

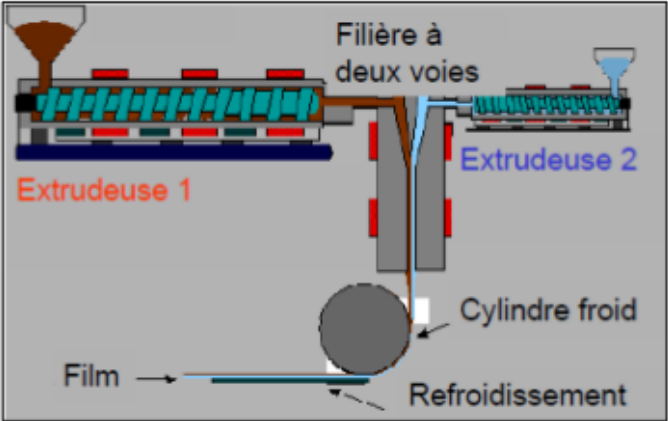


Partie II : Conception des emballages

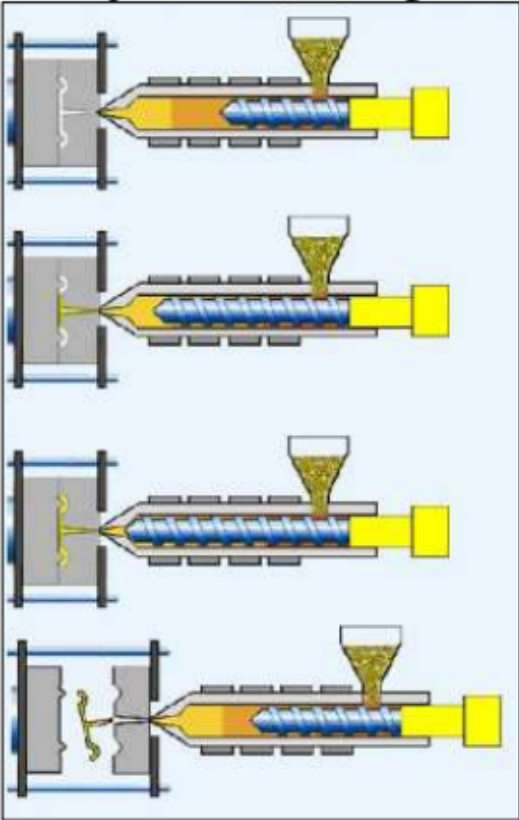
- 
- **Techniques industrielles**
 - **Techniques de caractérisations**
 - **Validation**

Techniques industrielles

Extrusion (tubes/films)



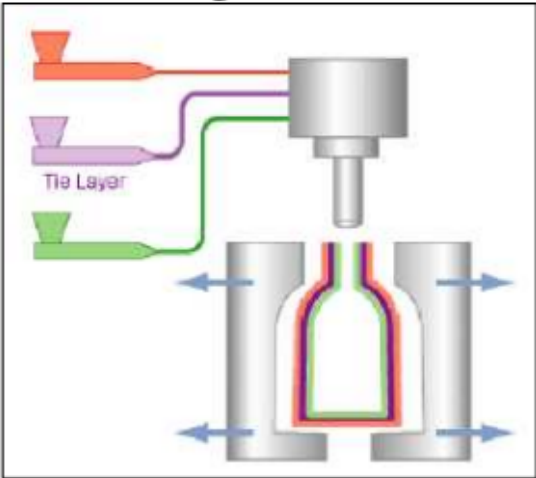
Injection moulage



Casting



Soufflage

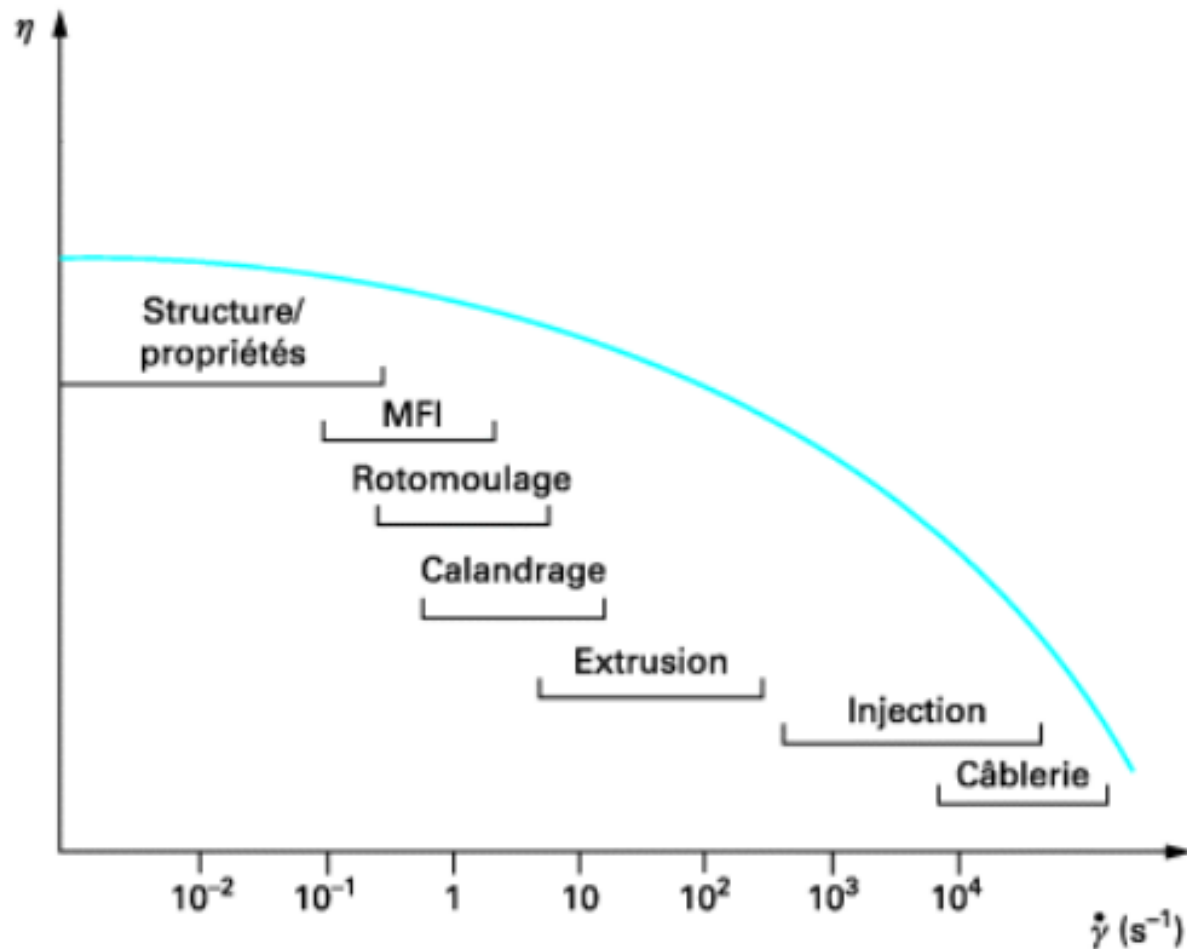


Pour les matières thermoplastiques, on emploiera principalement les procédés suivants :

- L'injection.
- L'extrusion.
- L'extrusion soufflage.
- L'injection soufflage.
- Le thermoformage.
- Le rotomoulage

Ces procédés sont aussi utilisés pour les matières thermodurcissable, mais qui nécessitent une attention particulière pour la température, d'autres procédés prennent place comme la compression.

Note: Le mode de mise en forme dépend de la viscosité du polymère et de l'objet qu'on souhaite façonner.



