



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.)

X^{ÈME} ASSEMBLÉE PLÉNIÈRE

Budapest, 3-10 Septembre 1934

TOME II

Protection

PUBLIÉ PAR LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

23, Avenue de Messine, PARIS

ERRATA DU TOME II

du Compte rendu de la X^e Assemblée plénière du C. C. I. F.

Page 34, Tableau des dispositifs de protection.

1^{re} case : Administration allemande (circuit interurbain en câble souterrain).

Dans la colonne « Ligne », lire : « Câble, bobines Pupin, translateurs éprouvés avec 2.000 V. eff. 50 p : s par rapport à la terre ».

DE REPERE
POUR LA TRANSMISSION
TÉLÉPHONIQUE

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS
23, AVENUE DE MESSINE, PARIS

COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

(C. C. I. F.)

X^{ÈME} ASSEMBLÉE PLÉNIÈRE

Budapest, 3-10 Septembre 1934

TOME II

Protection

PUBLIÉ PAR LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

23, Avenue de Messine, PARIS

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

Protection des lignes téléphoniques contre les perturbations.

<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	5
<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.....	6
<i>Avis n°</i> 3. — Force électromotrice psophométrique.....	7
<i>Avis n°</i> 4. — Mesure objective des bruits de circuit.....	8
Note. — Spécification de principe et méthode d'utilisation des psophomètres utilisés sur les circuits téléphoniques commerciaux	9
<i>Avis n°</i> 5. — Documentation technique concernant les psophomètres réalisés	15
<i>Avis n°</i> 6. — Mesure objective de la tension perturbatrice équivalente...	17
<i>Avis n°</i> 7. — Dyssymétrie répartie d'une ligne téléphonique par rapport à la terre; coefficient de sensibilité.....	17
<i>Avis n°</i> 8. — Dyssymétrie localisée par rapport à la terre.....	18
<i>Avis n°</i> 9. — Réduction de la tension perturbatrice des redresseurs...	20
<i>Avis n°</i> 10. — Essais concernant les redresseurs.....	21
<i>Avis n°</i> 11. — Effet des transpositions effectuées sur une ligne d'énergie électrique	21
<i>Avis n°</i> 12. — Dispositifs de protection des opératrices contre les chocs acoustiques	22
<i>Avis n°</i> 13. — Mise à la terre d'une ligne téléphonique à grande distance en câble.....	23
<i>Avis n°</i> 14. — Raccordement au réseau téléphonique public de liaisons téléphoniques associées à des installations à courant fort....	24
<i>Avis n°</i> 15. — Principes de protection.....	26
<i>Avis n°</i> 16. — Dispositif idéal de protection.....	27
<i>Avis n°</i> 17. — Détermination exacte des caractéristiques principales des organes de protection.....	28
Note I. — Caractéristiques principales des organes de protection.....	28
Note II. — Tableau des dispositifs de protection placés sur les installations téléphoniques de divers pays.....	33

DEUXIÈME PARTIE

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

<i>Avis n°</i> 1. — Renseignements sur les effets de l'électrolyse.....	47
<i>Avis n°</i> 2. — Collaboration avec les organismes intéressés.....	47
<i>Avis n°</i> 3. — Études sur le drainage électrique et sur les déversoirs.....	49
<i>Avis n°</i> 4. — Projet de recommandations.....	49
Projet de recommandations concernant les mesures à prendre pour la protection des câbles contre la corrosion électro- lytique.....	50
A. Généralités.....	52
B. Mesures de protection s'appliquant aux réseaux de trac- tion électrique	54
C. Mesures de protection s'appliquant aux réseaux de câbles souterrains	60
D. Mesures de protection au moyen du drainage élec- trique.....	62
Annexe 1. — Principe de la méthode à suivre pour calculer la répartition des courants de retour dans un réseau de tramways	64
Annexe 2. — Méthodes de mesures électriques concernant la corrosion électrolytique.....	73

TROISIÈME PARTIE

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

Projet de recommandation concernant les mesures à prendre pour la protec- tion des câbles contre la corrosion due aux actions chimiques.....	80
Annexe. Méthode permettant de constater s'il s'agit de la corrosion chi- mique ou de la corrosion électrolytique.....	82

COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

X^e Assemblée Plénière, Budapest, 3-10 Septembre 1934

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

1° Emet, à l'unanimité, l'avis

Que pour la protection des circuits téléphoniques internationaux 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 ».

2° Considérant toutefois,

a) que les études effectuées depuis quelques années pourraient permettre de compléter ou de modifier sur certains points le texte de 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 » ;

b) que beaucoup de documents présentés à la réunion de la 1^{re} Commission de rapporteurs à Stockholm ne concernent pas directement les questions soumises à l'examen de cette Commission de rapporteurs, mais pourraient être susceptibles, après une étude plus approfondie, de fournir des indications précieuses pour la nouvelle rédaction envisagée des Directives.

c) qu'il est convenable, en vue d'accélérer la marche de ce travail, de confier la préparation de cette rédaction nouvelle à un comité *très restreint*;

Emet, à l'unanimité, l'avis

Qu'il y a lieu de charger un Comité composé de M. le Rapporteur principal de la 1^{re} Commission de rapporteurs et d'un représentant au sein de la 1^{re} Commission de rapporteurs de chacune des Administrations téléphoniques d'Allemagne, de France et de Grande-Bretagne, du soin de préparer une nouvelle rédaction des directives tenant compte des progrès accomplis depuis leur dernière édition.

Les organismes internationaux de l'industrie, de la distribution et de la traction électrique seront invités à participer aux travaux de ce Comité, en s'y faisant représenter également par un nombre de délégués très réduit.

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.

Force électromotrice psophométrique.

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

Considérant

que l'emploi de l'expression « tension de bruit » a déjà causé certains malentendus, du fait que cette notion a été confondue avec celle d'une différence de potentiel (pondérée) aux bornes d'un appareil, alors qu'en réalité la grandeur définie dans les Directives sous le nom de tension de bruit est une force électromotrice,

Emet, à l'unanimité, l'avis

1° Qu'il convient désormais de désigner sous le nom de « force électromotrice psophométrique » (Geräusch-EMK, psophometric electromotive force), la grandeur définie à la page 7 des Directives sous le nom de « tension de bruit », qui correspond aussi à la définition plus précise figurant ci-dessous;

2° Qu'il convient de réserver l'expression « tension psophométrique aux bornes de... » (Geräusch-Klemmenspannung, psophometric potential difference) pour représenter la différence de potentiel (pondérée) entre les dites bornes.

Définition de la force électromotrice psophométrique.

1. Dans le cas d'une liaison téléphonique complète troublée par la présence de courants parasites engendrés par l'action de lignes d'énergie ou de traction voisines, on peut comparer le trouble apporté à la conversation téléphonique par la présence de ces courants au trouble qui serait apporté par un courant parasite sinusoïdal de $800 \text{ p} : \text{s}$ et on peut déterminer ce que devrait être l'intensité de ce courant pour que le trouble fût le même dans les deux cas.

Si le récepteur utilisé a 600 ohms de résistance et une réactance négligeable (le cas échéant il doit être connecté par l'intermédiaire d'un transformateur d'adaptation) on définit comme force électromotrice psophométrique à l'extrémité de la liaison le double de la tension de $800 \text{ p} : \text{s}$ mesurée entre les bornes du récepteur dans les conditions qui viennent d'être définies.

La force électromotrice psophométrique représente donc la force électromotrice d'une source de résistance intérieure égale à 600 ohms et de réactance intérieure nulle qui, reliée directement au récepteur normalisé de 600 ohms

et de réactance nulle, y produirait le même courant sinusoïdal de 800 p : s que dans le cas du réglage indiqué ci-dessus.

2. Il a été possible d'établir un appareil appelé psophomètre qui, dans le cas particulier envisagé, lorsqu'il est branché directement aux bornes du récepteur de 600 ohms, donne pour indication la moitié de la force électromotrice psophométrique.

On désigne d'une façon générale sous le nom de *tension psophométrique* entre deux points quelconques la lecture de l'appareil branché entre ces deux points.

