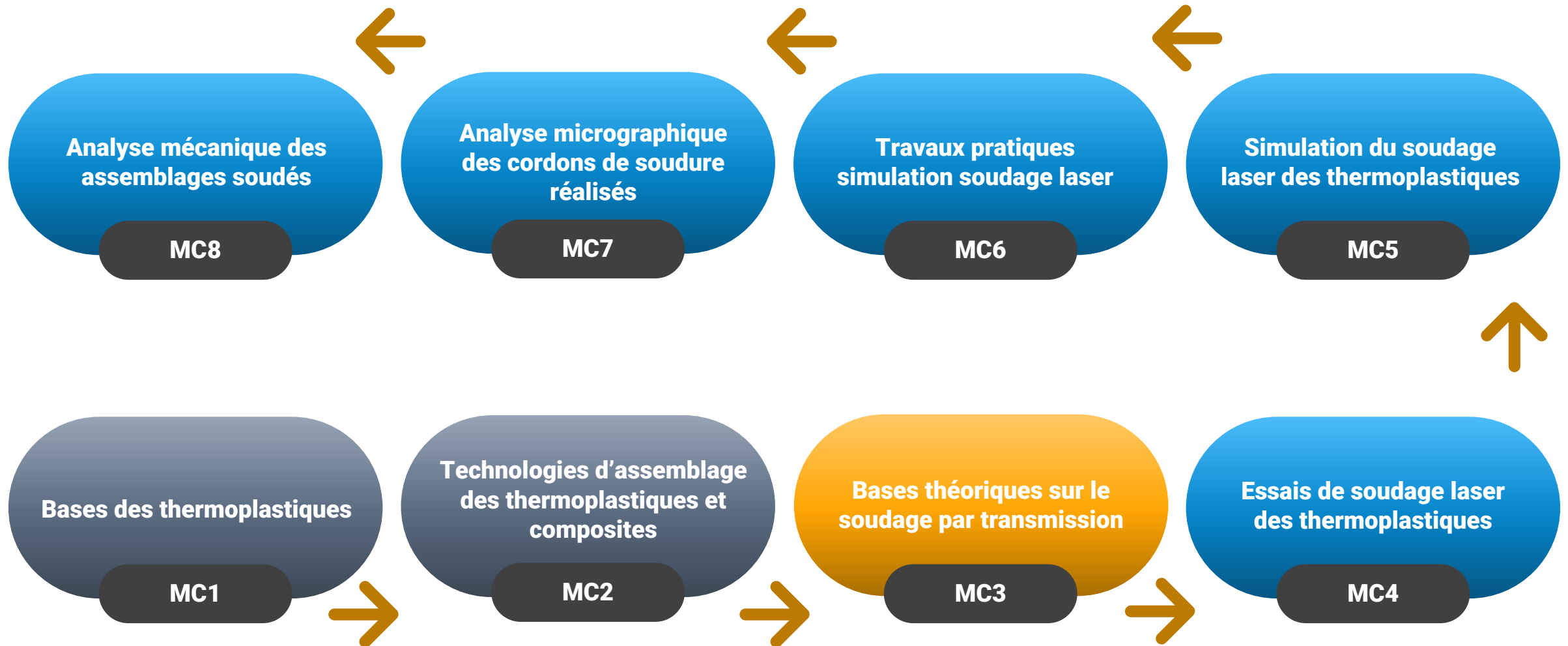


Technologie d'AssemBLage dEs ThermoplasTiques par lasEr

Micro-Contenus (MC)

Technologie d'Assemblage des Thermoplastiques par Laser



Objectif pédagogique final

MC3

Acquérir les notions théoriques sur le soudage laser par transmission des thermoplastiques et des composites

Introduction générale

MC3: Bases théoriques sur le soudage laser

Module 6 Evaluation

Module 5 Conclusion générale

Module 4 Modes d'absorption de la puissance pendant le procédé de soudage

Module 3 Assemblage polymère transparent et composite

Module 2 Propriétés optiques des thermoplastiques et des composites

Module 1 Introduction générale

A la fin de ce micro-contenu, vous **serez capable** de :

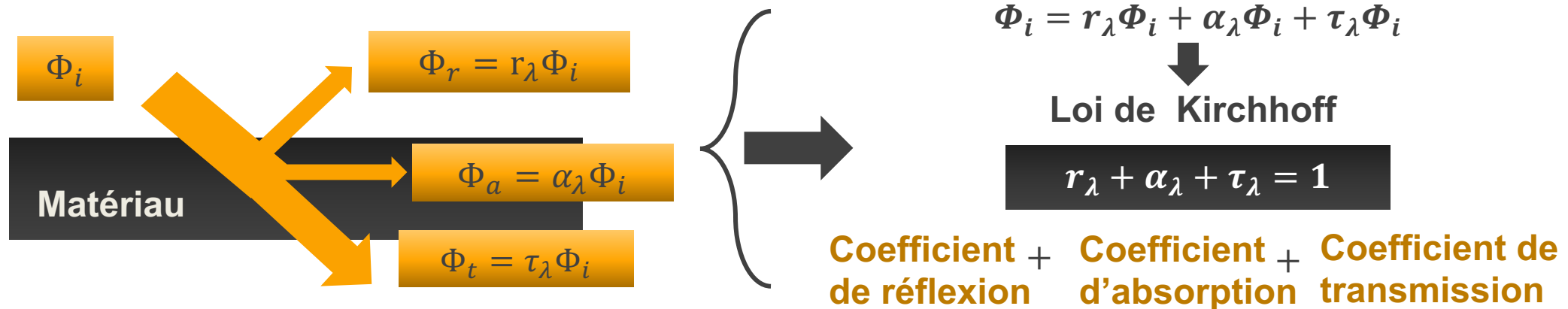
- Comparer** les différents phénomènes physiques occurrents lors du soudage laser par transmission des thermoplastiques et des composites
- Expliquer** les différences entre les propriétés optiques des thermoplastiques et des composites
- Classer** selon le degré de difficulté de soudage des thermoplastiques et composites en fonction de leur propriétés optiques
- Illustrer** le comportement du faisceau laser à travers les différents types de matériaux

