

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 28 (1937)
Heft: 3

Artikel: Protection des canalisations métalliques souterraines contre les corrosions électrolytiques par le filtre électronique
Autor: Borel, James
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1059827>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 10.01.2026

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

Protection des canalisations métalliques souterraines contre les corrosions électrolytiques par le filtre électronique.

Par James Borel, Cortaillod.

621.3.014.6

On a cherché jusqu'à maintenant à protéger les canalisations métalliques souterraines (câbles ou conduites diverses) des corrosions électrolytiques en créant des obstacles pour empêcher que les courants vagabonds empruntent pour leur propagation le chemin que ces canalisations peuvent leur offrir.

Basée sur la considération du mécanisme des corrosions et de la propagation du courant dans l'électrolyse, une nouvelle protection a été mise au point: le filtre électronique. Ce filtre laisse passer les électrons mais retient les corps chimiques qui leur servent de véhicules et qui deviennent très dangereux dès qu'ils sont libérés de leur charge.

Man versucht im allgemeinen, unterirdische metallische Leitungen (Kabel, Rohrleitungen) vor elektrolytischer Korrosion dadurch zu schützen, dass man die vagabundierenden Ströme durch allerlei Isolationen hindert, bei ihrer Ausbreitung im Erdboden diese unterirdischen Leitungen zu benützen.

Im folgenden wird ein neues Mittel der Korrosionsverhütung beschrieben, auf Grund von Betrachtungen über den Uebergang des Stromes von Erde zur Elektrode und umgekehrt: das Elektronenfilter. Dieses Filter lässt wohl die Elektronen passieren, hält aber die chemischen Teilchen zurück, welche den Elektronen als Träger dienen und die, wenn sie ihre Ladung an die Metallelektrode abgeben, die Korrosion des Metalls verursachen.

On sait depuis longtemps que les corps qui prennent naissance sur l'électrode positive ou anode, par suite du passage de courant continu dans un électrolyte, sont d'une extraordinaire activité chimique. Non seulement les réactions chimiques qui se passeraient lentement sans l'intervention du courant, sont accélérées dans une proportion considérable, mais des réactions chimiquement impossibles s'effectuent électrochimiquement avec une extrême facilité. Parmi les très nombreux exemples que l'on peut citer pour illustrer la surprenante activité chimique des corps qui prennent naissance sous l'intervention du courant, mentionnons les suivants:

L'or qui est le métal noble par excellence, n'est pratiquement attaqué que par l'un des plus puissants réactifs chimiques que l'on connaisse, l'eau régale, mélange concentré de deux acides forts, l'acide chlorhydrique et l'acide azotique. Pour que l'attaque ne soit pas trop lente, encore faut-il chauffer l'eau régale. Il est par contre très facile de dissoudre l'or par électrolyse par le procédé utilisé communément en dorure, en utilisant des corps qui sont chimiquement sans action sur l'or.

Le plomb est remarquable par sa résistance à de nombreux agents chimiques. Ainsi l'acide sulfurique concentré, même chaud, ne l'attaque pas, ce qui a conduit à construire des chambres en plomb pour la fabrication de l'acide sulfurique. L'acide fluorhydrique, qui est un agent très énergique attaquant même le verre, est pratiquement sans effet sur le plomb, aussi utilise-t-on des récipients et des réfrigérants en plomb pour la distillation de cet acide. Le plomb enfoui dans le sol reste dans la règle intact, tels les tuyaux en plomb parfaitement conservés, retrouvés dans les ruines de Pompéï. Or, le plomb est très facilement attaqué par électrolyse, par l'eau distillée déjà, aussi nombreux sont les cas de câbles électriques dont le plomb a été rongé en peu d'années par les courants vagabonds.

Les conduites d'eau en fer étamé ou zingué et les conduites de gaz en fonte résistent assez bien à la rouille, mais elles peuvent être percées en peu de temps aux endroits où les courants vagabonds les «quittent» lorsqu'ils trouvent un chemin de moins

de résistance pour retourner à la source qui les a produits.

Aussi, dès qu'on eut constaté que la densité des courants vagabonds pouvait atteindre dans la pratique des valeurs dangereuses et occasionner de grands dégâts, dégâts toujours graves quand ils se révèlent, s'est-on préoccupé de parer au danger.

