

TP Analyse spectrale

Franck DAOUT

2025-02-10

Table des matières

Bases des hyperfréquences : de la théorie à la pratique	3
Auteur	4
Conditions d'utilisation	4
Prise en main de l'analyseur de spectre	5
Mesure du spectre d'une onde CW	5
Mise en œuvre de la mesure	7
Spectre du signal généré par le SMB100	9
Spectre de la bande FM	9
Mise en œuvre de la mesure	10
Analyse	10
Signal "composite"	12
Analyse d'un spectre	13
Analyse théorique	13
Expérimentation	14
Résolution spectrale d'un analyseur de spectre	14
Influence du RBW	15
Dynamique d'un analyseur de spectre	16
Application : Mesure du gabarit d'un filtre passe-bande avec la fonction Maximum Hold	17
Expérimentation	19
Signal "radar"	20
Présentation de l'activité	20
Caractéristiques temporelles	20
Caractéristiques fréquentielles	20
Démarche expérimentale	20
Aspect temporel	22
Aspect fréquentiel	24
Signal "Paire d'impulsions"	26
Impulsion de largeur 50 ns.	27
Manipulation	27
Paire d'impulsions proche dans le temps.	27
Manipulation	27

Bases des hyperfréquences : de la théorie à la pratique

Ce cours de cinq jours permet aux professionnels non spécialistes de comprendre les principes fondamentaux des hyperfréquences. Toutes les explications reposent sur des descriptions physiques simples, sans mathématiques complexes. Cette formation vise à rendre les participants autonomes dans l'utilisation des instruments RF et à leur fournir des bases en hyperfréquences.

Ce document repose en partie sur des formations organisées à l'IUT de Ville-d'Avray pour la Licence Professionnelle Mesures Hyperfréquences et Radiocommunications ([LP MHR](#)), et au Centre de Formation de la Défense.

Mots-clés

- analyse spectrale, analyseur de spectre, signal CW, deux tons, impulsion radar, doublet d'impulsions.

Résumé : Ce document est un guide de travaux pratiques (TP) sur l'analyse spectrale, utilisant un analyseur de spectre et un générateur RF. Il détaille la mesure de différents signaux : ondes continues, signaux à deux tons, signaux radar, et paires d'impulsions. L'objectif est d'apprendre à utiliser l'analyseur de spectre, comprendre ses paramètres (RBW, VBW, SWT, etc.), et analyser les relations entre les domaines temporel et fréquentiel. Des mesures de pureté spectrale et d'analyse de signaux composites sont également incluses.

Objectifs du TP

- Utilisation d'un analyseur de spectre et d'un générateur RF
 - Analyse spectrale d'une onde CW et pureté spectrale d'un générateur RF.
 - Spectre d'un signal à deux tons : paramétrage de l'analyseur.
 - Spectre d'un signal radar.
 - Analyse d'un doublet d'impulsions.

Auteur

[Franck Daout](#) est enseignant-chercheur à l'Université Paris 10 Nanterre, à l'IUT de Ville-d'Avray. Il est responsable de la Licence Professionnelle Mesures Hyperfréquences et Radiocommunications.

Conditions d'utilisation



Ce travail est soumis à la licence [Creative Commons Attribution 4.0 International License](#).

Prise en main de l'analyseur de spectre

Objectifs

- Se familiariser avec les possibilités et les limitations d'un analyseur de spectre.
- Comprendre les concepts :
 - Bande passante de résolution (RBW)
 - Temps de balayage (SWT)
 - Bande passante vidéo (VBW)
 - Niveau de référence (REF LEV)
 - Atténuation RF (RF ATT)
- Comprendre comment ces réglages influencent le résultat de la mesure.
- Mesurer la pureté d'un synthétiseur RF.
- Déterminer le spectre de la bande radio FM.

Consignes de SÉCURITÉ concernant l'utilisation de l'analyseur de spectre

1. Certains analyseurs de spectre ne supportent pas un signal continu (DC) sur l'entrée RF : NE PAS RETIRER LE DC BLOCK SUR L'ENTRÉE RF de l'analyseur de spectre.
2. NE JAMAIS DÉPASSER LA PUISSANCE MAXIMALE ADMISSIBLE SUR L'ENTRÉE RF de l'analyseur de spectre.
3. Une bonne habitude est de lire les spécifications et les consignes de sécurité avant d'utiliser un appareil de mesure RF !

Mesure du spectre d'une onde CW

La Figure 1 présente le montage proposé. Le générateur peut être remplacé par une carte SDR ADALM PLUTO.

Matériel

- Synthétiseur R&S SMB100A.
- Analyseur de spectre R&S FSP (avec atténuateur 10dB + DC block).

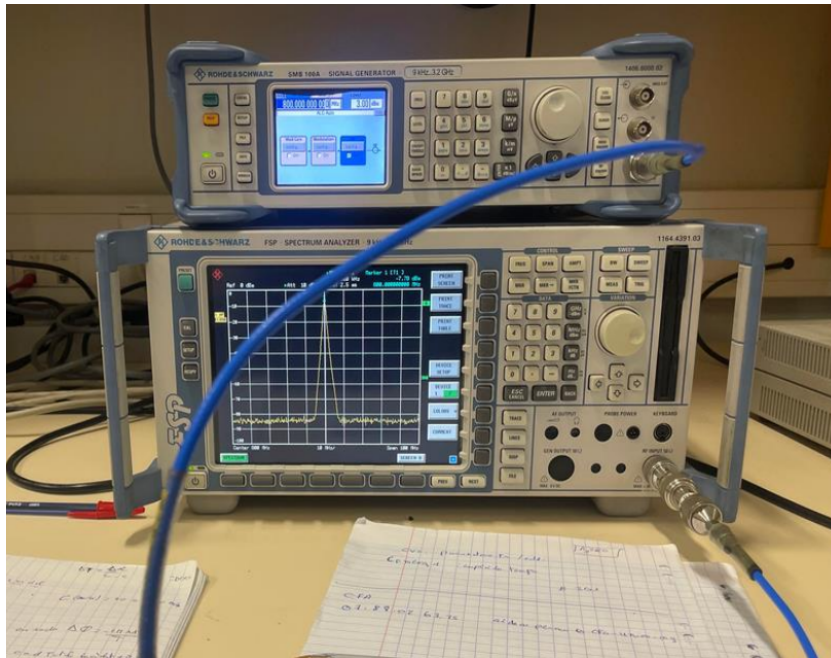


Figure 1: Mesure du spectre d'une onde CW

- Adaptateurs N-SMA.
- 1 cordon SMA.

