Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 29 (1938)

Heft: 20

Rubrik: Communications ASE

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: 22.08.2025

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

Technische Mitteilungen. — Communications de nature technique.

L'éclairage au sodium à Neuchâtel.

628.971.7 : 725.862

Le Service de l'Electricité de Neuchâtel vient de mettre en fonction le second tronçon d'éclairage public de la route de St-Blaise, partant du Crêt jusqu'au Bas du Mail, au moyen de nouvelles lampes à vapeur de sodium SO 400.

Le premier tronçon, Bas du Mail-limite du territoire de Neuchâtel, a été mis en service ce printemps.

La longueur de la route ainsi éclairée au moyen de ces nouvelles lampes est d'environ trois kilomètres et le nombre des lampes d'une centaine.

Le flux lumineux est, comme on le sait, quatre fois plus grand qu'avec les anciennes lampes (à incandescence) sans consommer davantage d'énergie. La lumière jaunâtre qu'elles dégagent est très agréable.

Placées à une distance de 25 à 30 mètres sur les poteaux de tramways, elles assurent un éclairage moderne qui est appliqué de plus en plus pour les routes de grande circulation donnant accès aux localités d'une certaine importance.

L. Martenet.

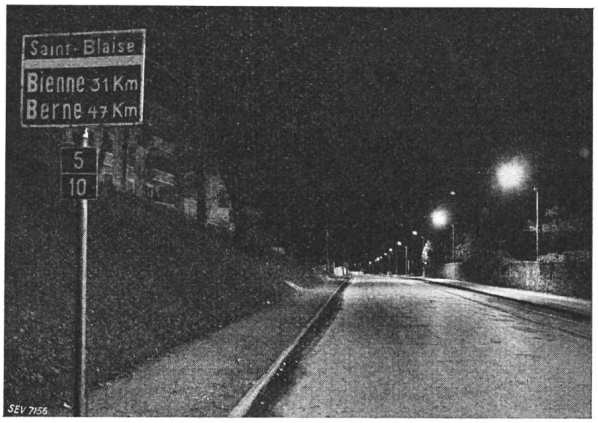


Fig. 2.
Neuchâtel: Eclairage de la route de Saint-Blaise au moyen de lampes au sodium.

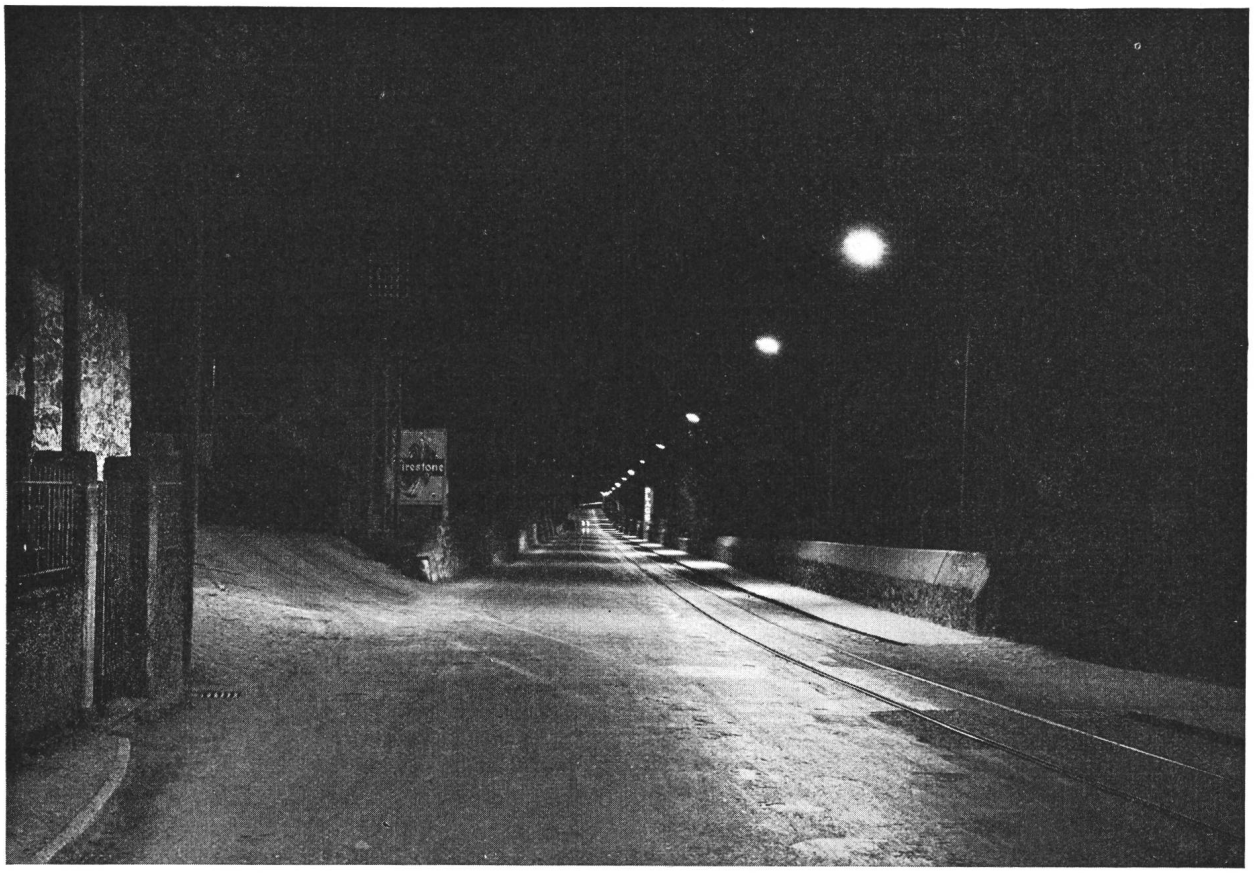


Fig. 1.
Neuchâtel: Eclairage de la route de Saint-Blaise au moyen de lampes au sodium.

Hochfrequenztechnik und Radiowesen — Haute fréquence et radiocommunications

Oscillations de Relaxation.

Par *J. J. Muller*, Zurich.

538.551.25

1° Introduction.

De nombreux phénomènes vibratoires ne se justifient que par l'étude d'équations différentielles non linéaires.

C'est par exemple le cas en mécanique pour les mouvements d'un balancier de montre ou d'une bielle de locomotive. Dans le domaine des oscillations électriques de haute fréquence les relations non linéaires entre courant et tension expliquent la plupart des phénomènes fondamentaux: limitation de l'amplitude d'une oscillation spontanée, redressage de courants, combinaison de fréquences, synchronisation, oscillations de relaxation. On peut dire que l'oscillation sinusoïdale harmonique issue de systèmes «linéaires» constitue une véritable exception. La tendance générale est aujourd'hui de rassembler sous le nom d'oscillations de rela-

xation toutes les vibrations liées à l'existence d'une relation non linéaire. Deux propriétés importantes caractérisent de telles oscillations:

a) Leur fréquence dépend de l'amplitude.

b) Elles sont susceptibles de synchronisation avec une oscillation étrangère.

