

## RAPPORTS SIGNAL/BRUIT

### nécessaires dans les circuits des communications HF

F6AEM Serge MALLET

Depuis longtemps, l'IUT et le CCIR ont défini (résumé) ces valeurs dans divers rapports : rapport 322 (Genève, 1963) "Répartition mondiale et caractéristiques des bruits atmosphériques radioélectriques", ainsi que l'avis 339-5 (Genève, 1982) "largeurs de bande, rapports signal/bruit et marges contre les évanouissements dans l'ensemble des circuits".

Ceci permet de définir les moyens à mettre en oeuvre pour obtenir une qualité de service donnée, en fonction des atténuations de parcours, du bruit, et d'établir les prévisions de propagation afin d'obtenir le niveau de champ  $E_2$  minimal nécessaire à la réception pour un service donné. Ceci est résumé dans le tableau ci-contre.

**Qu'en est-il du PSK 31 et autres modes "modernes" ?** Concernant les "qualités annoncées" du PSK, il répond, comme l'avait signalé F6CER en son temps, à tous les critères connus des autres modes de transmission, concernant le rapport signal/bruit, la bande passante du récepteur, l'encombrement du spectre, etc. En lisant le manuel du MULTIPSK de F6CTE, on peut y trouver les signaux minimum exprimés en dB dans une bande passante de 3 kHz pour les divers modes. (voir figure 1 & 2)

Tableau de correction pour tenir compte de la nature du service					
Classe d'émission	Largeur de bande du récepteur		Qualité de service	Rapport Signal/bruit en audiofréquence (dB)	Correction du rapport S/B <sub>0</sub> en HF (dB)
	avant Démodulation (kHz)	après Démodulation (kHz)			
Télégraphie A1A 8 bauds	3	1,5	Réception auditive pour assurer la protection pendant 90 % du temps	(1) -4	Ref. 0 dB = 31 µV/m (2) (3) 0
Télégraphie A1B 50 bauds, téléimprimeur	0,25	0,25	Qualité commerciale pour assurer la protection pendant 99,99 % du temps	16	9
120 bauds, onduleur	0,6	0,6		10	7
Télégraphie F1B 50 bauds, téléimprimeur	1,5	0,1	Probabilité d'erreur sur les caractères : 10 <sup>-2</sup> 10 <sup>-3</sup> 10 <sup>-4</sup>		14 20 25
Téléphoto (FAX) F4 60 t/mn	1,1	3	Commercialement marginale Commercialement bonne	15 20	19 24
Téléphonie A3E Double bande latérale Avec porteuse	6	3	Juste utilisable (4) Difficilement commerciale (5) Bonne qualité commerciale (6)	6 15 33	19 28 36
Téléphonie A3J Bande latérale unique Porteuse supprimée	3	3	Juste utilisable (4) Difficilement commerciale (5) Bonne qualité commerciale (6)	6 15 33	16 25 33

Notes :

- (1) Largeur de bande de bruit égale à la largeur de bande, après démodulation du récepteur. Pour la téléphonie à bandes latérales indépendantes, la largeur de bande de bruit est égale à la largeur de bande, après démodulation d'une seule voie.
- (2) La correction est à ajouter au champ  $E_2$  minimal nécessaire à la réception donné par rapport à la télégraphie A1A, 8 bauds, prise comme référence (ref. 0 dB = 1 µV/m), sans diversité.  
 $E_2 \text{ min (télég. A1A, 8 bd) = bruit (bande de 1 Hz) + 31(dB)}$ .
- (3) Pour se protéger des fluctuations lentes du champ (fading), on ajoutera 10 dB.
- (4) Pour une intelligibilité de 90 % pour les phrases.
- (5) Correction fondée sur une protection pendant 80 % du temps.
- (6) Correction fondée sur une protection pendant 90 % du temps.

F6CTE m'a signalé avoir défini le rapport signal/bruit (conventionnellement) comme la puissance du signal divisée par la puissance du bruit sur une bande "équivalente" de 3 kHz. Pour faire ces tests, le signal et le bruit sont générés numériquement donc exactement. Mais il faut comparer les choses avec les mêmes références. La mesure du signal/bruit (S/B) retenue de nos jours

dans les réseaux de communications fait référence à celui mesuré dans une bande passante de 1 Hz (S/Bo), comme le fait le tableau du CCIR présenté plus haut.  $S/Bo = S/B + 10 \log (BP)$ , donc pour BP = 3 kHz,  $S/Bo = S/B + 10 \log (3000) = S/B + 34 \text{ dB}$ . Nous ferons l'étude sur le cas du BPSK31, les calculs étant à faire de la même manière pour les autres modes.

