



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.100.1

(11/2001)

SÉRIE G: SYSTÈMES ET SUPPORTS DE
TRANSMISSION, SYSTÈMES ET RÉSEAUX
NUMÉRIQUES

Connexions et circuits téléphoniques internationaux –
Définitions générales

**Emploi du décibel et des niveaux relatifs dans
les télécommunications en bande vocale**

Recommandation UIT-T G.100.1

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE G
SYSTÈMES ET SUPPORTS DE TRANSMISSION, SYSTÈMES ET RÉSEAUX NUMÉRIQUES

CONNEXIONS ET CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX	G.100–G.199
Définitions générales	G.100–G.109
Généralités sur la qualité de transmission d'une connexion téléphonique internationale complète	G.110–G.119
Caractéristiques générales des systèmes nationaux participant à des connexions internationales	G.120–G.129
Caractéristiques générales d'une chaîne 4 fils formée par des circuits internationaux et leurs prolongements nationaux	G.130–G.139
Caractéristiques générales d'une chaîne 4 fils de circuits internationaux; transit international	G.140–G.149
Caractéristiques générales des circuits téléphoniques internationaux et des circuits nationaux de prolongement	G.150–G.159
Dispositifs associés aux circuits téléphoniques à grande distance	G.160–G.169
Aspects liés au plan de transmission dans les connexions et circuits spéciaux utilisant le réseau de communication téléphonique international	G.170–G.179
Protection et rétablissement des systèmes de transmission	G.180–G.189
Outils logiciels pour systèmes de transmission	G.190–G.199
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES COMMUNES À TOUS LES SYSTÈMES ANALOGIQUES À COURANTS PORTEURS	G.200–G.299
CARACTÉRISTIQUES INDIVIDUELLES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX À COURANTS PORTEURS SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.300–G.399
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX HERTZIENS OU À SATELLITES ET INTERCONNEXION AVEC LES SYSTÈMES SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.400–G.449
COORDINATION DE LA RADIOTÉLÉPHONIE ET DE LA TÉLÉPHONIE SUR LIGNES	G.450–G.499
EQUIPEMENTS DE TEST	G.500–G.599
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.600–G.699
EQUIPEMENTS TERMINAUX NUMÉRIQUES	G.700–G.799
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.800–G.899
SECTIONS NUMÉRIQUES ET SYSTÈMES DE LIGNES NUMÉRIQUES	G.900–G.999
QUALITÉ DE SERVICE ET DE TRANSMISSION	G.1000–G.1999
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.6000–G.6999
EQUIPEMENTS TERMINAUX NUMÉRIQUES	G.7000–G.7999
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.8000–G.8999

Pour plus de détails, voir la Liste des Recommandations de l'UIT-T.

Recommandation UIT-T G.100.1

Emploi du décibel et des niveaux relatifs dans les télécommunications en bande vocale

Résumé

La présente Recommandation propose la définition de diverses unités logarithmiques de mesure du niveau de puissance couramment utilisées en télécommunication ainsi que la relation entre ces unités et des exemples d'utilisation. Le texte qui suit est une compilation d'informations qui étaient auparavant réparties entre plusieurs publications; il remplace le contenu de la Rec. UIT-T B.12, de l'Annexe A/G.100, de l'Annexe A/G.101, de l'Annexe B/Q.551, ainsi que le § 3.8/G.101.

Source

La Recommandation G.100.1 de l'UIT-T, élaborée par la Commission d'études 12 (2001-2004) de l'UIT-T, a été approuvée le 29 novembre 2001 selon la procédure définie dans la Résolution 1 de l'AMNT.

AVANT-PROPOS

L'UIT (Union internationale des télécommunications) est une institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine des télécommunications. L'UIT-T (Secteur de la normalisation des télécommunications) est un organe permanent de l'UIT. Il est chargé de l'étude des questions techniques, d'exploitation et de tarification, et émet à ce sujet des Recommandations en vue de la normalisation des télécommunications à l'échelle mondiale.

L'Assemblée mondiale de normalisation des télécommunications (AMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'étude à traiter par les Commissions d'études de l'UIT-T, lesquelles élaborent en retour des Recommandations sur ces thèmes.

L'approbation des Recommandations par les Membres de l'UIT-T s'effectue selon la procédure définie dans la Résolution 1 de l'AMNT.

Dans certains secteurs des technologies de l'information qui correspondent à la sphère de compétence de l'UIT-T, les normes nécessaires se préparent en collaboration avec l'ISO et la CEI.

NOTE

Dans la présente Recommandation, l'expression "Administration" est utilisée pour désigner de façon abrégée aussi bien une administration de télécommunications qu'une exploitation reconnue.

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

L'UIT attire l'attention sur la possibilité que l'application ou la mise en œuvre de la présente Recommandation puisse donner lieu à l'utilisation d'un droit de propriété intellectuelle. L'UIT ne prend pas position en ce qui concerne l'existence, la validité ou l'applicabilité des droits de propriété intellectuelle, qu'ils soient revendiqués par un Membre de l'UIT ou par une tierce partie étrangère à la procédure d'élaboration des Recommandations.

A la date d'approbation de la présente Recommandation, l'UIT n'avait pas été avisée de l'existence d'une propriété intellectuelle protégée par des brevets à acquérir pour mettre en œuvre la présente Recommandation. Toutefois, comme il ne s'agit peut-être pas de renseignements les plus récents, il est vivement recommandé aux responsables de la mise en œuvre de consulter la base de données des brevets du TSB.

© UIT 2002

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

TABLE DES MATIÈRES

		Page
1	Introduction	1
2	Références normatives.....	1
3	Notions fondamentales à propos du décibel	2
	3.1 Affaiblissement et gain.....	2
	3.2 La lettre "p" des symboles "dBmp" et "dBm0p"	4
	3.3 Facteurs de correction.....	4
	3.3.1 Emission d'un signal d'essai	5
	3.3.2 Réception d'un signal d'essai	6
	3.4 Rapport signal/bruit	6
	3.5 Niveau de pression acoustique	6
4	Utilisation d'un signal de référence	7
5	Relations entre les unités "dBm", "dBr" et "dBm0"	9
	5.1 Généralités.....	9
	5.2 L'unité "dB"	10
	5.3 L'unité "dBm"	10
	5.4 L'unité "dBr"	11
	5.5 L'unité "dBm0"	13
	5.6 La relation entre dBm, dBr et dBm0	13
	5.7 L'unité "dBov"	14
	5.8 Relation entre le niveau de surcharge (dBov) et le niveau maximum (dBm0).....	14
6	Le concept de "niveaux relatifs"	15
	6.1 Principes généraux.....	15
	6.2 Circuits et connexions	16
	6.3 Le signal vocal et la gamme dynamique de canal téléphonique	17
	6.4 Désignation des niveaux relatifs pour un conduit numérique	20
	6.5 Niveaux relatifs dans la conception, la spécification et l'essai des équipements.....	21
	6.5.1 Equipements analogiques	21
	6.5.2 Codecs et compléments de ligne numériques.....	21
	6.5.3 Niveau relatif d'un point dans une liaison numérique	22
	6.5.4 Commutateurs numériques.....	24
	6.6 Niveaux relatifs dans la planification de la transmission et la maintenance ..	25
Appendice I – Le néper.....		27
	I.1 Introduction	27
	I.2 Définition du néper.....	28

	Page
I.3 Emplois respectifs du décibel et du néper	28

Recommandation UIT-T G.100.1

Emploi du décibel et des niveaux relatifs dans les télécommunications en bande vocale

1 Introduction

Dans la technique de transmission, il serait généralement assez peu pratique de caractériser l'intensité des signaux directement par une valeur numérique en volts ou en watts. On utilise plutôt une mesure logarithmique, exprimée en décibels, pour caractériser l'intensité des signaux par rapport à une certaine valeur de référence choisie. Les désignations couramment utilisées sont la "différence de niveau de puissance", la "différence de niveau de tension", etc., toutes exprimées en décibels. Une différence de niveau par rapport à une situation normale est désignée simplement par le terme "niveau". L'affaiblissement et le gain sont également mesurés en "décibels".

Les niveaux relatifs ont été un moyen très utilisé en planification de transmission pendant les quarante dernières années et le resteront. Les réseaux téléphoniques publics commutés ont cependant considérablement changé pendant ces années, et c'est en particulier l'introduction des commutateurs numériques qui est à l'origine de certaines incertitudes en ce qui concerne l'application des niveaux relatifs et qui nécessite quelques modifications de la manière classique de les appliquer. Ces niveaux relatifs et les termes associés sont définis ci-après et accompagnés d'exemples pour clarifier les concepts.

On trouvera des lignes directrices sur l'emploi du décibel dans le domaine de la transmission sonore et des radiofréquences dans la Recommandation UIT-R V.574-4 (05/00) [5].

Les notations pour exprimer la référence d'un niveau figurent dans la Partie 5 de la Publication CEI 60027-3 [6].

2 Références normatives

La présente Recommandation se réfère à certaines dispositions des Recommandations UIT-T et textes suivants qui de ce fait en sont partie intégrante. Les versions indiquées étaient en vigueur au moment de la publication de la présente Recommandation. Toute Recommandation ou tout texte étant sujet à révision, les utilisateurs de la présente Recommandation sont invités à se reporter, si possible, aux versions les plus récentes des références normatives suivantes. La liste des Recommandations de l'UIT-T en vigueur est régulièrement publiée.

- [1] Recommandation UIT-T G.100 (2001), *Définitions utilisées dans les Recommandations sur les caractéristiques générales des connexions et des circuits téléphoniques internationaux.*
- [2] Recommandation UIT-T G.121 (1993), *Equivalents pour la sonie des systèmes nationaux.*
- [3] Recommandation UIT-T G.712 (2001), *Caractéristiques de qualité de transmission des canaux MIC.*
- [4] Recommandation UIT-T O.41 (1994), *Psophomètre utilisé sur des circuits de type téléphonique.*
- [5] Recommandation UIT-R V.574-4 (2000), *Emploi du décibel et du Néper dans les télécommunications.*
- [6] Publication CEI 60027-3 (2002), *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique – Partie 3: Grandeurs logarithmiques et connexes, et leurs unités.*
- [7] Publication CEI 60651 (2001) – *Sonomètres.*

3 Notions fondamentales à propos du décibel

Le *bel* (symbole B) sert à exprimer *le rapport de deux puissances* par le logarithme décimal de ce rapport. Cette unité est désuète et, en pratique, on emploie le *décibel* (symbole dB) qui est le dixième du bel.

Le décibel permet aussi d'exprimer le rapport de deux *grandeurs de champ*, telles qu'une tension, un courant, une pression acoustique, un champ électrique, une vitesse ou une densité de charge, dont le carré est proportionnel à une puissance dans les systèmes linéaires. Pour obtenir la même valeur numérique qu'avec un rapport de puissances, le logarithme du rapport des grandeurs de champ est multiplié par le facteur 20, en supposant que les impédances sont égales.

La relation entre un rapport de courants ou de tensions et le rapport des puissances correspondantes dépend des impédances. Par conséquent, si les impédances sont inégales, il ne convient d'utiliser le décibel que si des précisions sont fournies sur ces impédances.

Le décibel "dB" est une unité très pratique qui peut être utilisée dans de nombreuses applications.

Si on compare deux puissances de signal P_1 mVA et P_2 mVA, on dit que P_1 est à un niveau (de puissance) supérieur de L dB à P_2 , avec:

$$L = 10 \cdot \log \frac{P_1}{P_2} \quad [\text{dB}] \quad (3-1)$$

Si on compare deux tensions V_1 volts et V_2 volts, on dit que V_1 est à un niveau (de tension) supérieur de L dB à V_2 , avec:

$$L = 20 \cdot \log \frac{V_1}{V_2} \quad [\text{dB}] \quad (3-2)$$

A noter que la "puissance" dépend du carré de la "tension", d'où le coefficient 10 dans l'équation (3-1) et le coefficient 20 dans l'équation (3-2).

L'équation (3-2) est également utilisée pour des grandeurs autres que les tensions, par exemple, les intensités, la pression acoustique, etc. A noter que le terme (V_1/V_2) doit être une grandeur sans dimension. Cette condition est automatiquement remplie lorsque V_1 et V_2 représentent deux valeurs du même type. Sinon, les valeurs V_1 et V_2 doivent être rapportées chacune à des valeurs de référence spécifiques de la dimension appropriée (par exemple, l'efficacité à l'émission d'un appareil téléphonique se définit comme étant la relation entre la pression d'entrée en pascals et la tension de sortie en volts, exprimée en "dB par rapport à 1 V/Pa").

3.1 Affaiblissement et gain

Naturellement, on utilise également le décibel pour caractériser l'affaiblissement ou le gain (de puissance ou de tension) dans un système.

La Figure 1 montre comment un affaiblissement de tension peut être défini et calculé. L'affaiblissement de tension est égal à la différence de niveau de tension entre l'accès a) et l'accès b).