Nous allons indiquer ici quelques méthodes analytiques et géométriques récentes qui permettent de rendre compte de ces propriétés.

2° Equation différentielle.

L'équation différentielle à considérer dépend naturellement beaucoup du montage. Mais une étude de principe peut se contenter d'un système simple qui présente les caractères essentiels d'un oscillateur à relaxation. La triode en montage réactif (fig. 1) satisfait a ces conditions.

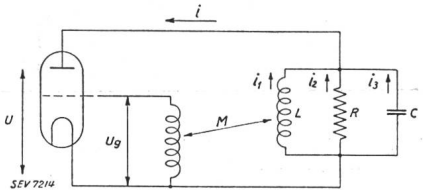


Fig. 1.

Soit donc $I = F(U_{st})$ la caractéristique du tube (fig. 2), I étant le courant de plaque et U_{st} la tension directrice. Si la tension directrice continue prend la valeur U_{sto}, le courant de plaque continu sera I_0 et l'oscillation s'effectuera autour

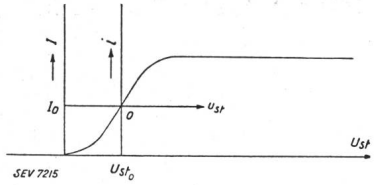


Fig. 2.

du point 0 que l'on peut prendre pour origine. Alors la courbe $i = \varphi\ (U_{st})$ (fig. 3) représentera le courant alternatif de plaque i en fonction de la tension directrice alternative u_{st}.

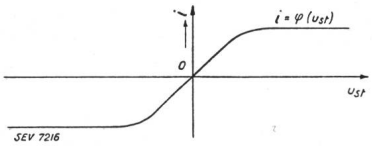


Fig. 3.

Si u_g et u désignent les tensions alternatives de grille et de plaque on aura avec les notations de la figure 1:

$$-u = L\,\frac{di_1}{dt}; \qquad -u = R\,i_2; \qquad -\frac{du}{dt} = \frac{i_3}{c}$$

$$u_g = -M \cdot \frac{di_1}{dt} = \frac{M}{L} \cdot u$$

La tension directrice sera $u_{st} = u_g + D\,u = \left(\frac{M}{L} + D\right) u$ et l'équation différentielle s'obtiendra en écrivant que

$$\frac{di_1}{dt} + \frac{di_2}{dt} + \frac{di_3}{dt} = \frac{di}{dt}$$

avec $$i = \varphi\left[\left(\frac{M}{L} + D\right) u\right]$$

soit $$C\,\frac{d^2 u}{dt^2} + \frac{1}{R} \cdot \frac{du}{dt} + \frac{u}{L} = -\frac{di}{dt}$$

A l'instant où le mouvement oscillatoire prend naissance u est petit et la caractéristique $i = \varphi\ (u_{st})$ se confond avec sa tangente de pente S. L'équation différentielle devient

$$C\,\frac{d^2 u}{dt^2} + \left[\frac{1}{R} + S\left(\frac{M}{L} + D\right)\right]\frac{du}{dt} + \frac{u}{L} = 0$$

On sait que l'amplitude de u croît avec le temps si le coefficient de $\frac{du}{dt}$ est négatif. Donc une condition nécessaire à l'apparition d'une oscillation est que

$$\frac{M}{L} + D < 0$$

La courbe donnant i en fonction de U, soit $i = \Psi\ (u)$ se déduit donc de la courbe $i = \varphi\ (u_{st})$ (fig. 3) en changeant le signe et l'échelle des abscisses: Elle a l'allure indiquée par la figure 4.

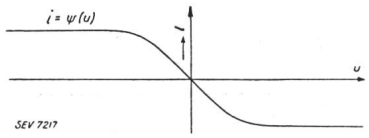


Fig. 4.

et l'équation différentielle devient

$$\frac{d^2 u}{dt^2} + \frac{d}{dt}\,f(u) + \omega_1^2\,u = 0$$

en posant

$$\omega_1^2 = \frac{1}{LC} \quad \text{et} \quad f(u) = \frac{u}{CR} + \frac{\psi(u)}{C}$$

La courbe f (u) est représentée à la fig. 5.

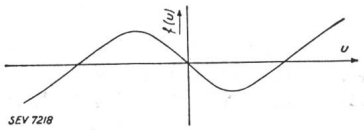


Fig. 5.

On est donc amené à considérer une équation de la forme

$$\frac{d^2 v}{dt^2} + \frac{d}{dt}\,f(v) + \omega_1^2\,v = 0 \qquad (1)$$

ou

$$\frac{d^2 v}{dt^2} + \frac{d\,f(v)}{dv}\,\frac{dv}{dt} + \omega_1^2\,v = 0 \qquad (2)$$

C'est l'équation que l'on considère le plus souvent pour les études de principe, v désignant en général soit un courant, soit une tension. Si $\frac{d\,f(v)}{dv}$ était constant on aurait affaire à l'équation ordinaire d'un mouvement vibratoire amorti. Mais ici l'amortissement $\frac{d\,f(v)}{dv}$ est fonction de v, négatif pour les petites valeurs de $|v|$, positif pour les grandes valeurs de $|v|$. C'est cette circonstance qui détermine les caractères fondamentaux de l'oscillateur.

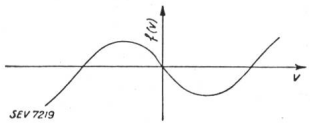


Fig. 6.

Pour donner de (1) une solution analytique exacte on est obligé de remplacer la courbe expérimentale f (v) par une fonction analytique. La courbe algébrique la plus simple ayant le caractère de la fig. 5 est du 3e degré:

$$f(v) = \varepsilon\left(\frac{v^3}{3} - v\right)$$

C'est la caractéristique de Van der Pol [1]). L'équation, malgré cette simplification considérable, ne peut s'intégrer que graphiquement. En outre la caractéristique de Van der Pol présente l'allure parabolique pour les grandes valeurs de $|v|$ alors que la caractéristique réelle f (v) est d'allure linéaire pour ces valeurs.

3° Solution de Y. Rocard.

Grâce à une simplification très habile Y. Rocard [2]) donne une solution analytique exacte du problème. Il propose d'adopter une caractéristique discontinue composée de deux demi-droites (fig. 7).

[1]) Balth Van der Pol. Ueber Relaxationsschwingungen. Zeitschrift für Hochfrequenztechnik Band 28, H. 6, S. 178.

[2]) Y. Rocard. Relaxation, synchronisation et démultiplication de fréquence. L'Onde Electrique Vol. XVI, Juillet 1937.

Cette courbe présente bien les deux extrema désirés, et l'allure linéaire pour les grandes valeurs de $|v|$. L'approximation ainsi réalisée consiste à admettre pour la courbe $I = F(U_{st})$ (fig. 2) une pente infinie.

