

EXERCICES ABAQUE DE SMITH

1 - POSITIONNEMENT D'IMPEDANCES COMPLEXES

1a) Disposer les impédances (non normalisées) suivantes sur abaque de Smith. Attention, on considérera que l'abaque est normalisée à 50 Ω.

Repère	Valeur	Repère	Valeur	Repère	Valeur	Repère	Valeur
A	40	E	40-j20	I	100+j200	M	50+j50
B	j20	F	12+j2	J	300-j50	N	25-j25
C	-j20	G	12-j2	K	18-j200	O	100+j100
D	40+j20	H	28	L	155+j124	P	100

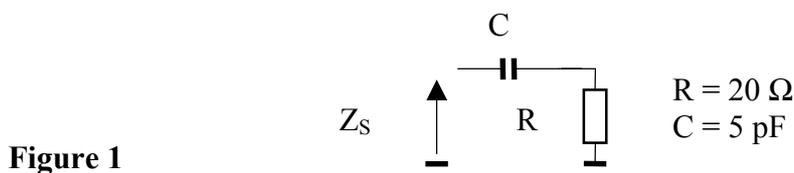
1b) Disposer les impédances normalisées suivantes sur abaque de Smith.

Repère	Valeur	Repère	Valeur	Repère	Valeur
A	0,12-j0,2	E	0,65+j0,65	I	1,2+j3,2
B	0,18+j0,32	F	0,55-j0,4	J	1,25+j0,26
C	0,21+j0,8	G	0,9-j0,6	K	3+j0,8
D	0,78+j0,16	H	0,95+j1,05		

Relier A, B, C, D, E, F, puis G, H, I, puis J, K.

2 - POSITIONNEMENT D'IMPEDANCE EN ABAQUE DE SMITH EN FONCTION DE F

2a) Soit le schéma :



Pour F variant de 0 à 3 GHz, calculer 10 valeurs de $Z_s(f)$.

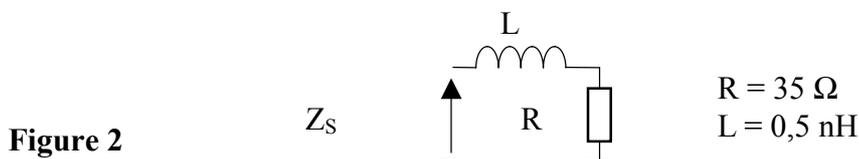
2b) Reporter $Z_s(f)$ sur abaque de Smith normalisée à 50 Ω.

2c) Discuter du lieu d'évolution de $Z_s(f)$.

2d) Les cadrans des imaginaires positifs sont-ils accessibles en faisant varier C ?

3 - POSITIONNEMENT D'IMPEDANCE EN ABAQUE DE SMITH EN FONCTION DE F

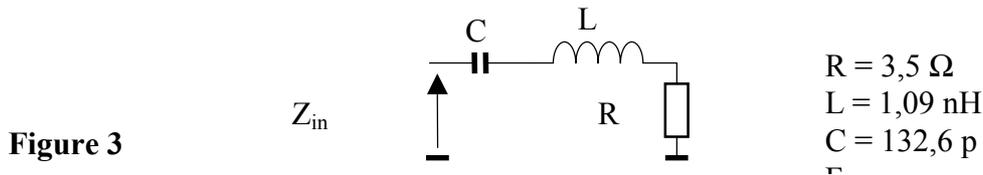
3a) Soit le schéma :



- Pour F variant de 0 à 3 GHz, calculer 10 valeurs de $Z_s(f)$.
- 3b) Reporter $Z_s(f)$ sur abaque de Smith normalisée à 50 Ω.
- 3c) Discuter du lieu d'évolution de $Z_s(f)$.
- 3d) Les cadrans des imaginaires positifs sont-ils accessibles en faisant varier C ?

