

Chapitre 02

Les défauts d'extrusion

- **Site** : <https://choucheneslim.wordpress.com/>
- **Article** cours et TP : [10- Procédés de mise en forme des matières plastiques](#)
- **PLAYLIST YOUTUBE** « **Procédés - Extrusion des thermoplastiques** » :
<https://www.youtube.com/playlist?list=PLVdWnPZXu-Oi835AX9dqXHLdD1KTo6WwK>

Les défauts d'extrusion

1. Les défauts d'extrusion

1.1 Problèmes dus principalement à l'extrudeuse

1.1.1 Produit trop chaud

1.1.2 Produit trop froid

1.1.3 Problèmes de débit

1.2 Problèmes dus principalement à la tête d'extrusion

1.3 Précautions à prendre lors du démarrage et de l'arrêt de l'extrudeuse

1.4 Défauts produit



VIDEOS : Démarrage

- 1. 2 Extrusion Démarrage extrudeuse profilé centre PL**
- 2. 2 Extrusion Démarrage extrudeuse tube centre PL**

1. Les défauts d'extrusion

1.1 Problèmes dus principalement à l'extrudeuse

1.1.1 Produit trop chaud

1.1.1 Produit trop chaud

matière	pression en MPa	température en °C				
		zone d'alimentation	zone de compression	zone de pompage	tête	filière
PVC rigide	100-200	155	165	175-185	180	185
PE basse densité	90-150	125	125	130	130	135
PE haute densité	100-180	140	160	165	165	170
PA	150-250	275	225	225-235	225	225
PVC plastifié (60 %)	50-120	175	165	150-160	160	160
CA	150-200	175	195	200	200	205
PP (polypropylène)	150-200	185	200	220-230	230	240
POM (polyoxyméthylène)	50-100	170	190	205	200	200
PUR (polyuréthane)	150-300	270	260	250-260	270	280

Tableau 1. Valeurs indicatives des réglages des températures d'extrusion pour différentes matières.

1. Les défauts d'extrusion

1.1 Problèmes dus principalement à l'extrudeuse

1.1.1 Produit trop chaud

La température du produit est jugée trop importante
quand :

- le produit fume ou se décompose ;
- le produit se déforme après réception (viscosité trop faible ne permettant plus son maintien) ;
- le produit ne possède plus de bonnes caractéristiques mécaniques.

Les raisons peuvent être liées

- 1. aux conditions de procédé**
- 2. ou à des défauts mécaniques**
- 3. ou électriques.**

1. Les défauts d'extrusion

1.1 Problèmes dus principalement à l'extrudeuse

1.1.1 Produit trop chaud

1. Mauvaises conditions de procédé

- Mauvais profil de température (trop haut), vis pas adaptée;
- Vitesse de rotation trop grande;
- Débit par tour de vis anormal et trop faible, dû à
 - ❑ un bouchon,
 - ❑ ou à une mauvaise alimentation de la trémie,
 - ❑ ou encore à un glissement trop important des granulés par rapport au fourreau (« savonnage »). Ce glissement est dû à une consigne de température des zones correspondant à la zone d'alimentation trop importante.

Le matériau fond au contact du fourreau et génère un film visqueux, qui fait chuter le coefficient de frottement des granulés sur le fourreau, et donc le débit.

- La température idéale pour cette zone est généralement de 10 à 20° C sous la température de fusion du matériau considéré.

1. Les défauts d'extrusion

1.1 Problèmes dus principalement à l'extrudeuse

1.1.1 Produit trop chaud

2. Défauts mécaniques

- **Vis trop usée** : le jeu filet/fourreau trop important réduit le débit à vitesse de rotation constante, ce qui induit un temps de séjour plus important à même taux de cisaillement et amène un échauffement supplémentaire de la matière.
- **Vis et (ou) embout trop longs** : ceci laisse un passage réduit pour la matière entre le bout de la vis et la plaque à trous (support filtre) ou la bride de tête ; la matière est soumise à des taux de cisaillement importants et en conséquence s'échauffe.
- **Tamis colmaté** (dû par exemple à un refroidissement par eau trop violent qui fige la matière, ou à une accumulation d'impuretés).

1. Les défauts d'extrusion

1.1 Problèmes dus principalement à l'extrudeuse

1.1.1 Produit trop chaud

3. Défauts électriques

- L'électrovanne de refroidissement de la vis reste ouverte : la matière fige sur la vis au fond du chenal, ce qui réduit la profondeur de passage de la matière, et donc augmente le cisaillement sur la matière et en conséquence sa température.
- Une ou plusieurs zones sont anormalement chaudes, en particulier les zones finales de l'extrudeuse ;

cette température anormale peut avoir plusieurs origines :

- régulateurs hors services ;
- sondes hors services ou croisées avec une autre zone ;
- ventilateurs inversés ;
- fusibles hors services ;

1. Les défauts d'extrusion

1.1 Problèmes dus principalement à l'extrudeuse

1.1.2 Produit trop froid

1.1.2 Produit trop froid

The background features several large, overlapping, semi-transparent swirls in shades of purple, green, and blue. Scattered throughout are numerous small, yellow, triangular shapes, some pointing towards the center and others pointing outwards, creating a dynamic and abstract visual effect.

