

CHAPITRE II

LES CLASSES DES POLYMERES

Une classification des matières plastiques est rendue nécessaire par le nombre très important de composés macromoléculaires actuellement commercialisés et par le développement extrêmement rapide de leurs applications dans presque tous les secteurs d'activité.

Cette classification est fondée sur la distinction entre **thermoplastiques** d'une part, et **thermodurcissables** d'autres part, qui correspond bien aux réalités industrielles puisque les méthodes de mise en oeuvre sont différentes suivant que le produit fini est un matériau thermoplastique ou thermodurcissables.

En effet, chacune des deux classes citées ci avant est caractérisée par un ensemble de propriétés communes, mises à profit lors de la transformation du polymère en objet fini :

- thermoplasticité pour la première ;
- durcissement chimique irréversible pour la seconde.

Les élastomères ou caoutchoucs

On peut les considérer comme une famille supplémentaire de polymères aux propriétés très particulières. Ils sont caractérisés par **une grande élasticité**.

1. Les familles des polymères :

1.1 Les thermoplastiques :

Ce sont des polymères constitués des macromolécules linéaires qui peuvent glisser les unes par rapport aux autres sous l'effet de la chaleur ou des fortes contraintes, quand on les chauffe ils se ramollissent et quand on les refroidit ils durcissent, ces deux processus peuvent être répétés ce qui montre que ces matériaux sont recyclables. La plus part des thermoplastiques sont amorphes, ce qui fait qu'ils n'ont pas de point de fusion bien défini.

Il existe différentes classes des polymères tel que les polyoléfines, les styréniques, les polyacétals, les polyacryliques....

Remarque : certains polymères fortement fluorés ou à structure aromatique complexe ont un comportement thermique particulier n'autorisant pas toujours les méthodes de transformation classiques des thermoplastiques. Ils sont quelquefois appelés *thermostables*.

1.2 Les thermodurcissables :

Ce sont des composés macromoléculaires s'étendant dans les trois directions de l'espace ; ils sont d'autant plus rigides que le **réseau tridimensionnel** qui les caractérise est plus dense.

Ils sont obtenus :

— soit par **polycondensation** ou **polymérisation de petites molécules** dont tout ou partie possède plus de deux sites réactifs ;

Exemples :

- ✓ *résines formophénoliques résultant de la polycondensation du formol et du phénol,*
- ✓ *poly (phtalate de diallyle) obtenu par polymérisation du phtalate de diallyle.*

— soit par **réticulation de macromolécules linéaires** (ou *pontage*) par des durcisseurs, généralement à l'aide d'un catalyseur.

Exemples :

- ✓ *résines polyesters réticulées par du styrène ou du méthacrylate de méthyle (par ouverture des doubles liaisons de la chaîne insaturée de départ),*
- ✓ *résines époxydes réticulées par des amines ou des anhydrides d'acide (par rupture du cycle époxy du produit initial).*

Dans les deux cas, la phase ultime de la polymérisation ou de la réticulation, sous l'action conjuguée d'une élévation de température et de catalyseurs, est opérée lors de la mise en oeuvre finale. Le système *thermodurcissable* initial (poudre à mouler fusible et soluble, résine liquide ou en solution) se transforme chimiquement, de façon irréversible, en un objet fini, infusible et insoluble, *thermodurci*.

La forme et la rigidité ainsi acquises par la matière pendant la mise en oeuvre ne peuvent plus être modifiées par la suite de façon réversible par chauffage, contrairement aux thermoplastiques.

1.3 Les élastomères :

Ces matériaux finissent par prendre leurs formes initiales même après avoir subi une grande déformation, leurs modules de traction est très faible, en absence de contraintes ils sont amorphes, leurs chaînes moléculaires sont fortement tordus, la déformation élastique consiste à un redressement partiel des chaînes qui se traduisent par un allongement de la direction de la contrainte, dès le relâchement de la contrainte, les chaînes rétablissent leurs configuration et la pièce prend sa forme initiale.

✓ *Élastomères entrant dans la composition de plastiques*

Les élastomères constituent une famille particulière de « hauts polymères » et se distinguent des plastiques (quelquefois appelés *plastomères*) par des comportements différents du point de vue, en particulier, de leur rigidité, de leur déformabilité et de leur résilience.

Contrairement aux plastiques, les élastomères ont une température de **transition vitreuse** inférieure à la température ambiante.

