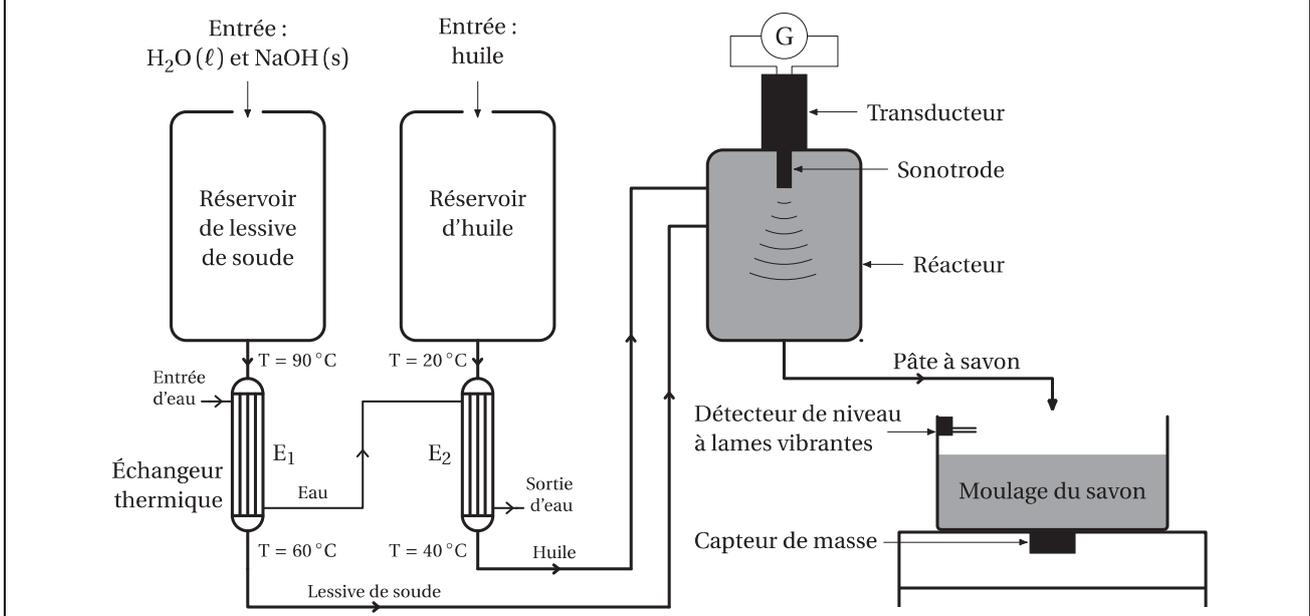


PARTIE C - Préparation de la pâte à savon et moulage

On s'intéresse à une installation industrielle de fabrication du savon. Le dispositif est schématisé dans le document 4.

La transformation de saponification entre les huiles et la « lessive de soude » est effectuée dans un réacteur, dans lequel une sonotrode génère des ondes ultrasonores.

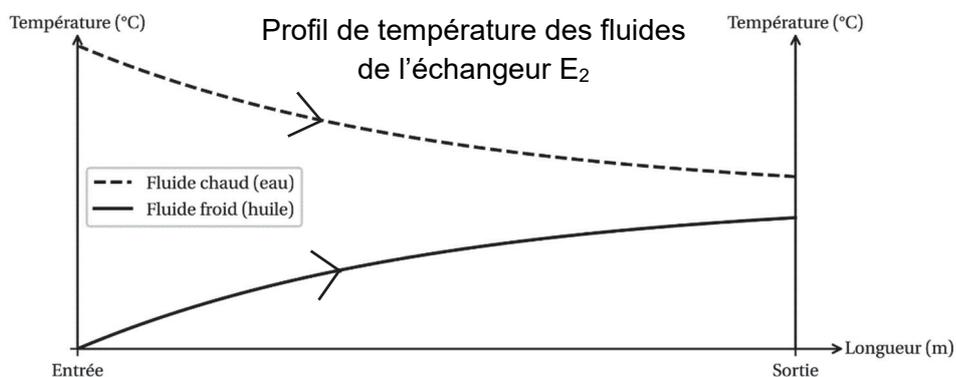
Document 4 : schéma du montage utilisé pour la fabrication de la pâte à savon



Contrôle de la température des réactifs

La lessive de soude et l'huile ont des températures initiales très différentes. Deux échangeurs thermiques permettent de diminuer cet écart avant introduction dans le réacteur. Un circuit d'eau unique permet de refroidir la « lessive de soude » dans l'échangeur E₁ puis de réchauffer l'huile dans l'échangeur E₂. La caractéristique de l'échangeur E₂ est donnée dans le document 5.

Document 5 : caractéristique de l'échangeur E₂



Puissance thermique transférée dans l'échangeur : $P_2 = U \times S \times \Delta\theta_{m2}$, où :

- $\Delta\theta_{m2} = 19 \text{ °C}$ est l'écart de température moyen entre les deux fluides ;
- $S = 1,0 \text{ m}^2$ est la surface d'échange ;
- $U = 1200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{°C}^{-1}$ est le coefficient global d'échange.

