

## 5. Régime transitoire et constante de temps

### 5.1. Introduction

Au moyen du simulateur et des outils d'analyse de LTSpice nous allons tenter de comprendre comment s'appliquent les notions de régime transitoire et de constante de temps pour un circuit de type RC. Ce PDF est un résumé des notions abordées dans la vidéo et n'a à priori pas vocation à s'y substituer.

### 5.2. Rappel théorique

équation caractéristique de l'inductance

$$u(t) = L \frac{di}{dt}$$

$$i(t) = I_o + \frac{1}{L} \int_0^t u(\tau) d\tau$$

équation caractéristique d'une capacité

$$i(t) = C \frac{du}{dt}$$

$$u(t) = U_o + \frac{1}{C} \int_0^t i(\tau) d\tau$$

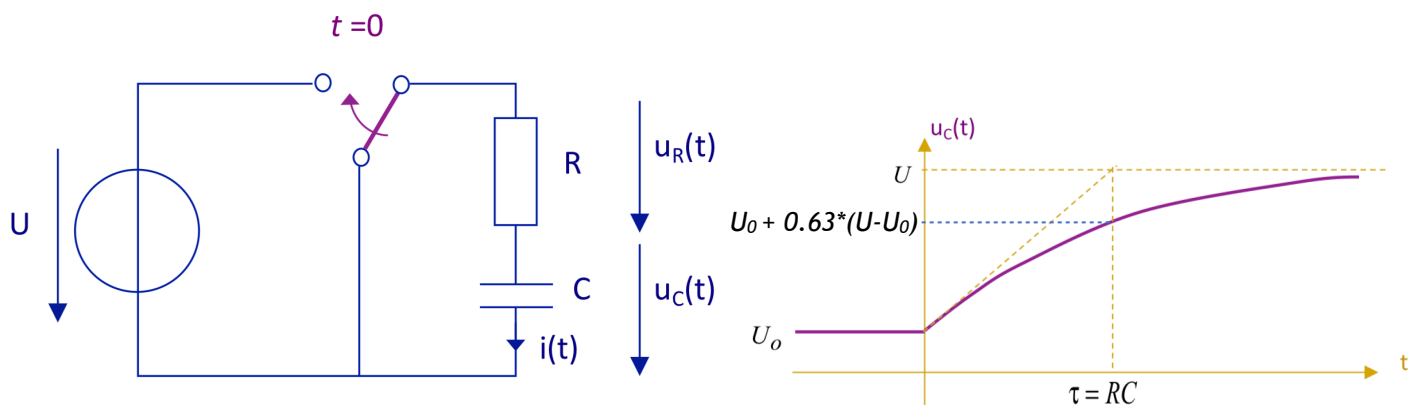
Pas de saut de courant dans une inductance

Pas de saut de tension dans un capacité

#### • Circuit RC

La constante de temps d'un circuit RC est  $\tau = RC$

Pour observer ce que cette constante représente, considérons l'exemple suivant :



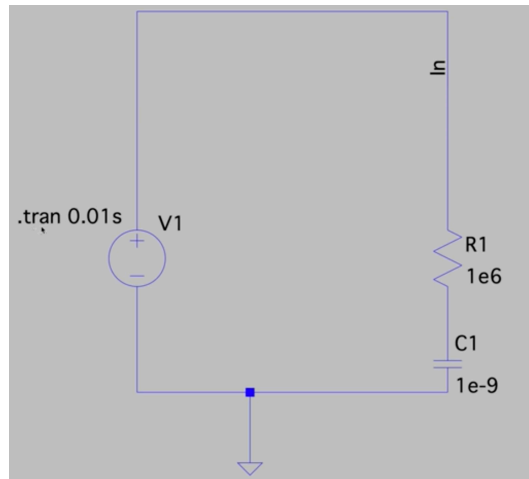
Condition initiale :  $U_c(0) = U_o$

On peut alors calculer :  $U_c(t) = U - (U - U_o)e^{-t/\tau}$

$$\begin{aligned} \text{et donc : } U_c(\tau) &= U - (U - U_o)e^{-1} = U_o + (1 - e^{-1}) \cdot (U - U_o) \\ &\approx U_o + 0.63 \cdot (U - U_o) \end{aligned}$$

