

Caractéristiques des sous-familles des thermoplastiques TP CTC -

Maouia OUERGHEMMI



Monographie de certains thermoplastiques

Les polyoléfines

Les polyoléfines sont classés dans les plastiques de grande diffusion. Ils sont constitués des polyéthylènes (PE) et des polypropylènes (PP)

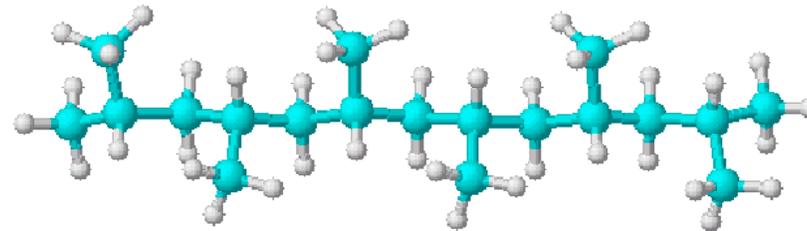
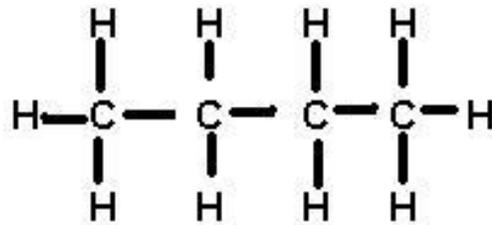


Les polyéthylènes

Ils sont des hydrocarbures saturés avec haut poids moléculaire.

– Ils ont des grandes capacités de cristallisation dû à leur structure semi-cristallines.

– La nature de la structure de la chaîne (linéaire ou à ramifications) dépend des conditions opératoires lors de la synthèse (température, pression, catalyseurs, ...).





Selon le type de la ramification, il est possible de distinguer :

Ramifications courtes.

Ramifications longues.

Ramification courtes → haute cristallinité → haute densité →
haute résistance mécanique → PEHD

Ramifications longues → cristallinité basse → basse densité →
basse résistance mécaniques → PEBD



Type de PE et leurs propriétés

Type de PE	Structure moléculaire	% Ram	Tf - Tr (°C)	Densité	Prop. Mécan.	Résis. Allong.
PEBD	Longues ramifications	20-40	105-110	0.86-0.92	Basses	Haute
PEBDL (LLDPE)	Courtes Ramifications, 6C	55-65	115-125	0.92-0.94	Moyennes	Moyenne
PEHD	Courtes ramifications, 1C	70-75	125-135	0.94-0.965	Hautes	Basse



Techniques de transformation PEBD

Techniques de transformation de PE:

- PEBD
 - Profilés et extrusion de feuille.
 - Extrusion gonflage.
 - Injection
 - Injection allégée (mousse).
- PEHD
 - Extrusion soufflage (emballage rigide).
 - Extrusion à filière droite (tubes, tuyaux, etc)
 - Injection.
 - Roto moulage (citernes, réservoirs, etc,).

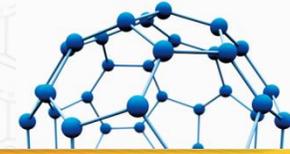


Processus secondaires :

- Thermoformage de Feuille.
- Soudage.
- Collage ou décoration, avec traitements de préparation de surface.

Avantages

- Mise en œuvre aisée : injection, extrusion, films,
- Excellente propriétés d'isolation électrique et de résistance aux chocs;
- Qualité alimentaire



Inconvénients :

- Sensible aux UV en présence d'oxygène
- Sensible à la fissuration sous contrainte
- Mauvaise tenue à la chaleur
- Collage difficile /impossible
- Retrait important
- Soudage HF impossible



Usage de PEbd :

- Sacherie et films d'emballage
- Récipients ménagers ou industriels;
- Tuyaux souples
- Films agricoles.
- Jouets Flexibles.
- Isolants câbles électriques
- Paquet pharmaceutique.
- Emballage extérieur.



Techniques de transformation PEHD

Techniques de transformation de PE:

- Extrusion soufflage (emballage rigide).
- Extrusion à filière droite (tubes, tuyaux, etc)
- Injection: bouchons, pièces à usage ménager/industriel
- Roto moulage (citernes, réservoirs, etc,).

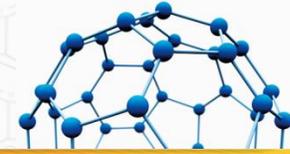


Processus secondaires :

- Thermoformage de Feuille.
- Soudage.
- Collage ou décoration, avec traitements de préparation de surface.

Avantages

- Mise en œuvre aisée : injection, extrusion, films,
- Excellente propriétés d'isolation électrique et de résistance aux chocs;
- Qualité alimentaire
- Plus grande rigidité que PEBD
- Meilleure tenue à la température



Inconvénients : mêmes inconvénients que le PEBD

- Sensible aux UV en présence d'oxygène
- Sensible à la fissuration sous contrainte
- Mauvaise tenue à la chaleur
- Collage difficile /impossible
- Retrait important
- Soudage HF impossible



USAGES de PEHD:

- bouteilles et flacons.
- Bouchons de bouteille/flacons.
- Grands récipients : poubelles, fûts,
- Filets de poissons, de fruits et légumes
- Filets fruits et poissons.
- Tubes lisses et ondulées (eau, gaz, électrique, téléphone).
- Objets injectés : palettes, pièces à usage ménager et industriel
- Citernes et conteneurs.
- Jouets rigides.

Copolymères PE

Copolymère EVA : éthylène-acétate de vinyle.

Moins de rigidité que le PE.

Plus de flexibilité et de résistance aux chocs.

Applications: semelle intérieure de chaussures, couche soudable pour l'emballage, panneaux pour l'isolation acoustique, sacs médicaux, ...





Co polymère EVOH ou EVAL, éthylène-alcool vinylique.

Il a les meilleures propriétés de barrières aux gaz de l'ensemble des polymères.

Il est très hygroscopique.

Habituellement, il est utilisé dans le secteur de l'emballage, mais il aurait besoin d'être coextrudée entre deux matériaux de protection: film multicouche.





Alliages de PE

Types :

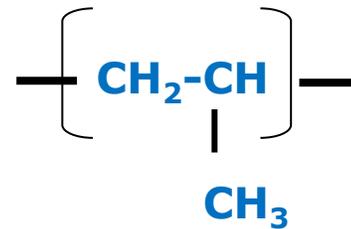
- **PEBD + PEHD.**
- **PEBD + PEBDL.**
- **PE + PP (polypropylène).**
- **PE + PIB (poly-isobutylène).**



Le polypropylène PP

Semblables au PE mais avec H substitué par un groupe de méthyle CH_3

Structure :



Types de PP:

- PP homopolymère → synthétisé à partir du propylène.
- PP copolymère → durant la polymérisation, on ajoute 5 à 30% d'éthylène.



Types de PP

PP-H : polypropylène d'homopolymère.

- **Grande Rigidité.**
- **Bonne résistance d'impact à température ambiante.**

PP-B : polypropylène de copolymère en Bloc

- **Amélioration de résistance à l'impact.**
- **Bonne rigidité.**

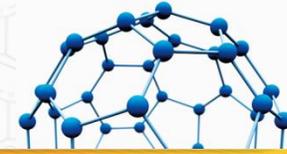


Types de PP

PPR : Copolymère de polypropylène aléatoire (Random).

Il possède :

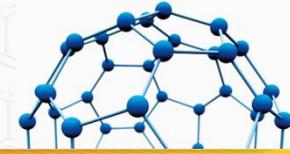
- **Rigidité Intermédiaire et propriétés de résistance d'impact.**
- **Haute transparence.**



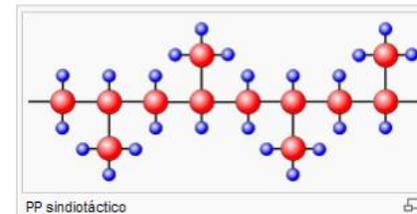
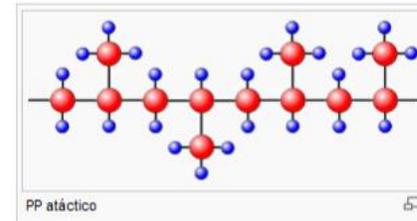
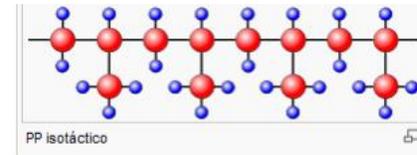
Tacticité du polypropylène

Le polypropylène homopolymère peut présenter tacticité dans sa structure:

- PP atactique : matériau amorphe, avec pas beaucoup d'applications. Collant et élastique comme le caoutchouc.**
- PP isotactique : La distribution régulière de groupes méthyle donne une cristallinité élevée, entre 70-80%. Il est le plus utilisé parmi les types de polypropylène.**



- PP syndio-tactique : Très faible cristallinité. Il est très élastique, plus que le PP iso-tactique, mais présente moins de résistance mécanique.





