

TP Analyseur de spectre RF à balayage & Générateur RF – FS300/SM300

Introduction

L'objectif de cette séance de TP est de découvrir et mettre en œuvre 2 appareils de la gamme Smart Instrument de la société Rohde & Schwarz.

Le générateur de signal SM300 permet de générer des signaux modulés sur une gamme de 9kHz à 3GHz et l'analyseur de spectre FS300 permet d'analyser le contenu fréquentiel de signaux sur une bande passante de 9kHz à 3GHz.



Le générateur SM300



L'analyseur de spectre FS300



Comme toujours et encore plus pour ce TP, on vous demande la plus grande attention dans l'utilisation de ces 2 nouveaux appareils. Vous respecterez les consignes de votre enseignant et vous veillerez à ne pas injecter des niveaux supérieurs à ceux indiqués sur les différentes entrées (entrée de l'analyseur de spectre et entrées sur la face arrière du générateur).

1 - Mesure de puissance en dBm

Par défaut le réglage de niveau sur l'analyseur de spectre ou le générateur RF est effectué en dBm. Il s'agit d'une mesure de puissance dans une échelle logarithmique dont on donne la définition suivante :

$$Pd\text{Bm} = 10 \cdot \log\left(\frac{P}{1\text{mW}}\right) \text{ avec } P = \frac{U_{\text{eff}}^2}{50}$$

Pour une composante sinusoïdale d'amplitude crête U on peut déduire des définitions précédentes deux nouvelles relations telle que :

$$Pd\text{Bm} = 10 \cdot \log\left(\frac{U^2}{0,1}\right) \text{ et } U = \sqrt{0,1 \cdot 10^{\frac{Pd\text{Bm}}{10}}}$$

□ Compléter le tableau suivant dans le cas d'un signal sinusoïdal

Valeur crête	Valeur efficace	Puissance en dBm	Niveau en dBV
		+33dBm	
		+20dBm	
		+10dBm	
		0dBm	
		-10dBm	
		-20dBm	
		-110dBm	
1V			
0,5V			

2 – Principe d'un analyseur de spectre à balayage

Quasiment¹ tous les analyseurs de spectres RF utilisent le principe² décrit sur la figure ci-dessous. On parle d'analyseur de spectre à balayage ou analyseur superhétérodyne.