Logiquement il est indiqué de chercher à supprimer la cause qui produit les courants vagabonds. C'est en effet le plus sûr moyen d'en supprimer les effets. On a donc cherché à obliger les courants de retour des véhicules dont la traction est assurée par du courant continu, à emprunter les rails et non la terre. Ce but fut atteint en grande partie dans les territoires sillonnés par des réseaux de tramways

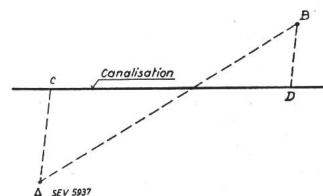


Fig. 1.

Pour que les courants vagabonds, prenant naissance en A pour se rendre en B, n'empruntent pratiquement pas la canalisation C D, il faut que la résistance AC DB soit notablement supérieure à la résistance AB. Si le terrain est à peu près homogène, cette condition implique une grande résistance de passage terre—canalisation et canalisation—terre.

dont la continuité électrique des rails fut portée à son maximum. Mais même dans ce cas idéal, tout danger n'est pas écarté, car la résistance d'isolement des rails par rapport à la terre n'est pas assez grande pour qu'une partie du courant ne quitte pas les rails. Il faut donc dans certains cas, en complément de la première précaution mentionnée, empêcher les courants vagabonds d'utiliser les canalisations métalliques du sous-sol, câbles ou conduites d'eau ou de gaz.

Il faut donc que la résistance terre—canalisation—terre (voir fig. 1), soit notablement supérieure à celle du chemin offert par la terre. Il n'est pas possible d'isoler des conduites d'eau ou de gaz déjà posées ou de renforcer l'isolement toujours faible de l'armure de câbles déjà posés. Il n'est, d'autre part, malheureusement pas facile de confectionner

des armures pour câbles ou conduites qui défient le temps et l'humidité, car les matières fibreuses qu'on utilise généralement pour leur confection s'humidifient plus ou moins rapidement dans le sol malgré qu'elles soient imprégnées. Aussi leur isolement baisse et devient insuffisant pour s'opposer au passage des courants vagabonds.

Pour obtenir un bon isolement dans le cas de câbles, les deux moyens suivants ont été notamment réalisés :

1° Construction d'une canalisation étanche en ciment armé dans laquelle les câbles ont été tirés sur des poulies isolantes montées sur des arbres fixés dans les tuyaux.

2° Confection, dans la gaine de plomb du câble, d'anneaux amenant des solutions de continuité de la gaine.

Par ce dernier moyen on n'augmente pas l'isolement du plomb par rapport à la terre, mais on augmente la résistance terre-plomb-terre.

Un moyen ingénieux pour éviter les corrosions est d'empêcher que les canalisations ne deviennent positives par rapport à la terre. Pour cela les objets à protéger sont judicieusement reliés aux rails dans les zones négatives ou encore à des sources de courant qui maintiennent artificiellement l'objet à un potentiel inférieur à celui du sol.

En résumé trois moyens ont été envisagés jusqu'à maintenant pour protéger les canalisations souterraines contre les corrosions électrolytiques :

- 1° Amélioration de la conductibilité des rails,
- 2° Isolation des canalisations,
- 3° Maintien des canalisations à un potentiel négatif par rapport au terrain,

les deux derniers moyens ne faisant que compléter le premier, qui restera toujours à la base de la lutte contre les corrosions.

Un nouveau procédé de protection a été expérimenté au Laboratoire de Recherches de la Fabrique de Câbles de Cortaillod et mis au point en collaboration avec «Les Câbles de Lyon», Manufacture de Fils et Câbles de la Compagnie générale d'électricité.

Le principe sur lequel est basé ce nouveau procédé découle des considérations suivantes.

Le courant électrique peut se transmettre de deux façons différentes :

- 1° Par flux d'électrons.
- 2° Par déplacement d'ions.

1° C'est par flux d'électrons que se transmet le courant électrique dans les conducteurs métalliques et dans de nombreux conducteurs non métalliques. Ce flux est un phénomène physique qui n'amène aucune variation dans la composition chimique des conducteurs qu'il utilise.

2° C'est par déplacement d'ions que se transmet le courant dans tous les phénomènes d'électrolyse, notamment dans le cas de la transmission du courant par le sol.

Rappelons que les ions sont des particules de matière porteuses de charges électriques.

Considérons le cas très simple d'une solution aqueuse de chlorure de sodium (sel de cuisine)

dans laquelle plongent deux électrodes métalliques, en plomb par exemple, réunies aux pôles d'une source de courant continu (fig. 2).

