

Le générateur 2 tons et ses applications

F6AIX
Mars 2010

Objectif

- 1-Comprendre l'utilité d'un générateur 2 tons
- 2-Comprendre les notions de linéarité
- 3-Comprendre la notion de distorsion d'intermodulation
- 4-Comprendre la structure d'un générateur 2 tons
- 5-Comprendre le principe de mesure et exploiter cette mesure



A quoi sert un générateur 2 tons?

CONSTAT

- + La législation spécifie les niveaux de signaux parasites d'une émission
- + Les bandes sont encombrées par des stations puissantes qui couvrent les signaux DX
- + Vos oscillateurs locaux de mauvaise qualité (si si!) génèrent des « oiseaux » sur votre récepteur



Il est donc nécessaire de maîtriser la pureté des signaux internes RX & TX et émis par l'antenne



Il faut vérifier que les signaux sont de pures sinusoïdes
Il faut vérifier que les circuits amplificateurs ne les déforment pas



Le générateur 2 tons sert à vérifier la présence de distorsion dans les signaux RF

Circuits concernés

+Récepteurs

- +Résistance aux signaux forts
- +Linéarité de la réponse
- +Distorsion en fonction de la fréquence
- +Niveau de blocage à 1 dB(1)
- +Point d'interception de l'entrée

+Emetteurs

- +Mesure de la linéarité
- +Mesure du gain

&

- +Tout ce qui comporte un amplificateur dont on veut vérifier la linéarité
- +Tout ce qui mélange des fréquences et dont on veut vérifier qu'il ne génère pas de produits du 2^{ième}, 3^{ième}, 4^{ième} Ordre

+BLU

+Modulations complexes à haut débit avec contrôle d'amplitude/phase

+QAM Quadrature Amplitude Modulation

Ce n'est pas critique pour la FM

NB1: Les circuits doubleurs, tripleurs ou quintupleurs exploitent ces distorsions en sélectionnant l'harmonique adhoc

NB2: Attention ces notions ne sont pas directement applicables aux récepteurs digitaux

(1)Evalue la dynamique entre le signal minimum discernable et le signal qui va provoquer une désensibilisation de 1 dB du récepteur.

Rappel sur les harmoniques



Le signal carré est la somme de la fondamentale et de ses harmoniques



Le signal carré peut être considéré comme une sinusoïde déformée/distordue



RECIPROQUEMENT

Les harmoniques sont générées par distorsion d'un signal sinusoïdal

En vérifiant si il existe des harmoniques dans un signal on vérifie son niveau de distorsion



Le générateur 2 tons permet de mesurer les non linéarités du circuit testé

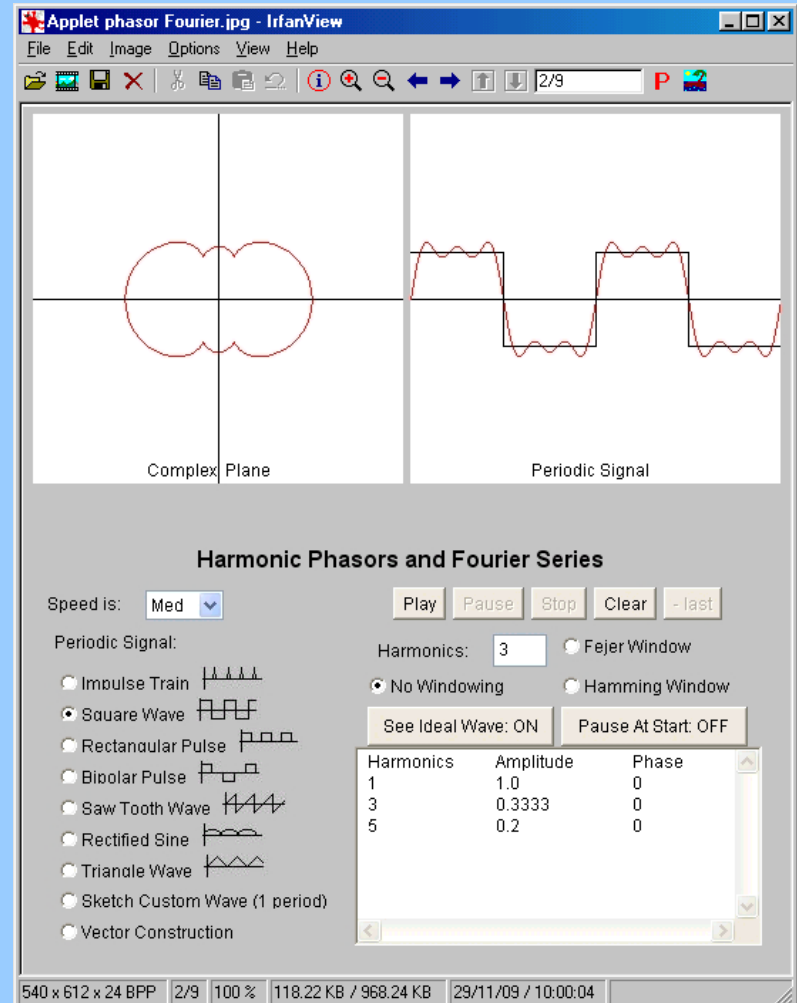
Il présume que les signaux sont CW mais c'est une mesure simple, bien définie et répétable

Rappel sur les harmoniques

Tout signal peut être synthétisé par la somme d'une fondamentale sinusoïdale et de ses harmoniques

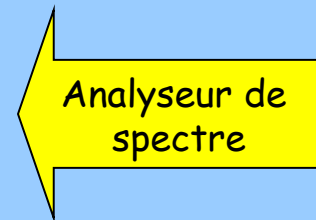
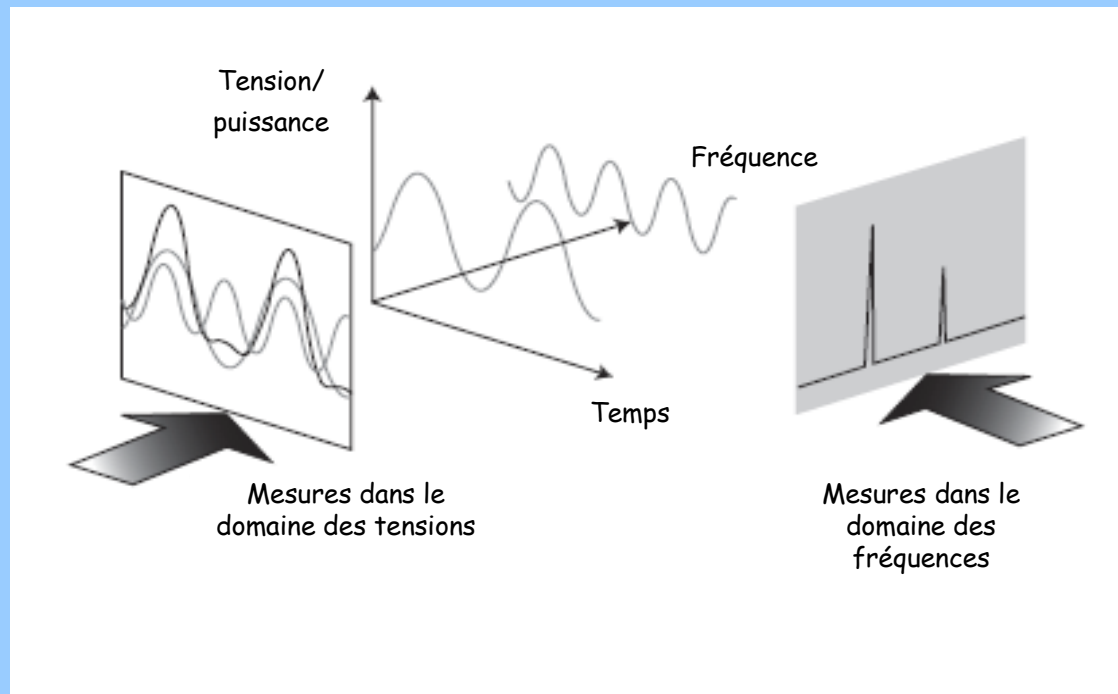
DONC

Toute sinusoïde déformée contient certaines de ses harmoniques



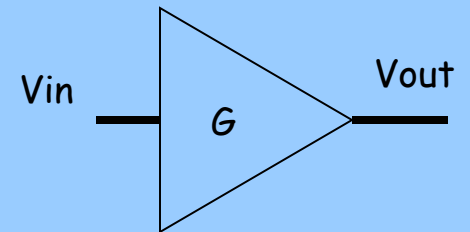
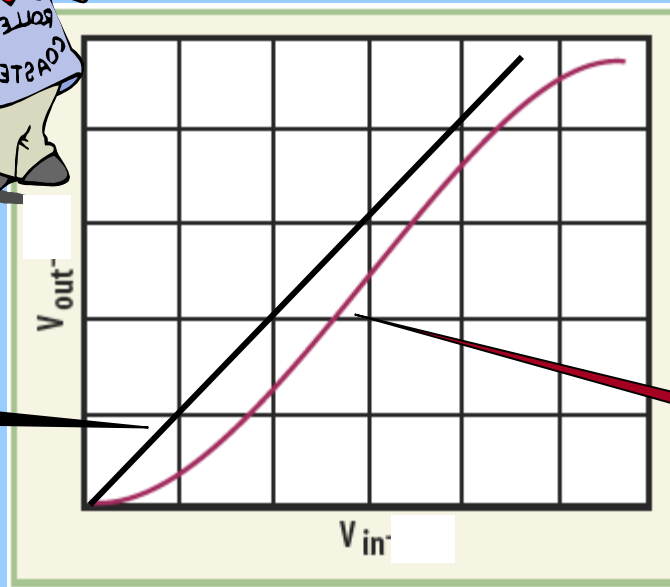
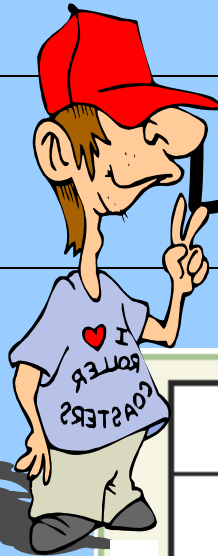
Rappel sur la représentation tension/fréquence

- +Si vous affichez un signal sur un oscilloscope vous êtes dans le domaine tension
-->vous affichez une amplitude de signal en fonction du temps
- +Si vous affichez le même signal sur un analyseur de spectre vous êtes dans le domaine fréquentiel
-->vous affichez un signal en fonction de la fréquence (affichage des différentes fréquences qui le composent)



QUELQUES DEFINITIONS

Linéarité



Si un amplificateur est linéaire V_{out} est une parfaite réplique de V_{in} juste changée en taille

$$V_{out} = G \times V_{in}$$

G (le gain) est une constante de proportionnalité

Point de compression

Les non linéarités apparaissent au delà d'un certain niveau d'entrée (apparition de saturation/écrêtage)



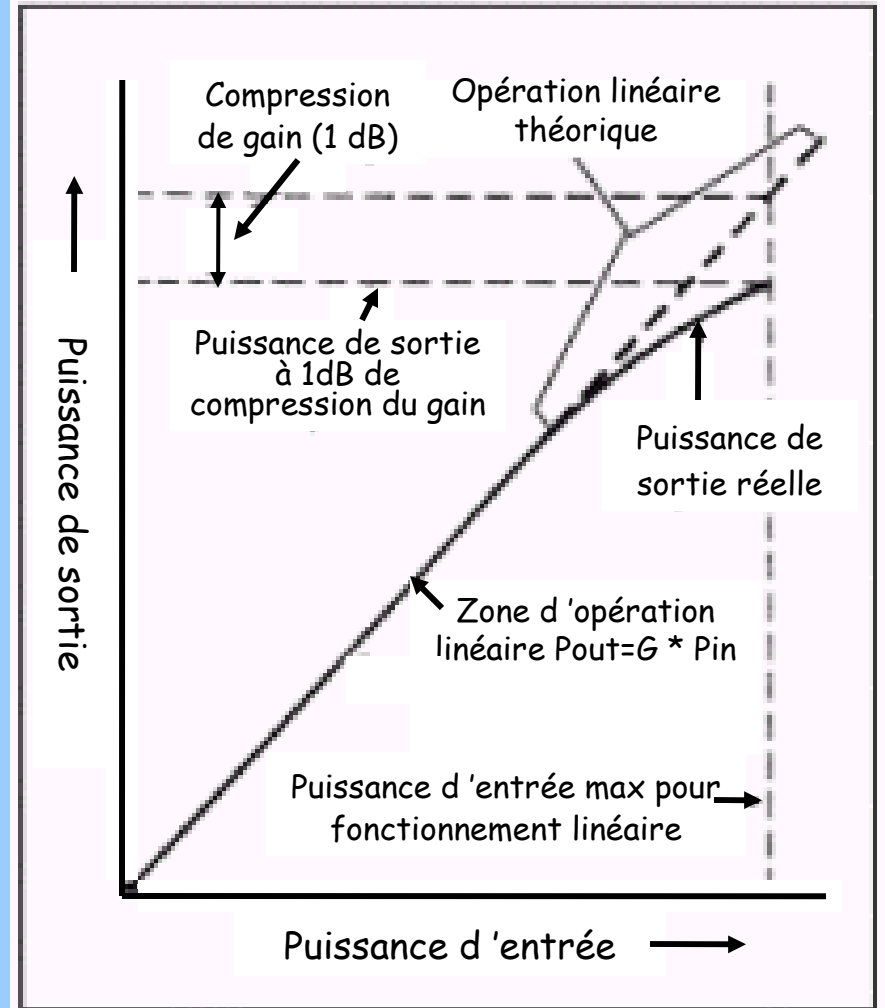
La relation linéaire entré/sortie est alors perdue

