

Document autorisé : Le formulaire

I Questions de cours :

1. Que signifie le terme *balun* ? Quel est son rôle ?
Balance unbalance, il sert à passer d'un mode symétrique à un mode asymétrique et inversement.
2. Quels effets se produisent, du point de vue de la CEM, quand on élargie une piste d'un PCB ?
On réduit la self de la piste, par contre on augmente sa capacité. Les impédances BF et HF son diminuées
3. Qu'est-ce que la marge de compatibilité ?
C'est l'écart qui existe entre le maximum de perturbation qu'émet un appareil (émission) et la valeur maximale d'une perturbation que peut supporter sans dysfonctionnement (susceptibilité) un appareil contigu ou cet appareil lui-même.

II Exercice 1

Une plaque de cuisson à induction est alimentée par une alimentation à découpage. Deux capteurs de température sont prévus à proximité de la plaque pour contrôler la cuisson. Un seul capteur est connecté (voir Figure 1)

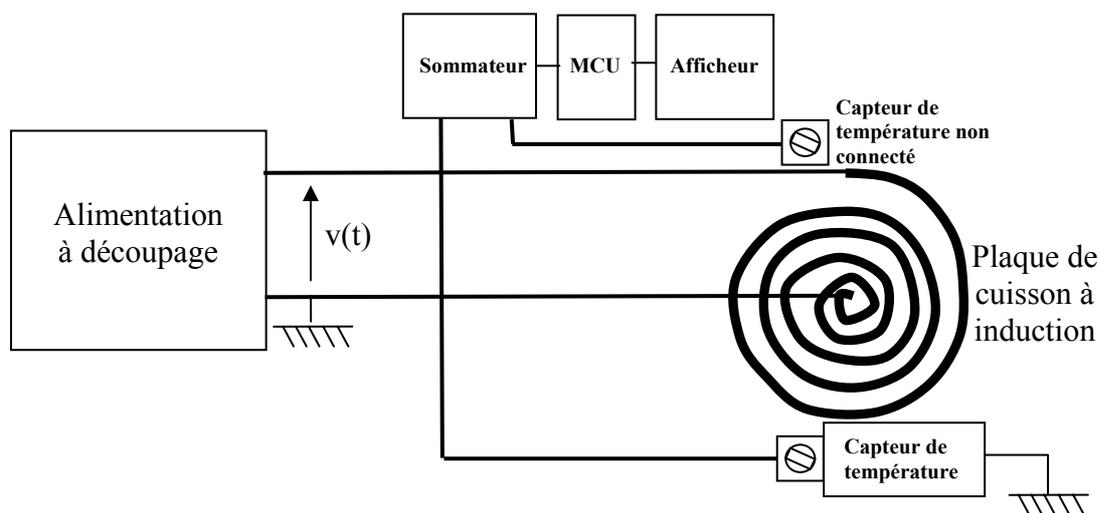


Figure 1 : Schéma de câblage de la plaque à induction

La tension $v(t)$ délivrée par l'alimentation à découpage est de la forme suivante :

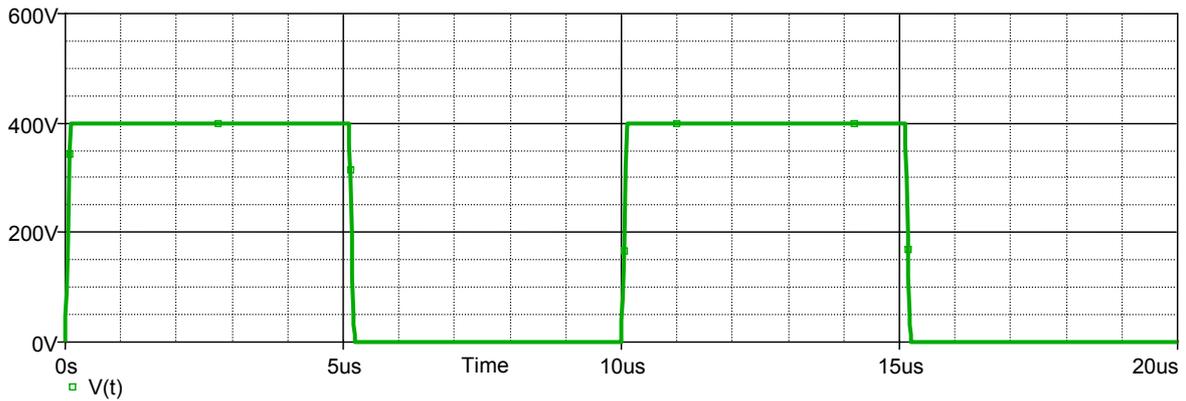


Figure 2 : Forme de la tension qui alimente la plaque à induction

On remarque, sur la Figure 2, que la période est de $10\ \mu\text{s}$, le rapport cyclique vaut 0,5, et les temps de montée et de descente sont de 100ns .

