

## Chapitre 5 : Composites

### 5.1. Définition

Un matériau composite est constitué de l'assemblage de deux matériaux ou plus de natures différentes. Se complétant et permettant d'aboutir à un matériau hétérogène dont l'ensemble des performances est supérieur à celui des composants pris séparément.

### 5.2. Composition

Les matériaux composites sont principalement constitués de : **matrice**, **renfort** et **additif**.

#### a. Matrice

La matrice a pour principal but de transmettre les efforts mécaniques au renfort. Elle assure aussi la protection du renfort vis-à-vis des diverses conditions environnementales. Elle permet en outre de donner la forme voulue au produit réalisé. Les principales matrices utilisées sont :

- **Organique** (thermodurcissables, thermoplastiques)
- **Céramique** (carbone, carbure de silicium)
- **Métallique** (aluminium, magnésium, zinc, nickel)

#### b. Renfort

Le renfort assure l'essentiel des propriétés mécaniques du composite. Il est constitué de fibres, généralement de verre, de carbone, d'aramide, de polyester, de carbure de silicium, ou de fibres naturelles (lin, chanvre). On distingue :

- **Les fibres courtes (0,1 - 1 mm)**: peuvent être soit séparées, soit agglomérées sous forme de mats.
- **Les fibres longues (1 - 50 mm) ou continues (> 50 mm)**: peuvent être agglomérées sous forme de mats ou tissées (tressées) pour obtenir des structures complexes telles que les toiles.

#### c. Additifs

Nécessaires pour assurer une adhérence suffisante entre le renfort et la matrice.

### 5.3. Types de composites

On distingue deux types de composites :

- \* **Les composites à grande diffusion** : peu coûteux, utilisés pour toutes sortes de pièces faiblement sollicitées.
- \* **Les composites à haute performance** : plus onéreux mais présentant des qualités mécaniques supérieures, notamment employés dans l'aéronautique, le nautisme, les sports et loisirs ou encore la construction industrielle.

### 5.4. Elaboration des composites

Les procédés de mise en œuvre de matériaux composites nécessitent trois étapes indispensables :

- a) **Une étape d'association** : l'imprégnation du renfort par la résine.
- b) Une étape rhéologique de **mise en forme** de la pièce.
- c) Une étape thermique de **solidification** du matériau; soit par :
  - Refroidissement pour les matrices thermoplastiques

- Polycondensation ou réticulation pour les matrices therm durcissables (à température croissante)

### **5.5. Procédés de moulage**

Il existe différents procédés mais le plus utilisé est le procédé de moulage. Le moulage peut s'effectuer dans un moule ouvert (technique par contact, projection, ou pultrusion) ou à moule fermé (injection de résine therm durcissable associée à des fibres longues suivi d'une compression). Les procédés de moulage les plus importants sont :

#### **5.5.1. Moulage par contact**

Procédé manuel pour la réalisation de pièces à partir de résines therm durcissables, à température ambiante et sans pression. Les renforts sont déposés sur le moule et imprégnés de résine liquide, accélérée et catalysée. Après durcissement de la résine, la pièce est démoulée et détournée (figure 1).

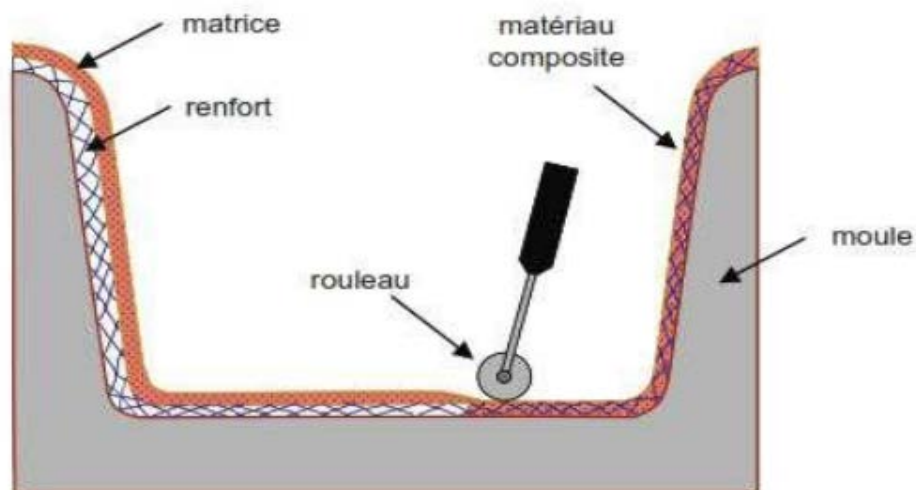


Figure 1: Moulage par contact.