4 - IMPEDANCE D'ENTREE DU TRANSISTOR MRW3003

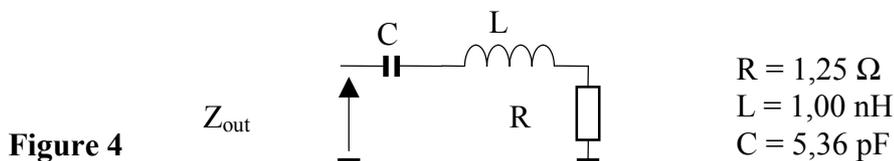
Soit le schéma :



- 4a) Pour F variant de 1,5 à 3 GHz, calculer 5 valeurs de $Z_{in}(f)$.
- 4b) Reporter $Z_{in}(f)$ sur abaque de Smith normalisée à 50 Ω.
- 4c) Comparer le lieu de Z_{in} et la trajectoire du paramètre Z_{in} du transistor MRW3003 (cours fig. 7).
- 4d) Quelle est l'origine de L et de R dans le modèle d'entrée du transistor ?

5 - IMPEDANCE DE SORTIE DU TRANSISTOR MRW3003

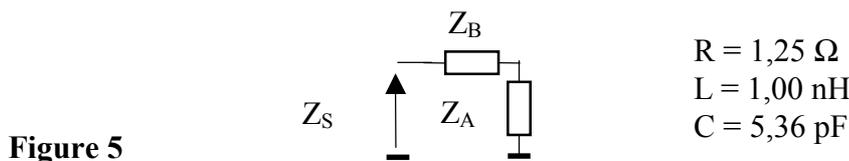
Soit le schéma :



- 5a) Pour F variant de 1,5 à 3 GHz, calculer 5 valeurs de $Z_s(f)$.
- 5b) Reporter $Z_{out}(f)$ sur abaque de Smith normalisée à 50 Ω.
- 5c) Comparer le lieu de Z_{out} et la trajectoire du paramètre Z_{out} du transistor MRW3003.

6 - ASSOCIATION SERIE D'IMPEDANCES

Soit le schéma :



Pour les valeurs indiquées dans le tableau ci-dessous, placer Z_A puis Z_S issu de Z_A . Les impédances sont données en valeur réduite par rapport à l'impédance de l'abaque.

Repère	Z_A	Z_B	Repère	Z_A	Z_B	Repère	Z_A	Z_B
A	$1-j2$	$j6$	C	$0,4+j0,3$	$-j0,3$	E	$0,6-j5$	$j2$
B	4	$-j3$	D	$1-j0,7$	$j1,5$	F	$0,6+j5$	$j2$

7 - IMPEDANCES CONJUGUEES

Placer sur l’abaque les impédances complexes conjuguées des impédances Z_s de l’exercice VI.

8 - ADMITTANCES ET IMPEDANCES

8a) Disposer les impédances suivantes sur abaque de Smith « OU », l’abaque étant normalisée à 50 Ω. Repérer les impédances par « z_x ».

Repère	Valeur	Repère	Valeur	Repère	Valeur	Repère	Valeur
A	$128 + j58$	E	$12 - j24$	C	$53 - j20$	G	$300 + j33$
B	$24 + j18$	F	$5 - j7$	D	$45 + j45$	H	128

8b) En se basant sur la représentation des impédances, déduire la représentation de l’admittance. Repérer les admittances par « y_x ». Relever les valeurs des admittances réduites, en déduire les valeurs des admittances de chacun des éléments.

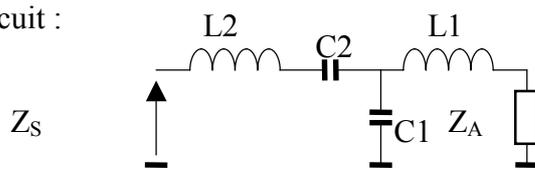
8c) Disposer les impédances suivantes sur abaque de Smith « ET ». L’abaque étant normalisée à 50 Ω. Repérer les éléments par « x ».

Repère	Valeur	Repère	Valeur	Repère	Valeur	Repère	Valeur
I	$100+j200$	K	$18-j200$	M	$50+j50$	O	$100+j100$
J	$300-j50$	L	$155+j124$	N	$25-j25$	P	100

8d) Relever les valeurs des admittances réduites, en déduire la valeur d’admittance de chaque élément.

