

CHAPITRE TREIZE

LES MONOFILAMENTS

Qu'y a-t-il de commun entre une brosse à dents, un tissu de filtration, un fil de pêche et une toile de sécherie pour machine à papier ? Ces objets si différents sont tous fabriqués à partir d'un même type de produit : des **monofilaments**, ainsi nommés car composés d'un brin unique alors que les fils textiles sont multifilamentaires.

Les polymères de base pour la préparation des monofilaments sont :

- Des **polyamides** : PA 6-6, PA 6, PA 6-10, PA 6-12, copolymère 6-6 / 6.
- Des **polyesters** : PET, PBT.
- Des **polyoléfines** : PE, PP.

Les principales propriétés des monofilaments sont les suivantes :

- * Plage étendue de diamètre : de 0,3 à 3 mm.
- * Grande régularité du diamètre pour assurer, par exemple, une constance du pourcentage de vide entre les mailles des toiles de filtration.
- * Rigidité ou souplesse selon l'emploi.
- * Résistance à l'abrasion, aux nœuds.
- * Etat de surface lisse pour réduire, par exemple, les encrassements dans le cas des toiles de filtration.
- * Possibilité de coloration superficielle ou en masse.
- * Bonne résistance à la rupture.
- * Pas de fluage ou fluage limité.
- * Stabilité dimensionnelle à sec et à l'humide.
- * Absence de mémoire de forme : pas de vrillage.

.....
Les applications des monofilaments sont très variées. Les trois premières de la liste suivante feront l'objet de quelques détails dans la suite du chapitre :

- Habillage de machine à papier.
- Fils de pêche.
- Brosses à dents.
- Impression sérigraphique : circuits électroniques, affiches, flacons, papier de transfert,
- Bandes transporteuses.
- Ceintures de sécurité, sangles.
- Cordages de raquettes de tennis, cordes.
- Fermetures à crochets, à glissière.
- Matériaux composites.
- Autres emplois : fil de débrousailleuse, pinceaux, etc.

Les principaux fabricants européens de monofilaments sont RHODIA, BAYER, SNIA, EMS, ATOCHEM et ELF AQUITAINE.

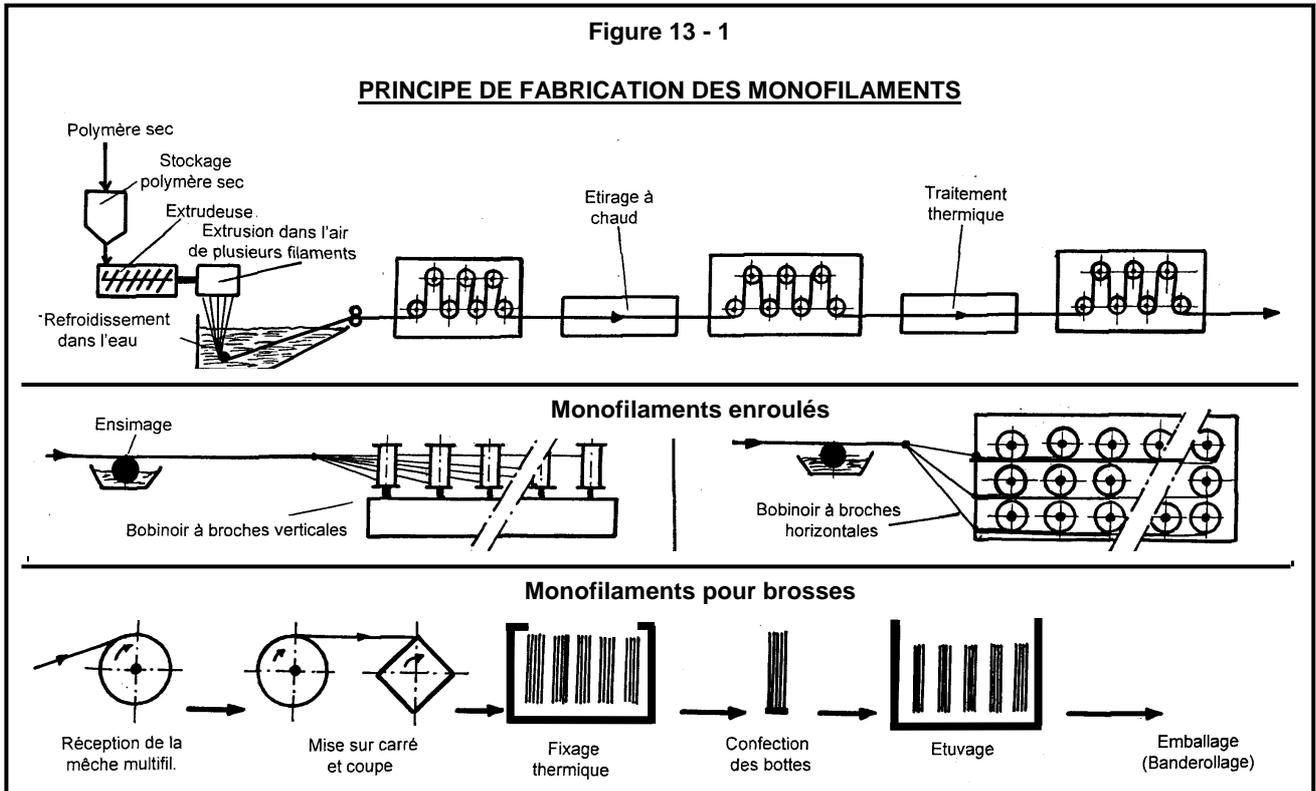
1 - PRINCIPE DE FABRICATION.

