

Générateur HF

à base de

Si570



Générateur HF à base de **Si570 CMOS & LVDS**

à partir du **Kit de K5BCQ & de K5JHF**

By **Christophe F1JKY**

Introduction :

Depuis quelques années, je me suis fixé comme but de m'équiper, petit à petit, de **matériel de labo simple, suffisamment performant, de préférence Home Made et surtout à un coût de revient très raisonnable** ... ceci, bien entendu, afin de pouvoir effectuer un minimum de contrôle sur mes réalisations personnels rentrant dans le cadre de notre hobby, le Radio Amateurisme.

Pourquoi ce Générateur ? :

Et bien tout simplement car il rentrait dans mes critères. Ce générateur est assez simple à construire malgré une technologie à plus de 50% en CMOS, qu'il fait appel à *une technologie utilisant un composant de dernière génération* (le Si570 de chez Silicon Labs) laissant entrevoir de bonnes performances et surtout *un coût de revient modeste* notamment pour la version CMOS.

Un autre critère m'a également séduit sur ce kit, c'est qu'il était totalelement autonome à contrario des autres montages de ce type que je connaisse ... notamment côté DL ou G (Merci à Patrick F6AZZ pour son aide pour les recherches sur le Net).

Pour prendre un exemple, les montages DL pilotent le Si570 via un port USB et nécessitent donc l'utilisation d'un ordinateur alors que ce kit avec son LCD, son micro processeur et son encodeur embarqué permet une utilisation totalement autonome du Si570.

N'oublions pas non plus un autre de ses avantages, c'est son très faible encombrement car comme bon nombre d'entres nous, je ne dispose que de très peu de place pour la bricole et la station radio à la maison ... ;o)

Le nerf de la guerre ... son coût de revient :

NB : Tous les prix ci-dessous sont dit « arrivés à la maison », frais de port et de douane compris.

- **version CMOS** - 50ppm - Fréq. max 260Mhz - commander en kit chez K5BCQ comprenant le Si570 CMOS = **35 euro**

- **version LVDS** - 20ppm - Fréq. max 1,4Ghz - Kit K5BCQ sans l'option Si570 + Si570 LVDS commander en Sample chez Silicon Labs (exemplaire gratuit) = **55 euro**

- **version LVDS** - 20ppm - Fréq. max 1,4Ghz - Kit K5BCQ sans l'option Si570 + Si570 LVDS commander chez Silicon Labs = **143 euro**

En ce qui me concerne, j'ai opté pour les deux premières solutions pour la réalisation de mon double générateur à Si570 (CMOS + LVDS).

Le coût de revient de ma réalisation a été aux environs de 100 euro, boîtier compris.

Et côté Performances ? :

Comme vous l'avez compris, ne disposant que peu de moyens pour réellement quantifier les performances de ce générateur, j'ai immédiatement appelé au secours mon ami **Olivier F5LGJ** qui s'est fait un plaisir de passer au crible ce montage ... du moins pour la version CMOS dans un premier temps, la version LVDS viendra plus tard.

Vous pouvez trouver en annexe, les mesures de Spectre et de Bruit de Phase fait par **Olivier F5LGJ** sur la version CMOS et ainsi vous pourrez vous faire une idée précise sur la question.

Il en ressort que dans la plus part des cas des applications radio amateurs, ce générateur à base de Si570 est largement suffisant et donc pleinement utilisable.

Les plus et les moins :

Les Plus :

- Coût de revient très raisonnable
- Utilisation d'un composant de dernière génération (Si570 CMOS & LVDS)
- Montage totalement autonome
- Montage aisé & Fonctionne du premier coup
- Faible encombrement
- Bonnes performances
- Possibilité d'utilisation du montage avec un SoftRock (SDR)
- Possibilité de réglage de l'Offset
- Possibilité de réglage de la mémoire de démarrage
- Les concepteurs du Kit, K5BCQ & K5JHF, sont très sympathiques et prêts à vous aider en cas de nécessité.

Les Moins :

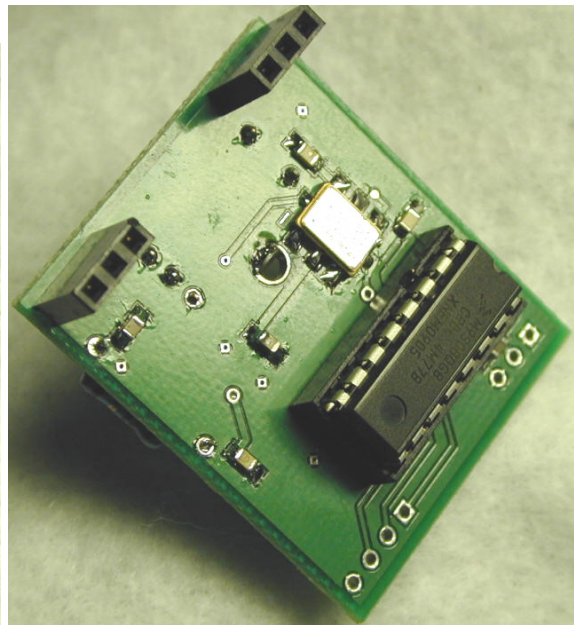
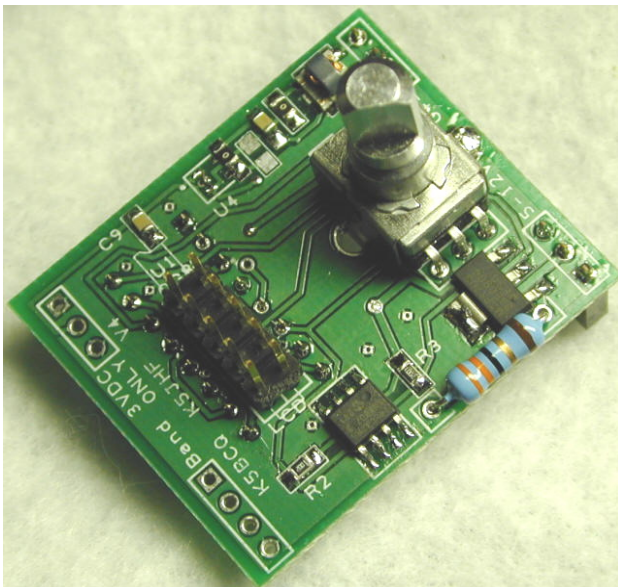
- Manque l'affichage du digit des Ghz => Upgrade en cours sur une version future plus complète.
- Aurait peut-être mérité un boîtier de blindage pour la platine principale comportant le Si570 => cela peut toujours se rajouter via un boîtier Schubert.
- Le rajout en sortie (notamment pour la version CMOS) d'un atténuateur variable serait peut-être intéressant afin de pouvoir faire varier l'amplitude de la porteuse de sortie.

Conclusion :

Voici un générateur qui mérite de se faire connaître et qui saura trouver sa place dans votre coin bricolage pour vous rendre à coup sûr de bons services dans le futur.

