



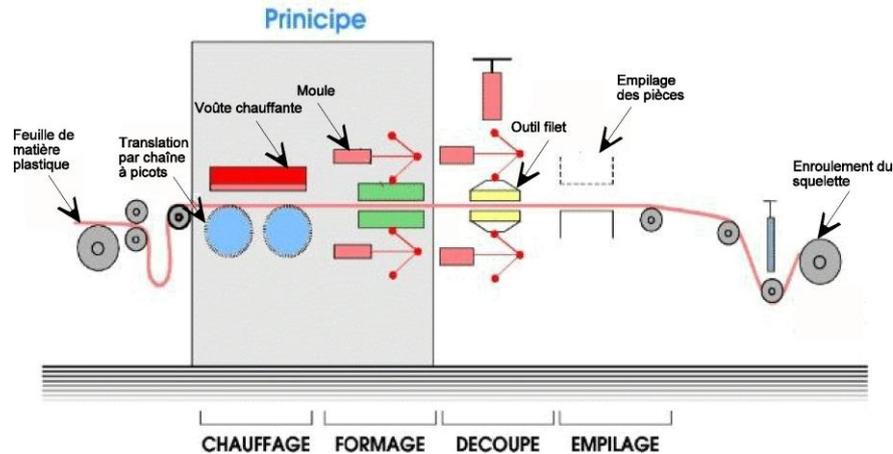
Procédés de réalisation :

Le thermoformage (1/3)

1- Principe

On appelle le thermoformage : Le procédé qui consiste à chauffer une feuille de matière plastique et à la mettre en forme. Cette mise en forme peut s'effectuer par l'action du vide, d'une surpression, ou des deux actions combinées sur des faces différentes de la feuille.

La mise en forme peut être améliorée ou complétée par une action mécanique combinée aux précédentes.

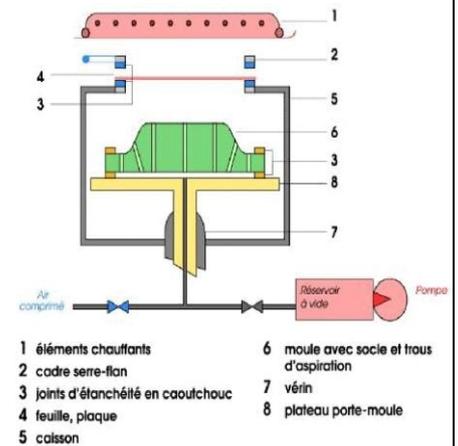
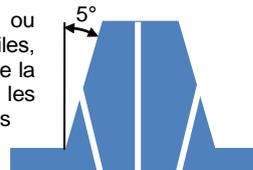


2- Les machines

De la plus simple à la plus complexe, une machine de formage comporte les éléments suivants :

- **Le chauffage** (La fonction la plus importante)
- Le **cadre serre-flan**, qui est muni de joints en caoutchouc pour l'étanchéité et s'ouvre sous l'action de vérins pour la mise en place et le maintien de la feuille.
- Le **plateau porte-moule** et son moule, susceptibles de déplacements verticaux.
- Le **caisson étanche** muni d'ouvertures réglables.
- La **pompe à vide** et son réservoir, dans le cas de formage par le vide : On pratique un vide de 0,05 à 0,10 bar. La réserve de vide constituée par le réservoir détermine la rapidité du cycle de formage.
- Le **compresseur** et son réservoir, dans le cas du formage par pression : il fournit l'air comprimé nécessaire au décollement de la pièce du moule (Par injection d'air dans les canaux d'aspiration), au refroidissement (Par jets d'air) et aux commandes des vérins s'il y a lieu.
- Le **moule** de thermoformage peut être très simple, en bois ou aussi compliqué qu'un moule d'injection avec des éléments mobiles, un système de découpe intégré. Le choix du matériau dépend de la taille de la série à produire : si la série est faible, **le bois** ou les **résines synthétiques** pourront suffire ; pour les grandes séries **l'aluminium** ou **l'acier** seront préférés.

Le moule doit comporter des **événants** pour faciliter le plaquage de la feuille et les faces verticale doivent avoir des **dépouilles de 5° minimum**



Machine manuelle



machine automatique





Procédés de réalisation :

Le thermoformage (2/3)

3- Les procédés

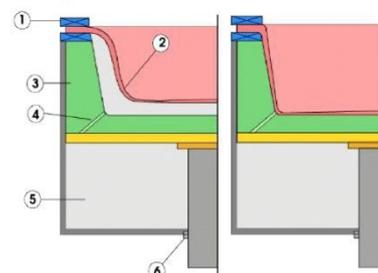
3-1 Formage négatifs :

Les formes et dimensions fonctionnelles des faces extérieures de la pièce sont obtenues par une empreinte sur le modèle.

