

Propagation en espace libre

et

Dynamique des Trcvr 144MHz

Présentation Seigy 1^{er} Avril 2023 par F6BKD

(Chef de projet HB9BLF assisté de HB9DTX, HB9MBP & HB9AYX)

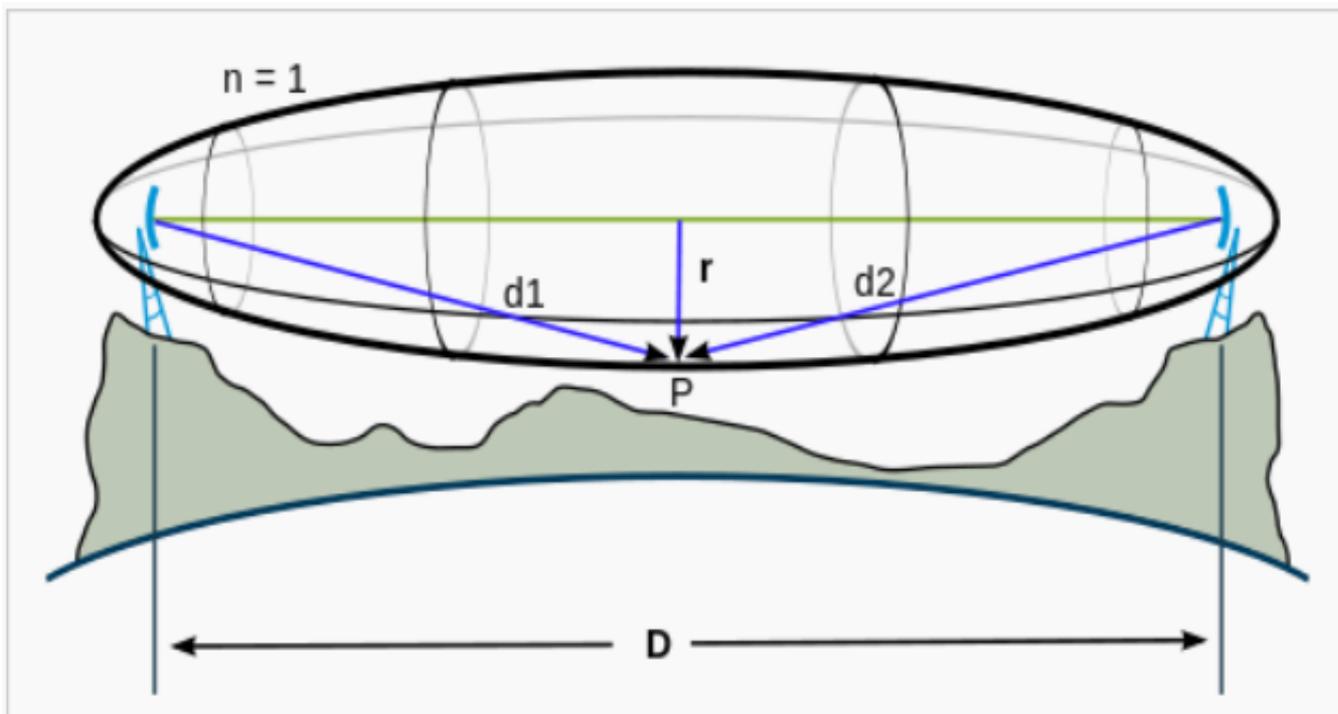


Sommaire

1. Espace libre. Zone de Fresnel
2. Rappel: le décibel
3. L'équation de Friis
4. Exemple de calcul sur **144MHz**
5. Bruit et dynamique
6. Mesure de la dynamique des TRX **144MHz**
 1. Méthode de mesure pour les TX et résultats
 2. Méthode de mesure pour les RX et résultats
7. Conclusions

1. Espace libre. La zone de Fresnel

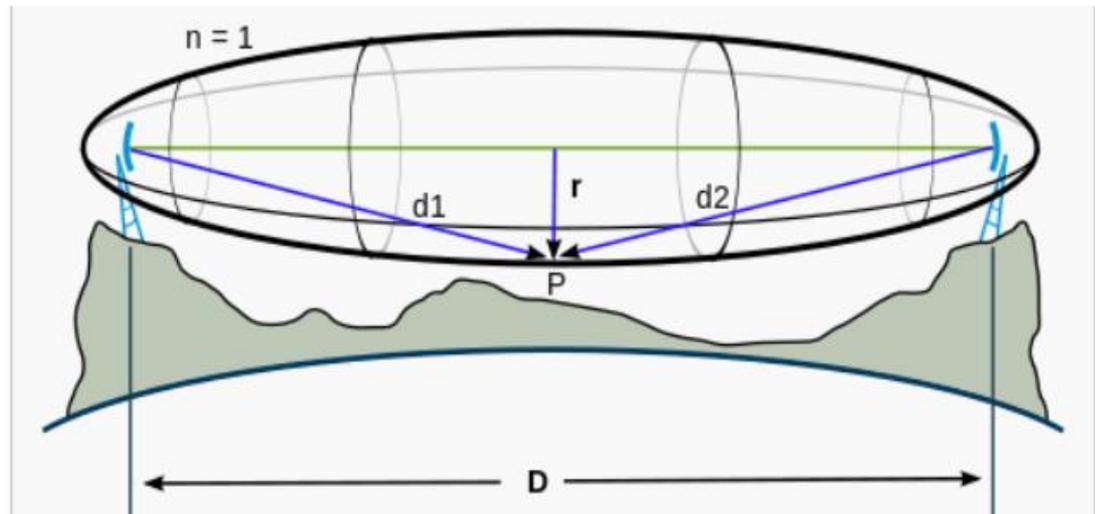
Pour que la condition «espace libre» soit réalisée entre 2 stations, il faut que la «zone de Fresnel» soit libre



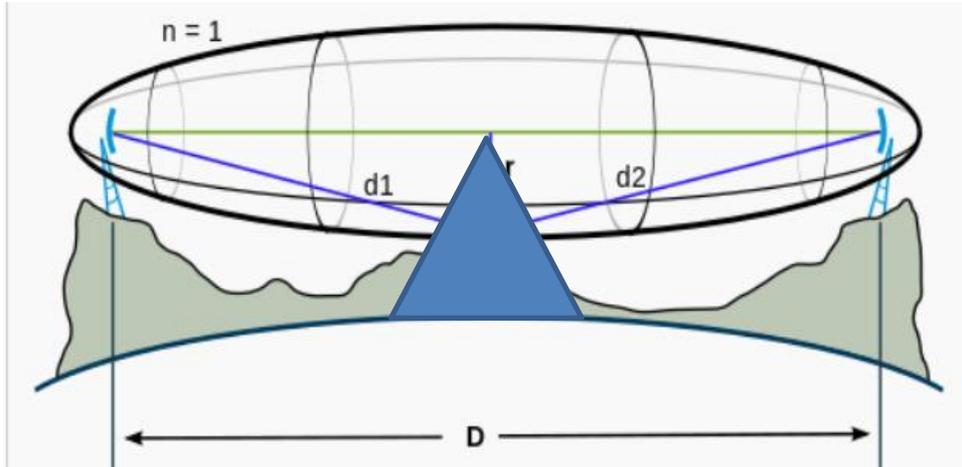
Zone de Fresnel : d est la distance entre l'émetteur et le récepteur, r est le rayon de la zone de Fresnel.

Ellipsoïde de Fresnel

- Si D est la distance entre les antennes, le rayon au centre de l'ellipsoïde de Fresnel vaut : $r = \frac{1}{2} \sqrt{D * \lambda}$ (λ = longueur d'onde)
- Exemple: $D = 60\text{Km}$ et $\lambda = 2\text{m}$ ($f=144\text{MHz}$) \rightarrow
 $r = 173\text{m}$

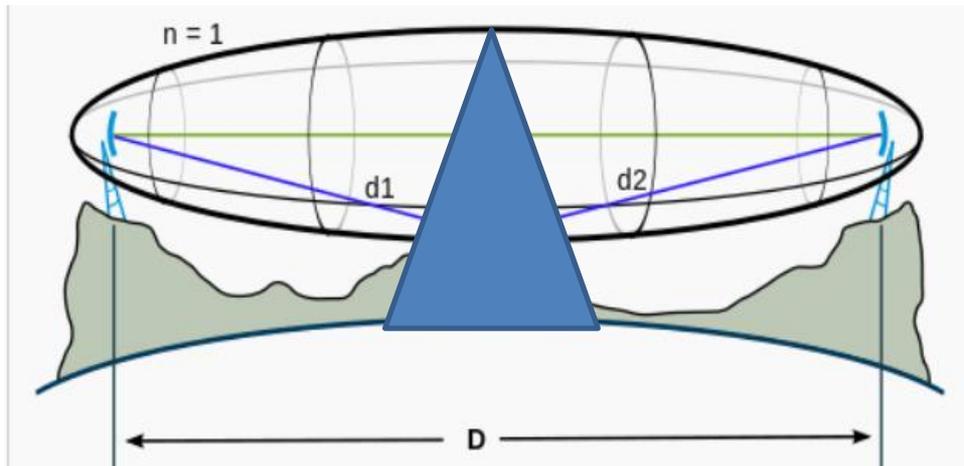


Obstruction partielle de l'ellipsoïde de Fresnel



La moitié de l'ellipsoïde est obstruée au milieu .

Par rapport à l'atténuation normale causée par la distance, il y aura une atténuation supplémentaire de **-6dB**



La totalité de l'ellipsoïde est juste obstruée →

Atténuation supplémentaire:
-14dB

2. Rappel. Le Décibel (dB)

(Mettez m'en trois...)



3 décibels (3dB) correspond à un facteur 2 en puissance

Par exemple:

après 3 déci(bels) de blanc, on se sent 2x plus intelligent

Le Décibel (dB)

- C'est l'unité de mesure du Gain d'un ampli
- Respectivement de la perte dans un atténuateur (câbles coax. Par exemple)



- $G[dB] = 10 * \log \left(\frac{P_{OUT}}{P_{IN}} \right)$
- Le **décibel** est l'unité de mesure d'un rapport de puissance

Le Décibel (dB)

Rapport $\frac{P_{OUT}}{P_{IN}}$	G[dB]
1	0dB
2	+3dB
4	+6dB
5	+7dB
10 = 10^1	+10dB
20	+13dB
40	+16dB
50	+17dB
100 = 10^2	+20dB
1000 = 10^3	+30dB
10000 = 10^4	+40dB

Rapport $\frac{P_{OUT}}{P_{IN}}$	G[dB]
1	0dB
0,5 = 1/2	-3dB
0,25 = 1/4	-6dB
0,20 = 1/5	-7dB
0,1 = 1/10 = 10^{-1}	-10dB
0,05 = 1/20	-13dB
0,025 = 1/40	-16dB
0,020 = 1/50	-17dB
1/100 = 10^{-2}	-20dB
1/1000 = 10^{-3}	-30dB
1/10000 = 10^{-4}	-40dB

Le décibel, exemple d'utilisation

- Un ampli de gain $\times 100$ (**+20dB**), suivi d'une atténuation de $\times 1/2$ (**-3dB**) (par exemple la moitié de la puissance est perdue dans le câble entre le préampli et le RX)
- Gain total de puissance: **$G = 100/2 = 50$**
- En **dB**: **$G[\text{dB}] = +20\text{dB} - 3 \text{ dB} = +17\text{dB}$**

Le **dBm** (= **dB** milliwatt)

- C'est une unité de puissance absolue
- **0dBm** correspond à $P = 1\text{mW}$
- Exemples:
 - $P = 1 \text{ Watt} = 1000\text{mW}$ $P = +30\text{dBm}$
 - $10\text{W} \approx +40\text{dBm}$, $100\text{W} \approx +50\text{dBm}$, $1\text{kW} \approx +60\text{dBm}$
 - $1\mu\text{W} = 0,001\text{mW} = 0,000001\text{W} \approx -30\text{dBm}$
 - $1\text{pW} = 10^{-12}\text{W} = 10^{-9}\text{mW} \approx -90\text{dBm}$