Référence :

- Site internet de K5BCQ & de K5JHF : <http://www.qsl.net/k5bcq/Kits/Kits.html>
- Mesures et notice d'assemblage du Kit de K5BCQ & de K5JHF : http://www.cliftonlaboratories.com/si570_kit_from_k5bcq.htm
- Informations complémentaires de G3VBV sur le Kit de K5BCQ & de K5JHF : <http://www.qsl.net/k5bcq/Kits/G3VBV.html>
- Mesures de Spectre & de Bruit de Phase par Olivier F5LGJ (voir annexe).



Si570 CMOS

Mesures Simples

sur un

Générateur HF

à base de

Si570 LVDS 1,4Ghz

Construit à partir du Kit de K5BCQ

By F1JKY

Mesure sur un Générateur HF à base de Si570 LVDS
Construit à partir du Kit K5BCQ
By F1JKY

- Mesures faite avec un Banc Radio Wavetek 4015 (Dc to 1Ghz).
- Modèle de Si570 : **LVDS 570BBA000107DG - 20ppm - 1,4Ghz.**
- Sur Alim de labo : 11,96v - 80mA de consommation.
- Câble Coaxial de liaison entre les appareils de mesure : RG223 de 1m - perte max mesurée -0,8dBm

Fréq	PWR (dBm)	Offset (Khz)	
3,5 Mhz	-5,7	+0,05	
10 Mhz	-4,6	0,00	Fréq de référence, Offset réglé à +70Hz mémoire 1
30 Mhz	-4,2	-0,14	
50 Mhz	-4,5	-0,28	
145 Mhz	-4,4	-0,93	
300 Mhz	-4,0	-2,00	
435 Mhz	-3,8	-3,02	
500 Mhz	-4,3	-3,47	
600 Mhz	-4,3	-4,12	
700 Mhz	-5,5	-4,90	
800 Mhz	-6,7	-5,56	
900 Mhz	-6,3	-6,49	
940 Mhz	-7,8	-6,74	
944 Mhz	-8,3	-6,70	
----- Décrochage -----			
970 Mhz	-8,3	-6,93	
980 Mhz	-7,1	-6,99	
990 Mhz	-5,8	-7,05	

Les mesures qui suivent ont été faites avec un Analyseur de Spectre HP8591A (Dc to 1,8Ghz) :

- un SPAN de 2Mhz
- Les mesures d'Offset ci-dessous seront à faire prochainement avec un fréquencemètre.

Fréq	PWR (dBm)	Offset (Khz)	
1 Ghz	-6,67		
1,1 Ghz	-7,00		
1,133 Ghz	-7,19		
1,1339 Ghz	-7,40		
----- Décrochage -----			
1,2125 Ghz	-6,80		
1,250 Ghz	-7,15		
1,296 Ghz	-6,60		
1,300 Ghz	-6,64		
1,350 Ghz	-7,00		
1,400 Ghz	-7,30		
1,410 Ghz	-7,40		
1,415 Ghz	-7,30		
1,4174 Ghz	-7,30		
----- Décrochage -----			

Nous pouvons voir que la plage réelle de fonctionnement de ce Si570 est de :

3,5Mhz à 944Mhz puis de 970Mhz à 1,1339Ghz puis de 1,2125Ghz à 1,4174Ghz.

Pwr moyenne : **-6dBm**

Et pour finir, voici une petite mesure rapide de la fréquence Min / Max du Si570 CMOS modèle **570CAC000107DG - 50ppm** :

Fréq Min : **3,5 Mhz** - Fréq Max : **269 Mhz**

Pwr moyenne : **+10dBm**

Enjoy ;o)