9 - CIRCUITS EN ECHELLE

Soit le circuit :



- $Z_A = 4,4+j3,7\Omega$
- $L_1 = 0,8 \text{ nH}$
- $C_1 = 12 \text{ pF}$
- $L_2 = 2,2 \text{ nH}$
- $C_2 = 12 \text{ pF}$
- $f = 2,00 \text{ GHz}$

Figure 6

9a) Déterminer la réactance et la réactance réduite de chacun des éléments du circuit (l’abaque étant normalisée à 50 Ω).

9b) Déterminer sur abaque de Smith « OU », par la méthode préconisée dans le cours, la valeur de z_s puis celle de Z_s .

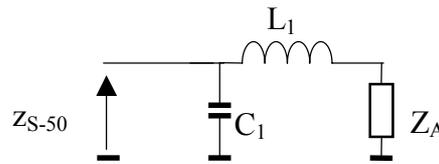
9c) Représenter y_s , déterminer sa valeur, puis celle de Y_s .

9d) Représenter z_s^* .

9e) Recommencer la procédure sur abaque « ET ».

10 - CIRCUITS EN ECHELLE

Soit le circuit :



$$\begin{aligned} Z_A &= 4,4 + j3,7 \Omega \\ L_1 &= 0,820 \text{ nH} \\ C_1 &= 5,09 \text{ pF} \end{aligned}$$

Figure 7

10a) Sur abaque « ET », déterminer z_{S-50} pour $f = 2,00 \text{ GHz}$.

10b) Si l'impédance de sortie du générateur reliée en Z_S est de 50Ω , que peut-on dire de l'assemblage générateur + charge ?

10c) Reprendre l'étude pour $f = 3 \text{ GHz}$.

10e) En utilisant le programme d'aide à la conception des circuits micro-bandes « LIGNE », proposer une gravure répondant à cette cellule sur un substrat :

- cuivre 2 faces $35 \mu\text{m}$,
- époxy $0,41 \text{ mm}$ ($\epsilon_r = 4,5$).

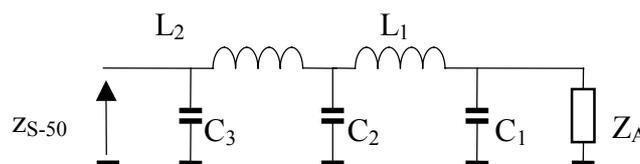
Afin de guider le travail, il est demandé de :

- concevoir les inductances sous forme de lignes d'une largeur de $0,338 \text{ mm}$,
- concevoir les capacités sous forme de deux stubs latéraux d'une largeur de 3 mm ,
- terminer la représentation coté Z_S par une ligne 50Ω longue de 8 mm au moins,
- laisser vierge la représentation de Z_A .

Le document préparé devra comporter toutes les informations géométriques de réalisation.

11 - CIRCUITS EN ECHELLE

Soit le circuit :



$$\begin{aligned} Z_A &= 4,4 + j3,7 \Omega \\ L_1 &= 0,72 \text{ nH} \\ C_1 &= 8,75 \text{ pF} \\ L_2 &= 1,91 \text{ nH} \\ C_2 &= 5,73 \text{ pF} \\ C_3 &= 1,91 \text{ pF} \end{aligned}$$

Figure 8

11a) Sur abaque « ET » (normalisée à 50Ω), déterminer z_{S-50} pour $f = 2,00 \text{ GHz}$.

11b) Si l'impédance de sortie du générateur reliée en Z_S est de 50Ω , que peut-on dire de l'assemblage générateur + charge ?

11c) Reprendre l'étude pour $f = 3 \text{ GHz}$.

11d) Comparer les résultats de l'exercice 11 à ceux de l'exercice 10.

11e) Proposer une gravure répondant à cette cellule sur un substrat identique au précédent.

12 - CIRCUITS EN ECHELLE

12a) Donner le schéma électrique de la cellule correspondant au diagramme ci-dessous (le générateur sera placé côté F, A est une charge). L'abaque est normalisée à 50Ω .

