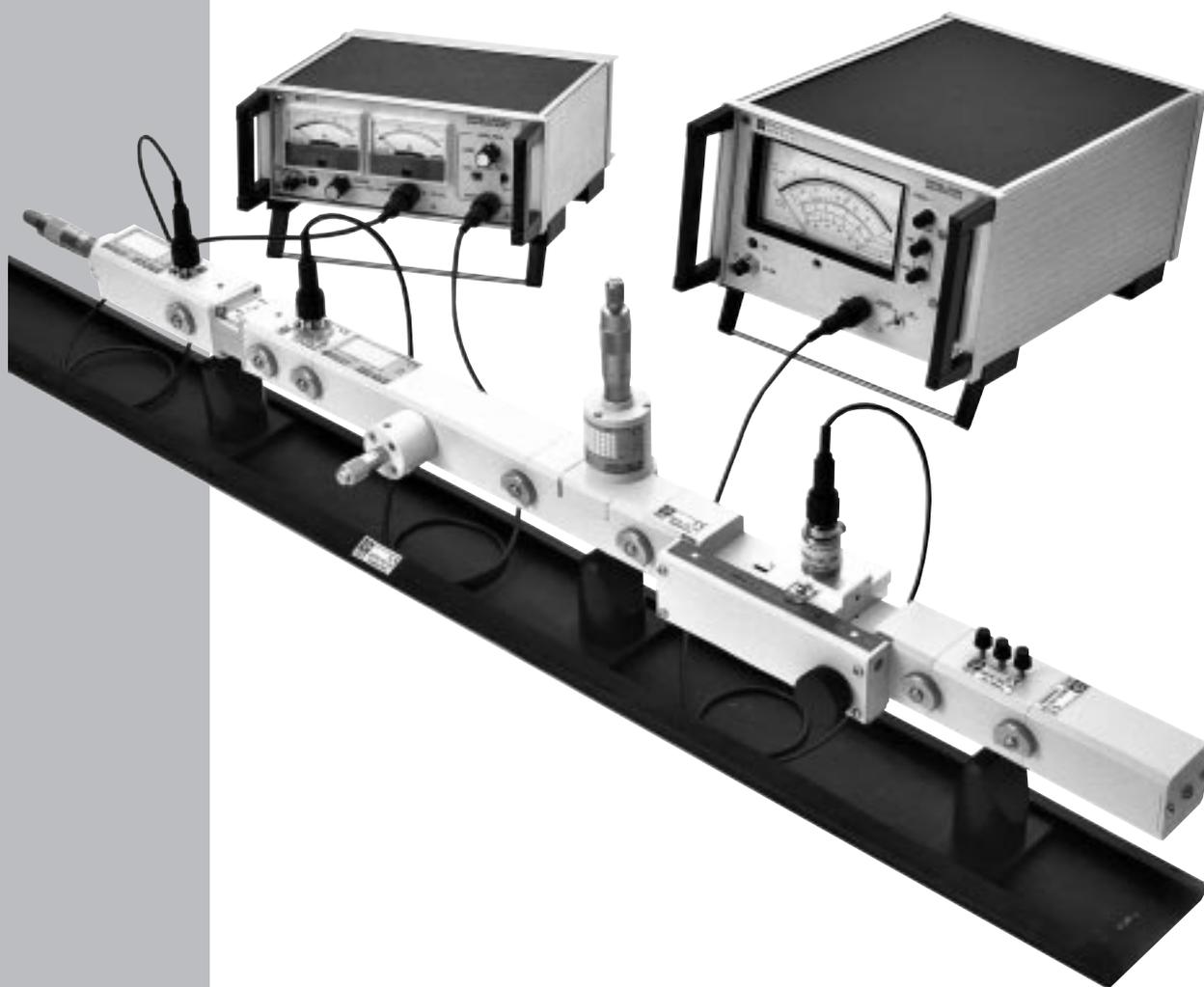


■ BANC DIDACTIQUE HYPERFREQUENCE

# ORITEL BDH R100



FRANÇAIS

Notice d'expérimentation

Signification du symbole  :

**ATTENTION ! Consulter la notice d'expérimentation avant d'utiliser le banc.**

Dans la présente notice d'expérimentation, les instructions précédées de ce symbole, si elles ne sont pas bien respectées ou réalisées, peuvent occasionner un accident corporel ou endommager l'appareil et les installations.

Vous venez d'acquérir un **banc didactique hyperfréquence ORITEL BDH-R100** et nous vous remercions de votre confiance.

Pour obtenir le meilleur service de votre appareil :

- **lisez** attentivement cette notice d'expérimentation,
- **respectez** les précautions d'emploi.

## **PRECAUTIONS D'EMPLOI**

- L'isolateur à ferrite doit être correctement orienté, la flèche orientée vers la charge.
- Lors du raccordement de l'oscillateur GUNN, et du modulateur à diode PIN à l'alimentation, toute inversion au niveau des connecteurs de sortie et de l'alimentation peut entraîner la détérioration des diodes GUNN et PIN (voir § 3.2).
- Les cordons et accessoires de raccordement doivent répondre aux normes applicables et doivent être conçus pour une tension assignée de catégorie de surtension au moins égale à celle des circuits sur lesquels les mesures sont effectuées.
- Laisser un espace libre de 1 cm environ, autour de l'alimentation ORITEL CF 204A (option) et de l'indicateur de ROS ORITEL IR 205 (option), pour la ventilation.
- Tous les appareils raccordés au banc et connectés au réseau alternatif doivent être reliés à la terre.
- Aucune tension de plus de 30 V par rapport à la terre ne doit être présente sur le banc.
- Pour plus d'informations sur les précautions d'emploi et d'utilisation des sous-ensembles, se référer aux notices individuelles de ces sous-ensembles.

## **GARANTIE**

Notre garantie s'exerce, sauf stipulation expresse, pendant **douze mois** après la date de mise à disposition du matériel (extrait de nos Conditions Générales de Vente, communiquées sur demande).

# SOMMAIRE

<b>1. INTRODUCTION</b> .....	4
<b>2. PRESENTATION</b> .....	4
2.1 Composition du banc didactique ORITEL BDH R100 .....	4
<b>3. CARACTERISTIQUES</b> .....	5
3.1 Banc didactique BDH R100 .....	5
3.2 Alimentation ORITEL CF 204A (option) .....	5
3.3 Oscillateur à diode GUNN ORITEL OSG 100 .....	5
3.4 Isolateur à ferrite ORITEL ISO 100 .....	5
3.5 Modulateur à diode PIN ORITEL MOD 100 .....	6
3.6 Atténuateur variable à réglage micrométrique ORITEL ATM 100 .....	6
3.7 Ondemètre à courbe ORITEL OND 100 .....	6
3.8 Ligne de mesure ORITEL LAF 100 .....	6
3.9 Indicateur de ROS ORITEL IR 205 (option) .....	6
3.10 Adaptateur d'impédance à 3 plongeurs ORITEL ADZ 100/3 .....	7
3.11 Transition guide-coaxial ORITEL TGN 100 .....	7
3.12 Détecteur coaxial ORITEL DEN 100 .....	7
3.13 Charge adaptée ORITEL CHG 100 .....	8
3.14 Plaque court-circuit ORITEL CC 100 .....	8
3.15 Fixation rapide EASYFIX ORITEL AFR 100 .....	8
3.16 Milliwattmètre hyperfréquence ORITEL MH 600 (option) .....	8
3.17 Sonde coaxiale à thermocouple ORITEL ST 613 (option à acheter avec Oritel MH 600) .....	8
3.18 Recopie de déplacement ORITEL RD 100 (option pour ORITEL LAF 100) .....	9
<b>4. MISE EN SERVICE</b> .....	9
4.1 Montage du banc .....	9
4.2 Montage de la Recopie de déplacement ORITEL RD 100 (option) .....	9
4.3 Mise en service et utilisation de l'alimentation ORITEL CF 204A (option) .....	9
4.4 Mise en service et utilisation de l'indicateur de ROS ORITEL IR 205 (option) .....	9
4.5 Mise en service du milliwattmètre ORITEL MH 600 (option) .....	9
<b>5. MANIPULATIONS</b> .....	10
5.1 Etude l'Oscillateur a effet GUNN .....	10
5.2 Mesure du rapport d'onde stationnaire .....	12
5.3 Etude de longueur d'onde .....	16
5.4 Mesure de l'impédance .....	18
5.5 Mesure de la fréquence .....	23
5.6 Relevé de la loi quadratique d'un détecteur .....	24
5.7 Mesure de la puissance .....	26
5.8 Mesure d'atténuation .....	26
<b>6. MAINTENANCE</b> .....	28
6.1 Nettoyage .....	28
6.2 Vérification métrologique .....	28
<b>7. POUR COMMANDER</b> .....	29

# 1. INTRODUCTION

Une demande grandissante en formation aux techniques micro-ondes a amené l'activité ORITEL de CHAUVIN ARNOUX à développer des équipements de mesure spécialement conçus dans un but pédagogique.

Spécialisée depuis plusieurs années dans les composants et systèmes hyperfréquences, l'activité ORITEL a eu le souci de simplifier les différents éléments entrant dans ces bancs de mesures. Cet ensemble de techniques est ainsi mis à la portée d'un grand nombre d'intéressés.

Le **banc didactique ORITEL BDH R100**, réalisé en guide d'onde R100/WR90 (8,5 à 9,6 GHz) permet les mesures les plus courantes, il peut être complété par d'autres composants et accessoires disponibles en option, afin de permettre la mise en œuvre d'un grand nombre d'expérimentation complémentaires, parmi lesquelles on peut citer les études suivantes :

- le circulateur,
- le coupleur directif,
- la propagation,
- le gain et le diagramme de rayonnement d'une antenne.

La bande de fréquence : 8,5 GHz à 9,6 GHz ( $\lambda = 3$  cm) a été choisie en raison d'une part des développements importants dans cette gamme de fréquences et d'autre part, des dimensions des éléments.

D'autres éléments existant au catalogue de CHAUVIN ARNOUX peuvent être fournis sur demande.

Loin d'être un cours de mesure en hyperfréquence, cette notice a pour seul but d'illustrer par quelques exemples les possibilités de l'équipement ORITEL BDH-R100.

Il est à noter que ce banc didactique a une particularité novatrice qui facilite grandement l'assemblage de ses différents éléments : le système de fixation rapide **EASYFIX** qui permet par une manœuvre unique, de raccorder n'importe quel composant hyperfréquence (R100/WR90).



Fixation rapide EASYFIX

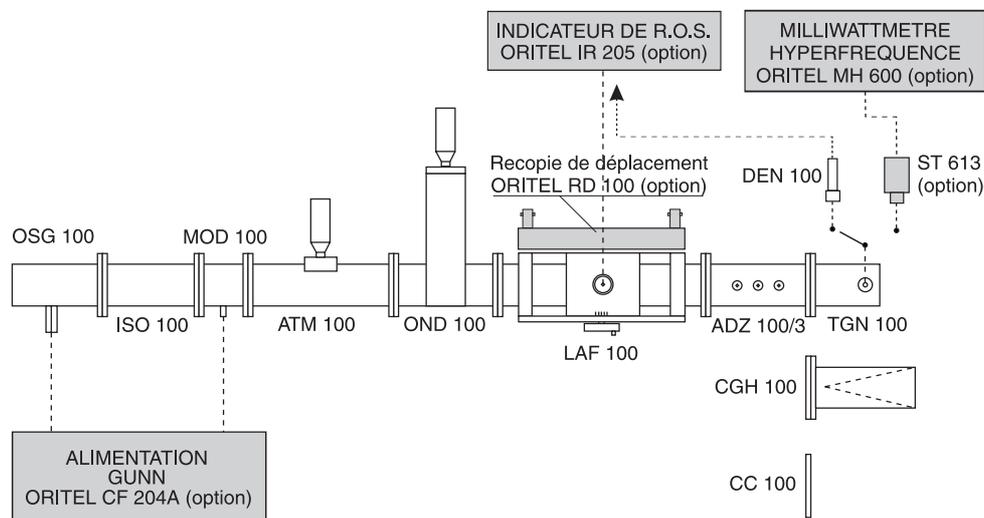
# 2. PRESENTATION

Le banc didactique est composé des constituants hyperfréquence réalisés en guide d'onde R100/WR90 (8,5 à 9,6 GHz) et présentés dans le synoptique ci-dessous.

Cet ensemble permet d'effectuer les expérimentations suivantes :

- Etude de l'oscillateur GUNN
- Mesure du rapport d'onde stationnaire
- Etude de la longueur d'onde
- Mesure de l'impédance
- Mesure de la fréquence
- Relevé de la loi quadratique d'un détecteur
- Mesure de la puissance

## 2.1 Composition du banc didactique ORITEL BDH R100



**NB :** Les sous-ensembles représentés en gris sont fournis en option.

## 3. CARACTERISTIQUES

### 3.1 Banc didactique BDH R100

- Fréquence : 8,5 à 9,6 GHz
- Guide d'onde : R100
- Bride : UBR 100
- Raccordement par fixation rapide EASYFIX (voir § 4.1)
- Conditionné en valise de rangement  
Dimension / Masse : 540 x 130 x 430 mm / 7 kg
- Compatibilité électromagnétique : NF EN 61326-1, classe B, Ed. 98

**Nota :** Les caractéristiques des constituants du banc didactique sont mentionnées dans les paragraphes suivants.

### 3.2 Alimentation ORITEL CF 204A (option)

L'alimentation, est spécialement étudiée pour alimenter l'oscillateur à diode à effet GUNN, ORITEL OSG 100 et le modulateur à diode PIN MOD 100.

