

Dynamique des STN de contest 144MHz

Partie 3 : Mesures des récepteurs

Par François, HB9BLF

L'article du bulletin SUNE de novembre 2016 montrait la façon de calculer le bilan de propagation en espace libre entre 2 stations. La formule de Friis, qui permet le calcul du niveau du signal reçu, donnait dans le cas d'un RX placé à 60km d'une station opérant avec 1KW et un bon groupement d'antenne un niveau reçu de -16dBm (25 microwatts). Comparé à un bruit de fond au niveau de l'antenne RX de -135dBm, la dynamique du signal reçu était alors de 119dB.

Nous avons mesuré la dynamique de 18 stations 144MHz. L'article précédent (partie 2, parue dans le bulletin SUNE de juillet 2017) décrivait les mesures de dynamiques faites sur les émetteurs.

Cet article (partie 3) détaille les mesures de dynamiques faites sur les récepteurs.

Un rapport détaillé de toutes les mesures est disponible sur le site www.hb9ww.org:

Version actuelle : « TN2016_12_20_TRX_144MHz_Mesures_V8 »

Il est mis à jour chaque fois qu'il y a des nouvelles mesures.

Dynamique des appareils en mode RX ; méthode de mesure

La [fig. 1](#) à la page suivante montre l'appareillage utilisé pour les tests au laboratoire.

Pour tester les récepteurs, nous utilisons les équipements suivants :

- Appareil de mesure pour modulations analogiques 400kHz - 1GHz, HP 8920B
- Pilote à quartz centré sur 144.300MHz, $P_{OUT} = -10dBm$
- Atténuateur variable $0 \dots -100dB$
- Power Combiner / Splitter 144MHz
- Voltmètre basse fréquence (BF)

Le schéma électrique du dispositif de test est à la [fig. 2](#). L'entrée du récepteur est connectée à travers un « power combiner » à l'appareil de test RF (HP-8920B), qui donne un signal CW de faible amplitude sur la fréquence à recevoir (f_{RF}), et à une source de signal perturbateur ($f_{Interferer}$).

Le signal perturbateur est un pilote à quartz alimenté sur pile qui délivre un signal sur $f_{Interferer} = 144.300MHz$ avec un niveau de -10Bm (100µW). Un atténuateur variable en série permet de régler son amplitude.

Le récepteur est en mode SSB. Sa sortie audio est envoyée sur l'entrée BF du HP-8920B et également en parallèle sur un voltmètre BF (Noise-meter).

On mesure tout d'abord la sensibilité du récepteur.

Ensuite, on mesure sa résistance à un signal perturbateur de forte amplitude.

