

Union internationale des télécommunications

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R F.1605
(02/2003)

**Evaluation des caractéristiques d'erreur et
de la disponibilité des systèmes hertziens
fixes de Terre en hiérarchie
numérique synchrone**

Série F
Service fixe



Union
internationale des
télécommunications

Avant-propos

Le rôle du Secteur des radiocommunications est d'assurer l'utilisation rationnelle, équitable, efficace et économique du spectre radioélectrique par tous les services de radiocommunication, y compris les services par satellite, et de procéder à des études pour toutes les gammes de fréquences, à partir desquelles les Recommandations seront élaborées et adoptées.

Les fonctions réglementaires et politiques du Secteur des radiocommunications sont remplies par les Conférences mondiales et régionales des radiocommunications et par les Assemblées des radiocommunications assistées par les Commissions d'études.

Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

La politique de l'UIT-R en matière de droits de propriété intellectuelle est décrite dans la «Politique commune de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI en matière de brevets», dont il est question dans l'Annexe 1 de la Résolution UIT-R 1. Les formulaires que les titulaires de brevets doivent utiliser pour soumettre les déclarations de brevet et d'octroi de licence sont accessibles à l'adresse <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/fr>, où l'on trouvera également les Lignes directrices pour la mise en oeuvre de la politique commune en matière de brevets de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI et la base de données en matière de brevets de l'UIT-R.

Séries des Recommandations UIT-R

(Egalement disponible en ligne: <http://www.itu.int/publ/R-REC/fr>)

Séries	Titre
BO	Diffusion par satellite
BR	Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision
BS	Service de radiodiffusion sonore
BT	Service de radiodiffusion télévisuelle
F	Service fixe
M	Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés
P	Propagation des ondes radioélectriques
RA	Radio astronomie
RS	Systèmes de télédétection
S	Service fixe par satellite
SA	Applications spatiales et météorologie
SF	Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe
SM	Gestion du spectre
SNG	Reportage d'actualités par satellite
TF	Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires
V	Vocabulaire et sujets associés

Note: Cette Recommandation UIT-R a été approuvée en anglais aux termes de la procédure détaillée dans la Résolution UIT-R 1.

Publication électronique
Genève, 2010

© UIT 2010

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.

RECOMMANDATION UIT-R F.1605*

Evaluation des caractéristiques d'erreur et de la disponibilité des systèmes hertziens fixes de Terre en hiérarchie numérique synchrone

(2003)

Domaine d'application

La présente Recommandation contient les méthodes de prévision des caractéristiques d'erreur applicables aux liaisons hertziennes (trajets et sections) en hiérarchie numérique synchrone (SDH, *synchronous digital hierarchy*) avec un débit en mode de transfert synchrone (STM, *synchronous transfer mode*) allant de 51 Mbit/s (STM-0) à 622 Mbit/s (STM-4). Les méthodes de prévision sont fondées sur une relation théorique entre le taux de bits erronés (BER, *bit error ratio*) et les paramètres SDH fondés sur les blocs erronés. Elles tiennent compte des caractéristiques des systèmes, telles que les rafales d'erreurs, et des paramètres nécessaires pour prévoir le temps d'interruption en fonction du taux BER.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que les systèmes en hiérarchie numérique synchrone (SDH, *synchronous digital hierarchy*) et les systèmes en hiérarchie numérique plésiochrone (PDH, *plesiochronous digital hierarchy*) jouent un rôle important dans les systèmes hertziens fixes actuels;
- b) que des méthodes appropriées de planification de trajets et de conception de systèmes sont nécessaires pour limiter la détérioration de la qualité de fonctionnement des systèmes hertziens fixes due aux effets de la propagation,

reconnaissant

- a) que la Recommandation UIT-R F.1668 a défini les objectifs relatifs aux caractéristiques d'erreur pour les liaisons réelles;
- b) que la Recommandation UIT-R F.1703 a défini les objectifs relatifs à la disponibilité pour les liaisons réelles;
- c) que la Recommandation UIT-R P.530 fournit des méthodes de prévision de paramètres de propagation influant sur la planification des systèmes hertziens de Terre en visibilité directe,

recommande

1 d'adopter, pour la planification des systèmes hertziens de Terre en visibilité directe, les méthodes de prévision des caractéristiques d'erreur applicables aux liaisons hertziennes SDH (trajets et sections), décrites dans l'Annexe 1 de la présente Recommandation, compte tenu des différents paramètres indiqués.

* La Commission d'études 5 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation en 2009 conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 1.

Annexe 1

Prévision des caractéristiques d'erreur et de la disponibilité des liaisons hertziennes SDH en visibilité directe

1 Introduction

Les réseaux en SDH ou les réseaux optiques synchrones (SONET, *synchronous optical network*) permettent actuellement d'établir des liaisons radioélectriques en mode de transfert synchrone (STM, *synchronous transfer mode*), à un débit de 51 Mbit/s (STM-0) à 622 Mbit/s (STM-4). Des recommandations et normes internationales définissent les objectifs relatifs aux caractéristiques d'erreur et à la disponibilité pour les réseaux SDH. Ces objectifs, indépendants des moyens technologiques utilisés, doivent être respectés lorsque le réseau comporte une composante radioélectrique.

