Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

INSTALLATION SOLAIRE DE PRODUCTION D'EAU CHAUDE

Présentation

La figure 1 ci-dessous représente une installation de production d'eau chaude à partir de l'énergie solaire.

Elle est composée :

1. d'un capteur solaire thermique posé en toiture
2. d'un circuit de fluide caloporteur qui sera appelé fluide primaire
3. d'un échangeur qui permet un transfert de chaleur du fluide primaire au fluide secondaire.
4. d'un circuit secondaire dans lequel circule une partie de l'eau chaude sanitaire. Cette eau sera aussi appelée fluide secondaire
5. d'un ballon de stockage d'eau chaude.

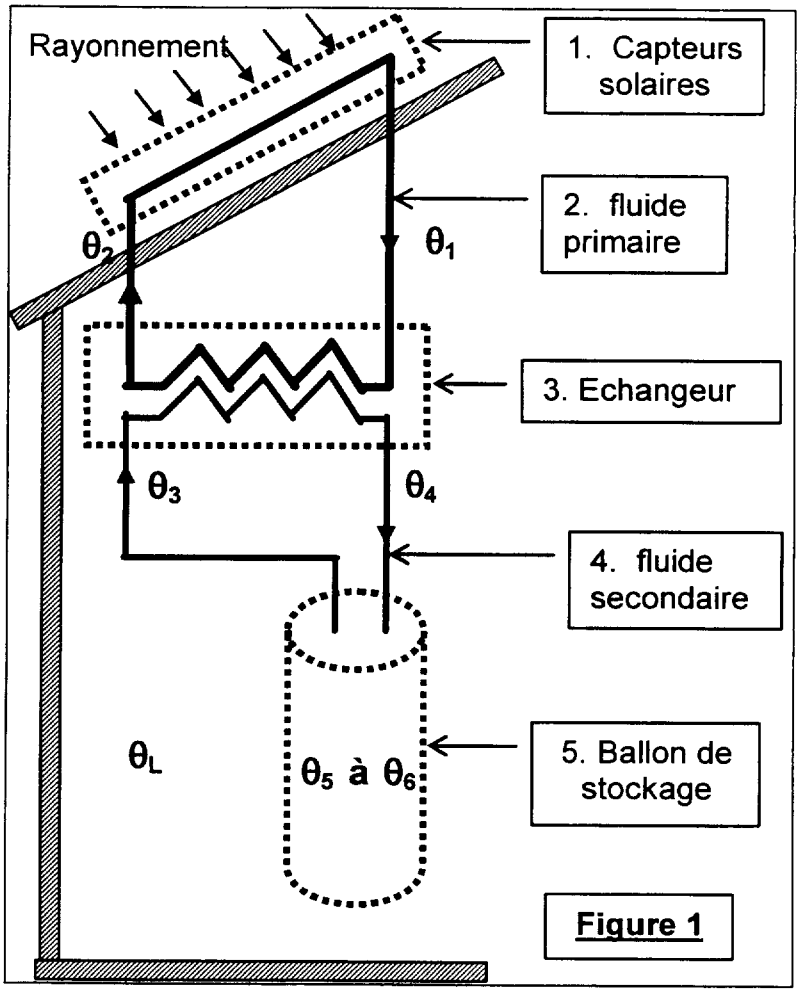


Figure 1

Ce système est utilisé en complément d'une production d'eau chaude sanitaire. Il peut éventuellement être autonome en été.

Le capteur solaire est constitué d'un absorbeur en métal sous un verre trempé.

Le fluide primaire circule à l'intérieur du capteur dans des tuyaux en cuivre. Il contient un antigel pour l'hiver et a une température d'ébullition supérieure à 100°C. Il est entraîné par une pompe vers l'échangeur.

Le circuit secondaire contient l'eau à réchauffer par l'intermédiaire de l'échangeur. Elle est aussi entraînée par une pompe vers le ballon de stockage.

Les parties A, B, C et D sont indépendantes.

Partie A : thermodynamique (9 points)

Les questions 1) et 2) sont indépendantes

1. Étude du dispositif capteur-échangeur

Données :

	Capacité thermique massique ($J.kg^{-1}.K^{-1}$)	Masse volumique ($kg.m^{-3}$)	Débit volumique ($L.h^{-1}$)	Température à l'entrée de l'échangeur (°C)	Température en sortie de l'échangeur (°C)
Fluide primaire	2400	1100	150	55,0	85,0
Fluide secondaire	4180	1000	150	45,0	60,0

On rappelle que :

- $q_v = \frac{V}{\Delta t}$ avec q_v : débit volumique, V : volume traversant une section de conduite pendant une durée Δt
- $\rho = \frac{m}{V}$ avec ρ : masse volumique, m : masse du volume V de fluide.