Elle délivre :

- une tension continue réglable de 0 à 10 V,
- des signaux carrés à une fréquence réglable voisine de 1 kHz, assurant la modulation du signal hyperfréquence fourni par la diode GUNN.



#### Alimentation de l'oscillateur GUNN

- Tension réglable de 0 V à 10 V continu
- Taux de régulation : meilleur que  $\pm 1.10^{-3}$
- Courant : limité intérieurement à 1,2 A max
- Connecteur de sortie BNC femelle

#### Alimentation du modulateur-atténuateur à diode PIN

- Courant continu : réglable de 0 mA à + 10 mA
- Modulation d'amplitude : signaux carrés 0 mA à + 10 mA  
fréquence 1 kHz  $\pm 1,5\%$  (ajustable en face avant)
- Connecteur de sortie BNC femelle

#### Caractéristiques générales

- Alimentation réseau : 115 ou 230 V  $\pm 10\%$ , 40 à 60 Hz
- Consommation : 35 VA environ
- Dimensions (l x h x p) : 240 x 100 x 215 mm
- Masse : 2,4 kg environ

### 3.3 Oscillateur à diode GUNN ORITEL OSG 100

L'oscillateur à diode GUNN est la source d'énergie hyperfréquence du banc didactique ORITEL BDH-R100.

Cet oscillateur composé d'un tronçon de guide d'onde, dont l'une des extrémités est fermée par un court-circuit, est réglable en fréquence de 8,5 à 9,6 GHz à l'aide d'une vis micrométrique.

- Fréquence : 8,5 à 9,6 GHz
- Puissance de sortie : > 17 dBm
- Tension d'alimentation : 10 V continu
- Guide d'onde : R100
- Bride : UBR 100
- Connecteur d'alimentation : BNC femelle
- Masse : 535 g
- Dimensions : 53 x 59 x 225 mm



### 3.4 Isolateur à ferrite ORITEL ISO 100

L'isolateur à ferrite assure la protection de l'oscillateur à diode GUNN contre les variations d'impédance de charge et contre la désadaptation provoquée par le modulateur à diode PIN.

L'isolateur à ferrite laisse passer l'énergie hyperfréquence sans atténuation dans le sens oscillateur-charge et produit une forte atténuation dans le sens inverse.

- Fréquence : 8,5 à 9,6 GHz
- Perte d'insertion : < 1 dB
- Isolation : > 20 dB
- ROS :  $\leq 1,25$



- Guide d'onde : R 100
- Bride : UBR 100
- Masse : 650 g (avec 2 adaptateurs de fixation rapide *EASYFIX*)
- Dimensions : 99 x 46 x 87 mm

### 3.5 Modulateur à diode PIN ORITEL MOD 100

Le modulateur à diode PIN permet de moduler en signaux carrés à 1 kHz, l'onde hyperfréquence produite par l'oscillateur GUNN.

- Fréquence : 8,5 à 9,6 GHz
- Perte d'insertion : < 1 dB
- Profondeur de modulation : > 20 dB entre 8,5 et 9,6 GHz
- Guide d'onde : R 100
- Bride : UBR 100
- Masse : 200 g
- Dimensions : 51 x 57,5 x 68 mm



### 3.6 Atténuateur variable à réglage micrométrique ORITEL ATM 100

L'atténuateur variable réalisé sur guide, permet le dosage de l'énergie transmise sur la ligne et la mesure comparative des niveaux en dB. La commande de variation du niveau à réglage micrométrique assure une grande précision et une bonne répétitivité des réglages.

- Fréquence : 8,5 à 9,6 GHz
- Atténuation max : 20 dB
- ROS : 1,2 de 8,5 à 9,6 GHz
- Puissance max admissible : 1 W moyen
- Guide d'onde : R100
- Bride : UBR 100
- Masse : 800 g
- Dimensions : 191 x 100 x 41,5 mm



### 3.7 Ondemètre à courbe ORITEL OND 100

L'ondemètre à absorption constitué par une cavité couplée sur un guide d'onde à l'aide d'un iris, assure la mesure de fréquence de l'énergie issue du montage oscillateur.

Le réglage du volume de la cavité est assuré par un micromètre gradué en millimètres, une courbe d'étalonnage précise la fréquence d'accord de la cavité en fonction de la graduation.

- Fréquence : 8,5 à 9,6 GHz
- Précision de lecture : 5 MHz
- Précision absolue :  $10^{-3}$
- Guide d'onde : R100
- Bride : UBR 100
- Masse : 585 g
- Dimensions : 101 x 166 x 57,5 mm

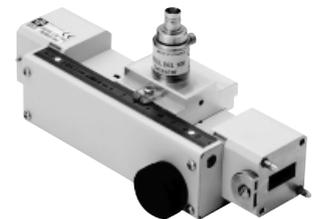


### 3.8 Ligne de mesure ORITEL LAF 100

La ligne de mesure permet de mesurer l'amplitude et la phase des ondes stationnaires et par conséquent, d'effectuer des mesures d'impédance.

Une sonde détectrice montée sur un chariot, plonge dans le guide au travers d'une fente longitudinale, prélève une partie de l'énergie et la détecte. Le chariot permet le déplacement sur toute la longueur de la fente.

- Fréquence : 8,5 à 9,6 GHz
- ROS résiduel : < 1,05 entre 8,5 et 9,6 GHz
- Guide d'onde : R100
- Bride : UBR 100
- Masse : 1080 g
- Dimensions : 57 x 87 x 218 mm



### 3.9 Indicateur de ROS ORITEL IR 205 (option)

L'indicateur de ROS est un voltmètre amplificateur sélectif, dont la fréquence est réglable autour de 1000 Hz.

Cet indicateur peut être utilisé pour assurer quatre fonctions principales :

- Mesure du Rapport d'Onde Stationnaire (R.O.S.) à l'aide d'une ligne de mesure
- Mesure de perte d'insertion ou d'atténuation
- Indicateur de zéro pour un pont de mesure
- Indication du champ reçu par une antenne



L'appareil est prévu pour être associé à un détecteur quadratique, et le signal hyperfréquence présent à l'entrée du détecteur doit être modulé en amplitude à 1 kHz.

- Fréquence nominale de fonctionnement : 1000 Hz (accordable sur  $\pm 2,5\%$ )
  - Coefficient de surtension de l'amplificateur : ajustable entre 15 et 60
  - Sensibilité max en pleine échelle : 1  $\mu\text{V}$  eff environ sur la position "dB étalée"  
2  $\mu\text{V}$  sur la position "dB" (normale)
  - Bruit de fond :  $\leq 10\%$  de la valeur totale sur la position "60 dB", réglage du gain au maximum
  - Etalonnage en dB : suivant une loi quadratique
  - Etendue de mesure : 0 à 60 dB sur l'échelle "dB", 10 dB sur l'échelle "dB étalés"
  - Réglage de gain (1) : environ 15 dB avec les réglages "Gros" et "Fin"
  - Echelles de lecture
    - Normale : "ROS" de 1 à 4 et de 3,2 à 10 et "dB" de 0 à + 10 dB
    - Étalée : "ROS" de 1 à 1,3 et "dB" de 0 à + 2,5 dB
    - Linéaire : 0 à 100
    - dB étalés : 2,5 dB sur toute l'échelle
  - Précision (sur l'atténuateur incorporé) : Meilleure que  $\pm 0,2$  dB pour chaque bond de 10 dB
  - Précision globale :  $\leq 2$  dB pour la totalité de la plage 10 à 60 dB
  - Précision de l'étalonnage linéaire (2) : meilleure que  $\pm 5\%$  de la déviation totale
  - Impédance d'entrée : 100 k $\Omega$  environ
  - Connecteur d'entrée : BNC femelle
  - Alimentation réseau : 115 / 230 V  $\pm 10\%$ , 40 à 60 Hz
  - Température de fonctionnement : + 10 à + 45°C
  - Dimensions / Masse : 215 x 145 x 320 mm / 4,2 kg
- (1) Ajustement du niveau de référence ou tarage  
(2) A la fréquence d'accord

### 3.10 Adaptateur d'impédance à 3 plongeurs ORITEL ADZ 100/3

Cet élément composé d'un tronçon de guide d'onde est équipé de 3 plongeurs à vis qui permettent de réaliser des désadaptations d'impédance dans la bande de fréquence 8,5 à 9,6 GHz.

- Fréquence : 8,5 à 9,6 GHz
- Guide d'onde : R100
- Bride : UBR 100
- Masse : 254 g
- Dimensions : 53 x 57 x 60 mm



### 3.11 Transition guide-coaxial ORITEL TGN 100

La transition guide-coaxial permet de terminer le guide par un coaxial de type N femelle.

- Fréquence : 8,5 à 9,6 GHz
- ROS :  $< 1,25$  de 8,5 à 9,6 GHz
- Guide d'onde : R100
- Bride : UBR 100
- Connecteur : "N" femelle
- Masse : 180 g
- Dimensions : 56,5 x 53 x 41,5 mm



### 3.12 Détecteur coaxial ORITEL DEN 100

Cet élément permet de convertir l'énergie hyperfréquence modulée, en signaux à fréquence faible ou nulle. Une diode schottky assure la détection, la fiche coaxiale BNC assure la connexion à l'appareil mesurant le courant détecté.

Monté sur la transition guide-coaxial ORITEL TGN 100, il permet de constituer un détecteur sur guide R100 / WR90.

- Fréquence : 8,5 à 9,6 GHz
- ROS :  $< 1,25$  de 8,5 à 9,6 GHz
- Puissance maxi : 19 dBm
- Connecteur d'entrée : "N" mâle
- Connecteur de sortie : "BNC" femelle
- Masse : 65 g
- Dimensions :  $\varnothing 21$  x 62 mm



### 3.13 Charge adaptée ORITEL CHG 100

Cette charge adaptée, réalisée par un guide droit fermé dans lequel est disposé un élément dissipatif, permet de terminer la ligne sur son impédance caractéristique.

- Bande fréquence : 8,5 à 9,6 GHz
- ROS : < 1,05
- Puissance max : 4 W
- Guide d'onde : R100
- Bride : UBR 100
- Masse : 349 g
- Dimensions : 101 x 166 x 57,5 mm



### 3.14 Plaque court-circuit ORITEL CC 100

Cette plaque permet de réaliser un court-circuit parfait dans le plan de référence de la ligne de transmission réalisée en guide d'onde R 100.

- Bande fréquence : 8,5 à 9,6 GHz
- Guide d'onde : R100
- Bride : UBR 100
- Masse : 25 g

### 3.15 Fixation rapide EASYFIX ORITEL AFR 100

Cet ensemble permet un assemblage rapide de 2 éléments réalisés en guide.

- Masse : 95 g
- Dimensions : 41,5 x 41,5 x 23 mm



### 3.16 Milliwattmètre hyperfréquence ORITEL MH 600 (option)

Ce milliwattmètre numérique hyperfréquence :

- mesure la puissance sur une dynamique de 50 dB, en dBm ou mW, et les écarts de puissance en dB ou %, dans les bandes LF, HF, UHF et SHF,
- utilise les sondes à thermocouple série ORITEL ST 600, les sondes à diode Schottky série ORITEL SD 600,
- est compatible avec les sondes de la famille HP 8480.

**Plage de mesure** (suivant la sonde utilisée) : 100 kHz à 50 GHz,  
- 70 dBm à + 44 dBm, 100 pW à 25 W

#### Unités de mesure

Watt, dBm ou dB et % par rapport à une puissance prise en référence

#### Dynamique de mesure

50 dB en 5 gammes de 10 dB

#### Précision <sup>(1)</sup>

De la mesure:  $\pm 0,5\%$  de la valeur pleine échelle en mW, ou  $\pm 0,02$  dB en mode logarithmique

#### Puissance de référence <sup>(1)</sup>

1 mW / 50  $\Omega$  / 50 MHz

Précision :  $\pm 1\%$  (après 1/2 heure de préchauffage)

Stabilité :  $\pm 1,2\%$  par an

#### Sortie enregistreur

0 à 1 V/1 k $\Omega$  pour une déviation pleine échelle

Connecteur BNC

**Programmation** : Selon la norme IEC 625 (compatible IEEE 488)

**Alimentation secteur** : 115 / 230 V, 48 Hz à 420 Hz, 15 VA

**Alimentation par tension continue extérieure** : 24 V (20 à 30 V)

**Dimensions / Masse** : 210 x 88 x 300 mm / 3,5 kg

<sup>(1)</sup> Dans des conditions d'emploi stables à 25°C  $\pm$  2°C

<sup>(2)</sup> En % de la pleine échelle de la gamme la plus sensible, sur une durée de 1 heure, à température constante, 24 heures après la mise sous tension.



### 3.17 Sonde coaxiale à thermocouple ORITEL ST 613 (option à utiliser avec Oritel MH 600)

La sonde de mesure ORITEL ST 613 constitue un des éléments de mesure hyperfréquence, du milliwattmètre numérique ORITEL MH 600 (option). Cette sonde utilise, un thermocouple hyperfréquence réalisé en technique couche mince.

Elle est fournie avec son tableau de facteur de correction.