#### **5.5.2. Moulage par projection simultanée**

Procédé manuel ou robotisé permettant la réalisation de pièces à partir de résines therm durcissables à température ambiante et sans pression. Les matières premières sont mises en œuvre à l'aide d'une machine dite "de projection" comprenant :

- Un dispositif de coupe-projection du renfort (fibre)
- Un ou deux pistolets projetant simultanément la résine.

Le moulage par projection permet d'obtenir de grandes séries de pièces, avec un bas prix de revient (figure 2).

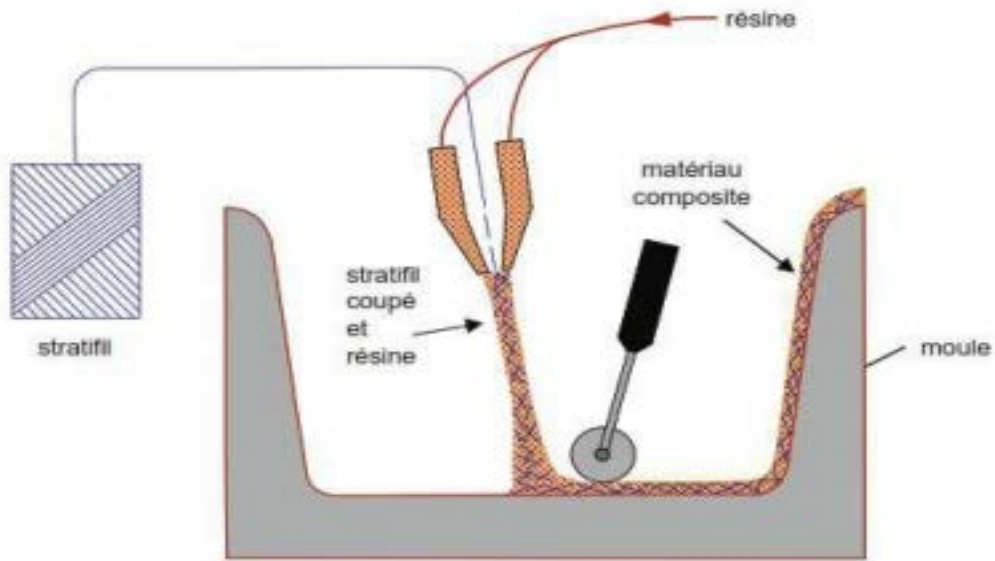


Figure 2: Moulage par projection simultanée.

**5.5.3. Moulage par injection thermodurcissable BMC:** (Bulk Moulding Compound).

Le moulage du composite est réalisé entre moule et contre moule chauffé à température entre 140 à 170°C sous une pression de 50 à 100 bars (figure 3).

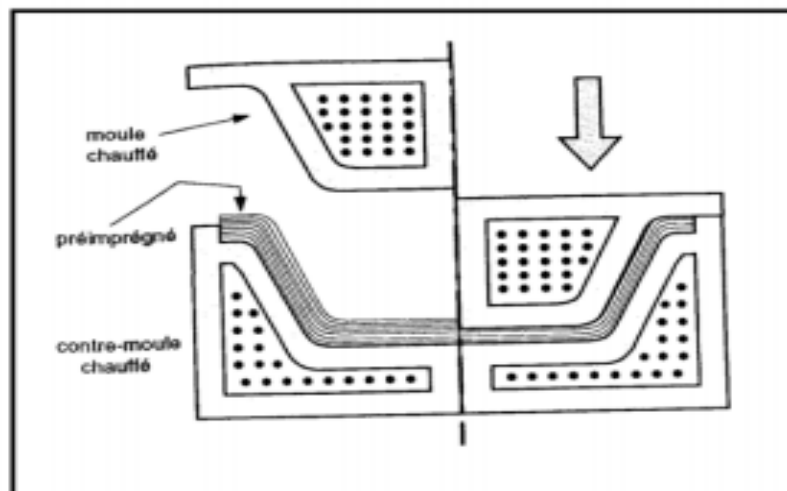


Figure 3: Moulage par injection thermodurcissable BMC.

