

1. On a $V \ll c$ donc $\frac{V}{c} \ll 1$.

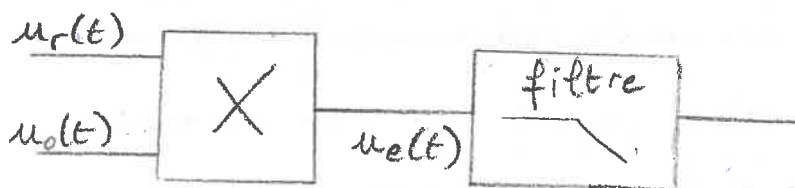
car $c = 340 \text{ m.s}^{-1}$ = célérité des ondes sonores.

$$\text{Ainsi } \omega_r = \omega_0 \frac{1 + \frac{V}{c}}{1 - \frac{V}{c}} = \omega_0 \left(1 + \frac{V}{c}\right) \left(\frac{1}{1 - \frac{V}{c}}\right)$$

$$\sim \omega_0 \left(1 + \frac{V}{c}\right)^2 = \omega_0 \left(1 + \frac{2V}{c} + \left(\frac{V}{c}\right)^2\right) \text{ avec } \left(\frac{V}{c}\right)^2 \text{ négligeable}$$

donc $\omega_r \sim \omega_0 \left(1 + \frac{2V}{c}\right)$ ✓

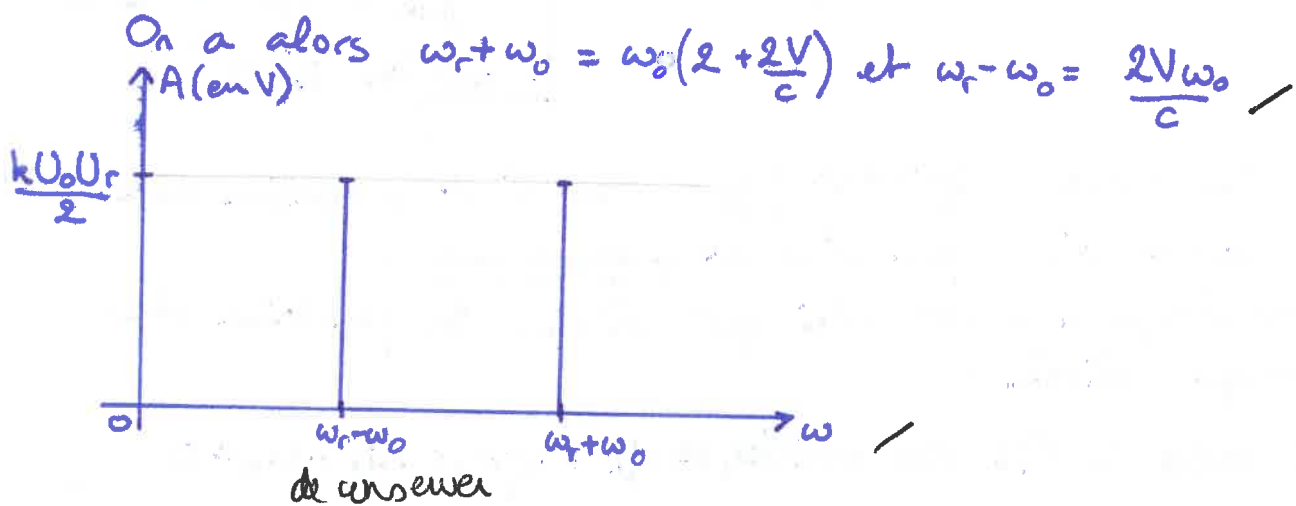
2.



$$u_0(t) = U_0 \cos(\omega_0 t)$$

$$u_r(t) = U_R \cos(\omega_r t + \varphi)$$

3. $u_e(t) = k u_0(t) u_r(t) = \frac{k U_0 U_r}{2} \left[\cos((\omega_r + \omega_0)t + \varphi) + \cos((\omega_r - \omega_0)t - \varphi) \right]$ en linéarisant.

