

Chapitre 3

Extrusion Gonflage

- Site : <https://choucheneslim.wordpress.com/>
- Article cours et TP : [10- Procédés de mise en forme des matières plastiques](#)
- PLAYLIST YOUTUBE « **Procédés - Extrusion Gonflage des thermoplastiques** » :
<https://www.youtube.com/playlist?list=PLVdWnPZXu-Oi0UJxd1SMrDW8h-qYMBTx>

I. GENERALITES

A. INTRODUCTION

- **Le gonflage de film** est la méthode de production la plus importante des films de polyéthylène. A l'heure actuelle **90 % des films** à base de PE sont produits sur des lignes d'extrusion gonflage.
- **Ce procédé** offre en effet de nombreux **avantages tels** que la possibilité de faire **varier facilement la largeur ou l'épaisseur**, ainsi que **les propriétés mécaniques** par le biais de l'orientation biaxiale.

I. GENERALITES

A. INTRODUCTION

Exemple :

© sacherie

© films pour l'agriculture

L'extrudeuse est identique à celle des extrudeuses tubes et profilés, on trouve généralement un changeur de filtre à levier ou hydraulique, car on ne démonte pas les têtes pendant les arrêts de production.

I. GENERALITES

B. MATERIAUX UTILISES

1 - PEBD

- PEBD radicalaire
- PEBD linéaire
 - à masse volumique égale -> meilleure résistance
 - T° 15 à 20°C > au radicalaire

➤ **Beaucoup d'usure de vis** -> utilisation d'un mélange : 80% radicalaire et 20% linéaire

- **Différentes utilisations selon le grade :**
 - 0,3 sac de grande résistance (engrais)
 - 0,7 à 1 films d'emballage, sacherie
 - proche de 2 films fins
 - proche de 4 films très fins

2 - PEHD

- plus longue chaîne moléculaire, moins de ramification
- **plus facilement cristallisable, densité plus élevée, grade plus faible (0,2)**
- **Applications courantes** : sacherie et films rétractables

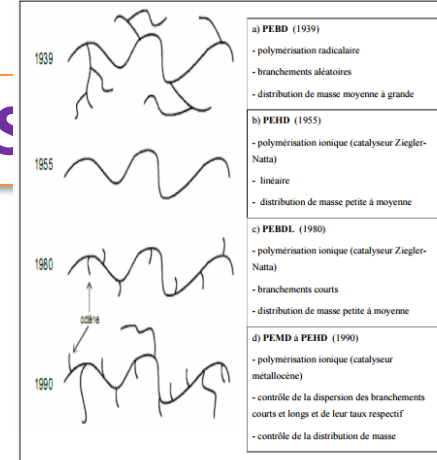


Figure 1.3 : Evolution du mode de synthèse du polyéthylène [1 ; 2]

I. GENERALITES

B. MATERIAUX UTILISES

3 - Autres matières utilisées :

PP emballage de cigarettes, pochettes en plastiques(classueur)

PVC plastifié poche de sang

PA : depuis peu, car fournisseur n'arrivait pas à faire un grade assez bas

PET : enrobage condensateur informatique

EVA : copo éthylène - acétate de vinyle (grade : 0,3 à 0,4 ; d : 0,915 à 0,92 ; % VA : 2 à 18%)

- grand allongement à la rupture
- haute résistance à l'impact
- meilleure propriété barrière aux gaz
- soudabilité améliorée






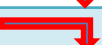


4 - Influence du grade

donne une indication sur :

étirabilité matière fondue

viscosité

propriété mécanique

Grade	Propriétés
	Etirabilité 
	autoéchauffement outillage 
	résistance à la rupture et au choc 
	Viscosité 

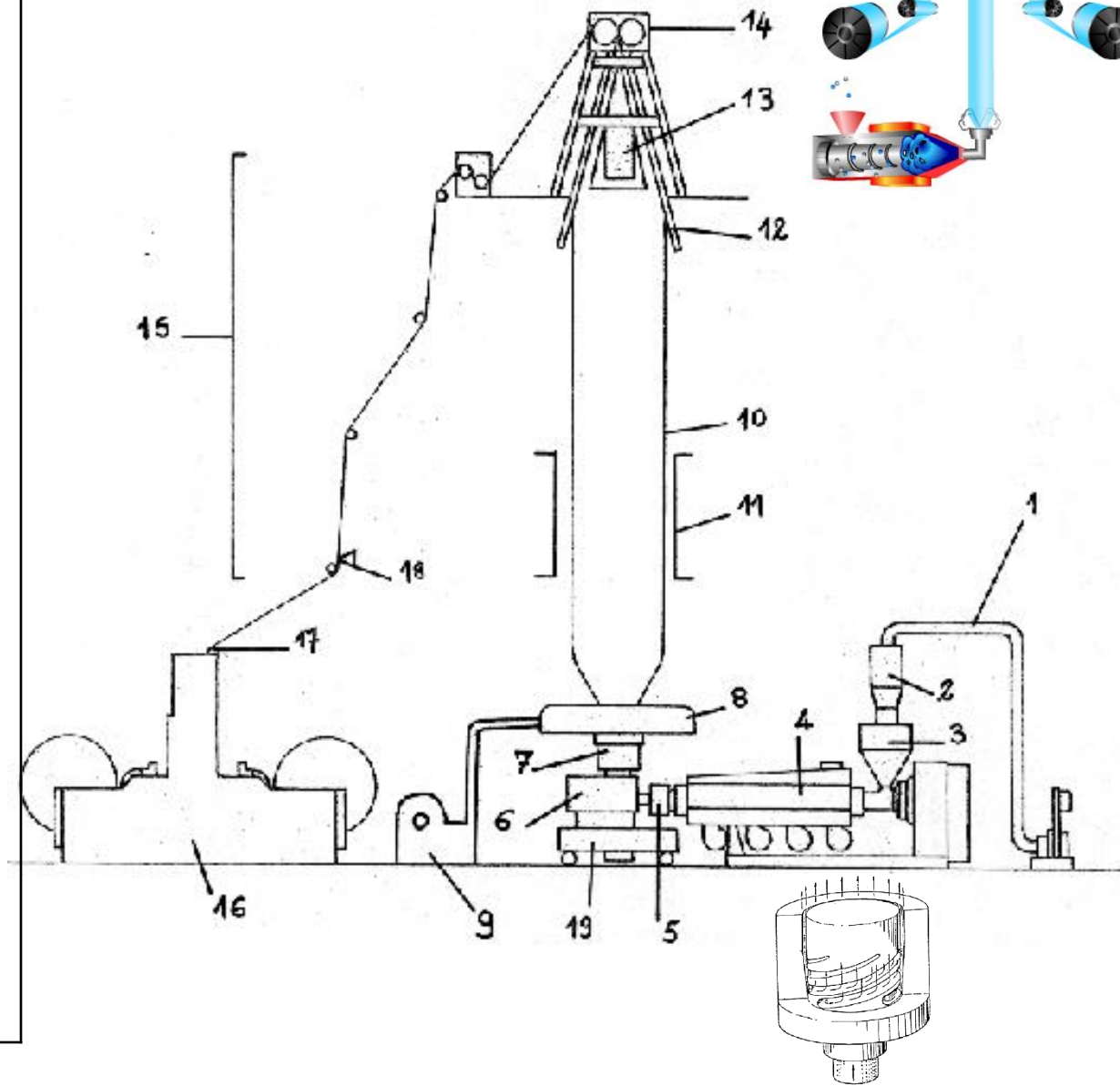
II. UTILISATION DES FILMS PLASTIQUES

Transport et stockage	Films rétractables Films étirables Stockage Protection sacherie	Emballage alimentaire	Conservation des aliments et contact alimentaire Sécurité et hygiène
Bâtiment et travaux publics	Film PE barrage contre l'eau Bâchage Protection	Le film plastique à la maison	Cuisine : congélation, fraîcheur, cuisson, ... Salle de bain : emballage, ... Jouets,...
agriculture	Films de paillage ; Films de serre Films d'ensilage ; Filets de protection	Secteur médical	Films multicouches Hygiène (couches,...)

III. LA MACHINE

A. DESCRIPTION

1. Alimentation centralisée
2. Monte matière
3. Trémie
4. Extrudeuse
5. Changeur de filtre
6. Tête d'extrusion
7. Filière
8. Anneau de refroidissement
9. Soufflerie ou ventilateur
10. Ballon
11. Grille de calibrage
12. Auvent ou parabole
13. sabot
14. Banc de tirage
15. Embarage
16. Banc d'enroulement
17. Cylindre déplisseur
18. Couteaux
19. Support de tête



Vidéo:

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

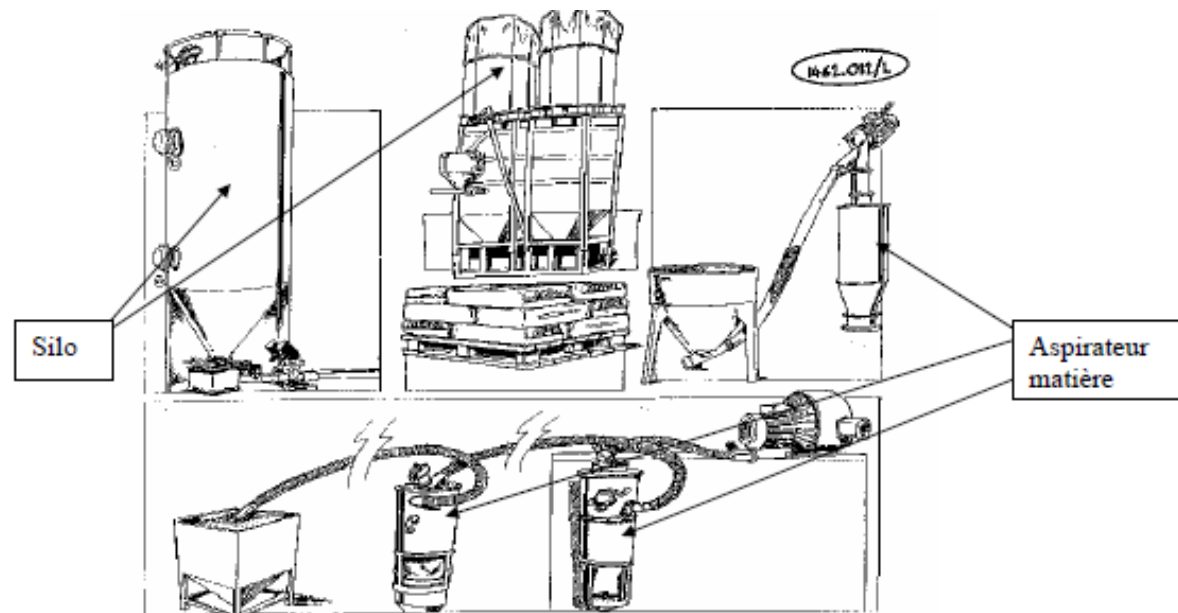
1- Alimentation matière

- D'une façon générale, l'alimentation se compose :
 - **De silos** (détection silo plein et niveau mini).
 - De différents **réipients** matières (trémies, conteneurs mobiles, big-bag, etc.)
 - D'un système de transport.