La piste allant au capteur non connecté, mesure $2\ \text{mm}$, longue sur $30\ \text{cm}$ et est distante de $8\ \text{mm}$ de la piste alimentant la plaque à induction.

1. Quelle grandeur V ou I est toujours nulle ? En déduire le type de couplage présent dans cette configuration.

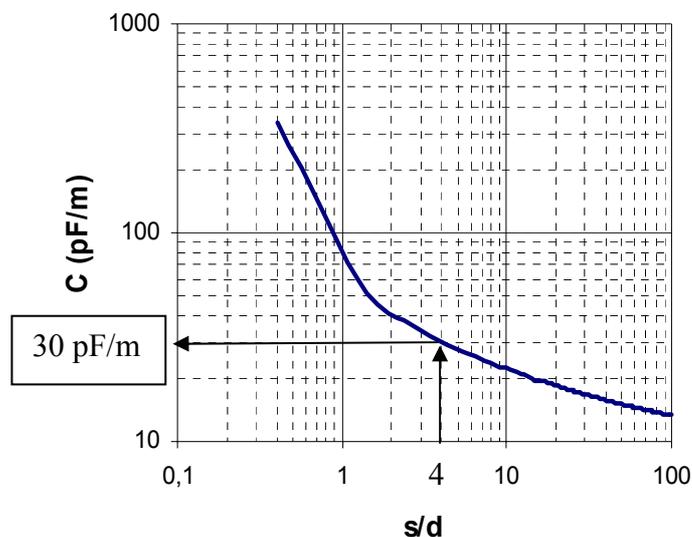
Pas de courant dans la piste qui longe la piste d'alimentation → Couplage capacitif,

En utilisant les données de l'annexe (à remettre, même vierge, avec votre copie), répondre aux questions 2 et 3.

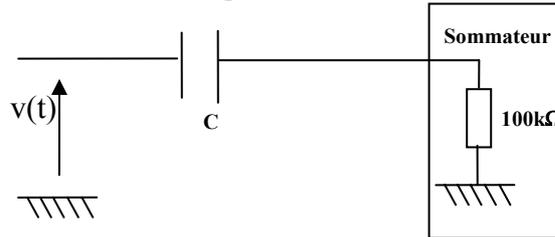
2. Des abaques (Figure 4 et Figure 5) définissent la capacité et la mutuelle inductance entre 2 pistes en fonction de s/d , avec s la distance entre 2 pistes et d la largeur d'une piste. Déterminer, en fonction de votre réponse à la question 1, la valeur de l'élément de couplage dans ce cas (on suppose que les pistes ont la même largeur).

$$s = 8\ \text{mm} \quad d = 2\ \text{mm} \quad \text{donc } s/d = 4 \quad \text{Donc } C_{/m} = 30\ \text{pF.m}^{-1} \quad \text{soit } C = 30 \cdot 0,3 = 9\ \text{pF}$$

Capacité parasite entre 2 pistes



3. L'impédance d'entrée du sommateur est de $100\text{ k}\Omega$. Compléter, dans le rectangle en pointillé sur la Figure 6, le schéma équivalent de la maille correspondant au couplage :



4. Déterminer l'équation différentielle en fonction la tension à l'entrée du sommateur $v_s(t)$ et de la tension $v(t)$.

$$i_c(t) = C \frac{dv_c(t)}{dt} = \frac{v_s(t)}{R} \text{ et } v_c(t) = v(t) - v_s(t)$$

$$\text{soit } C \frac{d(v(t) - v_s(t))}{dt} = \frac{v_s(t)}{R}$$

$$\text{Donc } C \frac{dv(t)}{dt} = \frac{v_s(t)}{R} + C \frac{dv_s(t)}{dt} \text{ soit } \boxed{RC \frac{dv_s(t)}{dt} + v_s(t) = RC \frac{dv(t)}{dt}}$$

5. Déterminer la tension $v_s(t)$ en négligeant le terme $RC \frac{dv_s(t)}{dt}$. En déduire les valeurs numériques sur la première demi-période.

