



This electronic version (PDF) was scanned by the International Telecommunication Union (ITU) Library & Archives Service from an original paper document in the ITU Library & Archives collections.

La présente version électronique (PDF) a été numérisée par le Service de la bibliothèque et des archives de l'Union internationale des télécommunications (UIT) à partir d'un document papier original des collections de ce service.

Esta versión electrónica (PDF) ha sido escaneada por el Servicio de Biblioteca y Archivos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) a partir de un documento impreso original de las colecciones del Servicio de Biblioteca y Archivos de la UIT.

(ITU) للاتصالات الدولي الاتحاد في والمحفوظات المكتبة قسم أجراه الضوئي بالمسح تصوير نتاج (PDF) الإلكترونية النسخة هذه والمحفوظات المكتبة قسم في المتوفرة الوثائق ضمن أصلية ورقية وثيقة من نقلًا.

此电子版（PDF版本）由国际电信联盟（ITU）图书馆和档案室利用存于该处的纸质文件扫描提供。

Настоящий электронный вариант (PDF) был подготовлен в библиотечно-архивной службе Международного союза электросвязи путем сканирования исходного документа в бумажной форме из библиотечно-архивной службы МСЭ.

COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE  
(C. C. I. F.)

---

# XI<sup>ÈME</sup> ASSEMBLÉE PLÉNIÈRE

Köbenhavn, 11-20 juin 1936

---

TOME II *bis*

Protection

PUBLIÉ PAR LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE  
23, Avenue de Messine. PARIS



COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE  
(C. C. I. F.)

---

# XI<sup>ÈME</sup> ASSEMBLÉE PLÉNIÈRE

Köbenhavn, 11-20 juin 1936

---

TOME II *bis*

Protection

*Note.* — Le présent Tome II *bis* remplace complètement le Tome II du compte rendu de la X<sup>e</sup> Assemblée plénière à Budapest (1934).



**PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK**

**PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT**

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

**Protection des lignes téléphoniques contre les perturbations.**

	Pages
<i>Avis n°</i> 1. — Directives concernant les mesures à prendre pour protéger les lignes téléphoniques contre les influences perturbatrices des installations d'énergie à courant fort ou à haute tension. <i>Note.</i> — Modifications principales à apporter à la rédaction des <i>Directives</i> (édition de 1930).....	7
<i>Avis n°</i> 2. — Emploi des formules de l'électrostatique pour le calcul de l'influence électrique d'une ligne d'énergie à courant alternatif sur un circuit téléphonique.....	15
<i>Avis n°</i> 3. — Calcul des effets causés par le courant de court-circuit.....	15
<i>Avis n°</i> 4. — Tension psophométrique. Force électromotrice psophométrique. Tension perturbatrice équivalente. Courant perturbateur équivalent. Facteur téléphonique de forme de la tension.	16
<i>Avis n°</i> 5. — Mesure objective des bruits de circuit..... <i>Note.</i> — Spécification de principe et méthode d'utilisation des psophomètres utilisés sur les circuits téléphoniques commerciaux.....	18
<i>Avis n°</i> 6. — Documentation technique concernant les psophomètres réalisés.....	19
<i>Avis n°</i> 7. — Mesure objective de la tension perturbatrice équivalente...	25
<i>Avis n°</i> 8. — Calcul de la force électromotrice psophométrique due aux ondulations du courant dans le cas des lignes de traction à courant continu.....	25
<i>Avis n°</i> 9. — Dyssymétrie répartie d'une ligne téléphonique par rapport à la terre; coefficient de sensibilité.....	27
<i>Avis n°</i> 10. — Dyssymétrie localisée par rapport à la terre.....	28
<i>Avis n°</i> 11. — Réduction de la tension perturbatrice des redresseurs.....	30
<i>Avis n°</i> 12. — Essais concernant les redresseurs.....	31
<i>Avis n°</i> 13. — Effet des transpositions effectuées sur une ligne d'énergie électrique.....	32
<i>Avis n°</i> 14. — Dispositifs de protection des opératrices contre les chocs acoustiques.....	32
<i>Avis n°</i> 15. — Mise à la terre d'une ligne téléphonique à grande distance en câble .....	33
<i>Avis n°</i> 16. — Raccordement au réseau téléphonique public de liaisons téléphoniques associées à des installations à courant fort....	34
<i>Avis n°</i> 17. — Principe de protection.....	36
<i>Avis n°</i> 18. — Dispositif idéal de protection.....	37

	Pages
<i>Avis n° 19.</i> — Caractéristiques principales des organes de protection.....	38
<i>Note I.</i> — Caractéristiques principales des organes de protection.....	38
<i>Note II.</i> — Tableau des dispositifs de protection placés sur les installations téléphoniques de divers pays.....	43

## DEUXIÈME PARTIE

### Protection des câbles téléphoniques contre la corrosion due à l'électrolyse.

	<b>A. Avis du C. C. I. F.</b> .....	62
<i>Avis n° 1.</i> — Études concernant l'électrolyse des enveloppes de câbles téléphoniques et collaboration avec les autres organismes intéressés dans ces études.....		62
<i>Avis n° 2.</i> — Comité de révision des Recommandations concernant les mesures à prendre pour la protection des câbles contre la corrosion électrolytique.....		63
	<i>Note.</i> — Modifications principales à apporter à la rédaction du Projet de recommandations pour la protection des câbles contre la corrosion électrolytique.....	66
<i>Avis n° 3.</i> — Calcul de la tension des rails par rapport au sol et limitation de cette tension.....		68
<i>Avis n° 4.</i> — Drainage électrique et joints isolants.....		70
	<b>B. Projet de recommandations concernant les mesures à prendre pour la protection des câbles contre la corrosion électrolytique.</b> .....	74
	A. Généralités .....	75
	B. Mesures de protection s'appliquant aux réseaux de traction électrique .....	77
	C. Mesures de protection s'appliquant aux réseaux de câbles souterrains.....	83
	D. Mesures de protection au moyen du drainage électrique.	86
	Annexe 1. — Principe de la méthode à suivre pour calculer la répartition des courants de retour dans un réseau de tramways.....	88
	Annexe 2. — Méthodes de mesures électriques concernant la corrosion électrolytique.....	97

## TROISIÈME PARTIE

### Protection des câbles téléphoniques contre la corrosion due aux actions chimiques.

Projet de recommandations concernant les mesures à prendre pour la protection des câbles contre la corrosion due aux actions chimiques.....	105
Annexe. Méthode permettant de constater s'il s'agit de la corrosion chimique ou de la corrosion électrolytique.....	107

## QUATRIÈME PARTIE

### Constitution des enveloppes des câbles téléphoniques.

	Pages.
<i>Avis n° 1.</i> — Impuretés des constituants des enveloppes de câbles.....	109
<i>Avis n° 2.</i> — Élasticité des enveloppes de câbles.....	110

## CINQUIÈME PARTIE

### Questions de protection à l'étude.

<b>A. Protection contre les perturbations (1<sup>re</sup> Commission de rapporteurs)</b> .....	
<i>Question n° 1.</i> — Tension perturbatrice équivalente.....	111
<i>Question n° 2.</i> — Force électromotrice psophométrique admissible.....	114
<i>Question n° 2 bis.</i> — Statistique des plaintes des abonnés.....	116
<i>Question n° 3.</i> — Mises à la terre du neutre.....	117
<i>Question n° 4.</i> — Dispositifs de protection.....	118
<i>Question n° 5.</i> — Force électromotrice psophométrique due aux ondulations du courant continu.....	120
<i>Question n° 6.</i> — Dispositifs anti-choc acoustique.....	121
<i>Question n° 7.</i> — Coefficient de sensibilité des circuits.....	122
<i>Question n° 8.</i> — Lignes à courant continu à très haute tension.....	123
<b>B. Protection contre la corrosion et constitution des enveloppes de câbles (2<sup>e</sup> Commission de rapporteurs)</b> .....	
<i>Question n° 1.</i> — Enveloppes en matières organiques.....	127
<i>Question n° 2.</i> — Révision du Projet de recommandations concernant la corrosion chimique. — Action des ciments et mortiers sur les enveloppes. — Spécifications à donner aux enveloppes en vue de leur protection contre la corrosion chimique ou électrolytique.....	128
<i>Question n° 3.</i> — Résistance à la désagrégation intercrystalline.....	130
<i>Question n° 4.</i> — Méthodes de mesures.....	131
<i>Question n° 5.</i> — Relation entre la distribution des potentiels à la surface du sol et l'intensité des courants circulant dans les conducteurs enterrés.....	132
<i>Question n° 6.</i> — Influence du mode de pose des canalisations sur l'importance des courants vagabonds.....	132
<i>Question n° 7.</i> — Croisements avec les lignes de chemins de fer à courant continu.....	132
<i>Question n° 8.</i> — Lignes à courant continu à très haute tension.....	132
<i>Question n° 9.</i> — Protection cathodique.....	133

**PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK**

**PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT**

# COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

XI<sup>e</sup> Assemblée Plénière, København, 11-20 Juin 1936

## PREMIÈRE PARTIE

**Protection des lignes téléphoniques contre l'action perturbatrice des installations d'énergie électrique à courant fort ou à haute tension.**

### AVIS DU COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

#### AVIS N° 1.

*Directives concernant les mesures à prendre pour protéger les lignes téléphoniques contre les influences perturbatrices des installations d'énergie à courant fort ou à haute tension.*

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

Emet, à l'unanimité, l'avis

Que pour la protection des circuits téléphoniques utilisés pour le service international contre les perturbations dues aux lignes voisines d'énergie ou de traction électrique, il convient d'appliquer les dispositions contenues dans l'édition de 1930 des « *Directives concernant les mesures à prendre pour protéger les lignes téléphoniques contre les influences perturbatrices des installations d'énergie à courant fort ou à haute tension* ».

Considérant toutefois

que depuis l'établissement de l'édition de 1930, de nombreuses études ont été effectuées — notamment par la C. M. I. — dans le domaine des effets perturbateurs produits dans les lignes téléphoniques par les lignes d'énergie voisines, et que des faits nouveaux importants ont été enregistrés;

que tenant compte de ces faits la X<sup>e</sup> Assemblée plénière (Budapest 1934), s'est préoccupée de mettre à profit les résultats déjà obtenus à l'époque en vue de compléter ou de modifier sur certains points le texte de l'édition de 1930 des *Directives*;

qu'en conséquence un Comité spécial, dont le nombre des membres était intentionnellement très réduit afin d'accélérer la marche du travail, a été constitué en 1934, avec la tâche de préparer une nouvelle rédaction des *Directives*, tenant compte des progrès accomplis depuis leur dernière édition. Ce comité est composé de M. le Rapporteur principal de la I<sup>re</sup> Commission de rapporteurs et d'un représentant au sein de la I<sup>re</sup> Commission de rapporteurs de chacune des Administrations téléphoniques d'Allemagne, de France, de Grande-Bretagne et de Suède; en outre, les organismes internationaux, désignés ci-après, de l'industrie, de la distribution et de la traction électrique — Commission Electrotechnique Internationale, Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques à haute tension, Union Internationale des Chemins de fer, Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique — ont été invités à participer aux travaux de ce Comité et y ont effectivement envoyé leurs délégués;

que dès ses premières réunions ledit Comité a reconnu que les modifications à apporter à l'édition de 1930 touchaient sur certains points aux principes mêmes de ce document et que, sans avoir pu encore établir une rédaction complète du nouveau projet, il a néanmoins déjà dégagé au cours de ses travaux les modifications de principe qu'il y aurait lieu d'apporter à l'ancien texte;

qu'il convenait cependant que le principe de ces modifications fût approuvé par l'Assemblée plénière,

Emet, à l'unanimité, l'avis

Que, pour la rédaction de l'édition nouvelle des *Directives*, le Comité de Révision des *Directives* précité s'inspire des principes exposés dans la note ci-après;

Que le premier examen des contributions à cette rédaction dont se sont chargés certains membres dudit Comité soit effectué au cours d'une réunion de ce Comité, qui aura lieu au printemps 1937, afin que dans un délai restreint un projet complet de rédaction puisse être soumis aux administrations et exploitations privées adhérant au C.C.I.F. en vue de recueillir leurs observations, l'approbation définitive devant être donnée par la prochaine Assemblée plénière.

NOTE

*Modifications principales à apporter à la rédaction des Directives.*  
(Edition de 1930)

I. FORME DES DIRECTIVES.

En principe, on conservera la forme de l'édition de 1930; cependant on adoptera un mode de présentation (typographie, couleur du papier, etc...) un peu différent pour les parties essentielles qui sont les *Directives* proprement dites et les règles à suivre pour examiner les conditions dans lesquelles peut être admis un voisinage de ligne d'énergie et de ligne téléphonique d'une part, et pour les annexes de caractère explicatif et documentaire d'autre part. Par exemple, les deux premières parties seront imprimées en caractères plus gros sur papier blanc, tandis que les annexes seront imprimées en plus petits caractères sur papier de couleur.

En outre, on envisagera l'insertion, entre les règles et les annexes, d'exemples numériques d'application à des cas typiques.

II. INDUCTANCE MUTUELLE.

On introduira dans les calculs une valeur d'inductance mutuelle  $M$  plus exacte que par le passé et tenant mieux compte d'une part de la conductivité du sol dont il s'agit, et d'autre part des effets compensateurs de conducteurs métalliques présents (écrans, enveloppes, etc...)

a) *Conductivité du sol.*

En ce qui concerne la conductivité  $\sigma$  du sol, tenant compte des conclusions de la 4<sup>e</sup> réunion de la C.M.I., on introduira dans les *Directives* un tableau des diverses valeurs de la conductivité réelle (sol homogène) ou de la conductivité apparente (sol hétérogène ou stratifié) à 50 p: s et à 800 p: s, qui ont été déterminées dans les divers pays, avec indication de la constitution géologique du sol correspondant.

En effet, il ressort des travaux de la C.M.I. que l'on peut conserver la notion générale de conductivité apparente dans le cas d'un sol non homogène, mais que les indications données dans les *Directives*, soit en ce qui concerne la valeur de cette conductivité apparente, soit en ce qui concerne sa variation en fonction de la fréquence, doivent être révisées.

Dans le cas d'un sol stratifié constitué par une couche supérieure de hauteur  $h$  et de conductivité  $\sigma_1$ , et une couche sous-jacente infinie, homogène et de conductivité  $\sigma_2$ , il semble possible et utile d'inclure dans les *Directives*

des diagrammes permettant de prévoir la conductivité apparente  $\sigma$  du sol stratifié en fonction des trois paramètres  $h$ ,  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  et de la fréquence  $f$ .

b) *Effets compensateurs.*

On tiendra compte dans le calcul de l'inductance mutuelle  $M$  d'une manière aussi précise que possible, des effets compensateurs de conducteurs métalliques présents (tels que fils, écrans, enveloppes de câble d'énergie ou de télécommunication, rails de chemin de fer, etc...)

III. COURANT DE COURT-CIRCUIT.

Dans l'édition de 1930, le texte des *Directives* proprement dites indiquait qu'il y a présomption de danger lorsque, pendant le temps assez court nécessaire pour permettre le fonctionnement du disjoncteur d'une ligne d'énergie affectée d'un court-circuit, les conducteurs de la ligne téléphonique sont soumis à une force électromotrice d'induction supérieure à 300 volts efficaces, après disparition des phénomènes transitoires.

Elle indiquait en outre que, dans l'évaluation de la force électromotrice induite par induction magnétique, on doit faire intervenir la valeur de l'intensité du courant permanent de court-circuit, compatible avec les caractéristiques de l'installation d'énergie.

On avait cherché à préciser la signification à donner à l'expression *courant de court-circuit permanent* par les termes suivants : « le courant de court-circuit est le courant effectif permanent passant par la ligne et la terre, en cas de mise à la terre accidentelle d'un conducteur de la ligne, après que l'onde de choc produite par l'établissement du court-circuit s'est évanouie » (voir *Directives* 1930, p. 17, 4<sup>e</sup> alinéa).

Cette définition a donné lieu à des interprétations différentes : dans certains cas, en effet, on a admis que la valeur du courant de court-circuit à prendre en considération était la valeur du courant alternatif après disparition de tous les phénomènes transitoires.

Au contraire, dans l'esprit de certains des rédacteurs des *Directives*, la valeur à considérer était celle de la composante alternative du courant au moment où la composante apériodique était pratiquement amortie (ce qui était sensé survenir au bout de deux ou trois périodes). Cette interprétation a été d'ailleurs couramment admise dans plusieurs pays. Elle est justifiée par le fait que :

1° la valeur de la tension alternative induite sur la ligne téléphonique est toujours proportionnelle à la valeur de la composante alternative du courant inducteur;

2° le risque de choc acoustique ou autre accident apparaît dès la première alternance.

Il est actuellement bien reconnu que seule la composante alternative du courant de court-circuit instantané peut être définie et calculée avec précision. Les représentants de l'industrie électrique ont donc demandé que l'on fasse intervenir seulement cette grandeur dans les calculs et, partant de l'idée qu'il n'y a pas lieu d'aggraver les conditions d'application des *Directives* comme le ferait l'observation de cette règle si on maintenait la valeur limite de 300 V pour la force électromotrice induite, ils ont demandé que dans le calcul effectué sur les bases nouvelles, on fasse intervenir une limite plus élevée.

A l'appui de cette demande, ils font valoir que les administrations téléphoniques des pays où l'on a calculé la force électromotrice induite à partir de la valeur que prend le courant alternatif au bout d'un temps assez long, n'ont pas demandé que les conditions de coexistence soient rendues plus sévères.

Les représentants des administrations téléphoniques sont disposés à tenir compte de cette demande dans une certaine mesure, notamment dans la pensée qu'à l'avenir les dispositifs de protection employés sur les lignes téléphoniques pourront être suffisamment améliorés pour réduire les probabilités d'incidents dangereux. Sans modifier la limite de 300 V, on adoptera comme valeur du courant inducteur une fraction de l'ordre de 7/10 de la valeur de la composante alternative du courant de court-circuit instantané (1).

Une annexe particulière résumera les principes fondamentaux sur lesquels sont basées certaines méthodes de calcul du courant de court-circuit. Il sera mentionné que, s'il existe dans l'installation d'énergie des dispositifs de limitation des composantes homopolaires (impédance intercalée entre neutre et terre, bobine de Petersen, etc...), il en sera tenu compte dans le calcul du courant de court-circuit.

#### IV. MISE DU NEUTRE A LA TERRE ET CIRCULATION DES HARMONIQUES.

En ce qui concerne les bruits induits, la mise du neutre à la terre n'aggrave pas en général leur importance, s'il existe dans chacun des transformateurs dont le point neutre est connecté à la terre, au moins un enroulement en triangle de dimensions convenables ou si les connexions sont telles

(1) Voir ci-après l'Avis n° 3.

qu'on évite la circulation des harmoniques le long des sections de parallélisme.

#### V. EQUIPEMENT TÉLÉPHONIQUE.

Les *Directives* mentionneront que dans le cas où l'exploitant du téléphone aurait jugé possible de placer sur un circuit téléphonique en fils nus aériens soumis à l'action perturbatrice d'une ligne d'énergie électrique voisine, des dispositifs spéciaux (par exemple des translateurs), il pourra en être tenu compte.

#### VI. DYSSYMMÉTRIES.

##### a) *Dyssymétrie par rapport à la terre.*

On continuera, à titre de mesure de maintenance périodique, à vérifier l'état de symétrie des circuits téléphoniques par rapport à la terre, au moyen des méthodes décrites aux pages 51 et suivantes des *Directives*, ou à la page 140 du Tome IV du *Livre blanc*.

Toutefois, il conviendra d'étudier l'effet de la terminaison à son extrémité éloignée, du circuit dont on vérifie la symétrie. On indiquera que cette vérification doit être effectuée, en général, à 800 p:s et qu'elle peut être effectuée aussi à diverses fréquences. Les définitions et développements théoriques relatifs à l'interprétation du résultat de ces essais ne seront pas maintenus dans les *Directives*.

##### b) *Coefficient de sensibilité.*

Conformément à l'avis N° 7 (Protection) de la X<sup>e</sup> Assemblée plénière, on introduira dans les *Directives* la notion nouvelle du *coefficient de sensibilité* d'un circuit, notion qui se rapporte à la relation entre la force électromotrice psophométrique du circuit et la force électromotrice longitudinale pondérée. La fixation des valeurs statistiques de ce coefficient de sensibilité est subordonnée aux résultats des essais prévus par la C. M. I.

#### VII. TENSION PSOPHOMÉTRIQUE ET FACTEUR TÉLÉPHONIQUE DE FORME.

On substituera dans les *Directives* les définitions nouvelles suivantes à celles qui figurent aux pages 7 et 8 des *Directives* actuelles. En outre, on inclura, sous forme d'annexe, la spécification du psophomètre en indiquant les principes sur lesquels a été basé l'établissement de cet appareil. On donnera également des indications générales sur la mesure de la tension perturbatrice équivalente.

a) Par définition, la *tension psophométrique entre deux points quelconques* d'un système téléphonique est l'expression

$$\frac{1}{v_{800}} \sqrt{\sum (p_f V_f)^2}$$

dans laquelle :  $V_f$  est la composante de fréquence  $f$  de la tension parasite,  
 $p_f$  le poids attribué à cette fréquence dans le tableau des poids (voir page 20).

Cette tension psophométrique correspond à la tension de fréquence 800 p:s qui, substituée sur une ligne téléphonique à la tension parasite, apporterait le même trouble à la conversation téléphonique.

La *force électromotrice psophométrique à l'extrémité d'une ligne téléphonique* est le double de la tension psophométrique qui serait mesurée aux bornes d'une résistance pure de 600 ohms, sur laquelle serait fermée la ligne à une extrémité (endroit de la mesure), éventuellement à travers un transformateur d'adaptation, tandis que l'autre extrémité de la ligne serait fermée sur l'impédance caractéristique de celle-ci.

Le *psophomètre* est un appareil donnant, par lecture directe, la valeur de la tension psophométrique entre les points auxquels il est relié, et présentant une très grande impédance d'entrée.

b) Par définition, la *tension perturbatrice équivalente d'une ligne d'énergie* est l'expression

$$\frac{1}{p_{800}} \sqrt{\sum (k_f p_f V_f)^2}$$

dans laquelle :

$V_f$  est la composante de fréquence  $f$  de la tension de service,

$p_f$  le poids attribué à cette fréquence dans le tableau des poids,

$k_f$  un facteur, fonction de la fréquence, tenant compte du mode de couplage des lignes intéressées ainsi que des conditions de service de la ligne d'énergie (voir plus bas).

Cette tension perturbatrice équivalente correspond à une tension de fréquence égale à 800 p:s qui, appliquée à cette ligne, produirait sur une ligne téléphonique voisine le même trouble que la tension de service.

c) Le *courant perturbateur équivalent d'une ligne d'énergie* se définit d'une manière analogue par l'expression :

$$\frac{1}{P_{800}} \sqrt{\sum (h_f P_f I_f)^2}$$

dans laquelle :

$I_f$  est la composante de fréquence  $f$  du courant qui cause la perturbation,  $h_f$  un facteur analogue au facteur  $k_f$  défini au sujet de la *tension perturbatrice* (voir plus bas).

d) *Le facteur téléphonique de forme de la tension d'une ligne ou d'un réseau d'énergie électrique* est le rapport de sa tension perturbatrice équivalente à sa tension *nominale* de service; il est exprimé en pour cent.

*Rôle du couplage.*

Suivant l'espèce des installations en présence et la nature des effets exercés sur la ligne téléphonique, on est conduit à prendre en considération, soit la tension perturbatrice équivalente, soit le courant perturbateur équivalent, et à attribuer au facteur  $k_f$  une des valeurs  $\frac{f}{800}$ , 1 ou  $\frac{800}{f}$ , et au facteur  $h_f$  une des valeurs  $\frac{f}{800}$  ou 1.

Le choix de la valeur convenable de ces facteurs  $k_f$  ou  $h_f$  peut être précisé dès maintenant dans les cas suivants :

1° *Lignes téléphoniques en fils nus aériens.*

Tension perturbatrice d'une ligne à haute tension, dans le cas d'influence électrique,  $k_f = \frac{f}{800}$ .

Tension perturbatrice d'une ligne de traction, dans le cas d'induction magnétique,  $k_f = 1$ .

Courant perturbateur d'une ligne de traction, dans le cas d'induction magnétique,  $h_f = \frac{f}{800}$ .

2° *Lignes téléphoniques en câble.*

Tension perturbatrice d'une ligne de traction, dans le cas d'induction magnétique,  $k_f = \frac{800}{f}$ ,

Courant perturbateur d'une ligne de traction, dans le cas d'induction magnétique,  $h_f = 1$ .

### VIII. INFLUENCE ÉLECTRIQUE.

Comme suite aux travaux de la C.M.I., on complétera les *Directives* pour tenir compte des croisements entre lignes d'énergie et lignes téléphoniques, lorsque la tension de service de la ligne d'énergie est égale ou supérieure à 150 kilovolts.

Il en sera tenu compte pour compléter les calculs relatifs aux troubles d'exploitation (pages 14 et 15 des *Directives* 1930, paragraphes C. 1 et C. 2). Par contre, cette influence sera négligée dans le calcul de l'exposition au danger.

---

#### AVIS N° 2.

*Emploi des formules de l'électrostatique pour le calcul de l'influence électrique d'une ligne d'énergie à courant alternatif sur un circuit téléphonique.*

#### LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

Considérant

qu'il résulte des études spéciales entreprises à ce sujet que l'effet de la distribution des courants dans la terre sur la détermination des coefficients de capacité est tout à fait négligeable dans le cas des fréquences industrielles et téléphoniques,

Emet, à l'unanimité, l'avis

Qu'il n'y a pas lieu de modifier les développements contenus dans les *Directives* au sujet du calcul de l'influence électrique d'une ligne d'énergie à courant alternatif sur un circuit téléphonique, développements qui utilisent les formules de l'électrostatique.

---

#### AVIS N° 3.

*Calcul des effets causés par le courant de court-circuit.*

#### LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

Considérant

que les indications contenues dans l'édition de 1930 des *Directives*, en ce qui concerne la valeur de l'intensité du *courant de court-circuit* à faire intervenir dans les calculs d'induction mutuelle, ont donné lieu en pratique à des interprétations différentes;

qu'il a été reconnu que, seule, la composante alternative du courant de court-circuit instantané peut être définie et calculée avec précision;

qu'il semble possible, conformément aux idées exposées dans la note annexée à l'avis n° 1, de faire intervenir dans le calcul une valeur du courant inducteur qui soit une fraction de l'ordre de 7/10 de la valeur de cette composante alternative,

Emet, à l'unanimité, l'avis

Qu'il convient, lors de l'application des règles des *Directives*, de faire intervenir, dès maintenant, dans le calcul la composante alternative du courant de court-circuit instantané;

Que sans modifier la limite de 300 V, il convient d'adopter comme valeur du courant inducteur une fraction de l'ordre de 7/10 de la valeur de cette composante alternative;

Qu'il n'y a pas lieu d'appliquer cette réduction, lorsque la limite de tension induite est fixée en fonction de la rigidité diélectrique des câbles téléphoniques et de leurs équipements.

---

#### AVIS N° 4.

*Tension psophométrique. Force électromotrice psophométrique. Tension perturbatrice équivalente. Courant perturbateur équivalent. Facteur téléphonique de forme de la tension.*

#### LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

Considérant

que certaines définitions données dans l'édition de 1930 des *Directives* et dans le *Livre blanc* du C.C.I.F. (tome II, pages 7 et 8 : compte rendu de la X<sup>e</sup> Assemblée plénière), pouvaient être d'interprétation difficile;

qu'il est possible de baser ces définitions sur une conception plus simple et de caractère plus général;

que ces définitions nouvelles se prêtent mieux au calcul et à la mesure objective,

Emet, à l'unanimité, l'avis

Qu'il convient d'adopter dès à présent les définitions suivantes :

a) Par définition, la *tension psophométrique entre deux points* quelconques d'un système téléphonique est l'expression

$$\frac{1}{P_{300}} \sqrt{\sum (p_f \cdot V_f)^2}$$

dans laquelle :

$V_f$  est la composante de fréquence  $f$  de la tension parasite,

$p_f$  le poids attribué à cette fréquence dans le tableau des poids (voir p. 20).

Cette tension psophométrique correspond à la tension de fréquence 800 p:s qui, substituée sur une ligne téléphonique à la tension parasite, apporterait le même trouble à la conversation téléphonique.

*La force électromotrice psophométrique à l'extrémité d'une ligne téléphonique* est le double de la tension psophométrique qui serait mesurée aux bornes d'une résistance pure de 600 ohms, sur laquelle serait fermée la ligne à une extrémité (endroit de la mesure) éventuellement à travers un transformateur d'adaptation, tandis que l'autre extrémité de la ligne serait fermée sur l'impédance caractéristique de celle-ci.

*Le psophomètre* est un appareil donnant par lecture directe la valeur de la tension psophométrique entre les points auxquels il est relié, et présentant une très grande impédance d'entrée.

b) Par définition, *la tension perturbatrice équivalente d'une ligne d'énergie* est l'expression

$$\frac{1}{P_{800}} \sqrt{\sum (k_f p_f V_f)^2}$$

dans laquelle :

$V_f$  est la composante de fréquence  $f$  de la tension de service,

$p_f$  le poids attribué à cette fréquence dans le tableau des poids,

$k_f$  un facteur, fonction de la fréquence, tenant compte du mode de couplage des lignes intéressées ainsi que des conditions de service de la ligne d'énergie.

Cette tension perturbatrice équivalente correspond à une tension de fréquence égale à 800 p:s qui, appliquée à cette ligne, produirait sur une ligne téléphonique voisine le même trouble que la tension de service.

c) Le courant perturbateur équivalent d'une ligne d'énergie se définit d'une manière analogue par l'expression :

$$\frac{1}{P_{800}} \sqrt{\sum (h_f p_f I_f)^2}$$

dans laquelle :

$I_f$  est la composante de fréquence  $f$  du courant qui cause la perturbation,

$h_f$  un facteur analogue au facteur  $k_f$  défini au sujet de la tension perturbatrice.

*d) Le facteur téléphonique de forme de la tension d'une ligne ou d'un réseau d'énergie est le rapport de sa tension perturbatrice équivalente à sa tension nominale de service; il est exprimé en pour cent.*

---

AVIS N° 5

*Mesure objective des bruits de circuit.*

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

1° Considérant

qu'il est de plus en plus nécessaire de disposer pour les applications pratiques d'un appareil de mesure objective de la force électromotrice psophométrique qui soit adopté pour une longue durée par toutes les administrations et exploitations privées;

que, par ailleurs, les caractéristiques provisoires fixées pour ces appareils dans l'avis de l'Assemblée plénière de Paris 1931 ont permis d'établir des appareils d'essais et que des expériences plus récentes ont conduit à préciser les exigences définitives auxquelles doivent satisfaire ces appareils,

Emet, à l'unanimité, l'avis

Qu'il convient désormais de mesurer objectivement la force électromotrice psophométrique, telle qu'elle est définie ci-dessus au moyen d'un psophomètre répondant aux conditions imposées dans la note ci-après.

2° Considérant, d'autre part,

que, dans tous les cas où il s'agit de déterminer si les bruits développés sur une ligne ne dépassent pas la limite admise, il paraît préférable, en vue d'obtenir des mesures parfaitement comparables et d'une interprétation plus facile, d'effectuer ces mesures directement sur la ligne, sans faire intervenir les propriétés particulières des autres lignes et organes la reliant au récepteur de l'abonné,

Emet, à l'unanimité, l'avis

Que, dans les cas envisagés ci-dessus, il convient d'effectuer les mesures en utilisant un psophomètre présentant comme courbe caractéristique la courbe des poids définie ci-après (psophomètres utilisés pour les circuits téléphoniques commerciaux) sans interposition d'aucune maquette supplémentaire.

Les instructions relatives au mode d'emploi de l'appareil figurent également dans la partie II de la note ci-après.

3° Considérant enfin.

que les effets des perturbations développées sur les lignes sont différents selon qu'il s'agit de la téléphonie commerciale ou des transmissions radiophoniques et que, par suite, il est impossible d'employer le même appareil dans les deux cas,

Emet, à l'unanimité, l'avis

Qu'il convient de distinguer très nettement ces deux questions, et de faire examiner de nouveau par les 3°, 4° et 5° Commissions de rapporteurs la courbe des poids qui intervient pour les circuits spéciaux pour transmissions radiophoniques, afin d'adapter cette courbe aux exigences actuelles de la technique de ces circuits.

NOTE

*Spécification de principe et méthode d'utilisation  
des psophomètres utilisés sur les circuits téléphoniques commerciaux.*

I. — *Spécification de principe.*

a) *Courbe des poids :*

Le tableau I ci-après et les courbes jointes donnent, sous le nom de poids, les valeurs relatives des effets perturbateurs moyens des diverses fréquences lorsque la valeur de la tension réelle de chaque fréquence aux bornes d'un récepteur téléphonique est la même.

Chaque poids est indiqué en valeur relative par rapport au poids correspondant à la fréquence 800 p : s. En regard de ces valeurs relatives sont inscrites leurs expressions en unités de transmission (népers et décibels).

