

Version – n°1

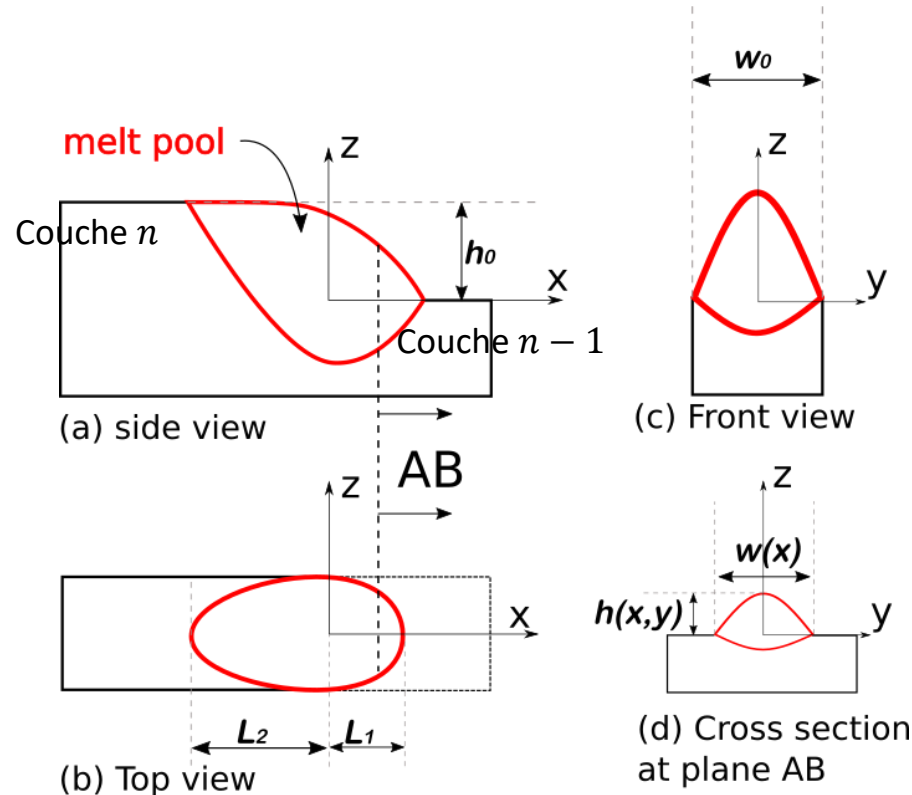
Quick explanation

Loïc Jegou

13/12/2022

Modélisation géométrique du bain fondu

Fathi, A., Toyserkani, E., Khajepour, A., & Durali, M. (2006). Prediction of melt pool depth and dilution in laser powder deposition. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 39(12), 2613–2623. <https://doi.org/10.1088/0022-3727/39/12/022>



Grandeurs constantes :

- Longueur du bain fondu : L_1, L_2
- Hauteur du cordon déposé : h_0
- Largeur du cordon : w_0

Grandeurs variables :

- Largeur du bain fondu : $w(x, y)$
- Hauteur du bain fondu : $h(x, y)$

$$h(x, y) = h(x, 0) \left(1 - \frac{4 * y^2}{w(x)^2} \right)$$

$$w(x) = \begin{cases} w_0 & \text{si } x \leq 0 \\ \left(1 - \frac{x^2}{(w_0/2)^2} \right)^{\frac{1}{2}} & \text{si } x \geq 0 \end{cases}$$

| Nom | | Unités |
|----------|--------------------------------|---------------|
| ρ | Masse volumique | $kg.m^{-3}$ |
| C_p | Capacité de chaleur spécifique | $J.kg^{-1}.K$ |
| α | Diffusivité thermique | $m^2.s^{-1}$ |
| q_0 | Quantité de chaleur | J |
| τ | Variable de temps (s). | s |

- Source laser ponctuelle sur une surface plane :

$$T(x, y, z, t) = \frac{q_0}{4\rho C_p (\pi\alpha)^{\frac{3}{2}}} \int_{\tau=0}^{\tau=t} \frac{\exp\left(-\frac{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 + (z-z_0)^2}{4\alpha\tau}\right)}{(\tau)^{\frac{3}{2}}} d\tau + T_0$$

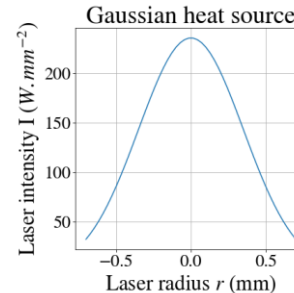
- Source laser ponctuelle mobile sur une surface plane (et $t \rightarrow +\infty$) :

$$T^{steady}(x, y, z) = \frac{q_0}{2\pi K R} \times \exp\left(-\frac{V(R+x)}{2\alpha}\right) + T_0$$

