



Généralités sur l'analyse scalaire

Application au Marconi 6500

Analyseur scalaire

CONTENU:

1- LEXIQUE de termes couramment employés

2- GENERALITES:

Analyse scalaire ou vectorielle ... quezaquo ?

Principe : mesures en réflexion et transmission

Benchmark du marché des analyseurs scalaires d'occasion

Applications

3- APPLICATION AU SCALAIRE MARCONI 6500

Rôle du splitter 3 dB

Nécessité d'un pont ou coupleur additionnel

Choix du pont directif

Choix du coupleur directif (même bidirectionnel)

4- INITIALISATION du SCALAIRE MARCONI 6500

Branchements arrière - - initialisation sweep et scalaire

Initialisation des sondes de mesure

Correspondance bornes de fréquence maximales haute & basse avec celles du sweep

Balayage de la portion utile de bande

5- MESURES de GAIN et d'ADAPTATION sur MARCONI 6500

Configurations respectives, avec signal de référence

Calibration simultanément en gain et adaptation

Vérification d'une bonne calibration

Montage et mesure du DUT

Vérification de la véracité de la mesure sur DUT

6- MESURES de PERTES de CABLES COAXIAUX sur MARCONI 6500

7- MESURES DE P1dBc (incomplet)

Analyseur scalaire

1- Petit lexique des termes courants

Analyseur scalaire

Terme utilisé	Acronyme	Traduction, explication
VNA	Vector signal analyser	=Analyseur vectoriel
SNA ou scalaire	=VNA simplifié	Mesure uniquement du terme module
Sweep		=Vobulateur
Plugin		Tiroir RF pour sweep
Thru	= à travers	Liaison directe entrée / sortie
Short	Court-circuit de qualité (APC-7, N, APC-3.5)	Élément coaxial de calibration avec un court-circuit parfait en RF
Open	Circuit ouvert de qualité (APC-7, N, APC-3.5)	Élément coaxial de calibration totalement ouvert
Splitter 3 dB		Coupleur divisant le signal RF en 2 parties égales. L'une sert de référence
S21, S12	S scattering parameter	Gain de sortie par rapport à l'entrée, puis l'inverse
S11, S22	S scattering parameter	Adaptation à l'entrée, puis à la sortie
Directivité		Isolation de la branche réfléchi par rapport à l'entrée (viser 40 dB)
DUT	Device under test	=Application à mesurer
Isolation		=Gain à l'envers (entrée par rapport à la sortie) ou S12
Linéaire		« Toute la puissance entrante se retrouve intégralement à la sortie »
Coupleur bidirectionnel		=Coupleurs <i>incident</i> et <i>réfléchi</i> dans le même coffret
SWR	Standing wave ratio	=TOS
VSWR	Voltage standing wave ratio	
SWR bridge		Pont directionnel
Gold	Référence étalon	Étalon aux caractéristiques totalement maîtrisées et reproductibles
P1dBc		Puissance de sortie quand le gain linéaire compresse de 1 dB
TDR	Time domain reflectometry	Visualisation d'un défaut sur un câble coaxial par rapport à la source
Nf	Noise figure	Figure de bruit
ENR	Electrical noise ratio	

Analyseur scalaire

2- Généralités

Analyseur scalaire

Analyse scalaire ou vectorielle ... quezaquo ?

- Un analyseur scalaire est un analyseur vectoriel simplifié (engl.VNA) ne mesurant que le module.
- Pour des raisons de coûts, la mesure de phase est omise (pas d'abaque de Smith)
- La calibration initiale s'effectue en :

- **Transmission** : liaison directe « thru » entre sortie RF et détecteur approprié

- **Réflexion** : utilisation d'éléments de calibration large bande avec :
élément court-circuit ou **short**
puis élément circuit ouvert **open**

Le coupleur additionnel sera :

- **large bande**
- le plus plat possible
- de **directivité >40 dB** à l'intérieur de la bande de mesures

NB : sur un VNA, la calibration nécessite en plus une charge additionnelle 50 Ω large bande

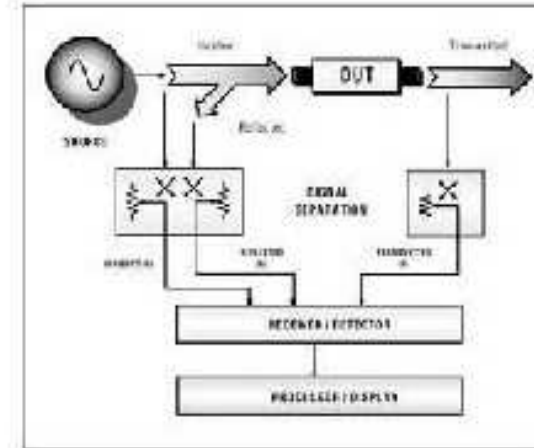
Analyseur scalaire

Principe : mesures en réflexion et transmission



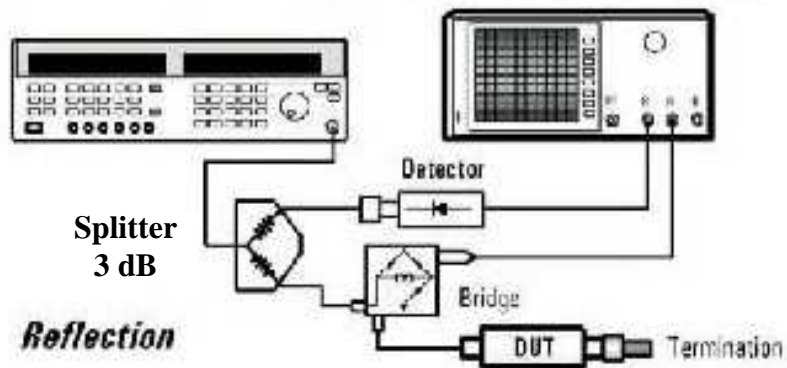
processor/display

source

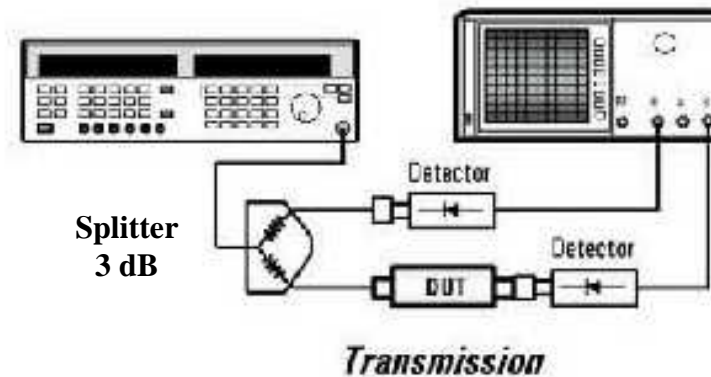


Example: 8757D

- requires external detectors, couplers, bridges, splitters
- good for low-cost microwave scalar applications



Reflection



Transmission

Analyseur scalaire

Benchmark du marché des analyseurs scalaires d'occasion:

Marques	Modèles	Avantages	Inconvénients
HP / Agilent	Famille 8757 et suivants	-Coupleur directionnel très large bande avec détection réfléchie incorporée -2 détecteurs suffisent	-Dynamique basse restreinte (modulation AC 23 kHz sweep obligatoire) -Splitter 3 dB + coupleur directionnel de la marque légèrement encombrant
Wiltron / Anritsu (Meilleur compromis)	Famille 360 et suivants	-Excellent coupleur à haute directivité >40 dB (autotester à sortie S11 sur câble dédié) -2 détecteurs suffisent -Encombrement minimal	Rien à 1ère vue !!
Marconi	Famille 6500 et suivants	-Plus récent -avec 3 détecteurs à grande dynamique de -50 à +16 dBm -Liaison vers sweep: maître <u>ou</u> esclave	Coupleur additionnel indispensable (non fabriqué par Marconi) Recours à coupleur large bande à haute directivité (très encombrant) ou Wiltron SWR bridge (sortie S11 en RF)

Prévoir un sweep compatible genre HP 8620a ou HP 8350b ou équivalent + coupleur 3 dB large bande

Analyseur scalaire

HP 8756a



HP 8757a



Analyseur scalaire

Wiltron 360



Wiltron 560



Analyseur scalaire

Marconi 6500



Analyseur scalaire

Applications :

- Mesures gain et adaptation d'amplis linéaires sur plusieurs octaves
- Calage d'amplis à bande étroite
- Mise au point de filtres sélectifs
- Pertes de câbles coaxiaux
- Mesures de puissance P_{out} fonction de P_{in} et compression $P1dBc$
- Comparaison des caractéristiques entre 2 objets pratiquement identiques
- Possibilité de TDR sur certains modèles ... à vérifier

Analyseur scalaire

3- Application au Marconi 6500



Analyseur scalaire

Chez HP/Agilent ou Wiltron/Anritsu, chacune des marques fournit absolument tous les accessoires périphériques indispensables au bon fonctionnement d'un analyseur scalaire.

Mais Marconi n'a pas jugé utile de fabriquer son propre *pont directif*, élément clé de voûte indispensable à son fonctionnement (sauf ses propres détecteurs).

Pour compléter son banc, le client est alors contraint de consulter la concurrence et d'opter parmi l'une des 3 options suivantes:

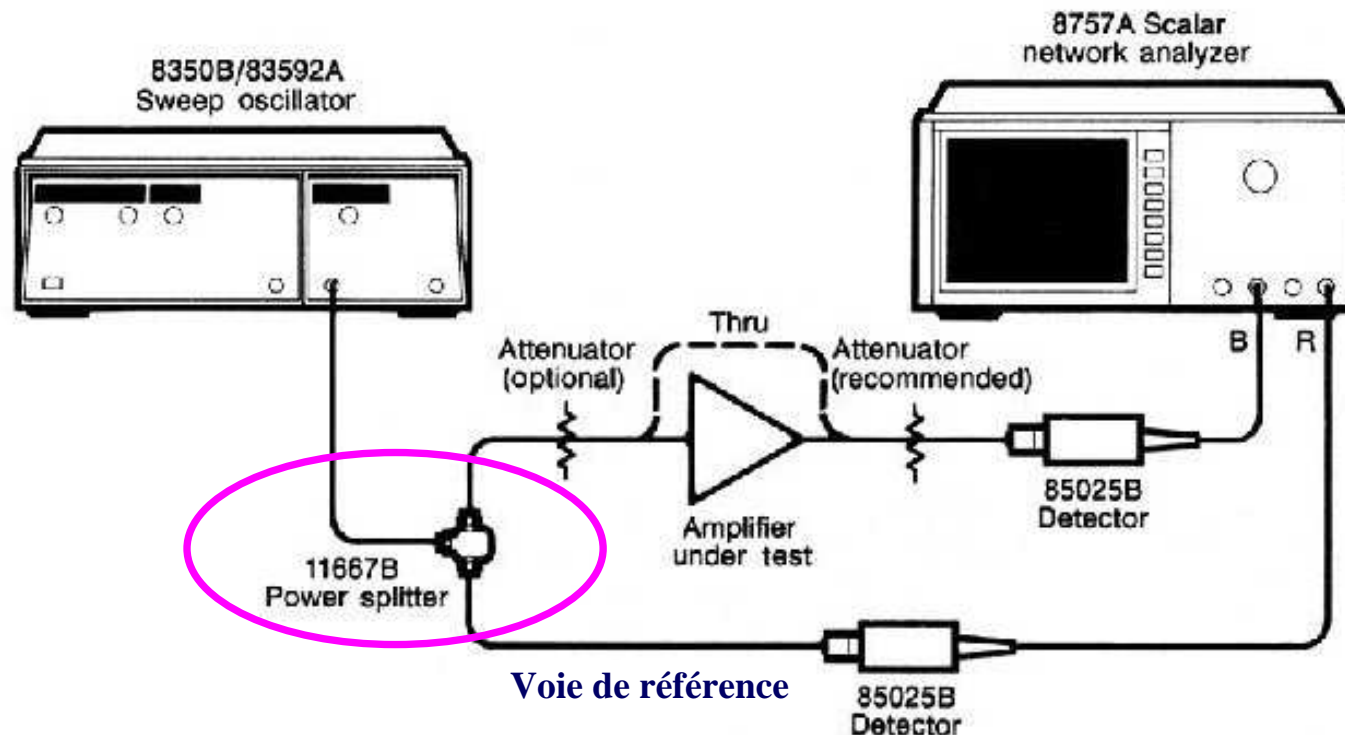
- Pour $30 \text{ MHz} < F < 1 \text{ GHz}$ (prise en main du Marconi) : coupleur directif passif faible coût à bande très étroite, mais à bonne directivité ou isolation - - - également 2ème coupleur directif pour $F < 30 \text{ MHz}$ à bonne directivité
- Pour $50 \text{ MHz} < F < 2.5 \text{ GHz}$: choix entre pont directif passif (SWR bridge) ou coupleur passif additionnel
- Pour $2 < F < 18 \text{ ou } 26.5 \text{ GHz}$: forcément 2ème SWR bridge ou coupleur passif

En choisissant Marconi, le coût additionnel de ces coupleurs rallonge encore l'addition finale – dommage !

