

Étude énergétique d'une laiterie

Partie A : consommation électrique de la laiterie

Afin d'aider les exploitations agricoles à réaliser des économies d'énergie, l'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME), l'institut des élevages et les chambres régionales d'agriculture ont conduit une étude sur les niveaux de consommation d'énergie des bâtiments d'élevage laitier.

Les documents (A1) et (A2) utiles à la réflexion sont présentés en annexe A, page 3.

A.1. Équipements électriques présents dans les laiteries

Les équipements électriques sont multiples. L'essentiel de ces équipements est lié au bloc « traite » :

- le tank (ou réservoir) à lait qui permet le refroidissement du lait et son stockage,
- le chauffe-eau,
- l'éclairage du bloc traite,
- les équipements de nettoyage,
- les autres postes...

A.1.1. À partir du document (A1), nommer la grandeur physique à laquelle se rapporte le terme « consommation ».

La consommation dont il est question dans le document (A1) correspond à l'énergie électrique consommée par le tank lors de son fonctionnement.

A.1.2. Donner la relation reliant les grandeurs : puissance P , énergie E mise en jeu durant Δt et en indiquant pour chacune l'unité dans le système international d'unités.

$$E = P \times \Delta t$$

Dans le système international d'unités, E est en Joule, P en Watt et Δt en seconde.

A.1.3. À l'aide des documents (A1) et (A2), calculer la consommation électrique moyenne annuelle du tank ramenée à une vache laitière.

D'après le document (A1) : « La consommation du tank est donc calculée par différence entre la consommation totale et celle des autres postes. »

On utilise alors les données du document (A2) :

$$E_{\text{tank}} = 420 - (21 + 11 + 3 + 14 + 8 + 10 + 68 + 120) = 165 \text{ kW.h par vache laitière.}$$

Étude énergétique d'une laiterie

A.2. Refroidissement du lait

Le refroidissement du lait et son stockage ont lieu dans le tank (ou réservoir) à lait. Lorsque la température du lait varie d'une valeur initiale θ_i à une valeur finale θ_f , l'énergie échangée sous forme de chaleur Q par le lait avec le tank est égale à la variation de son énergie interne ΔU . On a la relation suivante :

$$Q = \Delta U = m_{\text{lait}} \cdot C_{\text{lait}} (\theta_f - \theta_i)$$

A.2.1. Calculer l'énergie échangée sous forme thermique avec le tank pour 300 litres de lait de masse 310 kg quand ils passent de la température initiale θ_i à la température finale θ_f .

Données : $\theta_i = 35^\circ\text{C}$, $\theta_f = 4^\circ\text{C}$, $C_{\text{lait}} = 3,8 \times 10^3 \text{ J.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$, $1 \text{ kW.h} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$

$$Q = m_{\text{lait}} C_{\text{lait}} (\theta_f - \theta_i) = 310 \times 3,8 \cdot 10^3 \times (4 - 35) = -36,5 \cdot 10^6 \text{ J}$$

A.2.2. Calculer la valeur de cette quantité de chaleur en kW.h.

D'après les données, $1 \text{ kW.h} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$, donc :

$$Q = \frac{36,5 \times 10^6}{3,6 \times 10^6} = -10 \text{ kW.h}$$

B.1. Analyse électrique

Des moteurs à courant continu équipent les mini-convoyeurs et assurent des performances optimales.

B.1.1. À partir du document (B2), préciser la valeur de la tension d'alimentation U pour le mini-convoyeur installé, et celle de la puissance P absorbée par le moteur.

Par lecture du document B2, on a : $U = 24\text{V}$ et $P = 36 \text{ W}$.

Référence	Tension (V)	Puissance absorbée (W)	Vitesse linéaire Charge maximale				
FR 40-160	24	36	8,0 m/min 30 N	2,7 m/min 50 N	1,8 m/min 50 N	0,9 m/min 100 N	0,5 m/min 100 N

B.1.2. Pour le type de moteur utilisé, donner la relation liant les grandeurs P et U précédentes, à l'intensité I du courant. Indiquer leurs unités dans le système international.

$P = U \times I$ avec P en Watt, U en Volt et I en Ampère dans le système international d'unités.

B.1.3. Calculer la valeur de l'intensité I du courant.

$$I = \frac{P}{U} = \frac{36}{24} = 1,5 \text{ A}$$

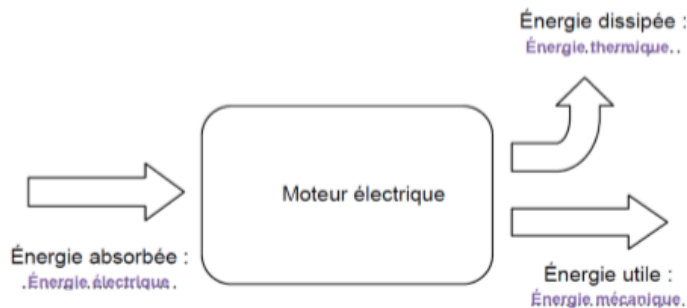
Étude énergétique d'une laiterie

B.2. Analyse énergétique

Le moteur électrique est un convertisseur d'énergie.

