

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 28 (1937)  
**Heft:** 3

**Rubrik:** Communications ASE

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 26.04.2025

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

Les photographies ont été prises en fin d'expérience. L'aspect du plomb de l'échantillon N° 2 rendu par la photographie est celui qui est apparu après enlèvement du revêtement semi-conducteur *b*.

Les bandes de caoutchouc graphité peuvent s'appliquer aussi bien à la main qu'à la machine sur

toute canalisation métallique. Il est donc possible de l'appliquer sur des canalisations déjà posées, aux endroits mêmes où il y a danger de corrosions, par exemple à certains croisements avec des voies de tramways.

## Technische Mitteilungen. — Communications de nature technique.

### Die Frage der Korrosionsverhütung an der 4. Plenartagung der CMI.

(13. bis 18. Januar 1936 in Paris.)

621.3.014.6

#### Einleitung.

Im Bull. SEV 1936, Nr. 3, S. 96, erschien kurz nach der 4. Plenarversammlung der «*Commission Mixte Internationale pour les expériences relatives à la protection des lignes de télécommunication et des canalisations souterraines*» (CMI) ein kurzer Bericht, auf den hier ausdrücklich verwiesen sei, da er über Zweck, Organisation und Umfang dieser internationalen Konferenz Aufschluss erteilt. Bald darauf erschien der in französischer Sprache abgefasste offizielle, ausführliche Bericht, auf den im Bull. SEV 1936, Nr. 10, S. 280, aufmerksam gemacht wurde.

Der Schweizerische Elektrotechnische Verein war auf Antrag der Korrosionskommission an den Verhandlungen der CMI in Paris — und zwar an den Arbeiten der 2. Sektion: Schutz der unterirdischen Leitungen gegen elektrolytische und chemische Korrosionen — durch den Unterzeichneten vertreten. Auf Wunsch der Korrosionskommission wird der folgende kurze Auszug aus der reichhaltigen Materie dieser Tagung veröffentlicht, in dem die rein technischen Ergebnisse der regen und lehrreichen Diskussion zusammengefasst sind, soweit sie auf die Korrosion (2. Sektion der CMI) Bezug haben.

#### Comité d'Etudes No. 21.

(Bibliographie; statistique; bibliothèque.)

Président-rapporteur: M. Bresson,  
Union Syndicale pour l'Industrie du Gaz en France, Paris.)

Dieses Komitee sammelt u. a. die Angaben über beobachtete Korrosionsfälle in den verschiedenen Ländern. Leider ist bisher das erwartete Ergebnis etwas mager ausgefallen, wohl deshalb, weil man vor einem ausführlichen Fragebogen zurückschreckt und bei komplizierten oder nicht sehr charakteristischen Korrosionsfällen aus Verlegenheit oder Bequemlichkeit von einer Meldung absieht. Ferner ist zu sagen, dass die Beschreibung eines Korrosionsfalles, trotz der Richtlinie eines einheitlichen Fragebogens, mehr oder weniger durch die persönliche Auffassung des Meldenden gefärbt wird und somit die Gefahr einer nicht genügend objektiven Uebersicht besteht.

Diese Mängel haben wir bereits vor Jahren bei unseren eigenen statistischen Erhebungen in der Schweiz empfunden und deshalb auf die früheren Fragebögen verzichtet, wobei allerdings nur diejenigen Fälle erfasst werden, welche die Kontrollstelle der Korrosionskommission direkt untersuchen kann.

Eine ähnliche Lösung wurde auch in der CMI getroffen, indem künftig die Erhebungen jedes einzelnen Landes zunächst je von einem für diese Arbeit bezeichneten «Korrespondenten» (Correspondant pour la corrosion) vorzunehmen sind, und zwar unter Beachtung eines «Modèle de fiche à utiliser pour la statistique des corrosions», wobei das Studienkomitee Nr. 21 diese zuverlässigeren «Nationalbeiträge» nur noch zu klassifizieren hätte, um einen Ueberblick über die «Korrosionsplage» in den verschiedenen Ländern zu bieten.

#### Comité d'Etudes No. 22.

(Etudes expérimentales de cas typiques d'électrolyse.)

Président-rapporteur:  
M. Bourquin, Association Suisse des Electriciens, Zurich.)

Im Gegensatz zum Studienkomitee Nr. 21, dessen Tätigkeit hauptsächlich statistischer Natur ist, hat das Studien-

komitee Nr. 22 die Aufgabe, «typische Korrosionsfälle», bzw. typische Streustromerscheinungen näher zu untersuchen. Dem CE No. 22 war von der 3. Plenartagung der CMI (Paris 1932) eine ganz andere Aufgabe zugewiesen worden, nämlich die Frage der Messung von Potentialdifferenzen (zwischen Leitungen und Schienen, zwischen zwei Punkten eines Geleisenetzes, zwischen Leitungen und Erde usw.). Eine Neuverteilung der Materie — bedingt durch Personenwechsel in der englischen Delegation und durch das Auftauchen neuer Probleme (Untersuchungen Gibrat) — erfolgte kurz vor der 4. Plenartagung, indem sämtliche Fragen der Messtechnik (Spannungs-, Strom-, Widerstandsmessungen usw.) einem besonderen Komitee (CE Nr. 23) übertragen wurden, während das bisher nicht besonders behandelte und doch höchst wichtige Gebiet der *praktischen Erfahrungen* bei der Untersuchung von Streustrom- und Korrosionserscheinungen Gegenstand des CE Nr. 22 geworden ist.

Die paritätische Organisation, die zur Behandlung der Korrosionsfragen seit 20 Jahren in der Schweiz besteht, ruft bei unseren ausländischen Kollegen stets grosse Anerkennung hervor, und es wurde betont, dass eine befriedigende Lösung der Fälle und Probleme auf diesem Gebiet nur durch die systematische, enge und freundschaftliche Mitarbeit aller Beteiligten, «Störer» und «Gestörte» («collaboration systématique étroite et cordiale»), erreicht werden kann.

#### Comité d'Etudes No. 23.

(Appareillages de mesure.)

Président-rapporteur: M. Frost, General Post Office, Londres.)

Dieses Studienkomitee erhielt, wie schon erwähnt, als erweiterte Aufgabe die bei der Untersuchung von Streustromerscheinungen in Frage kommenden Mess-Methoden und -Einrichtungen zu beurteilen. Der Hauptgegenstand seiner Betrachtungen war diesmal die auf dem Schlumbergerschen Messprinzip beruhende, viel besprochene Gibrat-Messmethode, die im Anhang kurz erläutert wird. Die diesbezügliche Aussprache wurde namentlich durch Herrn Gibrat selber benützt, um die praktische Verwendung des «appareil différentiel Schlumberger» näher zu erläutern. Ferner wurde im Rahmen der CMI diese Messeinrichtung auf der Esplanade des Invalides vorgeführt, nachdem die ursprünglich vorgesehene Vorführung, in der Gegend von Grenoble, fallen gelassen werden musste. Trotz der Erklärungen und Demonstrationen konnte ein gewisser Skeptizismus über die Möglichkeit einer einwandfreien Messung der ein-, bzw. austretenden Ströme an unterirdischen Leitungen nicht ausbleiben, und es wurde der Wunsch ausgesprochen, die CMI möchte die Gibrat-Methode selbst erproben, um ihr eigenes Urteil zu bilden.

Neben der Schlumbergerschen Einrichtung wurde noch ein sog. Differentialgalvanometer besprochen, welches imstande sein soll, die Differenz zweier Ströme anzuzeigen, und in erster Linie für die Feststellung des über eine gegebene Kabelmantel-, bzw. Rohrleitungslänge ein- oder austretenden Stromes bestimmt ist. Die praktische Ausführung eines solchen Instrumentes scheint leider auf Schwierigkeiten zu stossen, die bis jetzt seitens der Fabrikanten noch nicht erfolgreich überwunden worden sind.

#### Comité d'Etudes No. 24.

(Etudes générales sur la production et la marche des courants vagabonds.)

Président-rapporteur: M. Collet,  
Administration française des PTT, Paris.)

Im Gegensatz zu den andern Studienkomiteen befasst sich das CE No. 24 mit der *theoretischen Seite* des Problems der

Streustrom-Entstehung, bzw. -Ausbreitung. Diese unverdauliche Materie hat im Vorsitzenden des Studienkomitees, dem hervorragenden Theoretiker und Mathematiker Collet ihren Meister gefunden.

Das Problem dreht sich im Grunde genommen um den Zusammenhang zwischen Spannung und Strom in einem halbleitenden Medium (Erdboden). In andern Worten: wo und in welcher Stärke entstehen Streuströme, ferner welches ist deren Verlauf, im Erdboden und in den unterirdischen Leitungen, wenn der betrachtete Bahnbetrieb eine bestimmte Verteilung des Potentials im Geleisenetz verursacht? Man sieht sofort, dass diese Stromverteilung in erster Linie vom Widerstand, bzw. von der Leitfähigkeit des umgebenden Mediums abhängt, weshalb Herr Collet einen ausführlichen, peinlich durchdachten Bericht vorgelegt hatte über «La notion de conductance dans l'étude des courants vagabonds». Ferner spielt der Begriff des Uebergangswiderstandes («coefficient de passage») zwischen Schiene und Geleiseunterbau, zwischen Erdboden und Leitungsoberfläche usw. eine ausschlaggebende Rolle. Bedenkt man nun, dass in Wirklichkeit mit der Heterogenität des Mediums und mit Schwankungen dessen Wassergehaltes, ferner mit den verschiedensten oberflächlichen Eigenschaften der Kabel- und Rohrleitungen gerechnet werden muss, so ist ohne weiteres begreiflich, dass die schönste theoretische Konstruktion im günstigsten Falle nur eine grobe Annäherung an die Wirklichkeit sein kann.

Die Diskussion wurde, dem etwas weltfremden Charakter des Themas wegen, wenig benutzt. Sie gab uns jedoch Gelegenheit, auf die Berechnungsmethode der Potentialverteilung nach den schweizerischen Leitsätzen zurückzukommen und die darin gemachte Annahme eines «Uebergangskoeffizienten» dadurch zu begründen, dass die Berechnungsergebnisse mit den direkten Messergebnissen sehr gut übereinstimmen. Diese Feststellung war für uns wichtig, weil die Vertreter der «Union Internationale des Tramways» diese Methode immer als unannehmbar erklärt haben. Es freute uns um so mehr, an Hand eines praktischen Beispiels (Netz Zürich) zeigen zu können, dass die Spannungsmessungen zwischen Schiene und Hydrant den Begriff «Uebergangskoeffizient» indirekt rechtfertigen, indem Herr Gibrat in einem seiner Berichte, von rein theoretischen Auslegungen ausgehend, zum gleichen Schlusse gekommen war.

#### Comité d'Etudes No. 25.

(Processus de la corrosion, réaction des courants vagabonds sur les canalisations.)

Président-rapporteur: M. Bresson, Paris.)

Hier versucht man, den Korrosionsprozess zu erfassen und wenn möglich die elektrolytischen von den chemischen Korrosionen zu unterscheiden. Das ist gerade die Aufgabe, die wir uns schon vor Jahren auch gestellt haben und welche wir uns bemühen, durch systematische Versuche wenigstens teilweise zu lösen. Den Beitrag, den wir an der Abklärung dieses vielseitigen Fragenkomplexes in Paris bringen konnten, wurde deshalb sehr geschätzt und bildete auch die Hauptmitteilung an der Sitzung des CE No. 25. In dieser Beziehung, d. h. auf dem Gebiete der systematischen Untersuchung der elektrolytischen Vorgänge, sind wir in der Schweiz entschieden im Vorsprung und wir werden in dieser Richtung weiterarbeiten.

#### Comité d'Etudes No. 26.

(Drainage et joints isolants.)

Président-rapporteur: M. Parfondry, régé des Télégraphes et Téléphones de Belgique, Bruxelles.)

Dieses überaus interessante Thema berührt uns eigentlich nicht, nachdem die schweizerischen Leitsätze von der Anwendung der elektrischen Drainage ausdrücklich abraten. Es ist aber trotzdem sehr lehrreich zu hören, was man in andern Ländern davon hält und wie man dieses Mittel zur Bekämpfung der Elektrolyse dort praktisch anwendet.

Die elektrische Drainage einerseits, die in unterirdischen Leitungen eingesetzten Isolierstösse andererseits sollten, meint man zunächst, nicht miteinander verquickt sein, denn sie bewirken zwei entgegengesetzte Effekte. In der Tat verringert

die Drainage den elektrischen Widerstand der Streustrombahn, während die Isolierstösse diesen Widerstand erhöhen. Das Verdienst der Italiener und ihrer interessanten Berichte an die CMI liegt nun gerade darin, dass sie theoretisch gezeigt und durch praktische Beispiele bewiesen haben, dass eine zweckmässige Kombination beider Mittel die Gefahr der Drainage beseitigen kann, ohne deren prinzipiellen Vorteil zu beeinträchtigen.

Es besteht nämlich nach wie vor eine metallische Verbindung zwischen der zu drainierenden Leitung und dem Schienennetz, aber der darin fliessende Strom wird dadurch auf ein Minimum begrenzt, dass zwar nicht reine Isolierstösse, sondern solche, die mit einem passenden Widerstand überbrückt sind («joints équilibrés»), an einzelne Stellen der zu schützenden Leitung eingebaut werden. Man kann nun die Zahl solcher überbrückten Isolierstösse in der drainierten Leitung soweit vermehren und deren Widerstand derart anpassen, dass die betreffende Leitung immer weniger Strom führt und trotzdem gegen Elektrolyse geschützt bleibt, weil ihr Potential wenig tiefer ist als dasjenige des umgebenden Erdmediums. Im Grenzfall, wo Leitung und Erdboden aequipotential wären, würde die Leitung überhaupt keinen Strom mehr führen, trotz der Drainage-Verbindung!

Durch diese künstliche Begrenzung der Potentialdifferenz Leitung-Erde und der als Folge davon entstehenden Streuströme wird natürlich auch die stets und mit Recht gefürchtete Gefährdung der benachbarten, nicht drainierten Leitungen kleiner, bzw. sie kann bei bestimmten Verhältnissen sogar ganz dahinfallen, so dass die elektrische Drainage in Grenzfällen nicht nur die drainierte Leitung, sondern indirekt auch andere unterirdische Objekte vor der Elektrolyse schützen kann. Wir möchten aber ausdrücklich betonen, dass solche günstige Fälle nur selten vorkommen und dass eine nach allen Regeln der Kunst eingerichtete «Drainage-Anlage» offenbar sehr kostspielig zu stehen käme.

Man muss nämlich ferner bedenken, dass eine «Drainage-Anlage» eine ständige Aufsicht erfordert, denn sie ist nur dann wirksam und unschädlich, wenn das Potential der drainierten Leitungen auf ihrer ganzen Länge tiefer ist als dasjenige des umliegenden Mediums. Folglich müssen Hilfsrichtungen vorgesehen werden, die die Drainage-Verbindungen öffnen, sobald der Strom seine Richtung ändert, oder welche den Strom nur in einer Richtung fliessen lassen (polarisierte Relais oder Kupferoxyd-Gleichrichter). Ferner muss die Kommandostelle den jeweiligen Zustand des drainierten Netzes stets überwachen können, daher die grosse Zahl Hilfs- und Signalleitungen, welche die Drainage eines städtischen Telephonnetzes benötigt.

Aus der Diskussion ging übrigens hervor, dass die elektrische Drainage bis jetzt nur an Telephon-Kabelnetzen systematisch erprobt wurde, dass ihre Anwendung in Gas- und Wasserleitungsnetzen hingegen auf besondere Schwierigkeiten stösst (unbestimmter Widerstand der Rohrstösse) und dass sie für Hochspannungskabel auch nur ausnahmsweise in Frage kommen dürfte, weil die Induktionserscheinungen eine metallisch durchgehende Kabelumhüllung erheischen. (Falls Isolierstösse in den Bleimantel eines Hochspannungskabels eingebaut werden, so sind sie mit einem Resonanzkreis für die Wechselstromfrequenz kurzzuschliessen.)