**5.5.4. Moulage par compression thermodurcissable SMC:** (Sheet Moulding Compound)

Consiste à déposer des feuilles de préimprégnés dans un contre moule chauffé, de comprimer le matériau avec un moule chauffé, polymérisation puis éjection de la pièce (figure 4).

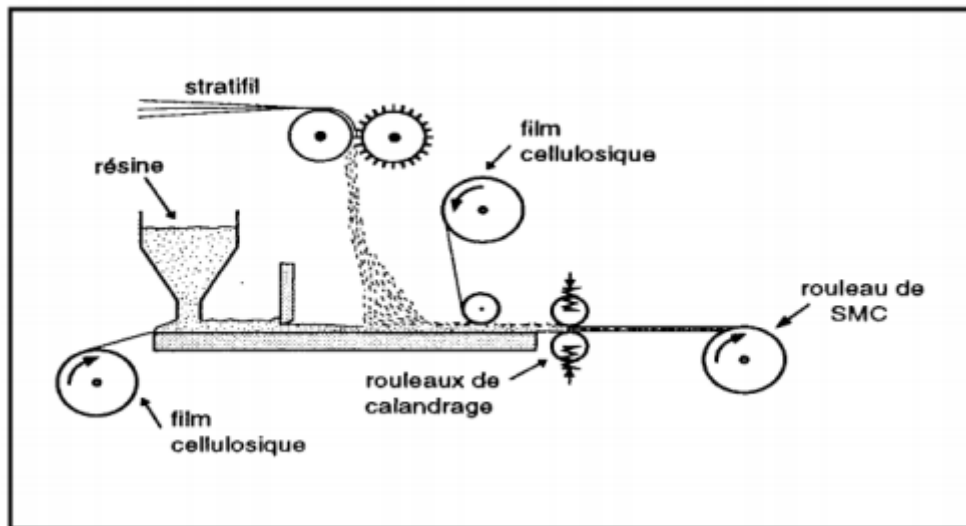


Figure 4: Moulage par compression thermodurcissable SMC.

#### **5.5.5. Enroulement filamentaire (ou bobinage) :**

Consiste en un enroulement sous tension sur un mandrin tournant autour de son axe de fibres continues préalablement imprégnées d'un liant (figure 5).

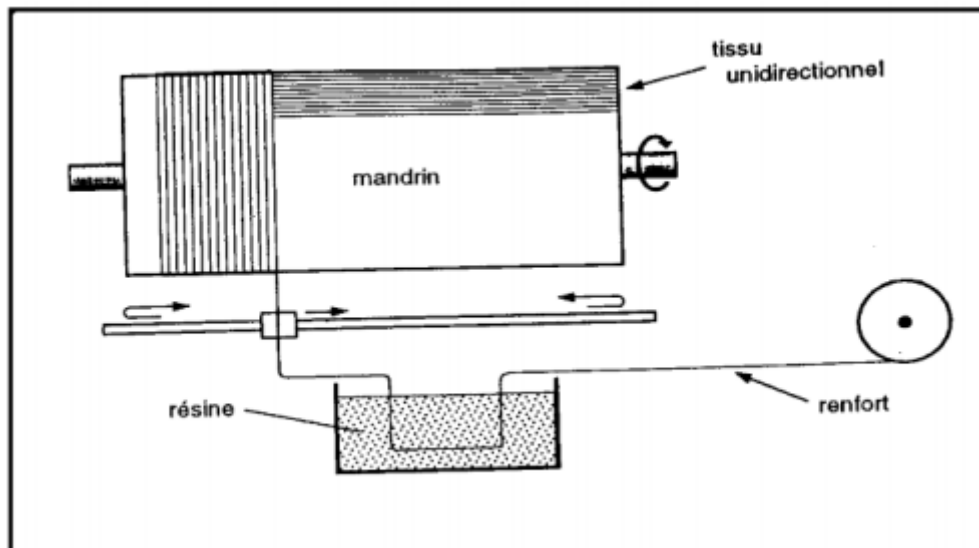


Figure 5 : Moulage par enroulement filamentaire.

#### **5.6. Structure des composites :**

Les structures des matériaux composites peuvent être classées en trois types :

**5.6.1. Monocouche:** Les monocouches représentent l'élément de base de la structure composite. Les différents types de monocouches sont caractérisés par la forme du renfort : à fibres continues, à fibres courtes, fibres tissées et mat (figure 6).