Propriétés optiques des thermoplastiques et des composites

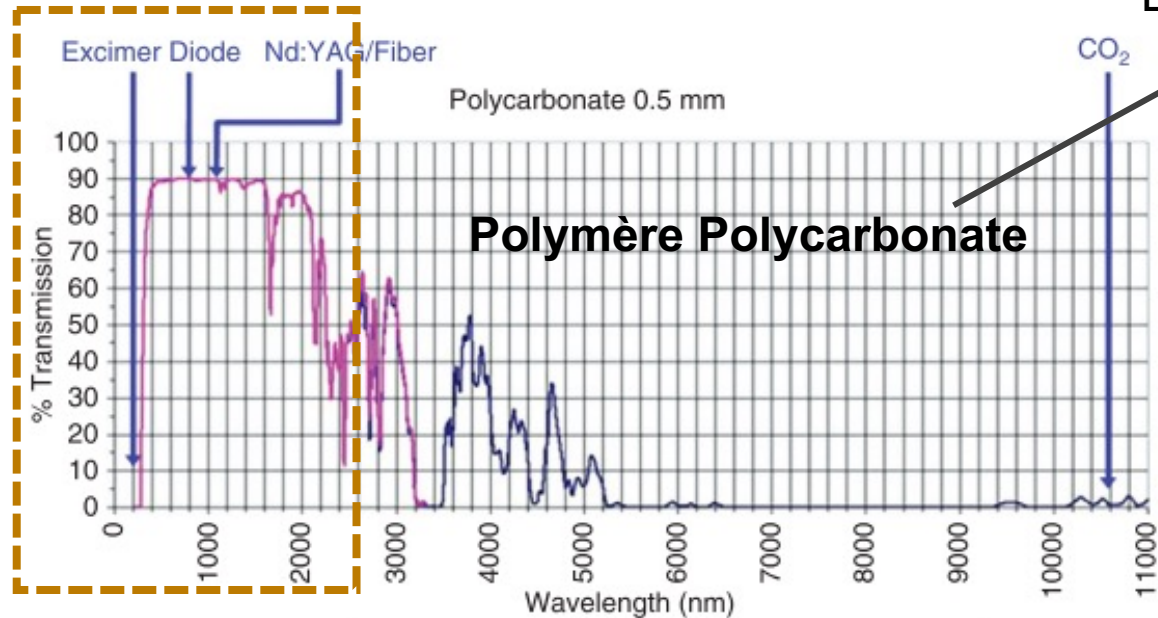
Propriétés du matériau vis-à-vis du rayonnement (**réflexion, transmission, absorption**)

Un flux de rayonnement : Φ (**puissance**) arrivant sur un matériau (que l'on appellera **flux incident**) n'a que trois possibilités qui s'offre à lui:

- Être **réfléchi** : Φ_r
- Être **absorbé** : Φ_a et ainsi participer à l'**échauffement du corps**
- Être **transmis** : Φ_t



Exemple d'une propriétés radiatives vis-à-vis du rayonnement: la transmission du **Polycarbonate**



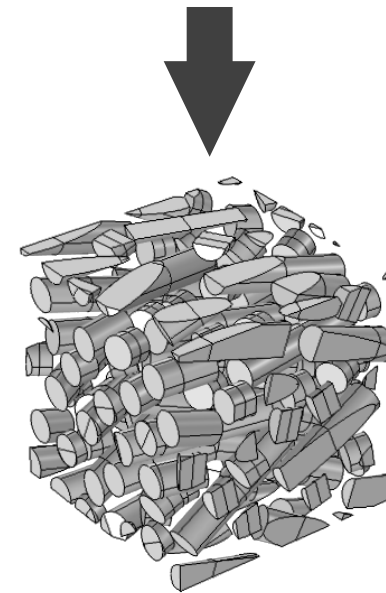
Infrarouge
proche

— FTIR spectrometer — UV/VIS/NIR spectrometer

Spectre de transmission (Troughton, 2008)

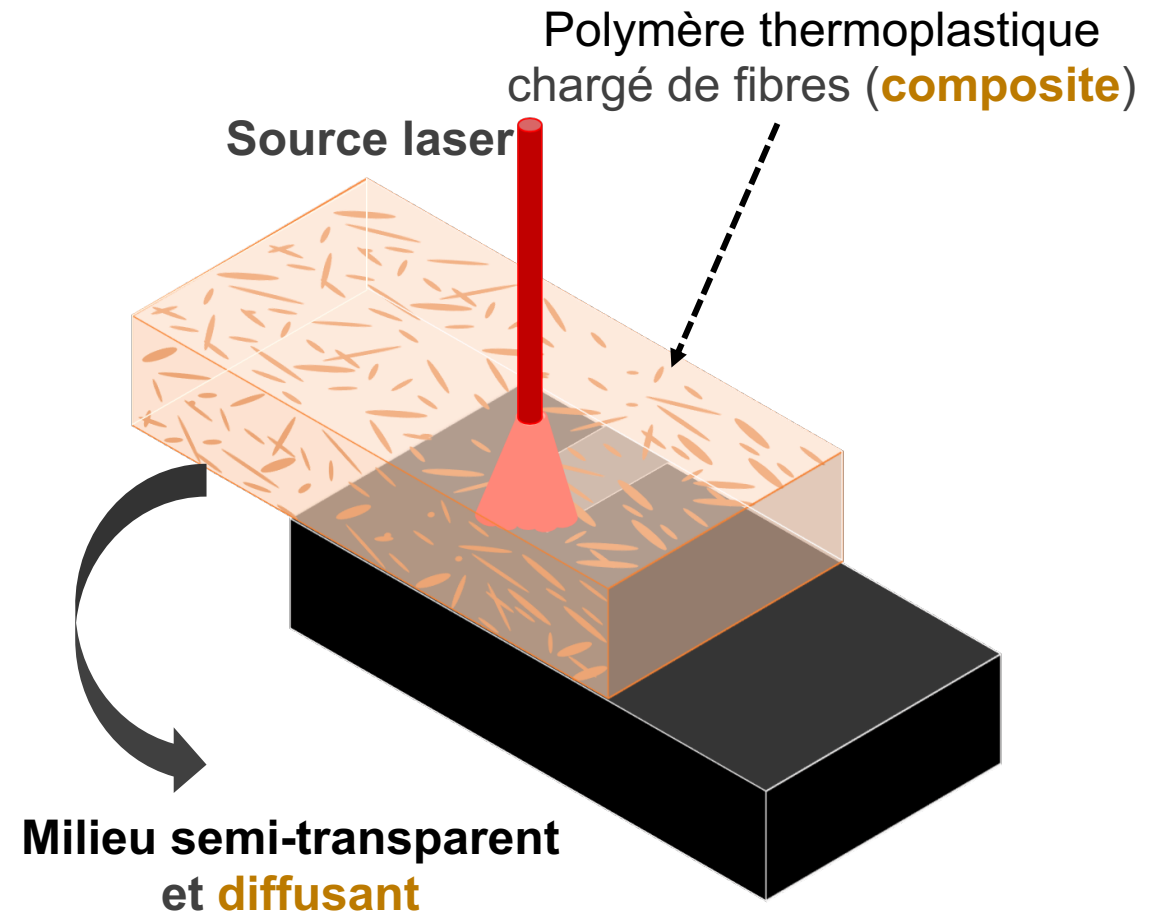
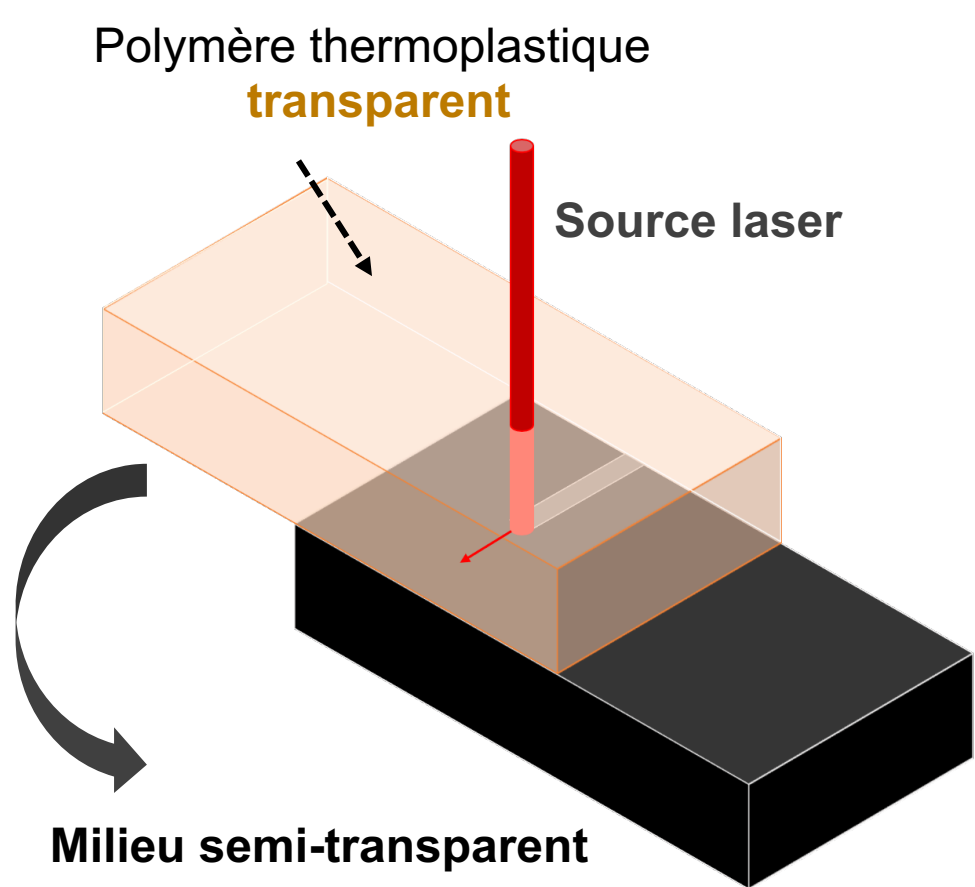
Le PC a un coefficient de **transmission** de **90%**