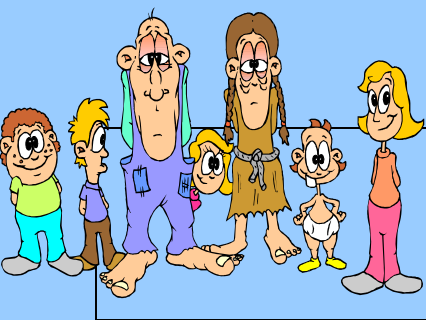


Un ampli est dit linéaire jusqu'à ce que la sortie soit **inférieure de 1 dB** à la valeur théorique

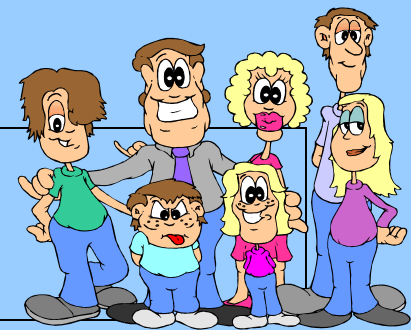
Ce point est dit « Point de compression de 1 dB »

Voir principe de la mesure du point de compression en annexe





Distorsion



SI l'amplificateur contient « quelque chose » de non linéaire comme

- +Diode
- +Transistor
- +Matériau magnétique
- +etc

Signaux présents dans le signal de sortie et pas dans le signal d'entrée
==> DISTORSION

ALORS la sortie ne répète plus fidèlement l'entrée et il y a apparition de distorsion

$$V_{out} = G \times V_{in} + B \times V_{in}^2 + C \times V_{in}^3 + \dots$$

->**SI** V_{in} est une pure sinusoïde de fréquence f

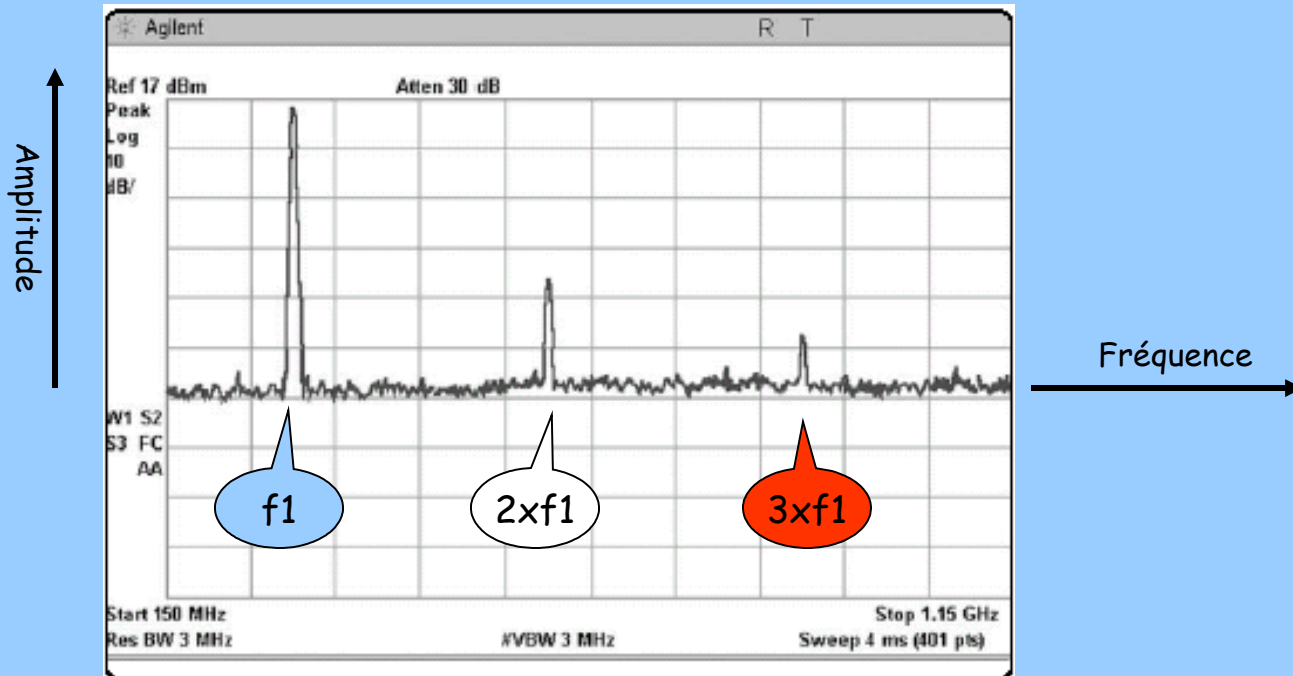
->**ALORS** V_{out} contient des composantes de « distorsion harmonique » à $2f$, $3f$, $4f$ etc qui sont des multiples de la fréquence d'entrée

->**DE PLUS** ces distorsions harmoniques réagissent entre elles et avec la (les) fondamentale(s) et génèrent des composantes « d'intermodulation » (IMD) que contient V_{out}

f_1+f_2 f_1-f_2
 $2f_1+f_2$ $2f_2-f_1$ etc

Distorsion Harmonique

- >gène des signaux sur les fréquences multiples de la fréquence d'entrée
- >résulte des non linéarités dans les étages intermédiaires
- >ne peut pas être totalement supprimé
- >compromis de design



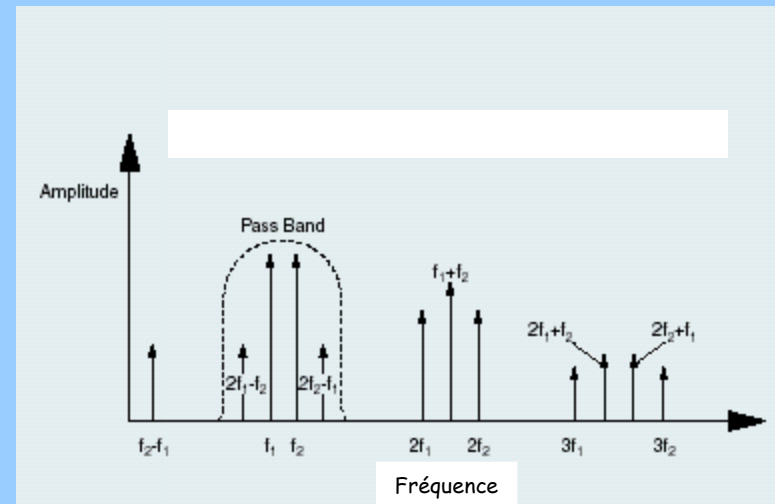
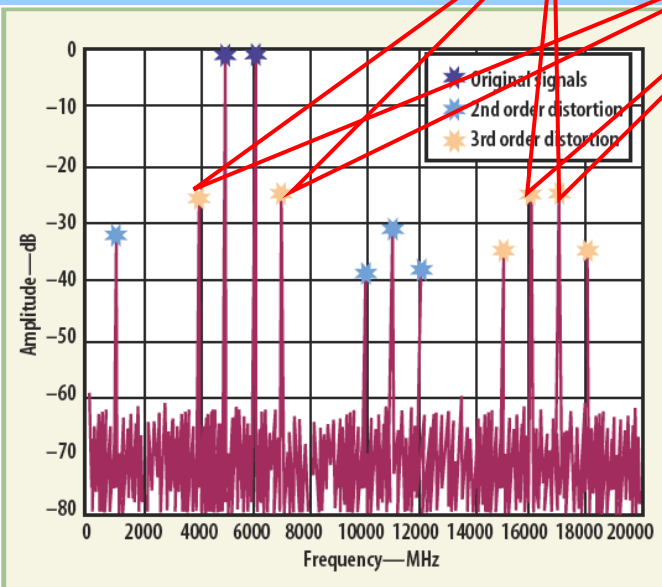
Distorsion d'intermodulation

Ces fréquences

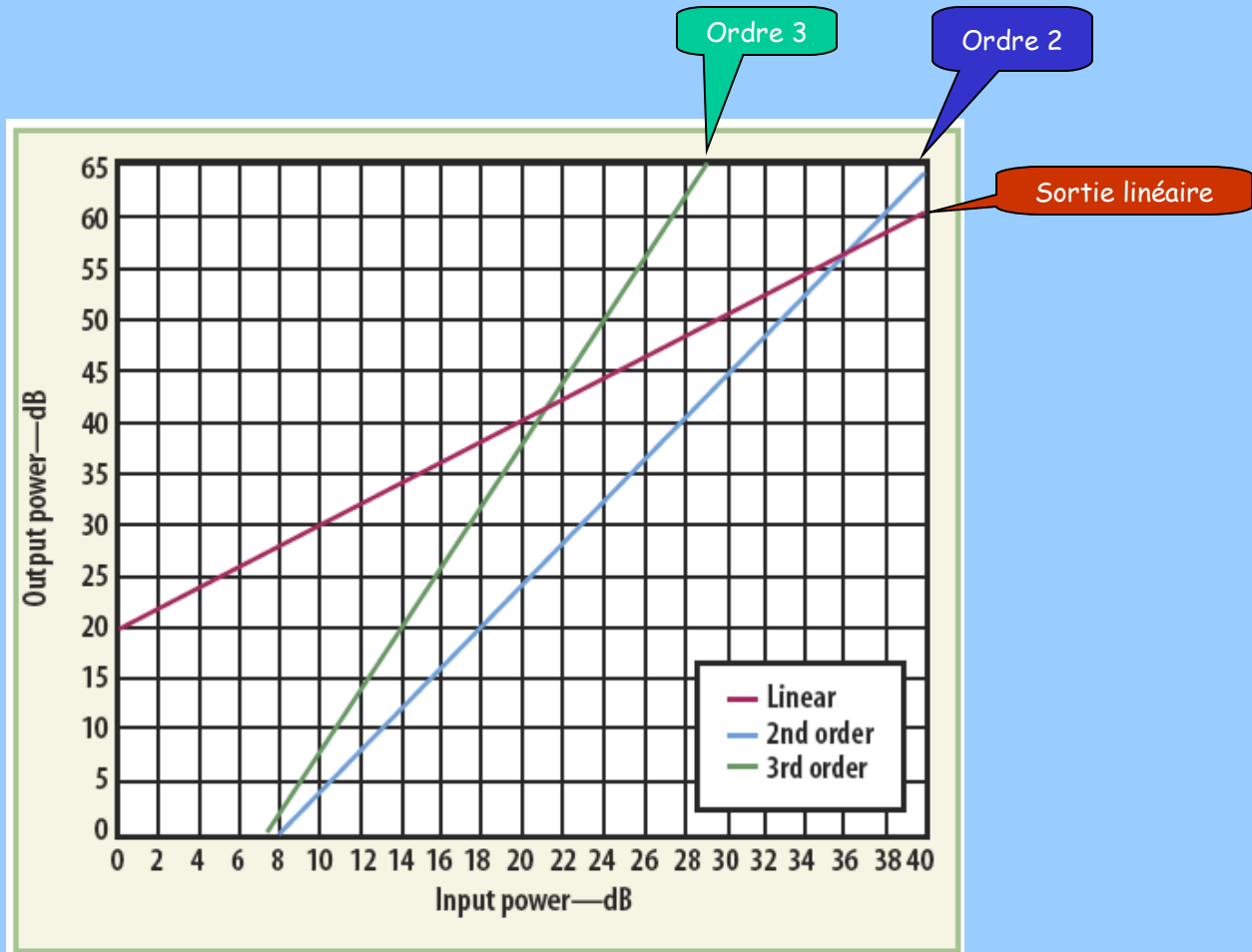
+parasitent la réception

+utilisent une fraction de la puissance d'émission au détriment de la fondamentale

