



Numéro de place

1 0 5 5 6 0

Numéro d'inscription

1 4 6 6 5

Nom

X H O F F R A Y

Prénom

N I L S

Signature

CONCOURS CENTRALE-SUPÉLEC

Épreuve Physique - Chimie 1

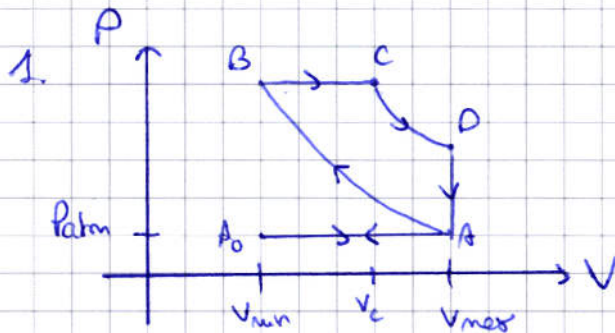
Feuille

01 / 02

Ne rien porter sur cette feuille avant d'avoir complètement rempli l'entête

I. La motorisation des trains

A. Le moteur Diesel



2. La transformation AB est adiabatique réversible donc $\Delta S = 0$ c'est à dire que :

$$P_A V_A^\gamma = P_B V_B^\gamma \quad \text{donc} \quad P_B = \left(\frac{V_A}{V_B}\right)^\gamma P_A = \left(\frac{V_{\max}}{V_{\min}}\right)^\gamma P_{\text{atm}} = x^\gamma P_{\text{atm}}$$

De même CD est isobare donc : $P_C V_C^\gamma = P_D V_D^\gamma$ et BC isotherme donc $P_B = P_C$

$$\text{donc} \quad P_D = \left(\frac{V_C}{V_D}\right)^\gamma P_C = \frac{1}{x^\gamma} x^\gamma P_{\text{atm}} = \left(\frac{x}{y}\right)^\gamma P_{\text{atm}}$$

3. Le rendement $\eta_D = \frac{\text{énergie utile}}{\text{énergie fournie}} = - \frac{W}{Q}$

or ici $W = W_{AB} + W_{CD}$ et le premier principe nous donne que :

$$\Delta U_{AB} = W_{AB} = C_m (T_B - T_A) \quad \text{et} \quad \Delta U_{CD} = C_m (T_D - T_C) = W_{CD}$$

$$\text{donc} \quad W = C_m (T_B + T_D - T_A - T_C)$$

$$\text{et} \quad Q = \Delta H = Q_{BC} = \Delta H_{BC} = p (T_C - T_B) \quad \text{donc}$$

$$\eta_D = - \frac{(T_B + T_D - T_A - T_C)}{\gamma (T_C - T_B)} = \frac{1}{\gamma} \left(1 + \frac{T_D - T_A}{T_B - T_C} \right)$$

Ne rien écrire

dans la partie barrée

$$4. \eta_0 = \frac{1}{\delta} \left(1 + \frac{P_D V_D - P_A V_A}{P_B V_B - P_C V_C} \right) = \frac{1}{\delta} \left(1 + \frac{\left(\frac{n}{4}\right)^{\delta} P_{atm} V_{max} - P_{atm} V_{max}}{n^{\delta} P_{atm} V_{min} - n^{\delta} P_{atm} V_e} \right)$$

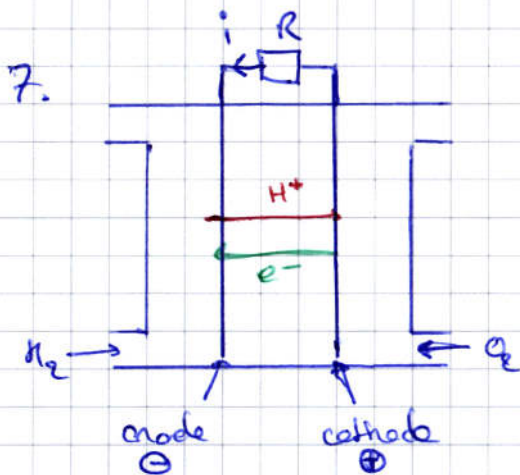
$$= \frac{1}{\delta} \left(1 + V_{max} \frac{n^{\delta-4}}{(n/4)^{\delta}} \frac{1}{V_{min} - V_e} \right) = \boxed{0,33}$$

