



UNIVERSITE DE BOUMERDES
FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR

MEMOIRE

Présenté par :

M^r BOUAMRENE Mohamed Saïd

Pour l'obtention du

MAGISTER

EN GENIE INDUSTRIEL

Spécialité : MAINTENANCE INDUSTRIELLE

TITRE

L'Influence des déchets sur le comportement des organes des machines.

« Application aux textiles. »

Soutenu le..... devant le jury composé de :

M ^r N. ABDELBAKI	Maître de conférence	Président
M ^r S. AISSANI	Maître de conférence	Examineur
M ^r A. NOUR	Maître de conférence	Examineur
M ^r B. CHEMANI	Chargé de cours	Examineur
M ^r R. LAIMECHE	Chargé de cours	Rapporteur

Résumé :

Le suivi du comportement des équipements industriels lors de leur exploitation est l'une des préoccupations majeure pour le maintien de la meilleure qualité des produits fabriqués ainsi pour une disponibilité élevée, soit donc pour une application d'une maintenance rationnelle.

La perte des performances des mécanismes des machines est due dans la plupart des cas à une dégradation importante causée par l'usure. Cette dernière est souvent accélérée par la présence de corps étrangers entre les surfaces en frottement.

A cet effet, nos investigations en milieu industriel, notamment dans la branche textile (transformation de fibres en fils ou en tissus), on relève que la matière première renferme une quantité non négligeable en déchets et poussières qu'on qualifie de corps indésirable.

Ainsi, selon nos travaux, ce corps indésirable est composé d'éléments de dureté plus au moins élevée et son élimination n'est pas tellement aisée. De ce fait, les détériorations engendrées par ceux ayant une dureté élevée (silice), sont importantes et parmi celles-ci, on note la dégradation des états de surfaces des pièces travaillant en frottement et on relève une usure importante de ces surfaces en questions. En revanche, pour les autres éléments tel que les déchets textiles (fibres courtes), ils agissent comme corps non abrasifs. Dans une certaine plage de rugosités des surfaces travaillantes, ils jouent le rôle de lubrifiant.

A cet effet, une attention particulière est soulevée quant au choix de la matière première à travailler et à son nettoyage en fonction des machines constituant la chaîne des équipements de même qu'une méthode de surveillance des pièces sollicitées à l'usure.

Mots clés : Poussières – Déchets – Usure – Rugosité – Modélisation .

ABSTRACT :

the supervising of the industrial equipments behavior at the time of their exploitation is one of the major preoccupation for keeping a best quality of the made products, for a high availability, either therefore for an application of a rational maintenance.

The loss of performances of machine mechanisms is in most cases due to an important deterioration caused by friction; This later is often accelerated by the presence of foreign bodies between surfaces in friction.

In our investigations in industrial middle notably in the textile branch (transformation of fibres in yarn or in cloths), we note that the raw material contains a non negligible quantity in garbages and dusts that we call undesirable body.

Thus, according to this work, this undesirable body is composed of more or less robust elements whose elimination is not easy. More over, deteriorations generated by those having a high hardness (silica) are important and among these, we note the deterioration of states of piece surfaces working in friction and an important wear of these surfaces in questions. However, for the other elements such as the textile garbages (short fibers), they act like no abrasive body. In a certain roughness interval of working surfaces, they play the role of lubricant.

For this, a particular attention is raised as for the choice of the raw material to be used and for its cleaning according to the machines constituting the chain of equipments as well as a method of pieces candidates to wear.

Key words : Dusts - Garbages - Usury - Roughness - Modelisation .

Remerciements

En premier , je tiens à remercier Monsieur LAIMECHE Rabah pour avoir accepté de diriger mes travaux et l'intérêt qu'il m'a apporté tout au long de l'élaboration de ce mémoire.

Je tiens à remercier Monsieur ABDELBAKI N pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant de présider le jury de ce mémoire.

Je remercie infiniment Monsieur AISSANI S. qui m'a fait l'immense plaisir d'être parmi mon jury.

Je remercie également Monsieur, NOUR A. qui a accepté de prendre de son temps pour examiner mon travail.

Je remercie également Monsieur CHEMANI B., pour ses conseils et sa collaboration.

Enfin, je tiens à adresser mes vifs remerciements à tous ceux qui, de près ou de loin, chacun à sa façon, ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

M. S. BOUAMRENE

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....1

CHAPITRE I

L'USURE.....3

I.1. Introduction.....3

I.2. Evolution de l'usure.....3

I.3. Paramètres de classement de l'usure.....4

 I.3.1. Facteurs de l'usure.....5

 I.3.2. Effets observables.....5

 I.3.3. Mécanismes de l'usure.....7

 I.3.3.1. Usure adhésive.....7

 I.3.3.2. Usure abrasive.....12

 I.3.3.3. Usure érosive.....19

 I.3.3.4. Usure par fatigue.....19

 I.3.3.5. Usure corrosive.....19

CHAPITRE II

METHODE D'ANALYSE DE NETTOYAGE DU COTON.....21

II.1. Généralités.....21

II.2. Méthode d'analyse.....25

 II.2.1. Détermination des proportions de masse des fibres,
de poussières et de corps étrangers dans le coton brut.....26

 II.2.2. Taux de masse des fibres, de poussières et corps étrangers
dans les rubans.....30

 II.2.3. Détermination des caractéristiques de poussières
et corps étrangers.....31

 II.2.4. Duvets et poussières.....31

 II.2.5. Classification des poussières.....32

II.3. Influence de La matière première sur le nettoyage.....	35
II.3.1 Grandeurs d'influence du nettoyage	36
II.3.2. Comparaison de différents nettoyeurs [57].....	41
II.3.3. Evolution du nettoyage dans le temps.....	43
II.3.4. Installation complète.....	45
II.4. Effet des déchets et poussières.....	47
II.5. Conclusion.....	48

CHAPITRE III

EXPERIMENTATION ET TRAITEMENT DES RESULTATS.....	49
III.1. Positionnement du problème.....	49
III.2. Essais à l'usure.....	51
III.2.1. Banc d'essai.....	52
III.2.2. Influence des types de déchets.....	52
III.2.3. Influence de la charge.....	55
III.2.4. Influence de la vitesse.....	56
III.3. Influence la rugosité (état de surface).....	58
III.3.1. Essais sans poussières.....	59
III.3.2. Essais avec grains de silice.....	60
III.3.3. Essai avec poussières textiles.....	61
III.4. Analyse par photographie.....	64

CHAPITRE IV

MODELISATION.....	69
IV.1. Comportement des surfaces en fonction de la dureté des particules.....	68
IV.2. Modélisation théorique.....	69
CONCLUSION GENERALE.....	72
BIBLIOGRAPHIE.....	75

ANNEXES

SYMBOLES UTILISES

V	Volume d'usure.
P	Charge appliquée.
K, K ₁	Taux d'usure.
L	Distance de glissement.
HB	Dureté brinell.
h	Raccourcissement.
A _a	Aire apparente.
N	Newton.
mm	Millimètre .
R _a	Rugosité.
F _v	Composante tangentielle de R.
F _h	Composante normale de R.
R	Réaction de R'
R'	Force de coupe d'un outil.
F _t	Composante tangentielle de R'.
N _t	Composante normale de R'.
c	Constante géométrique.
HM	Dureté de mayer.
f	Coefficient de frottement.
ASTM	American Standarts on Textile Matériels.
USDA	United States Département of Agriculture.
WNF	waschen (laver), Nassieben(tamiser), Filtren (filtrer).
OE	OPEN END.
M	Facteur machine.
C	facteur coton.
T	Teneur en impureté.
R _g	Degré de nettoyage.
RN, RST, RSK, BDT, RV	Nettoyeurs.
K	Carde.
R _{1,2,3,4}	Nettoyeurs .
DP	Déformation plastique.
DE	Déformation élastique.
Al	Aluminium.
Fe	Fer.
Ag	Argent.
α, j, i	Paramètres géométriques.
τ	Résistance au cisaillement.
σ	Résistance à l'usure.
μ	Micron.

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Lors de l'exploitation de toute machine, le suivi de son comportement s'avère comme l'une des préoccupations principales durant cette deuxième moitié du siècle. Après l'ère de l'entretien, la maintenance est apparue à partir de la seconde guerre mondiale et ne cesse d'évoluer. A ce jour, on assiste à des méthodes objectives traitant des cas particuliers. Toutefois, pour notre industrie de transformation où des spécificités sont nombreuses, les progrès de cette maintenance sont encore au stade de recherche des moyens de suivi de l'état des pièces. La plupart de ces dernières travaillent dans un milieu impropre (présence de poussières et des déchets de matières), leur fiabilité se trouve donc influencée par ce milieu.

En effet, les unités de production se sont converties aux équipements modernes et, de ce fait, se trouvent confrontées à des productions différentes. La nette accélération des vitesses de fonctionnement s'accompagnent d'une dégradation plus importante due à un grand dégagement de poussières ainsi qu'à une énorme accumulation de déchets.

Cette technologie nous mène à des difficultés de production du fait du cumul élevé des arrêts de machines. Pour un profit, il serait intéressant de comprendre le comportement des organes de ces machines. Sur ce, on se propose dans le premier chapitre, de faire une analyse du phénomène de l'usure et les modèles de suivi de l'état des organes travaillant dans les conditions précitées.

Pour des couples en frottement avec ou sans lubrification, plusieurs recherches ont été faites, tandis que la situation faisant l'objet de notre étude, ainsi que les investigations relatives à ce sujet sont rares du fait qu'elles sont jugées spécifiques .

La tenue d'un couple de pièces en frottement en présence d'un troisième corps (poussières ou déchets) représente l'une de nos préoccupations majeures et

ce dans le but de réduire les arrêts des machines. A partir de ceci, nous pouvons recommander à de tels cas une maintenance appropriée.

Une analyse générale des poussières et des déchets fera l'objet du second chapitre . La particularité de ce dit « troisième corps » à été étudié au niveau de l'industrie textile et notamment au premier stade de transformation appelé filature . On retrouve dans cette partie les différents types de poussières et de déchets ainsi que les méthodes d'analyse et de nettoyage.

A travers ce passage appliqué à l'industrie textile (filature), un banc d'essai à été conçu . Cette partie expérimentale, présentée en chapitre trois, met en relief sous une certaine approximation, le comportement et ce à des niveaux différents de certains paramètres d'influence tels que la quantité et la qualité des déchets, le régime de travail, etc...

Enfin, on termine ce travail par le chapitre quatre où on essaie d'apporter une contribution à la compréhension et à la modélisation du comportement des organes des machines soumises à l'usure en présence de corps étrangers.