Le procédé d'injection des matières plastiques

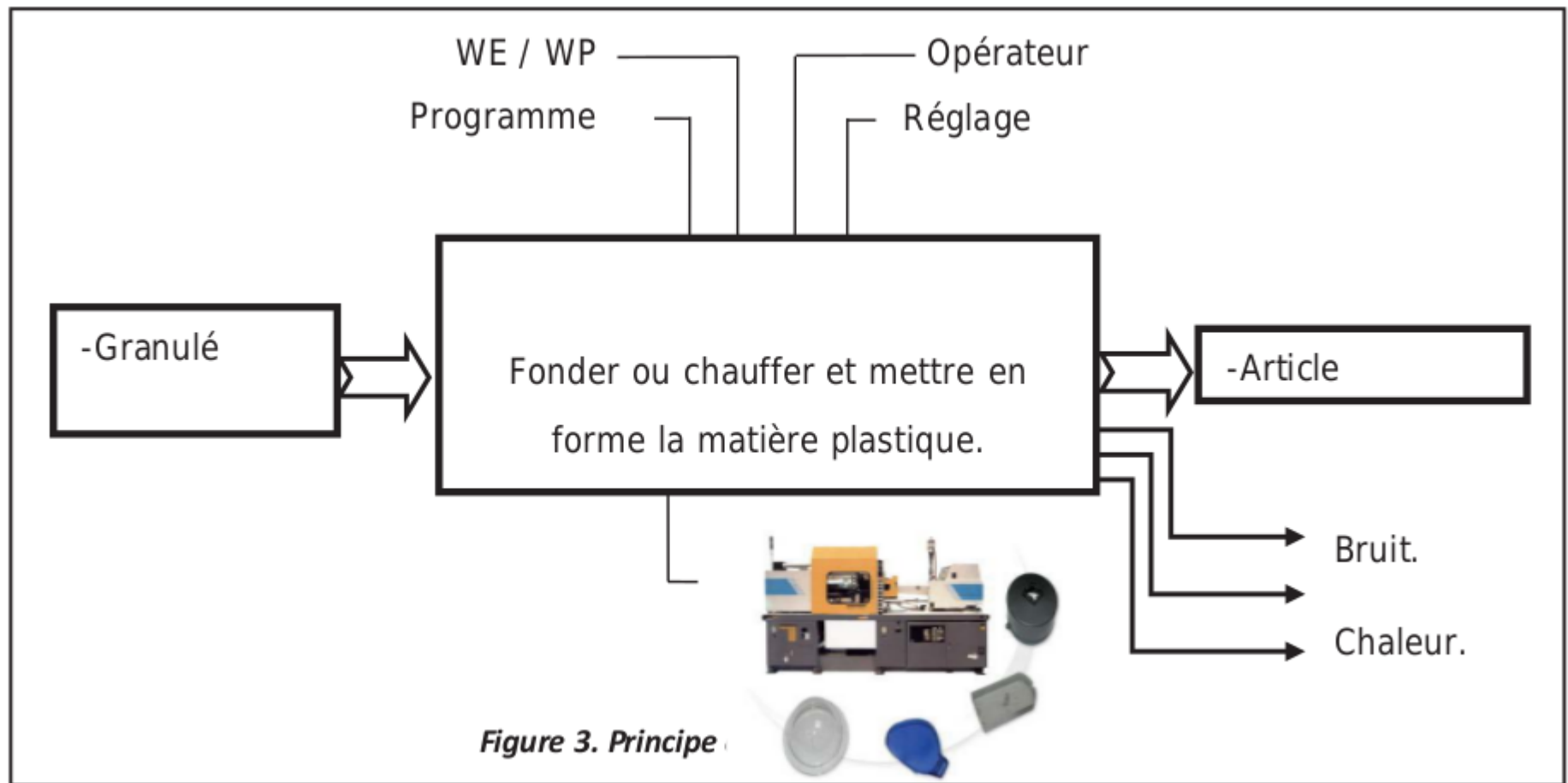
Définition

Le procédé injection est destiné à produire très rapidement des objets en très grandes quantités. Cette technique permet d'obtenir en une seule opération des pièces finies en matière plastique, de formes complexes, dans une gamme de poids allant de quelques grammes à plusieurs kilogrammes.



Principe de l'injection plastique

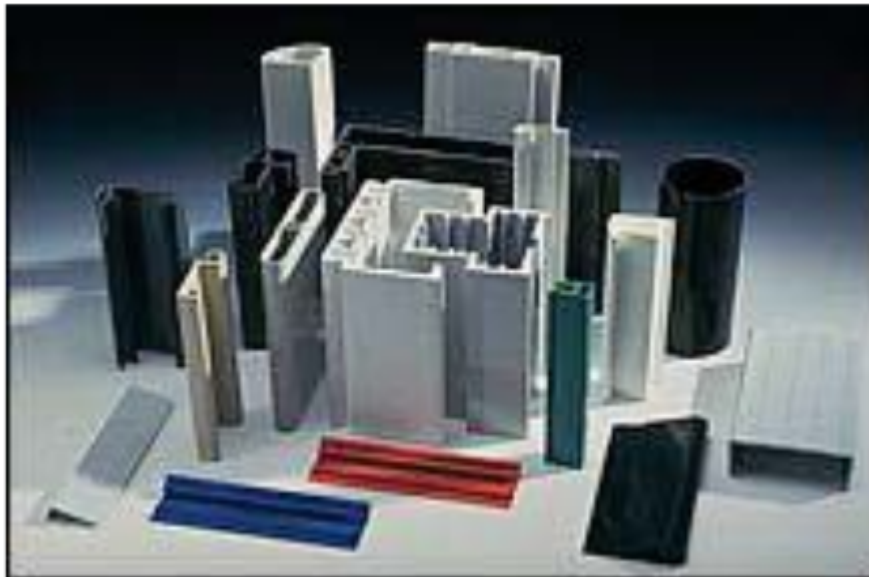
La matière, en granulés, ramollie par la chaleur est injectée dans un moule sous forte pression. Après refroidissement ces moules permettent la réalisation d'objets de dimensions et formes variables, ainsi que de pièces techniques très complexes et de grandes précisions.



