



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.)

---

# XVII<sup>e</sup> ASSEMBLÉE PLÉNIÈRE

GENÈVE, 4-12 OCTOBRE 1954

---

## TOME II

### PROTECTION

Première partie — Avis du C.C.I.F. relatifs à la protection des lignes téléphoniques ou à la constitution des enveloppes des câbles téléphoniques.

Deuxième partie — Documentation diverse.

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

---

# XVII<sup>e</sup> ASSEMBLÉE PLÉNIÈRE

GENÈVE, 4-12 OCTOBRE 1954

---

## TOME II

### PROTECTION

Première partie — Avis du C.C.I.F. relatifs à la protection des lignes téléphoniques ou à la constitution des enveloppes des câbles téléphoniques.

Deuxième partie — Documentation diverse.

**PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK**

**PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT**

## TABLE DES MATIÈRES

### PREMIÈRE PARTIE

#### AVIS DU C.C.I.F. RELATIFS A LA PROTECTION DES LIGNES TÉLÉPHONIQUES OU A LA CONSTITUTION DES ENVELOPPES DES CABLES TÉLÉPHONIQUES

<i>Chapitre I. — Protection des lignes téléphoniques contre les perturbations</i>		Pages
<i>Avis n° 1.</i> — Mise à la terre d'une ligne téléphonique à grande distance en câble . . . . .		5
<i>Avis n° 2.</i> — Raccordement de liaisons téléphoniques associées à des installations à haute tension, à des lignes placées sur les appuis ou dans les câbles du réseau téléphonique public . . . . .		6
<i>Avis n° 3.</i> — Principe de protection . . . . .		8
<i>Avis n° 4.</i> — Caractéristiques principales des organes de protection . . . . .		8
<i>Avis n° 5.</i> — Psôphomètre pour circuits téléphoniques commerciaux . . . . .		12
<i>Avis n° 6.</i> — Dispositifs de protection contre les chocs acoustiques . . . . .		17
<i>Avis n° 7.</i> — Modifications aux Directives, relatives à la détermination des conditions dans lesquelles sont admissibles les rapprochements des lignes de télécommunication et des lignes industrielles . . . . .		18
<i>Note</i> — Lignes à grande sécurité de service . . . . .		20
<i>Avis n° 8.</i> — Modification aux Directives, relative aux définitions de la tension perturbatrice équivalente et du courant perturbateur équivalent d'une installation ou d'une ligne industrielles . . . . .		21
<i>Avis n° 9.</i> — Modifications aux Directives, concernant le calcul de l'inductance mutuelle de deux lignes avec retour par la terre . . . . .		22
<i>Note</i> — Calcul de l'inductance mutuelle pour un tronçon de rapprochement oblique ou pour un croisement . . . . .		23
<i>Avis n° 10.</i> — Modifications aux Directives, relatives à l'évaluation des risques de danger dus à l'influence électrique . . . . .		26
 <i>Chapitre II. — Protection des câbles téléphoniques contre la corrosion</i>		
<i>Avis n° 11.</i> — Recommandations pour la protection des câbles souterrains contre l'action des courants vagabonds provenant des installations de traction électrique . . . . .		29
<i>Avis n° 12.</i> — Modifications aux « Recommandations pour la protection des câbles souterrains contre l'action des courants vagabonds provenant des installations de traction électrique » (Firenze, 1951) . . . . .		30
<i>Avis n° 13.</i> — Recommandations concernant la protection des câbles souterrains contre la corrosion . . . . .		31
<i>Avis n° 14.</i> — Modifications aux « Recommandations pour la protection contre la corrosion » (Paris, 1949) . . . . .		32

<i>Chapitre III. — Constitution des enveloppes des câbles téléphoniques</i>		Pages
<i>Avis n° 15. —</i>	<i>Elasticité des enveloppes de câbles . . . . .</i>	34

## DEUXIÈME PARTIE

### DOCUMENTATION DIVERSE

#### *Chapitre I. — Dispositifs de protection*

A.	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 . . . . .	35
B.	Dispositifs de protection que l'on peut insérer dans les lignes téléphoniques exposées à une forte induction, afin de réduire les tensions des fils par rapport au sol . . . . .	60

#### *Chapitre II. — Dispositifs facilitant la maintenance des lignes de télécommunication*

1.	Emploi de gaz sous pression dans les câbles . . . . .	72
	A. Renseignements communiqués en 1953 par l'American Telephone and Telegraph Company . . . . .	72
	B. Renseignements communiqués en 1953 par l'Administration britannique des téléphones . . . . .	74
	C. Renseignements communiqués en 1953 par l'Administration danoise des téléphones . . . . .	78
	D. Renseignements communiqués en 1954 par l'Administration française des téléphones . . . . .	81
2.	Emploi de gaz traceurs pour la localisation des défauts . . . . .	84
	A. Renseignements communiqués en 1953 par l'Administration danoise des téléphones . . . . .	84
	B. Renseignements communiqués en 1953 par l'American Telephone and Telegraph Company . . . . .	87
3.	Dispositifs de vérification permanente de l'isolement . . . . .	88
	A. Dispositif utilisé par l'Administration danoise des téléphones . . . . .	88
	B. Dispositif utilisé aux Etats-Unis d'Amérique par l'American Telephone and Telegraph Company . . . . .	89
	C. Dispositif utilisé par l'Administration française des téléphones dans le réseau des câbles à grande distance . . . . .	91
	D. Dispositifs utilisés par l'Administration britannique des téléphones . . . . .	92
	E. Dispositifs de vérification permanente de l'isolement utilisés par l'Administration suédoise des téléphones . . . . .	95
4.	Mesures de protection contre les coups de foudre . . . . .	98
5.	Mesures de protection contre les gaz explosifs et les gaz toxiques qui peuvent se rencontrer dans les chambres de tirage des câbles de télécommunication . . . . .	100
	A. Essais pour reconnaître la présence de gaz explosifs ou de gaz toxiques dans les chambres de tirage . . . . .	100
	B. Précautions à prendre lors des travaux effectués dans les chambres de tirage. Eclairage des chambres pendant les travaux . . . . .	103
	C. Epissurage, soudure et séchage des câbles dans les chambres de tirage où il peut y avoir du gaz . . . . .	105
	Index alphabétique . . . . .	117

## PREMIÈRE PARTIE

### AVIS DU C.C.I.F. RELATIFS A LA PROTECTION DES LIGNES TÉLÉPHONIQUES OU A LA CONSTITUTION DES ENVELOPPES DES CABLES TÉLÉPHONIQUES

---

#### CHAPITRE PREMIER

#### PROTECTION DES LIGNES TÉLÉPHONIQUES CONTRE LES PERTURBATIONS

---

Avis n° 1 (ancien Avis n° 1 — Livre Jaune, tome VI, Firenze 1951, pages 148 et 149).

*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 telle 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 avec une symétrie apparente, risque de faire entrer en jeu les dyssymétries d'inductance et de résistance de chacun des circuits sur lesquels on effectue cette mise à la terre;

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

que, lorsqu'un câble chargé 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

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

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;

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

c) Lorsque l'installation reliée au câble est une installation télégraphique, il y a lieu, en outre, de se conformer aux recommandations du Comité Consultatif International Téléphonique au sujet des conditions de coexistence de la téléphonie et de la télégraphie. (Livre Vert du C.C.I.F. — Tome III.)

\* \* \*

Avis n° 2 (ancien Avis n° 2 — Livre Jaune, tome VI, Firenze 1951, pages 148 à 150).

*Raccordement de liaisons téléphoniques associées à des installations à haute tension, à des lignes placées sur les appuis ou dans les câbles du réseau téléphonique public*

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE,

Considérant

que les distributeurs d'énergie ont besoin de raccorder, à des lignes placées sur les appuis ou dans les câbles du réseau téléphonique public, des liaisons à courants porteurs empruntant des conducteurs à haute tension, ou des lignes téléphoniques ordinaires placées sur les appuis de lignes à haute tension, ou des circuits téléphoniques constitués par des conducteurs téléphoniques placés dans la même enveloppe que des conducteurs d'énergie d'un câble à haute tension;

que, si l'on veut admettre ces raccordements, 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, et notamment la manifestation d'une tension excessive entre les fils de la ligne téléphonique placés sur les appuis ou dans les câbles du réseau téléphonique public;

que l'expérience acquise 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 pourvu que les installations répondent aux conditions ci-dessous: (ces conditions comportent deux parties, l'une concernant le cas des lignes téléphoniques établies sur appuis communs avec des lignes à haute tension et des circuits téléphoniques constitués par des conducteurs téléphoniques placés dans la même enveloppe que des conducteurs d'énergie d'un câble 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 du 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 ou constituée au moyen de conducteurs téléphoniques placés dans la même enveloppe que des conducteurs d'énergie d'un câble à haute tension.*

a) Les dispositifs de couplage entre les deux lignes  $L_1$  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 ainsi que des parafoudres et fusibles d'une puissance suffisante);

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

d) Toutes les mises à 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 électriques;

e) L'exploitant des lignes privées doit assumer la responsabilité du fonctionnement correct de l'ensemble de l'installation et de son entretien permanent conformément aux conditions énoncées ci-dessus.

II. — *Conditions à remplir dans le cas du 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  $L_1$  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 valeur de crête de la tension qui peut se manifester entre les fils de la ligne  $L_1$  ne doit dépasser 250 volts.

En raison de la valeur élevée des tensions de plaque généralement utilisées dans l'installation même de téléphonie à haute fréquence, les transformateurs intercalés entre cette installation et la ligne  $L_1$  doivent être tels qu'ils puissent supporter sans détérioration une tension au moins égale au triple de cette tension de plaque.

d) Toutes les mises à 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 électriques;

e) L'exploitant des lignes privées doit assumer la responsabilité du fonctionnement correct de l'ensemble de l'installation et de son entretien permanent conformément aux conditions énoncées ci-dessus.

\* \* \*

Avis n° 3 (ancien Avis n° 3 — Livre Jaune, tome VI, Firenze 1951, page 150).

*Principe de protection*

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE,

Considérant

que les organes de protection que l'on peut disposer sur les circuits constituent des points faibles et peuvent être la source de dérangements, et qu'il importe de réduire leur nombre,

Emet, à l'unanimité, l'avis

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

qu'une ligne téléphonique quelconque (circuit interurbain ou ligne d'abonné) entièrement en câble, et ne comportant aucune mise à la terre directe ou n'étant pas raccordée à des installations mises à la terre, ne devrait en règle générale comporter aucun organe de protection.

\* \* \*

Avis n° 4 (modifie l'ancien Avis n° 4 du Livre Jaune, tome VI, Firenze 1951, pages 151 à 154).

*Caractéristiques principales des organes de protection*

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE,

Considérant

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

Emet, à l'unanimité, l'avis

que pour déterminer les caractéristiques principales des organes de protection,

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

*Remarque.* — En se basant sur les indications de cette Note, les Administrations et Exploitations privées téléphoniques adhérant au C.C.I.F. ont communiqué les renseignements contenus dans l'Annexe figurant dans la partie documentaire de cet ouvrage aux pages 35 à 60 ci-après sous le titre : « Tableau des dispositifs de protection placés sur les installations téléphoniques de divers pays pour protéger le personnel et les installations contre les dangers éventuels dus aux lignes d'énergie ou aux décharges atmosphériques ».

## NOTE

### 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.

*Note.* — Les fusibles téléphoniques doivent, en cas de fonctionnement, opérer une coupure franche du circuit dans lequel ils sont insérés.

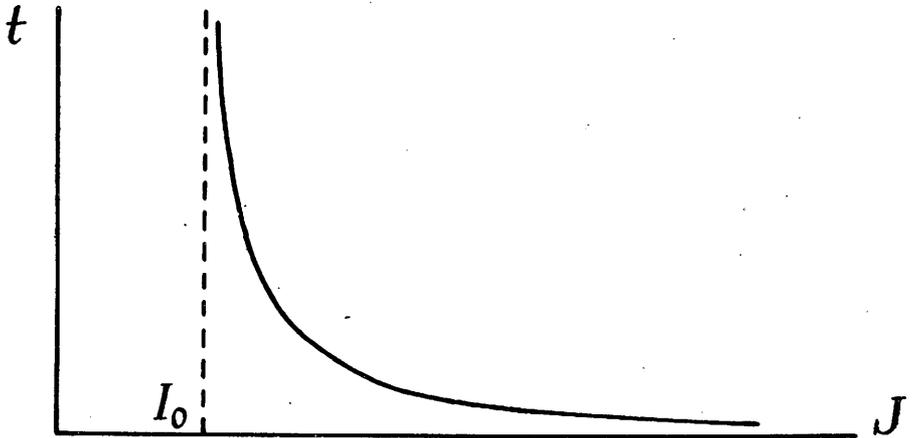
b) *Dispositions extérieures.* — Mode de fixation et de prise du courant; stabilité de la fixation en cas de vibrations, encombrement, présentation ou étiquetage.

*Note.* — Alors que les fusibles téléphoniques sont désignés par la valeur de leur courant de fonctionnement, tel qu'il est défini ci-après en *d*), les fusibles pour installations industrielles le sont par la valeur du courant qui peut les traverser en régime normal sans provoquer la fusion. Il est donc important de prendre toutes précautions dans la présentation extérieure et l'étiquetage de ces organes pour les distinguer les uns des autres.

c) *Résistance électrique.*

d) *Caractéristique de fonctionnement.* — Il est possible de construire une courbe caractéristique représentant, en fonction du courant  $J$  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 du courant de fonctionnement du fusible (voir la figure ci-dessous).



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  $\frac{1}{2} CV^2$ , 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 (ou à un réseau) de courant continu 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 dyssymétrie 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.

Dans le cas des parafoudres à gaz raréfié, il est important de comparer les tensions d'amorçage quand le parafoudre est placé à la lumière ou dans l'obscurité.

Il est également utile de comparer la tension d'amorçage qui vient d'être définie avec la tension pour laquelle, lors de l'essai de choc, on constate le fonctionnement du parafoudre.

*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) *Caractéristique de robustesse.* — Il y a lieu de déterminer les durées maxima pendant lesquelles les parafoudres supportent sans détérioration (fusion d'électrodes, éclatement ou fissuration de l'enveloppe, ...) le passage de courants d'intensité constante, les valeurs de ces intensités étant supérieures à 0,1 ampère et pouvant atteindre quelques ampères.

En faisant cette détermination sur plusieurs échantillons d'un type donné de parafoudre, avec différentes intensités, on peut obtenir les éléments de construction d'une courbe représentant en fonction du courant  $I$  traversant le parafoudre, la durée s'écoulant entre son amorçage et sa destruction. Cette courbe, caractéristique de la robustesse du type étudié, peut être comparée avec la caractéristique de fonctionnement de fusibles, définie plus haut, et cette comparaison permet de choisir rationnellement le type de fusible qu'on peut placer du côté de la ligne devant le parafoudre du type considéré.

Dans le cas d'un parafoudre destiné à être associé à un fusible, il convient encore de s'assurer que cet organe supporte un grand nombre de fois le passage de courants d'intensité quelconque pendant la durée nécessaire pour assurer la fusion du fusible auquel il est associé.

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

f) *Régularité et stabilité de fonctionnement.* — La régularité de fonctionnement est définie comme la constance de la tension d'amorçage du parafoudre au cours d'emplois successifs. La stabilité de fonctionnement correspond au fait qu'une fois établi dans l'appareil un régime, soit d'effluve, soit de gros débit, il n'y a pas de passage spontané d'un régime à l'autre.

g) *Uniformité de comportement.* — Les parafoudres d'un même type de construction et de mêmes caractéristiques nominales placés dans des conditions de fonctionnement identiques devraient se comporter de manière aussi peu différente que possible. Cette uniformité devrait se rencontrer aussi bien pour des appareils faisant partie d'un même lot de fabrication que pour des appareils fabriqués à des époques différentes.

\* \* \*

**Avis n° 5** (ancien Avis n° 5 modifié — Livre Jaune, tome VI, Firenze 1951, pages 181-184).

*Psophomètre pour circuits téléphoniques commerciaux*

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE,

Considérant

que, depuis que le psophomètre pour circuits téléphoniques commerciaux a été spécifié (Directives concernant la protection des lignes de télécommunication contre

les actions nuisibles des lignes électriques industrielles, édition de Roma 1937, révisée à Oslo 1938), des progrès considérables ont été faits dans la construction des appareils téléphoniques d'abonné, notamment en ce qui concerne l'uniformité de l'efficacité en fonction de la fréquence,

que le « Joint Subcommittee on development and research of the Edison Electric Institute and the Bell Telephone System » (Engineering report n° 45 \*) a procédé à de nombreux essais pour tracer la courbe à prescrire pour le réseau filtrant du psophomètre afin de tenir compte des qualités améliorées des appareils téléphoniques d'abonné,

que de nombreuses expériences et mesures faites au cours des dernières années ont montré que les qualités électro-acoustiques des appareils téléphoniques d'abonné utilisés en Europe sont très semblables à celles des appareils américains et que, par suite, il n'y a pas lieu de recommencer en Europe des essais semblables aux essais précités du Joint Subcommittee,

Emet, à l'unanimité, l'avis

que les poids attribués aux diverses fréquences dans le réseau filtrant du psophomètre utilisé pour les mesures faites aux bornes d'un circuit interurbain du service téléphonique commercial doivent être ceux du tableau ci-après (voir également la courbe ci-après); seules les valeurs soulignées dans ce tableau doivent être considérées comme spécifiant le réseau filtrant du psophomètre et peuvent être prises en considération pour les essais de vérification de l'appareil; les autres valeurs, obtenues par interpolation, sont données pour faciliter les calculs éventuels.

Par convention, les valeurs numériques sont déterminées en attribuant à la fréquence 800 p/s la valeur 1000. Les expressions logarithmiques des poids sont déterminées en attribuant à la fréquence 800 p/s la valeur correspondant à 0 néper ou 0 décibel.

#### *Tolérances admissibles*

Les tolérances admissibles sont:

50 à 300 Hz . . . . .	$\pm 2$ décibels	ou	$\pm 0,23$ néper
300 à 800 Hz . . . . .	$\pm 1$ décibel	ou	$\pm 0,12$ néper
à 800 Hz . . . . .	0 décibel	ou	0 néper
800 à 3000 Hz . . . . .	$\pm 1$ décibel	ou	$\pm 0,12$ néper
3000 à 3500 Hz . . . . .	$\pm 2$ décibels	ou	$\pm 0,23$ néper
3500 à 5000 Hz . . . . .	$\pm 3$ décibels	ou	$\pm 0,35$ néper

*Remarque.* — Au cours de sa XVI<sup>e</sup> Assemblée plénière, Firenze 1951, le C.C.I.F. a estimé qu'il était extrêmement désirable de ne plus apporter de modifications au tableau des poids et à la spécification du psophomètre, pendant une période aussi longue que possible, par exemple de dix ans.

*Mesures aux bornes du récepteur téléphonique d'abonné.* — Le psophomètre qui a été normalisé par la XVI<sup>e</sup> Assemblée plénière du C.C.I.F. pour la mesure des bruits de circuit relativement stables comprend, pour l'emploi de ce psophomètre

\* La traduction en français de ce rapport a fait l'objet du document « C.C.I.F. 1947/1948—1<sup>o</sup> C.R. — Document n° 2 ».

Tableau des poids du psophomètre pour circuits téléphoniques commerciaux

Fréquences Hz	Poids			
	Valeurs numériques	Carré des valeurs numériques	Valeurs en décibels	Valeurs en népers
16,66	0,056	0,003136	- 85,0	- 9,79
50	0,71	0,5041	- 63,0	- 7,25
100	8,91	79,3881	- 41,0	- 4,72
150	35,5	1 260,25	- 29,0	- 3,34
200	89,1	7 938,81	- 21,0	- 2,42
250	178	31 684	- 15,0	- 1,73
300	295	87 025	- 10,6	- 1,22
350	376	141 376	- 8,5	- 0,98
400	484	234 256	- 6,3	- 0,73
450	582	338 724	- 4,7	- 0,54
500	661	436 921	- 3,6	- 0,41
550	733	537 289	- 2,7	- 0,31
600	794	630 436	- 2,0	- 0,23
650	851	724 201	- 1,4	- 0,16
700	902	813 604	- 0,9	- 0,10
750	955	912 025	- 0,4	- 0,046
800	1 000	1 000 000	0,0	0,000
850	1 035	1 071 225	+ 0,3	+ 0,034
900	1 072	1 149 184	+ 0,6	+ 0,069
950	1 109	1 229 881	+ 0,9	+ 0,103
1 000	1 122	1 258 884	+ 1,0	+ 0,115
1 050	1 109	1 229 881	+ 0,9	+ 0,103
1 100	1 072	1 149 184	+ 0,6	+ 0,069
1 150	1 035	1 071 225	+ 0,3	+ 0,034
1 200	1 000	1 000 000	0,0	0,000
1 250	977	954 529	- 0,20	- 0,023
1 300	955	912 025	- 0,40	- 0,046
1 350	928	861 184	- 0,65	- 0,075
1 400	905	819 025	- 0,87	- 0,100
1 450	881	776 161	- 1,10	- 0,126
1 500	861	741 321	- 1,30	- 0,150
1 550	842	708 964	- 1,49	- 0,172
1 600	824	678 976	- 1,68	- 0,193
1 650	807	651 249	- 1,86	- 0,214
1 700	791	625 681	- 2,04	- 0,234
1 750	775	600 625	- 2,22	- 0,255
1 800	760	577 600	- 2,39	- 0,275
1 850	745	555 025	- 2,56	- 0,295
1 900	732	535 824	- 2,71	- 0,311
1 950	720	518 400	- 2,86	- 0,329
2 000	708	501 264	- 3,00	- 0,345
2 050	698	487 204	- 3,12	- 0,359
2 100	689	474 721	- 3,24	- 0,373
2 150	679	461 041	- 3,36	- 0,386
2 200	670	448 900	- 3,48	- 0,400
2 250	661	436 921	- 3,60	- 0,414
2 300	652	425 104	- 3,72	- 0,428
2 350	643	413 449	- 3,84	- 0,442
2 400	634	401 956	- 3,96	- 0,456

Tableau des poids du psophomètre pour circuits téléphoniques commerciaux (suite)

Fréquences Hz	Poids			
	Valeurs numériques	Carré des valeurs numériques	Valeurs en décibels	Valeurs en népers
2 450	625	390 625	- 4,08	- 0,470
2 500	617	380 689	- 4,20	- 0,484
2 550	607 <sup>o</sup>	368 449	- 4,33	- 0,499
2 600	598	357 604	- 4,46	- 0,513
2 650	590	348 100	- 4,59	- 0,528
2 700	580	336 400	- 4,73	- 0,544
2 750	571	326 041	- 4,87	- 0,560
2 800	562	315 844	- 5,01	- 0,576
2 850	553	305 809	- 5,15	- 0,593
2 900	543	294 849	- 5,30	- 0,610
2 950	534	285 156	- 5,45	- 0,627
3 000	525	275 625	- 5,60	- 0,645
3 100	501	251 001	- 6,00	- 0,691
3 200	473	223 729	- 6,50	- 0,748
3 300	444	197 136	- 7,05	- 0,812
3 400	412	169 744	- 7,70	- 0,886
3 500	376	141 376	- 8,5	- 0,979
3 600	335	112 225	- 9,5	- 1,09
3 700	292	85 264	- 10,7	- 1,23
3 800	251	63 001	- 12,0	- 1,38
3 900	214	45 796	- 13,4	- 1,54
4 000	178	31 684	- 15,0	- 1,73
4 100	144,5	20 880,25	- 16,8	- 1,93
4 200	116,0	13,456	- 18,7	- 2,15
4 300	92,3	8 519,29	- 20,7	- 2,38
4 400	72,4	5 241,76	- 22,8	- 2,62
4 500	56,2	3 158,44	- 25,0	- 2,88
4 600	43,7	1 909,69	- 27,2	- 3,13
4 700	33,9	1 149,21	- 29,4	- 3,38
4 800	26,3	691,69	- 31,6	- 3,64
4 900	20,4	416,16	- 33,8	- 3,89
5 000	15,9	252,81	- 36,0	- 4,14
> 5 000	< 15,9	< 252,81	< - 36,0	< - 4,14

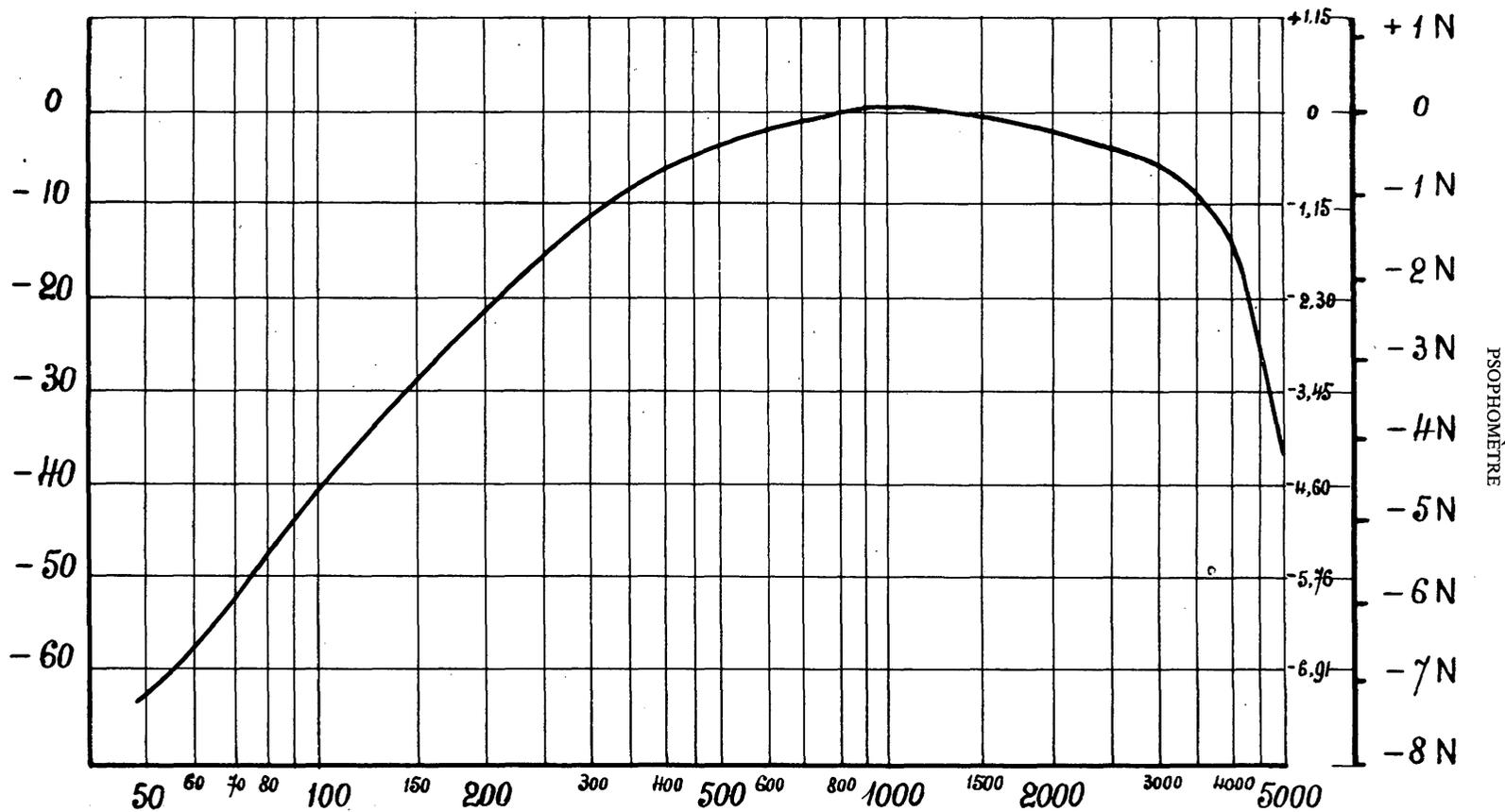
*Remarque.* — Si pour l'établissement de certains systèmes de transmission téléphonique on doit faire des calculs à partir des valeurs des poids psophométriques, et qu'il paraisse alors utile d'adopter pour les fréquences supérieures à 5000 Hz des valeurs plus précises que celles du tableau précédent, on pourra adopter les valeurs suivantes.

Fréquences Hz	Poids			
	Valeurs numériques	Carré des valeurs numériques	Valeurs en décibels	Valeurs en népers
5000 à 6000	< 15,9	< 252,81	< - 36,0	< - 4,14
> 6000	< 7,1	< 50,41	< - 43,0	< - 4,95

Décibels

Népers

16



Courbe caractéristique du réseau filtrant du psophomètre utilisé pour les mesures faites aux bornes d'un circuit interurbain du service téléphonique commercial

PSOPHOMÈTRE

à l'extrémité d'un circuit téléphonique international (voir ci-dessus), un réseau filtrant qui tient compte des caractéristiques de fonctionnement d'un type assez moderne de poste téléphonique utilisé aux Etats-Unis d'Amérique et également des caractéristiques moyennes du réseau téléphonique national des Etats-Unis d'Amérique. Dans la pratique américaine, pour employer ce psophomètre aux bornes du récepteur téléphonique, on l'adapte à cet usage en supprimant la partie du réseau filtrant qui tient compte des caractéristiques des circuits téléphoniques commerciaux. Il ne semble pas essentiel d'avoir recours à une telle modification en Europe, puisque les caractéristiques de fonctionnement des postes téléphoniques employés en Europe sont très variées. Le choix d'une caractéristique unique pour le réseau filtrant, qui résulterait d'une modification de cette sorte, serait probablement aussi arbitraire que celui qui consisterait à employer, sans modification, pour des mesures aux bornes du récepteur téléphonique, le psophomètre avec le réseau filtrant spécifié par la XVI<sup>e</sup> Assemblée plénière du C.C.I.F. pour les mesures aux bornes d'un circuit interurbain du service téléphonique commercial (voir ci-dessus).

Quand on a seulement besoin de mesures comparatives, on peut très bien employer sans modification le psophomètre spécifié par la XVI<sup>e</sup> Assemblée plénière du C.C.I.F., comme un voltmètre dont les caractéristiques ont été fixées arbitrairement, pour effectuer des mesures aux bornes du récepteur téléphonique d'abonné.

Pour des études de caractère fondamental, les Administrations peuvent très bien être désireuses d'employer des réseaux filtrants spécialement choisis de façon à être appropriés aux études considérées.

\* \* \*

Avis n° 6 (Avis nouveau).

*Dispositifs de protection contre les chocs acoustiques*

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE,

Considérant

qu'il existe actuellement des dispositifs de protection contre les chocs acoustiques, basés sur l'utilisation d'éléments rectifiants, qui sont efficaces, peu encombrants et peu coûteux,

que la mise en service de ces dispositifs facilite la détermination des conditions dans lesquelles les rapprochements de lignes téléphoniques et de lignes industrielles sont admissibles, et d'autre part, supprime les effets désagréables de certains bruits de circuit (clics),

Emet, à l'unanimité, l'avis

qu'il serait désirable que tous les postes d'opératrices soient pourvus d'un dispositif de protection contre les chocs acoustiques;

qu'il est également recommandable de pourvoir d'un tel dispositif les postes d'abonnés et les postes portatifs d'ouvriers des lignes se trouvant dans des conditions telles que les chocs acoustiques soient à craindre (régions orageuses, postes susceptibles d'être reliés à des lignes exposées à l'induction, postes munis de certains types de parafoudres ou autres dispositifs de protection dont le fonctionnement normal

peut produire des pointes de tension aux bornes du récepteur téléphonique), en particulier, les postes comportant un récepteur téléphonique serre-tête.

\* \* \*

**Avis n° 7** (cet Avis complète, modifie et remplace l'ancien Avis n° 9 du Livre Jaune, tome VI — page 190).

*Modifications aux Directives, relatives à la détermination des conditions dans lesquelles sont admissibles les rapprochements des lignes de télécommunication et des lignes industrielles*

#### LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE,

##### Considérant

que les groupements internationaux représentant les producteurs et distributeurs d'énergie électrique ont demandé d'examiner s'il ne conviendrait pas de porter à une valeur supérieure à 430 volts la limite de la force électromotrice longitudinale induite le long des lignes de télécommunication en cas de court-circuit à la terre affectant les lignes industrielles voisines;

que les raisons indiquées en faveur de cette proposition semblent pouvoir être résumées de la manière suivante:

a) le calcul de la force électromotrice longitudinale induite en cas de court-circuit est fait en adoptant l'hypothèse que cet accident se produit dans les conditions les plus défavorables, en ce qui concerne, notamment, la résistance du défaut à la terre, la position de ce défaut, la configuration et la charge du réseau industriel au moment du court-circuit;

b) la limite de 430 volts rend parfois extrêmement difficile la réalisation de certains rapprochements entre lignes de transport d'énergie et circuits de télécommunication ou conduit à l'adoption de solutions non satisfaisantes au point de vue économique; le développement incessant des deux systèmes risque de multiplier de telles situations;

c) la probabilité de cet accident est souvent assez petite et sa durée peut être très brève;

que, toutefois, ce dernier argument ne prend toute sa valeur que pour certaines lignes à haute tension très bien construites et ayant un équipement moderne;

que, d'ailleurs, l'augmentation demandée de la limite admissible ne peut être acceptée que lorsqu'il est reconnu possible de garantir une sécurité suffisante du personnel et des installations des télécommunications, éventuellement grâce à l'adoption de dispositions complémentaires appropriées;

que déjà, dans cet esprit, la XVI<sup>e</sup> Assemblée plénière du C.C.I.F. a, par son Avis n° 9 (Livre Jaune, tome VI, Protection, page 190), approuvé l'insertion dans les Directives de l'alinéa suivant, lequel a été inséré dans la dernière publication de ce document (édition de Roma, révisée à Oslo et mise à jour à Genève en 1952) (alinéa 237):

Dans certains cas, il est impossible de maintenir la force électromotrice longitudinale induite au-dessous des limites définies dans les alinéas précédents. Chaque cas particulier

doit alors faire l'objet d'une étude spéciale permettant de rechercher la solution qui, dans l'ensemble, est la plus rationnelle et la plus économique en tenant compte de circonstances telles que: la qualité de la construction mécanique de la ligne d'énergie, la probabilité d'incidents sur cette ligne, l'efficacité des protections de cette ligne contre les défauts à la terre, les modifications qu'il est éventuellement possible d'apporter à l'équipement et à l'exploitation de la ligne de télécommunication, l'efficacité de ses propres protections éventuellement améliorées, l'importance des troubles d'exploitation à redouter pour cette ligne...;

qu'en vue de simplifier la mise en pratique de ces principes, il a été proposé de définir sous le nom de *lignes à grande sécurité de service* des lignes répondant à des conditions déterminées et pour lesquelles des règles spéciales, moins sévères que les règles générales, pourraient être appliquées systématiquement,

Emet, à l'unanimité, l'avis

1. qu'il n'y a pas lieu actuellement de porter, *d'une manière générale*, à une valeur supérieure à 430 volts, la limite de la force électromotrice longitudinale induite dans les lignes de télécommunication en cas de court-circuit à la terre affectant les lignes industrielles voisines;

2. qu'il y a lieu de confirmer le principe antérieurement admis et rappelé plus haut relatif à la possibilité d'admettre, quand cela apparaît opportun, des valeurs supérieures de cette force électromotrice induite moyennant certaines conditions;

3. qu'en particulier, celles de ces conditions relatives à la qualité de construction de la ligne industrielle, à la faible probabilité d'incidents sur cette ligne, à la réduction de leur durée grâce à l'efficacité des protections de cette ligne contre les défauts à la terre, peuvent être considérées comme satisfaites dans le cas des lignes définies dans la note ci-annexée comme lignes à *grande sécurité de service*, et qu'en conséquence, après adaptation éventuelle des conditions relatives à la ligne de télécommunication, les rapprochements de celle-ci avec une ligne à grande sécurité de service doivent être considérés comme admissibles, si cette ligne de télécommunication est en fils nus aériens, quand la force électromotrice induite en cas de court-circuit reste inférieure à 650 volts (valeur provisoire) et que même quand cette limite est dépassée, la possibilité d'établir un rapprochement n'est pas exclue, mais qu'il convient alors de faire l'étude spéciale recommandée par l'alinéa 237 précité des Directives;

4. qu'en ce qui concerne le cas des câbles de télécommunications dont tous les circuits aboutissent à des transformateurs terminaux, il y a lieu de conserver en tout cas les recommandations actuelles de l'alinéa 236 des Directives, c'est-à-dire de limiter la valeur de la force électromotrice longitudinale admissible à 60% de la plus basse des valeurs de la tension d'essai de claquage des conducteurs du câble par rapport à l'enveloppe et de celle des éléments d'équipement du câble (bobines de charge, condensateurs d'équilibrage, têtes de câble, transformateurs terminaux, etc...) par rapport à l'enveloppe du câble ou par rapport à la terre.

*Note.* — L'Union Internationale des Chemins de fer (U.I.C.) fait observer que l'avis élevant à 650 volts la limite de la force électromotrice longitudinale induite dans le cas des lignes industrielles à grande sécurité de service, recommandation applicable aux lignes de télécommunication, ne saurait, d'une façon générale, concerner les circuits de signalisation du chemin de fer.

## NOTE

## Lignes à grande sécurité de service

On désigne sous le nom de lignes à grande sécurité de service celles qui répondent aux exigences suivantes :

*A. Lignes aériennes.**1. Caractéristiques mécaniques et électriques.*

1.1. Les dimensions et autres caractéristiques des conducteurs, des supports (poteaux, pylones), des isolateurs, des attaches des conducteurs aux isolateurs et autres éléments de construction de la ligne, doivent être choisies de manière que tout l'ensemble offre une résistance à la rupture et une stabilité suffisantes dans les circonstances les plus défavorables auxquelles la ligne peut être exposée, notamment du fait des surcharges dues au vent et au givre et des effets de la température.

1.2. Les distances entre les conducteurs et la masse doivent être telles que, dans les circonstances les plus défavorables, aucun amorçage entre conducteurs et masse ne puisse se produire, ni dans les conditions normales d'exploitation, ni lors de surtensions internes du réseau.

