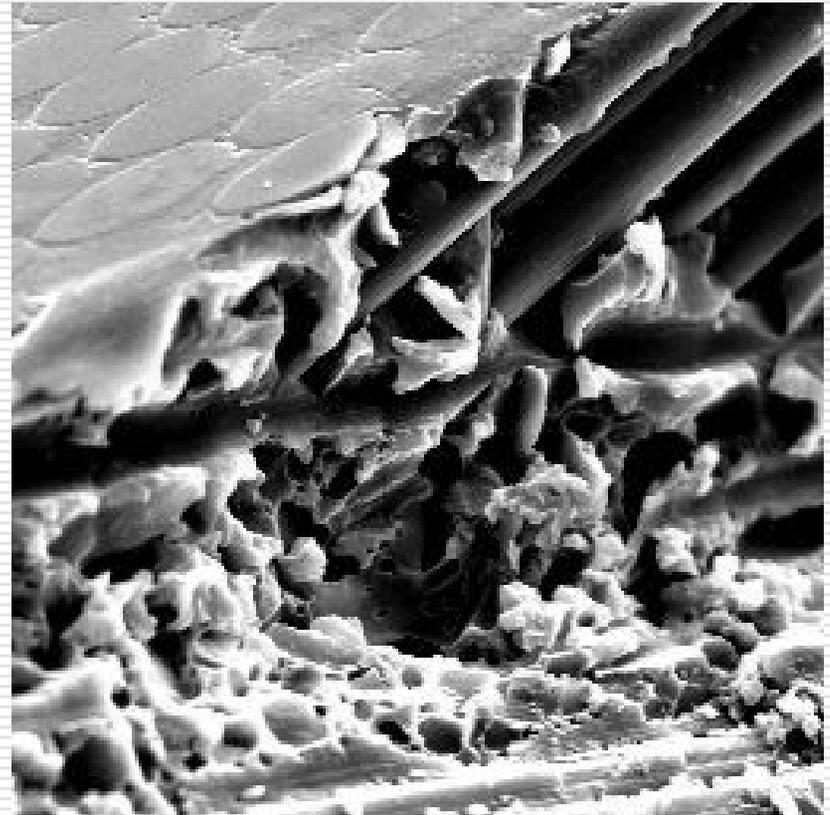


Les matériaux composites dans l'industrie des sports et loisirs



Rui Pedro Carreira, DECATHLON

Introduction

- Les composites se sont progressivement imposés dans le domaine des sports et loisirs en se substituant aux matériaux plus traditionnels comme le bois (nautisme, tennis, ski...) ou les métaux (cyclisme).

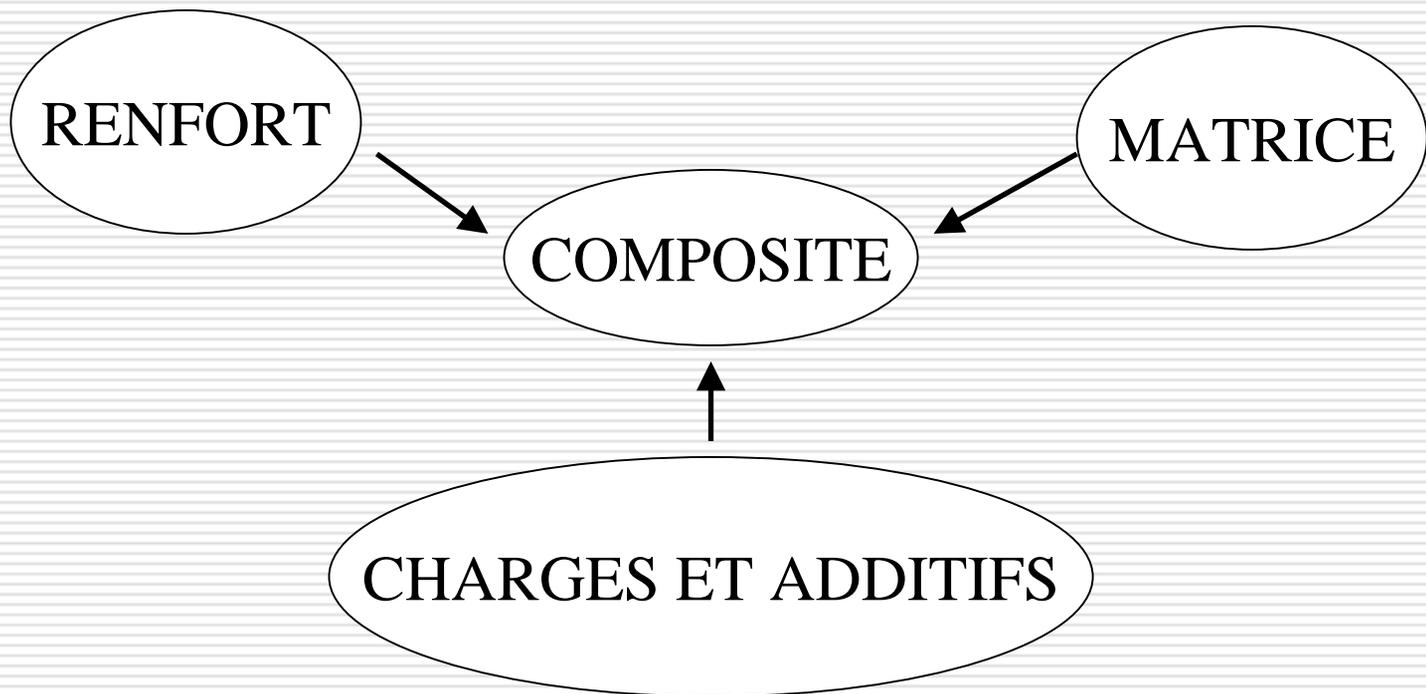
- Leurs points forts :
 - Légèreté
 - Bon comportement à l'humidité et à la corrosion
 - Tenue à la fatigue
 - Rigidité adaptable selon le type de renforts
 - Intégration de fonctions