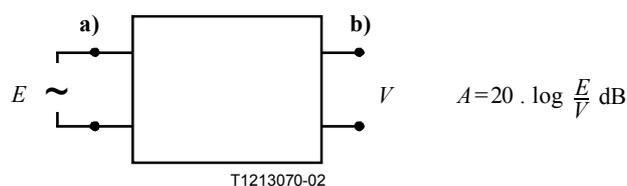


Figure 1/G.100.1 – Exemple d'affaiblissement de tension entre l'accès a) et l'accès b)

Un cas particulier est l'affaiblissement d'adaptation A_r qui donne une mesure du défaut d'adaptation entre deux impédances Z_1 et Z_2 . (A_r peut être défini comme l'affaiblissement de tension entre le signal incident et le signal réfléchi au point de non-adaptation.) L'expression pour A_r est:

$$A_r = 20 \cdot \log \left| \frac{Z_1 + Z_2}{Z_1 - Z_2} \right| \quad [\text{dB}] \quad (3-3)$$

Pour les doubles accès passifs réciproques (tels que ceux des filtres analogiques passifs), on a constaté qu'il était pratique de baser la notion d'affaiblissement sur la différence de niveau de puissance entre les puissances dites apparentes à l'entrée et à la sortie du double accès (On peut montrer que, pour de tels types de circuits, cette définition de l'affaiblissement aboutit au même affaiblissement pour les deux sens de transmission).

La Figure 2 décrit la configuration correspondante.

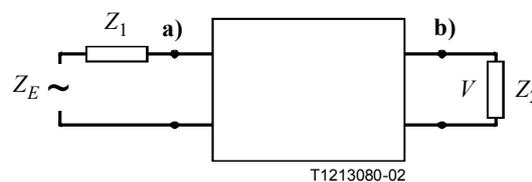


Figure 2/G.100.1 – Exemple de calcul de l'affaiblissement de puissance apparente

A noter que le générateur de signaux de la Figure 2 produit une tonalité à fréquence unique.

On considère que la puissance apparente de référence P_1 produite par le générateur est obtenue lorsque la charge est égale à l'impédance du générateur Z_1 . Avec la désignation P_2 pour la puissance apparente de sortie, on obtient:

$$P_1 = \frac{E^2}{|Z_1|} \quad P_2 = \frac{V^2}{|Z_2|} \quad (3-4)$$

ainsi, l'affaiblissement (de puissance apparente) est donné par la formule:

$$A = 10 \cdot \log \frac{P_1}{P_2} \quad [\text{dB}] = 20 \cdot \log \sqrt{\frac{|Z_1|}{|Z_2|}} \cdot \frac{E}{V} \quad [\text{dB}] \quad (3-5)$$

cependant, dans les réseaux téléphoniques, la chaîne de transmission est constituée par des unités en cascade qui contiennent des amplificateurs et des lignes à 4 fils non réciproques et la notion d'affaiblissement dans l'équation (3-5) nécessite donc certaines modifications pour rester valable.

Aussi longtemps que les impédances Z_1 et Z_2 sont réelles et constantes avec la fréquence, l'équation (3-5) est encore utilisée comme définition de l'affaiblissement. La "puissance apparente" (exprimée en mVA) est dans ce cas égale à la "puissance active" (exprimée en mW).

Lorsque l'une ou/et l'autre des impédances sont complexes et varient avec la fréquence, le transfert de "puissance apparente" à différentes fréquences n'est pas une mesure adéquate de la qualité des circuits. Cela tient notamment au fait que les composants actifs de la chaîne réagissent à la tension d'entrée et non à la puissance apparente.

Un circuit conforme à la Figure 2 est donc défini comme ayant une réponse en fréquence uniforme lorsque:

$$20 \cdot \log \frac{E}{V} = \text{constante} \quad (3-6)$$

quelle que soit la façon dont les impédances (données) Z_1 et Z_2 varient avec la fréquence.

Pour conserver l'association avec la notion de puissance, l'affaiblissement nominal A_0 se définit comme l'affaiblissement de puissance apparente à une fréquence de référence $F_0 = 1020$ Hz, comme suit:

$$A_0 = 20 \cdot \log \frac{E(F_0)}{V(F_0)} \sqrt{\frac{Z_2(F_0)}{Z_1(F_0)}} \quad [\text{dB}] \quad (3-7)$$

Ainsi, l'affaiblissement en fonction de la fréquence d'un circuit conforme à la Figure 2 est défini comme suit:

$$A(f) = 20 \cdot \log \frac{E(f)}{V(f)} \sqrt{\frac{Z_2(F_0)}{Z_1(F_0)}} \quad [\text{dB}] \quad (3-8)$$

on peut additionner les affaiblissements des unités en cascade pour obtenir l'équivalent total de la chaîne, sous réserve que les défauts d'adaptation aux points d'interconnexion soient raisonnablement faibles.

NOTE 1 – Ces définitions de l'affaiblissement s'appliquent également aux paramètres électroacoustiques tels que les efficacités des appareils téléphoniques. Dans ce cas, cependant, pour les caractéristiques d'émission, la tension d'entrée en volts est divisée par la pression acoustique de sortie en pascals et réciproquement pour les caractéristiques de réception (des corrections doivent être appliquées si l'impédance nominale n'est pas égale à 600 ohms).

NOTE 2 – La notion de puissance apparente à une fréquence différente de la fréquence de référence 1020 Hz est sans objet.

NOTE 3 – La caractéristique de réception d'un appareil téléphonique est généralement assez uniforme avec la fréquence, à l'intérieur de la bande vocale transmise. La caractéristique d'émission a souvent une préaccentuation prononcée à l'extrémité supérieure de la bande de fréquences.

3.2 La lettre "p" des symboles "dBmp" et "dBm0p"

Le "p" minuscule additionnel, de "pondéré", signifie que la valeur considérée est un niveau de bruit mesuré au moyen d'un psophomètre comportant un filtre spécial de pondération du bruit (décrit dans la Rec. UIT-T O.41 [4]).

3.3 Facteurs de correction

Selon le type d'instrument d'essai, d'équipement auxiliaire et d'objet soumis à l'essai, il faut parfois utiliser des facteurs de correction soit pour régler le niveau des signaux d'essai à leur valeur correcte, soit pour obtenir des résultats corrects. C'est surtout le cas en association avec des impédances capacitatives complexes.

Dans la pratique, les instruments d'essai peuvent être utilisés uniquement avec des impédances résistives d'entrée ou de sortie de 600 Ω ; en conséquence, les niveaux d'émission ou les résultats affichés s'entendant par rapport à 1 mW. Pour assurer la terminaison correcte d'objets d'essai ayant des impédances complexes, on utilise des équipements auxiliaires appelés "convertisseurs d'impédance". Le principe d'un tel convertisseur est présenté à la Figure 3 pour l'émission et dans la Figure 4 pour la réception.

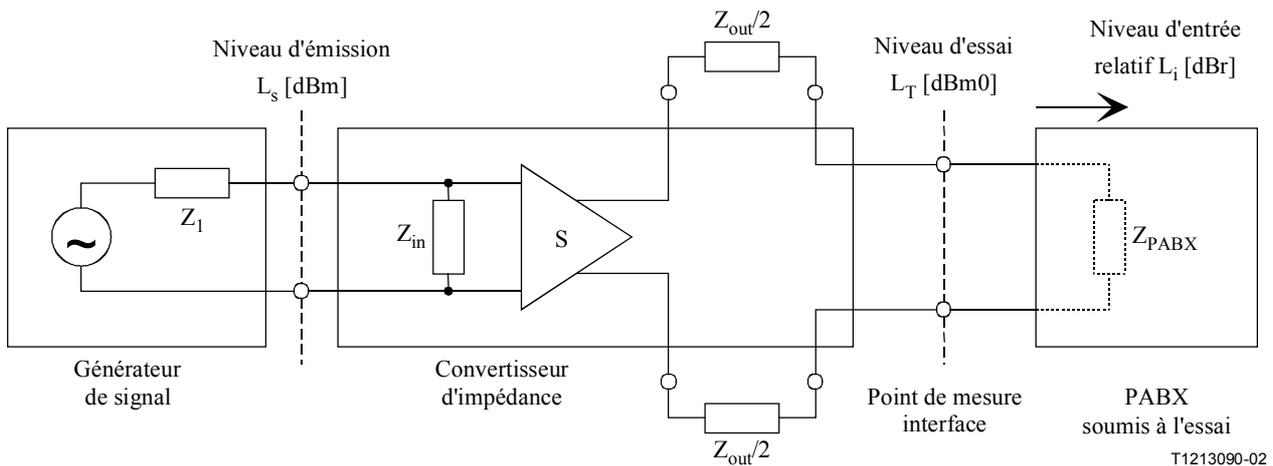


Figure 3/G.100.1 – Convertisseur d'impédance dans le trajet d'émission

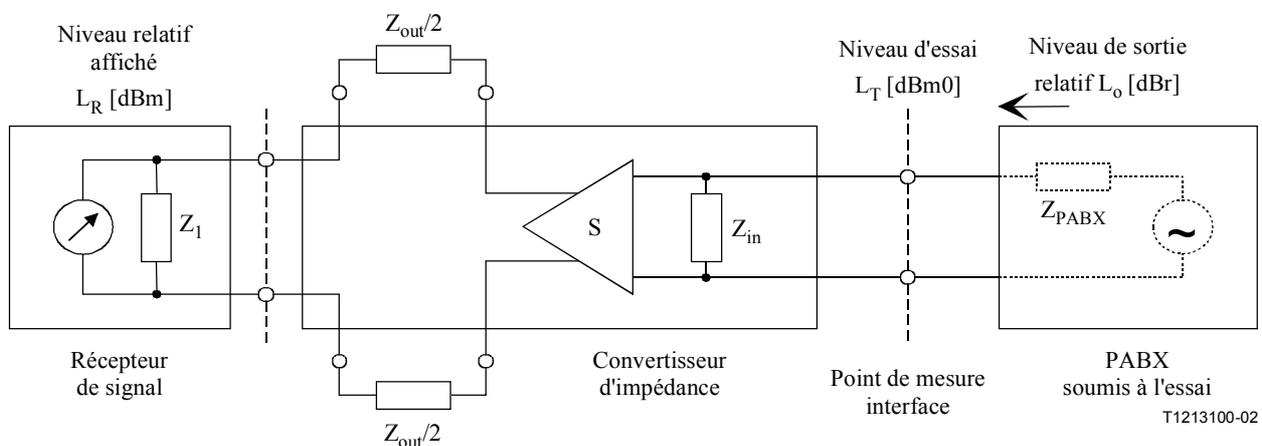


Figure 4/G.100.1 – Convertisseur d'impédance dans le trajet de réception

Pour obtenir un taux de transfert de puissance de 1 à la fréquence de référence 1020 Hz, une conception intéressante est celle qui se termine par les impédances nominales respectives à l'entrée et à la sortie. Dans ce cas le gain de tension "s" de l'amplificateur inséré est:

$$s = 6 + 10 \cdot \log \frac{Z_{out}}{Z_{in}} \quad [\text{dB}] \quad (3-9)$$

Cette formule est valable pour la partie émission et la partie réception d'un convertisseur d'impédance. Il faut toutefois noter que si Z_{out} ou Z_{in} est une impédance complexe, il convient d'utiliser le module à la fréquence de référence 1020 Hz.

Lorsqu'on utilise des convertisseurs d'impédance dans une application à impédances complexes différentes, le gain "s" n'est en principe ajusté qu'à 6 dB (taux de transfert de puissance = 1 seulement si $Z_{in} = Z_{out}$) et les valeurs de correction sont utilisées comme suit:

3.3.1 Emission d'un signal d'essai

Dans cette application (voir Figure 3), l'impédance Z_{in} est exactement adaptée à l'impédance Z_i du générateur de signal (par exemple 600 Ω) et Z_{out} est la valeur nominale de l'impédance de l'interface ZPBX de l'autocommutateur soumis à l'essai.

Pour obtenir le niveau d'essai requis L_T , en dBm0 au point de mesure interface (IMP), le niveau d'émission nécessaire L_S , en dBm, du générateur de signal peut être calculé de la manière suivante:

$$L_S \text{ [dBm]} = L_T \text{ [dBm0]} + L_i \text{ [dBr]} + 10 \cdot \log \frac{Z_{out}}{Z_{in}} \quad (3-10)$$

Exemple 1: pour une interface de l'autocommutateur soumis à l'essai ayant un niveau d'entrée relatif L_i de -5 dBr et une impédance nominale ZPBX de 842Ω (module à 1020 Hz pour une impédance complexe à trois éléments avec un niveau d'essai de $270 \Omega + 750 \Omega // 150$ nF), on obtient un niveau d'essai L_T de -10 dBm0. Quel est le niveau d'émission L_S , en dBm, nécessaire à un générateur de signal ayant une impédance de 600Ω ? Au moyen de la formule (3-10) on obtient:

$$L_S = -10 \text{ dBm0} + (-5 \text{ dBr}) + 10 \cdot \log \frac{842}{600}$$

$$L_S = -13,53 \text{ dBm}$$

3.3.2 Réception d'un signal d'essai

Pour la réception (voir Figure 4) l'impédance Z_{out} est exactement adaptée à l'impédance Z_i de l'instrument et Z_{in} constitue la terminaison nominale de l'instance IUT, avec l'impédance Z_{PBX} .

