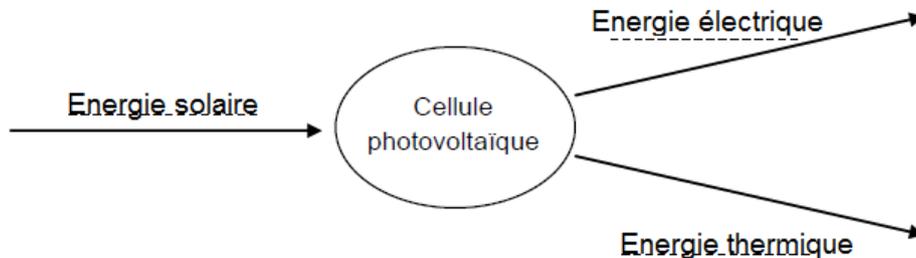


LA TOUR ELITHIS

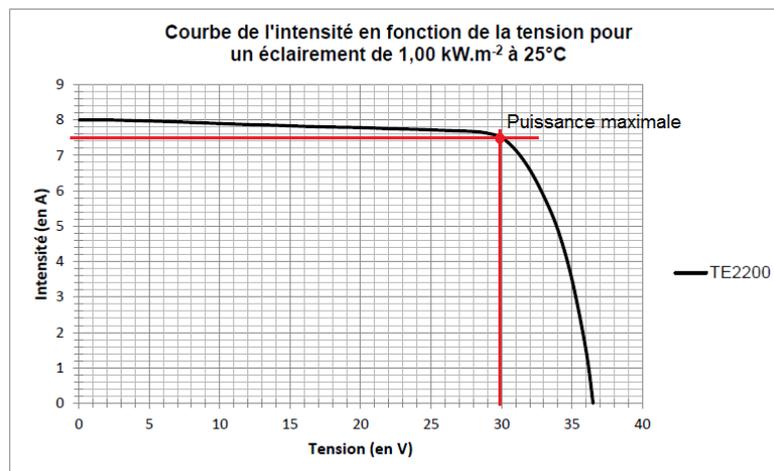
PARTIE A - Étude des panneaux photovoltaïques de la tour Elithis

A.1. Chaîne énergétique d'une cellule photovoltaïque



A.2. Point où la puissance délivrée par le module est maximale.

D'après le document A1, la puissance est maximale pour une tension de 29,7 V et une intensité de 7,5 A. On place donc ce point sur la courbe ci-dessous :



A.3. Calcul de la puissance électrique maximale délivrée par l'ensemble des modules.

Pour un seul module, on a la relation :

$$P = U \times I = 29,7 \times 7,5 = 222,8 \text{ W}$$

D'après l'énoncé, la toiture est recouverte de 342 modules photovoltaïques donc la puissance électrique maximale est de :

$$P_{\max} = 342 \times 222,8 = 7,6 \times 10^4 \text{ W} = 76 \text{ kW}$$

A.4 Calcul de la surface S de l'ensemble des modules de la toiture.

D'après le document A2, une cellule a une dimension de 156 mm × 156 mm.

La surface d'une cellule est donc :

$$S_{\text{cellule}} = 0,156 \times 0,156 = 0,024 \text{ m}^2$$

Un module est constitué de 60 cellules, donc sa surface est :

$$S_{\text{module}} = 60 \times 0,024 = 1,46 \text{ m}^2$$

D'après l'énoncé, la toiture est recouverte de 342 modules photovoltaïques, donc la surface totale de l'ensemble des modules est :

$$S = 342 \times 1,46 = 499 \text{ m}^2$$

A.5 Calcul du maximum de la puissance lumineuse totale reçue par la toiture

D'après le document A1, les caractéristiques du module solaire sont donnés pour une puissance incidente de 1000 W.m^{-2} . On a la relation :

$$P_{lum} = E \times S = 1000 \times 499 = 4,99 \times 10^5 \text{ W} = 499 \text{ kW}$$

Donc le maximum de la puissance lumineuse totale reçue par la toiture est proche de 500 kW.

A.6 Calcul du rendement maximal de ce bouclier solaire.

On a la relation :

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{lum}} = \frac{76}{500} = 0,152 \text{ soit } 15,2 \%$$

A.7 Calcul du rendement moyen des cellules pour la première année de fonctionnement.

