Nom : Fabard Prénom: Nohann colle du: 01-10-24	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	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	NE	4	#DIV/0!	
Rédiger proprement ses démarches au tableau	NE			

	+	-		
ajustement			note	#DIV/0!

Remarques : Colle non comptée pour révision des lois de Laplace => la prochaine fois, demander une colle à la carte

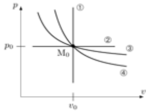
Entraînement 15.5 — **Courbes iso d'un GP dans le diagramme p-v.**

Une courbe isochore, une courbe isotherme, une courbe adiabatique réversible (donc isentrope) et une courbe isobare ont été représentées ci-contre dans le diagramme (p, v) d'un gaz parfait.

Toutes ces courbes passent par le même état décrit par le point M_0 ayant pour coordonnées la pression p_0 et le volume massique v_0.

Pour un gaz parfait,

- l'équation d'état massique est : $pv = rT$ avec $r = R/M$ la constante massique des gaz parfaits ;
- une des lois de Laplace dans le cas d'une transformation adiabatique réversible est $pv^\gamma = \text{cste}$ avec $\gamma > 1$ le coefficient adiabatique.



Exprimer la pente $\frac{\partial p}{\partial v}$ au point M_0 pour chaque courbe iso en fonction de p_0, v_0 et γ :

a) iso-p ....

c) iso-v ....

b) iso-T ....

d) iso-s ....

À l'aide d'une comparaison des pentes des courbes au point M_0, déterminer l'adjectif adapté à chaque courbe parmi la liste suivante : isobare, isotherme, isochore, isentrope.

e) ① ....

g) ③ ....

f) ② ....

h) ④ ....

Entraînement 15.6 — **Courbes isobares d'un diagramme $T - s$.**

La 2ème identité thermodynamique est : $dh = T\,ds + v\,dp$. La seconde loi de Joule énonce que $dh = c_P\,dT$.

a) Établir l'équation différentielle vérifiée par $T(s)$ le long d'une courbe isobare.

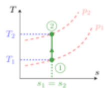
....

b) En déduire l'expression de $T(s)$ vérifiée le long d'une courbe isobare parmi les relations suivantes :

(a) $T_0 \cos(\omega s + \varphi)$ (b) $T_0 \exp\left(\frac{s - s_0}{c_p}\right)$ (c) $T_0 \exp\left(\frac{s_0 - s}{c_p}\right)$ (d) $T_0 \cos(s/c_p)$

....

La suite vise à déterminer la position relative de deux courbes isobares. Pour cela, la compression isentropique d'un gaz parfait, passant d'un état ① à un état ②, est représentée par un trait plein dans le diagramme $T - s$ ci-contre. Les courbes en pointillés représentent deux courbes isobares p_1 et p_2.



c) La transformation vérifie une des lois de Laplace : $p^{1-\gamma}T^\gamma = \text{cste}$. En déduire laquelle des relations suivantes est une expression de p_2 valide ?

(a) $p_1^{1-\gamma}\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^\gamma$ (b) $p_1\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\gamma/(1-\gamma)}$ (c) $p_1\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\gamma/(\gamma-1)}$

....

d) Sachant que $\gamma > 1$, que dire de la position relative d'une courbe isobare haute pression (HP) relativement à une courbe isobare basse pression (BP) ?

(a) Les HP sont au-dessus des BP. (b) Les HP sont en-dessous des BP.

....

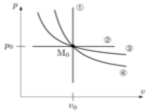
Entraînement 15.5 — **Courbes iso d'un GP dans le diagramme p-v.**

Une courbe isochore, une courbe isotherme, une courbe adiabatique réversible (donc isentrope) et une courbe isobare ont été représentées ci-contre dans le diagramme (p, v) d'un gaz parfait.

Toutes ces courbes passent par le même état décrit par le point M_0 ayant pour coordonnées la pression p_0 et le volume massique v_0.

Pour un gaz parfait,

- l'équation d'état massique est : $pv = rT$ avec $r = R/M$ la constante massique des gaz parfaits ;
- une des lois de Laplace dans le cas d'une transformation adiabatique réversible est $pv^\gamma = \text{cste}$ avec $\gamma > 1$ le coefficient adiabatique.



Exprimer la pente $\frac{\partial p}{\partial v}$ au point M_0 pour chaque courbe iso en fonction de p_0, v_0 et γ :

a) iso-p .... Pente nulle

c) iso-v .... Pente infinie

b) iso-T .... $-p_0/v_0$

d) iso-s .... $-\gamma p_0/v_0$

À l'aide d'une comparaison des pentes des courbes au point M_0, déterminer l'adjectif adapté à chaque courbe parmi la liste suivante : isobare, isotherme, isochore, isentrope.

e) ① .... isochore

g) ③ .... Isotherme

f) ② .... isobare

h) ④ .... isentropique

Entraînement 15.6 — **Courbes isobares d'un diagramme $T - s$.**

La 2ème identité thermodynamique est : $dh = T\,ds + v\,dp$. La seconde loi de Joule énonce que $dh = c_P\,dT$.

a) Établir l'équation différentielle vérifiée par $T(s)$ le long d'une courbe isobare.