3. Lorsqu'au lieu d'une liaison complète, on considère seulement une section de cette liaison, on définit la force *électromotrice psophométrique relative à l'extrémité de cette section* comme le double de la tension psophométrique mesurée aux bornes d'une résistance de 600 ohms connectée à l'extrémité de la section, le cas échéant, par l'intermédiaire d'un transformateur d'adaptation.

AVIS N° 4.

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 (1), 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.

(1) Voir 4° Partie du tome IV du Livre Blanc, 1935.

TABLEAU I. — *Tableau des poids.*

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

ABSCISSES : FRÉQUENCES	ORDONNÉES : 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.

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; de toute façon, les écarts ne doivent pas dépasser les limites de tolérance spécifiées dans le tableau II.

TABLEAU II. — *Tolérances.*

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

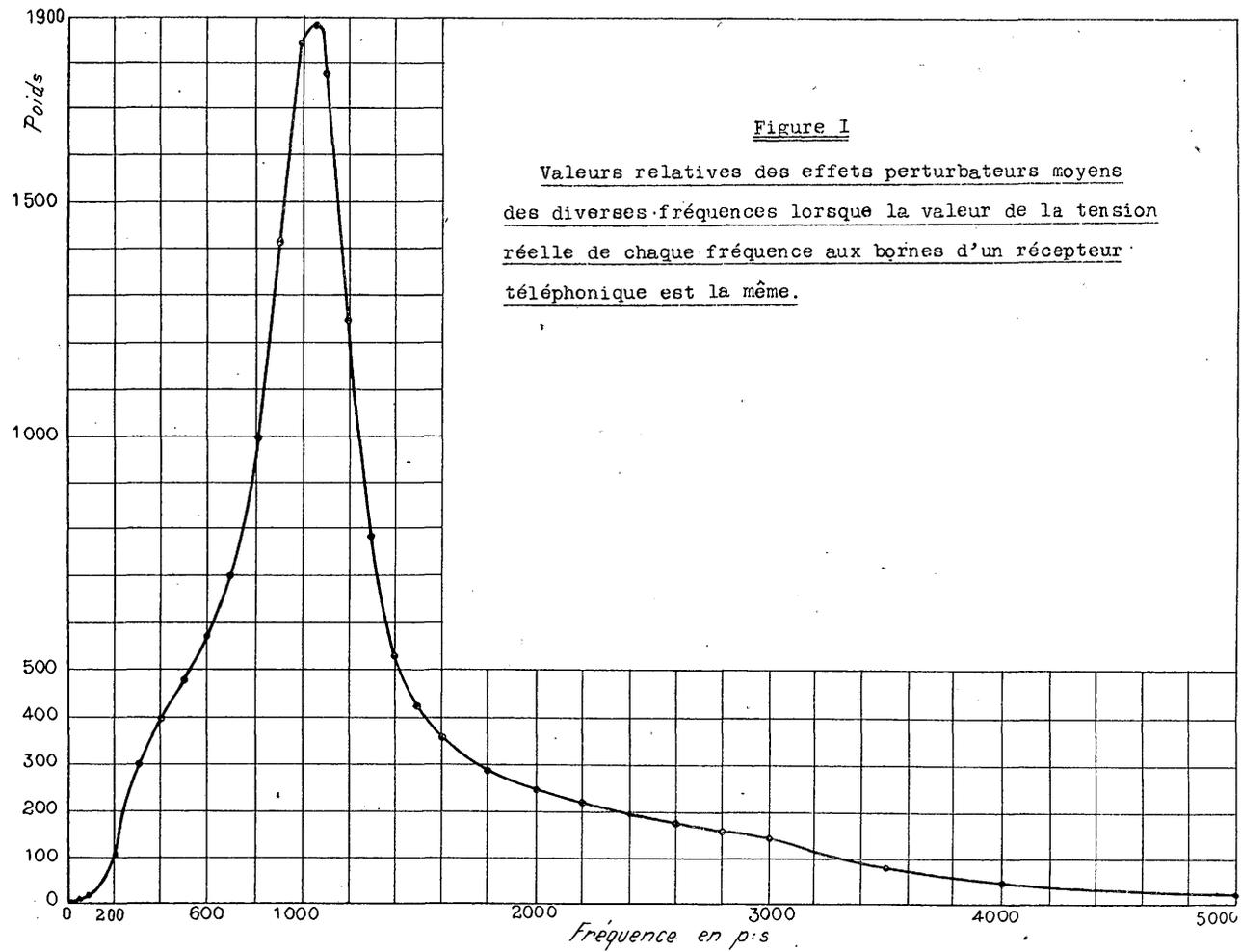
Il faut que les caractéristiques du psophomètre soient aussi stables que possible dans les conditions pratiques d'utilisation, c'est-à-dire malgré les transports, les changements de température, etc...

b) *Instrument de mesure :*

L'instrument de mesure doit être gradué ⁽¹⁾ 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.

(1) Voir à la page 122 du Tome I du *Livre Blanc* 1935, les tableaux de correspondance entre la graduation prévue dans la spécification établie par le C. C. I. F. pour le psophomètre, d'une part, et la graduation utilisée dans le psophomètre de l'American Telephone & Telegraph Company, d'autre part.



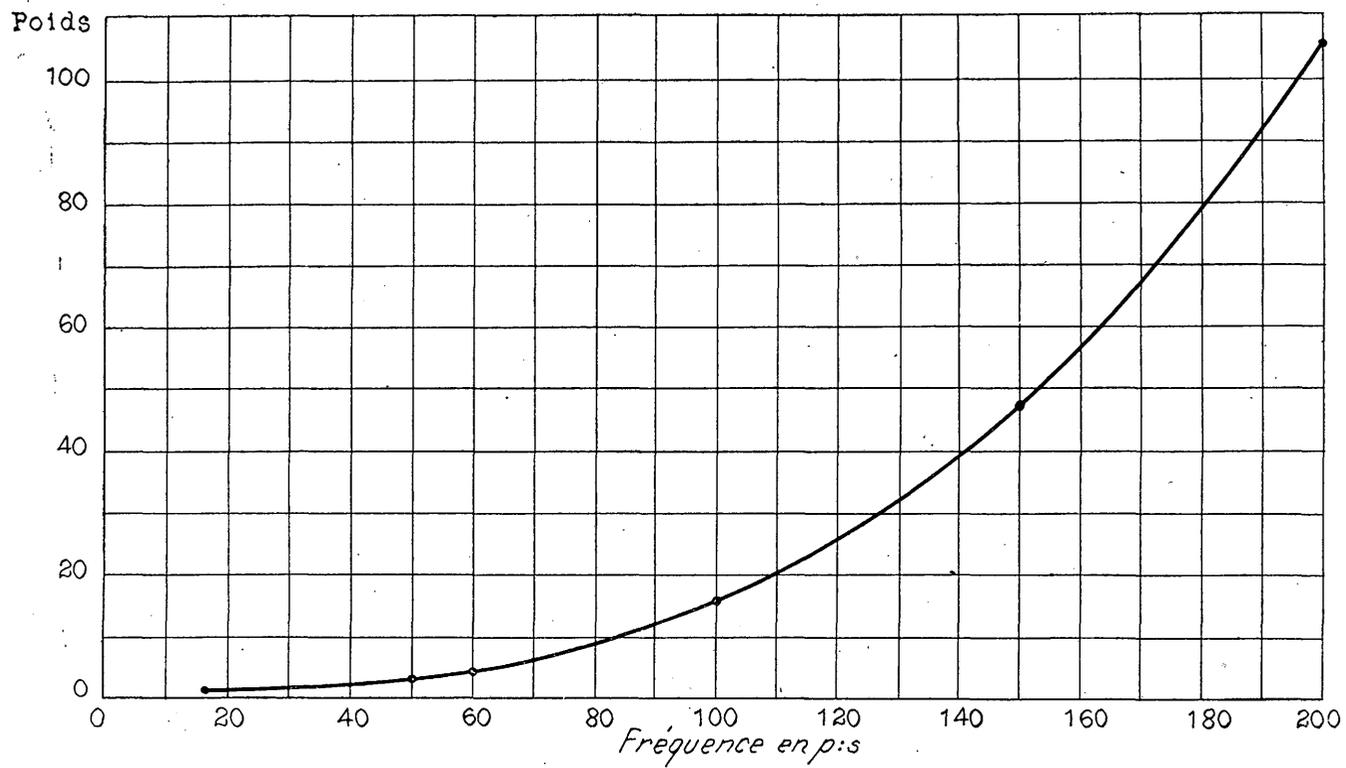


Figure 1 bis.