Quelques-uns d'entre eux entrent dans la composition de certains thermoplastiques pour en améliorer les propriétés de résistance au choc.

Exemples : *poly (butadiène/styrène) ; poly (butadiène/acrylonitrile)*

2. Les familles des thermoplastiques : (voir tableaux 1 et 2 annexe 4)

2.1 Les thermoplastiques de grande diffusion :

Dans cette partie on va parler des thermoplastiques de grande diffusion les plus connus dans notre marché

2.1.1 Les polyoléfines (PE/PP) :

Ces matériaux résultent de la polymérisation d'oléfines de formule générale $\text{CH}_2=\text{C}\begin{matrix} \diagup \text{R}_1 \\ \diagdown \text{R}_2 \end{matrix}$ tel que R_1 et R_2 peuvent être : H ; CH_3 ou $-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)_2$

Les principales polyoléfines industrielles sont présentées dans la *figure 1 annexe 3*.

Suivant les modes de polymérisation on peut distinguer plusieurs types de polyoléfines :

- Le procédé haute pression pour l'obtention du *polyéthylène basse densité PEbd* : c'est la compression de l'éthylène gazeux à une pression plus de 1000 bars, ce qui conduit à un PE qui contient des ramifications et donc difficilement cristallisable.
- Le procédé basse pression pour l'obtention du *polyéthylène haute densité PEhd* : plus cristallin que le PEbd, basé sur l'utilisation des catalyseurs et nécessite des pressions faibles inférieures à 50 bars, il permet d'obtenir des chaînes macromoléculaires linéaires plus facilement cristallisables.

Propriétés physiques : l'aspect des polyoléfines est blanc laiteux et de toucher cireux, ils sont opaques en forte épaisseur et transparent en films, leurs modes de polymérisation conduisent à des taux de cristallisation variables.

Propriétés mécaniques : ces propriétés dépendent très nettement de la masse moléculaire (*figure 3 annexe 3*), les polyoléfines sont à l'état caoutchoutique à 23°C, le **PEbd** est plus souple et plus sensible au fluage que le **PEhd** et le **PP**.

Propriétés au choc : les **PE** refroidis rapidement (trempé), moins cristallins seront moins sensibles au choc, le copolymère polypropylène–éthylène a des meilleures propriétés au choc que l’homopolymère **PP**.

Propriétés chimiques : les polyoléfinnes possèdent une très bonne stabilité chimique à $T < 60^{\circ}\text{C}$, elles sont insolubles et ne sont attaqués ni par les acides (sauf oxydant) ni les bases, ni les solutions de sel (utilisation en vaisselles de chimie), elles sont insolubles dans l’eau et même hydrophobes. Ils sont sensibles à la fissuration sous contrainte en présence de savon, alcools e détergents.

Propriétés thermiques : les polyoléfinnes brûlent en présence d’une flamme bleutée et ils gouttent, dans une combustion incomplète, Les polyoléfinnes sont en général classées HB par UL94.

LES POLYOLEFINES		Structure : semi cristalline		
Propriétés	Unité	PP homo / copo	PEbd	PEhd
Densité	g/cm^3	0.9	0.91	0.95
Retrait	%	1-2.8	1.5-3.5	1.3-3.5
Module de traction	Mpa	110/1600	200/300	800/1200
Température HDT (1.8Mpa)	$^{\circ}\text{C}$	60/100	30/40	40/50
T_v	$^{\circ}\text{C}$	-18	-110	-90
T_f	$^{\circ}\text{C}$	175	115	137
Résistance à la traction	Mpa	31-41.4	8.3-31.4	22.1-31
Avantages		Qualité alimentaire. Bonne inertie chimique. Résistance à la fatigue en flexion. Excellente propriétés électriques.	Mise en œuvre aisé. Qualité alimentaire. Grande inertie chimique. Résistance aux chocs. Isolation électrique	Mise en œuvre aisé. Qualité alimentaire. Grande inertie chimique. Résistance aux chocs. Isolation électrique. Bonne propriétés de frottement.
Inconvénients		Collage difficile. Formage difficile. Soudage HF impossible. Faible résistance aux UV	Fissuration sous contraintes. Mauvaise tenu à la chaleur. Collage difficile	Fissuration sous contraintes. Mauvaise tenu à la chaleur. Collage difficile
Applications		Batteries, Ficelle, corde, Films d’emballages, Corps creux pour conditionnement, Pièces d’automobiles, Bouteilles stérilisables, Boîtiers de téléviseurs, Valises.	Films agricoles. Tuyaux souples. Récipients ménagers. Serres pour agriculture Bouteilles souples. Bacs à glaçons. Sacs poubelles.	Corps creux pour embouteillages rigide. Grands récipients. Réservoirs essence. Jouets. Bouteilles souples. Bacs à glaçons.
Noms commerciaux		APPRYL HOSTALEN NOVOLEN ELTEX	LACTENE HOSTALEN LUPOLEN ELTEX	LACTENE HOSTALEN LUPOLEN ELTEX