CHAPITRE 1

L'USURE

I. L'USURE

I.1. INTRODUCTION

La détérioration d'une chose par suite de l'usage qu'on en fait est la définition la plus générale de l'usure. Mais si on tend à présenter le phénomène de l'usure essentiellement sous l'angle de la perte de matière qui en résulte, on dira que l'usure est la perte progressive de matière de la surface active d'un corps par suite du mouvement relatif d'un autre corps sur cette surface [1]. Ces deux définitions révèlent la permanence et l'universalité du phénomène de l'usure. C'est un phénomène permanent car, tout au long de l'histoire des techniques, l'homme s'est toujours préoccupé d'augmenter, par un choix convenable des matériaux, la durée de vie des objets, outils et dispositifs qu'il fabriquait. On dira qu'il est universel, car l'usure se produisant inévitablement lorsque deux corps en contact frottent l'un sur l'autre. On le rencontre sur toutes les machines qui ne fonctionnent que grâce aux actions de contact transmettant les forces entre différentes parties constitutives.

D'une part l'usure est la principale cause de la mise hors service des objets et des machines. On estime [2] qu'une étude systématique des problèmes de contact aurait pour conséquence une amélioration des techniques et leur enseignement.

D'autre part, le progrès technologique exige de la part des mécaniciens des performances de plus en plus poussées, par l'augmentation des pressions de contact, des vitesses de travail et des durées de fonctionnement.

La tribologie a pour objet d'apporter des données permettant d'améliorer les dispositifs existants ou d'en construire de nouveaux.

I.2. EVOLUTION DE L'USURE

Dans le cas le plus général, l'usure se manifeste par la perte de masse dans le temps. Si on mesure à l'aide d'un usomètre cette dernière, on observe l'existence d'un régime transitoire suivi d'un régime stabilisé (figure 1) [3 , 4].

- Le régime transitoire OA est caractérisé par une croissance rapide de perte de masse. Cette branche de la courbe, appelée rodage, a une importance essentielle, car selon la façon dont le rodage est conduit, on atteint ou non un régime stabilisé favorable.

- Le régime AB est caractérisé par une croissance plus lente et plus régulière, pratiquement linéaire.

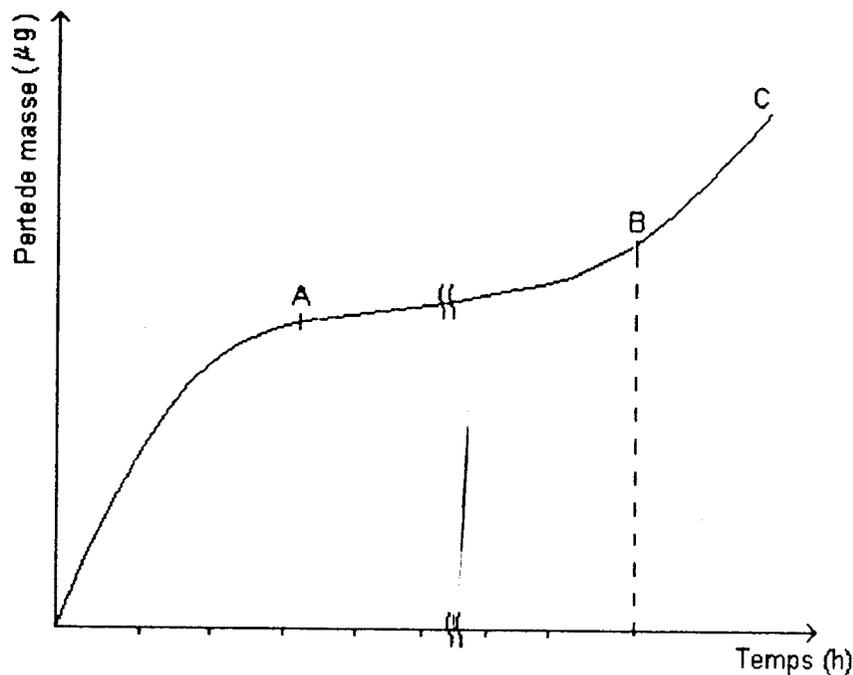


Fig. N°1 : Perte de masse d'un échantillon en fonction du temps.

I.3. PARAMETRES DE CLASSEMENT DE L'USURE

Un grand nombre de paramètres, de mode d'observations et de processus physiques, nous mène à un classement comportant trois parties :

a. Facteurs de l'usure : Ce sont les conditions de travail (charge, vitesse, ambiance, mode de travail, état de surface microgéométrique et la nature des matériaux).

b. Les effets fréquemment observés pendant le travail des surfaces [5], résistance au déplacement, vibrations, phénomène thermique, transformations géométrique, mécanique et tribologiques.

c. Les mécanismes de l'usure : C'est le mode de détérioration des surfaces [6 à 8] (abrasion, adhésion, érosion, déformation, fatigue, corrosion et combinaison de tout ou partie de ces processus).

Un commentaire sur les deux premières parties de classements nous permettra de présenter en bref les différents processus de détérioration des surfaces, mais on présentera d'une façon détaillée le phénomène de l'usure par abrasion en présence ou non du troisième corps.

I.3.1. FACTEURS DE L'USURE

La connaissance des facteurs régissant l'usure, permet de préciser une situation tribologique donnée. Ces facteurs peuvent être définies par :

- Le mode de contact : ponctuels, linéaires ou surfacique.
- L'état de surface microgéométrique, qui en réalité, du fait de la nature physique des différents procédés d'usinage, les pièces réelles présentent par rapport à leurs formes idéales des défauts géométriques.
- La charge : c'est la résultante des projections sur la normale, en chaque point de contact.
- La vitesse de glissement, de roulement ou de pivotement.
- L'ambiance : par ce terme, on entend la nature du milieu et les conditions de montage et de température qui entourent les pièces dans la région de contact.
- La composition chimique de la structure métallurgique et des propriétés mécaniques des métaux et alliages et, plus particulièrement, les couches superficielles des organes en question.

I.3.2. EFFETS OBSERVABLES

a. Résistance au frottement : Suivant les applications, on mesure des couples de roulement, de pivotement ou des forces de frottement. Dans le cas du glissement, les forces de frottement sont traduites par un coefficient de frottement [9].

b. Vibrations : Elles sont cohérentes au phénomène de frottement lui même. Ce phénomène correspond aux variations de la force de frottement. Il existe [10] une corrélation entre ces vibrations et certains endommagements des parties frottantes.

c. Phénomène thermique : C'est la température au niveau de la zone de contact qui est la somme de la température ambiante et des dérivées de la chaleur engendrées par le frottement.

d. Transformation géométrique : Les aspérités microgéométriques des surfaces des corps en contact sont le siège de déformations élastiques ou plastiques sous l'effet de la charge et du frottement (figure 2).

e. Transformations mécaniques et tribologiques : Les contraintes et les cycles thermiques ont pour effet de modifier les propriétés des matériaux, notamment les couches superficielles. On observe des oxydations, des changements de composition chimique, des destructions de grains, des écrouissages et des effets triboélectriques.

f. Variation de masse : La durée de vie d'un organe de machine travaillant au frottement est caractérisé par une évolution donnée en figure 1 de la page 4 qui définit les différentes phases de la vie de cet organe. Cette courbe représente l'usure dans le temps et l'on peut distinguer trois périodes différentes.

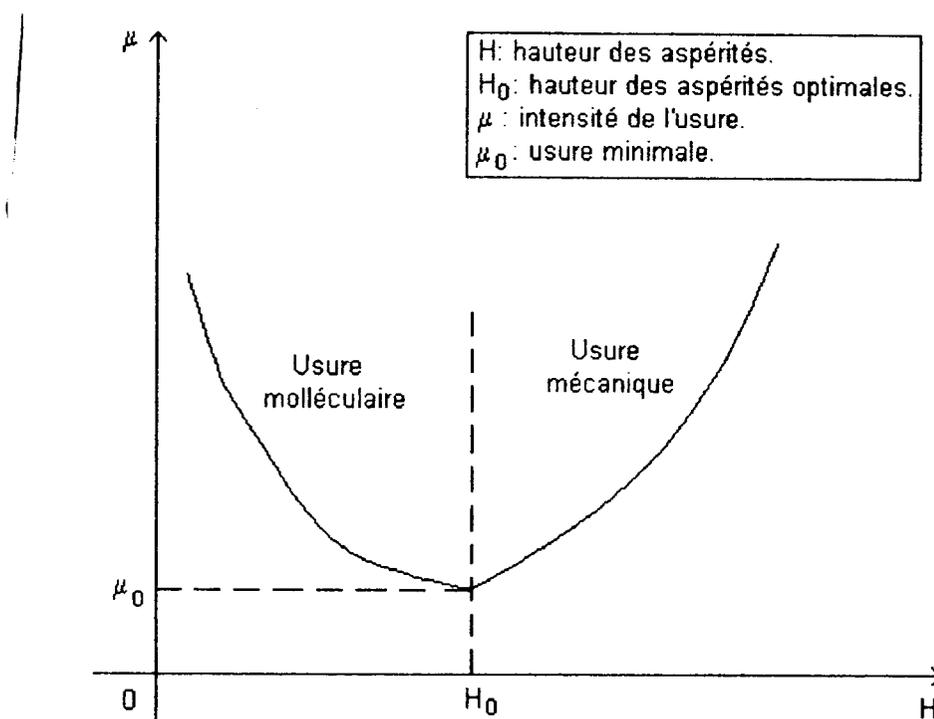


Fig. N°2 : Evolution de l'usure en fonction de l'état de surface.

Les pertes de masse peuvent être déterminées par :

- Mesures pondérales : pesée des pièces à des instants choisis à l'avance.
- Mesures dimensionnelles : on recherche les variations de dimensions des pièces au cours de leur utilisation.
- Etude des lubrifiants : la méthode de la tache d'huile permet, par examen sur un papier perméable, de connaître la teneur de l'huile en impuretés.
- Utilisation des traceurs radioactifs [11].
- Mesure de la microgéométrie [12].

La seule mesure de la perte de masse d'un échantillon ne constitue pas généralement une méthode suffisamment analytique pour étudier la phase initiale de l'usure, car les variations de masse peuvent se produire après que les surfaces en contact aient subies de nombreuses modifications. Trois phénomènes observés traduisent ensemble l'endommagement et la détérioration des surfaces frottantes : Ceux sont les transformations géométriques, mécaniques et tribochimiques ainsi que les variations de masse.

