

ELECTROCI NETIQUE - ELECTRONIQUE

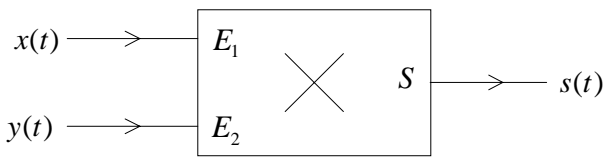
PROBLEME

- PROBLEME D' ELECTRONIQUE 2 -

• **ENONCE :**

« Quelques applications d'un circuit multiplieur »

Introduction : on donne ci-dessous le schéma fonctionnel d'un circuit multiplieur



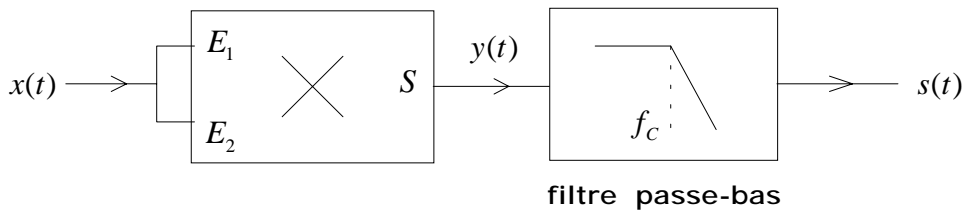
Pour un opérateur multiplieur **sans défaut**, la relation entrée/sortie est donnée par:

$$s(t) = k \times x(t) \times y(t)$$

Rq : pour les applications numériques, on prendra $k = 0,1 \text{ V}^{-1}$

I. Détection quadratique

• On envisage la multiplication d'un signal par lui-même, puis le filtrage par un filtre passe-bas de fréquence de coupure « correctement » choisie :



1.1) Montrer que le montage précédent permet d'accéder au carré de la « valeur efficace vraie » du signal $x(t)$, soit :

$$X_{eff}^2 = \langle x^2(t) \rangle_t = \frac{1}{T} \times \int_0^T x^2(t) dt$$

Rq : cette notion est à relier à celle de « puissance moyenne d'un signal » $P_{moy} = K \langle x^2(t) \rangle_t$
 (ex : effet Joule, où $P_j(t) = Ri^2(t)$; vecteur de Poynting pour une OPPM dans le vide : $|\vec{\Pi}| = \frac{E^2}{\mu_0 c}$)

1.2) On s'intéresse au cas suivant :

$x(t) = a \cos(\omega t)$, avec $a = 5 \text{ V}$ et $f = \frac{\omega}{2\pi} = 1 \text{ KHz}$; le filtre passe-bas est un simple circuit RC

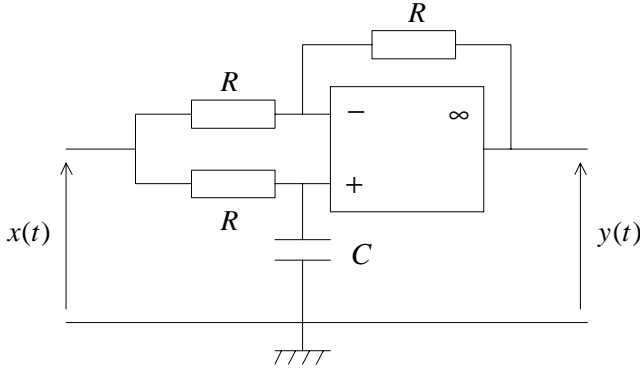
⇒ proposer des valeurs pour R et C , en justifiant les choix retenus.

ELECTROCINETIQUE - ELECTRONIQUE

PROBLEME

II. Mesure d'impédances par détection synchrone

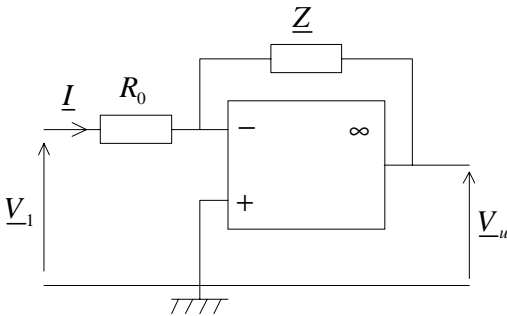
2.1) Circuit déphaseur



L'AO est idéal et fonctionne en régime linéaire

- a) Déterminer la fonction de transfert du montage
- b) Pour quelle valeur de $RC\omega$ a-t-on un déphasage de $\varphi = -\pi/2$?

2.2) Convertisseur courant-tension



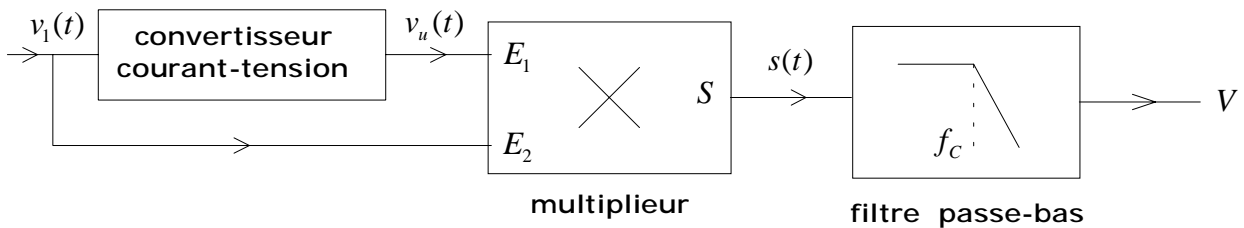
$Z = R + jX$ est une impédance à déterminer (voir paragraphes suivants).

L'A.O est parfait et fonctionne en régime linéaire.

R_0 est une résistance **connue**.

Question : que représentent les tensions V_1 et V_u ?

2.3) Détection de la partie réelle R



- Soit : $v_1(t) = V_1 \cos(\omega t)$, avec V_1 connue.
- En supposant le filtrage **parfait**, exprimer V en fonction de k, V_1, R et R_0 ; en déduire que la mesure de V permet d'accéder à celle de R , partie réelle de l'impédance Z inconnue.

2.4) Détection de la partie imaginaire X

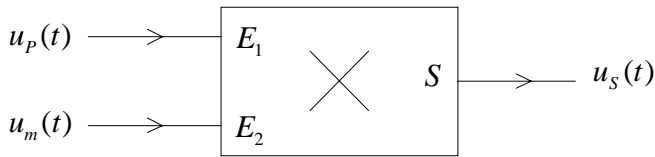
En utilisant le circuit déphaseur de la question 3.1), proposer une modification à apporter au montage précédent permettant la mesure de X , partie imaginaire de l'impédance Z .

ELECTROCIINETIQUE - ELECTRONIQUE

PROBLEME

III. Modulation d'amplitude

- On reprend le circuit multiplieur avec les notations suivantes :



$$u_m(t) = U_0 + A_m \cos(\omega_m t)$$

$$u_p(t) = A_p \cos(\omega_p t), \text{ avec } \omega_p \gg \omega_m$$

$$m = \frac{A_m}{U_0}$$

- $u_m(t)$ est appelé « **signal modulant** », $u_p(t)$ est le « **signal porteur** » ou « **porteuse** », et m est le « **taux de modulation** ».

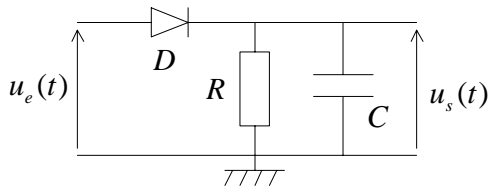
3.1) Déterminer les trois pulsations (ou les trois fréquences) que comporte le signal modulé $u_s(t)$; quelle est l'importance relative de l'amplitude de ces trois composantes ?

3.2) Représenter sommairement $u_s(t)$ (on pourra prendre $\omega_p \approx 10 \times \omega_m$) dans 2 cas : $m < 1$, puis $m > 1$. Dans ce dernier cas, la partie positive de « l'enveloppe » de $u_s(t)$ est-elle égale à la composante alternative de $u_m(t)$, soit $\tilde{u}_m(t) = A_m \cos(\omega_m t)$?

IV. Démodulation d'amplitude

4.1) Détecteur de crête (ou d'enveloppe)

- On considère le circuit suivant :



D est une diode, considérée comme **idéale** (tension de seuil nulle et résistance interne nulle).

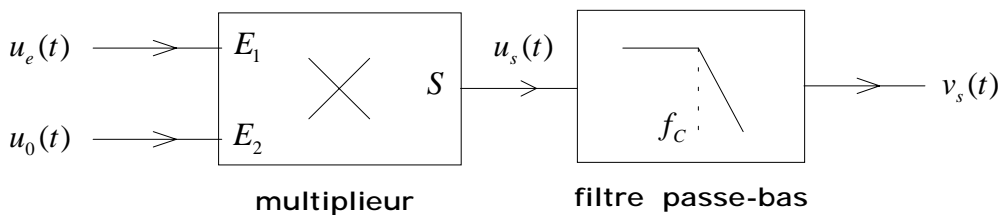
On choisit la constante de temps τ telle que:

$$T_p = \frac{1}{f_p} \ll \tau = RC \ll T_m = \frac{1}{f_m} \quad (\text{avec: } f_m = \frac{\omega_m}{2\pi})$$

- $u_e(t) = k \times u_m(t) \times u_p(t)$ est le signal **modulé** du paragraphe précédent.
- Question : montrer, sans développements calculatoires, que la tension $u_s(t)$ est pratiquement égale à $\tilde{u}_m(t) = A_m \cos(\omega_m t)$, d'autant mieux que la condition $\omega_p \gg \omega_m$ est réalisée ; cette démodulation par détection d'enveloppe fonctionne-t-elle pour $m > 1$?

4.2) Détection synchrone

- On utilise un deuxième circuit multiplieur, au niveau du démodulateur, selon le schéma suivant :



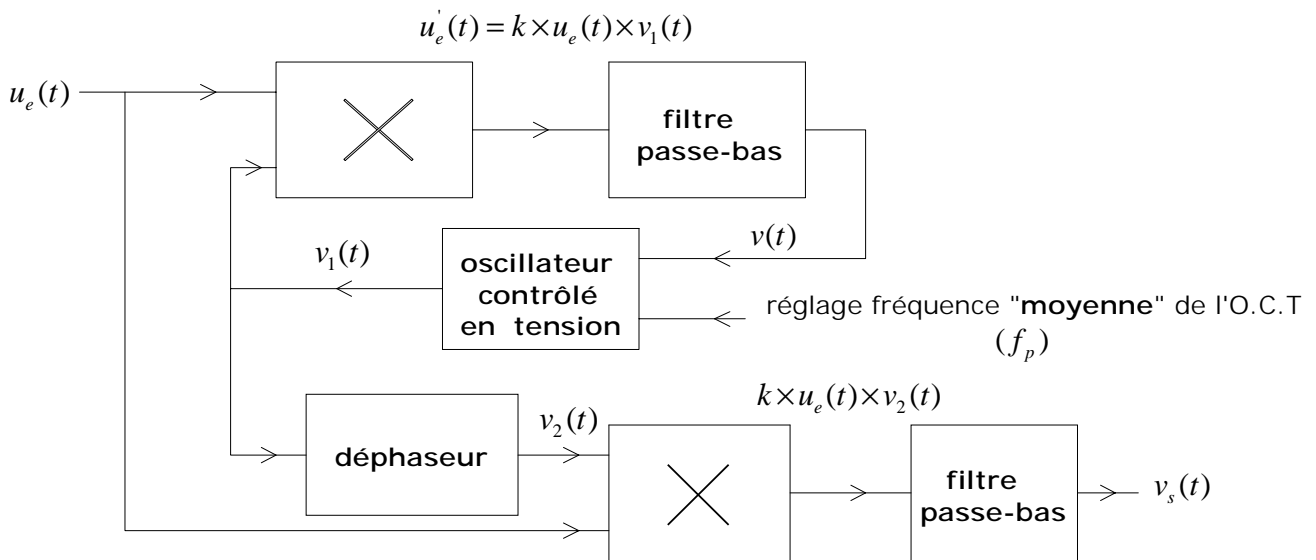
ELECTROCIINETIQUE - ELECTRONIQUE

PROBLEME

- $u_e(t) = k \times u_m(t) \times u_p(t)$ est le signal **modulé** du paragraphe IV.
 $u_0(t) = U_0 \cos(\omega_p t)$ est une tension délivrée par un « **oscillateur local** » (au niveau du démodulateur) de **même fréquence** f_p que la **porteuse**.
 - a) Déterminer les cinq composantes du signal $u_s(t)$: une composante continue, « l'information » basse fréquence (B.F) f_m , trois composantes de haute fréquence (H.F).
 - b) Comment choisir la fréquence de coupure $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$ du filtre pour que la tension $v_s(t)$ ne conserve que l'information B.F ? (cette composante sera superposée à la composante continue, que l'on pourra elle-même filtrer très facilement, par exemple grâce à un condensateur placé en série).
 - c) Ce type de détection fonctionne-t-il pour $m > 1$? Quel en est l'intérêt ? Pourquoi parle-t-on de détection synchrone ?

V. Boucle à verrouillage de phase

- En pratique, « l'oscillateur local » (au niveau du poste de réception) ne peut être rigoureusement synchrone avec la porteuse (générée par l'émetteur radio), à cause des fluctuations de fréquence ou de phase de cet oscillateur local ou même de la porteuse : les deux oscillateurs présentent alors un déphasage instantané $\varphi(t)$ évoluant **lentement** au cours du temps.
- Pour remédier au problème occasionné par ce déphasage, on réalise un **système bouclé** (en anglais : « Phase Lock Loop » ou « P.L.L » comme on peut le voir sur certains récepteurs radio) :



- Le signal à démoduler est toujours de la forme : $u_e(t) = U_e \times [1 + m \cos(2\pi f_m t)] \times \cos(2\pi f_p t)$
 où f_m est la fréquence du signal modulant (« l'information ») et f_p la fréquence de la porteuse.