**Zeitschrift:** Technische Beilage zur Schweizerischen Post-, Zoll- & Telegraphen-Zeitung = Supplément technique du Journal suisse des postes, télégraphes et douanes

**Band:** 2 (1919)

**Heft:** 4

**Artikel:** Du contrôle des flèches des fils électriques au moyen des vibrations

**Autor:** Pillonel, A.

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-872981

**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:** 13.07.2025

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

Ainsi une artère de 36 fils de 3 mm peut facilement provoquer un moment fléchissant, à raison de 100 kg par fil, de 2 400 000 kg/cm. Si les poteaux sont plantés à 140 centimètres de profondeur dans le sol, le couple de l'encastrement a une valeur de $\frac{2\,400\,000}{140} = 17\,143$ kg, soit 8570 kg par face! Pour que le terrain ne cède pas devant cette pression considérable, il faudrait répartir celle-ci sur une plus grande surface et diminuer le couple d'encastrement en plantant plus profondément le support quadrangulaire.

Le renforcement de l'encastrement peut s'obtenir au moyen de traverses en bois ou en ciment armé reliant dans le sol les deux poteaux de chaque face perpendiculaire à la direction de la traction unilatérale. Ces traverses doivent être placées au fond et aux $^2/_3$ de la hauteur de la fouille, du côté des réactions de l'encastrement (fig. 3). Quant à l'assemblage des poteaux, il doit être suffisamment solide pour que les deux faces du quadrilatère, parallèles à la direction de la traction unilatérale, forment deux poutres indéformables. L'effort fléchissant se répartissant sur ces deux faces, chacune de celles-ci doit être à même de supporter une traction horizontale de 1800 kg au centre du chevalet. Pour solidariser complètement les deux poteaux d'une face, l'emploi de croisillons en fer serait très onéreux. On a avantage d'employer un renforcement en bois tel que celui montré par la figure 3.

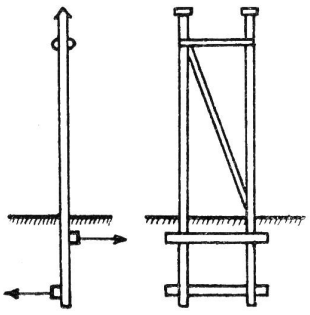

fig. 3

On voit que l'emploi de supports trilatéraux ou quadrilatéraux est cependant assez coûteux. Le remplacement des étresillons en bois par des contrefiches ou des haubans ne réduirait pas la dépense, tout au contraire. Il faudrait des poteaux plus longs, des trous supplémentaires dans le sol, des traverses de renforcement entre les contrefiches et les poteaux; on occuperait encore un espace de terrain plus grand et l'on devrait payer une indemnité plus élevée au propriétaire. D'autre part les traverses de fondation ne peuvent pas être évitées ni dans un cas, ni dans l'autre, les forces d'arrachement étant trop considérables.

L'échange des poteaux pourris constituant les supports multiples, reliés entr'eux dans le sol par des traverses, demande beaucoup plus de main d'œuvre. Il vaudrait mieux monter ces poteaux sur des socles.

Ajoutons, enfin, que dans le cas ou la traction unilatérale serait exercée par un grand nombre de fils, on devrait néanmoins haubaner ou contreficher le support quadrilatéral, alors même que les deux poteaux de chaque face parallèle à l'effort seraient solidement associés et que l'on aurait établi soigneusement la fondation au moyen de traverses.

## Du contrôle des flèches des fils électriques au moyen des vibrations.

Par A. Pillonel, Adjoint du Ier arr.

La construction des lignes électriques aériennes a pris une importance si grande depuis une vingtaine d'années qu'elle forme aujourd'hui un vaste domaine spécial de la technique électrique. Les lignes télégraphiques et téléphoniques, les lignes de transport d'énergie, d'éclairage, de chemins de fer électriques se multiplient avec une telle rapidité que beaucoup de propriétaires fonciers s'émeuvent. C'est dire toute l'ampleur acquise par cette nouvelle branche de la technique. Même ceux qui affirmaient qu'avec l'apparition des câbles souterrains la construction des lignes aériennes diminuerait d'importance se sont lourdement trompés. Sans doute les réseaux aériens urbains ne tapissent plus le ciel de nos villes, mais le nombre de kilomètres de lignes aériennes a-t-il fléchi pour autant dans nos statistiques? — C'est le contraire qui est arrivé. On pourrait croire que les câbles souterrains interurbains feraient par contre tomber les interminables lignes de poteaux qui se profilent dans la campagne. C'est encore une erreur, car déjà l'Amérique, l'ingénieuse commerçante, pose ses câbles interurbains sur des poteaux!

