NOM - Prénom :

DS - 6bis - 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
Q.A.1.a)	• BONUS si schéma • $\eta = -\frac{W}{Q_{ch}}$ • Application du 1^{er} principe au fluide, sur un cycle • $\Delta U = W + Q_{\text{ch}} + Q_{\text{fr}} = 0$ • 2^{nd} principe au fluide, sur un cycle • Réversible $\Rightarrow S_c = 0$ • $\Delta S = S_{\text{e}} + S_{\text{c}} = S_{\text{e}} = Q_{\text{fr}}/T_{\text{fr}} + Q_{\text{ch}}/T_{\text{ch}} = 0$ • $\eta_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_{\text{fr}}}{T_{\text{ch}}}$			$3.5_{(+0.5)}$
Q.A.1.b)	• $\eta_{\text{Carnot}} \simeq 0,442$ • BONUS si commentaire bon ODG			$0.5_{(+0.5)}$
Q.A.1.c)	• $\eta_{\text{réel}} = \frac{P_{\text{e}}}{P_{\text{t}}} \simeq 0,323$ • $\eta_{\text{réel}} < \eta_{\text{Carnot}}$			1
Q.A.2.a)	• Tracé d'un diagramme (P, v) avec courbe de saturation • Domaines L, V et $L \leftrightarrow V$ • 3 isothermes à T_D, T_B et $T_{critique}$ • Tracé du cycle avec A, A', B, C et D • BONUS si sens horaire cohérent avec $W < 0$ moteur pour la centrale			$2_{(+0.5)}$
Q.A.2.b)	• Valeurs reportées correctement dans un tableau			0.5
Q.A.2.c)	• $A - A' - B$ et $C - D$ isobares horizontales à 55 et 0.043 bar • $B - C$ adiabatique réversible donc isentropique • $D - A$ isotherme verticale à 30 $°C$			1.5
Q.A.2.d)	• Premier principe industriel avec rappel des hypothèses • $h_{\text{s}} - h_{\text{e}} = w_{\text{u}} + q$			1
Q.A.2.e)	• Adiab. $\Rightarrow w_{BC} = h_C - h_B \simeq -990 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ • BONUS si $w_{BC} < 0$ cohérent			$0.5_{(+0.5)}$
Q.A.2.f)	• Pas de pièce mobile dans le générateur de vapeur $\Rightarrow q_{AA'} = h_{A'} - h_A = c_p\left(T_{A'} - T_A\right) \simeq 1000 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ • BONUS si $q_{AA'} > 0$ cohérent			$0.5_{(+0.5)}$
Q.A.2.g)	• $q_{A'B} = h_{B'} - h_{A'} \simeq 1600 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$			0.5
Q.A.2.h)	• $\eta_{\text{Rankine}} = \frac{-w_{BC}}{q_{AA'} + q_{A'B}}$ • $\eta_{\text{Rankine}} = \simeq 0,40$ • $\eta_{\text{Rankine}} > \eta_{\text{réel}}$ car ce n'est pas le cycle réel ici (cf + loin) • $\eta_{\text{Carnot-Rankine}} = 1 - \frac{T_D}{T_B} \simeq 0,44$ • BONUS si $\eta_{\text{Carnot-Rankine}} > \eta_{\text{Rankine}}$			$2_{(+0.5)}$
Q.A.2.i)	• Mélange diphasé liquide-vapeur en C • $x_C \simeq 0.69$ • Problèmes de corrosion ou de chocs des gouttelettes dans la turbine			1.5
Q.A.3.a)	• Points C', B' et C'' bien placés			0.5
Q.A.3.b)	• $x_{C'} \simeq 0,85$ et $x_{C''} \simeq 0,77$ • Valeurs $> x_C$ donc permet de limiter la présence d'eau liquide dans la turbine • BONUS si encore mieux avec $x_C''' = 1$ avec plusieurs surchauffes ou avec cycle de Hirn (cf TD)			$1_{(+0.5)}$
Q.A.3.c)	• $\eta_{\text{Rankine étagé}} = -\frac{w_{BC'} + w_{B'C''}}{q_{AB} + q_{C'B'}}$ • $\eta_{\text{Rankine étagé}} = -\frac{h_{C'} - h_B + h_{C''} - h_{B'}}{h_B - h_A + h_{C'} - h_{B'}} \simeq 0,38$ • Rendement moindre, mais installation plus durable			1.5
Q.B.1	• $\mathcal{R}_1$ non galiléen car pas en translation rectiligne uniforme par rapport à $\mathcal{R}_0$ • BONUS si schéma			$0.5_{(+0.5)}$
Q.B.2	• Poids : $d^3\overrightarrow{F}_{poids} = -\rho g d^3\tau \overrightarrow{u}_z$ • Forces de pression : $d^3\overrightarrow{F}_{pression} = -\overrightarrow{grad} P d^3\tau$ • Force d'inertie d'entraînement (ou centrifuge) : $d^3\overrightarrow{F}_{ie} = \rho r \omega^2 d^3\tau \overrightarrow{u}_r$ • Force d'inertie de Coriolis : $d^3\overrightarrow{F}_{ic} = \overrightarrow{0}$ car pas de mouvement dans $\mathcal{R}_1$			2