Diminution de la **transmission** en présence des **fibres** dans le polymère



Assemblage polymère transparent et composite

Différence entre soudage polymère et composite



Comportement du faisceau laser à travers un composite **unidirectionnel**

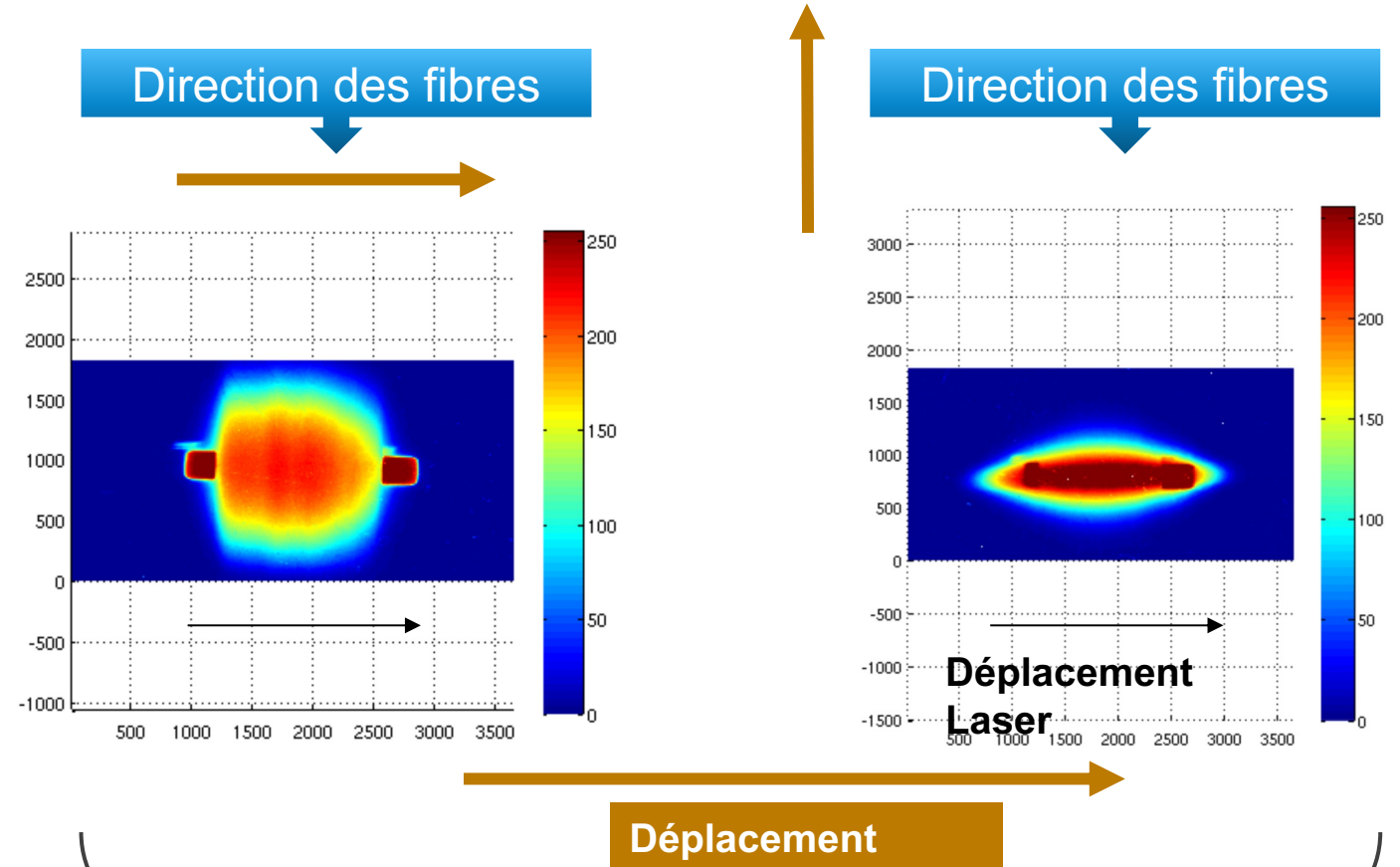
