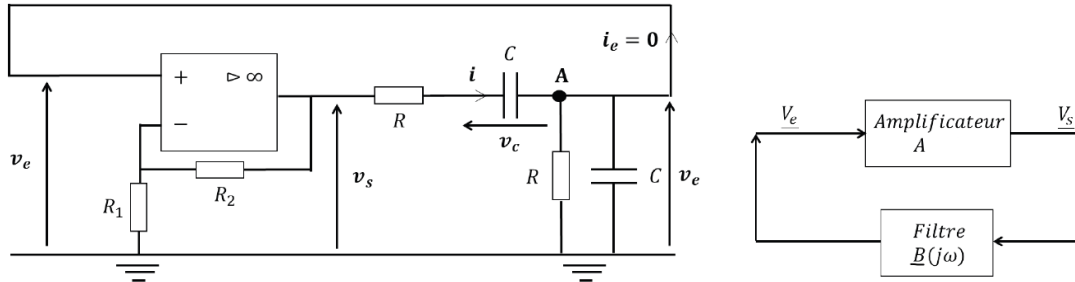


1 Oscillateur à pont de Wien : simulation

Ci dessous le montage étudié en cours et le schéma bloc qui le représente :

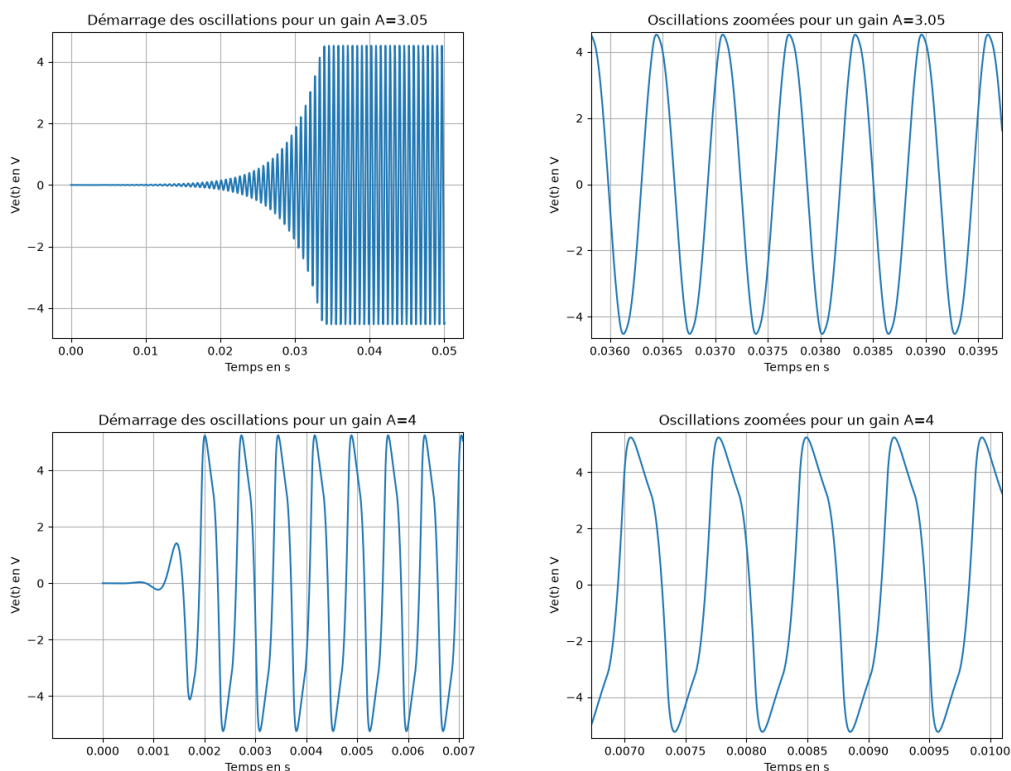


On a obtenu en cours les résultats suivants, lorsque l'ALI fonctionne en régime linéaire.

$$A = 1 + \frac{R_2}{R_1} \quad \text{et} \quad \underline{B}(j\omega) = \frac{1}{3 + j\left(RC\omega - \frac{1}{RC\omega}\right)}$$

