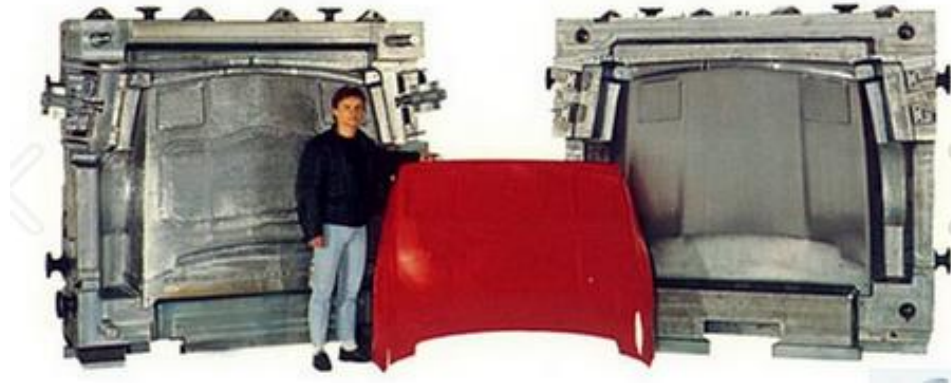


Chapitre Préliminaire 02

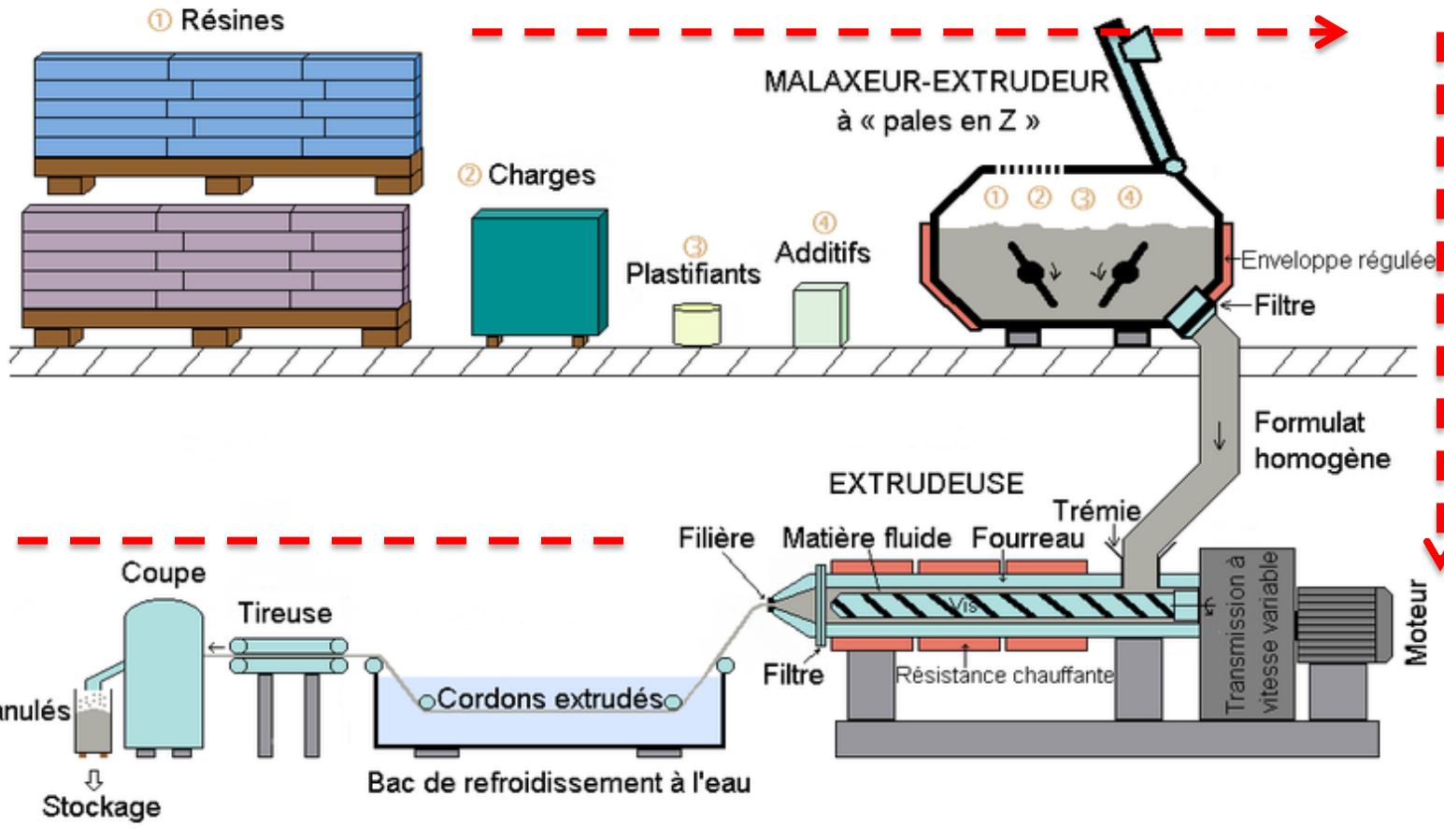
Procédés de mise en forme.

Classification et Principe

Machines et techniques de mise en
forme des Matières plastiques

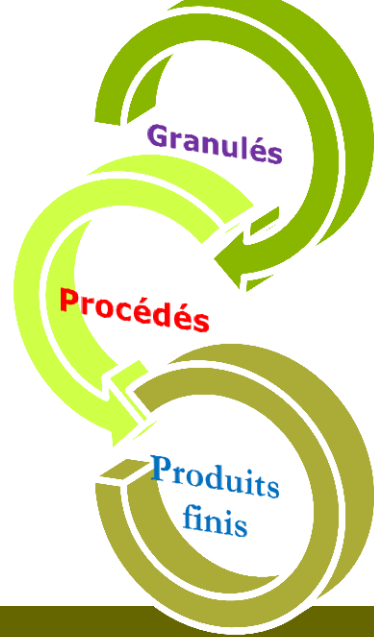


- **Site 'Slim CHOUCHE' :** <https://choucheneslim.wordpress.com/>
- **Article cours et TP :** [10- Procédés de mise en forme des matières plastiques](#)
- **Chaîne YOUTUBE :** https://www.youtube.com/feed/my_videos

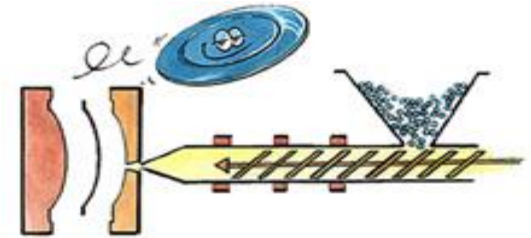
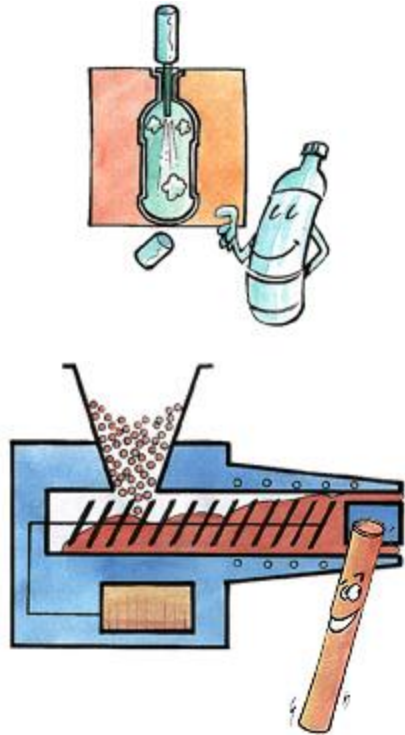
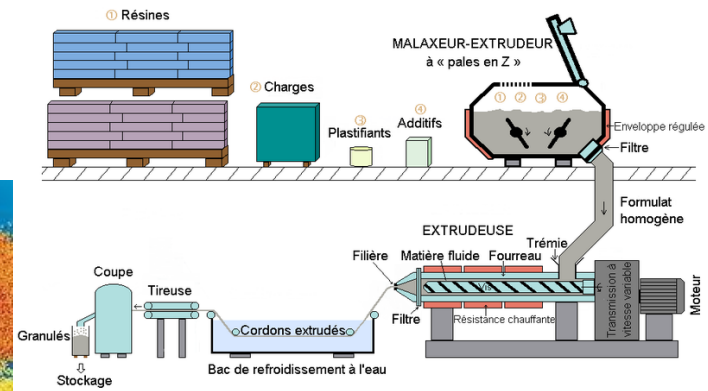