- Bande fréquence : 10 MHz à 18 GHz
- Dynamique de mesure : 1 $\mu$ W à 100 mW
- ROS : 1,25 de 10 MHz à 12 GHz
- Connecteur : N mâle



### 3.18 Recopie de déplacement ORITEL RD 100 (option pour ORITEL LAF 100)

Cette option permet d'enregistrer le niveau détecté en fonction du déplacement du chariot sur la ligne de mesure ORITEL LAF 100.

## 4. MISE EN SERVICE

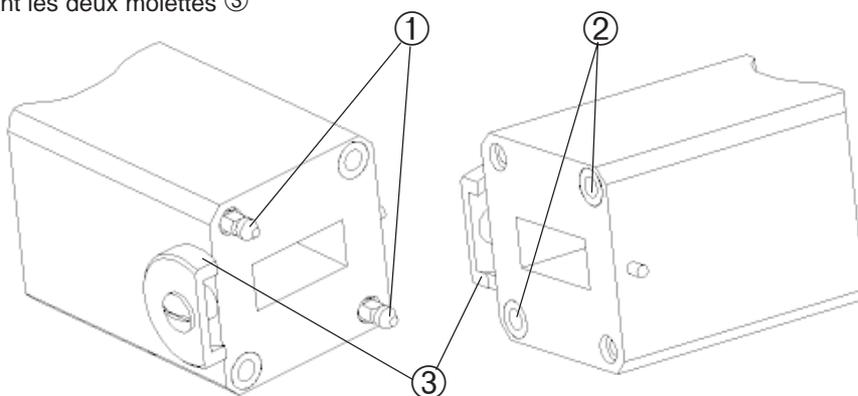
### 4.1 Montage du banc

Le montage des différents éléments étant variable suivant les mesures envisagées, il sera abordé au niveau de chacune des manipulations décrites dans cette notice.

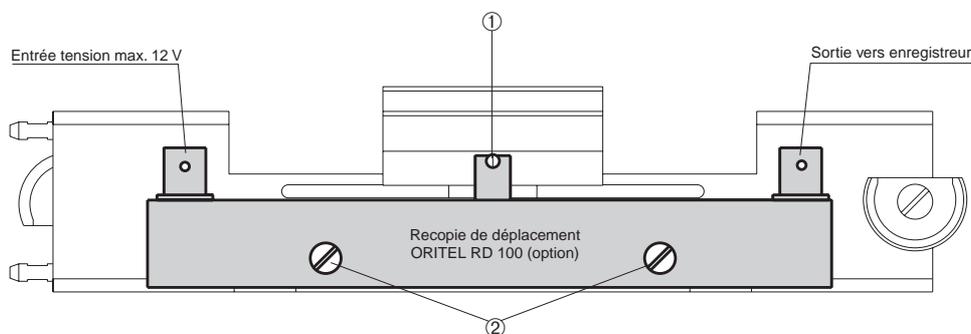
En règle générale, et quelle que soit la mesure, il est obligatoire de placer l'isolateur aussitôt après l'oscillateur GUNN, ainsi, les stabilités en fréquence et en puissance de l'oscillateur ne seront pas ou peu affectées par une impédance quelconque placée après l'isolateur.

#### Utilisation de la fixation rapide EASYFIX

- Disposer les deux éléments à assembler en présentant correctement les plots de centrage ① en face des trous ②
- Serrer simultanément les deux molettes ③



### 4.2 Montage de la Recopie de déplacement ORITEL RD 100 (option)



- Sur la ligne de mesure, démonter la vis ①
- Présenter la recopie de déplacement en regard des 2 trous correspondant aux vis ②
- Mettre en place et serrer les vis ① et ②

### 4.3 Mise en service et utilisation de l'alimentation ORITEL CF 204A (option)

Se reporter à la notice de fonctionnement correspondante

### 4.4 Mise en service et utilisation de l'indicateur de ROS ORITEL IR 205 (option)

Se reporter à la notice de fonctionnement correspondante

### 4.5 Mise en service du milliwattmètre ORITEL MH 600 (option)

Se reporter à la notice de fonctionnement correspondante

# 5. MANIPULATIONS

## 5.1 Etude l'Oscillateur a effet GUNN

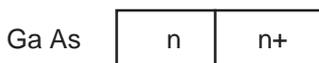
### 5.1.1 Introduction

Cet ensemble de manipulations a pour but de relever les courbes caractéristiques qui relient les principaux paramètres de fonctionnement de la diode elle-même et de l'oscillateur à effet GUNN :

- Relevé de la caractéristique Courant-Tension de la diode à effet GUNN
- Relevé de la caractéristique Déplacement-Fréquence de l'Oscillateur à effet GUNN
- Relevé de la caractéristique Puissance-Fréquence de l'Oscillateur à effet GUNN (Option)

### 5.1.2 Rappels théoriques

Les dispositifs à effet GUNN se comportent comme un oscillateur à transfert d'électrons au sein d'un bloc d'Arséniure de Gallium (AsGa), schématisé ci-dessous.



Il peut être considéré comme une diode, mais il ne comporte pas de jonction p-n, et n'a pas, de ce fait, de caractéristique de redressement.

Son fonctionnement est basé sur la présence d'une charge d'espace (dit domaine électrique), qui traverse le semi-conducteur de la cathode vers l'anode pendant chaque cycle du courant d'oscillation. L'effet est donc associé à un temps de transit.

Montée dans une cavité résonante, la diode à effet GUNN est utilisée comme élément actif pour produire des hyperfréquences. Elle peut donc être considérée comme un dispositif convertissant une faible tension continue en une énergie hyperfréquence.

C'est le volume de la cavité qui détermine alors la fréquence d'oscillation.

### 5.1.3 Relevé de la caractéristique courant-tension

La courbe de réponse "Courant-Tension" de la diode GUNN possède une partie à dynamique négative (voir Fig. 3-1)

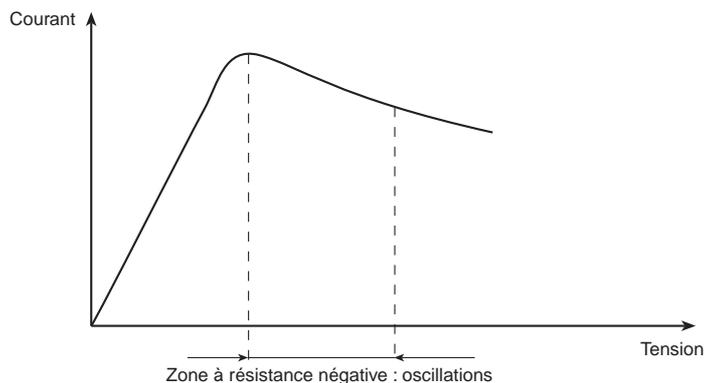


Figure 3-1

Le montage réalisé figure 3-2 permet d'en faire le relevé et de mettre en évidence son allure caractéristique.

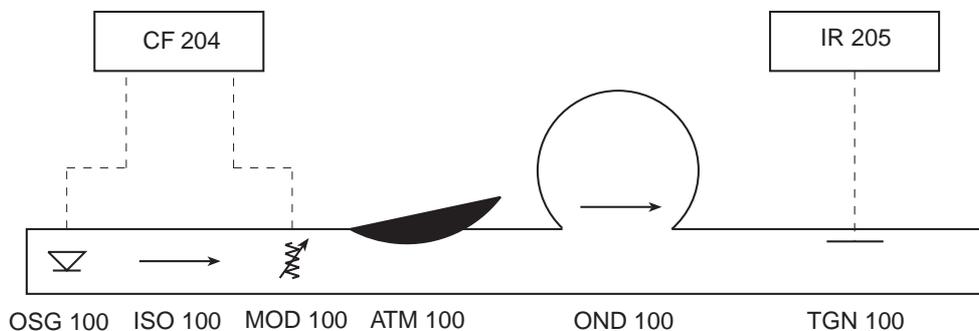


FIGURE 3-2

Le montage étant réalisé, procéder de la manière suivante :

- Tourner le bouton de commande de la tension «OSC GUNN» de l'alimentation CF 204, dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, et l'amener en butée (Tension d'alimentation  $\geq 0$  V).
- Augmenter progressivement la tension par pas de 0,5 V, et relever le courant correspondant (lecture directe sur les galvanomètres de l'alimentation CF 204A).
- Tracer la caractéristique "Courant-Tension" de la diode à effet GUNN et la comparer à celle de la figure 3-1.

#### 5.1.4 Relevé de la caractéristique déplacement-fréquence de l'oscillateur à effet GUNN

On effectue les mesures de la fréquence de l'onde générée par l'oscillateur GUNN pour en relever la caractéristique "Déplacement-Fréquence"; en effet, la fréquence de résonance est une fonction du volume de la cavité déterminée par la position du court-circuit mobile.

Le réglage de la fréquence se fait de la manière suivante :

- Consulter la courbe d'étalonnage de l'ondemètre OND 100 et positionner son micromètre à la valeur correspondant à la fréquence désirée.
- Tourner le micromètre de commande de l'oscillateur GUNN jusqu'à obtenir l'accord de fréquence, et ainsi, le relevé "Déplacement-Fréquence".
- Porter les points de correspondance "Déplacement-Fréquence" sur un graphique, et tracer la courbe.

#### REMARQUE :

- La rotation du micromètre doit se faire dans le sens des aiguilles d'une montre si la fréquence d'oscillation est trop faible, et dans l'autre sens si elle est trop élevée.
- A l'approche de la résonance, il est conseillé de tourner lentement le micromètre.

#### 5.1.5 Relevé de la caractéristique puissance-fréquence de l'oscillateur à effet GUNN (option)

De la même façon, on effectue le relevé de la puissance en fonction de la fréquence d'oscillation afin d'en tracer le graphe.

On réalise le montage de la figure 3.3.

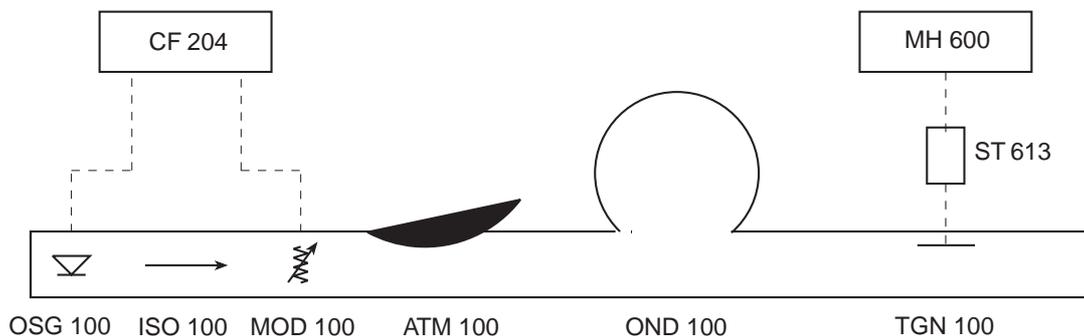


Figure 3.3

- Positionner l'atténuateur ORITEL ATM 100 sur 10 dB.
- Sur l'alimentation ORITEL CF 204, enlever la modulation en signaux carrés, et supprimer l'atténuation à l'aide du bouton de commande de niveau.
- Mettre l'alimentation ORITEL CF 204 sous tension.
- Lire la puissance indiquée par le milliwattmètre ORITEL MH 600.
- Multiplier cette valeur par 10 pour obtenir la puissance réellement fournie par l'oscillateur GUNN, afin de tenir compte de l'atténuation de 10 dB introduite par l'atténuateur ORITEL ATM 100.
- A l'aide de l'ondemètre ORITEL OND 100, mesurer la fréquence fournie par l'oscillateur GUNN.
- Reporter sur un graphe la puissance mesurée en fonction de la fréquence.
- Relever plusieurs points dans la bande de fréquence : 8,5 GHz - 9,6 GHz.

## 5.2 Mesure du rapport d'onde stationnaire

### 5.2.1 Introduction

Le rapport d'onde stationnaire, R.O.S. (ou SWR en anglais), est un paramètre couramment utilisé pour caractériser une impédance de charge sur une ligne, au même titre que le coefficient de réflexion en tension auquel il est lié.

On obtient aisément le R.O.S. au moyen de la ligne de mesure.

### 5.2.2 Rappels théoriques

#### ■ Définition

La tension  $E$  en n'importe quel point d'une ligne de transmission peut être considérée comme la somme

$$E_i + E_r$$

des tensions des ondes incidente ( $E_i$ ) et réfléchie ( $E_r$ ), en ce point. Il en résulte une distribution de tension sur la ligne, que l'on appelle "Onde Stationnaire".

En effet, en certains points de la ligne, les tensions des deux ondes  $E_i$  et  $E_r$  sont en phase et elles s'ajoutent, produisant ainsi, des maxima de tension; en d'autres points, elles sont en opposition de phase et elles se retranchent, produisant alors des minima.

La différence entre les maxima et les minima est d'autant plus grande que l'impédance de charge  $Z$  s'éloigne de la valeur de l'impédance d'onde caractéristique de la ligne  $Z_0$ .

Dans le cas particulier où  $Z = Z_0$ , il n'y a pas d'onde stationnaire, l'amplitude de la tension est constante le long de la ligne.

La distance entre deux minima ou deux maxima consécutifs est égale à la moitié de la longueur d'onde  $\lambda_g$  dans la ligne, soit  $\lambda_g/2$ .

Durant le trajet  $\lambda_g/2$ , une onde unique subit un déphasage égal à  $\pi$  radians.

Le rapport entre un maximum et un minimum de tension, est appelé "Rapport d'Onde Stationnaire" (R.O.S.).

