

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 57 (1966)  
**Heft:** 4

**Artikel:** Transmission de signaux codés par lignes téléphoniques  
**Autor:** Yechouroun, C. / Vuffray, G.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-916571>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 29.03.2025

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

sierte Relais gestattet die Ansteuerung eines Schaltschützes für die Beleuchtungsanlage. Die Photozelle «sieht» das Tageslicht durch ein Fenster im Apparategehäuse. Ein drehbares Abdecksegment hinter diesem Fenster gestattet die nötige Einstellung des Ansprechpunktes.

Zu einer Beleuchtungsanlage für Strassentunnels gehören pro Anlage zwei oder drei solcher elektronischer Geräte (Fig. 4).

Als Beispiel sei die neue Walenseestrasse erwähnt. Jeder Tunnel besitzt eine eigene Steuereinheit, die in drei Beleuchtungsgruppen unterteilt ist (Fig. 5).

- Gruppe I: Dauerbeleuchtung von ca. 50 lx. Diese Beleuchtung erhellt Tag und Nacht über die ganze Tunnellänge die Fahrbahn.
- Gruppe II: Zusatzbeleuchtung 1. Diese wird vom Dämmerungsschalter bei ca. 500 lx Aussenhelligkeit zugeschaltet. Diese Lampen treten meistens bei der Dämmerung morgens und abends in Funktion.
- Gruppe III: Zusatzbeleuchtung 2. Bei etwa 2000 lx Aussenhelligkeit wird auch die hellste Zusatzbeleuchtung eingeschaltet.

Fig. 6 zeigt ein Blockschema der Tunnel-Beleuchtungsanlage. Der Schaltkasten mit den beiden Dämmerungsschaltern, den Schaltschützen, dem Versorgungsteil, den Sicherungen, Handschaltern etc. befindet sich nahe dem Tunnelportal. Die Montagelage berücksichtigt einerseits die Forderungen für die Dämmerungsschalter (Schutz vor Kunstlicht, direktem Sonnenlicht), ermöglicht aber trotzdem leichte Zugänglichkeit.

Die einmal abgestimmte Beleuchtungssteuerung bedarf keiner weiteren Wartung. Die Bauteile der elektronischen Schaltung sind von grosser Lebensdauer und garantieren sicheres Funktionieren. Damit dient die Elektronik dem Strassenverkehr und der Sicherheit der Strassenbenützer bestimmt am meisten.

#### Literatur

- [1] D. A. Schreuder: The Lighting of Vehicular Traffic Tunnels. Dissertation T. H. Eindhoven 1964, Philips Technical Library.

#### Adresse des Autors:

H. Weibel, Elektroingenieur, Elesta AG Elektronik, 7310 Bad Ragaz.

## Transmission de signaux codés par lignes téléphoniques

Conférence, donnée à la 24<sup>e</sup> Journée Suisse de la technique des télécommunications, le 30 septembre 1965 à Berne,

par C. Yechouroun et G. Vuffray, Lausanne

621.396.44

Cet exposé a pour but de relever quelques aspects de la transmission des signaux provenant d'un système PCM au moyen de câbles téléphoniques existants. On examine le comportement des paires téléphoniques et la nécessité de l'amplification, de la correction et de la régénération des impulsions au moyen de répéteurs. Le principe de tels répéteurs est décrit sommairement. Enfin, on donne quelques exemples de codage des impulsions permettant d'obtenir pour le signal une valeur moyenne constante ou nulle.

Diese Abhandlung bezweckt, auf einige Aspekte der Übermittlung von aus einem PCM-System stammenden Signalen über bestehende Telefonkabel hinzuweisen. Das Verhalten der Telefonadernpaare wird studiert, sowie auch die Notwendigkeit der Verstärkung, der Berichtigung und der Regenerierung der Impulse mittels Wiederholer. Das Prinzip solcher Wiederholer wird kurz geschildert. Schliesslich werden einige Beispiele von Codierungen der Impulse angeführt, die es ermöglichen, für das Signal einen konstanten Mittelwert oder Null zu erhalten.

