervation ou d'effort-moteur est celle qui nous fait percevoir nos mouvements volontaires. L'ensemble des fibres nerveuses centripètes qui font communiquer un organe mobile avec le centre nerveux, et la partie du centre nerveux qui est affectée à cette perception, constituent un organe nerveux analogue à la rétine et à l'organe nerveux optique et dont la fonction est de donner lieu à la composition des sensations. Le mouvement se définit par une modification susceptible d'avoir lieu en sens direct ou en sens inverse. La sensation motrice liée au mouvement se trouve ainsi posséder, comme sensation de premier ordre, le champ de variation total qui, dans le cas des autres sensations, n'existe que pour la sensation de second ordre.

Un organe mobile détermine la formation d'une notion

d'espace sphérique, abstraction faite de la sensation par laquelle notre activité musculaire est en contact psychologique avec l'activité des causes extérieures. On admet que : *La notion de direction à partir d'un point ou centre accompagnée de la notion d'une longueur prise sur une direction quelconque à partir de ce centre est la sensation d'effort-moteur.* De même que la notion de couleur, qui comprend sa variation spécifique et sa variation d'intensité, est la sensation perçue par la rétine, la notion d'effort-moteur qui comprend la variation spécifique angulaire et la variation de longueur dans une direction quelconque à partir du centre est la sensation perçue par l'organe nerveux. Il existe donc un sixième sens qu'on peut appeler sens musculaire et si nous ne considérons pas cette sensation comme une donnée sensuelle, c'est parce que nous sommes habitués à lui donner le nom d'espace. Si la sensation colorée était celle qui nous sert à avoir conscience de notre activité nous l'ignorerions comme sensation et nous lui associerions les sensations de l'ouïe et de l'odorat pour constituer l'espace. L'analyse de la notion d'espace chez les aveugles montre qu'elle est chez eux aussi complète et précise que chez nous; la géométrie n'est ni tactile, ni visuelle; elle est musculaire.

L'espace visuel monoculaire est le résultat de l'association de la sensation visuelle et de la sensation d'effort-moteur. Localiser une cause de sensation c'est la classer dans le seul champ de variation qui soit à la disposition de notre activité, à savoir celui de la sensation d'effort-moteur. Nous expérimentons qu'étant donné une sensation visuelle (direction lumineuse) il existe une sensation d'effort-moteur qui, lorsqu'elle s'exerce, la laisse subsister et modifie toutes les autres qui existent simulta-

nément dans le champ rétinien. C'est la sensation correspondant au mouvement de rotation de l'œil autour de la direction lumineuse comme axe. Ainsi le champ visuel est le champ de variation de la sensation d'effort-moteur associée à la sensation visuelle. On indique ainsi la solution donnée dans cette étude à la formation de l'espace visuel.

L'espace tactile résulte de l'activité musculaire du bras considéré comme formé par l'humérus mobile autour d'un centre et par l'avant-bras susceptible d'un mouvement dans un plan et dont l'extrémité ou main possède la sensation du toucher. L'activité de l'humérus détermine une notion d'espace sphérique identique à celle de l'œil et en supposant d'abord l'articulation du coude invariable on obtient un champ tactile analogue au champ visuel monoculaire par le fait qu'il existe, pour toute sensation tactile, une sensation d'effort-moteur qui la laisse subsister; c'est celle correspondant au mouvement autour de l'axe de rotation de la tête de l'humérus passant par le point touché. L'activité de la seconde articulation détermine la notion de profondeur tactile. L'espace géométrique avec ses propriétés (la ligne droite est la plus courte distance d'un point à un autre) est, d'après cette étude, le résultat des propriétés de la sensation. Ces propriétés sont essentiellement elles-mêmes la conséquence de la synthèse triple des trois sensations simultanées qui constituent un sens.

M. le prof. Charles DUFOUR, de Morges, fait la communication suivante sur *l'accélération de la marche de la lune*.

On sait que la marche de la lune s'accélère de siècle en siècle. Cette accélération est très faible, seulement de quel-

ques secondes ; et encore les astronomes ne sont-ils peut-être pas bien d'accord sur le chiffre exact ; mais le fait en lui-même paraît incontestable.