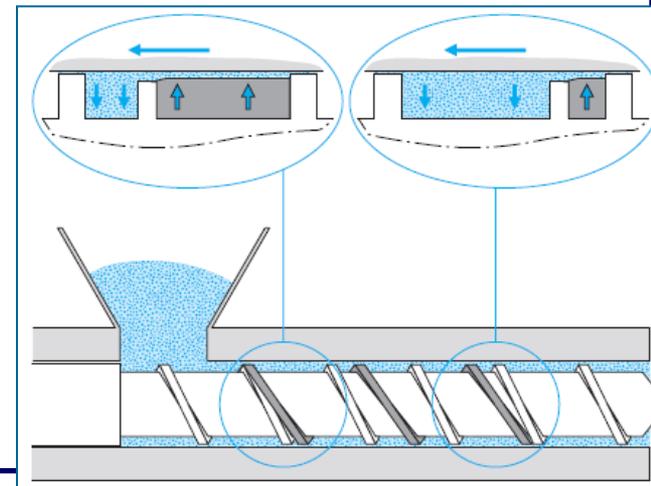
1. Les défauts d'extrusion

1.1 Problèmes dus principalement à l'extrudeuse

1.1.2 Produit trop froid

Le produit est mat, froid, ne se tire pas, ne sort pas complètement de la filière. **Les remèdes sont les suivants.**

- Augmenter la température sur le corps de l'extrudeuse, particulièrement sur la partie finale du fourreau ;
- Si la machine n'atteint pas les températures affichées sur les régulateurs :
 - vérifier les éléments chauffants et les thermocouples ;
 - augmenter la contre-pression (utilisation de tamis plus serrés, de têtes plus petites) afin d'augmenter le travail mécanique dans l'extrudeuse ;
 - si une vis barrière est utilisée, **diminuer le jeu barrière** afin d'augmenter le **cisaillement** au passage de celui-ci.



1. Les défauts d'extrusion

1.1 Problèmes dus principalement à l'extrudeuse

1.1.2 Produit trop froid

Le produit est mat, froid, ne se tire pas, ne sort pas complètement de la filière. **Les remèdes sont les suivants.**

- Essayer plusieurs vitesses de rotation : des vitesses de rotation plus élevées vont augmenter le cisaillement, donc le travail de la matière et sa température.
- Pour augmenter le cisaillement de la matière, on peut diminuer la profondeur du chenal de la vis, ce qui donne un taux de cisaillement plus élevé et donc une température plus importante.

1. Les défauts d'extrusion

1.1 Problèmes dus principalement à l'extrudeuse

1.1.3 Problèmes de débit

1.1.3 Problèmes de débit

VIDEOS :

1. [2 Extrusion Problèmes de débit à la sortie de l'extrudeuse TPE](#)

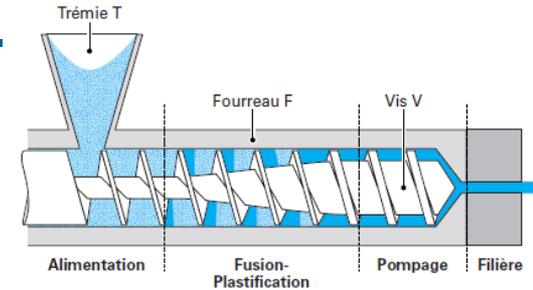
1. Les défauts d'extrusion

1.1 Problèmes dus principalement à l'extrudeuse

1.1.3 Problèmes de débit

a) Variation du débit et de la température de la zone d'alimentation de manière cyclique et en opposition de phase

- **Le débit variant de manière cyclique** est relié à la pression en fin de vis, variant dans le même sens, et à une température de zone d'alimentation, variant inversement.



Pour résoudre ce problème, deux voies sont possibles :

- augmentation de la puissance de refroidissement de la zone d'alimentation, afin de rester constamment dans le régime à débit élevé ;
- augmentation de la température dans cette zone à une valeur supérieure à la température de fusion du matériau extrudé, afin de rester constamment dans le mode de fonctionnement avec un débit faible.

1. Les défauts d'extrusion

1.1 Problèmes dus principalement à l'extrudeuse

1.1.3 Problèmes de débit

b) Variation régulière du débit (et de la pression en bout de vis) non corrélée à une variation de la température de la zone d'alimentation

- Dans ce cas, la dernière zone de la vis est souvent l'origine du problème de variation régulière du débit.

Pour éviter ce phénomène, on peut ajuster le débit de cette zone par divers moyens, par exemple en augmentant la contre-pression par ajout de tamis.