Le polypropylène peut être chargé talc, fibre de verre, mica et les propriétés mécaniques sont améliorées



Propriétés de différents types PP

Propriétés de différentes types de PP				
Types	Rigidité	Transparence	T ambiante	Basse T
HOMOPOLYMERE				
RANDOM COPOLYMER				
BLOCK COPOLYMER				
Très bon	Bon	Moyen	Mauvais	



PROPRIETES OPTIQUES

PP-H est transparent, avec un indice de réfraction d'environ 1,5.

La transparence dépend directement de la cristallinité de la pièce .

Pour cette raison, il est très habituel de contrôler les températures refroidissement (rouleaux en extrusion et moules à injection) avec l'objectif d'atteindre un maximum de transparence.

L'utilisation des additifs de nucléation peut améliorer les propriétés optiques.



PROPRIETES ELECTRIQUES

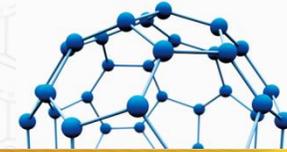
Les PP possèdent des propriétés non conductrices. C'est un bon matériau diélectrique.

PP isotactique

Applications:

Pièces industrielles.
Tubes et coudes.
Emballage alimentaire.
Corps creux.
Enveloppe d'aspirateur.
Corps de pompes
Tapis tissé.
Herbe artificielle.
Dossier de chaise.
Bouteilles de transfusion.
Etc ...





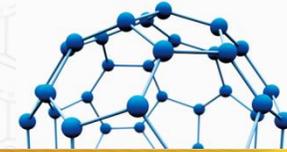
Procédé de transformation PP isotactique

- **INJECTION** : Large gamme de produits : des jouets jusqu'aux bande de protection de voitures, chaises, tables.
- **EXTRUSION** : tuyaux pour circuits capteurs solaires,
- **EXTRUSION SOUFFLAGE**: Tubes, conteneurs creux, comme embouteillent ou des conteneurs de carburant.
- **THERMOFORMAGE** : conteneurs alimentaires et applications dans les conditions à haute température (à micro-ondes).



Procédés de transformation PP isotactique

- **FILAGE : obtenir des fibres, tissées et non - tissé.**
- **EXTRUSION : Profilés, feuilles et tubes**
- **Feuille en PP bi-orienté (BOPP) : le plus important, plus de 20 % d'emballage flexible en Europe.**
- **Film Modelé (film de coupe).**
- **Film gonflé (gaine) : marché dans croissance continue**



Copolymères de PP

Copolymère d'éthylène/propylène (EPM)

Plus le copolymère contient l'éthylène, il y a :

- Moins de cristallinité.
- Moins de rigidité et fragilité.
- Plus de flexibilité et résistance au choc : sur le marché est appelé PP choc.

Ethylène/Propylène/Diène (EPDM)

Ils contiennent entre 30 et 50 % de diènes (hydrocarbure avec liaison double en carbone). Le produit est un matériau avec haute résistance au choc.



Applications PP copolymères

– Applications EPM

- Tubes annelés.
- Films rétractables.
- Pièces automobiles d'intérieur et d'extérieur (pare-chocs et voilures, revêtement, corps de filtre à air,...).
- Bouteilles, jerrycans, pompes dosages pds cosmétiques alimentaires, etc.
- Vitres et assiettes four micro-ondes.

– Copolymères Ethylène/propylène/diène (EPDM)

- Revêtement de corps de piscines
- Toit de membrane barrière à l'humidité





Alliages PP

Types :

PP homopolymère + copolymère EPM

PP homopolymère + copolymère EPDM

Ces mélanges sont composés de 2 phases:

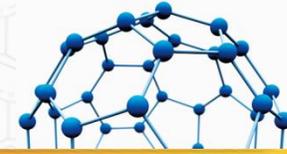
Phase liante → PP

Phase dispersée → caoutchouc EPDM /EPM

Ces plastiques sont appelés «thermoplastiques modifiées en caoutchouc»

Si le % de phase élastique est très élevé, alors ils sont appelés «thermoplastiques élastomères»

Si EPDM% sont entre 30-50%, alors ils sont appelés HIPP (polypropylène à impact élevé) → PP avec haute résistance aux chocs



Mélanges PP

Produits

Conduites rigides ou souples

Profilés

feuilles

applications:

Pièces automobiles: bavettes (van) autocollants, volant, tableau de bord, etc

Chaussures

valises

Sport et équipements de gymnastique

Jouets



Le additifs le plus couramment utilisé avec PP:

- **Antioxydants**
- **Stabilisants aux UV**
- **Agents neutralisants**
- **Les agents de nucléation**
- **Les retardateurs de flamme**
- **Agents antistatiques**
- **Charges et fibres (renforts)**
- **Pigments et colorants**



Antioxydants

PP est facilement dégradé par oxydation thermique au cours du processus de fabrication (plus de polyéthylènes). Cette faiblesse est parfois exploitée pour obtenir des «polypropylènes pour le contrôle rhéologique».

Additifs connus comme antioxydants sont utilisés pour le traitement PP correctement.

Polymères avec des groupes R-H s'oxydent généralement, perdant un atome H, et la formation d'un radical libre.

Ces radicaux libres sont produits d'autocatalyse qui provoque une réaction d'oxydation rapide.



En conséquence, il y a une détérioration de polymère avec la perte conséquente des propriétés mécaniques, les émissions, la perte de luminosité et de transparence, et le jaunissement.

Présence de métaux lourds, comme le cobalt et d'autres, d'accélérer encore plus la réaction d'oxydation.

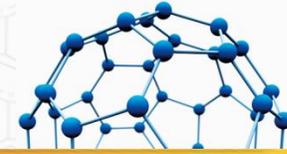


Stabilisants aux UV

Il existe toute une gamme de produits finis où les plastiques peuvent remplacer les matériaux traditionnels: céramique, métaux, papier, bois, etc.

En plus de la température et de l'oxygène, le grand ennemi de plastique et en particulier le PP sont les rayonnement UV solaires.

Il est très important de définir si le matériel sera utilisé à l'intérieur ou à l'extérieur, car la durabilité dépendra fortement de ce facteur.



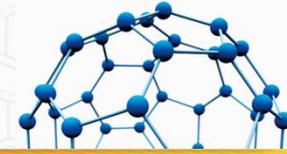
Les effets des rayonnements UV sont similaires à ceux de l'oxydation, puisque les deux sont des processus de dégradation de la chaîne moléculaire du polymère.

L'exposition à la lumière solaire ou artificielle entraîne une scission de chaîne PP en raison du processus de photo-dégradation.

Elle diffère de l'oxydation thermique parce qu'elle peut être lancée par absorption de la lumière UV.

Certains polymères n'absorbent pas la totalité du rayonnement UV, mais des traces de catalyseurs peuvent absorber ce rayonnement.

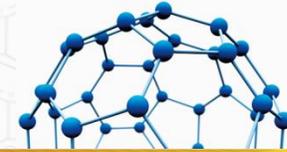
Par conséquent, une bonne stabilisation UV commence pour une bonne stabilisation thermique.



Selon l'application PP, il est nécessaire de choisir un paquet de stabilisateurs appropriés:

FIBRES (tissus, des sacs, etc.): en raison de la grande surface d'exposition, des stabilisateurs avec une faible volatilité et une haute résistance à l'extraction sont nécessaires.

PIGMENTEE: photo dégradation des pigments est un mécanisme complexe, principalement pour les pigments organiques. Exigences élevées pour protéger PP et sa stabilité de la couleur.



AUTOMOBILE: combinaisons d'absorbeurs d'UV et synergiques sont utilisés. Haute durabilité est nécessaire (plus de 10 ans) et les stabilisateurs ne doivent pas intervenir dans l'adhérence avec les revêtements, les peintures, etc.

