



Répartition spatiale et temporelle d'énergie de sources lasers utilisées dans les dispositifs de soudage aux lasers de pièces d'alliage métallique

Sayhia BENCHAA*, Fethi KHELFAOUI ** et Soumaya LEMKEDDEM

Université Kasdi Merbah Ouargla, Faculté des Mathématiques et des Sciences de la Matière,
Laboratoire LRPPS, Département de Physique, Ouargla 30000, Algérie

* benchaasay@gmail.com , ** fethi.khelfaoui@gmail.com

Résumé : La technologie laser est utilisée dans le soudage des métaux et alliages et dans d'autres applications. Dans notre étude, nous proposons une modélisation numérique du **terme source du soudage au laser**. Nous utilisons **l'équation de conservation d'énergie** (la chaleur) à trois dimensions x , y et z en coordonnées cartésiennes.

Un programme en langage FORTRAN 77, appliquant la Méthode des Différences Finies et la Méthode Itérative de Gauss-Seidel, nous permet de calculer la **distribution spatiale et temporelle** des sources laser et des températures correspondantes.

Mots clés : Sidérurgie, soudure aux lasers, source laser, équation de la chaleur, Méthode des Différences Finies.

1. INTRODUCTION :

➤ Le soudage par laser est une technique d'assemblage appliquée dans l'industrie. Cette technique permet de réaliser des soudures étroites et profondes [1].

➤ Nous proposons un laser immobile avec une répartition volumique du terme source.

➤ Nous allons calculer la distribution spatiale et temporelle de la température dans une pièce métallique.

