

CHAUFFAGE DE FÛT - PRÉSENTATION

Parmi les applications de chauffage de fût, les plus fréquemment rencontrées, il existe 2 cas :

- réchauffage d'un produit, **sans changement d'état**. Exemple : produit restant liquide tout au long du chauffage.
- chauffage d'un produit **avec changement d'état**. Exemple : produit solide devenant liquide.

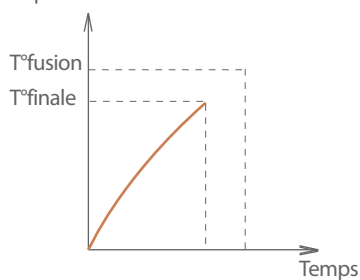
Nota : Les différentes règles de calcul énoncées ci dessous, sont applicables :

- à des produits statiques, contenus dans un volume spécifique. Elles ne s'appliquent pas à des produits en circulation.
- à des produits purs et non à des mélanges.
- uniquement à des fûts.

Pour tous les cas différents de ceux énoncés ci dessus, merci de bien vouloir vous référer au formulaire de définition de produit, p11.

Puissance à installer pour chauffer un produit statique, sans changement d'état

Température Application :



Formule :

$$P = \frac{\rho \times V \times C_p \times (T_f - T_i)}{\Delta t} \times 1.5$$

$$P = \frac{m \times C_p \times (T_f - T_i)}{\Delta t} \times 1.5$$

Légende :

- P : Puissance (W)
- ρ : Densité (kg/m³)
- V : Volume (m³)
- C_p : Chaleur spécifique (J/ kg.K)
- T_i : Température initiale (°C)
- T_f : Température finale (°C)
- Δt : Temps de chauffe (secondes)
- 1.5 : Coefficient de sécurité
- m : Masse (kg)

Exemple : Déterminer la puissance nécessaire pour chauffer 200 litres d'eau contenus dans un fût métallique de diamètre 580 mm, d'une température de 15°C à 60°C, en 4 heures. Le fût est stocké dans un entrepôt, à l'abri des intempéries et des courants d'air.

Données du problème :

Masse m : 200 litres = 200 kg
 Chaleur spécifique C_p_{eau} : 4180 J/kg.°C
 Température initiale T_i : 15°C
 Température finale T_f : 60°C
 Temps de chauffe Δt : 4 heures

Calcul :

$$P = \frac{m \times C_p \times (T_f - T_i)}{\Delta t} \times 1.5$$

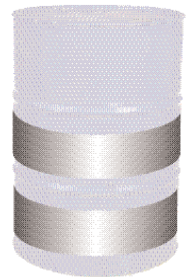
$$P = \frac{200 \times 4180 \times (60 - 15)}{4 \times 3600} \times 1.5$$

$$P = \mathbf{6 \text{ kW}}$$

Solution :

Le fût ayant un diamètre de 580 mm, nous pourrions installer 2 ceintures type CEINT1 de 3600 W.

Il suffira de réguler l'installation grâce au thermostat incorporé au boîtier de commande de la ceinture.



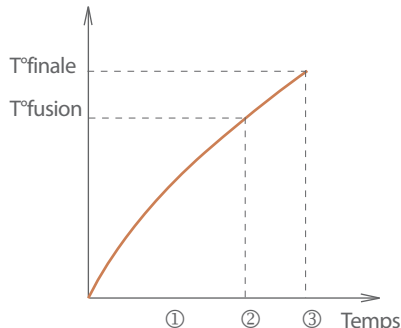
Puissance à installer pour chauffer un produit statique, avec changement d'état

Pour déterminer la puissance nécessaire au changement d'un produit, il faut tenir compte de différentes étapes :

- **1^{ère} étape** : quantité de chaleur nécessaire pour que le produit atteigne sa température de changement d'état,
- **2^{ème} étape** : quantité de chaleur nécessaire au changement d'état,
- **3^{ème} étape** : quantité de chaleur nécessaire pour que le produit atteigne sa température finale.

