



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.951

**SECTIONS NUMÉRIQUES ET
SYSTÈMES DE LIGNE NUMÉRIQUE**

**SYSTÈMES DE LIGNE NUMÉRIQUE
FONDÉS SUR LA HIÉRARCHIE À 1544 kbit/s
SUR CÂBLES À PAIRES SYMÉTRIQUES**

Recommandation UIT-T G.951

(Extrait du *Livre Bleu*)

NOTES

1 La Recommandation G.951 de l'UIT-T a été publiée dans le fascicule III.5 du Livre Bleu. Ce fichier est un extrait du Livre Bleu. La présentation peut en être légèrement différente, mais le contenu est identique à celui du Livre Bleu et les conditions en matière de droits d'auteur restent inchangées (voir plus loin).

2 Dans la présente Recommandation, le terme «Administration» désigne indifféremment une administration de télécommunication ou une exploitation reconnue.

© UIT 1988, 1993

Droits de reproduction réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'UIT.

Recommandation G.951

SYSTÈMES DE LIGNE NUMÉRIQUE FONDÉS SUR LA HIÉRARCHIE À 1544 kbit/s SUR CÂBLES À PAIRES SYMÉTRIQUES

(Malaga-Torremolinos, 1984; modifiée à Melbourne, 1988)

1 Considérations générales

La présente Recommandation traite des systèmes de ligne numérique pour transmission de signaux fondés sur la hiérarchie à 1544 kbit/s en câbles à paires symétriques, et concerne les systèmes fonctionnant aux débits binaires suivants:

- 1544 kbit/s
- 3152 kbit/s
- 6312 kbit/s.

2 Support de transmission

Les systèmes peuvent fonctionner sur des câbles à paires symétriques de différentes constructions et de différents diamètres de fil, y compris ceux donnés dans les Recommandations G.611, G.612 et G.613.

3 Protection contre les perturbations d'origine externe

Les systèmes de ligne numérique peuvent être affectés par des perturbations provenant de circuits téléphoniques utilisant un même câble, et aussi par un commutateur quand des répéteurs sont installés dans des centres de commutation. On peut citer, à titre d'exemples de moyens permettant de réduire l'effet de ce type de perturbations, la réduction de la longueur de la section élémentaire régénérée au voisinage des centres de commutation, la séparation des paires, l'utilisation de codes en ligne particuliers, etc.

4 Caractéristiques globales de conception

4.1 Disponibilité

L'objectif de disponibilité du système doit être établi compte tenu des caractéristiques de disponibilité de la section numérique fictive de référence telle que donnée dans le projet de Recommandation G.801.

4.2 Fiabilité

Les valeurs MTBF doivent être spécifiées pour l'ensemble du système de ligne, compte tenu des caractéristiques de disponibilité.

4.3 Facteurs de bruit diaphonique du répéteur

Les valeurs du bruit diaphonique du répéteur sont définies et les techniques de mesure suggérées dans l'annexe A. Le bruit diaphonique mesure la qualité de fonctionnement des régénérateurs numériques qui sont soumis à un brouillage diaphonique. Il est fonction du taux d'erreur sur les bits (TEB), du code en ligne du système, des caractéristiques du câble, des conditions ambiantes et de l'affaiblissement dû à l'espacement des répéteurs A_0 (à la demi-rapidité de modulation du système de ligne).

Pour un TEB de 10^{-x} et sur un intervalle d'affaiblissement $A_1 \leq A_0 \leq A_2$, le bruit diaphonique doit répondre aux spécifications suivantes:

- a) bruit paradiaphonique $[R_N] \leq CA_0 + D^*$
- b) bruit télédiaphonique $[R_F] \leq E^*$.

* Il n'a pas été possible de recommander de valeurs spécifiques pour les paramètres x, A_1, A_2, C, D et E .

4.4 Taux d'erreur

Il convient de fixer l'objectif de conception pour le taux d'erreur de chaque répéteur en tenant compte des objectifs de qualité de fonctionnement du réseau, donnés dans la Recommandation G.821.

5 Caractéristiques spécifiques de conception

5.1 Type d'alimentation en énergie

Bien que le CCITT ne recommande pas l'emploi d'un système de téléalimentation particulier pour ce système de ligne symétrique, le seul système appliqué en pratique est le système d'alimentation à courant continu constant par le circuit fantôme des deux paires symétriques.

