

Réunion Virgo - Electronique

02/04/03 10h00 – 11h45

Présents : G. COUGOULAT, D. SCRIVO, R. HERMEL, E. TOURNEFIER, R. FLAMINIO, S. VILALTE, P-Y DAVID, F. MOREAU.

Points abordés :

I. Electronique analogique

1) Etude du bruit en fonction du niveau de RF

Sébastien a présenté les investigations sur le niveau de bruit en fonction du niveau de RF sur les cartes de démodulation. Le montage est le suivant :

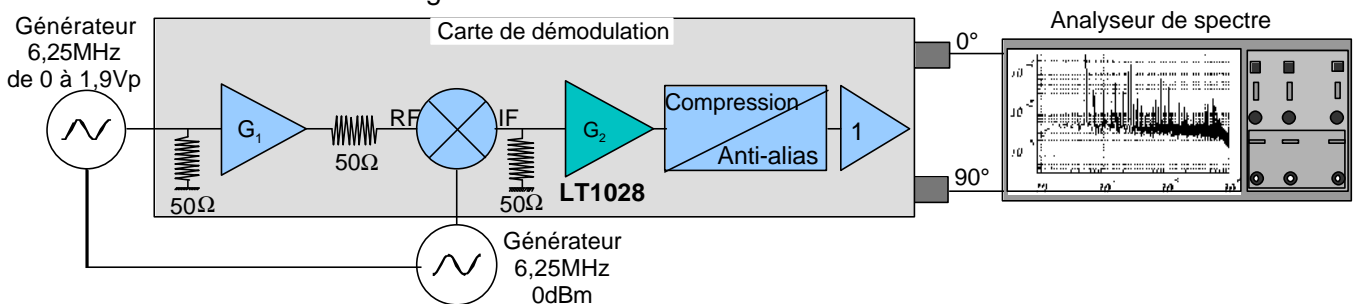


Figure 1 : Mesure du bruit en fonction du niveau de RF sur les cartes de démodulation.

Pour pouvoir réaliser les mesures, la partie continue du signal (DC) est coupée par un filtre du premier ordre très basse fréquence qui coupe à 0,5 Hz (capacité ajoutée entre la carte de démodulation et l'analyseur de spectre qui avec l'impédance d'entrée de l'analyseur forme un filtre).

En cherchant à minimiser le bruit mesuré sur la voie à 90°, Sébastien a constaté que le déphasage entre les voies 0° et 90° variait en fonction de la fréquence.

a) Déphasage entre les voies phase 0° et quadrature 90°

Les figures 2, 3 et 4 montrent les variations du déphasage entre les 2 voies obtenues en bande latérale unique (BLU) dans différentes conditions de fonctionnement (avec et sans les filtres anti-alias et de compression).

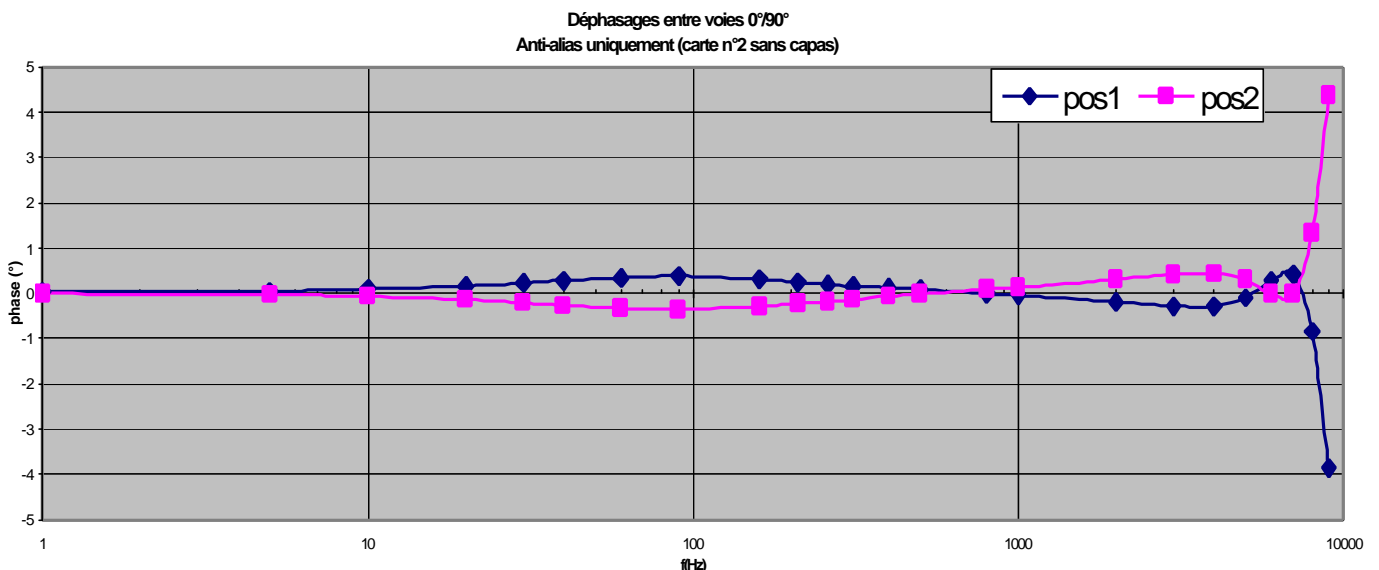


Figure 2 : Variation du déphasage entre les voies 0° et 90° en fonction de la fréquence (Hz) en inversant les anti-alias des 2 voies (sans filtre de compression).