T_v : température de transition vitreuse, HDT : température de fléchissement sous charge,

T_f : température de fusion

Tableaul : caractéristiques des principaux polyoléfinnes

2.1.2 Les styréniques :

Ils comprennent une grande variété de produits tel que: le polystyrène cristal (**PS**), le polystyrène choc obtenu par combinaison styrène butadiène (**SB**), le polystyrènes acrylonitrile (**SAN**), l'acrylobutadiène styrène (**ABS**).

Dans les deux tableaux suivants on donne les caractéristiques des styréniques.

LES STYRENIQUES		Structure : Amorphe	
Propriétés	Unité	PS Cristal	PS Choc
Densité	g/cm ³	1.04	1.04
Module de traction	Mpa	3300	2200
HDT (1.8Mpa)	°C	70/90	70/85
Avantages		Absorbe peu l'eau. Qualité alimentaire. Bonne stabilité dimensionnelle. Rigidité. Transparent.	Meilleure résistance aux chocs que le PS cristal
Inconvénients		Cassant, fragile. Faible résistance aux chocs. Mauvaise résistance chimique	Opaque. Difficile à souder
Applications		Emballages, Cassettes audio, Jouets. Articles médicaux.	Armoires de toilettes, Rasoirs jetables Façades avant HI-FI.
Noms commerciaux		LACQRENE POLYSTYROL VESTYRON	LACQRENE POLYSTYROL VESTYRON

Tableau 2: caractéristiques du PS cristal et du PS choc

LES STYRENIQUES		Structure : Amorphe	
Propriétés	Unité	ABS	SAN
Densité	g/cm ³	1.05	1.08
Module de traction	Mpa	2000/2800	3000/4000
HDT (1.8Mpa)	°C	95	90/105
Avantages		Bonne stabilité dimensionnelle. Bonne tenu au choc. Formage aisé. Excellente aspect fini des pièces. Il peut être métallisé.	Bonne résistance aux chocs. Bonne résistance à la rayure. Transparent. Stabilités dimensionnelles. Bonne résistance aux hydrocarbures.
Inconvénients		Opaque. Electrostatique. Mauvaise résistance chimique	Difficile à souder
Applications		Capotage d'électroménager. Pièces automobiles. Boîtiers de téléphones. Feux de signalisation	Pièces d'électroménager. Pièces pour cosmétiques
Noms commerciaux		TERLURAN CYCOLAC UGICAL RONFALIN	LURAN

Tableau3 : caractéristiques du SAN et du ABS

2.1.3 Les Polychlorures de vinyle et leurs dérivés :

Il existe les PVC rigide et les PVC souples obtenus par addition de plastifiants (phtalates d'alcools lourds), ces derniers sont souples à température ambiante.

Propriétés physiques : Le **PVC** est essentiellement amorphe mais il peut être localement cristallin avec un taux de cristallinité qui ne dépasse jamais les 10 à 15%.

Le PVC amorphe est transparent et relativement perméable à la vapeur d'eau.

Le PVC sur chloré (PVCC) contient de 65 à 69% de chlore (au lieu de 56%), sa T_v est plus élevé.

Propriétés mécaniques : Ils offrent une excellente rigidité jusqu'au voisinage de leurs T_v , ils offrent aussi une excellente résistance à l'abrasion, ils sont fragiles aux chocs à basses températures (inférieure à -10°C). Ils sont rigides à température ambiante et caoutchouteux au dessus de 90°C .

Propriétés thermiques : Le PVC se décompose dans une flamme en libérant de l'acide chlorhydrique gazeux mais il est autœxtinguible, les PVC plastifiés brûlent plus facilement.