1.3. Les isolateurs doivent être appropriés aux plus fortes contraintes mécaniques et aux plus fortes tensions électriques qu'ils ont à supporter en exploitation dans toutes les conditions climatiques les plus courantes à envisager pour les lignes intéressées \*.

*2. Situation géographique.*

Les lignes ne traversent pas des régions particulièrement défavorables au point de vue de la probabilité des défauts (par exemple, régions orageuses, régions où les lignes sont exposées à des pollutions ou à des condensations...), à moins que des dispositions spéciales ne soient adoptées pour réduire cette probabilité.

Ainsi, dans le cas de lignes traversant des régions orageuses et établies sur supports métalliques, ces dispositions peuvent consister à munir la ligne de câbles de terre et à réaliser les prises de terre des pylones de sorte que leur résistance soit suffisamment faible.

Dans le cas de lignes traversant des régions où il y a possibilité de pollutions, ces dispositions peuvent consister en l'emploi d'une construction ou d'un équipement appropriés des isolateurs, dont l'efficacité serait bien établie.

*3. Elimination des défauts à la terre.*

3.1. Les lignes doivent être équipées de dispositifs de protection et de disjoncteurs tels que la durée totale de passage d'un courant de défaut à la terre soit aussi courte que possible, ne dépassant en aucun cas 0,5 seconde, et demeurant, dans la majorité des cas, inférieure à 0,2 seconde.

3.2. Des garanties doivent être fournies pour qu'au cours de l'exploitation de

---

\* L'application de règles nationales déjà existantes est souvent suffisante pour que les conditions énoncées au sujet des caractéristiques mécaniques et électriques des lignes soient satisfaites.

la ligne, ces dispositifs de protection soient toujours maintenus en bon état de fonctionnement.

### B. Câbles souterrains.

On considère comme étant à grande sécurité de service les câbles souterrains de transport d'énergie à haute tension (par exemple, supérieure à 60000 volts) construits suivant les meilleures règles de la technique et répondant aux conditions énoncées en 3.1 et 3.2 en ce qui concerne l'élimination des défauts à la terre.

\* \* \*

### Avis n° 8 (Avis nouveau).

*Modification aux Directives, relative aux définitions de la tension perturbatrice équivalente et du courant perturbateur équivalent d'une installation ou d'une ligne industrielles*

#### LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE,

##### Considérant

que les Directives concernant la protection des lignes de télécommunication contre les actions nuisibles des lignes électriques industrielles (édition de Roma, 1937, révisée à Oslo en 1938 et mise à jour à Genève en 1952) définissent la tension perturbatrice équivalente et le courant perturbateur équivalent d'une installation ou d'une ligne industrielle au moyen d'expressions comportant respectivement un facteur  $k_f$  et un facteur  $h_f$ , fonctions de la fréquence, tenant compte du mode de couplage des lignes intéressées, ainsi éventuellement, que des conditions de service de la ligne industrielle;

qu'il a été suggéré d'examiner la possibilité de simplifier ces définitions en confondant avec l'unité ces facteurs  $k_f$  et  $h_f$ , ce qui permettrait d'attribuer à une même ligne ou installation industrielle une valeur unique, soit de la tension perturbatrice équivalente, soit du courant perturbateur équivalent, indépendante de la nature de la ligne téléphonique exposée aux troubles, ce qui faciliterait les conditions de détermination de ces grandeurs;

que l'étude de la question a fait ressortir que dans certaines circonstances, une telle simplification pouvait conduire à des estimations trop erronées des troubles exercés sur une ligne téléphonique alors que dans d'autres cas, probablement plus fréquents, elle ne présenterait pas cet inconvénient,

Emet, à l'unanimité, l'avis

qu'il n'y a pas lieu provisoirement de simplifier les expressions servant à définir la tension perturbatrice équivalente ainsi que le courant perturbateur équivalent d'une installation ou d'une ligne industrielles (Directives — Chapitre IV — paragraphe 14 — alinéas 86 et 89) en supprimant dans ces expressions les facteurs  $k_f$  et  $h_f$ , fonctions de la fréquence, tenant compte du mode de couplage des lignes intéressées et éventuellement, des conditions de service de la ligne industrielle;

qu'il convient toutefois de mentionner, à la suite de ces définitions, l'observation suivante:

Les calculs relatifs aux troubles dus à l'induction, effectués à partir des valeurs mesurées de la tension perturbatrice équivalente ou du courant

perturbateur ne sont jamais rigoureux, en particulier parce qu'ils ne tiennent pas compte du fait que l'induction mutuelle entre deux lignes est, pour une même distance, fonction de la fréquence et que, d'autre part, dans le cas de lignes téléphoniques en câbles, les valeurs attribuées aux coefficients  $k_f$  et  $h_f$  résultent d'une approximation assez grossière. Aussi, pour les applications pratiques, on peut admettre la convention suivante:

Chaque fois qu'on sera assuré, soit par une comparaison de quelques mesures effectuées avec et sans dispositif multiplicateur, soit par l'analogie des conditions de l'essai avec celles d'essais antérieurs, que les ordres de grandeur des résultats de mesure sont peu affectés par l'intervention des facteurs  $k_f$  et  $h_f$ , on effectuera l'ensemble des mesures en attribuant à ces facteurs la valeur 1 (un) et on pourra utiliser pour les calculs de troubles les valeurs ainsi déterminées.

\* \* \*

Avis n° 9 (Avis nouveau).

*Modifications aux Directives, concernant le calcul de l'inductance mutuelle de deux lignes avec retour par la terre*

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE,

Considérant

que jusqu'à présent, en l'absence d'une méthode pratique permettant, lors du calcul de l'inductance mutuelle de lignes avec retour par la terre, de tenir compte de la longueur finie de ces lignes, les Directives ont recommandé l'emploi d'un procédé de calcul négligeant cette circonstance;

qu'au cours des dernières années, différentes études ont permis de dégager plusieurs méthodes de solution de ce problème, et d'établir les formules et tableaux numériques nécessaires pour ce calcul;

qu'il s'est révélé cependant, d'une part que l'emploi de ces méthodes introduisait une certaine complication et allongeait beaucoup la durée de détermination des inductances mutuelles, d'autre part que l'amélioration de la précision ainsi apportée aux résultats calculés par la méthode ancienne était le plus souvent sans grande importance pour les besoins de la pratique, alors cependant qu'elle présentait de l'intérêt lors de certaines études ayant plutôt un caractère de recherches;

Emet, à l'unanimité, l'avis

qu'il n'y a pas lieu de recommander d'une façon générale l'emploi d'une méthode plus précise que celle qui est actuellement décrite dans les Directives, pour les calculs pratiques de l'inductance mutuelle entre deux lignes avec retour par la terre;

que, cependant, dans une prochaine édition des Directives, il y aura lieu de publier, dans la partie documentaire, des indications permettant éventuellement de déterminer les corrections à apporter à ces calculs pour tenir compte de la longueur finie des lignes.

Considérant d'autre part

que dans les cas de rapprochements obliques et de croisements, les calculs d'inductance mutuelle peuvent être effectués plus aisément que par la méthode indiquée

dans les Directives, grâce à l'emploi de formules et de tableaux de valeurs numériques,

Emet, à l'unanimité, l'avis

qu'il y a lieu de recommander pour un tel calcul la méthode décrite dans la Note dont le texte suit.

### NOTE

#### Calcul de l'inductance mutuelle pour un tronçon de rapprochement oblique ou pour un croisement

1. Les développements qui suivent sont établis en admettant que, dans le rapprochement considéré, le champ magnétique de la ligne inductrice est cylindrique.

Même lorsqu'il n'en est pas ainsi, la correction qui permettrait de tenir compte du fait que la ligne inductrice est de longueur finie peut, en pratique, être négligée sauf dans des cas spéciaux où une très grande précision semble pouvoir être recherchée.

2. A la distance  $d$  de la ligne inductrice, l'induction mutuelle linéique de cette ligne et d'une ligne parallèle est une certaine fonction  $m(\alpha d)$ ,

$\alpha$  représentant  $\sqrt{4 \pi \mu_o \sigma \omega}$

$\sigma$  la conductivité du sol

$\omega$  la pulsation du courant inducteur ( $\omega = 2\pi f$ )

$\mu$  la perméabilité, non rationalisée, du sol supposée d'ailleurs égale à celle de l'air.

Ces diverses grandeurs peuvent être exprimées toutes en unités C.G.S.: alors,  $d$  doit être exprimé en centimètres et  $\mu_o$  a pour valeur numérique 1.

Elles peuvent aussi être exprimées toutes en unités M.K.S.A.: alors,  $d$  doit être exprimé en mètres,  $\sigma$  en siemens par mètre,  $\omega$  en radians par seconde et

$$4 \pi \mu_o = 4 \pi \cdot 10^{-7} \text{ henrys par mètre}$$

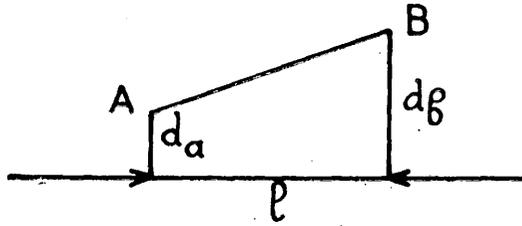
Cette fonction  $m(\alpha d)$  (représentée par  $M$  dans le tableau de la page 92 des Directives, mises à jour à Genève en 1952) est complexe et peut s'écrire, si on sépare la partie réelle de la partie imaginaire:

$$m(\alpha d) = m_q - jm_p$$

3. Si on considère le rapprochement oblique formé par un tronçon AB dont la projection sur la ligne inductrice a la longueur  $l$ , et si  $d_a$  et  $d_b$  sont respectivement les distances de A et B à la ligne inductrice, on peut établir que la valeur de l'inductance mutuelle totale du tronçon AB et de la ligne inductrice a pour expression:

$$M_{AB} = l \frac{\int_{\alpha d_a}^{\alpha d_b} m(\alpha d) \cdot d\alpha d}{\alpha d_b - \alpha d_a}$$

Le facteur de  $l$  dans cette expression représente alors la valeur moyenne de l'inductance mutuelle linéique  $m$  dans l'intervalle de variation de  $\alpha d$ .



4. Le calcul rigoureux des composantes réelle et imaginaire de  $M$  s'effectue facilement si on dispose d'une table des fonctions:

$$S_q(\alpha d) = \int_0^{\alpha d} m_q(\alpha y) \cdot d\alpha y$$

$$S_p(\alpha d) = \int_0^{\alpha d} m_p(\alpha y) \cdot d\alpha y$$

On a alors :

$$\left\{ \begin{array}{l} M_{qAB} = \frac{l \left[ S_q(\alpha d_b) - S_q(\alpha d_a) \right]}{\alpha d_b - \alpha d_a} \\ M_{pAB} = \frac{l \left[ S_p(\alpha d_b) - S_p(\alpha d_a) \right]}{\alpha d_b - \alpha d_a} \\ M_{AB} = M_{qAB} - j M_{pAB} \end{array} \right.$$

5. On peut le plus souvent calculer sans grande erreur le module de l'inductance mutuelle totale de deux lignes comportant plusieurs tronçons de rapprochement placés à des distances différentes de la ligne inductrice, en faisant simplement la somme des modules des inductances mutuelles relatives à chacun des tronçons constitutifs. A ce degré d'approximation, il est justifié d'admettre comme expression du module de  $M$  relatif au tronçon AB considéré:

$$|M|_{AB} = \frac{l \int_{\alpha d_a}^{\alpha d_b} m_n(\alpha y) \cdot d\alpha y}{\alpha d_b - \alpha d_a}$$

où

$$m_n(\alpha y) = |m(\alpha y)|$$

6. Lorsque le rapport  $d_b/d_a$  ne dépasse pas 2, le facteur de  $l$  dans l'expression précédente (valeur moyenne de  $m_n$  dans l'intervalle  $\alpha d_a, \alpha d_b$ ) peut être confondu avec la valeur de  $m_n$  relative à la distance moyenne arithmétique

$$\frac{d_a + d_b}{2}$$

En dehors de ce cas, il est grandement plus facile d'obtenir la valeur de  $|M|_{AB}$  par une des méthodes suivantes:

7. Si l'on dispose d'une table de la fonction

$$S(\alpha d) = \int_0^{\alpha d} m_n(\alpha y) d\alpha y$$

il suffit d'appliquer la formule:

$$|M|_{AB} = l \frac{S(\alpha d_b) - S(\alpha d_a)}{\alpha d_b - \alpha d_a}$$

La table ci-après contient les valeurs de  $S(\alpha d)$  exprimées en microhenrys par kilomètre.

TABLE DES VALEURS DE  $S(\alpha d)$  EXPRIMÉES EN MICROHENRYS PAR KILOMÈTRE

$\alpha d$	$S(\alpha d)$						
0,001	1,7	0,01	13	0,1	80	1	363
0,0012	2,0	0,012	15	0,12	92	1,2	397
0,0015	2,4	0,015	18	0,15	108	1,5	440
0,002	3,1	0,02	22	0,2	133	2	494
0,0025	3,8	0,025	27	0,25	155	2,5	538
0,003	4,5	0,03	31	0,3	176	3	561
0,0035	5,1	0,035	35	0,35	195	3,5	582
0,004	5,7	0,04	39	0,4	213	4	598
0,0045	6,3	0,045	43	0,45	230	4,5	611
0,005	6,9	0,05	47	0,5	245	5	620
0,006	8,1	0,06	54	0,6	274	6	634
0,007	9,2	0,07	61	0,7	299	7	644
0,008	10,4	0,08	67	0,8	322	8	651
0,009	11,5	0,09	74	0,9	343	9	656
0,010	12,6	0,10	80	1,0	363	10	660

On peut d'ailleurs, sans erreur importante, remplacer à la fois au dénominateur et dans les expressions du numérateur,  $\alpha d_b$  et  $\alpha d_a$  par des valeurs assez voisines: cela permet, en général, de calculer  $|M|_{AB}$  en se dispensant de toute interpolation dans la table.

8. A défaut de cette table, on peut encore calculer  $|M|_{AB}$  par la formule suivante, qui donne elle aussi des résultats très voisins de ceux que l'on obtiendrait par le calcul rigoureux.

$$|M|_{AB} = l \frac{100}{d_b - d_a} \left[ G(d_b) - G(d_a) \right]$$

où

$$G(d) = d l n \left( 1 + \frac{K^2}{d^2} \right) + 2 K \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{d}{K}$$

Cette formule donne la valeur de  $|M|_{AB}$ , exprimée en microhenrys, lorsque ses termes ont la signification suivante:

$l$  est la valeur en kilomètres de la longueur du tronçon de rapprochement,

$d_a$  et  $d_b$  sont les valeurs en mètres des distances des points A et B, à la ligne inductrice,

$$K = \sqrt{\frac{6 \times 10^5}{\sigma f}},$$

$\sigma$  étant la valeur en unités MKSA (siemens par mètre) de la conductivité du sol,

$f$  étant la valeur en hertz de la fréquence.

9. Dans le cas d'un croisement, on peut calculer par les méthodes précédentes les inductances mutuelles relatives aux tronçons se trouvant de part et d'autre de la ligne croisée en attribuant à la valeur de  $d$  relative à l'extrémité commune de ces tronçons, soit la valeur de la distance réelle verticale des lignes à l'endroit du croisement, soit plus simplement, et avec une erreur insignifiante, la valeur zéro.

\* \* \*

**Avis n° 10** (Avis nouveau).

*Modifications aux Directives, relatives à l'évaluation des risques de danger dus à l'influence électrique*

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE,

Considérant

que pour déterminer les conditions dans lesquelles des rapprochements sont admissibles entre les lignes téléphoniques en fils nus aériens et les lignes à courant alternatif de distribution d'énergie électrique ou de traction, les Directives évaluent les risques de danger dus à l'influence électrique à partir de la considération de l'importance des chocs acoustiques susceptibles de se manifester au cours d'un régime transitoire sur la ligne industrielle;

que l'importance des chocs acoustiques semble ne pas dépendre directement de l'énergie mise en jeu dans le circuit téléphonique pendant la décharge de cette ligne

à travers les récepteurs téléphoniques et les parafoudres, comme il avait été admis dans le texte des Directives; que d'ailleurs, les risques de chocs acoustiques ont beaucoup diminué depuis qu'on emploie, dans la plupart des pays, des dispositifs de protection contre ces chocs, dont l'efficacité s'est montrée généralement suffisante;

qu'à l'heure actuelle, il faut surtout considérer comme condition la plus dangereuse, la situation d'une personne (par exemple, ouvrier des lignes ou agent effectuant des mesures ou des raccordements de conducteurs dans un centre téléphonique), qui, en contact plus ou moins direct avec le sol, entre aussi en contact avec un fil de ligne soumis à des effets d'influence électrique suffisamment importants,

Emet, à l'unanimité, l'avis

1° qu'il y a lieu de supprimer dans le texte des Directives les indications concernant le risque de choc acoustique ainsi que les règles à suivre pour s'assurer que ce risque est éliminé (en particulier, doivent être supprimés les alinéas 60 et 61 du Chapitre IV — Section A, les alinéas 169 à 180 du chapitre VII — division 1 — paragraphe 23, les alinéas 277 à 280 du Chapitre IX — division 1 — paragraphe 35a, les alinéas 385 à 411 du chapitre XI — section B — paragraphe 46).

2° qu'il y a lieu d'insérer dans le Chapitre IV — Section A, le texte suivant:

« Il y a risque de danger lorsque dans les conditions normales d'exploitation d'une ligne de traction à courant alternatif à retour par les rails, ou lorsque, par suite de la mise à la terre accidentelle d'une phase d'une ligne aérienne monophasée ou triphasée dont le point neutre est normalement isolé, le courant de décharge à la terre des deux fils, pris en parallèle, d'un circuit téléphonique à travers une impédance de valeur négligeable a une intensité supérieure à 15 milliampères efficaces. »

3° qu'il y a lieu de remplacer la rédaction du paragraphe 23 susmentionné par la suivante:

« *Paragraphe 23 — Danger*

a) Ainsi qu'il a été déjà indiqué au sous-paragraphe 22 a), les prescriptions suivantes ne concernent que les lignes à neutre isolé.

b) Le courant de décharge à la terre des deux fils d'un circuit téléphonique uniformément exposé est exprimé en milliampères par la formule:

$$i = 2 \pi f \cdot \frac{36}{Z' + 4} l \frac{E}{4} \frac{bc}{a^2 + b^2 + c^2} p q r \cdot 10^{-6}$$

dans laquelle

- f* désigne la fréquence du réseau, exprimée en hertz,
- E* désigne la tension de service du réseau, exprimée en volts,
- a* désigne l'écartement des deux lignes, exprimé en mètres,
- b* désigne la hauteur moyenne au-dessus du sol des conducteurs de la ligne industrielle, exprimée en mètres,
- c* désigne la hauteur moyenne des conducteurs de la ligne téléphonique, exprimée en mètres,

- l* désigne la longueur du tronçon de rapprochement, exprimée en kilomètres,
- Z'* désigne le nombre des conducteurs de la nappe à laquelle appartient le circuit téléphonique, qui sont reliés en permanence à la terre,
- p q r* désignent des facteurs permettant de tenir compte de la diminution de tension produite par le voisinage de corps mis à la terre.

On pose... (texte actuel des alinéas 174 à 177).

Dans le cas d'un circuit téléphonique comportant plusieurs tronçons de rapprochement, on calcule au moyen de la formule précédente les valeurs des courants provenant de chaque tronçon, et on en fait la somme.

c) Le circuit téléphonique doit être considéré comme exposé au danger lorsque le courant total ainsi calculé dépasse 15 milliampères efficaces.»

4° qu'il y a lieu de remplacer la rédaction des alinéas 277 et 278 susmentionnés par la suivante:

« Le courant de décharge à la terre des deux fils d'un circuit téléphonique se calcule comme dans le cas d'une ligne industrielle aérienne symétrique à courant alternatif. On appliquera donc les dispositions du paragraphe 23.»

5° que dans la prochaine édition des Directives, il y aura lieu de mettre la Section B du Chapitre XI en harmonie avec les textes précédents.

---

## CHAPITRE II

### PROTECTION DES CÂBLES TÉLÉPHONIQUES CONTRE LA CORROSION

---

Avis n° 11 (ancien Avis n° 13 — Livre Jaune, tome VI, Firenze 1951, page 197).

*Recommandations pour la protection des câbles souterrains contre l'action des courants vagabonds provenant des installations de traction électrique*

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE,

Considérant

que la recherche des défauts sur les câbles souterrains et la réparation de ces défauts peuvent entraîner des frais importants;

que les interruptions de service susceptibles d'être provoquées par la présence de ces défauts doivent être évitées avec le plus grand soin;

que, même après une réparation faite aussi bien que possible, la qualité du câble peut être diminuée et sa durée normale peut être réduite;

que depuis l'approbation des « Recommandations concernant la protection des câbles contre la corrosion électrolytique » (édition de Roma 1937 révisée à Oslo en 1938), des études ont permis d'apporter à ce texte des modifications et surtout des compléments importants,

Emet, à l'unanimité, l'avis

que, lors de l'établissement de leurs lignes de câbles, les Administrations et Exploitations privées téléphoniques ont intérêt à s'inspirer du texte des « Recommandations pour la protection des câbles souterrains contre l'action des courants vagabonds provenant des installations de traction électrique » Firenze, 1951.

Considérant d'autre part

que l'adoption des précautions convenables à prendre pour chaque cas particulier dans l'entretien des câbles téléphoniques suppose souvent une connaissance suffisante des conditions d'exploitation des lignes de traction voisines,

Emet, à l'unanimité, l'avis

qu'il est recommandable que chaque Administration ou 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 des 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° 12** (Avis nouveau).

*Modifications aux « Recommandations pour la protection des câbles souterrains contre l'action des courants vagabonds provenant des installations de traction électrique » (Firenze, 1951)*

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE,

Considérant

que, depuis l'établissement des « Recommandations pour la protection des câbles souterrains contre l'action des courants vagabonds provenant des installations de traction électrique » (Firenze, 1951), il résulte des renseignements nouvellement recueillis que diverses corrections doivent être apportées au texte actuel,

Emet, à l'unanimité, l'avis

qu'il convient d'apporter au texte actuel des « Recommandations pour la protection des câbles souterrains contre l'action des courants vagabonds provenant des installations de traction électrique » (Firenze, 1951) les modifications suivantes:

1. Paragraphe 1.6.2, alinéa 15, page 5: remplacer le texte actuel de cet alinéa par le texte suivant:

« Cette méthode de protection n'impose pas une limitation des courants vagabonds (émis par le réseau de traction) aussi sévère que la précédente; cependant, l'emploi de cette méthode ne dispense pas les Organismes exploitant des réseaux de traction de tenir compte des recommandations du chapitre II, relatives à la construction et à l'entretien de ces réseaux; l'application de cette méthode de protection est d'autre part facilitée par la mise en œuvre, à plus ou moins grande échelle, des dispositions relatives aux canalisations que comporte l'application de la première méthode. »

2. Paragraphe 2.1., alinéa 24, page 7: remplacer la phrase sous *b*) par la phrase suivante:

« *b*) faciliter le retour du courant par les rails en assurant une faible résistance électrique de la voie et en disposant judicieusement le système de retour afin notamment de régulariser, dans la mesure du possible, la répartition du potentiel le long du réseau des rails. »

3. Paragraphe 2.2.3., alinéa 28, page 7: remplacer le début de cet alinéa par le texte suivant:

« En particulier, quand ces voies ferrées sont établies sur traverses en bois, les traverses doivent être saines et, si elles sont imprégnées, elles ne doivent pas l'être d'un produit leur donnant une conductibilité électrique sensible. Le ballast doit être propre... »

4. Paragraphe 2.2.3, alinéa 29, page 7: remplacer le texte actuel de cet alinéa par le texte suivant:

« Si les voies sont établies sur traverses en béton armé, il est nécessaire d'interposer une plaque isolante entre le rail et la traverse; on doit veiller que le ballast soit suffisamment épais et soigné, pour qu'il assure le meilleur isolement possible de la voie par rapport au sol.

» En outre, les vis de fixation des rails aux traverses en béton armé doivent être très bien isolées.

» Les prescriptions de l'alinéa 28 ci-dessus concernant le ballast doivent être également appliquées aux voies posées sur des traverses en béton armé.

» Il est préférable de ne pas utiliser les traverses métalliques dans les lignes électrifiées en courant continu. Dans le cas où l'on ne peut pas éviter ces traverses, il faut veiller que le ballast soit suffisamment épais et soigné parce qu'il assure le meilleur isolement possible de la voie par rapport au sol, cette condition étant d'autant plus impérative que la voie sur traverses métalliques ne s'accommode pas normalement de l'emploi de plaques isolantes entre le rail et la traverse. »

5. Paragraphe 2.2.4., alinéa 35, page 8: supprimer cet alinéa.

6. Paragraphe 2.5, alinéa 63, page 11:

Pour tenir compte de certaines modalités d'application de la protection électrique, remplacer dans la dernière phrase « cette disposition est incompatible... » par « cette disposition peut être incompatible... »

7. Paragraphe 5.3.2.1., alinéa 158, page 22: ajouter après le texte actuel de cet alinéa la remarque suivante:

« *Remarque.* — L'attention est attirée sur le fait que certaines cellules redresseuses qui sont soumises à un courant presque toujours de même sens, peuvent vieillir et devenir ainsi perméables aux courants de sens contraire; lors d'une inversion accidentelle du sens du courant, elles ne fonctionnent plus et ne jouent pas le rôle qu'on attendait d'elles. Il faut tenir compte de ce fait lorsqu'on se propose d'étudier un système de protection électrique avec cellules redresseuses. »

\* \* \*

Avis n° 13 (ancien Avis n° 14 — Livre Jaune, tome VI, Firenze 1951, page 198).

*Recommandations concernant la protection des câbles souterrains contre la corrosion*

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE,

Considérant

qu'un projet de recommandations concernant les mesures à prendre pour la protection des câbles contre la corrosion due aux actions chimiques a été établi en 1927, mais que les études effectuées depuis cette date ont permis de lui apporter des modifications et surtout des compléments importants;

que d'ailleurs, il a été reconnu que la plupart des dispositions permettant de combattre la corrosion chimique sont d'application beaucoup plus générale et concernent pratiquement tous les genres de corrosion,

Emet, à l'unanimité, l'avis

que lors de l'établissement de leurs lignes de câbles, les Administrations et Exploitations privées téléphoniques ont intérêt à s'inspirer du texte des « Recommandations concernant la protection des câbles souterrains contre la corrosion, Paris 1949 ».

\* \* \*

**Avis n° 14** (ancien Avis n° 14 complété — Livre Jaune, tome VI, Firenze 1951, pages 198 et 199).

*Modifications aux « Recommandations pour la protection contre la corrosion »  
(Paris, 1949)*

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE,

Considérant

que, depuis l'établissement des « Recommandations concernant la protection des câbles souterrains contre la corrosion » (Paris, 1949), il résulte des renseignements nouvellement recueillis que l'alliage de plomb au calcium mentionné au chapitre IV des dites Recommandations n'a pas donné les résultats espérés;

que d'autre part quelques corrections doivent être apportées au texte actuel,

Emet, à l'unanimité, l'avis

qu'il convient d'apporter au texte des « Recommandations concernant la protection des câbles souterrains contre la corrosion » (Paris, 1949) les modifications suivantes:

1. *Alinéa 1*, 2<sup>me</sup> ligne: supprimer les mots: « *chimique ou* ».

*Remarque.* — Lorsque l'on procédera à une nouvelle édition des Recommandations il conviendra de revoir soigneusement la terminologie et les définitions du paragraphe 1.1.2. Il faudra ensuite employer partout la terminologie finalement adoptée.

2. *Alinéa 7*, pages 5 et 6, au bas de la page 5 et au haut de la page 6, supprimer les mots: « *et les chlorures* ».

3. *Alinéa 36*: ajouter à la suite de cet alinéa le texte suivant:

« Ce réactif se prépare en dissolvant 3 g de tétraméthyl-diamino-diphénylméthane dans une solution de 50 g d'acide acétique glacial et 50 g d'eau.

» Il s'emploie de la manière suivante: on met le réactif en contact avec les produits de corrosion du plomb en se plaçant, de préférence, de manière à pouvoir observer sur un fond blanc la coloration éventuelle due à la réaction; lorsque cela n'est pas possible, on met le réactif directement sur l'enveloppe du câble. En présence du peroxyde de plomb, on obtient une coloration bleue très intense. Si le peroxyde de plomb n'existe qu'à l'état de traces, un certain temps est nécessaire pour que la coloration se produise; dans ce cas, avant de se prononcer sur la présence ou sur l'absence de peroxyde de plomb, il convient d'attendre environ 5 minutes. La réaction est très sensible.

» Il convient toutefois d'attirer l'attention sur le fait que cette méthode n'est pas absolument sûre et que, lorsqu'elle ne donne pas de coloration, on ne peut pas en conclure qu'il n'y a pas corrosion électrolytique. »

4. *Alinéa 38*: modifier de la façon suivante les deux alinéas de la case de gauche du tableau:

1<sup>er</sup> alinéa, 2<sup>e</sup> phrase: au lieu de : « Dans des cas graves... », lire: « Dans certains cas ».

2<sup>e</sup> alinéa: lire: « Le produit de la corrosion se présente *souvent*... »

5. *Alinéa 128*: supprimer l'alliage H de plomb à 0,04 % de calcium.

6. *Alinéa 130*, 7<sup>e</sup> et 8<sup>e</sup> lignes, supprimer la phrase:

« La position de l'alliage H dans ce classement n'a pas été déterminée dans une série d'essais comparatifs. »

7. *Alinéa 134*, 6<sup>e</sup> ligne, supprimer les mots: « et H ».

8. *Alinéa 142*, 1<sup>re</sup> ligne, après le titre de l'alinéa, insérer le texte suivant:

« Grâce à la mise au point de procédés convenables de fabrication il est possible d'obtenir un produit ayant les propriétés suivantes: le polyéthylène... »

9. *Alinéa 143*: remplacer le texte actuel par le suivant:

« 4.3.3. Raccordement du polyéthylène. — La technique du raccordement des câbles à enveloppe de polyéthylène entre eux ou à des câbles à enveloppe de plomb n'est pas encore définitivement mise au point à l'heure actuelle. »

10. *Alinéa 256*: supprimer le paragraphe 2<sup>o</sup> concernant l'application d'un lubrifiant constitué par une émulsion de silicate de sodium et de vaseline.

11. *Alinéa 273*, 5<sup>e</sup> ligne, lire:

« soit à la ligne de rails (soutirage = drainage forcé), soit à une anode enterrée ou déversoir ».

12. *Alinéa 274*, dernière ligne, dans la parenthèse, au lieu de « élastique », lire: « classique ».

---

## CHAPITRE III

### CONSTITUTION DES ENVELOPPES DES CABLES TÉLÉPHONIQUES

---

Avis n° 15 (ancien Avis n° 16 — Livre Jaune, tome VI, Firenze 1951, page 200).

#### *Elasticité des enveloppes de câbles*

LE COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉPHONIQUE,

Considérant

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

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

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

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

Emet, à l'unanimité, l'avis

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

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

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

---

## DEUXIÈME PARTIE

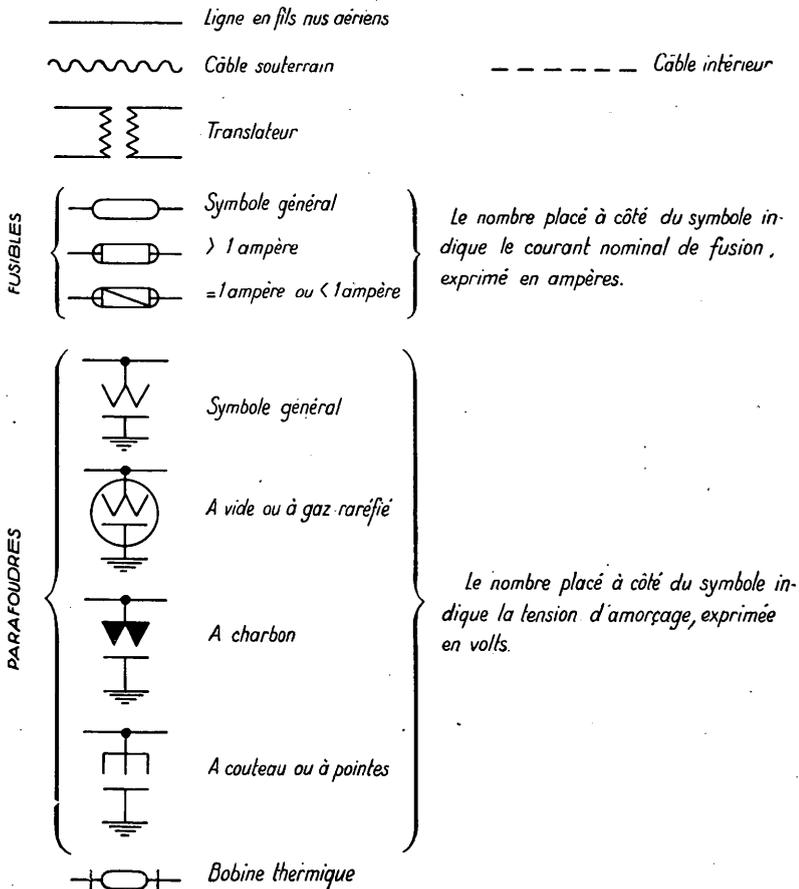
### DOCUMENTATION DIVERSE

#### CHAPITRE PREMIER

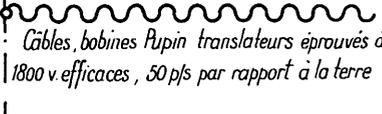
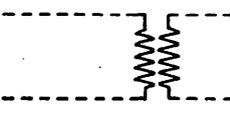
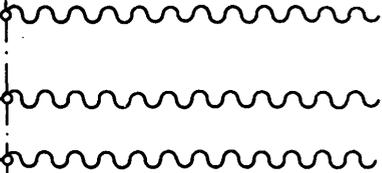
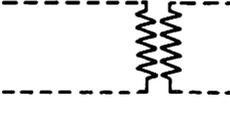
#### DISPOSITIFS DE PROTECTION

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

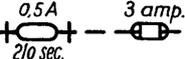
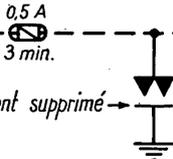
#### LÉGENDE



## 1. CIRCUIT INTERURBAIN EN CÂBLE SOUTERRAIN

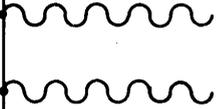
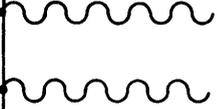
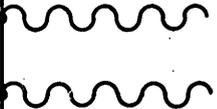
ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU CENTRAL	LIGNE
<u>AMERICAN</u> <u>TELEPHONE</u> <u>AND</u> <u>TELEGRAPH</u> <u>COMPANY</u>		 <p style="text-align: center;"><i>Câbles, bobines Pupin, translateurs éprouvés à 1800 v. efficaces, 50 p/s par rapport à la terre</i></p> <p><u>NOTE</u> . . On applique au bureau central la protection par parafoudres à charbon, dans le cas où le câble, d'après son emplacement, est exposé à être soumis à des forces électromotrices induites par des lignes d'énergie ou par des orages magnétiques, ou à des forces électromotrices dues à la foudre. . Cette pratique est très générale, surtout dans le cas de longs câbles souterrains traversant la campagne, sauf qu'on n'associe pas de parafoudres à charbon aux conducteurs des paires coaxiales.</p>
<u>ADMINISTRATION</u> <u>AUTRICHIENNE</u>		
<u>ADMINISTRATION</u> <u>BELGE</u>		

1 (suite). CIRCUIT INTERURBAIN EN CÂBLE SOUTERRAIN

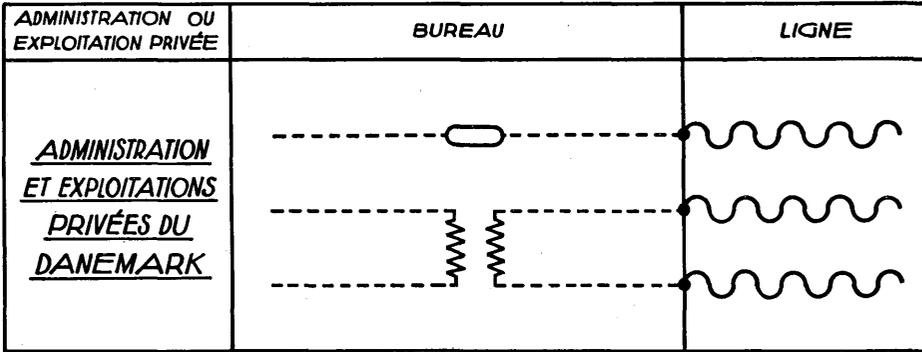
ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU	LIGNE
<u>ADMINISTRATION FRANÇAISE</u>	-----	
<u>ADMINISTRATION BRITANNIQUE</u>	<p><i>Circuit amplifié</i></p> <p>-----</p> <p><i>Circuit terminé au</i> <math>0,5A</math> <math>3 amp.</math> <i>répartiteur principal</i> <math>2/0 sec.</math></p> 	 
<u>ADMINISTRATION HONGROISE</u>	<p>-----</p> <p><math>0,5 A</math> <math>3 min.</math></p> <p><i>Graduellement supprimé</i> →</p> 	
<u>ADMINISTRATION NORVÉGIENNE</u>		 

*Aux endroits où l'expérience montre que ces dispositifs de protection ne sont pas satisfaisants, l'Administration Norvégienne emploie des dispositifs spéciaux.*

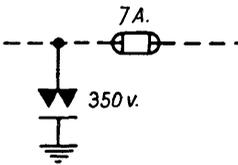
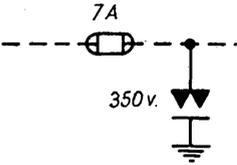
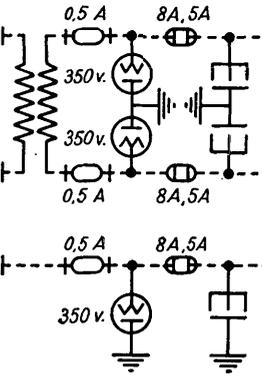
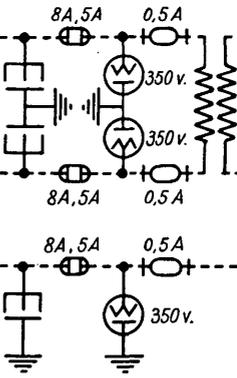
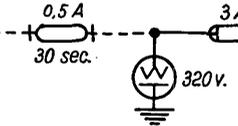
1 (suite). CIRCUIT INTERURBAIN EN CÂBLE SOUTERRAIN

ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVEE	BUREAU	LIGNE
<u>ADMINISTRATION NÉERLANDAISE</u>	-----	
<u>ADMINISTRATION PORTUGAISE</u>	-----	
<u>ADMINISTRATION TCHÉCOSLOVAQUE</u>	-----  -----	
<u>ADMINISTRATION DE L'U.R.S.S.</u>	----- ----- 	
* <u>ADMINISTRATION ALLEMANDE</u>	-----  -----	

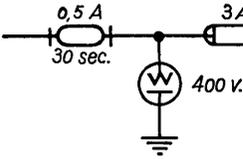
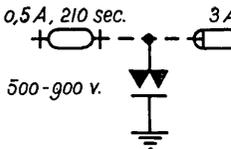
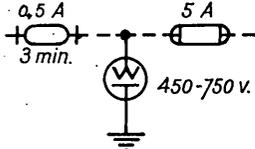
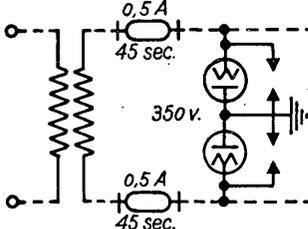
\* République fédérale d'Allemagne.

