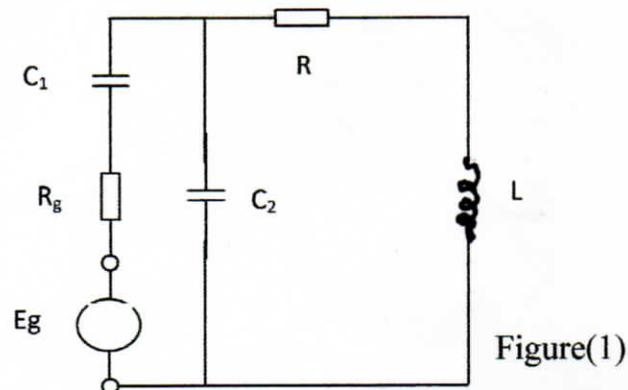


Examen

Exercice N°1 (10 pts)

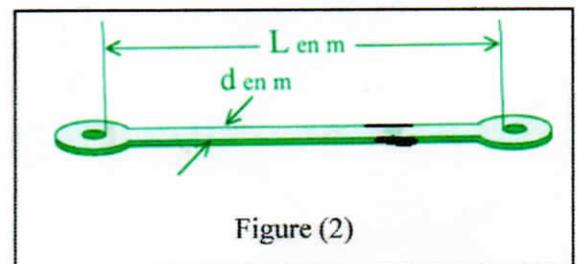
Les interactions électromagnétiques d'un système sont modélisées par le circuit de la figure 1. En utilisant la méthode de Kron, trouver les courants de mailles.



Exercice N°2 (3pts)

Déterminer la valeur de la résistance de la piste conductrice de la figure 2.

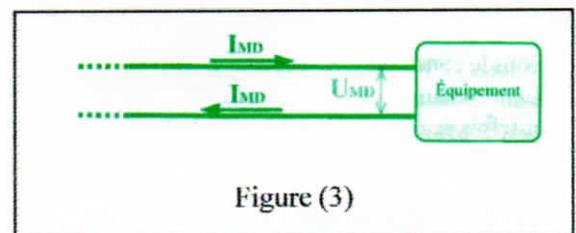
Les caractéristiques de la piste sont : $L = 20\text{mm}$; $d = 2\text{mm}$.



Exercice N°3 (2 pts)

Considérant le mode de couplage schématisé à la figure 3.

- 1- De quel mode s'agit-il ?
- 2- Comment se propage le courant pour ce mode ?



Questions (5 pts)

- 1- Citer trois modes de couplage.
- 2- donner quatre sources de perturbation électromagnétique (deux d'origine naturelle et deux d'origine industrielle)
- 3- quelle est la différence entre la masse et la terre ?
- 4- quels sont les éléments essentiels d'une ligne de transmission de perturbation.
- 5- Donner une définition de la CEM (compatibilité électromagnétique)

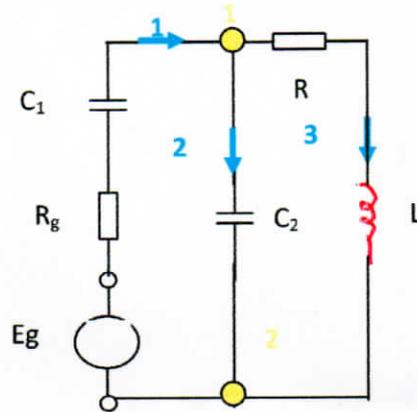
Correction de l'examen

Exercice 1 [10 pts]

1-

● : noeud

→ : branche



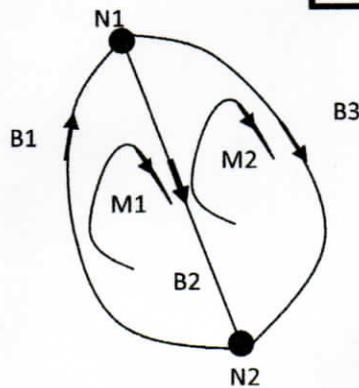
0,5 pts

2- Le nombre de mailles est déterminé par la relation topologique soit :

$$M = B - N + R = 3 - 2 + 1 = 2$$

0.5 pt

3-



0,5 pts

3- la matrice de connectivité est la suivante :

$$[C] = \begin{bmatrix} +1 & 0 \\ +1 & -1 \\ 0 & +1 \end{bmatrix}$$

1 pts

5- la matrice des impédances des branches du circuit est la suivante :

$$\text{Matrice impédance : } [Z_{mn}] = \begin{bmatrix} Z_{11} & 0 & 0 \\ 0 & Z_{22} & 0 \\ 0 & 0 & Z_{33} \end{bmatrix}$$

0,5 pts

avec $Z_{11} = R_g + 1/p.C_1$; $Z_{22} = 1/p.C_2$; $Z_{33} = R + p.L$ et p : la variable de Laplace.