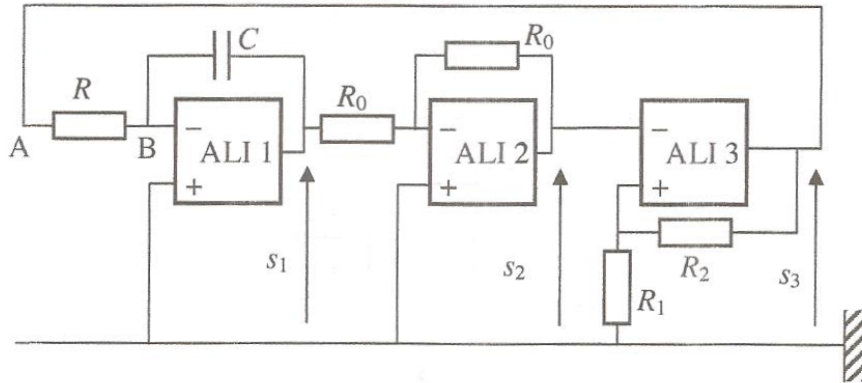
1. Quelle relation y-a-t'il entre A et $\underline{B}$ lorsque les oscillations sinusoïdales sont établies ?
2. Par passage à l'argument sur cette relation, trouver la pulsation ω_{osc} et la période associée T en fonction de R et C . Faire l'application numérique pour la période avec $R = 1 \text{ k}\Omega$ et $C = 100 \text{ nF}$.
3. Quelle est la valeur de A permettant d'obtenir ces oscillations sinusoïdales ?
4. A partir de la fonction de transfert $\underline{B}$, retrouver l'équation différentielle qui relie $v_e(t)$ et $v_s(t)$.
5. Lorsque l'ALI fonctionne en régime linéaire, en déduire l'équation différentielle vérifiée par $v_e(t)$ seule. Cette équation fait intervenir A . Analyser sa stabilité suivant la valeur de A .
6. Ecrire la solution de cette équation différentielle sans déterminer les constantes d'intégration.
7. Lorsque l'ALI fonctionne en régime saturé, justifier que $\frac{dv_s}{dt} = 0$. Quelle est alors l'équation différentielle vérifiée par $v_e(t)$?

En résolvant ces équations différentielles avec python, on obtient les courbes suivantes pour deux valeurs de gain A .



8. Mesurer la période des oscillations (une fois qu'elles sont établies) pour $A = 3.05$ et $A = 4$. Comparer à la valeur théorique obtenue à la question 2. Peut-on dire que le signal est sinusoïdal ?
9. Estimer le temps d'établissement des oscillations pour les deux valeurs de gain.

2 Oscillateur à relaxation



1. Parmi ces trois montages à ALI figurent un intégrateur, un inverseur, et un comparateur à hystérésis. Les repérer.
2. Faire l'étude du comparateur à hystérésis : tracer le cycle d'hystérésis.
3. Donner les relations d'entrée-sortie pour les deux autres montages.
4. Choisir un point de départ sur le cycle d'hystérésis, et déterminer les signaux $s_1(t)$, $s_2(t)$ et $s_3(t)$ pendant un tour de cycle. Donner l'expression de la période T du cycle.
5. Tracer l'allure de $s_1(t)$, $s_2(t)$ et $s_3(t)$ entre $t = 0$ et $t = T$.

3 Cycle de gaz parfait

Dans le cadre du dimensionnement préliminaire d'un prototype de micro-moteur thermique à air chaud, on modélise le fluide de travail par une quantité de matière $n = 1,0$ mol d'un gaz parfait diatomique ($C_V = \frac{5}{2}R$, $C_P = \frac{7}{2}R$, avec $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$).

Le fluide décrit de manière réversible un cycle fermé composé de trois transformations successives :

- **Transformation $A \rightarrow B$ (Échauffement isochore) :** Le gaz part de l'état A ($P_A = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$, $T_A = 300 \text{ K}$) et est chauffé à volume constant jusqu'à une pression $P_B = 2,0 \times 10^5 \text{ Pa}$.
- **Transformation $B \rightarrow C$ (Détente isotherme) :** Le gaz se détend à température constante T_B jusqu'à la pression initiale $P_C = P_A = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$.
- **Transformation $C \rightarrow A$ (Refroidissement isobare) :** Le gaz est refroidi à pression constante jusqu'à revenir à l'état initial A .

1. Déterminer les variables d'état (P, V, T) pour chacun des trois points A , B et C .
2. Représenter l'allure du cycle dans le diagramme de Clapeyron (P, V) en précisant les valeurs caractéristiques ainsi que le sens de parcours.
3. Exprimer et calculer les travaux W_{AB} , W_{BC} et W_{CA} échangés par le gaz au cours de chaque étape. En déduire le travail net total W_{net} sur un cycle et commenter son signe.
4. Calculer la quantité totale de chaleur Q_c absorbée par le gaz au contact de la source chaude.
5. En déduire la valeur numérique du rendement thermique η du moteur.
6. Définir et calculer le rendement de Carnot η_{Carnot} associé aux températures extrêmes atteintes au cours du cycle.
7. Comparer η à η_{Carnot} et interpréter physiquement l'origine de l'écart observé.