~~5. la puissance fournie par la pile est la somme de la puissance fournie par la cathode et la puissance fournie par l'anode~~

B La pile à hydrogène PEMFC

1)

6. l'anode est le borne de la pile ou de l'accumulateur où se passe la réaction d'oxydation, la cathode est le borne où a lieu la réaction de réduction
ici on a ~~à l'anode~~ des demi-réactions suivantes :



8. La loi de Hess donne que $\Delta_r H^\circ = -286 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

puis $\Delta_r S^\circ = S_m^\circ(H_2O) - \frac{1}{2} S_m^\circ(O_2) - S_m^\circ(H_2) = \boxed{-0,169 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}}$

puis $\Delta_r G^\circ = \Delta_r H^\circ - T \Delta_r S^\circ = -937,1 \text{ kJ.mol}^{-1}$

et enfin $\Delta_r G^\circ = -n F e^\circ$ donc $e^\circ = 2,46 \text{ V.C}^{-1}$

8)

3. Le rendement est défini comme : $\frac{\text{énergie utile}}{\text{énergie consommée}}$ or ici la pile fournit de l'énergie électrique donc l'énergie utile vaut $-W_e$ (ordonnée de l'énergie)

10. $G = H - TS$ donc $\Delta G = \Delta H - T \Delta S \leq \Delta H = -W_e + Q = -W_e$
donc $\Delta G \leq -W_e$.

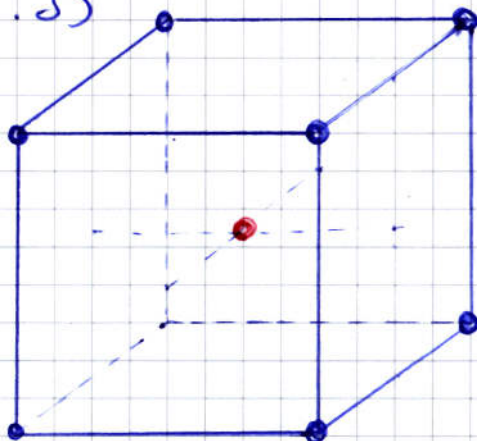
11. dans le cas d'une transformation isotherme, isobare réversible l'enthalpie précédente devient une égalité, on a donc : $\Delta G = -W_e$ et donc $\eta_{\text{max}} = \frac{\Delta G}{\Delta H} = \frac{\Delta G^\circ}{\Delta H^\circ}$
 $= \frac{\Delta H^\circ - T \Delta S^\circ}{\Delta H^\circ} = 1 - T \frac{\Delta S^\circ}{\Delta H^\circ}$

12. à 60°C : $\eta_{\text{max}} = 0,8$

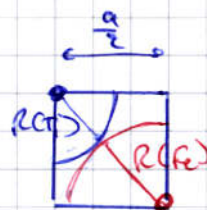
13. Il nécessite $\frac{300}{0,7} = 429$ cellules branchées en série pour alimenter les machines du constructeur

3)

15.

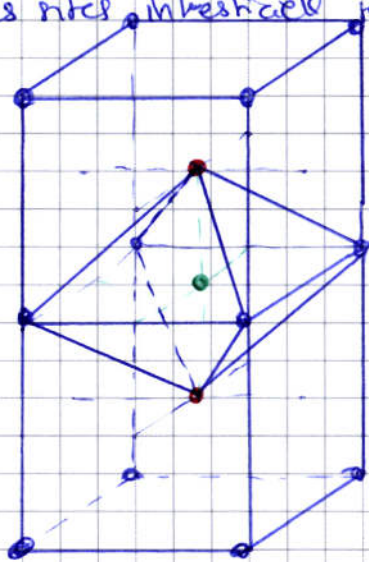


$\cdot F_i$
 $\cdot F_e$



On a tangence sur le diamètre du petit cercle de côté a donc $a = \frac{2}{\sqrt{3}} (R(F_e) + R(F_i))$
 $a = 288 \text{ pm}$

16. Les sites interstitiels sont situés au centre des faces de la maille :



• H
• Ti
• Fe

Liaison avec une absorption normale
c'est-à-dire 6 Hydrogènes par maille



17. Dans un mètre cube de ~~dihydrogène~~ d'alliage FeTi il y a
 $\frac{1}{a^3} = 4 \cdot 10^{28}$ mailles de FeTi et on stocke 1,9 hydrogènes par maille soit
 $7,6 \cdot 10^{28}$ atomes d'hydrogène ou $1,3 \cdot 10^5$ mol d'hydrogène.