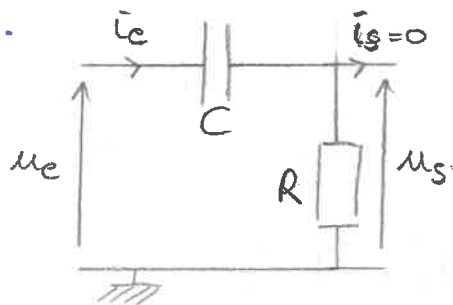


4. On choisit ^{de unsewer} la composante $\omega_0 - \omega_r$ car la pulsation est proportionnelle à V . En extraire la valeur de V est facile. $\omega_r - \omega_0$ étant la plus petite des pulsations, on choisit alors un filtre passe-bas dont la fréquence de coupure se situe entre $\omega_r - \omega_0$ et $\omega_r + \omega_0$.

c'est-à-dire $4 \times \pi \times \frac{3,6}{36} \times \frac{1}{343} \times 40 \times 10^3 = 1,46 \times 10^3 \text{ rad.s}^{-1}$

et $2\pi f_0 \left(2 + \frac{2V}{c}\right) = 2\pi \times 40 \times 10^3 \left(2 + \frac{2 \times 3,6}{36 \times 343}\right) = 504 \times 10^3 \text{ rad.s}^{-1}$ ✓

5.1.



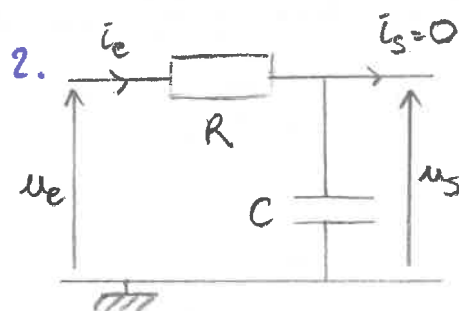
En basse fréquence: $\text{---} \text{||} \text{---} \Leftrightarrow \text{---} \text{---}$

Alors $i_e = 0$ et $u_s = R i_e = 0$

En haute fréquence: $\text{---} \text{||} \text{---} \Leftrightarrow \text{---} \text{---}$

Alors $u_s = u_e$

C'est un passé-haut.

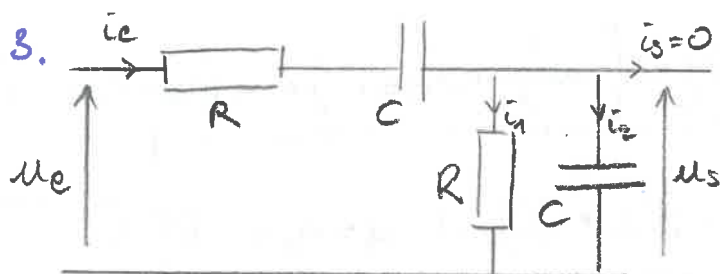


En basse fréquence: $\text{---} \text{||} \text{---} \Leftrightarrow \text{---} \text{---}$

Alors $i_e = 0$ et $u_s = u_e - R i_e = u_e$

En haute fréquence: $\text{---} \text{||} \text{---} \Leftrightarrow \text{---} \text{---}$

Alors $u_s = 0$ car c'est la tension aux bornes d'un fil. C'est un passé-bas.



En basse fréquence:

$$u_s = \frac{1}{j\omega C} i_e = \frac{1}{j\omega C} i_e \frac{j\omega}{j\omega + \frac{1}{RC}} = 0 \text{ car } i_e = 0$$

En haute fréquence: $u_s = 0$ car c'est la tension aux bornes d'un fil. C'est un passé-bande.

Le montage n°2 est celui qui réalise la fonction de filtrage désirée.