Analyseur scalaire

Splitter 3 dB, pourquoi faire ?

- Indispensable quelle que soit la marque de l'analyseur scalaire utilisé
- Sert à garder la calibration intacte à puissance RF variable
- La 2ème branche sert à connecter le détecteur de référence
- Perte sur chaque voie 6 dB, dissymétrie entre chaque branche $< \pm 0.3$ dB
- N'importe quelle marque convient pourvu que le coupleur soit large bande (Weinschel, HP, etc...)
- Attention: les modèles Mini-Circuits sont à bas prix mais leur bande passante est réduite à un octave



Analyseur scalaire



ZA3PD-2
1-2 GHz



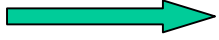
HP 11667a DC-18 GHz



HP 0955-0751
300 kHz-3 GHz

Analyseur scalaire

Choix entre pont (SWR bridge) et coupleur directionnel large bande :

- Dans les deux cas il est impossible de balayer de 10 MHz à 18 GHz en continu
- Forcément 2 sous-bandes obligatoires : 0.1-2 GHz et 2-18 GHz
- Pont directionnel  instrumentation sur table bien plus aérée

Analyseur scalaire

Si choix d'un pont large bande (SWR bridge) : 3 possibilités

Anritsu / Wiltron	Modèles	Bande passante	Directivité (dB)	Sortie réfléchie
Autotester	560-97A50	0.01 – 18 GHz	36	Câble dédié scalaire Wiltron (inutilisable)
SWR bridge	60A50 97A50	0.005 – 2 GHz 0.01 – 18 GHz	36 36	Sortie DC sur fiche BNC (inutilisable)
SWR bridge	60A50 87A50 87A50-1 64A50	0.05 - 3 GHz 2 – 18 GHz 3 – 8 GHz Idem	40 35 38	Sortie RF directe sur fiche N femelle

Modèles 27**A**50=entrée RF en fiche **A**PC7, 50 Ω - - - 27**N**50=fiche **N** mâle, 50 Ω - - - 27**NF**50=fiche **N** femelle

HP / Agilent	HP 8502a HP 8503a HP 85044a	0.005 – 1.3 GHz (exploitables jusqu'à 1.7 GHz) 0.003 – 3 GHz	40	Sortie RF directe sur fiche N Splitter 3 dB et atténuateur incorporés
---------------------	-----------------------------------	--	----	--

ATTENTION : versions **A** en 50 Ω et **B** en 75 Ω

Rohde& Schwarz	ZRB2	0.005 - 3 GHz	40	Sortie RF directe sur fiche N femelle – prochain investissement
---------------------------	------	----------------------	----	--

Analyseur scalaire

SWR bridge Wiltron à sortie réfléchie en RF :

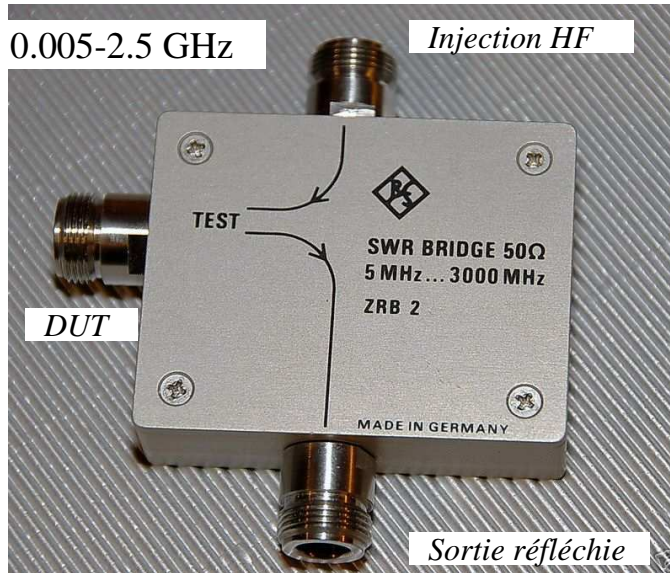


Analyseur scalaire

SWR bridge Rohde & Schwarz :

ZRB2 0.005-2.5 GHz

Injection HF



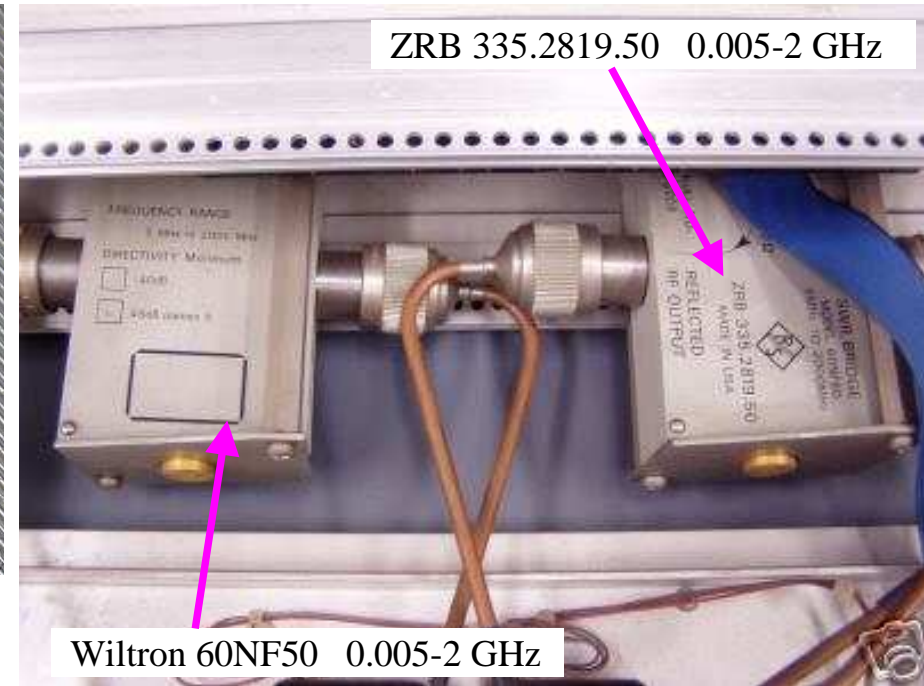
DUT

Sortie réfléchie

Specifications

	Precision model 50 Ω	Standard model 50 Ω	Standard model 75 Ω
Frequency range	5 to 3000 MHz	5 to 2500MHz	5 to 2000 MHz
Characteristic impedance	50 Ω	50 Ω	75 Ω
Directivity	≥46 dB up to 2 GHz, ≥40 dB up to 2.5 GHz, ≥34 dB up to 3 GHz	≥40 dB	≥40 dB
Return loss at test port	≥26 dB up to 2.5 GHz, ≥22 dB up to 3 GHz	≥23 dB	≥20 dB up to 1.5 GHz, ≥18 dB up to 2 GHz
Measurement error (r = magnitude of measured reflection coefficient)	0.005 + 0.05 r ² up to 2 GHz, 0.01 + 0.05 r ² up to 2.5 GHz, 0.02 + 0.08 r ² up to 3 GHz	0.01 + 0.07 r ²	0.01 + 0.1 r ² up to 1.5 GHz, 0.01 + 0.13 r ² up to 2 GHz
Insertion loss (5 MHz)			
Total	13 dB	13 dB	14 dB
Input – test port	7 dB	7 dB	8 dB
Test port – output	6 dB	6 dB	6 dB
Power-handling capacity	0.5 W	0.5 W	0.5 W

ZRB 335.2819.50 0.005-2 GHz

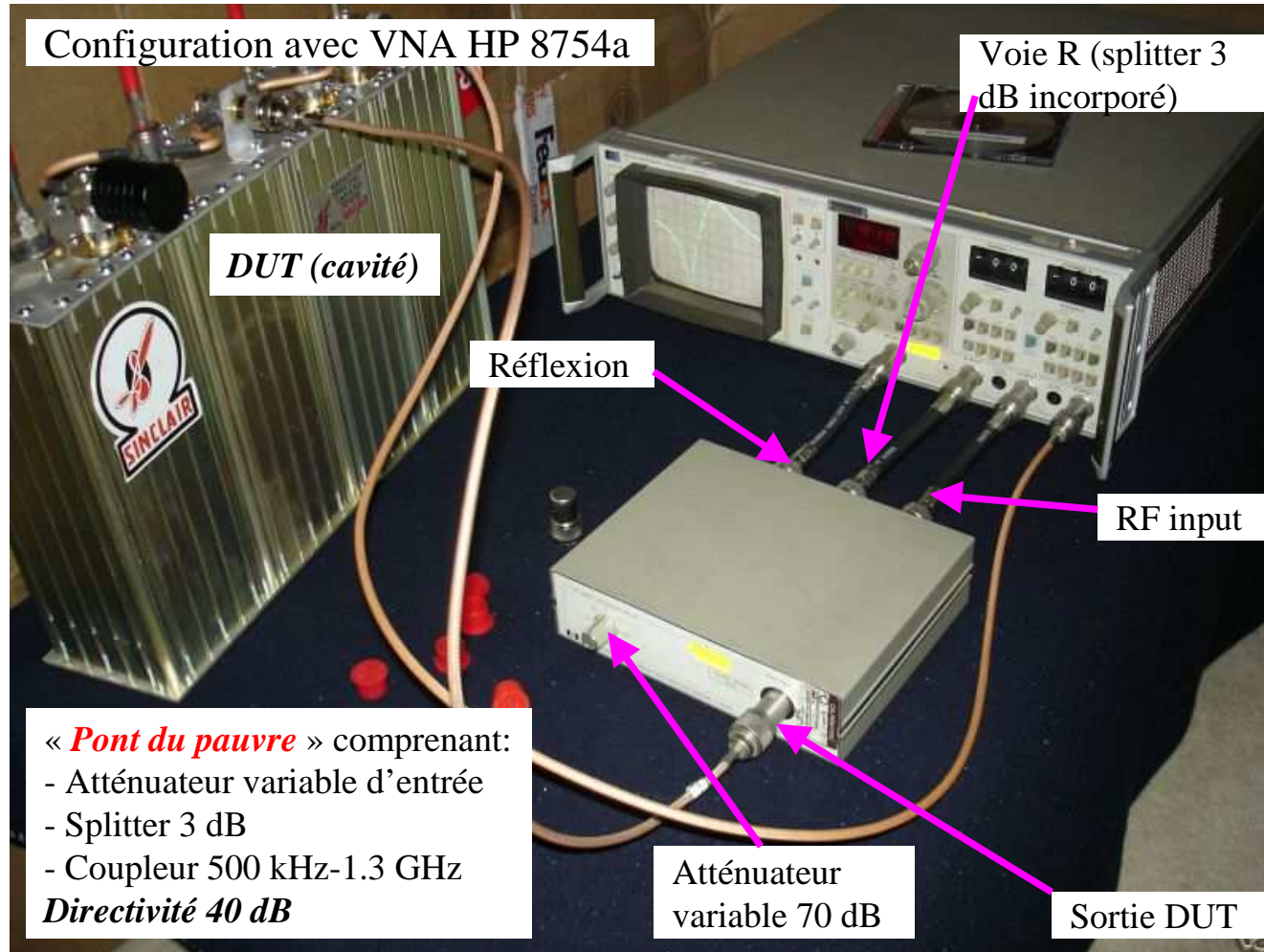


Wiltron 60NF50 0.005-2 GHz

Configuration montée en boîte de paramètres-S
référence ZPV-Z5 avec option 1, directivité 45
dB dans un analyseur vectoriel R&S

