TP 1 – Régimes transitoires de systèmes linéaires

Révisions MPSI/MP2I

Problématique :
Comment acquérir et analyser expérimentalement les régimes transitoires d'un circuit du 1er ordre et d'un circuit du 2e ordre avec le matériel disponible en TP ?

Compétences expérimentales au programme :

Mesurer une tension : mesure directe à l'oscilloscope numérique. Mesurer une résistance : mesure directe à l'ohmmètre. Produire un signal électrique analogique périodique simple à l'aide d'un GBF.	Expliquer le lien entre résolution, calibre. Définir la nature de la mesure effectuée (valeur moyenne, amplitude, valeur crête à crête). Obtenir un signal de valeur moyenne, de forme, d'amplitude et de fréquence données. Gérer, dans un circuit électronique, les contraintes liées à la liaison entre les masses.
Régime libre, réponse à un échelon.	Réaliser l'acquisition d'un régime transitoire pour un circuit linéaire du premier ordre et analyser ses caractéristiques. Confronter les résultats expérimentaux aux expressions théoriques.
Circuit RLC série.	Réaliser l'acquisition d'un régime transitoire pour un système linéaire du deuxième ordre et analyser ses caractéristiques.

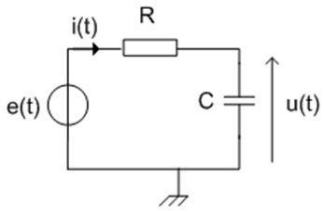
Objectifs :
Réaliser un circuit RC série et un circuit RLC série pour étudier expérimentalement leurs régimes transitoires : propriétés, facteurs d'influence et comparaison avec la théorie. Analyser un régime transitoire pseudo-périodique afin de déterminer les caractéristiques du système.

A faire pour le jeudi 04/09 : Lire entièrement le sujet et répondre aux questions ✎.

NB : Les réponses aux questions **« Analyser ce résultat »** doivent contenir :
- **l'identification des sources d'incertitude** et **l'évaluation de l'incertitude** sur la mesure ;
- une **comparaison** de la valeur expérimentale à une valeur « attendue ».

A) Système du 1er ordre : circuit RC série

1) Etude théorique de la phase de charge



On considère une entrée échelon : $e(t) = 0$ pour t < 0 et $e(t) = E$ pour t > 0.

✎➲ 1. Etablir l'équation différentielle vérifiée par $u(t)$ pour t > 0 en l'écrivant sous forme canonique :

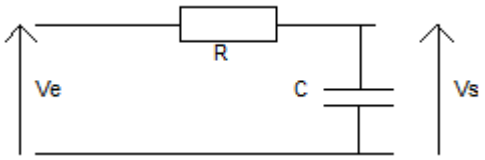
$$\frac{du}{dt} + \frac{u}{\tau} = \frac{E}{\tau}$$

Avec τ la constante de temps du circuit.

✎➲ 2. Déterminer la solution $u(t)$ de cette équation sachant que le condensateur est déchargé pour t < 0. Tracer l'allure de la courbe $u(t)$.

✎➲ 3. Déterminer l'expression de t_r le temps de réponse à 5%.

2) Etude expérimentale



✋ Câbler le circuit ci-contre avec **R = 1,6 kΩ** et **C = 0,1 µF** et un signal d'entrée de fréquence judicieusement choisie pour observer plusieurs alternances de charge et de décharge complètes entre **0 et 5 V**.

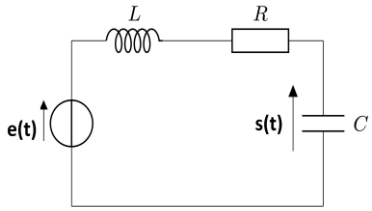
✋ Acquérir les signaux (voie 1 = tension d'entrée ; voie 2 = tension aux bornes de C) sous Latis Pro.

✎➲ 4. Proposer puis mettre en œuvre une méthode pour obtenir la valeur expérimentale τ_{exp} de la constante de temps du circuit. **Analyser ce résultat**.

➲ 5. Mesurer t_r le temps de réponse à 5%. **Analyser ce résultat**.

B) Système du 2e ordre : circuit RLC série

1) Etude théorique



On considère une entrée échelon : $e(t) = 0$ pour t < 0 et $e(t) = E$ pour t > 0.