by Christophe F1JKY le 10 Avril 2010

Spectre des Fréquences **Min et **Max****

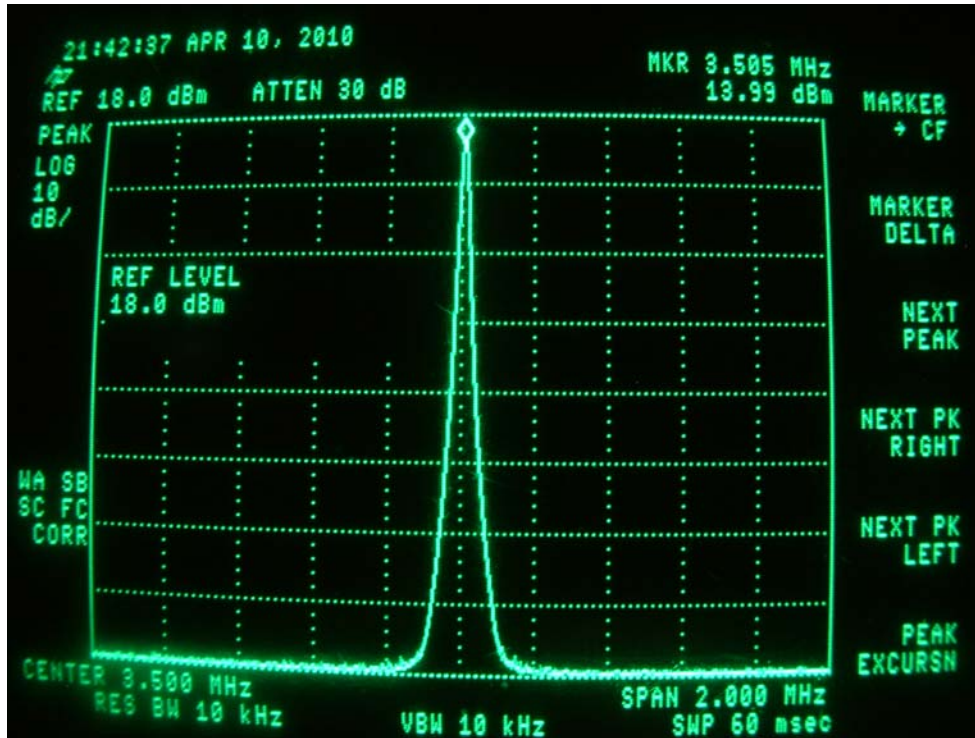
Des

Si570

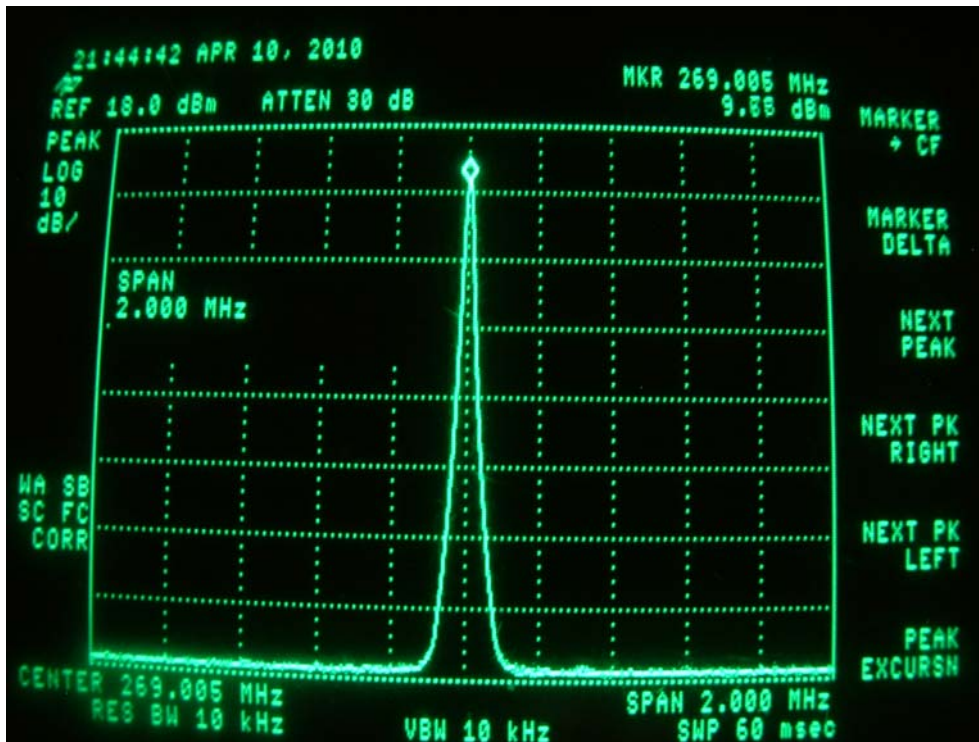
CMOS & LVDS

Si570 CMOS

Fréquence Min :

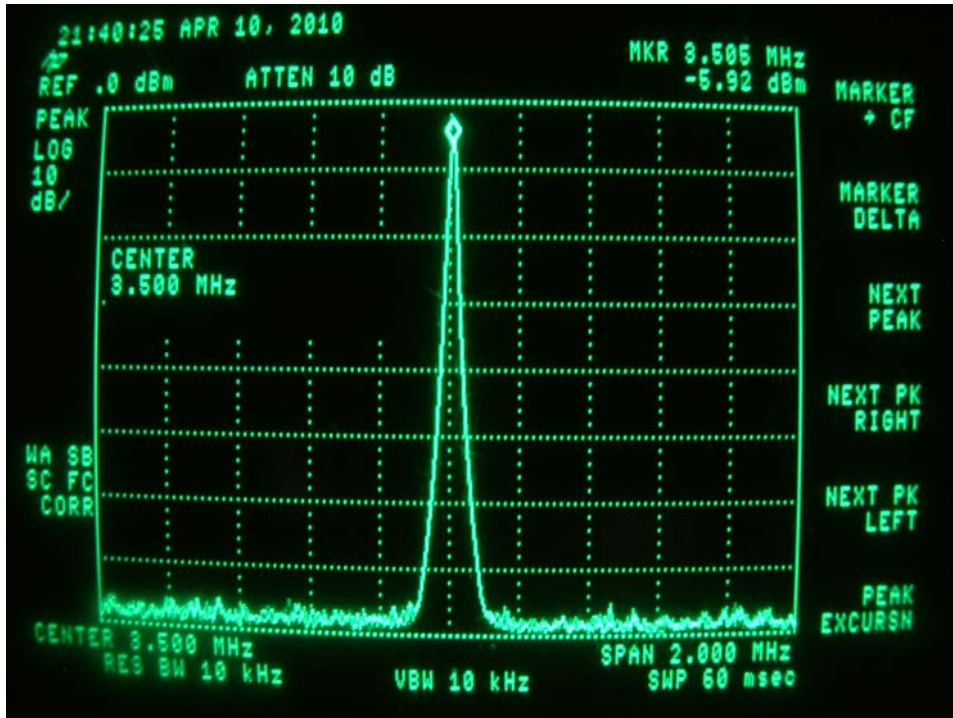


Fréquence Max :

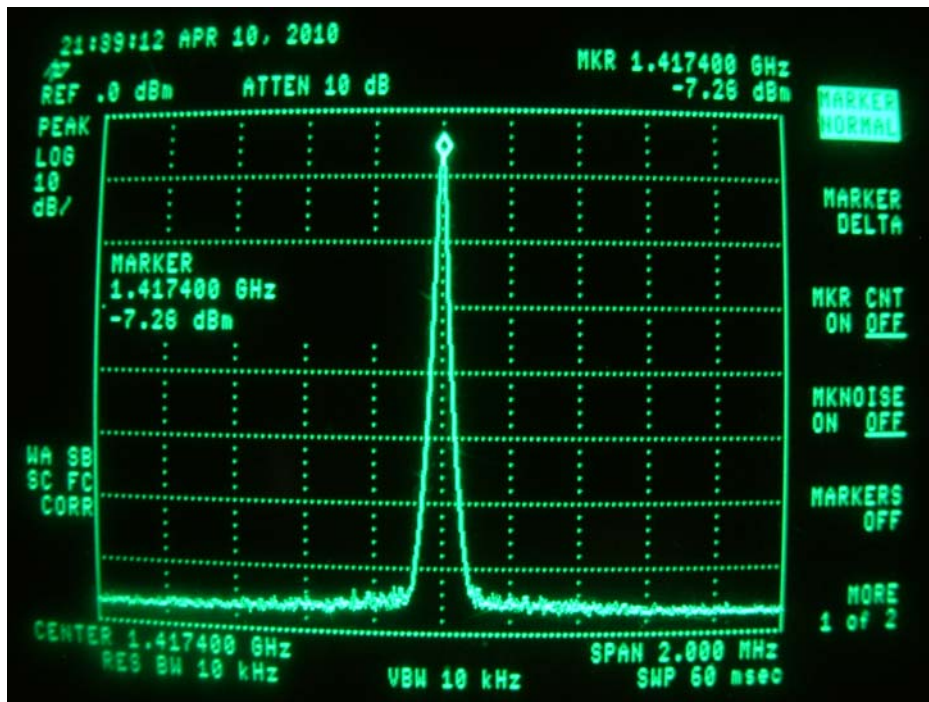


Si570 LVDS

Fréquence Min :



Fréquence Max :



Mesures du
Si570 CMOS 3,5 Mhz to 269Mhz
Spectre & Bruit de Phase
By F5LGJ Olivier BERCHAUD

Construit à partir du Kit de K5BCQ

By F1JKY

Mesures du SI570

Spectre et bruit de phase

Olivier Berchaud commencé le : 18/12/2009.
Dernière modification : 15/04/2010

INDEX

Mesures à l'analyseur de spectre.....	2
Mesure du SI570 avec FSEM Rhodes & Schwartz.....	2
Mesure d'un générateur de laboratoire Anritsu MG3692	2
Mesure de bruit (???) avec le SSA E5052B	3
Mesure bruit de phase	3
Mesure de bruit d'amplitude	3
Mesure de bruit global	4
Comparaison Phase noise/Amplitude noise	5
Bruit de phase en fonction de la fréquence du signal	6
Mesure très près de la porteuse (1Hz)	6
Mesure en fonction de la fréquence	6
Evolution du bruit de phase.....	7
Niveau de sortie et harmoniques	8
Mesure de la version LVDS	9
Conclusion	12