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.

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 adjoint 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.

e) *Etalonnage :*

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 (1). 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.

(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.)

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.

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° 5.

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, en les accompagnant d'un schéma de principe.

*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>	

AVIS N° 6.

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 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.

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^{er}.

AVIS N° 7.

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.

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^e Comité d'Etudes de la 1^{re} Section de la Commission Mixte Internationale.

AVIS N° 8.

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

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

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'employer le montage suivant (figure 2 a) comportant un transformateur à 3 enroulements dont les deux enroulements secondaires ont une faible impédance et sont parfaitement symétriques par rapport au primaire.

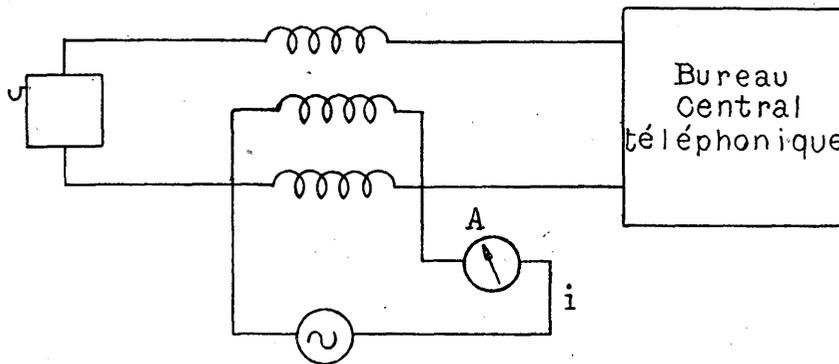


Figure 2 a.

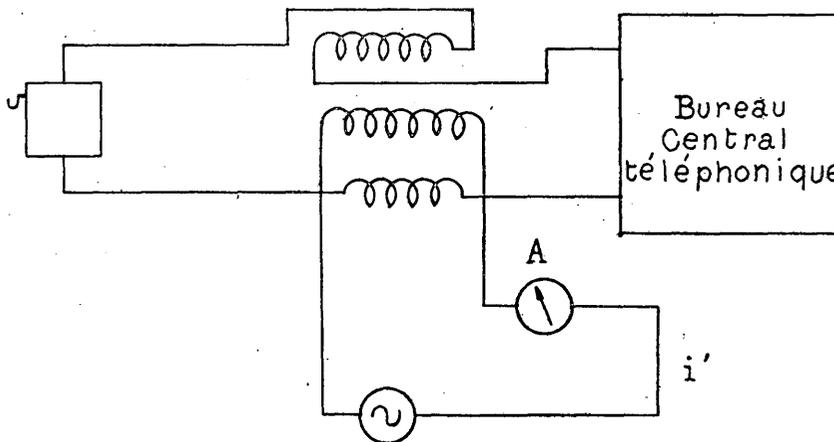


Figure 2 b.

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° 9.

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;

que d'autre part, l'Administration hongroise a suggéré l'emploi d'un dispositif comportant, en plus des shunts résonnants, un élément de filtre destiné à remplacer la bobine d'absorption;

que, toutefois, ce dispositif est plus onéreux et n'est 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° 10.

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 ou 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 (se reporter spécialement aux documents intitulés « C. C. I. F. 1934. 1^{re} C. R. Document n° 19 » et « C. C. I. F. 1934. 1^{re} C. R. Document n° 22 »), et en tirer des conclusions en ce qui concerne les limites des valeurs normales du facteur téléphonique de forme de la tension.

AVIS N° 11.

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° 12.

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 cohérents, 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 cohérents 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 cohérents;

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° 13.

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 équilibrage 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 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 télégra-

phique, 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° 14.

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° 15.

Principes 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

1° 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;

2° 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° 16.

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 devrait répondre aux deux conditions indiquées;

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

1° Un paratonnerre simple (à pointes, à couteau...) 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'intensité supérieure de valeur quelconque pendant la durée nécessaire pour le fonctionnement du fusible;

Considérant, d'autre part,

qu'on ne dispose pas, à l'heure actuelle, d'un fusible répondant aux conditions qui viennent d'être déterminées,

Emet, à l'unanimité, l'avis

Que les administrations et exploitations privées téléphoniques soumettent ce programme aux constructeurs de leurs pays respectifs en les invitant à étudier sa réalisation.

AVIS N° 17.

Détermination exacte des caractéristiques principales des organes de protection.

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

Considérant

que les caractéristiques principales des différents organes de protection utilisés dans les divers pays, telles qu'elles ont déjà été indiquées par les administrations et exploitations privées téléphoniques de ces pays, et rassemblées dans le tableau ci-après, ne semblent pas être basées sur les mêmes principes de mesure et de désignation;

que, d'autre part, 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 les caractéristiques principales des organes de protection utilisés dans les différents pays et représentés dans le tableau de la note II ci-après, devraient être vérifiées en tenant compte des recommandations contenues dans la note I ci-après, intitulée : *Caractéristiques principales des organes de protection*;

Que les administrations et exploitations privées téléphoniques soient invitées à compléter, conformément à ces recommandations, les renseignements déjà communiqués au secrétariat général du C. C. I. F.

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.

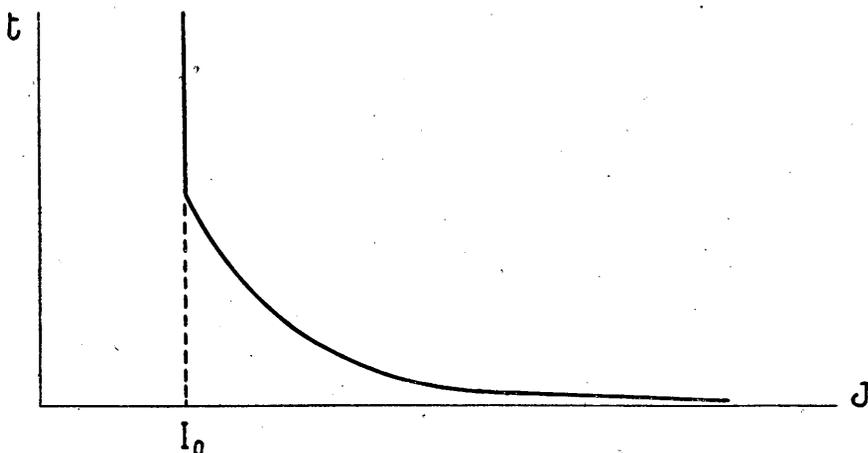
I. — *Fusibles.*

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.