Soit  $S$  ce paramètre.

$$S = \frac{E \text{ max.}}{E \text{ min.}} = \frac{|E_i| + |E_r|}{|E_i| - |E_r|} = \frac{1 + |E_r/E_i|}{1 - |E_r/E_i|}$$

Le rapport complexe de l'onde réfléchie à l'onde incidente est appelé coefficient de réflexion en tension, il est représenté par le symbole " $\Gamma$ ".

$$\Gamma = \frac{E_r}{E_i}$$

La relation entre la valeur du coefficient de réflexion en tension et du rapport d'onde stationnaire  $S$  est :

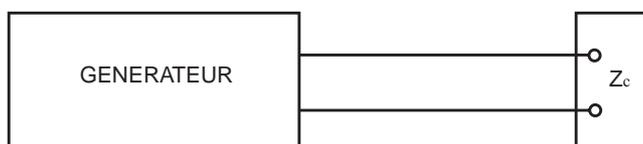
$$\Gamma = \frac{S - 1}{S + 1}$$

$$S = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

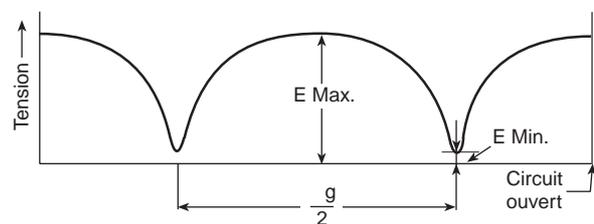
Si la ligne n'a pas d'atténuation, le rapport d'onde stationnaire est partout le même et sa valeur est déterminée par le coefficient de réflexion de l'impédance de charge.

Cependant, si la ligne a des pertes, le rapport d'onde stationnaire diminue au fur et à mesure que l'on se déplace vers la charge.

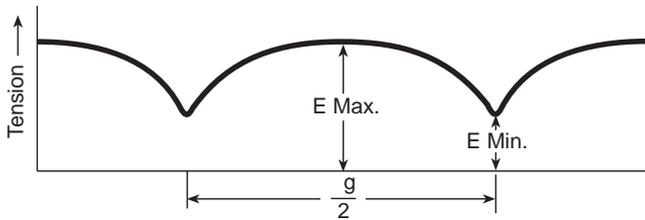
#### ■ Distribution d'ondes stationnaires suivant les charges



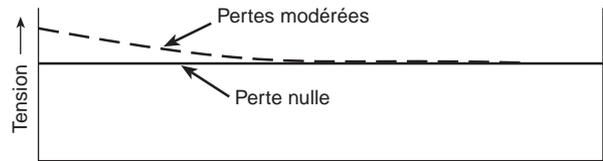
a) Ligne avec générateur et charge



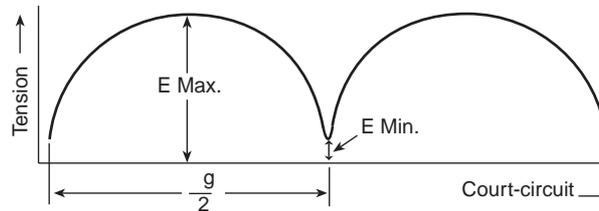
b) Charge en circuit ouvert :  $Z_c = \infty$



c) Impédance de charge modérément élevée :  $\infty < Z_c < Z_0$



d) Impédance de charge égale à l'impédance caractéristique :  $Z_c = Z_0$



e) Impédance de charge en court-circuit :  $Z_c = 0$

### ■ Pourcentage de puissance réfléchi en fonction du R.O.S.

L'onde stationnaire est créée par le fait qu'une onde incidente est réfléchi par l'impédance de charge.

Cette puissance réfléchi n'étant pas absorbée par la charge peut être considérée comme perdue pour la transmission.

Il est donc intéressant de chiffrer cette puissance perdue en fonction du Rapport d'Onde Stationnaire.

Cette perte peut être représentée par le coefficient de réflexion en puissance " $\rho$ " qui correspond à un pourcentage de puissance réfléchi par rapport à la puissance incidente :

$$|\rho| = 100 \left| \frac{E_r}{E_i} \right|^2$$

puisque la puissance associée aux ondes incidente et réfléchi varie comme le carré de l'intensité du champ.

$$|\rho| = 100 \left| \frac{S - 1}{S + 1} \right|^2$$

### ■ Utilisation d'une ligne à fente pour la mesure du R.O.S.

On sait que le rapport d'onde stationnaire d'une ligne de transmission dépend de la charge vue par la ligne et de son impédance caractéristique. L'onde stationnaire qui en résulte est détectée au moyen d'une section de guide ayant une fente longitudinale sur le grand côté.

La sonde de mesure est rendue mobile par un chariot.

Le rôle de la sonde est de prélever la tension le long de la ligne. Elle se compose d'un élément de ligne coaxiale dont une extrémité fait office d'antenne. Celle-ci pénètre dans le guide à travers la fente, parallèlement au champ électrique; l'énergie HF ainsi captée est transmise à la partie coaxiale de la sonde à l'intérieur de laquelle se trouve la diode détectrice.

L'enfoncement de l'antenne dans le guide doit être réglé au minimum, afin de ne pas perturber l'onde stationnaire à mesurer.

La perte de sensibilité doit alors être compensée par un changement de la gamme de mesure de l'indicateur de R.O.S., ORITEL IR 205.

La distribution de l'onde stationnaire est obtenue en déplaçant le chariot le long de la fente et en observant la variation résultante du courant détecté. L'enfoncement de la sonde dans le guide d'onde reste constant lorsque le chariot se déplace le long de la ligne. Une échelle graduée permet de déterminer avec précision la position de la sonde par rapport à l'extrémité de la ligne où l'impédance inconnue est connectée.

**⚠ Attention :** Lors du réglage d'enfoncement de l'antenne, l'ensemble "Décteur-Antenne" peut-être malencontreusement retiré. L'antenne étant très fragile et la diode sensible aux décharges électrostatiques, prendre de grandes précautions lors du remontage de l'ensemble. En cas de détérioration de l'ensemble "Décteur-Antenne", il est possible de procéder à l'échange standard.

### 5.2.3 Mesure du R.O.S. à la ligne de mesure : Méthode directe

Effectuer le montage de la figure 2.3

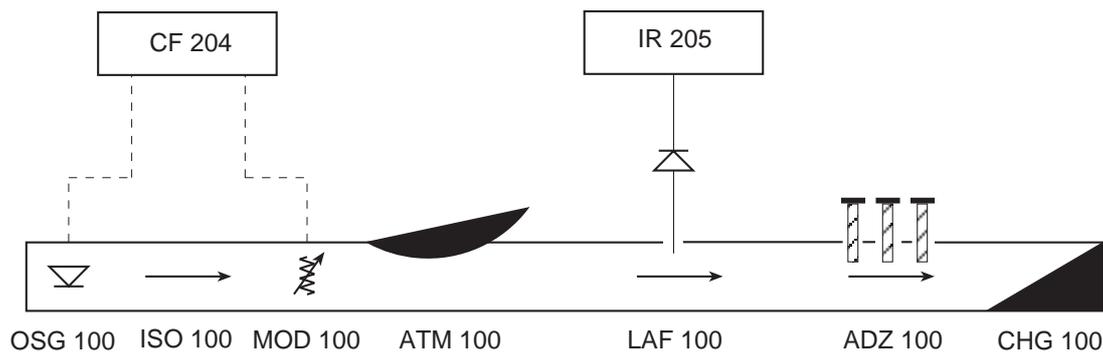


Figure 2.3

Un adaptateur de R.O.S., de type ORITEL ADZ 100/3 est inséré entre la charge adaptée et la ligne de mesure; il permet, par "désadaptation", d'obtenir différents R.O.S.

- Régler l'enfoncement des plongeurs de l'adaptateur de R.O.S.
- Régler l'atténuateur variable ORITEL ATM 100, pour obtenir une déviation correcte sur le galvanomètre de l'indicateur de R.O.S. ORITEL IR 205.
- Déplacer la sonde de la ligne LAF 100, et noter les indications  $I_d$  max. et  $I_d$  min (voir § 3.3.5).

La détection peut être considérée comme quadratique lorsque le niveau détecté est très faible.

On peut alors écrire : 
$$R.O.S. = S = \frac{I_d \text{ max.}}{I_d \text{ min.}} = \frac{V \text{ max.}}{V \text{ min.}}$$

Plusieurs manipulations peuvent être effectuées pour des enfoncements différents du réflecteur de l'adaptateur de R.O.S.

### 5.2.4 Mesure de rapports d'onde stationnaires élevés

#### ■ Méthode de l'atténuateur calibré

Lorsque le rapport d'onde stationnaire à mesurer dépasse 3, la mesure classique à la ligne à fente, qui consiste à mesurer le rapport (V Max./V min.) est entachée d'erreur. La loi du détecteur ne peut pas être considérée comme uniforme sur une grande dynamique.

La méthode décrite ci-après, consiste à mesurer ce rapport à l'aide d'un atténuateur calibré.

- Effectuer le montage de la figure qui suit :

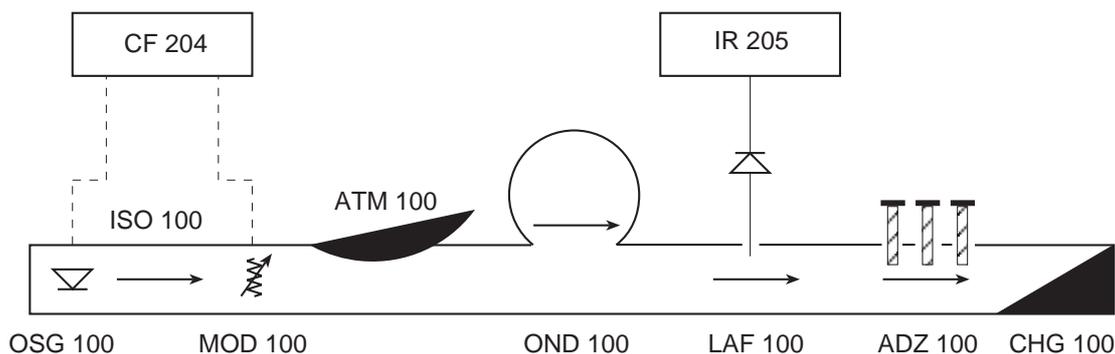


Figure 2.4

- Enfoncer les vis de l'adaptateur de R.O.S.
- Placer la sonde sur un minimum et régler le niveau HF à l'aide de l'atténuateur ORITEL ATM 100 pour obtenir une déviation  $D_1$  bien lisible. Noter la valeur  $A_1$  de l'atténuateur.
- Placer la sonde sur un maximum. Régler l'atténuation pour amener l'indicateur à la même valeur  $D_1$  que précédemment. Noter la nouvelle valeur  $A_2$  de l'atténuateur.

La différence d'atténuation entre ces deux positions minimum et maximum, donne la valeur du rapport d'onde stationnaire exprimée en dB. Le rapport des tensions correspondant donne la valeur du rapport d'onde stationnaire.

$$A_2 - A_1 = 20 \log_{10} (V \text{ Max.}/V \text{ min.}) = 20 \log_{10} S \quad \text{ou} \quad \frac{A_2 - A_1}{20}$$

■ **Méthode de la ligne de mesure**

Une autre méthode peut être utilisée pour la mesure des valeurs élevées de rapports d'onde stationnaire.

Pour réaliser correctement cette mesure, il faut éliminer l'erreur due au couplage de la sonde à laquelle s'ajoute une erreur due aux variations de la loi de lecture, le détecteur utilisé étant en général un cristal. La méthode se ramène à une mesure de distance entre deux points ayant une amplitude double de l'amplitude du minimum.

Effectuer le montage suivant :

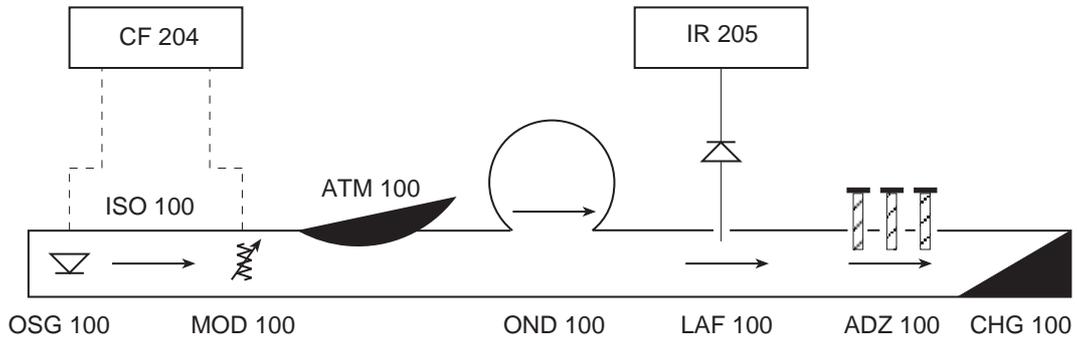


Figure 2.5

- Enfoncer les vis de l'adaptateur de R.O.S.
- Placer la sonde sur un minimum et régler le niveau HF à l'aide de l'atténuateur ORITEL ATM 100 pour obtenir une déviation lisible.
- Atténuer de 3 dB la puissance transmise dans la ligne, en réglant l'atténuateur ORITEL ATM 100.
- Déplacer la sonde de part et d'autre du minimum et noter les distances  $d_1$  et  $d_2$  (voir § 3.3.5) correspondant aux points A et B ayant même amplitude que celle du minimum précédent (fig 3.4).

