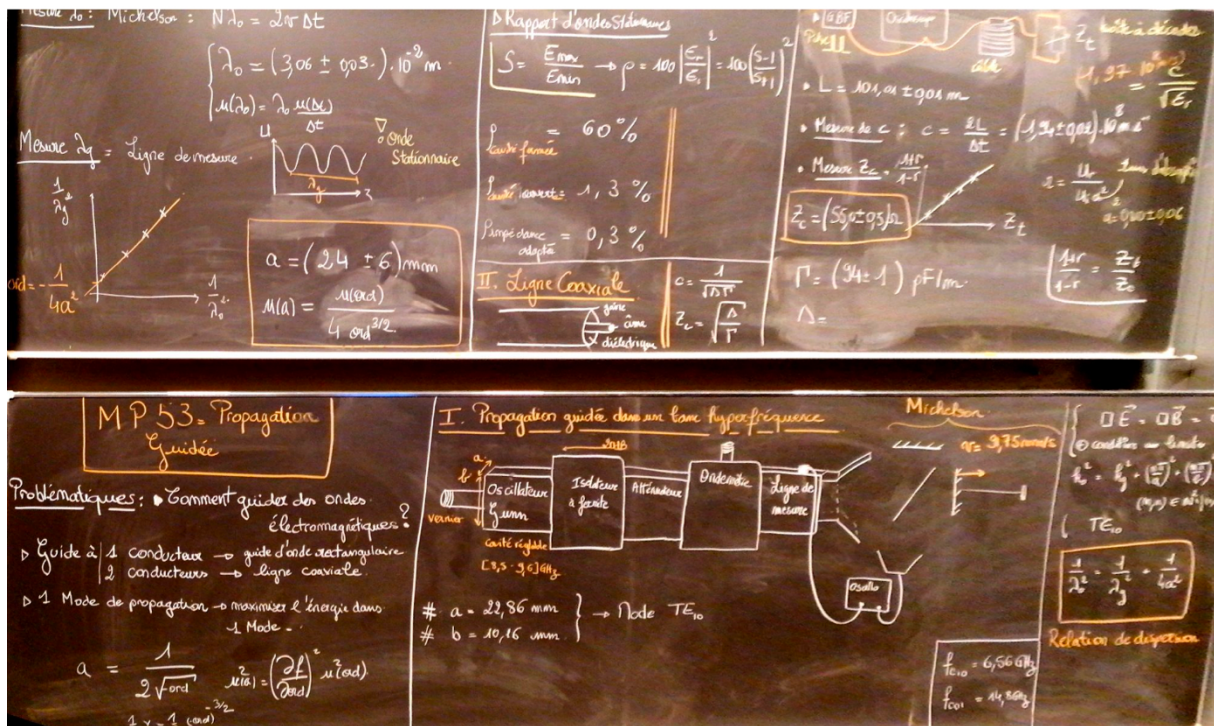


MP 52 : Propagation guidée



I. Théorie.

Diode Gunn

Oscillateur à transfert d'électron.

Cristal semi-conducteur d'Arséniure de Gallium avec une charge d'espace qui va osciller.

On choisit précisément l'onde centimétriques à l'aide d'une cavité réglable entre 8,5-9,6 GHz.

L'oscillateur possède une zone de résistance négative où le courant diminue quand la tension augmente $\rightarrow$ on utilise cette plage là !

Isolateur à ferrite

Laisse passer l'énergie dans un sens et atténue de 20 dB l'énergie se propageant en sens inverse. Les parois sont recouvertes de ferrite qui utilisent un effet gyromagnétique.

Ondemètre

Précision à 5 MHz.

Cavité couplée qui prélève de l'énergie grâce à une iris

Ligne de mesure

Il s'agit d'un cristal semi-conducteur de silicium/germanium avec un fil de tungstène ("moustache de chat"). La tension mesurée à l'oscilloscope est proportionnelle au carré du champ électrique intra-cavité.

A-t-on un mode TE, TM, TEM ?

Comme on a un guide d'onde simplement connexe (vide à l'intérieur), il n'y a pas de mode TEM. La diode Gunn est disposée de telle sorte à négliger les modes TM.

Intérêt de connaître le Rapport D'ondes Stationnaires

Connaître la puissance qui va être réfléchiée dans la cavité en fonction de l'impédance.

