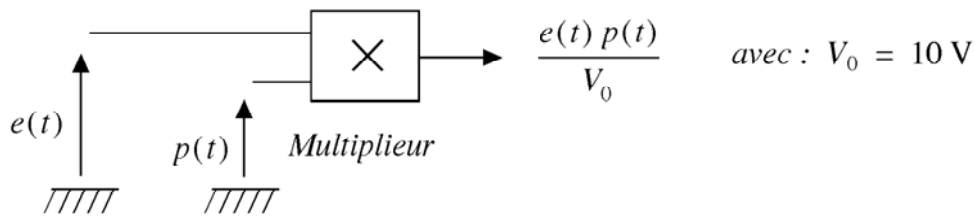


T.P. n° 9 : MULTIPLIEUR



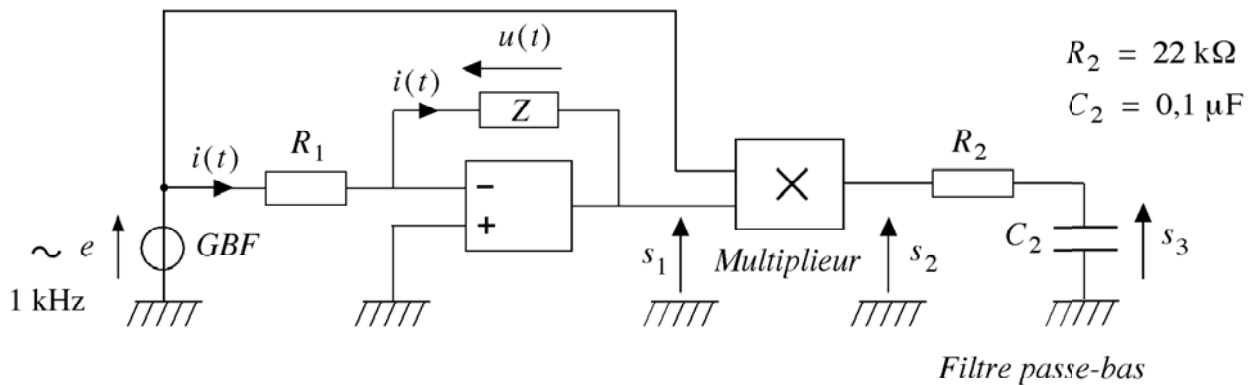
1) MESURES D'IMPÉDANCES

Soit l'impédance inconnue qui est prête dans une « boîte noire » :

$$\underline{Z} = Z e^{j\varphi} \quad \text{ou} \quad \underline{Z} = R + jX$$

a) MESURE AVEC UN MULTIPLIEUR :

- Mesure de la résistance R de l'impédance Z :



- **Étude théorique :**

Un voltmètre en alternatif mesure la tension efficace E_{eff} délivrée par le GBF.

Un voltmètre en continu mesure la tension s_3 à la sortie du filtre passe-bas.

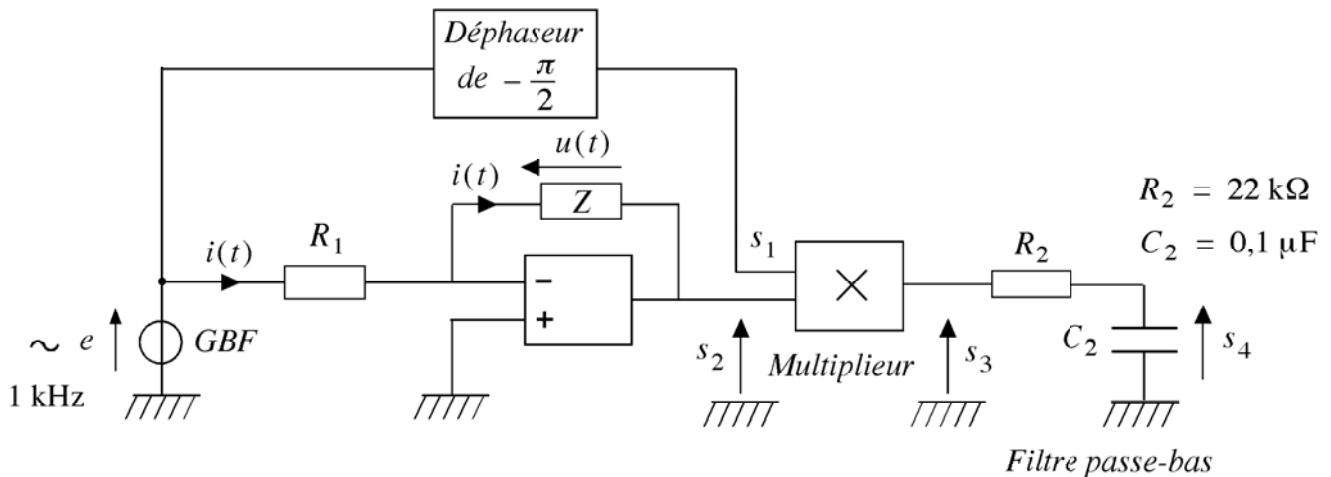
Montrer que la résistance R de l'impédance est égale à :

