

## Polysulfone PSU - PESU - PPSU

### Présentation du polymère

Les polysulfones constituent une famille de polymères thermoplastiques caractérisés par la présence de groupe  $-SO_2-$  dans la macromolécule. Ils sont obtenus par polycondensation. Cette famille regroupe le polysulfone (PSU), le polyéthersulfone (PESU) et le polyphénylsulfone (PPSU).

Ce sont des résines amorphes, transparentes avec une teinte jaune.

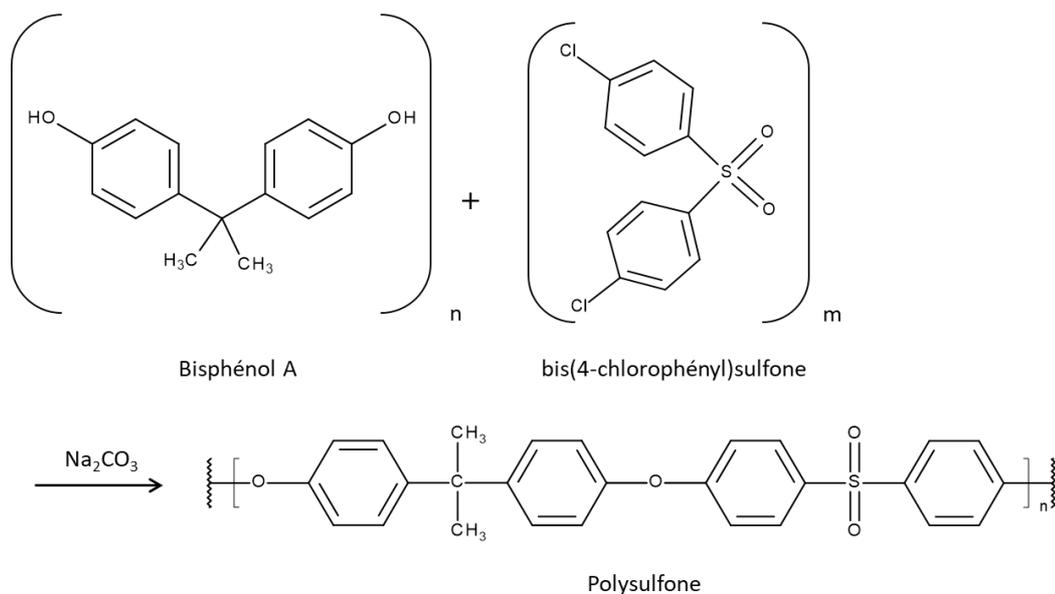
Les polysulfones possèdent une bonne tenue sur une large plage de températures. La résistance en température va en augmentant entre le PSU, le PESU et le PPSU. Ils possèdent également une bonne tenue au fluage, une bonne résistance chimique et une bonne tenue à l'hydrolyse. Ce sont de très bons isolants électriques.

Numéro CAS \_\_\_\_\_ 25135-51-7

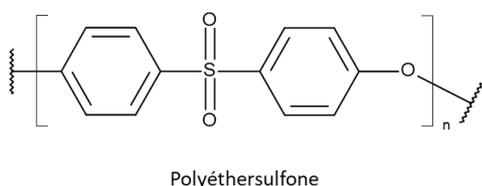
Famille du polymère \_\_\_\_\_ Polysulfones

### Synthèse

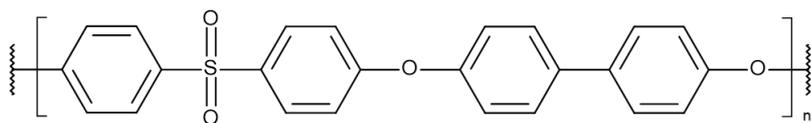
#### Formule développée n°1



#### Formule développée n°2



#### Formule développée n°3



Polyphénylsulfone

## Caractéristiques

### Propriétés physico-chimiques

[1 à 3 - 9 - 10 - 12]

Température de transition vitreuse (°C) \_\_\_\_\_ 190 pour le PSU à 220 pour PESU et PPSU

### Solubilité

- Diméthylformamide
- N-méthylpyrrolidone
- Solvants chlorés

### Stabilité

Le polysulfone a une bonne stabilité dimensionnelle. Il résiste aux acides, aux bases, aux huiles et aux graisses ainsi qu'à l'eau bouillante. Cependant, il peut être attaqué par les solvants organiques polaires et les solvants aromatiques.

