

UNE PRODUCTION AUTONOME D'ENERGIE

PARTIE A - Irrigation des cultures

A.1. Dimensionnement des besoins

A.1.1. Tableau qui permet d'estimer les besoins totaux en eau.

Utilisation	Surface à cultiver en hectare (ha)	Consommation journalière par hectare (en m ³)	Consommation journalière totale	
			En m ³	En litre
Riziculture	3	30	3×30 = 90	90 000
Autres cultures	0,5	10	0,5×10 = 5	5 000
Verger	0,7	5	0,7×5 = 3,5	3 500
TOTAL			98,5	98 500

A.1.2. Calcul du débit q de la pompe en m³.h⁻¹ puis en L.s⁻¹ permettant d'assurer le stockage de la quantité d'eau nécessaire à l'irrigation pendant une journée.

D'après la question précédente, la pompe doit prélever un volume d'eau de 98,5 m³. La durée de fonctionnement de la pompe est de 8 h. On a la relation :

$$q = \frac{V}{t} = \frac{98,5}{8} = 12,3 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \quad \text{et} \quad q = \frac{V}{t} = \frac{98500}{8 \times 3600} = 3,42 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$$

A.1.3. Calcul de la puissance P nécessaire au pompage.

Le débit massique q_m est égal à :

$$q_m = \rho \times q = 1 \times 3,42 = 3,42 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

D'après l'énoncé, on a la relation :

$$P = q_m \times g \times H = 3,42 \times 9,8 \times 25 = 838 \text{ W}$$

A.1.4. Calcul de la puissance du moteur électrique P_e de la pompe.

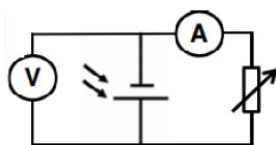
On a la relation :

$$\eta = \frac{P}{P_e} \quad \text{donc} \quad P_e = \frac{P}{\eta} = \frac{838}{0,7} = 1197 \text{ W}$$

A.2. Dimensionnement de l'installation solaire

A.2.1. Montage qui permet de retrouver la caractéristique du courant I en fonction de la tension U de la cellule solaire.

On réalise un circuit en série comportant une cellule solaire, un ampèremètre et une résistance variable. On branche un voltmètre en dérivation aux bornes de la cellule solaire.



A.2.2. Calcul de la valeur de ΔI lorsque l'ampèremètre indique la valeur $I = 3,52 \text{ A}$.

D'après l'énoncé, on a la relation :

$$\Delta I = 1\% \text{ de la valeur lue} + 3d = 0,01 \times 3,52 + 3 \times 0,01 = 0,07 \text{ A}$$

A.2.3. Calcul de la puissance lumineuse reçue par la cellule P_{cell} (en W).

D'après le document A2, les dimensions de la cellule photovoltaïque sont de 1477 mm (1,477 m) pour la longueur et de 660 mm (0,660 m) pour la largeur. D'après l'énoncé, l'éclairement est de 1000 W.m^{-2} . On a la relation :

$$P_{cell} = E \times S = E \times L \times l = 1000 \times 1,477 \times 0,660 = 975 \text{ W}$$

A.2.4. Calcul du rendement η de la cellule photoélectrique.

On a la relation :

$$\eta = \frac{P_{utile}}{P_{reçue}} = \frac{P_{max}}{P_{cell}} = \frac{35}{975} = 0,036 \text{ soit } 3,6 \%$$

A.2.5. Identification de la caractéristique correspondant aux conditions expérimentales et calcul de la puissance maximale P_m

La mesure a été réalisée pour un éclairement de 1000 W.m^2 et pour une température de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Il faut donc considérer la caractéristique en trait continu du document A2. Sur cette caractéristique, la valeur maximale de la puissance correspond au point A. Pour ce point, on a : $I = 3,7 \text{ A}$ et $U = 16 \text{ V}$. Pour calculer la valeur de la puissance maximale, on utilise la relation :

$$P_m = U \times I = 16 \times 3,7 = 59 \text{ W}$$

A.2.6. Calcul de l'énergie E_{photon} du photon pour laquelle la réponse spectrale est maximale.