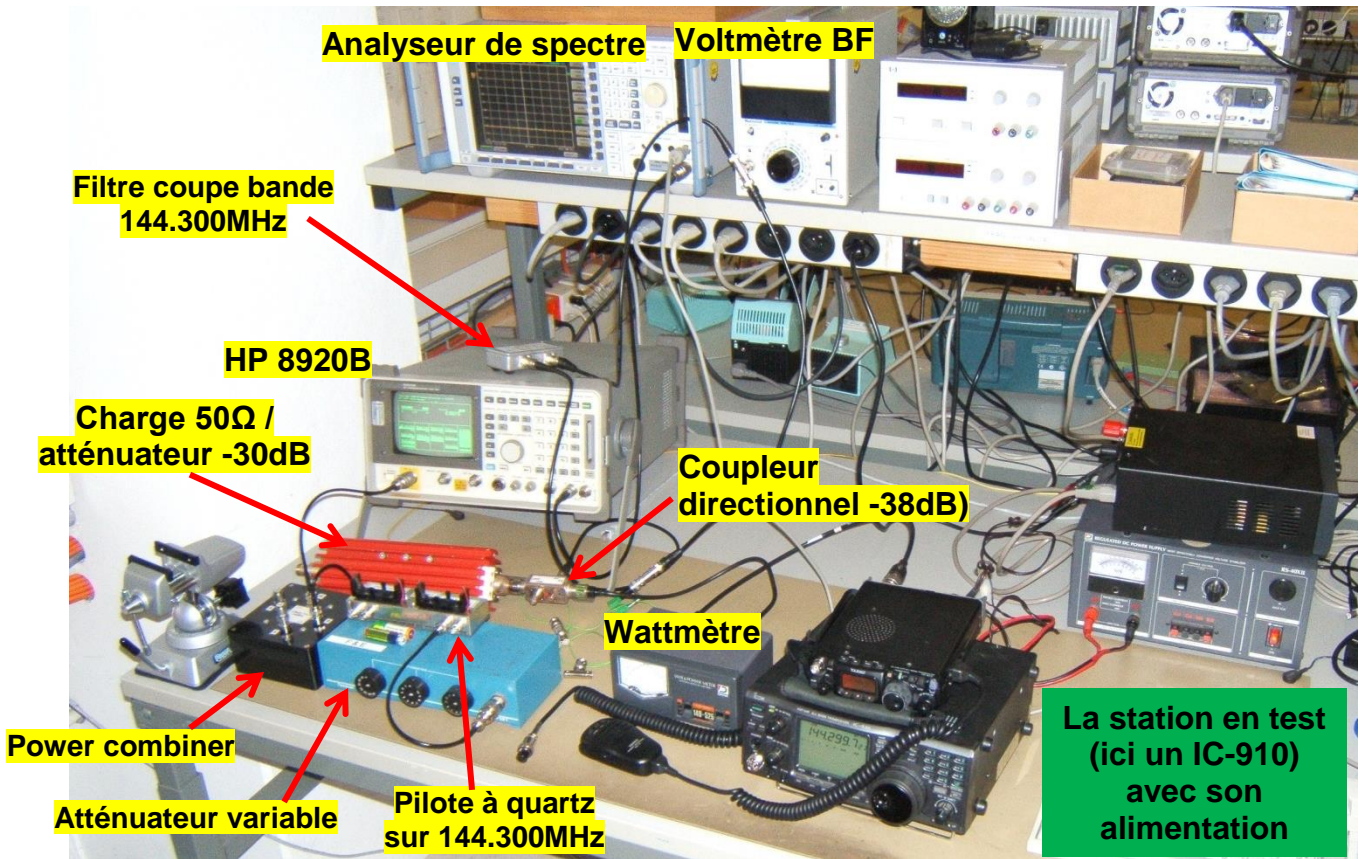


Fig. 1 : Vue de l'appareillage utilisé pour les mesures

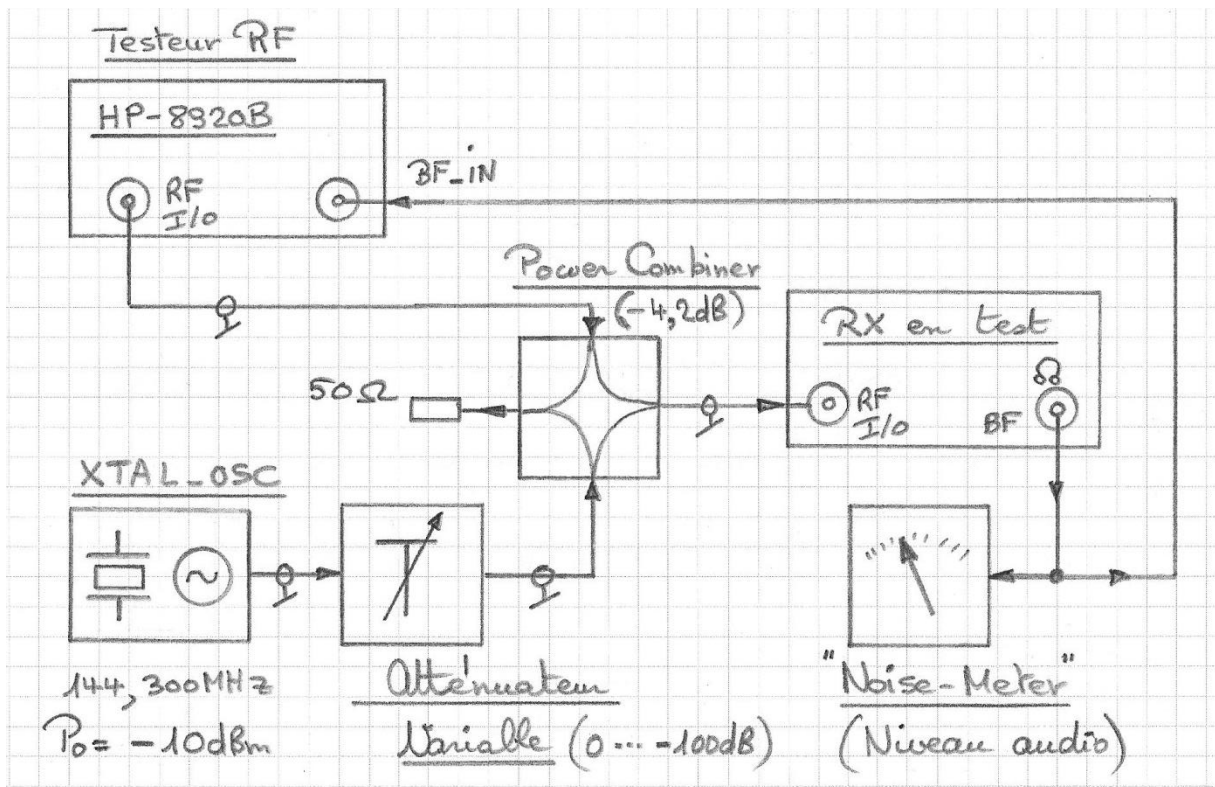


Fig. 2 : Test des récepteurs

Mesure de la sensibilité

La sensibilité est mesurée sans signal perturbateur.

Le récepteur est réglé sur une fréquence dans la bande SSB (144.300MHz, par exemple).

Tout d'abord, sans appliquer de signal RF à l'entrée, on règle le volume audio du récepteur pour calibrer le niveau de bruit lu au voltmètre BF sur 0dB (100mV sur le voltmètre utilisé ici).

Ensuite, on envoie à l'aide du générateur du HP-8920 un signal CW sur la fréquence de réception, avec un niveau faible ($P_{RF} = -130dBm \dots -100dBm$).

On règle le niveau P_{RF} du signal CW pour que le niveau du signal audio (Tonalité de battement + bruit) soit 10dB au-dessus du niveau de bruit initial.

$$SNR = \frac{S + N}{N} = 10dB$$

S = niveau audio avec réception du signal CW

N = niveau du bruit de fond (Noise) sans signal

Le bruit équivalent d'entrée du récepteur (seuil de sensibilité) vaut :

$$P_{NOISE}(RX - IN) = P_{RF} - 9,5dB$$

Dans le schéma de test (fig. 2), le signal donné par le générateur (HP-8920) passe à travers un additionneur (Power-Combiner), qui a une atténuation de 4,2dB. Il faut en tenir compte pour le calcul de la sensibilité à partir du niveau de signal délivré par le HP-8920.

$$P_{NOISE}(RX - IN) = P_{HP8920} - 9,5dB - 4,2dB$$

Exemple avec le FT-736

