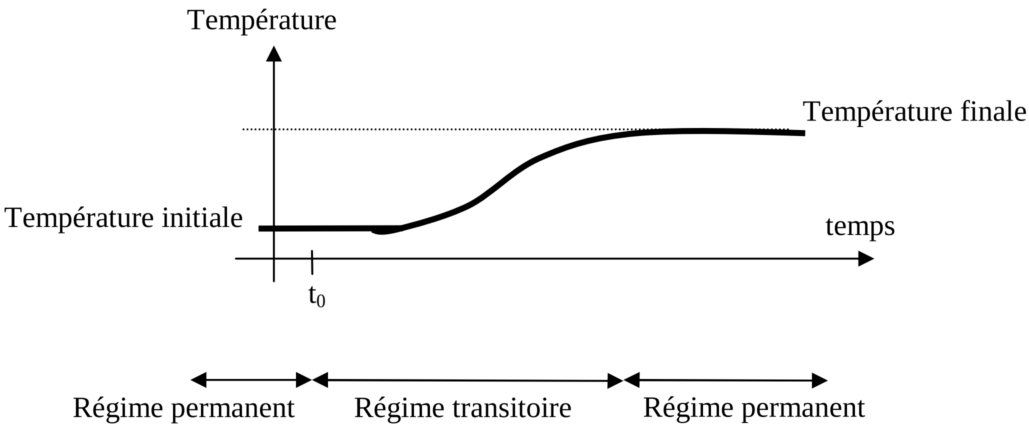
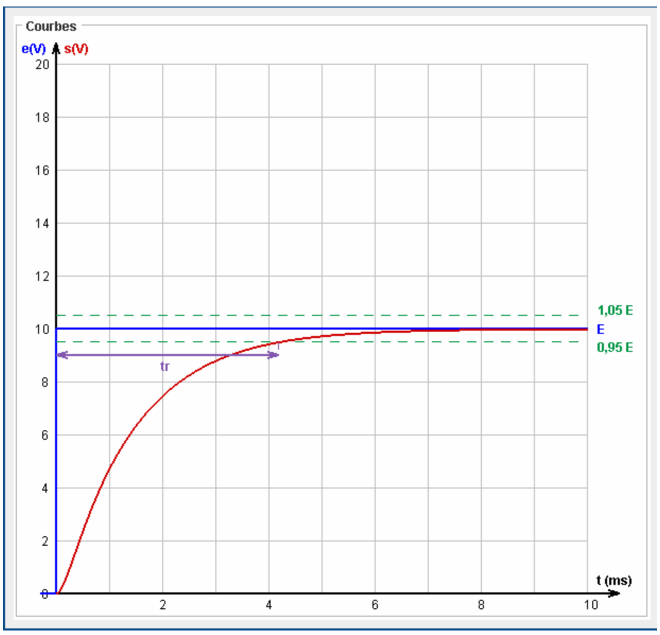
Oct 2006	**Régimes transitoires**	STS CPI