Dans cet exposé, on traite certains problèmes en rapport avec la transmission des signaux provenant d'un système PCM au moyen de câbles téléphoniques existants. La transmission simultanée de 24 voies de communication au moyen d'une seule paire téléphonique exige une vitesse d'information de

1664000 bit/s. Il est dès lors nécessaire d'envoyer sur ces câbles un signal comportant des fréquences bien supérieures à celles rencontrées dans leur utilisation normale. La fig. 1 schématise l'ensemble d'un système de transmission PCM par câbles téléphoniques.

On examinera, dans ce qui suit, le comportement des paires téléphoniques et la nécessité de l'amplification et de la régénération des impulsions au moyen de répéteurs.

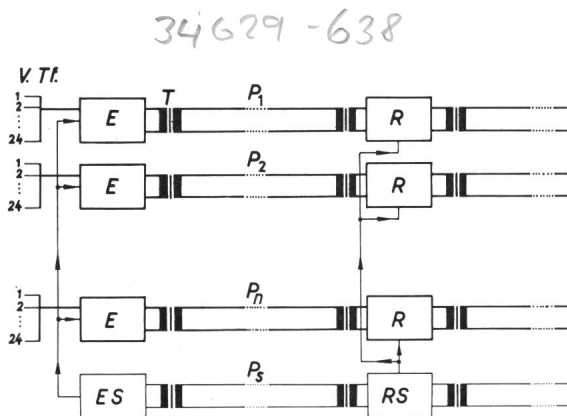


Fig. 1

Schéma de l'ensemble d'un système de transmission PCM par câbles téléphoniques

V. T. f. voies téléphoniques; E émetteurs des signaux codés; ES émetteur du signal de synchronisation; T transmetteurs;  $P_1, P_2, P_n$  paires téléphoniques du câble;  $P_s$  paire réservée au signal de synchronisation; R répéteurs des signaux codés; RS répéteur pour signal de synchronisation

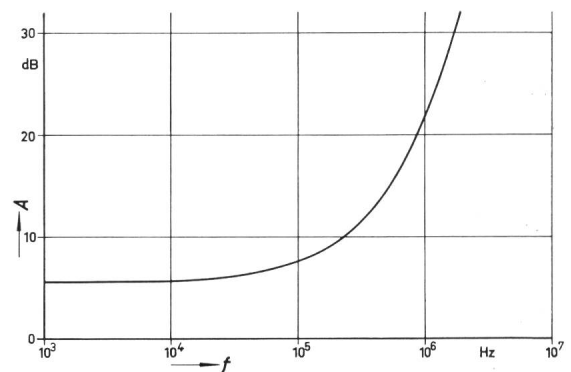


Fig. 2

Affaiblissement d'une paire de  $2 \times 0,8$  mm de diamètre pour une longueur du câble de 2 km

A affaiblissement; f fréquence

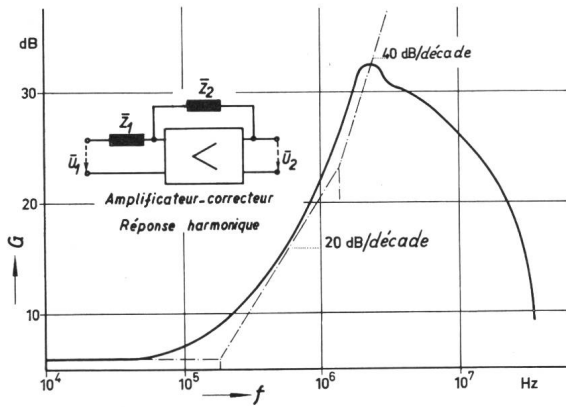


Fig. 3

**Amplificateur-correcteur, schéma et courbe de gain**

$G$  gain de l'amplificateur;  $f$  fréquence;  $\bar{Z}_1$ ,  $\bar{Z}_2$  impédances de contre-réaction;  $\bar{U}_1$  tension à l'entrée du répéteur;  $\bar{U}_2$  tension à la sortie de l'amplificateur-correcteur

**Comportement des câbles téléphoniques pour leur utilisation en PCM**

La fig. 2 représente l'affaiblissement en fonction de la fréquence pour l'une des paires d'une quarte ( $4 \times 0,8$  mm) d'un câble de 2 km. On remarque que l'affaiblissement croît très rapidement avec la fréquence au-dessus de 100 kHz.

La transmission correcte des signaux exige une compensation de cet affaiblissement considérable en hautes fréquences. Elle est réalisée au moyen d'un amplificateur-correcteur adéquat.