Figure1

MODE	Niveau min (dB)
CW lente à l'oreille à env 10 mpm	-20 dB
BPSK31	-11,5
PSK63	-7
PSK63F	-12
PSK10	-17,5
PSKFEC31	-14,5
PSKAM50	-11,5
PSKAM31	-14
PSKAM10	-19,5
CCW (CW cohérente) à 12 mpm	-12
CCW (CW cohérente) à 24 mpm	-8
CCW (CW cohérente) à 48 mpm	-5

Pour ce mode, le signal minimum mesuré de -11,5 dB dans une bande de 3000 Hz correspond à :

$$S/B_0 = -11,5 + 34 = 22,5 \text{ dB/Hz.}$$

Ces 22,5 dB/Hz sont à comparer avec la valeur que retient le CCIR comme signal pour la télégraphie F1B 50 bauds, téléimprimeur pour une probabilité d'erreur sur les caractères (*Bit Error Ratio*) de :

$$10^{-2} = 14 \text{ dB/Hz,}$$

$$10^{-3} = 20 \text{ dB/Hz, et}$$

$$10^{-4} = 25 \text{ dB/Hz.}$$

Il faut, selon le rapport du CCIR, rajouter 10 dB à ces valeurs si l'on veut se protéger du QSB.

#### Que pouvons-nous en conclure, côté pratique ?

A première vue, le PSK pourrait être assimilé au RTTY F1B, 50 Bd, avec filtre 100 Hz.

Mais la détection avec mise en forme finale, faite par les circuits DSP de la carte son, améliore la bande passante après détection, et l'utilisation d'une table de décodage par "VITERBI" améliore les performances pour le taux d'erreur.

Il me semble sous ces conditions, et en fonction de mes observations en trafic réel, pouvoir retenir une

valeur qui se situerait entre les données pour le RTTY F1B avec BER de  $10^{-2}$  et celles pour le RTTY A1B. Et je retiendrais, comme correction pour le service PSK, une valeur de 12 dB.

Le champ  $E_2$  min nécessaire serait alors :

$$E_{2 \text{ min}} (\text{PSK}) = E_{2 \text{ min}} (\text{CW A1B}) + 12 \text{ dB.}$$

Sachant que, en pratique, dans des conditions de bruit calme, un opérateur CW est capable de décoder à l'oreille, en télégraphie à vitesse moyenne, un signal compris dans ce bruit, avec un niveau S-mètre inférieur à S1, on peut conclure que le niveau acceptable pour le PSK dans les mêmes conditions de bruit serait alors de S0 à S1 + 12 dB, donc compris entre S2 et S3.

Si l'on doit se protéger du QSB, on doit rajouter 10 dB, ce qui nécessite donc un signal de S3 à S4.

Je n'entrerai pas ici dans la détermination des niveaux de bruit, en fonction de la saison, du trafic diurne ou nocturne, de la zone de réception (*résidentielle, industrielle, etc.*), de la fréquence, et autres paramètres affectant le signal reçu et le rapport S/B, ni bien entendu d'un brouillage par une autre station.

En approche simplifiée, on peut conclure que le PSK nécessite, en général, un niveau de réception de 3 points S au-dessus du signal nécessaire à la réception de la télégraphie auditive. Ceci ne correspond pas à la valeur de S1 annoncée par certains OM, qui me semble optimiste, et que je n'ai jamais constatée dans des conditions normales de trafic.

En comparaison, la réception en BLU nécessite un niveau de +26 à +43 dB (*avec correction pour le QSB*), soit un minimum d'environ S5 pour une réception "Juste utilisable" (RS 35), de S7 pour une réception "Difficilement commerciale" (RS 47) et de S8 à S9 pour une "bonne qualité commerciale" (RS 58 à 9) !

De plus, en ce qui concerne la détection de signaux "digitaux", il faut savoir qu'en-dessous d'un seuil de niveau précis, dépendant des qualités du circuit de détection numérique par rapport au signal/bruit à son entrée; la réception décroche totalement. Il suffit de voir ce qui se passe en télévision numérique : en-dessous du seuil de décodage, l'image se "pixellise" et se fige. En télévision analogique, l'image se couvre de "neige" de plus en plus épaisse, mais on devine encore longtemps des formes à l'intérieur. On est donc amené, en numérique, à retenir une marge opérationnelle qu'il faut maintenir au-dessus du seuil de décrochage.

