

Union internationale des télécommunications

**UIT-R**

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

**Recommandation UIT-R S.2099-0**  
(12/2016)

**Caractéristiques d'erreur à court terme  
admissibles pour un conduit numérique  
fictif de référence par satellite**

**Série S**  
**Service fixe par satellite**



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
<b>BO</b>	Diffusion par satellite
<b>BR</b>	Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision
<b>BS</b>	Service de radiodiffusion sonore
<b>BT</b>	Service de radiodiffusion télévisuelle
<b>F</b>	Service fixe
<b>M</b>	Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés
<b>P</b>	Propagation des ondes radioélectriques
<b>RA</b>	Radio astronomie
<b>RS</b>	Systèmes de télédétection
<b>S</b>	<b>Service fixe par satellite</b>
<b>SA</b>	Applications spatiales et météorologie
<b>SF</b>	Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe
<b>SM</b>	Gestion du spectre
<b>SNG</b>	Reportage d'actualités par satellite
<b>TF</b>	Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires
<b>V</b>	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, 2017

© UIT 2017

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 S.2099-0

**Caractéristiques d'erreur à court terme admissibles pour un conduit numérique fictif de référence par satellite**

(Question UIT-R 277/4)

(2016)

**Champ d'application**

La présente Recommandation définit la notion de *court terme* pour les systèmes de communication par satellite, compte tenu des tendances techniques actuelles en ce qui concerne les systèmes de communication par satellite et les normes dans ce domaine, et précise les objectifs relatifs aux caractéristiques d'erreur, selon le service et les informations concernés.

**Mots clés**

Objectifs relatifs aux caractéristiques d'erreur, conduit numérique fictif de référence par satellite, court terme.

**Abréviations/Glossaire**

3GPP	projet de partenariat de 3ème génération ( <i>3<sup>rd</sup> generation partnership project</i> )
ACM	codage et modulation adaptatifs ( <i>adaptive coding and modulation</i> )
BBE	bloc erroné résiduel ( <i>background block error</i> )
BER	taux d'erreurs sur les bits ( <i>bit error rate</i> )
bit/s	bits par seconde
CQI	information sur la qualité du canal ( <i>channel quality information</i> )
DVB	radiodiffusion vidéo numérique ( <i>digital video broadcasting</i> )
DVB-RCS	système de radiodiffusion vidéo numérique avec canal de retour par satellite ( <i>DVB-return channel via satellite</i> )
DVB-S2	système de radiodiffusion vidéo numérique de deuxième génération par satellite ( <i>second generation digital video broadcasting via satellite</i> )
EB	bloc erroné ( <i>errored block</i> )
EN	norme européenne
ES	seconde avec erreur ( <i>errored second</i> )
ETSI	Institut européen des normes de télécommunication
FER	taux d'erreurs sur les trames ( <i>frame error rate</i> )
GEO	orbite terrestre géostationnaire ( <i>geostationary earth orbit</i> )
$L_b$	longueur d'un bloc
$L_p$	longueur d'un paquet
LTE	évolution à long terme ( <i>long term evolution</i> )
$N_{bit\_allow}$	nombre admissible d'erreurs sur les bits

$N_{packet\_allow}$	nombre admissible d'erreurs sur les paquets
$P_{b\_req}$	BER requis
PER	taux d'erreurs sur les paquets ( <i>packet error rate</i> )
$P_{p\_req}$	PER requis
$R_b$	débit binaire d'informations exprimé en bits/s
$R_p$	débit de paquets, nombre de paquets par seconde
SES	seconde avec beaucoup d'erreurs ( <i>severely errored second</i> )
SNR	rapport signal/bruit ( <i>signal-to-noise ratio</i> )
TR	rapport technique ( <i>technical report</i> )
TS	spécification technique ( <i>technical specification</i> )