CONSTRUCTION: les stabilisateurs doivent fonctionner correctement dans des environnements acides fournis par de nombreux retardateurs de flamme halogénés.

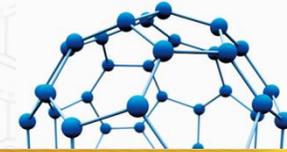


Les agents de nucléation

Le PP est un polymère semi-cristallin, ce qui signifie qu'il est essentiellement constitué par des structures moléculaires ordonnés.

Lorsque polymère, à l'état fondu, est au début du refroidissement, la chaîne moléculaire du polymère arrange la création de régions ordonnées nommées noyaux. La structure cristalline se développe à partir de ces noyaux.

Certaines substances spécifiques facilitent la cristallisation du PP (et d'autres polymères), ils sont connus comme agents de nucléation.

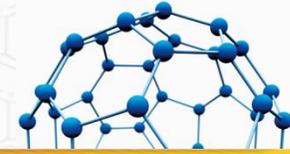


Retardateurs de flamme

Protéger polymère contre l'incendie (combustion) et d'augmenter la résistance à la flamme.

Une grande quantité d'additifs sont nécessaires pour atteindre les spécifications techniques nécessaires dans certaines applications (bâtiment, automobile, aéronautique).

Composés halogénés sont principalement utilisés comme FR. Mais les contraintes environnementales sont en augmentation.



Agents de surface

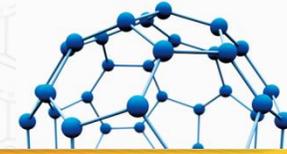
Il existe trois types d'additifs modifiant les propriétés de surface de polymères:

Agents antistatiques

Agents anti-adhérents

Agents de glissement

Puisqu'ils agissent sur la surface, ils doivent migrer vers la surface pour être efficace. Certains d'entre eux ont une migration lente et d'autres ont une migration plus rapide.



Les agents antistatiques

Ils sont utilisés pour inhiber le phénomène du courant statique qui apparaît à la surface d'un produit ou d'une pièce finie. Ce phénomène se manifeste par la présence d'électrons libres mais statiques à la surface.

Dans beaucoup d'applications électriques ou électroniques, ce phénomène gêne le bon fonctionnement et la fonction du produit.

Les agents antistatiques sont utilisés pour les applications à long terme.



Agents anti-adhérents

Les agents antiblocage sont utilisés pour réduire l'adhérence entre les films et feuilles pour faciliter la séparation (sacs, etc.)

Agents de glissements

Des agents de glissement sont utilisés pour réduire le coefficient de frottement des feuilles de matières plastique sur des surfaces métalliques



Autres polyoléfines

Poly-isobutylène (PIB)

Processus de moulage:

Calandres

extrusion

(Solution ou dispersion) revêtement

utilisations:

Film et feuille:

Couvercles de piscines

Tuyau protection contre la corrosion

Joint, joint d'étanchéité.



Polybutène-1 (PB)

Thermoplastique semi-cristallin.

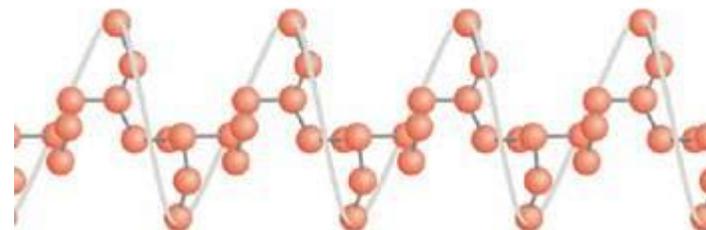
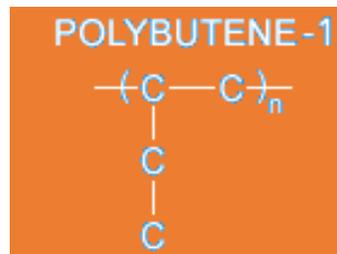
Résistance mécanique et rigidité intermédiaire entre le PEBD et PEHD.

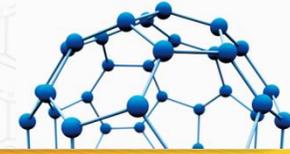
Abaisse l'étirage en charge de PE et PP.

Température de service: entre 0 ° C et 100 ° C

Plus résistant à la traction de PE et PP

PB ajouté à d'autres plastiques (PE, PP y PS) en des quantités de 1 à 5% pour améliorer la résistance au choc.

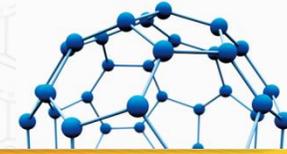




Applications:

Tubes de chauffage de plancher fabriqué par extrusion (chauffage par le sol).



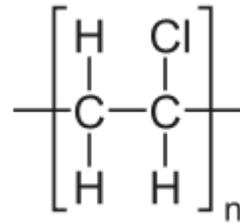


PVC

Polychlorure de vinyle (PVC)

Le PVC est un thermoplastique amorphe, avec des groupes désordonnés et chlorés latéraux (atactique) et le niveau de ramification faible.

Structure:



Le poly(chlorure de vinyle) (PVC) est obtenu par polymérisation du chlorure de vinyle monomère.

Le monomère est obtenu par réaction de deux composants naturels : le chlorure de sodium ou du sel (NaCl) (57%) et (43%) et l'éthylène provenant du pétrole ou de gaz naturel.



PVC

Polychlorure de vinyle (PVC)

La synthèse est réalisée par voie radicalaire au moyen d'initiateurs appropriés. La découverte a été depuis 1835.

Ils existent plusieurs procédés de polymérisation de chlorure de vinyle monomère : en suspension, en masse, en émulsion, en micro-suspension.

INDICE DE VISCOSITE

C'est une grandeur qui est calculé à partir de la mesure de la viscosité relative à 25 °C d'une solution de PVC de concentration déterminée (0,5 % en masse) dans la cyclohexanone.

La valeur K (K-wert) indique sur la masse moléculaire moyenne d'une résine PVC.

Lorsque le K-wert augmente, la résilience, la stabilité dimensionnelle à chaud et la résistance au fluage augmentent



Types de PVC selon sa morphologie et de la synthèse :

Type de PVC	Taille particule	Présence impuretés	Hygroscopicité	Observations
PVC-E (émulsion)	[0.1 – 0.2] μm	Haute (>1.6%)	Haute	Très bonne absorption des plastifiants.
PVC-S (suspension)	[0.02 – 0.2] mm	Intermédiaire (<0.1%)	Intermédiaire	PVC semi-rigide ou plastifié avec bonnes propriétés mécaniques, optiques et électriques.
PVC-M (mass)	[0.06 – 0.75] mm	Basse (<0.01%)	Basse	PVC avec meilleures propriétés mécaniques, optiques et électriques.



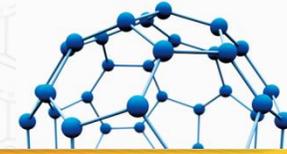
PVC

Copolymérisation

La polymérisation simultanée de monomères différents conduit à l'obtention de copolymères.

Le plus répandu est le poly(chlorure de vinyle/acétate de vinyle) ou VC/VAC, caractérisé par une chaîne linéaire constituée à partir de molécules de chlorure de vinyle et de molécules d'acétate de vinyle se succédant au hasard pour former un **copolymère statistique**.

Par copolymérisation, on peut aussi obtenir des copolymères greffés de chlorure de vinyle et d'éthylène acétate de vinyle (VC/EVA).



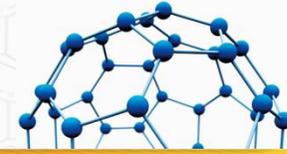
PVC

Chloration

La chloration donne du PVC à haut teneur en chlore (69%). L'intérêt principal de la fabrication du PVC chloré ou CPVC est l'amélioration de sa résistance chimique.

Cette propriété est mise à profit pour la fabrication de :

- tuyaux et raccords pour le transport de fluides chauds et le chauffage central,
- fibres textiles (chlorofibres).



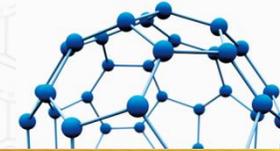
PVC

Mélange du PVC

Les résines de poly(chlorure de vinyle) ne sont jamais utilisées telles quelles.