Un signal d'amplitude **-90dBm** est reçu facilement avec rapport S9

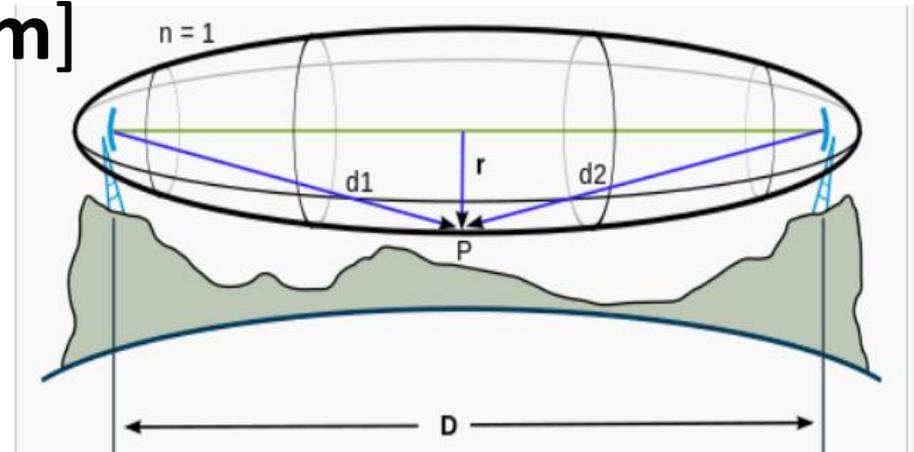
3. L'équation de Friis

- Cette équation permet de calculer le bilan de propagation en espace libre (Valable seulement si la zone de Fresnel est complètement dégagée)
- Elle donne le niveau de signal à la sortie de l'antenne de réception en fonction de:
 - Puissance de l'émetteur
 - Distance
 - Fréquence (Longueur d'onde)
 - Gain des antennes **TX** et **RX**

Propagation espace libre; équation de Friis

- $P_{RX} = P_{TX} * G_{ANT}(TX) * G_{ANT}(RX) * \left(\frac{\lambda}{4\pi D}\right)^2$
- P_{RX} = puissance reçue [Watts]
- P_{TX} = puissance envoyée par le TX (mesurée à l'entrée de l'antenne TX [Watts])
- G_{ANT} = Gain de l'antenne (TX et RX) [--]
- λ = longueur d'onde [m]
- D = Distance [m]

$$\lambda = c/F \Rightarrow = 300 / F \text{ [MHz]}$$



L'équation de Friis en [dB]

- Les multiplications deviennent des additions
- $P_{RX}[dBm] = P_{TX}[dBm] + G_{ANT}(TX)[dB] + G_{ANT}(RX)[dB] + 10 * \log \left(\frac{\lambda}{4\pi D} \right)^2$
- Le dernier terme est le rapport entre la surface de captation d'une antenne isotrope ($S_{Ant} = \frac{\lambda^2}{4\pi}$) et la surface d'une sphère de rayon **D** ($4\pi D^2$)
- La LARGEUR du dipôle de réception (au carré) définit la surface de captation

4. Exemple de calcul sur 144MHz

- Puissance TX: **1kW (+60dBm)**
- Perte câble TX entre PA et antenne: **-2dB**
- Antenne TX: 2x 13EL, longueur de boom 8m
- Antenne RX: idem $\rightarrow G_{Ant}(TX) = G_{Ant}(RX) = 18,5dBi$
- Fréquence: $f = 144.300MHz \rightarrow \lambda = 2,08m$
- Distance: 2 stations en point haut à $D = 60Km$
- $\rightarrow \left(\frac{\lambda}{4\pi D}\right)^2 = \left(\frac{2,08}{4\pi * 60000}\right)^2 = 7,61 * 10^{-12}$
- $10 * \log \left(\frac{\lambda}{4\pi D}\right)^2 = -111,2dB$

Calcul sur 144MHz

- $P_{RX}[\mathbf{dBm}] = P_{TX} - (\text{câble}_{TX}) + G_{ANT}(TX) + G_{ANT}(RX) + 10 * \log \left(\frac{\lambda}{4\pi D} \right)^2$
- $P_{RX}[\mathbf{dBm}] = +60 - 2 + 18.5 + 18.5 - 111,2 = \mathbf{-16,2dBm}$
- Soit environ **25μW**
- C'est un signal très puissant...
- Nous allons maintenant le comparer au **bruit de fond**

5. Le *bruit* et la Dynamique

- Le bruit est généré à l'intérieur des conducteurs et semi-conducteurs par l'agitation moléculaire. C'est ce que l'on appelle le bruit thermique.
- $T = 0^{\circ}\text{C}$ est la température à laquelle l'eau se solidifie en glace
- La température la plus basse possible est -273°C
C'est le zéro absolu: $T = 0\text{K}$ (Kelvin)
- La température de transition eau \leftrightarrow glace vaut alors $T = +273\text{K}$
- Température ambiante $T = +27^{\circ}\text{C} \approx T = 300\text{K}$

Le bruit généré par une résistance

Dans un solide conducteur ou semi-conducteur, l'agitation moléculaire liée à la température dévie les électrons de leur trajectoire.

Cela provoque l'apparition d'un bruit (thermique) qui se superpose au courant électrique présent.



Le niveau de ce bruit thermique est proportionnel à la température absolue:

$$P_{NOISE} = KTB \text{ [Watts]}$$

$K = 1,38 * 10^{-23}$ [Joules/°K] **K est la constante de Boltzmann**

T = température absolue [°K]

B = largeur de bande [Hz]

Le *bruit* d'une résistance

Exemple. Bruit généré par une résistance dans une largeur de bande «SSB» $B = 2500\text{Hz}$

Température ambiante $27^\circ\text{C} \rightarrow T = 300^\circ\text{K}$

$$\begin{aligned}P_{NOISE} &= 1,38 * 10^{-23} * 300 * 2500 \\ &= 10,4 * 10^{-18} \text{ [Watts]} \\ &= 10,4 * 10^{-15} \text{ mW}\end{aligned}$$

En dBm: $10 * \log(10,4 * 10^{-15} \text{ mW}) = -140 \text{ dBm}$

A comparer avec les $+60 \text{ dBm}$ (1 kW) du PA.

Différence: **200dB** (= une chiée)

Bruit d'une antenne Yagi sur 144MHz

- Si l'antenne est orientée en direction d'une zone «froide» du ciel (pas sur le soleil), sur 144MHz, elle a une température $T \approx 250^{\circ}\text{K}$
- Si elle tire sur l'horizon, elle capte le bruit du sol. Sur 144**MHz**, elle a une température de bruit moyenne $T \approx 1000^{\circ}\text{K} \rightarrow$
- $(P_{NOISE}(Ant) = -135dBm)$

La Dynamique du signal reçu

La dynamique du signal reçu est le rapport entre son niveau et le niveau du bruit de fond.

$$Dyn[dB] = P_{Signal}[dBm] - P_{Noise}[dBm]$$

Exemple:

- $P_{Signal} = -16dBm$ (STN selon calcul au §4)
- $P_{NOISE}(Ant) = -135dBm$
- $Dyn[dB] = -16 - (-135) = 119dB$

La dynamique; résumé (1)

- Dans cet exemple, lors d'un contest sur **144MHz**, une station sur un point haut à **60Km**, opérant avec **1kW** et 2 antennes de 8m de boom est reçue avec un niveau de signal qui est **119dB au-dessus du bruit de fond**
- Pour éviter le QRM, il faut que le niveau de bruit (ou signaux parasites) généré par la station TX en dehors de son canal d'émission soit **119dB plus bas** que son niveau de signal utile et...

La dynamique; résumé (2)

- Et que votre récepteur «supporte» ce niveau de signal reçu sans générer d'artefacts:
 - La tête d'entrée du RX (LNA, mixer → premier filtre à quartz) ne doit pas être saturée par le signal reçu
 - Le signal de votre VFO doit être suffisamment propre (niveau de bruit «latéral» faible), pour éviter l'effet de «mélange réciproque» avec le signal reçu

6. Mesure de la dynamique de TRX 144MHz

- Le QRM est présent lors de chaque contest sur 144MHz.
- Le temps passe, et il n'y a aucune amélioration de ce problème. On constate plutôt une dégradation avec les nouveaux équipements mis sur le marché
- Y'en a marre! Nous avons fait une campagne de mesures. Les performances en RX et TX de 19 appareils ont été mesurées, et les résultats sont... !

Dynamique des Trcvr 144MHz

Dans les années quatre vingt, SM5BSZ avait publié dans Dubus le résultat de ses mesures et de ses modifications:

<https://www.sm5bsz.com/txmod/vhfc182a.htm>

Il en ressortait qu'une construction OM pouvait posséder des performances supérieures

ON4UN & DF9IC en avait fait de même pour certains Trcvr décamétrique.

Autant de compétences, j'aimerais!