Mesures à l'analyseur de spectre

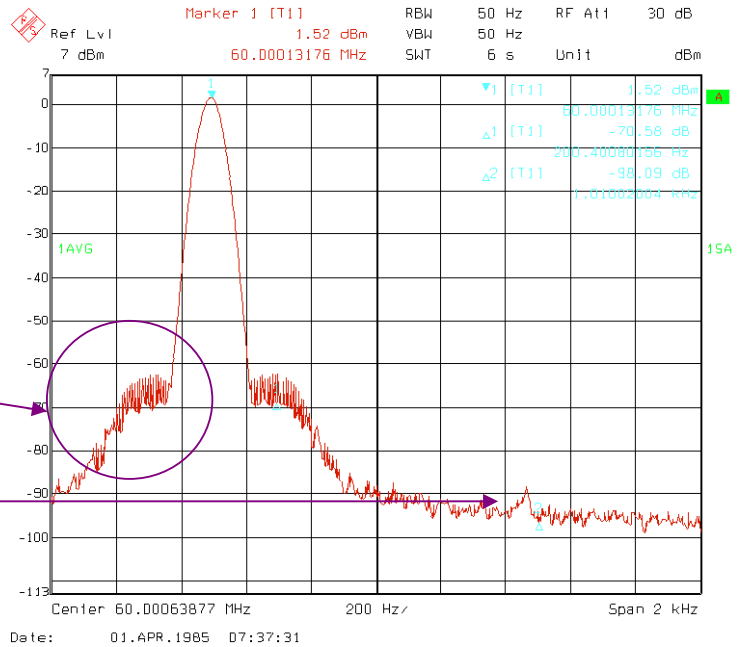
Mesure du SI570 avec FSEM Rhodes & Schwartz

FSEM est un analyseur de spectre 26GHz

Signal 60MHz du SI570

Bruit proche porteuse

Spurious

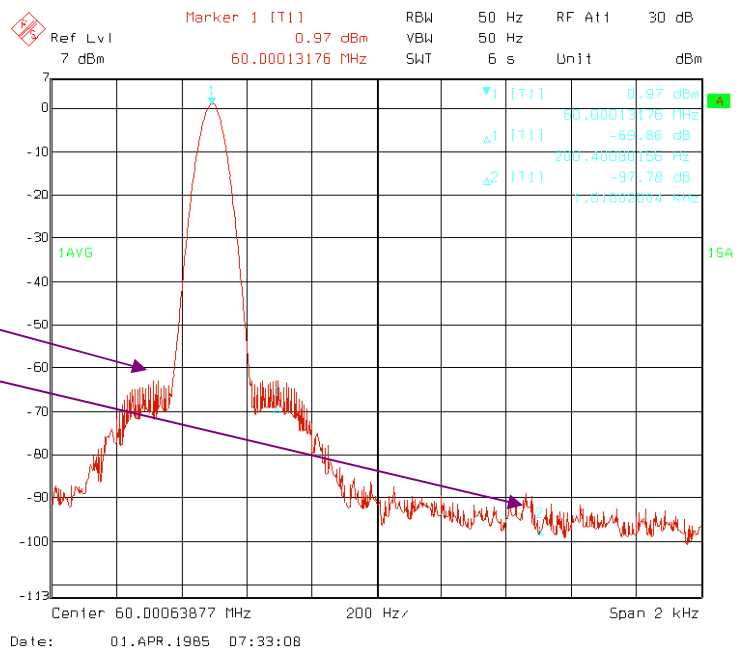


En fait cette mesure ne prouve rien. Le bon réflexe est de connaître les limites des appareils de mesure que l'on utilise, ou comparer plusieurs mesures pour commencer à avoir des certitudes.

Mesure d'un générateur de laboratoire Anritsu MG3692

Finalement, on retrouve le même gabarit spectral avec les mêmes défauts que précédemment. Les performances du générateur sont bien meilleures que ce qui est affiché là. Ceci montre que nous mesurons les limites de l'analyseur de spectre.

Donc, ce comparatif de mesure à l'analyseur de spectre montre que cette méthode est insuffisante pour quantifier la performance d'un oscillateur HF.



Mesure de bruit (???) avec le SSA E5052B

Mesure bruit de phase

Fréquence du signal 60MHz du SI570

Appareil utilisé :
E5052B Agilent aimablement prêté pour
évaluation technique : Avouons que c'est un
geste sympathique de la société Agilent.

Quelques valeurs de niveau à retenir :

- -129dBc @ 1kHz
- -115dBc @ 100Hz
- -85dBc @ 10Hz
- -142dBc @ 100kHz
- une pente de 30dB/décade proche C

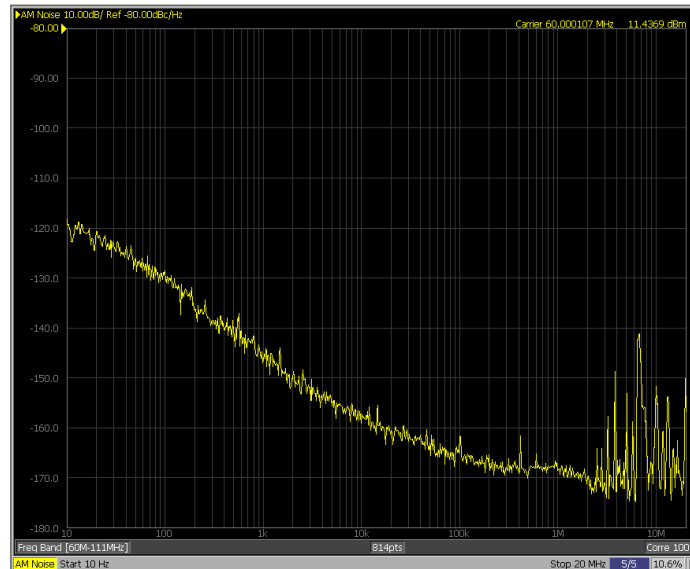
Signal de sortie 11dBm



Mesure de bruit d'amplitude

Quelques valeurs de niveau à retenir :

- -145dBc @ 1kHz
- -130dBc @ 100Hz
- -120dBc @ 10Hz
- -166dBc @ 100kHz
- une pente de 10dB/décade proche C



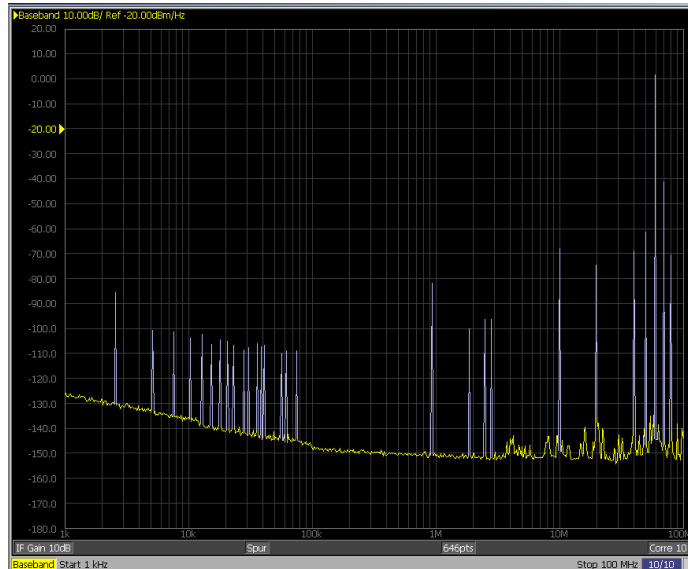
Dans tous les cas, le bruit d'amplitude est meilleur (plus bas) que le bruit de phase, et ceci d'au moins 15dB. Cela signifie que le bruit de phase est prépondérant pour quantifier le bruit de ce montage, donc nous nous intéresserons principalement à lui pour caractériser la pureté du signal du SI570.

