

# SOUDAGE LASER DE POLYMÈRES SEMI - CRISTALLINS

André Chateau AKUE ASSEKO  
Benoît COSSON (HDR)

# SOMMAIRE

## 1. ACTIVITÉS DE RECHERCHE

## 2. SOUDAGE LASER

- 2.1 Principe du soudage par transmission des polymères
- 2.2 Domaines d'application
- 2.3 Problématique du soudage des composites
- 2.4 Génération de Microstructures
- 2.5 Suivi de rayon
- 2.6 Modélisation analytique de la diffusion

## 3. INTERDIFFUSION

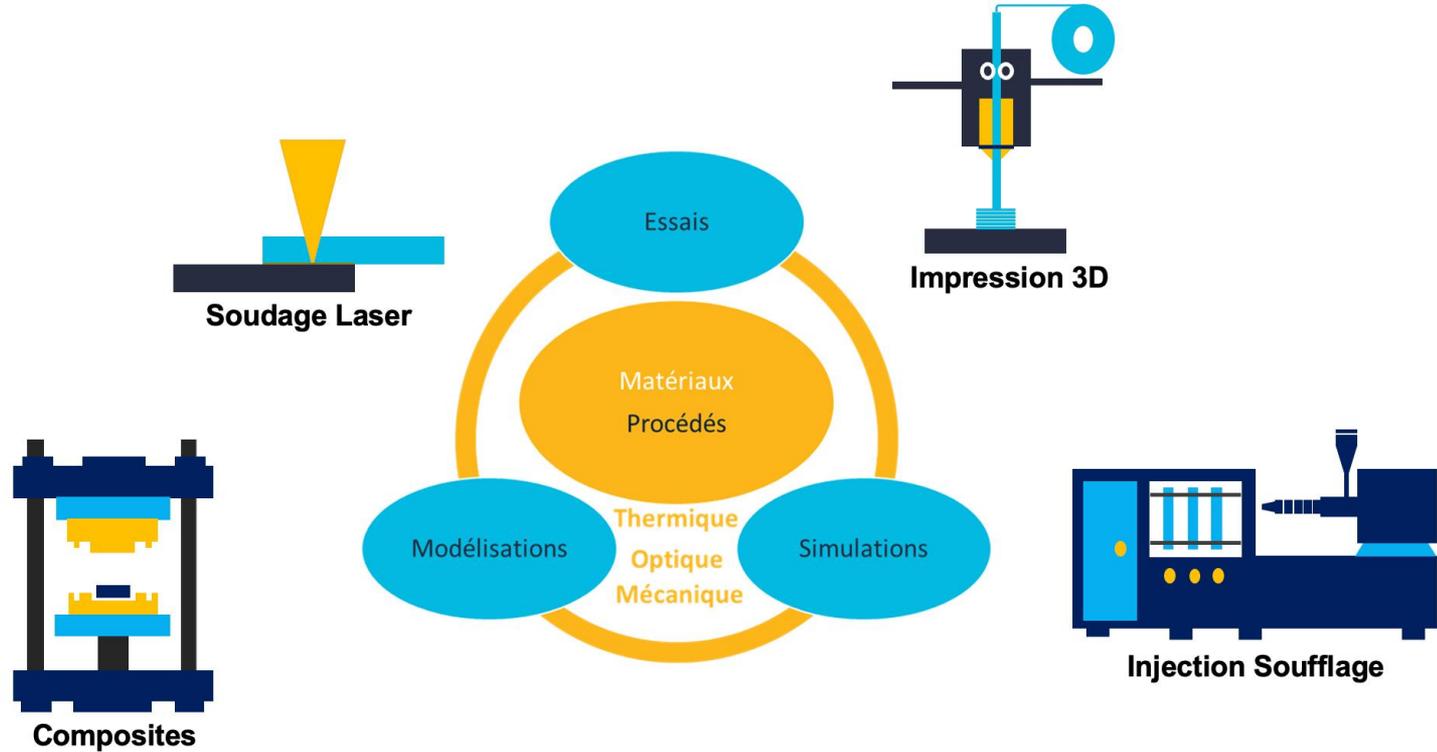
- 3.1 Mécanismes liés à la formation d'un cordon de soudure
- 3.2 Phénomène du contact intime
- 3.3 Modèle de reptation appliqué au soudage laser

