

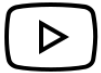
Capacités exigibles :

- Exploiter la réponse indicielle d'un système linéaire pour identifier ses paramètres caractéristiques (amplification statique, temps de réponse à 5%, bande passante, ordre).

Capacités expérimentales :

- Utilisation de LATISPRO afin d'effectuer des mesures temporelles et en tension.
- Réalisation d'un système électrique

A faire à la maison :



Visualiser la vidéo suivante :
« Chapitre 06 – Comment exploiter graphiquement la réponse indicielle d'un système linéaire ? »

A l'aide de la vidéo citée ci-dessus et des réponses indicielles (graphes) des systèmes en annexe 01, compléter le tableau de l'annexe 01.

APPEL 0 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

Dans cette séance, on souhaite connaître/étudier le comportement d'un système. Pour cela, on impose à l'entrée de ce système, un signal d'entrée nommé « échelon ».

Un signal « échelon » possède un passage brusque d'une valeur constante à une autre valeur constante du signal. Le laps de temps pour passer de l'une à l'autre est infinitésimal.

L'étude de la forme du signal de sortie permet alors de déterminer les caractéristiques du système : la nature du filtrage réalisé, son ordre, sa bande passante, son amplification, son temps de réponse à 5%, etc.

Dans cet énoncé, dès qu'une référence est faite à une partie du chapitre 06, vous devrez lire la partie du chapitre concernée afin de poursuivre le T.P. Toute question orale portant sur une information rédigée dans le chapitre 06 et indiquant clairement que vous ne l'avez pas lu, entraîne un point en moins.

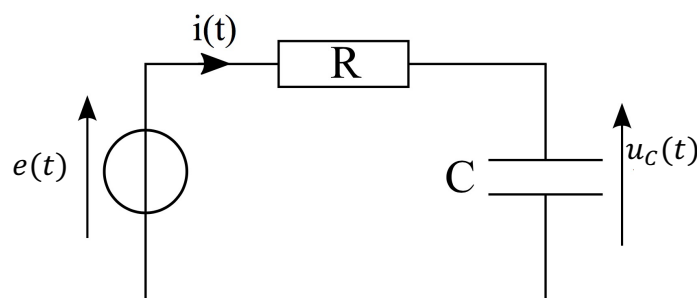
I. Un premier système linéaire électrique : le système analogique (R, C)

A. Réponse indicielle du système électrique :

0. A l'aide du multimètre et de la *fiche méthode expérimentale 03*, mesurer et noter la valeur de la capacité $C = 10 \text{ nF}$ (donnée constructeur) du condensateur et de la résistance $R = 10 \text{ k}\Omega$ (donnée constructeur) du conducteur ohmique. On veillera à la précision des mesures.

Principe de notre étude expérimentale :

Le système linéaire analogique étudié dans ce paragraphe est un système contenant deux dipôles en série comme schématisé ci-dessous :

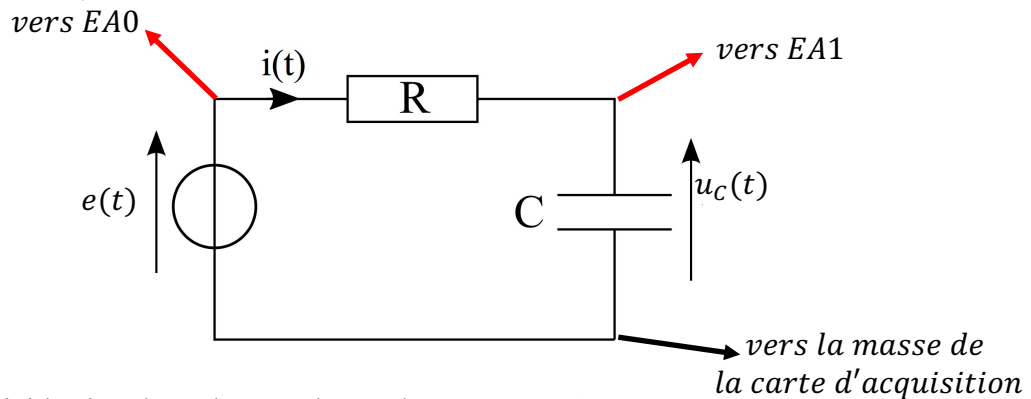


On souhaite étudier la « transformation par le système » du signal en entrée $e(t)$ en signal de sortie $u_C(t)$. Pour cela, le signal d'entrée est un signal « échelon » (comme indiqué dans le *chapitre 06 - rubrique I.E.*)

