

Analyseurs gain / bruit Eaton 2075 et HP 8970 : trucs et tours de main



F5DQK Janvier 2009 thème 1/4

Eaton 2075 HP 8970 noise/gain analyser

Seigy 4 avril 2009 2

Les 4 thèmes abordés

- Thème 1 : mesures en autonome : **seul thème traité aujourd'hui !**
- Thème 2 : mesures de 2 à 26 GHz avec extensions extérieures - - - et solution « low-cost » OM
- Thème 3 : analyse de l'extension 1.8 – 26 GHz Eaton MT7552b
- Thème 4 : analyse de l'extension 2 – 18 GHz HP 8971b NF test-set (à venir)

Les thèmes 1 - 2 - 3 sont déjà publiés sur le site de F6KMX à la page suivante (en anglais):
http://f8buu.free.fr/index.php?option=com_wrapper&Itemid=51

THEME 1

MESURES en AUTONOME

Vue d'ensemble

- Ce Powerpoint illustre quelques astuces d'utilisation sur l'Eaton 2075a et le HP / Agilent 8970a.
- Avant 2004, les mesures gain /bruit sérieuses effectuées dans l'industrie sont essentiellement réalisées avec ces 2 familles d'appareils
- Il est maintenant relativement facile d'en trouver sur le marché de l'occasion (eBay ou salons OM).

Présentation : sommaire

1- Eaton 2075a : réparation de la sauvegarde mémoire

2- Différences de spécifications

3- Le temps de chauffe et la précision de mesure NF

4- Aspect de la sortie +28V

5- Transformation de l'ENR d'une source de bruit : 3 exemples

6- Calibration d'une source de bruit inconnue

7- Précautions à prendre pour des mesures de bruit < 1 dB

8- Mesures sur préamplis de mât (144, 432 et 1296 MHz)

9- Conclusions

1- Eaton 2075a : réparation de la sauvegarde mémoire

Eaton 2075a réparation de la sauvegarde mémoire

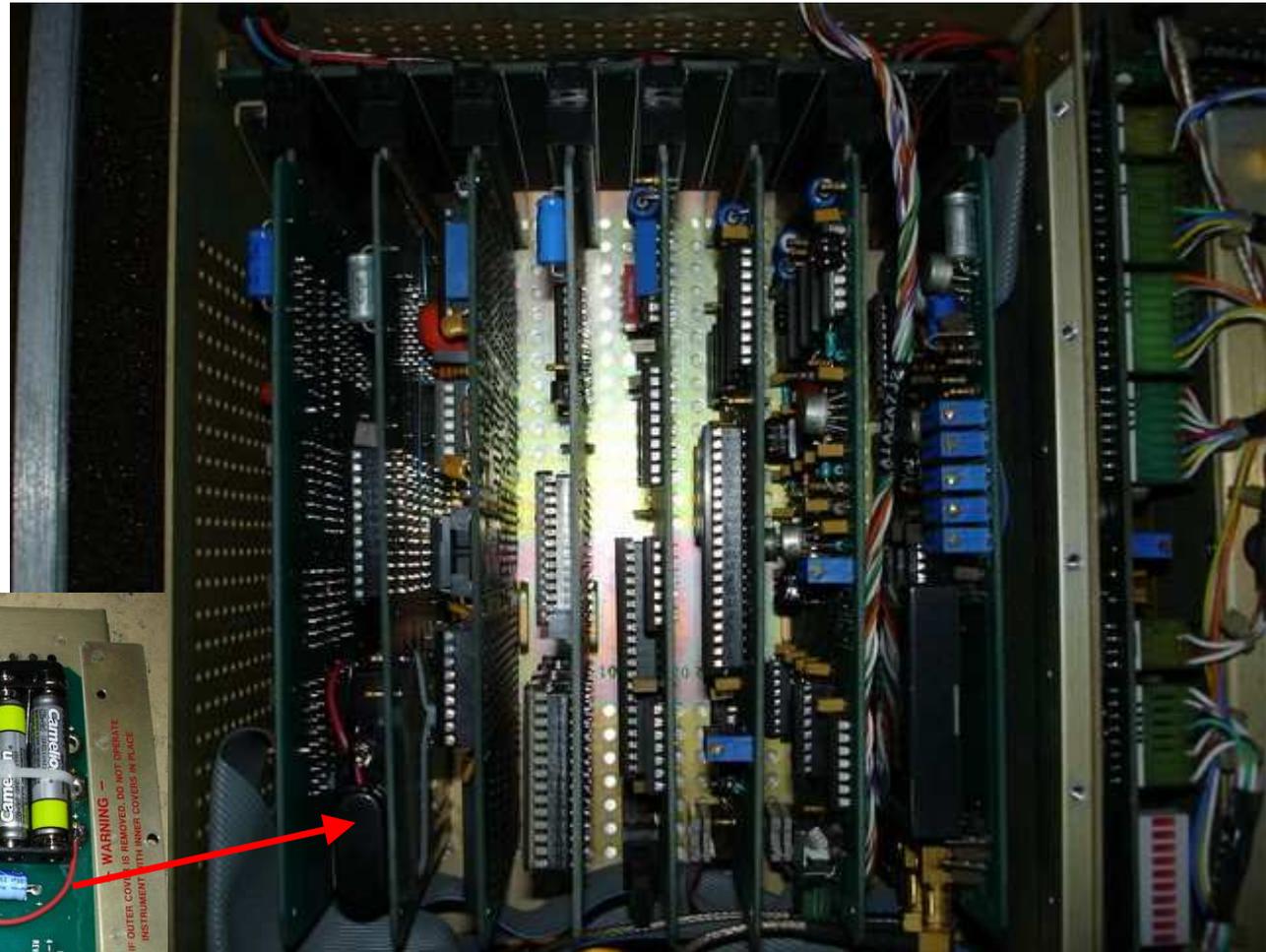
Exemplaire de F6DPH : couvercle supérieur enlevé



Circuit imprimé
Version avec 3 cellules 1.2V CdNi soudées (mortes)

Eaton 2075a réparation de la sauvegarde mémoire

Remplacement des 3 cellules CdNi



Firmware SU-6 (obtenu avec fonction SP 8.1)

2- Différences de spécifications

Différences de spécifications

Bande de fréquence en **utilisation autonome**

	Eaton 2075a (b-c)	HP 8970a (b)
Bandes (MHz)	10 – 1900 (2000 - 2050)	10 – 1500 (1600)
Tables ENR	1 fixe et 3 « custom »	1 seule (4 « custom »)
Valeurs d'ENR	jusqu'à 25 dB	<16 dB (25 dB ?)

Pour toute mesure de bruit <1 dB, la table ENR dédiée à la source de bruit devra toujours être entrée manuellement

Eaton 2075a à F6DPH
Eaton 2075b à F5ICN

HP 8970a à F1HQM
HP 8970b à F5DQK

Extension externe obligatoire pour utilisation de 2 à 18 (26) GHz

	Eaton 2075	HP 8970<u>b</u> seul
NF test-set	MT7552b	HP 8971b
Sweep	HP 8350a ou b	HP 8350 <u>b</u> seul
Liaison GPIB	non	obligatoire

3- Le rôle crucial du temps de chauffe

Temps de chauffe et précision de mesure NF

Temps minimal de chauffe pour une stabilité de 0.00 +/-0.1 dB Gain/Nf après calibration

	Eaton 2075a	Eaton 2075b	HP 8970a	HP 8970b
<1000 MHz	¼ H à 20 minutes	<5 minutes	10 minutes à ¼ heure	5 minutes
1100 - 1500 MHz	½ à ¾ heure	<5 minutes	20 minutes à ½ heure	¼ heure (1.6 GHz)
1600 - 1800 MHz	>1 heure	10 minutes		
1900 MHz	1 ½ heure	¼ heure		
2050 MHz		½ heure		

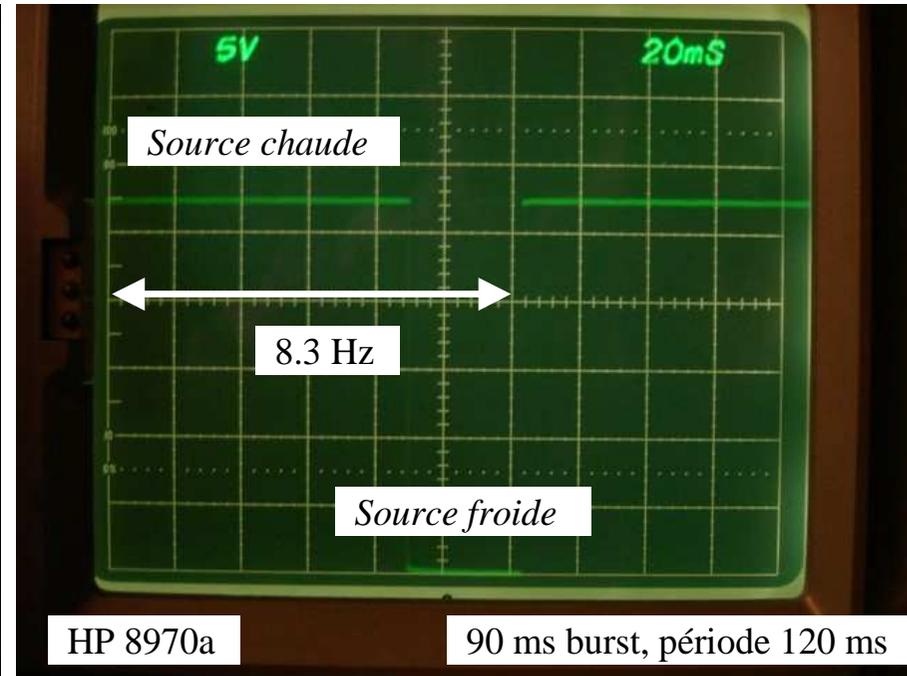
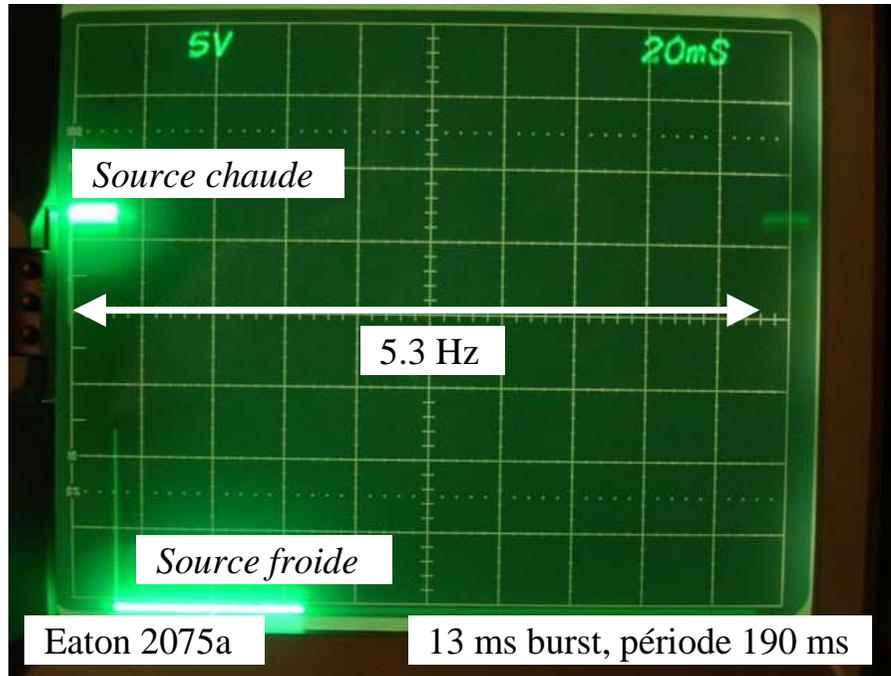
- **Eaton 2075A** : la stabilité du zéro (surtout du Nf) à $F > 1600$ MHz demande plus d'une heure !!!!
La cal NF à 1.9 GHz est la plus instable dans le temps !