Le « psophomètre » doit comporter un réseau filtrant associé à un instrument de mesure. Ses caractéristiques sont telles que, si on applique à l'entrée du psophomètre une tension alternative dont l'amplitude reste constante quelle que soit la fréquence, la valeur indiquée par l'instrument de mesure soit proportionnelle au poids relatif à la fréquence considérée.

Ces caractéristiques doivent s'écarter le moins possible des valeurs figurant dans le tableau I ci-après; de toute façon, les écarts ne doivent pas dépasser les limites de tolérance spécifiées dans le tableau II ci-après.

TABLEAU I. — *Tableau des poids.*

(Voir les figures 1 et 1 bis ci-après)

FRÉQUENCES	POIDS		
	en valeurs relatives	en népers	en décibels
16,7	0,115	— 9,07	— 78,8
50	2,48	— 6,00	— 52,1
60	4,10	— 5,50	— 47,7
100	15,0	— 4,20	— 36,5
150	46,0	— 3,08	— 26,7
180	80,0	— 2,53	— 21,9
200	105,0	— 2,25	— 19,6
300	300	— 1,20	— 10,5
400	400	— 0,92	— 8,0
500	472	— 0,75	— 6,5
600	560	— 0,58	— 5,0
700	705	— 0,35	— 3,0
800	1.000	0,00	0,0
900	1.405	+ 0,34	+ 3,0
1.000	1.840	+ 0,61	+ 5,3
1.050	1.880	+ 0,63	+ 5,5
1.100	1.770	+ 0,57	+ 5,0
1.200	1.260	+ 0,23	+ 2,0
1.300	795	— 0,23	— 2,0
1.400	527	— 0,64	— 5,6
1.500	419	— 0,87	— 7,6
1.600	353	— 1,04	— 9,0
1.800	289	— 1,24	— 10,8
2.000	254	— 1,37	— 11,9
2.200	225	— 1,49	— 13,0
2.400	200	— 1,61	— 14,0
2.600	177	— 1,73	— 15,0
2.800	159	— 1,84	— 16,0
3.000	141	— 1,96	— 17,0
3.500	80,0	— 2,53	— 21,9
4.000	45	— 3,10	— 26,9
5.000	19	— 3,96	— 34,4

NOTE. — Les "valeurs relatives" indiquées ci-dessus doivent être prises pour base; les nombres correspondants de népers et de décibels ont été arrondis.

TABLEAU II. — *Tolérances.*

50 et 60 p : s	$\pm 2$	décibels ou	$\pm 0,23$	néper
60 à 150 p : s	$\pm 3$	—	$\pm 0,35$	—
150 à 400 p : s	$\pm 2$	—	$\pm 0,23$	—
400 à 800 p : s	$\pm 1$	—	$\pm 0,12$	—
800 p : s	0	—	0	—
800 à 1.800 p : s	$\pm 1$	—	$\pm 0,12$	—
1.800 à 3.000 p : s	$\pm 3$	—	$\pm 0,35$	—
3.000 à 5.000 p : s	$\pm 5$	—	$\pm 0,58$	—

En outre, le point d'ordonnée maximum de la courbe devra se trouver entre 1.000 et 1.100 p : s.

Il faut que les caractéristiques du psophomètre soient aussi stables que possible dans les conditions pratiques d'utilisation, c'est-à-dire malgré les transports, les changements de température, etc...

b) *Instrument de mesure :*

L'instrument de mesure doit être gradué de telle sorte que, lorsqu'on applique aux bornes d'entrée du psophomètre une tension de 800 p : s, la lecture sur l'instrument soit égale à la valeur de la tension appliquée.

Dans le cas d'un mélange de fréquences, l'indication de l'instrument doit être égale à la racine carrée de la somme des carrés des lectures qui correspondraient à chaque composante, si celle-ci existait seule.

c) *Impédance d'entrée :*

Pour toute la bande des fréquences de 15 à 5.000 p : s l'impédance d'entrée du psophomètre doit être aussi grande que possible et, en tout cas, au moins égale à 10.000 ohms.

Au psophomètre est adjointe une résistance non réactive de 600 ohms qui peut, le cas échéant, être branchée entre les bornes d'entrée de l'appareil.

d) *Sensibilité :*

Le psophomètre doit permettre de faire une lecture nette dès qu'on applique à son entrée une tension de 800 p : s au moins égale à 0,05 mV.

Il doit également permettre directement la lecture des tensions au moins jusqu'à 100 mV.

Dans toute l'étendue de sa graduation et pour chaque fréquence, les lectures de l'appareil doivent être proportionnelles aux amplitudes des tensions appliquées.

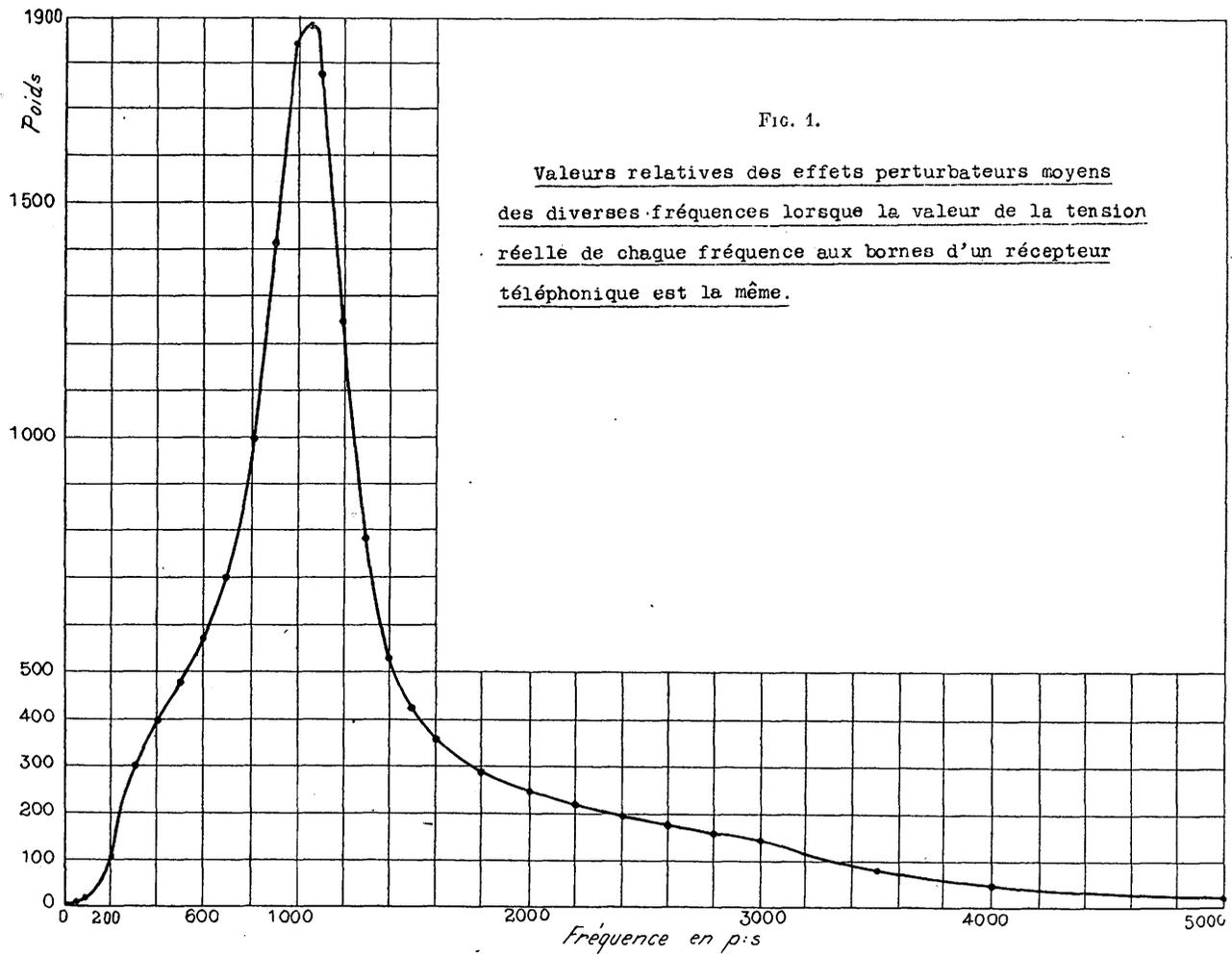


FIG. 1.  
Valeurs relatives des effets perturbateurs moyens  
des diverses fréquences lorsque la valeur de la tension  
réelle de chaque fréquence aux bornes d'un récepteur  
téléphonique est la même.

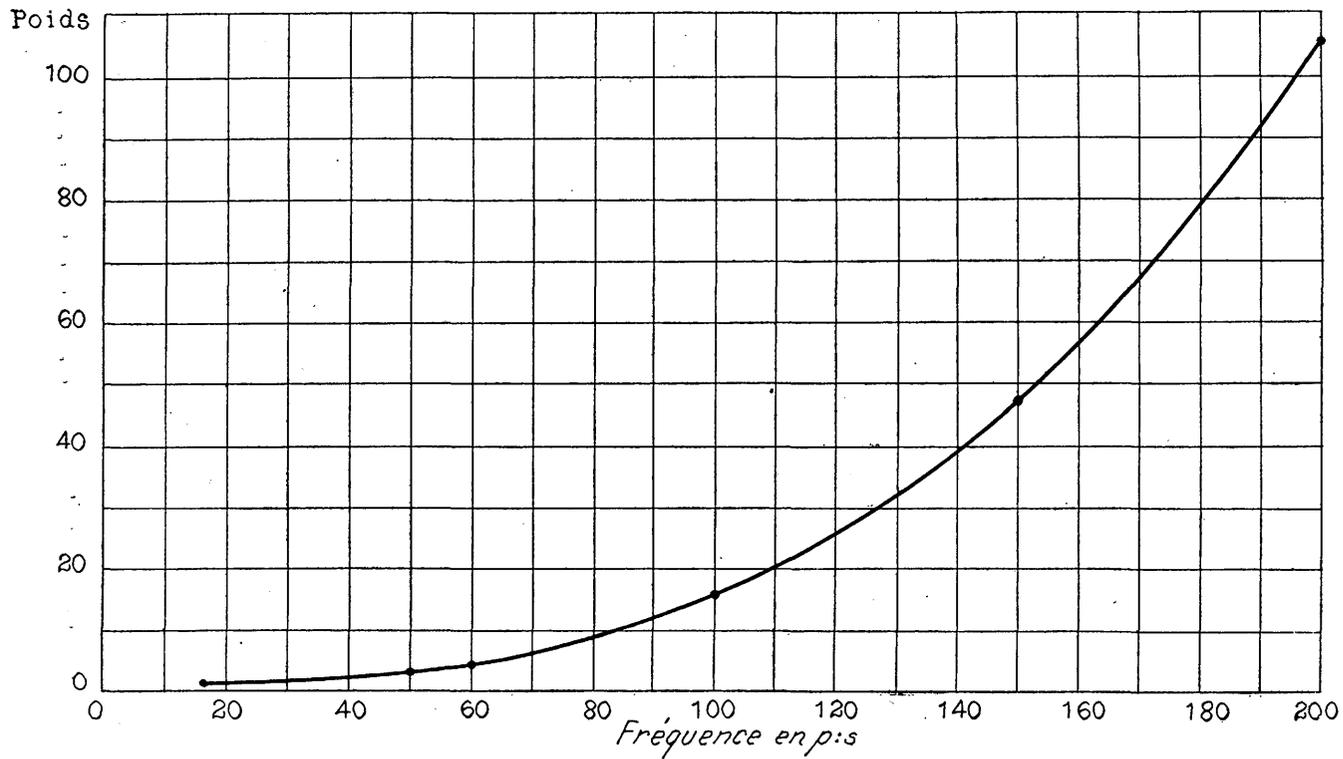


FIGURE 1 bis. — Valeurs relatives des effets perturbateurs moyens des diverses fréquences lorsque la valeur de la tension réelle de chaque fréquence aux bornes d'un récepteur téléphonique est la même.

e) *Étalonnage* :

Le psophomètre comporte un dispositif permettant, avant chaque série d'essais, d'ajuster à la valeur voulue le gain de l'amplificateur, et cela avec une précision d'au moins 5 %.

f) *Conditions particulières de construction* :

*Symétrie.* — La symétrie du psophomètre par rapport à la masse doit être aussi parfaite que possible. En tous cas, l'application entre les bornes d'entrée mises en court-circuit et la masse d'une tension de 200 V à 50 p : s, ou d'une tension de 30 V à 300 p : s, ou d'une tension de 10 V à 800 p : s, ne doit pas donner une lecture supérieure à 0,05 mV.

*Indifférence aux champs extérieurs.* — L'indifférence aux champs extérieurs doit être en principe absolue <sup>(1)</sup>. Dans ce but le psophomètre doit être blindé, ainsi que les caisses contenant les sources d'alimentation; toutes ces boîtes doivent, en outre, comporter des bornes en vue de leur mise à la terre pendant l'utilisation de l'appareil. Il y a également lieu de prévoir l'emploi de conducteurs câblés et cuirassés pour les diverses connexions extérieures du psophomètre.

*Poids.* — L'appareil doit être portatif et son poids aussi réduit que peut le permettre l'observation des conditions précédentes.

## II. — *Méthode d'utilisation.*

a) Lorsqu'il s'agit de déterminer si les bruits développés sur une ligne ne dépassent pas la limite admise, il est entendu que les mesures de force électromotrice psophométrique doivent être faites sur la ligne elle-même sans interposition d'un dispositif additionnel quelconque qui tienne compte des qualités particulières des lignes et organes la reliant au récepteur de l'abonné.

b) Pour la mesure, la ligne doit être fermée sur 600 ohms, au besoin au moyen d'un transformateur adaptant à cette valeur de 600 ohms l'impédance de la ligne. Dans ces conditions, la force électromotrice psophométrique a une valeur double de l'indication de l'instrument de mesure.

c) Pour l'exécution des mesures, la masse métallique des diverses boîtes doit être réunie à la terre ainsi que les armatures des connexions.

(1) A titre d'exemple, on a pu réaliser un psophomètre pour lequel la lecture était de 0,8 mV par oersted du champ extérieur, le psophomètre étant orienté de telle façon que l'action de ce champ soit la plus forte possible. (Le psophomètre était placé à 1 mètre d'un câble parcouru par un courant de 10 A à la fréquence de 300 p:s.)

d) On doit prendre soin de choisir pour le psophomètre un emplacement et une orientation tels que l'influence des champs extérieurs soit aussi réduite que possible.

---

AVIS N° 6.

*Documentation technique concernant les psophomètres réalisés.*

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

Considérant

que l'avis intitulé « Mesure objective des bruits de circuits » a déterminé définitivement les caractéristiques du psophomètre et que les administrations et exploitations privées sont actuellement en mesure de faire procéder à la réalisation de ces appareils;

qu'il y aurait intérêt à constituer une documentation technique détaillée concernant les caractéristiques de construction et de fonctionnement de ces appareils,

Emet, à l'unanimité, l'avis

Qu'il est désirable que les administrations et exploitations privées communiquent au secrétariat du Comité Consultatif International Téléphonique les renseignements nécessaires, conformément au questionnaire figurant ci-après, page 26, en les accompagnant d'un schéma de principe.

---

AVIS N° 7.

*Mesure objective de la tension perturbatrice équivalente.*

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

Considérant

que, d'après la définition de la tension perturbatrice équivalente, le poids qu'il convient d'attribuer à chaque fréquence est exactement le même (abstraction faite du facteur de couplage) que celui qui intervient dans la définition de la force électromotrice psophométrique,

Emet, à l'unanimité, l'avis

1° Qu'il convient en principe d'effectuer la mesure de la tension perturbatrice équivalente (ou du courant perturbateur équivalent) au moyen d'un

**Caractéristiques de construction et de fonctionnement  
des psophomètres réalisés.**

<p><i>Sensibilité :</i> Tension à 800 p:s à l'entrée du psophomètre donnant :</p> <p>a) la déviation totale de l'instrument de mesure; b) la première déviation nettement lisible.</p>	
<p>Nature et nombre des organes utilisés.</p>	<p>{ Bobines d'inductance .....</p> <p>{ Transformateurs.....</p> <p>{ Condensateurs .....</p> <p>{ Tubes à vide.....</p>
Dimensions d'encombrement (en centimètres).	
Poids (en kilogrammes).	
Tensions d'alimentation (en volts).	
Consommation de courant (en ampères).	
Impédance d'entrée (en ohms).	
<p><i>Sensibilité aux champs extérieurs :</i> Déviation donnée par l'instrument pour chaque oersted d'intensité du champ magnétique extérieur à 300 p:s lorsque l'appareil est orienté par rapport à la direction de ce champ, de façon que la déviation soit maximum.</p>	
<p><i>Symétrie :</i> Déviations données par l'instrument lorsqu'on applique entre les bornes d'entrée de l'appareil mises en court-circuit et la masse :</p> <p>Une tension de 200 V à 50 p:s Une tension de 30 V à 300 p:s Une tension de 10 V à 800 p:s</p>	
<p><i>Forme exacte de la courbe caractéristique de l'appareil :</i> à donner sur une planche séparée, l'échelle des abscisses (fréquences) étant choisie linéaire, l'échelle des ordonnées logarithmique, et le poids de référence des ordonnées étant celui qui correspond à la fréquence de 800 p:s.</p>	
<p><i>Écarts maximums</i> entre les ordonnées réelles de la courbe et la courbe normale du C. C. I. F. (Le signe - signifie que le psophomètre attribue un poids plus faible que le poids de la courbe normale)</p> <p>de 16 2/3 à 60 p:s. de 60 à 150 p:s. de 150 à 400 p:s. de 400 à 1050 p:s (pour 800 p:s, l'écart est nul). de 1050 à 1800 p:s. de 1800 à 5000 p:s.</p>	
<i>Mode d'étalonnage de l'appareil.</i>	

psophomètre relié à la ligne ou installation d'énergie (quelle qu'en soit la nature) par l'intermédiaire d'un dispositif représentant les qualités du couplage entre ladite ligne d'énergie et le circuit téléphonique (voir à la page 17 la définition des facteurs  $k_f$  et  $h_f$ ).

2° Que l'on pourra en pratique utiliser pour cette mesure un appareil unique donnant des indications identiques à celles que donnerait l'ensemble qui vient d'être décrit au paragraphe 1<sup>er</sup>.

---

AVIS N° 8.

*Calcul de la force électromotrice psophométrique due aux ondulations du courant dans le cas des lignes de traction à courant continu.*

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

Considérant

que l'on a pu définir d'une manière précise les paramètres qui interviennent dans le calcul de la force électromotrice psophométrique due aux ondulations du courant dans le cas des lignes de traction à courant continu,

Emet, à l'unanimité, l'avis

Que ce calcul peut être mené comme un calcul normal de tension induite à partir de la connaissance des grandeurs suivantes (qui sont rapportées à la fréquence de 800 p: s) :

1° La *tension perturbatrice équivalente* de l'installation de traction;

2° L'*impédance* de l'installation de traction;

3° Le *coefficient d'induction mutuelle* entre la ligne de traction et la ligne téléphonique considérée (il s'agit ici soit de l'inductance mutuelle entre deux lignes à retour par le sol, soit de l'inductance mutuelle entre une ligne de traction à retour par le sol d'une part, et la boucle d'une ligne téléphonique non transposée d'autre part);

4° L'*effet compensateur du courant de rail* et, si la ligne téléphonique est en câble, l'*effet compensateur du courant d'enveloppe*;

5° Une valeur représentative du *coefficient de sensibilité* du type de ligne considéré, étant supposé qu'il s'agit d'induction mutuelle entre deux lignes à retour par le sol. Dans certains cas, on peut avoir besoin pour le calcul de la force électromotrice psophométrique, de connaître la valeur du degré de dyssymétrie localisée de la ligne téléphonique.

---

AVIS N° 9

*Dyssymétrie répartie d'une ligne téléphonique par rapport à la terre;  
coefficient de sensibilité.*

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

Considérant

1° que l'étude de la notion de « dyssymétrie des impédances par rapport à la terre » (telle qu'elle est définie dans les *Directives* à la page 47) a démontré qu'en général il n'est pas possible d'établir une relation directe entre la valeur de la force électromotrice psophométrique et les résultats de la mesure de cette dyssymétrie telle qu'on peut l'effectuer à l'extrémité d'un long circuit;

2° qu'il est cependant utile de conserver cette notion simple qui permet d'apprécier d'une manière approximative l'état des circuits au point de vue de leur établissement et de leur entretien;

3° que, par ailleurs, il est recommandable d'étudier :

a) si, pour diverses fréquences, il existe une relation statistique entre la force électromotrice longitudinale et la différence de potentiel qui peut se produire par suite des dyssymétries, à l'extrémité du circuit quand ce circuit est fermé sur son impédance caractéristique et qu'aucune force électromotrice transversale n'est induite dans ce circuit;

b) s'il est possible, en outre, d'établir une relation statistique entre la force électromotrice psophométrique et la force électromotrice longitudinale pondérée;

Emet, à l'unanimité, l'avis

1° Que, pour la maintenance des circuits, il convient de conserver la définition et les méthodes de mesure de la « dyssymétrie des impédances par rapport à la terre », telles qu'elles sont données dans les *Directives* (Édition de 1930).

2° Qu'il y aura lieu d'introduire une notion nouvelle du « coefficient de sensibilité » d'un circuit se rapportant à la relation entre la force électromotrice psophométrique et la force électromotrice longitudinale pondérée.

*Remarque.* — Il conviendra de prendre en considération à ce sujet les résultats des travaux du 7° Comité d'Études de la 1<sup>re</sup> Section de la Commission Mixte Internationale.

---

AVIS N° 10.

*Dyssymétrie localisée par rapport à la terre.*

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

Considérant

qu'en ce qui concerne les lignes courtes, la dyssymétrie propre de la ligne par rapport à la terre est généralement négligeable devant les dyssymétries des

montages terminaux et qu'il a été possible de dégager une nouvelle définition de la dyssymétrie localisée se prêtant au calcul direct de la force électromotrice psophométrique lorsqu'on connaît la force électromotrice longitudinale pondérée,

Emet, à l'unanimité, l'avis

Qu'il convient d'adopter, pour ce cas particulier, la définition suivante :

Etant donné un circuit comportant à chaque extrémité une installation téléphonique, on applique dans un premier essai sur chacun des fils, des forces électromotrices  $E$  égales et d'une fréquence téléphonique. Si le circuit n'est pas parfaitement symétrique, on observe aux bornes du récepteur d'une des installations une tension  $e$ .

Dans un second essai, on applique symétriquement dans la boucle des deux fils une force électromotrice  $E'$  de même fréquence, réglée de façon que la tension aux bornes du récepteur ait encore la même valeur  $e$ .

Le degré de dyssymétrie localisée par rapport à la terre est, pour la fréquence considérée, le rapport

$$\delta_l = \frac{E'}{E}$$

La même méthode peut être utilisée pour déterminer en laboratoire la dyssymétrie propre d'un ensemble de montages terminaux, indépendamment de la présence de la ligne.

*Note.* — Pour l'exécution de cette mesure, il peut être commode d'em-

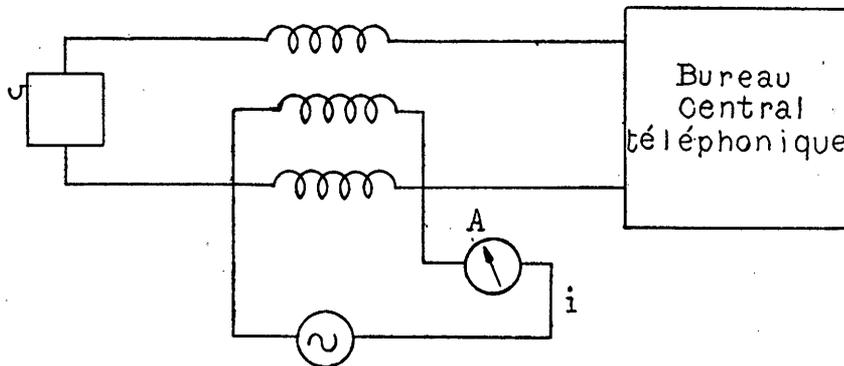


FIGURE 2 a.

ployer le montage ci-dessus (figure 2 a) comportant un transformateur à

trois enroulements dont les deux enroulements secondaires ont une faible impédance et sont parfaitement symétriques par rapport au primaire.

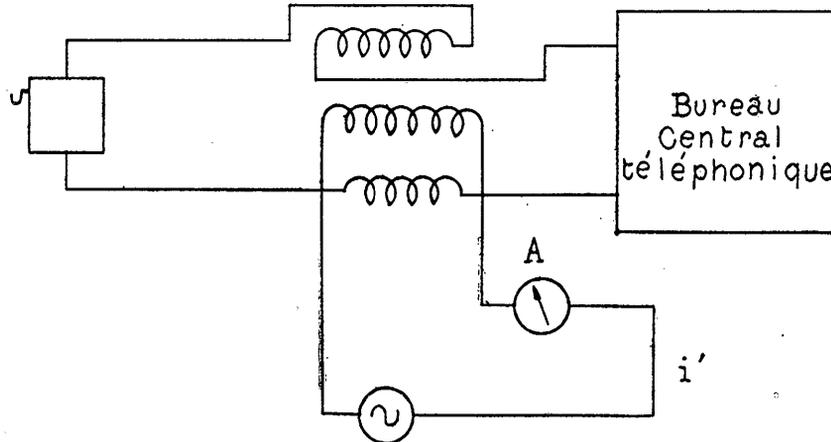


FIGURE 2 b.

L'inversion des connexions d'un des enroulements secondaires permet de réaliser le second essai (voir la figure 2 b).

De la lecture des intensités dans le circuit alimentant l'enroulement primaire, on déduit le degré de dyssymétrie localisée par la formule :

$$\delta_r = \frac{E'}{E} = \frac{2 i'}{i}$$

Il n'est pas indispensable d'utiliser un voltmètre pour mesurer l'égalité des tensions aux bornes du récepteur dans les deux essais, cette égalité pouvant être appréciée auditivement avec une précision suffisante.

---

AVIS N° 11.

*Réduction de la tension perturbatrice des redresseurs.*

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

Considérant

qu'il est possible d'obtenir une réduction notable de la tension perturbatrice des installations de traction alimentées par des redresseurs, en employant une bobine d'absorption conjuguée avec des shunts résonnants;

qu'un dispositif comportant, en plus des shunts résonnants, un élément de filtre destiné à remplacer la bobine d'absorption serait plus onéreux et ne serait peut-être pas suffisant pour supprimer toutes les fréquences,

Emet, à l'unanimité, l'avis

Qu'en ce qui concerne la réduction de la tension perturbatrice des installations à redresseurs, il est recommandable d'utiliser des dispositifs comportant une bobine d'absorption conjuguée avec des shunts résonnants;

Que, dans le cas de redresseurs hexaphasés, il semble désirable de déterminer les caractéristiques de ces shunts de façon à réduire la tension perturbatrice au moins au dixième, dans la mesure où le permet la technique, de la valeur qu'elle aurait s'il n'y avait pas de shunts résonnants.

---

AVIS N° 12.

*Essais concernant les redresseurs.*

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

Considérant

que le fonctionnement des redresseurs avec ou sans grille de commande peut provoquer des troubles d'audition non seulement sur les lignes téléphoniques parallèles aux lignes à courant redressé, mais aussi sur les lignes téléphoniques voisines des lignes triphasées qui alimentent ces redresseurs;

que les administrations et exploitations privées ont le plus grand intérêt à connaître avec quelque précision les propriétés particulières des redresseurs à grille de commande au point de vue de leur influence sur les transmissions téléphoniques, avant que les applications pratiques de ce nouveau genre d'appareils n'aient pris un grand développement,

Emet, à l'unanimité, l'avis

Que les administrations et exploitations privées interviennent auprès des groupements professionnels de l'industrie et de la distribution d'énergie électrique de leurs pays, afin de profiter de toutes les occasions qui se présenteront pour effectuer des essais sur ce genre d'installations, compléter la documentation déjà recueillie à ce sujet, et en tirer des conclusions en ce qui concerne les limites des valeurs normales du facteur téléphonique de forme de la tension.

---

AVIS N° 13.

*Effet des transpositions effectuées sur une ligne d'énergie électrique.*

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

Considérant

que la diminution de l'effet perturbateur de l'ensemble des composantes résiduelles des différents harmoniques des tensions et courants d'une ligne à courants alternatifs, obtenue par l'établissement sur cette ligne de transpositions répondant aux prescriptions des *Directives*, dépend de plusieurs facteurs assez variables, tels que la forme de la tension de la génératrice, la longueur de la ligne, la qualité et le montage des transformateurs, etc...;

que, par suite, l'étude théorique de ce problème compliqué ne semble pas conduire à des résultats d'une valeur pratique;

que, d'autre part, il semble résulter des études effectuées aux Etats-Unis d'Amérique, que l'omission de la transposition au point où deux tours complets d'hélice devraient se rencontrer peut être favorable à la diminution des tensions et courants résiduels,

Emet, à l'unanimité, l'avis

Qu'il ne semble y avoir aucun inconvénient à admettre l'omission de cette transposition;

Qu'en ce qui concerne l'ensemble du problème, il ne paraît pas opportun d'entreprendre de nouvelles recherches.

---

AVIS N° 14.

*Dispositifs de protection des opératrices contre les chocs acoustiques.*

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

Considérant

qu'en ce qui concerne la protection des opératrices contre les chocs acoustiques, il s'est révélé jusqu'à présent trois principes d'appareils particulièrement convenables : celui des cohérences, celui des dispositifs à éléments rectifiants, celui des parafoudres associés à des transformateurs de tension;

que ces appareils ont des propriétés peu différentes en ce qui concerne la sensibilité, mais des particularités d'emploi assez différentes;

que l'étude des qualités des cohérences peut être considérée comme achevée, qu'en outre on possède à leur sujet une longue expérience en service qui a montré que leur emploi donne de bons résultats, à condition cependant qu'ils soient l'objet d'un entretien vigilant;

que les premières études et les premiers essais en service des dispositifs à éléments rectifiants et à parafoudre avec transformateur ont donné des résultats très encourageants, que ces appareils paraissent exiger peu d'entretien, et qu'en particulier les dispositifs à éléments rectifiants sont en service courant dans certains réseaux,

Emet, à l'unanimité, l'avis

1° Qu'il n'y a pas lieu de poursuivre les études comparatives sur les cohéreurs;

2° Qu'en ce qui concerne les dispositifs à éléments rectifiants, il y a lieu de rassembler les résultats d'expérience pratique obtenus dans les réseaux où ils sont en service, en vue d'établir quelles sont leurs meilleures conditions d'emploi;

3° Qu'en ce qui concerne les dispositifs à parafoudre avec transformateur, il convient de poursuivre des essais en vue d'apprécier les résultats qu'ils peuvent permettre d'obtenir.

---

AVIS N° 15.

*Mise à la terre d'une ligne téléphonique à grande distance en câble.*

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

Considérant

qu'en l'état actuel de la technique, on est arrivé à construire les câbles de façon que les capacités des divers circuits par rapport à l'enveloppe soient très exactement équilibrées, particulièrement en ce qui concerne les couches intérieures;

que cet équilibre des capacités suffit lorsqu'il s'agit de circuits dépourvus de toute mise à la terre;

qu'en revanche, chaque mise à la terre, même d'une symétrie apparente, risque de faire entrer en jeu les dyssymétries d'inductance et de résistance de chacun des circuits sur lequel on effectue cette mise à la terre;

que la rigidité diélectrique entre les conducteurs d'un câble est notablement plus petite que celle qui existe entre ces conducteurs et l'enveloppe et que, par suite, la mise à la terre de certains de ces conducteurs créerait un danger de rupture du diélectrique séparant les conducteurs quand le câble est soumis à une induction importante;

que, lorsqu'un câble est soumis à une force électromotrice induite élevée, la présence de mises à la terre permettrait le passage de courants dont l'intensité pourrait dépasser dans certains cas la limite admissible pour la bonne conservation des qualités magnétiques des bobines de charge,

Emet, à l'unanimité, l'avis

1° Qu'il est recommandable de n'effectuer aucune mise à la terre en un point quelconque d'une ligne à grande distance en câble;

2° Qu'en règle générale, il est recommandable de n'effectuer aucune mise à la terre en un point quelconque d'une installation (téléphonique ou télégraphique) reliée métalliquement à une ligne à grande distance en câble;

3° Que, toutefois, si pour des raisons spéciales, on est amené à effectuer la mise à la terre d'une installation directement reliée aux conducteurs d'un câble, il y a lieu de prendre les précautions suivantes :

a) La mise à la terre doit être faite de manière à ne pas troubler la symétrie des circuits par rapport à la terre et par rapport aux circuits voisins;

b) La tension disruptive de l'ensemble de tous les autres conducteurs du câble, par rapport aux conducteurs du circuit relié à la terre, doit être notablement supérieure à la tension la plus forte qui, par suite de l'induction des lignes d'énergie voisines, pourrait exister entre ces conducteurs et ceux du circuit relié à la terre;

c) Lorsque l'installation reliée au câble est une installation télégraphique, il y a lieu, en outre, de se conformer aux prescriptions établies par le Comité Consultatif International Téléphonique au sujet des conditions de coexistence de la téléphonie et de la télégraphie.