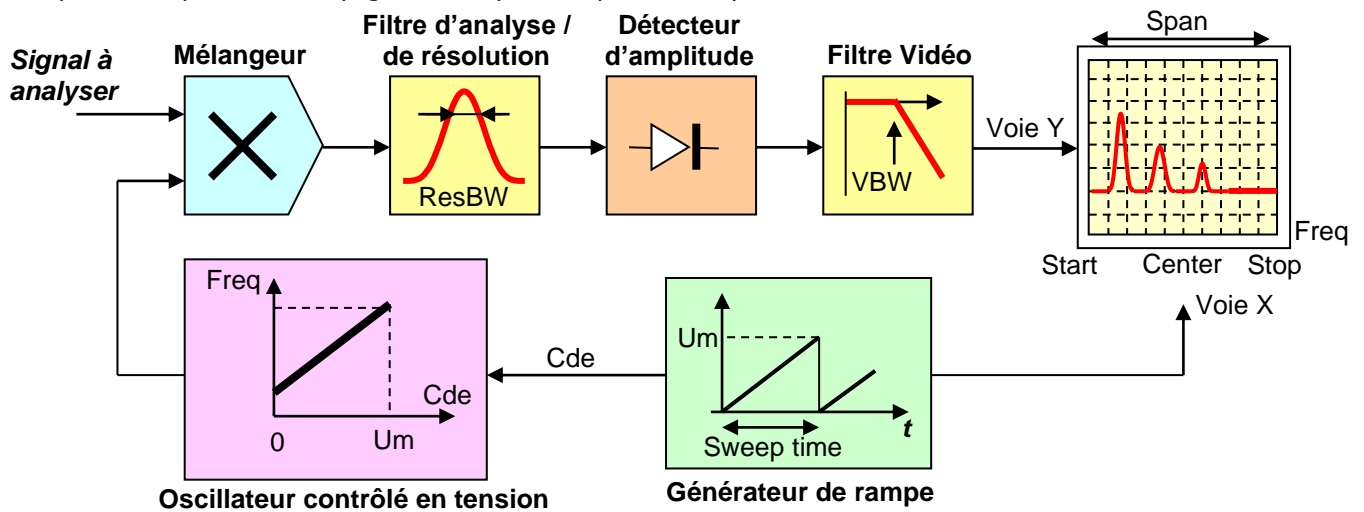


Figure 1 : Schéma synoptique d'un analyseur de spectre à balayage

Un générateur de rampe commande un oscillateur contrôlé en tension. La sortie de cet oscillateur est mélangée au signal d'entrée dont on souhaite analyser le contenu fréquentiel. On effectue donc une transposition de fréquence qui a pour but de faire passer devant le filtre d'analyse ou filtre intermédiaire (fixe) l'ensemble des composantes fréquentielles du signal d'entrée. Un détecteur d'amplitude suivi d'un filtre passe bas (ou filtre vidéo) permet de visualiser l'image du spectre sur un écran en concordance avec la rampe générée.

Il est important lorsque l'on utilise un analyseur de spectre à balayage de bien connaître ce principe de mesure car on retrouve les paramètres essentiels qui sont :

- Start frequency :
- Span :
- Stop frequency :
- Center frequency :
- Resolution bandwidth :
- Sweep Time :
- Video Bandwidth :

3 - Prise en main de l'analyseur de spectre FS300

L'objectif de cette première partie pratique est de découvrir les premiers réglages basiques d'un analyseur de spectre à balayage. Dans cette première partie nous indiquerons les différentes étapes mais par la suite vous effectuerez les différents réglages par vous même.

□ Mettre en route l'oscilloscope TDS2014B, le générateur AFG302X & l'analyseur de spectre FS300. Le démarrage de ce dernier peut paraître un peu long ici mais ces instruments « compacts et intelligents » (Concept Smart Instrument) effectuent une série d'autotests en interne.

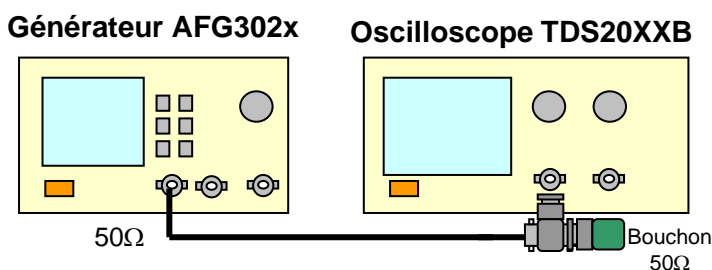


Figure 2 : Générateur & Oscilloscope

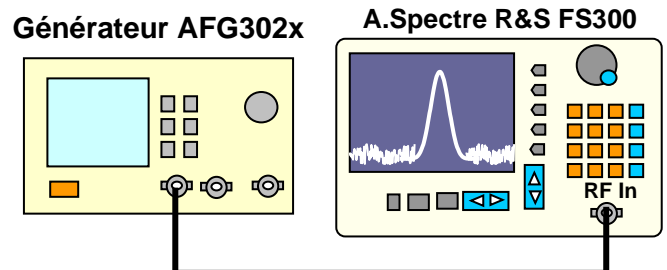


Figure 3 : Générateur & Analyseur

¹ Il existe depuis quelques temps des analyseurs de spectre temps réel combinant un changement de fréquence et des analyses FFT.

² Le filtre anti-image n'est pas représenté sur cette figure.

❑ Pour le générateur AFG302X on choisit un signal sinusoïdal de fréquence 2MHz et d'amplitude 1Vpp. On conserve bien évidemment le réglage de l'impédance de charge dans le menu sortie du générateur sur 50Ω. Connecter la sortie du générateur sur l'oscilloscope (Figure 2) et vérifier la cohérence de vos réglages.

❑ Avant de connecter le moindre signal sur l'analyseur de spectre il est indispensable de connaître les réglages importants. Dans un premier temps, seul les 2 menus FREQ/SPAN et AMPT sont importants comme l'indique la figure 4 ci-dessous.