La leçon qu'on tire donc de l'évolution qui s'est accomplie dans le domaine des lignes est simple: les lignes aériennes poussent comme des champignons après la pluie, qu'il s'agisse de lignes télégraphiques, téléphoniques ou de lignes industrielles. La hausse du charbon ne diminuera certes pas le nombre des fils d'éclairage, pas plus que l'électrification des chemins de fer ne s'accomplira sans de profondes modifications à nos lignes. Notre service de construction est appelé à prendre un développement considérable. Sans ne rien sacrifier à la sécurité des lignes, on devra chercher à utiliser beaucoup plus rationnellement la matière. De nombreux essais bien préparés et poursuivis avec méthode seront nécessaires, de même qu'une revision complète des prescriptions fédérales s'imposera impérieusement. Avec le développement des lignes, les parallélismes et les croisements des lignes à fort et à faible courant se multiplieront, et plus que jamais nous aurons à ouvrir l'œil sur la sécurité de nos installations. Tous nos procédés empiriques devront céder le pas aux méthodes scientifiques. Nous avons devant nous, l'administration a devant elle un vaste champ d'activité et de réformes qui doivent être menées à chef.

La sécurité des lignes ne dépend pas seulement de la quantité de matériel qu'on accumule le long de leurs tracés, encore faut-il que tous ces matériaux soient rationnellement employés. Que sert-il de confectionner des supports très solides, si la traction des fils, beaucoup trop forte, compromet encore leur stabilité!

La longueur des portées et la traction des fils doivent être adaptées aux nécessités climatériques. Puisque tous les efforts provenant des fils se transmettent aux appuis, nous affirmons que la traction des fils joue un rôle considérable dans toute l'économie des lignes et comme celles-ci, lignes industrielles et lignes à faible courant, augmentent à vue d'œil, il apparaît dès lors comme élémentaire qu'un contrôle minutieux et continuel s'exerçât, au moment de la construction, sur la pose et le réglage des fils. Certains chefs de réseau l'ont compris, d'autres en revanche n'y ajoutent aucune attention, méconnaissant ainsi les lois de la statique, la valeur du matériel, les leçons de l'expérience, laissant faire leurs ouvriers mal instruits, préparant ainsi à notre administration des déboires qui ne surviennent pas toujours l'hiver suivant, mais seulement lors d'une chute de neige lourde et abondante, plusieurs années plus tard.

Il serait hautement désirable que notre administration, dans une question aussi vitale pour la sécurité des lignes, se résolût enfin à pratiquer un contrôle méthodique des tensions ou des flèches des fils. Ses observations seraient extrêmement intéressantes et hautement salutaires. Au mois de décembre 1917, le Département contrôla les tensions dans quelques portées des environs de Berne. Les coefficients de sécurité constatés et ramenés à —20° C furent les suivants:

| Essai No. | Coefficient | Portée | Essai No. | Coefficient | Portée |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 (acier) | 10 | 32,8 | 8 (fer 3 mm) | 6,6 | 33,2 |
| 2 (fer) | 10,5 | ,, | 9 (fer 4 mm) | 4,8 | ,, |
| 3 (acier) | 15 | ,, | 10 (fer 3 mm) | 3 | 44,0 |
| 4 (bronze 4 mm) | 5,2 | 26,8 | 11 (fer 4 mm) | 4,3 | ,, |
| 5 (bronze 3 mm) | 5,1 | ,, | 12 (fer 3 mm) | 4,6 | 38,3 |
| 6 (bronze 4 mm) | 9,0 | 29,25 | 13 (cuivre 3 mm) | 5,6 | 38,52 |
| 7 (bronze 3 mm) | 9,7 | ,, | | | |

Il s'agissait, comme on le voit de courtes portées. Dans quatre vérifications sur treize, le coefficient était inférieur à 5.

