



Pratique de l'analyseur vectoriel HP 8410

Release 3
The last but not the least !

Préface

VNA = vector network analyseur (analyseur de réseau vectoriel)

Un VNA est un analyseur scalaire doté en plus d'une analyse sur la phase (module + **argument**)

- **Seul l'aspect PRATIQUE a été retenu, en particulier celui d'une indispensable bonne CALIBRATION**
- De nombreux d'articles ont été écrits sur ce sujet – en particulier l'indispensable note d'application 117-1
- Le lecteur se reportera à certaines références données en fin d'exposé

- 1- Banc de mesure
- 2- Calibration en réfléchi : adaptation et phase
- 3- Calibration en transmission
- 4- Variation du 0 dB gain après cal, fonction de la boîte de paramètres-S utilisée
- 5- Amélioration de la dynamique originelle de mesure
- 6- Marqueurs de fréquence obtenus avec sweeps HP 8620 et HP 8350
- 7- Abaque de Smith normale et dilatée
- 8- Conclusions

1- Banc de mesure

HP 8410(a, b ou c)

Banc de mesure - aspect



HP 8350b

HP 8418

HP 8412

HP 8410

HP 8414

HP 8743b

Vobulateur
HP 8620 ou 8350
-6 <P-RF<15 dBm

Visu
phase et
magnitude

Visu polaire
(vectorielle)

Réflexion/transmission
+ ligne à retard

Vectoriel
HP 8410b
(VNA)

HP 8410(a, b ou c)

Banc de mesure - aspect



HP 8410(a, b ou c)

Banc de mesure – comment les éléments causent entre eux ?

Si l'ensemble HP 8410 + display polaire HP 8414 est utilisé tout SEUL, (+ transm/refl test-set) alors :

- aucun autre câble que le coaxial RF entre sweep et boîte réflexion / transmission n'est indispensable
- il permet immédiatement une calibration en phase correcte

La visu magnitude HP 8412 additionnelle nécessite au moins l'information sweep-out du vobulateur

- Les 2 visus magnitude HP 8412 et phase HP 8414 sont totalement interchangeables entre le HP 8410 et le 2ème mainframe HP 8418

HP 8410(a, b ou c)

Banc de mesure – principe de branchement avec visu phase / magnitude

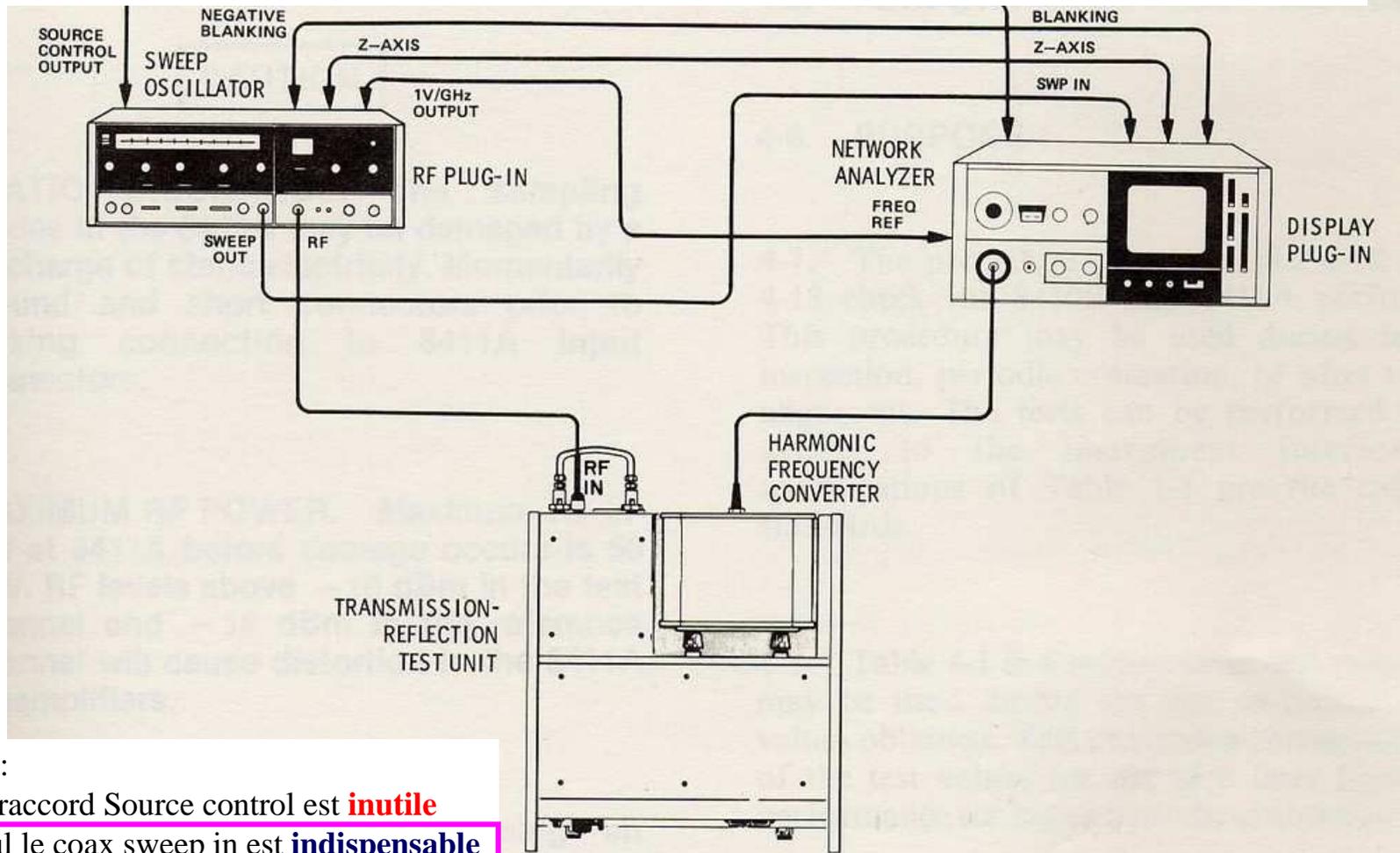


Figure 3-3. Typical Test Setup for Multi-octave Measurements

HP 8410(a, b ou c)

Banc de mesure – branchement complet avec visus phase / magnitude + polaire

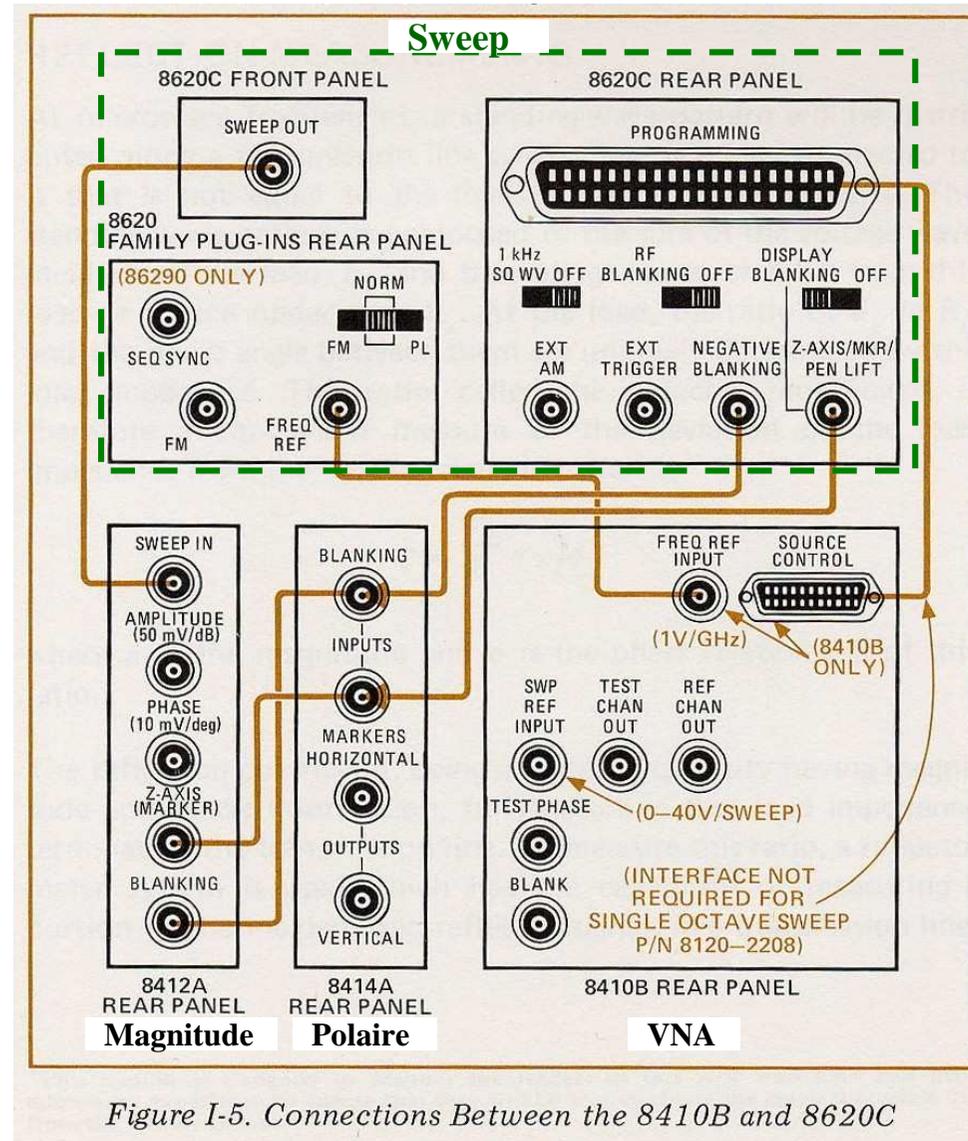
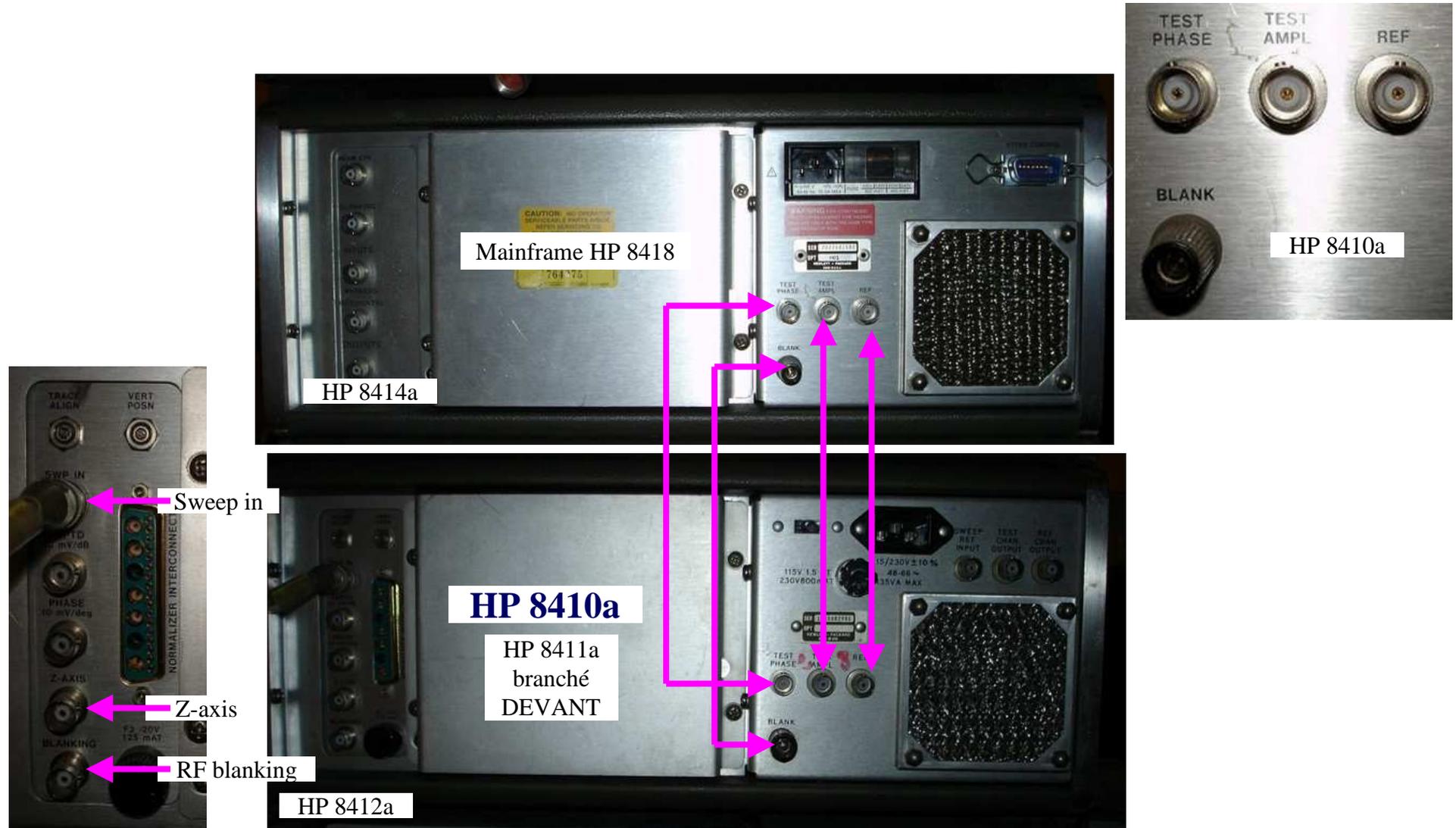


Figure I-5. Connections Between the 8410B and 8620C

HP 8410(a, b ou c)

Banc de mesure – branchement complet



HP 8410(a, b ou c)

Différences entre modèles HP 8410 a, b (et c)

Le convertisseur harmonique de fréquences HP 8411a se branche :

-HP 8410a → **devant**

-HP 8410b → **à l'arrière** libérant ainsi l'espace avant de travail

Du coup l'idéal est de :

- posséder un tiroir de sweep avec **sortie arrière** !

