Nom : Beaumatin Prénom: Gabriel colle du: 3-10-24	niveau de maîtrise	poids compétence	note compétence	note globale
Savoir énoncer les résultats importants du cours	2	10	8,3	15,0
Connaître les hypothèses d'application des résultats	2			
Savoir appliquer directement son cours sur un exemple simple	1			
S'approprier : faire un schéma, identifier les grandeurs physiques et les hypothèses	NE	6	4,5	
Analyser : adapter l'écriture des relations, théorèmes ou principes à la situation proposée	2			
Réaliser :Savoir mener les calculs analytiques, numériques, résolutions d'équations	1			
Valider : Vérifier la pertinence du résultat obtenu (critique de la valeur et de sa dimension)	NE			
Communiquer à l'oral dans un langage courant, scientifique et approprié	1	4	2,0	
Rédiger proprement ses démarches au tableau	1			

	+	-		
ajustement		*	note	14

Remarques : Exo 1 : étourderie sur l'AN, Exo2 : penser aux lois de Laplace => Gagner en autonomie et en rapidité la prochaine fois

Exercice 1 : Thermodynamique des systèmes en écoulement et lois de Laplace

Déterminer la vitesse maximale d'éjection de l'air (assimilé à un gaz parfait) entrant à vitesse nulle dans une tuyère à la pression $P_e = 10\,bar$ et à la température $T_e = 400K$. Le gaz sort à la pression $P_s = 1{,}00\,bar$. L'écoulement horizontal et stationnaire est considéré adiabatique et réversible. On donne $10^{1/3} \approx 2$

Exercice 2 : Système en écoulement

On considère l'air comme un gaz parfait, en écoulement stationnaire et subissant les transformations cycliques suivantes (on néglige les variations d'énergie potentielle de pesanteur et cinétique) :

- compression adiabatique réversible dans un compresseur de l'état $A(P_A, T_A)$ à l'état $B(P_B, T_B)$. On note w_1 le travail massique fourni par le compresseur.
- chauffage isobare (échangeur ou chambre à combustion) de T_B à T_C. On note q le transfert thermique reçu par l'unité de masse.
- détente adiabatique réversible dans la turbine de l'état C à l'état $D(P_D = P_A, T_D)$: c'est la phase motrice. On note w_2 le travail massique fourni par l'air à la turbine.
- refroidissement isobare (dans un échangeur ou dans l'atmosphère) jusqu'à l'état initial.

$$P_A = 1{,}0atm, T_A = 300K, P_B = 10atm, T_C = 1000K,$$

$$\gamma = 1{,}5, M = 30g.mol^{-1}$$

a) Représenter le diagramme de Clapeyron $P(V)$ du cycle décrit par une masse quelconque d'air
b) Exprimer dans l'ordre T_B, w_1, q, T_D et w_2
c) Faire les applications numériques et estimer les transferts énérgétiques massiques.
d) Quel est le travail fourni à l'hélice. Définir et calculer le rendement du turbopropulseur sachant que la turbine fournie de l'énergie au compresseur pour son fonctionnement.
e) Comparer le rendement à un moteur réversible ditherme de Carnot qui fonctionnerait entre les températures extrêmes atteintes au cours du cycle.

Exercice 3 : Equation différentiellme

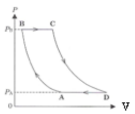
- Résoudre $\frac{ds(t)}{dt} + \frac{s(t)}{\tau} = 0$ si $s(0) = s_0 > 0$ et τ constante
- Résoudre $\frac{ds(t)}{dt} + \frac{s(t)}{\tau} = \frac{E}{\tau}$ si $s(0) = s_0 < E$ et τ constante

Exercice 1 : Thermodynamique des systèmes en écoulement

Pour appliquer le 1er principe des systèmes en écoulement, il manque la température finale. L'hypothèse d'une transformation adiabatique réversible (et donc adia mec rev) permet d'utiliser les lois de Laplace : $T_s = T_e \left(\frac{P_e}{P_s}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$. Donc en prenant $\gamma = 1{,}4$, on a $T_s = 400(10)^{-\frac{1}{3}} \approx 200K$

Donc $\Delta_s h + \Delta_s e_c = 0$ Donc $c_s = \sqrt{2c_p(T_e - T_s)} \approx 600m/s$

Exercice : Système en écoulement



Donc : $T_B = T_A \left(\frac{P_A}{P_B}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$