## 4. ASSEMBLAGE STRUCTURES HYBRIDES

- 4.1 Technologie ANISOPRINT
- 4.2 Projet SHORYUKEN

# CHAPITRE 1

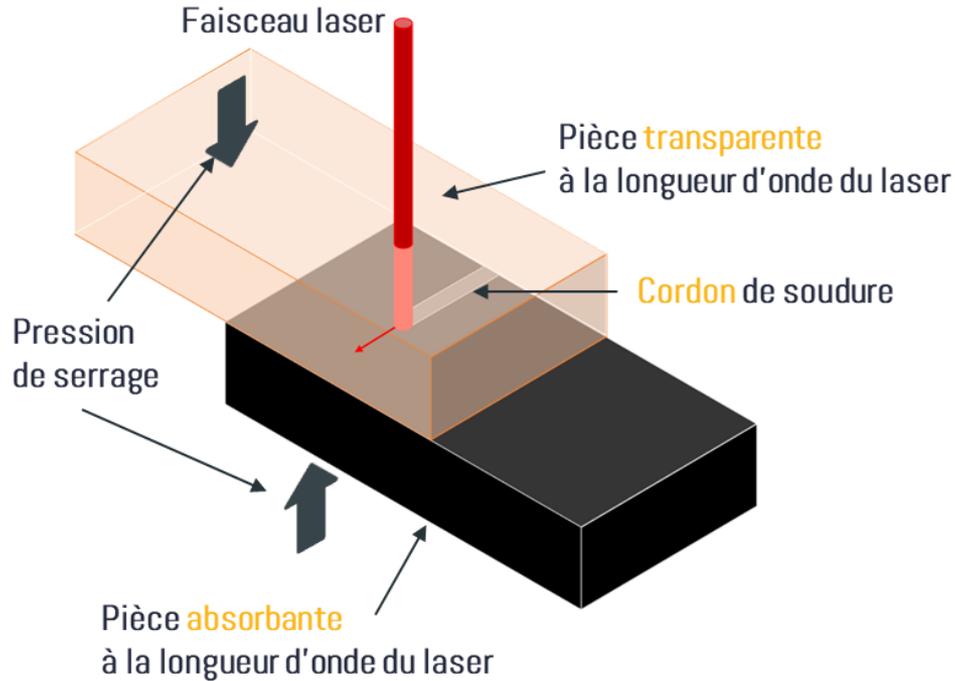
# ACTIVITES DE RECHERCHE



# CHAPITRE 2

# SOUUDAGE LASER

### 2.1 Principe du soudage par transmission des polymères

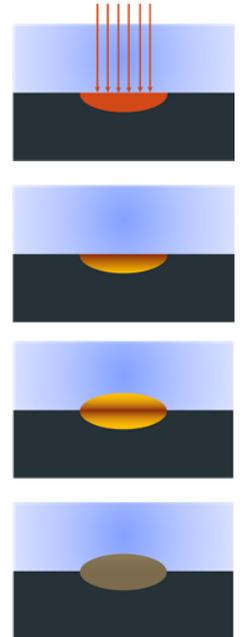


Transfert d'énergie à travers la partie transparente

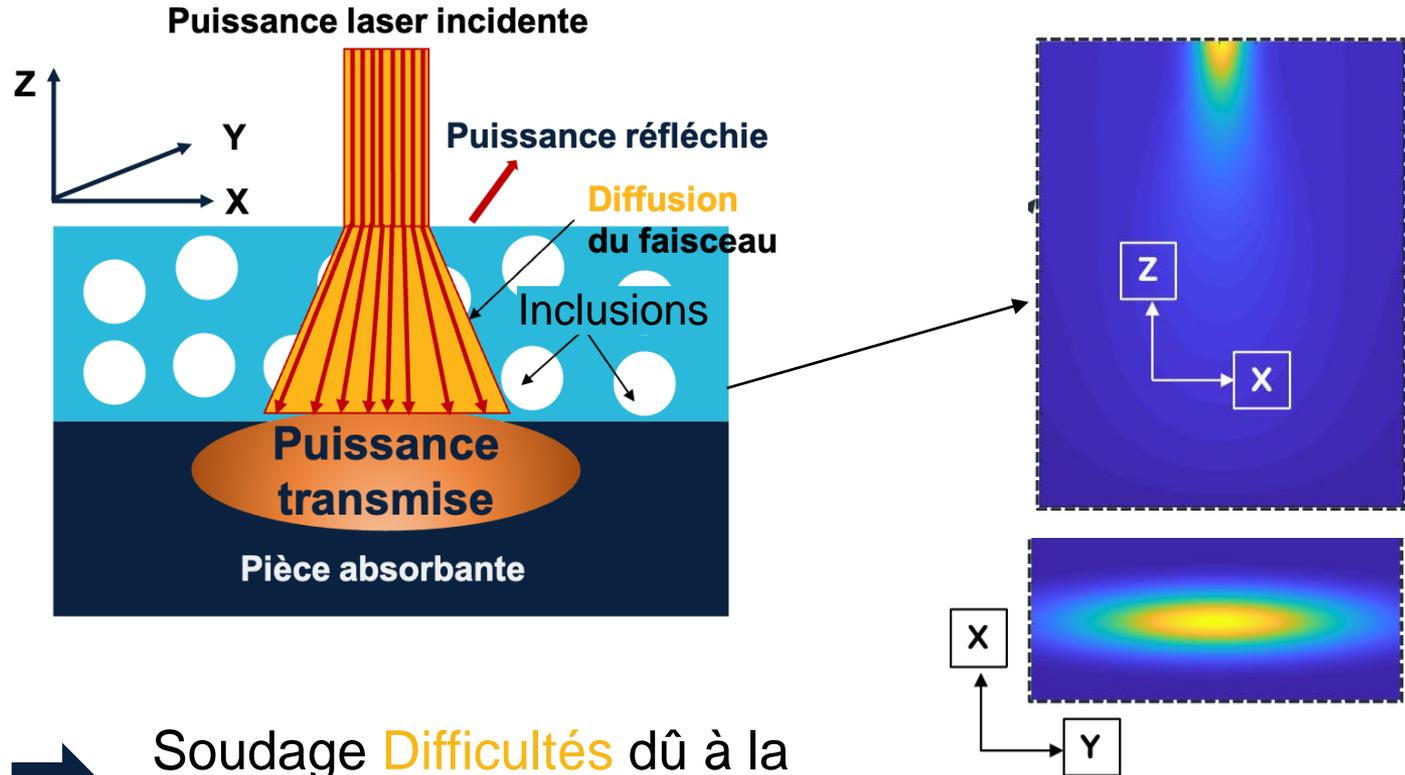
Énergie absorbée dans le partie absorbante

Le polymère fond à l'interface puis la chaleur se propage par conduction

Refroidissement et solidification du joint de soudure



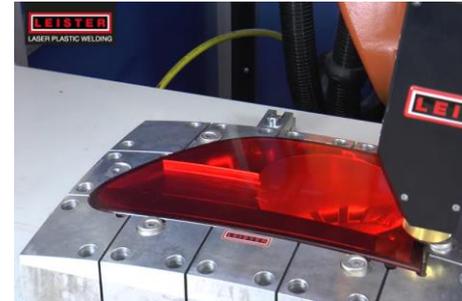
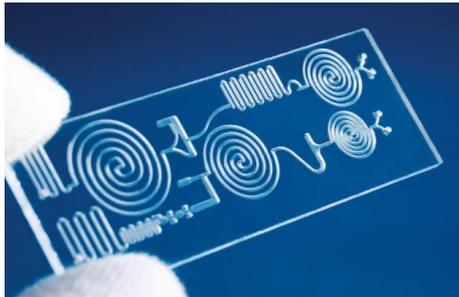
## 2.1 Principe du soudage par transmission de matériaux hétérogènes