1- Alimentation matière

□ Pour amener la matière des silos jusqu'aux machines, les principaux systèmes de transport sont :

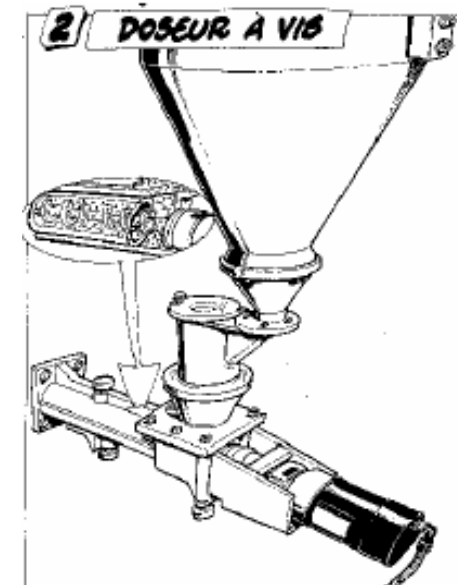
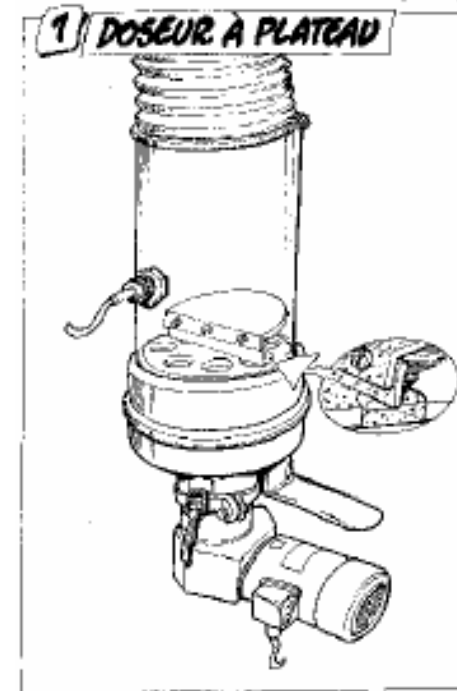
- La vis d'Archimède (vis sans fin).
- Le transport pneumatique : le principe est d'aspirer l'air dans la tuyauterie jusqu'au **monte-matière** puis dans la tuyauterie de la matière.
- La canne d'aspiration.



1- Alimentation matière

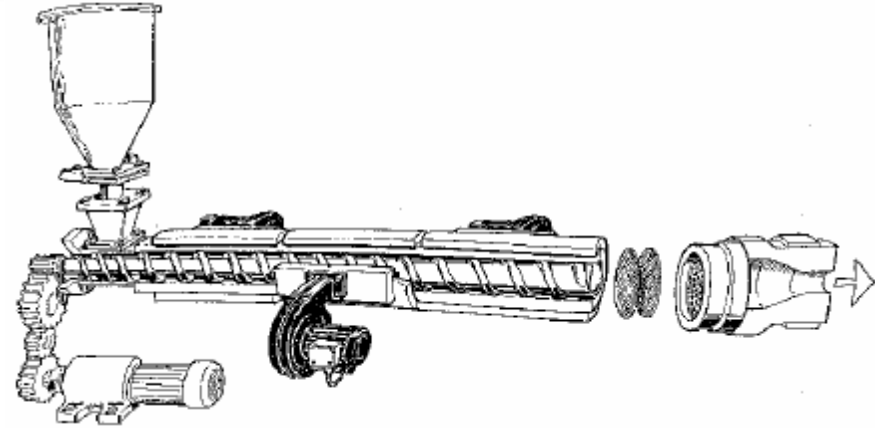
❑ Il existe **deux autres systèmes d'alimentation** plutôt destinés à réaliser des mélanges de matière :

- **Le doseur à plateau** : un disque à alvéoles tourne au dessus de l'embase, les alvéoles se remplissent avec la matière située au dessus, lorsqu'une alvéole arrive devant la raclette, seule la matière comprise à l'intérieur passe. L'alvéole est ensuite vidée en passant devant le trou de l'embase
- **Le doseur à vis** : le dosage est fonction du diamètre et de la vitesse de rotation de la vis. En général, plusieurs doseurs à vis fonctionnent sur une même installation et l'on joue sur le débit d'un produit par rapport à l'autre en fonction du dosage que l'on veut obtenir.



III. LA MACHINE

A. DESCRIPTION



2- L'extrudeuse

□ Une extrudeuse se compose de :

- Ensemble vis fourreau
- Colliers de chauffe + régulateur de température
- Ventilateurs de refroidissement
- Moteur, réducteur, butée, courroies
- Châssis

□ La matière venant de la trémie arrive dans le fourreau, est entraînée par la vis. Le fourreau est chauffé par les colliers de chauffe répartis en plusieurs zones de chauffe.

□ La matière est compressée et chauffée, elle passe de l'état solide à l'état pâteux, tout au long de la vis.

□ Les régulateurs de température, grâce aux colliers et aux ventilateurs, permettent de conserver la température désirée et constante.

□ Le moteur entraîne la vis par l'intermédiaire des courses et du réducteur.

III. LA MACHINE

A. DESCRIPTION

3. Les différentes architectures

❑ L'axe de la filière sera confondu avec l'axe de la vis :

1. Disposition horizontale :

2. Disposition verticale vers le haut :

Dans ces deux dispositions, on transforme principalement du PVC, car il n'y a pas de zone de stagnation matière.

Exemple de produit : poche de sang.

❑ L'axe de la filière à angle droit avec l'axe de la vis

3. Disposition vers le haut :

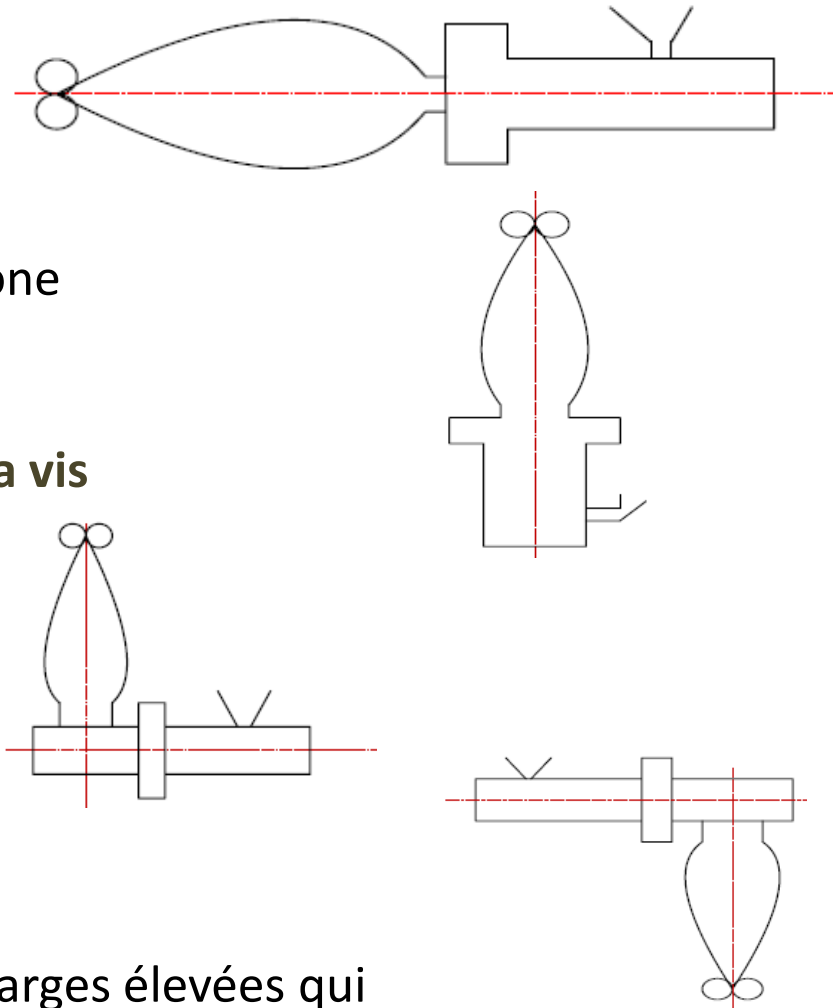
Dans cette disposition, on transforme principalement le PE, PP, PS.

Exemple de produit : film d'emballage et agriculture.

4. Disposition vers le bas :

Principalement le PA.

Cette disposition entraîne des pertes de charges élevées qui ne conviendront pas à toutes les matières sensibles thermiquement.



Vidéos:

- 2 extrusion des tube et le transf en film Ex gonflage horizontale

III. LA MACHINE

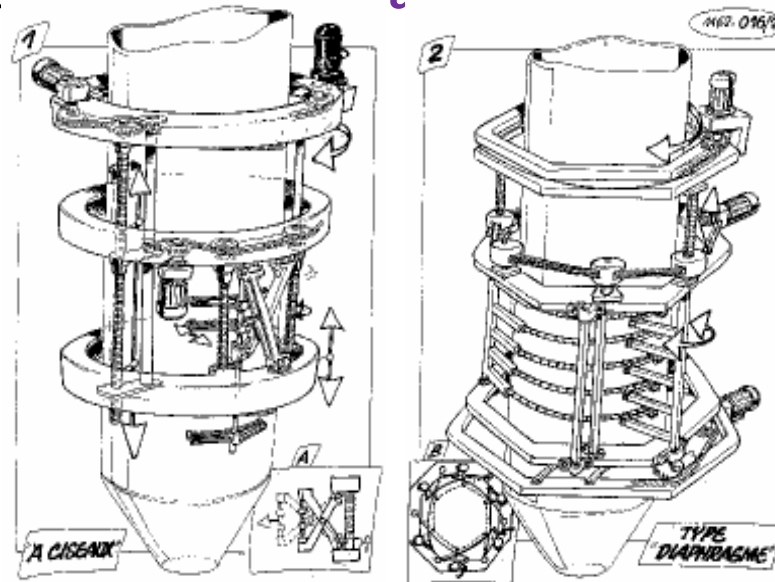
A. DESCRIPTION

4- Le panier de calibrage

La présence d'un panier de calibrage est rendue nécessaire par le fait qu'il faut obligatoirement une certaine distance entre la filière et le dispositif de tirage de façon à ce que la température de la gaine soit inférieure à 45°C en entrée des rouleaux de tirage.

Cette **distance est appelée hauteur de tirage.**

Celle-ci est en général élevée (de 5 à 10 m suivant le type de gaine, épaisseur, diamètre et débit) rend *le ballon sensible aux déformations dues aux turbulences de l'air de refroidissement.* Le panier de calibrage permet un *meilleur* in guidage de la bulle.

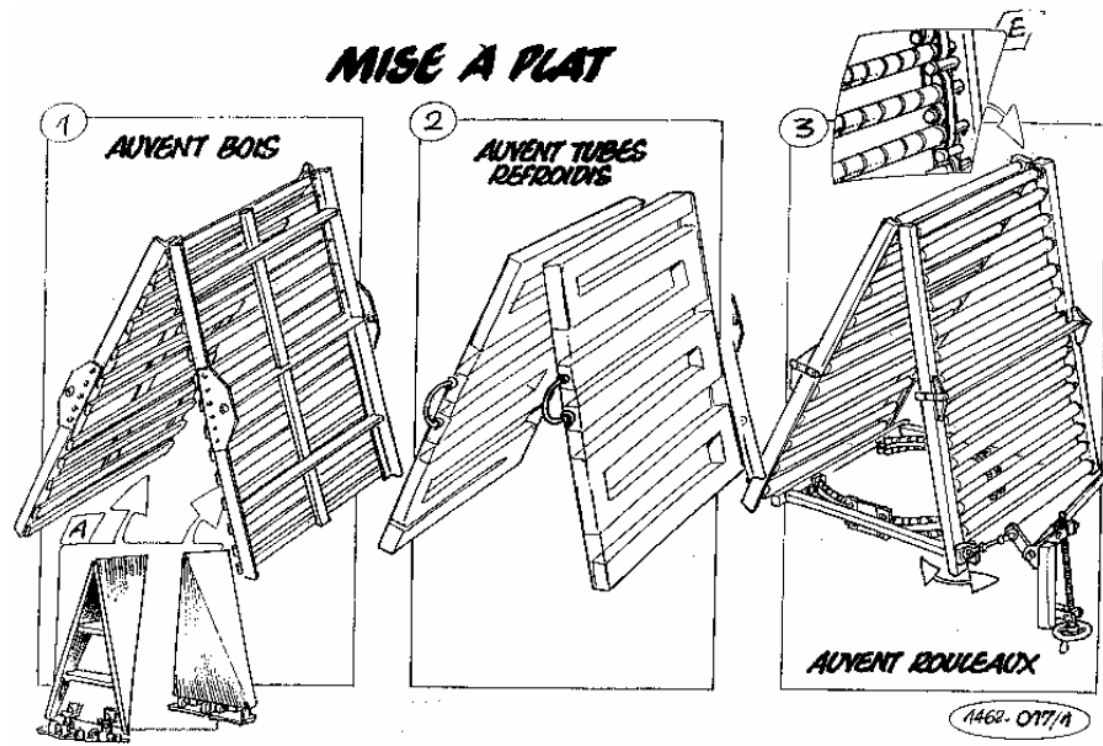


5- La mise à plat

Avant l'entrée de la gaine dans les rouleaux de tirage, il est nécessaire de faire **une mise à plat** progressive de la gaine **afin d'éviter les plis**.

