

50376  
1977  
112

N° d'Ordre : 198

50376  
1977  
112

THESE

PRESENTE A LA

FACULTE DES SCIENCES DE L'UNIVERSITE DE LILLE

Pour obtenir le Titre de

DOCTEUR INGENIEUR

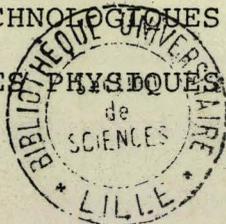
par

Dorin AVRAM

Ingénieur, Assistant à la Faculté de Textile

IASI - ROUMANIE

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA STRUCTURE DU FIL OBTENU  
PAR LE PROCEDE "A FIBRES LIBEREES" (OPEN-END) : ROLE  
DES PARAMETRES TECHNOLOGIQUES, INFLUENCE SUR LES  
CARACTERES PHYSIQUES ET MECANIQUES



Soutenue le 24 Février 1977 devant la Commission d'Examen

M. F. PARSY	Président
Mme. M. EVRARD	Examineurs
M. J. FOCT	
M. J.E. BURLET	Membres invités
M. G. MAZINGUE	

DOYENS HONORAIRES

MM. R. DEFRETIN, H. LEFEBRE, M. PARREAU

PROFESSEURS HONORAIRES

M. ARNOULT, Mme BEAUJEU, MM. BROCHARD, CHAPPELON, CHAUDRON, CORDONNIER, CORSIN, DEHEUVELS, DEHORS, DION, FAUVEL, FLEURY, P. GERMAIN, HEIM DE BALSAC, HOCQUETTE, KAMPE DE FERRIET, KOUGANOFF, LAMOTTE, LASSERRE, LELONG, Mme LELONG, MM. LHOMME, LIEBAERT, MARTINOT-LAGARDE, MAZET, MICHEL, PEREZ, ROIG, ROSEAU, ROUBINE, ROUELLE, SAVART, WATERLOT, WIEMAN, ZAMANSKI

PRESIDENTS HONORAIRES

MM. R. DEFRETIN, M. PARREAU.

PRESIDENT DE L'UNIVERSITE

M. J. LOMBARD

PROFESSEURS TITULAIRES

M. BACCHUS Pierre	Astronomie
M. BEAUFILS Jean-Pierre	Chimie Physique
M. BECART Maurice	Physique Atomique et Moléculaire
M. BILLARD Jean	Physique du solide
M. BIAYS Pierre	Géographie
M. BONNEMAN Pierre	Chimie Appliquée
M. BONNOT Ernest	Biologie Végétale
M. BONTE Antoine	Géologie Appliquée
M. BOUGHON Pierre	Algèbre
M. BOURIQUET Robert	Biologie Végétale
M. CELET Paul	Géologie Générale
M. CONSTANT Eugène	Electronique

M. DECUYPER Marcel	Géométrie
M. DELATTRE Charles	Géologie Générale
M. DELHAYE Michel	Chimie Physique
M. DERCOURT Michel	Géologie Générale
M. DURCHON Maurice	Biologie Expérimentale
M. FAURE Robert	Mécanique
M. FOURET René	Physique du Solide
M. GABILLARD Robert	Electronique
M. GLACET Charles	Chimie Organique
M. GONTIER Gérard	Mécanique
M. GRUSON Laurent	Algèbre
M. GUILLAUME Jean	Microbiologie
M. HEUBEL Joseph	Chimie Minérale
M. LABLACHE-COMBIER Bernard	Chimie Organique
M. LANSRAUX Guy	Physique Atomique et Moléculaire
M. LAVEINE Jean-Pierre	Paléontologie
M. LEBRUN André	Electronique
M. LEHMANN Daniel	Géométrie
Mme LENOBLE Jacqueline	Physique Atomique et Moléculaire
M. LINDER Robert	Biologie et Physiologie Végétales
M. LOMBARD Jacques	Sociologie
M. LOUCHEUX Claude	Chimie Physique
M. LUCQUIN Michel	Chimie Physique
M. MAILLET Pierre	Sciences Economiques
M. MONTARIOL Frédéric	Chimie Appliquée
M. MONTREUIL Jean	Biochimie
M. PARREAU Michel	Analyse
M. POUZET Pierre	Analyse numérique
M. PROUVOST Jean	Minéralogie
M. SALMER Georges	Electronique
M. SCHILTZ René	Physique Atomique et Moléculaire
M. SCHWARTZ Marie-Hélène	Géométrie
M. SEGUIER Guy	Electrotechnique
M. TILLIEU Jacques	Physique Théorique
M. TRIDOT Gabriel	Chimie Appliquée
M. VIDAL Pierre	Automatique
M. VIVIER Emile	Biologie Cellulaire
M. WERTHEIMER Raymond	Physique Atomique et Moléculaire
M. ZEYTOUNIAN Radyadour	Mécanique

PROFESSEURS SANS CHAIRE

M. BELET Jean	Physique Atomique et Moléculaire
M. BODARD Marcel	Biologie Végétale
M. BOILLET Pierre	Physique Atomique et Moléculaire
M. BOILLY Bénoni	Biologie Animale
M. BRIDOUX Michel	Chimie Physique
M. CAPURON Alfred	Biologie Animale
M. CORTOIS Jean	Physique Nucléaire et Corpusculaire
M. DEBOURSE Jean-Pierre	Gestion des Entreprises
M. DEPREZ Gilbert	Physique Théorique
M. DEVRAINNE Pierre	Chimie Minérale
M. GOUDMAND Pierre	Chimie Physique
M. GUILBAULT Pierre	Physiologie Animale
M. LACOSTE Louis	Biologie Végétale
Mme LEHMANN Josiane	Analyse
M. LENTACKER Firmin	Géographie
M. LOUAGE Francis	Electronique
Mle MARQUET Simone	Probabilités
M. MIGEON Michel	Chimie Physique
M. MONTEL Marc	Physique du Solide
M. PANET Marius	Electrotechnique
M. RACZY Ladislas	Electronique
M. ROUSSEAU Jean-Paul	Physiologie Animale
M. SLIWA Henri	Chimie Organique

MAITRES DE CONFERENCES (et chargés d'Enseignement)

M. ADAM Michel	Sciences Economiques
M. ANTOINE Philippe	Analyse
M. BART André	Biologie Animale
M. BEGUIN Paul	Mécanique
M. BKOUCHE Rudolphe	Algèbre
M. BONNELLE Jean-Pierre	Chimie
M. BONNEMAIN Jean-Louis	Biologie Végétale
M. BOSCO Denis	Probabilités
M. BREZINSKI Claude	Analyse Numérique
M. BRUYELLE Pierre	Géographie

M. CARREZ Christian	Informatique
M. CORDONNIER Vincent	Informatique
M. COQUERY Jean-Marie	Psycho-Physiologie
M <sup>le</sup> DACHARRY Monique	Géographie
M. DEBENEST Jean	Sciences Economiques
M. DEBRABANT Pierre	Géologie Appliquée
M. DE PARIS Jean-Claude	Mathématiques
M. DHAINAUT André	Biologie Animale
M. DELAUNAY Jean-Claude	Sciences Economiques
M. DERIEUX Jean-Claude	Microbiologie
M. DOUKHAN Jean-Claude	Physique du Solide
M. DUBOIS Henri	Physique
M. DYMENT Arthur	Mécanique
M. ESCAIG Bertrand	Physique du Solide
M <sup>me</sup> EVRARD Micheline	Chimie Appliquée
M. FONTAINE Jacques-Marie	Electronique
M. FOURNET Bernard	Biochimie
M. FROELICH Daniel	Chimie Physique
M. GAMBLIN André	Géographie
M. GOBLOT Rémi	Algèbre
M. GOSSELIN Gabriel	Sociologie
M. GRANELLE Jean-Jacques	Sciences Economiques
M. GUILLAUME Henri	Sciences Economiques
M. HECTOR Joseph	Géométrie
M. HERMAN Maurice	Physique Spatiale
M. JOURNEL Gérard	Physique Atomique et Moléculaire
M <sup>le</sup> KOSMAN Yvette	Géométrie
M. KREMBEL Jean	Biochimie
M. LAURENT Francois	Automatique
M <sup>le</sup> LEGRAND Denise	Algèbre
M <sup>le</sup> LEGRAND Solange	Algèbre
M. LEROY Jean-Marie	Chimie Appliquée
M. LEROY Yves	Electronique
M. LHENAFF René	Géographie
M. LOCQUENEUX Robert	Physique Théorique
M. LOUCHET Pierre	Sciences de l'Education
M. MACKE Bruno	Physique
M. MAHIEU Jean-Marie	Physique Atomique et Moléculaire
M <sup>me</sup> N'GUYEN VAN CHI Régine	Géographie

M. MAZIERES Christian	Automatique
M. MALAUSSENA Jean-Louis	Sciences Economiques
M. MESSELYN Jean	Physique Atomique et Moléculaire
M. MONTUELLE Bernard	Biologie Appliquée
M. NICOLE Jacques	Chimie Appliquée
M. PAQUET Jacques	Géologie Générale
M. PARSY Fernand	Mécanique
M. PECQUE Marcel	Chimie Physique
M. PERROT Pierre	Chimie Appliquée
M. PERTUZON Emile	Physiologie Animale
M. PONSOLLE Louis	Chimie Physique
M. POVY Lucien	Automatique
M. RICHARD Alain	Biologie
M. ROGALSKI Marc	Analyse
M. ROY Jean-Claude	Psycho-Physiologie
M. SIMON Michel	Sociologie
M. SOMME Jean	Géographie
Mlle SPIK Geneviève	Biochimie
M. STANKIEWICZ François	Sciences Economiques
M. STEEN Jean-Pierre	Informatique
M. THERY Pierre	Electronique
M. TOULOTTE Jean-Marc	Automatique
M. TREANTON Jean-René	Sociologie
M. VANDORPE Bernard	Chimie Minérale
M. VILLETTE Michel	Mécanique
M. WALLART Francis	Chimie
M. WERNIER Georges	Informatique
M. WATERLOT Michel	Géologie Générale
Mme ZIN-JUSTIN Nicole	Algèbre

*A ma fille*

*A ma femme*

*A mes parents*

*En témoignage de mon affection.*

*A Monsieur BURLET, de l'Institut Textile de France  
qui a inspiré ce travail et l'a dirigé avec une bienveillan-  
te attention.*

*A Madame EVRARD, Professeur à l'Université de Lille,*

*En hommage et en témoignage de  
ma profonde reconnaissance.*

*Le présent travail a été effectué à l'Institut Textile de France, Section Nord, en collaboration avec le Service de Recherches de Textile et de Mécanique de l'Université de Lille I*

*J'exprime à M. G. MAZINGUE, Directeur de l'I.T.F ma gratitude pour m'avoir accueilli dans son Centre et à M. JE. BURLET, ma reconnaissance pour l'attention constante avec laquelle il a dirigé et guidé ces travaux.*

*Je voudrais remercier tout particulièrement Madame le Professeur M. EVRARD pour toute l'aide qu'elle m'a apportée durant les phases d'expérimentation et de rédaction de cette thèse.*

*Mes remerciements s'adressent aussi au Président du Jury M. F. PARSY, Maître de Conférences à l'Institut de Mécanique et à M. J. FOCT, Maître de Conférences et Chef du Département Génie Mécanique à Orientation Textile (I.U.T.) qui ont suivi cette recherche avec intérêt.*

*Je ne saurais oublier ce que je dois à mes anciens professeurs et à mon Gouvernement*

*Ma gratitude va à M. Le Professeur M. BECART, Directeur de l'Institut Universitaire de Technologie de Lille I pour avoir permis l'impression de cet ouvrage dans son Service.*

Il m'est agréable de citer également les chercheurs  
et collaborateurs de l'Institut Textile de France, ainsi que  
Madame M. ROUSSEAU qui m'ont rendu de multiples services.

## SOMMAIRE

- I - GENERALITES EN CE QUI CONCERNE LE PROCESSUS DE FILAGE OPEN-END
  - A - Système BD 200 RS
  - B - Système ITG 300
  - C - La formation du fil Open-End
  
- II - ETUDE DES DIFFERENTES ETAPES DU PROCESSUS
  - A - Le système d'étirage utilisé pour les deux types de machines
  
  - B - Torsion
    - a) Généralités sur le processus de mise en torsion
    - b) Analyse mathématique du processus de mise en torsion du fil.
    - c) Analyse de la géométrie de la mise en torsion
  
- III - STRUCTURE DU FIL OPEN-END
  - A - Migration de la fibre dans le fil
    - a) Modèle de la fibre dans le fil
    - b) Appréciation de la migration

## B - Structure extérieure du fil

### Causes de la formation

## IV - INFLUENCE DE LA STRUCTURE DU FIL OPEN-END SUR LES CARACTERISTIQUES DU FIL

### A - Propriétés de la fibre utilisée

- a) Finesse de la fibre
- b) Longueur de la fibre
- c) Résistance de la fibre

### B - Influence du système d'étirage sur la longueur des fibres et leur forme

#### a) Système BD 200 RS

- Calcul de l'étirage partiel ( $e_1$ )
- Calcul du nombre de dents (Nd) qui agissent sur une fibre
- Détermination de la longueur moyenne des fibres en fonction de la valeur de l'étirage total ( $e_T$ )

#### b) Système ITG 300

- Détermination de la longueur moyenne de fibres, pour des fibres de l'intérieur de la turbine

#### c) Analyse statistique des résultats

C - Influence de la torsion et la vitesse de la turbine sur les caractéristiques du fil

- a) courbe résistance-torsion pour différentes finesses du fil
- b) courbe résistance-torsion et travail-torsion pour différentes vitesses de la turbine pour le métier ITG 300

D - Indice de migration

- a) Méthode et appareil utilisés
- b) Calcul des indices de migration
- c) Analyse des résultats

E - Appréciation du fagotage

- a) Méthode utilisée
- b) Analyse des résultats

V - CONCLUSION

## INTRODUCTION

Le filage par broche, anneau et curseur utilisé depuis plus de 130 ans, ne paraissant plus guère susceptible d'évoluer, la technique s'est orientée depuis une dizaine d'années vers les procédés dits à fibres libérées.

Dans le système classique il y a continuité dans la suite des opérations d'étirage de la mèche, de mise en torsion du fil et de renvidage.

Dans le système à fibres libérées, on crée une discontinuité en transportant les fibres une à une de la masse alimentaire à un receptacle, qui, par rotation confère une torsion au fil ainsi constitué.

Les moyens employés étant fondamentalement différents, on peut s'attendre à obtenir des fils n'ayant pas les mêmes caractéristiques physiques et mécaniques, l'expérience montre en effet qu'il en est ainsi et même que le fil diffère selon le type de machine employé.

Dans ces conditions, on peut légitimement penser que ces divergences proviennent d'une structure différente des fils, liée aux caractéristiques des fibres après filage, à la disposition des fibres et, au processus de mise en torsion.

Nous avons donc entrepris une étude comparative des fils produits sur 2 systèmes Open-End travaillant selon des principes différents afin de mieux connaître

-l'influence du processus et plus particulièrement de la phase d'individualisation sur les caractéristiques des fibres.

-le rôle de la géométrie de la turbine et l'influence du nombre de tours de torsion donné au fil.

La disposition des fibres sera examinée à partir de la notion de migration, selon une méthode utilisée pour le fil classique.

Enfin, diverses hypothèses concernant la structure extérieure du fil, sous l'aspect du fagotage seront avancées et vérifiées.

Ceci doit donner des éléments caractérisant la structure des fils réalisés et expliquer les différences constatées dans les caractéristiques.

## CHAPITRE 1

### GENERALITES EN CE QUI CONCERNE LE PROCESSUS DE FILAGE OPEN-END (la filature par fibres libérées)

La méthode de filature Open-End peut être définie comme une opération qui consiste à séparer les fibres discontinues qui se présentent sous forme de faisceaux d'alimentation, puis à les transporter et à les réunir à nouveau librement en un point rotatif qui leur confère une torsion les transformant en fil. Ce principe est clairement représenté sur la figure 1.

Les variantes possibles pour isoler les fibres, les transporter, les positionner et tordre le fil ont été envisagées sous les trois aspects principaux suivants :

#### - Systemes aérodynamiques (figure 2)

Un exemple caractéristique est fourni par le procédé Götzfried. Selon cette invention, des trous d'entrée d'air aménagés tangentiellement, produisent une circulation ou un courant d'air hélicoïdal, en bas du tube et ce courant d'air s'échappe par aspiration à l'autre extrémité.

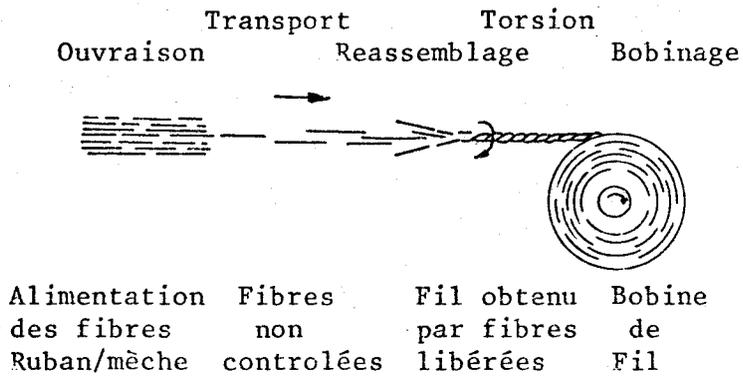


Fig.1 (1)

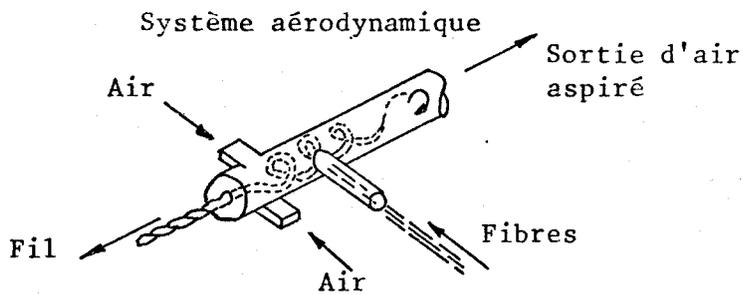


Fig.2 (1)

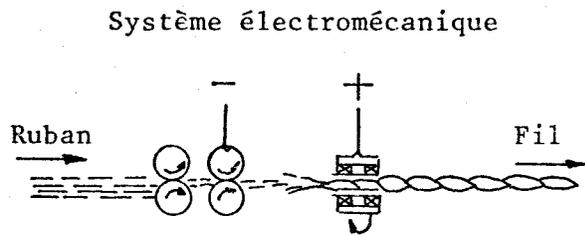


Fig.3 (1)

Système aéromécanique

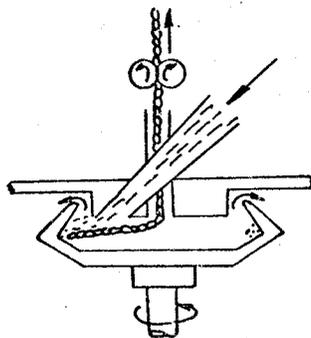
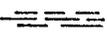


Fig.4 (1)

- LEGENDE :
-  Fibres
  -  Courant d'air
  -  Fil



Les fibres sont introduites dans ce courant d'air en spirale par une entrée d'air auxiliaire. Un fil d'amorçage introduit dans ce courant d'air en spirale, rassemble les fibres à son extrémité et en tirant sur ce fil qui tourne dans le courant d'air, la torsion nécessaire est conférée aux fibres.

- Systèmes électromécaniques (figure 3)

Ces systèmes utilisent les forces électrostatiques d'un potentiel élevé de l'ordre de 30 Kw, pour transporter les fibres depuis un dispositif d'étirage et pour les contrôler pendant l'opération de torsion mécanique conférée par la rotation d'un "panier" garni d'aiguilles.

- Systèmes aéromécaniques (figure 4)

Selon ces méthodes, les fibres transportées par un courant d'air sont distribuées à l'intérieur d'une turbine dont la rotation forme un anneau de fibres à sa périphérie. En introduisant un fil d'amorçage à l'intérieur du rotor, les fibres situées à sa périphérie sont entraînées par le fil d'amorçage et amenées à former un fil tordu par la rotation de la turbine.

Seul ce dernier procédé a été exploité industriellement. Dans toutes les machines, l'alimentation est réalisée à partir d'un ruban de fibres, aussi régulier que possible. Par un moyen mécanique approprié, on extrait les fibres. Deux solutions sont adoptées : le briseur avec garniture de cardes et le train d'étirage. Dans la première génération de machines, on a fait appel à un flux d'air dans une conduite pour amener les fibres dans la turbine, et aider la séparation. Sitôt dans la turbine, la fibre est plaquée à la périphérie, dans la gorge prévue à cet effet, et elle est en quelque sorte verrouillée dans cette position par la force centrifuge. Le fil est donc reconstitué dans la gorge, mais sans torsion. Il se continue en gagnant presque radialement l'axe de la turbine, et subit alors un changement de di-

rection de 90° pour sortir selon cet axe. L'ensemble tournant avec la turbine confère une torsion à la partie du fil située dans l'axe de celle-ci, et une partie de cette torsion remonte dans la zone située entre l'axe et la paroi. Si la résistance du fil, notamment dans la zone axe-périphérie est suffisante, on peut extraire le fil en le tirant par un système approprié et il ne reste qu'à le bobiner.

#### A - SYSTEME BD 200

Dans la machine BD 200, le passage de la matière filable s'opère de bas en haut. Dans la partie inférieure du métier se trouve les pots contenant les rubans.

La partie essentielle : l'unité de filage est présentée figure 5.

On peut y distinguer deux éléments essentiels : le dispositif de séparation de fibres I et la chambre de filage (2).

Le ruban (3) arrivant dans le dispositif de séparation y est soumis à des démêlages par le cyclindre cannelé alimentaire (4) puis est pressé par l'intermédiaire d'une plaque de pression (5) liée fonctionnellement au condenseur d'entrée (6). Le dispositif d'alimentation amène le ruban sous la forme d'une section plate dans la région d'action des dents du cylindre briseur (7). Sous cette action, le ruban est ouvert, démêlé partiellement et le cylindre briseur transporte les fibres vers le canal (8). Le rôle de ce canal directement connecté sur l'extérieur est primordial. Il s'y forme en effet un courant d'air chargé d'accélérer les fibres, cette accélération est modulée par la forme du canal, afin que la vitesse, ainsi donnée aux fibres, reste inférieure à la vitesse circonférentielle de la surface collectrice de la turbine (10). Ceci permet aux fibres de rester ainsi rectilignes que possible en entrant dans la chambre de filage. Le canal (8) débouche sous un séparateur à fentes (16) qui sépare la zone d'arrivée des fibres, la zone de formation du fil, et la sortie

Schéma de fonctionnement du métier BD-200.

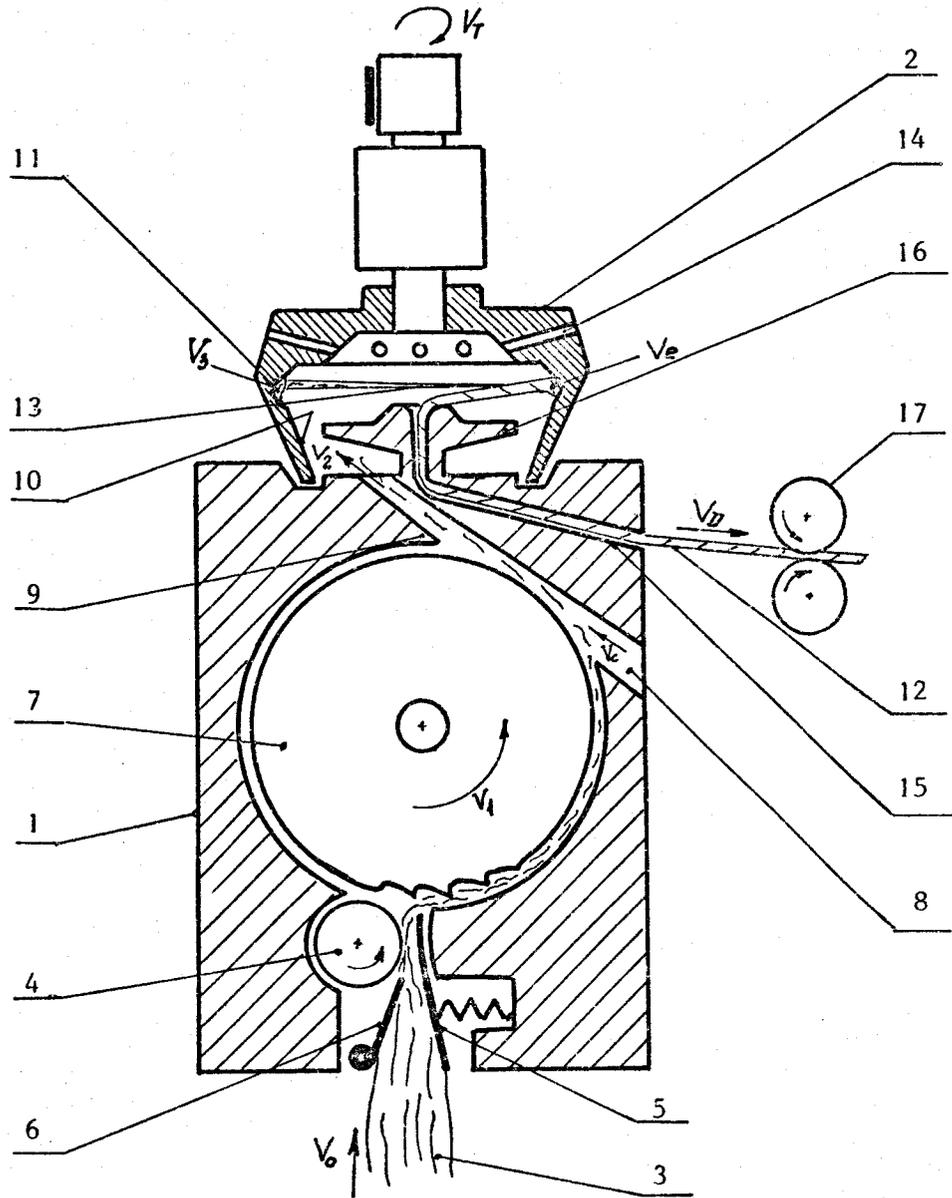


Fig. 5 (17)



de celui-ci. Ce séparateur dirige les fibres sur la paroi de glissement (10) qui fait glisser celles-ci dans la gorge où a lieu le processus de doublage cyclique formant une mèche de fibres (13). L'air porteur sort de la turbine par les trous (14), vers le ventilateur, produisant une dépression de puissance suffisante pour aspirer l'air porteur par le canal, de même que le fil d'amorçage par l'ouverture de la buse (15). Le fil (12) est emmené au travers de la buse en passant le dispositif de casses-fil puis, est délivré avec une vitesse régulière, à l'aide de cylindres délivreurs (17).

La caractéristique du système BD 200 est que la turbine est non traversante, c'est à dire que les fibres entrent et sortent du même côté.

La machine BD 200 RS, conçue pour les fibres de 40 à 60 mm a subi les modifications suivantes :

- élargissement du canal d'amenée des fibres
- augmentation de la distance entre le point de pinçage des fibres et le briseur
- augmentation de l'alésage du logement du briseur
- rétrécissement de la fenêtre se trouvant derrière le séparateur et par laquelle les fibres arrivent dans la turbine
- emploi d'une buse crantée qui facilite la prise de torsion de certains fils artificiels ou synthétiques

#### B - SYSTEME ITG 300

La machine est construite en version simple face, les pots d'alimentation sont placés derrière la machine et, le sens de passage de la matière est dirigé du haut vers le bas (figure 6). La mèche de fibres est annexée par la paire de cylindres (2) vers un manchon double (3) pour aboutir ensuite à un organe appelé sélecteur (4). Ce sélecteur se présente sous forme de cylindre garni de lamelles. Cet organe

Schéma de fonctionnement du métier ITG.300

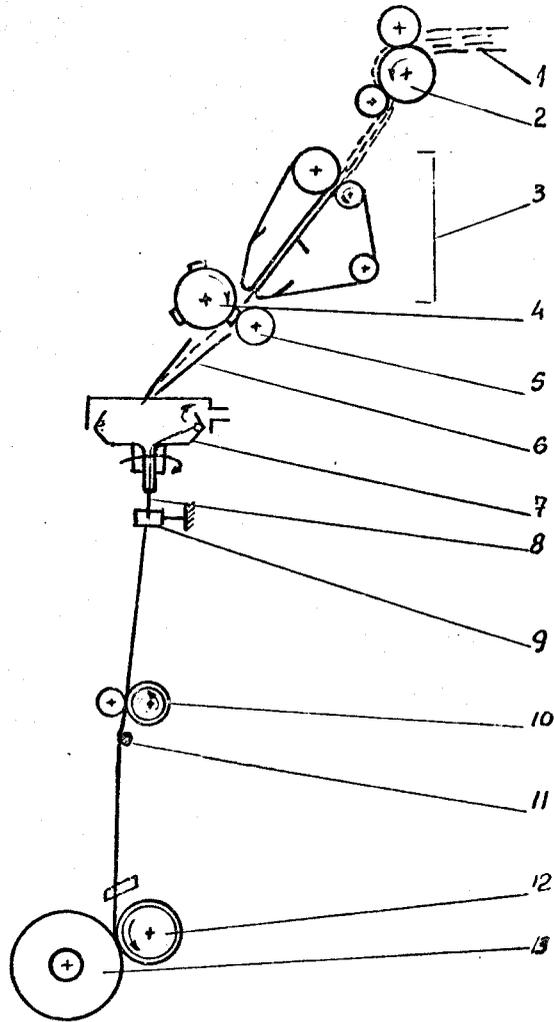


Fig. 6



assure le transport positif des fibres, prélevées, et permet l'écoulement libre d'air qui les entoure suivant l'axe des fibres. Chaque fibre est ainsi prélevée avec un maximum de ménagement par le sélecteur et bien séparée. Le flux d'air transporte les fibres par l'intermédiaire du canal d'amenée (6) vers la turbine (7), où les fibres se plaquent sur la surface à cause de la force centrifuge, puis glissent dans la gorge où par le processus de doublage cyclique se forme une mèche de fibres.

Il faut mentionner que la turbine est une turbine transversante, c'est à dire les fibres entrent d'un côté et sortent de l'autre.

Le fil (8) sort axialement par une buse et passe à travers un dispositif de fausse torsion (9) appelé DFT. Il est ensuite tiré par le cylindre délivreur (10), en face duquel se trouve un dispositif casse fil (11) puis est enroulé sur une bobine cylindrique, à l'aide d'un cylindre (12). L'air qui accompagne les fibres sort à la partie supérieure de la turbine.

La machine ITG 300 est conçue pour le travail de fibres jusqu'à 100 mm de longueur.<sup>(3)</sup>

### C - LA FORMATION DU FIL OPEN-END

Dans la turbine, le processus de formation du fil est pratiquement indépendant du type de turbine.

Une turbine doit satisfaire aux conditions suivantes :

- diriger les fibres qui arrivent du canal d'amenée
- assembler les fibres
- tordre la mèche de fibres

En fonction de cela, une turbine peut être divisée en :

- une zone d'amenée des fibres comprenant la région du passage des fibres du canal sur la paroi de glissement
- une zone de glissement des fibres
- la surface collectrice (la gorge) en tant que zone de formation de la mèche.

Au cours du filage, se trouve sur la surface collectrice une mèche dont le nombre de fibres en coupe transversale s'accroît de façon linéaire de l'endroit où elles viennent d'être enlevées, à l'endroit où va se former le fil (figure 7). La coupe la plus grande de la bandelette représente un nombre de fibres en section de fil que l'on peut définir comme la largeur de la surface collectrice (G). Cette largeur dépend du titre du fil. La stabilité du processus de filage dépend de la distance h qui sépare la zone d'arrivée de la fibre sur la paroi (E) et la surface collectrice G (figure 8).

L'angle de la surface collectrice  $\beta$  et, le volume d'air circulant dans la turbine sont aussi des facteurs très importants. Tous ces éléments font partie de la géométrie de la turbine, et il sera difficile de faire varier ces divers paramètres technologiques liés à la géométrie de la turbine.

Une étude de la formation de la mèche et son enlèvement de la surface collectrice a mis en évidence le principe du doublage cyclique des fibres dans la turbine <sup>(5)</sup>. Cette analyse a été faite avec une surface collectrice cinématiquement déterminée de manière qu'il soit possible de suivre le processus du dépôt d'enlèvement du fil par rapport au point de distribution A <sup>(8)</sup>. Si le fil devance la chambre, le mouvement de deux points est inversé et ce processus est présenté sous la forme d'un diagramme circulaire dans la figure 9.

Le degré de doublage qui représente le rapport du nombre de fibres dans la section du fil ( $N_f$ ) au nombre de fibres amenées ( $n_i$ ) dans une même section, est égal au rapport des vitesses angulaires des points de distribution ( $W_A$ ) et d'enlèvement ( $W_p$ ).

Forme de la bandelette  
à l'intérieur  
de la turbine

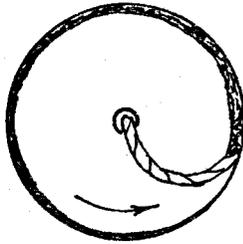


Fig. 7

Elements géométriques  
de la turbine

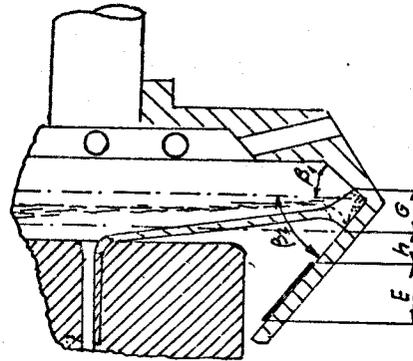


Fig. 8 (5)

Schéma du processus  
de doublage cyclique

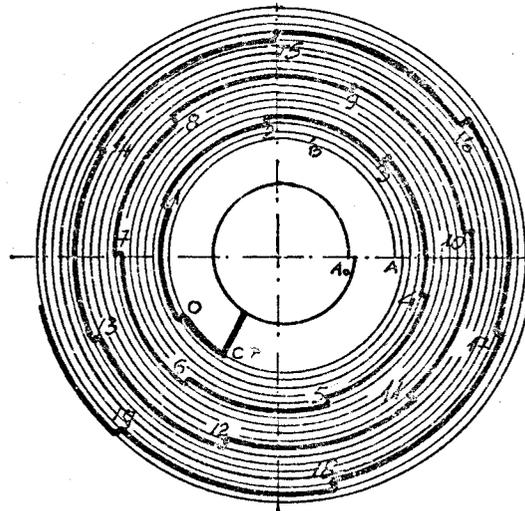


Fig. 9 (5)

A<sub>0</sub> - correspond au commen-  
cement de la distribu-  
tion.

B - la position du point A  
au moment de l'amorçage

C, P - le point d'amorçage du  
filage

0, 1, 2 - les points de rencontre  
de A et P.

Formation de la bandelette

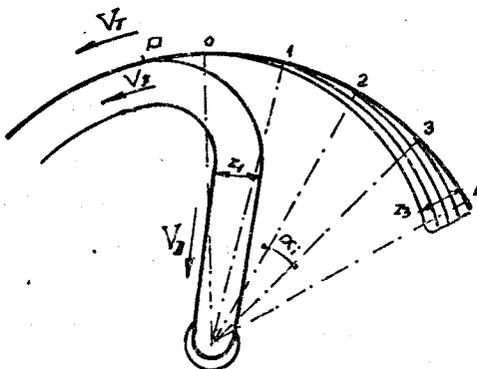


Fig. 10 (4)

P - point de détachement

V<sub>T</sub> - vitesse de la turbine

V<sub>F</sub> - vitesse du fil

0÷4 - points de départ des bandelettes  
des bandelettes des fibres super-  
posées en fonction de l'avance  
de la turbine

z<sub>3</sub> - bandelettes superposées

z<sub>1</sub> - somme de toutes les bandelettes  
des fibres (titre du fil)

α<sub>1</sub> - décalage du point d'alimentation  
par rapport au point de détache-  
ment.