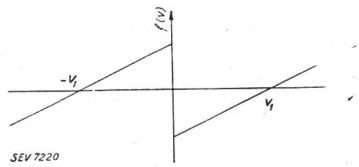


Fig. 7.

a) *Période, amplitude.* L'équation de la caractéristique est

$$f(v) = \begin{cases} 2\alpha v + 2\alpha v_1 \text{ pour } v < 0 \\ 2\alpha v - 2\alpha v_1 \text{ pour } v > 0 \end{cases}$$

l'équation différentielle pour $v \neq 0$ est

$$\frac{d^2 v}{dt^2} + 2\alpha \frac{dv}{dt} + \omega_1^2 v = 0$$

Le point $v = 0$ demande un examen particulier. Supposons qu'on ait $v = 0$ pour $t = t_0$. Multiplions l'équation (1) par dt, et intégrons l'expression ainsi obtenue entre deux valeurs $t_0 - \varepsilon$, $t_0 + \varepsilon$ pour lesquelles v passe de -0 à $+0$.

$$\left(\frac{dv}{dt}\right)_{+0} - \left(\frac{dv}{dt}\right)_{-0} + f(v)_{+0} - f(v)_{-0} + \int_{t_0-\varepsilon}^{t_0+\varepsilon} \omega_1^2 v\, dt = 0$$

Or on cherche une solution v continue et stationnaire. L'intégrale tend donc vers 0, lorsque $\varepsilon \to 0$, et il reste

$$\left(\frac{dv}{dt}\right)_{+0} - \left(\frac{dv}{dt}\right)_{-0} = 4\alpha v_1$$

Ainsi quand v passe de -0 à $+0$, $\frac{dv}{dt}$ subit une variation brusque de $+4\alpha v_1$. Ceci posé on peut écrire la solution complète.

Dans un intervalle où v garde un signe constant elle est de la forme

$$v = A e^{-\alpha t} \sin \sqrt{\omega_1^2 - \alpha^2}\, t$$

en fixant d'emblée l'une des deux constantes d'intégration par la condition $t = 0$, $v = 0$. S'il existe une solution permanente le temps qui sépare deux zéros consécutifs de v est égal à une demi-période

$$\frac{T}{2} = \frac{\pi}{\sqrt{\omega_1^2 - \alpha^2}}$$

et $\frac{dv}{dt}$, pente de la tangente, reprend même valeur absolue au début de chaque demi-période

$$\left|\left(\frac{dv}{dt}\right)_0\right| = \left|\left(\frac{dv}{dt}\right)_{\frac{T}{2}}\right| + \left|4\alpha v_1\right|$$

Cette relation fixe la constante A.

$$A = \frac{4\alpha v_1}{\sqrt{\omega_1^2 - \alpha^2}\left(1 - e^{-\alpha \frac{\pi}{\sqrt{\omega_1^2 - \alpha^2}}}\right)}$$

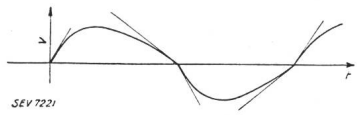


Fig. 8.

La solution se compose donc d'une suite de sinusoïdes amorties (fig. 8). Chaque fois que v passe par la valeur 0, la pente de la tangente reprend soudain la valeur qu'elle aurait si le système était dépourvu de frottement. En termes de mécanique la discontinuité de la caractéristique correspond à un choc qui rétablit la vitesse initiale. Le maximum de v, amplitude de l'oscillation, se déduit de A en écrivant $\frac{dv}{dt} = 0$

$$v_m = A \sqrt{1 - \frac{\alpha^2}{\omega_1^2}}\; e^{\frac{-\arcsin \sqrt{1 - \frac{\alpha^2}{\omega_1^2}}}{\sqrt{\frac{\omega_1^2}{\alpha^2} - 1}}}$$

Il dépend de la fréquence $\sqrt{\omega_1^2 - \alpha^2}$. L'oscillateur considéré possède donc bien le premier caractère de l'oscillateur à relaxation. Le second, faculté de synchronisation, se retrouve également, ainsi qu'on va le voir.

b) *Synchronisation.* Supposons qu'on induise dans le circuit plaque de la triode (fig. 7) une tension oscillante de pulsation ω voisine de $\sqrt{\omega_1^2 - \alpha^2}$. L'équation différentielle donnant la tension de plaque sera

$$v'' + 2\alpha v' + \omega_1^2 v = \lambda \sin(\omega t + \Psi)$$

valable pour $v \neq 0$.

Lorsque v passe par 0, tout comme dans a), la dérivée v' effectue un saut de $+4\alpha v_1$ si v passe de $-$ à $+$. Entre deux zéros successifs de v la solution est

$$v = A e^{-\alpha t} \sin(\sqrt{\omega_1^2 - \alpha^2}\, t + \varphi) + B \sin(\omega t + \psi_0) \quad (3)$$

avec $$\operatorname{tg}(\psi_0 - \psi) = -\frac{2\alpha\omega}{\omega_1^2 - \omega^2}$$

et $$B = \frac{\lambda}{\sqrt{(\omega_1^2 - \omega^2)^2 + 4\alpha^2\omega^2}}$$

Rocard cherche s'il existe une solution de période ω, c'est-à-dire si l'on peut synchroniser le générateur. Comme la solution v dépend de 3 paramètres, A, φ et Ψ_0, la synchronisation sera possible si l'on arrive à donner à ces 3 paramètres des valeurs réelles telles que v satisfasse aux conditions initiales.

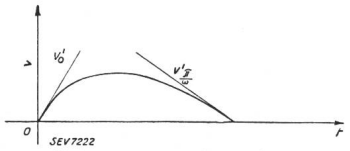


Fig. 9.

Trois conditions sont nécessaires pour déterminer A, φ, Ψ_0. Deux s'obtiennent en écrivant que $v = 0$ pour les instants $t = 0$, $t = \frac{\pi}{\omega}$. La troisième s'obtient en écrivant que la pente de la tangente $v'_{\frac{\pi}{\omega}}$ à l'instant $\frac{\pi}{\omega}$ est en valeur absolue inférieure de $4\alpha v_1$ à la pente v_0 à l'instant 0, soit avec les signes

$$v'_0 + v'_{\frac{\pi}{\omega}} = 4\alpha v_1$$

Ces trois conditions sont de la forme:

$$A \sin\varphi + B \sin\psi_0 = 0$$

$$A e^{-\alpha\frac{\pi}{\omega}} \sin\left(\sqrt{\omega_1^2 - \alpha^2}\,\frac{\pi}{\omega} + \varphi\right) - B \sin\psi_0 = 0$$

$$A\sqrt{\omega_1^2 - \alpha^2} \cos\varphi + A\sqrt{\omega_1^2 - \alpha^2}\, e^{-\alpha\frac{\pi}{\omega}} \cos\left(\sqrt{\omega_1^2 - \alpha^2}\,\frac{\pi}{\omega} + \varphi\right) = 4\alpha v_1$$

En éliminant A et φ on trouve

$$\lambda \sin\psi_0 = \frac{4\alpha v_1}{\sqrt{\omega_1^2 - \alpha^2}} \cdot \frac{e^{\alpha\frac{\pi}{\omega}} \sin\sqrt{\omega_1^2 - \alpha^2}\,\frac{\pi}{\omega}}{1 + e^{2\alpha\frac{\pi}{\omega}} + 2e^{\alpha\frac{\pi}{\omega}} \cos\sqrt{\omega_1^2 - \alpha^2}\,\frac{\pi}{\omega}} \cdot \sqrt{(\omega_1^2 - \omega^2)^2 + 4\alpha^2\omega^2} = \lambda_{cr}$$

Cette équation contient toutes les conditions de synchronisation. On voit en particulier que si ω est donné le second membre prend une valeur λ_{cr} bien déterminée. Comme

$$|\sin \psi_0| \leq 1$$

pour un écart de fréquence donné la synchronisation a lieu, pourvu que λ soit supérieur à λ_{cr}. Ainsi pour chaque écart de fréquence l'amplitude λ de l'onde imposée ne saurait descendre au-dessous d'une valeur critique λ_{cr} si l'on veut que la synchronisation ait lieu.