Pour être mises en œuvre correctement, elles nécessitent d'être formulées, c'est-à-dire de recevoir l'ajout d'adjuvants qui vont d'une part éviter une décomposition du polymère et d'autre part assurer un bon écoulement dans les appareils de transformation.

D'autres adjuvants vont être incorporés pour obtenir des propriétés particulières de l'objet fini telles que souplesse, coloration...



PVC

Mélange du PVC

Cet ensemble donne naissance à une composition vinylique appelée « compound » en anglais. Selon la présence de plastifiants ou pas, on obtient un mélange plastifié PVC-P ou non plastifié PVC-U.

L'homogénéisation de ces ingrédients avec le PVC (appelée aussi gélification) est réalisée au cours d'un traitement thermomécanique qui permet de fabriquer des mélanges prêts à l'emploi se présentant sous forme de :

- poudres sèches,
- granulés,
- pâtes ;



PVC

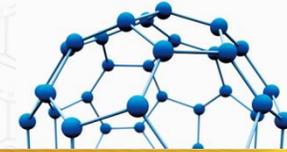
Mélange du PVC

Pour assurer une homogénéisation correcte des adjuvants liquides et solides répartis sur les grains de PVC, on utilise des mélangeurs.

Deux types sont couramment employés :

— **les mélangeurs rapides** : la grande vitesse de rotation des pales assure une excellente dispersion des ingrédients ;

la poudre ainsi obtenue présente de bonnes propriétés d'écoulement qui permettent d'alimenter directement les machines de production (fabrication de tubes, de raccords...) ;



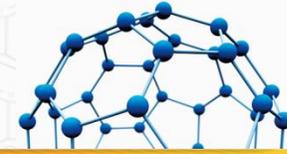
PVC

Mélange du PVC

— **les mélangeurs lents** ; il sont employés pour alimenter des machines de calandrage ou de production de granulés. Ils sont caractérisés par leur plus grande capacité de mélangeage, leur faible consommation d'énergie d'agitation et leur simplicité de conception.

Une **unité de granulation** qui se compose généralement :

- d'une extrudeuse ou d'un comalaxeur interne dans lequel la poudre se transforme progressivement en une masse plastique visqueuse sous les effets combinés de la chaleur et de cisaillements mécaniques
- d'une granulatrice équipée d'une filière plate ou à trous et d'un système de coupe qui transforme la masse plastique (fondue ou refroidie préalablement) en granulés de forme cylindrique ou cubique.



PVC

Plastisols

Ce sont des pâtes de PVC constituées par des suspensions, dans des plastifiants organiques, de particules de PVC de faibles dimensions (0,1 à 3 μm) préparées par les procédés en émulsion ou en microsuspension.

Dans ces pâtes, on peut incorporer des stabilisants, charges, pigments, colorants, agents gonflants voire même des qualités spéciales de PVC fabriquées en Suspension appelées « extenders ».

La préparation de ces plastisols est réalisée dans des mélangeurs lents ou rapides.

On fabrique des produits gonflables tels que ballons et produits pour la plage



Types de PVC selon ses propriétés:

PVC rigide (PVC-U):

Dureté thermoplastique et avec haute résistance aux chocs.

Bonne résistance chimique aux acides et substances basiques.

Haute sensibilité thermique. Il est nécessaire d'utiliser des stabilisants thermiques pour la transformation.

Il est utilisé comme isolant électrique (revêtement de câbles), tuyaux, volets et fenêtres, et équipements de l'industrie chimique et la construction.



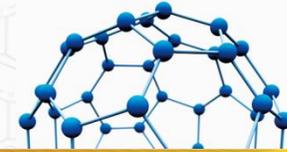
PVC Plastifié (PVC-P)

On augmente la plastification des thermoplastique à l'aide de plastifiants.

Il est possible d'ajouter des stabilisants thermiques et de charge minérale (carbonate de calcium).

Il est utilisé comme isolant des fils, des feuilles décoratives, cuir non-naturel (sky), surface de la route synthétique ...





Autres types de PVC:

High Impact PVC (PVC-HI)

Copolymérisation d'un greffon PVC donnant un meilleur comportement à l'impact.

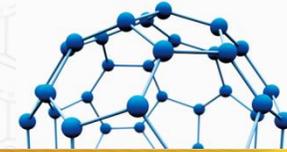
Les propriétés finales dépendront de la composante élastique:

- Polyéthylène chloré (PE-C)**
- Ethylène acétate de vinyle (EVA) → une plus grande résistance aux chocs**

PVC chloré (PVC-C)

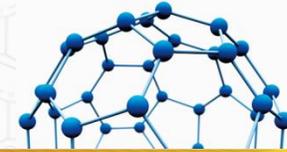
Plus grande résistance mécanique et la dureté.

Résistance à la déformation thermique → il peut être utilisé jusqu'à 100 ° C en continu



Propriétés

Propriété	PVC-U	PVC-HI	PVC-C	PVC-P
Résistance mécanique	Haute	intermédiaire	Très haute	Basse
Résistance au choc	Basse	Très haute	Basse	Haute
Température de service	[60 – 86] °C	[60 – 80]°C	100 °C	[50 – 70] °C



PVC

Formulation

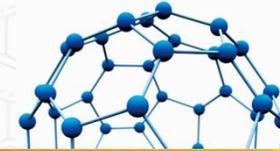
Stabilisants

Sous l'effet de la chaleur, de la lumière et de l'oxygène, les molécules de PVC se dégradent avec départ de chlorure d'hydrogène qui catalyse lui-même la réaction (réaction autocatalytique).

Le rôle de la stabilisation est double :

- fixer le chlorure d'hydrogène libéré pour empêcher la réaction autocatalytique ;
- réagir sur les liaisons insaturées.

L'efficacité des stabilisants dépend de leur nature chimique et de leur mode d'action ainsi que de leur association provoquant souvent un effet de synergie



PVC

Formulation

Stabilisants

Selon leur nature chimique, les principaux stabilisants sont à base de :

- **calcium/zinc**, fréquemment associés à d'autres stabilisants d'origine soit minérale (magnésium, aluminium), soit organique (polyol) ; leur principale application concerne l'emballage de produits alimentaires ;
- composés organiques et stabilisants secondaires ; certains produits ont une action qui renforce celle du stabilisant primaire en créant un effet de synergie. C'est le cas de l'huile de soja époxydée.
- **plomb** utilisé principalement pour la fabrication de tuyaux et profilés rigides pour le bâtiment et d'isolants de câbles électriques ;



PVC

Formulation

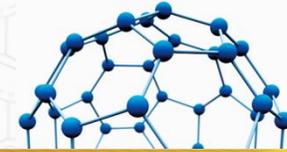
Stabilisants

— baryum/cadmium ; leur emploi est de plus en plus limité voire supprimé dans certains pays européens ; ils présentent une très

bonne résistance chimique aux températures élevées et confèrent au PVC une excellente stabilité dans le temps

— **étain** pour la production d'emballages et d'objets nécessitant une bonne tenue aux intempéries ;

Selon les pays, la législation peut limiter l'emploi de certains additifs.



PVC

Formulation

Lubrifiants

La mise en œuvre du PVC à température élevée fait intervenir des forces de frottement entre le polymère et les parois métalliques des machines de transformation et entre les grains ou les macromolécules du polymère lui-même.

Le rôle du lubrifiant est donc de maîtriser et régulariser ces forces de frottement.

Ils existent deux types de lubrifiants :



PVC

Formulation

Lubrifiants

— **externes** : leur action vise à combattre les frottements sur les parois métalliques des outillages en facilitant le glissement de la matière plastique et en évitant les collages sur ceux-ci ; ils sont peu compatibles avec le polymère ; on utilise généralement des paraffines (paraffines chlorés, wax) et des cires de polyéthylène ;

— **internes** : leur action consiste à réduire les frottements intermoléculaires qui provoquent l'échauffement du polymère et risquent d'entraîner sa dégradation thermique ;

Ces lubrifiants compatibles avec le PVC, sont utilisés pour éviter toute migration hors du polymère. Ils sont des dérivés des alcools et esters d'acides gras, souvent de l'acide stéarique.



PVC

Formulation

Plasifiants

Le rôle du plastifiant est de diminuer les forces de liaisons entre les différentes chaînes moléculaires du polymère.