1. Les défauts d'extrusion

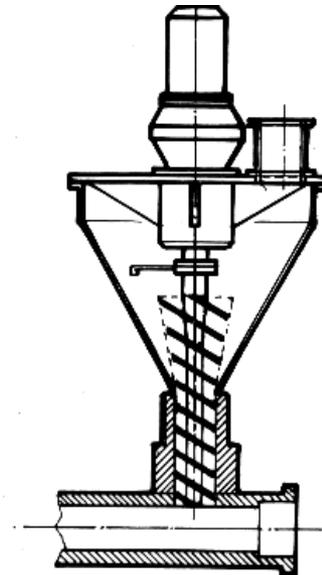
1.1 Problèmes dus principalement à l'extrudeuse

1.1.3 Problèmes de débit

c) Variation de débit liée à une variation irrégulière de la hauteur de granulés dans la trémie

- Un mauvais écoulement dans la trémie dû :
 - au système de Gavage (alimentation)
 - ou à la présence de granulés mal découpés (cheveux d'ange) peut induire une variation de la quantité de granulés fournis à la vis, et donc du débit ;

**l'utilisation de trémies vibrantes
peut résoudre le problème.**



1. Les défauts d'extrusion

1.1 Problèmes dus principalement à l'extrudeuse

1.1.3 Problèmes de débit

d) Débit insuffisant dû à un couple trop important

- la culasse sous la trémie est trop froide (refroidissement des granulés), impliquant une température trop basse sur la zone d'alimentation, ce qui induit un **débit trop élevé** et donc un **blocage** ;
il est préconisé de diminuer le débit d'eau dans la culasse afin d'avoir une évacuation de calories moins importante ;
- le profil de température est trop bas ; augmenter les températures, vérifier le fonctionnement de l'ensemble **régulateur, corps de chauffe et sonde de température.**

1. Les défauts d'extrusion

1.1 Problèmes dus principalement à l'extrudeuse

1.1.3 Problèmes de débit

e) Débit insuffisant et vitesse de rotation du moteur normale

Le cas peut se produire également où l'on a un débit trop faible tout en ayant la vitesse de rotation souhaitée.

L'origine peut être multiple, ainsi que les remèdes :

- mauvaise alimentation en matière, (due à un bouchon dans la trémie ou à un corps étranger dans la goulotte)
 - *utiliser dans ce cas des systèmes induisant des vibrations dans la trémie par chocs ou des malaxeurs évitant la formation de ces amas ;*
- pas de refroidissement à la culasse, ce qui peut engendrer des températures suffisantes pour fondre la matière et amener à la création d'un bouchon ;
 - *vérifier que la circulation d'eau n'est pas bloquée par un entartrage (calcaire) trop important ;*

1. Les défauts d'extrusion

1.1 Problèmes dus principalement à l'extrudeuse

1.1.3 Problèmes de débit

e) Débit insuffisant et vitesse de rotation du moteur normale

- température trop haute dans la zone d'alimentation (diminution du coefficient de frottement et donc chute de débit) ;
- vis usée : le jeu au filet étant trop important, la capacité de convoyage est réduite ;
 - recharger la vis à l'aide de soudure ou la changer ;

1. Les défauts d'extrusion

1.1 Problèmes dus principalement à l'extrudeuse

1.1.3 Problèmes de débit

f) Débit nul

Un débit nul, associé à un couple moteur nul (une intensité nulle pour un moteur à courant continu),

peut avoir diverses origines :

- la vis est cassée à la suite d'un couple trop important ou par fatigue ;
- la clavette d'entraînement est absente ou cassée ;
- la vis n'a pas été montée ;
- le moteur tourne à l'envers ;
- les courroies patinent ;
- la trémie n'est pas alimentée ;
- un pont de matière s'est formé dans la trémie ;
- un bouchon de matière s'est formé sur la vis.

Un débit nul, associé à un couple moteur maximal (une intensité maximale pour un moteur à courant continu),