Il ne suffit point de remettre une table ou un graphique des flèches en fonction des températures aux ouvriers-monteurs, de leur confier un dynamomètre. L'usage de cet instrument exige du reste une bonne pratique et du soin. On sait qu'une très petite variation de la longueur du fil provoque déjà une grande différence de flèche. L'emploi inhabile du dynamomètre peut engendrer des erreurs notables et tromper le constructeur sur la résistance des conducteurs aux précipitations atmosphériques et sur la solidité de la ligne. Il est donc nécessaire qu'un fonctionnaire s'assure au moment de la pose que les fils possèdent bien la flèche prescrite à la température donnée.

Le but de ces lignes, écrites à la demande de quelques fonctionnaires, est de rendre familière à tous les agents de notre administration occupés à la construction une méthode de vérification que nous avons découverte en 1906 [1]), qui est expéditive et rigoureuse à la fois.

Le fil se comporte quand il est tendu entre deux appuis, comme une corde musicale. Nous ne voulons pas reproduire ici la théorie des vibrations longitudinales et transversales des cordes. Ceux qui désirent revoir cette théorie peuvent consulter les excellents cours de physique de Jamin et Bouty, de Chwolson (traduction de Davaux et Cosserat), édités à Paris, ou le traité de physique de Winkelmann, paru à Leipzig. Nous rappellerons seulement que lorsqu'on donne au fil tendu un coup avec la main ou avec un objet quelconque, il se produit sur le fil une onde qui va et vient entre les deux supports de la portée, en diminuant graduellement d'intensité. La longueur d'onde est d'autant plus petite que les vibrations sont plus rapides et la flèche plus grande. Une longueur d'onde se compose de deux phases de signes contraires, de deux *concommérations* A—B et B—C (voir figure N⁰ 1).

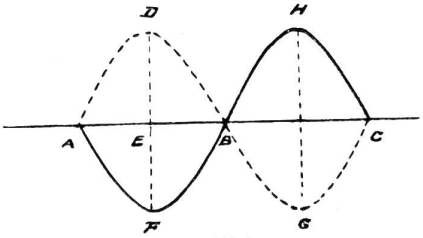

Fig. N⁰ 1.

L'*élongation* maximale (on appelle ainsi la distance d'un point déplacé à l'axe de vibration A—B—C) correspond au ventre de vibration. Les points A, B, C sont fixes et appelés nœuds. Si l'on observe un point du fil, en dehors des nœuds, on voit parfaitement bien ce point agité au passage de l'onde. Une vibration est simple quand elle désigne le chemin A D B G C; elle est double et forme une *période* quand elle comprend l'aller et le retour de l'onde, c'est-à-dire le parcours A D B G C de gauche à droite et la ligne inverse de droite à gauche. C'est en surveillant un ventre de vibration tel que D F qu'on perçoit le mieux les mouvements du fil. A l'aller de l'onde, le point E se lève en D et retombe en E; au retour de l'onde, E tombe en F et remonte en E. Les deux mouvements E D E et E F E se suivent de très près quand on observe un ventre *près d'un support,* ce qui est préférable; on a alors l'illusion qu'il s'agit d'une seule secousse d'amplitude D F.

Lorsqu'on essaie pour la première fois d'observer ces vibrations, il vaut mieux se rendre vers un support sur toit ou vers un support central et choisir la plus longue portée. En mettant un petit morceau de papier sur le fil, à un mètre de l'isolateur et en comptant les «secousses» du morceau de papier en une minute, on obtient ainsi le nombre de vibrations *doubles* à la minute. Il faudra multiplier ce nombre par 2 pour obtenir celui des vibrations simples.