- **Eaton 2075B** : énorme progrès à $F > 1.6$ GHz et temps de chauffe bien plus petit.
Mais mêmes problèmes de stabilité NF à 2 GHz que sur la version A à $F > 1.8$ GHz (mais moins d'erreurs)

- Jusqu'à 1500 MHz le temps de chauffe chez HP est bien plus bas
- Les modèles HP 8970b ou Eaton 2075b (c) ont un temps de chauffe bien plus réduit.
- J'insiste lourdement : la **précision de mesure** à la fréquence la plus haute et des $NF < 1$ dB est totalement dépendante du **temps de chauffe**

4- Aspect du +28V haché

Aspect du +28V alimentation source de bruit



5- Transformation de l'ENR d'une source de bruit : 3 exemples

Transformation de l'ENR d'une source de bruit : 3 exemples

Voici ce que l'on peut faire:

- Réparer l'atténuateur défectueux d'une source de bruit
- Descendre à 5 dB l'ENR de la majorité des sources de bruit 15 dB
- Etalonner finement une source de bruit inconnue d' « ENR ALL » 25 dB sans table propre, puis descendre son ENR au choix à 15 ou 5 dB

Cette astuce évite l'achat d'une source de 6 dB ENR genre HP-346a beaucoup trop onéreuse et donne exactement les mêmes résultats !

Transformation de l'ENR d'une source de bruit : 3 exemples

Exemple 1 :

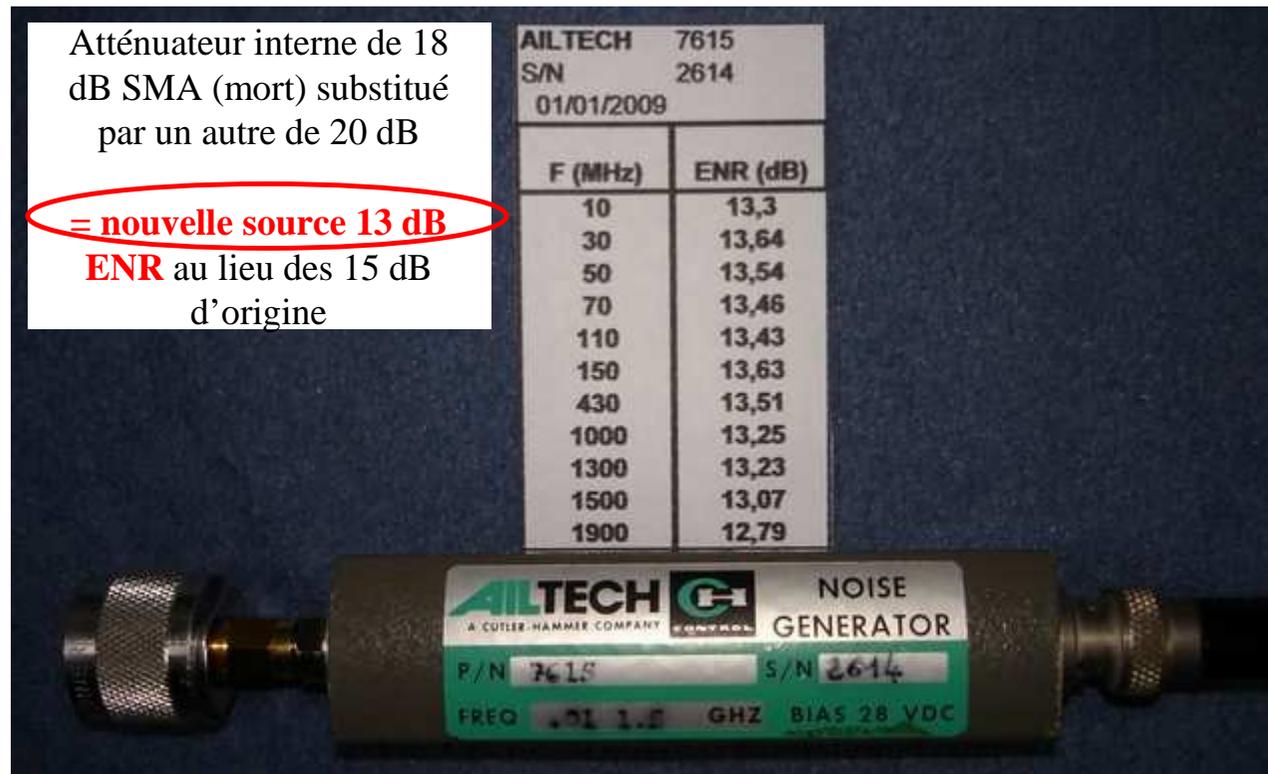
Réparation de l'atténuateur interne d'une source de bruit suite à une surcharge en continu

- L'alimentation continue +24V de tout préampli de distribution CATV se retrouve également sur son entrée !
- La source de bruit reçoit alors cette tension directement à son entrée et son atténuateur interne d'entrée sera alors irrémédiablement détruit
- Sa substitution (Ailtech/Eaton – oui / HP – irréparable car atténuateur interne sérigraphié sur quartz) est alors impérative

Atténuateur interne de 18 dB SMA (mort) substitué par un autre de 20 dB

= nouvelle source 13 dB ENR au lieu des 15 dB d'origine

AILTECH 7615	
S/N 2614	
01/01/2009	
F (MHz)	ENR (dB)
10	13,3
30	13,64
50	13,54
70	13,46
110	13,43
150	13,63
430	13,51
1000	13,25
1300	13,23
1500	13,07
1900	12,79



Transformation de l'ENR d'une source de bruit : 3 exemples

Exemple 2 :

Obtention d'une source de bruit de 5 dB d'ENR à partir d'une de 15 dB opérationnelle

Rajouter un atténuateur de 10 dB entre une diode d'ENR 15 dB et le DUT donne une meilleure isolation et améliore bigrement la précision NF (adaptation ou isolation bien meilleure).

Mode opératoire :

- Prendre un atténuateur de 10 dB (N) avec même bande passante
- Mesure de l'atténuation exacte à chaque fréquence correspondant à la table ENR initiale (à l'analyseur scalaire ou générateur / milliwattmètre calibré)
- Pour chaque fréquence, soustraire la valeur de la table ENR d'origine et écrire la nouvelle.



Transformation de l'ENR d'une source de bruit : 3 exemples

Exemple 3 :

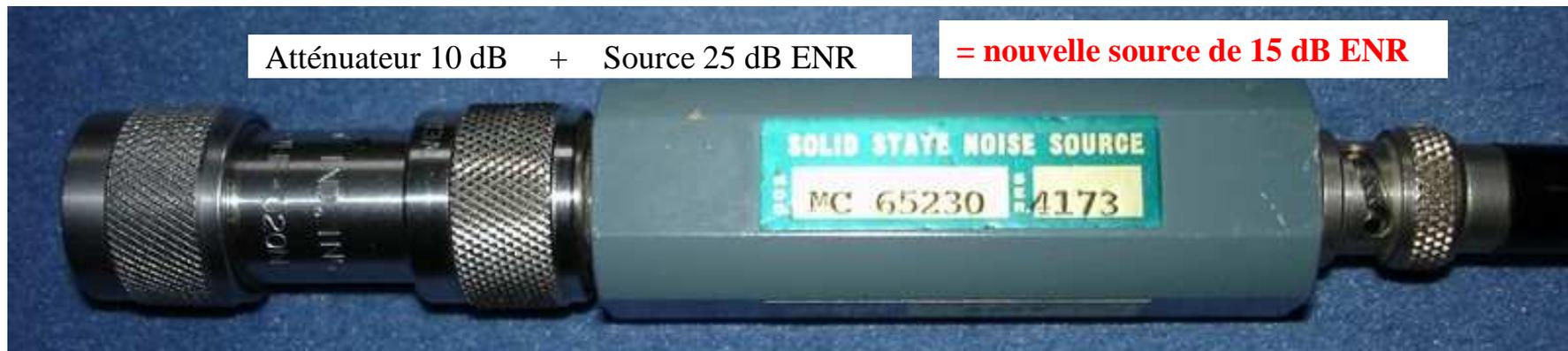
a/ Calibration fine d'une diode MSC d' « ENR all » 25 dB (sans table propre)

b/ Obtention d'une source de bruit d'ENR au choix **25, 15 ou 5 dB** avec **tables ENR propres**

a/ Ajouter un atténuateur de 10 dB donnera un ensemble de 15 dB d'ENR.

En partant de l'ENR d'une diode de référence (HP 346b étalonnée d'ENR 15 dB), l'ENR du nouvel ensemble est alors recalculé aux mêmes fréquences.