J'ai donc patienté presque un demi siècle

Dynamique des Trcvr 144MHz

Les partenaires, HB9BLF (*Group Leader*) HB9DTX , HB9MBP & HB9AYX



Quelques appareils testés

OM-Made

IC-910



IC-275



FT-857



FT-897



IC-202



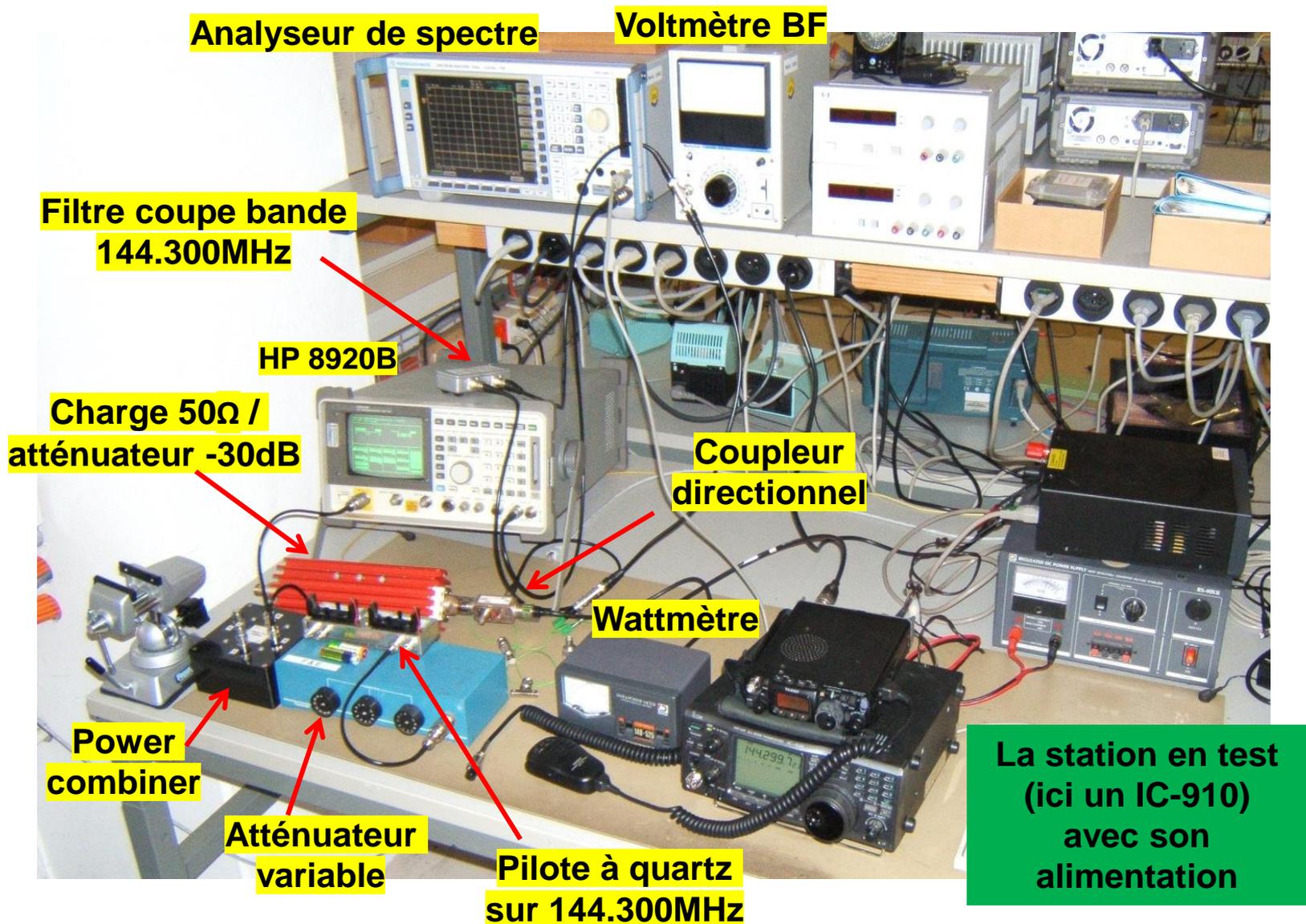
Elecraft K3 +TRCVR



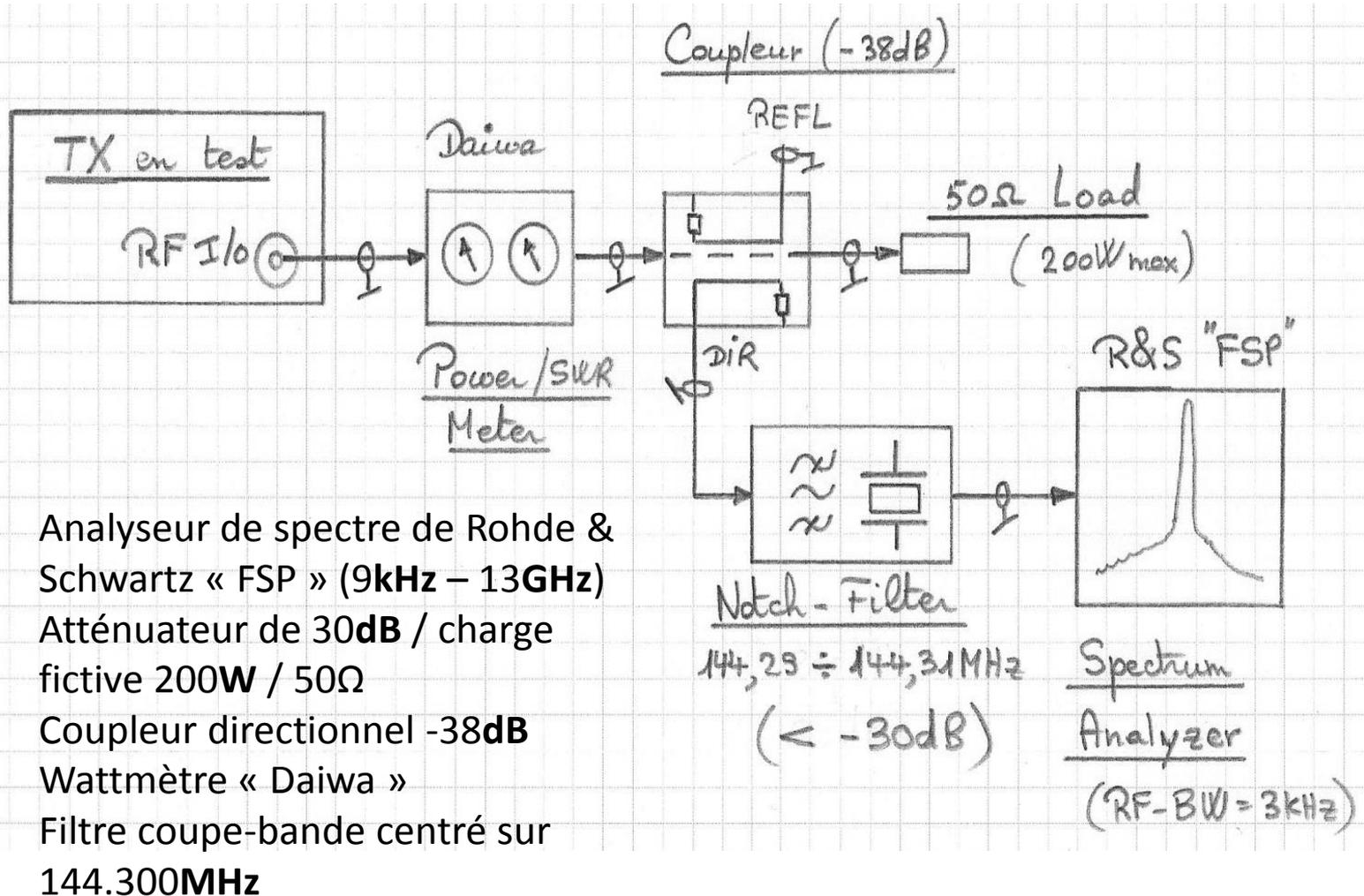
Elecraft KX3 +TRCVR



Equipement de mesure



6.1. Mesure de la dynamique des TX



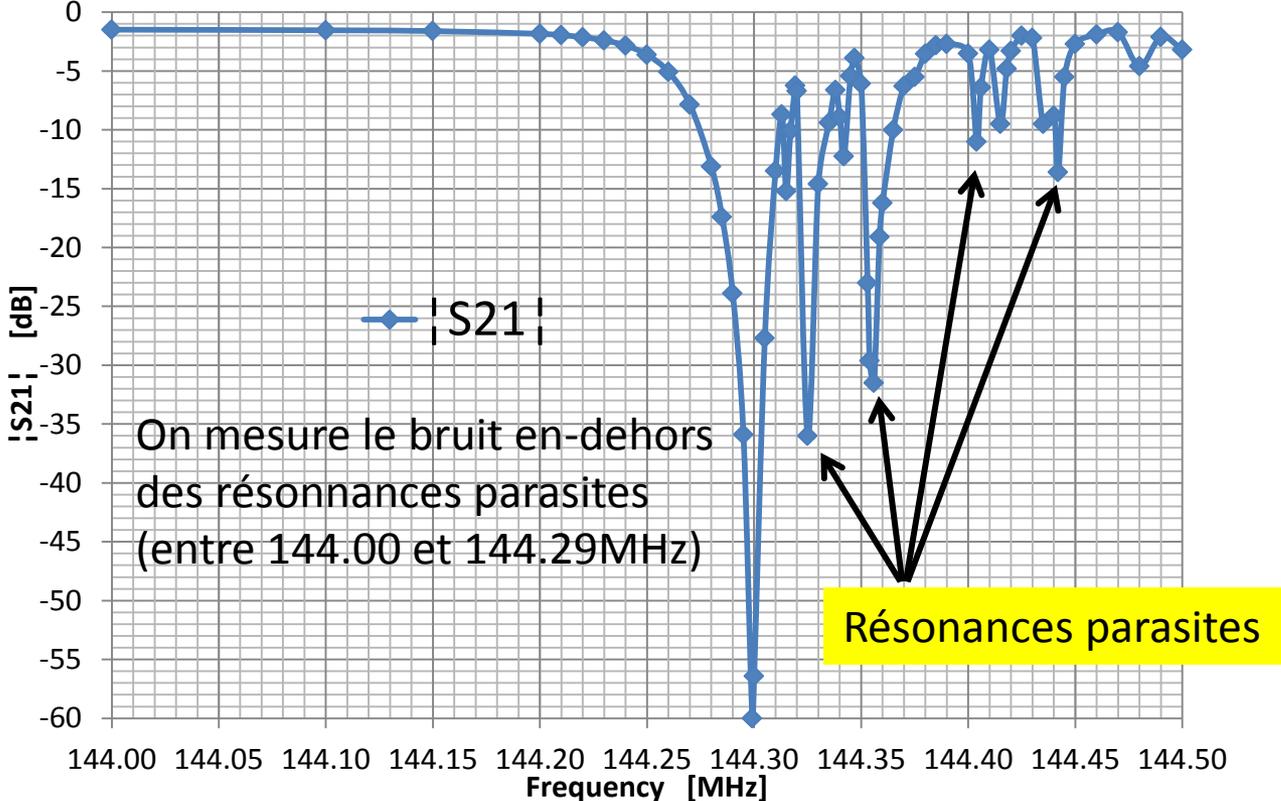
Méthode de mesure (1)

- Le TX est en mode CW. Il est réglé pour sortir sa puissance nominale sans saturation, sur 144,300MHz
- «Key Down». La puissance est mesurée avec le wattmètre. Le signal passe à travers le coupleur directionnel et l'atténuateur de puissance. Réglage fin du niveau TX pour obtenir **+10dBm (10mW)** dans l'analyseur de spectre
- Puis on fait passer le signal CW à travers le filtre coupe bande (Notch) pour mesurer le niveau de bruit résiduel à des offsets de 10, 20, 50, 100**kHz** de la porteuse
- Le niveau de bruit est mesuré avec une largeur de bande d'analyse **RBW = 3kHz** (\approx SSB **BW**)

Méthode de mesure (2)

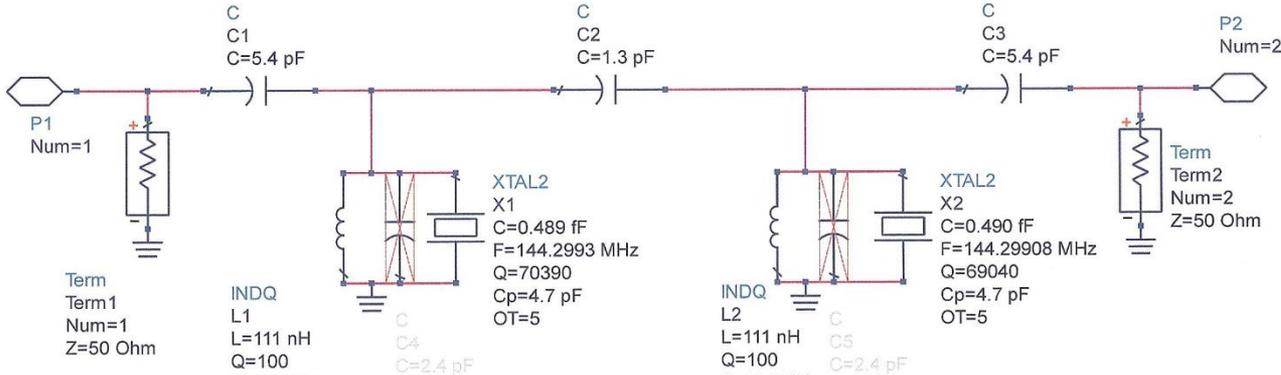
- La dynamique est le rapport entre le bruit mesuré à chaque offset en fréquence et la puissance de référence sans le filtre coupe-bande (Notch)
- Le filtre «Notch» réduit très fortement la puissance reçue par l'analyseur sur la fréquence centrale du TX (144,300MHz)
- Le «Notch» permet d'augmenter la dynamique de la mesure du bruit (on peut pousser le gain de l'analyseur sans risquer la saturation)
- Il est nécessaire pour éviter le mixage réciproque avec le bruit latéral de l'oscillateur de balayage de l'analyseur

Filtre «Notch» centré sur 144.300MHz



On mesure le bruit en-dehors des résonances parasites (entre 144.00 et 144.29MHz)

