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 $\xi_f \Delta_r H^\circ(T_i) + \xi_f c_p^\circ(Si_3N_4)(T_f - T_i) + 18\xi_f c_p^\circ(N_2)(T_f - T_i) = 0$ d'où $T_f = T_i - \frac{\Delta_r H^\circ}{c_p^\circ(Si_3N_4) + 18c_p^\circ(N_2)} = 1543$ K	1	

08-22	**Machine de Wehner et Schulze**		
8	Tracer de $\vec{N}$ selon $\vec{e}_z$ et $\vec{T}$ selon $-\vec{e}_\theta$	1	
9	lorsqu'il y a glissement $\vec{v}(2/1) \neq 0$ et $T = f_d N$, donc ici $\vec{T} = -fN\vec{e}_\theta$	1	
10	On applique le PFD à l'ensemble de la tête $m\vec{a} = 3\vec{N} + 3\vec{T} + m\vec{g}$ on projette sur l'axe vertical et on obtient $0 = 3N - mg$ donc $N = \frac{mg}{3}$ donc $T = f_d \frac{mg}{3}$	1	
11	$\vec{M}_{\vec{T},Oz} = \overrightarrow{OC} \wedge \vec{T} = r_m \vec{e}_r \wedge -T\vec{e}_\theta = -r_m T \vec{e}_z$ donc $M_{\vec{T},Oz} = -r_m f_d \frac{mg}{3}$	1	
12	mouvement circulaire donc $v_{C,i} = r_m \omega_i$ donc $\omega_i = \frac{v_{C,i}}{r_m} = 309$ rad.s^{-1}	1	
13	On applique le théorème du moment cinétique à l'ensemble de la tête $\frac{\vec{L}_O}{dt} = \vec{M}_{O,\vec{p}} + \sum_{patins} \vec{M}_{O,\vec{N}} + \vec{M}_{O,\vec{T}}$ puis on projette sur $\vec{e}_z$ il ne reste plus que le moment des 3 forces de frottement $\vec{T}$ car les autres sont colinéaires à $\vec{e}_z$ d'où $J\frac{\omega_1}{dt} = 0 + 3 \times 0 + 3M_{\vec{T},Oz} = -r_m f_d mg$	1	
14	on résout $\frac{\omega_1}{dt} = -\frac{r_m f_d mg}{J}$ donc $\omega_1(t) = \omega_1(0) - \frac{r_m f_d mg}{J} t = \omega_i - \frac{2r_m f_d g}{R^2} t$. On trace la droite d'équation donnée ci-dessus.	1	
15	La tête s'arrête quand $\omega_1(\tau) = 0$ donc $\omega_i - \frac{2r_m f_d g}{R^2}\tau = 0$ d'où $\tau = \frac{R^2 \omega_i}{2r_m f_d g}$. On remarque que la masse de la tête se simplifie entre mg et J donc ça n'en dépend pas, de même on remarque que le nombre de patin 3 se simplifie entre l'expression de T et le nombre de $M_{\vec{T},Oz}$. On retrouve un résultat analogue au glissement sur un plan incliné qui ne dépend pas de la masse de l'objet posé ni de la surface de contact.	1	