Sommaire

- A. Composition générale des matériaux composites : définitions
- B. Quelques procédés de fabrication de structures composites
- C. Enjeux et défis des matériaux composites

A. Composition générale des matériaux composites : définitions

-
- Association de deux ou plusieurs matériaux



QUELQUES DEFINITIONS

- ❑ **Renfort**: Phase discontinue et souvent filamenteuse à très hautes caractéristiques mécaniques, qui assure le principal des contraintes mécaniques, du composite (résistance et rigidité, tenue aux chocs).
- ❑ **Matrice**: Phase continue qui assure la cohésion, transfère et répartit les contraintes, protège des agressions extérieures les renforts et commande la mise en œuvre.
- ❑ **Charges et additifs** : adhérence fibre/matrice, pigments de coloration, agents anti-UV



Fibres de verre

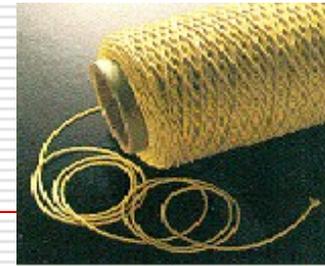
- ❑ Utilisé dans plus de 95% des composites
- ❑ Prix bas (environ 3 €/kg)
- ❑ Grande déformation à rupture
- ❑ Rigidité insuffisante dans certaines pièces de structure



Fibres de carbone

- ❑ Très bonnes caractéristiques mécaniques
- ❑ Prix élevé (20 €/kg)
- ❑ Allongement à rupture insuffisant

Aramides



- ❑ Kevlar (DuPont de Nemours)
- ❑ Tenue à l'impact (applications balistiques)
- ❑ Absorption des vibrations, amortissement
- ❑ Prix élevé

Fibres naturelles



- ❑ Lin, chanvre, sisal...
- ❑ Alternative intéressante aux fibres de verre car elles peuvent être brûlées
- ❑ Ces fibres se travaillent très facilement avec les technologies du textile (tissage)
- ❑ La reproductibilité de leurs caractéristiques physiques n'est pas parfaitement maîtrisée