Pour montrer quelles sont les caractéristiques de formation du fil Open-End, nous avons alors examiné le résultat obtenu sur une turbine BD 200 RS à partir d'une mèche de 3,33 Ktex. Le fil ainsi formé titre 33 tex et sa torsion est de 760 t/m ( $\alpha_m = 140$ ).

Dans la turbine, les fibres arrivent sous forme individualisée ou de faisceaux de fibres qui forment une bandelette.

Le diamètre de la turbine est de 63,7 mm ce qui donne une circonférence de 200 mm. Pour une vitesse de rotation de 36 000 t/minute, la vitesse périphérique est de 7 200 m/minute ou 432 km/h.

Dès que le bout du fil est introduit dans la turbine, il est plaqué contre l'anneau de fibres qui vient de se former et tourne avec la turbine. En dévidant maintenant le fil avec une vitesse  $V_D$ , le fil doit agglomérer les fibres contenues dans la rainure pour ne pas casser.

Pour un tour de turbine, 0,2 m de fil sont fournis. Quand il s'agit de fournir  $V_D = 48$  m/minute, comme dans l'exemple pris, l'extrémité du fil doit se dérouler  $48 : 0,2 = 240$  fois contre la paroi de la turbine, c'est à dire qu'il doit posséder une avance de 240 rotations par rapport à la turbine. Pour une vitesse du rotor de 36 000 t/minute, le nombre de tours de la turbine pour une avance de fil est de  $36\ 000 : 240 = 150$ .

Le fil de  $T_t = 33$  Tex constitué par des fibres de  $T_{tf} = 2$  den., devrait contenir 150 fibres. Comme ces 150 fibres doivent se constituer, par avance de la turbine dans la surface collectrice ; il sera déposé  $150 : 150 = 1,0$  fibre pour un tour de la turbine.

Au cours d'une avance qui correspond à  $360^\circ$ , chaque point de la surface collectrice passe 150 fois devant l'ouverture du canal d'amenée ; de cette façon, on conduit chaque fois 1 fibre dans la turbine, et le doublage atteint ainsi 150.

Si l'avance de l'extrémité du fil doit correspondre à  $360^\circ$  au cours de 150 rotations, ceci correspond pour un tour du rotor à  $360 : 150 = 2,4^\circ$  d'avance du point d'alimentation, par rapport au point de détachement. La nouvelle bandelette de fibres se dépose donc avec un décalage de  $2,4^\circ$  sur la bandelette précédente. Les éléments de la formation de l'anneau de fibres sont montrés sur la figure 10.

## CHAPITRE 2

### ETUDE DES DIFFERENTES ETAPES DU PROCESSUS

#### A - LE SYSTEME D'ETIRAGE UTILISE

L'étirage d'une matière textile à fibres discontinues entre 2 points étant généralement défini par le rapport des vitesses des fibres en ces points, nous allons analyser les variations de vitesse subies par une fibre dans une unité de filage en suivant la figure 5.

Le dispositif d'alimentation amène le ruban avec la vitesse  $V_0$  au briseur, chargé de l'ouvrison. La garniture de ce briseur tourne à la vitesse circonférentielle  $V_1$ , de ce fait, les fibres prennent également de la vitesse  $V_1$ .

Dans la zone d'enlèvement, les fibres quittent les dents de la garniture du briseur près du canal, sous l'influence de la force centrifuge et de la vitesse du courant d'air  $V_c$ . La vitesse  $V_c$  doit être plus grande que  $V_1$ . Les fibres restantes sont alors détachées par la table angulaire (9) formée par une paroi du canal. Dans ce conduit, le courant d'air vient encore accélérer les fibres jusqu'à une vitesse  $V_2$ , avec laquelle elles parviennent sur la surface collectrice de la turbine. La vitesse circonférentielle de la turbine doit être à son tour supérieure à  $V_2$  pour pouvoir redresser les fibres et éviter qu'elles ne se courbent ou se replient.

L'action de la force centrifuge fait à ce moment glisser les fibres de la surface collectrice vers le plus grand diamètre de la turbine. A cet endroit, elles viennent former une bandelette par réunissage cyclique. Cette bandelette tourne à la vitesse circonférentielle  $V_3$  de la surface collectrice. La portion de fil comprise entre la buse et la surface collectrice effectue une rotation pour collecter les fibres. Le tirage du fil par le cylindre délivreur et la torsion donnée transforme cette bandelette de fibres en fil. La vitesse d'enlèvement  $V_e$  sur la surface collectrice est supérieure à la vitesse de tirage du fil  $V_D$ , elle-même déterminée par la vitesse circonférentielle des cylindres délivreurs.

Les étirages partiels entre les points de changement de vitesse de la fibre sont les suivants :

- Etirage au cours de l'individualisation

$$e_0 - 1 = \frac{V_1}{V_0} \quad \text{de l'ordre de plusieurs milliers}$$

- Etirage dans le canal d'amenée

$$e_1 - 2 = \frac{V_2}{V_1} \quad \text{inférieur à 2}$$

- Etirage à l'endroit où les fibres passent du canal d'amenée sur la surface collectrice (étirage nécessaire pour que les fibres ne se courbent et ne se plient pas).

$$e_2 - 3 = \frac{V_3}{V_2}$$

Cette grandeur dépend du diamètre de turbine, et est généralement inférieur à 10.

- Etirage entre l'endroit d'incidence des fibres sur la surface collectrice et l'endroit d'enlèvement de la bandelette de fibres

$$e_3 - e = \frac{v_e}{v_3}$$

Cet étirage est en fait un doublage puisqu'il s'opère à des valeurs plus petites que 1, la vitesse  $v_3$  représentant quelques dizaines de mètres par seconde, et la vitesse  $v_e$  quelques dizaines de mètres par minute.

- Etirage entre l'endroit d'enlèvement de la bandelette de fibres de la surface collectrice et le cylindre délivreur, il se produit encore un changement de vitesse de la matière donnée par le rapport

$$e_e - 0 = \frac{v_D}{v_e}$$

Ce rapport est inférieur à 1, il traduit le raccourcissement de la matière par suite des torsions communiquées à la bandelette de fibres.

D'après les valeurs de l'étirage, on constate que jusqu'au niveau de la turbine (surface collectrice) a lieu un étirage proprement dit qui est égal à :

$$e_{0-3} = e_{0-1} \cdot e_{1-2} \cdot e_{2-3} = \frac{v_3}{v_0} \quad \text{très supérieur}$$

à 1, et au contraire, à partir du niveau de la surface collectrice jusqu'à la sortie du fil, il se produit une condensation intensive des fibres dont la valeur :

$$e_{3-D} = e_{3-e} \cdot e_{e-D} = \frac{v_D}{v_3} \quad \text{est inférieure à 1}$$

### Phase d'individualisation

Dans le système BD 200 l'individualisation s'effectue en plusieurs points du processus.

Dans la zone d'alimentation, la section du ruban se transforme, de sa forme usuelle en une forme approximativement rectangulaire, dont la largeur est un peu inférieure à la largeur effective de la garniture du cylindre briseur. Pour avoir un fonctionnement idéal dans cette zone, il est nécessaire que la vitesse d'alimentation soit constante, que le ruban ait une densité uniforme et que la cohésion de la frange démêlée ne soit pas trop élevée.

Dans la zone d'ouvraison, la garniture du cylindre briseur agit sur la frange du ruban, de manière à en arracher successivement des groupes de fibres. Les dents de scie exercent un effort sur les fibres pour vaincre les forces de cohésion, qui entremêlent les fibres.

Dans cette zone, l'action du cylindre briseur est déterminée par le rapport entre la vitesse d'alimentation et la vitesse périphérique du cylindre briseur et par l'angle de travail des dents de la garniture. Pour le système BD 200, ce rapport est grand et les dents de la garniture ont des formes choisies en fonction de la matière première.

Quand le taux d'étirage augmente, la force exercée par une dent sur la fibre devient plus grande, ce qui en peut modifier les propriétés, ou même en changer la forme. Cette influence sera examinée au chapitre(4 B)

Une autre zone d'individualisation est celle dans laquelle s'effectue successivement la préparation des fibres à l'enlèvement et l'initiation à l'enlèvement sous l'influence des forces mécaniques. Dans cette zone, les fibres occupent une certaine position dans la garniture du briseur qui peut influencer la forme effective de la fibre dans la zone suivante. Cette zone peut correspondre à la phase de transition de passage des fibres isolées et des

petits groupes de fibres de la garniture du cylindre briseur dans le canal de transport. On a constaté qu'un transfert satisfaisant des fibres séparées dans le courant d'air peut être assuré si les fibres sont entraînées à une vitesse proche de la vitesse circonférentielle du cylindre briseur (6).

Dans la phase de transport des fibres dans le canal d'amenée, les fibres qui, ont reçu une certaine quantité initiale de mouvement dans la zone d'enlèvement, sont accélérées par le courant d'air et atteignent une vitesse supérieure à la vitesse circonférentielle du cylindre briseur.

On discerne moins de zones où peut s'effectuer l'individualisation dans le système ITG ce qui facilite le transfert de fibres. La zone d'alimentation transforme le ruban dans les conditions identiques à celles de la BD 200 par l'intermédiaire d'un double manchon qui présente les fibres au sélecteur.

La zone d'ouvraison se trouve entre le double manchon et le sélecteur. Ce dernier est formé par plusieurs disques. Sur chaque disque se trouve trois plots disposés à  $120^\circ$ . Les disques sont montés de telle sorte que les plots forment un arc d'hélice et ainsi des fibres voisines sont prises d'une façon décalée. Sous le sélecteur se trouve un cylindre qui facilite le contact entre le plot du sélecteur et la fibre. Ce contact instantané entre le plot et la fibre fait que celle-ci est pincée et envoyée dans le canal. La fibre une fois pincée, passe de la vitesse du manchon à la vitesse périphérique du plot, et subit une augmentation brusque d'accélération. Le fait que des fibres voisines sont prises d'une façon décalée permet d'éviter le transfert des fibres par grappe dans la turbine.

Le déplacement de la fibre à l'intérieur du manchon influence le transfert de la fibre vers la turbine. Entre le manchon, on doit avoir une certaine pression, pour que le glissement des fibres entre elles, se fasse dans de bonnes conditions.

Les fibres sont envoyées dans un canal dont la section circulaire diminue pour accélérer les fibres vers la turbine. Les fibres glissent sur la paroi de la turbine jusqu'à la surface collectrice pour former la bandelette.

## B - TORSION

### a) Généralités sur le processus de mise en torsion

La mise en torsion s'effectue indépendamment du processus d'enroulement, ce qui est tout à fait spécifique du procédé Open-End.

Nous avons déjà vu les éléments qui confèrent la torsion. Ce qui nous intéresse, c'est le comportement des fibres à partir de la forme de bandelettes, déposées sur la surface collectrice, jusqu'à la sortie de la chambre de filage.

Le sens et la valeur de la torsion sont donnés par le sens et la grandeur de la vitesse, par rapport au sens et à la grandeur de la vitesse du fil sur l'axe de la rotation de la turbine.

Si le sens du vecteur de la vitesse angulaire du rotor est identique au sens du vecteur de la vitesse de tirage, le fil a la torsion S ; si le sens des deux vecteurs est inverse alors le fil a la torsion Z.

La valeur précise de la torsion est donnée par le rapport de la vitesse du fil à celle à la sortie du fil. La vitesse du fil ( $V_F$ ) est donnée par le rapport de la vitesse absolue du point d'enlèvement P au périmètre de la surface collectrice  $\pi D_R$ . Dans le cas où la vitesse du fil est plus grande que la vitesse du rotor, elle s'exprime par la relation :

$$V_F = V_T + \frac{V_D}{\eta \pi D_R}$$

où :

$V_T$  = vitesse du rotor de filage (  $\text{mm}^{-1}$  )

$V_D$  = vitesse de tirage du fil ( m/min )

$D_R$  = diamètre de la surface collectrice

$\eta$  = coefficient de raccourcissement par la torsion

et la torsion est :

$$T = \frac{V_F}{V_D} = \frac{V_T}{V_D} + \frac{1}{\eta \pi D_R}$$

Dans cette formule, la première partie, c'est à dire  $\frac{V_T}{V_D}$  donne la valeur de la torsion, la deuxième ayant une valeur petite par rapport à la première. Dans les calculs technologiques, on utilise habituellement la formule :

$$T = \frac{V_T}{V_D} \quad \text{exprimé en tours/mètre}$$

b) Analyse mathématique du processus de mise en torsion du fil

Le fil se forme dans la turbine par la mise en torsion de la bandelette de fibres déposée sur la surface collectrice de la turbine. Pour tordre la bandelette de fibres, le fil doit transmettre un certain moment de torsion à l'endroit d'enlèvement A (Fig. II).

Le moment de torsion est fourni par la turbine qui entraîne le secteur AB. Ce secteur exerce une action par le moment de torsion M sur le secteur de fil BC dans l'axe de la rotation de la turbine. La valeur du moment M est en équilibre avec le moment de détordage du secteur BC, qui dépend de la torsion et de la finesse du fil. Ce moment de détordage se transmet par l'intermédiaire du bras AB vers le point d'enlèvement A qui doit rester immobile à cause du frotte-

ment et de la force centrifuge de la masse de la bandelette

Pour que le processus de filage ait lieu continuellement, la tension du fil à l'intérieur de la turbine doit être plus grande que la force de frottement entre la bandelette et la paroi de la turbine, et plus petite que la force de frottement entre les fibres lorsque la bandelette quitte le point d'enlèvement A. La force de frottement entre les fibres dépend du moment de détordage qui doit passer de la zone BC vers la zone BA et arriver au point d'enlèvement A. Mais le moment de détordage qui se transmet vers la zone BA dépend du comportement du fil dans la zone de la buse ; lorsque le fil roule sur la surface de la buse il se produit une fausse torsion.

- Analyse de la fausse torsion provoquée par la buse

La buse a un rôle assez important dans le processus de filage. La forme, le matériel, l'état de surface et l'angle de contact avec le fil influencent beaucoup la densité de torsion dans la zone BA et, à cause de cela, pendant le processus de filage, il y a de nombreuses casses.

Comme le montre la figure 11, de par la rotation de la turbine le bout du fil A décrit un cercle sur la surface collectrice et le fil entre A et C reçoit une vraie torsion.

on note :

$2r_B$  = diamètre de la buse en B

$2r_F$  = diamètre du fil

AB =  $l_1$  = longueur du fil entre la buse et la paroi

BC =  $l_2$  = longueur du fil entre la buse et l'endroit où la torsion est bloquée, qui peut être un guide fil (exemple DFT ITG 300) ou un angle de  $90^\circ$  dans le cas de la BD 200.

Analyse de la fausse torsion ( $T_f$ )

Différentes formes de la surface collectrice

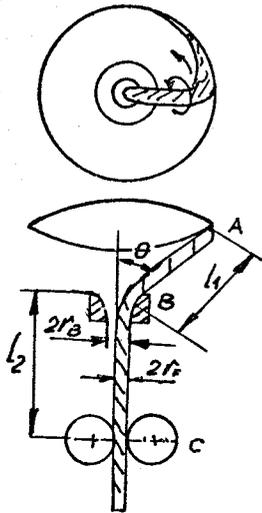


Fig. 11 (8)

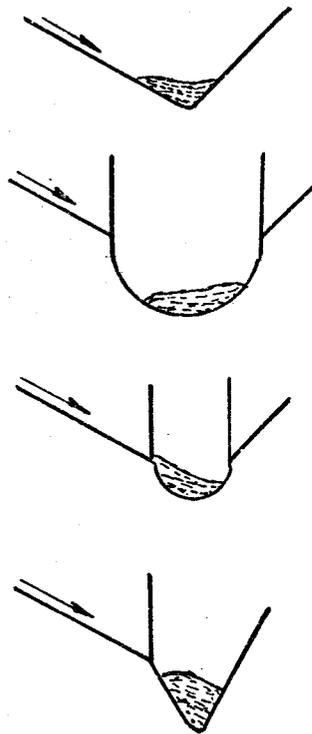


Fig. 12 (10)

Mise en torsion

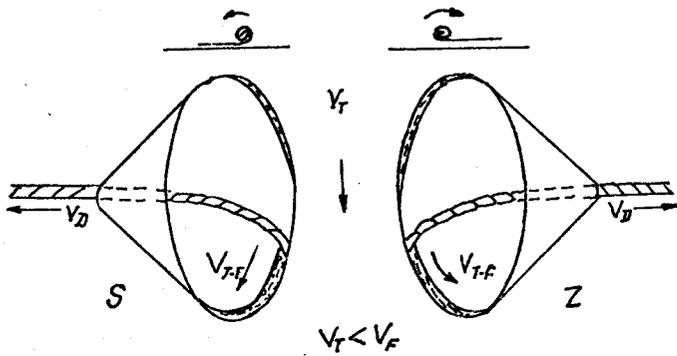


Fig. 13 (10)

Forme enroulée

$v_T$  - vitesse de la turbine

$v_F$  - vitesse du fil

$v_{T-F}$  - vitesse relative du fil

$v_D$  - vitesse de sortie du fil

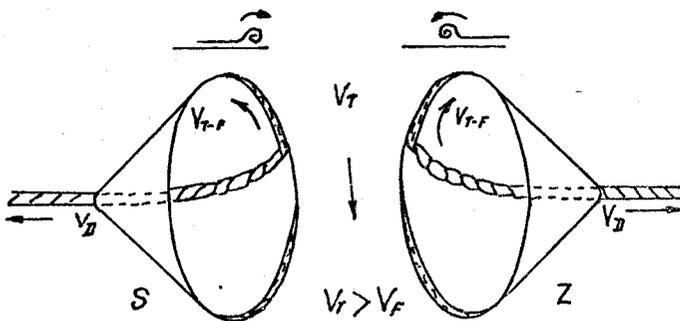


Fig. 14 (10)

Forme sous-renvidage



- $V_T$  = Vitesse de rotation de la turbine
- $V_D$  = Vitesse de sortie du fil (m/min)
- $T_1$  = Nombre de tours entre A et B à l'instant t
- $T_2$  = Nombre de tours entre B et C à l'instant t
- $-T_f$  = Fausse torsion par unité de temps, causée par le frottement du fil sur la buse. Le signe moins indique que la torsion est inversée à la torsion donnée par la turbine

Différentes hypothèses ont été utilisées pour analyser l'influence de la buse

1) A et C sont fixes, la buse tourne avec la vitesse  $V_T$  et le fil ne glisse pas. Il effectue  $\frac{r_B}{r_F}$  tours, par tour de buse, soit une cadence de  $V_T \frac{r_B}{r_F}$  tours/mn. Puis si le fil est tiré à la vitesse  $V_D$ , alors on obtient comme densité de torsion :

$$\frac{V_T}{V_D} \left[ \frac{r_B}{r_F} \right]$$

2) On suppose maintenant que le fil glisse, avec un coefficient de glissement K compris entre 0 et 1. La densité de torsion devient :

$$\frac{V_T}{V_D} \left[ \frac{r_B}{r_F} - 1 \right] K$$

3) Si la buse est fixe, le point A tournant dans la zone AB, il se crée une fausse torsion qui s'ajoute à la torsion réelle et qui remonte dans la turbine. Soit  $K_1$ , le coefficient de remontée de torsion, compris entre 0 et 1. La densité de torsion devient :

$$K_1 \frac{V_T}{V_D} + \frac{V_T}{V_D} \left( \frac{r_B}{r_F} \right) K$$

Soit :

$$\frac{V_T}{V_D} \left[ K_1 + K \left( \frac{r_B}{r_F} \right) \right]$$

Le coefficient  $K_1 K$ , dépend du frottement, et de l'angle de contact entre le fil et la buse, ainsi que de la torsion et de la rigidité du fil.

Si le coefficient de frottement augmente, alors la densité de torsion augmente, et le processus de filage est plus stable pour une torsion vraie faible<sup>(8)</sup> La densité de torsion pour les deux zones dépend de la valeur de la fausse torsion, ce que met en évidence le calcul suivant.

A - Au sujet de la zone AB

Durant  $\Delta t$ , le nombre de tours entre A et B est  $\Delta T_1$  lorsque la torsion remonte normalement.

$$\Delta T_1 = V_T \Delta t + T_F \Delta t - \frac{T_1}{l_1} V_D \Delta t$$

$\frac{T_1}{l_1} V_D \Delta t$  étant le nombre de tours perdus par le déplacement du fil.

On supposera  $T_F$  constant

$$\Delta t = \frac{\Delta T_1}{V_T + T_F - \frac{T_1}{l_1} V_D}$$

$$t + C_1 = - \frac{l_1}{V_D} \text{Log} \left[ V_T + T_F - \frac{T_1}{l_1} V_D \right]$$

Si  $t = 0$ ,  $T_1 = 0$  et  $C_1 = - \frac{l_1}{V_D} \text{Log} \left[ V_T + T_F \right]$

donc  $t = - \frac{l_1}{V_D} \text{Log} \left[ V_T + T_F - \frac{T_1}{l_1} V_D \right] + \frac{l_1}{V_D} \text{Log} \left[ V_T + T_F \right]$

$$- t \frac{V_D}{l_1} = \text{Log} \frac{V_T + T_F - \frac{T_1}{l_1} V_D}{V_T + T_F}$$

$$e^{- t \frac{V_D}{l_1}} = 1 - \frac{\frac{T_1}{l_1} V_D}{V_T + T_F}$$

$$\frac{T_1}{l_1} = \left[ 1 - e^{-t \frac{V_D}{l_1}} \right] \frac{V_T + T_F}{V_D}$$

Si  $t \rightarrow +\infty$ ,

$$\frac{T_1}{l_1} \neq \frac{V_T + T_F}{V_D}$$

B - Au sujet de la zone BC

Durant  $\Delta t$ , nombre de tours entre B et C :  $\Delta T_2$

$$\Delta T_2 = -T_F \Delta t + \frac{T_1}{l_1} V_D \Delta t - \frac{T_2}{l_2} V_D \Delta t$$

Or  $\frac{T_1}{l_1} = \frac{V_T + T_F}{V_D} \left[ 1 - e^{-t \frac{V_D}{l_1}} \right]$  donc

$$\begin{aligned} \Delta T_2 &= -T_F \Delta t + \frac{V_T + T_F}{V_D} \left[ 1 - e^{-\frac{V_D}{l_1} t} \right] V_D \Delta t - \frac{T_2}{l_2} V_D \Delta t \\ &= -\frac{T_2}{l_2} V_D \Delta t + (V_T + T_F) \left[ 1 - e^{-\frac{V_D}{l_1} t} \right] \Delta t - T_F \Delta t \end{aligned}$$

Soit l'équation différentielle linéaire

$$\frac{\Delta T_2}{\Delta t} = -\frac{T_2}{l_2} V_D + V_T - \left[ V_T + T_f \right] e^{-\frac{V_D}{l_1} t}$$

Elle est de la forme

$$y' = \alpha y + \beta - \gamma e^{\delta}$$

$$y' - \alpha y = \beta - \gamma e^{\delta}$$

$$\alpha = -\frac{V_D}{l_2}, \quad \beta = V_T$$

$$\gamma = (V_T + T_f), \quad \delta = \frac{V_D}{l_1}$$

Soit  $y' - \alpha y = 0 \longrightarrow y = \lambda e^{\alpha x}$

Soit une solution particulière de l'équation avec second membre

$$y = A e^{Bx} + K$$

$$y' = AB e^{Bx} = \alpha A e^{Bx} + \alpha K + \beta - \gamma e^{\delta x}$$

Alors  $B = \delta$

$$A \delta = \alpha A - \gamma \longrightarrow A = \frac{\gamma}{\alpha - \delta}$$

$$\alpha K + \beta = 0 \longrightarrow K = -\frac{\beta}{\alpha}$$

donc une solution particulière est

$$y = \frac{\gamma}{\alpha - \delta} e^{\delta x} - \frac{\beta}{\alpha}$$

D'où la solution de l'équation complète :

$$y = \lambda e^{\alpha x} + \frac{\gamma}{\alpha - \delta} e^{\delta x} - \frac{\beta}{\alpha} \text{ avec } \lambda \text{ quelconque}$$

$$\text{Ainsi } T_2 = \lambda e^{-\frac{V_D}{l_2} t} + \frac{\frac{V_T + T_F}{V_D} + \frac{T_F}{V_D}}{\frac{1}{l_2} + \frac{1}{l_1}} e^{-\frac{V_D}{l_1} t} + \frac{\frac{V_T}{V_D}}{\frac{1}{l_2}}$$

Or,  $t = 0 \longrightarrow T_2 = 0$

Donc

$$\lambda = - \left[ \frac{(V_T + T_F) \frac{1}{l_1} \frac{1}{l_2}}{V_D (\frac{1}{l_2} + \frac{1}{l_1})} + \frac{V_T \frac{1}{l_2}}{V_D} \right] = - \frac{1}{V_D} \times \frac{T_F l_1 + V_T l_2}{\frac{1}{l_2} + \frac{1}{l_1}}$$

$$\text{d'où } T_2 = - \frac{1}{V_D} \times \frac{T_F l_1 + V_T l_2}{\frac{1}{l_2} + \frac{1}{l_1}} \times e^{-\frac{V_D}{l_2} t} + \frac{(V_T + T_F) \frac{1}{l_1} \frac{1}{l_2}}{V_D (\frac{1}{l_2} + \frac{1}{l_1})} e^{-\frac{V_D}{l_1} t} + \frac{V_T \frac{1}{l_2}}{V_D}$$

$$T_2 = \frac{1}{V_D} \left[ 1 - \frac{(V_T + T_F)}{V_T (\frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2})} e^{-\frac{V_D}{l_1} t} + \frac{T_F l_1 + V_T l_2}{V_T (\frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2})} e^{-\frac{V_D}{l_2} t} \right]$$

Soit  $t \rightarrow +\infty$ ,

$$\boxed{\frac{T_2}{l_2} \neq \frac{V_T}{V_D}}$$

c) Analyse de la géométrie de la mise en torsion

Le fil est obtenu à partir d'une bandelette de fibres formée sur la surface collectrice. La forme de la section de cette bandelette dépend de la forme géométrique de la surface collectrice, voir figure 12 (10)

Des photos et une analyse de la structure superficielle du fil montrent qu'en principe le fil se forme dans la turbine par le mécanisme de la bande enroulée (10) puis une torsion plate est conférée dans les conditions d'une faible tension (9) ce qui correspond également à la condition de la formation du fil dans la turbine.

Le mécanisme de la mise en torsion du fil dans la turbine par la méthode d'enroulage est la conséquence des conditions dans lesquelles la bandelette et le fil se sont rencontrées.

Deux formes de mises en torsion sont possibles. Dans la figure 13 (10), on remarque la possibilité d'avoir une mise en torsion sous la forme enroulée pour les deux sens de la torsion S et Z, et dans la figure 14 (10), la possibilité d'avoir une mise en torsion sous la forme sous-renvidage pour les sens S et Z.

Le terme enroulage s'applique lorsque la partie déjà enroulée du début du fil roule sur la bandelette de fibres et celui de sous-renvidage lorsque cette partie est obligée en même temps de soulever la bandelette.

Ces deux formes sont liées au processus de filage: La forme de type enroulé quand le fil devance la turbine ( $V_F > V_T$ ) et la forme de type sous-renvidage, quand le fil est en retard, par rapport à la turbine ( $V_T > V_F$ ). Dans les systèmes utilisés, on a observé que le fil devance la turbine, c'est à dire que le fil s'enroule et que le sens de la torsion est Z.

Le mécanisme de la formation de la bandelette à l'intérieur de la turbine et la façon dont cette bandelette

DEMANDE DE PRET-INTERBIBLIOTHEQUES

N° 681

NOM, PRÉNOM : Amara Rabah

LABO: LPMT (ENSI/TM)

PERIODIQUE , titre :

AUTEURS(S) et titre de l'article :

ANNEE	VOLUME	N°	PAGES	ISSN

LIVRE, AUTEUR(S) et TITRE :

Editeur et Ville d'édition :

Vol	ANNEE	N° ISBN

THESES, AUTEUR et Titre : AVERAN D. contribution a l'étude de la structure du Fil obtenu par le procédé "A Fibres Libérées" (OPEN END); Rôle des paramètres technologiques, in Fluence sur les.

Ville de Soutenance LILLE (Faculté des Sciences).

Date	N°
1977	

59009 2102 1314 890441602

REPONSE DE LA BUHA Sciences :

.....

est mise en torsion, font penser à la théorie du fil obtenu, d'une bande plate enroulée <sup>(9)</sup>. Selon les conditions de la mise en tension lors de la mise en torsion de la bandelette, on peut distinguer deux formes :

- une forme proche de la structure du fil obtenu par l'enroulement de la bandelette, dans le cas de tensions faibles lors de la mise en torsion, (fig. 15b)

- une forme représentant une bande tordue, lors de la mise en torsion sous grande tension (fig. 15a)

1) La mise en torsion sous la forme d'une bande tordue

On suppose une forme idéale où des filaments parallèles sont arrangés à l'intérieur d'un rectangle, dont l'épaisseur est plus petite que la largeur ; la densité des filaments étant constante en section transversale lors de la mise en torsion. Les filaments qui se trouvent à la périphérie du rectangle vont suivre une hélice sur un chemin plus long que celles qui se trouvent tout près du centre. Lorsque la forme obtenue est soumise à une certaine tension, les filaments extérieurs seront plus tendus, et vont chercher à occuper une position plus stable en se déplaçant dans les positions où le chemin parcouru est plus petit, c'est à dire vers le centre du fil. A la limite cela va conduire à une forme dégénérée (figure 18) où va avoir lieu un arrangement de la position relative des fibres et où la section transversale sera plutôt circulaire.

2) La mise en torsion sous la forme d'une bande enroulée

D'après la théorie du fil obtenu sous la forme d'une bande enroulée <sup>(9)</sup> on peut distinguer plusieurs formes d'enroulement que nous représentons sur la figure 16.

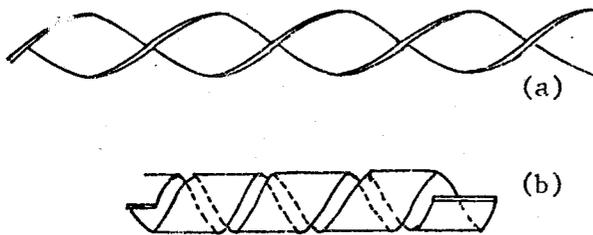


Fig. 15<sup>(9)</sup>

- a) mise en torsion par une bande tordue.
- b) mise en torsion par une bande enroulée.

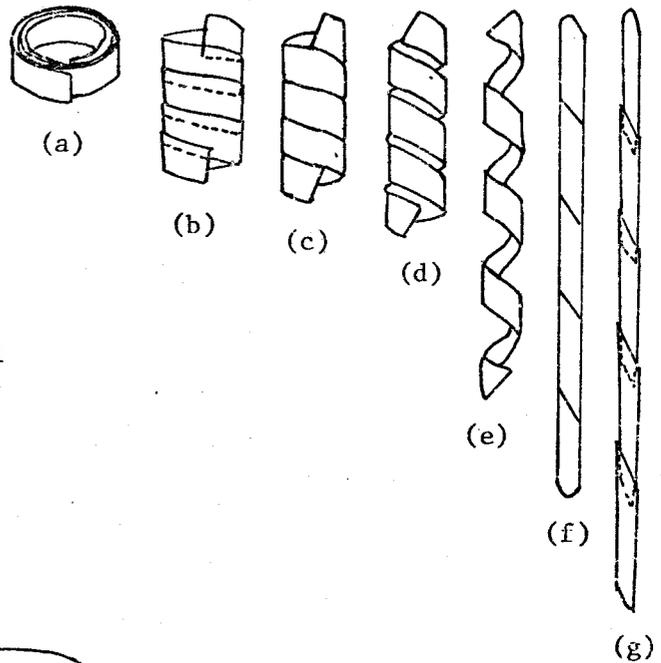


Fig. 16<sup>(9)</sup>

- a - recouvrement total
- b,g - recouvrement partiel
- c,f - serré
- d,e - lâché

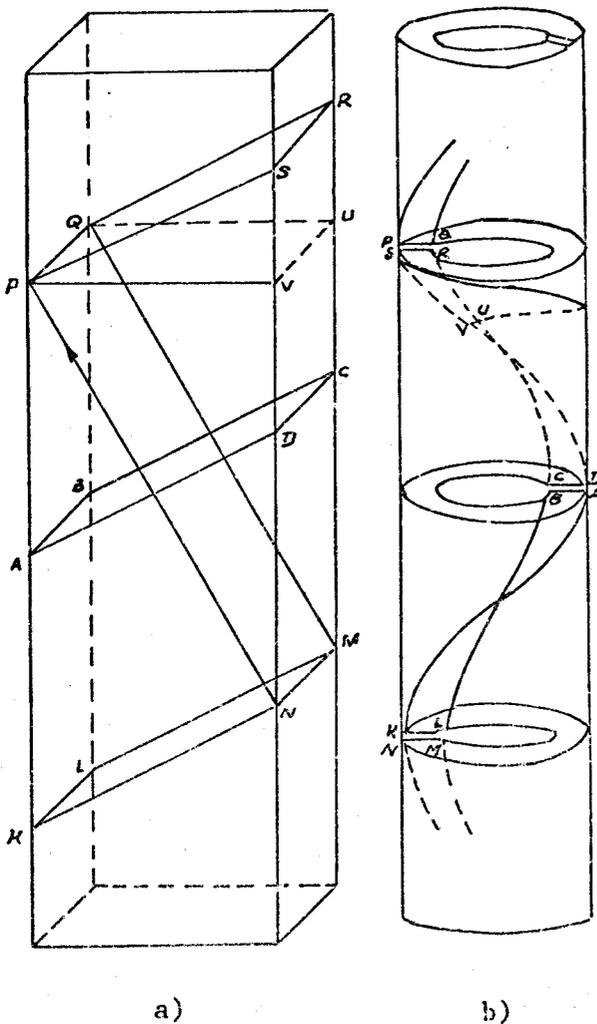


Fig. 17<sup>(9)</sup>

- a) - avant la mise en torsion
- b) - après la mise en torsion par enroulage



- (a) Forme d'enroulement avec recouvrement total
- (b) et (g) " " " " partiel
- (c) et (f) forme d'enroulement serrée
- (d) et (e) " " lâche

Les observations expérimentales et les calculs théoriques montrent que les formes (c) et (f) sont plus fréquentes pour certaines valeurs dimensionnelles de la bande et aussi dans certaines conditions de tension lors de la mise en torsion.

Au niveau des tensions élevées, la bande enroulée tend à avoir un comportement analogue à celui de la bande tordue.

La géométrie d'une bande enroulée est montrée dans la figure 17 où sont représentés les points, les lignes, et les plans de la bande avant et après la mise en torsion par enroulage.

L'axe de la bande, dans ce cas, suit un chemin hélicoïdal, et en conséquence un plan perpendiculaire sur l'axe de la bande, ne reste pas perpendiculaire sur l'axe de la bande enroulée. D'autre part, les couches extérieures ne restent plus comme des couches extérieures, une face disparaît à l'intérieur de la bande enroulée, et l'autre reste sur la surface extérieure - comme le montre la figure 17.