1.1. Quantité de chaleur reçue par le fluide primaire

1.1.1. Donner l'expression littérale de la quantité de chaleur Q_1 reçue par une masse m de fluide primaire, lors de la circulation dans le capteur. On notera θ_1 la température du fluide à l'entrée de l'échangeur (sortie du capteur), θ_2 celle à la sortie de l'échangeur (entrée du capteur) et c_1 la capacité thermique massique du fluide primaire.

1.1.2. Exprimer cette quantité de chaleur Q_1 en fonction de la masse volumique du fluide primaire notée ρ_1, du débit volumique du fluide correspondant q_{V1}, de la durée de circulation du fluide Δt et des données définies précédemment θ_1, θ_2 et c_1.

1.1.3. En utilisant le tableau de données ci-dessus, calculer la quantité de chaleur Q_1 pour une heure de fonctionnement.

1.2. Quantité de chaleur reçue par le fluide secondaire.

1.2.1. La température du fluide secondaire est notée θ_3 à l'entrée de l'échangeur et θ_4 en sortie. On notera c_2 la capacité thermique massique du fluide secondaire.

A l'aide de la démarche de la question précédente 1.1., exprimer la quantité de chaleur Q_2 reçue par le fluide secondaire en fonction de la masse volumique du fluide secondaire notée ρ_2, du débit volumique du fluide correspondant q_{V2}, de la durée de circulation du fluide Δt et des données définies précédemment θ_3, θ_4 et c_2.

1.2.2. Calculer la quantité de chaleur Q_1 pour une heure de fonctionnement.

1.3. Bilan énergétique.

Calculer l'ensemble des pertes Q_P du dispositif capteur-échangeur.

2. Étude du ballon de stockage

Les questions 2.1. et 2.2. sont indépendantes.

2.1. Dilatation

On suppose que le ballon est initialement rempli par un volume $V_{\theta 5}$ = 200 L d'eau froide à la température θ_5. Lorsque l'on chauffe l'eau à la température θ_6, le volume du ballon change peu alors que l'augmentation du volume de l'eau peut atteindre plusieurs litres. On notera $V_{\theta 6}$ le volume d'eau à la température θ_6.

2.1.1. Quel est le rôle du vase d'expansion prévu dans certaines installations ?

2.1.2. Exprimer l'augmentation du volume d'eau ΔV résultant de la variation de la température de θ_5 à θ_6 en fonction de α_V, V_0, θ_5 et θ_6.
Calculer numériquement ΔV.

Données : Températures : θ_5 = 12,0 °C ; θ_6 = 55,0 °C

Coefficient de dilatation volumique de l'eau : $\alpha_V = 3{,}7.10^{-4}\ °C^{-1}$

On rappelle que $V_\theta = V_0\ (1 + \alpha_V.\theta)$ avec :

- V_θ : volume de l'eau à la température θ en °C
- V_0 : volume de la même quantité d'eau à 0°C.

2.2. Déperdition thermique

On assimile le ballon de stockage à un cylindre de hauteur moyenne h et de rayon moyen R.

La température du local où se situe le ballon sera notée θ_L, la température moyenne de l'eau à l'intérieur du ballon de stockage θ_6, et le coefficient de transmission global des parois du ballon U.

2.2.1. Vérifier que la valeur de la surface moyenne de déperdition thermique du ballon est $S = 2,7\ m^2$.

2.2.2. Donner l'expression littérale du flux perdu à travers les parois du ballon de stockage Φ en fonction des données de l'énoncé, U, S, θ_L et θ_6.

2.2.3. Calculer le flux Φ.

Données : $h = 1,25\ m$ $R = 28\ cm$

$\theta_L = 18\ °C$ $\theta_6 = 55\ °C$

$U = 0,40\ W.m^{-2}.°C^{-1}$

Partie B : Rayonnement (2 points)

On suppose que le capteur solaire est assimilable à un corps noir. Dans ces conditions, la loi de Wien permet de calculer la longueur d'onde du rayonnement principal reçu, à l'aide de la relation : $\lambda.T = A$, avec :

A : constante de valeur $2,9.10^{-3}\ m.K$

λ : longueur d'onde du rayonnement principal en mètre

T : température absolue du corps noir en kelvin

1. Calculer la longueur d'onde λ du rayonnement principal émis par le capteur en considérant que la température moyenne du fluide primaire est $\theta = 85\ °C$.

2. De quel type de rayonnement s'agit-il : ultraviolet, visible ou infrarouge ? Justifier la réponse.

Partie C : Chimie (3,5 points)

La cuve du ballon de stockage est en acier émaillé considéré comme un alliage Fer-Carbone.