Résonances parasites



Niveau de bruit de l'analyseur

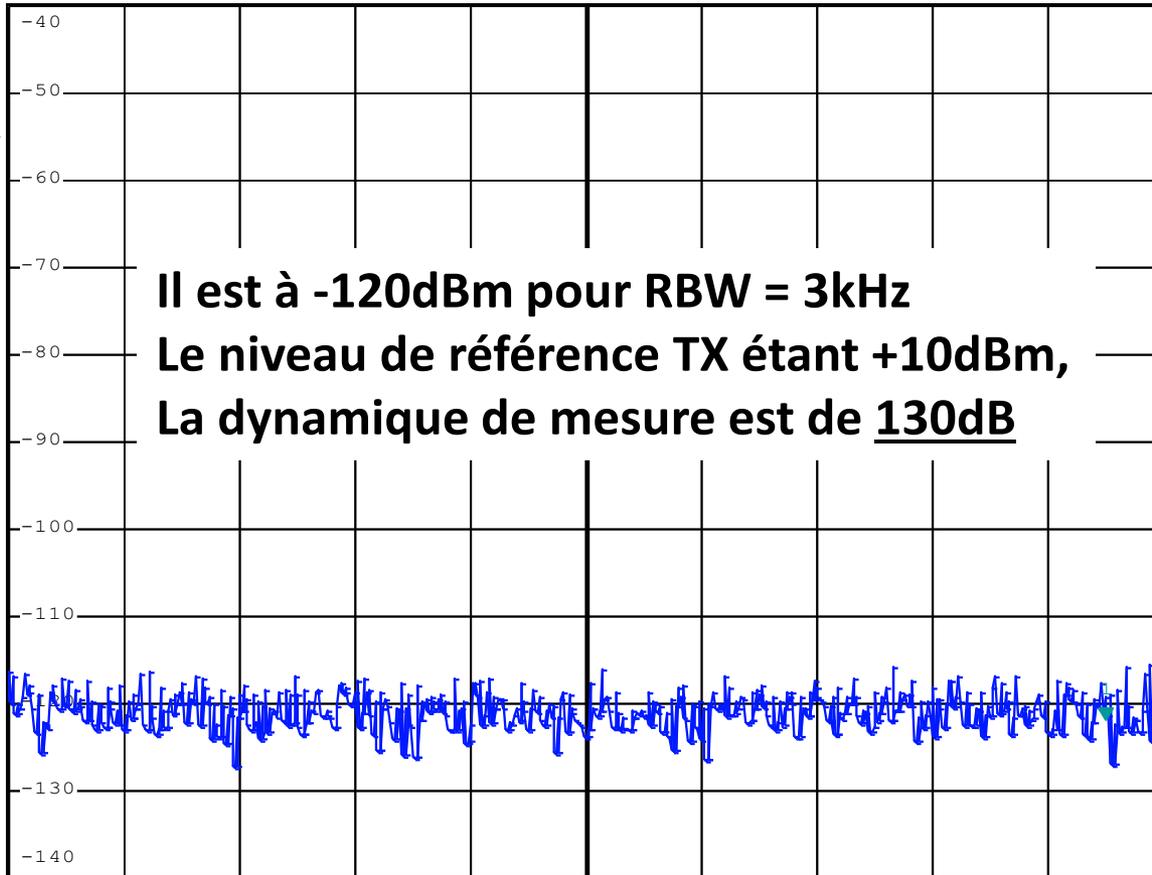


*RBW 3 kHz Marker 1 [T1]
VBW 30 kHz -121.68 dBm
*SWT 500 ms 144.300000000 MHz

Ref -40 dBm

*Att 0 dB

1 RM*
CLRWR



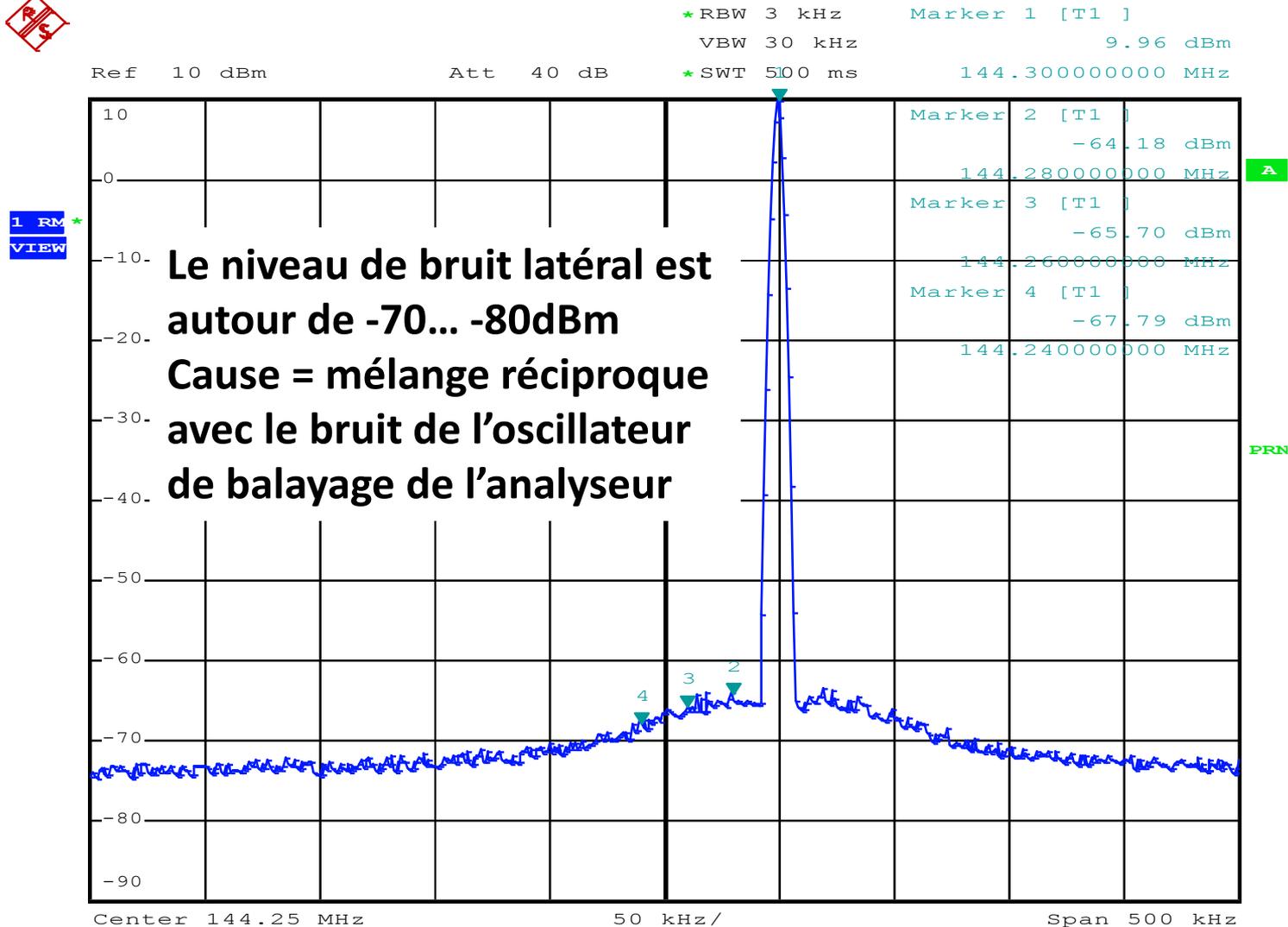
Il est à -120dBm pour RBW = 3kHz
Le niveau de référence TX étant +10dBm,
La dynamique de mesure est de 130dB

Center 144.21 MHz

20 kHz/

Span 200 kHz

Mesure en mode CW, sans le filtre «Notch»



Note: par rapport à la figure précédente, l'atténuation à l'entrée de l'analyseur est plus élevée (40dB au lieu de 0), ce qui change le plancher de bruit de la mesure

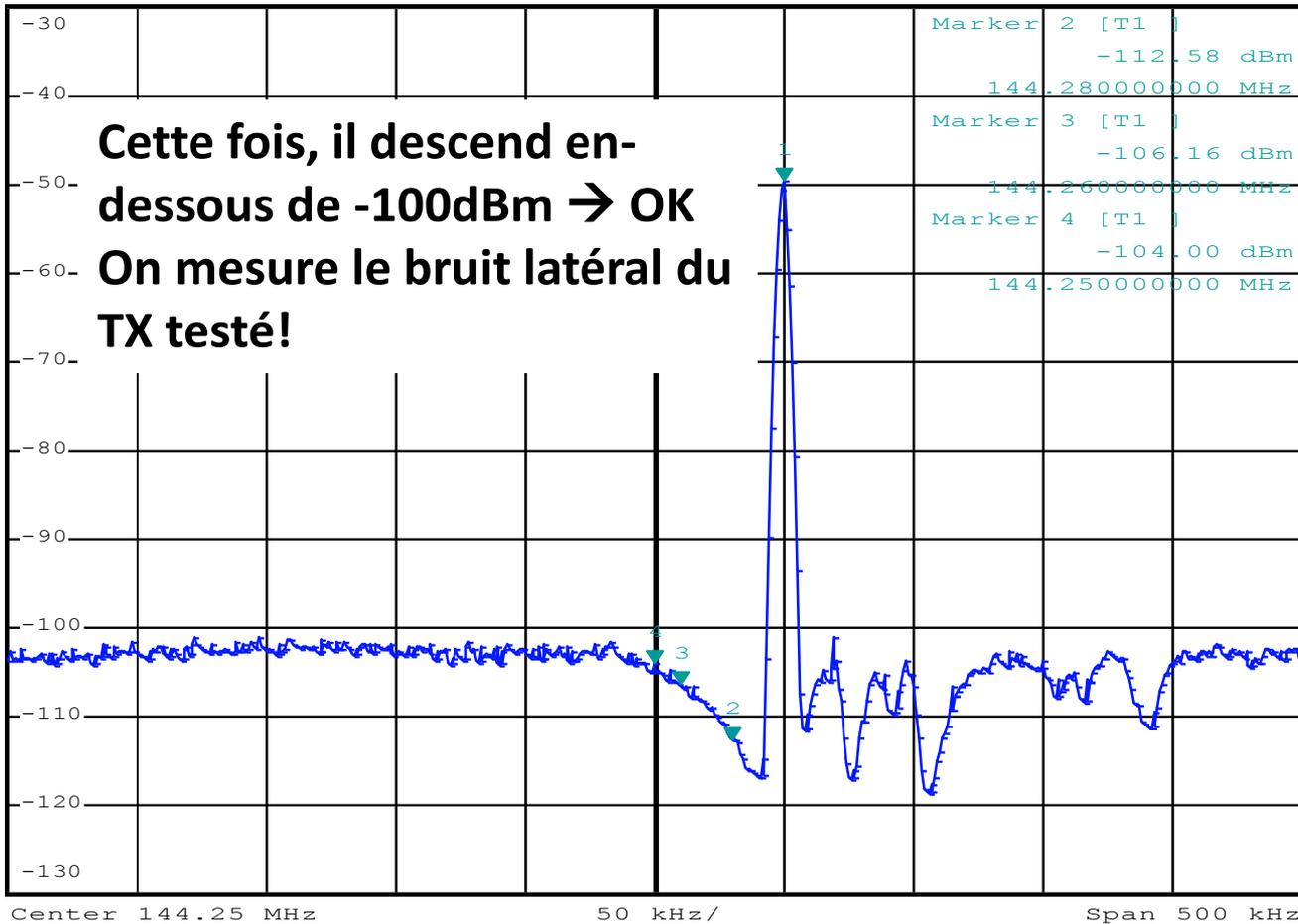
Mesure avec le «Notch»



Ref -30 dBm *Att 0 dB *RBW 3 kHz Marker 1 [T1] -49.57 dBm
*SWT 500 ms 144.300000000 MHz