Préparation

Soit le signal CW suivant :

$$u(t) = 0,447 \cos(1,6 \times 10^9 \pi t) \quad (0.1)$$

Déterminer :

1. La fréquence, la période et la valeur efficace.
2. En supposant une impédance de 50Ω , déterminer la puissance en dBm.
3. La fréquence et la puissance de ce signal sont-elles dans le domaine d'utilisation de l'analyseur de spectre (indiquer les valeurs limites) ?
4. Représenter $u(t)$ ainsi que le spectre unilatéral en amplitude.
5. Indiquer les réglages a priori à effectuer sur l'analyseur pour afficher correctement le spectre.

Mise en œuvre de la mesure

La mise en œuvre de la mesure est réalisée en respectant les trois étapes suivantes :

1. Réglage du générateur.
2. Réglage de l'analyseur de spectre.
3. Mesure et analyse des résultats.

La Figure 2 présente les appareils utilisés pour réaliser la mesure de l'onde CW.

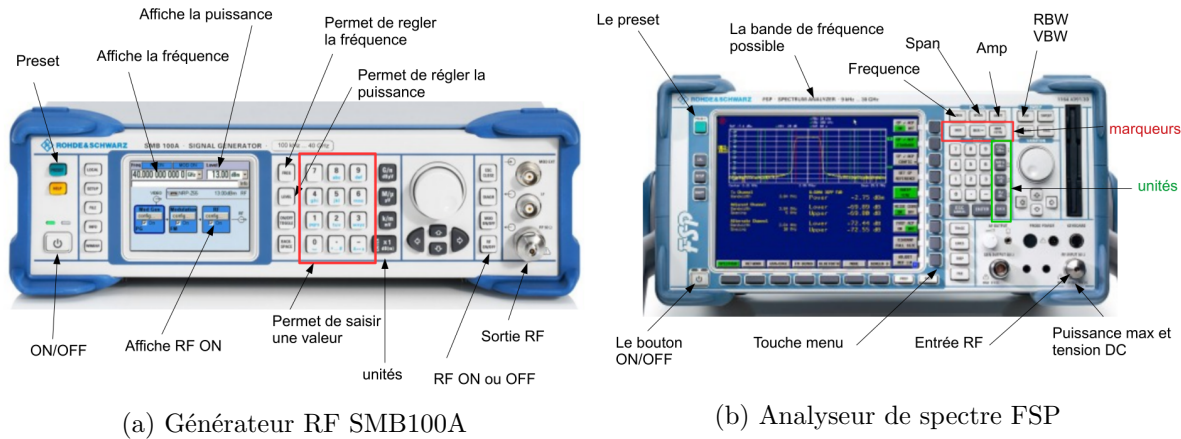


Figure 2: Appareils Utilisés

Réglages du générateur

1. Faire un “preset” sur le générateur.
2. Régler la fréquence.
3. Régler la puissance.
4. Mettre le générateur sur RF OFF (si ce n'est pas déjà le cas).

Réglage de l'analyseur de spectre :

1. Faire un “preset” sur l'appareil.
2. Relever les valeurs de : REF LEV, RF ATT, RBW, VBW, SWT, SPAN et de la fréquence centrale F_c .
3. Faire les réglages suivants :

Table 1: setup de l'analyseur de spectre

Paramètre	Valeur
Fc	800 MHz
SPAN	100 MHz
REF LEV	0 dBm
RF ATT	10 dB
RBW	1MHz
VBW	100 kHz

4. Relever la valeur de SWT et calculer la quantité $\frac{SPAN}{RBW \times VBW}$ et comparer à SWT.

Réaliser la mesure du signal :

1. Vérifier que le DC block et l'atténuateur sont bien connectés.
2. Relier le générateur à l'analyseur de spectre avec un cordon SMA.
3. Réaliser un schéma de mesure en précisant la référence de chaque appareil et leurs réglages.
4. Mettre le générateur RF ON.
5. Réaliser la mesure :
 1. Régler l'échelle log pour avoir 10 dB par division.
 2. Utiliser le menu marker pour relever la fréquence et la puissance du signal affiché sur l'analyseur de spectre.
 3. Expliquer la différence entre la valeur attendue et la valeur observée. Ne pas oublier de prendre en compte la valeur de l'atténuateur extérieur associé au DC Block.
6. Mesure précise de la fréquence. Un analyseur de spectre n'est pas un fréquencemètre. Cependant certains appareils possèdent cette fonction (Freq Count) : elle est obtenue avec le menu marker.
 1. Afficher le marker 1.
 2. Dans le menu marker, choisir le menu SIGNAL COUNT.
 3. Dans la suite du menu marker (bouton next), choisir une résolution du compteur de 1Hz (CNT Resol 1 Hz).
 4. Relever la fréquence et la puissance du signal. Comparer aux valeurs précédentes et commenter.

Analyse : Pertes d'insertion

À partir de la mesure précédente, déterminer les pertes par rapport à la valeur théorique, conclure quant à la validité de la mesure.

