

DS - 6 - Barème

	👉	👍	👍👍
Connaissance du cours			
Quantité de questions traitées			
Détail de la rédaction			
Rigueur de la rédaction			
Soin de la rédaction			
Commentaires pertinents			

Etude d'une installation nucléaire (d'après CCS - MP - 2016)		élève	prof	max
<b>Q.A.1.a)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BONUS si schéma • <math>\eta = -\frac{W}{Q_{ch}}</math></li> <li>• Application du 1<sup>er</sup> principe au fluide, sur un cycle • <math>\Delta U = W + Q_{ch} + Q_{fr} = 0</math></li> <li>• 2<sup>nd</sup> principe au fluide, sur un cycle • Réversible <math>\Rightarrow S_c = 0</math></li> <li>• <math>\Delta S = S_e + S_c = S_e = Q_{fr}/T_{fr} + Q_{ch}/T_{ch} = 0</math> • <math>\eta_{Carnot} = 1 - \frac{T_{fr}}{T_{ch}}</math></li> </ul>			3.5(+0.5)
<b>Q.A.1.b)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\eta_{Carnot} \simeq 0,442</math> • BONUS si commentaire bon ODG</li> </ul>			0.5(+0.5)
<b>Q.A.1.c)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\eta_{réel} = \frac{P_e}{P_t} \simeq 0,323</math> • <math>\eta_{réel} &lt; \eta_{Carnot}</math></li> </ul>			1
<b>Q.A.2.a)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tracé d'un diagramme <math>(P, v)</math> avec courbe de saturation</li> <li>• Domaines <math>L, V</math> et <math>L \leftrightarrow V</math> • 3 isothermes à <math>T_D, T_B</math> et <math>T_{critique}</math></li> <li>• Tracé du cycle avec <math>A, A', B, C</math> et <math>D</math></li> <li>• BONUS si sens horaire cohérent avec <math>W &lt; 0</math> moteur pour la centrale</li> </ul>			2(+0.5)
<b>Q.A.2.b)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valeurs reportées correctement dans un tableau</li> </ul>			0.5
<b>Q.A.2.c)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>A - A' - B</math> et <math>C - D</math> isobares horizontales à 55 et 0.043 bar</li> <li>• <math>B - C</math> adiabatique réversible donc isentropique</li> <li>• <math>D - A</math> isotherme verticale à 30 °C</li> </ul>			1.5
<b>Q.A.2.d)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Premier principe industriel avec rappel des hypothèses</li> <li>• <math>h_s - h_e = w_u + q</math></li> </ul>			1
<b>Q.A.2.e)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adiab. <math>\Rightarrow w_{BC} = h_C - h_B \simeq -990 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}</math> • BONUS si <math>w_{BC} &lt; 0</math> cohérent</li> </ul>			0.5(+0.5)
<b>Q.A.2.f)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas de pièce mobile dans le générateur de vapeur <math>\Rightarrow q_{AA'} = h_{A'} - h_A = c_p(T_{A'} - T_A) \simeq 1000 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}</math> • BONUS si <math>q_{AA'} &gt; 0</math> cohérent</li> </ul>			0.5(+0.5)
<b>Q.A.2.g)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>q_{A'B} = h_{B'} - h_{A'} \simeq 1600 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}</math></li> </ul>			0.5
<b>Q.A.2.h)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\eta_{Rankine} = \frac{-w_{BC}}{q_{AA'} + q_{A'B}} \bullet \eta_{Rankine} \simeq 0,40</math></li> <li>• <math>\eta_{Rankine} &gt; \eta_{réel}</math> car ce n'est pas le cycle réel ici (cf + loin)</li> <li>• <math>\eta_{Carnot-Rankine} = 1 - \frac{T_D}{T_B} \simeq 0,44</math> • BONUS si <math>\eta_{Carnot-Rankine} &gt; \eta_{Rankine}</math></li> </ul>			2(+0.5)
<b>Q.A.2.i)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mélange diphasé liquide-vapeur en <math>C</math> • <math>x_C \simeq 0.69</math></li> <li>• Problèmes de corrosion ou de chocs des gouttelettes dans la turbine</li> </ul>			1.5
<b>Q.A.3.a)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Points <math>C', B'</math> et <math>C''</math> bien placés</li> </ul>			0.5
<b>Q.A.3.b)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>x_{C'} \simeq 0,85</math> et <math>x_{C''} \simeq 0,77</math></li> <li>• Valeurs <math>&gt; x_C</math> donc permet de limiter la présence d'eau liquide dans la turbine</li> <li>• BONUS si encore mieux avec <math>x_{C''} = 1</math> avec plusieurs surchauffes ou avec cycle de Hirn (cf TD)</li> </ul>			1(+0.5)
<b>Q.A.3.c)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\eta_{Rankine} \text{ étagé} = -\frac{w_{BC'} + w_{B'C''}}{q_{AB} + q_{C'B'}} \bullet \eta_{Rankine} \text{ étagé} = -\frac{h_{C'} - h_B + h_{C''} - h_{B'}}{h_B - h_A + h_{C'} - h_{B'}} \simeq 0,38</math></li> <li>• Rendement moindre, mais installation plus durable</li> </ul>			1.5
<b>Q.B.1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\mathcal{R}_1</math> non galiléen car pas en translation rectiligne uniforme par rapport à <math>\mathcal{R}_0</math></li> <li>• BONUS si schéma</li> </ul>			0.5(+0.5)
<b>Q.B.2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poids : <math>d^3 \vec{F}_{poids} = -\rho g d^3 \tau \vec{u}_z</math></li> <li>• Forces de pression : <math>d^3 \vec{F}_{pression} = -\overrightarrow{grad} P d^3 \tau</math></li> <li>• Force d'inertie d'entraînement (ou centrifuge) : <math>d^3 \vec{F}_{ie} = \rho r \omega^2 d^3 \tau \vec{u}_r</math></li> <li>• Force d'inertie de Coriolis : <math>d^3 \vec{F}_{ic} = \vec{0}</math> car pas de mouvement dans <math>\mathcal{R}_1</math></li> </ul>			2