### Additifs

| Classe de l'additif | Nom de l'additif |
|---------------------|------------------|
| Charges             | Noir de carbone  |
| Charges             | Fibres de verre  |

### Mise en oeuvre

#### Utilisation des polymères

Ils sont utilisés dans le domaine électrotechnique (noyaux de bobinage, circuits imprimés...), en chirurgie (instruments, luminaires de bloc, boîtes de stérilisation...), en automobile (fusibles, phares de lampes...).

#### Solvants intervenant dans les procédés

La solubilité des polysulfones dans la N-méthylpyrrolidone et le diméthylformamide permet la fabrication de vernis et l'obtention de solutions de polymère qui donnent des films réalisés par coulée.

#### Procédés mis en oeuvre

Il est indispensable de sécher au préalable les poudres et granulés de polysulfones, car l'eau absorbée influence défavorablement la qualité des pièces moulées et leur stabilité thermique. L'étuvage doit se faire à 120°C, pendant au moins cinq heures, et il est préférable que les appareils de moulage soient munis d'une trémie chauffante.

Les PSU et PESU peuvent être transformés par toutes les techniques spécifiques aux thermoplastiques.

La mise en oeuvre des polyphénylsulfones requiert des conditions particulières en raison de leur point de ramollissement élevé et de leur haute viscosité à l'état fondu. Certaines modifications des machines de transformation sont parfois nécessaires.

| Procédé    | Gamme de température (°C) | Informations complémentaires  |
|------------|---------------------------|---|
| Assemblage |                           | L'assemblage peut être réalisé par soudage par ultrasons ou par collage à l'aide d'un solvant (diméthylformamide, n-méthyl-2-pyrrolidone) ou d'une résine époxy ou polyuréthane.  |
| Usinage    |                           | L'usinage des polysulfones peut se faire par des procédés classiques. Les procédés usuels de métallisation sous vide leur sont applicables, ainsi que ceux de galvanoplastie après avoir rendu la surface conductrice par une métallisation chimique.                                 |
| Extrusion  | 230 à 390                 | Pour les PSU et PESU, il est possible d'extruder des films, feuilles, profilés, joncs et tubes pouvant ensuite être transformés en produits finis par thermoformage sous vide.<br>Pour les PPSU, la matière doit avoir une température de 230 à 390°C pour être moulée par extrusion. |

|                   |           |   |
|-------------------|-----------|---|
|                   |           | Les pièces chaudes nécessitent un refroidissement progressif et dans certains cas une recuisson pour diminuer les contraintes internes.   |
| Injection-moulage | 320 à 410 | Pour les PSU et PESU, les températures sont de l'ordre de 320-390°C. Pour les PPSU, les conditions de mise en œuvre sont différentes, pour l'injection la matière doit être à une température de 370 à 410°C et à des pressions très élevées. |
| Moulage           | 400       | C'est à cette température que les polysulfones peuvent être moulés par compression.   |

## Risques chimiques

### Risques spécifiques liés au polymère

[4 à 5 - 8 -11]

Le polymère ne présente pas de risque toxicologique particulier à température ambiante. S'il est manipulé sous forme pulvérulente, l'inhalation de poussières même inertes, peut entraîner une surcharge pulmonaire.

Le bisphénol A (BPA) ( **FT-279**<sup>1</sup>), monomère de certains polysulfones, est classé toxique pour la reproduction de catégorie 1B notamment. Le BPA a été inclus comme substance très préoccupante au titre de ses propriétés "perturbateur endocrinien" pour la santé humaine et l'environnement.