Le déphasage introduit par les filtres anti-alias varie en fonction de la fréquence. En intervertissant les 2 filtres on note que l'écart entre les 2 voies varie en sens opposé.

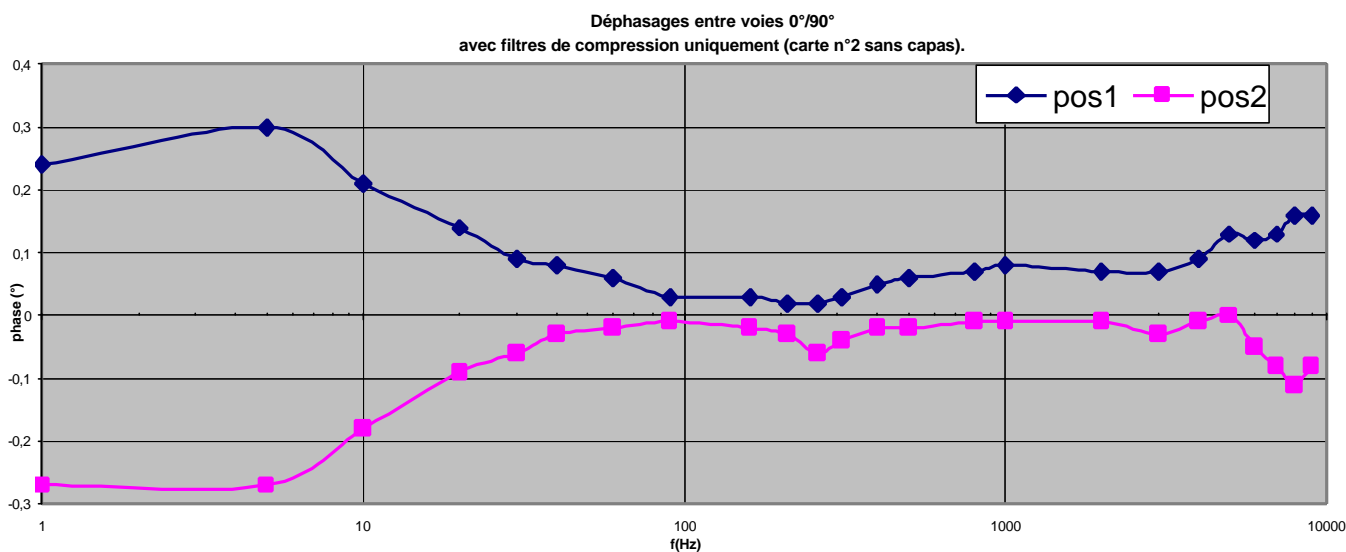


Figure 3 : Variation du déphasage entre les voies 0° et 90° en fonction de la fréquence (Hz) en inversant les filtres de compression des 2 voies (sans anti-alias).

Le déphasage introduit par les filtres de compression varie en fonction de la fréquence. En intervertissant les 2 filtres on note que l'écart entre les 2 voies varie en sens opposé.