Architecture des renforts

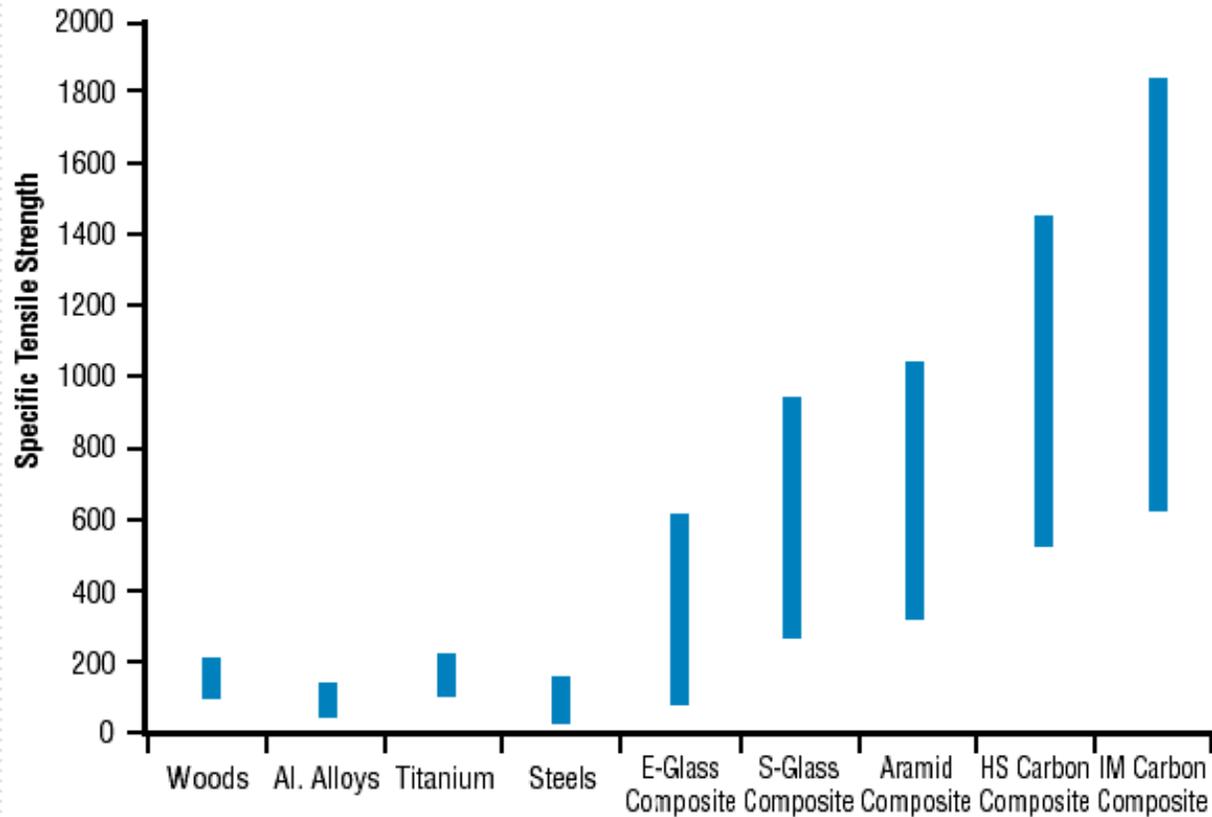
- UD : roving ou nappes
- Mutidirectionnelle aléatoire : mat
- Tissus standards :
 - Taffetas
 - Sergé
 - Satin