Formage négatif simple :

Dans ce cas, le moule est négatif (ou encore femelle), et l'on applique simplement le vide entre la feuille et la cavité de moule ; la feuille chaude se déforme pour épouser exactement la forme du moule. L'étirage de la feuille est responsable d'un amincissement progressif suivant la profondeur de l'empreinte. Il se localise sur le fond des empreintes et sur le pourtour de ce fond. Les bords supérieurs se rapprochent progressivement de l'épaisseur nominale de la feuille, de telle sorte que cette technique conduit à des produits finis présentant plus de rigidité sur les bords que dans les fonds.

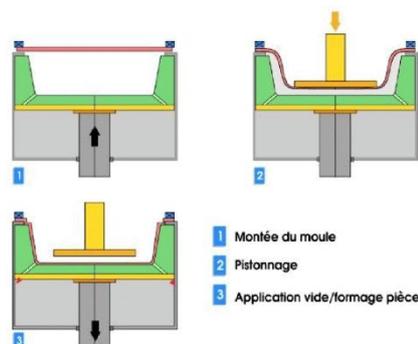
- ① Serre flan
- ② Feuille de matière plastique
- ③ Moule
- ④ Trou d'aspiration (évent)
- ⑤ Caisson
- ⑥ Joint d'étanchéité



Formage négatif avec préformage mécanique

En fonction de l'objet à réaliser, on emboutit la matière plastique sur une partie de la profondeur de la cavité, le reste de la déformation étant effectué par application du vide sur le moule négatif.

L'objet fini présente ainsi une épaisseur beaucoup plus uniforme. Ce procédé est le plus employé pour l'obtention d'emboutis profonds ; pour la fabrication de grandes séries (gobelets pour distributeurs), on a recours à des moules multi-empreintes, compatibles avec cette technique.



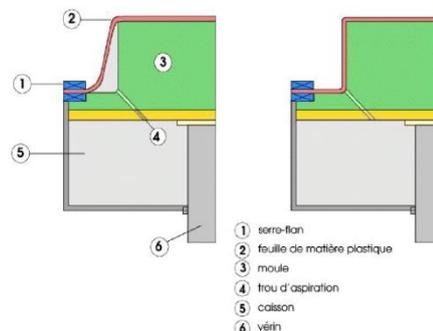
3-2 Formage positif

Les formes et dimensions fonctionnelles des faces intérieures de la pièce sont obtenues par un poinçon sur le modèle.

Formage positif simple (drapage) :

Lorsque le moule s'élève et vient emboutir la feuille après le chauffage, elle se drape sur ses contours, et l'application du vide termine le travail d'obtention des formes finales. On peut aussi remplacer le vide entre feuille et moule par une surpression au-dessus de la feuille.

Ce procédé comme le formage négatif, provoque un étirage de la feuille. Les amincissements sont localisés sur les pourtours du moule, car la partie de la feuille correspondant au fond ne participe pas à la déformation, surtout si le fond du moule est plan (analogie avec l'emboutissage des métaux).

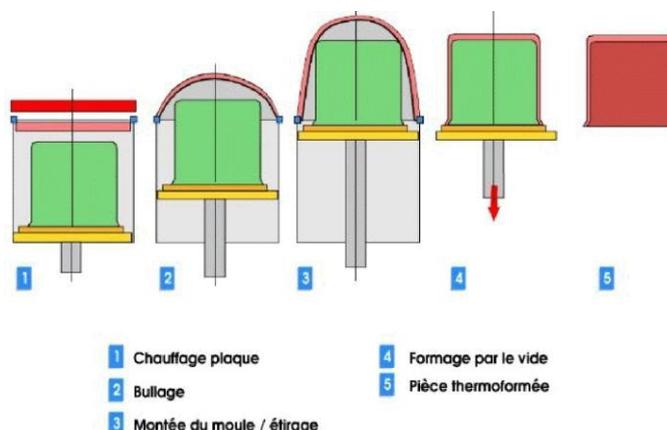


Formage positif avec préformage pneumatique (bullage)

Le procédé consiste à gonfler d'abord la feuille chaude avant l'opération de formage. La déformation provoquée transforme la feuille plane en calotte sphérique, où l'amincissement diminue de façon progressive du pôle de la sphère vers le serre-flan.

Un gros avantage de cette technique est de produire un étirage bi-axial de la matière, améliorant ses propriétés mécaniques.

Variante : on fait le vide dans le caisson avant la montée du porte-moule, donnant à la feuille une forme de calotte sphérique concave. Le moule positif retourne alors cette calotte dans son mouvement ascendant et on termine le formage comme précédemment par action du vide du côté du poinçon.