On obtient donc une masse d'hydrogène stocké $m = n M_{\text{H}_2} = 1,3 \cdot 10^5 \text{ g} = 130 \text{ kg}$

18. Il faut $\frac{108}{100} = 1,08 \text{ m}^3$ de FeTi pour stocker les 108 kg d'hydrogène.

pour le dihydrogène liquide : il faut $V = \frac{108}{800} = 0,135 \text{ m}^3$ de dihydrogène liquide

et pour le dihydrogène gazeux $V = 3,8 \text{ m}^3$.

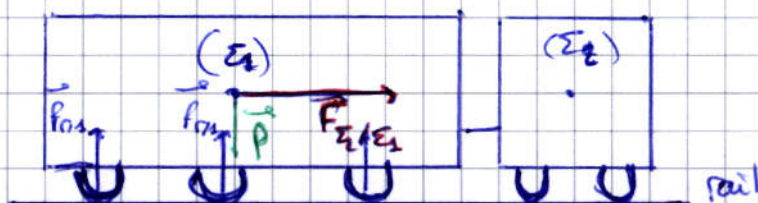
on remarque donc que le dihydrogène liquide est le plus favorable pour lequel le volume est le
moins important, cependant la capacité de stockage de l'acier est insuffisante.

Le stockage sur une grande surface présente un avantage car le volume est celui sur
forme de substrat.

II. Recouvrement du freepot formant

A. Démarrage du train de Trenthick

19.





Numéro de place

109560

Numéro d'inscription

14665

Signature

Nom

XHOFFRAY

Prénom

NILS

CONCOURS CENTRALE-SUPÉLEC

Épreuve Physique - chimie 1

Ne rien porter sur cette feuille avant d'avoir complètement rempli l'entête

Feuille

02 / 02

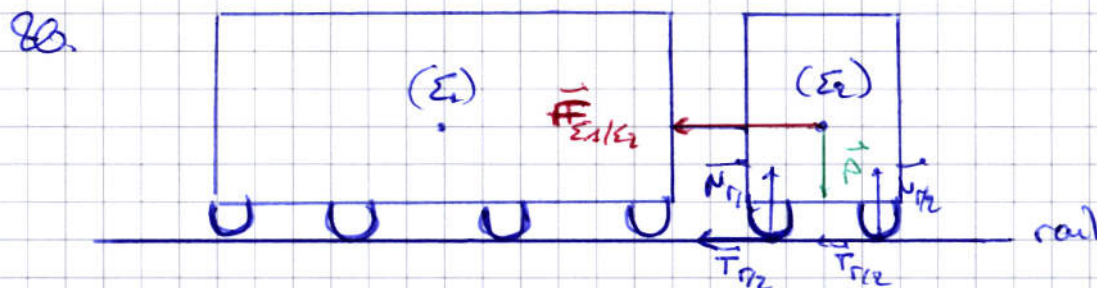
II Mécanique du transport ferroviaire

A. Démarrage du train de Trenthick

18. d'après le principe fondamental de la dynamique appliqué à Σ_1 :

$$m_1 \vec{a}_0 = \vec{F}_{\Sigma_2/\Sigma_1} + n \vec{F}_{r/1} + m_1 \vec{g} \quad \text{donc}$$

$$\vec{F}_{\Sigma_2/\Sigma_1} = m_1 (\vec{a}_0 - \vec{g}) - n \vec{F}_{r/1} \quad (n \text{ le nombre de roues de } \Sigma_1)$$



21. Si $T_{r/2}$ est nulle, les roues du train n'adhèrent pas aux rails, dans ce cas le train ne peut pas avancer ce qui est absurde, donc $T_{r/2}$ non nulle.

