EXERCICE 2 (6 points)

Douche solaire

Les douches solaires fournissent de l'eau chauffée par les rayons du soleil. Elles sont constituées d'un réservoir souple et d'une douchette.

Cet exercice propose d'étudier expérimentalement l'effet du choix de la couleur noire du réservoir sur le rendement thermique de la douche.

1. Indiquer, en justifiant, un mode de transfert thermique mis en jeu pour chauffer l'eau contenue dans cette douche solaire.

Document 1 : protocole expérimental

L'expérience est réalisée successivement avec trois bouteilles de base carrée et de dimensions identiques : une bouteille transparente non peinte, une bouteille peinte en blanc et une bouteille peinte en noir.
Chacune est remplie d'environ un litre d'eau et elles sont exposées successivement pendant 30 minutes à la lumière d'une lampe. La masse d'eau est déterminée par pesée (après tarage des bouteilles) et la température de l'eau est relevée avant et après l'exposition.
Un solarimètre mesure la puissance surfacique reçue par la surface de la bouteille exposée au rayonnement de la lampe.

Photographie du montage réalisé

2. Schématiser, selon une vue de dessus, le montage réalisé en indiquant :
- la distance d entre la lampe et la bouteille ;
- la position du solarimètre pour mesurer la puissance surfacique reçue par la bouteille.

Afin de pouvoir déterminer le rendement thermique, il est nécessaire de s'assurer que la puissance surfacique du rayonnement reçu par la bouteille est constante.

Document 2 : caractéristiques techniques du solarimètre

Unité de mesure : $\mathrm{W \cdot m^{-2}}$
Plage de mesure : jusqu'à $1999\ \mathrm{W \cdot m^{-2}}$
Précision : ± 5 % de la valeur lue.
Cette précision indiquera l'incertitude-type u(P) de la mesure.

La puissance surfacique P_S mesurée au début de l'expérience vaut $985\ \mathrm{W \cdot m^{-2}}$.

3. Calculer l'incertitude-type sur cette mesure.

4. Écrire le résultat de la mesure avec son incertitude-type.

À la fin de l'expérience, une deuxième mesure de la puissance surfacique donne $992\ \mathrm{W \cdot m^{-2}}$.

5. Justifier qu'on peut considérer que la puissance surfacique est la même pour ces deux mesures.

Document 3 : résultats expérimentaux

La surface de la bouteille exposée à la lumière est assimilée à un rectangle de largeur $6{,}5\ \mathrm{cm}$ et de longueur $21{,}0\ \mathrm{cm}$.

Couleur de la bouteille	Blanche	Noire	Non peinte
Masse d'eau (en g)	999,0	999,7	998,4
Température initiale de l'eau (en °C)	17,3	16,8	17,5
Température finale de l'eau (en °C)	20,0	21,7	21,1
Rendement thermique	47 %	?	60 %

6. Indiquer le rôle de la bouteille non peinte.

7. Interpréter la différence de rendement thermique entre la bouteille blanche et la bouteille non peinte.

Dans la suite de l'exercice, on prend pour valeur de la puissance surfacique :
$P_S = 985\ \mathrm{W \cdot m^{-2}}$.

8. Montrer que, pour la durée d'exposition de 30 minutes, l'énergie lumineuse E reçue par chaque bouteille est égale à 24 kJ.

9. Calculer le transfert thermique Q reçu par l'eau dans la bouteille noire pendant son élévation de température.

Donnée : capacité massique thermique de l'eau $c_{eau} = 4180\ \mathrm{J \cdot kg^{-1} \cdot °C^{-1}}$.

10. Donner la formule littérale du rendement thermique pour la bouteille noire et montrer qu'il est voisin de 85 %.

11. Conclure sur l'intérêt de choisir des réservoirs noirs.