

# Emballages plastiques

## Procédés de transformation

par **Pierre CHOMON**  
Cofondateur de la société Soplaril  
Chargé de conférences et de formations

<b>1. Biorientation avec thermofixation</b> .....	AM 3 576 – 2
1.1 Filière plate en deux opérations : procédé <i>stenter</i> .....	– 2
1.2 Filière annulaire en une opération : double bulle .....	– 4
1.3 Filière plate en une opération .....	– 4
1.4 Films issus de la biorientation avec thermofixation .....	– 5
<b>2. Biorientation sans thermofixation : films rétractables</b> .....	– 5
2.1 Avec barrière O <sub>2</sub> : présence de PVDC, EVOH et/ou PA .....	– 5
2.1.1 Types de films produits .....	– 5
2.1.2 Applications .....	– 5
2.2 Sans barrière O <sub>2</sub> sur base PE et PP .....	– 7
2.2.1 Types de films produits .....	– 7
2.2.2 Applications .....	– 7
<b>3. Films coextrudés</b> .....	– 7
3.1 Filière annulaire .....	– 7
3.2 Filière plate .....	– 7
3.3 Procédé tandem .....	– 7
3.4 Produits de films coextrudés .....	– 8
3.5 Principales applications .....	– 9
<b>4. Synthèse, innovation et prospective</b> .....	– 9
<b>Pour en savoir plus</b> .....	Doc. AM 3 576

**L**es polymères décrits dans le dossier [AM 3 575], afin de pouvoir être utilisés dans leurs multiples applications d'emballage (produits agroalimentaires, phytosanitaires pharmaceutiques, santé/beauté, bâtiment, agriculture, etc.) subissent nombre de transformations.

Ce document explicite les différentes phases où le granulé se transforme en film, s'associe à d'autres polymères (voire du papier et/ou de l'aluminium) afin de se présenter sous la forme du produit fini, utilisable directement sur une des multiples technologies des machines de conditionnement.

Le matériau d'emballage aura bien rempli ses missions (présentation, conservation, machinabilité) en attendant... son prochain cycle de vie.

Sigles et abréviations	
Abréviation	Définition
APET	polyéthylène téréphtalate amorphe
DLC	date limite de consommation
EAA	éthyl acide acrylique
EBA	éthylène/acrylate de butyle
EMAA	<i>ethylen methyl acrylic acid</i>
EVA	éthylène/acétate de vinyle
EVOH	poly(éthylène/alcool vinylique) copolymère
HR	humidité relative
MAP	<i>modified atmosphere packaging</i>
MD	<i>machine direction</i>
MIF	<i>melt flow index</i>
mPE	polyéthylène métallocène
MXD6	polyamide semi-aromatique
OPA	polyamide biorienté
OPP	polypropylène biorienté
PA	polyamide
PAN	polyacrylonitrile
PBT	polybutylène téréphtalate
PC	polycarbonate
PE	polyéthylène
PE-BD	polyéthylène basse densité
PE-HD	polyéthylène haute densité
PET	polyéthylène téréphtalate
PETG	polyester téréphtalate glycol modifié
PLA	acide polylactique
PP	polypropylène
PS	polystyrène
PSC	polystyrène choc
PSE	polystyrène expansé
PVA	poly(alcool vinylique)
PVC	polychlorure de vinyle
PVDC	polychlorure de vinylidène
PVOH	poly(alcool de vinyle)
SM	sens machine
ST	sens travers
TD	<i>transverse direction</i>
UVC	unité de vente consommateur
ETO	<i>ethylen oxide</i>
PU	polyuréthane
PVAL	poly(alcool de vinyle)

## 1. Biorientation avec thermofixation

La figure 1 montre l'arborescence des multiples facettes des procédés de transformation qui sont à la disposition des producteurs et transformateurs pour réaliser les produits finis.

Pratiquement tous les polymères peuvent subir cette transformation, mais ceux que l'on rencontre le plus fréquemment sont : PS, PET, PP, PA, PE-HD, PVC, PVDC, PLA.

Généralement, les responsables de la normalisation ont fait ajouter un O devant le symbole du polymère : par exemple, PP devient OPP.

L'orientation des chaînes moléculaires apporte les avantages suivants :

- augmentation de la résistance mécanique ;
- augmentation de la résistance à la perforation ;
- augmentation de la résistance à la déchirure non amorcée ;
- amélioration des propriétés de barrière O<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O ;
- amélioration de la transparence ;
- amélioration de la stabilité dimensionnelle (évidemment en dessous du point de thermofixation).

Par opposition, les polymères sont moins performants sur les points suivants :

- diminution du coefficient d'allongement ;
- diminution, voire disparition, de la soudabilité ;
- perte de la résistance mécanique après incision d'amorce de la déchirure.

### 1.1 Filière plate en deux opérations : procédé *stenter*

C'est la technologie utilisée pour la production des films « support » OPP, PET et OPA. Elle est de loin la plus répandue.

La figure 2 représente une ligne selon ce concept. Dans un premier temps, les polymères ci-avant mentionnés sont extrudés ou coextrudés avec des polymères barrières O<sub>2</sub> (PVDC, EVOH, MXD6, PA aromatique). Le film est reçu sur un cylindre froid, immergé dans l'eau, afin que les polymères se trouvent dans un état amorphe. Il passe ensuite sur des rouleaux chauffants qui, par augmentation de vitesse, réduisent l'épaisseur du film de 3 à 5 fois (sans changement de la largeur du film). C'est l'orientation longitudinale (SM : sens machine, ou MD : *machine direction*).