Q.B.3	• $\frac{\|\|d^3\overrightarrow{F}_{poids}\|\|}{\|\|d^3\overrightarrow{F}_{ie}\|\|} = \frac{g}{R\omega^2}$ • $\frac{g}{R\omega^2} \simeq \frac{10}{0.1\times(50000\times 2\pi/60)^2} \simeq 3,7.10^{-6}$ donc poids négligeable			1
Q.B.4	• PFD en projection sur $\overrightarrow{u}_r \Rightarrow \rho(r)\omega^2 r = \frac{dP}{dr}$ • Gaz parfait $\Rightarrow PV = nRT \Rightarrow P = n^* k_B T$ • $\rho = mn^*$ • $\frac{dn^*}{n^*} = \frac{m\omega^2 r}{k_B T}dr$ • $n^*(r) = n^*(0)exp\left(\frac{m\omega^2 r^2}{2k_B T}\right)$			2.5
Q.B.5	• $E_{p,ie} = -\frac{m\omega^2 r^2}{2}$ • $n^*(r)$ obéit donc bien à une statistique de Boltzmann			1
Q.B.6	• Avec centrifugation, majorité des molécules "sur les bords" • Les isotopes les plus lourds sont davantage soumis à la force centrifuge • La proportion d'isotopes les plus lourds est donc plus grande vers l'extérieur • On prélève le mélange d'isotopes plutôt vers le centre de sorte à avoir une plus grande proportion en U^{235}, plus léger • On répète un grand nombre de fois jusqu'à proportion en U^{235} souhaitée			2.5
	Total			27.5

	Agitation thermique - Formule de Nyquist (d'après Centrale - PC - 2016)	élève	prof	max
Q.A.1.a)	• Loi de l'hydrostatique (avec z vers le haut) : $\frac{dP}{dz} = -\rho g$ • Gaz parfait $\Rightarrow \rho = \frac{PM}{RT}$ • Atmosphère isotherme et g supposée uniforme $\Rightarrow P(z) = P_0 exp\left(-Mgz/RT\right)$			1.5
Q.A.1.b)	• $P(z) = P_0 exp\left(-mgz/k_B T\right)$ • $n_v(z) = P/k_B T \Rightarrow n_v(z) = N_0 exp\left(-mgz/k_B T\right)$ • $E_{p,pesanteur} = mgz$			1.5
Q.A.2	• $n_v(z) = N_0 exp\left(-z/H\right)$ avec $H = k_B T/mg$ • Chute libre avec conservation de l'énergie mécanique (ou PFD) • $v_\ell = \sqrt{2gH}$ • $v_\ell = \sqrt{2k_B T/m}$ • $v_\ell/v_q = \sqrt{2/3} \simeq 1$ donc même ordre de grandeur			2.5
Q.A.3	• Existence de chocs sur la balle $\Rightarrow$ mouvement aléatoire imperceptible à notre échelle, avec déplacement de valeur moyenne nulle			0.5
Q.B.1	• Gaz d'électrons $\Rightarrow v_q = \sqrt{\frac{3k_B T}{m}} \simeq 10^5 m.s^{-1} \ll c \Rightarrow e^-$ non relativistes			0.5
Q.B.2	• LDM $\Rightarrow u_e = u_s + L\frac{di_e}{dt}$ • LDN $\Rightarrow i_e = i_s + C\frac{du_s}{dt}$			1
Q.B.3.a)	• $\frac{\partial u}{\partial x} = -\lambda\frac{\partial i}{\partial t}$ (1) • $\frac{\partial i}{\partial x} = -\gamma\frac{\partial u}{\partial t}$ (2)			1
Q.B.3.b)	• $\frac{\partial(1)}{\partial x} \Rightarrow$ avec (2), on obtient une éq. de D'Alembert : $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{1}{c_e^2}\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$ • $c_e = \frac{1}{\sqrt{\gamma\lambda}}$			1
Q.B.3.c)	• D'Alembert $\Rightarrow \omega = kc_e$ • (1) ou (2) $\Rightarrow R_c = \frac{\underline{U}}{\underline{I}} = \sqrt{\frac{\lambda}{\gamma}}$ • $\lambda = \frac{R_c}{c_e}$ et $\gamma = \frac{1}{R_c c_e}$			1.5
Q.B.4.a)	• D'Alembert $\Rightarrow U''(x) + \frac{\omega^2}{c_e^2}U(x) = 0$ (O.H.) • $U(0) = 0 \Rightarrow U(x) = U_0 sin(Kx)$ avec $K = \frac{\omega}{c_e}$ • $U(D) = 0 \Rightarrow KD = n\pi$ avec $n\mathbb{N}$ • $K_n = \frac{n\pi}{D}$ et $\omega_n = c_e K_n = \frac{n\pi c_e}{D}$ • BONUS si mention de modes propres			2(+0.5)
Q.B.4.b)	• Entre deux fréquences propres consécutives $\delta f = \frac{\delta\omega}{2\pi} = \frac{c_e}{2D}$ • $N = \frac{\Delta f}{\delta f} = \frac{2D\Delta f}{c_e}$ si $N \gg 1$			1
Q.B.4.c)	• (1) ou (2) intégrée avec constante nulle car $i_n(x,t) = 0$ lorsque $U_{0n} = 0$ • $i_n(x,t) = -\frac{U_{0n}}{R_c}cos(K_n x)sin(\omega_n t)$			1
Q.B.5.a)	• $de_n = \frac{1}{2}\lambda dx i_n(x,t)^2 + \frac{1}{2}\gamma dx u_n(x,t)^2$ • $\langle de_n\rangle = \left[\frac{1}{4}\gamma U_{on}^2\cos^2(K_n x) + \frac{1}{4}\gamma U_{on}^2\sin^2(K_n x)\right]dx = \frac{1}{4}\gamma U_{on}^2 dx$ • Energie répartie uniformément sur la ligne en moyenne temporelle			1.5
Q.B.5.b)	• $\langle E_n\rangle = \frac{1}{4}\gamma D U_{0n}^2 = \frac{D}{4R_c c_e}U_{0n}^2$			0.5
Q.B.6.a)	• $\langle E_n\rangle = k_B T \Rightarrow U_{0n}^2 = \frac{4R_c c_e k_B T}{D}$ • $U_{0,n} = \sqrt{2}U_{eff,n}$ • $U_{eff,n} = \sqrt{\frac{2R_c c_e k_B T}{D}}$			1.5
Q.B.6.b)	• $U_{eff}^2 = NU_{eff,n}^2$ • $U_{eff}^2 = \frac{2\mathrm{D}\Delta f}{c_e}\frac{2\mathrm{R}_c c_e k_B T}{D}$ • $R = R_c \Rightarrow U_{eff} = \sqrt{4k_B T R\Delta f}$			1.5
	Total			20