Le principe fondamental de la dynamique appliqué à Σ_2 donne :

$$m_2 \vec{a}_0 = 4 \vec{F}_{r/2} + \vec{F}_{\Sigma_1/\Sigma_2} + m_2 \vec{g} = 4 \vec{T}_{r/2} + m_2 \vec{g} - \vec{F}_{\Sigma_2/\Sigma_1} + \vec{N}_{r/2}$$

$$= 4 \vec{T}_{r/2} + m_2 \vec{g} - m_1 (\vec{a}_0 - \vec{g}) + n \vec{F}_{r/1} + \vec{N}_{r/2}$$

$$\text{Ainsi } \vec{T}_{r/2} = \frac{m_2}{4} (\vec{a}_0 - \vec{g}) + \frac{m_1}{4} (\vec{a}_0 - \vec{g}) - \frac{n}{4} \vec{F}_{r/1} = \frac{1}{4} (\vec{a}_0 - \vec{g}) (m_1 + m_2) - \frac{n}{4} \vec{F}_{r/1} + \vec{N}_{r/2}$$

22. On projette nos forces et on obtient : $n \vec{F}_{r/1} + m_1 \vec{g} = \vec{0}$ donc $n \vec{F}_{r/1} = -m_1 \vec{g}$

$$\text{puis } \frac{(m_1 + m_2)}{4} \vec{a}_0 = \vec{T}_{r/2} \quad \text{et} \quad 0 = \frac{(m_1 + m_2)}{4} \vec{g} - \frac{n}{4} \vec{F}_{r/1} - \vec{N}_{r/2}$$

Ne rien écrire

dans la partie barrée

c'est à dire : $N_{r/2} = (R_e + R_c) \frac{g}{4} + \frac{R_c g}{4} = (R_e + 2R_c) \frac{g}{4}$

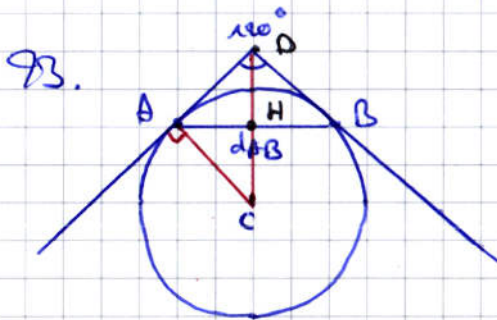
et donc $\frac{(R_e + R_c) g_0}{4} = 0,1 \times 10^3 \times N_{r/2} = 0,1 \times 10^3 \times (R_e + 2R_c) \frac{g}{4}$

$\Rightarrow g_0 = 0,1 \times 10^3 \frac{R_e + 2R_c}{R_e + R_c} g = 0,2 \text{ m.s}^{-2}$

donc $t = \frac{v_0}{a_0} = 40 \text{ secondes pour atteindre la vitesse de croisière}$

B. Circulation des trains à grande vitesse (TGV)

1) Passage en curve



on cherche AC : fait d'abord $\widehat{ADH} = 60^\circ = \theta_1$

et $\sin \theta_1 = \frac{AH}{AD}$ donc $AD = \frac{d_{AB}}{2 \sin \theta_1}$

et $\widehat{ACD} = 180^\circ - 60^\circ - 30^\circ = 90^\circ = \theta_2$

avec $AC = \frac{AD}{\tan \theta_2}$ donc G rayon du cercle

et $AC = \frac{d_{AB}}{2} = \frac{1}{2 \sin 60^\circ} = \frac{1}{\tan 30^\circ}$



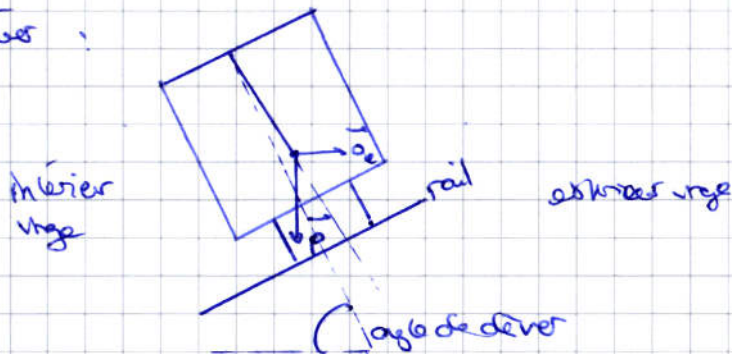
25. dans ce cas le rayon du cercle $r = 2 \text{ km}$ et donc la distance de l'arc AB est $6883 = \widehat{AB} \text{ m}$ ce qui donne une vitesse angulaire de $0,04 \text{ rad.s}^{-1} = \omega$

et on suit une trajectoire circulaire uniforme donc $a_c = r\omega^2$ l'accélération d'intensité centripète. Ainsi par un train de 10 t $a_c = 3,7 \cdot 10^4 \text{ m.s}^{-2}$