4 Thermodynamique de l'autocuiseur (CCINP TPC 2024)

On verse un volume $V_e = 1,00 \text{ L}$ d'eau dans un autocuiseur que l'on ferme et que l'on place sur une plaque chauffante délivrant une puissance thermique $P_{th} = 1,50 \text{ kW}$.

Des capteurs placés dans l'autocuiseur permettent d'enregistrer la température de l'eau, la température de la phase vapeur ainsi que la pression de la phase vapeur au cours du temps (Figure 5 du sujet original).

On note :

- m_e la masse de l'eau ;
- $c_e = 4,18 \text{ kJ K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$ la capacité thermique massique de l'eau ;
- $C_a = 1,23 \text{ kJ K}^{-1}$ la capacité thermique de l'autocuiseur.

L'eau et l'autocuiseur sont constamment à la même température et on note T_i leur température initiale.

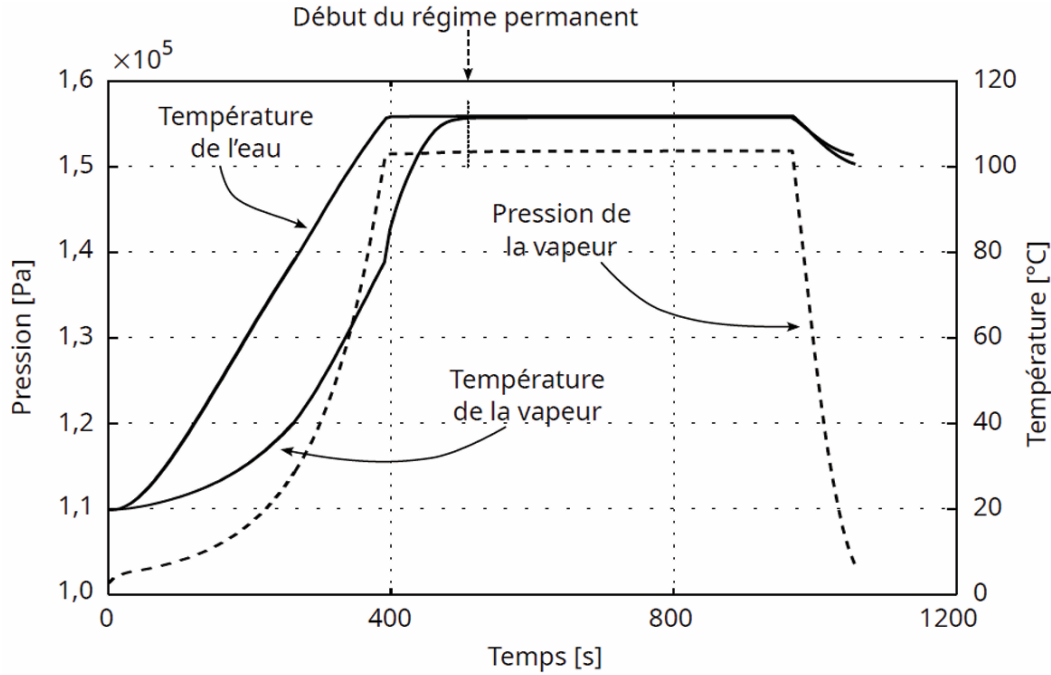


Figure 5 - Mesure de températures et de pression dans l'autocuiseur

4.1 Premier modèle

Dans un premier temps, on suppose que toute la puissance thermique P_{th} est transférée à l'autocuiseur et à l'eau.

1. Relever sur la courbe de mesure la température initiale T_i .
2. On note Δt la durée au bout de laquelle l'eau et l'autocuiseur atteignent la température $T_f = 100^\circ \text{C}$. Déterminer l'expression littérale de la durée Δt en fonction de m_e , c_e , C_a , T_f , T_i et de P_{th} . Déterminer la valeur numérique de Δt .
3. Cette durée est-elle compatible avec les données expérimentales (Figure 5) ?

4.2 Second modèle

Dans un second temps, on tient compte des pertes thermiques de l'autocuiseur vers son environnement au cours du temps sous la forme d'une puissance thermique de fuite :

$$P_f(t) = k[T(t) - T_{ext}]$$

où k et T_{ext} sont des constantes.