- minimiser la distance entre sweep et pont directionnel (pertes RF minimales)

Le VNA HP 8410 peut ainsi être déporté loin du pont directionnel ($L_{max} = L_{c\grave{a}ble}$ du HP 8746b)

| | Fréquence | Connecteur HP 8411a | BNC sweep | BNC arrière chassis * |
|----------|--------------|-------------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| HP 8410a | 0.5 – 12 GHz | devant | Sur magn display HP 8412a | 3 |
| HP 8410b | 2 – 18 GHz | derrière (cache rond en face avant) | Aussi sur arrière chassis | 4 |
| HP 8410c | 2 – 18 GHz | derrière | ? | totalemnt automatisable |

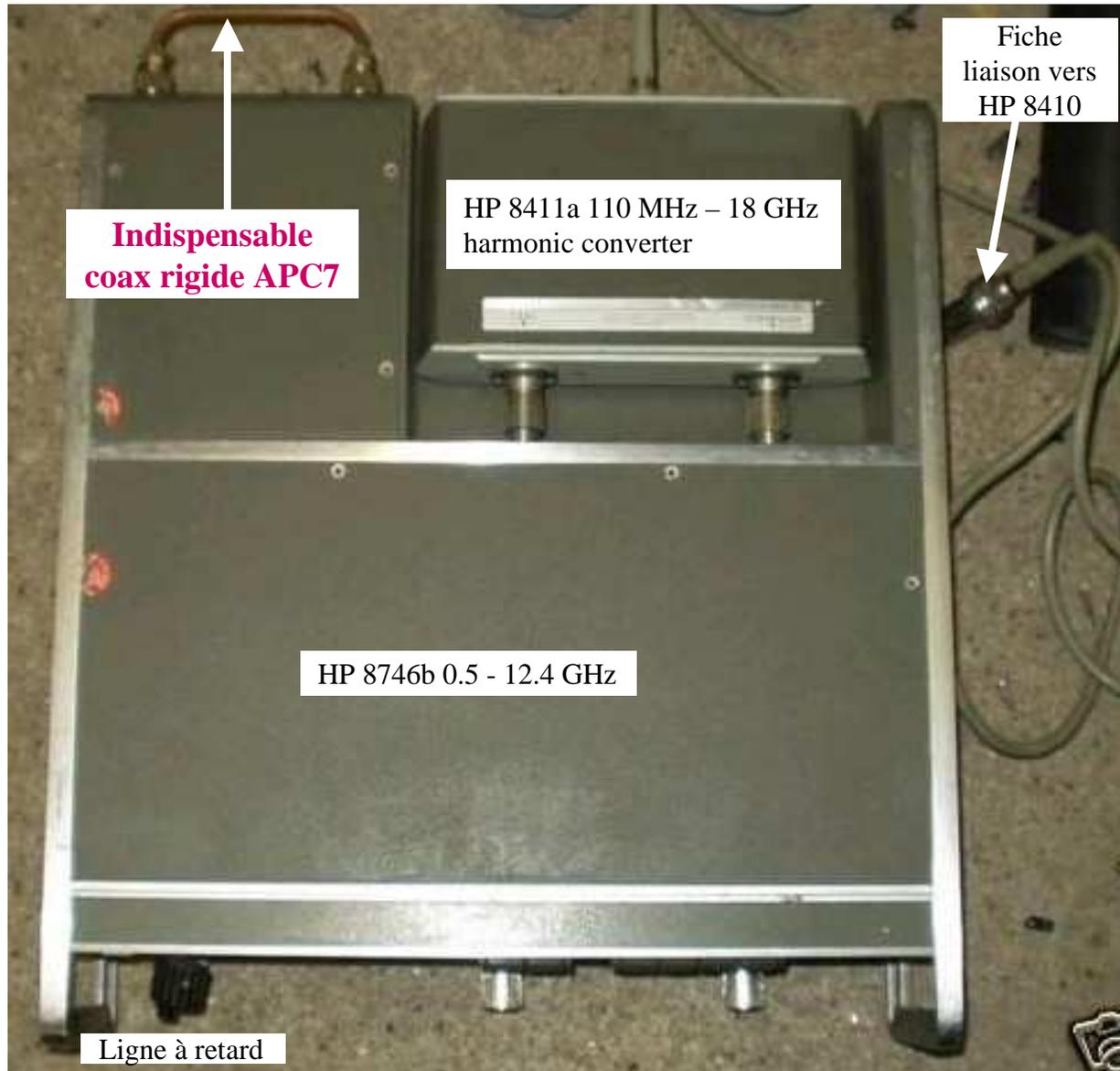
* Fiches BNC sur chassis du HP 8410:

- HP 8410a: 3 fiches BNC test phase – test ampl – Ref + fiche banane Blanking

- HP 8410b: 4ème fiche BNC sweep-in (idem à la BNC arrière du display HP 8412)

HP 8410(a, b or c)

Banc de mesures – pont directionnel transmission/réflexion

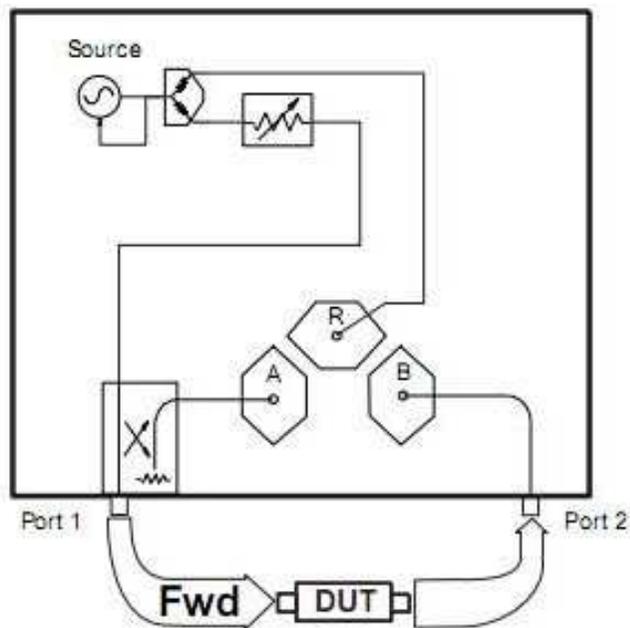


HP 8410(a, b or c)

Banc de mesures – 2 familles de ponts directionnels transmission/réflexion

HP 8743

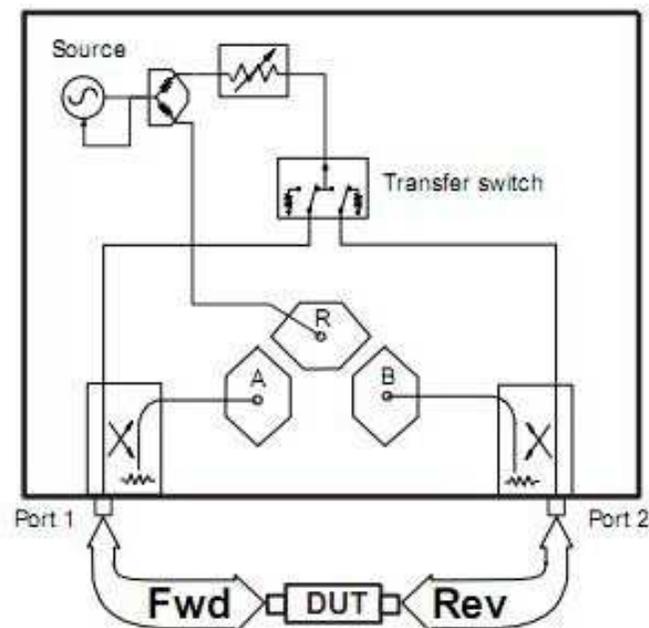
Transmission/Reflection Test Set



- RF power always comes out of port 1
- port 2 is always receiver
- **response, one-port** cal available

HP 8745 ou 8746

S-Parameter Test Set

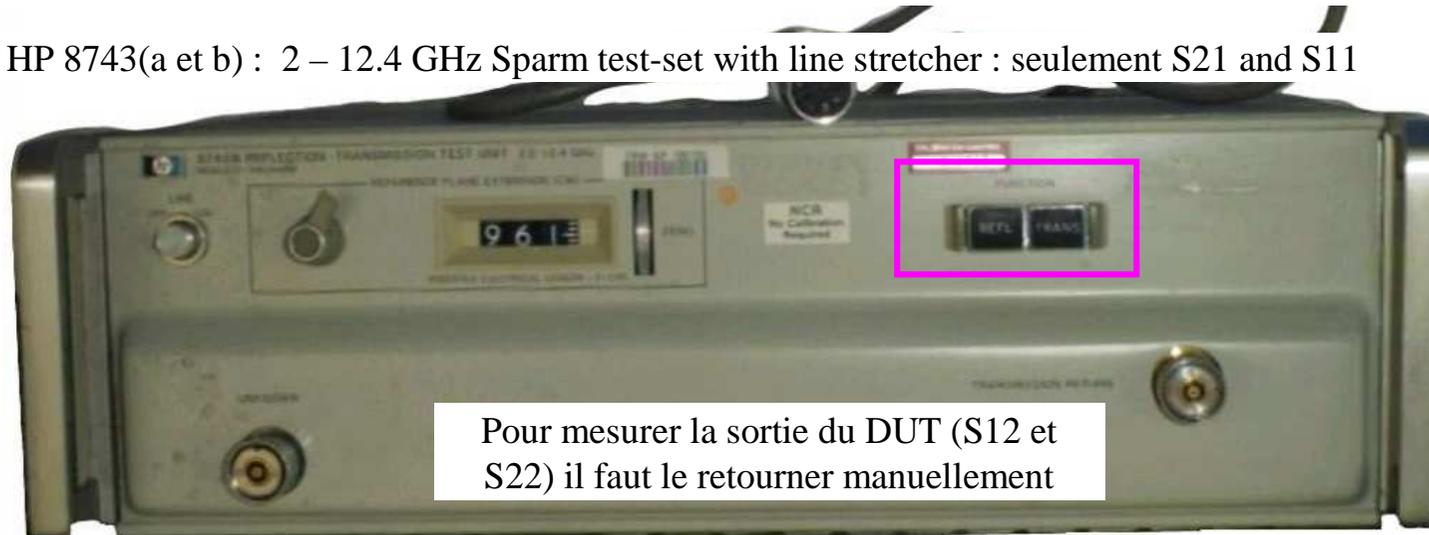


- RF power comes out of port 1 or port 2
- forward and reverse measurements
- **two-port** calibration possible

HP 8410(a, b or c)

Banc de mesures – 2 familles de ponts directionnels transmission/réflexion

HP 8743(a et b) : 2 – 12.4 GHz Sparm test-set with line stretcher : seulement S21 and S11



HP 8746b 2 – 12.4 GHz real switched Sparm test-set with attenuator



HP 8410(a, b or c)

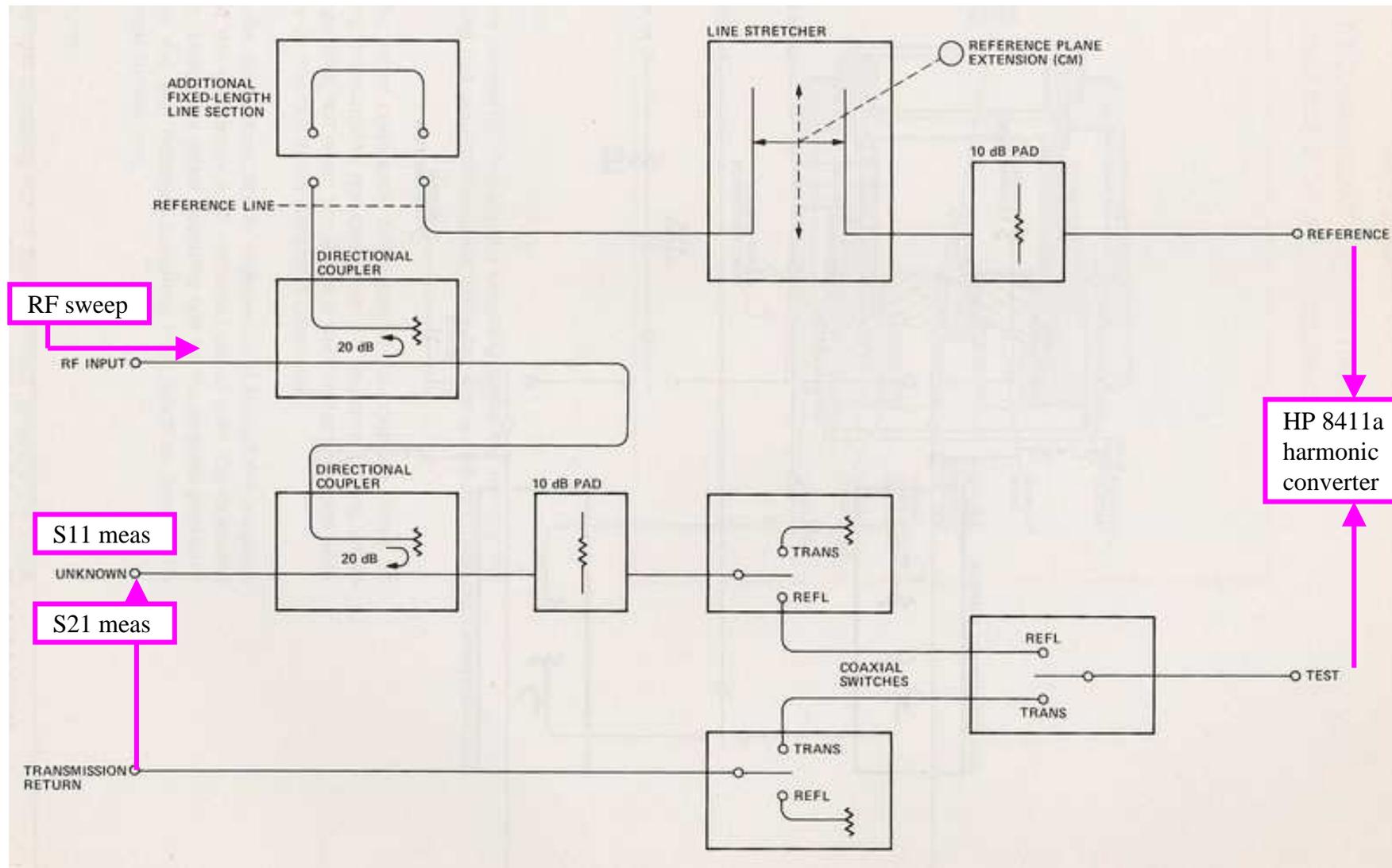
Pont directionnel 8743a : 2 – 12.4 GHz un canal – seulement S21 et S11