1 RM*
VIEW

**Cette fois, il descend en-
dessous de -100dBm → OK
On mesure le bruit latéral du
TX testé!**



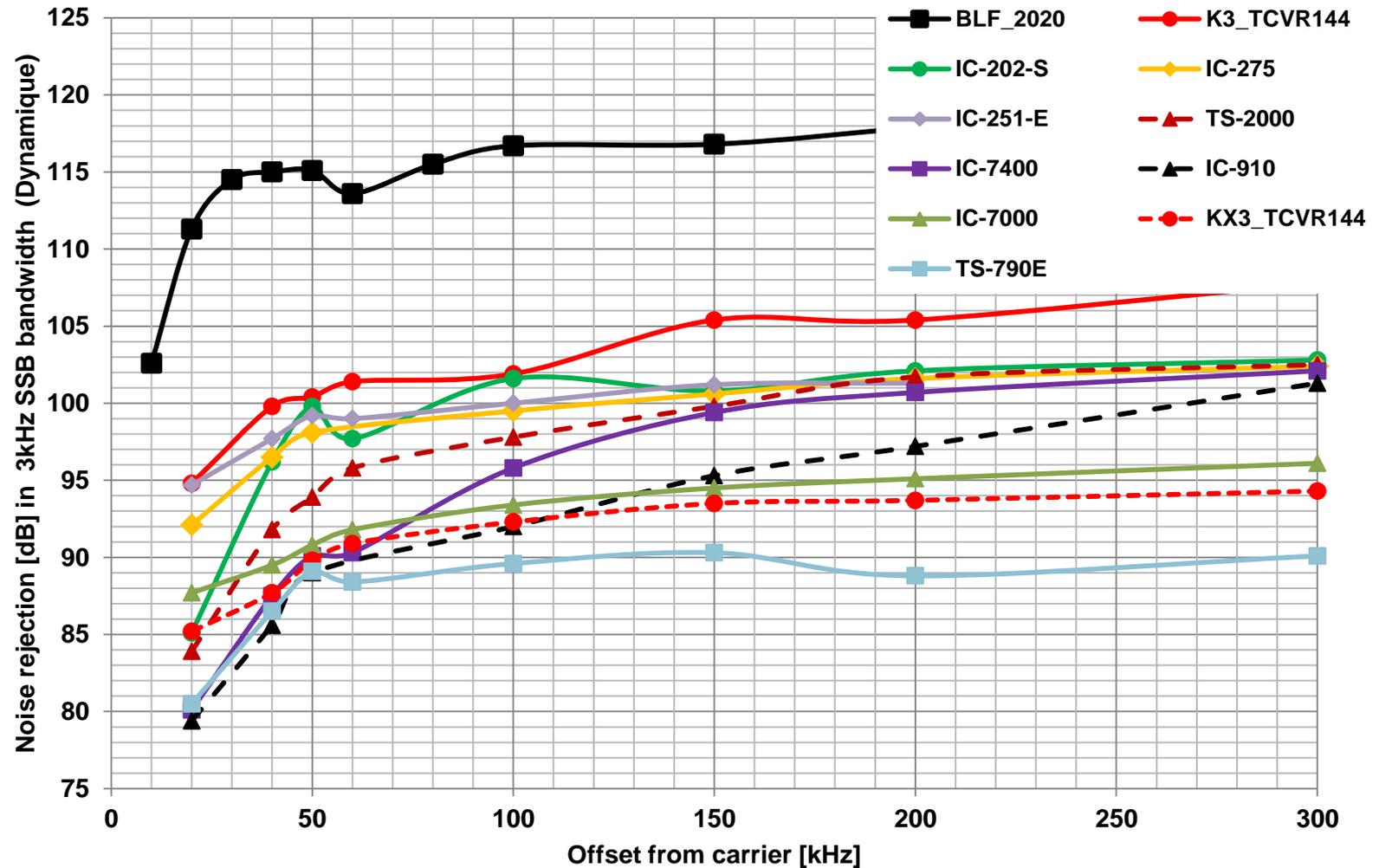
**On calcule la dynamique à chaque offset en fréquence,
en compensant l'atténuation du filtre «Notch»
(Exemple avec un «bon» (mais pas assez...) TX)**

CW, 10W out; through -30dB attenuator. Ref Level = +10dBm			
Frequency [MHz]	Noise level [dB]	XTAL notch filter attenuation [dB]	S/N ratio [dB] (Dynamique TX)
144.280	-114,4	-13.1	111,3
144.260	-110,1	-5.1	115,0
144.250	-108,7	-3.6	115,1
144.240	-106,4	-2.8	113,6
144.200	-108,5	-1.8	116,7
144.150	-108,4	-1.6	116,8

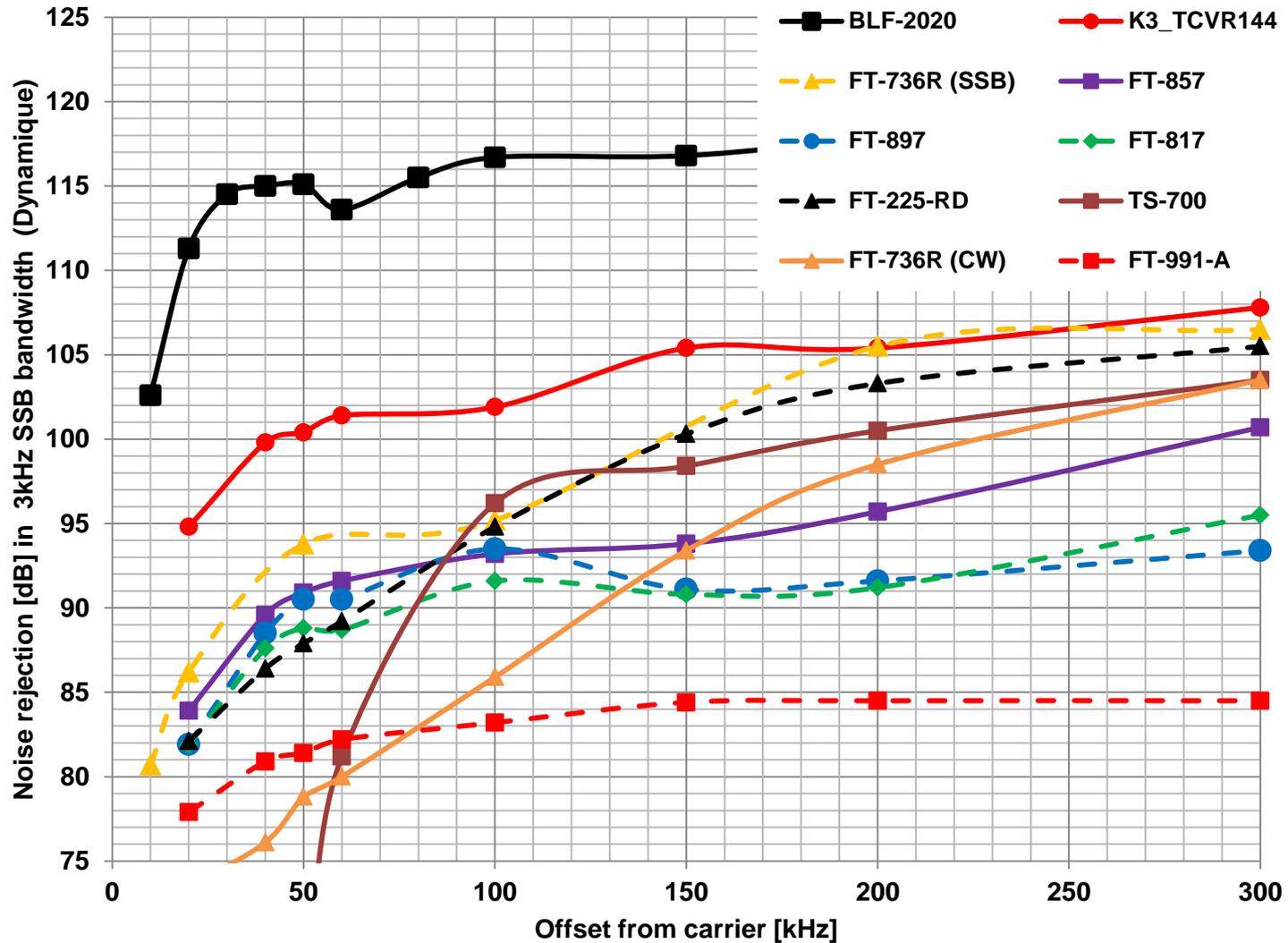
Dynamiques mesurées sur les TX

<u>Appareil</u>	Noise level relative to carrier [dBc] in a 3KHz "SSB" bandwidth			
Frequency offset →	$\Delta f = 20\text{kHz}$	$\Delta f = 50\text{kHz}$	$\Delta f = 100\text{kHz}$	$\Delta f = 200\text{kHz}$
OM-made	-111	-115	-116	-118
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

Dynamique en mode TX (CW)



Dynamique en mode TX (CW ou SSB)



Dynamique des TX. Conclusions

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

- K3 + TCVR-144**MHz**
- IC-202
- FT-736-R (mais en **SSB** seulement, pas en **CW**)
- IC-251-E
- IC-275 (Celui de Yves, HB9DTX)

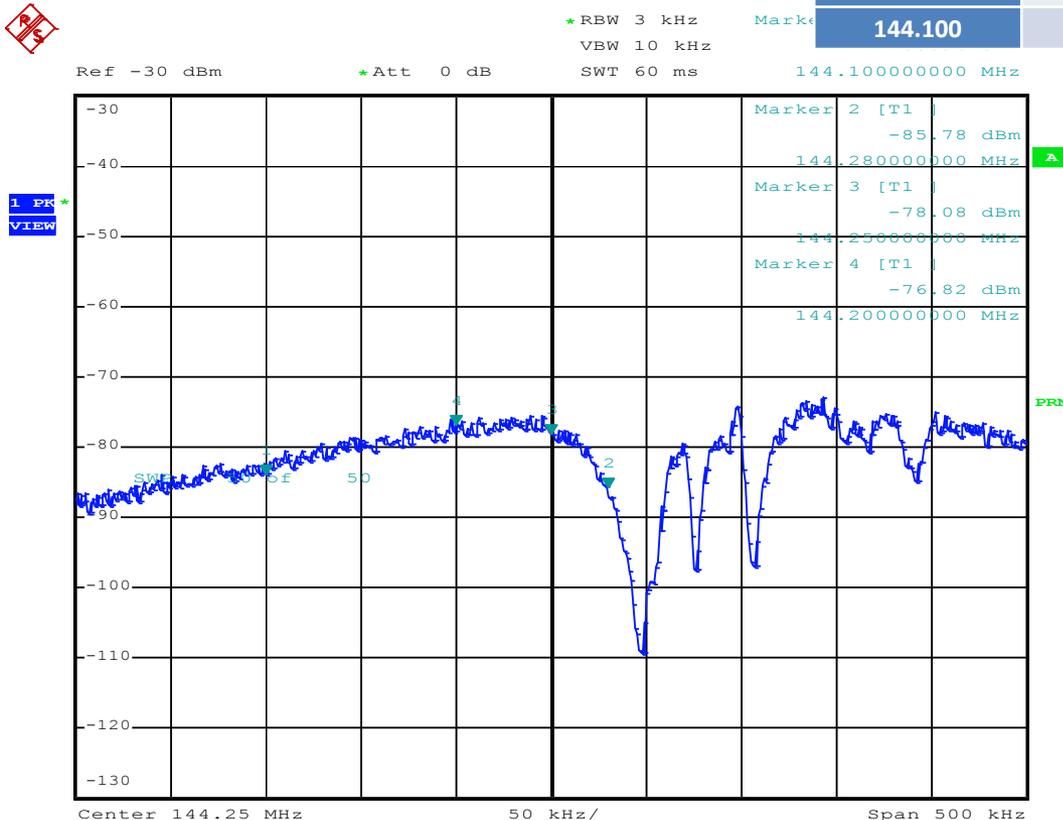
Aucun de ces appareil n'atteint la dynamique TX désirée de 120**dB**...

Bruit latéral en SSB, sans modulation micro

Exemple ici avec l'IC-910:

Niveaux mesurés entre **-85dBm** et **-76dBm** par rapport à une puissance de crête de **+10dBm**

SSB noise, without speech			
Frequency [MHz]	Noise level [dBm]	XTAL notch filter attenuation [dB]	S/N ratio [dB] (Dynamique TX)
144.280	-85.8	-13.1	82.7
144.250	-78.1	-3.6	84.5
144.200	-76.8	-1.8	85.0
144.100	-84.0	-1.5	92.5



Niveaux corrigés réels selon le tableau ci-dessus.