ce sont ces composantes d'intermodulation
que le test 2 tons permet de mesurer



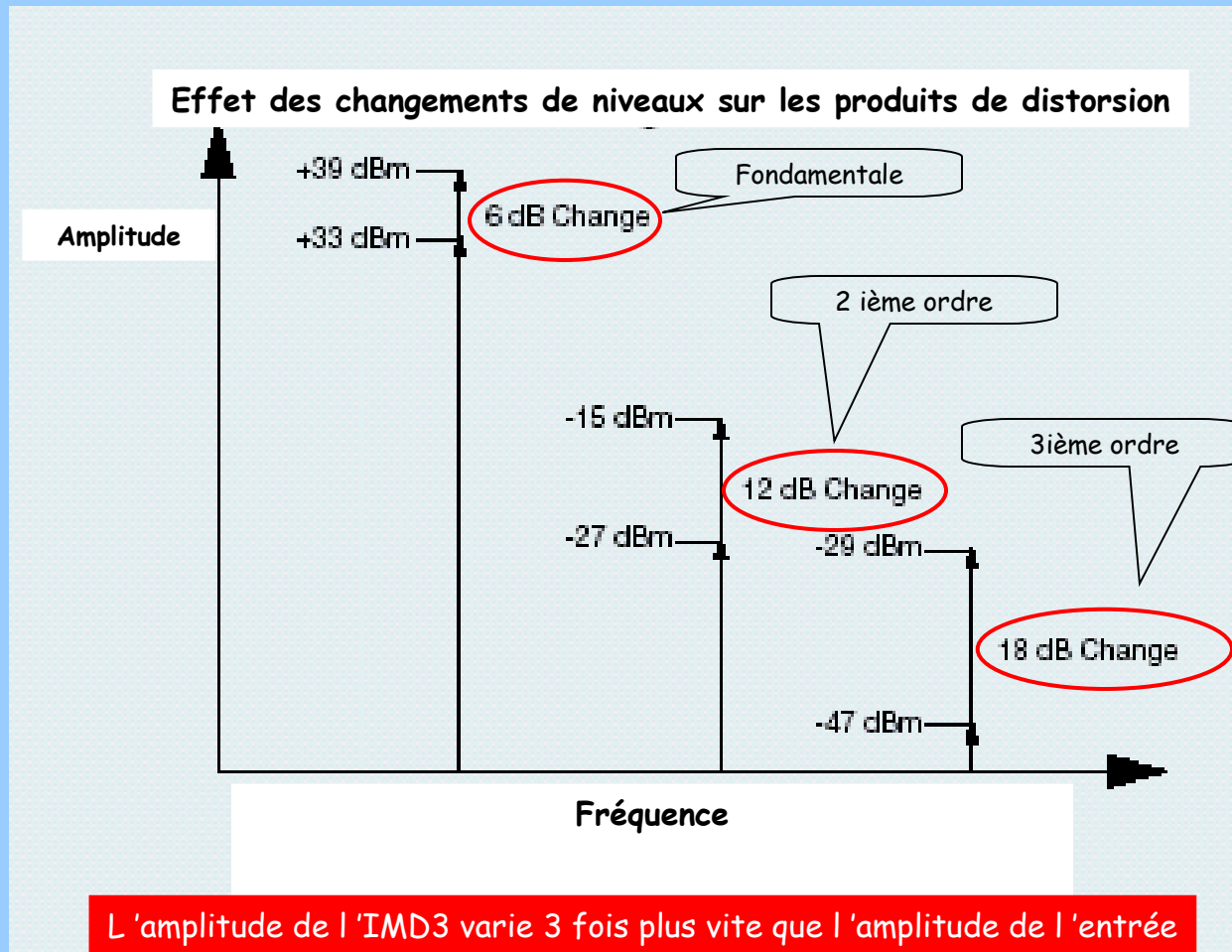
Intermodulation ou IMD⁽¹⁾



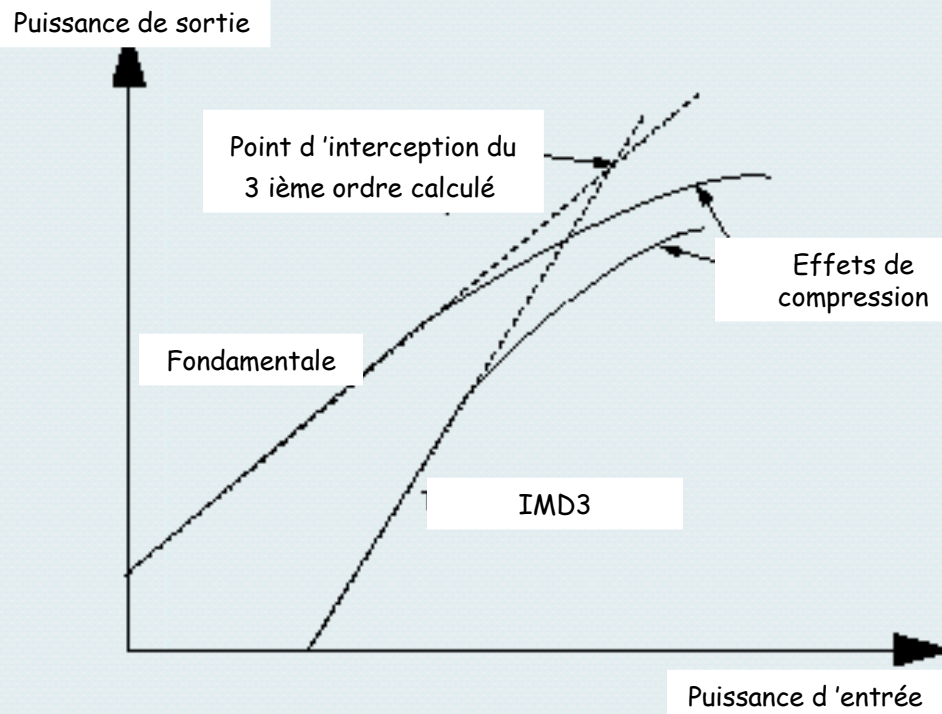
L'ordre est relatif au nombre de fréquences participant au processus de distorsion

(1) IMD= Inter Modulation Distortion ou Distorsion d' Intermodulation

Comment reconnaître l'IMD3?



Point d'interception du 3 ième ordre

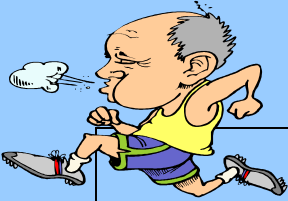


Plus il est élevé, plus l'étage est protégé de l'interférence des signaux forts proches de la fréquence d'entrée (RX) ou l'étage est proche de la linéarité parfaite (TX)

Valeurs usuelles de -1dB (très mauvais) à +40 dB (très bon)

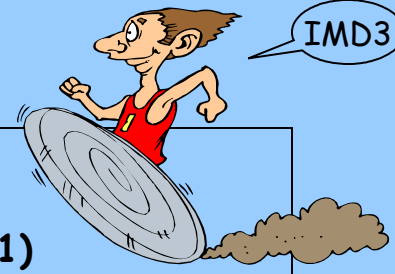
C'est un point défini mathématiquement et non mesurable directement

Les amplificateurs en classe AB ou B qui n'ont pas de polarisation fixe, ont donc un taux de distorsion variable avec le niveau d'entrée et ne peuvent être caractérisés par un IPx



Fondamentale

Chers auditeurs, l'instant est historique, l'IMD3 est sur le point de rejoindre la fondamentale !!!! Qui va gagner????



IMD3

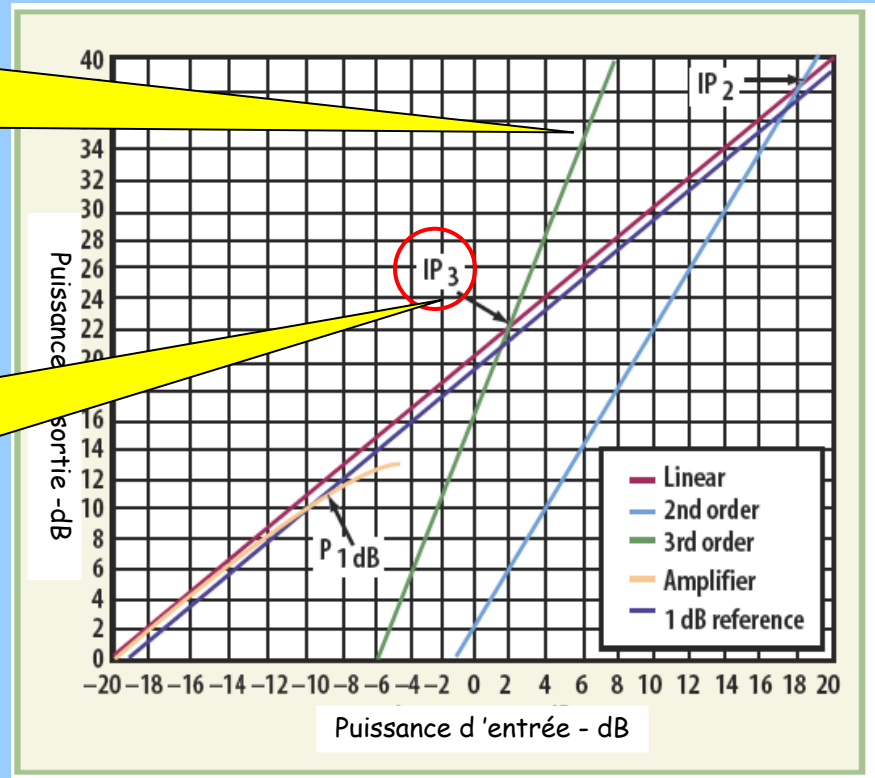
Point d'interception IP3⁽¹⁾

+Indicateur de performance, la valeur d'entrée correspond à la puissance des signaux qui peuvent être tolérés en entrée. LA SENSIBILITE DOIT ETRE SPECIFIEE (si on ajoute un atténuateur de 30 dB en entrée, l'IP3 augmente de 30dB mais la sensibilité diminue de 30dB !!)

+Utilisé pour spécifier en IMD un étage seul OU un système complet

Les IMD d'ordre 3 varient en amplitude 3 FOIS plus vite que les signaux d'entrée
Pour une variation de ± 1 dB en entrée
-->IMD3 varie de ± 3 dB
voir « formulation des IMD3 » en annexe

Si on augmente progressivement les entrées f1 et f2
->Les IMD3 augmentent 3 fois plus vite et égalent le niveau de sortie à un « certain moment »
->C'est le point d'interception d'ordre 3
Voir « calcul de l'IP3 » en annexe

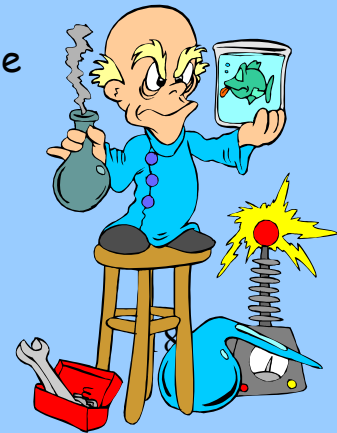


(1)IP3=Intercept point/Point d'interception

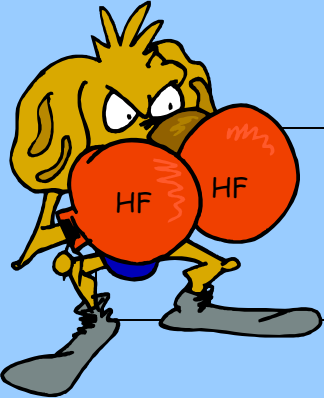


Comment limiter la distorsion?

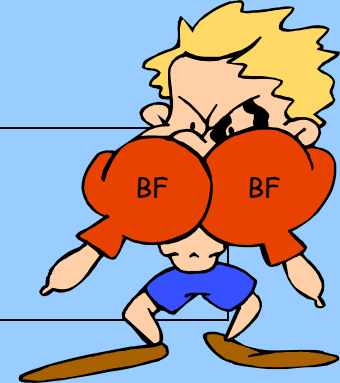
- 1-Utiliser les étages de puissance très en dessous de leur P_{max} ->le bruit devient gênant
 - 2-Réduire le niveau dans l'étage ->on augmente le gain ->instabilité
 - 3-Réduire le gain de l'étage ->plus d'étages ->plus de distorsion!
 - 4-Contre réaction négative ->réduction de gain->plus d'étages ->plus de distorsion!
 - 5-Augmenter la sélectivité -> $2f_2 - f_1$ ne peut pas être éliminé
 - 6-Utiliser un push-pull ->réduit harmoniques paires ->restent harmoniques impaires
 - 7-Utiliser des diplexeurs pour absorber les IMD
 - 8-Utiliser des amplis classe A ou AB ->rendement faible
- Le résultat final est un compromis de toutes ces solutions!



PRINCIPE DE LA MESURE



Générateur HF ou BF?



+Intérêt RF

+Teste tout circuit indépendant et récepteurs y compris prototypes

+Limitation RF

+Nécessite 2 générateurs ou oscillateurs HF bien isolés avec:

- +Haute stabilité
- +Faible bruit de phase
- +Faible niveau d'harmoniques
- +Faible IMD intrinsèque
- +Très bon filtrage et blindage(immunité aux signaux et bruit externes)
- +Ecart entre fréquences 20KHz à 25KHz

+Intérêt BF

+Facile à mettre en œuvre

+Limitations BF

- +Equipement à faire soi même
- +Oscillateurs audio très faible distorsion
- +Utilisable uniquement sur émetteur complet via entrée micro TX SSB→utilise les circuits du TX pour générer les 2 fréquences HF pour tester la linéarité de la chaîne d'émission complète
- +Ne teste que la chaîne d'émission