Les méthodes de prévision décrites dans la présente Annexe sont fondées sur une relation théorique entre le taux d'erreur binaire (BER, *bit error ratio* (TEB à l'UIT-R)) et les paramètres SDH fondés sur les blocs erronés. Elles tiennent compte des caractéristiques des systèmes, telles que les rafales d'erreurs, et des paramètres nécessaires pour prévoir le temps d'interruption en fonction du taux BER. Dans la présente Recommandation, le terme «interruption» désigne la probabilité de dépassement du taux BER par rapport à un seuil donné. Il convient de noter que la fréquence d'interruption, définie au § 2.1, est un paramètre distinct.

2 Objectifs relatifs aux caractéristiques d'erreur et à la disponibilité

Les Recommandations UIT-T G.826 et UIT-T G.827 énoncent respectivement les prescriptions relatives aux caractéristiques d'erreur et à la disponibilité. Etant donné qu'elles spécifient les objectifs à atteindre de bout en bout, d'autres recommandations sont nécessaires lorsqu'il s'agit des liaisons radioélectriques réelles. Pour répartir les tolérances entre les différents conduits en fonction de la longueur réelle des bonds, de la fréquence radioélectrique utilisée, etc., on se reportera à d'autres Recommandations traitant de la partie radioélectrique d'un réseau SDH.

2.1 Paramètres relatifs aux caractéristiques d'erreur et à la disponibilité

Les Recommandations UIT-T G.826 et UIT-T G.828 définissent un ensemble d'événements liés aux caractéristiques d'erreur basées sur la notion de bloc ainsi que des paramètres destinés à la surveillance, dans des conditions normales de fonctionnement, des caractéristiques d'erreur d'un conduit SDH (voir la Note 1). Un bloc erroné est un bloc dans lequel un ou plusieurs bits sont erronés. Une seconde avec erreurs (ES, *errored second*) se produit lorsqu'un ou plusieurs blocs sont erronés ou lorsque au moins un défaut comme une perte de pointeur (LoP, *loss of pointer*) apparaît, dans un intervalle d'une seconde. Une seconde avec beaucoup d'erreurs (SES, *severely errored second*) survient lorsque au moins 30% des blocs sont erronés ou lorsqu'un défaut apparaît. Une seconde SES est un sous-ensemble de secondes ES. Un bloc erroné résiduel (BBE, *background block error*) est un bloc erroné survenant en dehors d'une seconde SES. Les paramètres relatifs aux caractéristiques d'erreur sont le taux de secondes avec beaucoup d'erreurs (SESR, *severely errored second ratio*), le taux de blocs erronés résiduels (BBER, *background block error ratio*) et le taux de secondes avec erreurs (ESR, *errored second ratio*).

Chaque sens d'un conduit peut se trouver dans l'un des deux états suivants: temps de disponibilité ou temps d'indisponibilité. Les critères permettant de déterminer la transition entre ces deux états sont les suivants: une période d'indisponibilité commence avec l'apparition de 10 événements consécutifs de secondes SES. On considère que ces 10 s font partie du temps d'indisponibilité. Une

nouvelle période de disponibilité commence avec l'apparition de 10 s non SES consécutives. On considère que ces 10 s font partie du temps de disponibilité. Un conduit est disponible si, et seulement si, il est disponible dans les deux sens.

Les paramètres de disponibilité définis sont le taux de disponibilité (*AR, availability ratio*) et la durée moyenne entre interruptions de conduit numérique (*Mo*). Le complément à 1 du taux *AR* est le taux d'indisponibilité (*UR, unavailability ratio*). Ainsi, $AR + UR = 1$. L'inverse de *Mo* est défini comme étant la fréquence d'interruption (*OI, outage intensity*). Ainsi, $OI = 1/Mo$. *OI* représente le nombre de périodes d'indisponibilité par an.

NOTE 1 – Un conduit SDH achemine une capacité utile SDH et un préfixe associé à travers le réseau de transport à couches entre les équipements terminaux. Un conduit numérique peut être bidirectionnel ou unidirectionnel et peut comprendre à la fois des portions appartenant au client et des portions appartenant à l'opérateur de réseau (pour de plus amples renseignements, se reporter aux Recommandations UIT-T G.803, UIT-T G.805 et UIT-T G.828).

La définition de la taille de bloc et des événements liés aux caractéristiques d'erreur pour la section multiplex (*MS, multiplex section*) en mode SDH et la section de régénération (*RS, regenerator section*) figurent dans la Recommandation UIT-T G.829, tandis que les paramètres et objectifs relatifs aux caractéristiques d'erreur pour les sections *MS* et *RS* en mode SDH sur des liaisons hertziennes fixes numériques distinctes sont présentés dans les Recommandations UIT-R de la série F.