La valeur fine de l'atténuateur dépendant de la fréquence de mesure, celui-ci devra alors être précédemment mesuré à chaque point de fréquence d'ENR désiré



Transformation de l'ENR d'une source de bruit : 3 exemples

b/ Pour chaque fréquence, la comparaison avec une source étalon donne l'erreur à rajouter

HP 346b 2614A07146		MS 65230 S/N 4173			
F (MHz)	ENR HP	Attén 10 dB HQM Radiall	Nf lu (dB)	ENR corr (dB)	ENR corr + 10 dB (dB)
10	15,15	9,74	0,7	24,19	14,45
30	15,14	9,74	-0,5	25,38	15,64
50	15,14	9,74	0,05	24,83	15,09
70	15,14	9,74	-0,1	24,98	15,24
110	15,13	9,75	-0,2	25,08	15,33
150	15,13	9,76	-0,4	25,29	15,53
430	15,13	9,78	-0,6	25,51	15,73
1000	15,13	9,79	-0,6	25,52	15,73
1300	15,08	9,81	-0,5	25,39	15,58
1500	15,04	9,83	-0,43	25,3	15,47
1900	14,94	9,74	2,6	22,08	12,34
			avec atten 10 dB	diode seule	diode + atten 10 dB

MS 65230 S/N 4173			
Attén 20 dB Yoann	Nf lu (dB)	ENR corr + 20 dB (dB)	
19,88	10,7	4,45	
19,88	8,25	6,89	
19,88	10,15	4,99	
19,9	10,02	5,12	
19,9	9,9	5,23	
19,92	9,6	5,53	
19,97	9,5	5,63	
20	9,55	5,58	
20,01	9,5	5,58	
20,03	9,5	5,54	
19,92	9,4	5,54	
diode+ atten 20 dB	diode+ atten 20 dB	diode+ atten 20 dB	

HP 346b étalon :
table ENR

Mesure précise de l'atténuateur

Erreur de mesure lue sur la Nf

1/ Source MSC SEULE : reconstitution de sa table d'ENR **25 dB**

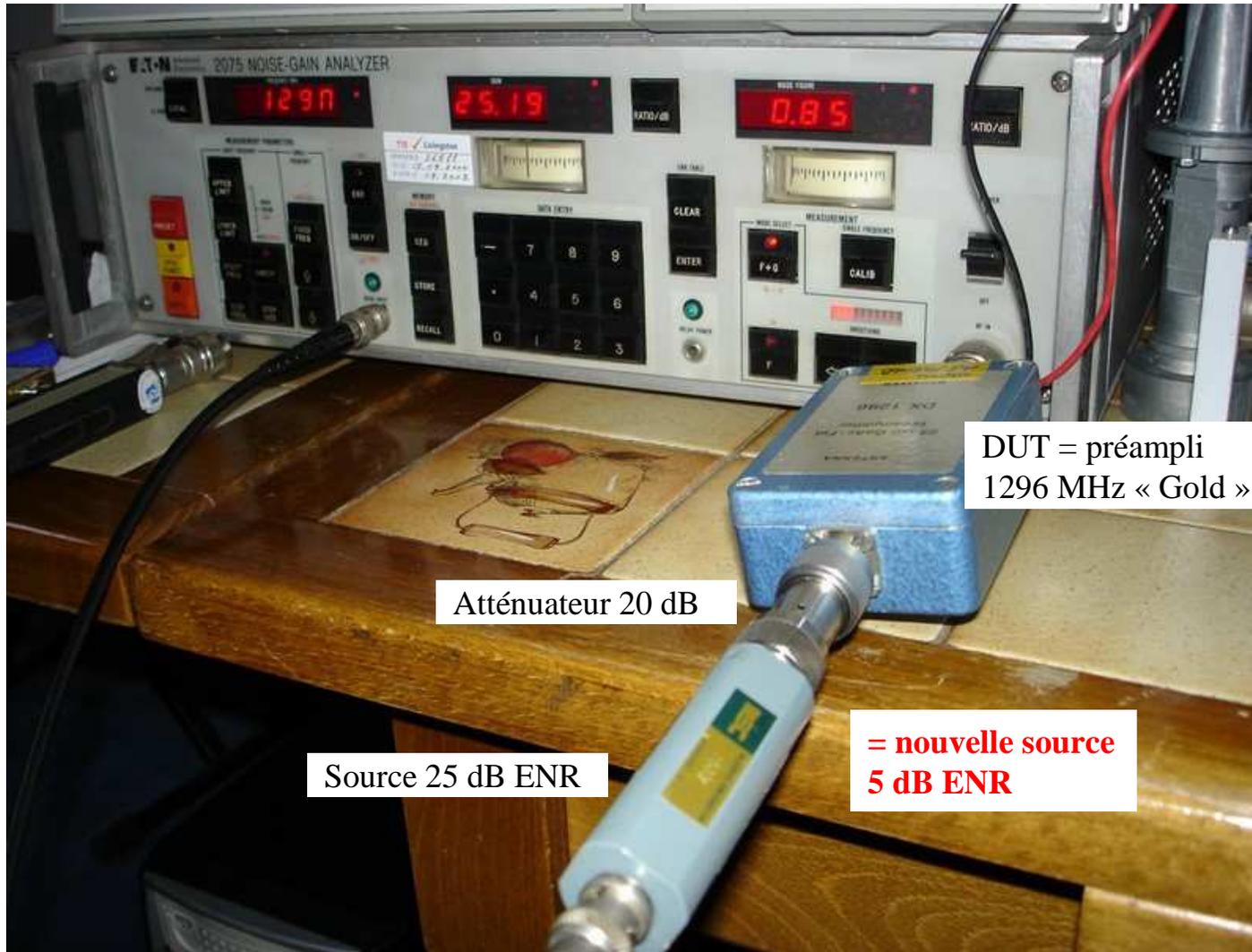
2/ Source MSC + atténuateur 10 dB : fabrication d'une table d'ENR **15 dB**

3/ Source MSC + atténuateur 20 dB : fabrication d'une table d'ENR **5 dB**

Transformation de l'ENR d'une source de bruit : 3 exemples

Vérification des valeurs gain/NF sur un DUT de référence « Gold »

Après avoir rentré manuellement la nouvelle table ENR + nouvelle calibration



DUT = préampli
1296 MHz « Gold »

Atténuateur 20 dB

Source 25 dB ENR

= nouvelle source
5 dB ENR

6- Calibration d'une source de bruit inconnue

Calibration d'une source inconnue

But :

- Calibration d'ENR à votre QRG dédiée pour obtenir une précision de mesure de bruit maximale
- La meilleure précision est obtenue avec 2 sources ayant environ même valeur d'ENR

Mode opératoire :

Bien prendre en compte les choses suivantes:

- Entrer manuellement dans l'analyseur la table ENR de la diode « gold »
- Temps de chauffe le **+ long possible** (une heure) - - la précision de mesure en dépend étroitement !!!!!!!
- Calibrer avec la source « Gold » à votre fréquence dédiée
- Calibration de **0.00 dB** sur gain & Nf la **+ stable possible !**
- **Verifiez votre cal zero gain / Nf calibration** en attendant encore 5 à 10 minutes supplémentaires!



- Substituez la source « gold » avec la vôtre (grossomodo de même valeur d'ENR)
- A chaque fréquence, soustraire la valeur trouvée sur le bruit de la table ENR « gold » d'origine - - le + facile est d'opérer à chaque fréquence avec un tableur Excel.
- (Avec une valeur négative sur le bruit, bien sur la rajouter!)
- Vous venez ainsi de créer une **nouvelle table ENR dédiée à vos propres fréquences d'utilisation.**

Calibration d'une source inconnue

Exemple :

a/ source de bruit « Gold » : bonne cal stable après 1/2 heure de chauffe au minimum



- Entrer les valeurs d'ENR du « Gold » dans la table en mémoire
- Par exemple une valeur d'ENR=15.2 dB à 1000 et 1500 MHz
- Verifiez en attendant 5 minutes de plus !!!

b/ Source inconnue à la même fréquence:



- Soustraire de l'ENR du « gold » l'écart mesuré de $(0.10 + 0.27)/2 = 0.18$
- C'est à dire $15.2 - (0.18 \text{ valeur absolue}) = \mathbf{15.02 \text{ dB}}$ ou nouvelle valeur d'ENR à 1200 MHz

NB:

- Si à une fréquence les valeurs absolues des gain et Nf ne sont pas identiques (différence > 0.5 à 0.8 dB), calculez rapidement la « moyenne proportionnelle » entre les 2 valeurs, puis la soustraire de l' »ENR d'origine du « Gold »
- Si l'ENR du « Gold » est 15.0 à 1 GHz et 15.3 à 1.5 GHz, prendre à 1.3 GHz la valeur moyenne de 15.15
- La fonction SP 13.1 de l'Eaton donne la valeur moyenne d'ENR entre 2 valeurs d'ENR en mémoire

Calibration d'une source inconnue

c/ Mesures reportées sur une table Excel :

Application sur 5 sources de bruit différentes

Sources de bruit : calibration par comparaison d'ENR											
01/01/2009											
Analyseur gain/bruit EATON 2075a Fmax =1900 MHz											
SP 13,1 moyennage d'ENR entre 2 fréquences											
	F6DPH							F6AJW		F6AJW	
	REF diode										
	HP 346b	Eaton 7616	Eaton 7616 courte	Eaton 7615				Ailtech 7615 courte	Ailtech 7616		
	2614A07146	S/N 3710	S/N 3300	S/N 2614				S/N 1933	S/N 8167		
F (MHz)	ENR HP	Nf lu (dB)	ENR corr (dB)	Nf lu (dB)	ENR corr (dB)	Nf lu (dB)	ENR corr (dB)	Nf lu (dB)	ENR corr (dB)	Nf lu (dB)	ENR corr (dB)
10	15,15	8,3	6,85	0,45	14,7	1,85	13,3	0,45	14,7	8,8	6,35
30	15,14	-4,1	19,24	-1	16,14	1,5	13,64	0	15,14	2,65	12,49
50	15,14	1,2	13,94	-0,45	15,59	1,6	13,54	0,5	14,64	1,1	14,04
70	15,14	0,67	14,47	-0,55	15,69	1,68	13,46	-0,1	15,24	0,6	14,54
110	15,13	0,35	14,78	-0,7	15,83	1,7	13,43	-0,24	15,37	0,18	14,95
150	15,13	-0,2	15,33	-1	16,13	1,5	13,63	-0,3	15,43	0	15,13
430	15,13	0	15,13	-1	16,13	1,62	13,51	-0,2	15,33	-0,26	15,39
1000	15,13	-0,15	15,28	-1,05	16,18	1,88	13,25	-0,25	15,38	-0,46	15,59
1300	15,08	-0,24	15,32	-1,15	16,23	1,85	13,23	-0,27	15,35	-0,58	15,66
1500	15,04	-0,3	15,34	-1,1	16,14	1,97	13,07	-0,3	15,34	-0,69	15,73
1900	14,94	-0,55	15,49	-0,9	15,84	2,15	12,79	-0,15	15,09	-0,8	15,74
3950	14,82		15,3		15,6				15,6		
8200	15,1		15,1		15,6				15,6		
12400	15,56		15,7		15,3				15,3		