Allgemein wurde anerkannt, dass die elektrische Drainage und die Verwendung von Isolierstössen eigentlich nur als Notbehelf zu betrachten sind und dass der gute Unterhalt der Bahnanlagen die Urbedingung normaler Verhältnisse bleibt.

Erwähnt wurde schliesslich der in Amerika befürwortete sogenannte «kathodische Schutz» («protection cathodique»). Er besteht darin, dass zwischen der zu schützenden Leitung und einer Anzahl längs dieser Leitung gelegenen Erdplatten eine Gleichstromquelle von einigen Volt angeschlossen wird, mit dem negativen Pol an der Leitung, so dass diese in diesem künstlichen elektrolytischen Stromkreis als Kathode wirkt und somit vor der anodischen Korrosion geschützt ist. Dieses gewöhnlich mit der Anwendung von Isolier-Hüllen, bzw. -Anstrichen kombinierte Schutzmittel scheint indessen wenig verbreitet, ferner etwas kompliziert, um genügend wirksam zu sein, und kostspielig.

## Comité d'Etudes No. 27.

(Protection des canalisations.

Président-rapporteur: M. Soleri,  
professeur à l'École d'ingénieurs de Turin.)

Die Aussprache beschränkte sich in diesem Studienkomitee auf den Schutz der Kabel, speziell der Telephonkabel. Dabei soll zwischen chemischen und elektrolytischen Korrosionen unterschieden werden, welche verschiedene Schutzmittel erfordern. Der Hauptförderer sämtlicher Korrosionen ist die Feuchtigkeit, denn ein absolut trockener Kabelmantel kann weder chemisch noch elektrolytisch angegriffen werden. Deshalb tendiert die ganze Technik der Kabelumhüllung und der Kabelverlegung auf das tunlichste Fernhalten der Feuchtigkeit von der Metalloberfläche (asphaltierte Papier- oder Juteumhüllung, stossfreie Kabelröhren, stossdichte Kabelkanäle usw.). Da das Blei durch Phenol angegriffen wird, sind die phenolhaltigen Anstriche zu vermeiden; daher eignet sich Bitumen besser als Teer. Eine Bleisulfid-Haut erteilt dem Bleimantel eine grössere Widerstandsfähigkeit gegen chemische Korrosion; auf dieser Feststellung beruht das Verfahren der Beimischung von Schwefel bei der Bleimantelherstellung.

Gegen elektrolytische Korrosion sind gewöhnliche «Isolier»-Anstriche unwirksam. Neben den mehr oder weniger wasserdichten «Schutz»-Hüllen, bzw. -Kanälen wurden in Italien Hüllen aus vulkanisiertem Gummi oder Doppelbleimäntel mit dazwischen liegender Gummischicht verwendet, wobei — im zweiten Falle — der äussere Bleimantel alle 50 m durch einen Schnitt elektrisch unterbrochen ist. Abgesehen von der Steifheit solcher Kabel (Schwierigkeiten bei der Verlegung!) steht zweifellos ihr Preis einer allgemeinen Verwendung im Wege.

Am originellsten war die Mitteilung von Herrn James Borel, Kabelfabrik Cortailod, über das sogenannte «filtre électronique», ein von Cortailod und der Gesellschaft der «Câbles de Lyon» patentiertes Verfahren, welches die Metalloberfläche vor jedem elektrolytischen Angriff schützt, jedoch ohne den Stromübergang Metall-Erde zu verhindern. Es beruht auf der Tatsache, dass neben den Metallen auch noch Kohlenstoff, z. B. in Form von Graphit, ein Leiter ist, dabei aber im Gegensatz zu den Metallen die glückliche Eigenschaft besitzt, durch die Ionen, die bei Stromdurchgang im feuchten Erdmedium entstehen — und zwar vor allem O und CO<sub>2</sub> — praktisch nicht angreifbar zu sein. Die Verwirklichung dieses Schutzprinzips geschieht durch Anbringung eines halb-leitenden, plastischen Bandes aus mit Graphit imprägniertem Gummi auf die zu schützende Leitung. Die Versuche, die bisher mit dieser «enveloppe protectrice carbonée» durchgeführt wurden, haben deren Schutzwirkung einwandfrei erwiesen. Die Zukunft wird zeigen, ob das graphitierte Gummiband (welches sich sowohl zum Schutz von Kabelbleimänteln als auch von Eisenrohren eignet) der dauernden Wirkung des mehr oder weniger feuchten Erdbodens schadlos zu widerstehen vermag<sup>1)</sup>.

## Comité d'Etudes No. 28.

(Etudes des avaries autres que celles de nature électrolytique ou chimique occasionnées aux canalisations souterraines ou aux dépôts de liquides inflammables par la formation d'étincelles dues aux courants induits ou dérivés.

Président-rapporteur: M. Müller,  
Division de l'Électrification des CFF, Berne.)

Eine erste Frage betrifft die Unterdrückung von Streuströmen oder von Induktionsströmen in Gasleitungen. Die Lösung besteht im Einbau von Isolierstössen. Ferner ist zu beachten, dass vor der Unterbrechung einer Gasleitung zwecks Reparatur oder Erweiterung die Trennstelle vorerst durch eine gute metallische Verbindung zu überbrücken ist, um jegliche Funkenbildung zu vermeiden.

Eine wichtige Frage stellt sich ferner bezüglich des Schutzes der Benzin-Tankanlagen gegen Funkenbildung. Auf den ersten Blick scheint auch hier die beste Lösung im Gebrauch eines Isolierschlauches bei der Entleerung des Eisen-

bahn-Benzinwagens zu liegen. Indessen zeigt eine nähere Ueberlegung, dass dadurch die Ursache der Funkenbildung nicht behoben wird, sondern dass an den Enden des Isolierschlauches eine Potentialdifferenz besteht, welche ausserdem für das Bedienungspersonal u. U. gefährlich sein kann. Die andere einfache Lösung, die in der Kurzschliessung des Zisternenwagens mit dem Benzintank liegt, ist aber auch nicht befriedigend, weil diese Kurzschlussverbindung ein offener Weg für allfällige gefährliche Ströme darstellt und, bei Gleichstrom, zu ersten elektrolytischen Erscheinungen Anlass geben könnte. Die vernünftigste Lösung scheint infolgedessen darin zu bestehen zu sein, dass normalerweise eine Unterbrechung des metallischen Weges Schiene-Zisternenwagen-Benzintank-Erde aufrechterhalten bleibt, dass aber über die Dauer des Entleerungsvorganges eine metallische Ueberbrückung der Trenn- oder Isolierstelle hergestellt wird. Diese unsere Auffassung wurde in Paris vorgebracht und gewürdigt, worauf das CMI-Sekretariat beauftragt wurde, eine internationale Umfrage durchzuführen über die gemachten Erfahrungen betreffend Personen- und Sachen-Gefährdung infolge Funkenbildung in Benzintankanlagen.

## Anhang.

Das Schlumbergersche Messprinzip und das Wesen der darauf beruhenden Streustrom-Untersuchungstechnik von Gibrat.

Die Herren C. und M. Schlumberger der «Compagnie Générale de Géophysique» in Paris haben in der Septembernummer 1932 der französischen «Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones», unter dem Titel «Etudes des courants vagabonds et des phénomènes d'électrolyse», das Prinzip und die Anwendung eines neuen Verfahrens zur Messung der in eine unterirdische Leitung eintretenden, bzw. aus einer unterirdischen Leitung austretenden Gleichströme dargelegt.

Betrachtet man einen Querschnitt durch den Erdboden, in welchem ein beliebiger Gleichstrom parallel zur Erdoberfläche fliesst («courant vagabond général»), in der Figur 1 durch den horizontalen Pfeil dargestellt) und legt auf den Erdboden drei in einer Geraden und im gleichen Abstand angeordnete Elektroden M, O, N, so ist es klar, dass das Potential der mittleren Elektrode gleich dem mittleren Potential der äusseren Elektroden ist, d. h.  $V_0 = \frac{1}{2}(V_M + V_N)$ .

Befindet sich nun eine unterirdische Leitung (z. B. Rohr) in einer gewissen Tiefe unter der mittleren Elektrode O und gibt dieses Rohr Strom ab («courant vagabond débité par

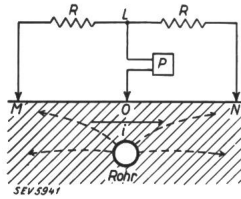


Fig. 1.  
«Dispositif différentiel.»

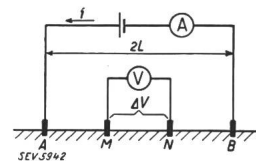


Fig. 2.  
Messung des spezifischen Erdwiderstandes.

le tuyau», in der Figur 1 durch die strahlenförmigen, punktierten Pfeile dargestellt), so ist das Potential der mittleren Elektrode,  $V_0$ , nicht mehr identisch mit dem mittleren Potential der äusseren Elektroden, da der «lokale» Streustrom zwischen O und N in derselben Richtung wie der «allgemeine» Streustrom fliesst, während er zwischen O und M entgegengerichtet ist.

Werden nun die äusseren Elektroden M und N über zwei hohe Widerstände R miteinander und der mittlere Punkt L dieses Stromkreises mit dem Punkte O über ein Potentiometer P verbunden, so sieht man, da  $V_L = \frac{1}{2}(V_M + V_N)$ ,

dass das Galvanometer im Potentiometer-Stromkreis nur auf den «lokalen» Streustrom (d. h. auf den Stromanteil, den die Leitung an der betreffenden Stelle aufnimmt oder — unter

<sup>1)</sup> Siehe die ausführliche Beschreibung auf Seite 54 dieser Nummer.

Korrosionsgefahr — abgibt) reagiert und zwar durch Angabe eines Ausschlages

$$\Delta V = V_0 - \frac{V_M + V_N}{2} \tag{1}$$

Somit ist das sogenannte «dispositif différentiel» Schlumberger (weil es die «Differenz» zweier Potentialdifferenzen angibt) prinzipiell geeignet, die unterirdischen Leitungen auf Korrosionsgefahr zu untersuchen, und zwar durch einfaches Abtasten der Erdbodenoberfläche, ohne jegliche Ausgrabung und dadurch bedingte Störung der lokalen Widerstandsverhältnisse, was ein eminenter Vorteil gegenüber den bisherigen Messmethoden (Haber, Burton McCollum usw.) bildet.

Die beschriebene Messeinrichtung gibt also ein gewisses  $\Delta V$  an der Erdoberfläche, bedingt durch den von der untersuchten Leitung abgegebenen Strom  $I$ . Zwischen diesen beiden Grössen besteht nun eine Beziehung, die vom Widerstand des dazwischenliegenden Erdmediums abhängt. Die Messung des spezifischen Erdwiderstandes  $\rho$  erfolgt nach Schlumberger mit Hilfe einer Anordnung von vier Elektroden («quadripôle»), wobei die zwei äusseren A und B (Fig. 2) als Strom-, während die zwei mittleren M und N als Spannungskontakte wirken.  $\rho$  ergibt sich nun bei homogenem Erdmedium aus der Formel:

$$\rho = k \frac{\Delta V}{i} \tag{2}$$

wo  $k$  ein von der geometrischen Anordnung der Elektroden abhängiger Koeffizient ist und die Dimension einer Länge hat.

Das Problem wäre damit prinzipiell gelöst. Das grosse Verdienst von Herrn Gibrat liegt aber darin, einerseits die Funktion

$$I = f(\Delta V) \tag{3}$$

eingehend studiert zu haben, d. h. dank seiner Beherrschung des mathematischen Apparates durch Integral-Differentialgleichungen («équations intégro-différentielles») das Gesetz der Abhängigkeit zwischen Ursache (ein- bzw. austretender Strom pro Längeneinheit der betrachteten Rohr- oder Kabelleitung) und Wirkung (Aenderung des Spannungsgradienten an der Erdbodenoberfläche) bei gegebener gegenseitiger Anordnung von Leitung und Messapparatur formelmässig abgeleitet zu haben; andererseits die Schlumbergersche Messeinrichtung durch technische Verbesserungen — namentlich durch die Regulierbarkeit der Widerstände  $R$ , um den störenden Einfluss der Uebergangswiderstände der Tastelektroden M und N aufzuheben — auf den speziellen Zweck der Elektrolyse-Untersuchungen praktisch vervollkommen zu haben.

In ihrer jetzigen Ausführung erlaubt nun die Messapparatur Schlumberger-Gibrat, durch eine sinngemässe Interpretation der Messergebnisse auf Grund der Theorie des Autors, 1. ohne Ausgrabung festzustellen, ob eine unterirdische Leitung Streuströme aufnimmt oder abgibt, und zwar abschnitts- bzw. punktweise; 2. Tiefe, Lage und Richtung der untersuchten Leitung festzustellen, an Hand von sog. Quer-, Längs- und Polardigrammen (Aufnahme der «profils transversaux», «profils longitudinaux» und «profils polaires»).

Das Wesentliche über die Arbeiten Gibrats findet man in einem Artikel des Autors im Bulletin de la Société Française des Electriciens (No. 44, août 1934) unter dem Titel «Nouvelles études sur l'électrolyse des canalisations souterraines», ferner im Bericht Gibrats an die Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques à haute tension, Paris (juin-juillet 1935) über «Etudes pratiques faites au cours de l'année 1934 sur l'électrolyse des canalisations souterraines». Diese Studien wurden auch der letztjährigen Plenartagung der CMI in Paris (Januar 1936) vorgelegt.

Die Arbeiten Gibrats sind von unbestreitbarem Wert. Den unmittelbaren Zusammenhang zwischen unterirdischer Stromstreuung («Electrolyse») und der oberflächlichen Fernwirkung (Galvanometerausschläge des «dispositif différentiel»)

hat der Autor bewiesen. Indessen bleibt hinsichtlich der quantitativen Auswertung gewisser Messresultate Vorsicht am Platz, denn die mathematischen Ableitungen beruhen selbstverständlich auf Annahmen (über Homogenität des Erdmediums, gleichmässige Leitfähigkeit der Leitungen und Schienenstränge usw.), die u. U. von den praktischen Verhältnissen ziemlich weit abweichen können. Immerhin zeigen auch praktische Untersuchungen Gibrats, dass die gemachten Annahmen in vielen Fällen sich im Rahmen der Zulässigkeit bewegen.

H. Bourquin.

### Gleichzeitige fehlerfreie Messung von Spannung und Strom.

621.317.3

Die Messung von Spannung und Strom erfordert bei kleiner Leistung des Prüflings Berichtigungen, die insbesondere bei Wechselstrom lästig empfunden werden. Durch Anwendung zweier neuer Schaltungen können diese Berichtigungen vermieden werden. Die in jeder der beiden Anordnungen enthaltenen Messwiderstände werden zunächst *rechnerisch* nach den Gesichtspunkten der Fehlerfreiheit des gewünschten Messbereiches und geringsten Eigenverbrauches und endgültig durch Abgleichen festgelegt.

Schreibt man die Verbrauchergrössen  $U$  und  $I$  vor, so sind Ströme und Teilspannungen als linearer Ausdruck von  $U$  und  $I$  festgelegt

$$U' = c_1 U + c'_1 I \tag{1a} \quad I' = c_2 I + c'_2 U \tag{1b}$$

Fordert man  $U' = c_1 U$  und  $I' = c_2 I$ , so ist notwendig und hinreichend, dass  $c'_1 = c'_2 = 0$  oder  $U = 0$  (Kurzschluss) und  $I = 0$  (Leerlauf) wird. Diese Forderungen sind durch die einander reziproken Schaltungen Fig. 1 erfüllbar, wobei sie der Bedingung

$$s_1 s_4 - s_2 s_3 = 0 \tag{2}$$

unterworfen sind. In Schaltung I bedeuten die  $s$  Widerstände, in II Leitwerte. Dank dieser Bezeichnungart lassen sich für beide Schaltungen gemeinsame Beziehungen aufstellen.