Analyseur scalaire

SWR bridge HP 8502a ou 85044a utilisation universelle:



Analyseur scalaire

Si choix d'un coupleur large bande mono ou bidirectionnel :

- Impossible de balayer 10 MHz à 18 GHz avec un coupleur large bande unique !!!
- Le choix d'un coupleur *bidirectionnel* économise l'achat d'un coupleur large bande 3 dB utilisé pour la référence (si puissance de sortie ajustable)
- Couplage réfléchi visé au moins 10 dB, idéalement 20 dB
- Egalement attention à la directivité (40 dB visés)

Meilleur compromis pour les mesures de 2 MHz à 18 GHz:

- 2-100 MHz : coupleur 10 dB Merrimac CR-10-50 - - - directivité de seulement 30 dB !!
- 0.1-2 GHz : coupleur 20 dB bidirectionnel HP 778D - - directivité 40 dB
- 2-18 GHz : coupleur 20 dB bidirectionnel HP 11692D - - directivité 40 dB



Merrimac CR-10-5 2-100 MHz

Analyseur scalaire

Coupleurs large bande bidirectionnels -20 dB:



Analyseur scalaire

En résumé :

- Un pont directionnel (SWR bridge) est un coupleur directionnel aux dimensions largement réduites.
- Mais sa mise au point est artisanale et extrêmement ardue
- Beaucoup plus cher qu'un coupleur traditionnel

Analyseur scalaire

4- Initialisations préalables



Analyseur scalaire



Sweep HP 8350b + plugin 86222A 0.1 - 2.4 GHz + adaptateur 11869a

Scalaire Marconi 6500 + 3 sondes 6511 18 GHz N

Analyseur scalaire

Branchement arrière entre sweep et scalaire:

- Brancher un câble BNC entre fiches SWEEP OUT/IN « **+10V DC max** » et Marconi RAMP « **Fixed 0-10V** »
- Allumer dans l'ordre **d'abord le sweep**, puis le scalaire



- Si le tiroir est multibande, relier également la fiche « SYNC » à l'une des fiches « Z BLANK »
- Possibilité de raccord à l'aide d'un cordon GPIB
- Contrairement aux scalaires Wiltron ou HP ou seul le sweep est maître, le Marconi 6500 peut être configuré en maître ou esclave

Analyseur scalaire

Initialisation sweep et scalaire:

Sweep HP 8350b : bouton « Sweep ext » allumé



L'option 001 permet de descendre le niveau bas de -30 jusqu'à -90 dBm et évite l'emploi d'atténuateurs additionnels

Analyseur scalaire

Marconi 6500 : address 31 « talk only »
bouton « *Line* »



Analyseur scalaire



Initialisation des sondes de mesure:

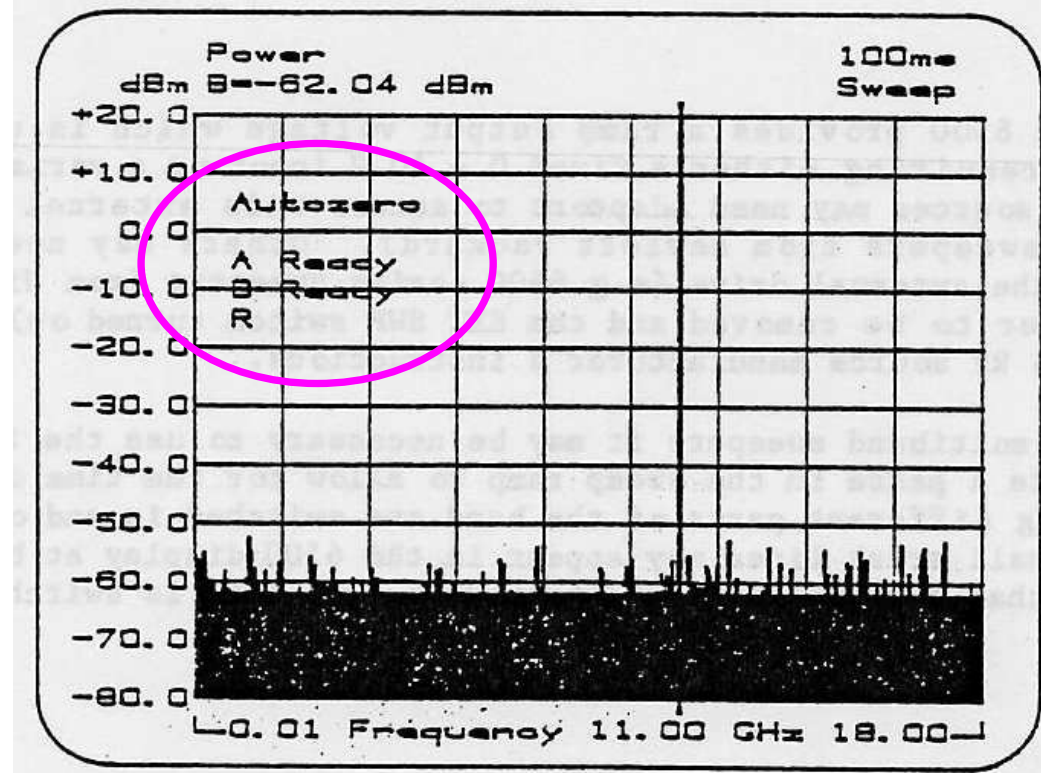
Permet d'atteindre la dynamique maximale de mesures à faible niveau

Zeroing

Zeroing must be performed with the detectors connected to the instrument and the RF source turned off.

Arrêter d'abord la RF du sweep

Press   (Shift zéro)

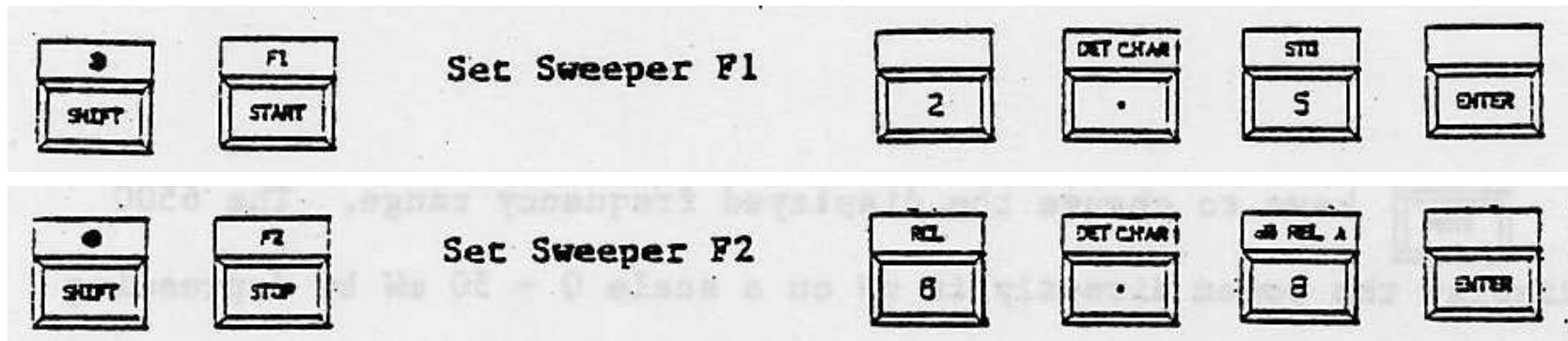


Analyseur scalaire

Remettre la RF sur le sweep

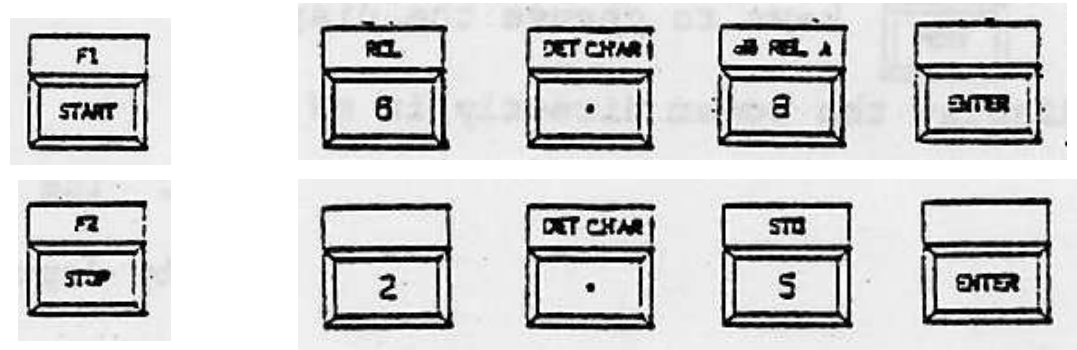
Correspondance bornes de fréquence maximales haute & basse avec celles du sweep:

Bornes maximales du tiroir utilisé (rampe 0-10V): toujours entrer fréquence en GHz



Balayage de la portion utile de bande entre F1 et F2:

Même procédure, mais **sans appuyer sur le bouton SHIFT**



Analyseur scalaire

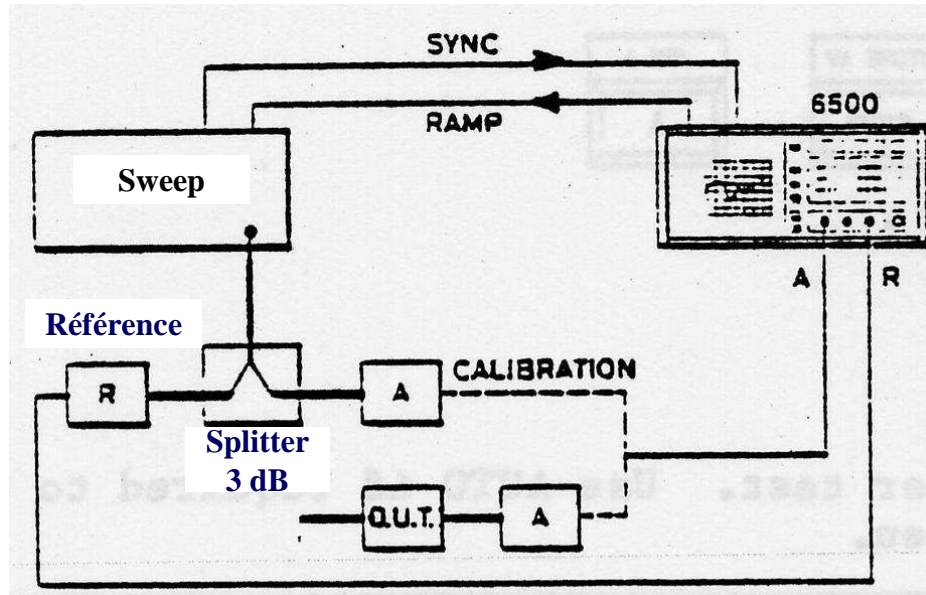


5- Mesures de gain et d'adaptation sur Marconi 6500

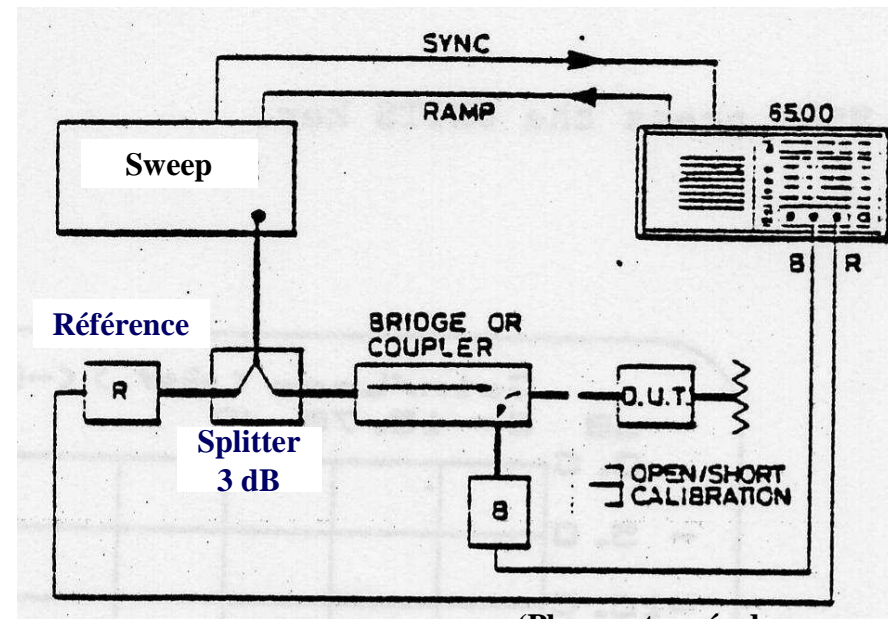


Analyseur scalaire

Configurations respectives, avec signal de référence



Mesure de gain



(Phase retournée de 180°)

Mesure d'adaptation

Calibration en open puis short :
retourne la phase de 180°

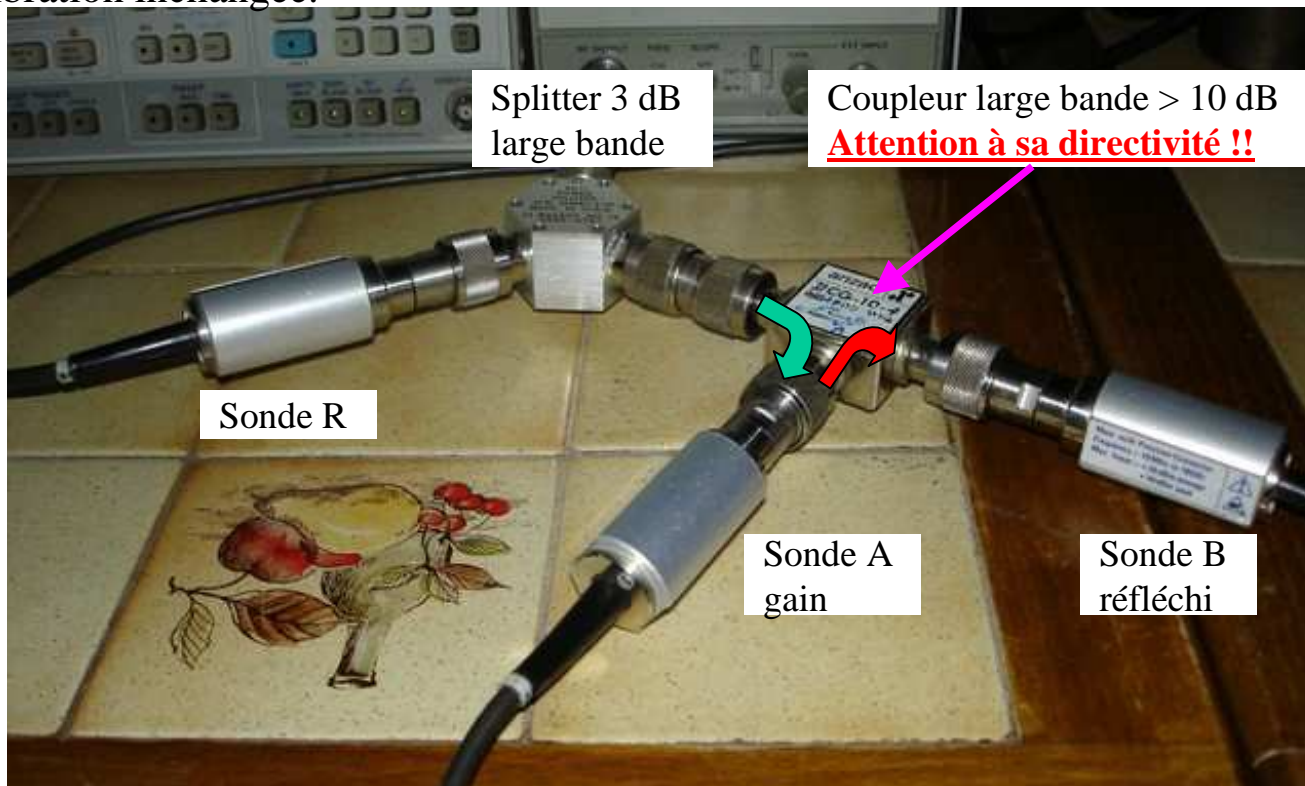
Rampe : câble BNC/BNC entre fiches « *Sweep out/in +10V DC max* » et Marconi « *Fixed 0-10V* »

Synchro : câble BNC uniquement utile avec tiroir multioscillateur

Analyseur scalaire

Calibration simultanément en gain et adaptation (dB):

- La mesure de gain est inconcevable sans la mesure d'adaptation simultanée ...
- Via un splitter 3 dB, la 3ème sonde R de *référence* permet à puissance variable de maintenir la calibration inchangée.



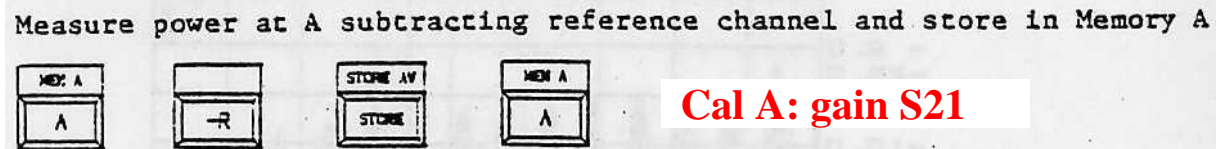
Coupleur Anzac DCG-10-4

- bande 30-1000 MHz
- couplage 11 dB
- directivité 20 dB (parfait pour dégrossir mais non adapté pour des mesures de S11 à F>1 GHz)

Analyseur scalaire

Montage et mesure du DUT

Sonde A directement branchée au coupleur



Remove detector A and follow procedure for open and short circuit calibration.

Sonde B : circuit ouvert puis court-circuit

Open circuit:

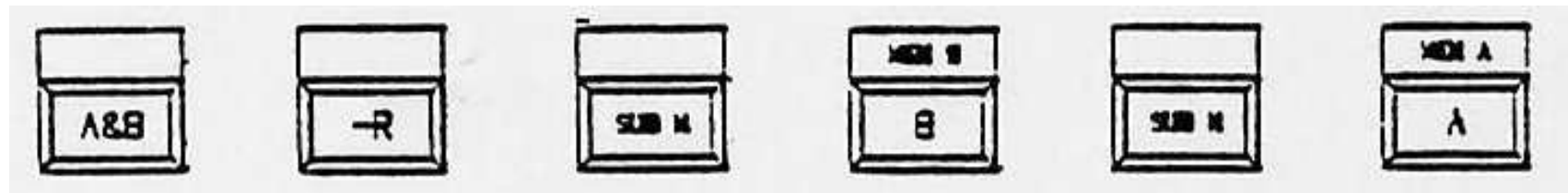


Short circuit:



Substituer le court-circuit N par le DUT et taper

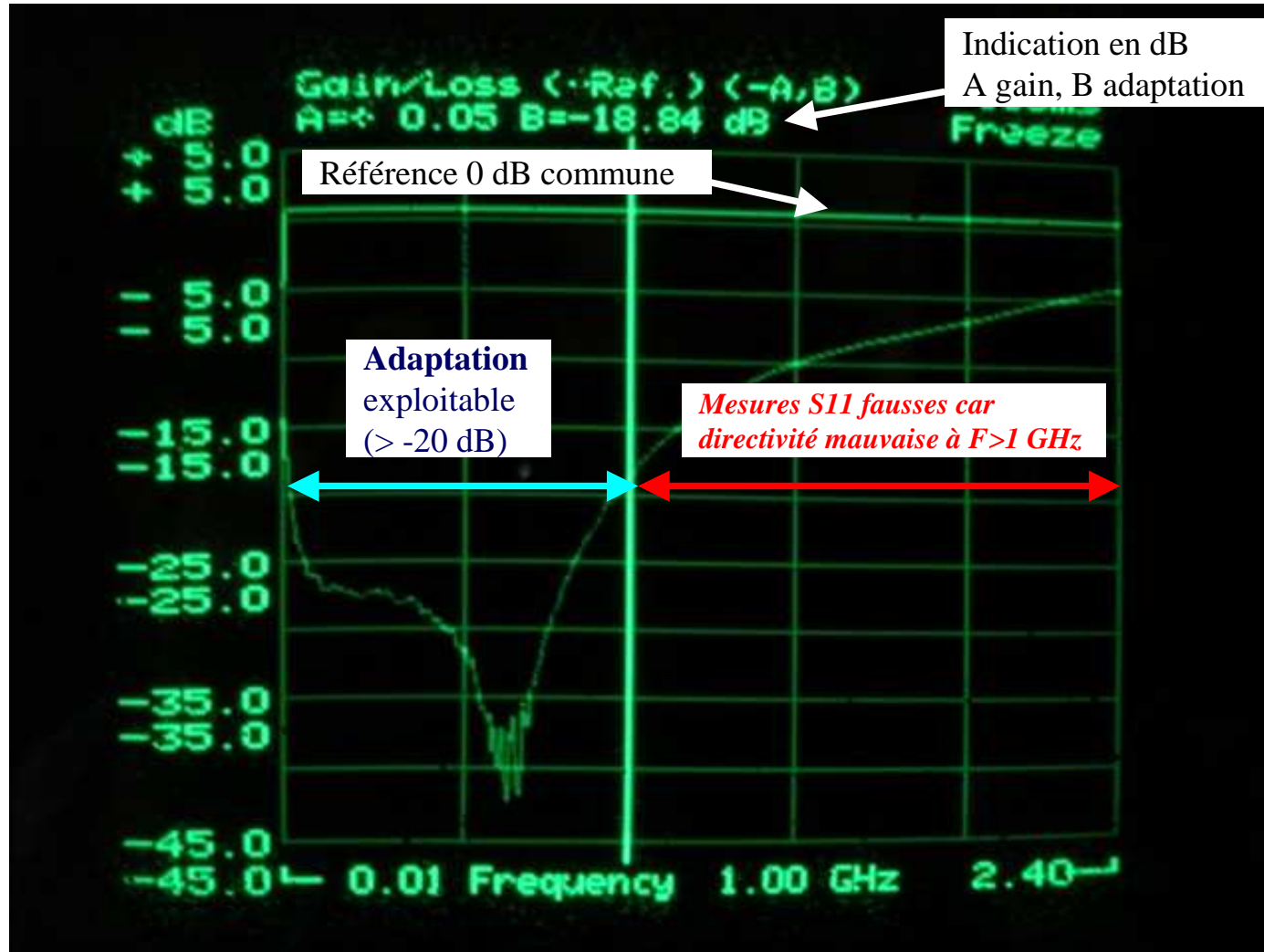
Cal (A et B) -R



Les 2 courbes S21 et S11 sont alors visualisées **simultanément** sur l'écran, avec leurs échelles en dB