<u>Configuration du récepteur →</u>	standard	Unités
Niveau de signal du générateur qui donne un SNR = 10dB (mesure) :	-124.5	[dBm]
Pertes à travers l'additionneur et les câbles :	-4.2	[dB]
Correction pour calculer le niveau de bruit :	-9.5	[dB]
Niveau équivalent de bruit à l'entrée du RX :	-138.2	[dBm]

La mesure de sensibilité est faite uniquement pour pouvoir calculer la dynamique du récepteur.

Résistance au blocage

Un signal fort reçu sur une fréquence voisine cause une réduction de sensibilité.
Deux phénomènes distincts en sont la cause :

1. Augmentation du bruit de fond sur la fréquence à recevoir
2. Réduction du niveau du signal reçu par effet de compression dans l'entrée du RX

Les 2 effets peuvent se combiner.

Cependant, nous avons constaté que dans la plupart des appareils testés, la cause no 1 apparaissait en premier.

L'augmentation du bruit de fond est causée par un phénomène nommé mélange réciproque.

Un oscillateur a du bruit autour de sa fréquence ; le niveau de ce bruit diminue lorsque l'on s'éloigne de la porteuse, suivant (en général) une loi en $1/\Delta f^2$, Δf étant l'écart (offset) entre la fréquence de l'oscillateur et la fréquence à laquelle on mesure le bruit.

Le bruit de l'oscillateur VFO du récepteur crée dans le récepteur, et en combinaison avec la porteuse « pure » de l'oscillateur à quartz, un produit de mélange (bruit) qui tombe dans le canal de réception.

