Sujet 1

I Cuisson des frites ($\star\star$)

On plonge 300 g de frites (de pommes de terre ou de plantains selon les goûts) à température $T_{F0} = 0\,°\mathrm{C}$ dans un bain d'huile de 2,00 L à la température initiale $T_{H0} = 180\,°\mathrm{C}$.

Données. $c_{\text{huile}} = 4{,}80\,\mathrm{kJ\cdot K^{-1}\cdot kg^{-1}}$, $c_{\text{frite}} \approx c_{\text{eau}} = 4{,}20\,\mathrm{kJ\cdot K^{-1}\cdot kg^{-1}}$, $\rho_{\text{huile}} = 920\,\mathrm{g/L}$.
Dans un premier temps, la température de l'ensemble s'homogénéise jusqu'à la valeur T_1. On néglige les transferts thermiques avec l'extérieur durant cette transformation.

1. Déterminer l'expression de T_1 et effectuer l'application numérique.

2. Déterminer et calculer l'entropie créée durant cette étape.

Afin d'assurer la cuisson, la résistance électrique de la friteuse se remet à chauffer avec une puissance $P = 1500\,\mathrm{W}$, elle s'éteint dès que la température atteint T_{H0}. On suppose que la température de la résistance est égale à celle de l'huile T_{H0}.

3. Déterminer la capacité thermique de l'ensemble { huile + frites }.

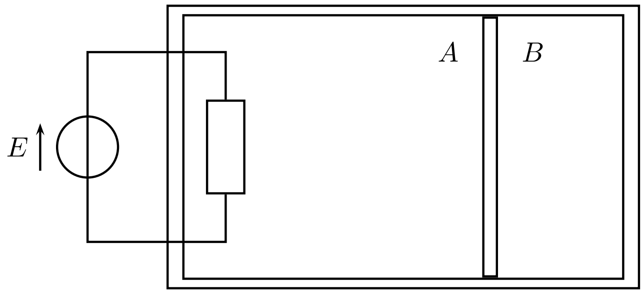
4. Combien de temps la friteuse va-t-elle rester allumée ?

5. Déterminer et calculer l'entropie créée durant cette étape.

Sujet 2

I Enceintes couplées

On considère un cylindre rigide aux parois calorifugées séparé en deux compartiments A et B par un piston calorifugé mobile sans frottement. Ces deux compartiments contiennent le même gaz parfait dont on connaît l'exposant adiabatique γ supposé constant. Un conducteur ohmique de résistance r et de capacité thermique négligeable est placé dans A.



L'état initial correspond à $V_{A0} = V_{B0} = V_0$, $p_{A0} = p_{B0} = p_0$, $T_{A0} = T_{B0} = T_0$. On fait passer un faible courant I dans R sous une tension E pendant un temps τ. Le gaz A passe alors lentement de V_{A0} à $V_A = 2V_B$ (et on a toujours $V_A + V_B = 2V_0$).

1. Précisez les types des transformations qui affectent les gaz A, B, $\{A + B\}$ puis les systèmes $\{R + A\}$ et $\{A + B + R\}$.

2. Quels sont les paramètres d'état (T_A, p_A, V_A, T_B, p_B et V_B) des gaz dans l'état final.

3. Quels sont les échanges d'énergie (travail et transfert thermique) entre A et B ?

4. Montrez finalement que A reçoit le transfert thermique

$$Q_A = \frac{nR}{\gamma - 1} T_0 \left[3 \left(\frac{3}{2} \right)^{\gamma - 1} - 2 \right]$$

de la part du résistor.

Indice : On pourra utiliser la relation suivante qui est uniquement vraie pour une transformation adiabatique réversible d'un gaz parfait :

$$pV^\gamma = \mathrm{Cte}$$

Sujet 3

I Montée en température d'une résistance

Un résistor électrique R, de capacité thermique C, est placé dans l'air de température T_0.
Lorsque la température du résistor est $T > T_0$, on admet que le transfert thermique entre le résistor et l'air ambiant pendant une durée dt est donné par la loi de Newton :

$$\delta Q = -aC(T - T_0)dt \qquad \text{où } a \text{ est une constante.}$$

À la date $t = 0$, le résistor étant à la température T_0, il est traversé par un courant électrique d'intensité I constante.

1. Quelle est la dimension de la constante a ?

2. En faisant un bilan énergétique sur une durée dt, montrer que l'on obtient l'équation différentielle

$$\frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}t} + aT = \frac{RI^2}{C_p} + aT_0$$

   pour T, la température de résistor.

3. Identifiez la constante de temps τ du phénomène ainsi que la température T_∞ atteinte par le résistor au bout d'une durée $t \gg \tau$.

4. Tracez l'allure de $T(t)$ pour $t \geq 0$ sans chercher à résoudre l'E.D.

Sujet 4

I Variation d'entropie pour N transformations

Soit n moles de gaz ($n = 1$) parfait à la pression $p = 1$ bar et à température la $T_0 = 450\,\mathrm{K}$ (état 0). On comprime ce gaz de la pression p à $p' = 10$ bar de façon réversible et isotherme, puis, on détend le gaz de façon réversible et adiabatique de p' à p (état 1).

1. Représentez la suite des transformations dans un diagramme de Watt (p,V).

2. Calculez la température finale T_1 du gaz ainsi que la variation d'entropie ΔS_1 en fonction de n, p et p' et R la constante des gaz parfaits (On pourra utiliser l'expression de C_p en fonction de γ pour simplifier le résultat). Faire l'application numérique.

3. On recommence la même opération depuis l'état 1 $(p,T_1) \rightarrow$ état 2 $(p,T_2) \rightarrow \ldots \rightarrow$ état N (p,T_N). Complétez le diagramme de Watt et déterminez la variation d'entropie du gaz après les N opérations ainsi que la température finale T_N et enfin la variation d'énergie interne ΔU_N en supposant le gaz parfait monoatomique.
   Faîtes ensuite les applications numériques pour $N = 5$.

4. Voyez-vous une application ? Discuter l'hypothèse du gaz parfait si N grand

Rappel pour un GP :

$$S_m(T_f,p_f) - S_m(T_i,p_i) = C_{p,m} \ln \frac{T_f}{T_i} - R \ln \frac{p_f}{p_i}$$

Sujet 5

I Chauffage isobare d'un gaz parfait

On considère une enceinte calorifugée, fermée par un piston libre de coulisser sans frottements, contenant un gaz parfait. La pression extérieure est notée p_0. Initialement, le volume de l'enceinte est $V = V_0$, la température et la pression du gaz T_0 et p_0.
Il y a dans l'enceinte un résistor de capacité thermique négligeable, alimenté par un générateur de courant idéal délivrant l'intensité I supposée faible.
On considère dans un premier temps que la résistance du résistor est constante : R_0

1. Réaliser un schéma de l'expérience.

2. Justifier que la transformation subie par le gaz parfait présent dans l'enceinte est quasi-statique et isobare.

3. Déterminer l'évolution de la température du gaz au cours à l'instant t. On pourra pour cela appliquer le premier principe de la thermodynamique à un système judicieusement choisi entre l'instant initial $t_0 = 0$ et l'instant t.

4. En déduire l'expression de l'évolution du volume V au cours du temps.

On considère maintenant que la résistance varie avec la température selon la loi $R(T) = R_0\frac{T}{T_0}$.

5. Reprendre alors les questions 3 et 4.