NOTE 2 – Le seuil de 30% de blocs erronés est défini pour le conduit SDH dans les Recommandations UIT-T G.826 et UIT-T G.828, tandis que la valeur de seuil des sections *MS* et *RS* en mode SDH est spécifiée dans la Recommandation UIT-T G.829.

2.2 Objectifs relatifs aux faisceaux hertziens numériques fixes

Les objectifs relatifs aux caractéristiques d'erreur, indiqués pour les conduits numériques à débit égal ou supérieur au débit primaire (2,048 ou 1,544 Mbit/s), sont différents pour les portions nationales et pour les portions internationales. Les objectifs énoncés doivent être atteints quel que soit le mois. L'UIT-R a adopté des objectifs tant pour les conduits nationaux que pour les conduits internationaux. La portion nationale se subdivise en trois sections: grande distance, courte distance et réseau d'accès. L'allocation des objectifs relatifs aux caractéristiques d'erreur pour les sections courte distance et réseau d'accès doit tenir compte d'une allocation fixe de l'ordre de 7,5% à 8,5% des objectifs de bout en bout. L'allocation des objectifs pour la section longue distance doit prendre en compte une allocation dépendant de la distance (par tranche de 100 km) et une allocation fixe de l'ordre de 1% à 2% des objectifs de bout en bout. Pour définir ces objectifs en fonction de liaisons hertziennes fixes numériques réelles composées d'un ou de plusieurs bonds, il convient de se reporter à la Recommandation UIT-R F.1668 pour les parties nationale et internationale.

Les objectifs de disponibilité sont définis dans la Recommandation UIT-T G.827. Pour les liaisons hertziennes numériques fixes réelles composées d'un ou de plusieurs bonds, les objectifs de disponibilité pour une liaison qui fait partie d'un conduit SDH à débit égal ou supérieur au débit primaire sont définis dans la Recommandation UIT-R F.1703 pour les parties nationale et internationale.

3 Prévision des caractéristiques d'erreur et de la disponibilité

On évalue la relation entre les paramètres relatifs aux caractéristiques d'erreur et le BER au moyen de la distribution aléatoire (Poisson) et de la distribution des rafales d'erreurs (Neyman-A). Les systèmes de radiotransmission modernes, qui mettent en œuvre des systèmes de modulation complexes, des codes de correction d'erreur, des égaliseurs, etc., produisent généralement des

groupes ou des rafales d'erreurs (voir la Note 1). Pour la modulation de haut niveau (par exemple la modulation à codage en treillis MCT-128), les valeurs types sont de 10 à 20 erreurs par rafale.

NOTE 1 – Une rafale d'erreurs se définit comme étant une suite d'erreurs qui commence et se termine par un bit erroné, le laps de temps entre deux erreurs étant inférieur à la mémoire du système (par exemple, la longueur de contrainte du code convolutif, la taille du code de bloc, etc.).

Les méthodes de prévision SDH sont fondées sur des hypothèses théoriques relatives au taux BER, qui est le paramètre fondamental utilisé dans les méthodes de prévision existantes, et aux événements de caractéristiques d'erreur ES, SES et BBE. Etant donné qu'elles sont fondées sur le BER, ces méthodes visent automatiquement la propagation par trajets multiples et l'affaiblissement dû à la pluie. On trouvera dans les paragraphes suivants des informations de base ainsi que des procédures de calcul décrites étape par étape.

Les méthodes de prévision SDH peuvent également être utilisées pour la PDH avec les choix suivants:

- utiliser la valeur de BER_{SES} la plus proche du débit de transmission (Mbit/s), par exemple VC-12 pour un signal radioélectrique PDH de 2 Mbit/s;
- utiliser la valeur de BER_{SES} figurant dans le Tableau 1 (le BER_{SES} est en cours d'étude pour la hiérarchie PDH, mais seules des différences mineures sont prévues).

TABLEAU 1
Valeurs de BER_{SES} pour plusieurs conduits SDH et sections MS

Type de conduit	Débit binaire accepté (Mbit/s)	$BER_{SES}^{(1), (2)}$	Nombre de blocs/s, $n^{(2)}$	Nombre de bits/bloc, $N_B^{(2)}$
VC-11	1,5	$5,4 \times 10^{-4} \alpha$	2 000	832
VC-12	2	$4,0 \times 10^{-4} \alpha$	2 000	1 120
VC-2	6	$1,3 \times 10^{-4} \alpha$	2 000	3 424
VC-3	34	$6,5 \times 10^{-5} \alpha$	8 000	6 120
VC-4	140	$2,1 \times 10^{-5} \alpha$	8 000	18 792
STM-1	155	$2,3 \times 10^{-5} \alpha$ $1,3 \times 10^{-5} \alpha + 2,2 \times 10^{-4}$	8 000 192 000	19 940 801

⁽¹⁾ $\alpha = 1$ indique une distribution de Poisson des erreurs.