Soudage **Difficultés** dû à la présence d'inclusions

### Secteurs principaux:

- Automobile
- Médical
- Biens de consommation



- Micro fluidique

- Panneaux de porte
- Dispositif fluide
- Éclairage automobile

## 2.3 Problématique du soudage de matériaux hétérogènes

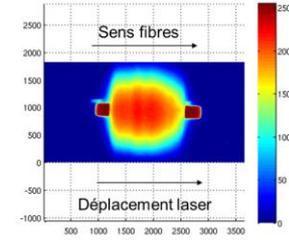
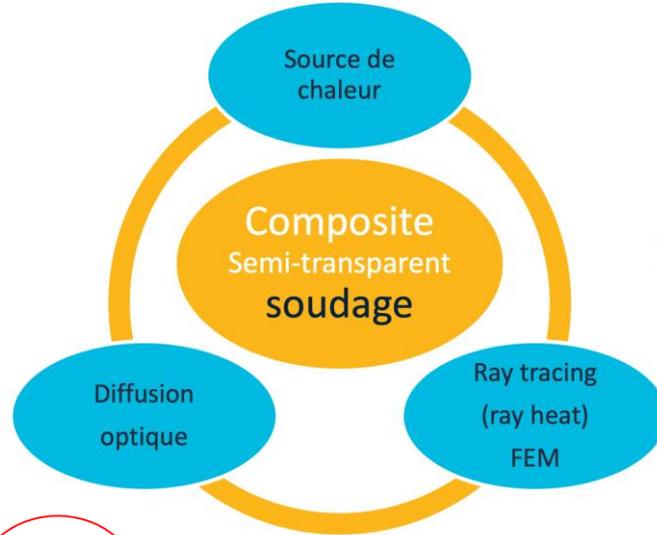
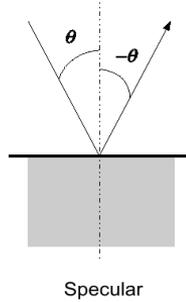
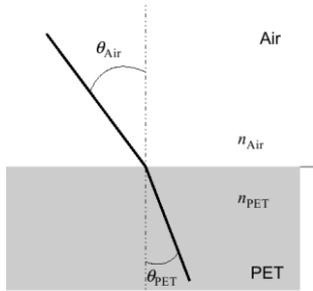
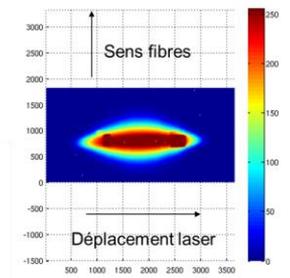


Image de l'énergie radiative reçue à l'interface de soudure

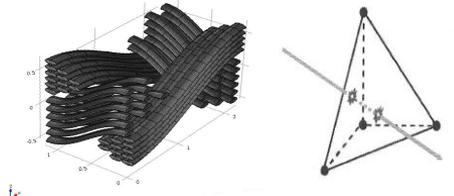


Matériaux semi-transparents et diffusant

$$\rho C_p \frac{dT}{dt} = \nabla \cdot (k \nabla T) - \nabla \cdot q_r$$

Réfraction aux interfaces fibre matrice

Méthodes numériques adaptées



Détermination de la zone affectée thermiquement

## 2.4 Génération de Microstructures polymères et composites

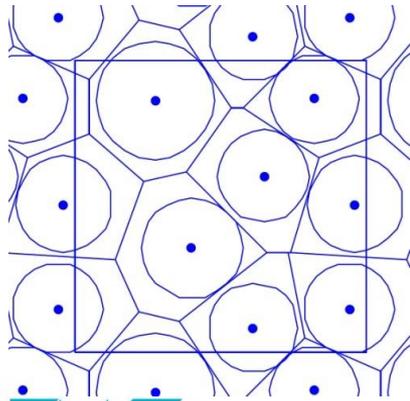
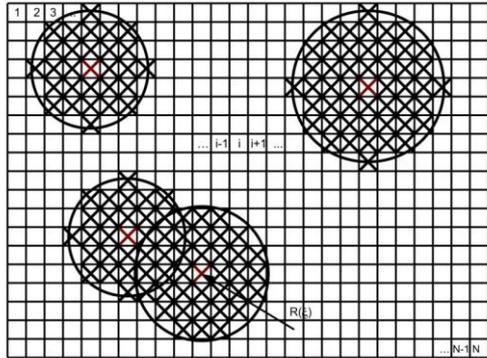
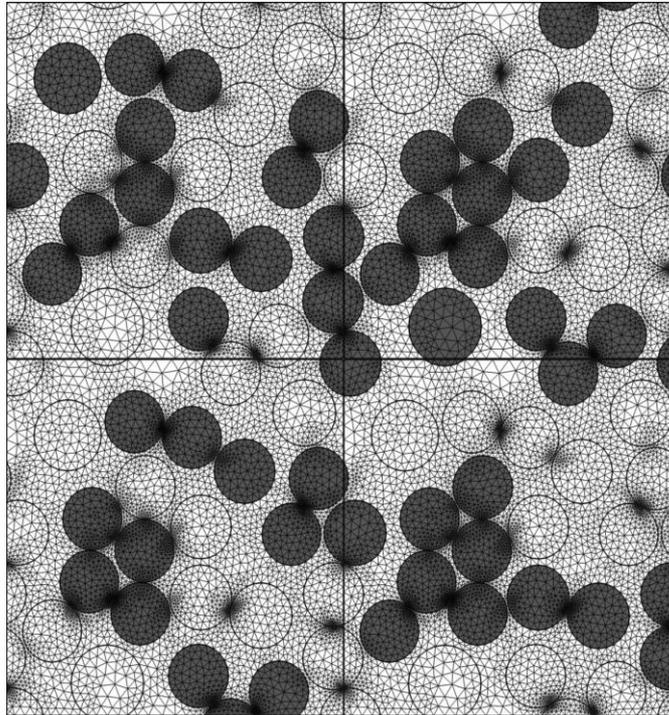
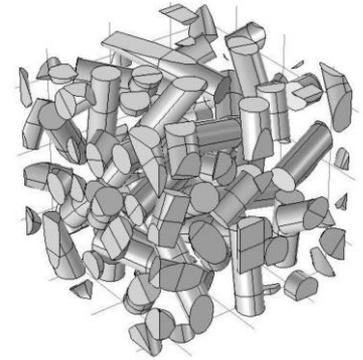