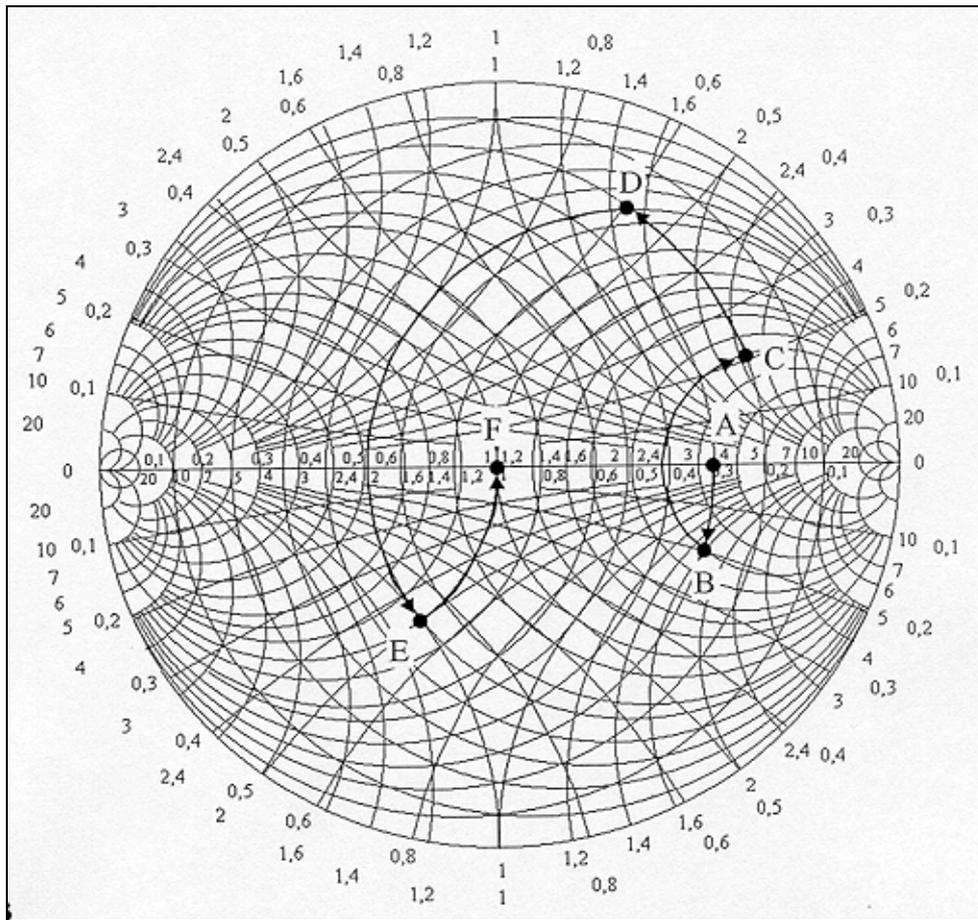


Figure 9

12b) Compléter les sections AB, BC, CD... par l'information de la forme :

- Z_{xx} , xx représente le repère composant de votre schéma,
- ou y_{xx} ; idem,

... suivant que le déplacement s'effectue sur l'échelle des impédances ou celle des admittances (voir cours fig. 27).

12c) Calculer les valeurs des éléments pour une fréquence de 2,3 GHz.

12d) Proposer une gravure répondant à cette cellule sur un substrat « diclad » :

- cuivre 2 faces $35 \mu\text{m}$,
- diclad $0,635 \text{ mm}$ ($\epsilon_r = 10,2$).

Le côté correspondant au générateur sera terminé par une ligne de longueur 8 mm, d'impédance caractéristique adéquate. Le côté charge A sera laissé vierge.

13 - CIRCUITS EN ECHELLE

13a) Proposer un parcours sur l'abaque permettant de passer du point A (charge) au point B (vers le générateur). L'abaque est normalisée à 50 Ω.