Le polymère fondu est extrudé au travers d'une buse multitrours. Les joncs extrudés sont refroidis dans l'eau car le refroidissement à l'air ne serait pas assez efficace du fait des diamètres nettement plus élevés que ceux des filaments textiles. Par contre les vitesses de travail dans l'eau sont beaucoup plus faibles que dans l'air. Les joncs sont ensuite étirés et traités thermiquement pour leur donner la structure macromoléculaire convenable. Après ensimage, ils sont recueillis sur bobines ou coupés à la longueur convenable pour constituer des bottes dans le cas, par exemple, des crins pour brosses à dents.

Les vitesses de travail sont, comme nous l'avons signalé plus haut, assez faibles : quelques centaines de m./ min. afin d'assurer également un contrôle rigoureux de la régularité du diamètre.

Un principe de chemin de fabrication est donné sur la figure 13 - 1

Figure 13 - 1



Dans le cas des monofilaments utilisés pour la confection des toiles d'impression sérigraphiques, deux difficultés particulières doivent être surmontées pour obtenir un produit de qualité :

- le diamètre doit être extrêmement bien contrôlé ($U\% < 0,3$) pour permettre, après tissage, un passage régulier des encres ou des colorants.
- le monofilament dont le diamètre est très faible : quelques dizaines de μm , doit être bobiné sans casse de telle façon que le dévidage soit facile au cours du tissage.

Peu de firmes dans le monde maîtrisent bien ces technologies.

2 - PREMIER EXEMPLE : HABILLAGE DE MACHINES A PAPIER.

2-1 – TYPES DE TOILES.

Les monofilaments s'utilisent sous différentes présentations - seuls ou en association avec des fibres - pour trois applications qu'il importe de bien distinguer :

- * Toile de formation.
- * Feutre de presses humides.
- * Toile de sécherie.

Ces trois applications correspondent à trois stades de la fabrication du papier. La figure 13 - 2 montre le schéma simplifié d'une machine à papier

Toile de formation.

Sur une machine à papier, la toile de formation "habille" la table de formation. Cette toile reçoit la suspension aqueuse des fibres papetières. Son rôle est de permettre, par élimination de l'eau, une formation homogène de la feuille de papier. Pour des raisons de résistance et de longévité, les toiles en matières synthétiques ont remplacé presque totalement les toiles métalliques.

Les monofilaments sont employés en tissage, chaîne et trame, sous forme de fils simples. Ils doivent avoir une grande régularité de diamètre et ne présenter aucun défaut, même localisé. Le retrait doit être le plus faible possible. Outre un faible allongement sous tension et une très faible reprise d'humidité, la rigidité doit être élevée pour assurer une très bonne planéité de la toile.