⁽²⁾ Le nombre de blocs/s est défini dans les Recommandations UIT-T G.826 et UIT-T G.828 pour le conduit SDH et dans la Recommandation UIT-T G.829 pour les sections SDH. Certains équipements STM-1 pourraient être conçus pour fonctionner à un débit de 8 000 blocs/s (19 940 bits/bloc), mais les valeurs définies dans la Recommandation UIT-T G.829 pour le débit et la longueur des blocs sont respectivement de 192 000 blocs/s et 801 bits/bloc.

3.1 Préviation du taux SESR

La procédure de préviation du taux SESR repose sur la relation entre le paramètre SES et le taux BER, les méthodes de préviation des interruptions définies par un taux BER donné étant indiquées dans l'Annexe 1 de la Recommandation UIT-R P.530. En règle générale, la préviation du taux SESR est donnée par l'équation suivante:

$$SESR = \int_{BER_A}^{BER_B} f_{SES}(x) g_{BER}(x) dx \quad (1)$$

où:

$f_{SES}(x)$: relation entre le paramètre SES et le taux BER

$g_{BER}(x)$: fonction de densité de probabilité du BER

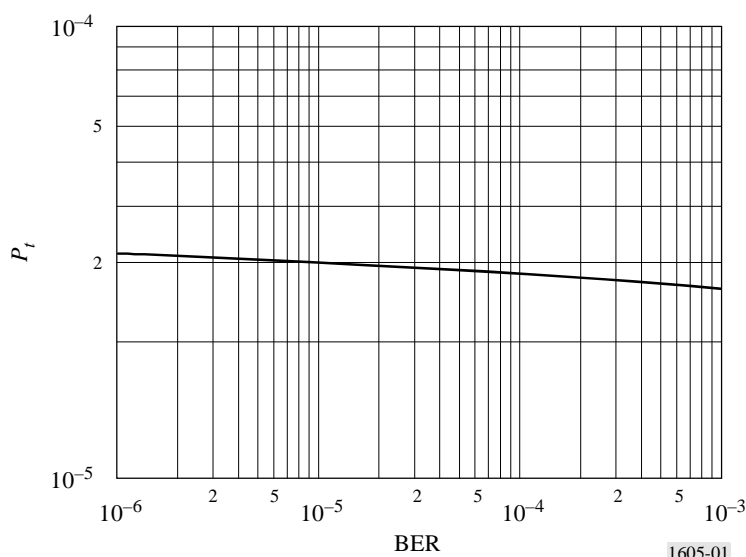
BER_A et BER_B : limites d'intégration (valeurs types de 1×10^{-9} et 1×10^{-3}).

3.1.1 Préviation du taux SESR dû aux effets de la propagation par trajets multiples

Le paramètre SESR est donné par l'équation (1), dans laquelle le deuxième terme est la fonction PDF du taux BER. En cas de propagation par trajets multiples, le taux BER est strictement lié à la probabilité d'interruption P_t , évaluée selon les méthodes énoncées dans l'Annexe 1 de la Recommandation UIT-R P.530. Il est possible de déterminer la probabilité d'interruption P_t par rapport au taux BER selon les méthodes appropriées pour le système de transmission considéré (voir, par exemple, la Fig. 1). La fonction g_{BER} est déterminée à partir de la figure appropriée, semblable à la Fig. 1, c'est-à-dire que $g_{BER} = dP_t/dBER$.

FIGURE 1

Exemple de probabilité d'interruption P_t , par rapport au BER, compte tenu de la propagation par trajets multiples



En règle générale, on n'obtient les valeurs de la probabilité d'interruption que pour quelques valeurs du taux BER, lorsque l'on connaît la signature de l'équipement et la valeur de seuil. Si un jeu étendu de valeurs BER est disponible, on peut obtenir une courbe plus précise.

L'évaluation du taux SESR se fait en deux étapes, l'une servant à déterminer le nombre de secondes SES dues aux blocs erronés et l'autre servant à calculer la partie généralement insignifiante correspondant à la perte de pointeur LoP.

Une approximation de la courbe du taux SES dû aux blocs erronés est possible au moyen d'une fonction échelon. La valeur BER à laquelle la probabilité d'apparition de secondes SES passe de 0 à 1 est dénommée BER_{SES} :

$$f_{SES}(x) = \begin{cases} 0 & \text{pour } BER < BER_{SES} \\ 1 & \text{pour } BER \geq BER_{SES} \end{cases} \quad (2)$$

La valeur de BER_{SES} normalisée en fonction du nombre moyen d'erreurs par rafale α ($\alpha = 1$ pour la distribution de Poisson) est indiquée dans le Tableau 1.

