

FILTRES SÉLECTIFS DU SECOND ORDRE

PROBLÈME – LE CIRCUIT BOUCHON

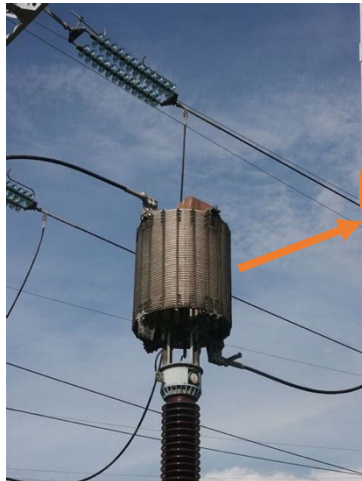


Figure 1 @Arteche.com

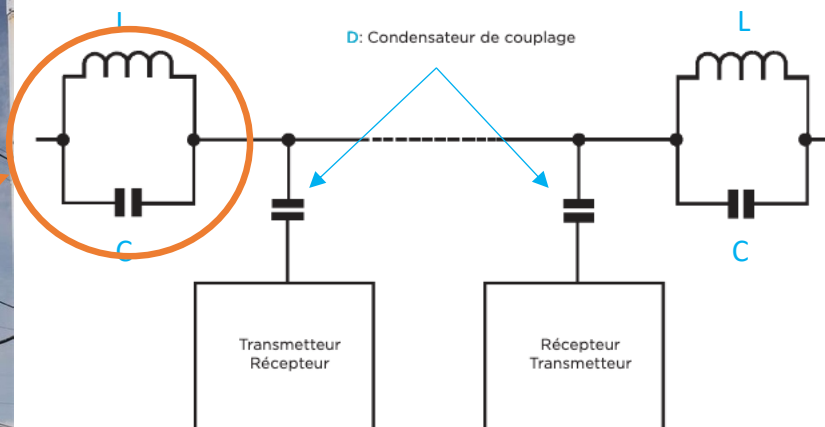


Figure 2 @Arteche.com

Une des méthodes de communication parmi les plus économiques et courantes consiste à transférer les données à une fréquence élevée en utilisant le circuit électrique principal destiné à la distribution électrique. Dans les réseaux haute-tension (HT) cette méthode est appelée télétransmission par ondes porteuses (TOP).

Pour limiter la puissance à fournir par le transmetteur, la circulation de la TOP est limitée à la section adéquate par des **circuits-bouchons** (figure 1). Ces circuits sont montés **en série** sur la ligne HT (figure 2). Le circuit-bouchon doit donc présenter une basse-impédance pour la fréquence 50Hz (HT), mais une forte impédance pour les fréquences comprises entre 40kHz et 500kHz (TOP).

- 1) Un circuit bouchon est un circuit LC parallèle comme on peut le voir figure 2, mais dans le modèle équivalent il y a bien sûr une résistance due essentiellement aux défauts de la bobine. Ce qui donne un modèle de circuit RLC parallèle (figure 3).

Calculer l'admittance, puis l'impédance du circuit-bouchon.

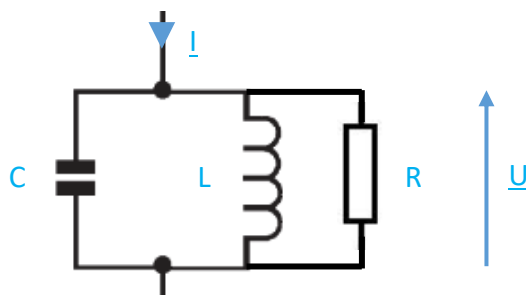


Figure 3

- 2) Mettre l'impédance complexe de ce dipôle sous la forme suivante et préciser les expressions des paramètres caractéristiques :

$$\underline{Z} = \frac{R}{1 + j \cdot Q \left(\omega / \omega_0 - \omega_0 / \omega \right)}$$

- 3) Calculer le module de l'impédance complexe (autrement dit l'impédance « tout-court »). En déduire l'impédance maximale d'un circuit-bouchon. A quelle fréquence est-elle atteinte ?
- 4) La norme IEC 60353 recommande pour un courant d'intensité efficace nominale 4kA (à 50Hz), un inductance nominale de 0,2mH. Comment accorder le circuit-bouchon (c'est-à-dire choisir C) pour qu'il rejette au mieux la fréquence 40kHz ?
- 5) Pour le circuit-bouchon de la photographie, le fabricant indique que l'impédance est de 600Ω à 40kHz. Est-ce que cette information permet le calcul de R ?
- 6) Calculer le facteur de qualité. Discuter sa valeur.