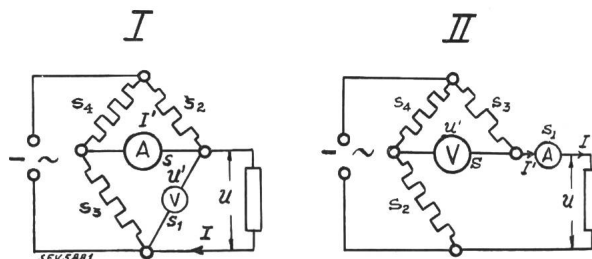


Fig. 1.

Schaltungen I und II für gleichzeitige fehlerfreie Messung von Spannung und Strom.  
V Spannungsmesser.  
A Strommesser.

Im folgenden sollen die Schaltungen nach den Gesichtspunkten der durch Gl. 2 gewährleisteten *Fehlerfreiheit*, des gewünschten Messbereiches und geringsten Eigenverbrauches festgelegt werden. Für beide Schaltungen gelten

$$\text{I) } U' = U \tag{3a} \quad \text{II) } I' = I \tag{3b}$$

$$I' = c_1 I \tag{3a} \quad U' = c_{11} U \tag{3b}$$

Die Auflösung der linearen Gleichungen durch Betrachtung der Kurzschluss-, bzw. Leerlaufschaltung als «Übersetzungsverhältnis», nach  $c$  ergibt (ähnlich der Verzweigungsformel bei *Netzberechnungen*)

$$c_1 = c_{11} = c = \frac{s_2 s_3}{s_3 (s + s_2 + s_4) + s s_1} \tag{4}$$

Gl. (2) und (4) nach  $s_3$  bzw.  $s_4$  aufgelöst, liefern

$$s_3 = \left[ \frac{1}{c} - 1 - \left( \frac{s}{s_1} + \frac{s}{s_2} \right) \right] s_1 \tag{5a}$$

$$s_4 = \left[ \frac{1}{c} - 1 - \left( \frac{s}{s_1} + \frac{s}{s_2} \right) \right] s_2 \quad (5b)$$

Damit  $s_2$  und  $s_3$  positiv ausfallen, muss

$$\frac{1}{c} - 1 - \frac{s}{s_1} - \frac{s}{s_2} > 0 \quad (6)$$

sein. Bei gegebenen Messgeräten sind  $s$  und  $s_1$  fest, das Verhältnis  $\frac{s}{s_2}$  positiv, so dass stets gilt

$$c < \frac{s_1}{s + s_1} \quad (7)$$

Hat man im Rahmen der Einschränkung (6), aus dem Messbereich der Schaltung und des zur Verfügung stehenden Messgerätes, den durch Gl. (3a) oder (3b) gegebenen Wert  $c$  bestimmt, muss wegen Gl. (6)

$$s_2 > \frac{c}{1 - \frac{s + s_1}{s_1} \cdot c} \quad (8)$$

gewählt werden.

Den Messwiderständen  $s_2, s_3$  und  $s_4$  sind wegen Gl. (5a, b) und den gegebenen Werten  $s, s_1$  und  $c$  zwei Bedingungen auferlegt. Entweder kann man den Widerstand  $s_2$  im Gültigkeitsbereich der Gl. (8) wählen, oder man vermindert die in den Widerständen verlorene Leistung (Eigenverbrauch  $P'$ ) auf ein *Mindestmass*.

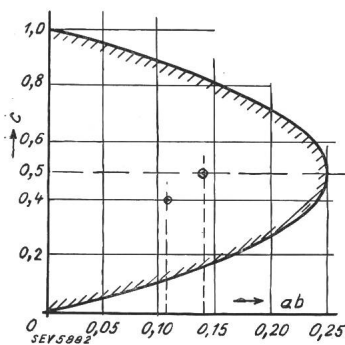


Fig. 2.

Anwendungsbereich der Schaltungen I und II für gegebenes Produkt  $a \cdot b$ . Es muss  $c$  innerhalb der schraffierten Kurvenfläche liegen.

Bei gegebenen Verbrauchergrößen  $U, I$  und  $\cos \varphi = 1$  erreicht  $P'$  seinen Mindestwert

$$P'_{\min} = \left\{ \frac{(1-c)}{[c(1-c) - ab]^2} ab(A+B)^2 + a \right\} UI \quad (9)$$

wenn

$$s_2 = \frac{c^2}{c(1-c) - ab} \cdot \frac{A+B}{A} \cdot s \quad (10)$$

gewählt und das Verhältnis des Eigenverbrauches von Strom- oder Spannungsmesser zur Messleistung  $P$

$$I) \quad a = \frac{P_u}{P} = \frac{U^2}{s_1 UI} \quad \quad II) \quad a = \frac{P_i}{P} = \frac{I^2}{IU} \quad (11a, b)$$

$$b = \frac{P_i}{P} = \frac{I^2 s}{UI} = \frac{c^2 I^2 s}{UI} \quad \quad b = \frac{P_u}{P} = \frac{U^2 s}{IU} = \frac{c^2 U^2 s}{IU} \quad (12a, b)$$

$$ab = c^2 \frac{s}{s_1} \quad (13)$$

gesetzt wird. Ferner bedeuten die Faktoren

$$A = \sqrt{c - ab} \left( \sqrt{\frac{a}{1-c}} + \sqrt{\frac{1-c}{a}} \right) \quad (14)$$

$$B = c \left( \sqrt{\frac{c}{b}} + \sqrt{\frac{b}{c}} \right) \quad (15)$$

$\frac{s}{s_1}$  aus Gl. (13) in Gl. (7) eingeführt und die Ungleichung

zu einem vollständigen Quadrat erweitert, liefert

$$\left( c - \frac{1}{2} \right)^2 < \frac{1}{4} - ab \quad (16)$$

dargestellt durch Fig. 2. Damit Gl. (16) und (7) befriedigt werden, muss  $ab < \frac{1}{4}$  sein, eine Voraussetzung, die in der Regel erfüllt ist. Den zulässigen Betrag von  $c$  für ein gegebenes  $a \cdot b$  (Bedingung 16) entnimmt man der Fig. 2.

Um die Messwiderstände, bzw. Leitwerte  $s_3$  und  $s_4$  für eine fehlerfreie Messung festzulegen, dient das folgende Rechenverfahren, zu dessen Erläuterung ein Beispiel angeführt ist. Zugrunde gelegt sind als Belastung die *Messbereichswerte* und  $\cos \varphi = 1$ .

An Messgeräten stehen zur Verfügung (beliebig wählbar)

	No.	Messbereich	Stromaufnahme bzw. Spannungsabfall	Eigenverbrauch
Spannungsmesser	1	1,5 V	10,0 mA	15 mW
	2	0,6 V	10,0 mA	6 mW
Strommesser	1	10,0 mA	0,4 V	4 mW
	2	5,0 mA	0,4 V	2 mW

Messbereich der Schaltung:  $U = 1,5$  V;  $I = 10$  mA,  $UI = 15$  mW. Gemäss Fig. 1 oder Gl. (3a, b) seien gewählt für:

Schaltung I

Spannungsmesser Nr. 1 mit den Widerstandswerten

$$s_1 = 150 \Omega$$

Schaltung II

Strommesser Nr. 1

$$s_1 = \frac{1}{40} S$$

den Eigenverbrauch nach Gl. 11 und den tabellarischen Angaben

$$a = \frac{U^2}{s_1 UI} = \frac{(1,5)^2}{150 \cdot 10^{-3}} = 1 \quad \quad a = \frac{I^2}{IU} = \frac{(10 \cdot 10^{-3})^2}{15 \cdot 10^{-3}} = \frac{4}{15}$$

da  $c$  lt. Gl. 3a, b stets kleiner als 1 sein muss, benutzt man Strommesser Nr. 2

mit

$$s = 80 \Omega$$

Spannungsmesser Nr. 2

$$s = \frac{1}{60} S$$

$$b = \frac{I^2 s}{IU} = \frac{(5 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 80}{15 \cdot 10^{-3}} = \frac{2}{15} \quad \quad b = \frac{U^2 \cdot s}{UI} = \frac{(0,6)^2 \cdot \frac{1}{60}}{15 \cdot 10^{-3}} = \frac{6}{15}$$

Das Uebersetzungsverhältnis  $c$  wird somit

$$c = \frac{I'}{I} = \frac{5}{10} = 0,5 \quad \quad c = \frac{U'}{U} = \frac{0,6}{1,5} = 0,4$$

während das Produkt  $a \cdot b$

$$ab = 1 \cdot \frac{2}{15} = 0,13 \quad \quad ab = \frac{4}{15} \cdot \frac{6}{15} = \frac{8}{75} = 0,11$$

ergibt. Laut Voraussetzung muss  $a \cdot b$  der Gl. 16, bzw 17 genügen, weshalb der Wert  $c$  für das gegebene Produkt innerhalb der Kurvenfläche (Fig. 2) zu liegen kommt (Punkte sind eingetragen).

Es folgt weiter: aus Gl. 14 und 15

$$A = 1,285 ; B = 1,226 \quad \quad A = 1,174 ; B = 0,8;$$

aus Gl. 9 der minimalste Eigenverbrauch

$$P_{\min} = 31,9 \cdot UI = 0,48 \text{ W} \quad \quad P_{\min} = 14,3 \cdot UI = 0,21 \text{ W}$$

aus Gl. 10, bei erlaubter Abrundung des Ergebnisses,

$$s_2 = 4,19 s \sim 240 \Omega \quad \quad s_2 = 2,018 \cdot s \sim \frac{1}{30} S.$$

Schliesslich liefert Gl. 5a, b, die, für eine abgeglichene Messbrücke, dank der *fehlerfreie Messen* gewährleistet ist, *nötigen* Widerstände

$$s_3 = 0,233 \cdot s_1 = 34,95 \Omega \quad \quad s_3 = \frac{1}{3} s_1 = \frac{1}{120} S$$

$$s_4 = 0,233 \cdot s_2 = 79,22 \Omega \quad \quad s_4 = \frac{1}{3} s_2 = \frac{1}{90} S$$

Für sehr genaues Messen diene der folgende Hinweis. Hat man  $s_3$  und  $s_4$  rechnerisch festgelegt, so wird wegen der Ungenauigkeit in den Widerstandsangaben die Gleichgewichtsbedingung 2 kaum auf das genaueste erfüllt sein, noch das Ueber-

setzungsverhältnis  $c$  einen runden Wert annehmen. Ein in zwei Schritten durchgeführtes Abgleichverfahren schafft Abhilfe.

Schaltung I

- 1) Einen der drei Widerstände  $s_2, s_3, s_4$  verändern bis im Leerlauf  $I' = 0$
- 2) Verbraucher mit vorgeschaltetem besonderem Strommesser einschalten und Neben- oder Vorwiderstand zum Strommesser der Meßschaltung einregeln, bis

$$c = \frac{I'}{I}$$

den vorgeschriebenen Wert erreicht.

Schaltung II

- Verbraucher mit nebengeschaltetem besonderem Spannungsmesser einschalten und Neben- oder Vorwiderstand zum Spannungsmesser der Meßschaltung einregeln, bis

$$c = \frac{U'}{U}$$

Wenn entgegen *bisheriger* Voraussetzung in Schaltung I der Widerstand des Spannungsmessers, in II jener des Strommessers nicht rein Ohmisch ist, so muss für den Gebrauch bei Wechselstrom die *Abgleichung* der Brücke durch die beiden möglichst *frequenzunabhängigen* Abgleichungen einer geeigneten Wechselstrombrücke ersetzt werden. Ist der Strommesser in II als Reihenschaltung des ohmschen Widerstandes  $\frac{1}{s_1}$  und weiter als eine *Induktivität* aufzufassen, so kann man nach Befriedigung von Gl. (2) durch einen zu  $s_4$  parallelen, *verlustlosen* Kondensator sorgen, dass bei allen Frequenzen im Kurzschluss  $U' = 0$  wird. — (W. Bader, ETZ Bd. 56 (1936), Heft 32, S. 889.) J. M.

## Hochfrequenztechnik und Radiowesen — Haute fréquence et radiocommunications

### Der Sekundärelektronenverstärker, ein neues Anwendungsgebiet der Elektronen.

621.318.58

Seit mehr als 30 Jahren ist bekannt, dass gewisse Metalloberflächen, wenn sie mit Elektronen bombardiert werden, wieder Elektronen aussenden. Unter günstigen Umständen kann pro auftreffendes «Primärelektron» mehr als ein sog. «Sekundärelektron» aus der Metalloberfläche herausgeschleudert werden.

Diese Tatsache wurde früher in der Technik und auch bei manchen physikalischen Untersuchungen meist nur als lästige Nebenerscheinung gewertet. Eine Ausnahme davon machte nur das von Hull erfundene Dynatron. Auf die Anwendungsmöglichkeit der Sekundärelektronen zur Verstärkung schwacher Ströme hat zuerst Slepian<sup>1)</sup> aufmerksam gemacht.

Das Prinzip der Methode wird durch Fig. 1 verdeutlicht. Nimmt man etwa an, ein durch Licht ausgelöstes Photoelektron fliege von der Kathode nach der ersten Anode A und mache dort zwei Sekundärelektronen frei. Diese werden

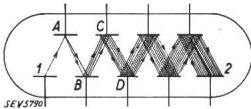


Fig. 1. Schematische Darstellung eines Sekundärelektronen-Multiplikators. 1 Kathode. 2 Kollektor. A... D... Anoden, an denen die Elektronen vervielfacht werden.

dann zur zweiten Anode B hingezogen, die ein höheres positives Potential besitzt als die erste Anode A. An der zweiten Anode B werden dann vier Elektronen ausgelöst usw. Hat man  $n$  Anoden, so wird der Verstärkungsfaktor  $R_n$ , wenn  $R$  die von einem Primärelektron ausgelöste Zahl der Sekundärelektronen bedeutet. Die für den ganzen Apparat nötige Gesamtspannung ist dabei gleich der Summe der Einzelspannungen.

Um diesen etwas grossen Spannungsbedarf herabzusetzen, wurde von P. T. Farnsworth<sup>2)</sup> eine zweite Klasse von Verstärkern angegeben. Bei diesen Anordnungen fließen die Elektronen immer zwischen denselben Elektroden hin und her. Man muss dann natürlich zu ihrer Beschleunigung ebenfalls ein sehr schnell wechselndes Hochfrequenzfeld benutzen. Von diesen beiden Verstärkertypen soll hier nur der erste besprochen werden.

In Wirklichkeit ist die Konstruktion eines solchen Verstärkers nicht so einfach, wie in der schematischen Fig. 1. Bei dieser Anordnung würden nämlich die Elektronen nicht jeweils zur nächsthöheren Elektrode gelangen, sondern meistens direkt zum Kollektor laufen. Wie der Aufbau zu erfolgen hat, wird später ausgeführt. Zuerst sollen einige prinzipielle Fragen behandelt werden.

#### 1. Sekundäremission.

Um die Wirkung dieser Verstärker zu erhöhen, ist man natürlich auf eine grosse Ausbeutung an Sekundärelektronen

<sup>1)</sup> Slepian, USA-Patent Nr. 1 450 265.

<sup>2)</sup> P. T. Farnsworth, «Television by Electric Image Scanning», Franklin Inst., Vol. 218, Okt. 1934, p. 411. Siehe auch Electronics, Vol. 7, Aug. 1934, p. 242.