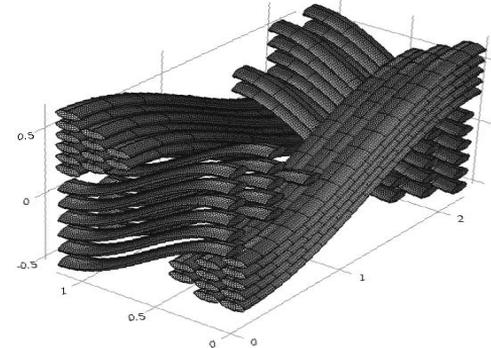
Diagramme de Voronoï  
périodique



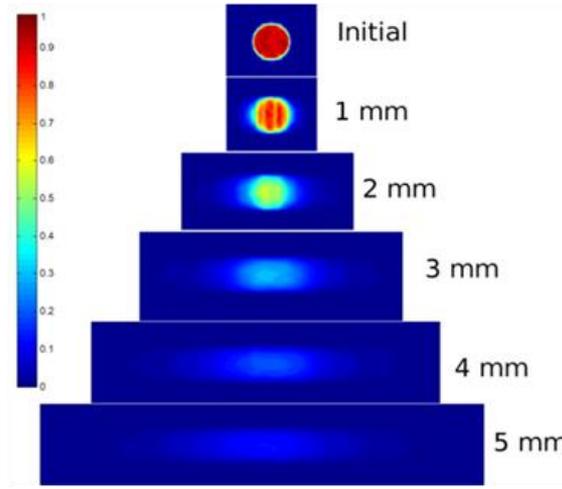
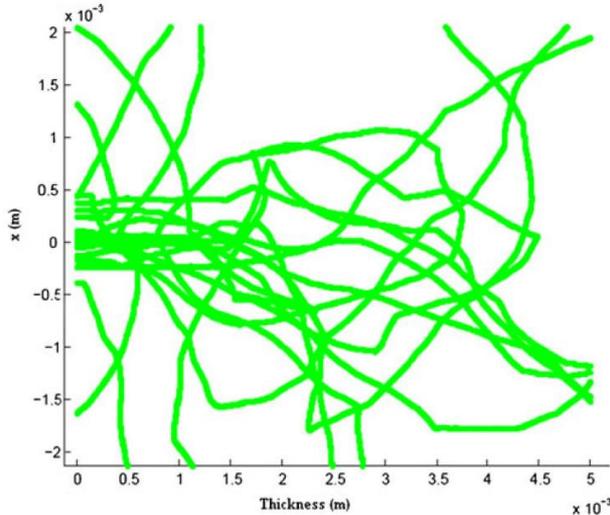
Unidirectionnel