$$R = - \frac{V_0 s_3}{E_{eff}^2} R_1$$

- **Manipulations :**

- ✓ Choisir une fréquence égale à 1000 Hz.
- ✓ Déterminer la résistance R .

- Mesure de la réactance X de l'impédance Z :



Le filtre déphaseur est prêt à l'emploi ; il est dans une « boîte noire ». Il possède un potentiomètre qui permet d'ajuster le déphasage en fonction de la fréquence.

- Étude théorique :

Un voltmètre en alternatif mesure la tension efficace E_{eff} délivrée par le GBF.

Un voltmètre en continu mesure la tension s_4 à la sortie du filtre passe-bas.

Montrer que la réactance X de l'impédance est égale à :

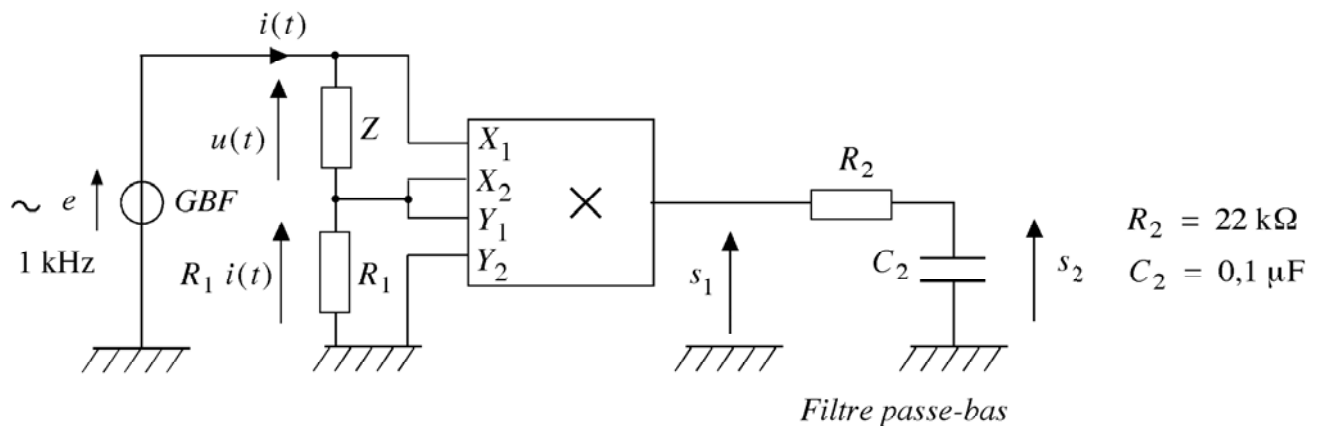
$$X = \frac{V_0 R_1 s_4}{E_{eff}^2}$$

- Manipulations :

- ✓ Choisir une fréquence égale à 1000 Hz.
- ✓ Régler le potentiomètre du déphaseur pour que son déphasage soit égal à $-\frac{\pi}{2}$.
- ✓ Déterminer la réactance X .

b) AUTRE MONTAGE (ces montages ne fonctionnent pas en pratique !) :

- Mesure de la résistance R de l'impédance Z :



- Étude théorique :

Un voltmètre en alternatif mesure la tension efficace V_1 aux bornes de la résistance R_1 .

Un voltmètre en continu mesure la tension s_2 à la sortie du filtre passe-bas.