Compte tenu de l'équation (2), lorsque les secondes SES sont dues aux blocs erronés, l'équation (1) devient:

$$SESR = \int_{BER_A}^{BER_B} f_{SES}(x) g_{BER}(x) dx = P_t(BER_{SES}) \quad (3)$$

Limite supérieure pour les secondes SES dues à la perte de pointeur LoP

Pour évaluer la limite supérieure $SESR_{LoPu}$, on suppose que la probabilité d'apparition de secondes SES pour des valeurs de BER inférieures à BER_{SES} est une constante. Ainsi,

$$SESR_{LoPu} = P(SES | BER = BER_{SES}) (1 - P_t(BER_{SES})) \quad (4)$$

NOTE 1 – On a établi que la contribution du paramètre LoP était minime et pouvait donc ne pas être prise en compte.

3.1.1.1 Procédure de calcul du nombre de secondes SESR dues à la propagation par trajets multiples (étape par étape)

Etape 1: Calculer la probabilité d'interruption P_{tSES} pour $BER = BER_{SES}$, pour le système approprié, à l'aide des méthodes de prévision des interruptions décrites dans l'Annexe 1 de la Recommandation UIT-R P.530:

$$SESR = P_{tSES} = P_t(BER_{SES}) \quad (5)$$

BER_{SES} étant indiqué dans le Tableau 1.

3.1.2 Prévision du taux SESR dû à l'affaiblissement par la pluie

La pluie peut entraîner un important affaiblissement. La plupart du temps, $X\%$, lorsque l'affaiblissement dû à la pluie dépasse le seuil A_{SES} , il se produira une condition d'indisponibilité. Le temps restant $100 - X\% = Y\%$ est considéré comme une période de disponibilité donnant lieu à des secondes SES. La répartition entre la période de disponibilité et la période d'indisponibilité pour toute région climatique doit être déterminée à partir de mesures expérimentales.

Le calcul du taux SESR dû à la pluie consiste à déterminer la marge d'affaiblissement, A_{SES} , de la liaison radioélectrique pour un taux BER, BER_{SES} , toutes les secondes étant des secondes SES. Il est possible ensuite d'évaluer le pourcentage de temps pendant le mois le plus défavorable, pendant lequel l'affaiblissement dû à la pluie dépasse cette marge, et enfin d'évaluer le pourcentage de temps annuel correspondant. La valeur du taux SESR dû à la pluie sera de $Y\%$ de cette probabilité.

3.1.2.1 Procédure de calcul du taux SESR dû à l'affaiblissement par la pluie (étape par étape)

On trouvera ci-après, indiquée étape par étape, une procédure d'évaluation du taux SESR dû à la pluie. Les paramètres d'entrée sont les suivants: fréquence, longueur de bond, polarisation, zone de pluie, puissance à l'émission, gain de l'antenne d'émission, gain de l'antenne de réception, relation entre la puissance reçue et le BER, type de conduit SDH et longueur des rafales d'erreurs.

Etape 1: Calculer l'affaiblissement dû à la pluie dépassé pour 0,01% de temps, $A_{0,01}$, selon la méthode décrite dans l'Annexe 1 de la Recommandation UIT-R P.530.

Etape 2: Calculer la puissance nominale reçue sans affaiblissement dû à la pluie $P_{RXnominal}$.

Etape 3: A partir de la relation entre la puissance reçue et le BER (généralement obtenue auprès des fabricants d'équipements), déterminer la valeur de A_{SES} , A_{SES} étant la marge d'affaiblissement de la liaison radioélectrique pour $BER = BER_{SES}$ (voir le Tableau 1).

Etape 4: Calculer le pourcentage de temps annuel, p_{aSES} , pendant lequel l'affaiblissement dû à la pluie est supérieur à A_{SES} , selon la méthode indiquée dans l'Annexe 1 de la Recommandation UIT-R P.530.

Etape 5: Convertir le pourcentage de temps annuel, p_{aSES} , en pourcentage de temps pendant le mois le plus défavorable, p_{wSES} , selon la méthode indiquée dans la Recommandation UIT-R P.841.

Etape 6: Calculer le taux SESR comme suit:

$$SESR = Y(\%) P_{wSES} \quad (6)$$

où P_{wSES} est la probabilité de mois le plus défavorable ($P_{wSES} = p_{wSES}/100$).

NOTE 1 – La valeur de X est à l'étude; la valeur $Y = 0\%$ est proposée pour le moment, l'affaiblissement dû à la pluie se traduisant par une indisponibilité de P_{wSES} pendant le mois le plus défavorable.

3.2 Prévision du taux BBER

Le taux BBER dû à la propagation par trajets multiples et à la pluie est évalué comme suit:

$$BBER = \int_{BER_A}^{BER_B} f_{BBER}(x) g_{BER}(x) dx \quad (7)$$

où:

$f_{BBER}(x)$: relation entre les taux BBE et BER

$g_{BER}(x)$: fonction de densité de probabilité du taux BER

BER_A et BER_B : limites d'intégration (valeurs types de 1×10^{-12} et 1×10^{-3}).