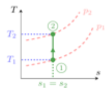
.... $ds = c_p dT/T$

b) En déduire l'expression de $T(s)$ vérifiée le long d'une courbe isobare parmi les relations suivantes :

(a) $T_0 \cos(\omega s + \varphi)$ (b) $T_0 \exp\left(\frac{s - s_0}{c_p}\right)$ (c) $T_0 \exp\left(\frac{s_0 - s}{c_p}\right)$ (d) $T_0 \cos(s/c_p)$

.... b

La suite vise à déterminer la position relative de deux courbes isobares. Pour cela, la compression isentropique d'un gaz parfait, passant d'un état ① à un état ②, est représentée par un trait plein dans le diagramme $T - s$ ci-contre. Les courbes en pointillés représentent deux courbes isobares p_1 et p_2.



c) La transformation vérifie une des lois de Laplace : $p^{1-\gamma}T^\gamma = \text{cste}$. En déduire laquelle des relations suivantes est une expression de p_2 valide ?

(a) $p_1^{1-\gamma}\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^\gamma$ (b) $p_1\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\gamma/(1-\gamma)}$ (c) $p_1\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\gamma/(\gamma-1)}$

.... b

d) Sachant que $\gamma > 1$, que dire de la position relative d'une courbe isobare haute pression (HP) relativement à une courbe isobare basse pression (BP) ?

(a) Les HP sont au-dessus des BP. (b) Les HP sont en-dessous des BP.

.... a

Nom : Saget Prénom: Iannis colle du: 01-10-24

	niveau de maîtrise	poids compétence	note compétence	note globale
Savoir énoncer les résultats importants du cours	2	10	10,0	15,0
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	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	16

Remarques : Bon sens physique

Entraînement 16.9 — **Échangeurs thermiques.**

Les machines dithermes possèdent deux échangeurs thermiques : un condenseur, dans lequel le fluide se liquéfie, et un évaporateur, où il se vaporise.

a) Le fluide caloporteur d'une centrale thermique doit céder de l'énergie à l'environnement extérieur avant de retourner vers la chaudière. L'échangeur est-il un évaporateur ou un condenseur ?

....

b) Le fluide caloporteur d'un réfrigérateur doit recevoir de l'énergie de la part du compartiment réfrigéré. S'agit-il d'un évaporateur ou d'un condenseur ?

....

c) Le fluide caloporteur d'une pompe à chaleur doit céder de l'énergie dans une maison.

S'agit-il d'un évaporateur ou d'un condenseur ?

....

Entraînement 16.10 — **Mélangeur.**

Un mélangeur calorifugé à deux entrées et une sortie fonctionne avec deux liquides identiques, de l'eau par exemple, de capacité thermique massique à pression constante c_p constante. Le premier fluide a un débit massique D_{m1} et une température T_1 tandis que le second a un débit massique D_{m2} et une température $T_2 < T_1$. En sortie, le débit massique du mélange est D_m et sa température T.

a) Exprimer la conservation du débit massique avec les données de l'exercice.

....

b) En ne considérant que le sous-système « fluide 1 » qui reçoit de la part du fluide 2 le transfert thermique $q_{2\to1}$, déduire du premier principe industriel la relation entre $q_{2\to1}$, c_p, T_1 et T.

....

c) Même question pour le sous-système « fluide 2 », en fonction de $q_{1\to2}$, c_p, T_2 et T.

....

d) L'échange thermique est supposé parfait entre les deux liquides : $D_{m1}\, q_{2\to1} + D_{m2}\, q_{1\to2} = 0$. En déduire l'équation reliant les différents débits et températures.

....

e) Exprimer la température T en sortie ....

f) Faire l'application numérique avec $T_1 = 80\,°C$, $T_2 = 20\,°C$, $D_{m1} = 3{,}0\,kg \cdot s^{-1}$ et $D_{m2} = 7{,}0\,kg \cdot s^{-1}$ et exprimer la température en degré celsius.

....

16.9 a) .... $\boxed{\text{condenseur}}$

16.9 b) .... $\boxed{\text{évaporateur}}$

16.9 c) .... $\boxed{\text{condenseur}}$

16.10 a) .... $\boxed{D_{m1} + D_{m2} = D_m}$

16.10 b) .... $\boxed{c_p(T - T_1) = q_{2\to1}}$

16.10 c) .... $\boxed{c_p(T - T_2) = q_{1\to2}}$

16.10 d) .... $\boxed{D_{m1}(T - T_1) + D_{m2}(T - T_2) = 0}$

16.10 e) .... $\boxed{T = \dfrac{D_{m1}T_1 + D_{m2}T_2}{D_m}}$

16.10 f) .... $\boxed{38\,°C}$

Nom : Louet Prénom:Mattis colle du:	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 : OK (à l'étourderie près => pb de signe), Exo 2 : étourderie sur les lois de Laplace.

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

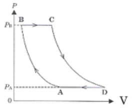
- Résoudre $\frac{ds(t)}{dt} + \frac{s(t)}{\tau} = 0$ si $s(0) = s_0 > 0$ et τ constante
- Résoudre $\frac{ds(t)}{dt} + \frac{s(t)}{\tau} = \frac{E}{\tau}$ si $s(0) = s_0 < E$ et τ constante

Exercice 1 : Thermodynamique des systèmes en écoulement

Pour appliquer le 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 $c_s = \sqrt{2c_p(T_e - T_s)} \approx 600m/s$

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 1e principe à cet écoulement :$\Delta h = w_1 = c_p T_A (\left(\frac{P_A}{P_B}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} - 1)$
- On applique toujours le 1e 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 : $r_{carnot} = 1 - \frac{T_A}{T_C} = 0{,}7$