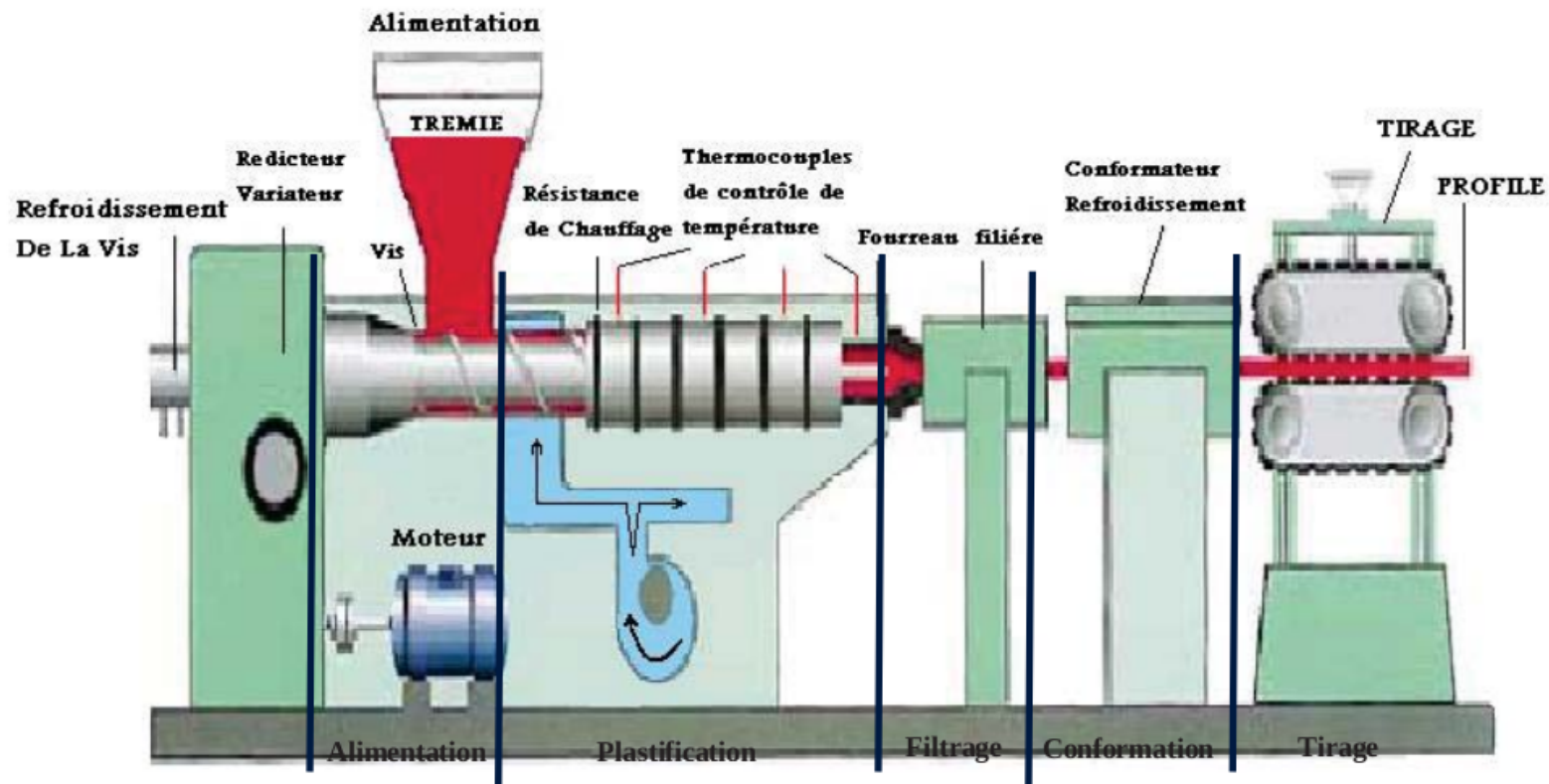
Le procédé d'extrusion

L'extrusion est un procédé très utilisé en plasturgie puisque la majorité des matières thermoplastiques est au moins extrudée une fois lors de sa préparation, néanmoins d'autres sortent sous forme d'objets finis.

L'extrusion est largement utilisée pour la fabrication des produits semi-ouvrés tels que : plaques, feuilles, tubes.



Dans l'extrudeuse, la matière est ajoutée dans la trémie sous forme de poudre ou de granules. La trémie alimente en continu le cylindre chauffé contenant une vis rotative. La vis assure à la fois le chauffage, le malaxage, la mise en pression et le dosage du polymère qui est refoulé sous pression dans la tête d'extrusion. La tête contient une filière qui donne la forme approximative de la pièce dont le polymère est ensuite refroidi à l'eau ou à l'air pour prendre sa forme finale. Les dispositifs de tirage entraînent le polymère qui se refroidit, soit pour l'enrouler en bobine, soit pour permettre de le couper à la longueur.



Le procédé du thermoformage

Le thermoformage est un procédé de transformation qui utilise des produits semi-finis tels que des feuilles et des plaques et les transforme en objets finis à large domaine d'applications comme les carrosseries, planches à voile, bateaux, vasques de luminaires, vitres blindées, panneaux publicitaires, emballages de produits alimentaires et d'articles de consommation.



Principe

Le thermoformage est la technique consistant à former à l'aide d'un moule, une feuille de plastique ramollie par chauffage. La feuille ainsi déformée épouse la forme du moule et en refroidissant conserve sa forme.

La technique de thermoformage utilise des produits semi-ouvrés (plaques et feuilles rigides en thermoplastiques) pour les transformer en objets tridimensionnels.



Le rotomoulage

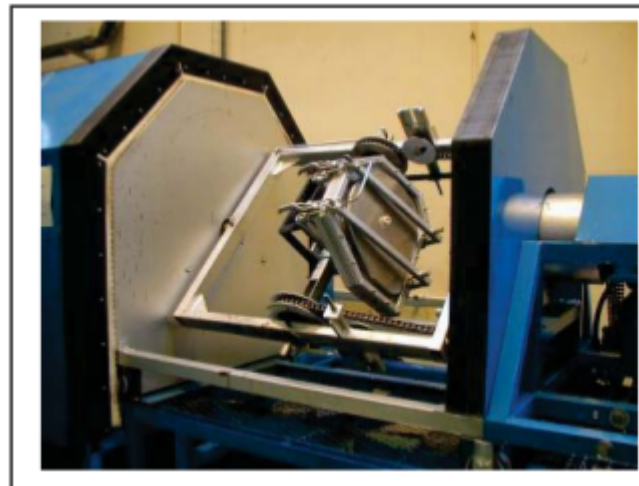
Le moulage par rotation est une méthode de transformation des polymères permettant la production d'articles creux avec des contenances très diversifiées (de quelques dixièmes de litre à des milliers de litres). Le moulage par rotation permet de produire des petites et des grandes séries de pièces.



Principe

Le principe de cette méthode de transformation consiste à introduire de la matière (sous forme de poudre) dans un moule qu'on chauffe et qu'on introduit en double rotation. La matière fondue parvient ainsi à couvrir toutes les parois du moule et épouse alors sa forme.

Le polymère le plus utilisé en Rotomoulage est le PE (90% des applications) ; PP, PC, PA, PVC sont également utilisés. Pour être rotomoulé le PE doit être sous forme poudre avec une taille des particules entre 100 à 500 μm .



Le calandrage

Le calandrage est un procédé de fabrication en continu de films de thermoplastiques par laminage de la matière entre plusieurs cylindres parallèles.

Ces cylindres sont chauffés et entraînés mécaniquement et forment la machine de calandrage qu'on appelle : Calandre. Leur nombre se situe généralement entre 3 et 6 cylindres. La feuille obtenue est étirée puis refroidie avant d'être enroulée.



Principe du procédé

La matière à calandrer préalablement malaxée et chauffée passe dans la calandre pour être laminée par les cylindres chauffés et tournants. Toutes les bulles d'air sont alors chassées de la matière laminée.

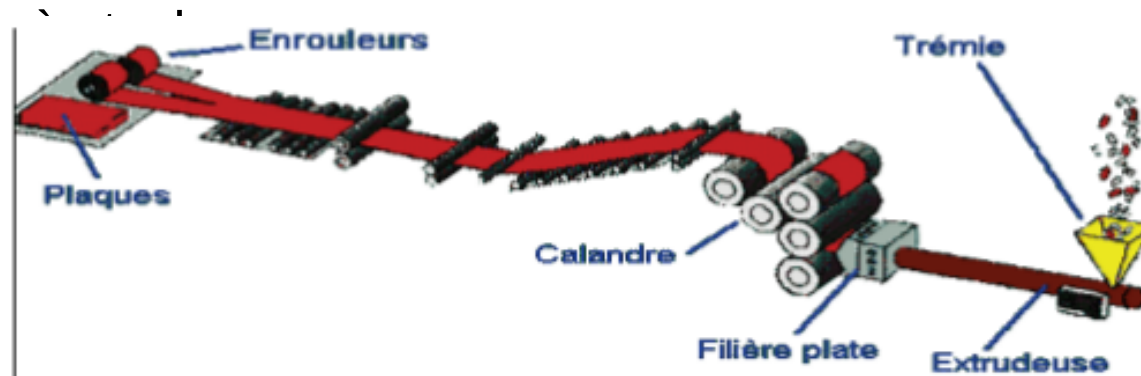
Un détecteur de particules métalliques qui agit par séparation magnétique est prévu à l'entrée de la matière.

Une graineuse et rouleaux décolleurs peuvent être prévus à la sortie de la matière afin de modifier l'aspect de la surface de la feuille.

Un convoyeur de stabilisation sert à transporter et étier le film laminé à la sortie de la calandre.