Pour générer ce signal d'entrée « échelon », le GBF doit délivrer un signal carré avec une valeur moyenne (un « OFFSET »). Ainsi si la fréquence du signal d'entrée est de 200 Hz, on soumet le système à 200 échelons par seconde (ou encore 200 fermetures d'interrupteur par seconde !) Il suffit alors d'étudier à l'aide de LATISPRO, un de ces échelons.

Le signal d'entrée $e(t)$ est variable, périodique de fréquence $f = 200 \text{ Hz}$, carré, de valeur moyenne égale à 5,0 V, de hauteur $E = 10V$ (la hauteur correspond à sa valeur crête à crête).

Réaliser le système suivant, GBF avec la sortie OUTPUT sur OFF.



Le signal de sortie est ici le signal aux bornes du condensateur, notée u_C .

Le signal d'entrée $e(t)$, (issu du GBF) est mesuré sur la voie EA0 de la carte d'acquisition SYSAM-SP5. Le signal de sortie $u_C(t)$ est mesuré sur la voie EA1 de la carte d'acquisition SYSAM-SP5.

Préparation de LATISPRO :

Dans le répertoire Physique, ouvrir le logiciel nommé LATISPRO (*fiche méthode expérimentale 07* si nécessaire). Sélectionner la voie EA0 et la voie EA1. Mettre 1000 points pour une durée totale de 4 ms. Dans Déclenchement, choisir EA1 comme source avec le sens descendant pour un seuil de 100 mV.

Lire le *chapitre 06 - rubrique I.A*

1. Le système électrique est-il actif ou passif ? Justifier votre réponse.

APPEL 1 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

Acquérir les deux signaux avec la touche F10. Double-cliquer sur le nom de l'axe des ordonnées EA0 afin d'adapter l'échelle du graphe.

Effectuer un clic droit sur le nom de l'axe des ordonnées EA0, puis Propriétés et choisir comme style « traits » en noir.

Effectuer un clic droit sur le nom de l'axe des ordonnées EA1, puis Propriétés et choisir comme style « traits » en rouge.

Faire un zoom (fonction Loupe de LATISPRO) sur l'échelon montant afin que votre graphe obtenu sur LATISPRO s'approche de celui de l'annexe 02. **On ne touchera plus au zoom !**

APPEL 2 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

Imprimer au format paysage ces représentations temporelles puis ajouter à la main, une légende indiquant le signal d'entrée $e(t)$ et le signal de sortie $u_C(t)$.

B. Quelle est la nature de filtrage de ce système ?

Lire le chapitre 06 - rubrique I.B et le paragraphe II.

2. A l'image de la variation globale du signal d'entrée Δe dans le chapitre, tracer, sur votre impression, à l'aide d'une double-flèche, la grandeur Δs , correspondant à la variation globale du signal de sortie.
3. Le signal de sortie contient-il des raies de basses fréquences (comme le signal d'entrée) ? Justifier votre réponse. En conclure si le système étudié laisse passer les basses fréquences.
4. Sur votre impression, entourer en rouge, la partie du signal d'entrée indiquant la présence de raies « hautes fréquences » (dans le spectre du signal d'entrée).
5. Le signal de sortie contient-il des raies « hautes fréquences » (comme le signal d'entrée) ? Justifier votre réponse. En conclure si le système étudié laisse passer les hautes fréquences.
6. En déduire quelle nature de filtrage est réalisée par ce système.

APPEL 3 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

C. Quel est l'ordre de ce système ?



L'origine de l'expérience correspond à l'instant où l'échelon bascule du niveau bas au niveau haut.

7. Indiquer sur votre impression, le point considéré comme l'origine du signal de sortie.

Lire le chapitre 06 - rubrique III.A.

8. Tracer sur l'annexe 02, à l'aide d'une règle (droite, n'étant pas une carte de cantine), la tangente à l'origine au signal de sortie.
9. Sur LATISPRO, tracer la tangente à l'origine au signal de sortie. Relever sur votre copie la valeur du coefficient directeur mesuré par LATIS PRO sachant que son unité est le V/ms .
10. A l'aide de la méthode de la tangente à l'origine, indiquer l'ordre du système étudié ici. Justifier votre réponse.