LES POLYCHLORURE DE VINYLE		Structure : Amorphe	
Propriétés	Unité	PVC Rigide	PVC Souple
Densité	g/cm^3	1.38	1.3 à 1.7
Taux de cristallinité	%	10-15	
Module de traction	Mpa	2200/3000	
Température HDT (1.8Mpa)	$^\circ\text{C}$	60/75	
T_v	$^\circ\text{C}$	60 - 100	$(T_g < 0^\circ\text{C})$.
T_f	$^\circ\text{C}$	200	
Avantages		Bonne rigidité mécanique jusqu'au voisinage de T_v . Qualité alimentaire. Bonne inertie chimique. Auto extinguible. Retrait limité. Résiste bien (jusqu'à 60°C) aux acides et bases ainsi qu'aux huiles, alcools Bonne isolation électrique	Souple à température ambiante. Utilisable à basse température. Bonne isolation électrique.
Inconvénients		Fragile au choc à basses températures. Sensible aux UV sensible aux hydrocarbures aromatiques et chlorés et aux cétones qui occasionnent un gonflement.	Non alimentaire, tenue chimique moins bonne que PVC rigide, brûle plus facilement que le PVC rigide, sensible aux agents atmosphériques et à la lumière solaire
Applications		Feuilles de placages pour meuble, articles décoratifs, Bouteilles d'eau, Carte bancaire Profilés pour le bâtiment.	Tuyaux souples eau (d'arrosage) ou gaz. Profilés pour étanchéité Maroquinerie, Garniture de siège.
Noms commerciaux		BENVIC, VESTOLIT NAKAN, VINIDUR	BENVIC VESTOLIT, NAKAN

Tableau 4 : caractéristiques des PVC

Applications : L'extrusion du PVC rigide est plus délicate que celle du PVC souple, il permet l'obtention de tubes, de profilés utilisés dans la distribution d'eau potable, l'évacuation d'eaux usées, les égouts...aussi ils sont utilisés pour le gainage des fils électriques, câbles électrique, pour la fabrication des gants, bottes, capuchons, Ballons, pour la fabrication des réservoirs et canalisations utilisés pour le stockage et le transport de produits corrosifs (acides, bases,...).

2.1.4 Les Polyacryliques :

LES POLYACRYLIQUES		Structure : Amorphe
Propriétés	Unité	PMMA : Polyméthacrylate de méthyle
Densité	g/cm ³	1.18
Module de traction	Mpa	3100/3300
Température HDT (1.8Mpa)	°C	75/90
T _v	°C	105
Avantages		Très grande transparence supérieure à celle du verre ordinaire, bonne tenue aux UV, faible absorption d'eau, surface dure, lisse, brillante, bonnes caractéristiques mécaniques, découpage à la scie, thermoformage aisé, facile à coller.
Inconvénients		Cassant, rayable, tenue limitée en température (80°C), fragile Mauvaise résistance chimique, inflammabilité
Applications		Plaques pour vitres, hublots, vitrines, feux arrière automobiles, lentilles d'appareils photos, en aéronautique: verrières de poste de pilotage
Noms commerciaux		ALTUGLAS, DIAKON, PLEXIGLAS, LUCRYL

Tableau 5: caractéristiques de PMMA

2.2 Les thermoplastiques techniques :

2.2.1 Les polyacétals :

LES POLYACETALS		Structure : Semi-cristalline
Propriétés	Unité	POM : polyoxyméthylène
Densité	g/cm ³	1.41
Module de traction	Mpa	2900/3400
Température HDT (1.8Mpa)	°C	110/115
T _v	°C	-60
Avantages		Excellentes propriétés mécaniques (fatigue, usure, flexion) Bonne tenue chimique aux huiles, autolubrifiant, résistant à l'humidité,
Inconvénients		Retrait important, non alimentaire, sensible aux UV, brûlent facilement et gouttent (classé HB), éviter de les fondre en présence de traces de PVC générateur de l'acide chlorhydrique
Applications		Pignons, engrenages, Boîtiers de fixation de ski, filtres à huiles, organes de pompe, pièces de contact avec carburateur, douche et chasse d'eau.
Noms commerciaux		DELTRIN, ULTRAFORM, HOSTAFORM

Tableau 6: caractéristiques de POM

2.2.2 Les polyamides :

Les polyamides sont des polymères semi cristallins ou amorphes dont la formule chimique contient de façon régulière la fonction amide — (CO—NH)— dans la chaîne de carbone, le changement du nombre de carbone dans la chaîne donne naissance à plusieurs types de polyamide tel que : **PA6, PA66, PA11, PA12, PA6 -10, PA6 -10.....**