Granulés





Granulés

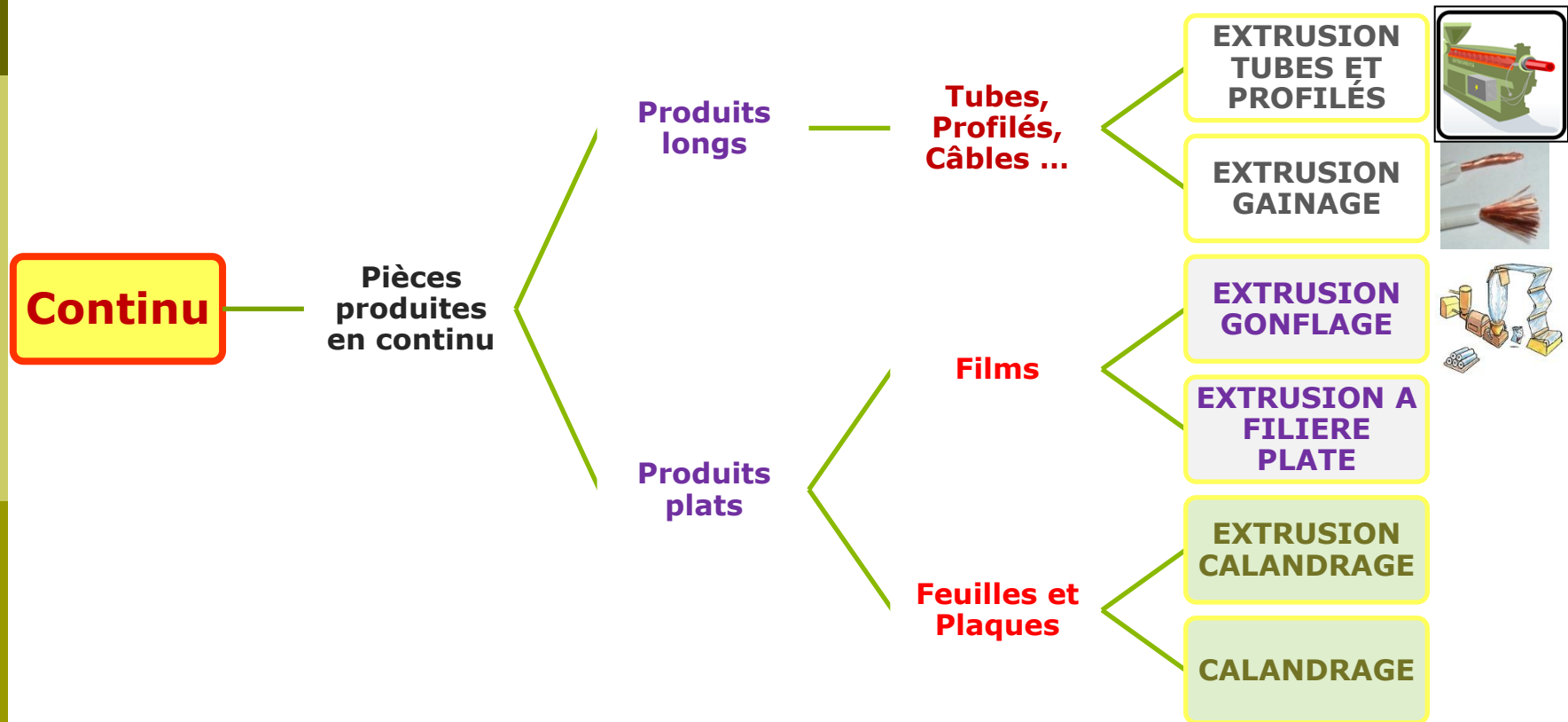


Classification

- ❑ Les procédés de mise en œuvre des plastiques sont extrêmement variés, s'adaptant suivant les cas aux matières solides ou liquides plus ou moins pâteux, thermoplastiques ou thermodurcissables, ou composites.
- ❑ **Plusieurs systèmes de classement sont généralement utilisés**, aucun n'étant véritablement satisfaisant à cause des interactions des différents paramètres et des nombreux cas particuliers ;
- ❑ Nous avons choisi une répartition en deux grandes catégories tenant compte du type de production des pièces :
 - ❑ **Continus**
 - ❑ **OU Discontinus**

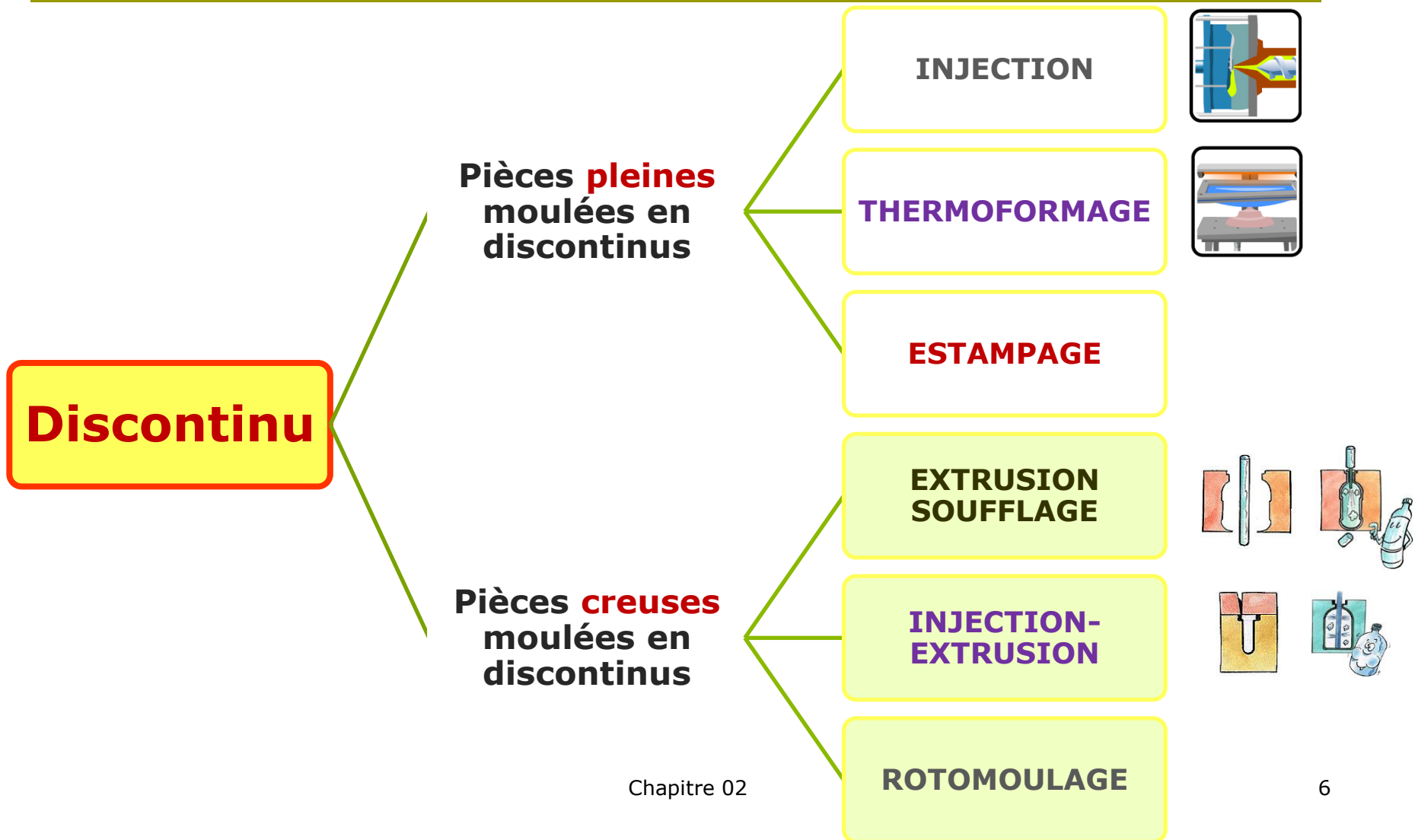
Classification « selon le procédé »

Procédés CONTINUS

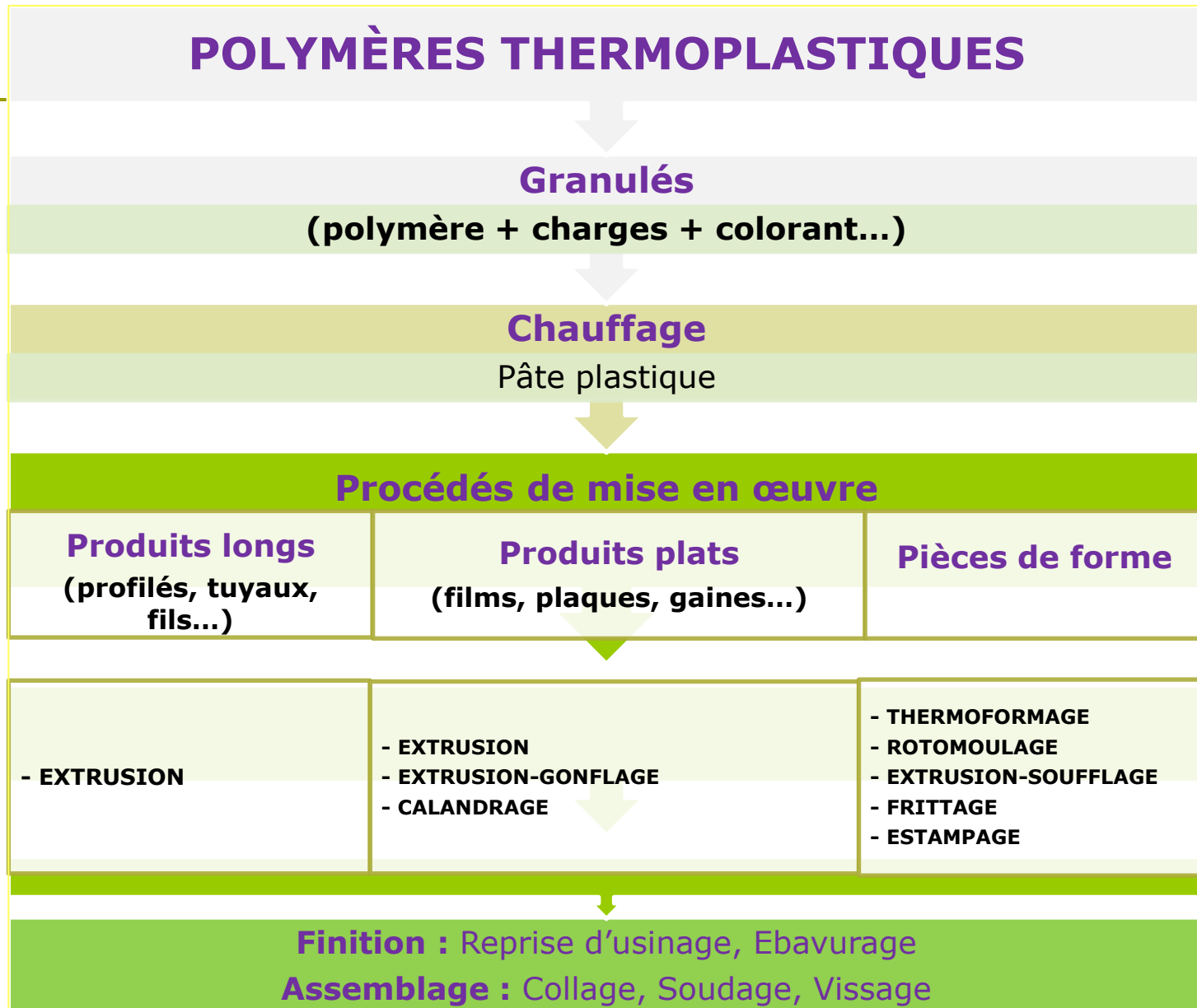


Classification « selon le procédé »

