

Dynamique des STN de contest 144MHz - Mesures des émetteurs

François Callias HB9BLF (francois.callias@net2000.ch)

L'article précédent (voir HBradio N° 2/2018, page 43) 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 en fonction de la distance, de la longueur d'onde et de la puissance d'émission était expliquée, avec comme exemple le cas de 2 stations de contest 144MHz opérants sur des sommets distants de 60km.

Le niveau du signal reçu (-16dBm) était comparé au bruit de fond généré par l'antenne sur l'entrée du récepteur (-135dBm); la dynamique du signal reçu (ici 119dB) est la différence entre le bruit de fond à l'entrée du récepteur et l'amplitude du signal reçu.

La conclusion était que pour une opération sans QRM, il fallait que le bruit généré par le TX en-dehors de son canal d'émission soit 120dB plus bas que son niveau de signal utile, et aussi que les récepteurs aient une dynamique de réception qui permette de recevoir un signal «propre» ayant cette amplitude sans générer eux-mêmes des artefacts.

Nous avons mesuré la dynamique de 19 stations 144MHz. Cet article donne les résultats de mesures sur les émetteurs; un prochain article détaillera les résultats de mesures sur les récepteurs.

Un rapport détaillé est disponible sur le site www.hb9ww.org/technique/divers Il est mis à jour chaque fois qu'il y a des nouvelles mesures.

1. Dynamique des appareils en mode TX - La méthode de mesure

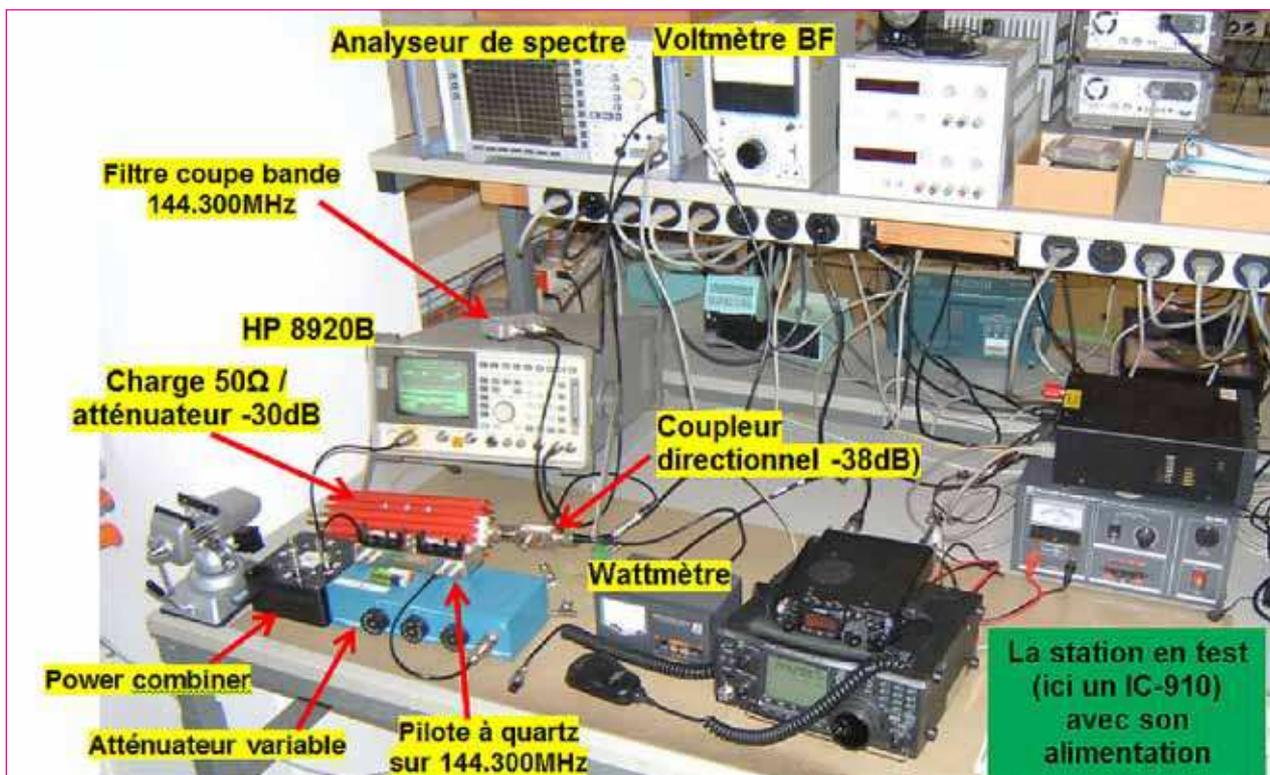


Fig. 1: Vue de l'appareillage utilisé pour les mesures

Pour tester la partie émission, nous utilisons les appareils suivants:

- Analyseur de spectre de Rohde & Schwarz «FSP» (9kHz - 13GHz)
- Atténuateur de 30dB / charge fictive 200W / 50Ω
- Coupleur directionnel -38dB
- Wattmètre «Daiwa»
- Filtre coupe-bande centré sur 144.300MHz (OM-made HB9BLF)

Nous mesurons le bruit généré par l'émetteur en-dehors de son canal d'émission, à des offsets de 10, 20, 50, 100, 200 et 300kHz par rapport à sa fréquence centrale. Les mesures ont été faites en modes CW (Tune), SSB avec modulation (CQ-call) puis sans modulation (gain micro à 0).