Dans le tableau suivant on donne les caractéristiques de **PA6** et le **PA66**

LES POLYAMIDES		Structure : Semi-cristalline	
Propriétés	Unité	PA6	PA66
Densité	g/cm ³	1.15	1.15
Module de traction	Mpa	3200	2800
Température HDT (1.8Mpa)	°C	80	80
Avantages		Bonnes propriétés mécaniques Bonne résistance chimique Bonne isolation électrique Résistance aux frottements Bonne résistance à la fissuration sous contrainte en présence d'alcools.	Bonnes propriétés mécaniques Bonne résistance chimique Bonne isolation électrique Résistance aux frottements et à l'abrasion
Inconvénients		Reprise d'humidité rapide Mauvaise tenu à l'eau bouillante Mise en œuvre délicate Propriétés diminuées en ambiance humide Attaqué par les solvants chlorés.	Propriétés diminuées en ambiance humide Reprise d'humidité rapide Mise en œuvre délicate Retrait important
Applications		Capotage des appareils de bricolages, pièces pour appareils électriques,	Pièces pour industries électriques. Capotage de matériel, électroménager, Visserie plastiques
Noms commerciaux		ULTRAMID ZYTEL TECHNYL LATAMID	ULTRAMID ZYTEL TECHNYL LATAMID

Tableau 7: caractéristiques des polyamides

Le **PA6** et le **PA66** sont utilisés dans le marché de l'automobile puisque ils résistent aux fluides et solvants utilisés dans une voiture tel que: tubulures d'admission d'air pour piston moteur, enjoliveur de roue, poignées de porte, capotages des rétroviseurs extérieures

2.2.3 Les polycarbonates :

LES POLYCARBONATES		Structure : Amorphe
Propriétés	Unité	PC
Densité	g/cm ³	1.20
Module de traction	Mpa	2400
Température HDT (1.8Mpa)	°C	130
Tv	°C	148
Avantages		Très grande transparence de 86 à 90% sous 1 mm d'épaisseur, excellente tenu aux chocs, solide et indéformable, isolation électrique importante, résistance à l'eau oxygénée, résiste à l'eau chaude jusqu'à 60°C pour des longues durées, faible action des UV (pour l'usage optique il vaut mieux de le protéger par une couche de vernis anti - UV)
Inconvénients		Prix élevé, mise en œuvre délicate, combustible classé HB mais par addition des ignifugeants on peut atteindre V-0
Applications		Le secteur électrique électronique constitue le plus important domaine, capotage d'électroménager, verre lunette, monture lunette, disque compact, appareils optiques, matériels de protection (casques)
Noms commerciaux		MAKROLON, LEXAN

Tableau 8: caractéristiques de polycarbonate

Remarque: Le sur moulage de feuilles de PC s'effectue en plaçant une feuille mince sur la face de fermeture d'un moule dans lequel sera injecté un thermoplastique tel que : ABS, ABS/PC..... Cette méthode permet d'améliorer ou de modifier l'aspect et le toucher des objets injectés.

2.3 Les thermoplastiques techniques haute température :

Dans cette partie on va parler de quelques thermoplastiques techniques pouvant supporter des hautes températures.

2.3.1 Les polysulfones :

LES POLYSULFONES		Structure : Amorphe	
Propriétés	Unité	PSU (polysulfones)	PESU (polyethersulfones)
Densité	g/cm ³	1.25	1.40
Module de traction	Mpa	2600	2700
Température HDT (1.8Mpa)	°C	170	190
Avantages		Bonnes propriétés mécanique, transparent, plus visqueux que le PESU, excellente tenue thermique, auto extinguable, bonne résistance chimique	Absorbe peu les micro-ondes Bonnes propriétés mécaniques, transparent, excellente tenue thermique, auto extinguable
Inconvénients		Sensible à l'entaille, faible tenu aux UV, recuit nécessaire après moulage, pris élevé, mise en œuvre à haute température.
Applications		Noyau de bobinage, isolation thermique et électrique, composants TV, micro-ondes, médical (prothèses), conduites d'eau chaude, luminaire du bloc opératoire, équipement d'infusion.
Noms commerciaux		UDEL, ULTRASON	UDEL, ULTRASON