La solution contient un très grand nombre d'ions chlore porteurs chacun d'une charge négative, appelés anions et un nombre égal d'ions sodium porteurs d'une charge positive, dits cations. Ces ions, anions et cations, sous l'influence du champ électrique créé par les électrodes se déplaceront; les

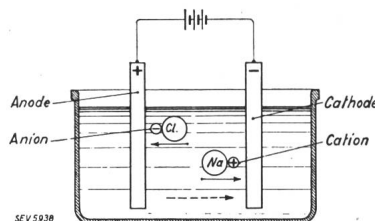


Fig. 2.

Mécanisme de la transmission du courant, dans l'électrolyse.
--- sens conventionnel du courant.

anions négatifs vers l'anode positive et les cations positifs vers la cathode négative. Au contact des électrodes, les ions cèdent leur charge et il se forme du chlore et du sodium à l'état naissant. Le chlore à l'état naissant possède une très grande activité chimique et attaque violemment tous les métaux usuels. Le sodium, par contre, même à l'état naissant, n'attaque pas les métaux usuels, exception faite de certains métaux légers.

En règle générale, l'expérience a montré que les métaux enfouis dans le sol sont fortement corrodés par les corps qui se forment par la décharge des anions, quelle que soit la nature de ces anions, mais ne sont généralement pas attaqués par les corps se formant au contact de la cathode.

Considérons un objet métallique enfoui dans le sol, un câble sous plomb, une conduite d'eau ou de gaz par exemple, placé dans un terrain calcaire parcouru par des courants vagabonds et supposons le cas assez fréquent, où ces courants vagabonds ont avantage à emprunter une partie du parcours de ces objets métalliques (fig. 3).

Ainsi qu'il a été dit, le courant dans le sol se transmet par déplacement d'ions. Le terrain cal-

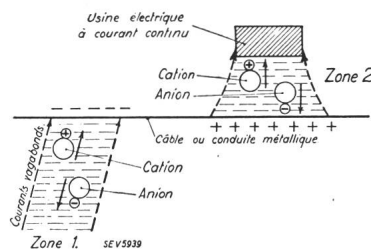


Fig. 3.

caire contient des ions CO_3 ou CO_3H négatifs et des ions Ca positifs. Dans la zone 1 les cations Ca viennent se décharger sur l'objet métallique qui est négatif par rapport au sol. L'objet ne sera pas détérioré. Dans la zone 2 les anions CO_3 ou CO_3H viennent se décharger sur l'objet métallique qui est positif par rapport au sol. Théoriquement, dans cette zone l'objet métallique sera attaqué en proportion du nombre d'anions qui se déchargent, ou mieux en proportion de la quantité de corps chimiques libérés par la décharge des anions, ou en d'autres termes

encore en proportion de l'intensité des courants vagabonds. Pratiquement, dans certains cas des réactions secondaires modifient quelque peu cette proportionnalité. La fig. 4 montre schématiquement ce qui se passe en terrain calcaire lorsqu'un objet métallique est positif par rapport au sol.

Il est évident que l'on pourrait protéger les objets métalliques contre les corrosions électrolytiques en les isolant complètement du sol. Malheureusement l'expérience a montré qu'il n'est pratiquement pas possible de réaliser simplement l'isolement défilant l'eau et le temps.

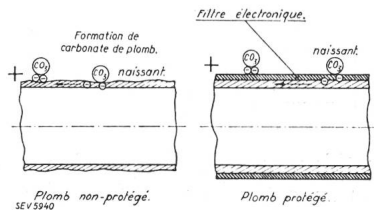


Fig. 4.

En terrain calcaire les ions négatifs CO_3 et CO_3H se transforment, lorsqu'ils se libèrent de leur charge, en corps chimiques extrêmement actifs qui, en présence d'humidité, transforment le plomb en carbonate de plomb. Le filtre électronique constitue une protection semi-conductrice indifférente aux agents chimiques.

Le nouveau procédé de protection contre les corrosions électrolytiques est basé sur la considération très simple que ce n'est pas le courant qui attaque les métaux dans les corrosions électrolytiques, mais les corps chimiques qui servent de véhicule au courant. Par conséquent il suffit de revêtir le métal à protéger d'un écran indifférent aux corps chimiques et qui puisse transmettre au métal par flux d'électrons l'électricité que lui apportent les ions. Parmi les corps qui peuvent remplir ce rôle, le carbone sous l'une ou l'autre de ses formes est certainement le plus approprié.