Le changement d'état se caractérise soit par une fusion (passage de l'état solide à l'état liquide) soit une vaporisation (passage de l'état liquide à l'état gazeux). Dans cet exemple nous ne considérerons que la fusion.

Température Application :



La chaleur spécifique C_p varie selon la température.

Nous utiliserons le C_p correspondant à la température moyenne de chaque phase :

① : T° initiale à T° fusion, à T_{moy} : C_p_{mi}

③ : T° fusion à T° finale, à T_{moy} : C_p_{mf}

Phase ① - Quantité de chaleur pour chauffer le produit jusqu'à la température de fusion

$$Q_1 = m \times C_{p_{mi}} \times (T_c - T_i)$$

Phase ② - Quantité de chaleur pour qu'il y ait changement d'état

$$Q_2 = m \times L_f$$

Phase ③ - Quantité de chaleur pour chauffer le produit jusqu'à sa température finale

$$Q_3 = m \times C_{p_{mf}} \times (T_f - T_c)$$

D'où la puissance :

$$P = \frac{(Q_1 + Q_2 + Q_3)}{\Delta t} \times 1.5$$

Légende :

- Q : Quantité de chaleur (J)
- m : Masse (kg)
- C_p_m : Chaleur spécifique à T_{moy} (J/ kg.K)
- T_i : Température initiale (°C)
- T_c : Temp. de changement d'état - fusion (°C)
- L_f : Chaleur latente de fusion (J/kg)
- T_f : Température finale (°C)

Légende :

- P : Puissance (W)
- Δt : Temps de chauffe (secondes)
- 1.5 : coefficient de sécurité

Puissance à installer pour chauffer un produit statique, avec changement d'état (suite)

Exemple : Déterminer la puissance nécessaire pour chauffer 150 litres d'eau contenus dans un fût métallique de diamètre 580 mm, d'une température de -2°C à 50°C, en 8 heures. Le fût est stocké dans un entrepôt, à l'abri des intempéries et des courants d'air.

Il est nécessaire de décomposer l'application, car la fusion de l'eau intervient à 0°C :

- 1ère : il faut évaporer les 150 litres de -2°C à 0°C,
- 2ème : chauffer le volume d'eau jusqu'à 50°C.

Données du problème :

Masse m : 150 kg
 Chaleur spécifique $C_{p_{\text{glace}}}$: 2.05 kJ/kg.°C
 Température initiale T_i : -2°C
 Température fusion T_c : 0°C

Calcul :

$$Q_1 = m \times C_{p_{\text{mi}}} \times (T_c - T_i)$$

$$Q_1 = 150 \times 2.05 \times (0 - (-2))$$

$$Q_1 = 615 \text{ kJ}$$

Solution :

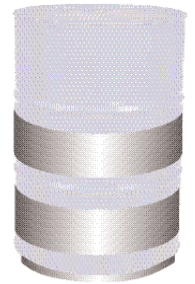
Le fût ayant un diamètre de 580 mm, nous pourrions installer : 2 ceintures type CEINT1 de 3600 W, et 1 base chauffante BASE de 1500 W.

Chaleur latente de fusion L_f : 332 kJ/kg

$$Q_2 = m \times L_f = 150 \times 332$$

$$Q_2 = 49800 \text{ kJ}$$

Il suffira de réguler l'installation grâce aux thermostats incorporés aux boîtiers de commande des appareils.