Lorsque le niveau du signal interférant augmente, le bruit dans le canal de réception augmente, ce qui dégrade le rapport S/N (signal / bruit) sur le signal à recevoir.
Ce bruit diminue lorsque l'on s'éloigne de la fréquence du perturbateur (En général, doubler l'offset en fréquence → -6dB sur le bruit).

Comme source de signal perturbateur nous utilisons un oscillateur à quartz, car il a un niveau de bruit beaucoup plus bas qu'un VFO à circuit « LC » standard, grâce au facteur de qualité très élevé du résonateur à quartz ($Q \approx 50000$) qui filtre le bruit thermique.
L'oscillateur d'un VFO standard travaille avec un résonateur LC qui a un facteur Q bien plus bas, autour de 50 ($P_{NOISE} \propto 1/Q \rightarrow$ avantage de 30dB pour un oscillateur à quartz).

Méthode de mesure

Le récepteur est réglé sur 144,280MHz ou 144,250MHz. On stoppe la source de signal sur la fréquence à recevoir et on applique le signal perturbateur (signal CW délivré par l'oscillateur à quartz sur 144.300MHz).

On mesure le bruit de fond sur la sortie audio à l'aide du voltmètre basse fréquence. Le perturbateur étant tout d'abord « OFF », on règle le niveau de sortie audio du RX pour obtenir le niveau de référence de 0dB sur le voltmètre (100mV sur l'appareil utilisé ici).

Le récepteur étant réglé sur 144,280MHz, on enclenche le signal perturbateur sur 144,300 et on règle son niveau (à travers l'atténuateur variable en série) jusqu'à ce que le bruit de fond à la sortie du récepteur augmente. On note le niveau du signal perturbateur qui donne une augmentation du bruit audio de 3dB (→

$P_{Interferer}(Noise Increase + 3dB)$)

A ce moment, le niveau total du bruit à la sortie du récepteur a doublé. Cela veut dire que le bruit provoqué par l'effet de mélange réciproque est égal au niveau du bruit propre du récepteur. On a atteint le seuil du phénomène de blocage.

La dynamique de réception à un offset en fréquence $\Delta f = 20kHz$ vaut :

$$Dyn_{RX}(\Delta f) = P_{Interferer}(Noise\ Increase + 3dB) - P_{NOISE}(RX_IN)$$

On répète la mesure avec le récepteur callé sur 144,250MHz.

Avec un offset en fréquence plus grand, on constate qu'il faut augmenter le niveau du signal perturbant pour obtenir la même augmentation du bruit (\rightarrow la dynamique de réception augmente lorsque l'on s'éloigne du perturbateur)

Exemple avec le FT-736

Les tableaux de mesure EXCEL suivants donnent l'augmentation du bruit en fonction du niveau du perturbateur pour des fréquences de réception offset de 20kHz et de 50kHz par rapport à la fréquence du perturbateur à quartz.

Interferer Offset: 20KHz ($f_{RX} = 144.280MHz$)				
XTAL Osc Level [dBm]	Attenuator setting [dB]	PWR-Splitter and cable losses [dB]	Interferer level [dBm]	Noise increase [dB]
-10	-31	-4.2	-45.2	1
	-28		-42.2	2
	-26		-40.2	3
	-23		-37.2	5

Interferer Offset: 50KHz ($f_{RX} = 144.250MHz$)				
XTAL Osc Level [dBm]	Attenuator setting [dB]	PWR-Splitter and cable losses [dB]	Interferer level [dBm]	Noise increase [dB]
-10	-19	-4.2	-33.2	1
	-16		-30.2	2
	-13.5		-27.7	3
	-10		-24.2	3.5

Un niveau de signal $P_{Interferer} = -40dBm$ à un offset de 20kHz de la fréquence que l'on veut recevoir provoque une augmentation du bruit total du système de réception de 3dB.