D'après le document A3, à Dijon, l'IGH est compris entre 1220 et $1350 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$

On choisit donc la valeur moyenne de $1285 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$.

Donc, pour un an, la surface totale des panneaux ont reçu une énergie de :

$$E_{reçue} = S \times \text{IGH} = 499 \times 1285 = 6,4 \times 10^5 \text{ kWh}$$

D'après l'énoncé, l'énergie électrique E_{elec} fournie est $78\,000 \text{ kWh}$ soit $7,8 \times 10^4 \text{ kWh}$. On a la relation :

$$\eta = \frac{E_{elec}}{E_{reçue}} = \frac{7,8 \times 10^4}{6,4 \times 10^5} = 0,122 \text{ soit } 12,2 \%$$

A.8 Ce rendement est différent du rendement maximal calculé à la question A.6. car ce dernier est calculé pour des conditions optimales c'est-à-dire que l'éclairement a été inférieur et l'inclinaison et l'orientation ont été différents.

PARTIE B - Le laboratoire de radiologie de la tour Elithis

B.1. Caractéristiques du dispositif d'analyses médicales

B.1.1 Calcul des valeurs de la fréquence ν et de la période T du rayonnement utilisé.

D'après le document B1.a, la longueur d'onde des rayons X utilisés est de $0,30 \text{ nm}$. On a la relation :

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad \text{donc} \quad \nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{0,3 \times 10^{-9}} = 1 \times 10^{18} \text{ Hz}$$

On a la relation :

$$T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{1 \times 10^{18}} = 1 \times 10^{-18} \text{ s}$$

B.1.2 Calcul de la valeur de l'énergie E des photons du rayonnement X utilisé.

On a la relation :

$$E = h\nu = 6,63 \times 10^{-34} \times 1 \times 10^{18} = 6,63 \times 10^{-16} \text{ J}$$

B.1.3 Calcul du nombre de scanners de la colonne lombaire autorisés annuellement.

D'après le document B1.c, la dose reçue par le patient lors d'un scanner lombaire est de 6 mSv . Sachant que la limite d'exposition annuelle aux rayonnements X est fixée par la réglementation à 20 millisieverts (mSv) par an, le nombre de scanner est donc de :

$$n = \frac{20}{6} = 3,33$$

Le nombre de scanner a ne pas dépasser est de 3 scanners par an.

B.1.4 Les précautions que doivent prendre les manipulateurs radio sont :

- se tenir éloigné des sources radioactives
- utiliser des écrans protecteurs (béton, plomb ...)
- limiter la durée d'exposition

B.2. Alimentation en eau de la tour

B.2.1 Calcul du débit volumique D_V

D'après l'énoncé, le débit volumique D_V est de $12 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$. On a donc un volume $V = 12 \text{ L} = 12 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ et un temps $t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$. On a la relation :

$$D_V = \frac{V}{t} = \frac{12 \times 10^{-3}}{60} = 2 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

B.2.2 Calcul de la vitesse v d'écoulement de l'eau à la sortie du robinet.

D'après le document B2.c, le diamètre du robinet est de 17 mm . Donc le rayon est de $8,5 \text{ mm} = 0,0085 \text{ m}$.

On a la relation :

$$D_V = v \times S \quad \text{donc} \quad v = \frac{D_V}{S} = \frac{D_V}{\pi r^2} = \frac{2 \times 10^{-4}}{\pi \times 0,0085^2} = 0,88 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

B.2.3 Explication la phrase « Il faut rappeler que 10 m de colonne d'eau sont équivalents à une pression de 1 bar ».

On a la relation :

$$\Delta P = \rho g h = 1 \times 10^3 \times 9,8 \times 10 = 9,8 \times 10^4 \text{ Pa} = 0,98 \text{ bar}$$

Une hauteur de 10 m est bien équivalent a une pression de 1 bar .