Le schéma électrique du dispositif de test est à la **fig. 2**. La sortie de l'émetteur est connectée à travers un coupleur directionnel sur une charge fictive 50Ω / 200W. La charge fictive a aussi une sortie qui donne un signal atténué par -30dB.

La fréquence du TX est réglée sur 144,300MHz. Le niveau RF de l'appareil à tester est réglé pour sortir une puissance légèrement en dessous de sa puissance maximale. Pour les appareils qui peuvent sortir 50 - 100W, le signal à mesurer est pris à la sortie «DIR» du coupleur -38dB; pour les appareils moins puissants (max. 20W) le signal est pris à la sortie de la charge fictive 200W (-30dB).

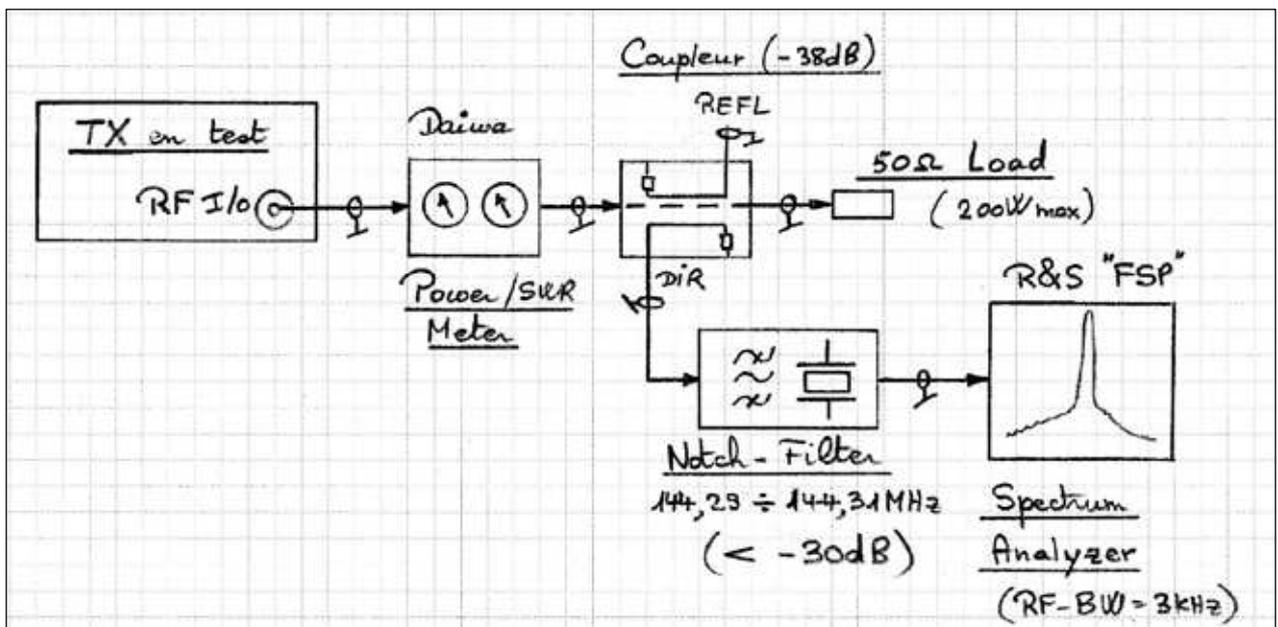


Fig. 2: Schéma du dispositif de test pour la partie émission

Le signal à mesurer est tout d'abord connecté directement à l'entrée de l'analyseur de spectre, sans le filtre coupe-bande. La puissance du TX est réglée pour obtenir le niveau de référence de +10dBm avec le TX réglé sur 144.300MHz (calibration, voir la **fig. 3**). La largeur de bande de l'analyseur de spectre est réglée sur RBW =3 kHz, ce qui correspond approximativement à la largeur de bande d'un signal SSB.

On voit à la **fig. 3** des niveaux de -64dBm à -67dBm aux marqueurs entre 144,280MHz et 144,240MHz, ce qui correspond à des niveaux de bruits relatifs à la porteuse entre -74 et -77dB. Ces valeurs ne correspondent pas à la réalité. Elles sont causées par la sensibilité limitée de l'analyseur de spectre et aussi par un mélange parasite avec le bruit de son oscillateur de balayage.

Pour éliminer ces artefacts de mesure, on insère un filtre coupe-bande étroit (à quartz) entre la sortie de mesure et l'analyseur de spectre. Cela permet d'atténuer le niveau sur la fréquence centrale par -60dB. On peut alors augmenter la sensibilité de l'analyseur de spectre (Ref-Level à -30dBm, Atténuateur sur OFF) sans risquer de saturer son entrée, ce qui permet de voir le spectre du bruit du TX de part et d'autre de la fréquence d'émission avec une sensibilité de mesure suffisante.