Le film est repris de chaque côté par des pinces montées sur des chaînes sans fin. Il entre dans un long tunnel où il est d'abord réchauffé (les chaînes sont parallèles). Puis elles s'écartent pour réaliser l'orientation transversale (ST : sens travers ou TD : *transverse direction*). La largeur du film augmente alors de 3 à 5 fois, ce qui réduit son épaisseur initiale de (3×3=9 ou 5×5=25 fois). Puis les chaînes redeviennent parallèles pour assurer la thermofixation du polymère. C'est lors de cette dernière phase que le film acquiert sa stabilité dimensionnelle.

En fin de parcours s'opère le traitement Corona afin de rendre polaire une ou deux faces permettant ultérieurement de déposer des laques, vernis, encres et colles.

Après découpage des deux rives (et leur récupération dans le pli central), on obtient des bobines « mères », qui donneront, après un ultime découpage, des bobines « filles » destinées aux utilisateurs ou aux transformateurs.

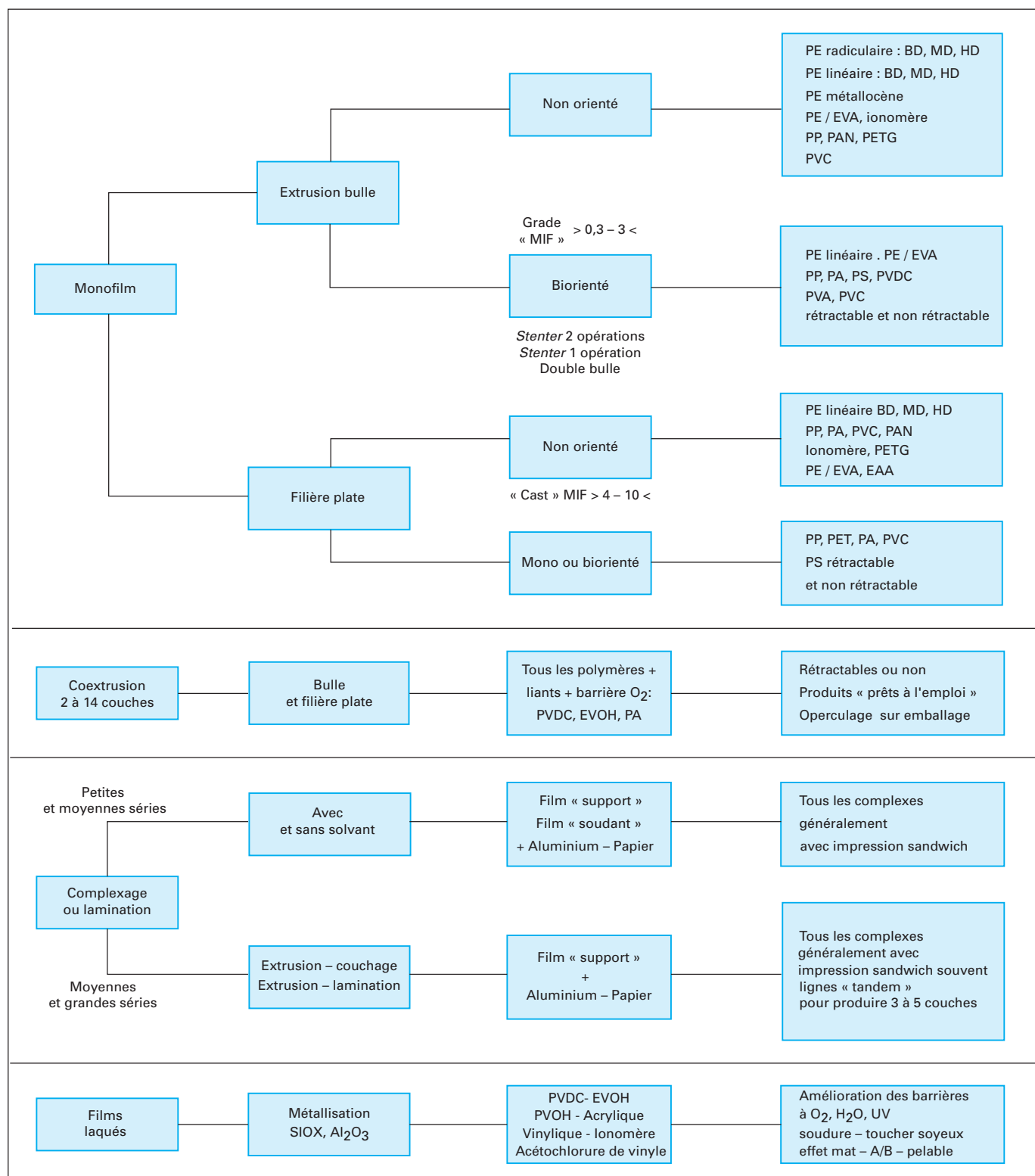


Figure 1 - Procédés d'obtention des films

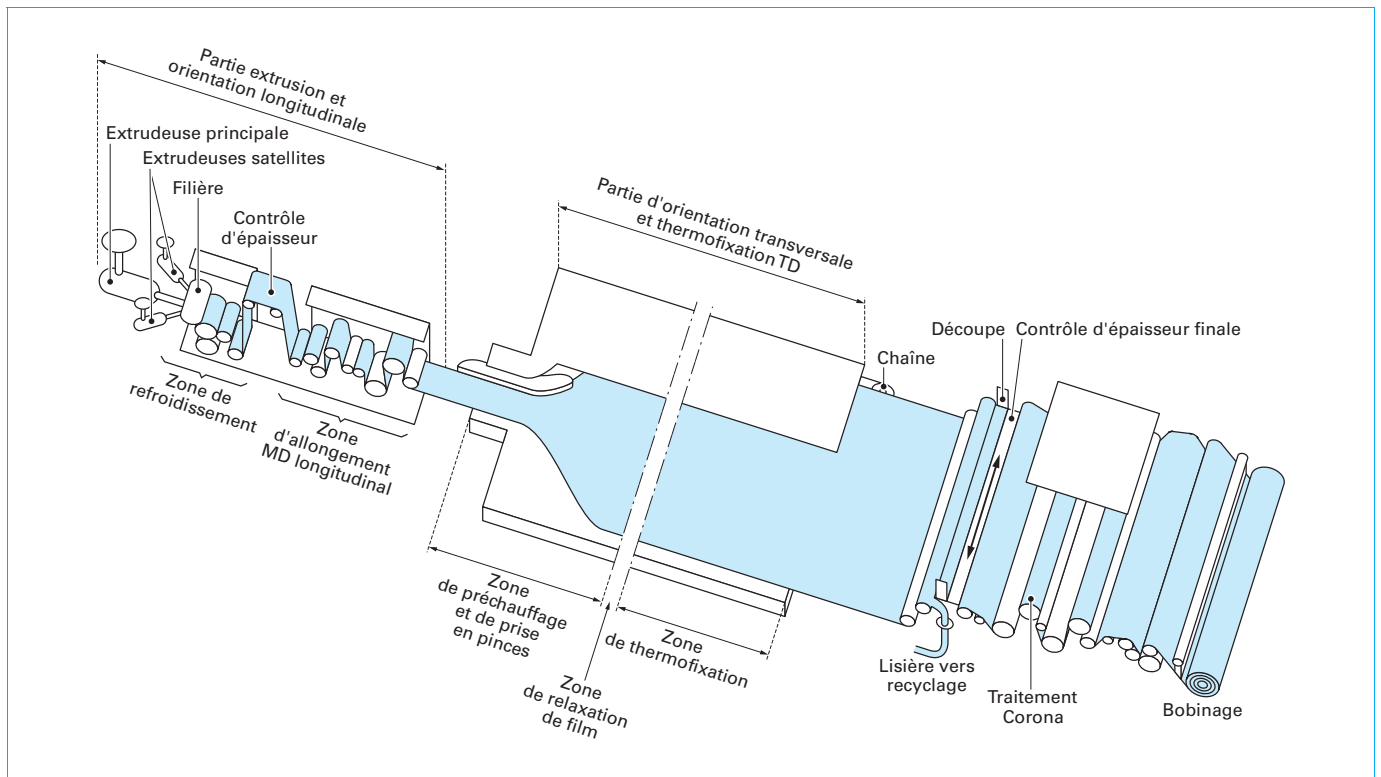


Figure 2 – Biorientation : procédé *stenter* en deux opérations (source Mobil Plastics Europe)

### 1.2 Filière annulaire en une opération : double bulle

La technologie s'applique aux PP, PA, PE, mPE, PETG avec des grades compatibles avec l'extrusion tubulaire. Comme précédemment, les polymères sont coextrudés à l'aide d'au moins trois extrudeurs. La gaine est refroidie par circulation d'eau en interne ou elle glisse sur un mandrin, puis par immersion dans un bain d'eau froide afin de se