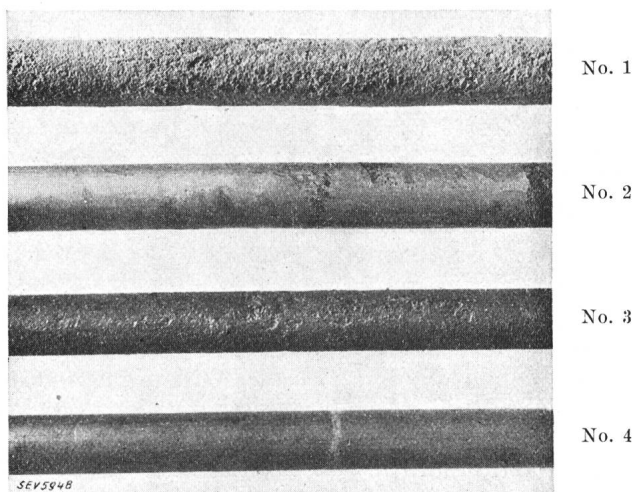


Fig. 5.

Pratiquement la réalisation de l'enveloppe protectrice carbonée semi-conductrice se fait avec des bandes de caoutchouc spécial chargé de graphite. Ces bandes ont une bonne adhérence aux métaux et

s'appliquent facilement à la main. On peut donc enrouler ces bandes sur une canalisation déjà posée, uniquement aux endroits dangereux. Si l'on enroulait à ces endroits une bande isolante, la protection serait souvent illusoire, car, dans nombre de cas, on ne ferait que déplacer de quelques mètres la zone où se produisent les corrosions.

Les résultats obtenus par la protection par le filtre électronique sont concrétisés sur les reproductions photographiques qui font l'objet des figures 5 et 6.

La photographie rendue par la figure 5 fut prise à la fin de l'expérience suivante:

Pendant une durée de deux mois 4 échantillons de tubes métalliques, dont deux étaient en plomb et deux en fer, ont été soumis à un essai d'électrolyse dans lequel l'intensité moyenne fut pour tous les échantillons d'environ 20 milliampères, soit environ 5 mA par dm^2 de surface de tube.

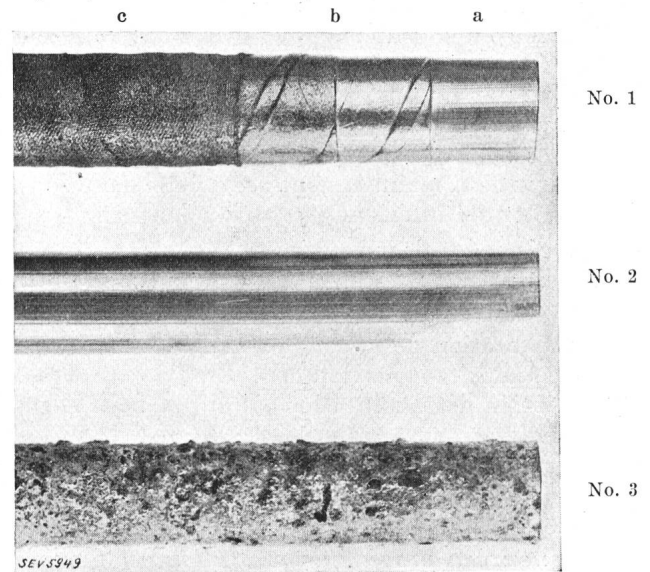


Fig. 6.

L'échantillon No 1 était constitué par un tube de plomb nu, sans protection;

l'échantillon No 2 par un tube de plomb revêtu de la protection par filtre électronique;

l'échantillon No 3 par un tube en fer nu, sans protection;

l'échantillon No 4 par un tube de fer revêtu de la protection par filtre électronique.

La quantité d'électricité qui avait traversé les 4 échantillons était d'environ 100 000 Coulombs et correspondait à une attaque de 108 grammes de plomb bivalent et 29 grammes de fer bivalent.

L'aspect des surfaces métalliques rendu par la photographie est celui qui est apparu après élimination de la couche de carbonate basique et de peroxyde de plomb qui revêtait le plomb nu, de la rouille qui masquait la corrosion du tuyau de fer nu et après enlèvement du ruban protecteur sur les deux autres tuyaux.

L'échantillon No 1 de la figure 6 représente une gaine de plomb *a* protégée contre l'électrolyse par un ruban de caoutchouc graphité semi-conducteur *b*, recouvert d'une protection métallique *c*.

Les échantillons No 2 et 3 ont été soumis pendant 5000 heures à un essai d'électrolyse. Au cours de cet essai l'intensité moyenne en courant continu était de 10 mA par dm^2 de surface de tube.

L'échantillon No 2 était constitué par un tube de plomb revêtu du filtre électronique comme l'échantillon No 1.

L'échantillon No 3 était constitué par un tube de plomb nu sans protection.

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