Pour obtenir la valeur du rapport d'onde stationnaire, il suffit d'introduire la distance :  $d = d_1 - d_2$

dans l'équation :

$$S = 1 + \sqrt{\frac{1}{\sin^2 \left( \frac{\pi d}{\lambda g} \right)}}$$

$\lambda g$  étant la longueur d'onde dans le guide, mesurée à l'aide de la ligne.

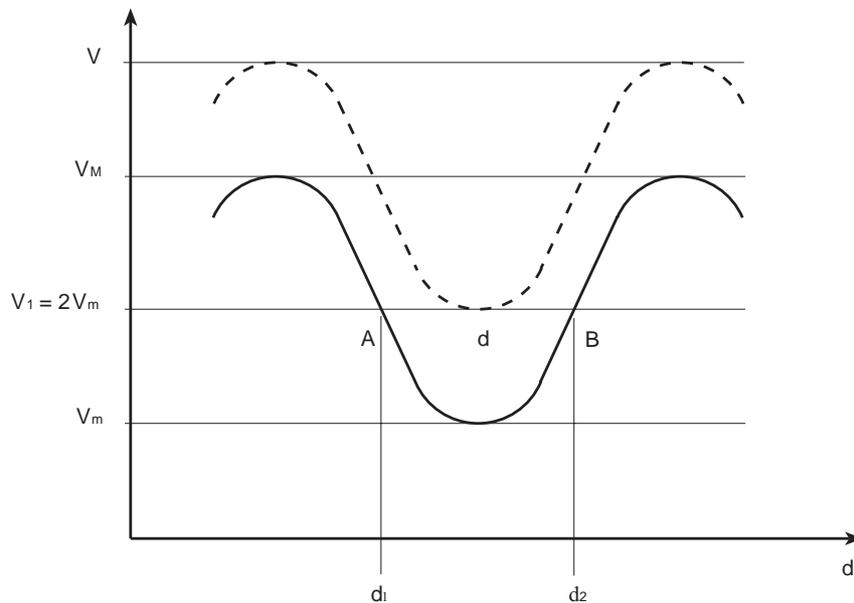


Figure 2.6

## 5.3 Etude de longueur d'onde

### 5.3.1 Introduction

Les méthodes de mesure de fréquence faisant appel à des appareillages complexes, il est souvent utile de pouvoir mesurer la longueur d'onde d'une manière simple.

### 5.3.2 Rappel théoriques

La fréquence et la longueur d'onde d'une onde électromagnétique sont liées à la vitesse de propagation de cette onde dans le milieu par la relation :

$$f \lambda = v \quad (1)$$

avec:  $f$  : fréquence  
 $\lambda$  : longueur d'onde  
 $v$  : vitesse de propagation de l'onde électromagnétique

La vitesse de propagation est variable avec le milieu et dépend de sa permittivité  $\epsilon$  et de sa perméabilité  $\mu$ .

En air libre, la vitesse de propagation est donnée par :

$$v_0 = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \quad (2)$$

avec  $\mu_0$  et  $\epsilon_0$  perméabilité et permittivité de l'air libre.

$$\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m} \quad (\text{Henry par mètre})$$

$$\epsilon_0 = (1/36 \pi) \cdot 10^{-9} \text{ F/m} \quad (\text{Farad par mètre})$$

Il est bon de retenir que  $\mu_0$  est de l'ordre du microhenry par mètre et  $\epsilon_0$  de 10 picofarads par mètre.

Pour un milieu quelconque :

$$v = \frac{v_0}{\sqrt{\mu_r \epsilon_r}} \quad (2)$$

avec :

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} \quad \text{perméabilité relative du milieu}$$

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \quad \text{constante diélectrique (permittivité) relative du milieu}$$

Pour la plupart des cas :

$$\frac{\mu}{\mu_0} = 1$$

et :

$$v = \frac{v_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (4)$$

par suite :

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (5)$$

avec :

$\lambda_0$  : longueur d'onde dans l'air libre

$\lambda$  : longueur d'onde dans un milieu de constante diélectrique  $\epsilon_r$

Dans l'air, la vitesse de propagation est très proche de celle du vide, soit  $3.10^8$  m/s.

Rappelons que dans les conditions de propagation guidée, les longueurs d'onde  $\lambda_0$  (en propagation libre),  $\lambda_g$  (en propagation guidée) et  $\lambda_c$  (en propagation de coupure) sont liées par :

$$\frac{1}{\lambda_0^2} = \frac{1}{\lambda_g^2} + \frac{1}{\lambda_c^2}$$

avec  $\lambda_c = 2a$  pour le mode fondamental  $TE_{10}$ ,  $a = 22,86$  mm

Pour une fréquence déterminée, la longueur d'onde apparente dans le guide  $\lambda_g$  est donc supérieure à la longueur d'onde dans l'air libre  $\lambda_0$  (ou dans une ligne de transmission coaxiale).

On a encore:

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{1 - \left[\frac{\lambda_0}{2a}\right]^2}}$$

et :

$$V_p = \frac{v_0}{\sqrt{1 - \left[\frac{v_0}{2af}\right]^2}}$$

C'est la vitesse de phase du mode  $TE_{10}$  dans le guide rempli d'air.

Par ailleurs, puisque :

$$\lambda_0 = \frac{v_0}{f}$$

$$\lambda_g = \frac{V_p}{f}$$

On peut déterminer la fréquence à partir de la longueur d'onde par :

$$f = \frac{v_0 \sqrt{\lambda_g^2 + 4 a^2}}{2 a \lambda_g} \quad (8)$$

Il suffit donc de mesurer la longueur d'onde dans le guide  $\lambda_g$  pour obtenir  $f$ , ou inversement.

### 5.3.3 Mesures

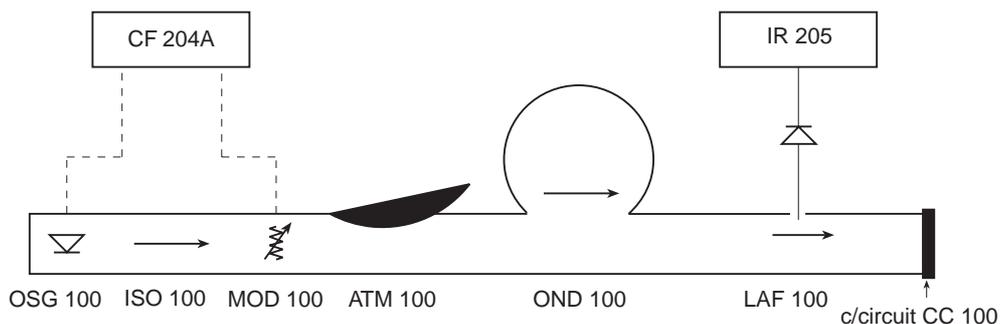
La méthode utilisée fait appel à une mesure directe sur une onde stationnaire. La précision obtenue est d'environ 0,05%.

A cet effet, une ligne de mesure est utilisée pour déterminer l'écart entre deux maxima (ou deux minima) existant sur une ligne de transmission dans laquelle on a provoqué une répartition d'onde stationnaire.

On sait en effet que, en régime d'onde stationnaire, la longueur d'onde  $\lambda_g$ , dans la ligne, correspond à deux fois la longueur physique entre deux "ventres" ou deux "nœuds" de tension.

La longueur d'onde dans l'air, et la fréquence peuvent être déduites de la valeur mesurée de  $\lambda_g$ , en utilisant les expressions données au paragraphe 4.3.2.

Effectuer le montage de la figure ci-dessous.



- Régler l'oscillateur GUNN à une fréquence  $f$ .
- Placer l'atténuateur ORITEL ATM 100 au maximum d'atténuation, régler l'accord au maximum du courant détecté; agir sur l'atténuateur pour amener une lecture bien visible sur l'échelle du galvanomètre de l'IR 205.
- Déplacer le chariot de la sonde le long de la ligne ORITEL LAF 100, et observer la répartition de l'onde stationnaire.
- Relever le nombre de maxima visibles, 3 par exemple.
- Noter avec précision, la position du premier maximum et celle du troisième.
- L'écart entre le premier et le troisième maximum est égal à  $\lambda_0$ .  
Pour relever avec précision la position d'un maximum, prendre une valeur moyenne entre deux points d'amplitude équivalente de part et d'autre du maximum.
- Calculer  $\lambda$  et  $f$ .
- Comparer  $f$  trouvée à  $f$  mesurée avec l'ondemètre OND 100.

## 5.4 Mesure de l'impédance

### 5.4.1 Introduction

Le but de cet ensemble d'expérimentations ne se limite pas à la détermination de l'impédance de la charge terminale d'une ligne de transmission; il permet de se familiariser avec le diagramme de SMITH.

Celle-ci permet de connaître la valeur d'une impédance en un point donné. Les déplacements de  $L/\lambda_0$ , les réactances et les résistances  $y$  sont définis par des familles de courbes.

Tous ces paramètres sont calculés ou déterminés dans une ligne de transmission, par l'emploi d'une ligne de mesure.

### 5.4.2 Rappels théoriques

#### ■ Coefficient de réflexion - Rapport d'onde stationnaire

Considérons une ligne de transmission, d'impédance caractéristique  $Z_0$ , fermée sur une impédance de charge  $Z_c$ . Le coefficient de réflexion, rapport de l'onde réfléchie à l'onde incidente, au niveau de  $Z_c$  a pour expression :

$$\rho = \frac{Z_c - Z_0}{Z_c + Z_0}$$

D'une manière générale,  $Z_c$  est complexe, et de la forme :

$$Z_c = R + jX$$

si bien que  $\rho$  est un nombre complexe de la forme :

$$\rho = |\rho| e^{j\theta}$$

L'amplitude  $|\rho|$  donne le rapport des amplitudes des ondes réfléchie et incidente, et la phase  $\theta$ , la rotation de phase lors de la réflexion.

La tension  $E$  en n'importe quel point de la ligne, peut être considérée comme la somme ( $E_i + E_r$ ) des tensions des ondes incidente et réfléchie, en ce point. Il en résulte une distribution de tension sur la ligne que l'on appelle répartition d'onde stationnaire.

En effet, en certains points de la ligne, les tensions des deux ondes sont en phase et elles s'ajoutent, produisant des maxima de tension; en d'autres points, elles sont en opposition de phase et elles se retranchent, produisant alors des minima.

Le rapport entre la valeur d'un maximum et celle d'un minimum de tension (ou de courant) est appelé "**Rapport d'Onde Stationnaire**". Soit  $S$  le ROS.

Par définition :

$$S = \frac{E_{\text{Max.}}}{E_{\text{min.}}}$$

$$\text{avec } E_{\text{Max.}} = |E_i| + |E_r|$$

$$\text{et } E_{\text{min.}} = |E_i| - |E_r|$$

d'où :

$$\frac{E_{\text{Max.}}}{E_{\text{min.}}} = \frac{1 + \frac{|E_r|}{|E_i|}}{1 - \frac{|E_r|}{|E_i|}}$$

Or, le rapport vectoriel :

$$\frac{|E_r|}{|E_i|}$$

est le module du coefficient de réflexion " ρ "; la relation entre " ρ " et " S " est donnée par :

$$|\rho| = \frac{S - 1}{S + 1}$$

ou

$$S = \frac{1 + |\rho|}{1 - |\rho|}$$

Ainsi, S varie entre 1 (adaptation parfaite) et + ∞ (court-circuit ou circuit ouvert).

La rotation de phase θ se traduit par un déplacement de tout l'ensemble de l'onde stationnaire, et si la distance entre l'impédance Z et le premier minimum de tension est " d ", on peut écrire :

$$\theta - 2 \frac{2 \pi d}{\lambda g} = - \pi$$

Le problème revient à obtenir Z, en module et en phase, à partir des éléments mesurables sur le guide. Les valeurs de R et de X sont obtenues sur un diagramme : DIAGRAMME DE SMITH.

### ■ Utilisation du diagramme de SMITH

#### Définition

On peut exprimer l'impédance d'une charge rapportée à l'impédance caractéristique de la ligne sous la forme de sa valeur normalisée (ou réduite).

$$z = \frac{Z}{Z_0}$$

Elle est reliée au coefficient de réflexion dans le plan de la charge par la relation :

$$\rho = \frac{z - 1}{z + 1}$$

La relation réciproque permet d'exprimer Z en fonction de ρ.

$$z = \frac{1 + \rho}{1 - \rho}$$

Le diagramme de SMITH est un diagramme qui permet ce passage direct, sans calcul. Il donne à la fois la représentation polaire (ρ, θ) du coefficient de réflexion, le cercle extérieur étant l'unité, et directement la valeur normalisée de z, par ses composantes réelle r (résistance normalisée) et imaginaire x (réactance normalisée).

On distingue quatre type de lieux :

- les cercles à résistance constante et positive (cercle r)
- les cercles à réactance contance (cercle x)
- les cercles à atténuation constante ou cercles à rapports d'onde stationnaire constants (cercle u)
- les rayons à phase constante.

#### Impédance et admittance normalisée

Toute ligne de transmission uniforme est caractérisée par quatre paramètres rapportés à l'unité de longueur:

La résistance	: R	] Constantes réparties
La self	: L	
La capacité	: C	
La conductance	: G	

L'impédance caractéristique Z<sub>0</sub>, pratiquement indépendante de la fréquence est une résistance pure de valeur :

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

L'atténuation par unité de longueur est définie à l'aide du coefficient  $\alpha$ , exprimé en général en dB/unité de longueur.