C'est ce qui nous attend avec la future télévision hertzienne numérique ! Par contre, une fois le seuil fonctionnel de décodage atteint, rien ne sert d'aug-

menter le signal d'entrée puisque la logique de traitement des signaux numériques les convertit à des niveaux électriques 0 ou 1, sans valeur intermédiaire ni supérieure.

C'est ce qui fait dire qu'il n'est pas nécessaire d'avoir beaucoup de puissance à l'émission : Ceci n'est vrai que si la niveau reçu permet de dépasser le seuil de décodage, et de se maintenir dans la marge opérationnelle.

Beaucoup d'opérateurs PSK se targuent de n'utiliser que 5 watts à l'émission. C'est oublier que cela ne représente jamais que -13 dB par rapport à 100 watts, donc à peine deux malheureux petits points S.

Si donc l'on est capable d'être reçu S8 par le correspondant, en SSB, on est alors reçu à équivalence de S6 en PSK, qui est au dessus des valeurs nécessaires estimées plus haut. Pour descendre au S4 estimé comme valeur opérationnelle, il faudrait encore diminuer la puissance de 12 dB, soit jusqu'à  $\approx 400 \text{ mW}$ .

Avec une calculette, on peut vérifier que :  
 $-24 \text{ dB} = [\text{inv}] \log 24/10 \approx 251$ , donc  $100 \text{ W} / 251 = 0,398 \text{ W}$ , soit  $\approx 400 \text{ mW}$ ,  
 et que  $G_{\text{dB}} = 10 \times \log (P_1/P_2) = 10 \times \log (100/0,398) = 10 \times \log 251 = 10 \times 2,4 = 24 \text{ dB}$ .

Cela émerveille toujours beaucoup de monde lors de trafic en QRP !

Cela permet aussi de contrôler l'efficacité de son antenne, et l'étalonnage du S-mètre !

J'utilise divers programmes pour la réception du PSK 31, et les résultats sont variables de l'un à l'autre.

Figure2

MODE	Niveau min (dB)
CW lente à l'oreille à env 10 mpm	-20 dB
THROB à 1 Bd	-16
THROB à 2 Bd	-14,5
THROB à 4 Bd	-12
MFSK16	-13,5
MFSK8	-15,5
MT63 à 5 Bd	-8
MT63 à 10 Bd	-5
MT63 à 20 Bd	-2
FELD HELL	-12
PSK HELL à 245 Bd	-10
HELL 80	-4

# technique

Certains signaux très faibles peuvent être visualisés par un procédé de traitement avec retard, comme le fait le "waterfall" de ces programmes, et comme on sait le faire en télégraphie très lente sur 137 kHz, mais autant en décodage direct, sur déca, je n'ai jamais réussi à décoder quelque chose de cohérent pour des signaux inférieurs au bruit de bande. Seuls les signaux au-dessus du bruit, visibles par de petites pointes de crête sur le "scope", sont décodables, quel que soit le programme utilisé parmi ceux à ma disposition.

Je reste intéressé par toutes observations pratiques et avec un S-mètre "réaliste" des possibilités opérationnelles du BPSK 31 et des autres modes numériques vis à vis du niveau de bruit et du QRM, afin de pouvoir réajuster, si nécessaire, mes estimations. Je suis également preneur des caractéristiques techniques découlant du traitement par le DSP.

### Bibliographie :

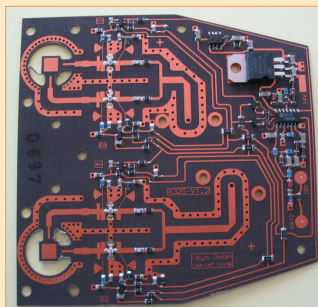
- Avis 339-5 du CCIR (Genève 1963)
- Rapport 322 du CCIR, (Genève 1983).
- La propagation des ondes, Serge Cannivenc (F8SH), Tome 1 : Evaluation des circuits de communication. SORACOM 1984
- Instruction d'emploi des prévisions de propagation ionosphérique des ondes radio électriques. CNET, 1991
- Satellite communications technology (K. Miya) -Ed. KDD Engineering and Consulting, Inc, 1983