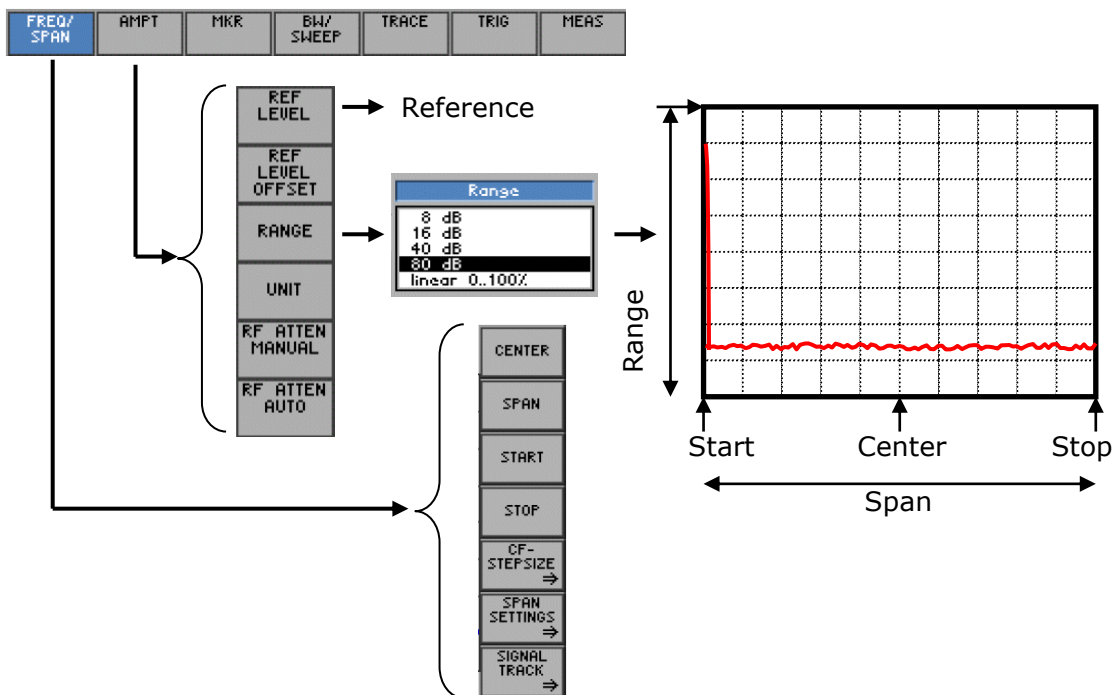


Figure 4 : Les réglages de base de l'analyseur de spectre FS300

- ❑ Choisir un REF LEVEL = +10dBm afin de ne pas obtenir l'indication **ADC Overload**
- ❑ Connecter le signal issu du générateur sur l'entrée de l'analyseur de spectre (Figure3). Effectuer les réglages en fréquence afin d'obtenir la composante fréquentielle au milieu de l'écran.
- ❑ Changer le paramètre RANGE afin d'obtenir une représentation linéaire. Dans ce cas sélectionner une unité en mV. Vérifier la conversion.

4 - Analyse temporelle & fréquentielle de quelques signaux déterministes

Remarques Importantes

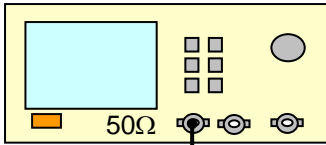


Avant toute nouvelle mesure et afin de retrouver l'analyseur de spectre dans sa configuration initiale, il faut appuyer la touche SYS se trouvant sur la face avant. Ensuite sélectionner PRESET et choisir les réglages d'usines (FACTORY). Comme nous avons l'habitude de travailler en travaux pratiques avec des signaux d'amplitudes importantes par rapport à ceux généralement rencontrés en RF il est important de choisir un niveau de référence largement supérieur au -20dBm initiaux afin d'éviter l'affichage **ADC Overload**

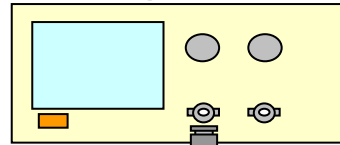
Afin d'observer simultanément le signal dans les domaines temporel et fréquentiel on adopte le montage de test sur la figure 5 suivante.