Cela permet d'abaisser la température de transition vitreuse du PVC (78 °C pour le PVC pur) et d'obtenir un comportement souple et une meilleure résistance au choc à température ambiante.

On distingue 2 grandes familles de plastifiants :



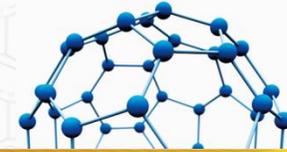
PVC

Formulation

Plasifiants

- a) **primaires** : ils ont un fort effet plastifiant qui permet de les utiliser seuls ; on trouve des esters phtaliques (dioctyle, dibutyle...), phosphoriques, de diacides linéaires dérivés de l'acide dicarboxylique ; ils ont en général un bon pouvoir gélifiant.

- b) **secondaires** : ils sont constitués de plastifiants polymères. Ces produits qui sont peu volatils résistent bien à la migration. On trouve également des paraffines chlorées qui présentent l'avantage d'améliorer le comportement au feu du PVC plastifié.



PVC

Formulation

Charges

Ce sont des substances inertes, minérales en général qui sont incorporées dans les mélanges pour modifier certaines propriétés (mécaniques, électriques, thermiques), améliorer l'aspect de surface ou réduire le prix de revient des produits finis.

Les plus utilisées sont :

- les carbonates de calcium, naturels ou précipités (les plus utilisés),
- les kaolins calcinés (améliorent la résistance aux rayures),
- le talc,
- craies (jusqu'à 50%),
- le sulfate de baryum,
- les oxydes métalliques (ex. trioxyde d'antimoine 5 à 10% combiné avec paraffine chlorée donne PVC souple difficilement inflammable)



PVC

Formulation

Colorants et pigments

Ajoutés à faibles doses en général, ces adjuvants permettent d'obtenir une gamme de coloris très étendue.

Ils se classent en plusieurs catégories :

— colorants organiques de type azoïque, anthraquinonique solubles dans le polymère et formant avec celui-ci une phase

homogène ;

— pigments minéraux (oxydes de titane, de fer, de chrome, de manganèse, de cobalt...) ;

— composés organométalliques (phtalocyanine de cuivre...) ;

— noirs de carbone ;

— pigments métallisés.

Contrairement aux colorants, les pigments sont insolubles dans le polymère et se retrouvent sous forme de suspension de particules dans le produit fini.



PVC

Formulation

Agents antichocs

Ils sont destinés à améliorer la résistance aux chocs du PVC en particulier à basse température. Ce sont généralement des polymères et des copolymères de types :

- polyéthylènes chlorés,
- polyacrylates,
- copolymères MBS ou ABS.



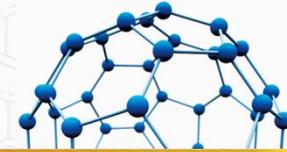
PVC

Formulation

Autres adjuvants

Pour répondre certaines application et afin de répondre à des exigences particulières, on peut incorporer au PVC des produits tels que des agents :

- antistatiques,
- fongicides,
- gonflants,
- protecteurs contre le rayonnement solaire (anti-UV),
- processing-aids pour améliorer la gélification du mélange prêt à l'emploi.



PVC

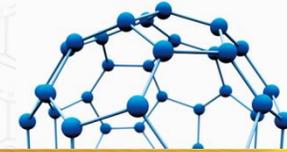
Procédés de transformation

Les compositions vinyliques préparées peuvent être mises en œuvre par toutes les techniques applicables aux matières thermoplastiques. Ce sont principalement :

- l'extrusion :
- l'extrusion-soufflage,
- le calandrage,
- l'injection-soufflage,
- le thermoformage,
- le revêtement par poudrage.

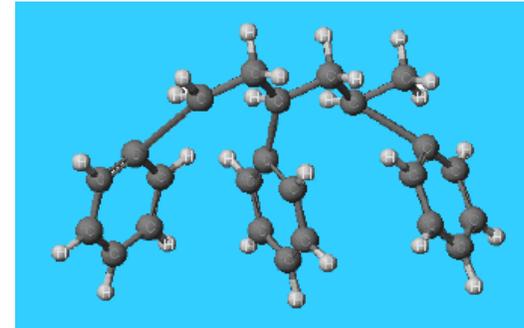
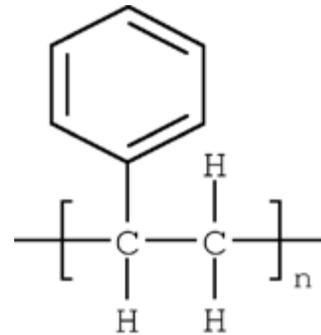
Dans le cas des compositions sous forme de plastisols , les mises en œuvre se font par :

- enduction,
- trempage,
- pistolage,
- extrusion,
- moulage par rotation.



Polystyrène PS

Polystyrène : obtenu par la polymérisation du styrène.



Propriétés:

Gamme intermédiaire de la résistance mécanique / force

Grande rigidité

Gamme intermédiaire de dureté / ténacité

Faible résistance aux chocs

Température de service entre 60-70 ° C

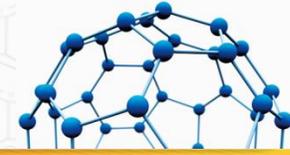
Transparent, amorphe

Faible absorption d'eau



Polystyrènes modifiés

Modification	Monomère ou polymère utilisé	Désignation
Copolymérisation	<p>Le styrène et d'acrylonitrile</p> <p>Styrène avec le butadiène caoutchouc</p> <p>Styrène et de l'acrylonitrile avec caoutchouc EPDM</p>	<p>SAN</p> <p>S/B</p> <p>A/EPDM/S</p>
Mélange	<p>Styrène / acrylonitrile avec greffe polybutadiène</p> <p>Styrène / acrylonitrile avec du caoutchouc acrylique</p> <p>ABS avec du poly (chlorure de vinyle)</p> <p>ABS avec le polyméthacrylate de méthyle</p> <p>ABS avec du polycarbonate</p>	<p>ABS</p> <p>ASA</p> <p>ABS + PVC</p> <p>ABS + PMMA</p> <p>ABS + PC</p>



SAN

Transparent, amorphe et facile à traiter.

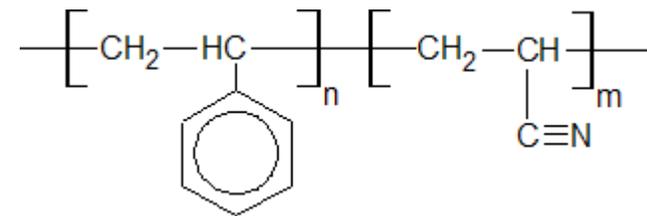
**Meilleures propriétés mécaniques : résistance au choc, résistance à la traction et à la flexion.
Caractéristiques fournies par l'acrylonitrile.**

Résistant aux produits chimiques pour les huiles, les graisses, le formaldéhyde, l'essence et HCl.

Brillance de surface élevée.

Très faible absorption d'eau.

Très bonne résistance thermique.



applications:

Applications ménagers: machine à café, mixeur.

Conditionnement des aliments: agit comme matériau barrière à l'humidité et de CO₂.

Emballage cosmétique et pharmaceutique.

Dispositifs médicaux à usage unique (ex. appareils de dialyse).





Acrylonitrile-butadiène-styrène ABS:

Mise en œuvre facile, coloration, peinture, métallisation, soudabilité

Bonnes propriétés mécaniques :

Résistance au choc, à l'abrasion, à la fissuration sous contrainte,

Rigidité

Aspect de surface exceptionnel, dur et brillant

Stabilité dimensionnelle

Non-toxicité, alimentarité

Résistance moyenne à la température d'utilisation jusqu'à 100-110°C



Propriétés:

L'Acrylonitrile fournit:

résistance thermique

Résistance chimique

La résistance à la fatigue

Robustesse et rigidité

Le Butadiène fournit:

Ductilité à basse température

Résistance aux chocs



Le Styrène fournit :

Bonne aptitude au traitement (flux)

Brillance

Robustesse et rigidité



Applications:

Automobile : intérieur et extérieur parties: radiateur, vue boîtier du rétroviseur, phare, pièces intérieures chromées.

Appareils ménagers: logement des appareils électriques que sèche-cheveux, télévision, aspirateur, radio, etc.