D'après le document A3, on obtient une réponse maximale pour une longueur d'onde $\lambda = 0,9 \text{ } \mu\text{m}$. On a la relation :

$$E_{photon} = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,62 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{0,9 \times 10^{-6}} = 2,2 \times 10^{-19} \text{ J}$$

A.2.7. Différence observée entre la mesure au laboratoire et les données du constructeur qui correspondent à une utilisation en lumière naturelle.

Deux facteurs peuvent expliquer, en lumière naturelle, cette différence :

- L'éclairement peut être plus faible que 1000 W.m^{-2}
- La température peut être supérieure à $25 \text{ }^\circ\text{C}$

A.2.8. Détermination du nombre de cellules n_{cell} composant le panneau photovoltaïque pour assurer le fonctionnement de la pompe.

D'après l'énoncé, la puissance maximale d'une cellule est de 42 W. Donc :

$$n_{cell} = \frac{P_e}{P_{max}} = \frac{1200}{42} = 28,5 \text{ soit } 29 \text{ cellules}$$

A.2.9. Avantages que procurerait le remplacement du moteur essence par le panneau photovoltaïque :

- diminution de la quantité de dioxyde de carbone rejeté
- diminution du bruit
- diminution des besoins en essence

A.3. Contrainte de pression

A.3.1. Valeur suffisante de surpression pour assurer le relevage de l'eau de la rivière vers le réservoir.

Le relevage de l'eau de la rivière vers le réservoir est d'une hauteur de 25 m. D'après le principe fondamental de l'hydrostatique, on a la relation :

$$\Delta P = \rho gh = 1000 \times 9,81 \times 25 = 245250 \text{ Pa} = 2,45 \text{ bar}$$

Donc la valeur de la surpression de la pompe est suffisante pour assurer le relevage de l'eau de la rivière vers le réservoir.

A.3.2. Calcul de la perte de pression.

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

$$\Delta P = \rho gh = 1000 \times 9,81 \times 47 = 461070 \text{ Pa} = 4,61 \text{ bar}$$

La perte de pression est donc de $6 - 4,61 = 1,39 \text{ bar}$

PARTIE B - Éclairage autonome

B.1. Énergie récupérable grâce à la gravité

B.1.1 Calcul de la valeur du poids du sac

D'après le document B1, la masse du sac est de 12 kg. On a la relation :

$$P = m \times g = 12 \times 10 = 120 \text{ N}$$

B.1.2 Calcul de la variation de l'énergie potentielle E_p du sac au cours de son mouvement.

On a la relation :

$$E_p = m \times g \times h = 12 \times 10 \times 2 = 240 \text{ J}$$

B.1.3. Calcul de l'énergie cinétique du sac.

On calcule la vitesse du sac au cours de la descente. On a la relation :

$$v = \frac{h}{\Delta t} = \frac{2}{15 \times 60} = 2,2 \times 10^{-3} \text{ m.s}^{-1}$$

On calcule alors l'énergie cinétique :

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \times 12 \times (2,2 \times 10^{-3})^2 = 2,9 \times 10^{-5} \text{ J}$$

Cette valeur est très inférieure à la variation d'énergie potentielle. Donc une fraction négligeable de l'énergie potentielle est transformée en énergie cinétique.

B.1.4. Calcul de la valeur de la puissance mécanique moyenne récupérable pendant la chute.

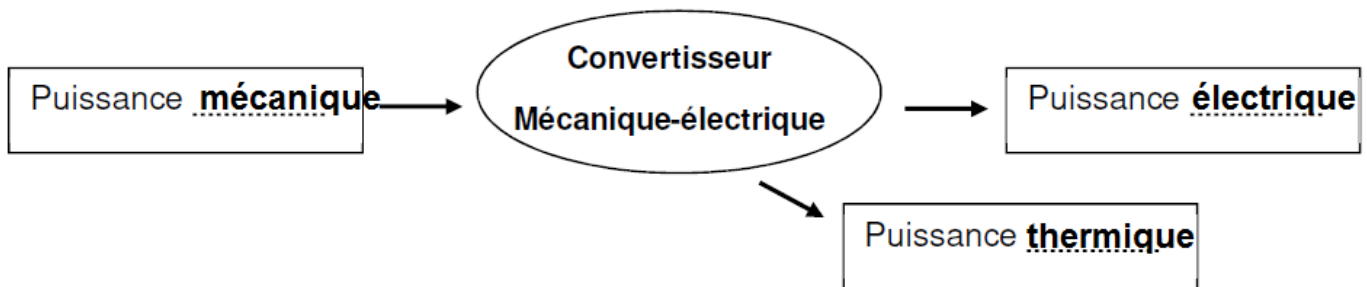
On a la relation :