- ❑ Pour quelles raisons utilise-t-on un coupleur constitué de 3 résistances de 16Ω ?
 - ❑ Régler sur le générateur AFG302x un signal carré d'amplitude crête 200mV et de fréquence 2MHz. Effectuer les réglages sur l'analyseur de spectre afin de visualiser la composante fondamentale et les harmoniques de rang 3,5,7 et 9. Relever le spectre correspondant et justifier l'amplitude des raies.
- Afin d'obtenir une lecture rapide du niveau et de la fréquence de chacune des composantes vous pouvez utiliser le menu MKR de l'analyseur de spectre qui propose des marqueurs se positionnant sur chaque pic.
- ❑ Recommencer l'expérience avec un signal triangulaire de fréquence 250kHz et d'amplitude 500mVpp.

Générateur AFG302x



Oscilloscope TDS20XXB



Analyseur de spectre

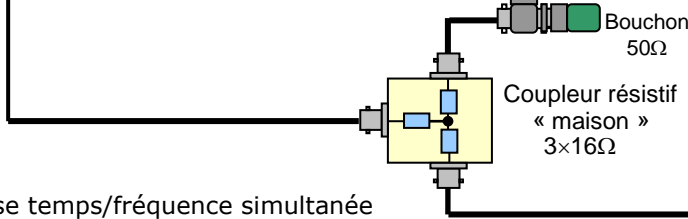
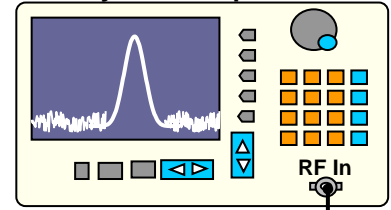


Figure 5 : Analyse temps/fréquence simultanée

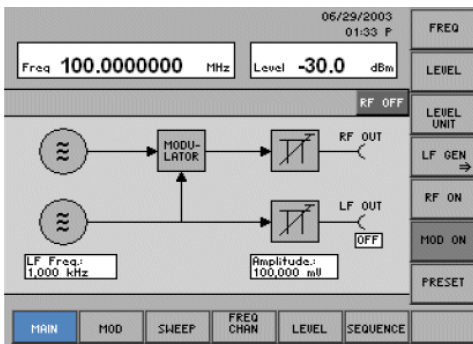
5 - L'analyseur de spectre en mode récepteur FM

On vous propose de mettre en évidence l'activité radio de la bande FM dite commerciale comprise entre 88 et 108 MHz. En guise d'antenne, on peut prendre un fil d'environ 1m de long connecté directement à l'entrée de l'analyseur en utilisant un adaptateur BNC/Banane.

□ Repérer les différentes stations et noter l'écart entre ces stations. Indiquer le mode opératoire mis en œuvre pour obtenir ces informations à l'aide de l'analyseur de spectre

6 – Prise en main du générateur SM300

□ Mettre en route le générateur SM300. L'affichage doit être conforme à la figure 6 ci-dessous.



- ← Appuyer sur le bouton correspondant au réglage de fréquence afin de régler une fréquence de 25MHz
- ← De la même façon régler un niveau de 0dBm
- ← Il faut enclencher la sortie RF afin d'obtenir le signal en sortie

Figure 10 : Ecran de base du générateur SM300

□ Connecter la sortie RF sur l'oscilloscope dont l'impédance d'entrée est réglée sur 50Ω par l'intermédiaire d'un bouchon. Régler l'oscilloscope et vérifier les grandeurs choisies sur le générateur

□ Connecter maintenant le signal issu du générateur sur l'entrée de l'analyseur de spectre. Effectuer les réglages en fréquence afin d'obtenir la composante fréquentielle au milieu de l'écran.

