

Une station de ski

Partie A : l'enneigement des pistes

A.1. Le pompage de l'eau

A.1.1. Du 26 Novembre 2013 au 10 Décembre 2013, le remplissage dure pendant 14 jours avec un débit de 100 m^3 par heure donc :

$$V = 14 \times 100 \times 24 = 33600 \text{ m}^3 = 34 \text{ milliers de m}^3$$

Il s'agit de la réponse d)

A.1.2. D'après le document annexe A2, un mètre cube d'eau est nécessaire à la fabrication de deux mètres cubes de neige. Donc le volume de neige sera de $V_{\text{neige}} = 2 \times 34 = 68$ milliers de m^3

Il s'agit de la réponse b)

A.1.3 D'après le document A2, la neige recouvre une surface de 35 hectares soit $35 \times 10^4 \text{ m}^2$. La hauteur h de neige est de :

$$h = \frac{V_{\text{neige}}}{S} = \frac{68 \times 10^3}{35 \times 10^4} = 0,19 \text{ m} = 19 \text{ cm}$$

Il s'agit de la réponse d)

A.1.4 D'après le principe fondamental de l'hydrostatique entre les points A (retenue) et B (station de pompage), on a la relation :

$$P_A + \rho g z_A = P_B + \rho g z_B \quad \text{donc} \quad \rho g (z_A - z_B) = P_B - P_A$$

$$\Delta P = \rho g (z_A - z_B) = 1 \times 10^3 \times 10 \times (1350 - 830) = 5,2 \times 10^6 \text{ Pa} = 52 \text{ bar}$$

Il s'agit de la réponse b)

A.1.5. Le volume de la retenue d'eau du col de Morond est de 103000 m^3 . Sachant que la pompe à un débit de $100 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, pour remplir complètement la retenue d'eau du col du Morond il faut une durée de :

$$\Delta t = \frac{V}{D_V} = \frac{103000}{100} = 1030 \text{ h}$$

Pour cette durée, l'énergie consommée est de :

$$E = P \times \Delta t = 325 \times 1030 = 334750 \text{ kW.h}$$

Le coût du kW.h est de 0,1 € donc le coût total sera de 33475 € soit 33 milliers d'euros.

Il s'agit de la réponse b)

A.2. Les canons à neige

A.2.1. D'après le document A3, à la température de $-10 \text{ }^\circ\text{C}$, le débit D_V est de $34 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

$$D_V = \frac{34}{3600} = 9,44 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

D'après le document A3, la vitesse de l'eau en sortie est de $90 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

On a la relation :

$$D_V = v \times S \quad \text{donc} \quad S = \frac{D_V}{v} = \frac{9,44 \times 10^{-3}}{90} = 1,05 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 1,05 \text{ cm}^2$$

Il s'agit de la réponse b)

A.2.2. D'après le document A3, le diamètre est de 60 mm donc le rayon est de 30 mm soit 0,03 m. Le débit d'eau est toujours de $34 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

$$\text{On a la relation : } S = \pi R^2 = 3,14 \times 0,03^2 = 2,8 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

On a la relation :

$$D_V = v \times S \quad \text{donc} \quad v = \frac{D_V}{S} = \frac{9,44 \times 10^{-3}}{2,8 \times 10^{-3}} = 3,37 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Il s'agit de la réponse a)

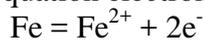
A.2.3. Au cours e la solidification de l'eau, la température diminue et pendant cette phase, la température reste constante donc il s'agit de la réponse a)

Partie B : corrosion des canalisations

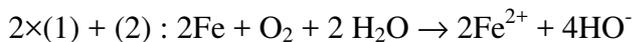
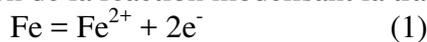
B.1. La corrosion électrochimique

B.1.1. Les réactifs qui interviennent dans le processus de corrosion sont le fer (Fe), le dioxygène (O_2) et l'eau (H_2O).

B.1.2. Demi-équation électronique :



B.1.3. Equation de la réaction modélisant la transformation chimique ayant lieu lors de la corrosion du fer :



B.1.4. On choisit un revêtement extérieur en zinc car le zinc protège le fer de la corrosion. Il a le rôle d'anode sacrificielle, il s'oxyde à la place du fer. Le zinc est un métal plus réducteur que le fer.

B.2. La corrosion acide

B.2.1. Une base est une espèce capable de capter un ou plusieurs protons H^+

B.2.2. La concentration massique en dioxyde de carbone de l'eau transportée par la canalisation est limitée à 15 mg/L (d'après le document B2). On introduit cette limite pour éviter la réaction entre le dioxyde de carbone et l'hydroxyde de calcium contenu dans le ciment.

B.2.3. La concentration en oxonium H_3O^+ est de $5,0 \times 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ donc d'après la relation donnée dans l'énoncé :

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 5 \times 10^{-8} = 7,3$$

La concentration en dioxyde de carbone est de $2,8 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ donc la concentration massique est de :

$$C_m = C \times M = 2,8 \times 10^{-4} \times 44,0 = 1,23 \times 10^{-2} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} = 12,3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$$

D'après le document B2, le pH minimal doit être de 5,5 et la concentration maximale en dioxyde de carbone de 15 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$. Ceci est le cas pour les valeurs calculées précédemment donc la canalisation est adaptée au transport de cette eau.