Tableau 9: caractéristiques des polysulfones

2.3.2 Les polymères à cristaux liquides :

LES POLYMERES A CRISTAUX LIQUIDES		Structure : Cristalline
Propriétés	Unité	PCL
Densité	g/cm ³	1.32
Module de traction	Mpa	9700
Température HDT (1.8Mpa)	°C	315
Avantages		Très grande rigidité et tenu en traction, haute résistance thermique et au feu, bonne tenue chimique, faible retrait
Inconvénients		Mise en œuvre très délicate (étuvage) Sensibles aux lignes de soudures (moulage)
Applications		Connecteurs hautes températures, pièces pour l'électronique, pièces de four à micro-ondes, circuits imprimés / pièces de lecteurs CD et disques dur, pièces d'horlogerie, robinets de gaz, composants aérospatiales, douille de lampe et capteur en automobile, instruments de chirurgie et d'art dentaire, tupperware.
Noms commerciaux		VECTRA, ZENITE

Tableau10 : caractéristiques des polymères à cristaux liquides

2.3.3 Les polyimides :

LES POLYIMIDES		Structure : Semi-cristalline
Propriétés	Unité	PI pour compression, transfert, injection
Densité	g/cm ³	1.5 à 1.9
Module de traction	Mpa	0 à 10500
Température HDT (1.8Mpa)	°C	330
T _v	°C	250
Avantages		Bonne stabilité dimensionnelle en température, bonne tenue chimique, bonne tenue au feu, excellentes propriétés mécaniques jusqu'à 250°C, propriétés diélectriques jusqu'à 200°C
Inconvénients		Mauvaise tenue à l'oxydation et à l'arc, pris élevé
Applications		Pièces de haute technicité pour aéronautique (réacteur d'avion), circuits imprimés, paliers, rotules, coussinets
Noms commerciaux		KYNEL, KAPTON

Tableau 11: caractéristiques des polyimides

2.3.4 Les polymères fluorés :

LES POLYMERES FLUORES		Structure : Semi cristalline	
Propriétés	Unité	PTFE : Polytetrafluoréthylène	PVDF : Polyflorure de vinylidène
Densité	g/cm ³	2.15	1.8
Module de traction	Mpa	400	200 / 2800
Température HDT (1.8Mpa)	°C	50	110
Avantages		Bonne inertie chimique, excellente tenue thermique, bonne isolation électrique, anti-adhérent.	Mise en œuvre facile, bonne inertie chimique, excellente tenue thermique, bonne isolation électrique, anti-adhérent, résiste au choc à 80°C en absence des UV.
Inconvénients		Fluage élevé, mise en œuvre difficile, prix élevé	Fluage élevé Prix élevé

Applications		Générateur haute fréquence, revêtement semelle fer à repasser, tuyaux industrie chimique, joint d'étanchéité, revêtement anti-frottement, étanchéité des tiges de soupapes, Support de câbles flexibles	Industrie chimique Gainage Canalisation d'essence Citerne routière
Noms commerciaux		TEFLON, HOSTAFLON	FORAFLON, KYNAR

Tableau 12: caractéristiques des polymères fluorés

3. Les familles de thermodurcissables : (voir tableaux3 annexe 4)

3.1 Les polyesters insaturés :

Il existe plusieurs familles de polyester insaturé tel que :

- L'orthophtalique : (les plus utilisés, leurs mise en œuvre est aisée)
- L'isophtalique : (offre une meilleure tenue en milieu humide)
- Le chloré : (pour une auto-extinguibilité)

LES POLYESTERS INSATURES		
Propriétés	Unité	UP rigides, semi-rigides, souples, premix
Densité	g/cm ³	1.3 à 1.6
Module de traction	Mpa	600 à 3500
Température HDT (1.8Mpa)	°C	60 à 200
Avantages		Bonne tenue chimique et mécanique, auto corrosive, rapidité de réticulation, facilité de mise en œuvre, grande stabilité dimensionnelle, transparent
Inconvénients		Inflammabilité, séries moyennes, mauvaise tenue à l'eau bouillante
Applications		Coques de bateau, stratifiées, capotage électrique, pièces de carrosseries, pare-choc, chaise, canne à pêche, tuyaux et conduites.
Noms commerciaux		DERAKANE, RUTAPAL, NORSODYNE