### Recommandations, Rapports et Résolutions UIT connexes

Recommandation UIT-R S.614-4	Taux d'erreur admissible dans un conduit numérique fictif de référence du service fixe par satellite fonctionnant en dessous de 15 GHz et faisant partie d'une communication internationale dans un réseau numérique à intégration de services.
Recommandation UIT-R S.1061-1	Utilisation de stratégies et de techniques de protection contre les évanouissements dans le service fixe par satellite.
Recommandation UIT-R S.1062-4	Caractéristiques d'erreur admissibles d'un conduit numérique fictif de référence de satellite fonctionnant au-dessous de 15 GHz.
Recommandation UIT-R S.1323-2	Niveaux maximaux admissibles de brouillage dans un réseau à satellite (OSG du SFS; non OSG du SFS; liaisons de connexion non OSG du SMS) occasionnés dans le service fixe par satellite par d'autres réseaux du SFS exploités dans le même sens, au-dessous de 30 GHz.
Recommandation UIT-R SF.1006	Détermination des possibilités de brouillage entre stations terriennes du service fixe par satellite et stations du service fixe.
Recommandation UIT-T G.826	Paramètres et objectifs relatifs aux caractéristiques d'erreur de bout en bout pour les connexions et conduits numériques internationaux à débit constant.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que les progrès réalisés dans le domaine des communications par satellite ont nécessité de définir des critères de brouillage à court terme;
- b) que les objectifs de qualité à court terme peuvent être utilisés pour mettre au point des critères de brouillage à court terme;
- c) que la qualité de fonctionnement des liaisons par satellite doit être suffisante afin que les objectifs de qualité de bout en bout et les besoins des utilisateurs finals puissent être respectés;

d) que, pour définir les critères relatifs aux caractéristiques d'erreur, il faut tenir compte de toutes les sources d'erreur prévisibles, notamment les conditions de propagation variables dans le temps et les brouillages,

*reconnaissant*

a) que les objectifs relatifs aux caractéristiques d'erreur à long terme sont indiqués dans les Recommandations UIT-R S.614 et UIT-R S.1062;

b) que les informations relatives aux techniques de transmission et de commande de puissance adaptatives susceptibles d'être utilisées pour compenser l'affaiblissement variable dans le temps sont fournies dans la Recommandation UIT-R S.1061;

c) que les informations relatives à la marge temporelle applicable au taux d'erreurs sur les bits (BER) définie dans les objectifs de qualité de fonctionnement à court terme imputable aux brouillages occasionnés dans un réseau à satellite sont fournies dans la Recommandation UIT-R S.1323;

d) que les informations relatives aux critères de brouillage à court terme applicables aux brouillages occasionnés entre les stations terriennes du service fixe par satellite et les stations du service fixe sont fournies dans la Recommandation UIT-R SF.1006,

*recommande*

**1** que le nombre d'erreurs sur les bits pendant la période correspondant au court terme,  $N_{bit\_allow}$ , ne dépasse pas  $R_b \times P_{b\_req}$  lorsque la qualité requise selon le service est spécifiée par le BER (voir la Note 1);

**2** que le nombre d'erreurs sur les paquets pendant la période correspondant au court terme,  $N_{packet\_allow}$ , ne dépasse pas  $R_b \times P_{b\_req}$  lorsque la qualité requise selon le service est spécifiée par le PER (voir les Notes 2 et 3);

**3** que le court terme soit défini égal à une seconde pour les liaisons par satellite géostationnaire «transparentes» utilisant la technique du codage et de la modulation adaptatifs (ACM);

**4** que la période correspondant au court terme soit éventuellement plus courte en fonction de l'orbite de satellite ou de la configuration du répéteur de satellite, qui peut par exemple être équipé d'un processeur embarqué (la durée minimale de la période serait le temps de transmission de bout en bout pour un seul bond);

**5** que le respect de l'objectif fixé pour  $N_{bit\_allow}$  ou  $N_{packet\_allow}$  soit éventuellement déterminé à la sortie de tout bloc fonctionnel utilisé pour améliorer les caractéristiques d'erreur, par exemple un décodeur ou un désentrelaceur;

**6** que les Notes suivantes soient considérées comme faisant partie de la présente Recommandation.

NOTE 1 –  $R_b$  correspond au débit binaire d'informations exprimé en bits par seconde (bit/s) et  $P_{b\_req}$  correspond au BER requis pour le service fourni par le système à satellites.

NOTE 2 – Le terme «paquet» peut être utilisé dans le même sens que «trame» si la qualité requise selon le service est spécifiée par le taux d'erreurs sur les trames (FER).