Pour mesurer la sortie du DUT (S12 et S22) il faut le retourner manuellement

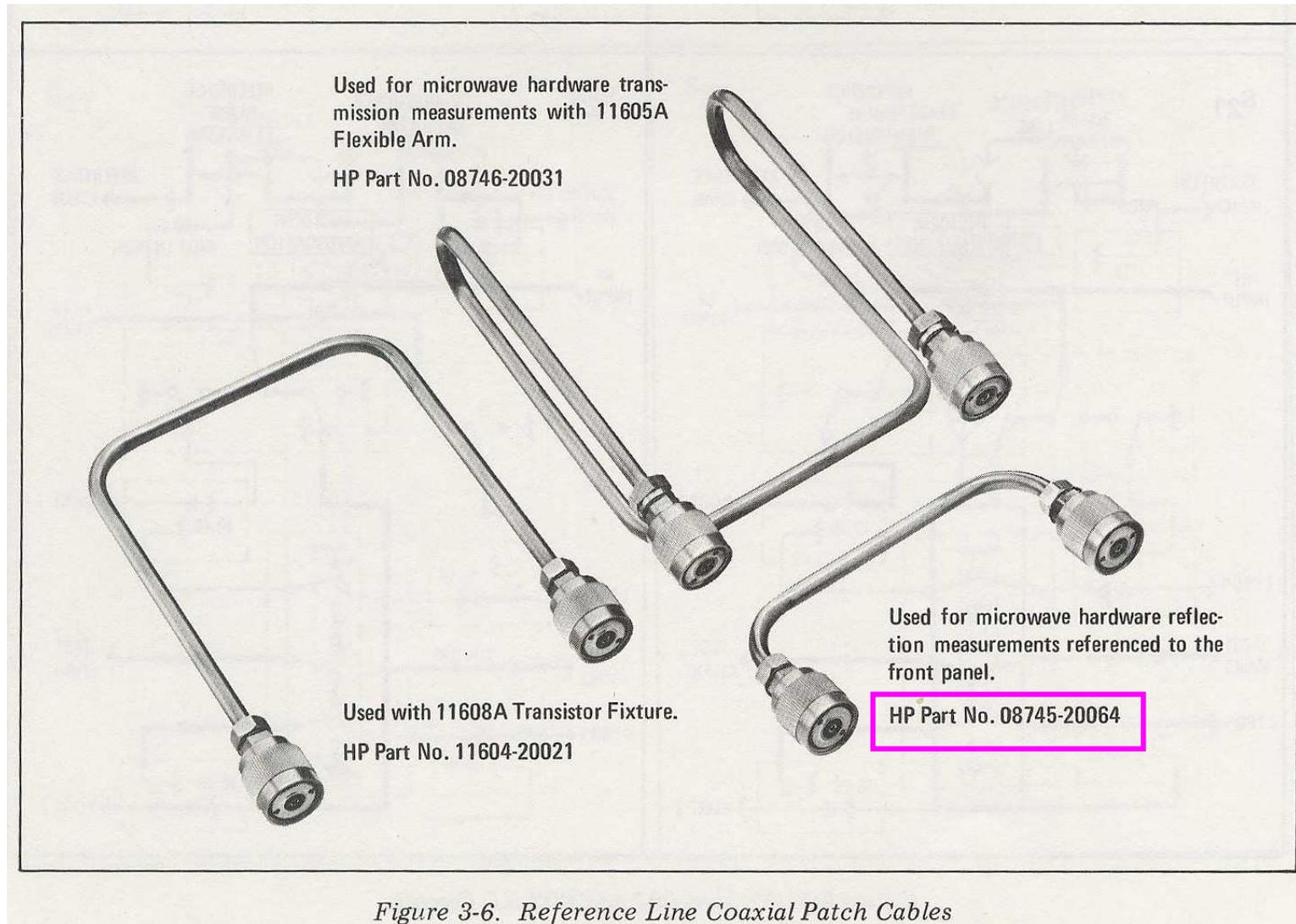
HP 8410(a, b or c)

Pont HP 8743a – schéma de principe RF (pas de polarisation prévue)



HP 8410(a, b or c)

Les 3 lignes différentes APC7 à l'arrière du pont directionnel selon l'utilisation



HP 8410(a, b or c)

Pont HP 8746b : 2 – 12.4 GHz real switched Sparm test-set with attenuator & bias



HP 8410(a, b or c)

Pont HP 8746b – schéma de principe RF du pont HP 8746b (avec polarisation)

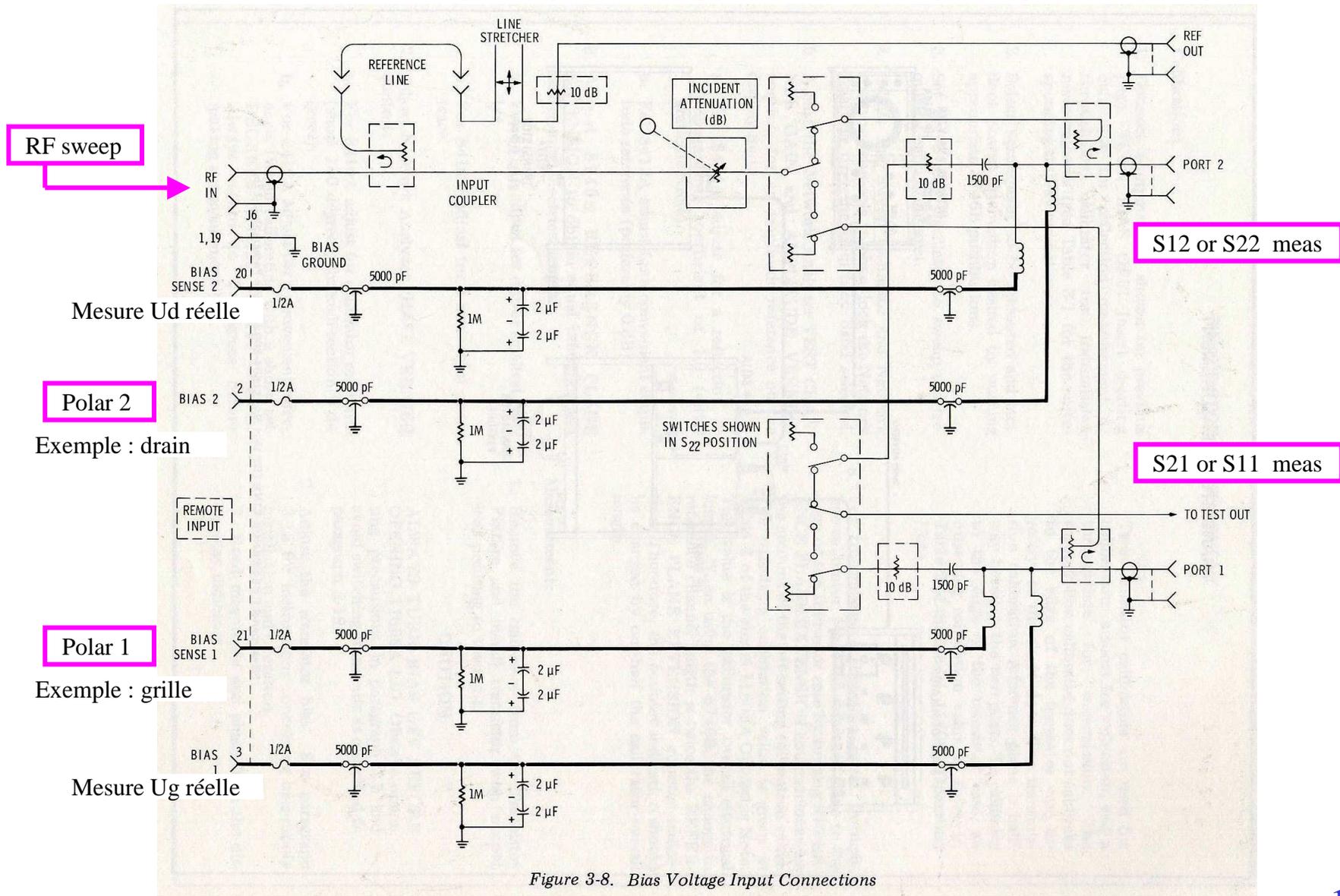
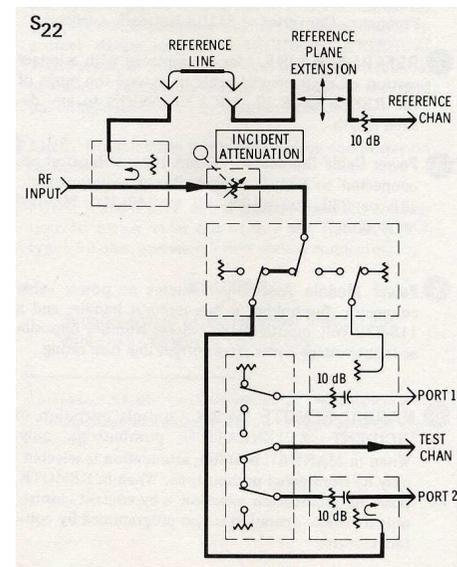
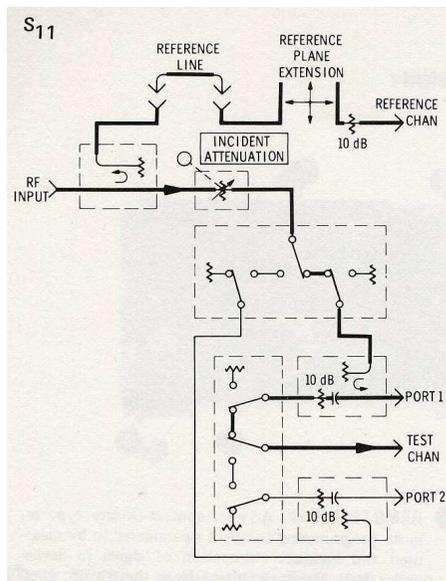
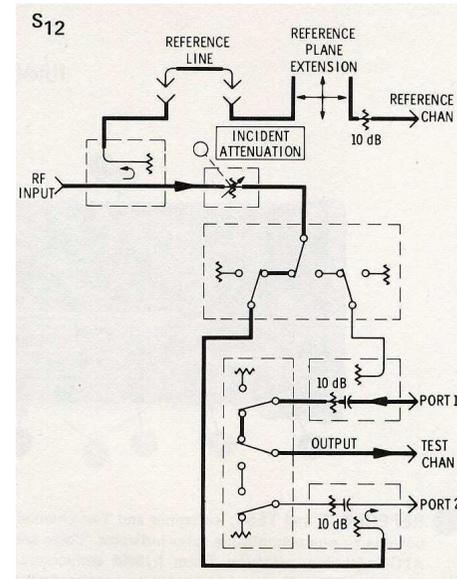
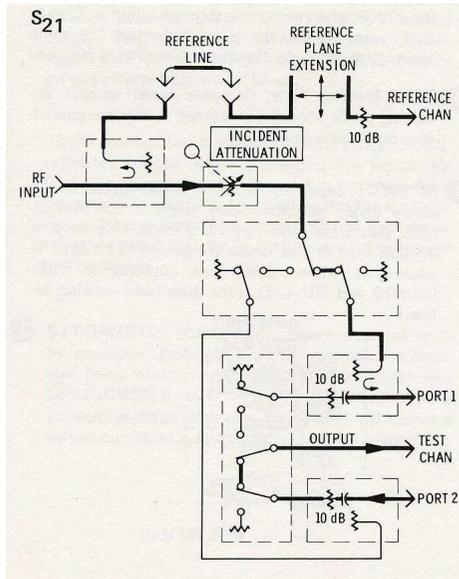


Figure 3-8. Bias Voltage Input Connections

HP 8410(a, b or c)

Pont HP 8746b – commutations directe/réfléchie sur chaque port



HP 8410(a, b or c)

Pont HP 8746b – câblage du connecteur 36 broches arrière

Table 3-2. Remote Input Connector Pin Functions

| Pin Number | Function |
|------------|---|
| 1 | Chassis Ground |
| 2 | Port 2 Bias (connect to output circuit bias) |
| 3 | Port 1 Bias (connect to input circuit bias) |
| 6 | Remote S-Parameter Select (“1” bit) |
| 15 | Remote Attenuation Select (10 dB bit) |
| 16 | Remote Attenuation Select (40 dB bit) |
| 17 | Remote Operation Enabling (short to pin 18 or 36) |
| 18 | Common Logic Ground |
| 19 | Chassis Ground |
| 20 | Port 2 Bias Sense (output circuit bias sensing) |
| 21 | Port 1 Bias Sense (input circuit bias sensing) |
| 24 | Remote S-Parameter Select (“2” bit) |
| 33 | Remote Attenuation Select (20 dB bit) |
| 36 | Common Logic Ground |
| All Others | No connection |