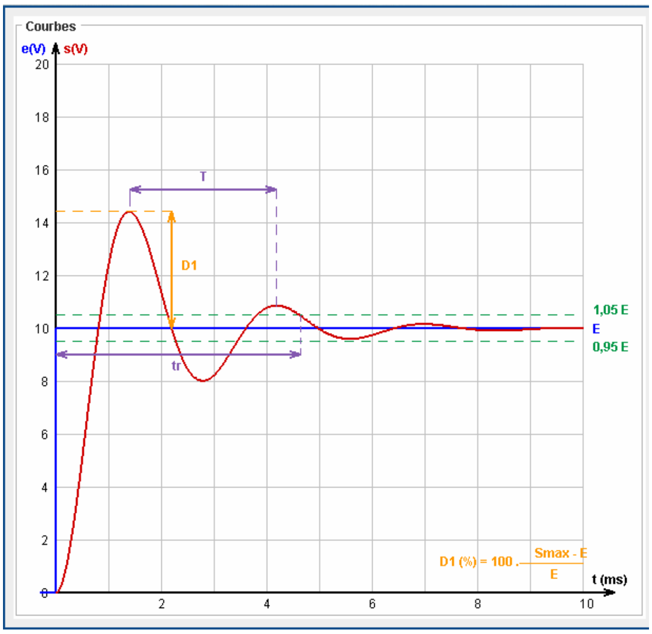
I- INTRODUCTION

L'étude temporelle (ou dynamique) des systèmes (électriques, mécaniques, hydrauliques, thermiques, etc…) fait apparaître 2 types de régime :
-Régime permanent
-Régime transitoire
Le régime transitoire apparaît entre 2 régimes permanents :
<u>Exemple</u>
On s'intéresse à la température dans un four. Au départ la puissance de chauffe est réglée de sorte que la température y soit stable (régime permanent). On décide à un instant donné t_0 d'augmenter la puissance de chauffe, on observe alors l'évolution de la température :



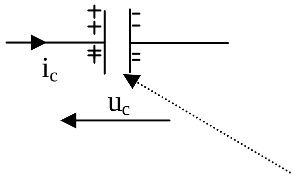
L'accélération ou le freinage d'un moteur entre deux régimes établis ne sont pas non plus instantanés.
Dans un autre domaine encore, en électricité, nous avons l'illusion que l'action sur un interrupteur se traduit par un effet instantané, mais une ampoule électrique, par exemple, présente une inertie thermique qui empêche le filament d'atteindre sa température de fonctionnement en moins de quelques centièmes de seconde.
Le temps de réponse d'un système correspond à la durée du régime transitoire mais elle est difficile à déterminer précisément. Il existe plusieurs façons de définir le **temps de réponse** ; pour les systèmes industriels, on utilise souvent le temps **tr** mis pour atteindre 95% de la variation finale de la grandeur observée.





II- RAPPELS

2-1 Les condensateurs



Les capacités électriques sont des "réservoirs de charges électriques".

Elles sont constituées de 2 surfaces conductrices (les armatures) séparées par un "isolant" (diélectrique)

*Relations entre u_c et i_c → Voir expérience

$$\boxed{Q_c = C \cdot U_c}$$

Charge en Coulomb(C) — Capacité en Farad — Tension en V aux bornes du condensateur

On utilise plus souvent les mF → 10^{-3}F
µF → 10^{-6}F
nF → 10^{-9}F
pF → 10^{-12}F

Par définition, $i_c = \frac{dQ_c}{dt}$ on en déduit $\boxed{i_c = C.\frac{du_c}{dt}}$ et par conséquent, $u_c = \frac{1}{C}\int i_c.dt$

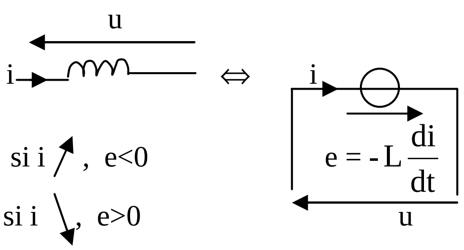
2-2 Les bobines

On rappelle brièvement l'effet inductif : lorsqu'un circuit électrique est parcouru par un courant à µn instant donné, il induit un champ magnétique. A celui-ci, correspond le flux propre du circuit (du champ induit par le circuit à travers sa propre surface). Si le courant dans ce circuit varie, le flux propre aussi ⇒ **fem auto induite s'opposant à la variation du flux propre.**

On parle d'auto induction car il n'y a pas de source de champ magnétique autre que le circuit électrique lui-même. On définit alors l'inductance L d'un circuit électrique par $\boxed{L = \frac{\phi_p}{I}}$

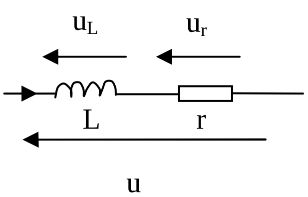
Modèle équivalent d'une bobine "parfaite"