---

AVIS N° 16.

*Raccordement au réseau téléphonique public de liaisons téléphoniques associées à des installations à courant fort.*

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

Considérant

que les distributeurs d'énergie électrique ont besoin de raccorder, à des lignes placées sur les appuis ou dans les câbles du réseau téléphonique public, les liaisons à courants porteurs empruntant des conducteurs à haute tension, ou les lignes téléphoniques ordinaires placées sur les appuis de lignes à haute tension;

que, si l'on veut admettre ces liaisons, il y a lieu de prendre toutes les précautions nécessaires pour éviter, d'une manière absolue, les conséquences dangereuses qui résulteraient d'un accident affectant les dispositifs de couplage;

que l'expérience acquise dans certains pays, depuis une dizaine d'années, a justement permis de dégager quelles doivent être les précautions à prendre,

Emet, à l'unanimité, l'avis

Qu'au point de vue technique, il paraît possible d'admettre ces raccordements, à condition que les installations répondent aux prescriptions ci-dessous.

Ces prescriptions comportent deux parties, l'une concernant le cas des lignes téléphoniques établies sur appuis communs avec des lignes à haute tension; l'autre, le cas de liaisons à courants porteurs de haute fréquence sur des lignes à haute tension.

I. — *Conditions à remplir dans le cas de raccordement d'une ligne téléphonique  $L_1$  placée sur les appuis ou dans les câbles du réseau public avec une ligne téléphonique ordinaire  $L_2$  établie sur les appuis d'une ligne à haute tension.*

a) Les dispositifs de couplage entre les deux lignes téléphoniques  $L_1$  et  $L_2$  doivent répondre aux meilleures règles de la technique.

b) Dans le cas d'un contact entre les conducteurs de la ligne à haute tension et les fils de la ligne  $L_2$ , la possibilité d'une propagation de la haute tension sur les fils de la ligne téléphonique  $L_1$  doit être exclue d'une manière absolue par l'ensemble des dispositifs de couplage (comprenant en général un transformateur de protection et des parafoudres et fusibles d'une puissance suffisante);

c) En aucun cas, même lorsque se produit le contact accidentel envisagé ci-dessus, la tension qui peut se manifester sur la ligne  $L_1$  ne doit dépasser 250 volts;

d) Toutes les liaisons avec la terre à effectuer sur l'ensemble des dispositifs de couplage doivent être établies conformément aux règles usuelles en vigueur dans chaque pays et concernant les mises à la terre pour la protection des installations à haute tension;

e) En ce qui concerne l'exploitation, l'entrepreneur des lignes privées doit assumer la responsabilité du conditionnement régulier de l'ensemble de l'installation et de son entretien permanent conformément aux prescriptions énumérées ci-dessus.

II. — *Conditions à remplir dans le cas de raccordement d'une ligne téléphonique  $L_1$  placée sur les appuis ou dans les câbles du réseau public et d'une liaison téléphonique  $L_2$  constituée par des courants porteurs de haute fréquence se propageant sur une ligne à haute tension.*

a) Les dispositifs de couplage entre les deux lignes téléphoniques  $L_1$  et  $L_2$  doivent répondre aux meilleures règles de la technique;

b) Dans tous les cas, même si un claquage se produit dans le dispositif de couplage entre la ligne à haute tension et les appareils de téléphonie à haute fréquence, la possibilité d'une propagation de la haute tension sur la ligne  $L_1$  doit être exclue d'une façon absolue;

c) En aucun cas, même dans l'hypothèse du claquage envisagé ci-dessus, la tension qui peut se manifester sur la ligne  $L_1$  ne doit excéder 250 volts.

Pour tenir compte de la valeur élevée des tensions utilisées dans l'installation même de téléphonie à haute fréquence (par exemple, tension de plaque), on doit intercaler entre cette installation et la ligne  $L_1$  un transformateur de protection qui puisse supporter sans détérioration une tension au moins égale au triple de la tension maximum qui peut se produire dans les conditions normales d'exploitation de l'installation téléphonique à haute fréquence;

d) Toutes les liaisons avec la terre à effectuer sur l'ensemble des dispositifs de couplages doivent être établies conformément aux règles usuelles en vigueur dans chaque pays et concernant les mises à la terre pour la protection des installations à haute tension;

e) En ce qui concerne l'exploitation, l'entrepreneur des lignes privées doit assumer la responsabilité du conditionnement régulier de l'ensemble de l'installation et de son entretien permanent conformément aux prescriptions énumérées ci-dessus.

---

AVIS N° 17.

*Principe de protection.*

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

Considérant

qu'il existe actuellement une grande diversité dans les systèmes de protection utilisés et qu'il y aurait intérêt à unifier ces méthodes tout en les rendant simples, efficaces et économiques,

Emet, à l'unanimité, l'avis

Que le principe de la protection doit être tout d'abord de choisir judicieusement les données de construction des lignes et installations, ainsi que leurs conditions d'établissement, et qu'on doit ordinairement assigner aux organes de protection un rôle complémentaire;

Que, d'une manière générale, un circuit téléphonique quelconque (circuit interurbain ou ligne d'abonné) entièrement en câble souterrain et ne

comportant aucune mise à la terre directe ou n'étant pas raccordé à des installations mises à la terre, ne devrait comporter aucun organe de protection;

Que, dans ces conditions, si le circuit est exposé à l'induction des lignes d'énergie, la force électromotrice longitudinale totale induite ne doit pas dépasser 60 % de la tension correspondant à la rigidité diélectrique du circuit en câble dans toutes ses parties;

Que, si cette force électromotrice induite dépasse cette limite pour une certaine partie du circuit, par exemple pour les translateurs, il convient de remplacer les éléments du circuit qui ne répondent pas à la condition précédente, ou de diminuer la valeur de la force électromotrice induite.

---

AVIS N° 18.

*Dispositif idéal de protection.*

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

Considérant

que les organes de protection actuellement utilisés ont été établis, les uns en vue de protéger les installations contre les décharges atmosphériques, les autres en vue de les protéger également contre les risques de contact avec les lignes d'énergie ou d'induction causés par ces lignes,

Emet, à l'unanimité, l'avis

Qu'un dispositif idéal doit répondre aux deux conditions indiquées;

Qu'un pareil dispositif peut être constitué d'après le montage suivant :

1° Un paratonnerre simple (à pointes, à couteau, etc...) dont la tension d'amorçage serait de 2.000 volts environ;

2° Un fusible dont le fil fonde en moins de  $n$  secondes, quand il est traversé par un courant dont l'intensité est comprise entre 0,5 et 1 ampère, — qui ne donne pas naissance à un arc si on applique à ses bornes la tension d'une source de puissance suffisante et dont la force électromotrice est de 750 volts — qui puisse supporter dix décharges consécutives espacées de dix secondes, mettant chacune en jeu huit joules au moins;

3° Un parafoudre à gaz raréfié dont la tension d'amorçage est de 300 volts environ, et qui soit susceptible de supporter sans détérioration, d'une part le passage prolongé d'un courant d'intensité insuffisante pour provoquer la fusion du fusible, d'autre part le passage d'un courant d'inten-

sité supérieure de valeur quelconque pendant la durée nécessaire pour le fonctionnement du fusible;

*Remarque.* — Les administrations et exploitations privées téléphoniques qui utilisent déjà un dispositif de protection satisfaisant aux conditions ci-dessus, sont priées d'en adresser les spécifications, descriptions et résultats d'essais au Secrétariat du C. C. I. F., afin de compléter la documentation dont on dispose déjà sur ce sujet.

Les autres administrations et exploitations privées téléphoniques sont priées de soumettre le programme ci-dessus aux constructeurs de leurs pays respectifs en les invitant à étudier sa réalisation.

---

AVIS N° 19.

*Caractéristiques principales des organes de protection.*

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

Considérant

qu'il y a lieu de pouvoir disposer de données précises et bien définies pour faciliter la comparaison entre les diverses réalisations du même organe de protection,

Emet, à l'unanimité, l'avis

Que pour déterminer les caractéristiques principales des organes de protection, on doit suivre les recommandations contenues dans la Note I ci-après, intitulée : « Caractéristiques principales des organes de protection. »

*Remarque.* — En se basant sur les indications de cette note, les administrations et exploitations privées téléphoniques adhérant au C. C. I. F. ont communiqué les renseignements contenus dans la Note II ci-après intitulée : « Tableau des dispositifs de protection placés sur les installations téléphoniques de divers pays, pour protéger le personnel et les installations contre les dangers éventuels dus aux lignes d'énergie ou aux décharges atmosphériques ».

NOTE I

*Caractéristiques principales des organes de protection.*

La présente note contient l'énumération des caractéristiques de construction ou de fonctionnement des organes de protection qui paraissent devoir

être considérées lorsque l'on veut comparer entre eux différents types d'organes. Lorsque cela a paru utile, on a indiqué le principe d'une méthode de mesure permettant de déterminer ces caractéristiques. En outre, pour certaines de ces caractéristiques, on a proposé une définition précise.

Dans cette note, on n'a envisagé que l'étude des types d'organes de protection. En fait, les déterminations indiquées doivent être effectuées sur plusieurs échantillons du même type et comparées entre elles. Lorsqu'il s'agit de s'assurer que des échantillons sont conformes à un modèle, on peut évidemment employer des méthodes simplifiées.

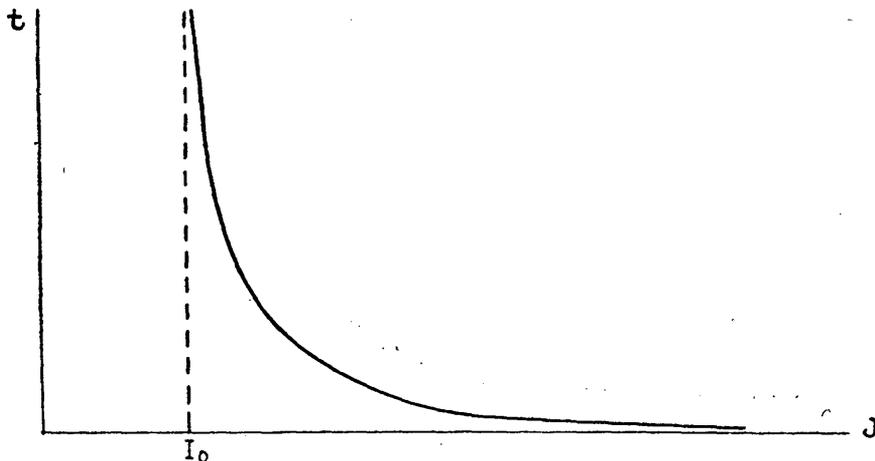
### I. — Fusibles.

a) *Description.* — Matière et dimensions du fil fusible; forme et, éventuellement, remplissage du logement du fil; éventuellement particularités de fonctionnement...

b) *Dispositions extérieures.* — Mode de fixation et de prise du courant; encombrement...

c) *Résistance électrique.*

d) *Intensité de fonctionnement.* — Il est possible de construire une courbe caractéristique représentant, en fonction de l'intensité  $J$  du courant



parcourant le fusible (courant continu ou alternatif), la durée  $t$  nécessaire du passage du courant pour que le fusible fonde. Cette courbe est asymptotique, d'une part à la droite  $t = 0$ , d'autre part à une droite parallèle à

l'axe des temps. Soit alors  $I_0$  l'abscisse de cette droite; on convient d'adopter la valeur  $I_0$  comme valeur de l'intensité de fonctionnement du fusible (voir figure ci-dessus).

e) *Capacité calorifique.* — On convient de désigner sous le nom de capacité calorifique d'un fusible la valeur maximum de l'énergie qui peut être absorbée presque instantanément par le fusible sans provoquer sa fusion. Dans la pratique, il suffit de déterminer cette valeur à  $\pm 10\%$  près. Pour cette détermination, on procède par décharges répétées d'une batterie de condensateurs à travers le fusible; si  $C$  représente la capacité de la batterie de condensateurs,  $V$  la tension de charge de cette batterie, l'énergie absorbée par le fusible est égale à  $1/2 CV^2$ , si les pertes dans les autres parties du circuit de décharge sont négligeables. Il convient donc d'établir ce circuit en fil assez gros et d'éviter les mauvais contacts.

On peut s'assurer que les pertes dans le circuit de décharge sont négligeables, soit en faisant varier la capacité et la tension de la batterie, soit en faisant l'essai simultanément sur plusieurs fusibles: il doit être indifférent, pour la valeur de la capacité calorifique par fusible, que ces fusibles soient groupés en série ou en parallèle.

Etant donné que, lors d'un orage, plusieurs décharges atmosphériques peuvent se suivre l'une l'autre presque immédiatement et que, par conséquent, la chaleur peut s'accumuler à l'intérieur du fusible, on convient de procéder par séries de dix décharges au moins, espacées de dix secondes l'une de l'autre.

f) *Tension sous laquelle on peut couper le courant.* — Lorsqu'on relie les bornes du fusible à une source de courant continu (ou à un réseau) de tension élevée et de grande puissance, on peut redouter que la fusion du fil du fusible soit suivie de la formation d'un arc. Pour s'assurer de l'absence de l'entretien d'un arc dans la cartouche du fusible, sous une tension donnée, on peut procéder de la manière suivante: on dispose en série avec le fusible soit un disjoncteur, soit même un autre fusible qui ne sont susceptibles de couper le courant qu'après une durée de passage supérieure à celle qui suffit pour le fusible étudié. Ainsi, le fonctionnement de ce disjoncteur ou la fusion du fusible de gros calibre sont l'indice de l'entretien d'un arc dans le fusible de petit calibre. En général, la réalisation de cet essai exige l'emploi de moyens qui ne se trouvent pas dans les laboratoires de téléphonie.

## II. — Bobines thermiques.

Toutes les caractéristiques indiquées au sujet des fusibles, sauf peut-être la capacité calorifique, sont également à prendre en considération dans le cas des bobines thermiques, ou de tout autre dispositif jouant le même rôle.

Toutefois, un grand intérêt s'attache à relever avec assez d'exactitude la courbe caractéristique définie en  $d$  et la tension définie en  $f$  ci-dessus.

Il convient, en outre, de noter si la bobine est construite de manière à pouvoir être régénérée, soit automatiquement, soit à la suite d'une intervention. On doit alors essayer de déterminer le nombre de fois que la bobine peut être utilisée.

## III. — Parafoudres.

a) *Description.* — Nature, forme et disposition des électrodes et de leur mode de liaison avec l'extérieur; nature et pression de l'atmosphère baignant les électrodes...

b) *Dispositions extérieures.* — Mode de fixation et de prise du courant; encombrement...

c) *Isolement.*

d) *Tension de fonctionnement.* — Si l'on applique aux bornes du parafoudre une tension continue dont on élève graduellement la valeur, on peut noter la valeur au-dessus de laquelle se produit l'amorçage du parafoudre; l'indice de cet amorçage est le passage d'un courant qu'on peut observer au moyen d'un instrument de mesure.

On convient de désigner la tension ainsi définie comme la tension d'amorçage du parafoudre. Certains types de parafoudres se prêtent à la détermination d'une courbe caractéristique reliant la valeur de la tension continue aux bornes du parafoudre, à l'intensité du courant qui le traverse. Cette courbe présente, en général, plusieurs parties correspondant en particulier au fonctionnement en régime d'effluves et au fonctionnement en régime d'arc. Il est utile de déterminer (peut-être à  $\pm 20\%$  près) les valeurs de l'intensité du courant pour lesquelles peut se produire le changement de régime.

On doit éviter l'échauffement du parafoudre dans le relevé de la caractéristique : aussi, dans le cas d'intensités élevées, il faut réduire la durée de passage du courant et espacer les déterminations successives.

D'ailleurs, il peut être intéressant d'observer comment varie la tension aux bornes du parafoudre quand on prolonge le passage du courant. De même, il peut être intéressant d'observer comment varie la tension d'amorçage à la suite de débit plus ou moins prolongé à travers le parafoudre.

Un parafoudre peut présenter, par rapport au sens de la tension, une dissymétrie de fonctionnement; en pareil cas, la caractéristique qui vient d'être définie n'est pas la même si on change le sens de la tension appliquée. Il convient d'examiner ce point.

*Remarque.* — En utilisant le courant alternatif, on peut procéder à une détermination rapide de la tension d'amorçage et vérifier la symétrie de fonctionnement du parafoudre en employant l'oscillographe pour l'observation du passage et de la forme du courant dans le parafoudre.

Pour les déterminations précédemment décrites, il est nécessaire de disposer d'une source dont la tension ne présente pas d'harmoniques.

e) *Robustesse.* — Il y a lieu de déterminer les durées pendant lesquelles le parafoudre supporte sans détériorations, et sans variation importante de sa tension d'amorçage après refroidissement, le passage de courants de diverses intensités dont les valeurs peuvent être échelonnées depuis 0,1 A jusqu'à la valeur de l'intensité de fonctionnement du fusible auquel le parafoudre doit être normalement associé.

Etant donné qu'en pratique un courant d'une intensité quelconque et supérieure à  $I_0$  sera interrompu dans un temps déterminé (selon la courbe caractéristique), il convient de s'assurer que l'appareil supporte un grand nombre de fois le passage de courants d'intensité quelconque pendant la durée nécessaire à assurer la fusion du fusible auquel il est normalement associé.

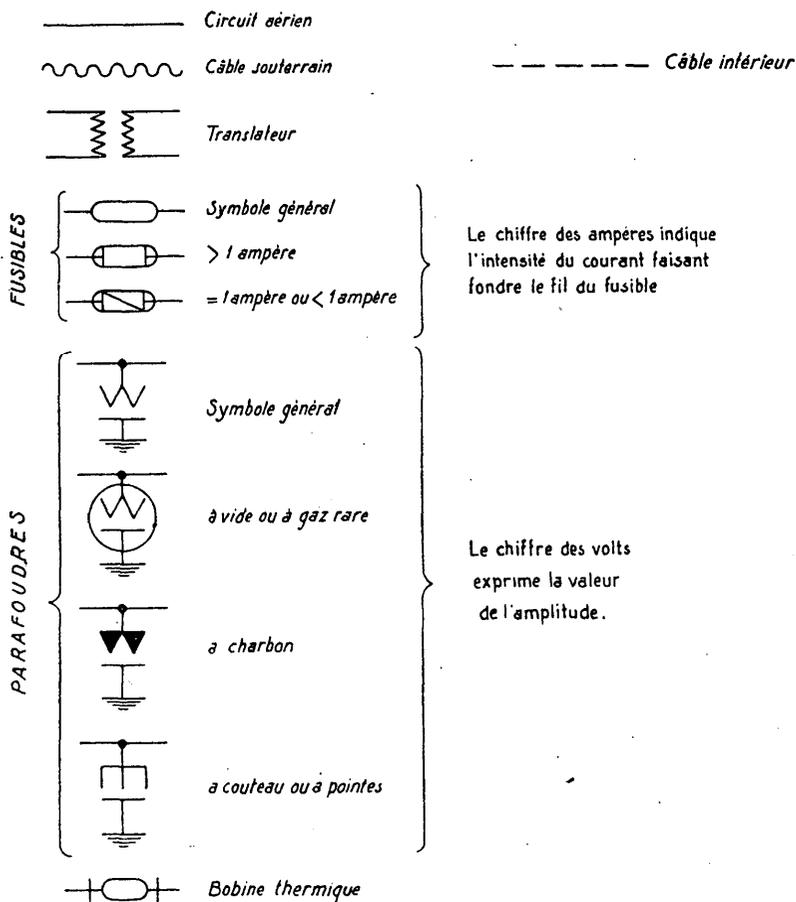
Ces essais peuvent se faire en utilisant à volonté le courant continu ou le courant alternatif.

---

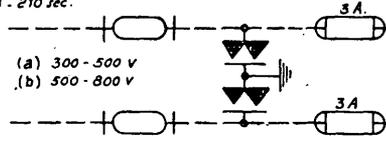
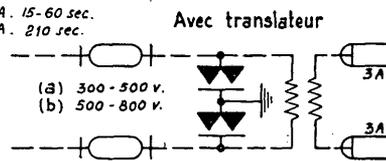
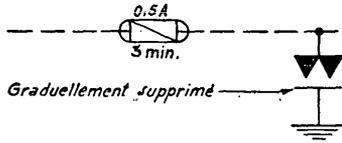
NOTE II

Tableau des dispositifs de protection placés sur les installations téléphoniques de divers pays pour protéger le personnel et les installations contre les dangers éventuels dus aux lignes d'énergie ou aux décharges atmosphériques.

LÉGENDE



# 1 - CIRCUIT INTERURBAIN EN CÂBLE SOUTERRAIN

ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU	LIGNE
AD <sup>101</sup> ALLEMANDE		 Câble, bobines Pupin, transformateurs éprouvés à 1800 v eff. sup. 3 par rapport à la terre
AMERICAN TELEPHONE AND TELEGRAPH Cy. AD <sup>101</sup> AUTRICHIENNE AD <sup>101</sup> BELGE		
ADMINISTRATION BRITANNIQUE -	<p>(a) 0,5 A - 15-60 sec. (b) 0,5 A - 210 sec.</p> <p>Ordinaire</p>  <p>(a) 300-500 v (b) 500-800 v</p> <p>(a) 0,5 A - 15-60 sec. (b) 0,5 A - 210 sec.</p> <p>Avec transformateur</p>  <p>(a) 300-500 v (b) 500-800 v</p> <p>Associé à un répéteur</p> 	     
AD <sup>101</sup> FRANÇAISE		
AD <sup>101</sup> HONGROISE	 <p>0,5 A 3 min.</p> <p>Graduellement supprimé</p>	

### 1 (Suite) — CIRCUIT INTERURBAIN EN CÂBLE SOUTERRAIN

ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU	LIGNE
<i>AD<sup>10</sup><sup>m</sup> JAPONAISE</i>		
<i>AD<sup>10</sup><sup>m</sup> NORVÉGIENNE</i>		
<i>AD<sup>10</sup><sup>m</sup> NÉERLANDAISE</i>		
<i>AD<sup>10</sup><sup>m</sup> SUÉDOISE</i>		
<i>AD<sup>10</sup><sup>m</sup> TCHÉCOSLOVAQUE</i>		
<i>AD<sup>10</sup><sup>m</sup> DE L'U.R.S.S.</i>		

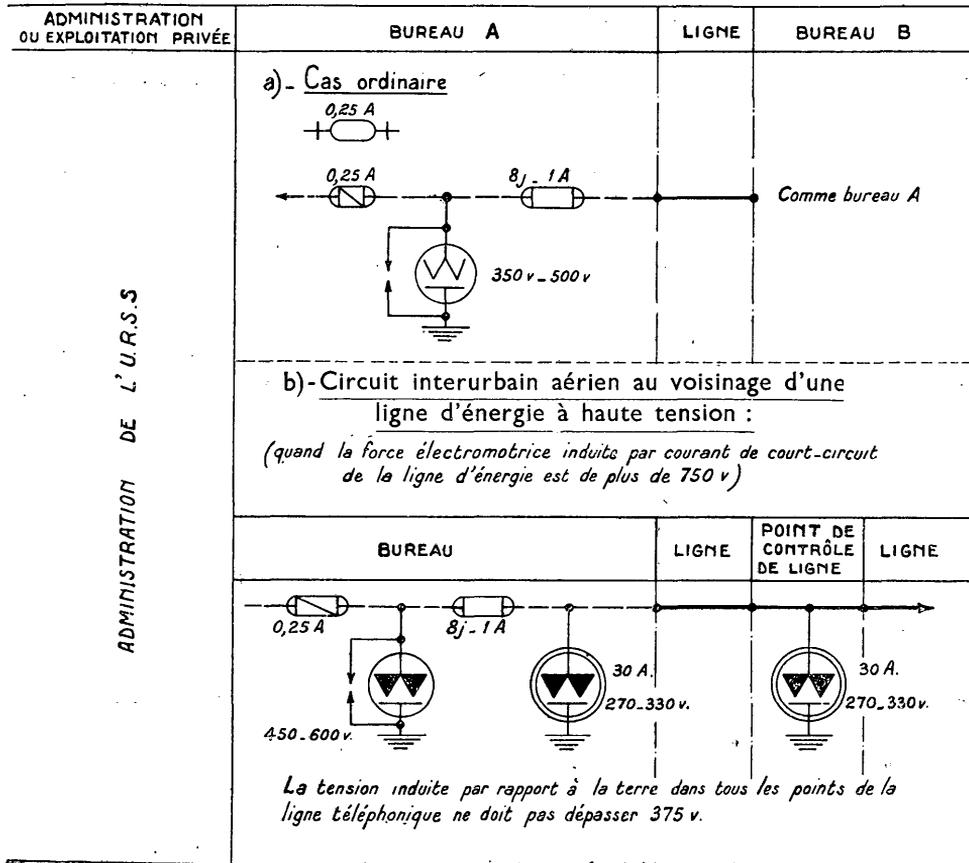
## 2 - CIRCUIT INTERURBAIN EN FIL NU AÉRIEN

ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU A	LIGNE	BUREAU B
AD <sup>101</sup> ALLEMANDE	<p>0,5 A 45 sec. 350 v. environ 2000 v. 3 A</p>		Comme bureau A
AMERICAN TELEPHONE AND TELEGRAPH Co.	<p>350 v. fil de 0,5 mm.</p>		Comme bureau A
AD <sup>101</sup> AUTRICHIENNE			Comme bureau A
AD <sup>101</sup> BELGE	<p>0,5 A ou 0,5 A 30 sec. &gt; 220 v. 3 A à vide (320 v.) en cas spéciaux</p>		Comme bureau A
AD <sup>101</sup> BRITANNIQUE	<p>(a) 0,5 A - 15-60 sec. (b) 0,5 A - 210 sec. 3 A (a) 300-500 v. (b) 500-800 v.</p>		Comme bureau A
AD <sup>101</sup> FRANÇAISE	<p>1 A sans commutateur multiple 500 v. 3 A</p>		<p>3 A 0,5 A 30 sec. 500 v. avec commutateur multiple</p>

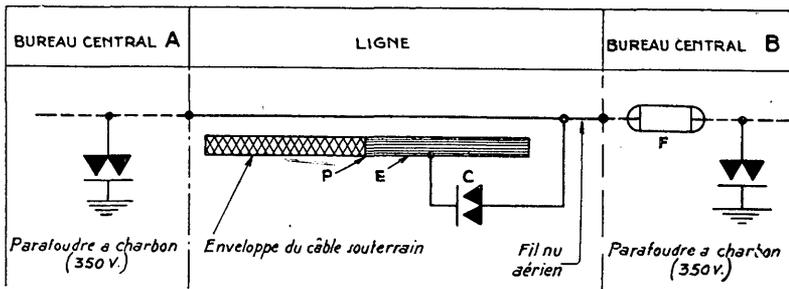
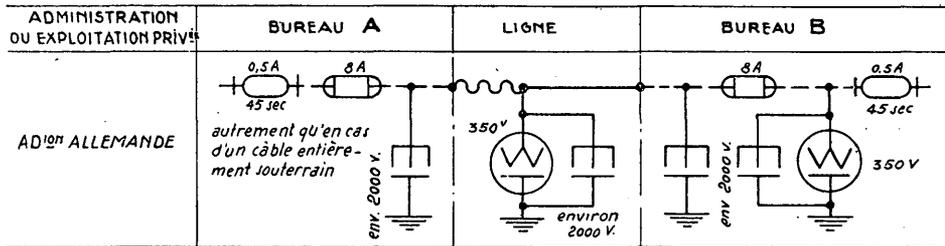
## 2 (Suite) — CIRCUIT INTERURBAIN EN FIL NU AÉRIEN

ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU A	LIGNE	BUREAU B
AD <sup>10<sup>m</sup></sup> HONGROISE		—	Comme bureau A
AD <sup>10<sup>m</sup></sup> JAPONAISE		—	Comme bureau A
AD <sup>10<sup>m</sup></sup> NORVÉGIENNE		—	Comme bureau A
AD <sup>10<sup>m</sup></sup> NÉERLANDAISE		—	Comme bureau A
AD <sup>10<sup>m</sup></sup> SUÉDOISE		—	Comme bureau A
AD <sup>10<sup>m</sup></sup> TCHÉCOSLOVAQUE		—	Comme bureau A

## 2 (Suite) — CIRCUIT INTERURBAIN EN FIL NU AÉRIEN



### 3. CIRCUIT INTERURBAIN NON ENTIÈREMENT SOUS CÂBLE



- P. Point de jonction entre le câble souterrain et le câble aérien.
- E. Enveloppe du câble aérien.
- C. Parafoudre à charbon (710 V) placé entre le fil nu aérien et l'enveloppe du câble aérien. (La pratique actuelle consiste à relier le parafoudre à l'enveloppe du câble plutôt qu'à la terre aux points de jonction entre câble et ligne aérienne en fil nu).
- F. Fusible (7 ampères permanent; 10,5 ampères pendant 5 minutes).

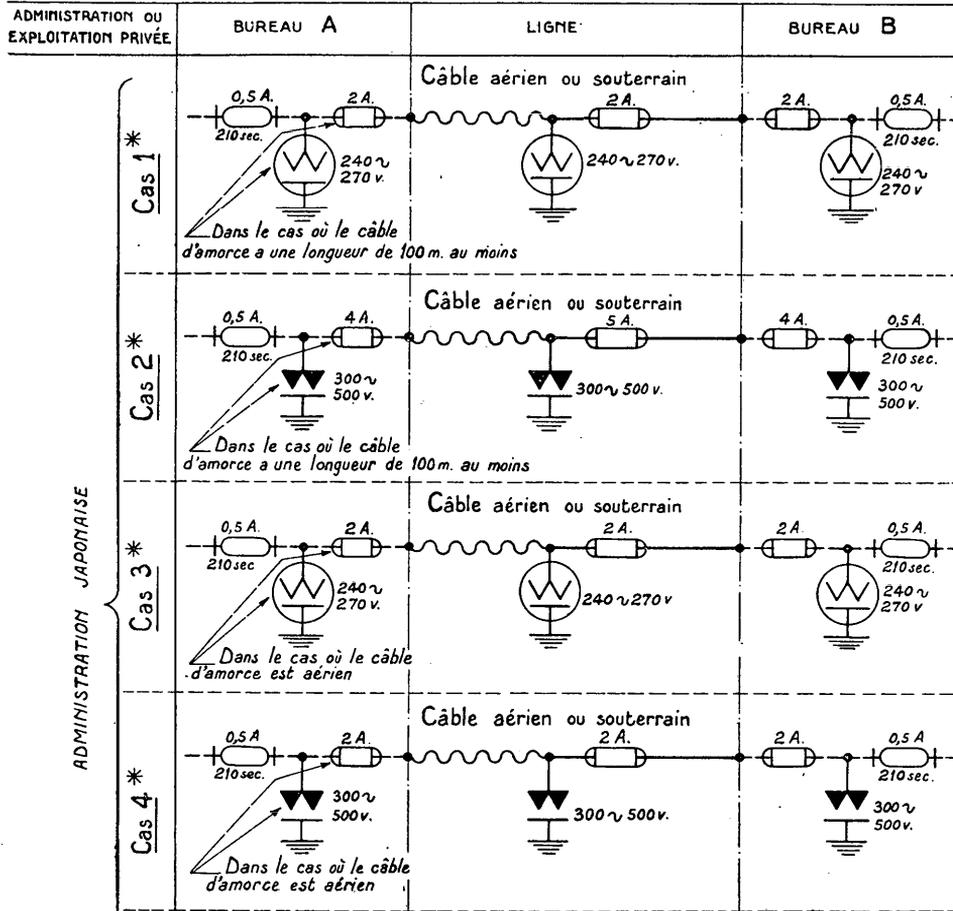
#### Protection du bureau central.

- a) Six à trente mètres de câble protecteur (en fil de diamètre inférieur ou au plus égal à 0,51 mm.) (calibre N° 24) placés au point de jonction entre le câble aérien et le câble souterrain ou dans le bureau central quand on utilise un câble aérien pour pénétrer dans ce bureau.
- b) On n'utilise pas de fusibles lorsque le câble renferme exclusivement des circuits interurbains et que la longueur de la section souterraine entre le câble aérien et le bureau central dépasse les longueurs spécifiées ci-dessous, dans les conditions spécifiées :
  - 2 milles quand le plus gros conducteur de la section souterraine est en fil de calibre n° 19 (diamètre 0,91 mm.);
  - 4 milles quand le plus gros conducteur de la section souterraine est en fil de calibre n° 16 (diamètre 1,29 mm.);
  - 8 milles quand le plus gros conducteur de la section souterraine est en fil de calibre n° 13 (diamètre 1,83 mm.).
- c) Lorsqu'aucune des conditions ci-dessus ne se trouve remplie, comme par exemple dans le cas des câbles d'amorce au départ de petits bureaux centraux, on doit utiliser des fusibles de 7 ampères placés au bureau central.