Tableau 13: caractéristiques des polyesters insaturés

3.2 Les polyuréthanes :

POLYURETHANES				
	PU : mousse souple	PU : mousse semi-rigide	PU : mousse rigide	PU : mousse microcellulaire
Avantages	Densité faible, confort et souplesse, amortissement des vibrations.	résistance aux déchirements, résistance à la compression.	Facilité de mise en œuvre, très faible conductivité thermique.	Bonne toucher, bonne propriétés élastiques.
Inconvénients	Déchirure, déformation	Défauts d'écoulement pendant le moussage		Tenue aux UV
Applications	Matelassure de siège		Remplissage des corps creux	Volants de voiture
Noms commerciaux	BAYDUR, BAYFLEX PLASTHIVAU	BAYDUR, BAYFLEX PLASTHIVAU	BAYDUR, BAYFLEX PLASTHIVAU	BAYDUR, BAYFLEX PLASTHIVAU

Tableau 14: caractéristiques des polyuréthanes

3.3 Les aminoplastes :

LES AMINOPLASTES			
Propriétés	Unité	UF Urée formaldéhyde	MF Mélamine formaldéhydes
Densité	g/cm ³	1.5	1.75
Module de traction	Mpa	6000/10000	
Température HDT (1.8Mpa)	°C	130	200
Avantages		Grande dureté de surface, bonne résistance à l'abrasion, transparent, peu cher	Meilleure tenue chimique et mécanique, alimentaire
Inconvénients		Fragile au choc à -55°C, retrait important, sensible à l'eau bouillante, non alimentaire	Prix élevé
Applications		Liant de sable pour noyaux de moule, colles pour contre plaqués, vernis, mousses, capots, socles, queues de casseroles	Colles insensibles à l'humidité, vaisselle de campings de collectivité Liants aux
Noms commerciaux		ASHLAND, RASHIG	ASHLAND, RASHIG

Tableau 15: caractéristiques des aminoplastes

3.4 Les résines polyépoxydes (époxy) :

Les résines polyépoxydes apparaissent sous des nombreuses formes : colles, peintures, poudres, résines.

LES EPOXY : Résines polyépoxydes			
Propriétés	Unité	Résine coulée, composite+ fibre, résine enrobage	
Densité	g/cm ³	1.1 à 2	
Module de traction	Mpa	2500 à 3000	
Température HDT (1.8Mpa)	°C	230	
Avantages		Bonne stabilité dimensionnelle et faible retrait, bonne tenue chimique, excellente tenue en température, excellentes propriétés mécaniques avec renforts, celles durcies sont (très résistants, assurent une isolation électrique parfaite et résistent à des température allant de -80°C à 180°C, celles liquides connues pour leurs qualités adhésives sur tout type de surface ne forme jamais des bulles d'airs	
Inconvénients		Nécessité de les mélanger avec des solvants et des diluants pour diminuer la viscosité et facilite l'utilisation, cycle de réticulation long, la mise en œuvre nécessite des conditions hygiéniques strictes, démoulage nécessitant une préparation	
Applications		Enduction de circuits électroniques, moule pour prototypes, pales d'hélicoptères, voilure d'avion, cannes à pêches, raquettes de tennis, revêtements des sols (étanche, anti-dérapant), pour travaux d'étanchéité pour les murs de tunnels, pour rendre les cheminées imperméables à la fumée, couche de protection pour les appareils électroménagers	
Noms commerciaux		ARALDITE, NEONITE, EPIKOTE, RUTAPOX	

Tableau 16: caractéristiques des époxy

4. *Les caoutchoucs (Elastomères) :*

Il existe un grand nombre de **caoutchoucs** différents que l'on peut classer en deux grandes catégories puis en sous-catégories.

Caoutchoucs naturels

- Sous forme liquide, le latex ;
- Sous forme solide.

Caoutchoucs synthétiques

✓ **Caoutchoucs dit normaux**

- Polyisoprène
- Polybutadiène
- Polybutadiènestyrène

✓ **Caoutchoucs dit spéciaux**

- Polychloroprène
- Polybutadiène-nitrile acrylique
- Polyisobutylène-isoprène ou Caoutchouc butyl
- Copolymère d'éthylène-propylène
- Terpolymère d'éthylène-propylène
- Polyéthylène chlorosulfoné

✓ **Caoutchoucs dit très spéciaux**

- Fluorés
- Acryliques
- Siliconé
- Polysulfures