Spectre du signal généré par le SMB100

Vous allez observer une imperfection du synthétiseur SMB100A : sa pureté spectrale. Vous allez notamment mesurer les harmoniques présentes dans le signal. Les spécifications du générateur sont disponibles via ce [lien](#)

1. Déterminer les fréquences des harmoniques que l'on peut visualiser avec votre analyseur de spectre en plus de la fréquence fondamentale.
2. Régler les valeurs du SPAN à 3 GHz et de la fréquence centrale à 1,5 GHz, sans changer les autres réglages de l'analyseur et du générateur afin d'observer un maximum d'harmoniques.
 1. Pourquoi la raie à $f = 0$ Hz ne fait pas partie du spectre du signal issu du générateur ? En fait cette raie apparaît sur certains analyseurs en fonction de la technologie.
 2. Visualise-t-on toutes les raies attendues ?
 3. Pour chaque harmonique $n > 1$:
 - Effectuer les réglages pour n'observer qu'une seule raie sur l'écran ;
 - Mesurer la fréquence et la puissance de la raie en dBc, en indiquant les réglages de l'Analyseur de spectre.
 4. Ces résultats sont-ils cohérents avec la documentation constructeur du SMB100 ?
 5. Pour $n=3$ faire les réglages de la Table 2.
 - Mesurer le niveau de la raie ;
 - Calculer la quantité $\frac{SPAN}{RBW \times VBW}$ et comparer à SWT ; conclusion ?

Table 2: Setup de l'analyseur de spectre.

Paramètre	Valeur
Fc	2,4 GHz
SPAN	50 MHz
REF LEV	0 dBm
RF ATT	10 dB
RBW	1MHz
VBW	1 kHz
SWP	5 ms
Range Log	40 dB

Spectre de la bande FM

La bande FM occupe un spectre compris entre 87,8 MHz et 107,5 MHz. L'objectif ici est de visualiser et mesurer quelques raies associées à certaines radios. Sur ce [site](#) sont indiquées les

fréquences ainsi que les puissances émises par les radios FM de votre ville.

Mise en œuvre de la mesure

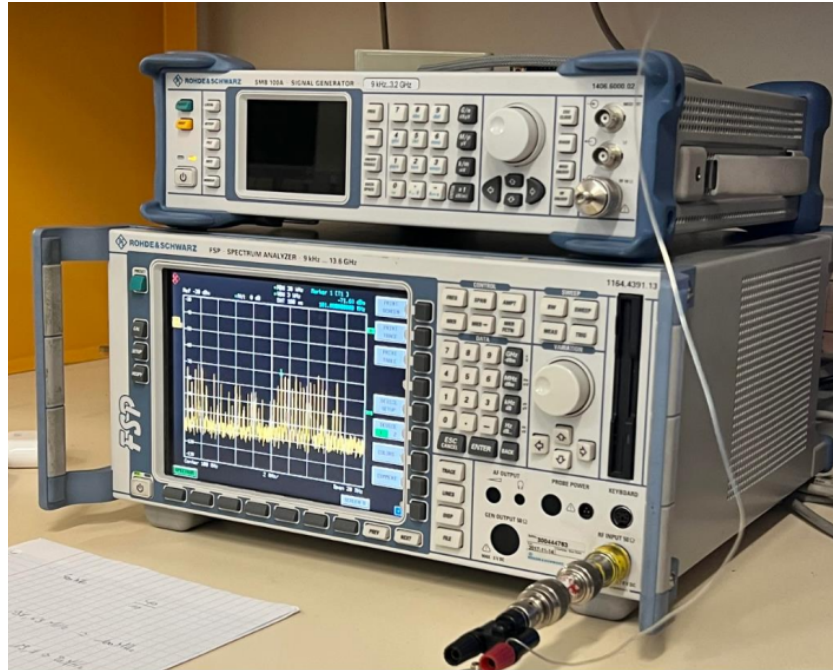


Figure 3: Spectre de la bande FM

L'antenne sera un simple cordon électrique (fiches bananes) que l'on relie à l'entrée de l'analyseur via des adaptateurs adéquats (Figure 3).

Préparation

À partir du tableau des fréquences du [site](#) déterminer :

- la fréquence centrale du spectre,
- l'étendue en fréquence,
- l'écart minimum entre deux fréquences.

Analyse

1. Dédurre des réponses précédentes les réglages préliminaires à effectuer sur l'analyseur de spectre pour visualiser toute la bande FM.
2. Affiner les réglages afin de visualiser les différentes raies spectrales.

3. Relever la puissance pour deux radios. Estimer les pertes en espace libre pour chaque radio.

Signal “composite”

Objectifs

À la fin de ce TP, vous serez capable de régler correctement :

- le niveau de référence (Ref. Lev.)
- le filtre de résolution (RBW)
- le temps de balayage (SWT)

L'objectif est d'identifier l'influence de ces paramètres et de s'assurer que leur réglage est correctement choisi afin d'éviter de faire une mauvaise mesure.

Dans tout ce TP, le filtre vidéo VBW est choisi en fonction du filtre de résolution ($VBW = RBW/100$).



Consignes de SÉCURITÉ concernant l'utilisation de l'analyseur de spectre

1. Certains analyseurs de spectre ne supportent pas un signal continu (DC) sur l'entrée RF : NE PAS RETIRER LE DC BLOCK SUR L'ENTRÉE RF de l'analyseur de spectre.
2. NE JAMAIS DÉPASSER LA PUISSANCE MAXIMALE ADMISSIBLE SUR L'ENTRÉE RF de l'analyseur de spectre.
3. Une bonne habitude est de lire les spécifications et les consignes de sécurité avant d'utiliser un appareil de mesure RF !

Matériel

- Synthétiseur R&S SMB100A
- Synthétiseur HP 8648A ou HP 8656B
- Combinateur
- Analyseur de spectre R&S FSP
- Adaptateurs N-SMA
- Cordons SMA

Une carte ADALM PLUTO permet de remplacer les deux synthétiseurs et le combinateur.