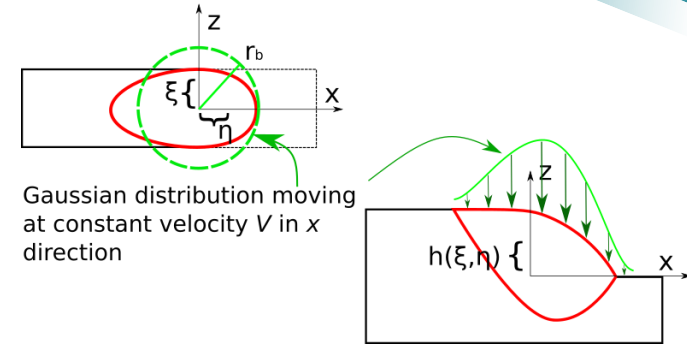
Carslaw H S and Jaeger J C (1959).
Conduction of Heats in Solids 2nd edition
(Oxford: Oxford University Press).

- Source Gaussienne mobile sur une surface plane :

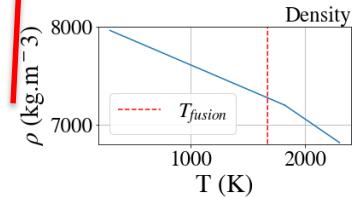
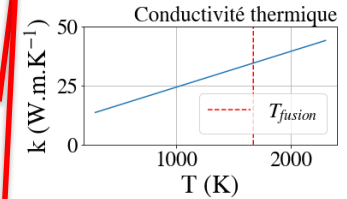
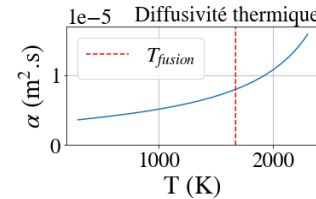
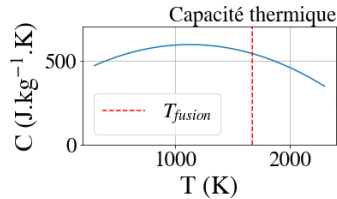
$$I(r) = I_0 \times \exp\left(-\frac{r^2}{\sigma^2}\right) \text{ avec } I_0 = \frac{\beta P_n}{\pi\sigma^2\left(1-\exp\left(-\frac{r_b^2}{\sigma^2}\right)\right)}$$



- Source Gaussienne mobile sur une surface non plane :



$$T^{steady}(x, y, z) = \frac{I_0}{2\pi K} \times \int_{\xi=-r_b}^{\xi=r_b} \int_{\eta=0}^{\eta=r_b(1-\xi^2)} \frac{1}{R} \exp\left(-\frac{\xi^2 + \eta^2}{\sigma^2}\right) \times \exp\left(-\frac{V(R + (x - \xi))}{2\alpha}\right) d\eta d\xi$$



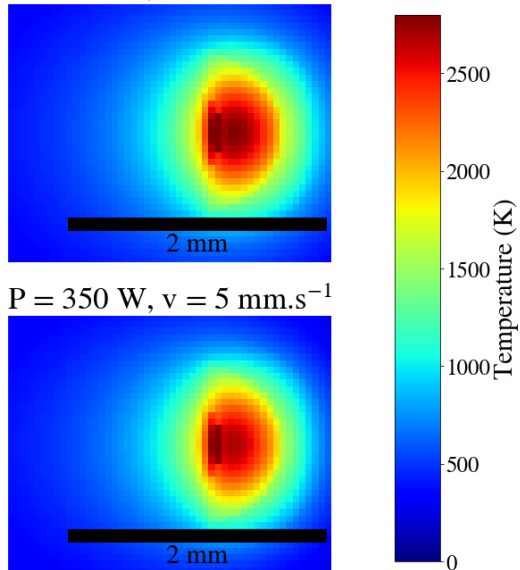
De nombreux paramètres varient en fonction de la température

→ **valeurs moyennes.**

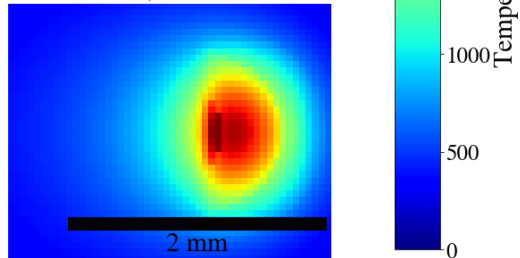
- $C_p = 500$
- $\rho = 7800 \text{ kg.m}^{-3}$
- $k = 20 \text{ W.m.K}^{-1}$