Analyseur scalaire

En rebranchant la sonde A sur le coupleur, le S21 doit être de 0.00 dB et son S11 doit être > 20 dB



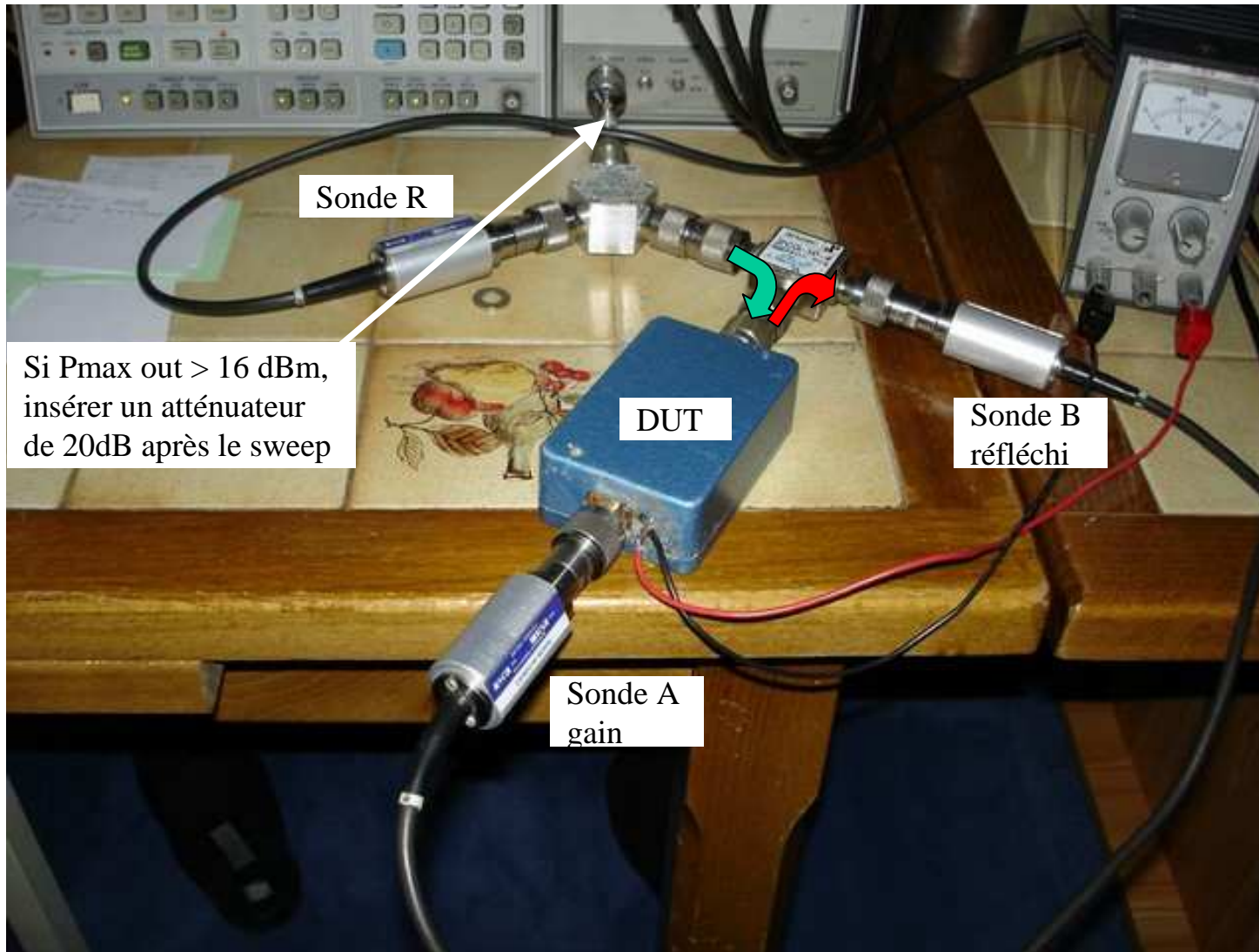
Analyseur scalaire

Vérification d'une bonne calibration :

Action	Courbe de gain S21	Courbe d'adaptation S11
Niveaux affichés	dBm et non dB !!	dBm et non dB !!
Sonde A (gain) débranchée	Niveau d'au moins -40 dB Dépend du niveau RF injecté	Droite horizontale tangente au niveau 0.00 dB Jamais de S11 positif !
Sonde A (gain) rebranchée	Droite horizontale tangente au niveau 0.00 dB	Adaptation sonde d'au moins -20 dB
Sonde A branchée et puissance RF variable	Courbe inchangée, toujours tangente au niveau 0.00 dB	Courbe inchangée, niveau d'au moins -20 dB

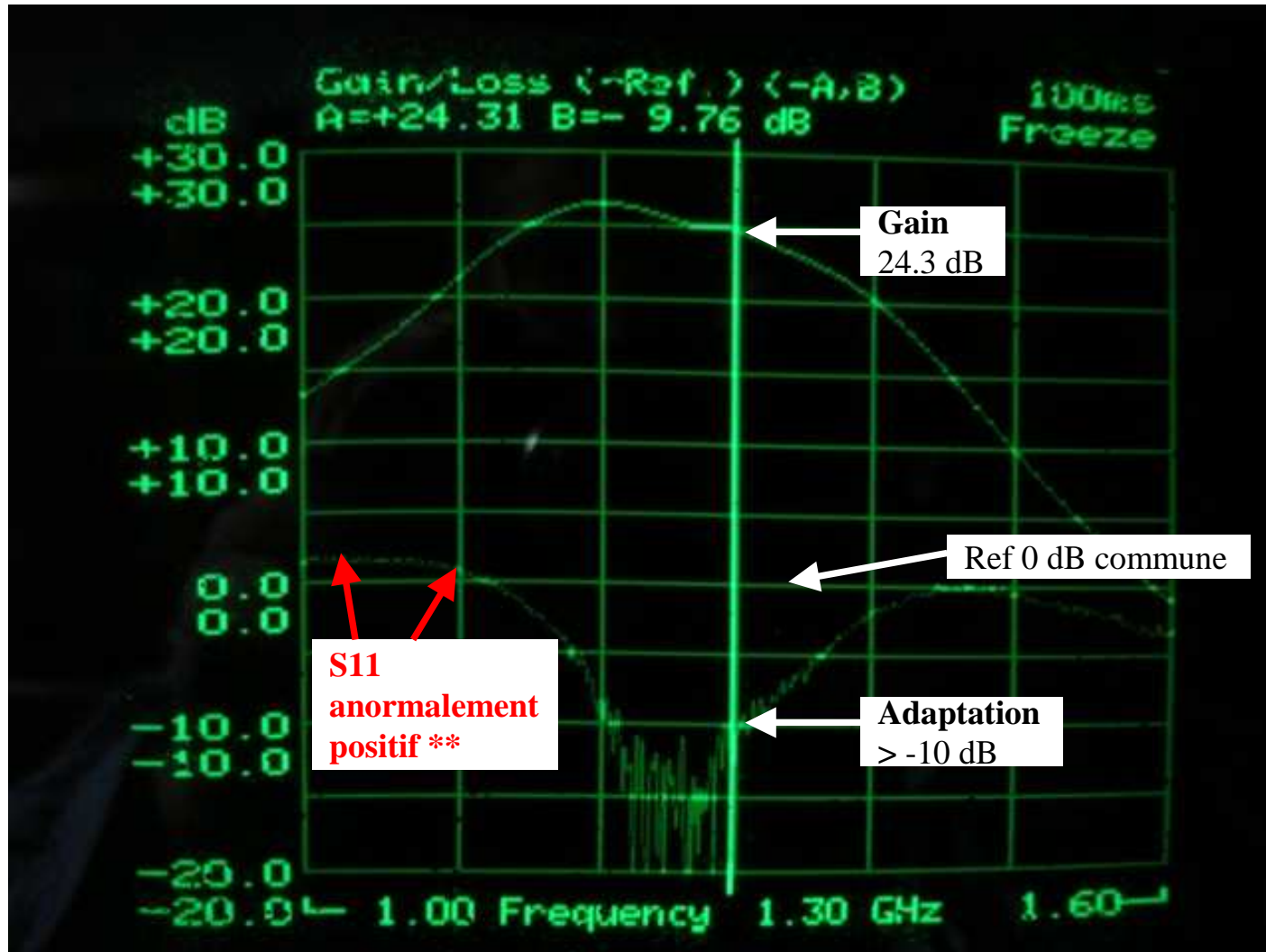
Analyseur scalaire

Montage et mesure du DUT



Analyseur scalaire

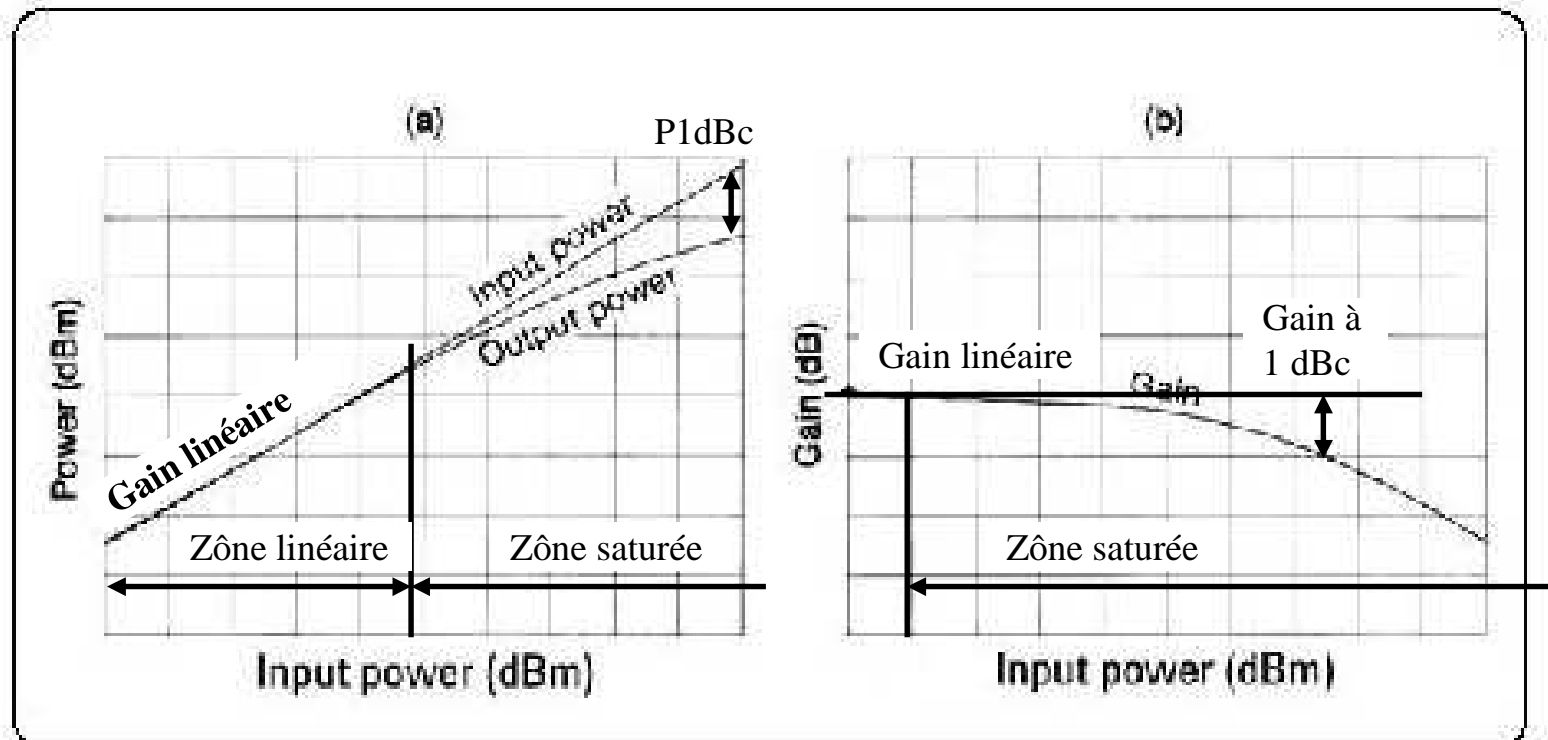
Préampli 1296 MHz faible bruit



Analyseur scalaire

Vérification du régime linéaire

- Un ampli est linéaire lorsque la puissance d'entrée ressort intégralement à la sortie et que son gain reste constant. Sa courbe Pout fonction de Pin décrit alors une droite.
- En continuant l'injection RF, le gain commence alors à baisser jusqu'à un point où le gain linéaire compresse alors de 1 dB. La puissance de sortie associée est alors appelée P1dBc ou puissance de sortie à 1 dB de compression
- Avec un préampli à GaAs, bien vérifier que le gain mesuré correspond bien au gain linéaire



Analyseur scalaire

Vérification de la véracité de la mesure sur DUT :

- Avant d'effectuer la mesure définitive, toujours vérifier avec un « Gold » ou étalon dont on est totalement certain
- Monter ou descendre le niveau d'injection RF ... la valeur de gain reste constante si l'on reste en régime linéaire ...
- Sur un ampli, la courbe S11 ne doit jamais devenir positive sinon son fonctionnement est malsein (oscillations) !!