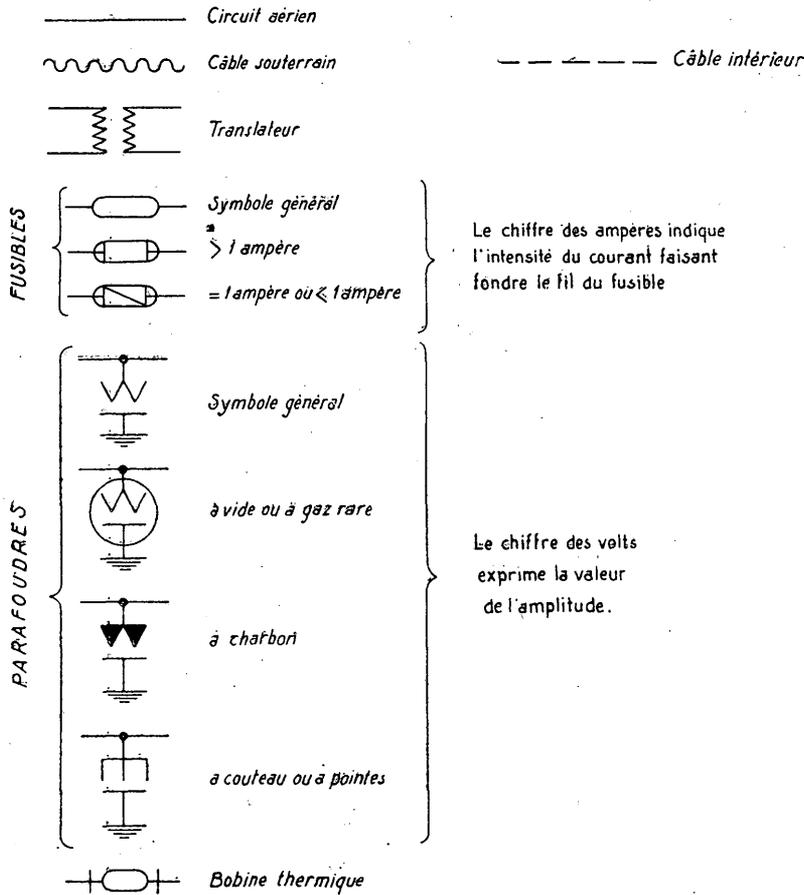
Etant donné qu'en pratique un courant d'une intensité quelconque et supérieure à I_0 sera interrompu dans un temps déterminé (selon la courbe caractéristique), il convient de s'assurer que l'appareil supporte un grand nombre de fois le passage de courants d'intensité quelconque pendant la durée nécessaire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

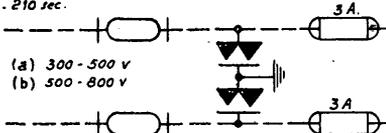
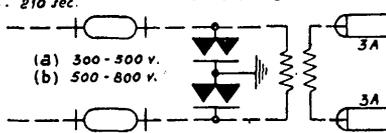
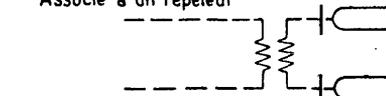
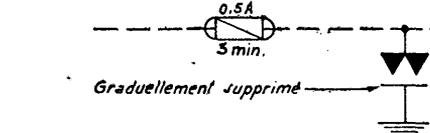
NOTE II

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.

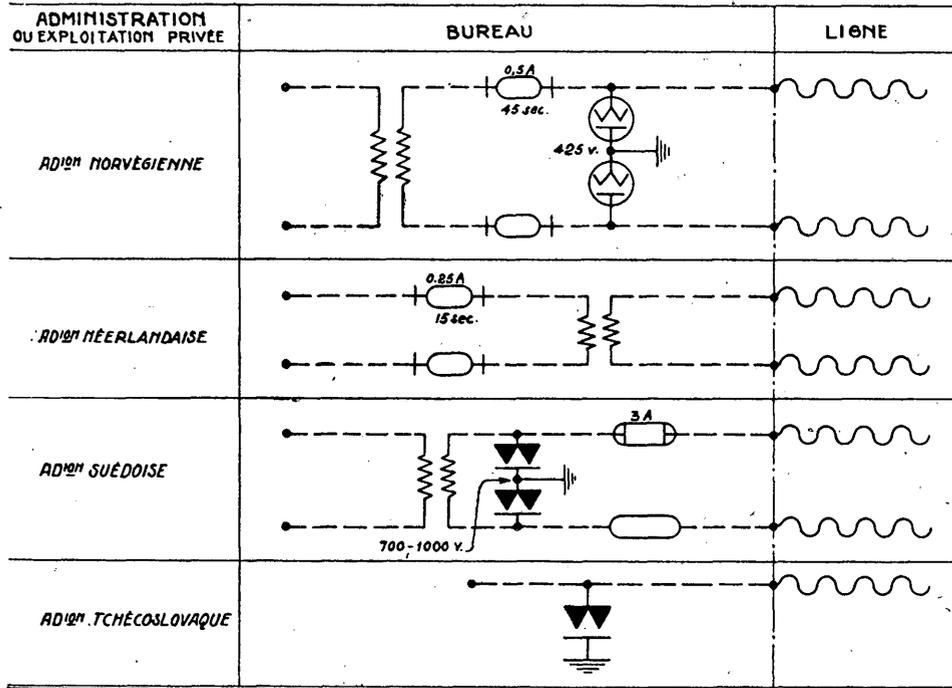
LÉGENDE



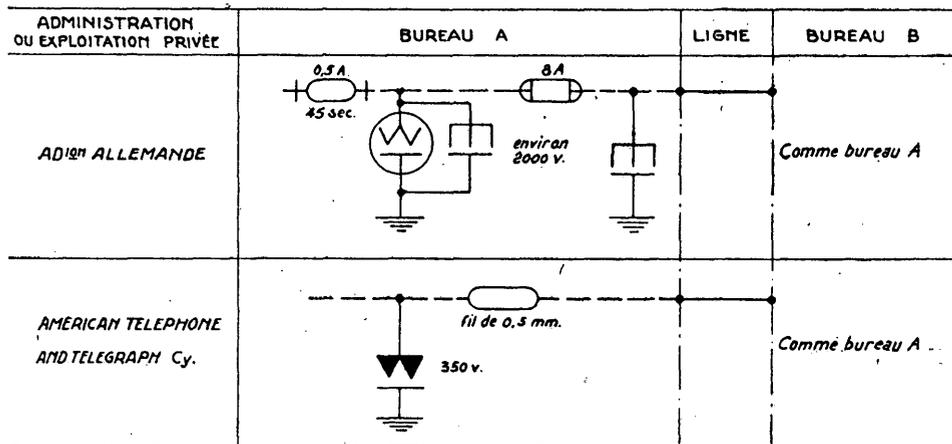
CIRCUIT INTERURBAIN EN CÂBLE SOUTERRAIN (I.1)

ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE.	BUREAU	LIGNE
AD ^{10^e} ALLEMANDE		 Câble, bobines Pupin, transformateurs éprouvés avec 1800 v. eff. 50p:3 par rapport à la terre
AMERICAN TELEPHONE AND TELEGRAPH Cy.		
AD ^{10^e} AUTRICHIENNE		
AD ^{10^e} BELGE		
ADMINISTRATION BRITANNIQUE -	(a) 0.5 A. 15-60 sec. (b) 0.5 A. 210 sec. Ordinaire 	 
	(a) 0.5 A. 15-60 sec. (b) 0.5 A. 210 sec. Avec transformateur 	 
	Associé à un répéteur 	 
AD ^{10^e} FRANÇAISE		
AD ^{10^e} HONGROISE	 Graduellement supprimé	

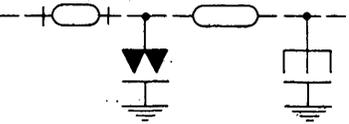
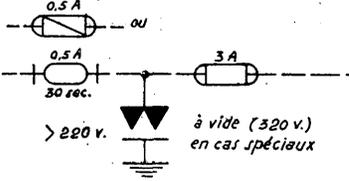
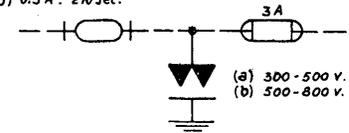
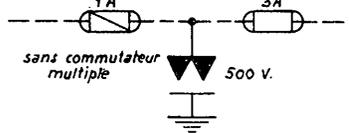
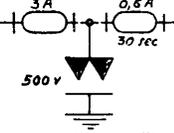
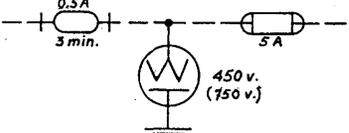
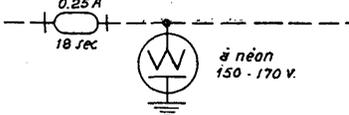
CIRCUIT INTERURBAIN EN CÂBLE SOUTERRAIN (I.1 suite)



CIRCUIT INTERURBAIN AÉRIEN (I-2)



CIRCUIT INTERURBAIN AÉRIEN (I-2 suite)

ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU A	LIGNE	BUREAU B
AD ^{10^m} AUTRICHIENNE			Comme bureau A
AD ^{10^m} BELGE			Comme bureau A
AD ^{10^m} BRITANNIQUE	<p>(a) 0,5 A - 15-60 sec. (b) 0,5 A - 210 sec.</p> 		Comme bureau A
AD ^{10^m} FRANÇAISE			
AD ^{10^m} HONGROISE			Comme bureau A
AD ^{10^m} NORVÉGIENNE			Comme bureau A
AD ^{10^m} NÉERLANDAISE			Comme bureau A

CIRCUIT INTERURBAIN AÉRIEN (I-2 FIN)

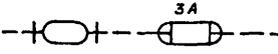
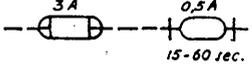
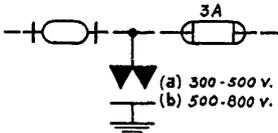
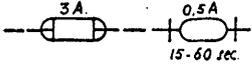
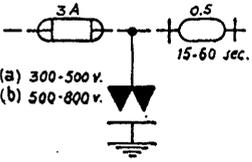
ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU A	LIGNE	BUREAU B
<i>AD¹⁰¹ SUÉDOISE</i>		---	<i>Comme bureau A</i>
<i>AD¹⁰¹ TCHÉCOSLOVAQUE</i>		---	<i>Comme bureau A</i>

LIGNE D'ABONNÉ EN CÂBLE SOUTERRAIN (I-3)

ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU CENTRAL	LIGNE	POSTE D'ABONNÉ
<i>AD¹⁰¹ ALLEMANDE</i>	---	~~~~~	---
<i>AMERICAN TELEPHONE AND TELEGRAPH Cy</i>		~~~~~	---
<i>AD¹⁰¹ AUTRICHIENNE</i>	---	~~~~~	---
<i>AD¹⁰¹ BELGE</i>	---	~~~~~	---

* 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.

LIGNE D'ABONNÉ EN CÂBLE SOUTERRAIN. (I - 3 SUITE)

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

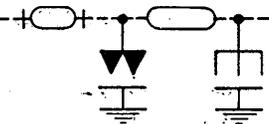
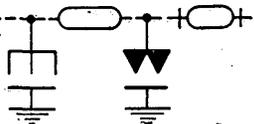
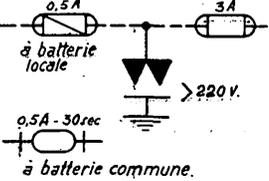
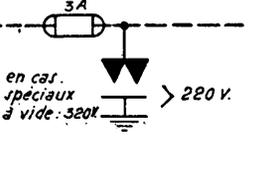
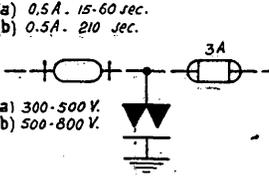
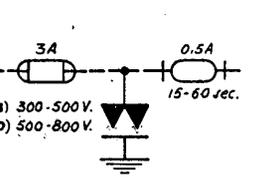
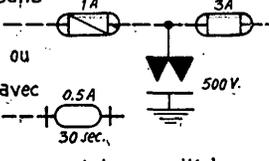
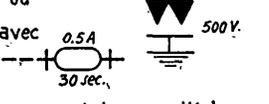
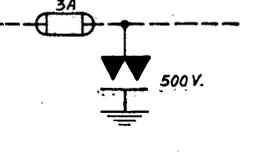
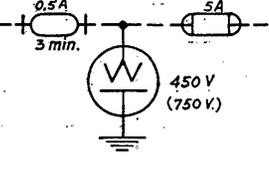
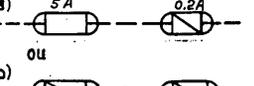
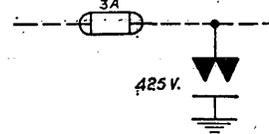
LIGNE D'ABONNÉ EN CÂBLE SOUTERRAIN (I.3 FIN)

ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU CENTRAL	LIGNE	POSTE D'ABONNÉ
AD ¹⁰¹ FRANÇAISE			
AD ¹⁰¹ HONGROISE			<i>Pas d'indications</i>
AD ¹⁰¹ NORVÉGIENNE			<i>Pas d'indications</i>
AD ¹⁰¹ NÉERLANDAISE			
AD ¹⁰¹ SUÉDOISE			<i>Pas d'indications</i>
AD ¹⁰¹ TCHÉCOSLOVAQUE			

LIGNE D'ABONNÉ AÉRIENNE (I.4)

ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU CENTRAL	LIGNE	POSTE D'ABONNÉ
AD ¹⁰¹ ALLEMANDE			
AMERICAN TELEPHONE AND TELEGRAPH Co			

LIGNE D'ABONNÉ AÉRIENNE (I - 4 suite)

ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU CENTRAL	LIGNE	POSTE D'ABONNÉ
AD ^{10^m} AUTRICHIENNE		---	
AD ^{10^m} BELGE	<p>0,5A à batterie locale</p>  <p>> 220 V.</p> <p>0,5A - 30 sec. à batterie commune.</p>	---	<p>3A</p>  <p>en cas. spéciaux à vide: 320V > 220 V.</p>
AD ^{10^m} BRITANNIQUE	<p>(a) 0,5A. 15-60 sec. (b) 0,5A. 210 sec.</p>  <p>(a) 300-500 V. (b) 500-800 V.</p>	---	<p>3A</p>  <p>(a) 300-500 V. (b) 500-800 V.</p> <p>15-60 sec.</p>
AD ^{10^m} FRANÇAISE	<p>sans</p>  <p>ou</p> <p>avec</p>  <p>0,5A 30 sec.</p> <p>commutateur multiple.</p> <p>500 V.</p>	---	<p>3A</p>  <p>500 V.</p>
AD ^{10^m} HONGROISE	<p>0,5A 3 min.</p>  <p>5A</p> <p>450 V (750 V)</p>	---	<p>(a) 5A</p>  <p>ou</p> <p>(b)</p>  <p>0,2A</p> <p>0,2A</p>
AD ^{10^m} NORVÉGIENNE.	<p>3A</p>  <p>425 V.</p>	---	<p>Pas d'indications.</p>

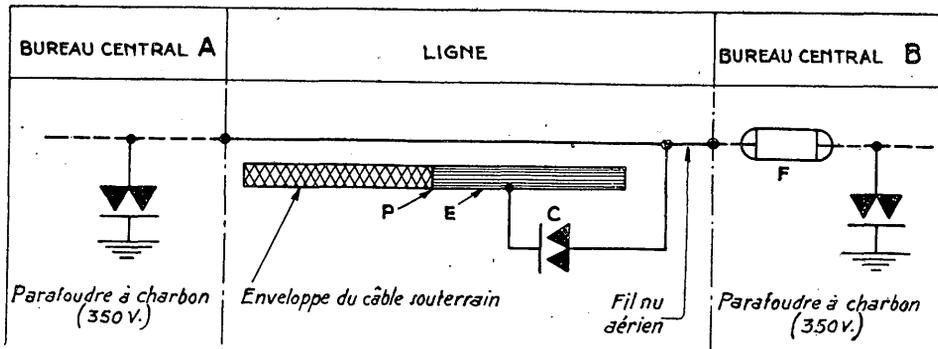
LIGNE D'ABONNÉ AÉRIENNE (I.4 FIN)

ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU CENTRAL	LIGNE	POSTE D'ABONNÉ
AD ¹⁰¹ NÉERLANDAISE	<p>0,25A 15 sec A néon 150-170v.</p>		<p>à néon 150-170v. Si la longueur de la ligne d'abonné dépasse 500 m.</p>
AD ¹⁰¹ SUÉDOISE	<p>0,25A 20 sec. 3A 700-1000 V</p>		<p>3A 700-1000 V. Si la ligne est croisée par des lignes d'énergie.</p>
AD ¹⁰¹ TCHÉCOSLOVAQUE			

CIRCUIT INTERURBAIN NON ENTIÈREMENT SOUS CÂBLE (I-5)

ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU A	LIGNE	BUREAU B
AD ¹⁰¹ ALLEMANDE	<p>0,5A 45 sec. 8A env. 2000 V.</p> <p>autrement qu'en cas d'un câble entière- ment souterrain.</p>	<p>350V environ 2000 V.</p>	<p>8A env. 2000 V. 350V. 0,5A 45 sec.</p>

CIRCUIT INTERURBAIN NON ENTIÈREMENT SOUS CÂBLE (I.S SUIVE)



- 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.