La dynamique de blocage à un offset de 20kHz vaut :

$$Dyn_{RX}(\Delta f = 20KHz) = -40 - (-138) = 98dB$$

(Note : Niveau de bruit d'entrée du RX : $P_{NOISE}(RX_IN) = -138dBm$, voir page 20)

A un offset de 50kHz c'est bien meilleur :

$$Dyn_{RX}(\Delta f = 50KHz) = -28 - (-138) = 110dB$$

Dynamique des appareils en mode RX ; Résultats

A ce jour, 18 appareils ont été mesurés. Le tableau ci-après liste les appareils testés en fonction de la dynamique de leurs récepteurs. Pour tous les appareils, excepté la STN OM-made, nous n'avons rapporté que la configuration qui donnait la meilleure dynamique à un offset en fréquence de 50kHz par rapport au perturbateur.

Sensibilité et Dynamique

Appareil	Configuration	Niveau de bruit équivalent [dBm] à l'entrée du RX	Niveau perturbateur [dBm] à $\Delta f=50\text{kHz}$ pour 3dB de réduction de sensibilité	Dynamique [dB] à $\Delta f=50\text{kHz}$
OM-made	Préampli Ga-As	-140	-15	125
	Préampli J-Fet	-132	-5	128
IC-202 S	Standard	-137	-26	111
TS-790E	Préampli OFF	-131	-21	110
FT-736 R	Standard	-138	-28	110
IC-251-E	Standard	-136	-27	109
IC 275	Attén. OFF	-138	-32	106
TS-700	Standard	-139	-34	105
K3 + TRCVR	Préampli OFF	-137	-36	101
TS-2000	Préamp + ATT ON	-123	-23	100
KX3 + TRCVR	Préampli OFF	-128	-30	98
FT-857	Standard	-136	-37	99
FT-897	Standard	-138	-40	98
IC-7000	Préampli OFF	-130	-35	95
IC-7400	Préampli OFF	-131	-36	95
FT-225-RD	Standard	-136	-42	94
FT-991-A	Standard	-138	-44	94
IC-910	Préampli ON	-138	-47	91

Le niveau de bruit équivalent à l'entrée du RX est donné uniquement à titre indicatif. Comme il est d'usage de placer un préamplificateur de réception à faible bruit au mât, directement sous les antennes, il n'est pas nécessaire que le récepteur du TRX ait un plancher de bruit très bas. Idéalement, si le préampli a un gain de +20dB, un plancher de bruit à -130dBm suffit amplement. Si votre RX a un plancher de bruit autour de -138dBm, un préampli avec un gain de +10dB est suffisant. Un gain plus élevé poussera tous les signaux reçus plus haut en amplitude et dégradera l'immunité au blocage de votre système de réception.

Les stations les plus intéressantes au niveau de la résistance au blocage et de la dynamique RX sont les suivantes : IC-202, TS-790^E (hélas pas recommandé en mode TX à cause de son niveau de bruit large bande calamiteux), FT-736R (bon en émission SSB, mais mauvais en émission CW), IC-251^E et IC-275.

Les figures 3 et 4, aux pages suivantes, donnent le seuil réduction de sensibilité par des signaux forts voisins en fonction de l'offset en fréquence et la dynamique calculée en fonction de ce seuil et du niveau de sensibilité du récepteur.

Pub

Micro sans fil à main super directionnel « Roger-Pen » avec Bluetooth

Micro sans fil personnel « Clip-ON-MIC »

Récepteurs radio pour aides auditives « contours d'oreilles »

Roger-X

Emetteurs pour salles de classes

www.phonak.com

« Roger » de Phonak

Nouveau système de communication miniaturisé pour les malentendants.

Transmission du son en modulation numérique FHSS dans la bande ISM 2.4GHz

Système multifréquences automatique.

Excellente qualité audio.

Adaptation automatique du niveau audio en fonction des bruits ambiants

Diverses formes de récepteurs, adaptées au différents modèles d'aides auditives contours d'oreilles de Phonak