Pour obtenir le niveau L_T (reçu) correct, en dBm0, à l'instance IUT, le niveau de réception L_R , en dBm, affiché au récepteur de signal doit être corrigé au moyen de la formule suivante:

$$L_T \text{ [dBm0]} = L_R \text{ [dBm]} - L_o \text{ [dBr]} + 10 \cdot \log \frac{Z_{out}}{Z_{in}} \quad (3-11)$$

Exemple 2: si l'on part de l'hypothèse d'impédances identiques pour l'instrument d'essai (600Ω) et le PBX soumis à l'essai (842Ω), comme dans l'exemple 1 mais avec un niveau relatif d'entrée L_o de -7 dBr, quel est le niveau d'essai correct L_T reçu si le récepteur du signal affiche $L_R = -50$ dBm? L'équation (3-11) donne:

$$L_T = -50 \text{ dBm} - (-7 \text{ dBr}) + 10 \cdot \log \frac{600}{842}$$

$$L_T = -44,47 \text{ dBm0}$$

3.4 Rapport signal/bruit

Il s'agit soit du rapport de la puissance du signal (P_S) à la puissance du bruit (P_N), soit du rapport de la tension du signal (U_S) à la tension du bruit (U_N) mesuré en un point donné dans des conditions spécifiées. Il est exprimé en décibels:

$$R = 10 \cdot \log \left(\frac{P_S}{P_N} \right) \text{ [dB]} \quad \text{ou} \quad R = 20 \cdot \log \left(\frac{U_S}{U_N} \right) \text{ [dB]} \quad (3-12)$$

Le rapport du signal utile au signal brouilleur est exprimé de la même manière.

3.5 Niveau de pression acoustique

Il s'agit du logarithme, généralement exprimé en décibels, du rapport de la pression acoustique à une pression de référence, qui est souvent de $20 \mu\text{Pa}$ mais généralement de 1 Pa en téléphonométrie. Lorsque la pression de référence est de $20 \mu\text{Pa}$, la pression acoustique est généralement exprimée en dB_{SPL} .

Exemple:

$$15 \text{ dB}(20 \mu\text{Pa}) \text{ ou } 15 \text{ dB}_{\text{SPL}}$$

Etant donné qu'il existe une relation entre la puissance acoustique et le carré de la pression acoustique, cela signifie que:

$$20 \log (p / 20 \mu\text{Pa}) = 15 \text{ dB}_{(20 \mu\text{Pa})}$$

Dans le rapport $(p/20 \mu\text{Pa})$ ou $(p/1 \text{ Pa})$, il est évident que les deux pressions acoustiques doivent être exprimées dans les mêmes unités.

Souvent le niveau de pression acoustique est pondéré afin de tenir compte de la sensibilité de l'oreille humaine en fonction de la fréquence. Ainsi le niveau absolu de pression acoustique $\text{dB}_{\text{SPL}}(\text{A})$ [ou $\text{dB}_{\text{SPL}}(\text{B})$ ou $\text{dB}_{\text{SPL}}(\text{C})$] se réfère au niveau de pression acoustique par rapport à $20 \mu\text{Pa}$, et mentionne la courbe de pondération utilisée (courbe A, B ou C; voir [7]). La même pondération peut être appliquée à la pression acoustique par rapport à 1 Pa [par exemple, $\text{dBPa}(\text{A})$].

4 Utilisation d'un signal de référence

La notion de "signal de référence" transmis par le réseau est très utile pour visualiser la transmission des signaux en général.

Dans les parties analogiques du réseau, le signal de référence défini est une tonalité à la fréquence 1020 Hz , la fréquence de référence F_0 . Son intensité est déterminée de telle sorte qu'il aurait une valeur de puissance apparente de 1 mVA à un certain point de référence niveau. (A noter que, au lieu de l'unité mVA , l'UIT-T utilise traditionnellement la désignation " mW ").

Un point de référence niveau peut exister physiquement ou seulement fictivement. La question de savoir comment on le situe dans un équipement ou un circuit sera examinée au paragraphe 4.

Un point de référence niveau dans la partie analogique du réseau a en général une impédance nominale complexe Z_n dont le module $|Z_n|$ varie avec la fréquence. Ainsi, à ce point de référence, la tension du signal de référence est donnée par la formule suivante:

$$V(F_0) = \sqrt{0,001 \cdot |Z_n(F_0)|} \quad [\text{V}] \quad (4-1)$$

où $Z_n(F_0)$ est donné en ohms

NOTE – Dans les premiers systèmes, l'impédance nominale à un point de référence niveau analogique était toujours résistive et constante avec la fréquence. Cependant, on tend actuellement à utiliser des impédances complexes dans les parties à deux fils du réseau.

On dit que le signal de référence a un niveau absolu de 0 dBm au point de référence niveau (à noter que les signaux d'essai réels sont le plus souvent spécifiés à des niveaux inférieurs de 10 dB à ce signal de référence).

Dans un conduit numérique, le signal de référence correspond à un cas particulier de la séquence de référence numérique MIC (appelée DRS), notamment à la fréquence 1020 Hz .

On utilise également l'unité dBm pour caractériser le niveau absolu d'une tonalité à une fréquence différente de la fréquence de référence F_0 . S'il est spécifié que le niveau absolu du signal est égal à $L \text{ dBm}$ à un point d'impédance nominale Z_n , la tension est définie comme suit:

$$V(f) = \sqrt{0,001 \cdot |Z_n(F_0)|} \cdot 10^{L/20} \quad [\text{V}] \quad (4-2)$$

A noter particulièrement que le module de l'impédance nominale dans l'équation (4-2) doit toujours être pris à la fréquence de référence F_0 . (Ce qui est conforme au principe précédemment mentionné au § 3.)

Comment faut-il procéder pour évaluer correctement l'intensité de signaux complexes (c'est-à-dire de signaux qui ont un large spectre au lieu d'une seule tonalité)?

Le cas du signal qui fonctionne sur une impédance résistive constante sera d'abord examiné. Pour les systèmes FDM, la performance est influencée par la puissance totale injectée dans les voies. Etant donné que les impédances d'entrée des voies téléphoniques FDM sont conçues pour une valeur résistive égale à R , la puissance est déterminée simplement par la tension moyenne quadratique, divisée par la résistance d'entrée R :

$$P = \frac{1}{F_2 - F_1} \cdot \int_{F_1}^{F_2} \frac{V^2(f)}{0,001 \cdot R} \cdot df \quad [\text{mW}] \quad (4-3)$$

où:

$$V(f) = \text{tension spectrale} / \sqrt{\text{Hz}}$$

R est exprimé en ohms

F_1, F_2 , en Hz, sont les limites de bande du signal.

Le résultat peut donc être exprimé sous la forme d'un niveau absolu en dBm, c'est-à-dire dans ce cas, en dB par rapport à une puissance active de 1 mW.

$$L = 10 \cdot \log P \quad [\text{dBm}] \quad (4-4)$$

Lorsque la valeur en dBm d'un signal vocal réagissant à une charge de résistance constante est ainsi calculée, on peut établir une prévision relativement précise de nombreux paramètres, par exemple des tensions de crête et de leur distribution statistique en fonction du temps.

Cependant, dans les équipements à bandes vocales modernes, tels que les commutateurs numériques, les signaux passent par des interfaces ayant des impédances nominales complexes. Le transfert s'effectue sur la base de la tension comme indiqué ci-dessus, les éléments actifs étant sensibles à la tension et non à la puissance. Une évaluation correcte de l'intensité du signal doit être également fondée sur la tension. Pour retenir les principes appliqués au cas FDM, on admet que la "mesure d'intensité" du signal est une tension moyenne quadratique, mais divisée par le module de l'impédance nominale complexe $Z_n(F_0)$ à la fréquence de référence F_0 .

$$P = \frac{1}{F_2 - F_1} \cdot \int_{F_1}^{F_2} \frac{V^2(f)}{0,001 \cdot |Z_n(F_0)|} \cdot df \quad [\text{mVA}] \quad (4-5)$$

Le niveau correspondant est indiqué par l'équation (4-4).

A noter que P dans l'équation (4-5) a également la dimension de mVA, comme traditionnellement employé à l'UIT, ou de mW. L'intensité d'un signal complexe est donc parfois indiquée en mW ou pW sur la base de l'équation (4-5), ce qui est très utile pour les signaux de bruit, car on peut additionner les valeurs pW de signaux non corrélés pour obtenir la valeur pW totale (à noter, cependant, que cette notion de puissance n'a rien à voir avec celle de puissance apparente).

L'intensité de signaux vocaux normaux peut être mesurée au moyen d'appareils spéciaux. Autrefois, on utilisait généralement un appareil appelé vumètre. Maintenant, on préfère des appareils conformes à la Rec. UIT-T P.56 (ces deux types d'appareils sont fondés sur l'évaluation de la tension quadratique). A partir des lectures de l'appareil, on peut déterminer des propriétés telles que la puissance à long et à court terme, les valeurs de crête, etc.

Lorsqu'un signal électrique est transformé en pression acoustique par le récepteur téléphonique, il faut tenir compte des caractéristiques de l'oreille humaine pour déterminer l'intensité correcte du signal perçue par l'auditeur. Pour les signaux de bruit, on ajoute à cet effet une pondération psophométrique $W(f)$ dB, qui est spécifiée dans la Rec. UIT-T O.41 (à noter que cette pondération

inclut la réponse d'un récepteur téléphonique "typique", appuyé fermement contre l'oreille de l'auditeur, c'est-à-dire que la réponse en fréquence du récepteur est tout à fait uniforme dans la bande vocale jusqu'à environ 3,4 kHz, fréquences auxquelles la limite de bande commence).

La puissance psophométrique correspondante est:

$$P = \frac{1}{F_2 - F_1} \cdot \int_{F_1}^{F_2} \frac{V^2(f)}{0,001 \cdot |Z_n(F_0)|} \cdot 10^{W(f)/10} \cdot df \quad [\text{mVA}] \quad (4-6)$$

Ici, $F_1 = 16,66 \text{ Hz}$, $F_2 = 6000 \text{ Hz}$

Le niveau psophométrique absolu est indiqué en dBmp, comme suit:

$$L_p = 10 \cdot \log P_p \quad [\text{dBmp}] \quad (4-7)$$

Un appareil qui effectue une pondération psophométrique, en y incluant une certaine constante de temps, est appelé un "psophomètre"; les caractéristiques de fonctionnement de cet appareil sont spécifiées dans la Rec. UIT-T O.41.

Dans la planification de la transmission, il est important de connaître les affaiblissements électroacoustiques auxquels les signaux vocaux sont soumis lorsqu'ils passent par le réseau. Ces affaiblissements sont appelés "équivalents pour la sonie" et sont également mesurés en dB. A noter, cependant, qu'il n'est pas approprié de déterminer les équivalents pour la sonie sous la forme d'une différence entre les lectures des niveaux (volumes) sonores en utilisant un vumètre, un appareil P.56 ou un psophomètre. Cela tient au fait que, pour l'équivalent pour la sonie, la pondération du signal est différente de celle utilisée pour l'évaluation du niveau vocal. Pour les équivalents pour la sonie, la pondération dépend du niveau du signal vocal et elle est effectuée sur une échelle de fréquences approximativement logarithmique (voir la Rec. UIT-T P.79).

Pour les signaux vocaux à des niveaux normaux, la pondération du signal s'effectue approximativement sous la forme d'une moyenne en dB. Les équivalents pour la sonie à l'émission et à la réception (SLR, RLR) sont mesurés par des appareils spéciaux spécifiés dans les Recommandations UIT-T de la série P. Le meilleur moyen de déterminer l'équivalent pour la sonie de circuit (CLR, *circuit loudness rating*), c'est-à-dire l'affaiblissement de sonie introduit par un élément de circuit typique tel qu'un câble d'abonné, est de le calculer. A noter que l'affaiblissement nominal A_0 , tel qu'il est défini par l'équation (3-7), se révèle être une bonne mesure du CLR.

Pour les signaux vocaux dérivés plus faibles, la pondération du signal est différente. Pour les échos à la réception, elle s'effectue sous la forme d'une tension moyenne, pour les échos à l'émission et la diaphonie sous la forme d'une tension moyenne quadratique (pour abrégé, dans ce contexte, les additions de tension quadratique sont parfois appelées additions de puissance).

Des renseignements plus détaillés sont donnés dans l'Annexe A/G.111 et dans les Recommandations UIT-T de la série P.

5 Relations entre les unités "dBm", "dBr" et "dBm0"

5.1 Généralités

Généralement on utilise le décibel (dB) pour exprimer des valeurs de transmission pour l'affaiblissement, le gain et les niveaux. L'unité de base (dB) est souvent complétée de lettres additionnelles pour faire la distinction entre ses diverses utilisations selon les applications. La présente section a pour but de donner une brève description des formes les plus courantes telles qu'elles sont utilisées pour des mesures de transmission aux fréquences vocales ainsi qu'une explication introductive de certaines applications de planification de la transmission. Un examen détaillé est donné au paragraphe 6.

5.2 L'unité "dB"

Cette unité de base s'utilise principalement pour les affaiblissements, les gains, les affaiblissements d'adaptation, etc., comme un rapport logarithmique entre deux valeurs qui peuvent être des tensions, des intensités, des puissances, des pressions acoustiques, etc. Pour un rapport X entre des tensions, des intensités ou des pressions, la valeur en dB est $20 \log (X)$. Pour un rapport entre des puissances Y , la valeur en dB est $10 \log (Y)$.

5.3 L'unité "dBm"

Cette unité, qui se termine par "m", est utilisée comme mesure logarithmique de la "puissance" P d'un signal. La "valeur dBm" d'un signal est appelée son "niveau de puissance absolu" ou "niveau absolu".