$R$  bedacht. Für reine Metalle ergibt eine quantentheoretische Rechnung von H. Fröhlich<sup>3)</sup> den besten Wirkungsgrad für Metalle, deren Atome im Kristall grosse Gitterabstände besitzen. Ebenso muss die Austrittsarbeit der Elektronen aus dem Metall niedrig sein. Leider gilt die Theorie nur für reine Metalle, so dass man bei zusammengesetzten Oberflächen, die sich als viel wirkungsvoller erwiesen haben, nur auf Versuche angewiesen ist. Die besten Oberflächen hat man bis jetzt mit oxydierten Silber-Zircon- und Beryllium-Elektroden erhalten, die noch mit einer Caesiumschicht bedeckt sind.

#### 2. Wirkungsgrad.

Man kann den Wirkungsgrad der Sekundäremission auf zwei Arten definieren. Die erste Definition ist gegeben durch den Strom der Sekundärelektronen (in Ampère) im Verhältnis zur Leistung der Primärelektronen. Nach obigem ist der Sekundärstrom  $I_0 \cdot R$ ; wenn  $I_0$  den Primärstrom darstellt und  $U_0$  die Primärspannung, so wird der Nutzeffekt

$$\frac{I}{P} = \frac{R}{U_0} \cdot \frac{I_0}{I_0} = \frac{R}{U_0}$$

Der günstigste Arbeitspunkt der Sekundäremissionskurve liegt also da, wo die Ausbeute  $R$  pro Volt Primärspannung am grössten ist. Fig. 2 stellt die Ausbeute  $R$  als Funktion der

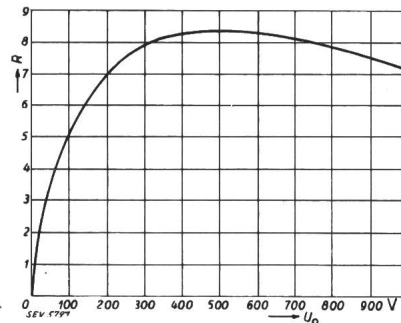


Fig. 2. Verhältnis der Sekundäremission zum Primärstrom ( $R$ ) für eine Cs-CsO-Ag-Oberfläche als Funktion der Primärstrahlgeschwindigkeit  $U_0$  in Elektronen-Volt.

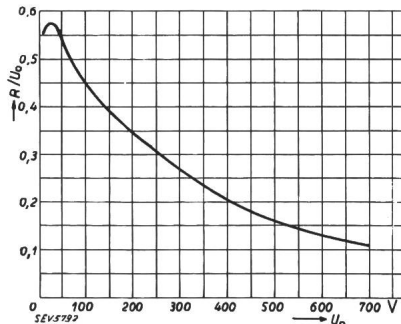


Fig. 3. Verhältnis der Sekundäremission zur Primärleistung  $\frac{I}{P} = \frac{R}{U_0}$  als Funktion der Primärstrahlgeschwindigkeit in Elektronen-Volt ( $U_0$ ).

beschleunigenden Primärspannung dar und Fig. 3 das Verhältnis  $\frac{R}{U_0}$ . Das Maximum der Kurve Fig. 2 liegt bei einer

<sup>3)</sup> H. Fröhlich, Ann. d. Physik, Bd. 13 (1932), S. 229.

Primärspannung von ca. 30 Volt. Die maximale Ausbeute beträgt in diesem Falle also ca. 57 mA/W Primärleistung. Zum Vergleich sei noch angeführt, dass eine normale, gute Oxydkathode ca. 100 mA Elektronenstrom pro Watt Heizleistung liefert.

Für praktische Zwecke ist indessen mehr die Frage von Interesse, was man bei einer gegebenen Gesamtspannung  $U$  aus dem Verstärker herausholen kann. Da die totale Verstärkung durch  $R^n$  gegeben ist, so erhält man, wenn man  $n$  oder  $U_0$  als veränderliche ansieht, für die Maximumbedingung die Gleichung

$$\frac{dR^n}{dU_0} = R^{\frac{n-1}{U_0}} \cdot \left( \frac{U}{U_0} \cdot \frac{dR}{dU_0} - \frac{U}{U_0^2} \cdot R \cdot \ln R \right) = 0.$$

oder

$$\frac{dR}{dU_0} = \frac{R}{U_0} \cdot \ln R.$$

**Rauschen des Verstärkers.** «Schrotheffekt.» Bei der theoretischen Berechnung der von den statistischen Schwankungen der Elektronenemission herrührenden Schwankungen des Stromes in irgendeiner Stufe ( $i_k$ ) muss man berücksichtigen, dass diese in derselben Weise verstärkt werden, wie der ursprüngliche, von der ersten Elektrode ausgehende Photostrom  $I_0$ , und zwar um so mehr, je weiter die betreffende Elektrode von der Endstufe entfernt ist. Für die Grösse  $i_k$  machen die Verfasser folgenden Ansatz:

$$i_k^2 = KI_k,$$

dessen Folgerungen gut mit der Erfahrung übereinstimmen.  $K$  bedeutet dabei das Produkt  $2eF$ , wo  $e$  die Elektronenladung und  $F$  den bei der Messung berücksichtigten Frequenzbereich darstellt.  $I_k$  ist der von der  $k$ -ten Elektrode emittierte Elektronenstrom, wobei die erste Photoelektrode als die 0-te angenommen ist. Da die Intensität des Rauschens dem Quadrat der Stromschwankungen  $i_n$  proportional ist, so muss man, um die gesamte Störintensität zu erhalten, die von den einzelnen Elektroden herrührenden Anteile folgendermassen summieren<sup>4)</sup>:

$$\begin{aligned} \Sigma i_k^2 &= KI_0 R^{2n} + KI_1 R^{2(n-1)} + \dots + KI_{n-1} R^2 + KI_n \\ \text{oder} \\ \Sigma i_k^2 &= KI_0 R^{2n} + KI_0 R^{2(n-1)+1} + KI_0 R^{2(n-2)+2} + \dots \\ &+ KI_0 R^{(n+1)} + KI_0 R^n = KI_0 [R^n (R^n + R^{n-1}) + \dots + R + 1] \\ &= KI_0 R^n \frac{R^{n+1} - 1}{R - 1} \end{aligned}$$

und erhält schliesslich, wenn man noch berücksichtigt, dass 1 klein gegen  $R^{n+1}$  ist, den Ausdruck

$$i_n^2 = \Sigma i_k^2 = KI_0 R^n \frac{R^{n+1}}{R - 1}$$

Von Interesse ist nun das Verhältnis  $S_M^2$  zwischen der Signalstärke zum eben betrachteten Störspiegel. Unter Annahme eines Modulationsfaktors  $M$  wird dieses Verhältnis

$$S_M^2 = \frac{i_s^2}{i_n^2} = M^2 \left( \frac{R^{2n}}{R^{2n+1} - 1} \right) I_{\text{Kathode}}^2 = \frac{M^2}{2eF} \frac{R-1}{R} I_{\text{Kathode}}^2$$

Vergleicht man die Verhältnisse zwischen einem Verstärker üblicher Bauart und dem hier beschriebenen, so findet man, dass, unter Voraussetzung von  $S_M = 1:5$  und eines Modulationsfaktors  $M = 1/2$ , die neuen Verstärkertypen einen etwa 200mal kleineren Strom in der ersten Stufe zulassen als die bis jetzt gebräuchlichen thermionischen Verstärker, d. h. man kann damit die untere Grenze der zu verstärkenden Eingangsspannung ebenfalls um einen Faktor von der Grössenordnung 200 erniedrigen.

Die Frequenzabhängigkeit dieser als «Photoröhren» bezeichneten Verstärker ist sehr gering. Die obere Frequenz-

<sup>4)</sup> Die hier gegebene Ableitung weicht von der schwerer verständlichen des Originaltextes ab, führt aber in mehr direkter Weise zur selben Formel.

grenze ist durch die Laufzeit der Elektronen und durch die für die Sekundäremission benötigte Zeit gegeben. Sie beträgt mehrere 100 kHz; eine untere Grenze existiert nicht.

**Praktische Ausführungsformen.** Die praktischen Ausführungsformen unterscheiden sich durch die Art und Weise, wie die Elektronen von einer Elektrode zur nächsten gebracht werden, in magnetische und elektrostatische Verstärker.

Das Prinzip der magnetischen Verstärker ist aus Fig. 4 ersichtlich. Das Magnetfeld ist dabei senkrecht zur Zeichenebene gedacht. Die oberen Elektroden dienen nur zur Erzeugung des für die Beschleunigung der Elektronen nötigen elektrostatischen Feldes.

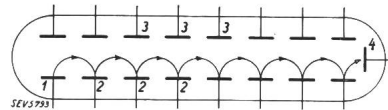


Fig. 4.

Sekundärelektronen-Multiplikator mit magnetischer Strahl-Fokussierung.

1 Kathode. 2 Vervielfacher-Anoden. 3 Elektroden zur Erzeugung des elektrostatischen Feldes. 4 Kollektor.

Nimmt man vorerst an, ein Elektron verlasse die Kathode mit der Geschwindigkeit 0, so beschreibt es unter der gemeinsamen Wirkung des elektrischen und magnetischen Feldes eine gekrümmte Bahn von der Gestalt einer Cycloide, wie dies in Fig. 4 angedeutet ist.

In Wirklichkeit sind natürlich die Elektronenbahnen etwas komplizierter, da erstens die herausgeschleuderten Sekundärelektronen eine gewisse Anfangsgeschwindigkeit be-

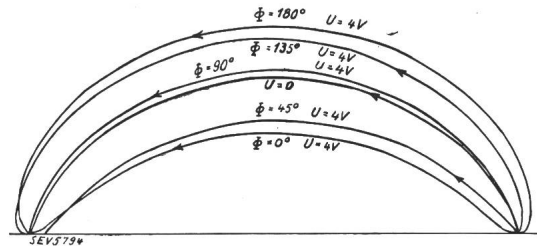


Fig. 5.

Elektronenbahnen bei magnetischer Fokussierung. Beschleunigende Feldstärke 400 V/cm. Magnetfeld 120 Gauss. Die an die einzelnen Kurven geschriebenen Winkel  $\Phi$  bezeichnen die Richtungen gegen die Horizontale, unter denen die Elektronen die Elektrode verlassen.

sitzen und da zweitens das elektrische Feld wegen des von links nach rechts zunehmenden Potentials der Elektroden nicht senkrecht zu den Platten verläuft.

Es gelingt auch unter der Annahme einer Anfangsgeschwindigkeit, die Elektronenbahnen zu berechnen. In Fig. 5 sind solche Bahnen, die mit einer Anfangsgeschwindigkeit

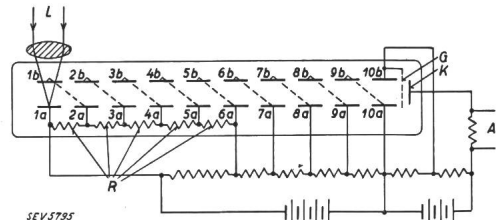


Fig. 6.

«Photoröhre.»

$L$  einfallendes Licht.  $R$  Innen-Widerstände.  $G$  Gitter.  $K$  Kollektor.  $A$  Ausgang.

von 4 Volt-Elektronen berechnet sind, eingetragen. Die einzelnen Bahnen entsprechen Elektronen, die unter verschiedenen Winkeln vom Ausgangspunkt rechts in der Figur ausgestrahlt werden. Man erkennt deutlich auch in diesem Falle, dass die Brennpunkteigenschaft dieser Kurvenschar noch recht gut erfüllt ist. Bei einer grösseren Anzahl von Stufen multiplizieren sich natürlich die Abweichungen und



es kann vorkommen, dass ein Teil der Elektronen die letzte Elektrode überhaupt verfehlt; der Verstärkungsgrad wird dann kleiner als  $R^n$ . Immerhin ist es gelungen, Verstärker mit 12 Stufen zu bauen, ohne dass dieser Effekt merklich auftrat.

Das Prinzip der Ausführung einer solchen «Photoröhre» ist in Fig. 6 dargestellt. Mit einer Linse wird die Photoelektrode 1 belichtet. Die aus ihr ausgelösten Photoelektronen werden auf die Platte 2 hinfokussiert, lösen dort Sekundärelektronen aus, die dann auf Platte 3 fokussiert werden usw. Die Distanz zwischen den oberen und unteren Platten wird so klein als möglich gehalten, um so durch starke Felder die Raumladungen zu überwinden. Um die Seitwärts-

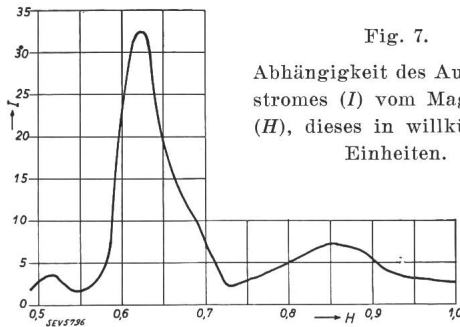


Fig. 7.  
Abhängigkeit des Ausgangsstromes ( $I$ ) vom Magnetfeld ( $H$ ), dieses in willkürlichen Einheiten.

streuung der Elektronen zu vermeiden, sind die Elektroden zwischen senkrecht stehenden Glimmerstreifen montiert, auf denen dann durch die anfangs nach der Seite gestreuten Elektronen Oberflächenladungen entstehen, die eine weitere Seitwärtsstreuung verhindern.

Variiert man das Magnetfeld, so ändert sich natürlich auch der Anodenstrom der Endstufe. Der Zusammenhang ist in Fig. 7 dargestellt. Ähnliche Verhältnisse entstehen bei Veränderung der Gesamtbetriebsspannung (Fig. 8). Die Nebenmaxima entstehen dadurch, dass ein Teil der Elektroden von den Elektronen übersprungen werden.

Da die Hauptmaxima nicht sehr scharf sind, ändern sich die Verstärkereigenschaften nur wenig bei etwa auftretenden Spannungsschwankungen oder bei kleinen Änderungen der Magnetfelder, was praktisch von grosser Bedeutung ist.

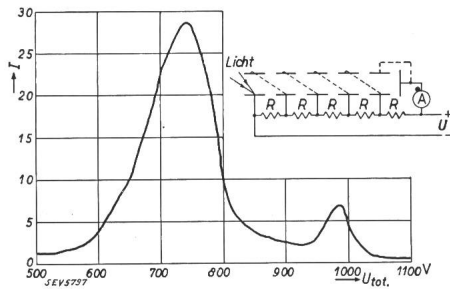


Fig. 8.

Abhängigkeit des Ausgangsstromes ( $I$ ) von der Gesamtspannung ( $U_{tot}$ ). Die gestrichelten Linien im Schema bedeuten Verbindungen innerhalb der Röhre.

Zur Erzeugung der Magnetfelder dienen kleine Hufeisenmagnete.

Bei den *elektrostatischen* Verstärkern wird die Fokussierung der Elektronen durch sog. elektrische Linsen bewerkstelligt. Die Art der Fokussierung ist dieselbe wie in der bekannten Einrichtung des Elektronenmikroskops. Im Prinzip hat jedes radialsymmetrische elektrische Feld die Eigenschaft einer Linse, wenn Elektronenstrahlen in der Nähe des Symmetriezentrums durch dieses hindurchgehen. Als Linse wird in den hier beschriebenen Verstärkern das Feld zwischen zwei coaxialen Zylindern benutzt. Das Prinzip der Linse ist in Fig. 9 dargestellt. Die mit  $v$  bezeichnete Vergrößerung ist in diesem Falle gleich 1. Die gestrichelten Linien deuten Äquipotentialflächen an. Fig. 10 zeigt den Zusammenbau im Verstärker; die Zylinder dienen gleichzeitig als Beschleunigungselektroden.