Un autre effet dont il faut tenir compte est la diaphonie qui augmente considérablement avec la fréquence. Elle constitue un facteur de limitation pour la longueur que l'on peut donner à un tronçon de ligne, c'est-à-dire la distance séparant deux amplificateurs-correcteurs. En effet, les signaux arrivant en bout de ligne peuvent se confondre avec les signaux perturbateurs des paires voisines.

En admettant un écart diaphonique de 20 dB, on trouve une distance entre répéteurs de 2 km environ pour 24 voies par paire.

Néanmoins, pour la transmission d'impulsions, l'écart diaphonique tolérable est beaucoup plus faible que celui

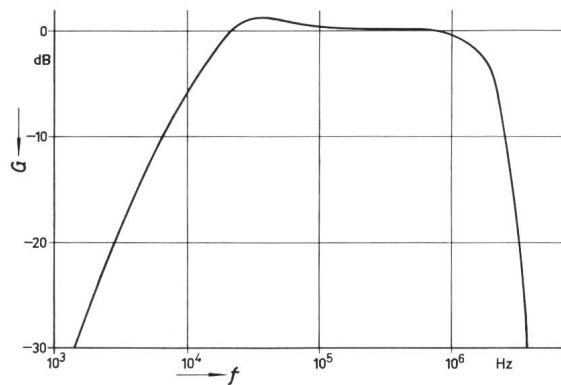


Fig. 4

**Réponse harmonique globale de la chaîne comportant la ligne plus l'amplificateur-correcteur et les translateurs**

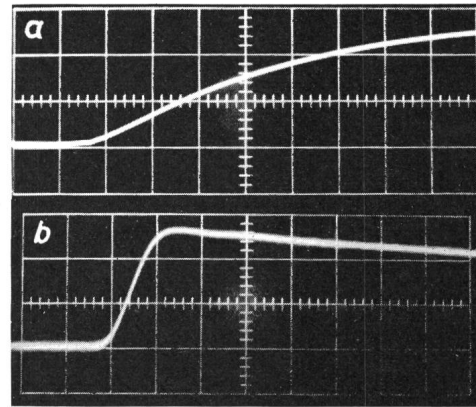


Fig. 5

**Courbes de réponse indicielle**

$a$  d'une paire de 2 km seule;  $b$  de la même paire avec l'amplificateur-correcteur

Echelle verticale 0,5 V/div., échelle horizontale 0,4 μs/div. Excitation: saut de 2 V

exigé pour une liaison téléphonique ordinaire ou à courants porteurs. Ceci a pour conséquence qu'un câble téléphonique ordinaire peut être utilisé, sans équilibrage spécial, pour la transmission des signaux PCM, alors que cela n'est pas possible pour un système à courants porteurs ou pour une transmission PAM.

**Correction et amplification des signaux**

Afin de compenser exactement l'atténuation subie par le signal, on recherche un système dont la courbe de gain en fonction de la fréquence suit au plus près celle de l'affaiblissement du câble et ceci pour la plus grande gamme de fréquences possible. A titre d'exemple, un amplificateur-correcteur basé sur le principe des amplificateurs opérationnels, est donné par la fig. 3.

La première pente (20 dB/décade) est obtenue par l'impédance  $\bar{Z}_1$  constituée par un circuit RC en parallèle. L'impédance  $\bar{Z}_2$  comporte les éléments R et L en série et permet de réaliser

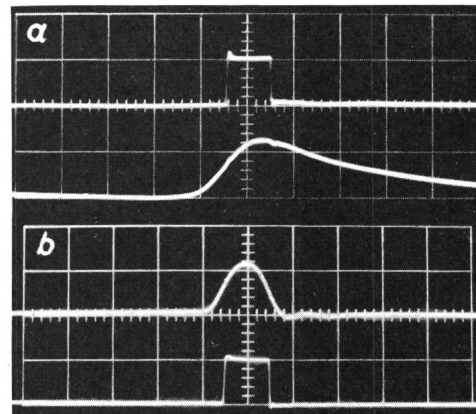


Fig. 6

**Courbes de réponse à une impulsion rectangulaire**

$a$  paire de 2 km seule. Trace du haut: impulsion émise (2 V/div.). Trace du bas: impulsion parvenant en bout de ligne (0,2 V/div.)