Le nombre des vibrations simples à la seconde est donné par la formule

$$n = \frac{2}{dl}\sqrt{\frac{g\,T_0}{\pi\,\delta}} \tag{1}$$

dans laquelle $d$ désigne le diamètre du fil, $l$ la portée, $g$ le coefficient d'accélération de la pesanteur = 9,81 mètres; $T_0$ la tension du fil en kilogrammes et $\delta$ le poids spécifique du métal. En élevant la relation (1) au carré, il vient

$$n^2 = \frac{4}{d^2\,l^2}\cdot\frac{g\,T_0}{\pi\,\delta} \quad \text{ou}$$

$$T_0 = \frac{\pi\,d^2\,\delta}{4}\cdot\frac{l^2\,n^2}{g} \tag{2}$$

Dans cette égalité $\frac{\pi\,d^2\,\delta}{4}$ n'est autre que le poids $p$ du fil par unité de longueur; on sait d'autre part que la tension $T_0$ du fil a aussi pour expression

$$T_0 = \frac{p\,l^2}{8\,f}$$

$f$ désignant la flèche, $l$ la portée.

La relation (2) devient donc

$$\frac{p\,l^2\,n^2}{g} = \frac{p\,l^2}{8\,f} \quad \text{d'où}$$

$$f = \frac{g}{8\,n^2} = \frac{9{,}81}{8\,n^2} = \frac{1{,}226}{n^2} \tag{3}$$

Cette formule donne la flèche en mètres puisque $g$ est aussi exprimé en mètres.

En pratique, on compte, comme nous l'avons dit, les vibrations doubles en une minute.

La formule (3) devient alors

$$f = 1{,}226\left(\frac{60}{2n}\right)^2 \tag{4}$$

Supposons donc qu'on ait compté sur un fil 40 vibrations doubles en une minute, sa flèche sera

$$f = 1{,}226\left(\frac{60}{80}\right)^2 = 0{,}69 \text{ mètre.}$$

La formule (4) est valable pour toutes les portées, horizontales ou inclinées.

Nous avons construit la courbe donnant les flèches pour différentes valeurs de $\frac{60}{2n}$ *(voir fig. N⁰ 2).*

Les fonctionnaires, à l'aide de ce graphique, peuvent donc, sur le chantier ou au cours de leurs inspections, vérifier la flèche d'un fil en n'importe quel point de la ligne. Il suffit de jeter une pierre de 8 – 10 centimètres de diamètre contre le conducteur pour le mettre en vibrations. A l'aide de la montre et du graphique, la flèche peut être immédiatement déterminée.

Le diagramme montre par exemple que la flèche est de 44 centimètres pour 50 vibrations doubles ou périodes, de 22 centimètres pour 70 vibrations doubles, de 17 centimètres pour 80 vibrations doubles. Lorsqu'on est en présence d'une grande flèche, il faut se servir de la courbe de droite du diagramme.

Comme il n'est pas très commode de surveiller en même temps l'aiguille de sa montre et les vibrations du fil — ce qu'on peut cependant faire avec l'habitude — les fonctionnaires qui disposent d'un chronographe, feront mieux de compter un nombre déterminé de vibrations, dix, vingt ou davantage et de faire marcher le chronographe pendant la durée de ces vibrations.

[1]) Voir Schweizerische Elektrotechnische Zeitschrift du 27 avril 1907 *de la vérification des flèches et des tensions des fils électriques.* est expéditive et rigoureuse à la fois.

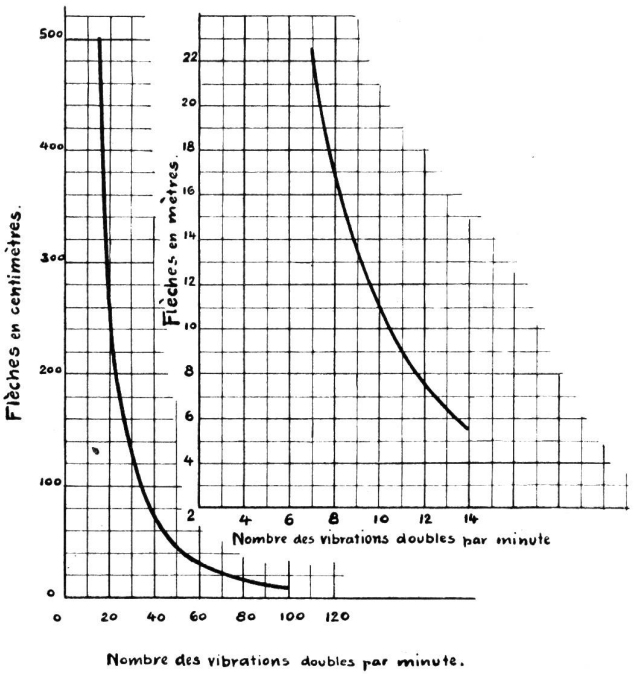


Fig. N⁰ 2.