Procédés DISCONTINUS



Classification « selon les produits »



Les principaux procédés de transformation et leurs applications

les matières plastiques peuvent être transformées :

- ❑ en **une seule étape** aboutissant directement à la pièce finie par une opération de *première transformation*, ce qui est le cas de l'injection haute pression des thermoplastiques ;
- ❑ **en deux étapes**, en fabriquant d'abord un **demi-produit** tel que feuille, plaque ou jonc par un procédé de première transformation **puis en le transformant en pièce finie** dans une opération subséquente dite de *seconde transformation*.
- ❑ Comme beaucoup d'autres matériaux, **les pièces en matières plastiques peuvent nécessiter** des **opérations de finition** et certaines pièces peuvent être réparées après endommagement.

Les principaux procédés de transformation et leurs applications

les matières plastiques peuvent être transformées :

1. **Les procédés de première** transformation comprennent principalement l'injection et ses procédés dérivés, **l'extrusion, l'injection-soufflage** et **extrusion-soufflage, l'extrusion-gonflage**, le **rotomoulage**, les autres formes de moulage y compris des liquides, le moussage sous diverses formes, le **calandrage** et diverses techniques particulières dont celles utilisées pour la transformation des composites.
2. **Les procédés de seconde transformation** utilisant des semi-produits issus de la première transformation sont, par exemple, le **thermoformage, l'estampage, l'usinage**, le **chaudronnage**, le **soudage**, le **collage, l'assemblage mécanique**.
3. **Les procédés de finition** ressemblent à ceux utilisés pour les métaux ou le bois après adaptation aux polymères organiques, par exemple **peinture, traitements de surface**, etc.

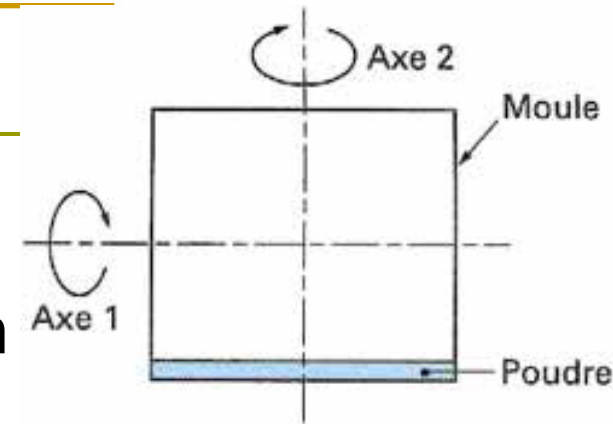
Les principaux procédés de transformation et leurs applications

- Suivant la série de fabrication, les différents procédés de moulage des plastiques, en donnant pour chacun le schéma de principe du procédé.
 - **(Petites et moyennes séries)**
 - **(Grandes séries)**

Rotomoulage

Petites et moyennes séries

- la matière thermoplastique en **poudre** est placée dans un moule fermé que l'on chauffe, en rotation autour de deux axes perpendiculaires.
- Elle se répartit uniformément sur la surface du moule sous l'effet de la rotation et durcit ensuite par refroidissement du moule.



Rotomoulage

Petites et moyennes séries

□ **Matériau :**

*thermoplastiques (**TP**)*

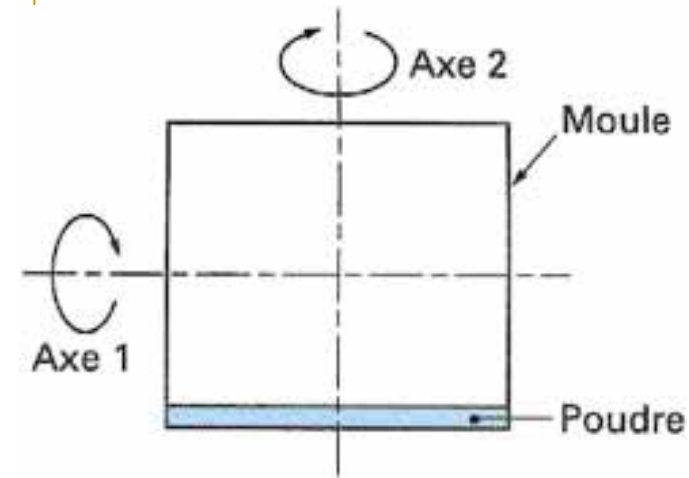
□ **Produits : Corps creux**

(gros volume)

□ **Applications : Cuve -**

Conteneur - Palette

réutilisable.

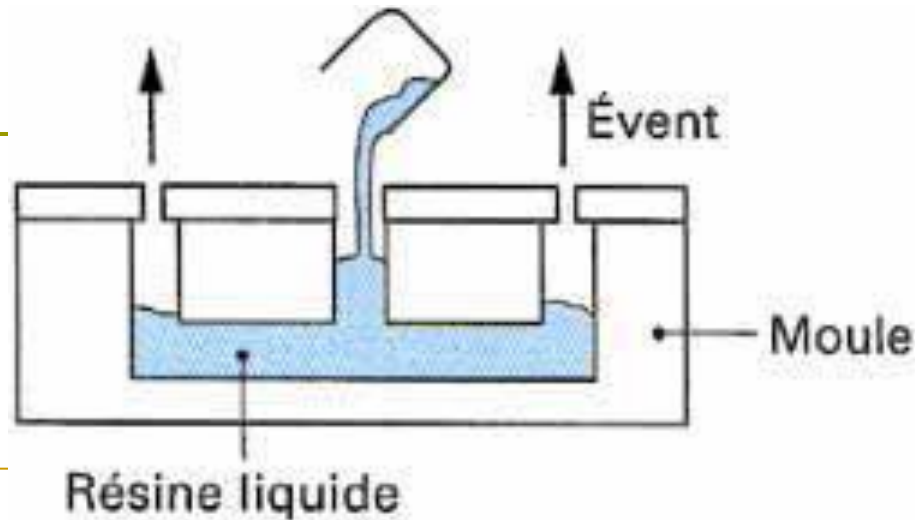


□ Vidéos

1. [7 ROTOMOULAGE 1 ;](#)
2. [7 ROTOMOULAGE 2 ;](#)
3. [7 ROTOMOULAGE 3 ;](#)
4. [7 ROTOMOULAGE des Kayaks.](#)

Coulée

Petites et moyennes séries



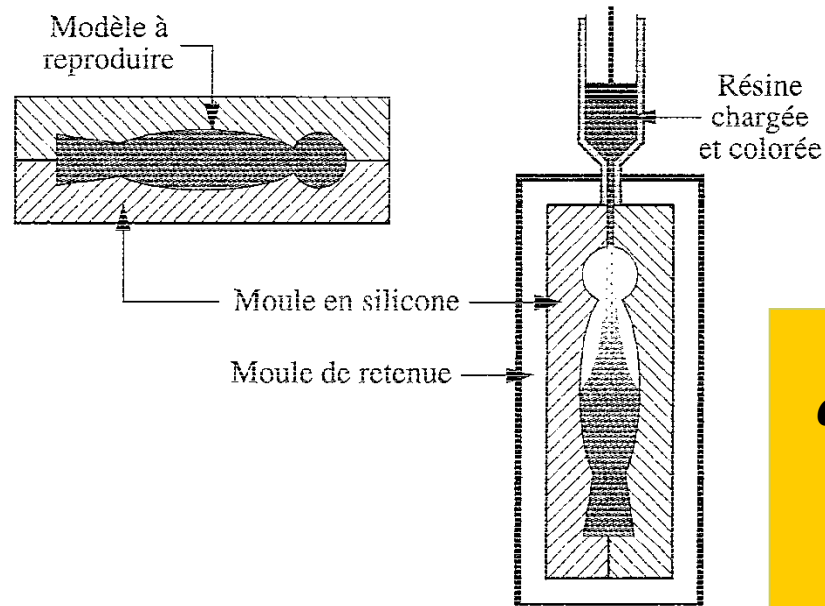
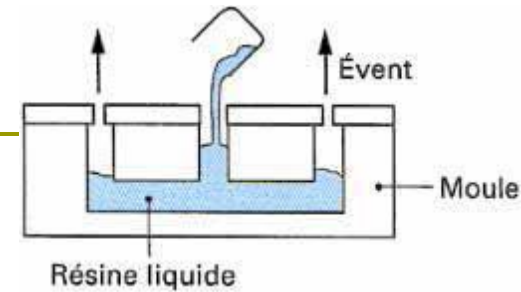
- ***une résine liquide (polyester ou époxyde) est coulée dans un moule. Un catalyseur, la chaleur (ou les deux à la fois) provoquent le durcissement de la résine.***



