

Chapitre 0. Nomenclature et classification des polymères

Généralités sur les polymères

Le terme PLASTIQUES désigne communément une famille, toujours plus nombreuse, de produits constitués de macromolécules (ou de polymères) caractérisées par la répétition, un très grand nombre de fois, du même groupe d'atomes appelé motif constitutif. Ce dernier diffère d'un polymère à l'autre et détermine en grande partie les propriétés physiques et thermomécaniques du produit fini (après sa mise en œuvre).

Compte tenu de la grande variété de plastiques utilisés dans les domaines de plus en plus vastes, il nous paraît utile:

- de présenter les règles d'établissement systématique des noms chimiques permettant d'identifier de façon univoque les principaux polymères commercialisés;
- de classer ces derniers par "familles chimiques" de polymères dont la structure, donc les propriétés, sont voisines;
- de donner les formules chimiques correspondant à chacun d'entre eux.

0. Nomenclature des polymères

L'IUPAC (international Union of Pure and Applied Chemistry), suivi par les différents organismes de normalisation à l'échelon national (AFNOR) et international (ISO), a adopté pour les plastiques une nomenclature reflétant **la nature chimique**:

1. soit du monomère de départ dans le cas d'une polymérisation simple,
2. soit du motif unitaire constitutif du polymère, lorsque ce dernier résulte de la polycondensation de deux produits de base distincts.

Des exemples sont donnés ci-après.

0.1. Noms génériques des familles de polymères

Ils sont généralement constitués par le préfixe poly suivi du nom chimique du **groupement fonctionnel** caractérisant:

3. soit tous les **polymères** appartenant à la famille considérée:
par exemple: polyamides, polyesters, polyuréthanes...
4. soit tous les **monomères** de départ conduisant à la famille considérée:
par exemple: polyvinylique, polyoléfines...

dans ce cas, la fonction chimique ainsi désignée est celle ayant réagi lors de la polymérisation et on ne la retrouve évidemment plus dans la formule chimique du polymère obtenu.

Exceptions. Certains noms génériques consacrés par l'usage ne contiennent pas le préfixe poly. Ce sont en général des adjectifs précédés du mot résines, de plus en plus employés de nos jours comme substantifs.

Exemples: cellulosiques, acryliques, époxydes, phénoplastes, aminoplastes, silicones...

0.2 Nomenclature des polymères

0.21 Homopolymères

Le nom d'un polymère est généralement constitué du préfixe **poly** suivi du nom chimique:

5. soit du monomère dans le cas où le polymère résulte d'une simple polymérisation
exemples: polyéthylènes, poly (chlorure de vinyle);

6. soit du motif structural unitaire du polymère lorsque ce dernier résulte de la polyaddition ou de la polycondensation de plusieurs monomères.

exemples: poly (phénylène éther) ou PPE

poly (hexaméthylène adipamide) ou PA 6-6.

La norme ISO 472 (1988) Plastiques. Vocabulaire préconise l'utilisation des **parenthèses** lorsque le nom chimique placé après le préfixe poly est composé de plus d'un mot. Cependant ces parenthèses sont fréquemment omises dans les textes relatifs à la plasturgie et dans les documents techniques et commerciaux courants.

Exceptions: certains noms de polymères ne commencent pas par poly, en particulier:

7. tous les polymères cellulosiques,

8. toutes les résines à base de formaldéhyde (formol): phénoplastes et aminoplastes.

0.22 Copolymères

les noms des copolymères sont constitués du préfixe poly, suivi entre parenthèses, des noms chimiques des monomères donnés dans l'ordre décroissant des fractions massiques ou molaires de ces composants dans le copolymère, chaque monomère étant séparé des autres par une barre oblique.

exemples: poly (styrène/butadiène/acrylonitrile) ou ABS

Remarque. On rencontre souvent dans la littérature technique et technico-commerciale les noms des polymères sans les parenthèses ci-dessus, ou sans les barres obliques indiquant qu'il s'agit de copolymères.

De même, certaines appellations consacrées par l'usage telles que acéto-chlorure de polyvinyle pour poly (chlorure de vinyle/ acétate de vinyle) sont appelées à disparaître avec l'application de la nomenclature adoptée par l'IUPAC et ISO.

0.1. Abréviations normalisées

La France a apporté intégralement en 1989 la norme NF ISO 1043 dont la partie 1 présente la liste des symboles à utiliser pour désigner de façon abrégée les différents polymères de base, à l'exception des polyamides pour lesquels il existe quelques règles particulières précisées dans la norme NF ISO 1874 partie 1.

