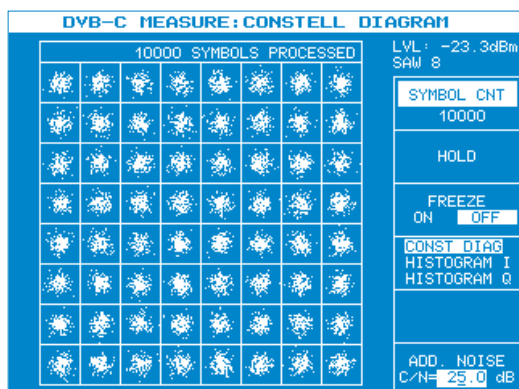


## La bonne mesure

## SNR et MER sur signaux à modulation numérique avec bruit additif

Cette aide-mesure décrit la relation entre le bruit superposé dans le canal (rapport porteuse/bruit C/N) et le rapport signal/bruit (SNR) maximal pouvant être mesuré dans le récepteur de mesure pour différentes normes de transmission de la télévision numérique. Elle présente aussi un logiciel qui détermine automatiquement le taux d'erreurs binaires BER en fonction du C/N.

Fig. 1  
Ecart des valeurs de mesure par rapport à la position idéale en raison du bruit (C/N = 25 dB) à l'exemple de la modulation 64QAM, mesuré avec le récepteur de mesure TV R&S EFA.



## Calcul du SNR

La transmission des signaux à modulation numérique peut être affectée par de nombreuses perturbations qui doivent être analysées et quantifiées, par exemple avec le récepteur de mesure TV haut de gamme R&S EFA de Rohde & Schwarz. L'utilisateur s'intéresse parfois aussi à des cas spéciaux, comme l'influence du bruit blanc gaussien additif. Le bruit entrant dans le canal de transmission (qui est décrit par le rapport puissance de porteuse  $C$  à puissance de bruit  $N$  dans le canal de transmission) conduit les valeurs de mesure à s'écarter de la position idéale dans le diagramme de constellation (fig. 1). Dans le cas extrême, cela produit des erreurs binaires. Contrairement au rapport C/N, le SNR est déterminé à partir des données I/Q et représente ainsi une grandeur en bande de base. Des algorithmes de mesure appropriés permettent de déterminer les composantes de bruit à partir des données de constellation en éliminant par calcul d'autres influences parasites, telles que bruit de phase, porteuse résiduelle, etc., (méthode de réduction). Le rapport entre la valeur effective des données utiles et l'erreur effective réduite est appelé SNR (rapport signal/bruit) et s'exprime généralement en dB. En mettant la valeur effective des données utiles en relation avec l'erreur effective sans réduction, on obtient l'erreur de modulation MER (Modulation Error Ratio). La valeur MER en dB est donc toujours inférieure à la valeur SNR (c'est-à-dire plus mauvaise). Une autre grandeur de mesure courante est le vecteur d'erreur EVM (Error Vector Magnitude) qui s'obtient par le rapport entre

l'erreur totale (ou erreur cumulée) et la valeur de crête des données utiles et qui s'exprime en %.

## Rapport entre C/N et SNR

Le rapport porteuse/bruit dans le canal (C/N) est déterminé à partir de la densité de puissance de bruit  $N_0$  du canal et la bande passante de bruit  $B$ . On emploie généralement le débit de symboles comme bande passante de bruit (le demi-débit de symboles pour le procédé VSB) pour les signaux monoporteuse, la bande passante du canal de transmission (par exemple 8 MHz) pour les signaux OFDM. Les composantes de bruit demeurent inchangées lorsque l'on utilise la méthode de réduction. Le bruit dans le canal de transmission (C/N) agit donc directement sur le SNR. Quelques particularités doivent néanmoins être prises en considération.

## Modulation monoporteuse sans pilote (QAM, par exemple DVB-C/-S, J.83/B)

Le filtrage du signal reçu dans le filtre racine de cosinus (filtre de Nyquist) forme le signal utile autrement que le bruit. Le rapport entre ces deux composantes est ainsi également modifié (fig. 2).

## Modulation avec pilote (par exemple DVB-T)

Un pilote (sous-porteuse) éventuellement présent est contenu dans la puissance totale, il ne fait cependant pas partie des composantes utiles du signal. Cela conduit aussi à une modification du SNR pouvant être obtenu pour un C/N donné et doit être pris en considération dans les calculs (fig. 2).

| Modulation et norme TV                 | Bande passante de bruit $B_N$  | $SNR_{max} / dB = C/N / dB + k$   |
|--|--|---|
| QAM (DVB-C, $r = 0,15$ )               | $B_N =$ débit de symboles (R&S EFA Mod. 60/63)                         | $k = -0,1660$ dB  |
| QAM (DVB-C, $r = 0,15$ )               | $B_N =$ bande passante de canal (R&S EFA Mod. 20/23)                   | $k = -0,1660$ dB + $10 \times \log$ (bande passante canal / débit symboles) |
| QAM (J.83/B, $r = 0,12$ )              | $B_N =$ débit de symboles (R&S EFA Mod. 70/73)                         | $k = -0,1323$ dB  |
| QAM (J.83/B, $r = 0,18$ )              | $B_N =$ débit de symboles (R&S EFA Mod. 70/73)                         | $k = -0,2000$ dB  |
| OFDM (DVB-T, avec pilote)              | $B_N =$ bande passante de canal = 8 ou 7 ou 6 MHz (R&S EFA Mod. 40/43) | $k = -0,1169$ dB  |
| 8VSB (ATSC, avec pilote, $r = 0,115$ ) | $B_N =$ débit de symboles/2 (R&S EFA Mod. 50/53)                       | $k = -0,4387$ dB  |