Analyse d'un spectre

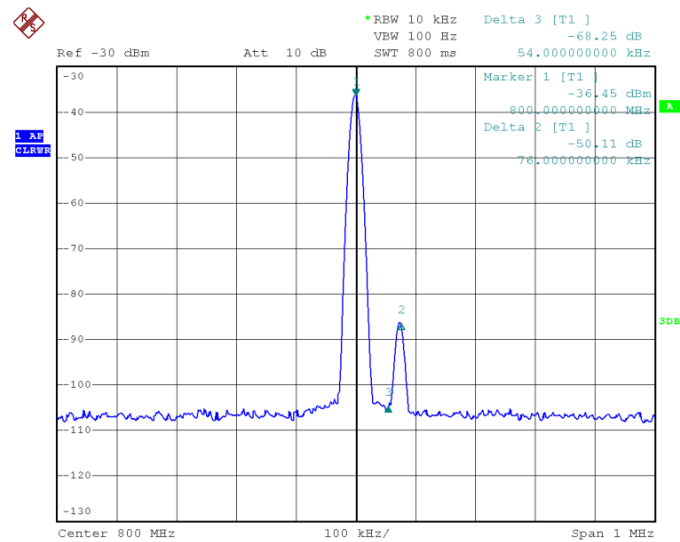


Figure 4: Spectre d'un signal composite

Il s'agit, dans cette partie, de créer un signal composite dont le spectre d'amplitude est représenté sur la Figure 4

Analyse théorique

À partir de la Figure 4 :

1. Déterminer la nature du spectre (bilatéral, unilatéral, d'amplitude, de phase ?).
2. Déterminer les réglages de l'analyseur de spectre (atténuateur, niveau de référence, span, RBW, VBW, fréquence centrale, type de l'appareil de mesure). Il s'agit de la configuration de l'appareil (Spectrum Analyzer Setup).
3. Rechercher dans la documentation les caractéristiques de l'analyseur de spectre utilisé (FSP3) :

Table 3: Caractéristiques de l'analyseur de spectre

Paramètre	Valeur
Plage de fréquence	9 kHz à 3 GHz
Bandes passantes de résolution	

Paramètre	Valeur
Bandes passantes vidéo	
Niveau de référence (dBm)	

4. Déterminer le nombre de raies et leurs caractéristiques (fréquence, puissance)
5. Exprimer le signal sous forme d'une série de cosinus telle que :

$$u(t) = A_1 \cos(2\pi f_1 t) + \dots + A_n \cos(2\pi f_n t) \quad (0.2)$$

Expérimentation

1. Proposer un montage qui permet d'obtenir ce signal. Pour cela, on utilisera un combineur (additionneur).
2. Indiquer les réglages des différents appareils de mesure.
3. Réaliser le montage et vérifier vos réglages.
4. Réaliser une fiche de mesure qui permet de synthétiser votre mesure. Cette fiche doit permettre à n'importe qui de refaire votre mesure afin de retrouver vos résultats. Il convient donc d'indiquer :
 1. un schéma du montage (photographie),
 2. les références des appareils de mesures (y compris la référence IUT),
 3. tous les réglages des appareils de mesure,
 4. vos résultats,
 5. vos commentaires sur la mesure.

Résolution spectrale d'un analyseur de spectre

Dans cette partie, nous allons observer l'effet du filtre de résolution (RBW) lorsque l'on mesure deux signaux de fréquences différentes mais d'amplitudes identiques. La Figure 5 permet de réaliser cette étude.

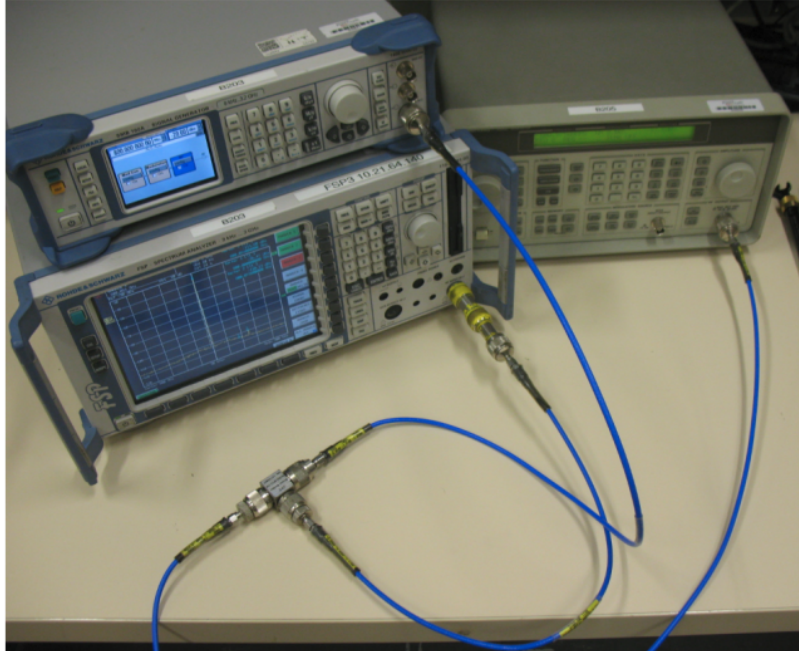


Figure 5: Effet du RBW

Influence du RBW

1. Réaliser le montage de la Figure 5. Régler le premier générateur pour voir une fréquence de 800 MHz avec une amplitude de -20 dBm. Le second générateur est réglé pour un signal à une fréquence de 801 MHz avec une amplitude de -20 dBm.
2. Après avoir fait un “preset” sur l’analyseur de spectre, régler uniquement la fréquence centrale, le span ainsi que le niveau de référence pour pouvoir visualiser le signal. Régler le rapport RBW/VBW : pour cela, appuyer sur le bouton BW, puis aller dans le menu COUPLING RATIO, choisir le menu RBW/VBW MANUAL. Choisir la valeur 100.
 1. Indiquez la configuration de l’analyseur de spectre.
 2. Commentez vos observations.
3. En faisant varier le RBW (bouton BW) sans modifier les autres réglages, compléter le Table 4, Que faut-il en conclure ?

