



## Rapport de laboratoire 7

### Transmission des ondes électromagnétiques

présenté à

**M. Dominique Grenier**

<i>matricule</i>	<i>nom</i>
910 055 897	Daniel Thibodeau
910 097 879	Francis Valois

Université Laval  
18 décembre 2012

# Chapitre 1

## Laboratoire 6

### 1.1 Projet 1 : Paramètres théoriques selon les modes

Selon les documents de spécifications obtenues en ligne, la largeur interne du guide d'onde de type WR-90 est de 22.86 mm et la hauteur interne est de 10.16 mm.

#### 1.1.1 Calcul de la fréquence de $f_c$

La fréquence de coupure pour un guide d'onde rectangulaire en fonction des différents modes TE est donnée par l'équation suivante :

$$f_{c_{mn}} = \frac{v_p}{2} \sqrt{\left(\frac{m}{a}\right)^2 + \left(\frac{n}{b}\right)^2} \quad (1.1)$$

Où :

- $v_p$  est la vitesse de propagation de l'onde dans le guide d'ondes, ici la vitesse de la lumière dans le vide soit  $3 \cdot 10^8 m/s$  ;
- $m$  et  $n$  sont les deux indices du mode TE à évaluer ;
- $a$  et  $b$  sont respectivement la largeur et la hauteur du guide d'onde en mètre, ici 0.02286m et 0.01016m.

À l'aide de l'équation précédente, il suffit de trouver pour quels indices TE ( $m,n$ ), la fréquence de coupure est plus petite que la fréquence du mode d'opération. Dans le cas d'une opération à une fréquence de 15 GHz, nous trouvons les 3 modes d'opérations suivants :

- $F_c = 6.56GHz$  pour un mode d'opération (1,0) ;
- $F_c = 13.12GHz$  pour un mode d'opération (2,0) ;
- $F_c = 14.76GHz$  pour un mode d'opération (0,1)

Les fréquences de coupures pour les modes supérieurs ne sont pas présentées, car elles sont supérieures à la fréquence de fonctionnement, ce qui va atténuer ou empêcher la diffusion de l'onde dans le guide.

#### 1.1.2 Calcul de la vitesse de groupe $v_g$ selon la fréquence

La vitesse de groupe pour chacun des modes est obtenue à l'aide de l'équation suivante :

$$v_g = v_p \sqrt{1 - \left(\frac{f_c}{f}\right)^2} \quad (1.2)$$

Où :

- $v_p$  est la vitesse de propagation de l'onde dans le guide d'ondes, ici la vitesse de la lumière dans le vide soit  $3 \cdot 10^8 m/s$  ;
- $f_c$  est la fréquence de coupure pour un mode donné ;
- $f$  est la fréquence de l'onde dans le guide.

Ainsi pour une fréquence de fonctionnement allant de 0 à 25 GHz, nous obtenons les vitesses de groupe affichées à la figure 1.1. Les trois modes de fonctionnement obtenus précédemment sont respectivement représentés par les 3 courbes sur le graphique. De plus, les valeurs numériques ne sont pas présentées, car celles-ci ne font qu'alourdir le rapport et peuvent être déduites de la figure.

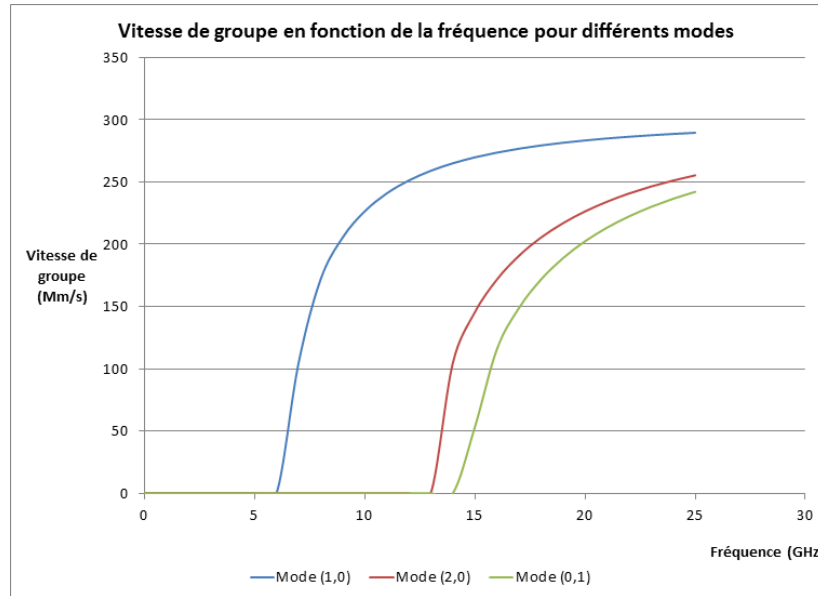


Figure 1.1 – Figure présentant la vitesse de groupe d'une onde en fonction de la fréquence de fonctionnement pour 3 différents modes TE

### 1.1.3 Calcul de la longueur d'onde $\lambda_g$ selon la fréquence

La longueur d'onde dans le guide est donnée par l'équation suivante :

$$\lambda_g = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - \left(\frac{f_c}{f}\right)^2}} \quad (1.3)$$

Où :

- $\lambda$  est la longueur d'onde du signal traversant le guide ;
- $f_c$  est la fréquence de coupure pour un mode donné ;
- $f$  est la fréquence de l'onde dans le guide.