| Modulation et norme TV                 | Bande passante de bruit $B_N$ | $SNR_{max} / dB = C/N / dB + k$ |
|--|-------------------------------|---------------------------------|
| QAM (J.83/B, $r = 0,12$ )              | $B_N =$ débit de symboles     | $k = -0,1323$ dB                |
| QAM (DVB-C, $r = 0,15$ )               | $B_N =$ débit de symboles     | $k = -0,1660$ dB                |
| QAM (J.83/B, $r = 0,18$ )              | $B_N =$ débit de symboles     | $k = -0,2000$ dB                |
| QPSK (DVB-S, $r = 0,35$ )              | $B_N =$ débit de symboles     | $k = -0,3977$ dB                |
| OFDM (DVB-T, avec pilote)              | $B_N =$ bande passante utile  | $k = -0,3345$ dB                |
| 8VSB (ATSC, avec pilote, $r = 0,115$ ) | $B_N =$ débit de symboles/2   | $k = -0,4387$ dB                |

Fig. 2 A gauche: SNR (bruit en bande de base) maximal mesurable en fonction du C/N (bruit dans le canal de transmission) compte tenu des paramètres de modulation. Source de bruit: récepteur de mesure TV R&S EFA. Pour un C/N donné, le SNR ou le MER pouvant effectivement être obtenu ne peut pas dépasser les valeurs maximales indiquées, qui

doivent donc être considérées comme une limite supérieure théorique. Des effets de quantification, des bruits d'émetteurs et des effets d'arrondi dans le traitement du signal conduisent pratiquement toujours à des valeurs SNR et MER en dessous des limites indiquées.

A droite: comme tableau gauche, mais la source de bruit est l'émetteur de mesure TV R&S SFQ.

### Procédé monoporteuse avec pilote (par exemple ATSC)

Ces deux effets doivent être pris en compte. Les représentations graphiques du BER mentionnées dans la littérature utilisent en général le SNR comme paramètre et non le C/N.

### Logiciel de représentation du BER en fonction du C/N

Pour la mesure automatique du taux d'erreurs binaires BER en fonction du bruit du canal (C/N), Rohde & Schwarz a développé un logiciel qui permet de commander aisément le récepteur de mesure TV R&S EFA à partir d'un PC. Ce logiciel extrait les valeurs BER en différents points (avant ou après la correction d'erreur) et les représente graphiquement (fig. 3). Le générateur de bruit interne au R&S EFA est utilisé pour régler la valeur C/N. Le logiciel effectue automatiquement toutes les conversions entre C/N et SNR décrites dans le tableau de la figure 2 et les représente, à la demande, sous forme d'une double échelle (C/N et SNR ou S/N). Le temps de mesure est adapté automatiquement en fonction du BER mesuré. Dénommé

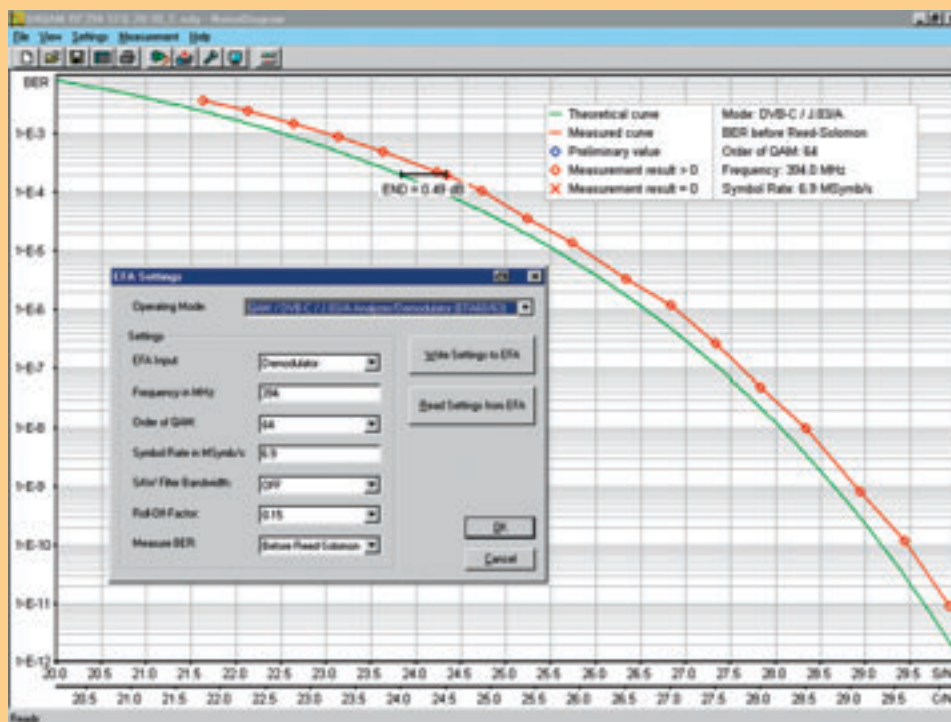


Fig. 3 Mesure du taux d'erreurs binaires BER en fonction de la valeur C/N du canal, avec conversion en valeurs SNR possibles (deuxième échelle, S/N, voir aussi tableau gauche de la figure 2). Le bruit est créé par le générateur de bruit du récepteur de mesure TV R&S EFA. La représentation se fait à l'exemple de DVB-C. Vert: courbe théorique; rouge: courbe effectivement mesurée. La dégradation équivalente de bruit (END) est déterminée automatiquement à partir des valeurs de mesure.

EFA-NoiseDiagram, ce logiciel peut être téléchargé gratuitement à partir du site Internet de Rohde & Schwarz.

Christoph Balz