APPEL 4 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

D. Détermination des grandeurs caractéristiques du système :

Lire le chapitre 06 - rubrique III.B.

Amplification statique H_0 :

11. Sur LATISPRO, placer à l'aide de l'outil Réticule, lié à la courbe **EA0**, la nouvelle origine (sur le point du signal d'entrée, ayant pour abscisse l'instant où l'échelon bascule). **Si tu ne sais pas lier un réticule à une courbe ou placer une nouvelle origine, qui dois-tu appeler à ton avis ? Continuer le TP sans réaliser cette étape, serait du temps perdu !** Puis, déterminer graphiquement la valeur de la mesure E (hauteur de l'échelon). Noter sa valeur, en volt, sur votre copie.

Placer ensuite, à l'aide de l'outil Réticule, lié à la courbe **EA1**, la nouvelle origine (sur le point du signal de sortie, ayant pour abscisse l'instant où l'échelon bascule). Puis, déterminer graphiquement la valeur de la mesure de s_∞ (valeur du signal de sortie quand t tend vers $+\infty$). Noter sa valeur, en volt, sur votre copie.

Enfin, calculer la valeur de l'amplification statique $H_{0,exp}$ expérimentale du système étudié.

12. A l'aide de l'annexe 02, déterminer l'amplification statique $H_{0,th}$ théorique du système étudié. En déduire si le système amplifie, atténue ou ne modifie pas (en théorie) les amplitudes des raies dont les fréquences sont dans la bande passante.
13. Conclure sur la validité de votre expérience, en calculant l'écart relatif pour H_0 .

Lire le chapitre 06 - rubrique III.C.

Durée de réponse à 5% :

On rappelle que les durées mesurées ont pour origine, l'instant où l'échelon bascule du niveau bas au niveau haut. Pour mesurer des durées, **il faut donc prendre comme « nouvelle origine », le point correspondant à l'origine du signal de sortie.**

14. Calculer la valeur en volt, de $0,95 \times s_\infty$.
15. En prenant soin d'établir une nouvelle origine et à l'aide d'un réticule lié à la courbe correspondant au signal de sortie, déterminer graphiquement $\Delta t_{5\%}$.
16. A l'aide de l'annexe 02, déterminer graphiquement $\Delta t_{5\%}$ du système étudié (on fera apparaître les traits de construction au crayon à papier). On rédigera les calculs nécessaires sur sa copie.

APPEL 5 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

Constante de temps du système. τ :

Lire le chapitre 06 - rubrique III.D.

❖ **Méthode des « 63% » :**

17. Calculer la valeur en volt, de $0,63 \times s_\infty$ (s_∞ mesuré sur LATISPRO).
18. En prenant soin d'établir une nouvelle origine, d'un réticule lié à la courbe correspondant au signal de sortie, et en utilisant la méthode des « 63% », déterminer la valeur expérimentale de τ_{exp} .
19. La valeur théorique de la constante est donnée par la formule $\tau = R \times C$. Déterminer la valeur de τ_{th} à l'aide des valeurs mesurées pour R et C à la question 0.
20. Conclure sur la validité de votre expérience, en calculant l'écart relatif pour τ .

❖ **Méthode de la tangente à l'origine :**

21. Sur LATISPRO, à l'aide de la méthode de la tangente à l'origine, déterminer la valeur expérimentale de τ_{exp} . On utilisera la fonction Tangente et Réticule libre (avec nouvelle origine placée).
22. Sur l'annexe 02, à l'aide de la méthode de la tangente à l'origine, déterminer graphiquement la valeur de τ du système étudié (on fera apparaître les traits de construction au crayon à papier).

APPEL 6 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

Lire le chapitre 06 - rubrique IV.E.

Lien entre τ et $\Delta t_{5\%}$:

23. Déterminer la valeur de $3 \times \tau_{exp}$ à l'aide de la valeur de τ_{exp} , déterminée à l'aide de la méthode des « 63% ».
24. La comparer à la valeur de $\Delta t_{5\%}$ obtenue par LATISPRO et conclure.