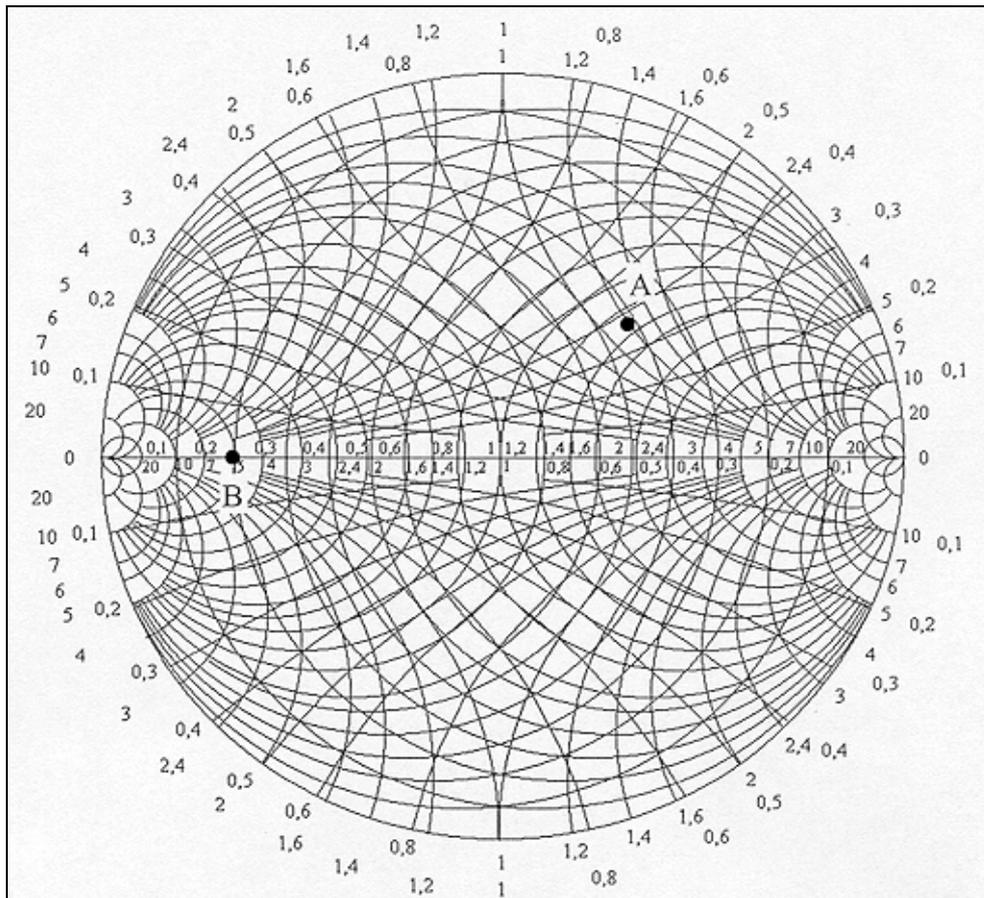


Figure 10

Il existe pour faire cette transformation :

- deux solutions à deux éléments LC,
- une infinité de solutions à plus de deux éléments LC.

13b) Calculer les valeurs des éléments de votre schéma pour une fréquence de 1,5 GHz.

13c) Proposer une gravure répondant à cette cellule sur un substrat « diclad » :

- cuivre 2 faces 35 μm,
- diclad 0,635 mm ($\epsilon_r = 10,2$).

Le côté correspondant au générateur sera terminé par une ligne de longueur 8 mm, d'impédance caractéristique égale à celle de B. Le côté charge A sera laissé vierge.

14 - LIGNES

Soit le circuit :

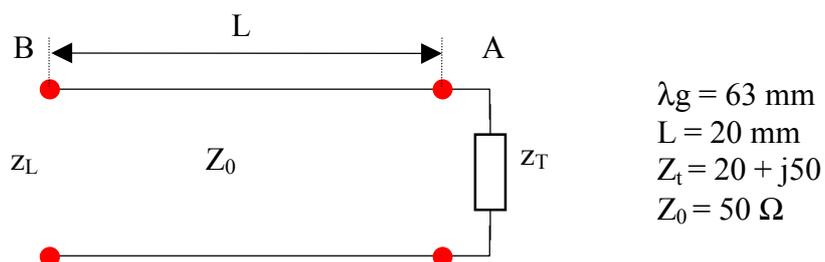


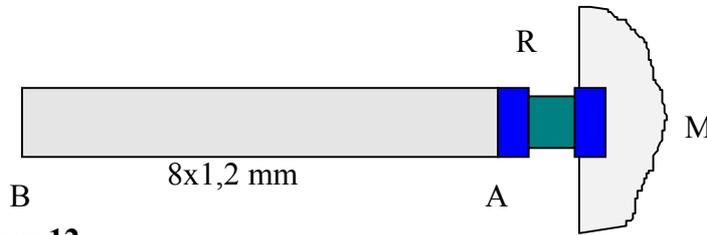
Figure 11

14a) Déterminer z_t , reporter sur abaque de Smith.