3.2.1 Prévision du taux BBER dû à la propagation par trajets multiples

Deux méthodes sont possibles. La première méthode est une méthode complète fondée sur la solution analytique de l'intégrale qui figure dans l'équation (7), $g_{BER}(x)$ étant obtenu à partir du modèle de prévision des interruptions (voir la figure appropriée, semblable à la Fig. 1) et $f_{BBER}(x)$ étant la relation théorique entre les taux BBE et BER. La deuxième méthode est une méthode simplifiée fondée sur une approximation de $f_{BBER}(x)$ et de $g_{BER}(x)$.

3.2.1.1 Procédure de calcul du taux BBER dû à la propagation par trajets multiples (étape par étape)

On trouvera dans ce paragraphe, indiquée étape par étape, une procédure fondée sur le modèle de prévision simplifié.

Etape 1: Calculer la probabilité d'interruption, P_{tR} , pour le BER résiduel (RBER) (généralement dans la plage comprise entre 1×10^{-10} et 1×10^{-13} , pour des débits binaires allant de 2 à 155 Mbit/s), selon les méthodes de prévision des interruptions décrites dans l'Annexe 1 de la Recommandation UIT-R P.530 pour le système approprié:

$$P_{tR} = P_t(RBER) \quad (8)$$

Etape 2: Calculer la probabilité d'interruption à $BER = BER_{SES}$ comme indiqué à l'Etape 1:

$$P_{tSES} = P_t(BER_{SES}) \quad (9)$$

BER_{SES} étant indiqué dans le Tableau 1.

Etape 3: Calculer le taux SESR comme indiqué à l'Etape 1 pour la propagation par trajets multiples (voir le § 3.1.1.1):

$$SESR = P_{tSES} = P_t(BER_{SES}) \quad (10)$$

Etape 4: Calculer le taux BBER comme suit:

$$BBER = SESR \frac{\alpha_1}{2,8 \alpha_2 (m - 1)} + \frac{N_B RBER}{\alpha_3} \quad (11)$$

où:

$\alpha_1 =$ 10 à 30, nombre d'erreurs par rafale pour un BER compris entre 1×10^{-3} et BER_{SES}

$\alpha_2 =$ 1 à 10, nombre d'erreurs par rafale pour un BER compris entre BER_{SES} et RBER

$\alpha_3 =$ 1, nombre d'erreurs par rafale pour un BER inférieur à RBER

N_B : nombre de bits par bloc (voir le Tableau 1)

m : pente de la courbe de distribution BER sur une échelle logarithmique pour un taux BER compris entre BER_{SES} et RBER, donnée par l'équation suivante:

$$m = \left| \frac{\log_{10}(RBER) - \log_{10}(BER_{SES})}{\log_{10}(P_{tR}) - \log_{10}(P_{tSES})} \right| \quad (12)$$

3.2.2 Prévision du taux BBER dû à l'affaiblissement par la pluie

Le modèle de prévision du taux BBER dû à la pluie est fondé sur la relation entre le modèle d'affaiblissement dû à la pluie de l'UIT-R et la relation entre la puissance reçue et le BER du système de transmission considéré.

3.2.2.1 Procédure de calcul du taux BBER dû à l'affaiblissement par la pluie (étape par étape)

Les paramètres d'entrée sont les suivants: fréquence, longueur de bond, polarisation, zone de pluie, puissance à l'émission, gain de l'antenne d'émission, gain de l'antenne de réception, relation entre la puissance reçue et le BER, type de conduit SDH et longueur des rafales d'erreurs.

Etape 1: Calculer l'affaiblissement dû à la pluie dépassé pour 0,01% de temps, $A_{0,01}$, selon la méthode décrite dans l'Annexe 1 de la Recommandation UIT-R P.530.

Etape 2: Calculer la puissance nominale reçue sans affaiblissement dû à la pluie $P_{RXnominal}$.

Etape 3: A partir de la relation entre la puissance reçue et le BER (généralement obtenue auprès des fabricants d'équipements), déterminer la valeur de A_{SES} , A_{SES} étant la marge d'affaiblissement de la liaison radioélectrique pour $BER = BER_{SES}$ (voir le Tableau 1).

Etape 4: Calculer le pourcentage de temps annuel p_{aSES} pendant lequel l'affaiblissement dû à la pluie est supérieur à A_{SES} , selon la méthode indiquée dans l'Annexe 1 de la Recommandation UIT-R P.530.

Etape 5: Convertir le pourcentage de temps annuel p_{aSES} en pourcentage de temps pendant le mois le plus défavorable, p_{wSES} , selon la méthode indiquée dans la Recommandation UIT-R P.841.