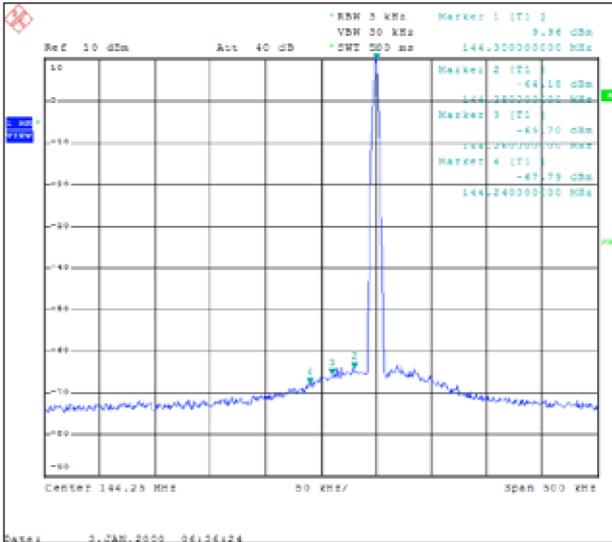


Fig. 3 : Mesure du signal de sortie CW, sans le filtre coupe-bande

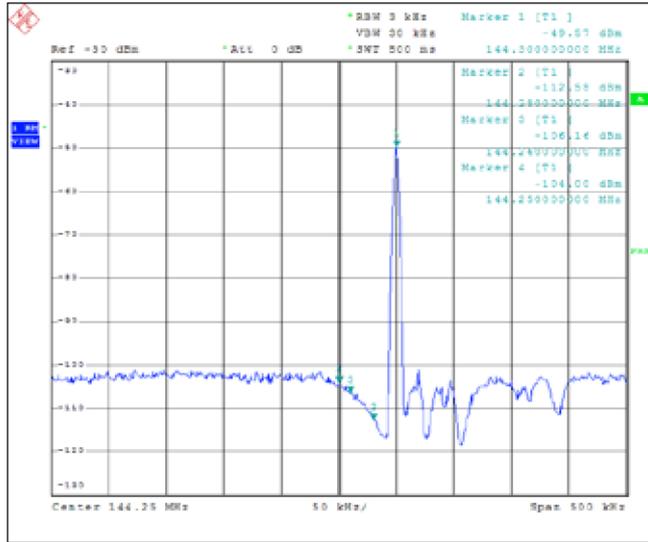


Fig. 4 : Mesure du signal de sortie CW, à travers le filtre coupe-bande

La fig. 4 est le spectre du bruit du TX «OM-made», mesuré à travers le filtre coupe-bande à quartz. La courbe caractéristique du filtre «Notch» est donnée à la fig. 5.