La longueur d'onde dans la ligne  $\lambda_g$ , qui peut être différente de la longueur d'onde dans l'air  $\lambda_0$ , doit être utilisée pour les mesures sur la ligne.

Rappelons que l'impédance est une grandeur complexe :

$$Z = R + j X$$

avec :

**R** : Résistance

**X** : Réactance (composante réactive)

Si  $X > 0$  La réactance est inductive (self)

Si  $X < 0$  La réactance est capacitive (capacité).

L'utilisation du diagramme de SMITH nécessite la normalisation préalable des valeurs des résistances, des réactances et des déplacements.

Les déplacements sont rapportés à la longueur d'onde. On utilise donc le paramètre  $L/\lambda$  qui correspond à la phase exprimée en degrés :

$$\theta = \frac{L}{\lambda_g/2} \times 360$$

Le même diagramme peut être utilisé pour le calcul des admittances en remplaçant la résistance par la conductance et la réactance par la susceptance :

$$Y = \frac{1}{Z} = G + jB$$

B et G sont respectivement la susceptance et la conductance exprimées en admittance normalisée :

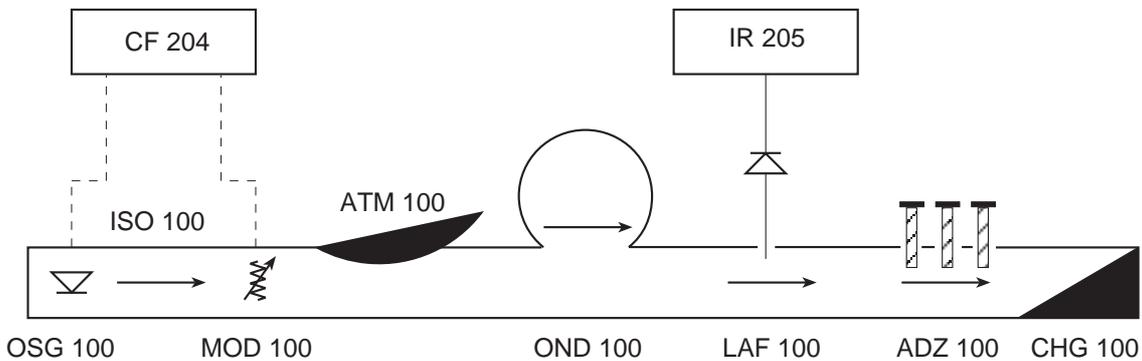
$$Y_0 = \frac{1}{Z_0}$$

$$Y = \frac{G}{Y_0} \pm j \frac{B}{Y_0}$$

$$= G \pm jB$$

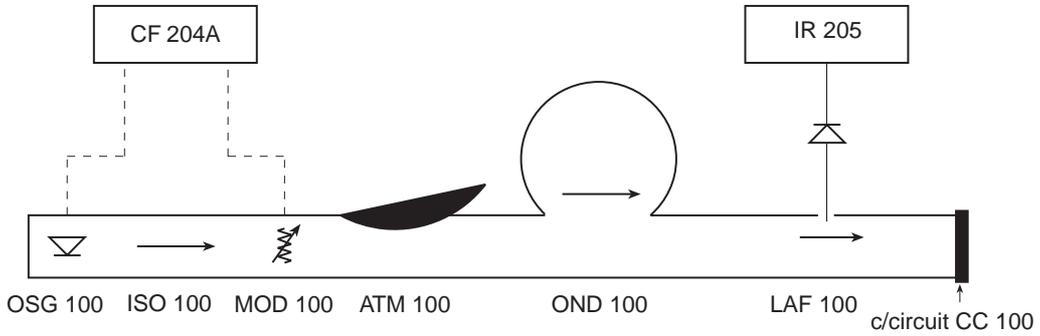
### 5.4.3 Mesure d'une impédance placée à l'extrémité d'une ligne sans perte, d'impédance caractéristique $Z_0$ .

Effectuer le montage de la figure ci-dessous.

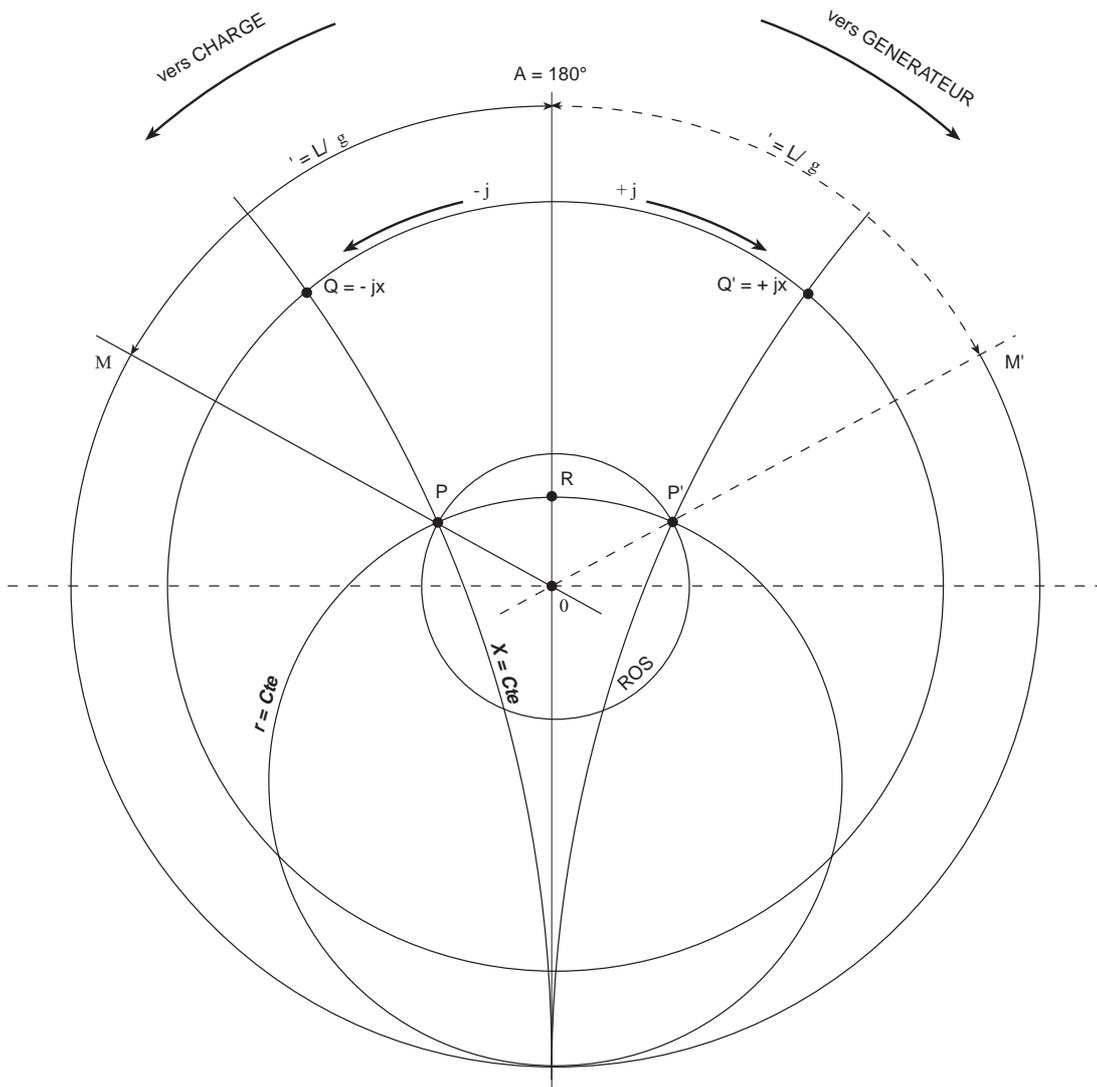


- Placer l'élément dont l'impédance doit être mesurée (en l'occurrence une charge précédée d'un adaptateur de ROS) en extrémité de la ligne.

- Mesurer le rapport d'onde stationnaire.
  - Tracer le cercle correspondant sur le diagramme (valeur du rapport d'onde stationnaire sur l'axe réel partant du centre du diagramme).
  - Rechercher le minimum de tension le plus proche de la charge, soit le repère A.
  - Remplacer l'élément à mesurer par un court-circuit (le plan du court-circuit correspond au point A = 180° du diagramme); voir la figure ci-dessous.
- En déplaçant le chariot, rechercher le minimum le plus proche du repère A, soit B.



- Déterminer  $L = A - B$
- Déterminer  $\lambda_g$ , la longueur d'onde dans le guide
- En déduire  $L/\lambda_g$



- Si le déplacement du minimum L s'est effectué vers le générateur, tourner à partir du point A = 180° dans le sens "En arrière" (vers le générateur) de la quantité  $\alpha'$  (ou  $L/\lambda_g$ ). Soit le point M' (voir figure de la page précédente).  
Si au contraire, le déplacement s'est effectué vers la charge, tourner sur le diagramme dans le sens "En avant" (vers la charge) de la quantité  $\alpha'$  (ou  $L/\lambda_g$ ). Soit le point M.

- Tracer une droite joignant le centre du diagramme à M (ou M') :  
Cette droite coupe le cercle du rapport d'onde stationnaire en un point P (ou P') ;  
Par ce point P (ou P'), il passe :  
a) un cercle à réactance constante qui donne la valeur  $jx$  de l'impédance; soit le point Q  
b) un cercle de résistance constante qui donne la valeur réelle  $r$  de l'impédance; soit le point R.

On obtient l'impédance réduite :  
$$z = r - jx$$

Le raisonnement est le même dans le cas où  $\alpha' = L/\lambda_g$  s'est déplacé dans le sens "En arrière" (vers le générateur), points R et Q'.  
L'impédance réduite prend alors l'expression :

$$z = r + jx$$

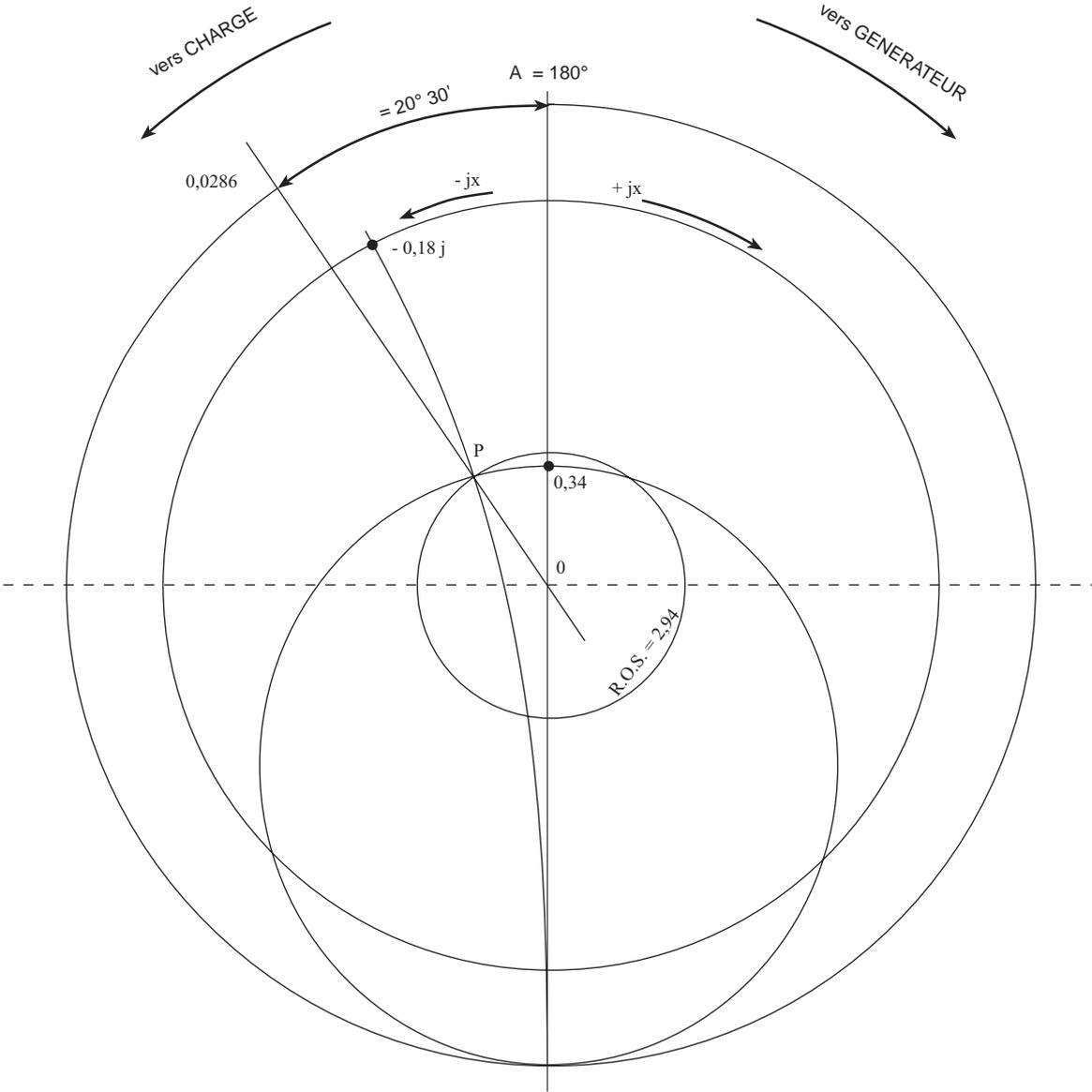
d'où :

$$Z = Z_0 (r + jx)$$

**■ Exemple d'application**

Soit une ligne de transmission sur guide, d'impédance caractéristique  $Z_0$ , terminée par une impédance inconnue Z (voir figure ci-dessous).