✎➲ 6. Etablir l'équation différentielle vérifiée par $s(t)$ pour t > 0 en l'écrivant sous forme canonique :

$$\frac{d^2s}{dt^2} + \frac{\omega_0}{Q} \cdot \frac{ds}{dt} + \omega_0^2 \cdot s = \omega_0^2 \cdot E$$

Avec ω_0 la pulsation propre et Q le facteur de qualité du circuit.

En SII, vous utilisez la forme canonique :

$$\frac{1}{{\omega_0}^2} \cdot \frac{d^2s}{dt^2} + 2\frac{m}{\omega_0} \cdot \frac{ds}{dt} + s(t) = K.e(t)$$

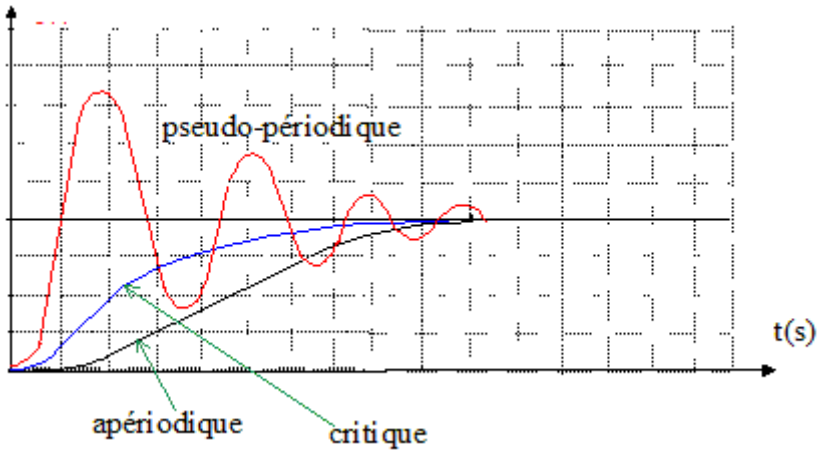
Avec m le coefficient d'amortissement, aussi noté z ou ξ, on a $Q = \frac{1}{2m}$.

En physique, on introduit le facteur de qualité, grandeur adaptée pour discuter du filtrage.

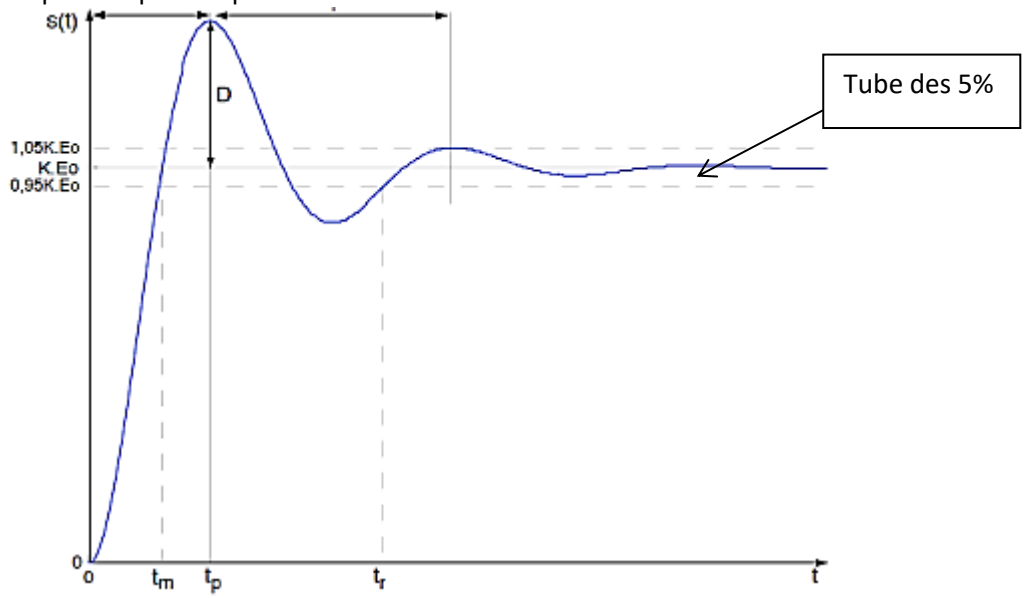
✎➲ 7. Déterminer la solution particulière de cette équation.

✎➲ 8. Exprimer la solution homogène de cette équation dans les trois cas : $Q < 0{,}5$; $Q = 0{,}5$ et $Q > 0{,}5$.