Si on examine la forme qui en résulte, on peut constater qu'au milieu de la bande enroulée, se forme un espace circulaire vide, ce qui donne une instabilité de la forme, surtout sous certaines tensions lors de la mise en torsion. Les fibres qui forment les couches intérieures s'effondrent dans l'espace vide, en permettant aux fibres extérieures d'occuper des positions plus favorables, avec un chemin parcouru plus court, ce qui conduit à une forme dégénérée cylindrique présentée à la figure 18 (9).

La tendance des fibres à l'intérieur de la bande enroulée à s'effondrer, produit une irrégularité de la densité du "parcage" dans la bande enroulée.

Certaines observations montrent que la densité de parcage dans la bande enroulée est souvent plus petite au centre du fil qu'à certaines distances du centre vers l'extérieur. On peut l'expliquer par l'existence de l'espace vide et l'effondrement des fibres, ou par un effondrement asymétrique. Enfin, on peut supposer que les deux formes (bande tordue et bande enroulée) arrivent au même résultat : dégénérée et cylindrique.

On peut en considérant la section de la turbine, au niveau de la surface collectrice (figure 12) apprécier la forme de la section de la bandelette.

Ceci est valable, lorsque la bandelette se trouve sur la surface collectrice, mais il faut qu'elle soit enlevée pour prendre la torsion et la section subit une déformation qui est plus stable et peut être considéré comme un rectangle.

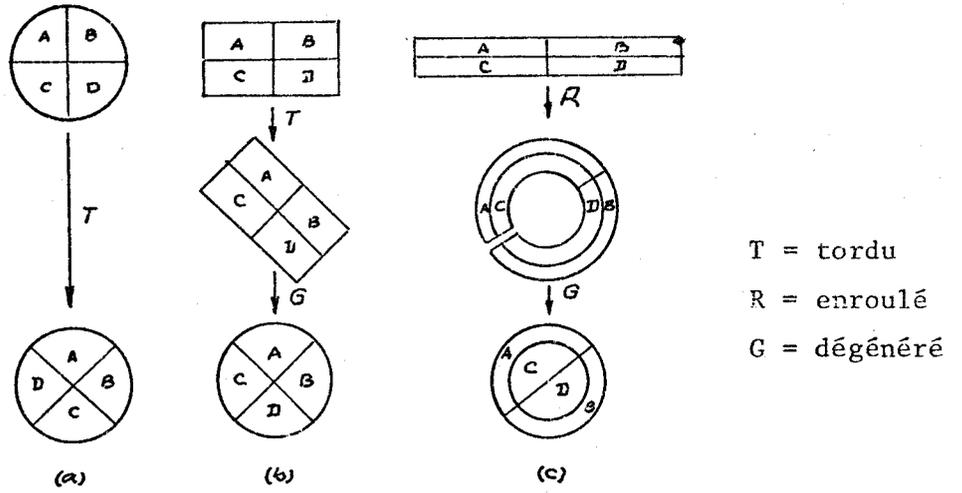
Par des observations de la structure superficielle du fil on a pu constater que la bandelette peut s'enrouler sous les trois formes fondamentales : lâchée, serrée et recouverte, en fonction, de certaines conditions à l'intérieur de la turbine. Initialement le fil prend une forme enroulée très lâche qui passe successivement par des niveaux plus élevés de la tension axiale de sorte qu'elle devient serrée.

En tenant compte du cas général, pour la mise en torsion d'une bande par enroulement on peut remarquer sur la bandelette de fibres, les faits suivants :

- l'axe de la structure enroulée ne se confond pas avec l'axe de la bandelette de fibres initiales

- l'axe de la bandelette suit le sens hélicoïdal dans la structure enroulée.

Mise en torsion



Cylindre tordu bande tordue bande enroulée  
 Fig. 18(9)

Développement d'une bande enroulée serrée

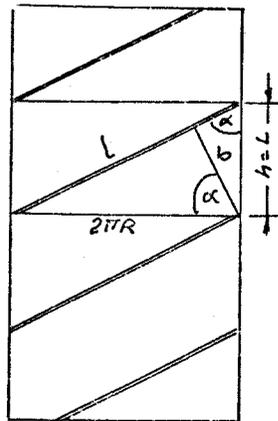


Fig. 19

Dans la structure finale, on voit qu'une face de la bandelette est davantage sur la surface et la seconde principalement dans le noyau du fil. Dans la bandelette enroulée, l'espace central produit ne peut pas être stable, ce qui donne une densité plus petite du dépôt des fibres dans l'axe du fil.

Pour calculer les éléments géométriques d'une bande enroulée, on prend comme exemple le cas d'enroulement serré, présenté, développé dans la figure 19.

$l$  = longueur de l'hélice pour un tour

$h$  = pas de l'hélice

$\alpha$  = angle de l'hélice

$n$  = nombre de tours

$R$  = rayon du cylindre enroulé

$b$  = largeur de la bande

$$h = b \cos^{-1} \alpha$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2 \pi R}{h}$$

$$\sin \alpha = b/h = \frac{2 \pi R}{l}$$

$$\cos \alpha = \frac{h}{l} = \frac{h}{\sqrt{(2 \pi R)^2 + h^2}}$$

$$\frac{2 \pi R}{h} = \frac{b}{h} \frac{\sqrt{(2 \pi R)^2 + h^2}}{h}$$

$$b = \frac{2 \pi R \cdot h}{\sqrt{(2 \pi R)^2 + h^2}} = \frac{h}{\sqrt{1 + \left[ \frac{h}{2 \pi R} \right]^2}}$$

Si on pose :

$\alpha_m$  = coefficient de torsion de Koechlin

$N_m$  = numéro métrique du fil

$$h = \frac{10^3}{\alpha_m \sqrt{N_m}} \quad (\text{mm})$$

$$d = \frac{1,25}{\sqrt{N_m}} \quad (\text{mm}) \quad (10)$$

On obtient la valeur pour la largeur de la bande-  
lette qui donne la forme enroulée serrée du fil.

$$b = \frac{10^3}{\alpha_m \sqrt{Nm \left[ 1 + \left( \frac{10^3}{3,925 \alpha_m} \right)^2 \right]}}$$

Pour :  $\alpha_m = 80$

$Nm = 30$

$b = 0,683 \text{ mm}$

$\alpha_m = 140$

$Nm = 30$

$b = 0,628 \text{ mm}$

### CHAPITRE 3

#### STRUCTURE DU FIL OPEN-END

L'examen au microscope d'un fil Open-End permet de distinguer l'existence de deux zones : l'une constituée par une couche de fibres disposées à la périphérie du fil, l'autre le corps du fil formé par des fibres qui suivent des trajectoires hélicoïdales.

Il nous a semblé intéressant d'étudier la formation de ces deux parties distinctes du fil pour comprendre le comportement des fibres qui les constituent.

#### A - MIGRATION DES FIBRES DANS UN FIL

En traçant point par point sur toute la longueur du fil la position occupée par la fibre, on voit qu'elle se déplace de la surface du fil vers le centre et inversement, en suivant une hélice.

Morton<sup>(11,12)</sup> qualifie ce déplacement de la fibre dans le fil "la migration de la fibre dans le fil" et il l'explique par la variation de la tension de la fibre lors de la formation du fil, de sorte qu'une fibre qui suit une trajectoire plus longue à l'extérieur du fil est plus tendue qu'une fibre au centre du fil. Ainsi une fibre peut se trouver dans différents états de tension qui varient en fonction de sa position dans le fil.

Le contrôle de la migration est un moyen d'expliquer le comportement du fil.

a) Le modèle théorique utilisé

La migration de la fibre a été étudiée en partant d'un modèle idéal de migration<sup>(14)</sup> qui impose une migration régulière et uniforme de la fibre de l'extérieur du fil vers le centre et inversement de telle manière que la densité d'assemblage des fibres dans le fil soit constante tout au long du fil.

Soit une longueur de fil divisée en zones concentriques d'épaisseur  $dr$  (fig. 20). La longueur de fibre  $dl$  qui traverse chaque zone est une fonction croissante du volume de la zone ; celui-ci étant proportionnel à  $2\pi r dr$ , la longueur de la fibre qui traverse cette zone est fonction de  $r$  :

$$dl \sim \frac{1}{r} \quad dr \sim 2\pi r dr$$

d'où

$$\frac{\partial l}{\partial r} \sim r$$

La longueur  $l$  de la fibre est de la forme :

$$l = Ar^2 + B \text{ où } A \text{ et } B \text{ sont des constantes}$$

Si on considère que la fibre part du centre du fil :

$$\begin{cases} l = 0 \\ r = 0 \end{cases} \longrightarrow B = 0$$

Si la longueur de la fibre pour une période de migration  $Q$  (figure 21), pour  $l = \frac{Q}{2}$  ,  $r = R$

$$A = \frac{Q}{2 R^2}$$

$\frac{l}{Q/2} = \left( \frac{r}{R} \right)^2$  représente l'équation de migration pour :

$$0 \leq l \leq Q/2$$

$$\text{Pour : } \begin{cases} l = \frac{Q}{2} \\ r = R \end{cases} \quad \frac{Q}{2} = AR^2 + B$$

$$\begin{cases} l = Q \\ r = 0 \end{cases} \quad Q = B$$

$$A = - \frac{Q}{2 R^2}$$

$$B = Q$$

$$l = - \frac{Qr^2}{2 R^2} + Q$$

$$\frac{r^2}{R^2} = \frac{Q - l}{Q/2} = \frac{Q/2 + Q/2 - l}{Q/2} = 1 - \frac{(1 - Q/2)}{Q/2}$$

$$\frac{r^2}{R^2} = 2 - \frac{1}{Q/2}$$

représente l'équation de migration pour :

$$\frac{Q}{2} \leq 1 \leq Q$$

. En général si n est le nombre entier le plus voisin de  $\frac{1}{Q}$  nous aurons les équations suivantes :

$$(r/R)^2 = 1 - (1 - (n - \frac{1}{2}) Q) \frac{Q}{2}$$

$$= \frac{1}{Q/2} + 2n \quad \text{pour } (n - \frac{1}{2}) Q \leq 1 \leq nQ$$

$$(r/R)^2 = (1 - nQ) / (Q/2)$$

$$1/Q/2 - 2n \quad \text{pour } nQ \leq 1 \leq (n + \frac{1}{2}) Q$$

Les deux équations peuvent s'écrire :

$$(r/R)^2 = 2c(1/Q - n)$$

Lorsque :

$$c = -1 \text{ pour } (n - \frac{1}{2}) Q \leq 1 \leq nQ$$

$$c = +1 \text{ pour } nQ \leq 1 \leq (n + \frac{1}{2}) Q$$

L'équation donne la variation de la position radiale d'une fibre, en fonction de la longueur mesurée le long de la fibre. Comme il est difficile de mesurer celle-ci, on détermine la position par rapport à la longueur du fil.

L'équation caractérisant la relation entre la longueur le long de la fibre (dl) et la longueur le long de l'axe (dz) et l'angle  $\theta$  de torsion pour la fibre est :

$$dl = dz \cos^{-1} \theta$$

Avec :

$$\cos^{-1} \theta = \left[ 1 + (r/R)^2 \operatorname{tg}^2 \alpha \right]^{1/2}$$

où :

$r$  = rayon où se trouve la fibre dans le fil

$R$  = rayon du fil

$\alpha$  = angle de torsion pour la fibre à l'extérieur du fil

$$dl = dz \left[ 1 + (r/R)^2 \operatorname{tg}^2 \alpha \right]^{1/2}$$

En différentiant l'équation générale on a :

$$dz = \frac{r Q dr}{cR^2 \left[ 1 + (r/R)^2 \operatorname{tg}^2 \alpha \right]^{1/2}}$$

Pour la première période,  $c = + 1$ , on intègre avec  $r = 0$  et  $z = 0$

$$z = Q/\operatorname{Tg}^2 \alpha \left[ \left( 1 + (r/R)^2 \operatorname{tg}^2 \alpha \right)^{1/2} - 1 \right]$$

$$\text{d'où : } (r/R)^2 = z/(Q/2) + z^2 \times \operatorname{tg}^2 \alpha / Q^2$$

La longueur  $Z$  a un cycle de migration donné par  $z = Z/2$  et  $r/R = 1$

$$Z = (2 Q/\operatorname{tg}^2 \alpha) \left[ \left( 1 + \operatorname{tg}^2 \alpha \right)^{1/2} - 1 \right]$$

$$= 2 Q (\cos^{-1} \alpha - 1) / \operatorname{tg}^2 \alpha$$

$$Z = 2 Q / (1 + \cos^{-1} \alpha)$$

$$\text{d'où } Q = \frac{Z}{2} (1 + \cos^{-1} \alpha)$$

alors l'équation de la migration idéale pour la première moitié du cycle est :

$$\boxed{(r/R)^2 = \frac{4 z}{Z (1 + \cos^{-1} \alpha)} + \frac{4 z^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}{Z^2 (1 + \cos^{-1} \alpha)^2}}$$

Migration périodique

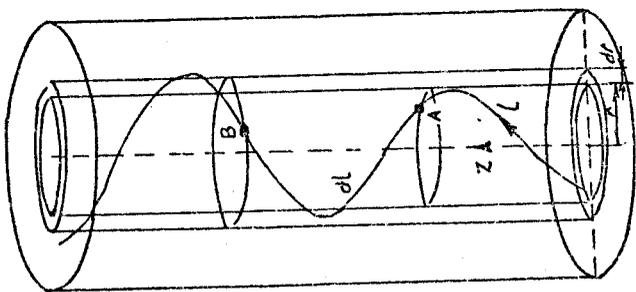
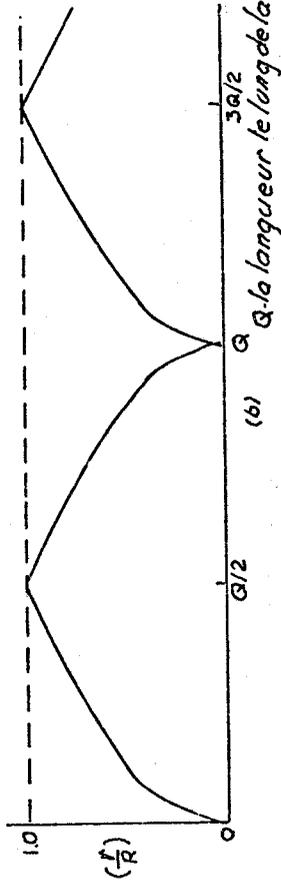
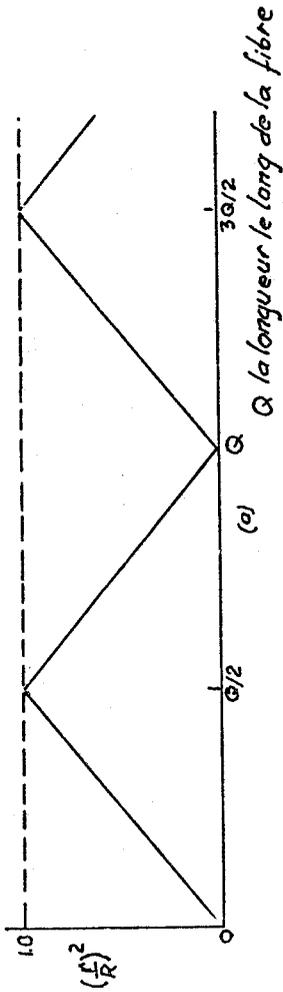


Fig.20 (12)

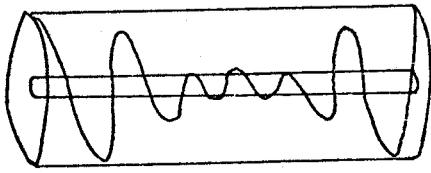


Fig.23 (14)

Fig.21 (14)

Migration périodique

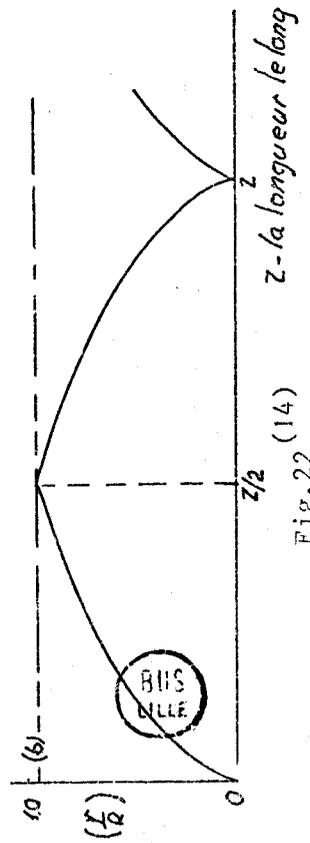
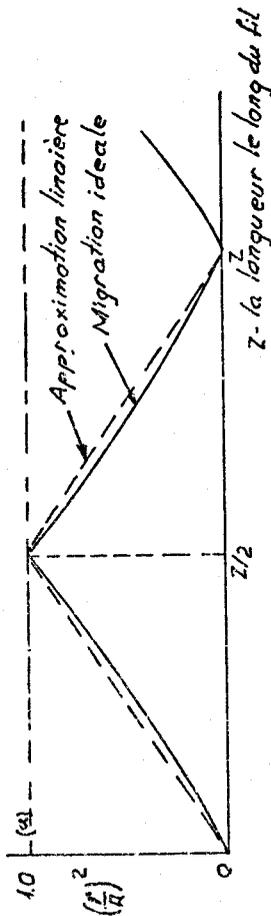


Fig.22 (14)

Migration périodique partielle

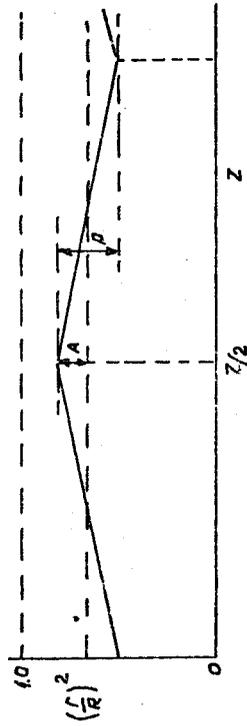


Fig.24 (14)

Le déplacement de la fibre dans le fil est aussi influencé par le mécanisme géométrique de la mise en torsion.

Dans le cas d'une bande enroulée, une fibre se déplace entre l'intérieur et l'extérieur du fil. A cause de l'effondrement à l'intérieur de l'espace vide qui s'est formé par la mise en torsion d'une bande, la migration se fera entre la surface et l'axe du fil (figure 23). Pour ce mécanisme géométrique de migration, il y a des différences dans les chemins parcourus qui dépendent des positions avant la mise en torsion.

Les fibres en surface montrent une migration importante, mais celles près du centre occupent une position intermédiaire dans la structure enroulée : elles montrent une petite migration.

D'après Hearle<sup>(14)</sup> ; l'hypothèse d'une migration due à la variation de tension et celle d'une migration dépendant de la géométrie ne s'excluent pas mutuellement.

#### b) Appréciation de la migration

La position de la fibre dans un fil peut être représentée en tenant compte du rayon ( $r$ ) où se trouve la fibre dans le fil et du rayon du fil ( $R$ ). Dans ce cas, la position radiale est exprimée par le rapport  $(\frac{r}{R})$  et ceci implique la division de la section en éléments d'épaisseurs égales ( $dr$ ) dont l'aire augmente avec le rayon. L'hélice développée dans le cas d'une migration idéale est représentée dans les figures 21 b et 22 b.

Mais il est préférable d'avoir des zones d'aires égales puisque les fibres sont distribuées également entre toutes les zones ; ainsi la position radiale de la fibre est elle exprimée par le rapport  $(\frac{r}{R})^2$  dans les figures 21 a et 22 a. On peut observer que la position radiale  $(\frac{r}{R})^2$  ne varie pas linéairement en fonction de la longueur du fil mais les différences sont très petites.

Les indices qui caractérisent l'hélice développée et apprécient le comportement de la migration sont les suivantes :

- la position moyenne de la fibre ( $\bar{y}$ ) par rapport au centre du fil
- l'amplitude de la migration (D) qui représente la grandeur de la déviation de la position moyenne.
- l'intensité de migration (I) qui représente le taux de changement de la position radiale

Si on note la valeur de  $(\frac{r}{R})^2 = Y$ , la migration peut être représentée par les indices :

$$\bar{Y} = \frac{1}{Z_n} \int_0^{Z_n} Y \, dz = \sum Y/n$$

où :

n = nombre d'observations de Y

$Z_n$  = longueur sur laquelle on a fait les observations.

$$D = \left[ \frac{1}{Z_n} \int_0^{Z_n} (Y - \bar{Y})^2 \, dz \right]^{1/2} = \left[ \sum (Y - \bar{Y})^2 / n \right]^{1/2}$$

Dans le cas d'une migration partielle variant linéairement avec z (figure 24), on peut calculer que :

- l'amplitude de migration =  $A = \sqrt{3} D$
- la traversée radiale moyenne  $P = 2A = 2\sqrt{3} D$

$$I = \left[ \frac{1}{Z_n} \int_0^{Z_n} \left( \frac{dY}{dz} \right)^2 \, dz \right]^{1/2} = \left[ \sum (dY/dz)^2 / n \right]^{1/2}$$

Pour une migration partielle qui varie linéairement avec z (figure 24) on peut avoir :

- période de migration =  $2 P/I = 4 \sqrt{3} D/I$
- fréquence de migration =  $I/4 \sqrt{3} D$

Lorsque la migration est irrégulière, les deux dernières expressions sont utilisées pour calculer, une période de migration équivalente et la fréquence d'une migration équivalente.

#### B - STRUCTURE EXTERIEURE DU FIL

Notre étude de la structure extérieure du fil a été envisagée exclusivement sous l'angle de la position des fibres à la surface du fil.

L'expérience montre que certaines fibres s'enroulent autour du fil sur une longueur très faible produisant un "fagot" de fibres et ce phénomène a reçu le nom de "fagotage".

Nous proposons plusieurs hypothèses quant à leur origine, il peut s'agir de fibres qui

a) arrivant du canal d'amenée rencontrent le fil au moment où il passe devant la sortie de ce canal.

b) restent collées sur la surface collectrice de la turbine, à cause du frottement entre les fibres et la surface, ou par un dépôt des substances d'ensimages sur la surface collectrice

c) dépassent la queue de la bandelette se font attraper par le fil dans le mouvement de rotation

d) volent à l'intérieur de la turbine portées par le courant d'air vers les trous de sortie d'air, et rencontrent le fil dans un mouvement de rotation

-a) La figure 25 illustre ce cas

A - le fil passe devant la sortie du canal

B - une fibre est prise par le fil

C - les fibres roulent autour du fil pendant la mise en torsion

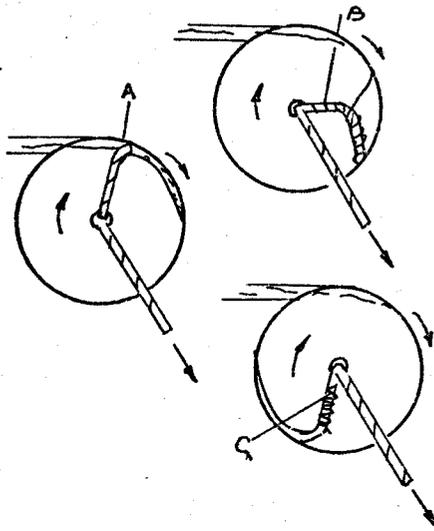


Fig. 25(2)

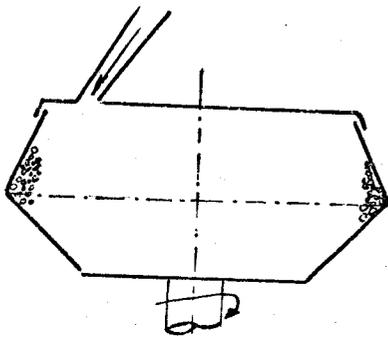


Fig. 27

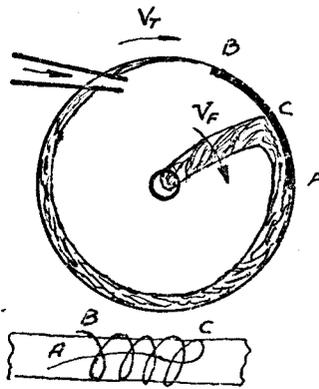


Fig. 26

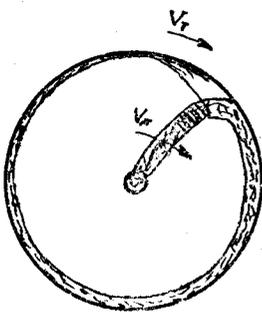


Fig. 28

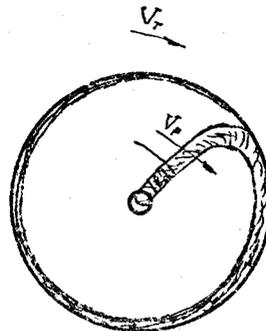


Fig. 29



- b) Dans ce cas, le problème est d'enlever toutes les fibres dans la zone d'enlèvement. Dans cette zone plusieurs facteurs agissent :

- la force centrifuge retient les fibres sur la surface collectrice et produit une force de frottement. Pour qu'un enlèvement correct des fibres se réalise, il faut que le coefficient de frottement inter fibres soit grand, et celui entre les fibres et la surface petit.

- la forme de la bandelette peut aussi jouer un rôle important. Dans la figure 27 on représente une turbine et la façon suivant laquelle les fibres se déposent dans la gorge. On peut constater que les fibres glissent sur la paroi de la turbine et se déposent en nombre plus grand, du côté de l'arrivée des fibres. A ce moment là, les fibres qui se trouvent vers l'extérieur de la bandelette risquent de ne pas s'enlever avec les autres fibres. Si les bouts restent sur la surface et qu'une faible longueur de ces fibres là sont accrochées par le fil, alors les bouts se plient en faisant une hélice en sens envers de la sortie du fil.

- c) Les fibres qui dépassent la queue peuvent être accrochées par le fil (fig. 28). La queue a comme longueur à peu près la circonférence de la turbine ce qui fait qu'une fibre arrive peu aisément à être accrochée par le fil. La fibre à cause de la rotation du fil peut occuper une position en spirale sur le fil.

- d) Nous avons observé autour des trous de sortie d'air dans la turbine la présence de fibres de différentes longueurs et pensons que certaines fibres prennent la direction du filet d'air au lieu de se placer sur la surface collectrice. Le bout de la fibre à la sortie du canal est alors soumis à deux forces : une force d'entraînement donnée par la vitesse périphérique de l'air à l'intérieur de la turbine et la force centrifuge dirigée vers la paroi de la turbine. Ces deux forces vont déterminer la direction de la fibre à l'intérieur de la turbine. Le fait qu'on ait trouvé des bouts de fibres ou même des fibres autour des trous de

sortie d'air, permet de penser que, la résultante des deux forces peut parfois faciliter le transport dans ce sens, la fibre ou le bout de fibre rencontre alors le fil déjà formé qui tourne dans la turbine et fagote (fig. 29).

CHAPITRE 4

INFLUENCE DE LA STRUCTURE DU FIL OPEN-END SUR LES CARACTERISTIQUES DU FIL

Un fil d'une matière donnée se caractérise par son titre, sa torsion, et ses propriétés dynamométriques et nous avons voulu préciser l'influence de la structure du fil obtenu par Open-End sur ces caractéristiques.

Après une étude de l'influence des paramètres de filage (titre, torsion) et des paramètres machines (diamètre turbine, vitesse, système de séparation) sur la structure du fil, nous avons cherché à relier les différences observées aux propriétés dynamométriques du fil. Ce travail a été mené sur deux types de machines très différents :

- ITG 300, de la Société Alsacienne de Construction Mécanique

- BD 200 RS d'Investa

A - PROPRIETES DE LA FIBRE UTILISEE

Notre choix s'est porté sur une fibre acrylique de type ACRYBEL, coupée à la longueur de 60 mm et d'une finesse de (2,2 dtex), étant donné que les fibres acryliques sont de plus en plus utilisées en Open-End, et que 60 mm est la longueur maximale pour certains types de métier.

a) Finesse des fibres

Il s'agit de la finesse moyenne déterminée selon la "METHODE DU BOUCHON" employée à l'I.T.F.-NORD

- Mode opératoire

On forme cinq groupes de fibres renfermant chacune 10 fibres. Chaque groupe est bien défrisé, en utilisant un bouchon en caoutchouc, puis avec l'aide d'un prisme, est coupé à une longueur de 3 cm. Les cinq groupes sont ensuite réunis sur une balance de torsion de grande précision. Le nombre d'essais est égal à 10, de sorte que le nombre de fibres prises est égale à 500.

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant

Nm des fibres				
4615.38	4615.38	4615.38	4615.38	4471
4411.76	4411.76	4166.64	4166.66	4411.76
Numéro métrique moyen				4450
Ecart type (ET)				174.74
Coefficient de variation (CV)				3.9 %
Limite de confiance				125
Limite inférieure				4325
Limite supérieure				4575
Coefficient student (t)				2.262

Histogramme de la longueur de la fibre

$T_{tf} = 2.2 \text{ dtex}$

$l_f = 60 \text{ mm (coupée)}$

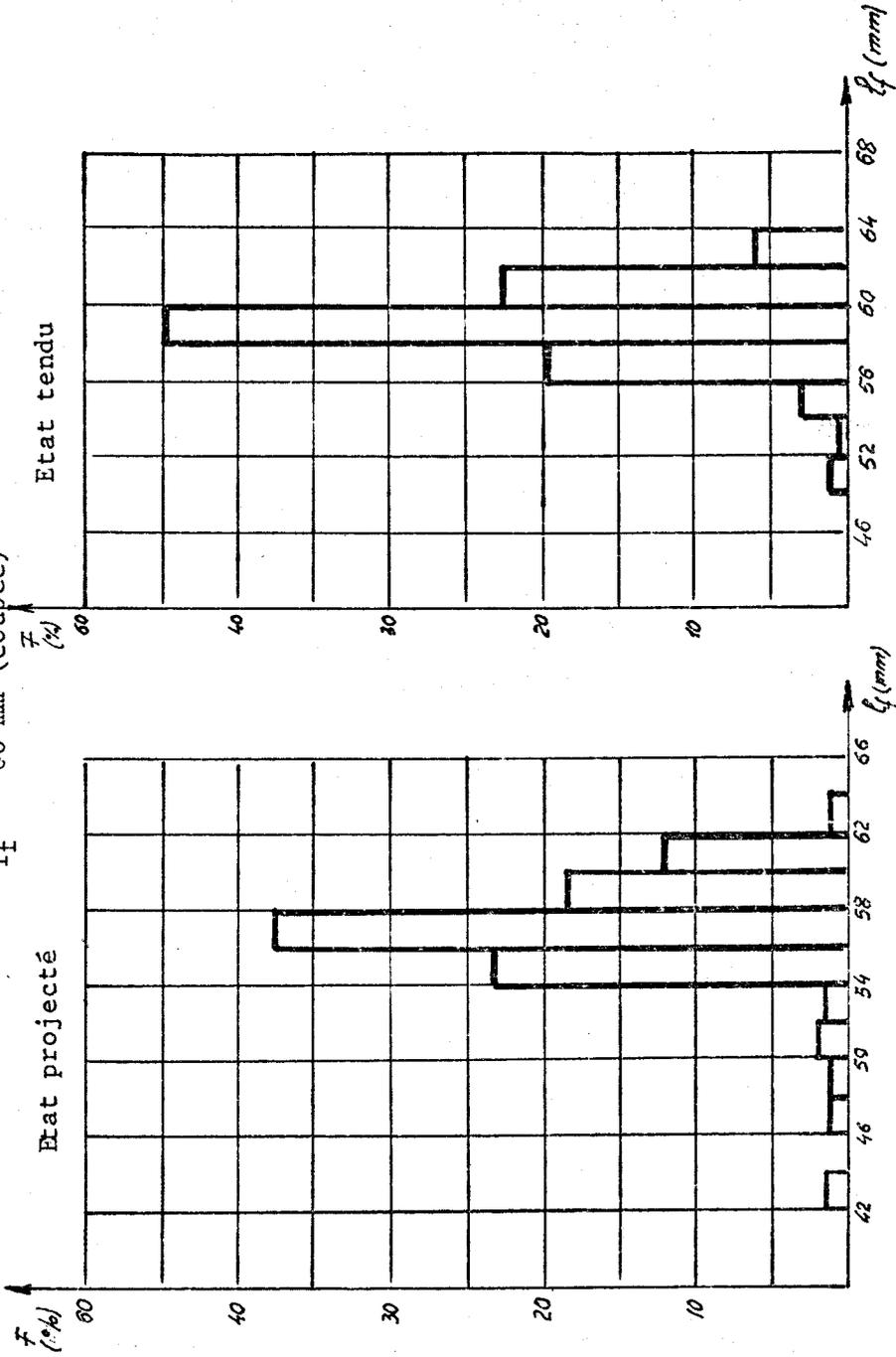


Fig. 30a

$M = 58.62 \text{ mm}$   
 $ET = 3.64 \text{ mm}$   
 $CV = 6.21 \%$

Fig. 30b

$M = 56.47 \text{ mm}$   
 $ET = 4.44 \text{ mm}$   
 $CV = 7.87 \%$



b) Longueur des fibres

Nous avons utilisé la méthode des deux pinces ainsi appelée, parce que l'on mesure la longueur ( $l_1$ ) de la fibre étiré par deux pinces et la projection de la longueur de la fibre ( $l_2$ ), en l'état où se trouve (figure 31).

Le nombre d'essais est égal à 200. Les résultats sont présentés dans le tableau 4, les histogrammes dans les figures 30 a et 30 b, et la courbe cumulative dans la figure 35.

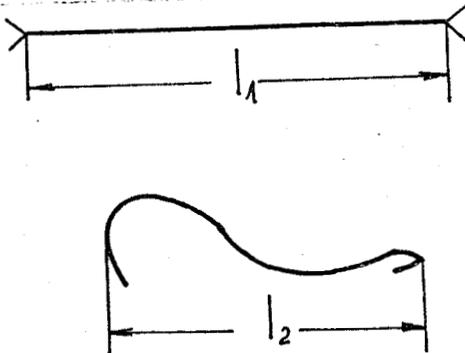


Fig. 31

c) Résistance de la fibre

Nous avons utilisé le dynamomètre FAFEGRAPH 11 B, selon la norme ITF qui impose une distance entre les pinces égale à 1 cm et une force de 0,15 CN pour défriser la fibre.

