

Question 1:

On sait que le chien va à $3,6 \text{ km.h}^{-1}$ soit 1 m.s^{-1} de plus la célérité des ondes ^{Sonores} dans l'air. est de

$$c = \frac{3 \cdot 10^8}{340} \text{ m.s}^{-1} \quad \text{Donc } v_{\text{chien}} \ll c.$$

$$\text{On a : } \omega_r = \omega_0 \frac{(1 + \frac{v}{c})}{(1 - \frac{v}{c})} \Leftrightarrow \left(\omega_r = \omega_0 (1 + \frac{v}{c}) (1 - \frac{v}{c})^{-1} \right) \text{ inutile.}$$

$$\Leftrightarrow \omega_r = \omega_0 (1 + \frac{v}{c}) \left(\frac{c-v}{c} \right)^{-1} \Leftrightarrow \omega_r = \omega_0 (1 + \frac{v}{c}) \left(\frac{1}{1 - v/c} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{1 - \frac{v}{c}} \quad \text{On sait que } \frac{v}{c} \ll 1$$

On traite cela.

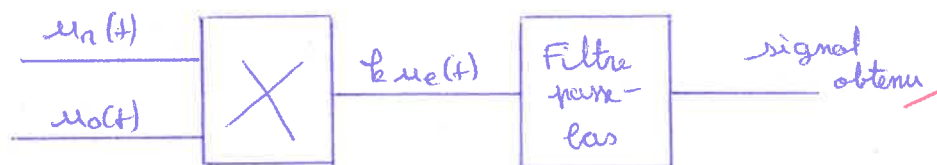
On effectue un développement de Taylor au voisinage de 0.

$$\frac{1}{1 - \frac{v}{c}} \sim 1 + \frac{v}{c} + o\left(\frac{v}{c}\right)$$

développe

$$\text{Reprenons } \omega_r \approx \omega_0 \left(1 + \frac{v}{c} \right)^2 + o\left(\frac{v}{c}\right) \Leftrightarrow \omega_r \approx \omega_0 \left(1 + 2 \frac{v}{c} \right) + o\left(\frac{v}{c}\right)$$

$$\text{On trouve donc : } \omega_r \approx \omega_0 \left(1 + 2 \frac{v}{c} \right) + o\left(\frac{v}{c}\right) \parallel \text{oui}$$

Question 2:

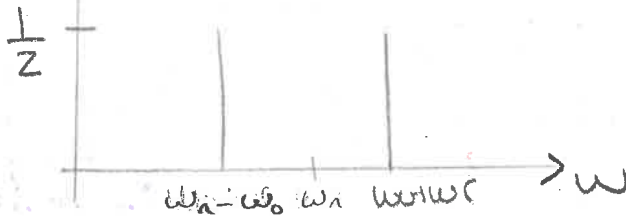
3) $u_e(t) = k u_o(t) \times \cos(\omega t)$

On sait que $u_o(t) = U_o \cos(\omega_o t)$
 $u_r(t) = U_r \cos(\omega_r t + \varphi)$

2

$$\begin{aligned} u_e(t) &= k (U_o \cos(\omega_o t) \times U_r \cos(\omega_r t + \varphi)) \\ &= k U_o U_r (\cos(\omega_o t) \times \cos(\omega_r t + \varphi)) \\ &= k U_o U_r \left(\frac{1}{2} \cos(\omega_o t + \omega_r t + \varphi) + \frac{1}{2} \cos(\omega_o t - \omega_r t - \varphi) \right) \quad \downarrow \text{on linéarise} \\ &= k U_o U_r \left(\frac{1}{2} \cos((\omega_o + \omega_r)t + \varphi) + \frac{1}{2} \cos((\omega_o - \omega_r)t - \varphi) \right) \end{aligned}$$

Amplitude $\times k U_o U_r$



Exprimer $\omega_r - \omega_o$
 $= \omega_o \times \frac{2V}{C}$

le signal basse-fréquence

4) On veut récupérer uniquement la fréquence de la modulateur pour ensuite avoir la fréquence du signal émis. Un signal v dont la fréquence est proportionnelle à V .