1.3.3. MECANISMES DE L'USURE

1.3.3.1. USURE ADHESIVE

L'usure adhésive se manifeste en premier lieu par le transfert du matériau d'une pièce frottante sur la surface du corps antagoniste. Si l'on examine un palier grippé au cours de fonctionnement d'un couple de pièces constitué d'un arbre en acier dans un coussinet en bronze, sur l'arbre dans la zone de grippage, on aperçoit l'existence d'une couche de bronze. Quant à la surface du coussinet, elle présente des rayures et des arrachements. L'ensemble a été détérioré par usure adhésive, en raison de l'adhésion importante du bronze sur l'acier.

Considérons le contact de deux corps métalliques (figure 3), les aspérités des surfaces en contact ont des dimensions très grandes, comparées à la maille atomique. Elles existent quel que soit le soin apporté à la préparation de ces surfaces.

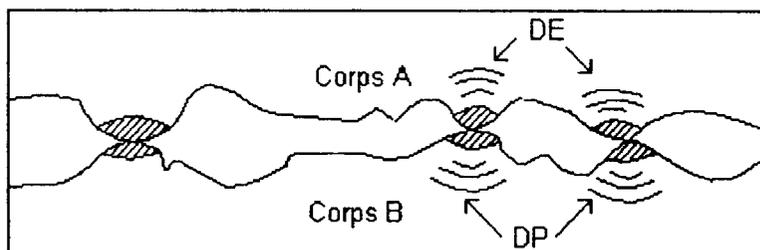


Fig. N°3 : Contact de deux corps métalliques.

DP : déformation plastique.

DE : déformation élastique.

Le contact de deux corps s'établit par l'intermédiaire de ces aspérités, et l'aire réelle de contact n'est donc qu'une faible partie de celle apparente [13, 14]. Le rapprochement des atomes de chacun des corps métalliques est suffisant pour

donner naissance à des jonction métalliques qui peuvent constituer de véritables soudures à froid. Certaines aspérités sont en déformation plastique sous une pression de contact égale à la dureté du métal le plus mou.

Dans les différentes situations tribologiques, les facteurs de l'usure (mode de contact, charge, vitesse, ambiance, nature des matériaux) jouent un rôle prépondérant. La connaissance du degré d'influence de chacun nous sera des plus utile que se soit en production ou en maintenance.

A. INFLUENCE DU MODE DE CONTACT

Le mode de contact géométrique influe sur le rôle que les différentes pièces jouent tout au long de la durée de l'utilisation du mécanisme. L'aire de contact peut croître rapidement sous l'effet des surcharges ou des usures (figures 4 et 5), [15].

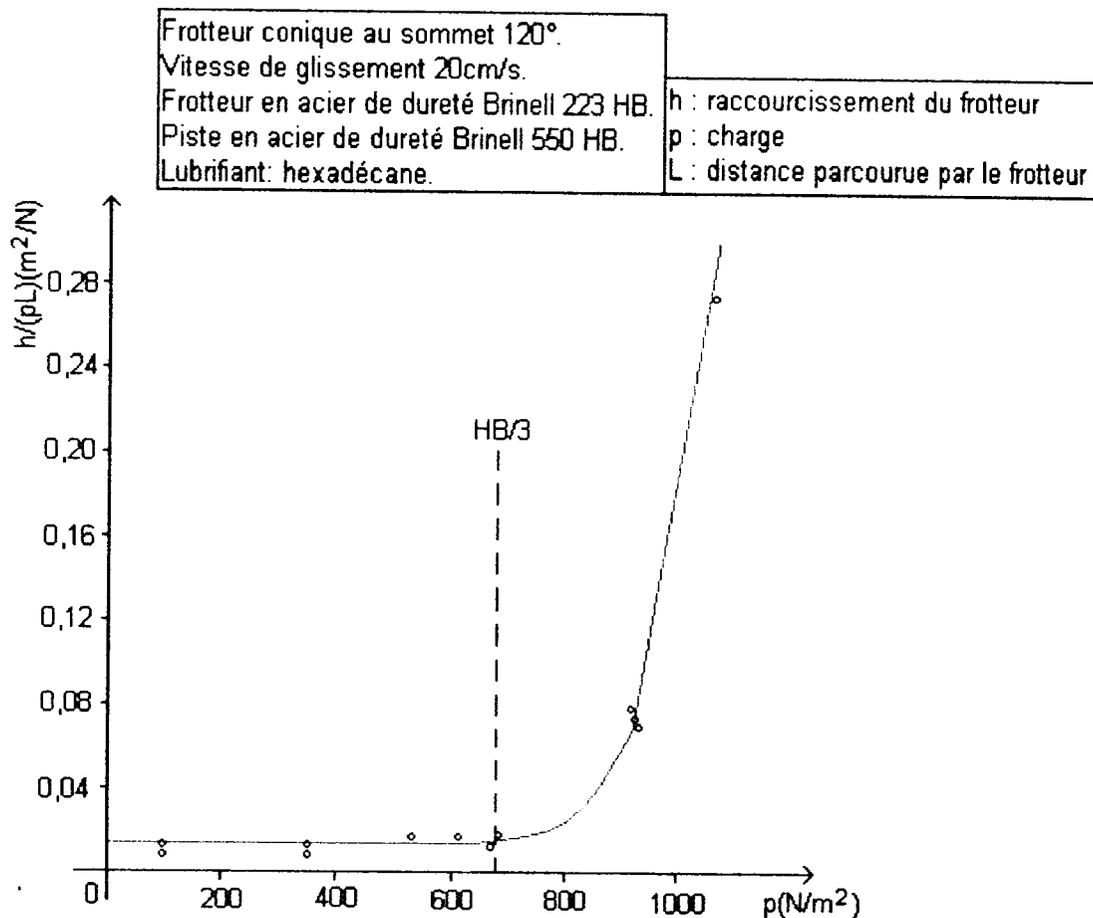


Fig. N°4 : Frotteur en acier : évolution du quotient $h/(pL)$ en fonction de la pression.

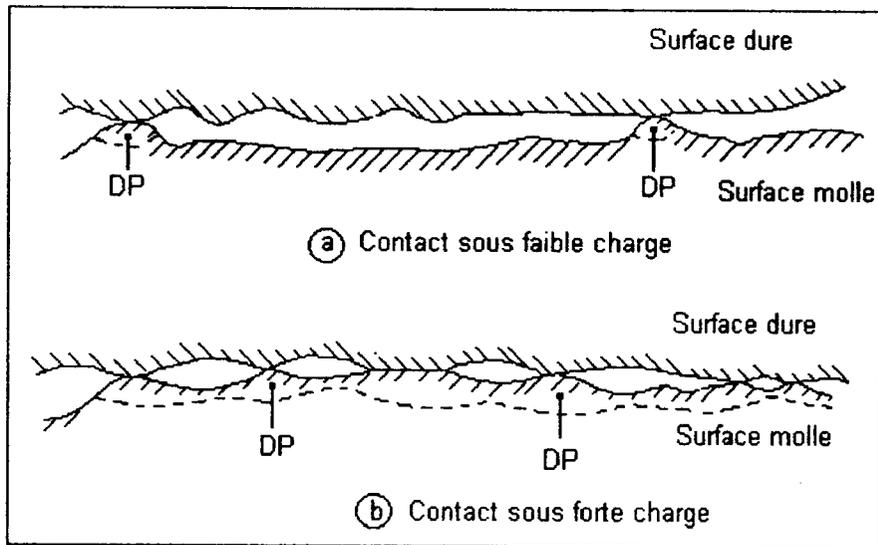


Fig. N°5 : Frotteur en acier : schéma des contacts sous faible et forte charge.

B. INFLUENCE DE LA CHARGE

En faisant croître la charge à partir de valeurs faibles, on observe généralement des variations très rapides du taux de l'usure à partir de certaines charges. L'existence de ces seuils a été observée dans des conditions expérimentales variées sur les couples de métaux suivants, [15, 16, 17, 18, 19, 20, 21]:

- acier doux / acier dur
- or / or.
- cuivre / cuivre.
- laiton / acier.
- acier / fonte.
- acier à 3% de chrome / chrome.

Si l'on étudie au dessous d'un seuil de transformation la perte de masse d'un frotteur mou qui glisse sur une surface dure, on observe dans un grand nombre de cas que le volume enlevé "V" est proportionnel à la charge "P" et à la distance de glissement "L". [21]

$$V = K_1 \cdot P \cdot L \quad (1)$$

Cette augmentation a pu être établie par calcul [20] à partir de :

$$V = K \cdot \frac{P \cdot L}{HB} \quad (2)$$

- Où :
- HB, dureté Brinell.
 - K et K_1 , taux d'usure.

Burwelle et Strang [15, 16] l'ont vérifié en mesurant le raccourcissement "h" du frotteur conique et en divisant les deux membres de l'équation (1) par l'aire apparente de contact :

$$\frac{V}{A_a} = K_1 \cdot \frac{P}{A_a} \cdot L \quad (3)$$

$$h = K_1 \cdot p \cdot L$$

$$\frac{h}{p \cdot L} = K_1 = \frac{K}{HB} = \text{Cte} \quad (4)$$

Si l'on trace la courbe montrant la variation de $\frac{h}{p \cdot L}$ en fonction de $p = \frac{P}{A_a}$

(figure 4), on observe qu'elle se compose de deux parties :

- Pendant la première partie, la quantité $\frac{h}{p \cdot L}$ est une constante. Le volume usé est proportionnel à la charge. L'accroissement de la charge se traduit par un accroissement du nombre de points de contact.
- Dans la deuxième partie, toutes les aspérités sont déjà en contact, un accroissement de la charge se traduit par un accroissement de la taille des jonctions; la figure 5 illustre ces circonstances.

La pression critique est de l'ordre de 1/3 de la dureté Brinell; à cette pression, l'aire réelle de contact est une fonction notable de l'aire apparente. Pour de telles conditions, les particules transférées qui sont d'une taille importante participent à la

destruction du frotteur et provoquent une augmentation considérable de la quantité $\frac{h}{p \cdot L}$.

De telles courbes illustrent le danger que présentent des pressions élevées lors du fonctionnement des organes de machines. Si certains seuils sont franchis, le taux d'usure augmente rapidement et les surfaces peuvent être détruites irrémédiablement. Cela montre l'intérêt à accorder au rodage. Une montée en charge doit se faire progressivement de telle façon que l'air réelle de contact croit de façon continue sans produire des dommages préjudiciables au bon fonctionnement ultérieur de la machine.