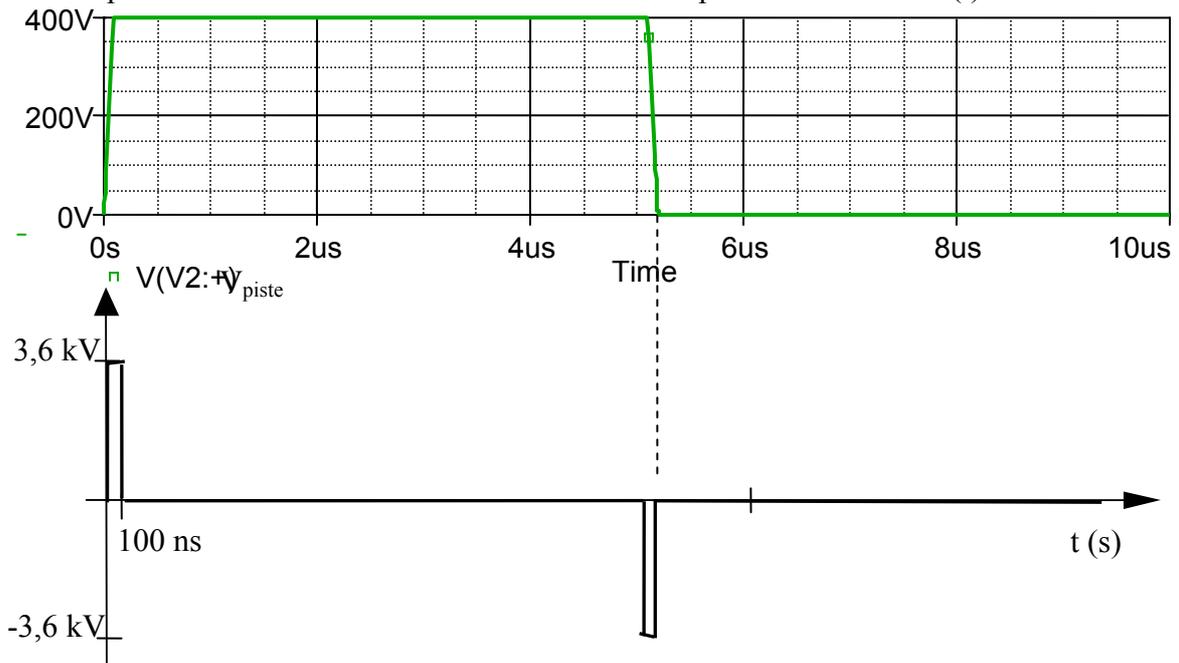
$$v_s(t) = RC \frac{dv(t)}{dt}$$

$$\text{De } 0 < t < 100\text{ns} \quad V = 3,6\text{ kV}$$

$$\text{De } 100\text{ns} < t < 5\mu\text{s} \quad V = 0\text{ v}$$

Etc.,

6. Représenter cette tension en concordance de temps avec la tension $v(t)$.



7. Quelle est la conséquence de ce couplage ?
Destruction du sommateur voire le MCU et l'afficheur

II Exercice 2

Soit un coup de foudre dont le courant maximum 70kA est atteint en 2μs. Le temps à mi-hauteur est de 50μs. On donne la résistivité de la terre, ρ=1kΩ.m.

A) Un relais TNT se situe à 200m du point d'impact du coup de foudre. Entre le bâtiment et le pilonne, il existe une boucle de 8m x 2,5m (Figure 3).

1. Calculer la fréquence du coup de foudre.

$$f_{equ} = \frac{1}{\pi t_m} = \frac{1}{\pi \cdot 2 \cdot 10^{-6}} = 159,15 \text{kHz} \approx 160 \text{kHz}$$

2. A partir du résultat de la question 1, calculer la tension induite dans la boucle ?

On calcule la longueur d'onde :

$$\lambda = \frac{C}{F} = 1885 \text{m}, \text{ soit } \frac{\lambda}{2} = 942,5 \text{m et } \frac{\lambda}{4} = 471,25 \text{m}$$

Nous sommes dans la configuration où la plus grande longueur de la boucle est < λ/4, d'où

$$V_i = 2 \pi \mu_0 l(m)h(m)F(\text{Hz})H(A/m)$$

$$V_i = \frac{l(m)h(m)F(\text{Hz})\mu_0}{60} E(V/m) \text{ (Valable en champ lointain)}$$

