DS 3 : Chimie & Lois du frottement solide & Thermodynamique des systèmes ouvert Éléments de correction

N°	Elts de rép.	Pts	Note
00-00	**Titre de l'exo**	0	0
0	éléments de réponse	0	0

01-07	**Chimie**		
01-03	**Structure du silicium**		
1	électron de cœur : $1s^2 2s^2 2p^6$ électron de valence : $3s^2 3p^2$	1	
2	$n = 3$ donc 3ieme période, 4 électrons de valence donc colonne IV ou 4+10 = 14 Le carbone C qui a 4 électron de valence. C est plus électronégatif car au dessus.	1	
3	le nombre d'oxydation est à chaque fois +IV	1	
04-07	**Production du nitrure de silicium**		
4	$2N_2$(g) + 3 Si(s) = $Si3N_4$(s)	1	
5	Elles sont nulles car il s'agit de corps pur dans leur état standard de référence. On utilise la loi de Hess $\Delta_r H° = \Delta_f H°(Si_3N_4) - 2 \times 0 - 3 \times 0 = -744$ kJ.K^{-1}.mol^{-1}	1	
6	transformation adiabatique et isobare donc $\Delta H = 0$ donc $\xi_f \Delta_r H°(T_i) + \sum_{\text{especes}} n_f c_p^\circ (T_f - T_i) = 0$ on fait un tableau d'avancement aux proportions stœchiométriques donc à l'état initial $n_i(N_2) = 2\xi_f$, $n_i(Si) = 3\xi_f$ et $n_i(Si_3N_4) = 0$, à l'état final $n_i(N_2) = 0$, $n_i(Si) = 0$ et $n_i(Si_3N_4) = \xi_f$. On en déduit $\xi_f \Delta_r H°(T_i) + \xi_f c_p^\circ(Si_3N_4)(T_f - T_i) = 0$ donc $T_f = T_i - \dfrac{\Delta_r H°}{c_p^\circ(Si_3N_4)} = 8130$ K. Cette température ne peut être atteinte dans une enceinte car les matériaux fondent.	1	

7	On refait un tableau d'avancement avec $n_f(N_2) = 0,9n_i(N_2)$ donc $n_i(N_2) - 2\xi_f = 0,9n_i(N_2)$ d'où $n_f(N_2) = 0,9n_i(N_2) = 0,9 \times \frac{2}{0,1}\xi_f = 18\xi_f$ et on ajoute le réactif restant à la somme sur les espèces d'où $\xi_f \Delta_r H°(T_i) + \xi_f c_p^\circ(Si_3N_4)(T_f - T_i) + 18\xi_f c_p^\circ(N_2)(T_f - T_i) = 0$ d'où $T_f = T_i - \frac{\Delta_r H°}{c_p^\circ(Si_3N_4) + 18c_p^\circ(N_2)} = 1543$ K	1	

08-22	**Machine de Wehner et Schulze**		
8		1	
9		1	
10		1	
11		1	
12		1	
13		1	
14		1	
15		1	
16		1	
17		1	
18		1	
19		1	
20		1	
21		1	
22		1	

23-30	**Propulsion par un réacteur d'avion**		
23-25	**Premier principe pour un système ouvert**		
23	Σ système fermé donc sa masse se conserve $m_\Sigma(t+dt) = m_\Sigma(t)$, or t on remarque sur le schéma $m_\Sigma(t) = m_{pc}(t) + dm_e$ et à $t + dt$ on remarque que $m_\Sigma(t+dt) = m_{pc}(t+dt) + dm_s$, donc $m_{pc}(t+dt) + dm_s = m_{pc}(t) + dm_e$. Le régime est permanent donc $m_{pc}(t+dt) = m_{pc}(t)$ d'où $dm_e = dm_s$, on en déduit que $D_m = \frac{dm_e}{dt} = \frac{dm_s}{dt}$	1	
24	On applique le premier principe au système fermé Σ entre t et $t + dt$ donc $dE_c + dU = W + Q$ devient $E_{c,\Sigma}(t + dt) - E_{c,\Sigma}(t) + U_\Sigma(t + dt) - U_\Sigma(t) = \delta W + \delta Q$. Puis on exprime les différents termes en fonction des entrées et sorties : $E_{c,\Sigma}(t+dt) - E_{c,\Sigma}(t) = E_{c,pc} + \delta E_{c,s} - E_{c,pc} - \delta E_{c,e} = \delta E_{c,s} - \delta E_{c,e}$ puis $U_\Sigma(t + dt) - U_\Sigma(t) = U_{pc} + \delta U_s - U_{pc} - \delta U_e = \delta U_s - \delta U_e$ puis $\delta Q = 0$ car les parois sont calorifugés puis $\delta W = \delta W_p + \delta W_{fc} + \delta W_i$ avec $\delta W_{fc} = -E_{p,\Sigma}(t+dt) + E_{p,\Sigma}(t) = -E_{p,pc} - \delta E_{p,s} + E_{p,pc} + \delta E_{p,e} = -\delta E_{p,s} + \delta E_{p,e}$ puis $\delta W_p = -P_s S_s dl_s + P_e S_e dl_e$ enfin $(\delta E_{c,s} + \delta E_{p,s} + \delta U_s + P_s S_s dl_s) - (\delta E_{c,e} + \delta E_{p,e} + \delta U_e + P_e S_e dl_e) = \delta W_i$	1	
25	On exprime tout en grandeur massique $(e_{c,s}\delta m_s + e_{p,s}\delta m_s + u_s\delta m_s + P_s v_s \delta m_s) - (e_{c,e}\delta m_e + e_{p,e}\delta m_e + u_e\delta m_e + P_e v_e \delta m_e) = \omega_i \delta m$ on utilise $\delta m = \delta m_e = \delta m_s$ $(e_{c,s} + e_{p,s} + u_s + P_s v_s) - (e_{c,e} + e_{p,e} + u_e + P_e v_e) = \omega_i$ puis on reconnait $h = u + Pv$, on a $e_c = \frac{1}{2}\frac{\delta m}{\delta m} c^2$, et on a seulement le poids comme énergie potentielle donc $e_p = \frac{\delta m}{\delta m} gz$ d'où $(\frac{1}{2}c_s^2 + gz_s + h_s) - (\frac{1}{2}c_e^2 + gz_e + h_e) = \omega_i$	1	
26-30	**Force de poussée du réacteur - Étude de la tuyère**		
26	l'air traversant la tuyère est un gaz parfait subissant une transformation adiabatique et réversible donc on peut utiliser la loi de Laplace $P_s^{1-\Gamma} T_s^\Gamma = P_e^{1-\Gamma} T_e^\Gamma$ donc $T_s = \left(\frac{P_e}{P_s}\right)^{(1-\Gamma)/\Gamma} \times T_e$ d'où $\theta_s = \left(\frac{P_e}{P_s}\right)^{(1-\Gamma)/\Gamma} \times (\theta_e + 273) - 273 = 547$ °C	1	