On utilise maintenant les possibilités de modulation du générateur SM300. Les différents menus et sous-menus sont représentés de façon schématique ci-dessous. Vous pouvez apporter des remarques et commentaires directement sur ce document afin de compléter votre apprentissage du générateur SM300

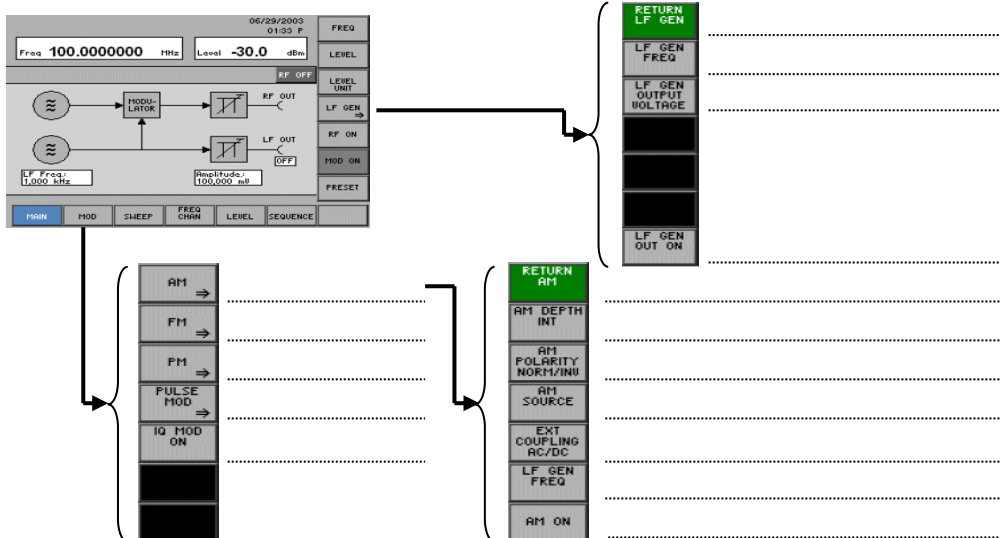


Figure 11 : Configuration du générateur SM300 pour les modulations

❑ Régler les paramètres du générateur SM300 afin d’obtenir une modulation d’amplitude à porteuse conservée (MAPC) dont les paramètres sont les suivants :

Fréquence porteuse 1,3MHz
 Niveau de la porteuse : 0dBm
 Fréquence du modulant (sinusoïdal) : 10kHz
 Taux de modulation : Cas a) m=100% b) m=50%

- ❑ Sur l’oscilloscope on synchronisera le signal modulé avec le signal modulant LF délivré par le générateur RF
- ❑ Pour les 2 cas a) et b) relever le signal modulé dans les domaines temporel et fréquentiel. Justifier dans les 2 cas les niveaux mesurés et indiquer à chaque fois les différents réglages effectués sur l’analyseur de spectre.

7 – Modulation IQ avec le générateur SM300

La modulation IQ et les modulateurs IQ correspondant sont à la base des modulations numériques sur porteuse sinusoïdale. Nous allons nous contenter ici d’utiliser la possibilité de modulation IQ du générateur SM300 afin de mettre en œuvre une modulation MAPS puis une modulation BLU. Un modulateur IQ se présente sous la forme indiquée sur la figure 8 suivante. Dans le cas du générateur SM300 le réglage de fréquence et de niveau agit directement sur l’oscillateur local OL.

L’utilisation de cette structure se révèle très intéressante dans le cas du générateur SM300 car la bande passante sur les voies I et Q s’élève à près de 40MHz. Ceci est bien évidemment largement supérieur à toutes les autres possibilités de modulation des autres générateurs.

