



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 TÉLÉGRAPHIQUE  
ET TÉLÉPHONIQUE  
(C.C.I.T.T.)

---

# IV<sup>e</sup> ASSEMBLÉE PLÉNIÈRE

MAR DEL PLATA, 23 SEPTEMBRE - 25 OCTOBRE 1968

---

## LIVRE BLANC TOME IX

---

### Protection

Publié par  
L'UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

1969



COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL TÉLÉGRAPHIQUE  
ET TÉLÉPHONIQUE  
(C.C.I.T.T.)

---

# IV<sup>e</sup> ASSEMBLÉE PLÉNIÈRE

MAR DEL PLATA, 23 SEPTEMBRE - 25 OCTOBRE 1968

---

## LIVRE BLANC TOME IX

---

### Protection

1<sup>re</sup> Partie — Avis (Série K) et Questions concernant la protection  
contre les perturbations

2<sup>e</sup> Partie — Avis (Série L) et Questions concernant la protection  
des enveloppes de câble et des poteaux

Publié par  
L'UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS  
1969



**CONTENU DES LIVRES DU C.C.I.T.T. EN VIGUEUR  
APRÈS LA QUATRIÈME ASSEMBLÉE PLÉNIÈRE (1968)**

**(LIVRE BLANC)**

- Tome I** — Procès-verbaux et rapports de la IV<sup>e</sup> Assemblée plénière du C.C.I.T.T.  
— Résolutions et vœux émis par le C.C.I.T.T.  
— Tableau général des Commissions et des Groupes de travail pour la période 1968-1972.  
— Tableau récapitulatif des questions à l'étude pendant la période 1968-1972.  
— Texte des Avis (série A) relatifs à l'organisation des travaux du C.C.I.T.T.  
— Texte des Avis (série B) et des Questions (Commission VII) relatifs aux moyens d'expression.
- Tome II.A** — Avis (série D) et Questions (Commission III) relatifs à la location des circuits.  
— Avis (série E) et Questions (Commission II) relatifs à l'exploitation et la tarification téléphoniques.
- Tome II.B** — Avis (série F) et Questions (Commission I) relatifs à l'exploitation et la tarification télégraphiques.
- Tome III** — Avis (séries G, H, J) et Questions (Commissions XV, XVI, C et D) relatifs à la transmission sur les lignes.
- Tome IV** — Avis (séries M et N) et Questions (Commission IV) relatifs à la maintenance des lignes, des circuits et des chaînes de circuits internationaux.
- Tome V** — Avis (série P) et Questions (Commission XII) relatifs à la qualité de la transmission téléphonique et aux appareils téléphoniques.
- Tome VI** — Avis (série Q) et Questions (Commissions XI et XIII) relatifs à la signalisation et à la commutation téléphoniques.
- Tome VII** — Avis (séries R, S, T, U) et Questions (Commissions VIII, IX, X, XIV) relatifs à la technique télégraphique.
- Tome VIII** — Avis (série V) et Questions (Commission A) relatifs aux transmissions de données.
- Tome IX** — Avis (série K) et Questions (Commission V) relatifs à la protection contre les perturbations.  
— Avis (série L) et Questions (Commission VI) relatifs à la protection des enveloppes de câbles et des poteaux.

Chaque tome contient, pour son domaine et s'il y a lieu, les extraits des contributions reçues qu'il a été reconnu utile de publier en raison de leur intérêt.

## TABLE DES MATIÈRES

### 1<sup>re</sup> Partie — Avis (Série K) et Questions concernant la protection contre les perturbations

Avis

- K.1 Mise à la terre d'un circuit téléphonique à fréquences vocales en câble
- K.2 Protection des systèmes de téléalimentation des répéteurs contre les perturbations dues aux lignes électriques voisines
- K.3 Troubles provoqués par des signaux à fréquence vocale injectés dans un réseau de distribution d'énergie
- K.4 Perturbations causées à la signalisation
- K.5 Emploi conjoint de poteaux pour les télécommunications et pour la distribution d'électricité
- K.6 Précautions à prendre aux croisements
- K.7 Dispositifs de protection contre les chocs acoustiques
- K.8 Séparation dans le sol des installations de transport d'énergie
- K.9 Protection du personnel et des installations de télécommunication contre un gradient de potentiel élevé dans le sol, dû à une ligne de traction électrique voisine
- K.10 Dissymétrie des installations de télécommunication

Questions confiées à la Commission d'études V — Tableau récapitulatif  
— Libellés

### 2<sup>e</sup> Partie — Avis (Série L) et Questions concernant la protection des enveloppes de câble et des poteaux

- L.1 Protection contre la corrosion
- L.2 Imprégnation des poteaux en bois
- L.3 Armure des câbles

Questions confiées à la Commission d'études VI — Tableau récapitulatif  
— Libellés

**PREMIÈRE PARTIE**

**AVIS (SÉRIE K) ET QUESTIONS CONCERNANT  
LA PROTECTION CONTRE LES PERTURBATIONS**

## AVIS DE LA SÉRIE K

### Protection contre les perturbations<sup>1</sup>

AVIS K.1 (New Delhi, 1960)

#### MISE A LA TERRE D'UN CIRCUIT TÉLÉPHONIQUE A FRÉQUENCES VOCALES EN CÂBLE

##### *Introduction*

En l'état actuel de la technique, on est arrivé à construire les câbles de telle façon que les capacités des divers circuits à fréquences vocales par rapport à l'enveloppe soient très exactement équilibrées.

Cet équilibrage des capacités suffit lorsqu'il s'agit de circuits dépourvus de toute mise dissymétrique à la terre.

En revanche, chaque mise à la terre, même avec une symétrie apparente, risque de faire entrer en jeu les dissymétries d'inductance et de résistance de chacun des circuits sur lesquels on effectue cette mise à la terre.

La résistance à la rupture diélectrique entre les conducteurs d'un câble est notablement plus petite que celle qui existe entre ces conducteurs et l'enveloppe, et, 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.

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.

*Pour ces motifs, le C.C.I.T.T. émet, à l'unanimité, l'avis suivant :*

Il est recommandable de n'effectuer sur un circuit à fréquences vocales aucune mise à la terre en un point quelconque, sauf si tous les enroulements de ligne des transformateurs sont reliés en permanence à l'enveloppe par des connexions de faible résistance à l'une des extrémités du câble ou à ses deux extrémités.

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.

Si toutefois, pour des raisons spéciales, on est amené à effectuer la mise à la terre d'une installation directement reliée à des circuits à fréquences vocales, 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 du circuit 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

---

<sup>1</sup> Voir également les *Directives concernant la protection des lignes de télécommunication contre les actions nuisibles des lignes électriques.*

## PROTECTION CONTRE LES PERTURBATIONS

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 C.C.I.T.T. au sujet des conditions de coexistence de la téléphonie et de la télégraphie (Avis de la série H, tome III, du *Livre Blanc*).

### AVIS K.2 (New Delhi, 1960)

#### PROTECTION DES SYSTÈMES DE TÉLÉALIMENTATION DES RÉPÉTEURS CONTRE LES PERTURBATIONS DUES AUX LIGNES ÉLECTRIQUES VOISINES

Afin d'éviter que le fonctionnement de la téléalimentation des répéteurs soit perturbé soit par l'induction magnétique d'une ligne électrique voisine, soit par suite d'un couplage galvanique avec une ligne électrique voisine, le C.C.I.T.T. recommande que, chaque fois qu'il est possible, le système de téléalimentation des répéteurs soit établi de sorte que le circuit dans lequel circulent les courants de téléalimentation, compte tenu des organes qui lui sont connectés, reste symétrique par rapport à l'enveloppe et à la terre.

### AVIS K.3 (New Delhi, 1960)

#### TROUBLES PROVOQUÉS PAR DES SIGNAUX A FRÉQUENCE VOCALE INJECTÉS DANS UN RÉSEAU DE DISTRIBUTION D'ÉNERGIE

Dans le cas où les services de distribution d'énergie électrique ont recours à l'injection de signaux à fréquences vocales dans le réseau de distribution d'énergie pour l'exploitation de systèmes de télécommande, ces signaux peuvent provoquer des troubles sur des lignes de télécommunication voisines.

Le calcul de ces troubles peut s'effectuer par application des formules des *Directives*, en déterminant la valeur des tensions perturbatrices équivalentes et des courants perturbateurs équivalents de ces signaux à fréquences vocales.

### AVIS K.4 (Genève, 1964)

#### PERTURBATIONS CAUSÉES A LA SIGNALISATION

Pour diminuer les perturbations causées à la signalisation à courant continu ou à courant alternatif à fréquence industrielle sur des lignes de télécommunication en fils aériens, en câbles aériens ou souterrains ou sur des lignes mixtes, par suite du voisinage de lignes électriques à courant continu ou à courant alternatif, il convient d'examiner la possibilité d'adopter l'une ou plusieurs des méthodes suivantes dans tous les cas où il apparaît que

des perturbations de ce genre sont susceptibles de se produire ou dans tous les cas où elles ont déjà été observées :

- étude et application de systèmes : a) où en toutes circonstances on conserve la symétrie<sup>1</sup> du circuit de signalisation par rapport à la terre, même pendant les opérations de commutation ; b) qui, tout en étant symétriques, ne sont pas sensibles aux perturbations dues aux courants longitudinaux favorisés par les mises à la terre, directes ou non.
- choix de l'emplacement des prises de terre des centraux téléphoniques de façon à les éloigner en particulier du voisinage des lignes de traction électriques, ainsi que des électrodes de mise à la terre d'énergie électrique.
- adoption de dispositions réduisant les courants induits (emploi de câbles téléphoniques à faible facteur réducteur, de transformateurs-suceurs sur les lignes à traction monophasée, etc.) qui facilitent l'utilisation des systèmes de signalisation existants.
- emploi de transformateurs-neutralisateurs pour compenser sur les circuits de télécommunication les courants produits par les tensions induites.
- emploi de circuits accordés pour assurer une impédance élevée aux fréquences du courant perturbateur.

*Remarque.* — Les *Directives concernant la protection des lignes de télécommunication contre les actions nuisibles des lignes électriques* mentionnent une limite de 60 V pour la tension induite dans les lignes de télécommunication. Cette limite concerne exclusivement la sécurité du personnel et ne doit pas être considérée comme ayant pour but de garantir qu'il ne se produira aucune perturbation dans les systèmes de signalisation. Dans le cas de systèmes de signalisation dissymétriques par rapport à la terre, de telles perturbations peuvent être provoquées par des tensions beaucoup plus faibles, ainsi qu'il est indiqué dans les *Directives* (édition 1963, chapitre V, section 3, n° 45).

AVIS K.5 (Genève, 1964)

## EMPLOI CONJOINT DE POTEAUX POUR LES TÉLÉCOMMUNICATIONS ET POUR LA DISTRIBUTION D'ÉLECTRICITÉ

Les administrations des télécommunications désirant adopter l'utilisation conjointe des mêmes supports pour les lignes de télécommunication en fils aériens ou en câbles et pour les lignes électriques sont invitées, lorsque les lois et règlements nationaux permettent de telles dispositions, à tenir compte des considérations générales suivantes :

1. L'emploi conjoint de poteaux par les administrations des télécommunications et les autorités de l'électricité peut assurer des avantages d'ordre économique et esthétique.
2. En cas d'application de méthodes de construction conjointes appropriées, il existe cependant un risque accru de danger par rapport aux méthodes de construction ordinaires, tant pour le personnel appelé à travailler sur les lignes de télécommunication que pour les installations de télécommunication. Il est hautement désirable de donner au personnel appelé à travailler sur ces lignes une formation spéciale, notamment si les lignes électriques sont des lignes à haute tension.
3. Il est recommandé que les dispositions des *Directives* concernant le danger, le trouble, la sécurité du personnel, soient respectées (voir les chapitres IV, V et XX des *Directives*, édition 1963).

<sup>1</sup> Voir le chapitre XVI des *Directives*, édition 1963.

4. Il est désirable que des accords spéciaux soient conclus entre l'administration des télécommunications et les autorités de l'électricité intéressées à l'utilisation conjointe des mêmes poteaux, afin de définir leurs responsabilités respectives.

5. Dans le cas de coexistence sur de courtes sections (par exemple, de l'ordre de 1 km) il peut le plus souvent suffire de prendre quelques précautions simples pour que les perturbations provoquées par l'induction magnétique ou l'influence électrique soient tolérables.

AVIS K.6 (Genève, 1964)

## PRÉCAUTIONS A PRENDRE AUX CROISEMENTS

### *Introduction*

Les croisements entre lignes de télécommunication aériennes et les lignes électriques présentent des dangers pour les personnes et pour le matériel.

Un certain nombre de dispositions sont prises par les organismes responsables dans différents pays et donnent lieu à des règles sur le plan national. Ces règles sont parfois assez diverses et l'efficacité des dispositions prises est plus ou moins bonne.

Etant donné l'état actuel de la technique et l'expérience acquise dans les différents pays, il semble maintenant possible au C.C.I.T.T. d'émettre un avis en recommandant les dispositions qui semblent les meilleures. Les différents pays pourront éventuellement s'inspirer de ces recommandations pour mettre au point ou pour réviser leurs réglementations nationales.

Il est donc recommandé que lorsqu'une ligne aérienne de télécommunication doit croiser une ligne électrique, deux méthodes peuvent être employées : soit mettre la ligne de télécommunication en câble souterrain à l'endroit du croisement, soit la laisser en aérien.

### *1. La ligne est mise en souterrain*

Cette méthode n'est pas toujours à recommander car, en cas de rupture du conducteur électrique, le câble souterrain peut se trouver dans une zone où le potentiel du sol peut atteindre une valeur élevée. Cette situation est dangereuse si le câble est muni d'une enveloppe métallique nue et le danger est d'autant plus grand que la tension de la ligne électrique est plus haute, la section en câble est plus courte et la résistivité du sol plus élevée. Cette situation dangereuse apparaît également chaque fois qu'un défaut à la terre se produit sur les pylônes voisins du câble.

Si des circonstances exigent le passage en câble de la ligne aérienne, des précautions spéciales devront être prises à l'endroit du croisement, par exemple :

- utilisation d'un revêtement isolant autour de l'enveloppe métallique du câble aux croisements ;
- utilisation d'un câble dont l'enveloppe est entièrement en matière plastique.

### *2. La ligne est maintenue en aérien*

La méthode consistant à interposer entre la ligne électrique et la ligne de télécommunication un fil de garde ou un filet ne peut être recommandée d'une façon générale.

De toute façon, et quelles que soient les circonstances, une distance verticale minimale est à respecter entre la ligne de télécommunication et la ligne électrique, conformément aux règles nationales.

Par ailleurs, un certain nombre de dispositions peuvent être mises en œuvre pour diminuer les risques de danger :

- 2.1 *Utilisation d'appuis communs* au point de croisement, sous réserve que les isolateurs de la ligne de télécommunication présentent une plus grande résistance au claquage.
- 2.2 *Isolation des conducteurs*, de préférence ceux de télécommunication, sous réserve que cette isolation soit réellement adaptée aux conditions existantes.
- 2.3 *Renforcement de la construction* de la ligne électrique dans la partie de croisement de façon à minimiser les risques de rupture.

### 3. *Circonstances dans lesquelles ces différentes dispositions (2.1, 2.2, 2.3) peuvent être appliquées*

L'application de ces méthodes dépend essentiellement de la tension de la ligne électrique. Les échelons de tension à prendre en considération ne sont pas liés à la normalisation de la Commission électrotechnique internationale (C.E.I.), compte tenu des exigences particulières du problème posé.

- 3.1 *Réseaux fonctionnant à des tensions inférieures ou égales à 600 V*  
Dispositions à prendre : 2.1 ou 2.2, ou les deux dispositions combinées.
- 3.2 *Réseaux fonctionnant à des tensions supérieures ou égales à 60 kV*  
(En particulier, les réseaux dits à « grande sécurité de service » d'après les *Directives* — édition 1963, chapitre préliminaire, section 3.2.3.)  
Disposition à prendre : 2.3, si c'est nécessaire.
- 3.3 *Réseaux à des tensions intermédiaires*

Etant donné la diversité des tensions, des caractéristiques mécaniques des lignes et des modes d'exploitation dans la gamme comprise entre 600 V et 60 kV, il n'est pas possible de donner des recommandations précises.

Toutefois, une ou plusieurs des dispositions décrites ci-dessus pourront être appliquées, certains cas particuliers exigeant un examen approfondi en collaboration étroite entre les services intéressés.

## AVIS K.7 (Genève, 1964)

### DISPOSITIFS DE PROTECTION CONTRE LES CHOCs ACOUSTIQUES

Il peut, dans des circonstances défavorables, se présenter aux bornes du récepteur d'un appareil téléphonique de hautes crêtes de tension de courte durée qui causent, à la capsule réceptrice, des pressions acoustiques si fortes que l'état de fonctionnement de l'oreille humaine et du système nerveux qui lui est relié est exposé à des dangers. De telles crêtes de tension peuvent principalement se produire lorsque les parafoudres, insérés dans les deux conducteurs d'une ligne téléphonique, ne fonctionnent pas simultanément et que, de ce fait, un courant de compensation parcourt l'appareil téléphonique. Pour cette raison, le C.C.I.T.T. a recommandé l'emploi de dispositifs de protection contre les chocs acoustiques, particulièrement dans le cas de lignes équipées de parafoudres à gaz raréfié, pour la protection contre des tensions induites trop élevées (voir chapitre I/6 des *Directives*, page 16).

Le montage du dispositif comprenant par exemple deux redresseurs connectés en parallèle, dont les sens de passage sont opposés, ou d'autres éléments semi-conducteurs, s'est manifesté comme moyen efficace et économique pour supprimer des chocs de tension de

courte durée au récepteur de l'appareil téléphonique et la mise en danger possible de l'oreille humaine en résultant. Les deux redresseurs sont, dans ce cas, connectés directement en parallèle sur le récepteur téléphonique.

Pour répondre aux conditions de construction du reste de l'équipement, permettre un contrôle rapide de la capacité de fonctionnement des dispositifs de protection contre les chocs acoustiques et ne pas porter dans une mesure inadmissible préjudice à la qualité de la transmission téléphonique, il est recommandé que ces dispositifs aient les caractéristiques suivantes :

1. Il y a intérêt que les dimensions du dispositif de protection contre les chocs acoustiques soient telles qu'il n'occupe qu'un volume restreint (et, par exemple, puisse être placé dans le boîtier d'un récepteur téléphonique de poste d'opératrice ou de poste d'abonné).

2. Ce dispositif doit être solidement réalisé. Ses caractéristiques électriques doivent demeurer inaltérées dans les conditions de température et d'humidité qui peuvent se présenter à l'endroit de son utilisation.

3. Le dispositif doit être établi en fonction des caractéristiques des récepteurs téléphoniques auxquels il doit être le plus souvent associé de sorte qu'il ne subisse aucun échauffement excessif par suite de son fonctionnement.

4. Le dispositif doit être établi de façon telle que, pendant le fonctionnement du dispositif de protection contre les surtensions sur les lignes (par exemple l'amorçage et le fonctionnement des parafoudres à gaz raréfié), l'amplitude de pression produite par le diaphragme du récepteur téléphonique ne puisse pas dépasser environ 120 dB au-dessus de  $2 \cdot 10^{-4}$  microbar à 1000 Hz.

*Remarque.* — Les essais ont montré que le dispositif de protection du type mentionné ci-dessus possède des propriétés qui permettent de réaliser sans difficulté cette condition, lorsqu'on se trouve en présence d'impulsions de surtension et non d'une surcharge de tension continue.

5. Le tableau ci-dessous indique, pour certains dispositifs de protection utilisés en liaison avec un poste téléphonique déterminé, les limites d'affaiblissement (mesuré avec un signal sinusoïdal de 800 Hz) qu'il convient de respecter pour un certain nombre de niveaux de la tension appliquée aux bornes de ce poste. On admet que l'impédance de ligne est égale à 600 ohms. Aux fins de ces mesures, le récepteur est remplacé par une résistance pure de valeur correspondante au module de l'impédance du récepteur à 800 Hz et l'affaiblissement est exprimé sous la forme du rapport des tensions (exprimées en unités de transmission) aux bornes de cette résistance en présence et en l'absence du dispositif de protection.

Niveau de tension aux bornes (Niveau de référence 0,775 V)		Affaiblissement	
décibels	népers	décibels	népers
- 17,4	- 2,0	< 0,43	< 0,05
- 8,7	- 1,0	< 0,43	< 0,05
0	0	≤ 1,7	≤ 0,2
+ 8,7	+ 1,0	> 5,2	> 0,6
+ 17,4	+ 2,0	> 10,4	> 1,2
+ 26,1	+ 3,0	> 15,6	> 1,8

Les mesures doivent être faites au moyen d'un instrument indiquant les valeurs efficaces (ou, éventuellement, des valeurs moyennes rectifiées).

Lors de l'examen d'un type nouveau de dispositif, il peut être utile d'effectuer quelques mesures analogues pour s'assurer qu'aux fréquences comprises entre 200 Hz et 4000 Hz les valeurs moyennes des affaiblissements d'insertion sont du même ordre.

6. Les administrations qui le désireraient peuvent déterminer les limites à spécifier pour les essais de réception d'un dispositif de protection qu'elles estiment approprié à leurs postes téléphoniques et qui répond aux conditions du paragraphe 5 ci-dessus, en mesurant directement l'affaiblissement d'insertion d'un échantillon de ce dispositif entre les résistances représentant le récepteur et le circuit associé de leurs combinés et en donnant les résultats de ces mesures comme valeurs limites de l'affaiblissement d'insertion mesuré entre les valeurs de résistance utilisées.

7. Il convient d'observer que les harmoniques produits pendant le fonctionnement du dispositif, d'après le paragraphe 4 ci-dessus, par la non-linéarité de la caractéristique du dispositif, peuvent contribuer à l'amplitude de pression. Cependant, des effets nuisibles provoqués par les harmoniques ne se manifestent pas lorsque les conditions appliquées du paragraphe 5 sont remplies.

AVIS K.8 (Mar del Plata, 1968)

SÉPARATION DANS LE SOL, DES INSTALLATIONS  
DE TÉLÉCOMMUNICATION ET DES INSTALLATIONS  
DE TRANSPORT D'ÉNERGIE

La valeur possible des tensions dans le sol au voisinage des câbles de télécommunication dépend d'un certain nombre de facteurs, tels que la tension du réseau électrique, l'intensité du courant de défaut, la résistivité du sol, la disposition du réseau électrique et des installations de télécommunication, enfin diverses autres particularités locales. Il n'est donc pas possible de proposer des règles générales concernant la séparation minimale à recommander. En principe, l'influence du réseau d'énergie électrique sur l'installation de télécommunication devrait être vérifiée par des essais, chaque fois que les conditions laissent supposer la possibilité de tensions excessives. Cependant, de tels essais donneraient bien souvent lieu à des travaux prohibitifs. L'expérience a montré qu'il ne se produit aucune difficulté si l'on admet une distance d'au moins 10 mètres entre l'installation de téléphonie et le socle d'un pylône, à condition que la résistivité du sol ne soit pas exagérée (quelques centaines d'ohm-mètres) et qu'aucune circonstance, connue ou soupçonnée, ne soit de nature à rendre cette séparation insuffisante. Il arrive en effet que certaines circonstances connues ou soupçonnées obligent à accroître la séparation ; c'est ainsi qu'en Suède on a dû la porter à 50 mètres dans certains cas où les paramètres du sol avaient des valeurs extrêmes.

Il peut d'un autre côté arriver qu'une séparation de 10 mètres ne soit pas nécessaire, et dans certains pays, on a constaté que, dans des cas bien déterminés, une séparation de deux mètres ou moins était suffisante (voir l'annexe suivante).

Si des conditions locales interdisent de respecter la séparation requise, on peut munir le câble de télécommunication d'une isolation appropriée pendant son passage dans la zone où la tension dans le sol risque d'être excessive (par exemple en le plaçant dans une conduite ou en le munissant d'un revêtement isolant).

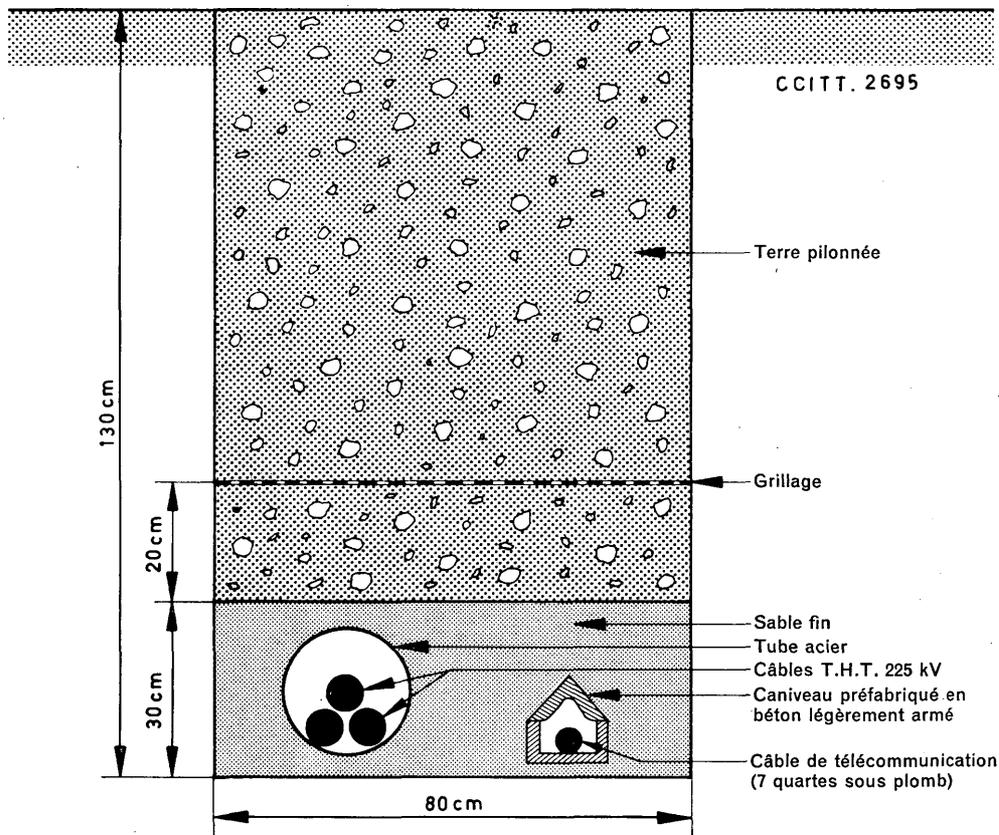
ANNEXE  
(à l'Avis K.8)

Information fournie par la C.I.G.R.E.

Le croquis ci-après représente un exemple de réalisation dans la Région parisienne où un câble de télécommunication est posé dans la même tranchée qu'un câble haute tension à 225 kV sur une longueur de 4911 m. Les trois câbles d'énergie monophasés sont dans un tube d'acier mis soigneusement à la terre à ses extrémités et le câble de télécommunication (7 quarts sous plomb) est placé dans un caniveau préfabriqué en béton légèrement armé.