On ne desire donc conserver seulement $\omega_o - \omega_r$.
 Il faut donc conserver les basses fréquences et supprimer les hautes fréquences.

Le filtre nécessaire est un filtre passe-bas (circuit RC)



les données de l'émission sont $V = 3,6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$
 $C = 343 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
 $f_o = 40 \text{ kHz}$

La pulsation de capture ω_c doit se trouver entre $\omega_o - \omega_r$ et $\omega_o + \omega_r$
 $\approx 2\omega_o$

• $\omega_o = 2\pi f_o$
 $= 2\pi \times 40 \times 10^3$
 $= 2,5 \times 10^5 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1} = 8,0 \times 10^4 \pi \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$

• $\omega_r = \omega_o \left(1 + \frac{2V}{C} \right)$
 $= 8,0 \times 10^4 \pi \left(1 + 2 \times \frac{1}{343} \right)$
 $= 2,52 \times 10^5 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$

$\omega_r - \omega_o = \frac{2,5 \times 10^5 \times 2 \times 1}{343} = 1,5 \times 10^3 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$

ω_c doit se situer dans l'intervalle $[1,5 \times 10^3, 500 \times 10^3]$ rad $\cdot \text{s}^{-1}$
 ? rad $\cdot \text{s}^{-1}$
 Varying en précision.

D'après les valeurs trouvées précédemment, $\omega_r - \omega_o = 1,5 \times 10^3 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$
 $2\omega_o = 2,52 \times 10^5 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$
 5×10^3

5) Les trois circuits sont composés d'une résistance et d'un condensateur

3

$$Z_R = R$$

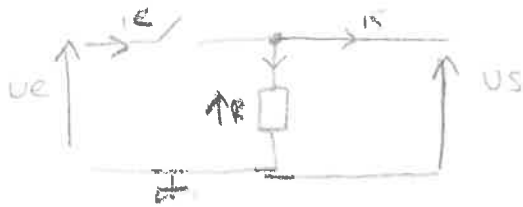
$$Z_C = \frac{1}{j\omega C}$$

Aux basses fréquences, $\frac{1}{j\omega C} \xrightarrow{\omega \rightarrow 0} \infty \Leftrightarrow C \equiv$ court-circuit

Aux hautes fréquences, $\frac{1}{j\omega C} \xrightarrow{\omega \rightarrow \infty} 0 \Leftrightarrow C \equiv$ fil

Circuit 1

Basses fréquences



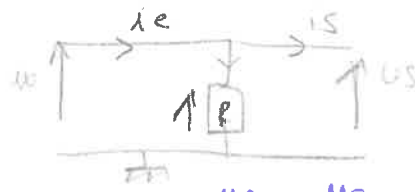
$$u_s = 0$$

signaux

Le filtre atténue les basses fréquences mais laisse passer les hautes fréquences
 $\Leftrightarrow$ filtre passe haut

Ce quadrupole ne réalise pas la fonction de filtrage désirée

Hautes fréquences

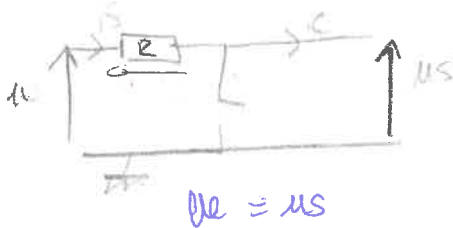


$$u_e = u_s$$

signaux

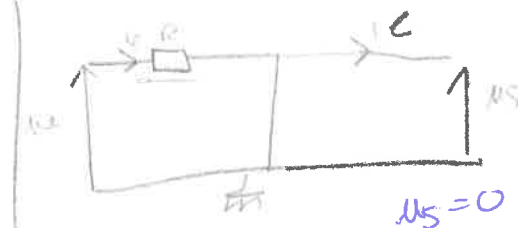
Circuit 2

Basses fréquences



$$u_e = u_s$$

Hautes fréquences



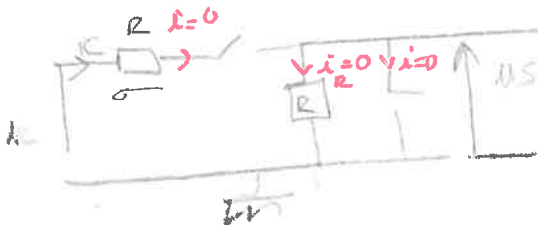
$$u_s = 0$$

Le filtre atténue les hautes fréquences mais laisse passer les basses fréquences
 $\Leftrightarrow$ filtre passe bas