14b) Déterminer z_L sur l'abaque de Smith, en déduire l'impédance Z_L vue en B par le générateur.

15 - LIGNES

On donne la gravure :



M = masse
 R = 22 Ω, boîtier 0805
 substrat époxy $\epsilon_r = 4,5$
 épaisseur = 0,4 mm
 f = 1,5 GHz

Figure 12

15a) Donner le schéma équivalent à cette gravure, en considérant que l'élément de 8 x 1,2 mm est une ligne.

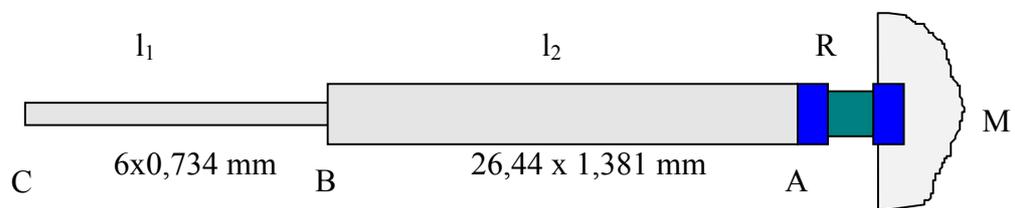
15b) En utilisant le programme « LIGNE », déterminer les caractéristiques de la ligne : ϵ_{eff} , λ_g et Z_0 .

15c) En déduire le rapport L/λ_g .

15d) Déterminer, par construction sur abaque de Smith normalisée à Z_0 , la valeur de Z_B vue par le générateur.

16 - LIGNES

On donne la gravure :



M = masse
 R = 22 Ω, boîtier 0805
 substrat époxy $\epsilon_r = 4,5$
 épaisseur = 0,4 mm
 f = 1,5 GHz

Figure 13

16a) Donner le schéma équivalent à cette gravure, en considérant que les éléments l_1 et l_2 sont des lignes.

16b) En utilisant le programme « LIGNE », déterminer les caractéristiques des lignes l_1 et l_2 : ϵ_{eff} , λ_{gi} et Z_{0i} .

16c) En déduire les rapports L_i/λ_g .

16d) Déterminer, par construction sur abaque de Smith normalisée à Z_{01} , la valeur de Z_B vue pour le côté droit de la gravure (BAM).

16e) Après renormalisation à Z_{02} , déterminer la valeur de Z_C vue pour le côté droit de la gravure (CBAM). Justifier l'évolution de Z le long de l_2 . Caractériser l'adaptation si le générateur, appliqué en C, présente une impédance de 50Ω .

17 - LIGNES

17a) Déterminer le schéma correspondant au tracé suivant (Z_0 abaque = 250Ω) :