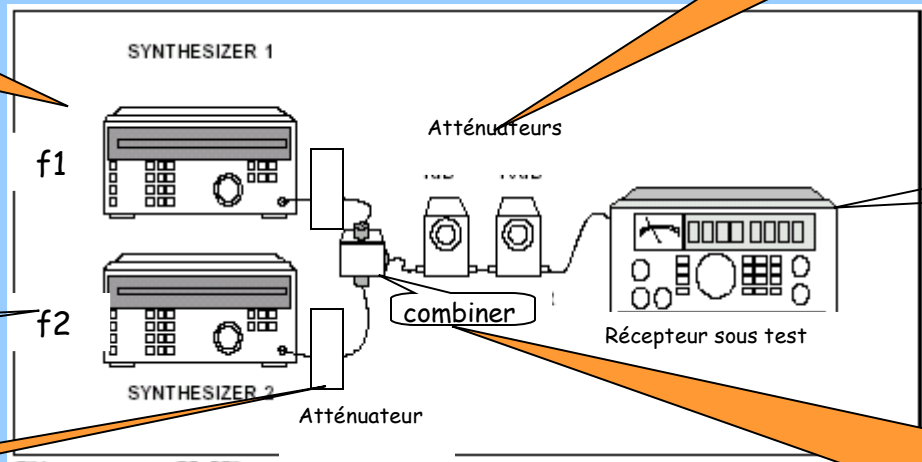


Principe de la mesure avec 2 générateurs HF

IMD des générateurs
30 dB sous la mesure
faite

RECEPTEUR

$f2 - f1 \sim 20\text{KHz}$



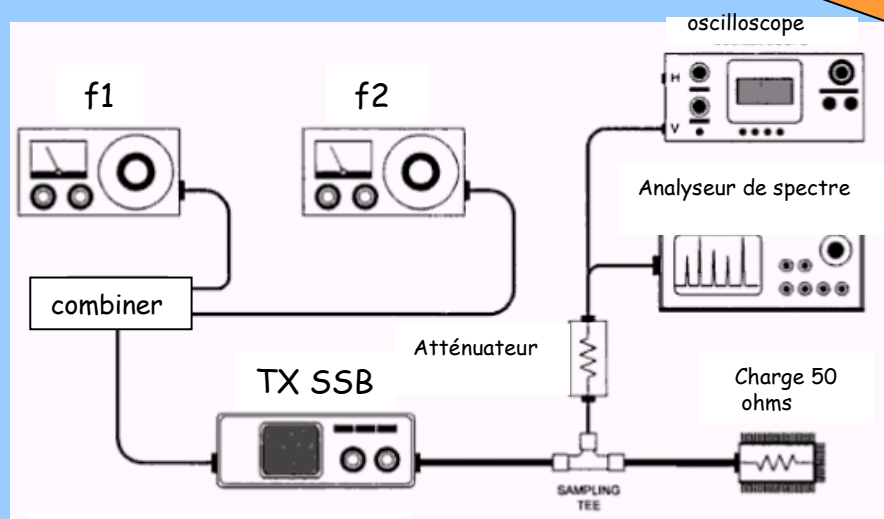
Parfaite adaptation
d'impédance

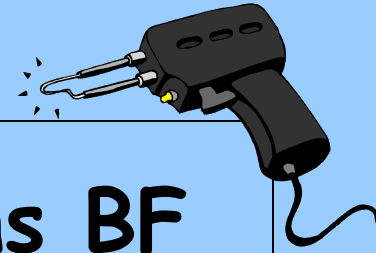
AGC OFF

Parfaite adaptation
d'impédance

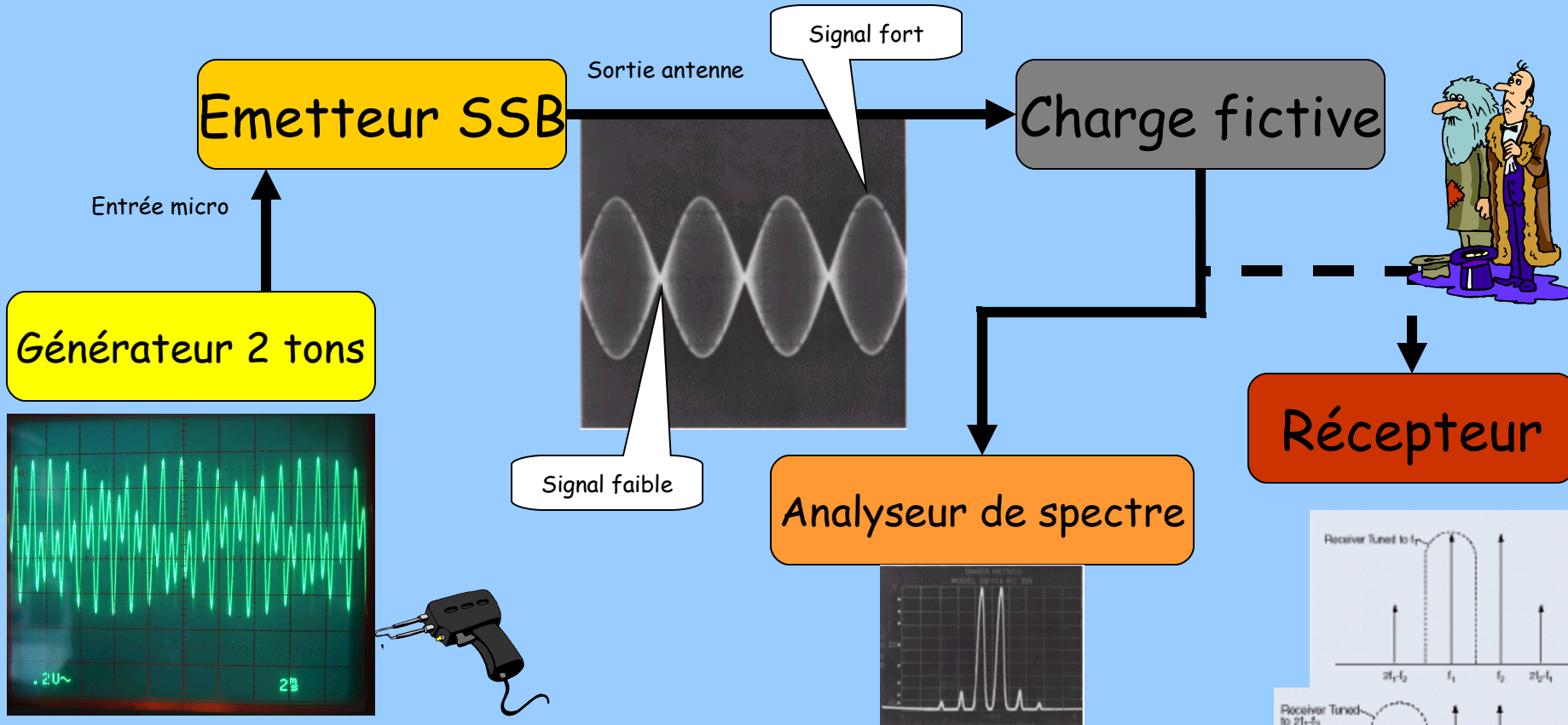
Combiner = Return Loss bridge
Il permet une
PARFAITE ISOLATION des 2
générateurs
Sinon création de produits de
mélange aux mêmes fréquences
que les IMD du circuit sous test

EMETTEUR

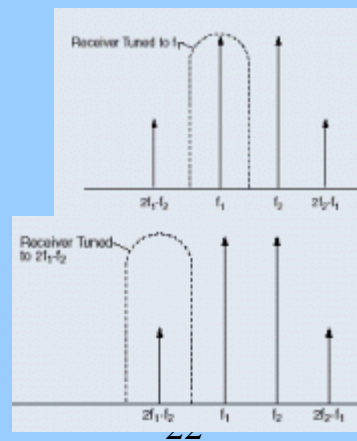




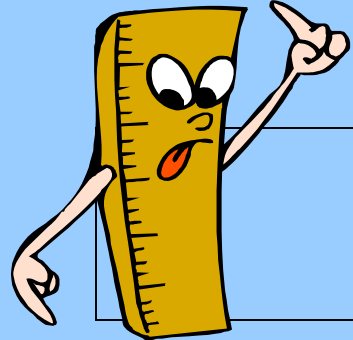
Principe de la mesure avec 2 tons BF



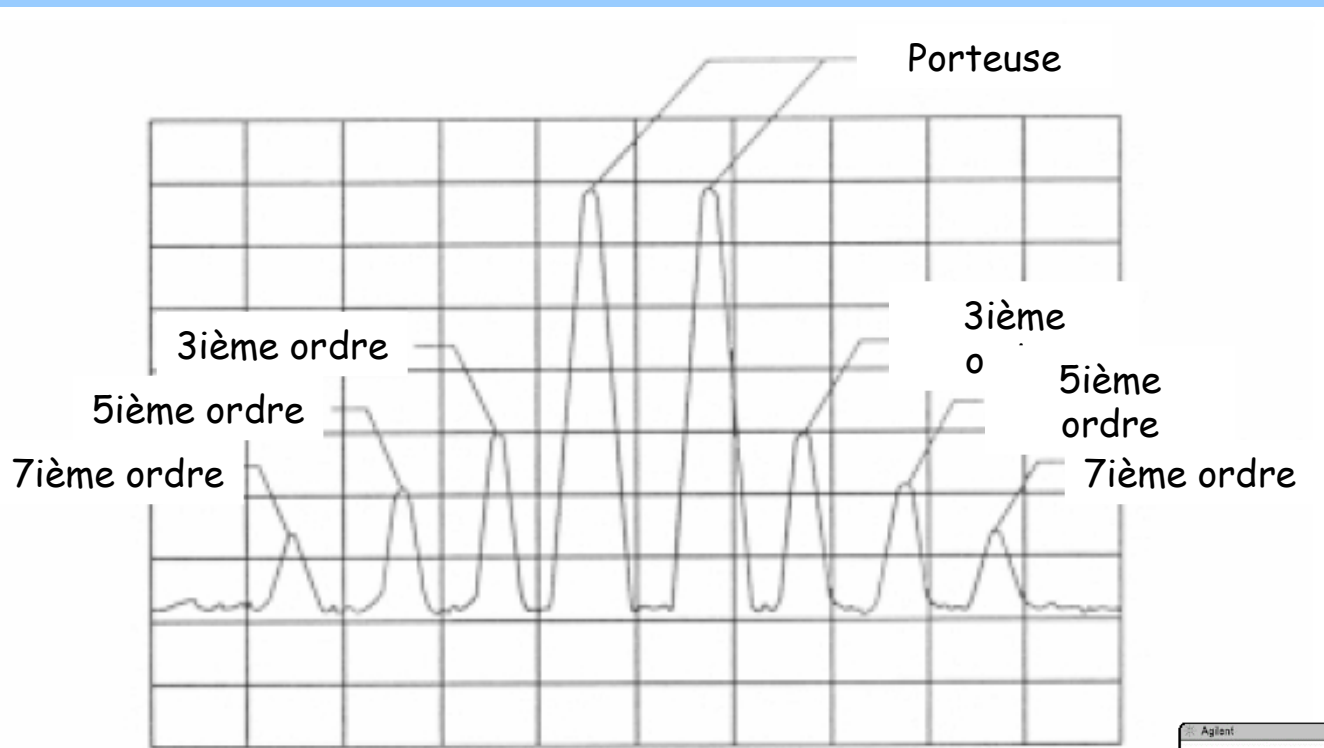
Lorsque les 2 tensions audio sont en phase, elles s'ajoutent et la puissance de sortie HF est maximale
Lorsque les 2 tensions audio sont en opposition de phase, elles s'annulent et la sortie HF est minimale
La puissance de sortie est modulée au rythme du battement des 2 fréquences audio



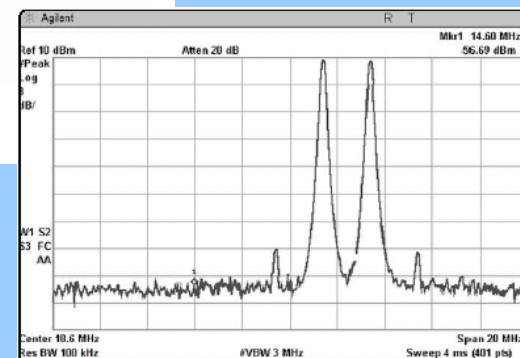
La mesure avec un récepteur de trafic très sélectif est possible en utilisant le S-mètre après étalonnage

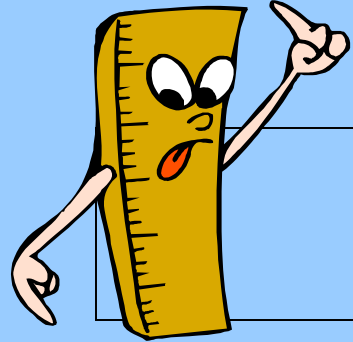


Les signaux mesurés



Spectre de sortie d'un test 2 tons





Les signaux mesurés

NORMAL OPERATION

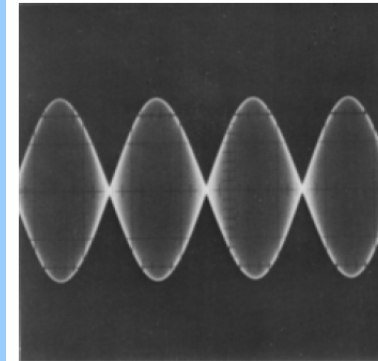
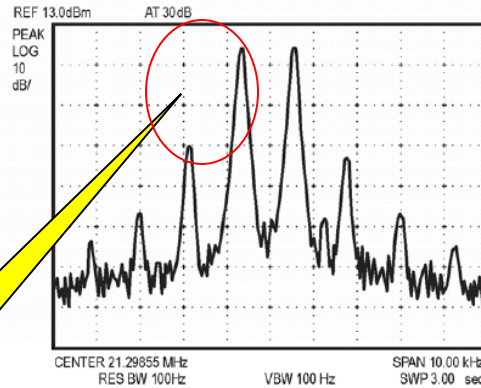
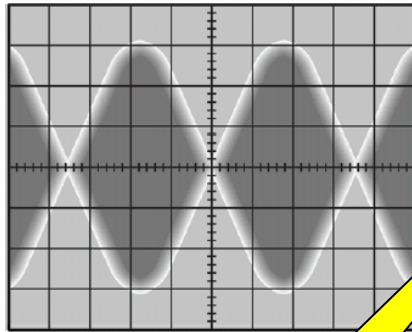


Figure 1. Two-Tone Test Pattern Generated by A, B, or C

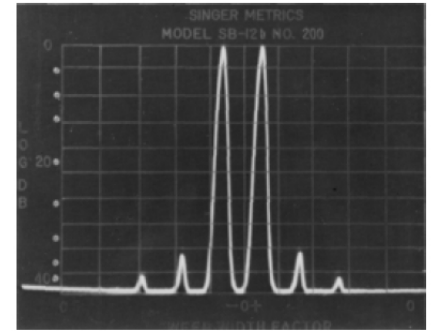
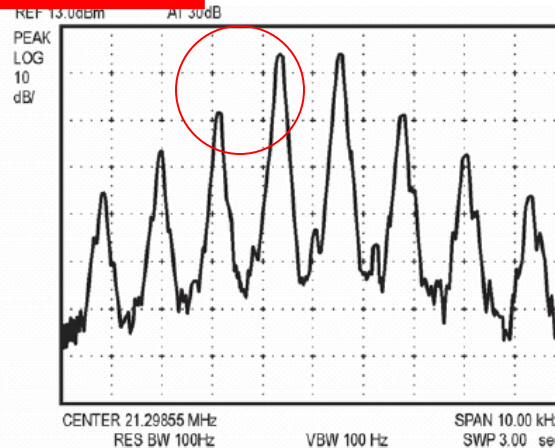
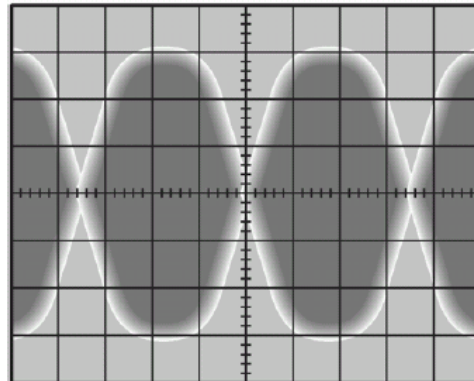
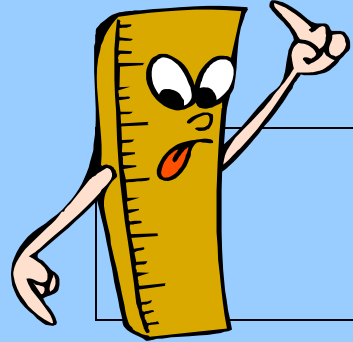