Etape 6: A partir de la relation entre la puissance reçue et le BER (généralement obtenue auprès des fabricants d'équipements), déterminer la valeur de A_R , A_R étant la marge d'affaiblissement de la liaison radioélectrique pour le taux RBER).

Etape 7: Calculer le pourcentage de temps annuel, p_{aR} , pendant lequel l'affaiblissement dû à la pluie est supérieur à A_R , selon la méthode indiquée dans l'Annexe 1 de la Recommandation UIT-R P.530.

Etape 8: Convertir le pourcentage de temps annuel, p_{aR} , en pourcentage de temps pendant le mois le plus défavorable, p_{wR} , selon la méthode indiquée dans la Recommandation UIT-R P.841.

Etape 9: Convertir les pourcentages de temps pendant le mois le plus défavorable, p_{wSES} , et p_{wR} , en valeurs de probabilité correspondantes P_{wSES} et P_{wR} , où: ($P_{wSES} = p_{wSES}/100$ et $P_{wR} = p_{wR}/100$).

Etape 10: Calculer le taux BBER comme suit:

$$BBER = SESR \frac{\alpha_1}{2,8\alpha_2(m-1)} + \frac{N_B RBER}{\alpha_3} \quad (13)$$

où SESR est obtenu au moyen de l'équation (6)

et

$\alpha_1 =$ 1 à 30, nombre d'erreurs par rafale pour un BER compris entre 1×10 et BER_{SES}

$\alpha_2 =$ 1 à 20, nombre d'erreurs par rafale pour un BER compris entre BER_{SES} et RBER, où $\alpha_1/\alpha_2 \leq 2$

$\alpha_3 =$ 1, nombre d'erreurs par rafale pour un BER égal ou inférieur au RBER

N_B : nombre de bits/bloc (voir le Tableau 1)

m : pente de la courbe de distribution BER sur une échelle logarithmique pour un BER compris entre BER_{SES} et RBER, donnée par l'équation suivante:

$$m = \left| \frac{\log_{10}(RBER) - \log_{10}(BER_{SES})}{\log_{10}(P_{wR}) - \log_{10}(P_{wSES})} \right| \quad (14)$$

3.3 Pr evision du taux ESR

Le taux ESR d u à la propagation par trajets multiples et à la pluie est évalué comme suit:

$$ESR = \int_{BER_A}^{BER_B} f_{ESR}(x) g_{BER}(x) dx \quad (15)$$

où:

$f_{ESR}(x)$: relation entre ES et BER

$g_{BER}(x)$: fonction de densité de probabilité du BER

BER_A et BER_B : limites d'intégration (valeurs types de 1×10^{-12} et 1×10^{-3}).

3.3.1 Pr evision du taux ESR d u à la propagation par trajets multiples

La méthode de pr evision du taux ESR est fondée sur une approximation de l'intégrale qui figure dans l'équation (15).

3.3.1.1 Procédure de calcul du taux ESR d u aux trajets multiples ( tape par étape)

On trouvera ci-après une procédure, indiquée étape par étape, d'évaluation du taux ESR d u à des trajets multiples.

Etape 1: Calculer la probabilité d'interruption, P_{tR} , pour le taux RBER, selon les méthodes de pr evision des interruptions décrites dans l'Annexe 1 de la Recommandation UIT-R P.530 pour le système approprié:

$$P_{tR} = P_t(RBER) \quad (16)$$

Etape 2: Calculer la probabilité d'interruption à $BER = BER_{SES}$ comme à l'Etape 1:

$$P_{tSES} = P_t(BER_{SES}) \quad (17)$$

BER_{SES} étant indiqué dans le Tableau 1.

Etape 3: Calculer le taux SESR comme suit:

$$SESR = P_{tSES} = P_t(BER_{SES}) \quad (18)$$

Etape 4: Calculer le taux ESR comme suit:

$$ESR = SESR \sqrt[m]{n} + \frac{n N_B RBER}{\alpha_3} \quad (19)$$

où:

$\alpha_3 = 1$, nombre d'erreurs par rafale pour un BER inférieur à RBER

N_B : nombre de bits/bloc (voir le Tableau 1)

n : nombre de blocs/s (voir le Tableau 1)

m : pente de la courbe de distribution BER sur une échelle logarithmique pour un BER compris entre BER_{SES} et RBER, donnée par l'équation suivante:

$$m = \left| \frac{\log_{10}(RBER) - \log_{10}(BER_{SES})}{\log_{10}(P_{tR}) - \log_{10}(P_{tSES})} \right| \quad (20)$$

3.3.2 Prédiction du taux ESR dû à l'affaiblissement par la pluie

Le modèle de prédiction du taux ESR dû à la pluie est fondé sur la relation entre le modèle d'affaiblissement dû à la pluie de l'UIT-R et la relation entre la puissance reçue et le BER du système de transmission considéré.