Matrices

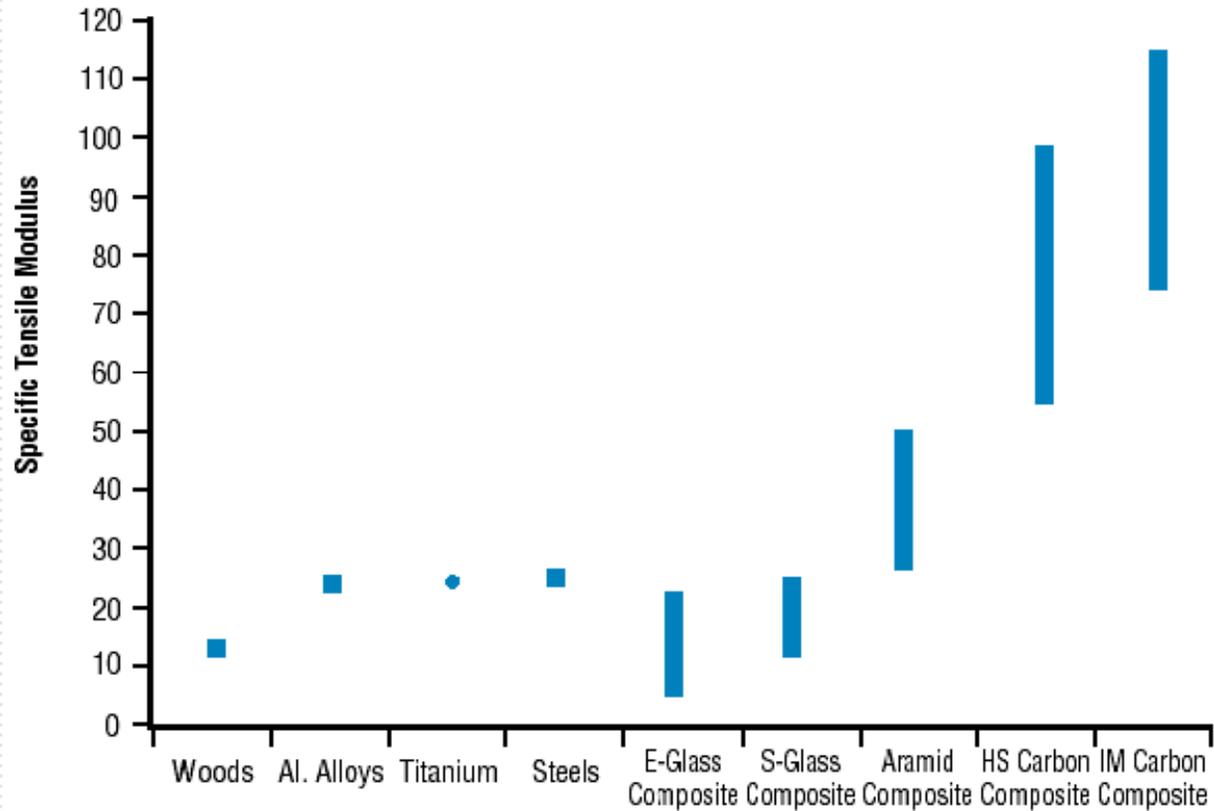
- Résines thermodurcissables
 - Durcissement définitif lors du cycle de polymérisation : transformation irréversible
 - Résines époxy notamment
- Résines thermoplastiques
 - Polymères mis en forme par chauffage et durcissement au cours du refroidissement : transformation réversible
- Autres matrices
 - Métalliques
 - Céramiques

Résistance spécifique : comparaison avec les matériaux traditionnels



Specific Tensile Strength of Common Structural Materials *

Rigidité spécifique : comparaison avec les matériaux traditionnels

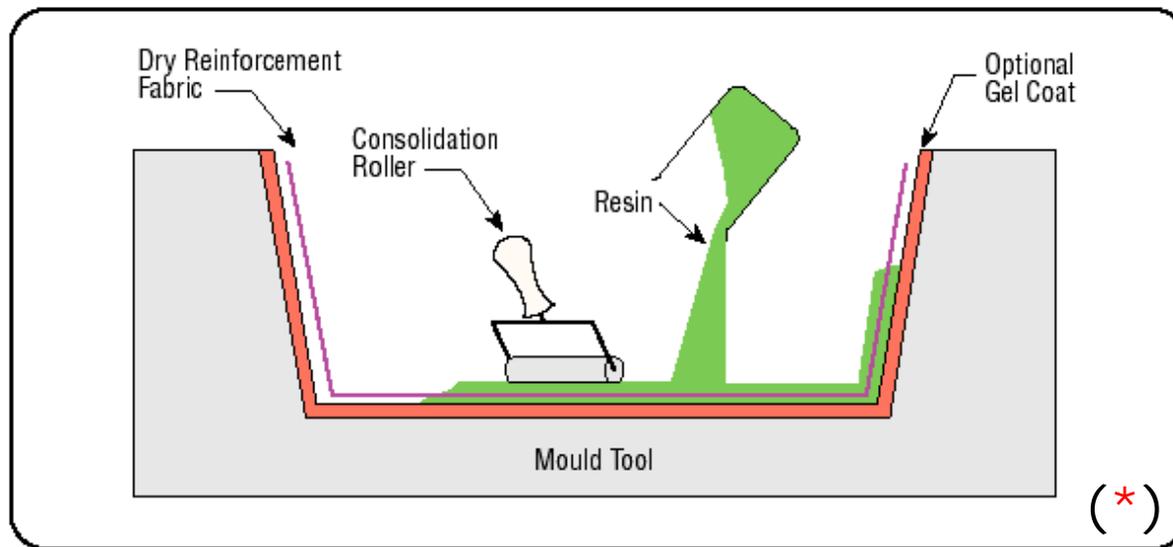


Specific Tensile Modulus of Common Structural Materials *

B. Quelques procédés de fabrication de structures composites

-
1. Moulage au contact
 2. Moulage par projection
 3. Moulage sous vide ou «au sac»
 4. Enroulement filamentaire
 5. RTM (Resin Transfer Moulding)
 6. L'infusion
 7. Compression à chaud
 8. Enroulement par drappage