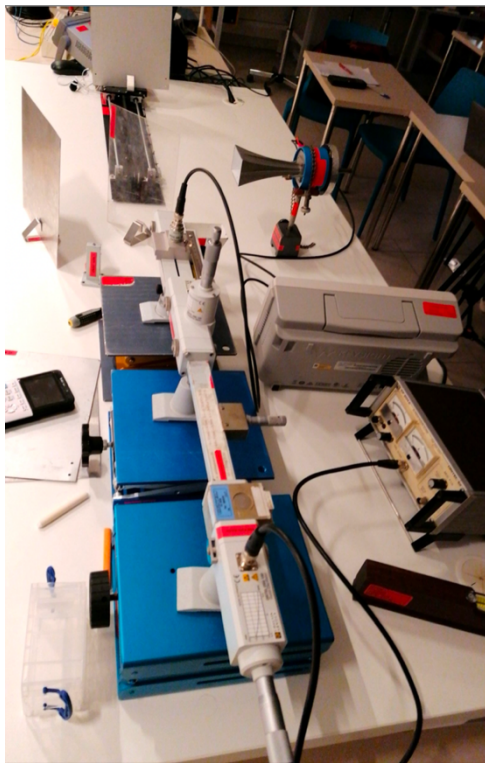
II. Montage.

→ Guider les ondes électromagnétiques.

→ Il en existe de deux types principalement : des guides d'ondes à 1 conducteur (guide d'onde rectangulaire) et à 2 conducteurs (ligne coaxiale).

→ Il est important, autant que possible, d'avoir un seul mode qui se propage dans un guide → a priori 4 modes possibles TEM, TE, TM, Hybride mais on va les sélectionner.

A. Propagation guidée dans un banc hyperfréquence (TE).



On dispose ici d'un banc hyperfréquence CHAUVIN ARNOUX, d'une alimentation bridée à 7,5 V. Au-delà de 10 V, l'oscillateur Gunn claque...

On va mettre en évidence dans cette expérience que les conditions aux limites peuvent entraîner de la dispersion malgré une propagation dans un milieu non dispersif (où que l'on considère comme tel).

On utilise pour cela un guide d'onde rectangulaire d'ondes centimétriques où les ondes électromagnétiques se propagent dans une direction que l'on va noter $\vec{u}_z$.

La relation de dispersion s'écrit avec $\vec{k} = k_g \vec{u}_z + k_x \vec{u}_x + k_y \vec{u}_y$:

$$\vec{k}^2 = k_g^2 + k_x^2 + k_y^2 = k_g^2 + \frac{n^2 \pi^2}{a^2} + \frac{m^2 \pi^2}{b^2} = \frac{\omega^2}{c^2}$$

Le champ électrique est quantifié dans chacune des directions transverses à la propagation, le guide fait $a \sim 23$ mm selon $\vec{u}_x$ et $b \sim$ mm selon $\vec{u}_y$.

La relation dispersion écrite ci-dessus correspond à un mode TE_{nm} , dans le guide d'onde seul le mode TE_{10} peut se propager, les autres modes correspondant à des fréquences trop élevées pour la diode émettrice. En utilisant plutôt λ comme variable, il vient alors :

$$\frac{1}{\lambda_0^2} = \frac{1}{\lambda_g^2} + \frac{1}{4a^2}$$

Avec $\lambda_0 = \frac{2\pi}{k}$. L'objectif de cette expérience est de vérifier cette relation de dispersion et de remonter à la valeur du côté a .

En partant des équations de D'Alembert et grâce aux conditions aux limites pour Hnormal et Etangentiel comme le guide d'onde est fait en aluminium très bon conducteur donc les champs sont nuls.

On va mettre en évidence dans cette expérience que les conditions aux limites peuvent entraîner de la dispersion malgré une propagation dans un milieu non dispersif (où que l'on considère comme tel).

On utilise pour cela un guide d'onde rectangulaire d'ondes centimétriques où les ondes électromagnétiques se propagent dans une direction que l'on va noter $\vec{u}_z$.

La relation de dispersion s'écrit avec $\vec{k} = k_g \vec{u}_z + k_x \vec{u}_x + k_y \vec{u}_y$:

$$\vec{k}^2 = k_g^2 + k_x^2 + k_y^2 = k_g^2 + \frac{n^2 \pi^2}{a^2} + \frac{m^2 \pi^2}{b^2} = \frac{\omega^2}{c^2}$$

Le champ électrique est quantifié dans chacune des directions transverses à la propagation, le guide fait $a \sim 23$ mm selon $\vec{u}_x$ et $b \sim$ mm selon $\vec{u}_y$.