NOTE 3 –  $R_p$  correspond au nombre de paquets par seconde et est égal à  $R_b$  divisé par le nombre de bits par paquet;  $P_{p\_req}$  correspond au PER requis pour le service fourni par le système à satellites.

NOTE 4 – Les valeurs de  $P_{b\_req}$  et  $P_{p\_req}$  dépendent du service et de l'application, et il convient d'utiliser une marge de puissance appropriée pour obtenir l'une de ces valeurs.

NOTE 5 – La relation entre  $N_{bit\_allow}$  ou  $N_{packet\_allow}$  et les définitions des termes utilisés dans la Recommandation UIT-R S.1062 (Recommandation UIT-T G.826), y compris les secondes avec beaucoup d'erreurs et le taux de blocs erronés résiduels, figure dans le § 1.3 de l'Annexe 1.

## Annexe 1

### Objectifs relatifs aux caractéristiques d'erreur à court terme pour les systèmes de communication par satellite

#### 1 Considérations générales

##### 1.1 Définition de la notion de court terme dans les systèmes à satellites

Les systèmes à satellites peuvent être équipés de mécanismes de codage et de modulation adaptatifs (ACM) et/ou de commande de puissance afin de compenser efficacement les évanouissements dans le canal. En particulier si ces systèmes fonctionnent dans la gamme de fréquences supérieure à 10 GHz, l'adoption d'un mécanisme ACM peut constituer une option obligatoire pour compenser les affaiblissements importants dus à la pluie.

Comme le précise la Recommandation UIT-R S.1061 – Utilisation de stratégies et de techniques de protection contre les évanouissements dans le service fixe par satellite, un système adaptatif de compensation des évanouissements dus à la pluie est nécessaire pour prédire l'importance de l'affaiblissement dû à la pluie ou la qualité du signal compte tenu du temps de propagation aller-retour. Dans l'hypothèse d'un temps de propagation aller-retour de 0,25 seconde pour un système à satellites en orbite terrestre géostationnaire (GEO), la période de mise à jour pour le changement de mode (ou la période d'estimation des informations sur la qualité du canal (CQI)) ne devrait pas être trop inférieure à une seconde dans le cas où on utilise un répéteur «transparent». L'intervalle minimum sera de 0,5 seconde dans le cas d'un satellite GEO. Les facteurs d'évanouissement ou de brouillage au-delà de cette durée peuvent être convenablement détectés et compensés avec des moyens adéquats.

Pour les liaisons par satellite qui n'emploient pas de mécanisme ACM, l'intervalle correspondant au court terme peut être défini comme le temps de transmission sur une liaison entre une station pivot et un noeud, ou 0,25 seconde environ, pour un satellite géostationnaire. Une «station pivot» désigne une station centrale et un «noeud» une station distante.

Les satellites non géostationnaires auront des intervalles correspondant au court terme réduits, qui dépendront de l'altitude des satellites dans la constellation.

Par conséquent, si nous nous intéressons seulement aux systèmes à satellites OSG courants, la période correspondant au court terme doit être définie égale à une seconde. En outre, d'après une spécification relative aux transmissions par satellite récemment établie par l'Institut européen des normes de télécommunication (ETSI), on considère que le temps de réponse d'une boucle de récupération du rythme est de l'ordre d'une seconde dans le terminal de réception (voir le rapport technique ETSI TR 102 768 V1.1.1 (2009-04) relatif à la radiodiffusion vidéo numérique (DVB); canal d'interaction pour les systèmes de distribution par satellite; lignes directrices relatives à l'utilisation de la norme EN 301 790 dans des scénarios mobiles (*Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction channel for Satellite Distribution Systems; Guidelines for the use of EN 301 790 in mobile scenarios*)).