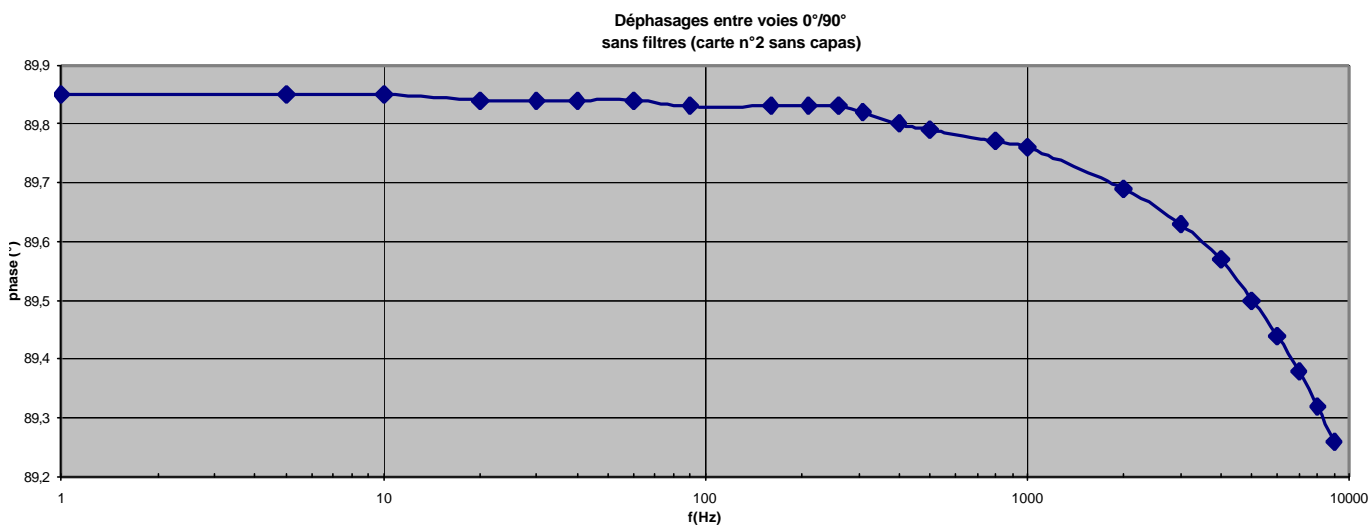


Figure 4 : Variation du déphasage entre les voies 0° et 90° en fonction de la fréquence (Hz) sans aucun filtre (ils ont été remplacés par des straps).

Ces variations de déphasage indiquent que le réglage de l'écart entre les voies en phase et en quadrature doit être fait sans aucun filtre.

Les mesures du déphasage en BLU en fonction du niveau de RF sur toute la gamme prévue (0 → 4Vpp), montre aussi une variation de l'écart entre les voies en phase et en quadrature (environ 2° au maximum).

Voir figure 5.

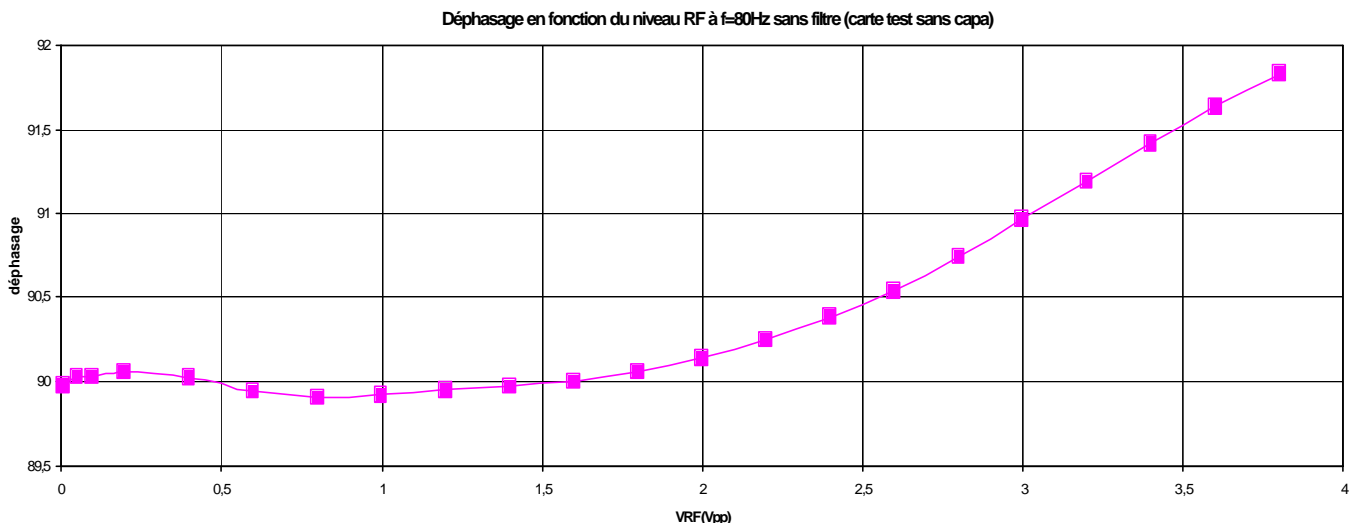


Figure 5: Variation du déphasage entre les voies 0° et 90° en fonction du niveau de RF sans aucun filtre.

Si l'écart entre ces 2 voies n'est pas très proche de 90°, la démodulation en phase peut conduire à un niveau de signal sur la voie minimisée plus important que prévu. L'analyse du bruit sera alors erronée.

Il faut donc chercher à résoudre ce problème avant d'étudier en détail le bruit.

b) Source de ce déphasage entre les voies

En sortie du mélangeur on a des signaux démodulés basses fréquences (BF), mais on récupère aussi des signaux à 12,5MHz (2ω), voire même un peu à 6,25MHz (ω) et à 18,75MHz (3ω).

Sébastien a remarqué que lorsqu'on monte le niveau RF ces signaux parasites augmentent et conduisent à un accroissement des non-linéarités sur le LT1028 ainsi qu'à une variation du déphasage.