Einen Nachteil dieser Anordnung bilden die relativ schwachen Felder, die zur Wegführung der Sekundärelektronen zur Verfügung stehen, so dass die Raumladungsbegrenzung schon bei kleinen Strömen eintritt. Etwas besser in dieser Hinsicht ist die in Fig. 11 dargestellte Anordnung.

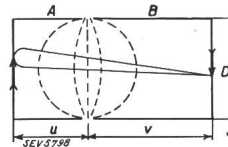


Fig. 9.

Prinzip der elektrostatischen Fokussierung. Elektronenlinse.

$$U \approx \frac{2}{3} D; \quad V = \frac{4}{3} D; \quad m = 1$$

*Anwendungsgebiete.* Die einleuchtendste Verwendungsmöglichkeit dieser Verstärker bildet natürlich die Photostromverstärkung. Am besten eignen sich hierzu die magnetischen Typen. Die neuen Photoröhren vereinigen die Photozelle samt dem Verstärker in einer Röhre, die nicht viel mehr Raum benötigt als eine gewöhnliche Empfangsröhre. Der Hauptvorteil liegt indessen in der grossen Stabilität und geringen Empfindlichkeit gegen äussere Störungen. Ueber-

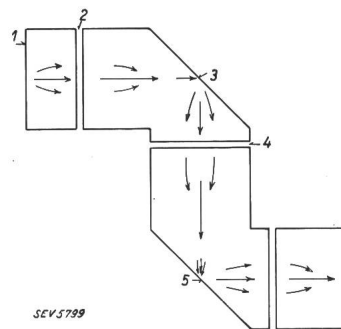


Fig. 10.

Darstellung einer Verstärkerstufe mit elektrostatischer Fokussierung. L-Form.

1 Abgabe der Elektronen, 2, 4 Linse, 3 Erste «Reflexionsfläche», 5 Zweite «Reflexionsfläche».

dies kann man mit extrem geringen Lichtmengen arbeiten, ohne dass Verstärkerrauschen eintritt, wie eingangs auseinandergesetzt wurde. Damit dehnt sich das Anwendungsgebiet der Photoröhren auf alle bekannten Anwendungen der Photozelle aus, Tonfilm, Alarmsysteme, Sortierapparate usw. Als besonders wichtig ist noch die Verbindung der Photoröhrenverstärker mit dem in der Fernsehtechnik benutzten Ikonooskop zu nennen<sup>5)</sup>.

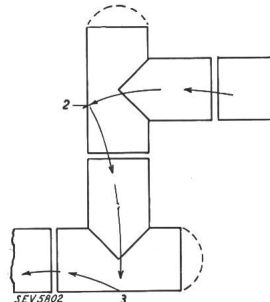


Fig. 11.

Darstellung einer Verstärkerstufe mit elektrostatischer Fokussierung. T-Form.

1 Kathode, 2 Erste Reflexionsfläche, 3 Zweite «Reflexionsfläche».

Bei der Steuerung der beschriebenen Verstärker durch eine bestimmte Eingangsspannung statt durch Licht treten ihre Vorteile weniger zutage, da durch die dazu nötige Einführung einer Koppelimpedanz das thermische Rauschen wieder auftritt genau wie bei normalen Thermionenverstärkern. — (V. K. Zworykin, G. A. Morton and L. Malter. Proc. Inst. Radio Engr. Vol. 24 [1936], Nr. 3, p. 351.) Hdg.

### Le quartz piézo-électrique.

537.228.1

M. R. Jouaust a présenté en 1934 à la Société des Radioélectriciens français une conférence de documentation sur le quartz piézo-électrique qui constitue pour le physicien et l'ingénieur une remarquable mise au point de cet important sujet. Nous tentons de donner ici un bref aperçu de cet travail.

<sup>5)</sup> Vergleiche Bull. SEV 1935, Nr. 3, S. 82.

Le cristal de quartz (silice) est formé d'un prisme hexagonal fermé aux deux extrémités par les faces de deux rhomboïdes; trois des arêtes du prisme sont terminées par des facettes (A, C, E, fig. 1), mais trois arêtes intermédiaires (B, C, F) en sont dépourvues. Le cristal est ainsi hémihédre, et il possède un axe ternaire, passant par les sommets des deux pyramides, qui est l'axe optique. En faisant tourner le cristal de  $180^\circ$  autour d'un axe parallèle à l'une des diagonales de sa section droite, on le superpose à lui-même. Le quartz a donc 3 axes binaires qu'on appelle les axes électriques. Ces axes, en raison de l'hémihédrie du cristal, sont doués d'une propriété directionnelle. Sur l'axe FC par exemple, les propriétés ne sont pas les mêmes dans le sens FC que dans le sens CF. C'est là l'origine de la propriété piézo-électrique du cristal.

Si l'on découpe dans le cristal une plaquette en forme de parallélépipède dont les grandes faces soient normales à l'un des axes électriques (coupe dite de Curie) et si l'on exerce normalement sur ces faces une traction ou une compression, il apparaît sur celles-ci une quantité d'électricité  $q$  proportionnelle à la force  $f$  exercée ( $q = Kf$ ). Le signe des charges apparues sur chacune des faces varie suivant qu'il s'agit d'une dilatation ou d'une compression. Les efforts suivant l'axe optique ne produisent pas d'électrisation. Si l'on exerce des efforts suivant le troisième axe (c'est-à-dire suivant l'axe perpendiculaire aux axes électrique et optique) et sur les faces perpendiculaires à cet axe, il apparaît, sur les grandes faces normales à l'axe électrique, une quantité d'électricité  $q = -K \frac{L}{e} f$ ;  $L$  et  $e$  étant respectivement les dimensions de la plaque suivant le troisième axe et l'axe électrique. Le signe moins indique que la polarité des charges dans ce dernier cas est de signe inverse de celles qui apparaissent lorsqu'on exerce un effort de même sens (traction ou compression) suivant l'axe électrique.

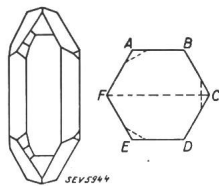


Fig. 1.

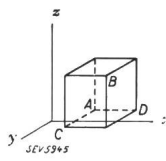


Fig. 2.

Peu après la découverte de ces phénomènes par Pierre et Paul Curie, Lippmann, se basant sur les principes de conservation de l'électricité et du travail, «démontra qu'il devait y avoir un phénomène inverse, c'est-à-dire qu'une polarisation du quartz obtenue en appliquant une différence de potentiel entre les deux faces normales à l'axe électrique, devait entraîner une dilatation (ou une compression) suivant cet axe et une compression (ou dilatation) suivant le troisième axe». Les Curie vérifièrent en effet que si l'on applique la différence de potentiel  $U$ , on observe la dilatation  $\delta = KU$  suivant l'axe électrique et la dilatation  $\delta = -\frac{KLU}{e}$  suivant le troisième axe. On n'observe pas de variation de longueur suivant l'axe optique. Dans toutes les formules précédentes,  $K = 6,45 \cdot 10^{-8}$  u. e. s. c. g. s.

L'auteur expose ensuite la théorie classique de Voigt qui, en considérant un solide élastique, homogène mais non isotrope, rend compte du phénomène général de la piézo-électricité dont les expériences de Curie ne sont qu'un cas particulier.

Voigt considère un parallélépipède élémentaire de côtés  $dx$ ,  $dy$  et  $dz$ . Les coordonnées  $x$ ,  $y$  et  $z$  d'un point  $A$ , deviennent, par déformation,  $x + u$ ,  $y + v$ ,  $z + w$ . Les coordonnées du point voisin  $B$ ,  $x + dx$ ,  $y + dy$ ,  $z + dz$ , augmentent par la même déformation de  $\Delta u$ ,  $\Delta v$ ,  $\Delta w$ , quantités qui sont fonction de  $x$ ,  $y$  et  $z$ :

$$\Delta u = \frac{du}{dx} dx + \frac{du}{dy} dy + \frac{du}{dz} dz$$

$$\Delta v = \frac{dv}{dx} dx + \frac{dv}{dy} dy + \frac{dv}{dz} dz$$

$$\Delta w = \frac{dw}{dx} dx + \frac{dw}{dy} dy + \frac{dw}{dz} dz$$

La théorie mathématique de l'élasticité appelle déformations linéaires les quantités  $\frac{du}{dx}$ ,  $\frac{dv}{dy}$ ,  $\frac{dw}{dz}$ ; on peut les désigner par  $\lambda_x$ ,  $\lambda_y$  et  $\lambda_z$ . De plus, l'angle  $CAD$  (fig. 2) diminue de la valeur du glissement  $\mu_z = \frac{1}{2} \left( \frac{dv}{dx} + \frac{du}{dy} \right)$ . Si l'on désigne aussi par  $\mu_y$  et  $\mu_x$  les glissements dans les plans perpendiculaires aux axes  $\theta_y$  et  $\theta_x$ , les composantes linéaires de la déformation de  $AB$  seront données par des relations de la forme:

$$A = \varepsilon_{11} \lambda_x + \varepsilon_{12} \lambda_y + \varepsilon_{13} \lambda_z + \varepsilon_{14} \mu_x + \varepsilon_{15} \mu_y + \varepsilon_{16} \mu_z$$

$$B = \varepsilon_{21} \lambda_x + \varepsilon_{22} \lambda_y + \varepsilon_{23} \lambda_z + \varepsilon_{24} \mu_x + \varepsilon_{25} \mu_y + \varepsilon_{26} \mu_z$$

$$C = \varepsilon_{31} \lambda_x + \varepsilon_{32} \lambda_y + \varepsilon_{33} \lambda_z + \varepsilon_{34} \mu_x + \varepsilon_{35} \mu_y + \varepsilon_{36} \mu_z$$

Suivant Voigt, la polarisation piézo-électrique est proportionnelle aux déformations.  $A$ ,  $B$ ,  $C$  représentent donc aussi les composantes de cette polarisation suivant les trois axes. Mais on sait d'autre part que les déformations peuvent s'exprimer en fonction de six paramètres  $N$  et  $T$  qui sont les efforts normaux et les efforts tranchants par unité de surface. En substituant on a donc:

$$-A = \delta_{11} N_1 + \delta_{12} N_2 + \delta_{13} N_3 + \delta_{14} T_1 + \delta_{15} T_2 + \delta_{16} T_3$$

$$-B = \delta_{21} N_1 + \delta_{22} N_2 + \delta_{23} N_3 + \delta_{24} T_1 + \delta_{25} T_2 + \delta_{26} T_3$$

$$-C = \delta_{31} N_1 + \delta_{32} N_2 + \delta_{33} N_3 + \delta_{34} T_1 + \delta_{35} T_2 + \delta_{36} T_3$$

Lorsqu'un cristal possède un axe de symétrie d'ordre  $\theta$ , si l'on prend cet axe de symétrie pour axe des  $Z$ , on doit retrouver des relations identiques en effectuant une rotation  $\theta$  des axes de coordonnées  $x$  et  $y$  autour de  $z$ . Dans le cas du quartz,  $\theta = 120^\circ$ ; si l'on choisit l'axe optique pour axe des  $z$ , les 18 paramètres précédents ne sont pas indépendants, et il reste finalement,  $x$  étant l'axe électrique et  $y$  le troisième axe:

$$-A = \delta_{11} (N_1 - N_2) + \delta_{14} T_1$$

$$-B = \delta_{14} T_2 - 2 \delta_{11} T_3$$

$C = 0$  avec  $\delta_{11} = 6,45 \cdot 10^{-8}$ ;  $\delta_{14} = 1,45 \cdot 10^{-8}$  (u. e. s.). Il n'y a donc pas de polarisation suivant l'axe optique. En reprenant la coupe de Curie, et en appliquant une force  $F$  parallèle à l'axe électrique ou au troisième axe, on retrouve les lois de Curie.

On peut aussi utiliser des coupes différentes de la coupe de Curie. Si une lame de quartz fait un angle donné avec une coupe de Curie, on montre que la polarisation est indépendante de cet angle.

En écrivant les relations qui lient les déformations linéaires et les paramètres  $T$  et  $N$ , on en peut tirer, en fonction des constantes d'élasticité, la valeur du module d'Young dans la direction de l'axe électrique et du troisième axe ( $E = 7,7 \cdot 10^{11}$  dynes/cm<sup>2</sup>) et dans la direction de l'axe optique ( $E = 10,1 \cdot 10^{11}$  dynes/cm<sup>2</sup>).

Les déformations statiques étudiées dans cette première partie sont extrêmement faibles. Il n'en est plus de même lorsque le cristal est soumis à des différences de potentiel alternatives dont la fréquence correspond à l'une de ses périodes propres de vibrations mécaniques; il se produit alors le phénomène de résonance.

#### Les verges vibrantes.

Le cas le plus simple est celui des lames ou verges dont les dimensions transversales sont faibles par rapport à la longueur. On sait qu'une verge de longueur  $L$ , de module d'élasticité  $E$  et de densité  $d$  peut être le siège de vibrations longitudinales de fréquences:

$$f_1 = \frac{K}{2L} \sqrt{\frac{E}{d}}$$

ou de vibrations transversales — ou de flexion — de fréquences

$$f_t = \frac{m^2}{4 \pi \sqrt{3}} \frac{\alpha}{l^2} \sqrt{\frac{E}{d}}$$

$m = (K + \frac{1}{2})\pi$  et  $K = 1, 2, 3, \text{ etc.}$ ,  $a$  étant la dimension transversale dans le plan de flexion. La même verge peut être le siège de vibrations de torsion dont on sait calculer la fréquence. Mais en général, et surtout si la verge vibre sur des harmoniques élevés, on ne peut pas négliger les dimensions transversales et l'énergie cinétique transversale de contraction ou de dilatation. En cherchant à tenir compte de cette énergie, *Lord Rayleigh* montra que le calcul de la fréquence est analogue à celui qui permet de déterminer la fréquence d'un circuit oscillant couplé à une inductance. Suivant *M. Jouaust*, il faut considérer les déformations transversales comme étant douées également d'une période propre. Une verge qui vibre longitudinalement se comporte alors comme deux circuits oscillants couplés, le circuit principal pouvant avoir deux périodes d'oscillation et pouvant passer de l'une à l'autre lorsque les périodes propres des deux circuits ou leurs harmoniques sont voisins.

Mais différentes méthodes expérimentales permettent de mettre directement en évidence la façon dont un quartz oscille. Dans le procédé de la *poudre de lycopode*, celle-ci se rassemble et dessine les lignes nodales. Dans le procédé de *Tawill*, le cristal est placé entre deux nicols, dans la lumière polarisée. Pour une certaine position du cristal, et lorsque l'on a amené l'extinction de la lumière par un condensateur de Babinet, la lumière réapparaît aux points nodaux (maximum de compression) lorsque les oscillations électriques auxquelles le cristal est soumis sont en résonance avec l'une de ses oscillations mécaniques. La réapparition de la lumière est due au fait que le plan de polarisation tourne dans les régions comprimées du cristal. Par le

procédé de *Dye*, on observe les franges d'interférence qui subsistent aux régions nodales lorsque le quartz en vibration est placé dans un interféromètre. Le procédé de luminescence de *Giebe* et *Scheibe* utilise l'effet piézo-électrique inverse: dans une verge en vibration longitudinale, il apparaîtra des charges alternativement positives et négatives, en densité d'autant plus élevée que l'on se trouvera dans une région du barreau où les variations de pression et par conséquent les déformations seront plus grandes. La verge étant placée dans un tube contenant un mélange d'hélium et de néon sous pression réduite, le gaz s'illuminera là où le champ électrique des charges est le plus intense.