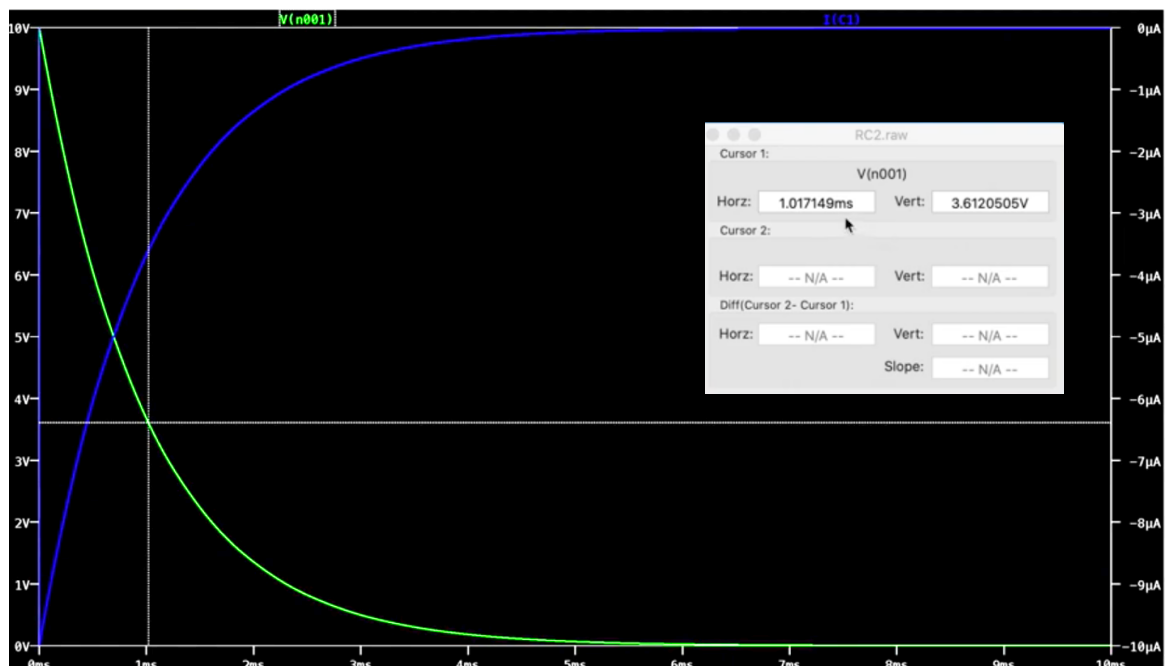
### 5.3. Analyse avec une seule transition

Nous allons étudier le circuit RC ci-dessous dans une fenêtre de temps de 0.01s à l'aide de la commande « .tran 0.01s ».



$$\tau = RC = 1ms$$

Pour cette première analyse, la source de tension est configurée en mode Pulse avec Vinitial = 10V, Von = 0V, Tdelay = 0s, Trise = Tfall = 1ns, Ton = Tperiod = 10'000s. Cette configuration de Ton et Tperiod permet ici de simuler un état final « définitif ». A noter qu'une fois à 0V, la source de tension est un court-circuit.

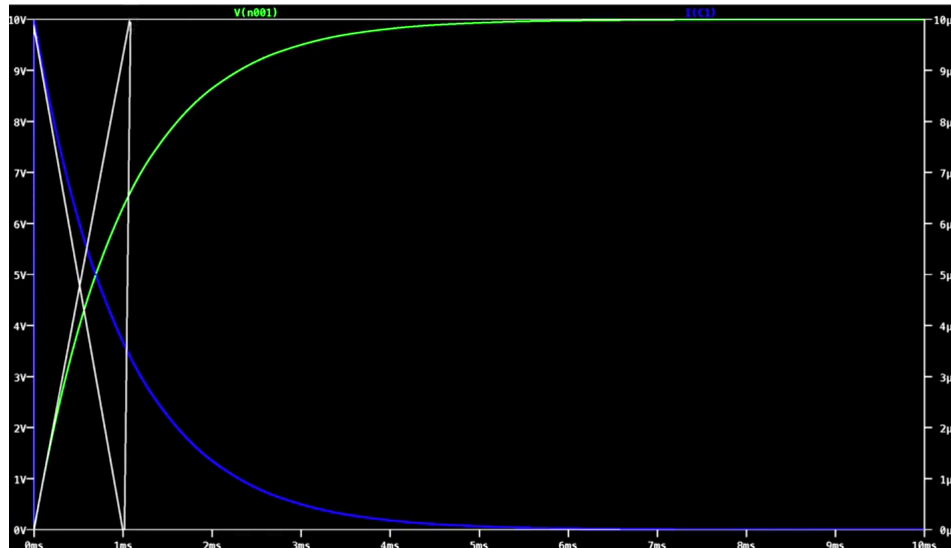


Vert :  $U_c$ , Bleu : Courant

On observe que la capacité se décharge de manière exponentielle sous l'effet de la chute de tension de la source. Théoriquement, on peut calculer  $U_c(t) = Ue^{-t/\tau}$ . Ainsi

à  $t=\tau$ , on voit que la tension dans la capacité vaut 37% de sa valeur initiale. Même principe avec le courant, qui atteint 37% de sa valeur initiale à  $t=\tau$ .