6. D'après la loi des mailles, on a: $u_s + R i_e - u_e = 0$

or, i_e traverse un condensateur donc $i_e = C \frac{du_s}{dt}$

Ainsi $\frac{du_s}{dt} + \frac{1}{RC} u_s(t) = \frac{u_e(t)}{RC}$ En passant en complexe, on

obtient $(j\omega + \frac{1}{RC}) u_s(\omega) = \frac{1}{RC} u_e(\omega)$

on cherche une fonction de transfert $\Rightarrow$ raisonner

$$\text{Ainsi } H = \frac{u_s}{u_e} = \frac{\frac{1}{RC}}{j\omega + \frac{1}{RC}} = \frac{1}{1 + jRC\omega}$$

DIRECTEMENT EN COMPLEXE

Par analogie avec la forme canonique $\frac{1}{1 + j\omega/\omega_c}$, $\omega_c = \frac{1}{RC}$

7. On cherche ω_c tq $S = |H|/E = \frac{E}{100}$ pour $\omega = \omega_r + \omega_0$, avec S l'amplitude de u_s et E l'amplitude de u_e . On a alors $|H(\omega_r + \omega_0)| = \frac{1}{100}$

Ainsi $\frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega_r + \omega_0}{\omega_c}\right)^2}} = \frac{1}{100}$ donc $\frac{\omega_r + \omega_0}{\omega_c} = \sqrt{100^2 - 1}$ donc $\omega_c = \frac{\omega_r + \omega_0}{\sqrt{100^2 - 1}}$

$\omega_c = \frac{504 \times 10^3}{\sqrt{9999}} = 5,04 \times 10^3 \text{ rad.s}^{-1}$ On remarquera que $\omega_c > \omega_r - \omega_0$

$|H(\omega_r - \omega_0)| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega_r - \omega_0}{\omega_c}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{1,46 \times 10^3}{5,04 \times 10^3}\right)^2}} = 0,76$ Ce gain est assez

proche de 1 pour que l'amplitude de la composante en $\omega_r - \omega_0$ reste assez haute après le passage dans le filtre. B

→ si on veut atténuer l'amplitude $s(t)$ de 100 on est forcément en haute fréquence

⇒ on peut raisonner directement avec HHF

page 3/3

cà d $H \sim \frac{1}{f\omega/\omega_c} = \frac{S}{E}$ et $S = \frac{E}{100}$

pour $\omega_r + \omega_0 \approx 2\omega_0 \Rightarrow \frac{\omega_c}{2\omega_0} = \frac{1}{100}$

plus rapide

$\Rightarrow \omega_c = \frac{2\omega_0}{100} = \frac{\omega_0}{50}$

$f_c = \frac{4f_0}{100} = \frac{4 \times 40}{100} = 1,6 \text{ kHz}$

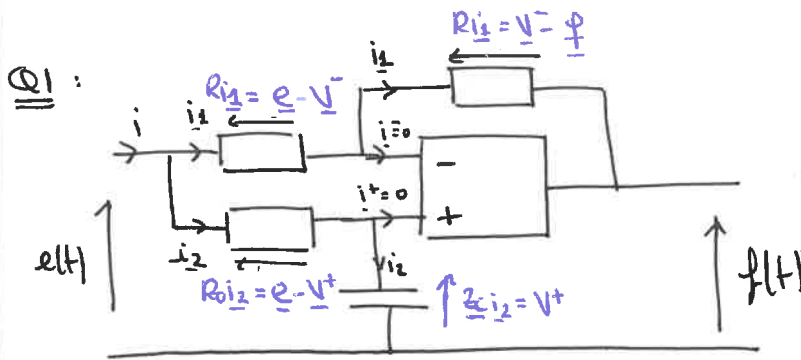
* $H(\omega_0 - \omega_p) = \frac{S(\omega_0 - \omega_p)}{E(\omega_0 - \omega_p)} = \frac{1}{1 + j \frac{\omega_p - \omega_0}{\omega_c}}$

$= \frac{1}{1 + j \frac{\omega_p - \omega_0}{2\omega_0} \times 100}$

avec $\omega_p = \omega_0 = \frac{2V\omega_0}{c}$

$= \frac{1}{1 + j \frac{100 \times 2V}{c}}$

$|H| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{200 \times 36}{343}\right)^2}} = 0,69$



d'après la loi d'Ohm :

$$\begin{cases} Ri_1 = e - V^- \\ Ri_1 = V^- - f \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} e - V^- = V^- - f \\ 2V^- = e + f \end{cases} \Rightarrow \boxed{V^- = \frac{e + f}{2}}$$

$$\begin{cases} Ri_2 = e - V^+ \\ zc i_2 = V^+ \end{cases} \Rightarrow i_2 = \frac{e - V^+}{R_0} = \frac{V^+}{zc}$$