Des mesures d'induction effectuées pour plusieurs valeurs du courant de court-circuit ont fait apparaître sur la totalité du circuit de télécommunication (4911 mètres) les forces électromotrices induites suivantes :

Courant de court-circuit (en ampères) . . . . .	100	200	400
F.e.m. induite (en volts par ampère) . . . . .	0,055	0,046	0,036



Tranchée commune pour un câble d'énergie et un câble de télécommunication

AVIS K.9 (Mar del Plata, 1968)

PROTECTION DU PERSONNEL ET DES INSTALLATIONS  
DE TÉLÉCOMMUNICATION CONTRE UN GRADIENT DE POTENTIEL ÉLEVÉ  
DANS LE SOL, DÛ A UNE LIGNE DE TRACTION ÉLECTRIQUE VOISINE

*Généralités*

Du point de vue technique, les dispositions mises en œuvre sur les chemins de fer électrifiés en vue de la protection du personnel et des installations, peuvent différer en fonction d'un certain nombre de particularités, qui sont essentiellement les suivantes :

- valeur de la résistivité du sol ;
- équipement électrique de la voie (« circuits de voie ») pouvant s'opposer à la mise au rail systématique des structures métalliques voisines du chemin de fer, cet équipement étant exigé par les installations de sécurité ferroviaire ;
- dans le cas des électrifications à courant alternatif, la présence ou l'absence de transformateurs-suceurs modifie dans une certaine mesure les caractéristiques des dispositifs de protection à mettre en œuvre ;
- le niveau d'isolement des lignes de contact qui peut également jouer dans la nature de ces dispositifs, tout particulièrement dans le cas des lignes électrifiées à une tension relativement basse, comme les lignes à 1500 volts courant continu ;
- la méthode à recommander pour connecter au rail une structure métallique en cas de surtension sans réaliser de liaison permanente (un moyen consiste à utiliser un éclateur).

*Lignes électrifiées à courant alternatif*

Dans le cas où il n'existe pas d'installation de sécurité interdisant de connecter au rail des structures métalliques voisines de la voie, il est recommandé de réaliser systématiquement la mise au rail de ces structures, par exemple pour celles qui sont situées en deça d'une distance donnée par rapport à la voie.

Dans le cas où il n'est pas possible de réaliser la mise au rail de ces structures, il est recommandé de les mettre à la terre à l'aide d'une électrode présentant une résistance suffisamment faible.

*Lignes électrifiées à courant continu*

Les mesures de protection doivent aussi, le cas échéant, tenir compte de la nécessité d'éviter les risques de corrosion électrolytique. Ces mesures peuvent consister à ne mettre au rail que des structures métalliques suffisamment isolées du sol, ou à les mettre au rail par l'intermédiaire d'éclateurs, ou enfin à ne mettre ni au rail ni au sol les structures métalliques supportant des lignes de contact suffisamment isolées et pour une tension de service suffisamment basse.

*Câbles de télécommunication*

Il est recommandé, dans les installations nouvelles, de poser des câbles sous revêtement en matière plastique, éventuellement à haute rigidité diélectrique aux abords des rails, à

## PROTECTION CONTRE LES PERTURBATIONS

l'entrée dans les sous-stations ou au passage de ponts métalliques lorsqu'il faut éviter tout contact entre les câbles et ces structures.

Toutefois, au moins dans les grandes gares, dans le cas des câbles à enveloppes métalliques existants, la connexion des enveloppes de câble au rail peut constituer une bonne solution.

*Conditions à remplir par les installations de l'administration des P.T.T. se trouvant au voisinage de lignes électrifiées*

Les principales dispositions mises en œuvre pour leur protection sont les suivantes :

- déplacement des installations à l'extérieur de la zone de danger,
- établissement d'un écran protecteur,
- remplacement des éléments métalliques par des éléments isolants, notamment pour les gaines ou enveloppes des câbles, ainsi que pour la confection des armoires et des boîtes de répartiteurs.

*Remarque.* — Les recommandations ci-dessus se réfèrent uniquement à des considérations techniques qui sont à examiner soigneusement dans chaque cas. Il est bien entendu que chaque administration doit se conformer à la législation et à la réglementation en vigueur dans son propre pays.

AVIS K.10 (Mar del Plata, 1968)

### DISSYMMÉTRIE DES INSTALLATIONS DE TÉLÉCOMMUNICATION

Pour maintenir une symétrie satisfaisante des installations de télécommunication et des lignes qui leur sont connectées, il est recommandé que les valeurs minimales admissibles concernant la symétrie soient de 40 dB (de 300 à 600 Hz) et de 46 dB (de 600 à 3400 Hz). Cette recommandation, de caractère général, n'exclut nullement la possibilité de citer, dans d'autres Avis du C.C.I.T.T.<sup>1</sup>, des valeurs minimales plus élevées appropriées à des besoins particuliers.

---

<sup>1</sup> Voir, en particulier, l'Avis Q.45, et également la suite de l'étude par le C.C.I.T.T. en 1968-1972 de sa Question 13/V.

## AVERTISSEMENT IMPORTANT

1. L'indice \* indique une question urgente, c'est-à-dire une question dont l'étude devrait être terminée avant la V<sup>e</sup> Assemblée plénière.

2. L'Assemblée plénière ayant créé la Commission spéciale D, toutes les questions relatives à la modulation par impulsions et codage (M.I.C.) ont été confiées pour le moment à cette Commission.

Le Rapporteur principal de la Commission spéciale D s'entendra avec les autres Rapporteurs principaux pour établir une liaison avec les autres Commissions d'études intéressées, au fur et à mesure que les travaux progresseront.

3. Lorsqu'un groupe mixte n'est pas constitué pour l'étude d'une question intéressant plusieurs commissions, l'indication de diverses commissions d'études intéressées à l'étude d'une question est destinée à renseigner les membres de la Commission à laquelle est confiée l'étude afin qu'ils puissent assurer, *dans le cadre des administrations nationales*, la coordination nécessaire, conformément à une décision de la IV<sup>e</sup> Assemblée plénière.

## Questions relatives à la protection contre les dangers et les perturbations électromagnétiques confiées à la Commission d'études V en 1968-1972

### Question 1/V — Organes de protection

(suite de la Question 1/V, 1964-1968, à étudier au cours de la période 1968-1972 par le Groupe mixte PAR des Commissions d'études V, VI et de la C.I.G.R.E.) — (libellé modifié)

- a) Y a-t-il lieu de modifier les principes de protection appliqués jusqu'à présent ?
- b) A quelles caractéristiques les organes de protection doivent-ils satisfaire et quelles méthodes convient-il d'utiliser pour mesurer ces caractéristiques ?
- c) Protection des composants ayant une faible capacité thermique (par exemple, ceux qui comportent des semi-conducteurs).

(Voir le chapitre XIX des *Directives*)

*Remarque.* — Au cours de l'étude de cette question, on tiendra compte de ce qui suit :

1. Il y aurait lieu d'examiner s'il est possible de simplifier les schémas de protection en éliminant certains éléments, et de déterminer notamment dans quelles conditions il convient d'utiliser :

- un schéma de protection comportant trois éléments (fusible, parafoudre et bobine thermique) ;
- un schéma de protection comportant deux éléments (fusible et parafoudre) ;
- un schéma de protection comportant un seul élément (parafoudre).

Il serait également intéressant d'examiner les conditions de fonctionnement des divers éléments d'un schéma de protection quand ils servent à équiper un circuit dont l'arrivée au central se fait au moyen d'un câble, et d'envisager plusieurs cas selon la longueur de ce câble.

2. Il convient d'associer l'étude des parafoudres (déchargeurs), utilisés dans les conditions ordinaires, à celle des fusibles que comporte le schéma de protection utilisé. Il y a lieu aussi d'envisager l'emploi de parafoudres susceptibles d'écouler des courants plus importants que certains modèles actuels, atteignant, par exemple, quelques dizaines d'ampères pendant une ou plusieurs secondes.

3. Il serait très désirable de disposer de parafoudres ayant une grande régularité et une grande stabilité de fonctionnement.

4. Les points ci-dessous doivent être considérés comme les conditions fondamentales auxquelles doivent satisfaire les parafoudres pour les surtensions à la fréquence du secteur :

- 4.1 Tension d'amorçage aussi constante que possible, même après plusieurs fonctionnements successifs.
- 4.2 Le passage du régime d'effluve au régime d'arc doit se produire pour un courant aussi faible que possible, nettement inférieur à un ampère. Une fois établi, le régime d'arc doit être très stable et il ne doit jamais se produire de passage spontané du régime d'arc au régime d'effluve.
- 4.3 La tension d'arc doit être aussi faible que possible afin de diminuer d'une part la tension résiduelle et d'autre part l'énergie dissipée à l'intérieur du parafoudre.
- 4.4 Le parafoudre doit être capable d'écouler des courants importants (plusieurs dizaines d'ampères) pendant des temps de l'ordre d'une seconde et ce fonctionnement doit pouvoir être répété plusieurs fois, à des intervalles très courts, sans que les caractéristiques du parafoudre soient modifiées.
- 4.5 Si, lors de circonstances exceptionnelles, il arrive que les valeurs précédentes soient dépassées (soit en intensité soit en temps), le parafoudre doit être mis hors d'usage par court-circuitage définitif des électrodes. Il faut absolument éviter que le parafoudre se détruise par bris de l'enveloppe laissant par exemple les électrodes isolées, ou par rupture d'une connexion interne, car dans ce cas le circuit n'est plus protégé et aucune alarme n'est donnée.

5. Il conviendrait d'observer la relation entre le régime de fonctionnement (effluve ou gros débit) et l'échauffement du parafoudre dans ses conditions d'utilisation en service (avec ou sans fusible).

6. L'utilisation croissante des éléments semi-conducteurs dans les équipements de télécommunication, en particulier dans les centraux électroniques, rend ces équipements de plus en plus sensibles aux avaries. D'autre part, on tend à la miniaturisation des composants, y compris ceux de la protection. Ces deux considérations contradictoires soulèvent des questions spéciales.

7. L'utilisation des parafoudres à trois électrodes doit être étudiée.

8. Un certain nombre de contributions antérieures intéressent l'étude de cette question :

- C.C.I.F. — 1955-1956 — Document n° 11 (République Fédérale d'Allemagne).
- C.C.I.T.T. — 1957-1960 — Commission d'études V — Contribution n° 4 (Italie).
- C.C.I.T.T. — 1957-1960 — Commission d'études V — Contribution n° 15 (Royaume-Uni).
- C.C.I.T.T. — 1961-1964 — Commission d'études V — Contribution n° 52 (Suède).
- C.C.I.T.T. — 1961-1964 — Commission d'études V — Contribution n° 13 (U.R.S.S.).

9. Certains constructeurs de dispositifs de protection contre les surtensions trouveront peut-être qu'il est commode de tenir compte à la fois des besoins des lignes de télécommunication et de ceux des lignes d'énergie, si bien que l'on pourra trouver dans certains cas des parafoudres valables pour ces deux applications. Il convient donc que les spécifications des dispositifs de protection contre les surtensions soient établies dans le cadre de la présente question. Les travaux devraient être effectués par le Groupe mixte PAR des Commissions d'études V et VI et de la C.I.G.R.E.

### **Question 2/V — Dispositifs réduisant la tension des fils par rapport au sol**

*(suite de la Question 2/V, 1964-1968)*

*(question documentaire)*

Etude des dispositifs, autres que les parafoudres et les tubes à décharge, 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.

*Remarque.* — Dans le cas de l'emploi de transformateurs-neutralisateurs ou de transformateurs-réducteurs, il convient d'étudier les deux points ci-après :

- a) comment déterminer l'emplacement optimal d'un tel dispositif lorsqu'il s'agit de compenser des tensions induites sur une ligne de télécommunication en cas de court-circuit sur une ligne d'énergie ?
- b) dans quelles limites ce dispositif peut-il être utilisé en pareil cas ?

### **Question 3/V\* — Tension induite admissible sur des circuits de télécommunication protégés par des dispositifs spéciaux**

*(suite de la Question 3/V, partie b), 1964-1968) — (nouveau libellé)*

Quand on ne peut pas éviter des forces électromotrices induites élevées dans une ligne de télécommunication aérienne, comment peut-on définir une méthode de protection consistant à insérer sur la ligne, en des points convenablement choisis, des parafoudres ou des tubes à décharge ? Quelles sont les conditions à remplir (nombre, emplacement, etc.) pour qu'il n'en résulte pas de gêne, notamment pour la transmission ?

*Remarque 1.* — Bien qu'une ligne puisse être protégée des dangers par l'installation de parafoudres en nombre tel qu'ils ne provoquent pas de difficultés de transmission, les difficultés de transmission liées aux effets d'induction qui donnent lieu au danger, par exemple au niveau élevé de bruit induit, ne seront pas supprimées par cette installation.

*Remarque 2.* — Dans l'étude de la question, on tiendra compte des diverses sujétions d'emploi indiquées dans le chapitre XIX des *Directives*.

*Remarque 3.* — Pour l'étude de cette question on prendra en considération les documents :

- C.C.I.T.T. — 1961-1964 — COM V — Contribution n° 13 (Administration de l'U.R.S.S.).
- C.C.I.T.T. — 1964-1968 — COM V — Contribution n° 30 (France).

**Question 4/V — Risques pour un câble, dus à un gradient de potentiel élevé**

(suite de la Question 4/V, 1964-1968)

Risques auxquels sont exposés des personnes, l'équipement et l'isolation d'une ligne de télécommunication en fil aérien ou en câble, lorsque :

1. il se produit dans le sol, à l'emplacement d'une station ou d'une sous-station d'alimentation électrique où cette ligne se termine ou dont cette ligne est approchée, un potentiel élevé par rapport à une prise de terre éloignée ;

2. il se produit dans le sol un potentiel ou un gradient de potentiel élevé (dû par exemple à un court-circuit à la terre, éventuellement par l'intermédiaire d'un rapport métallique implanté dans le sol, du fil de contact d'une ligne de traction électrique ou d'une phase d'une ligne de transport d'énergie) au voisinage du trajet suivi par une telle ligne de télécommunication.

Quels schémas de protection et quels organes de protection doit-on appliquer contre ces dangers ? Méthodes de calcul.

*Remarque 1.* — Il est nécessaire d'examiner, en particulier, les cas suivants :

- a) ligne en câble desservant les postes téléphoniques d'une usine ou sous-station d'un réseau électrique dont le neutre est mis directement à la terre ;
- b) ligne en câble desservant les postes téléphoniques d'une usine ou sous-station d'un réseau électrique dont le neutre est mis à la terre à travers une bobine d'extinction ;
- c) ligne en fils aériens desservant les postes téléphoniques se trouvant dans une usine ou une sous-station électrique et rattachée à ces postes par l'intermédiaire d'une section de câble ;
- d) ligne aérienne desservant directement (sans section de câble intermédiaire) les postes téléphoniques d'une usine ou sous-station ;
- e) cas de lignes voisines, soit de prises de terre de pylônes d'une ligne électrique appartenant à un réseau dont le neutre est mis directement à la terre, soit de conducteurs enterrés reliant entre eux tous les pylônes d'une telle ligne ;
- f) cas où, par suite d'un accident affectant un câble électrique, un câble téléphonique voisin entre en contact avec lui, ou bien un arc électrique s'établit entre les deux câbles.

*Remarque 2.* — Dans l'étude de cette question, on doit tenir compte de la présence des organes de protection normalement employés pour protéger les systèmes de télécommunication contre les surtensions dues à la foudre.

*Remarque 3.* — En poursuivant cette étude, on devra tenir compte de la question de l'utilité des connexions au rail.

**Question 5/V \* — Protection des câbles de télécommunication contre l'induction**

(suite de la Question 5/V, 1964-1968)

(question documentaire)

Comment peut-on modifier ou compléter les formules des *Directives* pour le calcul de la force électromotrice qui est

— induite dans un câble de télécommunication à enveloppe métallique par une ligne électrique avoisinante ;

— induite dans une ligne de télécommunication par un câble électrique avoisinant à enveloppe métallique ?

Il conviendrait d'examiner les cas suivants :

- a) la résistance entre l'enveloppe métallique du câble de télécommunication et la terre est répartie uniformément ;
- b) l'enveloppe métallique du câble est isolée avec des connexions de mise à la terre de résistance finie échelonnées le long du câble ;
- c) deux ou plusieurs câbles de télécommunication dont les enveloppes sont isolées sont disposés côte à côte et ont un système de mise à terre commun ;
- d) l'enveloppe métallique du câble de télécommunication est complètement isolée du sol sur toute sa longueur par une gaine isolante. (Cela comprend les câbles à enveloppe métallique électriquement continue et ceux qui ont une enveloppe dont la continuité électrique est interrompue par des joints isolants.)

*Remarque 1.* — Il y aura intérêt à considérer en particulier le cas où l'on désire que l'enveloppe du câble présente un facteur réducteur favorable et où cette enveloppe a une grande conductivité mais doit être isolée du sol (par exemple si elle est en aluminium) et où il est nécessaire de relier cette enveloppe à des prises de terre ayant une résistance relativement faible.

*Remarque 2.* — Dans certains cas, la façon dont un câble est posé peut obliger à tenir compte de l'effet de la capacité distribuée entre l'enveloppe métallique et la terre, notamment aux fréquences harmoniques de celle du secteur.

*Remarque 3.* — A l'heure actuelle, des éléments qui permettent de trouver une solution théorique de ce problème sont donnés dans les *Directives* (chapitre XII). On devrait examiner en premier lieu si cette solution est assez complète. Il serait désirable de faire des expériences pour voir si leurs résultats confirment cette théorie ou au contraire indiquent qu'on doit la compléter. Il y aura lieu d'examiner enfin si l'on peut dégager de ces études un certain nombre de règles pratiques susceptibles de conduire à des modifications ou à des compléments aux *Directives*.

*Remarque 4.* — Pour l'étude de cette question, il convient de prendre en considération les documents suivants :

- C.C.I.T.T. — 1961-1964 — Contribution COM V — n° 15 (S.A.T. — M. Collet) relative à la partie b) de la Question 22/V.
- C.C.I.T.T. — 1961-1964 — Contribution COM V — n° 26 (Chile Telephone Company), relative à la partie d) de la Question 22/V.
- C.C.I.T.T. — 1961-1964 — Contribution COM V — n° 81, réponse donnée aux Questions 22 et 23 par les Câbleries de Brougg (Suisse).
- C.C.I.T.T. — 1964-1968 — Contribution COM V — n° 8 (M. H. Pech) relative à la Question 5/V.
- Câbles et transmissions, Volume 16 n° 1 — 1962 : *Protection des câbles de télécommunication contre l'induction.*
- WOODBRIDGE, A. W. et KLEWE, H. R. J. : Inductive interference and its measurement on electrified railways ; *The Institute of Railways Signal Engineers, Proceedings*, 1962, p. 23-65.

### **Question 6/V \* — Tensions admissibles entre enveloppes des câbles et conducteurs tenant compte de l'emploi des isolants en matière plastique (Modifications éventuelles aux Directives)**

(suite de la Question 6/V, 1964-1968)

L'emploi de matériaux isolants en matière plastique permet la construction économique de câbles de télécommunication à rigidité diélectrique élevée entre conducteurs, le cas échéant, entre les conducteurs et l'enveloppe métallique.

Quelles modifications convient-il d'apporter éventuellement aux *Directives*, édition 1963, pour tenir compte de la mise en service de ce type de câbles ?

Compte tenu des tensions plus élevées qui peuvent être admises lorsqu'on utilise des câbles sous isolation en matière plastique, il convient aussi d'étudier les problèmes relatifs à la sécurité du personnel.

BIBLIOGRAPHIE

- NICKOLAS, A. C. : Assessment of probability of personal danger. *Australian Telecommunication*, Monograph n° 3, novembre 1964.
- TODD, B. C. : *Probabilities of personal danger*.
- C.C.I.T.T., 1964-1968 : Contribution COM V — n° 32 (Royaume-Uni). Méthodes pour la réalisation de joints à forte rigidité diélectrique.

**Question 7/V\* — Problèmes posés par la mise à la terre des câbles à revêtement en matière plastique**

(suite de la Question 7/V, 1964-1968)

Quels sont les problèmes de mise à la terre qui se posent en liaison avec l'utilisation de câbles sous enveloppe en matière plastique ou sous enveloppe de plomb avec revêtement en plastique (par exemple : cas où des câbles sous enveloppe de plomb auraient contribué à la mise à terre d'un central téléphonique) et quelles recommandations convient-il de faire au sujet de ces problèmes ?

**Question 8/V — Statistiques des défauts sur les lignes à grande sécurité de service**

(suite de la Question 8/V, 1964-1968)

Etude statistique des défauts affectant les lignes à grande sécurité de service et étude des répercussions sur les lignes ou installations de télécommunication.

Nature et gravité de ces répercussions.

*Remarque 1.* — L'établissement de ces statistiques nécessitera une collaboration étroite entre les administrations téléphoniques et les sociétés de transport d'énergie, particulièrement en ce qui concerne l'enregistrement simultané des défauts apparaissant sur les installations respectives.

*Remarque 2.* — Il sera intéressant de comparer les statistiques relatives aux lignes à grande sécurité de service à celles relatives aux lignes ordinaires.

*Remarque 3.* — Cette étude permettra de savoir s'il est opportun de modifier ou de compléter la définition actuelle des lignes à grande sécurité de service.

**Question 9/V — Utilisation des conduites et des appuis communs pour des lignes de télécommunication et des lignes électriques**

(suite de la Question 9/V, 1964-1968)

a) Coexistence de lignes de télécommunication en fils aériens ou en câble sur les mêmes supports que les lignes d'énergie électrique ;

b) 1. — Coexistence des lignes de télécommunication et d'énergie électrique dans la même tranchée, la même conduite ou le même câble. Est-il économique et prudent d'utiliser en même temps ces conduites pour les services des eaux ou du gaz ?

2. — Coexistence des mises à la terre de différents systèmes sur la même électrode de prise de terre.

*Remarque 1.* — Les études faites au titre de cette partie b) devront avoir pour objet :

- de déterminer les cas dans lesquels la coexistence est inadmissible ;
- d'établir des recommandations pour les cas où la coexistence est admissible.

c) Base des calculs nécessaires pour tenir compte des effets nuisibles d'induction électromagnétique et l'influence électrique dans les deux cas énoncés ci-dessus.

*Remarque.* — Voir l'Avis K.5.

### **Question 10/V\* — Transformateurs-suceurs**

*(suite de la Question 10/V, 1964-1968)*

Perturbations occasionnées aux lignes de télécommunication par les chemins de fer équipés de transformateurs-suceurs. Les principes fondamentaux sont exposés dans le chapitre XVIII des *Directives*, cependant les questions suivantes, qui présentent un intérêt particulier, méritent encore d'être étudiées :

a) Quels sont les ordres de grandeur et les formes d'onde des courants rencontrés dans les différentes parties d'un système de traction, dans des conditions de surcharge et de court-circuit ?

b) Quels sont les effets d'une distribution non uniforme du courant dans les fils de contact ?

*Remarque.* — La distribution non uniforme du courant peut être due :

- 1) à la présence de plus d'un train dans une même section d'alimentation, ou
- 2) à l'utilisation de transformateurs-suceurs de différentes dimensions ou séparés par des intervalles inégaux.

c) Quelles conventions pourrait-on recommander pour le calcul des tensions dangereuses ou perturbatrices occasionnées par la présence de plusieurs trains dans une même section d'alimentation ?

### **Question 11/V — Dispositifs permettant de réduire les bruits**

*(suite de la Question 11/V, 1964-1968)*

Etude des dispositifs permettant, dans des cas spéciaux, de réduire l'importance des bruits perçus aux extrémités d'une ligne téléphonique exposée à l'induction magnétique ou à l'influence électrique.

*Remarque 1.* — Pour qu'il soit possible de tirer profit de la documentation communiquée, relative à ces dispositifs, il est nécessaire que leur description soit accompagnée des renseignements suivants :

- nature du courant de signalisation ;
- schémas de la liaison complète sur laquelle est installé le dispositif, cette liaison étant représentée d'une part dans la position de conversation, d'autre part dans les diverses positions de signalisation et commutation ;
- indication de la nature, des caractéristiques et de l'emplacement des éléments qui sont la cause de la dissymétrie qui favorise l'apparition des bruits ;
- principe, mode d'utilisation et emplacement du dispositif ;
- facilité d'installation et limitations d'emplois du dispositif, réduction des bruits obtenue, etc.

*Remarque 2.* — Voir les *Directives*, édition 1963, pages 15 et 16 du chapitre I, concernant les prescriptions pour la construction de lignes équilibrées.

**Question 12/V — Coefficients de sensibilité**

(suite de la Question 12/V, 1964-1968)

a) Etude statistique des valeurs des coefficients de sensibilité relatifs à l'induction magnétique et des coefficients de sensibilité relatifs à l'influence électrique (tels qu'ils sont définis dans le chapitre XVI des *Directives*, 1963, pour de courtes sections de circuits téléphoniques).

b) Etude de la possibilité de définir, dans le cas des câbles, des coefficients de sensibilité qui soient fonction de la distance, et éventuellement d'autres facteurs, tels que l'exposant de propagation.

*Remarque.* — Pour l'exécution des mesures de coefficients de sensibilité et en vue d'interpréter les résultats de ces mesures, il y a lieu de prendre en considération les recommandations détaillées figurant dans le chapitre XVI des *Directives*, édition 1963.

**Question 13/V — Dissymétrie des installations téléphoniques**

(suite de la Question 13/V, 1964-1968)

Quelles limites pourrait-on assigner au degré de dissymétrie :

- a) des installations d'abonné ;
- b) des installations de centraux téléphoniques quand ces installations sont en position de conversation ?

*Remarque 1.* — Pour obtenir une réponse à cette question, il est nécessaire de recueillir d'abord des renseignements en effectuant des mesures d'après la méthode décrite dans le chapitre XVI des *Directives*, édition 1963.

*Remarque 2.* — Eventuellement il peut être intéressant d'accompagner les résultats de mesures, et en particulier de mesures ayant donné des valeurs anormales, d'une explication des causes de ces résultats.

*Remarque 3.* — Pour un central déterminé, il est nécessaire d'effectuer séparément les mesures de dissymétrie relatives aux divers types de communications qu'il est susceptible d'acheminer, en particulier :

- les communications d'abonné à abonné du réseau local desservi par le central ;
- les différents cas de communication entre ce central et ceux dont il commande automatiquement certaines manœuvres grâce à l'emploi d'un système de commutation déterminé.

*Remarque 4.* — Selon l'Avis K.10, la valeur minimale de la dissymétrie des installations d'un central ne doit pas être inférieure à 46 dB ; des valeurs supérieures à cette limite sont souvent obtenues dans la pratique.

La Commission d'études V a déclaré que la valeur de 46 dB ne devrait être utilisée que pour les calculs. Cette valeur pourrait servir à déterminer la tension transversale du bruit à l'extrémité d'une ligne symétrique, lorsque celle-ci est reliée à une installation téléphonique ayant une dissymétrie de 46 dB et dont la tension longitudinale est calculée ou connue.

Cette limite sera peut-être à soumettre à l'approbation d'autres Commissions d'études du C.C.I.T.T., et par conséquent elle est proposée comme valeur applicable à la totalité de la bande des fréquences audibles et s'appliquant de façon générale aux installations d'abonnés et de centraux. Il est proposé que cette limite s'applique aux mesures faites à l'extrémité de la ligne, quand celle-ci est fermée sur une résistance pure de 600 ohms.