<p><b>Q.B.3</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\frac{\ d^3 \vec{F}_{poids}\ }{\ d^3 \vec{F}_{ie}\ } = \frac{g}{R\omega^2}</math></li> <li>• <math>\frac{g}{R\omega^2} \simeq \frac{10}{0.1 \times (50000 \times 2\pi/60)^2} \simeq 3,7.10^{-6}</math> donc poids négligeable</li> </ul>			1
<p><b>Q.B.4</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PFD en projection sur <math>\vec{u}_r \Rightarrow \rho(r)\omega^2 r = \frac{dP}{dr}</math></li> <li>• Gaz parfait <math>\Rightarrow PV = nRT \Rightarrow P = n^* k_B T</math> • <math>\rho = mn^*</math> • <math>\frac{dn^*}{n^*} = \frac{m\omega^2 r}{k_B T} dr</math></li> <li>• <math>n^*(r) = n^*(0) \exp\left(\frac{m\omega^2 r^2}{2k_B T}\right)</math></li> </ul>			2.5
<p><b>Q.B.5</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>E_{p,ie} = -\frac{m\omega^2 r^2}{2}</math> • <math>n^*(r)</math> obéit donc bien à une statistique de Boltzmann</li> </ul>			1
<p><b>Q.B.6</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avec centrifugation, majorité des molécules "sur les bords"</li> <li>• Les isotopes les plus lourds sont davantage soumis à la force centrifuge</li> <li>• La proportion d'isotopes les plus lourds est donc plus grande vers l'extérieur</li> <li>• On prélève le mélange d'isotopes plutôt vers le centre de sorte à avoir une plus grande proportion en <math>U^{235}</math>, plus léger</li> <li>• On répète un grand nombre de fois jusqu'à proportion en <math>U^{235}</math> souhaitée</li> </ul>			2.5
<b>Total</b>				27.5

