



HAL
open science

Sur une unité de temps absolue. Etalons électriques de temps et chronoscopes des variations

G. Lippmann

► **To cite this version:**

G. Lippmann. Sur une unité de temps absolue. Etalons électriques de temps et chronoscopes des variations. *J. Phys. Theor. Appl.*, 1887, 6 (1), pp.261-265. 10.1051/jphystap:018870060026100 . jpa-00238729

HAL Id: jpa-00238729

<https://hal.science/jpa-00238729>

Submitted on 4 Feb 2008

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

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

**SUR UNE UNITÉ DE TEMPS ABSOLUE. ÉTALONS ÉLECTRIQUES DE TEMPS
ET CHRONOSCOPES DES VARIATIONS;**

PAR M. G. LIPPMANN.

L'unité de temps universellement adoptée, la seconde, ne subit que des variations séculaires très lentes et se détermine avec une précision et une facilité qui en imposent l'emploi. Il n'en est pas moins vrai que la seconde est une unité de temps arbitraire et variable : arbitraire, car elle est sans relation aucune avec les propriétés de la matière, avec les coefficients de la Physique; variable, car la durée du mouvement diurne est soumise à des causes de perturbations séculaires, dont quelques-unes, telles que le frottement des marées, ne sont pas actuellement calculables.

On peut se demander s'il est possible de définir une unité de temps absolument invariable; il serait désirable de pouvoir déterminer, avec une précision suffisante, ne fût-ce qu'une fois par siècle, le rapport de la seconde à une pareille unité, afin de contrôler les variations de la seconde indirectement et indépendamment de toute hypothèse astronomique.

Or l'étude de certains phénomènes électriques fournit une unité de temps qui est absolument invariable, car cette grandeur est une constante spécifique. Considérons une substance conductrice, que l'on puisse toujours retrouver identique à elle-même, et, pour fixer les idées, choisissons le mercure pris à la température de 0° , qui remplit parfaitement cette condition (¹). On peut déterminer, par plusieurs méthodes, la résistance électrique spécifique ρ du mercure en unités électrostatiques absolues : ρ est une propriété spécifique du mercure, par conséquent une grandeur absolument invariable. De plus ρ est un intervalle de temps. On pourrait donc prendre ρ comme unité de temps, à moins qu'on ne préfère considérer cette grandeur comme un étalon de temps impérissable.

En effet, ρ n'est pas simplement une quantité dont la mesure se trouve en relation avec la mesure du temps : c'est un intervalle de

(¹) Voir notamment les expériences faites au Bureau international des Poids et Mesures, à l'occasion de la construction de l'ohm légal.

J. de Phys., 2^e série, t. VI. (Juin 1887.)

temps concret, abstraction faite de toute convention faite en vue des mesures et de tout choix d'unité. Il peut paraître singulier, au premier abord, qu'un intervalle de temps se trouve en quelque sorte caché sous la dénomination de *résistance électrique*; mais il suffit de rappeler ici que, dans le système électrostatique, les intensités de courant sont des vitesses d'écoulement, et que les résistances sont des temps : à savoir les temps nécessaires pour l'écoulement de l'électricité dans des conditions déterminées. On se rappelle, en particulier, ce que l'on entend par la résistance spécifique ρ du mercure dans le système électrostatique. Si l'on considère un circuit ayant une résistance égale à celle d'un cube de mercure qui aurait pour côté l'unité de longueur, circuit soumis à une force électromotrice égale à l'unité, ce circuit mettra à se laisser traverser par l'unité de quantité d'électricité un temps déterminé, qui est précisément ρ . Il faut remarquer que le choix de l'unité de longueur, comme celui de l'unité de masse, est indifférent; car les différentes unités mises ici en jeu en dépendent de telle manière que ρ n'en dépende pas (¹).

Il s'agit maintenant de mettre cette définition expérimentalement en œuvre, c'est-à-dire de réaliser un intervalle de temps qui soit un multiple connu de ρ . On peut résoudre le problème de plusieurs manières (²), et notamment au moyen de l'appareil suivant.