$$\Rightarrow zc(e - V^+) = V^+ R_0$$

$$\Rightarrow V^+ [R_0 + zc] = zc e$$

$$\Rightarrow \boxed{V^+ = \frac{zc e}{R_0 + zc}}$$

or puisqu'on a une rétroaction négative, on est en régime linéaire

$$\text{donc } e = V^+ - V^- = 0$$

$$\Rightarrow V^+ = V^-$$

$$\Rightarrow \frac{e + f}{2} = \frac{zc e}{R_0 + zc}$$

$$\Rightarrow (e + f)(R_0 + zc) = 2 zc e$$

$$\Rightarrow e [zc - R_0] = f [R_0 + zc]$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{f}{e} = \frac{zc - R_0}{R_0 + zc} = T}$$

Q2: d'après la question précédente,

utile

$$\underline{T} = \frac{\underline{Z}_C}{R + \underline{Z}_C} - \frac{R}{R + \underline{Z}_C}$$

$$= \frac{1}{1 + \frac{R}{\underline{Z}_C}} - \frac{1}{1 + \frac{\underline{Z}_C}{R}} = \frac{1}{1 + Rj\omega C} - \frac{1}{1 + \frac{1}{Rj\omega C}}$$

$$= \frac{1 - Rj\omega C}{Rj\omega C + 1} = \frac{\underline{Z}_C - R_0}{\underline{Z}_C + R_0} = \frac{\frac{1}{j\omega C} - R_0}{\frac{1}{j\omega C} + R_0} = |\underline{T}| e^{j\psi}$$

$$= \frac{(1 - Rj\omega C)^2}{(Rj\omega C + 1)(-Rj\omega C + 1)} = \frac{1 - 2jRC\omega - (RC\omega)^2}{1 - R^2C^2\omega^2}$$

ou ensuite.

à écrire.

$$\underline{T} = \frac{1 - R^2C^2\omega^2}{1 + R^2C^2\omega^2} - j \frac{2RC\omega}{1 + R^2C^2\omega^2}$$

$$\text{or } e^{j\psi} = \cos \psi + j \sin \psi$$

$$\text{par identification, } \cos \psi = \frac{1 - R^2C^2\omega^2}{1 + R^2C^2\omega^2}$$

$$\text{avec } |\underline{T}| = 1 \\ \text{d'où } \underline{T} = e^{j\psi}$$

$$\text{on pose } \omega_0 = \frac{1}{R_0 C_0}$$

$$\text{donc } \cos \psi = \frac{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}$$

B

Q3: En a $e(t) = U_0 \cos[\omega_0(1 + m(t))t]$ et $\underline{T} = \frac{\underline{f}}{\underline{e}} = e^{j\psi}$

$$\text{et } f(t) = F_0 \cos(\omega t + \psi)$$

$$\text{or } \underline{T} = \frac{\underline{f}}{\underline{e}} \text{ d'où } F_0 = |\underline{T}| U_0 = U_0 \quad \text{et } \arg \underline{T} = \arg \underline{f} - \arg \underline{e} = \arg \underline{f} = \psi$$

$$\text{ainsi } g(t) = \frac{1}{2} f(t) e(t)$$

$$= \frac{1}{2} U_0^2 \cos(\omega t) \cos(\omega t + \psi)$$

$$= \frac{1}{2} U_0^2 (\cos(2\omega t + \psi) + \cos(\psi)) = \frac{1}{2} U_0^2 \cos \psi + \frac{1}{2} U_0^2 \cos(2\omega t + \psi)$$

tension constante tension sinusoi-
dale de pulsation 2ω .

$$\text{or } \cos \psi = \frac{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2} = \frac{1 - (1+m)^2}{1 + (1+m)^2}$$