C. INFLUENCE DE LA VITESSE DE GLISSEMENT

Le principal effet de la vitesse est d'agir sur la température superficielle. La température maximale atteinte étant celle du métal qui a le plus bas point de fusion. Cet accroissement de la température en surface aura comme effets :

- De créer des points chauds, ce qui accroît la réactivité des surfaces et des produits d'usure vis à vis du milieu environnant. Les réactions d'oxydation deviennent importantes.
- Accroître, du fait des chauffages et refroidissements rapides, l'importance des changements structuraux et probablement la diffusion de certains éléments (transformations martensitique et modification de la teneur en carbone pour les aciers).
- Favoriser, par la température élevée, la diffusion des éléments d'une pièce dans l'autre (formation d'alliage à l'interface).
- Produire, à haute température, des fusions des zones superficielles.

D. INFLUENCE DE L'AMBIANCE

La perte de masse d'une pièce frottante dépend du nombre de jonctions métalliques et de leur taille. Le milieu ambiant tend à accélérer le phénomène ou à le ralentir, suivant qu'il favorise ou non l'existence de jonctions métal-métal et le transfert qui en résulte.

E. INFLUENCE DE LA NATURE

Si les métaux en contact sont insolubles aux températures atteintes sur les aspérités pendant le travail, la résistance mécanique est faible [22, 23]. Les études concernant la corrélation entre l'endommagement et la solubilité ont permis de formuler les conclusions suivantes [24] :

- Les métaux mutuellement solubles, lorsqu'ils glissent l'un sur l'autre, grippent fortement (Al/Al, Al/Fe).
- Les métaux mutuellement insolubles ont une bonne résistance au grattage (Fe/Ag).
- Les métaux formant des composés intermétalliques ont une résistance acceptable.

I.3.3.2. USURE ABRASIVE

L'usure abrasive est généralement définie comme étant l'usure par déplacement de matière à cause des particules dures ou de protubérances dures. Ces particules dures peuvent se trouver entre les deux surfaces en mouvement relatifs ou être encastrées dans l'une des surfaces.

L'usure par abrasion se divise en trois sous groupes en fonction de l'origine et du caractère de l'interaction abrasives :

- L'interaction abrasive sur la matière de l'une des deux pièces en action, provoquée par des particules solides étrangères, chargées sur la surface de l'autre pièce.
- L'interaction abrasive sur la matière de l'une des deux pièces provoquée par des composants structuraux solides de la matière de l'autre pièce.
- L'interaction abrasive sur la matière des deux pièces en action provoquée par des particules étrangères solides se déplaçant entre les surfaces de ces pièces.

Autrement, on peut dire que l'abrasion est un mécanisme où une particule dure coupe, raye ou déforme une surface. Si la particule a des angles vifs bien orientés par rapport au sens de la coupe, l'abrasion sera un micro-usinage accompagné d'un taux élevé d'enlèvement de matière. Si la particule est lisse, le

phénomène sera caractérisé par une rayure élastique avec un faible taux d'enlèvement.

Présentons ci-après les effets des paramètres les plus influents sur le mécanisme de l'abrasion :

A. ORIENTATION GEOMETRIQUE DES PARTICULES ABRASIVES

Citons, à titre d'exemple, une expérience, réalisée à l'aide d'une tige à pointe pyramidale [25] rayant, sous une charge donnée, la surface pleine d'un échantillon métallique.

L'échantillon de la section droite de la rayure (voir figure 6) en fonction de l'angle d'inclinaison « α » de la face d'attaque est représenté en figure 7. A partir d'un certain angle « α », on observe une augmentation brusque de la largeur de la rayure, appelée angle critique correspondant à l'apparition d'un copeau.

D'après la théorie de Merchant [26], on considère que le copeau est en équilibre stable sous l'action d'un système de forces (figure 8). En supposant que

$F_V = P$, $F_H = C \cdot HM \cdot A$ et $f = \frac{F_T}{N_T}$. La largeur de la rayure sera :

$$A = \frac{P}{C \cdot HM} \cdot \left(\frac{1 + f \cdot \operatorname{tg} \alpha}{f - \operatorname{tg} j} \right) \quad (5a)$$

- Où :
- P, charge.
 - C, constante géométrique
 - HM, dureté de Mayer.
 - f, coefficient de frottement.

Par contre, s'il y a formation de rayures sans enlèvement de métal, la formule deviendra :

$$A = \frac{f \cdot P}{C \cdot \tau \cdot \cot gi + C \cdot HM} \quad (5b)$$

- Où :
- τ , résistance au cisaillement du matériau de la piste.
 - α , j et i sont des paramètres géométriques (voir figure 6 et figure 8).

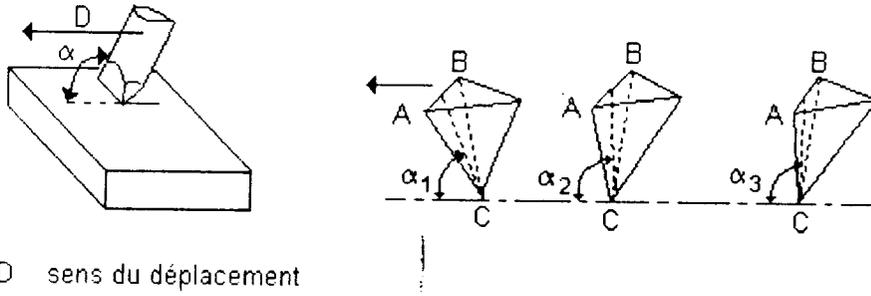


Fig. N°6 : Angle d'attaque d'une particule.

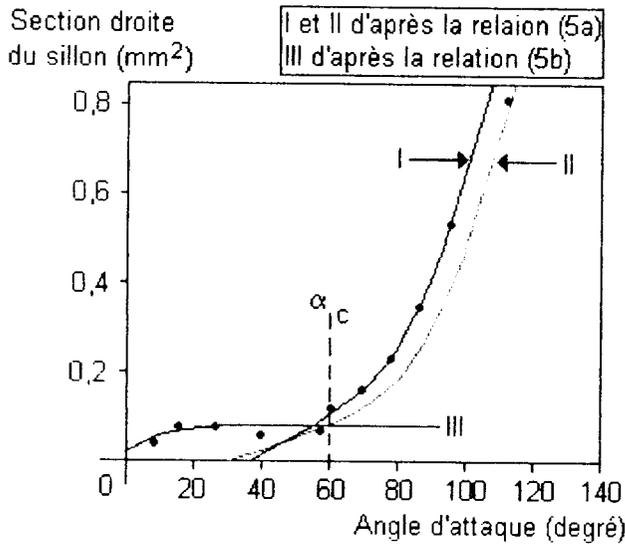


Fig. N°7 : Section droite du sillon, en fonction de l'angle d'attaque.

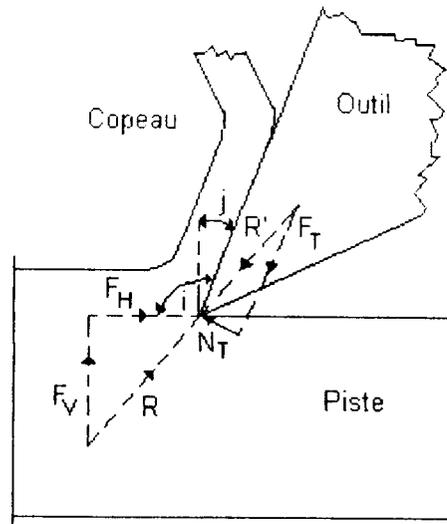


Fig. N°8 : Forces agissant sur un outil.

B. TAILLES DES PARTICULES ABRASIVES

En considérant l'influence de la taille des particules abrasives sur l'abrasion des métaux (figure 9), on observe pour une charge donnée, deux parties principales linéaires. Pendant la première partie, la perte de masse augmente rapidement quand la taille des particules croît de 35 à 70 μ , puis au delà de 150 μ , la croissance est beaucoup plus lente, [27].

C. LA CHARGE

Pour un grand nombre de matériaux, la perte de masse est une fonction linéaire croissante avec la charge (figure 10), [27].

D. LA VITESSE

La perte de masse par abrasion augmente légèrement avec la vitesse d'abrasion (figure 11). Cet accroissement est attribué à une baisse des caractéristiques mécaniques sous l'effet de l'échauffement provenant de l'accroissement de la vitesse, [28].

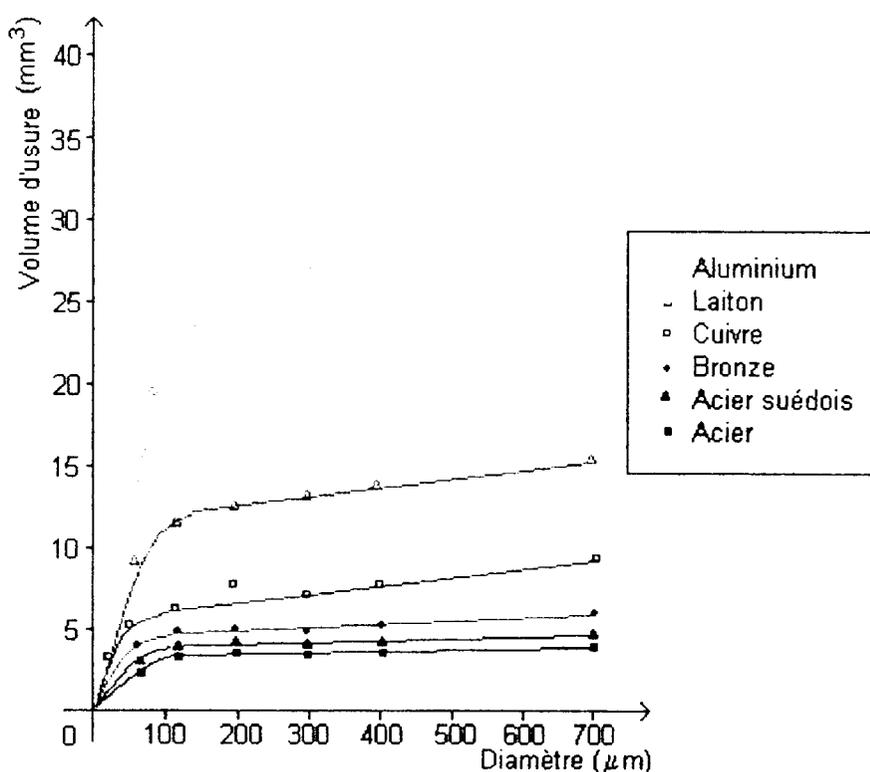


Fig. N°9 : Evolution du volume d'usure en fonction du diamètre moyen des particules abrasives.