6- la matrice des sources des branches du circuit est la suivante :

$$[e_a] = [(R_g + 1/p.C_1).i_1 \quad 0 \quad 0]$$

0,5 pts

7- la matrice des sources dans l'espace des mailles est la suivante :

$$[E_e] = [e_a].[C] = [IA' \quad 0 \quad 0] \cdot \begin{bmatrix} +1 & 0 \\ +1 & -1 \\ 0 & +1 \end{bmatrix} = [IA' \quad 0]$$

1 pts

où $IA' = (R_g + 1/p.C_1).i_1$ est la valeur du générateur

8- la matrice des impédances dans l'espace des mailles est la suivante :

$$[Z_{uv}] = [C]^t.[Z_{mn}].[C] \quad \text{où } [C]^t = \begin{bmatrix} +1 & +1 & 0 \\ 0 & -1 & +1 \end{bmatrix} \text{ est la matrice transposée}$$

$$\text{On obtient : } [Z_{uv}] = \begin{bmatrix} +1 & +1 & 0 \\ 0 & -1 & +1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Z_{11} & 0 & 0 \\ 0 & Z_{22} & 0 \\ 0 & 0 & Z_{33} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} +1 & 0 \\ +1 & -1 \\ 0 & +1 \end{bmatrix}$$

1.5 pts

$$[Z_{uv}] = \begin{bmatrix} Z_{11} + Z_{22} & -Z_{22} \\ -Z_{22} & Z_{22} + Z_{33} \end{bmatrix}$$

9- le système d'équations à résoudre en fonction des courants des mailles et des impédances des branches est le suivant :

$$[E_v] = [Z_{uv}].[I] \quad \text{où } [I] = \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} \text{ est la matrice colonne des courants des mailles}$$

$$[E_v] = \begin{bmatrix} (R_g + 1/p.C_g).i_1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E \\ 0 \end{bmatrix} \text{ est la matrice colonne des sources}$$

des mailles

1,5 pts

$$[Z_{uv}] = \begin{bmatrix} Z_{11} + Z_{22} & -Z_{22} \\ -Z_{22} & Z_{22} + Z_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ B & C \end{bmatrix}$$

D'une façon plus visible, notre équation à résoudre deviendra :

$$\begin{bmatrix} E \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ B & C \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A.I_1 + B.I_2 \\ B.I_1 + C.I_2 \end{bmatrix}$$

Ce qui est équivalent au système d'équations suivantes :

$$E = A.I_1 + B.I_2 \quad (1)$$

$$0 = B.I_1 + C.I_2 \quad (2)$$

10 - Qu'on résoudra par la méthode de Cramer pour trouver les courants des mailles (I_1 et I_2) comme suit :

$$Bx(1) - Ax(2) \quad \text{donne} \quad B.E = B^2.I_2 - A.C.I_2 = (B^2 - A.C).I_2$$

$$\text{d'où : } I_2 = (B.E) / (B^2 - A.C)$$

2,5 pts

On remplace ce résultat dans (2) et on trouve I_1 :

$$I_1 = (-C.E) / (B^2 - A.C)$$

Exercice N°2

ST17-2

La résistance d'une piste conductrice d'un circuit imprimé est donnée par : $R = \frac{\rho L}{S}$ ou bien $R = 0.5 \frac{L}{d}$ (S en mm^2 , L et d en m).

On utilise la relation $R = 0.5 \frac{L}{d}$ puisque on a $L = 20\text{mm}$; $d = 2\text{mm}$.

$$R = 0.5 \times 20 / 2 = 5 \text{ m}\Omega$$

$$R = 5 \text{ m}\Omega$$

Exercice N°3

0.5 pts

1) C'est le mode différentiel.

1.5 pts

2) Le courant de mode différentiel se propage sur l'un des conducteurs et revient en opposition de phase sur les autres conducteurs.