$b$  paire de 2 km avec l'amplificateur-correcteur. Trace du bas: impulsion émise (2 V/div.). Trace du haut: impulsion après la correction (1 V/div.)

Echelle horizontale 0,5 μs/div.

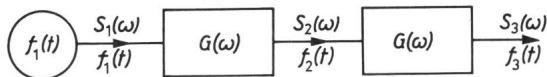


Fig. 7

**Simulation d'une transmission sur un nombre élevé de tronçons de lignes et d'amplificateurs-correcteurs**

$G(\omega)$  ensemble formé par un tronçon de ligne et un amplificateur-correcteur;  $f_1(t)$  signal émis;  $f_2(t)$ ,  $f_3(t)$  signal après passage dans les tronçons de ligne successifs;  $S_1(\omega)$ ,  $S_2(\omega)$ ,  $S_3(\omega)$  spectres des fonctions  $f_1(t)$ ,  $f_2(t)$ ,  $f_3(t)$

le deuxième tronçon de la courbe dont la pente globale est alors de 40 dB/décade. La baisse en haute fréquence est due à la caractéristique de l'amplificateur. La fig. 4 représente la réponse harmonique globale de la chaîne comportant la ligne plus l'amplificateur-correcteur et les translateurs. On constate l'effet de la compensation sur une bande de fréquence allant de 15 kHz à 1,8 MHz (-3 dB).

D'autre part, le système étant destiné à transmettre des impulsions, il est intéressant d'en étudier la réponse indicielle et la réponse à une impulsion rectangulaire.

Les courbes de réponse indicielle représentées à la fig. 5 sont celles d'une paire de 2 km sans, puis avec l'amplificateur-correcteur. On constate que le temps de montée de la réponse indicielle est nettement amélioré dans le second cas.

La fig. 6 représente les courbes de réponse à une impulsion rectangulaire de la même paire sans, puis avec l'amplificateur-correcteur. L'impulsion sans correction est inutilisable car elle chevaucherait l'impulsion suivante.

**Régénération des impulsions**

La correction des impulsions qui s'avère nécessaire n'est pourtant pas suffisante lorsqu'il s'agit d'une transmission sur un nombre élevé de tronçons de ligne. Pour le démontrer, choisissons un exemple quelque peu différent mais facilement accessible aux calculs.

Supposons que l'ensemble formé par un tronçon de ligne et un amplificateur-correcteur ait pour courbe de réponse la fonction de Gauss:

$$G(\omega) = K \cdot e^{-\left(\frac{\omega}{2}\right)^2 T_f^2}$$

Elle est représentée par un bloc à la fig. 7. Le signal émis  $f_1(t)$  sera transformé en  $f_2(t)$  après le premier tronçon, en  $f_3(t)$

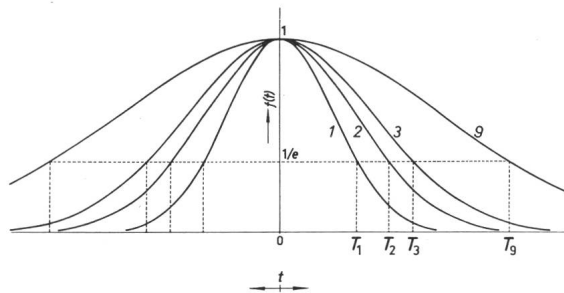


Fig. 8

**Déformation d'un signal  $f_1(t)$  (courbe de Gauss) après des passages successifs dans les systèmes  $G(\omega)$**

Les courbes 1, 2, 3, 9 correspondent aux fonctions  $f_1(t)$ ,  $f_2(t)$ ,  $f_3(t)$ ,  $f_9(t)$ ;  $t$  temps;  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_9$  temps caractéristiques des fonctions  $f_1(t)$ ,  $f_2(t)$ ,  $f_3(t)$ ,  $f_9(t)$ ;  $e$  base du logarithme népérien

après le deuxième tronçon et ainsi de suite. On admet que  $f_1(t)$  est une fonction de Gauss caractérisée par le temps  $T_1$ :

$$f_1(t) = e^{-\left(\frac{t}{T_1}\right)^2}$$

Son spectre est donné par:

$$S_1(\omega) = A_1 \cdot e^{-\left(\frac{\omega}{2}\right)^2 T_1^2}$$

qui est également une fonction de Gauss.