Le nombre d'essais est égal à 50

Les résultats sont présentés dans le tableau 2

: Résistance moyenne	5,08 cN	:
: Ecart type (ET)	1,31 cN	:
: Coefficient de variation	25,86 %	:
: Allongement moyen	28,24 %	:
: Ecart type	6,45	:
: Coefficient de variation	22,86 %	:
: Résistance spécifique	22,6	:
:		:

B - INFLUENCE DU SYSTEME D'ETIRAGE SUR LA LONGUEUR DES FIBRES ET LEUR FORME

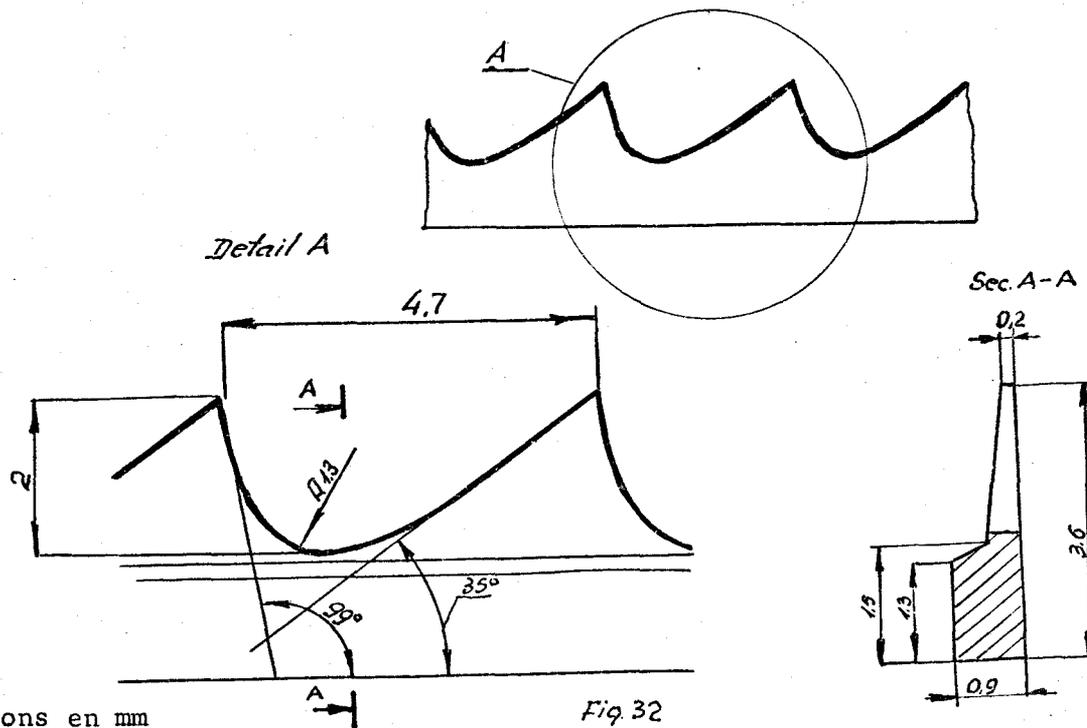
Les fibres ont suivi le schéma de fabrication suivant :



a) Système BD 200 RS

Il nous a paru intéressant d'étudier l'influence du briseur sur la longueur de la fibre.

La garniture de carte revêtant le briseur utilisée dans le cas des fibres acryliques est schématisée (fig. 32).



L'étirage se faisant entre le cylindre alimentaire et le briseur, l'influence de ce dernier sur la longueur de la fibre se manifeste par le nombre de dents qui agit sur elle.

Ce nombre de dents dépend de la valeur de l'étirage partiel entre le cylindre alimentaire et le briseur ( $e_1$ ).

- - Calcul de l'étirage partiel ( $e_1$ )

$$e_T = \frac{V_D}{V_A} = e_1 e_2$$

où :

$e_T$  = étirage total,  $V_D$  = vitesse de sortie du fil (m/min),  $V_A$  = vitesse d'alimentation (m/min),  $e_1$  = étirage partiel entre cylindre alimentaire et briseur,  $e_2$  = étirage partiel entre le briseur et le cylindre délivreur.

or :

$$e_2 = \frac{V_D}{V_B} = \frac{V_T}{T V_B}$$

avec :

$V_T$  = vitesse de la turbine (t/min),  $V_B$  = vitesse du briseur (m/min),  $T$  = torsion du fil (t/m)

d'où :

$$e_1 = \frac{e_T \times T \times V_B}{V_T} = C e_T T \quad \text{avec } C = \frac{V_B}{V_T}$$

Si  $N_B$  = vitesse de rotation du briseur = 7000 t/min et  
 $V_T$  : 36 000 t/min

$$C = \frac{V_B}{V_T} = 0,039$$

alors :  $e_1 = 0,039 e_T T$

L'étirage partiel entre le cylindre alimentaire et le briseur dépend de la valeur de torsion puisque la roue de torsion se trouve dans le rapport de transmission des cylindres alimentaires et des cylindres briseurs à une vitesse constante. Si l'étirage partiel augmente, l'auto-doublage à l'intérieur de la turbine augmente en fonction de la torsion.

- Calcul du nombre de dents (Nd) qui agissent sur une fibre

$$Nd = \frac{nd \times N_B}{N_F \times 3,14 \cdot D_A \cdot N_A} \quad (\text{dents/fibre})$$

avec :

nd = nombre moyen de dents actifs sur le briseur

$n_F$  = nombre moyen de fibres en section de la mèche

$D_A$  et  $D_B$  = respectivement diamètre du cylindre alimentaire et du briseur (mm)

$N_A$  = vitesse du cylindre alimentaire (t/min)

$l_1$  = longueur moyenne de fibre (mm)

$N_F$  = rapport entre les titrages en tex de la mèche  $T_{tK}$  et de la fibre  $T_{tF}$

$$N_d = \frac{nd \times l_1 \times e_1}{N_F \times 3,14 D_B} = \frac{nd \times l_1}{N_F \times 3,14 D_B} \times C e_T T \quad (\text{exprimé en dents/fibre})$$

$$N_D = \frac{n_d \times l_1 C e_T T_{tF}}{T_{tK} \times 3,14 D_B} \quad (\text{dents/fibre})$$

Posons :

$$\frac{n_d \times l_1 \times T_{tF} \times C}{3,14 D_B} = C_1$$

il vient :

$$N_d = \frac{C_1 \times e_T T}{T_{tK}}$$

Soit une fibre  $T_{tF} = 0,225$  tex,  $l_f = 58,62$  mm, étant donnés  $D_B = 64$  mm,  $n_d = 234$  dents actives sur le briseur (moyenne sur 10 briseurs),  $C_1 = 0,598$

$$N_d = \frac{0,598 e_T T}{T_{tK}} \quad (\text{dents/fibre})$$

Le nombre de dents qui agissent sur une fibre varie comme l'étirage total et la torsion, et, en raison inverse du titre de la mèche. Nous avons représenté cette variation dans le tableau 3.

TABLEAU 3

$e_T$	$T_{t/m}$	$e_I$	Ttk (ktex)	Nd dents/ fibre		
60	660	1544.4	2.00	12		
120	660	3088.8	4.00	12		
100			2.00	20		
			660	2574	2.50	16
			3.33	12		
			2.00	23		
			760	2964	2.50	18
			3.33	14		
150			2.00	25		
			860	3268	2.50	20
			3.33	15		
			2.50	27		
			760	4446	3.00	22
			4.00	17		
150			2.50	31		
			860	5031	3.00	25
			4.00	19		
			2.50	33		
			960	5440.5	3.00	27
			4.00	21		
200			3.33	31		
			860	6708	4.00	26
			2.50	44		
			960	7254	3.33	33
			4.00	23		
			5.00	22		
240	960	8704.8	2.50	53		
			3.00	44		
			3.55	40		
			4.00	33		



- Détermination de la longueur moyenne des fibres en fonction de la valeur de l'étirage total ( $e_T$ )

. Mode de travail

Pour mettre en évidence l'influence du briseur sur la longueur de la fibre, nous avons fait varier le nombre de fibres en section qui arrive devant le briseur et la vitesse de la fibre, c'est à dire le temps pendant lequel la fibre reste sous l'influence du briseur.

Sur un étirage SACM, six mèches de titres différents ont été préparées : 2 ; 2,5 ; 3 ; 3,33 ; 4 ; 5 ktex. Le métier BD 200 RS a été réglé successivement pour les étirages suivants : 60, 100, 120, 150, 200, 240.

Dans chaque cas, c'est à dire pour chaque valeur de l'étirage et pour chaque mèche les fibres ont été prélevées à l'intérieur de la turbine ; de cette manière le cylindre alimentaire continue à délivrer des fibres et on évite leur contact prolongé avec le cylindre briseur.

La détermination de la longueur  $l_1$  des fibres a été effectuée dans chaque cas sur 200 échantillons. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 4.

Les histogrammes sont présentés dans les figures 33a et 34a et les diagrammes cumulatifs dans la figure 35.

Dans la figure 35, on a présenté les diagrammes cumulatifs de la longueur de la fibre pour la mèche entrante de 4 ktex et pour les différents étirages auxquels elle a été soumise.

La figure 36 présente la variation de la longueur moyenne de la fibre en fonction de l'étirage total et du titre de la mèche entrante.

Puisque la valeur de l'étirage ne donne pas une vue réelle du phénomène auquel est soumis une fibre, on a représenté dans les figures 37 et 37' , l'influence du nombre de

TABLEAU 4

	0	60	100	120	120	150	150	200	200	240	240	
étrirage total e <sub>t</sub>	0	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	240
T <sub>t</sub> (Ktex)	-	:	2	:	2,5	:	3,0	:	3,33	:	4	5
l <sub>1</sub> (mm)	58,62	:	57,21	:	54,34	:	55,17	:	53,55	:	51,23	48,79
ET (mm)	3,64	:	6,46	:	10,03	:	9,11	:	8,71	:	8,81	10,39
C.V. (%)	6,21	:	11,30	:	18,45	:	10,51	:	16,18	:	17,21	21,30
		:		:		:		:		:		



Histogramme de la longueur de la fibre ( $l_f$ )

$T_{tk} = 4 \text{ Ktex}$

$e_T = 120$

Etat tendu

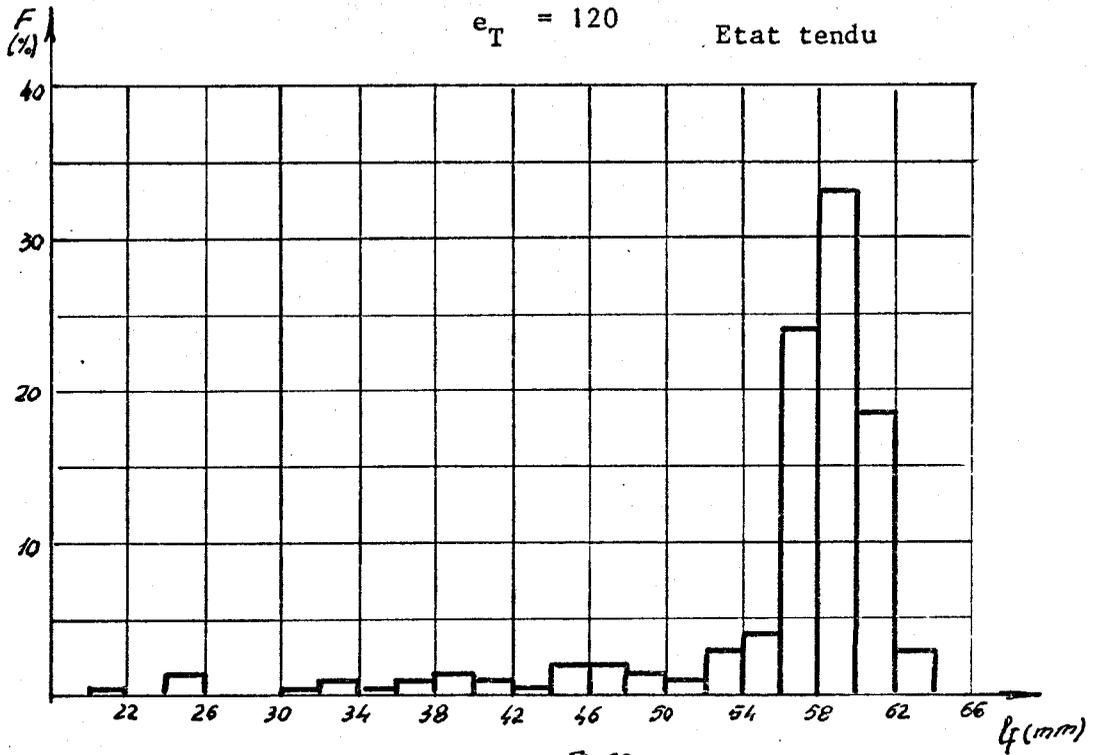


Fig 33a

$M = 55.92 \text{ mm}$

$ET = 7.53 \text{ mm}$

$CV = 13.48 \%$

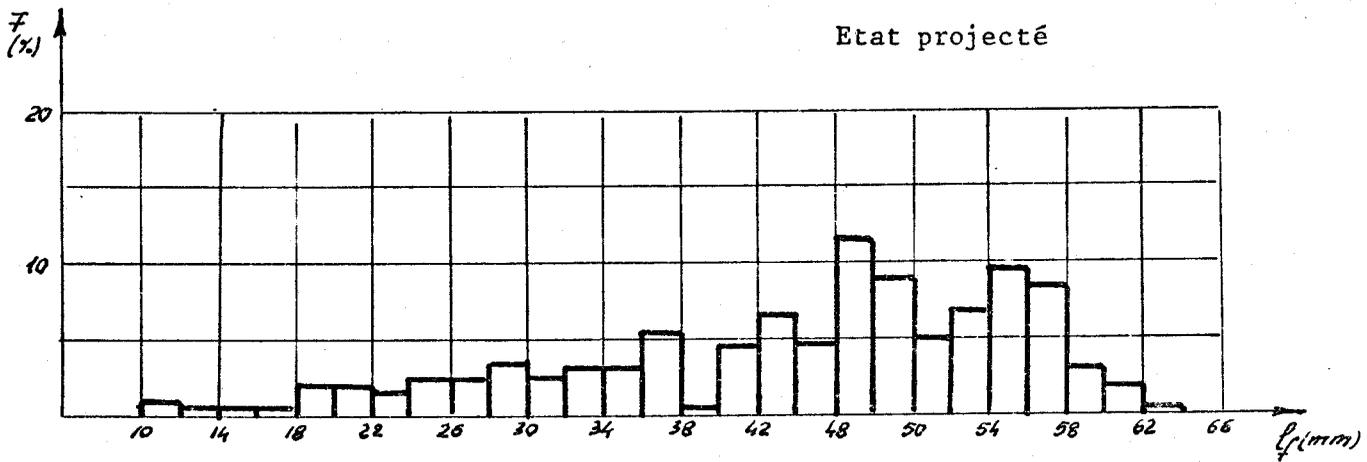


Fig 33b

$M = 43.73 \text{ mm}$

$ET = 11.91 \text{ mm}$

$CV = 27.33 \%$

$K = \frac{43.73}{55.92} = 0.782$



Histogramme de la longueur de la fibre

$T_{tk} = 4 \text{ Ktex}$

$e_T = 240$

Etat tendu

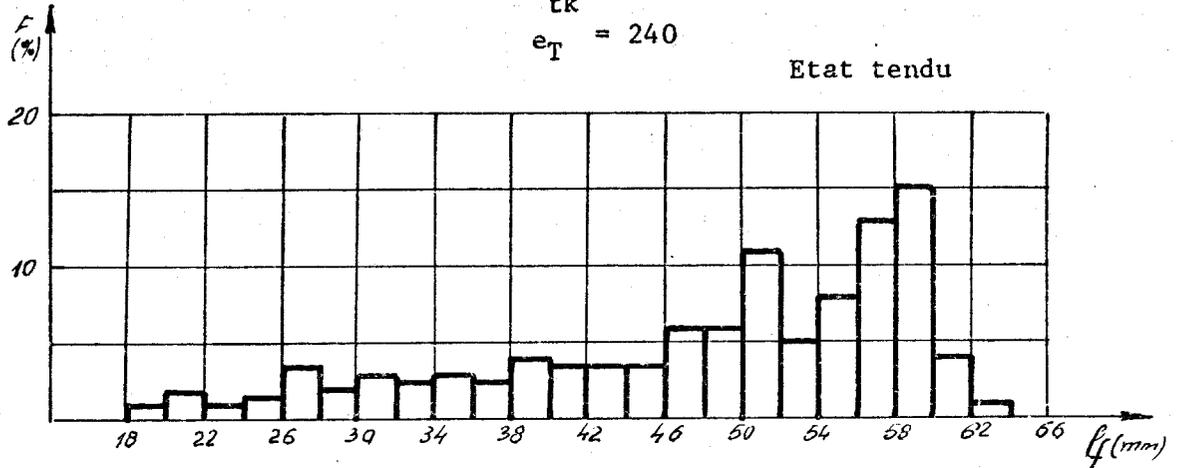


Fig. 34a

$M = 48.79 \text{ mm}$

$ET = 10.39 \text{ mm}$

$CV = 21.30 \%$

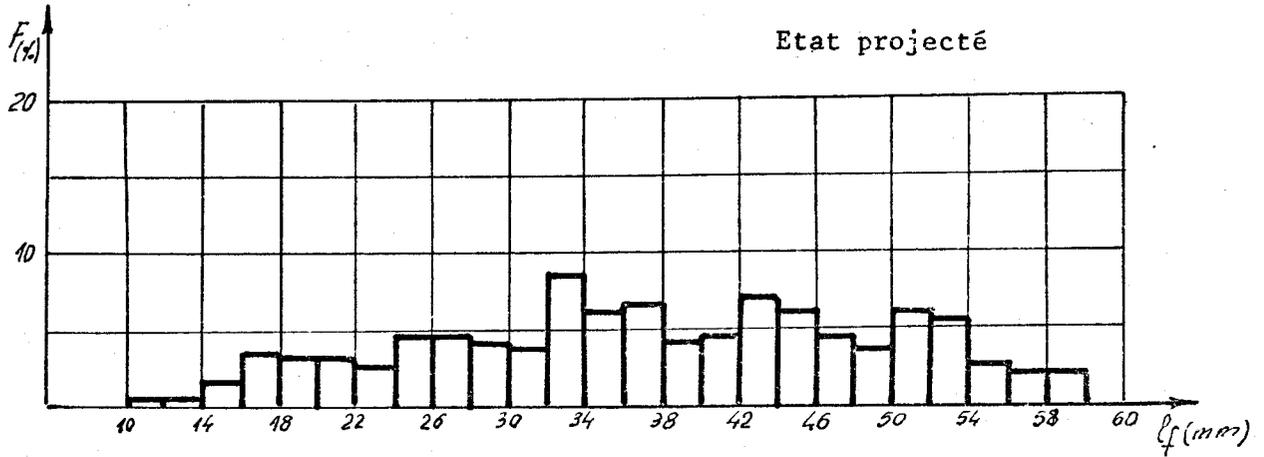


Fig. 34b

$M = 37.88 \text{ mm}$

$ET = 11.85 \text{ mm}$

$CV = 31.28 \%$

$$K = \frac{37.88}{48.78} = 0.776$$



Courbe cumulative de la longueur de fibre

$$\bar{l} = 4 \text{ KTex}$$

- 1.  $\sigma_T = 0$
- 2.  $\sigma_T = 120$
- 3.  $\sigma_T = 150$
- 4.  $\sigma_T = 200$
- 5.  $\sigma_T = 240$

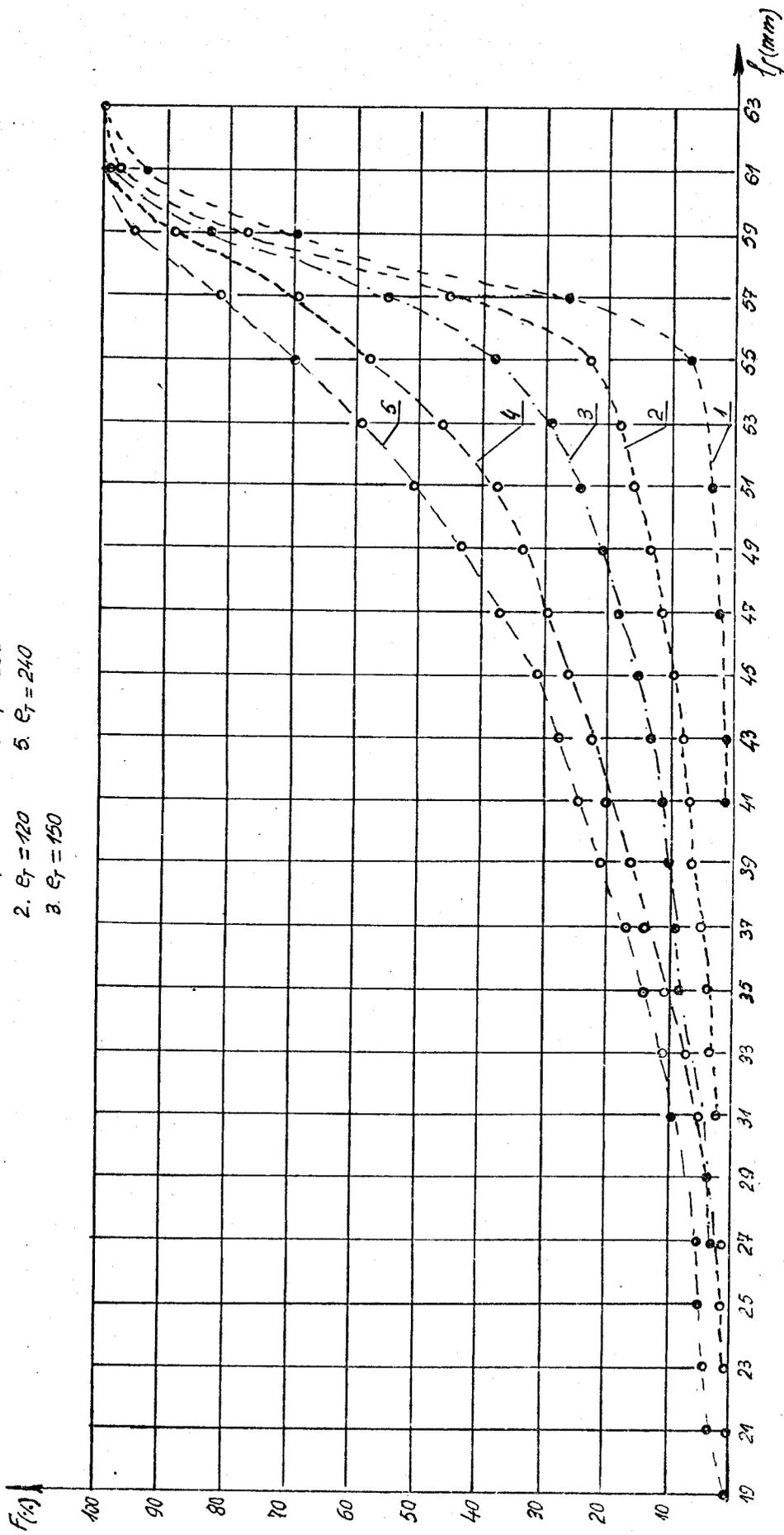


Fig. 35



Variation de la longueur de fibre moyenne ( $\bar{l}_f$ )  
en fonction de l'étirage ( $e_T$ ) et de la finesse  
de la mèche ( $T_{tk}$ ).

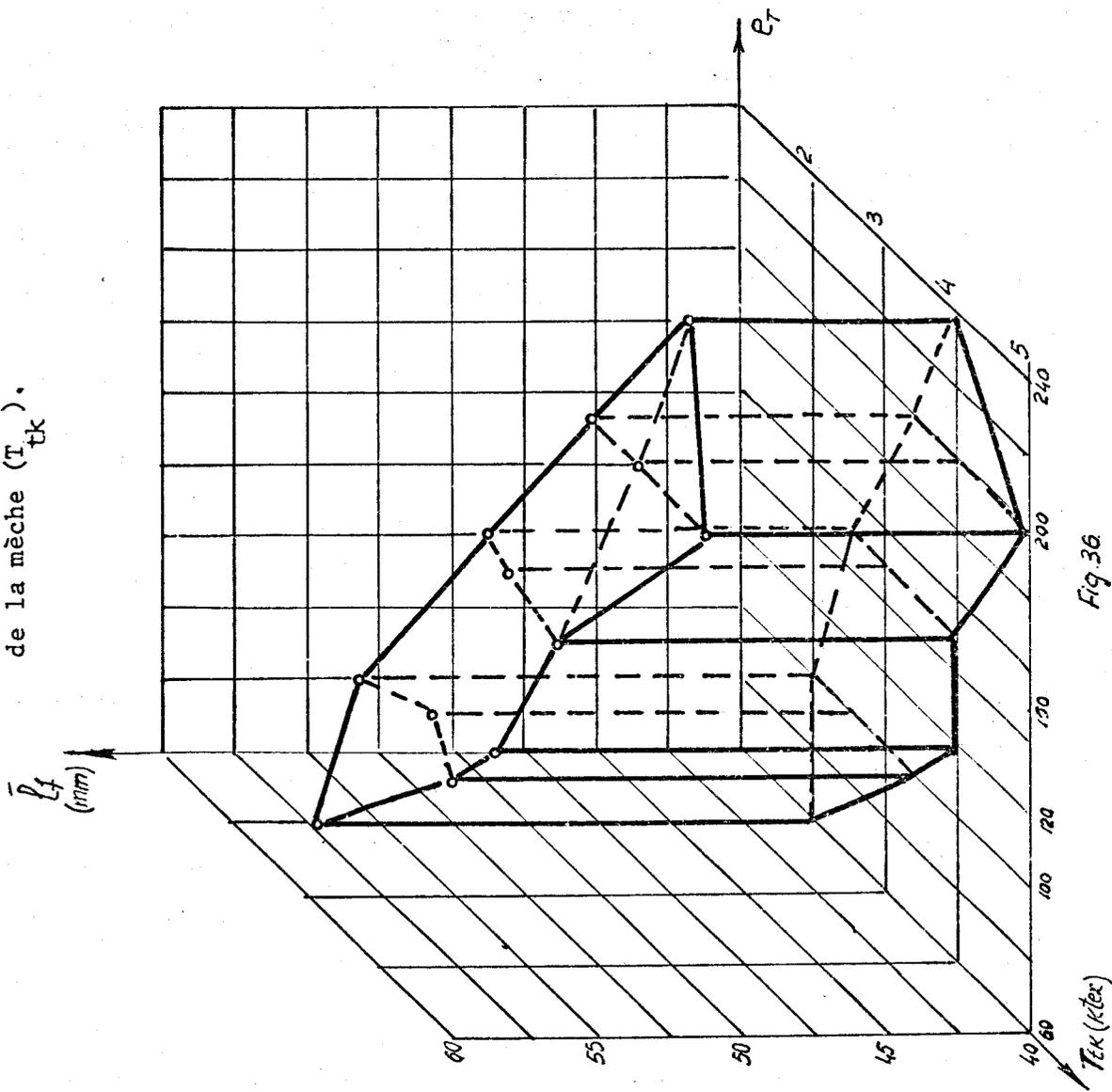


Fig 36



dents qui agit sur une fibre, l'effort mécanique s'exerçant sur la fibre pouvant occasionner des casses.

La figure 37 représente, la droite de corrélation entre le nombre de dents calculé et la longueur de fibre moyenne pour la mèche entrante.

La figure 37' représente la droite de corrélation entre le nombre de dents calculé et la longueur de fibre moyenne dans des conditions différentes.

Parallèlement, pour la mèche de 4 ktex et pour l'étirage total de 120 et 240, les deux types de longueur ( $l_1$ ) et ( $l_2$ ) ont été mesurés puis nous avons calculé le rapport  $K = l_2/l_1$ , pour chaque fibre testée (tableau 5) La variation de la longueur ( $l_2$ ) est représentée dans les figures 33b et 34b, et la variation du coefficient K est représentée dans la figure 38.

TABLEAU 5

: Etirage to- : tal ( $e_T$ )	: $l_1$			: $l_2$			: $K = \frac{l_2}{l_1}$
	: M	: ET	: CV	: M	: ET	: CV	
	: (mm)	: (mm)	: (%)	: (mm)	: (mm)	: (%)	
: 0	: 58,62	: 3,62	: 6,21	: 56,47	: 4,44	: 7,87	: 0,963
: 120	: 55,92	: 7,53	: 13,48	: 43,73	: 11,91	: 27,23	: 0,778
: 240	: 48,79	: 10,39	: 21,30	: 37,88	: 11,85	: 31,28	: 0,771

Si on regarde la valeur du coefficient K (fig. 38) on peut penser que la fibre sous l'action de la garniture se présente à l'intérieur de la turbine sous une forme très éloignée de la forme rectiligne.

Cette forme est ensuite fixée par l'action de la force centrifuge s'exerçant tant sur elle-même que par l'intermédiaire d'autres fibres.

Corrélation entre nombre de dents qui agit sur une fibre ( $N_d$ ) et la longueur de fibre moyenne ( $\bar{l}_1$ )

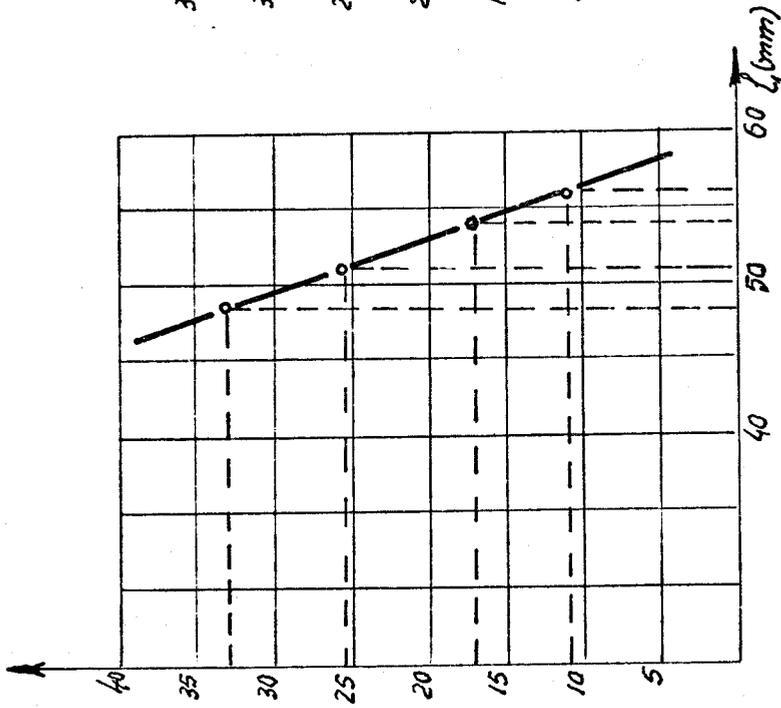


Fig. 37

$r(N_d, \bar{l}_1) = -0,9996$

$r(x,y) = 0,9900$  ( $N=2, p=0,01$ )

$r(N_d, \bar{l}_1) > r(x,y)$  très significative

$\bar{l}_1 = -0,3 N_d + 59,58$

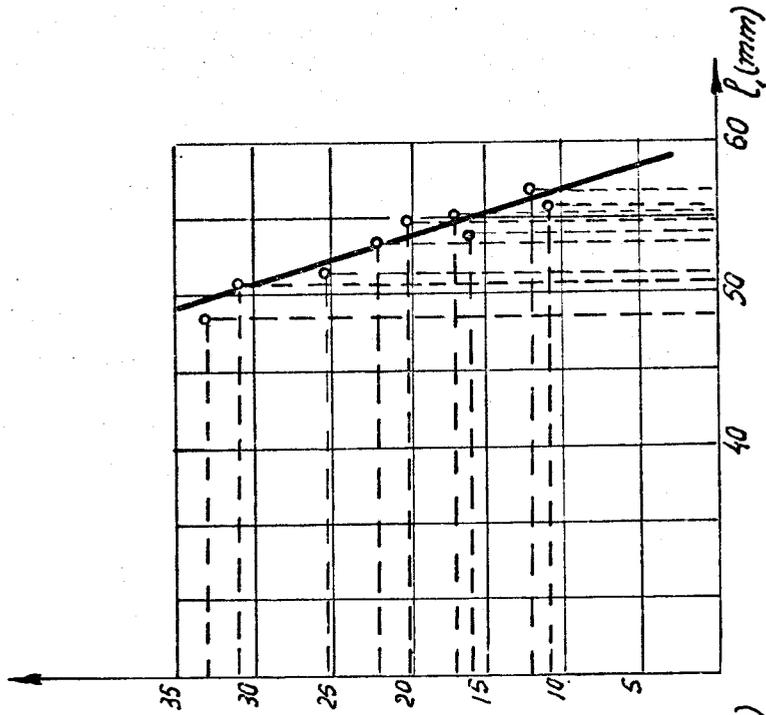


Fig. 37'

$r(N_d, \bar{l}_1) = -0,91$

$r(x,y) = 0,83$  ( $N=7, p=0,01$ )

$r(N_d, \bar{l}_1) > r(x,y)$  très significative

$\bar{l}_1 = -0,3 N_d + 59,84$



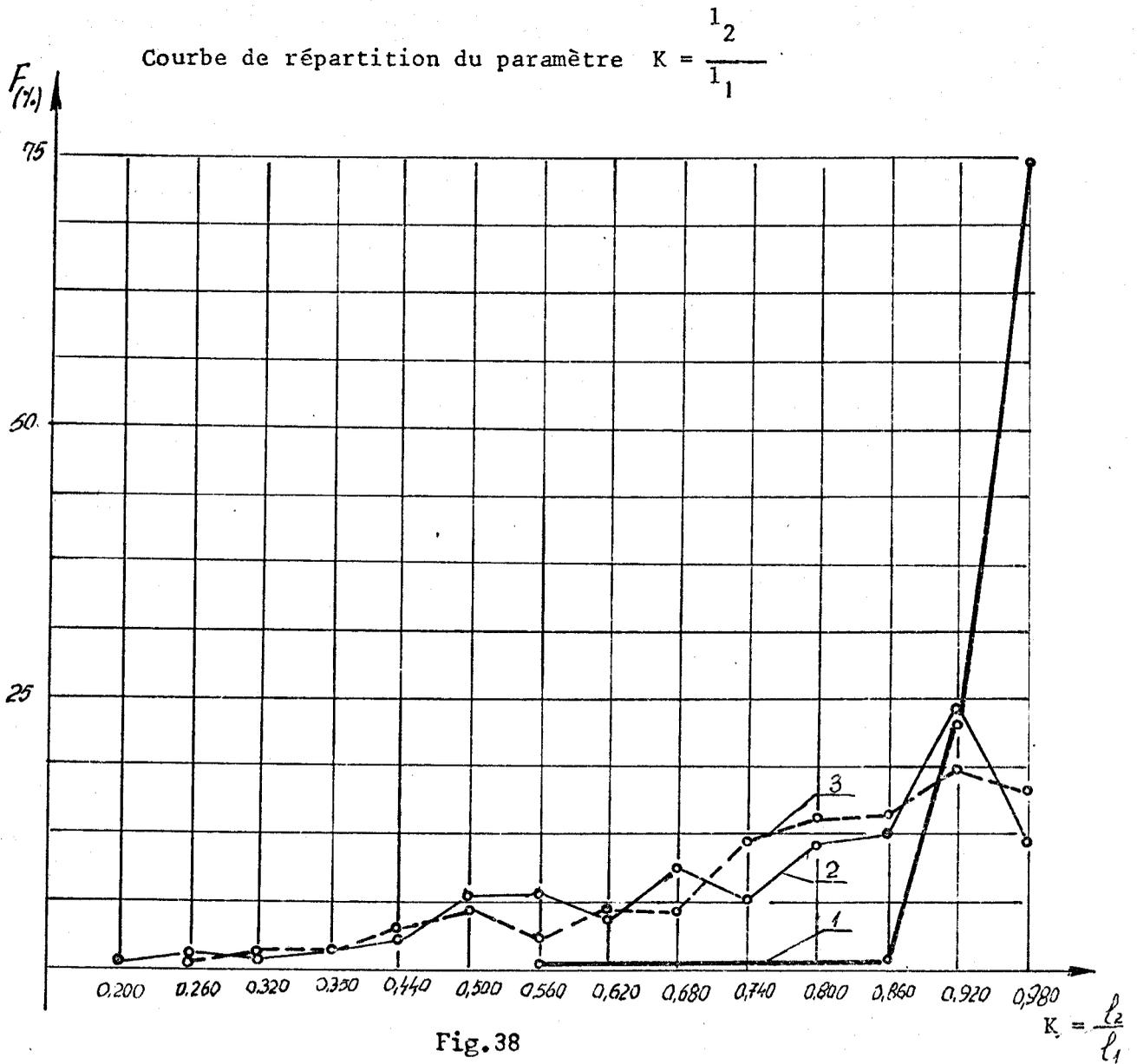


Fig. 38

- 1  $K_m = 0,960$   $e_T = 0$
  - 2  $K_m = 0,778$   $e_T = 120$
  - 3  $K_m = 0,771$   $e_T = 240$
- $T_{EK} = 4 \text{ ktex}$   
 $T_{EK} = 4 \text{ ktex}$



Nous avons pu en utilisant des fibres traceuses mettre en évidence au microscope l'existence de fibres droites (D), crochetées (C), pliées (P) ou bouclées (B) (Fig. 39). (photos, 1, 2, 3, 4).