### 3(Suite) — CIRCUIT INTERURBAIN NON ENTIÈREMENT SOUS CÂBLE

ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU A	LIGNE	BUREAU B
AD <sup>ION</sup> AUTRICHIENNE			
AD <sup>ION</sup> BELGE	<i>Pas d'indications spéciales</i>	 > 220 v. en cas spéciaux à vide (320 v.)	<i>Pas d'indications spéciales</i>
AD <sup>ION</sup> BRITANNIQUE	 (a) 0.5 A - 15-60 sec. (b) 0.5 A - 210 sec.	 <i>Cas où le câble est sous-marin ou sous-fluvial, et cas où les circuits du câble souterrain sont importants et où les dépenses occasionnées par les dispositifs de protection ne dépassent pas la moitié du prix du câble souterrain à protéger.</i>	 (a) 300-500 v. (b) 500-800 v. (c) 0.5 A, 15-60 sec. (d) 0.5 A, 210 sec.
	<i>Comme ci-dessus.</i>	<i>Dans les autres cas:</i> 	<i>Comme ci-dessus.</i>
AD <sup>ION</sup> FRANÇAISE	 3 A 400 v.	 10 A 400 v.	 3 A 500 v. 0.5 A 30 sec.
AD <sup>ION</sup> HONGROISE	<i>Pas d'indications spéciales</i>	 5 A 450 v. (750 v.)	<i>Pas d'indications spéciales</i>

### 3 (Suite) - CIRCUIT INTERURBAIN NON ENTIÈREMENT SOUS CÂBLE

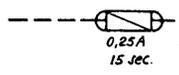
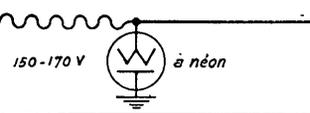
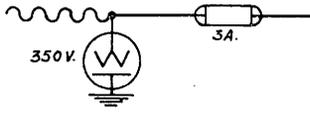
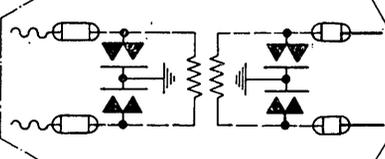
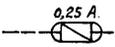
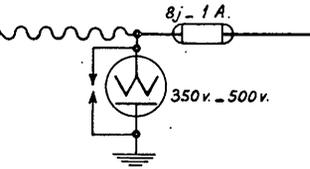
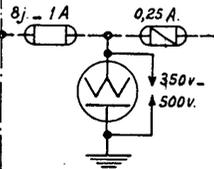


\* REMARQUE

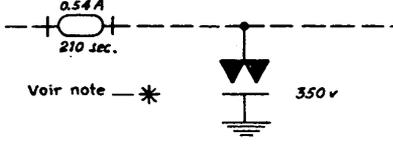
- Cas 1** - Ligne en fil nu aérien avec amorce en câble non chargé et exposée à des surtensions dangereuses.
- Cas 2** - Ligne en fil nu aérien avec amorce en câble non chargé et non exposée à des surtensions dangereuses.
- Cas 3** - Ligne en fil nu aérien avec amorce en câble chargé et exposée à des surtensions dangereuses.
- Cas 4** - Ligne en fil nu aérien avec amorce en câble chargé et non exposée à des surtensions dangereuses.



### 3 (Suite) - CIRCUIT INTERURBAIN NON ENTIÈREMENT SOUS CÂBLE

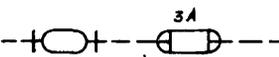
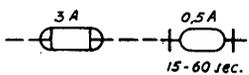
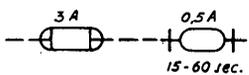
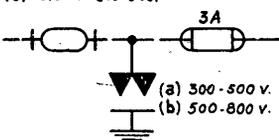
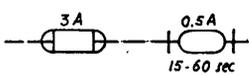
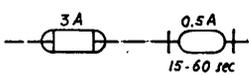
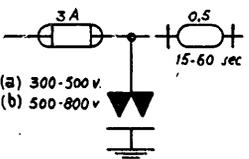
ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU A	LIGNE	BUREAU P
AD <sup>ION</sup> NORVÉGIENNE	<i>Pas d'indications spéciales</i>	 <i>Pas d'indications</i>	
AD <sup>ION</sup> NÉERLANDAISE			<i>Pas d'indications spéciales</i>
ADMINISTRATION SUÉDOISE	1 <sup>er</sup> Cas Câble court intercalé sur longue section aérienne ou courte section aérienne intercalée sur câble long. <i>Pas d'indications spéciales</i>		<i>Pas d'indications spéciales</i>
	2 <sup>e</sup> Cas Long circuit en câble intercalé sur long circuit en fil nu <i>Pas d'indications spéciales</i>		<i>Pas d'indications spéciales</i>
AD <sup>ION</sup> DE L'U.R.S.S.			

### 4 - LIGNE D'ABONNÉ EN CÂBLE SOUTERRAIN

ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU CENTRAL	LIGNE	POSTE D'ABONNÉ
AD <sup>101</sup> ALLEMANDE	-----	~~~~~	-----
AMERICAN TELEPHONE AND TELEGRAPH Cy		~~~~~	-----
AD <sup>101</sup> AUTRICHIENNE	-----	~~~~~	-----
AD <sup>101</sup> BELGE	-----	~~~~~	-----

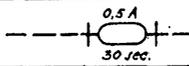
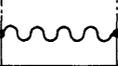
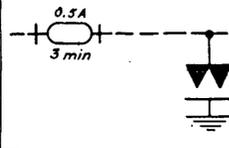
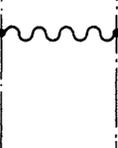
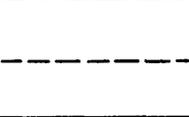
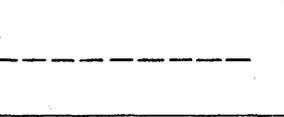
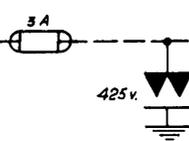
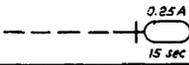
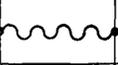
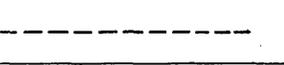
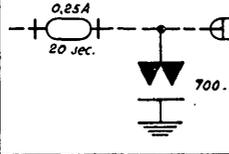
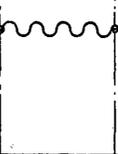
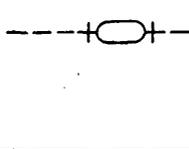
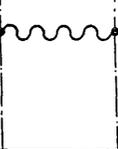
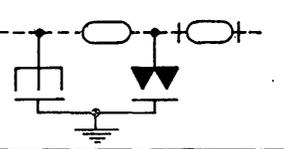
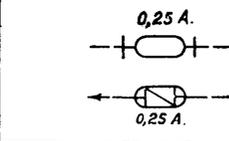
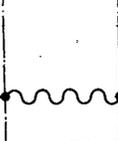
\* NOTE. Si toutes les lignes d'abonnés aboutissant à un bureau central sont souterraines ou n'ont que de courtes sections aériennes non exposées à l'influence de lignes d'énergie de tension supérieure à 250 volts, les parafoudres à charbon peuvent être supprimés.

### 4 (Suite) - LIGNE D'ABONNÉ EN CÂBLE SOUTERRAIN

ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU CENTRAL	LIGNE	POSTE D'ABONNÉ
	<p>Bureau avec moins de 12 circuits et sans dérivations à la terre.</p> 		<p>Là où il y a moins de 12 postes d'abonnés et pas de dérivations à la terre.</p> 
	<p>Bureau avec moins de 12 circuits mais avec dérivations à la terre</p> <p>(a) 0,5 A . 15-60 sec (b) 0,5 A . 210 sec.</p> 		<p>Là où il y a moins de 12 postes d'abonnés et pas de dérivations à la terre</p> 
			<p>Là où il y a moins de 12 postes d'abonnés mais avec dérivations à la terre</p> 
	<p>Bureau avec plus de 12 circuits</p> <p>(a) 0,5 A . 15-60 sec. (b) 0,5 A . 210 sec.</p> 		<p>Là où il y a moins de 12 postes d'abonnés et pas de dérivations à la terre</p> 
			<p>Là où il y a moins de 12 postes d'abonnés mais avec dérivations à la terre</p> 
			<p>Là où il y a plus de 12 postes d'abonnés</p> 

ADMINISTRATION BRITANNIQUE

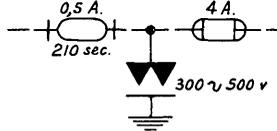
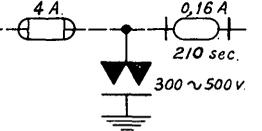
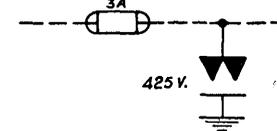
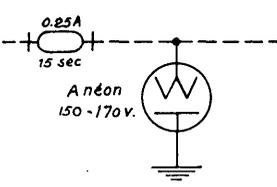
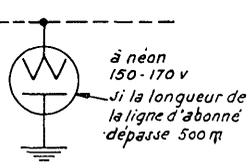
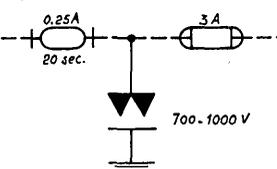
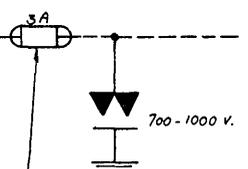
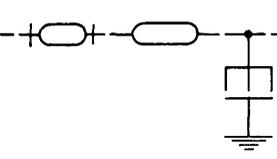
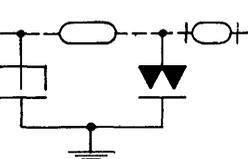
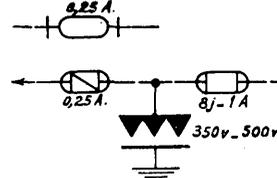
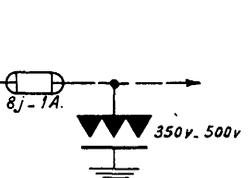
### 4 (Suite) - LIGNE D'ABONNÉ EN CÂBLE SOUTERRAIN

ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU CENTRAL	LIGNE	POSTE D'ABONNÉ
AD <sup>10<sup>m</sup></sup> FRANÇAISE			
AD <sup>10<sup>m</sup></sup> HONGROISE			<p align="center"><i>Pas d'indications</i></p>
AD <sup>10<sup>m</sup></sup> JAPONAISE			
AD <sup>10<sup>m</sup></sup> NORVÉGIENNE			<p align="center"><i>Pas d'indications</i></p>
AD <sup>10<sup>m</sup></sup> NÉERLANDAISE			
AD <sup>10<sup>m</sup></sup> SUÉDOISE			<p align="center"><i>Pas d'indications</i></p>
AD <sup>10<sup>m</sup></sup> TCHÉCOSLOVAQUE			
AD <sup>10<sup>m</sup></sup> DE L' U. R. S. S.			

## 5 - LIGNE D'ABONNÉ EN FIL NU AÉRIEN

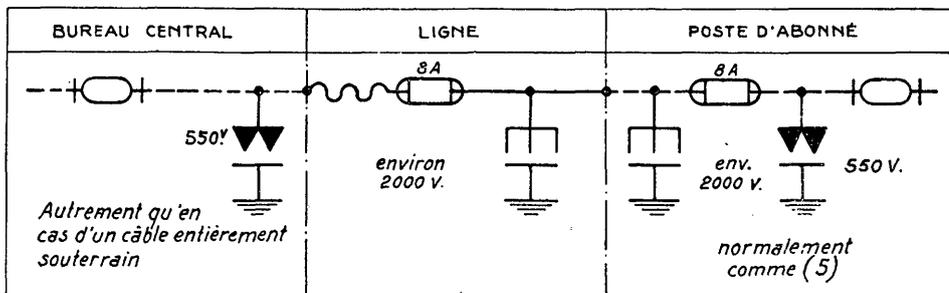
ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU CENTRAL	LIGNE	POSTE D'ABONNÉ
AD <sup>ION</sup> ALLEMANDE	<p>0,5A 45 sec 550 V 8 A environ 2000 V</p>	—	<p>8 A environ 2000 V 0,5 A 45 sec 550 V</p>
AMERICAN TELEPHONE AND TELEGRAPH Cy	<p>0,54 A 210 sec 350 V Fil de 0,5 mm</p>	—	<p>7 A 350 V</p>
AD <sup>ION</sup> AUTRICHIENNE		—	
AD <sup>ION</sup> BELGE	<p>0,5 A à batterie locale 3 A &gt; 220 V 0,5 A - 30 sec à batterie commune</p>	—	<p>3 A &gt; 220 V en cas spéciaux à vide 320 V</p>
AD <sup>ION</sup> BRITANNIQUE	<p>(a) 0,5 A - 15-60 sec (b) 0,5 A - 210 sec.</p> <p>(a) 300-500 V (b) 500-800 V 3 A</p>	—	<p>(a) 300-500 V (b) 500-800 V 0,5 A 15-60 sec</p>
AD <sup>ION</sup> FRANÇAISE	<p>sans ou avec</p> <p>1 A 3 A 500 V 0,5 A 30 sec commutateur multiple.</p>	—	<p>3 A 500 V</p>
AD <sup>ION</sup> HONGROISE	<p>0,5 A 3 min. 450 V (750 V) 5 A</p>	—	<p>(a) 5 A 0,2 A</p> <p>ou</p> <p>(b) 0,2 A 0,2 A</p>

### 5 (Suite) — LIGNE D'ABONNÉ EN FIL NU AÉRIEN

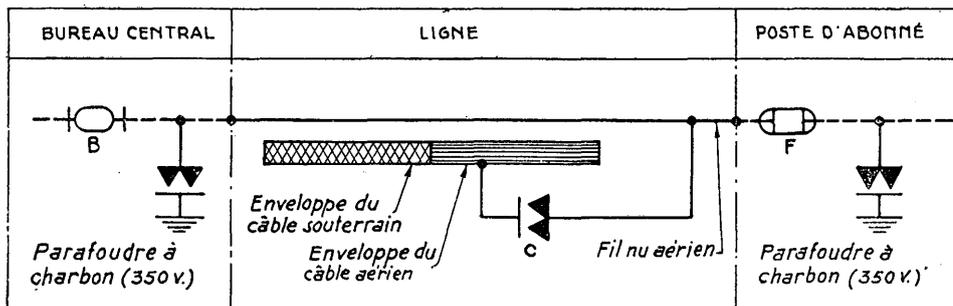
ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU CENTRAL	LIGNE	POSTE D'ABONNÉ
AD <sup>10<sup>m</sup></sup> JAPONAISE		—	
AD <sup>10<sup>m</sup></sup> NORVÉGIENNE.		—	Pas d'indications.
AD <sup>10<sup>m</sup></sup> NÉERLANDAISE		—	 <p>à néon 150 - 170 v Si la longueur de la ligne d'abonné dépasse 500 m</p>
AD <sup>10<sup>m</sup></sup> SUÉDOISE		—	 <p>Si la ligne est croisée par des lignes d'énergie.</p>
AD <sup>10<sup>m</sup></sup> TCHÉCOSLOVAQUE		—	
AD <sup>10<sup>m</sup></sup> DE L'U.R.S.S.		—	

## 6 - LIGNE D'ABONNÉ NON ENTIÈREMENT SOUS CÂBLE

ADMINISTRATION ALLEMANDE



- AMERICAN TELEPHONE AND TELEGRAPH Cy -



B. Bobine thermique (0,35 A permanent — 0,54 A pendant 210 sec.).

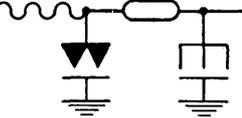
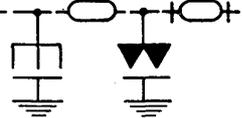
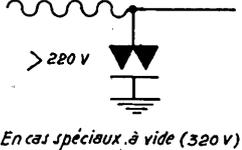
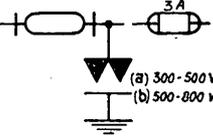
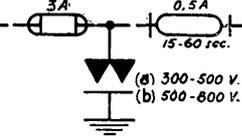
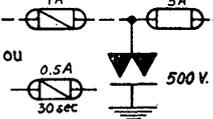
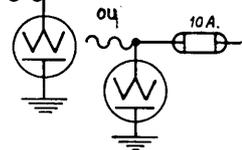
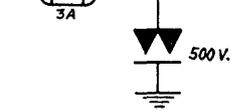
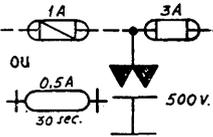
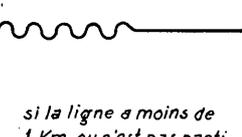
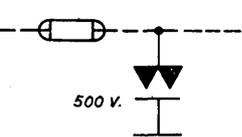
C. Parafoudre à charbon (710 V) placé entre le fil nu aérien et l'enveloppe du câble aérien.  
Actuellement, il est d'usage aux Etats-Unis d'Amérique de relier le parafoudre à l'enveloppe plutôt que de le mettre à la terre au point de jonction entre le câble et le fil nu aérien.

F. Fusible (7 A permanent — 10,5 A pendant 5 minutes).

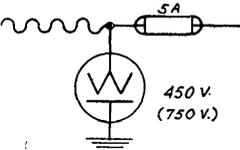
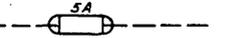
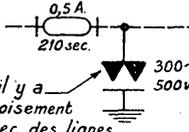
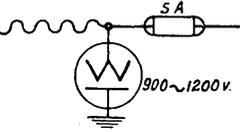
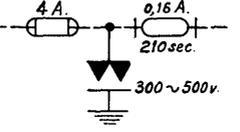
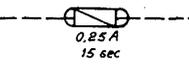
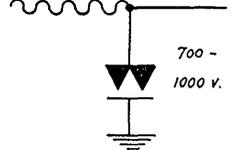
*Protection du bureau central.*

La protection est assurée à l'aide d'un câble en fil de diamètre inférieur ou égal à 0,51 mm. (calibre n° 24) au point de jonction entre le câble aérien et le câble souterrain, ou dans le bureau central quand on utilise un câble aérien pour pénétrer dans ce bureau. Si aucune de ces conditions n'est remplie, comme par exemple dans le cas de câble d'amorce au départ de petits bureaux centraux, on doit utiliser des fusibles de 7 ampères dans le bureau central.

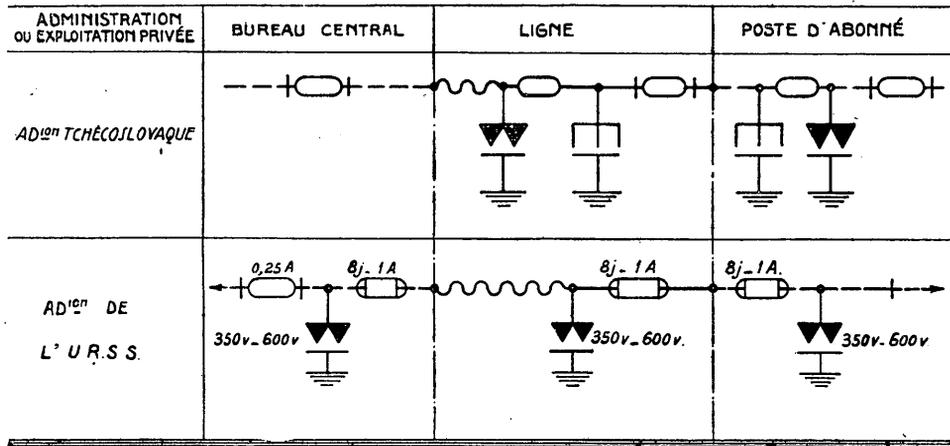
### 6 (Suite) — LIGNE D'ABONNÉ NON ENTIÈREMENT SOUS CÂBLE

ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU CENTRAL	LIGNE	POSTE D'ABONNÉ
AD <sup>101</sup> AUTRICHIENNE			
AD <sup>101</sup> BELGE	Pas d'indications spéciales		Pas d'indications spéciales
AD <sup>101</sup> BRITANNIQUE	(a) 0,5 A . 15-60 sec. (b) 0,5 A . 210 sec. 		
AD <sup>101</sup> FRANÇAISE	 normalement comme (4)	 si la ligne a plus de 1 Km. ou est particulièrement exposée aux coups de foudre.	 normalement comme (5)
	 normalement comme (4)	 si la ligne a moins de 1 Km, ou n'est pas parti- culièrement exposée.	 normalement comme (5)

### 6 (Suite) - LIGNE D'ABONNÉ NON ENTIÈREMENT SOUS CÂBLE

ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU CENTRAL	LIGNE	POSTE D'ABONNÉ
AD <sup>101</sup> HONGROISE	Pas d'indications spéciales		
AD <sup>101</sup> JAPONAISE	 <p>S'il y a croisement avec des lignes d'énergie électrique</p>	<p align="center">Câble aérien ou souterrain</p> 	
<p><b>REMARQUE</b> - En cas de câble aérien ou souterrain connecté à une ligne en fil nu aérien, le dispositif de protection ne doit pas être installé aux bornes du câble.</p>			
AD <sup>101</sup> NORVÉGIENNE	Pas d'indications spéciales.	 <p align="center">Pas d'indications</p>	Pas d'indications spéciales
AD <sup>101</sup> NÉERLANDAISE			 <p align="center">Seulement en cas d'une longueur de plus de 500 m.</p>
AD <sup>101</sup> SUÉDOISE	Pas d'indications spéciales		Pas d'indications spéciales
<p><b>REMARQUE</b> - Dans la plupart des cas, les parafoudres à charbon ne sont pas employés lorsqu'on passe des circuits en fils nus aériens à des circuits sous câble, si la nappe de circuits ne contient que des lignes d'abonnés. Des parafoudres sont cependant toujours installés lorsque la nappe de circuits contient, outre des lignes d'abonnés, également des lignes interurbaines</p>			

### 6 (Fin) - LIGNE D'ABONNÉ NON ENTIÈREMENT SOUS CÂBLE



## DEUXIÈME PARTIE

### Protection des câbles téléphoniques contre la corrosion due à l'électrolyse.

#### A. — AVIS DU COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

##### AVIS N° 1.

*Etudes concernant l'électrolyse des enveloppes de câbles téléphoniques  
et collaboration avec les autres organismes intéressés dans ces études.*

#### LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

##### Considérant

que la recherche des défauts sur les câbles souterrains et la réparation de ces défauts peuvent entraîner des frais importants; que les interruptions de service susceptibles d'être provoquées par la présence de ces défauts doivent être évitées avec le plus grand soin; que même après une réparation faite aussi bien que possible, la qualité du câble peut être diminuée et sa durée normale peut être réduite,

##### Emet, à l'unanimité, l'avis

Qu'il est désirable, dans l'intérêt de la téléphonie à grande distance, de recueillir toute documentation utile et d'entreprendre toutes études utiles pour combattre les effets de l'électrolyse due au retour des courants de traction électrique.

##### Considérant, d'autre part,

que certaines mesures appropriées prises lors de l'établissement ou dans l'entretien des câbles téléphoniques peuvent réduire l'importance des effets de l'électrolyse, et que le moyen le plus efficace d'éviter les dommages est certainement de diminuer l'importance de leur cause, c'est-à-dire d'empêcher que les différences de potentiel excessives puissent s'établir entre les conducteurs de retour du courant de traction et les enveloppes de plomb des câbles;

que ce résultat peut être obtenu moyennant l'observation de certaines règles techniques lors de l'établissement des lignes de traction, moyennant une adaptation convenable du réseau d'alimentation et du réseau de circulation des courants de retour aux conditions d'exploitation de ces lignes et moyennant un soin particulier pris dans l'entretien de ce réseau;

que, cependant, pour pouvoir définir avec une précision suffisante ces diverses précautions, il est nécessaire de tenir compte des conditions générales d'exploitation des réseaux de traction;

que, dans le cas des lignes de chemin de fer d'intérêt général, les connaissances actuelles sur la question ne permettent pas encore de préciser pour l'instant les règles qui seraient applicables à ces lignes, mais que le développement actuel de la traction électrique sur les réseaux d'intérêt général justifie la continuation des études entreprises à cet égard;

que, d'autre part, l'adoption des précautions convenables à prendre pour chaque cas particulier dans l'entretien des câbles téléphoniques suppose souvent une connaissance suffisante des conditions d'exploitation des lignes de traction voisines; que, par ailleurs, les intérêts des administrations et exploitations privées téléphoniques ne diffèrent pas, en l'espèce, des intérêts d'autres administrations,

Emet, à l'unanimité, l'avis

Qu'il est désirable que l'étude des mesures de protection contre les courants vagabonds soit poursuivie par le C. C. I. F., en collaboration avec les Organismes Internationaux représentant officiellement les divers intérêts en jeu, comme l'Union Internationale des Tramways, Chemins de fer d'intérêt local et Transports publics automobiles; l'Union Internationale de l'Industrie du Gaz; l'Union Internationale des Chemins de fer; l'Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Énergie électrique; la Conférence Internationale des Grands Réseaux Électriques.

Qu'il est recommandable que chaque administration et exploitation privée téléphonique, tout en appliquant à ses réseaux souterrains les mesures susceptibles d'augmenter leur sécurité quant aux risques de dommages causés par l'électrolyse, entre en collaboration tant avec les administrations de réseaux de traction électrique qu'avec les autres administrations intéressées (eau, gaz, distribution électrique...) pour rechercher en commun, dans chaque cas particulier, les meilleures conditions d'établissement, d'entretien et de surveillance des réseaux et pour prendre de concert toutes dispositions utiles.

---

#### AVIS N° 2.

*Comité de revision des Recommandations concernant les mesures à prendre pour la protection des câbles contre la corrosion électrolytique.*

#### LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

Considérant

que les études effectuées depuis 1931 (voir la remarque ci-après) et notamment celles dont les résultats ont été enregistrés au cours de la 3<sup>e</sup> et de la 4<sup>e</sup> Réunions plénières de la Commission Mixte Internationale, permettent d'apporter

ter des modifications importantes au Projet de recommandations concernant les mesures à prendre pour la protection des câbles contre la corrosion électrolytique, établi par le C.C.I.F. en 1931;

que, déjà, la X<sup>e</sup> Assemblée plénière a mis à l'étude la revision de ce projet en ce qui concerne les parties consacrées au drainage et à l'emploi des joints isolants, ainsi qu'au calcul des tensions des rails par rapport à la terre;

que le principe d'autres modifications inspirées des résultats obtenus par la C.M.I. peut déjà être approuvé,

Emet, à l'unanimité, l'avis

1° Qu'il y a lieu de procéder à une revision complète du Projet de recommandations établi en 1931; en s'inspirant des principes exposés dans la Note ci-après.

2° Qu'il est désirable que, pour cette revision, le C.C.I.F. (représenté par les administrations téléphoniques d'Allemagne, de Belgique, de France, de Grande-Bretagne et d'Italie) obtienne la collaboration des organisations de l'industrie électrique et des organisations adhérant à la C.M.I. qui sont intéressées à la question (Commission Électrotechnique Internationale, Union Internationale des Chemins de fer, Conférence Internationale des Grands Réseaux Électriques, Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Énergie électrique, Union Internationale des Tramways, Chemins de fer d'intérêt local et transports publics automobiles, Union Internationale de l'industrie du Gaz).

3° Que les travaux devraient être menés assez rapidement pour qu'une nouvelle rédaction puisse être présentée à la prochaine Assemblée plénière; qu'à ce sujet, il y a lieu de confier cette tâche à un comité très restreint présidé par M. le Rapporteur principal de la 2<sup>e</sup> Commission de rapporteurs et constitué par un représentant de chacune des administrations téléphoniques d'Allemagne, de Belgique, de France, de Grande-Bretagne et d'Italie, et par un représentant de chacun des organismes internationaux énumérés au paragraphe 2°.

*Remarque.* — L'historique de cette question est résumé ci-après :

Un premier projet de recommandations provisoires concernant les mesures à prendre pour la protection des câbles contre la corrosion électrolytique, publié par le C.C.I.F. en 1927 (et repris dans le *Livre jaune* du C.C.I.F. 1930, pages 653 à 677) a été soumis pendant plus de trois ans à l'examen des administrations et exploitations privées téléphoniques ainsi qu'à l'examen de l'Union Internationale des Tramways, Chemins de fer d'intérêt local et Transports publics automobiles (U.I.T.).

Ce projet a fait l'objet d'une importante étude de la part de l'Union

Internationale des Tramways, étude qui a donné lieu à des commentaires détaillés de la part de personnalités très compétentes en matière d'électrolyse.

A l'exception de quelques points secondaires, la différence principale entre les deux réglementations préconisées respectivement par le C.C.I.F. et par l'U.I.T. consistait en ce que l'U.I.T. fixait un maximum de 2,5 volts pour la différence de potentiel entre deux points quelconques du réseau, tandis que le C.C.I.F. limitait à 0,8 volt la valeur de la tension entre rails et terre dans les zones de corrosion.

Pour vérifier que l'une ou l'autre de ces limites n'était pas dépassée, on procédait dans tous les cas à un premier calcul de la répartition des courants dans le système des rails et artères de retour du courant en supposant ce système parfaitement isolé de la terre, calcul qui, évidemment, est identique quelles que soient les conclusions que l'on en veut tirer.

La différence entre les deux réglementations provenait de ce que, après ce premier calcul, le C.C.I.F. considérait l'influence des résistances de passage entre rails et terre, afin de déterminer dans le réseau les points de potentiel zéro, tout en supposant que les courants qui s'écoulent par ces résistances de passage ne changent pas essentiellement l'état calculé des courants et tensions dans le système des rails et artères de retour.

Ce calcul du C.C.I.F. utilisait des valeurs moyennes pour les résistances de passage, valeurs qui concordent avec celles trouvées par le Bureau of Standards (U.S.A.) à la suite d'une longue série de mesures, et essentiellement aussi avec celles qui sont indiquées dans l'étude de l'U.I.T.;

Pour cette raison, on pouvait estimer que la réglementation du C.C.I.F. basée sur un calcul qui considérait les deux facteurs, résistance de rails et résistance de passage, était satisfaisante au point de vue technique.

Toutefois, après l'examen qui avait eu lieu de cette question en 1931, le C.C.I.F. avait estimé possible d'apporter au premier Projet de recommandations élaboré d'abord par le C.C.I.F. certaines modifications pour tenir compte de remarques justifiées formulées par l'U.I.T., et notamment de préciser qu'on ne devait pas appliquer la règle du potentiel négatif maximum de 0,8 volt aux sections de voie pour lesquelles la résistance moyenne de passage entre rails et sol est élevée.

Depuis 1931, l'étude de cette question a été poursuivie et la situation est actuellement la suivante :

Les indications contenues dans le Projet de recommandations concernant les mesures à prendre pour la protection des câbles contre la corrosion électrolytique (voir ci-après 2<sup>e</sup> Partie, B), qui reproduit le texte anté-

rieur modifié en tenant compte de l'avis N° 4 ci-après, peuvent être considérées comme provisoirement valables, sous réserve des modifications découlant de l'avis N° 3 ci-après ou de celles signalées dans la Note ci-dessous.

NOTE

*Modifications principales à apporter à la rédaction du Projet de recommandations pour la protection des câbles contre la corrosion électrolytique.*

1° Les mesures de protection ne doivent pas être limitées à quelques dispositions prises dans les régions où se manifestent les corrosions. Elles doivent être discutées en considérant l'état des réseaux de câbles, et, le cas échéant, des autres réseaux de canalisations pris dans leur ensemble. Pour éviter la corrosion électrolytique, on doit s'attacher à empêcher ou à réduire autant que possible l'échange des courants vagabonds entre les enveloppes des câbles et le milieu ambiant.

2° Il y a lieu de réexaminer les mesures générales de prévention qui doivent être prises dans le cas de tous les câbles se trouvant dans le champ des courants vagabonds, quelle que soit l'origine de ces courants.

3° Il y a lieu de rédiger d'une manière plus correcte et plus précise les chapitres des recommandations relatifs aux dispositions concernant les réseaux de traction électrique (par exemple, en évitant la notion vague de potentiel par rapport au sol, en précisant ce qu'on appelle coefficient de passage, conductances propres et mutuelles d'isolement, etc...)

4° Il y a lieu de mentionner les bons résultats obtenus en associant la méthode de drainage électrique avec l'emploi de joints isolants ainsi qu'en utilisant des dispositifs de drainage irréversible (polarisé).

5° Il y a lieu de mentionner l'existence de la protection cathodique.

6° La rédaction de la note relative au calcul des tensions le long des réseaux de rails est à améliorer.

7° Il y aura lieu de revoir la rédaction de l'annexe consacrée aux méthodes de mesures en tenant compte, éventuellement, des résultats obtenus par la C.M.I. en 1932 et 1936.

8° On donnera une sommaire description de principe de la méthode de prospection des courants vagabonds, au moyen du dispositif différentiel de M. Schlumberger, mis au point par M. Gibrat.

9° On indiquera le principe de méthodes permettant de déterminer les

valeurs des coefficients de passage, ainsi que celles des différentes résistances ou conductances utiles à considérer.

10° En ce qui concerne spécialement les dispositions à prendre sur les réseaux de câbles téléphoniques, on modifiera ainsi le texte de certains passages (chapitre C du projet de 1931, paragraphes 6, 7, 8 et 9).

*C 6°.* — On examinera dans chaque cas particulier, s'il est convenable de relier ensemble au moyen de connexions métalliques soudées aux enveloppes, les câbles nus aboutissant dans les chambres de tirage, de raccordement, aux points de branchement, etc..., ou si, au contraire, il est préférable de les laisser isolés les uns des autres.

Dans les cas où les canalisations souterraines contenant les câbles téléphoniques sont constituées par des tuyaux métalliques, ces tuyaux doivent être également reliés électriquement entre eux.