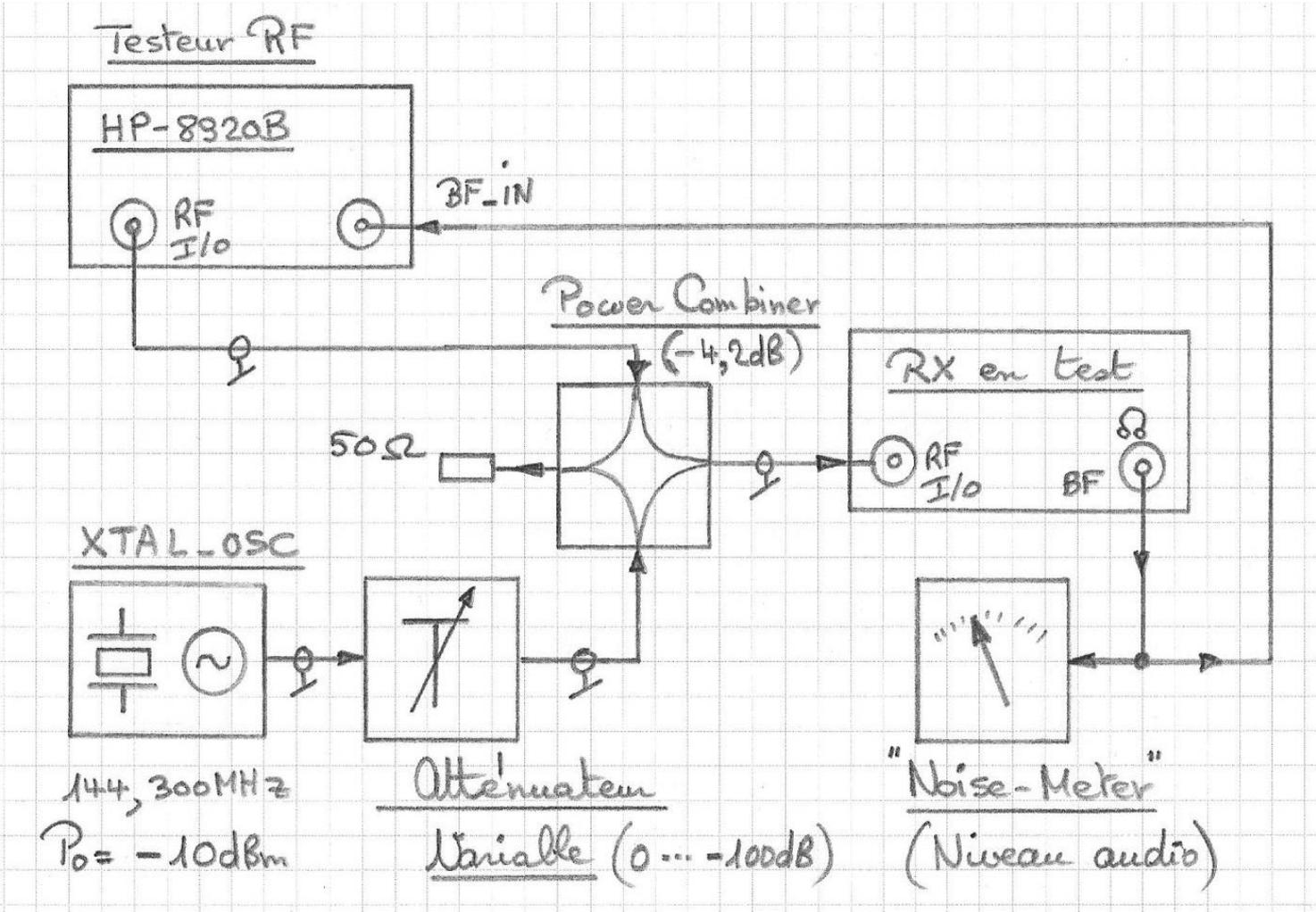
Exemple: **-85dB** / niveau de crête sur **144.200MHz**

Si vous recevez cette station avec un niveau de **120dB** au dessus du bruit de votre RX, alors **cette STN vous met 35dB de bruit simplement en pressant le PTT du micro...**

Bruit latéral en SSB, sans modulation micro. Résumé

Appareil	Niveau de bruit relatif à la porteuse [dBc], à un offset Δf de la fréquence d'émission		
	$\Delta f = 100\text{kHz}$	$\Delta f = 200\text{kHz}$	Unités
IC-7000	-123	-123	dBc
OM-made	-117	-118	
K3-TCVR144	-110	-109	
FT-736-R (SSB)	-107 (+ pics...)	-107 (+ pics...)	
IC-251-E	-106	-106	
IC-202-S	-104	-105	
TS-700	-102	-106	
IC-7400	-102	-102	
FT-225-RD	-100	-101	
IC-275	-96	-98	
TS-2000	-103	-103	
FT-857	-97	-96	
FT-817	-94	-94	
KX3-TCVR144	-94	-91	
FT-897	-91	-89	
IC-910	-85	-93	
TS-790-E	-87	-87	
FT-991-A	-81	-81	

6.2. Mesure de la dynamique des RX



Mesure de la sensibilité du RX

- Le pilote à quartz est OFF
- Le **RX** est réglé pour recevoir un signal SSB
- Sans signal reçu, on règle le volume **RX** et la sensibilité du voltmètre **BF** pour référencer le niveau de bruit (**0dB**)
- On envoie un signal CW de faible amplitude sur la fréquence **RX**.
- On augmente le niveau du signal CW jusqu'à ce que la tonalité audio soit **+10dB** au-dessus du niveau du bruit

Mesure de sensibilité

Niveau de signal du HP8920B pour SNR = 10dB (mesure) :	-124.5	[dBm]
Pertes à travers l'additionneur et les câbles :	-4.2	[dB]
Correction pour tenir compte du SNR = 10dB	-9.5	[dB]
Niveau équivalent de bruit à l'entrée du RX :	<u>-138.2</u>	[dBm]

Exemple avec le FT-736 (Mutek)

Blocage du RX par un signal fort

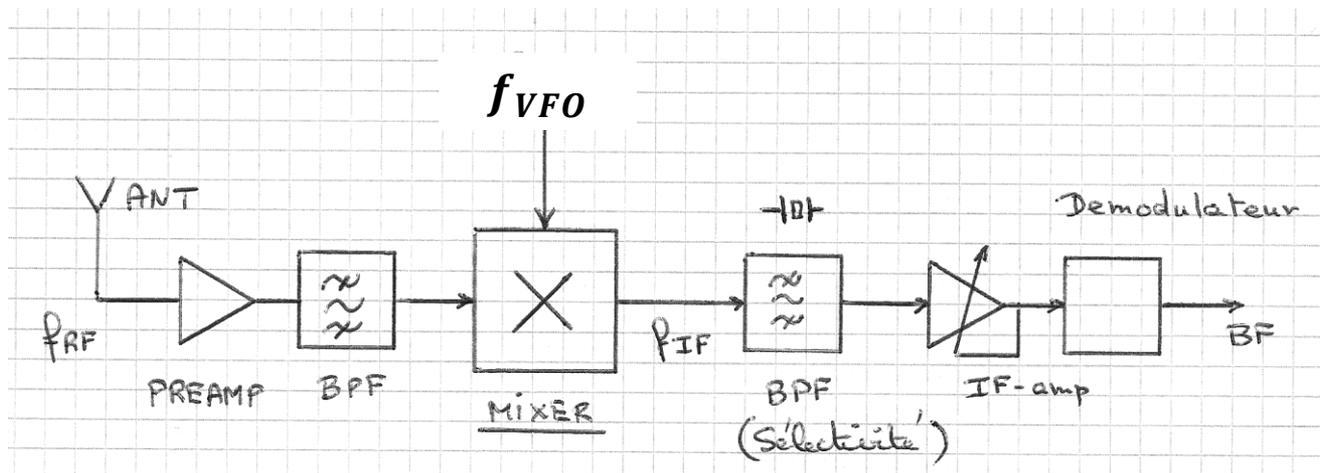
Deux mécanismes de blocage:

- Augmentation du bruit de fond autour de la fréquence du perturbateur, par effet de mélange réciproque avec le bruit du VFO du RX.
- Saturation de la chaîne de réception par le fort signal du perturbateur → Réduction du gain sur le signal que l'on veut recevoir, la sensibilité du RX «s'écroule».

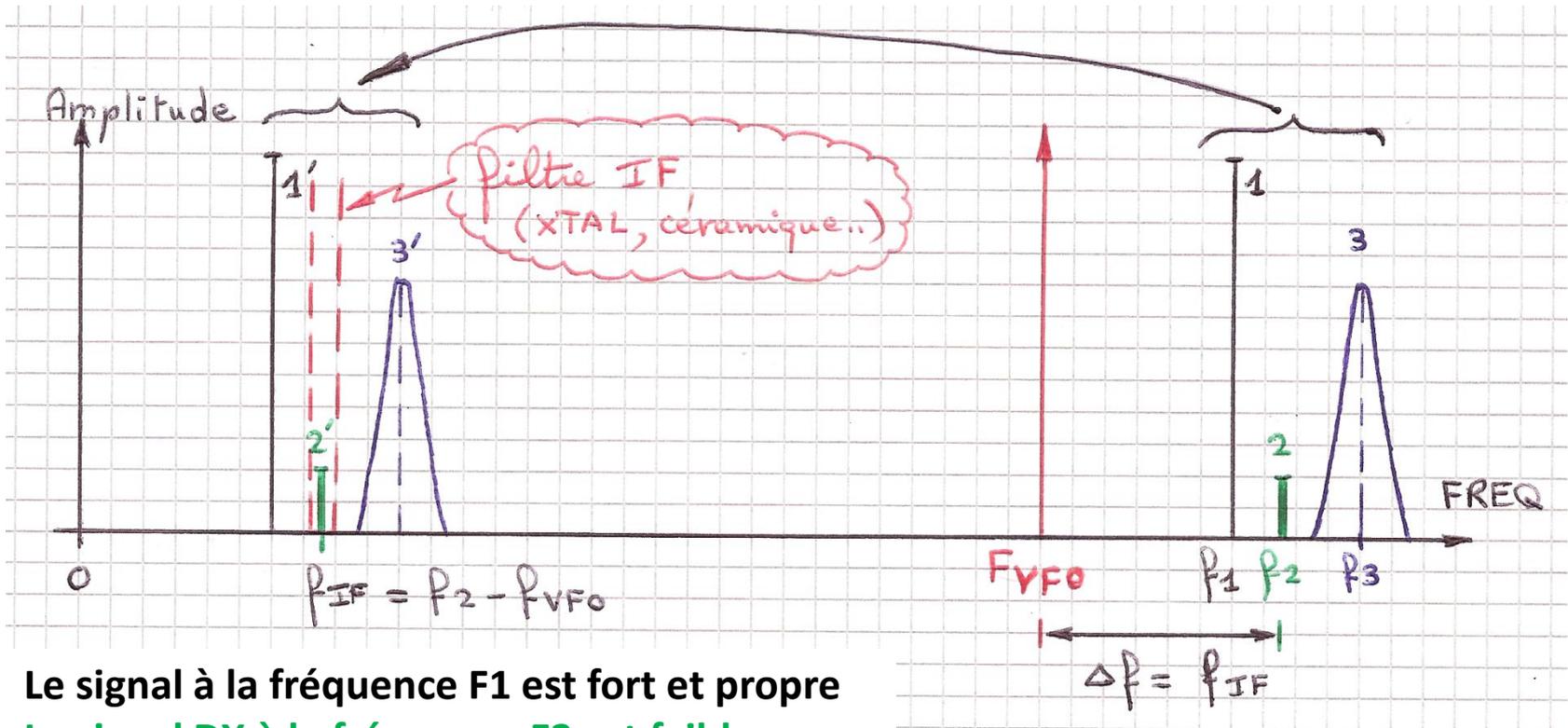
RX «superhétérodyne»

La fréquence à recevoir (f_{RF}) est convertie sur une fréquence intermédiaire (f_{IF}), plus basse, à l'aide d'un mélangeur (Circuit non linéaire)

$$f_{IF} = f_{RF} - f_{VFO}$$



Mélange réciproque



Le signal à la fréquence F_1 est fort et propre

Le signal DX à la fréquence F_2 est faible

Le signal à la fréquence F_3 est un peu «large»