trouver dans un état amorphe. Cette gaine est tractée par un foulard d'appel. Ses largeurs et épaisseurs sont celles de la sortie de la filière. Puis, par injection d'air comprimé avant la fermeture du deuxième foulard, il se crée une deuxième bulle sous l'effet combiné du rayonnement infrarouge qui réchauffe la gaine, de la suritesse du deuxième foulard et de la pression interne provoquée par l'air comprimé.

Cette fois, l'orientation dans les deux sens (MD et TD) est simultanée, le film est dit isotrope sur toute sa largeur puisqu'il y a équilibrage des forces dans les deux sens. Comme le montre la figure 3, la gaine est ouverte sur les deux côtés, les films sont pris par des chaînes, passent dans un tunnel de thermo-fixation pour assurer la stabilité dimensionnelle. Comme précédemment, les deux films sont traités Corona pour des opérations ultérieures.

### 1.3 Filière plate en une opération

Comme précédemment, le film est coextrudé par trois extrudeurs ou plus. Il est immergé dans l'eau pour se trouver à l'état amorphe puis il est pris par des pinces montées sur une sorte de chaîne sans fin. Mais chaque pince est en réalité un micromoteur qui donne une loi d'avancée égale dans les deux directions. La biorientation est simultanée, équilibrée dans les deux sens (MD et TD), le film est

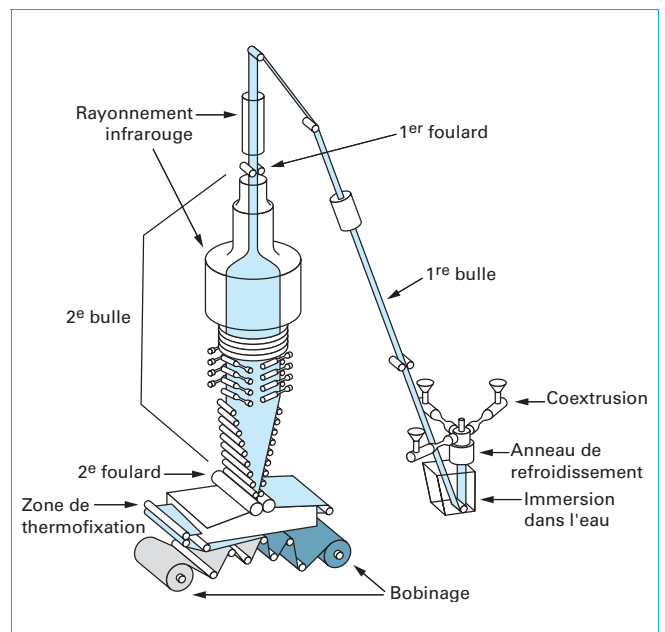


Figure 3 – Biorientation : procédé double bulle

dit isotrope. La figure 4 illustre ce processus. Ensuite, les chaînes redeviennent parallèles pour assurer la thermo-fixation. La fin du parcours est identique au premier procédé (§ 1.1).

