

A11	niveau de maîtrise	poids compétence	note compétence	note globale
Savoir énoncer les résultats importants du cours	2	10	10,0	18,0
Connaître les hypothèses d'application des résultats	2			
Savoir appliquer directement son cours sur un exemple simple	2			
S'approprier : faire un schéma, identifier les grandeurs physiques et les hypothèses	NE	6	6,0	
Analyser : adapter l'écriture des relations, théorèmes ou principes à la situation proposée	2			
Réaliser :Savoir mener les calculs analytiques, numériques, résolutions d'équations	2			
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	17

Remarques : Bonne colle !

Scott Exercice : machine non diatherme

- Démontrer le rendement maximal d'un moteur diatherme, cyclique et réversible. On note T_1 la température du thermostat chaud et T_2 la température du thermostat froid.
- On considère maintenant que la source froide est un thermostat à la température T_2 mais que la source chaude est une phase condensée de masse m , de capacité thermique massique c dont la température initiale est T_1 . La machine reste cyclique et réversible.
 - Quelle sera la température finale de la source chaude provoquant l'arrêt du moteur ?
 - Appliquer le 1^{er} et 2nd principe et en déduire l'expression de Q_2
 - Quelle est l'expression de Q_1 ?
 - Quelle est l'expression du rendement ?

Exercice : Equation différentielle

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

Exercice : équation différentielle

Résoudre analytiquement l'équation vérifiée par $x(t)$: $\ddot{x} + 2M\omega_0\dot{x} + \omega_0^2x = 0$ avec

M, ω_0 constantes :

- Si $M = 0$ et $x(0) = x_0$ et $\dot{x}(0) = 0$
- Si $M = 1$ et $x(0) = x_0$ et $\dot{x}(0) = 0$
- Si $M < 1$ et $x(0) = x_0$ et $\dot{x}(0) = 0$

Exercice : machine non diatherme

$$1) r = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$2) \int_{T_1}^{T_2} -\frac{mc dT_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = 0$$

$$\text{Donc } Q_2 = T_2 m c \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

$$Q_1 = -mc(T_2 - T_1)$$

$$r = -\frac{W}{Q_1} = 1 + \frac{Q_2}{Q_1} = 1 + \frac{T_2 \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)}{(T_2 - T_1)}$$

Exercice :

$$s(t) = s_0 \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$

$$s(t) = (s_0 - E) \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) + E$$

Exercice : équation différentielle

- $x(t) = x_0 \cos(\omega_0 t)$ pour $M = 0$
- $x(t) = x_0(1 - \omega_0 t)e^{-\omega_0 t}$
- $x(t) = x_0 e^{-M\omega_0 t} \left(\cos(\omega_d t) + \frac{M}{\sqrt{1-M^2}} \sin(\omega_d t) \right)$

A12	niveau de maîtrise	poids compétence	note compétence	note globale
Savoir énoncer les résultats importants du cours	2	10	6,7	11,5
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	12

Remarques : attention aux AN et au bidouillage (qui sera tjs repéré et sanctionné durement en concours)

Exercice : Thermodynamique des systèmes en écoulement

Déterminer la vitesse maximale d'éjection de l'air (assimilé à un gaz parfait) entrant à vitesse nulle dans une tuyère à la pression $P_2 = 10 \text{ bar}$ et à la température $T_2 = 400 \text{ K}$. Le gaz sort à la pression $P_3 = 1.00 \text{ bar}$. L'écoulement horizontal et stationnaire est considéré adiabatique et réversible. On donne $10^{1/3} \approx 2$

Exercice : 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.

$$P_A = 1.0 \text{ atm}, T_A = 300 \text{ K}, P_B = 10 \text{ atm}, T_C = 1000 \text{ K}, \gamma = 1.5, M = 30 \text{ g.mol}^{-1}$$

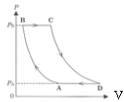
- Représenter le diagramme de Clapeyron $P(V)$ du cycle décrit par une masse quelconque d'air
- Exprimer dans l'ordre T_B, w_1, q, T_D et w_2
- Faire les applications numériques et estimer les transferts énergétiques massiques.
- Quel est le travail fourni à l'hélice. Définir et calculer le rendement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

Exercice : Thermodynamique des systèmes en écoulement

Pour appliquer le 1^{er} principe des systèmes en écoulement, il manque la température finale. L'hypothèse d'une transformation adiabatique réversible (et donc $q_{\text{ad,rev}} = 0$) permet d'utiliser les lois de Laplace : $T_3 = T_2 \left(\frac{P_3}{P_2}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$. Donc en prenant $\gamma = 1.4$, on a $T_3 = 400 (10)^{-\frac{1}{5}} \approx 200 \text{ K}$

$$\text{Donc } \Delta_s h + \Delta_s e_c = 0 \text{ Donc } c_p = \sqrt{2c_p(T_2 - T_3)} \approx 600 \text{ m/s}$$