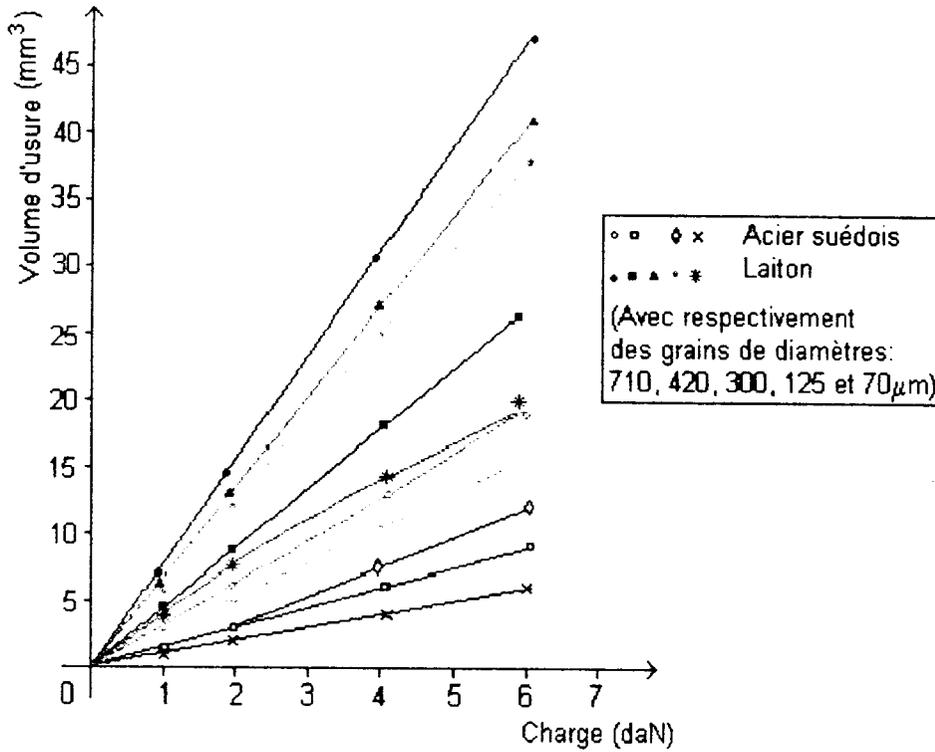


Fig. N°10 : Perte du volume d'usure en fonction de la charge.

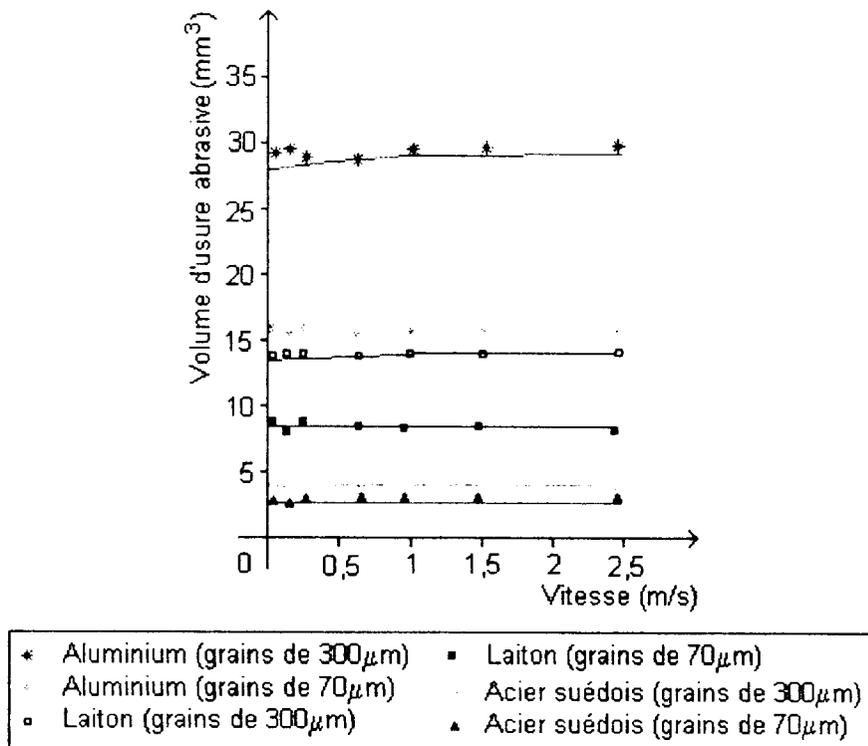


Fig. N° 11 : Perte de volume d'usure pour différents métaux en fonction de la vitesse.

E. LA NATURE DES MATERIAUX

La résistance à l'usure abrasive est une fonction linéaire croissante de la dureté des métaux considérés (figure 12), [7]. Le coefficient de proportionnalité n'est pas le même pour les métaux purs et les aciers. En figure 12, on a porté la résistance relative à l'usure, qui est le rapport de l'usure linéaire d'un échantillon standard δ_{Is} à celui de l'échantillon étudié δ_{Ie} , [19].

$$\epsilon = \frac{\delta_{Is}}{\delta_{Ie}} \dots \dots \dots 6$$

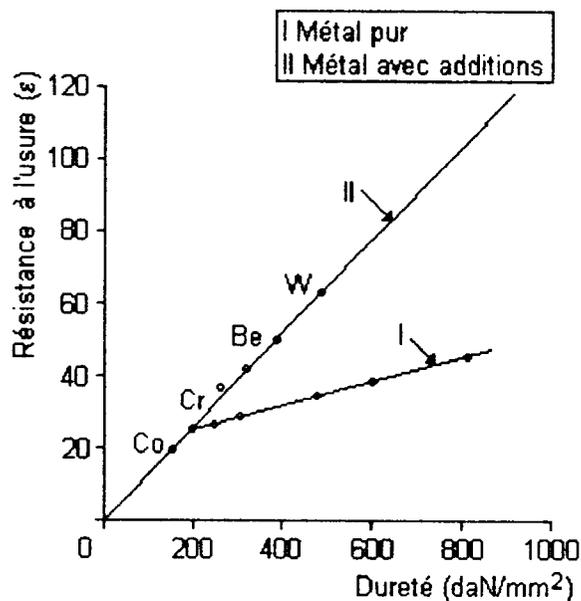


Fig. N°12 : Résistance à l'usure des métaux purs et de l'acier à 0,83% de carbone, ayant subi différentes températures de revenu.

La courbe montrant l'évolution de la perte de masse par abrasion d'un frotteur en acier, en fonction de la dureté de l'abrasif (figure 13) comporte plusieurs parties :

- a) Quand la dureté croit d'une valeur égale à celle de la pièce abrasée, la perte de masse est très faible. L'abrasif est écrasé et ses qualités d'outil coupant disparaissent.
- b) Quand la dureté croit d'une valeur égale à celle du matériau abrasé jusqu'à 2300 daN/mm², la perte de masse par abrasion croit rapidement. L'abrasif devient plus résistant.

c) A partir de 2300 daN/mm², la perte de masse du frotteur devient indépendante de la dureté de l'abrasif qui conserve ses qualités de dureté et de forme.

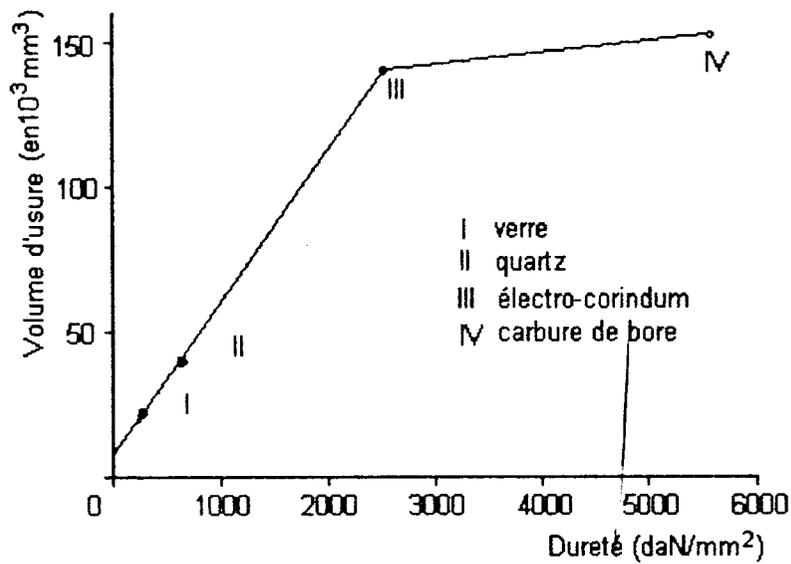


Fig. N°13.a : Volume d'usure par abrasion d'un frotteur en acier en fonction de la dureté de l'abrasif.

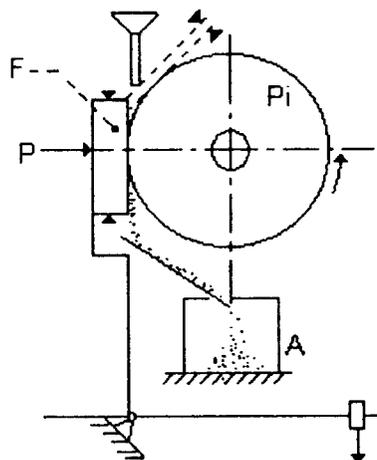


Fig. N°13.b : Principe du banc d'essai

A abrasif P pression
 F Frotteur Pi piste

Fig. N°13 : Etude du phénomène d'usure par abrasion.

I.3.3.3. USURE EROSIVE

L'usure par érosion est la perte de matière d'une surface solide, elle est due au contact avec un fluide en mouvement relatif contenant des particules solides. Elle se manifeste sur les matériaux fragiles par des éclats et des fissures et sur les matériaux ductiles par des piquûres, des polissages, des rayures et des copeaux.

Les facteurs les plus influants sur l'usure érosive sont :

- L'angle d'attaque des particules érosives.
- La taille des particules érosives.
- La vitesse.
- La nature des matériaux.

I.3.3.4. USURE PAR FATIGUE

Les organes de machines dont les surfaces en frottement sont soumises à de fortes contraintes cycliques (engrenages, roulements, cames, poussoirs,...), peuvent être mis hors service selon l'usure par fatigue de contact.