27	On applique le premier principe $(\frac{1}{2}c_s^2+gz_s+h_s)-(\frac{1}{2}c_e^2+gz_e+h_e)=\omega_i$, on remarque qu'il n'y a pas de travail $\omega_i=0$, $z_s=z_e$, et $c_e=0$ d'où $\frac{1}{2}c_s^2+h_s-h_e=0$ d'où $c_s=\sqrt{2\left(h_e-h_s\right)}=\sqrt{2c_p\left(T_e-T_s\right)}=\sqrt{2c_p\left(\theta_e-\theta_s\right)}=841$ m.s^{-1}	1	
28	On doit calculer une force donc on écrit la seconde loi de Newton au système fermé Σ, $\frac{d\vec{p}_\Sigma}{dt}=\vec{\Pi}_{\to\Sigma}$, avec $\vec{p}_\Sigma$ la quantité de mouvement. On fait un bilan de quantité de mouvement avec cette équation comme on l'a fait pour l'énergie. on l'écrit comme un bilan entre t et $t+dt$ $\vec{p}_\Sigma(t+dt)-\vec{p}_\Sigma(t)=\vec{\Pi}_{\to\Sigma}dt$ on décompose selon la partie commune et les entrée et sorties $\vec{p}_{pc}(t+dt)+\delta\vec{p}_s-\vec{p}_{pc}(t)-\delta\vec{p}_e=\vec{\Pi}_{\to\Sigma}dt$ on utilise le caractère permanent de l'écoulement $\vec{p}_{pc}(t+dt)=\vec{p}_{pc}(t)$ d'où $\delta\vec{p}_s-\delta\vec{p}_e=\vec{\Pi}_{\to\Sigma}dt$ puis on introduit les grandeurs massiques $\delta\vec{p}=\delta m\vec{c}$ et $dt=\frac{\delta m}{D_m}$ $\delta m_s\vec{c}_s-\delta m_e\vec{c}_e=\vec{\Pi}\frac{\delta m}{D_m}$ puis la conservation de la masse $\delta m_s=\delta m_e=\delta m$ d'où $\vec{\Pi}_{\to\Sigma}=D_m\left(\vec{c}_s-\vec{c}_e\right)$ On vient d'exprimer la force de poussée sur le système fermé de gaz qui s'écoule à travers le réacteur, donc on vient de calculer la force exercée par le réacteur sur l'air. Mais ce qui nous intéresse $\vec{\Pi}$ c'est la force de l'air sur le réacteur, donc par principe de l'action et de la réaction (3ième loi de Newton) $\vec{\Pi}=-\vec{\Pi}_{\to\Sigma}=D_m\left(\vec{c}_e-\vec{c}_s\right)$ et $\Pi=D_mc_s=70$ kN	1	

29	$ma = \Pi$ donc $\dfrac{a}{g} = \dfrac{1}{mg}\Pi = \dfrac{D_m c_s}{mg} = 6$	1	
30	L'accélération est constante donc $\ddot{x} = a$ donc $x(t) = \dfrac{a}{2}t^2 + \dot{x}(0)t + x(0)$, on prend $\dot{x}(0) = 0$ et $x(0) = 0$, donc $x(\tau) = l$ et $\tau = \sqrt{\dfrac{2l}{a}} = 3$ s	1	