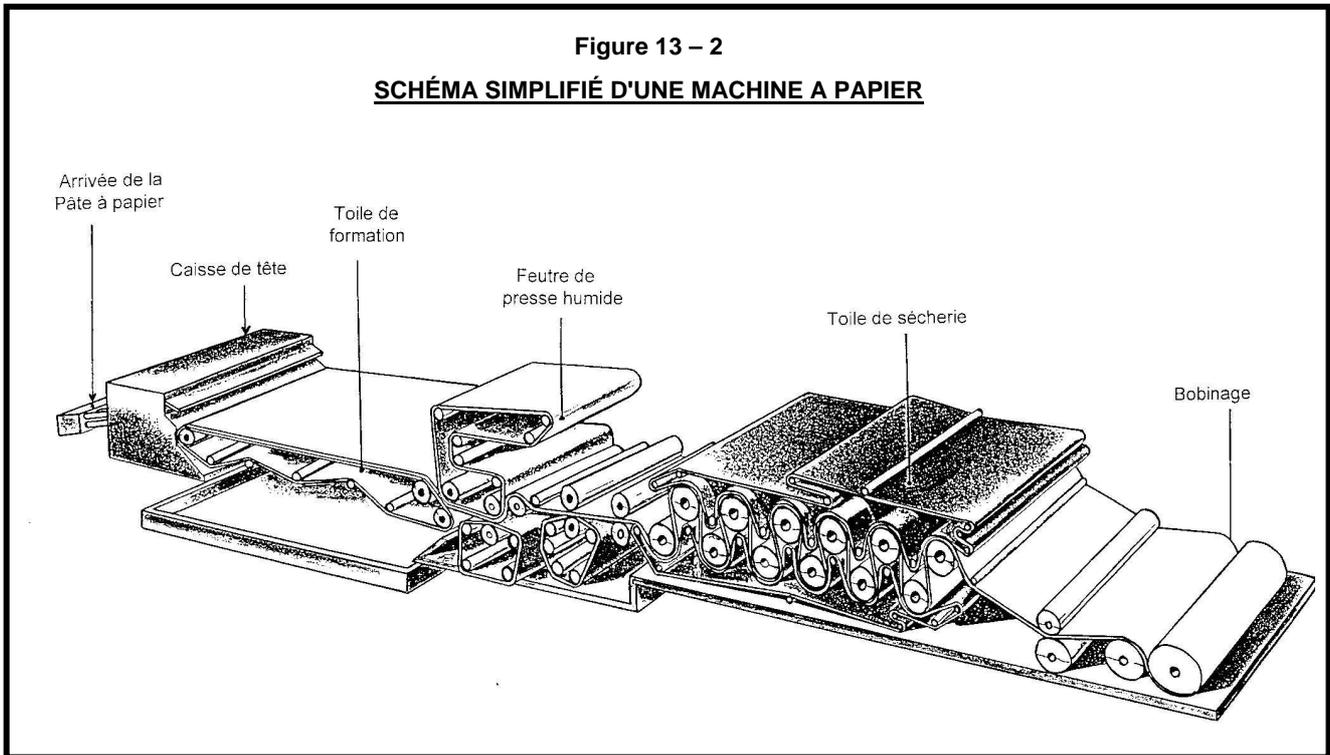
On utilise de préférence des monofilaments en polyester dont les diamètres sont le plus souvent compris entre 0,14 et 0,50 mm.

Feutres de presses humides.

La fonction des batteries de presses humides est d'extraire l'eau présente dans la feuille de papier après sa formation sur la toile et avant son passage en sécherie.

Les presses sont habillées de feutres. Leur conception est délicate et fait appel à des spécialistes avertis. Les feutres sont constitués par un assemblage judicieux de fils ancrés par aiguilletage sur un support. Le support, ou base d'aiguilletage, est tissé en chaîne et en trame à partir de monofilaments.

Figure 13 – 2
SCHÉMA SIMPLIFIÉ D'UNE MACHINE A PAPIER



Ces monofilaments sont essentiellement en polyamide d'un diamètre de 0,14 à 0,20 mm. Ils peuvent être utilisés en fils simples, en assemblage bifil avec une torsion **S** de 230 à 320 tours / mètre, ou en assemblage de plusieurs double fils avec une torsion secondaire **Z** de 200 à 230 tours / mètre. Voir la figure 13-3

Un gain de 1% de siccité dans la zone presses humides représente des économies de vapeur en sécherie et une augmentation de production de 3 à 6%

Toiles de sécherie.