En général, ce type d'avarie se manifeste par l'apparition de petites criques ou cavités à la surface du métal. Ce genre de détérioration se nomme le piquage (pitting en anglais). A un stade avancé de la détérioration, de grosses lamelles de métal se détachent: c'est le phénomène de l'écaillage (spalling ou flaking). On peut observer des déformations plastiques sur les métaux ductiles et des cassures sur les métaux fragiles. Dans le cas des roulements, l'effet des contraintes peut se faire sentir après plusieurs millions de passages. Pour le glissement, Kragelski et Bayer [31, 32] ont considéré l'usure pendant le glissement comme un phénomène de fatigue en adoptant une loi du comportement à la fatigue des couches superficielles.

I.3.3.5. USURE CORROSIVE

Elle se définit comme un processus de l'usure dominé par une réaction chimique ou électrochimique avec le milieu environnant, [33]. Dans certains cas, il y a d'abord une réaction chimique suivie d'un enlèvement des produits de corrosion par une action mécanique.

Conclusion

Ce phénomène de dégradation dit "usure", d'une façon générale, semble connu ; différents modèles sont proposés. Selon nos investigations, il apparaît que celui-ci est plus complexe au vue de son exploitation en maintenance industrielle. Ceci est le fait que les approches théoriques élaborées le sont sous des hypothèses très simplifiées. Parmi les difficultés pour un suivi plus approximatif de ce phénomène, la variation fréquente de l'interface.

La maîtrise de l'évolution de la perte de masse, nous facilite le choix du type de maintenance à appliquer et donc, nous permet de réduire les temps d'arrêts. Pour cela, au niveau des machines industrielles, il serait indispensable dans un premier temps, d'entamer une étude des différents corps étrangers.

CHAPITRE 2

***METHODE DE NETTOYAGE
ET D'ANALYSE DU COTON***

II. METHODE DE NETTOYAGE ET D'ANALYSE DU COTON

II.1. GENERALITES

Pour une branche donnée de l'industrie, on retrouve ses propres déchets et poussières et ce à des degrés différents selon les types de matières premières et de technologie appliquée.

Au niveau de l'industrie textile où la matière première transformée est représentée par des fibres de différente nature, dont les déchets et les poussières indésirables sont en très grande partie au niveau de la première phase de transformation (figure 14).

Le schéma ci-après nous montre la quote part des matières non fibreuses au cours du nettoyage.

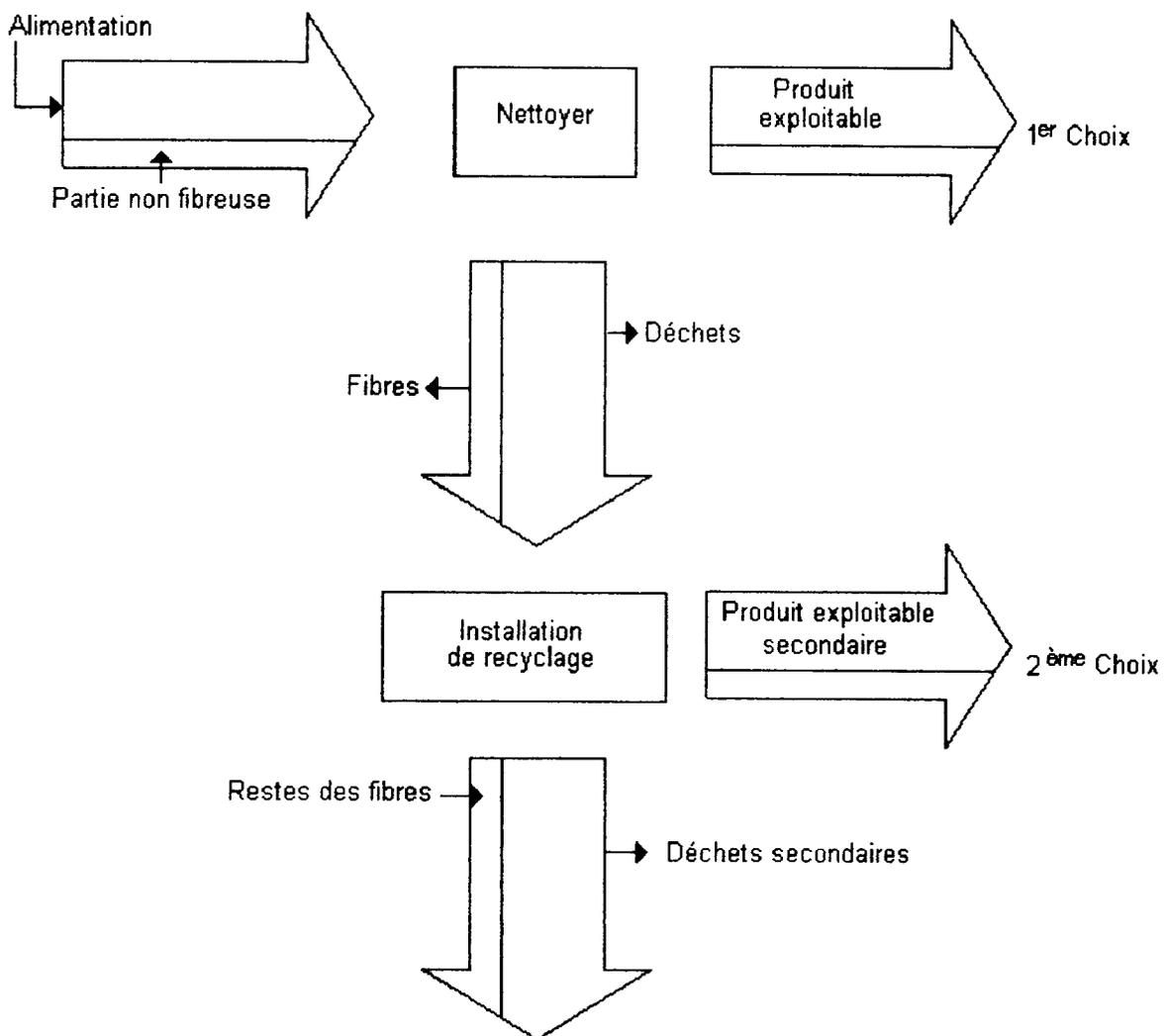


Fig. N°14 : Phases de transformation du coton.

A. FIBRES TEXTILES ET LEUR UTILISATION

L'industrie textile transforme la matière première fibreuse en fils, retors, tissus ou tricotés.

Le traitement préalable et l'épuration de la matière fibreuse s'effectuent aux usines de préparation avant filature.

C'est en filature qu'on transforme les fibres en fils d'une finesse et d'une résistance prédéterminée. Le tissage est fait à partir de ces fils pour faire des tissus écus, tandis qu'aux usines de tricotage sont confectionnés des articles tricotés, et enfin aux usines d'ennoblissements s'effectuent la teinture et les apprêts.

Les matières premières fibreuses principales de l'industrie textile sont: le coton, la laine, le lin, la soie et les fibres artificielles et synthétiques. En général, les produits textiles sont en grande partie obtenus à base de mélanges de fibres.

Les qualités spécifiques du coton lui assurent encore une part prépondérante dans la consommation des fibres textiles. Frais et léger à porter, ayant une grande affinité pour les couleurs, facile à entretenir, le coton convient bien à de multiples usages « usages vestimentaires, domestiques, besoin de nombreuses industries ». Il est le moins cher des fibres naturelles, convient donc pour la fabrication des articles de grande consommation pour lesquels il répond à la fois en qualité voulue et à un moindre prix [34].

Toutefois cette matière fait partie des produits naturels dont la caractéristique de ces derniers est de ne pas se présenter à l'état pur. Le degré d'utilisation de la plante, le genre de récolte de la fibre ainsi que le niveau de technicité de la récolte et de l'égrenage seront d'une grande importance lors des processus de l'utilisation ultérieurs. Lors de l'achat, il y a un choix à faire entre le parc machines disponibles, le prix de la matière et sa propreté, propreté et parc machines disponibles.

Le coton graines cueilli sur les plantations est envoyé aux locaux de stockage, d'où on l'expédie aux usines d'égrenage où il subit les opérations suivantes :

- Nettoyage préalable.
- Séparation des fibres et des graines.
- Epuration partielle des fibres.
- Pesage des fibres et leur mise en balles.

Le nettoyage préalable du coton brut consiste à éliminer des morceaux de capsules, des débris de feuilles..., qui se sont accrochés aux fibres. Ce nettoyage se fait selon le type de fibres utilisées et son pourcentage de déchets. A cela, on a subdivisé les différents types de fibres de coton en huit (08) groupes.

B. CLASSIFICATION DES FIBRES DE COTON

Le coton est valorisé par la classification, le degré de propreté est déterminant pour entrer dans telle ou telle catégorie de classification. La figure 15 met en valeur la relation entre la teneur en impuretés et la classification. Il y aura lieu ensuite d'éliminer ces impuretés au stade du battage et du cardage, [34].

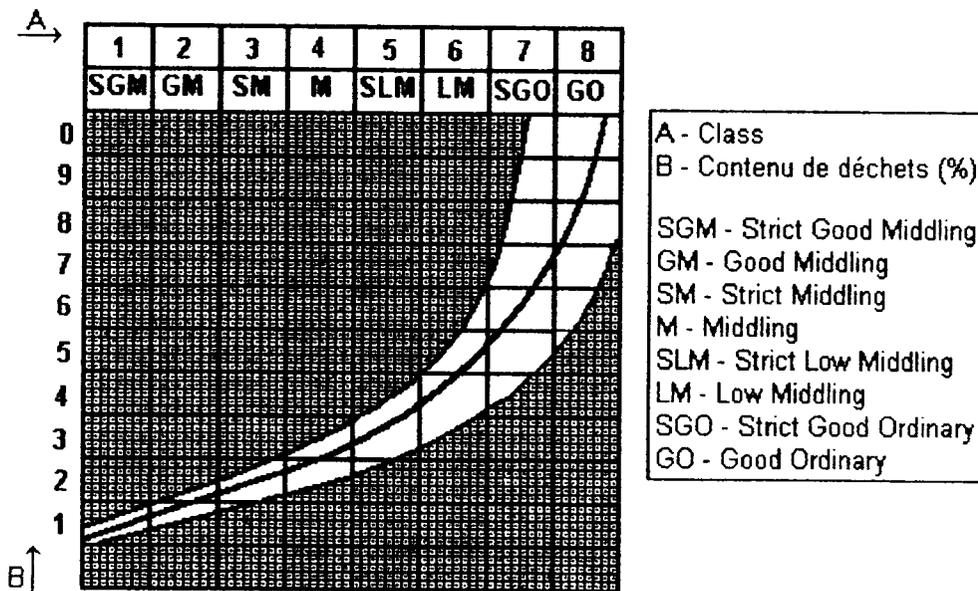


Fig. N°15 : Représentation des moyennes des déchets en fonction de la classe de coton.