Dans la séance de la Société vaudoise des sciences naturelles du 20 juin 1866 j'ai fait une communication sur ce sujet, en montrant que cette accélération pouvait être produite par la chute des aéroolithes et des étoiles filantes qui, en augmentant la masse de la terre, augmentaient sa force attractive et accélèrent la marche de notre satellite. Ce mémoire a été imprimé dans le *Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles*, vol. 9, pages 252 et suivantes.

Dès lors la question a fait du chemin, surtout par l'apparition de la théorie de M. Schiaparelli qui attribue les étoiles filantes à des débris de queues de comètes qui pénètrent dans notre atmosphère et s'y enflamment.

Tout ce qui s'est passé depuis 20 ans tend à justifier cette théorie qui, au début, avait rencontré beaucoup d'incrédules. Mais dès que les étoiles filantes sont ainsi des épaves de queues de comètes, elles sont certainement formées de matière pondérable, puisque dans leur révolution autour du soleil, les comètes sont soumises aux lois de la gravitation universelle.

Alors on a voulu apprécier le nombre des étoiles filantes que l'on voit pendant une année sur tout le globe, et quel devait être le poids de la matière qui constituait chacune d'elles, de manière à savoir combien la masse de la terre s'augmentait ainsi chaque année. Je ne relèverai pas ces chiffres, parce qu'ils sont basés sur des données fort hypothétiques. Je crois entre autres que le nombre des étoiles filantes est beaucoup plus considérable que celui qui a été indiqué ; car on peut bien compter appro-

ximativement les étoiles filantes que l'on voit; mais il est bien probable qu'il y en a beaucoup que l'on ne voit pas, parce qu'elles se brûlent dans les hautes régions de l'atmosphère à une distance où elles sont invisibles.

Le P. Secchi avait déjà trouvé que, dans les nuits ordinaires, les étoiles filantes sont très éloignées de la surface de la terre; mais lors de la magnifique pluie d'étoiles filantes du 27 novembre 1872, j'ai pu constater que ces étoiles disparaissaient toutes à une hauteur supérieure à celle de la cime du Mont-Blanc.

On me permettra de rappeler ici les détails de cette observation, faites dans des conditions tout à fait exceptionnelles, soit à cause des circonstances météorologiques dans lesquelles nous nous trouvions pendant cette soirée remarquable, soit à cause de la position particulière de Morges en face de la plus haute sommité des Alpes :

« Pendant la soirée du 27 novembre 1872, nous avons eu à Morges (Suisse) un ciel tantôt clair, tantôt nuageux, tantôt couvert. Entre autres de 8 h. 30 m. à 9 h., le ciel a été entièrement couvert par des nuages assez élevés, puisque, malgré la nuit, on distinguait au-dessous d'eux la chaîne des Alpes et même la cime du Mont-Blanc située à 4810 mètres au-dessus de la mer. Or, pendant tout ce temps, en y prêtant spécialement attention, *je n'ai pas vu une seule étoile filante*, par conséquent, il n'y en a pas une qui ait pénétré dans l'atmosphère jusqu'à une altitude de 4800 mètres.

Ce soir-là, d'après la hauteur du baromètre en Suisse, et d'après la température de l'air, le baromètre, sur la cime du Mont-Blanc, aurait été à 420 millimètres; c'est-à-dire qu'il y avait au-dessus de ce point les 0,55 de l'atmosphère; par conséquent, les nombreux météores qui

y pénétraient en ce moment étaient tous éteints avant d'avoir traversé les 0,55 de son épaisseur. J'ajouterai que, malgré l'attention que j'ai portée à cela depuis un grand nombre d'années, je n'ai jamais vu une étoile filante au-dessous des nuages. »

Puis si l'on a supposé que les étoiles filantes pesaient seulement quelques grammes, il y a souvent des aérolithes qui pèsent des centaines de kilogrammes. Dans le siècle passé on niait leur existence, à présent on est bien obligé de l'admettre et même de reconnaître que la chute des aérolithes est plus fréquente qu'on le croyait dans les premières années du siècle.

Enfin, à plusieurs reprises, M. Yung a trouvé sur la neige des débris dont l'origine cosmique ne pouvait guère être contestée.