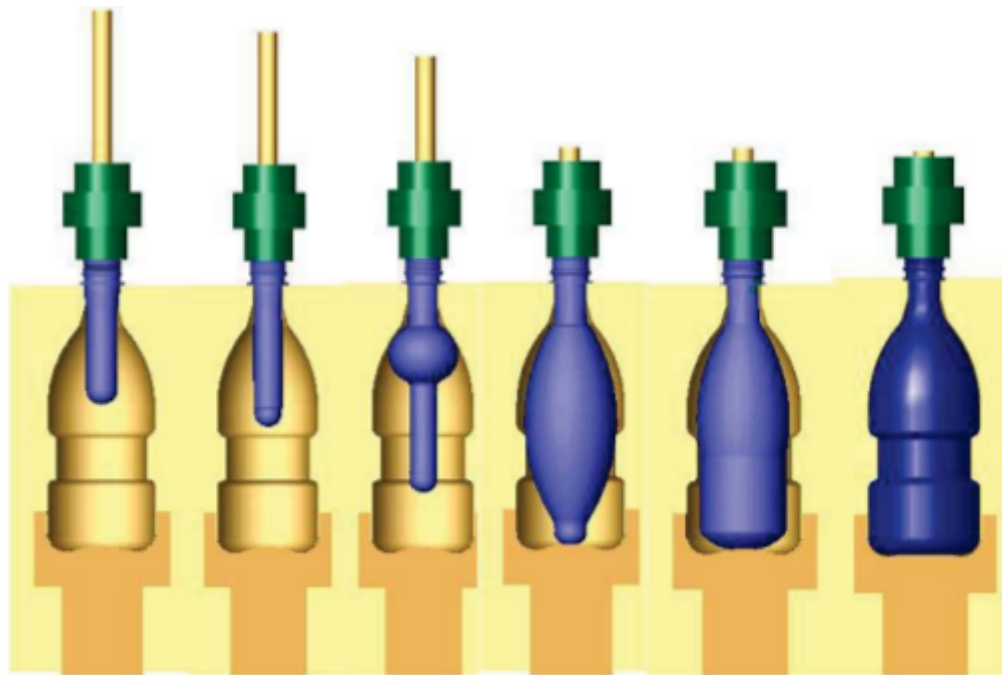
Des tambours refroidissent ce film par action de contact. Une jauge d'épaisseur est également présente sur la chaîne pour mesurer l'épaisseur du film calandré.

A la sortie de la chaîne, des coupe-lisières sont prévues pour la finition par découpage des bords de la feuille à enrouler et enfin, une enrouleuse sert à bobiner le film



L'injection soufflage

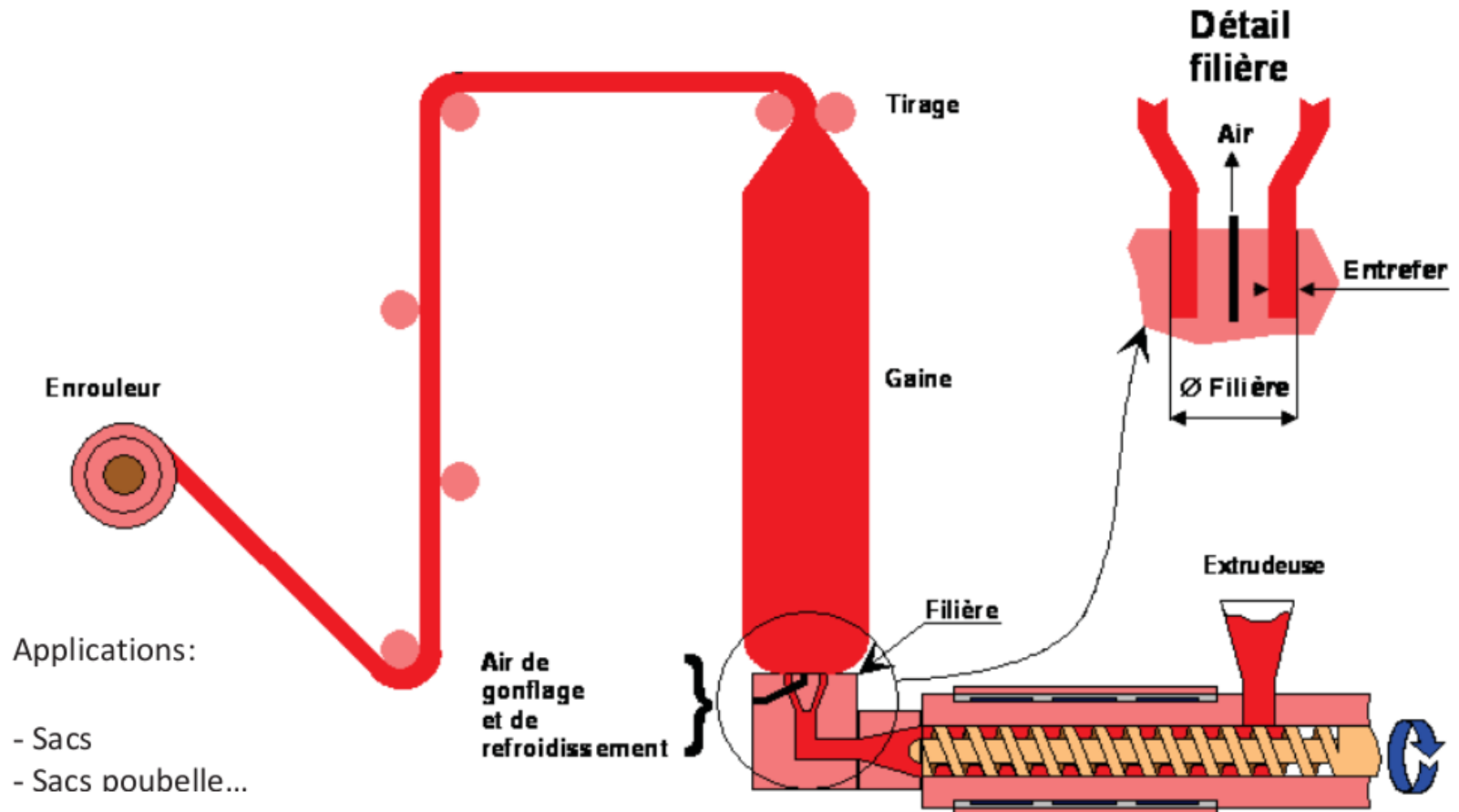
L'injection-soufflage est un procédé de mise en forme de matériaux polymères thermoplastiques qui est utilisé pour fabriquer des corps creux, tels que des flacons et bouteilles.



Ce procédé consiste à combiner la technique d'injection avec celle du soufflage. La matière est injectée pour former une « éprouvette » (préforme) qui peut intégrer le vissage final de la pièce. La préforme peut être stockée, transportée ou directement réchauffée pour être ensuite soufflée à la forme voulue. L'éprouvette est alors enfermée dans un moule de soufflage en deux demi-coquilles ayant la forme désirée. Une extrémité de la préforme est pincée. De l'air comprimé (le plus souvent) est ensuite injecté dans la cavité par l'orifice de la préforme afin de plaquer la matière contre l'empreinte refroidie et figer la pièce dans sa forme finale.

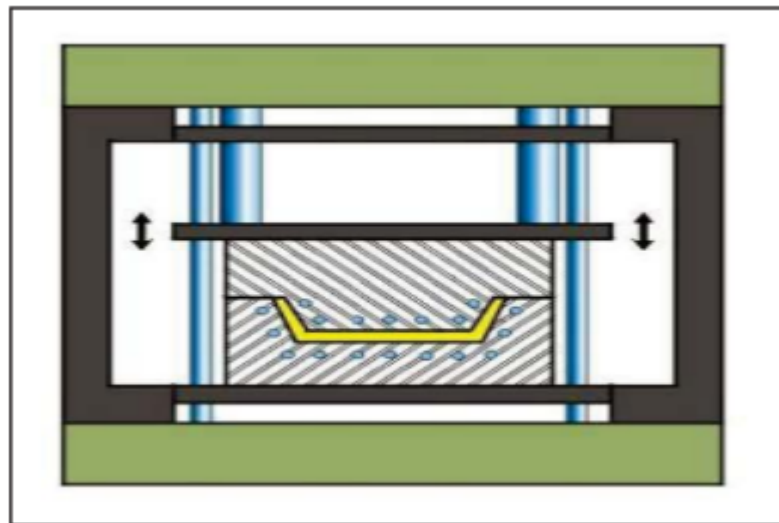
L'extrusion soufflage

Permet de réaliser des films d'épaisseur inférieure à 0,2 mm. Une filière annulaire (pouvant atteindre 1,80 m de diamètre) produit une gaine dans laquelle on admet de l'air sous pression. Le gonflage permet d'étirer la matière et d'obtenir l'épaisseur désirée.