*C 7°.* — L'application aux seules régions du câble les plus exposées à la corrosion, d'une couche isolante plus ou moins parfaite, ne constitue pas une protection complète contre la corrosion, celle-ci pouvant se manifester alors soit en dehors de la région protégée, soit même aux points dénudés s'il s'en produit; en de tels points on observe parfois une aggravation de la corrosion.

Une simple couche de peinture isolante ou un enveloppement isolant mince appliqués sur toute la longueur du câble ou sur des zones très étendues, notamment aux points où le courant a tendance à entrer dans le câble, peuvent assurer une certaine protection.

*C 8°.* — Au contraire, lorsque la gaine isolante qui recouvre les câbles est appliquée sur une longueur suffisante, est suffisamment épaisse et est protégée au point de vue mécanique et au point de vue chimique, soit en raison de la constitution du revêtement du câble (câbles armés, etc...) soit en raison du mode de pose du câble (câbles posés dans des conduites, etc...) ou offre par elle-même des garanties suffisantes d'étanchéité et de durée, la protection contre la corrosion électrolytique peut être considérée comme suffisante dans beaucoup de cas.

Un mode analogue de protection peut être réalisé en enrobant le câble dans une composition isolante, au moment de la pose.

L'emploi de ces moyens de protection est recommandable notamment dans les cas suivants : croisements des câbles avec les lignes de traction électrique, passage sur des ponts métalliques, proximité de structures conductrices en liaison plus ou moins directe avec les voies de traction,

changement brusque de distance entre les câbles et la ligne de traction. En tout cas, la longueur du câble ainsi protégée doit être suffisante.

C 9°. — Des moyens complémentaires de protéger les réseaux de câbles contre la corrosion consistent à recourir à l'emploi de joints isolants, au drainage et à l'emploi de déversoirs. Des indications relatives à la mise en œuvre de ces procédés seront données dans la suite.

C 10°. — Un complément de protection des câbles peut être assuré par l'emploi, dans les régions où le courant sort du câble, de divers enduits semi-conducteurs ou colloïdaux qui, sans s'opposer à cette sortie du courant, empêchent la manifestation de corrosions électrolytiques.

---

### AVIS N° 3.

*Calcul de la tension des rails par rapport au sol et limitation de cette tension.*

#### LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

##### Considérant

que dans le Projet de recommandations concernant les mesures à prendre pour la protection des câbles contre la corrosion électrolytique établi par le C.C.I.F. en 1931, figure notamment l'alinéa suivant : « Dans les zones de territoire desservi par un tramway urbain où les courants vagabonds sortent des tuyaux ou des enveloppes métalliques des câbles, les différences de potentiel moyennes calculées entre les rails et la terre ne doivent pas dépasser 0,8 volt le long des sections où les rails présentent une faible résistance de passage à la terre (par exemple : rails enterrés);

que cette règle a toujours été l'objet des plus vives critiques de la part de l'Union Internationale des Tramways;

que d'importantes études expérimentales et théoriques ont été présentées à ce sujet à la Commission Mixte Internationale et ont été l'objet de discussions approfondies;

que ces discussions ont relevé que si cette règle n'avait pas un fondement théorique incontestable, elle conservait néanmoins un grand intérêt pratique car, d'une part, les pays où une règle semblable est en vigueur ont constaté que son observation conduisait à réduire considérablement l'importance de la corrosion électrolytique causée par les courants vagabonds de traction, d'autre part, il résulte d'une discussion théorique que les bases du calcul auquel conduit l'application de cette règle, sont des approximations souvent suffisantes;

que cependant, pour l'exécution et l'interprétation correctes de ce calcul, on peut être amené, dans certains cas, à choisir convenablement la valeur de « coefficients de passage » dépendant de la nature des rails et de leur mode de pose, coefficients dont la détermination directe paraît difficile et dont l'estimation approximative ne peut être laissée qu'à des techniciens ayant acquis, au cours

d'une longue pratique de semblables études, l'expérience des situations diverses qui peuvent se rencontrer;

qu'à défaut de la règle précédemment mentionnée certains pays appliquent une règle plus simple, peut-être moins satisfaisante encore au point de vue théorique, mais dont une longue expérience a montré que son observation permet d'obtenir une situation satisfaisante en ce qui concerne la réduction des risques de corrosion électrolytique; que l'application pratique de cette règle paraît soulever moins d'objections que celle de la règle précédemment citée, de la part de l'Union Internationale des Tramways.

Emet, à l'unanimité, l'avis

Que les passages du Projet de recommandations relatifs à ce sujet pourraient être modifiés et rédigés dans l'esprit suivant :

1° La règle de limitation de la tension moyenne des rails par rapport à la terre, ne serait plus indiquée comme une règle qu'il est recommandable d'appliquer universellement, mais serait signalée comme une règle qui, dans les pays où elle a été mise en vigueur par accord entre les exploitants des réseaux de tramways et les administrations et organismes possédant des réseaux de câbles et des réseaux de canalisations souterrains, a permis d'obtenir la suppression presque complète des corrosions électrolytiques; il serait d'ailleurs signalé que le calcul de la tension moyenne des rails par rapport à la terre doit être comparé avec les résultats de mesures de la tension moyenne des rails par rapport aux éléments voisins des canalisations enterrées, et qu'une différence notable entre les résultats du calcul et de la mesure doit provoquer la recherche d'une explication, et éventuellement la reprise du calcul sur des bases corrigées; enfin, il serait indiqué que l'intérêt du calcul du potentiel par rapport à la terre est surtout de permettre la comparaison *a priori* des différents modes d'équilibrage des artères de retour, les autres paramètres (résistivité du sol, nature des rails) restant constants, mais non de déterminer exactement la position effective des zones neutres;

2° A défaut d'application de la règle précédente, il est recommandable de s'assurer — tant par le calcul (lorsqu'il s'agit de projets d'établissement ou de remaniement de réseaux) que par des mesures exécutées sur les réseaux en service, qu'en aucune région (de la zone urbaine) on ne peut observer entre deux points quelconques des rails une différence moyenne de potentiel supérieure à une certaine limite (2,5 volts par exemple).

3° En tous les cas, il doit être recommandé de s'assurer par des mesures périodiques, que les différences moyennes de potentiel entre les rails et les éléments voisins des canalisations souterraines conservent leur

ordre de grandeur, et de rechercher éventuellement l'explication de toute variation de cet ordre de grandeur, afin de pouvoir, s'il est nécessaire, étudier les dispositions à prendre pour que le changement du régime des courants vagabonds ne soit pas la cause de dommages.

---

AVIS N° 4.

*Drainage électrique et joints isolants.*

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

Considérant

que depuis la rédaction du Projet de recommandations, le drainage électrique et l'emploi de joints isolants ont été beaucoup utilisés dans certains pays et grâce aux précautions prises ont donné satisfaction; qu'une documentation assez complète a été recueillie à ce sujet par la Commission Mixte Internationale; qu'il résulte des renseignements ainsi rassemblés que les réserves faites dans le Projet de recommandations de 1931 pouvaient en partie être atténuées.

Emet, à l'unanimité, l'avis

Que, dans la rédaction définitive des Recommandations, le chapitre relatif au drainage électrique et le passage relatif à l'emploi des joints isolants pourraient être rédigés sous la forme suivante :

*A. Drainage électrique.*

1° Sous le nom de drainage électrique, on désigne un système comportant l'emploi de conducteurs métalliques pour relier, au réseau de retour des courants de traction, certains points des enveloppes des câbles qui, à défaut de drainage, tendraient à devenir positifs par rapport au milieu environnant.

Le but poursuivi est d'éviter qu'une quantité importante de courant sorte du câble pour pénétrer directement dans le sol.

Ce résultat peut être obtenu soit (cas du drainage direct) en conduisant par voie métallique à la station génératrice le courant qui circule dans les enveloppes des câbles, soit (cas du drainage gradué) en rapprochant de manière convenable les valeurs du potentiel le long des câbles et les valeurs du potentiel dans le milieu qui les entoure.

2° L'emploi du drainage direct soulève l'objection de principe suivante: il a pour effet d'étendre à toute la longueur du câble la zone où les courants

vagabonds ont tendance à quitter les canalisations voisines non drainées. Il peut en résulter une augmentation des risques de corrosion de ces dernières.

Cette objection de principe peut être levée dans certains cas, notamment celui d'une voie de traction et d'un câble drainé à peu près parallèle à celle-ci lorsque le tracé des canalisations voisines est tel que celles-ci n'absorbent pas en d'autres parties de leur longueur du courant qu'elles restituent à proximité du câble drainé.

L'emploi du drainage gradué convenablement appliqué ne soulève pas cette objection de principe.

3° Dans tous les cas où un système de drainage est adopté, il doit être établi conformément aux principes suivants :

a) Le drainage électrique doit permettre le réglage du courant drainé de façon qu'il ne puisse excéder certaines limites.

Dans le cas du drainage direct, on peut recourir pour cela à un choix convenable de la résistance des connexions de drainage.

Dans le cas du drainage gradué, ce résultat s'obtient par le choix convenable de la résistance des connexions de drainage et par l'insertion de résistances appropriées en dérivation sur des joints isolants judicieusement disposés le long de la canalisation drainée.

b) En principe, la connexion de drainage doit être établie à l'endroit où la différence de potentiel entre le câble et les circuits de retour de la ligne de traction est la plus élevée.

c) Dans le cas du drainage direct, on effectuera de préférence les connexions de drainage aux barres négatives des génératrices du courant de traction ou aux points d'attache des artères de retour (feeders). Lorsque de telles connexions seraient trop longues, on pourra se connecter à un autre point négatif des rails, mais on devra prévoir alors un système supprimant l'effet du drainage en cas de changement de sens du courant drainé.

Dans le cas du drainage gradué, il suffit habituellement de rattacher les connexions de drainage à des points négatifs des rails, convenablement choisis, en prenant encore des précautions pour supprimer l'effet du drainage en cas de changement du sens du courant drainé.

d) Pour supprimer l'effet du drainage en cas de changement du sens du courant drainé, on peut employer des redresseurs (par exemple redresseurs à oxyde de cuivre), des dispositifs automatiques de coupure, etc...

e) Il est recommandable d'installer, sur les connexions de drainage, des fusibles ou des disjoncteurs adaptés aux conditions locales pour inter-

rompre automatiquement la connexion en cas de court-circuit sur le réseau de traction.

f) Une surveillance effective doit être exercée pour se rendre compte des conditions de fonctionnement du système de drainage : des mesures périodiques du courant de drainage sont nécessaires. Dans ce but, des dispositions utiles doivent être prises, lors de l'installation du système, pour permettre d'effectuer aisément ces mesures. Il est également recommandable de vérifier périodiquement l'état électrique des canalisations voisines.

L'installation en quelques points des canalisations intéressées, d'un dispositif permettant de contrôler les courants échangés avec le sol sur une aire réduite, paraît intéressante, notamment en des points singuliers tels que les traversées de voies.

g) Toute modification importante apportée aux conditions d'installation ou d'exploitation du réseau de traction peut exiger une modification correspondante des dispositions de drainage.

..

### B. *Joints isolants.*

a) L'emploi des joints isolants permet d'interrompre la continuité de l'enveloppe métallique des câbles de façon à contrarier le passage des courants de l'une à l'autre des deux parties de l'enveloppe séparées.

Cet emploi peut être avantageux pour isoler des autres parties du réseau de l'enveloppe des câbles, certaines sections particulièrement exposées à échanger du courant avec le réseau des rails (croisements, parallélismes très rapprochés, etc...)

Par l'emploi de résistances montées en dérivation sur des joints isolants, on peut régler l'intensité des courants vagabonds qui parcourent les enveloppes des câbles et ainsi régler les valeurs du potentiel du câble.

b) Les joints isolants doivent être réalisés de manière qu'ils présentent une résistance mécanique et une étanchéité suffisantes et durables.

c) Il convient d'éviter que l'insertion des joints isolants ne puisse provoquer une sortie de courant appréciable à proximité. A cet effet, il y aurait intérêt que l'enveloppe du câble soit isolée sur la plus grande longueur possible de part et d'autre du joint; il est aussi recommandable de n'installer ces joints que dans des endroits que l'on peut maintenir suffisamment secs.

d) Lorsque plusieurs câbles suivent le même parcours, le recours éventuel aux joints isolants doit se faire pour chacun d'eux aux mêmes endroits du parcours commun.

e) L'emploi de joints isolants peut être envisagé dans le cas de câbles soumis à l'induction de lignes à courant alternatif ou à courant continu, si on peut assurer une continuité suffisante de l'enveloppe pour les courants alternatifs ou transitoires induits. A cet effet, on peut parfois être amené à shunter le joint isolant par des condensateurs ou des réactances convenables (circuits accordés).

Le résultat désiré est obtenu également si le câble comporte une enveloppe métallique intérieure continue, bien isolée de l'enveloppe extérieure, laquelle est munie de joints isolants.

f) Il est recommandable de contrôler périodiquement l'état des joints isolants et de vérifier leur efficacité : à cet effet, il est utile de les installer de manière qu'ils soient facilement accessibles, et il est recommandable de prendre lors de leur mise en place les dispositions utiles pour permettre d'effectuer les mesures électriques convenables.

**B. — PROJET DE RECOMMANDATIONS CONCERNANT LES MESURES A PRENDRE POUR LA PROTECTION DES CABLES CONTRE LA CORROSION ÉLECTROLYTIQUE (1).**

En élaborant les présentes recommandations, le Comité Consultatif International Téléphonique s'est proposé de rassembler quelques renseignements susceptibles d'aider les différentes administrations et exploitations privées téléphoniques à combattre les effets de l'électrolyse due au retour des courants de traction électrique.

S'il est relativement facile et hors de discussion de préciser, dès maintenant, le principe de la plupart des dispositions techniques à adopter, il n'est guère possible de fixer avec exactitude des limites dans lesquelles ces dispositions peuvent être prises. Les mesures que l'on peut proposer ne sauraient résulter que d'un compromis entre le but technique à atteindre et les possibilités économiques de réalisation.

Il a semblé utile, cependant, de donner, pour fixer les idées, quelques précisions numériques sur les limites dans lesquelles doivent jouer les dispositions techniques recommandées, pour conserver quelque efficacité. C'est dans cet esprit qu'ont été déterminées les conditions numériques figurant dans le texte des recommandations.

D'un autre côté, ces recommandations ne sauraient être considérées que comme l'expression de l'opinion de la majorité des techniciens participant aux travaux du Comité Consultatif International Téléphonique, certaines administrations et exploitations privées téléphoniques n'acceptant pas toutes les limites numériques proposées. Toutes les questions d'ordre administratif et économique et, en particulier, toutes les questions de réglementation et de législation relatives au problème du voisinage des lignes de traction électrique et des câbles téléphoniques échappent à la compétence du Comité et ont été laissées de côté.

En particulier, le Comité s'est abstenu d'entrer dans le détail des règles de procédure que devront suivre dans leurs rapports réciproques les admi-

(1) Conformément à la Remarque qui suit l'avis n° 2 ci-dessus, les recommandations contenues dans ce Projet peuvent être considérées comme provisoirement valables, sous réserve des modifications qui découlent de l'avis n° 3 ci-dessus, ainsi que des modifications qui sont signalées dans la Note ci-dessus page 66.

nistrations et exploitations privées téléphoniques et les services de traction électrique, de production ou de distribution d'électricité. Il croit néanmoins pouvoir faire une recommandation très générale.

Pour tirer le meilleur parti des mesures à prendre pour la protection des câbles téléphoniques, et afin de faciliter leur application pratique, il est désirable que les services téléphoniques ou électriques, intéressés apportent la meilleure volonté de collaboration. La communication réciproque, d'une manière systématique et régulière, de tous renseignements utiles relatifs aux constructions de lignes existantes ou projetées, aux changements des conditions d'exploitation des installations engagées actuellement ou éventuellement dans les rapprochements, est très recommandable.

#### A. — Généralités.

1° D'après les expériences acquises à ce jour, les courants vagabonds provenant d'installations à courant alternatif de périodicité usuelle n'exercent pas d'influence électrolytique nuisible sur les masses métalliques se trouvant dans le sol. Le danger de corrosion électrolytique ne provient donc que des installations à courant continu.

L'expérience a montré qu'un réseau de conduites ou de câbles peut être pratiquement considéré comme étant à l'abri des corrosions par les courants vagabonds, s'il ne s'approche, en aucune de ses parties, à moins de 200 mètres environ, d'une installation à courant continu ayant un conducteur normalement ou accidentellement mis à la terre, ou de tout ouvrage, structure ou canalisation en relation métallique avec ladite installation (1).

Toutefois, dans certains cas particuliers tels que celui d'un sol très bon conducteur ou de la présence d'un cours d'eau, cette distance de 200 mètres peut encore être insuffisante.

Sous leur forme actuelle, les présentes recommandations ne concernent que la corrosion produite par les installations de traction électrique. Les installations de distribution feront l'objet de recommandations particulières.

Parmi les installations de traction électrique elles-mêmes, les recommandations ne concernent pas non plus les lignes de traction sur plate-forme indépendante, lorsque celle-ci demeure très isolée du sol sur toute l'étendue du réseau (traverses en bois, isolement spécial des voies aux passages à niveau, etc...). Pour les lignes de traction sur plate-forme indépendante,

(1) Des expériences nouvelles seraient à entreprendre pour déterminer d'une manière certaine la distance à partir de laquelle cesse le danger de corrosion.

et notamment pour les lignes de chemin de fer d'intérêt général, des recommandations particulières seront formulées dès que les connaissances actuelles sur la question auront été précisées.

2° Au point de vue du danger auquel sont exposées les conduites métalliques souterraines, il faut distinguer, dans un réseau de traction établi sur route, entre la région dans laquelle les tuyaux et les câbles se trouvent à un potentiel inférieur à celui des rails et où, par conséquent, le courant entre dans les conduites, et celle dans laquelle les conduites ont un potentiel supérieur à celui des rails et où, par conséquent, le courant quitte ces dernières.

On utilise dans le texte ci-après les expressions « zone d'entrée » pour désigner la zone où les courants vagabonds entrent dans les enveloppes de câbles, et « zone de sortie » (ou de corrosion anodique) pour désigner la zone où les courants sortent de ces enveloppes.

3° Lorsqu'on se trouve dans les conditions où une attaque des tuyaux ou des câbles par des courants vagabonds émanant d'une installation de traction peut se produire, il est nécessaire d'appliquer des mesures spéciales pour éviter autant que possible des corrosions dangereuses.

4° Les mesures de protection devraient être appliquées en premier lieu à la construction et à l'exploitation du réseau de traction électrique, ce dernier étant la cause première des courants vagabonds.

D'ailleurs, ces mesures sont généralement d'une application technique plus facile que des mesures de même efficacité appliquées au câble. Celles-ci ne peuvent, en général, être envisagées utilement que dans les installations nouvelles ou au moment d'une réparation importante. Lors de la pose de canalisations métalliques nouvelles dans le voisinage d'installations de traction électrique existantes ou à construire, on devrait protéger ces canalisations elles-mêmes contre la corrosion par des mesures appropriées.

Au surplus, il convient de remarquer qu'en dehors des actions électrolytiques ou chimiques qu'ils peuvent exercer, les courants vagabonds peuvent être néfastes par eux-mêmes, par exemple lorsque, au croisement de voies ferrées d'intérêt général, dont les rails sont parcourus par des courants de signalisation, ils sont susceptibles d'emprunter ces voies. Cette considération s'ajoute aux précédentes pour justifier la nécessité de limiter autant que possible le courant qui passe par la terre dans une installation d'énergie.

5° Les mesures proposées ci-après résultent d'un compromis entre le but technique à atteindre et les possibilités économiques de réalisation; bien qu'elles ne puissent suffire à supprimer tout danger de corrosion, elles permettent d'espérer que la durée normale de fonctionnement prévue pour les câbles ne sera pas notablement réduite du fait de l'électrolyse subsistante.

6° Au point de vue technique, il est souhaitable que l'application de ces mesures fasse l'objet d'une collaboration systématique entre tous les services intéressés (voies ferrées électriques, distribution électrique, gaz, eau, etc...).

#### B. — Mesures de protection s'appliquant aux réseaux de traction électrique.

##### Généralités :

1° L'expérience a montré qu'au point de vue de l'acuité du danger de corrosion, il y a lieu de faire intervenir les éléments d'appréciation suivants :

- a) situation et étendue des réseaux métalliques souterrains;
- b) nature de la voie ferrée et de son soubassement;
- c) position des points de connexion des artères de retour avec les rails.

Dans la pratique, on se trouve le plus souvent en présence de deux catégories de réseaux de traction bien distincts : tramways urbains et tramways suburbains.

Les premiers sont généralement caractérisés par les faits suivants : a) dans la quasi-totalité de leur étendue, ils sont superposés à des réseaux métalliques souterrains relativement serrés (eau, gaz, câbles d'énergie et câbles téléphoniques); b) leurs voies de roulement sont constituées par des rails à gorge, enterrés à fleur du sol; c) ils sont alimentés par une usine ou une sous-station placée au centre de l'ensemble des points de connexion aux rails des artères de retour aboutissant à cette usine ou sous-station.

Les tramways suburbains, à leur tour, présentent généralement les caractéristiques suivantes : a) ils sont établis dans des régions où des réseaux métalliques souterrains sont peu denses ou même inexistantes; b) leurs voies de roulement sont constituées par des rails *Vignole*, sur plate-formes indépendantes; c) ils sont alimentés par une usine ou une sous-station située en dehors des villes ou de leurs faubourgs immédiats.

Dans l'un comme dans l'autre cas, qu'il s'agisse de tramways urbains ou de tramways suburbains, le danger de corrosion sera d'autant moindre que la tension entre les rails et la terre, en n'importe quel point du réseau, sera plus réduite; c'est donc vers cette réduction que doivent tendre les efforts des compagnies de traction. Toutefois, la cause des corrosions électrolytiques n'étant pas la tension terre-rails elle-même, mais le courant provoqué par cette tension, courant dont l'intensité dépend non seulement de l'importance de cette tension, mais aussi et dans la même mesure de la résistance de passage entre les rails et la terre, il est clair que, toutes choses égales d'ailleurs, on pourra se montrer moins sévère pour un tramway suburbain que pour un tramway urbain, puisque la voie ferrée du premier est généralement beaucoup mieux isolée du sol que celle du second. C'est pourquoi les présentes recommandations n'envisagent la limitation de la tension entre les rails et la terre à une valeur déterminée que dans le domaine des tramways urbains.

Cela posé, il y a lieu de remarquer que les éléments énumérés plus haut en *a*, *b* et *c* peuvent entrer en combinaisons diverses et qu'on rencontrera dans la pratique des réseaux de traction n'étant ni des tramways urbains, ni des tramways suburbains, au sens strict de la définition donnée ci-dessus, ou pouvant être considérés à la fois comme l'un et l'autre. Chaque cas particulier devra être envisagé pour lui-même, et les présentes recommandations devront être interprétées à son égard largement et avec bon sens.

Ainsi, *par exemple*, un réseau de tramways urbains alimenté par une usine ou une sous-station située en dehors de la ville ou des faubourgs immédiats sera assimilé à un « tramway urbain » dans l'étendue de la ville et de ses faubourgs immédiats et à un « tramway suburbain » au delà, donc en particulier aux points de connexion des artères de retour aboutissant aux rails dans la zone extra-urbaine. Inversement, un « tramway suburbain » alimenté par une usine ou une sous-station située en ville ou dans ses faubourgs immédiats sera considéré comme « tramway urbain » dans la zone où abondent les réseaux métalliques souterrains, à supposer que ses voies empiètent sur cette zone.

2° Pour diminuer la quantité des courants vagabonds, on doit s'attacher à :

*a*) contrarier le passage des courants à la terre; en assurant un isolement aussi parfait que possible de l'installation de retour du courant de traction; en diminuant les différences de potentiel entre les rails et la terre;

b) faciliter le retour du courant par la voie en assurant sa bonne conductibilité.

*Mesures concernant la voie ferrée :*

3° Il faut autant que possible placer les rails sur une infrastructure de faible conductibilité et bien asséchée par drainage.

On doit veiller à éviter tout contact métallique entre les rails et les pièces ou constructions conductrices (ponts, descentes de parafoudre, réverbères, etc...) en liaison avec les canalisations métalliques souterraines;

4° La conductibilité des rails eux-mêmes étant déterminée par leur profil, il convient de veiller soigneusement au maintien d'une bonne et constante conductibilité pour tous les joints;

5° La résistance d'un joint ne doit pas être supérieure à celle de 3 m. de rail, exception faite des joints de branchement et de croisement. De plus, l'augmentation, due aux joints, de la résistance électrique d'une section de voie, ne doit pas dépasser en moyenne 10 % de la résistance des rails de cette section sans joints (1).

Aux branchements et croisements, les joints des rails à gorge sont difficilement accessibles parce qu'ils sont insérés dans la chaussée; en outre, ils sont soumis à des efforts mécaniques plus grands, notamment dans les pièces centrales ou les cœurs. Il n'est donc pas possible d'appliquer à ces joints les mêmes prescriptions qu'à ceux des autres parties de la voie. Pour ces raisons, aux branchements et croisements, les joints de rails à gorge doivent satisfaire aux conditions suivantes :

a) Les joints ne doivent pas, immédiatement après leur construction ou une réparation importante, avoir une résistance supérieure à celle de 3 mètres de rail;

b) Les joints dont un contrôle ultérieur révèle une résistance plus élevée que celle de 20 mètres de rail doivent être remis en bon état dans le plus court délai.

Aux aiguilles en rails *Vignole*, les files intérieures de rails ne peuvent pas être considérées comme participant à la conduite du courant, parce qu'en général les lames d'aiguilles mobiles ne sont pas shuntées par des éclisses électriques. De même les pièces centrales ou cœurs des embranchements et croisements en rails *Vignole* ne peuvent être pontées que par

(1) On appelle section de voie une portion continue sur laquelle ne se trouve aucun croisement, aucun branchement et aucune connexion de feeders de retour.

des éclisses électriques de grande longueur, et, par conséquent, de résistance élevée. C'est pourquoi il y a lieu d'exiger que la résistance des joints placés entre les deux files extérieures des rails soit maintenue constamment aussi faible que possible. Cette condition est facile à remplir, du fait que les joints de *rails Vignole* sont bien accessibles. Par conséquent, aux branchements et croisements, les joints de *rails Vignole* devront satisfaire aux conditions suivantes :

c) La résistance de chaque joint des deux files extérieures de rails ne devra jamais dépasser la résistance de 3 mètres de rail;

d) Si les connexions transversales satisfont aux conditions du parag. 9°, on peut se dispenser de shunter les lames d'aiguilles et les cœurs au moyen d'éclisses spéciales.

6° Pour maintenir constamment la voie dans le meilleur état possible, au point de vue de sa conductibilité, il est recommandable de vérifier une fois par an tous les points de branchement et de croisement parcourus régulièrement par du courant, ainsi que les joints des sections de voie pour lesquelles le calcul a fourni une chute de tension moyenne supérieure à 0,0005 volt par mètre. (La définition de la tension moyenne est donnée dans le parag. 12° ci-après.)

Il est également recommandable de mesurer la résistance de tous les autres joints tous les trois à cinq ans. Il faudra les remettre en bon état dès que possible, si les résistances mesurées sont supérieures aux valeurs indiquées au parag. 7° de ce chapitre.

Une exception est faite pour les joints soudés, qui seront cependant examinés chaque année au point de vue des fissures. On réparera ceux qui sont défectueux.

7° Pour égaliser autant que possible la densité du courant dans toutes les files de rails d'une voie ou de voies parallèles, on établira des connexions transversales.

Aux branchements et croisements, on placera une connexion transversale entre toutes les files de rails, avant et après le branchement ou le croisement.

Les connexions transversales seront dimensionnées de telle sorte que la résistance mesurée entre deux points quelconques de deux files de rails parallèles ne dépasse pas, par mètre de distance compris entre les deux files de rails considérées, 1 milliohm s'il s'agit de *rails à gorge*, et 1,5 milliohm s'il s'agit de *rails Vignole*. Immédiatement avant et après un bran-

chement ou un croisement en rails *Vignole*, cette résistance ne devra pas dépasser 0,25 milliohm.

*Artères de retour :*

8° On peut régulariser la répartition des potentiels des points des rails, par exemple en recourant à des artères de retour dont le fonctionnement sera réglé, le cas échéant, soit au moyen de résistances additionnelles, soit au moyen de survolteurs-dévolteurs à réglage automatique. On peut encore répartir la charge entre plusieurs stations génératrices.

9° Les artères de retour doivent être isolées de la terre sur toute leur longueur, ainsi que les barres collectrices. Cet isolement doit être vérifié périodiquement. Si les rails sont reliés au pôle négatif des génératrices, il faut choisir autant que possible, pour les raccordements des artères de retour aux rails, des emplacements où le sol est sec, et éloignés des réseaux importants de tuyaux et de câbles, car c'est au voisinage de ces points de raccordement que le danger de corrosion électrolytique est le plus prononcé.

10° On doit veiller à maintenir en bon état les connexions entre les artères de retour et les rails.

*Polarité des fils de contact :*

11° Il est possible de diminuer le danger de corrosion en agissant sur la polarité des fils de contact.

Quand le pôle positif est raccordé à la ligne de contact, les zones de sortie ou zones de corrosion anodique se trouvent au voisinage des points de raccordement des artères de retour; quand le pôle négatif est raccordé à la ligne de contact, les zones de corrosion anodique sont au contraire éloignées de ces points; en outre, ces zones tendent à suivre les mouvements des automotrices.

Pour réduire l'effet nuisible des courants vagabonds, on peut recourir soit à l'inversion périodique de la polarité des fils de contact (ce qui, dans le cas d'une inversion quotidienne, peut procurer une réduction des trois quarts environ), soit à un système d'alimentation à trois conducteurs.

L'étude des conditions locales permettra de choisir dans chaque cas la meilleure solution.

Il convient toutefois de remarquer que l'inversion périodique de la polarité des fils de contact soulève certaines difficultés d'exploitation dans les réseaux alimentés par plusieurs sous-stations. En outre, dans les grandes

villes où sont installés des réseaux distincts présentant entre eux des points de croisement, l'adoption de cette mesure sur l'un quelconque des réseaux nécessite l'établissement de dispositifs spéciaux assurant, aux points de croisement, l'isolement de ce réseau par rapport aux autres.

*Calculs justificatifs :*

12° Afin de vérifier si les dispositions prises pour assurer le retour du courant sont satisfaisantes (notamment le choix de l'emplacement des points de connexion des artères de retour et la répartition des potentiels), on peut procéder au calcul des valeurs théoriques des *chutes de tension moyennes* le long des rails et des *différences de potentiel moyennes* entre les rails et la terre (1), et se rendre compte que ces valeurs demeurent dans les limites précisées ci-après. Le principe de la méthode de calcul à employer est indiqué dans l'Annexe 1. (Voir ci-après, page 88).

13° Sur aucune section de voie d'un tramway urbain, la chute de tension moyenne par mètre, calculée en admettant un accroissement de résistance des rails dû aux joints de 10 % (voir parag. 6°) ne doit être supérieure à 0,001 volt.

14° La chute de tension moyenne par mètre sur une section de voie de chemin de fer de banlieue, calculée comme il est indiqué au parag. 12°, ne doit pas être supérieure à 0,0012 volt dans les sections sur route et à 0,0014 volt dans les sections à plateforme indépendante.

15° La chute de tension moyenne entre deux points d'une ligne de tramways (urbains ou suburbains) ne doit pas dépasser un nombre de volts égal à deux fois la distance à vol d'oiseau, entre ces deux points, exprimée en kilomètres (2).

16° Dans les zones de territoire desservi par un tramway urbain où les courants vagabonds sortent des tuyaux ou des enveloppes métalliques des câbles, les différences de potentiel moyennes calculées entre les rails et la terre ne doivent pas dépasser 0,8 volt le long des sections où les rails

(1) On désigne par *différences de potentiel moyennes* ou *chutes de tension moyennes* les valeurs fournies par le calcul effectué pour les diverses sections de voie en prenant pour la puissance, dans une section déterminée, la *puissance moyenne*, c'est-à-dire le nombre de kilowatts obtenu en divisant par 24 le nombre de kilowatts-heure fournis en moyenne au fil de contact pendant un jour ouvrable.

(2) Bien que les prescriptions des parag. 13° et 14° semblent devoir être suffisantes au point de vue de la corrosion électrolytique, d'autres considérations telles que, en particulier, la télégraphie ou la signalisation sur les lignes téléphoniques avec retour par le sol, peuvent rendre désirable de fixer également une limite maximum pour la différence de potentiel instantanée entre deux points quelconques de la ligne du tramway.

présentent une faible résistance de passage à la terre (par exemple : rails enterrés) (1).

Pour les sections de rails à résistance moyenne de passage élevée (par exemple : rails *Vignole* sur plateforme indépendante), il n'y a pas lieu de limiter la différence de potentiel moyenne des rails par rapport à la terre.

*Méthodes de mesures électriques :*

17° Les mesures effectuées d'après les méthodes indiquées dans l'Annexe 2 permettent, dans la pratique, de vérifier l'état du réseau. Elles constituent un contrôle approximatif des résultats de calcul des tensions ou des différences de potentiel moyennes.