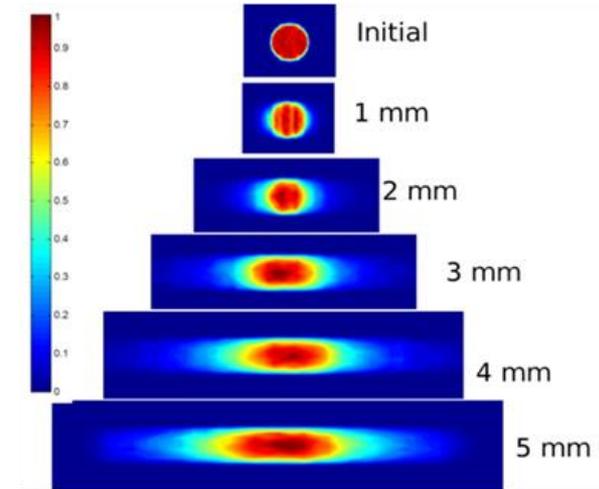
Fibres courtes



Tissu



A

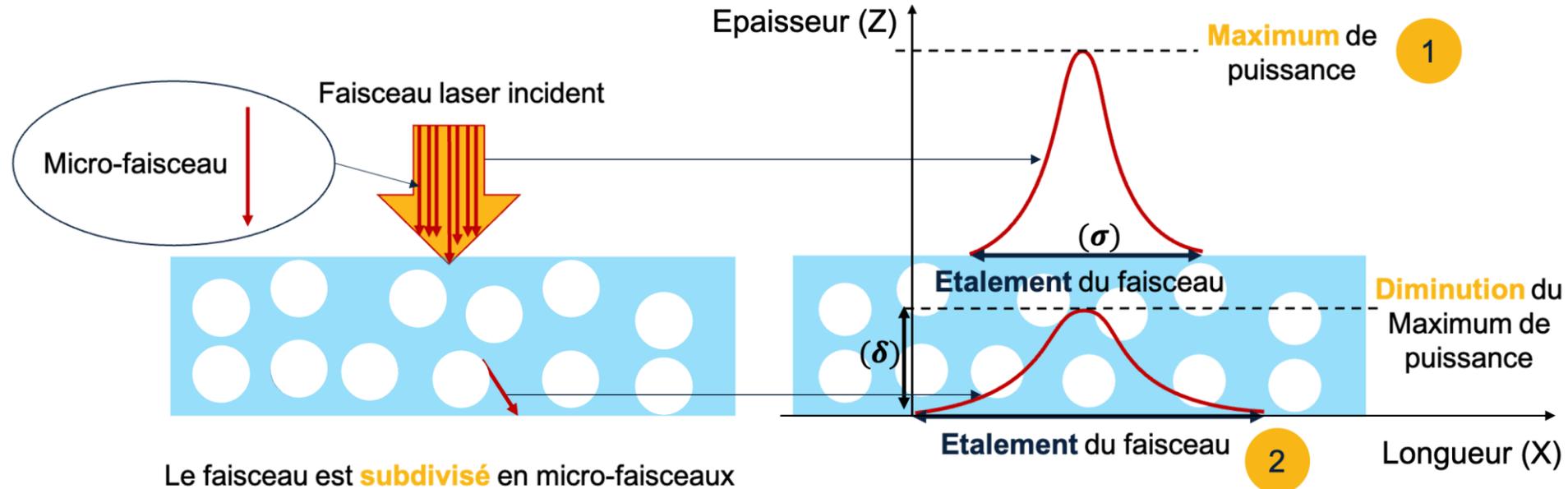


B

Calcul de la réfraction par lancer de rayons et Monté Carlo

Energie radiative transmise arrivant à l'interface de soudure  
 A) en fonction de la valeur initiale  
 B) en fonction du maximum local

## Modèle des « micro-faisceaux »



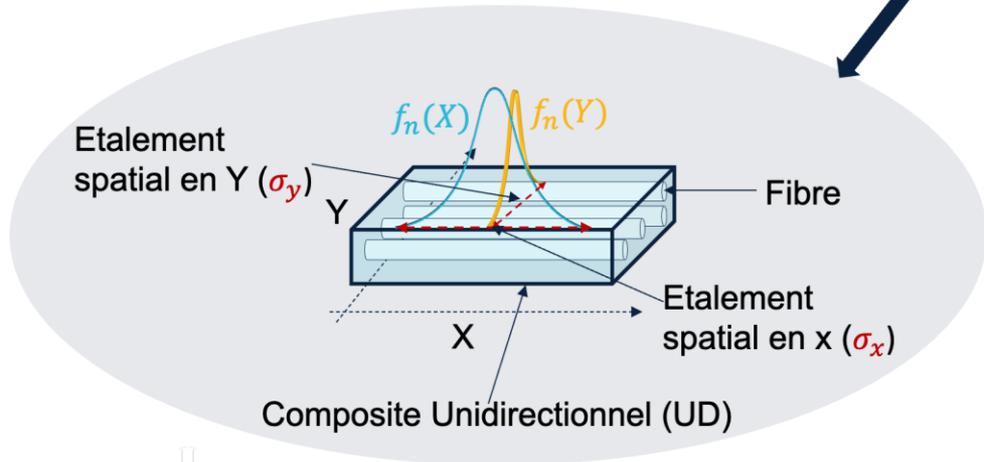
2.6 Modélisation analytique de la diffusion

**Intensité ou puissance radiative arrivant à l'interface**

$$I(X, Y, Z) = \delta(Z) \times P \times f_n(X, Y)$$

Puissance nominale du laser (W)