L'auteur passe ensuite en revue les diverses manières d'exciter les vibrations du cristal par des électrodes soumises à une différence de potentiel alternative. La position des électrodes varie avec la coupe du cristal et le genre de vibrations qu'on veut obtenir.

Un point particulièrement important est celui de la variation des fréquences propres d'un cristal en fonction de la température. Pour un barreau long, en forme de verge, vibrant longitudinalement sur sa fondamentale, on calcule et on observe que la variation de fréquence est de quelques millièmes par degré. Mais la loi de variation en fonction de la température est plus complexe lorsque les dimensions transversales ne sont plus négligeables, ou lorsque la coupe du cristal diffère de la coupe de Curie. Il est alors possible de réaliser des oscillateurs (coupe à 30° avec oscillations de glissement) où le coefficient de température est pratiquement nul. On sait que de tels systèmes oscillants sont utilisés comme maîtres-oscillateurs ou pour la commande des horloges de haute précision. Les horloges à quartz piézo-électrique sont d'une précision telle que leur marche est comparable à celle des pendules astronomiques d'observatoire. — (*R. Jouaust*, *Onde électr.* t. 14 [1935], No. 162, p. 373, et No. 163, p. 421.) G. J.

## Wirtschaftliche Mitteilungen. — Communications de nature économique.

### Energieausfuhrbewilligung.

Der Bundesrat erteilte am 29. Dezember 1936 der Aare-Tessin A.-G. für Elektrizität in Olten nach Anhörung der Eidgenössischen Kommission für Ausfuhr elektrischer Energie als Ersatz für die am 31. Dezember 1936 ablaufende Bewilligung Nr. 63 die Bewilligung (Nr. 140), elektrische Energie mit einer Gesamtleistung bis max. 30 000 kW nach Frankreich an die

Compagnie Lorraine d'Electricité S. A., Nancy,  
Houillères de Ronchamp S. A., Ronchamp,  
Forces Motrices du Haut-Rhin, S. A., Mülhausen (für die  
Versorgung der Forces Electriques Sundgoviennes),

auszuführen.

Die Bewilligung Nr. 140 ist bis 15. März 1945 gültig.

### Production et distribution d'énergie électrique en France en 1934.

31 : 621.311(44)

De la statistique détaillée, publiée par le Service central des forces hydrauliques et des distributions d'énergie électrique près le Ministère des Travaux publics en France, nous extrayons les chiffres suivants relatifs à l'année 1934:

		10 <sup>3</sup> kW
Puissance installée hydraulique		3 322
» » thermique		7 097
» » totale		10 419

Puissance normale disponible hydraulique	10 <sup>3</sup> kW	1 362
» » thermique		5 132
» » totale		6 494
10 <sup>6</sup> kWh		
Production d'énergie hydraulique		7 195
» » thermique		7 977
» » totale		15 172
Importation d'énergie		581
Exportation d'énergie		84
Energie disponible dans le pays		15 669
Energie consommée:		
Haute tension: Traction		936
	Electrochimie et électrometallurgie	2 188
	Autres usages	7 105
	Total haute tension	10 229
Basse tension: Lumière et ménages		1 791
	Force motrice	969
	Total basse tension	2 760
Total énergie consommée		12 989
Pertes dans les réseaux		2 680
		15 669

En outre, fin 1934, il restait encore en France 2635 communes avec 936 264 habitants sans distribution d'énergie électrique, contre 3362 communes avec 1 230 996 habitants à la fin de l'année précédente. Mo.

**Données économiques suisses.**

(Extrait de «La Vie économique», supplément de la Feuille Officielle Suisse du commerce).

No.		Décembre	
		1935	1936
1.	Importations . . . . .	125,0	175,4
	(janvier-décembre) } en 10 <sup>6</sup> frs {	(1283,3)	(1266,3)
	Exportations . . . . .	74,2	99,0
2.	Marché du travail: demandes de places . . . . .	118 775	104 842
	3. Index du coût de la vie	130	132
		Index du commerce de gros	92
4.	Prix-courant de détail (moyenne de 34 villes)		
	Eclairage électrique		
	cts/kWh	37,4 (75)	37,4 (75)
	Gaz	27 (127)	27 (127)
	Coke d'usine à gaz	6,89 (141)	6,08 (124)
5.	Permis délivrés pour logements à construire dans 28 villes . . . . .	145	336
	(janvier-décembre) . . . . .	(4847)	(3163)
6.	Taux d'escompte officiel . %	2,50	1,50
7.	Banque Nationale (p. ultimo)		
	Billets en circulation	1366	1482
	Autres engagements à vue	401	1363
	Encaisse or et devises or <sup>1)</sup>	1396	2762
	Couverture en or des billets en circulation et des autres engagements à vue . . . . .	79,00	95,19
8.	Indices des bourses suisses (le 25 du mois)		
	Obligations . . . . .	88	125
	Actions . . . . .	96	160
	Actions industrielles . . . . .	162	238
9.	Faillites . . . . .	78	72
	(janvier-décembre) . . . . .	(947)	(967)
	Concordats . . . . .	28	37
10.	Statistique hôtelière:		
	Moyenne des lits occupés sur 100 lits disponibles (au milieu du mois) . . . . .	17,8	22,2
10.	Recettes d'exploitation de tous les chemins de fer, y compris les CFF <sup>2)</sup>		
	Marchandises	52 925	45 521
	(janvier-octobre) . . . . .	(148 323)	(128 642)
	Voyageurs	63 046	56 688
(janvier-octobre) . . . . .	(163 070)	(150 685)	

<sup>1)</sup> Depuis le 23 septembre 1936 devises en dollars.  
<sup>2)</sup> Du N° 7 au N° 25, 1936, par erreur les CFF seulement.

**Prix moyens (sans garantie) le 20 du mois.**

		Janv.	Mois précédent	Année précéd.
Cuivre (Wire bars) . . . . .	Lst./1016 kg	59/5/0	50/10/0	39/0/0
Etain (Banka) . . . . .	Lst./1016 kg	231/10/0	233/15/0	210/0/0
Plomb . . . . .	Lst./1016 kg	28/11/3	26/1/3	15/0/0
Fers profilés . . . . .	fr. s/t	121.60	121.60	84.50
Fers barres . . . . .	fr. s/t	133.25	133.25	92.50
Charbon de la Ruhr gras <sup>1)</sup> . . . . .	fr. s/t	46.40	46.40	35.70
Charbon de la Saar <sup>1)</sup> . . . . .	fr. s/t	41.05	48.05	32.—
Anthracite belge 30/50 . . . . .	fr. s/t	65.80	65.80	51.—
Briquettes (Union) . . . . .	fr. s/t	46.90	1)	36.50
Huile p. mot. Diesel <sup>1)</sup> . . . . .	fr. s/t	95.50	95.50	75.—
Huile pour chauffage <sup>2)</sup> . . . . .	fr. s/t	105.50		
Benzine . . . . .	fr. s/t	161.—	161.—	144.—
Caoutchouc brut . . . . .	d/lb	10 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	—

Les prix exprimés en valeurs anglaises s'entendent f. o. b. Londres, ceux exprimés en francs suisses, franco frontière (sans frais de douane).  
<sup>1)</sup> Prix pas encore fixé.  
<sup>2)</sup> Par wagon isolé.  
<sup>3)</sup> En citernes.

**Literatur. — Bibliographie.**

621.315.66.00273 Nr. 1312  
**Beitrag zur Berechnung von Mastfundamenten.** Von H. Fröhlich. 81 S., 17,5×24 cm, 70 Fig. Dritte, neubearbeitete und erweiterte Auflage. Verlag: Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 1936. Preis: geb. RM. 7.50.

Gestützt auf Versuche, die 1913 in Berlin vorgenommen wurden, hat Dr.-Ing. H. Fröhlich 1915 die 1. Auflage seines «Beitrages» herausgegeben. Der VDE hat seither die darin angegebene Berechnungsart für Mastfundamente in seinen Verbandsvorschriften sanktioniert.

Die 10 erprobten Fundamente waren durchweg in leichtem Sandboden erstellt worden. Nur zwei derselben hatten prismatische Form, befanden sich also in «gewachsenem Boden». Die andern waren unten verbreitert und somit seitlich teilweise von losem, bzw. eingestampftem Material umgeben. Bei der Beurteilung der Ergebnisse muss dies berücksichtigt werden. Die auf Grund dieser Versuche von Fröhlich angestellten theoretischen Untersuchungen führten ihn zum Schlusse, die Kantenpressung (an der Fundamentsohle) könne als Maßstab für die Standsicherheit von Blockfundamenten nicht angesehen werden, der grösste Teil der durch das Kippmoment hervorgerufenen Kräfte müsse durch den seitlichen Erddruck aufgenommen werden. Dementsprechend stellte er in Anlehnung an Versuche Engels mit in Sand gesteckten, an der Spitze durch eine Horizontalkraft beanspruchten Stäben und an eine daraus abgeleitete Theorie Mohrs Berechnungsformeln auf, die nur dem seitlichen Erddruck, nicht aber den an der Fundamentsohle auftretenden Reaktionskräften noch der Besonderheit (Kohäsion) der in Betracht fallenden Bodenarten Rechnung trugen. Er bezeichnete selbst diese Formeln als empirisch.

Die Kritik, welche der erwähnten Mängel wegen an den Formeln von verschiedenen Seiten geübt wurde, hat Fröhlich veranlasst, in der neuerschienenen dritten Auflage seiner Arbeit eine Berechnungsart auf geänderter Grundlage aufzustellen. Er vertritt zwar die Ansicht, dass die am Fundament angreifenden (Reaktions-)Kräfte durch den Druck der Fundamentflächen gegen das Erdreich hervorgerufen werden und dass die Grösse dieses Druckes von der Formänderung (Zusammendrückung des Bodens) abhängt. Mit der Begründung, Grösse und Verlauf dieser Formänderung (Baugrundziffern) seien noch nicht restlos erforscht, verzichtet er aber darauf, die neue Berechnungsart auf dieser Grundlage aufzubauen, die bekanntlich für die seinerzeit im Bulletin beschriebene Berechnungsmethode gewählt worden ist und die sich im allgemeinen sehr gut bewährt hat. Statt dessen stellt er die Bedingung auf, die Bodenbelastung an der Fundamentsohle dürfe den im Tiefbau als «zulässige Belastung des Baugrundes» und der Grenzwert der Bodenpressung in waagrechtlicher Richtung den als «passiven Erddruck» bezeichneten Betrag nicht überschreiten. Dadurch soll erreicht werden, dass ein so berechnetes Blockfundament unter der Einwirkung des der Berechnung zugrunde gelegten Kippmomentes nur «kleine Drehungen» ausführen kann. Da sowohl die «zulässige Baugrundbelastung» als der «passive Erddruck» von der Bodenart abhängen, ist damit ein Mangel der früheren Berechnungsart bis zu einem gewissen Grad behoben. Der Verzicht auf die Berücksichtigung der den Bodenpressungen entsprechenden Formänderungen des Bodens bedeutet aber nicht nur Verzicht auf die zahlenmässige Begrenzung der Drehung eines Fundamentes, sondern es wird dadurch die Rechnung fehlerhaft, weil die bei der Drehung von den einzelnen Bodenreaktionen herrührenden Momente nicht unabhängig voneinander bestimmt und addiert werden können, wie es hier geschieht. Alle diese Momente sind notwendigerweise eine Funktion der Drehung des Fundamentblockes und daher grundsätzlich nur richtig, wenn sie in dieser Verbundenheit in der Rechnung erscheinen.

Wenn ferner auf Seite 28 gesagt wird, der Einfluss der Kohäsion der Erde auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen Pressungen sei in den meisten Fällen sehr gering, so kann dieser Behauptung nicht zugestimmt werden. Wie die tägliche Erfahrung lehrt, spielt die Kohäsion gegenteils eine grosse Rolle (gewachsener gegenüber gelockertem, geschüttetem Boden). Das zeigt sich besonders deutlich bei den Baugrund-

ziffern, die in Boden mit ungestörter Kohäsion im allgemeinen bedeutend grösser sind, als in gelockertem, selbst wieder festgestampftem Boden gleicher Art. Leider muss die Kohäsion des Bodens der Berliner Versuche besonders gering gewesen sein. Die Verallgemeinerung der auf diesen ungünstigen Umstand zurückzuführenden Ergebnisse hat Dr. Ing. Fröhlich zum Schlusse verleitet, Stufenfundamente erforderten allgemein einen geringeren Betonaufwand als Fundamente ohne Stufen, auch wenn diese satt an die Grubenwände anbetoniert würden. Das ist nur sehr bedingt richtig, nämlich, wenn es sich um verhältnismässig schlechten Baugrund handelt.

Von den erwähnten Aussetzungen abgesehen, ist anzuerkennen, dass der Autor seinen Stoff sehr eingehend und unter weitgehender Berücksichtigung anderer über den gleichen Gegenstand erschienener Veröffentlichungen, worunter auch derjenigen im Bulletin SEV, bearbeitet hat.

Die schweizerischen Verordnungen über elektrische Anlagen schreiben für Mastfundamente eine bestimmte Berechnungsweise nicht vor, verlangen jedoch den Nachweis, dass die Drehung des Fundamentblockes unter der Einwirkung eines bestimmten Kippmomentes einen bestimmten kleinen

Betrag ( $tg \alpha = 0,01$  bzw.  $0,005$ ) nicht übersteigen dürfe. Leider gestattet auch die neue Fröhlichsche Berechnungsmethode die Erbringung dieses Nachweises nicht. Wer sie in der Schweiz dennoch anwenden will, kann dies tun. Er wird dann aber noch kontrollieren müssen, ob die erhaltenen Abmessungen auch den schweizerischen Bestimmungen genügen. Solche Vergleichsrechnungen wären an sich ganz interessant. Es stellen sich ihrer einwandfreien Durchführung nur gewisse Schwierigkeiten in den Weg, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann.

Gegenüber den Aussetzungen, die Herr Dr. Ing. Fröhlich an der schweizerischen Berechnungsmethode macht, ist zu sagen, dass sich die letztere sowohl technisch als wirtschaftlich gut bewährt hat und dass nach den gemachten Erfahrungen die seinerzeit im Bulletin SEV angegebenen Baugrundziffern für den Bereich der kleinen zugelassenen Fundamentbewegungen sich nicht als zu gross erwiesen haben. Es kann dahingestellt bleiben, ob die Ziffern in Wirklichkeit etwas kleiner sind und die als zu hoch bezeichneten Werte bis zu einem gewissen Grad den nicht berücksichtigten Reibungsverhältnissen Rechnung tragen. Die Richtigkeit der Rechnungsmethode in grundsätzlicher Hinsicht wird dadurch nicht berührt. *G. Sulzberger.*

## Miscellanea.

### In memoriam.

**Edouard Rochedieu** †. Né le 13 juin 1855 à Chêne-Bougeries (Genève) d'un père français et d'une mère vaudoise, Ed. Rochedieu devint Suisse par l'achat que fit son père de la bourgeoisie de Chêne-Bougeries. Il fit ses études à Lausanne et sortit premier en 1874 de l'Ecole Industrielle cantonale.

Etant l'aîné de 6 enfants, il dut venir en aide à ses parents en entrant au service des Ponts et Chaussées à Lausanne où il travailla sous la direction de Louis Gonin, ingénieur cantonal.

En 1879, engagé par la Société Joret et Cie (dénommée plus tard Société des Ponts et Travaux en fer) à Paris, il travailla pendant 12 ans comme conducteur de travaux, puis comme chef de section à la construction de diverses parties du réseau de la Compagnie de l'Est Algérien.