Simulation numérique

$P = 350 \text{ W}$, $v = 3 \text{ mm.s}^{-1}$

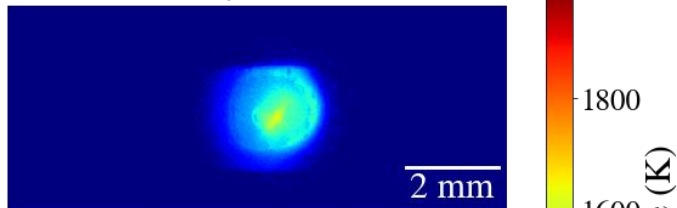


$P = 350 \text{ W}$, $v = 5 \text{ mm.s}^{-1}$

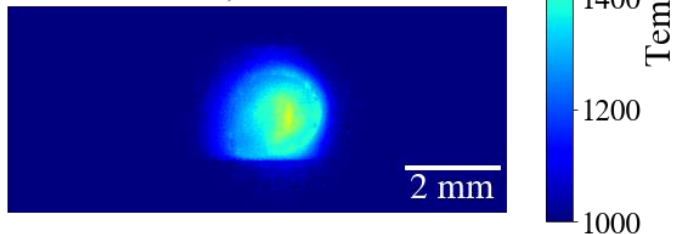


Caméra bichromatique

$P = 350 \text{ W}$, $v = 3 \text{ mm.s}^{-1}$



$P = 350 \text{ W}$, $v = 5 \text{ mm.s}^{-1}$



Première couche



- Pas d'accumulation de chaleur
- Avant le laser :
 $T_{substrat} = T_{ambiante}$

Vitesse (mm.s^{-1})

3 mm.s^{-1}

5 mm.s^{-1}

Aire numérique (mm^2)

0.6

0.5

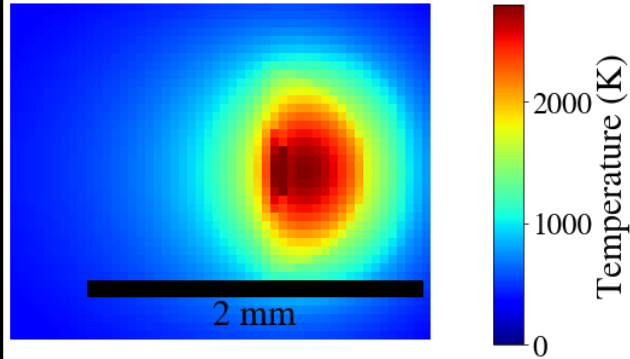
Aire expérimentale (mm^2)

0.7

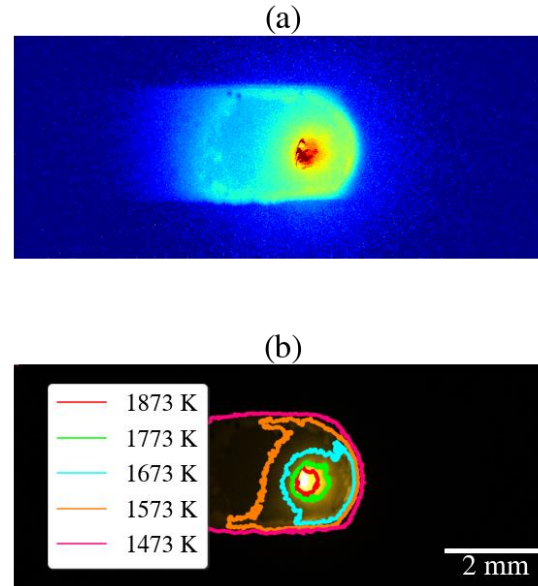
0.6

Simulation numérique

$$P = 650 \text{ W}, v = 5 \text{ mm.s}^{-1}$$



Caméra bichromatique



Première couche



- Pas d'accumulation de chaleur
- Avant le laser :
 $T_{\text{substrat}} = T_{\text{ambiante}}$

Vitesse (mm.s^{-1})

5 mm.s^{-1}

Aire numérique (mm^2)

1,3

Aire expérimentale (mm^2)

1.57

Résultats de simulation

- $P_{laser} \in [100; 950]W$
- $v_{laser} \in [1; 9]mm.s^{-1}$