*Remarque 5.* — Voir dans *Automatic Electric Technical Journal*, volume 9 n° 1 de janvier 1964, l'article de M. J. C. MAU intitulé « Comparaison des techniques de mesures de symétrie longitudinale ».

*Remarque 6.* — Voir l'Avis Q.45 dans lequel l'attention est attirée sur le fait que deux méthodes de mesure au moins sont couramment utilisées :

- a) celle indiquée au chapitre XVI des *Directives* (section 2, figure 13 de l'Avis Q.45) ;
- b) celle indiquée à la figure 14 de l'Avis Q.45.

Ces deux méthodes diffèrent par l'absence ou la présence d'une terre au point milieu de l'impédance terminale ; elles peuvent donner des résultats très différents selon la nature du déséquilibre et on doit les

appliquer l'une et l'autre mais, en 1968, le C.C.I.T.T. recommande de spécifier un seul jeu de limites qui doivent être respectées quelle que soit la méthode utilisée.

L'Avis Q.45 signale en outre que certaines administrations, instruites des conditions locales, peuvent estimer utile de spécifier une valeur pour une fréquence inférieure, par exemple la fréquence 50 Hz.

**Question 14/V \* — Nécessité d'un écran pour les câbles à revêtement en matière plastique**

*(suite de la Question 14/V, 1964-1968) (nouveau libellé)*

L'enveloppe métallique couramment utilisée pour protéger l'âme d'un câble contre l'humidité assure également un écran électrique et, dans une certaine mesure, un écran magnétique. On utilise de plus en plus fréquemment des enveloppes exclusivement en matière plastique qui ne possèdent pas en elles-mêmes ces caractéristiques, ainsi que d'autres enveloppes munies d'un ruban métallique d'étanchéité mais qui n'a qu'un effet d'écran très restreint. Dans quelles circonstances est-il alors nécessaire d'ajouter un autre écran ou de prévoir d'autres moyens propres à limiter les tensions longitudinales, le bruit ou les ondes transitoires ?

*Remarque 1.* — L'emploi croissant d'équipements de télécommunication miniaturisés à très faible capacité thermique (c'est par exemple le cas des circuits intégrés) rend plus importante l'influence des ondes transitoires provoquées par une commutation dans un réseau d'énergie ou par une décharge de foudre.

*Remarque 2.* — Pour que ses propriétés électromagnétiques soient préservées, le ruban métallique d'étanchéité doit être prolongé jusqu'aux points de raccord au moyen de connexion de très faible résistance.

**Question 15/V — Réduction des harmoniques dans des cas spéciaux**

*(suite de la Question 15/V, 1964-1968)*

Dispositions propres à réduire l'importance des harmoniques des lignes de transport ou de distribution d'énergie électrique à courant alternatif dans certains cas spéciaux (par exemple, lignes ayant une charge importante de redresseurs d'installations industrielles ou de traction ou alimentant des stations de conversion courant alternatif / courant continu) et ceux des lignes de traction à courant alternatif.

*Remarque.* — Voir les pages 26 à 28 du tome IX du *Livre Bleu*.

**Question 17/V — Lignes de transport d'énergie à très haute tension par courant continu**

*(suite de la Question 17/V, 1964-1968)*

Conditions de coexistence des lignes de transport d'énergie à très haute tension par courant continu et des lignes téléphoniques voisines.

*Remarque 1.* — Il y aurait lieu d'étudier :

1. La nature des ondes transitoires qui se produiraient sur la ligne à haute tension dans les conditions normales d'exploitation au moment de la mise de cette ligne sous tension, et dans les conditions anormales : rupture de fil, mise à la terre accidentelle, etc.

2. L'effet de ces ondes transitoires sur les lignes voisines de télécommunication.

3. L'opportunité de fixer une limite à la valeur de crête de la force électromotrice longitudinale développée en cas de variation brusque de la tension, dans les conditions anormales. Dans l'affirmative, on pourrait examiner si la limite de 1000 volts, adoptée pour cette valeur dans le cas des lignes de traction à courant continu, peut encore s'appliquer au cas présentement considéré.

4. Le bruit qui peut être causé sur les lignes de télécommunication par les ondulations du courant.

5. L'accroissement des harmoniques dans les lignes alimentant la sous-station de conversion du courant continu en courant alternatif ou dans les lignes alimentées par cette sous-station.

Dans le cas de lignes de transport d'énergie à courant continu par câble sous-marin, l'attention est attirée sur le fait que l'effet principal à redouter paraît être celui provenant des lignes aériennes prolongeant le câble sous-marin jusqu'aux sous-stations de connexion du courant.

Il serait utile de déterminer quelle méthode peut être recommandée pour le calcul du trouble et du danger auxquels peuvent être soumis les circuits de télécommunication par l'effet des lignes industrielles à courant continu en haute tension.

En outre, il conviendrait d'étudier les méthodes les meilleures pour réduire les ondulations du courant continu, applicables au cas de ces lignes industrielles.

6. Il peut être intéressant de connaître la gamme des harmoniques transmises sur les lignes d'énergie à courant continu ou à courant alternatif, ainsi que leurs amplitudes.

*Remarque 2.* — Pour l'étude de cette question, on prendra notamment en considération les documents suivants :

- C.C.I.F. — 1955-1956 — 1<sup>re</sup> Commission d'études — Document n° 14 (Royaume-Uni).
- C.C.I.F. — 1955-1956 — 1<sup>re</sup> Commission d'études — Document n° 20 (U.R.S.S.).
- C.C.I.T.T. — 1957-1960 — Contribution COM V — n°s 9 et 11 (U.R.S.S.).
- C.C.I.T.T. — 1961-1964 — Contribution COM V — n° 31 (Royaume-Uni).
- C.I.G.R.E. — Rapport n° 331 (réunion de mai 1962).
- I.E.E.E. — International Convention Record, 1965 ; 9<sup>e</sup> partie
  - Power corrosion (L. E. Fioretto) ;
  - Induction (F. M. Stumpf).

### **Question 19/V — Influence des émissions radioélectriques sur les circuits de télécommunication**

(suite des Questions 19/V et 20/V, 1964-1968) — (nouveau libellé)

Etude de l'influence des émissions des stations radioélectriques sur les circuits de télécommunication en fils aériens ou en câbles aériens ou souterrains.

On examinera en particulier les points suivants :

a) Dans quelles conditions (écartement entre la station radioélectrique et la ligne de télécommunication, schéma de transpositions, coefficient de sensibilité du circuit, etc.) les bruits peuvent-ils se produire dans les voies à courants porteurs ?

b) De quelle manière peut-on calculer la valeur des bruits causés par une station radioélectrique dans un circuit de télécommunication ?

c) Quelles méthodes peut-on recommander pour réduire ces bruits :

1. Sur les lignes existantes ?
2. Sur les nouvelles lignes prévues ?

(L'attention est attirée sur les prescriptions formulées dans les *Directives* pour la construction de lignes nouvelles. Des adjonctions à ces prescriptions peuvent être proposées.)

d) Précautions à prendre pour éviter d'autres troubles, tels que ceux provenant par exemple des caractéristiques d'éléments non linéaires.

e) Précautions à prendre pour éviter les dangers dus à des forces électromotrices induites élevées (notamment dans le cas des lignes passant à proximité ou desservant les stations radioélectriques puissantes).

*Remarque.* — A l'issue de la période 1964-1968, la conclusion de la Commission d'études V a été que les perturbations d'origine radioélectrique ne sont pas très gênantes pour les télécommunications par câble. Elles sont pour un grand nombre d'administrations, soit inexistantes, soit facilement surmontées. Avant que l'on puisse émettre un avis, il est de nouveau demandé aux administrations participantes d'informer la Commission de leurs difficultés et des moyens mis en œuvre pour les éliminer.

**Question 21/V — Protection des installations de téléalimentation et des répéteurs à transistors**

(suite de la Question 21/V, 1964-1968)

a) Quelles dispositions doit-on prendre pour éviter la mise hors service des installations de téléalimentation et des amplificateurs des câbles coaxiaux et à paires symétriques ou les perturbations apportées à leur fonctionnement soit par :

1. l'induction d'une ligne électrique voisine, ou une ligne de traction ;
2. le potentiel élevé du sol au voisinage d'une telle ligne ;
3. ou la décharge atmosphérique (la foudre) ?

b) Il y a lieu d'étudier particulièrement le cas des systèmes de téléalimentation des répéteurs à transistors des câbles coaxiaux à petit diamètre.

c) Quelles sont les limites supérieures de la force électromotrice d'origine extérieure qui peut s'ajouter à la tension de téléalimentation à courant continu du point de vue du danger ?

De telles forces électromotrices d'origine extérieure peuvent être produites par un des cas donnés en a). Lorsqu'elles sont causées par l'induction électromagnétique du courant électrique ou du système de traction, il est utile de déterminer les bruits supérieurs dans les cas de défaut et de fonctionnement normal.

Quelles méthodes spéciales faut-il appliquer pour éviter tout danger pour le personnel appelé à travailler sur les câbles ou l'équipement ?

d) Quelles mesures de protection sont à recommander pour réduire les forces électromotrices d'origine extérieure et les limiter aux valeurs définies à la suite de l'étude du point c) de la question ? Il est important que les dispositifs de protection une fois actionnés ne soient pas maintenus en fonctionnement par la seule tension de téléalimentation.

e) Convient-il de recommander un dispositif permettant de simuler une force électromotrice d'origine extérieure et qui soit capable de vérifier les dispositions de protection ?

Quel dispositif faut-il recommander à cette fin ?

*Note du Secrétariat.* — L'étude de cette question sera poursuivie en commun avec la Commission d'études XV dans le cadre du Groupe mixte PFP. Les administrations des pays suivants : France, Pays-Bas, R. P. de Pologne, R. F. d'Allemagne, Royaume-Uni, Suisse et Tchécoslovaquie nommeront leur délégué pour représenter la Commission d'études XV. La Commission d'études V sera représentée par des délégués des pays suivants : Danemark, France, Italie, R. P. de Pologne, R. F. d'Allemagne, Royaume-Uni, Suède, Suisse et U.R.S.S.

Ce Groupe devra fixer les valeurs limites admissibles des tensions induites longitudinales et transversales et étudier les mesures de protection à prendre :

- dans les cas où ces valeurs sont dépassées ;
- dans le cas d'une élévation du potentiel du sol au voisinage d'installations électriques (Directives du C.C.I.T.T. concernant la protection des lignes de télécommunication) ;
- dans le cas de surtensions dues à la foudre.

Le Groupe d'experts chargé de l'étude de l'induction est composé de MM. Riedel, Köpping (R. F. d'Allemagne) ; Howard (Standard Telecommunication Laboratories, Ltd.) ; Rosen (Central Electricity Generating Board) ; Schultz (Siemens A.G. ; Widl, Vogt (Standard Elektrik Lorenz) et Fielding (Royaume-Uni).

**Question 22/V (Question 14/VI) — Protection contre la foudre**

(suite de la Question 22/V, 1964-1968 devant être étudiée par le Groupe mixte CDF des Commissions d'études V et VI. Les études seront coordonnées par la Commission d'études V)

- A. a) Etude des phénomènes électromagnétiques susceptibles de se manifester à l'extérieur ou à l'intérieur d'un câble, enterré ou aérien, quand un coup de foudre se produit au voisinage de ce câble.
- b) Possibilité de déterminer par le calcul les effets de protection exercés par la proximité de conducteurs enterrés ou de conducteurs aériens reliés à la terre, d'arbres isolés ou groupés, de bâtiments pourvus d'un paratonnerre, etc.
- c) Il existe des émetteurs de radiodiffusion, ou de télévision, situés sur des sommets montagneux exposés à de fréquents orages, desservis au moyen de câbles souterrains de télécommunication, contenant des circuits à fréquences vocales, mis à la terre à leurs extrémités, et/ou de câbles à paires coaxiales. Dans de telles situations, les câbles, leurs conducteurs et les équipements reliés à ces derniers peuvent subir des dégâts dus à la foudre qui frappe l'antenne ou le sol au sommet de la montagne. Quelles mesures peut-on prendre pour mettre à l'abri des dégâts dus à la foudre les câbles, leurs conducteurs et les équipements associés à ces conducteurs, situés au sommet de la montagne ?
- B. a) Sensibilité aux dégradations affectant l'enveloppe ou l'âme d'un câble (aérien ou souterrain) en cas de coup de foudre se produisant à proximité.
- b) Influence, sur cette sensibilité, des données diverses de construction et de pose du câble (âme du câble, enveloppe, recouvrements divers, armures, etc.).

*Remarque.* — Cette question (identique à la Question 14/VI) est à l'étude par un Groupe de travail mixte CDF des Commissions d'études V et VI; sa partie A a été proposée à l'Assemblée plénière de 1960 par la Commission d'études V et sa partie B par la Commission d'études VI.

**Question 23/V — Problèmes d'interconnexion en cas de systèmes à courants porteurs sur les lignes électriques**

(suite des Questions 18/V et 23/V, 1964-1968)

(ancienne Question Asie n° 12, 1964, posée par la Commission du Plan pour l'Asie)

Quels problèmes se posent et quelles normes et spécifications faut-il appliquer lorsque des voies de télécommunication par courants porteurs sur lignes d'énergie sont interconnectées avec d'autres voies de télécommunication appartenant à des réseaux publics ou privés ?

*Remarque.* — A la suite de son étude de la Question 18/V pendant la période 1964-1968, la Commission d'études V a conclu que le spectre des fréquences de ces brouillages est désormais bien connu et que si les fréquences utilisées dans les circuits de télécommunication ne dépassent pas 100 kHz, il n'y a pas de grave danger de brouillage car, à ces fréquences, les valeurs de l'intensité de champ sont très faibles.

**BIBLIOGRAPHIE**

- A.I.E.E.-Committee Report: Guide to application and treatment of channels for power-line carrier, *A.I.E.E. Transact.* 73 (1954), Partie III-A, p. 417-436.
- FLEISCHER, H.: Zur Einstrahlung von Funksendern in Trägerfrequenzverbindungen auf Hochspannungsleitungen (Brouillages de radiodiffusion dans des systèmes à courants porteurs sur lignes haute tension); *Elektr. Wirtschaft* 53 (1954), p. 159-161.

- FLEISCHER, H., GRAFF, G. : Kompensation von Störungen durch Funksender bei Trägerfrequenzverbindungen auf Hochspannungsleitungen (Compensation de brouillages causés par des émetteurs de radiodiffusion dans des systèmes à courants porteurs sur lignes haute tension) ; *Elektr. Wirtschaft* 57 (1958) p. 141-145.
- FLEISCHER, H., GRAFF, G. : In Hochspannungsleitungen durch das Feld von Funksendern eingestrahelte Störspannung (Tension perturbatrice sur lignes haute tension rayonnée par le champ électromagnétique d'émetteurs de radiodiffusion) ; *Elektr. Wirtschaft* 57 (1958) p. 201-203.
- GROSSKOPF, J. : Die Beeinflussung des trägerfrequenzen Sprechverkehrs auf Hochspannungsleitungen (Perturbation des systèmes à courants porteurs sur lignes haute tension) ; *Fernmeldetechn. Zeitschrift* 7 (1954), p. 623-636.
- PODSZECK, H. K. : *Trägerfrequenz-Nachrichtenübertragung über Hochspannungsleitungen* (Communication à courants porteurs sur lignes haute tension) ; Springer-Verlag (Edition Springer), Berlin, 1962.
- *Empfehlungen für die Planung und den Betrieb von TFH-Anlagen unter Berücksichtigung der Fremdpegelinflüsse durch Funksender*. Technische Empfehlung Nr. 4 (Recommandations pour la planification et l'exploitation d'installations à courants porteurs sur lignes haute tension tenant compte des effets perturbateurs des émetteurs de radiodiffusion. Recommandation technique n° 4) ; Verlags- und Wirtschaftsgesellschaft der Elektrizitätswerke, Frankfurt/Main, 1961.

#### Question 24/V — Interconnexion des différents systèmes de prises de terre

(suite de la Question 24/V, 1964-1968, devant être étudiée par le Groupe mixte TER des Commissions d'études IV, V, VI, XI et XV, la Commission d'études V assurant la coordination des travaux)

Interconnexion des prises de terre.

Dans quelles circonstances et sous quelles conditions est-il souhaitable ou non de relier à une prise de terre commune :

- la ou les batteries des centraux téléphoniques ;
- la terre des équipements d'alimentation ;
- la masse des appareils de télécommunication ;
- les parafoudres et les dispositifs de protection des installations téléphoniques.

Est-il permis de relier à cette prise commune le neutre du réseau électrique de basse tension, l'installation de paratonnerres du bâtiment, les enveloppes de câbles de télécommunication et d'énergie ainsi que les autres structures métalliques enterrées ?

*Remarque.* — Sur une proposition de la Commission d'études V, la IV<sup>e</sup> Assemblée plénière a décidé qu'un groupe spécial mixte, composé de membres des Commissions d'études IV, V, VI, IX et XV, soit chargé de rédiger un manuel sur les questions de mise à la terre, en se fondant sur les renseignements contenus dans la contribution GAS 1 — n° 45 (COM IV — n° 132 ; COM V — n° 16), et sur les résultats des travaux effectués en 1964-1968 par la Commission d'études IV au titre de la Question 18/IV.

(Le texte de la contribution GAS 1 — n° 45 a été publié dans le document AP IV — n° 41.)

Les travaux de rédaction du manuel sont à confier à quelques experts qui prendraient pour base le texte du GAS 1, auquel ils apporteraient des modifications ou des adjonctions tenant compte des travaux des autres commissions d'études intéressées ; ce travail pourrait probablement être effectué en grande partie par correspondance.

#### BIBLIOGRAPHIE

C.C.I.T.T. — 1964-1968 : Contribution COM V — n° 36 (Belgique).

**Question 26/V — Revision des Directives**

(suite de la Question 26/V, 1964-1968)

Mise à jour des *Directives concernant la protection des lignes de télécommunication contre les actions nuisibles des lignes électriques.*

*Remarque 1.* — Il y aurait intérêt, en particulier, à procéder aux études suivantes :

a) Recueillir les renseignements nécessaires pour juger si les valeurs indiquées dans les *Directives* pour permettre le calcul des tensions perturbatrices équivalentes et des courants perturbateurs équivalents, à défaut de résultats de mesures, sont satisfaisantes, compte tenu de l'évolution de la technique.

b) Examiner s'il ne convient pas, dans le calcul des courants de court-circuit, de tenir compte du fait que les lignes sont de longueur finie et que certains effets, dont il n'a pas été tenu compte, se manifestent aux extrémités (voir la contribution COM V — n° 80, 1961-1964 de l'Administration de l'U.R.S.S.).

c) Déterminer la formule qui devrait s'appliquer dans le cas d'une ligne comportant des conducteurs reliés en permanence à la terre (voir les *Directives*, édition 1963, pages 54, 61, 64 et 81).

*Remarque 2.* — La IV<sup>e</sup> Assemblée plénière du C.C.I.T.T. (Mar del Plata, 1968) a donné son accord de principe à la reconstitution, dans le cadre de la Commission d'études V, du Groupe de rédaction des *Directives* qui serait chargé d'étudier les amendements au texte actuel de ces *Directives* et de leur ajouter des suppléments consistant en une série de « principes d'application » précisant la manière dont il convient de les appliquer dans des cas concrets. Ces « principes d'application » pourraient se présenter sous la forme de formules simplifiées, de graphiques, de nomogrammes, et de règles à calcul spéciales. La Commission d'études V espère que les résultats des études entreprises par la C.I.G.R.E. seront disponibles et pourront servir de base aux travaux du Groupe. Entre-temps, les administrations, etc., qui ont élaboré de tels principes d'application pour leur propre usage sont invitées à les communiquer au C.C.I.T.T.

Pour commencer, le Groupe de rédaction se composerait d'experts des pays et organisations ci-après : Danemark, Finlande, France, Italie, Japon, République Fédérale d'Allemagne, Royaume-Uni, U.R.S.S., Suède, C.I.G.R.E./U.N.I.P.E.D.E..

Les autres pays qui désireraient s'associer à ce groupe et qui seraient en mesure de contribuer à son activité, soit en y participant activement, soit en indiquant les éléments qui, à leur sens, devraient être incorporés à ces principes d'application, sont invités à en informer le Secrétariat du C.C.I.T.T.

*Remarque 3.* — Dans son travail, le Groupe de rédaction des *Directives* doit tenir compte des contributions suivantes de la Commission V pour la période 1964-1968 : COM V — nos 22, 23, 24, 26, 28, 29, 31, 34, 35, 38.

Tableau récapitulatif des questions confiées à la Commission d'études V pour la période 1968-1972

N° de la question	Titre	Observations
1/V	Organes de protection	A étudier par le Groupe mixte PAR des C.E. V et VI et de la C.I.G.R.E.
2/V	Dispositifs réduisant la tension des fils par rapport au sol	
3/V*	Tension induite admissible sur des circuits de télécommunication protégés par des dispositifs spéciaux	
4/V	Risques pour un câble dus à un gradient de potentiel élevé	
5/V*	Protection des câbles de télécommunication contre l'induction	
6/V*	Tensions admissibles entre enveloppes des câbles et conducteurs tenant compte de l'emploi des isolants en matière plastique (modifications éventuelles aux <i>Directives</i> )	

QUESTIONS — COM V

N° de la question	Titre	Observations
7/V*	Problèmes posés par la mise à la terre des câbles à revêtement en matière plastique	
8/V	Statistiques des défauts sur les lignes à grande sécurité de service	
9/V	Utilisation des conduites et des appuis communs pour des lignes de télécommunication et des lignes électriques	
10/V*	Transformateurs-suceurs	
11/V	Dispositifs permettant de réduire les bruits	
12/V	Coefficients de sensibilité	
13/V	Dissymétrie des installations téléphoniques	
14/V*	Nécessité d'un écran pour les câbles à revêtement en matière plastique	
15/V	Réduction des harmoniques dans des cas spéciaux	
17/V	Lignes de transport d'énergie à très haute tension par courant continu	
19/V	Influence des émissions radioélectriques sur les circuits de télécommunication	
21/V	Protection des installations de téléalimentation et des répéteurs à transistors	A étudier en collaboration avec la C.E. XV dans le Groupe de travail mixte PFP existant
22/V	Protection contre la foudre	(Egalement Question 14/VI). A étudier par le Groupe mixte CDF des C.E. V et VI. Etude coordonnée par la C.E. V
23/V	Problèmes d'interconnexion en cas de systèmes à courants porteurs sur les lignes électriques	Adjonction d'une bibliographie. Comporte des études relevant de l'ancienne Question 18 (1964-1968)
24/V	Interconnexion des différents systèmes de prises de terre	A étudier par le Groupe mixte TER des C.E. IV, V, VI, XI et XV. Etude coordonnée par la C.E. V
26/V	Revision des <i>Directives</i>	Groupe de rédaction

**DEUXIÈME PARTIE**

**AVIS (SÉRIE L) ET QUESTIONS CONCERNANT  
LA PROTECTION DES ENVELOPPES DE CÂBLE  
ET DES POTEAUX**

## AVIS DE LA SÉRIE L

### AVIS L.1

#### PROTECTION CONTRE LA CORROSION

Le C.C.I.T.T.,

*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 de vie normale peut être réduite,

*émet, à l'unanimité, l'avis*

que, lors de l'établissement de leurs lignes de câbles, les administrations et exploitations privées ont intérêt à s'inspirer du texte des « Recommandations pour la protection des câbles souterrains contre la corrosion » (New Delhi, 1960, modifiées et complétées à Genève, 1964, et à Mar del Plata, 1968).

### AVIS L.2

#### IMPRÉGNATION DES POTEAUX EN BOIS

Le C.C.I.T.T. attire l'attention sur l'intérêt économique que présente l'imprégnation des poteaux en bois, supports de lignes aériennes de télécommunications.

Afin de fournir aux administrations des télécommunications, et spécialement à celles dont les réseaux sont les moins développés, quelques indications sur les procédés d'imprégnation de ces poteaux, une brochure <sup>1</sup> a été établie par le C.C.I.T.T. Cette brochure tient compte des renseignements qui ont été communiqués au sujet des procédés d'imprégnation utilisés dans leur pays respectif par les administrations ou exploitations privées de télécommunications des pays suivants :

Australie

Autriche

Canada

Chili

Danemark

Finlande

France

Grèce

Hongrie

Inde

Italie

Japon

Allemagne (République fédérale d')

Royaume-Uni

Suède

Suisse

Tchécoslovaquie

Union des Républiques socialistes soviétiques

<sup>1</sup> Cette brochure est à reviser au cours de la période 1969-1972 dans le cadre de la Question 12/VI.

AVIS L.3

ARMURE DES CÂBLES

1. *Type de l'armure*

1.1 Les types d'armure les plus courants sont les suivants :

- a) *armure formée de ruban* — cette armure consiste en un ou plusieurs rubans d'acier enroulés en hélice autour de l'enveloppe du câble, les spires du ruban se recouvrant partiellement l'une l'autre.
- b) *armure formée de fils* — cette armure se compose de fils d'acier à section circulaire aplatie ou trapézoïdale, enroulés en hélice autour de l'enveloppe du câble. La longueur du fil nécessaire est relativement importante.

1.2 Ces deux types d'armure sont utilisés conjointement avec d'autres moyens de protection extérieure (couche de jute, de matière plastique) soit pour des raisons de construction, soit pour des raisons mécaniques, soit pour assurer une protection contre la corrosion.

2. *Choix de l'armure*

En décidant d'utiliser ou non une armure et en choisissant parmi les différentes possibilités de construction, on tiendra le plus grand compte des conditions locales de pose, telles que :

- a) la pose des câbles dans des conduites ou directement dans le sol ;
- b) l'emplacement de la tranchée le long des routes ou en terrain privé ;
- c) les matériaux utilisés pour réaliser l'enveloppe du câble ;
- d) la présence d'autres câbles sur le même parcours, existants ou envisagés dans l'avenir ;
- e) la nature du sol : rocheux, sablonneux, corrosif ou non et la présence de micro-organismes ;
- f) la profondeur de la tranchée, qui en tout cas doit être d'au moins 50 cm et, pour les câbles importants, d'au moins 80 cm ;
- g) le danger l'induction ;
- h) le risque d'attaque par les rongeurs ou les insectes ;
- i) l'exposition à la foudre ;
- j) l'importance de la liaison, qui peut justifier des précautions spéciales. L'armure de fils d'acier apporte alors une protection supplémentaire, notamment dans les chambres de tirage ;
- k) la longueur de tirage, si elle est importante (traversées sous-fluviales, par exemple) (ces cas étant peu fréquents, il ne paraît pas utile d'envisager la construction d'un nouveau type de câble terrestre avec élément de tirage central).

3. *Protection fournie*

Pour les câbles posés en pleine terre, l'armure contribue à la sécurité de l'installation et du fonctionnement. Elle assure en effet la protection des câbles contre :

- a) les accidents mécaniques pouvant être causés par les pierres, les engins de terrassement ou les outils à main ;

- b) les rongeurs et les insectes ;
- c) la corrosion chimique ou électrolytique ;
- d) les effets des décharges atmosphériques ;
- e) les phénomènes d'induction dus au voisinage de lignes d'énergie.

