

# Chapitre 03: Matrices Thermodurcissables

# Sommaire :



## **Introduction**

- Résine polyesters
- Résine époxy
- Coeff mécaniques
- Annexes

# Introduction

- Le document DOC C page 10 donne une bonne idée sur le sujet.
- Ce document reprend quelques idées intéressantes.

## Rôle de la matrice

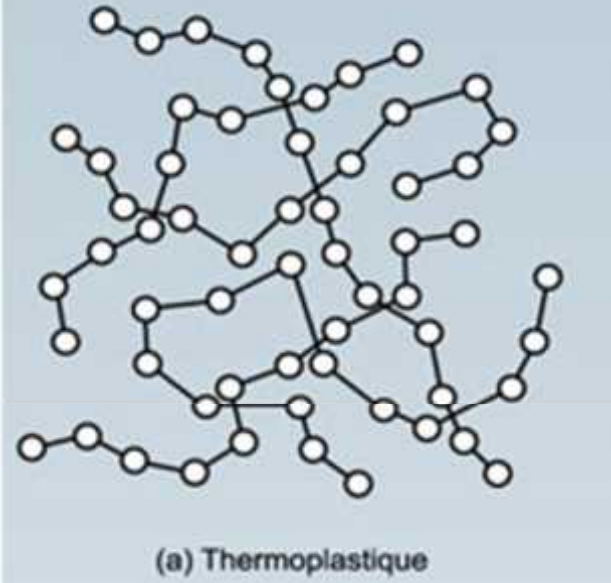
La matrice a pour rôle de :

- **lier les** fibres renforts,
- **répartir les contraintes** encaissées,
- **apporter la** tenue chimique de la structure
- **et donner la forme** désirée au produit.



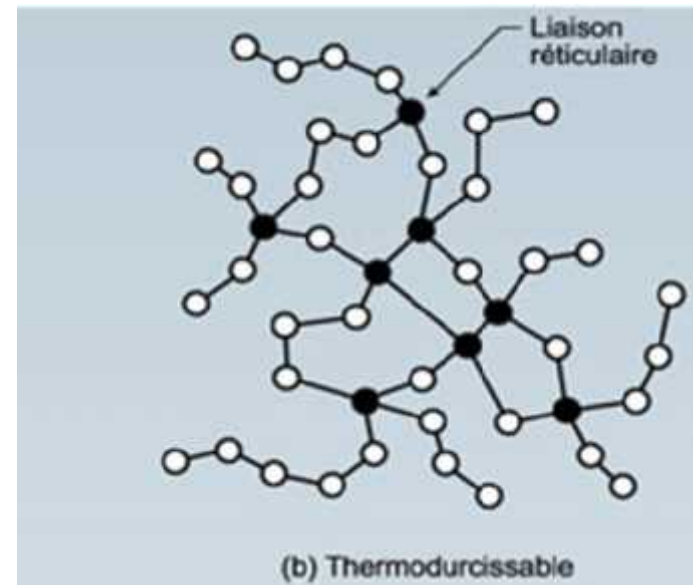
On utilise actuellement surtout des résines thermodurcissables (TD) que l'on associe à des fibres longues. mais l'emploi de polymères thermoplastiques (TP) renforcés de fibres courtes se développe fortement.

# TP vs TD



- La structure des *TP* se présente sous forme de chaînes linéaires, il faut **les chauffer pour les mettre en forme** (les chaînes se plient alors), et **les refroidir pour les fixer** (les chaînes se bloquent). **Cette opération est réversible.**

- La structure des *TD* a la forme d'un réseau tridimensionnel qui se ponte (double liaison de polymérisation) **pour durcir** en forme de façon définitive, **lors d'un échauffement**. La transformation **est donc irréversible.**