Logement des ordinateurs et des téléphones.





Limites d'emploi:

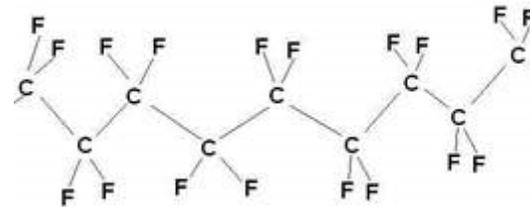
- Opacité
- Mauvaise résistance au vieillissement à l'extérieur, à moins d'une protection appropriée
- Mauvaise résistance au feu, pouvant être améliorée, avec des adjuvants
- Electrostaticité, pouvant être réduite avec des agents appropriés
- Résistance chimique moyenne.



Plastiques fluorés

Polytetrafluoro-éthylène (PTFE ou Teflon[®])

Structure:



Propriétés:

Polymère semi-cristallin

Faible résistance mécanique, polymère fragile.

Chimiquement inerte en raison liaison C-F.

Comportement d'adhérence faible (très non polaire).

Isolation thermique élevée. Plage de température: [-200 à 250 ° C].

Non combustible.



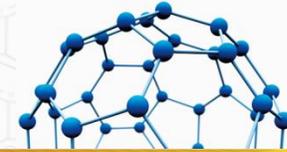
Application:

Grâce à sa force non-adhésive élevée et son comportement neutre envers les produits chimiques, il est possible de fabriquer :

Pompes, vannes et équipements en contact aux agents corrosifs.

Revêtements antiadhésifs.

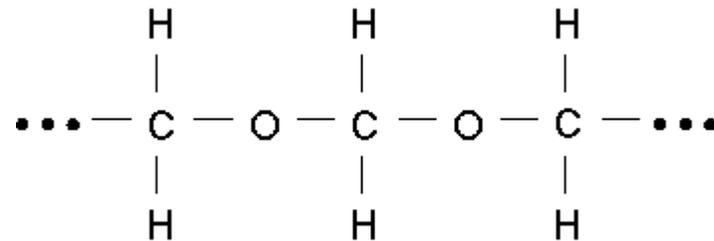




Thermoplastiques Ether

Poly-oxyde de méthylène, connu comme poly acétals (POM):

Structure:



Propriétés:

Thermoplastique semi-cristallin, faible polarité.

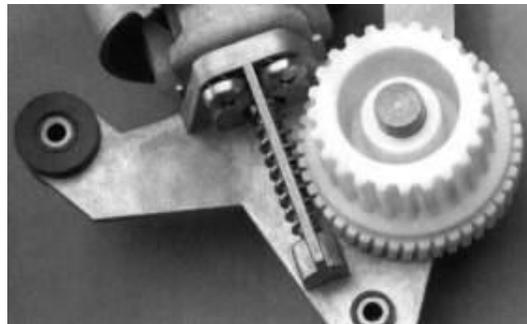
Haute résistance mécanique. Il est utilisé dans des applications qui nécessitent une grande stabilité dimensionnelle.

Températures en service continu comprises entre -40 et 85 ° C.



Applications:

- Pièces avec dimensions de faibles tolérances
- Pièces de haute précision pour les téléphones, radios, TV, montres.
- Automobile: les composants de transmission à crémaillère et autres.
- Autres: vis, charnières, cintre, les dépôts légers, prothèse de main.

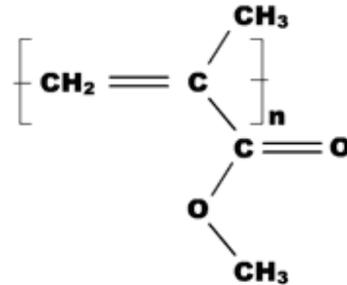




Polyesters saturés

Poly méthacrylate de méthyle (PMMA):

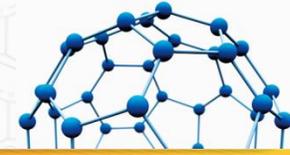
Structure:



Propriétés:

Thermoplastique amorphe.

Propriétés mécaniques élevées, la dureté et excellente brillance.



Applications:

Construction:

La porte intérieure, terrasses couvertes transparentes et vérandas.

Plafonds, puits de lumière, les armoires et les comptoirs.

Protection contre les installations et machines industrielles.

Modèles pour l'architecture et l'ingénierie.

Décoratif:

Tables, lampes, murs et meubles en général.

Poignées de porte, cadeaux, porte en verre





Lumière:

Des enseignes au néon, feux de circulation

Éclairage, diffuseurs et des panneaux de plafond, le plafond et les colonnes d'éclairage ...

Médical:

Incubateurs, des fenêtres dans les chambres de pression, tables d'opération, appareils de respiration contrôlée, des conteneurs spéciaux.

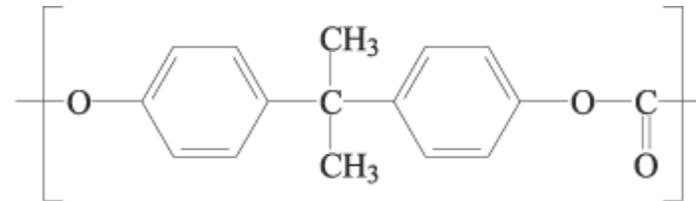
Optique:

Lunettes, lunettes de soleil, écran solaire et photographique



Polycarbonate (PC)

Structure:



Propriétés:

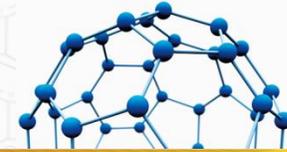
Amorphe thermoplastique et polaire.

Matériau dur et résistant aux chocs.

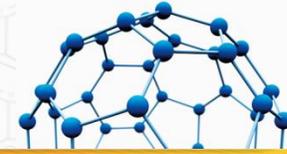
Transparent.

Il est très utilisé avec modification par fibre de verre.

En outre, il y a des mélanges très habituels basés sur PC + ABS. Les propriétés mécaniques sont similaires aux PC pour réduire le prix.



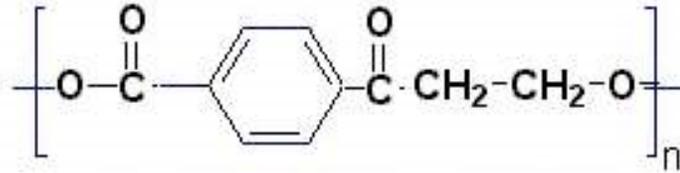
Propriété	PC	PMMA
Transparence	Bonne	Meilleure
Rigidité	similaire	similaire
Résistance à la rayure	Plutôt mauvaise	Plutôt bonne
Vieillessement	Plus mauvaise	Meilleure
Résistance au choc	Plus bonne	Plus mauvaise
Stabilité thermique	Meilleure	Plus mauvaise
Résistance aux agents chimiques	Haute résistance	Sensible
Prix	similaire	similaire



Polyesters saturés (PET, PBT)

Polyéthylène téréphtalate (PET)

Structure:



Transparence et brillance.

D'excellentes propriétés mécaniques.

Barrière aux gaz.

Traitement complexe à cause de l'absorption d'eau. Il est le polymère le plus recyclé.

Poids faible.

types: PET-C: cristallin , PET-A : amorphe



Applications :

Étuis à cosmétiques, les produits pharmaceutiques et les emballages alimentaires.



Emballage résistant au gel et traitement autoclave.

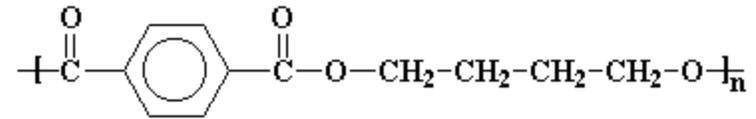
Fibres textiles.





Polybutylène téréphtalate (PBT)

Structure:



Propriétés mécaniques inférieures et résistance au choc que le PET cristallin.

La dilatation thermique inférieur à celui du PET.

L'absorption d'eau de moins de PET.

Une meilleure isolation électrique que le PET.

applications:

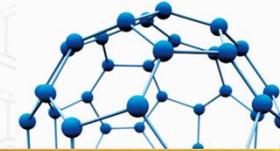
Applications similaires au PET.