La grandeur P du signal utilisé pour caractériser le signal dans les applications en bande vocale a la dimension d'une puissance, c'est-à-dire qu'elle est exprimée en mW ou mVA et qu'elle a, par définition, la forme:

$$P = \frac{1000 \cdot V^2}{|Z(f_0)|} \quad [\text{mW}] \text{ ou } [\text{mVA}] \quad (5-1)$$

où:

- V : la valeur efficace, en volts, de la tension aux bornes pour l'impédance d'essai Z , qui est généralement complexe et subordonnée à la fréquence;
- $Z(f_0)$: la valeur de l'impédance d'essai, en ohms, à la fréquence de référence (sinusoïdale) $f_0 = 1020$ Hz.

Le choix de cette définition est fondé sur trois conventions:

- a) premièrement, il est avantageux de caractériser la grandeur du signal par une unité qui a la dimension de la puissance car telle a été la façon de procéder pour le cas particulier des terminaisons résistives;
- b) deuxièmement, les circuits électroniques sont conçus pour réagir à des tensions, c'est-à-dire que la tension de sortie en circuit ouvert d'un amplificateur, par exemple, dépend uniquement de la tension aux bornes d'entrée, indépendamment des impédances d'entrée et de sortie de l'amplificateur. Donc, la "puissance" absorbée par l'impédance d'entrée de l'amplificateur n'a pas d'influence sur la manière dont le signal est amplifié. D'où l'utilisation d'une valeur d'impédance constante dans le dénominateur au lieu d'une impédance subordonnée à la fréquence;
- c) troisièmement, dans le cas d'un signal sinusoïdal à la fréquence de référence (1020 Hz), la valeur numérique de P sera égale à la puissance apparente absorbée par l'impédance Z , lorsque celle-ci est complexe, qui est la même que la puissance active lorsque Z est résistive.

A noter que P est égal à la puissance active absorbée par l'impédance d'essai Z , mais cela seulement lorsque celle-ci est purement résistive et constante en fonction de la fréquence, par exemple $Z = 600 \Omega$. Dans ce cas la grandeur P est mesurée en mW, sinon en mVA. Toutefois, quand Z est complexe, la valeur de P ne représente pas la puissance apparente absorbée par l'impédance d'essai à d'autres fréquences que la fréquence de référence (1020 Hz).

La définition du niveau L de puissance dite absolue est:

$$L = 10 \cdot \log \frac{P}{P_0} \quad [\text{dBm}] \quad (5-2)$$

où:

P : la puissance en mW à exprimer;

P_0 : la valeur de référence, soit $P_0 = 1$ mW.

D'une manière analogue, en bande vocale, l'affaiblissement entre deux points analogues 1 et 2 est défini comme étant:

$$A(f) = 10 \cdot \log \frac{P_1(f)}{P_2(f)} \text{ [dB]} = 20 \cdot \log \frac{V_1(f)}{V_2(f)} \sqrt{\left| \frac{Z_2(f_0)}{Z_1(f_0)} \right|} \text{ [dB]} \quad (5-3)$$

Parfois l'unité "dBm" est utilisée en association avec un niveau de tension par rapport à une tension de 0,775 V. L'emploi de "dBm" dans cette application n'est correct que si l'impédance d'essai est de 600 Ω résistive étant donné que 0,775 V pour 600 Ω se traduit par la puissance active de référence de 1 mW. Il est important de se le rappeler en cas d'utilisation d'interfaces complexes capacitives ou d'impédances d'essai capacitives.

5.4 L'unité "dBr"

Cette unité est utilisée pour caractériser des "niveaux relatifs", c'est-à-dire pour exprimer les relations de niveau pour des signaux entre des points du trajet d'un signal, compte tenu de la convention selon laquelle un des points est désigné comme étant un point de référence niveau avec un niveau relatif de 0 dBr.

Plus précisément, on considère qu'un signal de référence sinusoïdal de 1020 Hz en bande vocale passe par le trajet du signal en question avec une amplitude telle que son niveau absolu est de 0 dB au point 0 dBr. Le niveau relatif en dBr à tout autre point de ce trajet du signal est alors égal au niveau (en dBm) que le signal de référence atteint en ce point. (A noter qu'il conviendrait d'utiliser des désignations de niveau relatif pour les deux sens de transmission.)

Si le point de référence niveau est numérique, on considère normalement que le signal de référence est décodé par un décodeur parfait aux bornes de sortie duquel est produite une puissance 1 mW sur une tension résistive de 600 Ω (voir également paragraphe 5).

Le concept du niveau relatif est très pratique pour les aspects transmission des télécommunications à plusieurs titres. C'est une méthode pour adapter la capacité de traitement de la puissance de l'équipement de transmission dans une connexion au niveau des signaux effectifs dans le réseau. L'affaiblissement et le gain dans le réseau peuvent être spécifiés au moyen de niveaux relatifs. De plus, les niveaux relatifs peuvent être utilisés pour caractériser des paramètres de certains composants d'un équipement.

On notera cependant que les règles d'application des niveaux relatifs dépendent du contexte dans lequel elles sont utilisées.

Il apparaît immédiatement que la différence des niveaux relatifs entre deux points qui ont le même point de référence niveau correspond à l'affaiblissement ou au gain entre ces deux points (à la fréquence de référence).

De plus, les niveaux relatifs sont utilisés pour caractériser les capacités de traitement de la "puissance" de composants (tels que des codecs) et d'équipements d'une part et des niveaux escomptés des signaux effectifs dans le réseau d'autre part. Cela sera examiné plus en détail dans les paragraphes qui suivent.

Le "trajet du signal considéré", pour lequel un point de référence 0 dBr spécifique est désigné, peut englober:

- a) un composant unique tel qu'un codeur ou un décodeur;
- b) un équipement tel qu'un demi-circuit d'un commutateur numérique;

- c) un circuit dans le sens de la définition de l'UIT-T, à savoir la connexion fixe entre deux commutateurs.

Dans les deux premiers cas, la "capacité de traitement de la puissance" est le principe directeur pour l'attribution d'un point de référence niveau. Dans le troisième cas, les "niveaux absolus escomptés des signaux effectifs" déterminent le choix du point de référence niveau.

Le but consiste bien entendu à adapter les performances du composant aux prescriptions s'appliquant à cet équipement et qui, à leur tour, doivent être adaptées à la gamme effective de niveaux du signal. Or, il n'est pas toujours possible d'y parvenir exactement. Pour cette raison notamment, l'attribution du point de référence 0 dBr dans le trajet du signal peut être choisie différemment dans les trois cas ci-dessus, c'est-à-dire lorsque le composant est considéré seul, lorsqu'il est considéré comme une partie de l'équipement ou lorsqu'il fait partie du circuit. Cela signifie que la désignation du niveau relatif pour un point donné est parfois différente dans ces trois cas, un élément dont il faut se souvenir dans l'examen des niveaux relatifs.

NOTE – Il serait simple de supposer qu'il n'y a qu'un seul point de référence niveau dans le réseau auquel se réfèrent tous les niveaux relatifs. Ce n'est cependant pas le cas. En fait, dans une connexion complète, plusieurs points de référence niveau différents peuvent être désignés; ils peuvent aussi être différents de ceux choisis lorsque des parties des liaisons de transmission sont considérées séparément dans le contexte des paramètres pour les équipements ou composants. Donc, en établissant le niveau relatif en un point, il convient de préciser clairement le contexte dans lequel ce niveau relatif s'applique.

Le paragraphe 6 contient un examen détaillé des diverses applications des niveaux relatifs.

A noter qu'on peut introduire ce que l'on appelle un "saut de niveau" au point d'interconnexion de deux circuits (UIT-T). Ainsi, l'affaiblissement ou le gain entre deux points appartenant à des circuits différents n'est pas toujours égal à la différence de leurs niveaux relatifs (de circuit). Un exemple en est le cas de niveaux relatifs d'entrée et de sortie d'un commutateur numérique n'ayant pas de complément de ligne d'affaiblissement ou de gain numérique. Lorsque le commutateur est considéré comme un équipement, la différence entre les niveaux relatifs d'entrée et de sortie (l'équipement) représente l'affaiblissement dans le commutateur étant donné que les deux demi-canaux ont le même point de référence niveau. Lorsque le commutateur est considéré comme une partie d'une connexion, les deux demi-canaux appartiennent à deux circuits (UIT-T) différents qui sont interconnectés (au milieu) de la matrice de commutation. Les niveaux relatifs d'entrée et de sortie (de circuit) pour le commutateur, qui sont spécifiés dans le plan de transmission pour la connexion, peuvent être différents des niveaux relatifs spécifiés (pour l'équipement), cela parce que les niveaux relatifs (de circuit) se réfèrent à deux points de référence niveau séparés, chacun déterminé par estimation des niveaux de signal escomptés dans les deux circuits (en général, les différences ne sont cependant pas très grandes).

Pour les besoins de spécification des paramètres de l'équipement et des mesures de transmission, qui ont rapport au présent contexte, la "capacité de traitement de la puissance" est l'élément directeur dans le choix de 0 dBr comme point de référence niveau. Dans ce contexte, on considère que le flux numérique à 64 kbit/s a un niveau relatif de 0 dBr à condition que son trajet ne comporte pas de complément de ligne d'affaiblissement ou de gain numérique. On définit les codeurs et décodeurs idéaux connectés au flux comme ayant des niveaux relatifs de 0 dBr à leurs ports analogiques lorsque leur niveau d'écrêtage pour un signal sinusoïdal se situe à +3,14 dBm (loi A). Le niveau relatif pour des codeurs et des décodeurs réels connectés au flux binaire est déterminé au moyen des niveaux d'écrêtage effectifs par rapport aux niveaux d'écrêtage des codecs idéaux.

Lorsqu'un complément de ligne d'affaiblissement ou de gain numérique est inclus dans le flux numérique, il faut choisir de quel côté du complément de ligne il faut attribuer le niveau 0 dBr au flux. Dans le contexte de la spécification des équipements et des mesures de transmission, on a constaté qu'il était très pratique d'appliquer une convention selon laquelle il ne faut jamais attribuer à un flux numérique un niveau relatif supérieur à 0 dBr. Cela signifie que:

- i) un complément de ligne numérique ayant un affaiblissement de L dB a des niveaux relatifs de 0 dBr à l'entrée et de $-L$ dBr à la sortie;
- ii) un complément de ligne numérique qui a un gain de G dB a des niveaux relatifs de $-G$ dBr à l'entrée et de 0 dBr à la sortie.

A noter que dans le contexte de la planification de la transmission, on peut parfois attribuer à un flux numérique un niveau relatif différent de 0 dBr même en l'absence de complément de ligne numérique dans le conduit numérique (voir le § 6.4).

Le § 6.5.3 contient quelques autres choix possibles pour le point 0 dBr dans les commutateurs numériques.

5.5 L'unité "dBm0"

Lorsque le "dB" de base est complété d'un "m" et d'un "0" (zéro), le niveau considéré est exprimé comme étant le niveau absolu (dBm) du même signal qui serait mesuré au point de référence niveau 0 dBr qui s'applique.

Ce terme est utilisé dans le contexte des mesures de transmission pour spécifier des niveaux d'essai et des résultats d'essai; le terme facilite aussi la comparaison de niveaux de puissance de signaux différents par rapport à un point de référence commun, c'est-à-dire le point de référence 0 dBr. Les réseaux sont souvent conçus pour acheminer différents types de signal (parole, modem, fax, etc.) à des niveaux différents, exprimés en dBm0.

5.6 La relation entre dBm, dBr et dBm0

La relation entre les niveaux relatifs aux interfaces, qui ont le même point de référence niveau, ainsi que l'affaiblissement ou le gain de transmission " L " qui en résulte, est donnée par la formule:

$$L = L_i - L_o \quad (5-4)$$

où L_i et L_o sont les niveaux relatifs d'entrée et de sortie aux interfaces.

La relation entre les termes dBm, dBr et dBm0 peut être exprimée par les formules suivantes:

$$\text{dBm} = \text{dBm0} + \text{dBr} \quad (5-5)$$

$$\text{dBmp} = \text{dBm0p} + \text{dBr} \quad (\text{pour un bruit pondéré}) \quad (5-6)$$

ou:

$$\text{dBm0} = \text{dBm} - \text{dBr} \quad (\text{général}) \quad (5-7)$$

$$\text{dBm0p} = \text{dBmp} - \text{dBr} \quad (\text{pour un bruit pondéré}) \quad (5-8)$$

Exemple 1: le niveau d'essai pour une interface ayant un niveau relatif d'entrée de $L_i = -2$ dBr doit être de -10 dBm0. A quel niveau de puissance absolue, en dBm, faut-il régler le générateur de signal?

$$\begin{aligned} \text{dBm} &= \text{dBm0} + \text{dBr} \\ &= -10 + (-2) = -12 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Exemple 2: on a constaté que le niveau de la tonalité d'appel à une interface ayant un niveau relatif de sortie de $L_o = -7$ dBr est de -19 dBm. Cette valeur correspond-elle à la prescription ≤ -15 dBm0 pour ce type d'interface?

$$\begin{aligned} \text{dBm0} &= \text{dBm} - \text{dBr} \\ &= -19 - (-7) = -12 \text{ dBm0} \end{aligned}$$

Le résultat montre que le niveau de la tonalité d'appel dépasse la limite prescrite.

NOTE – Certains instruments d'essai modernes effectuent tant un réglage automatique du niveau d'essai absolu à la valeur correcte que la correction nécessaire des niveaux reçus, et affichent les résultats en "dBm0". Cela permet d'éviter le calcul ci-dessus mais nécessite néanmoins un réglage additionnel (en plus du niveau d'essai proprement dit) pour adapter l'instrument d'essai aux niveaux d'entrée et de sortie relatifs de l'objet soumis à l'essai.