I (suite et fin). - CIRCUIT INTERURBAIN EN CÂBLE SOUTERRAIN

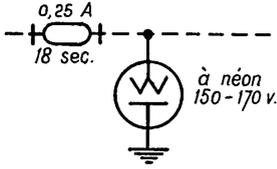
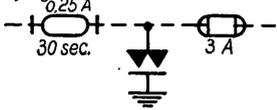
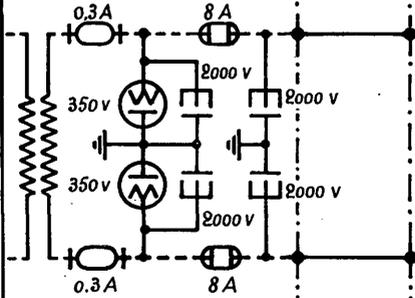
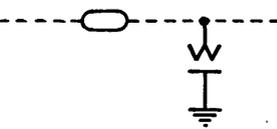
**2. CIRCUIT INTERURBAIN EN FILS NUS AÉRIENS**

ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU CENTRAL A	LIGNE	BUREAU CENTRAL B
<p><u>AMERICAN TELEPHONE AND TELEGRAPH COMPANY</u></p>			 <p><i>NOTE.</i> - L'emploi de ce dispositif de protection suppose que le circuit en fils nus aériens pénètre directement dans le bureau central sans interposition d'un câble d'entrée, situation qui ne se rencontre pratiquement jamais dans le Bell System. - La situation qui se rencontre, en général, dans le Bell System est représentée ci-après sous: "3. Circuit interurbain non entièrement sous câble."</p>
<p><u>ADMINISTRATION AUTRICHIENNE</u></p>		<p>environ 2000 v. environ 2000 v.</p>	
<p><u>ADMINISTRATION BELGE</u></p>			<p>Comme bureau A</p>

2 (suite). CIRCUIT INTERURBAIN EN FILS NUS AÉRIENS

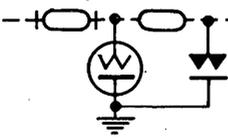
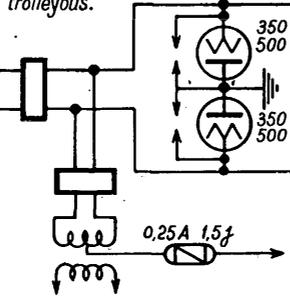
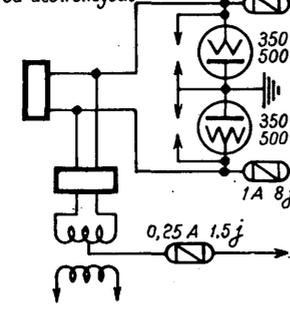
ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU CENTRAL A	LIGNE	BUREAU CENTRAL B
<u>ADMINISTRATION FRANÇAISE</u>			Comme bureau A
<u>ADMINISTRATION BRITANNIQUE</u>			Comme bureau A
<u>ADMINISTRATION HONGROISE</u>			Comme bureau A
<u>ADMINISTRATION NORVÉGIENNE</u>	 <p data-bbox="333 1439 1011 1498"><i>Aux endroits où l'expérience montre que ces dispositifs de protection ne sont pas satisfaisants, l'Administration norvégienne emploie des dispositifs spéciaux.</i></p>		Comme bureau A

2 (suite). CIRCUIT INTERURBAIN EN FILS NUS AÉRIENS

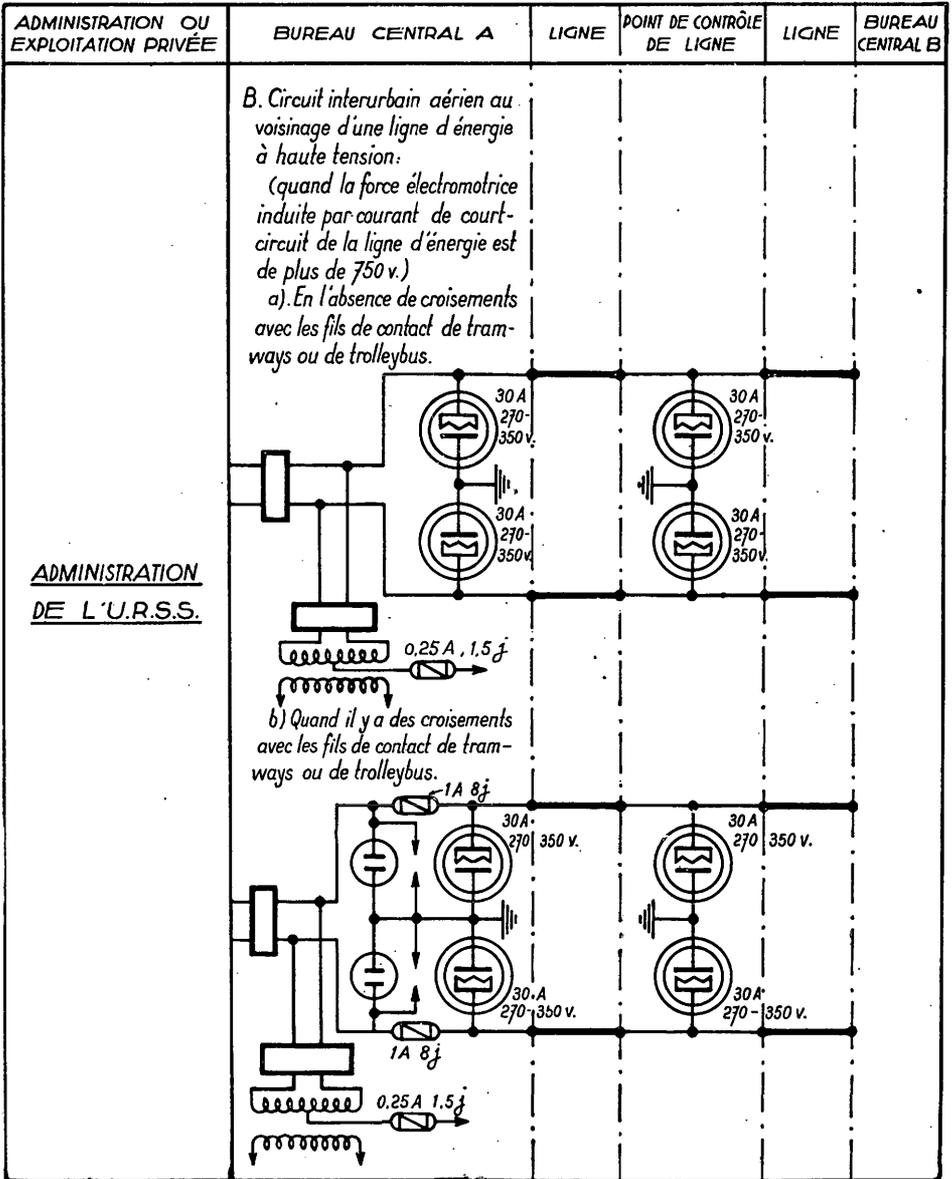
ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU CENTRAL A	LIGNE	BUREAU CENTRAL B
<p><u>ADMINISTRATION NÉERLANDAISE</u></p>	 <p>0,25 A 18 sec.</p> <p>à néon 150 - 170 v.</p>		<p>Comme bureau A</p>
<p><u>ADMINISTRATION PORTUGAISE</u></p>	<p>a) Lignes ordinaires</p>  <p>0,25 A 30 sec.</p> <p>3 A</p>		<p>Comme bureau A</p>
<p>* <u>ADMINISTRATION ALLEMANDE</u></p>	 <p>0,3 A</p> <p>350 v</p> <p>350 v</p> <p>0,3 A</p> <p>8 A</p> <p>2000 v</p> <p>2000 v</p> <p>2000 v</p> <p>8 A</p>		<p>Comme bureau A</p>
<p><u>ADMINISTRATION ET EXPLOITATIONS PRIVÉES DU DANEMARK</u></p>			<p>Comme bureau A</p>

\* République fédérale d'Allemagne.

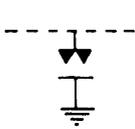
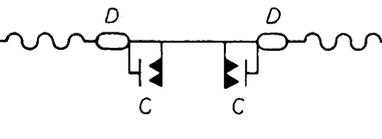
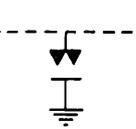
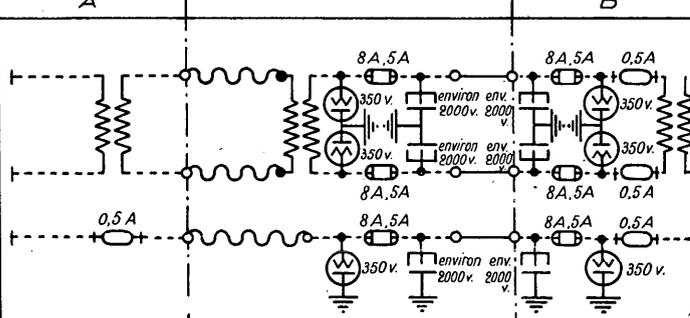
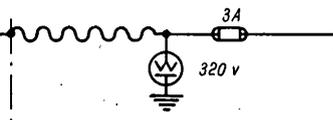
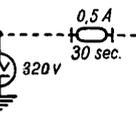
2 (suite). CIRCUIT INTERURBAIN EN FILS NUS AÉRIENS.

ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU CENTRAL A	LIGNE	BUREAU CENTRAL B
<u>ADMINISTRATION TCHÉCOSLOVAQUE</u>		---	Comme bureau A
<u>ADMINISTRATION DE L'U.R.S.S.</u>	<p data-bbox="326 685 492 715"><i>A. Cas ordinaires</i></p> <p data-bbox="326 715 616 805"><i>a). En l'absence de croisements avec les fils de contact de tramways ou des trolleybus.</i></p>  <p data-bbox="326 1083 616 1172"><i>b). Quand il y a des croisements avec les fils de contact des tramways ou des trolleybus</i></p> 	---	Comme bureau A

**2 (suite et fin) . CIRCUIT INTERURBAIN EN FILS NUS AÉRIENS**



## 3. CIRCUIT INTERURBAIN NON ENTIÈREMENT SOUS CÂBLE

ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU CENTRAL A	LIGNE	BUREAU CENTRAL B
<p><u>AMERICAN</u> <u>TELEPHONE</u>  <u>AND</u> <u>TELEGRAPH</u> <u>COMPANY</u></p>	 <p>PARAFOUDRE A CHARBON (350 v.)</p>		 <p>PARAFOUDRE A CHARBON (350 v.)</p>
	<p>BUREAU CENTRAL A</p>	<p>LIGNE</p> 	<p>BUREAU CENTRAL B</p>
<p><u>ADMINISTRATION</u> <u>BELGE</u></p>			

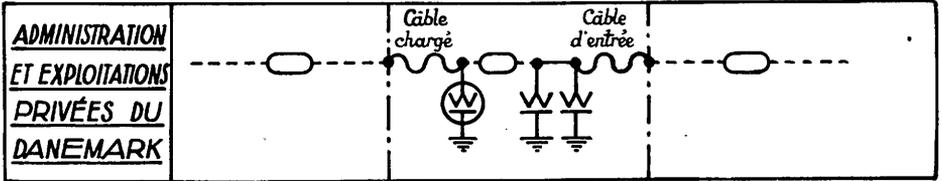
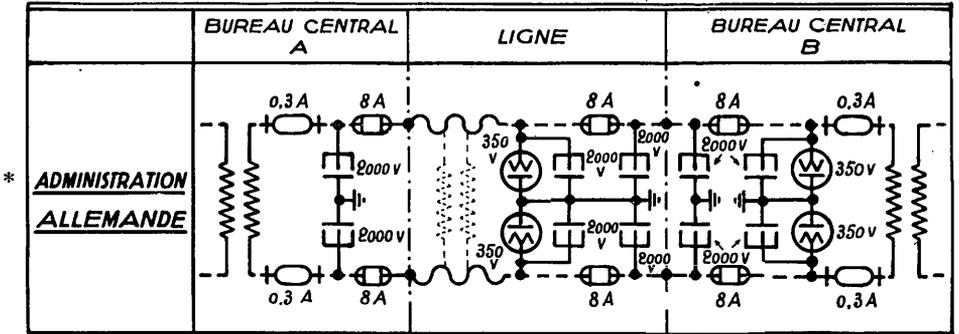
C. Parafoudres a charbon (750 volts) inserés entre les fils nus aériens et l'enveloppe du câble

D. Section longue de 2 à 10 pieds (1 pied = 30,5 cm) de câble à conducteurs de faible diamètre (inférieur et au plus égal à 0,51 mm [calibre n° 24]), destinée à servir de fusible. On peut se dispenser de ce câble à conducteurs de faible diamètre.

1°: si le diamètre des conducteurs du câble principal est inférieur ou égal à 0,51 mm.

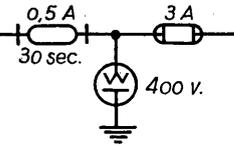
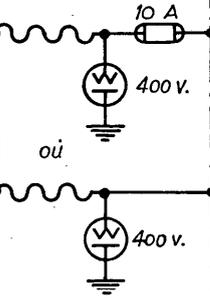
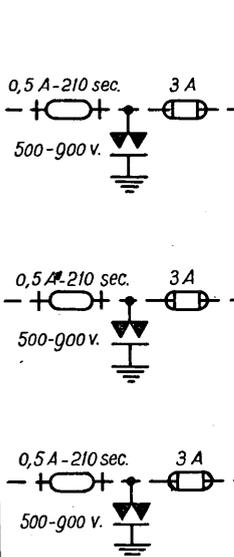
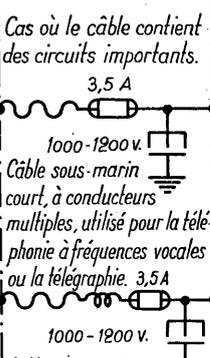
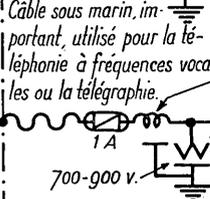
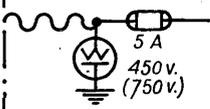
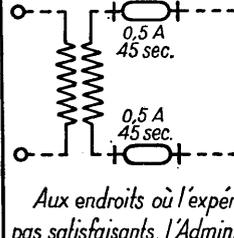
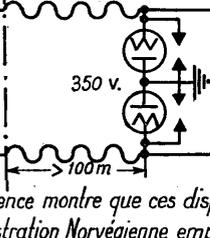
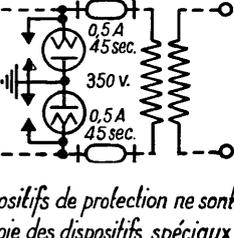
2°: si le câble ne contient que des circuits interurbains, et si la portion de chacun des conducteurs comprise entre le bureau et le premier point où le circuit téléphonique peut entrer en contact avec des lignes d'énergie dont la tension, par rapport au sol, dépasse 250 volts, a une résistance de 100 ohms ou davantage:

3 (suite). CIRCUIT INTERURBAIN NON ENTIÈREMENT SOUS CÂBLE

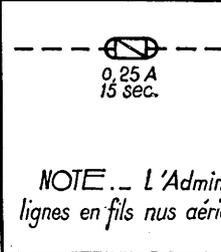
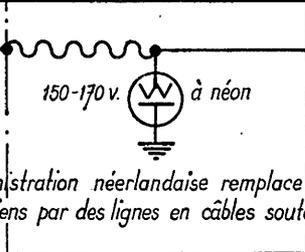
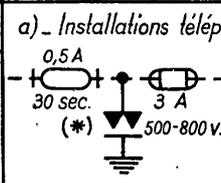
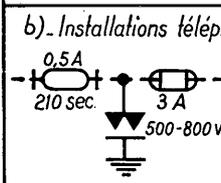
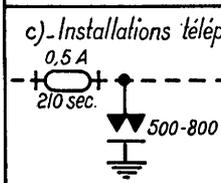
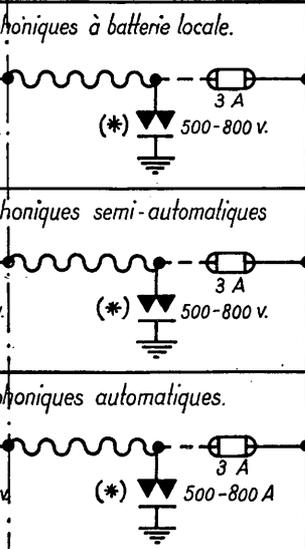


\* République fédérale d'Allemagne.

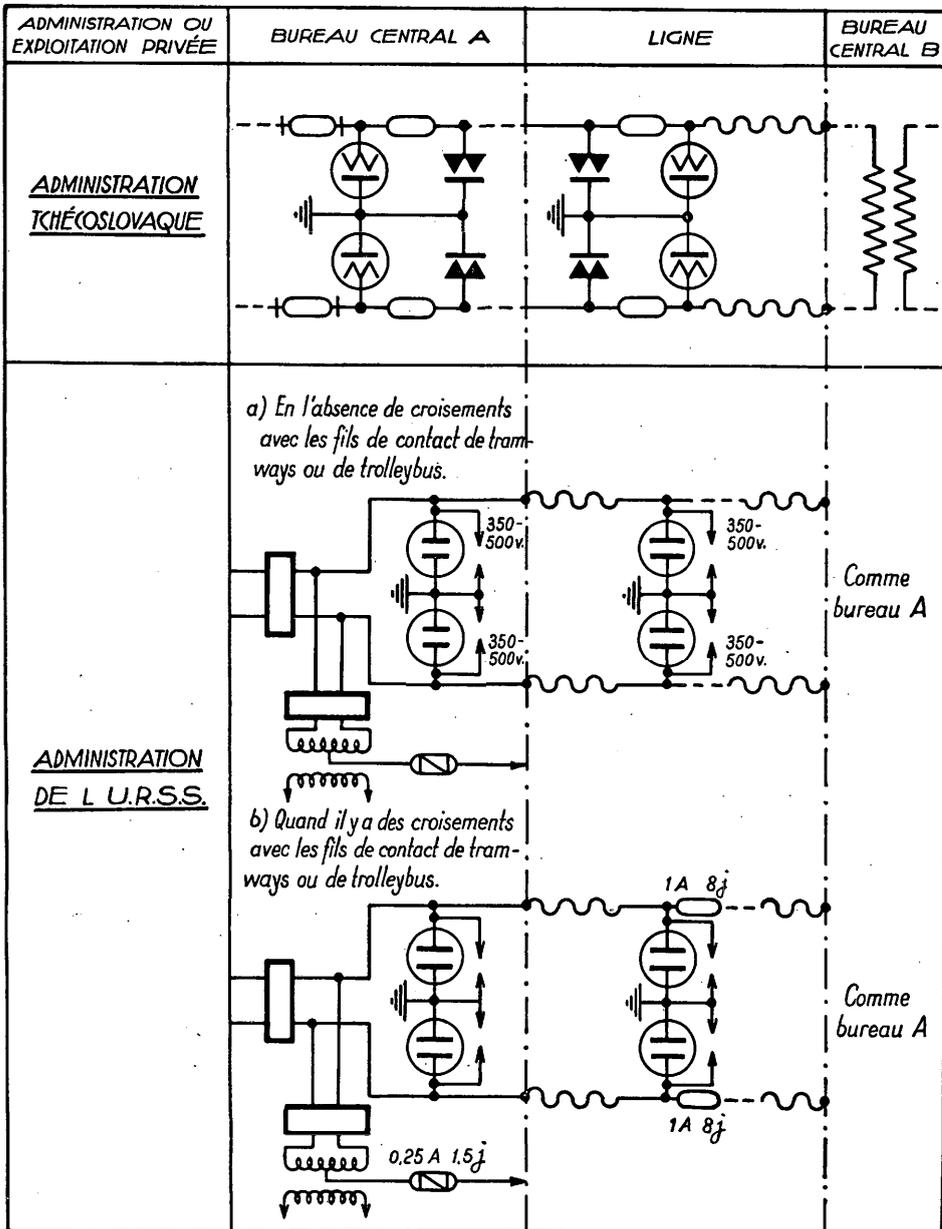
**3 (suite). CIRCUIT INTERURBAIN NON ENTIÈREMENT SOUS CÂBLE**

ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU CENTRAL A	LIGNE	BUREAU CENTRAL B
<p><u>ADMINISTRATION FRANÇAISE</u></p>		 <p>ou</p>	<p>Comme bureau A</p>
<p><u>ADMINISTRATION BRITANNIQUE</u></p>		<p>Cas où le câble contient des circuits importants.</p>  <p>Câble sous-marin court, à conducteurs multiples, utilisé pour la téléphonie à fréquences vocales ou la télégraphie.</p>  <p>Câble sous-marin important, utilisé pour la téléphonie à fréquences vocales ou la télégraphie.</p>	<p>Comme bureau A</p> <p>Comme bureau A</p> <p>Comme bureau A</p> <p>Bobine de fil de cuivre, isolé à la soie, et émaillé, enroulé directement sur un cylindre de laiton relié à la terre.</p>
<p><u>ADMINISTRATION HONGROISE</u></p>	<p>Pas d'indications spéciales</p>		<p>Pas d'indications spéciales</p>
<p><u>ADMINISTRATION NORVÉGIENNE</u></p>			
<p>Aux endroits où l'expérience montre que ces dispositifs de protection ne sont pas satisfaisants, l'Administration Norvégienne emploie des dispositifs spéciaux.</p>			

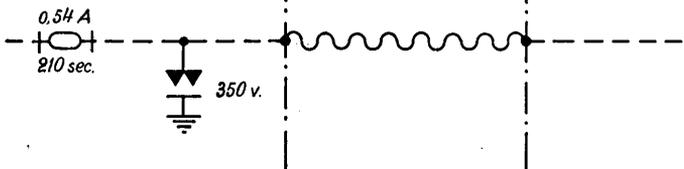
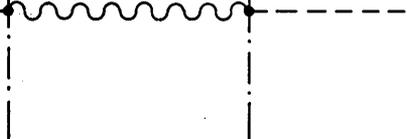
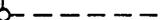
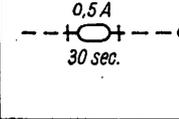
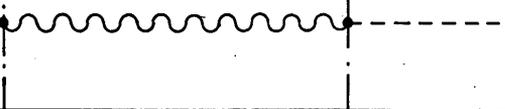
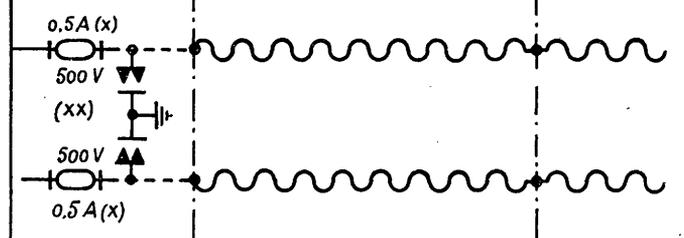
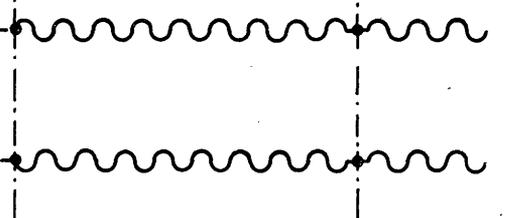
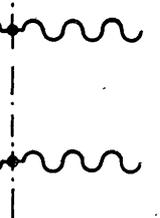
### 3 (suite) . CIRCUIT INTERURBAIN NON ENTIÈREMENT SOUS CÂBLE

ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU CENTRAL A	LIGNE	BUREAU CENTRAL B
<p><u>ADMINISTRATION NÉERLANDAISE</u></p>			<p>Pas d'indications spéciales</p>
<p><u>ADMINISTRATION PORTUGAISE</u></p>	<p>a) Installations téléphoniques à batterie locale.</p>  <p>b) Installations téléphoniques semi-automatiques</p>  <p>c) Installations téléphoniques automatiques.</p>  <p>(* NOTE. Dans le cas de lignes téléphoniques exposées à des surtensions dangereuses, l'Administration portugaise remplace les parafoudres à charbon par des parafoudres à vide de 350 volts.</p>		<p>Comme bureau A (sous a) ou sous c)</p> <p>Comme bureau A (sous a) ou sous c)</p> <p>Comme bureau A (sous a) ou sous c)</p>

### 3 (suite et fin). CIRCUIT INTERURBAIN NON ENTièrement SOUS CÂBLE

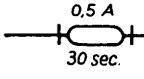
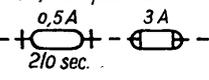


#### 4. LIGNE D'ABONNÉ EN CÂBLE SOUTERRAIN

ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU CENTRAL	LIGNE	POSTE D'ABONNÉ
<u>AMERICAN TELEPHONE AND TELEGRAPH COMPANY</u>			
<p><i>NOTE.</i> - Si toutes les lignes d'abonné aboutissant à un bureau central sont souterraines ou n'ont que de courtes sections aériennes non susceptibles d'entrer en contact avec des lignes d'énergie de tension supérieure à 250 volts, les parafoudres à charbon peuvent être supprimés.</p>			
<u>ADMINISTRATION AUTRICHIENNE</u>			
<u>ADMINISTRATION BELGE</u>			
<u>ADMINISTRATION ALLEMANDE</u>			
<p>(x) 0,3 A en cas de batterie centrale (xx) Pas de dispositifs si toutes les artères des lignes des abonnés sont entièrement en câble.</p>			

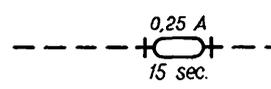
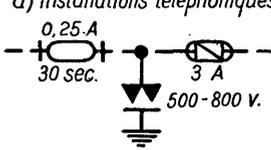
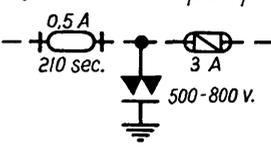
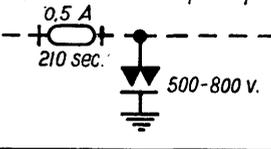
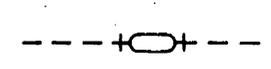
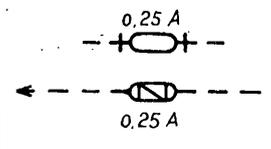
\* République fédérale d'Allemagne.

**4 (suite) . LIGNE D'ABONNÉ EN CÂBLE SOUTERRAIN.**

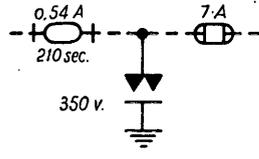
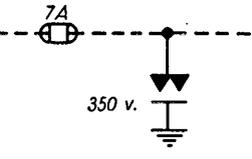
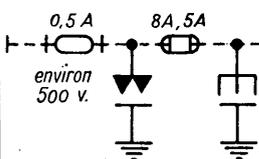
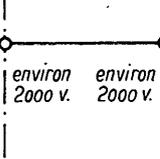
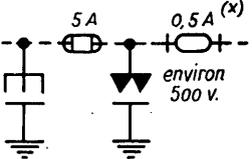
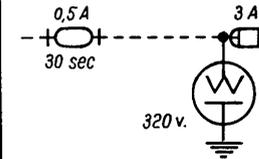
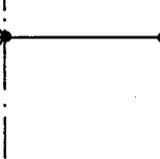
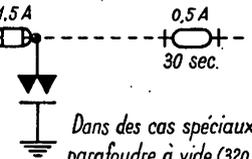
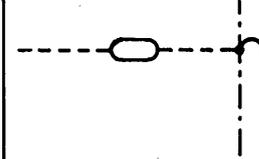
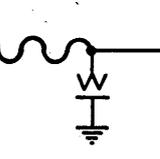
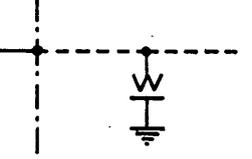
ADMINISTRATIONS ET EXPLOITATIONS PRIVÉES	BUREAU CENTRAL	LIGNE	POSTE D'ABONNÉ
<u>ADMINISTRATION FRANÇAISE</u>			 ou 
<u>ADMINISTRATION BRITANNIQUE</u>	<p>Bureau avec moins de 12 circuits et sans dérivation à la terre.</p> <p>Bureau avec dérivation à la terre et (ou) avec plus de 12 circuits</p> 		<p>sans dérivation à la terre</p> <p>avec dérivation à la terre</p> 
<u>ADMINISTRATION HONGROISE</u>	 		Pas d'indications
<u>ADMINISTRATION NORVÉGIENNE</u>			Pas d'indications
<p>Aux endroits où l'expérience montre que ces dispositifs de protection ne sont pas satisfaisants, l'Administration norvégienne emploie des dispositifs spéciaux.</p>			

<u>ADMINISTRATION ET EXPLOITATIONS PRIVÉES DU DANEMARK</u>			
--	---	---	---

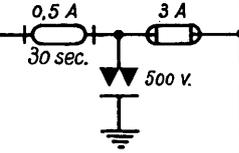
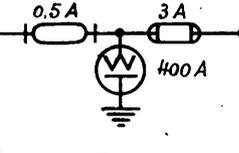
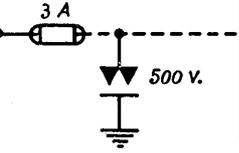
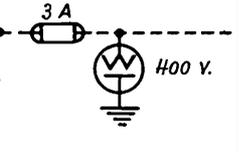
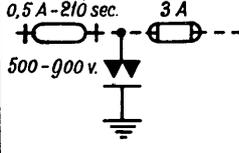
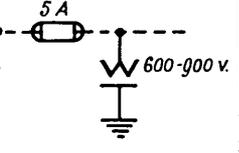
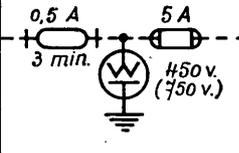
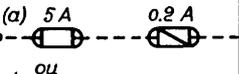
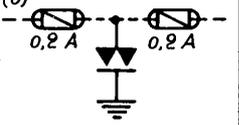
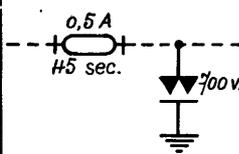
#### 4 (suite) . LIGNE D'ABONNÉ EN CÂBLE SOUTERRAIN.

ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU CENTRAL	LIGNE	POSTE D'ABONNÉ
<u>ADMINISTRATION NÉERLANDAISE</u>			
	<p>NOTE . L'Administration néerlandaise doute de la nécessité de placer un dispositif de protection sur une ligne d'abonné entièrement en câble souterrain.</p>		
<u>ADMINISTRATION PORTUGAISE</u>	<p>a) Installations téléphoniques à batterie locale</p> 		
	<p>b) Installations téléphoniques semi-automatiques.</p> 		
	<p>c) Installations téléphoniques automatiques</p> 		
<u>ADMINISTRATION TCHÉCOSLOVAQUE</u>			
<u>ADMINISTRATION DE L'U.R.S.S.</u>			

## 5. LIGNE D'ABONNÉ EN FILS NUS AÉRIENS

ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU CENTRAL	LIGNE	POSTE D'ABONNÉ
<p style="text-align: center;"><u>AMERICAN TELEPHONE AND TELEGRAPH COMPANY</u></p>			
<p><i>NOTE.</i> - L'emploi du dispositif de protection représenté par cette figure suppose que la ligne en fils nus aériens pénètre dans le bureau central directement, et non par l'intermédiaire d'un câble d'entrée : situation qui ne se présente pratiquement jamais dans le Bell System. La situation qui se présente d'une façon plus générale est représentée, ci-après, sous : 6. "Ligne d'abonné non entièrement sous câble".</p>			
<p style="text-align: center;"><u>ADMINISTRATION AUTRICHIENNE</u></p>			
<p>(x). Pas de bobine thermique si le poste d'abonné n'a pas de dérivation à la terre.</p>			
<p style="text-align: center;"><u>ADMINISTRATION BELGE</u></p>			
<p style="text-align: center;"><u>ADMINISTRATION ET EXPLOITATIONS PRIVÉES DU DANEMARK</u></p>			

### 5 (suite). LIGNE D'ABONNÉ EN FILS NUS AÉRIENS

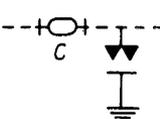
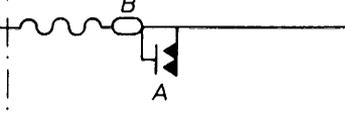
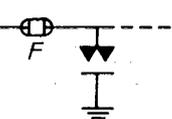
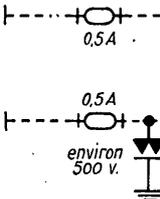
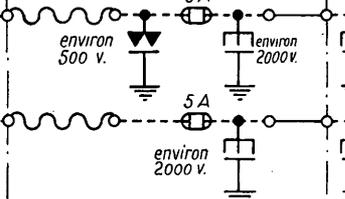
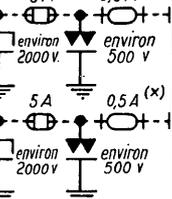
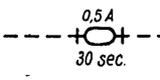
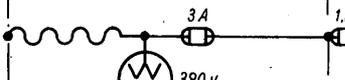
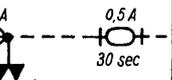
ADMINISTRATIONS OU EXPLOITATIONS PRIVÉES	BUREAU CENTRAL	LIGNE	POSTE D'ABONNÉ
<u>ADMINISTRATION FRANÇAISE</u>	 <p>ou</p> 		 <p>ou</p> 
<u>ADMINISTRATION BRITANNIQUE</u>			
<u>ADMINISTRATION HONGROISE</u>			<p>(a) </p> <p>ou</p> <p>(b) </p>
<u>ADMINISTRATION NORVÉGIENNE</u>			 <p>← Si la longueur de la ligne dépasse 1 km.</p> <p>Aux endroits où l'expérience montre que ces dispositifs de protection ne sont pas satisfaisants, l'Administration Norvégienne emploie des dispositifs spéciaux.</p>

## 5 (suite et fin). LIGNE D'ABONNÉ EN FILS NUS AÉRIENS

ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU CENTRAL	LIGNE	POSTE D'ABONNÉ
<u>ADMINISTRATION NÉERLANDAISE</u>	<p>0,25 A 15 sec. A néon 150-170 v.</p>		<p>A néon 150-170 v. Si la longueur de la ligne d'abonné dépasse 500 m.</p>
<u>ADMINISTRATION PORTUGAISE</u>	<p>0,25 A 30 sec.      3 A 500-800 v.</p>		<p>0,25 A 30 sec.      3 A 500-800 v.</p>
<u>ADMINISTRATION TCHÉCOSLOVAQUE</u>			
<u>ADMINISTRATION DE L'U.R.S.S.</u>	<p>0,25 A 0,25 A      8j-1A 350-500 v.</p>		<p>8j-1A      350-500 v.</p>
* <u>ADMINISTRATION ALLEMANDE</u>	<p>(x) 0,5 A      8 A      2000 v 500 v      500 v</p>		<p>8 A      0,5 (xx) 2000 v      500 v</p>
<p>(xx) - Pas de bobine thermique si le poste d'abonné n'a pas de dérivation à la terre.  (x) - 0,3 A en cas de batterie centrale</p>			

\* République fédérale d'Allemagne.