**Distribution** surfacique du faisceau laser



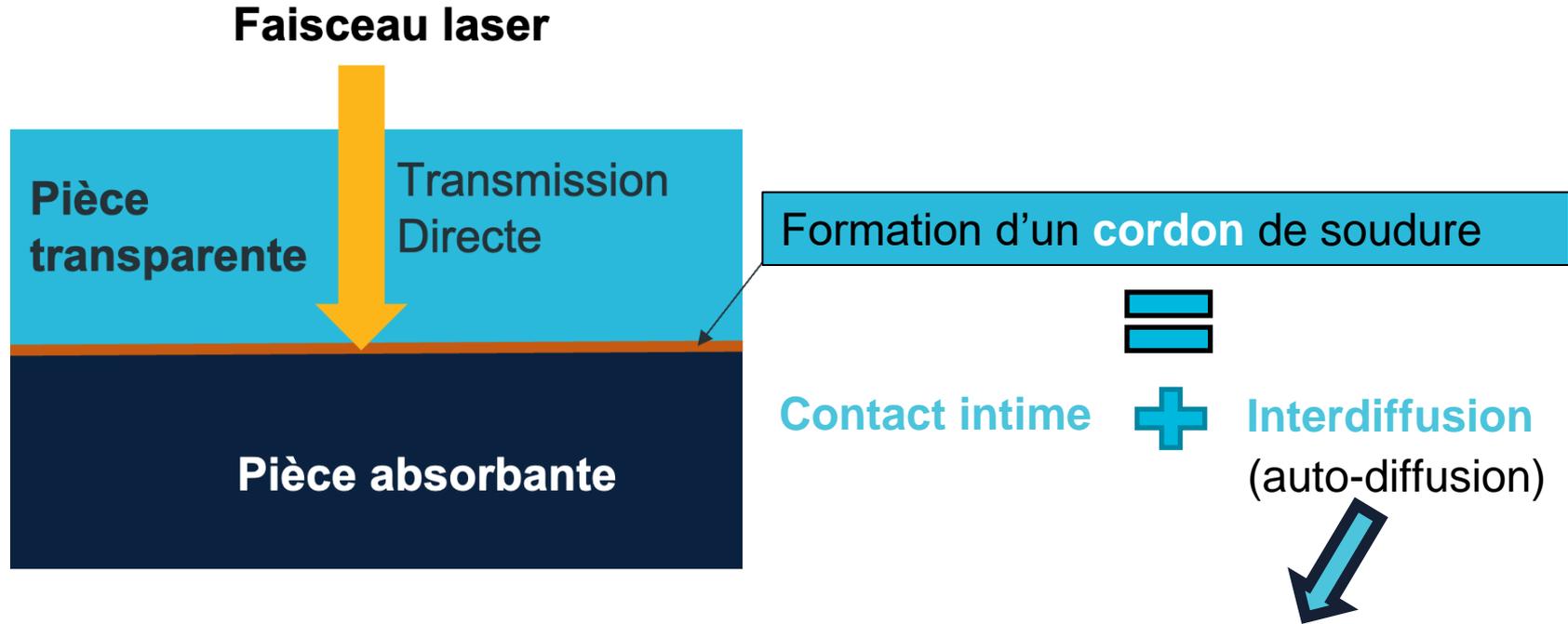
$$\int_S f_n(x, y) dx dy = 1$$

$$f_n(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_x}} \exp\left[-\frac{(X - X_0)^2}{2\sigma_x^2}\right]$$

$$f_n(Y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_y}} \exp\left[-\frac{(Y - Y_0)^2}{2\sigma_y^2}\right]$$

# CHAPITRE 3 INTERDIFFUSION

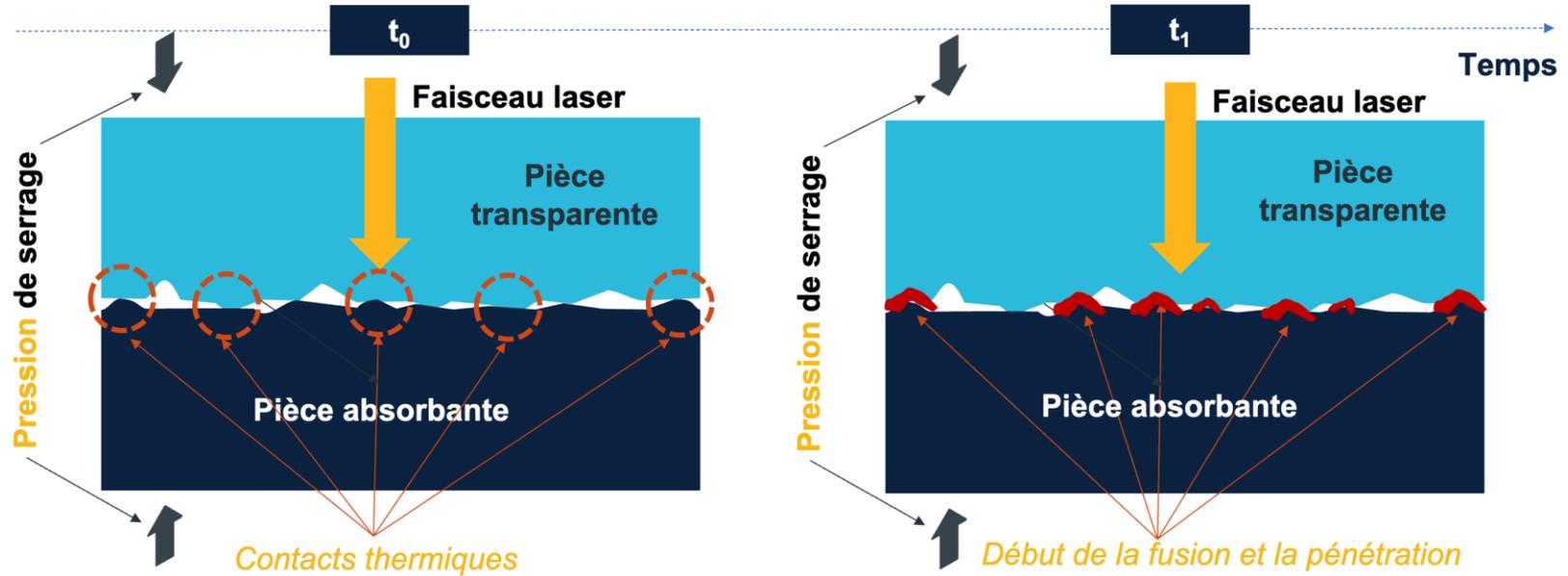
## 3.1 Mécanismes liés à la formation d'un cordon de soudure



Phénomène de **cicatrisation** se produire qu'une fois le contact intime **établi**.

- **Puissance**
- **Vitesse**
- **Diamètre** du faisceau
- **Pression** de serrage

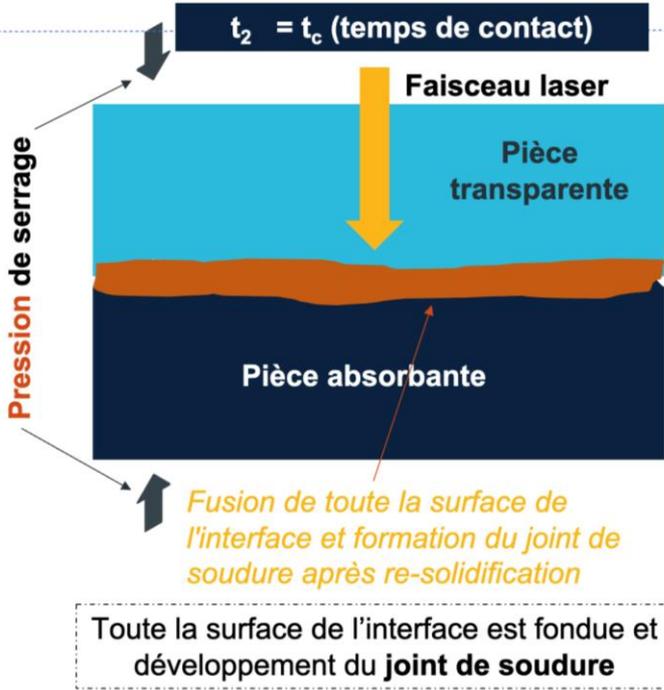
## 3.2 Phénomène du contact intime



La pièce absorbant le laser est **chauffée** et présente des **points de contact thermique** avec la pièce transparente