Analyseur scalaire

Influence d'un pont à haute directivité sur les mesures d'adaptation

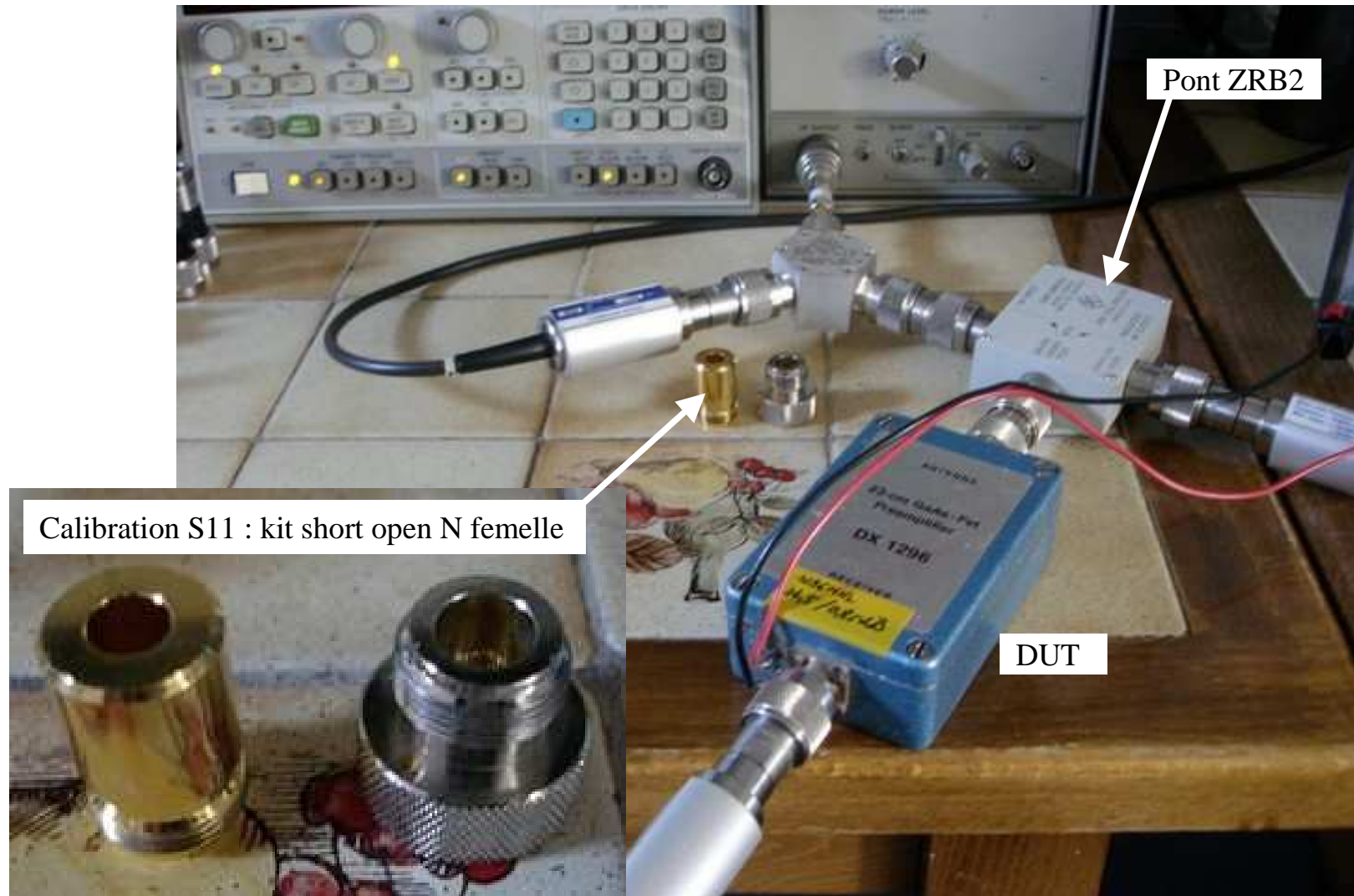
Pont Rhode & Schwarz, 5 – 2000 MHz, extrait d'une boîte de paramètres-S