Remarque : le dispositif de mise à plat peut également être utilisé comme moyen complémentaire de refroidissement.

Les soufflets sont réalisés grâce à **des sabots** ou jeannettes disposés latéralement au niveau des auvents. Leurs dimensions sont directement liées à la largeur du soufflet à réaliser.



III. LA MACHINE



III. LA MACHINE

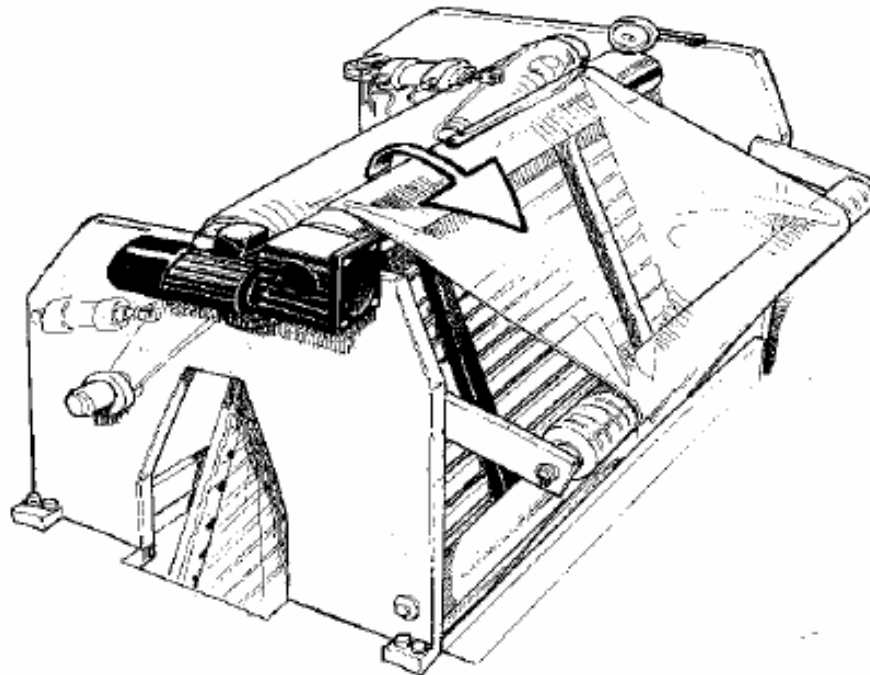
A. DESCRIPTION

6- Le tirage

Ce dispositif a pour fonction **de pincer et tirer la bulle**.

Le **cylindre moteur** est entraîné par un groupe motovariateur qui lui assure une vitesse de rotation stable ainsi qu'une plage de vitesses étendue à variation progressive.

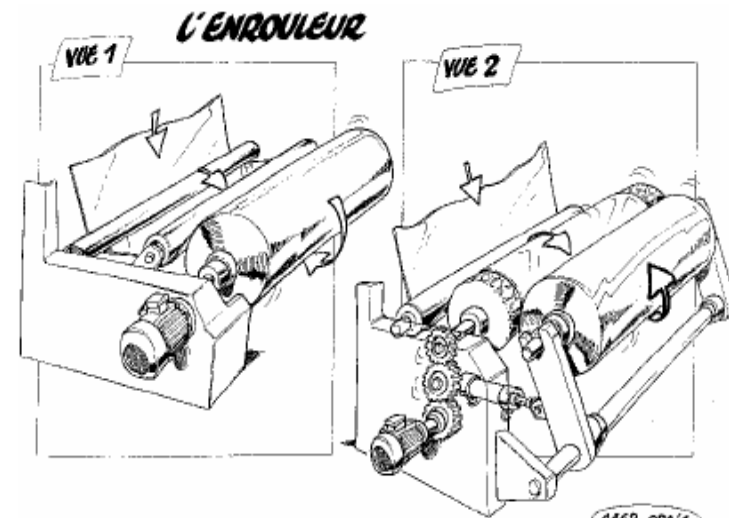
Le **cylindre presseur** est commandé par des vérins. La pression est contrôlée de manière à ne pas fragiliser le film au niveau des plis



7- L'enrouleur

L'opération de **bobinage** est réalisée par deux types d'enrouleurs qui se différencient par l'entraînement de la bobine. L'entraînement peut être :

- **A enroulement positif** : la rotation du mandrin est assurée par un moteur entraînant la broche (axe) porte mandrin.
- **A enroulement par contact** (ou tangentiel) :
 - La gaine passe entre deux cylindres en appui l'un contre l'autre. L'un est fixe – tambour enrouleur – et entraîné par un moteur, l'autre est mobile – porte mandrin – grâce à un berceau oscillant lui permettant de suivre l'augmentation du diamètre de la bobine.
 - La pression de contact est fournie par vérins pneumatiques.



Un enrouleur peut être équipé :

- D'un poste d'enroulement : cas des gaines
- De deux postes d'enroulement : cas des films.

Vidéos:

- [4 Extrusion GONFLAGE système d'enroulement](#)

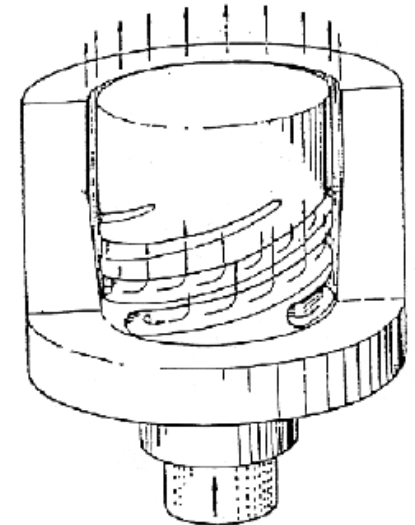
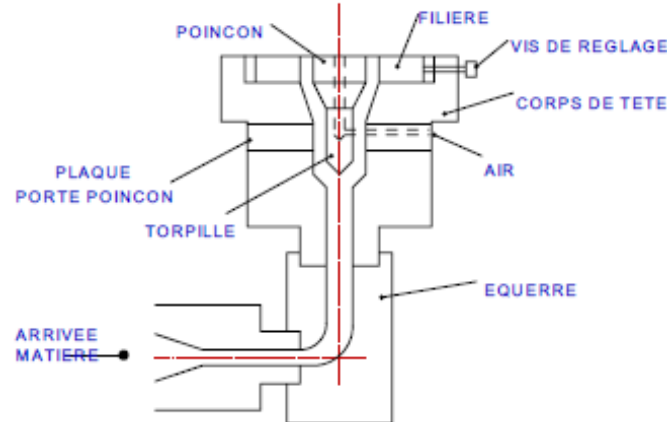
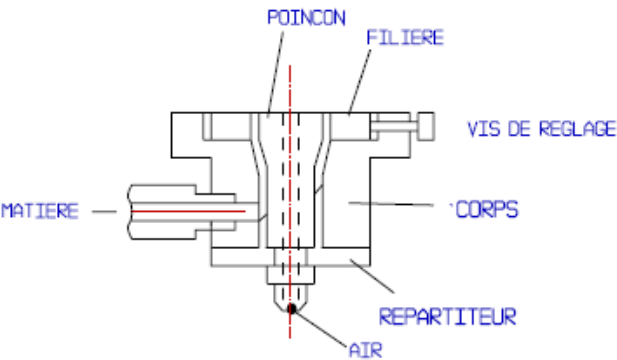
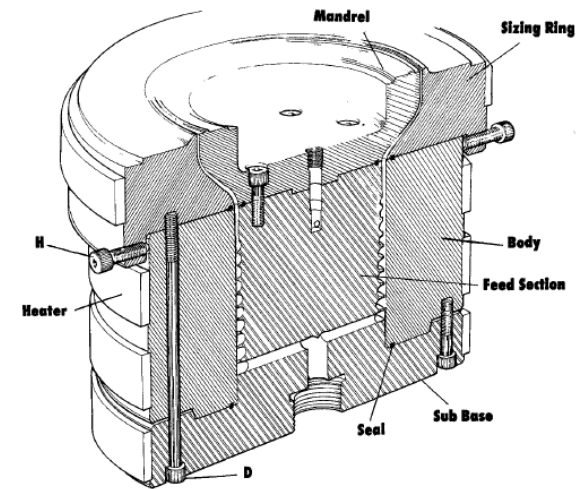
III. LA MACHINE

A. DESCRIPTION

B. LES FILIERES

Il existe plusieurs technologies de tête d'alimentation :

- alimentation latérale
- alimentation centrale
- alimentation centrale à canaux rayonnants



➤ Ce type d'alimentation engendre une ligne de soudure des flux de matière à l'opposé du canal d'alimentation

➤ **Filière simple** de construction et **peu coûteuse**

➤ entraîne des lignes de soudure + ou - visible sur la gaine

➤ **simple et rapide à purger** (changement de couleur) et elle génère des pressions maxi de 400 bars.

➤ un **flux de matière très régulier** et homogène à la sortie de la filière (bonne répartition de la matière sans ligne de soudure)

➤ d'un **coût d'usinage supérieur**, d'un temps de purge plus important

III. LA MACHINE

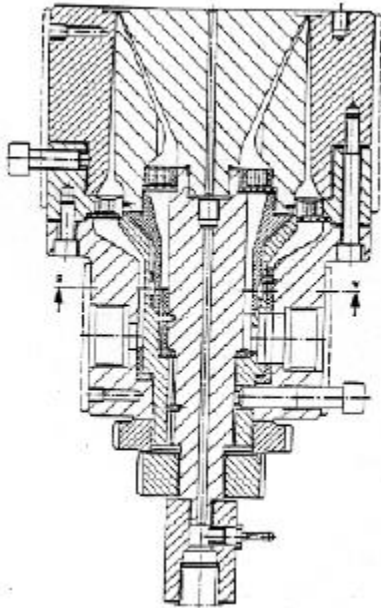
A. DESCRIPTION

B. LES FILIERES

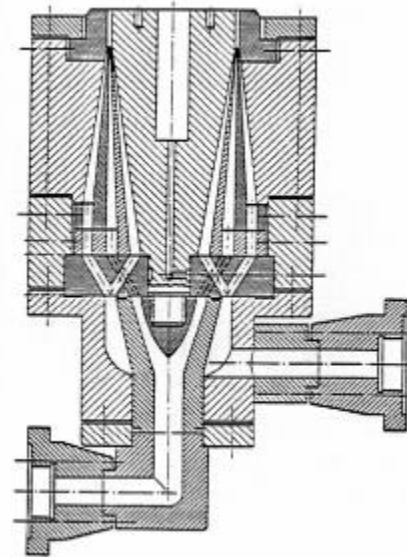
5. Filière pour coextrusion gonflage :

La coextrusion polymatière exige autant d'extrudeuses que de matières que l'on veut incorporer dans le même extrudât. La tête est alimentée par des flux de matière provenant d'extrudeuses différentes.