$$P = \frac{W(\vec{P})}{\Delta t} = \frac{m \times g \times h}{\Delta t} = \frac{12 \times 10 \times 2}{15 \times 60} = 0,27 \text{ W}$$

La valeur de la puissance mécanique moyenne récupérable pendant la chute est bien de l'ordre de 0,27 W.

B.2 Etude du convertisseur mécanique-électrique

B.2.1 Bilan de puissance sur le document réponse



B.2.2. Calcul du rendement η du convertisseur.

D'après le document B2, la tension électrique fournie par le générateur est de 2,6 V et l'intensité est de 0,070 A.

On a la relation :

$$\eta = \frac{P_{elec}}{P_{méca}} = \frac{U \times I}{P_{méca}} = \frac{2,6 \times 0,070}{0,27} = 0,674 \text{ soit } 67,4 \%$$

B.3 Choix du type d'éclairage.

B.3.1. D'après le document B3, la bougie a un flux lumineux de 12 lm. La LED a un flux lumineux proche de celui de la bougie (11 lm) avec la meilleure efficacité lumineuse (63 lm/W). Elle possède également les caractéristiques électriques identiques à celle du générateur électrique. Elle est donc la meilleure solution de remplacement de la bougie.

B.4 Transmission

B.4.1. Vitesse de rotation ω du tambour exprimée en tour/minute.

Le diamètre du tambour est de 7 cm donc son rayon est de 3,5 cm.

La vitesse de déplacement d'un point à l'extrémité du tambour est de $2,2 \times 10^{-3} \text{ m.s}^{-1}$. On a la relation :

$$v = \omega \times R \quad \text{donc} \quad \omega = \frac{v}{R} = \frac{2,2 \times 10^{-3}}{0,035} = 0,063 \text{ rad.s}^{-1}$$

$$\omega = \frac{0,063 \times 60}{2\pi} = 0,60 \text{ tr. min}^{-1}$$

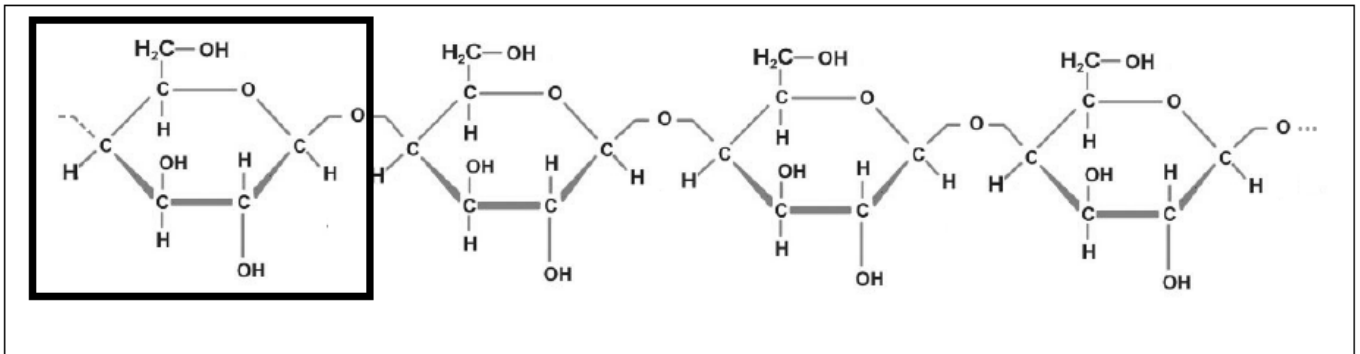
B.4.2. Rôle des engrenages visibles dans le schéma du document B1.