1. Donner la demi-équation associée au couple rédox qui intervient lors de la corrosion de la cuve.
2. Définir les termes : oxydation et réduction. Lors de la corrosion, quel est le type de la réaction subie par le fer ?
3. La cuve est protégée par un générateur auxiliaire de courant continu. Choisir et justifier le branchement correct du générateur parmi les deux figures ci-dessous.

Figure 2

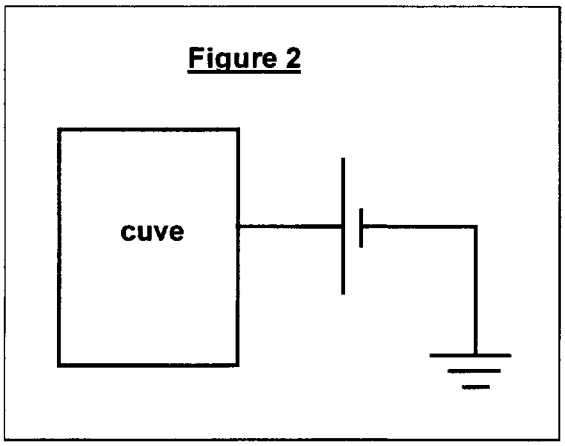
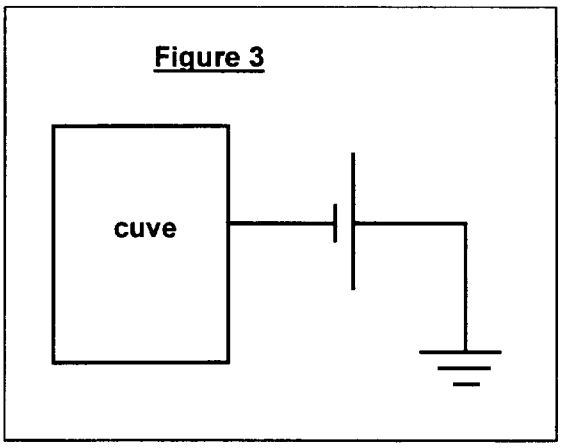
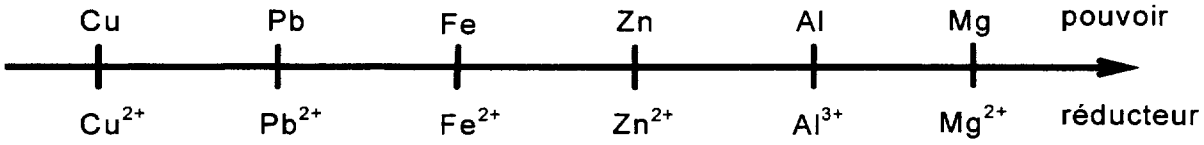


Figure 3



4. Proposer une autre méthode pour protéger la cuve

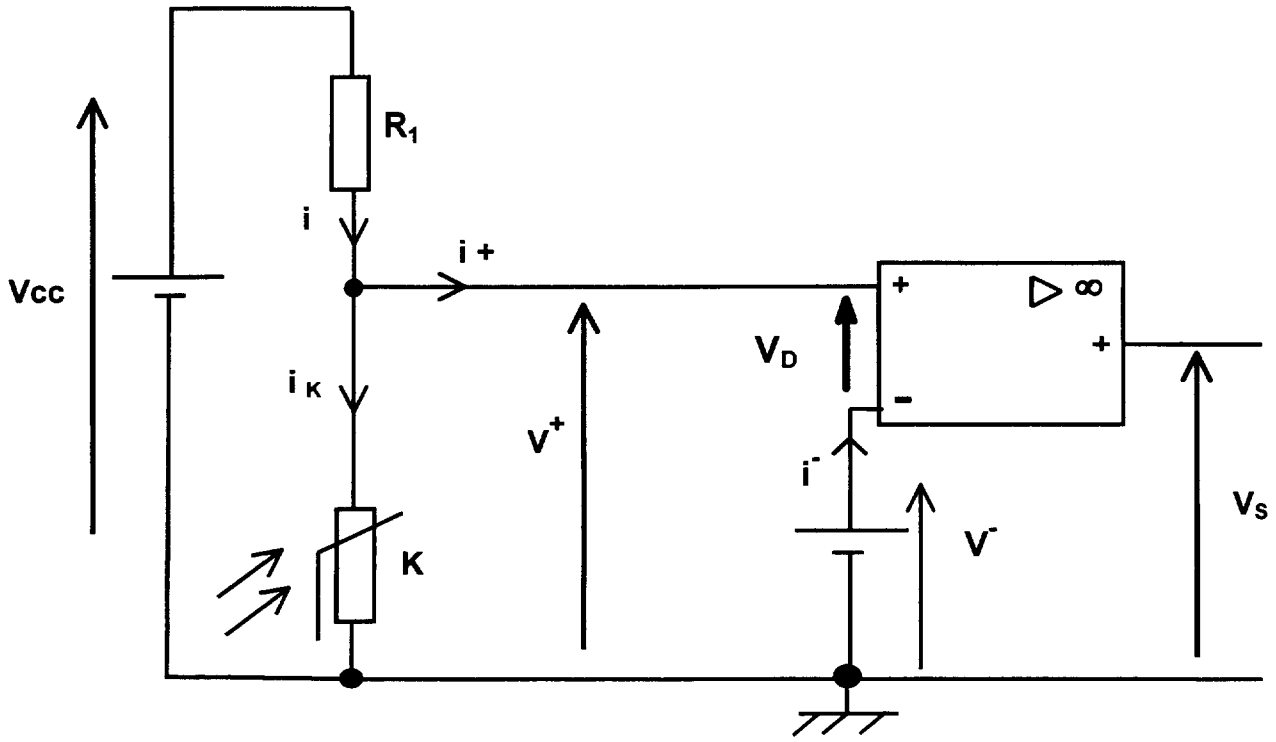
Données : classification des couples redox