Le spectre de  $f_2(t)$ :

$$S_2(\omega) = A_2 \cdot e^{-\left(\frac{\omega}{2}\right)^2 (T_1^2 + T_f^2)}$$

s'obtient en multipliant le spectre  $S_1(\omega)$  par la fonction de transfert  $G(\omega)$ . On obtient toujours une fonction de Gauss pour  $S_2(\omega)$  et pour  $f_2(t)$ :

$$f_2(t) = e^{-\left(\frac{t}{T_2}\right)^2}$$

avec  $T_2 = \sqrt{T_1^2 + T_f^2}$

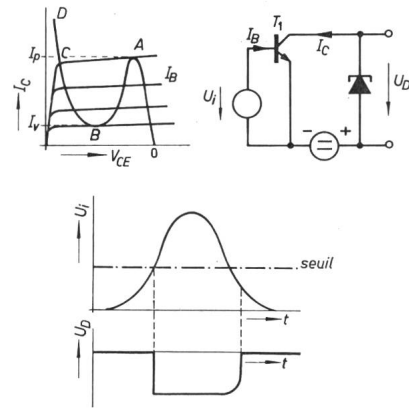


Fig. 9

**Principe de la discrimination des impulsions**

$I_B$  courant de base;  $I_C$  courant de collecteur;  $I_p$  courant de pic;  $I_v$  courant de vallée;  $T_1$  transistor;  $t$  temps;  $U_i$  signal à discriminer;  $U_D$  signal de sortie;  $V_{CE}$  tension collecteur-émetteur; A; B; C; D, points caractérisant les changements d'état

On a, de même:

$$S_3(\omega) = A_3 e^{-\left(\frac{\omega}{2}\right)^2 (T_1^2 + 2T_f^2)}$$

et

$$f_3(t) = e^{-\left(\frac{t}{T_3}\right)^2}$$

avec

$$T_3 = \sqrt{T_1^2 + 2T_f^2}$$

Chaque nouveau temps caractéristique  $T_n$  est supérieur au précédent et augmente selon la loi simple:

$$T_n = \sqrt{T_1^2 + (n-1)T_f^2}$$

Les courbes représentées à la fig. 8 montrent la déformation du signal  $f_1(t)$  lors de son passage à travers les systèmes  $G(\omega)$ . Cette déformation est caractérisée par un élargissement du signal  $f_1(t)$ .

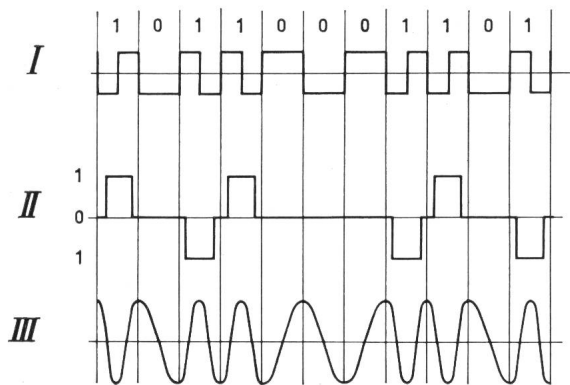


Fig. 10

**Exemples de codage des impulsions**

*I* codage biphasé; *II* codage par impulsions; *III* codage biphasé sinusoidal alternées

Pratiquement la fonction de transfert de l'ensemble formé par un tronçon de ligne et un amplificateur-correcteur n'est pas une fonction de Gauss; mais on constate également un élargissement des impulsions avec l'augmentation du nombre de tronçons. Cet élargissement conduit à un chevauchement des impulsions de sorte qu'il devient finalement impossible de les distinguer les unes des autres. Il est donc indispensable de les régénérer après leur correction et amplification, c'est-à-dire de les mettre en forme et de leur donner une durée bien déterminée. A titre d'exemple la fig. 9 montre un discriminateur à diode — tunnel étudié au laboratoire d'Electronique de l'EPUL.