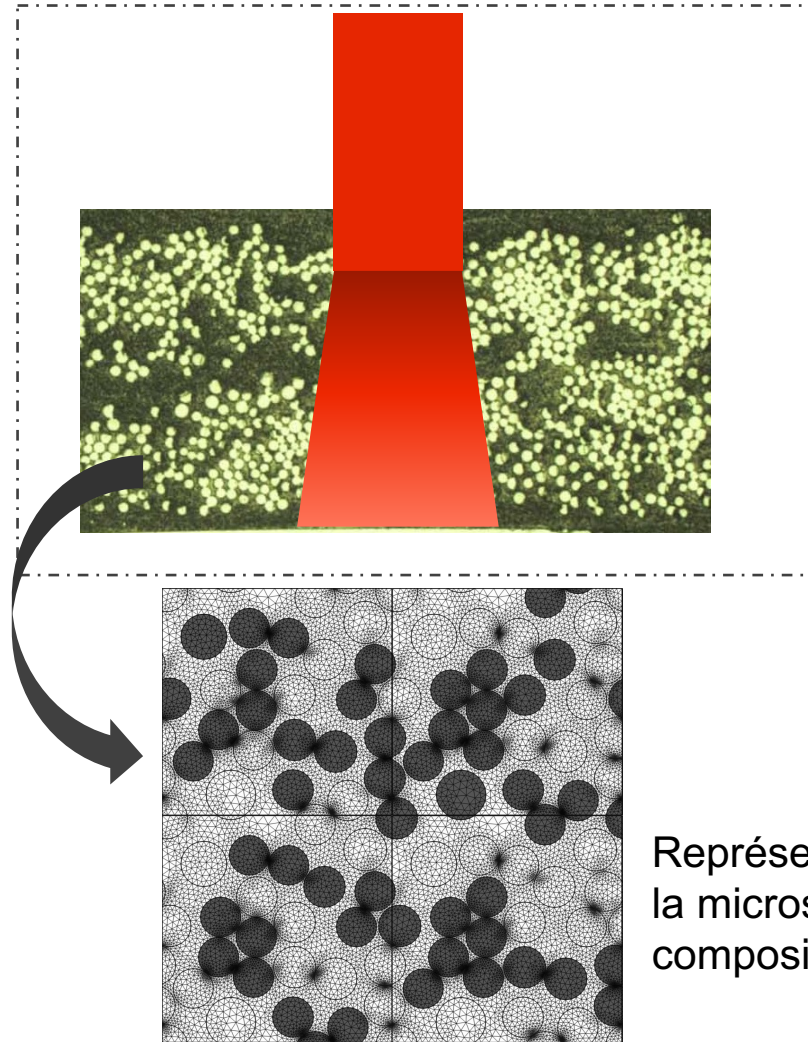
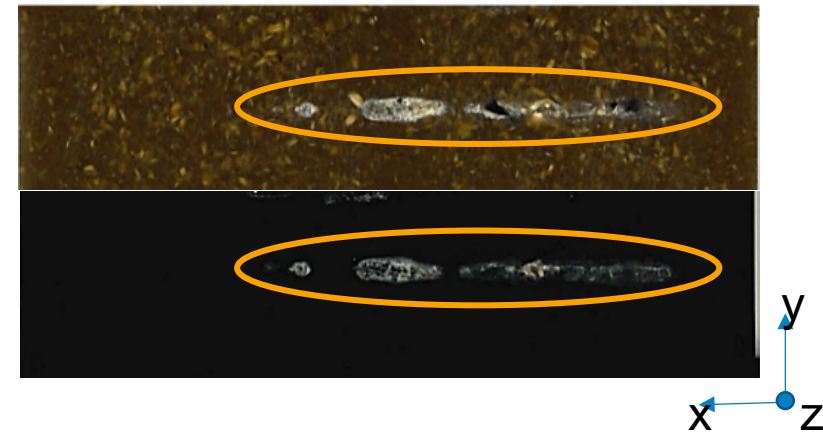
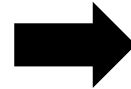
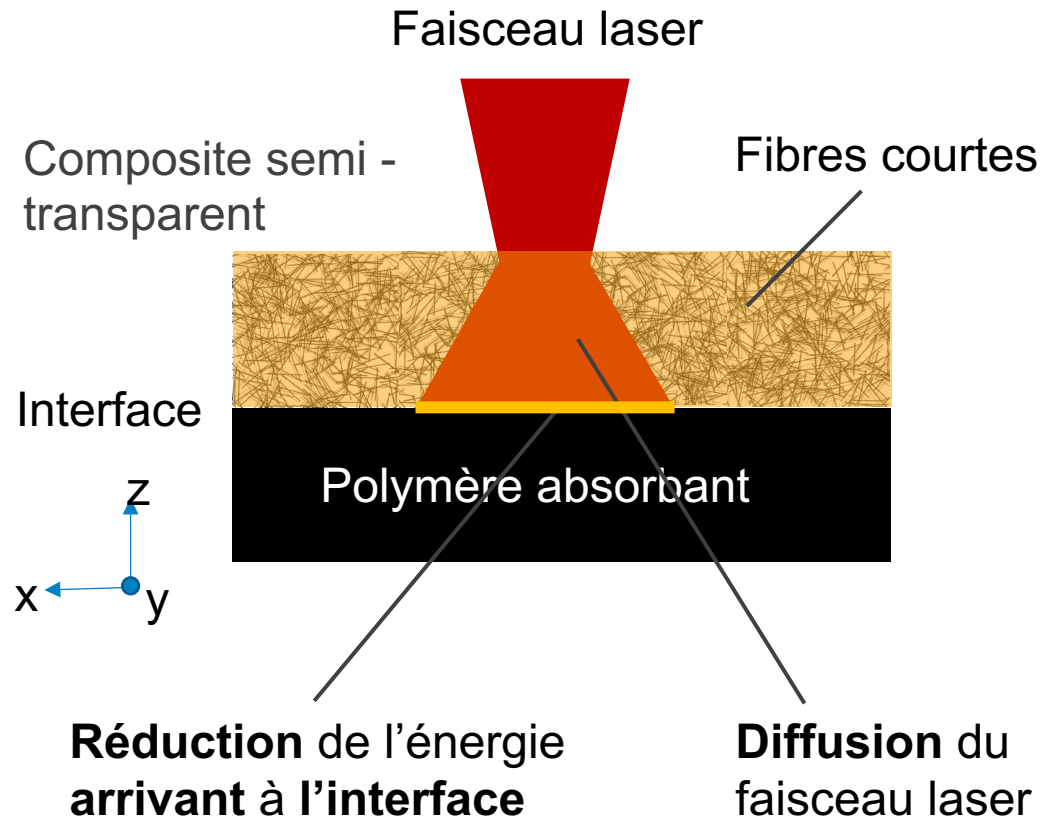


Image de l'énergie radiative reçue à l'interface de soudure

Quelques **difficultés** de transmission du faisceau laser durant le procédé de soudage :