Partie C : étude d'une remontée mécanique

C.1. Débit de skieurs

C.1.1. Calcul de la vitesse d'une nacelle :

D'après le document C2, la distance parcourue par la nacelle est de 1590 m pour une durée de 11 min 30 s. On a la relation :

$$v = \frac{d}{t} = \frac{1590}{11 \times 60 + 30} = 2,3 \text{ m.s}^{-1}$$

C.1.2. Calcul de la distance parcourue par la nacelle en 1 heure :

$$v = \frac{d}{t} \quad \text{donc} \quad d = v \times t = 2,3 \times 1 \times 3600 = 8280 \text{ m}$$

Une rotation complète correspond à une distance de $2 \times 1590 = 3180 \text{ m}$

Donc le nombre de rotation moyen de rotation est de : $N = \frac{8280}{3180} = 2,6 \text{ tours}$

C.1.3. D'après le document C2, il y a 145 nacelles de 4 places soit 580 personnes. Pendant une heure, ces nacelles effectuent 2,6 tours donc $580 \times 2,6 = 1508 \text{ personnes/h}$.

D'après le document C2, le débit de personnes annoncé est de 1600 personnes/h le débit horaire annoncé par le constructeur est légèrement surestimé.

C.2. Étude énergétique

C.2.1. Calcul de l'énergie cinétique :

On a la relation : $E_C = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 70 \times 2,3^2 = 1,9 \times 10^2 \text{ J}$

C.2.2. D'après le document C2, l'altitude de la station de départ est de 1534 m et l'altitude de la station d'arrivée est de 2060 m. Donc la différence de hauteur h est de 526 m.

On a la relation :

$$\Delta E_p = m \times g \times h = 70 \times 10 \times 526 = 3,7 \times 10^5 \text{ J}$$

C.2.3. Calcul de la variation d'énergie cinétique :

$$\Delta E_C = E_{Cf} - E_{Ci} = 1,9 \times 10^2 - 0 = 1,9 \times 10^2 \text{ J}$$

On a $\Delta E_C \ll \Delta E_p$ donc la variation d'énergie cinétique est bien négligeable devant la variation d'énergie potentielle.

C.2.4. L'énergie dissipée par les frottements est également négligeable devant l'énergie potentielle de pesanteur donc l'énergie à fournir au télésiège est égale à la variation de l'énergie potentielle. Donc pour 1600 skieur par heure l'énergie E est :

$$E = 1600 \times 3,7 \times 10^5 = 5,9 \times 10^8 \text{ J}$$

Donc l'énergie à fournir au télésiège en une heure de fonctionnement est bien de l'ordre de $6 \times 10^8 \text{ J}$

C.2.5. Calcul de la puissance mécanique :

On a la relation : $E = P \times \Delta t$ donc $P = \frac{E}{\Delta t} = \frac{6 \times 10^8}{3600} = 1,7 \times 10^5 \text{ W}$

C.2.6. La nature de la puissance non identifiée sur la chaîne énergétique de l'annexe C4 est la puissance mécanique.

C.2.7. Calcul du rendement :

On a la relation : $\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{P_{\text{mécanique}}}{P_{\text{électrique}}} = \frac{1,7 \times 10^5}{381 \times 10^3} = 0,45$ soit 45 %

Partie D : une descente chronométrée

D.1. Le début de la descente

D.1.1. Parmi les propositions de l'annexe D1, le schéma traduisant correctement les forces qui s'exercent sur le skieur immédiatement après son départ est le schéma 1 car le skieur est soumis à son poids (force \vec{F}_1) et à la force de la piste sur le skieur (force \vec{F}_2) qui est perpendiculaire au support car on néglige les frottements.

D.1.2. - force \vec{F}_1 : force exercée par la Terre sur le skieur (poids du skieur)
- force \vec{F}_2 : force exercée par la piste sur le skieur

D.1.3. Valeur de la résultante des forces qui s'exercent sur le skieur :

On note F la résultante des forces.

D'après le principe fondamental de la dynamique, on a la relation :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \quad \text{donc} \quad F = ma$$
$$F = 70 \times 3,9 = 273 \text{ N}$$

D.2. L'enregistrement de la descente

D.2.1. D'après le document D2, la valeur de la vitesse initiale v_0 est de 2 m.s^{-1} et $d_0 = 0 \text{ m}$

Au cours de cette phase, le mouvement est uniformément accéléré donc la distance a pour expression :

$$d = \frac{1}{2} a \times t^2 + v_0 \times t + d_0 = \frac{1}{2} \times 3,9 \times 2^2 + 2 \times 2 + 0 = 11,8 \text{ m}$$

D.2.2 D'après la relation :

$$F = k \times v^2 \quad \text{donc} \quad k = \frac{F}{v^2}$$

F s'exprime en N mais aussi en kg.m.s^{-2} ($F = m \times g$)

v s'exprime en m.s^{-1} donc v^2 s'exprime en $\text{m}^2.\text{s}^{-2}$

k s'exprime en kg.m^{-1}

D.2.3. D'après le document D2, après 15 s la valeur de la vitesse est constante et égale à 16 m.s^{-1} donc l'accélération est nulle.

D.2.4. Les forces extérieures qui s'exercent sur le skieur sont \vec{F}_1 , \vec{F}_2 et \vec{f} la force de frottement. Après 15 s l'accélération est nulle.

D'après le principe fondamental de la dynamique, on a la relation :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \quad \text{donc} \quad F_1 + F_2 - f = ma = 0$$
$$f = F_1 + F_2 = F = 273 \text{ N}$$