Chaleur spécifique $C_{p_{\text{eau}}}$: 4.180 kJ/kg.°C
 Température initiale T_f : 50°C
 Température fusion T_c : 0°C

$$Q_3 = m \times C_{p_{\text{mf}}} \times (T_f - T_c)$$

$$Q_3 = 150 \times 4.18 \times (50 - 0)$$

$$Q_3 = 31350 \text{ kJ}$$

Temps de chauffe Δt : 8 heures

$$P = \frac{(Q_1 + Q_2 + Q_3)}{8 \times 3600} \times 1.5 = 4.5 \text{ kW}$$

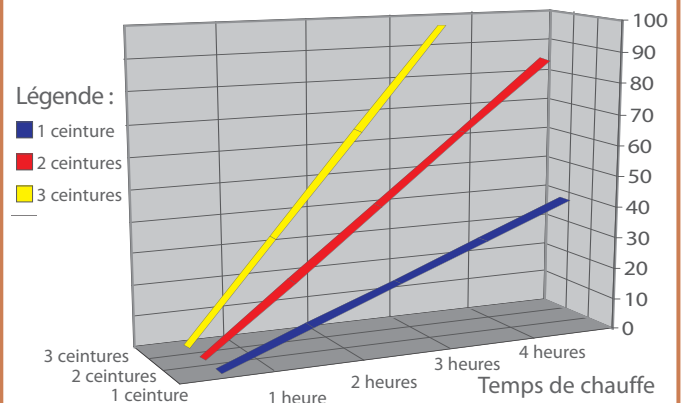
Caractéristiques de produits

Produits	Densité (kg/dm ³)	Capacité thermique (kJ/kg.°C)	Température chang ^t état (°C)	Chaleur latente (kJ/kg)
Liquides à 20°C			T° ébullition	
Acide chlorhydrique	1.2	2.5	83	405
Alcool	0.8	2.63	70	1003
Lait	1.1	3.93	100	2244
Eau	1	4.18	100	2215
Solides à 20°C			T° fusion	
Caoutchouc	0.99	1.42	120	
Cire	2.1	3.43	64	146
Glycérine	1.24	2.37	18	200
Graisse	1.2	1.57	120	
Huile de chauffage	0.83	2.07	-10	
Paraffine	0.89	2.95	53	146
Soufre	2.1	0.84	115	40
Suif	0.95	0.88	45	
Sucre de canne	1.63	1.25	160	56

Exemple de montée en température

Influence du nombre de ceintures sur le chauffage d'un fût de 200 litres rempli d'eau, dans une ambiance de 15°C. (ceintures de puissance unitaire 2500 W)

$\Delta\theta$: Ecart entre les températures initiale et finale.



Valeurs théoriques à pondérer, suivant les conditions d'utilisation et déperditions

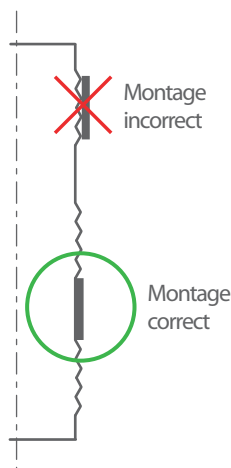
Conseils de montage des ceintures chauffantes

- 1 - Suivant le type de fût utilisé, il est conseillé de monter la ceinture sur une zone lisse. Plus la surface de contact entre les deux surfaces est importante, meilleur sera l'échange thermique.

- 2 - Placer de préférence l'élément chauffant en position basse du fût.

Les échanges thermiques par convection transfèrent la chaleur vers le haut du fût par un brassage naturel.

- 3 - Utiliser 2 ou 3 ceintures pour réduire le temps de montée en température.



Préconisations générales

- Lors de la mise sous tension, les dispositifs de chauffage de fût doivent être impérativement :
 - montés sur un support, dans le cas des ceintures
 - immergés dans du produit dans le cas des thermoplongeurs
 afin de dissiper l'énergie émise et éviter tout risque de destruction.
- Afin de préserver votre système chauffant, notamment votre thermoplongeur, il est conseillé d'utiliser un détecteur de niveau. (Voir p 8).
- Vérifier que le fût à chauffer est toujours pourvu d'un système d'évent ouvert pour éviter tous risques de surpression.