Pour les réseaux de très grande étendue, dont le calcul d'après la méthode indiquée au paragr. 12° serait trop compliqué, ces mesures sont indispensables pour vérifier si leur état concorde avec les prescriptions des paragraphes 13°, 14° et 15°.

C. — *Mesures de protection*

*s'appliquant aux réseaux de câbles souterrains.*

1° Pour éviter la corrosion électrolytique, on doit s'attacher à empêcher ou à réduire autant que possible le passage des courants vagabonds des enveloppes métalliques dans un milieu électrolytique.

Pour cela on s'efforcera principalement de réduire l'intensité des courants vagabonds circulant dans les enveloppes des câbles, en augmentant l'isolement de ces enveloppes par rapport à la terre et par rapport au réseau de traction.

Dans certains cas, au contraire, il pourra être avantageux de prendre des mesures spéciales pour empêcher la sortie directe des courants des enveloppes dans le milieu électrolytique, en offrant à ces courants une voie d'écoulement métallique.

2° Les câbles doivent être éloignés autant que possible des installations de tramways; leurs croisements avec les lignes de tramways étant des points dangereux, il importe de réduire leur nombre le plus possible.

3° En étudiant le tracé des câbles, on ne doit pas perdre de vue que l'état de certains sols favorise la corrosion électrolytique (humidité particulière, substances organiques, substances alcalines, sels et acides dissous, etc...)

(1) Voir au sujet de cette recommandation l'avis n° 3 ci-dessus (page 69).

4° On doit éviter tout contact métallique entre les enveloppes des câbles et les pièces ou constructions conductrices en liaison avec les voies de traction.

5° On doit éviter autant que possible les infiltrations et les eaux stagnantes dans les conduites des câbles ainsi que dans les boîtes de raccordement ou dans les chambres de tirage.

6° Dans les chambres de tirage et dans les boîtes de raccordement, ainsi qu'aux points de branchements, les câbles nus doivent être reliés ensemble au moyen de connexions métalliques soudées aux enveloppes.

Dans les cas où les canalisations souterraines contenant les câbles téléphoniques sont constituées par des tuyaux métalliques, ces tuyaux doivent être également reliés électriquement entre eux en ces endroits.

7° Une simple couche de peinture isolante ou un enveloppement isolant mince offrant peu de garanties d'étanchéité et de durée ne sauraient constituer une protection permanente contre la corrosion. De telles couches isolantes se sont souvent révélées dangereuses, car, après un certain temps, il se produit aux points dénudés de la conduite une corrosion plus intense.

8° Lorsque la gaine isolante qui recouvre l'enveloppe des câbles est suffisamment épaisse et est elle-même protégée au point de vue mécanique et au point de vue chimique par une armure ou par un dispositif analogue (câble à double enveloppe, canalisation en fer zorès, etc...), la protection contre la corrosion électrolytique peut être considérée comme suffisante.

De pareils moyens de protections sont recommandables, notamment dans les cas suivants : croisements des câbles avec les lignes de tramways, passage sur des ponts métalliques, proximité de carcasses conductrices en liaison plus ou moins directe avec les voies de traction.

9° *Emploi de joints isolants.* — a) L'emploi des joints isolants permet d'interrompre la continuité de l'enveloppe métallique des câbles de façon à contrarier le passage des courants de l'une à l'autre des deux parties de l'enveloppe séparées.

Cet emploi peut être avantageux pour isoler des autres parties du réseau de l'enveloppe des câbles, certaines sections particulièrement exposées à échanger du courant avec le réseau des rails (croisements, parallélismes très rapprochés, etc...)

Par l'emploi de résistances montées en dérivation sur des joints isolants, on peut régler l'intensité des courants vagabonds qui parcourent les enveloppes des câbles et ainsi régler les valeurs du potentiel du câble.

b) Les joints isolants doivent être réalisés de manière qu'ils présentent une résistance mécanique et une étanchéité suffisantes et durables.

c) Il convient d'éviter que l'insertion des joints isolants ne puisse provoquer une sortie de courant appréciable à proximité. A cet effet, il y aurait intérêt que l'enveloppe du câble soit isolée sur la plus grande longueur possible de part et d'autre du joint; il est aussi recommandable de n'installer ces joints que dans des endroits que l'on peut maintenir suffisamment secs.

d) Lorsque plusieurs câbles suivent le même parcours, le recours éventuel aux joints isolants doit se faire pour chacun d'eux aux mêmes endroits du parcours commun.

e) L'emploi de joints isolants peut être envisagé dans le cas de câbles soumis à l'induction de lignes à courant alternatif ou à courant continu, si on peut assurer une continuité suffisante de l'enveloppe pour les courants alternatifs ou transitoires induits. A cet effet, on peut parfois être amené à shunter le joint isolant par des condensateurs ou des réactances convenables (circuits accordés).

Le résultat désiré est obtenu également si le câble comporte une enveloppe métallique intérieure continue, bien isolée de l'enveloppe extérieure, laquelle est munie de joints isolants.

f) Il est recommandable de contrôler périodiquement l'état des joints isolants et de vérifier leur efficacité : à cet effet, il est utile de les installer de manière qu'ils soient facilement accessibles, et il est recommandable de prendre lors de leur mise en place les dispositions utiles pour permettre d'effectuer les mesures électriques convenables.

10° Les plaques de terre enfouies dans le sol et reliées aux enveloppes des câbles (déversoirs) présentent quelques-uns des inconvénients des connexions de drainage (1); il convient de restreindre leur emploi seulement aux points où le courant s'échappe de l'enveloppe des câbles et de ne jamais les utiliser dans les régions où l'on n'a pas l'assurance qu'une plaque de terre ne sera jamais positive par rapport à l'enveloppe des câbles.

Il ne semble pas que ce procédé doive être recommandé pour la protection des câbles contre l'électrolyse due aux courants de retour des réseaux de traction, un changement du régime de ces courants (provoqué, par exemple, par une modification apportée au réseau de traction) étant susceptible de modifier la polarité de quelqu'une de ces plaques de terre par rapport à l'enveloppe des câbles.

(1) Voir à ce sujet le chapitre D, consacré spécialement au drainage électrique.

D. — *Mesures de protection  
au moyen du drainage électrique.*

1° Sous le nom de drainage électrique, on désigne un système comportant l'emploi de conducteurs métalliques pour relier au réseau de retour des courants de traction certains points des enveloppes des câbles qui, à défaut de drainage, tendraient à devenir positifs par rapport au milieu environnant.

Le but poursuivi est d'éviter qu'une quantité importante de courant sorte du câble pour pénétrer directement dans le sol.

Ce résultat peut être obtenu soit (cas du drainage direct) en conduisant par voie métallique à la station génératrice le courant qui circule dans les enveloppes des câbles, soit (cas du drainage gradué) en rapprochant de manière convenable les valeurs du potentiel le long des câbles et les valeurs du potentiel dans le milieu qui les entoure.

2° L'emploi du drainage direct soulève l'objection de principe suivante : il a pour effet d'étendre à toute la longueur du câble la zone où les courants vagabonds ont tendance à quitter les canalisations voisines non drainées. Il peut en résulter une augmentation des risques de corrosion de ces dernières.

Cette objection de principe peut être levée dans certains cas, notamment celui d'une voie de traction et d'un câble drainé à peu près parallèle à celle-ci, lorsque le tracé des canalisations voisines est tel que celles-ci n'absorbent pas, en d'autres parties de leur longueur, du courant qu'elles restituent à proximité du câble drainé.

L'emploi du drainage gradué convenablement appliqué ne soulève pas cette objection de principe.

3° Dans tous les cas où un système de drainage est adopté, il doit être établi conformément aux principes suivants :

a) Le drainage électrique doit permettre le réglage du courant drainé de façon qu'il ne puisse excéder certaines limites.

Dans le cas du drainage direct, on peut recourir pour cela à un choix convenable de la résistance des connexions de drainage.

Dans le cas du drainage gradué, ce résultat s'obtient par le choix convenable de la résistance des connexions de drainage et par l'insertion de résistances appropriées en dérivation sur des joints isolants judicieusement disposés le long de la canalisation drainée.

b) En principe, la connexion de drainage doit être établie à l'endroit où la différence de potentiel entre le câble et les circuits de retour de la ligne de traction est la plus élevée.

c) Dans le cas du drainage direct on effectuera de préférence les connexions de drainage aux barres négatives des génératrices du courant de traction ou aux points d'attache des artères de retour (feeders). Lorsque de telles connexions seraient trop longues, on pourra se connecter à un autre point négatif des rails, mais on devra prévoir alors un système supprimant l'effet du drainage en cas de changement du sens du courant drainé.

Dans le cas du drainage gradué, il suffit habituellement de rattacher les connexions de drainage à des points négatifs des rails, convenablement choisis, en prenant encore des précautions pour supprimer l'effet du drainage en cas de changement du sens du courant drainé.

d) Pour supprimer l'effet du drainage en cas de changement du sens du courant drainé, on peut employer des redresseurs (par exemple, redresseurs à oxyde de cuivre), des dispositifs automatiques de coupure, etc...

e) Il est recommandable d'installer sur les connexions de drainage des fusibles ou des disjoncteurs adaptés aux conditions locales pour interrompre automatiquement la connexion en cas de court-circuit sur le réseau de traction.

f) Une surveillance effective doit être exercée pour se rendre compte des conditions de fonctionnement du système de drainage : des mesures périodiques du courant de drainage sont nécessaires. Dans ce but, des dispositions utiles doivent être prises, lors de l'installation du système, pour permettre d'effectuer aisément ces mesures. Il est également recommandable de vérifier périodiquement l'état électrique des canalisations voisines.

L'installation en quelques points des canalisations intéressées, d'un dispositif permettant de contrôler les courants échangés avec le sol sur une aire réduite, paraît intéressante, notamment en des points singuliers tels que les traversées de voies.

g) Toute modification importante apportée aux conditions d'installation ou d'exploitation du réseau de traction peut exiger une modification correspondante des dispositions de drainage.

---

ANNEXE 1

*au Projet de recommandations concernant les mesures à prendre pour la protection des câbles contre la corrosion électrolytique.*

*Principe de la méthode à suivre pour calculer la répartition des courants de retour dans un réseau de tramways.*

En vue d'éviter la corrosion électrolytique, on doit s'attacher à réduire autant que possible les différences de potentiel entre les divers points des rails et la terre.

Cela est obtenu, notamment lorsqu'on décharge convenablement les sections de voie parcourues par des courants trop intenses au moyen d'artères de retour, de section suffisante, raccordées aux rails en des points judicieusement choisis. La méthode de calcul indiquée ci-après peut guider dans le choix de ces dispositions.

Il serait possible de déterminer en toute rigueur la répartition des courants de retour dans les rails et dans le sol, ainsi que la distribution des potentiels, si l'on connaissait :

la configuration géométrique, ainsi que les caractéristiques électriques du réseau de rails;

la position des artères de retour, ainsi que leurs caractéristiques électriques;

la résistance d'isolement des rails par rapport au sol, en chaque point du réseau de rails;

la conductivité du sol en chaque point;

enfin, les valeurs, à chaque instant, des intensités des courants qui, en chaque point du réseau où se trouve une automotrice, pénètrent dans les rails. Il est évident, d'ailleurs, que ces valeurs des courants pénétrant dans les rails dépendent elles-mêmes de la configuration du réseau d'alimentation des automotrices, des caractéristiques électriques de ce réseau, ainsi que de celles des machines et, enfin, de toutes les données précédemment indiquées.

Cependant, comme les effets de l'électrolyse dépendent, non des valeurs instantanées des courants, mais de leur intégrale par rapport au temps,

il suffit de faire intervenir, dans les calculs, les valeurs moyennes des courants.

Il convient de remarquer que certaines des données nécessaires pour la solution rigoureuse du problème proposé ne sauraient être bien connues. Cependant, dans la pratique, une solution approchée, de calcul relativement aisé, permet de se faire une idée suffisamment exacte de la répartition des potentiels qui déterminent l'importance des actions électrolytiques.

On peut en effet supposer, pour simplifier le calcul, qu'en ce qui concerne les effets d'électrolyse, tout se passe comme si la valeur moyenne du courant amené aux rails par les génératrices avait la même valeur par unité de longueur en tous les points d'une même section de voie.

Les valeurs de ces courants, que l'on doit introduire dans les calculs, peuvent se déduire, soit des indications immédiates de compteurs installés dans les voitures, s'il s'agit d'un réseau déjà établi, soit, en général, de relations empiriques donnant la consommation spécifique des machines en fonction du poids transporté, de la vitesse de marche, de la pente de la ligne, etc...

D'autre part, pour une première approximation, tant que l'on étudie la répartition des courants dans le réseau de rails, et la distribution des potentiels le long de ce réseau, il semble permis de négliger les pertes de courant le long des rails.

Ces pertes sont faibles, en général, et, d'ailleurs, d'autant plus petites que le réseau est mieux établi.

En négligeant ces pertes, on ne peut, d'ailleurs, trouver, pour les différences de potentiel entre les points du rail, que des valeurs plus grandes que celles qui se présentent dans la réalité.

Au demeurant, l'expérience a montré que, lorsque les différences de potentiel entre rails et sol calculées dans ces conditions, n'excèdent pas la valeur de 0,8 volt fixée dans le parag. 16° du Chapitre B des recommandations, les dommages causés par la corrosion sont réduits à des limites admissibles.

Quoi qu'il en soit, si l'on suppose que les pertes de courant dans le sol sont négligeables, on peut faire abstraction de la présence du sol dans le calcul de la répartition des courants dans le réseau de rails et de la distribution des potentiels le long de ce réseau.

Ce calcul peut être conduit de la manière suivante :

1° On connaît en chaque point du réseau de rails la densité linéaire moyenne du courant d'alimentation entrant. On peut donc déterminer la valeur  $I$  de l'intensité totale du courant entrant dans le réseau entier;

2° Les courants entrant dans le réseau de rails ne peuvent en sortir que par des artères de retour : la somme des courants sortant par ces artères de retour est donc égale à  $I$ ;

3° Supposons d'abord qu'il existe une seule artère de retour  $F_1$ , de position bien déterminée.

Connaissant en chaque point la valeur de la densité du courant entrant et, d'autre part, la valeur  $I_{F_1}$  du courant sortant par l'artère de retour, laquelle est, dans ce cas, égale à  $I$ , on peut déterminer d'une manière unique (et indépendamment de toute caractéristique électrique de cette artère de retour) la valeur de l'intensité du courant qui passe en chaque point du réseau de rails. Cette détermination se fait en se basant sur les lois de Kirchhoff. Par application de la loi d'Ohm, on en tirerait la valeur du potentiel en chaque point, le potentiel de référence étant celui d'un point arbitrairement choisi.

Soit  $M$  un point quelconque du réseau de rails.

Convenons de désigner par :

$I_{M1}$  la valeur moyenne du courant passant en ce point  $M$ ,

$V_{M1}$  le potentiel moyen de ce point,

(le second indice 1 rappelant que  $I_{M1}$  et  $V_{M1}$  ont été calculés en considérant le cas où tout le courant  $I$  est évacué par l'artère  $F_1$ ).

4° Ceci étant, considérons le cas de l'utilisation de  $p$  artères  $F_1, F_2, \dots, F_p$ , dont les positions sont bien déterminées.

On peut répéter les calculs précédents pour chaque artère, en supposant qu'elle existe seule.

Désignons par :

$I_{M1}, I_{M2}, \dots, I_{Mi}, \dots, I_{Mp}$ , les différentes valeurs du courant qui passerait en un même point  $M$  du réseau des rails;

$V_{M1}, V_{M2}, \dots, V_{Mi}, \dots, V_{Mp}$ , les différentes valeurs du potentiel du même point  $M$  (le potentiel de référence étant celui d'un point arbitraire, mais le même dans tous les cas), calculées chacune dans l'hypothèse de l'existence d'une seule artère de retour.

Il est important de noter que ces quantités peuvent être calculées une

fois pour toutes, à partir des valeurs du courant entrant, et des positions des artères, indépendamment de toute caractéristique électrique des artères.

Ceci étant, désignons par  $I_{F_1}, I_{F_2}, I_{F_i} \dots I_{F_p}$  les valeurs des courants sortant respectivement par les artères  $F_1, F_2, F_i, F_p$ .

On a nécessairement :

$$(1) \quad \sum_{i=1}^{i=p} F_i = I$$

D'autre part, la valeur du courant au point M sera égale à :

$$(2) \quad I_M = \frac{\sum_{i=1}^{i=p} I_{F_i} I_{M_i}}{\sum_{i=1}^{i=p} I_{F_i}}$$

La valeur du potentiel au point M sera, de même :

$$(3) \quad V_M = \frac{\sum_{i=1}^{i=p} I_{F_i} V_{M_i}}{\sum_{i=1}^{i=p} I_{F_i}}$$

5° Ainsi, dans les hypothèses faites jusqu'ici, la connaissance de la valeur de l'intensité des courants sortant par chaque artère permettait de déterminer complètement la répartition des courants dans le réseau des rails, ainsi que la distribution des potentiels.

Dans l'application, suivant l'objet de l'étude à faire, on peut être amené à partir de données différentes. On peut ainsi être amené à s'imposer *a priori* la valeur du courant qui devrait sortir des rails par chaque artère de retour. Pour pouvoir effectivement obtenir ce résultat, il faut déterminer les caractéristiques électriques des artères, de telle manière qu'elles satisfassent à certaines conditions.

Soient  $R_1, R_2 \dots R_i \dots R_p$  les résistances électriques à donner à chacune de ces artères.

Désignons par  $V_1, V_2 \dots V_i, V_k \dots V_p$  les valeurs des potentiels aux points 1, 2...i, k... p, où ces artères sont raccordées aux rails.

D'après l'équation générale (3), l'expression de ces valeurs est :

$$(4) \quad \left\{ \begin{array}{l} V_1 = \frac{\sum_{i=1}^{i=p} I_{Fi} V_{1i}}{\sum_{i=1}^{i=p} I_{Fi}} \\ \\ V_k = \frac{\sum_{i=1}^{i=p} I_{Fi} V_{ki}}{\sum_{i=1}^{i=p} I_{Fi}} \end{array} \right.$$

Comme toutes les artères de retour sont reliées à la même barre à la station génératrice, on doit avoir :

$$(5) \quad V_1 - R_1 I_{F1} = \dots = V_k - R_k I_{Fk} = \dots = V_p - R_p I_{Fp}$$

L'ensemble des  $p$  équations (4) et des  $(p - 1)$  équations (5) ne saurait suffire à la détermination des  $2p$  inconnues (valeurs de  $V_k$  et valeurs de  $R_k$ ). On peut donc, par exemple, fixer arbitrairement la valeur d'une de ces inconnues.

Il faut noter qu'il est cependant nécessaire, pour que la solution analytique ait un sens physique, que les valeurs trouvées pour les différentes résistances soient positives.

On peut encore se proposer de déterminer la répartition des courants de retour dans les différentes artères de telle sorte que les points où toutes les artères se raccordent aux rails soient tous au même potentiel

Le système des équations à résoudre comprend alors :

la relation (1),

les  $p$  équations (4)

auxquelles il faut ajouter les  $(p - 1)$  équations (6)

$$(6) \quad V_1 = V_2 = \dots = V_k = \dots = V_p$$

Soit au total,  $(2p)$  équations pour calculer  $2p$  inconnues (valeurs des  $I_{v_k}$  et des  $V_k$ ). La solution de ce problème est donc complètement déterminée.

On peut enfin se proposer de rechercher quelle est la distribution des courants dans un réseau de rails, lorsque les artères de retour ont une résistance définie à l'avance.

Soient encore  $V_k$  la valeur du potentiel au point d'attache de l'artère  $F_k$ ;  $R_k$  la résistance de cette artère.

Le système des équations à résoudre comprend alors :

la relation (1),

les  $p$  équations (4),

les  $(p - 1)$  équations (5).

Soit  $2p$  équations pour calculer  $2p$  inconnues (valeurs de  $I_{v_k}$  et de  $V_k$ ). La solution du problème est encore déterminée.

6° Quoi qu'il en soit, lorsque sont déterminées les valeurs de l'intensité des courants sortant par chaque artère, on peut, au moyen des équations (3), calculer la distribution des potentiels le long des rails, le potentiel de référence étant celui d'un point arbitrairement choisi au début. Ceci permet déjà de s'assurer que les chutes de tension moyennes par mètre, et les chutes de tension moyennes entre deux points quelconques du réseau n'excèdent pas les valeurs-limites indiquées dans les paragraphes 13°, 14° et 15° du chapitre B des Recommandations.

Ce qu'il serait intéressant de connaître, pour déterminer l'importance des courants circulant dans le sol susceptibles de provoquer l'électrolyse, ce serait la différence de potentiel existant entre les rails et le sol. En effet, la valeur de la densité du courant, sortant des rails pour entrer dans le sol, ou sortant du sol pour rentrer dans les rails, est en chaque point proportionnelle :

à la différence existant entre le potentiel du rail et le potentiel du sol;

à un certain coefficient représentant la perditance de la voie par rapport au sol.

Désignons donc par  $i_M$  la densité, en un point quelconque  $M$ , du courant sortant des rails pour entrer dans la terre. Si en ce point le courant sortait du sol pour rentrer dans les rails,  $i_M$  serait négatif.

Soit encore  $V_M$  le potentiel du rail au point  $M$ ,

$V_{Ms}$  le potentiel du sol au voisinage du point  $M$ , mesuré à partir du potentiel de référence arbitrairement choisi dont il a été question auparavant. Soit en outre  $C_M$  le coefficient représentant la perditance de la voie au point  $M$  par unité de longueur de voie.

On a :

$$(6 \text{ bis}) \quad i_M = C_M (V_M - V_{M\epsilon})$$

Cependant, les variations du potentiel du sol, le long des rails d'un réseau de traction électrique, sont toujours considérablement plus faibles que les variations du potentiel du rail lui-même.

Ainsi peut-on admettre que l'on ne commet qu'une erreur petite dans l'expression de la densité des courants s'échangeant entre les rails et la terre, lorsque l'on attribue une même valeur moyenne  $V_0$  au potentiel du sol en tous points.

Lorsqu'il s'agit d'un réseau dont un des points est relié à une bonne prise de terre, on doit évidemment admettre que le potentiel de ce point est justement égal au potentiel  $V_0$ .

Lorsqu'il s'agit au contraire d'un réseau de traction ne comportant, en aucune de ses parties, de mise franche à la terre et ayant des artères de retour bien isolées, on peut évaluer la valeur moyenne  $V_0$  du potentiel du sol à partir des considérations suivantes :

On sait qu'en pareil cas, la somme des courants sortant des rails vers la terre est égale à la somme des courants rentrant dans les rails: autrement dit, la somme algébrique de tous les courants sortant des rails (ou rentrant dans les rails) est nulle.

Cette condition s'écrit :

$$(7) \quad \int C_M (V_M - V_0) dl = 0,$$

l'intégrale étant étendue à toute la longueur du réseau des rails.

On en tire :

$$(8) \quad V_0 = \frac{\int C_M V_M dl}{\int C_M dl}$$

En ce qui concerne les valeurs à attribuer aux coefficients de perditance  $C_M$ , l'expérience a montré qu'il est permis d'admettre que ces coefficients conservent la même valeur sur toute la longueur d'un réseau s'il est fait partout usage d'un même genre de rail, et si les rails sont posés partout de la même manière. En pareil cas, ces coefficients s'éliminent de la formule (8). Quand il n'en est pas ainsi, il convient de partager l'ensemble du réseau en régions dans lesquelles on peut attribuer à ces coefficients une

valeur uniforme. Il suffit d'ailleurs, pour le calcul, que ces coefficients soient déterminés à un facteur constant près.

On peut alors adopter par exemple, pour les valeurs de C :

$$\begin{aligned} C &= 1 && \text{pour une double voie avec rails à gorge;} \\ C &= 0,7 && \text{— simple voie avec rails à gorge;} \\ C &= 0,1 && \text{— simple voie avec rails Vignole.} \end{aligned}$$

Grâce à cette circonstance, on peut donner de la formule (8) une expression plus développée.

Considérons une section de voie — au sens défini dans les Recommandations — ou plus précisément la partie d'une section de voie pour laquelle on peut attribuer à C une valeur uniforme.

Soient A et B les extrémités de cette partie de la section,

L la longueur de cette section,

J la valeur moyenne de l'intensité totale du courant d'alimentation entrant dans cette section,

$V_A$  et  $V_B$  les potentiels des points A et B, mesurés à partir du potentiel de référence dont il a été question jusqu'ici.

Pour cette partie de la section, on doit former l'intégrale :

$$\int_A^B V_x dl.$$

Or, si  $l$  est la distance séparant le point M du point A, on a, en vertu de la loi d'Ohm :

$$V_x = V_A + r \int_A^M \left( I_A + J \frac{l}{L} \right) dl,$$

$r$  représentant la résistance de la voie, par unité de longueur,

$I_A$  l'intensité du courant traversant la voie au point A, comptée positivement dans le sens de B vers A.

On a donc :

$$V_x = V_A + r l I_A + r \frac{J l^2}{L 2}$$

En particulier,

$$V_B = V_A + rL I_A + r \frac{J}{L} \frac{L^2}{2}$$

Dès lors :

$$\begin{aligned} \int_A^B V_m dl &= L \left( V_A + r I_A \frac{L}{2} + r \frac{J}{L} \frac{L^2}{6} \right) \\ &= \frac{L}{2} (V_A + V_B) - \frac{L^2}{12} r J. \end{aligned}$$

En général, même pour une section un peu longue, le terme du second degré en L est négligeable. Il reste alors :

$$\int_A^B V_m dl = \frac{L}{2} (V_A + V_B).$$

Et l'expression de  $V_0$  peut s'écrire :

$$V_0 = \frac{\sum CL (V_A + V_B)}{2 \sum CL}$$

la sommation étant étendue à toutes les sections du réseau de traction.

Lorsque les calculs précédents ont été effectués, on peut former pour chaque point du réseau la différence  $V_m - V_0$ , et s'assurer alors qu'en aucun point ces différences ne dépassent la valeur de 0,8 volt indiquée dans le paragraphe 16° du chapitre B des Recommandations.

S'il n'en est pas ainsi, cela signifie que le nombre des artères de retour est trop petit, ou que les résistances de ces artères sont insuffisamment équilibrées, ou encore que l'emplacement des points de raccordement des artères aux rails n'a pas été judicieusement choisi.

Il convient alors d'étudier, comme ci-dessus, une configuration d'artères de retour ou de rails satisfaisant aux conditions prescrites.

---

ANNEXE 2

*au Projet de recommandations concernant les mesures à prendre pour la protection des câbles contre la corrosion électrolytique.*

*Méthodes de mesures électriques concernant la corrosion électrolytique.*

La corrosion électrolytique étant due aux courants vagabonds qui sortent des enveloppes métalliques des câbles, il serait désirable de mesurer directement l'intensité des courants vagabonds dans ces enveloppes elles-mêmes ou dans la terre aux points d'entrée et de sortie de ces courants. Il existe divers procédés, dont le principe est rappelé ci-après, pour effectuer de telles mesures.

D'autre part, les courants vagabonds sont causés par les différences de potentiel qui existent entre les rails et le sol et sont d'autant plus importants, toutes choses égales d'ailleurs, que la résistance de la voie est plus grande. Par suite, il est utile au premier chef, pour s'assurer des conditions d'un réseau de tramways, de procéder aux mesures de différences de potentiel et de chutes de tension et aux mesures de résistance des joints de rails, préconisées.

I. — MESURE DE L'INTENSITÉ DES COURANTS VAGABONDS

A) *Dans l'enveloppe métallique du câble;*

B) *Dans la terre, à l'entrée ou à la sortie de l'enveloppe métallique du câble.*

A. — *Mesure de l'intensité des courants vagabonds dans l'enveloppe du câble.*

L'intensité du courant qui circule dans l'enveloppe métallique d'un câble peut être mesurée par un des cinq procédés suivants :

1° On peut déduire l'intensité du courant vagabond circulant dans une longueur déterminée de l'enveloppe métallique, de la mesure de la différence de la chute de tension entre les deux extrémités après avoir calculé la résistance électrique de la longueur considérée de l'enveloppe, connaissant les dimensions géométriques et la résistivité du métal. Mais ce procédé présente des causes d'erreur par suite des irrégularités de l'enveloppe et à cause de l'amortissement des oscillations du voltmètre shunté par la faible résistance de l'enveloppe;

2° On peut, pour mesurer l'intensité des courants vagabonds circulant dans l'enveloppe métallique d'un câble, interrompre cette enveloppe et y intercaler un ampèremètre de résistance aussi faible que possible (pratiquement de 1/100 à 1/10 d'ohm);

3° Pour éviter d'interrompre la continuité de l'enveloppe métallique du câble, on peut compenser, au moyen d'une batterie auxiliaire associée à un rhéostat et à un ampèremètre, le courant qui circule dans cette enveloppe; un instrument de mesure sensible, à courte durée d'oscillation propre et de préférence sur pivot (instrument de zéro) <sup>(1)</sup>, permet de constater que cette compensation est bien réalisée. Le montage est représenté ci-après :

4° Au lieu de compenser le courant, on peut compenser directement la chute de tension le long de l'enveloppe métallique du câble conformément au schéma ci-contre, mais on est alors obligé de calculer le courant qui circule dans cette enveloppe, connaissant la résistance de cette enveloppe;

5° On peut enfin déduire l'intensité  $i$  du courant qui circule dans l'enve-

(1) En ce qui concerne cet instrument de zéro, on doit utiliser un galvanomètre très sensible à une différence de potentiel appliquée à ses bornes, et ayant une courte période transitoire, étant donné les variations rapides de l'intensité des courants vagabonds qui s'écoulent dans l'enveloppe d'un câble soumis à des risques de corrosion. Par contre, la sensibilité du galvanomètre à l'égard du courant qui le traverse n'a pas besoin d'être particulièrement grande. Par suite, les galvanomètres à faible résistance conviennent mieux pour de telles mesures que les galvanomètres à grande résistance.

L'Administration allemande des téléphones utilise en général un galvanomètre à pivot et à lecture directe ayant une résistance d'environ 5 ohms et une sensibilité (à l'égard de la tension appliquée) telle qu'une division de l'échelle corresponde à une tension de 30 microvolts, ce qui suffit pour la majorité des mesures à effectuer en service courant. On dispose, d'autre part, d'un galvanomètre ayant une sensibilité deux fois plus grande, ainsi que du galvanomètre à boucle de Zeiss dont la sensibilité est de dix à cent fois plus grande; la résistance de ce dernier galvanomètre atteint 5 à 10 ohms; avec ce galvanomètre de Zeiss, il est possible de mesurer des courants dans des tuyaux, dont l'intensité est de quelques milliampères seulement.

Les galvanomètres à miroir qui, dans la technique des télécommunications, sont utilisés seulement pour les mesures d'isolement ont une sensibilité suffisante, mais leur période transitoire est trop longue. Les galvanomètres à suspension et à lecture directe qui sont aussi parfois utilisés dans les mesures d'isolement auraient en général une sensibilité insuffisante à l'égard de la différence de potentiel appliquée à leurs bornes.

L'Administration britannique, pour la mesure de l'intensité du courant circulant dans l'enveloppe d'un câble, utilise, dans l'appareil appelé « Tester N° 36 » :

1° un voltmètre comportant 3 graduations avec le zéro au milieu :

1,25 — 0 — 1,25 millivolt  
25 — 0 — 25 millivolts  
250 — 0 — 250 millivolts

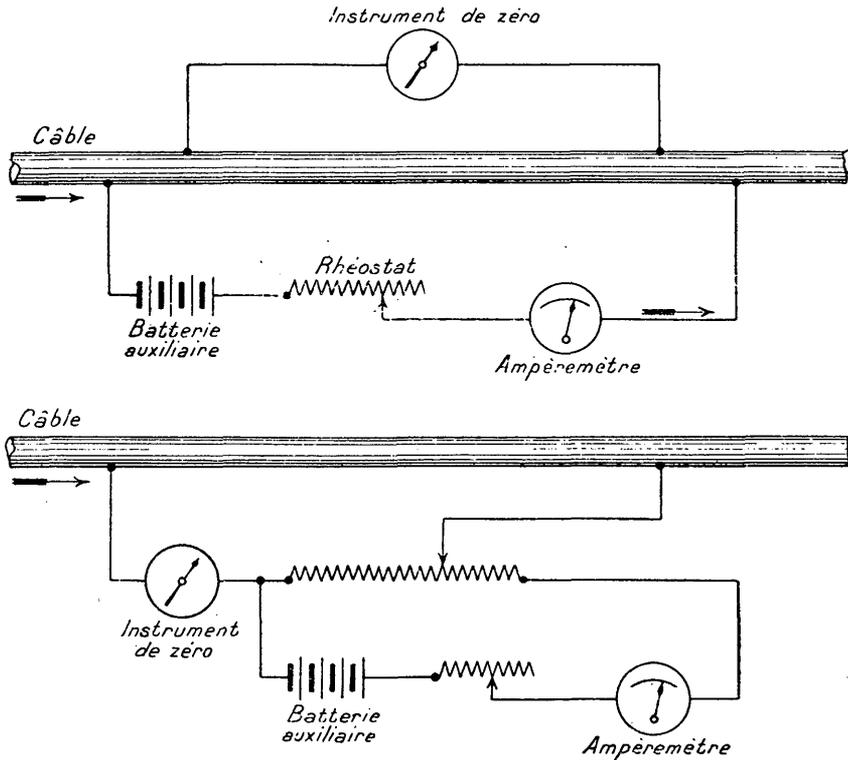
Quand on utilise l'échelle de 250 millivolts, la résistance est égale à 2000 ohms.