Ce calcul répond donc à une question pratique importante: étant donné un certain écart entre la fréquence propre et la fréquence de synchronisation, quelle est la tension de synchronisation nécessaire pour que l'accrochage ait lieu?

Rocard propose de définir tout oscillateur par son taux d'harmoniques, quantité que l'on peut déduire de sa caractéristique. Pour l'oscillateur simplifié considéré, ce taux est $\tau = 0{,}235 \frac{\alpha}{\omega}$. Si l'on convient de considérer comme doués de mêmes propriétés deux oscillateurs comportant le même taux d'harmoniques, on peut par un choix convenable du paramètre α ramener la synchronisation d'un oscillateur quelconque de taux d'harmonique τ à celle du modèle simplifié. D'où une formule de synchronisation

$$\lambda \geq \frac{10{,}8\ \omega_1^2\ \tau \left(\frac{\Delta\omega}{\omega}\right)}{\sqrt{\left(\frac{\Delta\omega}{\omega}\right)^2 + 18\ \tau^2}}\ v_1$$

$\Delta\omega$ étant l'écart des fréquences.

c) *Démultiplication de fréquence.* Dans le cas où la fréquence étrangère ω est voisine d'un multiple n de la fréquence propre $\sqrt{\omega_1^2 - \alpha^2}$, un calcul analogue permet de donner une formule très semblable pour λ_{cr}. Le résultat pratique est identique: pour un écart de fréquence donné il existe

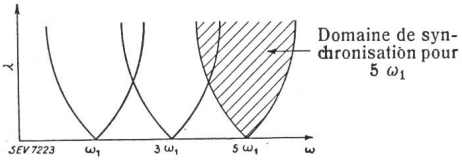


Fig. 10.

pour la tension de synchronisation une amplitude au-dessous de laquelle l'accrochage n'est plus possible. En outre dans l'oscillateur particulier considéré seules les harmoniques impaires sont susceptibles de synchronisation. On peut représenter les tensions critiques en un diagramme où l'amplitude limite est portée en fonction de l'écart de fréquence (fig. 10).

Méthodes graphiques.

a) *Méthode de Meissner.* Les solutions analytiques présentent un grand intérêt théorique. Mais les simplifications qu'elles nécessitent les rendent mal utilisables en pratique. C'est pourquoi les méthodes graphiques ont pris une certaine importance.

L'équation (1) est une forme particulière des équations non linéaires de Meissner [3]) pour lesquelles il existe une méthode d'intégration générale. Le procédé est le suivant. On pose $\omega_1 t = \Theta$. L'équation devient

$$\frac{d^2 v}{d\Theta^2} + v = -\frac{d}{d\Theta}\ f_1(v)$$

avec

$$f_1(v) = \frac{1}{\omega_1}\ f(v)$$

On considère v et Θ comme les coordonnées polaires d'un point P. Alors l'enveloppe C_1 de la perpendiculaire Δ à OP en P (fig. 11) a pour rayon de courbure $P_2 P_1 = v'' + v$, et la dérivée v' est égale à $P P_1$

A l'équation (4) se trouve adjointe une courbe C_1 antipodaire de la courbe intégrale par rapport à 0. L'étude de l'antipodaire C_1 renseigne parfaitement sur l'allure du phénomène vibratoire. Et l'on sait construire C_1 : A partir des conditions initiales $OP = v_0$, $PP_1 = v'_0$ on calcule le rayon de courbure en P_1, soit $-\frac{1}{\omega_1}\frac{d f(v)}{d\Theta}$. On trace un petit arc de cercle $P_1 P_1'$, obtient un nouveau point P', à partir duquel on calcule un nouveau rayon de courbure. La même méthode s'étend en principe au cas où le système est soumis à l'action d'une tension de synchronisation: L'équation devient

$$\frac{d^2 v}{d\Theta^2} + v = C \cos \mu\Theta - \frac{1}{\omega_1}\ \frac{d}{d\Theta}\ f(v)$$

et le rayon de courbure de l'antipodaire est encore connu en chaque point.

L'inconvénient de cette solution graphique est qu'elle ne permet pas de prévoir l'influence des conditions initiales. En particulier elle ne permet pas de dire a priori s'il existe des solutions stationnaires. En revanche elle s'adapte très bien à l'étude des discontinuités du genre de celle qu'envisage Rocard.

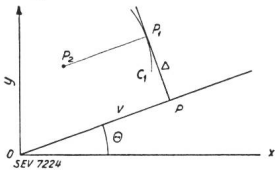


Fig. 11.

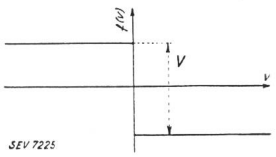


Fig. 12.

b) *Balancier de montre.* Considérons par exemple la caractéristique f (v) ci contre (fig. 12). Elle comporte deux horizontales et une discontinuité. C'est un cas particulier de l'équation de Rocard. Remplaçons l'amortissement proportionnel à v' par une tension ou une force e constante et de signe opposé à celui de v'.

Alors l'équation différentielle sera

$$v'' + v = \begin{cases} -e \text{ pour } v' > 0 \\ +e \text{ pour } v' < 0 \end{cases}$$

valable si $v \neq 0$. Lorsque v passe de -0 à $+0$ v' augmente brusquement de V.

Dans les intervalles où v et v' gardent leur signe, les courbes antipodaires sont des arcs de cercles de rayon e. Partons par exemple d'un point A où $v_0 = 0$, c'est-à-dire où la tangente à l'antipodaire passe par 0, et où $v_0' = 0A_1$ est donné. L'antipodaire comprend d'abord l'arc de cercle A_1A_2 limité au point A_2 où sa normale passe par 0 (fig. 13). En A_2 v' change de signe, le rayon de courbure également, d'où un arc A_2A_3 limité au point A_3 où la tangente passe par 0. En A_3 v change de signe, et v' exécute un saut $A_3A_4 = V$. On s'assure facilement que dans la demi-période suivante un cycle analogue se reproduit à partir de A_4. Pour qu'on ait une oscillation permanente il faut et il suffit que $OA_1 = OA_4$. La pulsation de l'oscillation est alors déterminée, soit

$$2\pi + 2 \text{ angle } A_1\, 0\, A_4$$

et la condition initiale v_0' se déduit de e et V par un raisonnement géométrique simple:

$$v'^2_0 + 4\,e^2 - 4\,e\sqrt{v'^2_0 + e^2} = (v'_0 - V)^2$$

Le problème traité est bien celui d'un balancier de montre. En effet le frottement de glissement est indépendant de la vitesse. C'est bien le cas de e. Et la variation brusque de v' signifie variation de la quantité de mouvement, c'est-à-dire impulsion, choc.