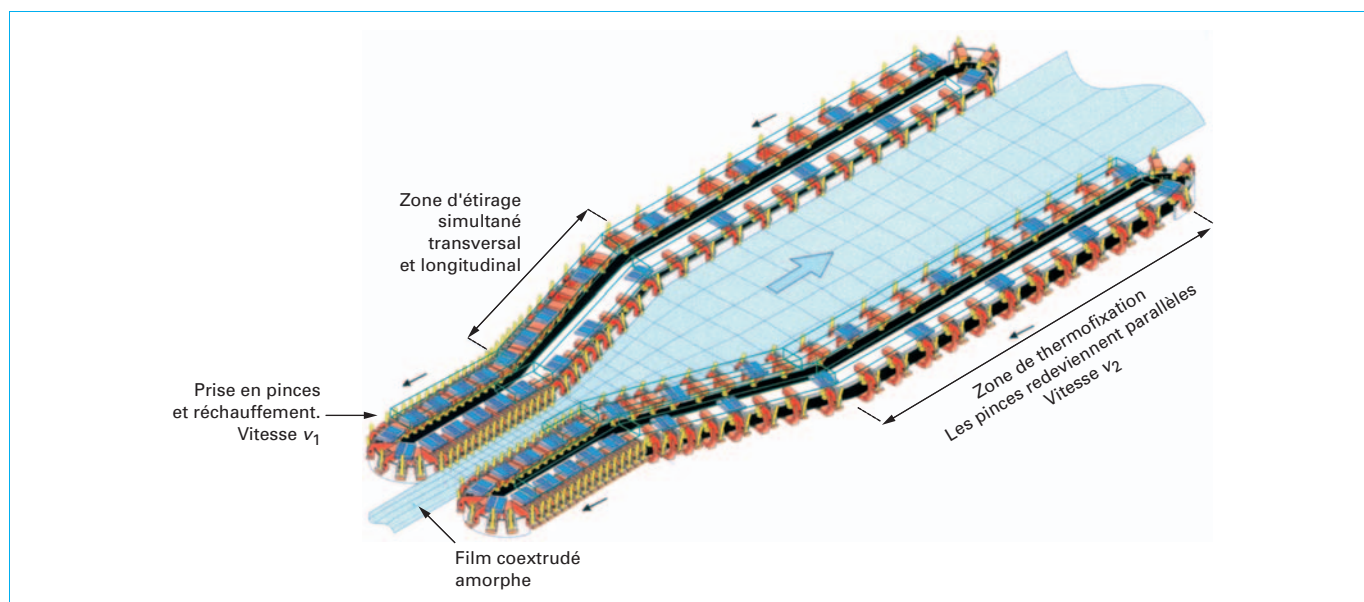


Figure 4 – Biorientation : procédé stenter en une opération (source Bimo)

## 1.4 Films issus de la biorientation avec thermofixation

Ce sont des films qui peuvent être utilisés directement comme matériau d'emballage **OPP** et **PET**. Certains seront laqués pour améliorer l'étanchéité des soudures (enduction d'émulsion sur base d'acétochlorure de vinyle, d'ionomère, acrylique, vinylique et PVDC) ou pour améliorer leur barrière à l'oxygène (émulsion de PVDC, EVOH, PVOH).

Certains seront métallisés puis laqués afin d'augmenter encore leur barrière à l'oxygène.

Quant à l'**OPA**, il sera principalement utilisé comme film « support » pour la réalisation de complexes. Des variantes existent pour renforcer la barrière oxygène avec les formulations PA/EVOH/PA mono-orienté et PA/MXD6/PA biorienté. À ces trois films « support » PET, OPA, OPP, on peut associer également :

- un film soudant (PE radicalaire, PE Linéaire, mPE, PP homopolymère, PP copolymère, PP copobloc, PE/EVA, PE/EBA, ionomère, EAA) ;
- un film métallisé ;
- une feuille d'aluminium ;
- du papier.

On crée ainsi un spectre considérable de possibilités et ce sera tout l'art du responsable « packaging » de faire le bon choix. Le tableau 1 donne un aperçu des multiples combinaisons potentielles ainsi que quelques applications et la visite d'un linéaire de supermarché donnera l'étendue des applications couvertes.

## 2. Biorientation sans thermofixation : films rétractables

Un nombre limité de transformateurs détient dans le monde cette technologie et de multiples brevets couvrent les procédés, surtout lorsqu'il y a une amélioration de la barrière  $O_2$  et l'emploi simultané de l'irradiation ( $\beta$  ou  $\gamma$ ).

**Nota** : l'irradiation renforce la tenue thermique et la résistance à la perforation par création de liaisons tridimensionnelles.

## 2.1 Avec barrière $O_2$ : présence de PVDC, EVOH et/ou PA

C'est la technologie de la double bulle qui est utilisée (voir figure 3) ; lorsqu'il y a irradiation, le procédé est celui de la figure 5. Toutefois, les nouveaux matériels d'irradiation, bien que plus puissants, ne nécessitent plus la construction en béton qui isolait la source. Cette fois, la gaine n'est plus refendue, mais directement bobinée après la deuxième bulle ; la configuration de la tête de coextrusion comporte cinq vis afin d'apporter le polymère barrière et les liants.

### 2.1.1 Types de films produits

Ce sont principalement des gaines PE/PVDC/PE et PE/EVOH/PE qui seront transformées en sachets. Les épaisseurs varient de 50 à 120  $\mu\text{m}$  et la barrière  $O_2$  de 10 à 25  $\text{cm}^3/\text{m}^2$  par 24 h et sous 1 atm (23 °C et 0 % HR).

Une nouvelle génération de films est apparue, où la gaine est donc ouverte des deux côtés, dans des épaisseurs comprises entre 25 et 45  $\mu\text{m}$  et pour des barrières  $O_2$  sensiblement identiques. Ces films sont généralement destinés à l'operculation de barquettes « barrière  $O_2$  » ou en suremballage pour le conditionnement sous atmosphère modifiée (MAP : *modified atmosphere packaging*).