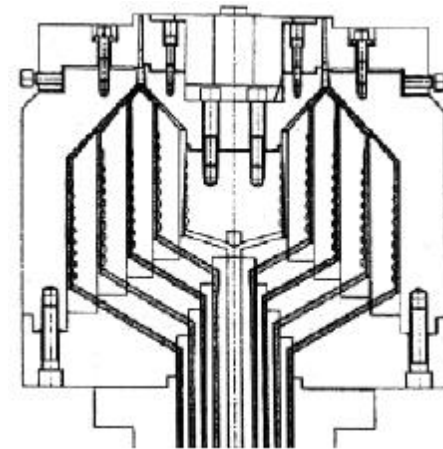
Exemples :



*Tête d'extrusion 2
couches*



*Tête d'extrusion 3
couches, 2 matières.*



*Tête d'extrusion 5
couches*

IV. LE FONCTIONNEMENT

La matière sortant de la filière **subit 2 étirages mécaniques**.

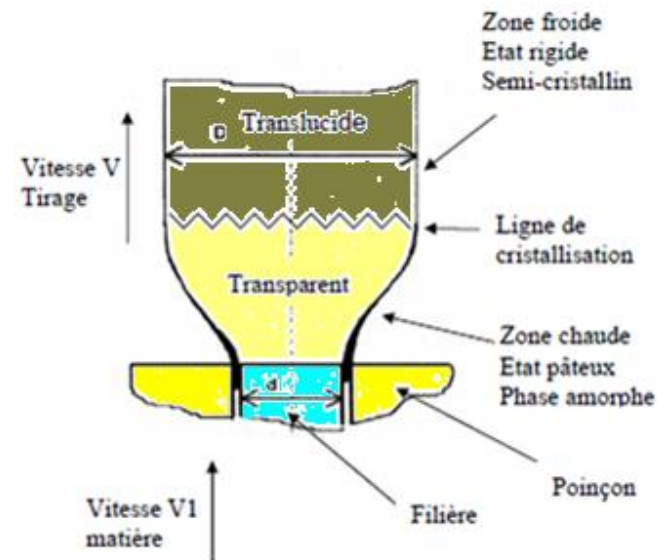
- ❑ **Le premier dans le sens de la hauteur** qui est dû à la différence de vitesse entre le tirage et la vitesse d'extrusion.
- ❑ **Le deuxième dans le sens de la largeur** est dû à l'air, légèrement sous pression, contenu dans le ballon.

Le film subit un double étirage : on dira qu'il est bi-orienté.

- **L'air introduit dans le ballon permettra d'obtenir la largeur à plat**
- **et la vitesse de tirage permettra d'obtenir l'épaisseur.**

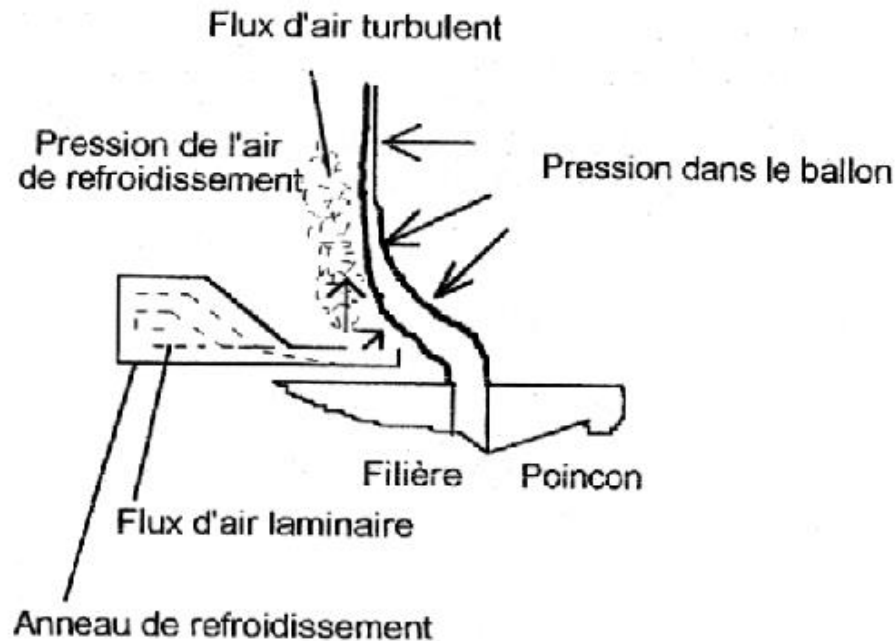
Pour éviter des différences d'épaisseur, la matière doit être refroidie de la même façon sur toute la périphérie.

D = diamètre gaine ; d = diamètre filière



VIII. LA FONCTION REFROIDISSEMENT

A. MISE EN FORME

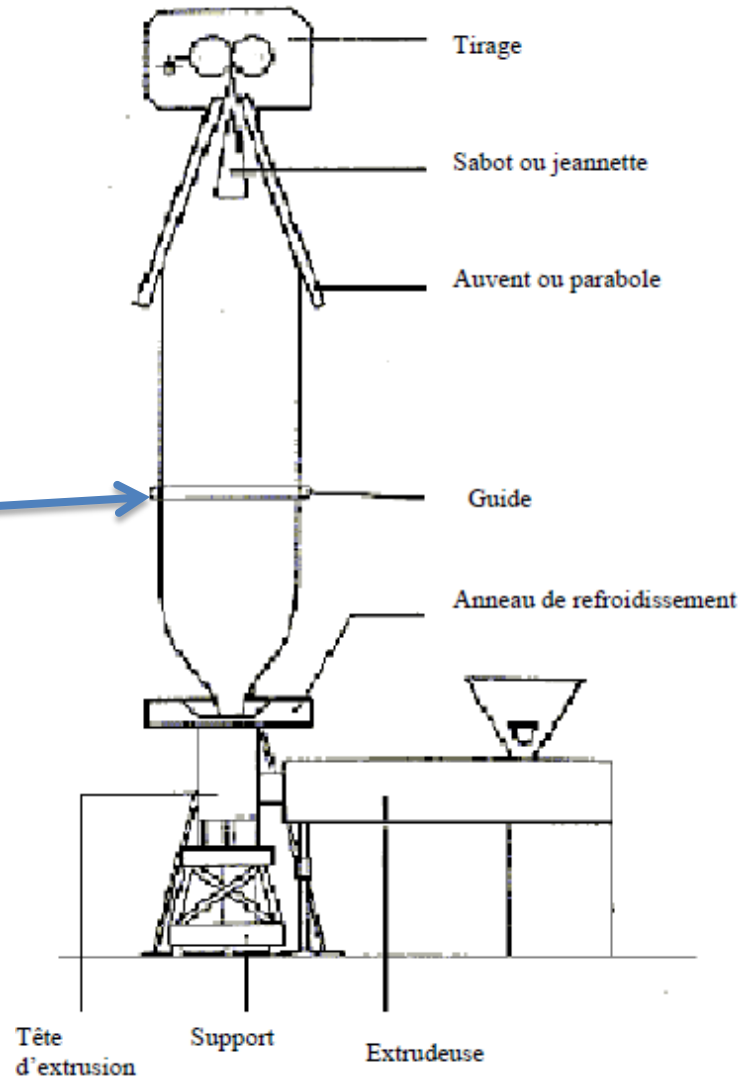
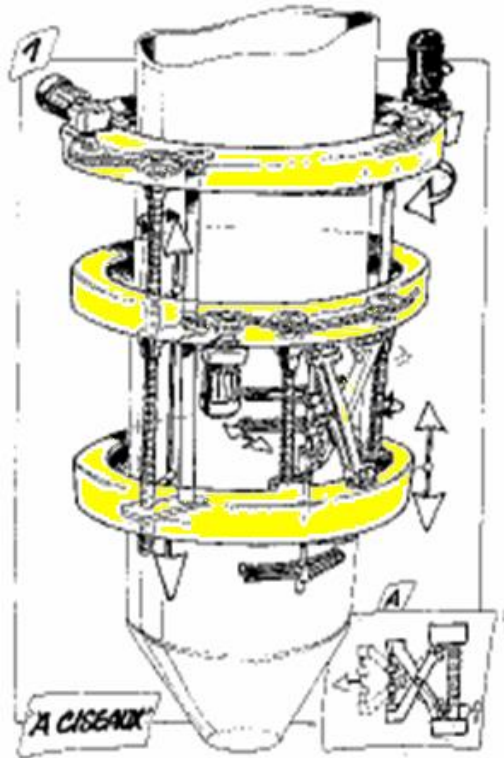


Dans la technique d'extrusion gaine, la mise en forme du produit, en plus de la filière, est également assurée par une subtile adéquation entre

- la **pression contenue dans la bulle**
- et **par l'air extérieur expulsé par l'anneau de refroidissement**.

VIII. LA FONCTION REFROIDISSEMENT

A. MISE EN FORME



La **corbeille de calibrage** assurera un **maintien** du ballon pendant sa montée vers le banc de tirage.

VIII. LA FONCTION REFROIDISSEMENT

B. LE REFROIDISSEMENT

Deux types de refroidissement : *externe et interne*

1. Le refroidissement externe :

- Il débute dès la sortie de la matière de la filière par le contact avec **l'air ambiant**.
 - L'inconvénient, l'air est un mauvais fluide de refroidissement (hauteur filière/tirage importante) ;
- L'anneau de refroidissement posé sur la tête d'extrusion et **diffuse le flux d'air de façon homogène et régulière** sur tout le pourtour du ballon.

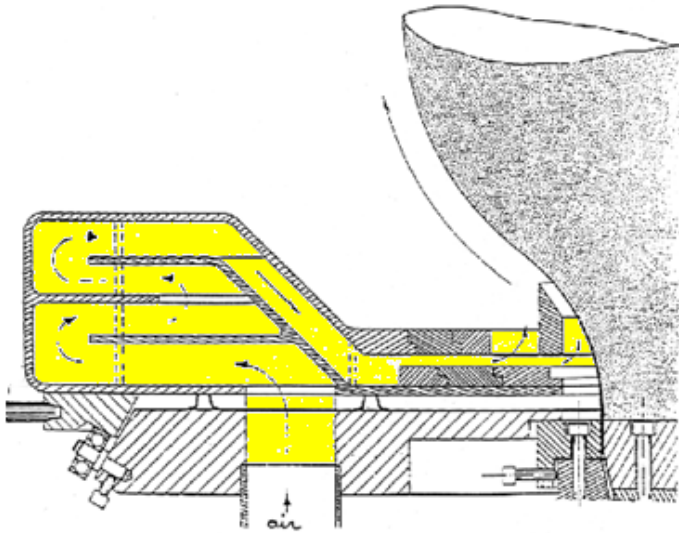
L'air soufflé permet de modifier dans une large mesure :

- la forme du ballon,
- donc les cotes du produit,
- mais également les propriétés mécanique et optique du film.