# Sommaire :

- Introduction

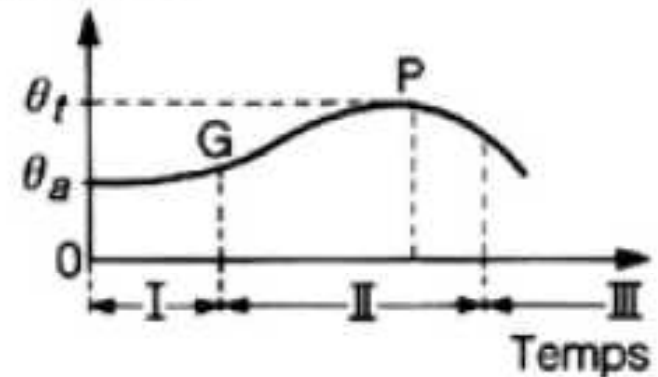
-  **Résine polyesters**

- Résine époxy
- Coeff mécaniques
- Annexes

# Polyesters insaturés

- C'est la résine la plus utilisée dans l'application composite de grande distribution.
- Une résine de polyester insaturé contenant un monomère insaturé (généralement le styrène) est réticulée à température ambiante par addition d'un catalyseur de type peroxyde organique et d'un accélérateur.
- Elle passe successivement de l'état liquide
- visqueux initial à l'état de gel, puis à l'état de solide infusible.
- La réaction est exothermique:

Température



- I mise en œuvre et débullage
- II moulage
- III démoulage et post-cuisson

- $\theta_a$  température ambiante
- $\theta_t$  température du pic exothermique
- G point de gel
- P pic exothermique

# Polyesters insaturés

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"><li>• Bonne accroche sur fibres de verre</li><li>• Translucidité</li><li>• Bonne résistance chimique</li><li>• Mise en oeuvre facile</li><li>• Tenue en température (&gt; 150 °C)</li><li>• Prix réduit</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inflammabilité (sauf résines chlorées)</li><li>• Tenue vapeur et eau bouillante</li><li>• Retrait important (6 à 15 %)</li><li>• Durée de conservation en pot limitée</li><li>• Emission de styrène</li></ul>

# Sommaire :

- Introduction
- Résine polyesters

-  **Résine époxy**

- Coeff mécaniques
- Annexes



# Epoxydes (époxy)

- Elles constituent la résine type des composites hautes performances HP (utilisées en aviation).
- On distingue deux classes de résines en fonction :
  - Du durcissement à chaud ou à froid ;
  - De la tenue en température (120-130 °C, ou 180-200 °C).

# Résine époxy:

Avantages	Inconvénients
<p>Tenue mécanique, thermique, chimique et fatigue</p> <p>Faible retrait (1 à 2 %)</p> <p>Excellente adhérence sur fibres</p> <p>Auto-extinguibilité</p> <p>Mise en oeuvre facile, sans solvant</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Prix élevé</li><li>• Sensibilité à l'humidité et aux UV</li><li>• Vieillessement sous température</li><li>• Sensibilité aux chocs</li><li>• Temps de polymérisation</li></ul>

# Sommaire :

- Introduction
- Résine polyesters
- Résine époxy



## **Coeff mécaniques**

- Annexes

# Caractéristiques mécaniques

- La masse volumique tourne dans les 1200kg/m<sup>3</sup>.

Matrices TD	Masse volumique (kg.m <sup>-3</sup> )	Module d'élasticité longitudinal (Mpa)	Module de cisaillement (Mpa)	Coefficient de Poisson	Contrainte de rupture (traction) MPa	Allongement à rupture %	Coefficient de dilatation thermique °C <sup>-1</sup>
	?	E	G	?	s <sub>r</sub>	A	a
Epoxyde	1 200	4 500	1 600	0.4	130	2	11*10 <sup>-5</sup>
Phénolique	1 300	3 000	1 100	0.4	70	2.5	1*10 <sup>-5</sup>
Polyester	1 200	4 000	1 400	0.4	80	2.5	8*10 <sup>-5</sup>
Polycarbonate	1 200	2 400		0.35	60		6*10 <sup>-5</sup>
Vinylester	1 150	3 300			75	4	5*10 <sup>-5</sup>
silicone	1 100	2 200		0.5	35		
Uréthane	1 100	700 à 7 000			30	100	
Polyimide	1 400	4 000 à 19 000	1 100	0.35	70	1	8*10 <sup>-5</sup>

# Ordre de grandeur

- Un ordre de grandeur: le renfort est 20 fois plus résistante que la matrice.