## 1.2 Objectifs relatifs aux caractéristiques d'erreur à court terme exprimés en nombre d'erreurs sur les bits ou d'erreurs sur les paquets

Lorsque le court terme est défini égal à une seconde, les objectifs de qualité doivent être définis à l'aide du taux d'erreurs sur les bits (BER) ou du taux d'erreurs sur les paquets (PER) en fonction du service, compte tenu des services multimédias fournis par des systèmes à satellites qui prévaudront à l'avenir. Par exemple, le BER requis est généralement de  $10^{-3}$  pour les services téléphoniques et de  $10^{-6}$  pour les services de données. Des exemples plus spécifiques d'objectifs de qualité selon le service font l'objet du Tableau 17 des lignes directrices destinées aux utilisateurs mobiles du système DVB-RCS tirées du rapport technique ETSI TR 102 768 V1.1.1 (2009-04) et du Tableau 6.1.7 de la spécification établie par le partenariat 3GPP concernant le système LTE-Advanced (3GPP TS 23.203 v.11.12.0 (2013-12)). Le taux d'erreurs requis pour le système de radiodiffusion vidéonumérique par satellite de deuxième génération (DVB-S2) est défini à l'aide du PER; plusieurs résultats d'estimation du PER avec différents mécanismes de codage et de modulation figurent dans le rapport technique ETSI TR 102 376-1 V1.2.1 (2015-11).

Le court terme est défini égal à une seconde, le BER dû aux évanouissements ou aux brouillages dépendra du débit d'informations. Plus le débit d'informations est élevé, plus le nombre de bits reçus erronés en raison des brouillages ou des évanouissements sera important sur un intervalle de temps donné. Afin de maintenir le BER requis pendant la période correspondant au court terme, le nombre admissible d'erreurs sur les bits,  $N_{bit\_allow}$ , peut être estimé de la manière suivante:

$$N_{bit\_allow} = R_b \times P_{b\_req} \quad (1)$$

où  $R_b$  correspond au débit binaire d'informations exprimé en bits par seconde (bit/s) et où  $P_{b\_req}$  correspond au BER requis défini pour un service particulier dans le système à satellites. Le Tableau 1 présente des exemples d'estimation de  $N_{bit\_allow}$  en fonction de  $R_b$  et  $P_{b\_req}$ , lorsque le court terme est défini égal à une seconde.

TABLEAU 1

**Nombre admissible de bits erronés pendant la période correspondant au court terme, une seconde, en fonction du BER requis**

Débit d'informations, $R_b$	BER requis, $P_{b\_req}$	Nombre admissible d'erreurs sur les bits, $N_{bit\_allow}$
9,6 kbit/s	$10^{-3}$	9
	$10^{-6}$	0
1,5 Mbit/s	$10^{-3}$	$1,5 \times 10^3$
	$10^{-6}$	1
155 Mbit/s	$10^{-3}$	$1,5 \times 10^5$
	$10^{-6}$	$1,5 \times 10^2$
1 Gbit/s	$10^{-3}$	$1,0 \times 10^6$
	$10^{-6}$	$10^3$

Si l'objectif de qualité est défini par le taux d'erreurs sur les paquets (PER) (ou par le taux d'erreurs sur les trames (FER)), le nombre admissible d'erreurs sur les paquets,  $N_{packet\_allow}$ , peut être estimé de la manière suivante, afin de maintenir le PER requis pendant la période correspondant au court terme:

$$N_{packet\_allow} = R_p \times P_{p\_req} \quad (2)$$

où  $R_p$  correspond au nombre de paquets par seconde et est donné par  $R_p = R_b/L_p$ , où  $L_p$  correspond à la longueur d'un paquet en nombre de bits.  $P_{p\_req}$  correspond au PER requis défini pour un service particulier dans le système à satellites. Un paquet MPEG est généralement composé de 188 octets.

### 1.3 Relations entre les termes utilisés dans la présente Recommandation et ceux employés dans la Recommandation UIT-R S.1062

La Recommandation UIT-R S.1062 emploie des paramètres relatifs aux caractéristiques d'erreur qui avaient au départ été définis dans la Recommandation UIT-T G.826. Chacun de ces paramètres peut être exprimé par le biais de  $N_{allow}$ ,  $R_b$ , et  $P_{b\_req}$  utilisés dans la présente Recommandation.