On a alors

$$f = \frac{1{,}226}{\left(\frac{n}{t}\right)^2}$$

d'où l'on tire $t = \frac{n}{\sqrt{1{,}226}} \cdot \sqrt{f}$

En faisant $n = 60$ dans cette dernière égalité il vient

(5) $$t = 54{,}2\sqrt{f}$$

A l'aide de la formule (5) nous avons construit un second diagramme qui donne la durée de 60 vibrations simples ou 30 vibrations doubles (voir le graphique N⁰ 3).

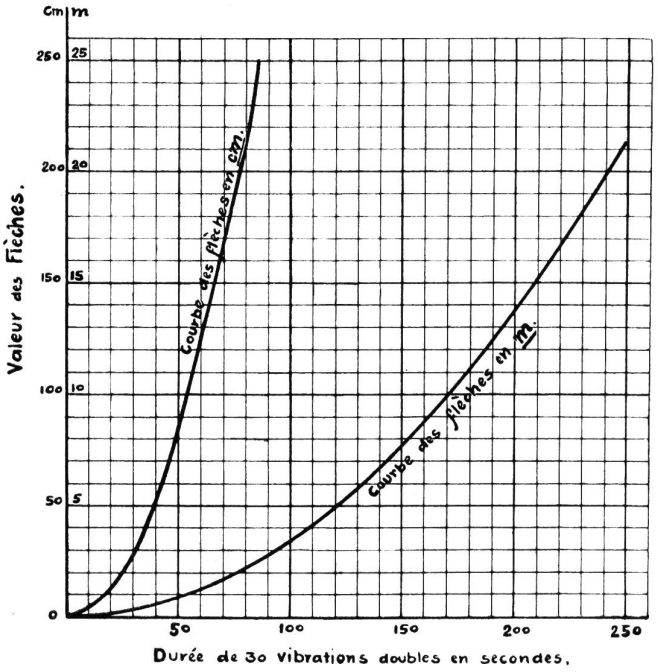


Fig. N⁰ 3.

*Exemple d'application.* Nous voulons mesurer la flèche d'un fil. Nous constatons à l'aide du chronographe ou de la montre ordinaire que la durée de 10 vibrations doubles comptées sur le fil est de 16 secondes. La durée de 30 vibrations doubles est alors de 48 secondes. Le graphique *N⁰ 3* (courbe de gauche) montre qu'à une durée de 48 secondes des 30 vibrations doubles correspond une flèche de 78 centimètres. La méthode de vérification exposée convient aussi parfaitement pour le réglage des fils par les ouvriers. Il n'y a qu'à initier ces derniers au comptage des vibrations et à leur remettre les deux tableaux suivants qui sont établis suivant les prescriptions actuelles de notre administration concernant la tension des fils ($^1/_5$ de la charge de rupture à $-20^0$ C).