Ces abréviations normalisées ont été indiquées à côté des noms chimiques des polymères correspondants dans les paragraphes 3 et 4, car certaines d'entre elles sont de plus

en plus utilisées dans le langage parlé et dans les écrits techniques, à la place du nom chimique plus long et plus compliqué. Ainsi, PE, PP et PS tendent à remplacer respectivement polyéthylène, polypropylène et polystyrène. De même, on rencontre de plus en plus souvent PET, PBT, PTFE et surtout PVC. Cette tendance est encore plus marquée en ce qui concerne les copolymères: ABS, SAN, FEP, PEBA, etc.

Notons au passage qu'il ne faudra pas s'étonner si l'ordre des lettres retenu pour ces abréviations ne correspond pas à celui qui laisse prévoir la terminologie française. C'est en effet la désignation anglo-saxonne qui a servi de base pour l'établissement des symboles normalisés au niveau international.

Exemples:

PVC (et non pas PCV) pour poly (chlorure de vinyle)

PVAC (et non pas PACV) pour poly (acétate de vinyle)

Il existe par ailleurs quelques abréviations **non normalisées** (par exemple EVOH, EVA, PPO) qui sont à l'origine la désignation donnée par un producteur à son produit.

0.1. Remarques concernant la nomenclature

Les noms courants des polymères sont de fait établis à partir de l'une ou de l'autre des nomenclatures suivantes:

9. la nomenclature **fondée sur le processus de formation du polymère** qui mentionne le nom du monomère, précédé du préfixe poly non suivi de parenthèses (sauf si le non du monomère est constitué de plusieurs mots).

Exemple 1: polyéthylène $\left(\text{CH}_2 = \text{CH}_2 \right)_n$

Exemple 2: poly (chlorure de vinyle)

10. la nomenclature **fondée sur la structure du polymère**, qui mentionne le **nom chimique de son motif constitutif** (c'est-à-dire la plus petite unité chimique dont la répétition décrit le polymère régulier), précédé du préfix **poly suivi de parenthèses**.

Exemple 3: poly (méthylène) $\text{---}(\text{CH}_2\text{---})_{2n}$

(il s'agit du même polymère que celui déjà nommé dans l'exemple 1)

Exemple 4: poly (paraphénylène téréphtalamide) $\text{---}(\text{NH} \text{---} \text{C}_6\text{H}_4 \text{---} \text{NH} \text{---} \text{C}(=\text{O}) \text{---} \text{C}_6\text{H}_4 \text{---} \text{C}(=\text{O}) \text{---})_n$

plus connu sous le non de "polymère aramide" (kevlar de DuPont ou Twaron d'Akzo)

Exemple 5: poly (hydroxyéthylène) $\text{---} \left[\begin{array}{c} \text{CH} \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \\ | \\ \text{OH} \end{array} \right]_n$

improprement appelé poly (alcool de vinyle) ou PVAL puisqu'il n'est pas obtenu par polymérisation d'alcool vinylique mais par hydrolyse d'acétate de vinyle.

Précisons que l'IUPAC recommande d'utiliser systématiquement dans les publications scientifiques la seconde nomenclature fondée sur la structure, qui permet de désigner n'importe quel polymère régulier, aussi complexe soit-il, dès l'instant où son motif constitutif est identifié.

Dans la pratique courante, la première nomenclature fondée sur le nom chimique du monomère de départ reste encore très utilisée, comme on pourra le constater dans le paragraphe 4.

0.2. Classification

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 **thermorigides** d'autre part, qui ne correspond bien aux réalités industrielles, puisque les **méthodes de mise en œuvre sont différentes** suivant que le produit fini est un matériau thermoplastique (2.1) ou thermorigide (2.2).

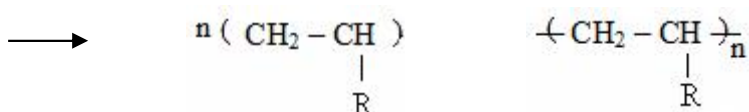
En effet, chacune des deux classes citées ci-avant est caractérisée par un ensemble de propriétés communes, mises à profit lors de la transformation du polymère en objet fini:

11. thermoplasticité pour la première,
12. durcissement chimique irréversible pour la seconde.