En intercalant une capacité en parallèle avec la résistance de 50Ω entre le mélangeur et l'ampli LT1028, on crée un filtre passe bas qui coupe les hautes fréquences à partir de $\frac{1}{2 \cdot p \cdot R \cdot C}$, soit :

- avec une capacité de 10nF, à 320kHz
- avec une capacité de 100nF, à 32kHz

Ce filtre coupe les fréquences parasites à 2ω et évite ainsi de perturber le LT1028. Le signal de sortie est beaucoup plus propre (ie le niveau du bruit de sortie sur la carte de démodulation est beaucoup plus faible).

Le graphe suivant montre l'amélioration apportée sur le déphasage lorsque la tension RF varie et en fonction des caractéristiques du filtre utilisé.

Déphasage en fonction du niveau RF à f=80Hz (sans filtre)

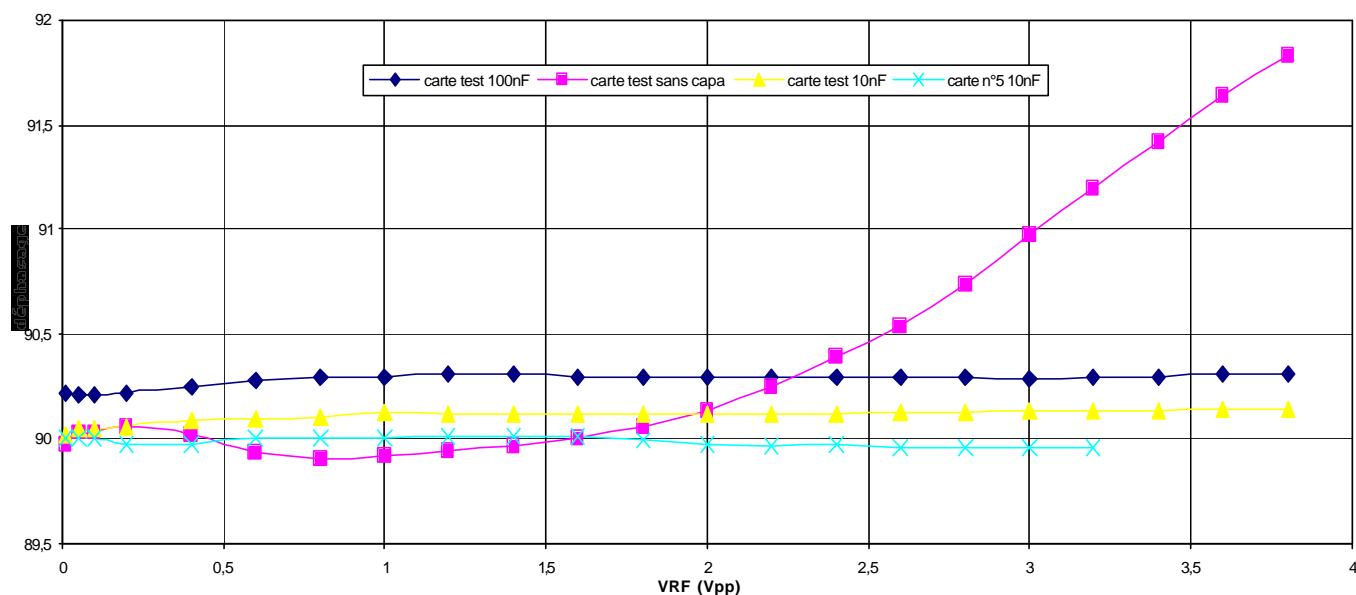


Figure 6 : Variation du déphasage entre les voies 0° et 90° en fonction du niveau de RF avec un filtre passe bas après le mélangeur.

On note que l'amplitude de variation du déphasage entre les voies passe de 2° sans filtre à moins de 0,1° avec le filtre passe bas, l'amélioration est donc nette.

L'écart entre les voies 0° et 90° varie de quelques dixième de degré en fonction du filtre utilisé (90,1° pour 10nF et 90,3° pour 100nF avec la même carte). On a donc une erreur systématique sur la valeur du déphasage qu'il faudra régler lors de l'intégration des capacités sur les cartes de démodulation.

Une fois cette étape réalisée, les cartes seront correctement configurées une fois pour toute.

c) Etapes du réglage

L'intégration d'une capacité sur les cartes de démodulation introduit un biais fonction de la valeur de la capacité et des caractéristiques de la carte. Pour chaque carte, il faudra trouver le bon réglage en fonction de ces paramètres.

Les étapes sont les suivantes :

- 1 Mettre la capacité (10nF)
- 2 Régler l'écart entre les 2 voies 0° / 90° avec une BLU et sans filtre (basse fréquence, typiquement 80Hz)
- 3 Régler déphasage par rapport aux signaux d'entrée (LO et RF) pour que toutes les cartes soient en phase (en DC)

Important

Avant de réaliser ces modifications, il faut faire préciser par les gens de Nice (F. BONDU) de quels signaux ils ont besoin, sur quelle bande pour stabiliser le laser d'injection (200kHz max ?) et si on peut donc couper le signal de sortie des cartes de démodulation à 320kHz.