Influence de la résistance sur les grandeurs temporelles :

Faire varier la résistance du système de $R = 10 \text{ k}\Omega$ à $R = 30 \text{ k}\Omega$ et lancer l'acquisition.

25. Recopier la phrase suivante en choisissant la proposition correcte :

« Lorsque la résistance du système augmente, les valeurs des constantes de temps τ et $\Delta t_{5\%}$ du système augmentent / diminuent » .

Fréquence de coupure du système :

26. A l'aide de la valeur de τ_{exp} (pour $R = 10 \text{ k}\Omega$) déterminée à l'aide de la méthode des « 63% », déterminer la valeur de la fréquence de coupure f_c du système, en Hz.

27. En déduire la bande passante du système, en Hz.

28. En déduire la largeur de la bande passante du système, en Hz.

APPEL 7 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

II. Un deuxième système linéaire électrique : le système analogique (R, C)

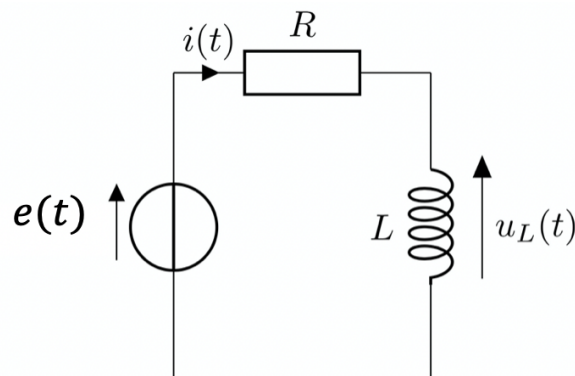
A. Réponse indicielle du système électrique :

29. A l'aide du henrymètre, mesurer la valeur de l'inductance de la bobine $L = 0,1 \text{ H}$ (donnée constructeur)

A l'aide du multimètre, mesurer la valeur de la résistance $R = 1,0 \text{ k}\Omega$ (donnée constructeur) du conducteur ohmique. On veillera à la précision des mesures.

Le signal d'entrée $e(t)$ est variable, périodique de fréquence $f = 100 \text{ Hz}$, carré, de valeur moyenne égale à $4,0 \text{ V}$, de hauteur $E = 8,0 \text{ V}$ (la hauteur correspond à sa valeur crête à crête).

Réaliser le système suivant, GBF avec la sortie OUTPUT sur OFF.



La résistance présente dans le système est $R = 1,0 \text{ k}\Omega$.

Le signal de sortie est ici le signal aux bornes de la bobine notée $u_L(t)$.

Le signal d'entrée $e(t)$, (issu du GBF) est mesuré sur la voie EA0 de la carte d'acquisition SYSAM-SP5.

Le signal de sortie $u_L(t)$ est mesuré sur la voie EA1 de la carte d'acquisition SYSAM-SP5.

Préparation de LATISPRO :

Sélectionner la voie EA0 et la voie EA1. Mettre 1000 points pour une durée totale de 10 ms . Dans Déclenchement, choisir EA1 comme source avec le sens montant pour un seuil de -100 mV .

APPEL 8 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

Acquérir les deux signaux avec la touche F10. Double-cliquer sur le nom de l'axe des ordonnées EA0 afin d'adapter l'échelle du graphe.

Effectuer un clic droit sur le nom de l'axe des ordonnées EA0, puis Propriétés et choisir comme style « traits » en noir.

Effectuer un clic droit sur le nom de l'axe des ordonnées *EA1*, puis Propriétés et choisir comme style « traits » en rouge.

Faire un zoom (fonction Loupe de LATISPRO) sur l'échelon montant.

APPEL 9 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

Imprimer au format paysage ces représentations temporelles puis ajouter à la main, une légende indiquant le signal d'entrée $e(t)$ et le signal de sortie $u_L(t)$.

B. Quelle nature de filtrage est réalisé par ce système ?

30. A l'image de la variation globale du signal d'entrée Δe dans le chapitre, tracer, sur votre impression, à l'aide d'une double-flèche, la grandeur Δs , correspondant à la variation globale du signal de sortie.
31. Le signal de sortie contient-il des basses fréquences (comme le signal d'entrée) ? Justifier votre réponse. En conclure si le système étudié laisse passer les basses fréquences.
32. Le signal de sortie contient-il des raies « hautes fréquences » (comme le signal d'entrée) ? Justifier votre réponse. En conclure si le système étudié laisse passer les hautes fréquences.
33. En déduire quelle nature de filtrage est réalisée par ce système.