1° 2 à 10 mètres de câble protecteur (en fil de 0,51 mm. de diamètre) placés au point de jonction entre le câble aérien et le câble souterrain lorsque les enveloppes des câbles souterrains pénétrant dans le bureau central ont une longueur totale de 100 mètres ou plus.

2° Lorsque le câble d'entrée dans le bureau central est aérien ou bien lorsque les enveloppes des câbles souterrains d'entrée dans le bureau central ont une longueur totale inférieure à 100 mètres, on doit utiliser une section de câble protecteur en fil de 0,4 mm. de diamètre de longueur égale à 2 mètres au moins.

3° 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 indiquées :

2 milles quand le plus gros conducteur de la section souterraine est en fil de calibre n° 19;

4 milles quand le plus gros conducteur de la section souterraine est en fil de calibre n° 16;

8 milles quand le plus gros conducteur de la section souterraine est en fil de calibre n° 13.

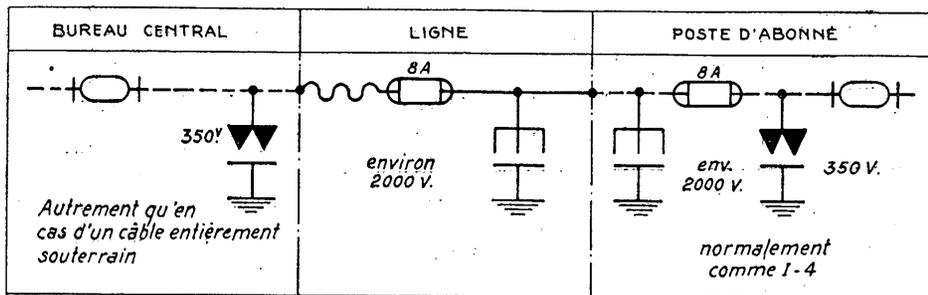
4° Lorsque aucune des conditions ci-dessus ne se trouve remplie, comme par exemple dans le cas des câbles d'amorce au départ de petits bureaux centraux, on doit utiliser des fusibles de 7 ampères placés au bureau central.

CIRCUIT INTERURBAIN NON ENTIÈREMENT SOUS CÂBLE (I-5 FIN)

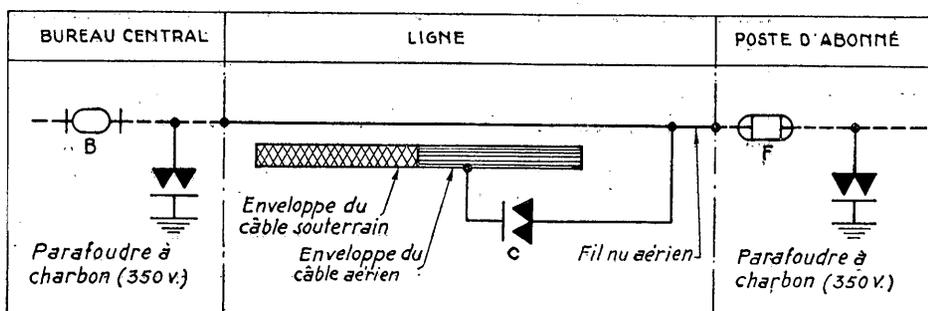
ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU A	LIGNE	BUREAU B
AD ^{ION} AUTRICHIENNE			
AD ^{ION} BELGE	<i>Pas d'indications spéciales</i>	 > 220 v. en cas spéciaux à vide (320 v.)	<i>Pas d'indications spéciales</i>
AD ^{ION} BRITANNIQUE	(a) 0,5 A - 15-60 sec. (b) 0,5 A - 210 sec. 	Cas où le câble est 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. Dans les autres cas: 	 (a) 300-500 v. (b) 500-800 v. Comme ci-dessus. (a) 0,5 A - 15-60 sec. (b) 0,5 A - 210 sec.
AD ^{ION} FRANÇAISE	<i>Pas d'indications spéciales</i>	 à pointes ou	<i>Pas d'indications spéciales</i>
AD ^{ION} HONGROISE	<i>Pas d'indications spéciales</i>	 450 v. (750 v.)	<i>Pas d'indications spéciales</i>
AD ^{ION} NORVÉGIENNE	<i>Pas d'indications spéciales</i>	<i>Pas d'indications.</i>	<i>Pas d'indications spéciales</i>
AD ^{ION} NÉERLANDAISE	 0,25 A 15 sec.	 150-170 v à néon	<i>Pas d'indications spéciales</i>
AD ^{ION} SUÉDOISE	<i>Pas d'indications spéciales</i>	 350 v.	<i>Pas d'indications spéciales</i>

LIGNE D'ABONNÉ NON ENTIÈREMENT SOUS CÂBLE (I.6)

ADMINISTRATION ALLEMANDE



- AMERICAN TELEPHONE AND TELEGRAPH Co -



- B. Bobinè 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).

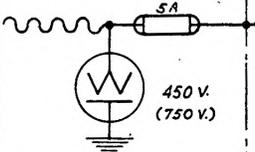
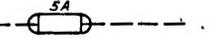
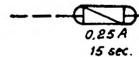
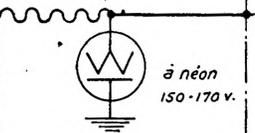
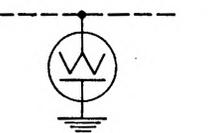
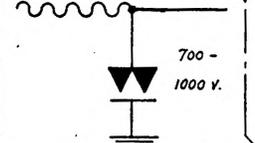
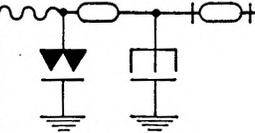
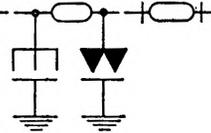
Protection du bureau central.

La protection est assurée à l'aide d'un câble en fil de 0,51 mm. de diamètre au point de jonction entre le câble aérien et le câble souterrain, lorsque les enveloppes de tous les câbles souterrains pénétrant dans le bureau central ont une longueur totale au moins égale à 100 mètres. Si leur longueur totale est inférieure à 100 mètres, on utilise une section de câble en fil de 0,4 mm. de diamètre d'une longueur égale à 2 mètres au moins. Si aucune de ces conditions n'est remplie, comme par exemple dans le cas de câbles d'amorce au départ de petits bureaux centraux, on doit utiliser des fusibles de 7 ampères dans le bureau central.

LIGNE D'ABONNÉ NON ENTIÈREMENT SOUS CÂBLE (I - 6 - SUITE)

ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU CENTRAL	LIGNE	POSTE D'ABONNÉ
AD ^{ION} AUTRICHIENNE			
AD ^{ION} BELGE	<i>Pas d'indications spéciales</i>	 <i>Ervas spéciaux à vide (320 V)</i>	<i>Pas d'indications spéciales</i>
AD ^{ION} BRITANNIQUE	(a) 0,5 A - 15-60 sec (b) 0,5 A - 210 sec. 		
AD ^{ION} FRANÇAISE	1 A OU 0,5 A 30 sec <i>normalement comme I-3</i>	 <i>si la ligne a plus de 5 Km. ou est particulièrement exposée aux coups de foudre.</i>	 <i>normalement comme I-4.</i>
	1 A OU 0,5 A 30 sec <i>normalement comme I-3</i>	 <i>si la ligne a moins de 5 Km, ou n'est pas parti- culièrement exposée.</i>	 <i>normalement comme I-4</i>

LIGNE D'ABONNÉ NON ENTIÈREMENT SOUS CÂBLE (I - 6 - FIN)

ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU CENTRAL	LIGNE	POSTE D'ABONNÉ
AD ¹⁰¹ HONGROISE	<i>Pas d'indications spéciales.</i>		
AD ¹⁰¹ NORVÉGIENNE	<i>Pas d'indications spéciales.</i>		<i>Pas d'indications spéciales.</i>
AD ¹⁰¹ NÉERLANDAISE			 <i>Seulement en cas d'une longueur de plus de 500 m.</i>
AD ¹⁰¹ SUÉDOISE	<i>Pas d'indications spéciales.</i>		<i>Pas d'indications spéciales.</i>
AD ¹⁰¹ TCHÉCOSLOVAQUE.			