## DOUBLEUR 12/24 GHz PAS CHER

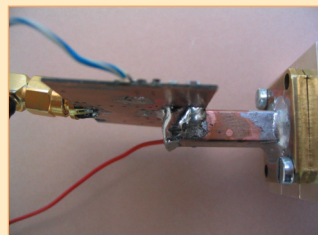
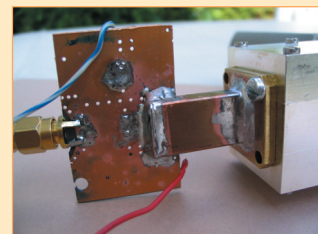
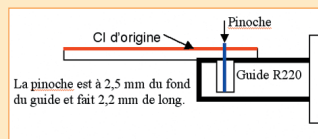
F6CXO Gérard - f6cxo@wanadoo.fr

vendu à CJ 2004 par I2FHW pour 3 €  
I2FHW = R.F. ELETTRONICA  
rf.elettronica@tiscalinet.it

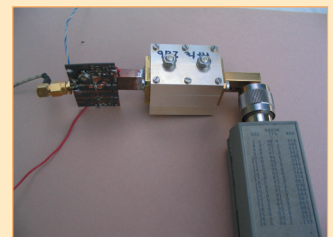
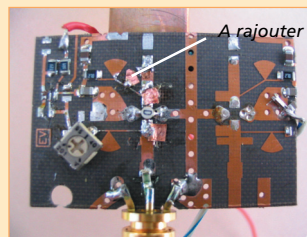
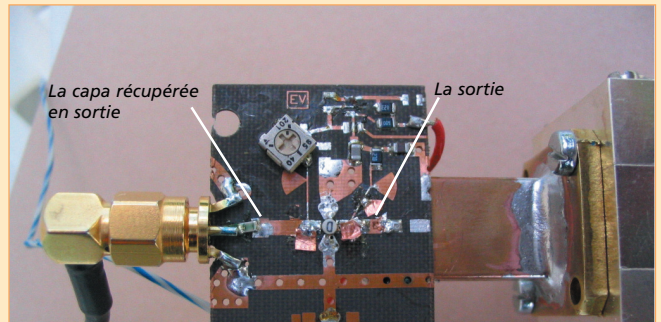
La platine a été achetée au départ pour récupération des 4 NE32584. Après examen, il est assez rare de trouver des platines aussi bien alignés et aussi propices à des modifications. Après les premières manip sur les préamplis 10 GHz pas chers, l'idée m'est venue de tester ces circuits en doubleur 12/24 GHz.



En sortie, un bout de guide sert à récupérer le signal par un petit bout de coax de 1,7 mm débarrassé de sa gaine extérieure



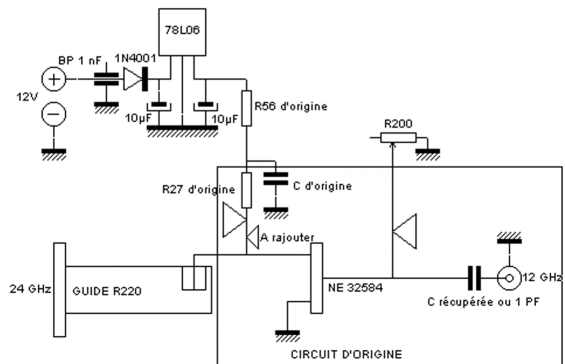
Le guide d'onde de sortie vu de côté.



Le CI vu de dessus avec les clinquants d'optimisation.

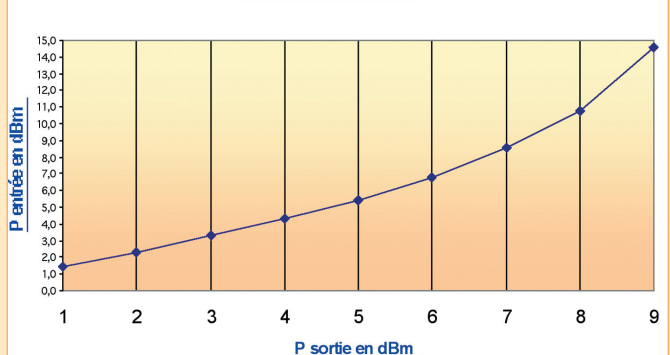
La manip complète, le filtre OE9PMJ permet de lever le doute sur la mesure.

### DOUBLEUR 12/24 GHz par F6CXO



Le schéma électrique : encadré, le schéma d'origine. L'alimentation est simplifiée à l'extrême.

### Doubleur 12/24 GHz



Le résultat des mesures : V drain = 2,315 V ; I drain = 40 mA  
Perte dans le filtre = 2 dB