(¹) En d'autres termes, ρ est du premier degré par rapport au temps, du degré zéro par rapport aux autres unités, ainsi qu'il est facile de le vérifier.

(²) Dans ce système, la mesure du temps ne se fait pas, comme d'ordinaire, en observant les mouvements d'un système matériel : elle se fait par des expériences d'équilibre. Tous les organes des appareils demeurent immobiles; seule, l'électricité y est en mouvement. Ce sont en quelque sorte des clepsydres à électricité. On reconnaît cette analogie avec la clepsydre en considérant la forme d'expérience suivante : deux plateaux métalliques immobiles constituent les armatures d'un condensateur chargé, et s'attirent avec une force F . Si les plateaux sont isolés, leurs charges demeurent constantes, ainsi que la force F ; si, au contraire, on réunit les armatures par une résistance R , leurs charges diminuent, et la force F devient une fonction du temps t ; le temps t , inversement, devient une fonction de F . On obtient t par la formule suivante

$$t = \rho \frac{1S}{8\pi es} \log \text{hyp} \frac{F_0}{F},$$

F_0 et F étant les valeurs de la force au commencement et à la fin du temps t . La formule ci-dessus est indépendante de tout choix d'unités. Si l'on voulait que t

Une pile de force électromotrice arbitraire E actionne en même temps les deux circuits antagonistes d'un galvanomètre différentiel. Dans le premier circuit, qui a une résistance R , la pile envoie un courant continu d'intensité I ; dans le second circuit, la pile envoie une série discontinue de décharges obtenues en chargeant périodiquement, à l'aide de la pile, un condensateur de capacité C que l'on décharge ensuite à travers ledit circuit. L'aiguille du galvanomètre reste en équilibre si les deux courants débitent les quantités d'électricité égales pendant un même temps τ .

Supposons cette condition d'équilibre remplie et l'aiguille immobile au zéro : il est facile d'écrire la condition d'équilibre. Pendant le temps τ , le courant continu débite une quantité d'électricité égale à $\frac{E}{R}\tau$; d'autre part, chaque charge du condensateur est égale à CE , et pendant le temps τ le nombre des décharges est égal à $\frac{\tau}{t}$, t étant l'intervalle de temps entre deux décharges; τ et t sont ici supposés exprimés à l'aide d'une unité de temps arbitraire; le second circuit débite donc une quantité d'électricité égale à $CE \times \frac{\tau}{t}$. On a donc la condition d'équilibre

$$\frac{E}{R}\tau = CE \times \frac{\tau}{t}$$

ou, en simplifiant,

$$t = CR.$$

fût exprimé en secondes, il faudrait donner à ρ la valeur correspondante

$$(\rho = 1,058.10^{-16}).$$

Si l'on prend ρ pour unité, il suffit de faire $\rho = 1$, et on a la valeur absolue du temps par l'expression

$$\frac{tS}{8\pi es} \log \text{hyp} \frac{F_0}{F}.$$

On remarquera que cette expression du temps ne contient que des nombres abstraits; elle est indépendante, notamment, du choix des unités de longueur et de force. S et e y désignent la surface et l'épaisseur du condensateur; s et l la section et la longueur d'une colonne de mercure de résistance R .

Cette forme d'appareil ne permettrait pratiquement de mesurer des valeurs notables de t que si la valeur de la résistance R était énorme; le dispositif décrit dans le texte ne présente pas le même inconvénient.

C et R sont connus en valeur absolue, c'est-à-dire que l'on sait que C est égal à p fois la capacité d'une sphère de rayon l ; on a donc $C = pl$; de même, on sait que R est égal à q fois la résistance d'un cube de mercure qui aurait l pour côté; on a donc

$$R = q\rho \frac{l}{l^2} = q \frac{\rho}{l};$$

et par conséquent

$$t = pq\rho.$$

Telle est la valeur de t obtenue en laissant toutes les unités indéterminées. En exprimant ρ en fonction de la seconde, on aurait t en secondes. En faisant $\rho = 1$, on a la valeur absolue Θ du même intervalle de temps en fonction de cette unité; on a donc simplement

$$\Theta = pq.$$

Si l'on suppose que le commutateur qui produit les charges et décharges successives du condensateur est constitué par un diapason vibrant, on voit que la durée d'une vibration est égale au produit des deux nombres abstraits p, q .