Figure 2. Test Signal of Figure 1 Displayed by a Spectrum Analyzer. 3rd and 5th Order Distortion Products Are Visible

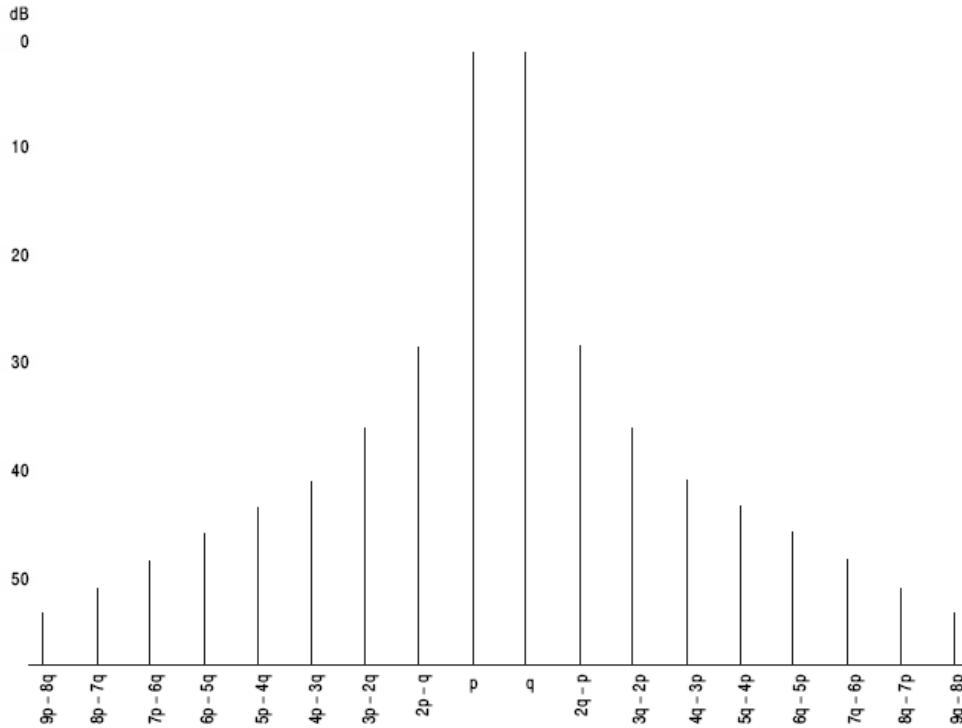
Au moins 24 dB
entre porteuse
et IMD3

SURMODULE



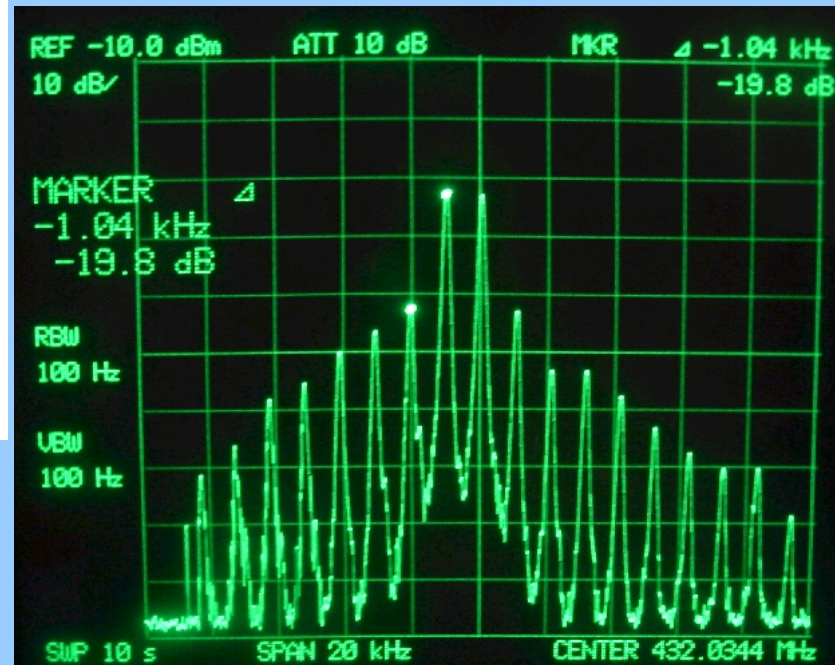


Les signaux mesurés



Distribution typique des amplitudes d'IMD comparées aux 2 porteuses fondamentales

Un mauvais PA 432MHz.....





2 normes de mesure IMD

Les niveaux d'IMD sont référencés à l'une des 2 porteuses du signal 2 tons en dBc

Le niveau minimum requis est -30dBc pour un ampli en classe AB

Employée pour les émetteurs commerciaux/marine de forte puissance

Méthode militaire

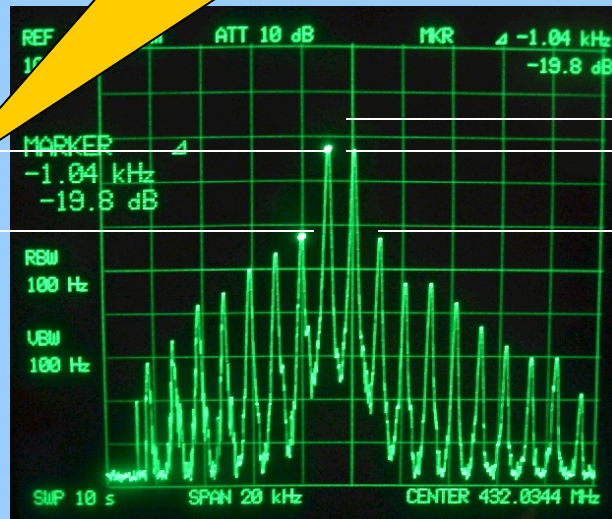
(Mil Std 1131 A-2204B)

Voir en annexe l'explication de l'écart de 6 dB

Les valeurs rayonnées légales en France

-50dBc/-60dBc(<25W>)

Exemple pour 1 kW à l'émission -30dB=1Watt



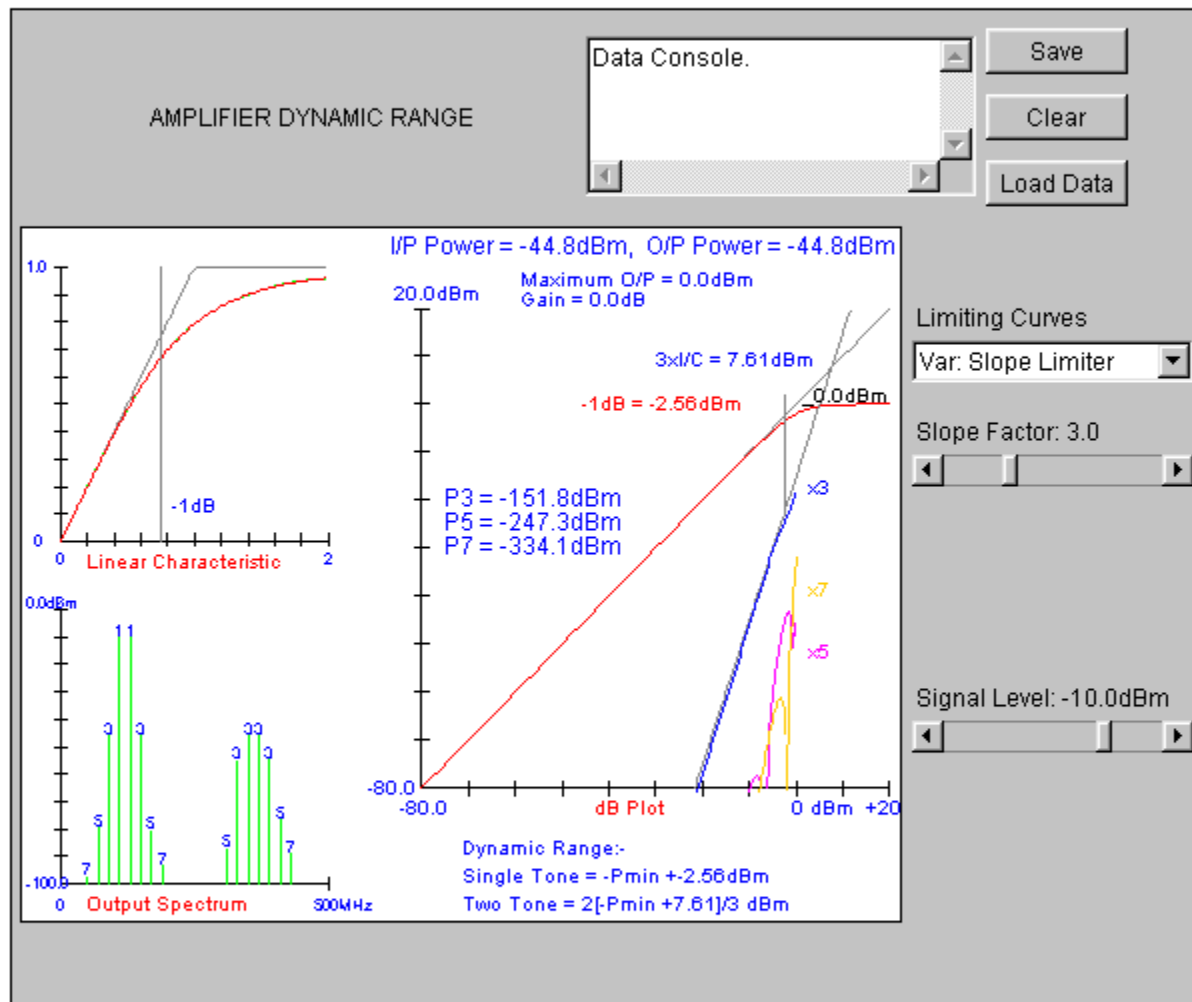
Méthode EIA

Les niveaux d'IMD sont référencés à la puissance PEP

Qui est 6 dB au dessus des porteuses de signal 2 tons

Le minimum requis est -30 dB (équivalent -24dB dans le Mil Std)

Employée pour les émetteurs OM et CB et mobiles en 12VDC



Ce qu'on en conclue

Mesures intéressantes

- +Niveau de porteuse CW (1 ton)
- +Niveau d 'IMD3 (test 2 tons)
- +Niveau d 'IP3 (calcul)
- +Niveau d 'IMD5
- +Niveau d 'IMD7

ATTENTION!

+La valeur de l 'IP3 n'a de signification que si on spécifie aussi à quel niveau de sensibilité il est mesuré

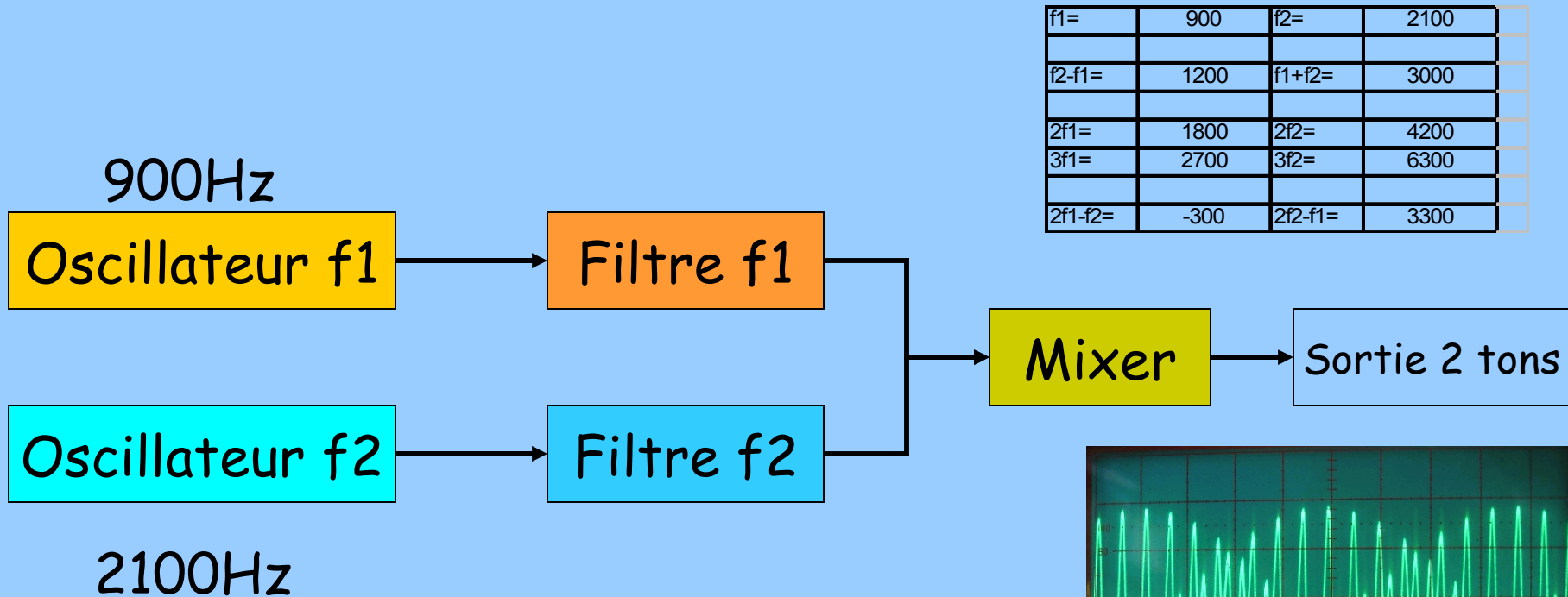
+L 'utilité de la mesure IMD3 est qu 'il simule la situation de réception avec une station très proche du DX convoité. Plus haut est l 'IP3 , plus faibles sont les IMD générés et plus forte est l 'immunité à ce type de brouillage

