

Partie 2 – Sciences physiques

Les trois exercices proposés sont indépendants ; le candidat doit en traiter seulement deux. Chacun des exercices est noté sur 10.

Le candidat indiquera au début de sa copie les numéros des 2 exercices choisis. Les mots clés présents en en-tête de chaque exercice, peuvent l'aider à effectuer son choix.

Les numéros des exercices traités doivent apparaître clairement sur la copie.

EXERCICE I - DISPOSITIF DE CHAUFFAGE PAR ROTO MOULAGE SOLAIRE

Mots clés : bilans énergétiques, premier principe de la thermodynamique, transfert thermique

Le procédé de roto moulage est un procédé de mise en forme des matières plastiques qui permet de fabriquer des objets en plastiques creux (figure 1) d'assez grandes dimensions (cuves de récupération d'eau, containers, kayaks...) à partir de poudre de polyéthylène chauffée jusqu'à 200 °C.



Figure 1. Cuve de récupération d'eau.

Le système de chauffage nécessaire à la fabrication utilise la lumière solaire captée par un parc d'héliostats ; ceux-ci réfléchissent les rayons lumineux vers la chambre de chauffage où se trouve le moule en rotation (figure 2).

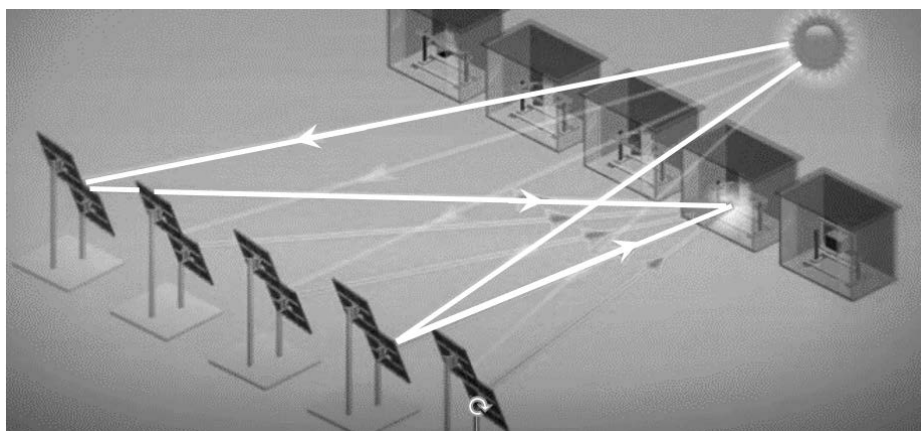


Figure 2. Schéma du dispositif utilisant le roto moulage solaire (d'après le site lightmanufacturing.com).

Cette technique repose sur plusieurs étapes (figure 3) :

- étape 1 : la matière première plastique est introduite sous forme de poudre dans un moule métallique ;
- étape 2 : le moule est ensuite mis en rotation et chauffé grâce à un ensemble d'héliostats qui concentre le flux d'énergie solaire sur le moule. La matière recouvre alors toute la surface interne du moule.
- étape 3 : le chauffage s'arrête, le moule est refroidi à température ambiante avant démoulage lorsque le polyéthylène s'est totalement solidifié.

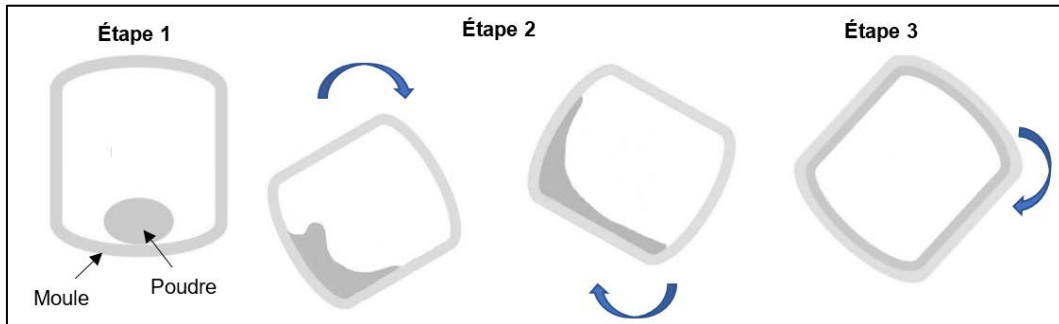


Figure 3. Schématisation du cycle de fabrication

Extrait d'une notice technique du système présentant la durée du cycle de chauffage en fonction de la masse de matière plastique contenue dans l'objet :

Masse de matière plastique de l'objet	Durée du cycle de chauffage
De 1 à 3 kg	15 min
De 8 kg	25 min
De 25 kg	45 min

On fabrique des cuves de récupération d'eau (figure 1). Pendant toute la durée nécessaire au cycle de fabrication de la pièce en plastique, on suppose que la puissance solaire réfléchiée par l'ensemble des héliostats reste constante et vaut $P_S = 24$ kW.

On négligera tous les transferts thermiques du système {moule et polyéthylène}, supposé incompressible, avec l'air intérieur et avec l'extérieur.

Données :

- masse de poudre de polyéthylène (PE) utilisée pour le moulage: $m_{PE} = 25$ kg ;
- température de fusion du polyéthylène : $\theta_f = 140$ °C ;
- capacités thermiques massiques :
 - du moule métallique : $c = 502$ J·kg⁻¹·K⁻¹ ;
 - du polyéthylène : $c_{PE} = 1\,830$ J·kg⁻¹·K⁻¹ (on considèrera que cette valeur est la même pour le polyéthylène à l'état solide et à l'état liquide) ;
- masse du moule $m = 125$ kg ;
- à température constante, la variation d'énergie interne ΔU d'une masse m de polyéthylène lors de sa fusion a pour expression :
 $\Delta U = m \times L_f$ avec $L_f = 290$ kJ·kg⁻¹, l'énergie massique de fusion du polyéthylène.

1. Indiquer le principal mode de transfert d'énergie au cours du chauffage qui se produit entre :
 - les héliostats et le moule métallique,
 - le moule métallique et le polyéthylène.
2. Expliquer, à l'échelle microscopique, les origines de la variation de l'énergie interne du polyéthylène lorsque la température passe de 20 °C à 200 °C.
3. Rappeler le premier principe de la thermodynamique appliqué au système étudié ici. En déduire la valeur du transfert thermique Q_1 à apporter au système pour atteindre la température de fusion du polyéthylène à partir de la température ambiante θ_i prise égale à $\theta_i = 20$ °C.
4. Calculer le transfert thermique Q_2 nécessaire à la fusion, à 140°C, de la totalité de la poudre de polyéthylène.
5. Montrer par le calcul que la durée totale Δt_{Total} du cycle de chauffage pour une température finale atteinte de 200 °C vaut près de 19 min.
Le candidat est invité à prendre des initiatives, notamment sur les valeurs numériques éventuellement manquantes, et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.
6. Commenter cette durée totale Δt_{Total} en discutant de l'origine possible des écarts avec celle fournie par la notice technique du système.