Ces mesures ont permis d'identifier la source de variation du déphasage entre les voies et l'élément qui en était la principal cause (LT1028 perturbé par 12,5MHz et non linéarités). L'ajout d'une capacité pour filtrer les signaux parasites a permis de réduire fortement le problème.

d) Bruit en fonction du niveau RF

Sébastien a réalisé des mesures sur les voies phase et quadrature à 100Hz et à 1kHz pour différents niveaux de RF par l'intermédiaire du montage suivant incorporant le filtre passe bas.

La minimisation de la voie à 90° est réalisée par des lignes à retard.

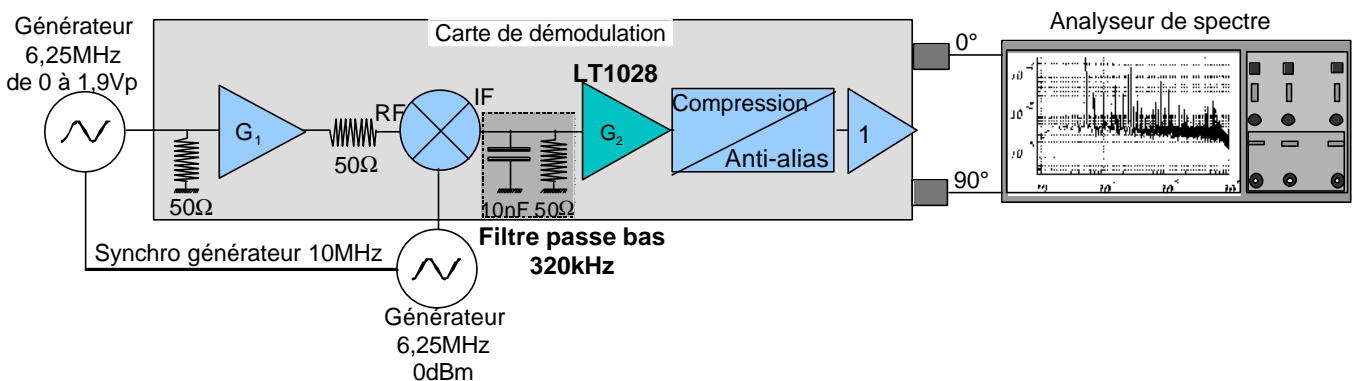


Figure 7 : Mesure du bruit en fonction du niveau de RF à 100Hz et 1kHz sur les cartes de démodulation intégrant le filtre passe bas à 320kHz.

Les mesures de bruit en fonction du niveau de RF pour la voie en phase et en quadrature sont présentées sur la figure 8.

Bruit carte démodulation en fonction du niveau RF
DC en sortie / carte n°2 sans carte LO.