C. IMPURETES ET DECHETS DE COTON

Au cours de son traitement, le coton change de forme. Il est cultivé, récolté égrené, mis en balles avant d'être nettoyé et transformé en articles textiles de toutes sortes. A chaque étape, le coton est affiné en générant une plus value. Cette plus value appelée généralement « les déchets de coton » pourront contenir des fibres, de grains de semences, de reste de feuilles, de capsules ou de tiges, de corps étrangers concassés, mais également du sable. Mis à part ces déchets palpables, on constatera également la présence de duvets et de poussières.

L'ensemble des déchets éliminés sur le nettoyeur et les cartes contient selon des estimations entre 65 et 70% de fibres. La teneur des débris végétaux dans les balles n'est que 1,4%. La quantité globale des déchets en provenance du nettoyeur et de la carte est de 4%, ceux-ci se composent approximativement de 1,4% de débris végétaux et donc de 2,3 de fibres. La teneur en fibres des déchets et par conséquent de 65% si nous essayons de récupérer les 2,6% de fibres contenues dans les déchets, nous devons nous attendre à des pertes qui, dans le cas le plus défavorable, peuvent atteindre des pertes de 10% de cette matière secondaire. Cela signifie 10% de pourcentage (4%) soit 0,4% de perte. On peut donc s'attendre à une récupération de fibres de $2,6\% - 0,4\% = 2,2\%$, [35].

Le processus de recyclage permettra le traitement de ces déchets blancs grâce à une production et à un réglage optimum des machines, en fonction des matières à travailler.

La figure 16 montre qu'un haut degré d'exploitation pourra être atteint, non seulement à partir d'une matière à traiter propre, mais également en maintenant un degré de déchets résiduaux élevé, [36, 37].

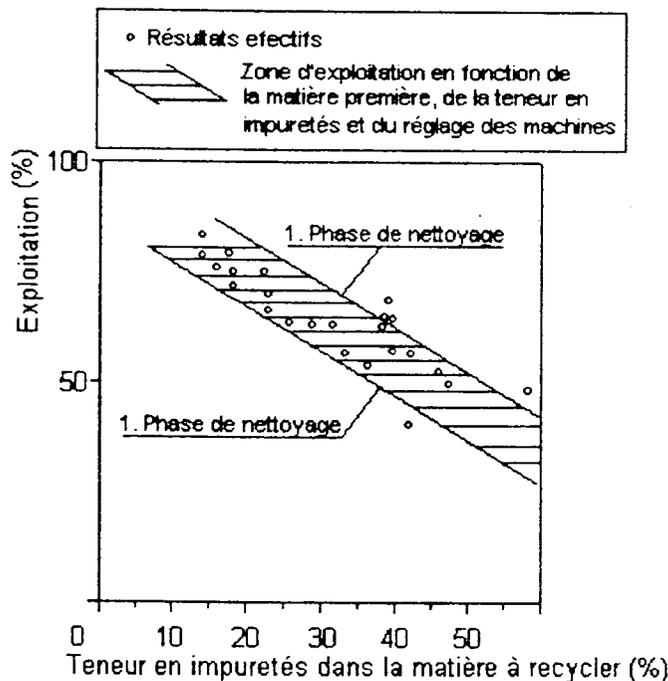


Fig. N°16 : Exploitation en fonction du taux d'impuretés.

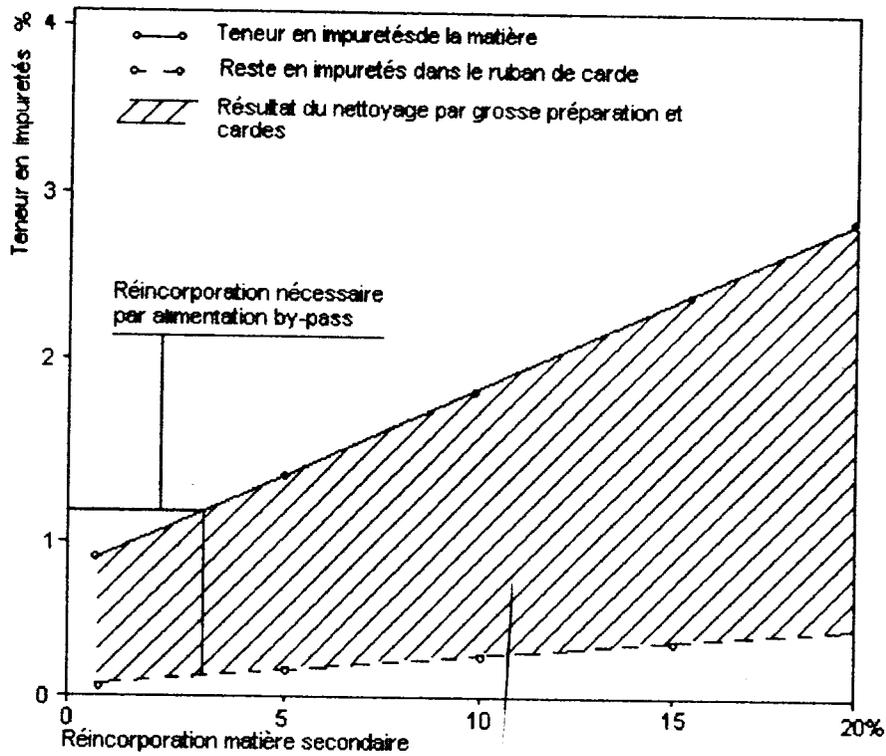


Fig. N°17 : Teneur en impuretés dans la matière alimentée et dans le ruban de carde.

L'analyse des influences à la suite de la réintroduction des déchets recyclés dans la carde des trois principaux processus de filature (cardé, peigné, rotors) donne des résultats satisfaisant [36, 37]. En réintroduisant de 0 à 20% de matières secondaires, la teneur en impuretés de l'assortiment normal augmente d'environ 1 à 2,7% (figure 17). On constate que la teneur des impuretés restantes ne s'accroît que de 0,05 à 0,14% à la suite de la réintroduction de 0 à 20%. L'installation by-pass dont le rendement se situe à 65%, permet dans le cas présent une réintroduction de matière secondaire dans l'assortiment d'environ 2,7%.

L'utilisation de ces déchets est admise. En revanche, leurs influences quant à la production et sur l'état des machines restent à concrétiser. Jusqu'à présent, on retrouve que des études globales.

II.2. METHODE D'ANALYSE

Les premiers stades de travail du coton dans la filature, le battage et le cardage, revêtent une importance capitale pour la suite des traitements. Sur la base

de connaissances [38], la conduite et le réglage du nettoyage sont aussi important en tant que moyen du maintien de la qualité ainsi que sur la fiabilité des équipements.

Les changements, intervenant sur le front de l'offre du coton [39], exigent des possibilités rapides d'adaptation sur le plan de la matière première. La technique d'analyse du nettoyage du coton est destinée à déterminer les paramètres suivants :

- Proportions de masse de fibres, de poussières et de corps étrangers.
- Indices des fibres, des poussières et des corps étrangers.
- Indices de structures des agglomérés.

II.2.1. DETERMINATION DES PROPORTIONS DE MASSE DES FIBRES, DE POUSSIERES ET DE CORPS ETRANGERS DANS LE COTON BRUT

Le Shirley analyser est constitué en principe d'un dispositif d'alimentation, d'un briseur et d'un tambour perforé (figure 18). L'appareil en question permet la simulation standard du processus de battage du coton en plusieurs passages suivant la destination ASTM D 1451-56T (ASTM : American Standards on Textile Materials).

L'échantillon à analyser sera séparé en trois fractions: déchets, fibres et déchets du tambour perforé. Les déchets du tambour perforé sont exprimés sous forme de différence avec le poids de l'échantillon, à l'exclusion des pertes, sous le terme de « perte de tambour perforé ».

Outre la norme ASTM, plusieurs auteurs ont suggéré [40, 41, 42] une exécution plus rationnelle de l'analyse avec un nombre de passages réduit, ce qui devrait conduire aux mêmes résultats.

Trash selector : se distingue du shirley analyser par le circuit fermé de circulation de l'air, passant à travers un tamis où les poussières et les duvets de fibres se déposent (figure 19). Dans la figure 20 sont présentés des résultats de fractionnement d'échantillons de coton du trash selector et du shirley analyser.

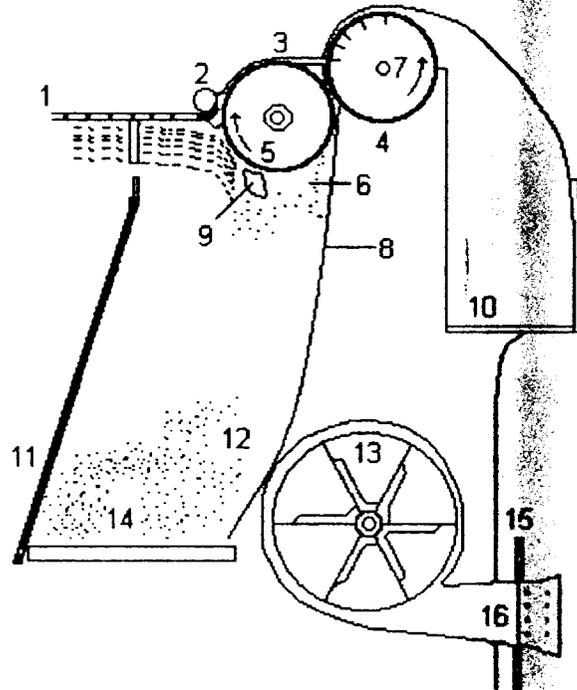


Fig. N°18 : Shirley - Analyser.

1. Table d'alimentation - 2. Rouleau alimentaire - 3. Couteau dépouilleur - 4. Circuit d'air - 5. Briseur - 6. Poussière extraite - 7. Tambour perforé - 8. Tôle coupe vent - 9. Plaque de guidage - 10. Bonnes fibres - 11. Clapet 12. Déchet - 13. Ventilateur - 14. Récipient pour déchet - 15. Diaphragme d'étranglement - 16. Poussière aspirée

Nettoyeur SRRL : mis au point par l'institut de recherche de l'USDA (USDA: United States Department of Agriculture - Nouvelle Orléans) le procédé ne nécessite que 3 min pour son exécution mais une conformité avec les résultats n'est pas obtenus.