Petite remarque : cela semble logique que le bruit d'amplitude soit faible par rapport au bruit de phase car le circuit est composé de diviseur digitaux qui ont la propriété de supprimer les variations d'amplitude. Il ne reste alors que le bruit thermique présent dans les semi-conducteurs du circuit.

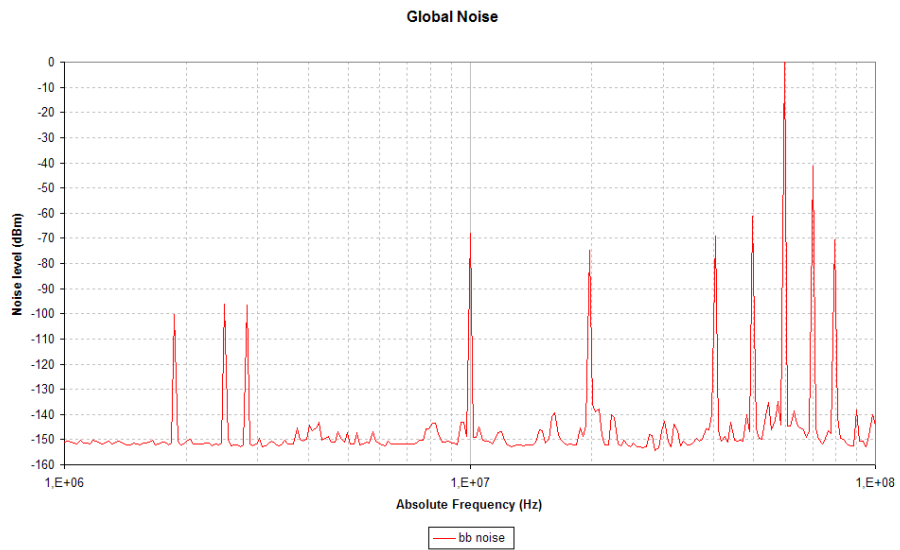
Mesure de bruit global

Sur cette mesure, il n'est pas simple de sortir une valeur de bruit mesuré car le spectre est très large, et les menus de l'appareil ne m'offraient pas de pouvoir diminuer le span.

On voit simplement que le plancher de bruit est aux environ de -150dBc par rapport à une porteuse se situant à $+1\text{dBm}$. Il faut bien sur savoir qu'un atténuateur a été utilisé (10dBm) afin de ne pas saturer les étages d'entrée du E5052B.



Après la mise en forme des données sous l'outil Excel, voici un zoom de la mesure ci-dessus montrant le spectre dans la bande 1MHz/100MHz :

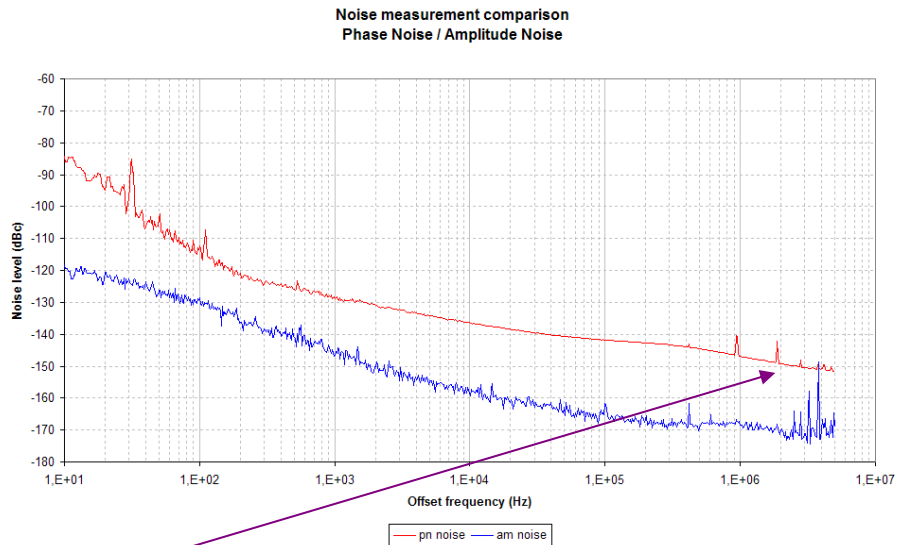


Le plancher de bruit est bas, entre -140 et -150dBc .

Mais il y a présence de nombreux spurios: 1.8MHz, 2.5MHz, 10MHz, 19MHz, 40MHz, 50MHz 70MHz 80MHz.

Comparaison Phase noise/Amplitude noise

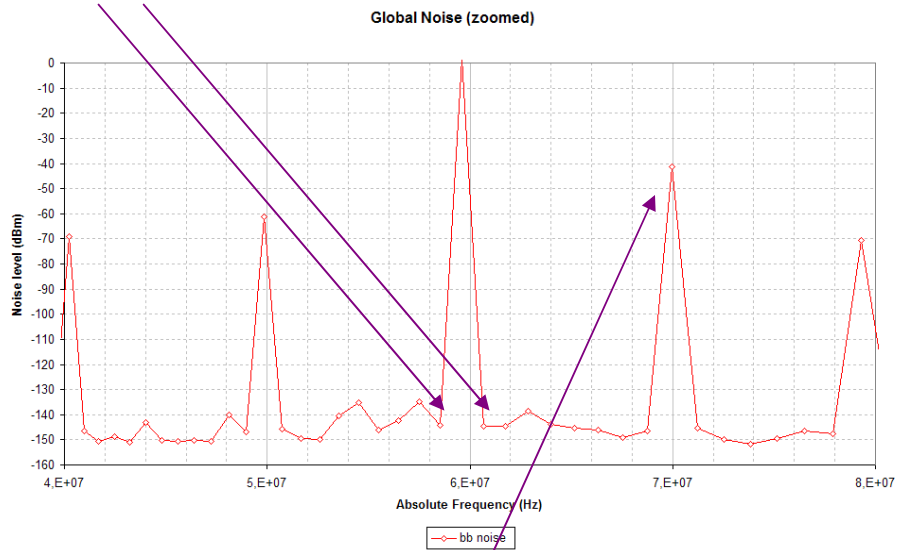
Cette illustration ci-dessous confirme bien l'importance du bruit de phase par rapport au bruit d'amplitude.