Gold source

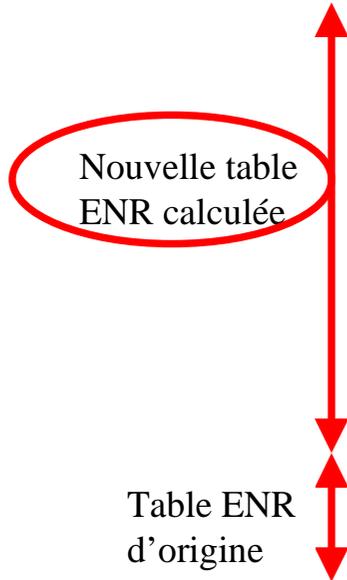
Calibration d'une source inconnue

d/ Copier/coller des seules valeurs permettant l'établissement de la nouvelle table ENR:

Application sur les 3 premières sources de bruit de la page précédente

1/1/09 après comparaison avec la HP 346b de F6DPH

AILTECH 7616		AILTECH 7615		AILTECH 7616 courte	
S/N	3710	S/N	2614	S/N	3300
01/01/2009		01/01/2009		01/01/2009	
F (MHz)	ENR (dB)	F (MHz)	ENR (dB)	F (MHz)	ENR (dB)
10	6,85	10	13,3	10	14,7
30	19,24	30	13,64	30	16,14
50	13,94	50	13,54	50	15,59
70	14,47	70	13,46	70	15,69
110	14,78	110	13,43	110	15,83
150	15,33	150	13,63	150	16,13
430	15,13	430	13,51	430	16,13
1000	15,28	1000	13,25	1000	16,18
1300	15,32	1300	13,23	1300	16,23
1500	15,34	1500	13,07	1500	16,14
1900	15,49	1900	12,79	1900	15,84
3950	15,3	3950	—	3950	15,6
8200	15,1	8200	—	8200	15,6
12400	15,7	12400	—	12400	15,3



7- Précautions à prendre pour des mesures de bruit <1 dB

Précautions à prendre pour des mesures de bruit <1 dB

But : définir les précautions à appliquer aux mesures de bruit

Facteurs déterminants (exactement dans cet ordre):

- Calibration avec la source ENR
- Calibration de l'atténuateur IF interne de l'analyseur
- Bon comportement de la courbe de bruit mesurée (monotonie)
- Pertes minimales entre source ENR and DUT

Précautions à prendre pour des mesures de bruit <1 dB

Mode opératoire après calibration zéro gain/Nf :

1/ Vérification de la dernière date de cal

Exemple 1 : si la dernière date de cal date marquée sur la diode est janvier 2009, cela signifie que son comportement a uniquement été vérifié jusqu'à cette date - - - mais certainement pas après !!!

Exemple 2 : source de bruit « suspecte » avec atténuateur interne également suspect (10 dB au lieu de 18 dB (pb non connu d'avance)!!!!

- Sa cal en gain/Nf sera correcte (même dans l'échelle 20 dB)
- Donc la mesure de gain (composant passif ou actif) sera toujours correcte
- **Mais la mesure de Nf sera TOTALEMENT FAUSSE - - elle peut même devenir NEGATIVE !!**

2/ La table ENR de la diode de bruit à utiliser doit être intégralement entrée entre les borne HAUTE et BASSE de la bande de fréquences désirée

L'Eaton 2075 a la possibilité de « ENR all 15.5 dB ». Dans ce cas à NF<1 dB, les mesures donneront une idée du bruit mais aucune mesure sérieuse !

Précautions à prendre pour des mesures de bruit <1 dB

3/ Précaution initiale à prendre : vérification d'un **atténuateur passif** connu :

Etre également certain de sa bonne adaptation ($S_{11} >= 20$ dB) à la fréquence considérée
Suffisant pour mesure de $NF > 2$ dB



4/ La calibration IF doit être effectuée toutes les 2 semaines

Sans rien connecter à l'analyseur, effectuer les opérations suivantes ;

- Eaton 2075 → SP 15.1 ENTER
- HP / Agilent 8970 → 33.0 SP

Précautions à prendre pour des mesures de bruit <1 dB

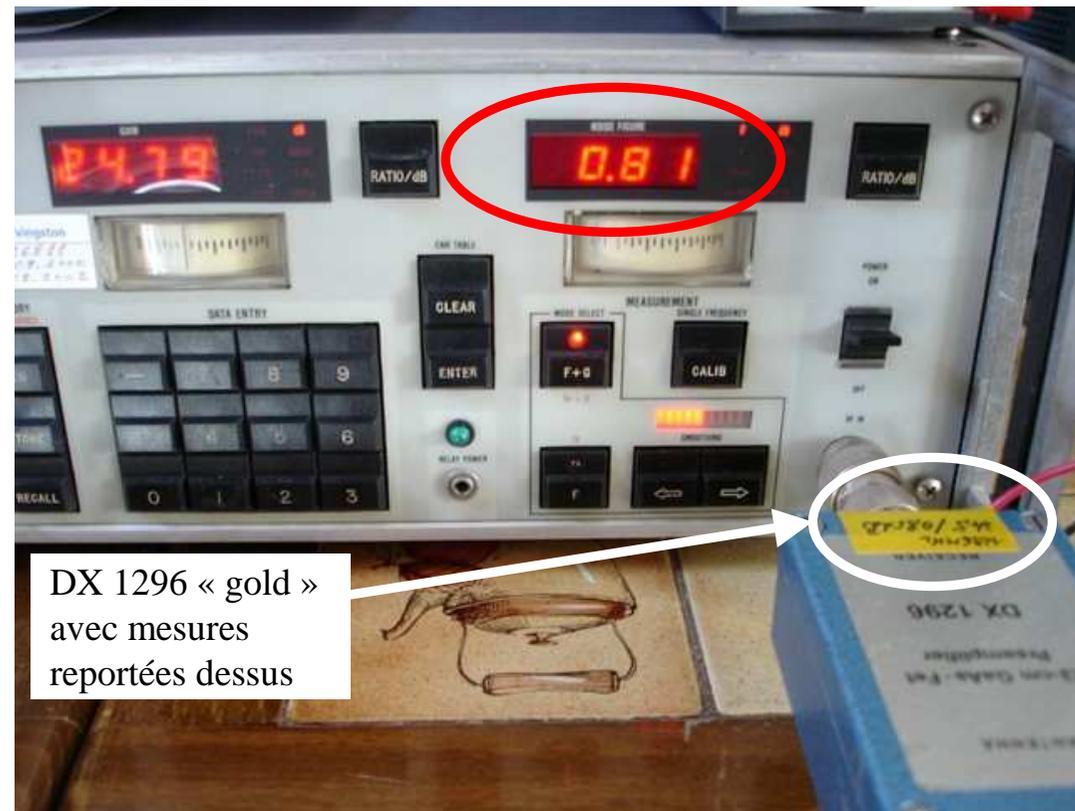
5/ Comparaison avec un préampli à bande étroite « Gold » pris comme référence de mesure(s)

Avec des valeurs de $N_f < 1$ dB, la seule façon précise est de comparer en mesurant un préampli « Gold » de N_f de même échelle

Les amplis à bande étroite peuvent atteindre un $N_f < 0.5$ dB.

Donc un préampli 1300 MHz or 23 cm à bande étroite connu constitue une bonne référence « Gold »

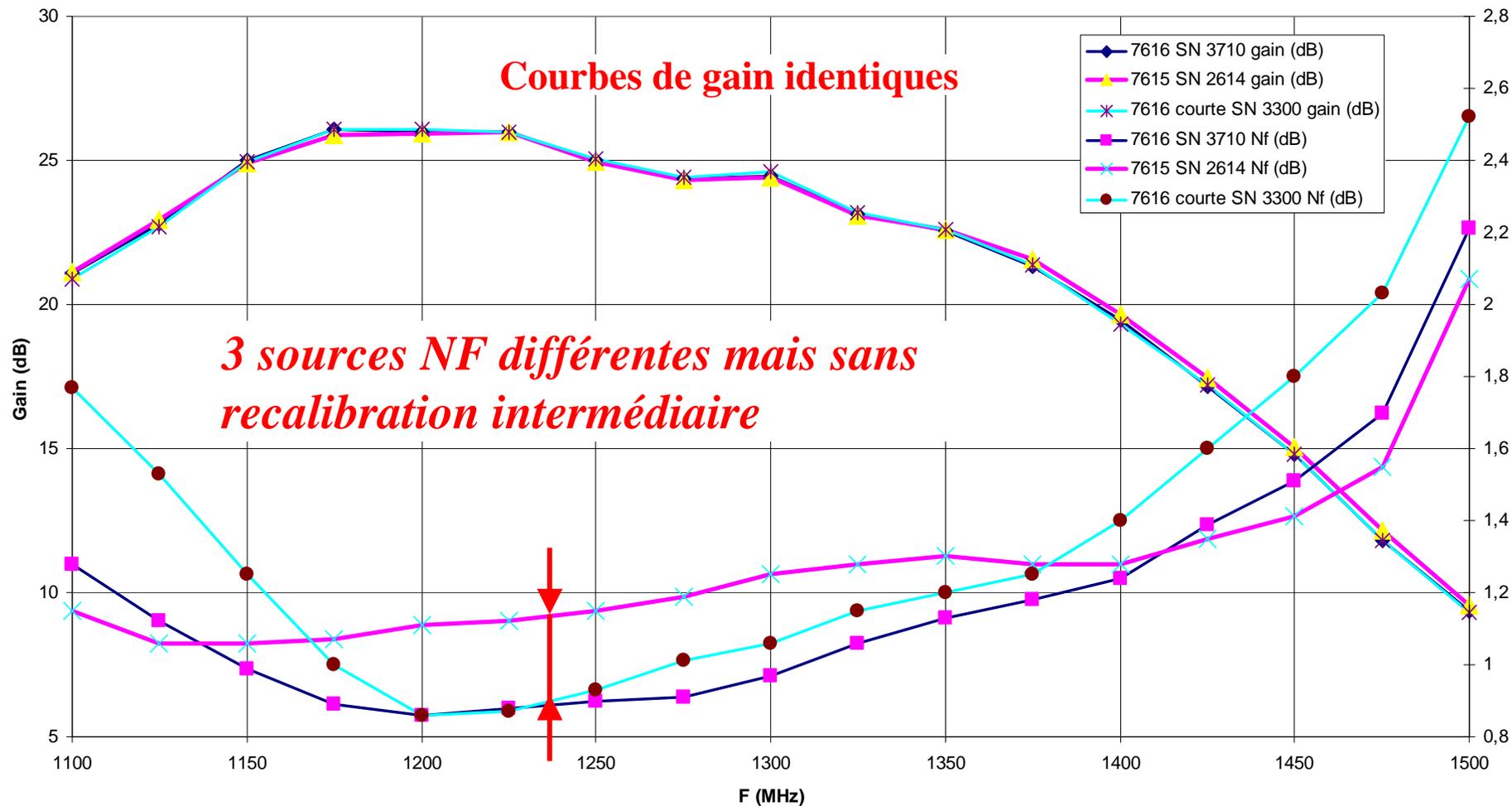
N'oubliez jamais que la fréquence de N_f min ne correspond jamais à celle du gain max !!