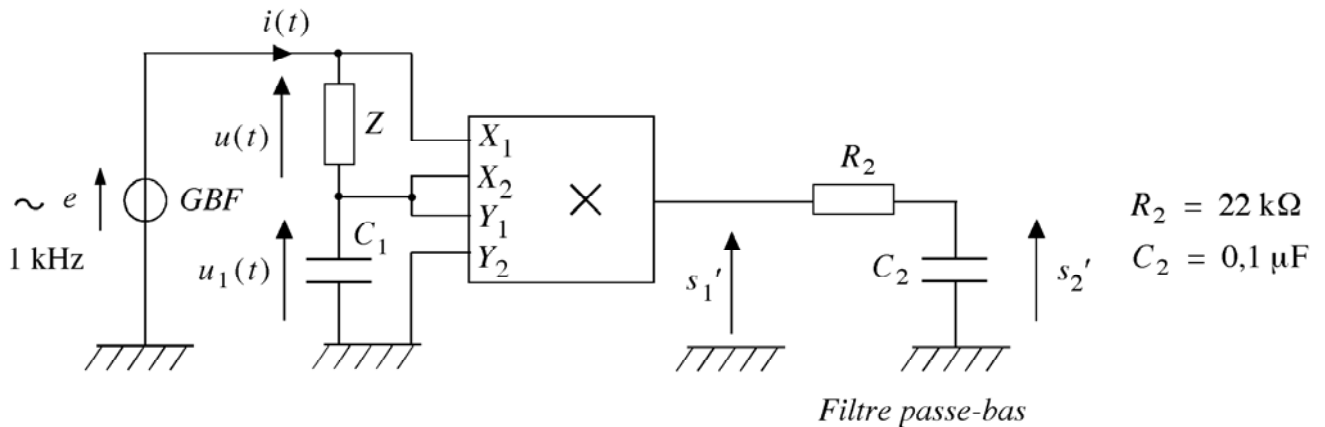
Montrer que la résistance R de l'impédance est égale à :

$$R = \frac{V_0 s_2}{V_1^2} R_1$$

- **Manipulations :**

- ✓ Choisir une fréquence égale à 1000 Hz.
- ✓ Déterminer la résistance R .

- **Mesure de la réactance X de l'impédance Z :**



- **Étude théorique :**

Un voltmètre en alternatif mesure la tension efficace V_1' aux bornes du condensateur C_1 .

Un voltmètre en continu mesure la tension s_2' à la sortie du filtre passe-bas.

Montrer que la réactance X de l'impédance est égale à :

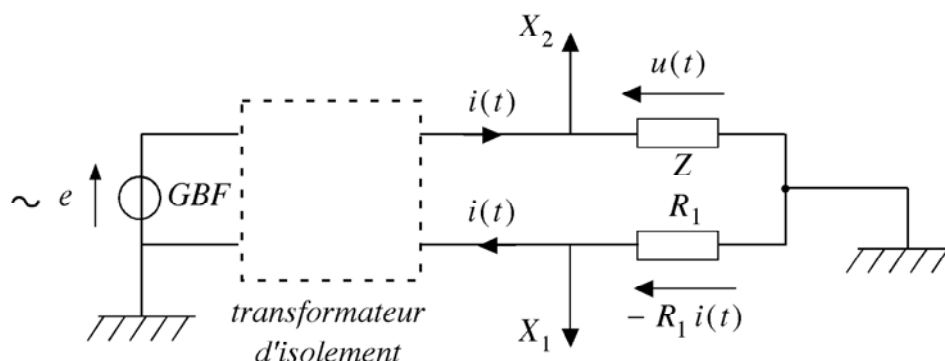
$$X = - \frac{V_0 s_2'}{C_1 \omega V_1'^2}$$

- **Manipulations :**

- ✓ Choisir une fréquence égale à 1000 Hz.
- ✓ Déterminer la réactance X .

c) MESURE AVEC UN OSCILLOSCOPE :

L'utilisation d'un oscilloscope pour mesurer une impédance pose des problèmes de masse. Il faut alors utiliser un transformateur d'isolement.



- Étude théorique :

Le courant $i(t)$ est sinusoïdal : $i(t) = I_m \cos(\omega t)$

- Voie 1 : $X_1 = -R_1 I_m \cos(\omega t)$

$$X_1 = R_1 I_m \cos(\omega t + \pi)$$

- Voie 2 : $X_2 = Z I_m \cos(\omega t + \varphi)$

En faisant le rapport des amplitudes, on en déduit Z / R_1 .

En mesurant le déphasage, on en déduit φ .

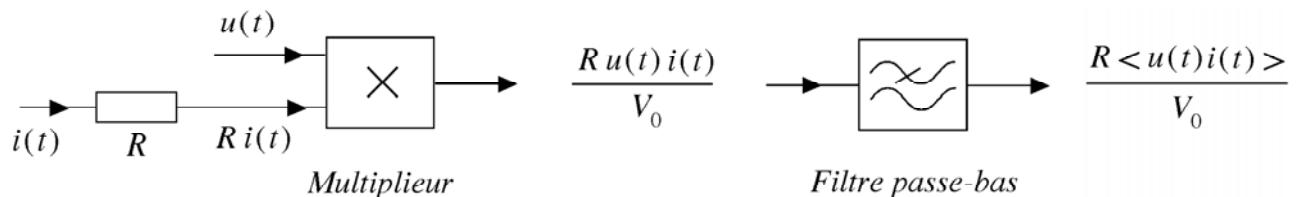
- Manipulations :

- ✓ Choisir une fréquence égale à 1000 Hz.
- ✓ Déterminer le module Z et le déphasage φ .

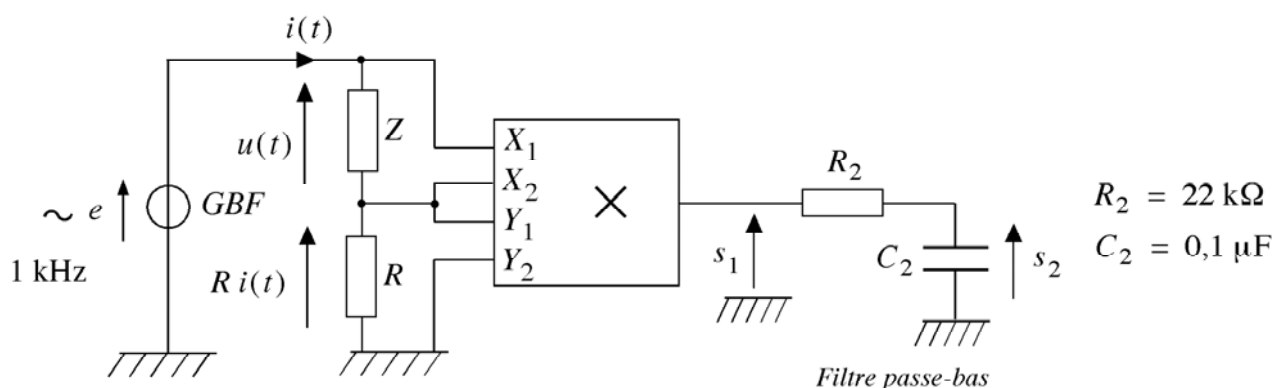
2) MESURES DE PUISSANCES ÉLECTRIQUES

La puissance instantanée $P(t)$ reçue par un dipôle est mesurable avec un multiplieur.

La puissance moyenne P reçue par un dipôle est obtenue après un filtrage passe-bas.



En effet, la puissance instantanée $P(t)$ est un signal périodique ; on le décompose en série de Fourier. Sa valeur moyenne correspond au terme constant. Pour ne garder que ce terme constant, on élimine tous les harmoniques avec un filtre passe-bas de fréquence de coupure suffisamment basse. Un voltmètre en continu permet de mesurer la puissance moyenne reçue par le dipôle.

λ 1^{er} montage :**- Étude théorique :**

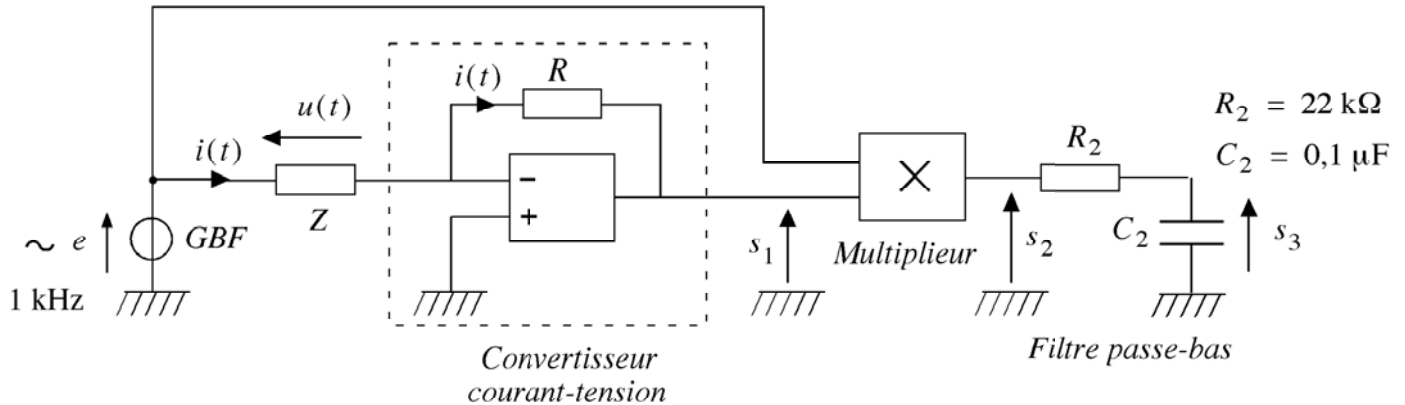
Un voltmètre en continu mesure la tension s_2 à la sortie du filtre passe-bas.

Montrer que la puissance moyenne $\langle P \rangle$ consommée dans l'impédance Z est égale à :

$$\langle P \rangle = \frac{V_0 s_2}{R}$$

- Manipulations :

- ✓ Choisir une fréquence égale à 1000 Hz.
- ✓ Déterminer la puissance moyenne $\langle P \rangle$ consommée dans l'impédance Z .

λ 2^{ème} montage :**- Étude théorique :**

Un voltmètre en continu mesure la tension s_3 à la sortie du filtre passe-bas.

Montrer que la puissance moyenne $\langle P \rangle$ consommée dans l'impédance Z est égale à :

$$\langle P \rangle = - \frac{V_0 s_3}{R}$$

- Manipulations :

- ✓ Choisir une fréquence égale à 1000 Hz.
- ✓ Déterminer la puissance moyenne $\langle P \rangle$ consommée dans l'impédance Z .

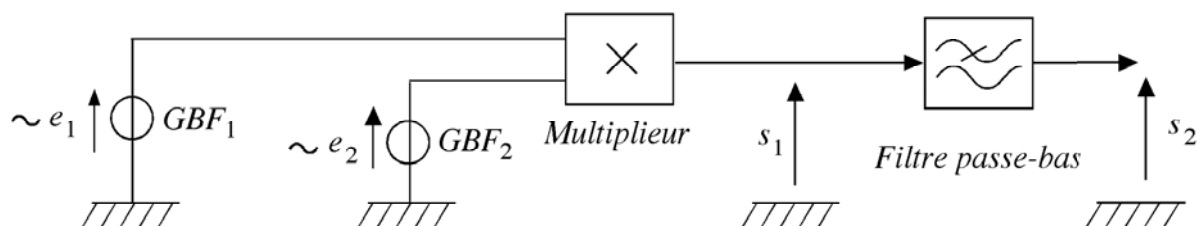
3) DÉTECTEUR DE SINUSOÏDES**a) Principe :**

Soit le montage ci-dessous.

Le filtre passe-bas a une fréquence de coupure f_c très basse.

Le GBF₁ délivre une tension sinusoïdale de fréquence f_1 inconnue.

Le GBF₂ délivre une tension sinusoïdale de fréquence ajustable f_2 .



Sortie du multiplieur :

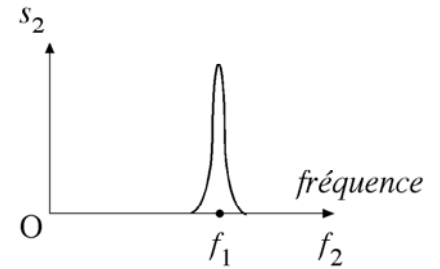
Le spectre des fréquences de $s_1(t)$ a deux raies de fréquences $f_2 + f_1$ et $|f_2 - f_1|$.

Si la fréquence f_2 est proche de la fréquence f_1 inconnue, alors :

$$|f_2 - f_1| < f_1 < f_2 + f_1$$

Si la fréquence f_2 est égale à la fréquence f_1 inconnue, alors la sortie s_2 du filtre passe-bas est maximale.

En utilisant la wobulation (fonction sweep), le GBF₂ balaye automatiquement le domaine des fréquences (par exemple de 0 à 10 kHz). Il délivre également une tension dont l'amplitude est proportionnelle à la fréquence f_2 ; cette tension est envoyée en voie X d'un oscilloscope.



Le signal de sortie s_2 du filtre passe-bas est envoyé en voie Y de l'oscilloscope. En mode XY , on obtient la courbe précédente.

b) Application à l'analyse harmonique :

Le signal $e_1(t)$ est maintenant périodique et non sinusoïdal. On peut donc le décomposer en série de Fourier. On observe alors les différentes sinusoïdes qui composent le signal $e_1(t)$.

Cas où le GBF₁ délivre un signal en créneaux :