- Ensuite, il suffit d'appliquer le 1er principe à cet écoulement : $\Delta h = w_1 = c_p T_A \left(\left(\frac{P_A}{P_B}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} - 1\right)$
- On applique toujours le 1er principe en se rappelant que le travail des forces de pression est déjà pris en compte dans l'enthalpie : $\Delta h = q = c_p(T_C - T_B) = c_p\left(T_C - T_A\left(\frac{P_A}{P_B}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}\right)$
- $T_D = T_C \left(\frac{P_B}{P_A}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$
- $\Delta h = w_2 = c_p T_C \left(\left(\frac{P_B}{P_A}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} - 1\right)$

$$T_B \approx 600K$$

$$w_1 \approx 300kJ.kg^{-1}$$

$$q = 400kJ.kg^{-1}$$

$$T_D \approx 500K$$

$$w_2 = -500kJ.kg^{-1}$$

Le travail fourni à l'hélice est $|w_2| - |w_1| = 200kJ.kg^{-1}$ Le rendement est donc : $r = \frac{|w_2| - |w_1|}{q} = 0{,}5$

Le rendement est inévitablement supérieur, l'irréversibilité s'accompagnant inévitablement d'une dégradation de l'énergie supplémentaire par rapport au cycle de Carnot : $r_{carnot} = 1 - \frac{T_A}{T_C} = 0{,}7$

Nom :Landais Prénom: Jocelyn colle du: 3-10-24	niveau de maîtrise	poids compétence	note compétence	note globale
Savoir énoncer les résultats importants du cours	2	10	8,3	13,5
Connaître les hypothèses d'application des résultats	2			
Savoir appliquer directement son cours sur un exemple simple	1			
S'approprier : faire un schéma, identifier les grandeurs physiques et les hypothèses	NE	6	3,0	
Analyser : adapter l'écriture des relations, théorèmes ou principes à la situation proposée	NE			
Réaliser :Savoir mener les calculs analytiques, numériques, résolutions d'équations	1			
Valider : Vérifier la pertinence du résultat obtenu (critique de la valeur et de sa dimension)	NE			
Communiquer à l'oral dans un langage courant, scientifique et approprié	1	4	2,0	
Rédiger proprement ses démarches au tableau	1			

	+	-		
ajustement		*	note	13

Remarques : exo 1 : avec de l'aide, il faut se battre et ne rien lacher sur un exo dure, exo 2 : OK mais attention à la rédaction

Exercice : machine non réversible

1. Quel est le rendement maximal d'un moteur thermique ditherme ? On note T_1 et T_2 les températures constantes de la source chaude et de la source froide. Démontrer.

2. On considère maintenant que les sources froide et chaude ne sont pas des thermostats, mais deux corps de même masse M et de capacité thermique c. Quel est le transfert thermique Q_1 maximal qu'on peut obtenir de la source chaude dans le cadre d'un moteur ditherme fonctionnant entre ces deux sources ?

3. On dispose d'un moteur ditherme fonctionnant à l'aide d'un lac de température $T_0 = 10^\circ C$ et d'un volume fixé d'eau chaude à $T_1 = 100^\circ C$, quel est le travail maximal que peut fournir ce moteur ?

Exercice : Equation différentielle

Entraînement 12.5 — **Quelques équations différentielles (I).**

Résoudre les équations différentielles suivantes en tenant compte des conditions aux limites.

Les quantités n_0, n_1, j_0 et p sont des constantes.

a) $\dfrac{\partial^2 n}{\partial x^2}(x,t) = 0$ avec $\begin{cases} n(0,t) &= n_0 \\ \dfrac{\partial n}{\partial x}(0,t) &= j_0 \end{cases}$ ....

b) $\dfrac{\partial^2 n}{\partial x^2}(x,t) = 0$ avec $\begin{cases} n(0,t) &= n_0 \\ n(L,t) &= n_1 \end{cases}$ ....

c) $\dfrac{\partial^2 n}{\partial x^2}(x,t) = p$ avec $\begin{cases} n(0,t) &= n_0 \\ n(L,t) &= n_0 \end{cases}$ ....

Entraînement 12.6 — **Quelques équations différentielles (II).**

Résoudre les équations différentielles suivantes en tenant compte des conditions initiales (τ, n_0, n_c, p et L sont des constantes) :

a) $\dfrac{\partial n}{\partial t}(x,t) = \dfrac{n}{\tau}$ avec $n(x,0) = n_0$ ....

b) $\dfrac{\partial n}{\partial t}(x,t) = -\dfrac{n^2}{n_c \tau}$ avec $n(x,0) = n_0$ ....

c) $\dfrac{\partial n}{\partial t}(x,t) = -\dfrac{n}{\tau} + p$ avec $n(x,0) = n_0\left(1 - \dfrac{x}{L}\right)$ ....