La compression

Technique surtout très utilisée pour transformer des matières en les comprimant fortement dans un moule. Ces matières (thermodurcissables) pour la plupart auront la particularité de ne plus fondre après moulage (pièces automobiles, électriques, poignées d'ustensiles ménagers, etc...)





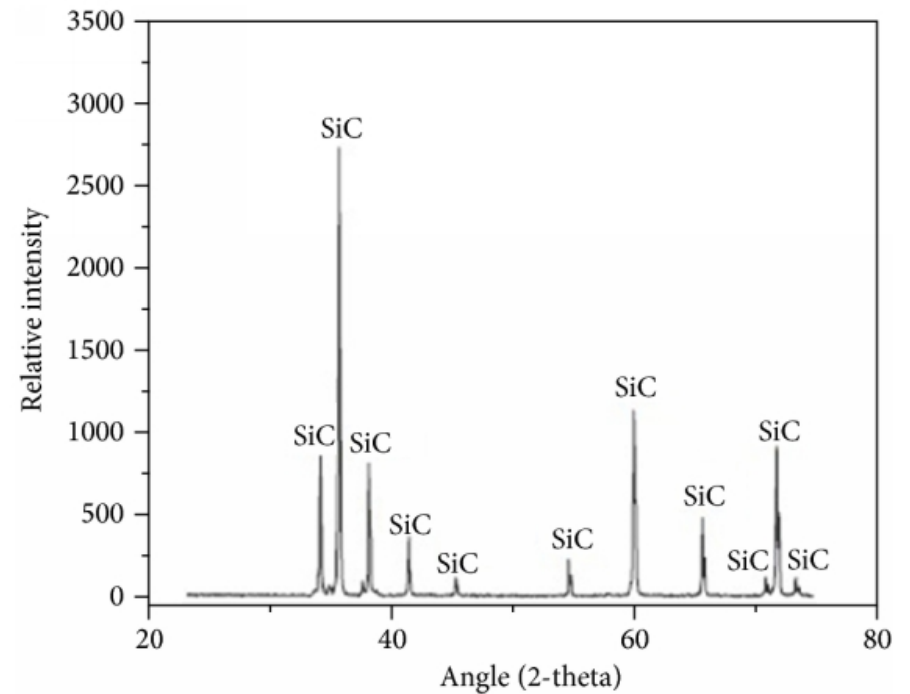
Techniques de caractérisations

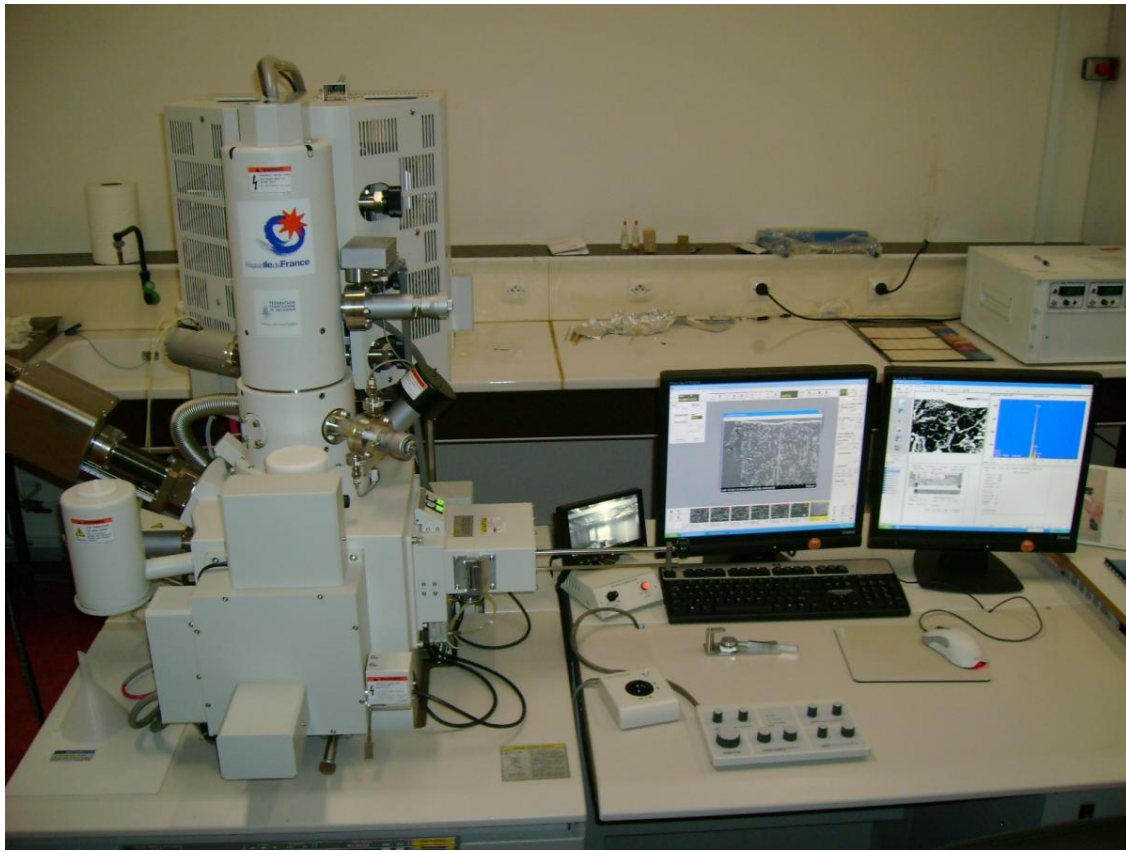


DRX

Diffractogramme :

- Donne des informations sur la cristallinité et la structure des matériaux. (qualitative)
- Composition chimique des matériaux, taille des cristallites, paramètres de mailles, ... (quantitative)

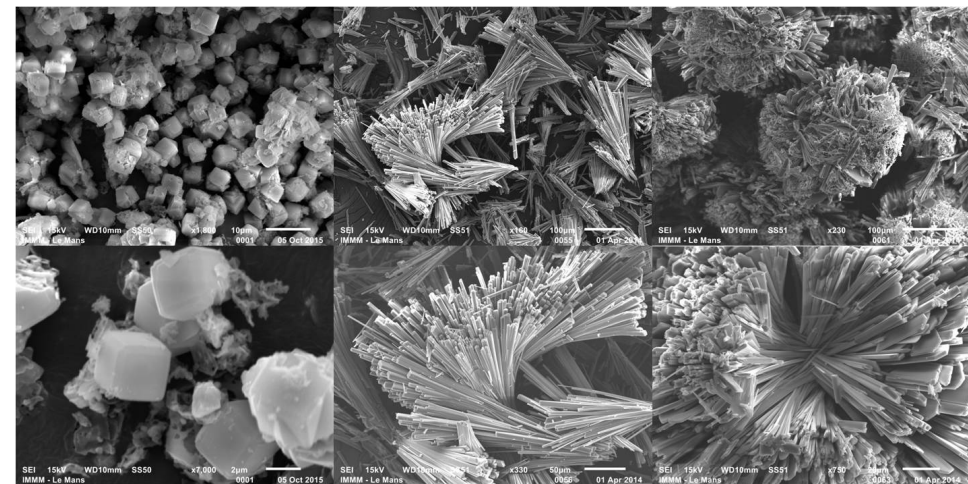




MEB

Image MEB :

- Donne des informations sur la morphologie (la forme) des cristallites composant les matériaux. (qualitative)
- Analyse élémentaire chimique des matériaux, taille des particules (quantitative) (EDAX)





AFM

Image AFM :

- Donne des informations sur la morphologie (la forme) et la topographie des matériaux. (rugueux ou lisse)



Partie III : R & D

Recherche & Développement

La fonction Recherche & Développement regroupe l'ensemble des processus qui, partant de la recherche fondamentale ou d'une invention, assurent sa faisabilité industrielle. Il s'agit donc de l'ensemble des étapes permettant de passer du laboratoire de recherche à la production industrielle en usine.



La fonction Recherche & Développement développe donc des innovations, qui sont les applications industrielles et commerciales d'une découverte ou d'une invention.