La présence d'une impulsion est détectée au-dessus d'un certain niveau, nommé seuil, que l'on peut ajuster et qui caractérise la sensibilité du système. Ce niveau est fourni par une diode-tunnel qui accuse à ses bornes un saut très brusque de tension si le courant dépasse une certaine valeur appelée courant de pic  $I_p$ . Un seuil de discrimination à la demi-amplitude du signal est la condition optimum de sensibilité eu égard aux signaux parasites.

Le signal à régénérer  $U_i$  provenant de l'amplificateur-correcteur est appliqué sur la base du transistor  $T_1$ . Dès que le courant  $I_c$  dépasse la valeur  $I_p$ , on passe, sur la caractéristique de la diode-tunnel, du tronçon  $OA$  au tronçon  $CD$ , ce qui se traduit par un brusque saut de la tension  $U_D$ . Quant  $I_c$  devient plus petit que  $I_v$ , on retombe sur le tronçon  $OA$ . La discrimination par diode-tunnel a donc comme effet de redonner à une impulsion étalée des fronts raides.

Toutefois la durée d'une impulsion ainsi obtenue n'est pas fixée: elle est d'autant plus grande que le signal à régénérer est plus étalé. L'impulsion peut donc dégénérer en durée et même être déplacée dans le temps. Il est nécessaire dès lors de procéder à une synchronisation des impulsions tout en fixant exactement leur durée. On obtient ceci en envoyant sur le répéteur un signal d'horloge qui rend sensible le discriminateur pendant une durée bien déterminée.

**Problèmes liés à la valeur moyenne du signal à transmettre**

La présence des translateurs à l'entrée et à la sortie de chaque répéteur empêche la transmission de toute grandeur continue. Pour éviter une perte d'information, il faut choisir un mode de codage assurant au signal transmis une valeur moyenne constante ou nulle. Parmi les multiples procédés existants, on peut donner les exemples représentés à la fig. 10.

I. Ce mode de transmission est défini par un changement d'état au début de chaque bit. Le signal «un» est caractérisé par un deuxième changement d'état au «milieu» du bit; par contre, l'état zéro n'entraîne aucun changement d'état supplémentaire.

II. Le signal transmis a trois états possibles: impulsion (positive ou négative) correspondant au signal «un» et absence d'impulsion correspondant au signal «zéro». La polarité des impulsions est alternée à chaque «un».

III. Un troisième exemple de transmission est le codage biphasé sinusoidal, c'est une variante du premier mode de codage exposé ci-dessus. Le signal «un» est caractérisé par une fréquence double de celle du signal «zéro».

**Conclusion**

La transmission des impulsions provenant d'un système PCM au moyen de câbles téléphoniques ordinaires basse fréquence présente de multiples aspects et pose des problèmes qui sont actuellement à l'étude. Ce procédé permettra, à l'avenir, d'utiliser des câbles déjà existants en augmentant considérablement leur capacité de transmission.

**Adresse des auteurs:**

*C. Yechouroun*, ingénieur diplômé, et *G. Vuffray*, ingénieur diplômé, Ecole Polytechnique de l'Université de Lausanne, 16, chemin de Bellerive, 1000 Lausanne.

**Commission Electrotechnique Internationale (CEI)**

**Sitzungen des SC 20B, SC 20A und CE 20 vom 19. bis 23. Juli 1965 in London**

**SC 20B, Câbles de basse tension**

Das Komitee nahm vorerst Kenntnis von den Abstimmungsergebnissen über folgende unter der 6-Monate-Regel erschienenen Dokumenten:

- 20B(Bureau Central)7 Recommendation pour une Spécification de câbles souples isolés au PVC, à âmes circulaires et de tension nominale ne dépassant pas 750 V.
- 20B(Bureau Central)8 Modification de l'Article 21 du document 20B(Bureau Central)7 (Wandstärken von Kabeln analog Typ TdI).

- 20B(Bureau Central)11 Code de Dénomination pour les câbles souples à basse tension isolés au caoutchouc ou au polychlorure de vinyle.
- 20B(Bureau Central)12 Article 22 du document 20B(Bureau Central)7 (Leitertyp analog Typ Td).
- 20B(Bureau Central)13 Recommendation pour une Spécification de câbles souples isolés au caoutchouc à âmes circulaires et de tension ne dépassant pas 750 V.

Die Dokumente 20B(Bureau Central)7, 8, 11 und 12 wurden mit starker Mehrheit angenommen und dürften, ohne unter die