2° un ampèremètre ayant trois échelles :

0 — 50 milliampères  
0 — 500 milliampères  
0 — 5000 milliampères.

Quand on utilise l'échelle de 50 milliampères, la résistance est égale à 0,216 ohm; elle a des valeurs correspondantes pour les autres échelles.

loppe. du câble et la résistance  $x$  de cette enveloppe, de deux lectures successives sur un galvanomètre branché entre les deux extrémités de ladite



enveloppe. Le schéma de montage est représenté ci-après et la théorie est la suivante. Soit  $i$  l'intensité du courant vagabond dans l'enveloppe du câble à l'instant où l'on fait la mesure.

On superpose à ce courant un autre courant  $i_1$ , fourni par une batterie auxiliaire et mesuré par un ampèremètre. Le courant  $i_1$  est aussi grand que possible et la résistance du rhéostat est assez grande pour que le courant vagabond ne se dérive pas sensiblement par elle. On lit une déviation  $d$  sur le galvanomètre. On inverse alors tout de suite et rapidement les pôles de la batterie et on lit une nouvelle déviation  $d'$ .

Si  $k$  désigne un coefficient numérique constant dépendant du galvanomètre, on a :

$$(i + i_1)X = kd$$

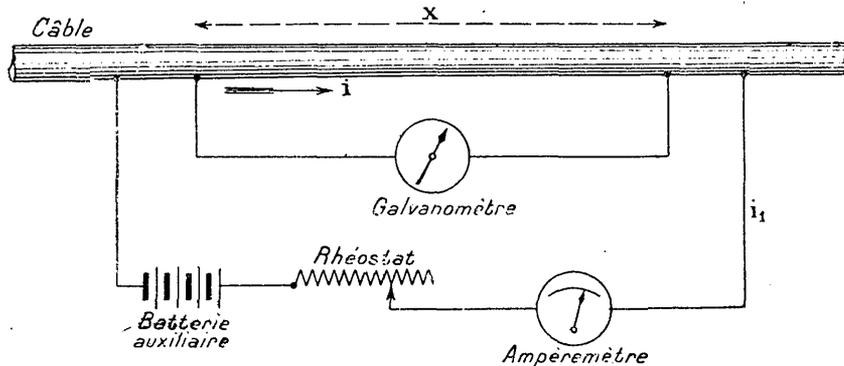
$$(i - i_1)X = kd'$$

D'où l'on tire :

$$i = i_1 \frac{d + d'}{d - d'}$$

et

$$X = k \frac{d - d'}{2i_1}$$



B. — *Mesure de l'intensité des courants vagabonds dans la terre à l'entrée ou à la sortie de l'enveloppe du câble.*

L'expérience a montré qu'un courant de 0,75 mA s'échappant par  $\text{dm}^2$  d'une conduite en fer est dangereux au point de vue de la corrosion de cette conduite. La valeur correspondante pour les enveloppes de plomb est en raison inverse des équivalents électrolytiques du fer et du plomb.

Il existe trois procédés pour la mesure de ce courant :

1° Le procédé Haber, qui utilise deux électrodes non polarisables, de surface connue, enfouies dans le sol à une distance connue l'une de l'autre et reliées à travers un milliampèremètre. Ce procédé ne donne que la valeur moyenne de la densité des courants vagabonds dans le sol et, d'autre part, la mise en place de ces plaques altère la distribution des courants vagabonds dans le sol.

2° Un procédé, à l'étude actuellement en Suisse, utilise des électrodes non polarisables de petites dimensions placées dans un trou de petit diamètre que l'on fore dans le sol au voisinage du câble.

Cette méthode permet de mesurer, pour chaque position des électrodes dans le trou : a) le courant qui circule entre elles par le sol, et b) la résis-

tance spécifique de la portion du sol comprise entre ces électrodes. On peut par suite complètement explorer les filets de courants vagabonds.

3° Un autre procédé appliqué en Allemagne utilise une électrode métallique reliée à l'enveloppe métallique du câble par un milliampèremètre. On emploie comme électrode un cylindre de surface connue prélevé sur une enveloppe identique à celle du câble, rempli de goudron. On attend quelques instants avant d'effectuer une lecture du milliampèremètre, afin de permettre à l'accumulateur constitué par l'électrode et l'enveloppe de se décharger.

## II. — MESURES DES DIFFÉRENCES DE POTENTIEL ET DES CHUTES DE TENSION

Pour mesurer la différence de potentiel entre un point du rail et un point de l'enveloppe métallique du câble, on utilise un millivoltmètre de résistance élevée relié à deux prises de contact. Pour éviter des causes d'erreurs dues à l'humidité, ces prises sont de préférence du même métal que les objets avec lesquels elles sont en contact. Les contacts doivent être aussi bons que possible et présenter une résistance aussi faible que possible. Il est avantageux que l'instrument de mesure ait son zéro au centre de sa graduation; son équipement mobile doit avoir une très faible durée d'oscillation propre (1).

Il convient dans cette mesure de tenir compte de la force électromotrice du couple électrolytique local, constitué par les deux prises de contact de métaux différents.

Pour mesurer la chute de tension entre deux points du rail, on emploie des dispositions analogues; aucune correction n'est à faire parce que les prises de contact sont de métaux identiques. Lorsque les deux points de la voie considérés entre lesquels on veut mesurer la chute de tension totale

(1) Pour la mesure des différences de potentiels entre câble et terre ou entre câble et rail, l'Administration britannique utilise le voltmètre n° 26, qui comporte trois échelles avec un zéro au milieu :

0,25 volt — 0 — 0,25 volt	Résistance 1000 ohms
2,50 volts — 0 — 2,50 volts	Résistance 10000 ohms
12,5 volts — 0 — 12,5 volts	Résistance 50000 ohms

Enfin, l'Administration britannique emploie également dans les essais relatifs à la corrosion électrolytique des galvanomètres Zeiss dont les caractéristiques sont les suivantes : La résistance est comprise entre 5 et 7 ohms et un courant de  $3 \times 10^{-7}$  ampère donne une déviation d'une division lue avec un microscope de grossissement égal à 80. Dans l'utilisation courante, ces galvanomètres sont agencés de manière à obtenir un enregistrement continu sur film photographique.



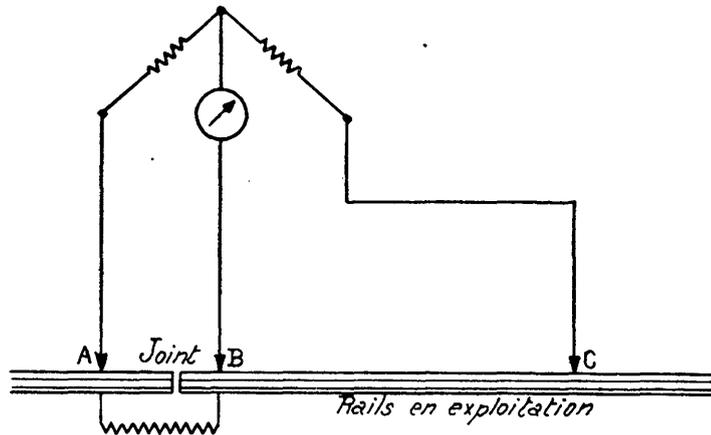
sont assez éloignés, on a recours à des fils-pilotes, et il faut introduire un facteur de correction pour tenir compte de la résistance électrique de ces fils.

### III. — MESURES DE LA RÉSISTANCE DES JOINTS DE RAILS

Il existe deux procédés utilisant respectivement la méthode du pont de Wheatstone et une méthode de comparaison :

#### 1° Méthode du pont de Wheatstone :

On compare dans le pont de Wheatstone la résistance A-B du joint à la



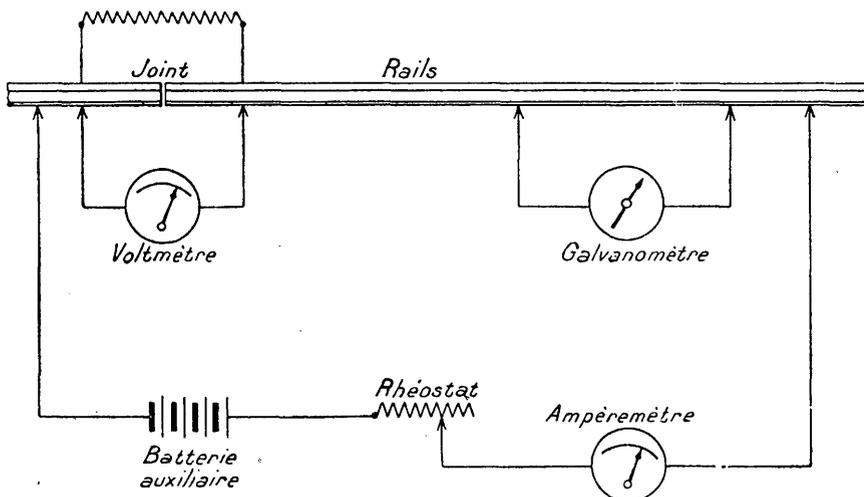
résistance B-C d'une certaine longueur de rail. La différence de potentiel produite entre les points A et C par le courant de traction qui circule dans le rail sert de pile; un galvanomètre sert d'instrument de zéro.

#### 2° Méthode de comparaison :

La mesure s'effectue lorsqu'il ne circule aucun courant de traction dans les rails.

Le schéma de cette méthode est le suivant :

Il faut disposer d'une batterie auxiliaire, d'un rhéostat, d'un voltmètre et d'un galvanomètre. On règle le rhéostat pour que la déviation du galva-



nomètre soit constante et bien déterminée. Dans ce cas, la graduation du voltmètre, dont l'échelle est calibrée en mètres de rails, indique directement la résistance du joint en longueur équivalente de rail.

**PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK**

**PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT**

## TROISIÈME PARTIE

### **Protection des câbles téléphoniques contre la corrosion due aux actions chimiques (1).**

*Projet de recommandations concernant les mesures à prendre pour la protection des câbles contre la corrosion due aux actions chimiques.*

*Définition.* — Un métal se corrode lorsque sa surface se ronge et se recouvre d'un produit non adhérent. Celui-ci étant enlevé, on constate habituellement que l'objet métallique a perdu une partie de son poids.

#### *Causes principales des corrosions chimiques.*

Le plomb peut être attaqué aussi bien par les bases que par les acides. Pourtant, c'est un des métaux les plus résistants au point de vue chimique.

Le plomb ne devrait jamais entrer en contact direct ni avec du ciment pur, ni avec des mortiers renfermant de la chaux, ni avec des corps alcalins. Les escarbilles (cinders) sont également dangereuses pour le plomb. Il peut se produire aussi de la corrosion chimique dans certains terrains où il existe des acides organiques résultant de la décomposition du bois ou d'autres matières végétales. Certaines espèces de bois semblent attaquer le plomb; on a reconnu que le bois de chêne en particulier produit de la corrosion. Les eaux d'égout sont nuisibles. Le plomb ne se dissout pas dans les eaux crues; mais les eaux douces, en particulier, les eaux des marais renfermant des acides organiques, l'attaquent.

#### *Plomb et alliages.*

Les câbles téléphoniques sont logés dans des enveloppes en plomb de trois types différents :

- a) Plomb commercialement pur;
- b) Alliage renfermant de 1 à 3% d'étain;
- c) Alliage renfermant 1 % d'antimoine.

(1) Le texte ci-après, relatif à la protection des câbles téléphoniques contre la corrosion due aux actions chimiques date de l'Assemblée plénière de Como 1927 du C. C. I. F. Il doit faire l'objet d'une prochaine révision et doit donc être considéré comme provisoire.

Il n'est pas possible, à l'heure actuelle, d'affirmer lequel de ces trois types d'enveloppes de câbles est le plus résistant à la corrosion chimique : les données recueillies à ce sujet sont en contradiction les unes avec les autres. Cependant, il est certain que les alliages présentent une supériorité en ce qui concerne la résistance mécanique.

*Règles relatives à l'établissement des lignes de câbles.*

a) *Câbles dans le sol :*

Sauf s'ils sont recouverts d'une couche protectrice ou de matière chimiquement neutre, les câbles sous plomb ne doivent pas être posés directement dans le sol.

b) *Câbles en conduites :*

Le choix entre les différents types de conduite (tubes de fer, béton, grès, bois, etc...) se fait principalement suivant des considérations techniques et économiques, les câbles en conduites se trouvant, normalement, assez efficacement protégés contre les actions chimiques des constituants du sol.

Un copieux enduit de vaseline, appliqué au moment de la pose sur la surface des enveloppes des câbles, aidera à combattre la corrosion chimique.

On doit rendre les conduites aussi étanches que possible sans toutefois qu'il en résulte des dépenses hors de proportion.

S'il est impossible de protéger les conduites contre l'infiltration de liquides nocifs, on posera, le cas échéant, des câbles dont l'enveloppe aura été recouverte d'une couche protectrice imprégnée d'un composé préservateur.

Toute disposition utile doit être prise pour garantir et maintenir l'étanchéité parfaite de cette couche.

Une expérience étendue a montré que, dans un réseau bien entretenu de canalisations en béton, dont les éléments ont été suffisamment séchés au préalable et pourvus, à l'intérieur, d'un enduit chimiquement neutre, les dégâts sont pratiquement négligeables au point de vue de l'exploitation et de l'entretien.

Si l'on se sert de canalisations en bois, celui-ci doit être préalablement imprégné d'une substance préservatrice qui, de plus, n'attaque pas le plomb.

---

ANNEXE

*aux recommandations concernant les mesures à prendre pour la protection des câbles contre la corrosion due aux actions chimiques.*

*Méthode permettant de constater s'il s'agit de la corrosion chimique ou de la corrosion électrolytique.*

En posant les câbles dans des conduites ou dans des caniveaux, on évite tout contact direct de l'enveloppe avec le sol, mais il est impossible d'empêcher radicalement les infiltrations d'eau; cette eau peut provenir de la surface du sol et pénétrer dans les conduites par les regards des canalisations ou par les points où les conduites sont raccordées l'une à l'autre; elle peut évidemment renfermer, en quantité variable, les corps existant dans le sol voisin; dans tous les cas de corrosion, il faut rechercher si les dégâts sont dus à la corrosion chimique ou bien à l'action électrolytique engendrée par les courants vagabonds.

Il est certain qu'on serait beaucoup aidé dans les recherches si, chaque fois, on pouvait dire quelle est la cause des dégâts d'après l'aspect extérieur des enveloppes attaquées. Mais les résidus de la corrosion, soit chimique, soit électrolytique, varient suivant la nature des matières avec lesquelles l'enveloppe entre en contact. Lorsque le plomb reste exposé pendant longtemps à l'action de l'air ou du sol, les produits de la corrosion sont habituellement un mélange d'hydroxyde de plomb et de carbonate de plomb, analogue à la céruse vendue dans le commerce. Lorsqu'au voisinage des enveloppes, on trouve des sels chimiques tels que chlorures, sulfates, nitrates, les composés de plomb correspondants en résulteront. Ces produits peuvent résulter de la corrosion ordinaire ou de la corrosion électrolytique. L'étude de la constitution des produits de corrosion ne donne pas, par elle-même, une indication suffisamment précise pour décider s'il s'agit de l'une ou de l'autre. Il est cependant un composé du plomb dont la présence dans les produits de la corrosion permet d'affirmer l'origine électrolytique, par courants vagabonds, de la corrosion. Il s'agit du peroxyde de plomb ( $PbO^2$ ). La couleur rouge brunâtre de ce composé et ses réactions chimiques sont caractéristiques; il est facile d'en constater la présence alors même qu'il n'existe qu'en quantité très faible. Cependant, s'il est vrai que la présence de peroxyde de plomb peut être considérée comme un indice suffisant de l'existence d'électrolyse par

courants vagabonds, son absence, dans un certain cas, n'établit pas que la corrosion n'est pas d'origine électrolytique.

L'électrolyse par courants vagabonds ne donne pas forcément lieu à formation de peroxyde; d'ailleurs, une fois formé, ce composé est facilement décomposé au contact de matières organiques réductrices; le courant électrique qui a formé cet oxyde peut, lorsque son sens s'inverse, le détruire.

Il est utile d'analyser les résidus prélevés sur les enveloppes en plomb attaquées, en vue de s'assurer s'ils renferment ou non du peroxyde. Un des réactifs utilisés à cette fin est formé d'une solution étendue de 5% au plus de tétraméthyl-diaminodiphénylméthane dans une solution d'acide acétique à 50 %.

On fait tomber sur une assiette blanche renfermant un peu de réactif les sels déposés sur les enveloppes attaquées; si, dans la masse du liquide, il se forme des bandes bleu clair, c'est que les sels renferment du peroxyde de plomb. Au cas où il n'existe que des traces infimes de  $PbO_2$ , il faut attendre 10 à 20 secondes avant que le précipité se forme.

Il est à noter que certaines autres matières oxydantes, y compris les composés du cuivre, produisent la même réaction; mais dans le cas de corrosion des enveloppes des câbles, il y a beaucoup de chances pour que ces matières soient généralement absentes.

En Allemagne, on a recours à une autre méthode pour trouver la cause de la corrosion; elle consiste à comparer entre elle la quantité de chlorure de plomb existant dans les produits de la corrosion et la proportion de ce sel existant dans le sol au voisinage des points attaqués. Si les produits de la corrosion renferment une proportion plus grande de chlorure de plomb que la proportion constatée dans le sol, on admet que cette corrosion doit être imputable au passage d'un courant électrique.

---

## QUATRIÈME PARTIE

### Constitution des enveloppes des câbles téléphoniques.

#### AVIS N° 1.

#### *Impuretés des constituants des enveloppes de câbles.*

#### LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

#### Considérant

qu'à l'heure actuelle la variété des alliages utilisés pour constituer l'enveloppe des câbles téléphoniques est très grande, et que l'origine des métaux employés dans les divers pays pour cette fabrication est très diverse;

qu'en toute rigueur, les différentes impuretés présentes ne contribuent pas de la même manière à modifier les propriétés mécaniques de tous les alliages utilisés;

que d'ailleurs on ne dispose pas de renseignements suffisamment complets sur les effets que peut avoir la présence des différentes impuretés qui sont susceptibles de se rencontrer,

Emet, à l'unanimité, l'avis

Qu'il ne semble pas utile, en général, d'introduire dans les cahiers des charges pour la fourniture des câbles téléphoniques une clause relative à la proportion admissible des corps autres que les constituants normaux;

Qu'il semble préférable de fixer certaines exigences auxquelles les enveloppes fabriquées doivent répondre.

---

AVIS N° 2.

*Elasticité des enveloppes de câbles.*

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

Considérant

que l'élasticité des enveloppes des câbles, comme en général leurs diverses propriétés chimiques, dépend principalement de leur composition chimique et de leur structure;

qu'à l'heure actuelle on dispose d'une large gamme d'alliages présentant des qualités élastiques variées;

que, suivant le mode de pose et les conditions d'installation des câbles, il peut être avantageux de rechercher la prédominance de certaines qualités;

que quelques mesures de surveillance de la fabrication et de vérification des câbles lors de leur réception, semblent assurer la garantie que l'enveloppe aura les qualités propres de l'alliage spécifié dans le cahier des charges,

Emet, à l'unanimité, l'avis

Qu'il y a intérêt à indiquer, dans le cahier des charges, la constitution de l'alliage ou des alliages qui doivent être utilisés, le choix étant déterminé de manière que le câble possède les qualités les plus convenables à l'usage qui doit en être fait;

Qu'il est recommandable de s'assurer que les méthodes de fabrication garantissent au métal un traitement thermique approprié et régulier, et évitent la formation sur l'enveloppe, de sections longitudinales insuffisamment résistantes;

Qu'il est également recommandable de s'assurer, en cours de réception, d'une part, que sur toute la longueur de l'enveloppe, la teneur des constituants est conforme aux stipulations du cahier des charges; d'autre part, que toutes les sections de l'enveloppe sont de composition et de structure homogènes.

---

## CINQUIÈME PARTIE

### A. — Questions de protection contre les perturbations dont l'étude doit être entreprise ou poursuivie par la 1<sup>re</sup> Commission de rapporteurs en 1937 et 1938.

*Question N° 1* (Catégorie A2). — *a*) Etude de la tension perturbatrice équivalente et, s'il y a lieu, du courant perturbateur équivalent des installations d'énergie et de traction à courant alternatif et à courant continu.

*b*) Limite des valeurs normales du facteur téléphonique de forme de la tension — en fonction de la charge — à observer dans la construction des diverses sortes de machines et appareils.

*Remarque.* — L'état actuel de cette question est exposé dans l'annexe suivante.

#### ANNEXE

(à la question N° 1)

Des mesures de la *tension perturbatrice équivalente* et du *courant perturbateur équivalent* ont été faites dans quelques pays au moyen de psophomètres répondant à la spécification établie à Budapest en 1934. Mais les résultats obtenus jusqu'à présent ne sont pas suffisamment nombreux pour qu'on puisse en déduire actuellement des valeurs moyennes représentatives de ces deux grandeurs : tension perturbatrice équivalente et courant perturbateur équivalent. Il a semblé pourtant utile de mentionner certains des résultats obtenus, afin que l'on puisse se faire une idée des valeurs auxquelles on doit s'attendre dans le cas des diverses sortes d'installations d'énergie et de traction.

Les résultats figurant ci-dessous doivent donc être considérés seulement comme des indications et non comme des valeurs homologuées. Ces résultats sont en partie déjà mentionnés dans le compte rendu de la 4<sup>e</sup> Réunion plénière de la C. M. I.; on a complété les renseignements contenus dans ce compte rendu par quelques valeurs mesurées sur des redresseurs, afin de montrer de quelle façon la *tension perturbatrice équivalente* varie suivant la charge et, dans le cas où il s'agit de redresseurs à grilles, suivant le *taux de commande*.

Les divers résultats de mesures ont été obtenus soit en insérant entre le psophomètre et l'installation d'énergie étudiée un dispositif additionnel ayant pour effet de multiplier par la fréquence correspondante l'amplitude relative de chaque harmonique, soit en ne faisant pas intervenir ce dispositif. Dans le premier cas l'indication du résultat de la mesure est suivie du signe xf; dans le second du signe x1 ( $\equiv$  fois 1).

*Tableau des résultats de mesure de la tension perturbatrice équivalente de diverses installations d'énergie.*

I) *Redresseurs sans grilles :*

- 1) Redresseurs hexaphasés. . . . . 2 à 4,5 % (x1)
- 2) — dodécaphasés. . . . . { 1 à 1,5 % (x1)  
0,9 à 2,2 % (xf)

II) *Redresseurs avec grilles :*

1) Redresseurs hexaphasés :

Taux de commande : 1,0 . . . . . { jusqu'à 3,3 % (x1)  
— 3 % (xf)

Taux de commande : 0,8 . . . . . { jusqu'à 12 % (x1)  
— 11 % (xf)

Résultats d'essais systématiques effectués sur des appareils en service :

a) un redresseur de 75 kW (750 V, 100 A)

TAUX DE COMMANDE	FACTEUR TÉLÉPHONIQUE DE FORME DE LA TENSION	
	à pleine charge	à 1/3 de la pleine charge
1,0	2,7 % (x1)	2,8 % (x1)
0,9	3,7 % (x1)	7,3 % (x1)
0,8	4,8 % (x1)	9,1 % (x1)

b) un redresseur de 220 kW (440 V, 500 A)

TAUX DE COMMANDE	FACTEUR TÉLÉPHONIQUE DE FORME DE LA TENSION	
	à 3/4 de la pleine charge	à 1/4 de la pleine charge
1,0	3,1 % (x1)	2,6 % (x1)
0,9	6,9 % (x1)	9,5 % (x1)
0,8	9,3 % (x1)	12,1 % (x1)

2) Redresseurs dodécaphasés :

Taux de commande : 1,0.....	}	jusqu'à 2 % (x1)
Taux de commande : 0,9.....		— 2,4 % (xf)
		jusqu'à 5,5 % (x1)

III) Lignes monophasées :

(Fils de contact de chemins de fer à courant alternatif)

1) Mesures dans une sous-station :

0,1 à 0,25 % (xf)

2) Mesures sur le fil de contact :

0,14 à 1,4 % (x1)

0,66 à 1,5 % (xf)

IV) Réseaux triphasés (Mesures faites entre deux phases) :

1) Réseaux en câbles :

a) 5 kV — Charge : redresseur hexaphasé

0,5 à 3,8 % (xf)

b) 6 kV — 0,4 à 0,7 % (x1)

0,1 à 0,3 % (xf)

c) 10 kV — Charge : redresseur dodécaphasé

1,0 à 1,65 % (x1)

1,1 à 2,1 % (xf)

2) Réseaux aériens :

a) 10 kV —

0,45 à 0,95 % (x1)

0,2 à 0,8 % (xf)

b) 20 kV —

0,25 à 0,72 % (x1)

0,10 à 0,51 % (xf)

c) 50 kV —

0,38 à 0,65 % (x1)

0,14 à 0,27 % (xf)

d) 110 kV — sans charge de redresseurs :

0,4 à 0,55 % (x1)

0,12 à 0,22 % (xf)

— avec charge de redresseurs :

jusqu'à 1,8 % (xf)

\*  
\*\*

*Question N° 2* (Catégorie A2). — Quelle est la valeur de la force électromotrice psophométrique produite par les lignes d'énergie électrique, qui peut être considérée comme admissible dans les différents cas sur les circuits téléphoniques?

*Remarque 1.* — Pour la solution de cette question, la 1<sup>re</sup> Commission de rapporteurs prendra pour base les réponses qui lui seront faites par les autres commissions compétentes, au questionnaire suivant :

1° Dans le cas de circuits en fils nus aériens non pourvus de répéteurs, quelle valeur peut-on admettre pour la force électromotrice psophométrique, déterminée au bout de la ligne interurbaine en fils nus aériens, à savoir à l'entrée du bureau, toute l'installation intérieure étant déconnectée au bureau où se fait la mesure. La ligne doit être fermée sur 600 ohms, au besoin au moyen d'un transformateur d'adaptation (voir ci-dessus page 24, Avis n° 5. — II. Méthode d'utilisation). On envisagerait à ce sujet les conditions les plus défavorables qui se présentent pratiquement dans le service téléphonique.

2° Dans le cas d'une ligne en câble, quelle valeur peut-on admettre dans les conditions de transmission les plus défavorables de la pratique pour la force électromotrice psophométrique déterminée au bout de la ligne interurbaine en câble, tout répéteur et toute autre installation intérieure étant déconnectés au bureau où se fait la mesure? La ligne doit être fermée sur 600 ohms, au besoin au moyen d'un transformateur d'adaptation (voir ci-dessus page 24. Avis N° 5. — II. Méthode d'utilisation).

Dans l'un et l'autre cas, étant donné le problème qu'a à résoudre la 1<sup>re</sup> Commission de rapporteurs, il doit être entendu que les valeurs de la force électromotrice psophométrique à indiquer à la 1<sup>re</sup> Commission de rapporteurs se rapporteront seulement aux bruits provenant de l'action électromagnétique des lignes d'énergie, à l'exclusion de toute autre cause de bruit.

#### ANNEXE

(à la question N° 2)

Des essais ont été effectués au Laboratoire du SFERT en vue de déterminer la valeur de la réduction de netteté due à la présence sur la ligne téléphonique d'une force électromotrice psophométrique.

Le programme de ces essais avait été fixé en plein accord avec les

administrations téléphoniques, et ses grandes lignes avaient été examinées par la Commission Mixte Internationale.

Parmi les résultats obtenus, ceux qui doivent être pris en considération avant tout autre, sont ceux qui concernent les essais faits avec un équivalent total de référence de 40 décibels, ce qui correspond notamment au cas d'une liaison à grande distance entre deux abonnés empruntant en partie des câbles et en partie des lignes aériennes de moyenne longueur quand l'équivalent de la ligne est d'environ 28 décibels (3,2 népers).

Le schéma de principe des essais qui avait été mis au point en 1935 est indiqué à la page 9 du document intitulé « Programme des expériences à effectuer au Laboratoire du SFERT d'octobre 1935 à février 1936 et relatives à l'effet des bruits de circuit ».

Ce schéma est celui d'une installation d'essai reproduisant d'une façon aussi exacte que possible les conditions des liaisons usuelles.

D'autre part, en plus de la mise au point de cette installation d'essai qui permet d'effectuer les mesures en tous les points intéressants (extrémités de la ligne, bornes du poste de l'abonné, bornes du récepteur), on a entre temps également mis au point la construction des psophomètres dont la courbe a été arrêtée d'une façon définitive en 1934 et dont le mode d'emploi a été fixé pour chacun des cas d'application pratique.

Enfin, la technique des essais portant sur la mesure de la réduction de netteté s'est précisée peu à peu au cours des dernières années : les essais dont il est rendu compte ont été effectués suivant les méthodes qui ont été reconnues comme les plus sûres (essais alternés).

Le tableau suivant indique les résultats principaux obtenus au cours de la dernière série de ces essais. Ceux-ci ont été effectués en présence d'un bruit de salle de 45 décibels au-dessus du seuil d'audibilité.

FORCE ELECTROMOTRICE PSOPHOMETRIQUE	5 mV	10 mV
<i>Nature du bruit</i>	<i>Réduction de netteté (1)</i>	
Redresseur hexaphasé .....	7,3	13,6
Mélange de fréquences (350, 450, 550, 650)...	4,5	15,9
Moyenne générale.....	5,9	14,7

(1) Note. - Réduction de netteté =  $\frac{n_1 - n_2}{n_1} \times 100$ ,  
 $n_1$  étant la valeur de la netteté en l'absence du bruit de circuit ;  
 $n_2$  la valeur de la netteté en présence du bruit de circuit.

Les valeurs indiquées dans ce tableau sont les moyennes des valeurs

obtenues en utilisant à la réception des postes téléphoniques allemands, britanniques et français, chacun de ces postes étant monté comme il l'est dans ses conditions normales de service.

On constate donc qu'à une valeur de la force électromotrice psophométrique de 5 mV correspond, dans ces essais, une réduction de netteté d'environ 6 %.

Il faut cependant remarquer que les résultats mentionnés ci-dessus proviennent seulement d'essais effectués en dehors de l'exploitation réelle et ne considèrent qu'un des éléments importants qui interviennent dans l'étude du problème. En réalité, pour apprécier la gêne réellement apportée à l'échange des conversations, il faut tenir compte du mécontentement des abonnés qui présentent des réclamations et des plaintes. Or, d'après ce dernier criterium, les observations faites récemment par diverses administrations ont montré que la limite de 5 mV provisoirement admise était souvent trop élevée.

Il a donc été reconnu nécessaire de poursuivre l'étude de la question en vue de fixer définitivement la limite de force électromotrice psophométrique admissible. Si l'on devait fixer cette limite dans l'état actuel des connaissances, les administrations téléphoniques seraient amenées à envisager une valeur inférieure à 5 mV.

\*\*

*Question N° 2 bis* (Catégorie B). — Statistiques sur le nombre des plaintes des abonnés en fonction de la valeur de la force électromotrice psophométrique induite sur le circuit téléphonique.

*Remarque.* — Le procédé qui consiste à mesurer la réduction de netteté d'un circuit téléphonique en fonction de la valeur de la force électromotrice psophométrique observée sur ce circuit ne constitue qu'un des moyens permettant de constater la réduction de la qualité de la transmission téléphonique apportée par des bruits de circuit. D'ailleurs, ce procédé ne peut être appliqué qu'au laboratoire et avec des équipes spécialisées. Il y a donc grand intérêt à compléter ces essais en observant dans le service pratique, d'une manière aussi exacte que possible, les effets nuisibles apportés par les bruits de circuit (voir question 2).

Dans ce but, on introduira dans un circuit téléphonique une force électromotrice psophométrique de valeur fixe, provenant d'un mélange de fréquences dont la composition ou au moins l'origine sera notée. On recueillera pendant un temps donné, les remarques des abonnés au sujet

du bruit parasite. On déterminera alors le rapport du nombre des conversations ayant donné lieu à des commentaires désagréables, au nombre global des conversations effectuées pendant le temps indiqué.

Cet essai sera répété pour plusieurs valeurs de la force électromotrice psophométrique et portera sur différents types de circuits et de bruits.

Il y aura intérêt à utiliser autant que possible pour ces essais, des mélanges de fréquences qui correspondent aux bruits observés dans le service pratique.

Dans la présentation des résultats, on indiquera la valeur de la force électromotrice psophométrique, mesurée à l'extrémité du circuit interurbain, fermé sur 600 ohms, au besoin au moyen d'un transformateur d'adaptation.