#### 4. *Armure en feuillards de fer*

L'armure en feuillards de fer est préférable lorsque les dommages envisagés sont dus au pointes des outils de terrassement, aux pierres à angles vifs, etc. Elle constitue de plus un blindage magnétique protégeant les circuits, ce qui est loin d'être le cas de l'armure en fils de fer enroulés autour du câble en raison des entrefers, ce qui réduit notablement le couplage magnétique entre l'enveloppe armée et les conducteurs du câble.

#### 5. *Armure en fils de fer*

L'armure en fils de fer permet au câble de résister à des tractions beaucoup plus importantes. Elle est en conséquence particulièrement utile lorsque la longueur de tirage du câble est très grande ou lorsque les conditions d'utilisation (affaissement du sol dans les régions minières, câbles traversant des étendues d'eau ou des marécages, câbles posés dans des puits aboutissant à un emplacement situé à une altitude très inférieure à celle du terrain environnant) exercent sur le câble une traction considérable.

#### 6. *Type général d'armure*

Pour les câbles ayant une enveloppe métallique de plomb ou d'aluminium, le type d'armure le plus couramment employé comporte deux feuillards d'acier enroulés en hélice entre des couches de papier et de jute imprégnés, avec protection extérieure de fils de jute ou produits similaires. Ce type d'armure assure une bonne protection dans les cinq cas énumérés au paragraphe 3.

Pour les câbles à enveloppe de matière plastique, on peut utiliser une armure légère formée de rubans métalliques (acier, aluminium ou cuivre) placés entre deux gaines de matière plastique (polythène ou polychlorure de vinyle). Les câbles ainsi construits sont protégés dans une certaine mesure contre les accidents mentionnés aux alinéas a) et d) du paragraphe 3 et surtout contre les risques mentionnés aux alinéas b) et c) du même paragraphe.

#### 7. *Armure pour les câbles importants*

Les câbles les plus importants d'un réseau à grande distance sont certainement le mieux protégés par une enveloppe métallique étanche et par l'armure classique décrite ci-dessus, mais le prix de cette protection est relativement élevé.

On peut diminuer le prix de revient des câbles en employant une enveloppe d'acier mince soudée, protégée de la corrosion par des produits bitumineux et par une gaine de matière plastique. Les câbles sont ainsi protégés, bien qu'à un degré moindre, contre les risques mentionnés aux alinéas a), b), c), d) du paragraphe 3 ; une certaine protection contre l'induction peut être obtenue en interposant des éléments conducteurs de cuivre ou d'aluminium sous l'enveloppe d'acier.

### 8. Câbles tirés en conduites

L'expérience a montré que les câbles dépourvus de toute armure, à paires symétriques, à paires coaxiales ou mixtes, peuvent être tirés en conduites jusqu'à des longueurs de 300 mètres, à condition de répartir l'effort de traction entre les conducteurs et les éléments de l'enveloppe. L'armure de fils d'acier utilisée autrefois peut ainsi être supprimée, sauf dans certains cas particuliers (liaisons importantes, grandes longueurs de tirage : traversées sous-fluviales, par exemple).

### 9. Considérations relatives à la corrosion — câbles à enveloppe métallique

L'armure, formée de ruban ou de fils, joue un rôle important dans la protection contre la corrosion, surtout parce qu'elle permet de maintenir en bon état les gaines de matières imprégnées auxquelles elle est superposée et d'éviter ainsi à l'enveloppe métallique les effets d'une aération différentielle, par exemple.

### 10. Rongeurs et insectes

Les dégâts causés par les rongeurs sont assez importants dans certaines parties du monde. Recourir aux armures de ruban ou de fils constitue une protection efficace, mais onéreuse. Le C.C.I.T.T. étudie l'emploi éventuel d'un câble moins coûteux avec couches protectrices superposées (par exemple : polythène, aluminium mince, acier revêtu, polythène). Les insectes peuvent pénétrer dans la couche extérieure de polythène, mais se heurtent à la couche de métal. A supposer qu'ils ne puissent la percer, le métal risque alors d'être corrodé, ce qui n'est toutefois pas grave si la couche métallique est enrobée sur ses deux faces par le polythène. En plus de la protection obtenue contre les rongeurs et les insectes, ce type de construction peut apporter une résistance supplémentaire à la traction pour un prix relativement modique.

### 11. Régions tropicales

Dans les régions tropicales, on prêtera une attention particulière aux paragraphes 6 et 7 et au danger présenté par les micro-organismes.

D'une manière générale, il n'est judicieux de se dispenser d'une armure que :

- lorsque le câble est posé en conduite ;
- lorsqu'aucun blindage magnétique n'est nécessaire, ou lorsque ce blindage est assuré à l'aide d'une couche de métal quelconque incluse à cette fin dans le revêtement du câble ;
- lorsqu'il n'existe pas de risque de corrosion ou lorsque la protection contre la corrosion est assurée au moyen d'une couche protectrice quelconque incluse à cette fin dans le revêtement du câble ;
- dans le cas de câbles posés en pleine terre, lorsque le sol est homogène et ne contient ni silex ni roches susceptibles d'endommager le câble et lorsqu'on ne craint aucune attaque des rongeurs ou des insectes.

Même dans les cas ci-dessus énumérés, il peut cependant se faire que les conditions locales spéciales justifient l'armure des câbles.

## Questions de protection des enveloppes de câble confiées à la Commission VI en 1968-1972

### Question 1/VI

(suite de la Question 1/VI, 1964-1968)

- Réalisation d'enveloppes de câbles en aluminium.
- Revêtements protecteurs pour ces enveloppes.

*Remarque.* — Il convient d'envisager l'étude des points suivants concernant la protection contre la corrosion des enveloppes d'aluminium :

1. Quels types de revêtements sont de nature à protéger de manière appropriée les enveloppes d'aluminium contre la corrosion ?

*Remarque.* — L'étude de cette partie de la question appelle l'examen des facteurs suivants :

- effets de la pureté du métal et de la méthode de fabrication des enveloppes ;
- utilisation des revêtements pour préserver également l'armure lorsque celle-ci sert comme écran électromagnétique ;
- effet des courants induits lorsque les câbles sont installés le long de voies ferrées électrifiées à courant alternatif ;
- précautions spéciales à prendre aux joints et aux points de mise à la terre (pour maintenir l'effet d'écran électromagnétique).

2. A quel type d'essais soumet-on les câbles fabriqués pour vérifier l'effet de protection des revêtements ?

3. De quelle manière peut-on établir une corrélation entre le choix d'un type de revêtement et les résultats des essais des sols ?

4. Peut-on employer la protection cathodique comme moyen de protection supplémentaire lorsque, par exemple, on considère que la perfection du revêtement protecteur ne peut pas être maintenue ? Lorsqu'on applique la protection cathodique à l'aluminium, on doit maintenir entre certaines limites, qui restent à définir, la différence de potentiel entre le métal et le sol. La corrosion cathodique ne se manifeste qu'aux points où le potentiel est fortement négatif. Pour des raisons analogues, on peut être amené à veiller tout spécialement au cas où des enveloppes d'aluminium font partie d'un système d'enveloppes de câble que l'on relie à une structure à protection cathodique en vue d'éviter les interactions nuisibles.

### ANNEXE 1

(à la Question 1/VI)

### Conclusions dégagées par la 6<sup>e</sup> C.E. en 1957-1960

1. En 1957-1960, la 6<sup>e</sup> C.E. s'est particulièrement intéressée :
  - à la réalisation des joints des câbles sous aluminium ;

- à l'emploi de revêtements d'aluminium pour des câbles à grande distance quand le câble doit être placé à côté d'une ligne d'énergie et quand on a besoin d'un facteur réducteur plus favorable ;
- à la protection contre la corrosion des enveloppes d'aluminium.

2. La 6<sup>e</sup> C.E. souhaite être mise au courant de l'expérience acquise au sujet de la protection cathodique des câbles à enveloppe d'aluminium. La 6<sup>e</sup> C.E. a eu un premier échange de vues au cours de sa réunion de juin 1960 au sujet de cette protection cathodique. Il est encore trop tôt pour définir les valeurs précises de potentiel négatif à appliquer. Des potentiels trop négatifs peuvent donner une très forte corrosion. Le domaine de potentiel dans lequel la protection cathodique semble pouvoir être réalisée serait compris entre 0,8 et 1,2 ou 1,4 V. Si une protection cathodique pour l'aluminium doit être réalisée, on doit le faire avec la plus grande prudence.

3. Les discussions ont fait ressortir l'influence qu'exerce sur la corrosion de l'aluminium sa pureté et les traitements mécaniques qu'il a subis. Plus l'aluminium est pur, moins on a de risques de corrosion ; plus l'aluminium a été étiré et laminé, plus il est sujet à corrosion.

4. L'infiltration de l'humidité et de l'air entre le revêtement en matière plastique et le câble joue un très grand rôle pour la corrosion. Ceci fait ressortir l'importance de l'adhérence de ce revêtement sur l'enveloppe du câble. L'efficacité d'un revêtement en matière plastique n'est pas la même sur une enveloppe de plomb ou sur une enveloppe d'aluminium. Avec un revêtement plastique sur le plomb, on peut considérer qu'une protection cathodique n'est pas nécessaire, alors qu'avec le même revêtement plastique, les câbles sous enveloppe d'aluminium peuvent nécessiter l'emploi d'une protection cathodique.

## ANNEXE 2

(à la Question 1/VI)

### Renseignements fournis par la République fédérale d'Allemagne en 1968

#### 1. *Enveloppes en aluminium*

Pour autant que des câbles avec enveloppe en aluminium soient employés dans le réseau de l'Administration fédérale allemande des postes et télécommunications, on doit, pour les câbles d'un diamètre sous l'enveloppe en aluminium inférieur à 50 mm, emmancher par pression sans soudure des enveloppes en aluminium lisse et, pour les câbles d'un diamètre sous l'enveloppe supérieur à 50 mm, des enveloppes en aluminium ondulées. L'aluminium utilisé doit avoir un degré de pureté d'au moins 99,5 %.

#### 2. *Protection contre la corrosion*

2.1 La protection contre la corrosion prescrite pour les enveloppes en aluminium lisse se compose :

- d'une couche de matière molle et, sur celle-ci, d'un ruban de polyisobutylène ou butyle de 0,6 mm d'épaisseur, à recouvrement ;
- sur celui-ci, d'un ruban de matière textile préimprégné ;
- et sur celui-ci, d'une gaine protectrice en polyéthylène, emmanchée par pression sans soudure.

2.2 Pour des enveloppes en aluminium ondulé, la protection contre la corrosion doit se composer :

- d'une couche de matière molle remplissant les ondulations ;
- sur celle-ci, d'une feuille plastique, à recouvrement ;

- sur celle-ci, de nouveau d'une couche de matière plastique (si nécessaire encore d'une feuille plastique à recouvrement) ;
- sur celle-ci, d'une gaine protectrice en polyéthylène emmanchée par pression sans soudure.

Les remarques suivantes s'imposent pour les deux modes de construction :

- Le ruban en polyisobutylène ou butyle doit être soudé aux points de recouvrement ;
- La résistance spécifique du ruban doit avoir une valeur d'au moins  $10^{10} \Omega\text{cm}$ .

### 3. *Manchons de raccordement*

Pour le raccordement des enveloppes en aluminium, on utilise des manchons en plomb qui sont soudés à celles-ci. Par emploi d'un nouveau fondant liquide, l'étamage des enveloppes en aluminium avec une soudure spéciale, composée de 90 % de zinc et de 10 % d'étain, est très simplifié et beaucoup plus sûr. On applique le fluant liquide sur l'enveloppe en aluminium rendue blanche au moyen d'une brosse en acier, et on étame ensuite au moyen d'une lampe à souder avec soudure spéciale (90 % de zinc et 10 % d'étain). Le soudage du manchon en plomb s'effectue à l'aide d'étain à souder.

### 4. *Essais*

Sur l'enveloppe en aluminium, la matière de protection contre la corrosion et la gaine en polyéthylène.

Les essais prescrits, tels que l'essai de pliage, l'essai d'étanchéité pour l'enveloppe en métal et les essais thermiques de la matière de protection contre la corrosion et de la gaine en polyéthylène ainsi que la détermination du point de goutte et du point de ramollissement, sont exécutés d'après des procédés connus.

## ANNEXE 3

(à la Question 1/VI)

### **Câbles à enveloppe d'aluminium essayés au Royaume-Uni**

(Renseignements mis à jour en 1968)

1. Le câble Inverness-Nairn (16 miles) a été installé en mai 1957 pour fournir des données expérimentales sur les câbles à enveloppe d'aluminium ; c'est un câble isolé au papier, à enveloppe non ondulée, à 96 paires/20 livres (0,9 mm), dont l'enveloppe est constituée d'un ruban d'aluminium soudé à l'arc en atmosphère d'argon, avec revêtement en polyéthylène extrudé. Il n'y a pas d'adhérence entre l'enveloppe d'aluminium et le polyéthylène ; les manchons d'épissure en plomb soudés à l'enveloppe d'aluminium sont protégés par une feuille de polyéthylène enveloppée par plusieurs couches de ruban imprégné. Comme de l'eau risque de pénétrer jusqu'à l'enveloppe d'aluminium, deux anodes de magnésium sont reliées à celle-ci pour assurer une protection cathodique. Des espacements d'isolation sont prévus aux stations terminales pour isoler le câble du réseau de câbles sous plomb, afin d'éviter la formation d'un couple galvanique entre le plomb et l'aluminium. Des défaillances se sont produites en plusieurs points d'épissure, par suite de la dégradation de l'adhérence entre la soudure douce et l'enveloppe d'aluminium et il en est résulté un mauvais isolement électrique des paires du câble. On se propose de mettre le câble sous pression gazeuse pour le préserver de ces défaillances aux points d'épissure. Le recouvrement des manchons de plomb n'a pas empêché l'eau de pénétrer jusqu'aux manchons et c'est ainsi que l'on a constaté en avril 1967 que la résistance globale enveloppe/terre était tombée à 280 ohms. Pour améliorer cette résistance d'isolement, on envisage de fermer les joints avec des manchons fendus, en polyéthylène, à souder à chaud avec des cordons de résine époxyde. En avril 1967, le potentiel de l'enve-

loppe était compris entre  $-1,30$  et  $-1,37$  volt par rapport à une électrode saturée cuivre/sulfate de cuivre. Il n'a pas été signalé de défauts dus à la corrosion.

Dimensions (approximatives) : diamètre hors tout, 34 mm ; épaisseur du polyéthylène, 1,7 mm ; épaisseur de l'aluminium, 1,4 mm.

2. Le câble Droitwich-Worcester (7 miles) a été installé en novembre 1959 ; c'est un câble isolé au papier, à enveloppe d'aluminium ondulé, à 216 paires/20 livres (0,9 mm) fabriqué par soudage à l'arc en atmosphère d'argon. Il comporte du bitume entre l'enveloppe d'aluminium et le revêtement en polychlorure de vinyle. La profondeur de l'ondulation est de 2,4 mm. Les longueurs de câble sont raccordées par des manchons en plomb soudés, avec revêtements protecteurs. La résistance d'isolement globale enveloppe/terre est actuellement de l'ordre de 10 000 ohms. Il n'est pas prévu de protection cathodique. On n'a pas constaté jusqu'ici de défauts dus à la corrosion.

Dimensions (approximatives) : diamètre hors tout, 54 mm ; épaisseur du polychlorure de vinyle, 2,2 mm ; épaisseur de l'aluminium, 2,2 mm.

3. Le câble Beeston-Nottingham (4,2 miles), à 300 paires/10 livres (0,6 mm), a été installé en juin 1960. C'est un câble isolé au papier, à enveloppe d'aluminium extra-pur, 99,99 %, extrudée directement sur l'âme (non ondulée) isolée au papier, et cette enveloppe est protégée par une gaine en polyéthylène extrudée. Il n'y a pas d'adhérence entre l'enveloppe d'aluminium et la gaine en polyéthylène. Des espaces d'air sont prévus aux stations terminales pour empêcher le contact avec les enveloppes de câbles sous plomb. Vers la fin de 1962, on a réalisé une protection cathodique au moyen d'une seule anode de magnésium. En mars 1967, le potentiel de l'enveloppe était de  $-1,36$  volt par rapport à une électrode saturée cuivre/sulfate de cuivre. La résistance d'isolement enveloppe/terre était de 150 000 ohms. Il n'a pas été signalé jusqu'ici de défauts dus à la corrosion.

Dimensions (approximatives) : diamètre hors tout, 42 mm ; épaisseur du polyéthylène, 1,5 mm ; épaisseur de l'aluminium, 1,5 mm.

Ces câbles expérimentaux sont destinés à rester en service, et l'Administration du Royaume-Uni continuera de fournir des renseignements au fur et à mesure qu'elle aura fait des constatations.

#### ANNEXE 4

(à la Question 1/VI)

##### Renseignements fournis par l'Administration italienne en 1968

On est en train de commencer la pose du premier câble sous enveloppe en aluminium de l'Administration italienne, pour la réalisation d'une importante liaison de 200 km.

Le câble, déjà entièrement fabriqué, est constitué par quatre paires coaxiales 2,6/9,5 mm sous enveloppe en aluminium lisse (titre 99,8 %, épaisseur 2 mm, facteur réducteur nominal 0,23) couche protectrice anhygroscopique (mélange de bitume et caoutchouc), revêtement en polyéthylène à faible densité et haut poids moléculaire (épaisseur 3 mm, charge de rupture 10 N/mm<sup>2</sup>, allongement 350 %, densité  $0,920 + 0,935$  g/cm<sup>3</sup>, « melt flow index »  $0,2 + 0,3$ , contenu en noir de carbone 1,5 + 2,5 %).

L'enveloppe en aluminium a été appliquée par extrusion à 400° C. Le choix du titre et du taux d'impuretés (Fe 0,15 %, Cu 0,01 %, Si 0,15 %, Zn 0,06 %, autres 0,02 %) a été effectué sur la base des éléments suivants : résistance à la corrosion, résistance mécanique, facilité d'extrusion et prix de revient.

On a préféré le revêtement en polyéthylène à celui en polychlorure de vinyle car le premier présente des caractéristiques, notamment une faible perméabilité à la vapeur d'eau, qui donnent lieu à une meilleure protection de l'aluminium contre la corrosion.

Le câble n'est pas armé, et on n'a pas prévu de protection cathodique pour l'aluminium.

Les joints seront effectués à l'aide de manchons en plomb, soudés sur l'aluminium, ayant soumis ce dernier à une soigneuse désoxydation préalable.

A cause de la haute température atteinte à l'intérieur des paires coaxiales pendant l'opération de soudure (105°C environ), on a prévu le remplacement des disques en polyéthylène (14 pour chaque paire coaxiale) par des disques en polytetrafluoroéthylène.

### Question 2/VI

(suite de la Question 2/VI, 1964-1968)

Réalisation d'enveloppes de câbles en métaux autres que le plomb et l'aluminium.

*Remarque.* — Les indications ci-après précisent les raisons principales de l'emploi d'enveloppe en acier ondulé pour les câbles de télécommunication :

- a) Les câbles de télécommunication à enveloppe en acier ondulé peuvent être, suivant les circonstances, plus économiques que les câbles de télécommunication à enveloppe de plomb.
- b) L'enveloppe en acier ondulé est insensible, pour une durée pratiquement illimitée, aux vibrations causées par la circulation. Des ruptures intercrystallines résultant de la fatigue comme celles qui se produisent pour les enveloppes en plomb ne se présentent pas.
- c) La flexibilité de ces câbles permet leur tirage même dans des chambres de tirage étroites.
- d) Un travail propre est assuré par la gaine de matière plastique lisse et non collante.
- e) On n'a besoin que d'un seul type de câble pour la pose en pleine terre ou dans des conduites.

### ANNEXE 1

(à la Question 2/VI)

#### **Renseignements fournis par la République fédérale d'Allemagne (1961-1964)**

Les câbles de télécommunication à enveloppe en acier ondulé sont utilisés par l'Administration de la République fédérale d'Allemagne.

L'enveloppe en acier ondulé est soudée longitudinalement et ondulée sous forme à peu près sinusoïdale pour obtenir une meilleure flexibilité des câbles. Jusqu'à présent, le joint était soudé par recouvrement ; dans l'avenir, il sera soudé par aboutement. Contre la corrosion électrochimique ou électrolytique, on prévoit des couches (au moins deux) de matière spéciale plastique à base de goudron, d'une épaisseur suffisante, placées sur l'enveloppe en acier ondulé. Ces couches sont séparées l'une de l'autre par un enroulement en matière thermoplastique. La protection mécanique est assurée par une matière spéciale plastique. Comme protection supplémentaire contre la corrosion, on emploie une gaine en mélange de polychlorure de vinyle ou en polyéthylène. Des câbles pourvus de telles enveloppes en acier ondulé peuvent être actuellement fabriqués pour des diamètres d'âme de câble de 13 à 70 mm.

Les spécifications pour des câbles de télécommunication posés à l'extérieur des bâtiments, parmi lesquelles figurent celles des câbles à enveloppe en acier ondulé, sont publiées dans les prescriptions 0816 du *V.D.E. (Verband Deutscher Elektrotechniker)*.

En République fédérale d'Allemagne, jusqu'à maintenant (1964), 10 000 km de câble avec l'enveloppe en acier ondulé ont été utilisés ; le résultat est satisfaisant. Etant donné que l'enveloppe n'est pas en contact direct avec la terre, le câble présente certaines sensibilités aux décharges atmosphériques.

ANNEXE 2

(à la Question 2/VI)

**Renseignements fournis par l'Administration autrichienne (1961-1964)**

L'Administration autrichienne des P.T.T. utilise depuis quelque temps, sur les tronçons exposés à de fortes vibrations, des câbles « Stahlwellmantelkabel » (câble à enveloppe ondulée en acier). En ce qui concerne l'enveloppe en acier et les revêtements protecteurs, il y a lieu d'ajouter les indications suivantes :

1. *Enveloppe ondulée en acier*

Cette enveloppe est constituée par de l'acier non allié d'après la norme DIN 1624, elle est réalisée par une couture longitudinale soudée par recouvrement ou par rapprochement. On lui donne une ondulation hélicoïdale dont la profondeur est de 2,5 mm pour les câbles d'un diamètre de 20 mm (mesuré sans enveloppe). Pour les câbles de diamètre plus grand la profondeur de l'ondulation augmente en fonction du diamètre d'une manière approximativement proportionnelle. L'épaisseur de la bande d'acier est de 0,3 mm pour les câbles ayant un diamètre de 15 à 20 mm mesuré sous l'enveloppe métallique et de 0,5 mm pour les câbles plus gros. Pour augmenter les propriétés adhésives de la surface extérieure de l'enveloppe on peut soumettre celle-ci à un traitement approprié.

2. *Revêtements intérieurs de protection contre la corrosion*

Ces revêtements consistent en une masse visqueuse de composition spéciale (« polyment ») enrobée dans un ou plusieurs rubans de recouvrement en matière plastique enroulés.

3. *Revêtement extérieur en matière plastique*

Celui-ci est en polychlorure de vinyle. Son épaisseur dépend du diamètre de l'âme du câble et s'élève de 1,0 à 2,9 mm.

4. *Protection contre l'induction*

Dans le but de créer une protection contre l'induction (pour arriver à un facteur de réduction moins élevé), on peut appliquer entre l'âme du câble et l'enveloppe d'acier une couche de fils nus ronds ou plats de cuivre ou d'aluminium, recouverte, s'il est nécessaire, d'une couche de feuillards d'acier.

Le procédé de pose de ces câbles, les détails du montage, et en particulier la protection des épissures, sont prescrits par « l'Instruction pour la préparation des extrémités des câbles à enveloppe en acier ondulé et leur montage » (« Anweisung für das Vorbereiten der Kabelenden und für die Montage von Stahlwellmantelkabeln »), éditée par l'Administration autrichienne des P.T.T.

ANNEXE 3

(à la Question 2/VI)

**Information présentée par l'American Telephone and Telegraph Company (1961-1964)**

*Expérience acquise par le Bell System sur les enveloppes « stalpeth »*

Les enveloppes stalpeth, qui sont fabriquées par la Western Electric Company, se composent d'une couche d'aluminium ondulé, d'une couche d'acier ondulé soudé, d'une couche d'un composé thermoplastique coulé à chaud et d'un revêtement extérieur en polyéthylène.

Nous recommandons l'emploi de ce type d'enveloppe pour les câbles enterrés en conduite et pour les câbles aériens. Notre expérience nous a permis de conclure qu'ils conviennent particulièrement à ces deux utilisations. Nous n'avons pas enregistré de corrosion de l'aluminium ou de l'acier, sauf si le revêtement extérieur avait été endommagé et si l'eau avait pu pénétrer dans le câble. La plus grande partie des câbles sous isolation en papier du Bell System sont actuellement placés sous enveloppe stalpeth.

Nous ne recommandons pas l'emploi de ces enveloppes pour des câbles directement posés dans la terre, car le revêtement extérieur en polyéthylène peut être endommagé par la foudre dans la plus grande partie des Etats-Unis. Les revêtements en matière plastique dont l'emploi est recommandé en ce cas sont les suivants :

1. *Pour les câbles à isolation en papier.* — PASP (polyéthylène, aluminium, acier soudé, composé coulé et couche extérieure de polyéthylène). Avec des enveloppes de ce type, la foudre peut endommager le revêtement extérieur, mais on enregistre rarement des dégâts sur la couche de polyéthylène qui se trouve sous l'armure métallique.
2. *Pour les câbles sous isolation de polyéthylène.* — PASP comme pour les câbles sous isolation en papier ou PAP (polyéthylène, aluminium et polyéthylène). L'efficacité de ces deux types d'enveloppes est identique pour protéger un câble contre les effets de la foudre.

#### ANNEXE 4

(à la Question 2/VI)

#### Renseignements fournis par l'Administration française en 1967

L'Administration française des postes et télécommunications a établi une spécification des câbles à enveloppe d'acier, dont le prix est plus avantageux que celui des câbles interurbains classiques à enveloppe de plomb et armure de feuillards d'acier comprenant des matelas de jute imprégné.

L'âme du câble est la même que celle des câbles sous plomb interurbains. Sur cette âme, revêtue de plusieurs couches de papier, on applique en hélice ou longitudinalement un ou plusieurs rubans conducteurs d'aluminium ou de cuivre. Le nombre et l'épaisseur des rubans sont laissés au choix du constructeur, la seule condition étant que le facteur réducteur ait une valeur convenable comparable à celui des câbles sous plomb et armure classique<sup>1</sup>.

L'enveloppe métallique est constituée par une bande d'acier cintrée en forme de tube, soudée longitudinalement et ondulée pour donner de la souplesse au câble. L'épaisseur de la bande d'acier est de :

- 0,4 mm pour les âmes dont le diamètre est  $\leq 48$  mm ;
- 0,5 mm pour les âmes dont le diamètre est  $> 48$  mm.