La principale fonction des toiles de sécherie est d'assurer un contact intime entre la feuille de papier et les cylindres sécheurs afin d'achever progressivement l'extraction de l'eau, non pas par action mécanique mais par apport de calories.

On demande aux toiles de sécherie de répondre principalement aux exigences suivantes :

- * Résistance mécanique élevée.
- * Résistance à la température et à l'hydrolyse.
- * Rigidité et faible reprise d'humidité.
- * Bonne stabilité dimensionnelle, bonne planéité et faible déformabilité.

Les toiles de sécherie sont tissées dans certains cas en utilisant des multifils, traités et résistants à l'hydrolyse, obtenus à partir de monofils qui présentent intrinsèquement cette propriété. Les diamètres utilisés s'étagent principalement entre 0,20 et 0,60 mm.

2-2 – PERFORMANCE DES TOILES.

Le fonctionnement hydraulique de la toile est caractérisé par des grandeurs telles que :

- **La perméabilité à l'air** : C'est la mesure de l'écoulement de l'air au travers de la toile sous une pression d'eau de 0,5 inch. (12,7 mm H₂O). Elle est évaluée par le volume d'air passant au travers d'une section de 1 m² (ou 1 ft²) pendant une seconde (ou une minute) et est exprimée habituellement en m/s (ou cfm, cubic feet per minute)
- **La résistance à l'écoulement des liquides** : C'est la perte de charge due à la structure de la toile. Elle est évaluée dans les 3 directions : sens machine et travers et direction perpendiculaire au plan de la toile

Le fonctionnement mécanique de la toile est défini par :

- **Le module d'élasticité en traction** : Exprimé en charge par unité de longueur perpendiculairement au sens machine.
- **La compressibilité** : C'est la mesure de la compacité sous une charge donnée. La résilience est la faculté de recouvrer l'épaisseur originelle après compression