Table 4: Influence du RBW

RBW	10 MHz	3 MHz	1 MHz	300 kHz	100 kHz	30 kHz	10 kHz
Fréquence f1 (MHz)							
Puissance P1 (dBm)							
Fréquence f2 (MHz)							
Puissance P2 (dBm)							
Creux (dBm)							
Temps de balayage (ms)							

4. Relation entre le temps de balayage, le RBW et le SPAN : il y a un compromis à faire entre le RBW et le temps de balayage. Si on réduit le RBW, le temps de balayage augmente. Cela est dû au temps nécessaire pour que le signal s'établisse dans le filtre. Généralement, on admet :

$$\text{Temps de balayage} = k \times \frac{\text{SPAN}}{\text{RBW} \times \text{VBW}} \quad (0.3)$$

avec k variant en fonction du type de filtre.

Déterminer la valeur de k pour les différentes valeurs de $\text{RBW} < 1\text{MHz}$.

Généralement, les analyseurs de spectre calculent automatiquement le temps de balayage en fonction du RBW, mais ils autorisent de choisir indépendamment le temps de balayage et le RBW. Dans ce cas, la réponse de l'analyseur peut être non calibrée et il peut y avoir des erreurs sur la fréquence et sur l'amplitude. Pour observer ce phénomène, mettre le générateur 2 sur OFF et choisir une configuration avec un temps de balayage trop rapide ;

- Que se passe-t-il pour les valeurs de la puissance et de la fréquence ? Après avoir fait cette manipulation, penser à remettre le temps de balayage en mode automatique.

Dynamique d'un analyseur de spectre

Le premier élément important d'un analyseur de spectre est l'atténuateur interne. Son rôle est de s'assurer que le signal qui entre dans le mélangeur possède le niveau optimal pour éviter une surcharge, une compression et une distorsion. Comme l'atténuateur est un circuit de protection de l'analyseur de spectre, il est généralement réglé automatiquement en fonction du niveau de référence. Toutefois, une sélection manuelle est aussi possible par paliers. Le palier dépend du type d'analyseur de spectre.

Le niveau de référence est le niveau maximum de puissance (ou de tension) que l'on cherche à visualiser. Il correspond à la ligne horizontale supérieure de l'écran. Il est possible de choisir l'unité affichée (dBm, dBV, W, ou V).

En utilisant le montage de la Figure 5, régler le synthétiseur SMB100A sur -20 dBm avec une fréquence de 800 MHz et le synthétiseur HP8648A sur -70 dBm pour une fréquence de 800,075 MHz.

1. Quels sont les réglages qui permettent d'observer correctement ce signal ? Indiquer la configuration de l'analyseur de spectre (niveau de référence, atténuateur, span, fréquence centrale, RBW, VBW)
2. Le RBW est maintenant réglé à 30 kHz. Le synthétiseur HP8648A est réglé à -20 dBm.
 1. Est-il possible de distinguer les deux raies ? (un critère consiste à mesurer l'amplitude du creux. Il doit être inférieure de 3dB au pic le plus faible pour pouvoir distinguer les deux signaux).
 2. Diminuer la puissance sur le générateur HP8648A, jusqu'à ce qu'on ne puisse plus distinguer les deux raies. Quelle est cette valeur ?
 3. Qu'observe-t-on pour une puissance de -70 dBm ?
 4. Que faut-il faire pour observer les deux signaux ?
 5. Refaire la même étude pour un RBW réglé à 10 kHz.
3. Le RBW est maintenant réglé à 10 kHz. Nous allons chercher à déterminer la puissance minimum que notre analyseur de spectre peut mesurer (le plancher de bruit).
 1. Quelle est la puissance minimale que l'on peut mesurer (le plancher de bruit) ?
 2. Que devient cette puissance si on diminue le RBW d'un facteur 10 (1 kHz) ?
 3. Comparer cette valeur à la valeur précédente. Que peut-on dire du plancher de bruit ? Que peut-on dire du temps de balayage ?
4. Sur quel(s) paramètre(s) peut-on agir pour augmenter la sensibilité ?

Application : Mesure du gabarit d'un filtre passe-bande avec la fonction Maximum Hold

La fonction Maximum Hold peut être d'une utilité importante lorsque vous mesurez la réponse fréquentielle d'éléments passifs tels qu'un filtre. Pour cela, il est nécessaire de générer un signal avec un générateur RF (Figure 6) et d'enregistrer la réponse du DUT (Device Under Test : le filtre ici) avec votre analyseur de spectre. Comme la vitesse de balayage du générateur et celle de l'analyseur ne sont pas synchrones, la fonction Maximum Hold permet de tracer la réponse du DUT (généralement après deux à trois balayages).



Figure 6: Mesure du gabarit d'un filtre

Expérimentation

1. Connecter à l'entrée de l'analyseur de spectre un filtre SHP-700+
2. Régler le SMB100A pour qu'il réalise un balayage de 100 MHz à 3 GHz
3. Analyser le résultat

Signal “radar”

Objectifs

- Caractériser un signal radar :
 - sous sa forme temporelle,
 - sous sa forme fréquentielle.
- Identifier les relations entre les domaines temporel et fréquentiel.

Présentation de l'activité

Dans ce TP, nous allons chercher à caractériser l'impulsion radar avec un analyseur de spectre. Le montage proposé est présenté sur la Figure 7.

Caractéristiques temporelles

La Figure 8 présente les caractéristiques temporelles “puissance” de l'impulsion.

Le calcul de la puissance de l'impulsion se déduit de la puissance moyenne (voir Figure 9)

Caractéristiques fréquentielles

La Figure 10 présente l'aspect fréquentiel de l'impulsion radar ainsi que les relations entre le domaine temps et fréquence.

Démarche expérimentale

Le montage proposé pour réaliser cette activité est celui de la Figure 7.