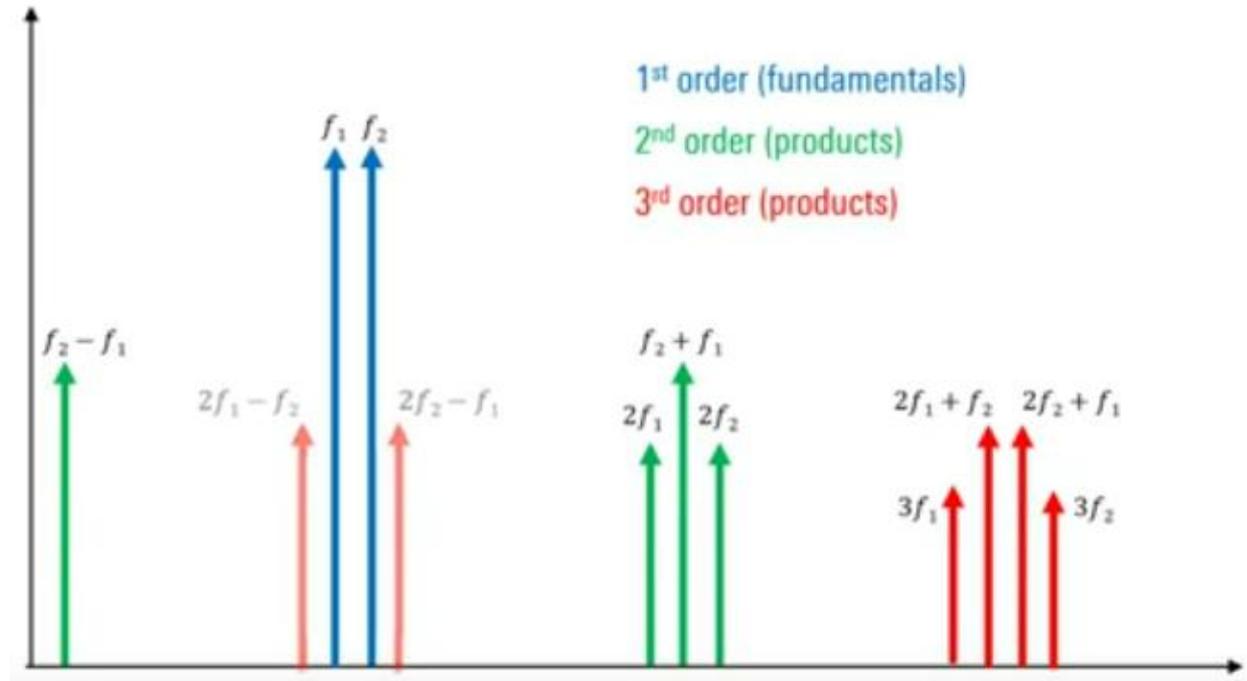
Après mélange avec un signal VFO «propre»: →

Les 3 signaux aux fréquences F_1' , F_2' et F_3' ont la même allure spectrale que ceux qui ont été reçus par l'antenne

Produit d'Intermodulation

ou Harmonique du 3^{ème} Ordre

Le signal à la fréquence F1 est fort et propre
Le signal DX à la fréquence F2 est faible
Le signal à la fréquence F3 est un peu «large»



Au générateur deux tons, supposons $F1 = 144'301.0$ & $F2 = 144'301.8$

$$2 \times F1 - F2 \Rightarrow (144'301.0 \times 2) - 144'301.8 = 144'300.2$$

$$2 \times F2 - F1 \Rightarrow (144'301.8 \times 2) - 144'301.0 = 144'302.6$$

Donc dans la Bp de réception

$$F1 + F2 \Rightarrow 144'301.0 + 144'301.8 = 288'602.8$$

$$2 \times F1 \Rightarrow 144'301.0 \times 2 = 288'602.0$$

$$2 \times F2 \Rightarrow 144'301.8 \times 2 = 288'603.6$$

Hors Bp de réception mais susceptible de créer du retour dans le post mélangeur.

NB: Le post mélangeur doit se refermer sur sa résistance de charge sur la plus large bande de fréquence possible.

Mesure du bruit créé par mélange réciproque

- L'entrée du RX est connectée, à travers un «Wilkinson power-combiner», à une source de signal utile (signal **CW** sur la fréquence de **RX**) et à une source de signal perturbateur (pilote à quartz sur 144.300MHz)
- Le niveau du signal perturbateur est réglé à l'aide d'un atténuateur variable
- Le niveau du signal utile est réglé par le HP-8920B.

Mesure du bruit créé par mélange réciproque

- Pour mesurer le bruit créé par le mélange réciproque, aucun signal n'est injecté sur la fréquence de réception.
- On mesure le niveau de bruit généré par le pilote à quartz, à des offsets de 20kHz puis 50kHz ($f_{RX} = 144,280\text{MHz}$ puis $144,250\text{MHz}$)
- On règle le niveau du pilote à quartz pour obtenir une augmentation du bruit audio de +3dB. On utilise cette valeur pour calculer la dynamique de blocage.

Bruit par mélange réciproque: FT-736

Offset en fréquence	Augmentation du bruit [dB]	Niveau du signal interférant [dBm]	Dynamique de réception [dB]
20kHz	1	-45	
	2	-42	
	3	-40	98dB
	5	-37	
50kHz	1	-33	
	2	-30	
	3	-28	110dB
	3.5 (Début de la compression dans le RX)	-24	

Dynamique:

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

(Niveau de bruit à l'entrée du RX: $P_{NOISE}(RX_IN) = -138dBm$)

Saturation dans la chaîne RX: IC-202

- Avec l'IC-202, pas d'augmentation du bruit par mélange réciproque
- L'oscillateur du VFO de l'IC-202 est un VCXO (Résonateur à quartz) → très propre
- Blocage de la réception: saturation de la chaîne de réception par le signal fort
- Mesure du blocage
- On ajuste l'amplitude du signal reçu sur 144,28MHz ou 144,25MHz pour SINAD=10dB
- Puis on augmente l'amplitude du perturbateur pour obtenir une dégradation du SINAD de 3dB

Réduction de sensibilité par surcharge: IC-202

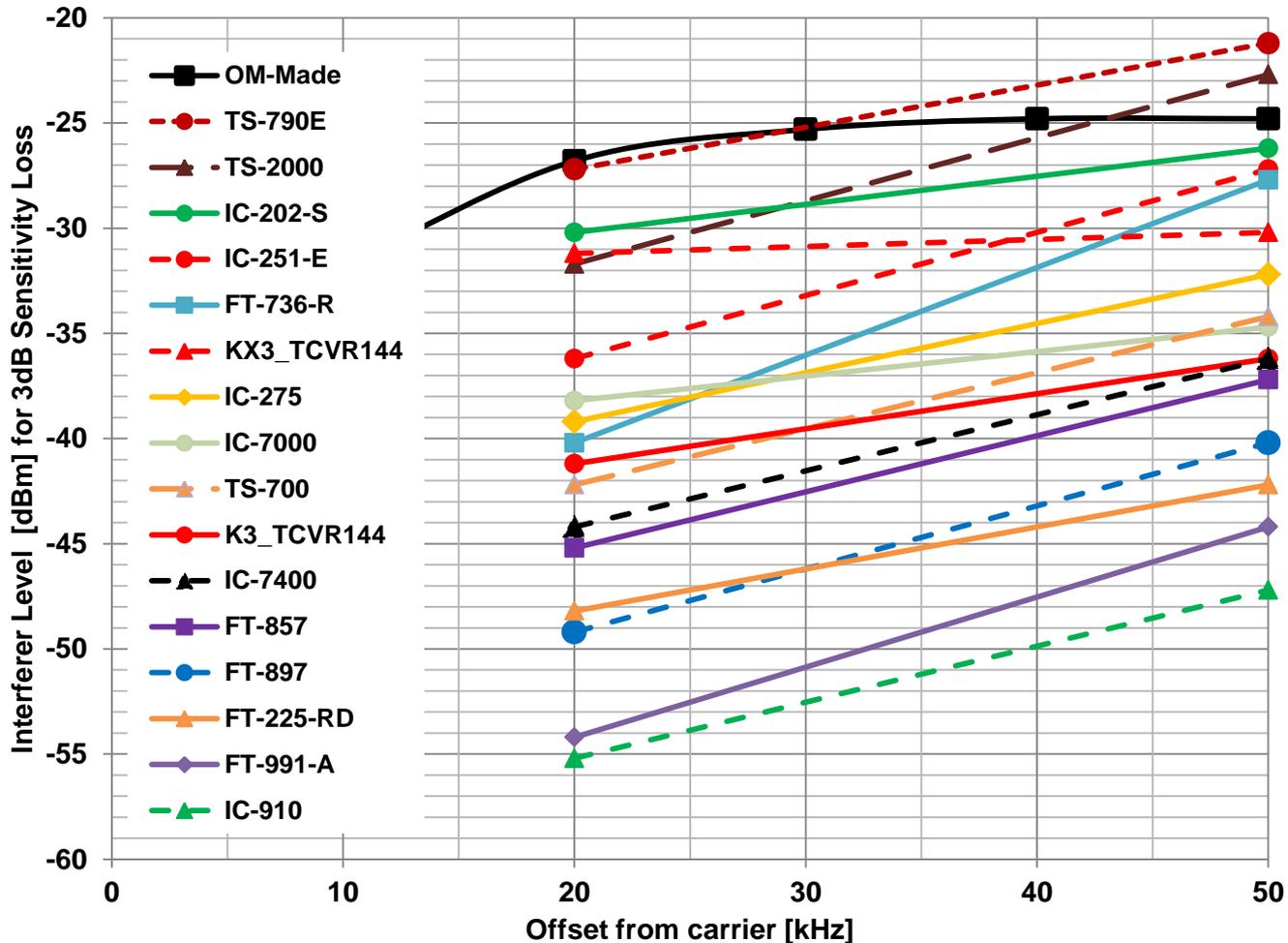
Offset en fréquence	SINAD [dB]	Niveau du signal interférant [dBm]	Dynamique de réception [dB]
20kHz	10	-34	
	7	-30	107
	5	-26	
	3	-22	
50kHz	10	-34	
	7	-26	111
	5	-22	

Dynamique: $Dyn_{RX}(\Delta f) = P_{Interferer}(SINAD = 7dB) - P_{NOISE}(RX_IN)$

(Niveau de bruit à l'entrée du **RX**: $P_{NOISE}(RX_IN) = -137dBm$)