Recherche & Développement

Quels enjeux ?

L'impact de la fonction Recherche & Développement se perçoit à travers l'ensemble de l'entreprise. On retiendra :

- Sur le plan de la production, la fonction R&D va améliorer l'efficacité de la production lorsqu'il s'agit d'innovation de procédés. Pour autant, elle peut créer des contraintes supplémentaires quand il s'agit d'innovation de produits.
- Sur le plan commercial, la Recherche & Développement va permettre à l'entreprise de différencier son offre et de créer plus de valeur pour le client.
- Sur le plan financier, la fonction Recherche & Développement représente d'abord un coût. Il s'agit d'un investissement dont les résultats seront aléatoires. En revanche, si l'innovation est une réussite, les recettes de l'entreprise seront plus élevées.
- Sur le plan stratégique, la fonction R&D permet à l'entreprise de développer sa spécificité et de se différencier des concurrents.

Recherche & Développement

Quelles tâches au sein de la fonction Recherche & Développement ?

Les tâches de la fonction Recherche & Développement sont très transversales. Elles couvrent des champs variés : de la recherche d'informations à la gestion des brevets, en passant par la recherche en laboratoire.

- La veille technologique : garder les yeux grands ouverts sur ce que font les concurrents, dans le champ particulier des technologies. Il s'agit donc de trouver les sources d'informations pertinentes (revues scientifiques, universités, rapport d'activité des concurrents), puis d'analyser cette information afin de l'utiliser au mieux. Une bonne veille technologique permet à une entreprise de saisir les créneaux porteurs.

Recherche & Développement

- Développer (ou faire développer) des technologies spécifiques. Si une partie de l'activité de la fonction de R&D se fait dans un laboratoire, une grande partie de l'activité d'innovation se fait par des moyens alternatifs. En effet, développer un programme de recherche est coûteux et les résultats sont très aléatoires et souvent décevants. Les entreprises vont donc essayer de trouver des modes alternatifs : développement de partenariats de recherche entre entreprises, rachats de brevets, rachats de pme innovantes, contrats de recherche avec une université...
- Protéger les innovations à l'aide des brevets. L'activité de Recherche & Développement est un investissement qui crée de la connaissance. Cet investissement est coûteux, il doit donc être protégé des concurrents qui peuvent vouloir le copier. Pour cela, les entreprises peuvent breveter leurs inventions. Les brevets assurent à l'entreprise un monopole d'exploitation sur l'invention pendant un certain nombre d'années. Seule l'entreprise détenant le brevet pourra commercialiser l'invention et donc pourra rembourser ses frais de recherche.

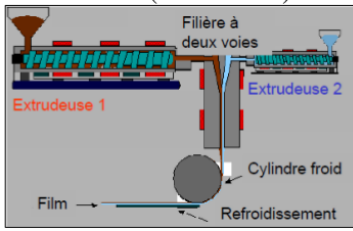


Partie II : Conception des emballages

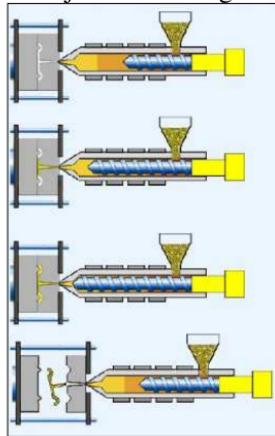
- 
- **Techniques industrielles**
 - **Techniques de caractérisations**
 - **Validation**

Techniques industrielles

Extrusion (tubes/films)



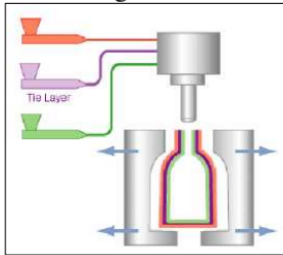
Injection moulage



Casting



Soufflage

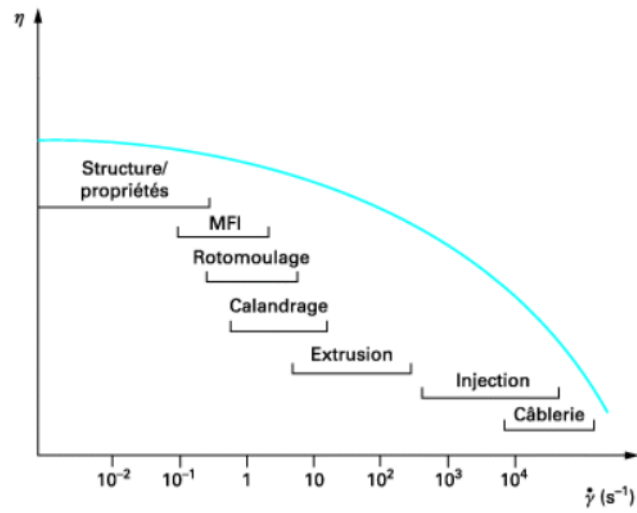


Pour les matières thermoplastiques, on emploiera principalement les procédés suivants :

- L'injection.
- L'extrusion.
- L'extrusion soufflage.
- L'injection soufflage.
- Le thermoformage.
- Le rotomoulage

Ces procédés sont aussi utilisés pour les matières thermodurcissable, mais qui nécessitent une attention particulière pour la température, d'autres procédés prennent place comme la compression.

Note: Le mode de mise en forme dépend de la viscosité du polymère et de l'objet qu'on souhaite façonner.



Le procédé d'injection des matières plastiques

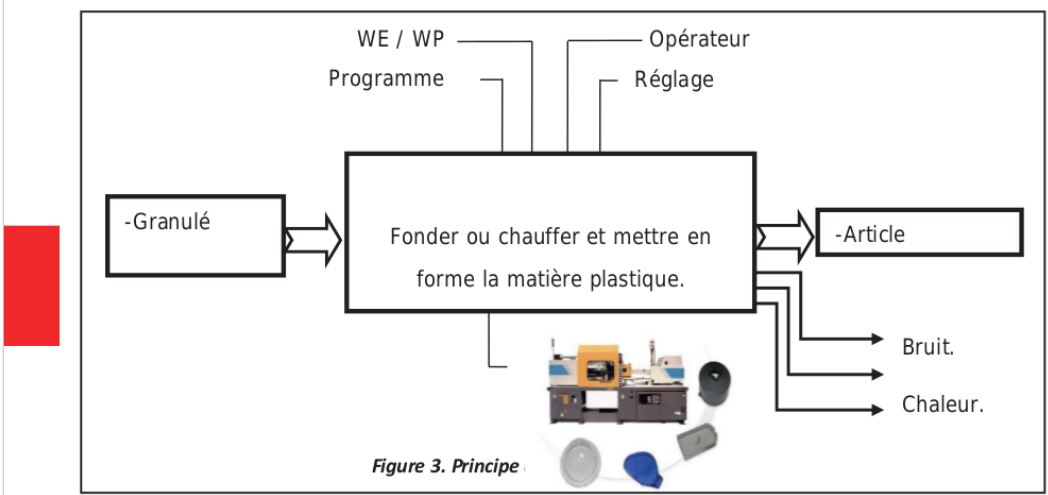
Définition

Le procédé injection est destiné à produire très rapidement des objets en très grandes quantités. Cette technique permet d'obtenir en une seule opération des pièces finies en matière plastique, de formes complexes, dans une gamme de poids allant de quelques grammes à plusieurs kilogrammes.



Principe de l'injection plastique

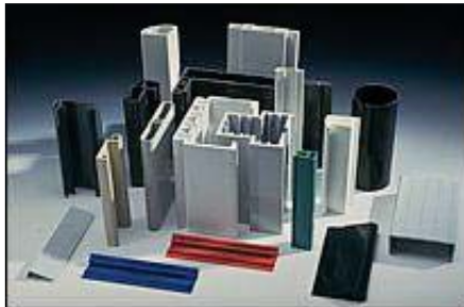
La matière, en granulés, ramollie par la chaleur est injectée dans un moule sous forte pression. Après refroidissement ces moules permettent la réalisation d'objets de dimensions et formes variables, ainsi que de pièces techniques très complexes et de grandes précisions.