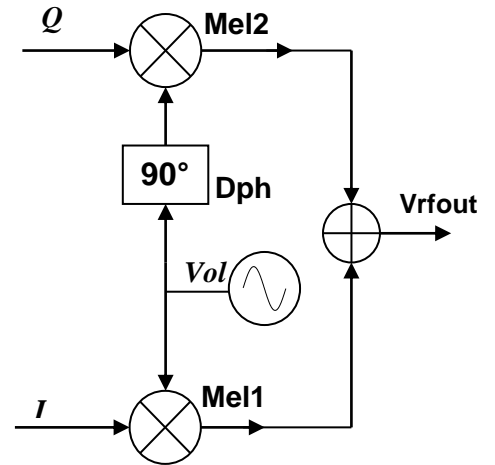


Figure 12 : Schéma de base d’un modulateur IQ

⚠ L’impédance d’entrée sur les voies I et Q se trouvant sur la face arrière du générateur SM300 est de 50Ω. **Le niveau maximal sur chacune des voies est de 0,5V.**

On exploite ici qu’un seul coté du modulateur IQ afin d’obtenir un signal modulé en amplitude sans porteuse. Effectuer les réglages suivant :

Générateur AFG302x : Signal sinusoïdal de fréquence 20kHz et d’amplitude crête 250mV (Charge de 50Ω)
 Générateur SM300 : Niveau : 5dBm Fréquence : 2MHz Mod IQ ON

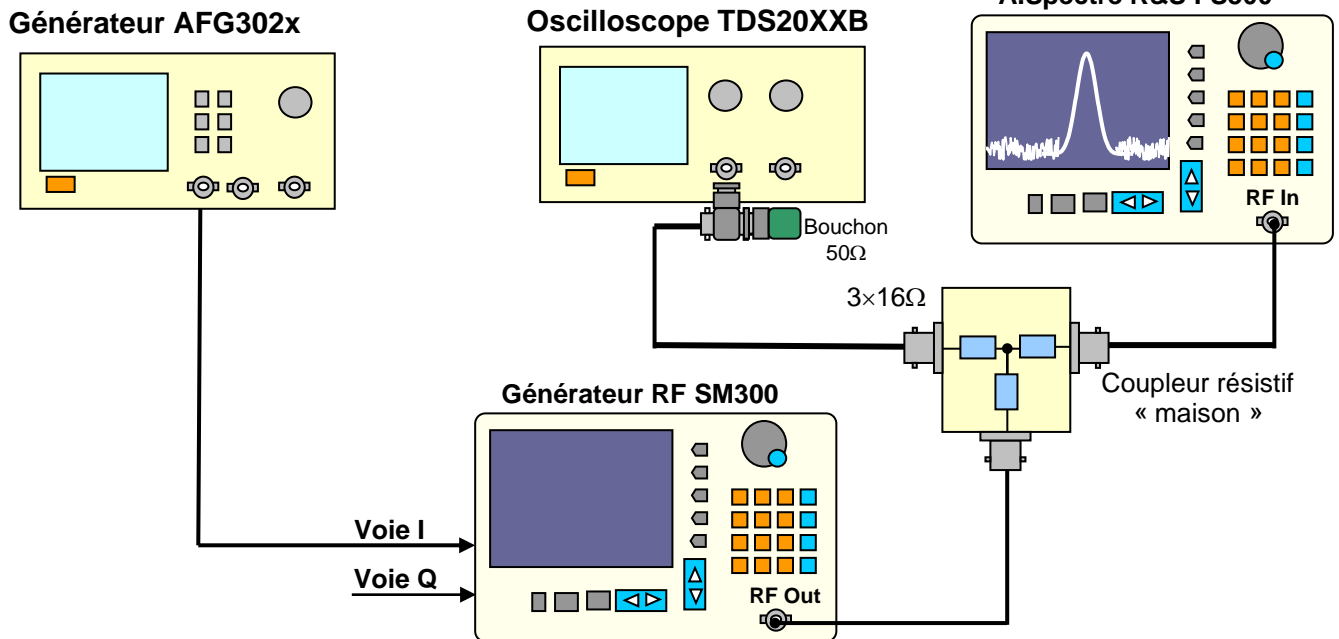


Figure 9 : Montage du 1/2 modulateur IQ

- ❑ Relever le signal modulé dans les domaines temporel et fréquentiel. Justifier les résultats obtenus. Pour l’oscilloscope on synchronisera le signal modulé avec le signal modulant délivré par le générateur AFG302x.
- ❑ Afin d’obtenir une modulation BLU on connecte sur la voie Q un signal sinusoïdal de même fréquence et de même amplitude que la voie I mais déphasé de 90°.