On simule ensuite la charge de la capacité en prenant  $V_{\text{initial}} = 0\text{V}$  et  $V_{\text{on}} = 10\text{V}$ . En blanc, on trace les tangentes aux deux courbes en  $t=0\text{s}$  et on constate qu'elles coupent l'état final respectif de leur courbe en  $t=\tau$ .



Vert :  $U_c$ , Bleu : Courant

## 5.4. Analyse avec des charges/décharges périodiques

Nous allons à présent étudier le circuit RC du point 5.3 dans une fenêtre de temps de 0.1s à l'aide de la commande « .tran 0.1s ».

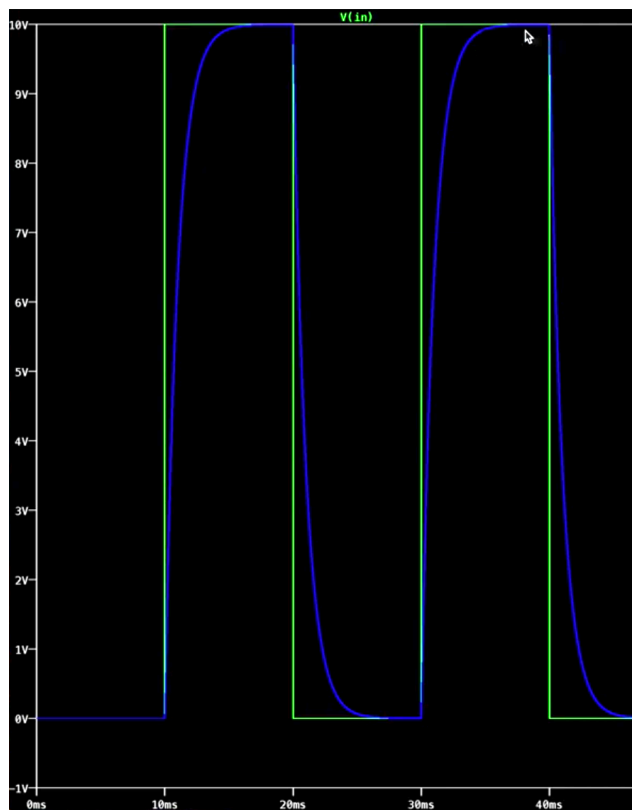
Pour cette deuxième analyse, la source de tension est configurée en mode Pulse avec  $V_{\text{initial}} = 0\text{V}$ ,  $V_{\text{on}} = 10\text{V}$ ,  $T_{\text{delay}} = 10\text{ms}$ ,  $T_{\text{rise}} = T_{\text{fall}} = 1\text{ns}$ ,  $T_{\text{on}} = 10\text{ms}$  et  $T_{\text{period}} = 20\text{ms}$ . Cette configuration de  $T_{\text{on}}$  et  $T_{\text{period}}$  permet de simuler une source qui est périodiquement allumée pendant 10ms et éteinte pendant 10ms.

La capacité se charge et se décharge donc périodiquement. On retrouve alors les mêmes formes de courbes pour le courant et la tension que dans le point 5.3.

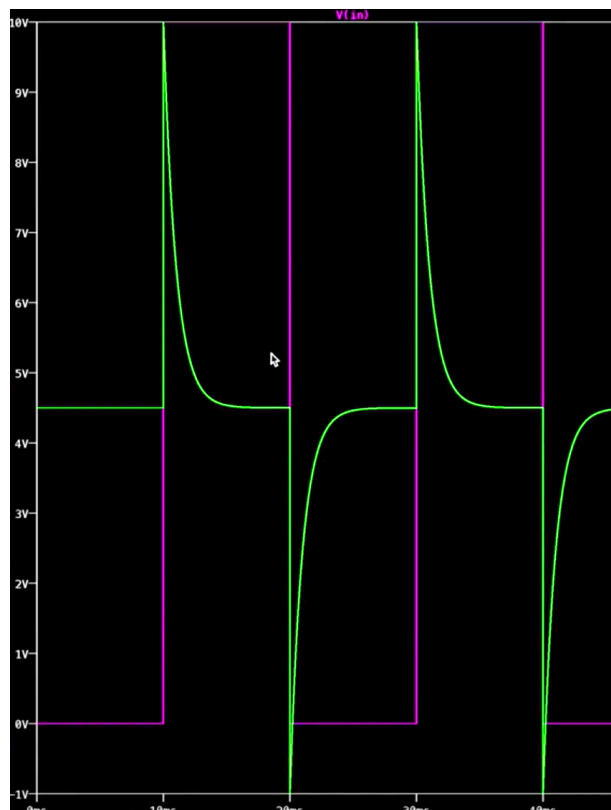
Dans le cas ci-dessus, on laisse le temps à la capacité de se charger et de se décharger complètement. Observons ce qui se passe si on ne laisse pas à la capacité le temps de se charger et de se décharger complètement. Pour cela, soit  $T_{\text{on}} = 2\text{ms}$  et  $T_{\text{period}} = 4\text{ms}$ . On voit alors que la tension dans la capacité ressemble à des dents de scie qui oscillent sans pouvoir atteindre 0V et 10V.