Igloo (d'après Centrale - PC - 2016)		élève	prof	max
Q.1	• Inhomogénéité de température • Commentaire sur le signe			1
Q.2	• Schéma • Bilan th. (ou 1 <sup>er</sup> principe) à la tranche entre $x$ et $x + dx$ entre $t$ et $t + dt$ • $d(\delta U) = \delta^2 Q + \delta^2 W = \delta^2 Q$ car solide incompressible • $d(\delta U) = \rho c S dx \frac{\partial T}{\partial t} dt$ • $\delta^2 Q = [\phi_{th}(x, t) - \phi_{th}(x + dx, t)] dt = \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} S dx dt$ • Equation de la chaleur : $\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$			3
Q.3	• $\tau = \frac{\rho c L^2}{\lambda}$ est le temps caractéristique de diffusion thermique (en s)			0.5
Q.4	• Diffusion thermique toujours irréversible d'après la non invariance de l'eq. de la chaleur par inversion du temps			0.5
Q.5	• En régime stationnaire, $\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = 0 \Rightarrow T(x) = T_1 + \frac{T_2 - T_1}{L} x$			0.5
Q.6	• $\phi_{12} = \frac{\lambda S}{L} (T_1 - T_2)$ proportionnel à $(T_1 - T_2)$			0.5
Q.7	• Analogie avec la loi d'Ohm et utilisation de l'énoncé $\Rightarrow R_{th} = \frac{L}{\lambda S}$			0.5
Q.8	• $V_1 - V_2 \leftrightarrow T_1 - T_2$ , $R \leftrightarrow R_{th}$ , $I \leftrightarrow \phi_{12}$ et $\gamma \leftrightarrow \lambda$			0.5
Q.9	• On a immédiatement $R_{cc} = \frac{1}{hS}$			0.5
Q.10	• D'après la figure, $\rho$ augmente (neige tassée), alors $\lambda$ augmente • Donc neige tassée isole moins bien • BONUS si intuitif car moins d'air isolant dans le cas de la neige tassée (cf mousse, polystyrène...)			1(+0.5)
Q.11	• Pour $\rho = 200 kg.m^{-3}$ , on lit $\lambda \simeq 0.14 W.m^{-1}.K^{-1}$ • BONUS si ODG cohérent pour $\rho$ car $\rho_{glace} < \rho_{eau} = 1000 kg.m^{-3}$ • $R_{th} = \frac{L}{2\pi\lambda r_i(r_i+L)} \simeq 0.13 K.W^{-1}$ • Unité correcte			1.5(+0.5)
Q.12	• Association en série car le flux thermique est le même dans les trois cas			0.5
Q.13	• $R_{igloo} = \frac{1}{h_i S_i} + \frac{L}{2\pi\lambda r_i(r_i+L)} + \frac{1}{h_e S_e}$ • $R_{igloo} = \frac{1}{2\pi h_i r_i^2} + \frac{L}{2\pi\lambda r_i(r_i+L)} + \frac{1}{2\pi h_e (r_i+L)^2}$			1
Q.14	• Il manque ici le rayonnement thermique • En parallèle car flux thermique supplémentaire			1
Q.15	• Loi des nœuds avec des flux thermique (puissances en W) : $P = P_{igloo} + P_{sol}$ • Utilisation de $P_{igloo} = \frac{T_{int} - T_{ext}}{R_{igloo}}$ et $P_{sol} = \frac{T_{int} - T_{sol}}{R_{sol}}$ • Calcul complet $\Rightarrow T_{int} = \frac{P R_{igloo} R_{sol} + T_{ext} R_{sol} + T_{sol} R_{igloo}}{R_{igloo} + R_{sol}}$			1.5
Q.16	• $T_{int} \simeq 275 K = 2^\circ C$ • BONUS si commentaire : c'est "frisquet" !			0.5(+0.5)
Q.17	• Avec peaux sur les murs : $R'_{igloo} = 1.5 \times R_{igloo} \simeq 0.22 K.W^{-1}$ • $T'_{int} \simeq 292 K = 19^\circ C$ : c'est mieux ! • BONUS si commentaire : pourquoi ne pas évaluer également l'influence des peaux sur le sol ?			1(+0.5)
<b>Total</b>				15.5