Exercice : Système en écoulement



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

- Ensuite, il suffit d'appliquer le 1^{er} principe à cet écoulement : $\Delta h = w_1 = c_p T_A \left(\left(\frac{P_B}{P_A}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} - 1\right)$
- On applique toujours le 1^{er} principe en se rappelant que le travail des forces de pression est déjà pris en compte dans l'enthalpie : $\Delta h = q = c_p (T_C - T_B) = c_p \left(T_C - T_A \left(\frac{P_B}{P_A}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}\right)$
- $T_D = T_C \left(\frac{P_D}{P_C}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$
- $\Delta h = w_2 = c_p T_C \left(\left(\frac{P_D}{P_C}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} - 1\right)$
- $T_B \approx 600 \text{ K} ; w_1 \approx 300 \text{ kJ.kg}^{-1} ; q = 400 \text{ kJ.kg}^{-1} ; T_D \approx 500 \text{ K} ; w_2 = -500 \text{ kJ.kg}^{-1}$

Le travail fourni à l'hélice est $|w_2| - |w_1| = 200 \text{ kJ.kg}^{-1}$ Le rendement est donc : $r = \frac{|w_2| - |w_1|}{q} = 0.5$ $r_{\text{carnot}} = 1 - \frac{T_D}{T_C} = 0.7$

A13	niveau de maîtrise	poids compétence	note compétence	note globale
Savoir énoncer les résultats importants du cours	2	10	10,0	#DIV/0!
Connaître les hypothèses d'application des résultats	2			
Savoir appliquer directement son cours sur un exemple simple	2			
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	NE	4	#DIV/0!	
Rédiger proprement ses démarches au tableau	NE			

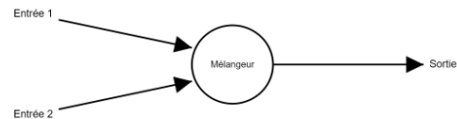
ajustement	+	-	note	#DIV/0!
		*		

Remarques : Sujet pas simple mais qui permet de prendre un peu de hauteur sur la démo de cours du 1e pp des systèmes ouverts

Exercice : Mélangeur

On considère un mélangeur à deux entrées et une sortie :

- A la 1^{re} entrée le fluide 1 est de capacité thermique massique à pression constante c , une température T_1 et un débit massique D_{m1}
- A la 2^{re} entrée le fluide 2 est de même capacité thermique massique à pression constante c , une température T_2 et un débit massique D_{m2}
- A la sortie, le mélange est à une température T_3 et un débit massique D_{m3}
- On suppose le mélangeur parfaitement calorifugé, horizontal et on néglige les variations d'énergie cinétique. L'écoulement est stationnaire



- 1) Effectuer un bilan de masse et en déduire une relation entre les débits massiques.
- 2) Démontrer le 1^{er} principe des systèmes en écoulement et obtenir que $D_{m3} h_3 = D_{m1} h_1 + D_{m2} h_2$
- 3) En déduire la température T_3 en fonction de T_2, T_1, D_{m1}, D_{m2}
- 4) AN $T_1 = 80^\circ\text{C}, T_2 = 20^\circ\text{C}, D_{m1} = 3.0\text{ kg.s}^{-1}, D_{m2} = 7\text{ kg.s}^{-1}$

- 1) On considère le système fermé à t et $t + dt$:

$$\delta m_1 + \delta m_2 + m_e(t) = \delta m_3 + m_e(t + dt)$$

Avec l'hypothèse stationnaire :

$$\delta m_1 + \delta m_2 = \delta m_3$$

Et donc : $D_{m1} + D_{m2} = D_{m3}$

- 2) On effectue un bilan d'énergie à partir du 1^{er} principe :

$$E_{\text{tot}}(t + dt) - E_{\text{tot}}(t) = P_1 v_1 \delta m_1 + P_2 v_2 \delta m_2 - P_3 v_3 \delta m_3 + \delta W' + \delta Q$$

$$\text{Avec } E(t) = E_{\text{com}}(t) + \delta m_1 u_1 + \delta m_2 u_2$$

$$\text{Et } E(t + dt) = E_{\text{com}}(t + dt) + \delta m_3 u_3$$

$$\text{Donc } \delta m_3 h_3 - \delta m_1 h_1 - \delta m_2 h_2 = \delta W' + \delta Q$$

$$\text{Ici } \delta W' + \delta Q = 0$$

$$D_{m3} h_3 = D_{m1} h_1 + D_{m2} h_2$$

- 3) On a un liquide de capacité thermique massique connue :

$$(D_{m1} + D_{m2}) h_3 = D_{m1} h_1 + D_{m2} h_2$$

$$D_{m1} (h_3 - h_1) = D_{m2} (h_2 - h_3)$$

$$D_{m1} (T_3 - T_1) = D_{m2} (T_2 - T_3)$$

$$T_3 = \frac{D_{m2} T_2 + D_{m1} T_1}{D_{m1} + D_{m2}}$$

$$4) T_3 = \frac{7 \cdot 20 + 3 \cdot 80}{10} = 38^\circ\text{C}$$