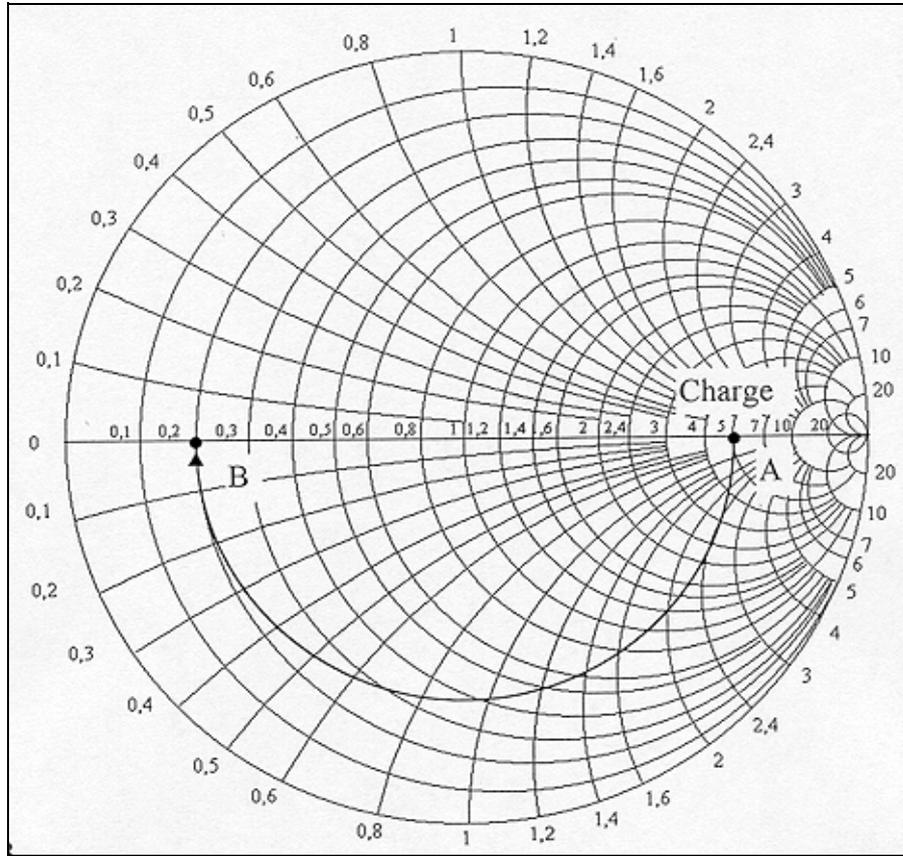


Figure 14

17b) Donner la valeur de la charge placée en A.

17c) Donner l'impédance que verrait un générateur en B (section BAM). Que peut-on dire si l'impédance générateur vaut 50Ω .

17d) Donner une gravure possible permettant de réaliser l'élément AB (substrat verre-époxy, épaisseur $0,4 \text{ mm}$). Conclure sur la validité technologique de la solution.

18 - LIGNES

Soit le circuit :

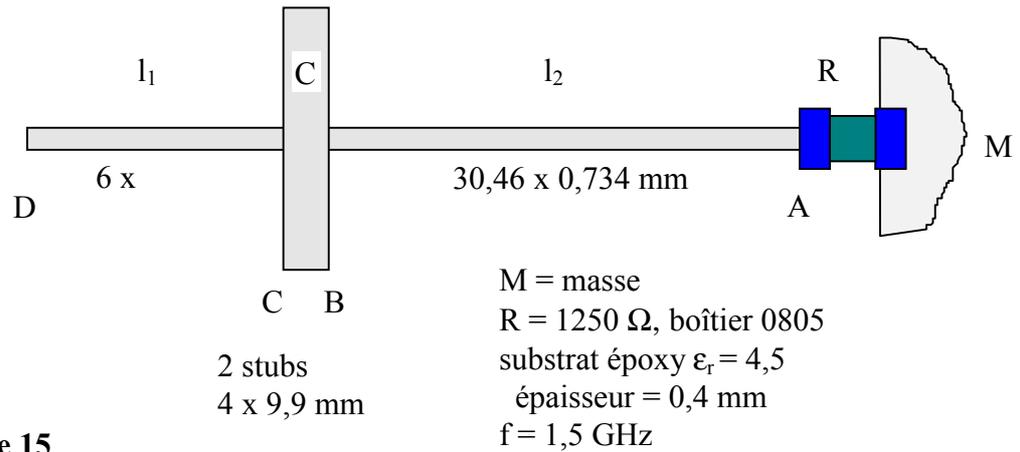


Figure 15

- 18a) l_1 et l_2 étant traités comme des lignes, le condensateur C étant évalué sans prendre en compte les phénomènes de transition ni ceux d'extrémité, déterminer l'impédance vue en D (section DCBAM) par le générateur.
- 18b) Conclure sur l'adaptation à un générateur de 50Ω placé en D.
- 18c) Après avoir comparé la valeur de la charge en A et celle de la charge en A de l'exercice précédent; conclure sur la validité technologique de la solution.
- 18d) Déterminer les nouvelles dimensions de C si l'on souhaite prendre en compte les phénomènes de transition et d'extrémité de cet élément.

⌘