L'enveloppe d'acier est protégée contre la corrosion par un enduit bitumineux qui remplit les ondulations, éventuellement, un ou plusieurs rubans de polyester, puis une gaine de polyéthylène de 2 mm d'épaisseur. Ces câbles sont enterrés directement dans le sol ou peuvent être tirés dans des conduites en ciment ou en matière plastique pour les traversées des villes.

#### Question 3/VI

(suite de la Question 3/VI, 1964-1968)

Emploi de matières plastiques comme revêtement protecteur pour une enveloppe métallique de câble :

<sup>1</sup> *Référence* : Article de H. PECH publié en juillet 1966 dans le n° 3 de la *Revue des câbles et transmissions*.

1. pour la protéger contre la corrosion ;
2. pour la protéger contre les potentiels élevés quelle qu'en soit la cause.

*Remarque 1.* — L'étude de cette question devrait avoir pour but de déterminer :

a) si la protection mécanique d'une gaine en matière plastique par une armure est essentielle quand le câble ainsi revêtu est enterré directement dans le sol ;

b) dans le cas contraire, si l'on doit recommander que des mesures d'isolement entre l'enveloppe et le sol soient faites périodiquement afin de s'assurer que le revêtement protecteur reste en bon état. Cette procédure impliquerait que soit assurée l'isolation par rapport au sol des manchons d'épaisseur, boîtes de charge et de dérivation, etc., qui se trouvent normalement reliés électriquement à l'enveloppe.

*Remarque 2.* — L'étude de cette question devrait avoir lieu en tenant compte des travaux de la Commission d'études V concernant les revêtements qui, tout en assurant une protection contre la corrosion, présentent une faible résistivité afin de permettre le maintien d'un couplage résistif approprié entre l'enveloppe métallique et la terre.

## ANNEXE 1

(à la Question 3/VI)

### Résumé des informations communiquées en 1957-1960 à la 6<sup>e</sup> Commission d'études et mises à jour en 1968 au sujet de revêtements protecteurs en matière plastique

L'Administration fédérale allemande rappelle l'usage de matières plastiques comme revêtement protecteur pour les câbles à enveloppe en acier ou en aluminium. Elle mentionne aussi l'utilisation d'un revêtement en mélange de polychlorure de vinyle, placé sur une couche plastique de matière spéciale à base de goudron, dans le cas de câbles à enveloppe de plomb armés, lorsque l'enveloppe en plomb et/ou l'armure en acier doivent être protégées contre des composants agressifs du sol (par exemple de sols marécageux).

L'Administration du Royaume-Uni indique que les revêtements protecteurs pour les câbles à enveloppe métallique sont utilisés moins fréquemment que par le passé, du fait que la plupart des revêtements de câbles sont maintenant faits en matière plastique. Pour le moment, toutefois, on utilise encore des enveloppes de plomb pour les câbles contenant des paires coaxiales, mais ces enveloppes sont alors sous revêtement de polyéthylène.

À la périphérie de réseaux locaux, on utilise couramment des câbles de petit diamètre isolés au polyéthylène sous enveloppe de polyéthylène. Environ la moitié d'entre eux est placée en conduites de poterie et le reste est enterré directement. Une petite partie des câbles ainsi enterrés est revêtue d'une armure de fils afin d'éviter au maximum qu'ils soient endommagés lors de travaux de terrassement ou autres. Cette armure de fils est placée sous un revêtement de plastique destiné à la préserver de la corrosion. Dans ce cas, l'on utilise du polychlorure de vinyle qui offre une plus grande résistance à l'usure.

Au Royaume-Uni, on a toujours préféré utiliser le polyéthylène, plutôt que le polychlorure de vinyle, tant pour les enveloppes que pour les revêtements des câbles extérieurs, sauf dans les cas analogues à ceux mentionnés au paragraphe précédent, où il y a lieu de se préoccuper particulièrement de la résistance à l'usure. Les raisons de cette préférence sont essentiellement historiques et sont décrites ci-après.

Le plomb était rare au cours de la guerre et pendant les quelques années qui suivirent, en sorte que l'épaisseur normale de l'enveloppe en plomb des câbles classiques papier-plomb a été réduite en 1942, puis à nouveau en 1946. Un peu plus tard, des rapports apparemment autorisés ont suggéré que les ressources mondiales en plomb diminuaient et pourraient devenir insuffisantes à relativement brève échéance. En conséquence, l'épaisseur du plomb a encore été réduite et, en 1947, on a mis en service des câbles sous revêtement de plomb mince recouverts d'une protection par rubans hessiens. De plus, on a jugé commode d'étudier la possibilité d'utiliser des revêtements entièrement en matière plastique pour remplacer le plomb sur les câbles à âme entourée de papier. Le choix s'est alors naturellement porté sur le polyéthylène qui avait été mis au point au

Royaume-Uni et qui présentait une constante de perméabilité à l'humidité très supérieure à celle du polychlorure de vinyle.

On n'avait que peu de connaissances sur le comportement du polyéthylène refoulé, de sorte qu'il a été décidé d'avancer avec précaution et de ne fabriquer que 10 % des câbles à enveloppe mince en plomb sous revêtement de ruban hessien sous forme de câbles sous enveloppe mince en plomb sous revêtement de polyéthylène. Des recherches sur le comportement du polyéthylène sur enveloppe mince en plomb ont donné d'excellents résultats. La confiance que l'on a ainsi accordée au polyéthylène a été telle qu'on a estimé possible de réaliser des enveloppes entièrement en polyéthylène. Entre-temps, la pénurie de plomb avait cessé, mais l'emploi de câbles sous gaine entièrement en matière plastique — avec ou sans barrière d'eau constituée par un ruban d'aluminium de 0,15 mm — est maintenant pratique courante lorsqu'il s'agit de câbles à paires multiples à fréquences vocales.

Compte tenu du faible coefficient de frottement du polyéthylène, un câble sous enveloppe de plomb et revêtement de polyéthylène est très facile à tirer. A cet égard, il se comporte mieux qu'un câble sous revêtement en polychlorure de vinyle. Il est vrai que le polyéthylène est plus inflammable, mais on n'a encore enregistré aucun dégât de ce fait. Les mêmes remarques s'appliquent, naturellement, aux câbles sous enveloppes entièrement en matière plastique.

Il y a un léger avantage économique et plus de commodité à utiliser un même élément comme revêtement protecteur et pour la fabrication d'enveloppes et, dans l'ensemble, on estime qu'il est avantageux d'utiliser le polyéthylène à ces deux fins.

On trouvera dans la contribution COM 6 — n° 12 de la série 1957-1960, le texte du cahier des charges imposé par l'Administration italienne pour les revêtements thermoplastiques placés sur le plomb des câbles téléphoniques.

Ce cahier des charges est valable jusqu'à aujourd'hui (1963). En Italie pendant la période 1958-1963 environ 1100 km de câble à paires coaxiales avec revêtement thermoplastique ont été posés et ont donné satisfaction. En outre, des câbles à paires symétriques de longueur considérable munis de telle protection ont été posés, aucun dérangement n'a été signalé.

Tout récemment (1964), l'Administration italienne vient d'introduire dans le cahier des charges une réduction de l'épaisseur du revêtement thermoplastique, qui maintenant doit correspondre à la formule :

$$S = 1,0 + 0,032 D_p \text{ (} S \text{ épaisseur en mm, } D_p \text{ diamètre sur le plomb, en mm).}$$

A titre d'information on ajoute qu'actuellement on pose, selon le même cahier des charges, un câble à paires coaxiales avec un revêtement thermoplastique sur le plomb d'une longueur de 1000 km environ. Il est intéressant de mentionner qu'en Italie, depuis 1956, les chemins de fer de l'Etat ont utilisé avec des résultats satisfaisants, des longueurs considérables de câbles à paires symétriques sous plomb, munis d'une protection thermoplastique.

En général l'Administration autrichienne des P.T.T. ne prévoit un revêtement de protection en matière plastique pour les câbles à enveloppe de plomb que dans le cas où les câbles seraient exposés aux effets nuisibles suivants :

1. potentiels très élevés de la terre dus à la mise à la terre des installations électriques par un court-circuit ;
2. liquides ou composants agressifs du sol ;
3. corrosion électrolytique.

Pour le revêtement de protection on utilise généralement le polychlorure de vinyle, parce qu'il possède des caractéristiques mécaniques favorables (particulièrement en ce qui concerne l'abrasion) et il peut être appliqué en entourant étroitement l'enveloppe de plomb. Il est prescrit une couche intermédiaire de bitume avec un recouvrement en rubans de polychlorure de vinyle ou de coton bitumé.

Dans le cas où le câble est muni d'un revêtement en matière plastique, on se contente d'une épaisseur réduite de l'enveloppe de plomb.

L'épaisseur du revêtement en polychlorure de vinyle doit être suffisante pour assurer une résistance diélectrique de 20 kV pour un courant alternatif de 50 Hz, et dans aucun cas elle ne doit pas être inférieure à 3 mm.

ANNEXE 2  
(à la Question 3/VI)

Mesures adoptées par l'Administration française pour la protection des enveloppes métalliques contre les corrosions électrochimiques ou électrolytiques

(Renseignements fournis par l'Administration française en 1964-1968)

Nature des enveloppes	Risque de corrosion	Pose en conduite ou galeries	Pose en pleine terre
Plomb	Normal (cas général)	Rien	Armure de feuilards et jute imprégné
	Risque particulièrement élevé	Gaine en polyéthylène de 2 mm extrudée	dito + gaine en polyéthylène de 2 mm sur longueur strictement nécessaire
Aluminium	Normal (cas général)	Produit d'étanchéité et gaine en polyéthylène de 2 mm extrudée	Produit d'étanchéité + gaine en polyéthylène de 2 mm + feuilards + jute imprégné
	Risque particulièrement élevé	dito	dito + gaine en polyéthylène de 2 mm sur longueur strictement nécessaire
Acier	Dans tous les cas	Produit d'étanchéité + gaine en polyéthylène de 2 mm extrudée	

ANNEXE 3  
(à la Question 3/VI)

Résumé des renseignements fournis par l'Administration de l'U.R.S.S. en 1964-1968

Pour assurer la protection des enveloppes métalliques de ses câbles souterrains de télécommunication contre la corrosion, l'Administration de l'U.R.S.S. utilise différents types de revêtement isolant dont les spécifications dépendent de la nature du métal, des conditions d'exploitation du câble et de l'agressivité du milieu ambiant.

Pour les câbles à enveloppe de plomb, on dispose, sur l'enveloppe :

- soit une protection normale constituée par des couches successives de papier, de bitume et de jute ;
- soit une protection renforcée qui comporte en outre, au-dessus d'une première couche de bitume, deux rubans de polychlorure de vinyle posés avec un recouvrement d'au moins 20 %.

Les enveloppes d'aluminium sont toujours protégées par une couche de produit bitumineux, puis par une gaine de polyéthylène.

Lorsque le câble ne risque pas d'être soumis à des inductions alternatives importantes, on se limite à cette gaine dont l'épaisseur est alors comprise entre 2 et 2,5 mm.

Dans le cas contraire, ou dans les régions dont le niveau kéraunique est élevé, la gaine de polyéthylène, dont l'épaisseur est alors ramenée à environ 1 mm, est recouverte par des couches alternées de bitume et de papier crêpé — éventuellement par un rubannage de polychlorure de vinyle puis par une armure en feuillards d'acier et par du jute.

Si l'agressivité des sols est telle qu'une corrosion rapide des feuillards est à craindre, l'armure est à son tour protégée par une gaine plastique de 1,5 à 2 mm d'épaisseur.

#### ANNEXE 4

(à la Question 3/VI)

##### **Revêtements de protection des enveloppes métalliques des câbles de télécommunication utilisés en Tchécoslovaquie**

(Renseignements fournis par l'Administration tchécoslovaque en 1964-1968)

En Tchécoslovaquie, la protection contre la corrosion des enveloppes métalliques des câbles de télécommunication s'effectue conformément aux recommandations du C.C.I.T.T. et celles qui sont élaborées par l'Administration, en fonction des conditions locales spécifiques.

La protection contre la corrosion de ces câbles ne se fait qu'aux endroits du trajet où un examen général a distinctement montré un risque de corrosion. L'examen des câbles anciens et nouveaux a démontré que les câbles munis d'une armure en acier ne se corrodent que dans certains secteurs de faible longueur (ceci pour les câbles n'étant pas posés le long des voies de chemin de fer électrifié en courant continu). La majorité des câbles n'est pas attaquée par une corrosion intense ; dans ces secteurs la longévité des câbles est généralement supérieure à 30 ans.

Sur la base de cet examen il a été convenu de réaliser la protection contre la corrosion des câbles de télécommunication seulement dans les secteurs présentant un risque, et d'utiliser des moyens de protection passifs et actifs.

Les moyens de protection passifs comprennent divers types de revêtements isolants pour les enveloppes métalliques des câbles et de manchons isolants pour l'épissure. Les moyens actifs de protection comprennent des stations cathodiques, des installations de drainage, des anodes galvaniques et la mise à la terre des enveloppes métalliques des câbles.

La norme tchécoslovaque des protections passives ne distingue en ce moment que trois types principaux de protection :

- 1) simple,
- 2) renforcée,
- 3) spéciale.

1. La protection passive simple comprend une couche de bitume sur l'enveloppe de plomb qui est entourée de papier imprégné. Si le câble n'est pas muni d'une armure, une couche de jute imprégné est placée sur la couche de papier.

2. La protection passive renforcée comprend une couche de bitume, appliquée sur l'enveloppe de plomb, et une autre couche protectrice formée de trois bandes de polychlorure de vinyle plastifiée enroulée avec recouvrement de 35 %. Sur ces deux couches on place une troisième formée de deux rubans de papier imprégné enroulés. Si le câble n'est pas muni d'une armure, une couche de jute imprégné est mise sur la couche de papier. Si les câbles sont armés, l'armure est protégée de la même façon.

3. La protection passive spéciale peut se présenter de trois manières :

3.1 Le type C, comprenant un revêtement en bitume sur l'enveloppe de plomb qui est entourée de cinq rubans en caoutchouc avec recouvrement de 20 %. Entre le deuxième et le troisième ruban et également entre le troisième et le quatrième ruban on utilise un liant. Sur ces couches isolantes, on enroule un autre ruban en polychlorure de vinyle plastifié avec recouvrement de 15 % ou deux

rubans de toile caoutchoutée pour câbles. Si le câble n'est pas muni d'une armure, une autre couche de papier imprégné est enroulée sur ces couches (deux rubans avec recouvrement de 35 %) et sur la surface, on applique une enveloppe en jute imprégné. Si le câble est armé, l'armure est enroulée sur la dernière couche de papier et protégée par une couche de bitume et un revêtement en jute imprégné.

3.2 Le type Y se compose d'un revêtement continu en polychlorure de vinyle plastifié d'une épaisseur de 2,5 mm appliqué sous pression sur l'enveloppe de plomb. Sur ce revêtement continu on enroule deux rubans en papier imprégné. Si le câble n'est pas muni d'une armure, une couche de jute imprégné est enroulée sur la dernière couche de papier. Sur le câble armé, l'armure est placée sur la dernière couche de papier et protégée par trois couches protectrices. La première est un revêtement en bitume, sur laquelle on enroule trois rubans en papier imprégné avec recouvrement de 25 % le tout étant placé sous un revêtement en jute imprégné.

3.3 Le type S concerne les câbles posés dans un terrain où il y existe un risque particulier d'attaque par corrosion des enveloppes métalliques ; il est utilisé également pour les câbles avec enveloppes en aluminium. En principe la construction des couches isolantes est analogue dans ce cas, à celle du type Y avec la seule différence qu'entre l'enveloppe métallique et la couche continue de polychlorure de vinyle on applique une couche intermédiaire de dérivé de paraffine mélangée avec un bactéricide. Cette couche intermédiaire a pour but de restreindre la pénétration de l'air et de l'humidité en profondeur en cas de détérioration de la compacité de la couche isolante continue. En outre, sur ces câbles l'armure est très soigneusement protégée par une couche de bitume et par quatre rubans de polychlorure de vinyle plastifié. Sur la dernière couche on applique une enveloppe en jute imprégné. La protection du type S est pour le moment au stade des essais, des renseignements détaillés seront fournis plus tard. Les directives élaborées fixent pour les différents cas dans quels endroits et sur quelles longueurs il est nécessaire d'utiliser les différents types de protections passives décrits ci-dessus.

Ces types de protections sont appliqués en Tchécoslovaquie depuis quatre ans et pour le moment on n'a pas constaté d'inconvénient notable. Etant donné que la fabrication de câbles comportant ces protections passives est relativement coûteuse (de 1 à 4 % plus chère que l'exécution classique) on attache une grande importance à limiter leur emploi aux endroits où l'on a constaté avec certitude que le câble est exposé à la corrosion. Les câbles munis de ces revêtements de protection sont fabriqués par l'industrie tchécoslovaque ; ils sont principalement utilisés lors de la pose de nouveaux câbles ou de la réfection d'anciennes artères. En plus des revêtements de protection cités, on emploie encore un autre type de ruban et de pâte de protection connus sous le nom de « PLU ». Ce ruban et cette pâte de protection sont appliqués à la main sur l'enveloppe en jute des câbles d'exécution classique lors des réparations générales et lors de l'élimination des défauts, mais seulement lorsque les câbles existants sont exposés à la corrosion sur une longueur de 50 mètres au moins. Le ruban protecteur est en tissu de verre très fin abondamment imprégné sur les deux côtés par une pâte composée de paraffine. L'enduit a des effets fongicides et contient 50 % à 60 % de substances minérales finement broyées et au minimum 5 % de chromates alcalins. Après application sur le revêtement des câbles, après pose de l'enroulement protecteur et après un réchauffage léger de la surface à l'aide d'une lampe à essence, au cours duquel la surface est sans cesse lissée, il se forme un revêtement isolant compact qui empêche l'humidité de pénétrer vers l'enveloppe du câble et absorbe l'humidité existante contenue dans les revêtements isolants. Cette protection passive est également employée dans les cas où il faut renouveler le revêtement de protection sur les manchons de l'épissure lors du montage des câbles d'exécution classique.

Les difficultés qui se présentent pour les protections passives sont toujours celles de la méthode de préservation et de la mesure de l'état d'isolement des protections après la pose du câble dans la terre. En ce sens, l'Administration tchécoslovaque est en train d'élaborer des méthodes de préservation et de mesure de l'état d'isolement des protections passives des types S et Y, mais des résultats sûrs ne seront pas connus avant un an.

*Conclusions*

Les conclusions suivantes ont été formulées à la suite de l'emploi, depuis quatre ans, des méthodes de protection décrites ci-dessus :

- a) L'utilisation satisfaisante des câbles avec protection passive dépend principalement du soin apporté aux travaux de sondage du terrain.
- b) Il faut utiliser de façon rigoureusement conforme à la norme correspondante les plastifiants qui interviennent dans la composition du polychlorure de vinyle.
- c) Les défauts constatés pour le moment sur les couches isolantes sont dues aux défauts de fabrication ou à un maniement incorrect du câble pendant les travaux de pose.
- d) Le prix total de la construction des artères en câbles résultant de l'emploi de câbles munis des protections mentionnées est de 1 à 4 % plus cher que celui des câbles sous enveloppe de plomb d'exécution classique.
- e) Les essais de la longévité des revêtements de protection faits en laboratoire ont montré qu'il est possible de compter sur une longévité supérieure à 15 ans.

ANNEXE 5

(à la Question 3/VI)

**Enveloppes de câbles en matière plastique conductrice**

(Renseignements fournis par la Northern Electric Company)

*Résumé*

Il existe en de nombreux endroits des câbles enterrés à enveloppe en matière plastique conductrice ; ces câbles ont fait l'objet d'essais comparatifs avec des câbles à enveloppe plastique normale. Les résultats de ces essais font apparaître une amélioration notable en ce qui concerne la fréquence des dommages et, par voie de conséquence, la facilité de localisation des défauts, s'il y en a.

*Câbles*

Les divers câbles utilisés dans l'essai pratique contenaient de 25 à 200 paires de conducteurs ayant un diamètre de 0,91 mm ou 0,64 mm. L'âme du câble est enveloppée d'un ruban longitudinal de matière plastique ou d'un ruban en caoutchouc et plastique ; le blindage était réalisé par un ruban d'aluminium tendre, de 0,22 mm, qui dans la plupart des cas était ondulé transversalement. La couche extérieure de matière plastique conductrice avait une conductivité de l'ordre de 100 ohm/cm ; cette matière se trouve dans le commerce.

La substance utilisée pour le revêtement est un copolymère d'éthylène/acrylate d'éthyl contenant jusqu'à 50 % de noir de fumée. Cette matière, si elle est élaborée avec soin et convenablement séchée, possède des propriétés avantageuses d'extrusion ainsi qu'une bonne résistance à la traction, aux chocs et aux cisaillements. D'autre part, elle a une bonne souplesse aux basses températures et une bonne résistance aux contraintes de fissuration. On n'a pas placé de substances d'étanchéité liquides sous le revêtement, car on n'a pas trouvé de matériau ayant une conductivité électrique satisfaisante.

*Milieu ambiant*

Les câbles étaient installés dans des zones où le niveau isokéraunique correspondait à 20-30 jours d'orage par année.

*Exécution des essais*

Une longueur totale de câbles de 28 km a été mise en service dans l'est du Canada pendant des périodes allant de quatre à cinq ans. Ces câbles ont été installés en sept emplacements qui étaient caractérisés dans le passé par une grande fréquence d'endommagement des câbles par la foudre.

*Résultats*

Pendant toute la durée de l'essai, on n'a enregistré que deux cas d'endommagement des câbles ; dans chacun de ces cas, les dégâts étaient très localisés. D'autres câbles pourvus d'enveloppe non conductrice et installés dans le même secteur — soit parallèles aux câbles étudiés, soit raccordés en série avec ces câbles — subissaient les dégâts habituels ; ils présentaient de nombreuses piqûres réparties sur de grandes longueurs des câbles. Comme les défauts constatés sur les câbles à enveloppe conductrice étaient localisés, leur répartition était plus facile que sur les autres câbles.

*Remarque.* — Des courants vagabonds continus de forte intensité circulant dans la terre peuvent avoir un effet défavorable sur ce type d'enveloppe, comme ce serait le cas avec un câble à enveloppe de plomb dotée d'une protection par jute ou par un autre matériau non isolant. Dans les zones où ce problème ne soulève pas de difficultés graves, il apparaît que l'emploi d'une enveloppe en matière plastique conductrice au-dessus d'un blindage métallique a pour effet de réduire sensiblement l'endommagement du câble par la foudre.

**Question 4/VI**

*(suite de la Question 4/VI, 1964-1968)*

Réalisation d'enveloppes de câbles en matière plastique :

- i) dont l'enveloppe est entièrement en matière plastique ;
- ii) dont l'enveloppe comporte une couche métallique étanche.

*Remarque 1.* — Des renseignements sont demandés au sujet des méthodes de localisation des dérangements dans les câbles sous matière plastique. Spécialement dans le cas où les conducteurs sont sous enveloppe en matière plastique, le point où se manifeste un défaut peut en effet être très éloigné de l'endroit où l'eau a pénétré dans l'enveloppe du câble.

*Remarque 2.* — Il convient de fournir des renseignements sur les méthodes d'appréciation de la durée de vie des câbles à enveloppe de matière plastique et sur la résistance des joints obtenus par divers moyens : soudure, moulage, dispositifs mécaniques, rubans composés à base de résine, époxy, etc.

ANNEXE 1

(à la Question 4/VI)

**Renseignements fournis par la République fédérale d'Allemagne (1961-1964)**

1. *Type de câble*

Dans la République fédérale d'Allemagne, on a fabriqué et posé, à titre d'essai, des câbles dont les conducteurs sont, comme ceux des câbles à enveloppe de plomb, isolés par du papier. L'âme du câble recevait, comme écran statique, un enroulement ininterrompu en ruban d'aluminium et, sur cet enroulement, un revêtement sans couture, composé d'un mélange de polyisobutylène et de noir de fumée. Etant donné que ce revêtement est très plastique et mou, on l'a protégé par des rubans de matière textile enroulés et par plusieurs bandes de papier enroulées entre des couches de matière. Sur l'ensemble on place une armure en fils d'acier plate et, extérieurement, une gaine protectrice en jute entre des couches de matière.

Le polyisobutylène employé pour le mélange est un hydrocarbure thermoplastique très polymère, à haut poids moléculaire et très étanche à la vapeur d'eau. Le polyisobutylène est, à la température normale, résistant aux acides, lessives, solutions salines, etc. Il reste plastique jusqu'à une température minimale de  $-50^{\circ}\text{C}$ . Sa résistance à la traction est minime. Sa résistance au vieillissement serait très bonne.

## 2. *Raccordement*

Une épissure entre deux sections de câble est recouverte au moyen d'un manchon en mélange de polyisobutylène. Ce manchon est fabriqué d'une pièce et a une couture longitudinale. La couture longitudinale est soudée sous pression et chaleur (environ  $200^{\circ}\text{C}$ ) au moyen d'un outil spécial chauffé (au gaz propane). Les deux collets du manchon sont soudés à l'enveloppe en polyisobutylène de la même manière. Lorsque les couches superposées de polyisobutylène sont soudées ensemble, les joints sont absolument étanches à l'eau. Le manchon mou et plastique en mélange de polyisobutylène avec joints soudés est protégé par un manchon protecteur en fonte composé de deux demi-coquilles. L'espace vide entre le manchon en polyisobutylène et le manchon protecteur en fonte est rempli de composition isolante à une température de coulée maximale de  $150^{\circ}\text{C}$ .

## ANNEXE 2

(à la Question 4/VI)

### **Câbles sous enveloppe entièrement en matière plastique utilisés au Royaume-Uni**

(Renseignements mis à jour en 1968 par le Royaume-Uni)

#### 1. *Câble de réseau local à isolation au polyéthylène sous enveloppe de polyéthylène*

Une grande quantité de ce type de câble (évaluée à 140 000 miles de longueur) est utilisée dans de très bonnes conditions dans des réseaux locaux de distribution. Il est probable qu'un peu plus de la moitié de ces câbles est en conduites, le reste étant enterré directement. Le prix de revient d'un tel câble est considéré comme légèrement inférieur à celui d'un câble équivalent sous enveloppe de plomb et isolé au papier, mais sa souplesse et sa sécurité de fonctionnement lui confèrent un avantage économique de plus. Depuis avril 1960, tous les câbles de distribution d'une capacité inférieure ou égale à 100 paires sont de ce type. Certains de ces câbles sont équipés de barrières, à intervalles d'environ 18 mètres, qui sont destinées à restreindre les infiltrations d'eau qui pourraient se produire lorsqu'un revêtement est endommagé; toutefois, les plus modernes d'entre eux sont entièrement remplis de vaseline, leurs conducteurs étant enrobés de mousse de polyéthylène isolante pour compenser l'accroissement de capacité dû à la vaseline. On commence, pour ce genre de câble, à utiliser des conducteurs d'aluminium.