2. PHENOMENE PHYSIQUE :

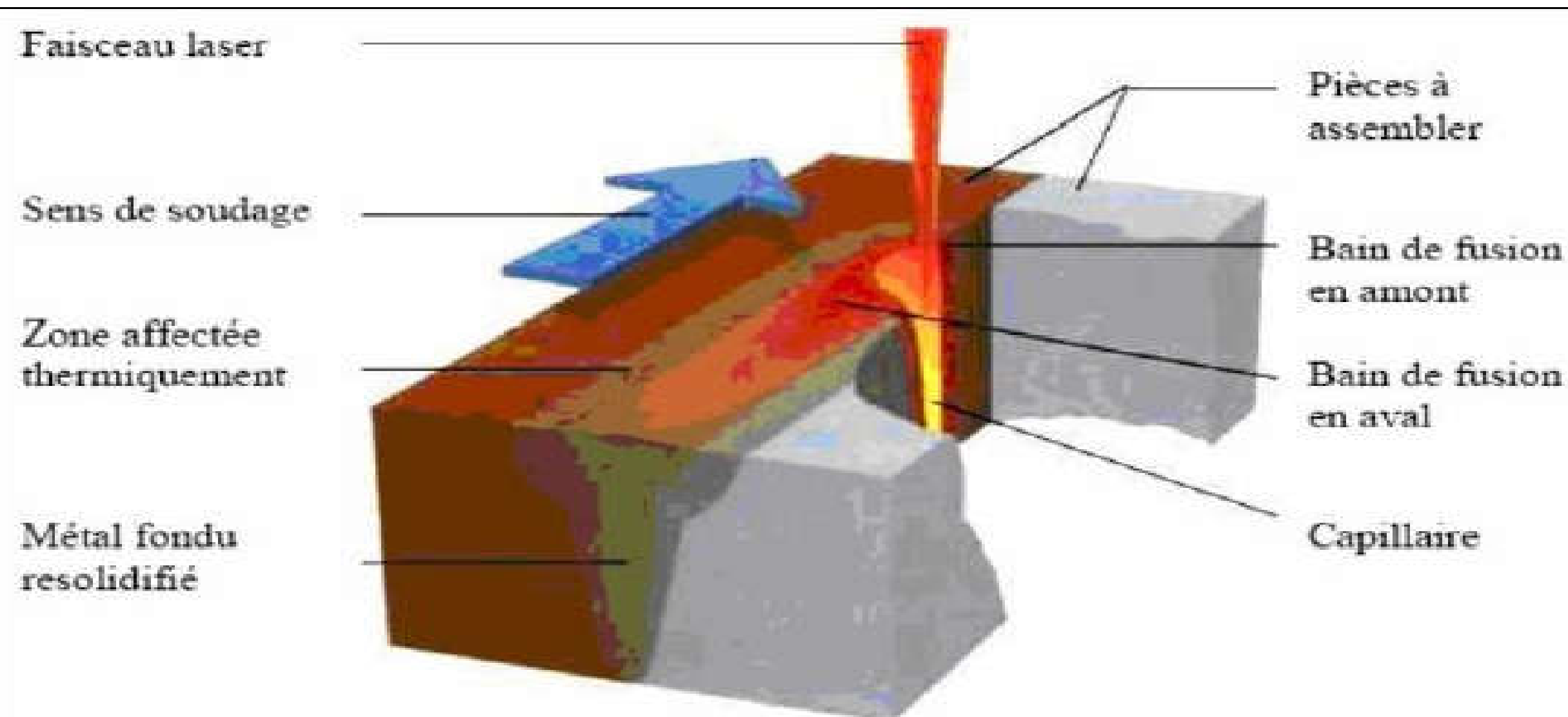


Figure : Le principe de soudage [2]

3. MODELISATION MATHÉMATIQUE :

❖ **Equations d'énergie :** (1)

$$\rho C_p \left[\frac{\partial T(x, y, z, t)}{\partial t} \right] = \lambda \nabla^2 T(x, y, z, t)$$

(1)

$$d\phi = -\lambda \overrightarrow{\text{grad}} T \cdot \vec{n} \cdot ds$$

(2)

ρ : densité volumique de la masse, C_p : chaleur spécifique

λ : conductivité thermique, Q : terme source, $d\phi$: flux de chaleur

❖ **Equation de terme source du laser [3] :** (3)

$$Q(x, y, z) = \frac{3P}{\pi a b d} \exp\left(-\frac{3x^2}{a^2}\right) \exp\left(-\frac{3y^2}{b^2}\right) \exp\left(-\frac{3z^2}{d^2}\right)$$

a, b : rayons focaux, P : la puissance du Laser

d : pénétration maximale

4. MODELISATION NUMÉRIQUE [4] :

❖ **Discrétisation du système :** Méthode des Différences Finies (MDF) pour la résolution d'équation de la forme $T(i, j, k, n)$: (4)

$$\rho C_p \left[\frac{T(i, j, k, n+1) - T(i, j, k, n)}{ht} \right] = \lambda \left[\frac{T(i-1, j, k, n) - 2T(i, j, k, n) + T(i+1, j, k, n)}{hx^2} + \frac{T(i, j-1, k, n) + T(i, j, k, n) + T(i, j+1, k, n)}{hy^2} + \frac{T(i, j, k-1, n) - 2T(i, j, k, n) + 2T(i, j, k+1, n)}{hz^2} \right] + Q(i, j, k)$$