A son arrivée à Alger, le chemin de fer était en construction jusqu'à l'Alma. C'est de ce point qu'Ed. Rochedieu établit la ligne à travers un terrain accidenté, par Belle-Fontaine, Ménerville, la vallée de l'Isser, les gorges de Palestro, Thiers, jusqu'à l'embranchement de Draël-Mizah, soit à plus de 100 km à l'intérieur depuis Alger. En outre, il fut chargé de l'inspection du premier tronçon de Maison Carrée à l'Alma. L'établissement de la ligne le long de la Vallée de l'oued Isser, spécialement dans les gorges de Palestro, nécessita la construction d'une vingtaine de ponts, de viaducs et de tunnels, dont quelques-uns assez considérables.

Vers la fin de 1886, Ed. Rochedieu put s'établir à Alger où il travailla à l'étude du chemin de fer de Kabylie (Ménerville-Tiziouzzou). En 1891 il rentra au pays définitivement. Sa santé était bien compromise par la malaria contre laquelle il avait dû lutter à maintes reprises.

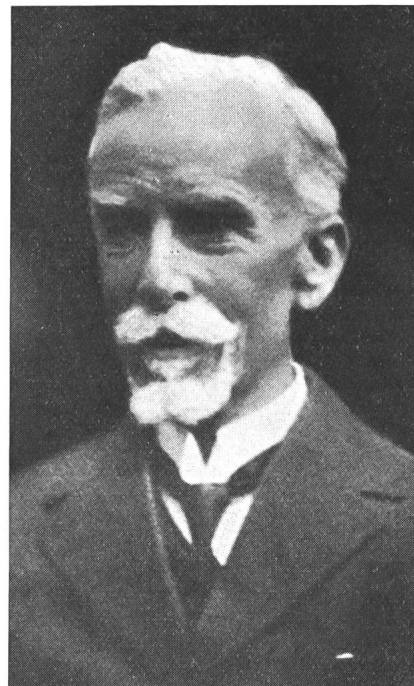
Un court stage de dessinateur au Jura-Simplon à Lausanne, quelques mois à Nâtschen au-dessus d'Andermatt pour les études et la direction des travaux d'une route pour les fortifications du Gothard, puis au bureau du Génie à Berne, précédèrent sa nomination au Locle comme Directeur des Travaux Publics en mars 1892.

A son arrivée au Locle, Ed. Rochedieu dut assumer à lui seul la direction des Travaux Publics et de l'Usine électrique de la Rangonnière qui venait d'être mise en service et dont le réseau nécessitait des extensions importantes.

Il participa aux études et à la construction de l'Usine de Combe-Garot dans les Gorges de l'Areuse dont la concession avait été attribuée aux trois villes de Neuchâtel, de La Chaux-de-Fonds et du Locle. Après avoir écarté les solutions consistant à utiliser soit l'air comprimé, soit le courant triphasé pour cette transmission, l'on adopta finalement le système de

transmission en courant continu série selon le procédé Thury, ce qui montre qu'à cette époque la technique n'était pas aussi normalisée que de nos jours.

Après avoir installé provisoirement l'Usine de transformation au sous-sol du Nouveau Collège, Ed. Rochedieu créa l'Usine centrale actuelle qui est remarquable à plus d'un point de vue. Installée sur le marais du Locle, elle dut être soutenue par toute une forêt de pilotis. Ed. Rochedieu ima-



Edouard Rochedieu  
1855 — 1936

gina ensuite d'utiliser tout le fond de l'usine comme réservoir pour l'eau d'alimentation, ce qui permit de disposer d'une réserve de 800 m<sup>3</sup> environ. Enfin l'Usine elle-même comprend une usine élévatoire d'eau d'alimentation de la ville, le pompage pouvant s'effectuer de nuit, une usine de transformation de courant série en courant continu basse tension et une usine de réserve à vapeur. Par la suite vint s'ajouter encore le courant triphasé qui est produit par un

groupe de transformation continu-triphasé en parallèle avec le réseau des Entreprises Electriques Fribourgeoises.

Parallèlement à cette création, Ed. Rochedieu dut s'occuper de la question de la distribution de l'eau à domicile où tout était à créer et qui fut mise en service en 1900. La captation de l'eau est un des gros soucis des villes du Jura. Devant l'impossibilité d'aller chercher comme la grande ville voisine, de l'eau dans les gorges de l'Areuse, il fallut établir de nombreux captages, prévoir des reboisements importants et faire face constamment à l'augmentation de la consommation.

En sachant que dès 1891 il fallut refaire complètement le réseau d'égoûts et dès 1900 commencer à étudier l'installation de l'usine et du réseau du gaz, l'on comprendra que la tâche de M. Rochedieu devenait écrasante. Aussi en 1906, le Conseil communal décida de le décharger des Travaux publics.

C'est en 1906 également que fut mise en service l'usine à gaz qui prit rapidement un grand essor. Par la suite, Ed. Rochedieu eut encore à s'occuper de l'amenée de l'énergie des Entreprises Electriques Fribourgeoises, des tourbières des Ponts-de-Martel, de la rénovation de l'Usine de la Rançonnière, des installations de chloration et de filtrage de l'eau, comme de toutes les extensions qu'il fallut faire des réseaux des trois services.

La dominante d'Ed. Rochedieu c'est sa persévérance et le soin qu'il mettait à étudier à fond tout ce qu'il entreprenait. Il mettait son honneur à examiner chaque question au plus près de sa conscience d'ingénieur et à trouver chaque fois la solution qui correspondait le mieux au problème posé, sans s'inquiéter beaucoup de savoir ce que faisaient les autres. Si cette disposition d'esprit l'a quelquefois orienté vers une solution originale que l'extension des sciences n'a pas confirmée, par contre, elle en a souvent fait un novateur. Il est nécessaire également d'insister sur sa prévoyance. Il a su voir par exemple dès le début de l'électricité, tout l'essor que prendraient ses applications et a su dimensionner les bâtiments comme les machines de l'Usine centrale dans une mesure qui permette une importante extension future.

Ces qualités éminentes n'avaient d'égale que sa très grande modestie. Il s'effaçait souvent, trop souvent même, devant ceux qui proposaient des initiatives sans en apprécier toujours les possibilités techniques et économiques.

Il prit sa retraite le 1<sup>er</sup> janvier 1933 soit après 41 ans d'activité au Locle et 59 ans d'activité professionnelle. Cette longue carrière n'a pas eu pour couronnement une longue retraite puisque Ed. Rochedieu s'éteignait le 30 octobre 1936. Malgré les deuils terribles et la maladie, il conserva une verve extraordinaire jusqu'à son extrême vieillesse et, jusqu'à son dernier souffle, une admirable lucidité. Le Locle lui gardera longtemps une grande reconnaissance.

#### Services Industriels du Locle.

Outre son activité professionnelle rappelée ci-dessus, Rochedieu a travaillé au développement de nos associations. En 1894 déjà, il se fit recevoir membre individuel de l'ASE en faisant inscrire simultanément, comme membre collectif, la direction des travaux publics du Locle, à la tête de laquelle il se trouvait.

Lorsque, en 1895, fut fondée l'UCS, cette direction devint également membre de cette association, grâce à Rochedieu qui se rendit compte qu'il était dans l'intérêt bien compris de cette administration, pour le développement de la distribution d'énergie électrique, de se tenir au courant du développement de cette branche spéciale, qui devait par la suite prendre une si grande importance pour l'économie domestique et industrielle de notre pays.

Les relations de Rochedieu avec nos deux associations s'intensifièrent plus spécialement dès l'année 1906, date à laquelle il prit la direction des services industriels du Locle (eaux, gaz et électricité), et lors de la réorganisation de l'UCS en 1919, l'assemblée générale du 3 avril à Olten le nomma membre du comité de cette association. Par cette réorganisation, les deux comités ASE et UCS réunis formèrent la commission d'administration, par laquelle Rochedieu se trouva en contact direct et permanent avec nos institutions.

Il suivit ainsi avec intérêt le développement de celles-ci. Il était un membre assidu des séances, malgré la distance qui sépare Le Locle de Zurich.

A la fin de 1927, âgé de 72 ans, il se retira du comité de l'UCS pour se consacrer entièrement à son activité professionnelle.

Tous ceux qui l'ont connu et spécialement tous ses collègues garderont le meilleur souvenir de cet homme droit, jovial et affable.

Réd.

#### Persönliches.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis sind stets erwünscht.)

**Osram A.-G., Zürich.** Am 1. Februar konnte Herr Direktor *Eugen Maute* auf 25 Jahre Tätigkeit in der Glühlampenbranche zurückblicken. Der Jubilar trat am 1. Februar 1912 bei Siemens, Zürich, ein und übernahm am 1. Oktober 1920 die Direktion der Osram A.-G., Zürich. Fünf Jahre später setzten unter seiner Leitung die lichtwirtschaftlichen Arbeiten dieser Firma ein, die sich erst an die Elektro-Fachleute und später auch an die breite Öffentlichkeit wandten. Diese Bestrebungen fanden nach und nach das Interesse weiterer Kreise, so dass im Jahre 1930 die Zentrale für Lichtwirtschaft gebildet werden konnte.

#### Kleine Mitteilungen.

**Kurs für gewerblichen Atemschutz und Rettungsgasschutz.** In Fortentwicklung der bisherigen schweizerischen Gasschutzkurse für Industrie, Feuerwehr, Polizei und Sanität wird im Verlaufe dieses Frühjahrs an der Eidgenössischen Technischen Hochschule wieder ein Kurs für gewerblichen Atemschutz und Rettungsgasschutz durchgeführt, veranstaltet vom Hygiene-Institut und vom Betriebswissenschaftlichen Institut an der ETH. Dieser Kurs findet vom 12. bis 13. März 1937 statt. Programme können von den genannten Stellen verlangt werden.

**Conférences organisées par l'A<sup>3</sup>E<sup>2</sup>IL.** Parmi les conférences organisées cet hiver par l'Association Amicale des Anciens Elèves de l'Ecole d'Ingénieurs de l'Université de Lausanne (A<sup>3</sup>E<sup>2</sup>IL) il y en a qui intéresseront aussi les membres de l'ASE, notamment:

Samedi 13 février, aux Câbleries de Cossonay: Conférence de M. E. *Foretay* sur la fabrication des câbles électriques.

Vendredi 26 février, à la Salle Tissot, Lausanne: Conférence de M. *Thomann* (Sulzer Frères) sur les applications modernes de la pompe centrifuge.

Samedi 20 mars, à l'Hôtel de la Paix, Lausanne: Conférence présentée par la maison *Brown, Boveri* sur les applications de la chaleur électrique dans l'industrie et leur influence sur l'économie nationale (avec film).

Vendredi 9 avril, à la Salle Tissot, Lausanne: Conférence de M. *Tréchsler* (Escher Wyss) sur les installations frigorifiques de l'Usine *Fiat* pour l'essai des moteurs d'aviation aux basses températures et dans l'air réfrigéré.

Les rencontres du vendredi ont lieu le soir à 20 h 30, celles du samedi, dans l'après-midi.

**Weltkraftkonferenz.** Das Zentralbureau der Weltkraftkonferenz gab folgende Publikationen heraus:

Statistisches Jahrbuch der Weltkraftkonferenz Nr. 1, 1933 und 1934. Preis Fr. 22.—.

Ueberblick über die gegenwärtige Organisation der Normung, national und international. Preis 3/6.

#### 50 Jahre Physikalische Gesellschaft Zürich.

Vom 13. bis 16. Januar 1937 feierte die Physikalische Gesellschaft Zürich unter dem Vorsitz von Herrn Privatdozent Dr. R. *Sänger* das 50. Jubiläum ihres Bestehens, ein Fest, dem eine glanzvolle Reihe berühmter Physiker ein seltenes Niveau gaben: Die Festvorträge zum gewählten Thema «*Der feste Körper*» wurden gehalten von den Herren Prof. Dr. P. *Niggli*, ETH, Zürich, Prof. Dr. W. L. *Bragg*, Universi-

tät Manchester, Prof. Dr. P. Debye, Kaiser Wilhelm Institut für Physik, Berlin, Dr. A. Müller, The Royal Institution, London, Prof. Dr. H. Mark, Universität Wien, Prof. Dr. A. Sommerfeld, Universität München, Prof. Dr. M. von Laue, Universität Berlin; von diesen Vortragenden sind nicht weniger als drei Träger des Nobelpreises, worunter, seit wenigen Wochen, Herr Prof. Dr. P. Debye, dem hier, an seiner früheren Wirkungsstätte, ein begeisterter Empfang bereitet wurde.

Der Präsident der Gesellschaft, Herr Privatdozent Dr. R. Sängler, eröffnete die Jubiläumstagung mit einer wohlgesetzten Begrüssung der illustren Gäste und mit einem herzlichen Dank an alle Gönner und Förderer der Gesellschaft; er gab einen kurzen, interessanten Abriss über die Geschichte der Jubilarin, die am 11. Januar 1887 in der «Bollerei» gegründet wurde, und zwar nicht von zünftigen Physikern, die zunächst bewusst ausgeschaltet wurden, sondern von Ingenieuren der Zürcher Telegraphengesellschaft, der Wiege der schweizerischen Elektrotechnik, und von Assistenten der beiden Zürcher Hochschulen. Heute sind viele Namen von Gründermitgliedern und Mitgliedern, die in den ersten Jahren eintraten, in der Elektrotechnik weitbekannt; genannt seien unter vielen andern nur die Herren Prof. Dr. W. Wyssling, Gründermitglied, der der erste Aktuar war, Dr. E. Bitterli, Paris, Dr. H. Behn-Eschenburg, Küssnacht, und Dr. E. Huber-Stockar, Zürich, die natürlich besonders herzlich begrüsst wurden, wie auch das zweite noch lebende Gründermitglied, Herr Dr. J. Maurer, langjähriger Direktor der Meteorologischen Zentralanstalt in Zürich. Später kam

die reine Physik wohl mehr zur Geltung; die Physikalische Gesellschaft blieb aber stets Mittlerin zwischen Physik und Technik und leistete in dieser Eigenschaft vor allem in den letzten Jahren besonders Hervorragendes. Der Präsident des Schweizerischen Schulrates, Herr Professor Dr. A. Rohn, brachte die Grüsse der Behörden und fand warme Worte der Anerkennung und des Dankes an die Adresse der Jubilarin; er beleuchtete die Bedeutung der reinen Forschung für Technik und Industrie und das tatkräftige Wirken der ETH in dieser Richtung. Herr Prof. Dr. P. Weiss, Universität Strassburg, brachte die Grüsse und Glückwünsche der ausländischen Mitglieder der Gesellschaft und skizzierte in elegantem Französisch und in prägnanten Zügen die bedeutende Geschichte der Physik in den letzten 50 Jahren und die wichtige Rolle, die Zürich, wo der Redner bekanntlich früher ebenfalls als Professor der Physik an der ETH mit grossem Erfolg wirkte, in dieser Entwicklung spielte: Die bedeutendsten Namen der modernen Physik sind mit den beiden Zürcher Hochschulen verknüpft.

Am Schluss der Tagung vereinigte ein anregendes Mittagessen die Teilnehmer im Bahnhofbuffet, wo in launigen, interessanten Reden alte Zeiten der Zürcher Physik und der Physikalischen Gesellschaft erweckt wurden.

Der Schweizerische Elektrotechnische Verein, der schon durch die erwähnten persönlichen Beziehungen von Anfang an mit der Physikalischen Gesellschaft Zürich die besten Beziehungen unterhielt und diese mit Freude auch weiter pflegen wird, gratuliert der zwei Jahre älteren Jubilarin herzlich und wünscht ihr weiter gutes Gedeihen.

## Marque de qualité de l'ASE et estampille 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 aux maisons ci-dessous pour les produits mentionnés:

#### Interrupteurs.

A partir du 1<sup>er</sup> janvier 1937.

A. W. Widmer, Zurich (repr. général de Stotz-Kontakt G. m. b. H., Mannheim-Neckarau).

Marque de fabrique:



Interrupteurs à bascule 250 V, 6 A.