Exercice 1 :

1. Question de cours (utiliser l'inégalité de Clausius) : $r_{max} = 1 - \dfrac{T_2}{T_1}$.

2. Les deux sources sont de températures T_1 (source chaude) et T_2 (source froide).
Pour le fluide $\Delta S = 0 = -\int_{T_{10}}^{Tf} Mc\frac{dT}{T} - \int_{T_{20}}^{Tf} Mc\frac{dT}{T} + S_{ech} = -Mc\ln\left(\frac{T_f^2}{T_{01}T_{02}}\right) + S_{créée}$. Donc $\ln\left(\frac{T_f^2}{T_{01}T_{02}}\right) = \frac{S_{créée}}{Mc}$. Le transfert thermique fourni par la source chaude est $Q_c = Mc\,(T_1 - T_f)$. Il est maximal pour T_f le plus petit possible, soit $S_{créée} = 0$.
Dans le cas réversible, le moteur décrit des cycles ($\Delta S = 0$) en échangeant du transfert thermique avec les d sources
$\Delta S = S_{éch} - \int_{T_{10}}^{Tf} Mc\frac{dT}{T} - \int_{T_{20}}^{Tf} Mc\frac{dT}{T}$. D'où $T_f = \sqrt{T_{01}T_{02}}$.
$$Q_1 = Mc\left(T_1 - \sqrt{T_{01}T_{02}}\right)$$

3. La température finale de la source chaude 1 est T_0 . Pour le lac (source froide 2), les transformations sont réversibles, d'où
$\Delta S = 0 = -\int_{T_1}^{T_0} Mc\frac{dT}{T} + \frac{Q_2}{T_0} + S_{créées}$
et $Q_2 = T_0\left[\int_{T_1}^{T_0} Mc\frac{dT}{T} - S_{créée}\right]$.
Avec le premier principe
$-W = Q_1 + Q_2 = -Mc(T_0 - T_1) + T_0\left[\int_{T_1}^{T_0} Mc\frac{dT}{T} - S_{créée}\right]$.
$-W$ est maximal pour $S_{créée} = 0$.
Alors $\Delta S = S_{éch} = 0 = -\int_{T_1}^{T_0} Mc\frac{dT}{T} + \frac{Q_2}{T_0}$. D'où les transferts thermiques reçus par le fluide : $Q_2 = T_0 Mc\ln\left(\frac{T_0}{T_1}\right) < 0$ et $Q_C = Mc\,(T_1 - T_0) > 0$.
Le travail maximal
$$-W = McT_0\left[(T_1/T_0 - 1) + \ln\left(\frac{T_0}{T_1}\right)\right] > 0.$$

Exercice 2 :

12.5 a) .... $\boxed{n(x,t) = j_0 x + n_0}$

12.5 b) .... $\boxed{n(x,t) = \dfrac{n_1 - n_0}{L}x + n_0}$

12.5 c) .... $\boxed{\dfrac{p}{2}x(x - L) + n_0}$

12.6 a) .... $\boxed{n(x,t) = n_0\exp\left(\dfrac{t}{\tau}\right)}$

12.6 b) .... $\boxed{n(t) = \dfrac{n_0}{1 + \dfrac{n_0 t}{n_c \tau}}}$

12.6 c) ..... $\boxed{n_0\left(1 - \dfrac{x}{L}\right)\exp\left(-\dfrac{t}{\tau}\right) + p\tau\left(1 - \exp\left(-\dfrac{t}{\tau}\right)\right)}$

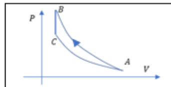
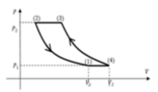
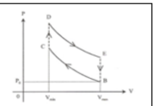
Nom : Bruynseels Prénom: Lucas colle du: 03-10-24	niveau de maîtrise	poids compétence	note compétence	note globale
Savoir énoncer les résultats importants du cours	1	10	5,0	10,0
Connaître les hypothèses d'application des résultats	1			
Savoir appliquer directement son cours sur un exemple simple	1			
S'approprier : faire un schéma, identifier les grandeurs physiques et les hypothèses	NE	6	3,0	
Analyser : adapter l'écriture des relations, théorèmes ou principes à la situation proposée	1			
Réaliser :Savoir mener les calculs analytiques, numériques, résolutions d'équations	1			
Valider : Vérifier la pertinence du résultat obtenu (critique de la valeur et de sa dimension)	NE			
Communiquer à l'oral dans un langage courant, scientifique et approprié	1	4	2,0	
Rédiger proprement ses démarches au tableau	1			