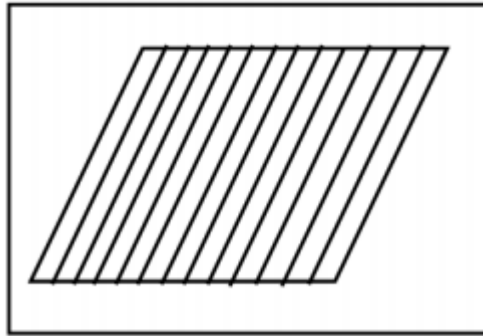


Figure 6: Structure monocouche.

**5.6.2. Stratifiées:** Les stratifiées sont constitués de couches successives (appelées parfois plis) de renforts (fils, stratifils, mat, tissus, etc.) imprégnés de résines (figure 7).

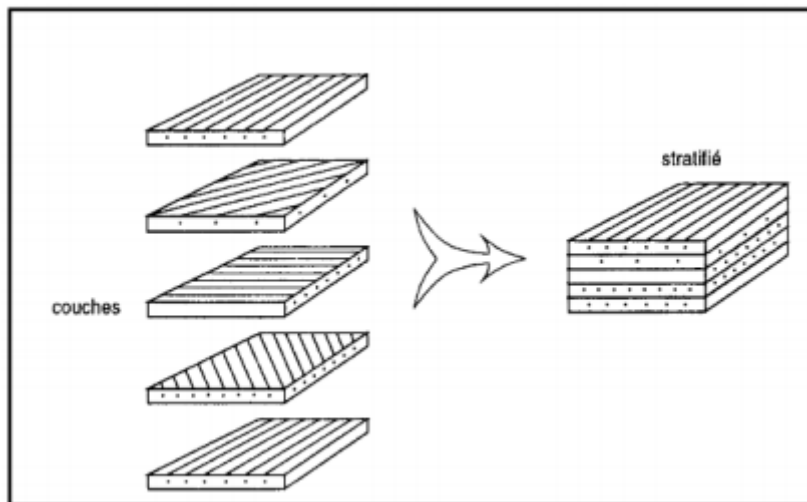


Figure 7: Structure stratifiée.

**5.6.3. Sandwichs:** Matériaux composés de deux semelles (ou peaux) de grande rigidité et de faible épaisseur enveloppant une **âme** (ou cœur) de forte épaisseur et faible résistance. L'ensemble forme une structure d'une grande légèreté. Le matériau sandwich possède une grande rigidité en flexion et c'est un excellent isolant thermique (figure 8).

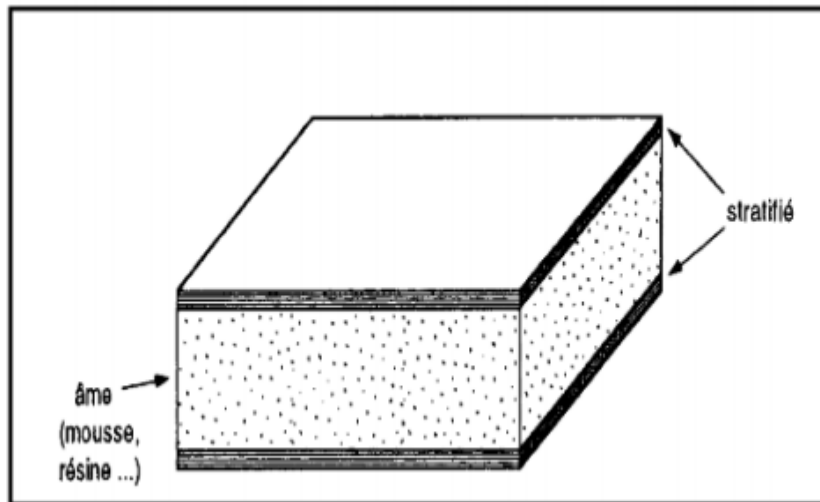


Figure 8: Structure sandwich.

### **5.7. Domaines d'application**

- \* Electricité et électronique.
- \* Bâtiment et travaux publics.
- \* Transports routiers, ferroviaires, maritimes, aériens et spatiaux (notamment militaire).
- \* Santé (instrumentation médicale).
- \* Sports et loisirs (skis, raquette de tennis, planche à voile, surf, club de golf, aviron).