

## RÉGIME SINUSOÏDAL ; PONTS D'IMPÉDANCES - TP2

### 1. Représentations de Thévenin et de Norton

- Après avoir mesuré, à l'aide d'un ohm-mètre électronique, la résistance de chacun des résistors utilisés, réaliser le circuit ci-dessous.

◊ remarque : utiliser des résistances différentes, mais du même ordre de grandeur, entre 50 et 1000  $\Omega$  (par ailleurs  $R_0 = 50 \Omega$  pour la sortie du générateur B.F.).

◊ remarque : en cas d'utilisation de contrôleurs comportant une prise de terre, vérifier la compatibilité des branchements (ou isoler certaines masses de la prise de terre).

- Régler le générateur B.F. sur une fréquence entre 50 et 1000 Hz ; mesurer au préalable la f.e.m.  $E_0$ .

En faisant varier  $R'$ , mesurer quelques points de fonctionnement du générateur équivalent entre A et B : vérifier que la caractéristique est affine ; calculer  $E$ ,  $R$  et  $I_c$  équivalents.

- Comparer les valeurs  $E$ ,  $R$  et  $I_c$  équivalentes aux résultats des calculs "théoriques" :

$$E = E_0 \frac{R_2 R_3 - R_1 R_4}{(R_1 + R_3)(R_2 + R_4) + R_0 \cdot (R_1 + R_2 + R_3 + R_4)} ;$$

$$I_c = E_0 \frac{R_2 R_3 - R_1 R_4}{R_0 \cdot (R_1 + R_2)(R_3 + R_4) + R_1 R_2 \cdot (R_3 + R_4) + R_3 R_4 \cdot (R_1 + R_2)} ;$$

$$R = \frac{E}{I_c} .$$

◊ remarque : ces expressions sont déduites d'un calcul théorique, mais les valeurs obtenues par les applications numériques correspondantes sont en partie expérimentales puisqu'elles dépendent des valeurs des résistances et de la f.e.m. qui sont mesurées ; ces valeurs "théoriques" ont donc aussi une incertitude.

### 2. Inductance et résistance d'une bobine

- Le montage ci-dessous (simple pont diviseur de tension) permet de mesurer précisément la résistance et l'inductance d'une bobine, à condition d'utiliser des voltmètres "parfaits" (d'impédance d'entrée très grande).

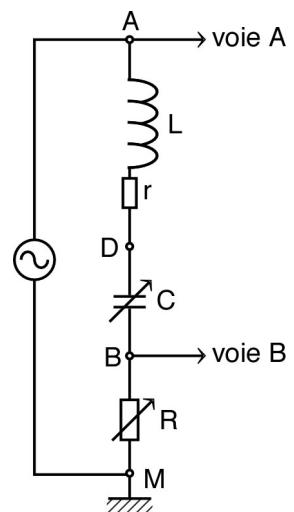
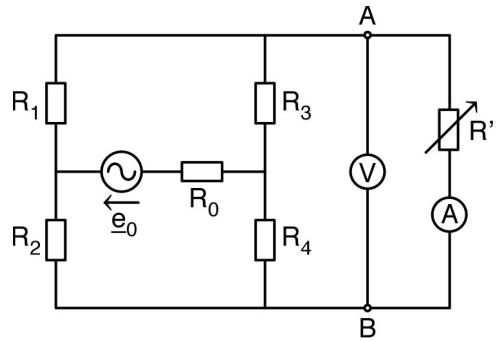
Il peut être réalisé (**selon le groupe** de TP) avec une bobine :

- ◊ sans noyau,
- ◊ ou avec noyau de fer feuilleté,
- ◊ ou avec noyau d'aluminium,
- ◊ ou avec noyau de cuivre.

◊ remarque : mesurer au préalable  $L$  (avec un inductance-mètre) et  $r$  (avec un ohm-mètre) : ceci donne une mesure précise à "basse" fréquence.

- En "équilibrant" le pont par la méthode décrite ci-après, on veut ainsi mesurer  $L$  et  $r$  en fonction de la fréquence  $N$  du générateur B.F. (depuis  $\approx 50$  Hz jusqu'à  $\approx 25$  kilohertz si possible).

◊ remarque : il faut des capacités de  $\approx 200 \mu\text{F}$  à  $\approx 100$  picofarads .



- Pour équilibrer le pont, il faut observer en mode “XY” et, pour chaque valeur de la fréquence :
  - ◊ ajuster  $C$  pour obtenir que les deux tensions soient en phase (on observe un segment de droite en diagonale) ; on en déduit alors :  $L = \frac{1}{C\omega^2}$  ;
  - ◊ le circuit étant alors purement résistif (pont diviseur de tension) :  $\frac{V_A}{V_B} = \frac{r+R}{R}$  donc  $r = R \left( \frac{V_A}{V_B} - 1 \right)$ .

