

Effet Leidenfrost



impact sur le refroidissement des réacteurs à eau pressurisée

Quels sont les paramètres permettant de limiter l'effet Leidenfrost ?

I. L'effet Leidenfrost : mise en évidence

**II. Conception de l'expérience : mesure d'une
température**

III. Influence des caractéristiques du fluide

IV. Conclusion

I. L'effet Leidenfrost : mise en évidence

1. Définition de l'effet Leidenfrost ou caléfaction



Entre 160°C et 250°C , la goutte d'eau reste en lévitation sur la plaque chauffante...

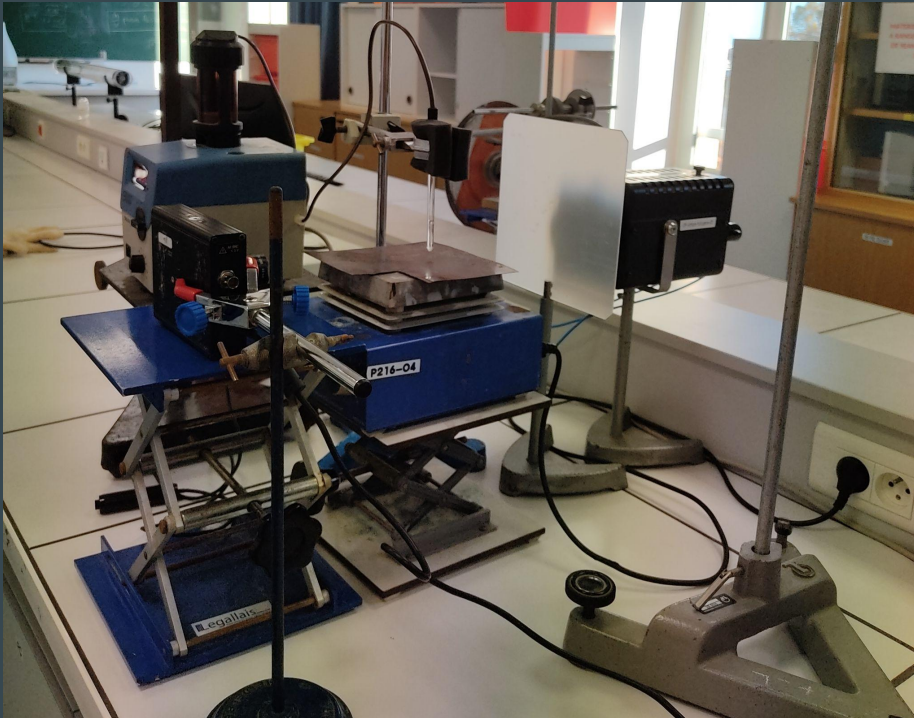
I. L'effet
Leidenfrost

II. Conception de
l'expérience

III. Influence du
fluide

IV. Conclusion

2. Observation du film à la caméra rapide



Epaisseur du film de vapeur :
de l'ordre de 10^{-4} m

II. Conception de l'expérience : mesure d'une température

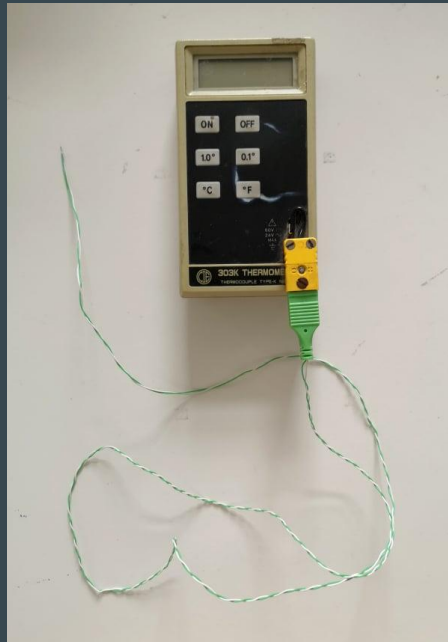
I. L'effet
Leidenfrost

II. Conception de
l'expérience

III. Influence du
fluide

IV. Conclusion

1. Premiers essais...



I. L'effet
Leidenfrost

II. Conception de
l'expérience

III. Influence du
fluide

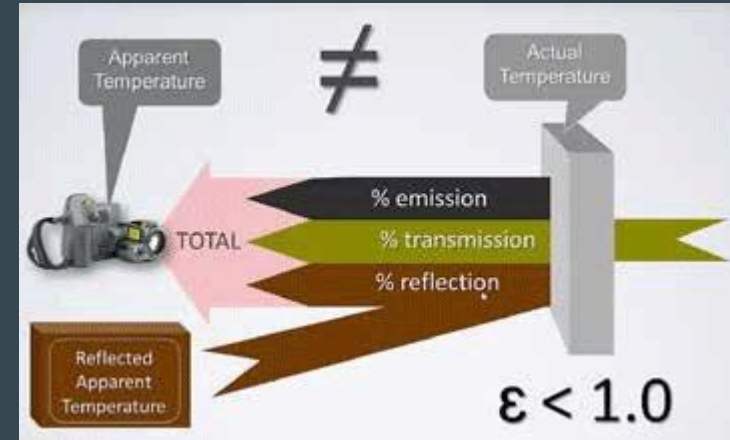
IV. Conclusion

2. Le problème de l'émissivité

pour le corps noir:

$$\phi = \sigma T^4$$