1. Moulage au contact



Le procédé consiste à déposer sur la forme:

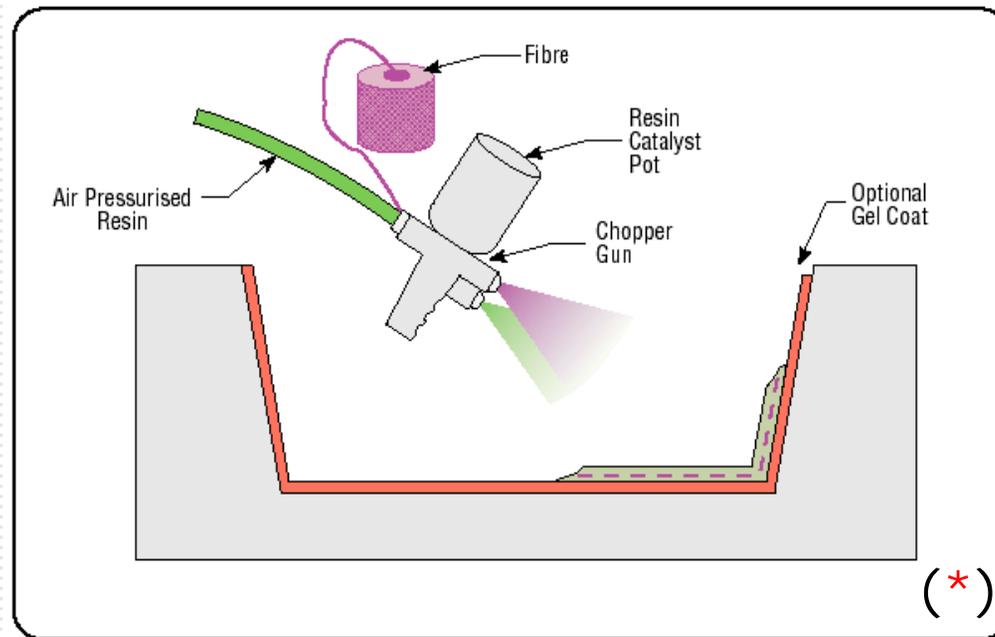
- ❑ une couche de surface (gel coat)
- ❑ des couches successives de renforts imprégnés au rouleau d'une résine polymérisant à l'ambiante

Exemple d'application: élaboration d'une coque de bateau



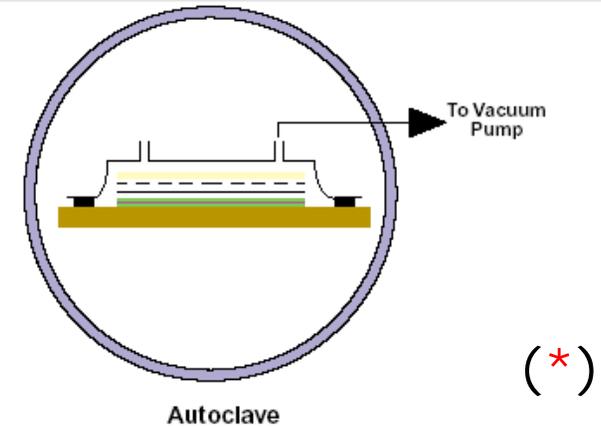
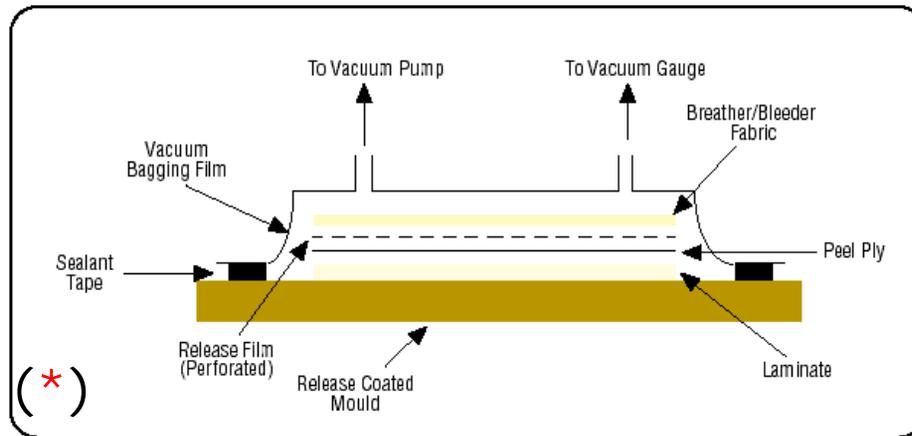
<http://www.catamaran-outremer.com/>