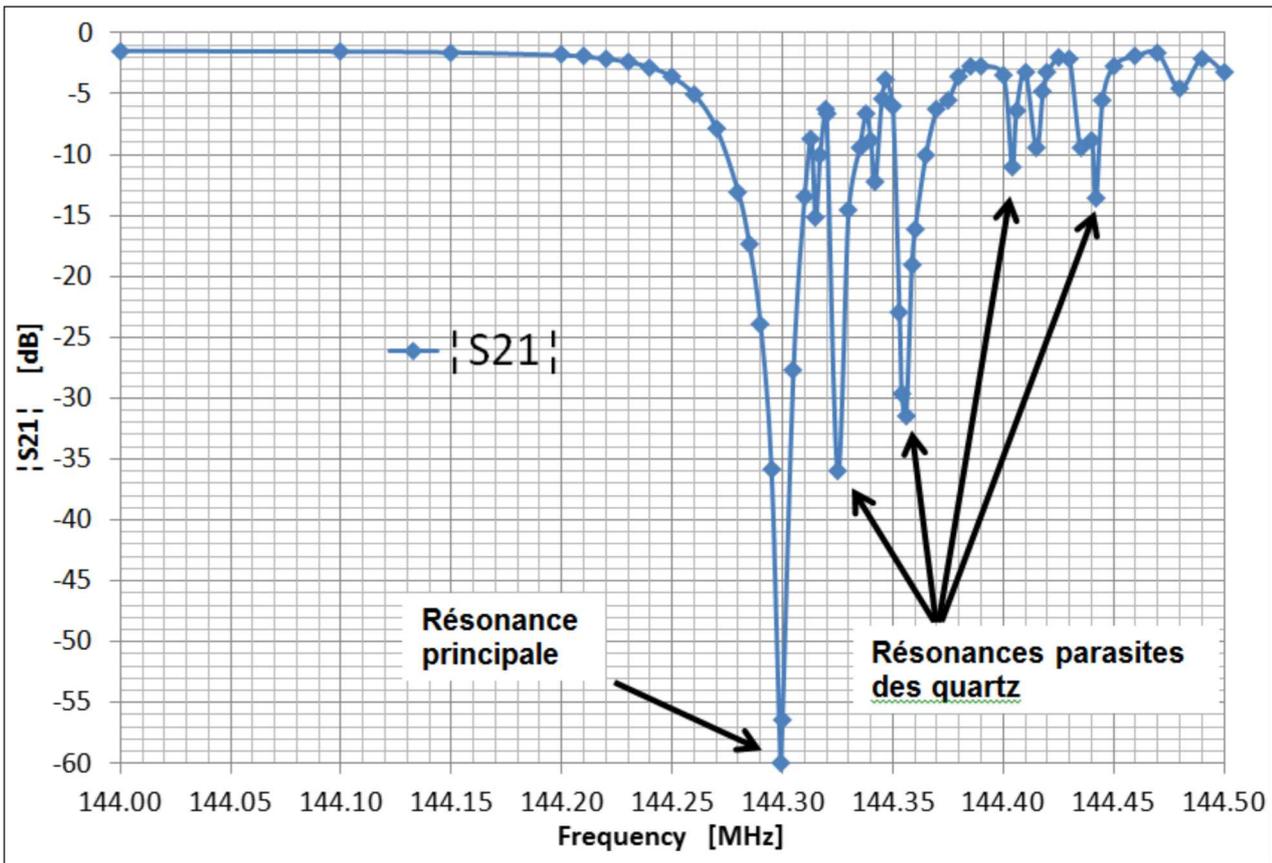


Fig. 5 : Réponse en fréquence du filtre coupe bande

Le filtre coupe bande a 2 quartz en résonance série contre la masse sur 144.300MHz. Ils sont associés à des bobines et des condensateurs (Voir le schéma dans le rapport de mesures détaillé).

Sur la réponse en fréquence de la fig. 5, on voit un «Notch» très prononcé sur 144.300MHz avec une atténuation de -60dB. Au-dessus de 144.300MHz, il y a également des «trous» secondaires, causés par des résonances parasites des quartz. Ces dernières sont toujours au-dessus de la résonance principale; elles ont une «activité» plus faible (résistance série plus élevée).

La mesure du bruit sera faite en-dessous de la fréquence TX (dans la zone «propre» du filtre), car le spectre du bruit du TX est en général symétrique par rapport à la fréquence centrale. Les mesures seront corrigées en fonction de l'atténuation du filtre aux différentes fréquences (-12.3dB @ 144.280MHz, -4.9dB @ 144.260MHz, -1.8dB @144.200MHz, etc.)

La dynamique Dyn_{TX} est le rapport entre le niveau P_{TX} (+10dBm) de la porteuse CW sur $f_{TX} = 144.3$ MHz et le niveau du bruit P_{NOISE} généré dans une largeur de bande «SSB» ($BW = 3$ kHz) à un offset en fréquence Δf de la fréquence d'émission, corrigé par l'atténuation de filtre «Notch» à quartz.

$$Dyn_{TX}[dBm] = P_{TX}[dBm] - P_{NOISE}[dBm] + G_{XTAL-FILTER}(dB)$$

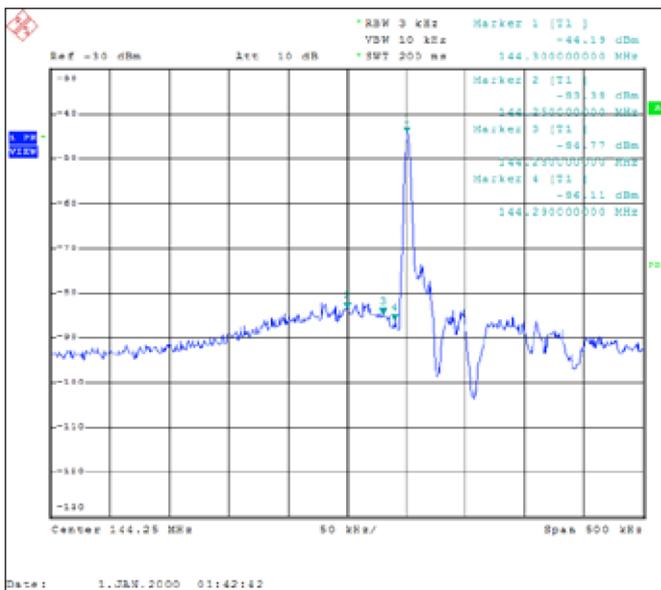
CW, 10W out, through -30dB attenuator. $P_{TX} = +10dBm$ (=Ref. Level)			
Frequency [MHz]	Noise level P_{NOISE} (dBm)	XTAL notch filter attenuation $G_{XTAL-FILTER}(dB)$	S/N ratio [dB] (Dynamique TX)
144.280	-112.6	-12.3	110.3
144.260	-106.2	-4.9	111.3
144.250	-104.0	-3.5	110.5
144.240	-102.8	-2.8	110.0
144.200	-101.9	-1.8	110.1
144.150	-102.5	-1.6	110.9

Tab. 1: Calcul de la dynamique en fonction des points de mesures de la Fig. 4

Le **tab. 1** est tiré des **fig. 4 et 5**. Il donne le niveau du bruit généré par le TX «OM-made» à différentes fréquences en mode CW (Tune). Le bruit a ici une amplitude constante entre 144,000 et 144,280MHz, qui est 110dB en-dessous de l'amplitude du signal utile sur 144.300. Cette différence est insuffisante, 10dB en-dessous de la valeur cible de 120dB.