HP 8410(a, b or c)

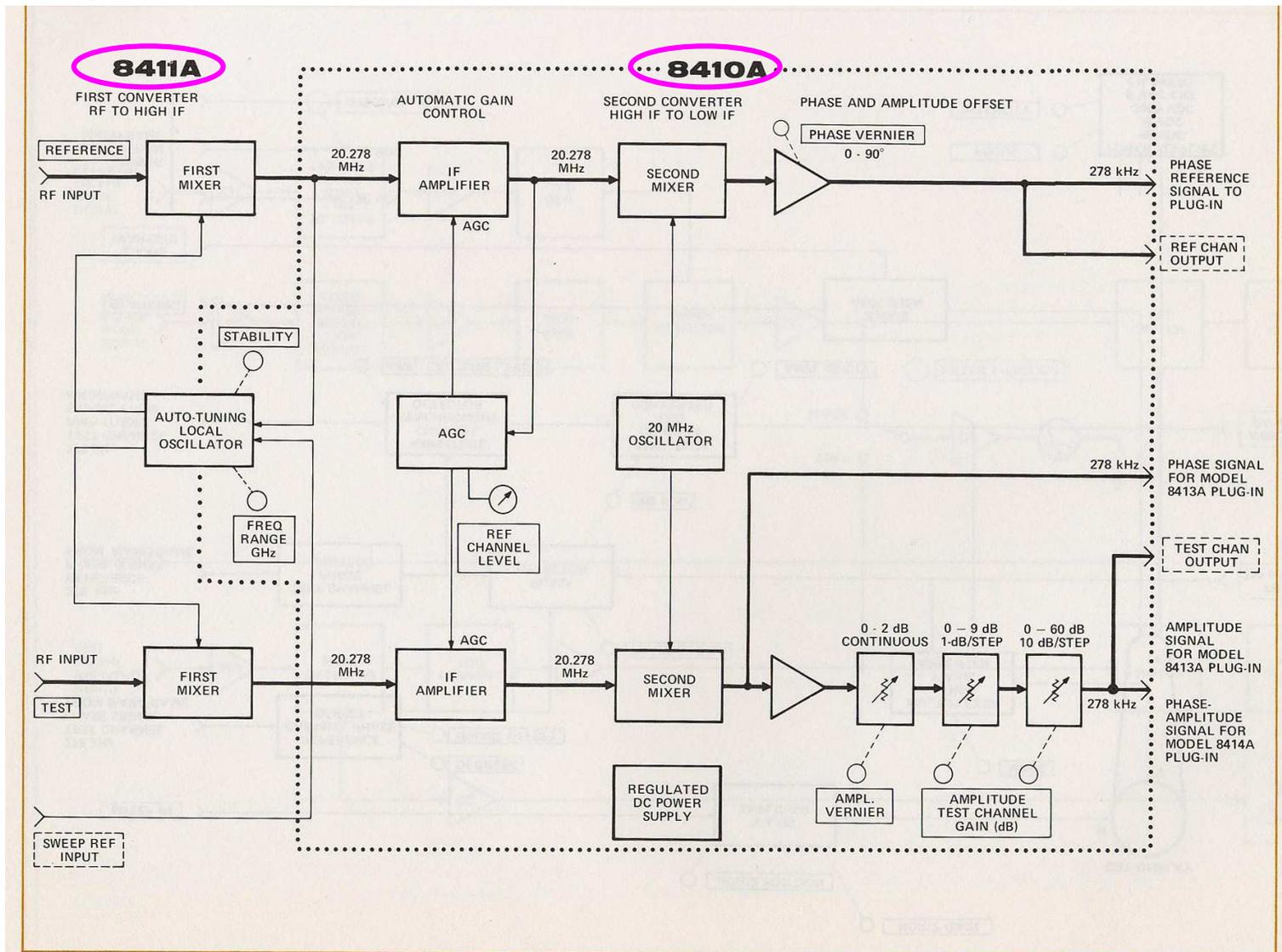
Banc de mesures – indispensable harmonic converter HP 8411a

HP 8411a harmonic frequency converter 110 MHz – 12.4 GHz : utilisé à l'arrière du HP 8746b



HP 8410(a, b ou c)

Schéma de principe – liaison entre VNA HP 8410 et harmonic converter HP 8411a



Model 8410/8411A Basic Block Diagram

2- Calibration en réfléchi (**incontournable**)

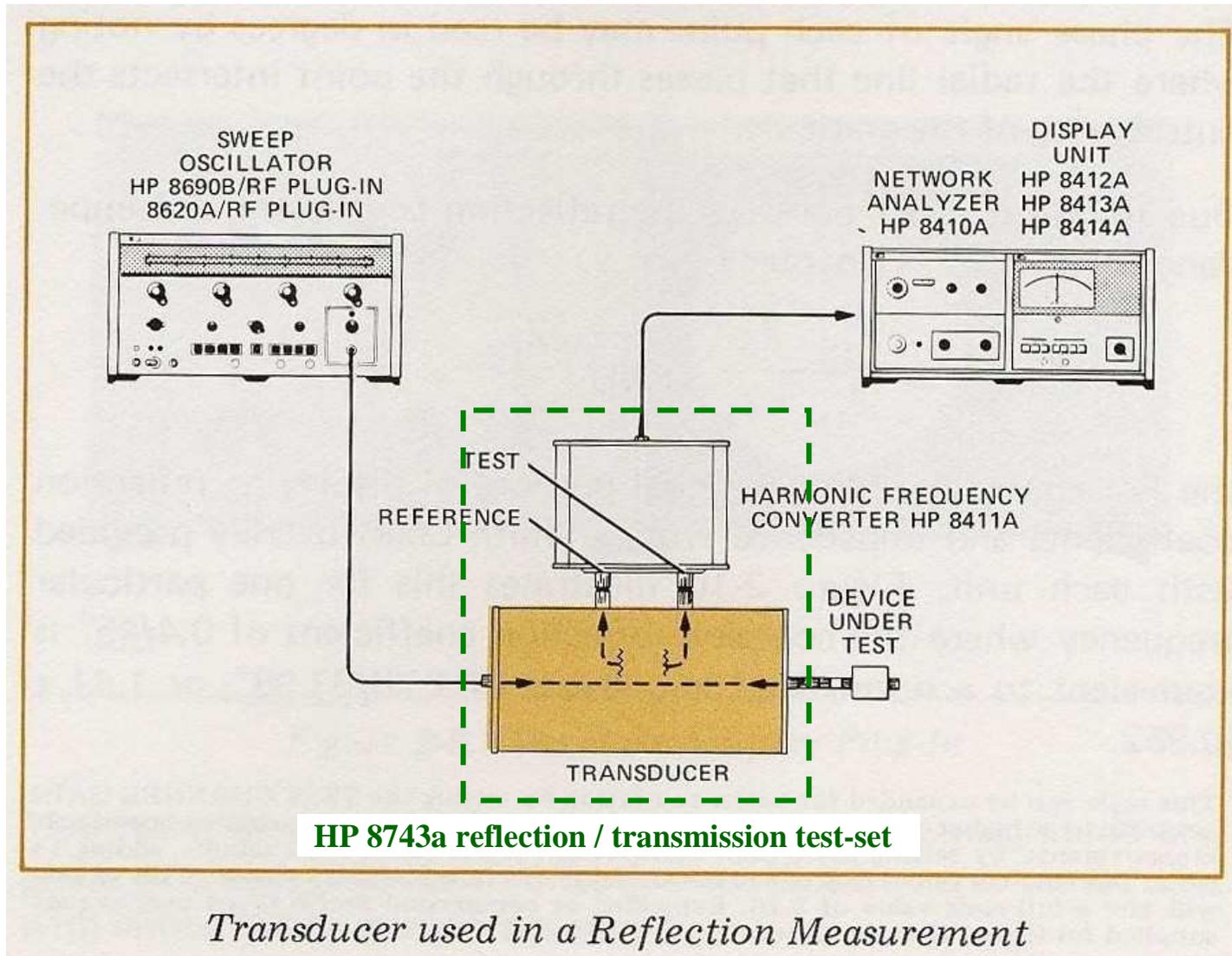
Conditions initiales

Exemple : balayage sweep large bande, par exemple de 6 à 12 GHz

Plan de référence utilisé : sortie de fiche N femelle après transition APC7 / N sur l'entrée du pont HP 8743b

Calibration en réfléchi

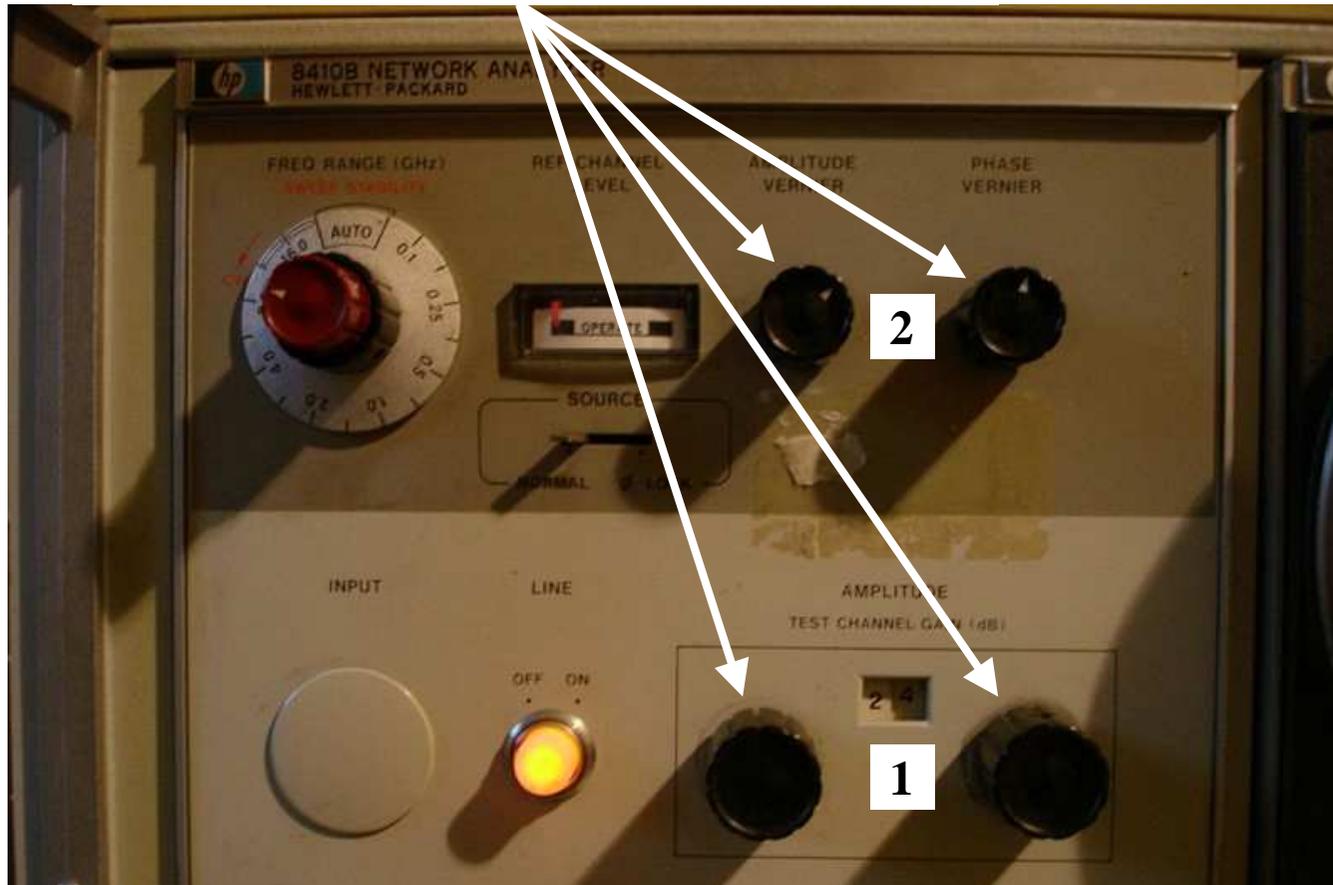
Calibration en réflexion (schéma)



Calibration en réfléchi

Calibration sur court-circuit (short)

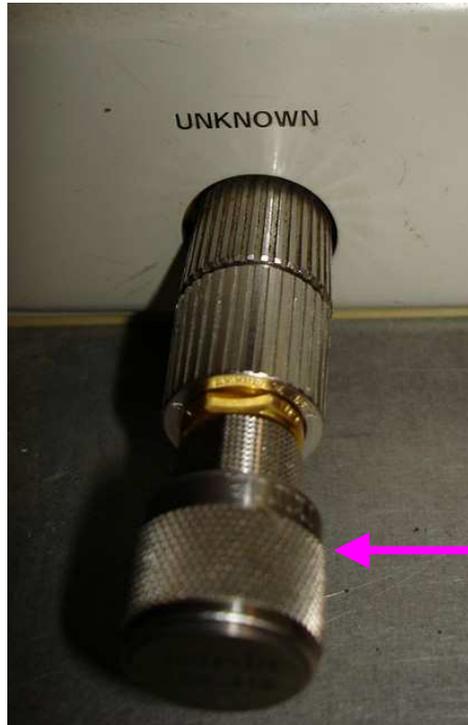
- Vérifier que la plage de réglage de phase est bonne
- Agir par réglages convergents sur :



- 1- ensemble atténuateur
- 2- amplis amplitude (rayon) et phase (position) du spot
- 3- ajustement ligne à air pour obtenir un « tortillon » le plus petit possible

