

## SUPPORTS DE TRANSMISSION

Les supports de communications peuvent être du type câble, RF sans fil ou Fibre optique. Dans ce TP nous allons mesurer et comparer les performances de chaque support en termes de bande passante et atténuation.

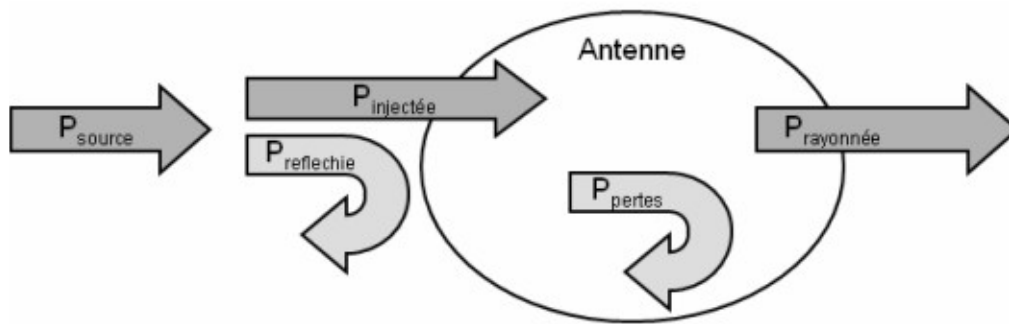
Un câble ou une antenne présente une impédance d'entrée complexe qu'il est important de connaître et de maîtriser.

### 1. Transmission RF ou sans fil

#### 1.1. *Impédance d'entrée*

##### 1.1.1. Adaptation d'impédance et paramètre S11

Pour que l'antenne puisse émettre un maximum de puissance, elle doit être adaptée en impédance afin d'absorber la puissance issue du générateur et limiter la puissance réfléchie vers la source.



Un système adapté est obtenu si l'impédance de la source, l'impédance caractéristique de la ligne et la charge, donc ici l'antenne, ont la même impédance, soit 50 ohm.

Plusieurs grandeurs peuvent être utilisées pour vérifier que la charge est adaptée et notamment le coefficient de réflexion qui s'exprime par :

$$\Gamma = S_{11} = \frac{V_{\text{réfléchie}}}{V_{\text{incidente}}} = \frac{Z - Z_c}{Z + Z_c}$$

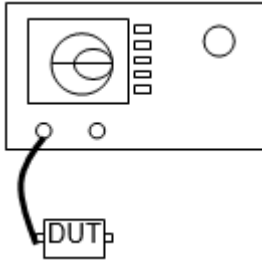
Ou en puissance :

$$|S_{11}|^2 = \frac{P_{\text{réfléchie}}}{P_{\text{incidente}}}$$

Le paramètre  $S_{11}$  représente donc le coefficient de réflexion, Il doit être le plus faible possible, inférieur à 1, ou en dB inférieur à -15 ou -20 dB.

### 1.1.2. Mesure : Procédure de calibration

L'adaptation d'entrée, caractérisée par  $S_{11}$ , est déduite de mesures à l'analyseur de réseau vectoriel en utilisant un seul accès ou « port » de l'appareil.



Avant de réaliser les mesures, il est nécessaire d'effectuer la calibration qui sert à prendre en compte les câbles et connecteurs indispensables pour relier l'appareil à l'antenne à mesurer, notée DUT ( Device Under Test ).

- Connecter sur l'AVectoriel les câbles qui seront utilisés lors des mesures.

- Préciser la bande de fréquence utile

- Sélectionner le repertoire CAL puis le menu CALIBRATE MENU

calibration pour la mesure de  $S_{11}$  1-PORT

- Valider l'option  **$S_{11}$  1-PORT**

Utiliser le circuit de calibration comportant un court circuit CC, un circuit ouvert CO et une charge  $50\ \Omega$

- Connecter le CC sur la voie 1 et presser la touche SHORT, attendre que les mesures soient effectuées.
- Connecter le CO et laisser la voie 1 en l'air et presser la touche **OPEN**.
- Connecter la charge  $50\ \Omega$  sur la voie 1 et presser la touche **LOAD**.

- Une fois la procédure terminée presser la touche DONE 1-PORT CAL.

### 1.1.3. Mesure de l'impédance de l'antenne

Le but est de mesurer l'impédance d'entrée et le coefficient de réflexion d'une antenne Yagi qui sera ensuite utilisée pour la transmission.