Coulée

Petites et moyennes séries

- **Matériau : thermodurcissables (polyester ou époxyde)**
- **Produits : les œuvres d'art**
- **Applications : les œuvres d'art**



**Reproduction
d'un modèle (à
partir d'un
moule en
silicone)**

□ Vidéos

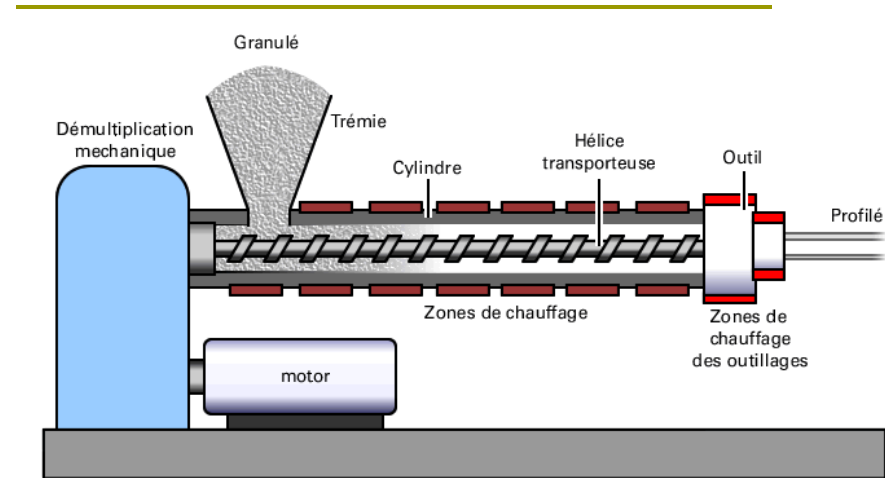
- [13 TP Composite 5 Moule en Silicone et reproduction 2](#) ;
- [13 TP Composite 5 Moule en Silicone et reproduction 1](#) ;
- [13 TP Composite 5 Moule en Silicone et reproduction 3](#) ;

RM: la vidéo comporte la fabrication d'un moule en silicone et la coulée du polyester et du plâtre

Grandes séries

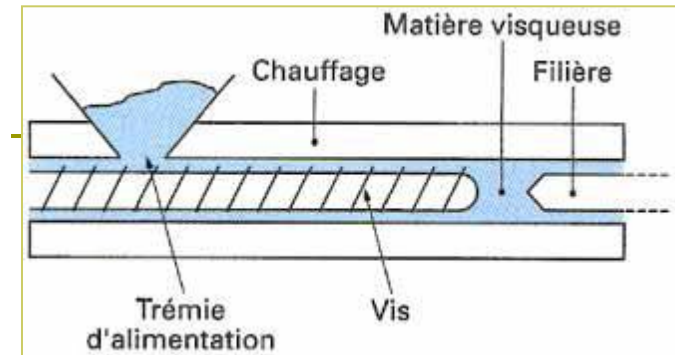
Extrusion Grandes séries

- la **matière en granulés** est **introduite** dans une **trémie** d'alimentation,
- puis **transportée** par l'intermédiaire d'une **vis sans fin** dans un **cylindre** chauffant
- et **poussée** à travers une **filière** qui lui donne sa forme finale (profilés, films et plaques, revêtement de fils et câbles, tuyaux, etc.).



Extrusion Grandes séries

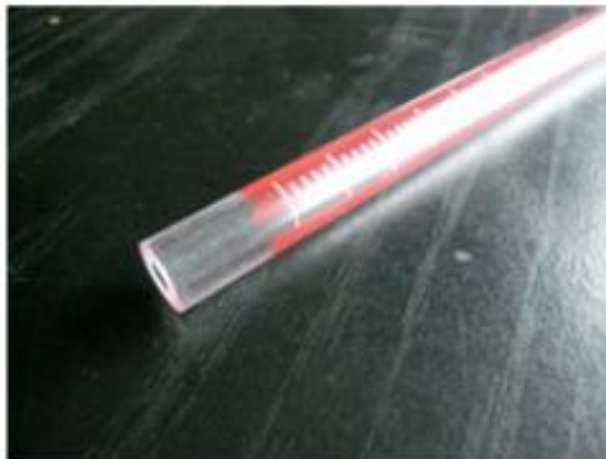
- **Matériau** : thermoplastiques et thermodurcissables
- **Produits** : Feuilles- films- Profilés
- **Applications** : Profilés souples et rigides pour fenêtres et mobiliers - Feuille pour thermoformage - Tube - Manchon



Extrusion Grandes séries

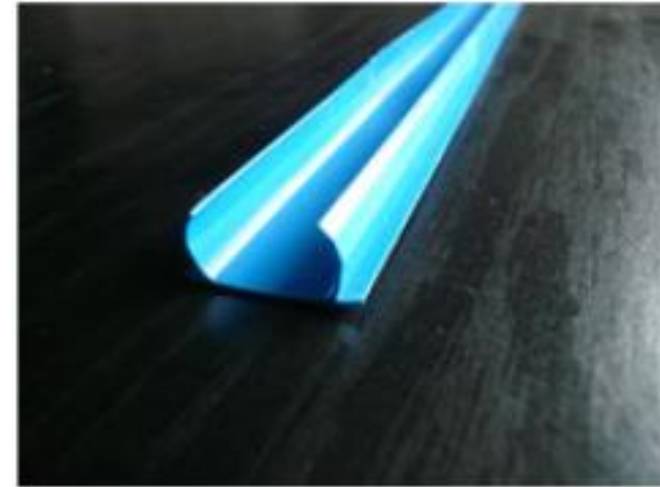
- **Applications :** *Profilés souples et rigides pour fenêtres et mobiliers - Feuille pour thermoformage - Tube - Manchon*

**AVEC SERIGRAPHIE POUR
TENSIOMETRE MEDICAL**
Réalisation en Polycarbonate
incolore



PROFIL CACHE RAIL

— **Réalisation en PVC**



Extrusion Grandes séries

□ **FILIERES**



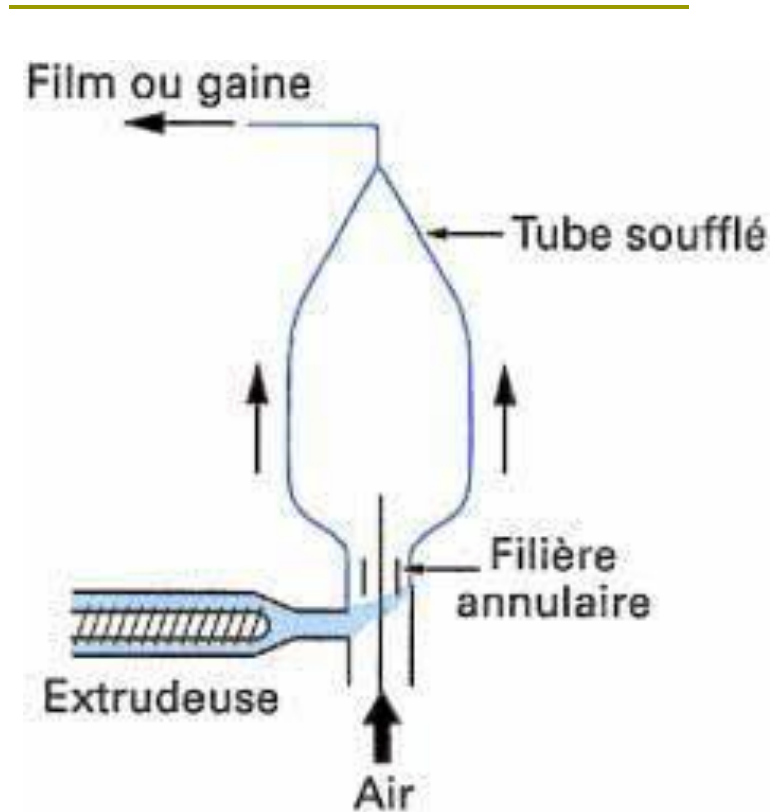
Vidéos :

1. [2 Extrusion 0 principe tamis et grille simulation](#)
2. [2 Extrusion tube profilé](#)

▪ **PLAYLIST YOUTUBE « Procédés - Extrusion des thermoplastiques » :**
<https://www.youtube.com/playlist?list=PLVdWnPZXu-Oi835AX9dqXHLDD1KTo6WwK>

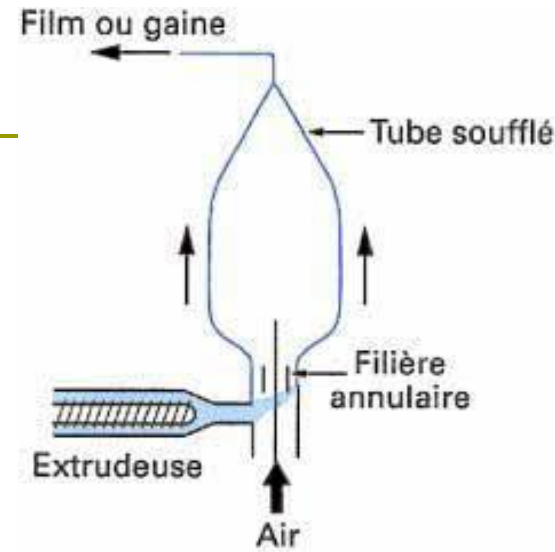
Extrusion - Gonflage Grandes séries

- *Extrusion d'un film par une filière annulaire, et soufflage d'air sortant du centre de la filière.*
- *Le film est ainsi étiré jusqu'à obtention de l'épaisseur désirée.*
- *La gaine formée peut être fendue longitudinalement pour la production de feuilles.*