La relation dispersion écrite ci-dessus correspond à un mode TE_{nm} , dans le guide d'onde seul le mode TE_{10} peut se propager, les autres modes correspondant à des fréquences trop élevées pour la diode émettrice. En utilisant plutôt λ comme variable, il vient alors :

$$\frac{1}{\lambda_0^2} = \frac{1}{\lambda_g^2} + \frac{1}{4a^2}$$

Avec $\lambda_0 = \frac{2\pi}{k}$. L'objectif de cette expérience est de vérifier cette relation de dispersion et de remonter à la valeur du côté a .

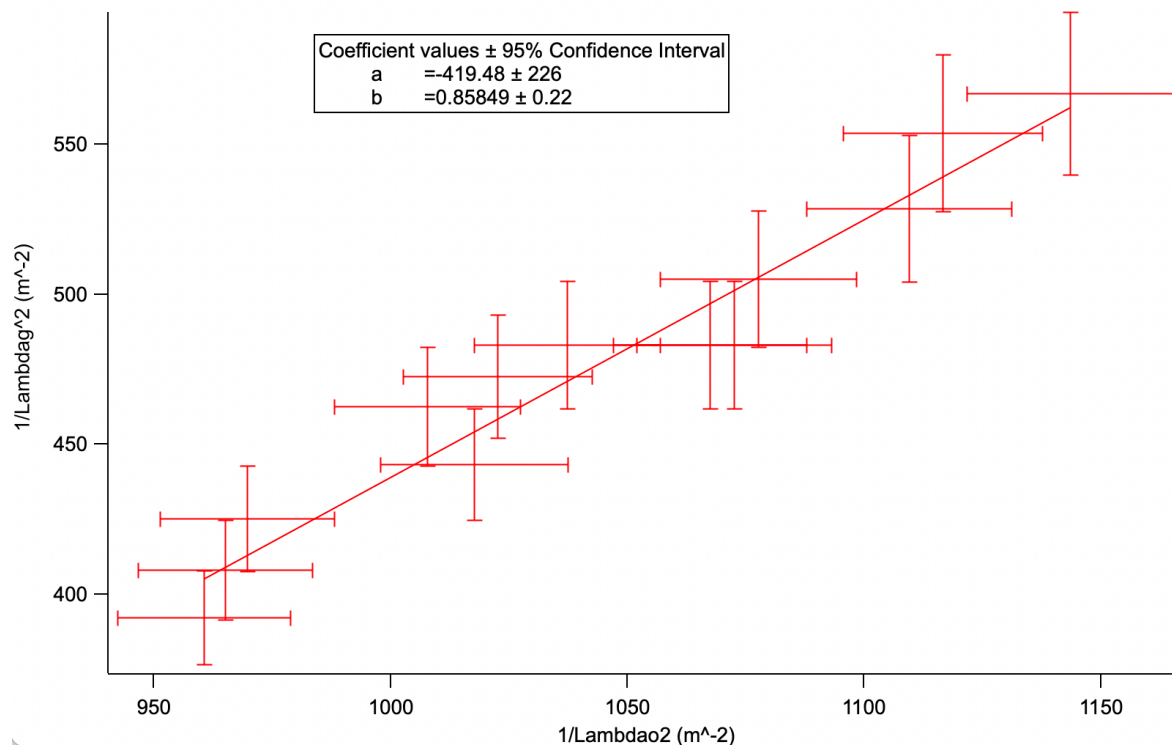
On place l'impédance du cornet. On part du vernier à 12 cm jusqu'à 5 cm en allant toujours dans le même sens sans revenir en arrière et on calcule la longueur d'onde dans le vide !

On a que $N \times \lambda_0 = 2 \times v \times \Delta t$. On utilise le logiciel Nova avec la vitesse V1.

!!!!Bien retirer la ligne de mesure pour ne pas perturber la mesure !!!!!

Une fois ceci terminé, on change de terminaison et on place une plaque en aluminium pour fermer la cavité proprement et on repart à 12 cm en diminuant et on recommence pour calculer g

On plonge la ligne de mesure et on repère les MINIMA (plus précis) de la tension sachant que l'on a une onde stationnaire soit 2 minima pour 1 longueur d'onde.



B. Propagation guidée dans un câble coaxial (TEM).

On étudie enfin la propagation d'une onde dans un long câble coaxial afin de voir entre autre l'effet sur l'onde lorsque l'on change de milieu au bout du câble et de voir ainsi les notions de réflexion et d'impédance caractéristique.