APPEL 10 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

C. Quel est l'ordre de ce système ?

Lire le chapitre 06 - rubrique IV.A.

34. Indiquer sur votre impression, le point considéré comme l'origine du signal de sortie.
35. Sur LATISPRO, tracer la tangente à l'origine au signal de sortie. Relever sur votre copie la valeur du coefficient directeur mesuré par LATIS PRO sachant que son unité est le V/ms .
36. A l'aide de la méthode de la tangente à l'origine, indiquer l'ordre du système étudié ici. Justifier votre réponse.
37. Tracer sur votre impression, à l'aide d'une règle (droite, n'étant pas une carte de cantine), la tangente à l'origine au signal de sortie.

D. Détermination des grandeurs caractéristiques du système :

On admettra pour la suite que le système est d'ordre 1. **Sur LATISPRO, placer à l'aide de l'outil Réticule lié à la courbe EA1, la nouvelle origine.**

Amplification à hautes fréquences H_0 :

Lire le chapitre 06 - rubrique IV.B.

38. A l'aide des réticules (qu'il faut lier aux courbes) sur LATISPRO, déterminer les valeurs des mesures de s_0 et E . Puis, calculer la valeur de l'amplification à hautes fréquences $H_{0,exp}$ expérimentale du système étudié. En déduire si le système amplifie les fréquences dans la bande passante.

L'amplification à hautes fréquences $H_{0,th}$ théorique du système étudié est $H_{0,th} = 1,00$.

39. Conclure sur la validité de votre expérience, en calculant l'écart relatif pour H_0 .

Durée de réponse à 5% :

Lire le chapitre 6 - rubrique IV.C.

40. En prenant soin d'établir une nouvelle origine et à l'aide d'un réticule lié à la courbe correspondant au signal de sortie, déterminer graphiquement $\Delta t_{5\%}$. On rédigera les calculs nécessaires sur sa copie.

Constante de temps du système, τ :

Lire le chapitre 6 - rubrique IV.D.

❖ **Méthode des « 37% » :**

41. En prenant soin d'établir une nouvelle origine, d'un réticule lié à la courbe correspondant au signal de sortie, et en utilisant la méthode des « 37% », déterminer la valeur expérimentale de τ_{exp} . On rédigera les calculs nécessaires sur sa copie.

42. La valeur théorique de la constante est donnée par la formule $\tau = \frac{L}{R}$. Déterminer la valeur de τ_{th} .

43. Conclure sur la validité de votre expérience, en calculant l'écart relatif pour τ .

❖ **Méthode de la tangente à l'origine :**

44. Sur LATISPRO, à l'aide de la méthode de la tangente à l'origine, déterminer la valeur expérimentale de τ_{exp} . On utilisera la fonction Tangente et Réticule libre (avec nouvelle origine placée).

APPEL 11 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

Lien entre τ et $\Delta t_{5\%}$:

45. Déterminer la valeur de $3 \times \tau_{exp}$ à l'aide de la valeur de τ_{exp} , déterminée à l'aide de la méthode des « 37% ».

46. La comparer à la valeur de $\Delta t_{5\%}$ obtenue par LATISPRO et conclure.

Fréquence de coupure du système :

47. A l'aide de la valeur de τ_{exp} , déterminée à l'aide de la méthode des « 37% », déterminer la valeur de la fréquence de coupure f_c du système, en Hz.

48. En déduire la bande passante du système, en Hz.

49. En déduire la largeur de la bande passante du système, en Hz.

APPEL 12 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

III. Un troisième système linéaire : le circuit (C, R)

Reprendre le premier système de ce TP en inversant dans le circuit, le conducteur ohmique et le condensateur. La configuration de LATISPRO ne change pas sauf pour le déclenchement : choisir EA1 comme source avec le sens descendant pour un seuil de $-100 mV$.

Obtenir la réponse indicielle de ce système. Puis à l'aide de cette réponse indicielle, déterminer la nature du filtrage réalisé par le système ainsi que les valeurs expérimentales des grandeurs caractéristiques de ce système.