- $\lambda_g$  mesuré sur une ligne : 45,45mm (9300 MHz)
- L : 1,3 mm
- ROS : 2,94



$$L/\lambda_g = 1,3 / 45,45 = 0,0286$$

- A partir du point A = 180° sur le diagramme, porter dans le sens "En avant", vers la charge, sur le cercle de  $(L/\lambda_g)$  la quantité :  $L/\lambda_g = 0,0286$ , soit le point M

$$L/\lambda_g = \frac{720 \times 1,3}{45,45} = 20^\circ 30'$$

- Tracer le cercle de rapport d'onde stationnaire 2,94
- Tracer une droite joignant 0 au point M. Cette droite coupe le cercle de rapport d'onde stationnaire en P.

Le cercle de X constant passant par P donne :

$$jx = j 0,18 = X/Z_0$$

$$r = 0,34 = R/Z_0$$

L'impédance aura pour expression :

$$Z_u = Z_0 (0,34 - 0,18 j)$$

## 5.5 Mesure de la fréquence

### 5.5.1 Introduction

La présente manipulation a pour but l'obtention directe de la fréquence émise par la source hyperfréquence. Pour cela, on utilise un fréquencesmètre ou un ondemètre.

### 5.5.2 Rappels théoriques

Une méthode de mesure directe de la fréquence micro-onde consiste à utiliser un ondemètre.

Un ondemètre à absorption est composé d'un tronçon de guide d'onde rectangulaire ayant en dérivation, d'une cavité résonante cylindrique couplée.

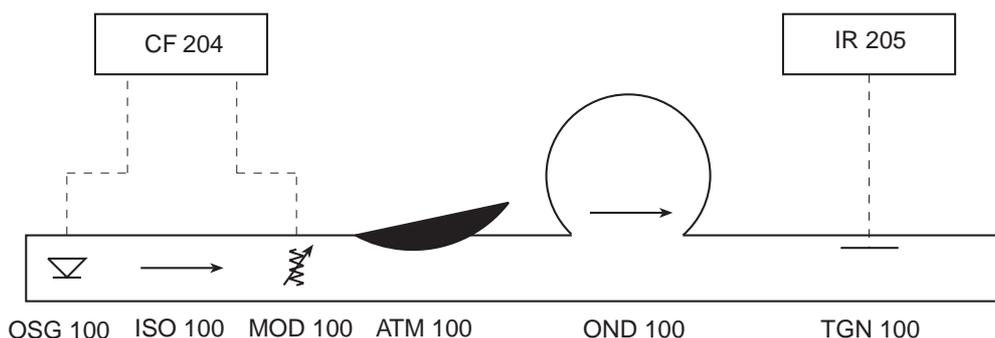
Le volume de la cavité résonante est changé par le déplacement d'un court-circuit, ce qui provoque un changement de la fréquence de résonance.

A la résonance, l'énergie hyperfréquence transmise par le tronçon de guide d'onde droit, est absorbée par la cavité résonante. L'accord est donc mis en évidence par une chute du niveau de puissance. La mesure de fréquence se fait grâce à un micromètre gradué en centièmes de millimètres,

Une courbe d'étalonnage permet de déterminer une fréquence en fonction du déplacement indiqué par le micromètre.

### 5.5.3 Mesure de la fréquence

Effectuer le montage de la figure ci-dessous.



Tourner la vis micrométrique de l'ondemètre ORITEL OND 100 jusqu'à obtenir une absorption de l'énergie HF caractérisée par une brusque déviation vers zéro de l'indication du galvanomètre. Lire la position indiquée par la vis micrométrique, l'indication du galvanomètre étant la plus proche possible du zéro.

- La position repérée, se reporter à la courbe d'étalonnage fournie avec l'ondemètre, afin de déterminer la fréquence

#### REMARQUE :

La mesure effectuée, ne pas laisser l'ondemètre ORITEL OND 100 sur sa fréquence de résonance afin de ne pas atténuer inutilement l'onde hyperfréquence.

## 5.6 Relevé de la loi quadratique d'un détecteur

### 5.6.1 Introduction

La diode à cristal permet de détecter l'énergie hyperfréquence. C'est un élément non linéaire (à loi quadratique), dont on va relever la caractéristique

Un paramètre important est également le niveau de signal minimum détectable d'une diode à cristal, qu'on évalue en mesurant sa sensibilité.

### 5.6.2 Rappels théoriques

Le cristal permet de détecter le champ électrique hyperfréquence et par suite de mesurer sa puissance.

Le principe de la détection repose sur la non linéarité de la résistance de jonction du cristal.

Soient  $v_0$ , la tension de polarisation et  $v$  le signal à détecter. On peut considérer que les variations du courant sont petites autour du point de polarisation, et faire un développement limité au second ordre.

$$i_{(v_0+v)} = i_{(v_0)} + \frac{di}{dv} \Big|_{v_{(v_0)}} + \frac{1}{2} \frac{d^2i}{dv^2} \Big|_{v_{(v_0)}} v_{(v_0)}^2$$

Si l'élément était linéaire, on aurait simplement :

$$i_{(v_0+v)} = i_{(v_0)} + \frac{v}{R}$$

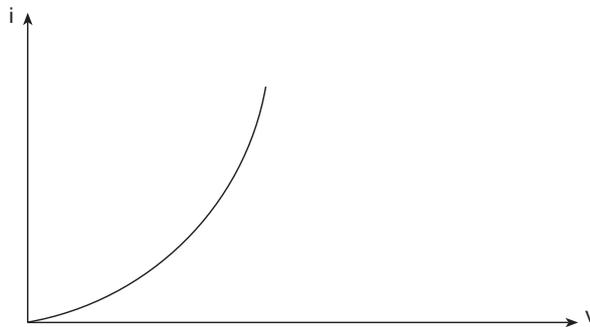
Soit  $v = V \cos \omega t$

$$i_{(V_0+V \cos \omega t)} = i_{(V_0)} + v \frac{di}{dv} \Big|_{\cos_{(V_0)} \omega t} + \frac{V^2}{2} \frac{d^2i}{dv^2} \Big|_{\cos_{(V_0)} \omega t}$$

ou :

$$\cos^2 \omega t = \frac{\cos 2 \omega t + 1}{2}$$

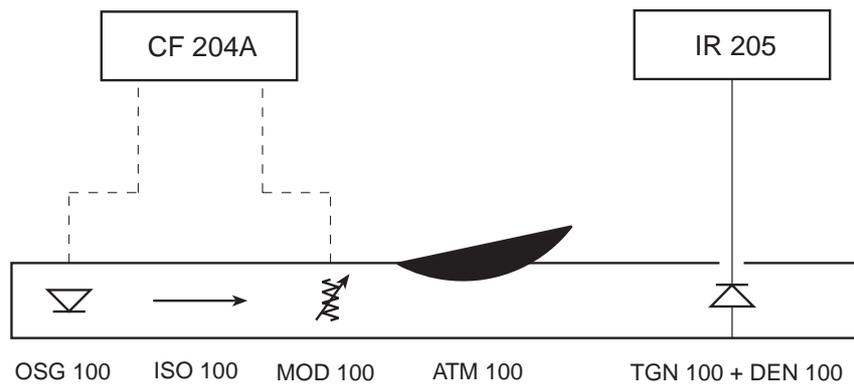
La loi courant-tension comporte donc un terme en  $V^2$ , composante continue du courant, proportionnelle au carré du champ électrique hyperfréquence. La détection est quadratique (Figure ci-dessous).



### 5.6.3 Relevé de la caractéristique

Le procédé consiste à relever le courant cristal détecté en fonction du niveau HF appliqué.

Effectuer le montage de la figure ci-dessous.



- Placer l'atténuateur ORITEL ATM 100 sur la position  $A_1 = 0$  dB; noter l'indication  $I_1$  donnée par l'indicateur de ROS ORITEL IR 205
- Augmenter l'atténuation par pas de 3 dB et noter la valeur  $I_1$  indiquée par l'IR 205 pour chaque position  $A_1$ .
- Continuer ainsi pour obtenir le maximum de points, et tracer la courbe de la tension détectée en fonction de l'atténuation en dB. En utilisant le détecteur ainsi étalonné, on pourra déterminer un niveau ou une atténuation en fonction du niveau enregistré sur le galvanomètre.

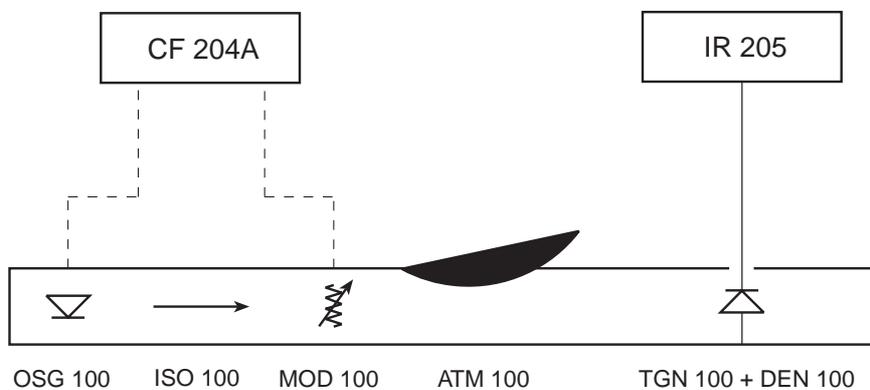
### 5.6.4 Mesure de la sensibilité tangentielle du cristal détecteur

La sensibilité tangentielle d'un détecteur est le niveau de puissance injectée (en dBm) nécessaire pour distinguer le signal détecté du bruit.

On la détermine en faisant tangenter la partie inférieure du bruit superposé au signal détecté (S+B) avec la partie supérieure du bruit seul (B).

Une autre définition consiste à considérer que  $S_T$  est la puissance correspondant à un rapport Signal/Bruit de 2, soit 6 dB en tension ou 3 dB en puissance.

Effectuer le montage de la figure ci-dessous.



- Passer en atténuation maximale avec l'atténuateur ORITEL ATM 100.
- Régler l'indicateur de ROS ORITEL IR 205 à la sensibilité maximale; ajuster la déviation due au bruit à 4 dB, à l'aide des boutons de réglage du gain ("Gros" et "Fin").
- Agir sur l'atténuateur pour ramener l'aiguille du galvanomètre de l'IR 205 sur 10 dB (pleine échelle), soit 6 dB en tension ou 3 dB en puissance au dessus du bruit; déterminer le niveau  $S_T$ .

La sensibilité tangentielle est ici mesurée pour la bande passante de l'amplificateur de l'IR 205. Le niveau de bruit est, en effet, fonction de la bande passante de la chaîne de mesure.

## 5.7 Mesure de la puissance

### 5.7.1 Généralités

La mesure de puissance est une mesure très importante en hyperfréquence, car elle permet de déterminer les valeurs des énergies mises en jeu.

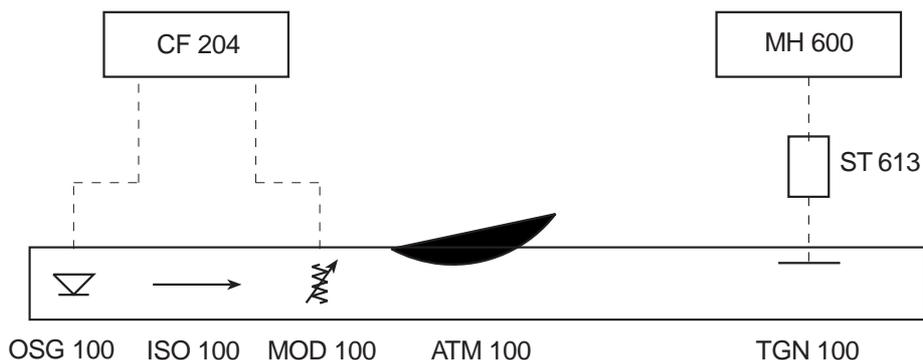
Ces mesures précises sont réalisées aisément avec le milliwattmètre hyperfréquence ORITEL MH 600, équipé de sa sonde ST 613.

Le principe de cette mesure est basé sur l'emploi de thermistances hyperfréquences montées dans un pont de Wheatstone, dont on mesure le déséquilibre. L'énergie hyperfréquence à mesurer provoque un échauffement de la thermistance, qui déséquilibre le pont. La tension de déséquilibre est proportionnelle à la puissance mesurée.

**Pour la mise en fonctionnement, le calibrage du MH 600, et les précautions d'emploi, consulter la notice de fonctionnement de l'appareil.**

### 5.7.2 Mesure d'une puissance

Réaliser la figure ci-dessous :



Lorsqu'on ignore l'ordre de grandeur de la puissance à mesurer, il est impératif de prendre certaines précautions, notamment, pour ne pas appliquer à la sonde de mesure une puissance supérieure à 200 mW.