Performances de TRX commerciaux

Référence TRX	IMD3 @20KHz	IMD3@5KHz	IP3@20KHz	IP3@5KHz
K3	103	102	26	26
K2	97	91	21	21
TenTec OrionII	92	96	20	20
FTdx9000D	99	95	27	20
IC7800	104	89	37	22
TenTec Omni VI	97	86	12	#
FT1000MP	97	83	15	#
SDR5000	96	96	#	#
IC7600	106	94	28	10
IC756 PROIII	103	77	25	-17
IC756PRO	95	80	15	#
IC746PRO	97	75	13.5	#
TS870	97	#	16	#
TS930	86.5	#	-7.75	#
TS50	90	#	3	#
FT100	94	70	10	#
FT817	87	#	5	#
FT897	89	67	-1.3	#
IC703	89	76	11	#

CIRCUITS PRATIQUES

Générateur BF (F1BBI)



f1=	900	f2=	2100
f2-f1=	1200	f1+f2=	3000
2f1=	1800	2f2=	4200
3f1=	2700	3f2=	6300
2f1-f2=	-300	2f2-f1=	3300

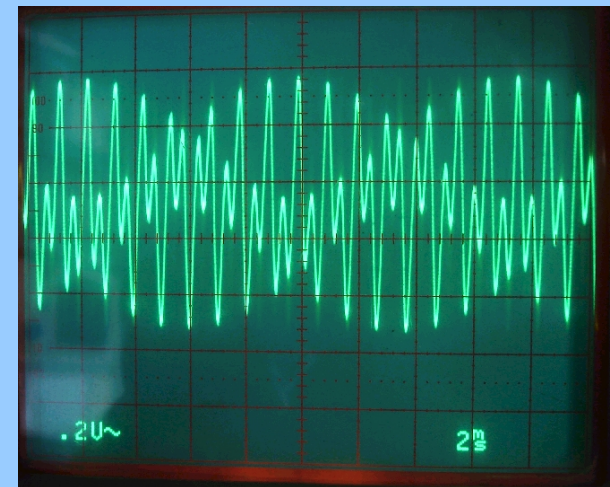
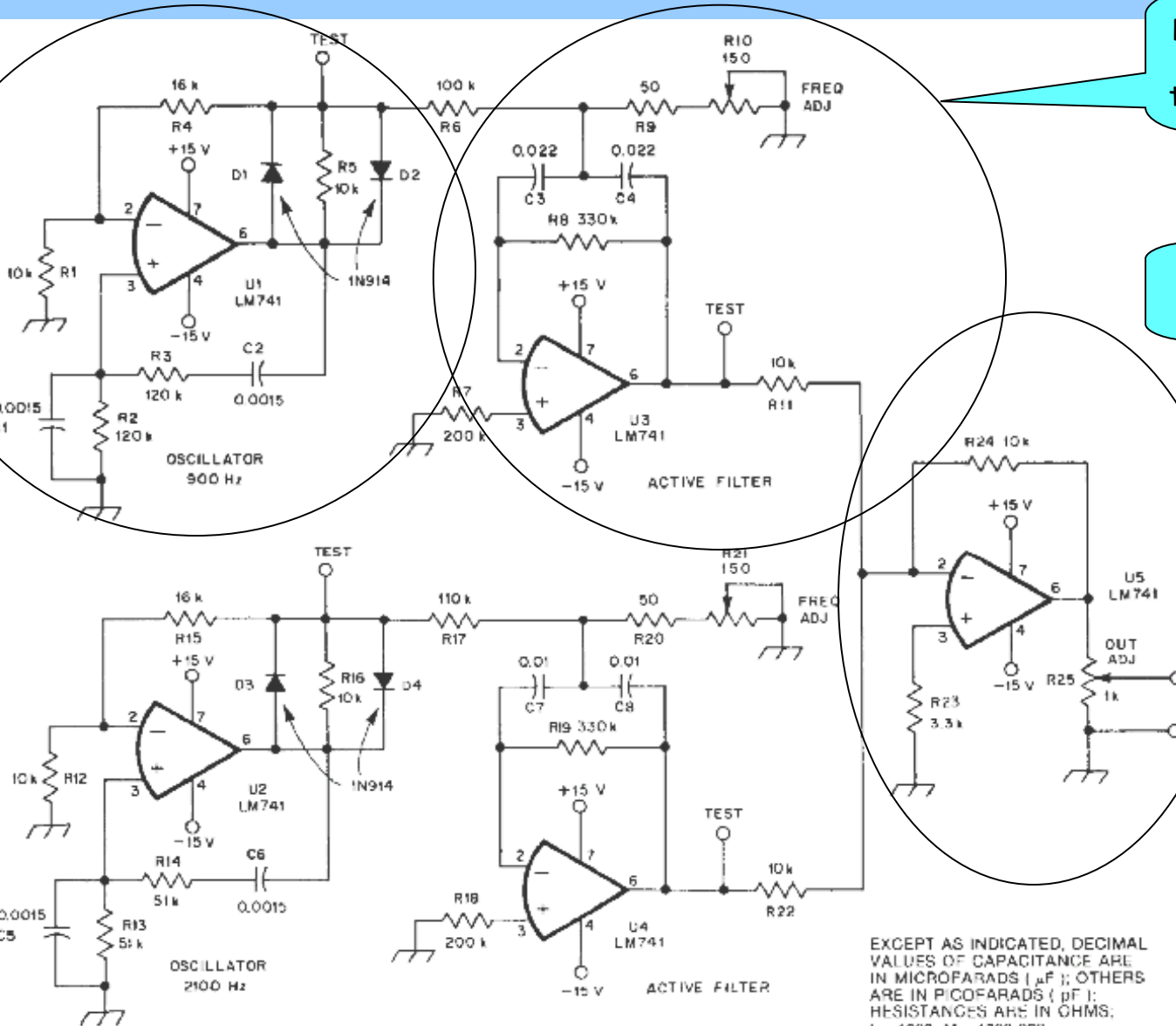


Schéma détaillé F1BBI



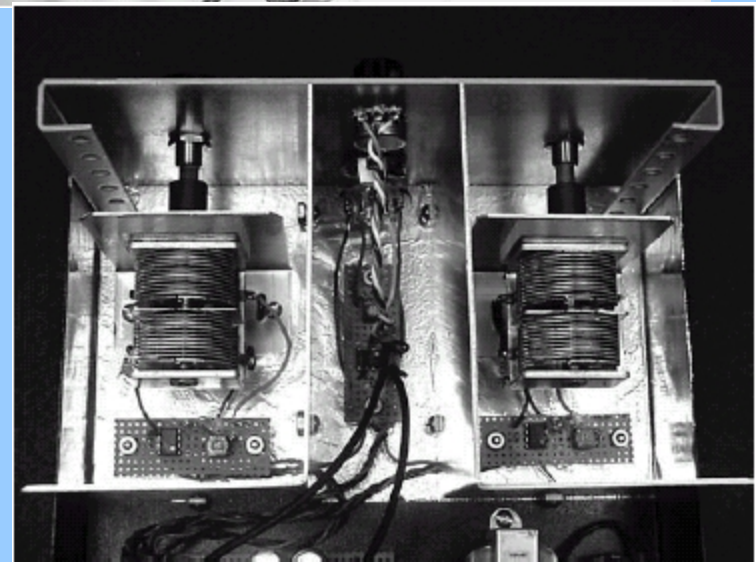
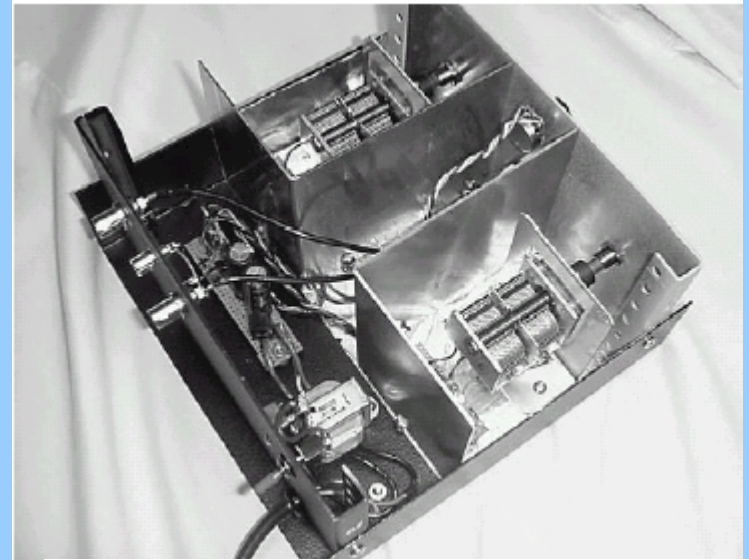
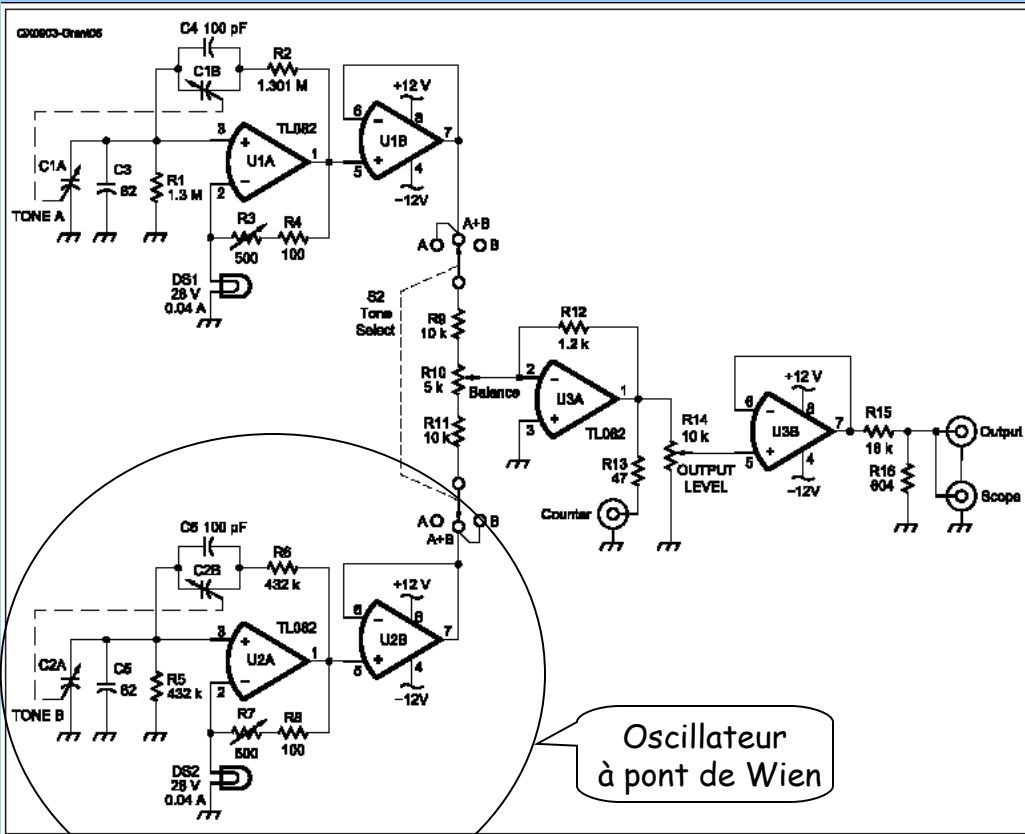
Filtre actif pour supprimer toute harmonique