$e = -\frac{d\phi_p}{dt} \Rightarrow e = -L\frac{di}{dt}$ →



$$\Rightarrow \boxed{u = L\frac{di}{dt}}$$

Modèle équivalent d'une bobine réelle

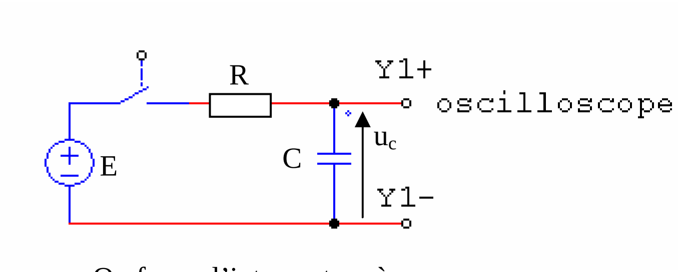


$$\boxed{u = L\frac{di}{dt} + r.i}$$

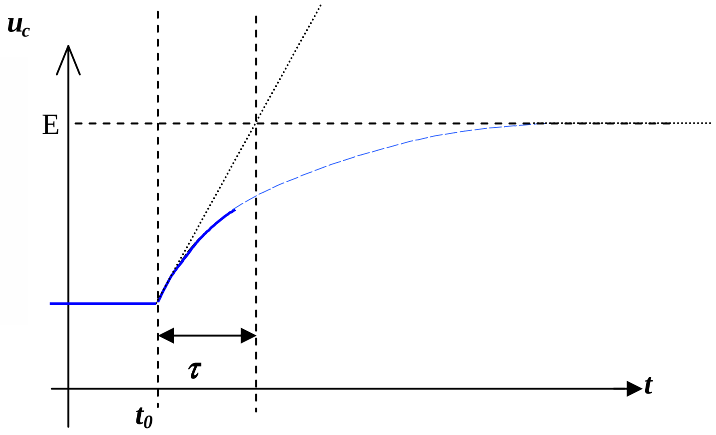
III- ETUDE DU CIRCUIT {R, C}

Résultats expérimentaux

Montage :



On ferme l'interrupteur à l'instant t_0



La tension aux bornes du condensateur ne subit pas de discontinuité.

Étude théorique

La loi des mailles permet d'écrire : $u - R.i - u_c = 0 \Rightarrow R.i + u_c = u$

Or : $i = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt}(C.u_c) = C.\frac{du_c}{dt}$ d'où : $\boxed{R.C.\frac{du_c}{dt} + u_c = u}$ (*u égale **0** ou **E** suivant que l' inter. est ouvert ou fermé*)

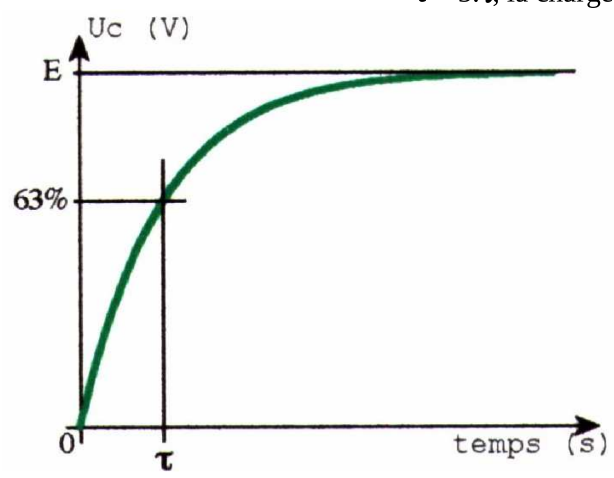
Lorsque le condensateur est initialement déchargé (u_c = 0), cette équation, dite différentielle, admet pour solution: $\boxed{u_c = E.\left[1 - e^{-t/RC}\right]}$

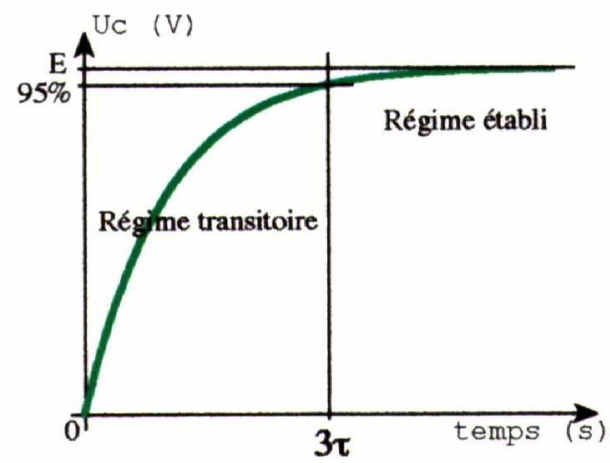
où ***R.C* est homogène à une durée notée τ (tau) ; c'est la constante de temps du système**.