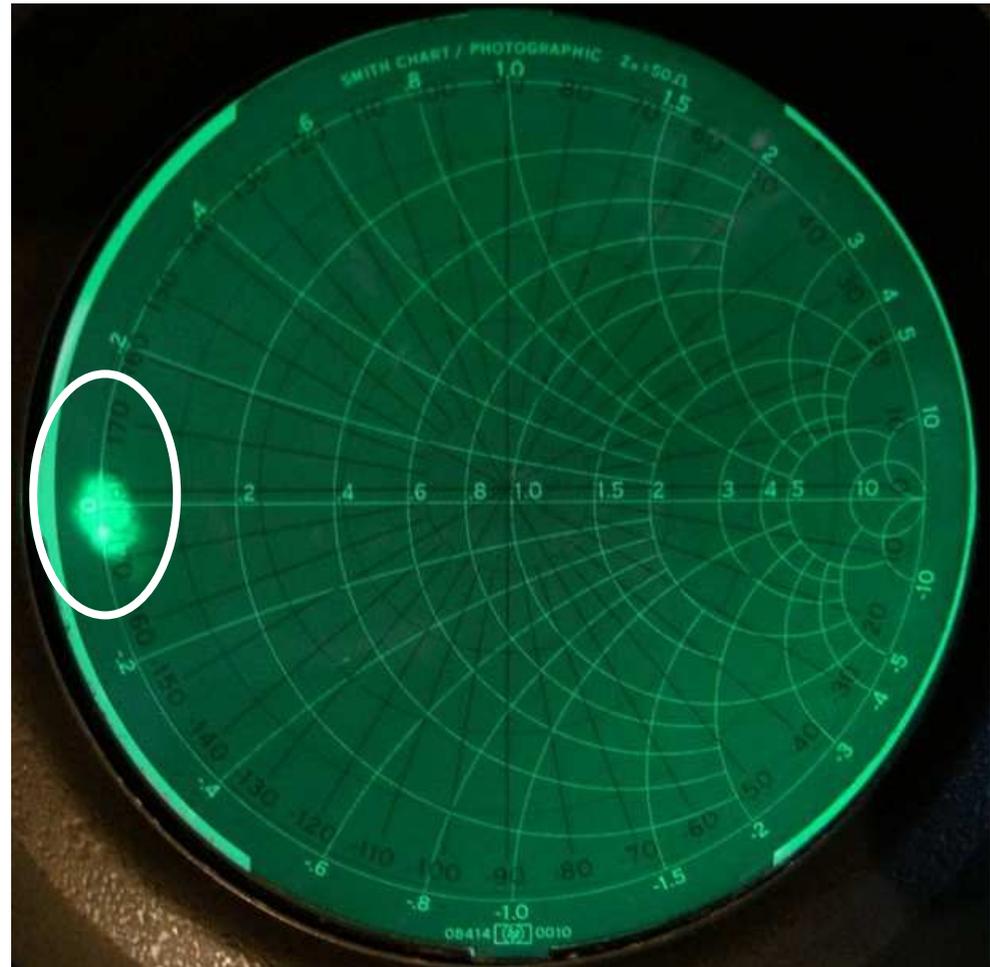
Calibration en réfléchi

Calibration sur court-circuit (short)



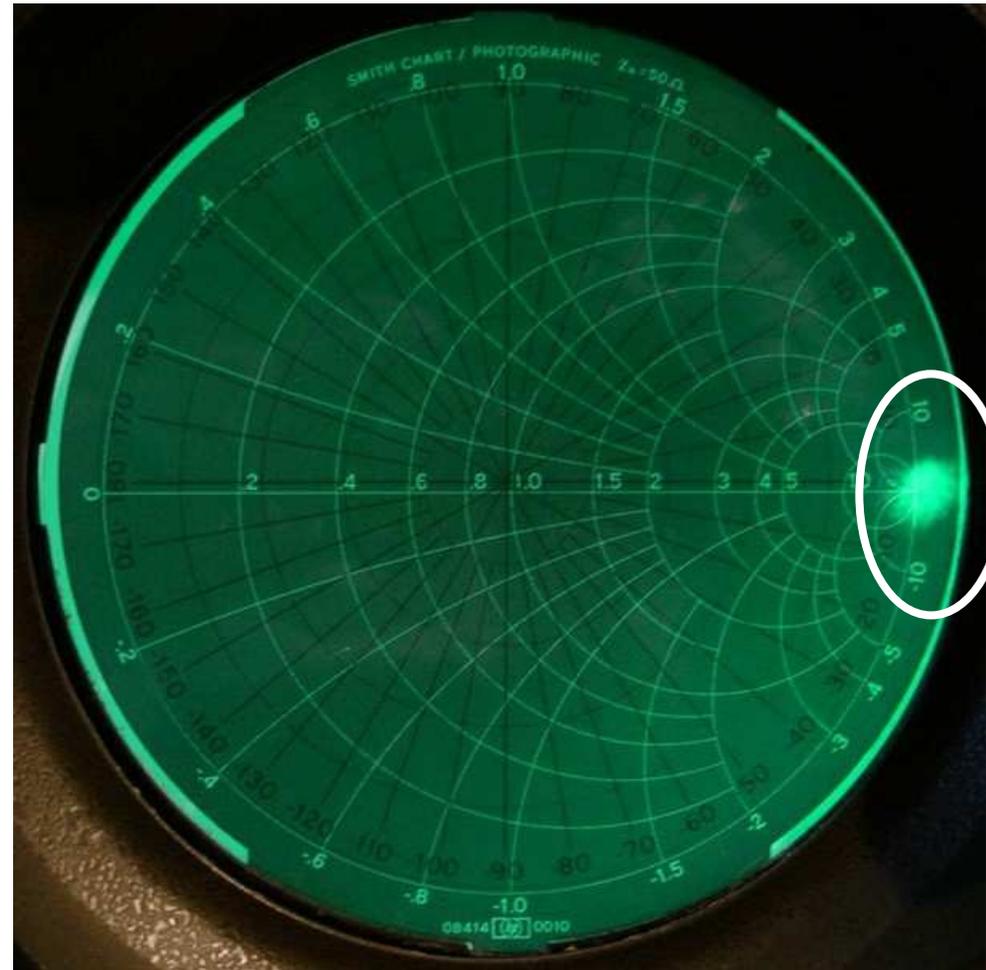
Avec seulement un display HP 8412a, calibrer en phase en obtenant une ligne la plus horizontale possible

Plan de référence



Calibration en réfléchi

Calibration sur circuit ouvert (open)



Calibration en réfléchi

Vérification sur bonne charge 50 Ohms large bande (load)

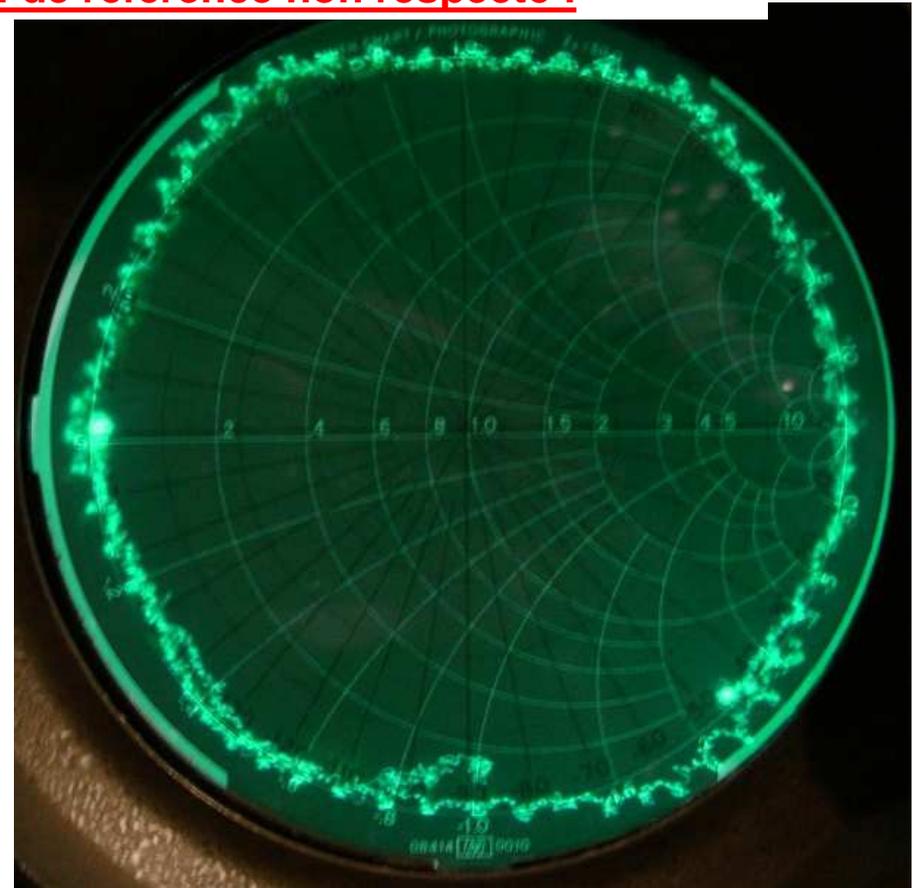


Plan de
référence



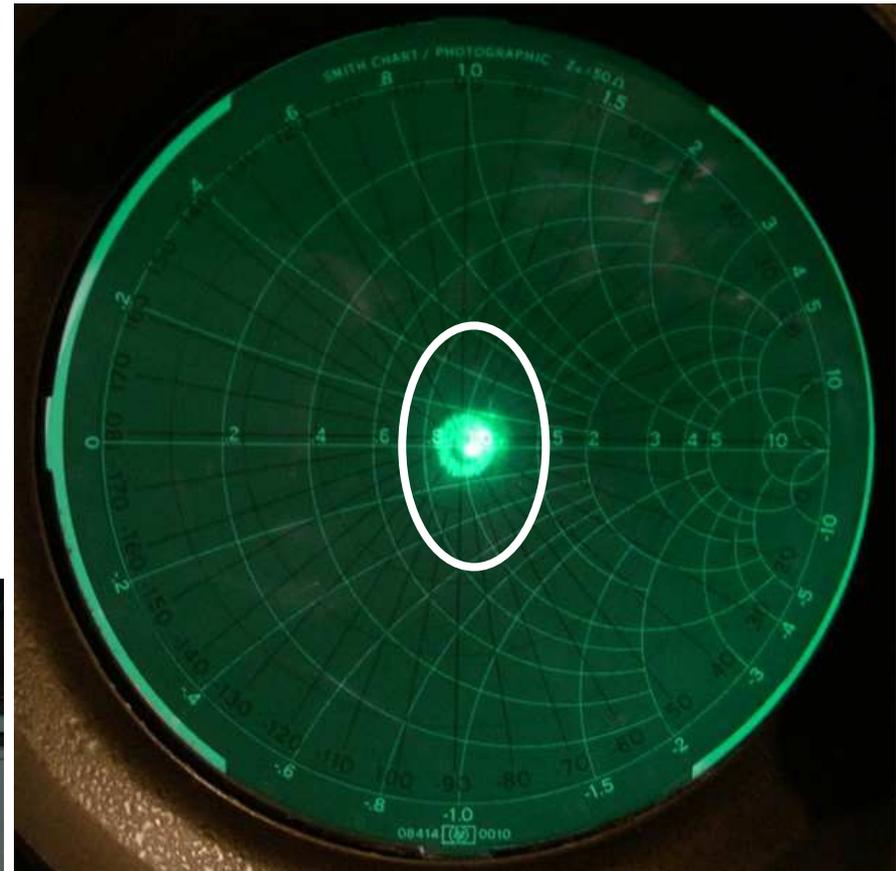
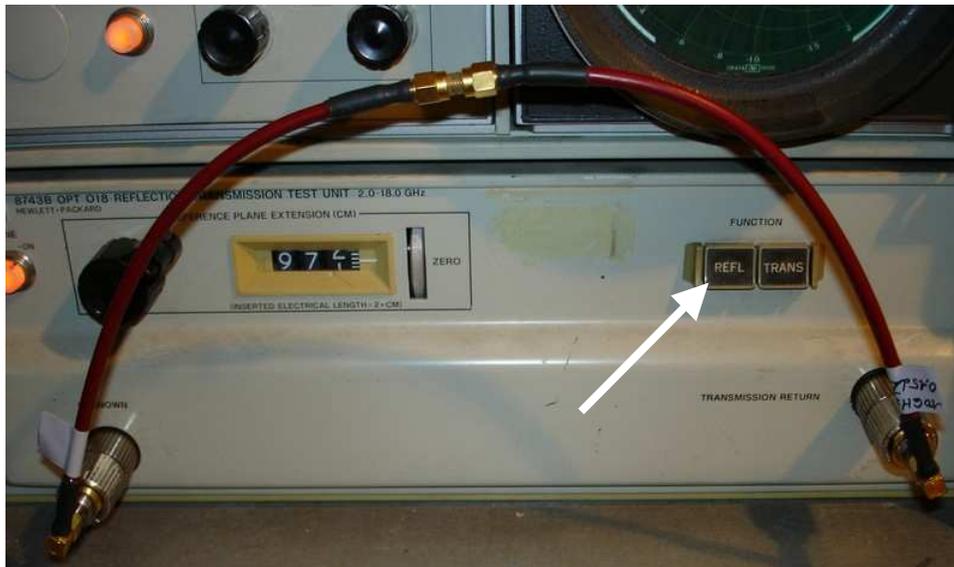
Calibration en réfléchi

Calibration sur circuit ouvert (open) avec plan de référence non respecté !