Extrusion - Gonflage Grandes séries

- **Matériau** : thermoplastiques
- **Produits** : films
- **Applications** : sachets, films étirables et films rétractables



Extrusion - Gonflage Grandes séries

□ **Vidéos**

1. [4 Extrusion GONFLAGE 0 gonflage](#)
2. [4 Extrusion GONFLAGE 0 principe 1](#)

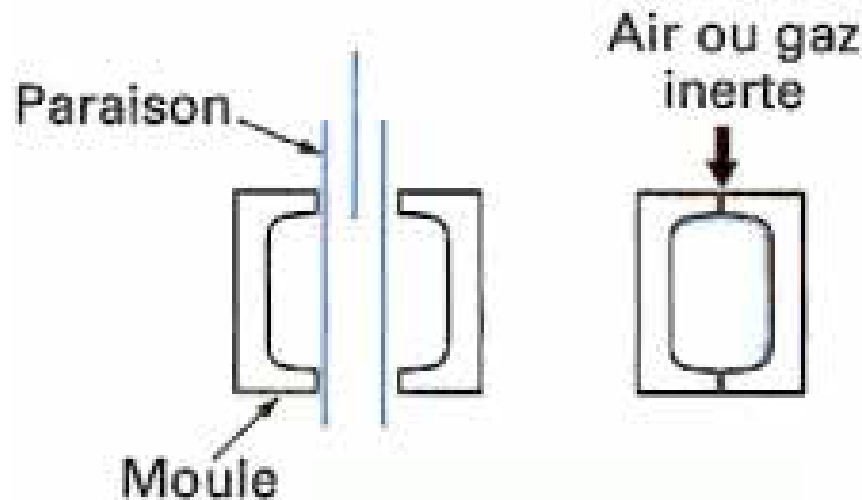
Extrusion - Soufflage Grandes séries



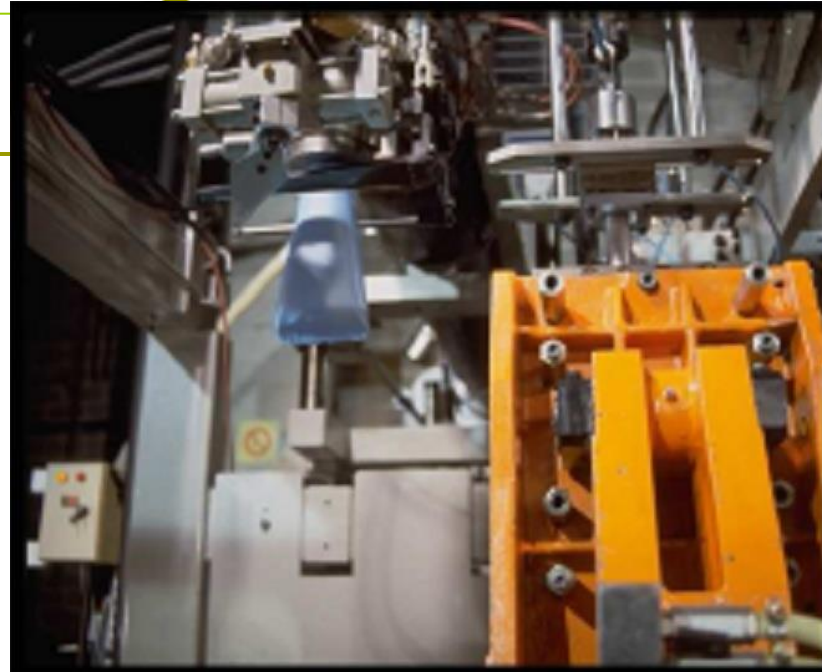
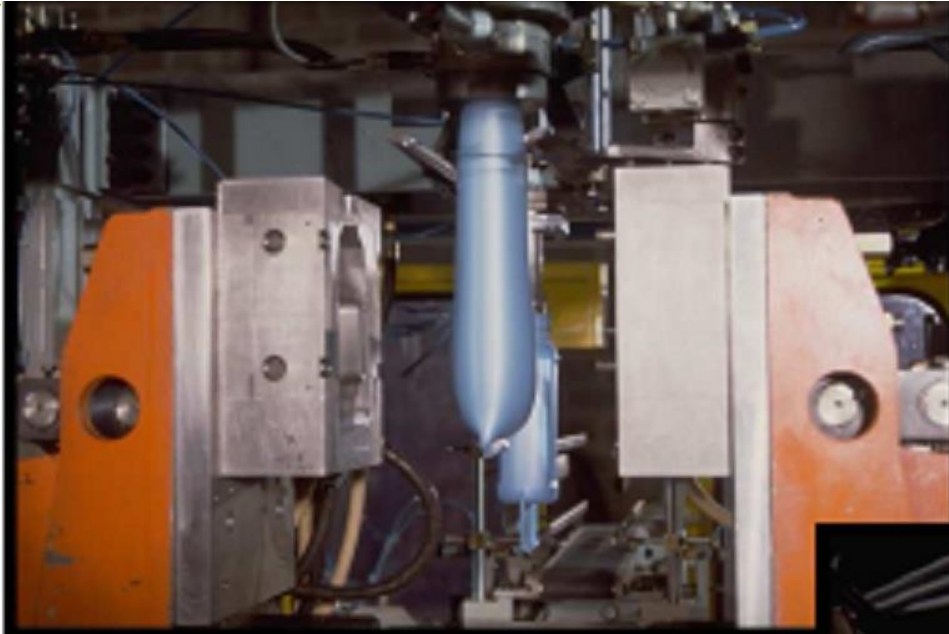
- ***une extrudeuse produit un tube (ou **paraison**) sur lequel vient se refermer un moule.***
- ***De l'air (ou un gaz inerte) est injecté dans la paraison qui prend la forme du moule.***

Extrusion - Soufflage Grandes séries

- ❑ **Matériau : thermoplastiques**
- ❑ **Produits : Corps creux**
- ❑ **Applications : - Bouteille - Flacon - Bidon - Fût - Conteneur**



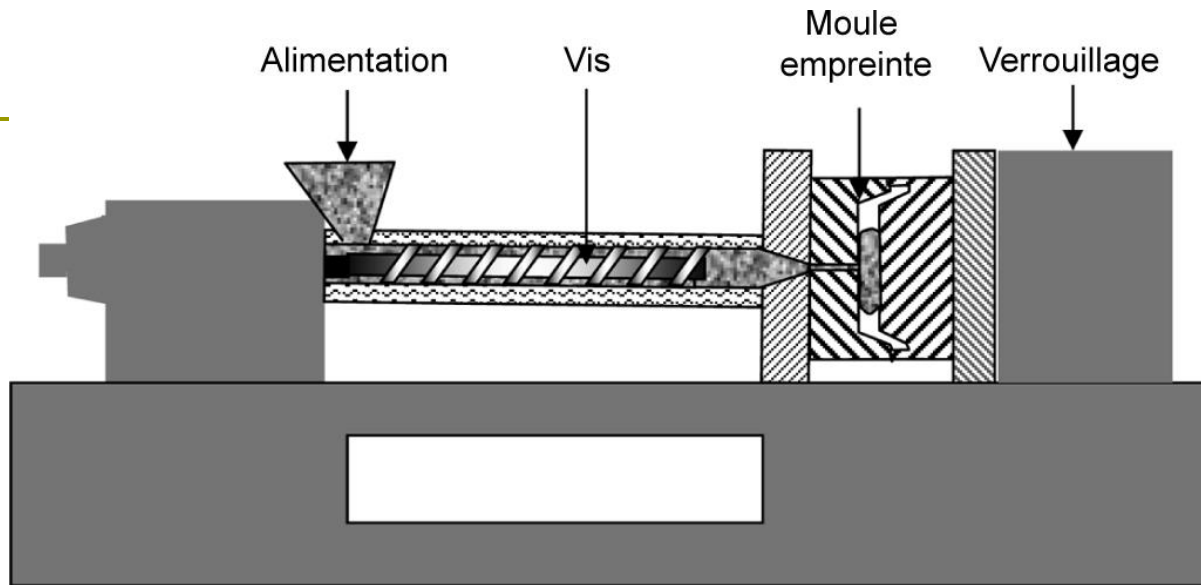
Extrusion - Soufflage Grandes séries



□ **Vidéos**

1. [5ET6 injection et extrusion SOUFFLAGE des bidon et bouteilles semi automatic blow molding machine](#)
2. [6 EXTRUSION SOUFFLAGE 1 bidons](#)
3. [6 EXTRUSION SOUFFLAGE Plastic Blow Molding](#)

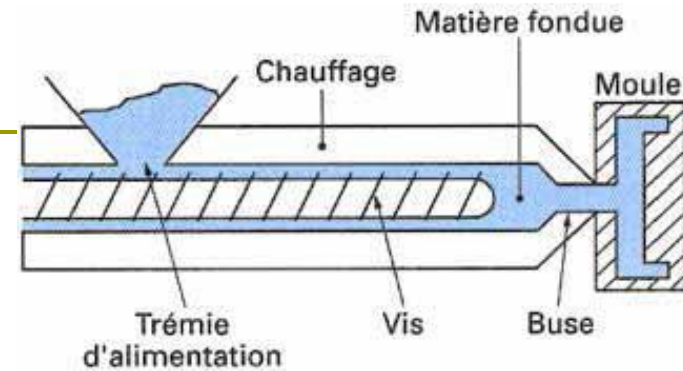
Injection **Grandes séries**



- la matière **en granulés** est **plastifiée** dans un cylindre, **véhiculée** à l'aide d'une vis puis **injectée** sous haute pression par un mouvement de translation de la vis **dans un moule** fermé et relativement froid où elle se solidifie.
- La pièce est **éjectée** après ouverture du moule.
- **Ce procédé est utilisé pour :**
 - les **thermoplastiques**,
 - ceux renforcés de fibres courtes, allégés
 - et certains thermodurcissables.