Cet exemple nous conduit à examiner le cas de n discontinuités, de n chocs, que la méthode des antipodaires permet de traiter facilement.

c) *Méthode des chocs multiples.* Ecrivons l'équation sous la forme

$$v'' + v = -\frac{d}{d\Theta}\ f_1(v) = F(\Theta)$$

ce qui est permis puisque v est une fonction de Θ, inconnue il est vrai. Si l'on considère v comme l'abscisse d'un point

[3]) Meissner. Graphische Analysis vermittelst des Linienbildes einer Funktion. Verlag der SBZ 1932.

matériel de masse 1 et F (Θ) comme une force agissant sur ce point, on peut appliquer la remarque de Ziegler[4]) et

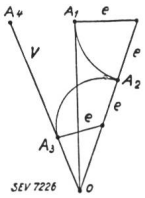


Fig. 13.

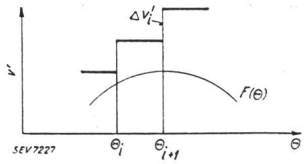


Fig. 14.

remplacer l'action de la force F continue par une suite de chocs répartis aux points Θ_i, Θ_{i+1}. Chacun de ces chocs entraîne pour v', quantité de mouvement, une variation

$$\Delta v'_i = v'_{\theta i+1} - v'_{\theta i} = \int_{\theta_i}^{\theta_{i+1}} F(\Theta)\, d\,\Theta$$

A chaque Θ_i correspond un v_i et l'on a

$$\int_{\theta_i}^{\theta_{i+1}} F(\Theta\ d\,\Theta = f(v_{i+1}) - f(v_i)$$

la variation de v' est égale à la variationn de f (v).

Cela revient à remplacer f (v) par une courbe en escalier. Sur chaque palier la force est nulle, chaque discontinuité correspond à un choc. L'antipodaire sera formée d'une suite alternée de points [correspondant à f (v) constant] et de droites de longueur $\Delta v'_i$ correspondant aux discontinuités de f (v). En prenant les v_i suffisamment serrés on peut atteindre l'approximation que l'on veut. Cette méthode est en somme une extension de l'approximation de Rocard au cas d'une suite infinie de discontinuités.

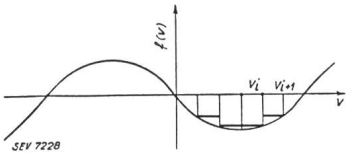


Fig. 15.

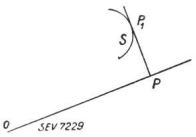


Fig. 16.

d) *Intégraphe.* Les intégrations par la méthode de Meissner deviennent pénibles dès qu'il s'agit de parcourir plusieurs périodes avant d'atteindre une solution stationnaire. Il est donc utile de chercher à construire un intégraphe capable de tracer ces courbes. La remarque suivante conduit à un appareil simple pour l'équation

$$\frac{d^2 v}{d\,\Theta^2} + \frac{d}{d\,\Theta}\ f_1(v) + v = 0$$

Le rayon de courbure de l'antipodaire dont l'expression est $\frac{d^2 v}{d\Theta^2} + v$ a par ailleurs aussi la valeur $\frac{ds}{d\Theta}$ si s désigne la longueur de l'arc de l'antipodaire (fig. 16).

L'équation précédente donne alors

$$\frac{ds}{d\,\Theta} = -\frac{d}{d\,\Theta}\ f_1(v)$$

c'est-à-dire

$$s - s_0 = -f_1(v)$$

La longueur de l'arc de l'antipodaire est donc au signe près égale à la fonction caractéristique $f_1(v)$. De là le principe de l'appareil ci-contre (fig. 17). Un plan Ox, Oy, mobile autour de 0, porte une courbe $f_1(v)$ matérialisée. Cette courbe peut exécuter une translation parallèle à Oy_1.

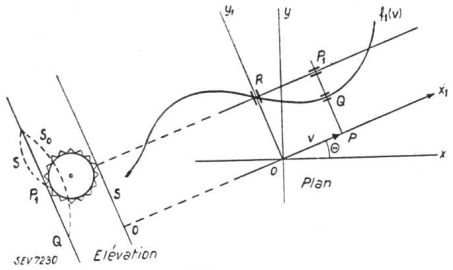


Fig. 17.

Une perpendiculaire à Oy_1 en R porte une roulette P_1 qui engrène avec une tige filetée P_1Q dont un point Q est astreint à décrire la courbe $f_1(v)$. On a $s_0 - s = P_1Q$. Lorsque Ox_1 tourne autour de 0, P_1 décrit l'antipodaire et P la courbe cherchée dans le plan fixe $Ox\,Oy$. Cet appareil permet par exemple d'intégrer les équations de Van der Pol pour toutes les valeurs de l'amortissement ε. Mais sa principale qualité est de s'adapter à des courbes f (v) absolument quelconques telles que les fournit l'expérience.

Résumé.

La méthode des caractéristiques discontinues est étudiée dans ses formes analytiques et géométriques. La méthode de Rocard donne une solution rigoureuse pour le cas d'une seule discontinuité. Celle de Meissner permet de résoudre le cas de n discontinuités. Un intégraphe dont nous indiquons ici le principe permet de donner le tracé exact des solutions.

[4]) Ziegler, Dissertation, Zürich 1937.

Wirtschaftliche Mitteilungen. — Communications de nature économique.

Entzug der Konzession für Installateure.

347 : 621.3

Das Elektrizitätswerk einer Gemeinde entzog einem Installateur die Bewilligung für die Erstellung und Reparatur von elektrischen Hausinstallationen, weil er Drahtstücke zusammengelötet und in Rohren für Hausinstallationen verwendet hatte. Der Installateur hielt sich nicht an diese Verfügung, sondern installierte weiter im Versorgungsgebiet, trotz wiederholter Zuschriften des Werkes. Darnach entzog ihm das Gemeindewerk die Bewilligung («Konzession») und veröffentlichte den Entzug in einer Tageszeitung und wies die Energiebezüger an, sich an die «konzessionierten» Installateure zu halten. Der erwähnte Installateur bestritt dem Werk das Recht, ihm die Bewilligung zu entziehen und betrachtete sich durch die Veröffentlichung dieser Massnahme als geschädigt. Er klagte auf Schadenersatz von 5000 Fr. Alle Instanzen wiesen aber den Kläger ab. Von besonderem Interesse sind die Gründe, von denen sich das Bundesgericht bei seinem Entscheid leiten liess. Da dieses Urteil nicht veröffentlicht wurde und man anderseits oft irrigen Auffassungen über die Kompetenzen des kontrollpflichtigen Werkes begegnet, so teilen wir hier aus den Erwägungen folgendes mit.