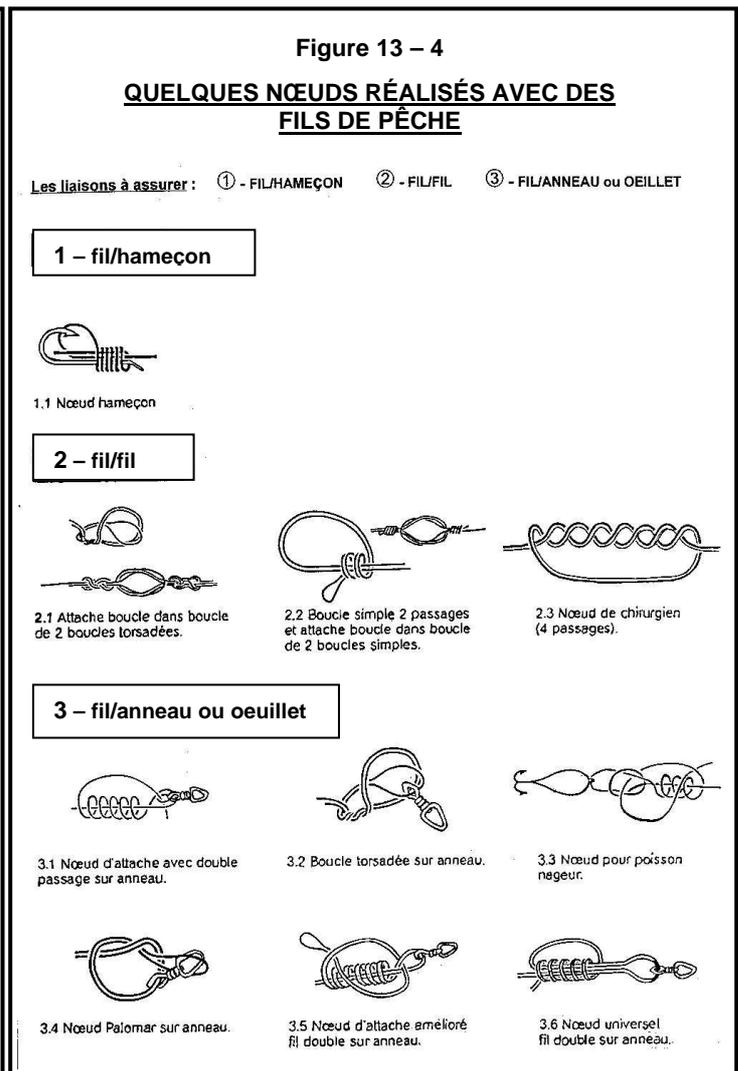
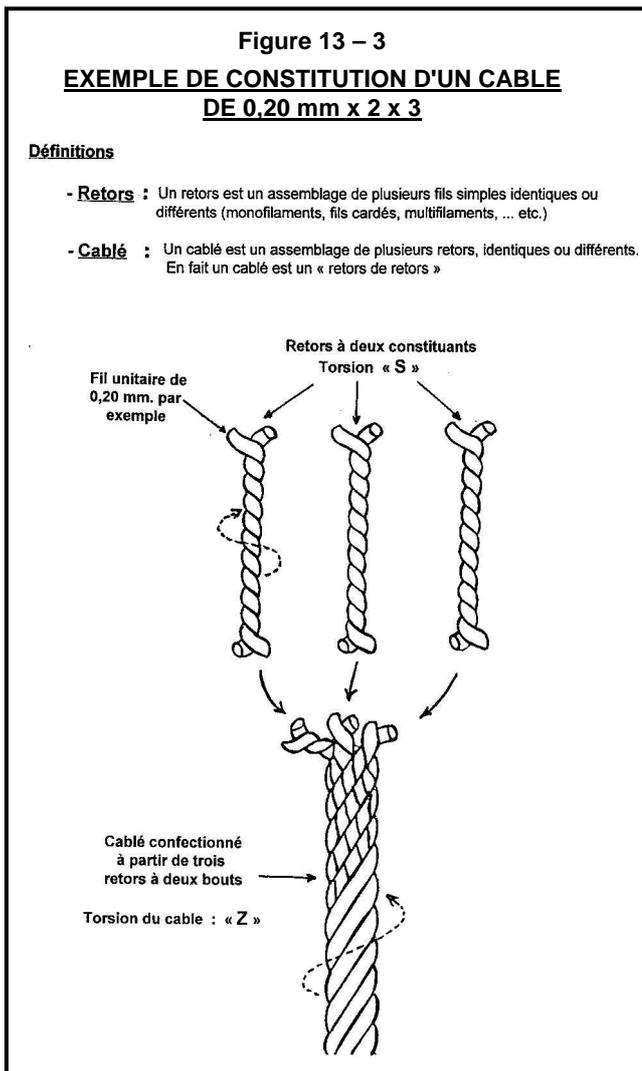
Une autre caractéristique importante est le retrait thermique des monofilaments utilisés. C'est la diminution de longueur (exprimée en tex – g/1000 m) due à une exposition à la chaleur, sous tension ou non, pendant un temps donné. Le retrait s'exprime en %. Les températures, les tensions et les temps d'exposition dépendent de la nature du polymère : PA 6_6, PET, Polysulfure de phénylène, PP,

3 - DEUXIÈME EXEMPLE : LES FILS DE PÊCHE.

Les techniciens ont recensé jusqu'à 40 propriétés à prendre en considération lors de la mise au point d'un fil de pêche. Ainsi on aura par exemple :

- * Résistance linéaire et résistance aux nœuds, à sec et à l'humide.
- * Allongement et élasticité contrôlés
- * Forte énergie de rupture.
- * Reprise d'humidité limitée, stabilité à l'humide.
- * Résistance à l'abrasion, aux chocs et à la fatigue.
- * Aspect : Invisibilité ou fausse perception pour le poisson de par des coloris allant du translucide clair jusqu'au foncé, du visible au peu visible, fluorescent ou non.
- * Pas de vrillage.
- * Mouillabilité instantanée ou aptitude à flotter.
- * Bon glissement fil / fil, fil / métal.

..... etc.