Les réglages du zéro étant effectués, pour mesurer une puissance, il faut procéder de la façon suivante:

- Positionner l'Atténuateur ORITEL ATM 100 sur l'atténuation maximale.
- Mettre l'alimentation ORITEL CF 204A en fonctionnement
- Diminuer progressivement l'atténuation de l'ATM 100, jusqu'à ce que le milliwattmètre ORITEL MH 600 donne une indication comprise entre 1 et 10 mW.
- Lire directement sur l'écran du milliwattmètre la puissance mesurée en mW ou en dBm suivant l'unité programmée.

**Pour de plus amples renseignements concernant l'utilisation, les différentes mesures possibles et les possibilités du milliwattmètre hyperfréquence ORITEL MH 600, se reporter à sa notice de fonctionnement**

## 5.8 Mesure d'atténuation

### 5.8.1 Généralités

D'une manière générale, l'atténuation exprime une réduction d'amplitude, tension ou courant, donc de puissance, provoquées par l'introduction dans le circuit d'un élément atténuateur.

#### a) La perte d'insertion L

Dans le cas d'une ligne de transmission dont les impédances d'entrée et de sortie sont différentes, la perte d'insertion se définit comme le rapport en dB des puissances dissipées dans la charge en l'absence et en présence de l'atténuateur.

Elle est fonction :

- des caractéristiques de l'atténuateur,
- de l'impédance du générateur,
- de l'impédance de charge.

#### b) L'atténuation A

Si l'atténuateur est placé dans une ligne de transmission d'impédance réelle connue, refermée à ses deux extrémités par un générateur et une charge adaptée à son impédance caractéristique, la perte d'insertion devient l'atténuation.

Elle se définit comme suit :

$$A_{(dB)} = 10 \log_{10} P1/P2$$

A = Atténuation en dB

P1 = Puissance dissipée dans la charge sans l'atténuateur

P2 = Puissance dissipée dans la charge avec l'atténuateur

### c) Constante d'atténuation d'une ligne

Les lignes de transmission à constantes réparties, tels les guides d'ondes, sont caractérisées par leur constante de propagation définie par :

$$Y = \alpha + j\beta$$

$\beta$  : exprime la variation de phase en radians le long de la ligne, c'est la constante de phase.

$\alpha$  : exprime l'atténuation en népers par unité de longueur. C'est la constante d'atténuation du guide d'onde.

Dans toutes les mesures qui seront maintenant décrites, la constante d'atténuation  $\alpha$ , propre au guide d'onde, sera considérée comme nulle (ligne sans perte).

On peut citer différentes méthodes de mesure :

#### 1) Mesure directe:

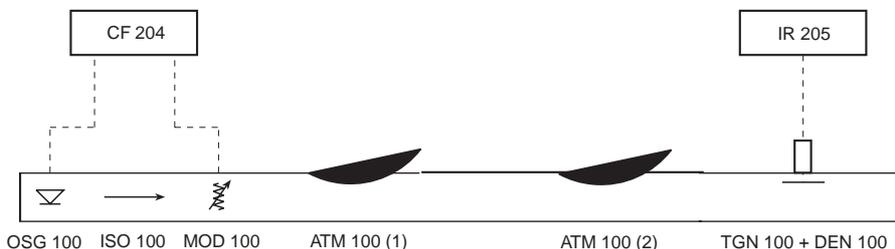
Elle consiste à déterminer expérimentalement les puissances P1 et P2, et à calculer le rapport

$$A_{(dB)} = 10 \log_{10} P1/P2$$

#### 2) Mesure par substitution ou par comparaison à un atténuateur étalonné.

### 5.8.2 Mesure par comparaison

- Effectuer le montage indiqué figure ci-dessous :

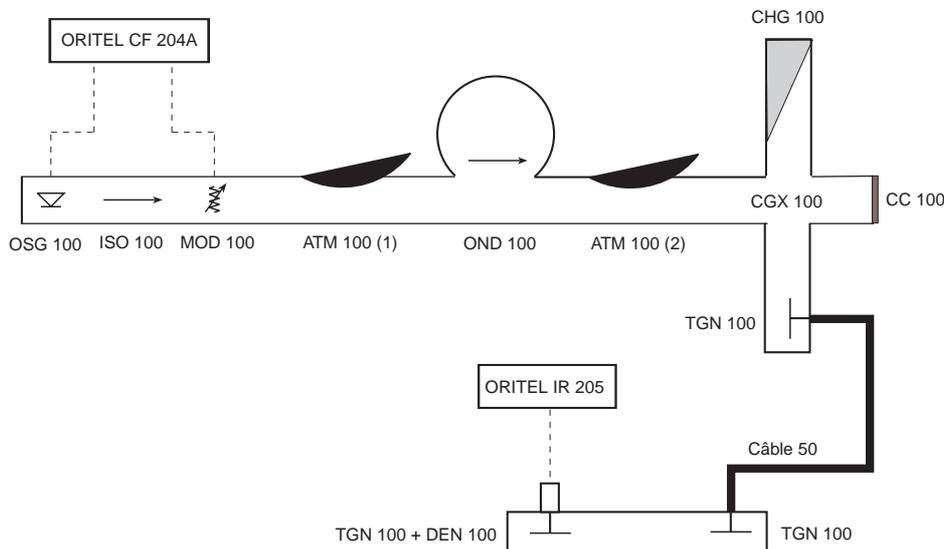


- Placer l'atténuateur étalonné ATM 100 (2) à 0dB.
- Placer l'atténuateur à étalonner ATM 100 (1) à une certaine atténuation et repérer l'indication du galvanomètre de l'IR 205, soit  $I_1$ . Ensuite placer cet atténuateur à 0 dB
- Agir sur l'atténuateur de référence ATM 100 (2), jusqu'à obtenir sur le galvanomètre de l'IR 205 la même déviation que précédemment ( $I_1$ ). Lire directement sur cet atténuateur l'atténuation en dB.
- Recommencer ces mesures pour différentes valeurs d'atténuation de l'ATM 100 (1), on obtient ainsi l'étalonnage de cet atténuateur.

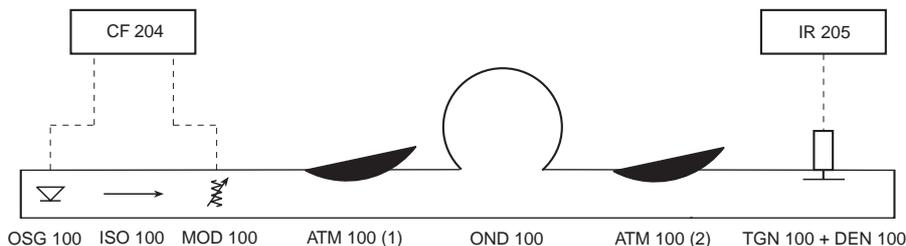
### 5.8.3 Mesure d'atténuation par substitution

Cette méthode permet de mesurer la perte d'insertion due à un ensemble composé d'un coupleur et de deux transitions guide-coaxial reliées par un câble.

- Réaliser le montage suivant :



- Placer l'atténuateur étalonné ORITEL ATM 100 (2) à 0 dB.
- Régler l'atténuateur de tarage ORITEL ATM 100 (1) à une atténuation permettant une lecture correcte sur le galvanomètre de l'indicateur de ROS ORITEL IR 205, repérer cette indication ( $I_1$  par exemple).
- Réaliser le montage suivant, en conservant le réglage des atténuateurs



- Régler l'atténuateur étalonné ORITEL ATM 100 (2), jusqu'à obtenir le repère précédent ( $I_1$ ).
- Lire l'atténuation en dB introduite par l'atténuateur ORITEL ATM 100 (2), pour connaître la perte d'insertion introduite par le coupleur, les transitions et le câble.

Cette même manipulation pourra être réalisée :

- soit avec le coupleur seul,
- soit avec les transitions et le câble.

Réaliser ces mesures en plusieurs points de fréquences.

## 6. MAINTENANCE

- ⚠ Pour la maintenance, utilisez seulement les pièces et composants de rechange qui ont été spécifiées. Le fabricant ne pourra être tenu pour responsable de tout accident survenu suite à une réparation effectuée en dehors de son service après-vente ou des réparateurs agréés.

### 6.1 Nettoyage

Avant montage des composants hyperfréquence du banc didactique, s'assurer de l'absence de poussière à l'intérieur du guide d'onde.

- ⚠ Attention : ne pas utiliser de jet d'air sous pression, sous peine d'endommager certains composants  
Ne pas utiliser de solvant, dépoussiérer avec précautions.

### 6.2 Vérification métrologique

- ⚠ Comme tous les appareils de mesure ou d'essais, une vérification périodique est nécessaire. Pour les vérifications et étalonnages de vos appareils, adressez-vous à nos laboratoires de métrologie accrédités COFRAC ou aux agences MANUMESURE.

Renseignements et coordonnées sur demande : Tél. : 02 31 64 51 43 Fax : 02 31 64 51 09

#### ■ Réparation sous garantie et hors garantie.

Adressez vos appareils à l'une des agences régionales MANUMESURE, agréées CHAUVIN ARNOUX

Renseignements et coordonnées sur demande : Tél. : 02 31 64 51 43 Fax : 02 31 64 51 09

#### ■ Réparation hors de France métropolitaine.

Pour toute intervention sous garantie ou hors garantie, retournez l'appareil à votre distributeur.

## 7. POUR COMMANDER

**Banc didactique hyperfréquence ORITEL BDH R100** ..... P01.2751.01  
*Livré avec une valise de rangement et cette notice d'expérimentation*

### Options

Alimentation ORITEL CF 204A ..... nous consulter  
Indicateur de R.O.S. ORITEL IR 205 ..... P01.2705.01  
Milliwattmètre hyperfréquence ORITEL MH 600 ..... P01.2501.01  
Sonde coaxiale à thermocouple ORITEL ST 613 ..... P01.2851.01  
Antenne cornet 15 dB ORITEL ANC 100/15 ..... P01.2753.04  
Coupleur en croix 20 dB CGX 100/20 ..... P01.2753.05  
Iris de couplage 20 dB et 30 dB ORITEL IRIS 100 ..... P01.2753.06

### Accessoires

Recopie de déplacement ORITEL RD 100 ..... P01.2753.02  
Règle support de 1 mètre ORITEL RS 100 ..... P01.2753.03  
Cordon BNC 1 mètre, mâle / BNC mâle ..... P01.2951.85

### Rechanges

Oscillateur à diode GUNN ORITEL OSG 100 ..... P01.2753.07  
Isolateur à ferrite ORITEL ISO 100 ..... P01.2753.08  
Modulateur à diode PIN ORITEL MOD 100 ..... P01.2753.09  
Atténuateur variable à réglage micrométrique ORITEL ATM 100 ..... P01.2753.10  
Ondemètre à courbe ORITEL OND 100 ..... P01.2753.11  
Ligne de mesure ORITEL LAF 100 ..... P01.2753.12  
Adaptateur d'impédance à 3 plongeurs ORITEL ADZ 100/3 ..... P01.2753.13  
Transition guide-coaxial ORITEL TGN 100 ..... P01.2753.14  
Déecteur coaxial ORITEL DEN 100 ..... P01.2753.15  
Charge adaptée ORITEL CHG 100 ..... P01.2753.16  
Plaque court-circuit ORITEL CC 100 ..... P01.2753.17  
Support de guide ORITEL SUP 100 ..... P01.2753.18  
Déecteur ORITEL DEL 100 pour ligne à fente (LAF 100) ..... P01.2753.19  
Valise de rangement vide ..... P01.2980.54  
Diode GUNN pour oscillateur ORITEL OSG 100 ..... P01.2753.20  
Diode PIN pour modulateur ORITEL MOD 100 ..... P01.2753.21  
Diode Schottky pour ligne de mesure à fente ORITEL LAF 100 ..... P01.2753.22  
Adaptateur de fixation rapide *EASYFIX* ORITEL AFR 100 ..... P01.2753.01







04 - 2001

Code 688 972 A00 - Ed. 2

**Deutschland** : CA GmbH - Straßburger Str. 34 - 77694 Kehl / Rhein - Tel : (07851) 99 26-0 - Fax : (07851) 99 26-60  
**España** : CA Iberica - C/Roger de Flor N° 293 - 08025 Barcelona - Tel : (93) 459 08 11 - Fax : (93) 459 14 43  
**Italia** : AMRA MTI - via Sant' Ambrogio, 23/25 - 20050 Bareggia Di Macherio (MI) - Tel : (039) 245 75 45 - Fax : (039) 481 561  
**Österreich** : CA Ges.m.b.H - Slamastrasse 29 / 3 - 1230 Wien - Tel : (1) 61 61 9 61 - Fax : (1) 61 61 9 61 61  
**Schweiz** : CA AG - Einsiedlerstrasse 535 - 8810 Horgen - Tel : (01) 727 75 55 - Fax : (01) 727 75 56  
**UK** : CA UK Ltd - Waldeck House - Waldeck road - Maidenhead SL6 8BR - Tel : (01628) 788 888 - Fax : (01628) 628 099  
**USA** : CA Inc - 99 Chauncy Street - Boston MA 02111 - Tel : (617) 451 0227 - Fax : (617) 423 2952  
**USA** : CA Inc - 15 Faraday Drive - Dover NH 03820 - Tel : (603) 749 6434 - Fax : (603) 742 2346

**190, rue Championnet - 75876 PARIS Cedex 18 - FRANCE**  
**Tél. (33) 01 44 85 44 85 - Fax (33) 01 46 27 73 89 - <http://www.chauvin-arnoux.com>**