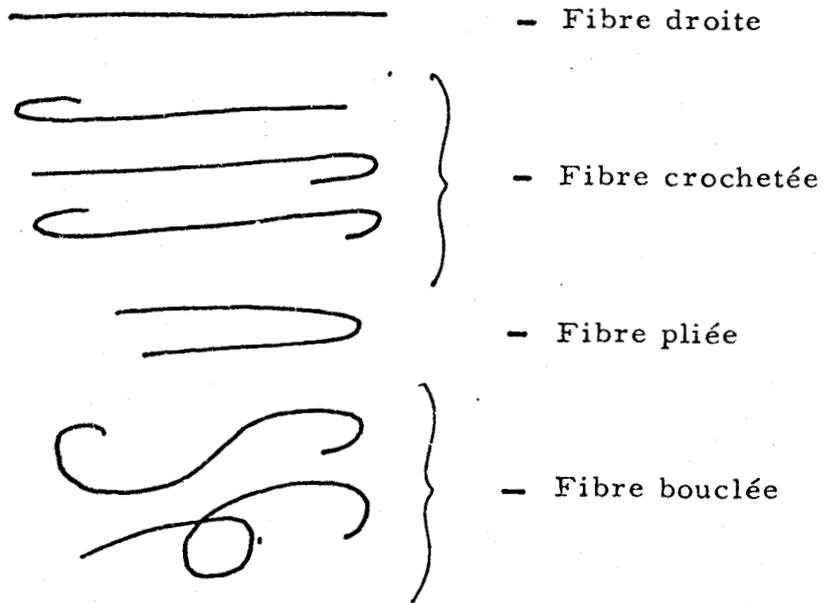
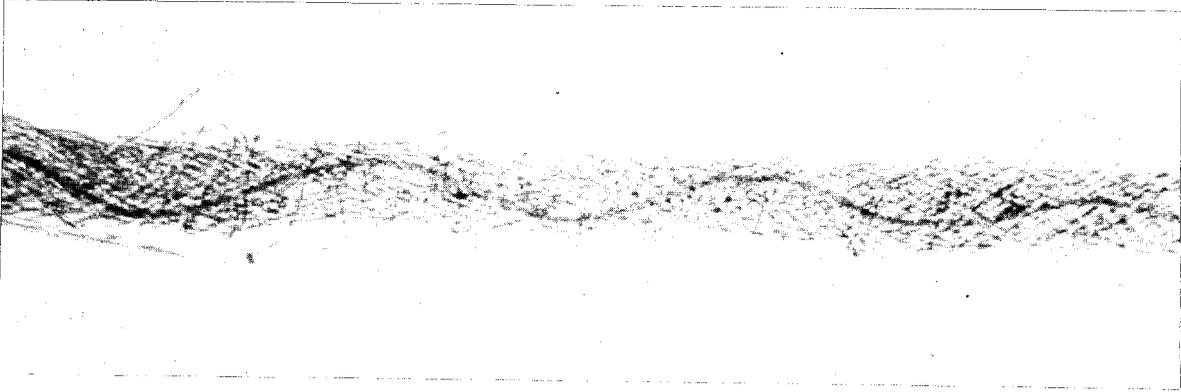
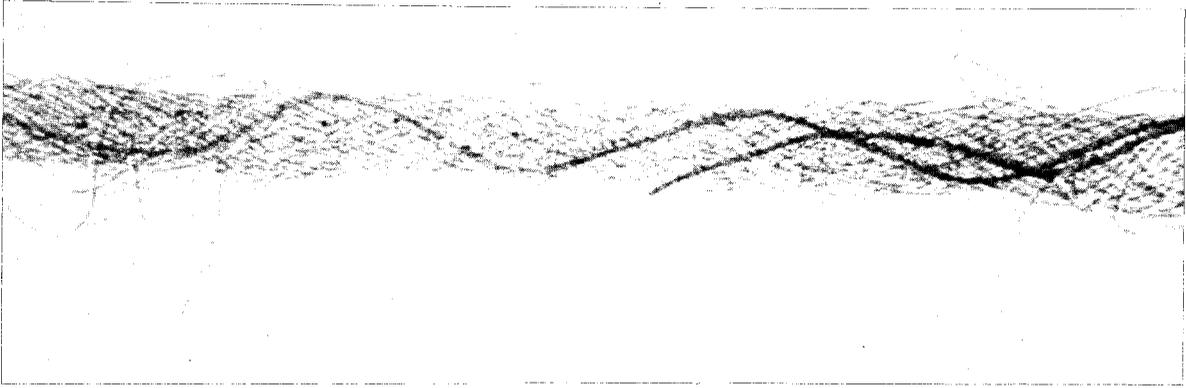


Fig.39

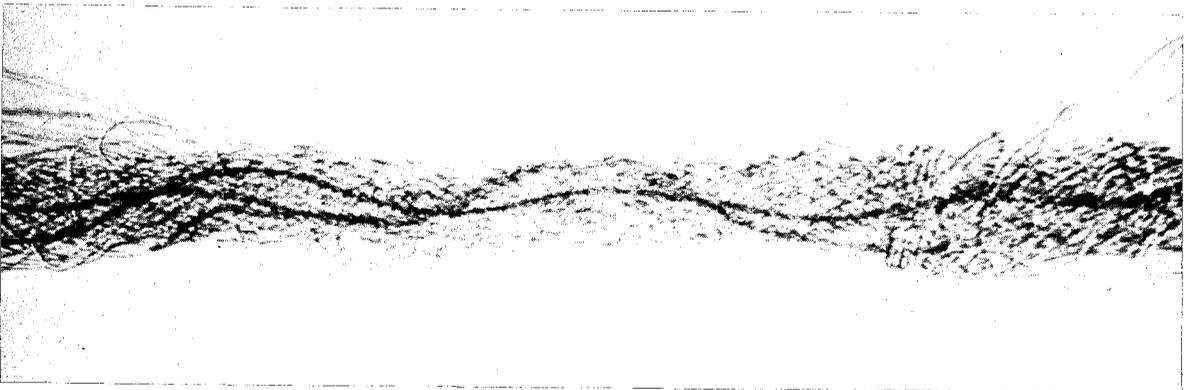
Les fibres avant d'être mesurées, ont été classées en l'un des quatre groupes, afin d'en déterminer le pourcentage qui est donné dans le tableau 6.



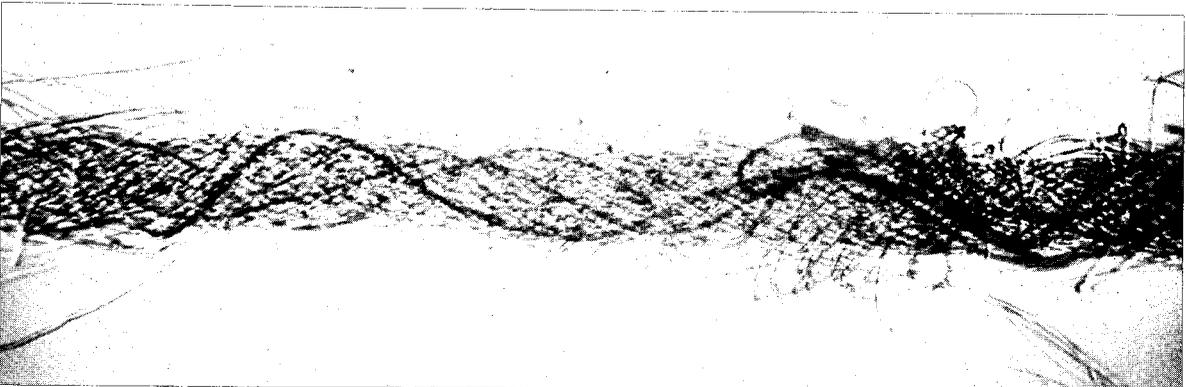
*photo 1*



*photo 2*



*photo 3*



*photo 4*



TABLEAU 6

$l_T$	$T_{tk}$ (Ktex)	$N_d$ dts/Fi- bre	D %	C %	B %	P %	C+B+P %
0	-	-	95,5	1,5	1,5	1,5	4,5
60	2	12	60	16,5	14	9,5	40
100	2	23	65,5	13,5	15,5	5,5	34,5
100	2,5	18	68	14,5	14,5	3,0	32
100	3,33	15	54,5	13,0	22,0	10,5	45,5
120	4	12	65,5	13,0	12,0	9,5	34,5
150	2,5	33	54,5	17	18,5	10	45,5
150	3	27	54,5	16,5	18,5	9,5	45,5
150	4	21	59,5	16,5	23	5,5	40,5
200	3,33	33	63	16,5	23	7,5	47
200	4	28	74,4	9,54	19,06	7,03	35,63
240	4	33	70	11,5	11	7,5	39,15
Moyenne			60,85	14,36	17,36	7,73	



Quelques hypothèses peuvent être avancées pour expliquer les déformations observées :

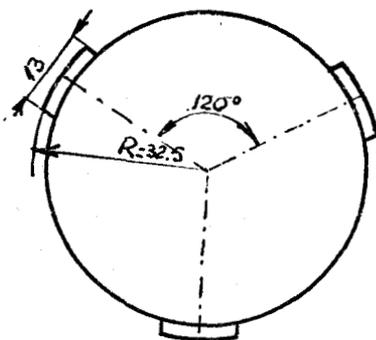
- La forme de la garniture du briseur serait responsable des fibres avec crochet

- Les fibres pliées peuvent être provoquées par la dent du briseur et aussi par la position de la fibre dans la mèche. Si la fibre n'est pas tout à fait parallèle à l'axe de la mèche, la dent peut l'accrocher en faisant un pli.

- Pour les fibres bouclées, on peut, étant donnée la différence de vitesse entre le cylindre alimentaire (0,002 - 0,015 m/s) et le briseur (23,3 m/s), supposer qu'une fibre, soumise à une tension par la dent du briseur (qui ne dépasse pas la résistance de la fibre) puisse fouetter au moment où son extrémité quitte le point de pinçage.

b) Système ITG 300

L'étirage principal se fait entre le double manchon et le sélecteur. Le sélecteur est composé de plusieurs disques dont la forme est présentée figure 6. Les disques sont arrangés de telle façon que les 3 plots qui s'y trouvent forment un arc de spirale permettant ainsi la prise des fibres voisines d'une façon décalée.



Détail 4 (Fig. 6)

Nous avons étudié l'influence du sélecteur sur la longueur de la fibre et son allure.

Des fibres ont été récupérées à l'intérieur de la turbine pour le cas suivant :

$$E_T = 115$$

$$T_{tK} = 3 \text{ Ktex}$$

$$V_s = 6100 \text{ (min}^{-1}\text{)} \text{ (la vitesse du sélecteur)}$$

$$n_f = 200 \text{ nombre de fibres analysées}$$

$$l_1 = \text{longueur moyenne de la fibre dans l'état étendu (57,84 mm)}$$

$$ET = 6,3 \text{ mm}$$

$$CV = 10,9 \%$$

Elles se partagent en :

88 % fibre droite D

3,3% fibre crochétée C

5,3% fibre bouclée B

3,4% fibre pliée P

#### Analyse des résultats

##### - Système BD 200 RS

. Du tableau 4 et de la figure 36, il ressort que :

- pour un étirage  $e_T$  donné, si la finesse de la mèche augmente de 2 à 5 Ktex, la longueur moyenne augmente ; en d'autres termes, la fibre casse moins.

- pour une mèche donnée, si l'étirage  $e_T$  augmente, la longueur moyenne de la fibre baisse, le fait est très significatif pour  $e_T = 60$  et devient extrêmement significatif au-delà de 100

En conclusion, on peut, pour restreindre le nombre de casses de fibres, soit diminuer l'étirage, c'est à dire utiliser une vitesse d'alimentation plus élevée, soit choisir une mèche plus fine.

, L'action du briseur a été particulièrement étudiée en considérant le nombre de dents Nd qui agissent sur la fibre. Le tableau 3 montre qu'il dépend de la finesse de la mèche; de l'étirage total et de la torsion; l'influence de cette dernière n'est cependant pas significative.

, Les figures 37 et 38 mettent en évidence une corrélation linéaire entre la longueur de la fibre et Nd : les coefficients de corrélation 0,996 et 0,91 sont très significatifs.

Une observation intéressante peut être tirée de l'examen du tableau 5 où figurent les valeurs de  $K_m = \frac{l_2}{l_1}$  dans la mèche alimentaire (0,960) et pour les étirages 120 et 240 (0,778 et 0,771). Puisqu'il n'existe pas de corrélation entre la valeur de l'étirage et le nombre total de fibres (C + B + P), cela signifie que la présence de la fibre sous l'une des quatre formes est tout à fait aléatoire. En moyenne, un fil Open-End système BD 200 RS renferme 61 % de fibres droites, 14,36 % crochétées, 17,36 % bouclées et 7,73 % pliées. Le pourcentage élevé de fibres bouclées peut s'expliquer par une pression trop élevée entre la plaque et le cylindre alimentaire qui augmente le risque de fouettage.

#### - Système ITG 300

Pour le cas étudié qui correspond à un étirage élevé : 115 , la différence existant entre la longueur moyenne de fibres dans le fil et la longueur de la fibre de la mèche n'est pas significative du point de vue statistique. On observe un pourcentage plus élevé de fibres droites (88%) et parmi les autres types une prédominance de fibres bouclées.

En conclusion, les fibres produites par le système BD 200, sont plus endommagées que celles provenant du système ITG 300. Ceci est dû au fait que les dents du briseur exerçant une action de peignage, les fibres restent davantage en contact avec la garniture du briseur ce qui augmente les probabilités de casses et de déformations des fibres, alors que dans le cas du sélecteur, les fibres sont extraites par le plot et le contact entre les fibres et les plots est

considérablement diminuée.

C - INFLUENCE DE LA TORSION ET LA VITESSE DE LA TURBINE SUR LES CARACTERISTIQUES DU FIL

a) Courbe résistance-torsion pour différentes finesses du fil

Toutes choses égales d'ailleurs, la torsion donnée à un fil influe considérablement sur ses propriétés mécaniques.

Pour étudier la résistance spécifique du fil, exprimée en CN/tex, en fonction de la torsion, caractérisée le plus souvent par le coefficient de torsion  $\alpha_m$ , on a réalisé sur la BD 200 RS des filés de divers titrages

- soit en partant d'une mèche d'un seul titre avec divers taux d'étirage

- soit en partant de mèches de titres différents et un taux d'étirage unique

On observe sur cette machine qu'il faut, pour un titre donné, une torsion minimale pour obtenir de bonnes conditions de marche (fig. 40). L'ensemble des résultats obtenus est donné au tableau 7 et représente fig. 41 chaque fois qu'il a été possible de filer.

Avec la machine ITG 300, on a réalisé, au départ d'une mèche de 3 Ktex, trois titres de fils, chacun d'eux recevant une torsion différente correspondant aux coefficients de torsion : 80 - 100 - 120 - 140.

Les résultats obtenus sont représentés tableau 8. Une représentation graphique de  $R_{km}$  en fonction de la torsion est donnée pour différentes finesses de fil sur la figure 42 établie dans le cas d'une vitesse de turbine  $V_T$  de 30 000 ( $\text{min}^{-1}$ ).

Enfin pour le fil de 33 tex on a cherché à tracer la courbe résistance torsion, pour de faibles valeurs de  $\alpha_m$ . Dans le cas de la BD 200 RS on a pu descendre à  $\alpha_m = 86$  alors qu'avec l'ITG 300 on est allé jusqu'à  $\alpha_m = 50$ .

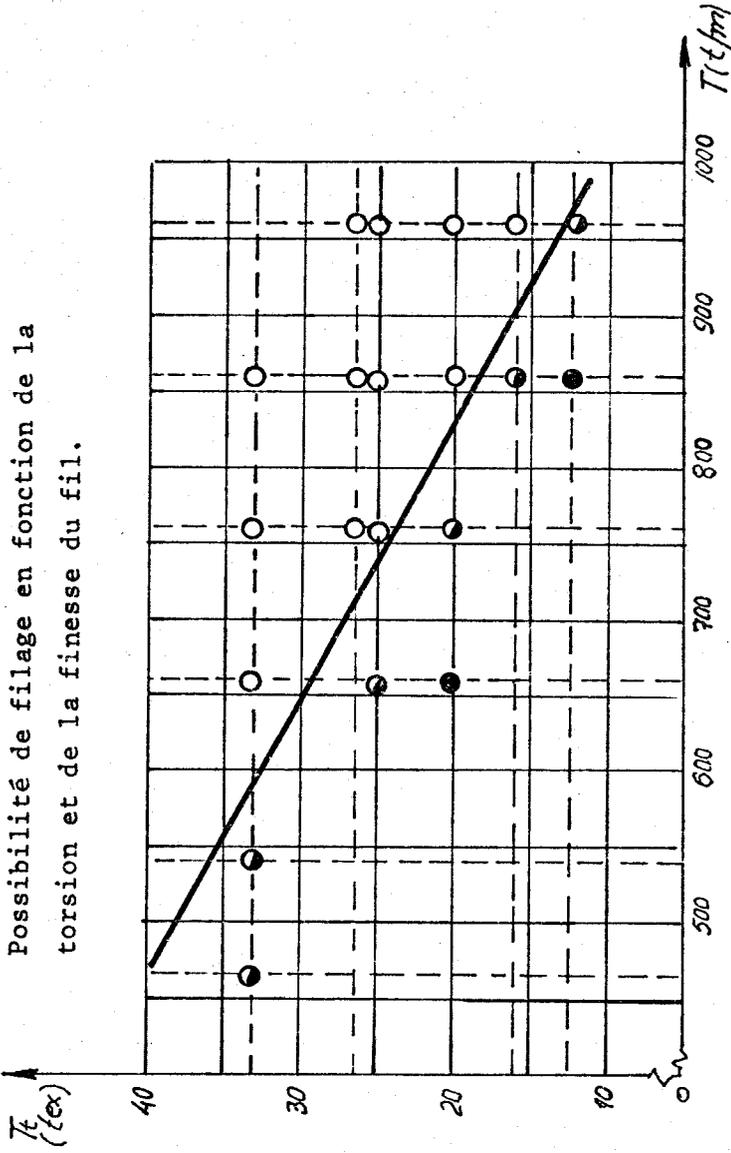


Fig. 40

- On ne peut pas filer du fil  $r_{T_t, T} = -0,9$
- Le filage pas stable  $r_{x, y} = 0,76$  ( $\sigma = 6$ ,  $p = 0,01$ )
- Le filage stable

$r_{T_t, T} > r_{x, y}$  très significative

$T(t/m) = -17,69 T_t + 1174,38$

$\alpha_m = -0,0648 n_f + 119,62 \sim 120$



T A B L E A U 7

T <sub>t</sub> tex théorique		20								16.6	
Ttk (Ktex)		2		3		4		2.5		4	
e <sub>T</sub>		100		150		200		150		240	
TORSION	T(t/m)	760	860	760	860	960	860	960	860	960	960
	α <sub>m</sub> calculé	107	122	107	122	132	122	132	111	120	120
	M (CN)	211.21	220	225.06	216.44	214.32	213.48	202	159.32	163.28	166
RESISTANCE	ET (CN)	28.09	26.38	29.40	28.24	23.41	25.31	25.54	22.19	25.35	25.14
	CV %	13.30	11.99	13.06	13.05	10.93	11.85	12.63	13.93	15.52	15.14
ALLONGEMENT	m (%)	18.04	18.72	18.85	18.82	18.57	18.42	17.92	16.82	17.29	16.87
	M (Tex)	19.85	19.75	20.05	20.17	20.19	19.24	19.40	15.74	15.80	16.37
TITRAGE	ET (Tex)	0.21	0.32	0.25	0.36	0.22	0.30	0.35	0.23	0.33	0.26
	CV %	1.08	1.65	1.26	1.81	1.094	1.57	1.83	1.46	2.12	1.61
RKM (km)		10.64	11.13	11.22	10.73	10.61	11.09	10.41	10.12	10.33	10.13
t <sub>r</sub> $\frac{\text{CN} \cdot \text{mm}}{2}$		116.16	126.50	130.53	125.42	122.16	120.49	110.09	80.46	84.90	83.83



I A B L E A U Z

T <sub>t</sub> tex théorique	33	26.6	25
Ttk (Ktex)	3.33	4	2.5
e <sub>T</sub>	100	120	150
TORSION			
T (t/m)	470	548	660
α <sub>m</sub> calculé	86	100	120
M (CN)	437.22	416	413.76
RESISTANCE: ET (CN)	42.68	35.16	37.15
CV %	9.76	8.45	8.97
ALLONGEMENT m (%)	20.62	20.92	20.87
TITRAGE			
M (tex)	33.24	32.44	33.21
ET (tex)	0.35	0.34	0.28
CV %	1.05	1.04	0.84
RKM (km)	13.15	12.82	12.46
t <sub>r</sub> CN · mm	28.419	27.456	27.308
	2	2	2



T A B L E A U 8

$T_t$ (tex) théorique	26								
$V_T$ (min <sup>-1</sup> )	20.000								
$\alpha_m$	80	100	120	140	80	100	120	140	
NI (CN)	377.43	385.26	370.69	357.26	395.91	356.49	387.93	379.74	
RESISTANCE	ET (CN)	32.24	32.90	32.75	30.74	31.71	29.82	29.24	32.97
	CV (%)	8.54	8.54	8.83	7.92	8.00	8.36	7.53	8.68
ALLONGEMENT %		21.52	22.24	22.17	21.55	16.67	17.69	16.07	13.87
TITRAGE $T_t$ (NI) (tex)		25.22	25.66	25.23	25.28	28.27	25.21	28.51	28.95
R.K.M. (Km)		14.965	15.013	14.663	14.13	14.00	14.138	13.604	13.116
$T_R$ M (GN)		25.870	27.540	26.390	14.560	19.790	19.140	18.560	15.280
	2								





T A B L E A U 8

$T_t$ (tex) théorique	50				50				
$V_T$ (min <sup>-1</sup> )	20.000				30.000				
$\alpha_m$	80	100	120	140	80	100	120	140	
RESISTANCE	NI (CN)	806.71	765.97	730.30	708.02	755.07	757.45	725.85	695.17
	ET (CN)	60.89	55.26	45.78	52.05	48.87	54.51	48.39	45.41
	CV (%)	7.54	7.21	6.26	7.35	6.47	7.19	6.66	6.51
ALLONGEMENT %	23.94	23.87	22.97	21.47	19.37	18.17	18.00	16.37	
TITRAGE $T_t$ (NI) (tex)	49.16	49.43	50.00	50.00	51.09	51.54	51.52	52.63	
R.K.M. (Km)	16.408	15.495	14.613	14.167	14.776	14.694	14.096	13.208	
$T_R \frac{M}{2}$ (CN)	63.440	60.100	51.440	48.350	45.340	42.030	41.150	22.990	



Variation de la résistance spécifique  $cN/tex$   
( $R_{km}$ ) en fonction de la torsion et de la finesse  
du fil. BD 200 RS

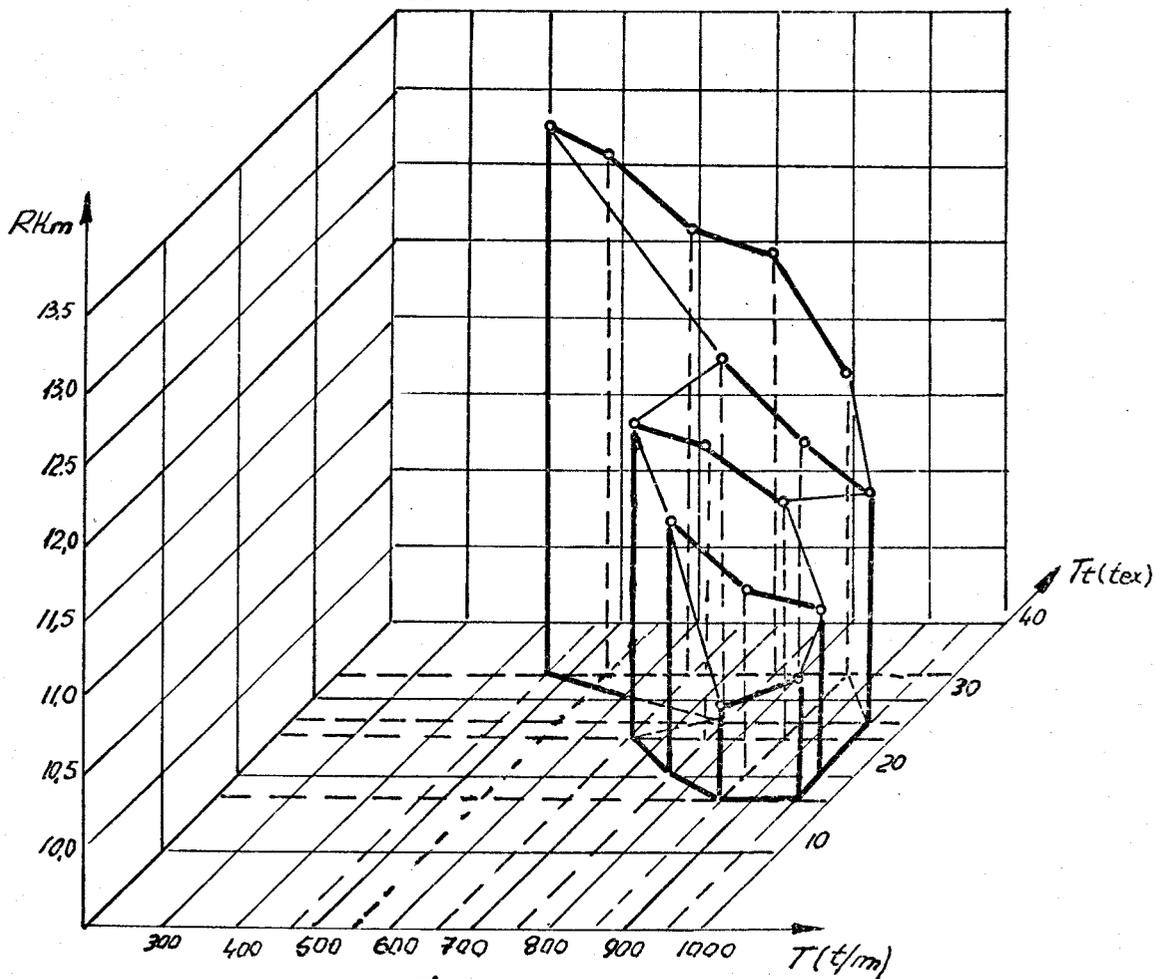


Fig. 41

ITG-300

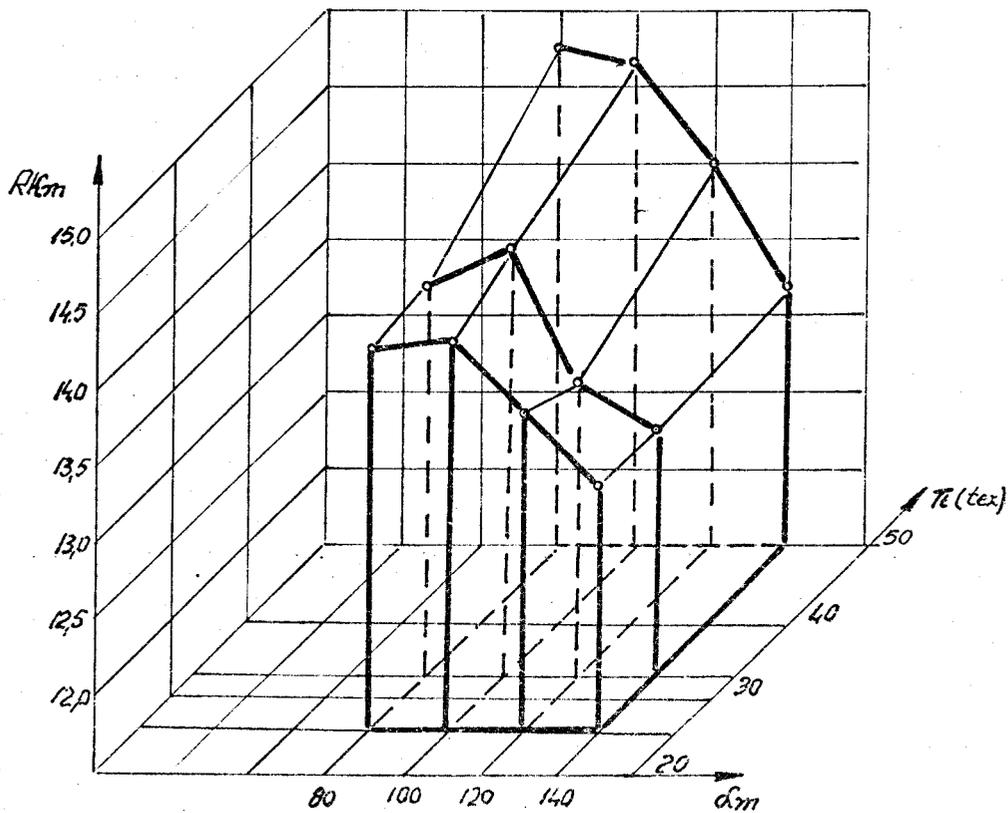


Fig. 42



Courbe résistance spécifique cN/tex (Rkm) - torsion

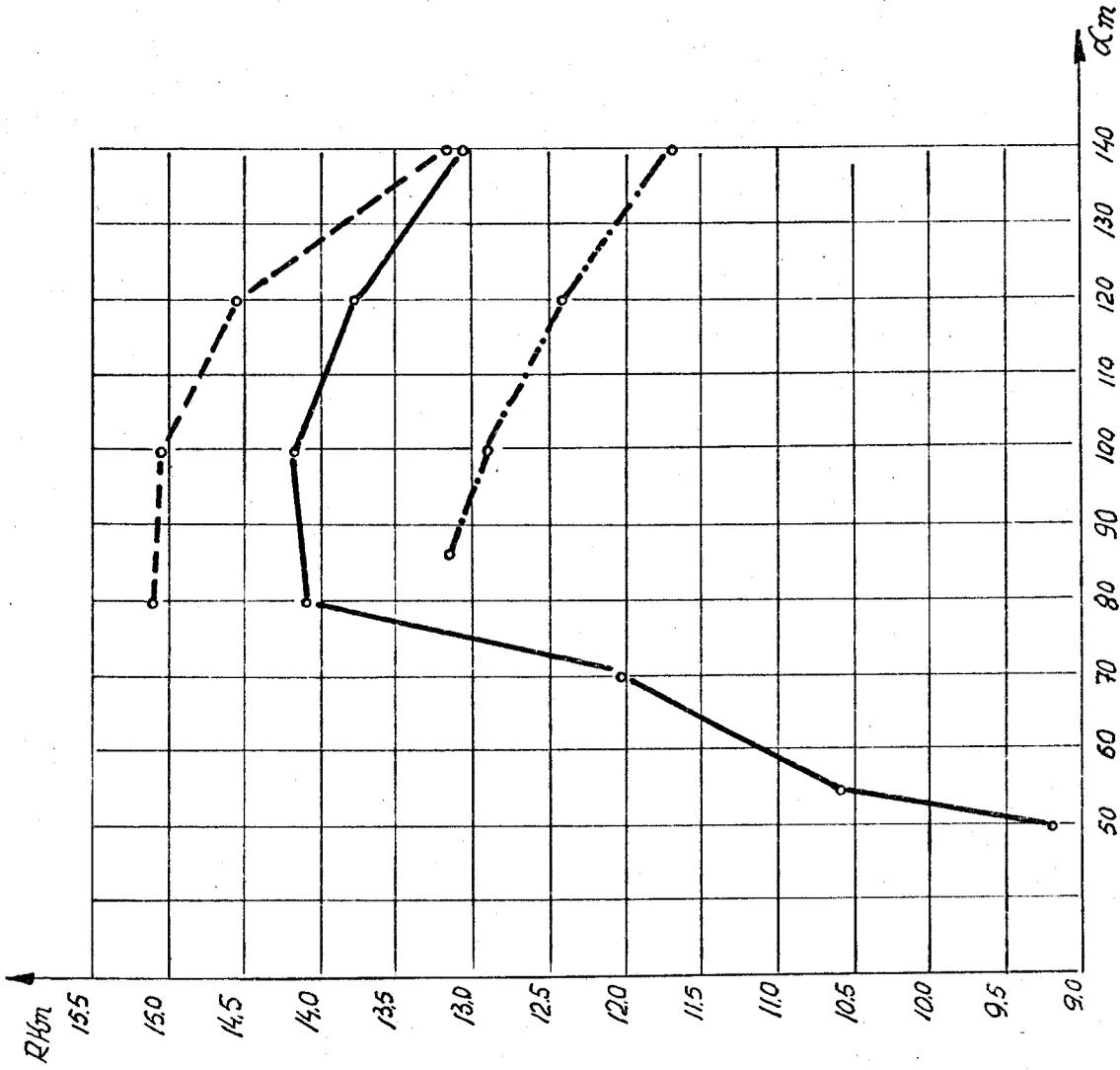


Fig. 43  
--- 17G-300  $R_k=33\text{tex}$   $V_T=20000$  (min<sup>-1</sup>)  
— 17G-300  $R_k=33\text{tex}$   $V_T=30000$  (min<sup>-1</sup>)  
- · - 17G-200  $R_k=33\text{tex}$   $V_T=36000$  (min<sup>-1</sup>)



- Analyse des résultats

Outre son influence sur les propriétés mécaniques, la torsion joue un rôle important dans la continuité du processus de filage, qu'on peut représenter par le nombre de casses au métier pour un temps donné.

Considérons le doublage  $d$  à l'intérieur de la turbine; c'est le rapport de la vitesse de la turbine  $V_T$  ( $\text{min}^{-1}$ ) à l'avance de rotation du fil dans la turbine. Celle-ci est elle même égale au rapport de la vitesse de délivraison du fil  $V_D$  (m/min) à la circonférence de la turbine  $\pi D_T$  (m). On a donc :

$$d = \frac{V_T}{\frac{V_D}{\pi D_T}} = T \pi D_T$$

avec  $T$  = torsion du fil

D'où

$$T = \frac{d}{\pi D_T}$$

La torsion est proportionnelle au doublage et inversement proportionnelle au diamètre de la turbine. Pour un même doublage  $d$ , on a donc si  $D_T$  varie

$$\frac{\alpha_{m1}}{\alpha_{m2}} = \frac{D_{T2}}{D_{T1}}$$

$$\alpha_{m2} = \alpha_{m1} \frac{D_{T1}}{D_{T2}}$$

Cette formule montre qu'avec un diamètre plus grand, on peut diminuer la torsion. Si on applique ceci aux coefficients de torsion limite obtenus sur BD 200 RS et sur ITG 300, on a :

- pour BD 200 RS,  $D_T = 63,7$  mm  
 $\alpha_{m1} = 100$   
 $\alpha_{m1} = 86$

- Pour ITG 300,  $D_T = 105$  mm

On peut calculer  $\alpha_{m_2} = 100 \times \frac{63,7}{105} = 60,7$

$$\alpha_{m_2} = 86 \times \frac{63,7}{105} = 52$$

Or on a constaté que le plus bas coefficient de torsion correspond à 86 en DB 200 et 50 en ITG 300. L'accord est donc très bon.