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-4}$$



Source : FLIR

En réalité, la caméra doit prendre en compte l'émissivité ϵ qui dépend du matériau..
 ϵ est notamment fonction de la température.

I. L'effet
Leidenfrost

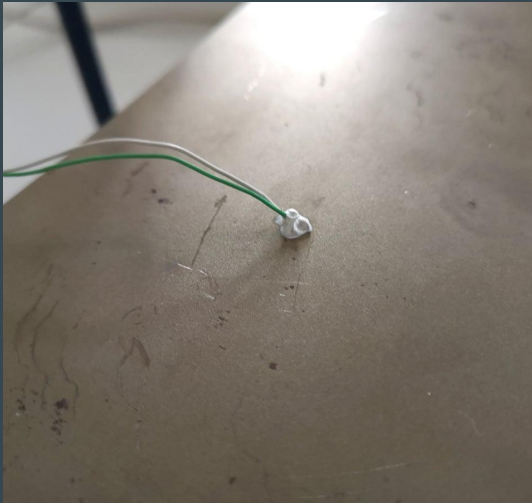
II. **Conception de
l'expérience**

III. Influence du
fluide

IV. Conclusion

3. Protocole choisi

- Thermocouple
- Une approximation



I. L'effet
Leidenfrost

II. Conception de
l'expérience

III. Influence du
fluide

IV. Conclusion

4. Résultats



Cuivre $\varepsilon=0,03$



Aluminium $\varepsilon=0,06$



Acier $\varepsilon=0,09$

III. Influence des caractéristiques du fluide

1. Evaluation théorique du temps de vie de la goutte

Masse de liquide évaporé par unité de temps :

$$\dot{m} = \frac{\lambda \Delta T \pi R^2}{e_0 L}$$

Pour l'eau :

Enthalpie de vaporisation de l'eau à 100 °C : $L = 2,3.10^6 \text{ J.kg}^{-1}$

Conductivité thermique de la vapeur d'eau : $\lambda = 25.10^3 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Masse volumique de l'eau à 100 °C : $\rho_l = 958 \text{ kg.m}^{-3}$

Pour l'éthanol:

Temps de vie de la goutte:

Enthalpie de vaporisation de l'éthanol à 100 °C : $L = 0,9.10^6 \text{ J.kg}^{-1}$