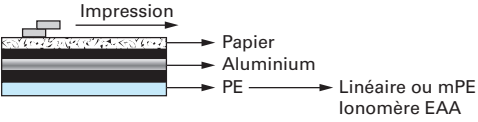


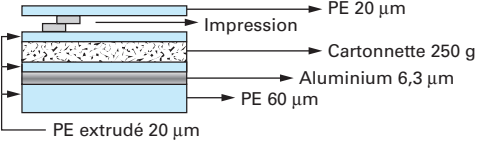
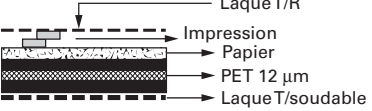
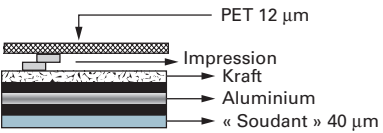
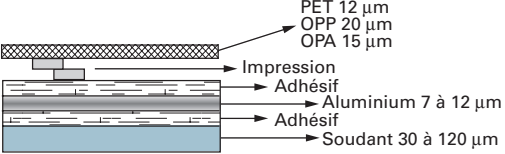
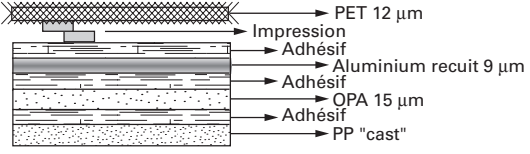
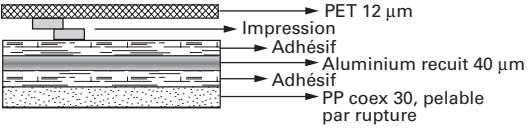
Dans les deux cas, la rétraction est de l'ordre de 20 % à 50 % en fonction du taux de gonflement de la deuxième bulle.

### 2.1.2 Applications

■ À partir de **sacs et sachets** : conditionnement sous vide de jambons (secs et cuits), pâtés, terrines, muscle de viande, saucisses, volaille.

■ À partir de **films** : operculage de barquettes (PP injecté, PSE/EVOH/PE, APET/EVOH/PE) pour le conditionnement de la charcuterie tranchée, poisson frais et/ou saumuré. Le film est traité antibuée dans la masse, le gaz de conditionnement est généralement un mélange binaire  $\text{CO}_2/\text{N}_2$ , parfois ternaire  $\text{CO}_2/\text{N}_2/\text{O}_2$  pour la viande rouge.

**Tableau 1 – Différents complexes et leurs applications**

Composition	Procédé d'assemblage	Machine de conditionnement	Barrière		Marche
			O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	
 <p>Impression Papier Aluminium PE → Linéaire ou mPE Ionomère EAA</p>	Tandem lamination	F×F-V Sachet quatre soudures	+++	+++	Confiserie à connotation pharmaceutique Soudures étanches
 <p>Impression Papier OPP coextrudé métallisé</p>	C/C sans solvant	F×F-V	++	++	Chips à connotation à l'ancienne « Produits du terroir »
 <p>Papier PE</p>	Extrusion couchage	F×F-V F×F-H 4 soudures	++	++	Applications multiples dans l'agroalimentaire et le phytosanitaire Suremballage en libre-service
 <p>Impression PE 20 µm Cartonnette 250 g Aluminium 6,3 µm PE 60 µm PE extrudé 20 µm</p>	Tandem coextrusion lamination	F×F-V Spécifique	+++	+++	Produits liquides en « brique » TetraPak Combiblok aseptique
 <p>Laque T/R Impression Papier PET 12 µm Laque T/soudable</p>	Colle aqueuse Colle PU	Operculage	++	++	Produits laitiers frais Yaourts
 <p>PET 12 µm Impression Kraft Aluminium « Soudant » 40 µm</p>	Colle PU + Tandem extrusion/lamination et extrusion couchage	4 soudures F×F-V	+++	+++	Produits laitiers frais Yaourts
 <p>PET 12 µm OPP 20 µm OPA 15 µm Impression Adhésif Aluminium 7 à 12 µm Adhésif Soudant 30 à 120 µm</p>	Tandem coextrusion lamination	Sachet quatre soudures Chapelet « stripe »	+++	+++	Produits pulvérulents Dosettes de produits pâteux Produits pharmaceutiques
 <p>Impression Adhésif Aluminium recuit 9 µm Adhésif OPA 15 µm Adhésif PP "cast"</p>	Tandem coextrusion lamination ou Tandem contre-collage colle PU	Sachet Doypack® DLUO 2 ans à l'ambiance	+++	+++	Aliments pour animaux Plats cuisinés Thon
 <p>Impression Adhésif Aluminium recuit 40 µm Adhésif PP coex 30, pelable par rupture</p>	Tandem contre-collage colle PU	Operculage	+++	+++	Plats cuisinés appertisés ou remplis en aseptique