<sup>1</sup> [http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX\\_279](http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_279)

Les solvants utilisés pour la mise en oeuvre comportent certains risques : La N-méthylpyrrolidone ( **FT-213**<sup>2</sup>) et le diméthylformamide ( **FT-69**<sup>3</sup>) sont notamment classés toxiques pour la reproduction de catégorie 1B par le règlement CLP.

<sup>2</sup> [http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX\\_213](http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_213)

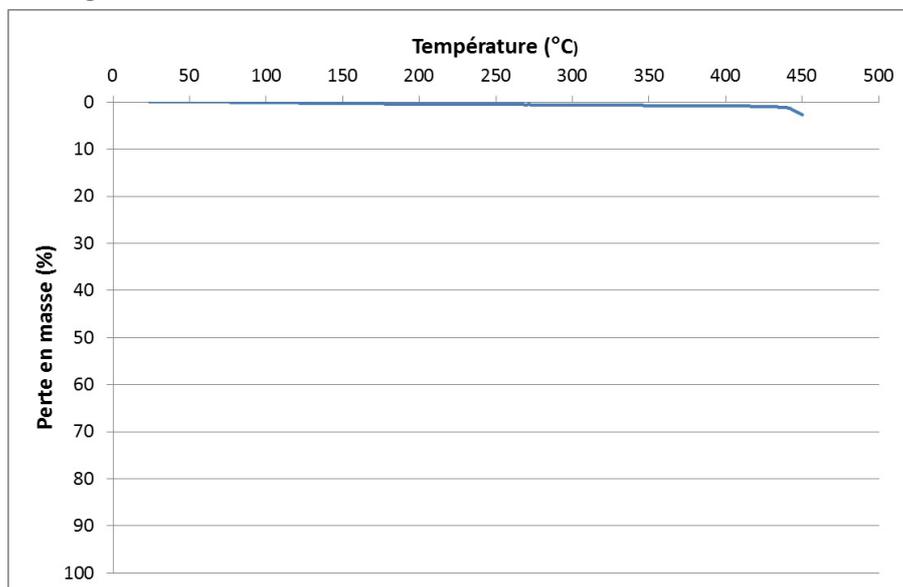
<sup>3</sup> [http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX\\_69](http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_69)

### Dégradation thermique : résultats expérimentaux

Protocole de dégradation thermique<sup>4</sup>

<sup>4</sup> [http://www.inrs.fr/dms/plastiques/DocumentCompagnonPlastiques/PLASTIQUES\\_DocCompagnon\\_6-1/Protocole%20DgtTh%20avril%202019.pdf](http://www.inrs.fr/dms/plastiques/DocumentCompagnonPlastiques/PLASTIQUES_DocCompagnon_6-1/Protocole%20DgtTh%20avril%202019.pdf)

### Thermogramme



Le polymère se dégrade à partir de 430 °C.

A 450 °C, il est dégradé à 3 %.

### Tableau des produits de dégradation thermique

| Famille             | 350 °C       | 380 °C       | 450 °C              | Lien Fiche Toxicologique     | Lien Méthode METROPOL     |
|---------------------|--------------|--------------|---------------------|------------------------------|---------------------------|
| Aldéhydes           | Acétaldéhyde | Acétaldéhyde | Formaldéhyde (0,5%) | <b>FT-7</b><br><b>FT-120</b> | <b>M-4</b><br><b>M-66</b> |
| Alcools aromatiques |              |              | Phénol              | <b>FT-15</b>                 | <b>M-182</b>              |

|                           |               |                                     |  |                            |  |
|---------------------------|---------------|-------------------------------------|--|----------------------------|--|
| Cétones                   | Acétone       |                                     | p-benzoquinone   | FT-3                       | M-37, M-192  |
| Hydrocarbures aromatiques | Benzène       | Benzène                             | Benzène (<0,1%), Toluène (0,5%), Styène (<0,1%), Xylène (0,9%) | FT-49, FT-74, FT-2, FT-266 | M-243, M-237, M-40, M-240, M-41, M-256, M-239, M-266, M-238, M-265 |
| Hydrocarbures insaturés   |               |                                     | 2-Méthyl-1-propène   |                            |  |
| composés halogénés        | Chlorobenzène | Chlorobenzène                       | Chlorobenzène, 2-Chlorophénol                                  | FT-23                      | M-33   |
| Autres                    |               | Tétrahydrofurane, dioxyde de soufre | Diphényléther, dioxyde de soufre                               | FT-42, FT-41               | M-44, M-155, M-152, M-151  |