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

ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU CENTRAL	LIGNE	POSTE D'ABONNÉ
<u>AMERICAN</u> <u>TELEPHONE</u> <u>AND</u> <u>TELEGRAPH</u> <u>COMPANY</u>	 <p style="text-align: center;">PARAFOUDRE A CHARBON (350 V.)</p>		 <p style="text-align: center;">PARAFOUDRE A CHARBON (350 V.)</p>
	<p>A. - Parafoudres à charbon (750 volts) insérés entre les conducteurs et l'enveloppe du câble. On associe ces parafoudres à tous les conducteurs si n'importe quel circuit en fils nus aériens, utilisé à partir de la tête de terminaison à une longueur supérieure à un demi-mile (1 mile = 1609 mètres environ). Sinon, d'habitude on n'emploie pas ces parafoudres.</p> <p>B. - Section, longue de 2 à 10 pieds (1 pied = 30,5 cm), de câble à conducteurs de faible diamètre (inférieur ou au plus égal à 0,51 mm [calibre n° 24]) destiné à servir de fusible. Ce câble est inséré entre le bureau central et le premier point où les circuits sont susceptibles d'entrer en contact avec des lignes d'énergie de tension supérieure à 250 volts.</p> <p>C. - Bobine thermique (0,35 A permanent - 0,54 A pendant 210 secondes).</p> <p>F. Fusible (7 A permanent - 10,5 A pendant 5 minutes).</p>		
<u>ADMINISTRATION</u> <u>AUTRICHIENNE</u>	 <p style="text-align: center;">0,5A</p>	 <p style="text-align: center;">5A</p>	 <p style="text-align: center;">5A    0,5A (x)</p>
	<p>(x) Pas de bobine thermique si le poste d'abonné n'a pas de dérivation à la terre.</p>		
<u>ADMINISTRATION</u> <u>BELGE</u>	 <p style="text-align: center;">0,5A 30 sec.</p>	 <p style="text-align: center;">3A 320 v.</p>	 <p style="text-align: center;">1,5A    0,5A 30 sec.</p> <p style="text-align: center;">Dans des cas spéciaux, parafoudre à vide (320v)</p>

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

ADMINISTRATIONS ET EXPLOITATIONS PRIVÉES	BUREAU CENTRAL	LIGNE	POSTE D'ABONNÉ
<u>ADMINISTRATION FRANÇAISE</u>		<p>ou</p> <p>Si la ligne aérienne a plus de 1 km. de longueur ou est particulièrement exposée aux coups de foudre.</p> <p>ou</p> <p>Si la ligne aérienne a moins de 1 km de longueur, ou n'est pas particulièrement exposée aux coups de foudre.</p>	<p>ou</p>
<u>ADMINISTRATION BRITANNIQUE</u>			
<u>ADMINISTRATION HONGROISE</u>	Pas d'indications spéciales		
<u>ADMINISTRATION NORVÉGIENNE</u>		<p>&gt; 100 m.    &gt; 1 km</p>	

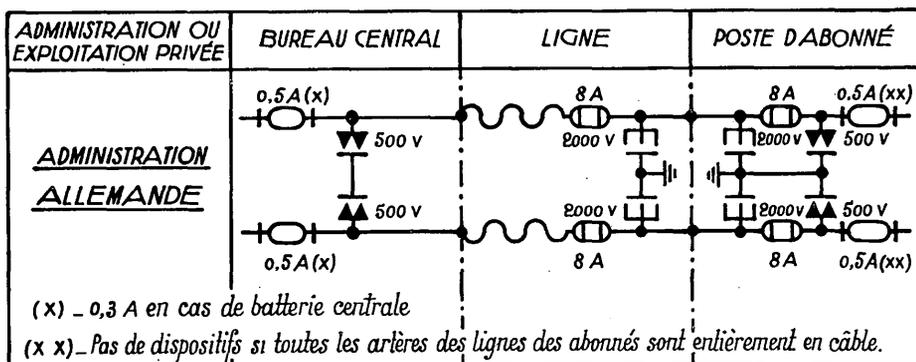
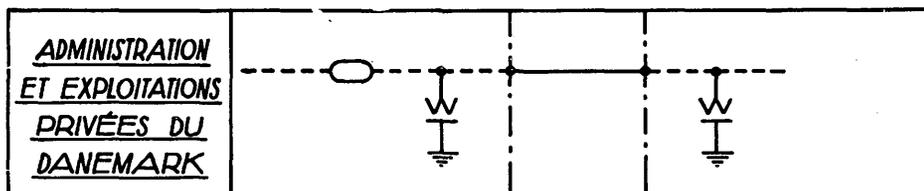
Si les limites indiquées sont dépassées.

Aux endroits où l'expérience montre que ces dispositifs de protection ne sont pas satisfaisants, l'Administration Norvégienne emploie des dispositifs spéciaux.

**6 (suite et fin)...LIGNE D'ABONNÉ NON ENTIÈREMENT SOUS CÂBLE**

ADMINISTRATION OU EXPLOITATION PRIVÉE	BUREAU CENTRAL	LIGNE	POSTE D'ABONNÉ
<u>ADMINISTRATION NÉERLANDAISE</u>	<p>0,25 A 15 sec.</p>	<p>A néon 150-170v.</p>	<p>Seulement si la longueur dépasse 500 m.</p>
<u>ADMINISTRATION PORTUGAISE</u>	a) Installations téléphoniques à batterie locale.		
	<p>0,25 A 30 sec. 3 A</p>	<p>3 A</p>	<p>0,25 A 30 sec. 3 A</p>
	<p>0,5 A 210 sec. 3 A</p>	<p>3 A</p>	<p>0,25 A 30 sec. 3 A</p>
c) Installations téléphoniques automatiques.			
<p>0,5 A 210 sec. 3 A</p>	<p>3 A</p>	<p>0,25 A 30 sec. 3 A</p>	
<u>ADMINISTRATION TCHÉCOSLOVAQUE</u>			
<u>ADMINISTRATION DE L'U.R.S.S.</u>	<p>0,25 A 8j - 1A 350-600 v</p>	<p>8j - 1A 350-600 v.</p>	<p>8j - 1A 350-600 v.</p>

**6 (suite et fin). LIGNE D'ABONNÉ NON ENTIÈREMENT SOUS CÂBLE**



\* République fédérale d'Allemagne.

## B. Dispositifs de protection que l'on peut insérer dans les lignes téléphoniques exposées à une forte induction, afin de réduire les tensions des fils par rapport au sol.

Parmi les dispositifs mis en service jusqu'à présent et ayant donné quelques résultats satisfaisants, on peut mentionner :

- a) les tubes à décharge installés en ligne,
- b) les relais de mise à la terre, associés à des parafoudres,
- c) les transformateurs séparateurs,
- d) les transformateurs neutralisateurs,
- e) les bobines de couplage entre parafoudres, destinées à provoquer ou faciliter leur décharge simultanée.

On trouvera indiqués ci-dessous le principe de ces appareils ainsi que les principales caractéristiques à prendre en considération pour déterminer dans quelles conditions ils peuvent être utilisés avec avantage.

### a) Tubes à décharge

Pour limiter la tension à la valeur admise, on peut insérer à des distances appropriées, sur une ligne de télécommunication exposée à l'induction d'une ligne industrielle voisine, des tubes fonctionnant par décharge électrique dans une atmosphère gazeuse raréfiée (par exemple, mélange d'argon et de néon avec des traces d'une substance radioactive pour accélérer l'ionisation) et susceptibles de supporter pendant un certain temps le passage d'un courant de plusieurs ampères.

Les caractéristiques de tels tubes ont été décrites en détail dans le *Post Office Electrical Engineer's Journal*, Volume 45, pages 104 à 110 et dans le document C.C.I.F. — 1952/1954 — 1<sup>re</sup> C.E. — Document n° 38. Des méthodes décrites dans les documents C.C.I.F. — 1952/1954 — 1<sup>re</sup> C.E. — Document n° 12 et C.C.I.F. 1952/1954 — 1<sup>re</sup> C.E. — Document n° 38 permettent de déterminer l'échelonnement de ces tubes sur la ligne à protéger et de calculer la résistance que doivent présenter les prises de terre.

D'après l'expérience des Administrations qui ont employé des tubes à décharge, on peut probablement en placer jusqu'à 15 environ sur une section d'amplification d'un circuit en fils nus aériens exploité en fréquence vocale \*. L'emploi de ces tubes est surtout intéressant sur les lignes en fils nus aériens, car sur les câbles à nombreuses paires, l'encombrement des tubes et la complication des systèmes de prise de terre posent des problèmes difficiles.

Les autres sujétions d'emploi de ces tubes sont les suivantes :

- 1<sup>o</sup> Les prises de terre doivent être bonnes et, en conséquence, sont parfois coûteuses.
- 2<sup>o</sup> Il faut prévoir une protection contre les chocs acoustiques pour tous les postes téléphoniques qui peuvent être reliés aux deux extrémités de la ligne protégée ou aux centraux desservis par cette ligne.

\* Le C.C.I.F. a mis à l'étude le problème de la détermination du nombre limite de ces tubes qu'il y a lieu de ne pas dépasser sans inconvénients pour la transmission dans le cas des circuits à fréquence vocale et des circuits à courants porteurs.

- 3° Il faut surveiller et maintenir la qualité de ces tubes et les vérifier après chaque orage ou chaque incident sur la ligne.

\* \* \*

## b) Relais de mise à la terre associés à des parafoudres ou des tubes à décharge

### b1) PREMIER SYSTÈME.

Le principe de ce système est schématisé sur la figure 1. Quand un des parafoudres fonctionne, le relais R agit sur ses armatures et ferme les contacts  $\gamma_1$  et  $\gamma_2$ , ce qui met à la terre les deux fils de ligne.

Dès que le défaut cesse, les armatures retombent, les contacts  $\gamma_1$  et  $\gamma_2$  sont interrompus et le circuit est rétabli dans ses conditions normales.

La rapidité de fonctionnement du relais est fonction du courant de décharge de la ligne par lequel il est traversé. On réalise, par exemple, des relais fonctionnant après passage d'un courant de 1,5 ampère pendant 13 millisecondes, et après passage d'un courant de 15 ampères pendant 2 millisecondes.

Les contacts du relais permettent le passage de plusieurs dizaines d'ampères pendant plusieurs secondes.

Pour l'utilisation dans le cas des circuits d'une nappe comportant un nombre assez grand de fils aériens (par exemple, compris entre 10 et 50), on a réalisé un modèle multiple dont le schéma de principe est donné dans la figure 2.

La mise à la terre de chaque paire est assurée par un relais. L'ensemble de ces relais est commandé par un relais pilote, très sensible, placé dans le secondaire d'un transformateur à saturation dont le primaire est relié, d'une part à la terre, d'autre part aux bornes de mise à la terre de tous les parafoudres des circuits à protéger.

Quand un de ces parafoudres fonctionne, le relais pilote est excité et commande le fonctionnement de tous les autres relais, ce qui met à la terre tous les fils.

Le transformateur à saturation est destiné à limiter le courant dans le relais pilote, quel que soit le courant dans le primaire. Le temps de fonctionnement total du dispositif peut être rendu inférieur à 25 millisecondes, quel que soit le courant de décharge.

### *Particularités de ces dispositifs.*

L'efficacité et la sûreté de fonctionnement de ces dispositifs dépendent de la qualité des prises de terre utilisées. Celles-ci doivent pouvoir écouler, pendant toute la durée du défaut, des courants qui peuvent être très intenses, sans que les conducteurs mis à la terre soient de ce fait portés à des tensions élevées.

Quand cette condition est remplie, ces dispositifs présentent les avantages suivants:

Le parafoudre, fonctionnant pendant un temps très court, risque moins de se détériorer et la durée de sa vie est ainsi considérablement augmentée.

Le dispositif permet de supprimer les fusibles placés du côté de la ligne, ce qui évite des inconvénients pour le service téléphonique.

Pendant toute la durée du défaut, les deux extrémités de la ligne sont mises à la terre; la tension résiduelle sur les fils est donc ramenée à une valeur très faible (alors

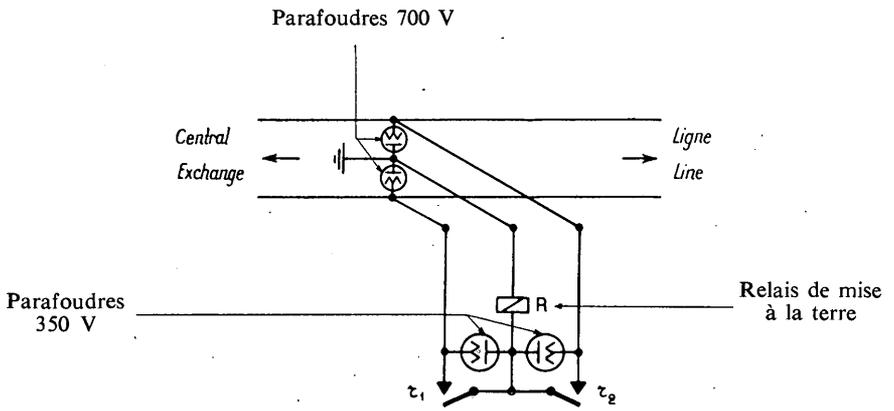


Figure 1

Relais de mise à la terre ; cas d'un seul circuit

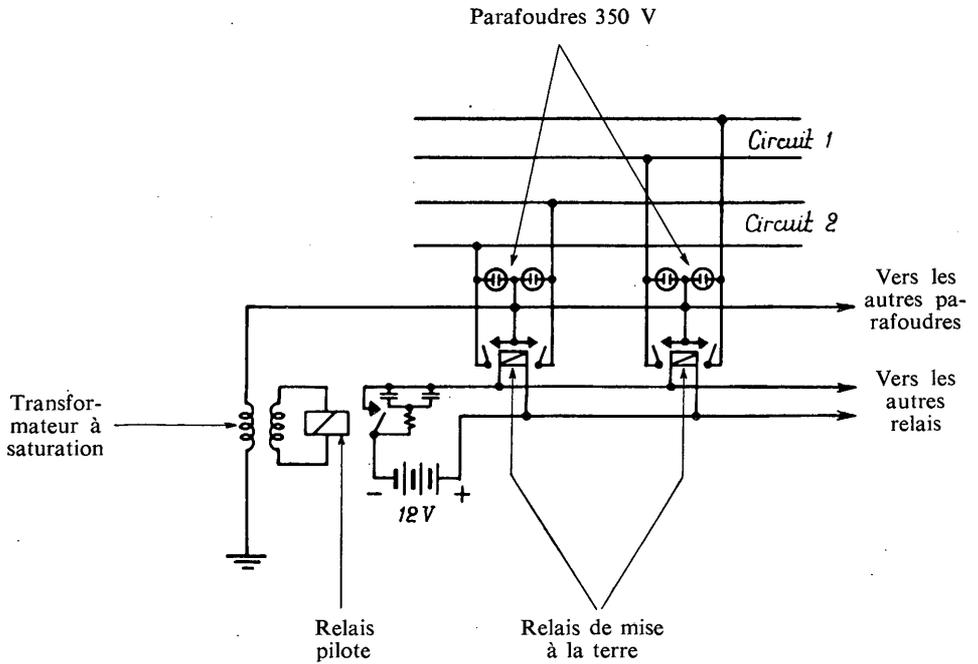


Figure 2

Relais de mise à la terre ; cas de plusieurs circuits

qu'avec les protections classiques, dès que les fusibles ont fondu, la tension totale apparaît sur la ligne qui se trouve isolée). Il résulte de là une diminution sensible du risque pour le personnel travaillant en ligne.

Etant donné la faible durée du fonctionnement des parafoudres, le risque de chocs acoustiques récurrents est supprimé; en outre, la durée de passage (dans le poste ou l'installation reliés au circuit) de courants intenses dus à la dyssymétrie de fonctionnement des parafoudres est réduite au minimum.

Ces dispositifs étant indépendants du circuit de transmission, les caractéristiques de transmission ne sont pas affectées comme elles peuvent l'être par d'autres dispositifs tels que transformateurs séparateurs ou neutralisateurs.

La maintenance de ces dispositifs est facile: il suffit de vérifier périodiquement la qualité des contacts de court-circuit et, dans le cas des dispositifs multiples, l'état de la batterie et le réglage du relais pilote.

Il convient de remarquer, cependant, que la mise à la terre simultanée des deux fils pendant toute la durée des défauts peut présenter des inconvénients, surtout lorsqu'il s'agit d'un faisceau de circuits reliés à des dispositifs de commutation automatique.

Des difficultés sont aussi à redouter quand il s'agit de lignes d'abonnés à batterie centrale.

#### b2) DEUXIÈME SYSTÈME. (Note remise par l'Administration des Téléphones d'Italie.)

Le principe de ce système — réalisé par la Société téléphonique SET — est représenté dans le schéma de la figure 3. Il est constitué par deux relais séparés en série sur les deux fils du circuit (un relais sur chaque fil) et asservis mécaniquement l'un à l'autre.

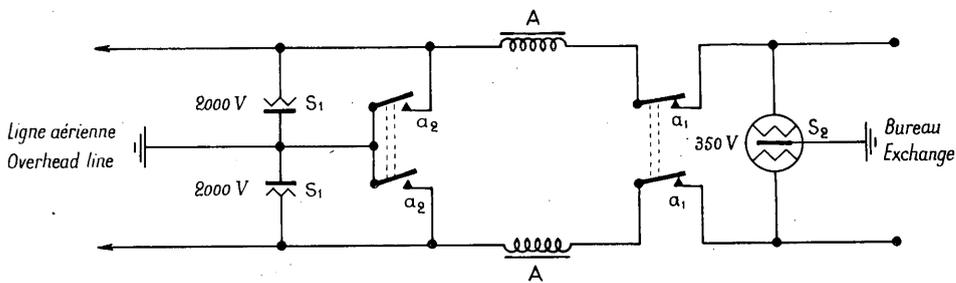


Figure 3

Dispositif de protection à insérer dans les bureaux

Lorsqu'un des relais (ou tous les deux) est excité, les contacts  $a_2$  se ferment et, après un petit délai, les contacts  $a_1$  s'ouvrent. De cette façon, on réalise à la fois la mise à la terre des fils de ligne et la séparation du central et de la ligne. Le rétablissement des conditions de service est effectué à la main après réception d'un signal d'alarme; la qualité des contacts  $a_1$  en série avec les fils de ligne peut ainsi être assurée par l'action d'un ressort.

Le dispositif complet comporte un déchargeur pilote à gaz à trois électrodes  $S_2$  (tension d'amorçage 350 V) et deux parafoudres  $S_1$  à pointes réglables pour une valeur de tension comprise entre 1000 et 2000 volts.

*Avantages du dispositif.*

1. Outre les avantages dérivant de la mise directe à la terre des fils de ligne, le dispositif permet d'assurer en même temps l'isolement du central.

2. Le dispositif fonctionne aussi lorsqu'à la suite d'une cause quelconque un courant de valeur anormale s'écoule dans le circuit sans que les déchargeurs ne s'amorcent.

3. Les impédances des deux relais facilitent l'amorçage des parafoudres  $S_1$  dans le cas de décharges atmosphériques. En outre, leur valeur est suffisamment faible pour qu'ils n'introduisent pas dans le circuit téléphonique des affaiblissements nuisibles même si le circuit est exploité en haute fréquence.

En outre, dans le cas de décharges atmosphériques dont la tension a une valeur suffisante pour l'amorçage des déchargeurs  $S_2$  mais non pour celui des parafoudres  $S_1$  et dont la durée est insuffisante pour l'excitation des relais, le dispositif protège les organes du central sur lesquels sera appliquée seulement la tension résiduelle des déchargeurs  $S_2$ .

*Caractéristiques électriques du dispositif.*

1. Courant minimum d'excitation: 3 ampères efficaces à 50 Hz;
2. Temps de fonctionnement: environ 15 millisecondes;
3. Résistance à 50 Hz de chaque relais: 0,45 ohm;
4. Affaiblissement d'insertion sur 600 ohms de l'ensemble des deux relais:
  - à 800 Hz : 0,02 néper,
  - à 150 kHz: 0,15 néper.

*Note:* On est en train d'étudier un dispositif basé sur le même principe mais avec fonctionnement automatique. Le nouveau dispositif présentera, entre autres, l'avantage de pouvoir être installé en des points éloignés du central et d'employer pour les déchargeurs des prises de terre indépendantes de celle du central, ce qui évitera le danger d'une éventuelle surtension sur cette dernière prise de terre.

**c) Transformateurs séparateurs**

Sur les circuits à exploitation manuelle ou à exploitation automatique avec sélection et signalisation en courant alternatif, on peut, en insérant des transformateurs séparateurs, diviser la portion de ligne exposée à une forte induction en sections sur lesquelles la tension maximum admissible ne sera plus dépassée. Dans l'exploitation apparaissent cependant certaines difficultés qui ne peuvent être négligées. Ce sont:

- a) l'augmentation de l'affaiblissement, en particulier pour le courant d'appel à basse fréquence, et l'augmentation de la distorsion d'affaiblissement;
- b) dans le cas d'utilisation de courants porteurs ces appareils doivent être étudiés spécialement pour avoir une distorsion harmonique suffisamment faible;
- c) des complications dans la surveillance de l'isolement et la localisation des dérangements sur les sections intermédiaires.

L'utilisation de ces transformateurs-séparateurs entraîne l'impossibilité d'employer la sélection et la signalisation à courant continu.

Par conséquent, les Administrations qui ont l'expérience de ce mode de protection sont d'avis que le nombre des transformateurs insérés dans une ligne ne devrait pas être supérieur à 4 ou 5 (y compris les transformateurs de ligne extrêmes).

A titre d'exemple, les transformateurs de ce genre employés en Suisse ont les caractéristiques suivantes:

Rapport de transformation:  $600/600 \Omega$ ,  $600/1000 \Omega$ ,  $600/1600 \Omega$ .

Caractéristique en fonction de la fréquence:

affaiblissement à 50 Hz	0,1 néper
150 à 4000 Hz	0,05 néper

Dyssymétrie d'impédance:  $< 0,020 \text{ ‰}$

Tension d'essai: les enroulements doivent pouvoir supporter pendant deux minutes une tension d'essai de 4000 V à 50 Hz entre eux ou entre chacun d'eux et la masse.

Tension de choc disruptive: 25 000 volts environ.

#### d) Transformateurs neutralisateurs

Les transformateurs neutralisateurs permettent de réduire dans de très fortes proportions la force électromotrice longitudinale totale appliquée aux conducteurs de la ligne de télécommunication en modifiant très peu les caractéristiques de transmission de cette ligne.

*Principe:* Un transformateur neutralisateur comporte trois enroulements dont deux sont de constitution identique: ils sont couplés de telle sorte que tous trois embrassent toujours sensiblement le même flux.

Chacun des deux enroulements identiques (appelés, dans cette note, secondaires) est monté en série avec un des fils du circuit à protéger. Le troisième (primaire) est monté en série avec un fil pilote disposé parallèlement à la paire téléphonique et sur les mêmes appuis, de sorte qu'il soit soumis sensiblement aux mêmes effets d'induction. Le fil pilote est relié à la terre à ses deux extrémités (figure 4).

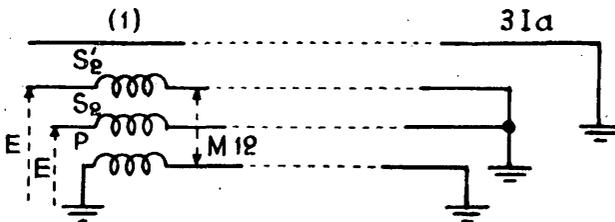


Figure 4

Si les fils téléphoniques sont, ou bien isolés complètement de la terre, ou bien reliés à la terre à une seule de leurs extrémités, l'impédance opposée par le transformateur aux courants induits parcourant le fil pilote doit être considérablement plus grande que celle de l'ensemble des autres éléments du circuit constitué par ce fil et la terre. Ainsi, la chute de tension due au passage du courant induit se trouve presque entièrement localisée entre les bornes de l'enroulement primaire: elle diffère très peu de la force électromotrice longitudinale induite le long de la ligne. Il en est de même de la force électromotrice engendrée par le transformateur entre les bornes de chacun des enroulements secondaires. La connexion de ces enroulements aux fils téléphoniques doit être réalisée de sorte que cette force électromotrice engendrée par le transformateur soit en opposition avec la force électromotrice longitudinale et ainsi la neutralise presque complètement.

Si donc les fils sont reliés à la terre à une de leurs extrémités, les autres extrémités se trouvent ramenées à un potentiel très faible. L'application du théorème de Thévenin indique que si on relie alors à la terre les extrémités des fils jusque-là isolées, le courant parcourant ces fils demeurera très faible.

La répartition des tensions le long des conducteurs dépend de leur connexion à la terre, de la répartition des forces électromotrices longitudinales induites et de l'emplacement du (ou des) transformateur(s) neutralisateur(s). Il en est naturellement de même des courants de capacité entre les différents points des conducteurs et la terre: si les conducteurs sont complètement isolés, la répartition des tensions se fera de manière que la somme algébrique de tous ces courants de capacité soit nulle.

#### *Particularités d'emploi.*

Moyennant le choix d'une spécification convenable (valeurs faibles des résistances des enroulements, valeur élevée de leur inductance, valeurs faibles des pertes diverses, des capacités entre enroulements...), on peut réaliser des transformateurs-neutralisateurs modifiant peu les caractéristiques de transmission des circuits téléphoniques soit dans la seule bande des fréquences téléphoniques, soit dans une bande beaucoup plus large permettant l'emploi de courants porteurs.

L'insertion de transformateurs-neutralisateurs est compatible avec l'exploitation des circuits au moyen de courant continu, sans déformation des impulsions d'appel, de numérotation, de commande utilisées pour la commutation automatique. Des transformateurs comportant de plus nombreux enroulements pour l'équipement de plusieurs circuits ont été réalisés. Cependant les transformateurs à trois enroulements, dont le principe a été indiqué ont l'intérêt de faciliter le respect des conditions de diaphonie, même quand on groupe en parallèle plusieurs primaires de transformateurs sur un même fil pilote.

Une autre application des transformateurs-neutralisateurs est leur utilisation pour protéger des élévations du potentiel de la terre dans le cas de circuits téléphoniques pénétrant dans une usine électrique ou un poste à haute tension.

Pour neutraliser la différence de potentiel entre le sol et les conducteurs, il suffit alors d'alimenter le primaire du transformateur par un fil pilote court (quelques centaines de mètres) réunissant la terre à potentiel variable de l'usine ou du poste, à un point où le potentiel du sol reste pratiquement constant. Ce montage est illustré par les figures 5 et 6.

A titre d'exemple, on donne ci-après en annexes les caractéristiques de deux types de transformateurs-neutralisateurs fabriqués en France et dont les limites supérieures des bandes passantes sont respectivement 3000 et 10 000 Hz.

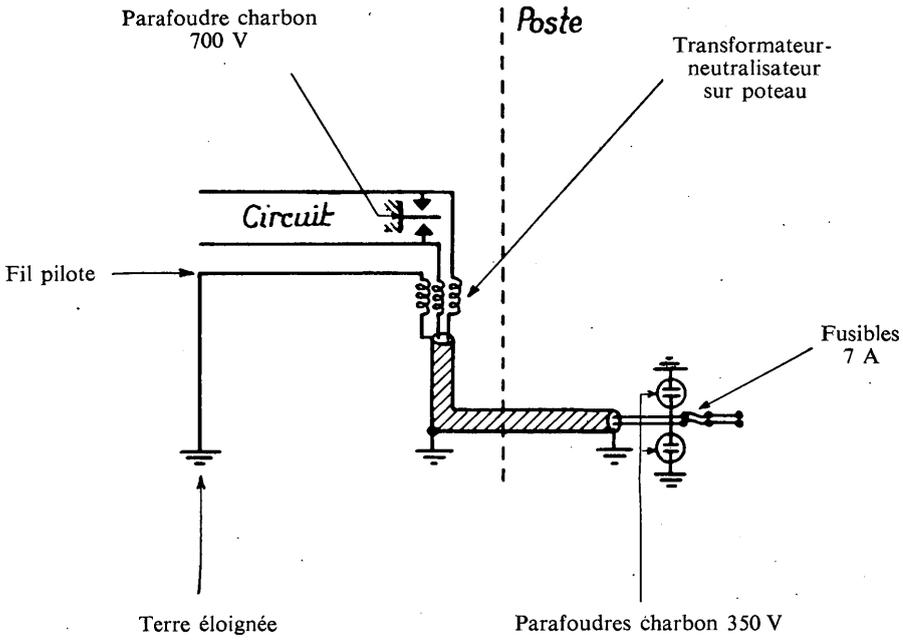


Figure 5

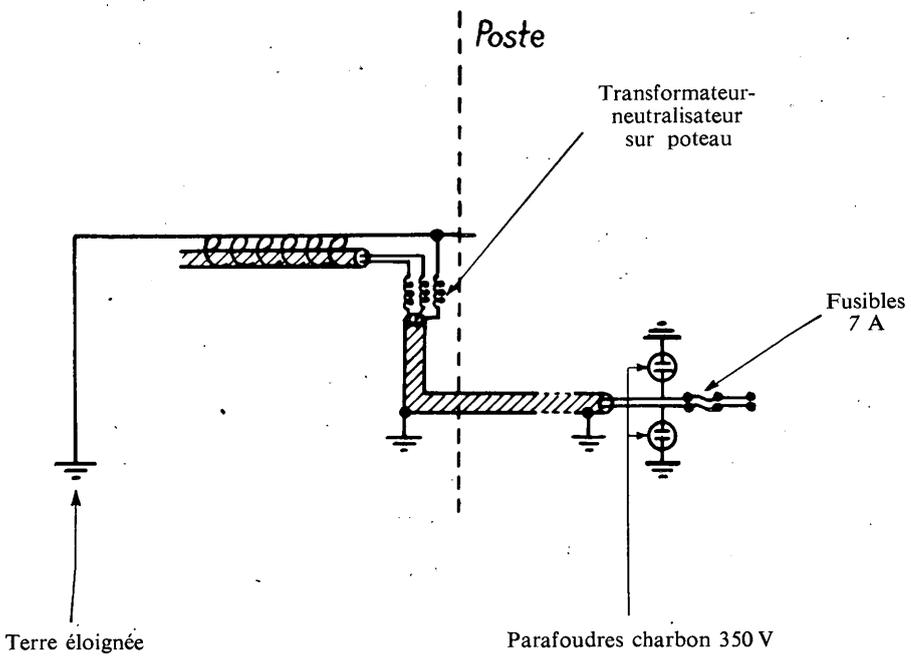


Figure 6

## ANNEXE 1

*Transformateur de neutralisation type 315-B (bande passante 3 000 p/s)*

## Caractéristiques:

Nombre d'enroulements: 3

primaire (circuit compensateur)  
 secondaire 1 }  
 secondaire 2 } disposés dans le circuit téléphonique.

Nombre de spires: identique dans les trois enroulements.

Tension primaire: maximum 3000 volts efficaces, appliquée par intermittence.

Courant secondaire maximum: 0,35 ampère dans chaque enroulement en régime permanent.

Résistance en courant continu:

primaire: 64 ohms environ;  
 secondaire 1: 64 ohms environ;  
 secondaire 2: 64 ohms environ.

Equilibre de résistance des enroulements secondaires: résistances égales à mieux que 2/1000 près.

Inductance de l'enroulement primaire:

fréquence de mesure = 200 Hz }  
 tension de mesure  $< 1 V_{\text{eff}}$  } 12 henrys environ.  
 fréquence de mesure = 50 Hz }  
 tension de mesure  $> 300 V_{\text{eff}}$  }  $> 50$  henrys environ.

Inductance de chacun des enroulements secondaires: identiquement la même que ci-dessus.

Couplage entre enroulements: (mesures à 1000 Hz)

1. Inductance primaire à 1000 Hz, l'un des secondaires étant mis en court-circuit: 13 mH environ.
2. Inductance de l'enroulement secondaire 1, l'enroulement secondaire 2 étant mis en court-circuit: 20 mH environ.
3. Inductance de l'ensemble des deux enroulements secondaires connectés en opposition: 20 mH environ.

Capacité entre enroulements (capacité du secondaire 1 mis en court-circuit, par rapport au secondaire 2 mis également en court-circuit et réuni aux tôles et à la masse) 4,5 millimicrofarads.

Essai de rigidité diélectrique: sous 9000  $V_{\text{eff}}$  appliqués entre les deux enroulements.

Courbe de réponse de l'ensemble des deux enroulements secondaires introduits entre un émetteur de 800 ohms et une impédance d'utilisation de 800 ohms:

affaiblissement de 1dB environ de 30 à 3000 Hz,  
 affaiblissement de 3,7 dB environ de 30 à 10 000 Hz.

Forme du circuit magnétique :

Circuit à trois colonnes.

Poids approximatif :

35 kg.

## ANNEXE 2

*Transformateur de neutralisation type 315 (Bande passante 10 000 p/s)*

## Caractéristiques:

Nombre d'enroulements: 3

primaire (circuit compensateur);  
 secondaire 1 } disposés dans le circuit téléphonique.  
 secondaire 2 }

Nombre de spires: identique dans les trois enroulements.

Tension primaire: maximum 3000 volts efficaces, appliquée par intermittence.

Courant secondaire maximum: 0,35 ampères efficaces dans chaque enroulement en régime permanent.

Résistance en courant continu:

primaire: 40 ohms environ;  
 secondaire 1: 80 ohms environ;  
 secondaire 2: 80 ohms environ.

Equilibre de résistance des enroulements secondaires: résistances égales à mieux que 2/1000 près.

Inductance de l'enroulement primaire et de chacun des enroulements secondaires:

fréquence de mesure = 200 Hz	} 10 henrys environ.
tension de mesure < 1 V <sub>eff</sub>	
fréquence de mesure = 50 Hz	} 40 henrys environ.
tension de mesure > 1 V <sub>eff</sub>	

Couplage entre enroulements: (mesures à 1000 Hz)

- 1° Inductance primaire à 1000 Hz, l'un des secondaires étant mis en court-circuit: 10 mH environ.
- 2° Inductance de l'enroulement secondaire 1, l'enroulement secondaire 2 étant mis en court-circuit: 7 mH environ.
- 3° Inductance de l'ensemble des deux enroulements secondaires connectés en opposition: 9 mH environ.

Capacité entre enroulements:

capacité du secondaire 1 mis en court-circuit, par rapport au secondaire 2 mis également en court-circuit et réuni aux tôles et à la masse: 3,5 millimicrofarads environ.

Essai de rigidité diélectrique:

sous 9000 V<sub>eff</sub> appliqués entre les enroulements.

Courbe de réponse de l'ensemble des deux enroulements secondaires introduits entre un émetteur de 800 ohms et une impédance d'utilisation de 800 ohms: affaiblissement de 1 dB environ de 30 à 10 000 Hz.

Forme du circuit magnétique:

Circuit à deux colonnes avec bobinages primaire et secondaire répartis également sur celles-ci.

Poids approximatif:

80 kg.

e) **Bobines de couplage entre parafoudres (aussi appelées bobines d'égalisation)**

Ces bobines sont connues depuis longtemps et se sont révélées efficaces pour la réduction des tensions transversales susceptibles de résulter de l'amorçage non simultané des deux parafoudres reliés à une paire de conducteurs.

Les figures 7 et 8 représentent deux montages utilisant de telles bobines.

Le mode de fonctionnement est exactement le même dans les deux cas. En raison des légères différences inévitables dans la construction mécanique et dans les caractéristiques électriques de deux parafoudres quelconques (et de légères différences existent même dans le cas où les deux parafoudres sont placés côte à côte sous la même enveloppe), un des deux parafoudres se décharge avant l'autre; le courant qui en résulte et qui passe dans une moitié de la bobine produit dans l'autre moitié une force électromotrice qui, ajoutée à celle qui est appliquée par la ligne, suffit à provoquer la décharge du second parafoudre.

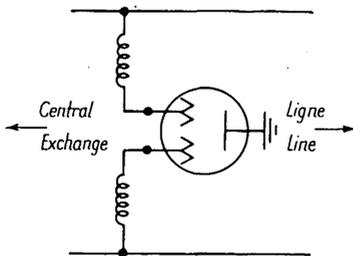


Figure 7

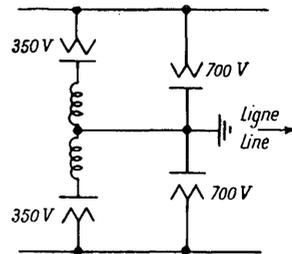


Figure 8

Le montage de la figure 7 est utilisé par exemple sur des circuits de surveillance et de commande dans les câbles suivant le tracé de lignes de chemins de fer électrifiées. Il est particulièrement désirable que sur de tels circuits les risques de choc acoustique et de mutilation des signaux soient réduits autant qu'il est possible. On peut d'ailleurs utiliser, au lieu d'un tube à trois électrodes, comme il est indiqué sur la figure 7, d'autres types de parafoudres.

Le montage de la figure 8 est utilisé sur des lignes en fils nus aériens exploitées avec des systèmes téléphoniques à courants porteurs sur lesquels sont installés des systèmes de télégraphie harmonique, dans les cas où de telles lignes traversent des régions connues pour la fréquence et la violence de leurs orages.

Là encore, la fonction des bobines de couplage est de supprimer les tensions transversales dues à la foudre ou à l'induction à basse fréquence, qui sans cela produiraient des chocs acoustiques ou une mutilation des signaux.

La tension d'amorçage des parafoudres placés en série avec les bobines est relativement basse (par exemple 350 volts). Celle des parafoudres placés en dérivation entre les conducteurs de ligne et la terre est plus élevée (par exemple 700 volts); la fonction de ces derniers est de combattre les surtensions ayant des valeurs de crête plus élevées.

Un des avantages de ces bobines d'égalisation est qu'elles interviennent dans des cas où la force électromotrice longitudinale induite est au voisinage de la tension

d'amorçage des parafoudres. En l'absence d'une telle bobine, il pourrait arriver qu'un seul des parafoudres s'amorce, et il en résulterait que toute la force électromotrice appliquée se trouverait aux bornes du récepteur téléphonique.

A la différence des transformateurs-séparateurs, les bobines d'égalisation n'ont absolument aucun effet gênant en ce qui concerne les caractéristiques de transmission ou la maintenance du circuit protégé. Leur principal inconvénient est leur prix élevé et cela explique probablement qu'elles soient appliquées dans un domaine restreint.

---

## CHAPITRE II

### DISPOSITIFS FACILITANT LA MAINTENANCE DES LIGNES DE TÉLÉCOMMUNICATION

#### 1. EMPLOI DE GAZ SOUS PRESSION DANS LES CÂBLES

##### A. Renseignements communiqués en 1953 par l'American Telephone and Telegraph Company

L'introduction (dans le Bell System aux Etats-Unis d'Amérique) de câbles interurbains remplis de gaz sous pression a commencé activement il y a quelque vingt ans et a maintenant atteint le point où pratiquement 100 % des longs câbles interurbains, comprenant à la fois les câbles aériens et souterrains, sont maintenus sous pression de gaz. Deux systèmes sont utilisés :

l'un, le plus ancien, qui comporte un remplissage périodique ou statique des câbles ;

l'autre, plus récent, désigné sous le nom de système à injection continue (continuous flow).