- Utiliser l'analyseur de réseau. Brancher les câbles et connecteurs nécessaires à la mesure de l'impédance de l'antenne.
- Fixer la bande de fréquence (START-STOP) entre 100 MHz et 1500 MHz
- Faire la procédure de calibration
- Vérification de la calibration : en utilisant la voie 1 (CH1), mesurer  $S_{11}$  (MEAS: $S_{11}$ ) et localiser sur l'abaque de SMITH (FORMAT: SMITH CHART) les points correspondants aux charges suivantes : Court Circuit CC, Circuit Ouvert CO et  $50\ \Omega$ .

- Mesurer le coefficient de réflexion  $\rho=S_{11}$  (MEAS:S11, FORMAT: LOG MAG) de chaque. En déduire les fréquences ou bandes de fréquences possibles d'utilisation chacun, on choisira par exemple les fréquences pour lesquelles S11 est inférieur à -15 dB
- Tracer l'impédance sur l'abaque de SMITH et à l'aide d'un marqueur, donner la fréquence du point qui vous semble le plus proche de  $50 \Omega$ .

S11 dB	Fréquences correspondantes (MHz)	Coefficient de réflexion				
Minimale =						
-15 dB						
-10 dB						
-5 dB						

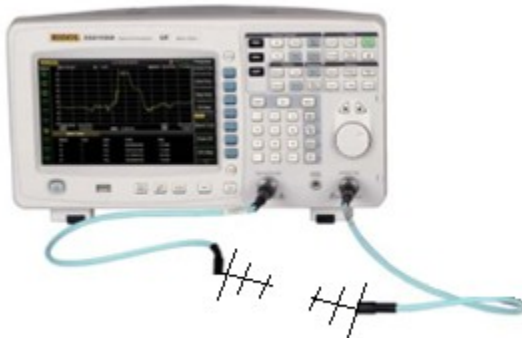
## 1.2. *Mesure d'atténuation*

Un analyseur de spectre est utilisé dans un mode TRACKING GENERATOR afin de tracer la réponse en fréquence du système de transmission. Dans le mode TRACKING GENERATOR un balayage en fréquence est réalisé et un signal est délivré en TG OUTPUT. Simultanément, le spectre est mesuré en RF INPUT.

1.

1.1.

1.2.



la bande passante à utiliser pour la transmission ? quelle est la largeur de cette bande ?

### 1.2.1. Bande passante

- Relier directement la sortie GEN OUPUT de l'analyseur de spectre RIGOL à l'antenne d'émission par un câble coaxial, puis l'antenne de réception à l'entrée RF INPUT de l'analyseur. Placer les 2 antennes à 10 cm l'une de l'autre.
- Activer le mode TG, avec un niveau TG Level de 0dBm. Visualiser le spectre, quelle sera

**1.2.2. Atténuation**

- Choisir une fréquence d'utilisation dans la bande passante et mesurer l'atténuation apportée par le câble de mesure.
- Refaire une mesure avec les antennes et en déduire l'atténuation apportée par la transmission sans fil.
- Déplacer l'antenne d'émission et tracer l'atténuation en dB en fonction de la distance.

**1.2.3. Comparaison avec la théorie**

L'évolution de la puissance en fonction de la distance est donnée par la formule de FRIIS :

$$P(W) = G_1 \cdot G_2 \cdot P_o \cdot \left( \frac{\lambda}{4\pi \cdot r} \right)^2$$

Cette écriture peut être modifiée en utilisant les dB et dBm sous la forme suivante avec P'o une puissance de référence prenant en compte les gains des antennes :

$$P(dBm) = P'o(dBm) - 10 \cdot \log_{10} \left[ \left( \frac{4\pi f}{c} \right)^2 \cdot r^2 \right]$$

La formule de FRIIS correspond à une propagation en espace libre.

Elle peut être modifiée pour prendre en compte des propagations dans des environnements plus complexes, avec des réflexions

$$P(dBm) = P'o(dBm) - 10 \cdot \log_{10} \left[ \left( \frac{4\pi f}{c} \right)^2 \cdot r^y \right]$$

Ou :

$$P(dBm) = P'o(dBm) - 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{4\pi f}{c} \right)^2 + \alpha \cdot \log_{10}(r)$$

Superposer au tracé expérimental les tracés obtenus avec la formule de FRIIS et la formule modifiée en ajustant les paramètres P'o et  $\alpha$  pour que les courbes théoriques et expérimentales soient proches.