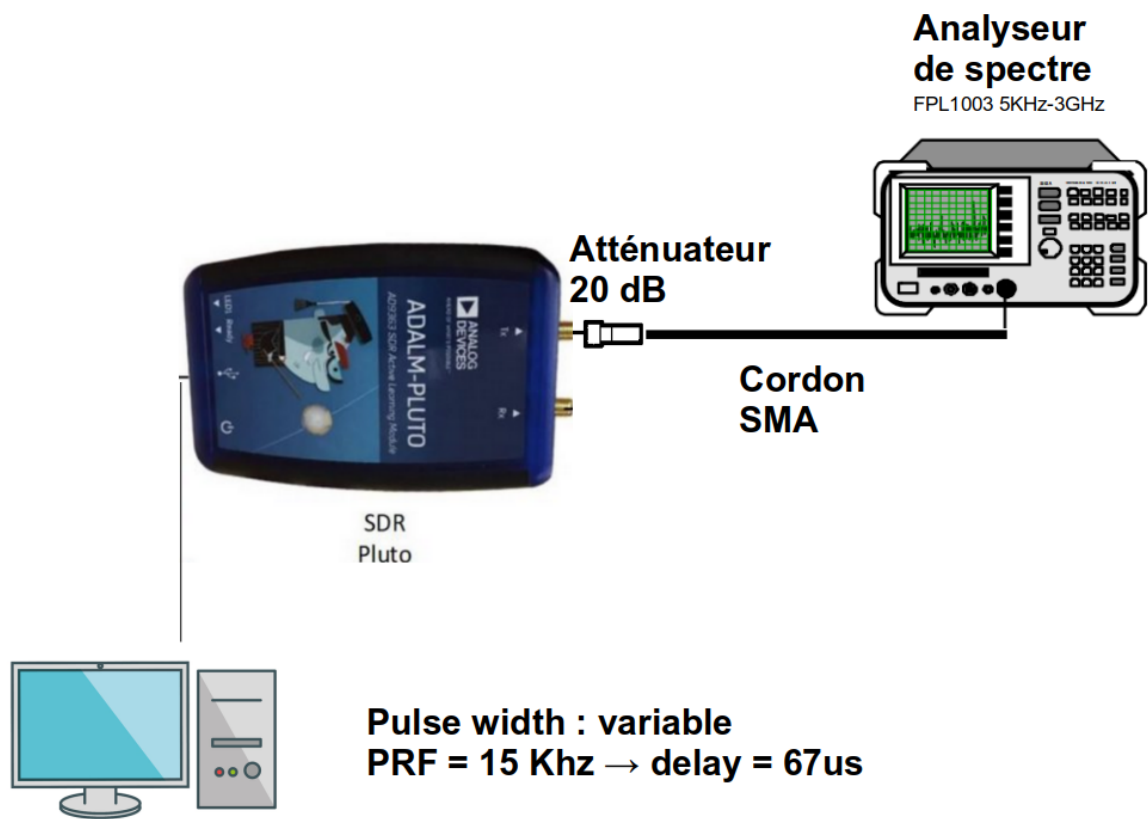


Figure 7: Mesure proposée avec l'analyseur de spectre

Pulse Power

TERMINOLOGY USED WHEN MEASURING PULSE POWER

- Average power: Power integrated over the complete pulse period, T (usually smaller than pulse power)
- Pulse power: Power integrated over only the pulse width, t (usually larger than average power)
- Peak power: The highest instantaneous power achieved by the pulse

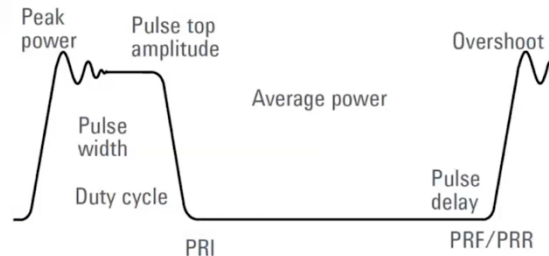


Figure 8: Caractéristiques temporelles (fig. extraite de [Keysight](#))

Aspect temporel

1. Faire un **Preset** sur l'analyseur de spectre.
2. Régler l'analyseur de spectre avec la configuration suivante (center frequency = 2400MHz, Span = 0 Hz, Ref.lev. = 10 dBm, RBW = 10 MHz, VBW = 10MHz, SWT = 100 us).
3. Connecter la carte pluto à l'analyseur de spectre.
4. Activer le programme GnuRadio companion `TX_impulse_radar.grc`.
5. Adapter le **Ref. lev.** de l'analyseur de spectre.

Application

Après avoir correctement configuré l'analyseur de spectre, déterminer les caractéristiques temporelles du signal radar :

- Largeur d'impulsion, en déduire la résolution distance.
- PRI, en déduire la PRF et l'ambiguïté distance.
- La puissance "de l'impulsion", en déduire la puissance moyenne.

Est-il possible de visualiser cette impulsion avec un oscilloscope ?

Modifier dans le programme GnuRadio companion `TX_impulse_radar.grc`, la variable **tau** qui correspond à la largeur d'impulsion, que peut-on dire de la résolution distance, de l'ambiguïté distance et de la puissance moyenne.

Pulse Power

AN EXAMPLE

$$\text{Pulse Power} = \frac{\text{Average Power}}{\frac{PW}{PRI}} = \text{Average Power} \times \left(\frac{PRI}{PW}\right)$$

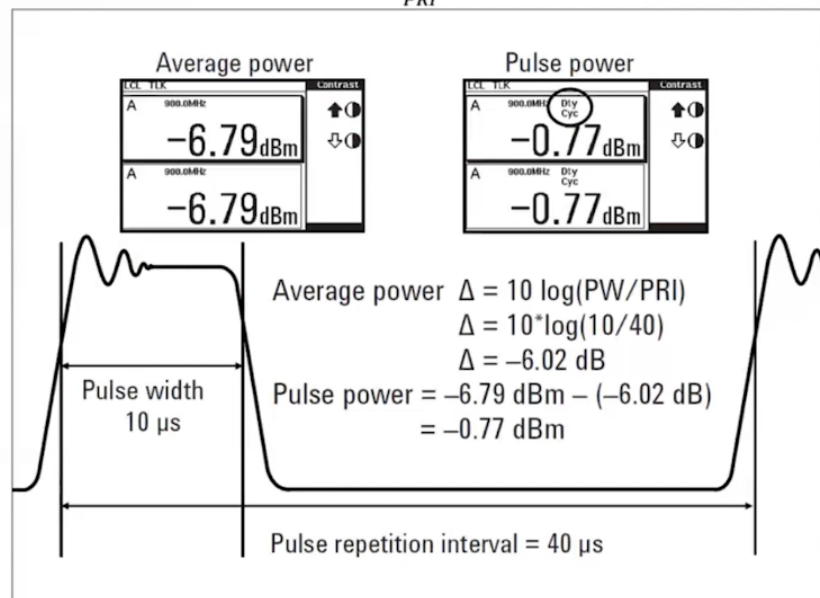


Figure 9: Exemple numérique - la puissance moyenne est mesurée avec une sonde (fig. extraite de [Keysight](#))