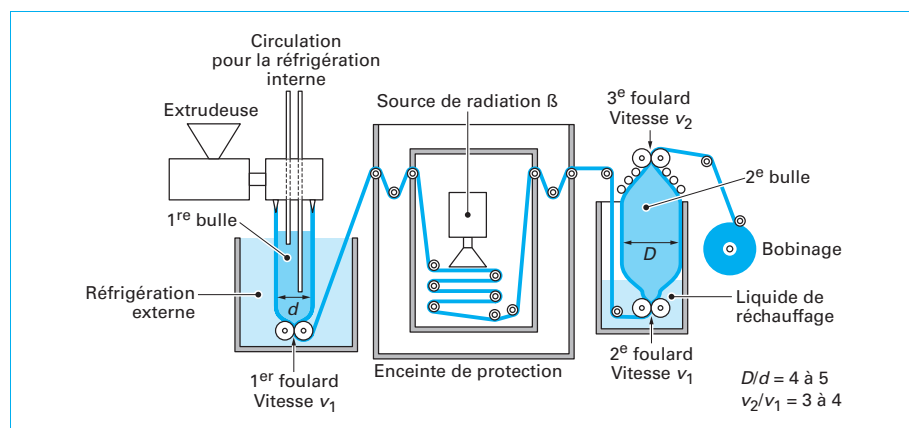


Figure 5 – Procédé double bulle plus irradiation

■ **Suremballage** : sur des machines  $F \times F - H$  (*form – fill horizontal*) avec balayage de gaz  $\text{CO}_2$  et/ou  $\text{N}_2$  pour le conditionnement de pizza, charcuterie pâtisseries, produits asiatiques et certains fromages à pâte cuite.

## 2.2 Sans barrière $\text{O}_2$ sur base PE et PP

La configuration de la tête de coextrusion comporte cinq couches et les résines sont généralement des PE métallocènes C6-C8, linéaire C4-C6-C8- PP Copolymères. De plus en plus, on utilise l'irradiation avant la deuxième bulle afin de mieux contrôler les forces de rétraction surtout lorsqu'on les souhaite élevées. Ces films ne présentent aucune caractéristique de barrière fonctionnelle, si ce n'est leur grande brillance, transparence, résistance mécanique à la perforation, extrême facilité de soudure et rétraction parfaitement contrôlée tant en pourcentage qu'en force.

### 2.2.1 Types de films produits

Ils présentent des épaisseurs qui varient de 13 à 25  $\mu\text{m}$  et des taux de rétraction qui couvrent deux plages bien distinctes : 19 à 22 % pour la faible rétraction et 65 à 70 % pour le maximum. La couche soudante comporte un additif antibuée pour les applications fruits, légumes frais. La barrière  $\text{H}_2\text{O}$  pour un film de 15  $\mu\text{m}$  est de 15  $\text{g}/\text{m}^2$  par 24 h (38 °C, 90 % HR) alors que la barrière  $\text{O}_2$  pour cette même épaisseur varie de 5 000 à 15 000  $\text{cm}^3/\text{m}^2$  par 24 h (38 °C, 90 % HR) par le choix du polymère. Certains films sont même microperforés afin d'augmenter encore les échanges gazeux.

### 2.2.2 Applications

Ce sont :

- suremballage de produits alimentaires surgelés conditionnés sur une machine  $F \times F - H$  ;
- suremballage de pizzas fraîches à courte DLC et conservées à + 4 °C ;
- suremballage des baguettes de pain frais avec un film microperforé ;
- articles de papeterie, magazines, jouets, cassettes sur des machines du type *Lsealer* (soudure en forme de L).

## 3. Films coextrudés

Ce procédé permet, à partir de résines, de réaliser en une opération. Le produit fini qui n'aura plus qu'à être imprimé pour l'identification finale. Il répond aux contraintes fondamentales de tout matériau, c'est-à-dire d'apporter machinabilité, résistance

mécanique, barrière appropriée  $\text{H}_2\text{O}$  et aux gaz, enfin de permettre l'obtention de soudures étanches afin d'obtenir une bonne conservation du produit conditionné.

En lui-même, le principe est simple puisqu'il s'agit de superposer différents polymères en les ayant portés à leur point de fusion et à les faire passer au travers d'une filière ne comportant que deux lèvres. Pendant toute la phase de fusion, les polymères cheminent dans des canaux sans se mélanger, ce n'est qu'en fin du parcours qu'ils se superposent pour créer un film multicouche.

L'adhérence entre couches, qui est le point le plus difficile à maîtriser, est assurée par la rhéologie des polymères soit par des liaisons chimiques, ioniques, soit par la polarité intrinsèque des polymères, soit par leur capacité d'absorption d'énergie. C'est en ajustant les conditions d'extrusion (température, pression, temps de contact) et la viscosité à l'état fondu des polymères que l'optimisation de l'adhérence sera obtenue.

### 3.1 Filière annulaire

La figure 6 montre le principe d'amenée de chaque polymère, chacun d'eux recouvrant l'autre dès la sortie de la vis. Ceci permet d'avoir un temps de contact maximum entre les polymères, facteur bénéfique pour une bonne adhérence.

À la sortie de la filière, une seule gaine est produite, gonflée et tractée selon les paramètres requis pour obtenir largeur et épaisseur souhaitées. Afin d'avoir une bonne géométrie de la bobine, le foulard d'entraînement oscille sur 360°, répartissant ainsi les petites irrégularités d'épaisseur.

### 3.2 Filière plate

La figure 7 montre le principe de distribution des polymères qui se répartissent en flux parallèles à l'aide de l'adaptateur. Comme toute filière plate, elle comporte de multiples vis de réglage afin d'obtenir une planéité maximale ; celle-ci est encore améliorée par une légère oscillation du film afin que les surépaisseurs ne se superposent pas.

Les lisières sont découpées avant bobinage et sont généralement reincorporées dans un des plis de la structure.

### 3.3 Procédé tandem

La figure 8 montre le principe qui conjugue la coextrusion et simultanément la lamination. C'est un processus qui a la faveur des producteurs de films souples destinés au thermoformage.