On se propose de tracer la courbe $20\text{LOG}\left(\frac{|Z|}{R}\right)$ en fonction de $\text{LOG}(\omega)$ sur la feuille semi-log en annexe. **En abscisse on commencera à 10Hz, et en ordonnée à 0dB avec 5dB par carreau.**

- 7) Prouver que le rapport $\frac{|Z|}{R}$ est identique au module de la fonction de transfert d'un filtre passe-bande du second ordre. *En déduire que la courbe demandée se représente comme le diagramme de Bode en gain d'un filtre du second ordre passe-bande.*
- 8) Placer le point réel à la résonance. Discuter de la valeur de $|Z|$
- 9) Placer les asymptotes.
- 10) Calculer numériquement les *fréquences de coupure à -3dB* données ci-dessous. et conclure que la bande passante est trop étroite pour pouvoir être représentée.
 - $f_1 = f_0 \times \left(\frac{1}{2Q} + \sqrt{1 + \frac{1}{4Q^2}} \right)$
 - $f_2 = f_0 \times \left(-\frac{1}{2Q} + \sqrt{1 + \frac{1}{4Q^2}} \right)$
- 11) Calculer la bande passante à -3dB en s'aidant de la formule du cours, puis comparer au résultat donné par la question 10.
- 12) Calculer $20\text{LOG}\left(\frac{|Z|}{R}\right)$ aux fréquences 80kHz et 20kHz, puis 53,3kHz et 30kHz.
- 13) Tracer l'allure de la courbe réelle.
- 14) Déterminer *grâce à la courbe* l'impédance du circuit bouchon à la fréquence du courant HT. Discuter sa valeur.

POUR ALLER PLUS LOIN :

On cherche maintenant à déterminer l'atténuation en dB produite par le circuit bouchon entre le transmetteur et la partie de la ligne qui est placée après le circuit bouchon de gauche (non représentée figure 3). Le transmetteur peut-être modélisé par un générateur idéal de tension sinusoïdale 40kHz (TOP).

- 15) La capacité des condensateurs de couplage est de $10\mu\text{F}$. A quoi sont-ils équivalents à 40kHz ? (justifier). Quel est leur rôle ?

Pour l'étude de l'atténuation du TOP, on « éteint » la source de tension industrielle 50Hz (non représentée à l'extrémité gauche de la figure 3). Celle-ci sera uniquement modélisée par son impédance équivalente. Pour simplifier les calculs on suppose que cette impédance est une résistance notée R_L et de valeur 100Ω .

- 16) Dessiner le schéma équivalent de l'ensemble constitué d'un transmetteur, d'un circuit-bouchon et de l'impédance équivalente de la ligne. On notera \underline{U}_e la tension aux bornes du transmetteur et \underline{U}_s celle aux bornes de la ligne.

- 17) Écrire la fonction de transfert $\underline{H} = \frac{\underline{U}_s}{\underline{U}_e}$ sous la forme canonique suivante, et donner les valeurs des paramètres.

$$\underline{H}' = \frac{H_0 \cdot \left(1 + j \cdot Q \left(\omega/\omega_0 - \omega_0/\omega\right)\right)}{1 + j \cdot Q' \left(\omega/\omega_0 - \omega_0/\omega\right)}$$

- 18) Calculer les asymptotes et le point à la résonnance du circuit bouchon.

- 19) Donner l'allure du diagramme de Bode de cette fonction de transfert. Quel nom donne-t-on usuellement à ce type de filtre ?