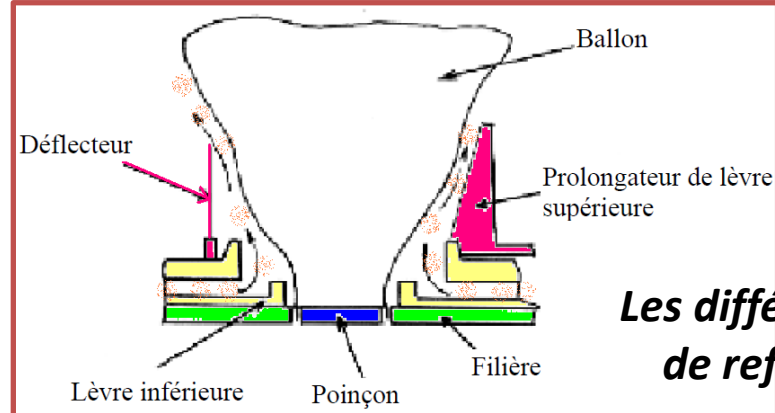
VIII. LA FONCTION REFROIDISSEMENT

B. LE REFROIDISSEMENT

Les différents systèmes de refroidissement **externe** :

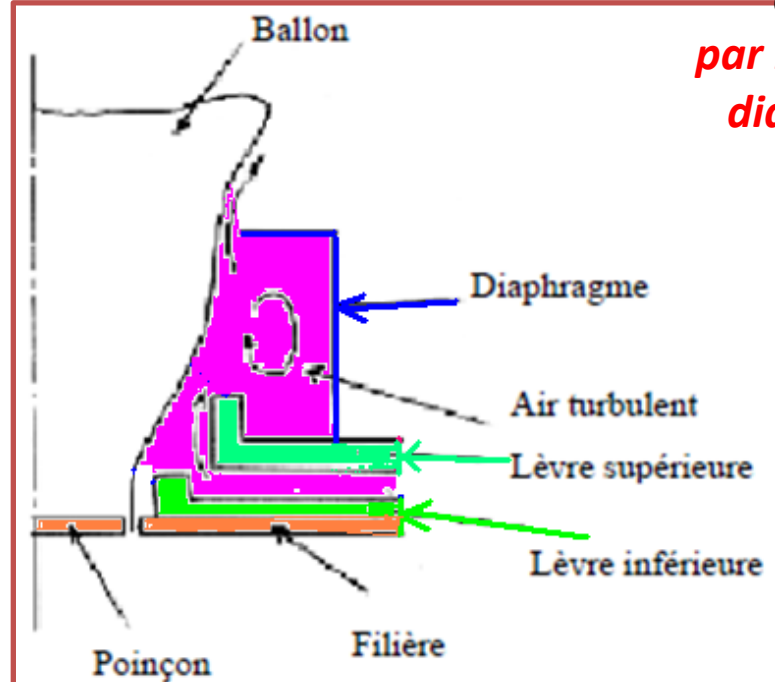


Refroidissement externe par chicane



Les différents systèmes de refroidissement externe

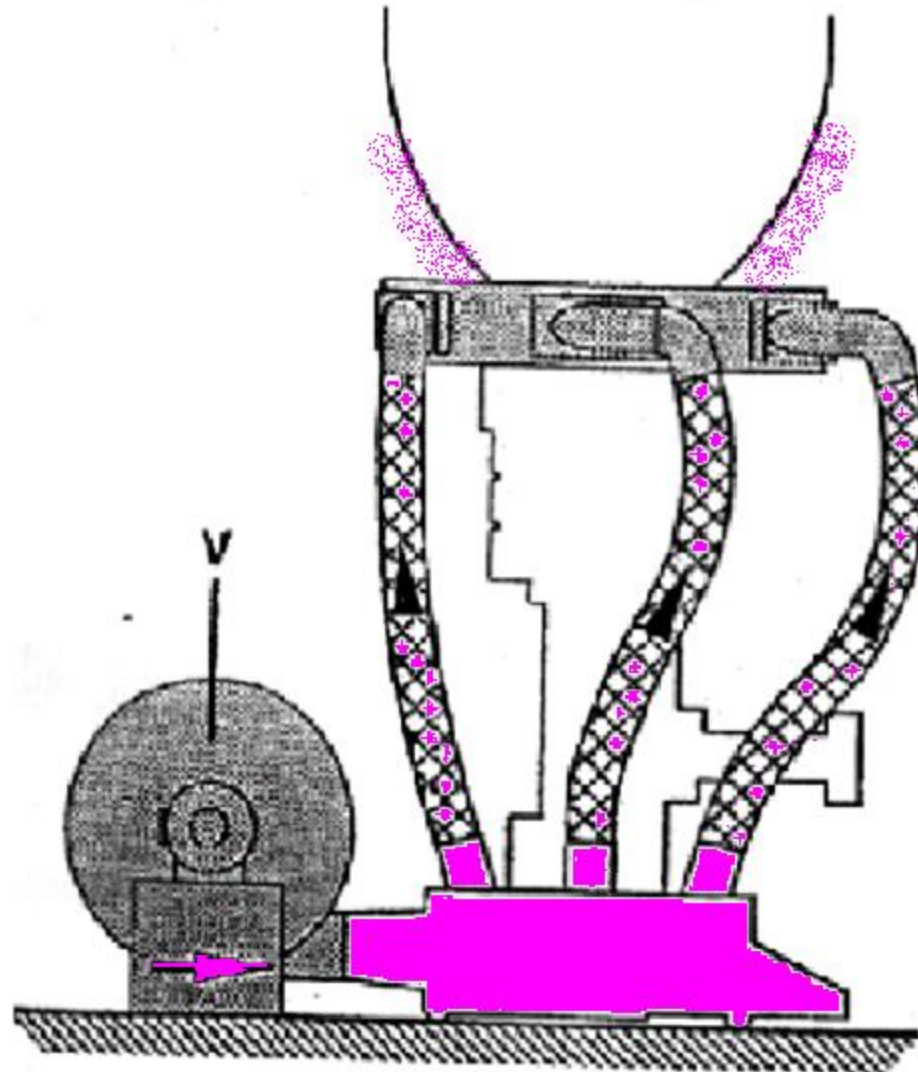
par lèvre et par diaphragme



VIII. LA FONCTION REFROIDISSEMENT

B. LE REFROIDISSEMENT

Les différents systèmes de refroidissement **externe** :



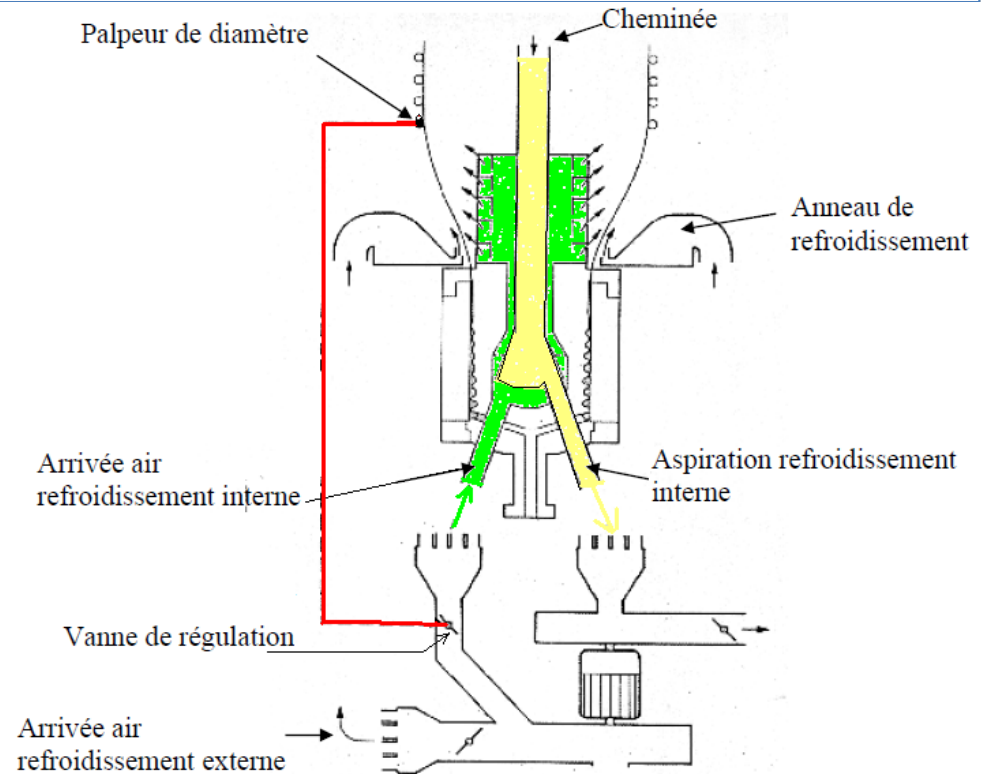
Ventilation extérieure

VIII. LA FONCTION REFROIDISSEMENT

B. LE REFROIDISSEMENT

2. Le refroidissement *interne* :

- Suivant le diamètre de la filière, la machine peut être équipée d'un système de refroidissement intérieur du ballon qui va intensifier le refroidissement.



- **La difficulté**, est qu'il faut souffler de l'air à l'intérieur et extraire un volume équivalent **pour conserver un diamètre de ballon identique** (côtes de largeur et épaisseur) Pour cela un capteur disposé sur le ballon agit en continu sur **une vanne de régulation** de l'air rentrant.

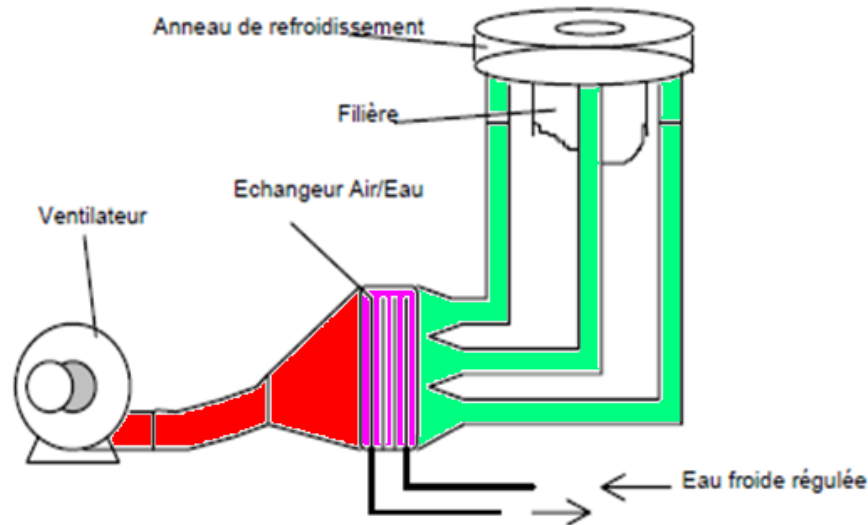
VIII. LA FONCTION REFROIDISSEMENT

B. LE REFROIDISSEMENT

2. Le refroidissement *interne* :

- Pour encore **améliorer l'efficacité du refroidissement** et **gagner en stabilité**, on peut intercaler **un échangeur thermique (Air / Eau)** entre le ventilateur et l'anneau de refroidissement.

Dispositif applicable pour le refroidissement extérieur et intérieur.