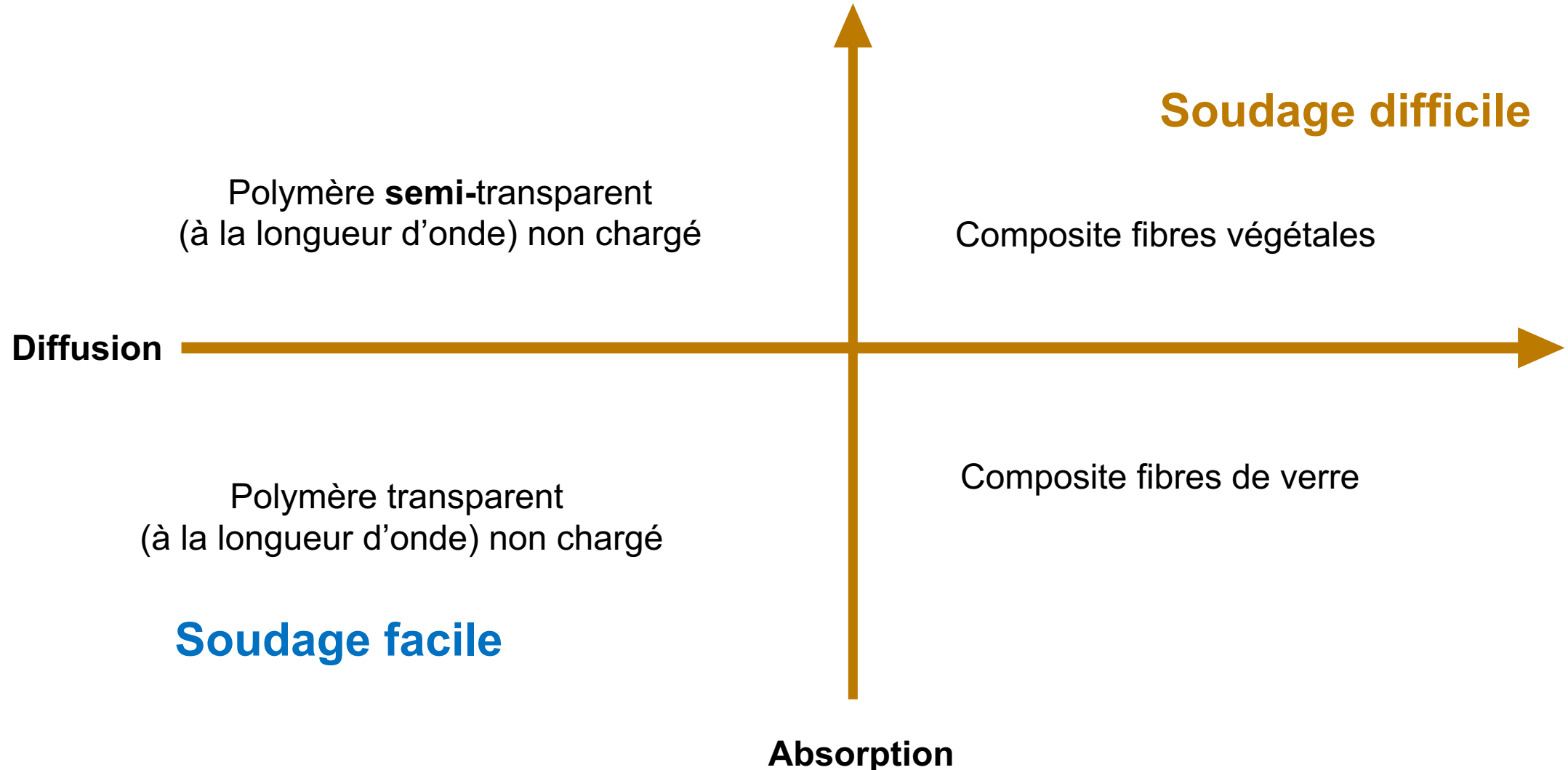


Ligne de soudure non uniforme - partie semi-transparente renforcée par des fibres (opaques)

⇒ **Température non uniforme** à l'interface.

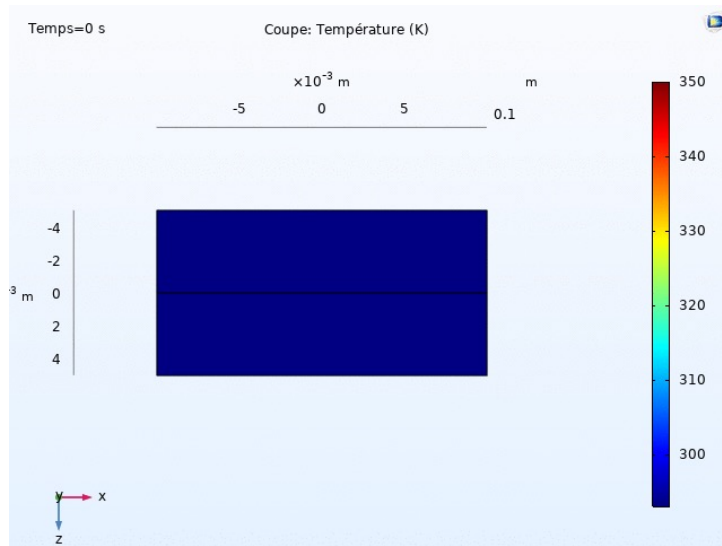
⇒ **Influence sur la résistance** du cordon de soudure

Classification des matériaux en fonction de leurs propriétés optiques

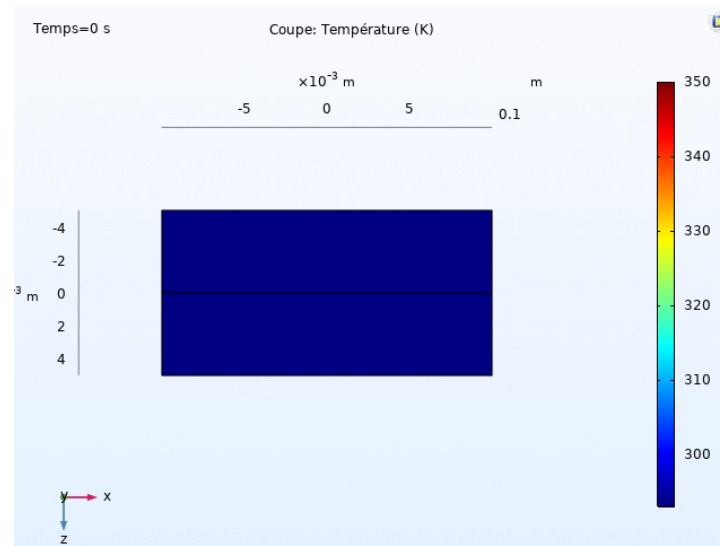


Modes d'absorption de la puissance pendant le procédé de soudage

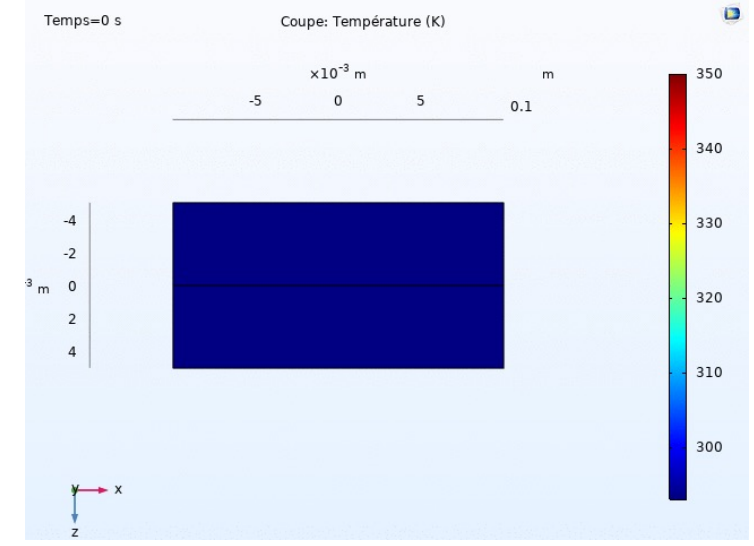
La température d'interface dans les trois cas