Directivité 46 dB



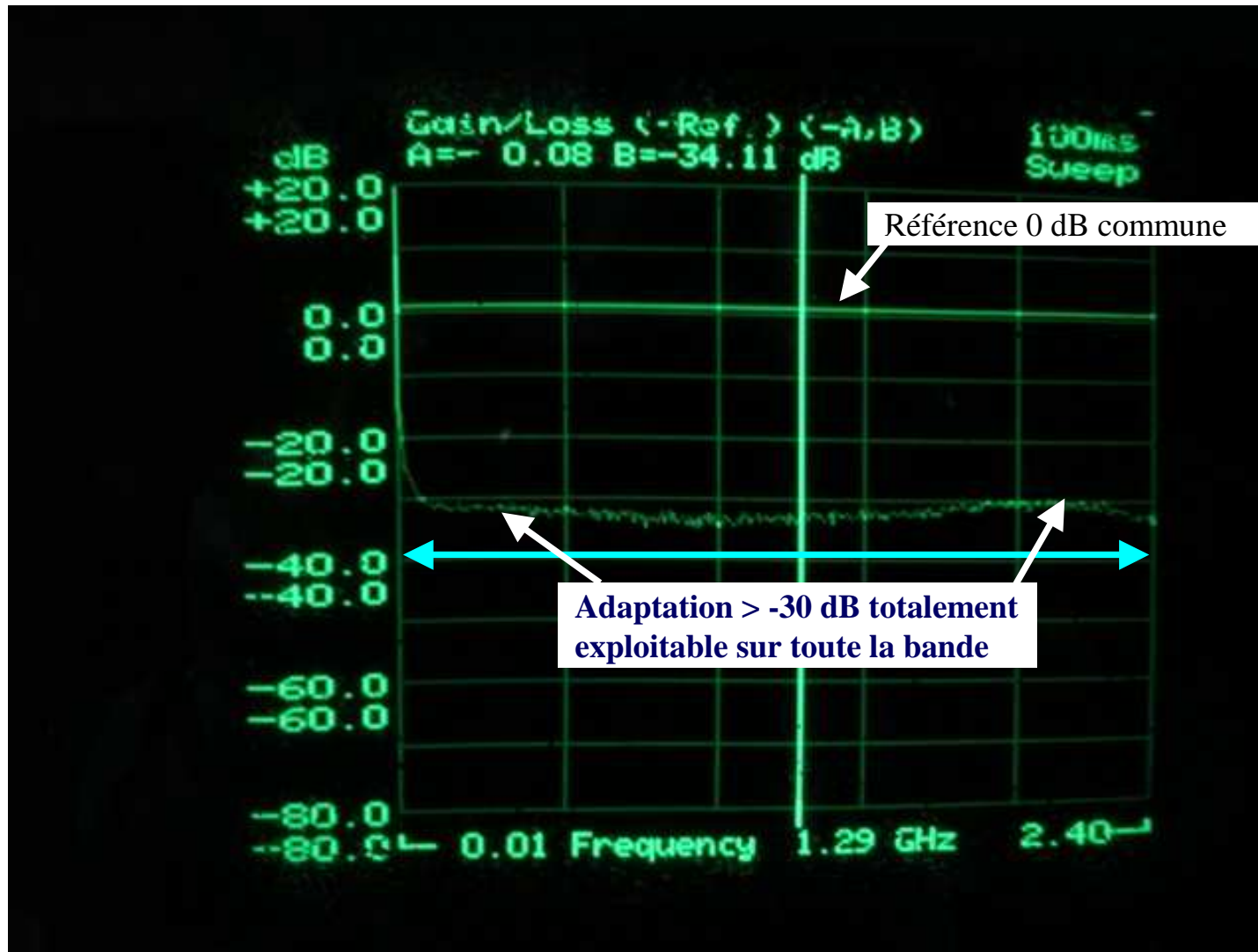
Analyseur scalaire

Configuration de mesure modifiée



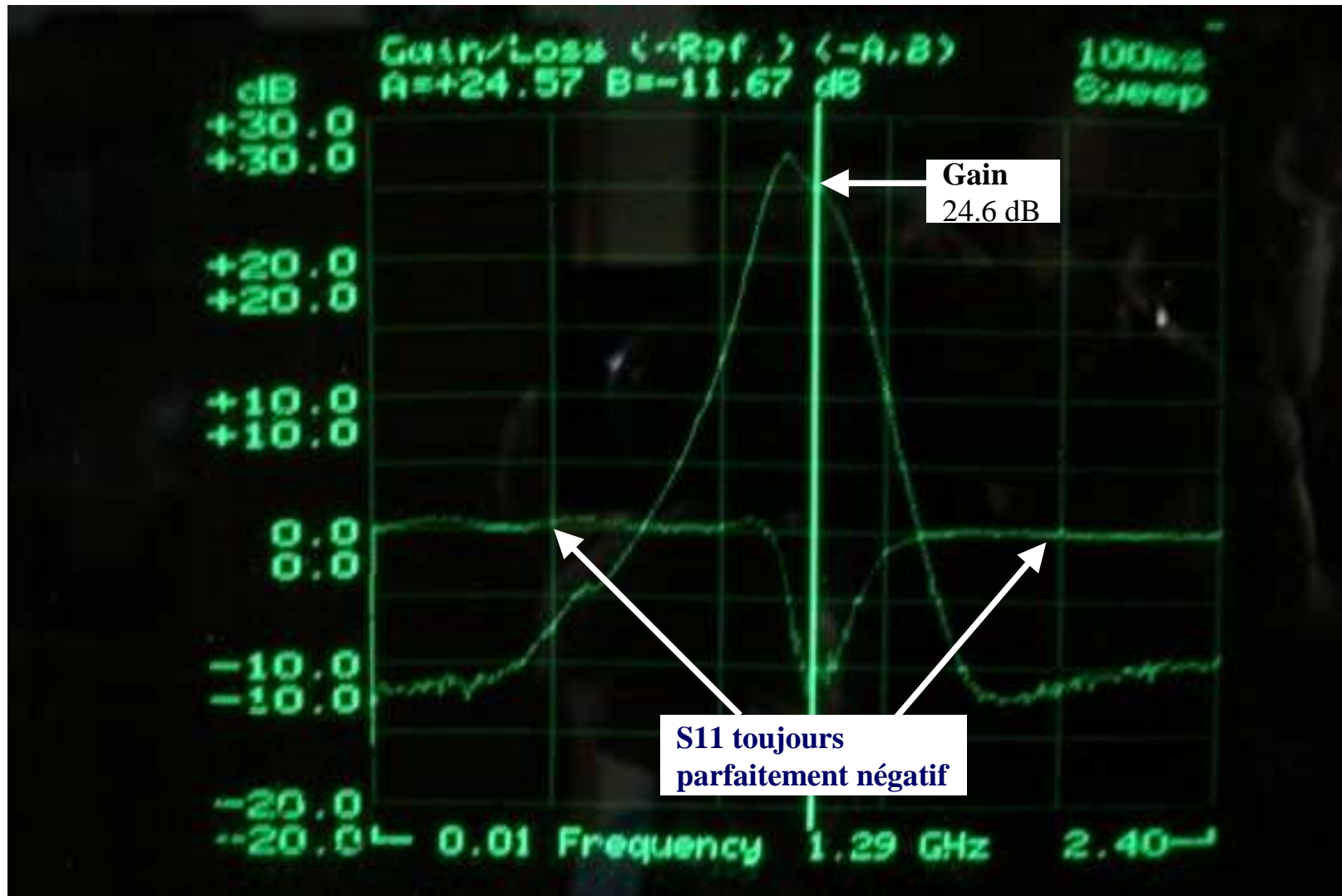
Analyseur scalaire

Calibration terminée, aspect final



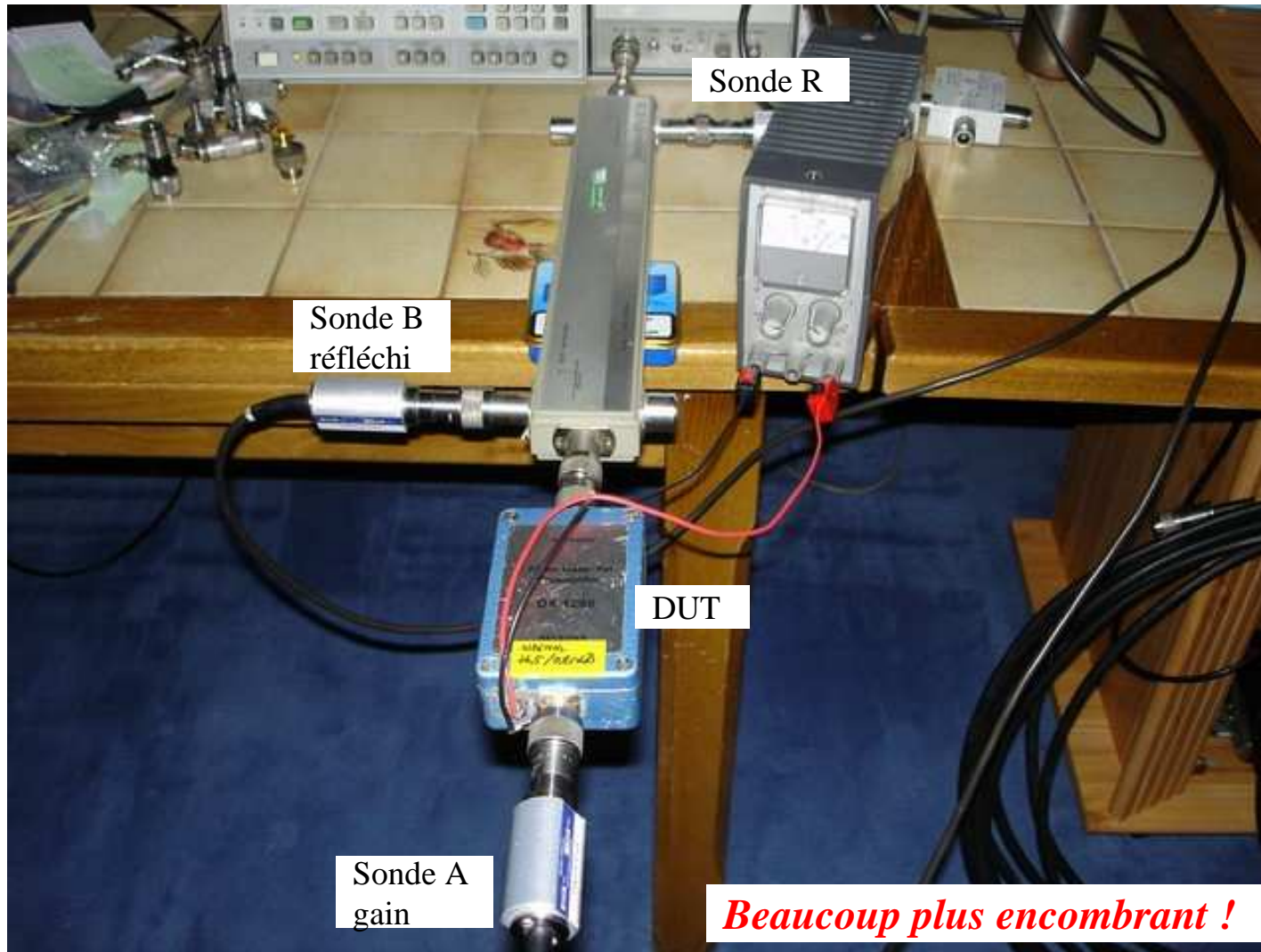
Analyseur scalaire

Préampli 1296 MHz faible bruit



Analyseur scalaire

Mesures avec pont bidirectionnel HP 778D couplage 20 dB

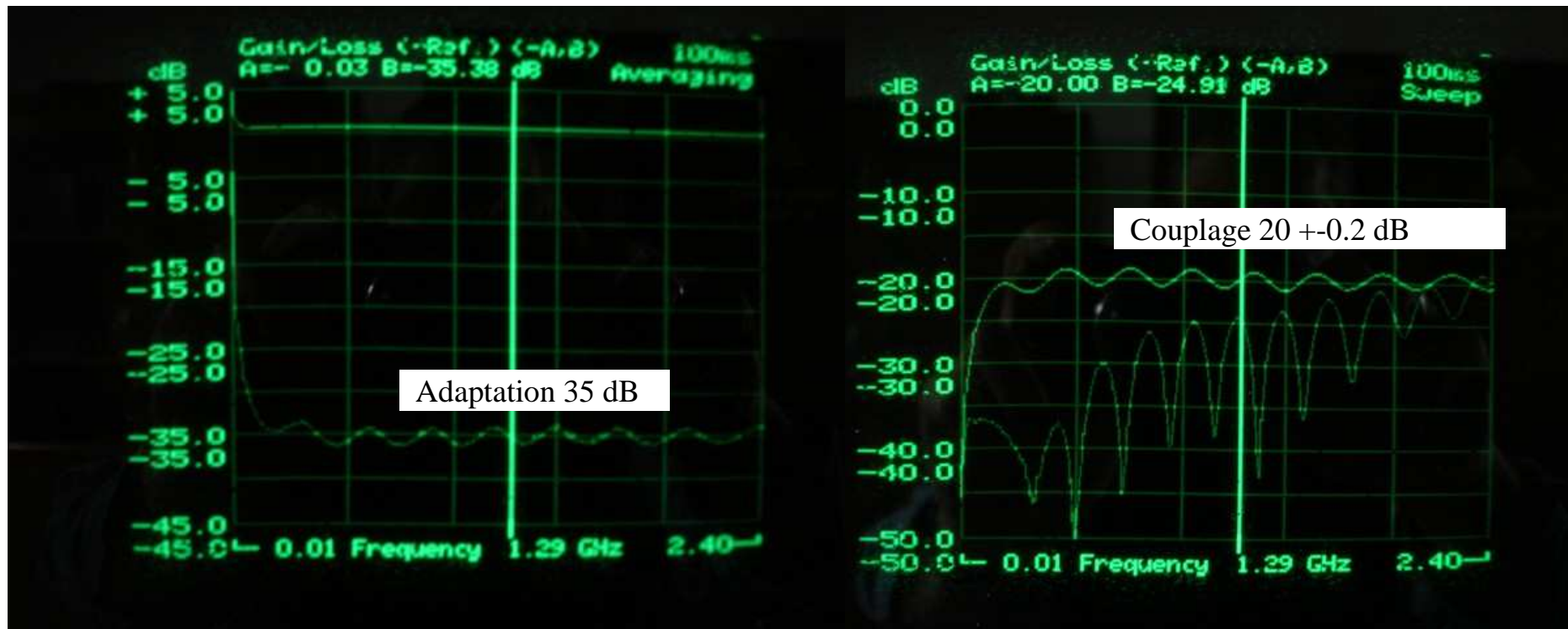


Analyseur scalaire

Vérification de la fonctionnalité du pont bidirectif HP 778D

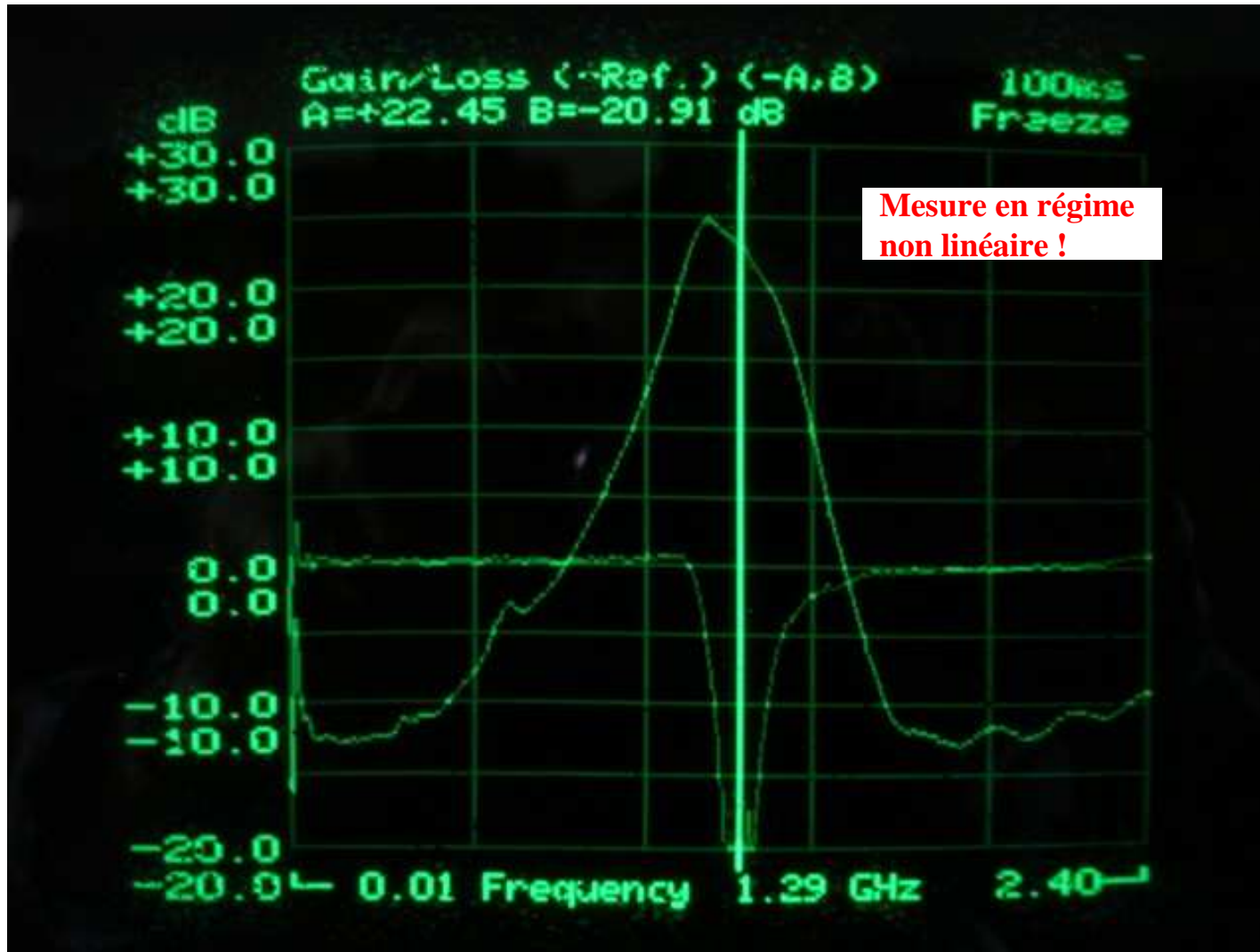
Atténuation en direct

Voie couplée (sonde R)