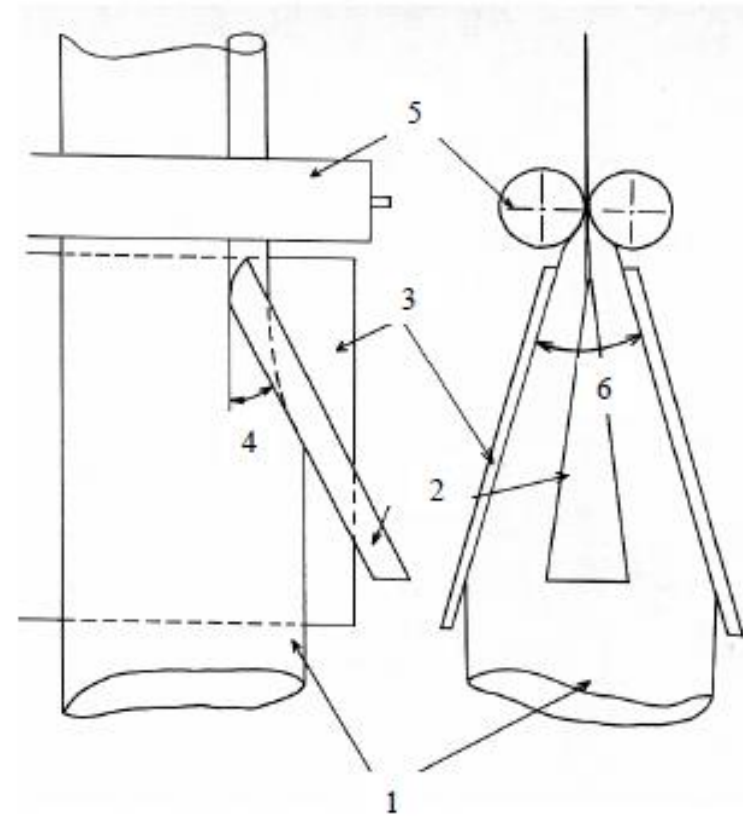
IX. LA FONCTION TIRAGE

IX. LA FONCTION TIRAGE

Elle joue un rôle important **sur la qualité** du produit.

Cette unité se compose :

- de **2 panneaux** de mise à plat du ballon \Rightarrow les **paraboles** et les **auvents**.
- de **sabots ou jeannettes** qui ont pour fonction de guider le ballon et de former des soufflets.
- d'un **banc de tirage** où le ballon mis à plat est pincé entre 2 cylindres tireurs.



Repère :

1- ballon ou gaine

2- sabot ou jeannette

3- auvent ou parabole

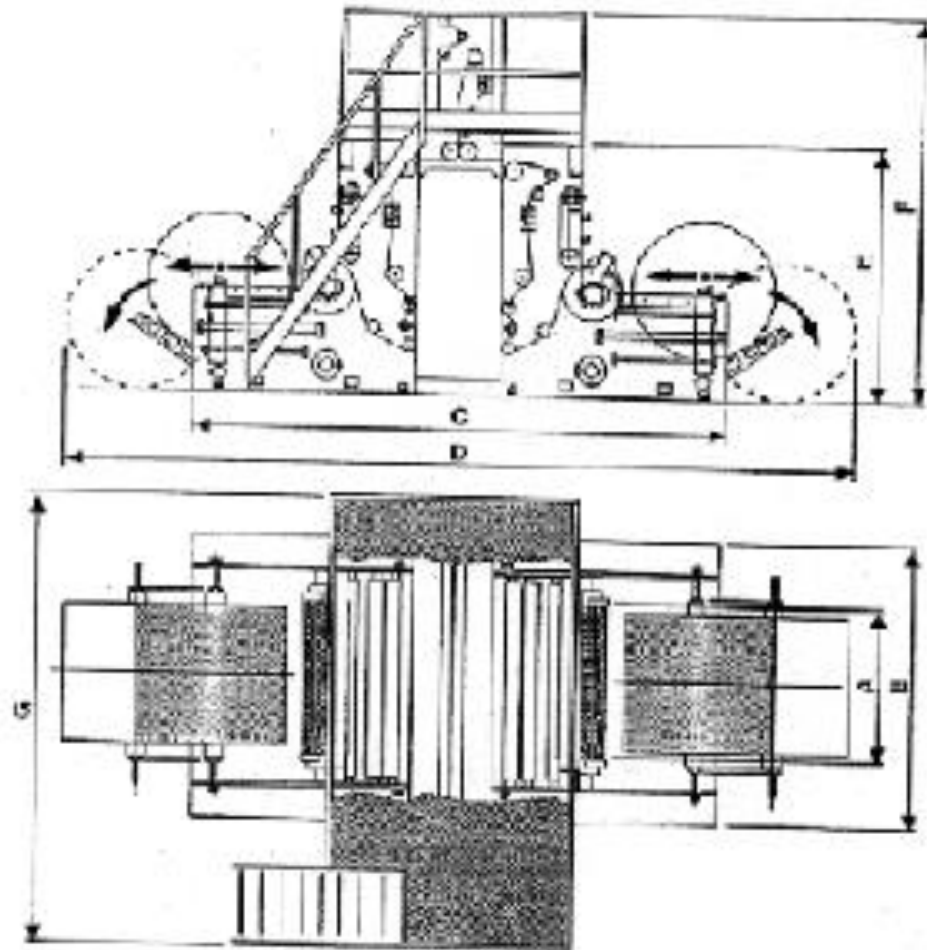
4- angle 30° maxi

5- cylindres tireurs

6- angle 60° maxi

X. LA FONCTION ENROULEMENT

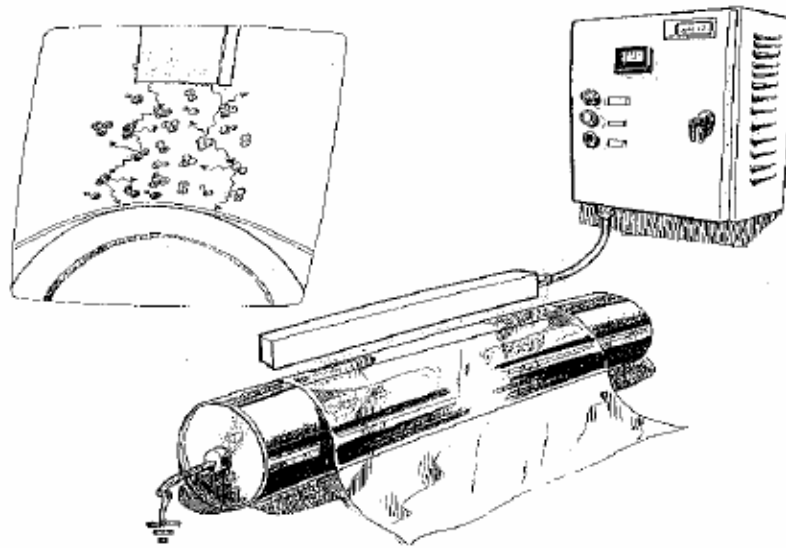
Elle consiste à **conditionner** et **découper** le produit selon les prescriptions définies soit par le client, soit par l'entreprise elle-même.



XI Traitement de surface par effluage

Traitement corona - effet couronne :

- l'ionisation de l'air grâce à un arc électrique à haute fréquence et haute tension **crée des microporosités sur la surface du film permettant** aux encres, colles et autres produits d'adhérer correctement.
- La qualité visuelle de la surface du film reste inchangée.
- État de surface :
 - 33 dynes/cm² en sortie de l'extrudeuse,
 - 38, 40 ou 60 dynes/cm² après traitement corona



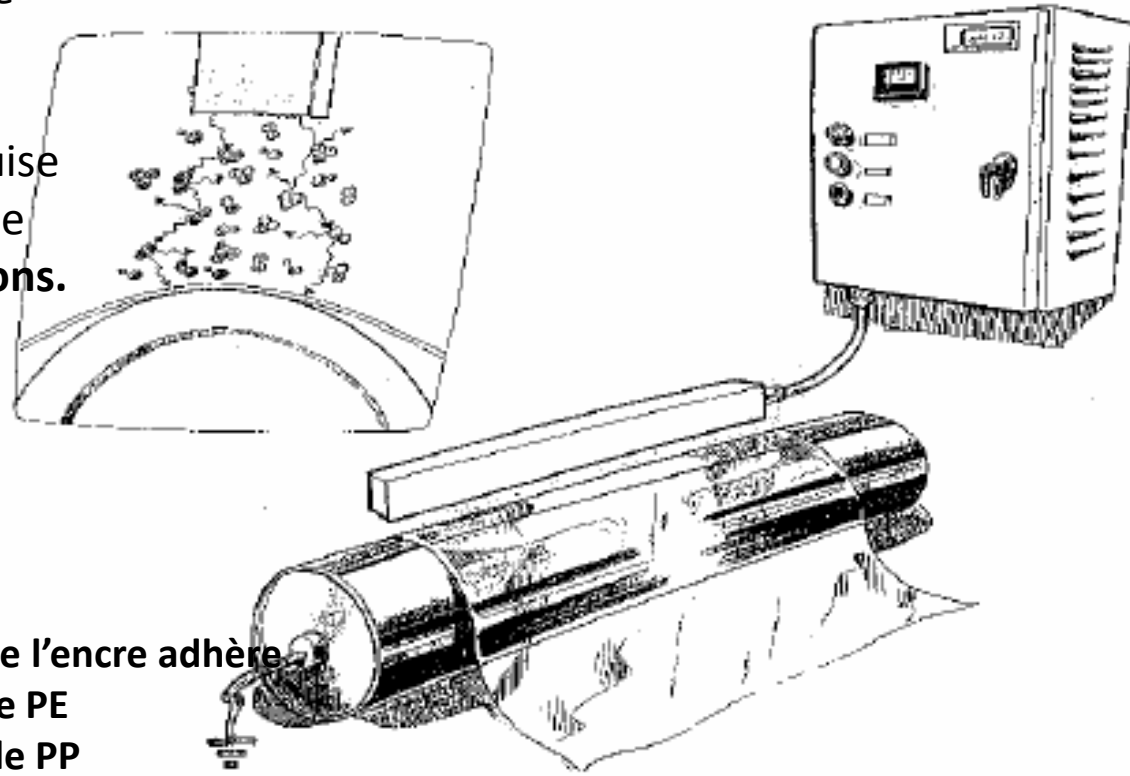
XI Traitement de surface par effluage

Afin de **faciliter l'impression** de la feuille de plastique, étant donné que l'encre utilisée doit mouiller et adhérer à la matière plastique, **la surface est nettoyée et rendue rugueuse** par effluage ou **effet corona**.
C'est une décharge électrique haute tension sur la surface à traiter.

État de surface :

33 dynes/cm² en sortie de l'extrudeuse
contre 38, 40 ou 60 dynes/cm² après
traitement corona.

La dyne est définie comme la force requise
pour accélérer une masse d'un gramme
Une dyne vaut exactement 10⁻⁵ newtons.