## I. Tableau pour les portées normales.

| Flèche en centimètres — Portée en mètres 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | Diamètre du fil | Température C. | Nombre des périodes (vibrations doubles) en 30 secondes — Portée en mètres 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 9 | 11 | 15 | 18 | 22 | 26 | 1.5—2 | | 62 | 55 | 50 | 43 | 39 | 35 | 32 |
| 8 | 10 | 13 | 17 | 22 | 28 | 34 | 3—4 | — 10⁰ | 58 | 52 | 46 | 40 | 35 | 31 | 28 |
| 11 | 13 | 16 | 21 | 27 | 34 | 42 | 4.5—5 | | 50 | 46 | 41 | 36 | 32 | 28 | 25 |
| 8 | 10 | 13 | 17 | 20 | 25 | 29 | 1.5—2 | | 58 | 52 | 46 | 40 | 37 | 33 | 30 |
| 9 | 11 | 15 | 19 | 25 | 32 | 38 | 3—4 | — 5⁰ | 55 | 50 | 43 | 38 | 33 | 29 | 27 |
| 12 | 15 | 18 | 23 | 29 | 37 | 45 | 4.5—5 | | 47 | 43 | 39 | 34 | 30 | 27 | 25 |
| 9 | 11 | 15 | 19 | 23 | 28 | 33 | 1.5—2 | | 55 | 50 | 43 | 38 | 34 | 31 | 29 |
| 10 | 13 | 17 | 22 | 28 | 35 | 42 | 3—4 | 0⁰ | 52 | 46 | 40 | 35 | 31 | 28 | 25 |
| 13 | 17 | 21 | 27 | 33 | 42 | 51 | 4.5—5 | | 46 | 40 | 36 | 32 | 29 | 25 | 23 |
| 10 | 13 | 17 | 21 | 25 | 31 | 36 | 1.5—2 | | 52 | 46 | 40 | 36 | 33 | 30 | 28 |
| 11 | 15 | 19 | 25 | 32 | 38 | 45 | 3—4 | + 5⁰ | 50 | 43 | 38 | 33 | 29 | 27 | 25 |
| 14 | 19 | 23 | 30 | 38 | 47 | 56 | 4.5—5 | | 44 | 38 | 34 | 30 | 27 | 24 | 22 |
| 11 | 15 | 19 | 23 | 28 | 34 | 39 | 1.5—2 | | 50 | 43 | 38 | 34 | 31 | 28 | 26 |
| 13 | 17 | 22 | 28 | 36 | 42 | 49 | 3—4 | + 10⁰ | 46 | 40 | 35 | 31 | 28 | 25 | 23 |
| 16 | 21 | 26 | 35 | 44 | 52 | 61 | 4.5—5 | | 41 | 36 | 32 | 28 | 25 | 23 | 21 |
| 13 | 17 | 22 | 26 | 31 | 37 | 43 | 1.5—2 | | 46 | 40 | 35 | 32 | 29 | 27 | 25 |
| 15 | 19 | 25 | 32 | 40 | 46 | 53 | 3—4 | + 15⁰ | 43 | 38 | 33 | 29 | 26 | 24 | 22 |
| 18 | 24 | 31 | 40 | 49 | 58 | 67 | 4.5—5 | | 39 | 34 | 30 | 26 | 24 | 22 | 20 |
| 15 | 20 | 26 | 30 | 35 | 42 | 48 | 1.5—2 | | 43 | 37 | 32 | 30 | 28 | 25 | 24 |
| 18 | 22 | 30 | 37 | 44 | 51 | 58 | 3—4 | + 20⁰ | 39 | 35 | 30 | 27 | 25 | 23 | 22 |
| 21 | 28 | 36 | 45 | 54 | 63 | 72 | 4.5—5 | | 36 | 31 | 28 | 25 | 23 | 21 | 19 |
| 18 | 23 | 29 | 34 | 40 | 46 | 53 | 1.5—2 | | 39 | 34 | 30 | 28 | 26 | 24 | 23 |
| 21 | 27 | 34 | 41 | 48 | 56 | 63 | 3—4 | + 25⁰ | 36 | 32 | 28 | 26 | 24 | 22 | 21 |
| 25 | 33 | 41 | 50 | 59 | 69 | 78 | 4.5—5 | | 33 | 29 | 26 | 23 | 22 | 20 | 19 |
| 21 | 26 | 32 | 38 | 44 | 51 | 58 | 1.5—2 | | 36 | 32 | 29 | 27 | 25 | 23 | 22 |
| 26 | 32 | 39 | 46 | 53 | 61 | 69 | 3—4 | + 30⁰ | 32 | 29 | 27 | 24 | 23 | 21 | 20 |
| 31 | 38 | 46 | 55 | 64 | 74 | 84 | 4.5—5 | | 30 | 27 | 24 | 22 | 20 | 19 | 18 |

