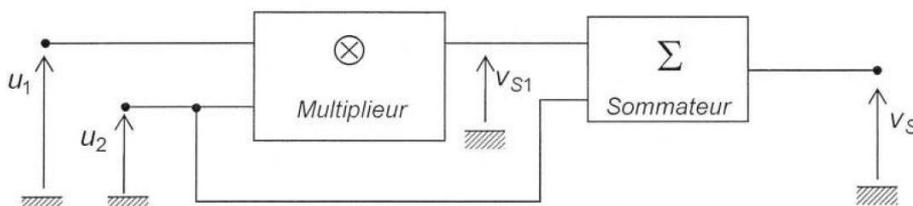


**A / MODULATION D'AMPLITUDE**

Le montage de la figure 1 représente schématiquement un modulateur d'amplitude ; il comprend un multiplieur, qui délivre une tension de sortie  $v_{s1} = k \times u_1 \times u_2$  ( $k$  étant une constante) et un sommateur qui délivre en sortie une tension  $v_s$ , égale à la somme des tensions d'entrée.



**Figure 1**

Les tensions sont sinusoïdales :  $u_1(t) = U_m \cos(\omega_m t)$  et  $u_2(t) = U_0 \cos(\omega_p t)$ , avec  $\omega_p \gg \omega_m$ .  $u_1(t)$  est appelé « signal modulant » et  $u_2(t)$  « signal de porteuse ».

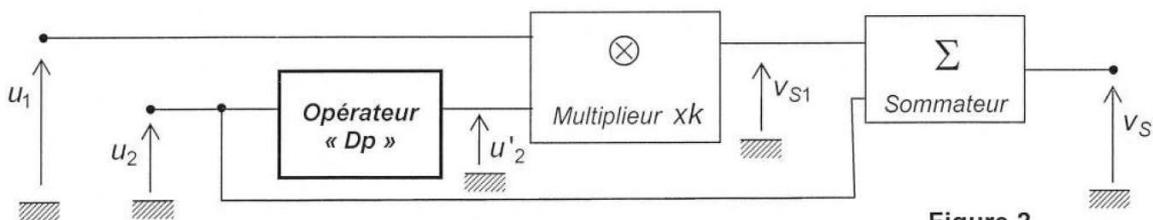
- A1.** Montrer que la tension de sortie  $v_s(t)$  peut s'écrire sous la forme :  $v_s(t) = U_0 \cos(\omega_p t) \times [1 + m \cos(\omega_m t)]$ , et déterminer  $m$  en fonction de  $k$  et  $U_m$ .
- A2.** Représenter graphiquement, de façon schématique, la tension  $v_s(t)$ , en supposant que  $m < 1$ .

**B / MODULATION DE PHASE – METHODE D'ARMSTRONG**

Pour certaines applications, il est souhaitable de moduler la phase du signal de porteuse, pour obtenir une tension de la forme  $v_p(t) = U_0 \cos[\omega_p t + m \cos(\omega_m t)]$ . Une approche, imaginée par l'inventeur E. ARMSTRONG en 1933, permet très simplement d'obtenir un signal de ce type (pour les faibles modulations) en modifiant légèrement le montage de la figure 1. Dans toute la suite, le taux de modulation  $m$  vérifie  $m \ll 1$ .

- B1.** Montrer que le signal de porteuse modulé en phase peut s'écrire :  $v_p(t) \cong U_0 \cos(\omega_p t) + f(t) \sin(\omega_p t)$ , où  $f(t)$  sera exprimée en fonction de  $m$ ,  $U_0$ ,  $\omega_m$  et  $t$ .

Pour obtenir la tension  $v_p(t)$ , un opérateur « Dp » est introduit dans le montage, comme indiqué sur la figure 2 :



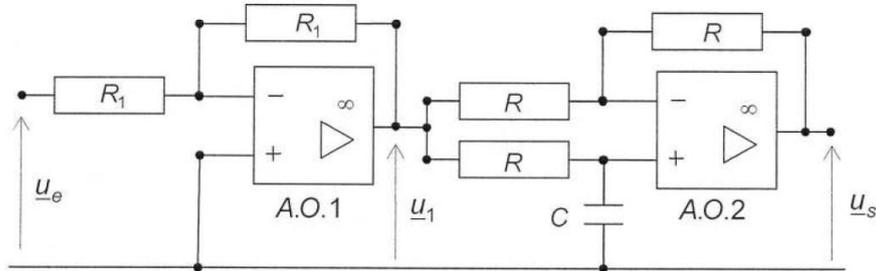
**Figure 2**

Les tensions  $u_1(t)$  et  $u_2(t)$  sont inchangées par rapport à la sous-partie A.

- B2.** Quelle doit être la tension  $u'_2(t)$  en sortie de l'opérateur « Dp » pour obtenir  $v_s(t) = v_p(t)$ , le taux de modulation  $m$  restant inchangé par rapport à sa valeur de la question A1 ?  
Quelle transformation l'opérateur « Dp » doit-il réaliser sur la tension  $u_2(t)$  ?

### C / REALISATION DE L'OPERATEUR « Dp »

Le montage étudié pour réaliser l'opérateur « Dp » est représenté sur la figure 3 :



**Figure 3**

Les amplificateurs opérationnels sont idéaux et fonctionnent en régime linéaire. Les tensions sont sinusoïdales de pulsation  $\omega$  ; les grandeurs soulignées indiquées sur la figure 3 désignent les représentations complexes de ces tensions.

- C1.** Exprimer la tension  $\underline{u}_1$  en fonction de la tension  $\underline{u}_e$ .  
Préciser le rôle de l'ensemble formé par l'amplificateur opérationnel A.O.1 et les deux résistances identiques de valeur  $R_1$ .
- C2.** Déterminer la fonction de transfert  $\underline{H}_1(j\omega) = \frac{\underline{u}_s}{\underline{u}_1}$ , en fonction de  $R$ ,  $C$  et  $\omega$ .  
En déduire la fonction de transfert globale du montage  $\underline{H}(j\omega) = \frac{\underline{u}_s}{\underline{u}_e}$ .
- C3.** Montrer que le seul effet de cet opérateur est d'introduire un déphasage  $\varphi_D$  entre la sortie  $u_s(t)$  et l'entrée  $u_e(t)$ . Exprimer  $\varphi_D$  en fonction de  $R$ ,  $C$  et  $\omega$ .
- C4.** Comment doit-on choisir le produit  $RC$ , en fonction de  $\omega_p$ , pour que l'opérateur de la figure 2 délivre effectivement le signal modulé en phase  $v_p(t)$  ?