L'équilibre du pont nécessite toutefois un réglage précis de la capacité ; il est donc en pratique plus simple de choisir des valeurs de  $C$  approximatives et d'ajuster au contraire  $\omega$  pour obtenir l'équilibre, mais il faut veiller à choisir les capacités de façon telle à mesurer sur toute la gamme de  $\omega$  demandée.

Pour mesurer avec précision, il faut en outre choisir une résistance réglable  $R$  d'un ordre de grandeur comparable à  $r$  ; ceci impose d'augmenter  $R$  au fur et à mesure qu'on constate que  $r$  augmente en fonction de la fréquence. Par contre, il faut ne pas dépasser  $500 \Omega$  (voire même éviter de dépasser  $200 \Omega$ ) pour rester très en dessous de la résistance  $R_{osc}$  de l'oscilloscope ( $\approx 1 \text{ M}\Omega$ ) ; sinon, cela limite la bande passante de l'oscilloscope et on ne peut pas détecter la limitation de bande passante de la bobine.

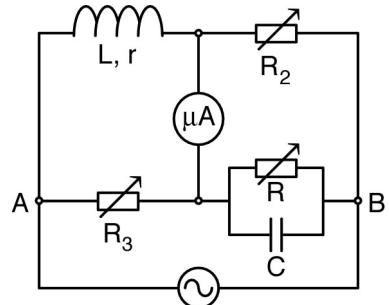
☞ remarque : pour mesurer les tensions efficaces plus facilement que par lecture sur l'oscilloscope, il est judicieux d'ajouter en parallèle des voltmètres de précision (les multimètres usuels sont peu précis au delà de quelques kilohertz, il faut ici qu'ils supportent  $30 \text{ kHz}$  !) ; l'oscilloscope n'est alors nécessaire que pour observer avec précision le déphasage nul (“équilibre de phase”), mais il est tout de même utile pour contrôler le bon fonctionnement des voltmètre à haute fréquence.

- Représenter les variations de  $L$  et  $r$  en fonction de  $N$  avec des échelles logarithmiques :  $\log(L)$  et  $\log(r)$  en fonction de  $\log(N)$ . Conclure.

◊ remarque : l'inductance est plus grande avec le noyau de fer feuilleté (aimantation induite) ; elle est un peu plus faible avec un noyau de métal non feuilleté (champ magnétique des courants induits en sens contraire) ; l'inductance augmente un peu à haute fréquence (mais les incertitudes de mesure sont souvent trop grandes pour l'observer nettement).

◊ remarque : la résistance est plus grande avec le noyau, surtout s'il n'est pas feuilleté (courants induits dans le noyau) ; elle augmente à haute fréquence en l'absence du noyau (effet de peau, en  $N^2$ ) ; elle augmente plus vite avec la fréquence en présence du noyau (courants induits et hystérésis magnétique).

◊ remarque : certains manuels d'électrocinétique proposent le montage ci-contre (pont de Hay-Maxwell), dont l'équilibre correspond à :  $Z_1 Z_4 = R_2 R_3$  avec  $Z_1 = r + j L\omega$  et  $Z_4 = \frac{R}{1+j RC\omega}$  d'où on déduit :  $L = R_2 R_3 C$  et  $r = \frac{R_2 R_3}{R}$  ; les montages de ce type (où l'équilibre est repéré par un zéro du détecteur) étaient indispensables quand on ne disposait pas de voltmètres “parfaits”, mais ils sont inutilement difficiles à équilibrer (les inévitables parasites compliquent l'observation d'un signal nul).



### 3. Rangement

- Ne pas oublier...

## RÉGIME SINUSOÏDAL ; PONTS D'IMPÉDANCES - TP2

### Matériel

#### Au bureau

capacimètres  
inductance-mètres  
assortiment de résistors  
assortiment de condensateurs  
boîte de fiches pour résistors et condensateurs  
barreaux d'aluminium et de cuivre pour remplacer le noyau en fer des bobines  
(ceux des montages sur la conduction de la chaleur sont parfaits pour cela)

#### Pour chaque groupe (10 groupes)

3 adaptateurs BNC  
1 raccord "en T" BNC  
1 générateur BF  
1 oscilloscope  
12 fils (des longs et des courts)  
2 câbles coaxiaux (BNC d'un seul côté)  
2 câbles coaxiaux (BNC des deux côtés)  
2 contrôleurs électroniques  
boîtes de condensateurs à décades et autres condensateurs divers  
(pour couvrir la gamme de 100 pF à 200 µF )  
1 boîte de résistors  $\times 1$  à  $\times 1000 \Omega$   
1 bobine avec noyau réglable