#### 1.3.1 Événements relatifs aux caractéristiques d'erreur pour les conduits

- Un bloc erroné (EB) est défini comme un bloc qui contient un ou plusieurs bits erronés. Le Tableau 1 de la Recommandation UIT-T G.826 comporte des définitions générales et des exemples de blocs. La longueur d'un bloc varie de 800 à 30 000 bits, selon le débit de service. Si la longueur d'un bloc est définie par  $L_b$ , alors un bloc erroné est un bloc dans lequel  $L_b \times P_{b\_req}$  ou  $L_b \times P_{p\_req}$  est supérieur ou égal à 1, pour un court intervalle de temps établi à une seconde.
- Une seconde avec erreur (ES) est définie comme une période d'une seconde qui contient un ou plusieurs blocs erronés.  
Au cours d'une seconde avec erreur,  $N_{bit\_allow}$  ou  $N_{packet\_allow}$  est toujours supérieur ou égal à 1, pour un court intervalle de temps établi à une seconde.
- Une seconde avec beaucoup d'erreurs (SES) est définie comme une période d'une seconde comportant au moins 30% de blocs erronés ou au moins un défaut (voir la Recommandation UIT-T G.826 pour la définition des défauts).  
Il convient de noter que les SES forment un sous-ensemble de l'ensemble des ES.
- Un bloc erroné résiduel (BBE) est défini comme un EB survenant en dehors d'une SES.

#### 1.3.2 Événements relatifs aux caractéristiques d'erreur pour les connexions

- Une seconde avec erreur (ES) est définie comme une période d'une seconde dans laquelle un ou plusieurs bits sont erronés ou pendant laquelle une perte du signal ou un signal d'indication d'alarme est détecté.  
Au cours d'une seconde avec erreur,  $N_{bit\_allow}$  ou  $N_{packet\_allow}$  est toujours supérieur ou égal à 1, pour un court intervalle de temps établi à une seconde.
- Une seconde avec beaucoup d'erreurs (SES) est définie comme une période d'une seconde comportant un taux d'erreurs sur les bits supérieur ou égal à  $10^{-3}$ .  
Au cours d'une seconde avec beaucoup d'erreurs,  $N_{bit\_allow}$  est toujours supérieur ou égal à  $R_b \times 10^{-3}$ .

## 2 Principes opérationnels du codage et de la modulation adaptatifs

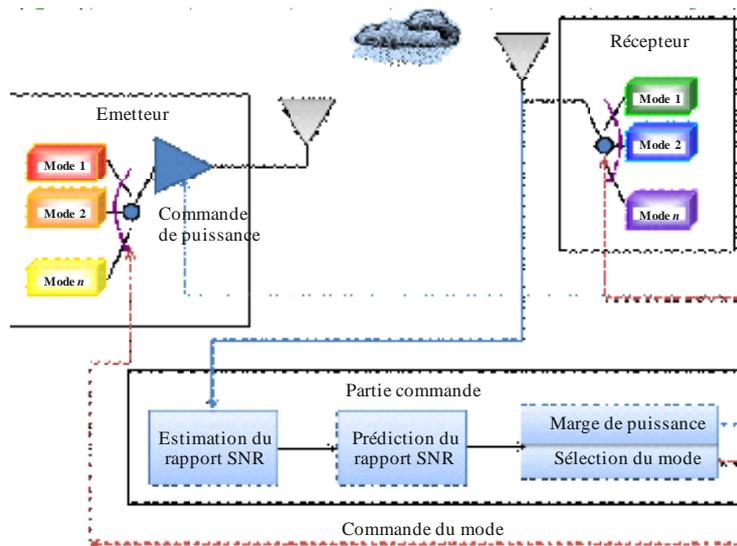
En raison de caractéristiques variables dans le temps des canaux hertziens, on envisage l'adoption de mécanismes de codage et de modulation adaptatifs dans la plupart des systèmes modernes de communication par satellite. L'emploi du codage et de la modulation adaptatifs influence grandement la capacité d'une liaison par satellite à remplir les objectifs de qualité en matière d'erreur. Cet effet est reflété dans le bilan de liaisons. Cette section a pour objectif de proposer des principes opérationnels de base du codage et de la modulation adaptatifs, ce qui aiderait les ingénieurs en systèmes à satellites à utiliser l'objectif de qualité en matière d'erreur fixé. La Recommandation UIT-R S.1061 contient

des renseignements supplémentaires sur l'utilisation du codage et de la modulation adaptatifs pour des applications point à multipoint.