Ce quadrupole réalise la fonction de filtrage désirée

Circuit 3

Basses fréquences



$$u_s = u_e$$

et les signaux

Le filtre atténue les hautes fréquences mais laisse passer les basses fréquences

C'est donc un filtre bande

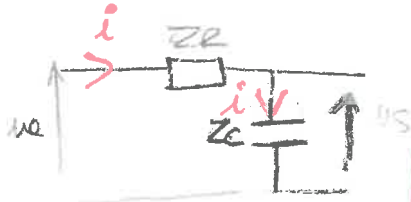
Hautes fréquences



$$u_s = 0$$

6) On veut un filtre passe bas $\Leftrightarrow \begin{cases} H \underset{\omega \rightarrow 0}{\sim} H_0 \\ H \underset{\omega \rightarrow \infty}{\sim} 0 \end{cases}$

filtre 2.4



Loi des mailles

$$\begin{cases} u_E = (Z_C + Z_R) i \\ i Z_C = u_S \end{cases} \Rightarrow u_E = (Z_R + u_S) i$$

⚠ Les expressions ne sont PAS homogènes.

$$u_E = \left(\frac{1}{j\omega C} + R \right) \times i$$

$$\Leftrightarrow u_E = R i + u_S \quad \downarrow \div u_S$$

$$\Leftrightarrow \frac{u_E}{u_S} = 1 + \frac{R i}{u_S}$$

$$\Leftrightarrow \frac{u_E}{u_S} = 1 + \frac{R}{\frac{1}{j\omega C}} \Leftrightarrow \frac{u_E}{u_S} = 1 + \frac{j\omega R C}{1}$$

$$\text{donc } \frac{u_S}{u_E} = \frac{1}{1 + j\omega R C} \quad \text{ouf!}$$

maladroit
Reconnaissez un diviseur de tension

Si on met sous forme canonique, on obtient $\frac{u_S}{u_E} = \frac{1}{1 + j(\frac{\omega}{\omega_c})}$ avec $\omega_c = \frac{1}{RC}$

7) Pour atténuer d'un facteur 100 l'amplitude de la composante haute fréquence du signal $u_E(t)$, il faut que $\omega_c = \frac{1}{100} (\omega_n + \omega_0)$

pas la fréquence!

Ainsi, $\omega_c = 5,03 \times 10^3 \text{ rad.s}^{-1}$

On cherche le gain associé $\rightarrow$ atténuation forte $\Rightarrow H$ (HF)

$$G = |H| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega_{\text{haute}}}{\omega_c}\right)^2}} \quad \text{AN: } |H| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{5,03 \times 10^3}{5,03 \times 10^3}\right)^2}}$$

Le facteur d'atténuation est donc 0,01 de 0,01.

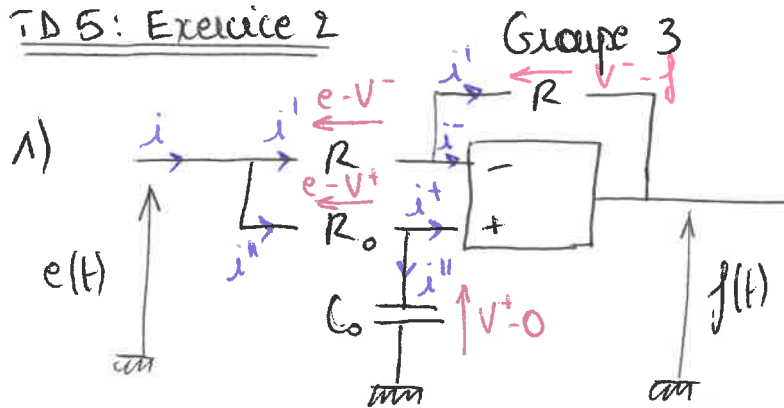
$$\rightarrow \text{en HF} \quad G \sim \frac{1}{\left(\frac{\omega_{\text{HF}}}{\omega_c}\right)} \quad \text{a } \omega_{\text{HF}} \approx 2\omega_0 \Rightarrow \omega_c = G \omega_{\text{HF}}$$