La filière de gauche extrude par exemple PA/EVOH/PA ou PA6/PA aromatique/PA6, PA/liant PA ; celle de droite extrude le film

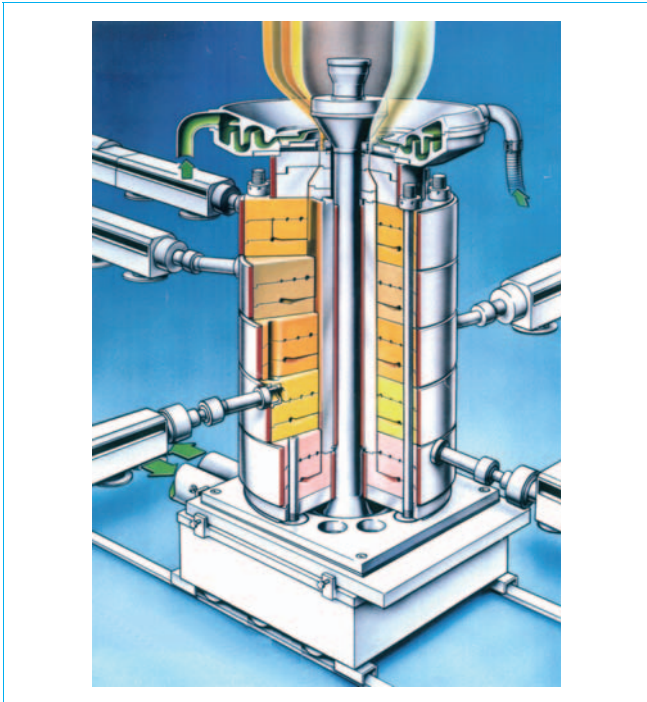


Figure 6 – Coextrusion : filière annulaire avec cinq vis (source Alpine-Hosokawa)

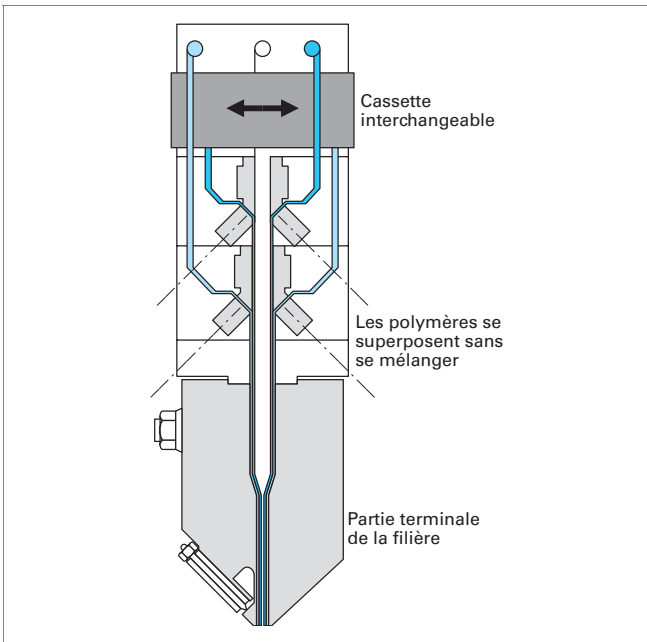


Figure 7 – Coextrusion : filière plate avec 3 vis (source Reifenhäuser)

« soudant » (PErad/PElin ou PERad/mPE ou PERad/EVA, des ionomères, EAA ou des PP copobloc). Quant à celle du milieu, elle fait office de lamination en extrudant du « liant ». Les adeptes de ce concept avancent une meilleure productivité, des séries économiques plus courtes et un état amorphe des polymères puisque reçus sur des cylindres froids.

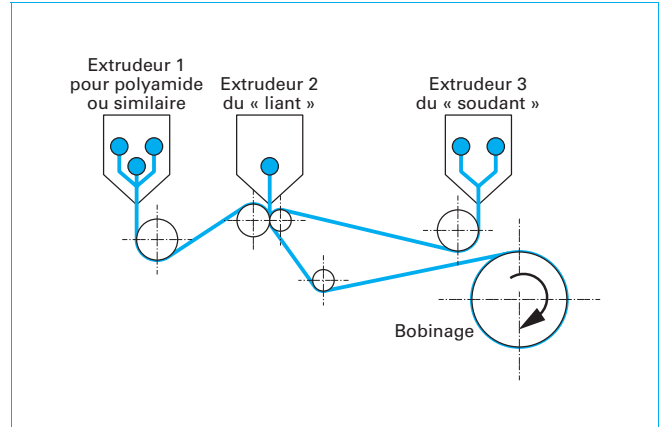


Figure 8 – Procédé avec tandemisation de plusieurs filières plates (source Emballages Magazine)

### 3.4 Produits de films coextrudés

En fonction de la finalité des matériaux, les polymères suivants seront associés, avec les liants *ad hoc* :

- souple : PA aromatique, PA aliphatique, copolymère 6/12 ;
- amorphe : PC ;
- rigide : APET, PBT, PETG, PSC, PP ;
- soudant : PE-BD/lin ou radicalaire, m/PE, PE/EVA ionomère, EMAA et les formules PE et/ou PP pelables ;
- barrière à l'oxygène : PVDC, EVOH, PA aromatique.

Citons les principales associations.

#### ■ Souples pour utilisation directe ou complexage ultérieur (épaisseur de 40 à 150 µm) :

- PE-BD/PE-HD/PE lin ;
- PE-BD/PE-MD/PE/EVA ;
- PE/EVOH/PE ;
- PE/PVDC/PE ;
- PE-HD/ionomère ;
- PE blanc/PE noir/PE transparent ;
- PE-BD/PE lin pelable ;
- PP/EVOH/PE lin ;
- PP/EVOH/PP pelable,

peuvent être associés à OPP-PET-OPA et PA parfois métallisés ou laqués ainsi qu'avec du papier et de l'aluminium ou un film rigide (PSC, APET et PVC).

#### ■ Souples pour le thermoformage (épaisseur de 70 à 350 µm, structurés de 3 à 14 couches) :

- PA/PA/PE ;
- PP/PA/PE ;
- PE/PA/PE ;
- PA/PE et PA/PP ;
- PA/ionomère ou EMAA ou EAA ;
- PA/EVOH/PA/PE ;
- PA/EVOH/PA/PP ;
- PA/PA/EVOH/PA/PA/m PE ;
- PC/EVOH/PE-EVA ;
- PE/PP/PE-EVA ;
- PETG/PA/EVOH/PA/ionomère.

