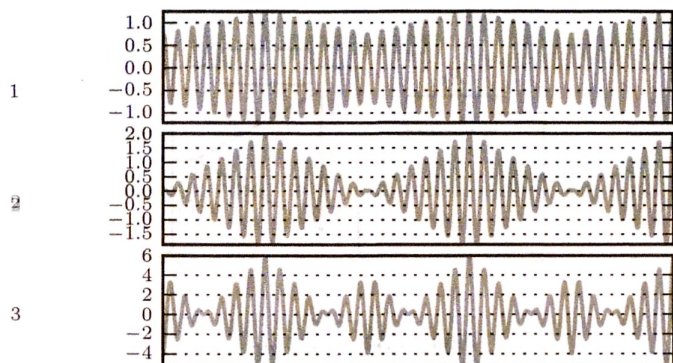


## TD Physique - Modulation/Démodulation

### 1 Taux de modulation

**Q1.** On considère, sur la figure ci-dessous, la modulation d'amplitude d'une porteuse d'un signal triangulaire, avec trois taux de modulation différents. Évaluer, dans chaque cas, le taux de modulation.



**Q2.** Quelle(s) technique(s) de démodulation peut-on employer dans chacun de ces cas ?

### 2 Comparaison de procédés de démodulation

À partir d'un signal  $e(t) = E \cos(\Omega t)$  et d'une porteuse haute fréquence  $p(t) = S \sin(\omega_0 t)$  ( $\omega_0 \gg \Omega$ ), on génère le signal modulé  $s(t) = S(1 + ke(t)) \sin(\omega_0 t)$ , porteur de l'information initiale et qui sera transmis.

**Q1.** On définit le taux de modulation par  $m = kE$ . Représenter le signal modulé en amplitude  $s(t)$  dans les deux cas  $m < 1$  et  $m > 1$ . On fera apparaître une enveloppe.

**Q2.** Représenter la décomposition spectrale du signal  $s(t)$ .

**Q3.** Reprendre la question précédente lorsque l'information à transmettre  $e(t)$  possède un spectre continu, analogue à celui de la figure 1, avec  $\omega_{\max} < \omega_0$ .

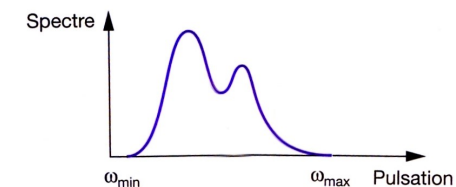
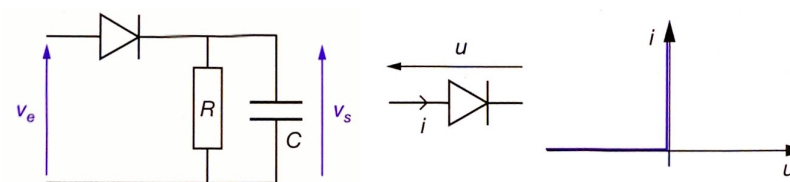


Figure 1

**Q4.** On considère le circuit de la figure de gauche ci-dessous. La diode est supposée idéale et sa caractéristique est tracée sur la figure de droite. Expliquer de manière semi-quantitative la relation entre les tensions d'entrée  $v_e$  et de sortie  $v_s$ . On pourra raisonner sur un signal  $v_e(t) = e(t) = E \cos(\Omega t)$ . On discutera selon l'état de la diode. On pose  $\tau = RC$ .



**Q5.** On alimente le circuit précédent par  $v_e(t) = s(t)$  dans le cas  $m < 1$ . À quelle condition sur  $\tau$  peut-on récupérer la partie du signal  $S(1 + m \cos(\Omega t))$  ?

**Q6.** Est-ce possible de récupérer la porteuse pour  $m > 1$  ?

**Q7.** Un circuit multiplieur délivre à sa sortie la tension  $u(t) = Ks(t)e_0(t)$ , où  $e_0(t) = E_0 \sin(\omega_0 t)$  est de même pulsation que la porteuse. Exprimer  $u(t)$  et préciser les différentes composantes de son spectre.