Dans ce cas, le courant moyen dans la capacité lors de charges/décharges périodiques est nul. Ainsi :  $U_{c,\text{moy}} = U_{\text{in},\text{moy}} - U_{R,\text{moy}} = U_0/2 - R \cdot I_{\text{moy}} = U_0/2$ . Cela signifie que la tension dans la capacité oscille autour de  $U_0/2$ . A noter que plus la période de charge et de décharge est faible, plus l'amplitude des dents de scie qui oscillent autour de  $U_0/2$  sera faible. Si  $T_{\text{charge/décharge}} \rightarrow 0$ , on aura une tension quasi constante de  $U_0/2$ .

Tperiod = 20ms

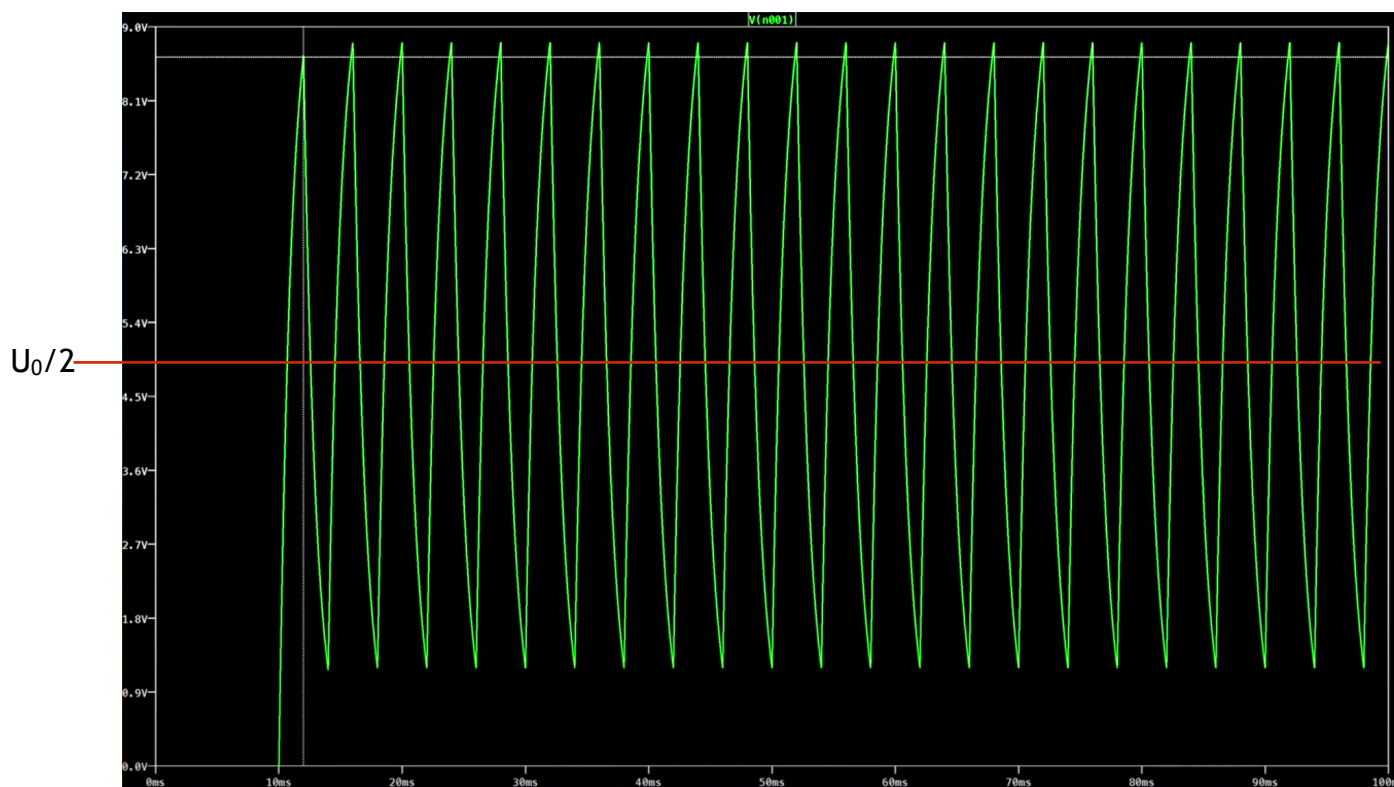


Vert :  $U_{in}$ , Bleu :  $U_c$



Violet :  $U_{in}$ , Vert : Courant

Tperiod = 4ms



Vert :  $U_c$