3.3.2.1 Procédure de calcul du taux ESR dû à la pluie (étape par étape)

Les paramètres d'entrée sont les suivants: fréquence, longueur de bond, polarisation, zone de pluie, puissance à l'émission, gain de l'antenne d'émission, gain de l'antenne de réception, relation entre la puissance reçue et le BER, type de conduit SDH et longueur des rafales d'erreurs.

Etape 1: Calculer l'affaiblissement dû à la pluie dépassé pour 0,01% de temps $A_{0,01}$, selon la méthode décrite dans l'Annexe 1 de la Recommandation UIT-R P.530.

Etape 2: Calculer la puissance nominale reçue sans affaiblissement dû à la pluie $P_{RXnominal}$.

Etape 3: A partir de la relation entre la puissance reçue et le BER (généralement obtenue auprès des fabricants d'équipements), déterminer la valeur de A_{SES} , A_{SES} étant la marge d'affaiblissement de la liaison radioélectrique pour $BER = BER_{SES}$ (voir le Tableau 1).

Etape 4: Calculer le pourcentage de temps annuel, p_{aSES} , pendant lequel l'affaiblissement dû à la pluie est supérieur à A_{SES} , comme indiqué dans l'Annexe 1 de la Recommandation UIT-R P.530.

Etape 5: Convertir le pourcentage de temps annuel, p_{aSES} , en pourcentage de temps pendant le mois le plus défavorable, p_{wSES} , selon la méthode indiquée dans la Recommandation UIT-R P.841.

Etape 6: A partir de la relation entre la puissance reçue et le BER (généralement obtenue auprès des fabricants d'équipements), déterminer la valeur de A_R , A_R étant la marge d'affaiblissement de la liaison radioélectrique pour le taux RBER).

Etape 7: Calculer le pourcentage de temps annuel, p_{aR} , pendant lequel l'affaiblissement dû à la pluie est supérieur à A_R , comme indiqué dans l'Annexe 1 de la Recommandation UIT-R P.530.

Etape 8: Convertir le pourcentage de temps annuel, p_{aR} , en pourcentage de temps pendant le mois le plus défavorable, p_{wR} , selon la méthode indiquée dans la Recommandation UIT-R P.841.

Etape 9: Convertir les pourcentages de temps pendant le mois le plus défavorable p_{wSES} et p_{wR} en valeurs de probabilité correspondantes, P_{wSES} , et P_{wR} , de sorte que:

$$P_{wSES} = p_{wSES} / 100 \text{ et } P_{wR} = p_{wR} / 100$$

Etape 10: Calculer le taux ESR comme suit:

$$ESR = SESR \sqrt[m]{n} + \frac{n N_B RBER}{\alpha_3} \quad (21)$$

où le taux SESR est obtenu au moyen de l'équation (6)

et

$\alpha_3 =$ 1, nombre d'erreurs par rafale pour un BER inférieur au taux RBER

N_B : nombre de bits/bloc (voir le Tableau 1)

n : nombre de blocs/s (voir le Tableau 1)

m : pente de la courbe de distribution BER sur une échelle logarithmique pour un BER compris entre BER_{SES} et RBER, donnée par l'équation suivante:

$$m = \left| \frac{\log_{10}(RBER) - \log_{10}(BER_{SES})}{\log_{10}(P_{wR}) - \log_{10}(P_{wSES})} \right| \quad (22)$$

3.4 Pr evision de l'indisponibilité due aux effets de la propagation

Selon la d efinition en vigueur, l'indisponibilité est due à de longues p eriodes SES. Un système radioélectrique se trouve soit dans l'état de disponibilité soit dans l'état d'indisponibilité. S'il se trouve dans l'état de disponibilité et qu'une p eriodes SES supérieure à 10 s consécutives survient, il passe à l'état d'indisponibilité et la p eriodes SES devient une p eriodes d'indisponibilité. S'il se trouve dans l'état d'indisponibilité, il faut, pour qu'il passe à l'état de disponibilité, qu'il s'écoule une p eriodes de 10 s consécutives sans secondes SES. Pour le moment, on suppose que la p eriodes d'indisponibilité est due uniquement aux évanouissements causés par la pluie. Il est donc plus aisé de déterminer l'indisponibilité due à l'affaiblissement par la pluie selon la méthode de calcul du taux SESR d  à la pluie (voir les   3.1.2 et 3.1.2.1).

Si $Y = 0\%$ (voir la Note 1 du   3.1.2.1), le taux, $UR = P_{aSES}$ pour l'affaiblissement d  à la pluie, où $P_{aSES} = p_{aSES}/100$ (voir l'Etape 4 du   3.1.2.1).

Il est bien connu que l'évanouissement dû aux trajets multiples peut aussi provoquer des  v nements d'indisponibilité. Toutefois, à l'heure actuelle, aucune méthode admise de prévision d'indisponibilité due à la propagation par trajets multiples ou à d'autres effets dus au temps clair, n'est disponible.