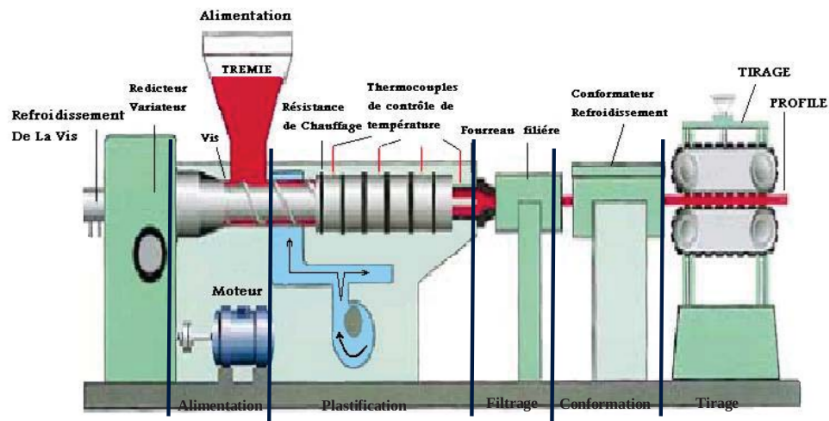
Le procédé d'extrusion

L'extrusion est un procédé très utilisé en plasturgie puisque la majorité des matières thermoplastiques est au moins extrudée une fois lors de sa préparation, néanmoins d'autres sortent sous forme d'objets finis.

L'extrusion est largement utilisée pour la fabrication des produits semi-ouvrés tels que : plaques, feuilles, tubes.



Dans l'extrudeuse, la matière est ajoutée dans la trémie sous forme de poudre ou de granules. La trémie alimente en continu le cylindre chauffé contenant une vis rotative. La vis assure à la fois le chauffage, le malaxage, la mise en pression et le dosage du polymère qui est refoulé sous pression dans la tête d'extrusion. La tête contient une filière qui donne la forme approximative de la pièce dont le polymère est ensuite refroidi à l'eau ou à l'air pour prendre sa forme finale. Les dispositifs de tirage entraînent le polymère qui se refroidit, soit pour l'enrouler en bobine, soit pour permettre de le couper à la longueur.



Le procédé du thermoformage

Le thermoformage est un procédé de transformation qui utilise des produits semi-finis tels que des feuilles et des plaques et les transforme en objets finis à large domaine d'applications comme les carrosseries, planches à voile, bateaux, vasques de luminaires, vitres blindées, panneaux publicitaires, emballages de produits alimentaires et d'articles de consommation.



Principe

Le thermoformage est la technique consistant à former à l'aide d'un moule, une feuille de plastique ramollie par chauffage. La feuille ainsi déformée épouse la forme du moule et en refroidissant conserve sa forme.

La technique de thermoformage utilise des produits semi-ouvrés (plaques et feuilles rigides en thermoplastiques) pour les transformer en objets tridimensionnels.



Le rotomoulage

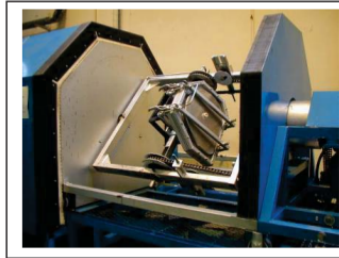
Le moulage par rotation est une méthode de transformation des polymères permettant la production d'articles creux avec des contenances très diversifiées (de quelques dixièmes du litre à des milliers de litres). Le moulage par rotation permet de produire des petites et des grandes séries de pièces.



Principe

Le principe de cette méthode de transformation consiste à introduire de la matière (sous forme de poudre) dans un moule qu'on chauffe et qu'on introduit en double rotation. La matière fondue parvient ainsi à couvrir toutes les parois du moule et épouse alors sa forme.

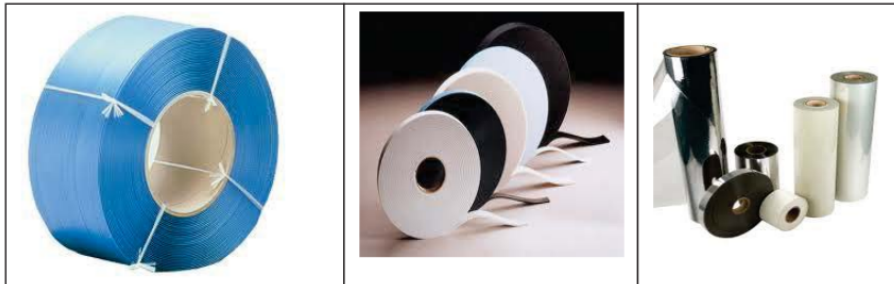
Le polymère le plus utilisé en Rotomoulage est le PE (90% des applications) ; PP, PC, PA, PVC sont également utilisés. Pour être rotomoulé le PE doit être sous forme poudre avec une taille des particules entre 100 à 500 μm .



Le calandrage

Le calandrage est un procédé de fabrication en continu de films de thermoplastiques par laminage de la matière entre plusieurs cylindres parallèles.

Ces cylindres sont chauffés et entraînés mécaniquement et forment la machine de calandrage qu'on appelle : Calandre. Leur nombre se situe généralement entre 3 et 6 cylindres. La feuille obtenue est étirée puis refroidie avant d'être enroulée.



Principe du procédé

La matière à calandrer préalablement malaxée et chauffée passe dans la calandre pour être laminée par les cylindres chauffés et tournants. Toutes les bulles d'air sont alors chassées de la matière laminée.

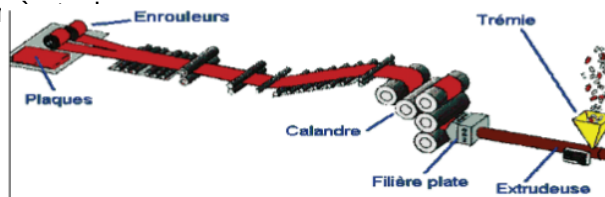
Un détecteur de particules métalliques qui agit par séparation magnétique est prévu à l'entrée de la matière.

Une graineuse et rouleaux décolleurs peuvent être prévus à la sortie de la matière afin de modifier l'aspect de la surface de la feuille.

Un convoyeur de stabilisation sert à transporter et étier le film laminé à la sortie de la calandre.

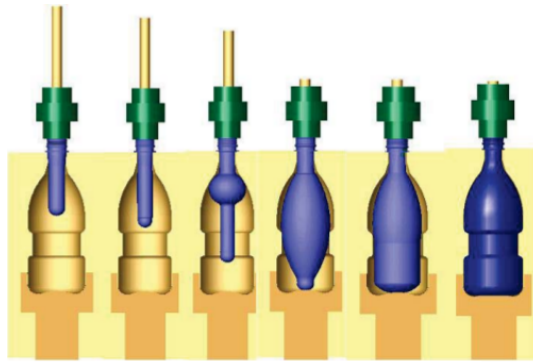
Des tambours refroidissent ce film par action de contact. Une jauge d'épaisseur est également présente sur la chaîne pour mesurer l'épaisseur du film calandré.

A la sortie de la chaîne, des coupe-lisières sont prévues pour la finition par découpage des bords de la feuille à enrouler et enfin, une enrouleuse sert à bobiner le film



L'injection soufflage

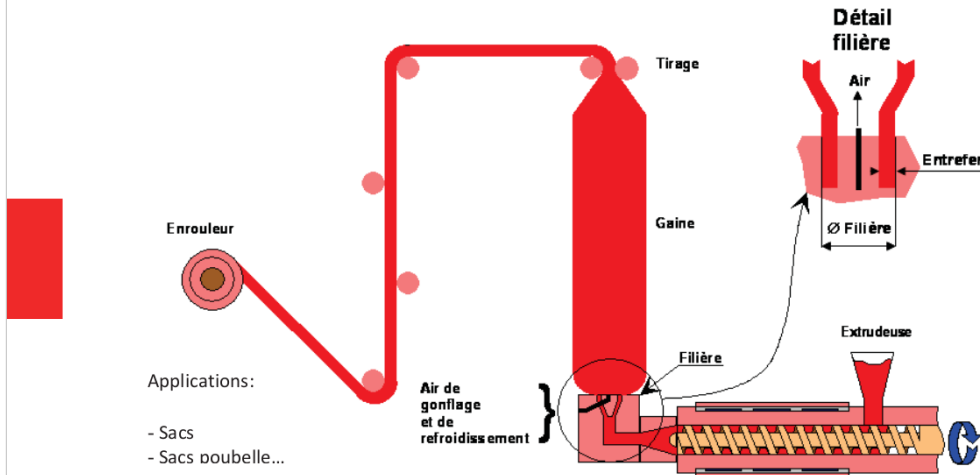
L'injection-soufflage est un procédé de mise en forme de matériaux polymères thermoplastiques qui est utilisé pour fabriquer des corps creux, tels que des flacons et bouteilles.