Réponses aux questions :

Question N°1

1 pts

Les modes de couplages sont :

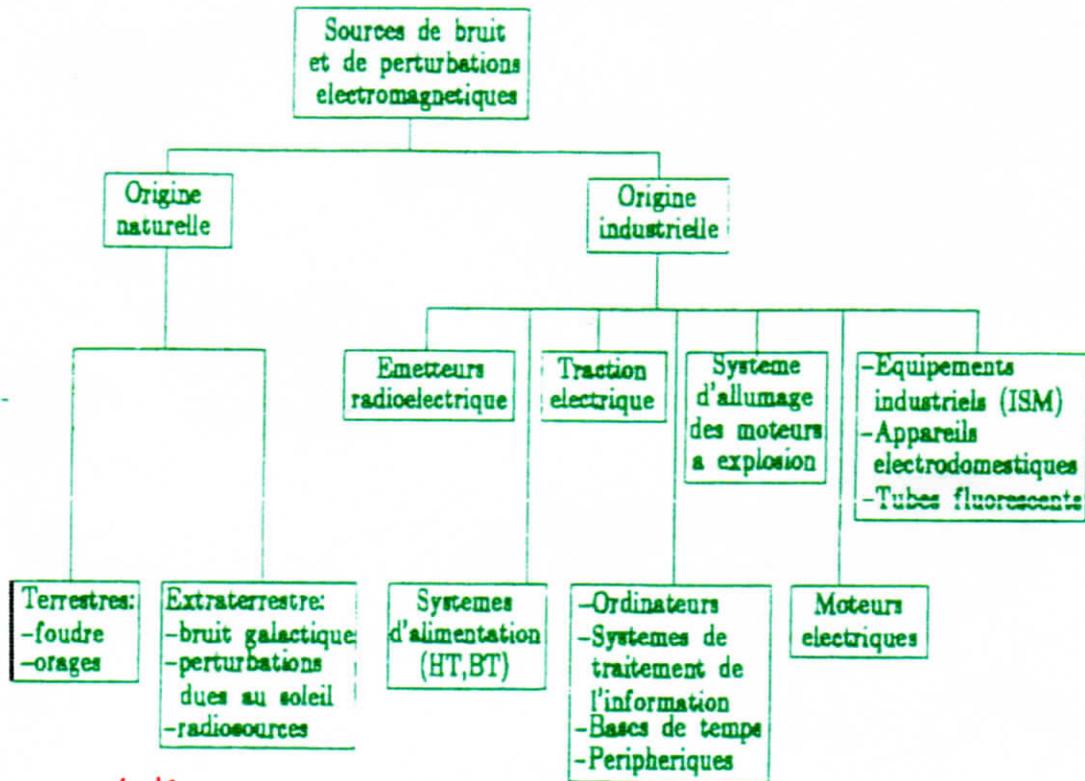
- 1) couplage par impédance commune qui est un couplage par conduction
- 2) couplage capacitif carte à châssis qui est un couplage par conduction
- 3) couplage par diaphonie inductive qui est un couplage par rayonnement
- 4) couplage par diaphonie capacitive qui est un couplage par rayonnement
- 5) couplage champ à fil ou champ à câble qui est un couplage par rayonnement
- 6) couplage champ à boucle qui est un couplage par rayonnement

Vous devez choisir trois modes

Question N°2

1 pts

1- L'organigramme de la figure ci-dessous montre les différentes sources de perturbations électromagnétiques, vous choisissez deux d'origine naturelle et deux d'origine industrielle :



Question N°3 :

1 pts

Les éléments essentiels d'une ligne de transmission de perturbation sont :

- 1) La source de perturbation : élément de l'énergie électromagnétique ;
- 2) Le canal de couplage : le milieu de propagation ;
- 3) Le récepteur (Victime): élément qui reçoit la perturbation :

Question N°4 :

La différence entre terre et masse est que :

- les masses sont situées à proximité des équipements alors que les terres sont éloignées des équipements ;
- la terre fait écouler dans le sol les courants qui entrent ou sortent en mode commun d'un site alors que la masse est prise comme référence de potentiel.

Question N°5 :

La CEM est l'aptitude d'un appareil électrique à fonctionner dans un environnement électromagnétique déterminé sans être perturbé et sans perturber les autres.

- Il doit avoir un niveau d'immunité suffisamment élevé.
- Il ne doit pas émettre trop de perturbation.