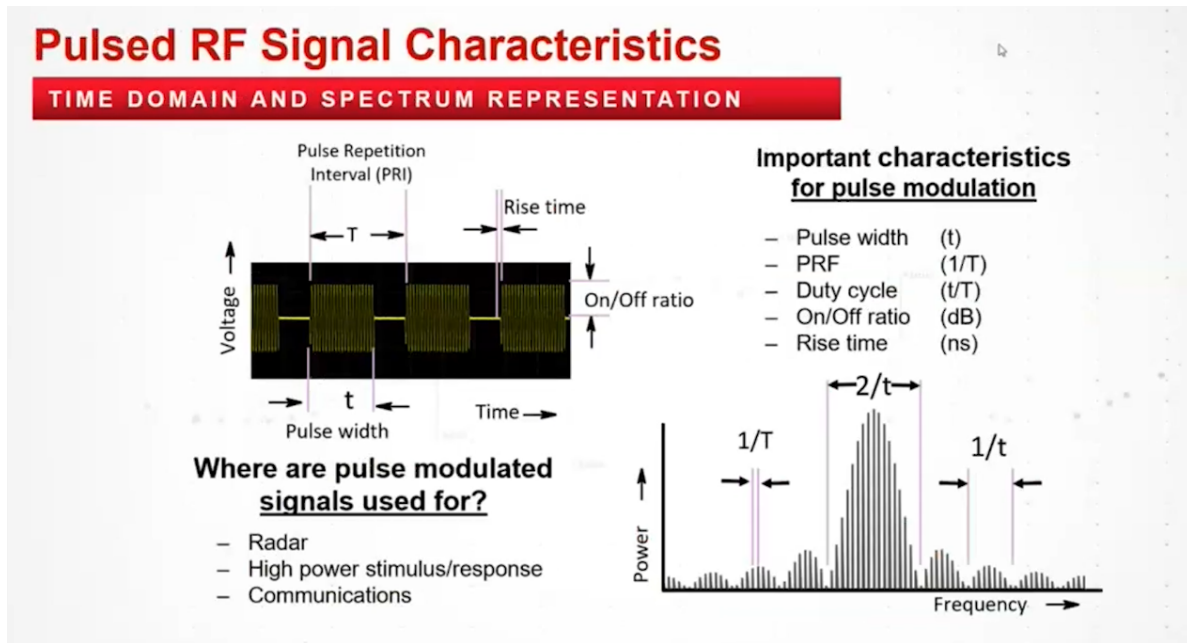


Figure 10: Caractéristiques fréquentielles (fig. extraite de [Keysight](#))

Aspect fréquentiel

1. Régler la largeur d'impulsion à 10 μ s.
2. Modifier les réglages de l'analyseur de spectre ainsi : center frequency = 2400MHz, Span = 1 MHz, Ref.lev. = conserver la valeur, RBW = 1 KHz, VBW = 10 Hz, SWT = 'auto'.
3. Observer le signal fréquentiel.

::: {callout-tip title="Application" icon="false"}

Après avoir correctement configuré l'analyseur de spectre, déterminer les caractéristiques fréquentielles du signal radar comme :

- La fréquence du signal radar,
- la PRF, en déduire la distance d'ambiguïté,
- la largeur de l'impulsion à partir du spectre,
- la puissance maximale du signal (i.e. la puissance "peak").

Modifier la fréquence du signal radar. Pour cela, modifier la variable `f0` du programme `TX_impulse_radar.grc`. Adapter le paramètre **Center frequency** de l'analyseur de spectre pour l'adapter à cette fréquence. Observer son influence sur :

- La fréquence du signal radar,
- la PRF,

- la largeur de l'impulsion,
- la puissance maximale du signal.

Revenir à une fréquence de 2.4 GHz (penser à modifier, aussi, la valeur de la fréquence sur l'analyseur de spectre). Modifier la variable `tau` du programme `TX_impulse_radar.grc` et observer son influence sur :

- la fréquence du signal radar,
- la PRF,
- la largeur de l'impulsion,
- la puissance maximale du signal.

Revenir à une largeur d'impulsion de 10 us, modifier la valeur de la PRF du signal radar (variable `PRF` du programme `TX_impulse_radar.grc`). Déterminer les modifications apportées à :

- la fréquence du signal radar,
- la PRF,
- la largeur de l'impulsion,
- la puissance maximale du signal.

Conclure.

! Important

Penser à faire un PRESET avant d'éteindre l'analyseur de spectre

Signal “Paire d’impulsions

Objectifs

Le but du TP est de visualiser les spectres des différents signaux décrits ci-dessous. Pour chaque étude vous visualiserez simultanément le signal temporel sur l’oscilloscope et son spectre en amplitude sur l’analyseur de spectre. Des curseurs et des marqueurs vous permettront de comparer les mesures faites dans chaque domaine.

Les prédéterminations des spectres seront faites par la méthode indirecte que vous connaissez:

Le signal temporel est décomposé en produit ou en produit de convolution de signaux élémentaires (dont le spectre est connu)

Le passage dans le domaine fréquentiel se fait en sachant qu’un produit (produit de convolution) dans le domaine temporel devient un produit de convolution (produit) dans le domaine fréquentiel

Consignes de SÉCURITÉ concernant l’utilisation de l’analyseur de spectre

1. Certains analyseurs de spectre ne supportent pas un signal continu (DC) sur l’entrée RF : NE PAS RETIRER LE DC BLOCK SUR L’ENTRÉE RF de l’analyseur de spectre.
2. NE JAMAIS DÉPASSER LA PUISSANCE MAXIMALE ADMISSIBLE SUR L’ENTRÉE RF de l’analyseur de spectre.
3. Une bonne habitude est de lire les spécifications et les consignes de sécurité avant d’utiliser un appareil de mesure RF !