B.2.4 Calcul de la pression P_R au niveau du robinet du laboratoire en l'absence de débit

On a la relation :

$$P_R + \rho g h_R = P_O + \rho g h_O \quad \text{donc} \quad P_R = P_O + \rho g h_O - \rho g h_R$$

$$P_R = P_O + \rho g (h_O - h_R) + P_O = 3,4 \times 10^5 + 1 \times 10^3 \times 9,8 \times (0 - 3,8) = 3,03 \times 10^5 \text{ Pa} = 3,03 \text{ bar}$$

Ce débit est convenable car, d'après le document B2.a, les robinets et autres éléments de tuyauterie fonctionnent de façon optimale pour une pression de 3 bar à la sortie.

B.2.5 La pression de 3 bar est la pression au 1^{er} étage. Donc lorsque les étages augmentent, la pression va diminuer. Une pompe hydraulique sera donc nécessaire pour assurer cette pression à tous les étages.

PARTIE C - Étude du système de chauffage de la tour Elithis

C.1. Consommation pour le chauffage de la Tour Elithis

C.1.1 D'après le document C2, les valeurs des consommations annuelles de chauffage prévues $E_{\text{prévue}}$ et réelle $E_{\text{réelle}}$ sont :

$$E_{\text{prévue}} = 9055 \text{ kWh}$$

$$E_{\text{réelle}} = 28935 \text{ kWh}$$

Ces valeurs sont différentes car la température intérieure du bâtiment a été supérieure de 2°C à celle prévue.

C.1.2 D'après le document C1, pour répondre aux normes thermiques d'un bâtiment dit « basse consommation », la réglementation thermique 2012 (RT 2012) impose à toute construction neuve une consommation énergétique maximale annuelle et par unité de surface de 50 kW.h.m^{-2} . Dans ce cas, la consommation est de 28935 kWh pour une surface occupée de 2744 m^2 donc la consommation annuelle par unité de surface est de :

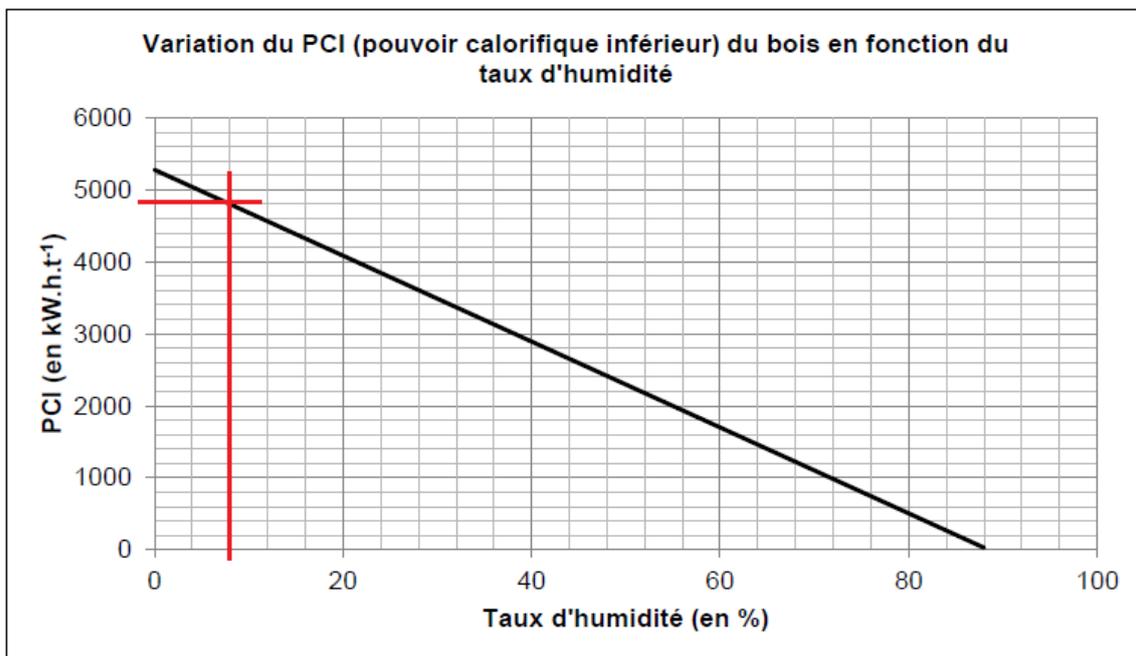
$$\frac{28935}{2744} = 10,5 \text{ kWh.m}^{-2}$$

Cette valeur est inférieure à la norme, donc la tour est bien un bâtiment « basse consommation ».