	Etude des performances thermiques d'un isolant (d'après CCINP - PC - 2023)	élève	prof	max
Q.1	• Dimensions suivant $x$ et $y \gg L \Rightarrow$ effets de bords négligeables			0.5
Q.2	• $\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda_{isolant} \Delta T \Rightarrow$ à 1D : $\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda_{isolant} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$			0.5
Q.3	• C.L. : $T(t, x = 0) = T_{int}$ , $T(t, x = L) = T_{ext}$ et C.I. : $T(t = 0, x = 0) = T_{int}$ , $T(t = 0, x > 0) = T_{ext}$			0.5
Q.4	• Régime permanent $\Rightarrow \frac{\partial T}{\partial t} = 0 \Rightarrow \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = 0 \Rightarrow T(x) = \frac{T_{ext} - T_{int}}{L} x + T_{int}$			0.5
Q.5	• $R_{th} = \frac{\Delta T}{\phi}$ • $\phi = \frac{T_{int} - T_{ext}}{L} \lambda_{isolant} S \Rightarrow R_{th} = \frac{L}{\lambda_{isolant} S}$ • Résistance thermique surfacique (pas clair - déduit de l'unité donnée après) : $r_{th} = R_{th} S = \frac{L}{\lambda_{isolant}}$			1.5
Q.6	• $L = r_{th} \lambda_{isolant} = 12 \text{ cm}$			0.5
Q.7	• $k_{th} = \frac{\lambda_{isolant}}{\rho c_p}$			0.5
Q.8	• $N\_X$ intervalles $\Rightarrow dx = \frac{L}{N\_X}$ et $x_i = i \frac{L}{N\_X}$			0.5
Q.9.a)	• $T(t + dt, x) = T(t, x) + \frac{\partial T}{\partial t} dt$			0.5
Q.9.b)	• $T(t, x - dx) = T(t, x) - \frac{\partial T}{\partial x} dx + \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \frac{dx^2}{2}$			0.5
Q.9.c)	• $T(t, x + dx) = T(t, x) + \frac{\partial T}{\partial x} dx + \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \frac{dx^2}{2}$			0.5
Q.10	• D'après Q.9.b) et Q.9.c) : $\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{T(t, x-dx) + T(t, x+dx) - 2T(t, x)}{dx^2}$			0.5
Q.11.a)	• $T_i^{n+1} = T_i^n + \frac{\partial T}{\partial t} dt$			0.5
Q.11.b)	• $\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{1}{dx^2} [T_{i-1}^n + T_{i+1}^n - 2T_i^n]$			0.5
Q.12	• $T_i^{n+1} = T_i^n + k_{th} \frac{dt}{dx^2} [T_{i-1}^n + T_{i+1}^n - 2T_i^n]$			0.5
Q.13	• Instruction 1 : $K = \text{Lambda}/(\text{Cp} * \text{Rho})$			0.5
Q.14	• Equation valable seulement pour $i \in \{1, N\_X - 1\}$ (pas pour les bords $i = 0$ et $i = N\_X$ ) • BONUS si ces valeurs correspondent aux C.L.			0.5(+0.5)
Q.15	• Instruction 2.1 : $dx=L/(N\_X)$ et Instruction 2.2 : $dt=t\_max/(N\_t)$			0.5
Q.16	• Instruction 3.1 : $\text{Temp}[0,0]=T\_int$ et Instruction 3.2 : $\text{Temp}[0,i]=T\_ext$ • Instruction 3.3 : $\text{Temp}[n,0]=T\_int$ et Instruction 3.4 : $\text{Temp}[n,N\_X]=T\_ext$			1
Q.17	• Instruction 4.1 : $\text{range}(0, N\_t)$ (c'est à dire sur les indices de 0 à $N\_t - 1$ ) • Instruction 4.2 : $\text{range}(1, N\_X)$ (c'est à dire sur les indices de 1 à $N\_X - 1$ ) • Instruction 4.3 : $\text{Temp}[n+1,i] = \text{Temp}[n,i] + (\text{Temp}[n,i+1] + \text{Temp}[n,i-1] - 2 * \text{Temp}[n,i]) * K * dt / (dx ** 2)$			1.5
Q.18	• (3) $\leftrightarrow$ 0 s, (1) $\leftrightarrow$ 6000 s, (4) $\leftrightarrow$ 12000 s, (2) $\leftrightarrow$ 18000 s			0.5
Q.19	• Régime permanent atteint à 18000 s car $T(x)$ est une fonction affine			0.5
<b>Total</b>				13.5

**TOTAL**

		56.5
--	--	------