DEUXIÈME PARTIE

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

AVIS DU COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

AVIS N° 1.

Renseignements sur les effets de l'électrolyse.

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 qui peuvent 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 serait désirable, dans l'intérêt de la téléphonie à grande distance, de publier certains renseignements susceptibles d'aider les différentes administrations et exploitations privées à combattre les effets de l'électrolyse due au retour des courants de traction électrique.

AVIS N° 2.

Collaboration avec les organismes intéressés.

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

Considérant

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 chemins de fer 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 serait 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, et l'Union Internationale des Chemins de fer;

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° 3.

Études sur le drainage électrique et les déversoirs.

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

Considérant

qu'en ce qui concerne l'emploi de déversoirs et la pratique du drainage électrique, les Recommandations ci-annexées ne se tiennent que dans une extrême réserve, une opinion définitive et unanime n'ayant encore pu se faire,

Emet, à l'unanimité, l'avis

Que l'attention des administrations et exploitations privées téléphoniques intéressées devrait être de nouveau attirée sur la nécessité de continuer l'étude des questions concernant le drainage électrique et les déversoirs.

AVIS N° 4.

Projets de recommandations.

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE

Considérant

qu'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, pp. 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.);

que 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;

Considérant également

que, à 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. consiste en ce que l'U. I. T. fixe un maximum de 2,5 volts pour la différence de potentiel entre deux points quelconques du réseau, tandis que le C. C. I. F. limite à 0,8 volt la valeur de la tension entre rails et terre dans les zones de corrosion;

Considérant d'ailleurs

que, pour vérifier que l'une ou l'autre de ces limites n'est pas dépassée, on procède 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;

Considérant, d'autre part

que la différence entre les deux réglementations provient de ce que, après ce premier calcul, le C. C. I. F. considère 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;

Considérant, toutefois

que ce calcul du C. C. I. F. utilise 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.;

Considérant

que, pour cette raison, on doit estimer que la réglementation du C. C. I. F. basée sur un calcul qui considère les deux facteurs, résistance de rails et résistance de passage, est plus satisfaisante au point de vue technique que celle de l'U. I. T., qui ne considère que le premier;

Considérant toutefois

qu'il est 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 doit 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,

Emet, à l'unanimité, l'avis

1° Qu'il y a lieu de substituer au Projet de recommandations concernant les mesures à prendre pour la protection des câbles contre la corrosion électrolytique, figurant au *Livre Jaune* (pp. 653 à 679), le nouveau projet ci-après, dont les administrations et exploitations privées téléphoniques pourront s'inspirer pour leurs besoins, dans la mesure du possible :

2° Que ce projet soit porté officiellement à la connaissance de la Commission Mixte Internationale pour les expériences relatives à la protection des lignes de télécommunication et des canalisations souterraines, et que cette Commission soit invitée à procéder aux expériences et échanges de vues nécessaires pour parvenir à un accord entre tous les intéressés sur un texte de Recommandations.

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

En élaborant les présentes recommandations, le Comité Consultatif International Téléphonique s'est proposé de rassembler quelques renseigne-

ments 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 administrations 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, 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

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

désigner la zone où les courants vagabonds entrent dans les enveloppes de câbles, et « zone de sortie » (ou de corrosion anodique) 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 inexistant; b) leurs voies de roulement sont constituées par des rails Vignole, sur plateformes 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...) 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 métalliques 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 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;

(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.

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 branchement 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 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 64.)

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

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 cons-

(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.

tituent 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...)

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 té-

léphoniques 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 zorés, 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° Un moyen de réduire l'intensité des courants vagabonds parcourant les enveloppes des câbles consiste à augmenter la résistance électrique de celles-ci en recourant à l'emploi de joints isolants. Ces joints isolants ne devraient exister qu'en des points suffisamment secs. Ils doivent être réalisés de manière qu'ils présentent une résistance mécanique, une étanchéité et une durabilité suffisantes.

Dans le cas de plusieurs câbles placés dans les mêmes conduites ou aboutissant en un même point, le recours éventuel aux joints isolants doit se faire pour chacun d'eux. Leur emploi doit être évité sur des câbles pouvant être soumis à l'induction de lignes à courant alternatif ou de lignes à courant continu dont la tension perturbatrice est importante.

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

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

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.

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 sol. Le but poursuivi est de conduire, par voie métallique, à la station génératrice, le courant qui circule dans les enveloppes des câbles, de manière à diminuer la quantité de courant qui sortirait de ces enveloppes pour entrer dans le sol.

2° L'emploi du drainage soulève un certain nombre d'objections de divers ordres :

Cette pratique est très onéreuse (frais d'établissement, d'entretien et de surveillance élevés).

Elle peut devenir inefficace par suite d'une altération accidentelle du régime des courants circulant sur les câbles; en particulier, l'intensité de ces courants peut devenir beaucoup trop grande; d'autre part, le câble peut être exposé à la corrosion cathodique aux endroits où le sol est de nature alcaline.

Elle peut être une cause de dangers pour les installations téléphoniques lorsque se produit un court-circuit sur le réseau de traction, et une cause de dangers pour le personnel chargé de l'entretien et de l'exploitation des câbles téléphoniques, lorsque la continuité des rails vient à être interrompue par accident.

Enfin, le drainage, ayant pour effet d'entraîner une extension du réseau de retour des courants de traction dans toutes les directions, peut accroître considérablement la probabilité de corrosion en un point quelconque des réseaux de câbles ou de conduites métalliques voisins.

3° Toutefois, ces inconvénients peuvent être notablement atténués dans certains cas, par exemple lorsqu'il n'existe qu'une seule voie de traction et que le tracé des câbles téléphoniques est parallèle à cette voie et ne comporte pas de bifurcations. En pareil cas, des connexions de drainage

pourraient être admises, à condition que l'on se borne à drainer une quantité de courant relativement petite : cette quantité ne doit pas dépasser ce qu'il faut pour empêcher l'effet nuisible de l'électrolyse.

4° Dans tous les cas où un système de drainage est adopté, il faut que ce système soit établi conformément aux principes suivants :

a) Le point le plus convenable pour faire la connexion de l'enveloppe du câble est l'endroit où des mesures montrent que le courant quittant le câble pour entrer dans la terre, a la plus grande intensité. Il faut, pour que le drainage soit efficace, que le potentiel des points où les connexions sont effectuées, lequel était positif par rapport au sol avant l'adoption de cette mesure, soit devenu, au contraire, inférieur au potentiel du sol dans le voisinage;

b) Les connexions de drainage doivent être effectuées seulement à la barre négative de la génératrice des courants de traction ou aux points où les feeders de retour sont reliés aux rails;

c) Le drainage doit être réalisé de telle sorte que les enveloppes des câbles soumis au drainage présentent, sur toute leur longueur, un potentiel négatif par rapport au sol;

d) Il y a lieu de réduire tout drainage au minimum nécessaire pour la protection des câbles téléphoniques. Ceci peut être réalisé soit par le choix de la section convenable des conducteurs utilisés pour le drainage, soit par l'emploi de résistances additionnelles;

e) Une surveillance effective doit être exercée constamment pour se rendre compte des conditions de fonctionnement du système de drainage : des mesures périodiques des courants de drainage sont nécessaires. Dans ce but, toutes dispositions utiles doivent être prises, lors de l'installation du système, pour permettre d'effectuer aisément ces mesures;

f) Il est également nécessaire de se ménager la possibilité de pouvoir interrompre les connexions de drainage toutes les fois qu'à défaut de cette précaution pourraient circuler des courants, de polarité inverse, d'intensité ou de durée susceptibles d'amener des dommages;

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

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, calculées dans ces conditions, n'excèdent pas la valeur de 0,8 volt fixée dans le paragr. 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 univoque (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 :

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

$V_{M1}, V_{M2}, \dots, V_{M1}, V_{M2}, \dots, V_{Mp}$, 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 $I_{F1}, I_{F2}, I_{Fi}, \dots, I_{Fp}$ 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 :

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

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

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

5° Ainsi, dans les hypothèses faites jusqu'ici, la connaissance de la valeur de l'intensité des courants sortant par chaque artère permettrait 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 :

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

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_{Fk} 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_{Fk} 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 §§ 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 perdite 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 perdite de la voie au point M par unité de longueur de voie.