Quelques-unes des caractéristiques les plus importantes de ces systèmes et quelques-uns des résultats qu'ils ont permis d'obtenir pour la maintenance des câbles sont les suivants :

#### I. SYSTÈME A REMPLISSAGE PÉRIODIQUE OU STATIQUE.

1. *Type de gaz utilisé.* — On emploie exclusivement de l'azote sec, principalement parce qu'en n'importe quel lieu, aux Etats-Unis d'Amérique, on peut s'en procurer sans délai et à bas prix, parce qu'il est produit commercialement en grandes quantités pour des usages variés. On fait des expériences avec l'air sec pour certaines applications spéciales.

2. *Pression du gaz.* — On maintient les câbles souterrains et sous-marins sous une pression de 9 livres anglaises par pouce carré (1 livre par pouce carré = 70,3 grammes par centimètre carré) et les câbles aériens sous une pression de 6 livres par pouce carré. La pression plus élevée employée pour les câbles souterrains et sous-marins est destinée à vaincre la pression hydrostatique à laquelle de tels câbles peuvent être soumis à cause de chambres de tirage inondées ou pour des raisons analogues. Une pression plus élevée est admissible dans ce cas parce qu'en raison des variations de température moins étendues qui se produisent il y a moins de chances que dans le cas des câbles aériens pour que cette pression elle-même cause des dommages à l'enveloppe du câble.

3. *Sectionnement du câble sous pression de gaz.* — La longueur des sections dans lesquelles un câble est divisé pour l'application de gaz sous pression atteint en

moyenne actuellement environ 10 miles (1 mile = 1609 mètres); mais il y a une tendance à accroître cette longueur, peut-être jusqu'à 25 miles ou davantage. Chacune de ces sections est bouchée à ses deux extrémités pour empêcher l'écoulement de gaz d'une section vers une autre. Dans le cas de câbles ordinaires, les bouchons sont faits sur le chantier en imprégnant l'âme du câble de cire et d'un compound d'asphalte. Dans le cas de câbles à paires coaxiales, des bouchons faits en usine sont nécessaires. Mise à part cette question des bouchons, l'introduction de câbles à paires coaxiales n'a pas modifié d'une façon appréciable la construction du système à gaz sous pression. La raison pour sectionner les câbles d'une telle façon est double:

a) cela évite d'avoir à remplir à nouveau de gaz une grande longueur de l'enveloppe du câble après que le gaz s'est échappé par une ouverture;

b) pour la localisation des dérangements, cela empêche un défaut d'en masquer un autre qui peut se produire à peu près au même moment.

4. *Contacteurs et valves.* — Des contacteurs, faits pour fonctionner quand la pression tombe à 3 livres par pouce carré en dessous de la valeur normale et pour envoyer un signal d'alarme sur une paire de conducteurs d'alarme vers un central téléphonique adjacent, sont placés à des intervalles d'environ 2 miles. Des valves pour les mesures de la pression sont placées à des intervalles d'environ 3000 pieds (1 pied = 30,48 centimètres). Des mesures de résistance sur la paire de conducteurs d'alarme indiquent l'emplacement de celui des contacteurs qui fonctionne; des mesures de pression faites aux valves voisines de ce contacteur permettent de déterminer le gradient de pression le long de l'enveloppe du câble, et par suite de localiser avec précision le défaut de l'enveloppe. D'ordinaire, on n'a pas à réparer immédiatement de tels défauts. Dans la plupart des cas, la pression du gaz empêchera efficacement l'entrée de l'humidité assez longtemps pour rendre pratique la méthode qui consiste à ne réparer ces défauts que pendant les heures normales de travail. Elle peut même permettre de différer l'exécution d'un tel travail de toute une fin de semaine.

5. *Applications spéciales.* — D'ordinaire, on emploie des bouteilles de gaz pour amener les sections du câble à la pression convenable, et ensuite on les enlève. Il y a eu des cas de défauts sur des câbles sous-marins où on a laissé une bouteille branchée à chaque extrémité jusqu'à ce que le défaut ait été réparé, ce qui permet au câble de rester sec dans les conditions de pression hydrostatique relativement élevée que l'on rencontre dans ce cas, et pendant l'intervalle de temps relativement long nécessaire pour réparer de tels défauts. Cette méthode a quelquefois été appliquée à des câbles qui n'étaient pas normalement maintenus sous pression.

*Remarque.* — Des indications plus détaillées sont fournies dans l'article: *Gas pressure for telephone cables* par R. G. GIESE, *American Institute of Electrical Engineers' Technical Paper* 47-77, décembre 1946.

## II. SYSTÈME A INJECTION CONTINUE.

Ce système consiste à maintenir la pression dans les câbles par injection continue de gaz à partir d'un point central d'injection.

L'appareil d'injection consiste en un compresseur déshydrateur comportant des éléments dessiccateurs au silicagel pour la fourniture d'air comprimé, ou un équipement de une ou plusieurs bouteilles d'azote comprimé, situés dans un central.

Dans une zone urbaine, un total d'environ 300 miles d'enveloppe de câbles interurbains et de câbles de liaison entre centraux, rayonnant à partir d'un même central, sont ainsi alimentés par un compresseur déshydrateur. Des dispositions analogues font l'objet d'essais en vue de la maintenance de câbles à grande distance auparavant maintenus sous pression par le premier système. On s'attend à ce que cette méthode réduise les frais de maintenance par suite de la diminution du nombre des déplacements le long des câbles pour cette maintenance.

### III. RÉSULTATS OBTENUS.

Les résultats obtenus en maintenant les câbles sous pression dans le Bell System peuvent être mesurés de diverses façons et évalués comme il suit:

1. Le nombre de défauts sur une paire de conducteurs par 100 miles de longueur de câble et par an diminue régulièrement à mesure qu'on maintient sous pression un plus grand nombre de câbles. L'expérience acquise sur une grande partie du réseau des câbles interurbains montre que le fait de passer d'une situation où aucun câble n'est sous pression à une situation où tous les câbles sont sous pression a eu pour résultat une réduction de 87,5% dans le nombre de ces défauts.

2. Comme le montre l'alinéa 1 ci-dessus, la pression de gaz contribue d'une façon considérable à la sécurité et à la continuité du service. On a dit que, sans l'emploi de gaz sous pression, il n'aurait pas été possible de faire face avec succès aux charges de trafic des années de guerre, et même d'aujourd'hui.

3. Les frais de maintenance des câbles sous pression de gaz semblent peu différents des frais de maintenance des câbles qui ne sont pas maintenus sous pression. Les considérations qui tendent à réduire la dépense due au gaz sous pression sont les suivantes:

a) Les défauts dans les câbles sans gaz sous pression exigent fréquemment du travail de nuit et des heures supplémentaires pour leur réparation, tandis que le câble sous pression a généralement une réserve de gaz suffisante pour le protéger jusqu'à ce qu'on puisse réparer le défaut pendant les heures normales de travail.

b) Avec le gaz sous pression, les défauts dus à la rupture de l'enveloppe du câble sont décelés aussitôt qu'ils se produisent. Sans l'indication et la protection données par la pression de gaz, quelques-unes de ces ruptures seraient un danger pour le service téléphonique et pourraient conduire à des défauts d'une grande étendue sur les paires de conducteurs, dont la réparation demanderait beaucoup plus de temps et de dépenses, et qui, dans beaucoup de cas, conduiraient au remplacement de longueurs de câbles qui autrement auraient pu être réparées.

### B. Renseignements communiqués en 1953 par l'Administration britannique des téléphones

#### 1. *Maintenance des câbles sous pression continue.*

C'est en 1929 que l'Administration britannique des téléphones a réalisé ses premières expériences de maintien des câbles sous pression gazeuse permanente. Le câble qui avait été choisi était un câble interurbain existant dont l'itinéraire passait à travers des zones de corrosion assez intense. Par suite de l'existence d'un

certain nombre de petits défauts non relevés de l'enveloppe du câble, de nouveaux défauts furent provoqués par l'introduction d'une pression à l'intérieur du câble dont l'enveloppe était déjà affaiblie par place par les attaques corrosives. Pour ces raisons, les difficultés d'avoir une enveloppe du câble étanche au gaz furent si grandes qu'en définitive l'on se décida à abandonner l'expérience. Ce n'est qu'en 1949 que l'on a réalisé de nouveaux essais sur une échelle limitée.

Dès le début, on a considéré que l'addition de tout appareil, par exemple prises de pression, etc... à l'extérieur du câble était à rejeter, et l'on a mis au point en conséquence des dispositifs contacteurs fonctionnant sous pression, de taille suffisamment réduite pour prendre place à l'intérieur des épissures des câbles. Initialement ces dispositifs prirent la forme de petits manomètres à mercure en forme de U; ils ont maintenant laissé la place à de petits manomètres du type anéroïde. Ceux-ci sont ainsi construits: un soufflet métallique intérieurement soumis à l'influence de la pression du câble est maintenu dans une position de repos par un ressort lorsque la pression du câble est de 10 livres anglaises par pouce carré (700 grammes par centimètre carré). Si la pression tombe à une valeur de 6 livres par pouce carré (420 grammes par centimètre carré), le ressort de rappel comprime le soufflet suffisamment pour fermer deux contacts électriques associés aux circuits de surveillance.

Un câble interurbain d'une longueur d'environ 12 miles a été choisi pour les essais: cette longueur constitue une section gazeuse. Des tubulures de dérivation avec des valves ont été installées aux points de charge du câble. On a cherché à ce que l'appareil indicateur donne une localisation précise de toute fissure de l'enveloppe sans avoir besoin de recourir à des mesures de pression le long du câble pour déterminer le gradient de pression. Pour satisfaire à cette condition, il est nécessaire que les différents contacteurs soient placés assez près les uns des autres et que leurs caractéristiques de fonctionnement soient uniformes à  $\pm 0,1$  livre par pouce carré (7 gr par centimètre carré). Dans les essais en cours, les contacteurs ont été placés à des distances d'environ 0,2 mile (320 mètres); leur emplacement exact dépendait de la position des joints de raccordement accessibles. L'installation d'essai a été terminée en 1950.

## 2. Appareil pour la localisation du défaut.

Les fonctions que doit remplir l'appareil pour la localisation du défaut sont triples:

- a) donner une alarme à la station de surveillance dès qu'un contacteur vient au travail,
- b) indiquer la position exacte du contacteur qui est venu au travail,
- c) indiquer l'ordre de succession suivant lequel d'autres contacteurs peuvent ultérieurement venir au travail et indiquer au moins approximativement ainsi le gradient de pression de chaque côté du premier contacteur ayant fonctionné.

Les conditions *a* et *b* sont facilement remplies. Tous les contacteurs le long du câble sont branchés en parallèle sur une paire de surveillance: celle-ci est elle-même connectée à l'extrémité éloignée du câble à une paire auxiliaire. La paire de surveillance et la paire auxiliaire sont connectées, à l'extrémité où s'effectue la surveillance, par l'intermédiaire d'un jeu de relais, à un pont de Murray ainsi que représenté

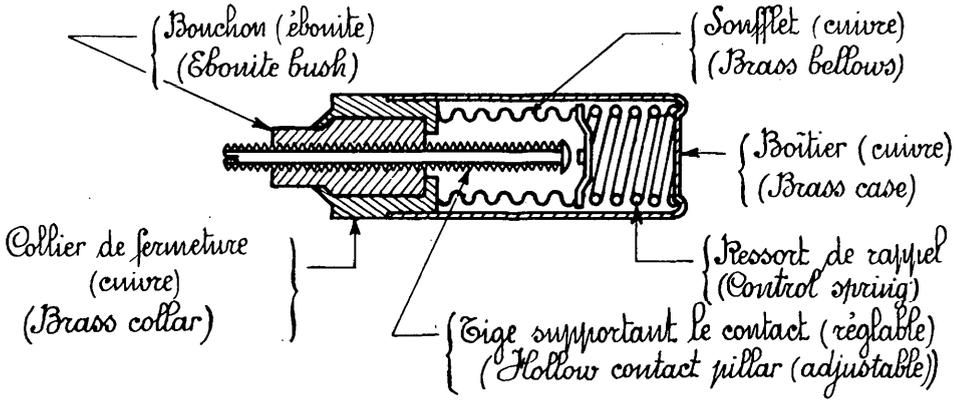


FIGURE 1

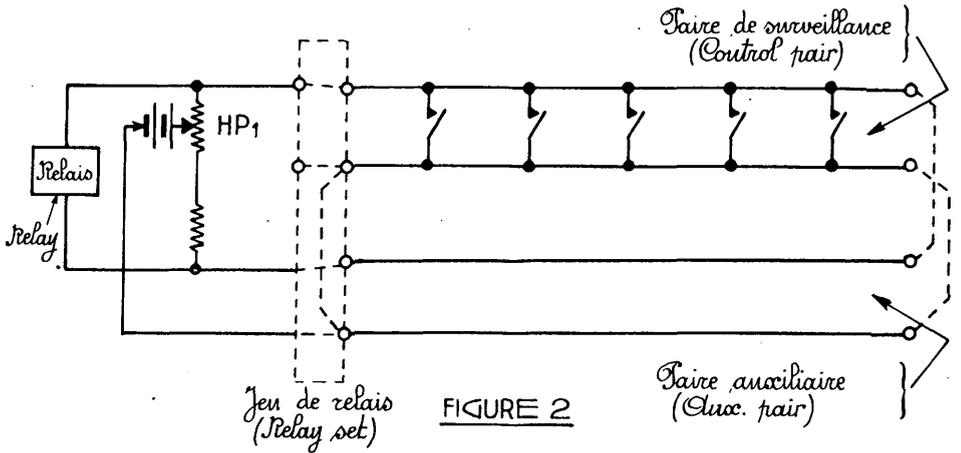


FIGURE 2

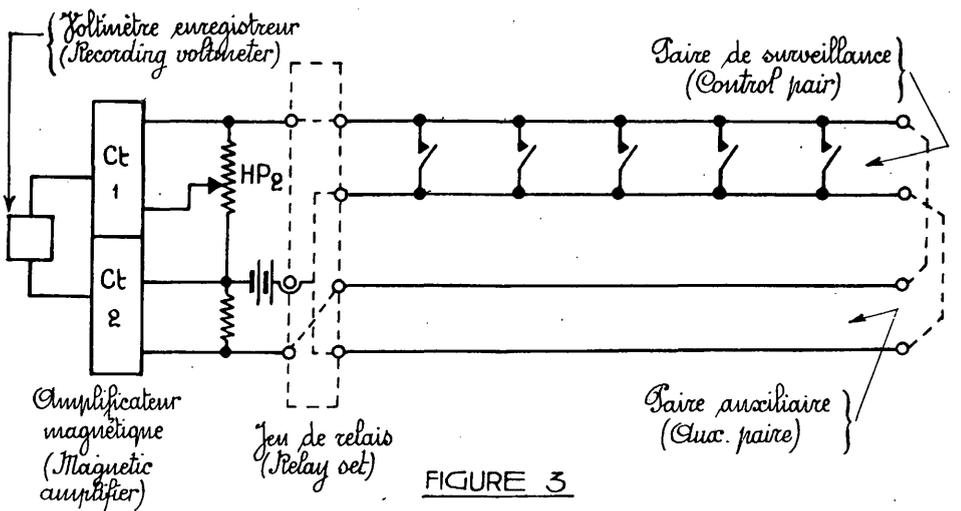


FIGURE 3

sur la figure 2. Les fonctionnements d'un contacteur le long du câble font fonctionner le jeu de relais qui

1. donne l'alarme,

2. fait démarrer un moteur électrique relié à un potentiomètre hélicoïdal (HP = helical potentiometer). Le moteur entraîne le potentiomètre jusqu'au moment où l'équilibre du pont est assuré. A ce moment, le moteur s'arrête. L'indication que donne le potentiomètre détermine la position du contacteur venu au travail.

En ce qui concerne la condition *c*), on se rendra compte qu'au fur et à mesure que la pression le long du câble continue de baisser par suite du défaut de l'enveloppe, les contacteurs successifs passent en position de travail à des intervalles de temps dépendant de leur distance du défaut. Quand on les regarde de l'extrémité chargée de la surveillance, ils peuvent se trouver en amont ou en aval du contacteur qui est venu le premier au travail. Chaque fonctionnement d'un contacteur replace le pont dans une condition de déséquilibre.

Lorsque l'on a affaire à un câble avec des conducteurs de 20 livres anglaises au mile (0,9 mm de diamètre) et un intervalle de 0,2 mile entre contacteurs, la variation de résistance due au fonctionnement d'un deuxième contacteur est, en pourcentage, très faible. Comme l'intensité maximum du courant transmis en ligne doit être limitée pour éviter de détériorer les bobines de charge, la tension de déséquilibre aux bornes du pont est également faible et l'on a eu des difficultés considérables à trouver un relais fonctionnant de façon sûre dans ces conditions. Le problème a été résolu en utilisant un amplificateur magnétique. Une fois l'équilibre du pont de Murray réalisé, on le débranche du jeu de relais et la paire de surveillance et la paire auxiliaire sont connectées à l'amplificateur magnétique représenté sur la figure 3. La tension d'entrée dans le circuit 1 dépend de la résistance des conducteurs de la paire de surveillance jusqu'au contacteur ayant fonctionné; la tension d'entrée du circuit 2 dépend de la résistance des conducteurs de la paire auxiliaire et du tronçon de paire de surveillance compris entre le contacteur et l'extrémité éloignée du câble. Au moyen du potentiomètre HP2 entraîné par le moteur et commandé par le jeu de relais, les tensions d'entrée sont équilibrées automatiquement jusqu'à ce que la tension de sortie de l'amplificateur magnétique soit nulle: les bornes de sortie de cet amplificateur magnétique sont alors reliées à un voltmètre enregistreur dont le papier a commencé à se dérouler dès que le premier contacteur a fonctionné. Le fonctionnement, à un instant donné, d'un second contacteur modifie la tension d'entrée du circuit 1 ou du circuit 2 suivant la position du contacteur et une tension de sortie est recueillie aux bornes de l'amplificateur magnétique et est enregistrée sur le papier du voltmètre enregistreur. Le fonctionnement d'un troisième contacteur (qui doit être placé, si les pressions de fonctionnement de chacun des contacteurs sont égales, de l'autre côté par rapport au premier contacteur actionné) rétablira approximativement les conditions d'équilibre de l'amplificateur. Le processus décrit se répète au fur et à mesure que de nouveaux contacteurs viennent au travail. Le papier enregistreur du voltmètre indique par conséquent le moment du fonctionnement des contacteurs ainsi que leur ordre de fonctionnement. Avec ces indications et en connaissant exactement la distance entre les contacteurs, on peut calculer la position du défaut qui a affecté l'enveloppe. L'expérience jusqu'à présent acquise est encore limitée, mais pour les défauts qui ont été localisés jusqu'à ce jour on a régulièrement obtenu une précision de 20 yards par 12 miles (18 mètres pour 18 km, soit 1‰).

L'installation initiale a été réalisée sur un seul câble, mais le dispositif est actuellement en voie d'extension à une étoile de sept câbles rayonnant à partir de la station surveillante. Un même appareil pour la localisation du défaut dessert l'ensemble des câbles qui lui sont reliés par chercheur.

L'appareil ne nécessite aucun courant en position de repos et l'alimentation ne doit fournir un courant que lorsqu'un contacteur fonctionne, en cas de défaut de l'enveloppe.

### C. Renseignements communiqués en 1953 par l'Administration danoise des téléphones

#### 1. Introduction.

Le câble à paires coaxiales des Postes, Télégraphes et Téléphones du Danemark København-Kolding-Römö est réalisé avec un équipement de maintenance pneumatique, toutes les sections de câbles souterrains étant mises sous une pression effective constante de 0,5 atmosphère. De ce fait, une perforation de l'enveloppe de plomb du câble n'occasionnera pas une pénétration d'eau dans le câble avant que la pression baissé jusqu'à tendre vers zéro, ce qui demandera plusieurs heures, même en cas d'une rupture complète du câble, par suite de la réserve de gaz contenue dans le câble même.

Pour la surveillance de l'état de pression du câble, des manostats sont incorporés au câble à chaque épissure normale, c'est-à-dire à intervalles de 300 mètres environ; ces manostats court-circuitent une paire spéciale du câble si la pression baisse au-dessous de 0,3 atmosphère. La paire dont il est question est connectée, à København et à Kolding, à un dispositif de surveillance qui d'abord donnera une alarme lors d'une fermeture du contact d'un manostat, et qui permettra d'autre part de déterminer les moments où se produisent les courts-circuits des manostats par rapport au premier manostat dont le contact fut fermé. Ces renseignements permettront de réaliser une localisation de toute fuite d'air importante avec une erreur de moins de 50 mètres.

#### 2. Conditions auxquelles doivent satisfaire le dispositif de surveillance et les méthodes de mesures.

Les conditions suivantes doivent être remplies:

a) La première fermeture de contact doit donner une alarme perceptible à l'oreille et à la vue dans la station de surveillance.

b) Une fois l'alarme donnée, il doit être possible de déterminer, par des mesures faites à partir d'une seule extrémité du câble, la position du manostat dont le contact s'est fermé avec une erreur inférieure à 100 mètres.

c) Les fermetures suivantes de contacts de manostats doivent de même donner une alarme, et à l'aide de mesures, on doit pouvoir localiser la position des manostats en question avec la même erreur que celle mentionnée sous b).

Comme alternative, le dispositif de surveillance doit être aménagé pour l'enregistrement automatique des données de mesures dont pourront être déduits les renseignements mentionnés sous l'alinéa c).

On admet, à l'avance, que la résistance de contact des manostats est minime, que la résistance des conducteurs mesurés est pratiquement la même (environ 27 ohms par kilomètre — conducteur unique), et que la température du câble est la même le long de tout le parcours à surveiller, dont la longueur maximum est supposée être de 110 kilomètres. La distance minimum entre deux manostats est estimée être égale à 300 mètres.

### 3. Considérations de principe.

#### 3.1. Première alarme.

La première alarme (condition a) est réalisée le plus simplement par le dispositif représenté sur la figure 1.

Un relais A en série avec une batterie U est connecté à la paire *a-b* (de résistance kilométrique  $r \Omega/\text{km}$ ), reliée aux manostats. Lors du court-circuit d'un manostat, le relais A s'excite et donne l'alarme. La tension  $V$  et la résistance du relais  $R_A$  sont prévues en fonction des données maxima des manostats et de la longueur de la section à surveiller.

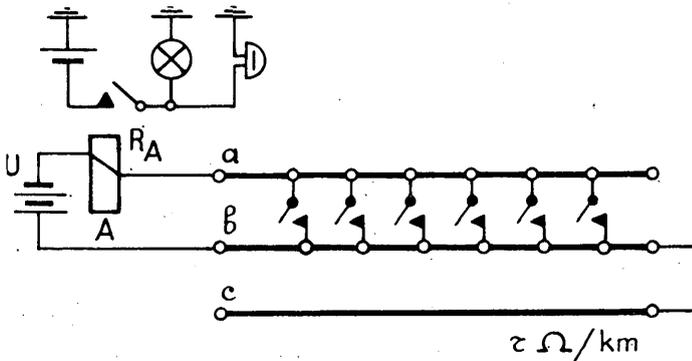


Figure 1

Surveillance de la paire reliée aux manostats

#### 3.2. Localisation du manostat fermant son contact.

On suppose que deux manostats peuvent fermer leur contact presque simultanément, c'est-à-dire dans le temps qui s'écoule entre la première alarme et la réalisation de la mesure de localisation. Cela pourra par exemple avoir lieu si une fuite survient en un point situé à mi-distance de deux manostats. Aussi le problème consiste-t-il en général à déterminer aussi bien la distance  $x$  au manostat le plus proche qui court-circuite la paire *ab* (figure 2), que la distance  $y$  à partir de ce point jusqu'au manostat suivant qui ferme son contact. La condition que la mesure se fasse à partir d'une seule extrémité du câble implique que cette mesure ne peut pas se faire seulement à l'aide de la paire *ab* reliée aux manostats, mais qu'il faut encore se servir d'un conducteur auxiliaire *c*.

La figure 2 représente le schéma de principe de l'appareil servant à la localisation du premier manostat ainsi qu'à l'indication du fonctionnement des manostats suivants. L'appareil se compose d'un pont de Wheatstone à branches égales, dont les trois branches se composent des deux résistances  $R_2$  et de  $R_1$ . La quatrième branche est choisie par le commutateur O.

Quand O est en position 1-2 et quand  $R_1$  est réglé pour réaliser l'équilibre du pont, on a :

$$R_1 = r \cdot l + r (l - x - y) + \frac{1}{2} r y + r \cdot x = r (2l - \frac{1}{2} y)$$

ou

$$y = 4 (l - \frac{R_1}{2 \cdot r}) = 4 l (1 - \frac{R_1}{R_{10}}) \text{ km}$$

où  $R_{10}$  est la résistance de la boucle  $a-c$  mesurée *avant* le court-circuit de manostat.

Quand O est en position 3, on règle  $R_3$  de manière à rétablir l'équilibre du pont en ne touchant pas  $R_1$ . En position d'équilibre, on a alors la relation :

$$R_1 = R_3 + 2 \cdot r \cdot x$$

ce qui donne immédiatement :

$$x = \frac{R_1 - R_3}{2 \cdot r} = l \cdot \frac{R_1 - R_3}{R_{10}} \text{ km}$$

Après les réglages de  $R_1$  et  $R_3$ , comme ci-dessus, on fait un enregistrement du courant dans la diagonale du pont à l'aide d'un galvanomètre enregistreur à cadre mobile. Toute variation de la distance  $y$  sera enregistrée avec O en position 1-2, tandis que des variations de la distance  $x$  sont enregistrées en position 3.

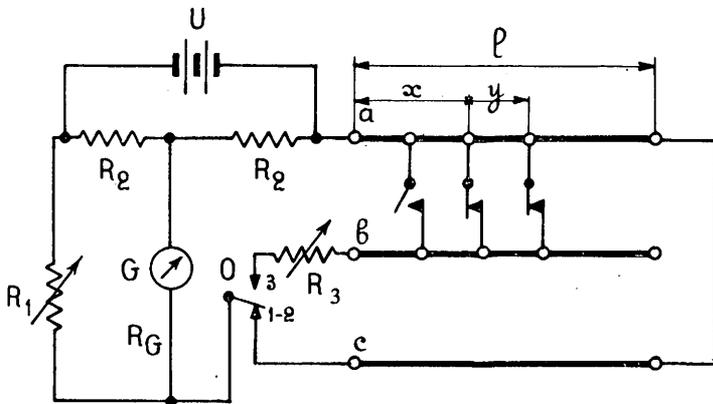


Figure 2

Schéma de principe de la surveillance par galvanomètre enregistreur

De cette manière, les courbes tracées donnant l'intensité du courant dans la diagonale du pont en fonction du temps, permettront de déterminer la position des manostats suivants qui ferment leur contact; les moments où se produisent les courts-circuits pourront servir de base à une évaluation de l'importance du défaut. On voit de la figure 2 que des variations égales de  $x$  et de  $y$  (en km) entraîneront des variations de la résistance quatre fois plus grandes en position 3 qu'en position 1-2. Pour obtenir le même courant dans la diagonale du pont pour des variations égales de  $x$  et de  $y$ , on peut réduire la sensibilité du galvanomètre à un quart, quand le commutateur est en position 3.

En pratique on utilise  $R_1 \cong 6000$  ohms et  $R_2 = 2000$  ohms. Le galvanomètre a une sensibilité de  $\pm 25 \mu\text{A}$  et une résistance interne  $R_G = 300$  ohms. Avec une tension de batterie  $U = 45$  volts, l'on obtient une « sensibilité » de  $1,8 \mu\text{A}$  par 300 mètres ou environ  $6 \mu\text{A}/\text{km}$ .

#### 4. Conclusion.

Une localisation précise du lieu de défaut, dans les conditions précédentes, s'impose surtout quand il s'agit de défauts importants. En pareil cas, la seule indication des manostats permettra souvent de trouver le défaut. Dans le cas contraire, on se sert de gaz traceur radioactif pour une localisation exacte du défaut, le gaz traceur étant injecté au point d'épissure supposé le plus proche du lieu de défaut.

On se sert du même procédé quand il s'agit de défauts si minimes que leur détermination à l'aide des manostats serait incertaine. Dans ce cas, les manostats n'indiquent qu'un domaine défectueux d'une section de pression, ce qui suffit, cependant, comme base de départ pour la localisation de défauts par gaz traceur radioactif.

### D. Renseignements communiqués en 1954 par l'Administration française des téléphones

#### 1. Généralités.

L'Administration française des téléphones a mis au point, à l'occasion de la construction de son réseau de câbles à paires coaxiales d'une longueur de l'ordre de 4000 km, un système de maintenance sous pression pneumatique dont une grande partie est actuellement réalisée et en fonctionnement effectif.

Les buts recherchés étaient les suivants:

- a) Protection du câble contre les rentrées d'eau et a fortiori d'humidité.
- b) Déclenchement d'une alarme en cas de fuite de gaz.
- c) Localisation automatique du défaut entre points régulièrement répartis sur la ligne.

A cette occasion des études ont permis de déterminer les caractéristiques que l'installation devait avoir pour assurer une protection permettant l'arrivée d'une équipe de réparation sur le câble dans les délais considérés comme normaux après le déclenchement de l'alarme.

La méthode retenue est celle du maintien permanent de la pression gazeuse dans le câble. Elle ne peut s'appliquer dans de bonnes conditions que sur un câble parfaitement étanche en tous ses points. La durée de la protection que procure une installation déterminée est d'autre part une fonction des dimensions du défaut

d'enveloppe, de sa position par rapport au dispositif d'alimentation en gaz comprimé et de la pression de maintenance.

Les défauts contre lesquels les caractéristiques de l'installation permettent de se prémunir d'une façon satisfaisante correspondent à des défauts équivalents à un trou circulaire de 5 mm de diamètre. Il a été tenu compte d'une surpression de 100 gf/cm<sup>2</sup> pour le cas éventuel où, par exemple, la présence d'eau sur une hauteur de 1 m le nécessiterait.

### 2. *Pression pneumatique et espacement de groupes d'alimentation en gaz comprimé.*

En fonction de ces considérations et des caractéristiques de transmission pneumatique du câble français à 4 paires coaxiales, la pression pneumatique de maintenance d'abord fixée à 800 gf/cm<sup>2</sup> a été abaissée à 650 gf/cm<sup>2</sup>. A cette pression, correspond un espacement maximum des groupes d'alimentation voisin de 36 km.

### 3. *Constitution des groupes d'alimentation.*

Le volume pneumatique du câble français à 4 paires coaxiales est de 500 à 550 litres par kilomètre.

Les groupes d'alimentation permanente en gaz comprimé sont de deux sortes:

a) des groupes à bouteilles de gaz comprimé (azote) à 150 kgf/cm<sup>2</sup> avec détendeurs et dispositifs de sécurité. Ces groupes sont installés dans les stations intermédiaires non surveillées.

b) des groupes à compresseurs électriques d'air. Ces groupes sont installés dans les centres d'amplification avec personnel. Ils sont munis d'un appareil dessécheur et envoient par conséquent de l'air sec dans le câble.

Les groupes à bouteilles comportent 4 bouteilles d'une contenance de 4 m<sup>3</sup> chacune et qui sont mises en service successivement.

Les groupes à compresseurs sont capables d'un débit de 1000 litres d'air à l'heure.

Les deux systèmes comportent un régulateur de pression permettant d'ajuster la pression nominale d'alimentation à la valeur nominale fixée entre 500 gf/cm<sup>2</sup> et 1000 gf/cm<sup>2</sup> environ. L'écart de régulation par rapport à la pression nominale est de 40 gf/cm<sup>2</sup>.

### 4. *Dispositifs d'alarme.*

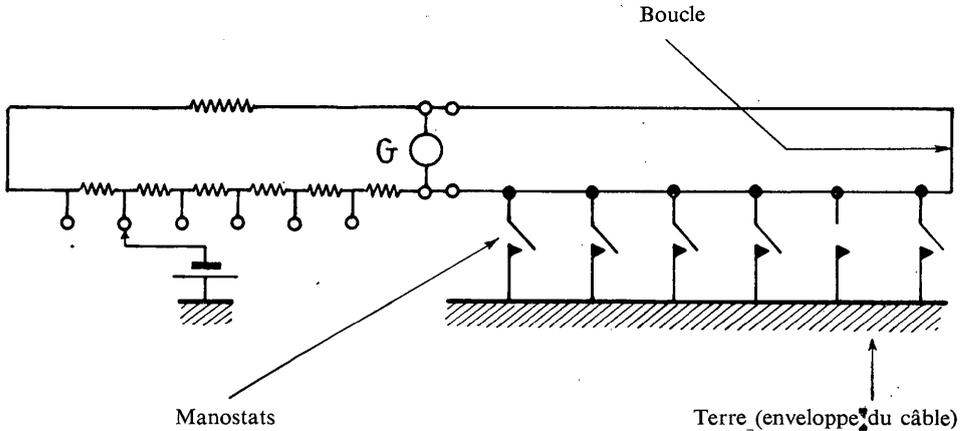
La surveillance de l'état de pression du câble est assurée au moyen de manostats placés dans des colonnettes enterrées sous la protection d'une petite construction en béton et fixée sur les manchons d'épissures.

Les manostats sont disposés tous les 1830 mètres. Ils comportent une chambre barométrique dont les mouvements actionnent un microrupteur et des organes de réglage et de contrôle. Pour une pression de maintenance de 650 gf/cm<sup>2</sup>, la pression de déclenchement est réglée à 500 gf/cm<sup>2</sup>; la pression de réenclenchement est de 580 gf/cm<sup>2</sup>. Sur le terrain, le réglage des appareils est ajusté de manière à avoir une marge de fonctionnement constante pour tous les appareils d'un tronçon de localisation d'environ 30 km. Les écarts de fonctionnement après réglage sont de  $\pm 10$  gf/cm<sup>2</sup>.

Le microrupteur met à la terre un fil d'une paire de surveillance et de localisation.

### 5. Déclenchement de l'alarme et localisation entre stations.

Les manostats sont groupés par 20 ou par 30 sur une paire de surveillance dénommée « boucle de localisation », dont l'origine se trouve dans un centre d'amplification avec personnel. Cette boucle est insérée dans un pont de Wheatstone dont le schéma de principe est donné ci-dessous et qui recherche automatiquement son équilibre en cas de la première mise à la terre d'un des manostats.



L'alarme est donnée à ce moment et est enregistrée par l'appareil. La propagation de la baisse de pression provoque le déclenchement d'un second manostat amont ou aval. La modification de l'équilibre du pont qui en résulte provoque un nouvel enregistrement avec indication par voyant lumineux. Sous réserve d'une propagation régulière et d'une grande stabilité dans le réglage des manostats, on considère le défaut comme encadré dans un demi-intervalle (915 m) par ces indications.

### 6. Localisation sur le terrain.

En vue de réserver l'avenir et de faciliter les localisations sur le terrain par un procédé quelconque (diagrammes, pression-distance, injection de gaz radioactif ou de gaz traceur) ou encore pour faciliter le contrôle de l'état pneumatique du câble, des prises de pression sous colonnettes ont été disposées tous les 460 m; ces prises comportent une valve sous chapeau soudé.

### BIBLIOGRAPHIE

*Articles théoriques sur la propagation des gaz dans les câbles téléphoniques.*

- (1) Etude de la propagation de la pression dans les câbles téléphoniques, par G. FUCHS et V. BARANOV — *Câbles et Transmission*, 2<sup>me</sup> année, N° 4, octobre 1948, pages 285-301.
- (2) Essai théorique sur les phénomènes pneumatiques, par H. PECH et D. BRUNE — *Câbles et Transmission*, 4<sup>me</sup> année, N° 4, octobre 1950, pages 336-342.

*Description de l'appareillage de maintenance par pression utilisé en France.*

- (3) La maintenance par pression des câbles téléphoniques à grande distance, par A. CAZAUX — *Câbles et Transmission*, 4<sup>me</sup> année, N° 4, octobre 1950, pages 343-351.
- (4) Equipement de maintenance pneumatique du câble Fontainebleau-Nemours, par A. PAGÈS et A. CHAVIGNER — *Câbles et Transmission*, 7<sup>me</sup> année, N° 1, janvier 1953, pages 39-43.
- (5) Le câble Lyon-La Côte St-André, 2<sup>me</sup> partie: Pose et raccordement, par M. TROUBLÉ — *Câbles et Transmission*, juillet 1951, pages 268-270.

*Localisation des défauts sur les câbles équipés pour la maintenance par pression.*

- (6) Localisation automatique des fuites à partir du centre d'amplification, par J. BENAS — *Câbles et Transmission*, 5<sup>me</sup> année, N° 1, janvier 1951, pages 25-30.
- (7) La localisation sur le terrain des fuites d'un câble maintenu sous pression, par A. CHAVIGNER — *Câbles et Transmission*, 5<sup>me</sup> année, N° 1, janvier 1951, pages 31-39.

*Note:* Les caractéristiques définies dans les documents cités ci-dessus sont les caractéristiques des installations d'étude. Elles diffèrent sur certains points des caractéristiques décrites dans la présente note, en particulier la pression de maintenance a été abaissée à deux reprises.

## 2. EMPLOI DE GAZ TRACEURS POUR LA LOCALISATION DES DÉFAUTS

### A. Renseignements communiqués en 1953 par l'Administration danoise des téléphones

L'emploi d'un gaz traceur radioactif est utilisé pour localiser de façon précise un dérangement sur un câble de télécommunication sous pression de gaz. La méthode consiste à utiliser la fuite du gaz de pression elle-même (air ou azote) pour indiquer l'endroit du défaut. Pour cela, il est nécessaire que ce gaz soit marqué d'une façon qui le rende facile à distinguer de toute autre espèce de gaz se trouvant au voisinage du câble.

La localisation des défauts s'exécute selon le plan suivant: l'emplacement approximatif du défaut est déterminé par mesures au (aux) manostat (s) fermant le (s) premier (s) (voir ci-dessus, paragraphe 1 c: « Emploi de gaz sous pression dans les câbles ». Renseignements communiqués par l'Administration danoise des téléphones), en admettant que la section de câble ait été sous pression de travail normale avant que le défaut se soit produit. Aux deux extrémités de la section de câble, on établit ensuite une pression, et cette pression est maintenue constante pendant un temps assez prolongé de manière à créer un état stationnaire de courants dans le câble. A l'extrémité supposée la plus rapprochée de l'endroit du défaut, on introduit un gaz radioactif qui est acheminé dans le câble par le courant d'air. Le gaz radioactif est recherché avec un appareil approprié (compteur Geiger-Müller), jusqu'à ce qu'il soit retrouvé à l'endroit du défaut où ce gaz s'échappe du câble en même temps que l'air. L'on donne ci-après quelques commentaires sur les différentes phases de la méthode.