#### 2. *Câble local de grande capacité avec enveloppe de polyéthylène*

Pour les câbles des grands centraux, les prix de revient se présentent différemment en sorte que les câbles avec isolation et enveloppe en polyéthylène reviendraient plus cher que les câbles sous plomb isolés au papier. Dans ce cas, le câble isolé au papier avec enveloppe de polyéthylène est économique; il est utilisé depuis avril 1964 pour la plupart des lignes d'abonné et peut compter de 100 à 3000 paires. Dans ce câble, un ruban d'aluminium, à la fois mince et large, dont un côté a été revêtu à l'avance d'un film de polyéthylène à forte adhérence, est posé en longueur sur l'âme de papier, avant pose de l'enveloppe, la couche de polyéthylène étant au-dehors. Le polyéthylène chaud sortant de la presse à extrusion se soude à la surface en polyéthylène du ruban et lie solidement l'aluminium à la paroi interne de l'enveloppe. La barrière constituée par le ruban d'aluminium diminue d'au moins 50 fois la surface de diffusion apparente de la vapeur d'eau dans l'âme de papier, si bien que la diffusion est pratiquement négligeable.

Un gros câble isolé au polyéthylène sous enveloppe de polyéthylène se prête à un aboutissement direct à un répartiteur, et, afin d'éviter un raccordement, on l'utilise fréquemment plutôt qu'un câble isolé au papier, pour l'extrémité qui a accès au central.

### 3. *Câble interurbain et câble de jonction à fréquences vocales*

Le câble de jonction Douvres-Deal (9 miles), posé à titre expérimental, est muni d'une enveloppe au polyéthylène de 100 mils (2,5 mm), sans noir de fumée, recouvrant des conducteurs d'aluminium isolés au papier. L'âme est suffisamment lâche pour faciliter le passage d'un gaz sec en cas de besoin. Le diamètre est de 1,27 pouce (32 mm). Le câble est maintenu sous pression de gaz constante ; on en trouve une description complète dans l'*I.P.O.E.E. Journal*, volume 48, page 224, et volume 49, page 22, janvier et avril 1956.

Mis en service en juin 1955, ce câble donne toute satisfaction depuis 13 ans.

On observe une différence d'environ 12°C entre les températures du câble en été et en hiver et, à la température hivernale minimale d'une année normale, la résistance d'isolement est environ trois fois plus grande qu'à la température maximale estivale. Au moment de la pose du câble, la résistance d'isolement à cette température maximale atteignait 24 000 mégohms/km ; pour la même température, elle est actuellement d'un peu moins de 3000 mégohms/km.

Un certain nombre d'autres câbles interurbains et de jonction à fréquences vocales, papier-polyéthylène, ont été posés ; ils sont maintenant d'utilisation courante. Tous ces câbles sont munis à l'intérieur de la gaine de polyéthylène, d'un ruban d'aluminium qui arrête la vapeur d'eau, si bien que la lente diminution de la valeur de l'isolement enregistrée sur le câble Douvres-Deal ne se constate pratiquement plus.

## ANNEXE 3

(à la Question 4/VI)

### **Technique utilisée en Italie pour la réalisation des joints des câbles sous enveloppe en matière plastique**

#### 1. *Méthode de raccordement des conducteurs dans les épissures des câbles sous enveloppe thermoplastique et dont les conducteurs sont isolés par polyéthylène*

L'isolant des conducteurs des câbles sous enveloppe thermoplastique est généralement en polyéthylène solide ou cellulaire ; parfois, on utilise aussi du polyéthylène dont la section transversale a la forme d'une étoile. Dans les deux premiers cas, l'isolant des conducteurs est rendu étanche par l'introduction d'un petit manchon en polyéthylène à l'endroit du raccordement et en le soudant à chaud à l'enveloppe en polyéthylène des conducteurs, de part et d'autre du joint. Une autre méthode consiste à obtenir l'adhésion du petit manchon en polyéthylène à l'aide de deux pièces coniques. Quelle que soit la méthode utilisée, on recherche l'étanchéité absolue de l'isolant des conducteurs pour que le service ne soit pas affecté même si l'eau pénétrait sous l'enveloppe du câble à l'épissure.

Dans le cas du polyéthylène à section en étoile, le procédé consistant à recouvrir l'extrémité des fils torsadés avec un capuchon rempli de graisse au silicone est en usage.

#### 2. *Méthodes de raccordement des enveloppes thermoplastiques*

##### a) *Câbles sous enveloppe en polychlorure de vinyle*

Après avoir enrobé les conducteurs d'un ruban de polyéthylène, on introduit sur l'épissure deux demi-manchons en polychlorure de vinyle qui sont ensuite soudés à l'aide d'un solvant approprié, entre eux et à l'enveloppe du câble. Afin de donner un support à ces demi-manchons, lors de la soudure, on introduit, préalablement, sur l'ensemble des conducteurs, un manchon rigide (par exemple en polychlorure de vinyle).

b) *Câbles sous enveloppe en polyéthylène*

Le raccordement des conducteurs est réalisé comme décrit ci-dessus ; en ce qui concerne l'enveloppe du câble, on utilise un manchon cylindrique en polyéthylène, soudé à l'enveloppe de part et d'autre de l'épissure à l'aide d'un outil spécial, chauffé préalablement à une température déterminée. A l'extérieur du joint, on place, dans le cas d'un câble souterrain, une boîte en fonte remplie de bitume dont le point de fusion est à une température peu élevée. Un tel joint dans le cas d'un câble aérien est protégé à l'aide d'une pièce métallique qui sert aussi pour l'amarrage du câble porteur.

c) *Câble sous enveloppe en polyéthylène, et d'une gaine supplémentaire en polychlorure de vinyle*

Ce type de câble est de plus en plus utilisé en Italie, et le raccordement de l'enveloppe en polyéthylène et de l'enveloppe en polychlorure de vinyle est effectué séparément, en appliquant les procédés décrits aux points a) et b).

3. *Raccordement entre enveloppe thermoplastique et enveloppe en plomb*

On utilise un joint prémoulé constitué d'un tampon étanche en matière synthétique, traversé par des conducteurs en nombre correspondant à ceux des câbles à raccorder, et muni des deux côtés des manchons de raccordement aux enveloppes, respectivement en plomb et en matière thermoplastique.

4. *Utilisation des câbles sous enveloppe en matière plastique comme câbles aériens autoporteurs*

Afin d'éviter les inconvénients de la suspension rigide des câbles aériens autoporteurs traversant des régions exposées aux orages et aux vents assez violents, en Italie on a mis au point un dispositif pour la suspension du câble au poteau, ce dispositif permet au câble un certain déplacement longitudinal. Bien que ce dispositif n'empêche pas les vibrations du câble sous l'effet du vent, il réduit son effet nuisible sur les supports.

Pour les portées exposées particulièrement au vent, on a eu exceptionnellement recours à une suspension « caténaire » à l'aide d'un câble porteur supplémentaire, auquel le câble est suspendu avec les mêmes dispositifs.

En cas de pose de ces câbles le long du chemin de fer électrifié, on a souvent utilisé le fil de garde déjà existant pour y fixer le câble aérien en des points intermédiaires, de façon à réduire la longueur de la portée.

ANNEXE 4

(à la Question 4/VI)

**Raccordement des câbles à enveloppe en matière plastique**

(Renseignements fournis par l'Administration australienne (1968))

L'Administration australienne utilise depuis un certain temps des câbles sous enveloppe en matière plastique ; elle a mis à l'épreuve sur le terrain un certain nombre de méthodes de raccordement. Dans la méthode la plus couramment employée aujourd'hui pour les raccordements souterrains, l'étanchéité du joint est totalement assurée par des résines époxydes.

Les conducteurs sont raccordés par des fils torsadés, soudés et protégés par des manchons en matière plastique. Un moule en matière plastique est placé autour du joint ; puis il est rempli d'un composé de résine époxyde. Cette résine est livrée dans des troussees de travail contenant :

- a) un flacon en polyéthylène transparent à parois minces contenant un mélange de résine époxyde de base (Epikote 834: Epichlorohydrine-Bisphenol A) et d'un diluant réactif (Cardura E : acide gras synthétique époxydisé) ;
- b) un tube de plomb étamé avec un bec verseur contenant un produit gras, du « polymid 75 » (résine polyamide-polyamine) ;
- c) trois sacs en matière plastique dont deux sont utilisés pour protéger les mains pendant que l'on mélange et verse la résine et le troisième pour placer les matériaux de rebut.

Le durcisseur est versé dans le flacon en matière plastique qui contient la résine ; le mélange est soigneusement malaxé dans ce flacon et ensuite il est versé dans le moule où on le laisse reposer.

Pour les raccordements en surface, les joints en fils conducteurs torsadés et soudés sont protégés par des manchons en polyéthylène remplis de graisse au silicone. Les joints sont placés dans des boîtes montées sur des poteaux, mais on ne cherche pas à les sceller hermétiquement sous enveloppe.

Une base et un capuchon en matière plastique prémoulés ont été mis au point et font actuellement l'objet de nombreux essais sur le terrain. Les câbles sont scellés à la base à l'aide de résine époxyde et les conducteurs raccordés par fils torsadés et soudés sont protégés par des manchons de polyéthylène remplis de graisse au silicone.

## ANNEXE 5

(à la Question 4/VI)

### **Réalisation des joints sur les câbles de réseaux urbains à isolation en polyéthylène sous enveloppe en polychlorure de vinyle : Méthode employée par la Fédération de Malaisie et Singapour**

1. Les divers types de joints de câbles peuvent se répartir de la manière suivante :

#### 1.1 *Joints à bande en matière plastique*

Dans ce type de joints, des bandes de matière plastique assurent le scellement. Dans le cas de joints sur des câbles à plus de deux paires, un manchon en matière plastique est posé sur le joint, le ruban de matière plastique étant enroulé autour du manchon et du revêtement du câble au point où le câble sort du manchon pour assurer un scellement étanche à l'humidité. Dans le cas de joints sur câbles à une et à deux paires, où la longueur du joint ne dépasse pas 7,5 cm (3 pouces), on n'utilise pas un manchon de matière plastique, mais le joint est protégé par chevauchement de rubans en matière plastique, qui assure en même temps le scellement.

Ce type de joints en bande de matière plastique est utilisé lorsqu'il s'agit de faire un joint rectiligne entre deux câbles en matière plastique de même dimension. Dans le cas de joints en « Y » ou de joints multiples, on utilise la technique des joints à bouchons comprimables.

#### 1.2 *Joints à bouchons comprimables*

Dans ce type de joint, on utilise un manchon de plomb (ou de laiton), ou une chambre en matériaux identiques pour protéger le joint, le scellement étant effectué au moyen d'un bouchon comprimable.

Le joint peut être du type à tête unique en « U » ou à double tête. Dans le premier cas, les câbles pénètrent dans l'espace de jonction par des trous spéciaux aménagés à cet effet dans le bouchon comprimable inséré à l'extrémité ouverte de cet espace. Si le nombre des trous n'est pas suffisant pour recevoir tous les câbles à raccorder, on utilise un joint à double tête. Dans ce type de joint, on utilise deux bouchons avec un manchon ouvert à ses deux extrémités. Un bouchon

est inséré à chaque extrémité du manchon et les câbles pénètrent dans le manchon par l'intermédiaire du bouchon, à l'une ou à l'autre extrémité. Dans toute la mesure du possible, on utilise le câble à tête unique qui ne nécessite qu'un bouchon comprimable.

### 1.3 *Joint entre un câble sous enveloppe en matière plastique et un câble sous enveloppe de plomb*

Si les dimensions du câble sous enveloppe de plomb sont telles qu'il peut pénétrer dans les trous d'un bouchon comprimable comme le câble sous enveloppe en matière plastique, le joint est identique à celui qui a été décrit ci-dessus. Néanmoins, lorsque cela n'est pas possible, il est nécessaire d'opérer un soudage et le câble sous plomb pénètre dans le manchon à l'extrémité opposée de celle où pénètre le câble sous enveloppe en matière plastique, le câble étant soudé au manchon.

## 2. *Emploi de barrières étanches à l'eau*

Si l'eau pénètre par un trou ou par absorption dans un câble sous enveloppe en matière plastique, l'eau ou la vapeur d'eau peut se répandre dans le câble et, si l'isolation du conducteur n'a pas subi de dégâts, le fonctionnement normal du câble n'en est pas affecté tant que l'eau ne parvient pas à un joint. Pour l'éviter, des manchons formant barrières étanches à l'eau sont installés à tous les joints entre câbles sous enveloppe de plomb et câbles sous enveloppe en matière plastique. On emploie les systèmes suivants de barrières étanches à l'eau.

### 2.1 *Barrières étanches à l'eau pour le couplage*

Ce type de barrière peut être installé au voisinage d'un joint existant s'il n'est pas possible d'adapter des manchons étanches à l'eau aux extrémités du câble à l'intérieur du joint. On peut également les installer aux points où l'on a constaté un endommagement de l'enveloppe. Le couplage comporte deux parties identiques en matière plastique thermdurcissable qui, lorsqu'elles sont montées ensemble, forment un corps cylindrique autour de l'enveloppe du câble. Chaque partie du couplage comporte une mince pastille d'une substance qui peut être enlevée de la partie supérieure du couplage pour former le trou par lequel on versera le matériau de scellement.

### 2.2 *Manchons formant barrières étanches à l'eau*

Il s'agit de manchons en caoutchouc synthétique qui peuvent être adaptés aux extrémités des câbles et remplis d'un matériau de scellement pour combler les interstices entre les conducteurs.

## ANNEXE 6

(à la Question 4/VI)

### Renseignements fournis à la Commission d'études VI pendant la période d'études 1964-1968

#### *République fédérale d'Allemagne*

Des câbles à isolation en matière plastique et à enveloppe en matière plastique sont à l'essai dans le réseau local. Les raccordements aux points d'épissure sont exécutés avec des manchons en polyéthylène. Les joints longitudinaux des manchons et les joints entre manchons et extrémités de câble sont soudés, la chaleur étant dégagée par un courant électrique que l'on fait passer à travers un fil conducteur noyé dans le polyéthylène. La source de courant utilisé à cet effet est une batterie d'automobile de 12 volts.

Les câbles sont maintenus sous pression d'air, car il serait difficile d'évacuer l'eau qui aurait pénétré jusqu'à l'âme. On essaye actuellement un câble dont les conducteurs sont entourés de polyéthylène plein, l'interstice d'air habituellement prévu étant rempli de matière plastique cellulaire.

#### *Pays-Bas*

On a installé près de 28 000 km de câble à isolation en polyéthylène et à enveloppe en polyéthylène, contenant environ 400 000 km de paires. Environ les trois quarts de ce câble sont enterrés

sans protection dans le sol, à une profondeur d'au moins 50 cm. Le procédé de raccordement généralement utilisé comporte l'emploi de résine époxy. Plus de 500 000 joints ont été exécutés.

Par rapport au câble armé, le câble en polyéthylène a un taux de dérangements à peu près six fois supérieur, mais les joints au polyéthylène sont bien plus sûrs que ceux avec manchons de plomb soudés dans les câbles armés en acier. Si l'on considère à la fois le câble et les points d'épissure, le taux de dérangements du câble en polyéthylène non protégé n'est que de 1,4 fois supérieur à celui du câble à enveloppe de plomb armé.

#### *Japon*

On utilise des câbles à conducteurs isolés par matière plastique, aussi bien pour les lignes interurbaines que pour les lignes d'abonné. Si de l'eau pénètre dans l'âme du câble, le service n'est pas immédiatement interrompu, mais les conducteurs peuvent s'avaries au bout d'un certain temps par suite de corrosion. Il est donc nécessaire de faire rapidement une réparation. Lorsque le tronçon humide est suffisamment court, on le sèche par injection d'azote ; s'il est trop long, par exemple plus de 30 mètres, on le remplace. Pour repérer approximativement le tronçon défectueux, on fait un essai avec un appareil du type en pont ; puis, pour le localiser exactement, on fait un essai d'écho par impulsions et l'on détermine la longueur effectivement humide, en mètres, au moyen d'un autre essai du même type. Bien qu'on ne prétende pas obtenir une grande précision avec l'essai d'écho par impulsions, cet essai facilite le choix entre les deux procédés de réparation mentionnés ci-dessus.

Le Japon a aussi en service quelque 5500 kilomètres de câble à isolation en papier avec enveloppe en « stahlpeth », comprenant grosso modo 50 000 joints d'enveloppe. La « méthode perfectionnée des manchons auxiliaires en plomb » utilisée pour ce câble, donne satisfaction.

### Question 5/VI

(suite de la Question 5/VI, 1964-1968)

Attaque des matières plastiques par les insectes et les rongeurs.

#### ANNEXE 1

(à la Question 5/VI)

#### **Renseignements recueillis par la 6<sup>e</sup> Commission d'études en 1957-1960**

L'importance des dommages causés aux câbles de télécommunication par les insectes et les rongeurs dépend beaucoup des régions géographiques. Dans les zones tempérées, ces dommages représentent plus un inconvénient qu'un danger majeur.

Dans les zones à climat chaud, les attaques peuvent être beaucoup plus sévères et il peut être nécessaire de prendre des précautions spéciales pour se prémunir contre ces attaques. Les statistiques communiquées en 1954-1956 par l'Administration australienne montrent que 3 % environ des dérangements de câbles sont dus aux insectes, aux termites et aux rongeurs.

#### *Insectes*

1. Parmi les insectes responsables de dommages, qui ont été signalés au C.C.I.T.T., il faut accorder une place spéciale au *Sinoxylon sexdentatum*. Cet insecte s'attaque aux câbles sous plomb posés en aériens dans la région méditerranéenne et au Japon. Il est responsable, dans certaines régions du Japon, de près de 10 % des dérangements subis par les câbles.

Les perforations faites par le *Sinoxylon* se produisent en général à proximité immédiate des colliers de suspension de câble, probablement parce que l'insecte prend appui sur ces colliers pendant qu'il perce le câble. On suppose également que l'action de l'insecte peut être favorisée par l'appui

qu'il prend sur une aspérité quelconque de la surface de l'enveloppe de plomb. Les câbles les plus endommagés sont ceux de moindre diamètre, et les câbles d'un diamètre supérieur à 25 mm ne sont presque pas attaqués.

2. Des dommages dus à des insectes ont été constatés sur des câbles encore enroulés sur des bobines en bois. Ces dommages résultent de ce que les tambours ne sont pas fabriqués dans un bois suffisamment sain. Parmi les insectes responsables, on a identifié un insecte de la famille des hyménoptères, le *Sirex juvencus*, et un insecte de la famille des coléoptères, la guêpe du pin (*Hylotropes bajulus*). Ces insectes déposent leurs œufs dans les arbres résineux encore debout ou abattus ; les larves se développent dans les bobines fabriquées avec des bois ainsi contaminés et donnent naissance à des insectes qui, en voulant sortir de la bobine, percent parfois l'enveloppe de plomb du câble enroulé sur la bobine.

3. Ce n'est que dans certains cas particuliers qu'une protection contre les insectes doit être envisagée.

4. Pour la protection contre le *Sinoxylon*, on a eu recours à une enveloppe en matériau thermoplastique. Cette enveloppe conserve ses vertus de protection aussi longtemps qu'elle reste suffisamment molle et élastique.

5. Une méthode de protection consiste à enduire l'enveloppe du câble d'une solution insecticide, ou mieux d'une solution de produit chimique répulsive pour les insectes. Une solution insecticide n'est pas forcément efficace, car les insectes n'ingèrent pas toujours la substance constituant l'enveloppe et s'attaquent à cette substance uniquement pour y déposer leurs œufs.

Des expériences sont en cours depuis plusieurs années à Cuba pour protéger les câbles aériens au moyen d'un enduit en émail comportant du DDT et ont donné de bons résultats.

L'Administration australienne effectue des recherches sur l'attaque des câbles sous enveloppe plastique par les insectes et examine l'effet de différents insecticides incorporés dans la matière plastique.

Parmi les produits répulsifs pour les insectes, il convient de citer les produits à base de cuivre, tels que le naphthénate de cuivre qui constitue en même temps un fongicide très puissant.

La seule solution réellement efficace pour obtenir la protection d'un câble en matière plastique contre les insectes consiste d'ailleurs à recouvrir d'une armure métallique légère l'enveloppe du câble en matière plastique.

6. Pour éviter les dégâts aux câbles enroulés sur des bobines en bois, on procédera à un étuvage ou à une imprégnation de ces bobines. On peut se dispenser de ces traitements lorsque les bois des bobines sont sains.

#### *Rongeurs*

Les dommages causés par les rongeurs se manifestent principalement sur des câbles posés en conduite et sur des câbles enterrés dans le sol sans armure. Les endroits rongés ont une longueur de quelques centimètres et un aspect à peu près ovale. Les perforations sont nettement délimitées et permettent de bien reconnaître les traces de dents des rongeurs.

Dans les grandes villes, la plupart de ces dommages sont causés par des rats.

La lutte contre les rongeurs est difficile parce que les endroits où les dommages se produisent sont très dispersés. Aucune mesure systématique de protection, telle que l'incorporation de substances repoussant les rongeurs, n'est donc prise pour les câbles de télécommunication ordinaires.

## ANNEXE 2

(à la Question 5/VI)

### **Attaque des matières plastiques par les insectes et les rongeurs**

(Renseignements fournis par l'Administration australienne (1964-1968))

Les essais pratiques et l'expérience acquise par l'Administration australienne depuis 1951 montrent nettement que les câbles à enveloppes de polychlorure de vinyle ou de polyéthylène

peuvent être gravement endommagés par les termites et les fourmis. Il a été démontré que les espèces suivantes sont à l'origine de nombreux dégâts sur les câbles et les fils :

Termites : *Mastotermes*, *Coptotermes*, *Nasutitermes*.

Fourmis : *Pheidole*, *Iridomyrmex*, *Monomorium*, *Pheidolegeton*.

On a de plus signalé des cas isolés d'attaques de câbles par des rats, des souris, des lapins et des péramèles, et ceci dans des zones très étendues.

L'Administration australienne a cherché à mettre au point une enveloppe de câble pouvant résister aux attaques des insectes et, à cet effet, elle a procédé à une série d'essais portant sur divers matériaux d'enveloppe dont certains comportaient un insecticide. Ces essais ont montré que l'incorporation d'insecticides (dieldrine, gammexane ou aldrine) dans une proportion pouvant atteindre 1 % n'assure pas une protection suffisante et que l'adjonction de 5 % de silice finement divisée n'est pas absolument efficace. Les essais ont aussi porté sur d'autres matériaux d'enveloppe et on a constaté que si la probabilité d'attaque est plus faible avec le polypropylène, le polyéthylène à haute densité et le polyuréthane, on ne peut quand même pas considérer ces corps comme donnant toute satisfaction. Cependant, d'importants essais ont montré que l'application d'une gaine extérieure de 0,075 cm d'épaisseur de nylon — et vraisemblablement aussi d'acétal — sur une enveloppe de polyéthylène assure une protection totale contre les attaques des insectes. Des recherches antérieures avaient montré que le nylon 6 a tendance à s'écailler et à former des bulles dont l'éclatement peut permettre aux fourmis d'atteindre la couche de polyéthylène sous-jacente. De ce fait, les recherches ont été poursuivies avec le nylon 11, qui a donné des résultats absolument satisfaisants, une solution de rechange étant actuellement étudiée avec le nylon 12.

Au cours de ces essais, deux autres méthodes ont donné de bons résultats. Dans la première, une couche unique de ruban de laiton de 0,01 cm recouvert de polyéthylène de faible densité est posée sur une enveloppe intérieure de polyéthylène. Dans la deuxième, on utilise un revêtement de polyéthylène auquel on a ajouté 1 % de l'insecticide « Sevin » au carbamate. Mais la première de ces méthodes est onéreuse et soulève des difficultés de fabrication, alors que l'efficacité à long terme de la deuxième n'est pas encore prouvée.

On procède actuellement avec succès, dans une certaine région de l'Australie, au traitement à la dieldrine du sol qui entoure le câble au moment de la pose. Il apparaît que ce traitement assure une protection de plusieurs années. Les recherches se poursuivent pour contrôler la durée de la protection fournie par diverses concentrations d'insecticides en climat tropical et en climat tempéré.

### ANNEXE 3

(à la Question 5/VI)

#### Renseignements fournis par la Fédération de Malaisie et Singapour (1961-1964)

1. Le Département des télécommunications de la Fédération de Malaisie fait une large utilisation de câbles téléphoniques sous enveloppe de matière plastique dans son réseau de lignes d'abonné ; il utilise également des câbles sous enveloppe de matière plastique pour certaines lignes auxiliaires sur des trajets ne dépassant pas 32 km (20 miles). Des câbles sous enveloppe en matière plastique sont également utilisés pour les traversées de fleuves et de bras de mer dans les estuaires et, dans une mesure limitée, comme câbles aériens. Les attaques de ces câbles par des insectes ont été très graves.

#### 2. Type d'attaque

Les attaques les plus fréquentes se produisent sur les câbles qui sont directement enterrés dans le sol, bien que l'on ait parfois observé des attaques sur les câbles aériens.

Dans la plupart des cas, les insectes ont traversé en les rongant l'enveloppe en polychlorure de vinyle, le ruban d'aluminium et l'isolation du conducteur. Pratiquement toutes les attaques signalées étaient des attaques radiales (dirigées vers le centre du câble).

### 3. *Types d'insectes*

Les principales espèces identifiées jusqu'ici comme étant responsables de ces attaques sont :

- a) *macrotermes* ;
- b) *kolotermes* ;
- c) *pheidologeton diversus*, et
- d) *campanotus* spp.

Cette liste n'est pas nécessairement complète. Il est certain que l'identification des insectes intéressés a été extrêmement difficile car il était difficile de recueillir des spécimens des insectes responsables des attaques.

### 4. *Expériences en cours*

Des expériences visant à mettre au point des méthodes permettant d'éviter l'attaque des câbles par les insectes sont en cours en divers points répartis dans tout le pays. Toutes ces expériences visent à déterminer une forme de protection qui puisse être incorporée aux câbles, soit sous forme d'imprégnation de l'enveloppe en polychlorure de vinyle par un insecticide ou par un produit repoussant les insectes, soit sous forme d'une barrière spéciale incorporée au câble de sa construction. Selon certaines indications, des revêtements en nylon résisteraient mieux aux attaques des insectes que des enveloppes en polychlorure de vinyle.

Une deuxième série d'expériences vise à découvrir une méthode de traitement des câbles ou de pose des câbles permettant de diminuer les risques d'attaques de ce genre. Elles sont étudiées dans les paragraphes ci-dessous.

4.1 *Emploi de bitume.* Selon certaines indications, le bitume pourrait être un repoussant pour les insectes. En conséquence, un certain nombre de câbles ont été recouverts d'une couche de peinture de bitume avant d'être posés. Dans certains cas, les attaques des câbles ont cessé ; dans d'autres, elles se sont poursuivies, en sorte que cette expérience n'est pas actuellement décisive. D'autres expériences appartenant à la même série ont eu lieu, le câble étant peint avec un mélange de bitume et de gammexane ou d'autres insecticides. Les résultats en ont été identiques, les attaques cessant dans certains cas et se reproduisant dans d'autres.