Utilisation: sous crépi, dans locaux secs.

Exécution: socle en matière céramique. Plaque protectrice en verre ou en résine synthétique moulée.

No. 14052...): interrupteur ordinaire, bipolaire, schéma 0.

\*) gpk, gps, iuk, ius, iukw, iusw, kik, kis, kikw, kism, irk, irs, irkw, irsw, grk, grs, grkw, grsw.

Interrupteurs rotatifs pour 250 V, 6 A.

Utilisation: sur crépi, dans locaux mouillés.

Exécution: socle en matière céramique. Boîtier en résine synthétique moulée, noire (...ökn) resp. céramique (...öwpk). Axe de l'interrupteur vertical. Etanchéité de la poignée de l'interrupteur, avec de l'huile ou de la glycérine.

#### Boîtiers

céramique résine synth. moulée schéma  
No. No.

14821öwpk/16, ./21,	14821ök:	interr. ord. unipol.	0
14822öwpk/16, ./21,	14822ök, ökn:	interr. ord. bipol.	0
14825öwpk/16, ./21,	14825ök:	interr. à grad. unipol.	I
14824öwpk/16, ./21,	14824ök:	commutateur unipol.	II
14826öwpk/16, ./21,	14826ök:	inverseur unipol.	III
14827öwpk/16, ./21,	14827ök:	interr. de crois. unip.	VI

Interrupteurs rotatifs d'autres données nominales.

Utilisation: sur crépi et montage encastré.

Exécution: socle en matière céramique.

Interrupt. ord. unipol. pour 10 A, 380 V ~ 10 A, 250 V.

Interrupt. ord. bipol. pour 10 A, 250 V.

Interrupt. ord. tripol. pour 6 A, 380 V ~.

Exécution	unipolaire	bipolaire	tripolaire
sur crépi, pour locaux secs, cape en résine synthétique moulée	14881i	14882i	14883i
sur crépi, pour locaux mouillés, boîtier en résine synthétique moulée	—	14882wisn wisd	14883wisn wisd
montage encastré, pour locaux secs, sans cape, axe normal	14881E	14882E	14883E
montage encastré, pour locaux secs, sans cape, axe prolongé	14881EV	14882EV	14883EV
montage sur tableau pour locaux secs, cape en résine synthétique moulée	14881ia	14882ia	14883ia

Interrupteur de chauffage (interrupteur rotatif) pour 250 V, 10 A ~.

Utilisation: pour montage apparent et encastré.

Exécution: socle en matière céramique, interrupteur de réglage bipolaire pour brancher deux résistances en parallèle, isolement et en série ou pour couper toute la puissance.

No. 14889i : montage apparent, avec cape en résine synthétique moulée.

No. 14889E: montage encastré, sans cape, axe normal.

No. 14889EV: montage encastré, sans cape, axe prolongé.

No. 14889ER: montage encastré, sans cape, axe derrière.

Ateliers de construction Oerlikon, Zurich-Oerlikon.

Marque de fabrique: plaquette.

Interrupteurs sous coffret pour locaux secs.

Exécution: Interrupteur à tambour rotatif sous coffret en tôle. Support des contacts en papier bakéliné.

Type No. WU 3 mod.: Commutateur tripolaire pour un réseau et 2 récepteurs ou pour 2 réseaux et 1 récepteur, 3 coupe-circuit, pour 500 V, 25 A.

Interrupteurs sous coffret pour locaux secs ou humides.

Exécution: Interrupteur sous coffret en fonte. Support des contacts en matière céramique. Les interrupteurs peuvent être livrés avec ampèremètre et interrupteur auxiliaire.

Type No. MU 3 m.kS: Inverseur du sens de rotation, tripolaire, avec 3 coupe-circuit (shuntés au démarrage), pour 500 V, 25 A (MU 3 m.kS) ou 50 A (MU 5 m.kS).

Type No. MU 3 mod.: Commutateur tripolaire pour 1 réseau et 2 récepteurs ou pour 2 réseaux et un récepteur, 3 coupe-circuit, pour 500 V, 25 A (MU 3 mod.) ou 50 A (MU 5 mod.).

#### Prises de courant.

A partir du 1<sup>er</sup> janvier 1937.

J. J. Buser A.-G., Fabrik elektrotechn. Isoliermaterialien, Bâle.

Marque de fabrique:



Fiches bipolaires 250 V, 6 A.

Utilisation: dans locaux secs.

Exécution: corps de la fiche (forme plate) en résine synthétique moulée, noire ou brune.

No. 1100 M: exécution normale avec deux tiges rondes de 4 mm.

No. 1101 M: exécution spéciale avec une tige ronde de 4 et une de 5 mm.

No. 1106 M: exécution spéciale avec une tige ronde de 4 mm et une tige plate de 2,5×4 mm.

No. 1104 M: exécution spéciale avec deux tiges plates de 2,5×4 mm (horizontal).

No. 1105 M: exécution normale avec deux tiges rondes de 4 mm et ressorts d'acier.

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

Marque de Fabrique: AGRO

Fiches bipolaires, 250 V, 6 A.

Utilisation: dans locaux secs.

Exécution: tiges en laiton nickelé, corps de la fiche en résin synthétique moulée, noire ou brune.

No. 2015, 2016: avec deux tiges de 4 mm (exécution normale).

No. 2015u, 2016u: avec une tige de 4 et de 5 mm (exécution spéciale).

No. 2015rf, 2016rf: avec une tige ronde de 4 mm et une tige plate de 2,5×4 mm (exécution spéciale).

No. 2015ff, 2016ff: avec deux tiges plates de 2,5×4 mm (exécution spéciale).

Prises de courant mobiles, bipolaires, 250 V, 6 A.

Utilisation: dans locaux secs.

Exécution: alvéoles de contact en laiton nickelé, corps isolé en résine synthétique moulée, noire ou brune.

No. 2015K, 2016K: pour fiches à deux tiges de 4 mm (exécution normale).

No. 2016Ku: pour fiches à tiges de 4, ou 4 et 5 mm (exécution normale).

Prises de courant murales pour 250 V 6 A.

Utilisation: sur crépi, dans locaux secs.

Exécution: cape et socle en matière céramique.

No. 18137rf: pour fiches à une tige plate et une ronde (exécution spéciale).

No. 18137ff: pour fiches à deux tiges plates (horizontales, exécution spéciale).

A partir du 15 janvier 1937.

Prises de courant murales, bipolaires pour 250 V, 6 A.

Utilisation: sur crépi, dans locaux secs.

Exécution: Cape et socle en matière céramique.

No. 18137: Exécution normale pour fiches avec deux tiges de 4 mm ou une tige de 4 et une de 5 mm, cape ronde.

No. 18152: Exécution normale pour fiches avec deux tiges de 4 mm ou une tige de 4 et une de 5 mm, cape en forme de U.

No. 18148: Exécution normale pour fiches avec deux tiges de 4 mm ou une tige de 4 et une de 5 mm. Prise en une pièce (sans cape).

Utilisation: sur crépi, dans locaux humides.

Exécution: Cape et socle en matière céramique.

No. 18138: Exécution normale pour fiches avec deux tiges de 4 mm ou une tige de 4 et une de 5 mm.

#### Boîtes de dérivation.

A partir du 1<sup>er</sup> janvier 1937.

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

Marque de fabrique: AGRO.

Boîtes de dérivation étanches à l'eau, 380 V, 6 A.

Utilisation: 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 sans pièce porte-bornes avec au max. 4 bornes fixées au mastic; couvercle en porcelaine; couvercle de protection en tôle.

No. 2773 (grandeur 95×95 mm).

No. 2775 (grandeur 75×75 mm).

Boîtes de dérivation ordinaires pour 380 V, 6 A.

Utilisation: sous crépi, dans locaux secs.

Exécution: boîtier en porcelaine sans raccord fileté avec au max. 4 bornes fixées au mastic: couvercle en porcelaine; plaque de protection en tôle de zinc.

No. 2773/II (grandeur 95×95 mm).

No. 2775/II (grandeur 75×75 mm).

Utilisation: sur crépi, dans locaux secs.

Exécution: socle et couvercle en forme de U en matière céramique.

No. 2772: avec 4 bornes au maximum fixées au mastic.

#### Transformateurs de faible puissance.

A partir du 1<sup>er</sup> janvier 1937.

Firma *Schindler & Cie. A.-G.*, Aufzüge- und Elektromotoren-fabrik, Lucerne.

Marque de fabrique:



Transformateurs de faible puissance à basse tension.

Utilisation: fixes, dans locaux secs.

Exécution: monophasés, non résistants aux courts-circuits. Classe 2b, 100 à 1500 VA. Protection vers l'extérieur par le noyau en fer et deux capes en fonte.

Tensions: primaire jusqu'à 605 V, secondaire jusqu'à 500 V.

Utilisation: fixes, dans locaux secs.

Exécution: monophasés, non résistants aux courts-circuits. Classe 3b, 300 à 2000 VA. Protection vers l'extérieur par le noyau en fer et deux capes en fonte.

Tensions: primaire et secondaire en-dessus de 50 à 500 V.

#### Communication.

La raison sociale

*Staba, Aktiengesellschaft, Baden,*

a arrêté sa fabrication le 30 septembre 1936. De ce fait le droit à la marque de qualité pour interrupteurs a cessé d'exister et la maison n'a plus le droit de mettre en vente sur le marché des interrupteurs avec sa marque de fabrique



et la marque de qualité de l'ASE.



### III. Signe «antiparasite» de l'ASE.



A la suite de l'épreuve d'admission, subie avec succès selon le § 5 du Règlement pour l'octroi du signe «antiparasite» de l'ASE (voir Bulletin ASE, Nos. 23 et 26 de 1934), le droit à ce signe a été accordé aux maisons ci-dessous, pour l'appareil suivant:

A partir du 1<sup>er</sup> janvier 1937.

Fabrique d'appareils Solis, Zurich.

· Marque de fabrique:



Coussin-chauffant «Solis».

No. du catalogue 222, max. 50 W, pour tensions de 110—130, 135, 145, 155, 220 et 250 V.

Il y a lieu de remarquer que le coussin-chauffant L. No. 222 avait déjà subi avec succès les épreuves nécessaires pour l'obtention du droit au signe antiparasite de l'ASE lorsqu'a paru la communication à la page 788 du Bulletin de l'ASE, No. 26.

A partir du 15 janvier 1937.

Six-Madun-Werke, Rudolf Schmidlin & Cie., Sissach.

Marque de fabrique: Plaquette.

Aspirateur de poussière, 180 W, pour les tensions 110, 125, 145, 200, 220 et 250 V.

## Communications des organes des Associations.

Les articles paraissant sous cette rubrique sont, sauf indication contraire, des communiqués officiels du Secrétariat général de l'ASE et de PUCS.

### Nécrologie.

Le 24 janvier est décédé à St-Gall, à l'âge de 82 ans, Monsieur Jean Geel, ancien Conseiller aux Etats, ancien président du Tribunal Cantonal, pendant longtemps président de la Commission fédérale des installations électriques. Nos sincères condoléances à la famille en deuil.

Le 25 janvier est décédé à Baden, à l'âge de 67 ans, Monsieur Charles de Brodowski, ingénieur, sous-directeur et chef du Département des Constructions de la S. A. Motor-Columbus à Baden. Nos sincères condoléances à la famille du défunt et à la S. A. Motor-Columbus.

### Fondation Denzler.

#### Appel aux membres.

La commission de la Fondation Denzler invite tous les membres de l'ASE à indiquer au secrétariat général de l'ASE jusqu'au 1<sup>er</sup> mars 1937 des thèmes qui selon les statuts de la Fondation, seraient susceptibles de former des sujets de concours. Les thèmes doivent être formulés exactement et motivés.

Attendu que bien des ingénieurs suisses sont dans une situation précaire, il y a lieu de formuler le thème de façon à ce qu'un grand nombre d'ingénieurs et techniciens électriques puissent participer au concours et que l'on puisse plus particulièrement récompenser des travaux émanant de candidats qui ne disposent pas des laboratoires d'essai et des expériences directes d'une grande entreprise.

La commission de la Fondation Denzler espère recevoir de nombreuses suggestions, ce qui lui permettra de formuler le sujet le plus favorable et, partant, d'utiliser au mieux le Fonds dont la gestion lui est confiée.

### Examens de maîtrise pour installateurs-électriciens.

Les prochains examens de maîtrise pour candidats de langue allemande auront lieu en avril 1937. Lieu et date exacte seront fixés ultérieurement et communiqués ici.

Les inscriptions doivent parvenir jusqu'au 20 mars 1937 au secrétariat de l'USIE, Walchestrass 25, Zurich. Celui-ci enverra sur demande le règlement, le bulletin d'inscription et le programme des examens, et donnera tout autre renseignement désiré.

Les inscriptions tardives ne pourront en aucun cas être prises en considération; l'examen n'a lieu que si 10 candidats au moins se sont inscrits.

Commission des examens de maîtrise de l'UCS et de l'USIE.

### Comité Technique du CES pour le CISPR<sup>1)</sup>.

En prévoyance de l'imminente assemblée plénière du CISPR à Bruxelles, le CT pour le CISPR a tenu, le 14 janvier 1937, sa 3<sup>e</sup> séance sous la présidence de Monsieur le professeur Tank. De la discussion des résultats des mesures comparatives effectuées à Berne depuis la dernière séance entre les appareils de mesure de la tension perturbatrice de Brown, Boveri, de l'ASE et des PTT, il ressort qu'il est désirable de continuer à étudier si le procédé sans onde porteuse se prête ou non au but fixé. Ces mesures ont en outre montré que, pour le moment, on doit admettre une tolérance de 6 db pour les mesures. Les résultats des récentes investigations ont permis de fixer les valeurs limites admissibles suivantes pour le courant de fuite:

pour appareils fixes mis à la terre	3 à 5 mA
pour appareils mobiles mis à la terre	1,5 à 2,5 mA
pour appareils non mis à la terre	0,5 mA

Finalement, le CT termina l'examen des «Conditions techniques pour appareils aptes à être munis du signe antiparasite de l'ASE». Lorsque les valeurs recommandées comme limites pour les tensions perturbatrices admissibles auront été approuvées par l'assemblée plénière du CISPR, ces conditions techniques pourront être remises aux instances compétentes de l'ASE pour leur mise en vigueur.

### Comité Technique 2 du CES.

#### Machines électriques.

Le Comité Technique 2 du CES a tenu sa seconde séance jeudi 28 janvier 1937 à Zurich, sous la présidence de Monsieur le professeur E. Dünner. Il décida de proposer au CES de publier une adjonction aux RSME (Règles suisses pour machines électriques, publication de l'ASE No. 108), qui contiendrait les plus importantes des décisions de Schéveningue (juin 1935) de la CEI. — Le CES ne prendra pas part aux travaux internationaux à propos de la détermination des pertes additionnelles de petites machines, en raison du peu d'intérêt qu'il a à ces questions. Pour la tension d'essai des excitatrices, un projet a été dressé. Le CT 2 refusa son approbation à une proposition allemande tendant à augmenter de 20 % la tension d'essai des petites machines (en-dessous de 11 kVA) pour réduire la durée de l'essai de 1 min à 5 s. Il discuta ensuite la question de la définition de la puissance nominale des transformateurs, puis fixa son programme d'activité et en discuta quelques points. La 3<sup>e</sup> séance aura probablement lieu le 11 mars.

### Défense aérienne industrielle.

Nous rendons attentif à l'ordonnance fédérale organisant la défense aérienne industrielle, du 29 décembre 1936, qui vient de paraître. On peut se la procurer à l'administration des imprimés de la chancellerie fédérale à Berne.

<sup>1)</sup> CISPR = Comité International Spécial des Perturbations Radiophoniques.