2. Moulage par projection



La résine catalysée et les fibres de renfort coupées sont projetées simultanément au moyen d'un pistolet sur une forme

3. Moulage sous vide ou «au sac»



- Principe :
 - Dépose des tissus ou nappes préimprégnés (phase de drappage)
 - Couverture de l'ensemble par une membrane souple et étanche
- 1 bar (vide), 7 bars ou plus en autoclave

Élaboration « maison » d'une paire de skis (ENPC, juin 2003)



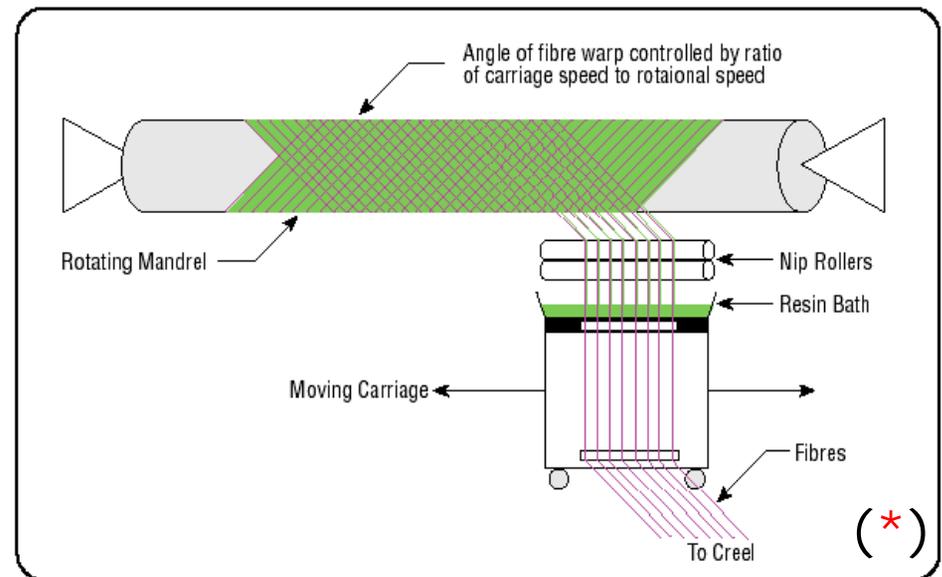
Mise en place des différents tissus d'environnement utiles lors de la cuisson

Mise sous vide de l'ensemble puis cuisson selon un cycle de température contrôlé



4. Enroulement filamentaire

- Adapté aux pièces de révolution
- Consiste à enrouler un renfort continu imprégné de résine sur un mandrin tournant
- taux fibres jusqu'à 85% en volume
- Applications :
 - Mâts
 - cannes à pêches
 - shafts de golf
 - ...



Élaboration shaft de golf (1)



Matière première sous forme de bobines de fibres de verre ou de carbone



Bain d'imprégnation : réglage du taux de résine, fibres sous forme de mèches

Élaboration shaft de golf (2)



La machine est composée de 3 parties principales : une poupée qui permet de maintenir fermement le mandrin, une autre qui entraîne le mandrin en rotation, un chariot libre de se translater qui permet la dépose des fibres le long du mandrin

Élaboration shaft de golf (3)