Polyamides PA

Les monomères sont à la base des groupements chimiques suivants:

1. Amide → polyamide (PA)
 - aliphatiques
 - aromatique
2. Imide → POLYIMIDE (PI)
3. Groupes nitrile → poly acrylonitrile (PAN)



1. Polyamides aliphatiques (PA)

Les polyamides aliphatiques sont les plus utilisés dans l'industrie.

Ils sont obtenus par polycondensation d'un acide carboxylique et d'une diamine.

La nomenclature est fonction du nombre de carbone de chaque chaîne hydrocarbonée.

Premier nombre correspond au nombre de carbone de la diamine, tandis que le second de l'acide dicarboxylique.

Très bonnes propriétés mécaniques et résistance à l'usure.

Température d'utilisation autour de 120 ° C.

Très sensible à l'humidité (hygroscopique).



Les PA ont une résistance mécanique élevée, raideur intermédiaire (amélioré avec de la fibre de verre), une faible dureté, résistance aux chocs élevée et une bonne résistance à l'usure.

Continue de travail températures gamme s'échelonne de -30 ° C (PA 11 et 12: -70 ° C) jusqu'à ce que 70-80 ° C (avec stabilisateurs jusqu'à 135 ° C et PA 4-6 jusqu'à 160 ° C).

Avec des fibres de verre, il est possible d'augmenter la température maximale. Les polyamides présentent une dilatation thermique élevée

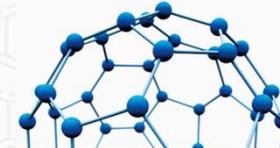


Les propriétés physiques dépendent des facteurs suivants:

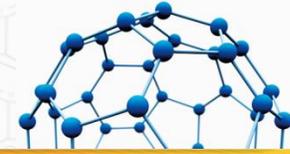
La teneur en eau, qui peut varier en fonction des conditions de travail de la pièce finale.

Degré de cristallisation, en fonction des conditions de traitement et la structure chimique.

Les additifs, comme les plastifiants, les fibres, les sphères de verre, les charges minérales en poudre, les fibres de carbone, de graphite ou de bisulfure de molybdène



Nom	Désignation	Polymérisation	Structure
Polyamide 6	PA6	Polyaddition	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{H} \\ \parallel \quad \\ -\text{C}-\text{(CH}_2\text{)}_5-\text{N}- \end{array}$
Polyamide 11	PA11	Polycondensation	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{H} \\ \parallel \quad \\ -\text{C}-\text{(CH}_2\text{)}_{10}-\text{N}- \end{array}$
Polyamide 12	PA12	Polyaddition	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{H} \\ \parallel \quad \\ -\text{C}-\text{(CH}_2\text{)}_{11}-\text{N}- \end{array}$
Polyamide 6-6	PA6-6	Polycondensation	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{O} \quad \text{O} \\ \quad \quad \parallel \quad \parallel \\ -\text{N}-\text{(CH}_2\text{)}_6-\text{N}-\text{C}-\text{(CH}_2\text{)}_4-\text{C}- \end{array}$
Polyamide 4-6	PA4-6	Polycondensation	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{O} \quad \text{O} \\ \quad \quad \parallel \quad \parallel \\ -\text{N}-\text{(CH}_2\text{)}_4-\text{N}-\text{C}-\text{(CH}_2\text{)}_4-\text{C}- \end{array}$



Propriété	PA6	PA6-6	PA11	PA12	PA4-6
Rigidité					
Résistance au choc					
Dilatation thermique					
Isolation électrique					
Barrière au gaz					
Absorption d'eau					



Très bonne



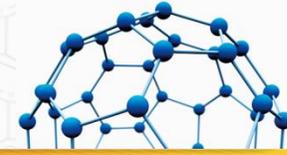
Bonne



Moyenne



Mauvaise



Applications:

Les pièces mécaniques:

Pièces mécaniques: engrenages, roulements, vis, rouleaux, ...

Hélice de bateau

Automobile: boîtiers de phare, pédales, ailes, ...

Appareils électriques

Filets et fils de pêche

Réservoirs de gaz de pétrole

Feuilles alimentaires pour précuit

Prothèse





Inconvénients des matières plastiques

Sensibilité à haute température.

Écart limité de températures de fonctionnement.

Comportement fragile à des basses températures et des propriétés molles ou brûlure (inflammation) à des températures élevées.

Faible résistance au rayonnement UV et d'autres effets météorologiques.

Combustible.

Mémoire rhéologique.

Perméabilité aux arômes et au gaz.

→ On utilise des additifs pour remédier à ces inconvénients.



Modifications apportées aux matières plastiques

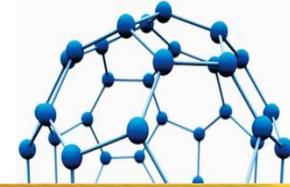
Pour rejoindre les propriétés recherchées de la matière plastique, on y ajoute des additifs

Matière plastique = polymère brut (résine de base) +
additifs (charges, renforts, etc.) + **adjuvants**
(plastifiants, stabilisants, colorants, + **autres**)



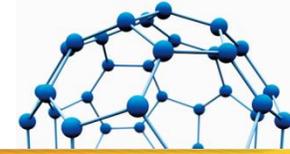
Les additifs et les adjuvants

On appelle adjuvants, des substances mélangées physiquement aux polymères, destinées à modifier ou améliorer leur comportement rhéologique en machine de transformation, ou bien les propriétés d'usage des matériaux finis (propriétés physiques, stabilité à l'environnement, etc.).



Les adjuvants sont des composés organiques, organométalliques, souvent de faible masse moléculaire par rapport à celle du polymère, utilisés en faible concentration.

On réserve le nom de charges à des produits (généralement minéraux) utilisés en forte concentration qui ont pour effet principal de modifier les propriétés physiques du produit fini.



Les adjuvants peuvent être:

**plastifiants, stabilisants, lubrifiants, colorants,
agents antichocs, ignifugeants, antistatiques, biocides..., dont les fonctions
principales sont théoriquement connues, mais dont l'usage doit tenir
compte de nombreuses contraintes d'environnement.**



Fonctions d'un adjuvant

Un adjuvant a une fonction primaire de modifier une propriété d'un polymère, à une concentration bien déterminée.

Un adjuvant peut avoir des effets secondaires suivants :

Effet sur le comportement rhéologique au cours de la mise en œuvre du polymère :

Par exemple, les savons métalliques employés pour la stabilisation thermique du PVC, ont l'effet lubrifiant qui doit être pris en compte pour la mise au point du système de lubrification.



Effets sur les propriétés d'usage des produits finis

Les propriétés d'usage peuvent être modifiées par l'effet secondaire d'un additif.

Par exemple, certains absorbeurs UV sont la cause de colorations parasites qui limitent leur emploi à de faibles concentrations ;



D'autres effets qu'il faut tenir compte pour l'emploi d'adjuvants adéquats :

- **Son comportement physique (compatibilité, dispersion);**
- **Interaction avec d'autres additifs ou adjuvants**
- **Problèmes de toxicité et d'environnement**
- **Problèmes économiques (coût)**



Stabilisants

Ils sont utilisés en petites quantités pour faire face à des agressions particulières.

Dans le cas de la stabilisation du PVC et des polymères chlorés, le stabilisant utilisé contient plusieurs additifs.

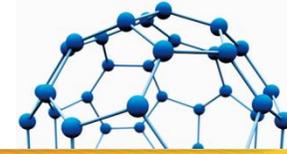


1. Antioxydants

Les antioxydants agissent pour inhiber la cause principale de la dégradation des polymères.

L'oxydation est une réaction en chaîne qui commence par mettre en évidence des radicaux libres.

Les réaction d'oxydation conduisent à la rupture des chaînes moléculaires.



Les antioxydants se distinguent selon leur mode d'action :

Les antioxydants primaires agissant sur les scissions radicalaires;

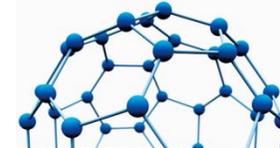
Les antioxydants secondaires agissent pour décomposer les hydro peroxydes.



Antioxydants radicalaires

Dans cette famille, on trouve :

- **Antioxydants phénoliques;**
- **Noir de carbone (coloration noire)**
- **Les amines**



Antioxydants inhibiteurs d'hydro-peroxydes

-Phosphites

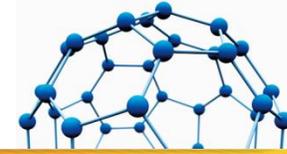
-Thio-esters



2. Les désactiveurs des métaux

Ils sont utilisés dans les domaines des fils et câbles électriques.