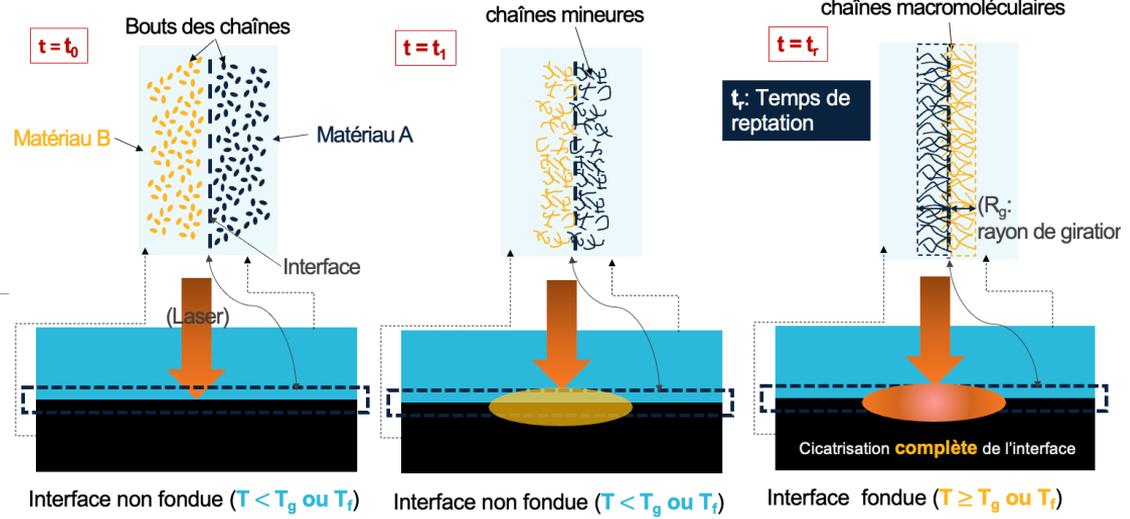
Grace aux points de contact thermique l'interface est **chauffée** partiellement et la **fusion** débute dans ces zones

## 3.3 Modèle de reptation appliqué au soudage laser



Le degré de contact intime ( $D_{ic}$ ) est défini comme la **fraction** de la **surface totale** qui a **atteint le contact complet**

$$0 \leq D_{ic} \leq 1$$



**Degré de liaison totale ( $D_L$ )**

$$D_L = D_{ic} \times D_{au}$$

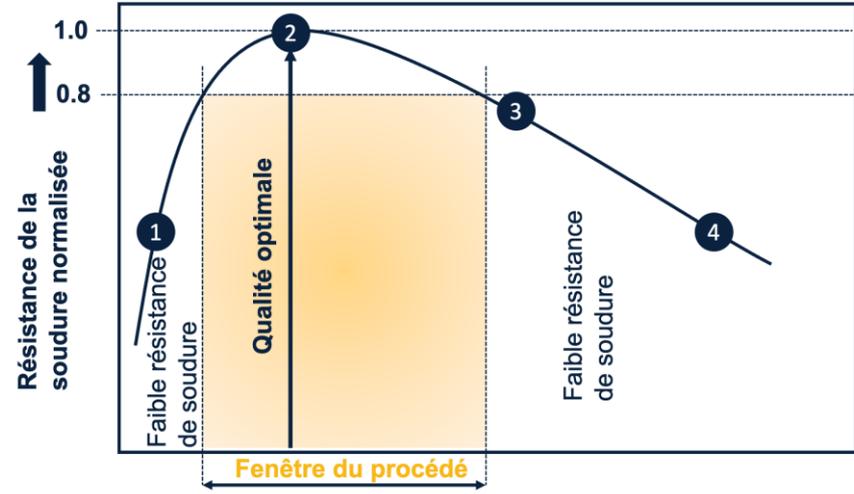
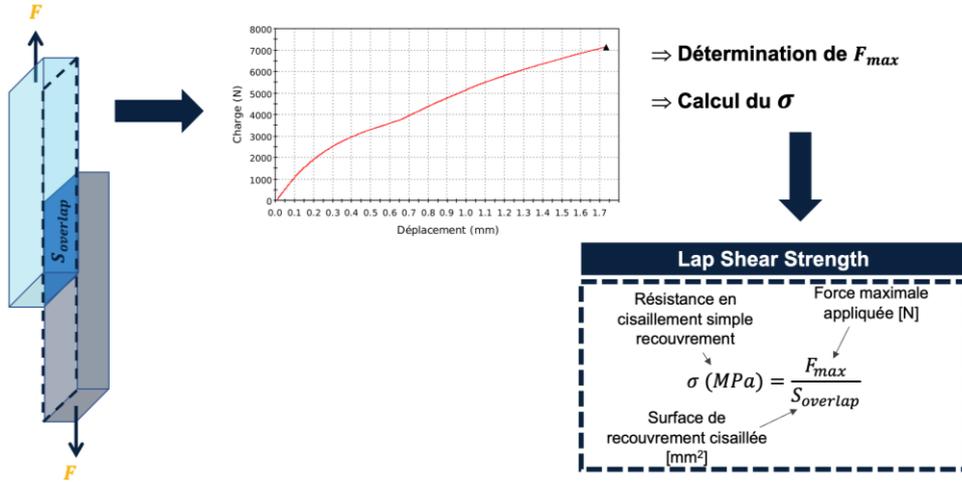
Degré du contact intime  
 $D_{ic}$



Degré de l'auto-adhésion  
 $D_h$  or  $D_{au}$



## 3.4 Corrélation entre interdiffusion et résistance mécanique du cordon de soudure



$$E_L = \frac{P(W)}{V \left(\frac{m}{s}\right)} \text{ Energie linéique (J.m}^{-1}\text{)}$$