Masse volumique de l'éthanol à 100 °C : $\rho_l = 789 \text{ kg.m}^{-3}$

$$\tau = \frac{\rho_l h_e \pi R^2}{\dot{m}}$$

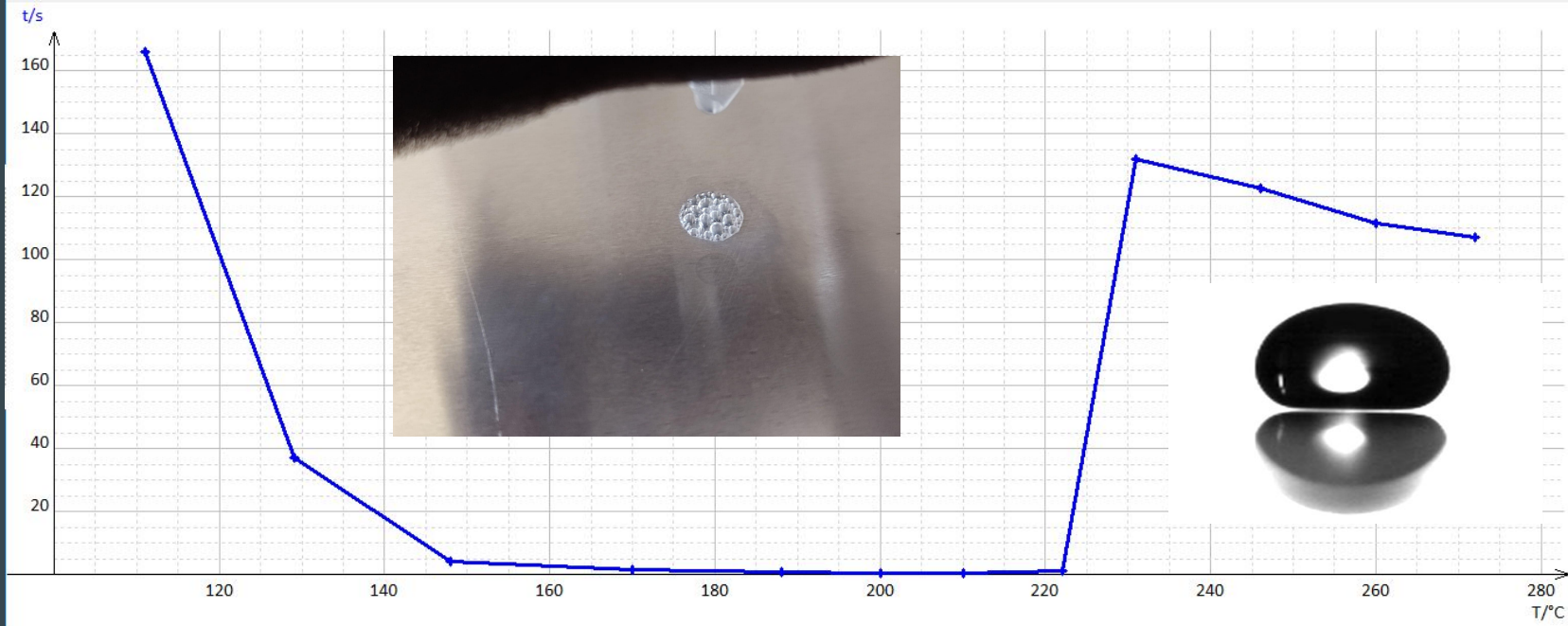
I. L'effet
Leidenfrost

II. Conception de
l'expérience

III. Influence du
fluide

IV. Conclusion

2. Temps de vie d'une goutte d'eau pure en fonction de la température de la plaque d'aluminium



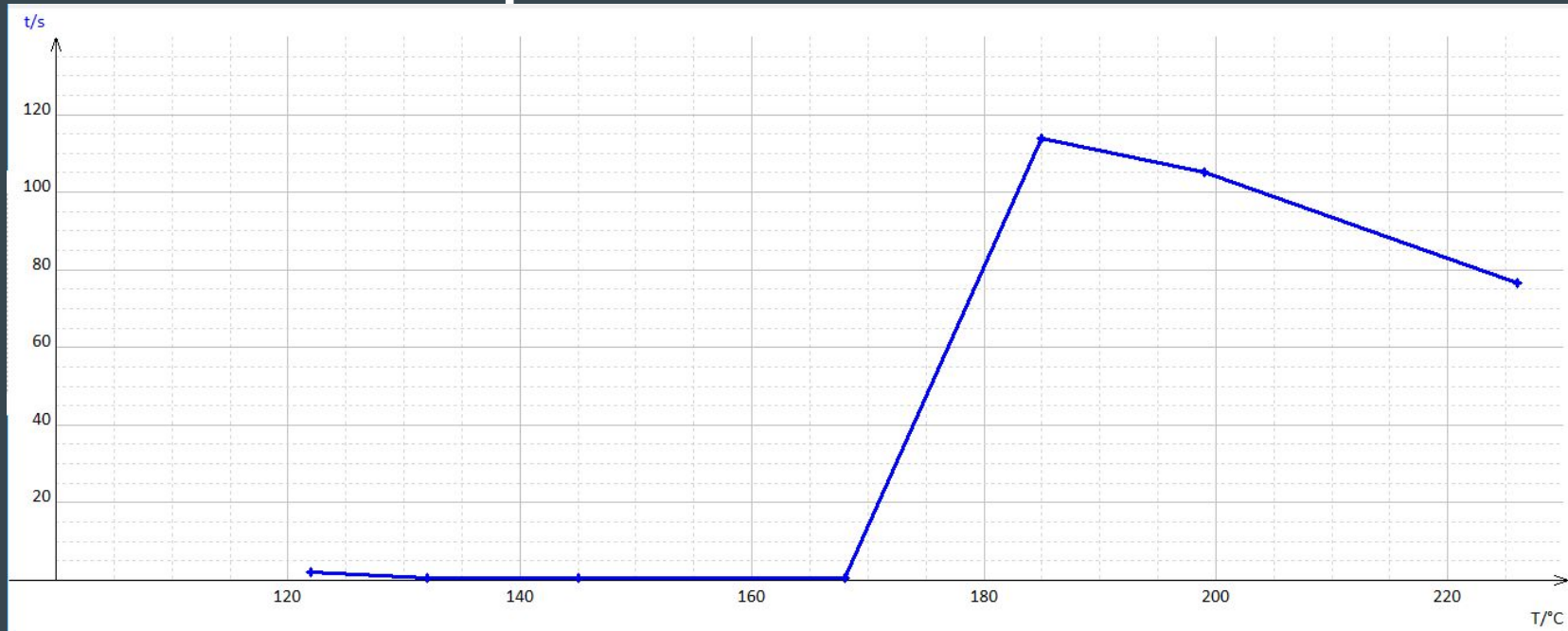
I. L'effet
Leidenfrost

II. Conception de
l'expérience

III. Influence du
fluide

IV. Conclusion

3. Temps de vie d'une goutte d'un mélange eau-éthanol en fonction de la température



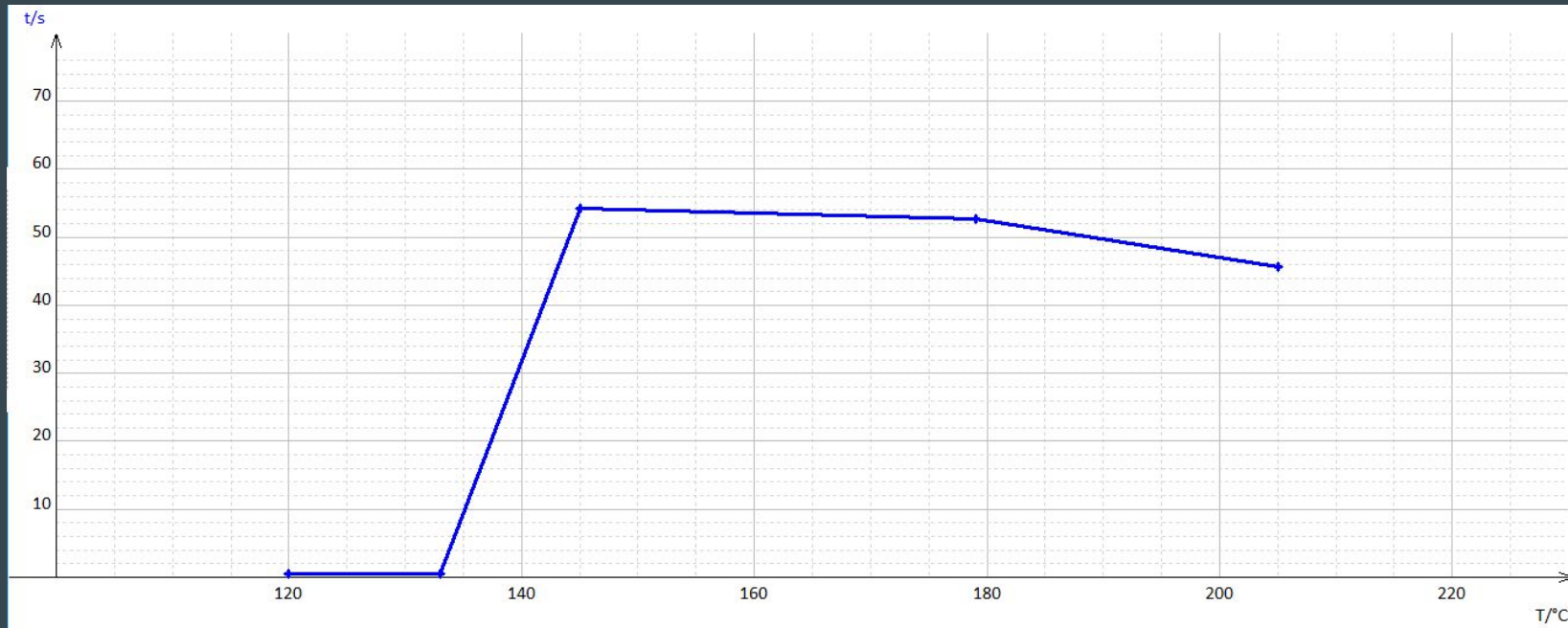
I. L'effet
Leidenfrost

II. Conception de
l'expérience

III. Influence du
fluide

IV. Conclusion