Procédés de réalisation :

Le thermoformage (3/3)

4- La matière

Les plastiques courants :

Beaucoup de matière plastique sont thermo-formable, le choix est fait en fonction des caractéristiques mécanique, de l'utilisation et de l'aspect que doit avoir la pièce. Parmi les plus couramment utilisés on note :

ABS : (Acrylonitrile-butadiène-styrène)

Bonne résistance aux chocs même à basse température

Bonne aptitude à l'usinage

Remarquable propriété de thermoformage

Densité : 1,06 g/cm³

Très bon rapport qualité / prix

Bonne tenue à la chaleur

Alimentaire

Noms commerciaux

Claradex, Comalloy, Cycogel, Cycoloc, Hanalac, Lastilac, Lupos, Lustran
ABS, Magnum, Multibase, Novodur, Polyfabs, Polyfac, Porene, Ronfalin,
Sinkral, Terluran, Toyolac, Tufrex, Ultrastryl



PMMA : (Polyméthacrylate de méthyle)

Le PMMA, est le thermoplastique qui ressemble le plus au verre en transparence et en vieillissement climatique. Sa première application majeure fut le vitrage du cockpit des chasseurs de combat pendant la seconde guerre mondiale.

Il est dur et rigide mais fragile, il est facile à polir mais sensible aux concentrations de contraintes.

Noms commerciaux

Acrive, Acrylite, Acryrex, Altuglas, Cyrolite, Diakon, Glasflex, Goldrex, Lucite, Lucryl, Optix, Oroglas, Perspex, Plexiglas, Plexit, Sumiplex



PC (Polycarbonate)

Opaque ou diffusant

Etat de surface brillant et très lisse

Excellente résistance aux chocs, 250 fois plus résistant que le verre, 20 fois plus que les plaques acrylique

Supporte les écarts de température importants

Température d'utilisation : de -100°C à + 120°C

Densité : 1,20 g/cm³ (deux fois moins lourd que le verre)

Noms commerciaux

Calibre, FR-PC, Latilon, Lexan, Lupilon, Makrolon, Naxell, Nyloy, Panlite, Sinvet, Star-C, Starglas, Triex, Xantar



PVC rigide (Polychlorure de vinyle)

Le PVC est la seule matière plastique

d'usage courant constituée par plus de

50 % de matière première d'origine

minérale existant à profusion dans la

nature.

Le PVC est robuste, résistant aux

conditions climatiques et facile à mettre en forme et colorer.

Le PVC peut être un thermoplastique ou un thermodurcissable.

Noms commerciaux

Conoco, Dural, Ethyl, Flexalloy, Geon, Hy-vin, Keysor, Locovyl, Novatemp, Oxyclear, Polyvin, Satinflex, Sicron, Solvic, Solvin, Superkleen, Trosiplast, Vinichem, Vestolit, Vinoflex, Vistel



PET, PETG, CPET (polyéthylène téréphthalate)

Le PETG est un co-polyester

Opaque ou diffusant

Très résistant aux chocs même à basse température

Bonne aptitude à l'usinage

Remarquable propriété de thermoformage

Excellente résistance chimique

Densité : 1,27 g/cm³

Noms commerciaux

Arnite, Eastabond, Eastapak, Ektar, Grilpet, Impet, Kodapak, Melinar, Petra, Plenco, Polyclear, Rynite, Selar, Techster, Valox



PS (Polystyrène)

Le polystyrène est un polymère optiquement clair, bon marché, et facilement moulable.

Le PS est cassant. Ses propriétés mécaniques sont dramatiquement améliorées en le mélangeant avec du polybutadiène, mais au détriment de sa transparence optique.

Noms commerciaux

Aim, Bapolan, Comalloy, Dylite, Lastirol, NSC, Polystyrol, Styron, Styropor, Vestyron



PP (polypropylène)

Bonne résistance chimique

Bonne tenue thermique et électrique

Très bonne résistance aux chocs et aux torsions

Densité : 0,92 g/cm³

Dureté de surface et rigidité

Innocuité physiologique

Température d'utilisation : de 0°C à + 100°C

Noms commerciaux

Adpro, Amoco, Appryl, Aqualoy, Astryn, Cefor, Comalloy, Comshield, Dypro, EA36NA, Eltex P, Empee, Escorene, Ferrex, Ferrolene, Fortilene, Fotilene, Hifax, Hostalen PP, Latene, Marlex, Moplen, Multi-Flam, Multi-Pro, Nortuff, Novalen, Novolen, Nyloy, Petrot



PEHD (polyéthylène haute densité)

Très haute résistance chimique

Surface antiadhérente, hydrofuge, physiologiquement neutre

Densité : 0,94 g/cm³

Bonne qualité de glissement et de résistance à l'usure

Caractéristiques mécaniques élevées

Haute résistance aux entailles et aux éraflures

Température d'utilisation : de -100°C à + 80°C

Noms commerciaux

Alathon, Aquathene, Bapolene, Dowlex, Eltex, Empee, Eraclene, Ferrene, Fortiflex, HiVal, Hid, Kemcor, Lacqtene, Lupolen, Marlex, Nortuff, Novapol, Paxon, Petrothene, Polyfort, Rigidex, Sclair, Stamylyn, Statoi, Unival, Zemid