hx, hy, hz, ht : les pas de discrétisation

❖ **Conditions initiales et conditions aux limites :**

$$T(x, y, z, t = 0) = T_0$$

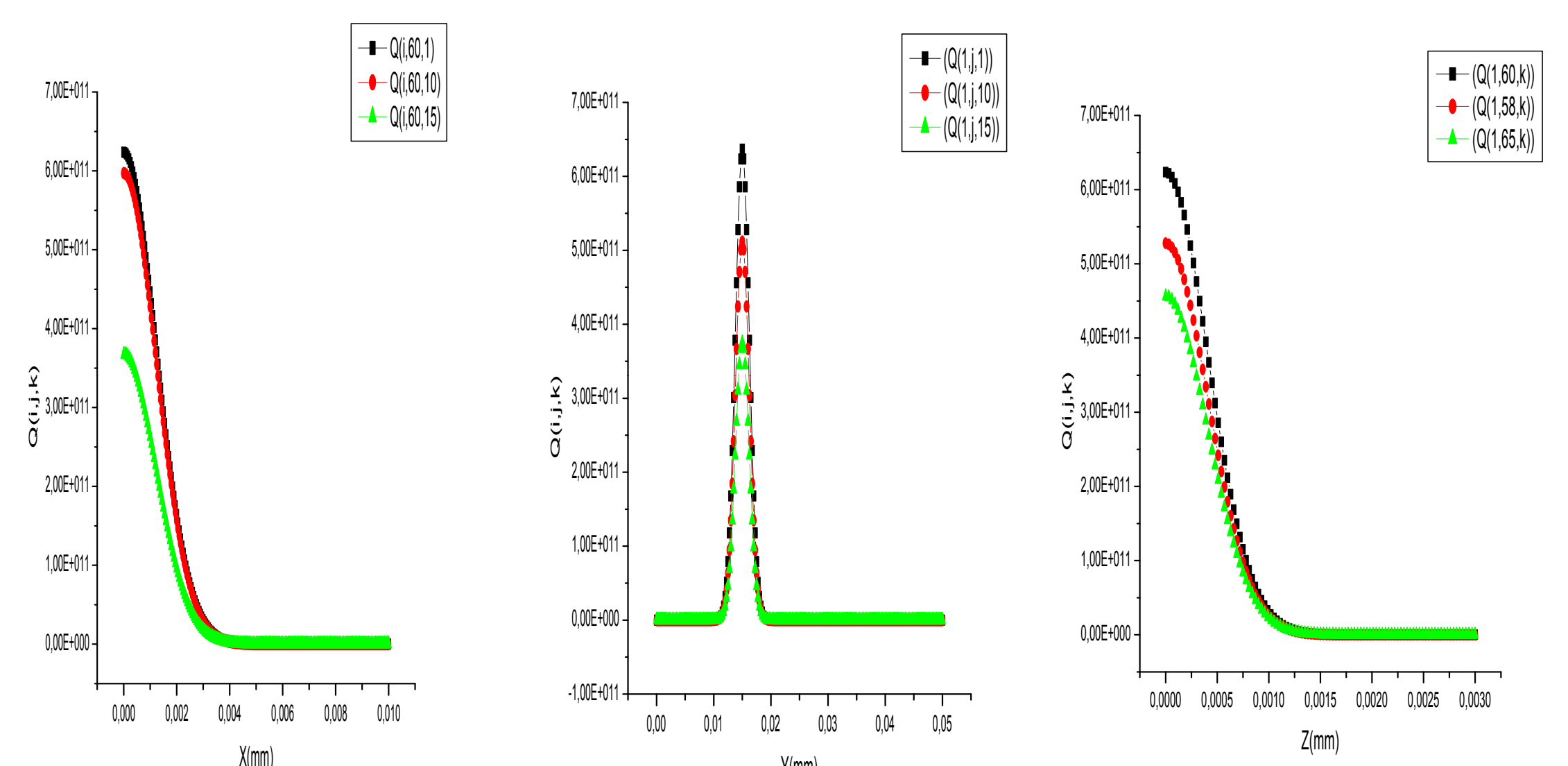
$$i = 1, j = 1 \text{ et } k = 1: T(i-1, j, k, n) = T(i+1, j, k, n)$$

$$\frac{\partial T(x, y, z, t)}{\partial x} \Big|_{x=x_{max}} = 0 \quad \cdot \quad \frac{\partial T(x, y, z, t)}{\partial z} \Big|_{z=z_{max}} = 0$$

❖ **Algorithme de calcul :** Méthode Itérative par la Méthode de Gauss-Seidel de $T(i, j, k, n)$ pour j et pour $i=1, i_{max}$.

5. TRAVAUX EN COURS :

• Calcul du terme source $Q(i, j, k)$ (conditions de [5]) :



• Elaboration du programme de calcul de la température.
• Comparaison avec d'autres travaux.

6. REFERENCES :

- [1] E. Guen ; Thèse de Doctorat ; Université de Bretagne-Sud (2010).
- [2] A. Belhadj ; Thèse de Doctorat ; Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis (2009).
- [3] K. Abaderrzak, S. Bonnour, H. Mhiri, G. Lepalec et M. Autric ; Computational Materials Science, Vol . 44 , pp 858–866 (2009).
- [4] K. Telib ; Memoire de master ; Université de Ouargla (2013).
- [5] M. Akbari, S.Saedodin, A. Panjepour, S. Naghieh et M. Afrand ; Recent Advances Mathematics; ISBN: 978-1-61804-323-8.