Pour déterminer τ, on peut tracer la tangente à $u_c(t)$ à l'intant t = t_0 puis on obtient τ en mesurant la durée entre t_0 et le temps correspondant à l'intersection entre cette tangente et la valeur finale.

En particulier, pour :

- $t = \tau$, la charge est réalisée à 63 % ;
- $t = 3.\tau$, la charge est réalisée à 95 % ;
- $t = 5.\tau$, la charge est réalisée à 99 %.



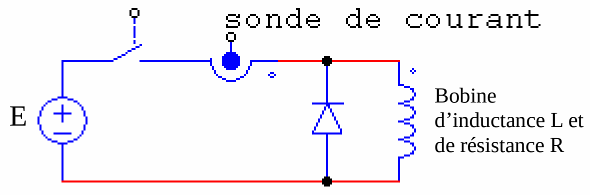


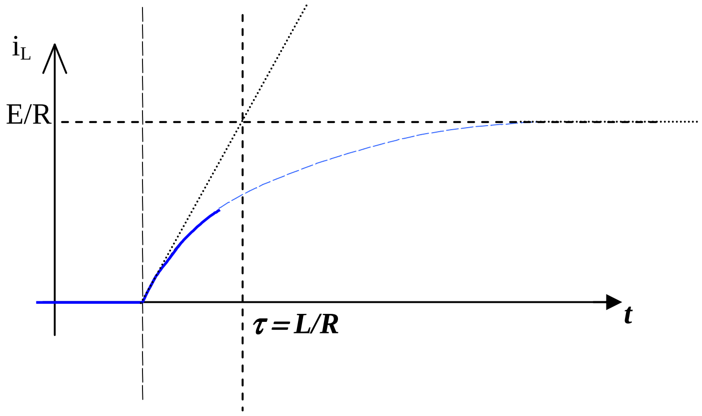
Souvent, on considère que pour 95 % de charge, le régime transitoire est achevé.

IV- CIRCUIT {R,L}

On observe le même phénomène pour l'établissement de l'intensité dans une bobine :

Montage :





$u = u_L + u_R = L\dfrac{di}{dt} + R.i \Rightarrow \dfrac{u}{R} = \dfrac{L}{R}.\dfrac{di}{dt} + i$ avec u valant 0 ou E. Cette équation est semblable à celle obtenue pour le condensateur : $R.C.\dfrac{du_C}{dt} + u_C = u$ qui peut s'écrire : $\tau.\dfrac{du_C}{dt} + u_C = u$

Pour la bobine, nous pourrons écrire, de même : $\tau.\dfrac{di}{dt} + i = \dfrac{u}{R}$ en identifiant τ au rapport $\dfrac{L}{R}$.Quand on ferme l'interrupteur (u passe de 0 V à E), le **nouveau régime permanent** correspond à

$i = C^{ste} \Rightarrow \dfrac{di}{dt} = 0 \Rightarrow \quad i(\infty) = \dfrac{E}{R}$ et, pendant la **phase transitoire** : $\boxed{i = \dfrac{E}{R}.[1 - \exp(-t/\tau)]}$

Dans un circuit inductif {R, L}, l'intensité ne subit pas de discontinuité.

Remarque :
Une bobine présentant un coefficient d'auto–inductance élevé permet de **LISSER le courant** = atténuer les variations de i. Ceci est très utilisé dans l'industrie (alimentation de moteur à courant continu par un hacheur série, etc…).

V- GENERALISATION

Dans la plupart des cas de systèmes industriels, on peut assimiler leurs réponses temporelles à celles d'un système du 1er ordre (éventuellement associées à un temps mort notamment pour les « systèmes thermiques »), c'est-à-dire que la grandeur observée évolue de façon à peu près identique à la solution d'une équation différentielle du 1er ordre.

Dans le cas ou le second membre est une constante (réponse à un échelon) :

$$x + \tau\frac{dx}{dt} = X_0$$