Ce système en câble symétrique risque d'être soumis à des tensions et des courants induits provoqués par la foudre, les lignes électriques, les chemins de fer, etc.

Il faut prendre des précautions afin de protéger le personnel de tout danger provenant des tensions normales de fonctionnement et des courants de téléalimentation, ainsi que des tensions et courants induits.

De nombreuses Administrations ont publié des dispositions réglementaires détaillées en vue de la protection des personnes. Leur respect est, dans la plupart des cas, obligatoire. D'autre part, les directives du CCITT [1] donnent des indications à ce sujet.

Il faut également protéger les installations contre les tensions et les courants induits; elles doivent donc être conçues de telle manière qu'elles satisfassent aux essais indiqués dans la Recommandation K.17 [2].

5.2 Espacement des répéteurs et remplissage des câbles

On ne peut recommander un espacement spécifique, mais l'annexe B de la présente Recommandation contient des considérations générales sur la planification des systèmes.

5.3 Principes de maintenance

5.3.1 Type de supervision et de localisation des dérangements

On peut utiliser la surveillance en service ou la localisation des dérangements hors service.

5.3.2 Défaillances et dispositions correspondantes

Les dispositions indiquées dans le présent paragraphe doivent s'ajouter à celles recommandées pour les sections de ligne numérique.

ANNEXE A

(à la Recommandation G.951)

Définition et mesure du facteur de bruit diaphonique des répéteurs

A.1 Définition

a) Bruit paradiaphonique $[R_N]$

$$[R_N] = [I_N] - [N_0]$$

$$I_N = \int_0^{\infty} |f/f_0|^{3/2} |E(f)|^2 P(f) df,$$

I_N = moyenne quadratique de la tension de bruit paradiaphonique produite par un régénérateur brouilleur unique qui apparaîtrait au point de décision si l'affaiblissement paradiaphonique était de 0 dB à la demi-rapidité de modulation du système de ligne.

N_0 = moyenne quadratique de la tension de brouillage paradiaphonique au point de décision produisant le taux d'erreur de référence; sa valeur dépend des paramètres qui influent sur le processus de décision et reflète les dégradations dues au brouillage entre symboles et aux décalages par rapport à la position optimale des seuils de décision et des instants d'échantillonnage au point de régénération.

$E(f)$ = fonction de transfert de fréquence de l'égaliseur du régénérateur.

$P(f)$ = densité spectrale de puissance (unilatérale) du code en ligne du système de ligne.

f_0 = demi-rapidité de modulation du système de ligne.

Les valeurs entre crochets sont exprimées en dB, c'est-à-dire:

$$[X] = 10 \log_{10} |X/$$

b) Bruit télédiaphonique $[R_F]$

$$[R_F] = [I_F] - [N_0]$$

$$I_F = \int_0^{\infty} |f/f_0|^2 |E(f)|^2 |G(f)|^2 P(f) df,$$

I_F = moyenne quadratique de la tension de bruit télédiaphonique produite par un régénérateur brouilleur unique qui apparaîtrait au point de décision si l'affaiblissement télédiaphonique était de 0 dB à la demi-rapidité de modulation du système de ligne.

N_0 = moyenne quadratique de la tension de brouillage paradiaphonique au point de décision produisant le taux d'erreur de référence; sa valeur dépend des paramètres qui influent sur le processus de décision et reflète les dégradations dues au brouillage entre symboles et aux décalages par rapport à la position optimale des seuils de décision et des instants d'échantillonnage au point de régénération.

$E(f)$, $P(f)$, f_0 ont les mêmes valeurs qu'en a)