4. Temps de vie d'une goutte d'éthanol en fonction de la température



IV. Conclusion

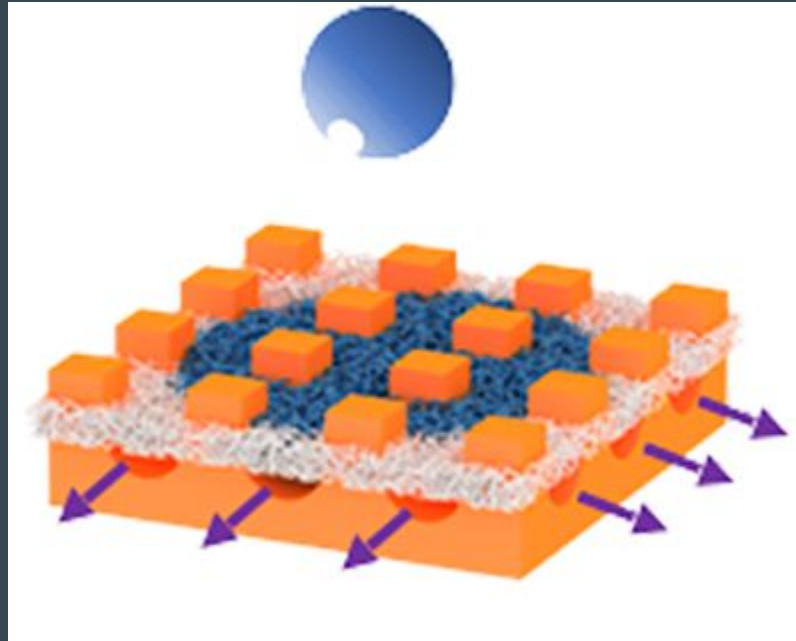
I. L'effet
Leidenfrost

II. Conception de
l'expérience

III. Influence du
fluide

IV. **Conclusion**

Conclusion



Crédits : Mengnan Jiang,
David Quéré et Zuankai Wang

ANNEXE

Transfert thermique dans le film de vapeur

$$dU = \delta Q_{entrant} - \delta Q_{sortant}$$

$$\Leftrightarrow \rho_v d\tau c [T(z, t + dt) - T(z, t)] = [j(z, t) - j(z + dz, t)] \pi R^2 dt$$

$$\Leftrightarrow \rho_v d\tau c \frac{\partial T}{\partial t} dt = - \frac{\partial j}{\partial z} d\tau dt$$

$$\Leftrightarrow \rho_v c \frac{\partial T}{\partial t} = - \frac{\partial j}{\partial z}$$

$$\Leftrightarrow \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} - \frac{\rho_v c}{\lambda} \frac{\partial T}{\partial t} = 0$$

$$\vec{j} = -\lambda \overrightarrow{\text{grad}} T$$

Transfert thermique dans le film de vapeur

$$\frac{\partial T}{\partial t} = 0$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = 0$$

$$T(z) = Az + B$$

$$\begin{cases} T(z = 0) = T_p = B \\ T(z = e_0) = T_e = Ae_0 + B \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} A = \frac{T_e - T_p}{e_0} \\ B = T_p \end{cases}$$

$$T(z) = T_p + \frac{T_e - T_p}{e_0} z$$

Transfert thermique dans le film de vapeur

$$\Phi = j S$$

$$j = \left| -\lambda \frac{dT}{dz} \right| = \frac{\lambda \Delta T}{e_0}$$

$$\Phi = \frac{\lambda \Delta T \pi R^2}{e_0}$$

$$L = \Phi / \dot{m}$$