Le bruit à 2MHz est de :

- -150dBc, bruit de phase.
- -170dBc, bruit d'amplitude

On trouve -145dBm en mesure de bruit global.



Il faut bien considérer que, dans ce mode (FFT large) et plus on monte en fréquence, l'appareil a de plus en plus de mal à être précis. Il réalise une FFT et le nombre de points devient insuffisant pour avoir une bonne précision. Néanmoins, le résultat montre bien qu'il y a un niveau équivalent dans les deux cas (-145dBc en global noise et -150dBc en phase noise).

Spurious -40dBc à 10MHz

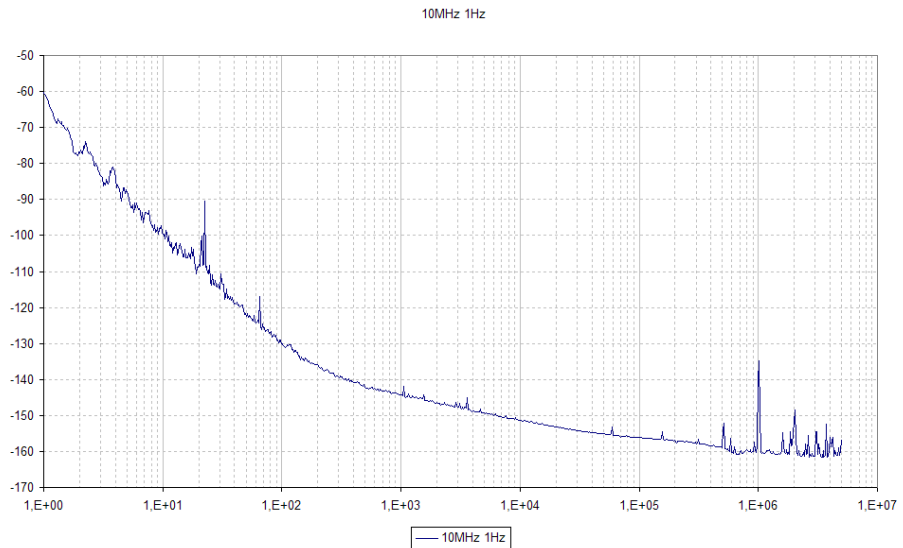
Bruit de phase en fonction de la fréquence du signal

Mesure très près de la porteuse (1Hz)

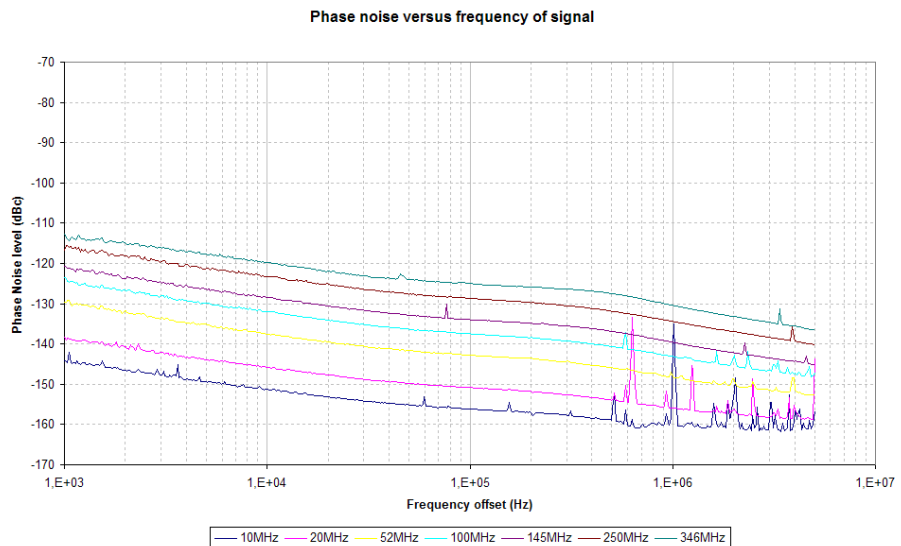
SI570 : signal 10MHz

Pente du bruit :
- 30dB (10Hz)
- 8dB (10kHz)

Spurious visible à 1MHz



Mesure en fonction de la fréquence



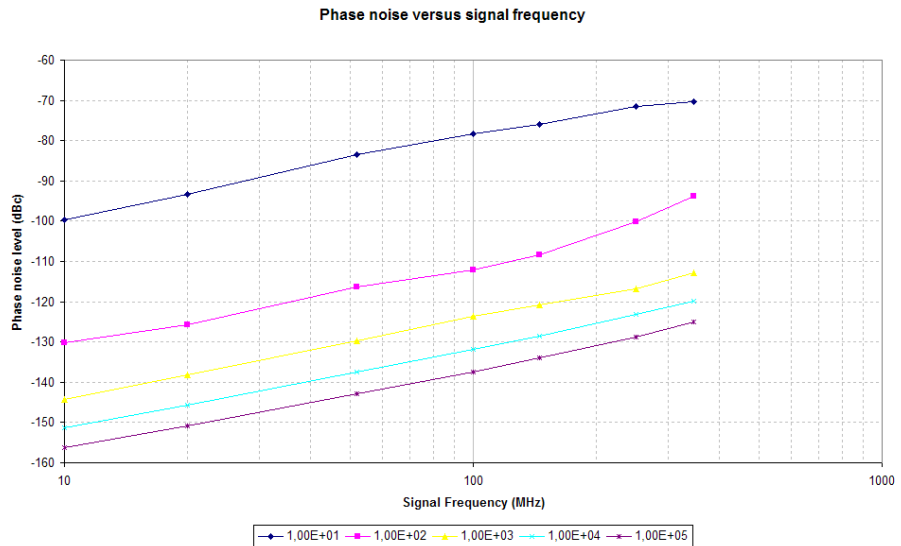
On voit bien la progression du niveau de bruit en fonction de la fréquence de sortie. Ceci est un comportement normal.

Notons que les spurious changent, ce qui est normal également vu que les combinaisons de couplage changent.

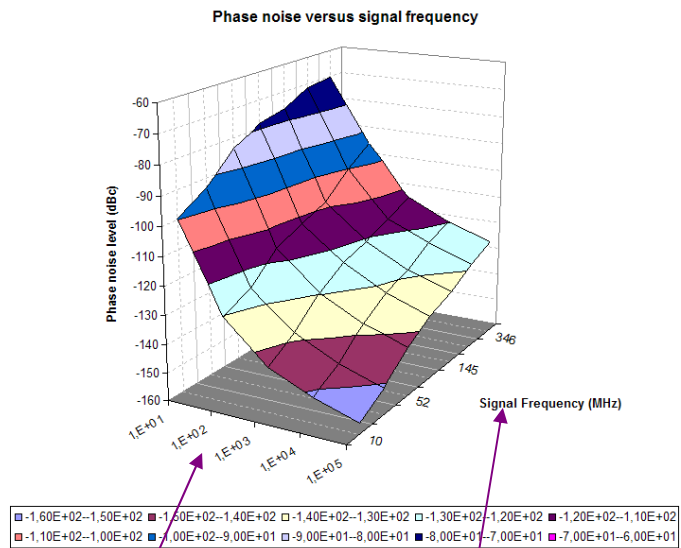
Evolution du bruit de phase

En fonction de la fréquence de sortie du SI570 et ceci à divers offsets (par rapport à la porteuse).