On rédigera clairement sur sa copie, chaque étape de raisonnement. On présentera avec soin, ses résultats.

APPEL 13 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

IV. Système mécanique linéaire d'ordre 1 :

On lâche sans vitesse initiale, une bille en métal, totalement immergée, dans un fluide visqueux (une huile de moteur), à l'aide d'un aimant.

Soient $r = 8,0 \text{ mm}$ le rayon de la bille, g l'accélération de la pesanteur, $\rho = 7787 \text{ kg/m}^3$ la masse volumique de la bille, ρ_{liq} la masse volumique du liquide, η (en Pa/s) le coefficient de viscosité du liquide et v la vitesse de la bille.

Nous allons enregistrer la courbe représentant les variations au cours du temps de la vitesse du centre d'inertie d'une bille, lâchée sans vitesse initiale dans un liquide.

Principe :

Une bille placée dans une éprouvette contenant un liquide est lâchée sans vitesse initiale. On filme sa chute à l'aide d'une caméra. A l'aide d'un logiciel de pointage on peut ainsi étudier l'évolution de sa position dans l'éprouvette au cours du temps.

L'étude se déroule dans le référentiel terrestre.

Télécharger la vidéo nommée « TP10_chute_bille_euler.avi ». Lancer le logiciel RegressiFFMPEG : cliquer sur le menu Fichier/Nouveau/Video. Mettre Méthode sur 2. Ouvrir le fichier TP10_chute_bille_euler.avi; une fenêtre s'ouvre.

Décocher la case « sens trigo » et placer l'origine du repère en haut à gauche le long du tube en le glissant à l'aide de la souris

Etalonnage :

La longueur entre les deux bouts de flèches présents sur le papier de la vidéo est de $0,50 \text{ m}$.

Cliquer sur la première extrémité du segment déjà tracé (de 1 m), puis glisser ce point sur l'extrémité de l'une des flèches. Faire de même pour le 2^{ème} point.

Rentrer la valeur $d = 0,50 \text{ m}$ dans le champ « Echelle »

Ce travail étant fait nous pouvons procéder au pointage de la position de la balle au cours de sa chute.

Mettre Loupe x sur 3. Cliquer sur « mesurer » puis cliquer précisément sur un point de la bille, à partir de la première image. Les images défilent en même temps que les valeurs de la position de la balle au cours du temps s'affichent dans un tableau.

Cliquer enfin sur l'icône « Traiter »

Traitement des résultats sur Regressi :

→ Dans Graphe, à l'aide de l'icône « coordonnées », créer le vecteur vitesse en cochant la case vitesse: cette opération crée une nouvelle grandeur v .

→ Afficher la courbe $v_y = f(t)$, cocher LIGNE (couleur Noir) et choisir LISSAGE.

APPEL 14 : Appeler le professeur afin qu'il valide votre travail.

Imprimer la courbe obtenue.

Répondre aux questions suivantes à l'aide des outils graphiques (réticules) de Regressi :

50. Le système étudié laisse-t-il passer les hautes fréquences ? Justifier votre réponse.

Le système étudié laisse-t-il passer les basses fréquences ? Justifier votre réponse.

En déduire quel type de filtrage est réalisé par ce système.

51. Quel est l'ordre du système étudié ici ? Justifier votre réponse.

52. Déterminer graphiquement, la valeur de v_{∞} du système linéaire étudié.

53. Déterminer graphiquement $\Delta t_{5\%}$.

54. Déterminer graphiquement la valeur de τ .

Pour $t > 0$, l'équation différentielle vérifiée par la vitesse de la bille $v(t)$ s'écrit :

$$\frac{dv}{dt} + \frac{9\eta}{2\rho r^2} v = g \left(\frac{\rho_{liq}}{\rho} - 1 \right)$$

La vitesse limite s'écrit : $v_{\infty} = \frac{2}{9} \frac{g r^2}{\eta} (\rho_{liq} - \rho)$. La forme canonique est alors la suivante :

$$\frac{dv}{dt} + \frac{v}{\tau} = \frac{v_{\infty}}{\tau}$$

55. Par identification, déterminer l'expression littérale de τ .

56. En déduire l'expression de η (coefficient de viscosité du fluide). Le calculer.

APPEL 15 : Appeler le professeur afin qu'il valide votre travail.