Cas de la BD 200 : La figure 40 montre que lorsque les conditions stables de filature sont obtenues, il existe une régression linéaire entre la torsion minimale et le titre du fil. Le coefficient de corrélation  $r = 0,9$  est hautement significatif. Dans le cas étudié, le coefficient de torsion limite, pour une marche stable est  $\alpha_m = 120$ . Or si on considère la résistance spécifique du fil en CN/tex, avec  $\alpha_m = 86$  et  $\alpha_m = 100$ , elle est significativement plus élevée qu'à  $\alpha_m = 120$  (fig. 41 et 43 - fil de 33 tex : 12,46 à 13,15 CN/tex)

On observe d'ailleurs que pour tous titres de fils, la résistance décroît quand le coefficient de torsion croît au delà de  $\alpha_m = 120$  (tableau 7). Pour un fil de 20 tex, quand on passe de  $\alpha_m = 107$  à  $\alpha_m = 120$  et pour un fil de 17 tex, quand on passe de  $\alpha_m = 110$  à  $\alpha_m = 120$ , on note une augmentation de résistance spécifique, mais celle-ci n'est pas statistiquement significative. Sauf dans les cas mentionnés ci-dessus, le travail de rupture (tableau 7) diminue quand la torsion augmente. On note également au tableau 7 que l'allongement de rupture ne varie pas avec la torsion.

Cas de l'ITG 300 : L'examen du tableau 8 et de la figure 42 montre que la résistance spécifique en CN/tex passe par un maximum pour  $\alpha_m$  compris entre 80 et 100. Les différences constatées entre  $\alpha_m = 100$  et  $\alpha_m = 120$  sont aussi très significatives.

Le fil 33 tex a été filé avec les coefficients de torsion  $\alpha_m = 50 - 55$  et 70 (figure 43). On constate que la résistance spécifique est plus faible que pour  $\alpha_m = 80$  et les résistances à  $\alpha_m = 70$  et  $\alpha_m = 80$  diffèrent significativement.

On peut donc dire que le coefficient de torsion critique, correspondant à la résistance spécifique maximale se situe entre  $\alpha_m = 80$  et  $\alpha_m = 100$ . Pour des fils plus gros, le coefficient de torsion critique peut être moins élevé (pour  $T_t = 50$  tex,  $\alpha_m = 80$ ). Pour ce qui concerne l'allongement, on constate qu'il diminue lorsque la résistance diminue.

Si on compare les deux systèmes BD 200 et ITG 300 (figure 43) à titre du fil et coefficients de torsions identiques, le fil obtenu sur BD 200 RS est très significativement moins résistant que celui obtenu sur ITG 300.

b) La courbe résistance-torsion et travail-torsion pour différentes finesses du fil et différentes vitesses de la turbine pour le métier ITG 300

Un problème qui retient toujours l'attention des constructeurs est la capacité de production du métier. Celle-ci peut s'exprimer par la relation :

$$P = 0,06 \frac{T_t \cdot V_T}{T} \quad (\text{g/h})$$

où :  $T_t$  = vitesse du fil (tex) ;  $V_T$  = vitesse du rotor ( $\text{min}^{-1}$ )  
 $T$  = torsion du fil ( $\text{m}^{-1}$ ).

On voit qu'elle est influencée par deux facteurs : torsion du fil et vitesse de la turbine.

Il est donc souhaitable d'utiliser la plus petite torsion possible tout en tenant compte des exigences du processus de filage (fig. 40) et des propriétés mécaniques du fil (fig. 43), on peut aussi envisager une augmentation de la vitesse de la turbine compatible avec un nombre de casses de fils acceptables.

Le fil casse à l'intérieur de la turbine parce que la résistance de la bandelette près de la paroi est plus petite que la tension qui s'exerce sur le fil, celle-ci provient des forces qui agissent à l'intérieur de la turbine, sur le fil :

- Fc : force centrifuge du mouvement de rotation-entraînement
- Fk : force coriolis du mouvement de rotation et vitesse de tirage du fil
- R : résistance de l'air provoquée par le courant de l'air
- G : force de gravité

Parmi ces forces, les plus importantes sont : la force centrifuge et la force coriolis. Les autres ont des valeurs petites par rapport à la force centrifuge <sup>(16)</sup>.

Nous avons, avec un tensiomètre électronique Rothschild connecté à un enregistreur, mesuré la tension du fil entre le dispositif DFT et le cylindre de tirage dans le système ITG 300. Cette valeur, exprimée en CN/tex, représente non seulement la tension à l'intérieur de la turbine mais aussi celle qui résulte du frottement du fil dans la buse et le DFT. Les figures 44 et 45 représentent les variations de la tension en fonction de la vitesse de la turbine pour 2 fils de finesse 33 et 50 tex auxquels ont été appliqués 4 torsions différentes :  $\alpha_m = 80, 100, 120$  et  $140$ .

Les résultats relatifs à l'influence de la vitesse de la turbine sur les caractéristiques mécaniques du fil : résistance - travail de rupture sont regroupés tableau 8, fig. 46 a et 46 b, 47 a et 47 b, 48 a et 48 b.

Pour un même coefficient de torsion, à la vitesse de turbine de 20 000 ( $\text{min}^{-1}$ ) la résistance et l'allongement sont plus élevés qu'à la vitesse de 30 000 ( $\text{min}^{-1}$ ). Ces différences sont extrêmement significatives, sauf pour le cas :

$$\alpha_m = 140 \text{ et } Tt = 33 \text{ tex.}$$

Les valeurs du travail de rupture diminuent lorsque la vitesse de la turbine et le coefficient de torsion augmentent.

Variation de la tension du fil  $cN/tex$  en fonction de la vitesse de la turbine ( $min^{-1}$ ) et de la torsion du fil ( $\alpha_m$ ).

ITG-300  
 $\tau = 33 tex$

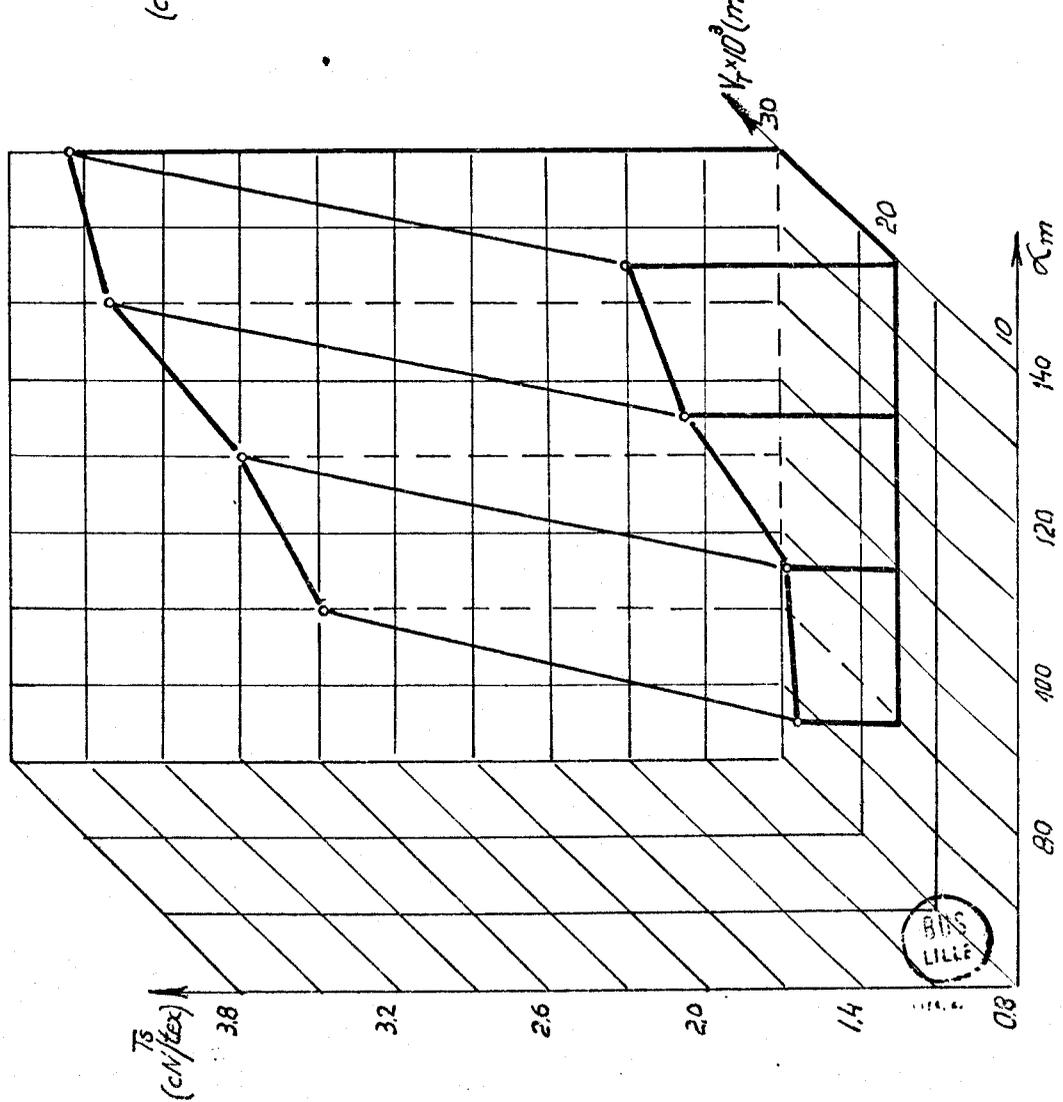


Fig 44

ITG-300  
 $\tau = 50 tex$

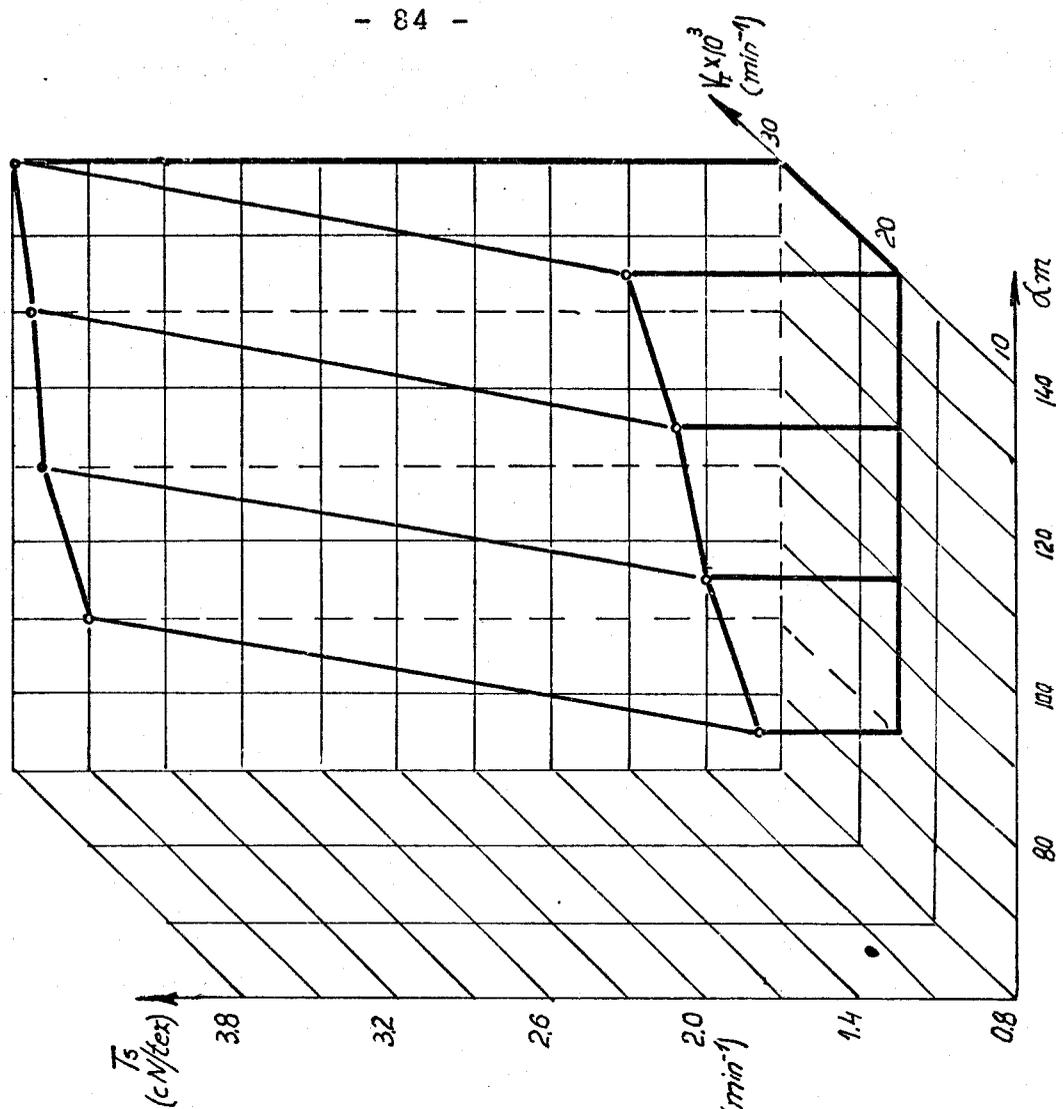


Fig 45



Variation de la résistance spécifique  $cN/tex$  ( $R_{km}$ ) et le travail de rupture ( $T_R$ ) en fonction de la vitesse de la turbine et de la torsion du fil.

ITG-300  
 $T_t = 26 tex$

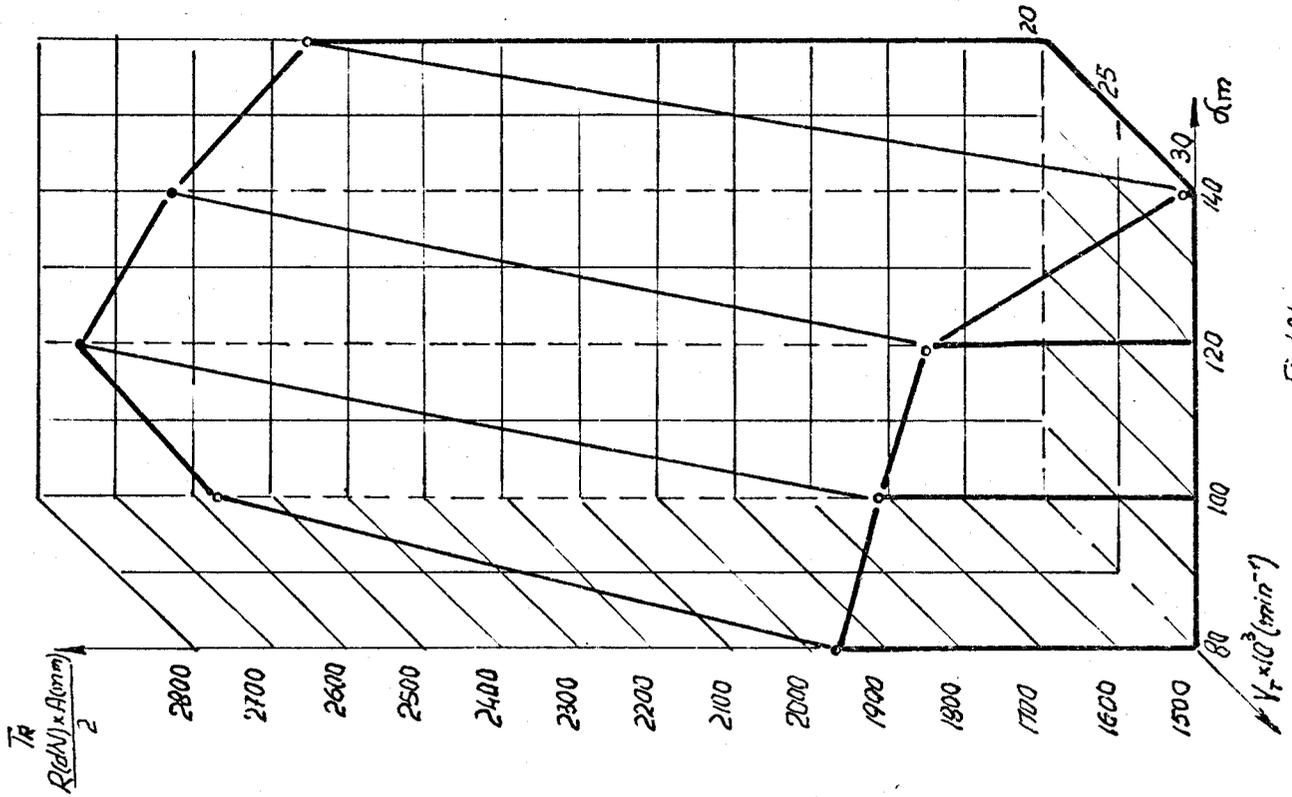


Fig 466

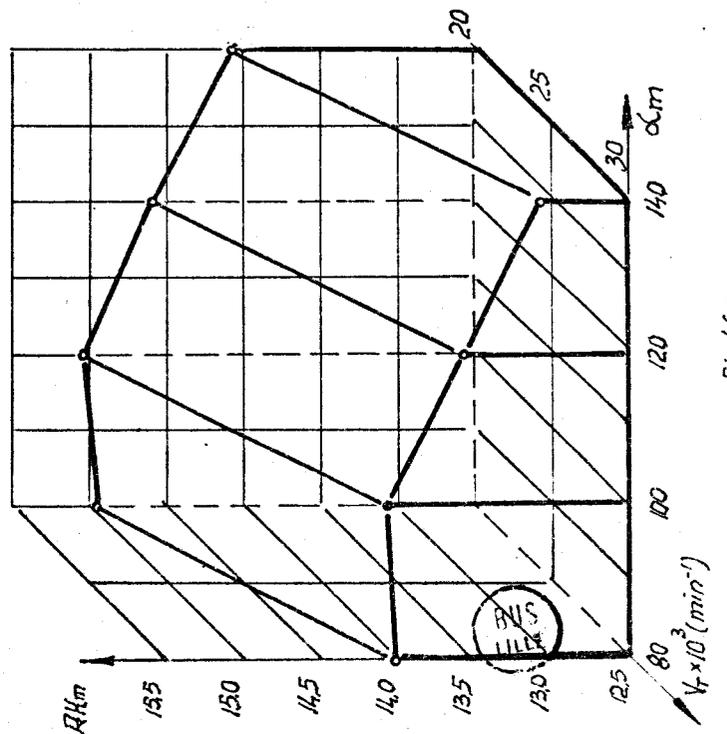


Fig 46a

ITG 300  
 $T_t = 33 \text{ Tex}$

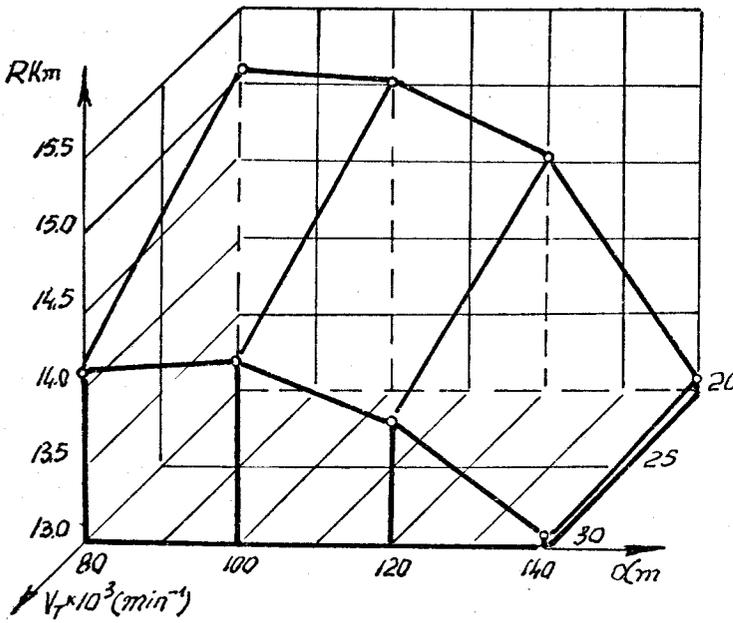


Fig. 47a



Fig. 47b

ITG-300

$T_t = 50 \text{ Tex}$

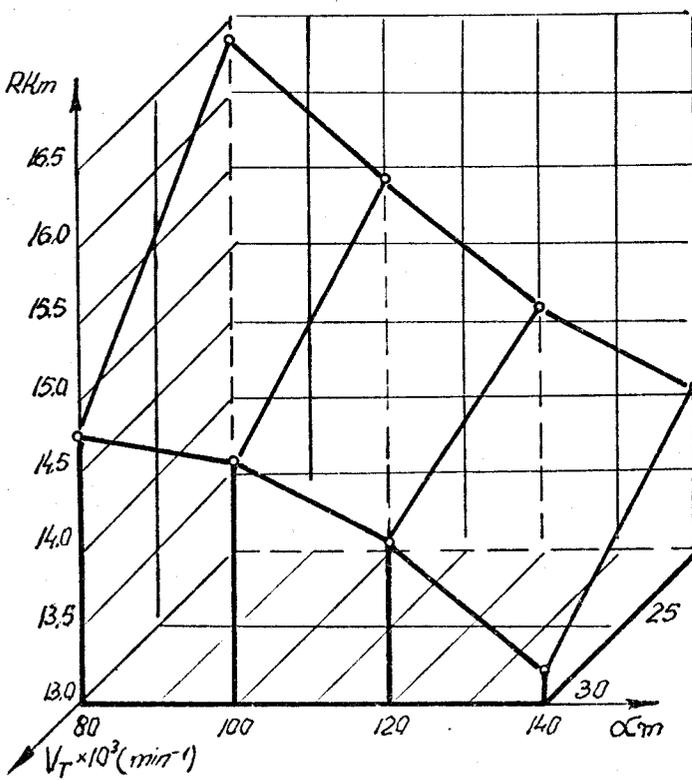


Fig. 48a

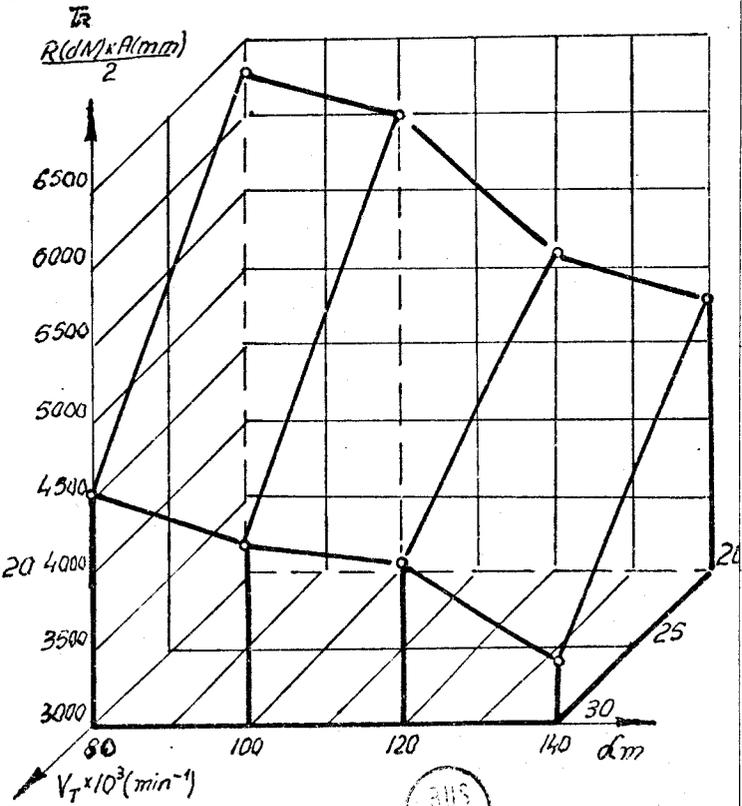


Fig. 48b



## D - INDICE DE MIGRATION

Nous avons étudié l'influence des paramètres : torsion du fil, vitesse de la turbine et forme de la surface collectrice sur les indices de migration d'une fibre calculés à partir de sa position radiale.

Pour cela, six échantillons de fil de titre déterminé (33 tex) ont été testés : quatre ont été obtenus avec des torsions  $\alpha_m = 80$  et 140 en fixant la vitesse de la turbine à 20 000 et 30 000 tours minute (métier ITG) et les deux autres avec des coefficients de torsion de 86 et 140 à la seule vitesse de 36 000 tours minute (métier BD 200 RS)

### a - Méthode et appareil utilisé

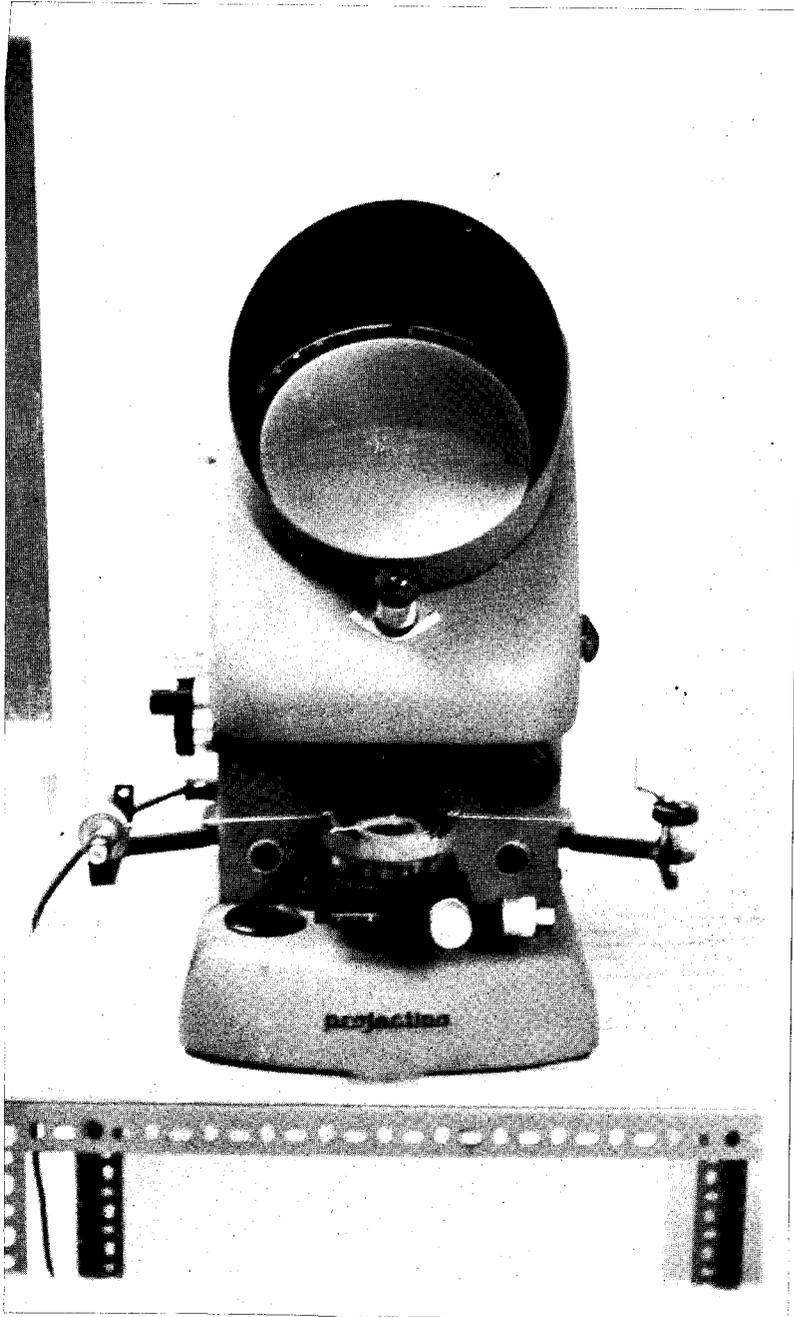
La position radiale d'une fibre dans un fil peut être repéré au moyen de fibres traceuses, de même nature que le fil mais colorées, elles sont introduites par petits paquets à l'entrée du système d'étirage.

Un appareil Projectina (photo n° 5) permet l'observation du fil qui, soumis à une tension de 1 CN, a été au préalable immergé dans un liquide de même indice que les fibres blanches. Pour les fibres acryliques ( $I = 1,520$ ), nous avons utilisé un mélange d'alcool benzylique et de cyclohexanol ( $I = 1,497$ ).

Les fibres traceuses peuvent occuper diverses positions selon leur façon d'arrivée dans la turbine. Pour les mesures, nous n'avons tenu compte que de celles qui forment une hélice entre le centre et l'extérieur du fil et dont les extrémités se trouvent à l'intérieur.

### b - Calcul des indices de migration

En supposant que la fibre admette une symétrie axiale autour du fil et puisque le diamètre du fil n'est pas constant, la position radiale de la fibre peut être exprimée par le rapport  $(\frac{r}{R})^2$  du rayon  $r$  où se trouve la fibre



BUS  
LIFE

au rayon R du fil (fig. 49). Ces valeurs peuvent se calculer par l'intermédiaire des 3 dimensions (a, b, c) mesurés selon 2 échelles perpendiculaires sur l'écran de Projectina.

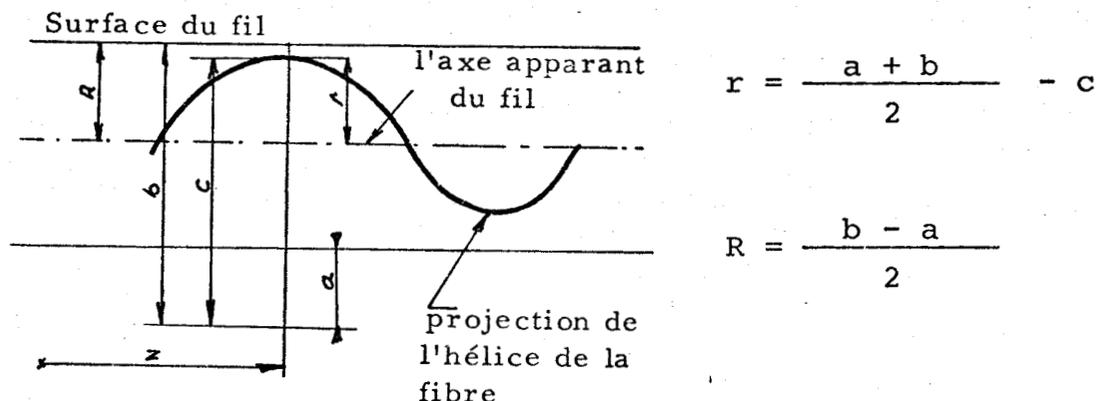


Fig. 49

Soit  $r_1, r_2, r_3 \dots r_n$  et  $R_1, R_2 \dots R_n$  les valeurs correspondantes pour les sommets et les creux successifs de la projection de l'hélice et  $z_1, z_2 \dots z_n$ , les abscisses de chaque sommet et creux le long du fil (fig. 50)

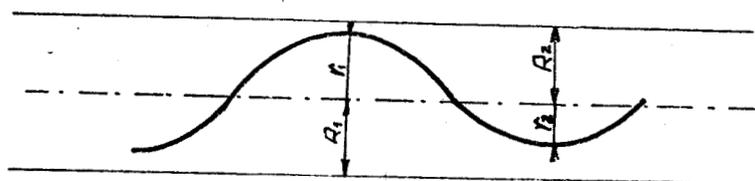


Fig. 50

On note par  $y'$ , la valeur moyenne du rapport  $\frac{r}{R}$  pour des positions successives et  $z'$  la longueur moyenne le long du fil pour les positions correspondantes et on détermine ainsi

$$y'_2 = \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{r_1}{R_1} + \frac{r_2}{R_2} \right) \right]^2$$

$$y'_3 = \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{r_2}{R_2} + \frac{r_3}{R_3} \right) \right]^2$$


---


$$y'_n = \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{r_{n-1}}{R_{n-1}} + \frac{r_n}{R_n} \right) \right]^2$$

$$z'_2 = \frac{z_1 + z_2}{2}$$

$$z'_3 = \frac{z_2 + z_3}{2}$$



$$z'_n = \frac{z_{n-1} + z_n}{2}$$

Les indices qui caractérisent la migration de la fibre ont été calculés à partir des valeurs moyennes par les relations suivantes :

- Position moyenne de la fibre ( $\bar{Y}$ )

$$\bar{Y} = \frac{1}{z_n} \int_0^{z_n} y \, dz = \frac{1}{z'_n - z'_2} \sum_{i=3}^{i=n} \frac{y'_i + y'_{i-1}}{2} \quad (z'_i - z'_{i-1} = 1)$$

- L'amplitude de la migration (D)

$$D = \left[ \frac{1}{z_n} \int_0^{z_n} (y - \bar{y})^2 \, dz \right]^{1/2} = \left[ \frac{1}{z'_n - z'_2} \sum_{i=3}^{i=n} \frac{(y'_i - \bar{y})^2 + (y'_{i-1} - \bar{y})^2}{2} (z'_i - z'_{i-1}) \right]^{1/2}$$

- L'intensité de migration (I)

$$I = \left[ \frac{1}{z_n} \int_0^{z_n} \left( \frac{dy}{dz} \right)^2 dz \right]^{1/2} = \left[ \frac{1}{(z_n' - z_2')} \sum_{i=3}^{i=n} \left( \frac{y_i' - y_{i-1}'}{z_i' - z_{i-1}'} \right)^2 (z_i' - z_{i-1}') \right]$$

Si on regarde les figures 51a, b, c, d, obtenues pour différentes torsions et vitesses, on peut constater que la migration de la fibre n'est pas régulière ; de ce fait, on calcule la fréquence d'une migration équivalente (E), donnée par la relation suivante (15) :

$$E = I/4 \sqrt{3} D \quad (\text{cm}^{-1})$$

où :

I = intensité de migration ( $\text{cm}^{-1}$ )

D = amplitude de la migration (l'écart type de la position radiale de la fibre)

Les calculs des indices ont été fait à partir des valeurs a, b, c, z par l'intermédiaire d'un programme passé sur calculateur T 1600 de Télémécanique. La distribution des valeurs des indices de migration ( $\bar{Y}$ , D, I, E) pour les vingt fibres dans les fils testés, est présentée dans les figures 52a, b, c, d.

Les valeurs moyennes des indices de migration, pour chaque fil testé, sont présentées dans le tableau n° 9 et graphiquement dans les figures 53a, b, c, d.

Pour avoir une image générale sur la position radiale de la fibre par rapport à l'axe du fil, on a partagé les valeurs du rapport  $\left(\frac{r}{R}\right)^2$  pour les vingt fibres de chaque fil testé en cinq zones, les distributions par zones et par fil sont présentées dans les fig. 54a, b, c, d, e et f.; les distributions mettent en évidence la position des fibres par rapport au diamètre du fil, en fonction des caractéristiques technologiques du fil et des caractéristiques de réglage du métier.