$$\text{on veut } G = \frac{1}{100} \quad \omega_c = \frac{1}{100} \times 2 \times 2,5 \times 10^5$$

$$\boxed{\omega_c = 5 \times 10^3 \text{ rad.s}^{-1}}$$

les résultat est le même mais pas le raisonnement.

TD 5: Exercice 2



on Encore des pb pour trouver $\Delta(t)$ connaissant $\mathcal{E}(t)$ et H

on suppose que $i^+ = i^- = 0$ car l'ALI est idéal.

On suppose que l'ALI fonctionne en régime linéaire donc

$$\mathcal{E} = V^+ - V^- = 0 \Leftrightarrow V^+ = V^-$$

$$\text{Or, } \begin{cases} i' = \frac{e - V^-}{R} = \frac{V^- - f}{R} \Leftrightarrow e + f = 2V^- \Leftrightarrow V^- = \frac{e + f}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} i'' = \frac{e - V^+}{R_0} = \frac{V^+}{Z_C} \Leftrightarrow R_0 V^+ = Z_C e - Z_C V^+ \Leftrightarrow V^+ = \frac{e Z_C}{R_0 + Z_C} \end{cases}$$

$$\text{D'où } \frac{e + f}{2} = \frac{e Z_C}{R_0 + Z_C} \Leftrightarrow f = \frac{2e Z_C}{R_0 + Z_C} - e = e \left(\frac{2Z_C}{R_0 + Z_C} - 1 \right)$$

$$\Leftrightarrow \frac{f}{e} = \frac{2Z_C - R_0 - Z_C}{R_0 + Z_C} = \frac{Z_C - R_0}{R_0 + Z_C}$$

$$\text{Ainsi, } \underline{\frac{f}{e}} = \frac{1/j\omega C_0 - R_0}{1/j\omega C_0 + R_0} = \frac{1 - jR_0 C_0 \omega}{1 + jR_0 C_0 \omega} = \underline{\underline{I}} \quad \text{B}$$

2)*/

$$* \underline{I} = e^{j\psi} = \cos \psi + j \sin \psi$$

$$\text{Donc } \cos \psi = \text{Re}(\underline{I})$$

$$\text{Or, } \underline{I} = \frac{1 - jR_0 C_0 \omega}{1 + jR_0 C_0 \omega} \frac{1 - jR_0 C_0 \omega}{1 - jR_0 C_0 \omega} = \frac{1 - 2jR_0 C_0 \omega - (R_0 C_0 \omega)^2}{1 + (R_0 C_0 \omega)^2}$$

$$\text{D'où } \underline{\cos \psi} = \frac{1 - (R_0 C_0 \omega)^2}{1 + (R_0 C_0 \omega)^2} = \frac{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2} \quad \text{avec } \omega_0 = \frac{1}{R_0 C_0}$$

$$|\underline{I}| = \sqrt{\frac{1 + (R_0 C_0 \omega)^2}{1 + (R_0 C_0 \omega)^2}} = 1$$

d'une manière générale
 $\underline{I} = |\underline{I}| e^{j\psi}$

T.B

3) * On exprime $g(t)$:

$$\underline{\underline{f = T e}}$$

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

$$\text{Or, } f(t) = T e(t)$$

$$e(t) = U_0 \cos(\omega_0(1+m)t)$$

$$\psi = \arg T(\omega_0)$$

$$\text{d'où } f(t) = |T(\omega_0)| U_0 \cos(\omega_0(1+m)t + \psi)$$

$$\text{D'où } g(t) = k e(t) f(t) T = k \cos(\omega t) \cos(\omega t) \cos \psi$$