Récepteur universel « Roger-X » compatible avec toute aide auditive

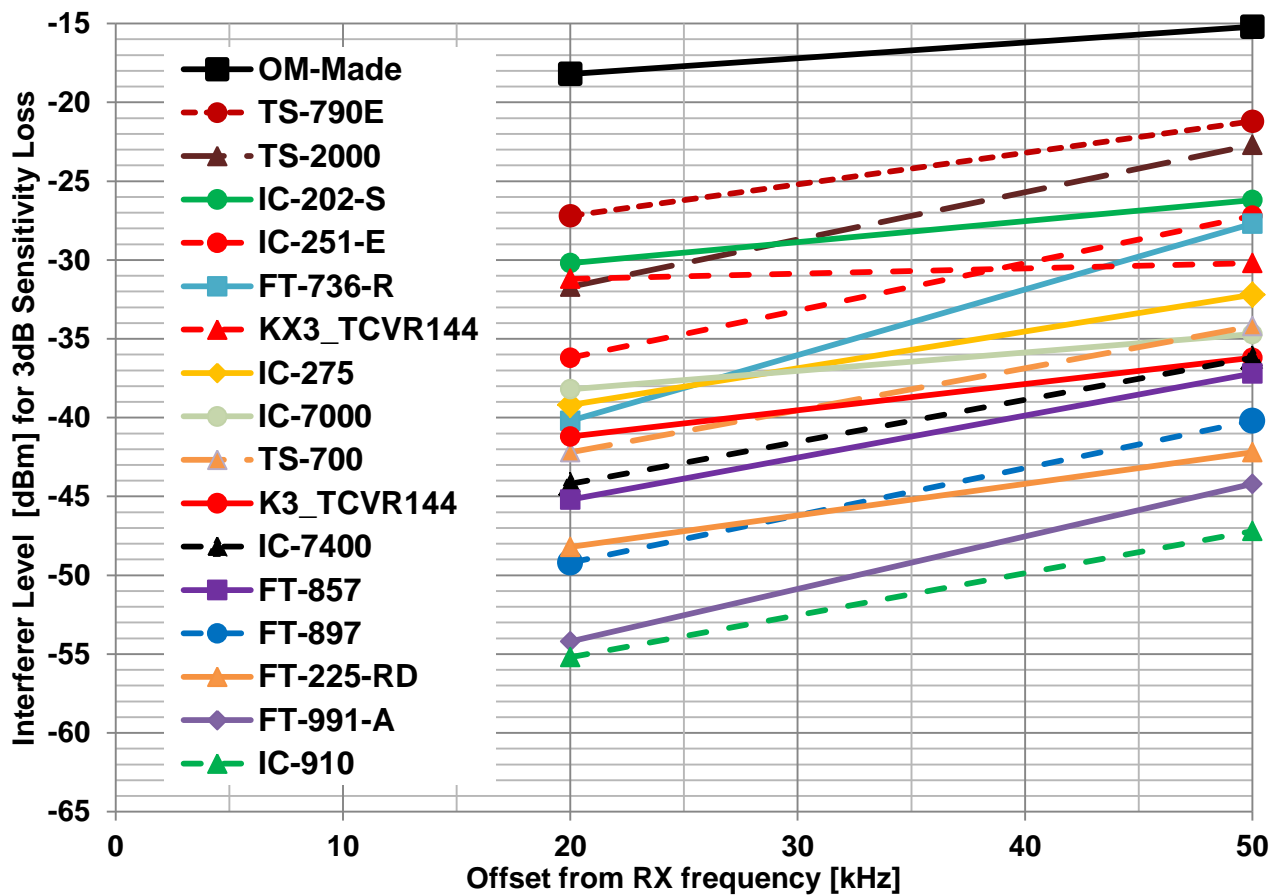


Fig. 3 : Immunité aux signaux forts voisins sur la bande

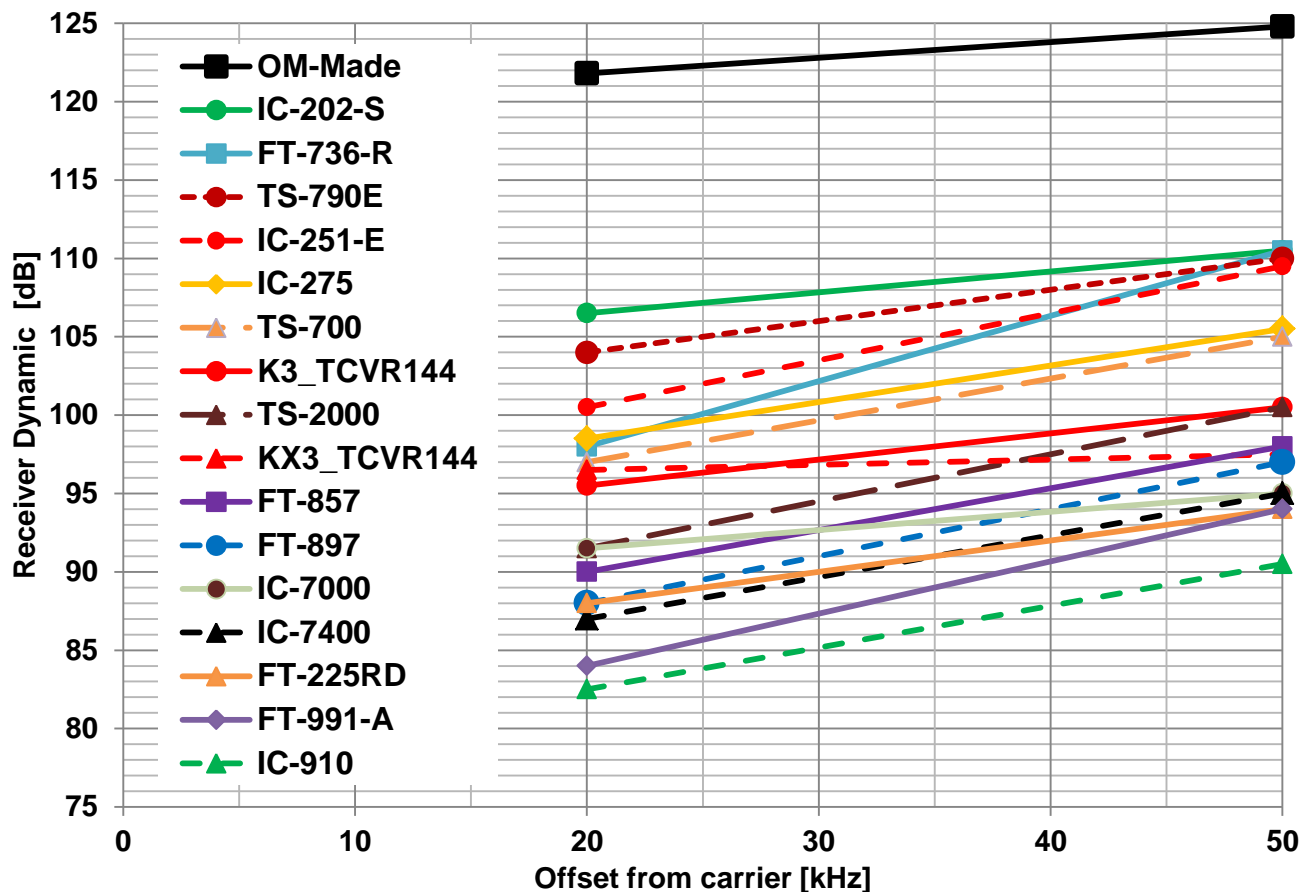


Fig. 4 : Dynamique des RX avec bloqueurs à 20kHz et 50kHz de la fréquence

Pour la grande majorité des récepteurs testés, l'effet d'un signal voisin « propre » de forte amplitude est d'abord une augmentation du bruit dans le RX « victime », par l'effet de mélange réciproque décrit précédemment. Lorsque l'amplitude du signal perturbateur augmente, le bruit causé par ce mélange réciproque augmente proportionnellement.

Par contre, dans le cas de l'IC-202 le signal voisin de forte amplitude ne provoquait pas d'augmentation de bruit dans le RX, mais une réduction de sensibilité (SNR) par compression.

La raison est que le VFO de l'IC-202 est un VCXO (Variable Controlled XTAL Oscillator) qui utilise un résonateur à quartz (2 quartz, un pour la bande 144.0 – 144.2MHz et un autre pour la bande 144.2 – 144.4MHz). Le résultat est un oscillateur local très propre ayant un spectre très étroit, donc pas d'apparition de bruit parasite par mélange réciproque.

Certain appareils, bons à la figure 3, sont rétrogradés sur la figure 4. C'est normal, car la dynamique est calculée comme la différence entre le seuil de sensibilité et le niveau du signal perturbateur qui donne une réduction de sensibilité de 3dB.

Conclusion

Pour un bon récepteur, un paramètre important est la dynamique de blocage. Après, c'est à vous de mettre juste ce qu'il faut de gain de préamplification au mât d'antenne pour « booster » votre sensibilité sans trop dégrader l'immunité aux signaux forts de votre système de réception.

Meilleures 73,

François, HB9BLF