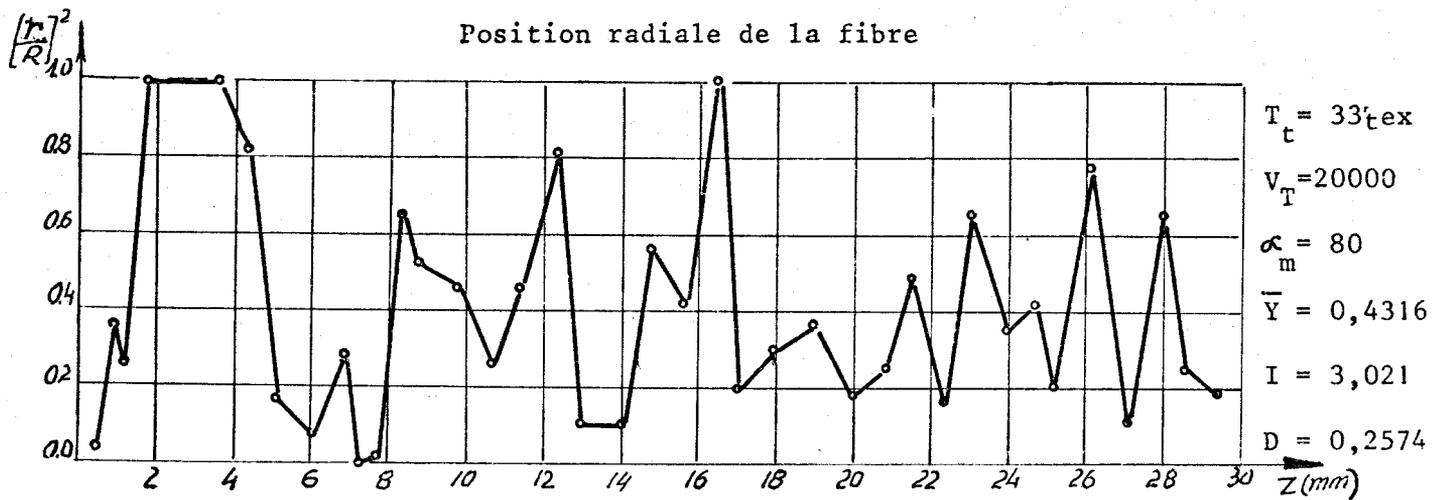


Fig. 51a

Longueur le long du fil

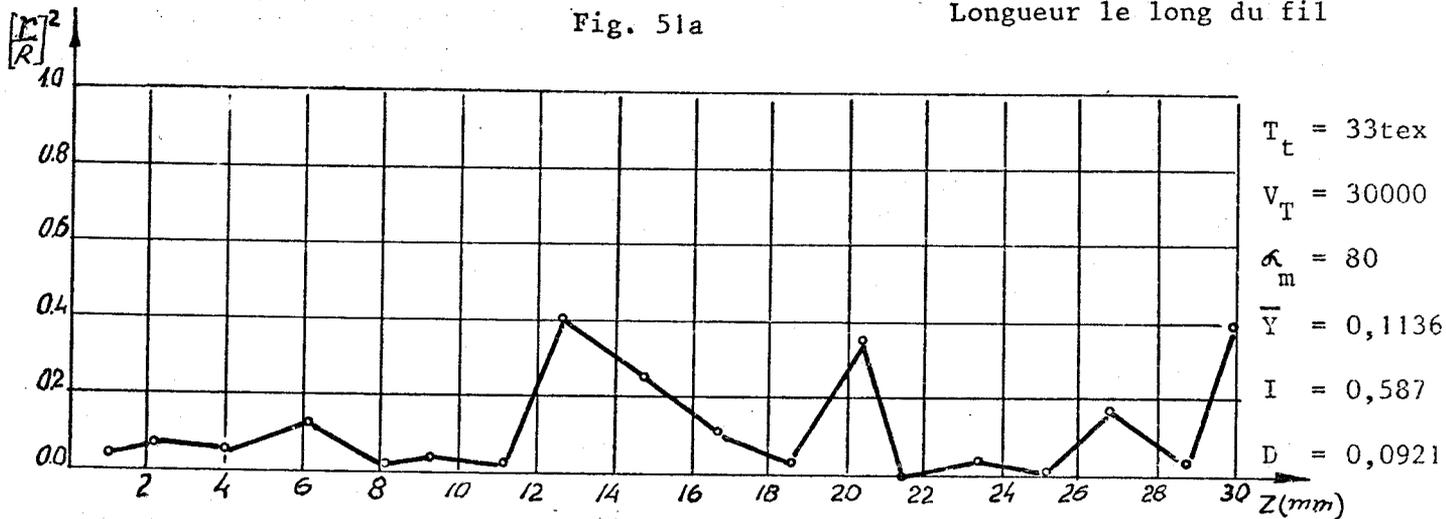


Fig. 51b

Longueur le long du fil

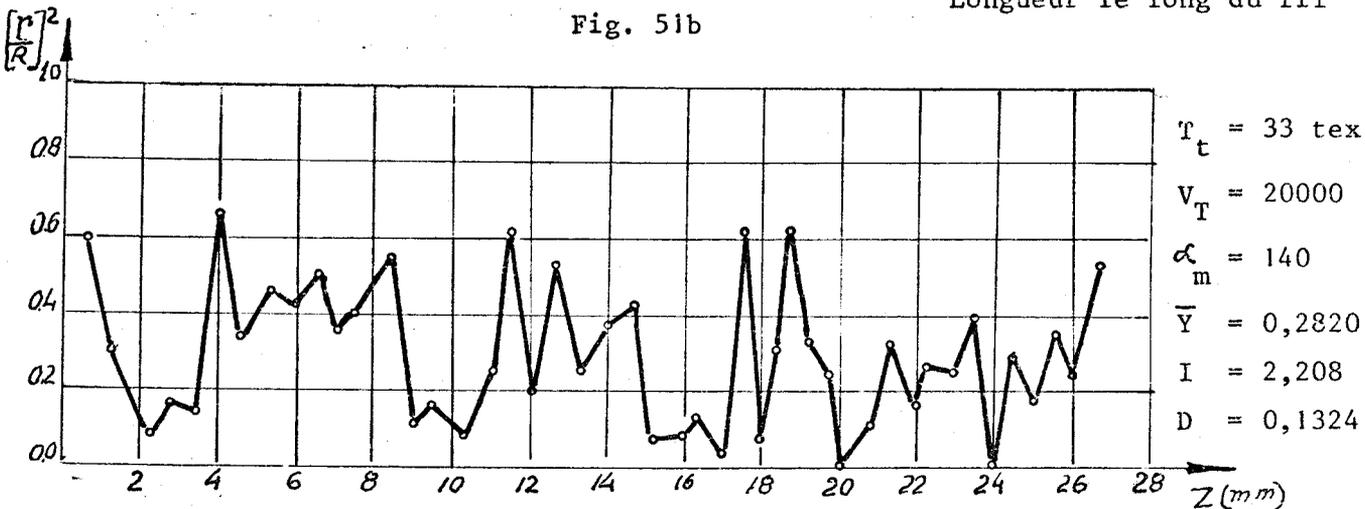


Fig. 51c

Longueur le long du fil

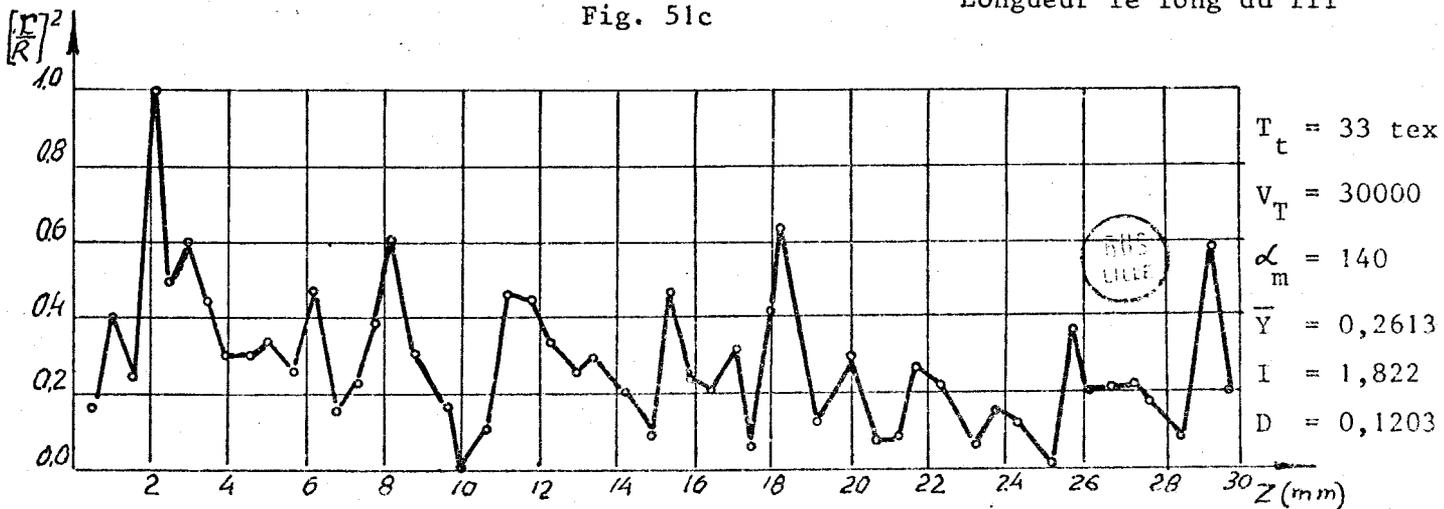


Fig. 51d

Longueur le long du fil

Courbe de répartition pour la position moyenne de la fibre.

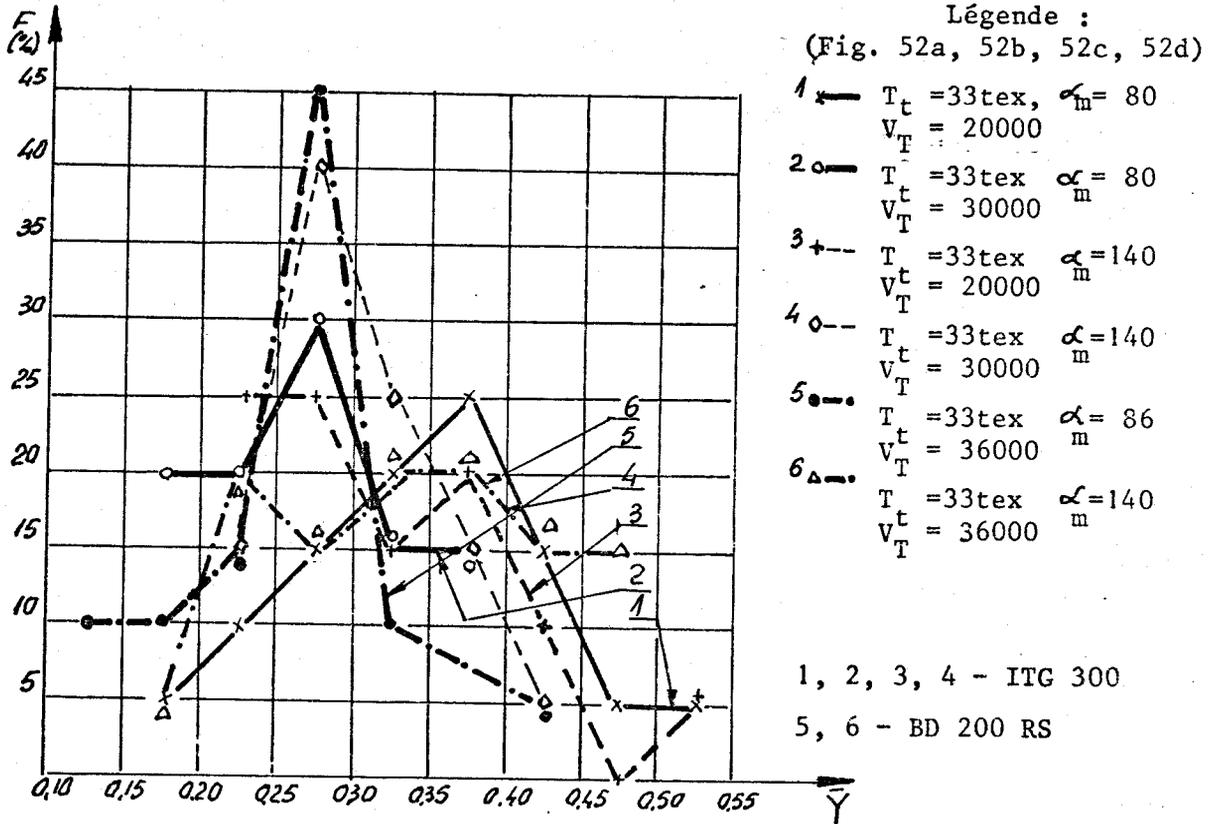


Fig. 52a

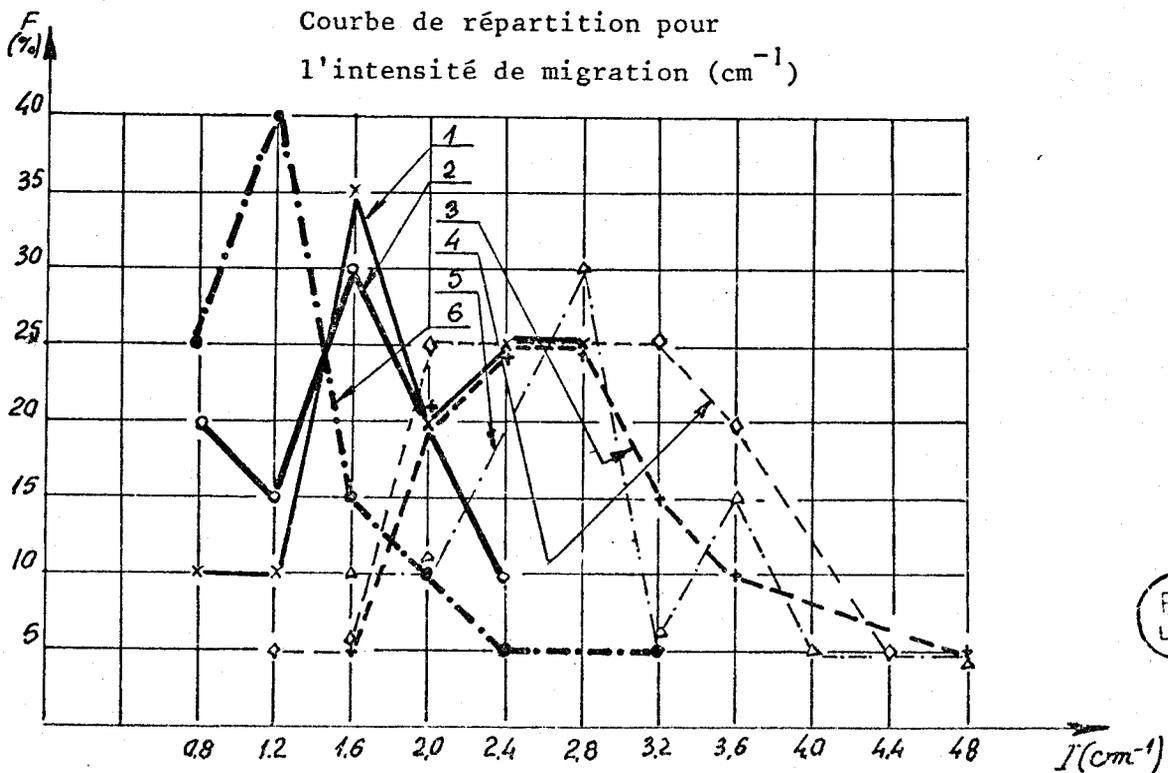


Fig. 52b



Courbe de répartition pour  
l'amplitude de la migration

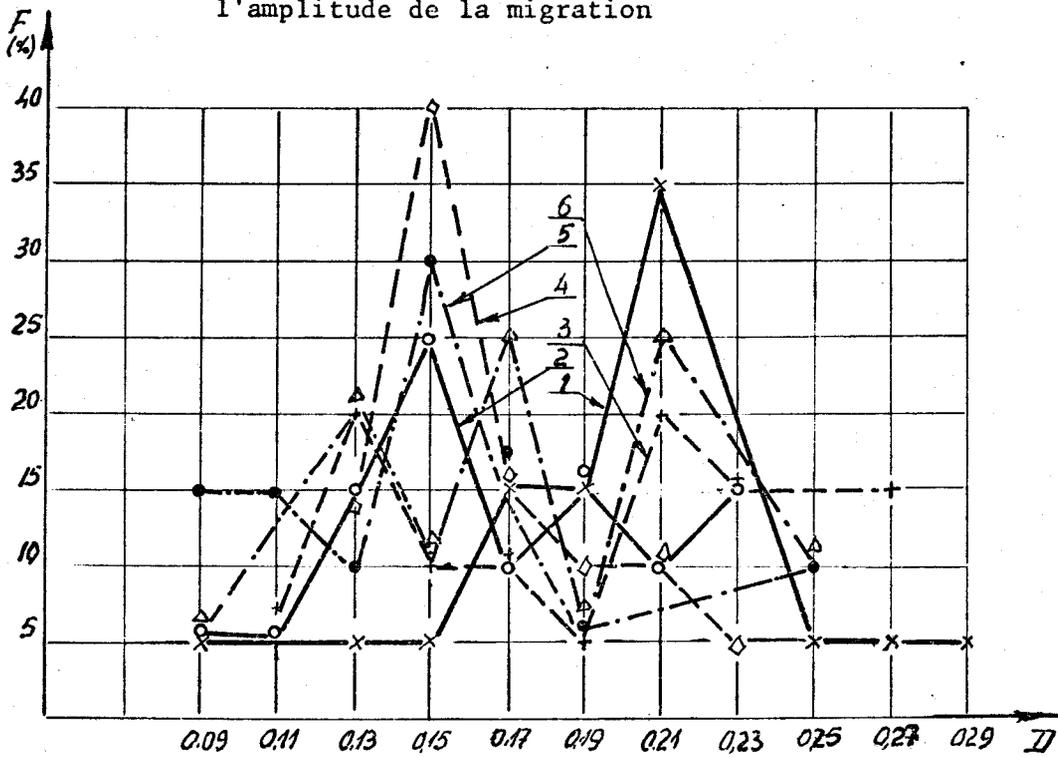


Fig. 52c

Courbe de répartition pour la fréquence  
d'une migration équivalente

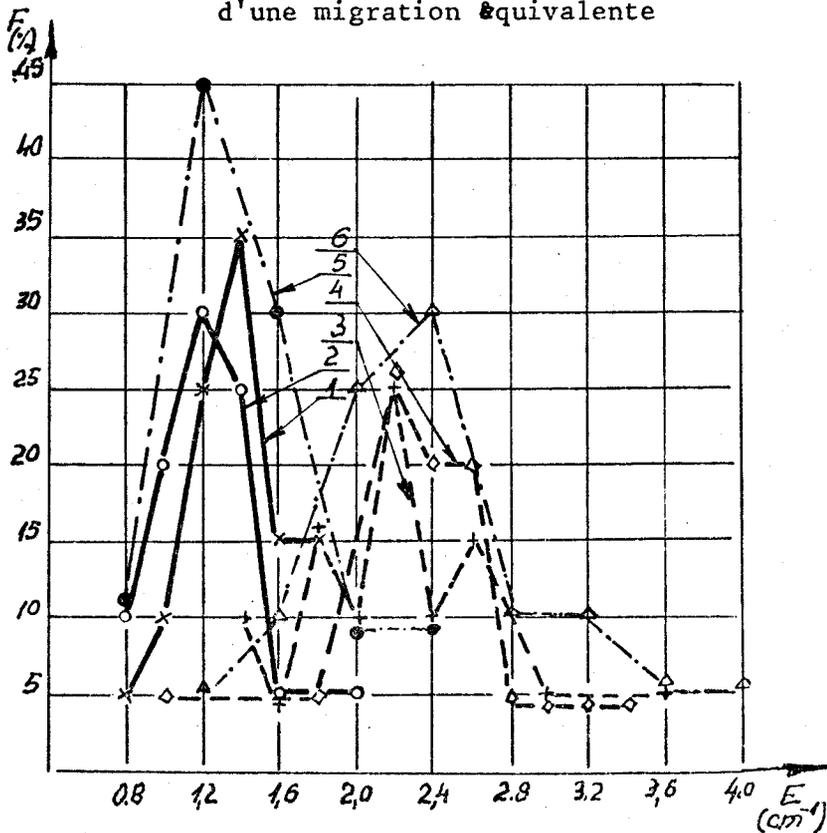


Fig. 52d



TABLEAU n°9

-----

SYSTEME		ITG-300				BD.200	
Tt (tex)		33					
V+ (min <sup>-1</sup> )		20.000		30.000		36.000	
$\alpha_m$		80	140	80	140	86	140
$\bar{Y}$	M	0,304	0,317	0,268	0,307	0,251	0,325
	ET	0,087	0,083	0,071	0,06	0,068	0,084
	CV	28,61	26,33	26,59	19,77	27,24	26,068
$\bar{I}$ (cm <sup>-1</sup> )	M	1,76	2,81	1,48	2,61	1,395	2,823
	ET	0,47	0,68	0,52	0,79	0,6	0,8
	CV	26,65	24,13	34,95	30,15	43,01	28,33
$\bar{D}$	M	0,192	0,191	0,168	0,162	0,149	0,174
	ET	0,047	0,050	0,042	0,028	0,045	0,040
	CV	24,36	26,18	25,24	17,41	30,65	22,88
$\bar{E}$ (cm <sup>-1</sup> )	M	1,35	2,20	1,26	2,30	1,327	2,389
	ET	0,26	0,52	0,31	0,50	0,31	0,66
	CV	19,36	23,72	24,68	21,79	23,89	27,90

$\bar{Y}$ ,  $\bar{I}$ ,  $\bar{D}$ ,  $\bar{E}$  = Valeurs moyennes pour un nombre de 20 fibres pour chaque fil.

.../...



Variation des indices de migration moyens en fonction de la torsion du fil ( $\alpha_m$ ) et de la vitesse de la turbine ( $V_T$ ) pour  $T_t = 33$  tex (ITG 300)

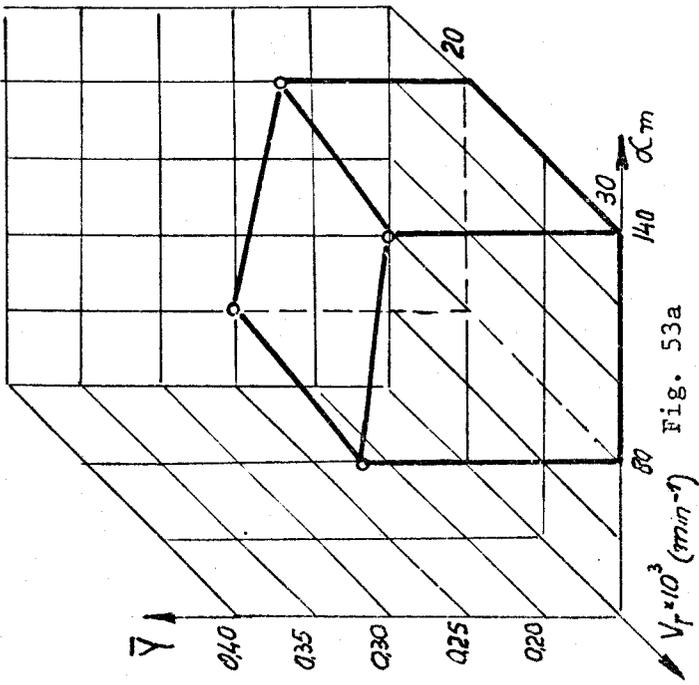


Fig. 53a

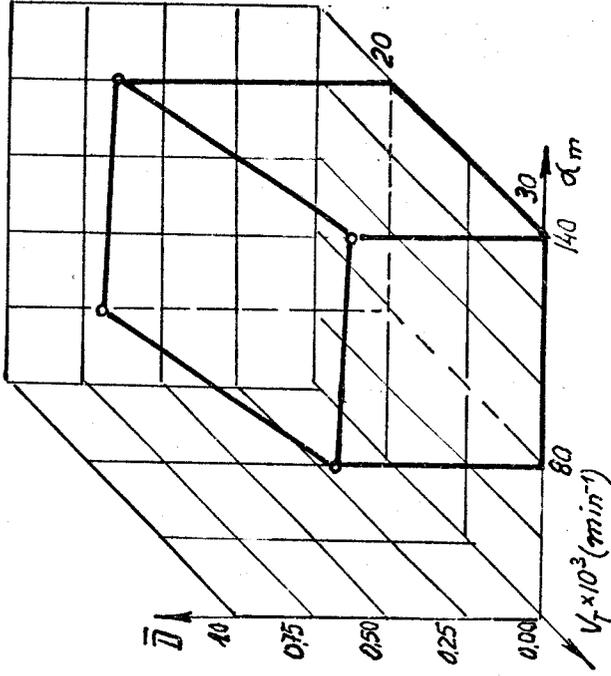


Fig. 53b

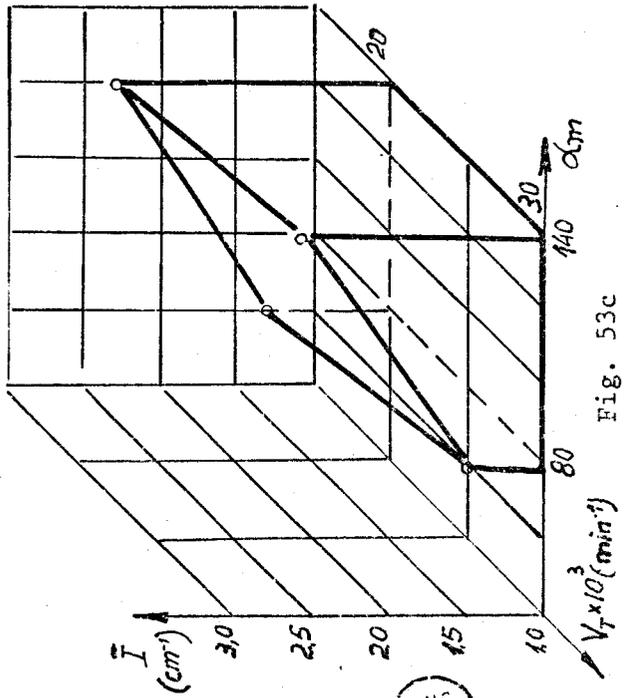


Fig. 53c

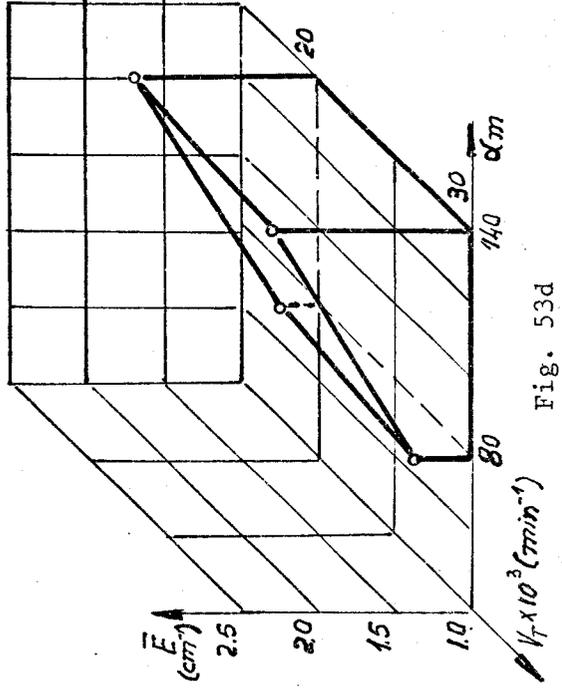


Fig. 53d



Courbe de répartition de la position radiale de la fibre

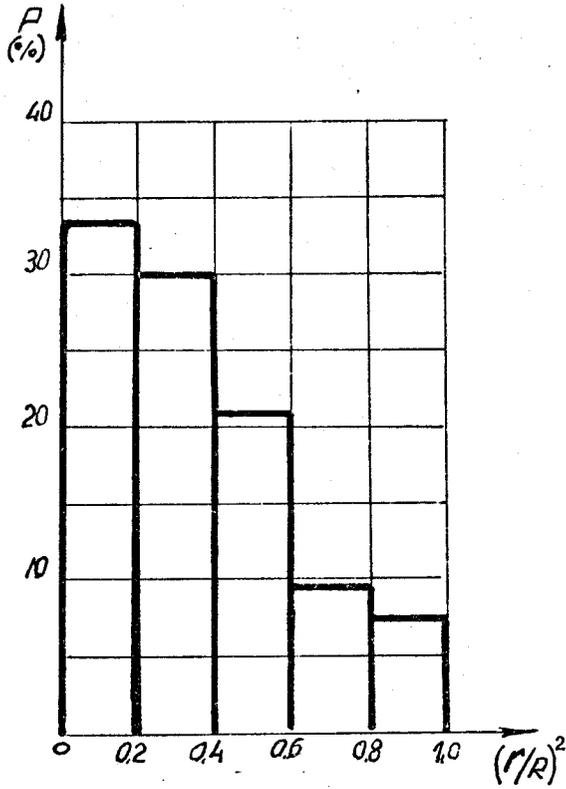


Fig. 54a

$T = 33\text{tex}$        $V_T = 20000$   
 $\alpha_m^t = 80$        $n^T = 500$

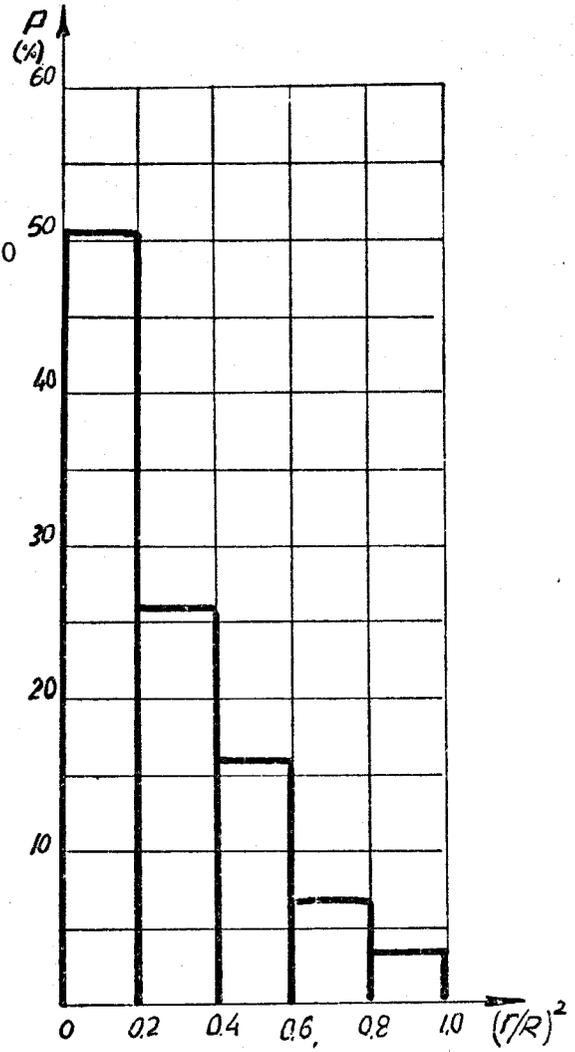


Fig. 54b

$T = 33\text{tex}$        $V_T = 30000$   
 $\alpha_m^t = 80$        $n^T = 515$

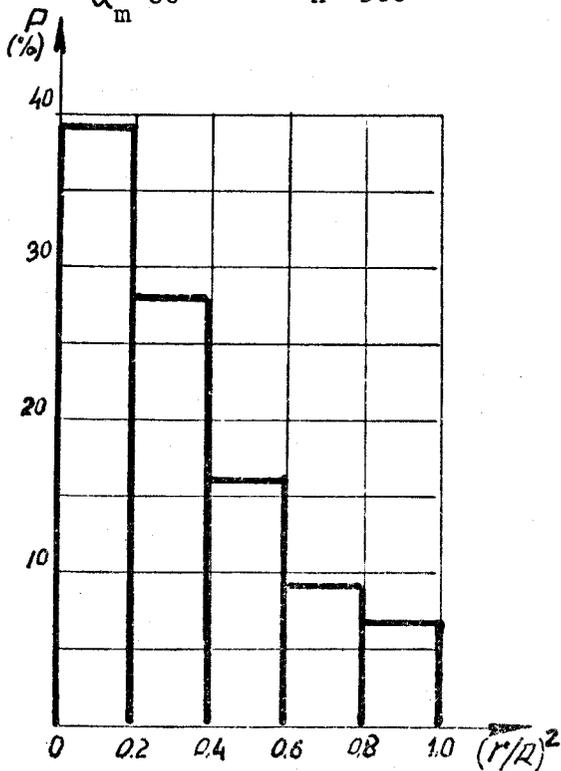


Fig. 54c

$T = 33\text{tex}$        $V_T = 20000$   
 $\alpha_m^t = 140$        $n^T = 687$

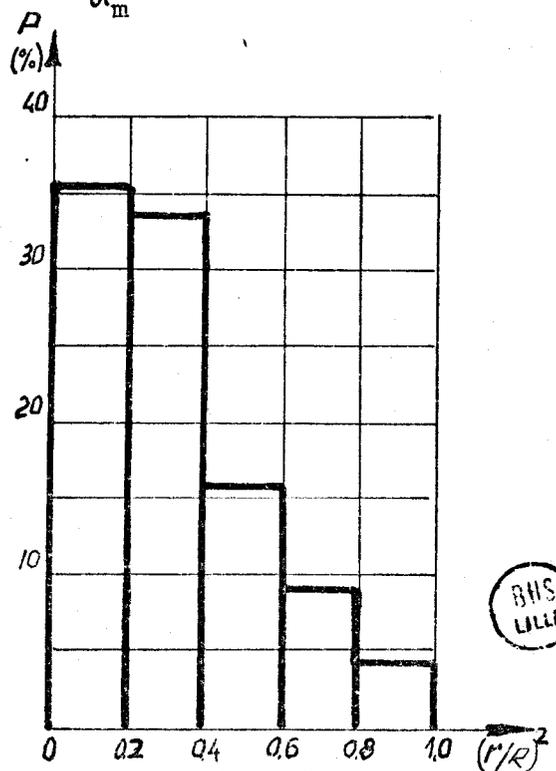


Fig. 54d

$T = 33\text{tex}$        $V_T = 30000$   
 $\alpha_m^t = 140$        $n^T = 850$



BD 200 RS

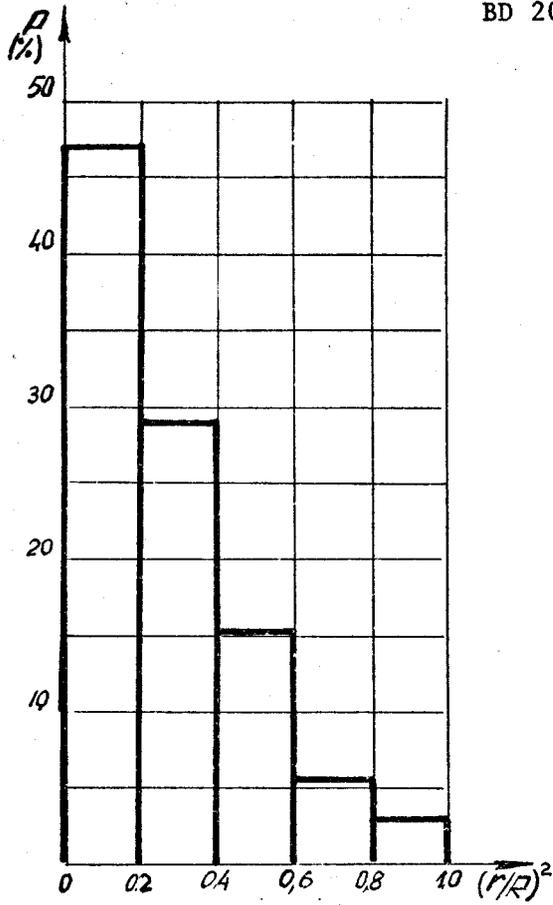


Fig. 54e

$T = 33\text{tex}$        $V_T = 36000$   
 $\alpha_m^t = 86$        $n_T = 510$

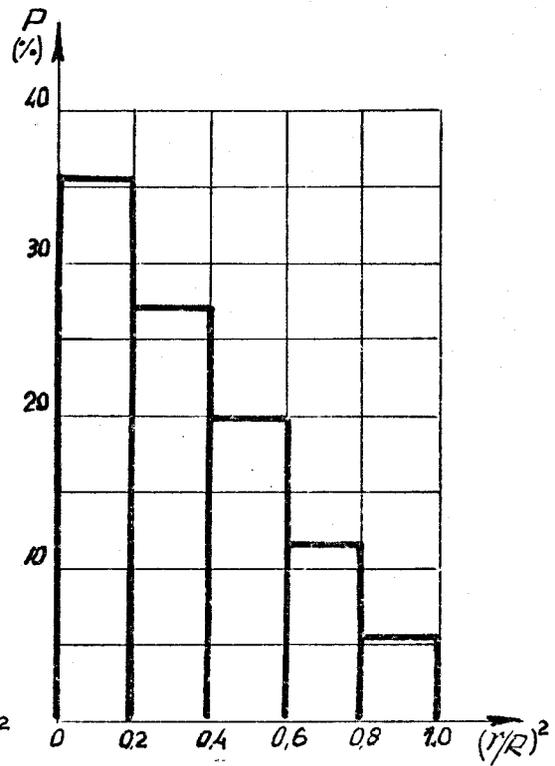


Fig. 54d

$T = 33\text{tex}$        $V_T = 36000$   
 $\alpha_m^t = 140$        $n_T = 641$

P = pourcentage du nombre total de mesures (n)

c - Analyse des résultats

Les fibres peuvent se partager en 2 classes selon que leur trajectoire se situe :

- entre le centre et l'extérieur du fil (fig. 51 a)
- ou à l'intérieur (fig. 51b, c, d)

Cette position influence les propriétés mécaniques du fil. En effet, une fibre de la première catégorie offre un nombre de points de contact inter-fibres plus élevé qu'une fibre de la seconde catégorie, ce qui accroît la résistance du fil.