	MATRICE		RENFORT	
	Epoxy	Polyester	Verre E	Verre R
Masse volumique	1200 kg/m <sup>3</sup>		2600 kg/m <sup>3</sup>	2500 kg/m <sup>3</sup>
Module d'Young	4.5GPa	4GPa	74GPa	86GPa
Contrainte rupture en traction	130MPa	80Mpa	2500MPa	3200MPa

# Sommaire :

- Introduction
- Résine polyesters
- Résine époxy
- Coeff mécaniques



**Annexes**

# Références

- **DOC A:** CALCUL DES PROPRIÉTÉS ÉLASTIQUES DES TISSUS UTILISÉS DANS LES MATÉRIAUX COMPOSITES, F. DAL MASO et J. MÉZIÈRE, REVUE DE L'INSTITUT FRANÇAIS DU PÉTROLE VOL. 53, N° 6, NOVEMBRE-DÉCEMBRE 1998, Institut français du pétrole1
- **DOC B:** Thèse Essais de Caractérisation des Structures Tissées , Samia DRIDI 28/06/2010, L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon,
- **DOC C:** GLOSSAIRE DES MATERIAUX COMPOSITES, Actualisation décembre 2004, CENTRE D'ANIMATION REGIONAL EN MATERIAUX AVANCES
- **DOC D:** HandBookOfComposite, [https://books.google.tn/books?id=ct\\_vBwAAQBAJ&pg=PA144&lpg=PA144&dq=yarn+ecd450+1/2&source=bl&ots=nK3MOhEgKa&sig=kXm1DnA3cH2juFvZNhi2vMYHQxw&hl=fr&sa=X&ved=0ahUKEwjMtKCO6YjXAhXpA8AKHT-fD5MQ6AEIRTAI#v=onepage&q=yarn%20ecd450%201%2F2&f=false](https://books.google.tn/books?id=ct_vBwAAQBAJ&pg=PA144&lpg=PA144&dq=yarn+ecd450+1/2&source=bl&ots=nK3MOhEgKa&sig=kXm1DnA3cH2juFvZNhi2vMYHQxw&hl=fr&sa=X&ved=0ahUKEwjMtKCO6YjXAhXpA8AKHT-fD5MQ6AEIRTAI#v=onepage&q=yarn%20ecd450%201%2F2&f=false)
- **DOC E:** <https://fr.scribd.com/document/360465288/Chapitre-4-Characterisation-Des-Materiaux-Composites>
- **DOC F :**Modélisation du comportement des composites :l'élasticité anisotrope, Edité le 04/05/2011, Federica DAGHIA – Lionel GENDRE
- **DOC G:** UD Mictomecghnics, university of twente, Department of Mechanical Engineering, Composites Group.
- **DOC H:** cours christian BOUILLE, chez Sabena Technics Mir,
- **DOC I:** modelisation-du-comportement-des-composites2-3-les-poutres-stratifiees-ens, Federica DAGHIA – Lionel GENDRE
  
- **Software U20MM:** <https://www.utwente.nl/en/et/ms3/research-chairs/pt/research/research-themes/tools/#u20mm>
- [http://training.pluscomposites.eu/sites/default/files/courses/Part1French/co/CompositesGreta\\_web.html](http://training.pluscomposites.eu/sites/default/files/courses/Part1French/co/CompositesGreta_web.html)