$$= \frac{k U_0}{2} (\cos(2\omega t) + \cos(0))$$

$$= \frac{k U_0}{2} (\cos(2\omega t) + \underbrace{\cos 0}_1) \cos \psi \quad \text{avec } \cos a \cos b = \frac{1}{2} \cos(a+b) + \frac{1}{2} \cos(a-b)$$

$$= \frac{k U_0}{4} (\cos(2\omega t + \psi) + \cos(2\omega t - \psi) + \cos \psi)$$

$$g(t) = \frac{k U_0}{4} \cos \psi + \frac{k U_0}{2} \cos(2\omega t) \cos \psi$$

$$\text{On pose : } A = \frac{k U_0}{4} \cos \psi \quad \text{de pulsation nulle}$$

$$B = \frac{k U_0}{2} \cos(2\omega t) \cos \psi \quad \text{de pulsation } 2\omega$$

$$\text{D'où } g(t) = A + B$$

* On exprime A :

$$A = \frac{k U_0^2}{4} \cos \psi = \frac{k U_0}{4} \frac{1 - \left(\frac{\omega^2}{\omega_0^2}\right)}{1 + \left(\frac{\omega^2}{\omega_0^2}\right)} = \frac{k U_0}{4} \frac{1 - \left(\frac{\omega_0^2 (1+m)^2}{\omega_0^2}\right)}{1 + \left(\frac{\omega_0^2 (1+m)^2}{\omega_0^2}\right)}$$

$$= \frac{k U_0^2}{4} \frac{1 - 1 - 2m + m^2}{1 + 1 + 2m + m^2} = \frac{k U_0^2}{4} \frac{-2m + m^2}{2 + 2m + m^2} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{on veut } \pm DL \\ \text{à l'ordre 1} \\ m \ll 1 \end{array} \right.$$

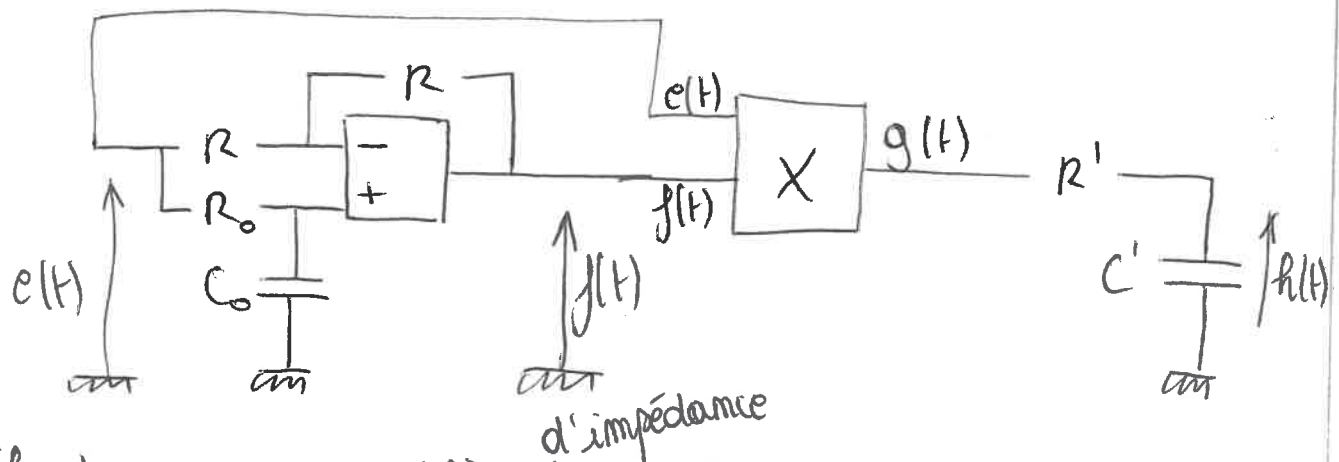
$$* / \quad A = \frac{k U_0^2}{2} \frac{(-2m)}{2} = - \frac{k U_0^2}{2} m \quad \left\{ \begin{array}{l} -2m + m^2 \approx -2m \\ 2 + 2m + m^2 \approx 2 \end{array} \right.$$

$$4) / \text{ on en déduit que } g(t) = - \frac{k U_0^2}{2} m + \frac{k U_0^2}{2} \cos(2\omega t + \psi)$$