0.2.1 Polymères thermoplastiques

Les thermoplastiques ont pour première approximation, constitués par des enchaînements unidimensionnels résultant de l'association de molécules simples (monomères) en **chaînes macromoléculaires linéaires** (éventuellement ramifiées).

L'exemple type est celui des dérivés polyvinyliques



Par chauffage et refroidissement successifs, on peut modifier l'état et la viscosité des matières thermoplastiques, de façon réversible.

Un chauffage progressif provoque la fusion du polymère ou sa transformation en un fluide visqueux qu'il est possible d'injecter dans un moule, ou bien de faire passer à travers une filière ou entre les cylindres d'une calandre. Après refroidissement, le polymère, à la forme voulue, retrouve son état solide initial, soit amorphe (PVC, PS, etc.), soit partiellement cristallin, la cristallinité étant liée à la régularité de la structure ordonnée et aussi à la mobilité des groupes d'atomes constituant les chaînes macromoléculaires.

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.

0.2.2. Polymères 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 formophénolique résultant de la polycondensation du formol et du phénol,
- poly (phtalate de diallyle) obtenu par polymérisation du phtalate et de diallyle.

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

Exemples :

- résines polyesters réticulées avec 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 de 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 œuvre finale.

Le système thermodurcissable initial (poudre à mouler fusible et soluble, résine liquide ou en solution) se transforme chimiquement en un objet fini, infusible et insoluble, thermodurci.

La forme et la rigidité ainsi acquises par la matière pendant la mise en œuvre ne peuvent plus être modifiées par la suite de façon réversible par chauffage, contrairement aux thermoplastiques (2.1).

Remarque: Il est malencontreusement d'usage, dans l'industrie des plastiques, d'utiliser le terme unique matières thermodurcissables pour désigner à la fois:

13. le système réactif initial, fusible et soluble,
14. le produit final mis en forme, infusible et insoluble après durcissement.

0.2.3. Elastomères 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 néanmoins apparaissent dans le paragraphe 4.4 avec leurs formules chimiques car ils entrent dans la composition de certains thermoplastiques pour en améliorer les propriétés de résistance au choc.

Exemples: - poly (butadiène/styrène)
- poly (butadiène/acrylonitrile)

0.2. Familles chimiques

Dans la classification qui suit, les principaux polymères sont classés par familles chimiques, suivant leur importance commerciale décroissante (tonnage produit ou consommé), matières thermoplastiques d'une part, matières thermodurcissables d'autre part.

Chaque famille n'est représentée que par ses composants **les plus utilisés dans l'industrie**. Cette liste n'est donc pas exhaustive, néanmoins elle ne répertorie pas moins d'une centaine de polymères différents (par leur structure donc par leurs propriétés), ce qui montre la grande diversité de ces produits communément désignés par le terme unique PLASTIQUES.

0.2.1. Thermoplastiques

- **Polyoléfines:**
polyéthylène PE
polypropylène PP
poly (éthylène/acétate de vinyle) ou EVA
poly (éthylène/alcool vinylique) ou EVOH
poly (méthyl-4-pentène-1) PMP
- **Polyvinyliques (résines):**
poly (chlorure de vinyle) PVC
poly (alcool vinylique) PVAL
poly (acétate de vinyle) PVAC
poly (chlorure de vinyle) chloré PVC-C
poly (pyrrolidone de vinyle) PVP
poly (chlorure de vinyle/acétate de vinyle) VC/VAC
poly (acétal de vinyle) PVA
poly (butyral de vinyle) PVB
poly (formal de vinyle) PVFM
poly (fluorure de vinyle) PVF
poly (carbazole de vinyle)PVK
- **Polyvinylidéniques (résines)**
poly (chlorure de vinylidène)PVDC