Calibration en réfléchi

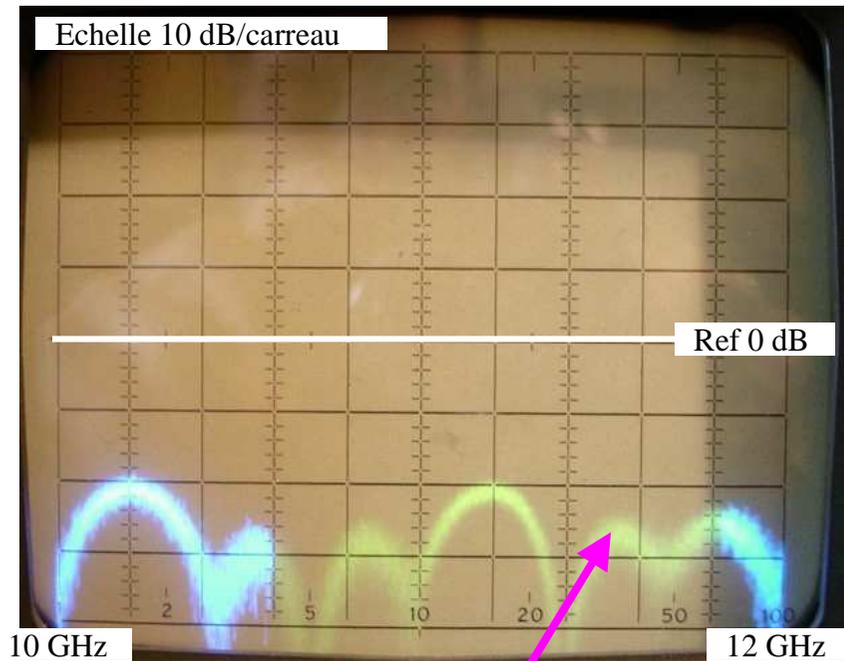
Vérification sur thruline en SMA



Calibration en réfléchi

Vérification en transmission sur thruline en SMA de 10 à 12 GHz

S11 en amplitude



S11=26 dB

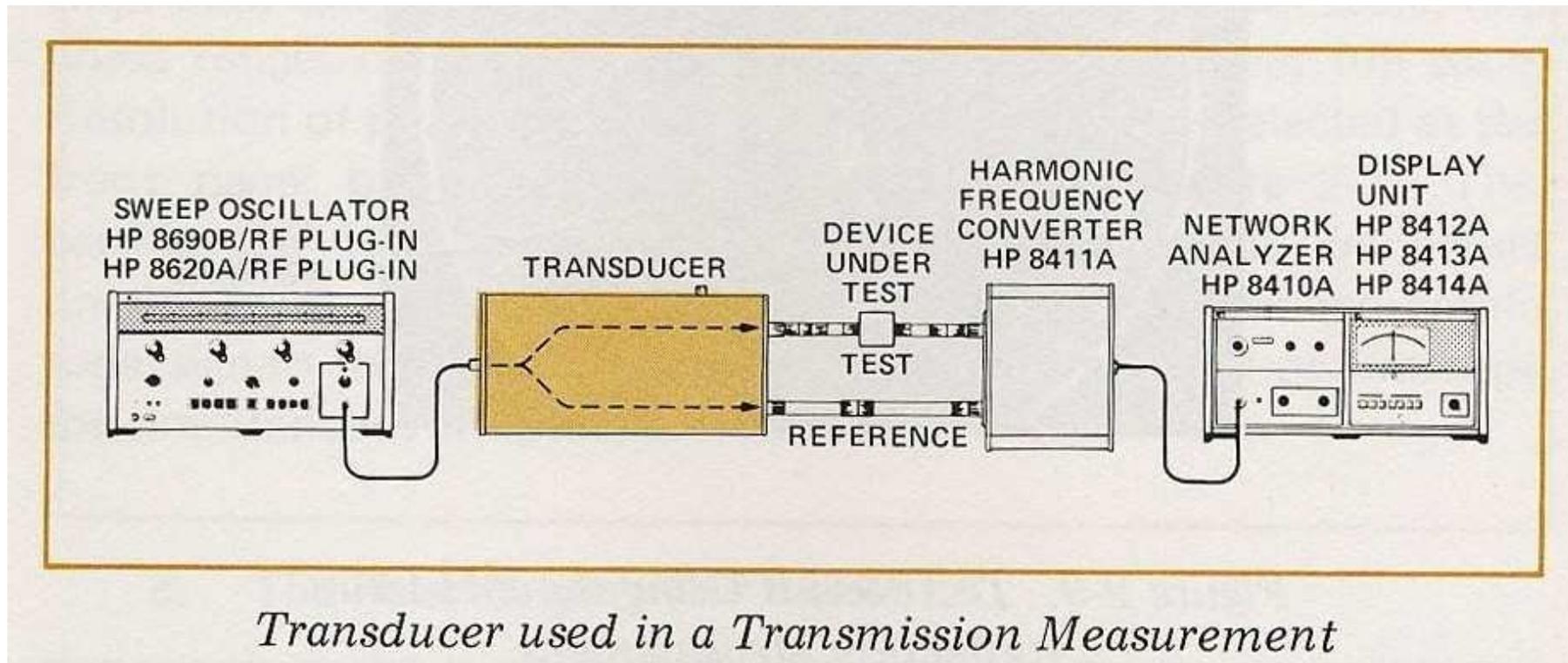
S11 en phase



3- Calibration en transmission

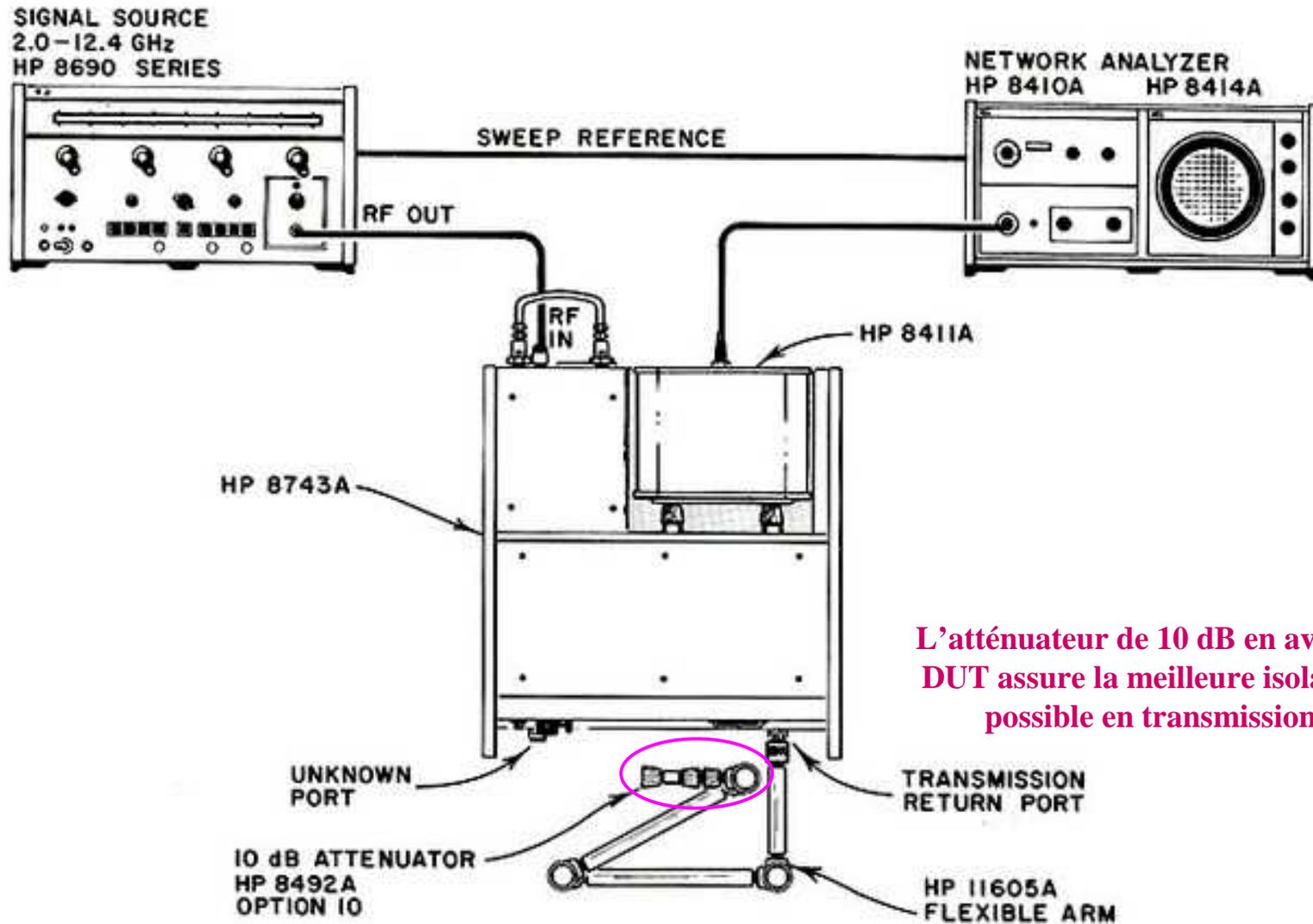
Calibration en transmission

Schéma de principe



Calibration en transmission

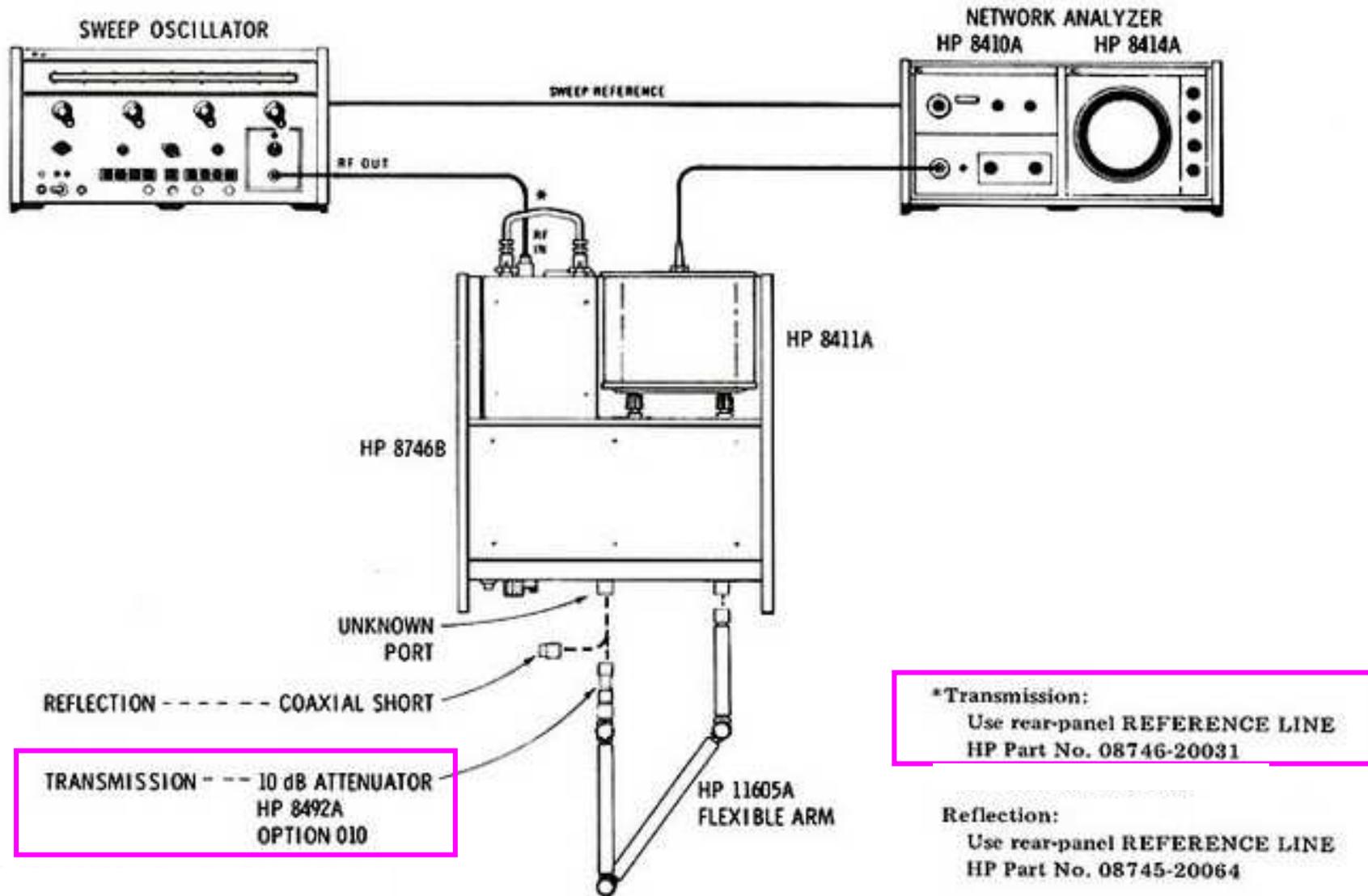
Avec 1/2 pont HP 8743a 2 à 18 GHz



L'atténuateur de 10 dB en aval du DUT assure la meilleure isolation possible en transmission