En vue d'une localisation de défauts rapide et sûre, il est désirable que le gaz marqué de radioactivité arrive à l'endroit du défaut aussi vite que possible; mais il faut aussi s'assurer qu'il ne dépasse pas l'endroit du défaut. Ces deux conditions

sont remplies de la meilleure façon quand un état stationnaire de courants sera créé dans le câble. (Par état stationnaire de courants, l'on entend un état où des courants d'air de vitesse constante, venant des deux extrémités de la section de câble, se dirigent vers l'endroit du défaut.) L'état stationnaire est obtenu en maintenant une pression constante et de même valeur aux deux extrémités de la section de câble pendant un temps convenable. La vitesse des courants gazeux sera par suite déterminée par la pression maintenue aux extrémités, par l'emplacement de l'endroit du défaut, par l'importance du défaut et les constantes pneumatiques du câble. La durée nécessaire pour obtenir la réalisation de l'état stationnaire des courants dépendra de même des grandeurs qu'on vient de mentionner. L'état de courants dans le câble est caractérisé par l'admission d'air aux deux extrémités, et une fois cette admission devenue constante, un état stationnaire s'est établi. Comme déjà mentionné, le temps de l'établissement de cet état dépend et du câble et de la nature du défaut. Dans un certain nombre de cas, on a mesuré sur le câble coaxial en question des durées d'établissement d'équilibre de 48 heures environ.

L'injection d'un gaz radioactif dans le câble peut se produire de manières diverses. Lors des mesures réalisées, on a employé avec succès une méthode comportant l'introduction dans le câble d'une petite quantité d'émanation de radium en même temps que l'air servant à maintenir l'état stationnaire de courants dans le câble.

L'émanation de radium (appelée aussi niton) est le premier produit de désintégration que donne le radium et se présente sous forme gazeuse. Le niton est radioactif avec un temps de dédoublement  $T = 96$  heures environ, ce qui veut dire qu'après l'expiration de ce temps, la moitié de la substance est transformée. Les produits de désintégration de niton, appelés les descendants, ont un temps de dédoublement très court et donnent une radiation assez énergique. Comme on le verra, ce sont précisément ces descendants qui sont utilisés lors de la localisation de défauts.

L'importance de la quantité de niton indispensable pour une localisation de défauts dépend des conditions d'essais et est choisie en tenant compte de celles-ci. Pour les mesures réalisées jusqu'ici, on a utilisé des quantités de niton entre 5 et 20 millicurie (1 curie =  $0,62 \text{ mm}^3$  de niton). Avec un maniement approprié, des quantités si minimes de niton sont inoffensives, et, dans la plupart des cas, on pourra les obtenir comme produits excédentaires des sources de niton existantes.

On se procure souvent du niton dans de petites ampoules de verre, et l'injection dans le câble peut se faire en écrasant l'ampoule sous un courant d'air qui passe. L'écrasement est fait immédiatement à l'entrée du câble de sorte que l'ensemble de la quantité de niton est emporté dans le câble par le courant d'air. La vitesse de déplacement du gaz radioactif sera égale à la vitesse des courants d'air dans le câble, et au commencement l'ensemble du niton se déplacera comme une sorte de « bouchon d'air ».

En vue de la recherche des défauts, il faut connaître la vitesse du déplacement dans le câble du bouchon de niton. Cette vitesse est, comme il a été mentionné, égale à la vitesse des courants et peut être déterminée par des mesures directes, en déterminant le moment de l'arrivée du bouchon de niton en deux points du câble. Quand la distance entre ces deux points est connue, on peut calculer la vitesse. Cette détermination de la vitesse peut se produire par exemple à 50 ou à 100 m de l'extrémité d'injection. Il est à signaler que l'on ne se sert pas, pour la mesure, de la radiation du bouchon de niton proprement dit, mais de celle des descendants déposés

dans le câble. Comme la quantité de niton et celle des descendants en résultant est très petite, la radiation ne sera pas perceptible à travers la couche de terre, épaisse de 80 cm environ, qui se trouve au-dessus du câble. Par suite, il faut enlever une partie de la terre au-dessus du câble afin de permettre au compteur Geiger de descendre à proximité du câble.

D'après la mesure de la vitesse du déplacement, et en supposant que l'état stationnaire de courants soit maintenu dans le câble, on peut calculer d'avance les moments de la présence des descendants aux endroits déterminés de la section du câble. On peut en particulier déterminer à quel moment le bouchon d'émanation arrivera dans le domaine du défaut. Il s'est avéré pratique, à cet effet, de reprendre la mesure de la vitesse du déplacement au fur et à mesure que le bouchon se déplace dans le câble. Il est facile de réaliser cette mesure en creusant des trous de contrôle, espacés de façon adéquate, pour lesquels le moment d'arrivée sera déterminé.

Si la vitesse des courants gazeux dans le câble est constante, l'absence du bouchon à un point de contrôle déterminé indiquera que l'endroit du défaut doit se trouver entre ce point de contrôle et le dernier de ceux où on a contrôlé les moments d'arrivée. C'est que le bouchon de niton se sera échappé en même temps que l'air du câble, par l'endroit du défaut. Pendant son parcours à travers la terre, la quantité de niton déposera des descendants comme dans le câble, et il y aura des descendants jusqu'à la surface du sol situé près de l'endroit du défaut. La radiation sera perceptible sans avoir à fouiller jusqu'au câble: toutes les mesures exécutées ont confirmé ce fait. La recherche du défaut se fera donc en longeant le câble et en portant l'appareil de mesure, entre le dernier point de contrôle où le passage du bouchon a été constaté de façon certaine, et le point de contrôle où le bouchon n'est pas arrivé au moment calculé; on continue jusqu'à ce que l'on décèle un endroit où la radiation est plus intense. Le défaut du câble doit être situé près de cet endroit et dans la pratique il a été possible de circonscrire l'endroit du défaut dans des limites d'un mètre. En contrôlant la terre, on pourra circonscrire de façon plus précise encore l'endroit du défaut, étant donné que la radiation dans la terre sera la plus intense à proximité du défaut.

Le temps mis à la localisation proprement dite du défaut dépendra, comme il a été mentionné, de la vitesse d'écoulement des gaz dans le câble. Une limite supérieure de la pression du câble est fixée par les manomètres à contact utilisés: la vitesse d'écoulement et en conséquence la durée de la localisation du défaut dépendront en pratique de l'emplacement et de l'importance du défaut en même temps que des constantes pneumatiques du câble considéré. Les mesures et les localisations de défauts effectuées ont toutes été faites sur le même type de câble (câble à 4 paires coaxiales 2,6/9,5 mm et 5 quarts de service sous papier, 0,9 mm), mais ont été effectuées dans des conditions très différentes. Quelques défauts ont pu être localisés en peu d'heures, tandis qu'on a mis plusieurs jours et plusieurs nuits à la localisation d'autres défauts. Comme l'exploitation du câble n'est pas interrompue pendant la localisation des défauts, et comme les appareils utilisés peuvent être abandonnés à eux-mêmes (avec pourtant une certaine surveillance), la durée de la localisation ne joue pas un rôle si important que dans le cas d'autres méthodes de localisation de défauts. Toutefois, il faut, comme déjà mentionné, contrôler à des intervalles convenables la vitesse de déplacement du bouchon de niton, intervalles choisis en tenant compte de la vitesse d'écoulement du gaz dans le câble.

Les circonstances atmosphériques et les conditions du sol n'ont pas d'influence appréciable sur la localisation des défauts; ce fait a été prouvé par des mesures effectuées dans des conditions de temps et de sol fort différentes, pour lesquelles l'exactitude de la méthode s'est avérée dans tous les cas être de l'ordre de grandeur mentionné ci-dessus.

Comme on l'a vu, il faut, pour la localisation de défauts, des appareils pour l'introduction du gaz et pour la mesure des pressions, éventuellement un indicateur de courants, et, bien entendu, un appareil pour constatation de la radioactivité. En ce qui concerne les premiers, une grande exactitude et une grande stabilité s'imposent, étant donné qu'il faut maintenir l'état stationnaire des courants pendant un temps prolongé. Pour mesurer la radiation radioactive, on se sert d'un compteur Geiger rendu particulièrement sensible par suite des petites quantités de radioactivité utilisées. L'appareil est prévu de manière à permettre la lecture de l'intensité de la radiation sur un instrument relié au compteur Geiger par un fil de 25 m de longueur environ. Cet arrangement facilite considérablement la localisation de défauts, car l'appareil est servi lors de la reconnaissance par deux hommes: l'un porte le compteur Geiger le long du tracé du câble, et l'autre se tient tranquille en regardant l'instrument.

Les défauts de câble qui ont été localisés à l'aide de cette méthode ont été de nature fort différente. A titre d'exemple on peut mentionner des soufflures dans l'enveloppe de plomb, des scarifications, des soudures non étanches et des trous dus aux ferrures d'armure. Dans la plupart des cas, il a été possible de déterminer l'emplacement exact du défaut dès avant déterrement; par exemple on a pu prédire dans quel bout d'un manchon de raccordement, long de 80 cm, se trouvait le défaut. Malgré la durée, éventuellement longue, pendant laquelle peut se prolonger une localisation de défauts, il faut considérer cette méthode comme un procédé particulièrement économique pour localiser des défauts par suite du travail relativement minime de fouille et de rétablissement et les faibles besoins de personnel en résultant.

## **B. Renseignements communiqués en 1953 par l'American Telephone and Telegraph Company**

L'American Telephone and Telegraph Company a mis au point une méthode pour la détection des défauts d'enveloppe de câbles aériens au moyen d'un gaz provenant d'un corps de la série des halogènes; un appareil destiné à recueillir le gaz et muni d'un détecteur sensible au gaz halogène est tiré le long du câble et permet de déceler toute fuite de ce gaz à travers les fissures de l'enveloppe.

L'élément sensible de cet appareil de détection de gaz est un détecteur de gaz halogène mis au point par la General Electric Company pour la détermination des fuites des appareils réfrigérateurs. L'élément fonctionne d'après le principe suivant: une électrode incandescente émet normalement des ions positifs; si un corps composé comprenant un élément halogène (chlore, fluor, brome ou iode) vient à frapper l'électrode incandescente, l'émission d'ions positifs augmente de façon très sensible. L'élément est constitué essentiellement par 2 cylindres coaxiaux en platine, le cylindre intérieur étant porté à l'incandescence par chauffage indirect. On utilise du platine pour les électrodes pour permettre un fonctionnement dans l'air à la température nécessaire, sans oxydation importante. En maintenant le cylindre extérieur à un potentiel inférieur d'environ 300 volts au potentiel du cylindre intérieur, on recueille

l'émission d'ions qui donne un courant ionique: tout corps composé halogéné touchant le cylindre intérieur provoque l'augmentation de ce courant ionique. Cet élément est particulièrement sensible au gaz fréon 12 ( $\text{CCl}_2\text{F}_2$ ), gaz réfrigérant usuel qui, aux températures normales, est un gaz inerte et non toxique. On a donc pensé logiquement que, si l'on pouvait mettre un câble téléphonique sous pression avec ce gaz inoffensif, le détecteur sensible pourrait être utilisé pour localiser les fuites de gaz.

Des renseignements plus détaillés sur ce procédé figurent dans le n° 9 de *Bell Laboratories Record* (septembre 1952).

### 3. DISPOSITIFS DE VÉRIFICATION PERMANENTE DE L'ISOLEMENT

#### A. Dispositif utilisé par l'Administration danoise des téléphones

En haut de la figure 1 ci-après est représenté un dispositif d'alimentation auquel on peut relier jusqu'à quatre indicateurs d'isolement proprement dits.

Chacun des quatre indicateurs, dont un est représenté sur la figure 1, se compose d'un tube à vide dont la grille-écran est alimentée directement sous une tension de 130 volts alternatifs et dont l'anode, à travers un relais A, est également alimentée sous une tension de 130 volts alternatifs. La cathode est polarisée négativement (sous un potentiel de - 50 volts environ par rapport à la terre). Si la résistance d'isolement entre les deux conducteurs *a* et *b* surveillés et la terre est grande par rapport à la résistance R, la grille du tube sera à un potentiel de - 100 volts environ par rapport à la terre et par suite de - 50 volts environ par rapport à la cathode. Avec cette tension de polarisation fortement négative, le tube ne laissera passer aucun courant cathodique et, pour un bon isolement normal des conducteurs, le relais A n'attirera donc pas son armature.

Si l'isolement des conducteurs est moins élevé, la tension de polarisation de la grille du tube devient moins négative et lorsque la résistance d'isolement aura atteint une valeur voisine de la valeur de la résistance R, il y aura dans le tube un courant anodique qui fera fonctionner le relais A. Si le relais fonctionne un peu « trop tôt », c'est-à-dire pour une résistance d'isolement des conducteurs un peu plus élevée que R, on peut diminuer dans une certaine mesure la résistance de 0,5 mégohm qui fait partie du potentiomètre auquel est appliquée la tension continue de 100 volts (on monte par exemple en dérivation sur cette résistance de 0,5 mégohm une résistance de 2 mégohms environ). On peut ainsi, une fois pour toutes, régler l'indicateur pour qu'il avertisse assez précisément pour la valeur convenable de la résistance d'isolement. Une résistance limiteuse de 0,1 mégohm dans le circuit de grille a pour effet que les courants d'anode et de grille-écran ne dépassent pas une certaine valeur (dans le tube EL3 le courant d'anode est inférieur ou au plus égal à 18 milliampères environ; le relais fonctionne avec un courant de 5 milliampères environ), même si les conducteurs *a* et *b* sont mis à la terre directement. Un filtre de grille formé d'une résistance de 0,5 mégohm et d'un condensateur de 0,1 microfarad garantit que des tensions alternatives éventuelles provenant des conducteurs ne produisent pas des alarmes intempestives. Le condensateur électrolytique de 16 microfarads en dérivation sur le relais A absorbe les ondulations du courant dans le relais, dans les cas d'alarme due à un isolement défectueux.

Une des particularités du montage est qu'on applique des tensions alternatives non redressées à la grille-écran et à l'anode. Ainsi l'on profite de l'effet de redressement propre au tube, en économisant de cette manière un redresseur anodique spécial. La charge du redresseur de tension de grille est extrêmement faible, et par suite on peut utiliser un redresseur débitant un courant très faible. En cas de défaillance du redresseur de tension de grille, le relais A en avertit. Le courant de chauffage est contrôlé par le relais B, qui surveille à la fois les quatre tubes des indicateurs d'isolement, les filaments de ceux-ci étant reliés en série. Comme les tubes d'indicateur ne présentent un courant cathodique qu'au cas où il se produit des défauts d'isolement, ils peuvent maintenir leur émission électronique pendant un temps très prolongé. Le courant cathodique peut être contrôlé par une résistance en dérivation destinée à cet usage, tout comme la tension engendrée par le redresseur de tension de grille peut être contrôlée avec un milliampèremètre et des boîtes de résistance additionnelles destinées à cet usage.

On peut régler l'indicateur de façon à fonctionner pour différentes résistances d'isolement en remplaçant la résistance R. Des valeurs convenables de R seront de 100 mégohms et au-dessous. On peut éventuellement intercaler deux ou plusieurs indicateurs sur différentes paires de conducteurs du même câble, ces indicateurs fonctionnant chacun pour sa résistance d'isolement, de sorte qu'on soit averti en temps utile du début d'un défaut et de la vitesse de croissance de ce défaut.

Comme il est indiqué sur la figure 1, les conducteurs *a* et *b* peuvent être utilisés de la façon ordinaire pour l'exploitation téléphonique. On peut même utiliser le circuit fantôme, pourvu que celui-ci soit commuté à la station par un transformateur de ligne normal. Toutefois, on ne peut pas inclure les conducteurs de circuits téléphoniques, plus ou moins mis à la terre, dans les conducteurs utilisés pour le contrôle.

### **B. Dispositif utilisé aux Etats-Unis d'Amérique par l'American Telephone and Telegraph Company**

Le système d'alarme reposant sur l'emploi de gaz sous pression, décrit ci-dessus sous 1<sup>o</sup>, donne une vérification permanente des conditions susceptibles d'abaisser l'isolement des câbles, et fait qu'on ne juge pas nécessaire aux Etats-Unis d'Amérique d'employer, dans les câbles interurbains, des dispositifs d'alarme indiquant que la résistance d'isolement d'une paire du câble est devenue trop faible. Toutefois, on emploie sur les câbles urbains pour lignes auxiliaires (exchange plant) de tels dispositifs, dont une brève description figure ci-après.

*a)* Ce dispositif comprend essentiellement un relais dont un enroulement est relié à une extrémité à un ou plusieurs conducteurs disponibles (fils pilotes) du câble, et, à l'autre extrémité, à travers un réseau réglable formé de résistances, à une batterie mise à la terre. Le relais fonctionne quand le courant qui le traverse atteint une certaine valeur (prédéterminée d'après la valeur particulière d'isolement pour laquelle on désire recevoir une alarme); ce relais à son tour commande un système de relais en chaîne pour donner un signal d'alarme à l'endroit désiré. Dans le cas des petits câbles, ce dispositif est connecté en permanence à des fils pilotes, dont le nombre peut varier de un à huit. Dans le cas d'installations plus importantes, ce dispositif est automatiquement connecté tour à tour à un certain nombre de groupes,

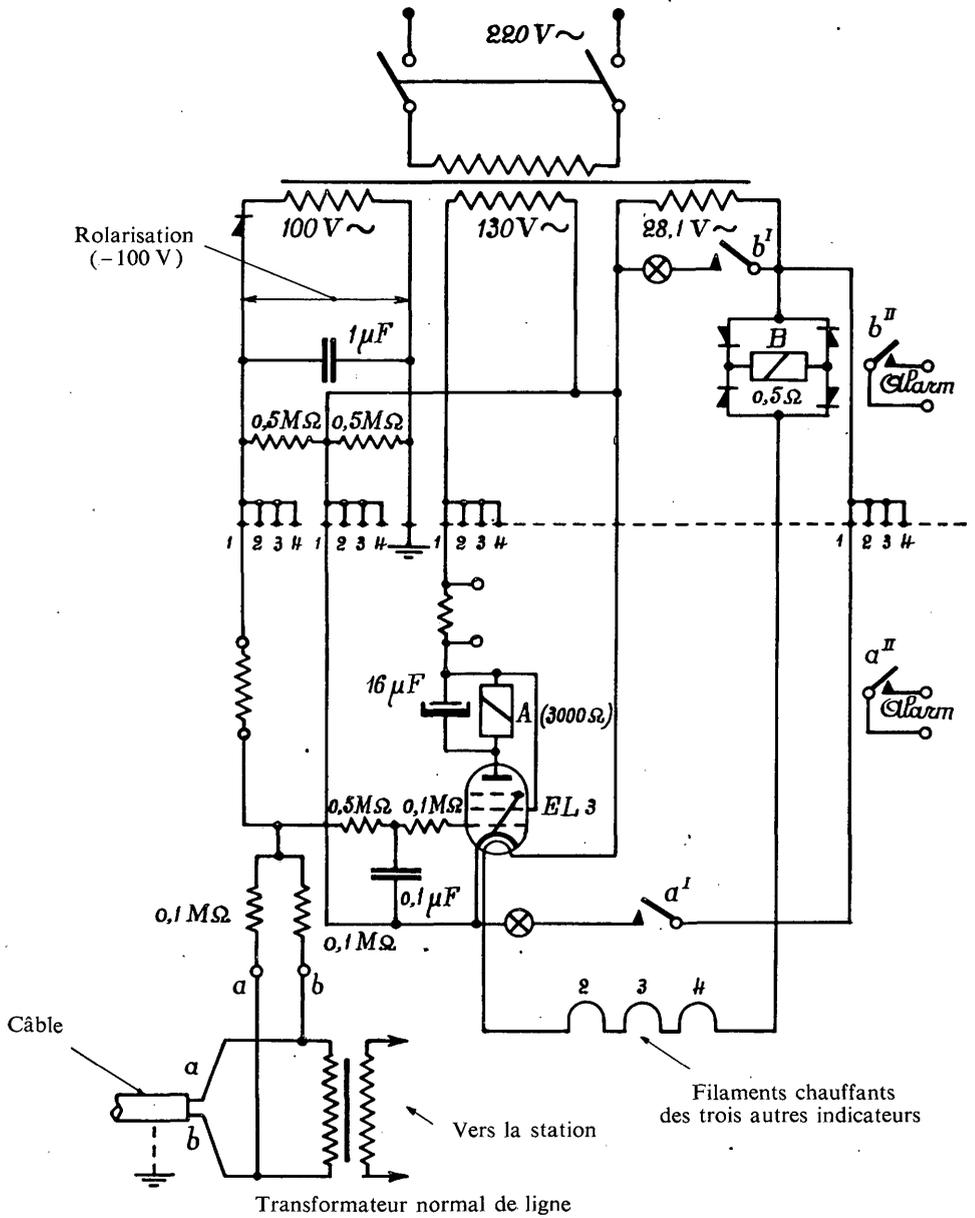


Figure 1

Dispositif de vérification permanente de l'isolement, utilisé au Danemark

comprenant chacun de un à huit fils pilotes, chacun de ces groupes étant essayé environ une fois toutes les dix minutes.

b) Un dispositif employant un tube à atmosphère gazeuse, fonctionnant en détecteur par la cathode (qui s'amorce quand la résistance d'isolement s'abaisse à une certaine valeur) sert à essayer les lignes d'abonnés, en particulier au point de vue de leur baisse d'isolement par temps humide. Ce n'est pas un dispositif de vérification permanente de l'isolement, mais plutôt un dispositif qui permet d'essayer rapidement les lignes d'abonnés aboutissant à un central donné. A la différence du dispositif de vérification permanente de l'isolement décrit ci-dessus sous (a), ce dispositif d'essai par temps humide est appliqué à des lignes en exploitation, mais avec un montage tel que l'appareil fasse un test d'occupation et franchise sans s'y arrêter toute ligne d'abonné trouvée occupée.

### C. Dispositif utilisé par l'Administration française des téléphones dans le réseau des câbles à grande distance

Ce dispositif est destiné à signaler par le déclenchement d'une alarme sonore et lumineuse la baisse de l'isolement d'un câble au-dessous d'une valeur donnée.

Il comprend essentiellement (voir la figure 2) un potentiomètre *1* alimenté par la batterie à haute tension de la station, et une prise réglable qui permet de mettre sous tension le câble *2* par les points milieu des translateurs pour circuits fantômes du côté de la ligne, comme dans les autres dispositifs analogues.

Le câble est mis sous tension au travers d'une résistance *3* réglable et de grande valeur (1 à 10 mégohms). Les courants de fuite du câble donnent lieu, dans la résistance *3*, à une chute de tension qui est appliquée au condensateur *4* en série avec la

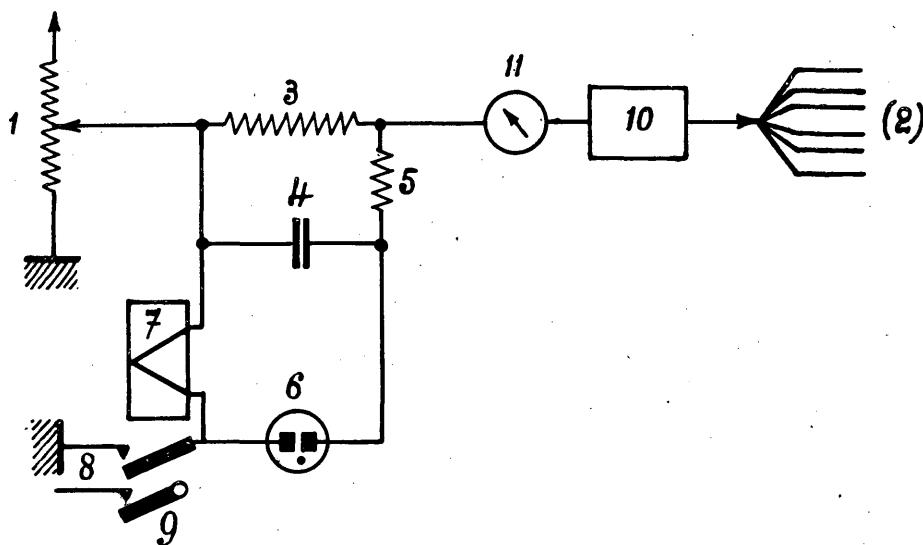


Figure 2

Dispositif de vérification permanente de l'isolement, utilisé en France

résistance 5, cette résistance 5 ayant pour but de rendre variable la constante de temps de l'ensemble.

Enfin, en dérivation sur le condensateur, un relais 7 et un tube à décharge 6 sont placés en série.

Le relais a un contact de collage et les autres armatures servent à actionner les diverses signalisations.

Le fonctionnement est le suivant: Lorsque le câble est en bon état d'isolement, la tension qui apparaît aux bornes du condensateur 4 est inférieure à la tension d'amorçage du tube à décharge.

Si l'isolement du câble vient à baisser, le courant à travers 3 augmente et la tension aux bornes de 4 augmente. Si cette tension devient supérieure à la tension d'amorçage du tube à décharge, celui-ci s'amorce, et le condensateur se décharge au travers du relais 7 qui fonctionne, prend un collage et actionne la signalisation.

Un dispositif 10 de filtrage réduit les perturbations dues aux tensions industrielles induites, tandis qu'un instrument indicateur 11 renseigne à tout instant sur le courant permanent dans le câble, donc sur son isolement.

#### **D. Dispositifs utilisés par l'Administration britannique des téléphones**

A l'heure actuelle en Grande-Bretagne on surveille la résistance d'isolement des câbles surtout par des mesures périodiques de maintenance effectuées sur des paires choisies dans ce but, la périodicité de telles mesures dépendant dans chaque cas particulier de la catégorie du câble considéré et du fait qu'il se termine dans une station de répéteurs surveillée (attended station) ou télésurveillée (unattended station). C'est seulement dans quelques cas que l'isolement est surveillé par des dispositifs automatiques.

Les statistiques sur les dérangements de câbles établies pour le réseau de câbles national britannique montrent que, sur l'ensemble des défauts provenant de l'enveloppe du câble, la proportion de ces défauts qui ne sont pas décelés par des procédés techniques et qui affectent l'exploitation est, en général, plutôt élevée, et particulièrement quand les mesures périodiques n'ont pas lieu plus d'une fois par semaine. C'est pourquoi l'Administration britannique examine la possibilité d'étendre l'emploi de dispositifs automatiques de vérification de l'isolement des câbles (automatic cable watchers). On donne ci-après de brèves descriptions des dispositifs de vérification permanente de l'isolement des câbles qui ont été utilisés à titre d'expérience et sur une base limitée.

On estime que, pour être réellement avantageux, les dispositifs de vérification permanente de l'isolement des câbles doivent vérifier une portion aussi grande que possible de l'aire de la section droite du câble, et en tout cas au moins 10% de cette aire. On s'efforcerait autant que possible d'effectuer ces vérifications sur des circuits fantômes et superfantômes; cependant l'emploi de dispositifs de vérification permanente de l'isolement des câbles signifierait probablement que la signalisation en courant continu serait impossible sur les circuits correspondant à 10% des paires d'un câble.

*Dispositif de vérification permanente de l'isolement, employé sur des câbles à paires coaxiales.*

a) On utilise en Grande-Bretagne un dispositif de vérification permanente de l'isolement pour surveiller l'isolement de câbles composites à paires coaxiales; ce dispositif est relié à une des paires de service (control pairs), isolées au papier, dans la station directrice extrême.

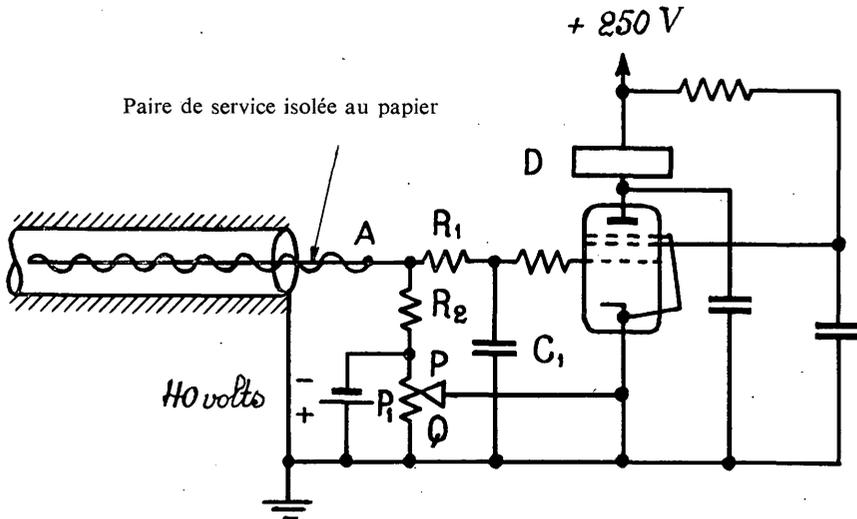


Figure 3

Dispositif de vérification permanente de l'isolement, employé en Grande-Bretagne sur des câbles à paires coaxiales

On comprendra le fonctionnement de ce dispositif d'après le schéma de la figure 3. Au début, la paire du câble étant débranchée au point A, on règle le potentiomètre  $P_1$  de telle façon que la tension de polarisation négative produite par le courant qui traverse la partie P de ce potentiomètre réduise le courant d'anode du tube à vide jusqu'à une très faible valeur. Quand la résistance d'isolement du câble baisse, le courant de fuite qui traverse la résistance  $R_2$ , de valeur élevée, produit une tension de polarisation de grille positive qui s'oppose à la tension négative précitée, et si la résistance d'isolement s'abaisse jusqu'à une valeur d'environ 50 mégohms la tension de polarisation résultante appliquée à la grille du tube à vide permettra le passage d'un courant d'anode suffisant pour faire fonctionner le relais D et donner l'alarme.

L'appareil est réglé de façon à distinguer une résistance d'isolement de 50 mégohms, qui produira une alarme, d'une résistance d'isolement de 100 mégohms, qui ne produira pas d'alarme.

La résistance  $R_1$  et le condensateur  $C_1$  constituent un circuit retardateur ayant une constante de temps d'environ 2 minutes, qui diminue l'effet de l'induction.

Le fonctionnement du dispositif de vérification permanente de l'isolement lui-même est satisfaisant; mais s'il est appliqué à une paire en câble de très grande

longueur, la résistance normale d'isolement de cette paire est malheureusement si faible qu'elle masque les premières phases de l'apparition d'un défaut.

b) Un appareil plus récent a été mis au point en 1953 et est progressivement installé dans les stations de répéteurs. Cet appareil est décrit de façon détaillée dans le *Post Office Electrical Engineer's Journal*, Volumé 46, Part I, p. 13 à 15 (avril 1953).

Cet indicateur de dérangement, qui est connecté aux paires interstitielles d'un câble à paires coaxiales, consiste essentiellement en un pont de Wheatstone disposé comme le représente la figure ci-après.

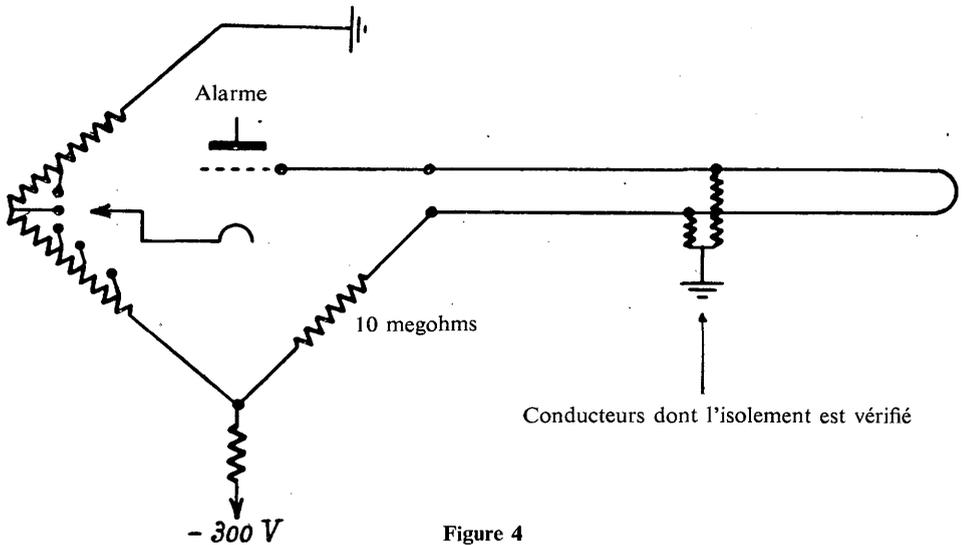


Figure 4

Les caractéristiques essentielles de ce dispositif, qui fonctionne sur le secteur de distribution d'énergie électrique, sont les suivantes :

1. Le pont se trouve normalement déséquilibré et la polarisation négative existant sur la grille du tube détecteur empêche le fonctionnement de l'alarme. Lorsqu'au contraire, l'isolement des conducteurs connectés au dispositif tombe à une valeur faible, le pont a tendance à s'équilibrer et, lorsqu'un équilibre suffisant a été réalisé pendant une période de 10 minutes, une alarme est déclenchée.

2. On peut vérifier au moyen de cette méthode d'essais l'isolement pour une longueur de fil (un seul conducteur) atteignant 150 miles (270 km environ). On peut régler l'appareil pour que l'alarme intervienne :

- a) soit quand l'isolement de l'ensemble tombe à une valeur de 250 mégohms,
- b) soit quand l'isolement tombe à la moitié de sa valeur normale.

3. Au cas où par accident se produit une coupure des conducteurs connectés au dispositif d'essais, le potentiel de grille tend à s'élever à la valeur du potentiel de terre et l'alarme est déclenchée.

4. En réglant les valeurs des bras d'équilibre du pont, on peut mesurer, quand on le désire, l'isolement effectif des conducteurs connectés au dispositif d'essais.

5. La durée de 10 minutes nécessaire avant que l'alarme se déclenche empêche les déclenchements intempestifs qui seraient dus par exemple à des coupures momentanées provenant accidentellement de travaux sur les paires du câble, etc...

6. Les contacts accidentels avec le conducteur connecté au dispositif ne sont pas dangereux car le courant est limité par la résistance de 10 mégohms et l'énergie de charge emmagasinée sur la paire du câble n'est pas très grande.

7. Le détecteur comporte un amplificateur à deux étages en courant continu avec contre-réaction et le fonctionnement du détecteur n'est que très peu influencé par les fluctuations du secteur d'alimentation d'énergie électrique.

### E. Dispositifs de vérification permanente de l'isolement utilisés par l'Administration suédoise des téléphones

Pour la vérification de l'isolement des conducteurs de câble, on a recours en Suède à des procédés manuels aussi bien qu'à des procédés automatiques. Une description des méthodes utilisées est fournie ci-dessous.

*Surveillance manuelle de l'isolement.* — A l'origine, on ne se servait que du montage simple représenté sur la figure 5 ci-dessous. A cause des perturbations se produisant dans les câbles utilisés pour le trafic, il est toutefois souvent difficile d'obtenir par cette méthode des valeurs sûres dans un délai raisonnable. Même en ne faisant usage, pour les mesures de maintenance sur les câbles à longue distance, que de galvanomètres à aiguille relativement peu sensibles, on était gêné par les perturbations. Il arrivait même qu'il fallait choisir, les heures de nuit pour les mesures à effectuer dans une station de répéteurs à proximité de laquelle se produisaient de forts courants vagabonds provenant d'un réseau de tramways et s'orientant vers l'enveloppe du câble.

Dans les cas où les mesures de l'isolement nécessitaient l'emploi d'instruments à index lumineux, il devint nécessaire de réduire l'influence des perturbations sur les mesures. Un montage s'adaptant à cette fin fut indiqué par S. Janson; ce montage

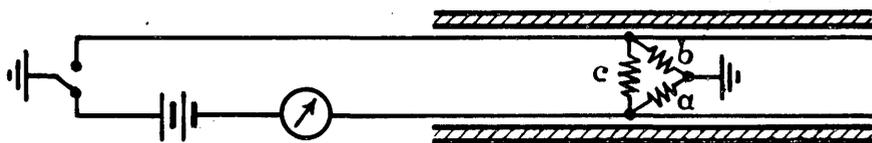


Figure 5

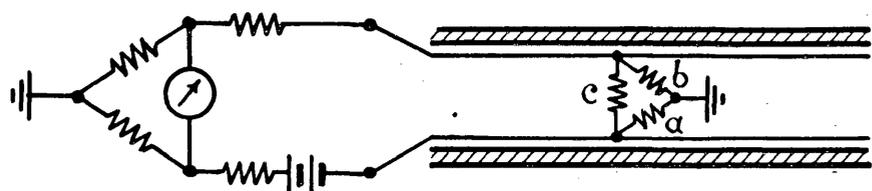


Figure 6

est reproduit sur la figure 6 ci-contre. Dans le cas, se présentant dans la pratique, où les résistances d'isolement sont grandes par rapport aux autres résistances insérées, le rapport entre la tension de mesure et le courant qui traverse le galvanomètre est:  $2ac/(2a+c)$ , si la batterie de mesure est supposée insérée dans la branche  $a$  (notations conformes aux indications de la figure 6).

L'expression obtenue ne contient pas la résistance d'isolement  $b$  du fil  $b$ . Comme, dans la pratique,  $c$  est généralement beaucoup plus grand que  $a$  et  $b$ , l'expression ci-dessus se simplifie et devient égale à  $2a$ . Si donc la tension de mesure est divisée par le double de la déviation du galvanomètre, on obtient la même valeur de l'isolement du fil  $a$  que selon la méthode représentée par la figure 5. Cela est suffisamment exact dans les cas pratiques, où l'on ne s'intéresse, naturellement, qu'à l'ordre de grandeur des résistances d'isolement.