Ce procédé consiste à combiner la technique d'injection avec celle du soufflage. La matière est injectée pour former une « éprouvette » (préforme) qui peut intégrer le vissage final de la pièce. La préforme peut être stockée, transportée ou directement réchauffée pour être ensuite soufflée à la forme voulue. L'éprouvette est alors enfermée dans un moule de soufflage en deux demi-coquilles ayant la forme désirée. Une extrémité de la préforme est pincée. De l'air comprimé (le plus souvent) est ensuite injecté dans la cavité par l'orifice de la préforme afin de plaquer la matière contre l'empreinte refroidie et figer la pièce dans sa forme finale.

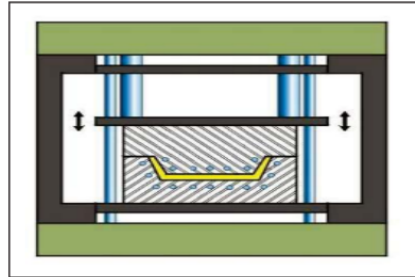
L'extrusion soufflage

Permet de réaliser des films d'épaisseur inférieure à 0,2 mm. Une filière annulaire (pouvant atteindre 1,80 m de diamètre) produit une gaine dans laquelle on admet de l'air sous pression. Le gonflage permet d'étirer la matière et d'obtenir l'épaisseur désirée.



La compression

Technique surtout très utilisée pour transformer des matières en les comprimant fortement dans un moule. Ces matières (thermodurcissables) pour la plupart auront la particularité de ne plus fondre après moulage (pièces automobiles, électriques, poignées d'ustensiles ménagers, etc...)





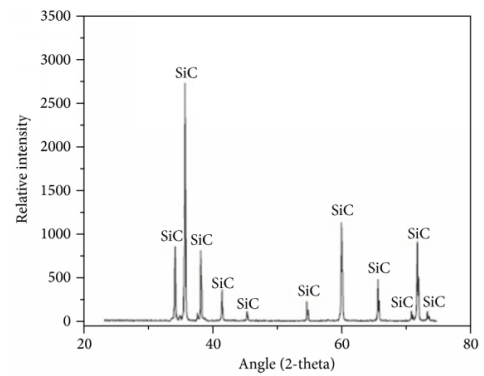
Techniques de caractérisations

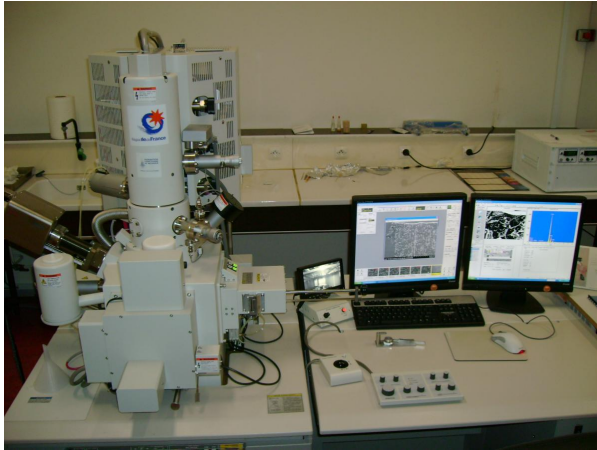


DRX

Diffractogramme :

- Donne des informations sur la cristallinité et la structure des matériaux. (qualitative)
- Composition chimique des matériaux, taille des cristallites, paramètres de mailles, ... (quantitative)

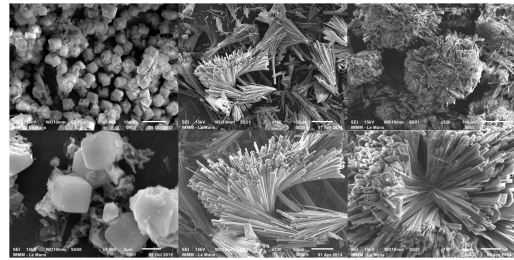




MEB

Image MEB :

- Donne des informations sur la morphologie (la forme) des cristallites composant les matériaux. (qualitative)
- Analyse élémentaire chimique des matériaux, taille des particules (quantitative) (EDAX)





AFM

Image AFM :


- Donne des informations sur la morphologie (la forme) et la topographie des matériaux. (rugueux ou lisse)



Partie III : R & D

Recherche & Développement

La fonction Recherche & Développement regroupe l'ensemble des processus qui, partant de la recherche fondamentale ou d'une invention, assurent sa faisabilité industrielle. Il s'agit donc de l'ensemble des étapes permettant de passer du laboratoire de recherche à la production industrielle en usine.



La fonction Recherche & Développement développe donc des innovations, qui sont les applications industrielles et commerciales d'une découverte ou d'une invention.

Recherche & Développement

Quels enjeux ?

L'impact de la fonction Recherche & Développement se perçoit à travers l'ensemble de l'entreprise. On retiendra :

- Sur le plan de la production, la fonction R&D va améliorer l'efficacité de la production lorsqu'il s'agit d'innovation de procédés. Pour autant, elle peut créer des contraintes supplémentaires quand il s'agit d'innovation de produits.
- Sur le plan commercial, la Recherche & Développement va permettre à l'entreprise de différencier son offre et de créer plus de valeur pour le client.
- Sur le plan financier, la fonction Recherche & Développement représente d'abord un coût. Il s'agit d'un investissement dont les résultats seront aléatoires. En revanche, si l'innovation est une réussite, les recettes de l'entreprise seront plus élevées.
- Sur le plan stratégique, la fonction R&D permet à l'entreprise de développer sa spécificité et de se différencier des concurrents.

Recherche & Développement

Quelles tâches au sein de la fonction Recherche & Développement ?

Les tâches de la fonction Recherche & Développement sont très transversales. Elles couvrent des champs variés : de la recherche d'informations à la gestion des brevets, en passant par la recherche en laboratoire.

- La veille technologique : garder les yeux grands ouverts sur ce que font les concurrents, dans le champ particulier des technologies. Il s'agit donc de trouver les sources d'informations pertinentes (revues scientifiques, universités, rapport d'activité des concurrents), puis d'analyser cette information afin de l'utiliser au mieux. Une bonne veille technologique permet à une entreprise de saisir les créneaux porteurs.

Recherche & Développement

- Développer (ou faire développer) des technologies spécifiques. Si une partie de l'activité de la fonction de R&D se fait dans un laboratoire, une grande partie de l'activité d'innovation se fait par des moyens alternatifs. En effet, développer un programme de recherche est coûteux et les résultats sont très aléatoires et souvent décevants. Les entreprises vont donc essayer de trouver des modes alternatifs : développement de partenariats de recherche entre entreprises, rachats de brevets, rachats de pme innovantes, contrats de recherche avec une université...
- Protéger les innovations à l'aide des brevets. L'activité de Recherche & Développement est un investissement qui crée de la connaissance. Cet investissement est coûteux, il doit donc être protégé des concurrents qui peuvent vouloir le copier. Pour cela, les entreprises peuvent breveter leurs inventions. Les brevets assurent à l'entreprise un monopole d'exploitation sur l'invention pendant un certain nombre d'années. Seule l'entreprise détenant le brevet pourra commercialiser l'invention et donc pourra rembourser ses frais de recherche.