Partie D : Électricité (5,5 points)

Pour optimiser l'énergie reçue par les capteurs, un dispositif électronique permet de les orienter correctement suivant la direction des rayons du soleil. On étudie une partie du circuit électronique permettant de commander un moteur sur la figure 4 ci-dessous.

Figure 4



L'amplificateur linéaire intégré est supposé idéal. Il fonctionne en régime de saturation.

Rappels : $i^+ = i^- = 0$

- si $V_D > 0$ alors $V_S = + V_{SAT}$
- si $V_D < 0$ alors $V_S = - V_{SAT}$

Données : $V_{cc} = 15$ V $\quad V_{SAT} = 14$ V $\quad V^- = 9{,}0$ V

$R_1 = 1{,}0$ kΩ.

K est un photocomposant dont l'évolution de la résistance R en fonction de l'éclairement est fournie sur la figure 5 ci dessous :

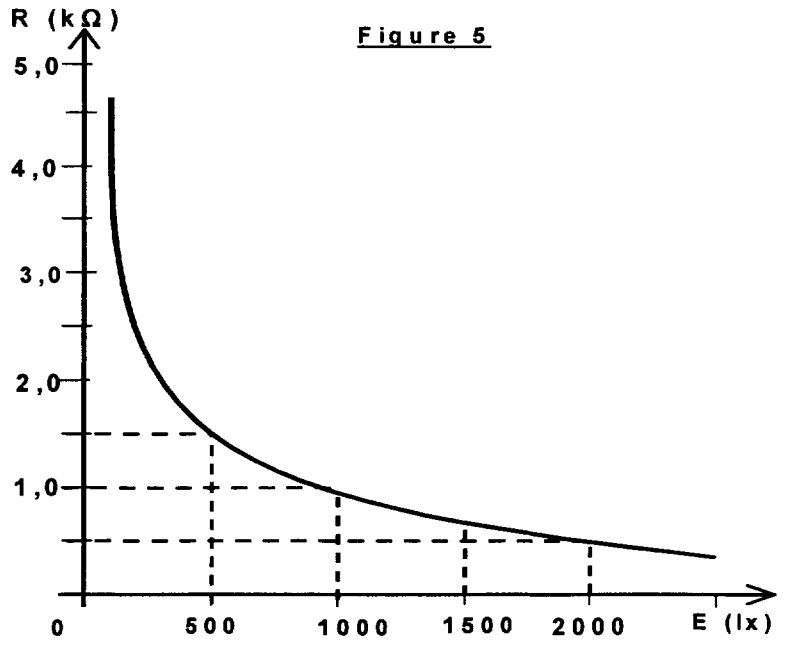


Figure 5

1. Mesure d'éclairement

Quel est le nom de l'appareil permettant la mesure de l'éclairement que reçoit le photocomposant K ?

2. Photocomposant

2.1. Comment nomme t-on le photocomposant noté K ?

2.2. En vous aidant de la figure 5, déterminer la valeur de la résistance R du photocomposant pour un éclairement E = 1000 lx.

3. Étude du circuit

3.1. Déterminer l'expression de la tension V^+ aux bornes du photocomposant en fonction de R, R_1 et V_{CC}.

3.2. Calculer V^+ pour un éclairement E = 1000 lx.

3.3. En déduire la valeur et le signe de V_D.

3.4. Déterminer la valeur de la tension Vs délivrée à la sortie du montage.

4. Intérêt du circuit

Pour quelle valeur de l'éclairement, la tension V_S change-t-elle de signe ?