poly (fluorure de vinylidène) PVDF
copolymères PVDC/PVC

- **Polystyréniques** (résines et copolymères):
polystyrène PS
poly (styrène/btadiène) PS/B
poly (styrène/butadiène/acrylonitrile) ABS
poly (styrène/acrylonitrile) SAN
poly (styrène/butadiène/méthacrylate de méthyle) SBMMA
poly (acrylonitrile/styrène/acrylate d'éthyle) ASA
poly (styrène/méthacrylate de méthyle) SMMA
poly -méthylstyrène PMS
- **Acryliques et méthacryliques** (résines)
polyacrylonitrile PAN
poly (acrylate de méthyle)
poly (méthacrylate de méthyle) PMMA
copolymères
- **Polyamides:**
 - **homopolyamides aliphatiques:**
poly (caprolactame) PA6
poly (hexaméthylène adipamide) PA 6-6
poly (hexaméthylène sébaçamide) PA 6-10
poly (lauroamide) PA 12
poly (undécanamide) PA 11
poly (tétraméthylène adipamide) PA 4-6
poly(hexaméthylène azélaamide) ou poly (hexaméthylène nonanediamide)
PA 6-9
poly (hexaméthylène dodécanediamide) PA 6-12
 - **polyamides aliphatiques séquencés ou blocs:**
polyéther-bloc- amides PEBA
 - **polamides semi-aromatiques:**
poly (méthaxylène adipamide) PA MXD-6
poly (hexaméthylène isophthalamide) PA 6-I
 - **polamides aromatiques** ou **aramides** (méta et para):
poly (méthaphénylène isophthalamide) PA MPD-I
poly (paraphénylidène téréphthalamide) PA PPD-T
 - **copolyamides**
- **Polyesters linéaires:**
 - **polytéréphthalates:**
poly (éthylène téréphthalate) PET
poly (butylène téréphthalate) PBT
Ces noms chimiques, extraits de la norme ISO 472 (1988) Plastiques. Vocabulaires ne sont pas rigoureusement corrects.
la nomenclature IUPAC préconise l'emploi de poly (téréphthalate d'éthylène) et poly (téréphthalate de butylène).
 - **polycarbonates:**
- de bisphénol A

- de tétraméthyl-3,3', 5,5'- bisphénol A

- **Polyéthers:**
poly (oxyméthylène) POM et copolymères
poly (oxyéthylène) PEOX
poly (phénylène éther) PPE et copolymères
poly (oxypropylène) PPOX
- **Polyfluoréthènes ou polyfluorés:**
polytétrafluoroéthylène PTFE
polychlorotrifluoroéthylène PCTFE
poly (éthylène/propylène) perfluoré
poly (fluorure de vinylidène) PVDF (*) et copolymères
poly (tétrafluoroéthylène/éthers vinyliques perfluorés) PFA
(perfluoroalcoxy)
poly (fluorure de vinyle) PVF (**)
poly (éthylène/tétrafluoroéthylène)
poly (éthylène/chlorotrifluoroéthylène)
(*) déjà cité dans les polyvinylidéniques.
(**) déjà cité dans les polyvinyliques.
- **Cellulosiques (résines):**
acétate de cellulose CA
acétopropionate de cellulose CAP
acétobutyrate de cellulose CAB
propionate de cellulose CN
cellulose C
éthylcellulose EC
méthylcellulose MC
hydroxyéthylcellulose
carboxyméthylcellulose CMC
- **Poly (arènesulfones):**
polysulfone PSU (*)
polyéthersulfone PES (*)
polyarylsulfone PAS
- **Polysulfures:**
poly (sulfure de phénylène) PPS
- **Poly (aryléthercétone)s:**
poly (éther cétone) ou PEK (*)
poly (éther éther cétone) ou PEEK (*)
poly (éther cétone cétone) ou PEKK (*)
poly (éther éther cétone cétone) ou PEEKK (*)
poly (éther cétone éther cétone cétone) ou PEKEKK (*)
- **Polyamide-imide (*) PAI**
- **Polyamides linéaires PI (*)**

- **polyétherimides PEI (*)**
- **polybenzimidazoles linéaires PBI (*)**
(* Ces noms pseudo-choimiques, attribués à l'origine par les producteurs, ne rendent pas compte de la **structure aromatique** de ces polymères.
- **Poly (indiène/coumarone)**
- **Poly (paraxylène) PPX**

0.2.2 Matières thermodurcissables

Aminoplastes: urée-formol UF

mélamine-formol MF

mélamine/phénol-formol

mélamine-formol/polyesters

mélamine/urée-formol

Polyuréthanes PUR

Polyesters insaturés UP

Phénoplastes ou résines formophénoliques: phénol-formol PF

crésol-formol CF

résorcine-formol

Silicones SI ou polysiloxanes

Résines époxydes EP

Résines allyliques: poly (phtalate de diallyle) PDAP

poly (carbonate d'allyldiglycol)

poly (cyanurate de triallyle)

Résines époxy vinylesters ou vinylesters

Alkydes: résines glycérophtaliques

Polyurées

Polyisocyanurate

Poly (bismaléimide)

Polybenzimidazoles

Polydicyclopentadiène