Injection Grandes séries

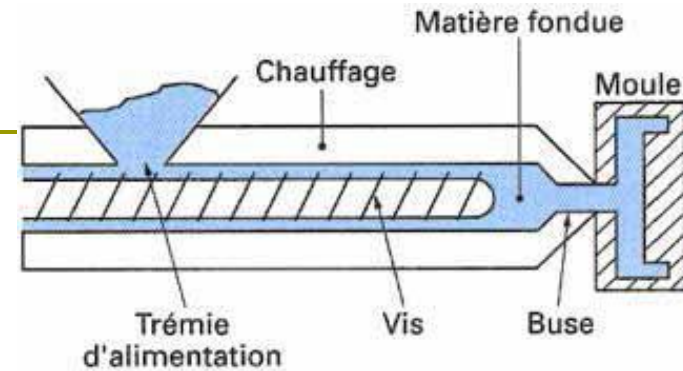
CASQUE DE PROTECTION POUR ROLLER-VTT Réalisation en alliage **ABS-POLYCARBONATE**



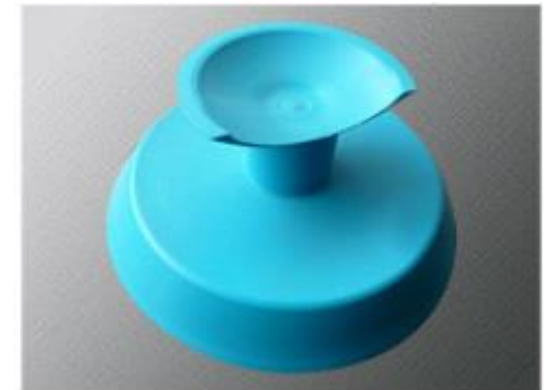
- ❑ **Matériau : thermoplastiques et thermodurcissables**
- ❑ **Produits : Pièces moulées**
- ❑ **Applications : Bouchon - Boîte - Pot - Caisse - Palette - Pompe - Valve - Barquette – Seau ...**

Injection Grandes séries

FACE AVANT DE BOITIER **Réalisation en *ABS***



SUPPORT TEE POUR **BALLON DE RUGBY** **Réalisation en** ***élastomère souple***

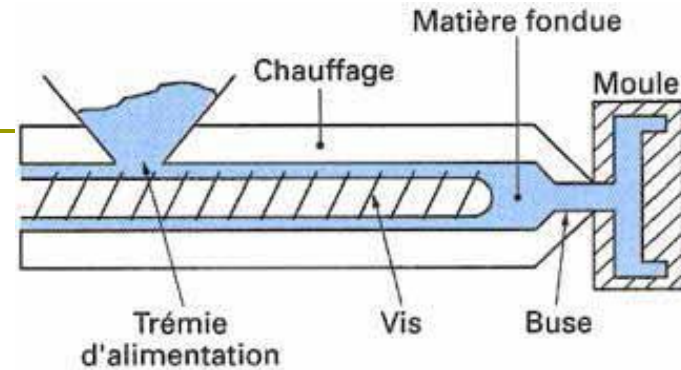


- **Applications : Bouchon - Boîte - Pot - Caisse - Palette - Pompe - Valve - Barquette - Seau**

Injection Grandes séries

DEMONTE PNEU GRAISSEUR POUR VTT

Réalisation en **Polypropylène chargé fibres de verre**



COFFRET COSMETIQUE

Réalisation en **résine**



- Applications : Bouchon - Boîte - Pot - Caisse - Palette - Pompe - Valve - Barquette - Seau

Injection Grandes séries

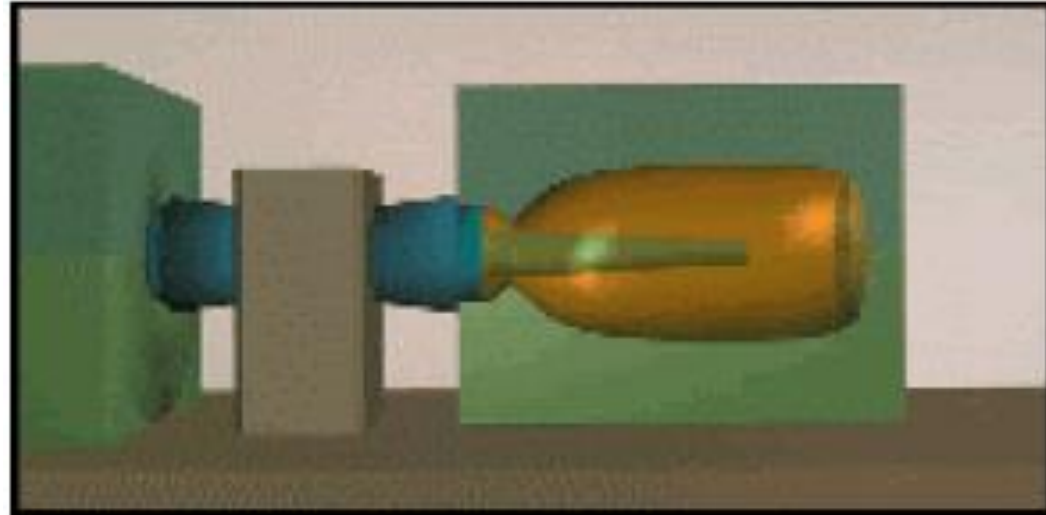
□ Vidéos

1. [1 INJECTION 0 simulation et réell dosage cycle de moulage bavure rôle de groupe fermeture](#)
2. [1 INJECTION Presse d'injection](#)
3. [1 INJECTION 0 Domaines d'ppl pièces injectées principe de l'injection simulation et réelle](#)
4. [1 INJECTION 0 partie de la machine Molding Machine Components](#)

▪ **PLAYLIST YOUTUBE « Procédés - Injection des thermoplastiques » :**
<https://www.youtube.com/playlist?list=PLVdWnPZXu-OgS3fJqc1-JE5g3xQcyhQPv>

Injection - Soufflage Grandes séries

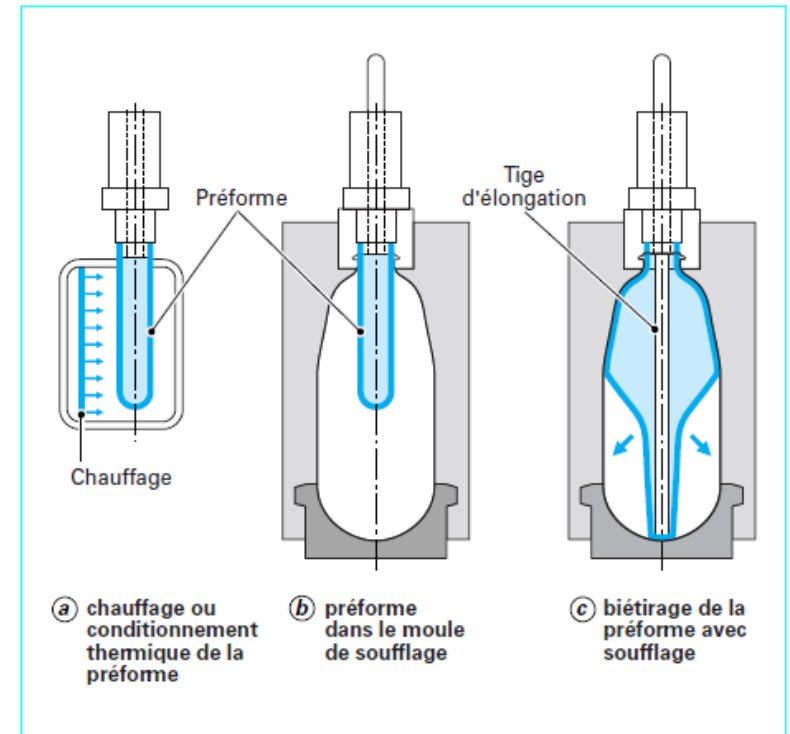
- ***Une préforme injectée est ensuite plaquée par jet d'air comprimé contre les parois d'un moule puis refroidie.***



Injection - Soufflage Grandes séries

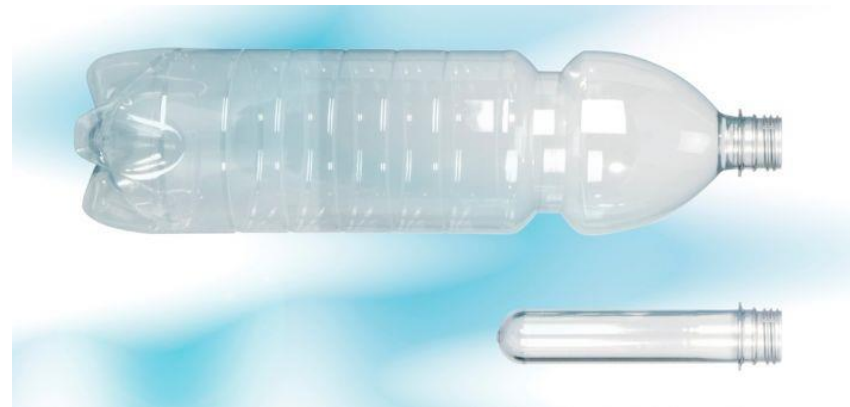
Le cycle de fabrication se compose de quatre étapes :

- 1/ Réalisation par injection d'une préforme ;**
- 2/ Transfert de cette préforme dans une station de réchauffage pour que le matériau soit réchauffé dans un domaine d'état caoutchoutique ;**
- 3/ Transfert de la paraison chaude dans un moule et soufflage pour que le polymère vienne en contact avec les parois du moule ;**
- 4/ Refroidissement et injection de la pièce.**



Injection - Soufflage Grandes séries

- **Matériau :**
thermoplastiques
- **Produits : corps creux**
- **Applications :**
Bouteilles, flacons, pots, réservoirs de carburant, caisse, citernes agricoles et industrielles.