Comportement normal :
On retrouve bien la loi
du $20\log N$



Visualisation 3D qui permet de voir l'évolution du bruit de phase en fonction des paramètres

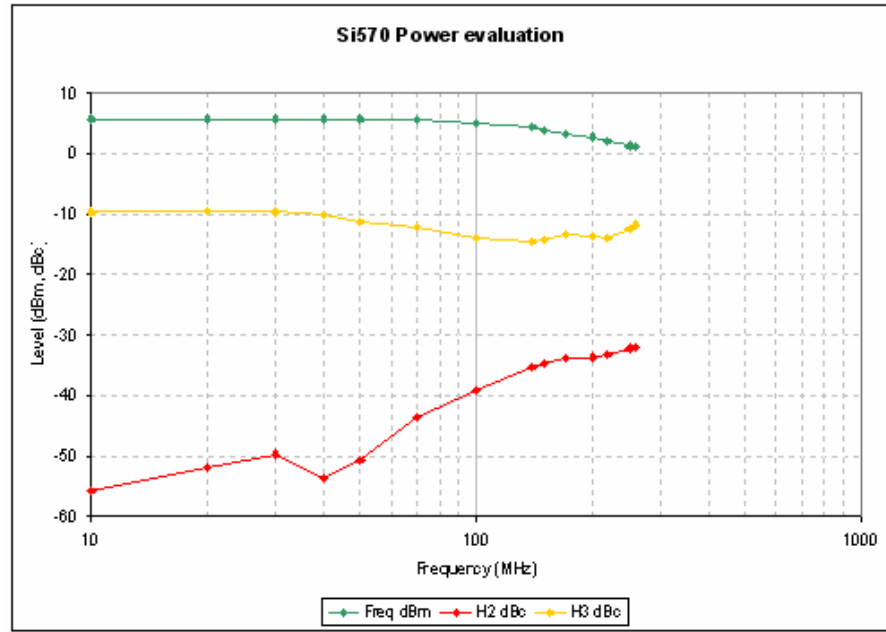


Offset de fréquence par rapport à la porteuse

Fréquence du signal de sortie

Niveau de sortie et harmoniques

Freq	MHz	10	20	30	40	50	70	100	140	150	170	200	220	250	260
	dBm	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.5	5.2	4.45	3.9	3.2	2.9	2.3	1.4	1.1
H2	dBc	-55.7	-51.7	-49.7	-53.7	-50.7	-43.5	-39.2	-35.35	-34.7	-33.9	-33.7	-33.3	-32.2	-31.9
H3	dBc	-9.6	-9.5	-9.7	-10.13	-11.2	-12.2	-13.8	-14.4	-14.2	-13.5	-13.6	-13.8	-12.4	-11.8



En vert , le niveau RF en sortie du module. On peut évaluer la bande passante à environ 100MHz.

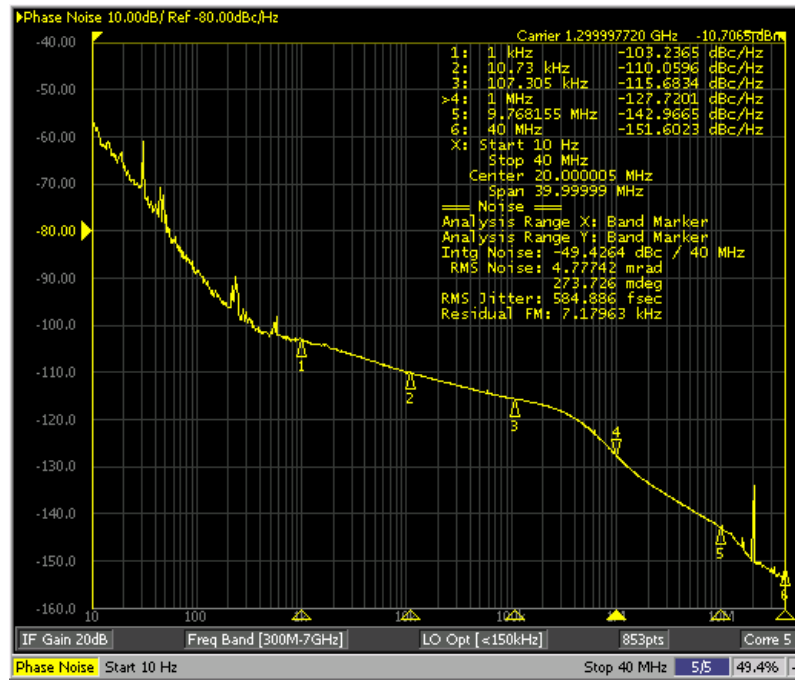
En rouge, le niveau de l'harmonique 2 pour la fréquence de l'OL considérée.

En jaune, le niveau de l'harmonique 3 pour la fréquence de l'OL considérée

Exemple, au point 100MHz, le niveau RF est de -5dBm alors que la H2 est d'environ -39dBc (200MHz) et la H3 est -13dBc (300MHz).

Mesure de la version LVDS

Mesure large offset pour un signal de 1300MHz



Le résultat semble différent des mesures de l'échantillon précédent.

On voit trois pentes de bruit différentes qui peuvent sans doute s'expliquer en fonction des technologies choisies pour construire le circuit.

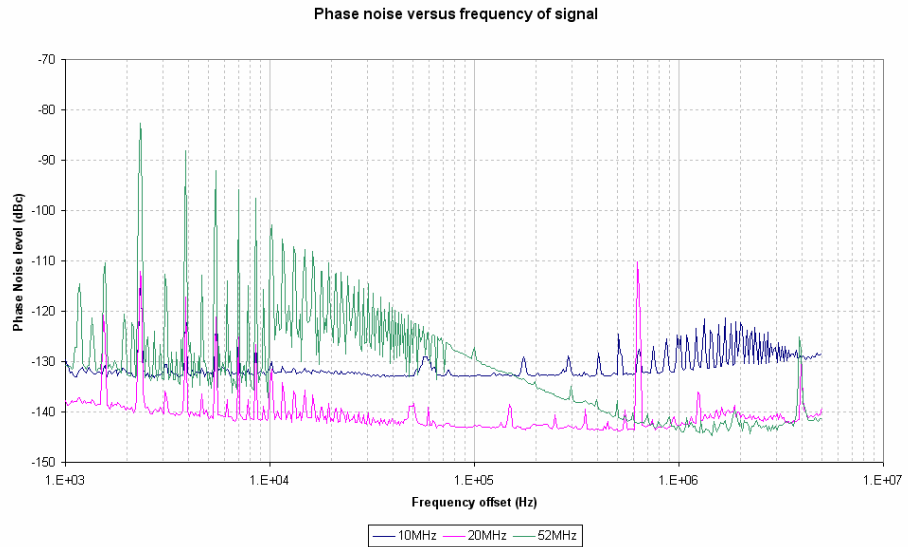
Cette mesure montre à un concepteur dans quelle mesure ce circuit peut être utilisable à 1300MHz.