5.7 L'unité "dBov"

Dans le processus de spécification des codeurs vocaux et d'autres dispositifs de traitement du signal, il est courant de spécifier le niveau d'entrée du codec en termes de dB par rapport au point de surcharge du système numérique. Il s'agit d'une façon pratique de représenter des niveaux relatifs par rapport à la puissance maximale d'un dispositif de traitement numérique donné qui peuvent être enregistrés sous la forme à virgule fixe ou à virgule flottante.

Dans une notation générique, le point de surcharge dans le domaine numérique peut être défini par la valeur d'amplitude (normalisée) $x_{over} = 1,0$. La spécification du niveau pour les codecs vocaux est relative à ce point de surcharge dans le domaine numérique. Il convient de noter que ce point de surcharge ne dépend **pas** de la méthode de quantification utilisée et reste la même, indépendamment du fait que la quantification soit faite par exemple avec 32, 16, 13 ou 8 bits. La manière dont ce point de surcharge se rapporte au domaine analogique dépend de la méthode de conversion entre domaines analogique et numérique et ne relève pas de la présente Recommandation.

La puissance d'un signal échantillonné $x(n)$ ayant une longueur de N échantillons peut être définie par:

$$P = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(n)^2$$

étant donné qu'un système numérique a un point de surcharge x_{over} , la puissance maximale du signal sera $P_0 = 1,0$. Dans ce cas, le niveau de puissance pour un signal numérique, en décibels par rapport au point de surcharge (dBov, où les caractères "ov" signifient arbitrairement un niveau de signal de surcharge numérique) est défini par:

$$L_{ov} = 10 \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right) \text{ [dBov]}$$

Le niveau maximal de puissance du signal P_0 est donc 0 dBov, qui est choisi comme niveau de référence. Un signal ayant un tel niveau de puissance pourrait être:

- une séquence de nombres maximum positifs ($+x_{over}$);
- une séquence de nombres maximum négatifs ($-x_{over}$);
- une fonction rectangulaire faisant valoir uniquement les nombres maximum positifs ou négatifs ($\pm x_{over}$).

Pour cette raison, le niveau d'une *tonalité* ayant une amplitude numérique (valeur de crête) de x_{over} est $L = -3,01$ dBov.

5.8 Relation entre le niveau de surcharge (dBov) et le niveau maximum (dBm0)

Alors que les niveaux dans les réseaux de transmission numériques sont généralement exprimés en termes de puissance de tonalité (par exemple, en dBm0), la spécification du niveau des dispositifs de traitement numériques tels que des codeurs vocaux est spécifiée en termes de valeurs dBov. Aussi est-il inutile d'établir une relation entre ces deux niveaux. La conversion entre les deux représentations peut être exprimée de manière générique par:

$$y(\text{dBm0}) = z(\text{dBov}) + C$$

Trois cas spécifiques présentent de l'intérêt: les règles de codage loi A G.711, loi μ G.711 et G.722. Il faut noter qu'indépendamment du cas, le niveau T_{\max} d'un son de niveau maximum doit toujours être de $-3,01$ dBov. Pour la règle de codage G.711, une tonalité qui atteint le niveau maximum a une puissance T_{\max} de $3,14$ dBm0 en loi A et de $3,17$ dBm0 en loi μ . Pour cette raison, C ci-dessus devient $6,15$ dB en loi A et $6,18$ dB en loi μ . Pour l'algorithme de codage à large bande G.722, le point de surcharge des convertisseurs analogique/numérique et numérique/analogique devrait être de 9 dBm0. Pour cette raison, C devient dans ce cas $12,01$ dB.

Les relations suivantes résument les relations décrites ci-dessous:

$$\Lambda_A \text{ (dBm0)} = L_{ov} \text{ (dBov)} + 6,15 \text{ dB} \quad (\text{loi A})$$

$$\Lambda_\mu \text{ (dBm0)} = L_{ov} \text{ (dBov)} + 6,18 \text{ dB} \quad (\text{loi } \mu)$$

$$\Lambda_G \text{ (dBm0)} = L_{ov} \text{ (dBov)} + 12,01 \text{ dB} \quad (\text{G.722})$$

6 Le concept de "niveaux relatifs"

6.1 Principes généraux

Comme indiqué au paragraphe 5, le concept du niveau relatif est appliqué dans beaucoup de domaines.

En planification de la transmission, les niveaux relatifs sont utilisés pour caractériser les "niveaux probables de puissance du signal" se produisant dans les circuits du réseau.

En maintenance des transmissions, les niveaux relatifs sont utilisés pour décrire l'affaiblissement ou le gain entre deux points ainsi que pour définir le niveau de signaux d'essai.

Dans la spécification et la conception d'un équipement, on utilise les niveaux relatifs pour décrire les puissances maximales acceptables lorsque l'équipement est employé dans une chaîne de transmission.

Dans les essais d'équipements et de composants, on utilise les niveaux relatifs pour caractériser les paramètres de signal.

En principe, la puissance maximale acceptable par les composants et équipements devrait être adaptée exactement aux puissances réelles du signal dans le réseau. Dans la pratique, cela n'est pas toujours possible, ni même souhaitable. Dans la conception des équipements, par exemple, les désignations de niveau relatif pour l'essai des composants ne correspondent pas toujours exactement au niveau relatif spécifié pour l'équipement considéré comme un ensemble.

Le niveau relatif en un point donné est défini comme étant le gain composite entre un point de référence de transmission fictif (point 0 dBr) et le point (ou comme étant l'affaiblissement composite à partir du point jusqu'au point de référence de transmission) à la fréquence de référence 1020 Hz. Le point de référence de transmission n'est jamais accessible; c'est un point purement fictif utilisé pour définir le concept de niveau relatif. Lorsqu'on spécifie et mesure des systèmes de transmission, des commutateurs, des autocommutateurs privés, etc., on utilise toujours le terme "point de référence pour le niveau" au lieu de "point de référence pour la transmission".

Dans la réalité, les niveaux relatifs de points différents d'un circuit seront déterminés sur la base des niveaux relatifs fixes à l'entrée et à la sortie des systèmes de transmission ou des commutateurs numériques. Les puissances maximales acceptables de ces systèmes sont définies, mais la difficulté consiste à trouver le niveau relatif d'entrée des circuits qui assurera la meilleure charge possible des systèmes de transmission et commutateurs.

Les niveaux d'entrée dans le circuit seront déterminés par l'équivalent SLR des postes téléphoniques utilisés, la ligne d'abonné et l'affaiblissement dans les circuits entre le commutateur local et l'entrée du circuit.

Traditionnellement, en planification de la transmission, chaque circuit a son propre point de référence spécifique pour la transmission; les niveaux relatifs au sein d'un circuit sont limités à ce circuit seulement et n'ont pas de signification hors de ce circuit. L'affaiblissement entre les différents points d'un circuit peut être considéré, en règle générale, comme la différence entre les niveaux relatifs en ces points. Pour déterminer l'affaiblissement entre des points de circuits différents, il faut connaître le plan de transmission. (Dans les réseaux où les circuits n'ont pas d'affaiblissement, par exemple les réseaux numériques, il est possible d'avoir le même niveau dBr à la sortie d'un circuit que le niveau dBr à l'entrée du circuit interconnecté. Dans des cas particuliers, l'affaiblissement entre points différents de circuits différents peut être déterminé directement comme étant la différence de niveau relatif. Cela suppose toutefois que le plan de transmission soit connu.)

Le concept des niveaux relatifs est utilisé dans différentes applications telles que:

- 1) la planification de la transmission;
- 2) l'établissement, l'alignement et la maintenance des circuits;
- 3) la spécification et les équipements de mesure, tels que les systèmes de transmission, les commutateurs numériques et les autocommutateurs PBX.

Ces différentes applications utilisent toutes le même concept de base, le dBr, défini et expliqué dans la présente Recommandation. Toutefois, les différentes applications utilisent le dBr de différentes manières ce qui peut, dans certains cas, donner lieu à des malentendus.

En planification de la transmission, on attribue aux différents points du circuit un niveau dBr représentant la performance optimale du circuit lorsqu'on prend en considération les niveaux d'entrée et les performances des différents équipements faisant partie de ce circuit. Dans certains cas (surtout celui des commutateurs numériques), cela signifie qu'un point peut avoir un niveau dBr, lorsqu'il est considéré comme une partie du circuit, qui est différent du niveau dBr indiqué dans les spécifications et les procédures d'essai. Cela ne devrait toutefois pas poser de problème si on se rend compte qu'il s'agit principalement de la conséquence de l'utilisation de niveaux dBr différents selon les applications.

Toutefois, les distinctions entre les différentes applications des "niveaux relatifs" n'ont jamais été clairement énoncées, pas même dans les Recommandations de l'UIT-T, ce qui a parfois produit des confusions.

Souvent, il apparaît clairement à quoi se réfère une valeur relative. Toutefois, comme il y a risque de méprise, il est prudent de donner une précision telle que:

- a) niveau relatif (d'essai);
- b) niveau relatif (d'équipement);
- c) niveau relatif (de circuit).

Comme exemple de méprise, on a parfois considéré à tort que les niveaux relatifs indiqués dans un plan de transmission correspondent exactement aux niveaux d'essai de l'équipement.

On trouvera ci-après des exemples de "procédure technique correcte" pour l'application des niveaux relatifs. Il faut considérer que ces règles présentent une certaine souplesse. La plupart des difficultés semblent s'être produites dans le contexte de la transmission numérique. Pour cette raison, une attention particulière leur est accordée.

6.2 Circuits et connexions

Le terme "circuit" dénote le trajet de transmission direct entre deux commutateurs, y compris les équipements terminaux associés dans les commutateurs. En planification de la transmission, l'affaiblissement d'un circuit englobe l'affaiblissement dans le commutateur.

Dans les commutateurs analogiques, cela signifie que "la moitié" de l'affaiblissement du commutateur à chaque extrémité du circuit est incluse dans l'affaiblissement d'un circuit. Pour cette raison, l'entrée d'un circuit se trouve "au milieu" du commutateur et la sortie "au milieu" de l'autre commutateur. Les points d'entrée et de sortie d'un circuit entre commutateurs analogiques ne sont pas des points accessibles mais des points fictifs utilisés pour la planification de la transmission.

Dans les commutateurs numériques, l'entrée du circuit sera généralement un flux numérique, par exemple aux points de mesure du commutateur, et on considérera que l'affaiblissement dans les différents équipements terminaux, coupleurs hybrides, etc., fait partie du circuit.

Les circuits sont connectés dans des commutateurs et forment ainsi des connexions. Une connexion est une chaîne de circuits interconnectés par des points de commutation, entre des points différents d'un réseau commuté. Une connexion complète est une connexion entre deux équipements terminaux connectés au réseau commuté.

L'affaiblissement d'une connexion est la somme des affaiblissements des circuits formant cette connexion (étant donné que l'affaiblissement des commutateurs est inclus dans des circuits, les points de commutation ne produisent pas d'affaiblissement. Il n'y a pas d'affaiblissement associé au point d'interconnexion entre deux circuits, tous les affaiblissements se produisent dans les circuits).

Dans certains cas, principalement celui des réseaux privés, la définition des circuits n'est pas applicable. Les commutateurs d'un réseau privé sont normalement interconnectés via des lignes louées, spécifiées aux interfaces des systèmes de transmission.

6.3 Le signal vocal et la gamme dynamique de canal téléphonique

Pendant les périodes de conversation active normale, la variation des niveaux entre les personnes qui parlent présente un écart type de 3 dB environ, valeur mesurée pour une distance fixe entre la bouche et le microphone. Toutefois, lorsque, en conditions réelles, les personnes parlent dans un combiné téléphonique, qu'elles tiennent selon leurs préférences individuelles, l'écart type peut atteindre 5 dB.

La performance d'un équipement de multiplexage par répartition en fréquence (FDM, *frequency division multiplex*) (porteuse) dépend de la charge totale du canal. Cela signifie que la capacité de charge **moyenne** du canal est importante. En vertu de l'ex-Rec. UIT-T G.223, elle devrait être de -15 dBm0 compte tenu des pauses pendant la conversation et de certains signaux parasites. Cela se traduit par -11 dBm0 pour les périodes de conversation proprement dites.

Dans le cas des systèmes MIC, les performances individuelles des canaux doivent être adaptées à la **gamme dynamique** des signaux vocaux. Pour cette raison, il est intéressant d'examiner la distribution des amplitudes instantanées des signaux vocaux.

Il est utile de mettre en relation l'amplitude absolue V des signaux vocaux et l'écart type des valeurs du signal vocal (V_{eff}) pendant les périodes de conversation active. Des recherches ont montré que la distribution statistique peut être simulée par la fonction:

$$P(X) = \frac{K}{\Gamma(L)} (KX)^{L-1} e^{-KX} \quad (6-1)$$

où: $X = \frac{V}{V_{eff}}$

$L = \text{constant}$

$K = \sqrt{L(L+1)}$

$$\Gamma = \int_0^{\infty} t^{x-1} e^{-t} dt \quad (\text{la fonction Gamma})$$

La valeur de L est de 0,5 environ pour les combinés modernes à microphone linéaire (pour les anciens de type à charbon, la valeur de L est de 0,2 environ).

L'équation représentée ci-dessus doit être interprétée de la manière suivante:

La probabilité de trouver une valeur dans l'intervalle $X \pm dX/2$ est $P(X) dX$.