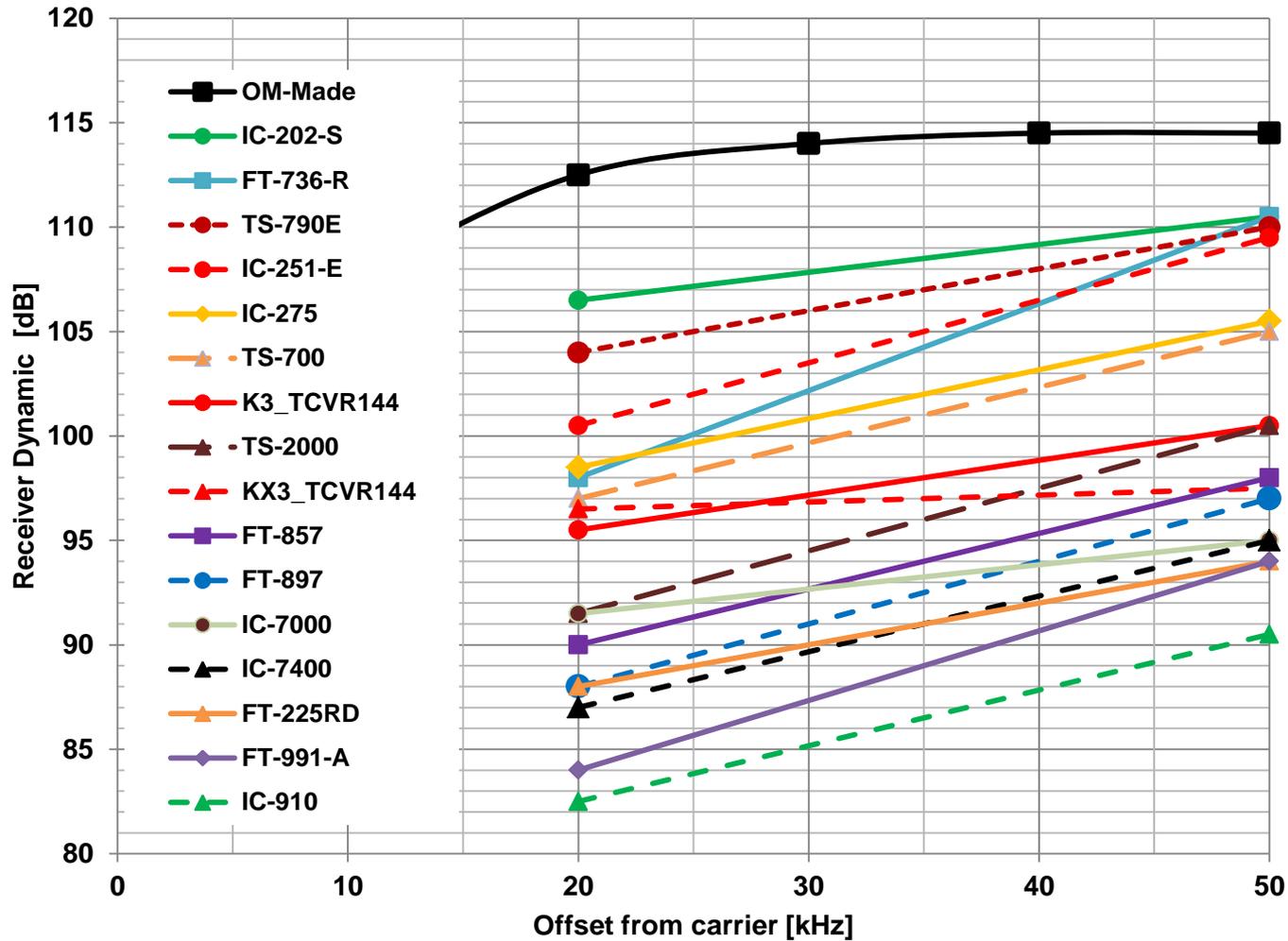
Mesure du blocage; résultat

A un offset de 50kHz du perturbateur «propre», le meilleur appareil (TS-790E) supporte **-21dBm** (pour une dégradation de sensibilité de **-3dB**). Le plus médiocre (IC-910) seulement **-47dBm**



Dynamique de blocage des RX

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



Sensibilité et Dynamique des RX

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	LNA PGA103+	-139,3	-24,8	114,5
IC-202 S	Standard	-137	-26	111
TS-790-E	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

Dynamique de blocage des récepteurs

Commentaires:

- Sur le 1^{er} graphe, le «**KX3**» supportait un niveau perturbateur plus élevé que le «**K3**». Mais c'est seulement parce qu'il était moins sensible. Sa «dynamique» est en fait comme celle du **K3**...
- **IC-202**: sur cet appareil, un signal perturbateur fort (et propre) à côté de son canal de réception ne cause *pas d'augmentation du bruit, mais une compression du signal reçu* → amplitude du signal reçu diminuée → sensibilité diminuée (raison = oscillateur local du **VFO** est très propre car basé sur un **XTAL** (VCXO))

Conclusions (a)

- La dynamique de beaucoup de TRX-144**MHz** n'est pas adéquate pour une utilisation en contest sur un point haut dégagé, lorsqu'il y a voisinage avec d'autres stations **QRO** opérant dans les mêmes conditions.
- Dans la plupart des cas, c'est le bruit du VFO qui définit la performance en dynamique de l'équipement
- Le niveau de bruit thermique dans la chaîne **TX** est souvent **trop** élevé. Cela provoque l'apparition de bruit de souffle sur toute la bande chez le **RX** «victime», même en l'absence de modulation microphonique.
- Regrettable que malgré les milliers d'OM's employés chez les fabricants, les performances ne soient pas là.

Conclusions (b)

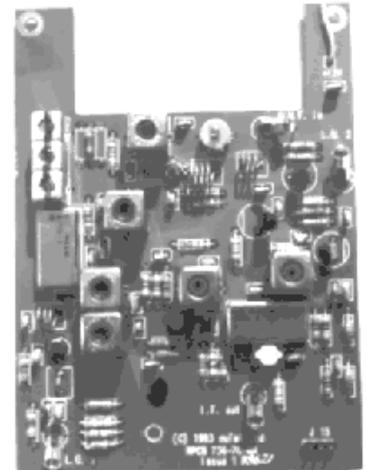
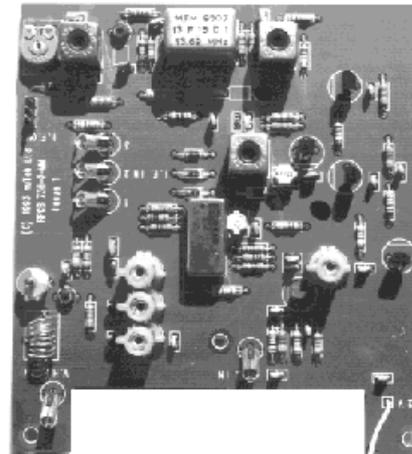
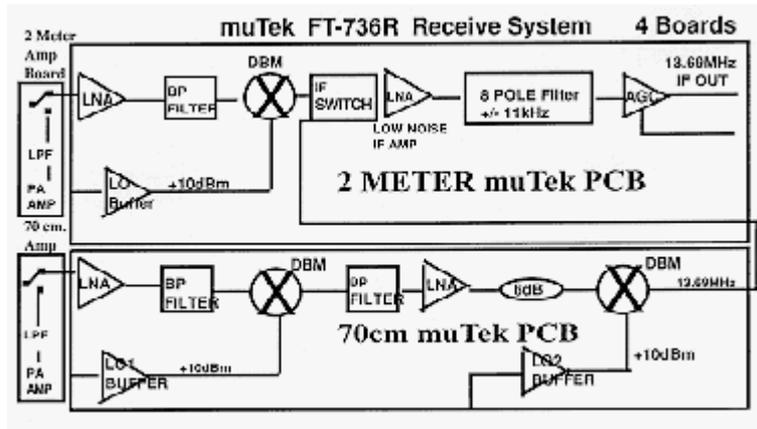
- Lors de chaque contest 144MHz, les **OM** «pestent» contre les voisins sur les autres points hauts.
- Ils pensent qu'ils subissent du **QRM** à cause d'équipements mal réglés, de sur - modulation du **PA** chez le voisin, ...
- Alors que le problème vient presque exclusivement de la dynamique insuffisante des appareils. Les **TX** ont une dynamique insuffisante, et...
- Même si le **TX** du voisin a une dynamique suffisante, votre **RX** peut lui-même générer le **QRM** que vous subissez.
- Sur ondes courtes, une dynamique de 80dB suffit. En contest 144MHz en point haut, il faudrait 120dB...

Améliorations (a)

En son temps, dans les années 80, du temps où l'on pouvait intervenir dans les appareils, nous avons bénéficié des platines Mutek qui consistaient principalement à amplifier le signal du **VFO** et intégrer un mélangeur haut niveau (+7dBm, le **MD108**) correctement chargé. On se passait également de la commutation à diodes pin pour rétablir un bon relais *-Hi!*-

Furent concernés les **TS700**, **FT-221**, **FT-225**, **FT-736**, **IC-251** & **IC-271**

Les platines Mutek sont malheureusement introuvables de nos jours



Toutefois pour les possesseurs de **FT-225** il subsiste une possibilité: Roberto, **IZ4BEH** a développé une carte encore plus performante, buffer et mélangeur **RAY1** @ +23dBm et bien évidemment, diplexeur et filtre.

<http://www.iz4beh.net/ft225rd.html> & IZ4BEH@IZ4BEH.net

Améliorations (b)

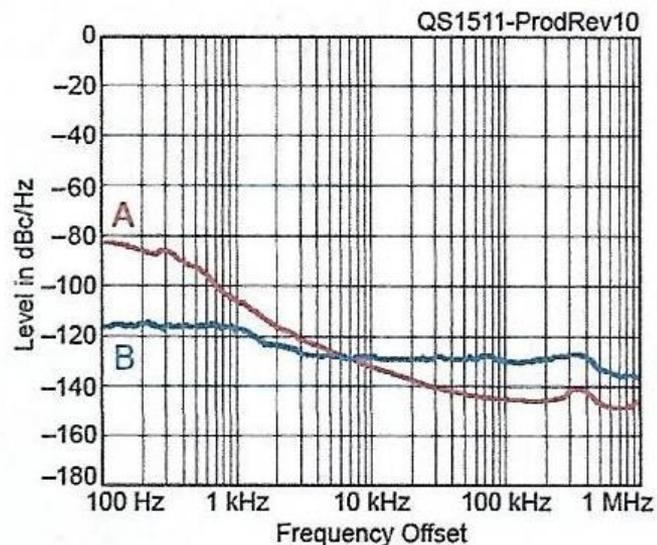
Améliorations K3 => K3S

A notre époque, même les meilleurs tel **Elecraft** sont tombés dans le panneau du bruit de phase du **VFO**. Dès lors le **K3**, bien que qualifié de bon –*excellent selon une certaine publicité*– fut rapidement suivi du **K3S** avec un **VFO** nettement plus propre. Fort heureusement, un kit de remise à niveau fut disponible.

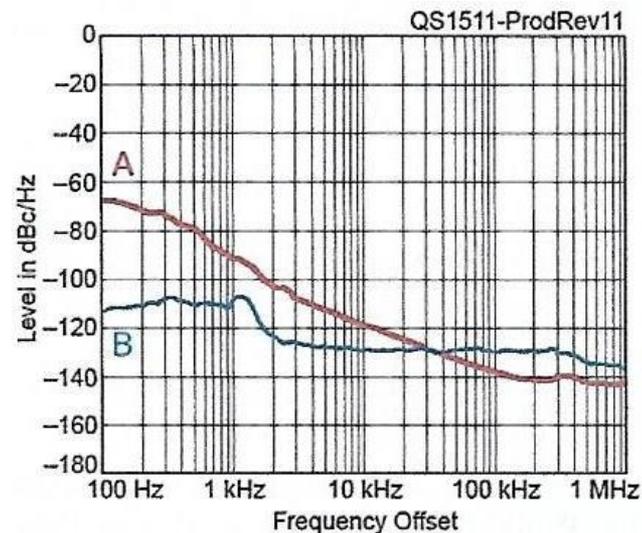
Note: *La crise des composants (Covid) a stoppé la disponibilité.*

Rappel: Comme vu précédemment la performance moyenne du duo **K3-TRCVR 144** laissait la place à de l'amélioration.

Donc amélioration du **Reciprocal Mixing Dynamic Range (RMDR)** qui consiste essentiellement à un nouveau **VFO** à synthèse de fréquence.



100W @14MHz



100W @ 50MHz

La station de concours

Elle a subi de nombreuses améliorations au fil des expériences

Le boîtier date des années 75

Compresseur de modulation intégré
VFO haut niveau +27dBm
Mélangeur haut niveau +27dBm
Duplexeur en sortie de mélangeur
Filtre FI cascadié et niveau compensé
Driver Mosfet en 33VDC, 100mW
Atténuateur binaire

En déporté:

Préampli LNA avec MMIC PGA103+
(moins bon que LNA à Ga-As Fet & J-Fet!)
PA LDMos avec palette 1KWde W6PQL

Littérature

[RF Design & le Web](#)

[Experimental Methods in RF Design](#)

[Publications de DJ2LR/N1UL , Dr. Ulrich L. Rhode](#)



Bernard HB9AYX/F6BKD et François HB9BLF comme au bon vieux temps..

La station de concours

Un tout grand et bon souvenir au Chasseron



Pour en savoir plus

Sur le site de Sune,

<http://hb9ww.org/technique/divers/>:

[2018 Dynamique des stations de contest, Mesure des récepteurs \(partie 3\)](#)

[2018 Dynamique des stations de contest, Mesures des émetteurs \(partie 2\)](#)

[2016 Dynamique des stations de contest, Transmission en espace libre](#)

[HB9BLF \(partie 1\)](#)

Le protocole complet (94p):

[2017 Mesures de performances de divers TRX 144 MHz Mesures V8](#)

Merci de votre attention

*Applaudissements spéciaux pour HB9BLF, HB9DTX & HB9MBP,
mes amis pour la vie*