Es ist davon auszugehen, dass der Kläger einen Anspruch auf Erteilung und Aufrechterhaltung der Konzession nur unter der Voraussetzung hat, dass er für die Erfüllung aller sachlich gerechtfertigten Anforderungen für die Erteilung der Konzession genügend Sicherheit biete. Dies zu verlangen, muss dem Werk um so mehr eingeräumt werden, als es nicht nur als kommunale Unternehmung die Pflicht hat, auch die Interessen der Energiebezüger zu wahren, sondern auch weitgehende rechtliche Verantwortungen für die Verteilungsanlagen trägt (Art. 26 des Elektrizitätsgesetzes). Das Werk hat nun in einem Pflichtenheft (Konzessionsordnung) zusammengestellt, welche Anforderungen es an die Installationsfirmen stellt, die sich um die Konzession bewerben. Es wird darnach allgemein verlangt, dass die Installationen nach den Vorschriften des SEV ausgeführt werden. Diese legen in § 44 besonderes Gewicht darauf, dass die Anlagen so erstellt werden, dass keine feuergefährliche Erwärmung ein-

(Fortsetzung auf Seite 579.)

Extrait des rapports de gestion des centrales suisses d'électricité.

(Ces aperçus sont publiés en groupes de quatre au fur et à mesure de la parution des rapports de gestion et ne sont pas destinés à des comparaisons.)

On peut s'abonner à des tirages à part de cette page.

		Elektrizitätswerk Basel		Services Industriels de la Ville de Lausanne		Elektrizitätswerk der Stadt Aarau		Officina Elettrica della Città di Lugano	
		1937	1936	1937	1936	1937	1936	1937	1936
1. Production d'énergie	kWh	**146 766 700**	150 179 200	**66 269 700**	61 817 900	**51 164 825**	48 472 000	**39 163 670**	39 697 940
2. Achat d'énergie	kWh	**68 901 974**	60 053 491	**13 645 400**	7 990 900	**30 220**	0	**5 090 100**	2 871 300
3. Energie distribuée	kWh	**192 211 604**	183 929 950	**77 885 600**	66 957 600	**51 195 045**	48 472 000	**44 253 770**	42 569 240
4. Par rapp. à l'ex. préc.	%	**+ 4,5**	+ 1,1	**+ 16,32**	+ 18,74	**+ 5,6**	+ 4,4	**+ 3,9**	— 6,8
5. Dont énergie à prix de déchet	kWh	**7 907 240**	8 866 000	**23 232 000**	17 308 000	**?**	?	**0**	0
11. Charge maximum	kW	**34 100**	33 800	**16 500**	15 000	**9 980**	9 990	**11 500**	10 500
12. Puissance installée totale	kW	**184 467**	177 577	**76 439**	70 527	**58 820**	56 202	**31 904**	29 245
13. Lampes	nombre	**773 216**	758 630	**529 784**	513 874	**125 105**	122 431	**181 520**	170 771
	kW	**33 896**	33 248	**10 595**	25 694	**4 973**	4 850	**12 202**[3]	11 520[3]
14. Cuisinières	nombre	**860**	742	**951**	707	**1 908**	1 787	**868**	654
	kW	**6 362**	5 517	**6 747**	5 400	**10 278**	9 433	**3 822**	3 500
15. Chauffe-eau	nombre	**20 391**	19 952	**3 742**	3 468	**2 550**	2 409	**2 010**	1 776
	kW	**36 059**	35 200	**14 996**	8 609	**8 944**	8 499	**3 375**	2 777
16. Moteurs industriels	nombre	**23 595**	22 451	**9 309**	8 780	**6 030**	5 681	**3 220**	2 773
	kW	**75 481**	72 978	**14 592**	13 883	**13 315**	12 579	**7 265**	6 258
21. Nombre d'abonnements		**99 551**	98 236	**44 387**	42 722	**18 790**	18 483	**15 750**	?
22. Recette moyenne par kWh	cts.	**6,25**	6,7	**6,57**	7,15	**3,87**	4,01	**6,19**	6,24
Du bilan:									
31. Capital social	fr.	—	—	—	—	—	—	—	—
32. Emprunts à terme	»	—	—	—	—	—	—	**1 970 000**	1 970 000
33. Fortune coopérative	»	—	—	—	—	—	—	—	—
34. Capital de dotation	»	**4 296 883**	6 011 554	**11 808 370**	12 296 294	**4 405 000**	4 794 000	—	—
35. Valeur comptable des inst.	»	**6 540 000**	7 820 000	**11 808 370**	12 296 294	**8 329 545**	8 596 226	**2 886 401**	2 627 398
36. Portefeuille et participat.	»	**4 100 001**	4 200 001	**3 800 000**	3 730 000	**3 380 000**	3 230 000	—	—
37. Fonds de renouvellement	»	**10 012 914**	8 923 776	**1 988 817**	1 863 161	**?**	?	—	—
Du Compte Profits et Pertes:									
41. Recettes d'exploitation	fr.	**12 418 405**	12 751 089	**6 338 683**	5 913 750	**1 982 737**	1 945 258	**2 732 623**	2 659 747
42. Revenu du portefeuille et des participations	»	**253 800**	253 800	—	—	**?**	?	—	—
43. Autres recettes	»	**441 970**	442 068	—	—	**29 237**	27 603	**67 497**	70 964
44. Intérêts débiteurs	»	**266 421**	450 269	**631 686**	662 481	**241 190**	262 028	**132 958**	137 412
45. Charges fiscales	»	**269 573**	269 401	**144 360**	140 660	**106 501**	102 824	**212 480**	201 764
46. Frais d'administration	»	**1 517 873**	1 540 896	**436 292**	421 189	**280 259**	269 432[1]	**193 943**	181 297
47. Frais d'exploitation	»	**1 886 756**	1 852 092	**1 924 269**	1 805 087	**307 321**	285 672[2]	**538 236**	584 835
48. Achats d'énergie	»	**1 273 757**	1 279 503	**571 380**	525 000	—	—	**280 691**	302 981
49. Amortissements et réserves	»	**2 670 222**	2 827 495	**1 425 058**	1 101 854	**800 000**	800 000	**441 825**	437 000
50. Dividende	»	—	—	—	—	—	—	—	—
51. En %	%	—	—	—	—	—	—	—	—
52. Versements aux caisses publiques	fr.	**5 229 573**	5 227 302	**1 205 638**	1 257 479	**325 000**	305 000	**868 764**	859 952
Investissements et amortissements:									
61. Investissements jusqu'à fin de l'exercice	fr.	**54 488 960**	54 300 276	**32 549 751**	31 845 586	**15 923 045**	15 714 561	**11 311 737**	10 978 076
62. Amortissements jusqu'à fin de l'exercice	»	**47 948 960**	46 480 276	**20 741 381**	19 549 291	**7 593 500**	7 213 500	**8 318 476**	8 199 438
63. Valeur comptable	»	**6 540 000**	7 820 000	**11 808 370**	12 296 295	**8 329 545**	8 501 061	**2 993 261**[4]	2 778 638[4]
64. Soit en % des investissements		**12,0**	14,4	**36,3**	38,6	**52,4**	54,09	**26**	25