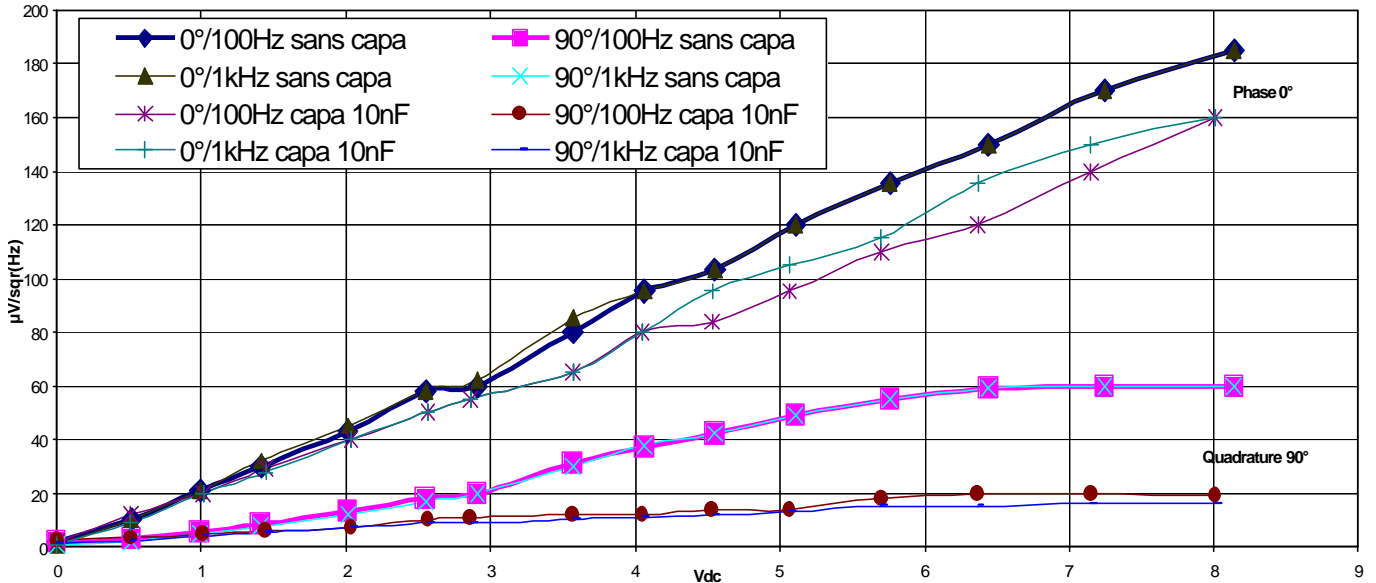


Figure 8 : Bruit sur les voies 0° et 90° en fonction du niveau de RF à 100Hz et 1kHz avec et sans filtre passe bas après le mélangeur.

Sur la voie où le signal est minimisé (voie en quadrature ici), la capa permet de réduire le bruit d'un facteur 3, on passe d'environ $60 \mu V/\sqrt{Hz}$ à $20 \mu V/\sqrt{Hz}$.

Sur l'autre voie où le signal est maximisé (voie en phase ici), la capa réduit le bruit mais dans des proportions bien moindre, on passe de $180 \mu V/\sqrt{Hz}$ à $160 \mu V/\sqrt{Hz}$ pour 8V de sortie. Dans ce cas, c'est le bruit en amplitude du générateur qui domine les autres sources de bruit.

2) Mesure du bruit avec la carte LO

Glenn a constaté que le bruit de phase des cartes LO était fortement réduit par l'ajout d'un filtre de Tchebychev d'ordre 6 qui coupe à 7MHz pour des valeurs de sortie DC sur la voie 0° inférieures à 1V. Au-delà l'amélioration est moins sensible.

Voie 90° 500mV DC

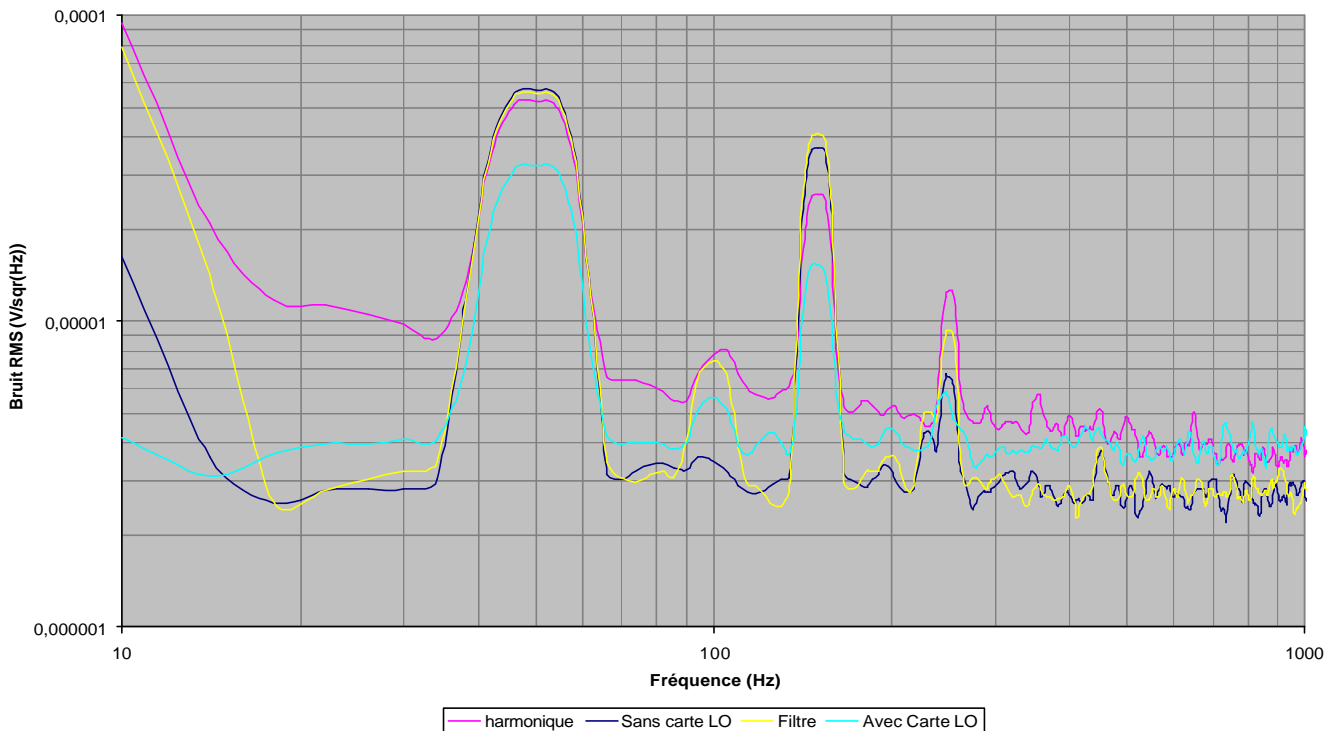


Figure 9 : Comparatif des bruits de phase dans différentes conditions en sortie de la carte LO.