\*  
\*\*

*Question N° 3 (Catégorie A2).* — Influence des diverses modalités de mise à la terre du point neutre des installations d'énergie à courant alternatif sur l'importance des bruits induits dans les lignes téléphoniques voisines (cas de la mise à la terre directe; cas de la mise à la terre par l'intermédiaire de résistances ou de réactances de différentes valeurs; cas de l'isolement du point neutre).

*Remarque.* — Les indications les plus importantes recueillies au cours de l'étude de certains cas particuliers sont résumées dans l'annexe suivante :

#### ANNEXE

(à la question N° 3)

Il ne semble pas possible de donner encore de la question une solution complète et définitive. En réalité le problème est très complexe et bien que les principes généraux soient connus, leur application dans chaque cas particulier conduit à des résultats assez différents. On peut citer à ce sujet les constatations suivantes :

On a signalé en Suède plusieurs réseaux d'énergie alimentés, sans interposition de transformateurs, par des alternateurs dont le point neutre était relié directement à la terre et qui ont donné lieu à l'observation de bruits importants dans les lignes téléphoniques voisines.

Dans un autre cas où l'alimentation se faisait par l'intermédiaire d'un transformateur, on a effectué des essais avec les montages suivants :

1° Transformateur étoile-étoile (avec mise directe du neutre à la terre);

2° Transformateur triangle-étoile (avec mise directe du neutre à la terre);

3° Transformateur étoile-étoile ou transformateur triangle-étoile (l'un et l'autre sans aucune mise à la terre, ou bien avec mise à la terre à travers une réactance de valeur élevée).

On a constaté sur une ligne téléphonique voisine, des forces électromotrices psophométriques dont les valeurs relatives étaient respectivement les suivantes : 10, 2 et 1.

En Amérique, on a étudié le fonctionnement d'un réseau dans le cas de l'isolement du neutre et dans le cas de la mise à la terre du neutre, soit à travers une bobine de Petersen, soit par l'intermédiaire d'un transformateur de grande impédance, soit à travers des résistances de différentes valeurs. Dans les conditions normales de fonctionnement du réseau d'énergie, il n'a pas été reconnu possible de donner la préférence à l'un de ces systèmes de montage, en ce qui concerne l'importance des bruits induits sur les lignes téléphoniques voisines. On a reconnu que la bobine de Petersen, dont l'emploi était principalement étudié, faisait disparaître rapidement les effets des mises à la terre accidentelles de caractère non permanent.

La C. M. I. a examiné les résultats d'essais effectués en Grande-Bretagne, sur des réseaux ayant le point neutre relié directement à la terre, et a fait les remarques suivantes :

Au cours de ces essais, les courants homopolaires ont été faibles. En multipliant le nombre des mises à la terre des réseaux, on n'a pas produit un accroissement appréciable des bruits induits dans les circuits téléphoniques.

Un déséquilibre de la ligne par rapport à la terre a pour principal effet de modifier la proportion des harmoniques non multiples de 3.

L'emploi d'au moins un enroulement en triangle de dimensions convenables dans les divers transformateurs dont le neutre est mis à la terre permet d'étouffer les harmoniques multiples de 3 et réduit dans une proportion très notable le courant perturbateur des lignes d'énergie.

\*  
\*\*

Question N° 4 (Catégorie B). — a) Mise à jour du tableau des dispositifs de protection utilisés dans les divers pays, non seulement au point de vue des schémas, mais aussi au point de vue des caractéristiques des organes (fusibles, parafoudres, bobines thermiques). (Voir ci-dessus l'Avis N° 19 intitulé : « Caractéristiques principales des organes de protection »).

b) Réalisation d'un dispositif de protection conforme aux conditions générales contenues dans l'Avis n° 18 ci-dessus intitulé « Dispositif idéal de protection ».

c) Quelle serait la meilleure méthode de caractériser et de mesurer la capacité calorifique d'un fusible?

*Remarque.* — L'état actuel de la question en ce qui concerne les parties b et c est exposé sommairement dans l'annexe suivante :

#### ANNEXE

(à la question N° 4)

1. — Les indications contenues dans de nouveaux documents montrent qu'on a pu réussir à réaliser à très peu près un dispositif répondant aux conditions fixées en 1931 pour le « dispositif idéal de protection » qui réunit dans un même organe les deux éléments *fusible* et *bobine thermique* actuellement distincts.

Le dispositif réalisé est notamment au moins aussi satisfaisant que les *fusibles* et *bobines thermiques*, en ce qui concerne sa capacité calorifique ainsi que l'intensité sous laquelle il fonctionne soit dans le cas d'un courant de court-circuit, soit dans le cas d'un courant assez faible mais de longue durée.

Un des points difficiles de la construction d'un « dispositif idéal de protection » était d'obtenir qu'il puisse couper, sans entretien d'arc, un courant intense sous une tension élevée. La première réalisation du dit dispositif a été encore améliorée à ce point de vue. Il y aurait donc lieu maintenant de procéder à des essais d'utilisation pratique de ce dispositif.

2. — On a caractérisé et mesuré jusqu'à présent la capacité calorifique d'un fusible par le nombre de joules qu'il peut supporter sans être endommagé lorsqu'il est traversé par la décharge d'un condensateur (voir ci-dessus, page 40). Si  $I$  est l'intensité instantanée du courant et  $R$  la résistance du fusible, ce nombre de joules est donné par

$$\int I^2 R dt.$$

On peut avoir des doutes sur la validité de cette conception. En effet, étant donné que, en pratique, l'intensité du courant de décharge peut dépendre exclusivement des autres résistances qui interviennent dans le circuit, il semblerait plus logique de caractériser la capacité calorifique des fusibles par la quantité  $\int I^2 dt$  qu'ils peuvent supporter sans fondre.

La question de savoir laquelle de ces deux conceptions est la meilleure

n'ayant pas encore été étudiée, il y a lieu de mesurer en chaque cas ces deux grandeurs.

\*  
\*\*

*Question N° 5 (Catégorie A2).* — *a)* Calcul de la force électromotrice psophométrique due aux ondulations du courant dans le cas des lignes de distribution à courant continu.

*b)* Dispositions et mesures à prendre dans le cas de parallélisme entre les circuits téléphoniques et les lignes de traction ou de distribution à courant continu.

*Remarque.* — L'état actuel de la question est exposé sommairement dans l'annexe suivante en ce qui concerne la partie *b*.

#### ANNEXE

(à la question N° 5)

Il existe pour les différents cas qui se présentent, des dispositifs divers qui permettent de réduire les ondulations de la tension de l'installation d'énergie. Ces dispositifs qui peuvent consister en bobines d'inductance placées en série, en circuits oscillants en série, en circuits de résonance ou en condensateurs placés en dérivation, ces dispositifs étant employés seuls ou combinés entre eux, sont d'un grand intérêt dans le cas où les installations à courant continu sont alimentées par des redresseurs, parce que ces appareils présentent des valeurs élevées du *facteur téléphonique de forme de la tension*. Parmi les meilleurs résultats qui aient été obtenus jusqu'à présent, on cite les suivants :

L'Administration britannique des téléphones indique qu'on a effectué (avec le facteur 1) des mesures sur deux redresseurs de 200 kW et 575 V sans grilles, lesquels, munis de quatre shunts résonnants, alimentent une installation de traction électrique : on a obtenu pour la tension perturbatrice équivalente, respectivement les valeurs 2 et 1,2 volts.

De son côté, l'Administration allemande des téléphones mentionne que pour un redresseur d'une tension nominale de 750 V du Reichspostzentramt, il a été possible d'obtenir une diminution considérable du *facteur téléphonique de forme de la tension* au moyen d'un dispositif approprié d'absorption des harmoniques. Ce dispositif était composé d'une bobine d'inductance et de 4 circuits résonnants. Pour un taux de commande variant de 1 à 0,8, on est toujours parvenu à réduire le *facteur téléphonique de forme* au moins dans le rapport de 35 à 1.

Dans un autre cas où l'Administration allemande des téléphones a participé à des mesures de ce genre sur un redresseur à grilles de commande qui était en service effectif (tension nominale 440 V) on a constaté qu'on parvenait toujours à réduire ce même facteur au moins dans le rapport de 27 à 1, au moyen d'un dispositif d'absorption approprié. Ce dispositif était constitué par une bobine de limitation, un circuit résonnant pour 300 p: s et une capacité de 800  $\mu$ F en dérivation.

Toutefois, il faut remarquer que les résultats que l'on obtient en matière de réduction de la tension perturbatrice équivalente ne dépendent pas seulement de la spécification du dispositif de réduction des harmoniques, mais aussi des qualités du réseau primaire d'alimentation (symétrie, forme d'onde, constance de la fréquence). En conséquence, les valeurs citées précédemment ne semblent pas pouvoir être obtenues d'une façon générale.

★

*Question N° 6 (Catégorie A2).* — Etude des propriétés caractéristiques des dispositifs de protection contre les chocs acoustiques, basés sur l'utilisation d'éléments rectifiants, d'éléments à résistance variable et de parafoudres associés à un transformateur de tension.

*Remarque.* — L'état actuel de cette question est exposé dans l'annexe suivante :

ANNEXE

(à la question N° 6)

Conformément à l'avis N° 12 (Protection) de la X<sup>e</sup> Assemblée plénière, les recherches ont porté particulièrement sur des dispositifs à éléments rectifiants et sur des dispositifs comportant un parafoudre associé à un transformateur de tension.

Un dispositif à éléments rectifiants à cuproxyde, le Varistor N° 3 A, qui fonctionne sans aucune tension de polarisation, est utilisé aux Etats-Unis d'Amérique. On a donné pour ce dispositif, dans la nouvelle documentation, des indications qui concernent la résistance en fonction de la tension appliquée, la réduction des chocs acoustiques et l'affaiblissement des courants vocaux produit par l'insertion de ce dispositif. L'Administration des P. T. T. de Grande-Bretagne a également étudié des dispositifs de ce genre (document N° 7).

En outre, on a reçu les résultats des mesures nouvelles concernant le dispositif de protection Siemens, lequel est composé par un parafoudre et

un transformateur de tension, ces deux organes étant montés d'une manière spéciale (en pont) de façon à éviter l'effet défavorable produit par l'impédance du transformateur.

Ces deux dispositifs permettent d'obtenir un effet protecteur à peu près équivalent à celui du cohéreur-protecteur. Ils exigent peu d'entretien. On peut donc envisager de remplacer le cohéreur-protecteur dont l'entretien est assez difficile, par un de ces dispositifs, à condition que son fonctionnement présente la sûreté indispensable. Il y a donc lieu de rassembler les résultats d'expérience pratique en vue d'établir quelles sont leurs meilleures conditions d'emploi et de constater s'ils fonctionnent avec la sûreté indispensable.

De plus, on a imaginé d'établir des dispositifs de protection d'après un principe nouveau basé sur l'emploi de plaques dont la résistance dépend de la tension appliquée; selon les résultats de quelques mesures indiquées, il semble que ce principe puisse se prêter à la réalisation d'appareils d'une efficacité un peu moindre, mais, en revanche, d'un encombrement très réduit.

Enfin, une nouvelle réalisation très simple du cohéreur-protecteur a été étudiée au Japon.

\*\*\*

*Question N° 7* (Catégorie A2). — Etude statistique des valeurs du coefficient de sensibilité des circuits interurbains existants.

*Remarque.* — L'état actuel de cette question est exposé dans l'annexe suivante :

ANNEXE  
(à la question N° 7)

Des essais systématiques ont été récemment exécutés par l'Administration allemande et l'Administration française des téléphones.

Les essais allemands ont été effectués sur une ligne de 58 km environ, comportant à une extrémité une section de câble pupinisé, de 10,6 km, puis, après une section aérienne de 8,4 km, un nouveau tronçon de câble de 2,1 km environ. Pour développer l'induction, on a alimenté l'enveloppe des câbles sur une longueur d'environ 500 mètres au moyen de courant perturbateur, le circuit d'alimentation étant fermé par un conducteur auxiliaire de retour indépendant du câble.

Les essais français ont été effectués sur des lignes aériennes de 75 km

environ. Pour développer l'induction, on a alimenté au moyen de courant perturbateur soit un groupe de fils de la même nappe, soit un fil télégraphique parallèle, situé à une dizaine de mètres, ces fils ayant même longueur que la ligne étudiée.

Dans les mesures effectuées en Allemagne, on a trouvé que le rapport  $\frac{e}{E}$  de la force électromotrice mesurée entre les extrémités du circuit, à la force électromotrice longitudinale induite, paraissait à peu près indépendant de l'emplacement de la section de ligne soumise à l'induction et, jusqu'à un certain point, de la fréquence (les fréquences d'essai ayant été 300, 600, 800 et 1432 p: s). En retenant les différentes valeurs du rapport  $\frac{e}{E}$  qui n'ont pas été dépassées dans 80 % des cas, on trouve que la moyenne générale de ces valeurs est de 25 millivolts par volt.

Dans les essais français, on a trouvé comme moyenne générale de  $\frac{e}{E}$

pour $f = 300$ p: s	0,9 mV/V
pour $f = 800$ p: s	1,5 mV/V
pour $f = 1600$ p: s	3,5 mV/V

Le 7<sup>e</sup> Comité d'Études de la C. M. I. a précisé dans une annexe à son rapport, à la 4<sup>e</sup> Réunion plénière (voir le compte rendu de la C. M. I., page 26), les conditions dans lesquelles devraient être poursuivis les essais.

\*  
\*\*

*Question N° 8 (Catégorie A2).* — L'industrie électrique envisage la réalisation future de très longues lignes de transport d'énergie à très haute tension par courant continu provenant du redressement de courant alternatif. On prévoit notamment une mise à la terre du neutre de l'installation et quelquefois même, l'emploi d'une ligne unifilaire avec retour du courant par le sol. Dans ces conditions, il est à craindre que de graves perturbations ne se manifestent dans les lignes téléphoniques voisines, du fait : 1° de l'emploi de redresseurs à grilles; 2° de la mise à la terre du neutre, ou de l'emploi de la terre comme conducteur de retour.

En ce qui concerne les perturbations apportées à l'exploitation téléphonique, le montage à fil unique, sérieusement envisagé, semble particulièrement redoutable.

Quelles devraient être les conditions de parallélisme dans lesquelles la coexistence de ces lignes et des lignes téléphoniques pourrait être admise?

ANNEXE

(à la question N° 8)

La question a été posée afin que l'on puisse fixer, préalablement à la réalisation d'une ligne de transport à courant continu et à très haute tension, les conditions qu'exige la coexistence de ces lignes et des lignes téléphoniques.

Aucune solution de cette question ne peut actuellement être basée sur des études réellement faites sur des lignes de ce genre, puisqu'il n'en existe pas encore; et on peut seulement extrapoler les résultats d'autres expériences.

Les réponses reçues à ce sujet sont donc surtout d'un caractère théorique. On y mentionne certaines réglementations nationales qui ne permettent pas l'emploi du sol comme conducteur de retour.

L'Administration suédoise des téléphones exprime l'opinion qu'il sera indispensable d'employer deux conducteurs métalliques et qu'il pourra même être nécessaire d'effectuer des transpositions sur la ligne à haute tension. L'Administration allemande des téléphones donné des indications plus détaillées comportant quelques valeurs numériques et qui sont tirées en partie du Rapport N° 333 présenté à la C. I. G. R. E. en 1935. La réalisation d'une ligne à courant continu à très haute tension (500 kV par exemple) présente au point de vue de la coexistence avec les lignes téléphoniques deux caractéristiques importantes : l'emploi presque inévitable de redresseurs comme source du courant dit continu et l'emploi du sol comme conducteur de retour (emploi qui est envisagé dans certaines publications).

Chacune de ces particularités est à elle seule suffisante pour provoquer des perturbations importantes ; l'ensemble des deux aurait pour conséquence de rendre presque impossible la coexistence des lignes téléphoniques aériennes et d'une ligne d'énergie de ce genre. Pour comprendre ce fait, il faut tenir compte de ce que le courant de la ligne d'énergie est produit non seulement par la tension continue de 500 kV, mais par exemple aussi par l'ensemble d'une tension alternative de 300 p: s et de 30.000 V d'une autre de 600 p: s et de 6.000 V, de tensions de 900 et 1.200 p: s de 3.500 V, etc... La tension perturbatrice équivalente serait ainsi de 15.000 V et le courant perturbateur équivalent de 30 A (en supposant l'impédance caractéristique égale à 500 ohms). Les valeurs numériques précédentes se réfèrent au cas d'un redresseur hexaphasé sans grilles. Si ce redresseur est excité par des grilles, l'amplitude des harmoniques peut être fortement

augmentée. Il suffit de comparer ces valeurs avec celle de la tension perturbatrice équivalente d'une ligne triphasée à 220 kV, laquelle est parfois inférieure à 1.000 V, pour voir qu'une ligne à courant continu bifilaire (alimentée par des redresseurs) peut produire des perturbations importantes et qu'une ligne de ce genre avec retour du courant par le sol rendrait impossible, dans une bande de terrain de plusieurs dizaines de kilomètres de large, l'exploitation de toute ligne téléphonique aérienne d'une longueur importante.

La méthode la plus convenable susceptible de rendre possible la coexistence consiste évidemment à employer deux conducteurs pour la ligne d'énergie et à la munir, le cas échéant, de transpositions. Cette méthode permettrait en outre d'écartier tout danger de corrosion des structures métalliques souterraines, puisqu'il n'y aurait pas circulation de courant continu dans le sol. Il se peut que la mise à la terre du point neutre d'une ligne à courant continu à deux conducteurs soit nécessaire pour permettre de tirer le meilleur profit de l'isolement des conducteurs; cette mise à la terre n'aura pas en général de répercussion sur l'exploitation téléphonique à condition que les tensions des deux conducteurs soient parfaitement symétriques par rapport au point neutre.

Si, au contraire, par suite de certaines conditions techniques ou économiques, on en arrivait à envisager l'emploi du sol comme conducteur de retour, la question se poserait de savoir quelles dispositions seraient à prendre sur la ligne à haute tension pour que cette ligne ne provoquât pas des perturbations plus graves qu'une ligne triphasée de puissance correspondante. Ces dispositions devraient avoir pour effet de réduire les perturbations dans le rapport d'environ 100 à 1.

On pourrait, sans doute, obtenir une réduction aussi considérable en munissant d'un dispositif très efficace de réduction des harmoniques un redresseur comportant un nombre de phases très élevé (réalisé par exemple par le montage en série de plusieurs redresseurs dont les tensions d'alimentation seraient déphasées les unes par rapport aux autres). Un procédé encore meilleur serait d'utiliser un câble pour la ligne à haute tension, de façon à tirer profit de l'effet protecteur du courant d'enveloppe. Toutefois, ces procédés ne sont que des palliatifs qui ne peuvent pas remplacer parfaitement l'emploi d'une ligne bifilaire.

En ce qui concerne le danger de corrosion électrolytique des structures métalliques enterrées, ce risque semble devoir être grave dans le voisinage des prises de terre de l'installation de transport à courant continu, dans le cas où la ligne de transport est unifilaire, puisqu'alors les prises de terre

drainent un courant intense. Il y aurait donc lieu de prohiber en principe la présence de toute espèce de câble ou de canalisation métallique faisant partie d'un réseau, dans une zone assez étendue autour de chaque prise de terre, par exemple, dans un rayon de 3 kilomètres.

Les câbles et canalisations qu'il serait absolument indispensable d'établir dans cette zone devraient être interrompus par un nombre suffisant de joints isolants mis en série, et en outre séparés par le même moyen de leur réseau.

Il faut noter d'ailleurs qu'on peut encore se demander si le risque de corrosion ne se manifesterait pas d'une façon sensible dans toute une bande de terrain de part et d'autre de la ligne de transport à courant continu.

Il convient enfin de signaler encore une fois que les indications précédentes sont évidemment sujettes à révision puisque, en l'absence de toute installation réelle sur laquelle on puisse faire des essais, elles ont été basées seulement sur des considérations théoriques; toutefois ces considérations sont suffisamment fortes pour qu'il y ait lieu de faire les plus expresses réserves, en ce qui concerne la possibilité d'assurer l'exploitation téléphonique, dans le cas où les lignes de transport par courant continu à très haute tension seraient réalisées au moyen de lignes unifilaires à retour par le sol.

---

**B. — Questions de protection contre la corrosion et questions concernant la constitution des enveloppes de câbles dont l'étude doit être entreprise ou poursuivie par la 2<sup>e</sup> Commission de rapporteurs en 1937 et 1938.**

*Question N° 1* (Catégorie B). (Suite de la question N° 1 étudiée en 1935/1936). — Possibilité de substituer, entièrement ou partiellement, au plomb certaines matières organiques (par exemple les dérivés de la cellulose, les dérivés du caoutchouc, etc...) pour constituer l'enveloppe des câbles.

*Remarque.* — L'état actuel de cette question est exposé brièvement dans l'annexe ci-après.

ANNEXE

(à la question N° 1)

Des essais ont été entrepris de différents côtés pour substituer aux enveloppes de plomb des câbles, des enveloppes en substance organique (par exemple des enveloppes constituées au moyen de dérivés de la cellulose, de dérivés de caoutchouc, etc...)

On a également envisagé, notamment en vue d'éviter les phénomènes d'osmose, des systèmes dans lesquelles on ne remplace que partiellement le plomb par une de ces substances organiques, l'enveloppe étant alors constituée par une gaine en substance organique recouverte d'une pellicule de plomb.

Les recherches effectuées ont été orientées en vue de trouver des substances qui, par elles-mêmes ou par leur association, permettraient de réaliser des enveloppes présentant une résistance mécanique suffisante, une grande résistance aux agents chimiques, qui soient imperméables à l'eau et même qui ne se laissent pas pénétrer par l'humidité lorsqu'elles entourent des corps plus ou moins hygroscopiques. Ces qualités devraient être durables et, notamment, se conserver malgré les variations importantes de température.

Il ne semble pas que ces recherches aient conduit jusqu'à présent à des résultats complets et définitifs; toutefois, les constructeurs estiment que les résultats partiels déjà obtenus sont encourageants.

Il convient de noter que la résistance mécanique d'un câble constitué avec une telle enveloppe pourra être améliorée par une armure convenable qui, en outre, augmenterait sa protection vis-à-vis des réactions chimiques du sol.

Au cas où il serait nécessaire que l'enveloppe du câble offre une certaine conductance en vue d'assurer la compensation des effets d'induction de lignes d'énergie voisines, et la protection contre les décharges atmosphériques, le résultat pourrait être obtenu en incorporant dans le revêtement du câble un nombre convenable de fils de cuivre.

Sans pouvoir encore prévoir exactement quel serait l'ordre de grandeur des prix de revient de ce genre d'enveloppe, il semble actuellement que cette considération ne soit pas de nature à décourager la poursuite des études.

\*\*\*

*Question N° 2 (Catégorie A2).* (Suite de la question N° 4b étudiée en 1935/1936). — *a)* Révision du Projet de recommandations concernant les mesures à prendre pour la protection des câbles contre la corrosion due aux actions chimiques.

*b)* Action des ciments et mortiers divers sur les enveloppes des câbles.

*c)* Spécifications à donner aux enveloppes des câbles en vue de leur protection soit contre les attaques chimiques, soit contre les attaques électrolytiques. — Emploi d'un traitement chimique des enveloppes en vue d'améliorer leur résistance aux corrosions chimiques. — Possibilité d'emploi d'enduits semi-conducteurs pour améliorer la résistance des enveloppes à la corrosion d'origine électrolytique.

*Remarque 1.* — L'étude de cette question sera poursuivie par la 2<sup>e</sup> Commission de rapporteurs du C. C. I. F. en collaboration avec les Comités d'Études N°s 25 et 27 de la C. M. I.

*Remarque 2.* — L'état actuel de cette question est brièvement exposé dans l'annexe suivante :

#### ANNEXE

(à la question N° 2)

*a)* Au point de vue spécial de la résistance à la corrosion par action chimique du sol, il ne semble pas possible de faire des recommandations générales : suivant la nature du terrain, les réactions du plomb ou de l'un quelconque de ses alliages sont un peu différentes, quoique très faibles à l'ordinaire.

Une précaution à prendre est d'ailleurs d'éviter le plus possible, soit par le mode de pose du câble, soit par l'emploi d'enduits ou de revêtements protecteurs ou d'armures, — que les enveloppes de câbles restent en contact direct avec l'eau ou avec le sol, quand celui-ci est susceptible de réagir sur elles.

La question de la protection de l'enveloppe contre les actions chimiques se pose également lorsqu'il s'agit de câbles placés dans des conduites en ciment ou mortiers divers. Il est intéressant de mettre cette question à l'étude et de recueillir les observations que les administrations téléphoniques et exploitations privées ont pu faire à ce sujet.

β) Sauf dans certains cas spéciaux de câbles, ou de sections de câbles particulièrement exposés à la corrosion électrolytique, en raison de leur tracé, une excellente protection a toujours été assurée dans les conditions suivantes :

Le câble comporte un revêtement compact constitué essentiellement par une ou plusieurs couches de matières textiles (jute, chanvre, etc...), bien imprégnées d'une composition neutre à base soit de goudrons de houille (de spécification convenable), soit d'asphaltes, soit de dérivés des produits de la distillation du pétrole. En outre, des dispositions sont prises pour que le revêtement ainsi constitué se conserve intact une fois le câble posé et demeure à l'abri de l'humidité.

La protection du revêtement peut être obtenue, soit par le mode de pose du câble (pose, sans tirage, dans des galeries ou des conduites lisses maintenues aussi sèches que possible), soit par sa constitution propre (armure de feuillards ou de fils de fer entourant complètement les couches textiles imprégnées enroulées sur l'enveloppe, cette armure étant elle-même entourée d'un revêtement de textiles imprégnés).

Une pratique recommandable semble être de disposer sur le métal de l'enveloppe, au-dessous de la première couche de textile imprégné, une ou plusieurs feuilles de papier imprégné.

En ce qui concerne les produits d'imprégnation, l'emploi des matières bitumineuses et des dérivés des produits de la distillation du pétrole n'a donné lieu à aucune objection.

Les dérivés des produits de la distillation de la houille doivent être exempts d'antracène libre, de phénols et d'acides solubles dans l'eau : sinon ils pourraient attaquer le plomb. Moyennant le respect de cette condition, ils peuvent être employés sans inconvénients ainsi que le démontre la très longue pratique de nombreuses administrations télépho-

niques et de nombreuses entreprises de distribution électrique utilisant des câbles armés.

La question de la spécification à recommander pour la fourniture des produits d'imprégnation, et notamment le principe des méthodes chimiques permettant de contrôler l'absence, dans ces produits, des composés nocifs (phénols, acides, etc...) est déjà étudiée depuis plusieurs années par certains organismes internationaux de l'industrie électrique. Elle n'est point encore résolue. Il semble donc que le C. C. I. F. doit l'étudier de son côté en organisant à ce sujet, au sein de la C.M.I., une collaboration avec les organismes internationaux de l'industrie électrique également intéressés à cette question.

D'un autre côté, les renseignements manquent encore pour spécifier la variété des produits à employer pour obtenir certaines qualités que doivent posséder les revêtements (étanchéité, plasticité, etc...) et indiquer les modalités d'application les plus convenables.

Lorsqu'il a paru nécessaire d'obtenir une protection beaucoup plus complète des câbles, on a eu recours à certains procédés efficaces, mais coûteux, tels que l'application sur l'enveloppe d'une gaine de caoutchouc vulcanisé ou de composés de caoutchouc. Certains de ces composés conservent longtemps leurs propriétés isolantes, et possèdent en outre une résistance mécanique les mettant à l'abri des dégradations au cours des opérations de pose des câbles. Une protection meilleure encore a pu être assurée au moyen du système à deux enveloppes de plomb séparées par une couche de caoutchouc vulcanisé, l'enveloppe extérieure étant sectionnée à intervalles réguliers pour constituer des joints isolants.

Des études ont montré qu'un traitement chimique des enveloppes, avant leur revêtement, peut améliorer leur résistance aux corrosions d'origine chimique.

D'autres études sont en cours pour savoir si des enduits semi-conducteurs, chimiquement inattaquables, appliqués sur les enveloppes avant leur revêtement, n'amélioreraient pas leur résistance aux corrosions d'origine électrolytique.

\*  
\*\*

*Question N° 3 (Catégorie B).* (Suite de la question N° 4 A-a étudiée en 1935-1936). — Résistance à la désagrégation intercrystalline des enveloppes des câbles téléphoniques à base d'alliage de plomb.

*Remarque.* — L'état actuel de cette question est brièvement exposé dans l'annexe suivante :

ANNEXE  
(à la question N° 3)

L'expression « corrosion intercrystalline » étant peu correcte, est abandonnée peu à peu par les techniciens qui l'avaient antérieurement employée. Il semble préférable de lui substituer l'expression de « désagrégation intercrystalline ».

De différents côtés, on s'est préoccupé de réaliser des alliages de plomb présentant une grande résistance à la désagrégation intercrystalline qui se produit lorsque la matière est soumise à des efforts alternés.

Parmi ceux de ces alliages que l'on utilise déjà pour fabriquer les enveloppes des câbles, on peut mentionner des alliages de plomb et d'étain de 3, ou 2, ou 1 % d'étain, un alliage de plomb et d'antimoine à 0,95 % d'antimoine, un alliage ternaire à 1 % d'antimoine et 0,06 % de cuivre, et enfin des alliages ternaires comportant de l'étain et du cadmium, ou de l'antimoine et du cadmium.

Il ne paraît pas possible d'établir un classement de tous ces alliages entre eux à l'égard de leur résistance à la désagrégation intercrystalline, car les essais effectués pour contrôler cette résistance ont été faits en général dans des laboratoires divers et suivant des techniques un peu différentes.

Néanmoins, il semble découler de résultats publiés que tous ces alliages présentent des degrés de résistance à la fatigue notablement supérieurs à celui du plomb pur.

D'autre part, on a réalisé récemment des alliages semblant présenter une résistance à la fatigue au moins égale, sinon supérieure à celle des alliages précédemment cités; ce sont par exemple des alliages de plomb et de calcium contenant de 0,03 à 0,07 % de calcium, de plomb et de tellure à 0,06 % de tellure. Toutefois, les études concernant l'application pratique de ces alliages aux câbles téléphoniques, sont encore en cours.

\*  
\*\*

*Question N° 4 (Catégorie A2).* — Etude des méthodes nouvelles de mesure et des perfectionnements apportés à l'appareillage dont on peut se servir dans les études de corrosion des canalisations souterraines.

Revision et complément de l'annexe correspondante des Recommandations.

*Remarque.* — L'étude de cette question sera poursuivie par la 2° Com-

mission de rapporteurs du C. C. I. F. en collaboration avec le Comité d'Études N° 23 de la C. M. I.

\*  
\*\*

*Question N° 5 (Catégorie A2).* — Etude de la relation existant entre la distribution des potentiels à la surface du sol et l'intensité des courants circulant le long de conducteurs enterrés, ou s'échappant de ces conducteurs lorsque le sol est très hétérogène au voisinage de ces conducteurs.

*Remarque.* — L'étude de cette question sera poursuivie par la 2<sup>e</sup> Commission de rapporteurs du C. C. I. F. en collaboration avec le Comité d'Études N° 24 de la C. M. I.

\*  
\*\*

*Question N° 6 (Catégorie A2).* — Etude de l'influence du mode général de pose ou d'établissement de longues canalisations ou de réseaux de canalisations sur l'importance des courants vagabonds échangés entre ces canalisations et le sol.

*Remarque.* — L'étude de cette question sera poursuivie par la 2<sup>e</sup> Commission de rapporteurs du C. C. I. F. en collaboration avec le Comité d'Études N° 24 de la C. M. I.

\*  
\*\*

*Question N° 7 (Catégorie A2).* — a) Quels sont les moyens à employer sur les lignes de chemins de fer électrifiées en courant continu, notamment aux ouvrages d'art, pour réduire autant que possible la perte de courant dans le sol?

b) Quelles sont les dispositions à prendre sur les lignes de chemins de fer électrifiées, notamment aux ouvrages d'art, en ce qui concerne le mode de pose des câbles téléphoniques, afin d'éviter la corrosion due à l'électrolyse?

c) Dans le cas où une perte de courant importante se produit, notamment à un ouvrage d'art, sur une ligne de chemins de fer à courant continu, comment se distribuent les courants vagabonds dans le voisinage de cet ouvrage?

\*  
\*\*

*Question N° 8 (Catégorie B).* — L'industrie électrique envisage la réa-

lisation future de longues lignes de transport d'énergie à très haute tension par courant continu. On prévoit notamment des mises à la terre du neutre de l'installation et quelquefois même l'emploi d'une ligne unifilaire avec retour du courant par le sol.

Dans ces conditions, il est à craindre que les câbles téléphoniques voisins soient endommagés par la corrosion électrolytique. Quelles devraient être les conditions de coexistence de ces lignes de transport d'énergie à très haute tension par courant continu et des câbles téléphoniques voisins?

\*

\*\*

*Question N° 9 (Catégorie A2).* — Etude de la protection cathodique associée ou non à des revêtements protecteurs.

*Remarque.* — L'étude de cette question sera poursuivie par la 2<sup>e</sup> Commission de rapporteurs du C. C. I. F. en collaboration avec le Comité d'Études N° 26 de la C. M. I.

Imprimé en France  
TYF. FIRMIN-DIDOT ET C<sup>ie</sup>  
PARIS - 1936