C.2. Fonctionnement de la chaudière à granules de bois

C.2.1 Détermination du pouvoir calorifique du pellet de bois

D'après le document C4, le taux d'humidité du pellet de bois est de 8% donc d'après la courbe du document C3, le pouvoir calorifique est de $4800 \text{ kWh.t}^{-1} = 4,80 \text{ kWh.kg}^{-1}$



C.2.2. Calcul de la masse m minimale de cellulose, exprimée en kg, nécessaire pour assurer un apport annuel en énergie de $29 \text{ MW.h} = 29 \times 10^3 \text{ kW.h}$

$$m = \frac{29 \times 10^3}{4,80} = 6042 \text{ kg}$$

C.2.3 Calcul de la masse réelle de cellulose à brûler :

On a la relation :

$$\eta = \frac{m}{m_{réelle}} \quad \text{donc} \quad m_{réelle} = \frac{m}{\eta} = \frac{6042}{0,93} = 6498 \text{ kg} = 6,5 \times 10^3 \text{ kg}$$

C.2.4 Calcul du volume occupé par la masse de pellet de bois.

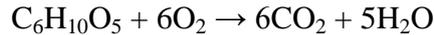
D'après le document C4, la masse volumique est de 650 kg.m^{-3} . On a la relation :

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{donc} \quad V = \frac{m}{\rho} = \frac{6,5 \times 10^3}{650} = 10 \text{ m}^3$$

Un bac de stockage de 12 m^3 est donc bien suffisant.

C.3. Amélioration de la chaudière

C.3.1 Equation bilan ci-dessous de la combustion réalisée dans la chaudière à granulés.



C.3.2 Calcul de la masse d'eau m_{eau} produite lors de la combustion complète.

La masse de cellulose est de $6,5 \times 10^3$ kg donc la quantité de matière de cellulose est de :

$$n_{\text{cellulose}} = \frac{m_{\text{cellulose}}}{M_{\text{cellulose}}} = \frac{6,5 \times 10^6}{162} = 4 \times 10^4 \text{ mol}$$

	$\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$	+	6O_2	\rightarrow	6CO_2	+	$5\text{H}_2\text{O}$
Etat initial	4×10^4		Excès		0		0
Etat intermédiaire x	$4 \times 10^4 - x$		Excès		6x		5x
Etat final	0		Excès		$2,4 \times 10^5$		2×10^6

Le réactif limitant est la cellulose (le dioxygène est en excès), $4 \times 10^4 - x = 0$ donc $x = 4 \times 10^4$ mol

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = 5x = 5 \times 4 \times 10^4 = 2 \times 10^5 \text{ mol}$$

Calcul de la masse, $m_{\text{H}_2\text{O}}$, correspondante.

On a la relation :

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = n_{\text{H}_2\text{O}} \times M_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \times 10^5 \times 18 = 3,6 \times 10^6 \text{ g} = 3,6 \times 10^3 \text{ kg}$$

C.3.3 Calcul en J puis en kW.h, de l'énergie libérée par la liquéfaction de cette masse d'eau.

D'après l'énoncé, on sait que $1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}$

L'enthalpie de liquéfaction de l'eau $L = 2,20 \times 10^6 \text{ J.kg}^{-1}$.

Donc l'énergie libérée est :

$$E_{\text{libérée}} = m_{\text{eau}} \times L = 3,6 \times 10^3 \times 2,2 \times 10^6 = 7,92 \times 10^9 \text{ J}$$

$$E_{\text{libérée}} = \frac{7,92 \times 10^9}{3600} = 2,2 \times 10^6 \text{ Wh} = 2,2 \times 10^3 \text{ kWh}$$

C.3.4 D'après la question précédente, l'énergie récupérée est de $2,2 \times 10^3$ kWh. Par rapport à la consommation totale, cela représente :

$$\frac{2,2 \times 10^3}{28935} = 0,076 \text{ soit } 7,6 \%$$

Cette chaudière permet de récupérer 7,6 % de l'énergie perdue donc le dispositif de liquéfaction de la vapeur d'eau formée est une réelle amélioration des performances de la chaudière.