L'équation ci-dessus permet de calculer la distribution statistique cumulative $F(X)$. Celle-ci est illustrée dans la Figure 5 pour $N = 20 \log (V/V_{\text{eff}})$ en abscisse et $L = 0,2 \dots 0,6$. A titre de comparaison, une courbe analogue est tracée pour l'enveloppe des signaux de bruit blanc à largeur de bande limitée.

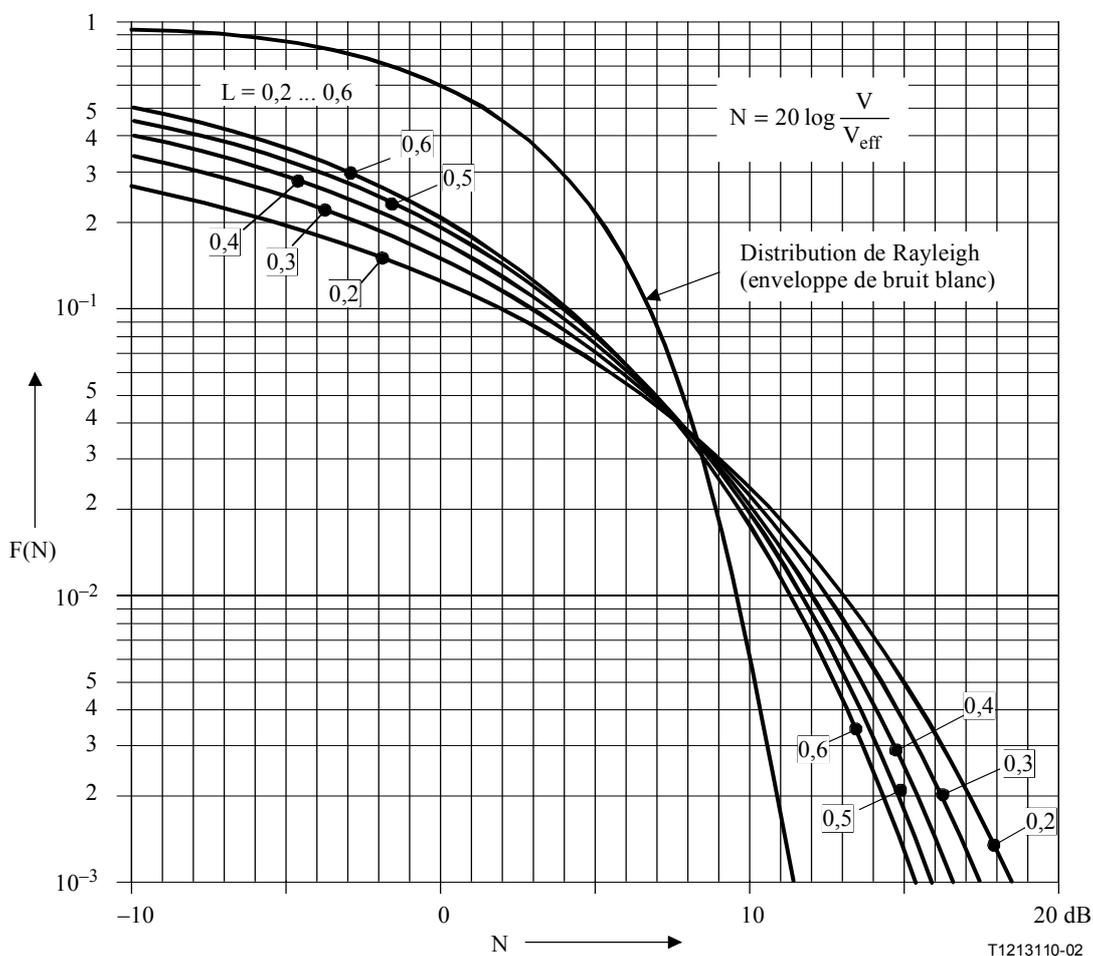


Figure 5/G.100.1 – Distribution statistique de signaux vocaux

La figure montre clairement que les signaux vocaux sont plus "pointus" que le bruit blanc. Toutefois, pour ces valeurs de crête, qui ne sont dépassées que pendant 1% du temps, la différence est de 2 dB à peine pour la valeur la plus courante, $L = 0,5$. La probabilité de 1% correspond à $N = 12$ dB. Des essais subjectifs montrent qu'il s'agit d'une limite inférieure acceptable pour l'écrêtage des signaux vocaux. Les valeurs de crête absolue mesurées des signaux vocaux se situent à 18 dB environ au-dessus de l'écart type, mais ces valeurs de crête sont très peu fréquentes.

La gamme dynamique des codecs MIC à 64 kbit/s peut être décrite de plusieurs manières. Une méthode consiste à rechercher les limites de la variation du rapport signal/distorsion totale, montrée à la Figure I.5/G.712 [3], figure qui est reproduite ci-dessous en tant que Figure 6. La courbe s'applique au bruit blanc comme signal d'entrée (méthode 1).

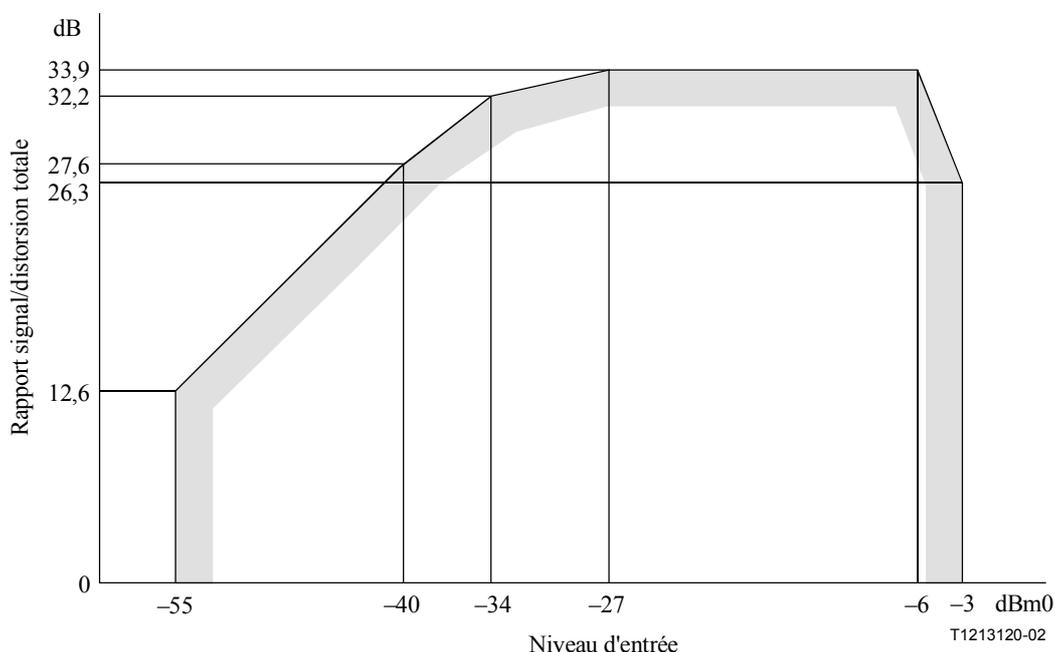


Figure 6/G.100.1 – Variation du rapport signal/distorsion totale en fonction du niveau d'entrée (méthode 1)

Dans la Figure 6, on constate que la courbe de variation du rapport signal/distorsion totale est plate de -27 dBm0 à -6 dBm0 du signal d'entrée de bruit blanc. La limite supérieure correspond au niveau auquel l'écrêtage commence à produire son effet. Toutefois, la diminution du rapport signal/distorsion totale est relativement modérée pour un signal d'entrée de -3 dBm0.

Le niveau d'écrêtage maximal pour les signaux sinusoïdaux est de $+3$ dBm0, c'est-à-dire que le niveau de la limite de crête absolue est de 6 dBm0. Donc, pour la gamme dans laquelle l'écrêtage commence pour le bruit blanc, la marge entre la limite maximale et l'écart type du bruit se situe entre:

$$6 \text{ dB} + 3 \text{ dB} = 9 \text{ dB} \text{ et } 6 \text{ dB} + 6 \text{ dB} = 12 \text{ dB}$$

Si on utilise des signaux vocaux, ces valeurs peuvent être augmentées de 2 dB, ce qui donne une marge souhaitable dans la gamme de 11 dB à 14 dB. Cela est très proche de la valeur 12 dB établie de manière subjective.

Quels sont les niveaux vocaux effectifs, par rapport au niveau vocal nominal que l'on peut escompter dans le réseau?

Selon des investigations récentes, une "personne qui parle de référence" (c'est-à-dire parlant avec une pression acoustique moyenne de $-4,7$ dBPa au point de référence bouche) produit pendant la partie active de la conversation en un point 0 dBr un signal de niveau:

$$N = -11 - \text{SLR} [\text{dBm0}] \quad (6-2)$$

où SLR (équivalent pour la sonie à l'émission) se réfère au point 0 dBr.

L'équation (6-2) permet de calculer la marge C au niveau vocal moyen en fonction de l'écrêtage vocal "à peine décelable", c'est-à-dire 12 dB au-dessus de l'écart type. De même, à partir de la valeur de 5 dB de l'écart type pour les niveaux vocaux, on peut estimer le pourcentage P_c de personnes qui parlent à ce point fortement qu'elles subissent un écrêtage. Donc:

Pour la valeur nominale de $SLR = 7$ dB: $C = 12$ dB $P_c = 0,8\%$;

Pour la valeur minimum de $SLR = 2$ dB: $C = 7$ dB $P_c = 8\%$.

Il apparaît que $SLR > 2$ assure une protection raisonnable contre l'écrêtage vocal gênant.

NOTE – L'UIT-T examine actuellement les niveaux vocaux effectifs dans les réseaux.

Donc, dans les connexions normales, il n'y a pas de difficulté à adapter les gammes dynamiques du signal vocal aux codes. De plus, il apparaît qu'il existe des marges raisonnables dans le canal MIC à 64 bit/s pour que le niveau vocal nominal puisse être augmenté de 2 ou 3 dB ou diminué de 6 dB par rapport à sa valeur normale de -11 dBm0 sans produire de résultats inacceptables. [Cela est confirmé par quelques essais subjectifs antérieurs effectués avec l'aide de la méthode utilisant l'appareil de référence pour le bruit modulé (MNRU, *modulated noise reference unit*).]

Des exemples de tels décalages de niveau surviennent lorsqu'on utilise l'affaiblissement ou le gain numérique ou lorsque des "sauts de niveau" ont été introduits entre les circuits (UIT-T) (voir les § 6.5 et 6.6). Officiellement, on peut gérer cela en attribuant au flux binaire des niveaux relatifs autres que 0 dBr. Ceci est examiné dans les § 6.4 à 6.6.

6.4 Désignation des niveaux relatifs pour un conduit numérique

La plupart du temps, on attribue au conduit numérique le niveau relatif 0 dBr. Le niveau absolu d'un signal dans un conduit MIC à 64 bit/s est alors déterminé par des codeurs et décodeurs idéaux, montrés à la Figure 7.

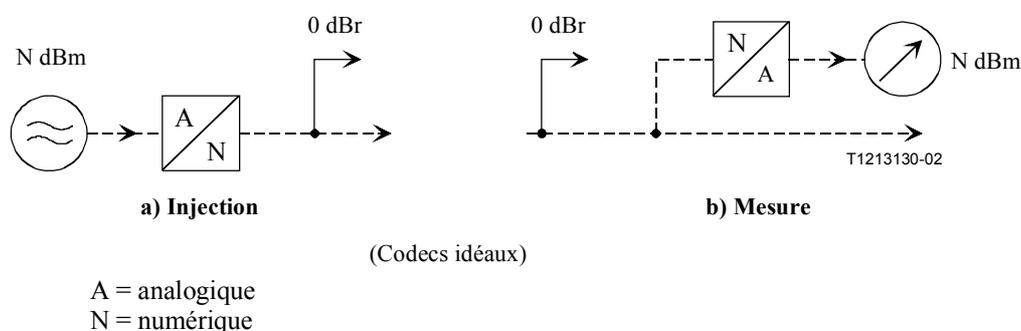
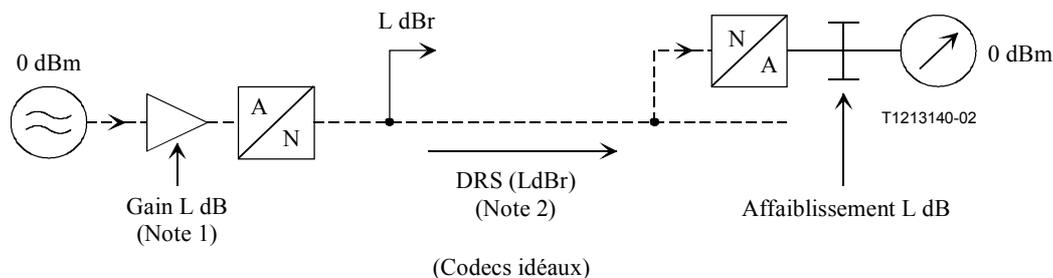


Figure 7/G.100.1 – Interprétation du niveau de signal absolu dans un conduit numérique ayant un niveau relatif de 0 dBr

Le signal de référence analogique 0 dBm0, correspondant à $N = 0$ dans la Figure 7, a son homologue dans la séquence numérique de référence (DRS, *digital reference sequence*).