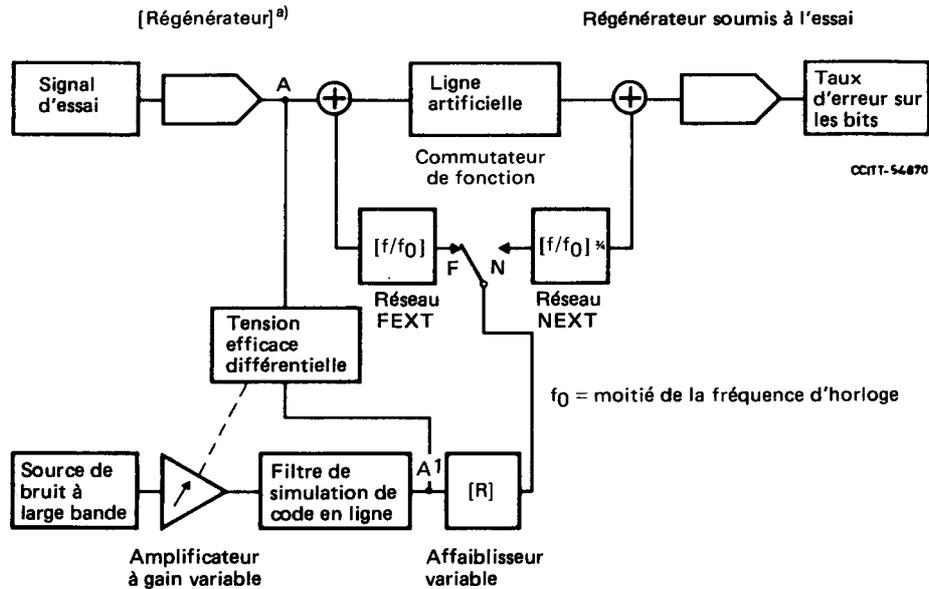
$G(f)$ = fonction de transfert de fréquence du câble.

A.2 Mesure

La méthode a) est directement liée à la définition du facteur de bruit diaphonique et est donc la méthode de référence. Les méthodes b) et c) sont les autres méthodes pratiquement utilisables. La méthode c) évite l'utilisation d'un filtre sélectif.

Méthode a)

On peut mesurer le bruit paradiaphonique et le bruit télédiaphonique en utilisant le montage représenté sur la figure A-1/G.951, le commutateur de fonction étant placé respectivement sur la position N et la position F. La mesure consiste à rendre égales les tensions efficaces en A et A¹, à régler la ligne artificielle à l'affaiblissement A_0 souhaité, puis à régler l'affaiblisseur variable de manière à obtenir la valeur désirée du taux d'erreur sur les bits, soit 10^{-x} . La valeur indiquée par l'affaiblisseur, [R] dB, est alors le bruit paradiaphonique ou le bruit télédiaphonique pour ces valeurs de A_0 et du taux d'erreur sur les bits.



^{a)} Le régénérateur peut être supprimé si le générateur de signaux d'essai délivre des impulsions de forme appropriée.

FIGURE A-1/G.951

Mesure des facteurs de bruit paradiaphonique (NEXT) et télédiaphonique (FEXT)

Méthode b)

On peut mesurer le bruit paradiaphonique $[R_N]$ au moyen d'appareils de mesure du "rapport signal/bruit" à l'entrée réglés en "mode manuel", et en effectuant des mesures extérieures avec un filtre sélectif; voir la figure A-2/G.951. On procède de la façon suivante:

- i) on règle la ligne artificielle à l'affaiblissement 0 dB et, en employant le filtre sélectif, on mesure la puissance du signal d'essai $[S_0]$ dBm;
- ii) on règle la ligne artificielle à l'affaiblissement A_0 souhaité, on ajuste l'affaiblisseur variable jusqu'à ce qu'on obtienne le taux d'erreur sur les bits souhaité de 10^{-x} , on arrête le signal d'essai et, en employant le filtre sélectif, on mesure la puissance du bruit $[P]$ dBm;
- iii) on obtient alors $[R_N] = [S_0] - [P]$ pour les valeurs désirées de A_0 et du taux d'erreur sur les bits.

Remarque - On doit mesurer l'effet négatif de la gigue de rythme sur les valeurs du bruit paradiaphonique et du bruit télédiaphonique en superposant une gigue appropriée au signal d'essai.