Absorption à l'**interface**



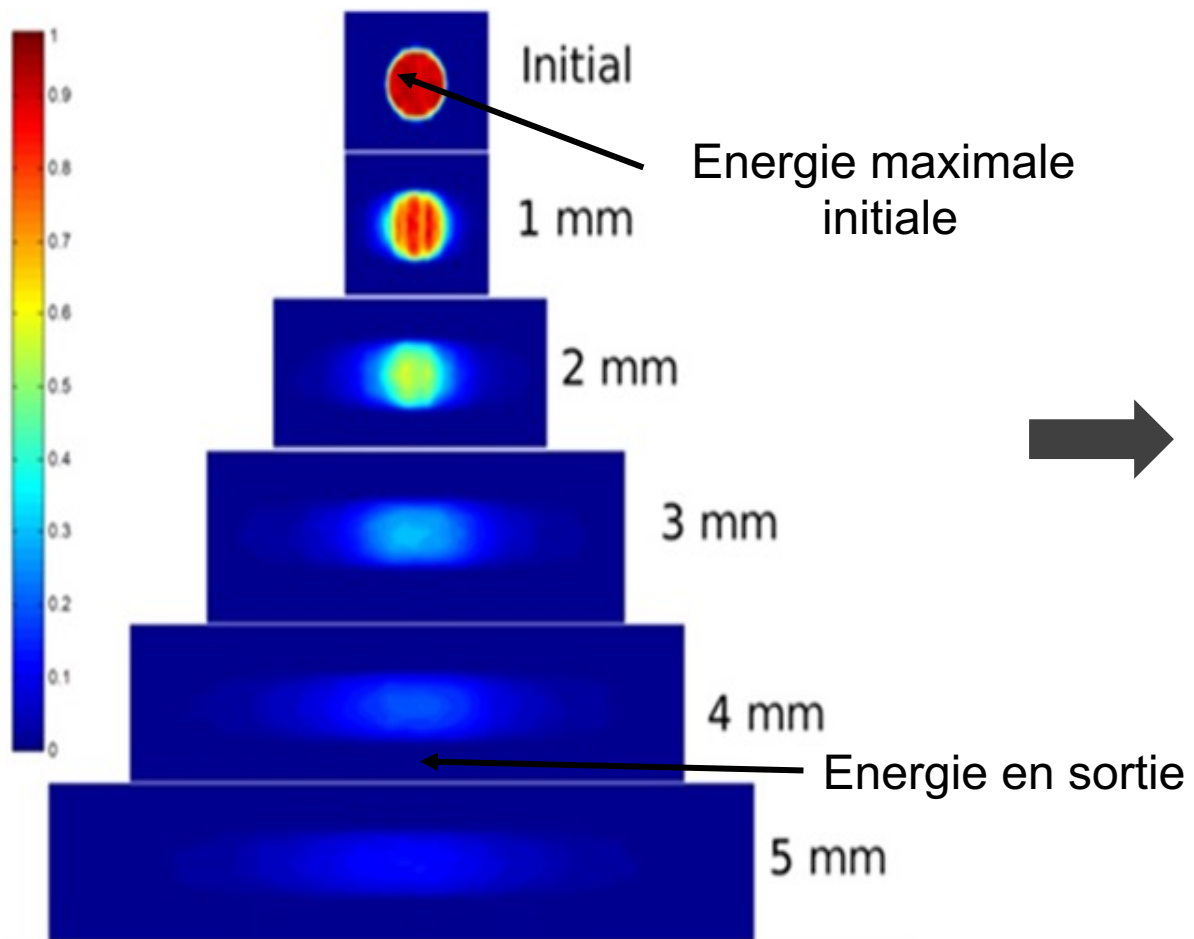
Absorption dans le **substrat**



Absorption dans le **semi-transparent** et **substrat opaque**

Résultat simulation Lancer de Rayons (Ray Tracing)

Puissance surfacique à l'interface pour différentes épaisseurs



Etalement du faisceau laser

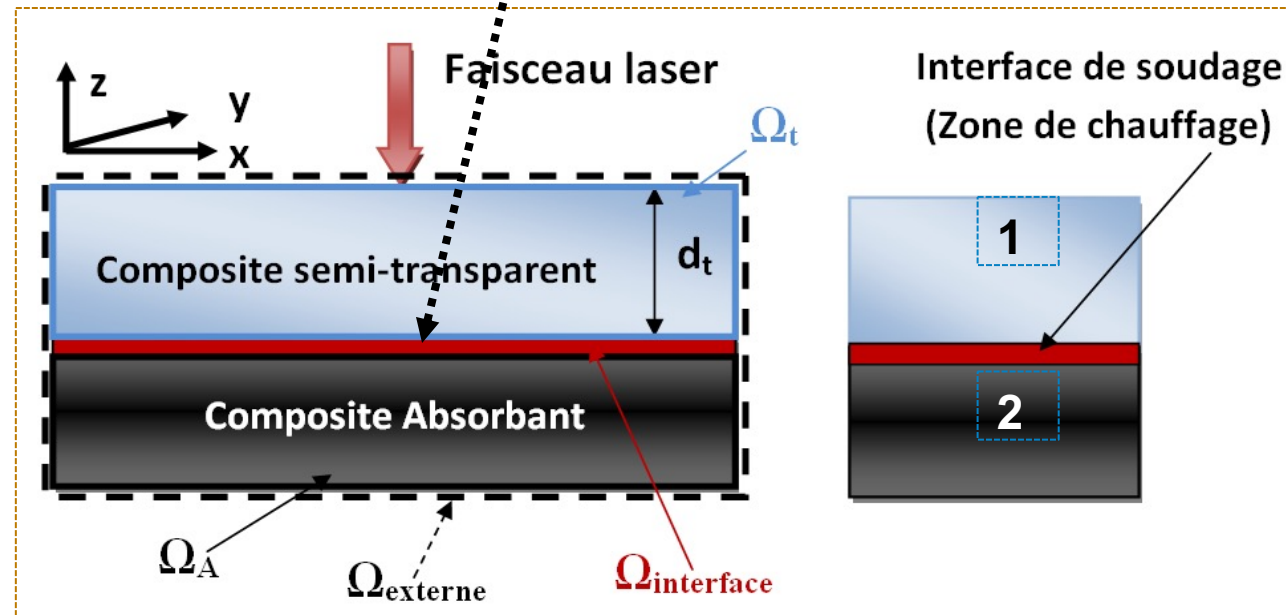
Limite du procédé: Epaisseur < 5 mm
Cela dépend de : V_f , type de fibre, réfraction, absorption

Décroissance **exponentiel** de la puissance VS épaisseur

Augmentation de la zone affectée thermiquement

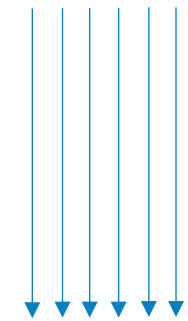
Modélisation analytique de la diffusion du laser

- ❑ Pour l'ingénieur : éviter d'utiliser la méthode de lancer de rayons (méthode dédiée à la recherche)
 - ❑ Description rapide des puissances surfaciques et volumiques optiques à l'interface de soudure
- ↓
- ❑ Estimation de **l'énergie radiative** à l'interface de soudure et dans le volume des deux parties à souder