Sur la figure 9, on a :

- La courbe mauve « harmonique » qui correspond à la carte LO avec seulement un ampli l'AD811 (sans le CLC520)
- La courbe bleu foncée « sans carte LO » qui correspond à la référence (signal de sortie du générateur)
- La courbe jaune « Filtre » qui correspond à une carte LO équipée du filtre de Tchebychev d'ordre 6.
- La courbe verte « avec carte LO » qui correspond à la carte LO sans le filtre de Tchebychev

On peut noter que sur la bande 0 à 1kHz, pour 500mV DC en sortie le filtre de Tchebychev, en coupant les harmoniques du signal au delà de 7MHz, permet de diminuer le bruit de phase.

Sébastien et Glenn ont fait des tests en BLU avec la carte LO et la carte de démodulation N°2 équipée du filtre après le mélangeur qui coupe à 320kHz (capacité 10nF). La figure 10 présente les valeurs obtenues sur la voie en quadrature 90° (voie où le signal est minimisé).

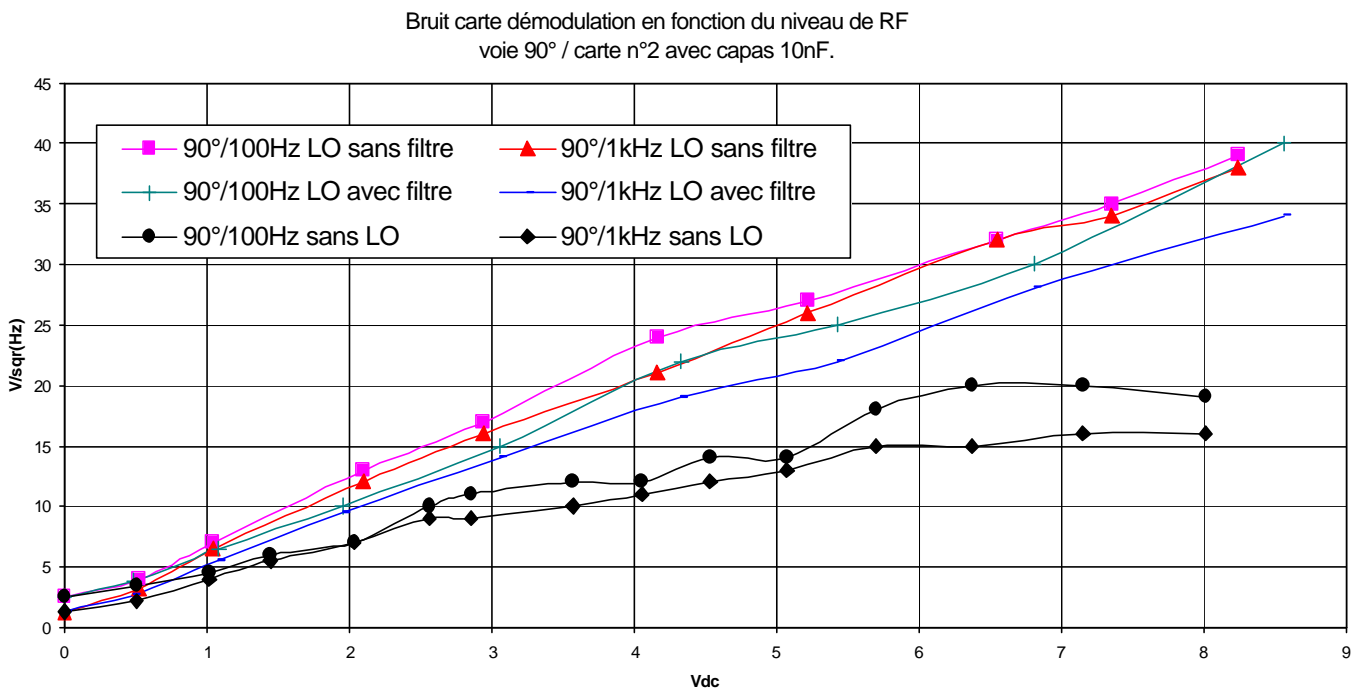


Figure 10 : Bruit ramené par la carte LO avec la carte de démodulation en fonction du niveau de RF sur la voie en quadrature pour 100Hz et 1kHz.

On constate que quelque soit le niveau de RF, la carte LO ramène du bruit. En revanche, les résultats obtenus avec ou sans le filtre de Tchebychev ne sont pas significatifs. L'influence de ce filtre n'est pas claire.