Dans quelques cas exceptionnels, il est pratique d'attribuer un niveau relatif de L dBr, autre que 0 dBr, au conduit numérique. Le signal de référence 0 dBm0 analogique correspond alors à une suite DRS différente qui sera désignée, par souci de clarté, DRS (L dBr). L'injection et la détection sont montrées à la Figure 8.



NOTE 1 – On choisit le plus souvent des valeurs négatives de L. Dans les spécifications d'essai, on n'utilise jamais de valeur positive de L.

NOTE 2 – Pour créer une séquence SRS (L dBr) comme indiqué, $L < 3$ dBr. Si $L > 0$ dBr, aucun signal sinusoïdal supérieur à $(3-L)$ peut être acheminé sans écrêtage.

Figure 8/G.100.1 – Interprétation d'une séquence de référence DRS(L dBr) de 0 dBm0 pour un conduit numérique de niveau relatif L dBr

La Figure 9 montre la mesure de niveau d'un signal effectif sur un conduit numérique de niveau relatif L.

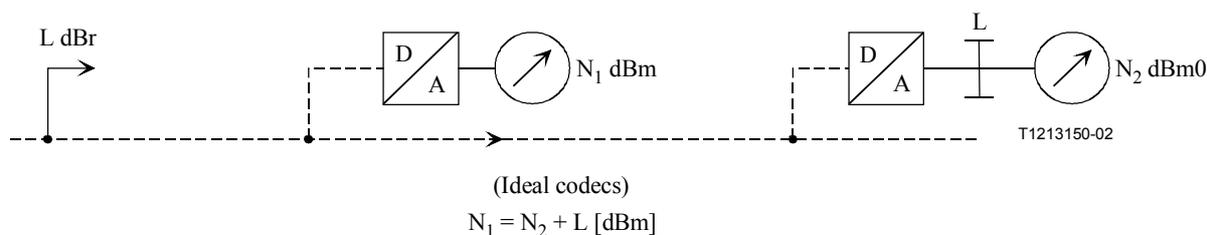


Figure 9/G.100.1 – Mesures de niveau sur un conduit numérique à L dBr

6.5 Niveaux relatifs dans la conception, la spécification et l'essai des équipements

6.5.1 Equipements analogiques

Les systèmes (à courant porteur) FDM de grande capacité sont conçus pour permettre, dans une bande surmodulée, une puissance moyenne à long terme de -15 dBm0 par canal, compte tenu de la signalisation, des résidus de porteuse et des pauses vocales. Par rapport aux signaux vocaux réels pendant les périodes actives, cela correspond à -11 dBm0. (A noter que les systèmes FDM comportant moins de 240 canaux doivent être conçus pour une puissance moyenne plus élevée par canal. Ainsi, un système FDM à 12 canaux doit pouvoir accepter une puissance de $-7,5$ dBm0 par canal.)

Les équipements analogiques fonctionnant en bande vocale sont généralement conçus compte tenu des niveaux relatifs de telle manière que le bruit et l'écrêtage ne présentent pas de problème (cela sous-entend par exemple que le niveau d'écrêtage est supérieur à -3 dBm0).

6.5.2 Codecs et compléments de ligne numériques

Pour les **codeurs et décodeurs** à 64 bit/s considérés comme des **composants** d'un équipement, on considère que le conduit numérique représente le point de référence de niveau 0 dBr (voir la Figure 10).

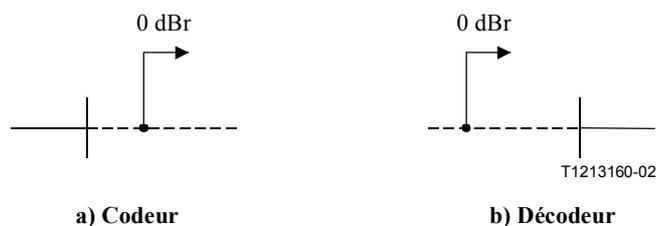


Figure 10/G.100.1 – Point de référence de niveau 0 dBr pour codecs

La spécification des performances des codecs, telle que décrite dans la Rec. UIT-T G.712 [3] est basée sur cette convention et les paramètres sont spécifiés par rapport à des valeurs de 0 dBm0.

Généralement, en ce qui concerne les dégradations du trajet vocal, on préférera les **compléments de ligne analogiques**, l'**affaiblissement** ou le **gain** pour les ajustements de niveau et d'affaiblissement. Toutefois, les **compléments de ligne numériques** permettent souvent une plus grande souplesse, surtout parce qu'ils sont aisément gérables par logiciel.

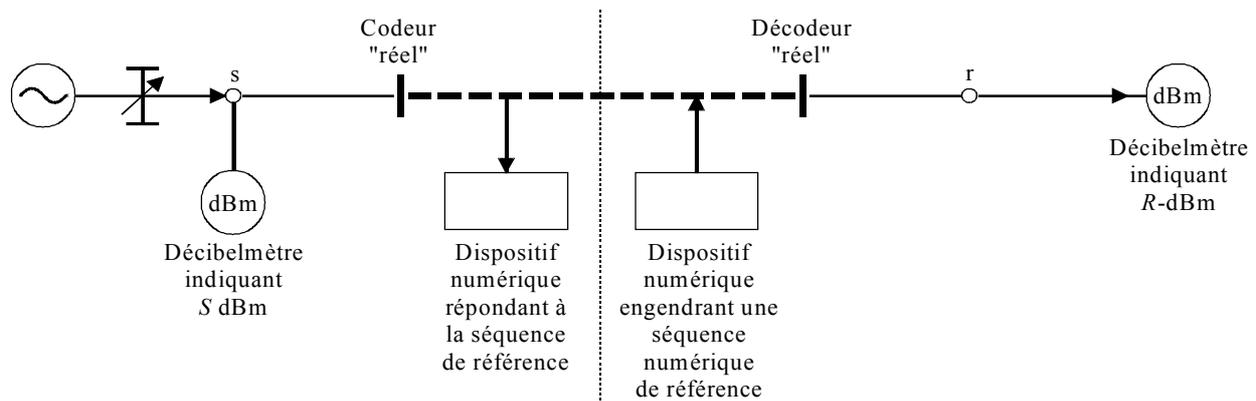
L'expérience a montré que les compléments de ligne numériques sont des composants robustes qui ne requièrent pas d'essais intensifs, comme c'est le cas des codecs. Il n'a donc pas été nécessaire d'introduire des valeurs dBm0 dans leurs spécifications.

Lorsque des codecs et des compléments de ligne numériques sont utilisés en combinaison dans un équipement, tout essai de performance de l'équipement doit être effectué avec les compléments neutralisés, sauf bien entendu les mesures d'affaiblissement ou de gain pur.

6.5.3 Niveau relatif d'un point dans une liaison numérique

Le niveau relatif à associer au point d'un conduit numérique acheminant un train de bits numériques engendré par un codeur réglé conformément aux principes énoncés ci-dessus dépend de la valeur de l'affaiblissement ou du gain numérique entre la sortie du codeur et le point considéré. En l'absence d'affaiblissement ou de gain, le niveau relatif à ce point est par convention considéré comme égal à 0 dBr.

Pour l'application de l'affaiblissement ou du gain numérique dans les circuits téléphoniques, il est possible de distinguer les quatre cas fondamentaux indiqués sur la Figure 12. Dans ces cas, il est entendu que les points désignés (**en gras**) par 0 dBr sont définis par le plan de transmission du réseau. Tous les autres niveaux relatifs dans le conduit numérique avant ou après le complément de ligne/l'amplificateur numérique sont calculés sur la base de l'hypothèse susmentionnée.



Régler le niveau analogique d'entrée jusqu'à ce qu'apparaisse une séquence numérique de référence dans le train de données numériques. Si le niveau d'entrée analogique est S dBm, le niveau relatif au point s est S dBr.

Si le niveau du signal analogique de sortie est R dBm lorsque la séquence numérique de référence entre dans le décodeur, le niveau relatif au point r est R dBr.

T1213170-02

Figure 11/G.100.1 – Détermination du niveau relatif aux points d'entrée et de sortie analogiques d'un codec "réel" en utilisant des séquences numériques de référence

Cas 1	
Cas 2	
Cas 3	
Cas 4	

T1213180-02

NOTE – En général, les cas 1 et 4 doivent être préférés.

Figure 12/G.100.1 – Niveaux relatifs dans un trajet numérique

Compte tenu de l'hypothèse théorique selon laquelle un signal réel dans la partie A du trajet de transmission utilise la gamme dynamique complète du processus MIC conformément à la Rec. UIT-T G.711, dans la partie B du trajet de transmission:

- la gamme dynamique sera réduite de x dB dans le cas 1 ainsi que dans le cas 2;
- des effets d'écrêtage se produiront pour les signaux dont les niveaux se situent jusqu'à x dB au-dessous de la limite de surcharge de la partie A dans le cas 3 ainsi que dans le cas 4.

Lors de la mesure des paramètres de transmission (par exemple, distorsion totale, variation du gain en fonction du niveau d'entrée) qui s'effectue généralement dans une large gamme de niveaux d'entrée, il faut réduire le niveau d'entrée appliqué à la partie A du trajet de transmission pour éviter des niveaux inadéquats dans la partie B du trajet de transmission.

6.5.4 Commutateurs numériques

Un commutateur numérique est constitué de demi-canaux interconnectés par une matrice de commutation.

Les puissances maximales acceptables qu'il convient d'utiliser comme base pour la planification de la transmission sont précisées par les désignations de niveau relatif des ports de commutateur. (Bien que ces valeurs ne soient pas nécessairement les mêmes que celles utilisées dans les essais de performance ou dans le plan de transmission.)

Pour tous ces cas et en l'absence de compléments de ligne numériques, on considère que le conduit numérique est au niveau relatif 0 dBr. La Figure 13 est un exemple des désignations de niveau relatif pour un demi-circuit d'abonné à deux fils.

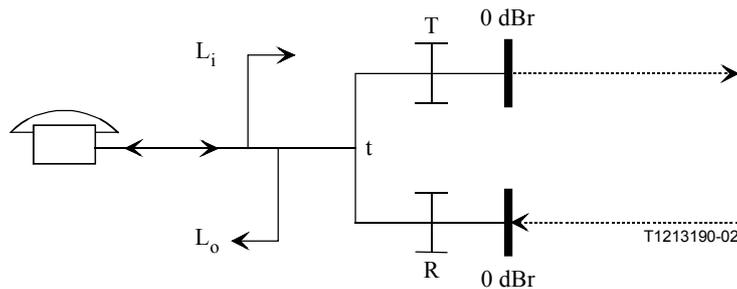


Figure 13/G.100.1 – Niveaux relatifs d'un commutateur local, $L_i = T$ dBr, $L_o = -R$ dBr (on suppose que T et R représentent tous les affaiblissements entre t, le point de conversion à deux fils et les flux numériques)

Les **compléments de ligne numériques** éventuellement utilisés peuvent être incorporés dans la matrice de commutation ou dans les demi-canaux.

Dans le premier cas, les désignations d'un niveau relatif pour les demi-canaux ne changent pas.

Dans le deuxième cas, il y a en principe plusieurs possibilités pour désigner le point de référence 0 dBr:

- les points numériques qui sont directement connectés au codeur et au décodeur, respectivement;
- les points numériques situés à côté des compléments de ligne numériques, choisis de telle manière que les niveaux relatifs numériques ne dépassent jamais 0 dBr;
- les points numériques de connexion avec la matrice de commutation.

Dans tous les cas considérés, la méthode c) semble la plus fonctionnelle pour spécifier les données à utiliser en planification de la transmission.

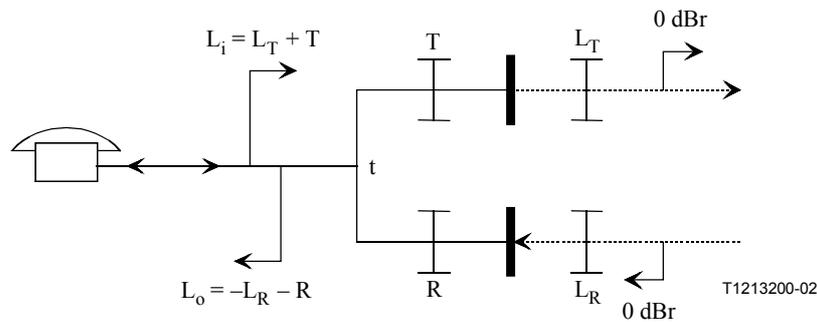
Les Figures 14 et 15 montrent les exemples de la manière dont les compléments d'affaiblissement et de gain numériques sont introduits dans le demi-circuit montré à la Figure 13.

Des affaiblissements nominaux dans un demi-circuit peuvent être déterminés à partir des désignations de niveau relatif, comme indiqué dans les Figures 13, 14 et 15.

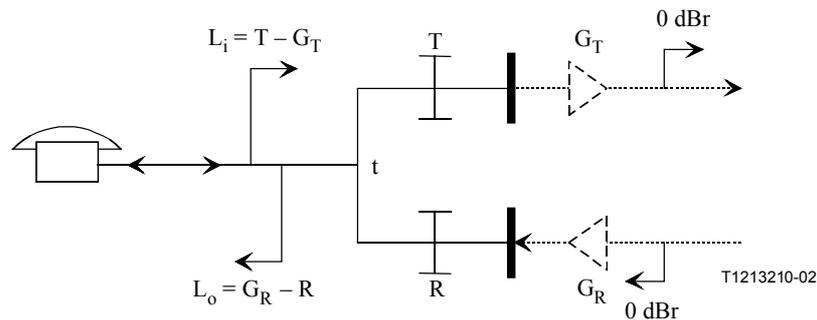
L'affaiblissement dans le commutateur est de:

$$A = L_i - L_o + SL \quad (6-3)$$

où L_i et L_o sont les niveaux relatifs d'entrée et de sortie des demi-canaux concernés, et SL est l'affaiblissement de la matrice de commutation.