**Q8.** Comment recueillir le signal  $S(1 + m \cos(\Omega t))$  ?

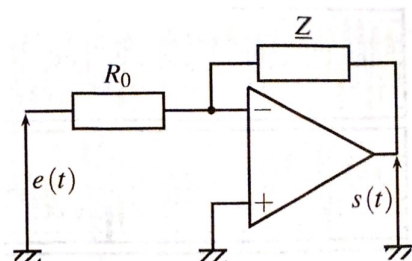
**Q9.** Comparer les deux procédés dits de démodulation.

### 3 Application de la détection synchrone à la mesure d'impédance (\*)

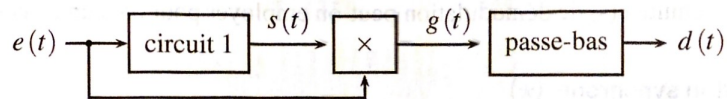
En raison de nombreux phénomènes physiques, le modèle linéaire d'une bobine n'est pas toujours suffisant. On approche mieux la réalité par un modèle de la forme  $\underline{Z} = R(\omega) + jL(\omega)\omega$ .

On cherche donc à mesurer l'impédance d'une bobine à une pulsation  $\omega$  donnée.

- Q1.** Le circuit de la figure ci-dessous permet d'avoir des images de la tension et du courant passant dans  $\underline{Z}$ . Quelle tension permet d'accéder à la tension aux bornes de  $\underline{Z}$ ? au courant dans  $\underline{Z}$ ?

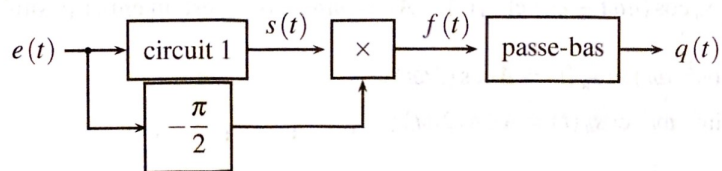


- Q2. Mesure de  $R(\omega)$ .** On insère ce circuit dans le montage suivant qui réalise une détection synchrone.



Le signal d'entrée vaut  $e(t) = A \cos(\omega t)$ . La constante du multiplieur est notée  $k$ , et le filtre passe-bas ne sélectionne que la composante continue. Déterminer l'expression de  $d(t)$ . Exprimer  $R(\omega)$  en fonction de la valeur efficace  $E$  de  $e(t)$  et des autres paramètres.

- Q3. Mesure de  $L(\omega)$ .** On modifie le montage comme suit :



Le bloc  $\boxed{-\frac{\pi}{2}}$  introduit un retard de  $\frac{\pi}{2}$  sans modifier l'amplitude. Déterminer l'expression de  $q(t)$ . Exprimer  $L(\omega)$  en fonction de la valeur efficace de  $e(t)$  et des autres paramètres.

### Aides pour les exercices

#### Exercice 1

- Q1.** Dessiner les enveloppes positive et négatives des trois signaux permet de visualiser le signal modulant, de la forme  $e(t) = E_0 + Em \cos(\omega_e t)$ .
- Q2.** Choisir entre démodulation à détection de crête et/ou démodulation synchrone.

#### Exercice 2

- Q1.** Représentation : cf. TP.
- Q2.** Développer  $s(t)$  et utiliser les relations trigonométrie pour faire apparaître trois fréquences.
- Q3.** Penser à appliquer le raisonnement précédent aux bornes de l'intervalle de définition de pulsation  $\omega$  du signal.
- Q4.** Reprendre le raisonnement de la démodulation par détection de crête vue en TP.
- Q5.** Il faut  $\frac{2\pi}{\omega_0} < \tau < \frac{2\pi}{\Omega}$
- Q6.** Non : un montage à détection synchrone est nécessaire.
- Q7.** Le calcul doit donner cinq signaux dont une composante continue.
- Q8.** Filtre passe-bas de fréquence de coupure..... (à compléter)

#### Exercice 3

- Q1.**  $s(t)$  pour la tension,  $e(t)$  pour l'intensité du courant.
- Q2.**  $d(t) = -k \frac{E^2}{R_0} R(\omega)$  avec  $E = \frac{A^2}{2}$
- Q3.**  $L(\omega) = \frac{R_0}{kE\omega} q(t)$