## II. Tableau pour portées anormales de 50—100 m.

| Flèche en centimètres — Portée en mètres 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | Diamètre du fil | Température C. | Nombre des périodes (vibrations doubles) en 30 secondes — Portée en mètres 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 26 | 36 | 47 | 58 | 72 | 87 | 1,5—2 | | 65 | 55 | 48 | 44 | 39 | 35 |
| 34 | 46 | 59 | 73 | 88 | 104 | 3—4 | — 10⁰ | 57 | 49 | 43 | 39 | 35 | 32 |
| 42 | 55 | 70 | 86 | 103 | 120 | 4,5—5 | | 51 | 45 | 39 | 36 | 32 | 30 |
| 29 | 39 | 52 | 66 | 80 | 95 | 1,5—2 | | 61 | 53 | 46 | 41 | 37 | 34 |
| 38 | 51 | 65 | 80 | 96 | 113 | 3—4 | — 5⁰ | 54 | 46 | 41 | 37 | 34 | 31 |
| 45 | 59 | 74 | 90 | 107 | 125 | 4,5—5 | | 49 | 43 | 38 | 35 | 32 | 30 |
| 33 | 45 | 58 | 72 | 88 | 104 | 1,5—2 | | 57 | 49 | 43 | 39 | 36 | 32 |
| 42 | 55 | 70 | 86 | 103 | 120 | 3—4 | 0⁰ | 51 | 45 | 39 | 36 | 32 | 30 |
| 51 | 66 | 81 | 98 | 106 | 135 | 4,5—5 | | 46 | 41 | 37 | 33 | 31 | 29 |
| 36 | 48 | 62 | 77 | 93 | 109 | 1,5—2 | | 55 | 48 | 42 | 37 | 34 | 31 |
| 45 | 59 | 74 | 90 | 107 | 125 | 3—4 | + 5⁰ | 49 | 43 | 38 | 35 | 32 | 30 |
| 56 | 71 | 88 | 106 | 124 | 143 | 4,5—5 | | 44 | 39 | 35 | 32 | 30 | 28 |
| 39 | 52 | 67 | 82 | 98 | 115 | 1,5—2 | | 53 | 46 | 40 | 36 | 33 | 31 |
| 49 | 63 | 78 | 95 | 113 | 131 | 3—4 | + 10⁰ | 47 | 42 | 37 | 33 | 31 | 29 |
| 61 | 77 | 94 | 113 | 132 | 151 | 4,5—5 | | 42 | 38 | 34 | 31 | 29 | 27 |
| 43 | 57 | 72 | 88 | 105 | 122 | 1,5—2 | | 50 | 44 | 39 | 36 | 32 | 30 |
| 53 | 68 | 84 | 102 | 119 | 136 | 3—4 | + 15⁰ | 45 | 40 | 36 | 33 | 30 | 28 |
| 67 | 84 | 102 | 121 | 140 | 160 | 4,5—5 | | 40 | 36 | 33 | 30 | 28 | 26 |
| 48 | 63 | 78 | 96 | 113 | 131 | 1,5—2 | | 48 | 42 | 37 | 34 | 31 | 29 |
| 58 | 74 | 91 | 108 | 127 | 146 | 3—4 | + 20⁰ | 43 | 38 | 35 | 32 | 29 | 28 |
| 72 | 89 | 108 | 128 | 148 | 168 | 4,5—5 | | 39 | 35 | 32 | 29 | 27 | 26 |
| 53 | 68 | 84 | 101 | 119 | 137 | 1,5—2 | | 45 | 40 | 36 | 33 | 30 | 28 |
| 63 | 80 | 98 | 116 | 135 | 155 | 3—4 | + 25⁰ | 42 | 37 | 33 | 31 | 29 | 27 |
| 78 | 97 | 116 | 136 | 157 | 178 | 4,5—5 | | 37 | 33 | 31 | 28 | 27 | 26 |
| 58 | 74 | 91 | 108 | 127 | 146 | 1,5—2 | | 22 | 38 | 35 | 32 | 30 | 28 |
| 69 | 87 | 105 | 124 | 143 | 163 | 3—4 | + 30⁰ | 20 | 35 | 32 | 30 | 28 | 26 |
| 84 | 104 | 125 | 146 | 167 | 189 | 4,5—5 | | 18 | 32 | 30 | 27 | 26 | 24 |

Le réglage se fait beaucoup plus rapidement au moyen de la méthode exposée qu'avec le dynamomètre ou la latte.