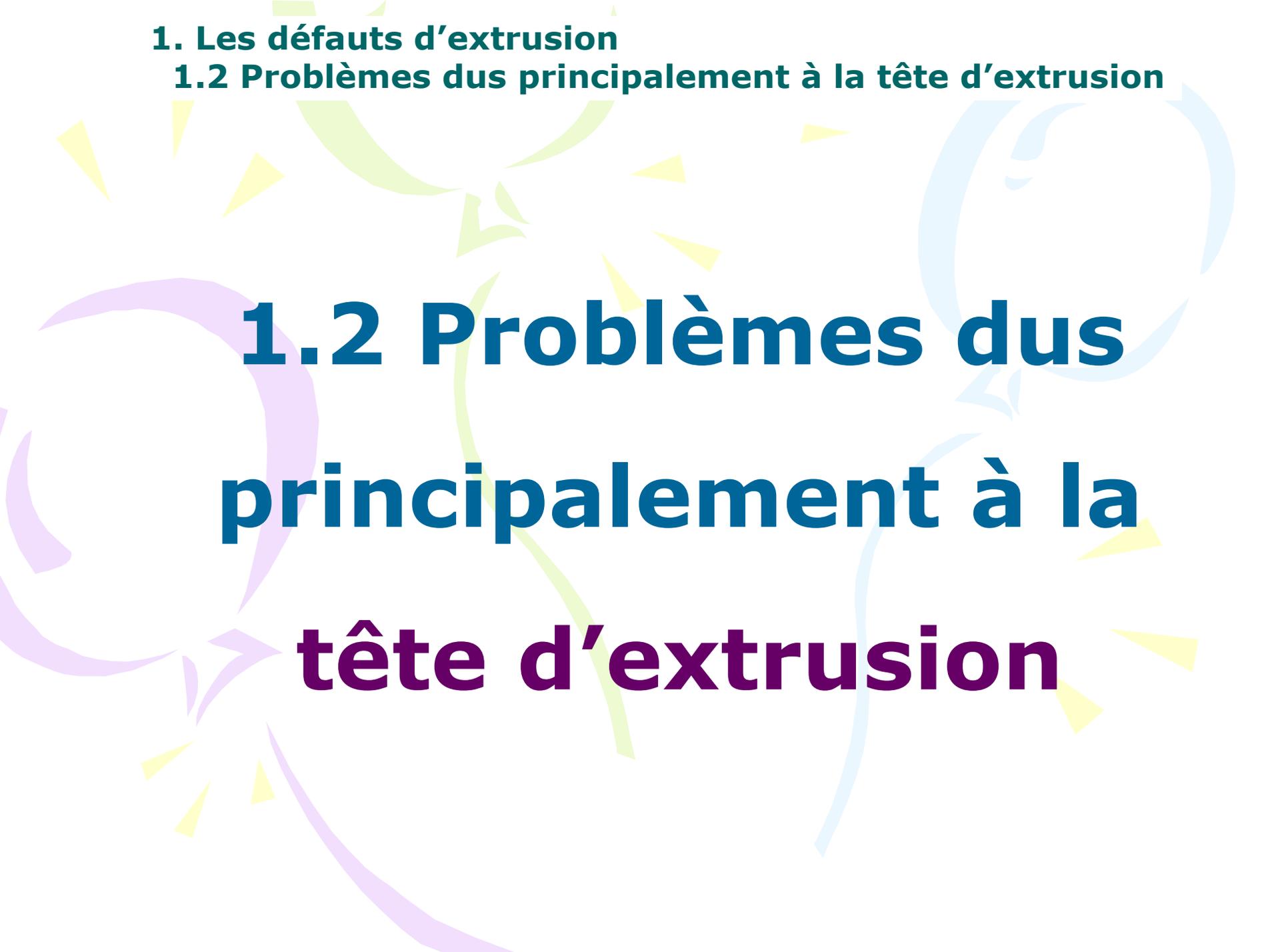
a comme origines possibles :

- le grippage (blocage) de la vis dans le cylindre ;
- le grippage du moteur électrique ;
- le blocage dû à la température de vis ou de fourreau trop basse.

1. Les défauts d'extrusion

1.2 Problèmes dus principalement à la tête d'extrusion

1.2 Problèmes dus principalement à la tête d'extrusion

The background features several large, overlapping, semi-transparent arrows in shades of purple, green, and blue, pointing in various directions. Scattered throughout are numerous small, yellow, triangular shapes that resemble confetti or starbursts.

1. Les défauts d'extrusion

1.2 Problèmes dus principalement à la tête d'extrusion

Produit avec un état de surface mat (brillant recherché)

Les caractéristiques du produit sont bonnes mécaniquement et à l'étirage. Cependant l'aspect de surface est mat.

Pour y remédier, on peut :

- vérifier que l'état de surface de la filière est bon (pas trop rugueux) ;
- augmenter la température de la partie finale de la tête et de la filière à l'aide d'un chalumeau.

1. Les défauts d'extrusion

1.2 Problèmes dus principalement à la tête d'extrusion

Apparition de rayures sur le matériau

Des rayures apparaissent le long de l'extrudat.

L'origine de ces rayures peut être variée :

- des grains brûlés ou hétérogènes se bloquent dans la filière ;
- la tête est déchromée, l'outillage est défectueux.

Pour y remédier, on peut :

- vérifier les courbes de température, une augmentation de la température de la filière peut ainsi générer sur l'extrudat une fine couche de matériau plus fluide qui va gommer ces défauts ;
- vérifier que les tamis ne sont pas crevés ou bouchés.

1. Les défauts d'extrusion

1.2 Problèmes dus principalement à la tête d'extrusion

Rugosité

La matière présentant un aspect rugueux ou mat est une matière trop froide et insuffisamment travaillée ; pour résoudre ce

problème, on peut recourir :

- à une augmentation de la température des zones finales ainsi que de la tête (solution pour des vitesses de rotation faibles où la conduction est prépondérante sur la dissipation visqueuse) ;
- à une augmentation du travail de la matière (augmentation du cisaillement) par une utilisation de tamis plus fins, de passage plus restrictifs (têtes plus petites, brides restrictives).

1. Les défauts d'extrusion

1.2 Problèmes dus principalement à la tête d'extrusion

Apparition de grains au bout d'un certain temps de travail

- S'il s'agit d'**infondus**, la vis est en cause, son travail est insuffisant ; la vis en s'échauffant cisaille moins la matière et laisse passer des grains.