En présence de tous ces éléments, je ne voudrais pas essayer de déterminer, même d'une manière approximative, à combien de tonnes s'élève chaque année l'augmentation de masse de notre globe; mais il me semble que cette augmentation doit se produire incontestablement, et qu'elle doit avoir pour effet d'accélérer la marche de la lune.

Si l'on était certain qu'il n'y a pas d'autres facteurs qui influent d'une manière directe ou apparente sur le changement de vitesse de notre satellite, comme peut-être une variation dans la durée du jour; il vaudrait mieux renverser la question : rechercher exactement quelle est cette augmentation de vitesse, puis en conclure quelle est l'augmentation de masse que notre globe a dû éprouver pour que cet effet ait été produit.

En supposant que la substance qui tombe ainsi sur la terre ait la densité moyenne de notre globe, voici le cal-

cul de l'augmentation que devrait éprouver en un siècle le rayon de la terre pour que, pendant ce temps, le parcours de la lune soit accru de 1".

Une révolution de la lune dure 27 jours 7 h. 43 m. 11,5 sec., ce qui fait 27,32166 jours. En un siècle, il y a donc un nombre de révolutions marqué par

$$\frac{36524}{27,32166}$$

ce qui fait un nombre de secondes marqué par

$$\frac{36524 \times 360 \times 3600}{27,32166}$$

Or la vitesse de la lune est proportionnelle à la racine carrée de la masse, pour une augmentation de 1", il faudrait une augmentation de masse double de ce rapport, elle devrait donc être

$$\frac{1}{3465000000} = \frac{1}{3465 \times 10^6}$$

Pour que le volume de la terre augmente dans ce rapport, il faudrait que son rayon augmente du $\frac{1}{3}$ de ce rapport ou de

$$\frac{1}{10395 \times 10^6}$$

ce qui fait 0^{mm}, 6124 ou à peu près 0^{mm}, 6.

Donc il faudrait qu'en un siècle les aérolithes et les

étoiles filantes augmentent le rayon de la terre de $0^{\text{mm}},6$ pour que la lune parcoure $1''$ de plus que dans le siècle précédent.

Et si la substance qui tombe avait une densité plus forte, par exemple celle du fer, il y aurait besoin d'une quantité encore plus faible.

Or il est fort possible que tous les aérolithes et que toutes les étoiles filantes, visibles et invisibles, qui tombent pendant un siècle produisent une augmentation qui soit plusieurs fois cette fraction de millimètre ; car il faut considérer non seulement ce qui demeure à la surface de la terre, mais ce qui est entraîné par les eaux, et ce qui peut rester à l'état gazeux suspendu dans l'atmosphère.

Tout cela fait un ensemble qui augmente la masse générale de notre globe, et l'accélération qui en résulte sur la marche de la lune est bien le moyen le plus sensible et le plus exact de constater la plus petite augmentation de cette masse.

M. Robert WEBER, professeur à Neuchâtel, expose *une nouvelle méthode pour déterminer le coefficient de dilatation des solides*.

Si nous suspendons un corps solide pour le faire osciller comme un pendule, la durée de ses oscillations dans le vide dépend de la forme du corps, de sa masse et de la distance des molécules à l'axe de rotation. A deux températures différentes, les distances des molécules à l'axe de rotation sont différentes, d'où il résulte une autre durée d'oscillation. Autrement dit, pour un corps quelconque donné, il y a une relation déterminée entre sa tempéra-

ture u , le coefficient de dilatation a , ses dimensions d et sa durée d'oscillation t .

On peut calculer la valeur du coefficient de dilatation a des solides, en fonction de la température u et de la durée d'oscillation t par la marche suivante.

La durée d'oscillation du pendule composé est donnée par

$$t = \pi \sqrt{\frac{I}{g} \cdot \frac{I}{S}} \cdot \left\{ \sum_0^{\infty} n \left(\frac{1 \cdot 3 \dots 2n-1}{2 \cdot 4 \dots 2n} \right)^2 \cdot \sin \frac{2n\alpha}{2} \right\}$$

En supposant que le pendule composé ne soit formé que de molécules de même nature, le moment d'inertie I , dans cette formule, est un produit de la masse totale M du corps par une fonction homogène du second degré dans les dimensions d_i du pendule; tandis que S , le moment statique, est un produit de la même masse M par une fonction homogène du premier degré de ces mêmes dimensions. Soit $I = M \cdot \varphi(d^2)$, et $S = M \cdot \psi(d_i)$.