16	$\tau = \dfrac{R^2\omega_i}{2r_m f_d g}$ donc $f_d = \dfrac{R^2\omega_i}{2r_m \tau g} = 0,4$. On obtient une valeur positive sans dimension dans les ordres de grandeur entre 0,1 et 1, donc le calcul est cohérent. De cette valeur est grande devant le coefficient de téflon/acier de l'ordre de 0,05, par contre on peut atteindre des adhérence plus élevées de l'ordre 0,9 pour des pneus.	1	
17	On est dans une situation d'équilibre donc on écrit le théorème des moments à l'équilibre $0 = M_0 + 3M_{\vec{T},Oz}$ et $M_{\vec{T},Oz} = -r_m f_s \dfrac{mg}{3}$ donc $f_s = \dfrac{M_0}{mgr_m}$	1	
18	si $v < 20$ km.h^{-1} décroissance rapide de f, on passe de f_s à f_d si 20 km.h^{-1} $< v <$ 95 km.h^{-1}, on a un comportement affine de faible pente, c'est un modèle linéaire un peu plus précis que $f_d =$ cte vu en cours si $v >$ 95 km.h^{-1}, on a des grandes oscillations, à haute vitesse des effets non linéaire de modification de la structure du matériau.	1	
19	si f évolue de façon affine avec v alors avec ω_1 aussi donc on obtient une équation différentielle de la forme $\dfrac{d\omega_1}{dt} = -a\omega_1 + b$, on a une décroissance exponentielle.	1	
20	$\theta_p = \dfrac{b}{r_m} = 0,3$ rad $= 19°$, et $P_A = \dfrac{N}{S} = \dfrac{mg/3}{r_2^2\theta_p/2 - r_1^2\theta_p/2} = 2$ bar	1	
21	On découpe la surface du patin en élément de surface $dS = rdrd\theta$ puis on exprime $dT = fdN = fP_A dS$ donc $d\vec{T} = -fP_A rdrd\theta \vec{e}_\theta$ puis $d\vec{M}'_{\vec{T},Oz} = \overrightarrow{OP} \wedge d\vec{T} = r\vec{e}_r \wedge (-fP_A rdrd\theta \vec{e}_\theta) = -fP_A r^2 drd\theta \vec{e}_z$ donc $M'_{\vec{T},Oz} = \int_0^{\theta_p}\int_{r_1}^{r_2} dM'_{\vec{T},Oz} = -fP_A \int_0^{\theta_p}\int_{r_1}^{r_2} r^2 drd\theta = -fP_A\theta_p\left(\dfrac{r_2^3}{3} - \dfrac{r_1^3}{3}\right)$	1	
22	on calcule $\dfrac{M'_{\vec{T},Oz} - M_{\vec{T},Oz}}{M'_{\vec{T},Oz}}$ et on en déduit si le modèle d'action ponctuelle est valable ou pas.	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 $D_m = \dfrac{dm_e}{dt} = \dfrac{dm_s}{dt}$	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 $\delta W_p = -P_sS_sdl_s + P_eS_edl_e$ enfin $(\delta E_{c,s} + \delta E_{p,s} + \delta U_s + P_sS_sdl_s) - (\delta E_{c,e} + \delta E_{p,e} + \delta U_e + P_eS_edl_e) = \delta W_i$	1	
25	On exprime tout en grandeur massique $(e_{c,s}\delta m_s + e_{p,s}\delta m_s + u_s\delta m_s + P_sv_s\delta m_s) - (e_{c,e}\delta m_e + e_{p,e}\delta m_e + u_e\delta m_e + P_ev_e\delta m_e) = \omega_i \delta m$ on utilise $\delta m = \delta m_e = \delta m_s$ $(e_{c,s} + e_{p,s} + u_s + P_sv_s) - (e_{c,e} + e_{p,e} + u_e + P_ev_e) = \omega_i$ 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 $c_s = \sqrt{2\,(h_e - h_s)} = \sqrt{2c_p\,(T_e - T_s)} = \sqrt{2c_p\,(\theta_e - \theta_s)} = 841$ m.s^{-1}	1	

<table>
<tr><td>28</td><td>On doit calculer une force donc on écrit la seconde loi de Newton au système fermé Σ, $\dfrac{d\vec{p}_\Sigma}{dt} = \vec{\Pi}_{\to\Sigma}$, 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 $dt = \dfrac{\delta m}{D_m}$
$\delta m_s\vec{c}_s - \delta m_e\vec{c}_e = \vec{\Pi}\dfrac{\delta m}{D_m}$
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 $\Pi = D_m c_s = 70$ kN</td><td>1</td><td></td></tr>
</table>

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	