Le document-réponse (DR1) page 14, présente le diagramme de la chaîne énergétique du moteur électrique.

B.2.1. Compléter le document-réponse (DR1) page 14, à rendre avec la copie, en précisant sur le diagramme de la chaîne énergétique, les types d'énergie mis en jeu.



B.2.2. Le rendement $\eta = \frac{P_{\text{méca}}}{P_{\text{élec}}}$ de ce type de moteur est de 95 %. Exprimer puis calculer la puissance mécanique $P_{\text{méca}}$ disponible.

$$P_{\text{méca}} = \eta \times P_{\text{élec}} = 0,95 \times 36 = 34,2 \text{ W}$$

B.3. Mise en mouvement de la bande du tapis roulant du mini-convoyeur.

La bande du tapis roulant est mise en mouvement par le moteur électrique précédent.

B.3.1. En utilisant le document (B2), pour une charge de 30 N, indiquer la valeur v de la vitesse linéaire du tapis.

Référence	Tension (V)	Puissance absorbée (W)	Vitesse linéaire Charge maximale				
FR 40-160	24	36	8,0 m/min 30 N	2,7 m/min 50 N	1,8 m/min 50 N	0,9 m/min 100 N	0,5 m/min 100 N

La vitesse linéaire du tapis, pour une charge de 30 N, est $v = 8,0 \text{ m/min}$.

B.3.2. Calculer la valeur de cette vitesse en m.s^{-1} .

$$v = \frac{8,0}{60} = 0,13 \text{ m.s}^{-1}$$

Le tapis est entraîné par des galets de rayon $R = 2,0 \text{ cm}$ tournant à la vitesse angulaire ω .

B.3.3. Exprimer ω en fonction de v et de R , puis calculer sa valeur.

$$\omega = \frac{v}{R} = \frac{0,13}{2 \cdot 10^{-2}} = 6,7 \text{ rad.s}^{-1}$$

Étude énergétique d'une laiterie

B.4. Analyse mécanique

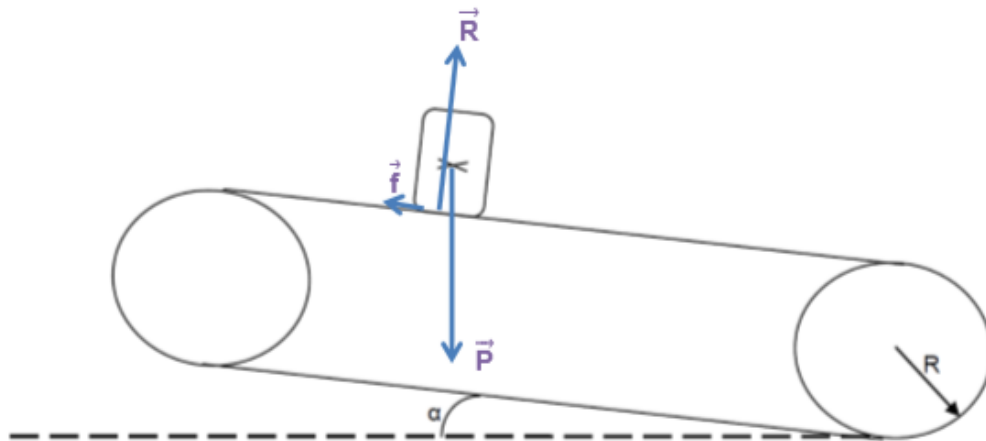
Un pot contenant l'échantillon de lait est présent sur ce tapis. Le tapis est incliné conformément au document (B3) de l'annexe B, page 6.

Dans un premier temps, le tapis est immobile.

B.4.1. Réaliser l'inventaire des forces s'exerçant sur le pot.

Les forces s'exerçant sur le pot sont :

- Son poids $\vec{P}$ (vertical du haut vers le bas)
- Les frottements du tapis $\vec{f}$
- La réaction du tapis $\vec{R}$ (perpendiculaire au tapis)



B.4.2. Quelle relation vectorielle existe-t-il entre ces différentes forces ? Justifier la réponse.

Comme le pot est immobile, d'après le principe d'inertie, la somme des forces qui s'exerce sur lui est nulle :

$$\vec{P} + \vec{f} + \vec{R} = \vec{0}$$