En rapportant la durée d'oscillation à une autre température que celle de la glace fondante, chacune des dimensions des fonctions φ et ψ prend le facteur $(1 + au)$, et comme les fonctions sont homogènes et le corps de même nature en toutes ses parties, ce facteur $(1 + au)$ vient devant les fonctions φ et ψ , en sorte que

$$\begin{aligned} I &= M \cdot \varphi(d_i^2) \cdot (1 + au)^2 \\ S &= M \cdot \psi(d_i) \cdot (1 + au) \end{aligned}$$

Il sera donc à la température u .

$$t_1 = \pi \sqrt{\frac{1}{g} \cdot \frac{\varphi(d_i^2) \cdot (1 + au_1)}{\psi(d_i)} \cdot \sum_0^{\infty-1} n \left(\frac{1 \cdot 3 \dots 2n-1}{2 \cdot 4 \dots 2n} \right)^2 \sin \frac{\alpha}{2}}$$

Divisant cette expression pour t_1 par l'expression donnant t_2 en fonction de u_2 , et en supposant pour les deux oscillations une même amplitude α , il vient

$$t_1 : t_2 = \sqrt{1 + au_1} : \sqrt{1 + au_2}$$

ou bien

$$a = \frac{t_2^2 - t_1^2}{u_2 t_1^2 - u_1 t_2^2} \quad (\text{A})$$

Pour arriver à une grande exactitude pour la durée d'oscillation t_1 , il faut remplacer le t_1 de la formule précédente par la valeur moyenne d'un très grand nombre N_1 d'oscillations. Dans ce cas, l'expression pour t_1 sera

$$t_1 = \pi \sqrt{\frac{1}{g} \cdot \frac{\varphi(d_i^2) \cdot (1 + au)}{\psi(d_i)} \cdot \frac{1}{N_1} \sum_{\alpha_1}^{\alpha_2} \alpha \sum_0^{\infty} n \left(\frac{1 \cdot 3 \dots 2n-1}{2 \cdot 4 \dots 2n} \right)^2 \sin \frac{\alpha}{2}}$$

La Σ dans l'expression pour t_2 est tout à fait analogue, et, de plus, en supposant les limites α_1 et α_2 ou les nombres N_1 et N_2 égaux pour les deux déterminations de t_1 , prendra la même valeur. Par suite, la division indiquée fera disparaître cette Σ , et la formule donnant a restera celle déduite en (A).

Pour déterminer la durée d'oscillation t_1 , je suppose

donnée une horloge de précision dont la marche est contrôlée par des observations astronomiques, et qui ferme un circuit électrique à chaque minute. Il est mécaniquement réalisable qu'un pendule oscille pendant 18 heures ou 24 heures sans recevoir une nouvelle impulsion; il suffira cependant de déterminer t_1 du nombre d'oscillations N_1 qui s'opèrent dans un intervalle de temps de 6 heures environ. On choisira comme commencement de cet intervalle le moment où le pendule passe une première fois par la verticale du point de suspension; la fin de l'intervalle sera définie de la même manière. Le commencement de l'intervalle sera rattaché à la dernière minute de l'horloge à l'aide du chronoscope de M. Hipp, en arrangeant les appareils de façon que le même courant qui annonce la « dernière » minute commande également les aiguilles du chronoscope pour les mettre en marche, et que ces mêmes aiguilles s'arrêtent au moment où le pendule passe par la verticale. Par le même arrangement, le moment du dernier passage du pendule sera rattaché à la dernière minute correspondante, et cela à 0,001 sec. près.

Le calcul fournit aisément la preuve que l'exactitude à laquelle on arrive par cette méthode en opérant dans le vide est, suivant la perfection des horloges, de $\frac{1}{22}$ ‰ à $\frac{1}{100}$ ‰. — Les excellentes déterminations de coefficients de dilatation faites par M. Benoit¹ sur les règles étalon ont une exactitude de $\frac{9}{10}$ ‰, et celles de M. Fizeau² une exactitude de $\frac{1}{6}$ ‰.