	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. : $T(t, x=0) = T_{\text{int}}$, $T(t, x=L) = T_{\text{exr}}$ et C.I. : $T(t=0, x=0) = T_{\text{int}}$, $T(t=0, x>0) = T_{\text{ext}}$			0.5
Q.4	• Régime permanent $\Rightarrow \frac{\partial T}{\partial t} = 0 \Rightarrow \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = 0 \Rightarrow T(x) = \frac{T_{\text{ext}} - T_{\text{int}}}{L} x + T_{\text{int}}$			0.5
Q.5	• $R_{th} = \frac{\Delta T}{\phi}$ • $\phi = \frac{T_{\text{ int}} - T_{\text{ext}}}{L} \lambda_{isolant} S \Rightarrow R_{th} = \frac{L}{\lambda_{isolant} S}$ • Résistance thermique surfacique (pas clair - déduit de l'unité donnée après) : $r_{th} = R_{th} S = \frac{L}{\lambda_{isolant}}$			1.5
Q.6	• $L = r_{th} \lambda_{isolant} = 12\ cm$			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)	• $\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{1}{dx^2} \left[T_{i-1}^n + T_{i+1}^n - 2T_i^n \right]$			0.5
Q.12	• $T_i^{n+1} = T_i^n + k_{th} \frac{dt}{dx^2} \left[T_{i-1}^n + T_{i+1}^n - 2T_i^n \right]$			0.5
Q.13	• Instruction 1 : K = Lambda/(Cp*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 : Temp[0,0]=T_int et Instruction 3.2 : Temp[0,i]=T_ext • Instruction 3.3 : Temp[n,0]=T_int et Instruction 3.4 : Temp[n,N_X]=T_ext			1
Q.17	• Instruction 4.1 : range(0,N_t) (c'est à dire sur les indices de 0 à $N\_t - 1$) • Instruction 4.2 : range(1,N_X) (c'est à dire sur les indices de 1 à $N\_X - 1$) • Instruction 4.3 : Temp[n+1,i] = Temp[n,i] + (Temp[n,i+1]+ Temp[n,i-1]-2*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
	Total			13.5

TOTAL			61