DX 1296 « gold »
avec mesures
reportées dessus

Précautions à prendre pour des mesures de bruit <1 dB

Préampli DX1296 mesuré avec 3 sources de bruit Ailtech



Précautions à prendre pour des mesures de bruit <1 dB

6/ Comparaisons avec un préampli large bande « Gold » pris comme référence de mesure(s)

Les amplis large bande ont un NF >1dB mais le bruit d'un ampli 10 – 2000 MHz en AsGa peut descendre jusqu'à 1.2 dB sur presque toute la bande

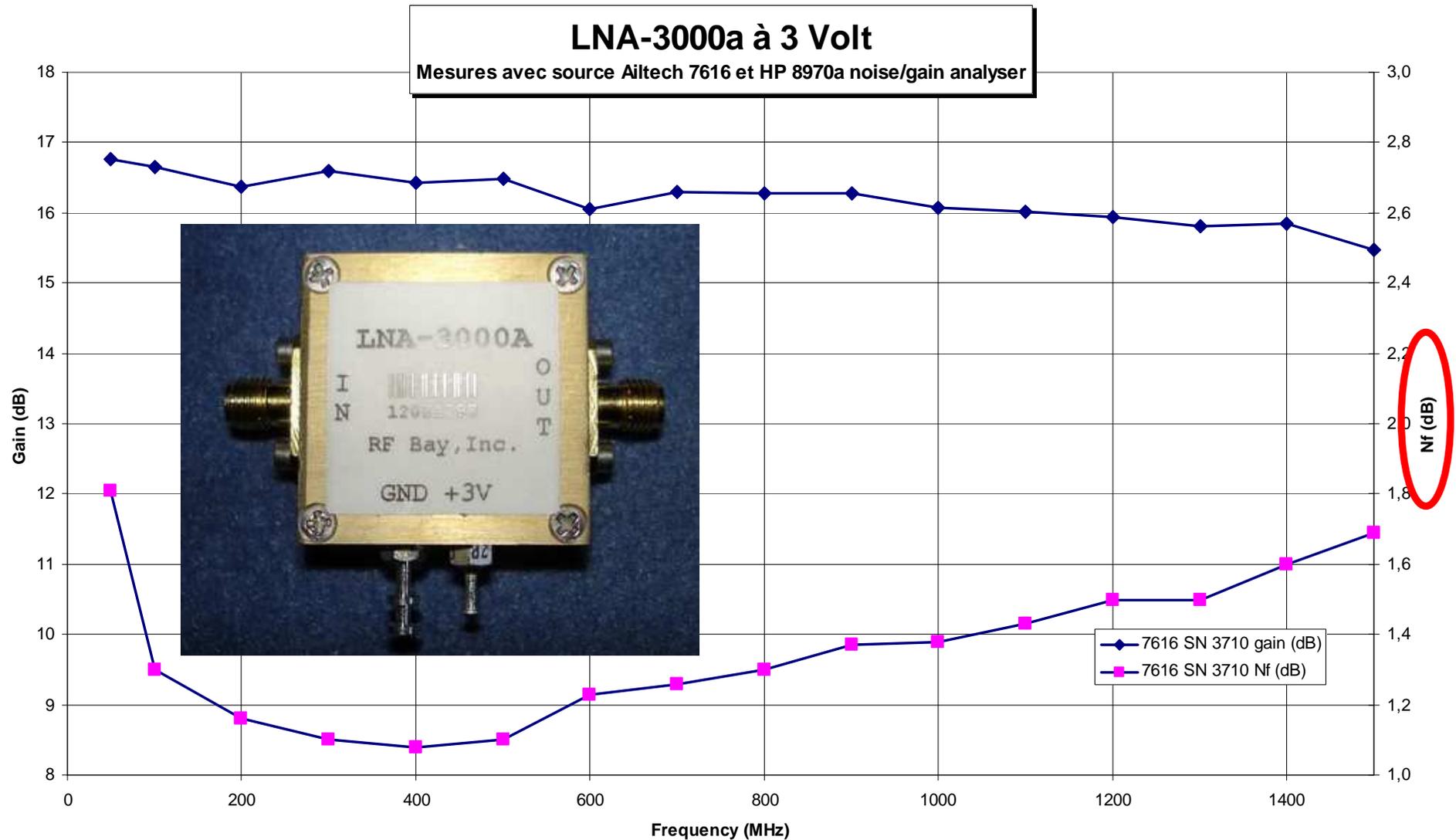
Ce préampli large bande LNA-3000A de RF Bay Inc pris comme « Gold » constitue un bon compromis car :

- Bande passante 10 MHz à plus de 3 GHz
- Bon compromis de gain (15 dB) compatible avec nos mesures entre 15 à 25 dB
- Bon compromis de bruit avec $N_{fmin} = 1.2$ dB vers 1.3 GHz
- $I_{DC} = 15$ mA à 3V - - aucun Pb de chauffe après 5 or 10 minutes !!

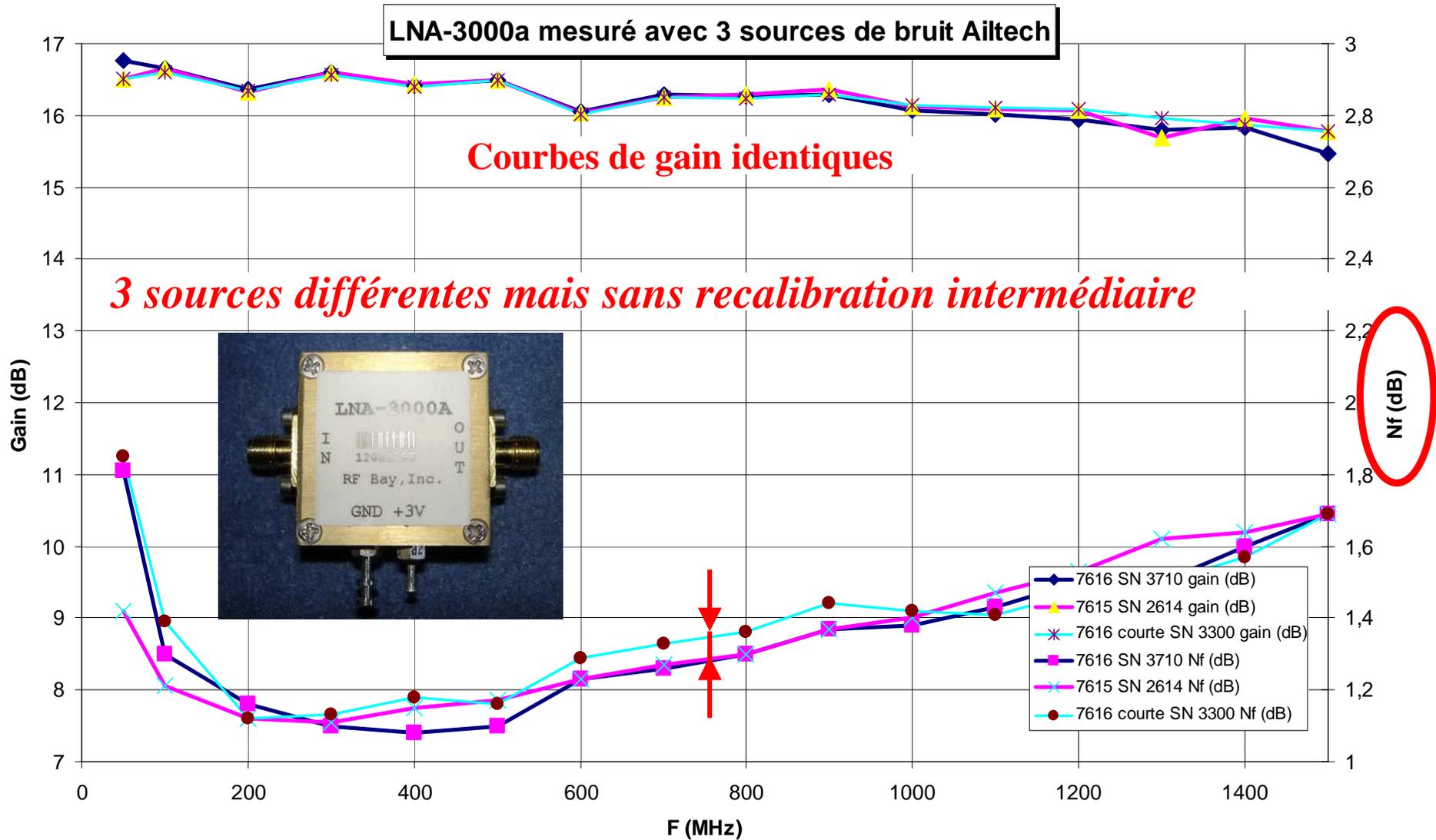


Effectuer les mesures gain/Nf à 50, 144, 432, 1300 et 2300 MHz et les reporter sur le dos du boîtier !