## Produits de dégradation décrits dans la bibliographie

Les polysulfones sont assez stables thermiquement. Lors de la dégradation de polysulfones obtenus à partir du bisphénol A, à 380°C, les principaux gaz dégagés sont :

- l'anhydride sulfureux ( FT-41<sup>5</sup>),

<sup>5</sup> [http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX\\_41](http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_41)

- le méthane,

- le monoxyde de carbone<sup>6</sup> ( FT-47<sup>6</sup>), le dioxyde de carbone ( FT-238<sup>7</sup>)<sup>7</sup> en proportion moins importante.

<sup>6</sup> [http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX\\_47](http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_47)

<sup>7</sup> [http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX\\_238](http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_238)

## Risques en cas d'incendie / explosion

[6 -7]

### Descriptif:

Les polysulfones sont généralement considérés comme peu inflammable avec une faible propagation de flamme.

## Risques associés aux additifs

### Noir de carbone :

Le noir de carbone pénètre dans l'organisme essentiellement par inhalation mais aussi par voies orale et cutanée. Après inhalation, il s'accumule dans le tractus respiratoire et s'élimine lentement par voie digestive. Il est classé comme cancérigène possible pour l'homme (groupe 2B) par le CIRC. Il ne possède pas de classification harmonisée au niveau européen mais est auto-classé comme cancérigène de catégorie 2 par un certain nombre de fournisseurs.

FT-264

### Fibres de verre :

Danger d'irritation de la peau et des voies respiratoires, notamment au moment de leur incorporation dans les résines.

## Bibliographie générale

1 | CARREGA M. - Aide mémoire. Matières plastiques. Dunod 2 ed., 2009. 247 p.

2 | TROTIGNON JP, VERDU J, DOBRACZYNSKI A, PIPERAUD M. Matières plastiques. Structures propriétés, mise en oeuvre, normalisation. Nathan 2 éd., 2006. 231 p.

3 | - Fiches toxicologiques, INRS. Disponible sur [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr).

4 | Application par pulvérisation de produits liquides. Cas particulier des objets lourds ou encombrants. INRS, ED 906, 2003, 24 p.

5 | Encyclopédie de sécurité et de santé au travail. Librairie du BIT, 2000. mult. p.

6 | HILADO CJ. - Flammability handbook for plastics. Westport (CO), Technomic Publishing Compagny, 1982. 191 p.

7 | Comportement au feu des matières plastiques. Face au risque. 1988, 241, mars, pp. 33-34.

8 | ARFI C, C. R-L, RENACCO E, PASTOR J. - Gaseous toxic emission from plastic materials during their thermal decomposition. Extrait de : Geosciences and water resources : environmental data modeling. 1997, pp. 125-135.

9 | PICHON J-F, GUICHOU C. *aide mémoire injection des matières plastiques*, 4<sup>e</sup> édition, fiche matière polysulfone, page 80.

10 | PAPREC GROUP, rubrique *classification des matières plastiques*, **paragraphe sur les polysulfones**<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> <https://www.paprec.com/fr/comprendre-recyclage/recyclage-plastique/classification-matieres-plastiques>

11 | Produits de dégradation thermique des matières plastiques. INRS, ND2097, Hygiène et sécurité du travail - n°174, 1er trimestre 1999.

12 | Polyphénylèneéther (PPE) Polyarylénesulfones (PSU, PES, PAS), Techniques de l'ingénieur, AM 3 392 - 2007.

## Historique

| Version         | Date      | Modification(s) faisant l'objet de la nouvelle version |
|-----------------|-----------|--|
| Polysulfone V01 | Mars 2024 | Création   |