[1]) Y compris les salaires du personnel d'exploitation.
[2]) Sans les salaires du personnel d'exploitation.
[3]) Y compris les petits appareils au compteur lumière.
[4]) Y compris les compteurs.

tritt. Nach einer Erklärung des Starkstrominspektorates ist die Verwendung von zusammengelötetem Draht in Isolierrohren feuergefährlich und widerspricht den Vorschriften des SEV. Nun hat die Vorinstanz (das kantonale Obergericht) verbindlich festgestellt, dass der Kläger in einer Reihe von Fällen zusammengelötete Drähte in Isolierrohren verwendete und dadurch nicht nur minderwertige Anlagen erstellte, sondern auch in unverantwortlicher Weise Feuergefahren schuf, so dass die Wegnahme der Installationen verfügt werden musste. Mit Recht bezeichnet die Vorinstanz solches Handeln als nicht nur reglementswidrig, sondern geradezu als *Vertrauensmissbrauch*. Die Entschuldigung des Klägers, es sei dies durch seine Angestellten ohne sein Wissen geschehen, ist offensichtlich wahrheitswidrig. Im übrigen vermöchte die Nichtkenntnis den Kläger *nicht* zu entschuldigen. Er ist verantwortlicher Werkmeister. Auch wenn er es nur an der nötigen Aufsicht fehlen liess und durch blosse Nachlässigkeit solche grobe Verstösse gegen die Vorschriften möglich machte, hat er bewiesen, dass er für richtige Ausführung keine Gewähr bietet. Es ist daher im Interesse des Werkes und seiner Energiebezüger sachlich gerechtfertigt, dass ihm die Bewilligung zur Ausführung von Installationen weiterhin nicht mehr belassen wird. Das Werk hat daher mit dem Entzug der Konzession *pflichtgemäss*, jedenfalls nicht rechtswidrig gehandelt.

Aber auch die *Veröffentlichung* des Entzuges war nach dem Verhalten des Klägers, der trotz dem Entzug und den wiederholten Warnungen im Versorgungsgebiet des Werkes immer wieder Anschlüsse ausführte, im Interesse der Energiebezüger *geboten* und daher nicht rechtswidrig. Daran ändert auch der Umstand nichts, dass der Entzug den Energiebezügern durch ein Zirkular hätte zur Kenntnis gebracht werden können, da auch Nichtabonnenten für den Fall ihres Anschlusses wissen mussten, welche Installationsfirmen die Anschlussbewilligung haben und welche nicht, was nur auf dem Wege der Veröffentlichung erreicht werden konnte. *Pf.*

Die Elektrizitätswirtschaft Norwegens im Jahre 1936.

31:621.311(481)

Der Mitteilung Nr. El. 18 des Norwegischen Amtes für Wasserkraft und Elektrizität entnehmen wir folgende allgemein interessierende Zahlen für das Jahr 1936 und das Vorjahr (siehe auch Bull. SEV 1937, Nr. 7, S. 155).

	1936	1935
Gesamteinwohnerzahl Norwegens .	2 894 000	2 884 300
davon in mit Elektrizität versorgten Gebieten	2 009 000	1 995 600
oder in %	69,6	69,1
A. *Oeffentliche Versorgung Kapital:*		
In der öffentlichen Versorgung investiertes Kapital . 10^6Kr.	1 121	1 111
wovon bis jetzt amortisiert . . . . . 10^6Kr.	427	375,7
Vom verbleibenden Buchwert entfallen		
auf Erzeugungsanlagen 10^6Kr.	400	409,7
auf Verteilungsanlagen 10^6Kr.	294	325,6
Leistung:		
Install. Leistung hydr. kW	630 000	624 000
therm. kW	40 000	20 000
Verfügbare Leistung für öffentl. Zwecke mit Einschluss des verfügbaren Anteils aus den industriellen Anlagen . . . kW	690 000	665 000
Betrieb:		
Maximalbelastung . kW	603 000	575 000
Jahresproduktion 10^6kWh	3 160	3 083
pro Einwohner (in versorgten Gebieten) . . . . . kWh	1 571	1 550
Brutto-Einnahmen . . 10^6Kr.	88,7	85,79
Jahreskosten (Kapital und Betrieb) . . . 10^6Kr.	83,3	81,9
Brutto-Einnahmen pro kW Maximallast . Kr.	147	150
Brutto-Einnahmen pro kWh . . . . . Kr.	0,028	0,028
Jahreskosten pro kW max. . . . . Kr.	138	142
Jahreskosten pro kWh Kr.	0,0263	0,027
B. *Industrielle Anlagen:*		
Installierte Leistung . . kW	856 000	845 000
Mögliche Produktion nach der Wasserführung . . . . . 10^6kWh	5 930	5 870
Tatsächliche Erzeugung 10^6kWh	4 825	4 755
C. *Verteilung der Gesamt-Produktion* (öffentliche Werke und Industrieanlagen):		
Elektrochemie und Elektrothermie . . 10^6kWh	4 145	4 140
Cellulose-, Papier- u. Holzpasten-Industrie 10^6kWh	950	900
Bergwerksindustrie . 10^6kWh	95	90
Verschied. Industrien 10^6kWh	860	818
Licht, Küche und Heizung . . . . 10^6kWh	1 935	1890
Total 10^6kWh	7 985	7 838
Totale Produktion pro Einwohner (in versorgten Gebieten) kWh	3 970	3 925
Totale Produktion pro Einwohner (überhaupt) . . . kWh	2 760	2 715

Miscellanea.

In memoriam.

Gustav Siegel †. Der bekannte Elektrizitätswirtschafter Dr. ing. Gustav Siegel verstarb unerwartet in Berlin am 30. Mai 1938 im Alter von 61 Jahren. Bis vor wenigen Jahren nahm Siegel als Vorstandsmitglied der Berliner und der Bayrischen Elektrizitäts-Lieferungs-Gesellschaft und als Aufsichtsratsmitglied mehrerer deutscher und ausländischer Elektrizitätswerke, darunter auch der S. A. Turque de l'Electricité et de Gaz in Ankara, eine leitende Stellung in der internationalen Elektrizitätswirtschaft ein.

Dr. Siegel promovierte zum Dr. ing. an der technischen Hochschule Darmstadt, war dann in Betrieben und Verwaltungen praktisch tätig, wurde 1902 Dozent an der Gewerbeschule zu Friedberg in Hessen und trat schliesslich 1905 in die AEG in Mannheim als erster Ingenieur ein. Es folgte ein rascher Aufstieg, der ihn über Stellungen als Oberingenieur und Abteilungsleiter zum Direktor der Elektrizitätslieferungsgesellschaft führte.