Il reste à examiner avec quelle approximation on peut déterminer p et q . Pour obtenir q , il faut d'abord construire une colonne de mercure de dimensions connues : ce problème a été résolu au Bureau international des Poids et Mesures, lors de la construction de l'ohm légal. L'ohm légal est supposé avoir, par définition, une résistance égale à 10600 fois celle d'un cube de mercure de 0^m,01 de côté. L'approximation obtenue est comprise entre $\frac{1}{50000}$ et $\frac{1}{200000}$. Pour obtenir p , il faut, d'autre part, pouvoir construire un condensateur plan de capacité connue; la difficulté ici consiste à connaître avec une approximation suffisante l'épaisseur de la lame d'air. Or on peut employer comme armature deux surfaces de verre optiquement travaillées, argentées afin de les rendre conductrices, mais assez légèrement pour obtenir par transparence les anneaux d'interférence de M. Fizeau; la méthode de M. Fizeau permettrait d'arriver à une grande approximation. En résumé, donc, on peut espérer *a priori* une approximation de l'ordre du cent-millième pour la valeur de pq .

Indépendamment de l'usage qu'on en peut faire pour mesurer le temps en valeur absolue, l'appareil qui vient d'être décrit jouit de propriétés particulières. Il constitue une sorte d'horloge qui

indique, qui enregistre, et peut au besoin corriger elle-même ses variations de vitesse. L'appareil étant réglé de manière que l'aiguille aimantée soit au zéro, il suffit que la vitesse du commutateur augmente légèrement pour que l'équilibre soit troublé, et que l'aiguille aimantée dévie dans le sens correspondant ; si la vitesse au contraire diminue, c'est l'action du circuit antagoniste qui l'emporte, et l'aiguille dévie en sens contraire. Ces déviations, quand elles sont petites, sont proportionnelles aux variations de vitesse. Or on peut d'abord les noter. On peut en outre les enregistrer, soit par la photographie, soit en employant un appareil Rédier, comme celui que M. Mascart a adapté à son électromètre à quadrant ; enfin on peut charger ledit Rédier de réagir sur la vitesse de manière à réduire à zéro ses variations. Si ces variations ne sont pas complètement annulées, elles n'en seront pas moins enregistrées, de sorte qu'on en pourra tenir compte.

Comme indicateur des variations, l'appareil peut être d'une sensibilité singulière, et qu'on peut d'ailleurs accroître indéfiniment, à condition d'accroître ses dimensions.

Avec une pile de 10 volts, un condensateur d'un microfarad, 10 décharges par seconde et un galvanomètre différentiel de Thomson sensible à 10^{-10} ampères, on obtient déjà une sensibilité de $\frac{1}{1000000}$, c'est-à-dire qu'une variation de $\frac{1}{1000000}$ dans la vitesse s'accuse par une déviation de 1^{mm} au bout de quelques secondes. La méthode stroboscopique elle-même ne donne pas une telle sensibilité.

On peut donc retrouver avec une grande approximation une vitesse toujours la même, à condition que les parties solides de l'appareil (le condensateur et la résistance) soient conservées à l'abri des causes de variation et employées toujours à la même température. Sans doute, une horloge astronomique bien construite conserve une marche très uniforme ; mais l'appareil électrique est dans de meilleures conditions d'invariabilité, car tous ses organes sont massifs et immobiles, on ne leur demande que de rester identiques à eux-mêmes, et l'on n'a pas à s'occuper de l'usure des rouages, de l'âge des huiles ni des variations de la pesanteur. En d'autres termes, le système formé par un condensateur et une résistance fournit un étalon de temps facile à conserver.