Pour augmenter ce travail de dissipation visqueuse, on peut :

- ajouter une **régulation de vis** afin de diminuer sa température (température de vis proche de la température de fusion du matériau) ;
- ou (et) **changer de vis** (utiliser une vis induisant un taux de cisaillement plus important) ;
- ou (et) enfin **ajouter des tamis plus fins** ou utiliser une tête plus petite (augmentation de la contre-pression). On peut aussi amener un peu plus d'énergie par conduction en augmentant le profil de température sur le fourreau. Cette dernière solution ne sera cependant valable que pour des vitesses de rotation faibles.

1. Les défauts d'extrusion

1.3 Précautions à prendre lors du démarrage et de l'arrêt de l'extrudeuse

1.3 Précautions à prendre lors du démarrage et de l'arrêt de l'extrudeuse

1. Les défauts d'extrusion

1.3 Précautions à prendre lors du démarrage et de l'arrêt de l'extrudeuse

Arrêt de la machine

Cependant, après un arrêt brutal, on laisse séjourner cette matière chaude pendant des temps très longs. On risque ainsi d'avoir une décomposition de la matière.

Par exemple,

- les produits fluorés ainsi que les PVC **peuvent dégager des gaz toxiques.**
- De même, lors de l'extrusion de produits utilisant des agents de réticulations, on risque d'avoir une réticulation complète dans la machine et de ne plus pouvoir la démarrer.

1. Les défauts d'extrusion

1.3 Précautions à prendre lors du démarrage et de l'arrêt de l'extrudeuse

Arrêt de la machine

Il est donc important de réduire la vitesse d'extrudeuse à **5 tr/min** et de réduire les températures du fourreau à des valeurs proches de la **température de fusion du matériau** (de 10 à 20 °C de plus), et de laisser la machine tourner ainsi jusqu'à ce que les températures lues soient égales à celle de la consigne. On ferme ensuite l'arrivée de la matière en dessous de la trémie **et on laisse la machine se purger.**

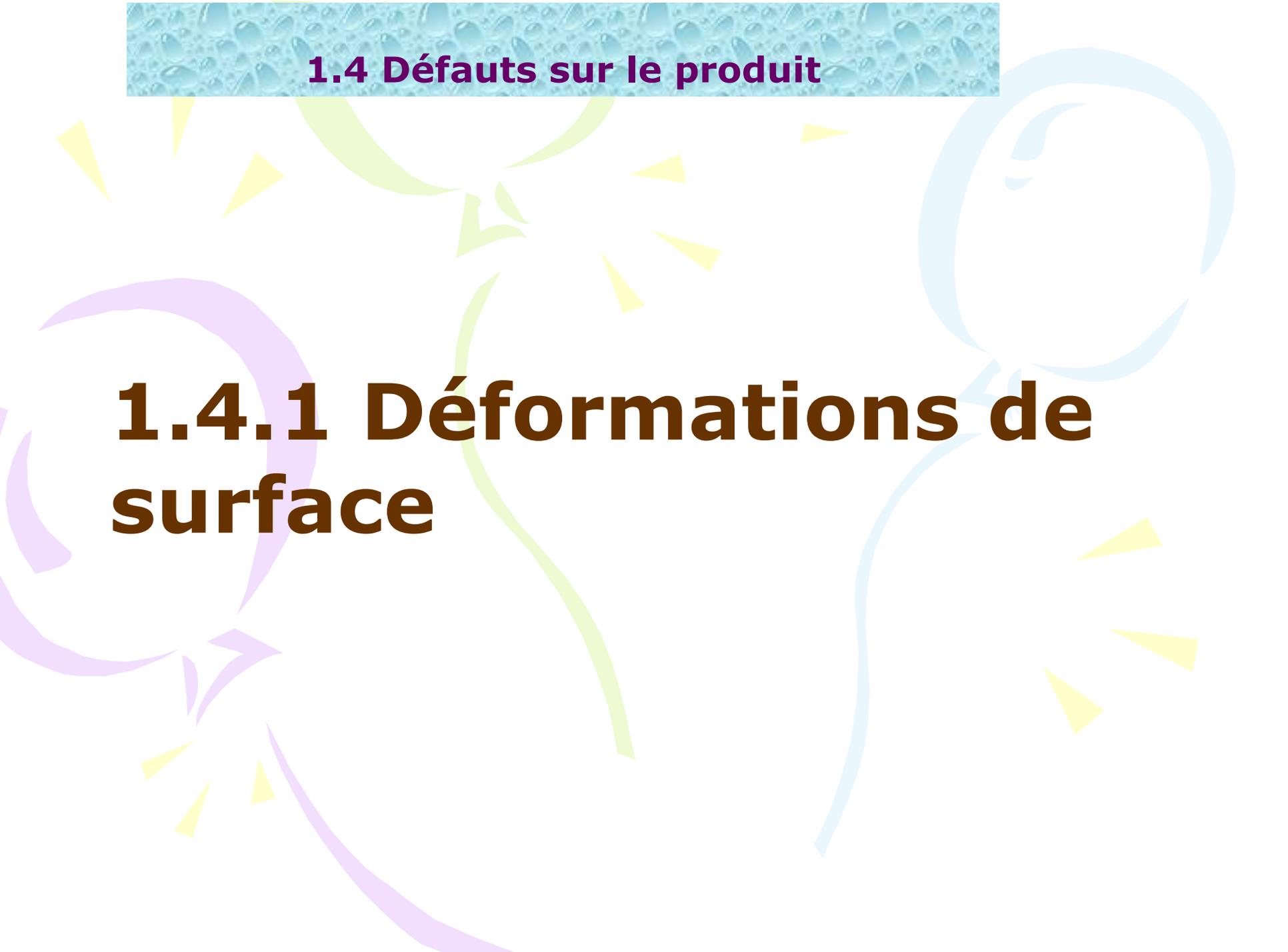
Enfin, pour obtenir **un nettoyage parfait**, on peut utiliser des produits nettoyants (à **base de polyéthylène basse densité**) que l'on extrude à des températures de plus en plus basses (jusqu'à 100 °C).