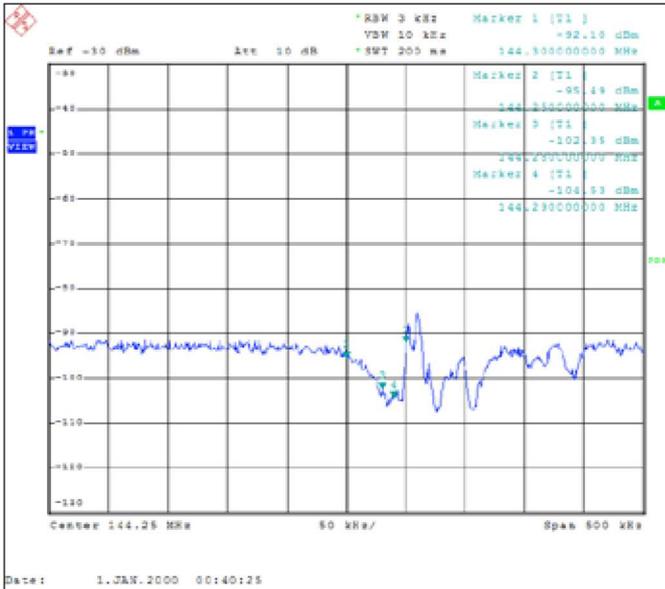
L'exemple suivant est avec l'IC-7400, aux **fig. 6a** (SSB, CQ-call) et **6b** (SSB, sans modulation micro). A la **fig. 6a**, le niveau du bruit est entre 10 - 20dB plus élevé que ce qui a été mesuré sur la STN OM-made. Le bruit diminue quand on s'éloigne de la fréquence centrale, suivant une caractéristique en $1/(\Delta f)^2$. Il diminue grosso-modo de 6dB chaque fois que l'offset par rapport à la fréquence centrale est doublé. Cela correspond au spectre du bruit du VFO.

Plus bas que $f = 144,100$ MHz, il ne diminue plus. A ces fréquences, c'est le bruit large-bande de la chaîne d'amplification RF qui domine, avec un niveau d'environ -101dBc (comme le niveau du bruit sans modulation microphonique de la **fig. 6b**).



Frequency [MHz]	Noise level [dB]	XTAL notch filter attenuation [dB]	S/N ratio [dB] (Dynamique TX)
144.290	-86.1	-23.9	72.2
144.280	-84.8	-13.1	81.7
144.250	-83.4	-3.6	89.8
144.200	-86.4	-1.8	94.6
144.100	-90.9	-1.5	99.4
144.000	-93.4	-1.5	101.9

Fig. 6a: IC-7400; spectre du bruit en mode SSB (CQ-call)



Frequency [MHz]	Noise level [dB]	XTAL notch filter attenuation [dB]	S/N ratio [dB] (Dynamique TX)
144.290	-104.5	-23.9	90.6
144.280	-102.4	-13.1	99.3
144.250	-95.5	-3.6	101.9
144.200	-93.4	-1.8	101.6
144.100	-93.6	-1.5	102.1
144.000	-93.0	-1.5	101.5

Fig. 6b: IC-7400; spectre du bruit en mode SSB (sans modulation)

2. Dynamique des appareils en mode TX - Résultats

Le **tab. 2** donne le rapport signal/bruit mesuré sur les appareils, à différents offsets en fréquence par rapport à la fréquence TX, en mode CW. Le bruit mesuré en mode SSB avec «pleine» modulation était dans la plupart des cas le même qu'en CW, excepté pour le FT-736; pour ce dernier 2 mesures sont données, une en SSB (CQ-call) et une autre en CW.

Appareil	Niveau de bruit relatif au niveau de la porteuse CW [dBc] mesuré dans une largeur de bande "SSB" de 3kHz			
	Δf = 20kHz	Δf = 50kHz	Δf = 100kHz	Δf = 200kHz
OM-made	-110	-110	-110	-111
K3-TCVR144	-95	-100	-102	-105
IC-202-S	-85	-100	-101	-102
IC-251-E	-95	-99	-100	-101
IC-275	-92	-98	-100	-102
TS-2000	-84	-94	-98	-102
FT-736-R (SSB)	-81	-94	-95	-106
FT-817	-88	-94	-94	-94
FT-897	-82	-91	-94	-92
FT-857	-84	-91	-93	-96
IC-7400	-80	-90	-96	-101
IC-7000	-88	-91	-93	-95
KX3-TCVR144	-85	-90	-92	-94
IC-910	-79	-89	-92	-97
TS-790E	-81	-89	-90	-89
FT-225-RD original	-82	-88	-95	-103
FT-991-A	-78	-81	-83	-85
FT-736-R (CW)	-73	-79	-86	-99
TS-700	-68	-67	-96	-101

Tab. 2: Dynamique des TX à différents offsets en fréquence

Les appareils sont classés en fonction de la réjection de leur bruit à un offset en fréquence Δf = 50kHz. La raison du choix de ce critère de classement est qu'à partir de cet offset en fréquence, le récepteur qui pourrait souffrir du QRM de cette station a normalement une sélectivité optimale, ce qui n'est pas forcément le cas à un offset de 20kHz. A fortiori, à partir d'un offset de 50 - 100kHz, on s'attend à ne plus avoir la réception perturbée par une station voisine forte... Les graphiques aux **fig. 7a et 7b** montrent l'allure du spectre de bruit en fonction de l'offset en fréquence. Les résultats sont variables avec des appareils «bons» et d'autres mauvais. La dynamique Dyn_{TX} est définie comme le rapport entre le niveau P_{TX} de la porteuse CW sur $f_{TX} = 144.3MHz$ et le niveau du bruit P_{NOISE} généré dans une largeur de bande «SSB» (BW = 3kHz à un offset en fréquence de la fréquence d'émission).