Amplificateur sommateur

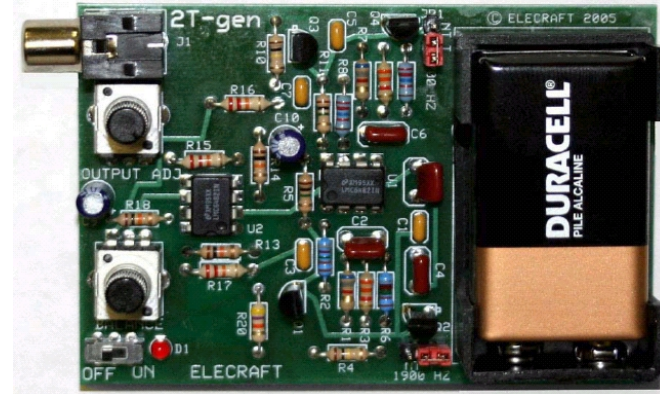
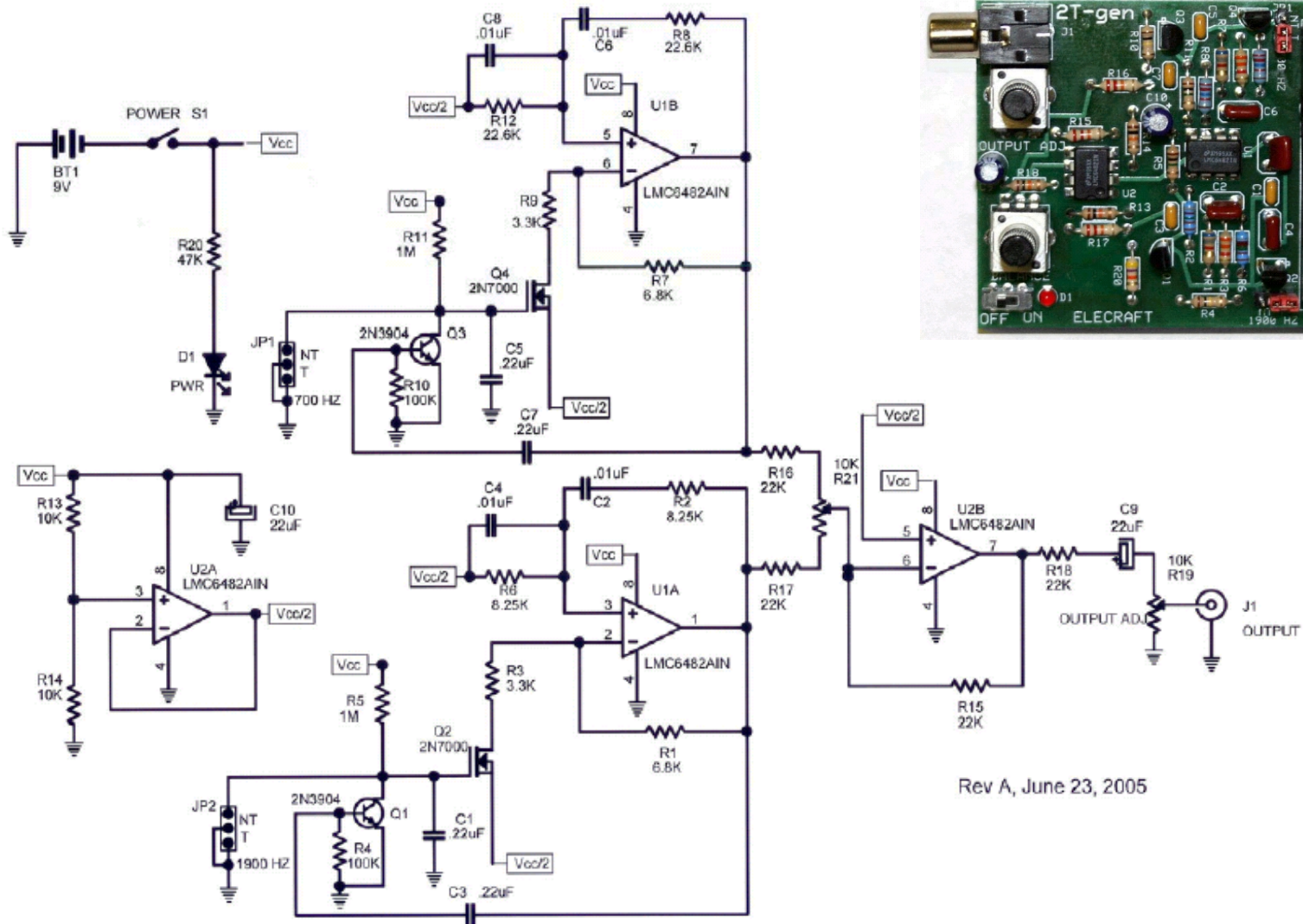
Oscillateur F1

EXCEPT AS INDICATED, DECIMAL VALUES OF CAPACITANCE ARE IN MICROFARADS (μF); OTHERS ARE IN PICOFARADS (pF); RESISTANCES ARE IN OHMS; k = 1000, M = 1000 000.

Autre exemple de réalisation BF

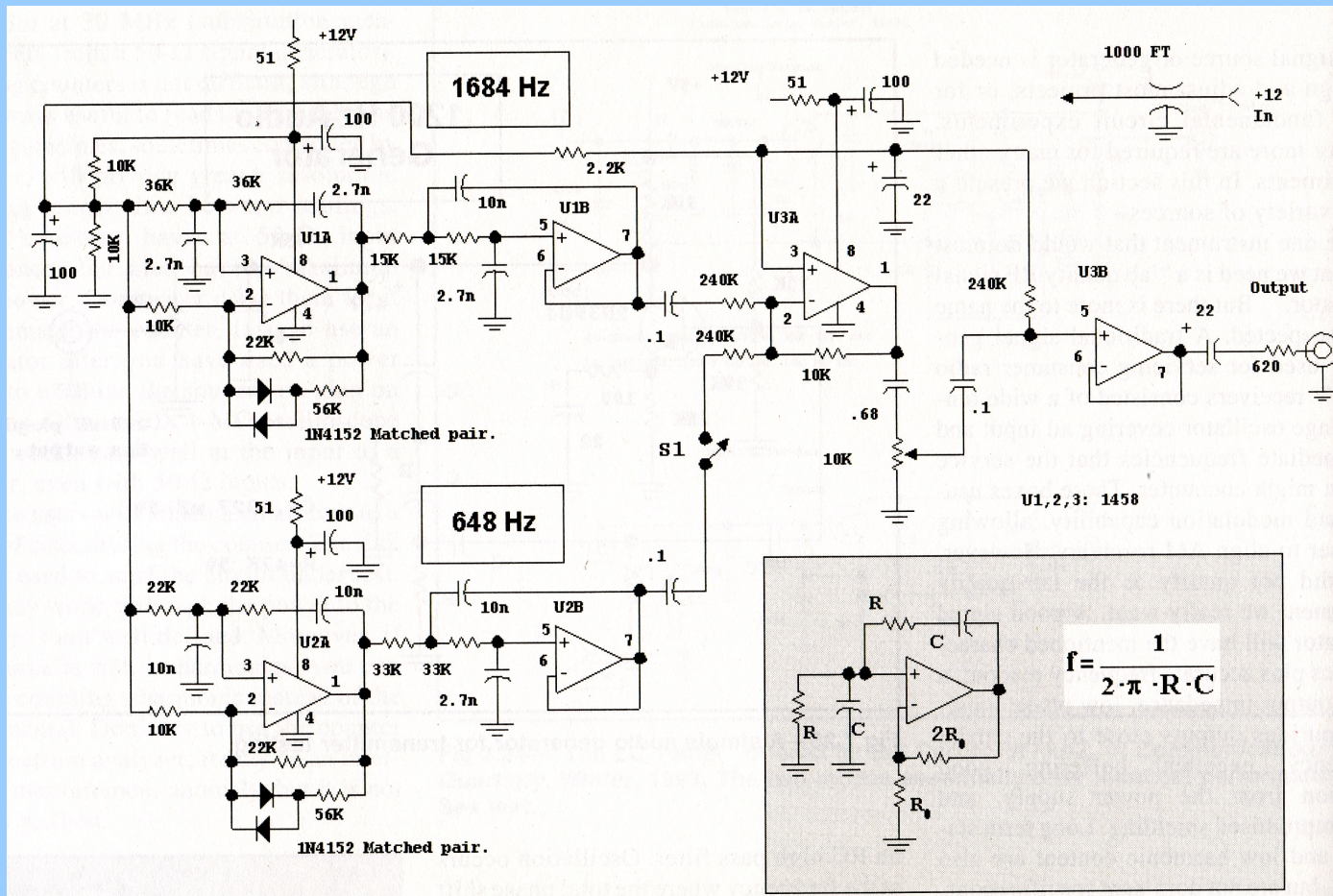


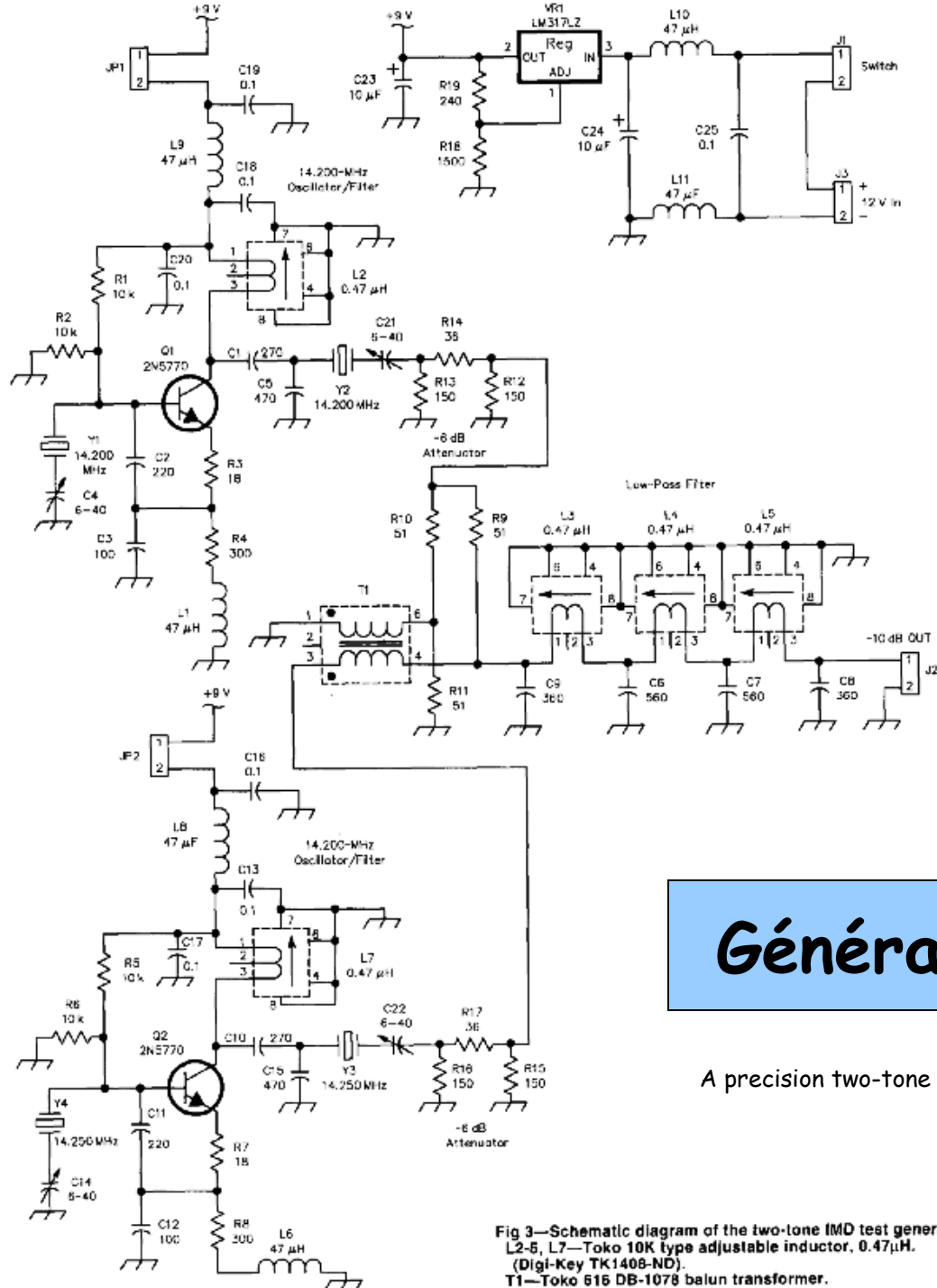
Générateur 2 tons BF Elecraft



Rev A, June 23, 2005

Générateur 2 tons BF (W7ZOI)





Générateur 2 tons HF(KI6QP)

A precision two-tone RF generator for IMD measurements QEX mars-avril 1995

Fig 3—Schematic diagram of the two-tone IMD test generator.
 L2-5, L7—Toko 10K type adjustable inductor, 0.47µH.
 (Digi-Key TK1408-ND).
 T1—Toko 616 DB-1078 balun transformer.

Bibliographie

Experimental methods in RF design	W7ZOI	ARRL
Introduction to radio frequency design	W7ZOI	ARRL
Handbook ARRL 1995		ARRL
A precision 2 tone RF generator for IMD measurements	KI6QP	QEX avril 1995
The MTG1 multitone test generator	DL7IY	QEX decembre 1994
Un générateur 2 tons à très faible distortion	F1BBI	Radio-REF decembre 1985
EB38/D Motorola Engineering bulletin		Motorola 1993
Two tones test measurements techniques	Keith Barkley	RF test & measurement juin 2001
2 tones generator for 145MHz	DJ8ES	VHF communications Avril 2002
Générateur 2 tons BF Elecraft		Elecraft

Sites infos

<http://www.dxzone.com/cgi-bin/dir/jump2.cgi?ID=8202>

Cablage de micros

<http://www.dxzone.com/cgi-bin/dir/jump2.cgi?ID=15509>

Cablage de micros

<http://www.dxzone.com/cgi-bin/dir/jump2.cgi?ID=18810>

Cablage de micros

<http://www.elecraft.com/>

Site elecraft pour Gene 2 tons

<http://www.arrl.org/qex/2009/03/feature.pdf>

A versatile 2 tones audio generator for SSB testing (QEX mars-avril 2009)

<http://www.valontechnology.com/ki6qp/imd1.pdf>

Precision 2 tones RF generator for IMD measurements

<http://pagesperso-orange.fr/f6crp/ba/arrltest.htm>

Mesures ARRL

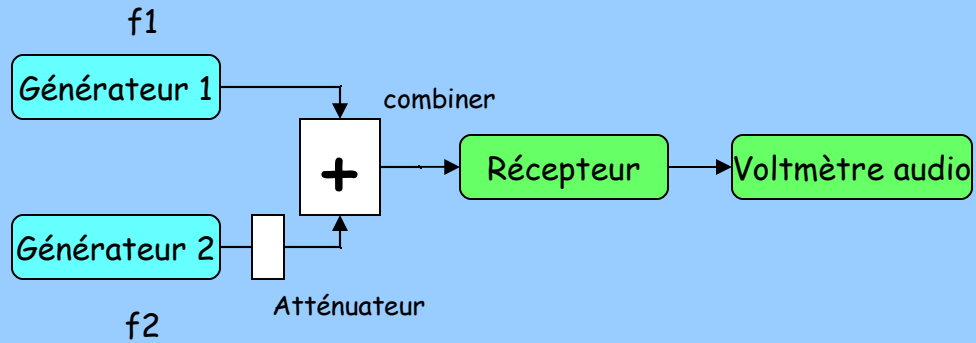
Logiciels de calcul ou simulation

<http://www.ta-formation.com/applets/fourier-fresnel/fresnel%20et%20fourier.htm>
<http://www.y1pwe.co.uk/>

Applet synthèse de FOURIER
Applet simulation IP3

ANNEXE

Mesure du point de compression 1dB



Etapas de mesure:

- f_1 à -100dBm (typique)
- Récepteur calé sur f_1
- On augmente le niveau de f_2 jusqu'à ce que le niveau audio baisse de 1 dB

La puissance de f_2 à l'entrée du récepteur (attention le mixer baisse le niveau de 6 dB) est la mesure du signal nécessaire pour compresser le gain du récepteur --> connu sous le nom de « blocking »

Remarques:

- 1) Facile à mesurer sur les vieux design
- 2) Plus difficile à mesurer sur les appareils modernes et souvent masqué par le «reciprocal mixing» de l'oscillateur local dans le récepteur ou le générateur f_2 qui génère du bruit dans la bande IF
- 3) Si on réduit l'espace entre f_1 et f_2 le test est plus sévère (les bandes latérales de bruit de l'oscillateur local sont plus apparentes et l'un des tons passe dans la bande IF (seulement visible avec analyseur de spectre))

Pourquoi les 2 tons BF doivent être en relation NON harmonique?