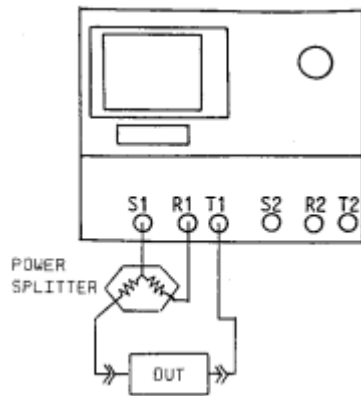
**2. Transmission sur câble**

2 Câbles coaxiaux d'impédance caractéristique 50 ohm et de longueur 13.2 m et 50 m sont utilisés.

**2.1. Mesure d'atténuation**

Dans cette application l'Analyseur de Réseau (AR) Hewlett Packard 4195A est utilisé pour mesurer l'atténuation d'un câble. Relier le câble à mesurer à l'AR comme indiqué sur la figure ci-dessous. S1 est la Source du signal, T1 le signal Transmis et R1 la voie de Référence permettant de connaître la fonction de transfert T/R.

Régler le balayage en fréquence avec les paramètres suivants:



MENU SWEEP:

START: 10KHz

STOP: 500MHz

Type log

Autres paramètres à vérifier en cas de problème :

MENU MEASURE: - CONFIG: NETWORK

FORMAT: T/R-θ (dB)

MENU TRACE: -DISPLAY: X-A&B

- SCALE REF: forA, A SCALE lin

forB, B SCALE lin

Ne pas hésiter à utiliser la touche AUTO SCALE

Pour chaque câble coaxial, mesurer les atténuations à 50 MHz et 500 MHz et leur fréquence de coupure à -3dB,

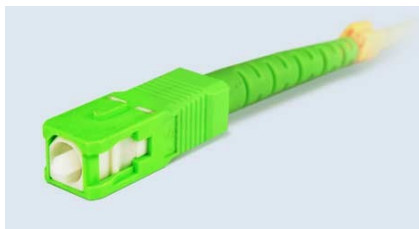
Longueur	Atténuation à 50MHz		Atténuation à 500 MHz		Fréquence de coupure à -3 dB
13.2 m	dB	dB/Km	dB	dB/Km	MHz
50 m	dB	dB/Km	dB	dB/Km	MHz

Conclure sur l'effet de la longueur du câble sur l'atténuation et la fréquence de coupure.

### 3. Transmission sur Fibre Optique

#### 3.1. *Introduction – principe de mesure*

Les connecteurs des Fibres Optiques sont de précision car ils doivent permettre d'aligner et de mettre en contact les cœurs des fibres de diamètre 50µm pour des fibres multimode à moins de 10 µm pour des monomodes.



Les connecteurs utilisés sont du Type SC (Subscriber Connector or Square Connector). Ils sont très couramment utilisés pour les réseaux actuels en raison de leurs qualités, coût, faible encombrement et rapidité de montage.

#### 3.2. *Mesure d'atténuation par insertion*

La manipulation demandée consiste à mesurer l'atténuation d'un système à fibre par la méthode d'insertion. La méthode consiste à comparer la puissance optique reçue en l'absence du système à mesurer, avec la puissance après insertion de ce système.

La source de lumière est le réflectomètre YOKOGAWA AQ1000. Pour sélectionner le mode source de lumière : Menu>Light Source>ON, choisir 1310nm en mode CW (Continuous Wave).

- Relier la source AQ1000 au photomètre par un cordon à fibre optique et mesurer la puissance reçue  $P_0$  en dBm.



- Insérer le système à fibre à caractériser. Mesurer la puissance  $P_1$ .



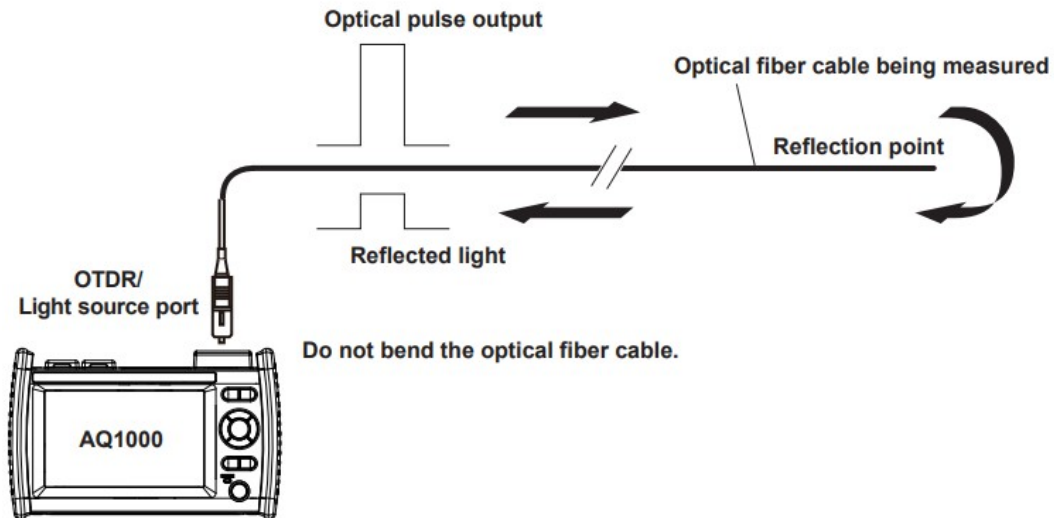
- En déduire : l'atténuation totale introduite par le système à fibre optique.