Matériels

- Générateur d’impulsion.
- Oscilloscop.
- Analyseur de spectre.
- Adaptateurs N-sma, BNC-sma.
- Cordons SMA.

Impulsion de largeur 50 ns.

Préparation

- Donner le spectre d'une impulsion isolée.
- Quel est l'effet d'une périodisation du signal sur le spectre ? Justifier votre réponse.
- Donner le spectre d'un signal impulsionnel de période $1\mu s$.

Manipulation

1. Visualiser ce spectre et comparer les relevés en temporel et en fréquentiel.
2. Observer et justifier l'effet sur le spectre d'une variation de la largeur de l'impulsion et d'une variation de la période

Paire d'impulsions proche dans le temps.

Préparation

- Déterminer le spectre d'une paire d'impulsions de largeur 50 ns et espacées de 150 ns.
- Les paires d'impulsions sont répétées périodiquement à la période $1\mu s$. Donner le spectre du signal obtenu

Manipulation

1. Visualiser ce spectre et comparer les relevés en temporel et en fréquentiel.

! Important

Penser à faire un PRESET avant d'éteindre l'analyseur de spectre

FAQ - Synthèse

Q : Quel est l'objectif principal de ce document ?

R : Ce document est un support de TP (Travaux Pratiques) sur l'analyse spectrale, destiné à enseigner les principes fondamentaux des hyperfréquences et l'utilisation d'un analyseur de spectre. L'objectif est de rendre les participants autonomes dans l'utilisation des instruments RF.

Q : À qui s'adresse cette formation ?

R : Cette formation s'adresse principalement aux professionnels non spécialistes des hyperfréquences, ainsi qu'aux étudiants de la Licence Professionnelle Mesures Hyperfréquences et Radiocommunications (LP MHR).

Q : Quels sont les concepts clés abordés dans ce document ?

R : Les concepts clés abordés incluent:

- **Bande passante de résolution (RBW)** : Influence la résolution et le temps de balayage.
- **Temps de balayage (SWT)** : Le temps mis pour balayer la gamme de fréquences.
- **Bande passante vidéo (VBW)** : Filtre la sortie du détecteur pour réduire le bruit.
- **Niveau de référence (REF LEV)** : Le niveau de puissance maximum affiché à l'écran.
- **Atténuation RF (RF ATT)** : Atténue le signal d'entrée pour éviter la surcharge de l'analyseur.
- **SPAN**: L'étendue de fréquence visualisée.
- **Fréquence centrale (Fc)**: La fréquence autour de laquelle l'analyseur effectue le balayage.

Q : Quels sont les types de signaux étudiés dans ce TP ?

R : Plusieurs types de signaux sont analysés, notamment :

- **Onde CW (onde continue)** : Pour comprendre la pureté spectrale d'un générateur RF.
- **Signal à deux tons** : Pour apprendre à paramétrer l'analyseur.
- **Signal radar** : Pour identifier ses caractéristiques temporelles et fréquentielles.
- **Doublet d'impulsions** : Pour étudier l'effet de la répétition d'impulsions.
- **Bande FM** : Pour visualiser et mesurer les signaux des stations de radio FM.

Q : Quelles sont les précautions de sécurité à prendre lors de l'utilisation d'un analyseur de spectre ?

R : Les consignes de sécurité essentielles sont :

- **Ne pas retirer le DC block** : Certains analyseurs ne supportent pas de signal continu (DC).
- **Ne pas dépasser la puissance maximale admissible** : Pour éviter d'endommager l'analyseur.
- **Lire les spécifications** : Avant toute utilisation, il est important de consulter les spécifications et consignes de sécurité de l'appareil.

Q : Comment la bande passante de résolution (RBW) influence-t-elle la mesure ?

R : La RBW a un impact majeur sur la résolution spectrale et le temps de balayage. En diminuant la RBW, on améliore la résolution, mais le temps de balayage augmente. Il faut donc trouver un compromis adapté à la mesure.

Q : Qu'est-ce que la fonction "Maximum Hold" et quand l'utiliser ?

R : La fonction "Maximum Hold" est utilisée pour mesurer la réponse fréquentielle d'éléments passifs comme les filtres. Elle enregistre la valeur maximale du signal sur plusieurs balayages pour compenser la non-synchronisation entre le générateur et l'analyseur.

Q : Comment effectuer une mesure de la pureté spectrale d'un générateur RF ?

R : Pour évaluer la pureté spectrale, il faut mesurer les harmoniques présentes dans le signal. En ajustant le *SPAN* et la fréquence centrale, on peut visualiser ces harmoniques et mesurer leur fréquence et leur puissance.

Q : Qu'est-ce que le plancher de bruit d'un analyseur de spectre ?

R : Le plancher de bruit représente la puissance minimale mesurable par l'analyseur. En diminuant la RBW, on réduit le plancher de bruit, ce qui permet d'augmenter la sensibilité de la mesure, mais cela augmente le temps de balayage.

Q : Quels sont les paramètres à ajuster pour une mesure précise d'un signal ?

R : Les paramètres clés à régler sont:

- **Fréquence centrale (Fc)** : Pour centrer le signal à l'écran.
- **Étendue de la fréquence (SPAN)** : Pour choisir la largeur de la plage de fréquences à afficher.
- **Niveau de référence (REF LEV)** : Pour adapter la plage dynamique à la puissance du signal.
- **Bande passante de résolution (RBW)** : Pour la résolution fréquentielle.
- **Bande passante vidéo (VBW)** : Pour le lissage du signal.

- **Temps de balayage (SWT)** : Ajusté en fonction de la RBW et de la précision souhaitée.