Les engrenages permettent d'augmenter la vitesse de rotation de l'axe du générateur pour arriver à la valeur de $2190 \text{ tour.min}^{-1}$ nécessaire au générateur décrit dans le document B2.

PARTIE C - Le cuiseur économe

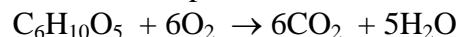
C.1. Étude de la réaction chimique d'une combustion.

C.1.1. Identification du motif de la cellulose et formule brute de ce motif.



La formule brute de ce motif est : $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$

C.1.2. Equation de combustion complète de la molécule $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$



C.1.3. Calcul des masses molaires du $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ et de l'eau. Calcul de la masse produite par la combustion d'une tonne de $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$.

Calcul de la masse molaire de $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$:

$$M(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5) = 6 \times M(\text{C}) + 10 \times M(\text{H}) + 5 \times M(\text{O})$$

$$M(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5) = 6 \times 12 + 10 \times 1 + 5 \times 16 = 162 \text{ g.mol}^{-1}$$

Calcul de la masse molaire de H_2O :

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 2 \times M(\text{H}) + 1 \times M(\text{O}) = 2 \times 1 + 1 \times 16 = 18 \text{ g.mol}^{-1}$$

Calcul de la quantité de matière de $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$:

$$n_{\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5} = \frac{m_{\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5}}{M_{\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5}} = \frac{1 \times 10^6}{162} = 6,17 \times 10^3 \text{ mol}$$

D'après l'équation bilan de la question C.1.2., on a la relation :

$$\frac{n_{\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5}}{1} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{5} \quad \text{donc} \quad n_{\text{H}_2\text{O}} = 5 \times n_{\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5} = 5 \times 6,17 \times 10^3 = 3,1 \times 10^4 \text{ mol}$$

On en déduit la masse d'eau produite :

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} \quad \text{donc} \quad m_{\text{H}_2\text{O}} = n_{\text{H}_2\text{O}} \times M_{\text{H}_2\text{O}} = 3,1 \times 10^4 \times 18 = 5,6 \times 10^5 \text{ g} = 560 \text{ kg}$$

C.2. Chauffage pour les besoins domestiques

C.2.1. Calcul de l'énergie nécessaire Q_{eau} pour amener l'eau de 20°C à 100°C.

On a la relation :

$$Q_{\text{eau}} = m \times c_{\text{eau}} \times (\theta_f - \theta_i) = \rho_{\text{eau}} \times V \times c_{\text{eau}} \times (\theta_f - \theta_i) = 1000 \times 10 \times 10^{-3} \times 4180 \times (100 - 20) = 3,34 \times 10^6 \text{ J}$$

C.2.2. Calcul de la masse de bois théorique m_{bth} à brûler.

On considère qu'il n'y a aucune perte. Donc l'énergie dégagée par la combustion du bois est de $3,34 \times 10^6 \text{ J}$. Le pouvoir calorifique du bois sec est $q = 1,8 \times 10^7 \text{ J.kg}^{-1}$. Donc la masse de bois théorique est de :

$$m_{\text{bth}} = \frac{Q_{\text{eau}}}{q} = \frac{3,34 \times 10^6}{1,8 \times 10^7} = 0,19 \text{ kg}$$

C.2.3. Calcul de la masse de bois réellement consommée pour chauffer les 10 L d'eau pour le foyer ouvert : m_{fo} (en kg) et pour le poêle rocket : m_{pr} (en kg).

D'après le document C1, dans un foyer ouvert le rendement est de 10%. Donc la masse de bois nécessaire de :

$$m_{\text{fo}} = \frac{0,2}{0,1} = 2 \text{ kg}$$

D'après le document C2, dans un poêle rocket, le rendement est voisin de 50 %. Donc la masse de bois nécessaire de :

$$m_{\text{pr}} = \frac{0,2}{0,5} = 0,4 \text{ kg}$$

C.2.4. Arguments permettant d'expliquer le meilleur rendement d'un poêle Rocket.

Les deux arguments permettant d'expliquer le meilleur rendement d'un poêle Rocket sont :

- une meilleure isolation thermique du foyer permettant moins de pertes thermiques.
- un meilleur contrôle de l'arrivée d'air permettant une combustion complète.