4.2 *Emploi de l'arsenite comme moyen de protection.* L'arsenite est largement utilisé comme insecticide dans les plantations d'hévéas pour protéger les arbres et détruire les mauvaises herbes. Une expérience prometteuse a été entreprise en 1959, un câble de 3,2 km (2 miles) de long ayant été posé sous le fossé latéral d'une route de plantation. Ce câble n'a encore subi aucune attaque et on estime que le sol qui l'entoure est constamment imprégné d'arsenite entraîné par les eaux de pluie. Il est difficile de mettre au point une expérience permettant de vérifier cette hypothèse car il faudrait pour cela demander à la plantation de cesser d'utiliser l'arsenite pendant une période de durée telle qu'elle risquerait vraisemblablement de mettre en danger les arbres.

4.3 *Profondeur d'enfouissement des câbles.* Les câbles sous enveloppe en matière plastique sont normalement enfouis à une profondeur de 45 cm (18 pouces). On a constaté que, dans certaines régions, l'importance des attaques par les insectes était réduite par un enfouissement plus profond des câbles, qui étaient posés à 90 cm (3 pieds). Néanmoins, il convient d'ajouter que l'on a signalé des attaques se produisant jusqu'à 60 cm (24 pouces) de profondeur.

*Référence :* K. LAPKAMP, D. MAGNUS : Bleimantelschäden durch Käferlarven (Dégâts aux enveloppes sous plomb causés par des larves de coléoptères) ; *N.T.Z.*, 1956, n° 9, pages 415-420.

**Question 6/VI**

(suite de la Question 6/VI, 1964-1968)

Réalisation de câbles avec des conducteurs à isolation sous matière plastique.

Les points suivants sont à examiner :

- a) Quelles sont les matières thermoplastiques qui peuvent être recommandées pour l'isolation des conducteurs téléphoniques :
  - i) conducteurs à l'intérieur de câbles urbains ou interurbains ;
  - ii) conducteurs isolés câblés sans enveloppe, servant de lignes de raccordement pour les abonnés ;
  - iii) conducteurs servant pour les installations téléphoniques intérieures ?
- b) Quelles sont les conditions à imposer aux substances thermoplastiques servant à l'isolation des fils des conducteurs ?
- c) Quels sont les essais qui permettent de vérifier que ces conditions sont bien remplies ?
- d) Conditions d'emploi ou de pose de ces conducteurs.

*Remarque 1.* — Le but recherché est de réunir une documentation relative aux spécifications utilisées pour ces conducteurs par les Administrations et aux normes imposées aux substances thermoplastiques mentionnées dans ces spécifications.

*Remarque 2.* — On distinguera, s'il y a lieu, le cas de conducteurs en fil de cuivre et le cas de conducteurs en un autre métal (acier, aluminium, etc.).

*Remarque 3.* — Si de l'eau est entrée dans une enveloppe de câble et a pénétré le long du câble, quelle méthode est-il possible de recommander pour éliminer cette eau ?

*N.B.* — La présence d'humidité sur les conducteurs sous isolation de polyéthylène peut provoquer de très fortes augmentations de l'affaiblissement, particulièrement dans les câbles interurbains chargés, même si la résistance d'isolation est satisfaisante.

*Remarque 4.* — Voir l'article de M. Mituru ROKONOHE dans le *Review of the Electronical Communication Laboratory* (tome 9, n° 11-12, novembre-décembre 1961) publié par la Nippon Telegraph and Telephone Public Corporation, qui décrit un câble avec des conducteurs à petit diamètre dont l'isolant est la mousse de polyéthylène.

**Question 7/VI**

(suite de la Question 7/VI, 1964-1968)

Méthodes de maintenance sous pression gazeuse.

Pour vérifier la continuité des enveloppes de câbles, les câbles à grande distance et les câbles locaux sont maintenus sous pression permanente de gaz. Dans un certain nombre de pays, des systèmes modifiés de maintenance sous pression gazeuse, comportant une circulation plus ou moins grande de gaz dans le câble sont quelquefois adoptés, spécialement sur les câbles locaux. Les méthodes d'utilisation et les moyens d'alimentation en gaz sec diffèrent considérablement suivant les pays. Les Administrations fourniront des renseignements sur les caractéristiques essentielles des systèmes ayant fait leurs preuves dans leur pays.

*Remarque.* — Au cours de la période 1964-1968 le C.C.I.T.T. a achevé le projet du manuel sur les méthodes à appliquer pour maintenir les enveloppes de câbles sous pression gazeuse. Le dernier travail de rédaction devra être fait au début de la période d'étude 1968-1972 et de ce fait la IV<sup>e</sup> Assemblée plénière du C.C.I.T.T. a décidé de maintenir cette question à l'étude.

**Question 8/VI**

(suite de la Question 8/VI, 1964-1968)

Classification des corrosions non électrolytiques

ANNEXE 1

(à la Question 8/VI)

**Conclusions de la Commission d'études VI (1968)**

1. La Commission d'études VI est arrivée à la conclusion que le phénol ne peut avoir un effet néfaste sur les gaines de câble. Cette conclusion est fondée sur les résultats d'études approfondies effectuées en particulier en Suisse, au Danemark et en Hongrie.

Le Laboratoire de recherches et d'essais de l'Administration suisse a cherché à déterminer la nature de la corrosion précédemment attribuée au phénol :

- a) en procédant à l'examen minutieux de tous les cas de corrosion de ce type actuellement constatés,
- b) en procédant à des expériences sur le terrain au moyen d'échantillons de câbles enterrés et en vérifiant leur état de corrosion,
- c) en effectuant des recherches en laboratoire et en cherchant à reproduire les conditions donnant lieu à ce type de corrosion.

2. La confrontation d'échantillons de cette corrosion au Royaume-Uni et en Suisse a montré que, sous le même nom, étaient classés des types de corrosion différents.

Au Danemark, les études effectuées ont porté spécialement sur l'action de la décomposition microbienne des huiles d'imprégnation et ont mis en évidence le rôle joué par certaines bactéries et en particulier la bactérie *Pseudomonas oleovorans*. La dépose d'un câble interurbain dont certains tronçons avaient présenté des défauts attribués à la corrosion phénolique a donné d'autre part l'occasion de constater, à la suite de prélèvements faits sur toute la longueur du câble, qu'il n'existait pas de corrélation entre la présence du phénol dans le revêtement du câble et la corrosion du câble.

3. De plus, il est aujourd'hui reconnu par les théories électrochimiques récentes que le phénol doit se comporter plus comme inhibiteur de corrosion que comme agent catalyseur. C'est uniquement dans le cas d'une solution de 5 % de phénol dans du toluène ou du xylène que l'on a pu constater en laboratoire une attaque du plomb en présence d'air. Cette condition ne se rencontre pas dans le cas d'un câble.

4. La caractéristique principale de la corrosion dite autrefois phénolique est une attaque corrosive progressant de préférence le long des limites du grain.

5. L'hypothèse d'une corrosion sous l'action du phénol étant rejetée, on a essayé de trouver d'autres explications pour le type de corrosion que l'on qualifiait autrefois de phénolique.

Outre les produits agressifs du sol, les potentiels électriques exercent une grande influence sur la corrosion intercrystalline. Mais cette corrosion n'est pas seulement accélérée par une charge anodique ; elle peut tout aussi bien être, ainsi que l'expérience l'a démontré, efficacement combattue par une protection cathodique.

Des explications du mécanisme de cette corrosion ont été recherchées dans l'action des bactéries qui causent la pourriture du jute ou de celles qui détruisent l'huile des produits d'imprégnation, dans la présence de faibles quantités de nitrate et/ou de nitrite dans les eaux du sol, dans un effet d'aération différentielle, etc. Jusqu'à présent, on n'a pas réussi à élucider de façon concluante les raisons fondamentales de ce type de corrosion, et l'étude de cette question doit donc être poursuivie par la Commission d'études VI.

Quand les raisons de cette corrosion auront été déterminées, on pourra peut-être obtenir des protections plus efficaces que celles actuellement employées. En attendant, et en tenant compte de la qualité de protection obtenue sur les câbles de type ancien avec les huiles et brais de houille, rien ne s'oppose à ce que l'on conserve le type classique de protection avec utilisation de produits de distillation de la houille. Seuls ou en combinaison avec les dérivés du pétrole, les produits de distillation de la houille doivent permettre d'assurer un excellent accrochage du revêtement sur l'enveloppe de plomb et d'éviter ainsi que des réactions électrochimiques ne prennent naissance.

Les recherches effectuées en République populaire hongroise (voir annexe 2) ont conduit aux conclusions ci-après :

- a) pour les revêtements extérieurs en couches de jute, on obtient une meilleure protection (qu'atteste une durée de vie de plus de 40 ans comparativement à 15-20 ans) contre la décomposition due aux micro-organismes du sol par une imprégnation avec des produits dérivés du goudron de houille que par une imprégnation à l'aide de substances bitumineuses ;
- b) lorsque le jute est posé sous une armure, il n'y a guère de différence, pour ce qui est de la décomposition, selon que l'on emploie du goudron de houille ou du bitume ;
- c) sous une armure, on emploiera le bitume, dont la plasticité est plus favorable, de préférence au goudron.

Pendant, bien que le goudron de houille puisse avoir certains avantages, on pourra préférer l'utilisation suivie du bitume dans tous les cas, car on connaît le peu d'importance des difficultés que cette substance peut causer. Il faut prendre des précautions en ce qui concerne le goudron de houille utilisé — consistant, par exemple, à spécifier le taux de distillation approprié. Il est nécessaire de spécifier une teneur limite en ammoniacque et en acide acétique.

## ANNEXE 2

(à la Question 8/VI)

### Renseignements fournis par l'Administration hongroise

En ce qui concerne cette question, l'Administration hongroise exprime le point de vue suivant :

Il est possible de supprimer la corrosion « Y » des enveloppes de plomb en utilisant des câbles avec armure. L'armure isole bien l'enveloppe de plomb du milieu ambiant, empêche la formation de couplages galvaniques par aération différentielle et l'apparition de corrosion « Y » sur l'enveloppe de plomb.

Une armure en acier peut assurer une protection durable contre l'action des lignes électriques ainsi que la stabilité du facteur d'écran — tout au moins dans la mesure où elle n'est pas trop attaquée par la rouille et où son revêtement protecteur de jute demeure intact pendant plusieurs dizaines d'années.

L'imprégnation au goudron de houille empêche la pourriture du revêtement de jute tout en diminuant les possibilités d'attaque du matériau de l'armure par la rouille. Avec les câbles armés, le produit au goudron servant à l'imprégnation du jute qui recouvre l'armure ne peut atteindre l'enveloppe de plomb car il en est empêché par de nombreuses couches de protection à base de bitume.

L'Administration hongroise reconnaît que la qualité du goudron de houille à utiliser pour l'imprégnation des revêtements de câbles devrait être spécifiée. A cette fin, on peut suggérer l'utilisation de la spécification<sup>1</sup> indiquée par l'Administration hongroise ainsi que celle du produit goudronneux spécifié par l'Administration suisse pour l'imprégnation des bandes de papier ou des toiles de jute.

L'Administration hongroise reconnaît également que le produit goudronneux utilisé ne devrait pas contenir d'acide acétique. Les produits à base de goudron de houille suggérés ci-dessus ne

<sup>1</sup> Voir contribution C.C.I.T.T., 1964-1968, COM VI — n° 29.

devraient pas en contenir, compte tenu de leur point d'ébullition élevé. La spécification pourrait préciser que ces produits ne devraient contenir aucun acide acétique ou la proportion d'acide acétique admissible.

L'indication d'une méthode à appliquer pour la détermination quantitative de la teneur en acide acétique ne soulève aucune objection. L'Administration hongroise tient à attirer l'attention sur le fait que les toiles de jute utilisées dans la confection des câbles — même à l'état original — contiennent environ 0,02 % d'acides organiques volatils dont une forte proportion d'acide acétique (voir l'étude du D<sup>r</sup> K. IPOLYI dans *Technische Mitteilungen PTT* 42/1964, pages 273-279).

L'apparition de ces acides organiques volatils dans les toiles de jute résulte des opérations de préparation des fibres (rouissage).

Il s'ensuit que de l'acide acétique pénètre dans le revêtement de protection des câbles, même lorsque le matériau d'imprégnation au goudron de houille n'en contient aucune trace.

### Question 9/VI

(suite de la Question 9/VI, 1964-1968)

Protection cathodique commune à plusieurs réseaux.

Y a-t-il lieu de prendre des mesures spéciales lorsque des câbles de télécommunication, des câbles d'énergie, des conduites d'eau ou de gaz, des pipelines, des voies de traction électriques et d'autres structures métalliques enterrées doivent être reliés entre eux dans le but de réaliser une protection électrique, plus particulièrement dans le cas où d'autres considérations rendraient désirable la séparation de certaines de ces installations ?

Quelles devraient être ces mesures ?

Quelles précautions spéciales convient-il de prendre lorsqu'un câble sous enveloppe d'aluminium est incorporé dans un plan de protection commun en même temps que des câbles sous enveloppes en métaux autres que l'aluminium ?

*Remarque 1.* — Il convient d'étudier les deux aspects sous lesquels peut se présenter la protection commune : les plans de protection établis dès le départ sur une base commune et ceux qui deviennent des plans communs par suite de l'extension à d'autres structures d'une protection prévue à l'origine pour une série de structures donnée.

Il convient d'étudier la nature des liens de connexion, compte tenu de la gamme complète des structures qu'il peut être nécessaire de connecter (lignes de télécommunication, de transport d'énergie, lignes de courant de traction, gazoducs, oléoducs, etc.). De plus, lorsque des courants vagabonds d'un système de distribution d'énergie s'écoulent à travers une liaison de protection cathodique jusqu'à d'autres ouvrages enterrés, il serait intéressant de savoir comment ces courants vagabonds se répartissent entre les différents ouvrages.

Il a été indiqué que, lorsque des plans de protection commune avaient été élaborés, ils avaient été appliqués sans inquiétude par les intéressés. Il apparaît néanmoins que certaines appréhensions se manifestent à l'égard de la connexion éventuelle d'installations associées les unes à des lignes électriques à très haute tension, les autres à des structures vulnérables telles que des gazoducs et oléoducs.

Il conviendrait de formuler des directives à cet égard. De plus, les Avis devraient indiquer s'il est nécessaire d'inclure ces lignes à haute tension dans un plan de protection cathodique lorsque les pylônes qui les supportent sont implantés dans un socle en béton armé.

*Remarque 2.* — En cas de protection commune de câbles d'énergie, de câbles de télécommunication, de conduites d'eau ou de gaz, de pipelines, etc., par une protection électrique, il convient d'envisager les points suivants :

- a) Existe-t-il, en permanence ou lors d'un court-circuit sur un câble d'énergie compris dans le plan de protection électrique, des inconvénients possibles tels que : danger d'explosion de gaz, danger d'incendie, détérioration de l'enveloppe des câbles, danger résultant de l'élévation de potentiel de ces enveloppes, etc. ?
- b) Quelles sont les mesures spéciales et éventuellement les dispositifs à prévoir pour se protéger contre ces phénomènes ?

Tous les dispositifs de protection éventuels doivent assurer la sécurité aussi bien du personnel que des installations.

ANNEXE 1

(à la Question 9/VI)

**Renseignements fournis à la Commission d'études VI pendant la période 1961-1964**

Des schémas de protection cathodique communs sont très utilisés en U.R.S.S. Dans ces schémas, le plus grand danger est dû au courant provenant de différences de potentiel produites par des couples galvaniques ainsi qu'à l'échange de courant qui a lieu si le système de protection vient à ne plus fonctionner au voisinage de tramways ou de systèmes de traction à courant continu.

Afin d'éviter cet échange de courant ainsi que la corrosion des enveloppes de plomb qui en résulte, on insère des redresseurs au voisinage de la protection commune. Il s'agit en général, selon le type de protection, d'éléments au germanium ou au silicium.

Utilisée en U.R.S.S. depuis 1954, la protection commune y a donné de bons résultats, tant pour les câbles de télécommunication que pour les conduites souterraines.

Il existe à Milan (Italie) une organisation qui coordonne les différentes dispositions et propositions relatives à la protection. Le besoin en est particulièrement grand à Milan car le réseau des tramways y est très développé. Cette organisation comprend un comité qui se réunit chaque mois, ainsi qu'un bureau central technique. Elle est placée sous le patronage de la municipalité, notamment lorsqu'il convient de prendre des mesures qui intéressent plusieurs services différents. Certaines définitions relatives à la protection ont été rédigées ainsi que des règlements concernant les mesures à prendre en commun et les schémas de protection commune.

Aucune protection cathodique n'est appliquée aux câbles à enveloppe d'aluminium en République fédérale d'Allemagne et en Union des Républiques socialistes soviétiques. La protection cathodique appliquée par le Royaume-Uni au câble Inverness-Nairn, lequel a une enveloppe en aluminium, a essentiellement pour objet de fournir des renseignements à la Commission d'études VI; elle n'entre pas dans le cadre de la pratique couramment suivie au Royaume-Uni pour ce genre de câble.

ANNEXE 2

(à la Question 9/VI)

**Conclusions dégagées par la Commission d'études VI du C.C.I.T.T. pendant la période 1961-1964**

Lorsque, pour la réalisation d'une protection électrique commune, des câbles de télécommunication sont directement connectés à l'enveloppe d'un câble d'énergie, il y a lieu de tenir compte des risques, en cas de court-circuit à la terre d'une phase du câble d'énergie, pour le personnel travaillant sur les câbles de télécommunication. Ces risques sont spécialement à craindre lorsque le réseau d'énergie électrique est un réseau à haute tension dont le neutre est mis à la terre.

Il conviendrait alors de déterminer quelle est, au voisinage du point de connexion des câbles d'énergie et de télécommunication, l'élévation du potentiel de l'enveloppe du câble de télécommunication par rapport au potentiel de ce même câble dans une région éloignée, lorsque se produit un court-circuit sur le câble d'énergie, puis de voir si cette élévation de potentiel peut être admise.

Il semblerait, d'autre part, souhaitable de recommander aux ouvriers susceptibles de travailler sur des câbles de télécommunication dont l'enveloppe est reliée à celle d'un câble d'énergie, de shunter au préalable par un fil conducteur d'une section suffisante les deux côtés de la partie d'un câble téléphonique que l'on se propose de couper.

Il conviendrait d'étudier les conditions de réalisation de dispositifs appropriés qui seraient connectés entre les enveloppes des câbles électriques et les enveloppes des câbles de télécommunication, lorsque la protection cathodique est appliquée conjointement aux deux structures ou lorsque ces dispositifs sont utilisés comme moyens d'empêcher des interactions nuisibles. Les dispositifs en question devraient permettre la circulation du courant continu, mais ils devraient limiter la valeur du courant alternatif qui circule dans les conditions de fonctionnement normales et celle du courant

alternatif susceptible de circuler lorsqu'il se produit une défaillance du système de mise à la terre du réseau électrique. Des considérations d'ordre pratique pourraient rendre nécessaire l'installation de ces dispositifs dans le sol, en des points où il ne serait pas indiqué d'utiliser des fusibles ou des coupe-circuits. La puissance nominale des dispositifs en question dépendra de l'intensité relative du courant susceptible de circuler vers les enveloppes des câbles de télécommunication en cas de défaillance des prises de terre du réseau de câbles électriques. Il serait intéressant de rechercher s'il convient de prendre des précautions différentes pour des dispositifs reliés à des systèmes électriques à haute tension et pour des dispositifs reliés à des systèmes à tension moyenne.

On pourrait demander l'avis de la Commission d'études V sur ce sujet.

### **Question 10/VI**

*(texte révisé) (suite de la partie a) de la Question 10/VI, 1964-1968)*

Cas inhabituels de corrosion observés sur des enveloppes en plomb de câbles souterrains, maintenues cependant à des potentiels cathodiques.

*Remarque.* — Voir la Question 17/VI pour les études concernant la corrosion due au courant alternatif.

#### ANNEXE

(à la Question 10/VI)

#### **Conclusions dégagées par le C.C.I.T.T.**

1. La 6<sup>e</sup> Commission d'études a reçu des diagrammes de corrosion du plomb présentés par Cebelcor (diagrammes du professeur Pourbaix, reproduits dans les *Recommandations*).

L'examen du programme du Professeur Pourbaix fait apparaître qu'une corrosion est thermodynamiquement possible lorsqu'on applique au plomb des potentiels très négatifs.

Des expériences au Laboratoire de Cebelcor et sur terrains d'essais ont permis d'obtenir des corrosions cathodiques sous un potentiel inférieur à  $-2,1$  V pour des densités de l'ordre de  $10$  mA/cm<sup>2</sup> ; cette densité est mille fois plus élevée que celle qui était nécessaire pour obtenir en laboratoire la protection cathodique et de  $1500$  à  $5000$  fois supérieure à la densité utilisée couramment dans la pratique de la protection cathodique des câbles.

L'attaque du plomb sous des potentiels extrêmement négatifs ne se produit de façon permanente que pour du plomb pur en présence de solution aqueuse ; dans le cas de plomb allié en présence de solutions ou de sols humides, l'attaque est un phénomène transitoire et superficiel.

Une expérience de 25 ans de protection cathodique de câbles n'a fait apparaître aucun inconvénient dû à l'application de potentiels très bas.

Néanmoins, dans certains pays et notamment en U.R.S.S. on fixe une limite supérieure au potentiel de protection bien que l'on reconnaisse que, dans les sols ordinaires, la valeur du potentiel de cathode peut atteindre quelques volts.

2. Une autre forme de corrosion cathodique est beaucoup plus à craindre en pratique, comme il résulte de renseignements provenant d'Italie, de Grande-Bretagne, de Belgique et d'U.R.S.S. il s'agit de corrosions subies en milieu fortement alcalin ( $\text{pH} > 10$ ) par du plomb soumis à un faible potentiel cathodique.

Les courbes du professeur Pourbaix et de l'Administration de l'U.R.S.S. sont comparables ; elles recommandent de relever la limite inférieure du potentiel de protection à partir du moment où le pH du sol ou des canalisations (soit naturellement, soit par suite de travaux dans le voisinage) devient supérieur à 10.

Il faut donc éviter qu'une protection cathodique insuffisante ne porte le plomb du câble en milieu fortement alcalin à un potentiel inférieur à la limite de corrosion. Il pourrait en résulter une

corrosion plus rapide que si l'on n'avait pas appliqué la protection cathodique qui est néanmoins à recommander parce que le câble se corroderait de toute façon.

3. Une étude a été entreprise dans les Laboratoires de l'Administration italienne, à Rome, pour identifier le mécanisme qui a donné lieu à certains cas de corrosion sur des enveloppes de câbles en plomb, nettement négatifs.

Les caractéristiques des cas de corrosion observés étaient les suivantes :

- a) Les câbles étaient négatifs par rapport au sol environnant.
- b) Dans tous les cas examinés, on a trouvé une couche compacte et adhérente de protoxyde de plomb (PbO) sous forme tétragonale. Ce composé se présentait sous une forme très poreuse.
- c) Dans tous les cas considérés, on a pu constater la présence d'un milieu fortement alcalin et parfois une variation du pH qui, à partir d'une valeur de 7,7 à 1 mètre de distance du câble, atteignait une valeur de 10, à 1 centimètre du câble.

Les essais en laboratoire qui ont été effectués ont permis d'éclaircir la nature des phénomènes électrochimiques. Ces essais en laboratoire ont été effectués à densité de courant constante. Il est intéressant de noter que les défauts de corrosion cathodique mentionnés ci-dessus correspondaient à des points où le potentiel était variable.

Les observations ci-dessus sont en accord avec le cas mentionné dans le libellé de la Question 10 étudiée en 1957-1960, où il s'agissait d'une corrosion cathodique observée en Grande-Bretagne. Cette corrosion s'était produite dans des conditions assez particulières avec une présence de chaux libre dans une conduite en amiante. Elle s'était manifestée lorsque le potentiel négatif par rapport à la terre était de l'ordre de 1 à 1,5 V (potentiel mesuré avec une électrode impolarisable Cu/SO<sub>4</sub>Cu); lorsque le potentiel négatif était de l'ordre de 10 V, la corrosion cathodique n'était plus constatée.

### Question 11/VI

(suite de la Question 11/VI, 1964-1968)

Modifications et additions aux *Recommandations concernant la protection des câbles souterrains contre la corrosion*.

*Remarque 1.* — L'objet des études faites au titre de cette question doit être de tenir les *Recommandations* à jour.

*Remarque 2.* — L'attention est attirée sur la nécessité d'établir un critère pour les interactions nuisibles entre les schémas de protection cathodique et d'établir des méthodes de mesure permettant de voir comment ce critère est respecté dans des cas particuliers.

*Remarque 3.* — Il convient de poursuivre l'étude des mesures de protection contre les gaz toxiques, par exemple pour les cas où l'on utilise des brûleurs à combustible liquide pour la soudure.

*Remarque 4.* — Il convient d'étudier les additions à apporter aux chapitres V et VI des *Recommandations* pour ce qui est de la réalisation générale des enveloppes et de revêtements protecteurs contre les tensions élevées dues à l'induction, aux coups de foudre, etc.

### Question 12/VI

(question nouvelle)

Revision de la brochure *Imprégnation des poteaux en bois des lignes de télécommunications*.

ANNEXE

(à la Question 12/VI)

**Commentaires de l'Administration argentine**

L'étude de la brochure mentionnée à l'Avis L.2 (*Imprégnation des poteaux en bois*) conduit à constater que cette brochure demande une mise à jour en raison du délai écoulé depuis sa publication et des progrès techniques réalisés depuis lors, ainsi que du fait que l'on a omis d'y faire figurer un certain nombre de notions utiles tant pour améliorer que pour garantir la qualité technique des renseignements fournis.

Selon l'avis de l'Administration argentine, qui désiretait participer à ce travail, il est particulièrement nécessaire de procéder à une révision approfondie des chapitres III et IV. Elle attire également l'attention sur le fait qu'il faudrait y inclure un chapitre contenant des statistiques sur la durée de service des poteaux traités avec différentes substances. C'est le seul moyen pratique de fournir aux membres du C.C.I.T.T. une documentation de référence difficile à obtenir même dans les publications spécialisées, sur l'action et l'efficacité des différents traitements applicables, en fonction des besoins, du climat et des essences utilisées.

Ce chapitre devrait contenir un résumé des renseignements fournis par les administrations sur chaque essence ou sur les groupes d'essences apparentées, utilisées pour les poteaux, y compris des données sur le nombre d'années de service, les produits protecteurs utilisés et les propriétés de rétention. Il faudrait également donner des renseignements supplémentaires sur certains points tels que le procédé d'imprégnation utilisé, les conditions climatiques et les variétés de champignons lignicoles ou d'insectes extraits ou découverts dans les poteaux imprégnés.

Il est, à tous égards, souhaitable d'avoir le plus de renseignements possibles en provenance des régions tropicales et subtropicales car, d'après notre expérience, qui doit être comparable à celle de l'Australie, de la Nouvelle-Zélande et de l'Inde, certains types de produits modernes en solution aqueuse, qui sont distribués et recommandés dans le monde entier, ne sont pas efficaces lorsqu'on les utilise en se conformant aux taux de rétention recommandés par les fabricants.

Les remarques présentées ci-après se rapportent aux différents chapitres de la brochure établie par le C.C.I.T.T. conformément à l'Avis L.2.

*Chapitre I*

*Essences utilisées pour les poteaux*

Ce texte si général présente, semble-t-il, peu d'intérêt. Si on le maintient, il faut qu'il porte sur les principales essences utilisées dans les hémisphères Nord et Sud, une subdivision étant établie pour les deux principaux groupes de conifères et d'arbres à feuilles larges.

