

A41	niveau de maîtrise	poids compétence	note compétence	note globale
Savoir énoncer les résultats importants du cours	2	10	6,7	13,0
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	4,5	
Analyser : adapter l'écriture des relations, théorèmes ou principes à la situation proposée	1			
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	12
		*		

Remarques : Il faut bien identifier l'utilisation du 1e pp des systèmes en écoulement

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 $P_e = 10 \text{ bar}$ et à la température $T_e = 400 \text{ K}$. Le gaz sort à la pression $P_s = 1,00 \text{ bar}$. 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.

$$P_A = 1,0 \text{ atm}, T_A = 300 \text{ K}, P_B = 10 \text{ atm}, T_C = 1000 \text{ K}, \gamma = 1,5, M = 30 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

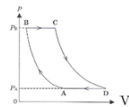
- Représenter le diagramme de Clapeyron $P(V)$ du cycle décrit par une masse quelconque d'air
- Exprimer dans l'ordre T_B, w_1, q, T_D et w_2
- Faire les applications numériques et estimer les transferts énergétiques massiques.
- Quel est le travail fourni à l'hélice. Définir et calculer le rendement 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 adia mec rev) permet d'utiliser les lois de Laplace : $T_s = T_e \left(\frac{P_s}{P_e}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$. Donc en prenant $\gamma = 1,4$, on a $T_s = 400(10)^{-\frac{3}{5}} \approx 200 \text{ K}$

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

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 : $\Delta h = w_1 = c_p T_A \left(\left(\frac{P_A}{P_B}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} - 1\right)$
- 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 : $\Delta h = q = c_p (T_C - T_B) = c_p \left(T_C - T_A \left(\frac{P_A}{P_B}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}\right)$
- $T_D = T_C \left(\frac{P_D}{P_A}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$
- $\Delta h = w_2 = c_p T_C \left(\left(\frac{P_A}{P_D}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} - 1\right)$
- $T_B \approx 600 \text{ K}$; $w_1 \approx 300 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$; $q = 400 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$; $T_D \approx 500 \text{ K}$; $w_2 = -500 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

Le travail fourni à l'hélice est $|w_2| - |w_1| = 200 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$. Le rendement est donc : $r = \frac{|w_2| - |w_1|}{q} = 0,5$. $r_{\text{carnot}} = 1 - \frac{T_D}{T_C} = 0,7$

A42

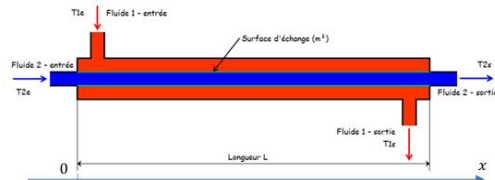
A42	niveau de maîtrise	poids compétence	note compétence	note globale
Savoir énoncer les résultats importants du cours	1	10	1,7	3,5
Connaître les hypothèses d'application des résultats	0			
Savoir appliquer directement son cours sur un exemple simple	0			
S'approprier : faire un schéma, identifier les grandeurs physiques et les hypothèses	NE	6	0,0	
Analyser : adapter l'écriture des relations, théorèmes ou principes à la situation proposée	NE			
Réaliser :Savoir mener les calculs analytiques, numériques, résolutions d'équations	0			
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	4

Remarques : là, il faut reprendre en profondeur le cours !!!!! AU BOULOT !

Echangeur thermique à co-courant

On considère un fluide 2 froid de débit massique D de capacité thermique massique c s'écoulant dans une conduite centrale. Un fluide 1, identique au fluide 2, s'écoule dans le même sens avec le même débit dans une conduite qui entoure la première, permettant ainsi des échanges thermiques entre les 2 fluides. On note $T_1(x)$ la température du fluide 1 et $T_2(x)$ la température du fluide 2.