4. En effectuant un bilan thermique sur le système {eau + autocuiseur} pendant l'intervalle de temps infinitésimal dt , montrer que la température du système satisfait l'équation différentielle :

$$\frac{dT}{dt} + \frac{1}{\tau}[T(t) - T_{ext}] = \frac{1}{\tau} \frac{P_{th}}{k} \quad (1)$$

et déterminer l'expression de τ en fonction de m_e , c_e , C_a et de k .

5. On cherche une solution de l'équation (1) sous la forme :

$$T(t) = A + B \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$

Déterminer les expressions littérales de A et de B en fonction des paramètres de l'équation (1) et de la température initiale T_i .

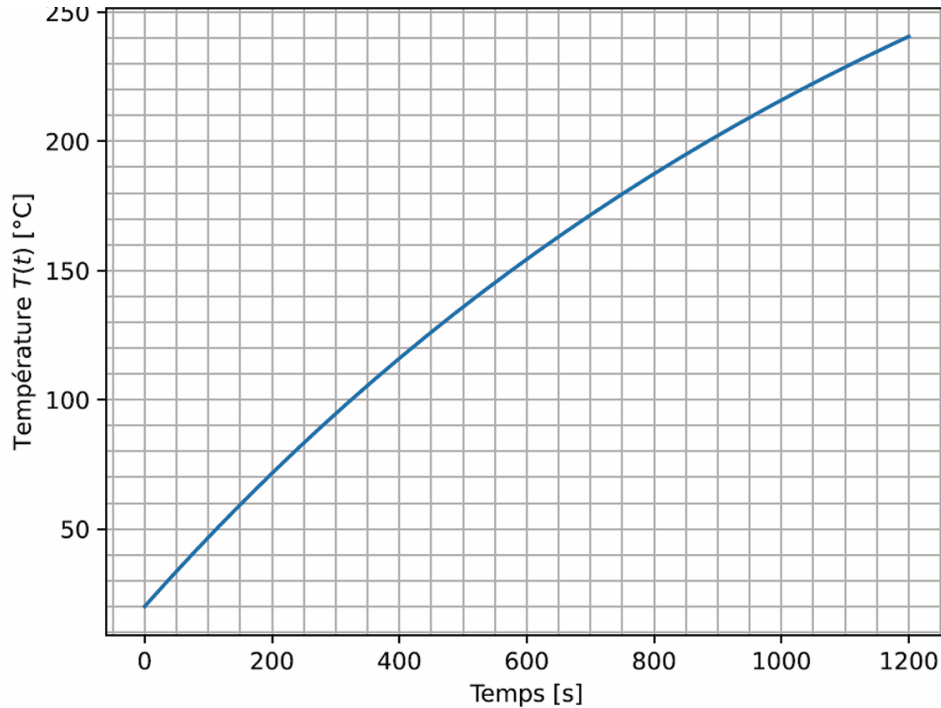


Figure 6 - Évolution de la température intérieure en fonction du temps

6. La Figure 6 représente le tracé de cette solution en fonction du temps. Lire la durée $\Delta t'$ nécessaire pour atteindre la température T_f . Le résultat est-il cohérent avec la durée Δt trouvée précédemment ?

4.3 Estimation du débit de vapeur

Lorsque l'autocuiseur fonctionne en régime permanent, la puissance thermique de la plaque chauffante est réduite à $P_{th} = 600 \text{ W}$. Un jet de vapeur d'eau s'échappe continûment par la soupape.

La puissance fournie par la plaque chauffante sert en partie à vaporiser l'eau présente dans l'autocuiseur et est en partie perdue, les pertes étant de l'ordre de $P_f = 350 \text{ W}$.

On admet que la quantité d'eau vaporisée pendant la cuisson reste suffisamment faible pour considérer le volume d'eau liquide présent dans l'autocuiseur comme constant et égal à $V_e = 1,00 \text{ L}$ (hypothèse $\mathcal{H}$).

On suppose que le gaz présent dans l'autocuiseur est uniquement constitué de vapeur d'eau. Dans les conditions de cuisson, l'enthalpie massique de vaporisation de l'eau vaut $\Delta_{vap}h = 2,23 \text{ MJ kg}^{-1}$.

On rappelle que pour une transformation isobare le premier principe s'écrit sous la forme $\Delta H = Q$.

7. Expliquer pourquoi il apparaît des gouttelettes d'eau liquide dans le jet de vapeur à sa sortie par la soupape.
8. En appliquant le premier principe à l'eau qui se vaporise de façon isobare, déterminer le débit massique D_m du jet de vapeur d'eau, en kg.s^{-1} .
9. L'hypothèse $\mathcal{H}$ est-elle toujours vérifiée sur des durées de cuisson usuelles de 30,0 min ?