Le texte espagnol contient certaines inexactitudes. Il n'est pas correct, par exemple, de classer l'eucalyptus parmi les essences qui, dans des conditions naturelles, sont les plus imputrescibles du monde. Ce n'est pas le cas pour la plupart des variétés et un petit nombre seulement de variétés australiennes, populairement appelées « à écorce argentée » (*Eucalyptus sideroxylon* *E. crebra*, etc.) ont une durabilité comparable à celle d'autres bois durs tropicaux comme notre quebracho rouge (*Chinopsis* ou des conifères à résine très toxique (*Thuja plicata*).

*Conditions climatiques*

Souligner l'importance des variations des effets biologiques en fonction des conditions climatiques ainsi que les modifications à envisager pour les types de traitement et la façon de les utiliser en insistant sur les taux de rétention et en supprimant toute indication ambiguë.

*Surveillance après pose*

En raison du caractère spécialisé de l'inspection qui doit être effectuée pour déterminer le type et le degré de l'attaque biologique, il ne sert à rien d'étudier cette question superficiellement. Il

serait peut-être plus utile d'indiquer les règles fondamentales à suivre pour vérifier les différentes parties des poteaux traités et de dresser la liste des critères fondamentaux auxquels doivent répondre des spécifications appropriées destinées aux achats.

### *Chapitre II*

Il semble que la méthode normalement suivie par les administrations utilisatrices soit d'acheter les poteaux sur le marché du bois plutôt que d'exploiter elles-mêmes des réserves forestières. Dans ces conditions, ce qui importe, c'est de spécifier quels sont les défauts admissibles pour les poteaux ainsi que leurs caractéristiques techniques (teneur en humidité et en sève par exemple) c'est-à-dire de spécifier les conditions requises pour s'assurer que les poteaux ont les qualités mécaniques nécessaires et garantir des conditions techniques compatibles avec le produit et le procédé d'imprégnation utilisés ainsi que des normes d'efficacité satisfaisantes. Conformément à cette suggestion, il ne doit donc y avoir aucune indication intéressant expressément les fournisseurs (saison d'abattage, transport, par exemple) puisque cela relève de l'exploitation forestière normale.

### *Chapitre III*

Il est nécessaire d'aborder les choses d'un point de vue très actuel en se fondant sur la nomenclature existante, certains produits étant supprimés et d'autres ajoutés. Ainsi amendé et complété par des renseignements pertinents sur les définitions et notions nécessaires, ce chapitre pourrait être inclus dans la brochure, compte tenu des groupes de produits d'imprégnation ci-après :

- a) *Liquides huileux* : créosote, solutions de créosote et huiles lourdes dérivées du pétrole, solutions de créosote et pentachlorophénol, émulsions de créosote et d'arsenic.
- b) *Produits en solutions huileuses* : chlorophénols et naphtésates.
- c) *Produits en solutions aqueuses* :
  - i) à sel unique : bichlorure de mercure, sulfate de cuivre ;
  - ii) à mélange de sels : combinaisons de sels de fluor, d'arsenic, de chrome et de dérivés du phénol (chromates mélangés à des sels de fluor et d'arsenic) ; combinaisons de sels de cuivre, d'arsenic et de chrome (chromates mélangés à des sels de cuivre et d'arsenic).

### *Chapitre IV*

Les procédés d'imprégnation doivent être étudiés par catégorie en se fondant sur la méthode utilisée. Il ne faut pas faire état des procédés qui sont de simples variantes régionales, ceci s'appliquant aussi aux procédés sous brevet qui impliquent l'utilisation de techniques spéciales (Cobra, Osmosis, etc.) ou qui ne garantissent pas une bonne pénétration du bois (traitements superficiels). Des règles doivent être établies pour choisir les traitements et déterminer les caractéristiques techniques générales des matériaux en fonction du traitement appliqué.

Il est absolument nécessaire de fournir des renseignements clairs, concis et techniquement valables afin d'éviter l'improvisation et de neutraliser l'influence de méthodes purement commerciales utilisées sur le marché mondial mais qui ne sont pas adaptées aux particularités régionales.

On pourrait inclure les critères indiqués ci-dessous à titre d'exemple parmi ceux qui doivent être pris en considération pour sélectionner les procédés d'imprégnation :

- 1) le procédé d'imprégnation doit être adapté au produit d'imprégnation utilisé et aux caractéristiques du bois ainsi qu'aux conditions dans lesquelles il est commercialisé ;
- 2) le procédé d'imprégnation doit pouvoir garantir une certaine efficacité du traitement déterminée à l'avance en tenant dûment compte du risque biologique encouru et en se fondant sur le taux de rétention (en kg de produit d'imprégnation par m<sup>3</sup> de bois) et sur la pénétration minimale en fonction du diamètre du poteau ;
- 3) il doit être possible d'effectuer des visites de contrôle dans les usines pendant que le traitement d'imprégnation est effectué ;

- 4) le rapport entre le volume imprégné et le temps nécessaire à cet effet doit être conforme aux normes d'une bonne gestion commerciale.

Les renseignements concernant les procédés d'imprégnation, les méthodes et les caractéristiques requises pour les matériaux utilisés pourraient être présentés plus ou moins conformément au plan proposé dans le tableau ci-dessous.

Il serait commode que cette brochure, qui doit faire l'objet de modifications périodiques, soit publiée sous forme d'un manuel à feuilles volantes, ce qui éviterait d'avoir à en préparer une nouvelle édition chaque fois que des modifications lui sont apportées.

Conformément à ce qui précède, l'Administration argentine propose donc :

- 1) de réviser la brochure intitulée *Imprégnation des poteaux en bois* ;
- 2) si cette proposition est adoptée, d'accorder une attention particulière aux indications données en ce qui concerne les chapitres III et IV ;
- 3) si la proposition susmentionnée est adoptée, d'ajouter un chapitre sur la durée de service des poteaux imprégnés ;
- 4) de publier à l'avenir les recommandations sous forme d'un manuel à feuilles volantes.

TABLEAU I

Procédé d'imprégnation	Durée	Produits d'imprégnation éventuellement utilisés	Contrôle de la rétention	Conditions techniques requises pour les matériaux
Mise sous pression et sous vide (Bethell, Lowry & Rüping)	1,5-3 heures	Liquides huileux, solutions huileuses et solutions aqueuses	Par simple calcul	Humidité inférieure au point de saturation des fibres (poteaux laissés à l'air)
Bains chauds et froids	Généralement des cycles de 24 heures	Idem mais limités, pour des raisons pratiques, aux liquides huileux et aux solutions huileuses	Idem, avec corrections	Humidité inférieure au point de saturation des fibres (poteaux laissés à l'air)
Déplacement de sève (Boucherie)	Généralement 24 heures par tronçon de 2 à 3 m	Solutions aqueuses	Difficile par simple calcul	Humidité supérieure au point de saturation des fibres (poteaux non séchés)
Immersion	De quelques jours à quelques semaines	Solutions aqueuses généralement à sel unique	Méthodes analytiques généralement utilisées	Humidité généralement supérieure au point de saturation des fibres (poteaux non séchés)
Diffusion et osmose	De quelques semaines à quelques mois	Solutions aqueuses	Méthodes analytiques généralement utilisées	Humidité supérieure au point de saturation des fibres (poteaux non séchés)

**Question 13/VI**

(suite de la Question 13/VI, 1964-1968)

Corrosion de structures enterrées ou immergées, provoquées par l'entrée ou la sortie de courants continus d'électrodes établis au voisinage de ces structures.

- a) Soit pour des réseaux de transport d'énergie à haute tension par courant continu.
- b) Soit pour la téléalimentation des répéteurs installés sur des câbles de télécommunication terrestres et sous-marins.

*Remarque 1.* — La contribution COM VI — n° 13 (1961-1964) de l'Administration de l'U.R.S.S. devrait être étudiée dans le cadre de cette question. Des renseignements complémentaires ont été promis par l'Administration de l'U.R.S.S. De nouvelles contributions au sujet de cette question seront également soumises par le Royaume-Uni et l'Italie.

*Remarque 2.* — Bien que cela soit en dehors du cadre de cette question, il serait bon d'étudier la conception des systèmes d'électrodes à utiliser, en vue de telle ou telle application, pour écouler du courant continu en direction ou en provenance de la terre (y compris la mer).

### Question 14/VI (et Question 22/V)

(suite de la Question 14/VI, 1964-1968, à l'étude par un Groupe de travail mixte V/VI)

#### PARTIE A

a) Etude des phénomènes électromagnétiques susceptibles de se manifester à l'extérieur ou à l'intérieur d'un câble, enterré ou aérien, quand un coup de foudre se produit au voisinage de ce câble.

b) Possibilité de déterminer par le calcul les effets de protection exercés par la proximité de conducteurs enterrés ou de conducteurs aériens reliés à la terre, d'arbres isolés ou groupés, de bâtiments pourvus d'un paratonnerre, etc.

c) Il existe des émetteurs de radiodiffusion, ou de télévision, situés sur des sommets montagneux exposés à de fréquents orages, desservis au moyen de câbles souterrains de télécommunication, contenant des circuits à fréquences vocales, mis à la terre à leurs extrémités, et/ou de câbles à paires coaxiales. Dans de telles situations, les câbles, leurs conducteurs et les équipements reliés à ces derniers peuvent subir des dégâts dus à la foudre qui frappe l'antenne ou le sol au sommet de la montagne.

Quelles mesures peut-on prendre pour mettre à l'abri des dégâts dus à la foudre, les câbles, leurs conducteurs et les équipements associés à ces conducteurs, situés au sommet de la montagne ?

#### PARTIE B

a) Sensibilité aux dégradations affectant l'enveloppe ou l'âme d'un câble (aérien ou souterrain) en cas de coup de foudre se produisant à proximité.

b) Influence, sur cette sensibilité, des données diverses de construction et de pose du câble (âme du câble, enveloppe, recouvrements divers, armures, etc.).

#### PARTIE C

Possibilité d'utiliser un revêtement dont les qualités conductrices répondent tout à la fois aux exigences de la protection contre la foudre et à celles de la protection contre la corrosion.

*Remarque.* — Cette question (identique à la Question 22/V) doit être étudiée pendant la période 1968-1972 par le Groupe de travail mixte CDF des Commissions d'études V et VI.

**Question 15/VI**

(suite de la Question 15/VI, 1964-1968)

Protection contre la corrosion de l'acier ou autres métaux ferreux utilisés dans la construction des câbles aux fins de diminuer leur sensibilité :

- à l'induction électromagnétique ;
- aux avaries mécaniques.

**Question 16/VI**

(suite de la Question 16/VI, 1964-1968)

Évaluation des dégradations des propriétés des enveloppes et revêtements en matière plastique, l'étude devant porter notamment sur l'influence des facteurs suivants :

- leur composition, la nature de leurs constituants, leurs conditions de préparation et d'utilisation ;
- le milieu ambiant (intempéries, rayonnement solaire, pollutions, bactéries) ;
- les contraintes mécaniques subies ;
- la nature des contacts éventuels avec des substances pouvant exercer un effet catalytique, en indiquant, avec le plus de précision possible, la nature de ces altérations ;
- évaluation de la qualité des enveloppes en matière plastique en fonction du temps.

*Remarque.* — Une étude bibliographique du comportement du polyéthylène en présence de certaines matières est donnée à la page 500 du tome I du *Livre Rouge* du C.C.I.T.T.

**Question 17/VI**

(suite de la Question 17/VI, 1964-1968)

Les courants vagabonds alternatifs et leurs effets possibles sur la corrosion des canalisations enterrées.

Les études sur la corrosion des canalisations métalliques enterrées se font en général à l'aide d'instruments insensibles au courant alternatif. Il en résulte que l'effet des courants alternatifs sur les vitesses de corrosion peut laisser des doutes. Il est donc intéressant de pouvoir répondre aux questions suivantes :

- a) Quelles méthodes peut-on utiliser pour mesurer la densité du courant alternatif échangé entre une canalisation et le sol ?
- b) Les densités de courant alternatif que l'on rencontre dans la pratique sont-elles de nature à affecter la vitesse de corrosion des canalisations enterrées ?
- c) Si la vitesse de corrosion est affectée par le courant alternatif, l'action de ce courant est-elle accompagnée d'une modification correspondante de la différence de potentiel continue entre le métal et le sol ou bien, au contraire, doit-on procéder à une mesure autre que celle de la différence de potentiel continue pour mettre en évidence l'action du courant alternatif sur la corrosion ?

ANNEXE

(à la Question 17/VI)

**Conclusions dégagées par le C.C.I.T.T. entre 1960-1968**

En 1960, la 6<sup>e</sup> Commission d'études a pris connaissance d'une étude effectuée à Turin (Italie) par la Stipel, au sujet de la corrosion par courants alternatifs. Les résultats de cette étude, effectuée en laboratoire ont démontré l'existence d'une corrosion par les courants alternatifs dans certaines conditions.

Cette corrosion est caractérisée par des perforations en forme de cratères et à parois abruptes. L'influence de la fréquence du courant sur l'importance de la corrosion fait l'objet d'une étude complémentaire<sup>1</sup>.

L'attention de la 6<sup>e</sup> C.E. a été d'autre part attirée sur une étude effectuée par MM. L. Amy et C. Mounios, qui a paru dans la *Revue générale d'électricité* (mars 1957)<sup>2</sup>. Cette étude, qui rend compte de travaux effectués en laboratoire, conclut à l'existence d'une corrosion par des courants alternatifs, même en l'absence de toute composante continue. Elle indique également la possibilité d'avoir une composante de courant continu par suite d'un effet de redressement dû à un contact humide entre deux métaux (fer/plomb).

Les Departmental Research Laboratories en Australie ont étudié l'effet du courant alternatif sur la corrosion du plomb par le courant continu dans une solution de chlorure de sodium de molarité 0,2 pour des densités de courant continu de 0-100 mA/cm<sup>2</sup> et de courant alternatif de 0-180 mA/cm<sup>2</sup>.

Lorsque le plomb était à l'anode, on a noté une augmentation de 5 à 10 % du taux de corrosion mais la reproductibilité de ce phénomène n'était pas bonne, probablement par suite de difficultés de circuit.

Lorsque le plomb était à la cathode avec un courant continu de 10 mA/cm<sup>2</sup> parvenant à la surface du plomb par l'électrolyte, la superposition de courant alternatif de 10 mA/cm<sup>2</sup> à 150 mA/cm<sup>2</sup> provoquait une légère corrosion.

Dans ces expériences, la superposition de courant alternatif sur une surface de plomb corrodée par la perte de courant continu dans l'électrolyte provoquait la formation de produits de corrosion d'aspect différent et probablement aussi de composition différente de ceux qui se forment en l'absence de courants alternatifs.

Des recherches ultérieures<sup>3</sup> effectuées en laboratoire tendent à confirmer que le courant alternatif provoque la corrosion accélérée du plomb, si ce métal constitue l'anode.

Ces recherches ultérieures montrent :

- bien qu'elle ne provoque que de faibles pertes du métal de l'enveloppe, la corrosion par courant alternatif endommage cette dernière de façon comparable au courant continu ; ceci provient de la forte localisation et du caractère perforant des cratères, dont la forme est arrondie et les parois très abruptes ;
- l'efficacité de la corrosion tend à augmenter, non seulement au fur et à mesure que diminue la fréquence, mais au fur et à mesure que diminue la densité du courant ; les résultats expérimentaux ne permettent cependant pas de fixer des limites inférieures de sécurité en ce qui concerne la densité du courant ;
- les mesures de potentiel par rapport à la terre ne permettent pas de procéder à une diagnose sûre du danger de corrosion.

<sup>1</sup> Voir aussi l'article de M. C. E. GALIMBERTI, intitulé « La corrosion du plomb par le courant alternatif », paru dans la revue *Corrosion*, 4 mai 1964, volume 20, n° 5.

<sup>2</sup> Voir aussi *Revue générale d'Electricité*, pp. 228-231, avril 1960.

<sup>3</sup> Article du professeur GALIMBERTI intitulé « La corrosion du plomb par le courant alternatif » publié dans le numéro de mai 1964 de *Corrosion*, organe officiel de la N.A.C.E., volume 20, n° 5, pages 150 à 157, et aussi l'article de M. F. WILLIAMS paru dans la revue *Materials Protection* (volume 5, n° 2, février 1967).

Il semble que le courant alternatif corrode le plomb à une vitesse égale à 1 % environ de celle correspondant au courant continu. Le phénomène est accru par une polarisation anodique même si l'on a affaire à de faibles densités de courant, alors qu'il est annulé par une polarisation cathodique. L'association galvanique à des métaux moins nobles que le plomb (magnésium, fer, zinc) provoque généralement une réduction de la corrosion, mais, dans le cas du magnésium celle-ci peut au contraire être accrue si le courant parcourt le métal et subit ainsi un redressement.

La morphologie de la corrosion offre deux aspects distincts selon que les anions présents dans la solution engendrent des sels solubles ou une pellicule de protection.

Les essais ont porté sur des valeurs élevées de la densité du courant alternatif, car, dans la pratique, les échanges de courant alternatif avec le sol sont généralement concentrés sur de toutes petites surfaces où le revêtement isolant du câble est endommagé.

La conclusion de ces recherches indique qu'avant de procéder à la protection d'un câble muni d'une enveloppe de plomb, il faut analyser non seulement la dispersion du courant continu dans le sol, mais encore la présence éventuelle de couples galvaniques avec le plomb, dus au courant alternatif qui se trouve dans le sol.

Lorsque la présence du courant alternatif seul est confirmée, la question économique se pose pour savoir s'il est judicieux d'appliquer la protection ou non.

Les conclusions ci-dessus ont été confirmées par les résultats d'une enquête effectuée par l'Union internationale des chemins de fer (U.I.C.) (Rapporteur : Les chemins de fer italiens) sur des câbles de télécommunication posés le long de lignes électrifiées à courant alternatif.

Les études expérimentales ont été conduites en accord avec la Société SIP et avec la collaboration de la Société SIRTI. Elles ont mis en évidence : a) la non-agressivité du sol, d'après des analyses physiques et chimiques ; b) l'existence de forts courants alternatifs, variables selon la circulation des trains, superposés à de faibles courants continus invariables.

Des corrosions observées lors de cette enquête, il y a lieu de conclure qu'elles sont à attribuer principalement au courant alternatif.

L'Administration de l'U.R.S.S. a observé que l'action corrosive du courant alternatif à fréquence industrielle sur l'armure d'acier d'un câble représente en moyenne de 1 % à 2,5 % de l'action d'un courant continu de même valeur ; toutefois, pour le plomb et surtout pour l'aluminium, ce pourcentage est sûrement plus élevé.

L'Administration suisse a fait des essais en laboratoire sur des échantillons de gaine de plomb nue ou protégée par quatre types différents de revêtements avec imprégnation de bitume ou de goudron.

A ces échantillons, plongés dans une cuvette remplie d'eau potable, on a appliqué des tensions alternatives à 50 Hz et  $16\frac{2}{3}$  Hz de  $4 V_{\text{eff}}$  avec ou sans superposition d'une tension continue de 100 mV, et des tensions continues de 100 mV sans superposition de tension alternative.

La valeur de 100 mV correspond à peu près aux potentiels continus qu'on trouve en pratique habituellement sur les câbles. Tous les essais ont eu une durée de deux mois.

L'Administration suisse a conclu que, comparés à ceux du courant continu, les effets du courant alternatif sont si faibles qu'une variation positive d'environ 100 mV dans le cas de courant continu est plus dangereuse que l'influence d'une tension alternative de  $4 V_{\text{eff}}$ .

Le C.C.I.T.T. a, en conséquence, décidé en 1964-1968, qu'il fallait faire une série d'expériences contrôlées pour pouvoir donner une conclusion aux travaux déjà entrepris à cet égard. Une fois définitivement établi l'ordre de grandeur de la corrosion imputable aux valeurs particulières du courant alternatif, on devrait élaborer un texte approprié à insérer dans les « Recommandations ». Ces deux tâches ont été confiées à un Groupe de travail dont la composition est la suivante :

M. Cabrillac (C.I.G.R.E), Président, D<sup>r</sup> Vögtli (Suisse), M. Galimberti (Italie), M. Dimario (Italie), D<sup>r</sup> Ronzani (Italie).

**Question 18/VI**

(suite de la Question 18/VI, 1964-1968)

(Question Asie 9, posée par la Commission du Plan pour l'Asie, C.C.I.T.T. 1964)

Condition de l'emploi de l'armure.

a) Dans le cas des câbles directement enterrés, comment l'armure contribue-t-elle à la sécurité de l'installation et à la sûreté de fonctionnement ?

b) Dans quelles conditions peut-on renoncer à l'armure pour les câbles directement enterrés ?

c) Si, dans certaines conditions, l'armure doit essentiellement augmenter la résistance du câble à la traction, une autre forme de câble, par exemple, un câble non armé avec fil de tension central, ne serait-elle pas plus économique ?

*Remarque 1.* — Il conviendrait de donner des renseignements sur la résistance relative du câble lorsqu'il est renforcé par une couche additionnelle de revêtement en matière plastique par comparaison avec la résistance d'un câble protégé au moyen d'une gaine et d'une armure métallique classiques. Il est souhaitable de connaître la résistance relative des câbles à la traction et aux efforts d'impulsion et d'écrasement tels qu'il est possible d'en constater au cours de la pose et du fonctionnement normal. La résistance relative aux vibrations et à l'affaissement de la terre des deux types de câbles est également importante.

Comment mesurer ces propriétés de résistance aux efforts et à la destruction ?

*Remarque 2.* — Voir l'Avis L.3.

**Question 19/VI**

(question nouvelle)

Problèmes de corrosion et de mise à la terre résultant de l'emploi de tuyaux de distribution d'eau non conducteurs et d'enveloppes non conductrices pour des câbles d'alimentation en énergie et de télécommunication.

*Remarque 1.* — L'alimentation en courant basse tension oblige souvent à employer une terre de protection à faible impédance en sorte que, en cas de défaut dans l'isolation un fusible ou un coupe-circuit entrent en action. Il ne sera peut-être pas facile de disposer de la prise de terre de bonne qualité nécessaire si les enveloppes du tuyau de distribution d'eau ou des câbles n'ont pas une conductivité suffisante. Dans certains pays, les services d'électricité connectent alors le neutre de l'alimentation à un certain nombre d'électrodes réparties sur toute sa longueur en sorte qu'il puisse servir de terre de protection. Une telle mise à la terre multiple du neutre permet à une partie du courant de charge de circuler par la terre et si ce courant a une composante continue appréciable, il peut être indispensable de protéger contre la corrosion les câbles de télécommunication voisins placés sous enveloppes métalliques.

*Remarque 2.* — L'impédance d'un système de mise à la terre dans une station de télécommunication dépend souvent dans une grande mesure du contact que les enveloppes métalliques des câbles téléphoniques qui pénètrent dans la station ont avec la terre pendant leur trajet. Si ces câbles sont entièrement ou partiellement remplacés par d'autres placés sous enveloppes non conductives, l'impédance du système d'électrodes de prise de terre de la station augmente et il faut étudier les répercussions de cette augmentation sur ces fonctions protectrices et autres.

Cette question doit être étudiée en liaison avec les autres Commissions d'études intéressées.

**Question 20/VI**

(question nouvelle)

Peut-on recommander l'emploi de substances protectrices en général et de composés d'arsenic en particulier, incorporés sous forme de pâte à la surface de l'enveloppe de câbles enterrés exposés aux dégâts produits par des coléoptères et des termites ?

A N N E X E

(à la Question 20/VI)

**Commentaires de l'Administration argentine**

L'analyse des renseignements recueillis par la Commission d'études VI au cours de la période 1957-1960 et la documentation contenue dans les annexes 2 et 3 du tome IX du *Livre Bleu* (reproduisant des rapports présentés par les Administrations de l'Australie, de la Fédération de Malaisie et de Singapour) indiquent que les attaques biologiques subies par les enveloppes de câbles sont dues essentiellement aux termites et aux coléoptères.

Il y a un parallélisme évident entre ce type d'attaque et ce que l'on peut observer sur le bois, auquel ces mêmes organismes font subir des détériorations considérables. En fait, l'un de ces organismes mentionné dans les rapports précités, l'*Hylotropes bajulus* L., est — tout comme certaines variétés de termites — l'un des pires agents de destruction des maisons en bois dans les pays européens.

L'une des branches de la technologie du bois concernant directement ce problème est la préservation du bois contre l'action des agents biologiques. Des centaines de produits fongicides et insecticides ont été essayés et utilisés pour préserver des bois exposés à ces attaques dans différentes conditions. Les renseignements les plus récents dont on dispose à cet égard indiquent que, parmi ces produits, les composés arsénicaux inorganiques sont les plus efficaces pour empêcher les attaques des termites et des coléoptères.

L'Administration argentine a proposé :

- 1) de procéder à des essais de compatibilité pour voir s'il est possible d'incorporer des composés arsénicaux tels que le trioxyde et le pentoxyde d'arsenic dans les enveloppes de câbles ;
- 2) d'effectuer des expériences en vue de déterminer l'efficacité de ces produits et les doses recommandables.

QUESTIONS — COM VI

*Tableau récapitulatif des questions confiées à la Commission d'études VI, pendant la période 1968-1972*

N° de la question	Objet résumé	Observations
1/VI	Réalisation d'enveloppes de câbles en aluminium Revêtements protecteurs pour ces enveloppes	
2/VI	Réalisation d'enveloppes de câbles en métaux autres que le plomb et l'aluminium	
3/VI	Emploi de matières plastiques comme revêtement protecteur pour une enveloppe métallique de câble	
4/VI	Réalisation d'enveloppes de câbles en matière plastique	
5/VI	Attaque des matières plastiques par les insectes et les rongeurs	
6/VI	Réalisation de câbles avec des conducteurs à isolation sous matières plastiques	
7/VI	Méthodes de maintenance sous pression gazeuse	
8/VI	Classification des corrosions non électrolytiques	
9/VI	Protection cathodique commune à plusieurs réseaux	
10/VI	Cas inhabituels de corrosion des enveloppes de plomb	
11/VI	Modifications aux « Recommandations »	
12/VI	Revision de la brochure « Imprégnation des poteaux en bois des lignes de télécommunications »	
13/VI	Corrosion due à l'échange de courant continu avec des systèmes d'électrodes installées à proximité	
14/VI	Protection contre la foudre	Egalement Question 22/V à étudier par le Groupe mixte CDF des C.E. V et VI
15/VI	Protection des écrans et armures	
16/VI	Dégradation des propriétés des enveloppes en matière plastique	
17/VI	Courants vagabonds alternatifs	
18/VI	Condition de l'emploi de l'armure	
19/VI	Problèmes de corrosion et de mise à la terre résultant de l'emploi de tuyaux de distribution d'eau non conducteurs et d'enveloppes non conductrices pour des câbles d'alimentation en énergie et de télécommunications	
20/VI	Peut-on recommander l'emploi de substances protectrices en général et de composés d'arsenic en particulier, incorporés sous forme de pâte à la surface de l'enveloppe de câbles enterrés exposés aux dégâts produits par des coléoptères et des termites ?	