Mesure de bruit de phase en fonction de la fréquence du signal de sortie

La présentation des résultats est coupée en deux graphes car le comportement observé est assez étrange.

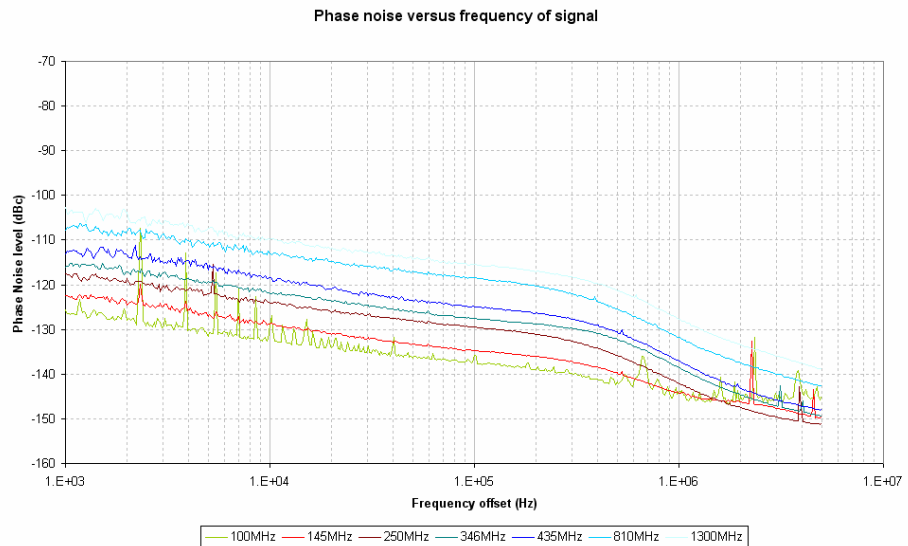
Ci-dessous, mesures pour les fréquences inférieures à 100MHz.

La courbe verte représente le signal à 52MHz et on voit de suite la multitude de spurios. C'est un fonctionnement non désiré.



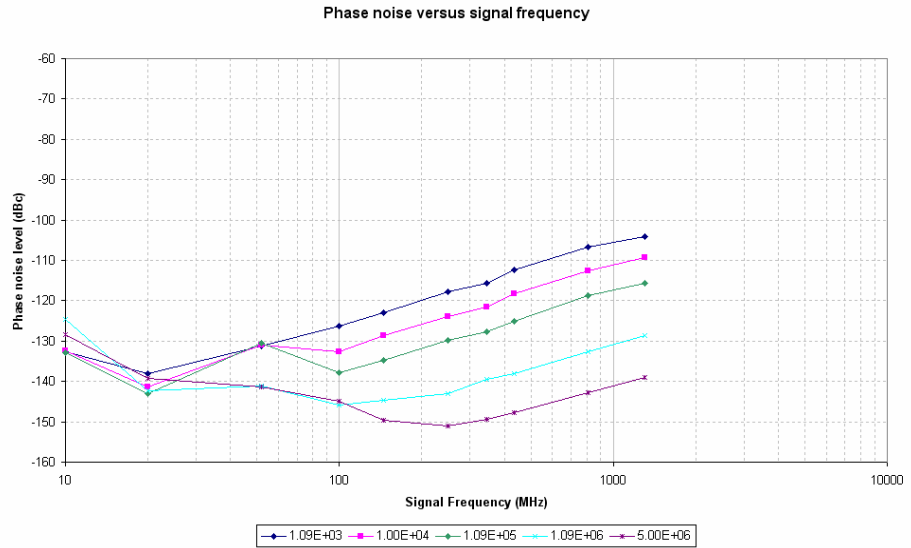
Ci-dessous, mesures pour les fréquences supérieures à 100MHz.

On retrouve un comportement logique comme mesuré précédemment (voir pages 6-7).

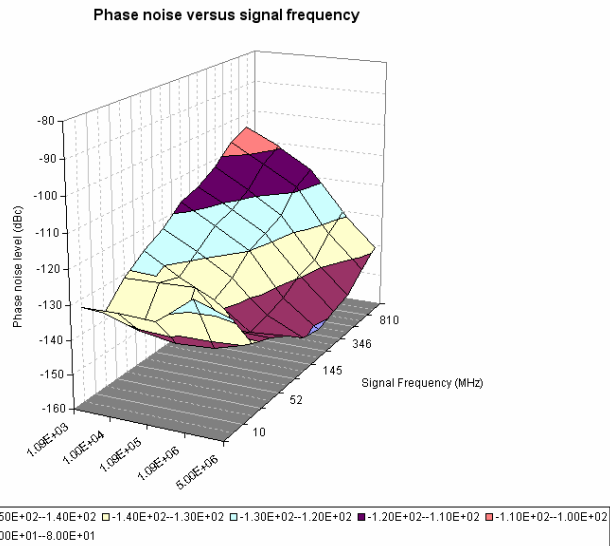


Ici sont présentés les résultats de mesure en fonction de la progression de la fréquence du signal de sortie, pour divers offset.

On voit bien le problème aux fréquences basses, en dessous de 100MHz.
On retrouve bien ensuite la progression du bruit en fonction de la fréquence.



Ci-dessous une vue 3D qui résume les comportements montrés ci-dessus.



Mesures à comparer avec les résultats présentés aux pages 6 et 7. Consulter

Conclusion

Le 23/12/2009

Conclusion provisoire, car nous n'avons pas quantifié les harmoniques ni étudié les spurious !

Le bruit généré par le circuit est essentiellement du bruit de phase. Dans la plupart des cas d'application radio amateur, ce bruit de phase est très bas donc largement assez bon.

La fréquence utile maximum de l'échantillon a été 346MHz.

Les spurious peuvent être gênant car les niveaux ne sont pas négligeables. Dans une mesure, nous avons vu du -40dBc, ce qui est moins bon que ce que les normes demandent en général. Il peut y avoir aussi des spurious beaucoup plus proche de la porteuse pouvant créer par mélange des signaux non existant (cas d'utilisation de mixer ou d'un étage non linéaire).

Le 27/01/2010

La fréquence utile maximum de l'échantillon est de 260MHz, avec un fonctionnement a nouveau vers 346MHz.

Le niveau RF en sortie est constant jusqu'à 100MHz. Le niveau H2 se dégrade rapidement.
Le niveau H3 est assez élevé (-10dBc).

Le 15/04/2010

L'évaluation du Si570 version LVDS nous montre un comportement surprenant. La version en notre possession ne fonctionne pas très bien pour générer des fréquences basses, en dessous de 100MHz sans vraiment comprendre pourquoi. A 52MHz, le signal n'est pas exploitable à cause d'une multitude de spurious.
L'évaluation va continuer avec des mesures de spectre...