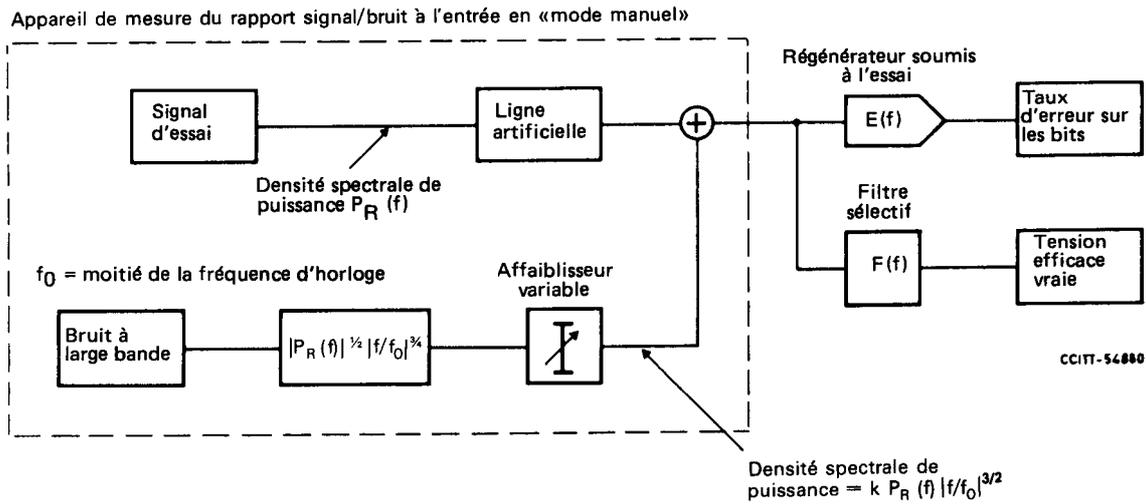


FIGURE A-2/G.951

Mesure du facteur de bruit paradiaphonique au moyen d'un appareil de mesure du rapport signal/bruit à l'entrée

Méthode c)

On peut mesurer le bruit paradiaphonique $[R_N]$ en utilisant des appareils de mesure du "rapport signal/bruit" à l'entrée en "mode manuel" avec l'insertion d'un affaiblisseur variable supplémentaire entre le signal d'essai et la ligne artificielle, comme illustré dans la figure A-3/G.951.

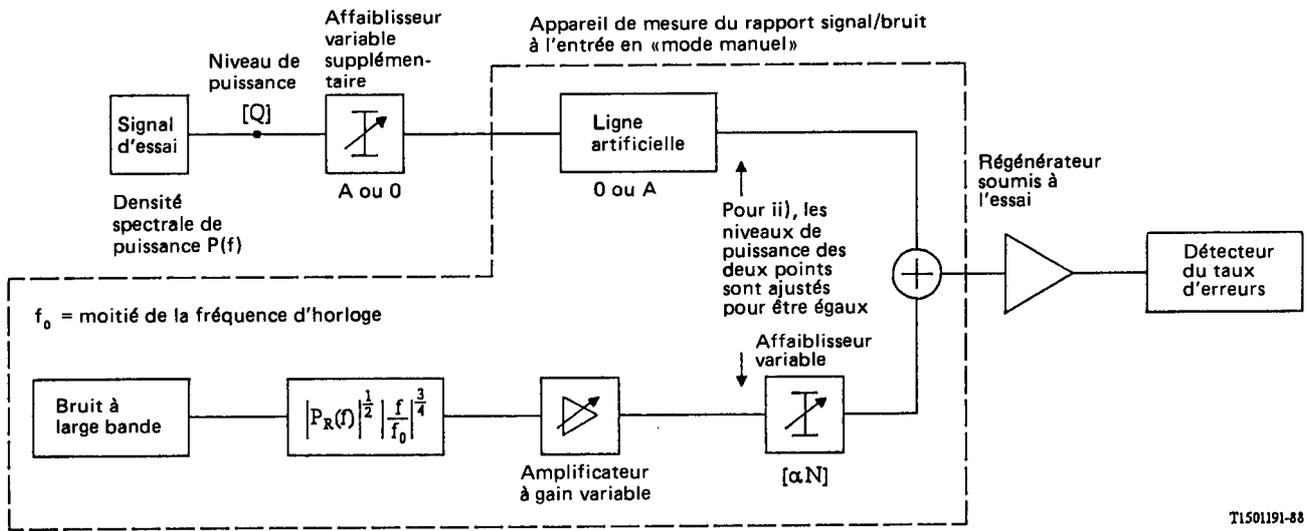
La procédure de mesure est la suivante:

- i) on règle la ligne artificielle à l'affaiblissement 0 dB et l'affaiblisseur variable supplémentaire à l'affaiblissement A dB;
- ii) on ajuste l'amplificateur à gain variable jusqu'à ce que le niveau de puissance de l'entrée de l'affaiblisseur variable soit égal à $[Q1] - A$ dB, le niveau de puissance de sortie de la ligne artificielle;
- iii) on règle la ligne artificielle à l'affaiblissement A dB et l'affaiblisseur variable supplémentaire à l'affaiblissement 0 dB;
- iv) on ajoute l'affaiblisseur variable jusqu'à ce que le $TEB = 10^{-x}$ souhaité soit atteint. La valeur d'affaiblissement de l'affaiblisseur est $[\alpha N]$ dB;
- v) on calcule $[R_N] = [\alpha N] + A - [W_N]$

$$\text{où } [W_N] = 10 \log_{10} \left[\int_0^{\infty} P_R(f) df / \int_0^{\infty} \left| \frac{f}{f_0} \right|^{3/2} P_R(f) df \right]$$

dans laquelle $P_R(f)$ = densité spectrale de puissance (d'un seul côté) du code en ligne.

Il serait préférable d'obtenir W_N en procédant à des mesures. Il va de soi que la valeur de W_N peut également être calculée selon $P_R(f)$ d'AMI ou de HDB₃ dans une certaine gamme de fréquences, par exemple, $W_N = -3,59$ dB dans la gamme de 0 à 10 240 kHz.



T1501191-88

FIGURE A-3/G.951

Mesure du facteur de bruit paradiaphonique au moyen d'un appareil de mesure du rapport signal/bruit à l'entrée

ANNEXE B

(à la Recommandation G.951)

Conseils pour atteindre les objectifs de taux d'erreur dans des conditions satisfaisantes

B.1 Pour atteindre les objectifs de qualité de fonctionnement, il faut tenir compte de plusieurs facteurs liés les uns aux autres. La figure B-1/G.951 schématise l'interdépendance de tous les facteurs qui jouent un rôle dans ce domaine. Les principes sur lesquels on s'appuie pour formuler des directives en matière de planification des systèmes de ligne numérique dépendent de l'Administration. Certaines Administrations, par exemple, peuvent disposer de câbles ayant des caractéristiques favorables, alors qu'en même temps, le réseau peut être affecté par d'importants brouillages, non quantifiables (effets de réseau). Les Administrations doivent donc se faire une opinion sur l'importance de chaque effet dans leur réseau et formuler pour l'utilisation des câbles des directives répondant aux impératifs de taux d'erreur de la section de ligne numérique.

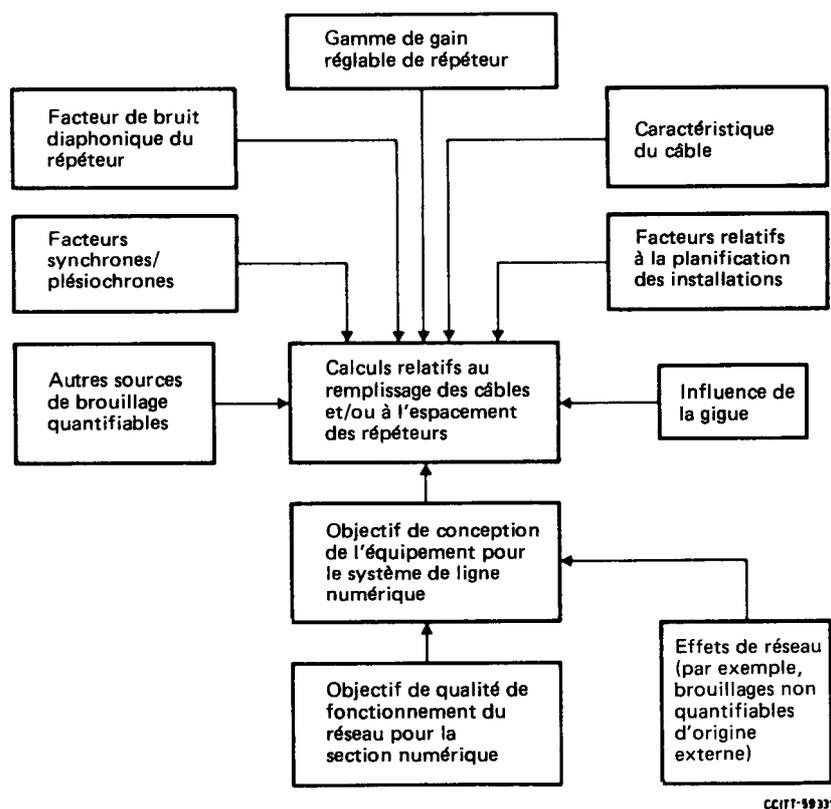


FIGURE B-1/G.951

Facteurs influant sur le taux d'erreur d'un système de ligne numérique en paires symétriques

Les remarques ci-après mettent en évidence un certain nombre de considérations importantes relatives à la formulation de directives pour la planification des installations du système.