$$Dyn_{TX}(\Delta f) = P_{TX}/P_{NOISE}(\Delta f)$$

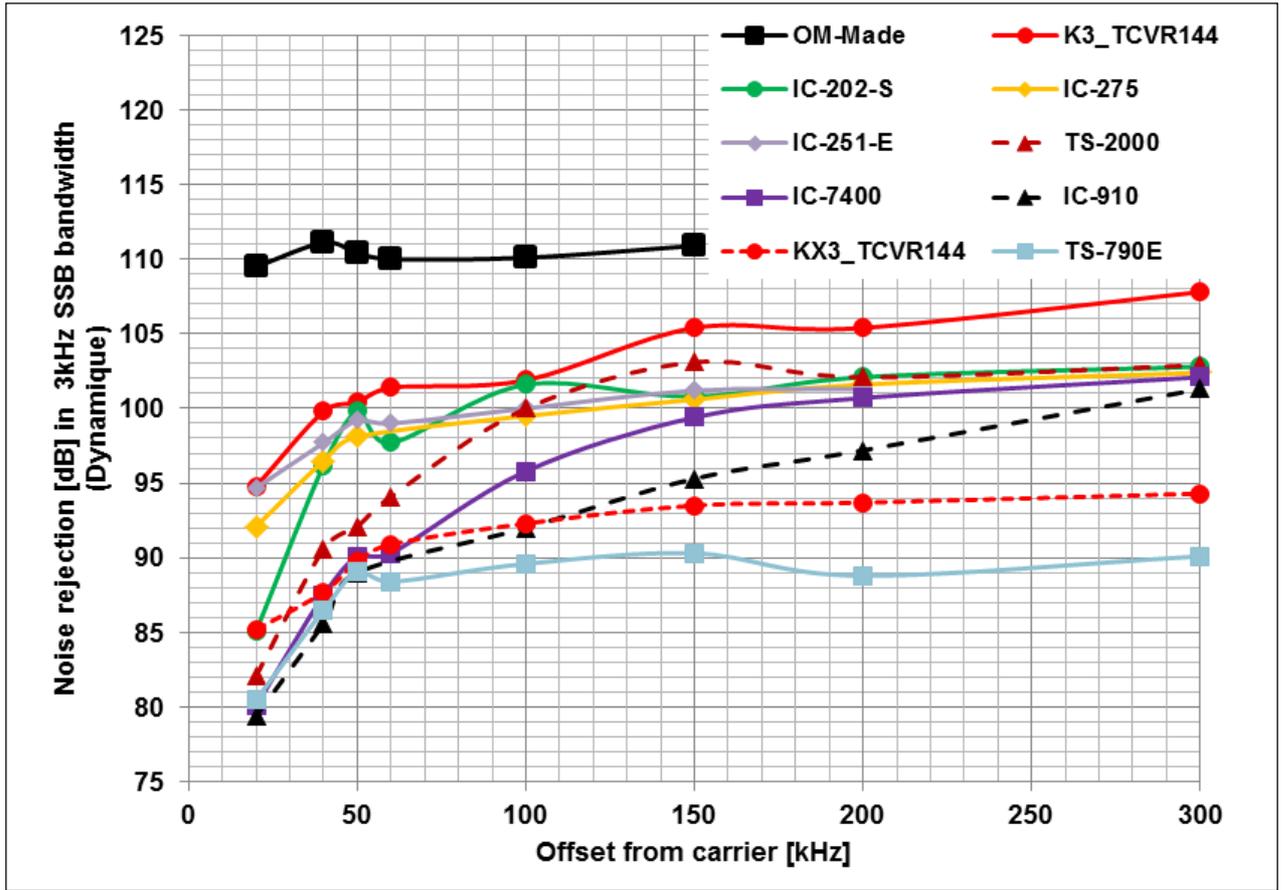


Fig. 7a: Dynamique de divers TX en fonction de l'offset en fréquence (1)