Injection - Soufflage Grandes séries

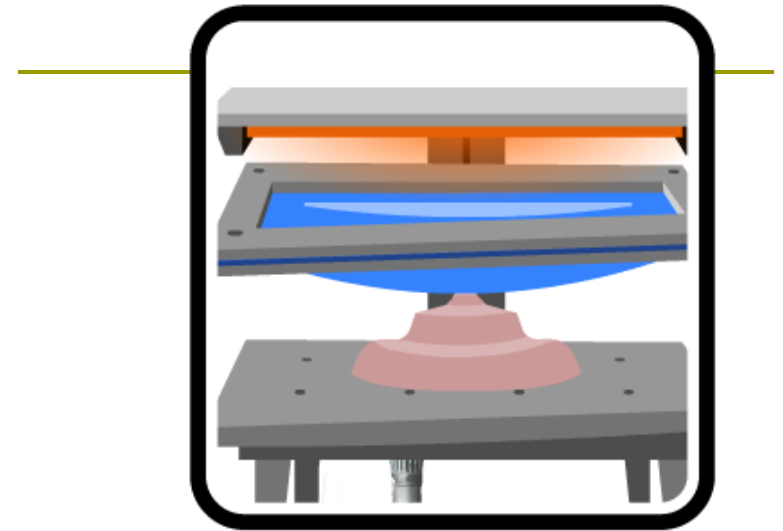
□ **Vidéos**

1. [5 INJECTION SOUFFLAGE Elaboration des Bouteilles et pots de plastique](#)
2. [5 INJECTION SOUFFLAGE 0 simulation du procédé soufflage](#)
3. [5 INJECTION SOUFFLAGE 2 bouteilles](#) (moule de soufflage, préformes et bouteilles,...)

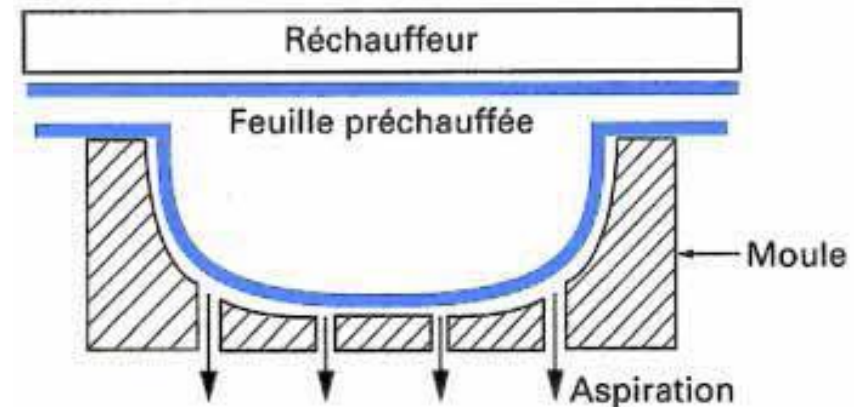
▪ **PLAYLIST YOUTUBE « Procédés - Soufflage des thermoplastiques » :**
<https://www.youtube.com/playlist?list=PLVdWnPZXu-Ogs5JHjoBRD20Y3RBLahIxp>

Thermoformage (sous vide ou pression) Grandes séries

- ***une feuille préchauffée jusqu'à son ramollissement est fixée sur un moule et un vide est créé entre la feuille et le moule.***
- ***La dépression permet à la feuille de prendre la forme du moule.***



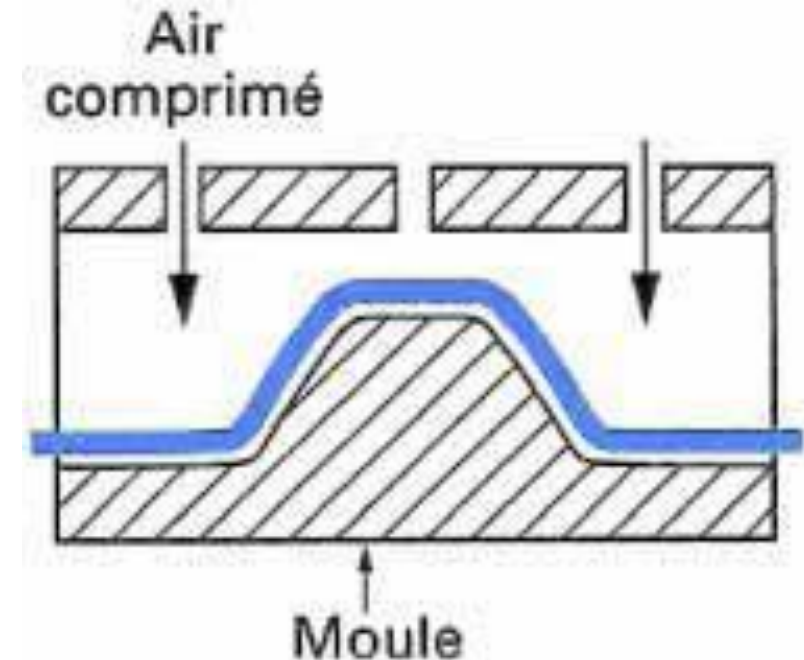
LE THERMOFORMAGE



Thermoformage (sous vide ou pression) Grandes séries

Variante sous pression :

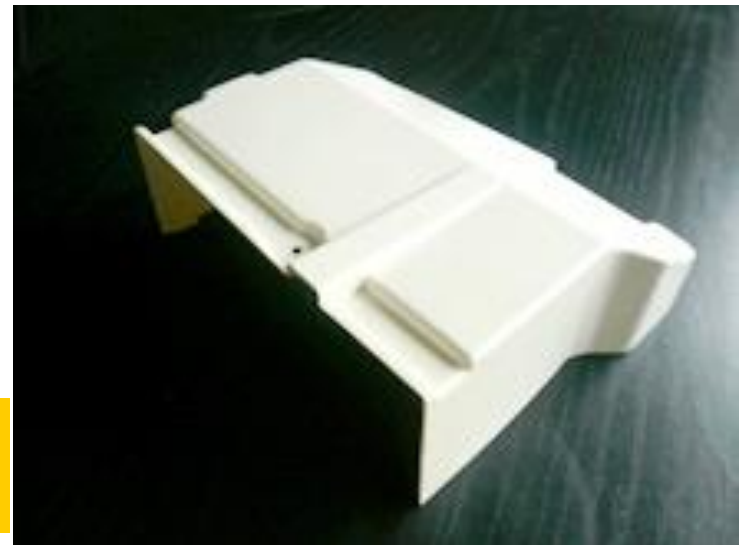
- ***la feuille est plaquée contre la paroi d'un moule fermé par une pression d'air.***
- ***Le formage peut être fait à l'aide d'un **poignon mécanique** ou par une combinaison séquencée ou non, des effets « **dépression, pression, poignon** ».***



Thermoformage (sous vide ou pression) Grandes séries

- **Matériau :**
thermoplastiques
- **Produits :** ***A partir de feuilles extrudées ou calandré***
- **Applications :** ***- Boîte alimentaire - Pot - Gobelet - Barquette - Couvercle - Plateau à empreintes - Blister***

BARQUETTE ALIMENTAIRE Réalisation en Polypropylène



CAPOT D'HABILLAGE Réalisation en ABS blanc

□ **Vidéos**

□ **THERMOFORMAGE 1**

- **PLAYLIST YOUTUBE** « **Procédés - Thermoformage des thermoplastiques** » :
<https://www.youtube.com/playlist?list=PLVdWnPZXu-Oi429VMIIuPxlvwm5E1sLPv>

Calandrage Grandes séries

- ❑ Cette technique est généralement employée pour produire des feuilles et des films d'épaisseur minimale de l'ordre de $25 \mu\text{m}$.
- ❑ Le principe schématisé par la figure suivante consiste à :
 - plastifier ou fondre le thermoplastique par passage dans une extrudeuse ou un mélangeur ;
 - laminer le thermoplastique plastifié ou fondu entre des cylindres tournant en sens inverses pour obtenir un film ou une feuille d'épaisseur constante. Les épaisseurs sont dans une gamme de $80\text{-}800 \mu\text{m}$ avant étirage et $25 \mu\text{m}$ et plus après étirage ;
 - refroidir le polymère pour lui redonner sa consistance d'origine.