On commence par mesurer la vitesse des ondes électromagnétiques dans le câble, $c_{\text{tab}} = \frac{c_{\text{vide}}}{\sqrt{\epsilon_r}} = 0.66 c_{\text{vide}}$. Pour cela on regarde le décalage temporel engendré par la propagation de l'onde lorsque celle-ci effectue un aller-retour (sortie du câble coaxial ouvert). Pour une distance parcourue de $L = 202$ m,

$$\Delta t = 1 \text{ ns d'où } c = \frac{2L}{\Delta t} = 0.65 \pm 0.01 c_{\text{vide}}$$

Pour l'impulsion, on a pris :

- $f = 500$ kHz (choix peu important)
- $A = 2 V_{pp}$ (choix peu important)
- edge time = 11.5 ns (assez court pour mesurer précisément l'instant de montée)
- width = 340 ns (suffisamment faible pour que l'impulsion retour ne se superpose pas à l'impulsion aller)

Dans le câble, l'impédance caractéristique vaut $Z_c = \Lambda c = \sqrt{\frac{\Lambda}{\Gamma}}$, la démo se fait avec la modélisation sans pertes du câble coaxial.

Lorsque l'on place une résistance Z en sortie, l'amplitude de la réflexion en tension r_u s'écrit $r_u = \frac{Z - Z_c}{Z + Z_c}$.

REFERENCES			A M E		ϕ diélectrique mm	COMPOSITION des TRESSÉS			ϕ extérieur du câble mm	Masse kg/km	Impédance à 200 MHz Ω	Capacité Nominale pF/m	AFFAIBLISSEMENT MOYEN à					Rigidité diélect. à 50 Hz kV	Effet Corona à 50 Hz kV	PUISSANCE MAXI. à 40°C (pression atmosphérique normale)					Connecteurs utilisables
NF.C 93-550	MIL. C.17.E	CEI 96	Composition n x mm	mm		1ère mm	2ème mm	3ème mm					10 MHz dB/100m	200 MHz dB/100m	400 MHz dB/100m	3000 MHz dB/100m	10000 MHz dB/100m			10 MHz kW	200 MHz kW	400 MHz kW	3000 MHz kW	10000 MHz kW	
KX 3 A		50.2.1	7 x 0,16 Cu.R	0,48	1,50 ± 0,10	0,10 Cu.R	-	-	2,54 ± 0,13	14	50 ± 3,5	100	11	42	60	220	2	1,0	0,24	0,057	0,042	0,013		BNC MN	
KX 3 B					1,50 ± 0,10	0,10 Cu.Et	-	-			50 ± 3,5														
RG 174 AU			27 x 0,13 Cu.Et	0,80	1,52 ± 0,07	0,10 Cu.Et	-	-	4,06 ± 0,12	25	50 ± 2	100	7	30	44	150	5	1,9	0,4	0,09	0,07	0,02		BNC	
RG 122 U					2,44 ± 0,07	0,13 Cu.Et	-	-			50 ± 2														
KX 15		50.3.1	19 x 0,18 Cu.Et	0,90	2,95 ± 0,10	0,13 Cu.Et	-	-	4,95 ± 0,10	45	50 ± 2	100	4,5	24	36	140	5	1,9	0,6	0,125	0,09	0,031	0,017	TNC	
RG 223 U		50.3.3	1 x 0,90 Cu.Ag	0,90	4,70 ± 0,10	0,13 Cu.Ag	0,13 Cu.Ag	-	5,50 maxi.	57	50 ± 2	100	5,5	20	30	100	240	5	1,9	0,64	0,31	0,22	0,075	N	
RG 212 U			1 x 1,41 Cu.Ag	1,41	4,70 ± 0,10	0,16 Cu.Ag	0,16 Cu.Ag	-	8,43 ± 0,10	131	50 ± 2	100	3	12	17	58	140	7	3	1,5	0,31	0,22	0,075	N	
KX 4		50.7.1	7 x 0,75 Cu.R	2,25	7,25 ± 0,15	0,18 Cu.R	-	-	10,30 ± 0,17	162	50 ± 2	100	2	9,5	14,5	55		10	5	2,2	0,42	0,30	0,095	0,05	C
KX 13		50.7.3	7 x 0,75 Cu.Ag	2,25	7,25 ± 0,15	0,16 Cu.Ag	0,16 Cu.Ag	-	10,80 ± 0,17	198	50 ± 2	100	2	9	13	63	100	10	5	2,2	0,42	0,30	0,095	0,05	C
RG 215 U*			7 x 0,75 Cu.R			0,18 Cu.R	-	-	12,00 armé.	270				9,5	14,5	55									HN

On peut déterminer ainsi l'impédance caractéristique et comparer à des valeurs que l'on calcul au RLCmètre.