à conserver par le passe-bas ou à éliminer par le passe-haut.

$$\Rightarrow \boxed{h(t) = - \frac{k U_0^2}{2} m} \quad \Rightarrow \quad \boxed{\omega_c^{PB} \ll 2\omega}$$

5) On donne le montage complet



Il n'y a pas de problème car l'ALI utilisé est supposé idéal donc son impédance de sortie est nulle. | B

posons $\omega = \omega_0(1+m)$

de

idem pour l'impédance de sortie du multiplieur

$$3) \quad g(t) = k U_0 \cos(\omega t) \quad U_0 \cos(\omega t + \psi) \\ = \frac{k U_0^2}{2} \left[\cos \psi + \cos(2\omega t + \psi) \right]$$

$$= \underbrace{\frac{k U_0^2}{2} \cos \psi}_{\text{A tension continue}} + \underbrace{\frac{k U_0^2}{2} \cos(2\omega t + \psi)}_{\text{tension de pulsation } 2\omega}$$

TD 5 Exercice 3

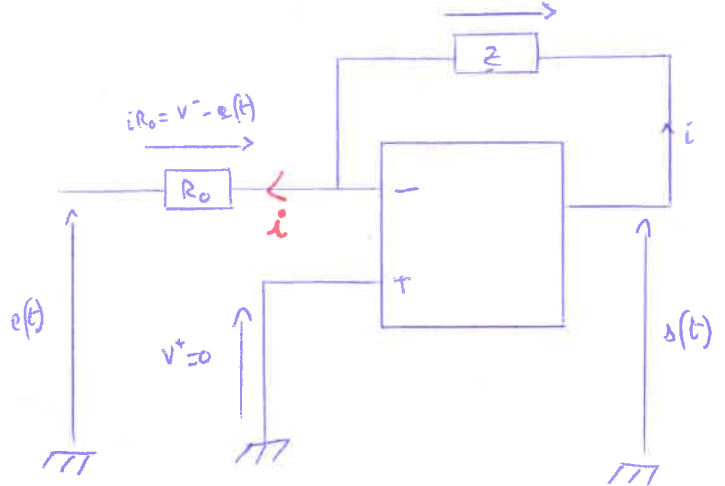
→ Conclusion
→ système vos réponses.

→ ⚠ pas de mélange de grandeurs complexes et temporelles!

1) $\underline{Z} = R(\omega) + j L(\omega) \cdot \omega$

l'ALI est idéal de gain diff. infini

$\mathcal{E} = V^+ - V^- = 0$
 $\Rightarrow V^+ = V^- = 0$



Ainsi on en déduit

$i R_0 = -e(t)$
 $i \underline{Z} = s(t)$

Conclusion
 $e(t)$ est proportionnel à $i(t)$
 $s(t)$ est la tension aux bornes de $\underline{Z}$

2) On détermine $\underline{H}$ la fonction de transfert du montage

$\underline{H} = \frac{\underline{s(t)}}{\underline{e(t)}} = - \frac{\underline{Z}}{R_0} = \left(- \frac{R(\omega) + j L(\omega) \cdot \omega}{R_0} \right)$ donc $|\underline{H}| = \frac{|\underline{Z}|}{R_0}$
 $\arg \underline{H} = -\arg \underline{Z}$
 ces en reliant les montage à l'usage.
 $= \left(- \frac{1 + j \frac{L(\omega) \omega}{R(\omega)}}{\frac{R_0}{R(\omega)}} \right)$ limite ici.

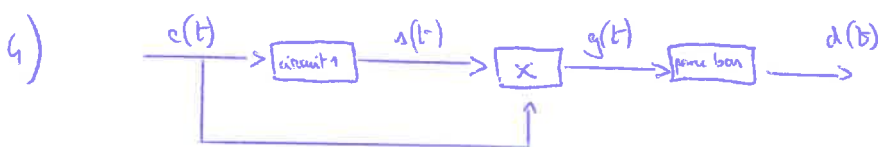
3) Soit $e(t) = E \cdot \cos(\omega t)$

$|\underline{Z}| = \sqrt{R(\omega)^2 + L(\omega)^2 \omega^2}$

$\varphi = \arg \underline{Z} = \arg (R(\omega) + j L(\omega) \omega)$
 $= \arctan \left(\frac{L(\omega) \omega}{R(\omega)} \right)$

Ainsi $s(t) = \underline{H} e(t) \rightarrow s(t) = |\underline{H}| E \cos(\omega t + \arg \underline{H})$

donc $s(t) = \frac{|\underline{Z}|}{R_0} E \cos(\omega t + \varphi)$ et $|\underline{H}| = \frac{|\underline{Z}|}{R_0}$



$$\cancel{d(t)} = \cancel{H_1} \cancel{q(t)}$$

$$= \cancel{H_1} \cancel{s(t)} \times e(t)$$

avec $H_1 = \frac{1}{1 + j\frac{\omega}{\omega_0}}$

le passe pass ne sélectionne que la composante continue $\Rightarrow H_1 = 1$ en BF

$$= \cancel{H_1} \frac{|z| E}{R_0} \cos(\omega t + \varphi) \times E \cos(\omega t) = q(t)$$

$$\cancel{d(t)} = \cancel{H_1} \frac{|z| E^2}{2 R_0} (\cos(2\omega t + \varphi) + \cos(\varphi)) = q(t)$$

filtré passe bas $\rightarrow d(t) = \frac{|z| E^2 \cos \varphi}{2 R_0}$

$$= \cancel{H_1} \frac{E^2}{R_0} (|z| \cos(2\omega t + \varphi) + R(\omega)) = R(\omega) \frac{H_1 E^2}{R_0} + \cancel{H_1} \frac{E^2}{2 R_0} |z| \cos(2\omega t + \varphi)$$

$$d(t) = \frac{|z| E^2}{2 R_0} (\cos \varphi)$$

5) On sait que $|z| = \sqrt{R(\omega)^2 + L(\omega)^2 \omega^2}$ et $\cos(\arctan(x)) = \frac{1}{\sqrt{1+x^2}}$

plus simple $z = R + jL\omega = |z| e^{j\varphi} = |z| \cos \varphi + j|z| \sin \varphi$

$$R(\omega) = |z| \cos \varphi = |z| \cos(\arctan z) = \sqrt{R(\omega)^2 + L(\omega)^2 \omega^2} \times \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{L(\omega)^2 \omega^2}{R(\omega)^2}}}$$

$\rightarrow$ puis identifier.

$$= \sqrt{R(\omega)^2 + L(\omega)^2 \omega^2} \times \frac{R(\omega)}{\sqrt{R(\omega)^2 + L(\omega)^2 \omega^2}} = R(\omega)$$

$$|z| \sin \varphi = |z| \sin(\arctan z) = \sqrt{R(\omega)^2 + L(\omega)^2 \omega^2} \times \frac{\frac{L(\omega) \cdot \omega}{R(\omega)}}{\sqrt{1 + \frac{L(\omega)^2 \omega^2}{R(\omega)^2}}}$$

$$|z| \sin \varphi = L(\omega) \cdot \omega$$

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

$$- |z| \cos(2\omega t + \varphi)$$

6) Il faut intercaler le nouveau module entre la multiplication et le passe bas, ainsi on inverse les équations: $(|z| \cos(\varphi + \frac{\pi}{2})) = |z| \sin(\varphi)$ schéma? d'idée et là

On retrouve donc $L(\omega) \cdot \omega$ dans l'équation finale de $d(t)$ à la place de $R(\omega)$