On a :

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

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 déterminer 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 :

C = 1 pour une double voie avec rails à gorge;

C = 0,7 — simple — ;

C = 0,1 — simple voie avec rails Vignole.

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,

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

On a donc :

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

En particulier,

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

Dès lors :

$$\int_A^B V_M dl = L \left(V_A + r I_A \frac{L}{2} + r \frac{J L^2}{6} \right)$$

$$= \frac{L}{2} (V_A + V_B) - \frac{L^2}{12} r J.$$

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 § 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) ⁽¹⁾, 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 cir-

(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

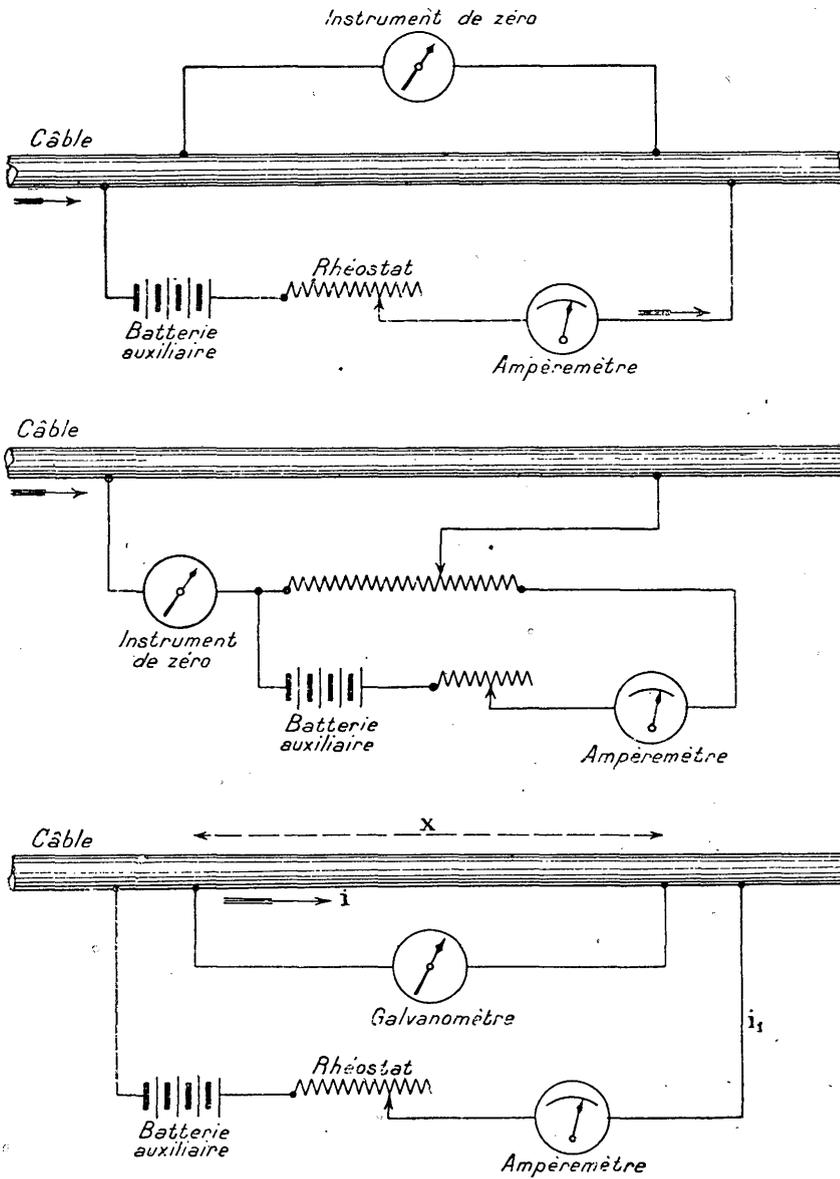
Quand on utilise l'échelle de 250 millivolts, la résistance est égale à 2000 ohms.

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.

cule dans cette enveloppe, connaissant la résistance de cette enveloppe;



5° On peut enfin déduire l'intensité i du courant qui circule dans l'enveloppe du câble et la résistance x de cette enveloppe, de deux lectures suc-

cessives sur un galvanomètre branché entre les deux extrémités de ladite enveloppe. Le schéma de montage est représenté ci-dessus 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 :

$$\begin{aligned}(i + i_1)X &= kd \\ (i - i_1)X &= kd'\end{aligned}$$

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 dm² 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 résistance 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 milliampermètre. 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 milliampermètre, 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

(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 3×10^{-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.

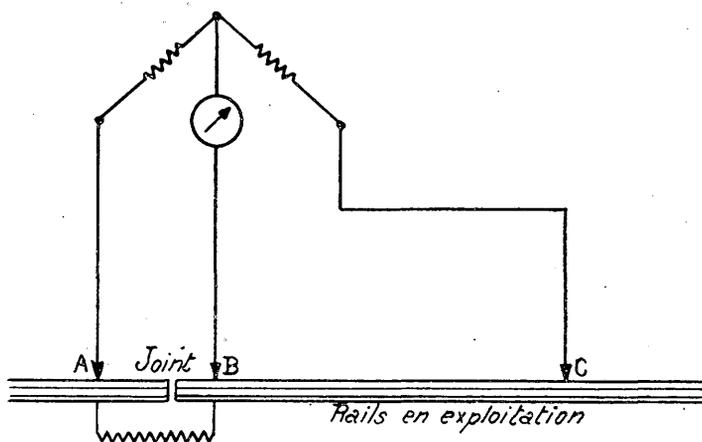
des dispositions analogues; aucune correction n'est à faire parce que les prises de contact sont de métaux identiques. Lorsque les deux points de la voie considérés entre lesquels on veut mesurer la chute de tension totale sont assez éloignés, on a recours à des fils-pilotes, et il faut introduire un 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

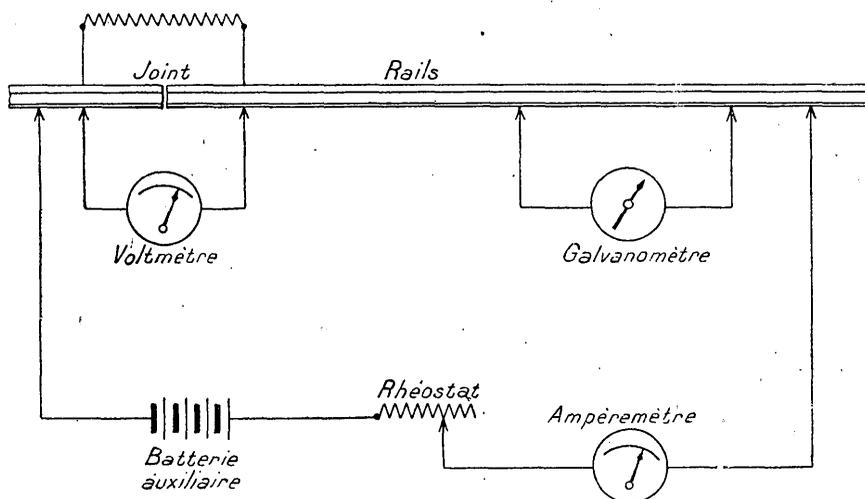


résistance B-C d'une certaine longueur de rail. La différence de potentiel produite entre les points A et C par le courant de traction qui circule dans le rail sert de pile; un galvanomètre sert d'instrument de zéro.

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 galvanomètre 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.

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.

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.

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-diaminodiphénylmétane 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.