### Degré de liaison d'un cordon de soudage

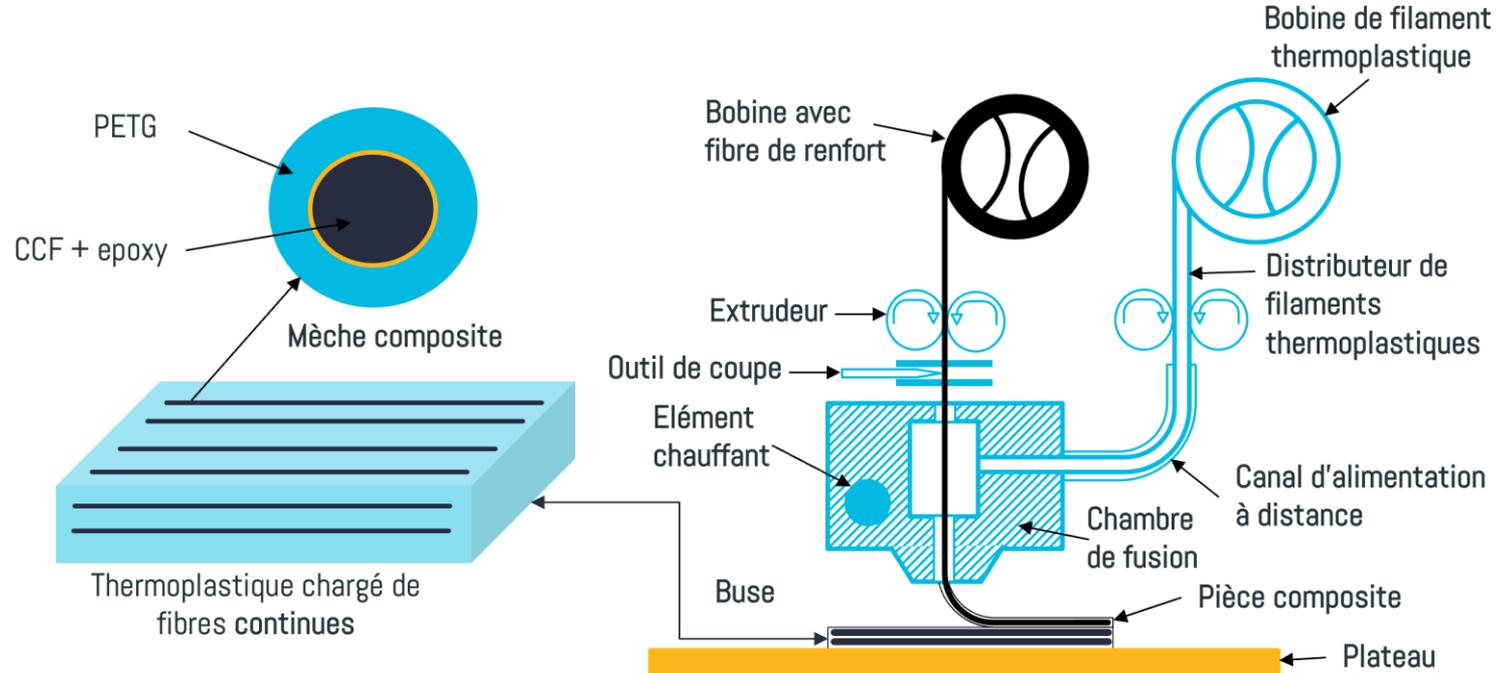
$$D_L = \frac{\sigma_w}{\sigma_{max}} = \left(\frac{t}{t_r}\right)^{1/4}$$

# CHAPITRE 4

# ASSEMBLAGE STRUCTURES

# HYBRIDES

## 4.1 Technologies ANISOPRINT

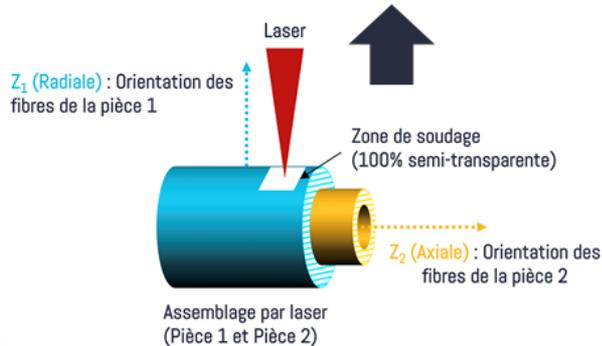


## 4.2 Projet SHORYUKEN



Une **hybridation** de technologies **innovantes**

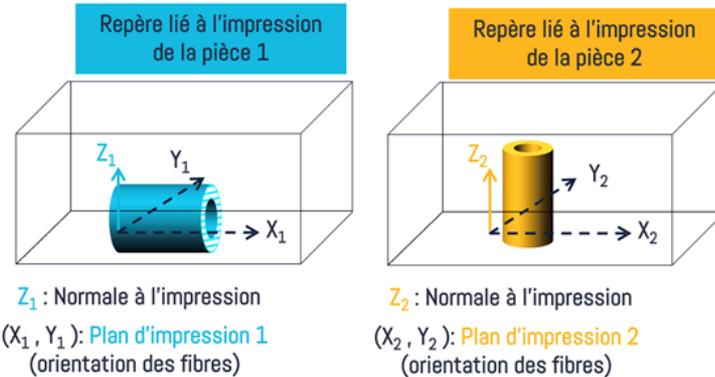
Pièce assemblée personnalisée supportant des charges mécaniques multidirectionnelles



1

Impression 3D composites fibres continues (Anisoprint)

Impression des pièces composites à renforts continus selon des directions d'impression différentes



2

Soudage laser

Assembler par soudage laser, de manière à obtenir des pièces à renforts fibreux continus orientées dans toutes les directions souhaitées

Procédé de fabrication hybride