On peut connaître H en utilisant le théorème d'ampère, soit :

$$H = \frac{I}{2\pi d} = \frac{70 \cdot 10^3}{2\pi \cdot 200} = 55,7 \text{A/m} \text{ donc ou encore : } V_i = 2 \pi \mu_0 \cdot 8,2 \cdot 5,159,15 \cdot 10^3 \cdot 55,7 = 696,25 \text{V}$$

$$V_i = \frac{1,25 \cdot l \cdot h \cdot H}{t_m} = \frac{1,25 \cdot 8,2 \cdot 5,55,7}{2} = 696,25 \text{V}$$

3. Quels sont les risques encourus par le matériel électronique ?

Toute l'électronique basse tension et de télécommunication risque une destruction totale.

4. Y'a-t-il lieu d'envisager des modifications ou des protections sur l'installation ? Si oui lesquelles ?

L'électronique doit être équipée de système parafoudre, CTN, éclateur à gaz, etc..., mais le plus sûr consiste à supprimer la boucle en faisant passer le câble sur le sol.

B) Une personne déambule à 400m du point d'impact de ce coup de foudre en faisant des enjambées de 80cm.

1. Calculer le potentiel auquel est soumis le promeneur.

Il faut calculer le potentiel du sol à 400m et à 400±0,8m.

400m on a 27852,11V et à 400,8m on a 27796,52V, d'où 55,59V de ddp aux pieds du promeneur.

2. Sa vie est-elle en danger ?

Oui en regard de la tension maximale de 25V en milieu humide, mais le risque est faible.

3. Que préconisez-vous à toute personne se trouvant dans cette situation ?
Il faut impérativement rester les pieds groupés au sol en attendant que l'orage passe.

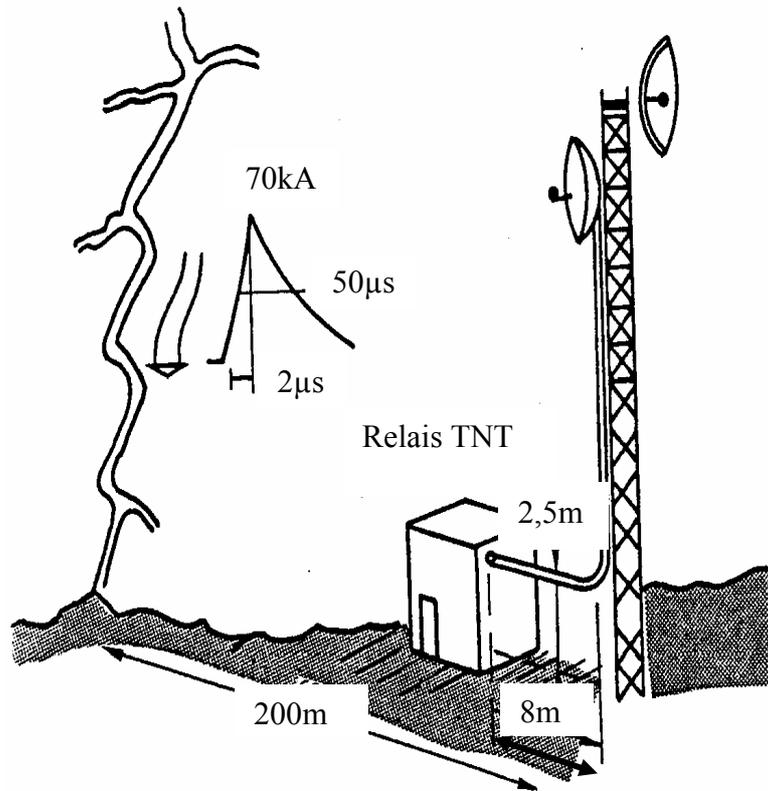


Figure 3 : Coup de foudre et relais TNT

ANNEXE

Nom : Prénom : Gr :