Pour la mesure des températures, les couples thermo-

¹ Mémoires du bureau international des poids et mesures. T. II ; p. C. 145.

² C. R. T. 62 ; p. 1136 et 1140.

électriques sont tout indiqués, pouvant donner par des lectures très commodes une exactitude supérieure à celle des thermomètres à mercure. En effet, en graduant provisoirement le couple à l'aide d'un bon thermomètre à mercure pour un intervalle de 20° environ, et en s'appuyant ensuite sur quatre températures intermédiaires et constantes, distantes l'une de l'autre de 20° environ, on parvient aisément à rattacher les indications du thermomètre électrique aux températures fixes de la glace fondante et de la vapeur d'eau bouillante, et d'éliminer par là les erreurs introduites par le thermomètre à mercure.

En faisant osciller le corps dans l'air, on peut encore déterminer la durée d'oscillation avec une grande exactitude. La densité de l'air a une influence notable sur la durée d'oscillation, soit 0,002 à 0,003 par atmosphère; mais on remarque que son influence disparaît de la formule (A) si la densité reste constante. La densité dépend de la pression atmosphérique et de la température. Soit δ_1 la densité de l'air à la température $u_1 = 0^\circ$ et 760^{mm} de pression, soit δ_2 la densité à u_2 degrés et à la même pression; alors

$$\delta_2 = \delta_1 \cdot \frac{1 + \alpha u_1}{1 + \alpha u_2}$$

On arrive à la même densité en supposant la température constante $= u_1$, et en prenant la pression p_2 telle que $\delta_2 = \delta_1 \cdot \frac{p_2}{p_1}$. De ces deux expressions on peut déduire la valeur de la pression p_2 pour laquelle la densité est la même pour les deux températures u_1 et u_2 . Ainsi, en

posant par exemple $u_2 = 20^\circ$, il vient $\delta_2 = \frac{273}{293}$ et la pression $p_2 = 708,1^{\text{mm}}$ correspondra à la pression de $p_1 = 760^{\text{mm}}$. L'influence de la variation de densité du milieu dans lequel le pendule oscille sera donc éliminé quand on détermine

t_1 à 0° et $708,1^{\text{mm}}$, le t_2 ayant été déterminé à $+20^\circ$ et 760^{mm} ,

ou

t_1 à 0° et $689,5^{\text{mm}}$, » » » 740^{mm} ,

ou

t_1 à 0° et $670,8^{\text{mm}}$, » » » 720^{mm} ,

etc.

Comme on ne tombera guère par hasard sur deux des pressions barométriques correspondantes en déterminant t_1 et t_2 , il faudra faire deux déterminations de t_1 , les deux à 0 degré, mais à des pressions barométriques aussi différentes que possible. En établissant une proportion on trouve la valeur de t_1 qui correspond à la pression atmosphérique que l'on a eu en déterminant t_2 . Il en résulte qu'il faudra trouver

t_1'	à la température	$u_1 (= 0^\circ)$	et à la pression (basse)	p_1'
t_1''	»	$u_1 (= 0^\circ)$	»	(haute) p_1''
t_2	»	$u_2 (= 20^\circ)$	»	(haute) p_2

Partant de la valeur de p_2 , la considération présentée plus haut donne la valeur correspondante de p_1 ; pour celle-ci

on déduit la valeur de t_1 en établissant la dite proportion entre les quantités t_1' , t_1'' , t_1 et p_1'' , p_1'' , p_1 .

En faisant osciller le corps dans l'air, il reste une petite inexactitude malgré la correction de la variation de densité, car en élevant la température on fera varier non seulement la densité de l'air, mais encore les dimensions du pendule. Celui-ci présentera à l'air une surface plus grande, qui tendra à augmenter d'une quantité négligeable la durée d'oscillation t_2 .