38 dynes/cm ⇒ mini pour avoir l'espoir que l'encre adhère

40 dynes/cm ⇒ seuil mini de sureté pour le PE

42 dynes /cm ⇒ seuil mini de sureté pour le PP

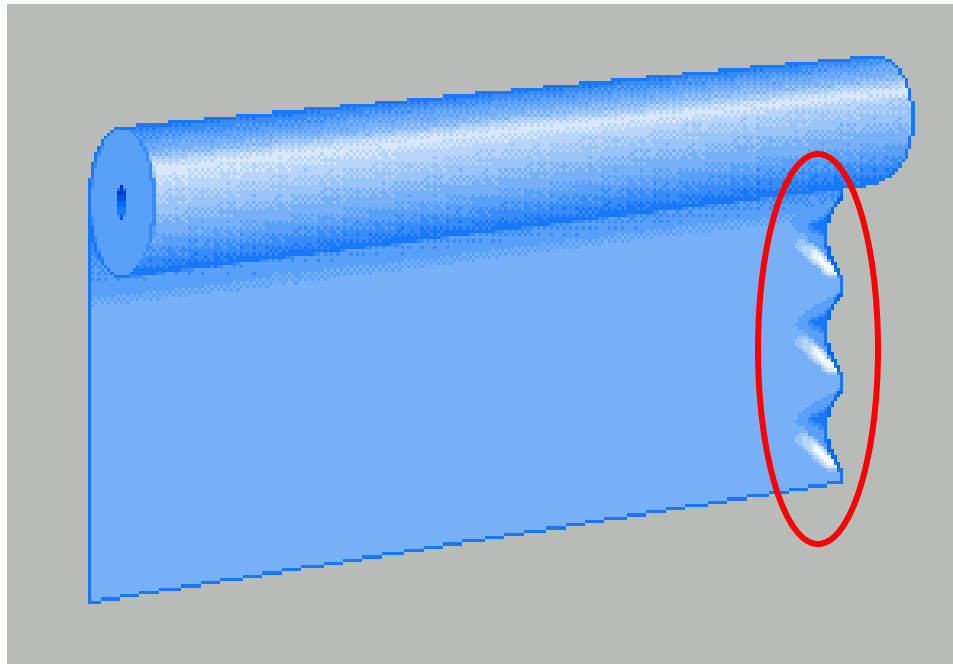
Vidéo :

- 4 Extrusion GONFLAGE corona et impression les sacs en plastique (à partir de 1min)

XII. LES DEFAUTS EN EXTRUSION GONFLAGE :

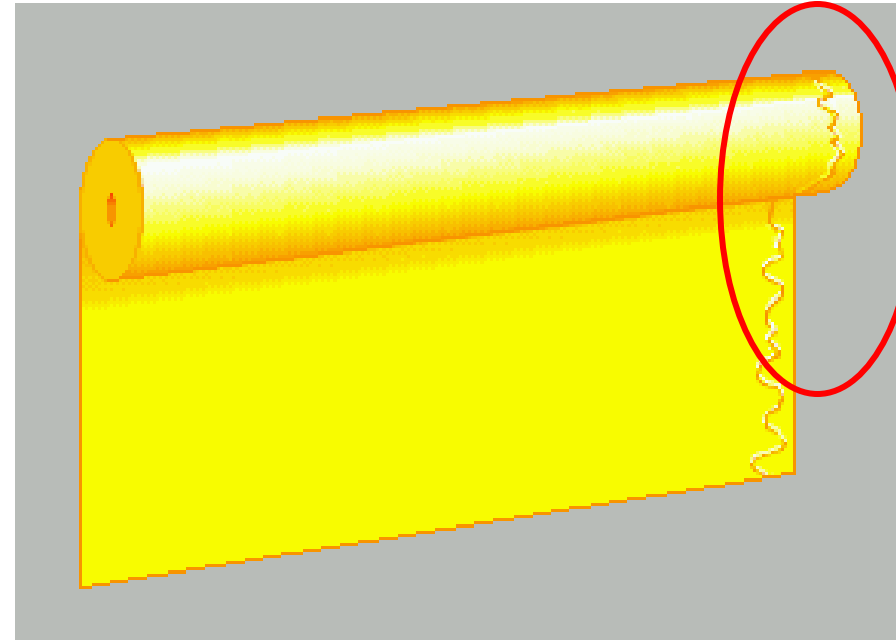
Bords flottants

Le bord du film est flottant à cause d'un dysfonctionnement au niveau du tirage.



Bords plissés

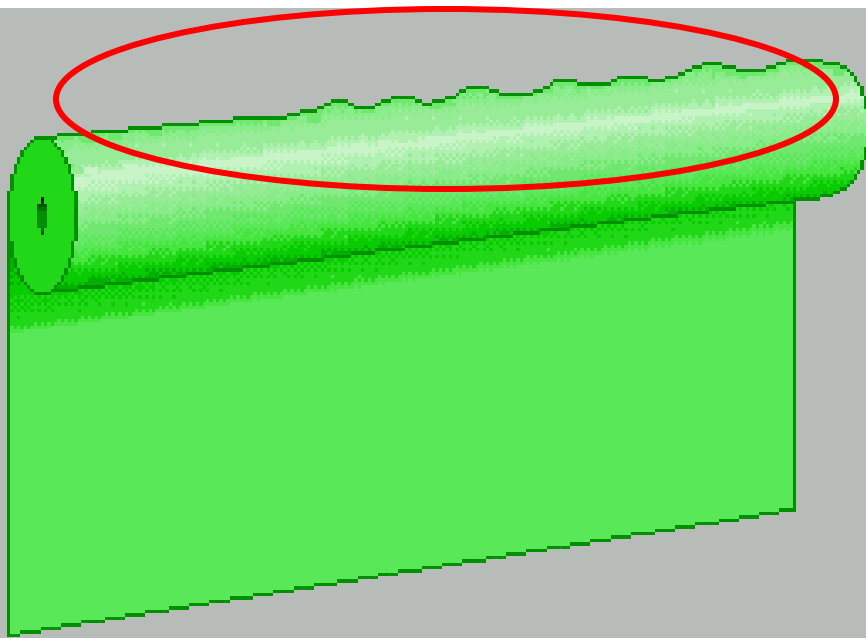
Le film se plie sur lui-même. Ces plis sont visibles sur les bords.



XII. LES DEFAUTS EN EXTRUSION GONFLAGE :

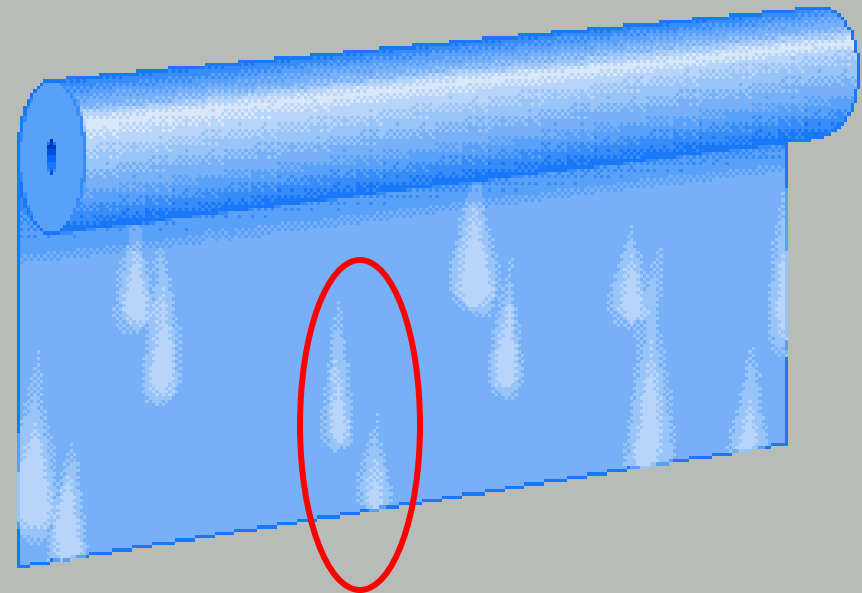
Bosse ou cordon

Une bosse (ou cordon) présente une série de points "durs" et "mous" sur toute la largeur du film



Bulles, traces d'humidité

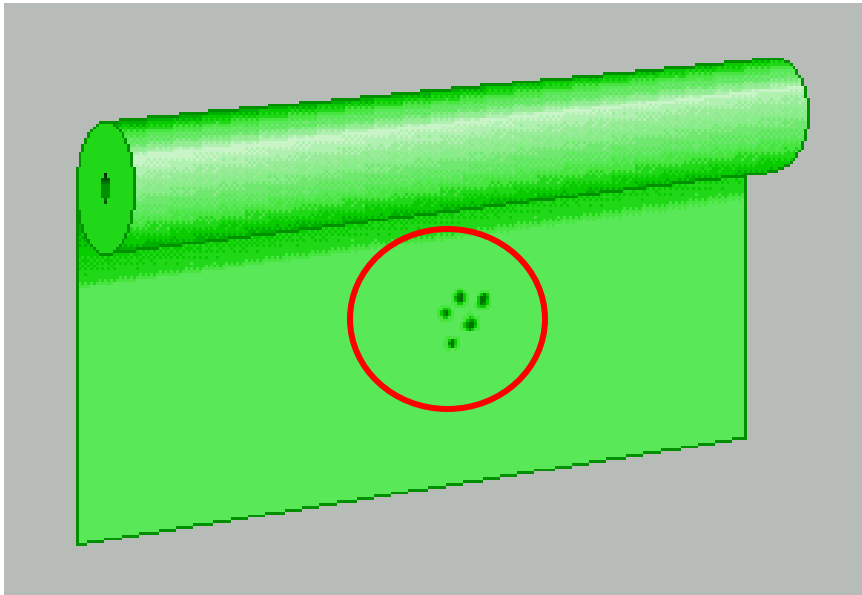
Sur le film on peut voir de gros trous ou des bulles.



XII. LES DEFAUTS EN EXTRUSION GONFLAGE :

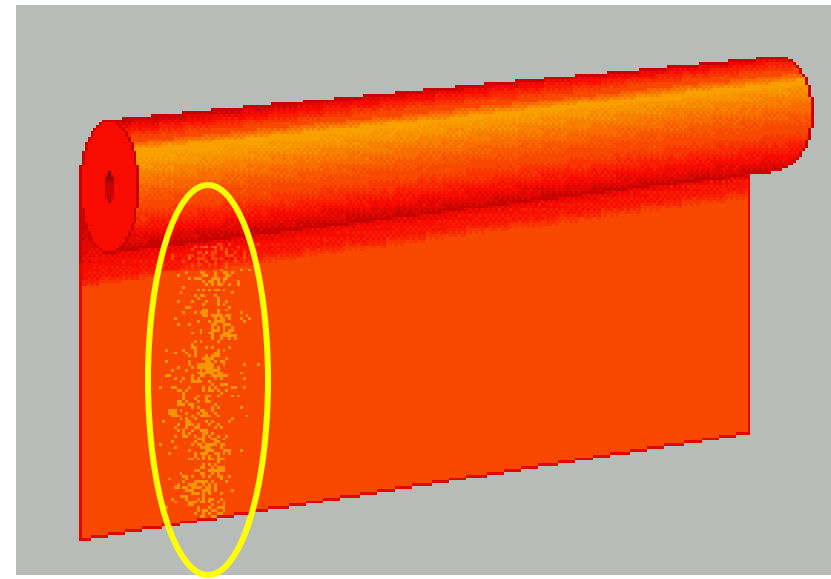
Dégradation, matière dégradée

Il y a une multitude de sur-fondus présents sur la surface du film.