Précautions à prendre pour des mesures de bruit <1 dB



Précautions à prendre pour des mesures de bruit <1 dB



Précautions à prendre pour des mesures de bruit <1 dB

7/ Effet de la perte additionnelle AVANT le DUT

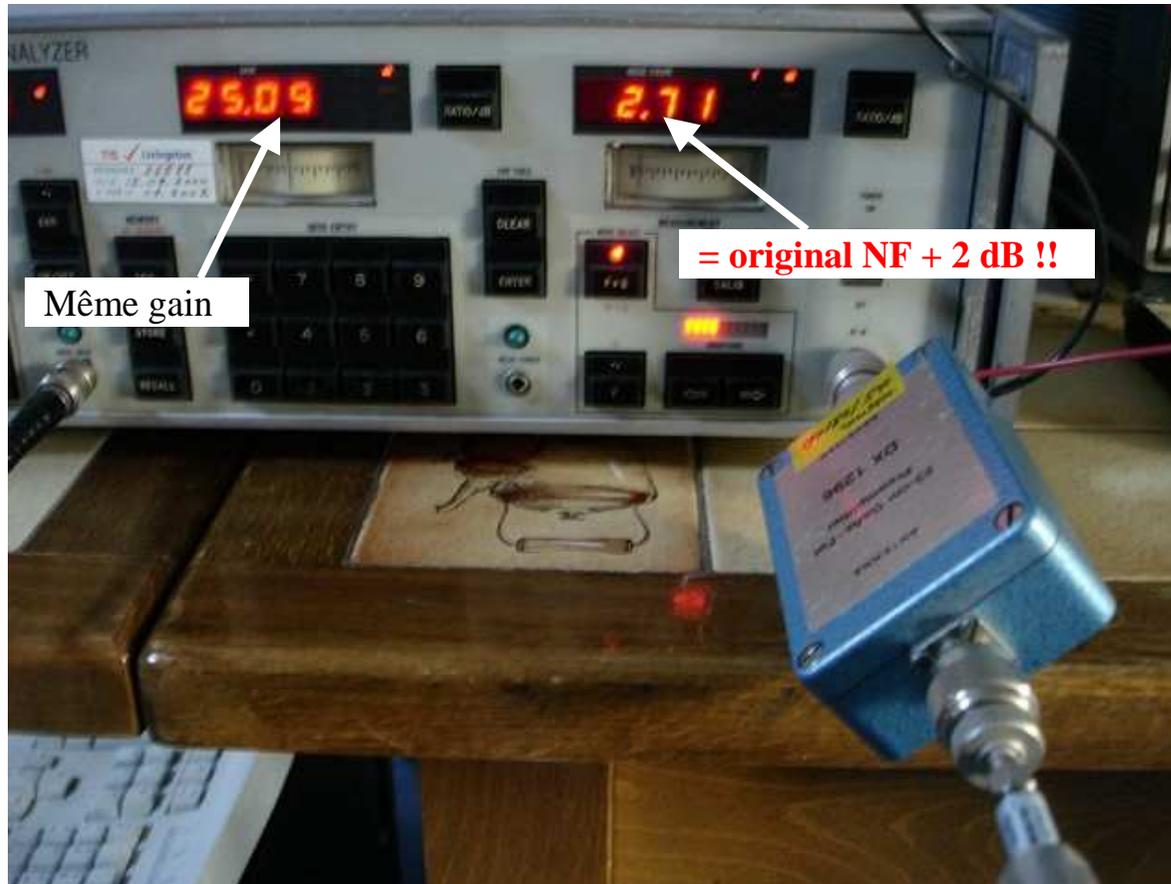
Exemple : avec la même table ENR, placez un atténuateur SMA de 2 dB entre diode de bruit et DUT

a/ Faites la cal @ 1290 MHz avec l'atténuateur



Précautions à prendre pour des mesures de bruit <1 dB

b/ Mesure du même préampli MDX 1296 à bande étroite



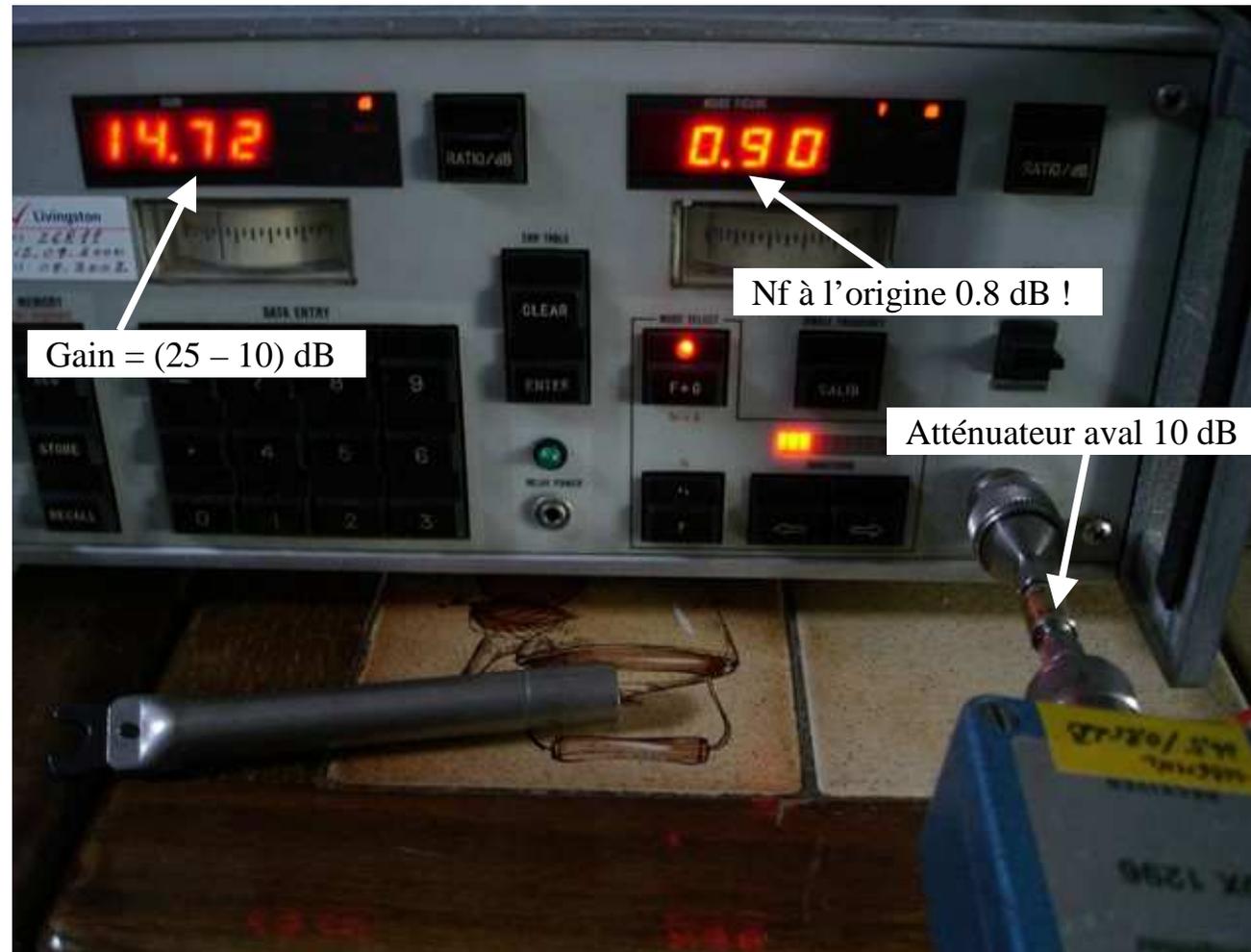
c/ Conclusion

- Toute perte additionnelle affecte directement la mesure NF mais JAMAIS le gain (loi de Poisson)
- Il faut absolument minimiser la perte entre source de bruit et DUT (avec un circulateur amont, sa perte série doit être prise en compte dans les menus)

Précautions à prendre pour des mesures de bruit <1 dB

8/ Effet de la perte additionnelle APRES le DUT

Elle n'affecte aucunement le gain de l'ensemble, mais seulement son NF (essai avec atténuateur aval <13 dB)

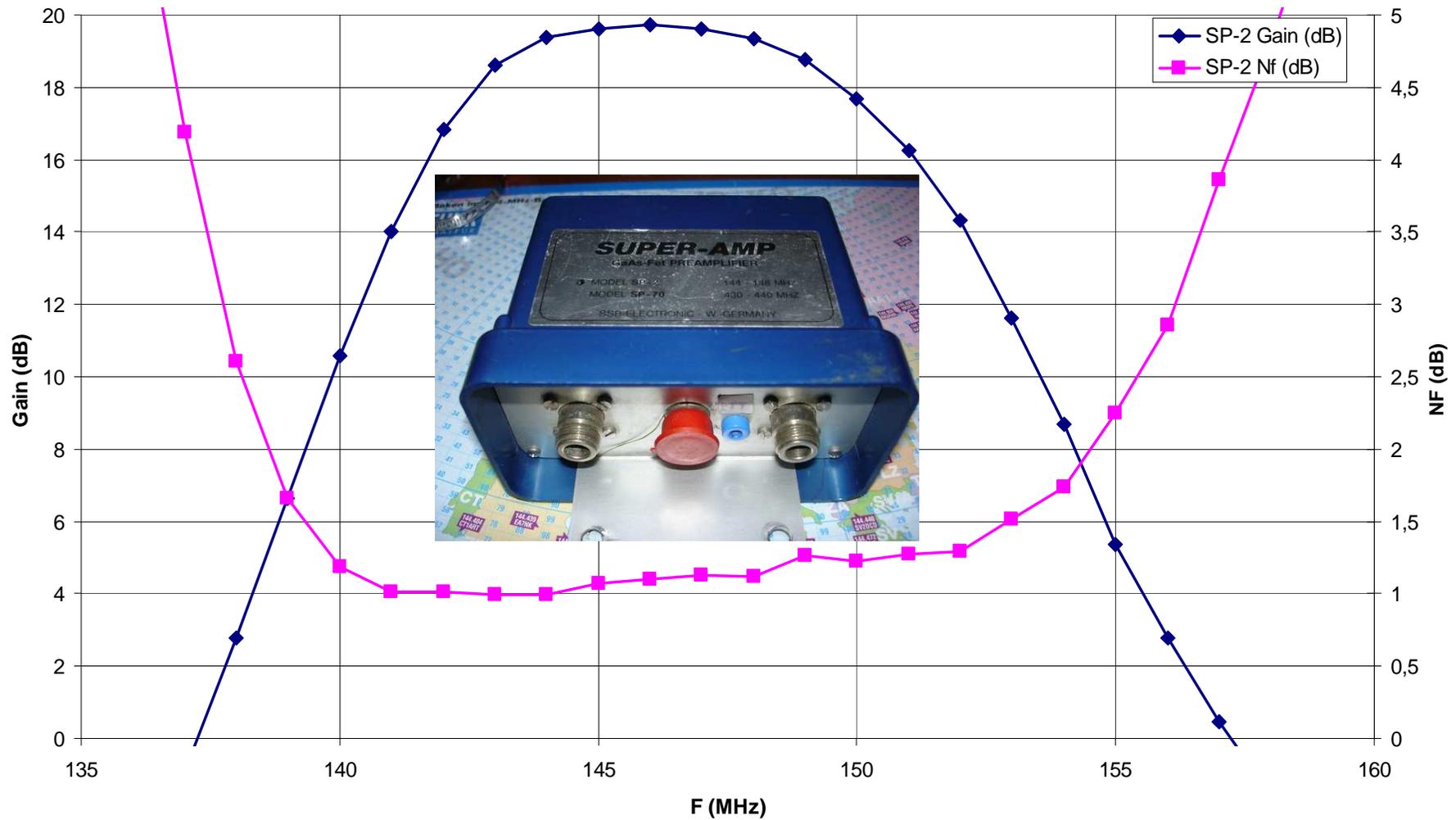


8- Mesures sur préamplis de mât (144, 432 et 1296 MHz)