1. Les défauts d'extrusion

1.3 Précautions à prendre lors du démarrage et de l'arrêt de l'extrudeuse

Démarrage de la machine

Afin d'éviter le blocage de l'extrudeuse, une mise en chauffe de **1 h 30 mn** est conseillée avant son démarrage. De plus, le démarrage est conseillé à 5 tr/min.



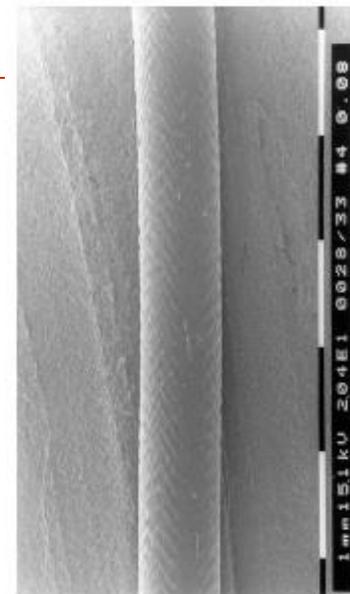
1.4 Défauts sur le produit

1.4.1 Déformations de surface

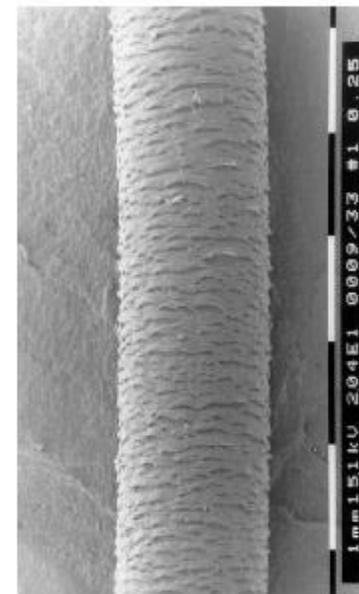
1.4 Défauts sur le produit

- On observe des déformations de surface sous forme d'ondulations à haute fréquence et de petite amplitude superposées à un noyau d'extrudat uniforme.
- Elles peuvent être périodiques ou apériodiques, changer d'amplitude et/ou de fréquence, ressembler à des ondulations ou apparaître comme des fissures orientées transversalement à l'écoulement (figures **1 a, b**).

Figure 1 – Déformations de surface observées pour des extrudats émergent d'une filière capillaire



(a) ondes

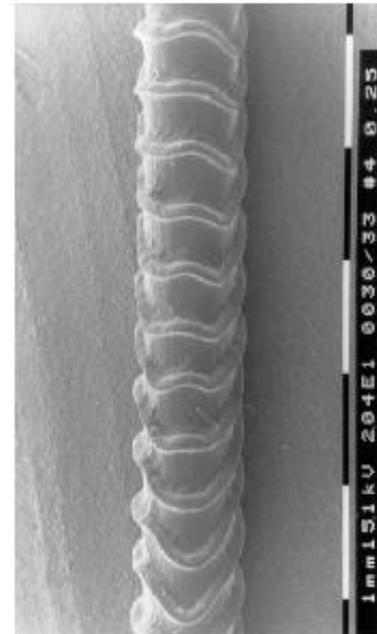


(b) fissures

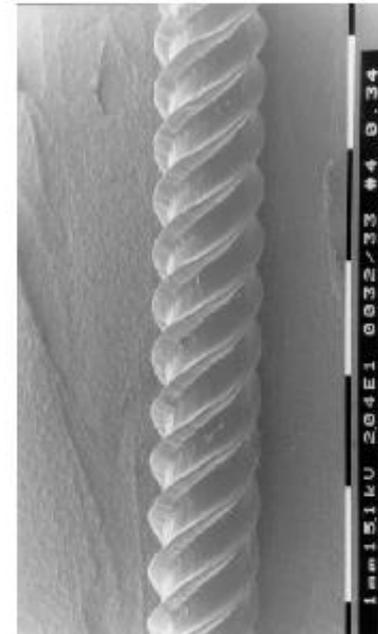
1.4 Défauts sur le produit

- Les fissures peuvent être significatives et ressembler à une couche de peau étirée qui périodiquement est « ramenée en arrière » ou qui tourne en spirale autour du noyau uniforme (figure **1 c, d**). Les déformations à haute fréquence de petite amplitude sont souvent connues sous le nom de « **peau de requin** ».
- Les extrudats présentant des déformations de surface émergent hors de la filière en conservant une section rectiligne.