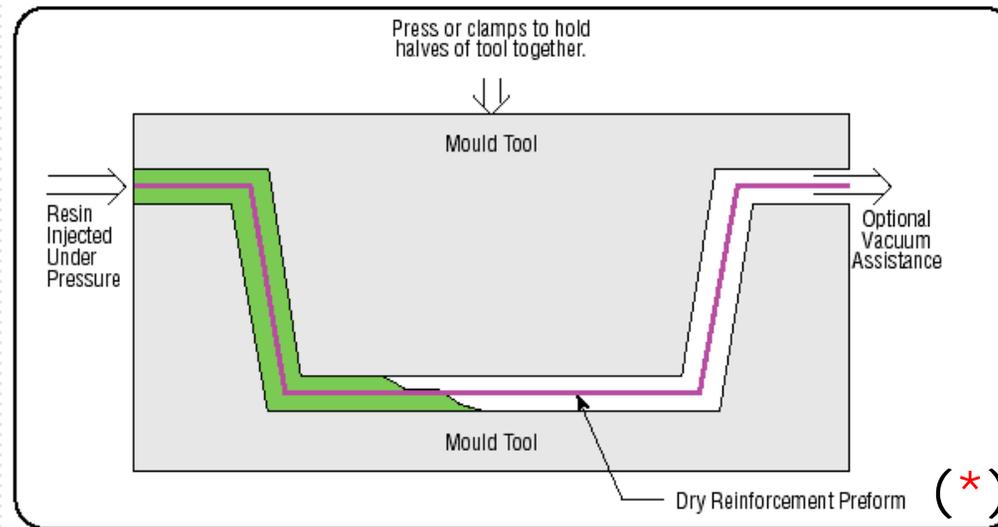


Le chariot permet à la fibre de balayer toute la longueur du shaft, synchronisé par rapport à la rotation du mandrin pour mieux contrôler le recouvrement des mèches

Pilotage de l'enroulement filamentaire

Un automate programmable permet de régler les vitesses de rotation des mandrins, les vitesses de translation du chariot, le mouvement alternatif du chariot dans le cas où l'enroulement doit être renforcé dans une zone particulière du shaft

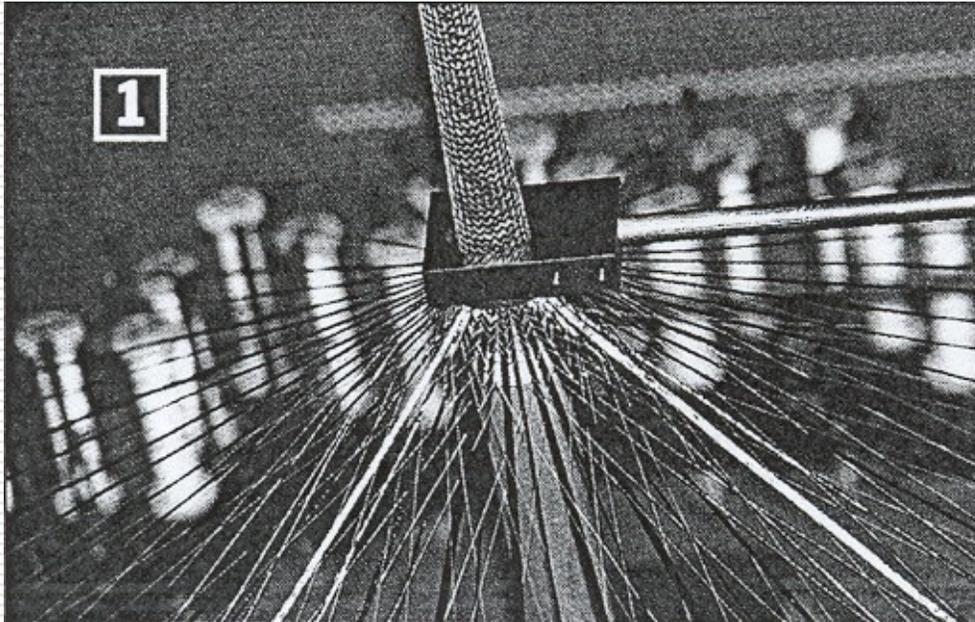
5. RTM (Resin Transfer Moulding)



- ❑ Taux de fibres élevés
- ❑ Environnement « santé » (procédé en moule fermé, pas de dégagement de vapeurs nocives)
- ❑ Moules mâle et femelle : deux faces « propres »
- ❑ Devrait se développer grâce à l'amélioration des méthodes de simulation d'injection de résine

Élaboration d'une fourche en RTM, Time (1)

1. Le tissage est identique à celui d'un tissu traditionnel



2. Les chaussettes sont enfilées manuellement sur des formes en métal ou en mousse structurale