La Figure 1 montre le schéma fonctionnel d'un exemple de concept d'exploitation de codage et de modulation adaptatifs pour les liaisons point à point. On peut employer la technique de transmission adaptative utilisant le codage et la modulation adaptatifs et la commande de puissance pour compenser les évanouissements ou les brouillages à court terme susceptibles de se produire sur la liaison. La technique de transmission adaptative fait intervenir des mécanismes de transmission efficaces sur le plan spectral dans des conditions normales et commute vers des mécanismes efficaces en termes de puissance pour compenser les évanouissements ou les brouillages. Etant donné que pour l'opération de commutation, il est nécessaire de connaître l'historique de la qualité du signal reçu ou le rapport signal/bruit (SNR) et de prédire le SNR pour la période d'émission suivante, une partie commande est requise.

Le mécanisme de commande consiste en l'estimation du rapport SNR, en la prédiction de ce rapport SNR et en la sélection du mode. Pour la prédiction du rapport SNR, du côté réception, il faut tenir compte du temps de propagation aller-retour sur une liaison par satellite. L'intervalle de mise à jour pour l'attribution du mode ne peut être inférieur à deux fois le temps de propagation pour un bond. La fonction de sélection du mode attribue de façon adaptative aux côtés émission et réception des mécanismes de transmission appropriés, tels que des mécanismes de codage et de modulation. En outre, une marge de puissance peut être appliquée de façon adaptative pour compenser toute erreur susceptible de se produire par suite d'erreurs dans l'estimation du rapport SNR, dans la prédiction du rapport SNR, ou dans la sélection du mode.

FIGURE 1  
Concept d'exploitation du codage et de la modulation adaptatifs

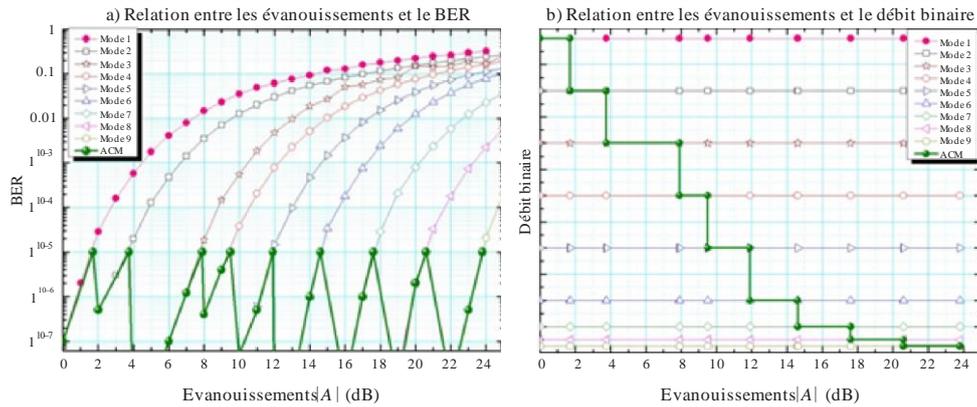


S.2099-0

Les Figures 2a) et 2b) illustrent respectivement la relation entre les évanouissements (ou les brouillages) et le BER, et entre les évanouissements et le débit binaire, selon si l'on utilise le codage et la modulation adaptatifs ou non. Dans l'exemple indiqué dans la Fig 2, on suppose que neuf modes de codage et de modulation adaptatifs, du mode 1 au mode 9, sont employés pour compenser les évanouissements, et que le BER requis est de  $10^{-5}$ . On suppose également que le SNR du système est défini à une valeur qui produit un BER de  $10^{-5}$  avec le mode 1.

FIGURE 2

**Impact des évanouissements sur le BER et sur le débit binaire  
en utilisant le codage et la modulation adaptatifs**



S.2099-0

Le rapport technique ETSI TR 102 376-1 V1.2.1 (2015-11) contient de plus amples informations sur le fonctionnement du codage et de la modulation adaptatifs sur une liaison aller pour le système DVB-S2. Le rapport technique ETSI TR 101 545-4 V1.1.1 (2014-04) contient plus de précisions quant à son fonctionnement sur une liaison retour pour le système DVB-RCS2.