	+	-		
ajustement		*	note	9

Remarques : identité thermo à maîtriser et attention à la qualité de la rédaction ! => exo à reprendre

Exercice 1 : Cycle non réversible

On donne trois cycles suivis par un n moles de gaz parfait de coefficient isentropique γ. On note R la constante des gaz parfait et on néglige tout frottement :

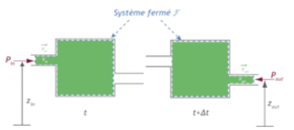
 Cycle avec une transformation adiabatique mécaniquement réversible et d'une isotherme	 Cycle avec deux transformations adiabatiques et mécaniquement réversibles	 Cycle avec deux transformations adiabatiques et mécaniquement réversibles

1) Prévoir qualitativement si ces cycles sont réversibles
2) Calculer l'entropie créée au cours d'un cycle pour chaque cycle
3) Dessiner le cycle de carnot et montrer qu'il est réversible

Exercice 2 : Thermodynamique des systèmes ouverts

On considère l'écoulement d'une masse donnée de fluide à travers une simple canalisation. On indice par « in » toutes les grandeurs d'entrée et par « out » toutes les grandeurs de sortie.

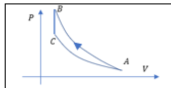
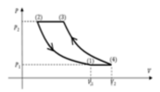
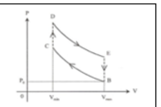
1) Dans l'hypothèse d'un écoulement stationnaire, établir :
   - La conservation du débit massique
   - le premier principe des systèmes ouverts.



2) Déterminer la vitesse maximale d'éjection de l'air (assimilé à un gaz parfait) entrant à vitesse nulle dans une tuyère à la pression $P_e = 10\,bar$ et à la température $T_e = 400K$. Le gaz sort à la pression $P_s = 1{,}00\,bar$. L'écoulement horizontal et stationnaire est considéré adiabatique et réversible. On donne $10^{1/3} \approx 2$

Exercice 1 : Cycle non réversible

Si adia + mec rev => $dU = TdS - pdV = -pdV \Rightarrow dS = 0$

 Cycle avec une transformation adiabatique mécaniquement réversible et d'une isotherme	 Cycle avec deux transformations adiabatiques et mécaniquement réversibles	 Cycle avec deux transformations adiabatiques et mécaniquement réversibles
$\begin{cases}\Delta S_{AB} = 0 \\ S_{e,AB} = 0 \\ S_{c,AB} = 0\end{cases}$ $\begin{cases}\Delta S_{BC} = C_V \ln\left(\frac{T_C}{T_B}\right) \\ S_{e,BC} = \frac{C_V(T_C - T_B)}{T_c} \\ S_{c,BC} = \Delta S_{BC} - S_{e,BC}\end{cases}$ $\begin{cases}\Delta S_{CA} = nR\ln\left(\frac{V_A}{V_C}\right) \\ S_{e,CA} = nR\ln\left(\frac{V_A}{V_C}\right) \\ S_{c,CA} = 0\end{cases}$	Irréversibilité sur les 2 isobares $S_c = C_p \ln\left(\frac{T_3}{T_2}\right) - \frac{C_p(T_3 - T_2)}{T_3} + C_p \ln\left(\frac{T_1}{T_4}\right) - \frac{C_p(T_1 - T_4)}{T_4}$	Irréversibilité sur les 2 isochore $S_c = C_v \ln\left(\frac{T_D}{T_C}\right) - \frac{C_v(T_D - T_C)}{T_D} + C_v \ln\left(\frac{T_B}{T_E}\right) - \frac{C_v(T_B - T_E)}{T_B}$

Exercice 2 : Thermodynamique des systèmes en écoulement

Pour appliquer le 1e principe des systèmes en écoulement, il manque la température finale. L'hypothèse d'une transformation adiabatique réversible (et donc adia mec rev) permet d'utiliser les lois de Laplace : $T_s = T_e\left(\frac{P_e}{P_s}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$. Donc en prenant $\gamma = 1{,}4$, on a $T_s = 400(10)^{-\frac{1}{3}} \approx 200K$

Donc $\Delta_s h + \Delta_s e_c = 0$ Donc $c_s = \sqrt{2c_p(T_e - T_s)} \approx 600m/s$