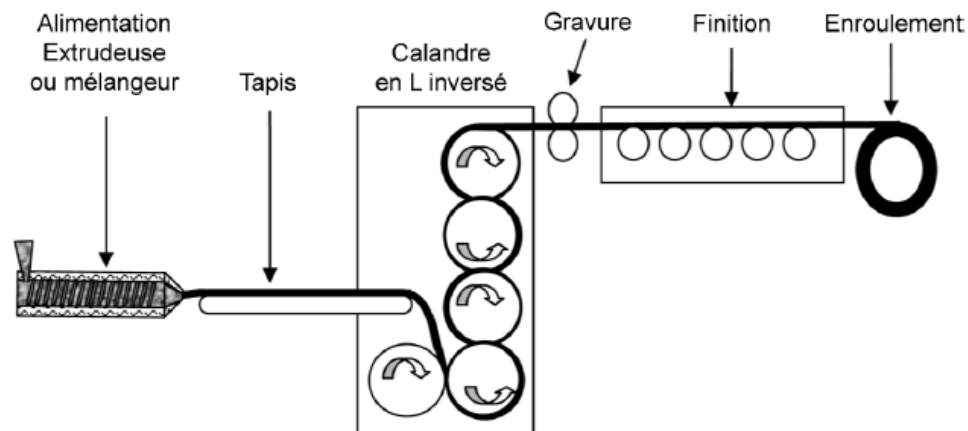
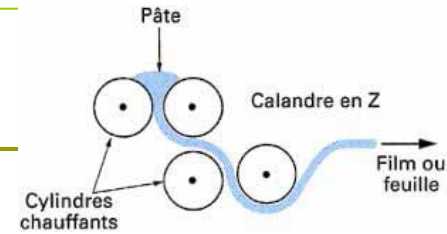


Figure 6.7 – Principe du calandrage.

Calandrage Grandes séries

- **Matériau** : thermoplastiques tels que PVC rigide et souple, EVA, polypropylène, ABS...
- **Produits** : Films / Feuilles ;
- **Applications** : - Feuille pour thermoformage (C), tissus enduits TEP pour bâchages et camping (E) et revêtement de sols (C+E),

E : Enduction



Calandrage Grandes séries

□ **Vidéos**

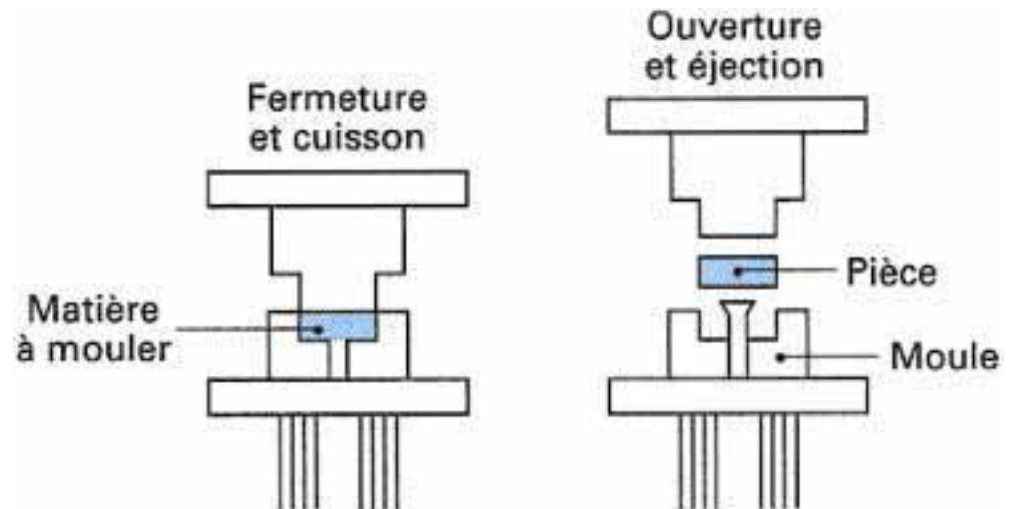
- [8 Calandrage 2](#)
- [8 Calandrage usine filière plate et calandres ;](#)
- [Machine d'extrusion calandrage](#)
- [PVC calendaring sheet making machine](#)
- [Prigid PVC sheet production process](#)

▪ **PLAYLIST YOUTUBE** « **Procédés - Calandrage** » :

https://www.youtube.com/playlist?list=PLVdWnPZXu-OiY8KO_IP6CvI7QG_3Th863

Compression Grandes séries

- ***une résine partiellement polymérisée (poudre ou pastille) est placée dans la cavité d'un moule ouvert et chauffé.***
- ***Après fermeture, une pression élevée est appliquée.***
- ***La chaleur complète la polymérisation.***



Compression Grandes séries

- **Matériau** : *thermodurcissables ; caoutchoucs*
- **Produits** : *pièces épaisses ;*
- **Applications** : *poignées de casseroles, abattants de WC et quelques isolants électriques massifs.*



Joint d'étanchéité pipeline

Compression Grandes séries

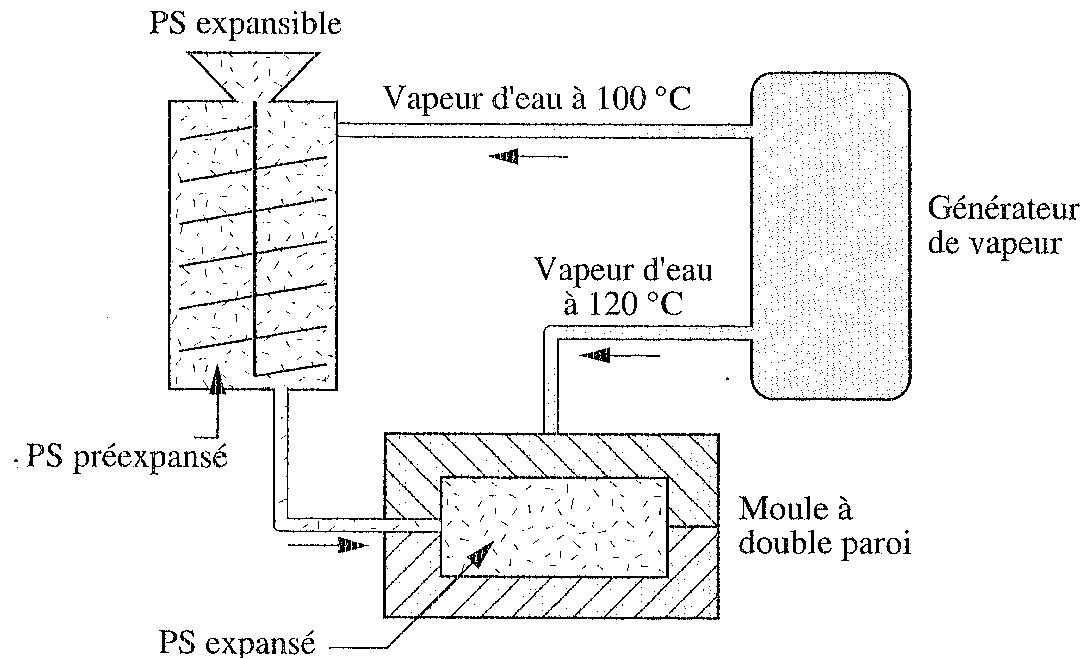


□ Vidéos

- [14 07 Moulage par compression 1 \(caoutchouc\) ;](#)
- [14 11 Fabrication des joints \(caoutchoucs\) ;](#)
- [14 07 Moulage par compression Simulation et Applications \(thermodurcissables\) ;](#)
- [13 00 Les procédés de transformation des TD ;](#)
(compression de la mélamine et autre à partir de 5:30 → 9:37) ;

- **PLAYLIST YOUTUBE « Les Caoutchoucs » :**
<https://www.youtube.com/playlist?list=PLVdWnPZXu-OhzxJMFzbbQaCt1lxHBbfVi>
- **PLAYLIST YOUTUBE « Procédés - Composites » :**
https://www.youtube.com/playlist?list=PLVdWnPZXu-OgEm_zfMh15q3LUIa7s8Cys

Moussage - expansion Grandes séries



- ❑ **Le moulage s'effectue par élévation de température de perles de PSE (PS + pentane), *en deux temps*.**
- ❑ **On provoque d'abord une dilatation libre, par *injection de vapeur d'eau à 100°C*, ce qui donne des flocons préexpansés.**
- ❑ **Puis, ceux-ci seront utilisés après maturation pour remplir un moule et s'autocolleront en forme *par une nouvelle introduction de vapeur à 120 °C*.**

Moussage - expansion Grandes séries

- ❑ **Matériau : Thermoplastiques (PS, PVC, PE, PP, acryliques, phénoliques) et thermodurcissables (Polyuréthane, urée-formol).**
- ❑ **Produits : Pièces moulées (alvéolaires) - Feuilles (alvéolaires)**
- ❑ **Applications : Barquette – Caissette - Boîte - Caisse de transport -Thermoformage : Barquette - Calage de protection - Palette de transport**



Le polystyrène expansé utilisé comme matériau d'emballage.

Un isolant thermique performant



□ Vidéos

- [9 moussage 1](#) ;
- [9 moussage 2](#) (panneaux sandwichs) ;
- [9 moussage 3](#) ;
- [9 moussage continu 4 partie 1 réaction](#) ;
- [9 moussage continu 4 partie 2 découpage](#).
- [Chaine de production Polystyrène et produits Polytech](#)

- **PLAYLIST YOUTUBE « Procédés - Moussage et Expansion » :**
<https://www.youtube.com/playlist?list=PLVdWnPZXu-OgF8qwRJSrhyHQFGeTTJ64q>

□ FIN