Tracé de la solution générale pour chaque cas :



Cas pseudo-périodique :

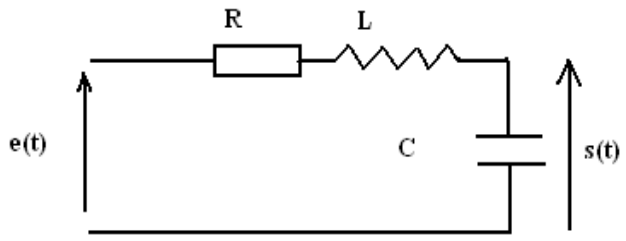


On introduit D_1 le 1er dépassement qui représente l'écart relatif entre le régime permanent et le premier maximum :

$$D_1 = \left(\frac{s(t_p) - s(\infty)}{s(\infty) - s(0)}\right)$$

Le 1er dépassement ne dépend que du coefficient d'amortissement.

2) Etude expérimentale



✋ Câbler le circuit ci-contre avec **L = 0,1 H** et **C = 0,22 µF** et un signal d'entrée créneau de **0 à 5 V** de fréquence judicieusement choisie pour observer le régime transitoire du signal de sortie.

1er cas : Régime transitoire pseudo-périodique

✋ Régler la résistance variable à **280 Ω**.

✋ Acquérir les signaux (voie 1 = tension d'entrée ; voie 2 = tension aux bornes de C) sous Latis Pro.

➲ 9. Vérifier que le type de régime transitoire observé est cohérent avec les résultats théoriques en calculant le facteur de qualité du circuit.

NB : Il faut tenir compte de TOUTES les résistances présentes dans le circuit, notamment les résistances internes du GBF et de la bobine.

➲ 10. Réaliser les mesures suivantes :

- t_r le temps de réponse à 5% ;
- T_p la pseudo-période et en déduire ω_p la pseudo-pulsation ;
- D_1 le premier dépassement et à l'aide de l'abaque du DOC 2, en déduire une valeur du coefficient d'amortissement m. **Analyser ce résultat**.

➲ 11. Déduire de ces mesures la valeur de la pulsation propre ω_0. **Analyser ce résultat**.