Des mesures avec d'autres cartes LO et un niveau RF de 8,8V ont montré une réduction significative du bruit lorsque la carte LO était équipée du filtre de Tchebychev (voir tableau ci-dessous).

Numéro de la carte LO	Avec capa 10nF sur carte démodulation Sans filtre sur carte LO	Avec capa 10nF sur carte démodulation Avec filtre sur carte LO
5	40 µV/√Hz	30 µV/√Hz
6	40 µV/√Hz	40 µV/√Hz
9	60 µV/√Hz	40 µV/√Hz

L'effet du filtre de Tchebychev ajouté sur les cartes LO n'est pas flagrant, des tests complémentaires devront être menés pour confirmer son utilité.

Raffaele a proposé de remplacer le filtre de Glenn qui coupe à 7MHz par un filtre rejecteur qui ne rejetera que les fréquences sélectionnées (12,5MHz, 18,75MHz). Mais ce filtre est plus difficile à synthétiser. Glenn doit s'en occuper et vérifier son influence sur la chaîne de mesure dans les semaines qui viennent.

3) Photodiodes polarisation P

Sébastien doit développer un proto de la carte électronique de contrôle des photodiodes destinées à la polarisation P. Il doit voir avec les mécaniciens comment s'adapter au mieux sur le support mécanique. L'ensemble, mécanique et électronique, doit être prêt pour le 15 mai.

4) Tests de la carte 4 quadrants

Sébastien a fait produire par la société MAINE un exemplaire de carte 4 quadrants dont il va tester les fonctionnalités dans le courant de la semaine 15. Si les vérifications donnent satisfaction, il lancera dans la foulée la production des 14 cartes nécessaires pour la calibration, la polarisation P...

Cette étape devrait durer 10 jours et, sans imprévu, les cartes devraient être disponibles la première quinzaine de mai.

5) Génération du 2 ω (12,5MHz) et du 3 ω (18,75MHz)

David SCRIVO a recherché des multiplieurs de fréquence pour générer le 2 ω et le 3 ω à partir du signal à ω . Il a trouvé plusieurs références chez Mini-Circuit et MACOM. Il faut maintenant dessiner la carte, passer commande des composants et faire des tests...

6) Shutters

Les cartes de contrôles des shutters sont disponibles. Pour que ces cartes fonctionnent dans n'importe quel type de châssis (aussi bien ceux alimentés seulement en +/-15V que ceux alimentés en +/-5V et +/-15V), il faut ajouter des régulateurs de tension 5V (comme c'est déjà le cas sur les cartes installées à Cascina). Pierre-Yves s'occupera de faire les modifications nécessaires et de corriger le plan de la carte shutter (qui ne contient pas cette information).

Glenn s'est occupé de monter les prises NEMO sur les 5 shutters commandés.

7) Divers

- Pierre-Yves a commandé 4 câbles 9 brins de 10m pour l'alimentation des photodiodes de bout de bras B7 et B8 (V-Bias).
- Glenn et Sébastien ont indiqués qu'il fallait produire 40 filtres anti-alias (36 + 2x2 spares)
- Sébastien s'occupe de faire réparer l'alimentation linéaire défectueuse (ramenée de Cascina).
- Il faudrait demander aux personnes de Nice de laisser la LO en permanence.

Liste des actions

Date initiale	Description	Personnes concernées	Date limite	Etats
30/05/02	Document décrivant le fonctionnement et les caractéristiques de la carte LO	G. C	31/01/03	T 02/04/03
05/07/02	Développement de cartes 4 quadrants multigain / vérification du fonctionnement	S. V	15/05/03	C
05/09/02	Mettre toutes les mesures sur le Web (cartes démodulation, LO, préamplis, moniteurs...)	S. V / G. C / F. M	31/06/03	C
03/12/02	Mesurer l'efficacité quantique de quelques photodiodes (vieillessement ?)	S. V / G. C	31/05/03	C
03/12/02	Rédiger les documentations sur les choix/les tests/les résultats des cartes développées	S. V / G. C / F. M	31/03/03	NS
09/01/03	Rédaction des tests sur la chaîne complète fait à Cascina (bruit, fct de transfert...)	S. V / G.C		NS
20/02/03	Achat de prises némo pour les shutters	G. C	15/03/03	T 02/04/03
20/02/03	Faire produire 40 filtres anti-alias	G. C / R. F	15/04/03	C
02/04/03	Faire réparer l'alimentation linéaire défectueuse	S.V	15/05/03	C
02/04/03	Développer les cartes pour lecture de la polarisation P avec les photodiodes	S.V	15/05/03	C
02/04/03	Intégrer un régulateur 5V sur les cartes shutter	P-Y. D	15/05/03	C
02/04/03	Voir de quelle bande de fréquence les gens de Nice ont besoin (> 300kHz ?)	R. F	15/05/03	C

T : terminée / C : en cours / TBD : à préciser / NS : pas encore démarrée / A : abandonnée.

Date de la réunion précédente : 05/03/03