Tous ces complexes sont utilisés comme film inférieur pour le thermoformage avec conditionnement sous vide.

Si le « soudant » est un PP, la stérilisation à la vapeur est possible.



#### ■ Rigides pour le thermoformage (épaisseurs de 250 à 1 200 µm) :

- APET/PE\* ;
- APET/EVOH/PE ;
- PP/EVOH/PE\* ;
- PP/EVOH/PP ;
- PS/PVDC/PE ;
- PS/EVOH/PE\* ;
- PS/PETG ;
- PS/PE/PS ;
- PS/PE-BD ou PE-HD.

En PS, certaines formulations ont une coloration différente en interne et en externe ou latéralement.

Les formulations notées \* sont expansées.

### 3.5 Principales applications

#### ■ Agroalimentaire

● **Complexes souples pour le conditionnement sous vide** : en fonction de la DLC souhaitée et de la composition du produit, il faudra sélectionner la barrière oxygène nécessaire qui peut aller de 0,5 à 120 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> par 24 h (0 % HR, 1 atm, 23 °C).

##### Exemples :

Charcuterie, salaison, jambon cuit suremballé, saucisses, saucisson, viande rouge en UVC ou en bloc de plusieurs kilogrammes pour le transport et le mûrissement, volaille, plats cuisinés frais.

Café moulu.

Légumes appertisés dans leur emballage (pommes de terre, carottes, lentilles, betteraves rouges, châtaignes).

Fromages : cantal, emmental, gouda, pyrénées.

Conditionnement du vin en Bag in Box® de 3 L, 5 L, 10 L ou 20 L ou par la présence d'un film métallisé haute barrière et d'une soudure particulièrement résistante, ce concept ancien connaît aujourd'hui une forte croissance et à la faveur des petits vigneron. Poisson saumuré et/ou fumé : hareng, morue, saumon, truite, surimi.

#### ● Complexes souples pour le conditionnement sous atmosphère modifiée

##### Exemples :

Fromage râpé, pain précuit, base de tarte, produits de snacking.

#### ● Complexes rigides pour le conditionnement sous atmosphère modifiée

##### Exemples :

Charcuterie en tranches, (jambon cuit, sec), salami.

Fromages en tranches (emmental, gouda, roquefort).

Pizzas, produits asiatiques, sandwichs, croque-monsieur, viande hachée, steaks. Base de tarte prête à l'emploi, plats cuisinés frais, pasteurisés, appertisés, salades 4<sup>e</sup> gamme.

Produits conditionnés à chaud et/ou à l'atmosphère : fromages fondus, produits laitiers frais (yaourt, crème dessert, produits gras (tels que margarine, beurre allégé).

#### ■ Médical, pharmaceutique, santé/beauté

● **Complexes souples** pour pansements, aiguilles, cathéters, sur-emballages de poches et solutés, produits pâteux et/ou en poudre, dosettes parfumées, patches, lingettes nettoyantes.

● **Complexes rigides** pour instruments chirurgicaux, seringues, accessoires de transfusion, comprimés, suppositoires et pilules.

Lorsque la conservation impose une stérilisation, celle-ci s'effectue soit par rayonnement β-γ ou par ETO (oxyde d'éthylène).

■ **Autres** : blisters pour les produits de quincaillerie, papeterie, jouets, accessoires d'automobile, industrie électrique et téléphonie.

## 4. Synthèse, innovation et prospective

Dans tous les domaines, la distribution moderne impose un concept de conditionnement qui soit un gage de sécurité et simultanément une source d'économie puisqu'il assure la bonne conservation des produits emballés.

■ L'utilisation de gaz pour créer une atmosphère protectrice (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, Ar, He, voire O<sub>2</sub>) a permis d'éviter l'écrasement du produit généré par le « sous vide » et la spécificité du gaz a engendré une action bénéfique sur le non-développement d'une flore non souhaitée.

■ Des emballages « actifs » absorbent l'oxygène résiduel, développent des arômes spécifiques, voire des agents conservateurs améliorant alors la DLC.

■ Des indicateurs chromatiques indiquent par le changement de couleur : une DLC dépassée, un non-respect de la température, un pourcentage anormal d'oxygène.

■ Les Susceptors® accélèrent le réchauffage au four à micro-ondes ou brunissent certaines zones du produit pour en accélérer la cuisson.

■ Avec les nanocomposites ou des charges minérales judicieusement incorporées (pour le moment avec le PA, mais demain sur PP, PE, PET, PS), une forte amélioration de la barrière O<sub>2</sub> est constatée ainsi qu'un relèvement de la tenue thermique.

■ Les énormes progrès apportés par les PE linéaires, les métallo-cènes (comonomère C4-C6-C8) se poursuivent, tant pour réduire les épaisseurs (gain de 15 à 20 %), augmenter les cadences (10 à 15 %) que pour fiabiliser les soudures afin de se rapprocher du « zéro défaut ».

■ Enfin, les polymères non fossiles, comme le PLA, commencent une percée qui, bien que modeste, est fort symbolique pour s'affranchir du pétrole. Tous les grands industriels de la chimie, en association avec un « semencier » se mobilisent afin d'être présents dans la fourniture de polymères issus des ressources renouvelables. Toutefois, sans le tri sélectif réalisé au départ par le consommateur, ces produits ne pourront pas se transformer en compost afin de retourner à la terre et l'enrichir. Ils sont pour le moment incorporés aux déchets « banals », donc incinérés avec récupération énergétique. Espérons prochainement un comportement plus responsable, généralement associé à des incitations du service public.