Calibration en transmission

Avec pont de paramètres-S HP 8746b 0.5 à 18 GHz

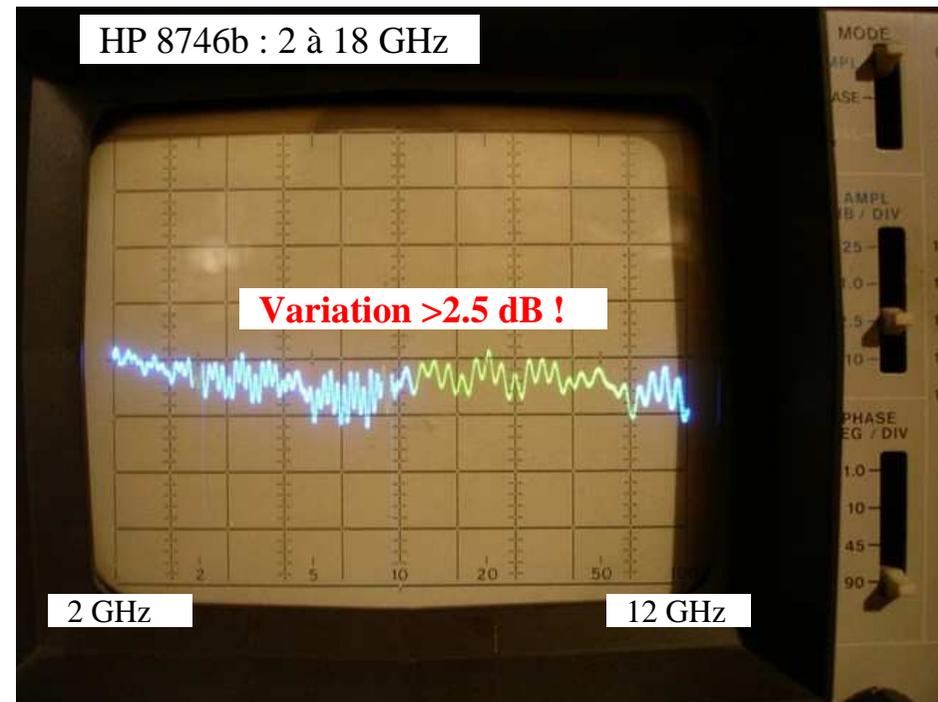
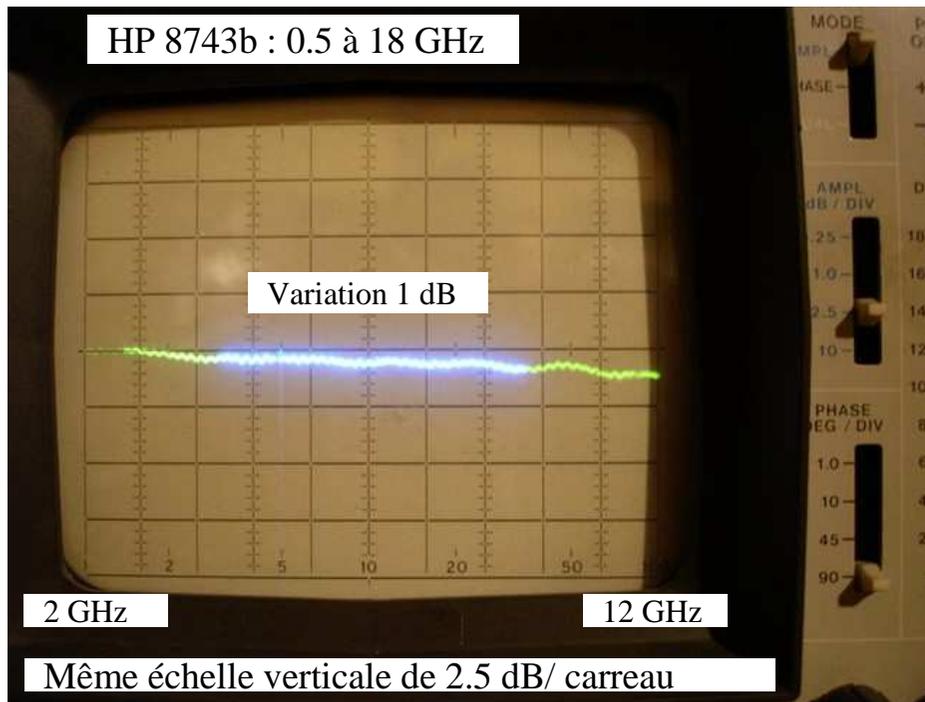


4- Variation du 0 dB gain fonction de la boîte de paramètres-S utilisée

Variation du 0 dB gain après calibration

Même équipement de base – boîte de paramètres-S différente

Surtout même harmonic converter



La complexité de la HP 8746b (commutation additionnelle entrée/sortie) dégrade son étalonnage initial !

F5DQK Décembre 2009

Analyseur vectoriel HP 8410 – release 3

37

5- Augmentation de la dynamique de mesure originelle

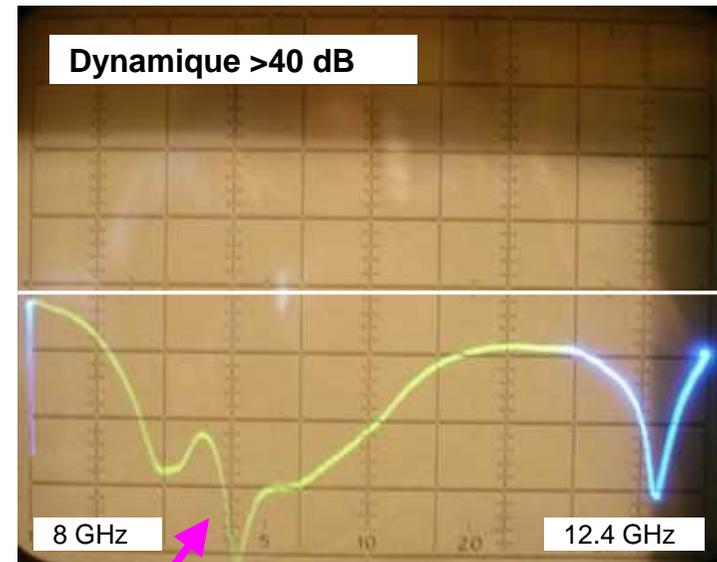
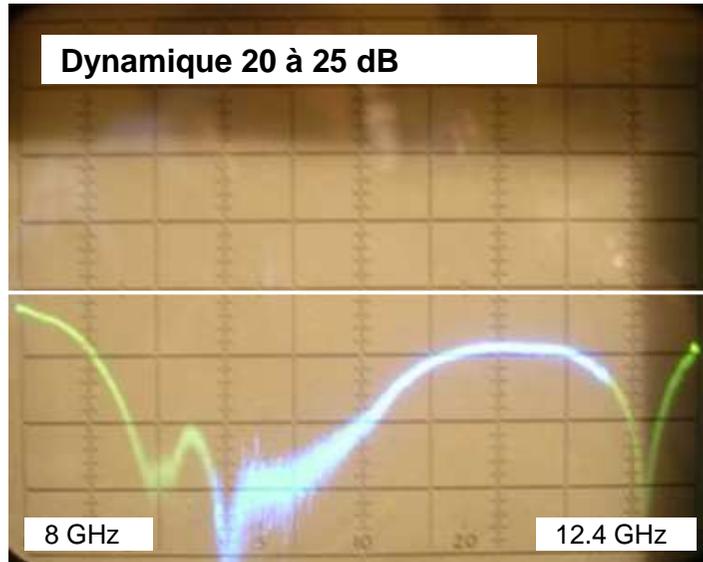
Augmentation de la dynamique de mesure

Exemple : mesure sur charge 50 Ohms WR90



Augmentation de la dynamique de mesure

Display HP 8412 : bouton bandwidth ramené à 0.1 kHz



6- Etablissement de marqueurs de fréquence

Exploiter toute information sans marqueur de fréquence est extrêmement pénible

Essais réalisés à partir des sweeps :

- HP 8620
- HP 8350

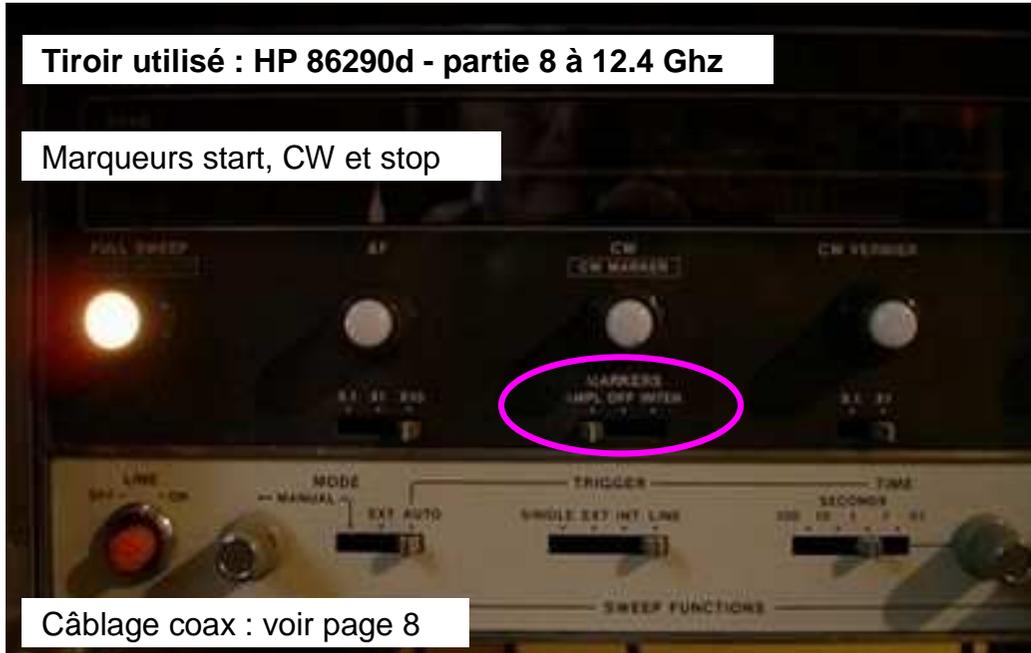
Résultats obtenus sur les displays magnitude HP 8412 et polaire HP 8414