Neben seiner industriellen Tätigkeit verfasste Dr. Siegel eine Anzahl bedeutende Aufsätze auf elektrowirtschaftlichem Gebiet. Die bekanntesten seiner Werke sind wohl die für das Tarifwesen grundlegenden Arbeiten «Der Verkauf elektrischer Arbeit» (1917, mit Neuauflagen bis 1933) und besonders «Die Elektrizitätsgesetzgebung der Kulturländer der Erde» (1930), ein dreibändiges Werk, das bei Anlass der Teiltagung Berlin (1930) der Weltkraftkonferenz herauskam.

Dr. Siegel war nicht nur als Autorität auf den wirtschaftlichen Gebieten der Elektrotechnik bekannt, sondern auch als Mensch mit einem festen und zuverlässigen Charakter, der seine Gaben wohl zu verwenden wusste. Der SEV verliert in ihm ein Mitglied, das 33 Jahre lang treue Gefolgschaft leistete. *Go.*

Marque de qualité, estampille d'essai et procès-verbaux d'essai de l'ASE.

I. Marque de qualité pour le matériel d'installation.

pour interrupteurs, prises de courant, coupe-circuit à fusibles, boîtes de dérivation, transformateurs de faible puissance.

pour conducteurs isolés.

A l'exception des conducteurs isolés, ces objets portent, outre la marque de qualité, une marque de contrôle de l'ASE, appliquée sur l'emballage ou sur l'objet même (voir Bulletin ASE 1930, No. 1, page 31).

Sur la base des épreuves d'admission, subies avec succès, le droit à la marque de qualité de l'ASE a été accordé pour:

Prises de courant.

A partir du 1er septembre 1938.

Adolf Feller A.-G., Fabrique d'appareils électriques, *Horgen.*

Marque de fabrique:

Prises de courant murales tripolaires avec contact de terre (3 P + T) pour 500 V, 25 A.
Utilisation: sur crépi, dans locaux mouillés.
Exécution: socle en matière céramique. Boîtier en fonte.
No. 8224 G: type 10, Norme SNV 24524.

Siemens-Elektrizitätserzeugnisse A.-G.,
Départ. Siemens-Schuckert, *Zurich* (Repr. de la maison Siemens-Schuckertwerke A.-G., Berlin).

Marque de fabrique:

Prises murales bipolaires pour 250 V, 6 A.
Utilisation: sur crépi, dans locaux secs.
Exécution: socle en matière céramique, cape en porcelaine (w), résine synthétique moulée blanche (wi) ou brune (b).
No. Dn 10/2 w, wi, b: type 1/1 u, Norme SNV 24505.
Utilisation: sous crépi, dans locaux secs.
Exécution: socle en matière céramique. Plaque de recouvrement en métal, résine synthétique moulée ou verre.
No. UDn 10/2: type 1/1 u, Norme SNV 24505.

Appareillage Gardy S. A., Genève.

Marque de fabrique: GARDY

Prises de courant pour 250 V, 6 A.
Utilisation: montage sur crépi dans locaux secs.
Exécution: socle et cape en matière céramique.
No. 30002: 2 P, type 1 a, Norme SNV 24505,
» 30003: 2 P, » 1 c, » » 24505,
» 30012: 2 P + T, » 2 a, » » 24507.
Utilisation: montage sur crépi dans locaux humides.
Exécution: socle et boîtier en matière céramique.
No. 35012: 2 P + T, type 2 a, Norme SNV 24507.
Utilisation: montage sur crépi dans locaux mouillés.
Exécution: socle en matière céramique. Boîtier en résine synthétique moulée.
No. 36012: 2 P + T, type 2 a, Norme SNV 24507.

Transformateurs de faible puissance.

A partir du 1er septembre 1938.

Fabrique de Transformateurs S. A., Neuveville.

Marque de fabrique:

Transformateurs de faible puissance à basse tension.
Utilisation: fixes, dans locaux secs.
Exécution: transformateurs monophasés, non-résistant aux courts-circuits, classe 2 b, exécution spéciale, sans carcasse ni bornes, pour montage dans des appareils.
Type KTb plus de 200 à 450 VA.
Tensions: primaire 110 à 250 V,
secondaire 24 V.

Boîtes de dérivation.

A partir du 1er septembre 1938.

Grossauer-Kramer, Fabrikation und Engros-Haus elektr. Artikel, *St. Gallen-W.*

Marque de fabrique: AGRO.

Boîtes de dérivation étanches à l'eau pour 380 V, 6 A.
Utilisation: montage sur crépi, dans locaux secs.
Lorsque les boîtes sont utilisées dans des locaux poussiéreux, humides ou mouillés, le boîtier doit être étanche ou rempli de masse isolante.
Exécution: boîtier en porcelaine, avec pièce porte-bornes en matière céramique, avec 4 bornes au maximum. Couvercle en tôle de zinc.
No. 2775/I (grandeur 75 × 75 mm).

IV. Procès-verbaux d'essai.

(Voir Bull. ASE 1938, No. 16, p. 449.)

P. No. 17.

Objet: **Redresseur.**

Procès-verbal: O. No. 15044a, du 31 août 1938.
Auftraggeber: *Casati & Graber, Rosenthal.*

Inscriptions:

ARCASA-Gleichrichter Typ 1
110—250 V 50 ~ 24 W
Gleichstrom (Continu) 6 V 2 A
Anschluss-Batterie minimal 3 Zellen
Casati & Graber, Rosenthal (Thurg.)

Description: Redresseur pour la charge d'accumulateurs de 6 V. Transformateur pour tensions primaires de 110, 125, 145, 220 et 250 V. Redresseur sec inséré dans le circuit secondaire. Toutes pièces montées dans un boîtier en tôle ventilé.

L'appareil a supporté avec succès les essais relatifs à la sécurité.

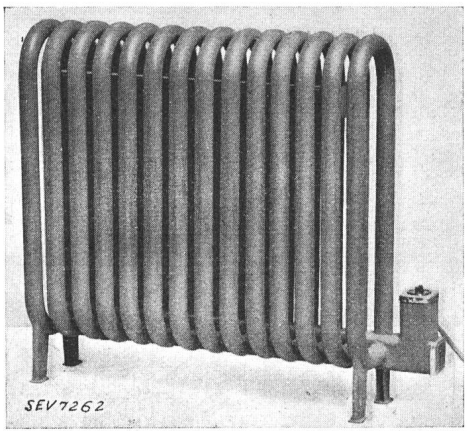
P. No. 18.

Objet: **Radiateur électrique.**

Procès-verbal: O. No. 15030a, du 2 septembre 1938.
Commettant: *S. A. Hermann Forster, Arbon.*

Inscriptions:

Forster
Arbon Schweiz
Volt 220 Watt 1500
Patent angemeldet



Description: Radiateur électrique selon photographie. Elément chauffant monté dans le tube transversal inférieur. Radiateur rempli d'huile. Un interrupteur permet de faire marcher le radiateur à 1/3, 2/3 et 3/3 de la puissance totale.

Le radiateur a subi avec succès les essais relatifs à la sécurité.