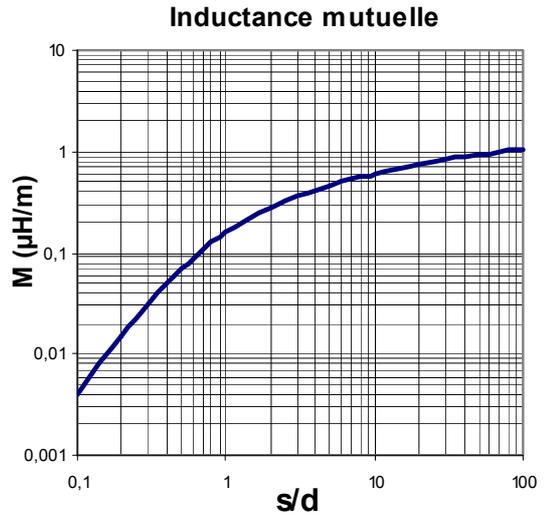
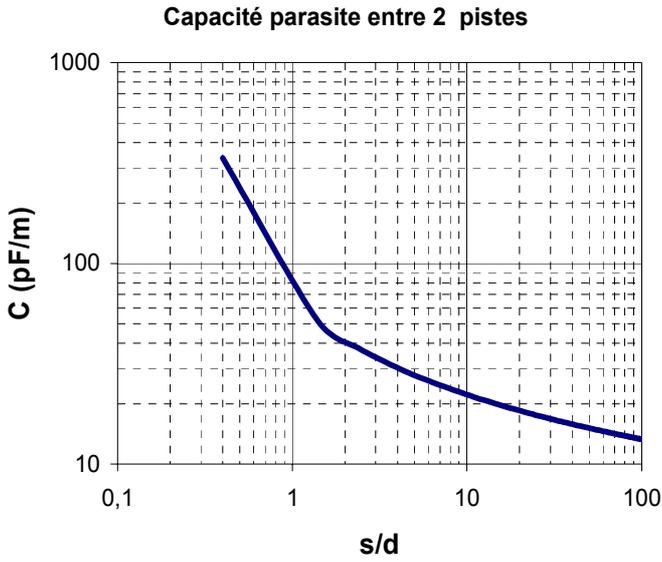


Figure 4 : Abaque pour le calcul de la capacité linéique entre deux pistes

Figure 5: Abaque pour le calcul de l'inductance linéique entre deux pistes

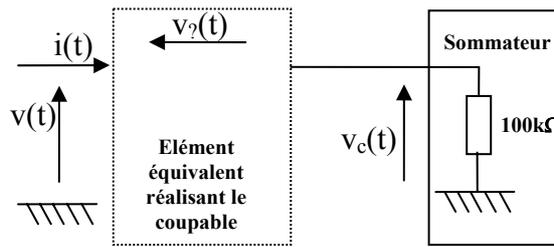
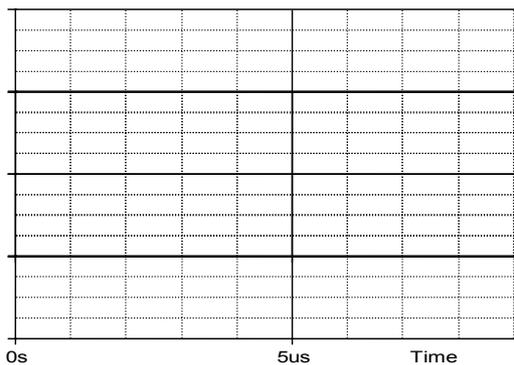
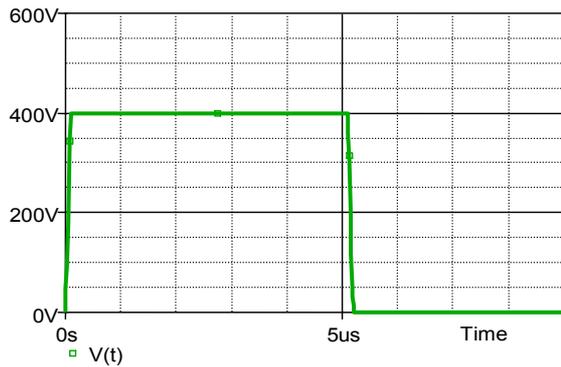


Figure 6 : Schéma équivalent au couplage sur l'entrée du sommateur



Formulaire

valeurs d'inductance de fils ronds :

Avec

- h, la distance qui sépare un fil du plan de masse,
- s la distance entre deux fils d'une paire,
- l la longueur des fils.

si $h < l$ ou $s < l$:

$$-L_{\text{ext}} = 0,2 l \ln(4h/d) \text{ en } \mu\text{H}$$

pour un fil au dessus du plan de masse,

$$-L_{\text{ext}} = 0,2 l \ln(2s/d) \text{ en } \mu\text{H}$$

pour un fil d'une paire,

$$-L_{\text{ext}} = 0,4 l \ln(2s/d) \text{ en } \mu\text{H}$$

pour les deux fils d'une paire aller et retour.