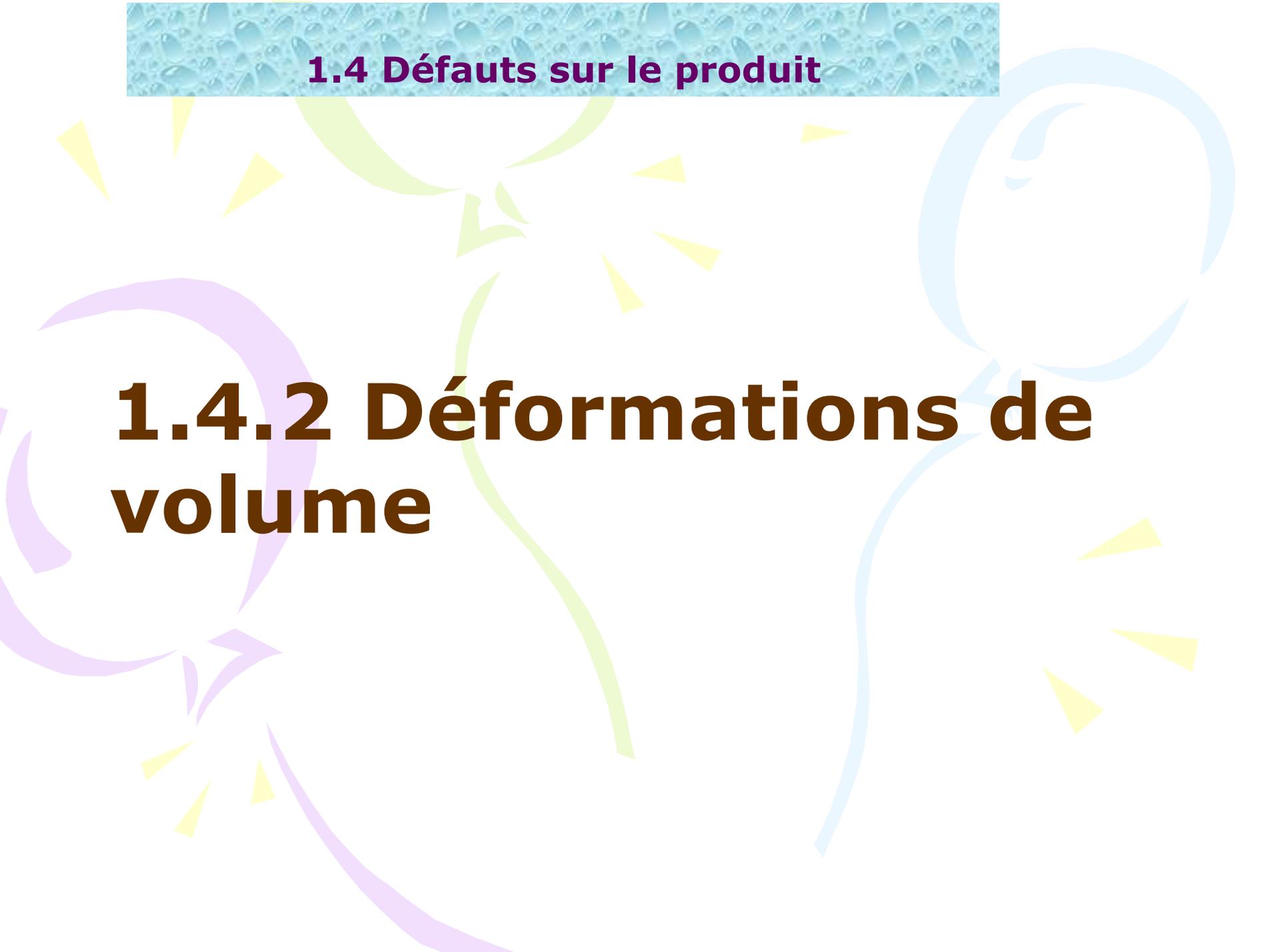
Figure 1 – Déformations de surface observées pour des extrudats émergeant d'une filière capillaire



(c) fissures importantes



(d) fissures hélicoïdales

The background features a light blue header with a water droplet pattern. Below it, the slide is decorated with large, colorful, semi-transparent swirls in shades of purple, green, and blue, interspersed with several yellow triangular shapes pointing in various directions.

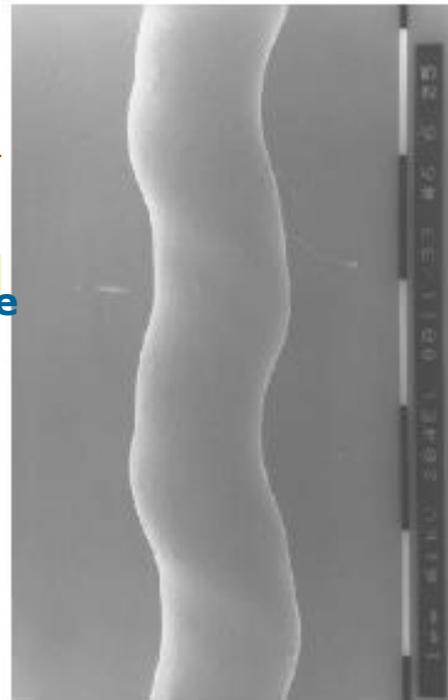
1.4 Défauts sur le produit

1.4.2 Déformations de volume

1.4 Défauts sur le produit

- Les déformations de volume différent des déformations de surface principalement parce qu'elles se produisent dans tout l'extrudat.