Remarque 1 – Dans l'établissement de directives pour l'utilisation des câbles, le facteur de bruit diaphonique est le seul paramètre décrivant la qualité intrinsèque du régénérateur dans des conditions de brouillage diaphonique. Ce paramètre, qui est fondé sur la *moyenne* de la densité spectrale de puissance du brouillage diaphonique total, fournit une approximation utile à l'immunité du système contre la diaphonie des trains de données plésiochrones, et il est la mesure correcte pour les trains de données synchrones sous réserve que les phases des systèmes perturbateurs aient été rendues aléatoires. Il est également fondé sur la présumption de données aléatoires sur les systèmes perturbateurs et ne peut donc pas être appliqué dans le cas de schémas de données répétitifs. Toutefois, l'utilisation d'embrouilleurs fait effectivement apparaître presque tous les schémas de données comme aléatoires [3].

Remarque 2 – En exploitation, les régénérateurs peuvent être affectés par des brouillages d'une autre origine qu'il est difficile de quantifier et qui peuvent causer des erreurs. Dans certains cas, on a pu quantifier des mécanismes de brouillage, et les spécifications nationales fournissent des limites appropriées et des procédures d'essai. Ces questions sont actuellement à l'étude au CCITT, et, une fois acquise une expérience d'exploitation, il sera peut-être possible d'introduire d'autres essais tenant compte de ces autres mécanismes de brouillage.

Remarque 3 – L'utilisation maximale des câbles doit être en conformité avec les objectifs de qualité de fonctionnement du réseau. Pour atteindre ces objectifs, les Administrations peuvent adopter l'une des approches suivantes:

- i) lorsque les Administrations sont en mesure de juger de l'importance des "effets de réseau", les calculs relatifs au remplissage des câbles devraient se fonder sur un objectif déterminé en retranchant les "effets de réseau" de l'objectif de qualité de fonctionnement du réseau;
- ii) lorsque les Administrations ne sont pas en mesure de juger de l'importance des effets de réseau, les calculs relatifs au remplissage des câbles devraient se fonder sur l'objectif de conception de l'équipement.

Remarque 4 – L'utilisation d'un code de débit réduit pour les symboles en ligne assure des conditions plus favorables en ce qui concerne la diaphonie, et cela influera sur les calculs relatifs au remplissage des câbles.

Remarque 5 – Lorsqu'on passe d'une exploitation de réseau plésiochrone à une exploitation synchrone, certains couplages diaphoniques de câbles et mises en phase relatives des horloges des systèmes aboutissent à des augmentations des marges des systèmes alors que d'autres aboutissent à des marges de systèmes réduites jusqu'à un maximum de 3 dB pour les systèmes pratiques. On estime qu'il y a plus de cas où la marge est accrue que de cas où elle est réduite et qu'il n'est donc pas nécessaire d'introduire une marge supplémentaire lorsqu'on passe de l'exploitation plésiochrone à l'exploitation synchrone [3].

Des embrouilleurs peuvent être utilisés pour garantir que le brouillage provenant de plusieurs séquences répétitives identiques ne dépasse pas les niveaux résultant des données aléatoires.

Références

- [1] Manuel du CCITT *Directives concernant la protection des lignes de télécommunications contre les effets préjudiciables des réseaux électriques et des lignes de chemin de fer électrifiées*, UIT, Genève, 1988.
- [2] Recommandation du CCITT *Essais à exécuter sur des répéteurs téléalimentés à composants à état solide pour vérifier l'efficacité des mesures de protection contre les perturbations extérieures*, tome IX, Rec. K.17.
- [3] SMITH, B. M. et POTTER, P. G. Design Criteria for Crosstalk Interference between Digital Signals in Multipair Cables, *IEEE Trans. Commun.*, Vol. COM-34, n° 6, juin 1986.