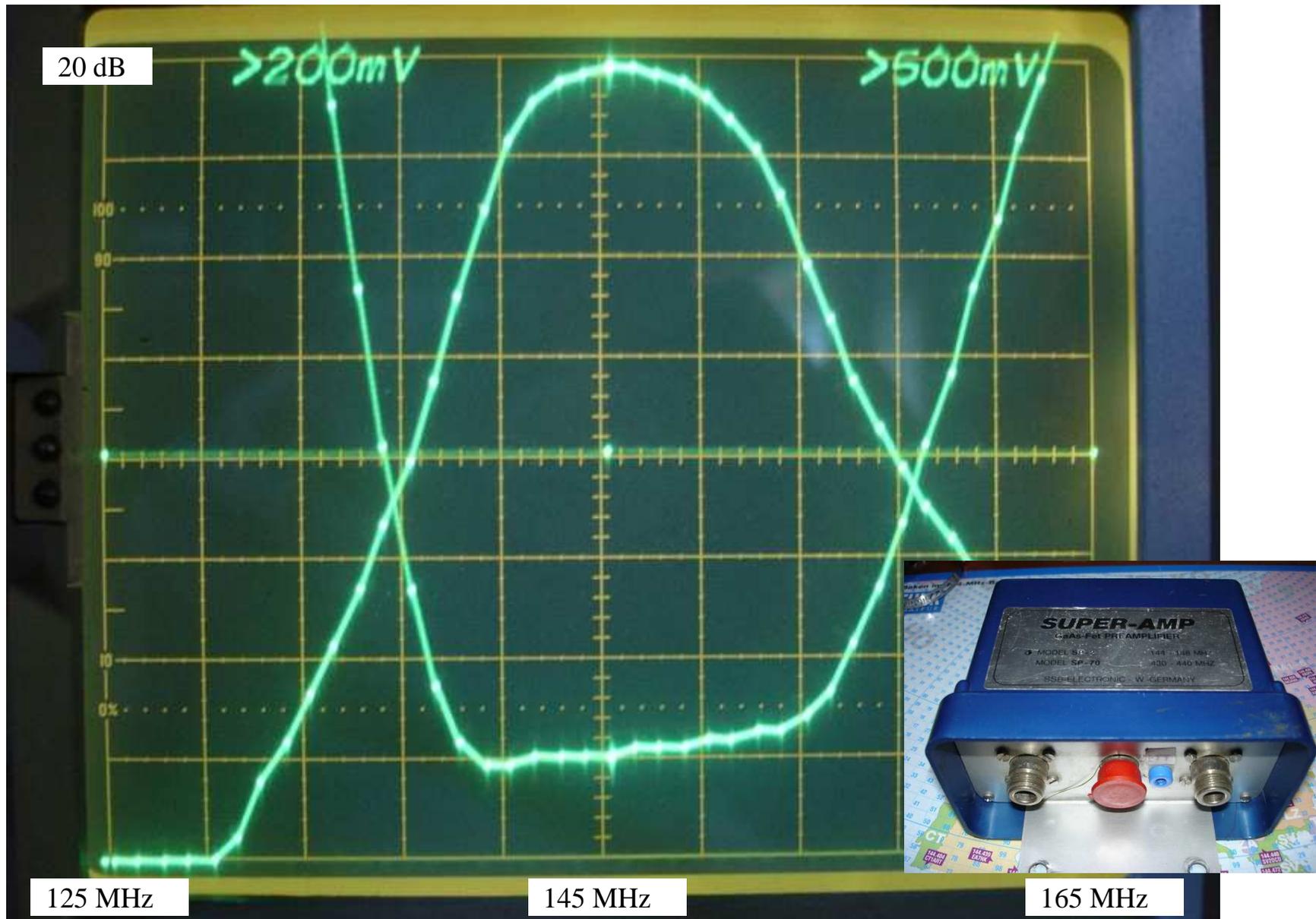
Préampli mât 144 MHz

Après un an sur le pylône

SSB Electronic SP-2 masthead preamp



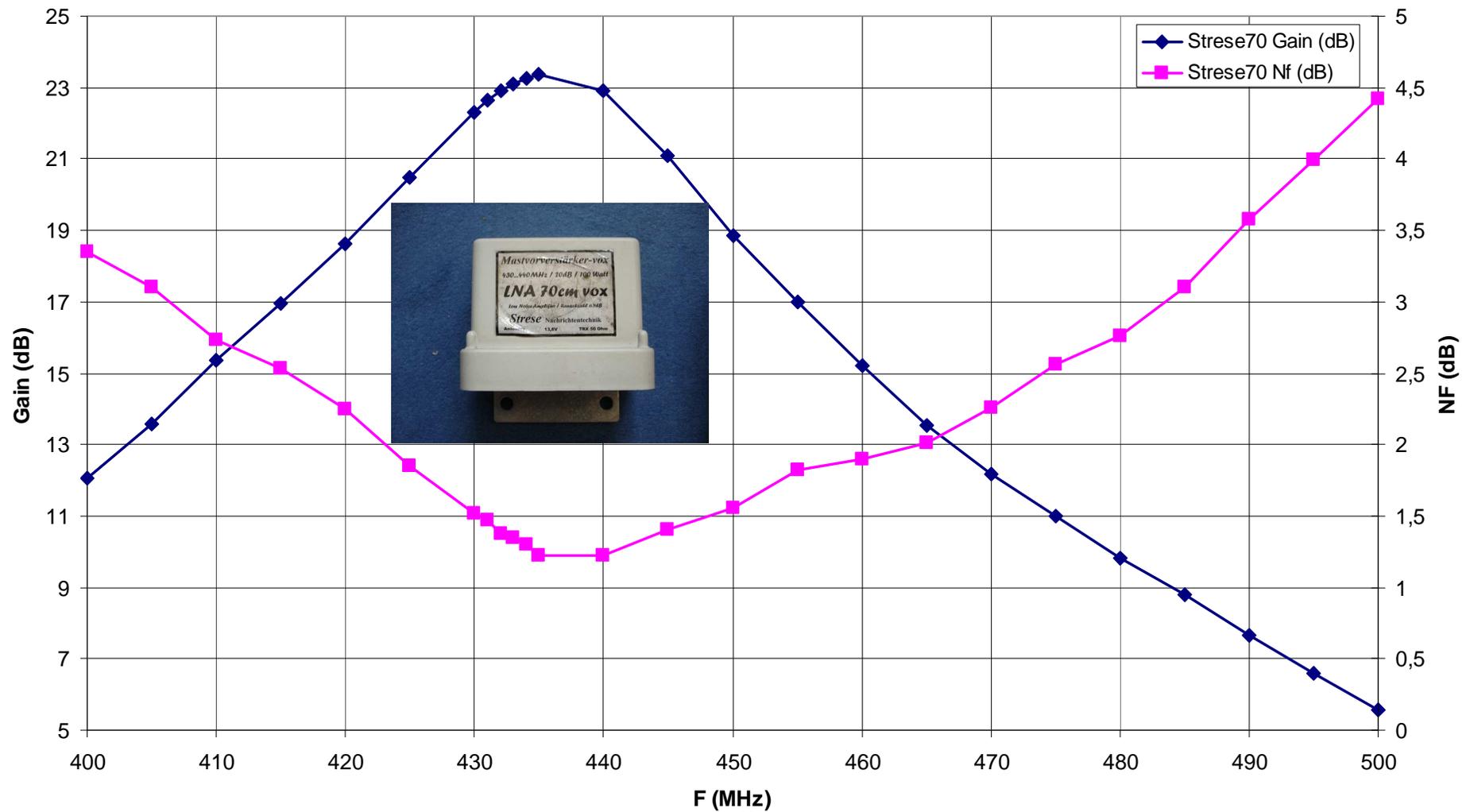
Préampli mat 144 MHz



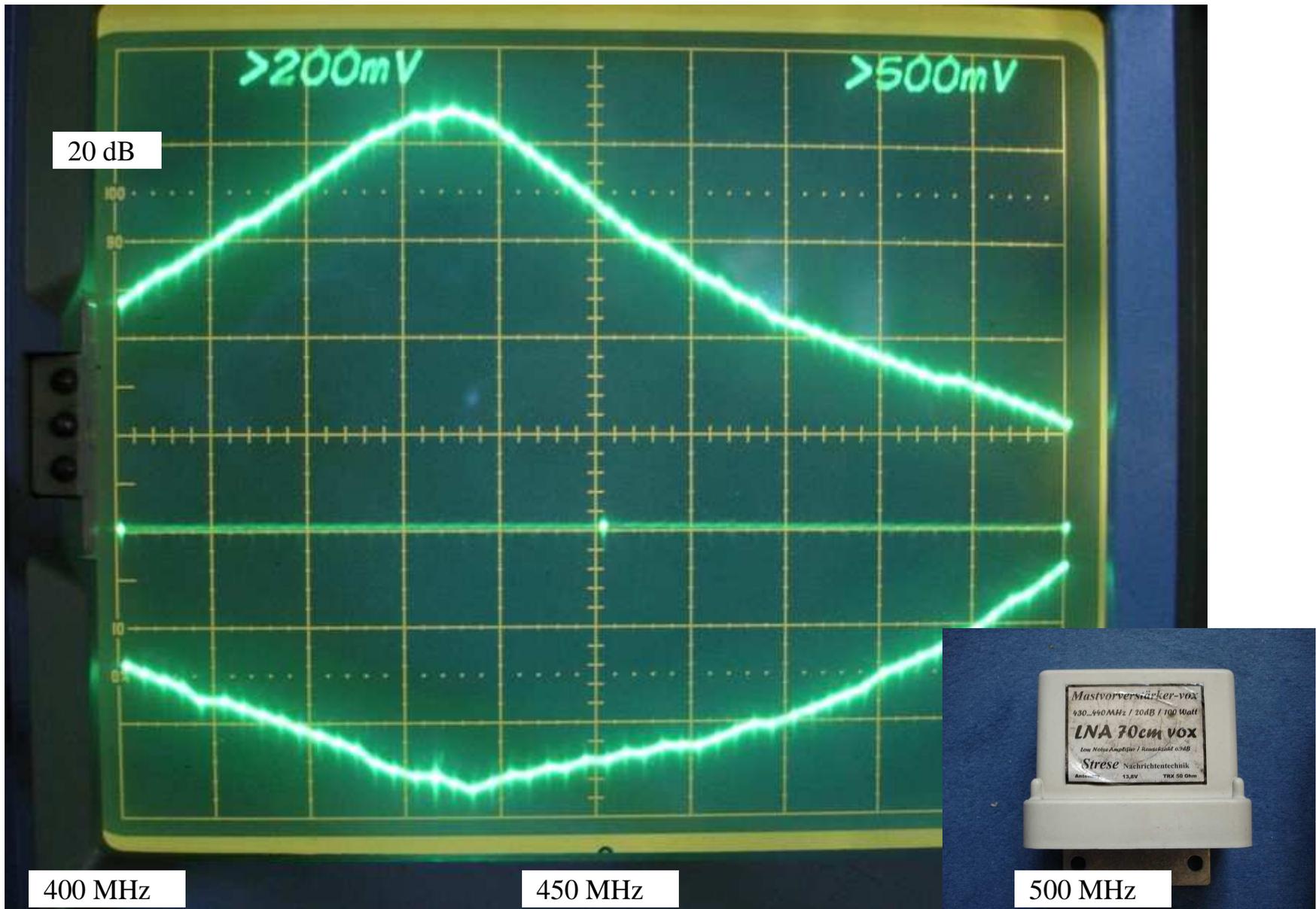
Préampli mât 432 MHz

Après un an sur le pylône

STRESE LNA 70 vox masthead preamp



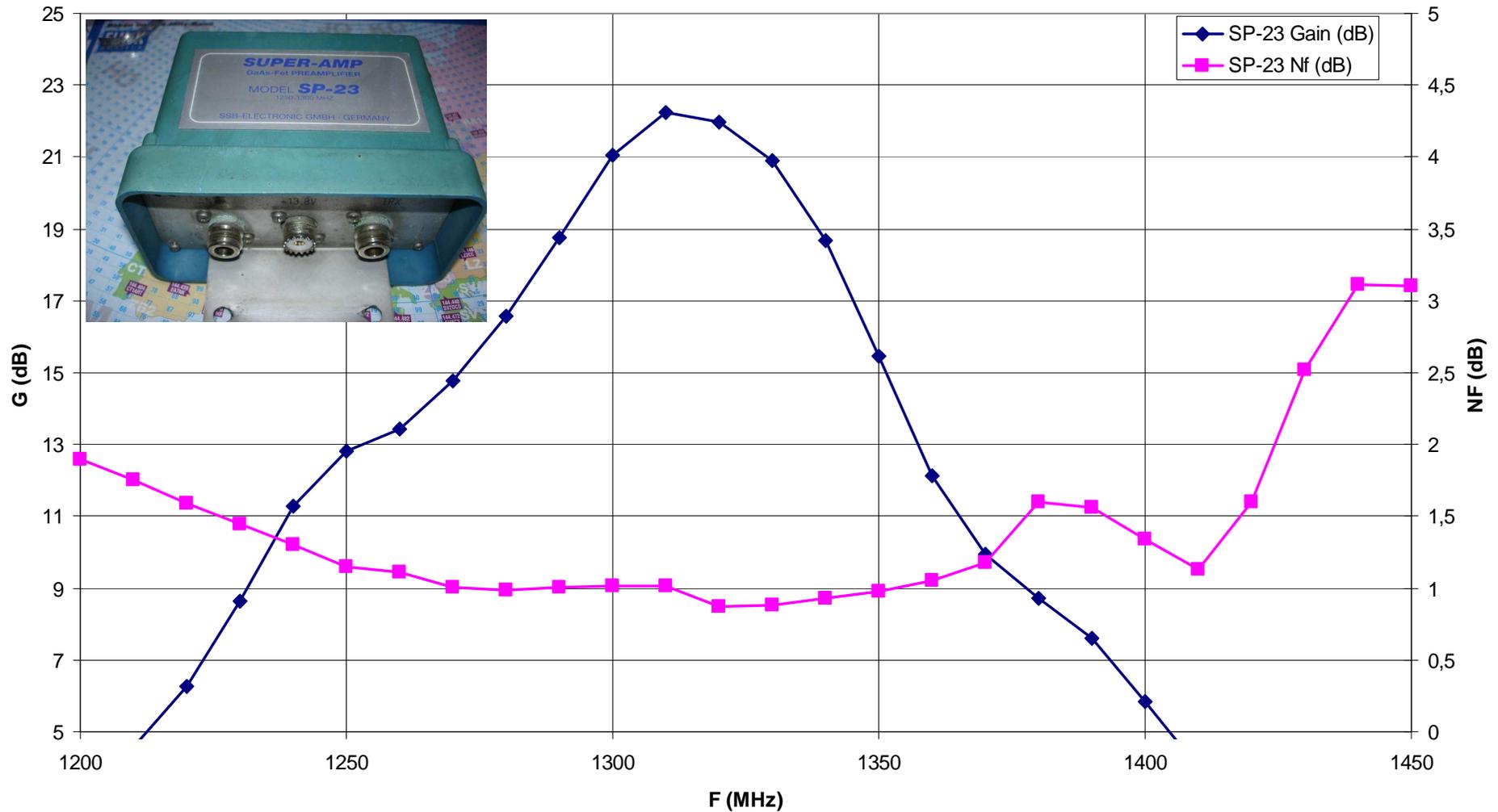
Préampli mât 432 MHz



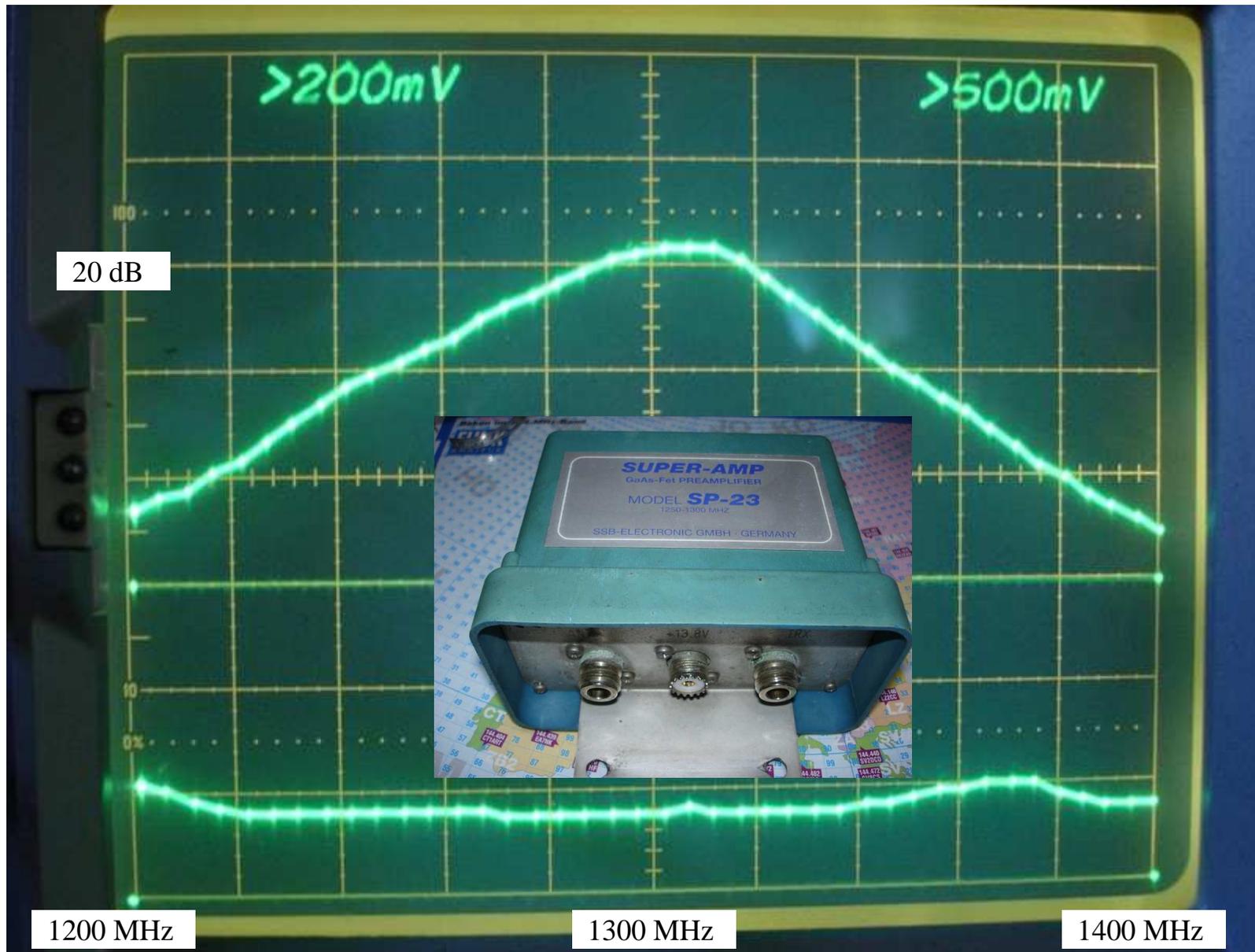
Préampli mât 1296 MHz

Après un an sur le pylône

SSB Electronic SP-23 masthead preamp



Préampli mât 1296 MHz



9- Conclusions

Conclusions

- Le HP 8970a (Fmax 1.5 GHz) a un temps de chauffe bien plus rapide que l'Eaton 2075a
- A 1.6 GHz et au-dessus, le temps de chauffe de l'Eaton 2075a a une ENORME INFLUENCE
- Fabriquer une source de bruit de 5db d'ENR est très simple (bien meilleure précision de mesure NF)
- La calibration d'une source inconnue est également très facile
- Toute source de bruit avec atténuateur douteux donnera une bonne valeur de gain, mais une **valeur fausse de Nf**

Toute mesure de Nf en-dessous de 1 dB doit être pratiquée en suivant les précautions indiquées dans cet article !

Petit rappel

- Thème 1 : mesures en autonome : **seul thème traité aujourd'hui !**
- Thème 2 : mesures de 2 à 26 GHz avec extensions extérieures - - - et solution « low-cost » OM
- Thème 3 : analyse de l'extension 1.8 – 26 GHz Eaton MT7552b
- Thème 4 : analyse de l'extension 2 – 18 GHz HP 8971b NF test-set (à venir)

Les thèmes 1 - 2 - 3 (mesures gain/bruit au-dessus de 2 GHz) sont déjà visibles sur le site de F6KMX à la page suivante (tous en anglais):

http://f8buu.free.fr/index.php?option=com_wrapper&Itemid=51

Le thème 2 (mesures gain/bruit de 2 à 26 GHz) décrit entre autres une méthode de mesure « low-cost » OM effectuée à l'aide d'un simple mélangeur et d'un générateur/vobulateur relié à l'analyseur par un bus GPIB.

*Remerciements à F6FTN, F5BQP, F6BSW, F6DPH, F6AJW, F5ICN et F1PDX
pour leur aide sans limite et sans qui cet exposé n'aurait jamais été possible !*