Analyseur scalaire

Préampli 1296 MHz faible bruit



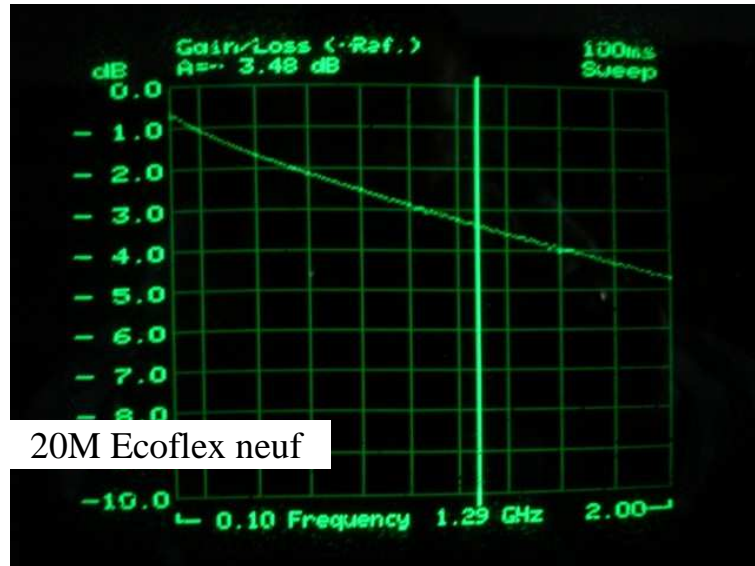
Analyseur scalaire



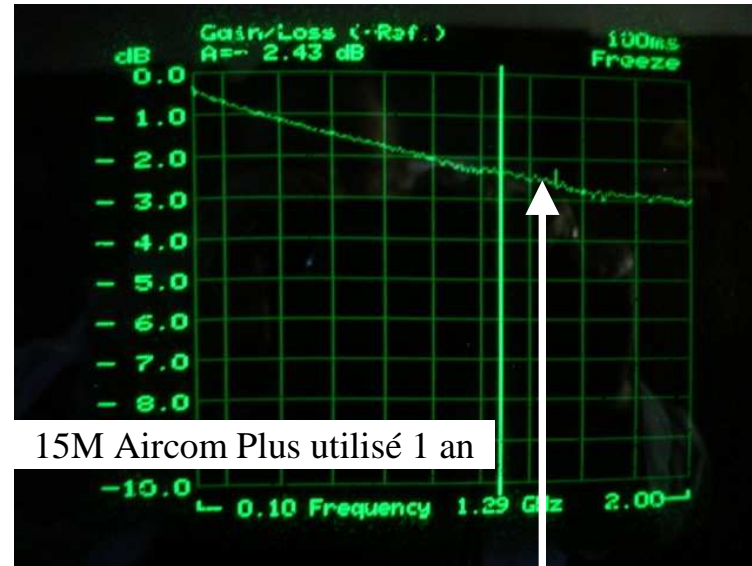
6- Mesures de pertes de câbles coaxiaux sur Marconi 6500

Analyseur scalaire

Pertes de câbles coaxiaux ECOFLEX ou AIRCOM PLUS à 1.3 GHz:



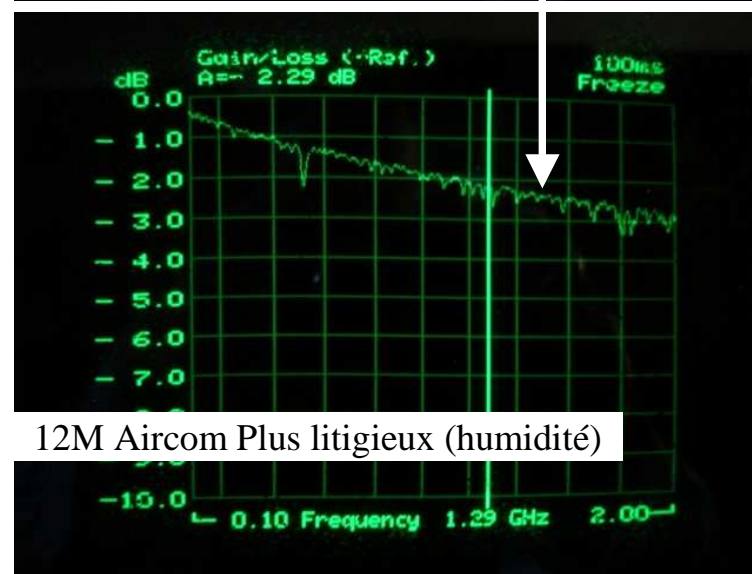
20M Ecoflex neuf



15M Aircom Plus utilisé 1 an



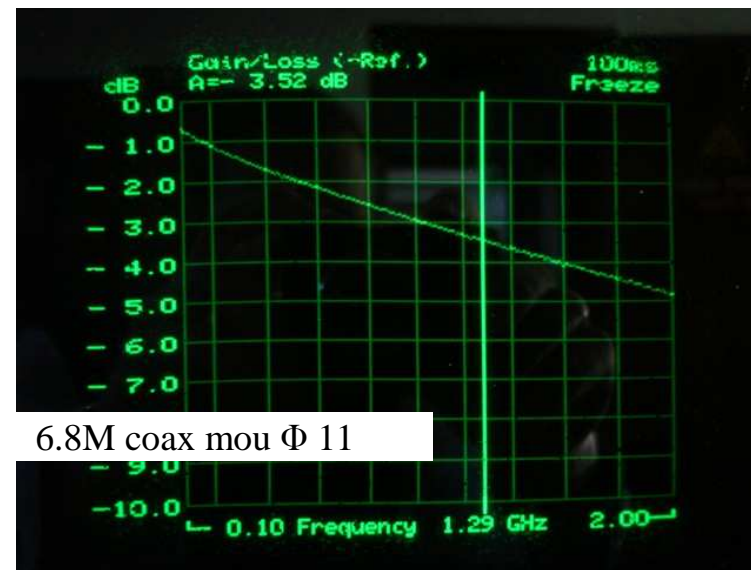
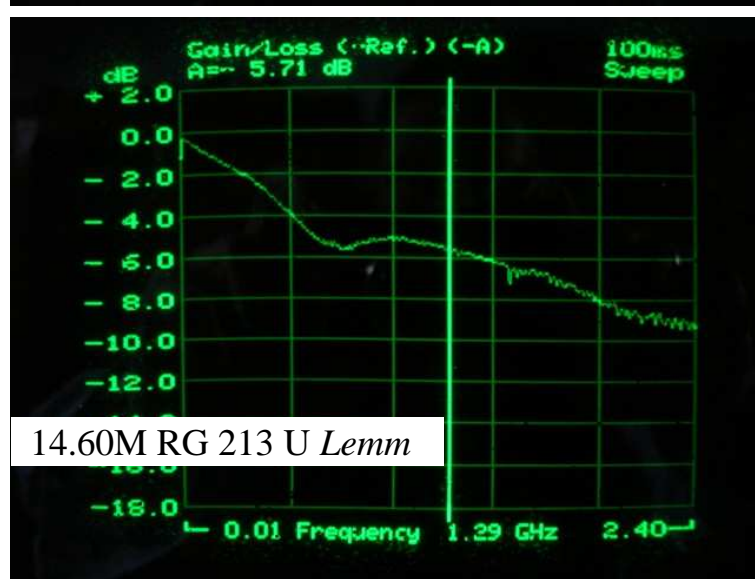
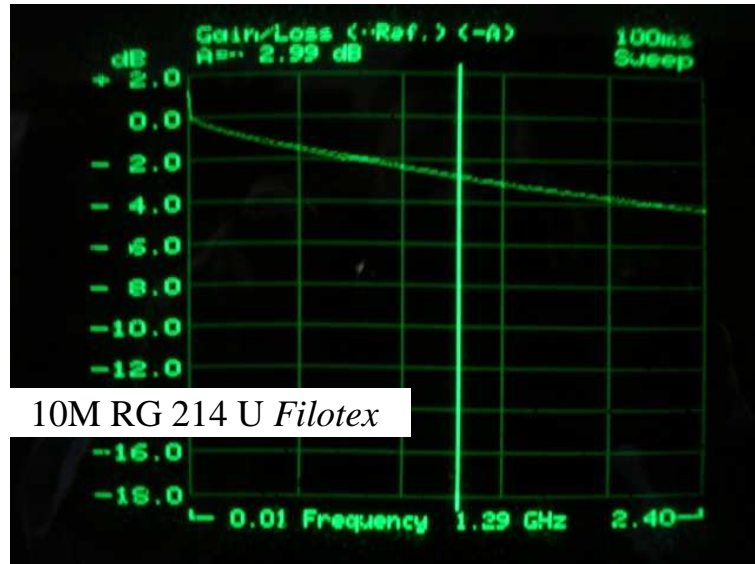
6M Aircom Plus neuf



12M Aircom Plus litigieux (humidité)

Analyseur scalaire

Pertes de câbles coaxiaux conventionnels à 1.3 GHz:



Parfaite corrélation avec les mesures sur analyseur gain/bruit HP 8970a + noise source Ailtech 7615 ENR 15 dB, réalisées à 1296 MHz

Analyseur scalaire

7- Mesures de P1dBc sur Marconi 6500



Analyseur scalaire

Calibration en P1dBc (dBm) à fréquence fixe:

Incomplet, à
peaufiner

Amplifier 1 dB compression point measurements

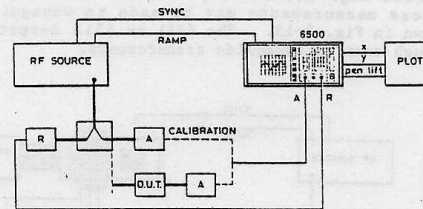


Fig. 3-16 Amplifier 1 dB compression point measurements

This technique uses a ratio between input and output powers followed by a relative output power measurement also including frequency normalization.

(1) With the equipment set up as shown in Fig. 3-16 connect channel A detector directly to the power splitter and ensure that the amplifier is operating in its linear region.

(2) Carry out a ratio measurement selecting A and -R:



(3) Normalize the frequency response by selecting:



(4) Insert the amplifier (D.U.T.) between the channel A detector and the power splitter.

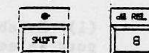
Note...

If the amplifier has an output level greater than +16 dBm a suitable attenuator pad should be inserted before the detector.

(5) Measure the amplifier gain thus:



(6) Select a reference point on the display with the brightline control and reference this point to 00.00 dB by selecting:



(7) Set DATUM to +1 dB, set RANGE to 1 dB/div. Increase the RF source level until the response at the reference point falls by 1 dB, this indicates the 1 dB compression point.

(8) The actual amplifier output power at this frequency can be measured by selecting channel A



Note...

If an attenuator was included before channel A detector, its value (at the brightline frequency chosen as reference) must be added to the power measured.