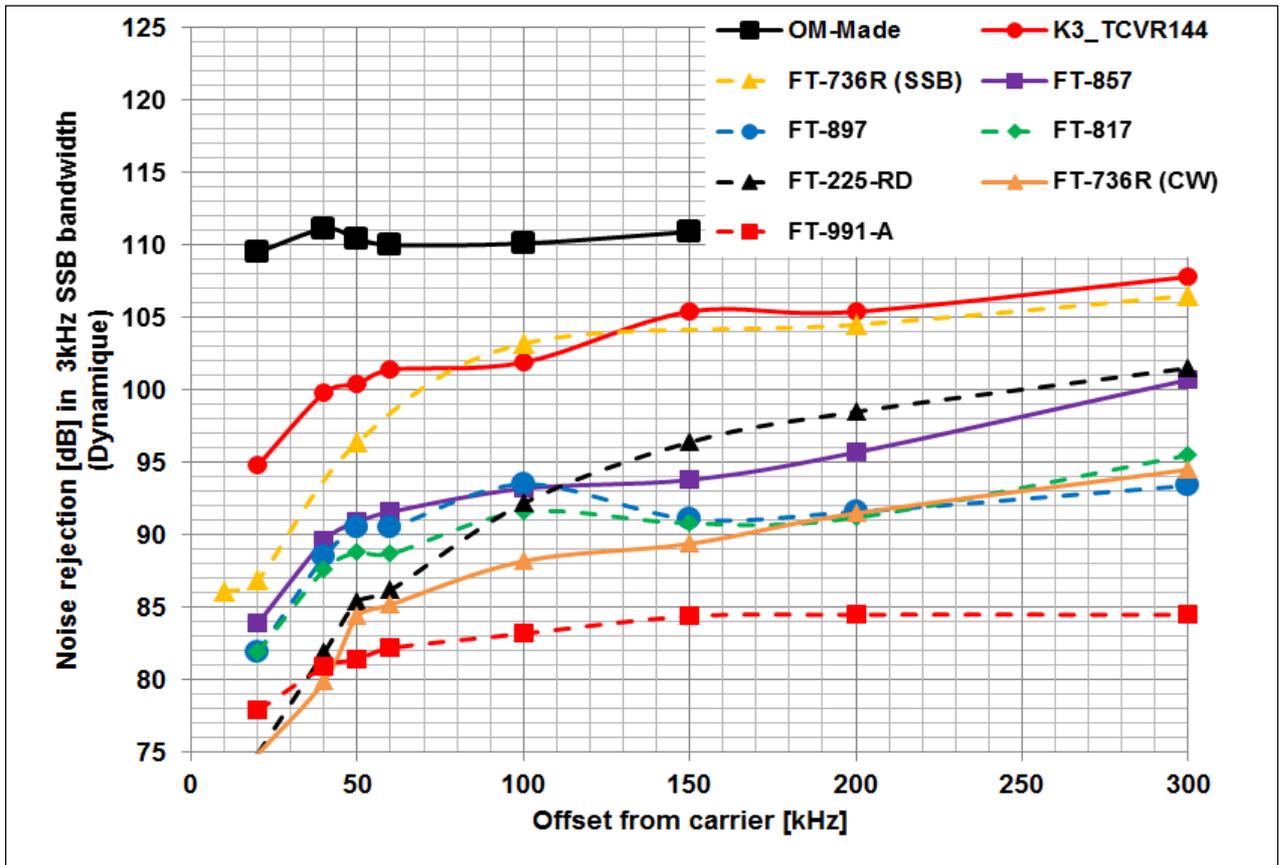


Fig. 7b: Dynamique de divers TX en fonction de l'offset en fréquence (2)

Le FT-736R a un spectre nettement meilleur en SSB qu'en CW... Une cause probable serait-elle que le signal CW généré à la fréquence IF ne passe **pas** à travers un filtre céramique ou à quartz, contrairement au signal SSB ?

Les appareils qui ont la meilleure dynamique en émission CW (le plus faible bruit parasite en-dehors de la fréquence TX) sont:

- STN OM-made
- K3 + transverter 144MHz
- IC-202
- IC-275
- IC-251 E

Ces appareils atteignent une dynamique de 95-110dB à un offset en fréquence de 50kHz. Ils dépassent les 100dB pour un offset plus grand ou égal à 100kHz. Cependant, aucun (même parmi les meilleurs) n'atteint la dynamique TX désirée de 120dB.

Bruit émis en mode SSB, sans modulation microphonique

Un autre source de QRM des émetteurs est le bruit émis sur toute la bande en mode SSB, même sans modulation microphonique, lorsque la touche PTT du micro est pressée. Le **tab. 3** donne les niveaux de ces bruits. Ce problème peut être **très gênant**, car dans ce cas, votre réception est brouillée par du bruit tant que l'opérateur maintient la touche du PTT pressée. Il ne sert à rien de vous éloigner de la fréquence de cette station, car le bruit reste le même. Vous ne pouvez entendre les DX intéressants que si l'opérateur lâche le PTT, c.-à-d. lorsqu'il reçoit lui-même une station. Cela peut générer des sentiments peu amènes chez l'opérateur du récepteur victime de ce problème...

Les appareils ayant le niveau de bruit de fond le plus bas en mode SSB pendant les silences de l'opérateur sont les suivants:

- IC-7000
(bon ici; par contre avec modulation, oups !)
- K3+TCVR-144MHz
- FT-736-R
- IC-251-E
- IC-202-S.