La présence de fibres se déplaçant dans une zone près du centre du fil, vérifie l'hypothèse de la mise en torsion par bandelette enroulée, ainsi que la possibilité d'effondrement dans cette région, lorsque la mise en torsion se fait à une tension plus grande ( $V_T = 30\ 000\ (\text{min}^{-1})$ ) (fig. 51 b).

La valeur moyenne  $\bar{Y}$  de la position radiale de la fibre pour différents fils est présentée dans le tableau 9 et graphiquement figure 53 a.

Deux remarques s'imposent :

- Si l'on fixe la vitesse de la turbine,  $\bar{Y}$  varie dans le même sens que la torsion, le fait est plus significatif pour la BD 200 que pour l'ITG 300.

- Si l'on impose un coefficient de torsion  $\alpha_m$ ,  $\bar{Y}$  varie en sens inverse de la vitesse de la turbine. Dans le cas de  $\alpha_m = 80$ , la tendance est significative et peut être expliquée par la tension lors de la mise en torsion. A la vitesse  $V_T = 20\ 000\ (\text{min}^{-1})$ , la tension du fil à l'intérieur de la turbine est plus petite que pour  $V_T = 30\ 000\ (\text{min}^{-1})$ , moins tensionnées les fibres peuvent plus facilement glisser les unes sur les autres. On peut également l'expliquer par la densité de tassement des fibres. A la vitesse  $V_T = 30\ 000\ (\text{min}^{-1})$ , la force centrifuge de la bandelette est différemment répartie. Pour une couche externe la for-



ce centrifuge est plus grande que pour une couche centrale, et les fibres se déplacent moins vers l'extérieur du fil. Pour un coefficient de torsion plus grande ( $\alpha_m=140$ ) on garde la même tendance, mais la différence n'est pas significative (tableau 9).

L'intensité de migration  $\bar{I}$  est influencée par la vitesse de la turbine et par la torsion du fil (tableau 9, figure 53 c).

Pour un coefficient de torsion donnée,  $\bar{I}$  varie en sens inverse de  $V_T$ . Si la vitesse passe de 20 000 à 30 000, pour  $\alpha_m = 80$ , la diminution est très significative (1,76 à 1,48), elle l'est moins pour  $\alpha_m = 140$  (2,81 à 2,61).

Lorsqu'on garde la même vitesse de turbine, mais que l'on augmente le coefficient de torsion de 80 à 140,  $\bar{I}$  augmente pour les 2 systèmes et les différences sont significatives.

En ce qui concerne l'amplitude  $\bar{D}$ , l'influence de la vitesse de la turbine est significative, celle de la torsion ne l'est pas (tab. 9, fig. 53b), le phénomène est inversé pour la fréquence  $\bar{E}$  de migration équivalente (tableau 9 figure 53 d).

La distribution de la position radiale de la fibre pour chaque fil testé est donnée fig. 54 a, b, c, d, e, f. On peut remarquer que le tassement des fibres se fait davantage vers l'extérieur dans le cas du fil Open-End.

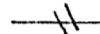
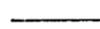
Le tableau 9 montre, en outre, que les indices de migration de fil obtenu sur ITG 300 sont supérieurs à ceux du fil obtenu dans les mêmes conditions sur BD 200. Dans ce dernier cas les fibres migrent moins et de ce fait leurs caractéristiques de résistances sont plus faibles. Ceci peut s'expliquer par la différence existant dans la forme des sections de bandelettes. L'angle de la surface collectrice de la BD 200 étant plus fermé que celui de l'ITG 300, les fibres se déposent sur une largeur plus petite donc en épaisseur plus grande et pendant la mise en torsion la fibre se déplace moins facilement.

E - APPRECIATION DU FAGOTAGE

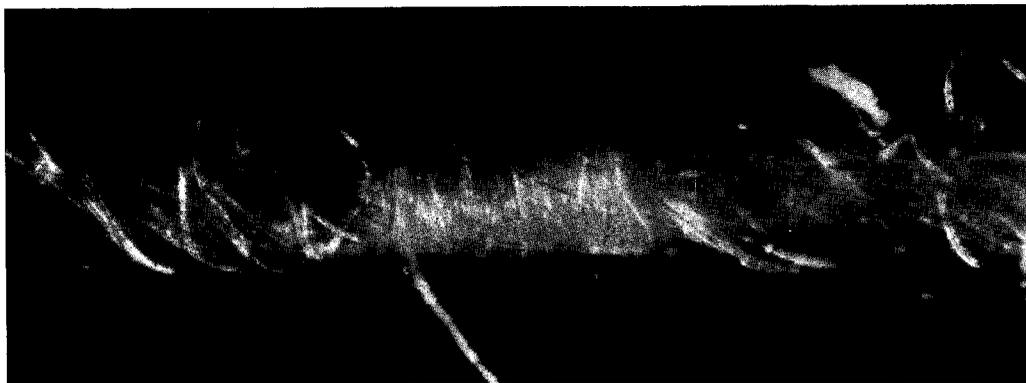
A la surface du fil Open-End se trouvent des fibres qui en troublent l'aspect extérieur : sa voluminosité (fil Bulk), ses possibilités de déformation (aplatissement, degré de recouvrement), sa pilosité, et empêchent la détermination de la torsion sur le fil.

a - Méthode utilisée

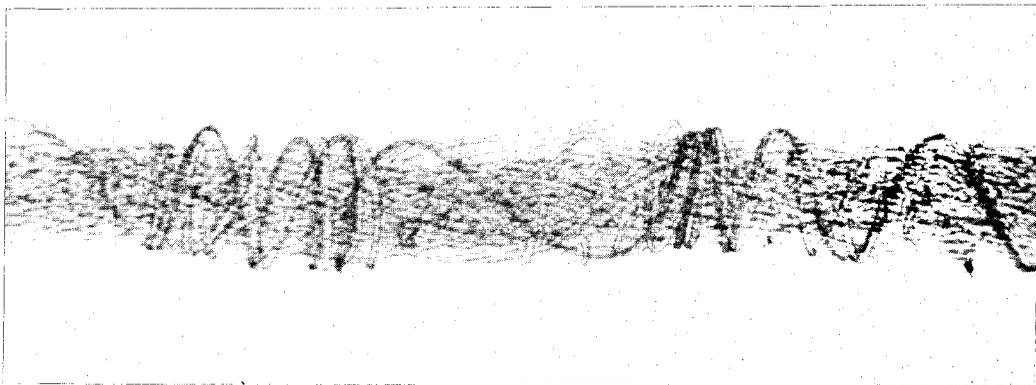
L'observation se fait sur Projectina et l'échantillon (1,50 m) est pris au hasard d'une bobine. La largeur correspondante d'une image étant de 1,5 mm, chaque fil donne 1000 images. Les symboles utilisés pour représenter les positions de la fibre sur le fil sont :

- Type a)  une fibre disposée en spires serrées - photo 6
- Type b)  une fibre faisant une spire à grands pas - photo 7
- Type c)  une fibre faisant une spire à petits pas - photo 8
- Type d)  plusieurs fibres faisant une spire double photo 9 ou une fibre faisant une spire double
- Type e)  plusieurs fibres faisant une spire - photo 9
- Type f)  zone de fil sans fibre fagotée - photo 10

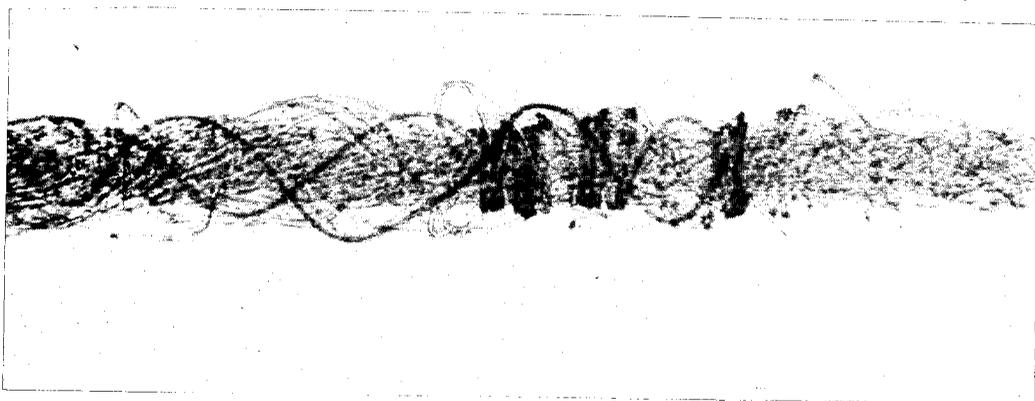
Dans le tableau 10, sont représentées le nombre d'images de chaque type de fagot pour trois fils (fibre acrylique, 2,2 dtex/60), obtenues sur le métier BD 200 RS.



*photo 6*



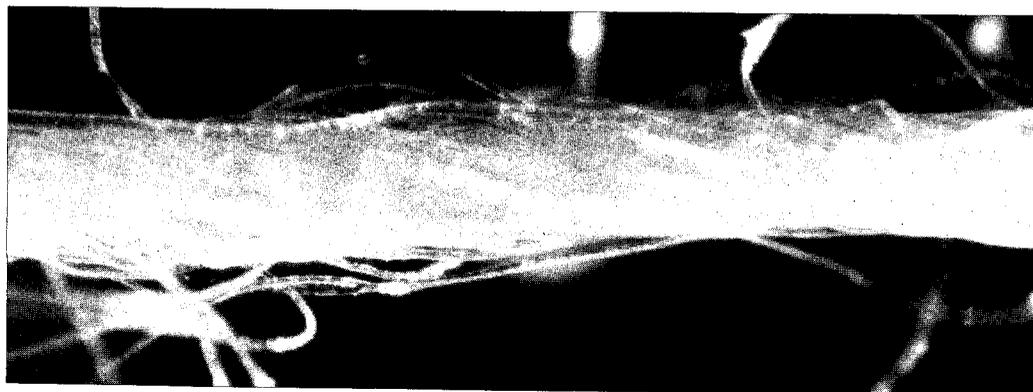
*photo 7*



*photo 8*



*photo 9*



*photo 10*



TABLEAU 10

TYPE	Nm 30 T=860	Nm 50 T=860	Nm 60 T=860
a	118	85	79
b	126	121	30
c	32	15	35
d	98	12	5
e	53	10	11
f	573	757	840

En suivant le film formé par des vues de 1,5 mm pour une longueur de 1,50 m de fil, nous n'avons jamais observé de périodicité d'arrivée de fibres sur ce fil. Certaines fibres fagotent avec une longueur inférieure à 1,5 mm, d'autres sur 15 - 20 mm ; il existe aussi des fagots superposés.

La figure 55 montre que la longueur maximale de zone fagotée atteint 20 mm pour un fil de 25 tex et ne dépasse pas 6,0 mm pour un fil de 16 tex. Ceci veut dire que l'effet de superposition est plus grand pour les fils les plus gros.

Si l'on considère l'ensemble des fagots obtenus, on observe une distribution de Poisson pour le titre de 16 tex ce qui n'est pas le cas pour les titres 33 et 25 tex.

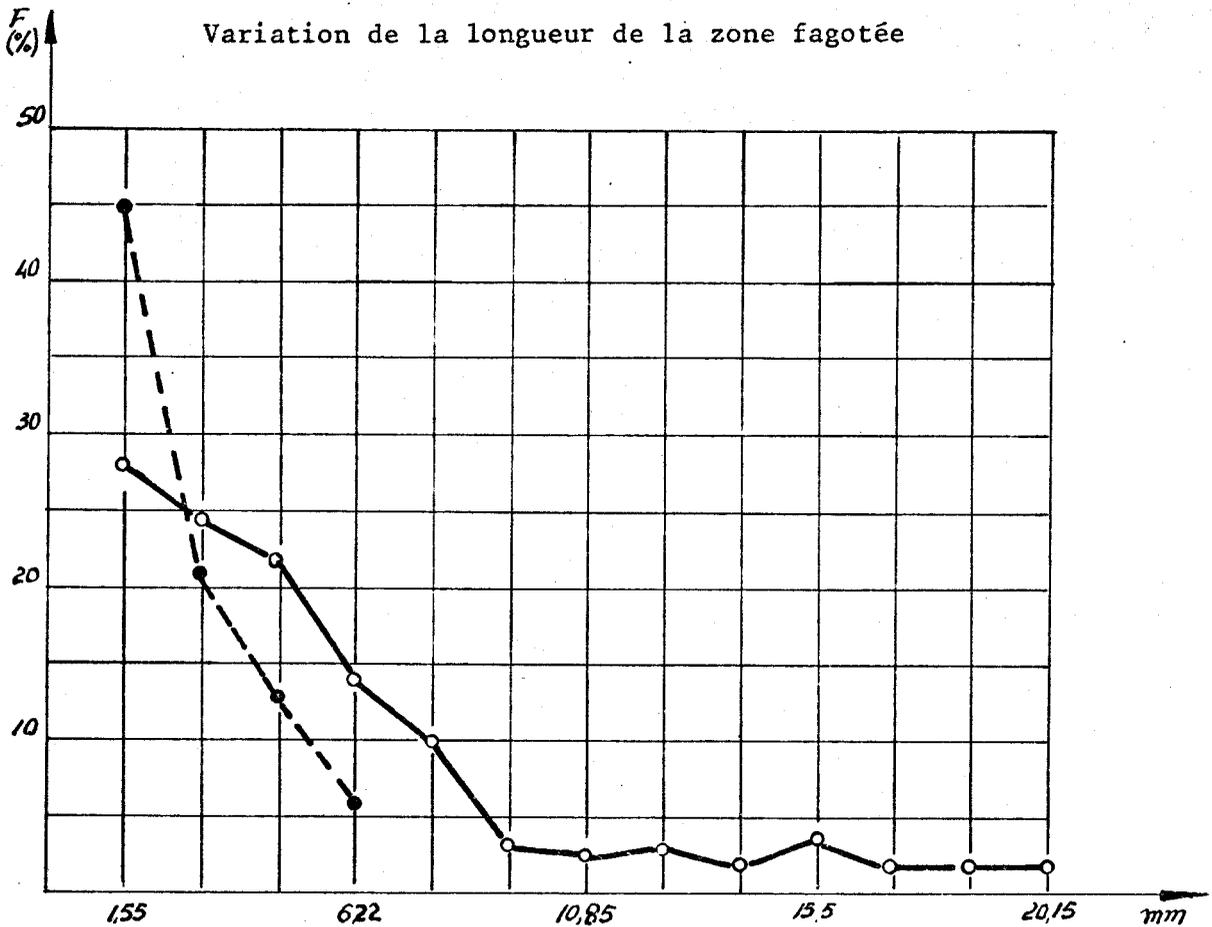


Fig. 55  
 ---  $T_6 = 16 \text{ tex } 2.2 \text{ dtex}/60 \text{ mm } \text{BD } 200 \text{ RS}$   
 —  $T_6 = 25 \text{ tex } 2.2 \text{ dtex}/60 \text{ mm } \text{BD } 200 \text{ RS}$

Courbe de répartition pour le fagot (type a)

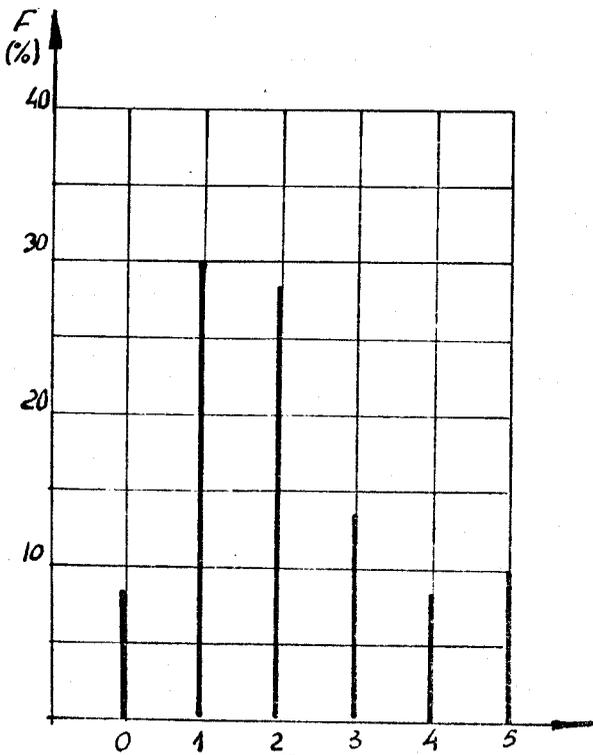


Fig. 56a  
 17G. 300  
 $T_6 = 33 \text{ tex}$   
 $d_m = 80$   
 $V_f = 20.000$

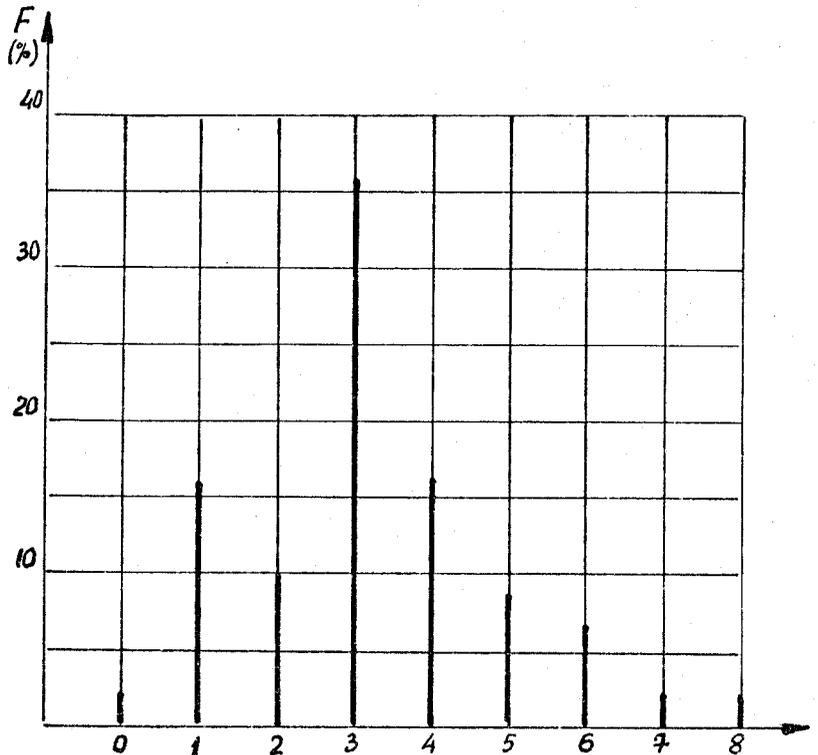


Fig. 56b  
 17G. 300  
 $T_6 = 33 \text{ tex}$   
 $d_m = 80$   
 $V_f = 30.000$



Nous avons, aussi, constaté que les types a) et b) étaient les plus fréquents et ceux qui causent le plus de problème car ils étranglent le fil sur une longueur le plus souvent inférieure à 1 mm. Par la suite, nous n'avons pris en considération que ces types de fagots et avons exprimé nos résultats pour des longueurs de 50 mm.

Dans le tableau 11, on montre le nombre de fagots sur 50 mm, pour différents fils obtenus sur ITG 300.

TABLEAU 11

$V_T$ (min <sup>-1</sup> )	20 000	30 000
$T_t=33$ tex $m = 80$	2,02	3,12
$T_t=33$ tex $m = 50$	2,5	3,5
$T_t=16$ tex $m = 80$	0,62	2,12

- Analyse des résultats

Le tableau 10 montre que le rapport entre les zones sans fagot et les zones avec fagots est plus grand que un, et qu'il augmente si le fil est plus fin. Le fait que, sur une longueur de fil, les zones fagotées se succèdent (fig. 55), permet de dire qu'une fibre fagote sur plusieurs zones ou que les fibres fagotent les unes après les autres ou sont superposées.

Le fagotage du type a) occasionne le plus d'ennuis mais d'après l'analyse statistique, n'est heureusement qu'un évènement rare.

Le tableau 11 établi pour deux finesses montre plus la vitesse de la turbine est grande, plus le fil est fagoté. La finesse influe aussi sur le fagotage. Lorsque le fil est fin, la bandelette occupe une largeur petite sur la surface collectrice de la turbine, et il y a moins de risque pour les fibres extérieures de rester collées lors de l'enlèvement de celle-ci et de produire des fagots.

La fréquence d'arrivée des fibres à l'intérieur de la turbine est en outre plus petite et donc la probabilité de rencontrer le fil moins élevée.

Pour un fil  $T_t = 33$  tex obtenu à partir des fibres Orlon craquées, 3,3 dtex sur le métier ITG 300, on a 0,9 fagots, et pour une fibre de 2,2 dtex on a 2,02 à 2,5 fagots par 50 mm.

On peut dire aussi que la rigidité de la fibre influence le nombre de fagots : une fibre rigide fagote moins. Pour une fibre craquée, la frisure est plus importante que pour une fibre coupée et le coefficient de frottement inter fibres est plus grand. On a pu constater l'influence du coefficient de frottement entre les fibres, dans le cas des fibres teintées. On a trouvé pour un fil  $T_t = 50$  tex, obtenu à partir des fibres teintées sur le métier BD 200, un nombre de fagots de 0,961 par 50 mm.

### CONCLUSION

Le fil, en général, constitue l'élément important des produits textiles manufacturés. Ses propriétés sont déterminées par celles des fibres constituantes et par sa structure même. Il nous a paru intéressant de distinguer dans le fil Open-End obtenu par le système aéro mécanique : la structure due aux fibres intérieures et celle relative aux fibres extérieures.

La première influençant les caractéristiques physico-mécaniques du fil, la seconde l'aspect extérieur du fil. Dans la structure intérieure, ont été envisagées, la forme selon laquelle la fibre se présente dans le fil et la place qu'elle y occupe.

Nos observations sur bandelettes avant torsion ont mis en évidence quatre catégories de fibres : droites, crochétées, pliées ou bouclées. Ces formes sont spécifiques du système Open-End aéro mécanique, mais leur pourcentage dépend du système de séparation utilisé. Les essais faits sur les métiers ITG 300 et BD 200 RS, ont montré que le pourcentage de fibres déformées est plus grand dans le cas du métier BD 200 RS (39%) que dans le cas du métier ITG 300 (12%). Un renseignement intéressant sur la forme de la fibre peut être fourni par le rapport existant entre sa longueur à l'état normal et à l'état étiré. Il varie de 0,960 pour les fibres de la mèche

à 0,778 pour les fibres trouvées à l'intérieur de la turbine (métier BD 200). Cette différence est donnée par la présence de fibres déformées, qui finalement vont influencer les propriétés du fil, par diminution de la longueur effective de la fibre. Une analyse de la résistance spécifique permet de voir que dans le cas ITG 300, où le nombre de fibres déformées est plus petit, la résistance est plus grande pour la BD 200.

La fibre dans la turbine est non seulement endommagée dans sa forme, mais aussi cassée par le dispositif de séparation. Cette influence est particulièrement sensible dans le cas du métier BD 200 RS : la longueur des fibres à l'intérieur de la turbine diminue en fonction de l'augmentation de l'étirage total et en fonction de la finesse de la mèche. Du point de vue statistique, la différence entre la longueur de la fibre dans la mèche et la longueur à l'intérieur de la turbine, en fonction de l'étirage total, commence à devenir extrêmement significative à partir de  $e_T = 100$ . Pour un même étirage les différences provenant de la finesse de la mèche, ne sont pas significatives, aussi pour diminuer le nombre de casses des fibres, est-il préférable d'utiliser des valeurs d'étirage plus petites ou mieux des mèches plus fines.

Dans le cas du métier ITG 300, un seul étirage, parmi les plus grands qu'offre ce métier a été étudié et nous n'avons pas trouvé de différence significative entre la longueur de fibre dans la mèche et dans la turbine, cependant il y a aussi casses de fibres.

Un aspect également important de la structure intérieure est la place occupée par la fibre du fil. Cette place est déterminée d'abord par la mise en torsion puis par la tension. L'influence de ces opérations a été analysée séparément pour l'ensemble des fils sur les deux métiers testés.

La valeur de la torsion joue un rôle important : elle assure la continuité du processus de filage, préserve les caractéristiques physico-mécaniques et modifie la capacité de la production du métier.

La valeur de la torsion est en relation avec celles du diamètre de la turbine et du doublage à l'intérieur de celle-ci :

$$T(m^{-1}) = \frac{d}{\pi D_T}$$

Il existe également une relation entre les coefficients de torsion et les diamètres de la turbine :

$$\alpha_{m_2} = \alpha_{m_1} \frac{D_{T1}}{D_{T2}}$$

Pour :  $D_{T2} > D_{T1}$        $\alpha_{m_2} < \alpha_{m_1}$

Cette relation explique le fait que dans le cas du métier ITG 300 où le diamètre de la turbine est plus grand, on puisse filer du fil avec un coefficient de torsion plus bas.

Dans le cas du métier BD 200 RS, nous avons trouvé une corrélation linéaire entre le coefficient de torsion  $\alpha_m$  d'un fil et le nombre de fibres  $n_f$  qu'il renferme en section.

$$\alpha_m = - 0,0648 n_f + 119,62$$

Cette relation indique la possibilité, pour ce métier, de filer du fil à partir d'un coefficient de torsion  $\alpha_m$  de 120. Appliquée au métier ITG 300 elle aboutit à une valeur  $\alpha_{m_2}$  très inférieure

$$\alpha_{m_2} = 120 \cdot \frac{63,7}{105} = 72,8$$

Il a, en effet, été possible de filer sur ce métier, jusqu'à un coefficient  $\alpha_{m_2} = 50$ , mais il y avait des casses.

La torsion permet surtout d'assurer certaines caractéristiques physico-mécaniques du fil. En particulier la résistance qui est nécessaire à la continuité du processus jusqu'au produit final.

Il ressort d'une étude que nous avons menée sur une gamme de finesse étendue que :

la résistance du fil obtenu sur métier BD200RS varie en sens inverse du coefficient de torsion dans l'intervalle examinée :  $86 < \alpha_m < 140$ .

par contre, le fil réalisé sur un métier ITG300 où les possibilités de filage commencent à partir de  $\alpha_m = 50$ , présente un maximum de résistance pour des valeurs de  $\alpha_m$  voisines de 80.

dans l'ensemble des cas, la résistance du fil ITG 300 est meilleure que celle du fil BD 200 RS

En ce qui concerne l'allongement à la rupture du fil on peut constater que si dans le cas ITG 300, sa variation en fonction de la torsion suit une loi similaire à celle de la résistance, il n'en est pas de même pour la BD 200 RS, probablement à cause du pourcentage plus élevé de fibres déformées. Le choix de la torsion devra donc tenir compte de ces incidences sans négliger pour autant la capacité de production.

La position de la fibre dans le fil est également déterminée par la tension lors de la mise en torsion. Cette tension est donnée par l'ensemble des forces qui agissent sur le fil, la plus importante étant la force centrifuge du fil dans son mouvement de rotation à l'intérieur de la turbine. On sait que la torsion du fil doit remonter au centre de la turbine vers la paroi. Ce processus de remontage est influencé par la tension : plus la tension est grande, plus le frottement entre le fil et la buse est grand, dans ces conditions le rapport entre la fausse torsion et la torsion réelle augmente.

Pour la continuité du processus de filage, la tension du fil près de la paroi doit être plus petite que la résistance du fil à cet endroit. La résistance est donnée par le frottement entre les fibres et par la torsion, de sorte que torsion et tension dans la zone d'enlèvement de la bandelette influencent la position de la fibre dans le fil.

Plus intéressante, est cependant la façon suivant laquelle se présente la bandelette pour subir la torsion lorsque l'on augmente la vitesse de la turbine ; les fibres qui la constituent arrivent d'une façon alléatoire mais se déposent en couches plus denses près de la paroi extérieure.

Selon l'hypothèse de formation du fil par bande enroulée, la couche pendant la torsion de fibres qui se trouvait sur la paroi de la turbine se met à l'extérieur du fil et celle située près du centre à l'intérieur.

La différence de densité dans la section de la bandelette provoque, lors de la mise en torsion, une différence entre les forces de frottement inter fibres, d'où un comportement différent entre les fibres extérieures et intérieures du fil.

Ces différences de comportement s'accroissent pour des fils réalisés à des vitesses de turbine  $V_T$  différentes. La comparaison de la résistance et du travail de rupture d'un fil réalisé à 20 000 et 30 000 t/m montre en effet que, quels que soit la finesse et la torsion, le fil obtenu à la vitesse 20 000 est plus résistant et son travail de rupture est plus élevé que le fil obtenu à la vitesse de 30 000.

La position des fibres les unes par rapport aux autres dans la section du fil influence les relations inter-fibres. Le changement radial de la position de la fibre, par rapport à l'axe du fil a été déterminée par les indices de migration.

La position radiale moyenne  $\bar{y}$  de la fibre dans le fil est influencée par la torsion du fil et par la vitesse de la turbine. L'influence de la vitesse de la turbine est importante pour les coefficients de torsion  $\alpha_m = 80$  : pour une vitesse de la turbine  $V_T = 30\ 000$  ( $\text{min}^{-1}$ ), la fibre restera plus près du centre où la densité de fibres est plus faible que pour la vitesse  $V_T = 20\ 000$  ( $\text{min}^{-1}$ ). Il résulte qu'un fil filé à  $V_T = 20\ 000$  a une résistance plus grande que pour  $V_T = 30\ 000$ .

L'intensité de migration  $\bar{I}$  est plus grande pour la vitesse la plus faible, la fibre offre alors un nombre de points de contact plus élevé avec les autres fibres et de ce fait la résistance du fil est meilleure. L'intensité de la migration est aussi influencée par la torsion, mais pour un coefficient de torsion  $\alpha_m = 140$ , la baisse de résistance est davantage causée par la fatigue de la fibre qui croît avec l'angle de torsion.

L'amplitude  $\bar{D}$  est influencée par la vitesse de la turbine. Dans le cas où  $V_T = 20\ 000\ (\text{min}^{-1})$ , la densité des fibres par section de fil est plus petite et la fibre peut se déplacer plus facilement que dans le cas où  $V_T = 30\ 000\ (\text{min}^{-1})$ .

Lorsque l'on compare les deux métiers testés, on constate, surtout aux torsions faibles, que les indices de migration des fils BD 200 RS sont inférieurs, ce qui explique leurs moins bonnes caractéristiques de résistance.

L'investigation de la structure extérieure a révélé l'existence de fibres qui s'enroulent autour du fil à la façon d'une corde liant un fagot. L'appréciation de fagotage montre que cette formation est tout à fait aléatoire. Le nombre et la densité des zones fagotées dépendent surtout de la finesse du fil. Plus grosse est la fibre, moindre est le nombre de fagots.

Le métier ITG 300 nous a permis de constater que la vitesse de la turbine influe également : pour une torsion donnée, les fils sont moins fagotés à  $V_T = 20\ 000\ (\text{min}^{-1})$  qu'à  $V_T = 30\ 000\ (\text{min}^{-1})$ .

EN CONCLUSION, la présente étude des fils obtenus sur 2 métiers Open-End montre l'existence de structures différentes dues à la forme des fibres et à leur disposition dans le fil. Ces caractéristiques sont influencées par le processus d'individualisation des fibres, la vitesse de la turbine et la forme de sa surface collectrice. Elles déterminent le comportement physico mécanique des fils qui s'exprime par des grandeurs dynamométriques différentes.

## BIBLIOGRAPHIE

- 1 - E.G. SMALLEY, L'Industrie Textile, 1972, 1010, 201
- 2 - Journées d'Etude sur la filature Open-End, ITF Nord, Décembre 1974
- 3 - I.T.B. - Filature, 1976, 2, 160
- 4 - BRUNOWOLF, I.T.S.-Filaturen 1971, 4, 387
- 5 - Josef RIPKA, L'Industrie Textile, 1969, 982, 397
- 6 - Science et Recherches dans l'Industrie Textile (Tchécoslovaquie), 1974
- 7 - P.R. LORD and P.L. GRADY, Textile Research Journal, 1976, 2, 123
- 8 - Teiryō KOJIMA, Kozo SUSANI and Masaaki TABATA, Journal of the Textile Machinery Society of Japan
- 9 - J.W.S. HEARLE, O.N. BOSE, Journal of the Textile Institute, 1966  
6, 294
- 10 - Josef RIPKA, Institut de Recherche Cotonnier - USTI - NAD ORILICI
- 11 - MORTON W.E and YEN K.C, Journal of the Textile Institute, 1952, 22, T 463
- 12 - MORTON W.E , Textile Research Journal, 1956, 5, 325
- 13 - HASSAN M. - EL-BEHERY, Textile Research Journal, 1968, 4, 321
- 14 - W.S. HEARLE, B.S GUPTA, Textile Research Journal, 1965, 4, 329
- 15 - W.S. HEARLE, B.S GUPTA, Textile Research Journal, 1965, 9, 789
- 16 - J.M. SHEPHERD, Journal of the Textile Institute, 1968, 301
- 17 - M.D. RIMNAC, L'Industrie Textile, 1975, 998, 95
- 18 - C. BRANDIS, I.T.B. Filature, 1975, 2, 257