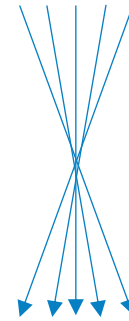


Modélisation analytique de la diffusion du laser

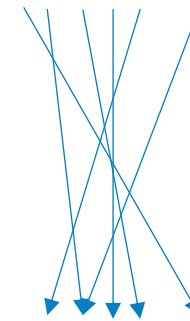
Modèle des « micro-faisceaux »



Collimaté



Focalisé

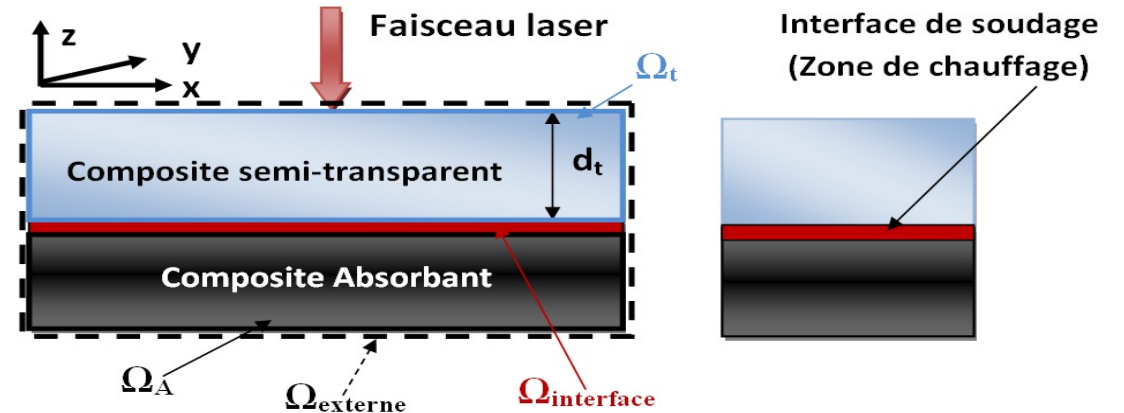
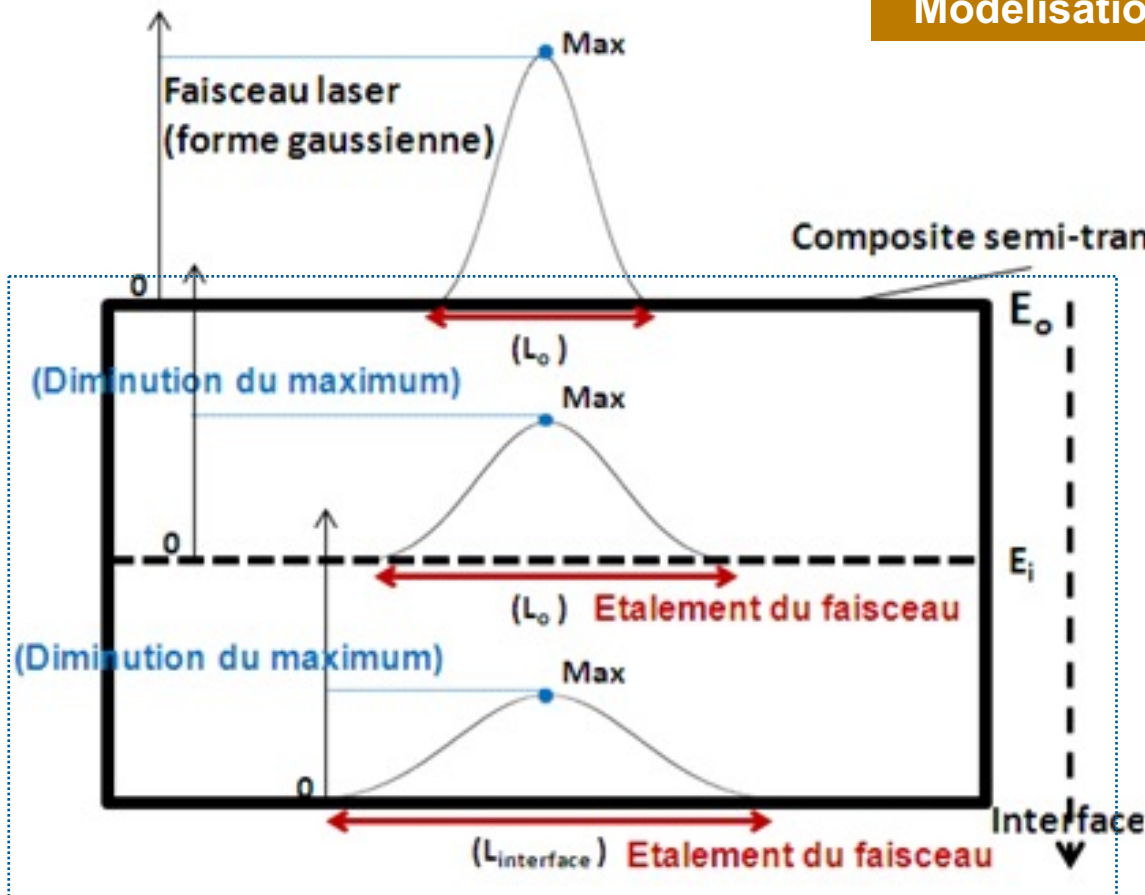


Diffusé

Hypothèse d'un faisceau laser initial **collimaté**

Modélisation analytique de la diffusion du laser

Modélisation optique (composite semi-transparent)



Energie radiative arrivant à l'interface

Modèle des « micro-faisceaux »

Puissance nominale du laser (W)