Non harmoniques → les IMD et harmoniques sont des **fréquences distinctes**

Harmoniques → les IMD et harmoniques ont des **fréquences communes inséparables**

	f1=	900	f2=	2100		f1=	1000	f2=	2000
Ordre 2	f2-f1=	1200	f1+f2=	3000		f2-f1=	1000	f1+f2=	3000
	2f1=	1800	2f2=	4200		2f1=	2000	2f2=	4000
	3f1=	2700	3f2=	6300		3f1=	3000	3f2=	6000
Ordre 3	2f1-f2=	-300	2f2-f1=	3300		2f1-f2=	0	2f2-f1=	3000
	2f1+f2=	3900	2f2+f1=	5100		2f1+f2=	4000	2f2+f1=	5000

Number of tones	average power (W)	PEP (W)	Peak to average ratio
2	2	4	2
3	3	9	3
4	4	16	4
5	5	25	5
6	6	36	6
7	7	49	7
8	8	64	8

Ecart de 6 dB entre porteuse 2 tons et PEP

Pour un signal de test 1 ton (CW) la puissance de sortie PEP d'un émetteur est égale à :

$$P_{out} = V^2 / 50 \quad \text{pour un système en 50 ohms}$$

V est la tension HF en sortie de l'amplificateur

Pour un signal de test 2 tons on a 2 porteuses de tension V_1 et V_2

Lorsque les tensions sont en phase et s'ajoutent, la puissance PEP est égale à :

$$P_{out} = (V_1 + V_2)^2 / 50$$

Si les 2 tons ont des amplitudes identiques alors $T = V_1 = V_2$

$$P_{out} = (T+T)^2 / 50$$

$$P_{out} = (2T)^2 / 50$$

$P_{out} = 4 T^2 / 50$ où $T^2 / 50$ est la puissance correspondant à l'un des tons

La puissance d'un ton est 1/4 de la puissance PEP -> soit inférieure de 6dB

ATTENTION : un wattmètre mesure la puissance moyenne

Soit 3 dB sous la puissance PEP (0.5x PEP)

(avec un wattmètre efficace on mesure la somme des 2 puissances ET les harmoniques qui peuvent fausser le résultat !!)

Formulation des IMD3 avec input 2 tons

Pour un amplificateur sans distorsion

$$V_{out} = A_0 + A_1 V_{in} \quad A_0 \text{ offset continu} \quad A_1 \text{ gain de l'étage}$$

Un amplificateur réel introduit de la distorsion et la tension de sortie est plutôt de la forme

$$V_{out} = A_0 + A_1 V_{in} + A_2 V_{in}^2 + A_3 V_{in}^3 + A_4 V_{in}^4 \dots$$

$$\text{Avec } V_{in} = V_1 \cos(\omega_1 t) + V_2 \cos(\omega_2 t)$$

Input 2 tons f1 et f2

Le terme du premier ordre, désiré, est donc de la forme

$$V_{out} = A_0 + A_1 V_1 \cos(\omega_1 t) + A_1 V_2 \cos(\omega_2 t) +$$

Le terme du second degré $A_2 V_{in}^2$ définit les produits du second ordre

$$A_2 V_{in}^2 = \frac{A_2 V_1^2}{2} + \frac{A_2 V_2^2}{2} +$$

Offset continu

$$\frac{A_2 V_1^2}{2} \cos(2\omega_1 t) + \frac{A_2 V_2^2}{2} \cos(2\omega_2 t) +$$

Harmonique 2

$$\frac{A_2 V_1 V_2}{2} [\cos(\omega_1 t + \omega_2 t) + \cos(\omega_1 t - \omega_2 t)] +$$

IMD 2

Le terme du troisième degré $A_3 V_{in}^3$ définit les produits du troisième degré

$$A_3 V_{in}^3 = \frac{3A_3}{2} \left[V_1 V_2^2 + \frac{V_1^3}{2} \right] \cos(\omega_1 t) + \frac{3A_3}{2} \left[V_1^2 V_2 + \frac{V_2^3}{2} \right] \cos(\omega_2 t) +$$

Ajout fondamentale

$$\frac{A_3 V_1^3}{4} \cos(3\omega_1 t) + \frac{A_3 V_2^3}{4} \cos(3\omega_2 t) +$$

Harmonique 3

Si $V_1 = V_2$ on a un terme dont l'amplitude est en V_{in}^3
Exprimée en dBm cette amplitude varie donc 3 fois plus vite que la tension d'entrée

$$\frac{3A_3 V_1^2 V_2}{4} [\cos(2\omega_1 t + \omega_2 t) + \cos(2\omega_1 t - \omega_2 t)] +$$

IMD3

$$\frac{3A_3 V_1 V_2^2}{4} [\cos(2\omega_2 t + \omega_1 t) + \cos(2\omega_2 t - \omega_1 t)]$$

IMD3

Les termes différence de fréquence sont les trouble fête car non filtrés et situés dans la bande passante IF. Lorsque l'amplificateur se rapproche de la parfaite linéarité les coefficients $A_2, A_3, A_4 \dots$ se rapprochent de zéro

Calcul de l'IP3

L'IMD3 varie 3 fois plus vite que le signal d'entrée donc:

$$\frac{IP3_{out} - IMD3}{IP3_{in} - Sin} = 3$$

$$IP3_{in} = Sin + \frac{1}{2} (Sin - IMD3)$$

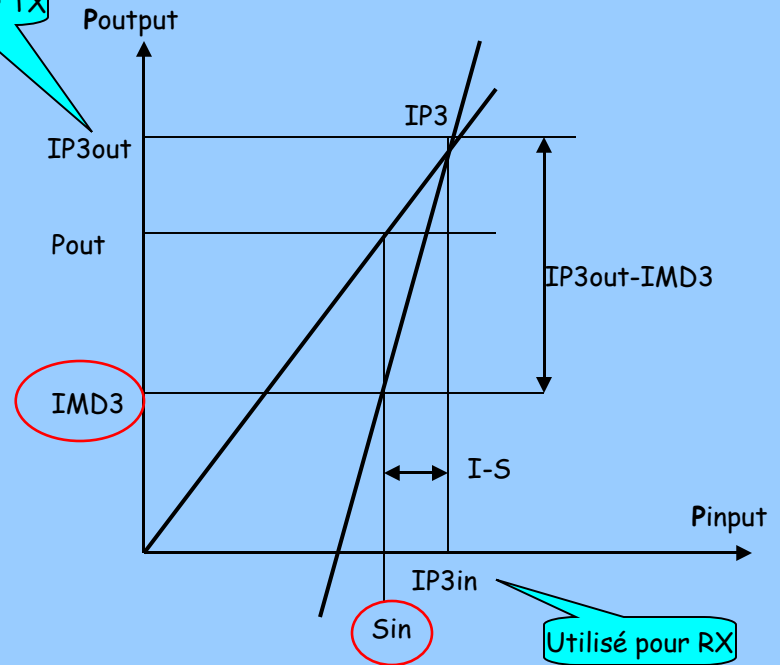
dBm

$$IP3_{out} = G \times IP3_{in}$$

G est le gain de l'étage

On mesure l'IMD3 pour un niveau d'entrée Sin et on en déduit les valeurs $IP3_{in}$ et $IP3_{out}$

Utilisé pour TX



Utilisé pour RX

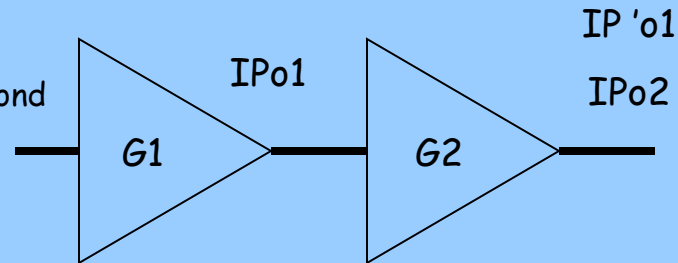
Ce qui est mesuré

IP3 pour étages en cascade

IPo1 = IP3 du premier étage

IP 'o1= IP3 du premier étage ramené à la sortie du second

IPo2 = IP3 du second étage



On normalise les IP3 à la sortie du groupe

Pour l'ampli 1 c'est $IPo1 + G2 = IP'o1$

Pour l'ampli 2 c'est $IPo2 = IPo2$

Avec:

$$1/IP_{total} = 1/IP'o1 + 1/IPo2$$

C'est la loi d'addition des tensions de distorsion

Exemple 1

$$G1 = G2 = 10 \text{ dB}$$

$$IPo1 = IPo2 = 15 \text{ dBm} = 31.6 \text{ mW}$$

$$IP'o1 = 10 + 15 = 25 \text{ dBm} = 316.2 \text{ mW}$$

$$1/I_{ptotal} = 1/316.2 + 1/31.6$$

$$I_{ptotal} = 28.35 \text{ mW} = 14.5 \text{ dBm}$$

Exemple 2

$$G1 = G2 = 10 \text{ dB}$$

$$IPo1 = 15 \text{ dBm} = 31.6 \text{ mW}$$

$$IPo2 = 25 \text{ dBm}$$

$$IP'o1 = 10 + 15 = 25 \text{ dBm} = 316.2 \text{ mW}$$

$$1/I_{ptotal} = 1/316.2 + 1/316.2$$

$$I_{ptotal} = 158.1 \text{ mW} = 22 \text{ dBm}$$

Il y a une influence prépondérante de l'IP3 du 2ième étage

IMD, IP3 et récepteurs digitaux

Les notions de IMD et IP3 ne sont pas utilisables comme indicateurs de performance dans le cas des récepteurs utilisant des conversions analogique/digital dans la chaîne de réception

Un récepteur digital NE PEUT PAS ETRE CARACTERISE par un IP3

La mesure du « third order intermodulation-free dynamic range » reste possible avec un générateur 2 tons mais avec des paramètres spécifiques à ce genre de récepteur

Voir article de SM5BSZ QEX 11-12/2006

Le niveau de IMD3 (courbe n°3) ne suit pas la loi du 3ième ordre

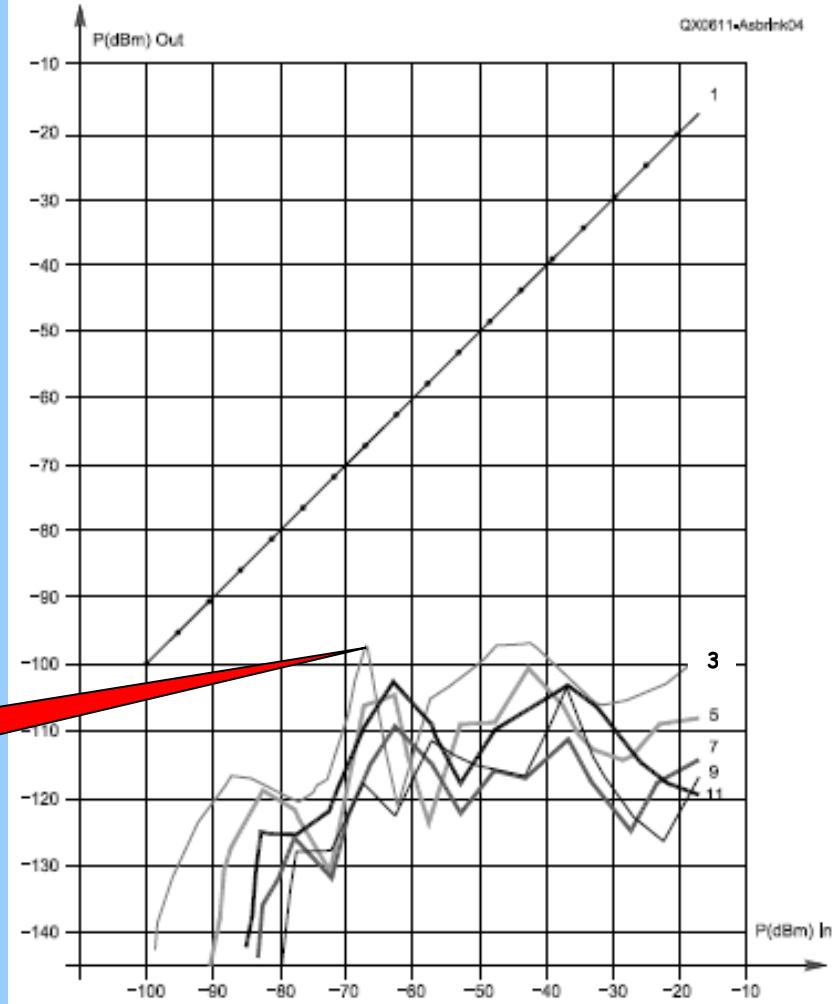


Figure 4 — Two-tone test for the SDR-14 using the 0.1 to 30 MHz input. Third-order “intermodulation” is at about -100 dBm, independent of the test signal level. Higher order interference, IM5, IM7, IM9 and IM11 are at similar power levels.

C'est fini!

Merci de votre attention !