### 3.3. *Bilan de liaison par réflectométrie*


La technique de réflectométrie permet de connaître l'atténuation subie par la lumière tout au long de sa transmission. Elle est utilisée pour caractériser l'atténuation d'une liaison locale ou de longue distance, ainsi que pour la détection et la localisation de défauts.

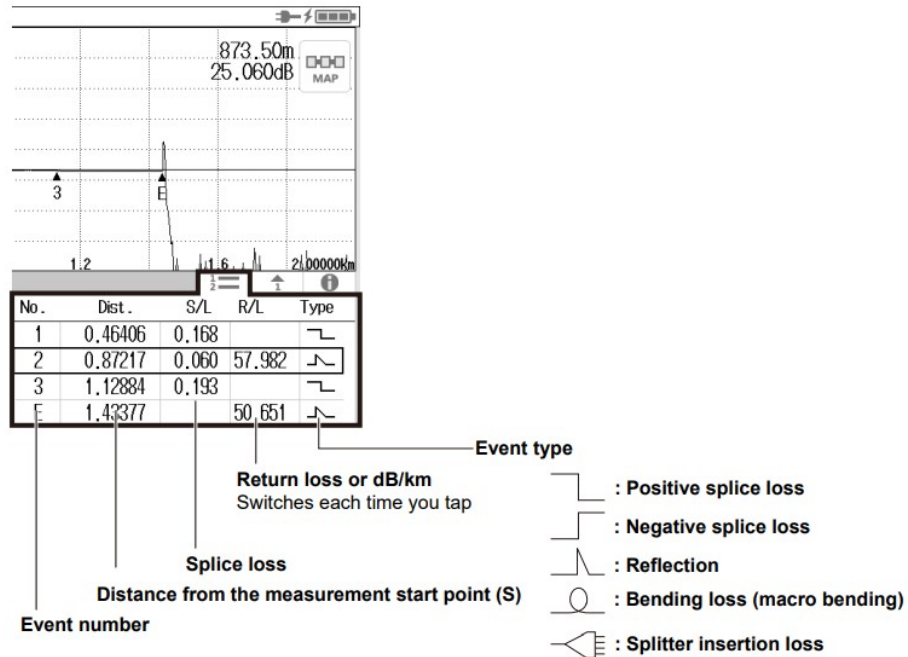
Le réflectomètre (dit OTDR : Optical Time Domain Reflectometer) utilise le principe suivant de rétrodiffusion : Lorsqu'on envoie une impulsion de lumière de grande puissance, une partie de l'énergie lumineuse est diffusée par le matériau constituant le guide. Chaque section élémentaire de la fibre se comporte comme un défaut ponctuel (granulosité submicronique) et renvoie vers la source une partie infime de la lumière incidente. En collectant cette lumière et en analysant sa répartition dans le temps on peut effectuer une cartographie d'une liaison complète (atténuation, défauts, ...) à partir d'une seule extrémité, sans détérioration de la fibre.

Un coupleur directionnel est utilisé afin d'assurer la liaison incidente laser - fibre et la liaison retour fibre - détecteur.



### 3.4. *Mesure des atténuations*

- Relier la sortie du réflectomètre YOKOGAWA AQ1000 à un système à fibre optique composé de plusieurs bobines reliées entre elles.
- En mode REAL TIME, le résultat de chaque mesure est affiché en temps réel.
- En mode AVG, un moyennage (Average) est fait sur une série de mesures ce qui permet une meilleure précision des résultats.
- Lancer le mode AVG et attendre la fin des mesures.
- Visualiser le résultat en mode TRACE  et interpréter le tracé obtenu.
- Relever en particulier les extrémités des fibres optiques, les connecteurs et les distances, l'atténuation par fibre et totale.



Il est possible d'utiliser le mode ZOOM pour étudier plus en détail une partie de la liaison en faisant un zoom avec 2 doigts, de placer de nouveau curseur (en cliquant sur la courbe, de la déplacer en le faisant glisser ou avec les flèches du menu.

- Utiliser le mode ZOOM pour évaluer l'atténuation introduite par un connecteur.



- Changer la représentation en mode MAP pour vérifier votre interprétation

**CONCLUSION GENERALE :** comparer les 3 supports de transmission en termes de bande passante et atténuation (dire dans quelles conditions la bande passante a été mesurée (fréquence, distance, ...))