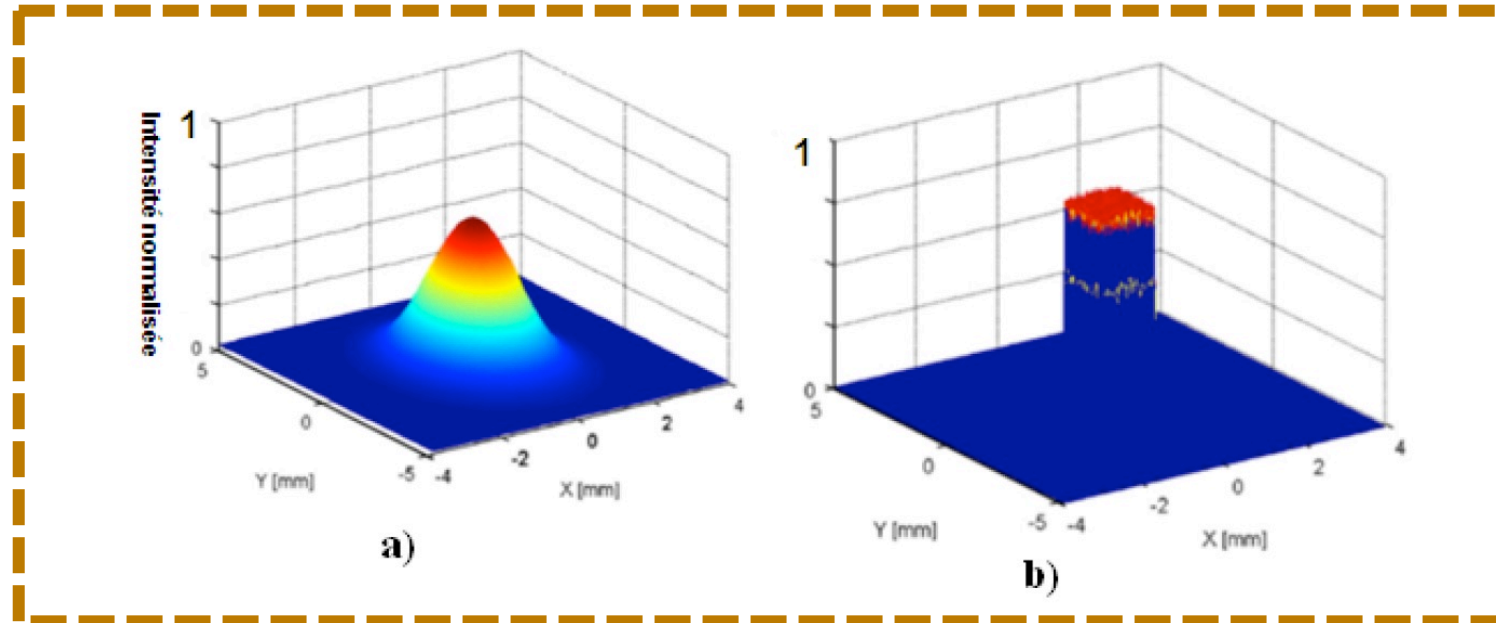
$$q_r(x, y) = P \times f_n(x, y)$$

Distribution surfacique
de la puissance

Avec :

$$\int_S f_n(x, y) dx dy = 1$$

Section transverse de la source laser



Distributions surfacique de type **gaussienne** (a) et **créneau** (b)

Modélisation analytique cas d'un composite unidirectionnel

Distribution de la puissance surfacique totale du faisceau laser à l'interface
(forme gaussienne)

Puissance nominale du laser (W)

$$I(x, y, z) = \frac{I_0 \times e^{-Dz}}{2\pi\sigma_0 \sqrt{(\sigma_x(z)^2 + \sigma_0^2)}} \times e^{-\left(\frac{x^2}{2(\sigma_x(z)^2 + \sigma_0^2)} + \frac{y^2}{2\sigma_0^2}\right)}$$

(A. Asséko et al., 2013)

Coefficient de diffusion D (m^{-1})

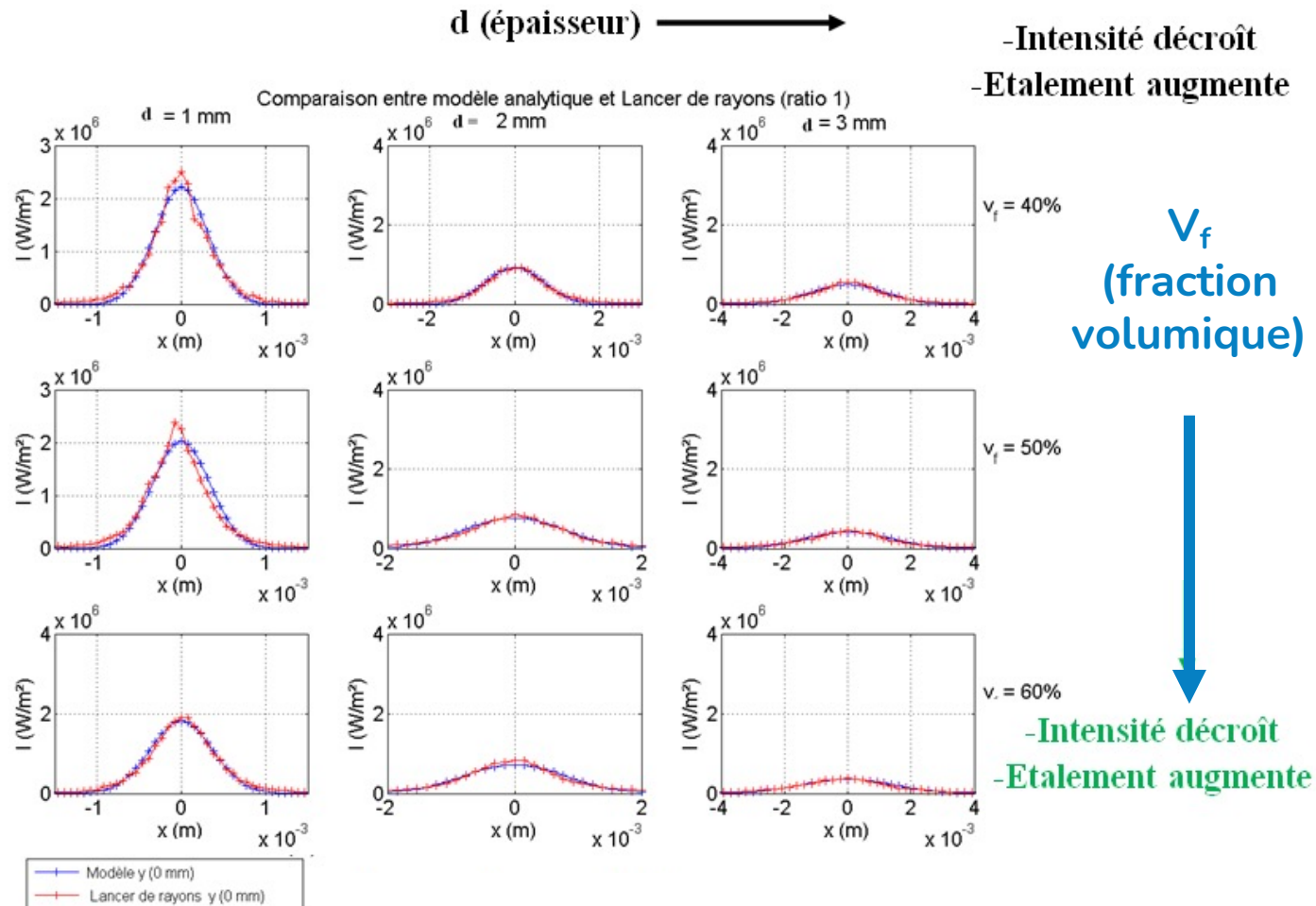
Etalement spatial σ_x (m)

Etalement spatial initial (m) $\sigma_0 = r/3$

r : Rayon du spot laser (m)

σ_x : Fonction de l'épaisseur (z), des indices de réfraction de la matrice, de la fibre et de la microstructure

Modélisation analytique cas d'un composite unidirectionnel



Conclusion générale

- ❑ Connaissance des **propriétés optiques**
- ❑ Représentation de **la microstructure**
- ❑ Différents **types de modèles**
- ❑ **Diffusion** et **absorption** sont des fonctions de **l'épaisseur**
- ❑ Une large **variété de thermoplastiques** et **composites** peut être **soudée**