D'après <https://energie.wallonie.be/fr/differents-types-d-echangeurs-de-chaieurs.html?IDC=8049&IDD=97759>

C.1. Indiquer si l'échangeur thermique E_2 fonctionne à co-courant ou à contre-courant, en justifiant la réponse.

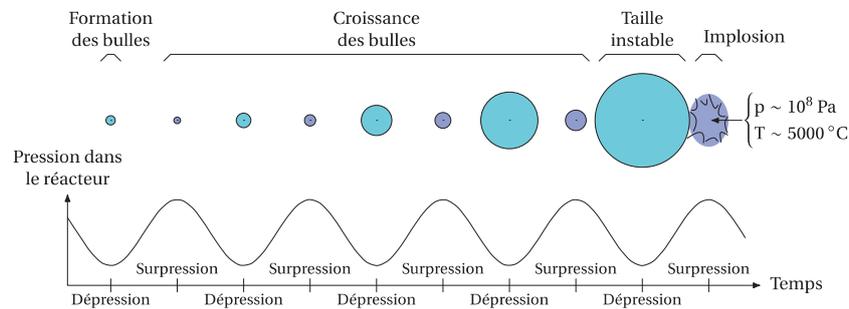
La puissance transférée dans l'échangeur E_1 vaut $P_1 = 28 \text{ kW}$. On note P_2 la puissance transférée dans l'échangeur E_2 . Pour envisager un circuit d'eau unique, il faut que $P_1 < P_2$.

C.2. Calculer la valeur de la puissance P_2 et conclure.

Transformation chimique au sein du réacteur

Document 6 : formation et évolution d'une bulle soumise aux ultrasons

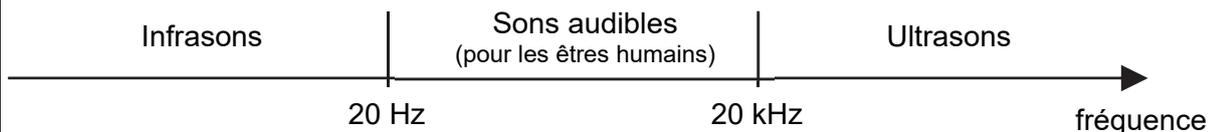
La sonotrode génère des ondes ultrasonores qui se propagent dans le milieu réactionnel. Le phénomène de cavitation acoustique se produit : il y a formation, croissance et implosion de bulles de gaz dans le milieu. La brusque implosion de ces bulles de gaz de quelques micromètres de diamètre est accompagnée d'effets locaux très intenses, notamment l'augmentation de la température.



D'après : <https://www.rhizomex.com/rhizomex-veut-valoriser-les-plantes-invasives-2-2/>

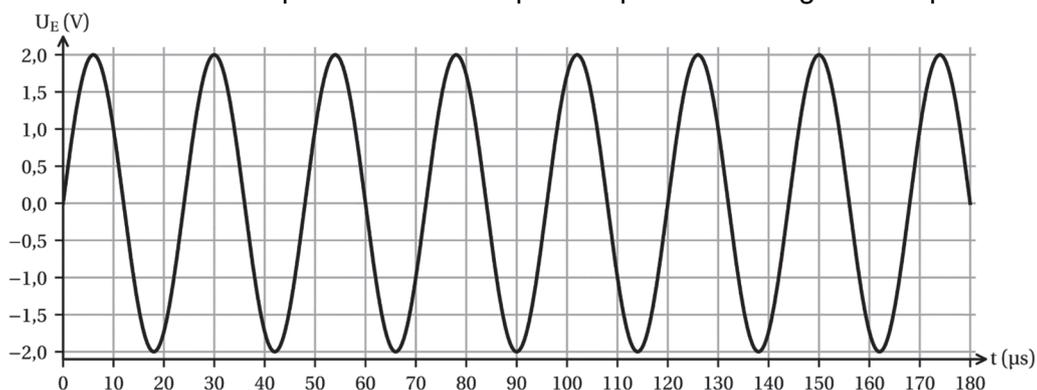
C.3. Déterminer l'intérêt de la cavitation acoustique sur la cinétique de la réaction de saponification en s'appuyant sur le document 6.

Document 7 : domaines de fréquence des ondes sonores



Document 8 : tension aux bornes de la sonotrode

L'évolution au cours du temps de la tension U_E aux bornes de la sonotrode est représentée ci-dessous. Cette tension électrique a la même fréquence que les ondes générées par la sonotrode.



C.4. Justifier que la sonotrode émet bien des ondes ultrasonores, ce qui permettra le phénomène de cavitation.

Moulage de la pâte à savon

Une fois la transformation de saponification terminée, la pâte de savon est déversée dans un moule de volume $V = 0,040 \text{ m}^3$.

C.5. Montrer qu'un débit volumique $Q_v = 1,3 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ est nécessaire pour remplir le moule en 5,0 minutes.

On rappelle que l'aire d'une section circulaire d'un tuyau de diamètre D a pour expression $S = \frac{\pi \times D^2}{4}$.

C.6. En déduire la valeur du diamètre D de la section circulaire que doit avoir la canalisation de vidage du réacteur pour que la vitesse d'écoulement v soit égale à $0,20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.