Sachant que la longueur d'onde dans le guide est donnée par l'équation 1.4, il est possible de trouver  $\lambda_g$  pour une fréquence entre 0 et 25 GHz. Les longueurs d'ondes guidées sont affichées à la figure 1.2. Comme précédemment, les 3 différents modes sont affichés sur la figure et les résultats numériques ne sont pas affichés pour simplifier la présentation du rapport.

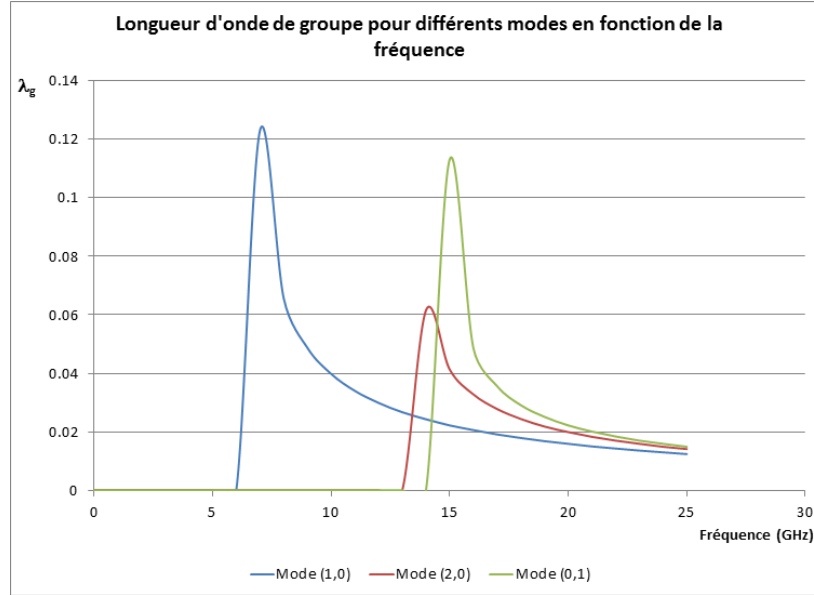


Figure 1.2 – Figure présentant la longueur d'onde guidées en fonction de la fréquence de fonctionnement pour 3 différents modes TE

$$\lambda = \frac{v_p}{f} \quad (1.4)$$

#### 1.1.4 Calcul de la l'impédance intrinsèque transverse du guide $\eta_{GTE}$ selon la fréquence

L'impédance intrinsèque transverse peut être obtenue à l'aide de l'équation suivante :

$$\eta_{GTE} = \frac{\eta}{\sqrt{1 - \left(\frac{f_c}{f}\right)^2}} \quad (1.5)$$

Où :

- $\eta$  est l'impédance intrinsèque du guide d'onde, dans notre cas  $\eta = 377\Omega$ , car nous sommes dans l'air ;
- $f_c$  est la fréquence de coupure pour un mode donné ;
- $f$  est la fréquence de l'onde dans le guide.

La figure 1.3 représente l'impédance intrinsèque transverse pour les 3 modes d'intérêts entre des fréquences de 0 et 25 GHz.

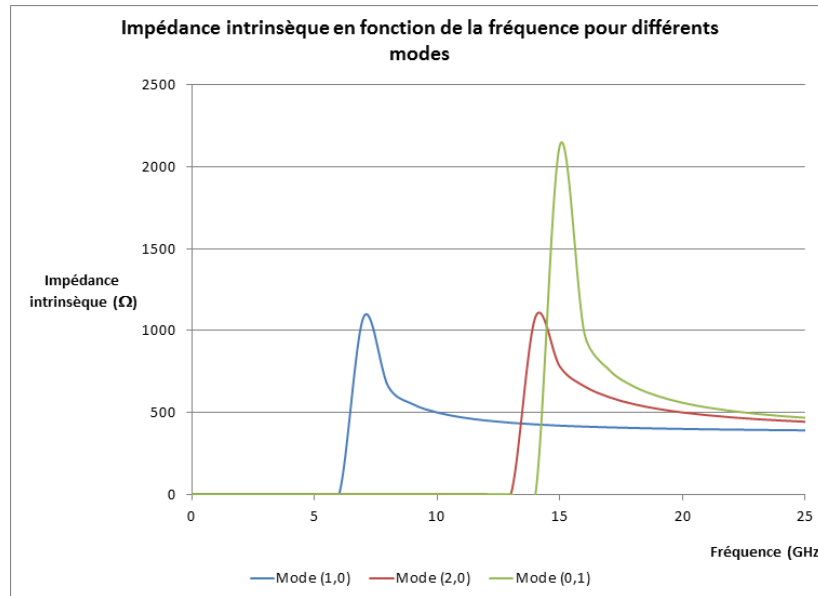


Figure 1.3 – Figure présentant l'impédance intrinsèque d'une guide d'onde en fonction de la fréquence de fonctionnement pour 3 différents modes TE

## 1.2 Projet 2 : Mesure directe de la fréquence

8V

Fréquence de la diode : 10538 GHZ

Passé de -0.45 à -1.4

10V

passé de -0.25 à -0.90

Fréquence de la diode : 10541 GHZ

4V

Le système est beaucoup plus sensible aux variations

## 1.3 Projet 3 : Mesure directe de la fréquence