Ils sont des composés azotés de type hydrazine, hydrazone, hydrazode, oxamine, oxazole, triazole, etc.



3. Agents anti-UV

La dégradation causée par l'exposition des produits plastiques aux rayonnements UV, est due en fait à l'absorption de l'énergie lumineuse par des groupes chimiques présents soit dans le polymère (structure propre ou irrégularité structurale), soit dans des impuretés.

Il en résulte des scissions et la formation de radicaux libres qui induisent des mécanismes semblables à ceux d'oxydation.



La photo-protection peut être assurée par :

- des absorbeurs UV, substances organiques stables fortement absorbantes dans l'ultraviolet ;**
- des quenchers (extincteurs), substances organiques capables de désactiver les états excités créés par les radiations UV dans les macromolécules;**
- des inhibiteurs radicalaires ;**
- des pigments absorbants ou fortement réfléchissants dans l'ultraviolet ;**
- des revêtements stables (cas des polyesters insaturés).**



Les absorbeurs UV présentent des bandes d'absorption dans le proche UV (autour de 300 nm).

Les agents anti-UV les plus utilisés sont :

- Les hydrobenzophénones;**
- Les benzotriazoles;**
- Autres comme silicates, benzoates, oxalamides, cinnamates, etc.**



3.1 Extincteurs (quenchers)

Ils désactivent les états excités dans le polymère.

Les principaux types sont des complexes de nickel.



3.2 Autres anti-UV

-Inhibiteurs radicalaires : antioxydants

- Certains pigments tels que le dioxyde de titane TiO_2 et le noir de carbone (selon la coloration)



4. Stabilisation du PVC

Le PVC se dégrade sous l'effet de la chaleur lors de la transformation.

Ce qui crée des atomes de chlore labiles (instables).

Les stabilisants du PVC sont de plusieurs familles :

- **Organo-métalliques;**
- **composés mercapto-stanniques (soufrés)**
- **Carboxylates métalliques (stéarates de Pb, stabilisants à l'étain, stabilisants baryum-cadmium, etc.)**



- Stabilisants organiques : utilisés en compléments de stabilisants mixtes (2 métaux).

On trouve :

- Composés époxydés;
- Phosphites organiques;
- Polyols;
- Dicétones;
- Composés aminés;



Fongicides et bactéricides

Dans certaines applications, les polymères sont attaqués par des micro-organismes qui causent des tâches colorées, points noirs, fissuration fragilisation, etc.

Pour inhiber ces effets, on utilise :

- Dérivés du tributylétain ;
- 8-hydroxyquinolate de cuivre ;
- 10, 10'-oxybisphénoxarsine ;
- N-(trichlorométhylthio)phtalimide ;
- N-(fluorodichlorométhylthio)phtalimide.



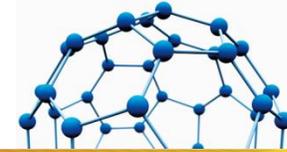
Antistatiques

Ils sont utilisés pour inhiber l'effet de décharge suite à l'accumulation des charges électrostatiques à la surface du polymère, qui pourraient causer incendie, explosion, surtout dans des atmosphères chargées de vapeurs inflammables.



Il y a deux grandes familles :

- **Antistatiques externes : appliqués en surface par trempage ou pulvérisation;**
- **Antistatiques internes: introduits dans le polymère pendant la mise en œuvre.**



Antistatiques externes

- Éthers phosphoriques d'alcools éthoxylés;
- Chlorure d'éthoxylamine quaternaire;

Antistatiques internes :

- Alkylsulfonates
- Amines grasses éthoxylés
- Polyols polyhydroxylés polyéthoxylés



Lubrifiants

Ils sont utilisés pour faciliter la mise en œuvre des polymères fondus à des températures au dessus de leurs T_v et où le fait que leur viscosité baisse ne suffit pas.

On distingue deux types de lubrifiants

- **Lubrifiants externes;**
- **Lubrifiants internes;**

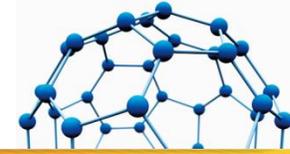


- **Lubrifiant externe : très faiblement soluble dans le polymère et forme une couche protectrice sur la surface métallique des outils de transformation.**
- **Lubrifiant interne : Un lubrifiant interne améliore l'écoulement du polymère fondu dans la machine de transformation en abaissant la viscosité.**



Exemple de lubrifiants :

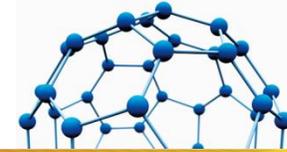
- polymères ;
- hydrocarbures saturés (paraffines) ;
- alcools gras ;
- acides gras ;
- esters de polyols ;
- esters d'acides et d'alcools gras ;
- carboxylates métalliques ;
- amides ;
- silicones.



Renforts

Ils sont de deux types :

- Les renforts polymères
- Les renforts minéraux



Renforts polymères :

- Polyéthylène chloré (utilisés avec le PVC);
- Copolymères EVA (PE, PP et PVC rigide);
- Copolymères acryliques :poly-MBS,Poly-ABS,poly-SAN (PVC opaque et transparent)
- Elastomères : EPD, EPDM (PP et PA)



Renforts minéraux : ils sont utilisés pour modifier les propriétés physiques des polymères

-Carbonate de calcium,

-Talc,

-Bentonite;

-Silice;

-Craie;

-Etc.



Colorants et pigments

La coloration des polymères est appliquée pour satisfaire certaines exigences : esthétique, technique, signalisation, repérage, etc.

On peut distinguer :

- Colorants : solubles dans les solvants et les substrats;**
- Pigments : insolubles dans les solvants et les substrats;**



Pigments minéraux

On distingue :

- **Dioxyde titane PW6**
- **Jaune de chrome PY34**
- **Titanates de nickel PY53 et de chrome PB24**
- **Oxydes de Fer : $x\text{Fe}_2\text{O}_3$, $y\text{H}_2\text{O}$ Fe_2O_3 Fe_3O_4**
- **Pigments de cadmium : jaune PY35 et PY37, Orange PO20 et Rouge PR108**
- **Orange de Molybdène PO104**
- **Bleus de Cobalt PB28**
- **Bleu outremer PB29**
- **Vert oxydes de chrome PG17**
- **Noirs de carbone PBk7**



Pigments organiques

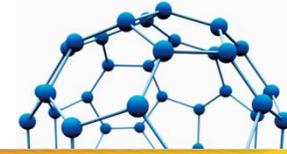
On distingue :

- **Pigments azoïques qui donnent la coloration jaune (PY13, PY14, PY17 et PY83), oranges (PO13 et PO34) et rouges (PR48, PR53 et PR57)**
- **Pigments azoïques modifiés : pigments coûteux**
- **Phtalocyanines : bleus (PB15) et verts (PG36)**



Pigments spéciaux

- **Fluorescents : ils absorbent dans l'UV et le visible. Pigments jaunes, oranges ou rouges de nuances vives**
- **Pigments métalliques et nacrés : paillettes très fines d'Al ou de Cu apportant effet métallisé.**



Colorants solubles

Ils sont surtout utilisés pour colorer les matières plastiques transparentes : polystyrène, polycarbonate, poly(méthacrylate de méthyle).

Ils sont presque tous des dérivés d'antraquinones.



Charges

Utilisées pour apporter des améliorations aux propriétés physiques des polymères ou pour réduire les coûts de la pièce.

Les charges sont de deux natures :

- **Organique**
 - Naturelle;
 - Synthétique;
- **Minérale**



Charge organique naturelle :

- **Farine de bois;**
- **Farine d'écorce de fruits et de noyaux de fruits;**
- **Fibres végétales**
- **Pâte de cellulose**
- **Amidons**

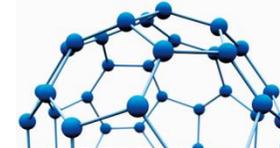
Charge organique synthétique :

- **Polystyrène et résines phénoliques**
- **P-SB**
- **Polymères fluorés finement divisés**
- **Etc.**



Charges minérales :

- Craie
- Carbonates
- Mica;
- Talc;
- Bentonite



MERCI