si $h > l$ ou $s > 2l$:

$$-L_{\text{extMAX}} = 0,2 l \ln(4l/d) \text{ en } \mu\text{H}$$

Inductance pour un fil plat

$$L = 0,2l \left(\ln \left(\frac{2l}{d+e} \right) + 0,5 + 0,22 \frac{d+e}{l} \right) \text{ en } (\mu\text{H})$$

Impédance d'un plan de masse en HF

$$z_s = 370E - 9 \sqrt{\frac{F(\text{Hz})\mu_r}{\sigma_r}} \text{ en } (\Omega/\square)$$

Epaisseur de peau

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\sigma\mu\omega}}$$

Fréquence équivalente

$$F_{\text{equ}} = \frac{1}{\pi t_m}$$

Potentiel en 1 point dû à un courant :

$$V(d) = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{d} \right)$$

Constantes :

$$\mu_0 = 4.\pi.10^{-7} \text{ H/m} \quad \varepsilon_0 = \frac{1}{36.\pi.10^9} \text{ F/m}$$

$$Z_0 = 120\pi$$

$$\rho_{cu} = \frac{1}{\sigma_{cu}} = 17,2E - 9 \Omega m$$

Blindage

réflexion :

$$R(\text{dB}) = 20 \log \frac{(K+1)^2}{4K} \text{ avec : } K = \frac{Z_0}{Z_s}$$

atténuation métal :

$$E_t = E_i e^{-\frac{x}{\delta}}$$

$$A_{dB} = 20 \log \left(\frac{E_i}{E_t} \right) \text{ et } C_{dB} = 20 \log \left(1 - e^{-\frac{2x}{\delta}} \right)$$

efficacité de blindage :

$$E_{b(\text{dB})} = R_{dB} + A_{dB} + C_{dB}$$

Diaphonie :

capacitive :

$$C_{1-2} = \frac{13,9\varepsilon_r \ln \left(1 + \left(\frac{2h}{s} \right)^2 \right)}{\left(\ln \left(\frac{4h}{d} \right) \right)^2} \text{ en } (\text{pF/m}),$$

$$D_c(\text{dB}) = -20 \log \left(1 + \frac{1}{2\pi F R_v C_{1-2}} \right)$$

inductive :

$$M_{1-2} = 0,1 \ln \left(1 + \left(\frac{2h}{s} \right)^2 \right) \text{ en } (\mu\text{H/m}),$$

$$D_i = 20 \log \left| \frac{M_{1-2} 2\pi F}{R_{c2}} \times \frac{R_{v2}}{R_{v1} + R_{v2} + Z_{fil}} \right|,$$

Longueur d'onde

$$\lambda = cT$$

$$d > \frac{\lambda}{2\pi} \Rightarrow \text{Champ lointain}$$

Traitement du signal

$$TF \left[\text{Arect}_{\frac{\tau}{2}}(t) \right] = A\tau \text{ sinc}(\tau f)$$

$$c_n(f) = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) e^{-2\pi j \frac{n}{T} t} dt$$

$$\text{sinc}(x) = \frac{\sin(\pi x)}{\pi x}$$

$$\left| \frac{\sin(\pi x)}{\pi x} \right| \leq \frac{1}{\pi x}$$

développement en série de Fourier

$$\sum_{n \in \mathbb{Z}} c_n(f) e^{-2\pi j \frac{n}{T} t}$$

Tension induite V_i dans une boucle :

La plus grande dimension de la boucle est $< \lambda/4$:

$$V_i = 2 \pi \mu_0 l(m) h(m) F(Hz) H(A/m)$$
$$V_i = \frac{l(m) h(m) F(Hz) \mu_0}{60} E(V/m) \text{ (Valable en champ lointain)}$$

Si le champ H varie pendant un temps Δt

$$V_i = \mu_0 l(m) h(m) \frac{\Delta H(A/m)}{\Delta t}$$

La plus grande dimension de la boucle est telle que $\lambda/4 < l < \lambda/2$

maximum de Mode Commun :

$$V_{i(\max)} = 2 h(m) E(V/m)$$

maximum de Mode Différentiel :

$$V_{i(\max)} = 600 h(m) H(A/m)$$

$$V_{i(\max)} = 600 h(m) \frac{E(V/m)}{Z}$$