Il existe un grand nombre de types de pêches, aussi retrouve-t-on un choix très vaste de fils dont les diamètres vont de 0 06 à 3 mm. A titre indicatif on aura pour la seule pêche en eau douce :

- Au coup - ligne flottante
- Au coup, anglaise, avec moulinet
- Plombée
- Lancer ultra léger (leurre < 5 g.)
- Lancer mi lourd et lourd (leurre pouvant dépasser 30 g.)
- A roder, au toc, à dandiner

- diamètre de 0,06 à 0,2 mm.
- diamètre de 0,08 à 0,25 mm.
- diamètre de 0,12 à 0,50 mm.
- diamètre de 0,1 à 0,16 mm.
- diamètre de 0,30 à 0,50 mm.
- diamètre de 0,12 à 0,25 mm.

- A mort manié, au vif
- A la mouche

diamètre de 0,18 à 0,50 mm.

diamètre de 0,08 à 0,50 mm.

Des exemples de nœuds réalisés avec des fils de pêche sont donnés à la figure 13-4

4 - TROISIÈME EXEMPLE : LES CRINS DE BROSSES A DENTS.

Les Sumériens connaissaient l'usage des cure-dents et de la pince à dents. En 1600 avant J.C. les Chinois décrivaient les premières brosses à dents dont les poils formaient un angle droit avec le manche : elles étaient donc assez semblables à celles que l'on utilise aujourd'hui.

C'est en 1780 qu'un papetier relieur anglais, nommé ADDIS, conçoit la première brosse à dents moderne. Ramenée en FRANCE par un émigrant de l'ancien régime, la brosse à dents moderne connaîtra un essor grâce à NAPOLEON 1er. Le 14 décembre 1818 un nommé NAUDIN dépose le premier brevet d'invention d'une brosse à dents dite française.

En 1945 apparaissent sur le marché les premières brosses en Nylon, le poil est alors plus rigide que le poil naturel jusqu'alors utilisé (porc ou sanglier), ce qui est très mal reçu. Cependant le nouveau type de poil est de mieux en mieux accepté d'autant que des progrès sont faits sur le produit et que les techniques modernes du moulage permettent d'obtenir des brosses à très bas prix.

Actuellement les poils de brosses à dents sont essentiellement obtenus à partir de monofilaments en polyamide 6-12 de diamètre variable :

- Brosses douces diamètre de 0,17 à 0,20 mm.
- Brosses moyennes diamètre de 0,25 mm.
- Brosses dures diamètre de 0,30 mm.

Par rapport aux poils naturels, les poils en PA 6-12 présentent les avantages suivants :

- * Faible reprise d'humidité - Conservation de l'élasticité tout en ayant le pouvoir de se redresser et de reprendre sa forme initiale.
- * Elimination rapide de l'eau.
- * Les poils peuvent être plus fins tout en conservant la même raideur. Cela permet d'avoir des groupes de poils moins épais et nettoyant mieux les espaces interdentaires.
- * Très grande résistance à l'abrasion et aux flexions répétées.
- * Le poils synthétique s'arrondit en cours d'usage.

5 - PROPRIÉTÉS DES PRINCIPAUX POLYMÈRES POUR MONOFILAMENTS.

	PA 6-6-	copo PA 6-6/6	PA 6	PA 6-10	PET
Masse volumique (kg / m ³)	1140	1140	1120-1140	1080	1380
Température de fusion (°C)	255	238	218	215	258
Absorption d'eau 23 °C - 50 % HR (%)	2,3	2,5	2,5	1,8 - 2,0	0,2 à 0,28
23 °C - 100 % HR (%)	8 - 9	9 - 10	9 - 10	3,2 - 3,8	0,75
RESISTANCE CHIMIQUE					
Acides forts	- à chaud	*	*	*	**
	- à froid	*	*	*	***
Acides faibles	- à chaud	**	**	**	***
	- à froid	**	**	**	***
Bases fortes	- à chaud	***	***	***	*
	- à froid	***	***	***	**
Bases faibles	- à chaud	***	***	***	*
	- à froid	***	***	***	**

Légende : * = faible - ** = moyenne - *** = bonne

Note : Absorption d'eau. La teneur en eau a une influence importante sur la stabilité dimensionnelle, la rigidité, la résistance aux chocs, les caractéristiques électriques, la qualité des enroulements, etc.