Infondus

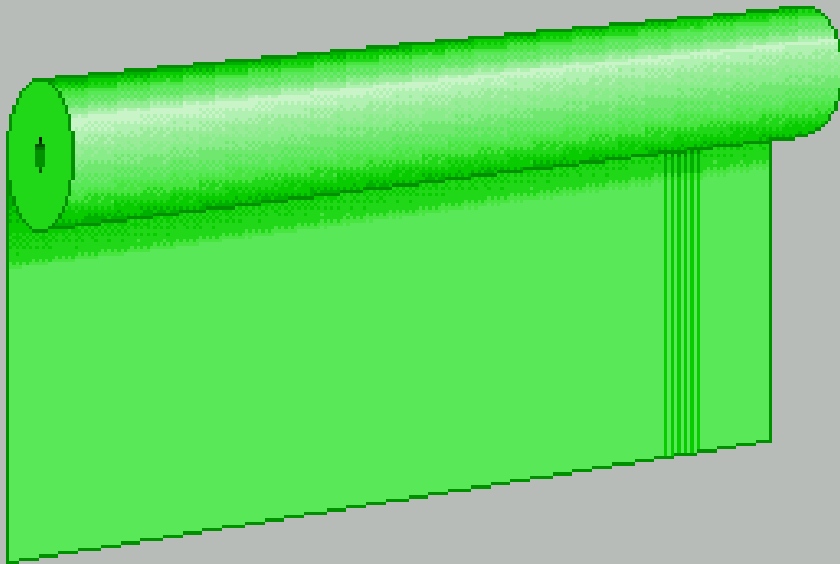
Sur le film il y a des gels qui s'apparentent à de petites particules blanches



XII. LES DEFAUTS EN EXTRUSION GONFLAGE :

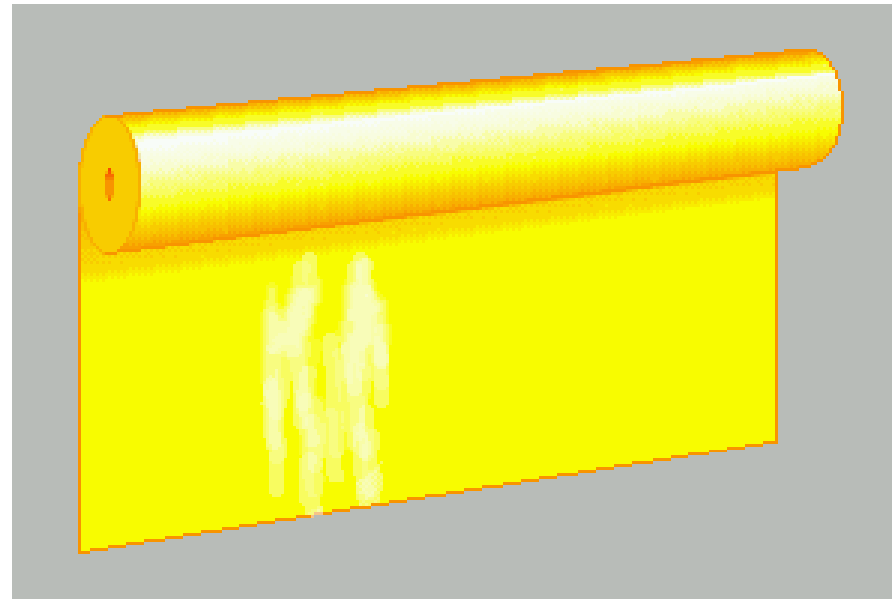
Mauvaise homogénéité

Des traits réguliers apparaissent sur le film.



Mauvaise répartition couleur

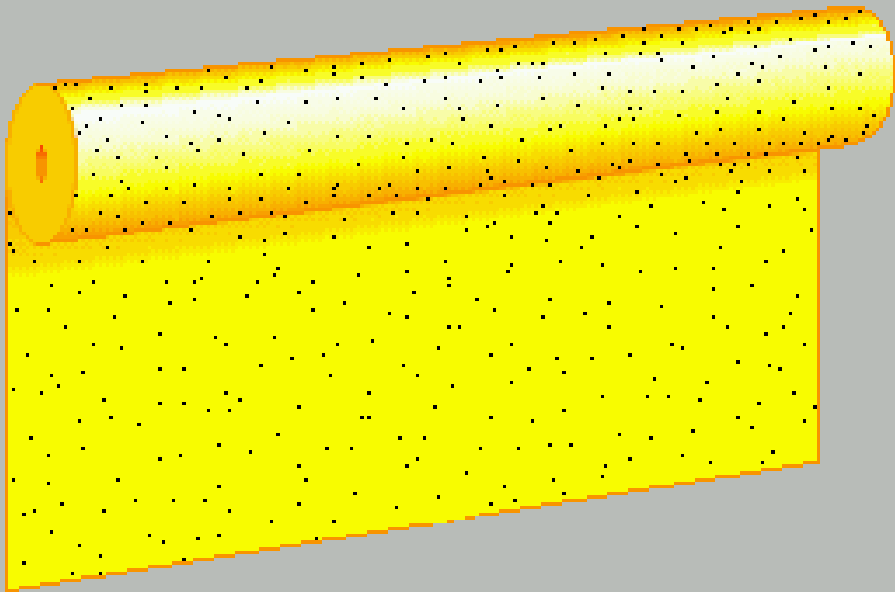
Des zones décolorées apparaissent sur le film. La surface du film est marbrée, ce défaut se voit par transparence.



XII. LES DEFAUTS EN EXTRUSION GONFLAGE :

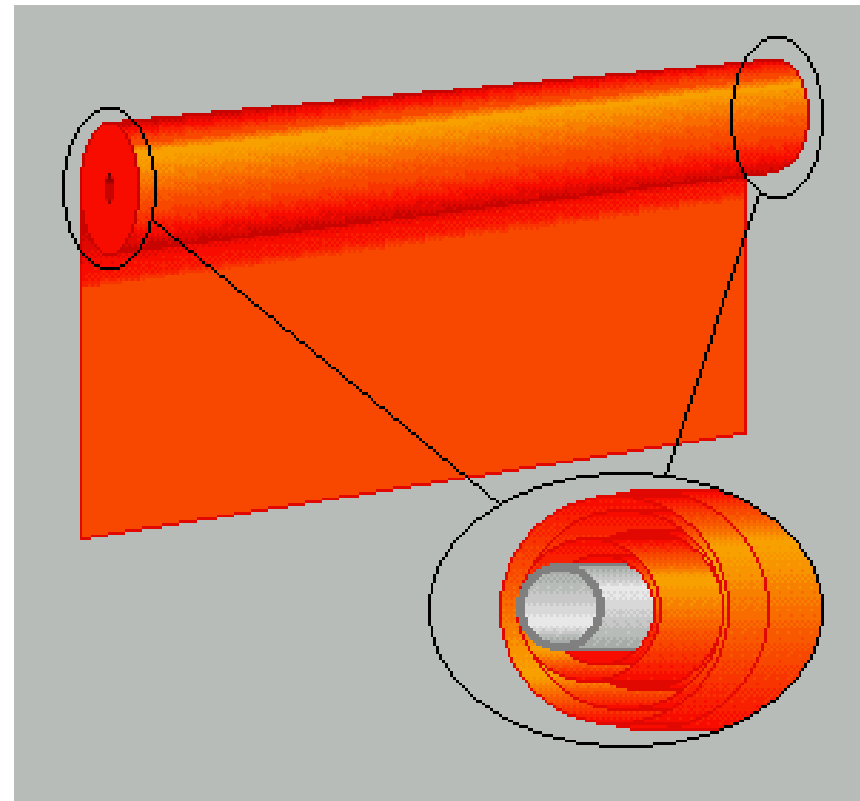
Matières polluée, pollution matière

Des petites tâches noires sont présentes sur le film.



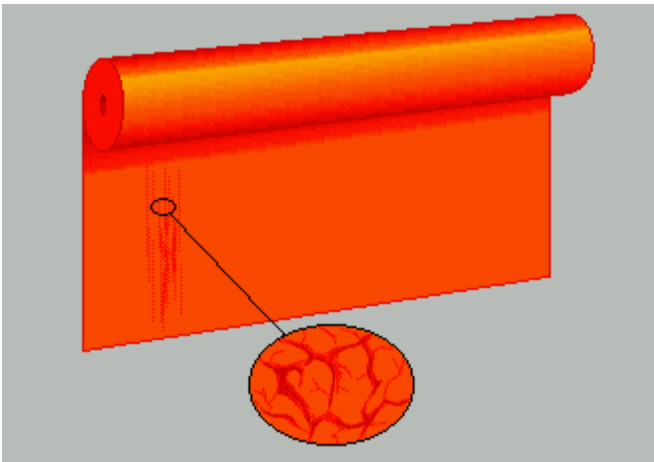
Mauvais tirage

Le film se déplace sur l'enrouleur, en allant d'un côté à l'autre.

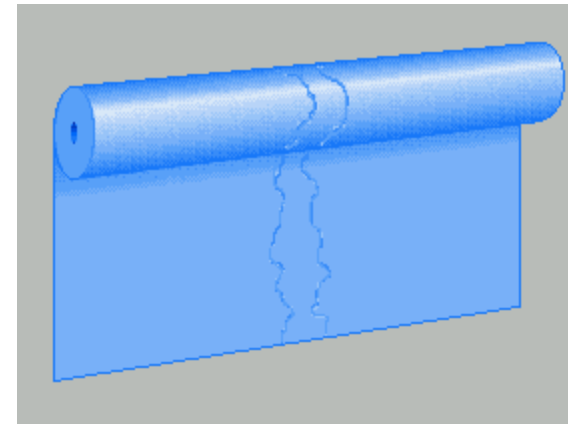


XII. LES DEFAUTS EN EXTRUSION GONFLAGE :

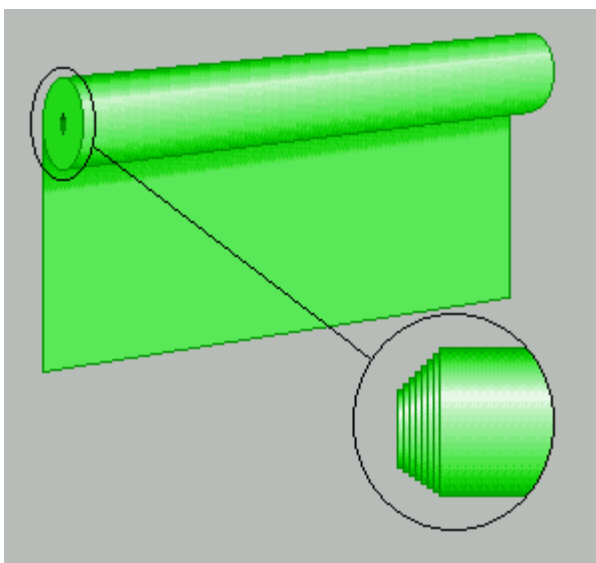
Peau d'orange



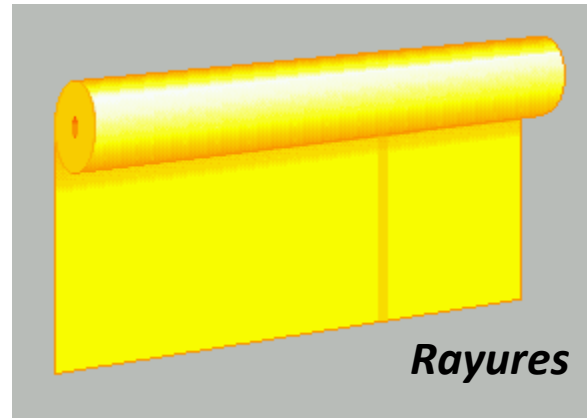
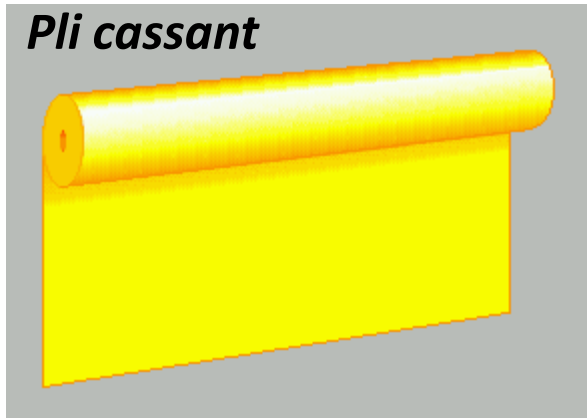
Poche au milieu (PLIS)



Télescoping



Pli cassant



Rayures

Vidéo:

- [4 Extrusion GONFLAGE Elaboration des Sac de plastique à glissière complet](#)

Fin