Exercice 1 TPS :

$$\approx \frac{1 - (1+2m)}{1 + (1+2m)} \sim \frac{-2m}{2} = -m$$

or comme m petit devant 1, $(1+m)^2 = 1+2m$ /

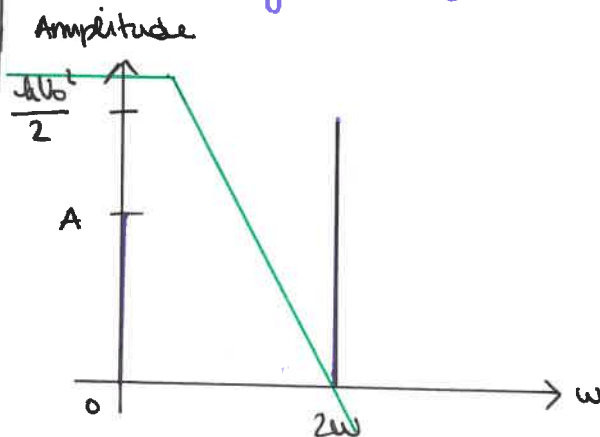
ainsi $g(t) = \frac{kU_0^2}{2} \cos(2\omega t + \psi) \times \frac{kU_0^2}{2} \times \frac{2m}{2+2m}$

$$g(t) = \frac{kU_0^2}{2} \cos(2\omega t + \psi) \times \frac{kU_0^2}{2} \left(\frac{m}{1+m} \right)$$

avec $A = -\frac{kU_0^2}{2} \left(\frac{m}{1+m} \right)$ / $B = -\frac{kU_0^2 m}{2}$
car $m \ll 1$

Q4 : $H = \frac{F(t)}{P_{bas.} \cdot g(t)}$

→ passe-bas ; on veut garder la composante continue du signal proportionnelle à m .

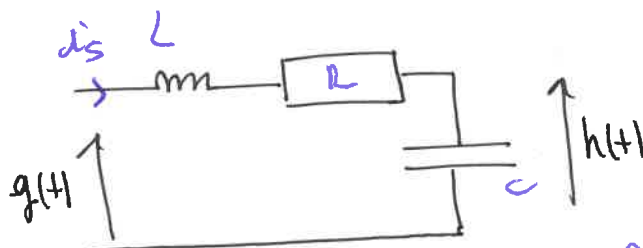


donc $\omega_c \ll 2\omega_0$

pour que la sortie $h(t)$ soit proportionnelle à $m(t)$.

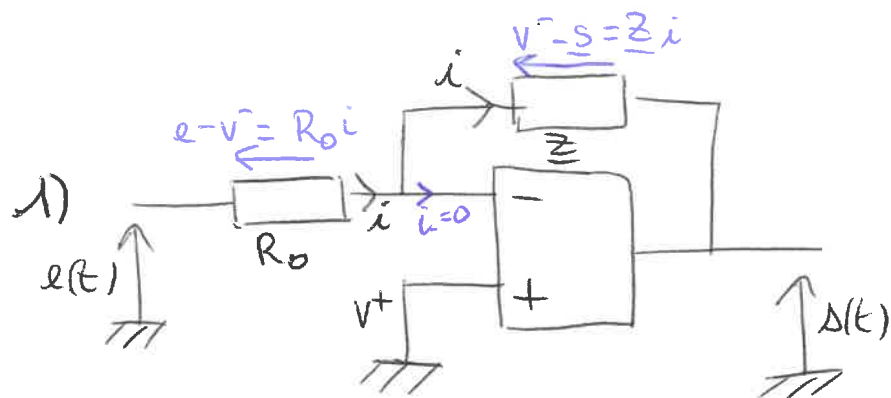
Q5 : le montage électronique simple

permettant de réaliser ce filtrage est un filtre passe bas d'ordre 2.



(plus simplement, on peut prendre un passe-bas d'ordre 1)

→ pour éviter les problèmes d'adaptation d'impédance il faut $Z_s \rightarrow 0$ d'où R très grand $\rightarrow$ look $\rightarrow$ voir 1 M Ω .