On admet que la puissance élémentaire $dP_{1-2} = -a(T_1 - T_2)dx$ qu'échange le fluide 1 avec le fluide 2. Tout l'ensemble est calorifugé et seuls les échanges thermiques sont à prendre en considération. On néglige les variations d'énergie cinétique et potentielle

- $D_m c (T_2(x + dx) - T_2(x)) = a(T_1 - T_2)dx$
- $D_m c (T_1(x + dx) - T_1(x)) = -a(T_1 - T_2)dx$
- On obtient les équations différentielles suivantes :

$$\begin{cases} D_m c \frac{dT_2}{dx} = a(T_1 - T_2) \\ D_m c \frac{dT_1}{dx} = -a(T_1 - T_2) \end{cases}$$
- Pour résoudre on peut additionner et soustraire les équations :

$$\begin{cases} D_m c \frac{dT_2 + T_1}{dx} = 0 \\ D_m c \frac{dT_1 - T_2}{dx} = -2a(T_1 - T_2) \end{cases}$$

La 2^e équation donne $\frac{dT_1 - T_2}{T_1 - T_2} = -\frac{2a}{D_m c} dx$ avec $\delta = \frac{D_m c}{2a}$:

Soit $T_1 - T_2 = (T_1(0) - T_2(0))e^{-\frac{x}{\delta}}$

La 1^e équation donne $T_2 + T_1 = T_2(0) + T_1(0)$

On obtient alors : $2T_1 = (T_1(0) - T_2(0))e^{-\frac{x}{\delta}} + T_2(0) + T_1(0)$

Et $2T_2 = T_2(0) + T_1(0) - (T_1(0) - T_2(0))e^{-\frac{x}{\delta}}$
- $T_{2max} = \frac{(T_2(0) + T_1(0))}{2}$
Avec ce type d'échangeur la température de sortie du liquide froid peut juste atteindre la température de sortie du liquide chaud

- Appliquer le 1^{er} principe des systèmes en écoulement au fluide 2 entre x et $x + dx$.
- Appliquer le 1^{er} principe des systèmes en écoulement au fluide 1 entre x et $x + dx$.
- En déduire alors que :

$$\begin{cases} D_m c \frac{dT_2}{dx} = a(T_1 - T_2) \\ D_m c \frac{dT_1}{dx} = -a(T_1 - T_2) \end{cases}$$
- Obtenir $T_1(x)$ et $T_2(x)$
- On suppose que le fluide 2 est froid et que le fluide 1 est chaud. Quelle est la haute température atteignable par le fluide 2 ?

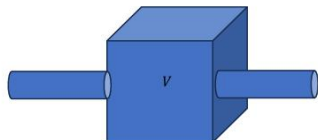
A43	niveau de maîtrise	poids compétence	note compétence	note globale
Savoir énoncer les résultats importants du cours	1	10	5,0	10,0
Connaître les hypothèses d'application des résultats	1			
Savoir appliquer directement son cours sur un exemple simple	1			
S'approprier : faire un schéma, identifier les 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 : Cela manque de recul sur le cours et ses notations

Exercice : premier principe des systèmes en écoulement non stationnaire

On considère de l'eau (phase condensée idéale de capacité thermique massique c de masse volumique ρ) en écoulement. L'eau arrive avec un débit massique D_{me} à la température T_e dans un volume V . Dans ce volume l'eau a une température supposée uniforme et est noté T et ressort à la température T avec un débit D_{ms} . Dans toute la suite on néglige les variations d'énergie cinétique et potentielle à l'échelle macroscopique. Le réacteur est calorifugé et sans partie mobile.



- 1) Démontrer le principe des systèmes en écoulement et montrer que $D_{ms}h_s - D_{me}h_e + \frac{dE}{dt} = 0$
- 2) Obtenir l'équation différentielle vérifiée par $T(t)$ si $D_{me} = D_{ms}$
- 3) Résoudre cette équation si $T(0) = T_0 < T_e$

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

$$\delta m_e + m_e(t) = \delta m_s + m_e(t + dt)$$

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

$$E_{tot}(t + dt) - E_{tot}(t) = P_e v_e \delta m_e + P_s v_s \delta m_s + \delta W_l + \delta Q$$

$$\text{Avec } E(t) = E_{com}(t) + \delta m_e u_e$$

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

$$\text{Donc } dE_{com} + \delta m_s h_s - \delta m_e h_e = \delta W_l + \delta Q$$

$$dE_{com} + \delta m_s h_s - \delta m_e h_e = 0$$

$$D_{ms}h_s - D_{me}h_e + \frac{dE}{dt} = 0$$

- 2) L'équation diff est : $\rho c V \frac{dT}{dt} + D_{me} c (T - T_e) = 0$

- 3) Donc en posant $\tau = \frac{\rho V}{D_{me}}$, on a $T(t) = (T_0 - T_e)e^{-t/\tau} + T_e$