26. l'accélération d'intensité est centripète donc :

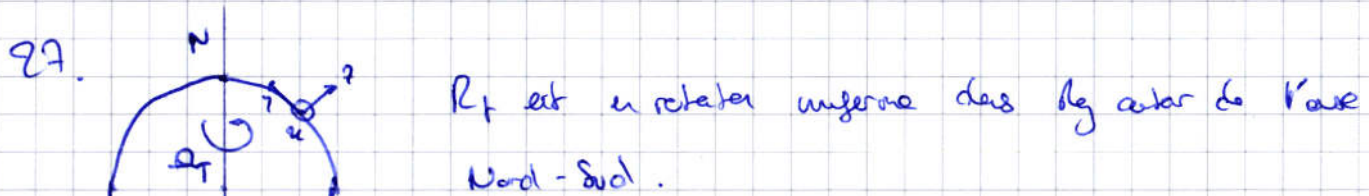


avec dévers :

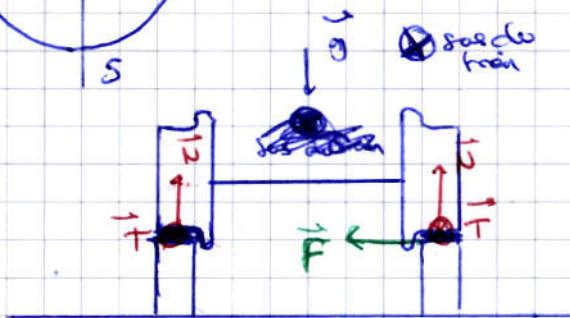


on doit donc incliner l'extérieur du wagon

27. Usure chronique des rails sur la ligne TGV Paris - Lyon



28.



\vec{F} la force normale exercée par un des deux rails.

\vec{T} et \vec{N} les forces de réaction du support

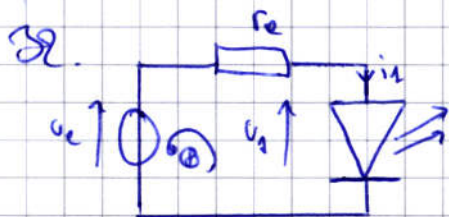
~~La force normale exercée par un des deux rails~~
la force normale exercée par le rail de droite

29. le marche car le train roule du sud vers le nord et la force de centrifugée dévie vers l'est

30. $[k] = \frac{[V][H]}{[F][d]} = \frac{L^3 T^{-2}}{N L T^{-2} L} = L^{-1} T^{-2}$

II. Connexion à internet par LiFi

A. Émission du signal lumineux



Si des routes : $u_e = u_r + u_d \Rightarrow r_i = u_e - u_d$
 pour obtenir une émission il faut et il suffit que $i_d > 0$

donc que $u_e = \boxed{V_{sb} = U_{sat}} = 2,90 \text{ V}$

33. on suppose que $i_d = i_0$ donc $u_e = U_0 = r_{io} + u_d = \boxed{10,2 \text{ V}}$
 puis $P = U_0 i_0 = 7,4 \text{ W}$ et $\frac{P_e}{P} = 0,33$ donc $\boxed{P_e = 0,33 P = 2,4 \text{ W}}$

34. Si $a(t) = a_m \cos(\omega_a t)$ donc $u_e(t) = k_m p_m a(t) + U_0$

$= \boxed{k_m p_m a_m \cos(\omega_a t + \phi_p) \cos(\omega_c t) + U_0}$

pour que la diode émette rays de la lumière il faut que $-k_m p_m a_m + U_0 > V_{sb}$
 $\Rightarrow k_m p_m a_m \leq U_0 - V_{sb}$ donc la valeur max de $p_m a_m$ par que la diode émette est la valeur de la lumière est $\boxed{U_0 - V_{sb}}$

35 $u_e(t) = k_m p_m a_m (\cos((\omega_p + \omega_a)t + \phi_p) + \cos((\omega_p - \omega_a)t + \phi_p)) + U_0$