Rétroaction négative donc régime linéaire donc $v^+ = v^- = 0$

$\underline{s} = \underline{Z} i$ | $\underline{e} = R_0 i$ | Relation de proportionnalité cherchée

ainsi, $\underline{e} = i (2R_0 - R_0) ?$

(le courant qui traverse $\underline{Z}$ traverse aussi R_0)

2) $\frac{\underline{s}}{\underline{e}} = \frac{-\underline{Z} i}{R_0 i} = -\frac{\underline{Z}}{R_0}$ ✓

$G = \left| \frac{\underline{s}}{\underline{e}} \right| = \frac{|\underline{Z}|}{R_0}$ ✓

$\arg\left(\frac{\underline{s}}{\underline{e}}\right) = \arg(\underline{Z}) - \arg(R_0) = -\arg(\underline{Z})$ ✓

pas de question 3) donnée en effet ☺

4) $\underline{e} = E e^{j\omega t}$

$\underline{s} = -\frac{\underline{Z}}{R_0} E e^{j\omega t}$

$s(t) = \frac{|\underline{Z}|}{R_0} E \cos(\omega t - \arg(\underline{Z}))$ ✓ ^B

5) $e(t) s(t) = E \cos(\omega t) \frac{|\underline{Z}|}{R_0} E \cos(\omega t - \varphi)$
 $= \frac{E^2 |\underline{Z}|}{2R_0} (\cos(2\omega t - \varphi) + \cos \varphi)$

$g(t) = k e(t) s(t)$

ainsi $d(t) = \frac{E^2 |\underline{Z}|}{2R_0} \cos \varphi$ ✓

→ fonction constante indépendante du temps

↳ on ne sélectionne que la composante continue de $g(t)$

$$6) \underline{Z} = |\underline{Z}| e^{j\varphi} = |\underline{Z}| \cos(\varphi + j \sin \varphi) \\ = R(\omega) + jL(\omega)\omega$$

Par identification:

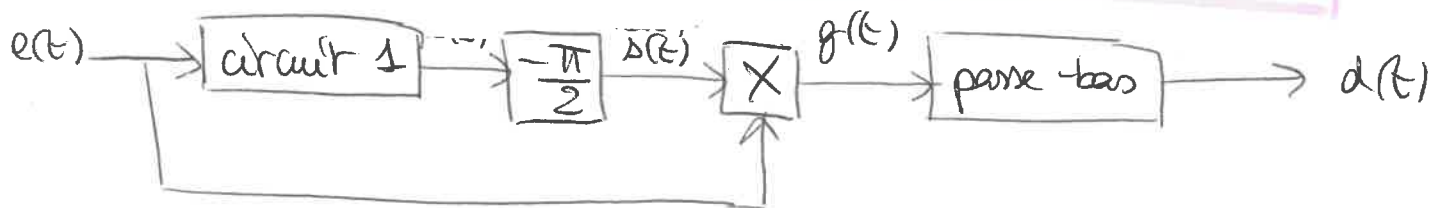
$$R(\omega) = |\underline{Z}| \cos \varphi$$

$$L(\omega)\omega = |\underline{Z}| \sin \varphi$$

on a $d(t) = \frac{k E^2 |\underline{Z}| \cos \varphi}{2R_0}$ donc $\cos \varphi = \frac{2R_0 d(t)}{E^2 |\underline{Z}|}$

ainsi $R(\omega) = \frac{k 2R_0 d(t)}{E^2}$

7) On place le bloc $-\frac{\pi}{2}$ entre le circuit 1 et le multiplieur:



On aura ainsi:

$$s(t) = \frac{+|\underline{Z}|E}{R_0} \cos(\omega t + \varphi - \frac{\pi}{2}) = \frac{+|\underline{Z}|E}{R_0} \sin(\omega t + \varphi)$$

Donc $e(t) s(t) = \frac{+E^2 |\underline{Z}|}{2R_0} (\sin(2\omega t + \varphi) + \sin(\varphi))$

$$g(t) = k e(t) s(t)$$

ainsi $d(t) = \frac{+E^2 |\underline{Z}| \sin(\varphi)}{2R_0} \times k$

et $\underline{Z} = |\underline{Z}| \cos(\varphi + j \sin \varphi) = R(\omega) + jL(\omega)\omega$

Par identification:

$$L(\omega)\omega = |\underline{Z}| \sin \varphi \quad \text{or} \quad \sin \varphi = \frac{+d(t) 2R_0}{E^2 |\underline{Z}|}$$

donc $L(\omega) = \frac{+d(t) 2R_0}{E^2 \omega}$

$L(\omega) > 0.$