Actuellement, on tend de plus en plus à remplacer, par des montages à tubes électroniques, les galvanomètres très sensibles toujours utilisés antérieurement dans les mesures d'isolement importantes effectuées sur les câbles téléphoniques. La figure 7 ci-après montre un tel montage à tubes électroniques utilisé en Suède, dans lequel, comme on le voit, les perturbations sont éliminées. Ce montage ainsi que les instruments de mesure utilisés sont le résultat d'une collaboration réalisée entre l'Administration suédoise des téléphones et la Svenska Elektriska A. B. Philips.

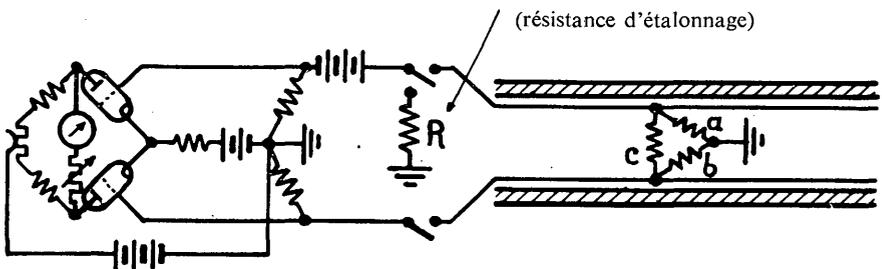


Figure 7

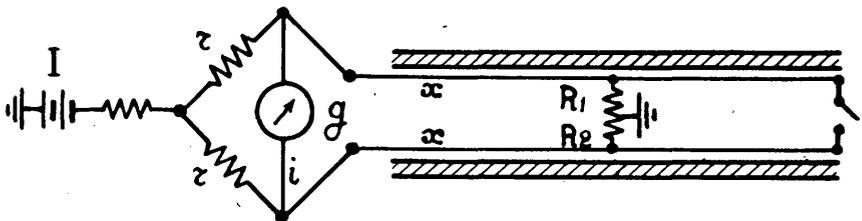


Figure 8

Finalement, il convient de mentionner qu'un montage indiqué par W. Hector (figure 8 ci-dessus) peut être utilisé pour une vérification d'isolement subjective mais très sûre d'après ce qu'indique l'expérience acquise en exploitation. Cette méthode de mesure est basée sur l'hypothèse que le rapport entre les résistances de fuite des deux fils d'une paire de câble téléphonique endommagé par l'humidité s'écarte de plus en plus de la valeur 1 à mesure que l'isolement de la paire est réduit, à condition que cette résistance d'isolement soit encore de l'ordre de grandeur du mégohm ou davantage.

Le principe de cette mesure est le suivant :

- Soient :  $R_1$  la résistance d'isolement, à l'endroit d'un défaut, entre le fil 1 d'une paire et la terre,  
 $R_2$  la résistance d'isolement, au même endroit, entre le fil 2 de la même paire et la terre,  
 $x$  la résistance de chacun de ces fils, comprise entre leur point de connexion au pont et l'emplacement du défaut,  
 $r$  la résistance des bras de pont,  
 $g$  la résistance du galvanomètre,  
 $I$  le courant total entrant dans le pont,  
 $i$  le courant passant dans le galvanomètre.

On a, en toute rigueur :

$$i = I \frac{(R_2 + x) r - (R_1 + x) r}{2r (R_1 + R_2 + 2x) + g (R_1 + R_2 + 2r + 2x)}$$

Comme  $2r$  et  $2x$  sont très petits devant  $R_1$  et  $R_2$ , il vient plus simplement :

$$i \approx I \frac{r}{2r + g} \cdot \frac{R_2 - R_1}{R_2 + R_1}$$

D'autre part, on peut remarquer que, lorsqu'on utilise toujours la même source, la valeur du courant total  $I$  est pratiquement déterminée par la résistance

$$\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

constituée par le groupement en parallèle de  $R_1$  et  $R_2$ , car la résistance des autres éléments du montage est petite par rapport à celle des défauts d'isolement.

Une valeur de  $i$  différente de zéro, constatée par la déviation du galvanomètre  $g$ , indique que l'isolement de la paire de conducteurs considérée a diminué.

Le montage éliminant les perturbations ne s'adapte pas seulement à la vérification, d'après la méthode de Hector, de l'isolement des câbles, mais il permet même d'y découvrir des détériorations causées par l'humidité, même si l'isolement à l'endroit du défaut est sensiblement plus élevé que l'isolement du câble lorsque celui-ci est en bon état de fonctionnement.

*Surveillance automatique de l'isolement.* — Cette surveillance s'effectue à l'aide d'indicateurs d'isolement contenant des lampes lumineuses ou des tubes électroniques. Dans les deux cas l'indicateur est connecté à l'une des extrémités du câble avec des fils libres ou avec des circuits superfantômes, lorsqu'il y a peu de réserves disponibles dans le câble. Dans les grandes installations chaque indicateur est vérifié chaque jour à une heure quelconque, non connue du personnel de la station où l'indicateur est installé. Une station avoisinante insère simultanément une résis-

tance entre le sol et les conducteurs du câble connectés à l'indicateur. Pendant ces dernières années, on s'est efforcé d'améliorer la construction des indicateurs de manière à les rendre moins sensibles aux perturbations.

#### 4. MESURES DE PROTECTION CONTRE LES COUPS DE Foudre

Les dispositions à prendre pour la protection des câbles de télécommunication contre la foudre sont résumées ci-après.

Les dommages causés par la foudre dans certains pays sont une source très importante de dérangements dans les câbles interurbains souterrains. La foudre endommage aussi les câbles interurbains aériens mais, dans ce cas, il est beaucoup plus facile de localiser et de réparer les dérangements que dans le cas des câbles souterrains.

Les dégâts qui résultent des coups de foudre tombant sur les câbles ou dans leur voisinage consistent :

1° en perforations de l'enveloppe, un même coup de foudre étant susceptible de provoquer plusieurs défauts répartis sur de grandes longueurs (plusieurs kilomètres);

2° en écrasements de l'enveloppe (denting) qui, dans le cas des câbles à paires coaxiales entraînent des déformations de ces paires et, par suite, des modifications localisées de l'impédance caractéristique, d'où résultent des défauts de transmission dont l'influence est particulièrement sensible lorsque ces paires servent à constituer des circuits de télévision. De tels défauts peuvent rendre impropres à la télévision les paires qui en sont affectées.

3° en ruptures ou court-circuit de conducteurs et détériorations de l'isolant, dues à la production d'arcs électriques à l'intérieur de l'enveloppe.

La gravité de ces dommages justifie donc une étude attentive des dispositions à prendre pour la pose des câbles dans les régions exposées à la foudre, surtout dans le cas de câbles souterrains lorsque le sol présente une grande résistivité. Dans l'état actuel des recherches on pourra s'inspirer des indications suivantes :

##### *I. Choix du tracé des câbles*

Il convient :

a) de demander aux services météorologiques tous les renseignements qu'ils peuvent fournir sur le nombre de jours d'orage par an (courbes isokérauniques) et sur le nombre moyen de coups de foudre par jour d'orage, dans la région intéressée;

b) de consulter, lors des études qui ont été faites sur les régions de prédilection de la foudre, les conditions de cette prédilection paraissant dépendre des discontinuités de la constitution géologique du sol ainsi que de l'ionisation de l'air;

c) de tenir compte, au cours des études de piquetage habituelles en vue de la pose des câbles interurbains, de la constitution géologique du sol et de sa résistivité, en étudiant notamment cette résistivité à diverses profondeurs;

d) d'éviter, autant que possible, dans le choix du tracé et lors de la pose du câble, la proximité immédiate d'arbres, haubans, pylones et autres masses métalliques.

## *II. Construction du câble*

a) On doit augmenter la tension de claquage de l'isolant placé entre l'âme et l'enveloppe du câble. A titre d'indication, il semble que, dans certains cas, pour des câbles terrestres, on ait obtenu des résultats satisfaisants quand la tension de claquage de l'isolant est celle qui correspond à une tension d'essai égale ou supérieure à 2500 volts. Pour des tronçons de câbles posés en des endroits où l'exécution de réparations serait difficile (traversées fluviales, marais, ponts, endroits peu accessibles, etc.), il y a intérêt à adopter un isolement plus résistant au claquage afin que les défauts ne se produisent pas dans ces tronçons, mais plutôt en d'autres parties du câble. Il convient toutefois de préciser que cette disposition ne constitue jamais une protection complète.

On devra veiller, aux points spéciaux tels que épissures, raccordements, etc., à ce que la rigidité diélectrique (résistance à la disruption) soit aussi bonne qu'en ligne courante.

b) Dans le cas de câbles armés, qu'il s'agisse de câbles aériens ou souterrains, il y a intérêt à obtenir, par une réalisation convenable de l'enveloppe et de son armure, une valeur aussi faible que possible du facteur réducteur pour les hautes fréquences. A cet égard, des résultats favorables ont été obtenus dans certains pays en utilisant, en plus de l'armure en feuillard, une armure en fils épais jointifs.

c) En vue d'éviter les effets d'écrasement des enveloppes de câbles armés en feuillard, il est très recommandable de réaliser, entre l'armure et l'enveloppe, une connexion continue ou au moins un ensemble de connexions en des points beaucoup plus rapprochés que dans le cas habituel des câbles non exposés à la foudre.

## *III. Protections spéciales s'appliquant aux câbles souterrains*

a) On peut augmenter le facteur de protection du câble, par exemple grâce aux procédés suivants qui ont déjà été appliqués dans certains pays :

— augmentation de la conductivité longitudinale de l'enveloppe par l'emploi de fils conducteurs nus placés sous l'enveloppe et à son contact et par l'exclusion de joints isolants;

— division du courant — dû au coup de foudre — entre l'enveloppe et des fils-écran enterrés parallèlement au câble et à un niveau convenable, au-dessus de celui-ci.

Ces fils-écran ne doivent pas être reliés à l'enveloppe du câble ou à son armure. En outre, l'enveloppe d'un câble ainsi protégé ne doit pas être reliée à des prises de terre.

Si l'on utilise plusieurs fils-écran, ils doivent être posés de sorte que, sous l'action électrodynamique des courants de foudre les parcourant, ils ne puissent se rapprocher les uns des autres.

Il y a lieu de signaler également que les fils-écran peuvent être coupés ou même interrompus sur des longueurs importantes lorsqu'ils ont subi un coup de foudre; il est donc utile de prévoir une vérification périodique de leur bon état.

Il convient d'autre part d'observer, au sujet même de la constitution de ces fils-écran, que le cuivre est coûteux et que l'aluminium est exposé à se corroder dans le sol.

b) L'emploi, dans différents pays, de câbles sous enveloppe métallique et recouverts d'une gaine épaisse de matière isolante à grande rapidité diélectrique, notamment de caoutchouc, ont donné parfois des résultats satisfaisants. Cependant, il n'est pas certain que cette protection soit suffisante dans tous les cas.

c) Il y a intérêt à poser le câble à une profondeur suffisante.

#### IV. Protections spéciales s'appliquant aux câbles aériens

Il est recommandé de placer sur chaque poteau un fil de terre vertical reliant le câble aérien au sol et interrompu par un tube à décharge électrique ou un éclateur, afin de protéger le poteau et de diminuer la circulation des courants électriques le long du câble.

Dans le cas des câbles sous plomb auto-porteurs, il peut y avoir intérêt à établir en plus, tout le long du câble, des liaisons de faible résistance entre l'enveloppe de plomb et l'armure.

#### V. Conclusions

Dans les limites économiques admissibles, aucune des méthodes énumérées ci-dessus ne permet de s'affranchir complètement des dommages causés par la foudre dans le cas de câbles particulièrement exposés.

Néanmoins, bien que l'emploi des protections spéciales précitées entraîne une complication notable, il peut être largement justifié dans le cas des câbles importants, notamment des câbles à paires coaxiales.

*Remarque.* — Des indications utiles sont fournies dans l'article: Lightning protection of buried telephone toll cables de E. D. SUNDE (monographie B 1396 du Bell Telephone System Technical Publications publiée dans le Volume 24 d'avril 1945 du Bell System Technical Journal).

## 5. MESURES DE PROTECTION CONTRE LES GAZ EXPLOSIFS ET LES GAZ TOXIQUES QUI PEUVENT SE RENCONTRER DANS LES CHAMBRES DE TIRAGE DES CABLES DE TÉLÉCOMMUNICATION

### A. Essais pour reconnaître la présence de gaz explosifs ou de gaz toxiques dans les chambres de tirage

#### 1. Gaz explosifs et gaz toxiques

Les gaz que l'on rencontre le plus fréquemment dans les chambres de tirage des câbles sont de deux sortes, les gaz ou mélanges gazeux explosifs et les gaz toxiques.

1.1. Gaz ou mélanges gazeux explosifs. Parmi ces gaz, on peut citer les catégories suivantes:

a) le grisou (gaz naturel) comportant des proportions relativement grandes de méthane ou d'éthane, ou des deux à la fois, avec en général de petits pourcentages d'azote et d'acide carbonique. Le grisou n'est pas délétère bien que, s'il existe en grande proportion dans l'atmosphère d'une chambre, il puisse produire l'asphyxie par suite d'une teneur en oxygène inférieure à la normale.

b) le gaz d'éclairage (gaz artificiel) dont on peut indiquer deux catégories principales:

— le gaz d'éclairage le plus anciennement connu, qui provient de la distillation de la houille ou des huiles lourdes de pétrole. Il contient une proportion importante d'oxyde de carbone, qui est délétère, avec en général de grands pourcentages d'hydrogène et de méthane. L'acide carbonique, l'azote et l'oxygène y existent en proportions relativement faibles;

— divers mélanges dont l'emploi commence à se répandre, par exemple des mélanges de butane et d'air ou des mélanges de vapeur d'eau, d'hydrogène et d'oxyde de carbone.

Etant donné l'âge de nombreuses conduites de gaz, la difficulté de déceler rapidement l'existence (et de localiser rapidement la position précise) d'une fuite de gaz, l'emploi à la surface des routes et des rues de revêtements en matériaux imperméables qui empêchent la diffusion du gaz dans l'atmosphère à travers la surface de la chaussée, et enfin les vibrations produites par le trafic croissant des voitures qui provoquent sous la chaussée des déplacements de terrain et la formation de poches où les gaz peuvent s'accumuler, il est très important de déceler la présence, dans les chambres de tirage des câbles de télécommunication, de gaz susceptibles de provoquer des explosions ou des gaz toxiques;

c) les gaz hydrocarbures provenant d'autres sources que celles ci-dessus mentionnées et certaines vapeurs (émissions lentes de méthane provenant de la décomposition de substances organiques dans certains terrains, émanations de propane ou de butane par suite du manque d'étanchéité d'appareils de soudure et de séchage utilisés dans les chambres, vapeurs d'essence provenant de fuites dans les stations de pompage, etc.).

Il convient de signaler que les gaz hydrocarbures de diverses provenances sont lourds et s'accumulent dans le bas des chambres de tirage, alors que le gaz d'éclairage de l'ancien type s'accumulait surtout dans le haut des chambres.

1.2. Gaz toxiques. Celui que l'on rencontre le plus souvent dans les mélanges gazeux ci-dessus, et surtout dans le gaz d'éclairage, est l'oxyde de carbone (CO).

Enfin, il faut mentionner l'action de l'anhydride carbonique (CO<sup>2</sup>) qui se trouve dans certains mélanges ci-dessus dans des atmosphères confinées et qui peut aussi provenir d'opérations de dessiccation: la présence de ce gaz peut rendre l'atmosphère irrespirable par suite de la diminution de la teneur en oxygène et par conséquent peut provoquer l'asphyxie.

## 2. Appareils de détection

2.1. Les ouvriers ont souvent l'habitude de déceler la présence de gaz d'éclairage par l'odorat. Il convient de préciser à ce sujet que l'odorat ne renseigne pas toujours sur la présence de gaz dans les chambres; outre que cette perception varie

suivant les individus, il faut se rappeler que certains gaz particulièrement riches en oxyde de carbone n'ont pas d'odeur. En conséquence, il ne suffit pas de se contenter des résultats d'une telle méthode.

Il est très recommandable à ce sujet de se tenir en contact avec les Sociétés de gaz intéressées pour connaître les caractéristiques du gaz distribué et les modifications éventuelles de sa composition.

Il est donc nécessaire, pour déceler la présence dans les chambres des divers gaz qui peuvent s'y rencontrer, de disposer d'appareils de détection. Il n'existe pas à l'heure actuelle d'appareils susceptibles de détecter à la fois les gaz explosifs et les faibles pourcentages de gaz toxiques et l'on doit utiliser deux types d'appareils.

2.2. Les conditions auxquelles doivent répondre ces appareils sont les suivantes:

- a) ils doivent déceler d'une manière efficace les gaz intéressés;
- b) ils doivent être d'une construction robuste;
- c) leur prix doit être modéré;
- d) leur manipulation doit être facile, afin qu'ils puissent être utilisés par tous les ouvriers qui, dans les chambres de tirage, ont à effectuer des opérations d'épissurage, de soudure, de séchage, etc.

2.3. Appareils pour la détection des gaz explosifs.

Deux types principaux d'appareils sont actuellement utilisés:

a) L'explosimètre. L'annexe 1 donne une description de l'appareil utilisé par l'Administration britannique des téléphones\*.

b) L'osmomètre. L'annexe 2 décrit l'appareil utilisé par l'Administration française des téléphones\*\*.

2.4. Appareil pour la détection des gaz toxiques (oxyde de carbone).

L'annexe 3 décrit l'indicateur d'oxyde de carbone au chloropalladate de sodium utilisé par l'Administration britannique des téléphones\*\*\*.

### 3. Surveillance des chambres de tirage

Il est désirable qu'une surveillance de l'état des ouvrages souterrains soit organisée systématiquement dans les grandes villes afin que, périodiquement (par exemple chaque trimestre), chaque chambre souterraine soit inspectée préventivement, même si aucun travail ne doit y être effectué à ce moment.

En dehors de ces visites trimestrielles préventives, des visites supplémentaires doivent naturellement être effectuées, lors des signalements de présence de gaz

\* Des appareils analogues sont utilisés aux Etats-Unis d'Amérique et en Italie (Administration italienne des téléphones et Società Nazionale Metanodotti SNAM, appareil fabriqué par Johnson, Williams Ltd., Palo Alto, Californie, U.S.A.).

\*\* L'Administration des téléphones de la République fédérale d'Allemagne utilise l'appareil Aladin basé sur un principe analogue.

\*\*\* D'autres appareils sont basés sur l'emploi d'ampoules au chlorure de palladium (appareil utilisé aux Etats-Unis d'Amérique) ou d'autres réactifs chimiques (appareils LKB Produkter Stockholm et Drägerwerk-Lübeck utilisés par l'Administration autrichienne des téléphones). On peut citer également divers autres dispositifs utilisés notamment en Suède: le gazoscope de Strache, l'appareil de contrôle de gaz Nellissen, l'appareil de contrôle d'oxyde de carbone Degea.

d'éclairage adressés par le personnel. Les rapports dressés après ces visites doivent faire l'objet d'une instruction très suivie avec les services de la voirie et les Sociétés de gaz intéressées. Dès constatation de la présence de gaz d'éclairage, l'ouvrage doit être formellement interdit et la circulation ne doit être autorisée à nouveau qu'après constat contradictoire entre les représentants des services de télécommunications et des Sociétés de gaz. Les interdictions de circulation doivent faire l'objet d'avis aux services intéressés dès l'établissement du constat.

Enfin, il est désirable que les instructions remises aux ouvriers travaillant dans les chambres de tirage prescrivent formellement la cessation de tout travail dès que l'équipe a reconnu à l'odorat ou par l'emploi d'un détecteur approprié la présence de gaz d'éclairage, le travail ne pouvant être repris qu'après intervention du service compétent et levée de l'interdiction officielle de circulation.

#### *4. Précautions à prendre au moment de l'ouverture des chambres*

Avant de procéder à un travail quelconque dans une chambre de tirage ou une boîte de raccordement, il faut absolument l'inspecter soigneusement pour s'assurer qu'elle ne contient pas de gaz.

Les chambres de tirage sont pourvues de couvercles; en enlevant le couvercle, il faut prendre les plus grandes précautions pour qu'il ne se produise pas d'étincelles à la suite de coups de marteau, de coups de barre, etc. Si, pendant la saison froide il est nécessaire de faire dégeler le sol autour d'une chambre de tirage, on doit se servir dans ce but d'une solution de sel ou, dans les cas difficiles, de chaux vive; on peut aussi utiliser des appareils dégelers à vapeur. Naturellement, avant d'enlever le couvercle, on doit s'assurer qu'il n'y a pas de feu au voisinage (il est expressément défendu de fumer dans les chambres de tirage ou au voisinage d'une chambre de tirage ou boîte de raccordement ouverte).

Si une telle inspection révèle la présence de gaz, aucun travail ne doit être exécuté dans la chambre de tirage ou boîte de raccordement, avant que la fuite de gaz soit bouchée par les soins des services du gaz et que la chambre ou la boîte ait été vidée de gaz. Les fuites de gaz d'éclairage constatées à proximité de la chambre de tirage doivent être immédiatement signalées à la société du gaz. D'une manière générale, il est souhaitable d'obtenir des Sociétés de gaz qu'elles informent les services des télécommunications des défauts qui se présentent dans les réseaux de distribution de gaz. Les travaux à effectuer sur des câbles et des canalisations à proximité de la conduite de gaz défectueuse doivent être, si possible, remis à une date ultérieure, notamment jusqu'à ce que le défaut soit relevé. Par ailleurs, il convient de prendre toutes les précautions nécessaires; on doit en particulier envisager de ne pas utiliser des flammes nues.

#### **B. Précautions à prendre lors des travaux effectués dans les chambres de tirage. Eclairage des chambres pendant les travaux**

Lorsqu'une chambre de tirage n'est pas ventilée d'une manière permanente par des dispositifs de ventilation statique judicieusement installés et bien entretenus (voir l'annexe 4), il est utile de la ventiler avant de commencer les travaux et égale-

ment de temps en temps au cours des travaux au moyen d'un ventilateur portatif énergétique (à moteur ou à main).

Avant de pénétrer dans une chambre de tirage, il faut la laisser ouverte pendant dix minutes au moins, même après avoir reconnu qu'il n'y avait pas de gaz délétère ou explosif. Si la chambre a un couvercle avec des grilles d'aération, il suffit de l'ouvrir pendant trois minutes avant de pénétrer dans la chambre, à condition que le couvercle ne soit pas bouché par de la glace ou par des poussières, etc... Si l'on doit travailler dans la chambre de tirage, les chambres adjacentes reliées à cette chambre par des canalisations doivent également être ouvertes, examinées quant à la présence de gaz et laissées ouvertes jusqu'à ce que les travaux dans la chambre de tirage considérée soient terminés.

Si l'on doit exécuter, dans une chambre de tirage, des travaux de longue durée ou des travaux exigeant que l'on fasse usage de feu, il faut (pendant le séjour des ouvriers dans la chambre de tirage) faire, de temps en temps, un essai de détection de la présence de gaz ou être suffisamment assuré que des quantités de gaz nuisibles à la santé ou dangereuses, ne restent pas inaperçues. Lorsqu'on emploie une tente au-dessus de l'ouverture de la chambre, cette tente doit être ventilée de façon qu'un courant d'air (pas trop fort, mais constant) soit conduit des canalisations ouvertes à travers la chambre de tirage et la tente vers l'extérieur et évacue le gaz qui aurait pénétré dans la chambre. Les ouvriers travaillant dans la chambre doivent être surveillés à de courts intervalles par un ouvrier restant hors de la chambre, afin que tout événement extraordinaire qui se produit dans la chambre soit remarqué à temps. Si ces mesures n'offrent pas une sécurité suffisante, dans des cas exceptionnels, parce que le danger présenté par le gaz est particulièrement grand, on doit boucher toutes les ouvertures des canalisations afin qu'aucun gaz toxique ne puisse pénétrer dans la chambre de tirage. Les alvéoles non occupés par des câbles doivent être rendus étanches au moyen de tampons pleins et les alvéoles occupés doivent être rendus étanches au moyen de tampons présentant une ouverture appropriée pour le passage du câble, les vides restant étant comblés par une matière plastique ou, en cas de câbles de plus grand diamètre, par un bandage textile.

Au cours des travaux, il faut se prémunir contre les risques d'une accumulation nouvelle de gaz entre deux essais de détection de la présence de gaz. On utilise dans ce but un appareil donnant un signal visuel ou audible d'alarme lorsque le gaz s'accumule à un degré tel qu'il devient dangereux pour les ouvriers de continuer à travailler.

Diverses formes de lampes de sécurité d'une application générale dans les mines ont été essayées à cet effet, toutes ont présenté l'inconvénient que l'ascension de la flamme qui se produit lorsque les conditions deviennent dangereuses ne peut pas être perçue nettement dans une chambre de tirage où existe une autre source de lumière plus puissante, pour l'éclairage même de la chambre au cours des travaux.

Il convient donc d'utiliser un type de lampe semblable à celle des mineurs, mais d'une construction appropriée et comportant un dispositif d'alarme.

Il y a lieu de préciser qu'en fait ces lampes servent surtout à prévenir du moment où l'air de la chambre ne contient plus assez d'oxygène et devient vicié et qu'il est dangereux pour les ouvriers de rester dans la chambre. De telles lampes sont utilisées en France et en Grande-Bretagne.

Cependant, en Allemagne, on utilise une lampe de sécurité (lampe Fleissner) comportant un miroir prismatique. Elle décèle la présence de mélanges gazeux

explosifs par la forme auréolée que prend la flamme et aussi par l'émission d'un bruit caractéristique, qui constitue un signal d'alarme audible. Par contre, si l'on constate dans le miroir prismatique que la flamme baisse ou s'éteint, c'est qu'il existe dans la chambre une teneur en oxygène insuffisante et qu'il y a risque d'asphyxie. Les variations de la flamme s'aperçoivent nettement grâce au miroir prismatique, et le bruit qu'elle émet en cas de présence de gaz explosif est facilement perceptible.

De même, aux Etats-Unis d'Amérique, on a utilisé de façon très générale un type de lampe analogue à la lampe de sécurité des mineurs; mais cet emploi cède maintenant la place à l'utilisation de l'explosimètre.

En ce qui concerne l'éclairage des chambres de tirage, il n'est pas douteux que la meilleure méthode pour éviter des explosions est l'éclairage par lampes électriques alimentées à basse tension, en évitant la présence dans la chambre de tout interrupteur ou autre dispositif susceptible de donner naissance à des étincelles ou à des arcs. Il y a lieu d'utiliser des lampes électriques portatives avec réflecteur et corbillon métallique de protection reliées par un câble (par exemple sous caoutchouc) à la batterie d'accumulateurs située en dehors de la chambre de tirage; il est désirable que la prise de courant étanche de la lampe portative soit dans le coffret de la batterie afin qu'il soit impossible, sans dévisser l'ampoule de la lampe, de couper le courant à l'intérieur de la chambre de tirage.

Evidemment cette méthode d'éclairage nécessite un service de charge des accumulateurs (on emploie en général des accumulateurs alcalins légers et d'un entretien facile, bien qu'ils soient plus coûteux que les accumulateurs au plomb); mais cette méthode d'éclairage est la seule qui présente une bonne sécurité surtout si l'on n'est pas absolument certain qu'aucun gaz explosif ou délétère ne peut s'accumuler, même après avoir procédé à un essai qui cependant n'avait pas décelé la présence de tels gaz dans la chambre.

### **C. Epissurage, soudure et séchage des câbles dans les chambres de tirage où il peut y avoir du gaz**

Si l'on n'est pas absolument certain qu'aucun gaz délétère ou explosif ne peut s'accumuler à un moment quelconque au cours des travaux dans la chambre de tirage, il faut absolument éviter l'introduction d'aucune flamme (feu nu) dans les chambres de tirage à l'exception des lampes de sécurité avec dispositifs d'alarme précités.

Dans ce cas, pour épissurer et souder un câble, on peut avoir recours à la méthode suivante, qui ne comporte pas l'utilisation, dans la chambre de tirage, de lampes à feu nu.

Dans cette méthode, le métal pour la soudure et les fers à souder doivent être chauffés à la surface du sol et descendus ensuite dans la chambre de tirage. On peut procéder par exemple de la manière suivante:

Les épissures entre les conducteurs des câbles s'effectuent en tordant ensemble les bouts des conducteurs; si l'on a besoin de joints soudés, comme dans le cas des câbles à grande distance, on se sert d'un fer à souder en cuivre chauffé et de soudure à résine intérieure (le fer à souder étant chauffé à l'extérieur de la chambre et n'étant descendu dans la chambre qu'au moment voulu).

Les joints soudés entre le manchon de plomb et l'enveloppe du câble, effectués pour contenir les épissures entre les conducteurs, se font en versant de la substance liquide (soudure à la cuillère) à l'endroit du joint jusqu'à ce que la température du manchon et de l'enveloppe du câble en ce point soit suffisamment accrue; pendant cette opération, on place une étoffe ou un tampon au-dessous et près du manchon et de l'enveloppe, afin de recueillir la substance liquide et de la ramasser autour du manchon et de l'enveloppe lorsqu'elle se solidifie en refroidissant. Quand on a suffisamment réchauffé ainsi l'endroit du joint soudé, on enlève une grande partie de la substance soudante, puis on en verse à nouveau en la rassemblant autour du joint en une masse pâteuse à laquelle on donne finalement la forme d'une collerette à surface lisse. Grâce à ce procédé, on n'a pas à employer la flamme d'une lampe à souder, la chaleur nécessaire étant procurée par la substance soudante liquide que l'on a versée. Mais il faut dans ce cas prendre garde d'avoir une proportion d'étain bien déterminée dans la substance soudante. Si la proportion d'étain est supérieure à 40%, on a de la peine à achever le joint soudé, car il ne s'écoule pas un temps suffisant entre, d'une part, le moment où le plomb commence à se solidifier et à former une masse pâteuse qu'on peut manipuler d'une façon satisfaisante, et, d'autre part, le moment où l'alliage se solidifie. Par contre, si la proportion d'étain est inférieure à 38%, le joint soudé ne sera probablement pas tout à fait étanche.

Le séchage sur place des extrémités des câbles dans les chambres de tirage où il peut y avoir risque d'accumulation de gaz explosifs présente des difficultés.

Certains pays utilisent, pour ce séchage de l'épissure, de la paraffine liquide chaude; dans ce but la paraffine est chauffée au préalable (naturellement en dehors de la chambre de tirage) à 190° C environ. Mais l'emploi de paraffine peut présenter des inconvénients à cause de la tendance du papier à craquer lorsque des manipulations ultérieures sont nécessaires. En outre, l'emploi de paraffine rend plus difficile la reconnaissance des marques d'identification que comporte le papier isolant des conducteurs du câble. L'emploi de papier fortement coloré susceptible de résister à l'effet décolorant de la paraffine s'est révélé nuisible au point de vue des qualités électriques du câble. Un autre procédé de séchage sur place est utilisé dans divers pays. Il est basé sur l'emploi d'un gel de silice, substance vitreuse très dure qui ressemble à du sable fin et dont la composition chimique est 100% de silice pure ( $\text{SiO}_2$ ); elle est préparée de telle manière qu'elle a une structure physique bien définie; elle est chimiquement inerte; elle absorbe la vapeur d'eau contenue dans l'air dans une proportion de 40% de son propre poids sans augmenter de volume et sans cesser d'avoir une apparence sèche; on peut ensuite la chauffer pour évaporer la vapeur d'eau, et l'utiliser à nouveau, ce cycle d'opérations pouvant être indéfiniment répété sans que l'efficacité en soit altérée. Cette substance s'emploie sous la forme d'un bandage dont on recouvre l'épissure et que l'on place sous le manchon de plomb. Cette méthode donne d'excellents résultats.

## ANNEXE 1

**Description de l'explosimètre utilisé par l'Administration britannique des téléphones**

L'explosimètre comporte un pont de Wheastone ayant dans un bras un élément au platine activé. On règle initialement le pont à l'équilibre. On fait ensuite passer, à l'aide d'un tuyau de caoutchouc et d'une poire d'aspiration, le mélange gazeux à essayer sur l'élément activé: tout gaz combustible existant dans le mélange brûle à la surface de l'élément. La résistance électrique du fil constituant cet élément augmente et le pont est déséquilibré. Le courant de déséquilibre est enregistré au moyen d'un galvanomètre à bobine mobile.

L'appareil détecte de façon sûre des concentrations de gaz au moins égales au tiers environ de limite explosive minimum du mélange gazeux considéré.

## ANNEXE 2

**Note sur la description et l'emploi des appareils dits « Osmomètres » utilisés par l'Administration française des téléphones**

I. *Description et fonctionnement.* — L'indicateur pour la recherche des fuites désigné sous le nom d'osmomètre (voir la figure ci-après) se compose d'un appareil à cadran sur lequel se meut une aiguille commandée par un diaphragme fonctionnant à l'instar des couvercles de boîtes de manomètres anéroïdes. Ce diaphragme ferme un cylindre dont l'autre extrémité est bouchée par une composition spéciale poreuse que les gaz peuvent traverser par phénomène d'endosmose. En dévissant légèrement la partie inférieure de l'appareil on met en communication l'intérieur avec l'atmosphère, ce qui remet l'appareil en état de service.

Si l'on suppose que l'aiguille soit au zéro du cadran et que le robinet soit ouvert, l'appareil étant placé dans un milieu d'air pur et si, fermant le robinet, on transporte l'appareil dans une atmosphère chargée de gaz d'éclairage, on voit immédiatement l'aiguille dévier à gauche et prendre, au bout de quelques secondes, une position fixe. La division sur laquelle l'aiguille s'est arrêtée indique le pourcentage du mélange d'air et de gaz. Par exemple, si l'aiguille est sur la division 5, cela veut dire que le milieu dans lequel se trouve l'appareil est composé de 5% de gaz d'éclairage pour 95% d'air.

L'explication du fonctionnement est la suivante: le cylindre fermé par la substance poreuse contenait tout d'abord de l'air pur, puis l'appareil étant transporté dans l'atmosphère suspectée, par phénomène d'endosmose, le gaz pénètre dans le cylindre au travers de la substance poreuse plus vite que ne peut le faire l'air pour s'en échapper. Il s'établit alors dans le cylindre une pression qui agit sur le diaphragme qui se déforme légèrement. Ce diaphragme relié, comme il est indiqué ci-dessus, à une aiguille fait prendre à celle-ci une position variant suivant sa déformation.

II. *Utilisation de l'appareil.* — La figure ci-dessous donne la description et les cotes d'encombrement de l'appareil.

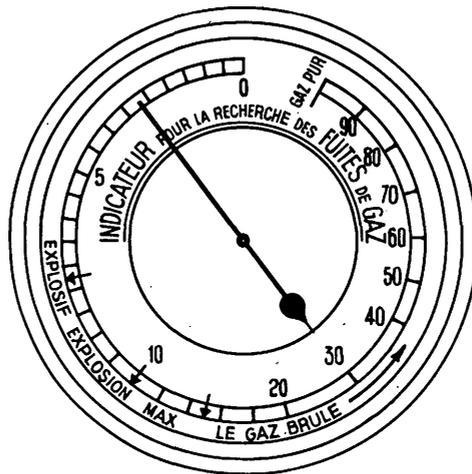
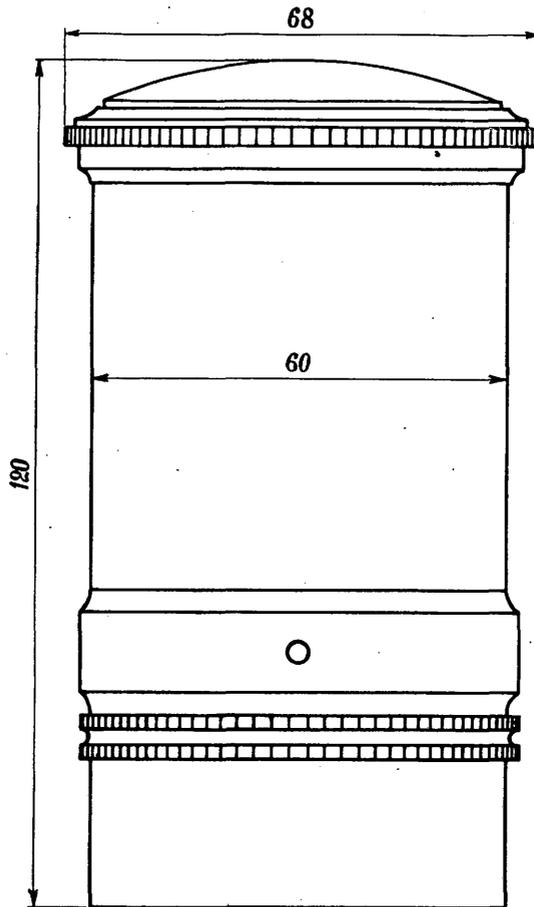
L'osmomètre a l'avantage sur les détecteurs chimiques, tels que le papier à réactif à chlorure de palladium, de donner des indications instantanées et de fournir un chiffre sur la teneur du mélange gaz et air.

Il permet de contrôler les indications, fournies par l'odorat, de présence de gaz d'éclairage, notamment dans les chambres de soudure et de tirage établies sur des canalisations multiples.

On l'emploie de trois façons:

- a) Avant l'ouverture du couvercle de la chambre (ou tampon), on place l'appareil osmomètre sur l'œil du couvercle en entourant sa face d'un chiffon circulaire;
- b) par descente de l'appareil dans les chambres, après ouverture du couvercle;
- c) par placement de l'appareil dans les alvéoles de la conduite multiple.

L'emploi b) est le plus général.



Osmomètre

(Cotes en millimètres)

L'emploi *c)* permet de déterminer l'élément de conduite qui amène le gaz d'éclairage dans la chambre.

Il faut signaler, en particulier, l'intérêt de l'emploi d'appareils « osmomètres » pour déterminer l'absence de gaz d'éclairage dans les chambres après réparation des fuites. En effet, dans quelques cas, même après réparation de fuites, l'odeur de gaz peut persister: dans ces conditions l'indication à l'odorat seule ne permettrait pas de rendre à la circulation une chambre interdite pour présence de gaz d'éclairage.