Appareil	Niveau du bruit relatif à la porteuse [dBc], mesuré à un offset Δf de la fréquence d'émission (Mode SSB, mais sans modulation)	
	Δf = 100kHz	Δf = 200kHz
Offset en fréquence →		
IC-7000	-123	-123
OM-made	-110	-111
K3-TCVR144	-110	-109
FT-736-R original	-106	-108
IC-251-E	-106	-106
IC-202-S	-104	-105
TS-700	-102	-106
IC-7400	-102	-102
FT-225-RD original	-100	-101
IC-275	-96	-98
TS-2000	-97	-97
FT-857	-97	-96
FT-817	-94	-94
KX3-TCVR144	-94	-91
FT-897	-91	-89
IC-910	-85	-93
TS-790E	-87	-87
FT-991-A	-81	-81

Tab. 3: Bruit généré en mode SSB, sans modulation microphonique

Le bruit et le contrôle de puissance du TX

La puissance de sortie du TX est souvent réglée au niveau des circuits qui opèrent sur la fréquence intermédiaire (IF), avant les filtres céramiques ou à quartz de la partie TX. Une conséquence est alors que le réglage du «gain-TX» affecte la puissance de sortie, mais ne varie pas l'amplitude du bruit thermique large bande qui est généré après les filtres IF. Ceci a été vérifié pour l'instant sur 2 appareils (TS-2000 et STN OM-made). Sur ces 2 appareils, le bruit blanc large bande (sans modulation micro) restait le même, que la puissance de sortie soit réglée sur 100W, 20W ou 5W. Si le niveau nominal de puissance de votre STN de base est trop élevé pour votre PA, SVP brulez la puissance en trop dans un atténuateur résistif de puissance ; les OM sur les sommets voisins vous en seront reconnaissants...

3. Conclusions

Il n'est pas étonnant que des perturbations réciproques soient rapportées lors de chaque contest VHF-144MHz entre des stations QRO opérant sur des points hauts.

La cause principale est une dynamique insuffisante des stations de base.

En émission, les TX génèrent du bruit en-dehors de leur bande d'émission normale et avec des niveaux variables d'un appareil à l'autre. On peut repérer 2 sources de perturbations principales:

1. Le VFO génère du bruit autour de sa fréquence, comme tout oscillateur. Ce bruit diminue lorsque l'on s'éloigne de la fréquence centrale, en suivant «normalement» une caractéristique en $1/(\Delta f)^2$; Δf étant l'offset en fréquence par rapport à la fréquence centrale. Tout près de la fréquence centrale d'émission, c'est le bruit du VFO qui domine.
2. Le bruit thermique généré par la chaîne TX. C'est un bruit «blanc», d'amplitude constante sur toute la bande. Il est généré après le dernier filtre IF de la partie TX. Il provoque l'apparition de bruit de souffle sur toute la bande chez le RX «victime», lorsque la touche du «PTT» est pressée, même en l'absence de modulation microphonique. C'est le défaut le plus embêtant pour ceux qui opèrent depuis les sommets voisins ; ils essayent de réduire cette perturbation en s'éloignant de la fréquence du générateur, mais ça ne sert à rien car ce bruit résiduel a une amplitude constante sur toute la bande...
3. Le QRM généré par une mauvaise linéarité des amplis ou une sur-modulation n'est pas une cause de QRM majeure, car il n'affecte le spectre du TX que sur des fréquences proches de la fréquence d'émission (jusqu'à 20 - 30kHz). Ce fait a été mis en avant par Emil HB9BAT lors de démonstrations faites à la SUNE et lors de la rencontre USKA 2017 à Payerne. Emil a montré qu'un ampli fortement non linéaire (en classe C...) drivé par un TX propre (par exemple IC-202), générerait nettement moins de QRM à partir d'un offset de 20kHz qu'un ampli «propre» drivé par un TX ayant une dynamique médiocre.

Si vous désirez les résultats détaillés sur un appareil précis, allez voir sur le site de la SUNE:

www.hb9www.org/technique/divers/

«2017 Mesure de performance de divers TRX 144MHz».

La dynamique n'est apparemment pas une grande priorité pour les fabricants de transceiver pour radioamateurs. Sur ondes courtes, une valeur de 80dB suffit. Par contre, en VHF la situation est toute autre, lorsque des stations opèrent sur des points hauts bien dégagés avec de la puissance et des antennes à forts gains. ■

ARDF: Grosserfolg von Paul HB9AIR und Michael HB9ENL



Michael HB9ENL und Paul HB9AIR haben am 21.- 22. Juli 2018 an der Internationalen Deutschen ARDF Meisterschaften - in Lorch östlich Stuttgart - teilgenommen.

Parcours: Es war ein regnerisches Wochenende, der 2m-Wettbewerb vom Samstag fand bei Starkregen statt, was das 2m-Peilen zusätzlich erschwerte. Einige Teilnehmer hatten Probleme mit ihren Geräten. Der 80-m-Wettbewerb konnte am Sonntag im nassen Gelände, aber ohne Regen durchgeführt werden. Es war ein topografisch schweres Gelände. Die Veranstalter hatten für die verschiedenen Kategorien anspruchsvolle, aber faire Parcours ausgesteckt.

Resultate: Michael in der Kategorie M40 belegte auf 80m den 4. Und auf 2m den 2. Platz, durfte also **eine Silber-Medaille** in Empfang nehmen. Paul in der Kategorie M70 belegte sowohl auf 80m wie auf 2m den ersten Platz und durfte mit **zwei Gold-Medaillen** nach Hause reisen.

Der Vorstand gratuliert den unseren beiden Schweizer Teilnehmern aufs Allerbeste für ihre tollen Erfolge und für die hervorragende Vertretung der USKA! Weiter so!



Paul HB9AIR mit einer seinen Goldmedaillen

Michael HB9ENL mit seiner Silbermedaille