M. Weber espère pouvoir donner sous peu quelques valeurs de coefficients de dilatation obtenus par cette méthode.

M. Edouard SARASIN, de Genève, informe la Section que grâce à l'aide qu'à bien voulu lui prêter M. G. Naville, chef de la maison Escher Wyss et C^o; grâce aussi à la parfaite obligeance de M. Welti-Escher, il a pu dernièrement installer son *limnimètre enregistreur au bord du lac de Zurich*, dans la belle propriété que M. Welti possède à Enge, au bout des nouveaux quais de Zurich. Cette station, placée presque exactement à son extrémité, paraît devoir être particulièrement favorable pour l'étude des mouvements oscillatoires de ce lac. L'appareil a été mis en marche le 17 juin dernier sous la surveillance spéciale de M. Vieusseux, ingénieur de la maison Escher Wyss et C^o. Les tracés obtenus depuis lors jusqu'à ce jour et que M. Sarasin dépose sur le bureau sont, comme on le voit, très peu prononcés et fort irréguliers. Il ne s'est pas produit encore de circonstances atmosphériques propres à exciter de grands mouvements, tels que ceux que les riverains du lac de Genève appellent les *seiches*. Mais, même lorsque les mouvements sont plus marqués, ils se

modifient très rapidement, s'affaiblissent immédiatement et changent de période presque tout de suite. De telle sorte que si l'on ne savait par les expériences faites sur d'autres lacs et en particulier celles de M. Forel sur le lac Léman qu'il s'agit d'un mouvement rythmique de balancement de toute la surface du lac on ne pourrait l'induire des tracés obtenus jusqu'ici au lac de Zurich. Et cependant si le peu de profondeur de ce lac doit amortir rapidement les mouvements, en revanche, sa forme régulière en arc de cercle devait, semblait-il, favoriser un mouvement pendulaire uniforme.

M. Sarasin pense que cette irrégularité et ce peu de persistance des mouvements périodiques doivent tenir, en bonne partie du moins, à l'action de la barre de Rapperschwyl qui déterminerait un nœud factice d'oscillation en un point du lac qui ne correspond pas à un nœud de quelque une des oscillations simples du lac, uninodale binodale, ou autre; de telle sorte qu'elle trouble ses mouvements pendulaires et le fait vibrer à faux. Les tracés ultérieurs montreront si le caractère de faiblesse et d'irrégularité des seiches du lac de Zurich persiste toujours et ce que vaut cette explication.

L'oscillation la plus longue comme période et la plus constante qui s'observe sur les tracés obtenus jusqu'ici est de 45 minutes. Il est probable, sans qu'on puisse l'affirmer encore positivement, que cette oscillation de 45^m est la seiche uninodale de Zurich. Fréquemment aussi et simultanément avec cette seiche on en observe une autre dont la période est presque exactement la moitié de celle-là et qui serait alors la binodale. La période de 45^m ne correspond point cependant à celle qui résulterait pour l'uninodale du lac de Zurich de la formule des seiches de

M. Forel. Il y a là un point à examiner de plus près sur les tracés qui vont être obtenus dans la suite.

M. le prof. Gabriel OLTRAMARE, de Genève, fait une communication relative à un calcul qu'il a désigné sous le nom de *généralisation des identités*.

Cette méthode, qui repose sur le développement d'une fonction quelconque en séries exponentielles, réelles ou imaginaires, peut s'appliquer à donner à une identité une grande extension. L'auteur est parvenu, à l'aide de ce procédé, soit à établir des formules générales pour la détermination des intégrales définies, soit à obtenir la sommation des séries, soit, plus particulièrement encore, à exprimer les intégrales de certaines équations aux différentielles partielles. Nous ne pouvons pas dans ce compte rendu entrer dans les détails de ce travail qui paraîtra sous peu de jours, dans les *Mémoires de l'Institut national genevois*.

M. le prof. HAGENBACH, de Bâle, dépose sur le bureau le mémoire qu'il vient de publier *sur la transmission de l'électricité dans les fils télégraphiques* et que le manque de temps l'empêche d'analyser ¹.

La section de physique se transporte ensuite à l'Observatoire, où M. le prof. Thury démontre à ses membres le sismomètre de son invention décrit ci-dessus.

¹ Ce travail sera reproduit dans un prochain numéro des *Archives*.