**Figure 14/G.100.1 – Niveaux relatifs à un commutateur local.
Affaiblissement numérique dans le demi-circuit**



**Figure 15/G.100.1 – Niveaux relatifs à un commutateur local.
Gain numérique dans le demi-circuit**

6.6 Niveaux relatifs dans la planification de la transmission et la maintenance

Dans les procédures de planification de la transmission, le trajet de transmission global est divisé en sections qui, dans le vocabulaire de l'UIT-T, sont appelés **circuits**, et qui ont chacun leur propre point de référence de transmission 0 dBr (TRP). La plupart du temps, les circuits connectent des centres de commutation, mais parfois on appelle aussi circuit la ligne d'abonné connectée à un commutateur local. Donc, un circuit est constitué de tous les équipements interconnectés de manière permanente. Ainsi, le personnel de maintenance doit surveiller des segments clairement définis ayant des paramètres de transmission fixes.

On dit parfois que les limites physiques d'un circuit sont situées "au milieu des commutateurs". Dans ce cas, l'équipement de terminaison de commutateur est inclus dans le circuit qui se termine au point d'essai du commutateur. Ceci est courant dans les réseaux publics et date de l'époque où la plupart des commutateurs étaient analogiques.

Toutefois, le planificateur de transmission a d'autres options pour subdiviser la connexion en circuits à condition qu'il définisse clairement l'interface. Donc, si une matrice de commutation numérique est conçue pour introduire un affaiblissement, les points 0 dBr des deux demi-canaux peuvent être considérés comme l'élément terminant les circuits, la matrice de commutation étant un minicircuit intermédiaire.

Exceptionnellement, "l'interface de transmission" entre les deux organisations de maintenance différentes ne se situe pas au niveau du commutateur. Cela peut être le cas lorsqu'un réseau public et un réseau privé sont interconnectés. Pour distinguer clairement les responsabilités, on peut déclarer que les liaisons publiques et les liaisons privées appartiennent à deux circuits différents.

En planification de la transmission, un grand problème consiste à obtenir un équilibre entre les niveaux de signal escomptés et la puissance maximale acceptable des équipements de chaque

circuit. Il arrive aussi que les niveaux relatifs au point d'interconnexion de circuits ne peuvent pas être adaptés l'un à l'autre, ce qui nécessite l'introduction de "sauts de niveau".

Les circuits sont interconnectés dans les commutateurs. Dans le réseau téléphonique analogique, où les circuits doivent présenter un affaiblissement pour maintenir la stabilité, cela signifie souvent que la sortie d'un circuit ayant un niveau de A dBr est connectée à l'entrée d'un autre circuit ayant un niveau B dBr. Cette différence de niveau est souvent appelée un "saut de niveau". Celui-ci est la différence de niveau, c'est-à-dire $B - A$ dBr. Les points de commutation n'ont pas d'affaiblissement, les "sauts de niveau" montrent uniquement que l'on passe d'un ensemble de valeurs dBr particulières à un circuit à un autre ensemble de valeurs dBr propres à un autre circuit. L'affaiblissement sera toujours présent dans les circuits proprement dits.

En ce qui concerne un niveau de signal vocal de -11 dBm au point 0 dBr, pauses exclues, prévu comme une moyenne s'appliquant à un grand nombre d'abonnés, les mesures de champ des niveaux vocaux effectifs dans les TRP couvrent toutefois une large fourchette. Pour cela, on a recours à certaines conventions tenant compte de la pratique.

Pour les lignes d'abonné et les appareils téléphoniques normaux, on peut prendre l'interconnexion avec le commutateur local comme "point d'ancrage" pour établir un point 0 dBr (voir la Figure 13). Naturellement, les niveaux vocaux sont influencés par les efficacités des appareils téléphoniques. Néanmoins, d'après l'Annexe C/G.121 [2], on voit que de nombreuses Administrations ont constaté que les valeurs optimales des compléments de ligne sont de $L_i = 0$ dBr et $L_o = -6$ ou -7 dBr.

En ce qui concerne la façon dont l'équipement est déployé dans le réseau, il sera possible dans la plupart des cas d'obtenir une correspondance exacte entre les niveaux relatifs des "équipements" et des "circuits". Il faut parfois admettre des exceptions, par exemple lorsque, pour des raisons de stabilité, un affaiblissement supplémentaire est inclus dans une boucle à 4 fils. Une autre raison pourrait être l'absence de commandes de niveau appropriées dans certains équipements (de même, certains modèles d'annuleurs d'écho peuvent exiger une marge supplémentaire contre l'écrêtage).

Un exemple d'affaiblissement supplémentaire dans une boucle analogique à 4 fils est donné sur la Figure 16 où une section de circuit analogique est interposée entre des sections de circuit numériques. Afin que le risque d'instabilité et de "son caverneux" d'une connexion soit négligeable, il est recommandé d'insérer un affaiblissement de 0,5 dB dans les circuits analogiques ou mixtes numériques/analogiques. Ainsi, dans le plan de transmission pour ces circuits, une partie du train numérique sera associée à une valeur de $-0,5$ dBr.

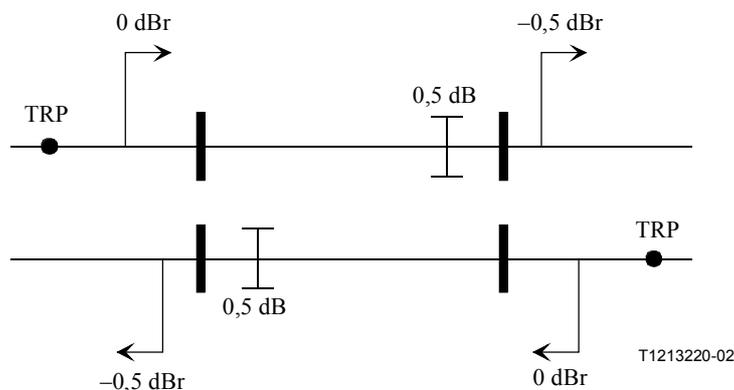


Figure 16/G.100.1 – Exemple de niveaux relatifs (de circuit) lorsqu'une liaison analogique est interposée dans une chaîne numérique

Deux circuits adjacents ont chacun leurs propres points de référence pour la transmission (TRP) auxquels leurs niveaux relatifs respectifs se rapportent. En principe, à l'interface entre les circuits, les deux niveaux relatifs doivent être les mêmes.

Occasionnellement, le niveau relatif à l'émission doit être fixé à 0,5 dB au-dessous du niveau de réception pour garantir la stabilité, notamment lorsqu'on utilise la transmission analogique à 4 fils. Par exemple, deux commutateurs locaux sont interconnectés par l'intermédiaire d'un centre primaire ou de transit avec commutation et transmission analogiques à 4 fils. L'affaiblissement net dans le trajet de transit doit être de 0,5 dB pour des raisons de stabilité. Les niveaux relatifs dans les commutateurs locaux sont déterminés par les propriétés des appareils téléphoniques, comme indiqué précédemment. L'affaiblissement de transmission net de 0,5 dB correspondra donc à un "saut de niveau" de 0,5 dB au commutateur de transit. Pour un exemple similaire d'une connexion de transit internationale, voir Figure 17.

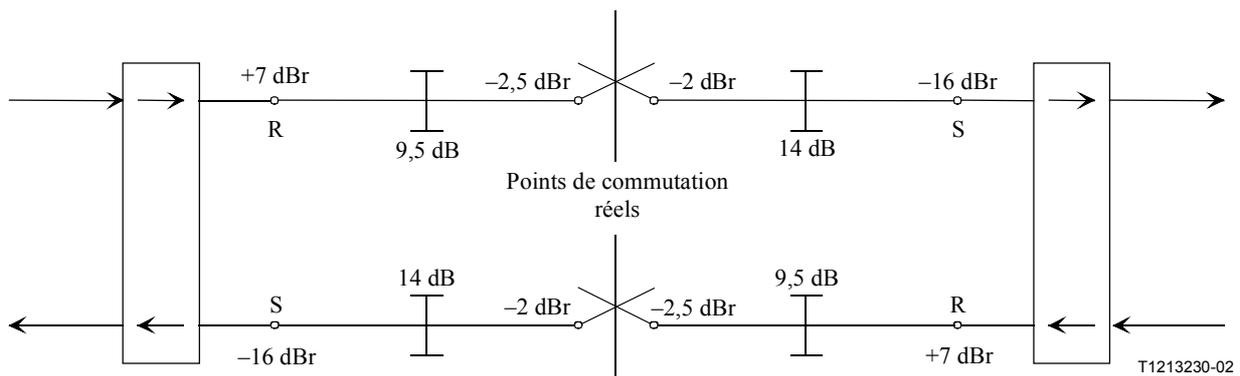


Figure 17/G.100.1 – Représentation (simplifiée), à titre d'exemple, d'une connexion de transit dans le dispositif d'un commutateur international

Parfois, le planificateur en matière de transmission peut juger utile d'attribuer, à une interface entre un circuit public et un circuit privé, un "saut de niveau" qui n'est pas associé à la commutation (à noter qu'un tel saut de niveau réduit la gamme dynamique et doit être aussi faible que possible).

A noter qu'en général, il faut déterminer l'affaiblissement total d'une connexion constituée de plusieurs circuits en additionnant les affaiblissements des divers circuits et non en prenant les différences de niveau relatif entre l'entrée et la sortie des accès de connexion (cette dernière méthode n'est valable que lorsque tous les circuits constitutifs sont numériques et ne font pas appel au traitement numérique des signaux).

En ce qui concerne les paramètres numériques d'une connexion complète, le planificateur de transmission doit tenir compte de la somme des unités qdu, de l'affaiblissement ou du gain numérique total introduit et de la somme de tous les sauts de niveau.

Appendice I

Le néper

I.1 Introduction

L'UIT-T ne préconise plus l'emploi du néper. Toutefois, le présent appendice contient les informations nécessaires pour les besoins de traçabilité et par souci d'exhaustivité.

I.2 Définition du néper

Le *néper* (symbole Np), sert à exprimer le rapport de deux grandeurs de champ telles que tension ou courant, dont le carré est proportionnel à une puissance, par le logarithme népérien de ce rapport. La valeur en népers d'un rapport de puissances est la moitié du logarithme népérien du rapport des puissances. Les valeurs en népers d'un rapport de deux grandeurs de champ et du rapport des puissances correspondantes ne sont égales que si les impédances sont égales.

Un néper correspond à la valeur e d'un rapport de grandeurs de champ et à la valeur e^2 d'un rapport de puissances.

On emploie aussi des sous-multiples tels que le décinéper (dNp).

Dans certains domaines, on exprime parfois en népers le logarithme d'un rapport de puissances sans le facteur $\frac{1}{2}$. C'est, par exemple, le cas de la profondeur optique ou affaiblissement en radiométrie. Un tel usage est à proscrire dans les télécommunications pour éviter toute ambiguïté. Le néper défini ainsi vaudrait en effet 4,34 dB et non 8,68 dB comme dans l'usage courant.

I.3 Emplois respectifs du décibel et du néper

Comme indiqué précédemment, l'UIT-T ne recommande plus l'emploi du néper dans les télécommunications.

Pour les calculs théoriques et scientifiques, dans lesquels des rapports sont exprimés sous forme de logarithmes népériens, le néper est toujours utilisé, implicitement ou explicitement.

A la suite de certains calculs sur des grandeurs complexes, on obtient une partie réelle en népers et une partie imaginaire en radians. Des facteurs de conversion permettent de passer aux décibels ou aux degrés.

Les facteurs de conversion entre le néper et le décibel sont les suivants:

$$1 \text{ Np} = (20 \log e) \text{ dB} \approx 8,686 \text{ dB}$$

$$1 \text{ dB} = (0,05 \ln 10) \text{ Np} \approx 0,1151 \text{ Np}$$

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série B	Moyens d'expression: définitions, symboles, classification
Série C	Statistiques générales des télécommunications
Série D	Principes généraux de tarification
Série E	Exploitation générale du réseau, service téléphonique, exploitation des services et facteurs humains
Série F	Services de télécommunication non téléphoniques
Série G	Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques
Série H	Systèmes audiovisuels et multimédias
Série I	Réseau numérique à intégration de services
Série J	Réseaux câblés et transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
Série K	Protection contre les perturbations
Série L	Construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	RGT et maintenance des réseaux: systèmes de transmission, circuits téléphoniques, télégraphie, télécopie et circuits loués internationaux
Série N	Maintenance: circuits internationaux de transmission radiophonique et télévisuelle
Série O	Spécifications des appareils de mesure
Série P	Qualité de transmission téléphonique, installations téléphoniques et réseaux locaux
Série Q	Commutation et signalisation
Série R	Transmission télégraphique
Série S	Equipements terminaux de télégraphie
Série T	Terminaux des services télématiques
Série U	Commutation télégraphique
Série V	Communications de données sur le réseau téléphonique
Série X	Réseaux de données et communication entre systèmes ouverts
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information et protocole Internet
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication