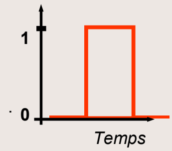
Introduction à la déformation des signaux?

- 1. Notion de régime transitoire
- 2. Réponse d'un réseau dipolaire d'ordre 1 à un échelon
- 3. Réponse d'un réseau dipolaire d'ordre 2 à un échelon
- 4. L'horloge en transmission numérique
- 5. Déformation de signal

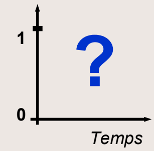
Notion de régime transitoire

Transition 0 -> 1



Virtuel

Discontinu

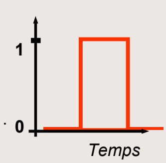


Réalité

- Test de la main

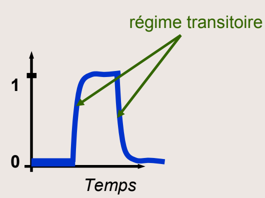
Notion de régime transitoire

Résultat



Virtuel

Discontinu



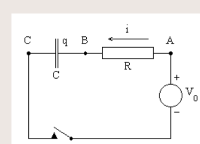
Réalité

Continue

Matériel = matière = inertie

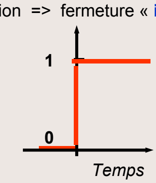
Réponse d'un réseau dipolaire d'ordre 1 à un échelon

Exemple : circuit RC



Transition 0 –> 1 = transition tension **basse** –> tension **haute**

Echelon de tension => fermeture « **instantanée** » d'un interucpteur

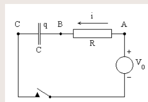


Réponse d'un réseau dipolaire d'ordre 1 à un échelon

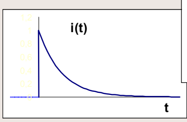
Résultat :

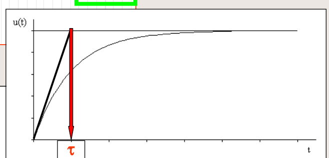
$t = 0\,\mathrm{s},\ q = 0\,\mathrm{C}$

$$\frac{d\,q(t)}{dt} + \frac{q(t)}{R\,C} = \frac{V_0}{R}$$



$$\begin{cases} q(t) = C\,V_0\left(1 - e^{-t/\tau}\right) \\ u(t) = V_0\left(1 - e^{-t/\tau}\right) \quad \text{avec} \quad \boxed{\tau = RC} \\ i(t) = \dfrac{V_0}{R}\,e^{-t/\tau} \end{cases}$$





Conditions initiales

Conclusion

– Une conséquence de l'Approximation des Régimes Quazi-Stationnaires est l'apparition de discontinuités purement « mathématiques »

– Ces discontinuités sont justifiées « physiquement » car les phénomènes de propagation sont considérés ici comme quasi-instantanés

– Dans le cadre de l'ARQS, les phénomènes d'inertie viennent essentiellement des effets inductifs et capacitifs

– En particulier, ils ne viennent pas de la masse des électrons, trous….

Conditions initiales

Conséquences

On pose les conditions initiales en indiquant que :

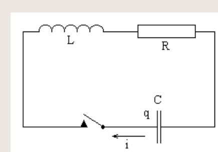
– La **charge (ou tension) d'un condensateur** est une fonction continue

– Le **courant qui traverse une bobine** est une fonction continue

(Conditions qui dérivent du formalisme de l'électrocinétique)

Réponse d'un réseau dipolaire d'ordre 2 à un échelon

Exemple : circuit RLC



t = 0 s

Condensateur chargé

q(t=0) = q0

interrupteur ouvert

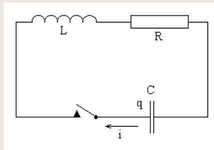
i(t=0) = 0.

Décharge d'un condensateur à travers une bobine et une résistance

Réponse d'un réseau dipolaire d'ordre 2 à un échelon

Loi des mailles + définition de i

$$\begin{cases} \dfrac{q(t)}{C} = L\,\dfrac{d\,i(t)}{dt} + R\,i(t) \\ i(t) = -\dfrac{d\,q(t)}{dt} \end{cases}$$

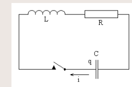


$$\boxed{L\,C\,\frac{d^2q(t)}{dt^2} + R\,C\,\frac{d\,q(t)}{dt} + q(t) = 0}$$

Réponse d'un réseau dipolaire d'ordre 2 à un échelon

Résolution

$$L\,C\,\frac{d^2q(t)}{dt^2} + R\,C\,\frac{d\,q(t)}{dt} + q(t) = 0$$



Méthode

$$L\,C\,x^2 + R\,C\,x + 1 = 0$$

Discriminant

$$\Delta = R^2\,C^2 - 4\,L\,C$$

$$\Delta = 0 \quad \Leftrightarrow \quad \boxed{R = R_c = \sqrt{\frac{L}{C}}}$$

3 cas possibles

Réponse d'un réseau dipolaire d'ordre 2 à un échelon

1er cas : R = Rc ($\Delta = 0$)

- *Une racine double réelle* $r = \dfrac{-R_c}{2L} = -\dfrac{1}{\sqrt{L\,C}} = -\dfrac{1}{\tau}$ avec $\tau = \sqrt{L\,C}$
- *Solution générale*

$$q(t) = (\mu + \lambda\,t)\,e^{r\,t}$$

$$\Rightarrow \quad i(t) = -\frac{d\,q(t)}{dt} = -(\lambda + \mu\,r + \lambda\,r\,t)\,e^{r\,t}$$

2 conditions initiales :

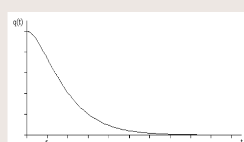
sur la fonction et sur sa dérivée

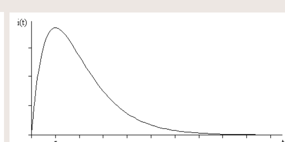
$$\begin{cases} q(t=0) = \mu = q_0 \\ i(t=0) = -(\lambda + \mu\,r) = 0 \end{cases} \quad \Rightarrow \quad \lambda = -\mu\,r = \frac{q_0}{\sqrt{L\,C}}$$

Réponse d'un réseau dipolaire d'ordre 2 à un échelon

Résultat :

$$\begin{cases} q(t) = q_0\left(1 + \dfrac{t}{\tau}\right)e^{-t/\tau} \\ i(t) = \dfrac{q_0}{\tau^2}\,t\,e^{-t/\tau} \end{cases} \quad \text{avec} \quad \boxed{\tau = \sqrt{L\,C}}$$





- *Le régime est dit* ***critique***
- *La charge tend* ***rapidement*** *vers 0*
- *L'intensité est* ***maximale*** *pour t =* τ

Réponse d'un réseau dipolaire d'ordre 2 à un échelon

2e cas : R > Rc ($\Delta > 0$)

$$r_\pm = \frac{-R \pm \sqrt{R^2 - R_c^2}}{2\,L}$$

- *deux racines réelles distinctes*

  de même signe et négatives

- *Solution générale*

$$\alpha_+ = |r_-| \qquad \alpha_- = |r_+|$$

$$q(t) = \lambda_+\, e^{-\alpha_+ t} + \lambda_-\, e^{-\alpha_- t}$$

$$\Rightarrow \quad i(t) = \lambda_+\, \alpha_+\, e^{-\alpha_+ t} + \lambda_-\, \alpha_-\, e^{-\alpha_- t}$$

2 conditions initiales :

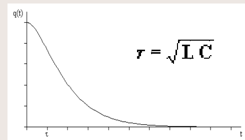
sur la fonction et sur sa dérivée

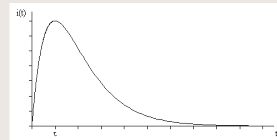
$$\begin{cases} q(t=0) = \lambda_+ + \lambda_- = q_0 \\ i(t=0) = \lambda_+\, \alpha_+ + \lambda_-\, \alpha_- = 0 \end{cases}$$

Réponse d'un réseau dipolaire d'ordre 2 à un échelon

- *Résultat :*

$$\begin{cases} q(t) = \dfrac{q_0}{\alpha_+ - \alpha_-}\left(\alpha_+\, e^{-\alpha_- t} - \alpha_-\, e^{-\alpha_+ t}\right) \\ i(t) = \dfrac{\alpha_+\, \alpha_-\, q_0}{\alpha_+ - \alpha_-}\left[e^{-\alpha_- t} - e^{-\alpha_+ t}\right] \end{cases}$$





- *Régime* ***apériodique***, *similaire au régime critique, mais*
- *Charge tend* ***moins rapidement*** *vers 0*

  Valeur presque atteinte pour $t \geq 1/\alpha_- > \tau$

- *Intensité* ***maximale*** *pour* $t < \tau$

Réponse d'un réseau dipolaire d'ordre 2 à un échelon

3e cas : R < Rc ($\Delta < 0$)

- *deux racines* ***complexes conjuguées*** $r_\pm = \dfrac{-R \pm j\sqrt{R_c^2 - R^2}}{2\,L}$

Que l'on peut écrire $r_\pm = -\alpha \pm j\,\omega$

avec

$$\begin{cases} \alpha = \dfrac{R}{2\,L} \\ \omega = \dfrac{\sqrt{R_c^2 - R^2}}{2\,L} = \sqrt{\dfrac{1}{L\,C} - \dfrac{R^2}{4\,L^2}} = \sqrt{\dfrac{1}{\tau^2} - \alpha^2} \end{cases}$$

- *Solution générale*

$$q(t) = \lambda_+\, e^{r_+ t} + \lambda_-\, e^{r_- t} = \lambda_+\, e^{-\alpha t}\, e^{j\omega t} + \lambda_-\, e^{-\alpha t}\, e^{-j\omega t} = A\, e^{-\alpha t} \cos(\omega\, t + \varphi)$$

Réponse d'un réseau dipolaire d'ordre 2 à un échelon

2 conditions initiales :

sur la fonction et sur sa dérivée

$$q(t=0) = A\, \cos\varphi = q_0$$

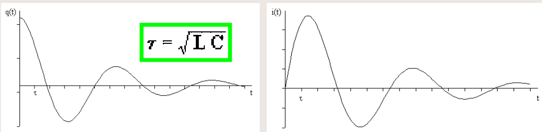
$$i(t=0) = A\,(\alpha \cos\varphi + \omega \sin\varphi) = 0$$

$$\Rightarrow \quad \tan\varphi = -\frac{\alpha}{\omega} \quad \text{et} \quad A = \frac{q_0}{\cos\varphi}$$

- ***Résultat :***

$$\begin{cases} q(t) = \dfrac{q_0}{\cos\varphi}\, e^{-\alpha t} \cos(\omega t + \varphi) \\ i(t) = \dfrac{\omega\, q_0}{\cos^2\varphi}\, e^{-\alpha t} \sin\omega t \end{cases}$$

Réponse d'un réseau dipolaire d'ordre 2 à un échelon



– *Le régime transitoire est une* ***oscillation amortie*** *:*
  - *de pulsation* ω *(unité : rad.s*$^{-1}$*)*
  - *et donc de fréquence f (unité : Hz) telle que* $\omega = 2\pi f$

– *L'amortissement est atteint pour* $t \geq 1/\alpha = 2L/R > \tau$

– *Pour une résistance*
  - *Grande ⇨ amortissement rapide*
  - *Petite ⇨ oscillation <u>durable</u> de pulsation* $\omega \approx 1/\tau = 1/\sqrt{LC}$

    $t >> \tau$
  - ***Régime pseudo-périodique***

Déformation de signal

Conclusion

Si l'on envoie un signal électrique sur un système formé de résistances, de condensateurs et de bobines, le signal sera:

- *déformé*
- *atténué*
- *retardé*

Nous avons vu qu'un support de transmission de signaux électriques est caractérisé par des effets résistifs, inductifs, capacitifs… qui auront des conséquences majeures sur la transmissions de données et sur les stratégies à employer pour optimiser les transferts

ex: influence de l'horloge

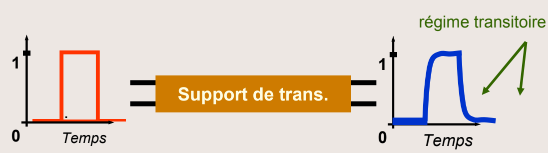
Influence de la fréquence de l'horloge

Exemple simple: Transfert en binaire à travers un circuit RL

Emission **Réception**

Quel signal en réception?

Transfert en binaire

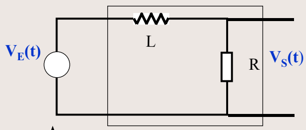


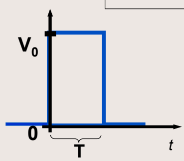
Emission **Réception**

Déformations, pertes d'amplitude…

Déformation d'un signal carré

Exemple simple : ***circuit RL***

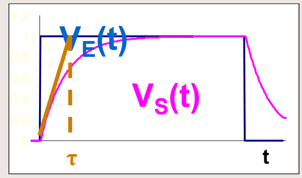




$$\tau = \frac{L}{R}$$

Déformation d'un signal carré

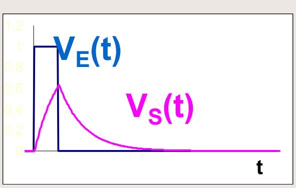
Résultat *:* ***τ / T = 1/6 => Débit faible***



- Pas de perte d'information

Déformation d'un signal carré

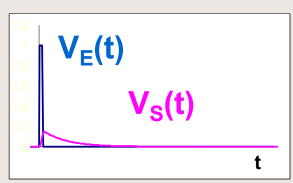
Résultat *:* ***τ / T = 1 => Débit intermédiaire***



- L'émission trop rapide d'un nouveau bit va superposer un signal de sortie
- Risque élevé de signal illisible en sortie

Déformation d'un signal carré

Résultat *:* ***τ / T = 8 => Débit fort***



- Transmission de données impossible

Influence de la fréquence de d'horloge

Conclusion

– Les effets inductifs, capacitifs et l'effet Joule induisent une **déformation des signaux**

– La déformation est liée aux supports,

– mais les conséquences sur la qualité de l'information transmise dépend des caractéristiques du signal envoyé

– Par exemple, le débit ne peut dépasser certaines limites qui dépendent des **caractéristiques du support** de transmission

– Les améliorations technologiques visent à améliorer les supports (réduction des résistances, capacités, inductances, diaphonies…)

– Les améliorations des procédures visent à optimiser les caractéristiques des signaux (débit, format, codage…)

Quelques instants sur les temps

Temps **d'acheminement** de l'information

=

Temps de **propagation**

+

Délai lié à l'inertie

Exemple :

Pour 10 MBaud sur une ligne de distance d

Si d<<30 m =>Temps acheminement = Délai lié à l'inertie

Si d>>30 m =>Temps acheminement = Temps de propagation