Figure 2 – Déformations de volume observées pour des extrudats émergents d'une filière capillaire



(a) hélice

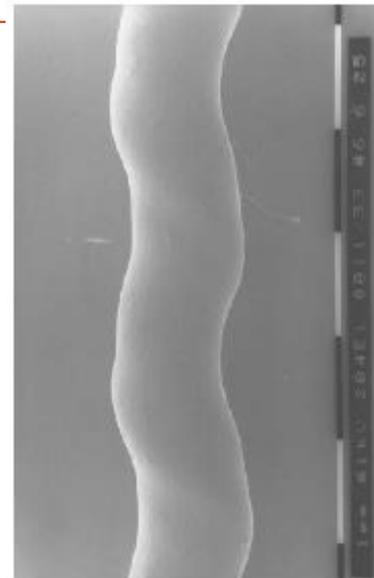


(b) torsade

1.4 Défauts sur le produit

- Elles peuvent avoir un aspect onduleux de forme hélicoïdale (figure **2 a**).
- La spirale peut être extrêmement régulière, présenter une périodicité reproductible et elle a souvent une surface lisse.

Figure 2 – Déformations de volume observées pour des extrudats émergents d'une filière capillaire



(a) hélice

1.4 Défauts sur le produit

- L'extrudat peut également être tordu avec des déformations de surface superposées.
- Le mouvement hélicoïdal de l'extrudat entier est typiquement de basse amplitude et de basse fréquence (figure 2 b).

Figure 2 – Déformations de volume observées pour des extrudats émergant d'une filière capillaire



1.4 Défauts sur le produit

Dans d'autres cas, habituellement aux débits très élevés, l'extrudat peut devenir fortement tordu ou prendre une forme grumeleuse et très irrégulière (figure 2 **c**, **d**). Ceci est parfois mentionné comme *gros melt fracture*.

Les extrudats présentant des déformations de volume émergent de la filière d'une façon tourbillonnante.

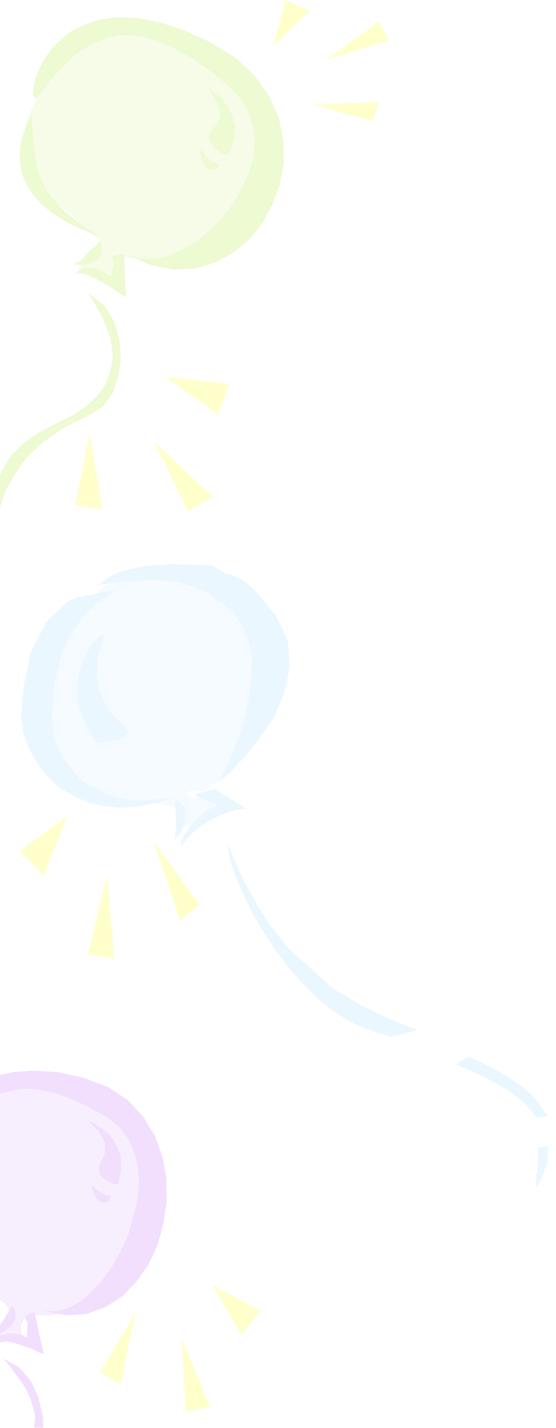
Figure 2 – Déformations de volume observées pour des extrudats émergent d'une filière capillaire



(c) torsade importante



(d) aspect granuleux irrégulier



FIN