Marqueurs de fréquence avec sweep HP 8620

a/ full sweep : génération de max 3 marqueurs

Tiroir utilisé : HP 86290d - partie 8 à 12.4 Ghz

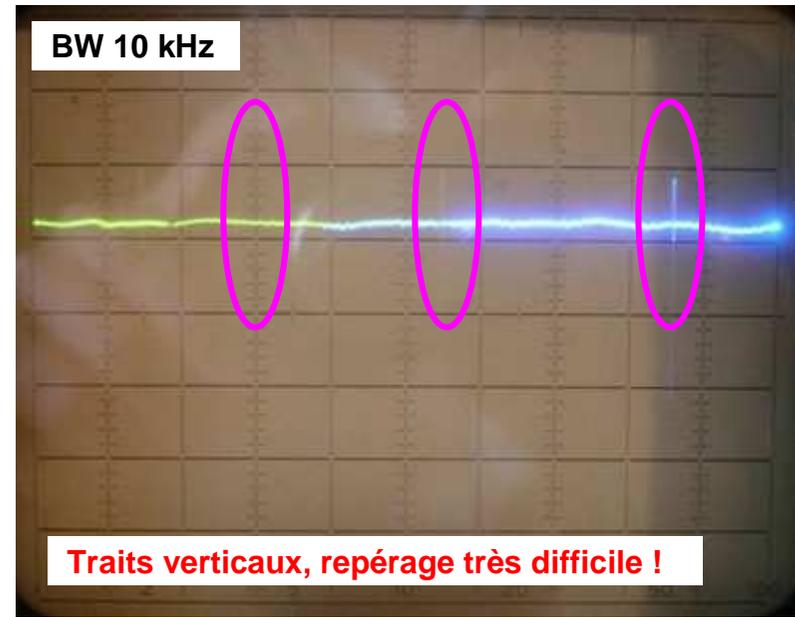
Marqueurs start, CW et stop



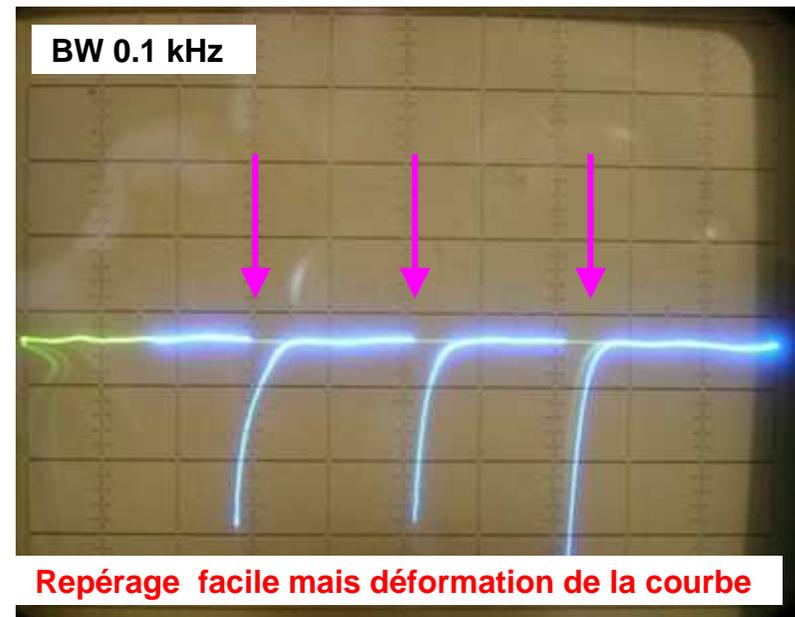
Câblage coax : voir page 8



Display HP 8412



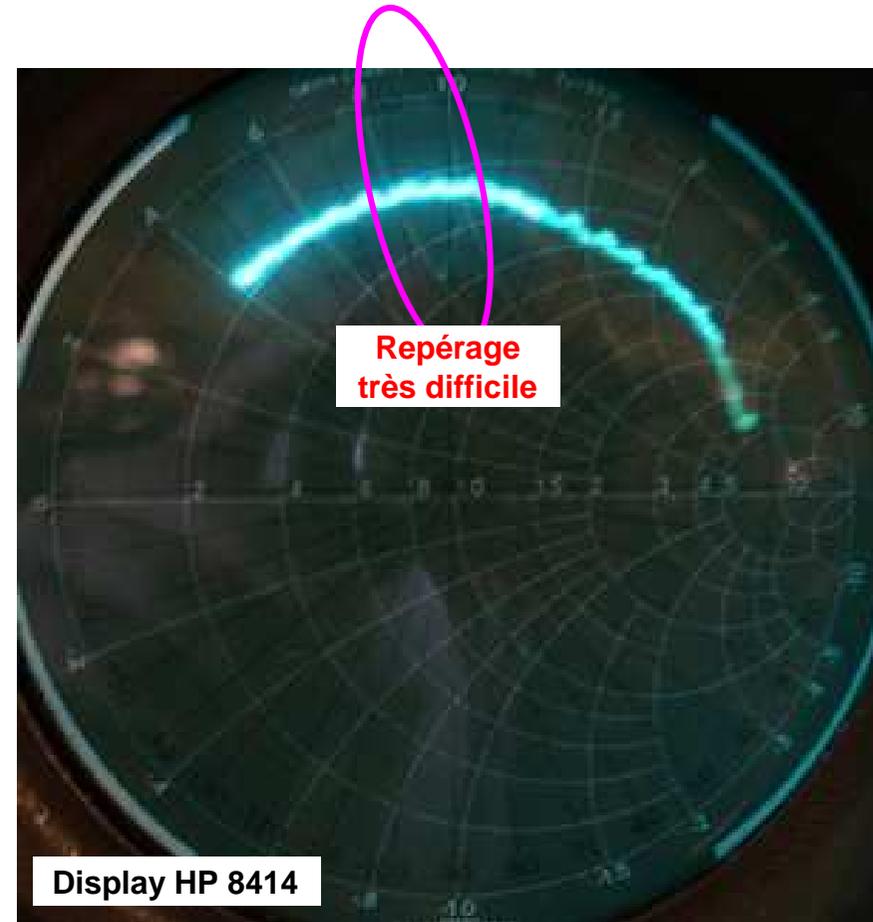
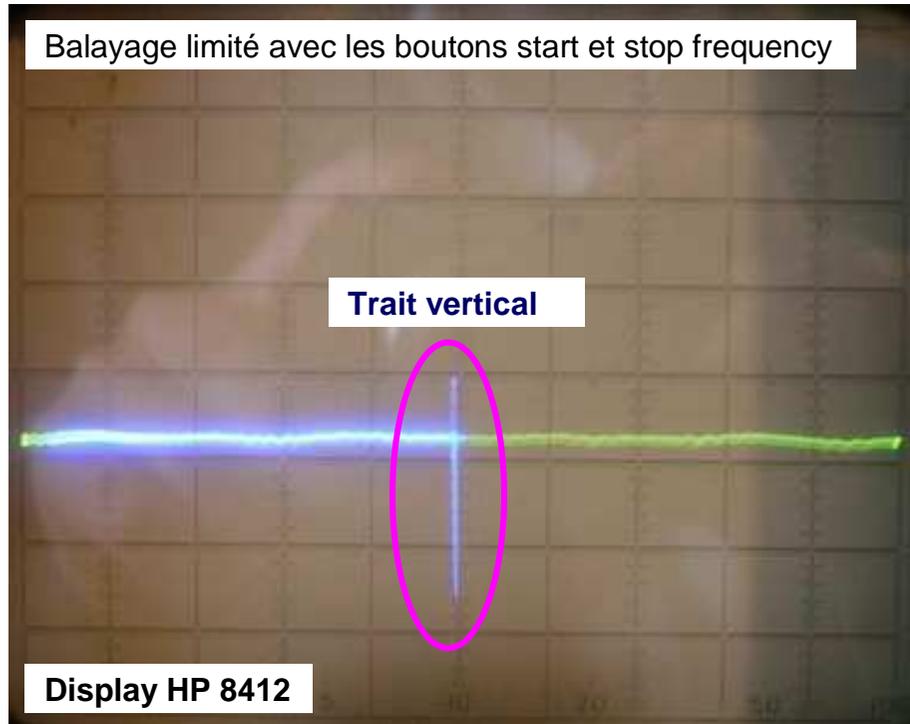
Traits verticaux, repérage très difficile !



Repérage facile mais déformation de la courbe

Marqueurs de fréquence avec sweep HP 8620

b/ marker sweep : génération d'un seul marqueur avec le bouton CW marker



Marqueurs de fréquence avec sweep HP 8350

Câblage des 2 cordons BNC

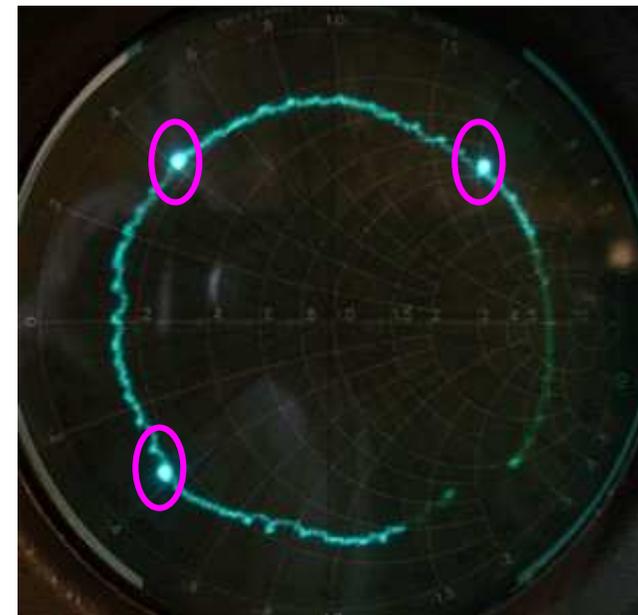
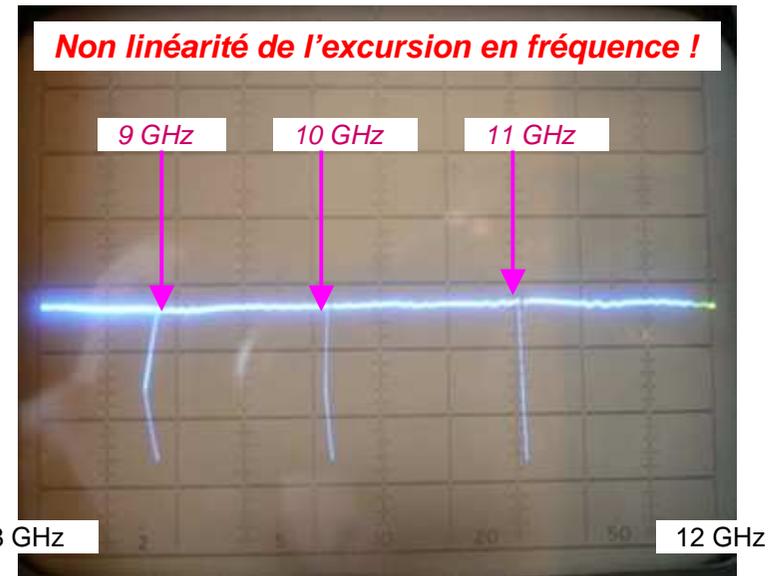


Un seul coax branché entre sweep et polaire augmente l'intensité des points de marquage sur celui-ci !

Marqueurs de fréquence avec sweep HP 8350

Avec tiroir 2 à 20 GHz (5 marqueurs au choix)

Génération de 3 marqueurs à respectivement 9, 10 et 11 GHz



7- Abaques de Smith normale et dilatée

Abaques de Smith normale et dilatée

S11 d'un préampli, de 2.2 à 2.7 GHz respectivement à échelles normale et dilatée

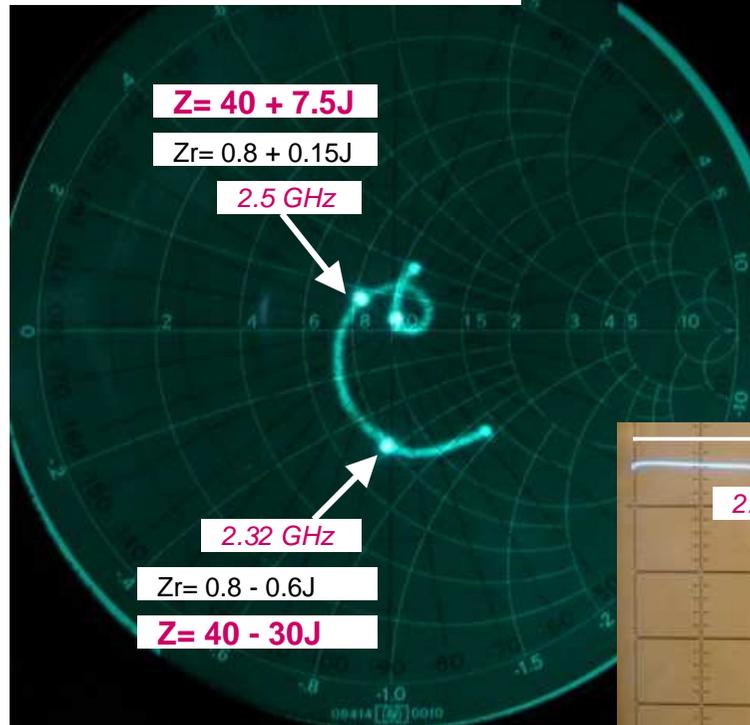


Cal short/open normale

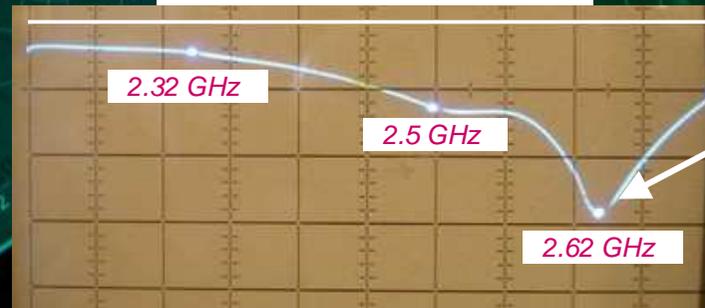
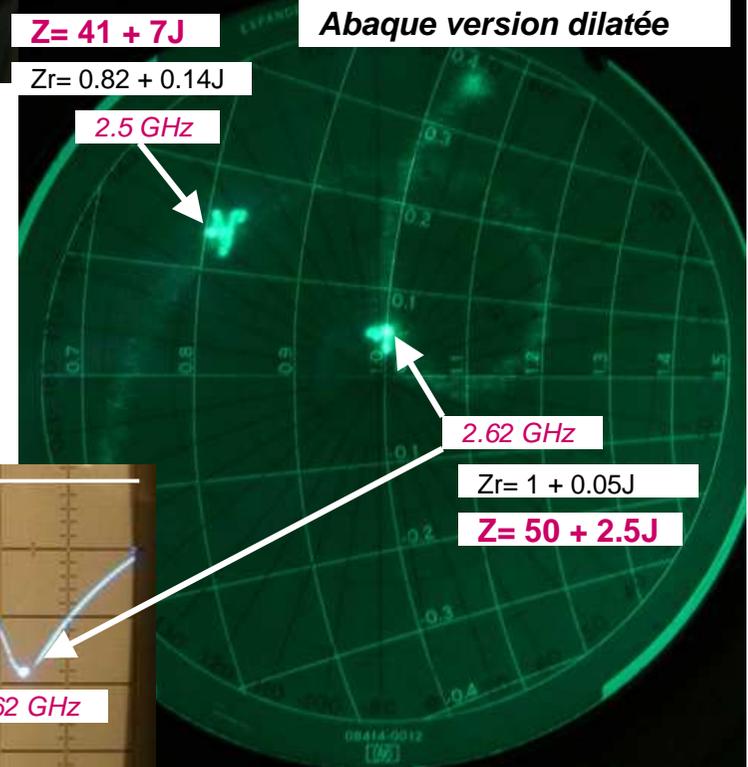


+14 dB sur la chaîne de gain

Abaque de Smith « normale »



Abaque version dilatée



8- Conclusion

Conclusion

Conclusion

- Outil pédagogique essentiel permettant d'appréhender les générations suivantes avec le « know-how » adéquat
- Le rajout de marqueurs depuis le sweep est indispensable pour indiquer la fréquence exacte de travail.
- La précision des mesures est relativement correcte si la bande de travail n'est pas trop importante (<2 GHz)
- Le « demi-pont » HP 8743 effectue les mesures de S21 et S11 dans un sens (le sens le plus utile).
- La mesure de préamplis doit s'effectuer dans leur zone linéaire. Le S21 sera mesuré à l'aide d'un atténuateur de 20 dB minimum à son entrée. Le S11 se mesurera directement après calibration
- Le « pont entier » HP 8746 évite cette opération grâce à la décade d'atténuateurs 0-70 dB insérée en amont
- Attention au bon suivi en fréquence du mélangeur harmonique HP 8411a (verrouillage)

Marqueurs en fréquence : OK avec sweep HP 8350, pénibles avec sweep HP 8620 !

Sincères remerciements à Jacques F6AJW, Jean-Paul F6EVT et Jeff F1PDX sans qui absolument rien n'aurait été possible

Littérature et références

- Fundamental principles of Vector Network Analysis
<http://www.ece.unh.edu/courses/ece758/Lab%20Resources.htm>
- **HP Application note 117-1 : Microwave Network Analyser Applications**
- Site de F5ZV (en français) simplement expliqué et parfaitement illustré – un véritable « bijou »
<http://pagesperso-orange.fr/f5zv>
- Site de F4DAY : <http://pagesperso-orange.fr/jf.fourcadier/hyperfrequences/HP8410/analyseur.htm>
- Site de Denis F6CRP : <http://pagesperso-orange.fr/f6crp/>
- Cours sur l'abaque de Smith : <http://pagesperso-orange.fr/f6crp/ba/smith.htm>