2e cas : Régime transitoire apériodique

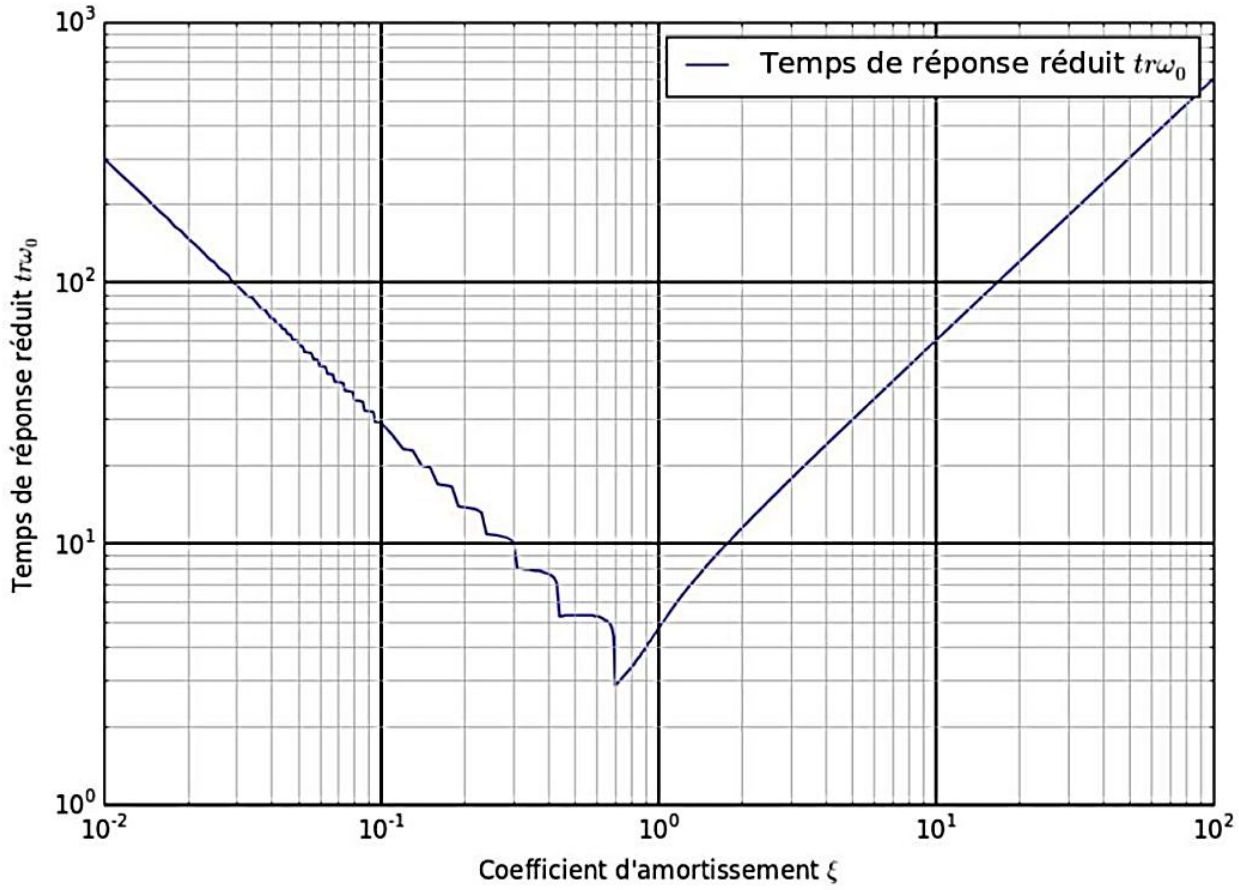
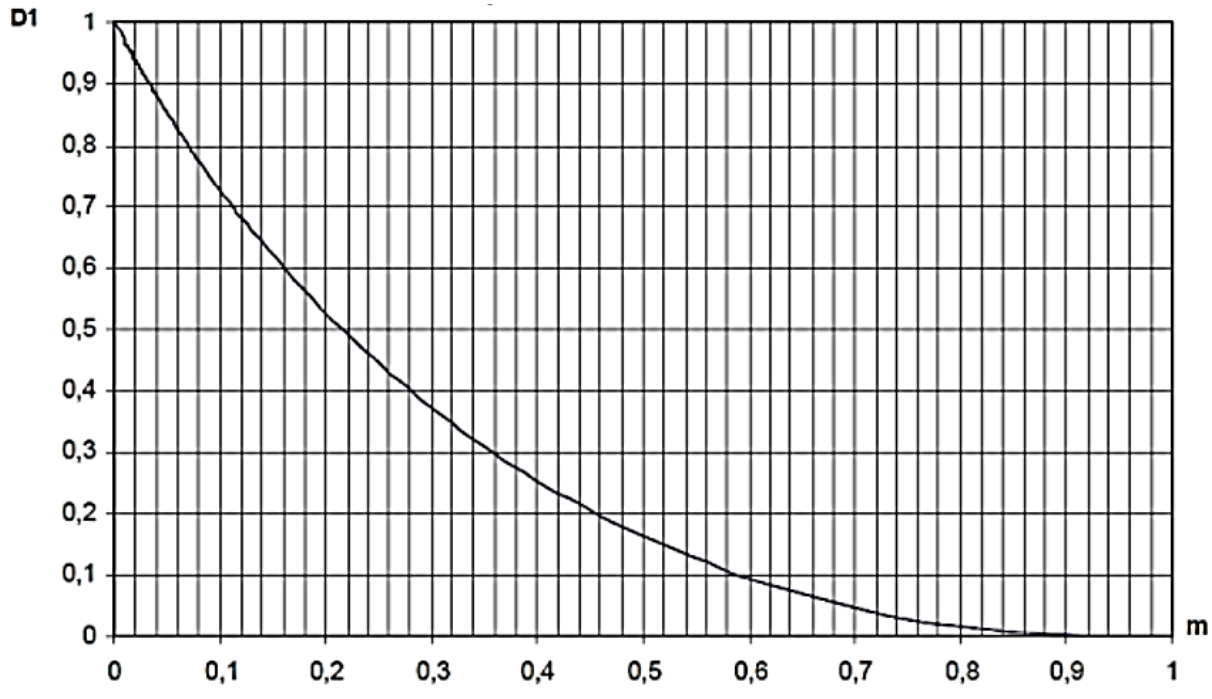
✋ Régler la résistance variable à **5,7 kΩ**.

✋ Acquérir les signaux sous Latis Pro.

➲ 12. Vérifier que le type de régime transitoire observé est cohérent avec les résultats théoriques.

➲ 13. Mesurer t_r le temps de réponse à 5%. **Analyser ce résultat**.

🗎 DOC 1 : Temps de réponse réduit en fonction du coefficient d'amortissement ξ



🗎 DOC 2 : 1^e dépassement en fonction du coefficient d'amortissement m