Les osmomètres de ce type sont d'un prix de revient peu élevé et sont tout particulièrement robustes.

### ANNEXE 3

#### Description et mode d'emploi de l'indicateur d'oxyde de carbone à chloro-palladate de sodium utilisé par l'Administration britannique des téléphones

##### *Description.*

L'indicateur d'oxyde de carbone à chloro-palladate de sodium représenté sur les figures 1 et 2 ci-après a été mis au point en vue de déceler de très petites quantités de gaz d'éclairage ou de tout autre gaz contenant de l'oxyde de carbone. L'indicateur proprement dit se compose des parties constitutives suivantes:

- 1° le socle;
- 2° un disque de caoutchouc;
- 3° une plaque qui repose sur le disque de caoutchouc;
- 4° un couvercle portant des boutons colorés;
- 5° une bague de fixation avec des vis qui maintient l'ensemble assemblé;
- 6° des papiers d'épreuve utilisés pour les essais.

La substance active est une solution de chloro-palladate de sodium dans l'acétone et dans l'eau; elle est contenue dans une petite fiole en verre et on ne doit pas l'employer pour d'autres buts que celui auquel elle est destinée. Cette solution ne s'altère pas si on la conserve de la manière ordinaire. Mais si l'on doute de son efficacité, il faut mettre la fiole au rebut et en prendre une nouvelle.

Dans l'assemblage des diverses pièces constitutives, la réserve du papier d'épreuve est placée sur la base et au-dessous de la plaque (3) précitée; une seule feuille de papier d'épreuve est placée entre cette plaque (3) et la couvercle (4). La bague de fixation (5) assujettit l'ensemble d'une manière à demi-rigide de sorte qu'il est possible de faire tourner le couvercle (4) sans déplacer la feuille de papier d'épreuve qui se trouve dessous. On découvre ainsi, entre les deux boutons colorés du couvercle, un petit cercle de papier blanc que l'on expose à l'atmosphère à étudier.

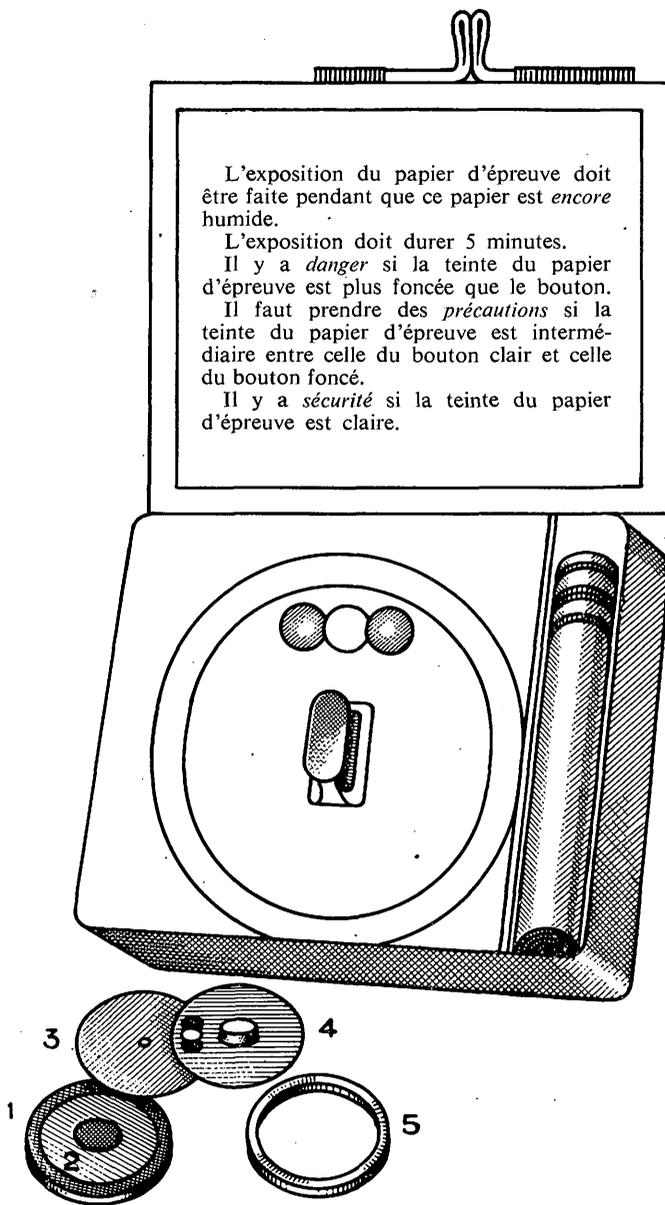
La présence de gaz d'éclairage (ou de tout autre gaz contenant de l'oxyde de carbone) est décelée par l'assombrissement de la partie exposée du papier d'épreuve.

Si la proportion d'oxyde de carbone dans l'atmosphère étudiée atteint 0,05% le papier d'épreuve prendra la teinte du bouton coloré le moins foncé. Si cette proportion atteint 0,1% la teinte du papier d'épreuve sera aussi sombre que le bouton coloré le plus foncé.

En faisant tourner le couvercle, on peut effectuer 10 essais successifs avec la même feuille de papier d'épreuve, une nouvelle portion propre de cette feuille étant chaque fois exposée à l'atmosphère étudiée.

*Mode d'emploi.* — On doit effectuer un essai avec l'indicateur à chloro-palladate de sodium dans tous les cas avant d'entrer dans une chambre de tirage et avant qu'une flamme d'un type quelconqué (même celle d'une lampe de sécurité) soit approchée d'une chambre de tirage ou d'une boîte de raccordement placée sous la chaussée.

Lorsqu'on procède à un essai en vue de vérifier s'il n'y a pas de gaz dans une chambre de tirage, on doit soulever le couvercle de la chambre suffisamment pour permettre d'introduire l'indicateur dans la chambre jusqu'à un point situé à mi-chemin entre le toit et le plancher, l'indicateur étant soutenu par une ficelle ou par un fil fixé à la poignée.



Figures 1 et 2

Indicateur d'oxyde de carbone à chloro-palladate de sodium.  
1 à 5: pièces constitutives.

Lorsqu'on effectue un essai dans une boîte de raccordement placée sous la chaussée, on doit disposer l'indicateur à l'entrée de la conduite reliant la boîte de raccordement au réseau principal des conduites souterraines.

On n'a pas besoin, pour effectuer cet essai, de retarder l'exécution de tout autre travail qui ne nécessite pas l'emploi d'une flamme. On doit traiter de la même manière les boîtes de raccordement et de jonction enterrées.

L'essai doit être conduit de la manière suivante: une petite quantité de solution de réactif est placée sur le papier d'épreuve, en pressant légèrement l'ouverture de la fiole contenant cette solution au centre de la partie découverte du papier d'épreuve dans le trou du couvercle placé entre les boutons colorés. Il faut mettre ainsi juste la quantité de liquide suffisante pour imbiber complètement toute la partie visible du papier d'épreuve, mais pas plus. L'appareil est alors prêt à être employé et il doit être exposé pendant cinq minutes dans l'atmosphère à étudier. L'essai doit être fait immédiatement après que le papier d'épreuve a été imbibé avec la solution de réactif. Si l'on a laissé le papier devenir sec avant l'exposition, il n'indiquera plus la présence de gaz.

Après une exposition de cinq minutes, on doit retirer l'indicateur et comparer la teinte du papier d'épreuve à celle des boutons colorés placés de part et d'autre sur le couvercle.

Le couvercle lui-même a la couleur que doit conserver le papier d'épreuve, s'il n'y a aucun gaz contenant de l'oxyde de carbone: d'autre part, il n'y a aucun danger à travailler dans la chambre de tirage ou dans la boîte de raccordement tant que le papier d'épreuve ne devient pas plus foncé que le plus clair des deux boutons du couvercle de l'indicateur. Si le papier d'épreuve prend une teinte intermédiaire entre celles du bouton clair et du bouton foncé du couvercle, on peut travailler sans danger pendant des périodes de deux heures consécutives chaque fois, mais à condition de renouveler l'essai de temps en temps, par exemple à chaque demi-heure. Si le papier d'épreuve prend une teinte plus foncée que le bouton le plus foncé du couvercle, l'atmosphère est dangereuse et il y a risque d'explosion. En pareil cas, l'ingénieur surveillant et aussi la police doivent être avisés. Dans de telles conditions, aucun travail ne doit être entrepris; et s'il s'agit d'une chambre de tirage, on ne doit pas pénétrer dans la chambre avant d'avoir bien ventilé cette chambre ainsi que les chambres de tirage et les boîtes de raccordement adjacentes et sans avoir vérifié par de nouveaux essais que ces chambres et boîtes ne contenaient plus de gaz.

Quand on reprend ensuite le travail, il faut renouveler, à des intervalles ne dépassant pas une demi-heure, les essais précédents au moyen de l'indicateur jusqu'à ce que six essais consécutifs aient indiqué chaque fois qu'il y avait sécurité.

#### ANNEXE 4

##### Ventilation statique des chambres de tirage des câbles téléphoniques souterrains

(Note transmise par l'Administration française des téléphones)

Les dispositifs de ventilation initialement utilisés comportaient deux orifices munis de grilles établies à la surface du sol et communiquant par des tuyaux aboutissant, pour un orifice à la partie supérieure de la chambre, et pour l'autre orifice à la partie inférieure de la chambre. Le débouché des tuyaux de ventilation dans la chambre avait lieu à chacune des extrémités de l'une des plus grandes diagonales du parallépipède formé par les parois intérieures de la chambre, d'où le nom de « ventilation diagonale » donné quelquefois à ce dispositif.

On admettait *a priori* la théorie suivante, à première vue satisfaisante, pour le fonctionnement de ce dispositif. En cas de fuite de gaz dans la chambre, le mélange gazeux, plus léger que l'air (« effet de densité ») s'évacuait par l'orifice supérieur, tandis que l'air frais plus lourd arrivait par l'orifice inférieur. L'atmosphère de la chambre se trouvait assainie par un courant d'air circulant dans sa plus grande diagonale. La ventilation résultant de l'effet de densité pouvait, lorsque la température extérieure se trouvait inférieure à la température de la chambre, se trouver accélérée par l'« effet de température ». On supposait évidemment d'une façon implicite, dans ces raisonnements, l'existence d'un « vent nul » à la surface du sol, ou un effet égal du vent extérieur sur chacune des grilles.

L'expérience montrait que les chambres souterraines qui étaient munies de ces dispositifs étaient plus sèches et moins sujettes à la condensation que les chambres ordinaires.

En 1930, l'Administration française des téléphones fit entreprendre des études systématiques sur la ventilation des galeries souterraines, et ces études portèrent également sur les chambres souterraines des câbles téléphoniques, en se plaçant dans des conditions d'expérimentation aussi voisines que possible des conditions de la pratique (une chambre souterraine d'expérience aux dimensions du type courant fut construite spécialement pour ces études et on y effectua l'expérimentation avec des fuites de gaz réelles).

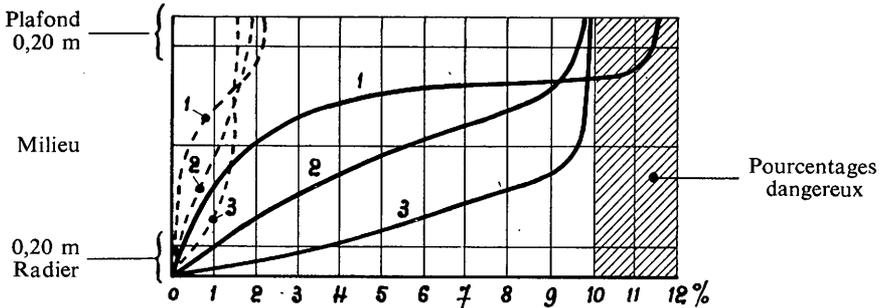


Figure 1

Courbes indiquant les proportions de gaz dans l'atmosphère de la chambre, dans le cas d'un vent nul (l'effet de densité assurant seul la ventilation)

*Section de ventilation: 640 cm<sup>2</sup>.*

*Courbes en pointillé: fuites de 1000 à 1200 litres à l'heure.*

*Courbes en trait plein: fuites de 4000 à 4500 litres à l'heure.*

*Courbes 1: fuites à 20 cm du plafond.*

*Courbes 2: fuites au milieu de la hauteur.*

*Courbes 3: fuites à 20 cm du radier.*

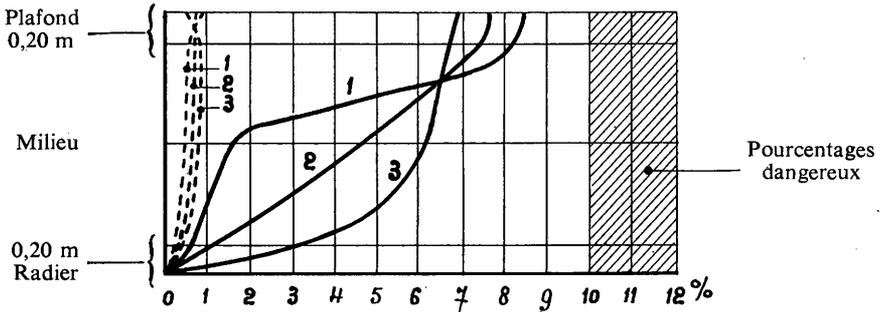


Figure 2

Courbes indiquant les proportions de gaz dans l'atmosphère de la chambre, dans le cas d'un vent nul (l'effet de densité assurant seul la ventilation)

*Section de ventilation: 240 cm<sup>2</sup>.*

*Courbes en pointillé: fuites de 1000 à 1200 litres à l'heure.*

*Courbes en trait plein: fuites de 4000 à 4500 litres à l'heure.*

*Courbes 1: fuites à 20 cm du plafond.*

*Courbes 2: fuites au milieu de la hauteur.*

*Courbes 3: fuites à 20 cm du radier.*

Lors des recherches entreprises, les statistiques étudiées ont montré que:

1° Pendant 123 jours de l'année, la température extérieure est inférieure à 12°C, température sensiblement constante des chambres souterraines; il y a ventilation continue;

2° Pendant 110 jours de l'année, la température ne descend pas au-dessous de 12°C; il n'y a aucune ventilation à espérer;

3° Enfin restent 132 jours de l'année, pendant lesquels une faible ventilation se produira pendant les quelques heures où la température ambiante descendra au-dessous de 12°C.

Mais la ventilation due à cet « effet de température » est normalement extrêmement faible et ne devient un peu sensible que dans le cas de fortes différences de température. C'est ainsi que, dans le cas de fortes gelées par temps calme, on distingue très nettement, sur les chambres munies du dispositif de ventilation diagonale, l'orifice de sortie de l'air de la chambre: cet orifice apparaît humide, alors que l'autre orifice et le trottoir sont couverts de glace ou de givre.

Les calculs effectués ont fait ressortir les faibles pressions mises en jeu dans le cas de fuites de gaz par « effet de densité » pour provoquer la ventilation dans le cas de teneurs moyennes inférieures ou égales à la limite inférieure d'inflammabilité. La ventilation, par temps calme, résultant de l'« effet de densité » dans les chambres munies du dispositif de ventilation diagonale est cependant d'une efficacité très appréciable, ainsi qu'il résulte des courbes reproduites par les figures 1 et 2, puisqu'une chambre munie du dispositif avec ouverture de 6,4 dm<sup>2</sup> évacue, en régime permanent, des fuites de 4000 à 4500 litres à l'heure sans que l'atmosphère en aucun point atteigne la teneur limite inférieure d'inflammabilité.

La ventilation résultant de l'« effet de densité » se trouve toutefois profondément modifiée par l'effet du vent sur les grilles. Les expériences effectuées ont attiré tout particulièrement l'attention sur ce point. L'« effet de pression » dû au vent est apparu, d'une façon générale, comme beaucoup plus important que l'« effet de densité ». Cet effet serait théoriquement nul si les grilles étaient systématiquement placées dans le lit du vent. Il n'en est pour ainsi dire jamais ainsi dans la pratique: des dyssymétries existent toujours (positions différentes des grilles, immeubles, arbres, longueurs différentes des tuyaux, etc.). L'effet de pression dû au vent peut, suivant le sens du vent, soit accélérer, soit contrarier l'effet de densité. Dans ce dernier cas, dans les chambres munies du dispositif de « ventilation diagonale » l'air frais entre par l'orifice supérieur et les gaz légers s'évacuent par l'orifice inférieur. Ce sens de circulation des gaz est moins favorable que le sens normal, car il apparaît comme préférable d'évacuer tout d'abord le mélange le plus concentré réparti sous le plafond au lieu de le diluer tout d'abord dans tout le volume de la chambre avant de l'évacuer, ce qui peut présenter un certain danger.

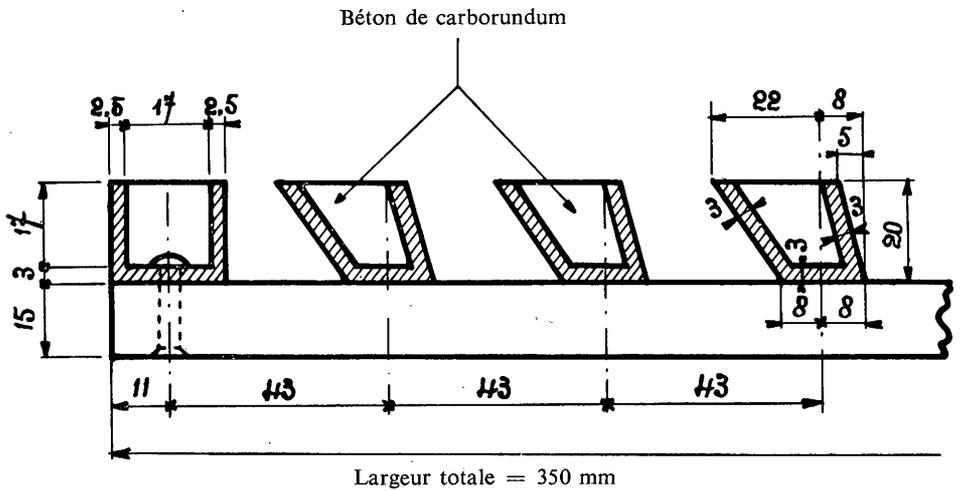
Les expériences effectuées en chambre close ont montré, en effet, que, dans le cas d'une fuite de gaz à l'intérieur de la chambre, un mélange de teneur plus élevée que la moyenne et par conséquent plus dangereux se formait tout d'abord à la partie supérieure de la chambre, sous le plafond. Toutes choses égales, la teneur initiale du mélange sous le plafond était d'autant plus élevée que la fuite était plus voisine du plafond. Le pourcentage en chaque point dans l'atmosphère de la chambre s'uniformisait ensuite en plusieurs heures, conformément à la loi sur le mélange des gaz. Il résulte de ces observations qu'il importe surtout, au point de vue de la sécurité, d'évacuer les gaz de la partie supérieure des chambres.

Ces considérations ont montré l'intérêt qu'il y avait à tirer parti de l'effet du vent pour ventiler spécialement la partie supérieure des chambres.

Au lieu de rechercher la symétrie des grilles dans le lit du vent, on a été amené à rechercher et à créer la dyssymétrie des grilles vis-à-vis du vent. Au lieu de faire déboucher les tuyaux à des hauteurs différentes, on a été amené à conseiller de les faire déboucher tous deux à la partie supérieure de la chambre de manière à assurer l'évacuation des gaz les plus dangereux qui se concentrent sous le plafond.

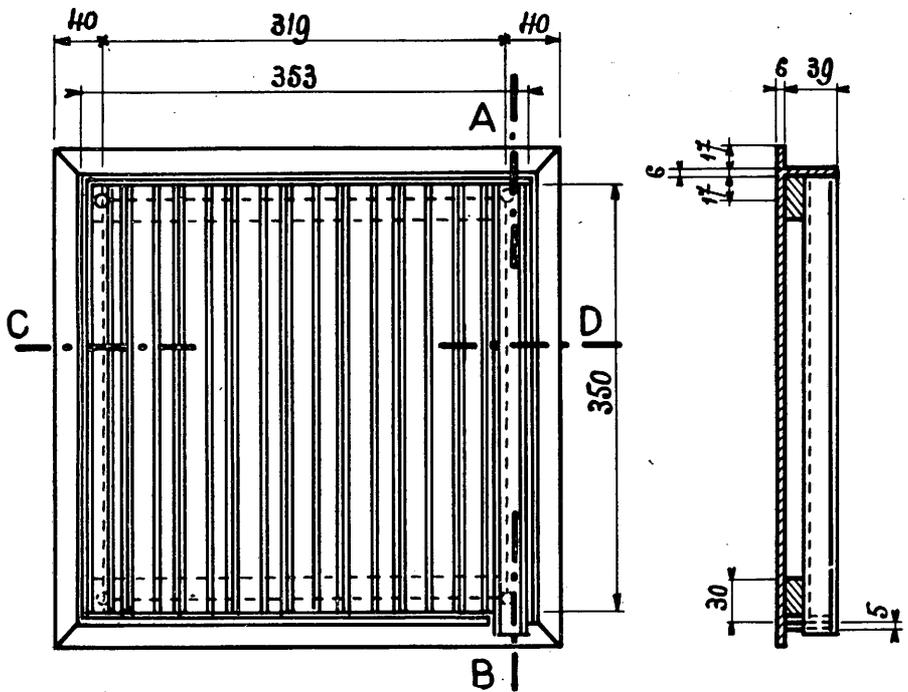
La dyssymétrie des grilles peut, par exemple, être créée pour les chambres de carrefour en plaçant les grilles le long des deux façades des immeubles d'angle; ce procédé est évidemment d'un emploi exceptionnel. On a envisagé d'incliner légèrement les grilles l'une vers l'autre ou en sens inverse; ce procédé n'est malheureusement pas possible sur les trottoirs plans. C'est alors que fut imaginé l'emploi de grilles à barreaux inclinés, qu'on a appelées « pièges à vent ». Le principe de ces grilles, qui sont disposées deux à deux de manière à présenter au vent leurs barreaux inclinés en sens inverse, permet le captage, dans

GRILLE DE VENTILATION A BARREAUX INCLINÉS DITE « PIÈGE A VENT »  
(Premier modèle)



Coupe transversale de la grille, suivant CD  
(grandeur naturelle)

(Cotes en millimètres)

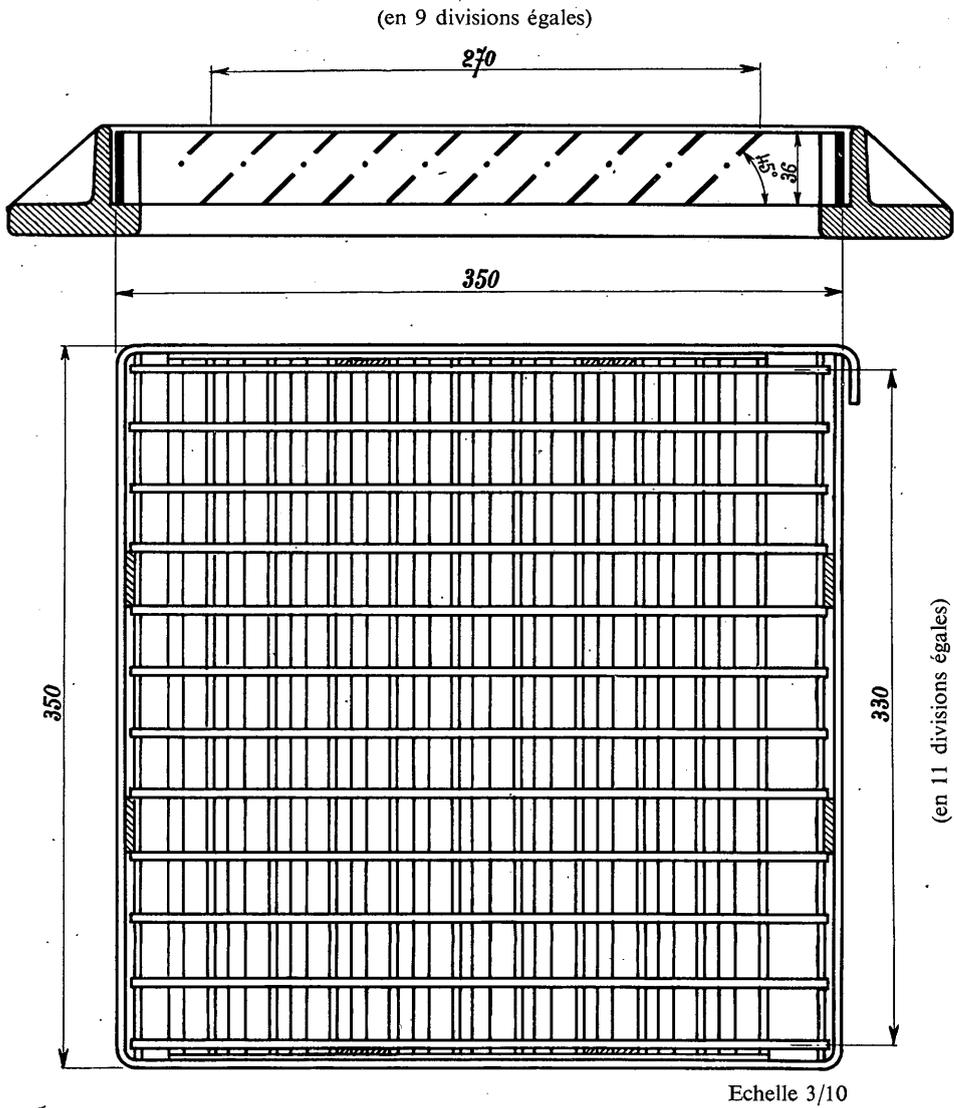


Plan de la grille dans son cadre  
(Echelle 1/4)

Coupe suivant AB  
(Echelle 1/4)

Figure 3

GRILLE DE VENTILATION A BARREAUX INCLINÉS DITE « PIÈGE A VENT »  
(modèle actuellement utilisé)



(Cotes en millimètres)

Figure 4

les tuyaux de ventilation, d'un vent dérivé dont la vitesse peut atteindre une fraction importante de celle du vent au sol allant jusqu'à 30 %.

Le modèle actuellement utilisé donne satisfaction en ce qui concerne l'encrassement de la grille et les risques de dérapage au passage sur la grille. La grande section qu'il offre à l'écoulement des gaz permet de se contenter de tuyaux de ventilation de 30 cm de diamètre intérieur.

C'est avec ces dispositifs que sont réalisées, en France, les ventilations les plus récemment établies sur chambres souterraines.

*Conclusions.* — Les dispositifs de ventilation statique à deux orifices \* munis de grilles à barreaux inclinés et de tuyaux de ventilation aboutissant directement sous le plafond des chambres et présentant un diamètre suffisant (20 à 30 centimètres) apparaissent comme d'une efficacité très réelle pour l'évacuation des mélanges de gaz dangereux \*\*. Ils contribuent, d'autre part, à l'assèchement de la chambre lorsque cette dernière est d'une construction étanche et ne reçoit pas directement d'eau d'infiltration par la conduite ou le tampon du regard d'accès, mais simplement de l'humidité par porosité du béton.

Ils ne sont pas cependant d'un emploi absolument général. Sous chaussée, la faible résistance des grilles et l'encrassement des grilles et puisards rendent très difficile leur application. Il en est de même sous trottoir sablé, par suite de l'encrassement des grilles et puisards et des difficultés d'entretien. Par contre, ils conviennent parfaitement dans le cas de trottoirs couverts par un revêtement (câbles dans les villes).

L'emploi des dispositifs de ventilation statique, quoique apportant un complément de sécurité important, ne doit dispenser aucunement, pour les chambres qui en sont munies, de l'application des mesures de sécurité réglementaires pour l'exécution des travaux souterrains et des surveillances et contrôles périodiques de l'état des ouvrages.

En particulier, la ventilation artificielle qu'ils créent n'est pas assez importante pour permettre le travail normal de plusieurs agents simultanément dans la chambre, si celle-ci ne comporte pas d'autre ouverture (trappe d'accès). Pour les éléments de galerie, même de faible longueur, il est indispensable de prévoir des grilles de ventilation de plus large surface (au moins 70 cm × 70 cm).

---

\* Les dispositifs à un seul orifice sont absolument inefficaces et leur emploi doit en conséquence être condamné.

\*\* Pendant 230 jours de l'année, où l'on peut compter sur un vent de 2,50 m à la seconde, le dispositif est susceptible d'évacuer les produits d'une fuite atteignant jusqu'à 11 mètres cubes à l'heure sans que la teneur de l'atmosphère de la chambre atteigne la limite inférieure d'inflammabilité. Pendant les autres jours de l'année on peut encore compter sur une efficacité satisfaisante, due à l'effet de vent, à l'effet de densité et à l'effet de température.

**INDEX ALPHABÉTIQUE**  
**DU TOME II DU LIVRE VERT 1954 DU C.C.I.F.**

---

	Pages
<i>Amorçage :</i>	
Tension d'amorçage d'un parafoudre . . . . .	11
<i>Azote :</i>	
Emploi exclusif de l'azote aux USA pour la maintenance sous pression des câbles . . . . .	73
<i>Bobines de couplage</i> entre parafoudres ( <i>bobines d'égalisation</i> ) . . . . .	70
<i>Bobines thermiques :</i>	
Caractéristiques principales . . . . .	11
<i>Câbles :</i>	
Choix du tracé pour éviter les dégâts dus à la foudre . . . . .	98
Constitution des enveloppes des câbles téléphoniques . . . . .	34
Construction du câble pour la protection contre la foudre . . . . .	99
<i>Capacité calorifique</i> d'un fusible . . . . .	10
<i>Carbone (oxyde de):</i>	
Indicateur d'oxyde de carbone à chlorure de palladium . . . . .	101, 102, 109
Présence d'oxyde de carbone dans le gaz d'éclairage . . . . .	101
<i>Carbonique (anhydride):</i>	
Dispositifs décelant la présence d'anhydride carbonique . . . . .	101
<i>Chambres de tirage (des câbles):</i>	
Dispositifs pour déceler la présence de gaz toxiques dans les chambres de tirage . . . . .	101
Eclairage des chambres pendant les travaux . . . . .	103
Surveillance des chambres de tirage . . . . .	102
Ventilation des chambres de tirage . . . . .	103, 111
<i>Chocs acoustiques :</i>	
Dispositifs de protection contre les chocs acoustiques . . . . .	17
<i>Corrosion :</i>	
Corrosion . . . . .	29
Corrosion électrolytique: protection des câbles téléphoniques . . . . .	29, 30
<i>Courant :</i>	
Courants porteurs: Raccordement, à une ligne du réseau téléphonique public, d'une liaison téléphonique par courants porteurs de haute fréquence sur une ligne à haute tension . . . . .	7
Courant de traction électrique (effets d'électrolyse) . . . . .	29
<i>Courants vagabonds:</i>	
Gêne apportée aux mesures d'isolement par les courants vagabonds . . . . .	95
Protection contre les courants vagabonds . . . . .	29

	Pages
<i>Courbes caractéristiques :</i>	
Courbe caractéristique de fonctionnement:	
— d'une bobine thermique . . . . .	11
— d'un fusible . . . . .	9
Courbe caractéristique du réseau filtrant du psophomètre pour circuits téléphoniques commerciaux . . . . .	16
<i>Décharges atmosphériques :</i>	
Dispositifs de protection contre les décharges atmosphériques utilisés dans divers pays . . . . .	9, 35
<i>Défauts, dégâts, dérangements, détériorations :</i>	
Dégâts dus à la foudre sur les câbles de télécommunication . . . . .	98
Dispositifs avertissant de la naissance d'un défaut d'isolement . . . . .	88
Emploi de gaz sous pression dans les câbles, avec dispositifs d'alarme pour prévenir d'un dérangement . . . . .	72
<i>Directives :</i>	
Modifications aux « Directives » . . . . .	18, 21, 22, 26
<i>Dispositifs de protection :</i>	
Dispositifs de protection contre les chocs acoustiques . . . . .	17
Description des différents types de dispositifs de protection . . . . .	60
Tableau des dispositifs de protection employés dans divers pays . . . . .	9, 35
<i>Dommages (voir: Défauts, etc.)</i>	
<i>Dyssymétrie :</i>	
Dyssymétries d'un circuit, entrant en jeu à cause d'une mise à la terre . . . . .	5
<i>Elasticité des enveloppes de câbles . . . . .</i>	34
<i>Enveloppe (d'un câble):</i>	
Constitution des enveloppes des câbles téléphoniques . . . . .	34
<i>Foudre :</i>	
Mesures de protection contre les coups de foudrè . . . . .	98
<i>Force électromotrice longitudinale induite :</i>	
Limitation générale à 430 volts . . . . .	19
<i>Fusibles :</i>	
Caractéristiques générales . . . . .	9
<i>Gaz :</i>	
Gaz sous pression pour la maintenance des câbles de télécommunication . . . . .	72
Gaz traceur : emploi pour la localisation des défauts . . . . .	84
Gaz inflammables dans les chambres de tirage . . . . .	100
Gaz toxiques dans les chambres de tirage . . . . .	100
Gaz d'éclairage dans les chambres de tirage . . . . .	101, 107
Détection de gaz d'éclairage au moyen de l'osmomètre . . . . .	101, 107
<i>Grisou :</i>	
Présence de grisou dans les chambres de tirage des câbles . . . . .	101
<i>Inductance mutuelle :</i>	
Calcul dans le cas de deux lignes avec retour par la terre . . . . .	22
<i>Influence électrique :</i>	
Evaluation des risques de danger dus à l'influence électrique . . . . .	26

	Pages
<i>Isokéraunique :</i>	
Courbes isokérauniques donnant le nombre de jours d'orage par an . . . . .	98
<i>Isolement :</i>	
Défauts d'isolement sur un câble, dus à un coup de foudre . . . . .	98
Dispositifs de vérification permanente de l'isolement . . . . .	88
<i>Lignes à grande sécurité de service :</i>	
Augmentation de la limite de 430 volts . . . . .	19
Caractéristiques des lignes à grande sécurité de service . . . . .	20
<i>Liaisons :</i>	
Liaisons téléphoniques associées à des installations à haute tension (raccordement au réseau téléphonique public) . . . . .	6
<i>Maintenance :</i>	
Dispositifs facilitant la maintenance des lignes de télécommunication . . . . .	72
<i>Mise à la terre :</i>	
Mise à la terre d'une ligne téléphonique à grande distance en câble ou d'une installation reliée à une telle ligne . . . . .	5
Mise à la terre des dispositifs de couplage entre une ligne téléphonique du réseau public et:	
une ligne téléphonique établie sur les appuis d'une ligne à haute tension . . . . .	7
une liaison téléphonique par courants porteurs sur une ligne à haute tension . . . . .	7
Relais de mise à la terre associés à des parafoudres ou à des tubes à décharge . . . . .	61
<i>Organes de protection :</i>	
Caractéristiques principales . . . . .	8, 9
Réduction du nombre des organes de protection . . . . .	8
<i>Osmomètre . . . . .</i>	107
<i>Parafoudres :</i>	
Caractéristiques principales . . . . .	10
<i>Poids :</i>	
Tableau des poids pour le réseau filtrant du psophomètre pour circuits téléphoniques commerciaux . . . . .	14
— Courbe correspondante . . . . .	16
<i>Pression :</i>	
Emploi de gaz sous pression dans les câbles de télécommunication pour faciliter leur maintenance . . . . .	72
<i>Protection :</i>	
Avis du CCIF relatifs à la protection	
— des lignes téléphoniques contre les perturbations . . . . .	5
— des câbles téléphoniques contre la corrosion . . . . .	29
Foudre (protection contre la):	
Mesures de protection . . . . .	98
Organes de protection:	
Caractéristiques principales . . . . .	8, 9
Principe de protection . . . . .	8
Tableau des dispositifs de protection employés dans divers pays . . . . .	9, 35
<i>Psophomètre :</i>	
Psophomètre pour circuits téléphoniques commerciaux . . . . .	12

	Pages
<i>Rapprochements entre lignes de télécommunication et lignes industrielles :</i>	
Détermination des conditions admissibles . . . . .	18
Calcul de l'inductance mutuelle pour un tronçon de rapprochement oblique . . . . .	23
<i>Recommandations :</i>	
Recommandations concernant la protection des câbles souterrains contre la corrosion . . . . .	31, 32
Recommandations pour la protection des câbles souterrains contre l'action des courants vagabonds (électrolyse) provenant des installations de traction électrique . . . . .	29, 30
<i>Relais de mise à la terre</i> associés à des parafoudres ou des tubes à décharge . . . . .	61
<i>Symétrie</i> d'un circuit mis à la terre . . . . .	5
<i>Tension :</i>	
— d'amorçage d'un parafoudre . . . . .	11
— de claquage entre conducteurs d'un câble . . . . .	6
— sous laquelle une bobine thermique peut couper le courant . . . . .	11
— sous laquelle un fusible peut couper le courant . . . . .	10
— qui peut se manifester sur une ligne téléphonique du réseau public raccordée à une liaison téléphonique associée à une installation à haute tension . . . . .	7
— perturbatrice équivalente . . . . .	21
Haute tension : raccordement au réseau téléphonique public de liaisons téléphoniques associées à des installations à haute tension . . . . .	6
<i>Terre :</i>	
Liaison avec la terre des dispositifs de couplage entre une ligne téléphonique du réseau public et :	
une ligne téléphonique établie sur les appuis d'une ligne à haute tension . . . . .	7
une liaison téléphonique par courants porteurs sur une ligne à haute tension . . . . .	7
Mise à la terre d'une ligne téléphonique à grande distance en câble ou d'une installation reliée à une telle ligne . . . . .	5
<i>Traction électrique :</i>	
Electrolyse due au retour des courants de traction électrique . . . . .	31
<i>Transformateurs-neutralisateurs</i> . . . . .	65
<i>Transformateurs-séparateurs</i> . . . . .	64
<i>Tubes à décharge</i> . . . . .	60
<i>Ventilation :</i>	
Ventilation des chambres de tirage avant et pendant les travaux . . . . .	104
Ventilation statique des chambres de tirage . . . . .	104, 111