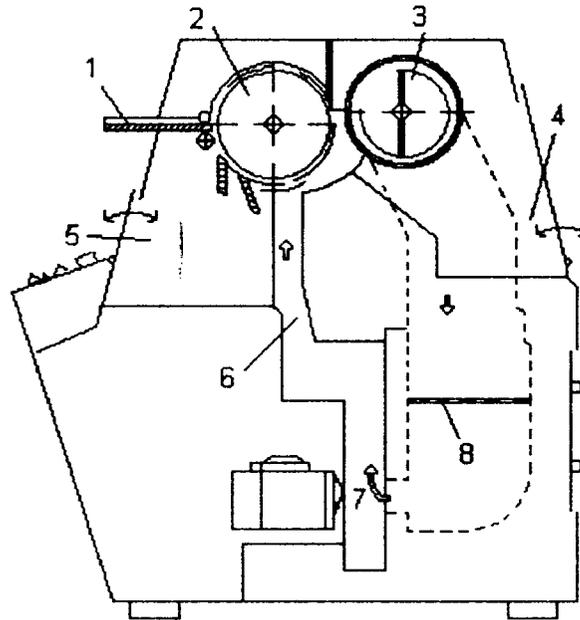


Fig. N° 19 : Trash - Selector.

1. Table d'alimentation - 2. Briseur - 3. Condenseur - 4. Compartiment de ramassage des fibres - 5. Compartiment pour déchets - 6. Circuit d'air - 7. Ventilateur - 8. Tamis pour le ramassage des poussières

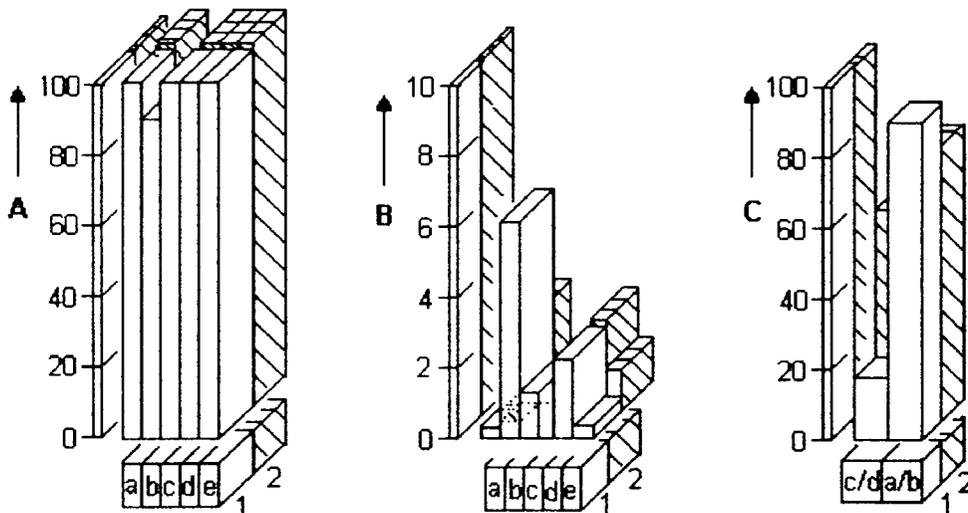


Fig. N°20 : Résultats de fractionnement d'échantillons de coton à l'aide du Shirley - Analyser (1) et le Trash - Selector (2).

- A. Quote part de fibres (%) B. Quote part de particules étrangères (%)
 C. Effet de nettoyage (%)
- a. Russe - IV, ruban cardé b. Russe IV, coton brut
 c. Texas, alimentation de cardé d. Texas, coton brut
 e. Blousse, ruban de cardé

Lavage par solvants

Afin de pouvoir déterminer le taux de micro-poussières d'un échantillon de coton, un procédé permettant d'extraire les particules de poussières par un lavage aux solvants a été mis au point. Ce procédé WNF (WNF: Waschen , laver - Nassieben : tamiser à l'état humide - flitren: filtrer) comprend les phase suivantes:

- Lavage des échantillons à l'acétone.
- Tamisage du liquide contenant les poussières, par un tamis fin (dimension des mailles 45 μ).
- Filtration du liquide tamisé par un filtre à pores ayant des ouvertures d'un diamètre de 0,8 μ .

Ce procédé permet une différenciation du taux de micro-poussières de l'échantillon de coton provenant des étapes de fabrication différentes, mais [38] la comparaison avec des résultats de mesure du dépôt de poussières dans le rotor (Open-End) à partir du coton d'origines différentes ne fait apparaître qu'une faible corrélation

(figure 21).

Trois échantillons filtrés, d'analyse WNF, vues au microscope électronique à balayage donnent la quote part importante de fragments de fibres dans les résidus filtrés du coton à taux élevé de poussières et témoigne d'un travail mécanique préparatoire intense, en liaison avec une part importante de particules étrangères et de fibres brisées, [38].

Un meilleur lavage - dépoussiérage des échantillons de coton pourrait être atteint par un traitement aux ultrasons [43, 44].

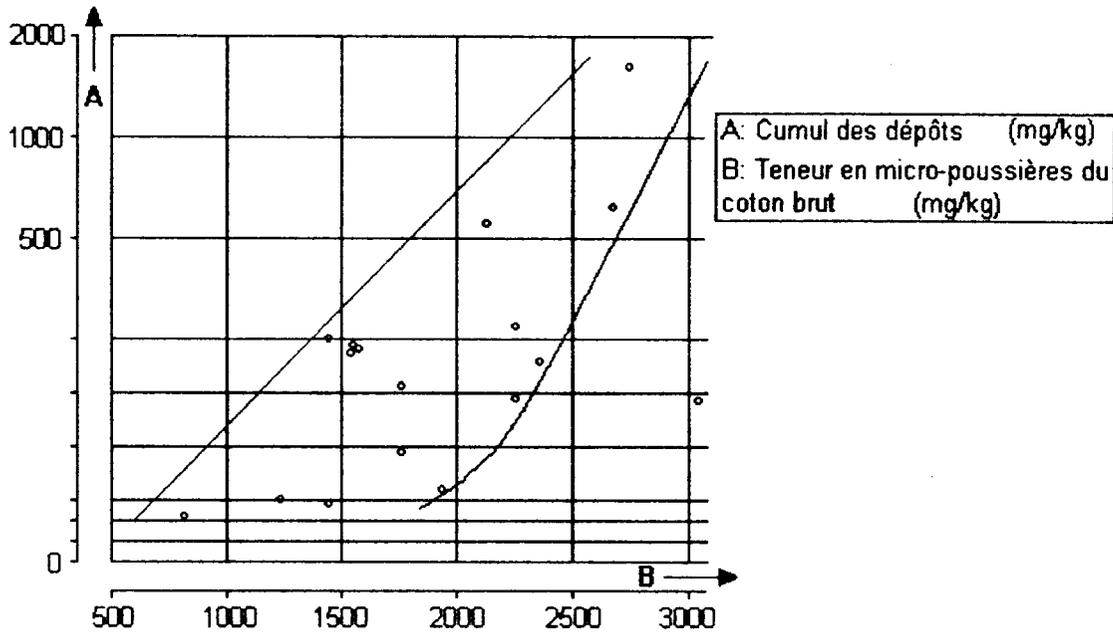


Fig. N°21 : Influence du contenu des micro - poussières du coton brut sur l'extension des dépôts dans le rotors OE.

II.2.2. TAUX DE MASSE DES FIBRES, DE POUSSIÈRES ET CORPS ÉTRANGERS DANS LES RUBANS

A. TEST DE DEPOTS DANS LES ROTORS OPEN-END

Pour caractériser un coton d'après les dépôts dans les rotors OE à escompter, des essais de simulation voisins de la pratique peuvent être effectués dans les rotors boxes d'origines. Les poussières accumulées dans la rainure du rotor sont saisies par gravimétrie, en fonction de la machine à filer utilisée et du réglage de la dite machine. Les prélèvements étant effectués après des laps de temps différents, la comparaison directe entre les différentes qualités de coton devient possible, mais également l'efficacité des différentes conduites du processus en préparation de filature [36], (Fig 21)

B. APPAREILS D'ANALYSE

Essdiel silver trash analyser

Cet appareil a été mis au point en s'inspirant d'une unité d'ouvrison OE à rotor. L'appareil permet la détermination du taux de trash dans les rubans de cardé et d'étirage par séparation mécanique et pesée ultérieure. Une séparation de la proportion de poussières n'est pas possible.

C. ITR analyser

Un banc de mesure développé par l'institut « für Texttechnik de Reutlingen/Denkendorf », Allemagne, contient comme pièce maîtresse également une unité d'ouvraison OE à rotor [45]. Par l'aspiration de la poussière à la surface de la garniture du rouleau, on procède à la détermination gravimétrique du contenu de poussières. Le contenu trash est recueilli dans l'unité d'évacuation des impuretés de ce groupe OE à rotor.

II.2.3. DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES DE POUSSIÈRES ET CORPS ÉTRANGERS

Parmi la multitude de techniques d'analyse, citons l'analyse dimensionnelle des grains, [46, 47 et 48]. Pour la classification des dimensions des grains de corps étrangers grossiers, on utilise l'analyse par tamis à jet d'air. Il est possible de pousser l'analyse jusqu'aux dimensions de classe d'environ 10 à 15 μ . Pour les matières fortement agglomérées (déchets de coton), le tamisage au mouillé par solvant peut être nécessaire.

En revanche, quant à celle des particules de poussières, on utilise la sédimentation et les procédés visuels, ainsi que l'analyse microscopique des grosseurs des grains. Cette dernière peut être facilitée par des systèmes automatiques ou semi-automatiques d'analyse d'image. On peut citer comme exemple de travaux de recherche, les résultats d'analyse sur des dépôts dans des rotors OE par décantation au moyen d'alcool isopropylique et division en deux fractions, [49, 50].

II.2.4. DUVETS ET POUSSIÈRES

A. FORMATION DES POUSSIÈRES

Dans l'industrie textile, le dégagement des poussières se produit lors du triage, du traitement mécanique et du transport des différentes matières textiles; La quantité des poussières dégagées dans les différents ateliers de production, leur composition, ainsi que leurs dimensions dépendent de la nature des fibres traitées, du procédé technologique, du perfectionnement de la technologie de production et des équipements.

B. DUVETS ET POUSSIÈRES

Mis à part les déchets palpables déjà cités (grains de semence, restes de feuilles, de capsules ou de tiges, de corps étrangers concassés), on constatera également la présence de duvets et de poussières.

La différence entre les duvets et les poussières réside dans leur grandeur, car en fonction de leur dimension et de leur poids, ces corps légers pourront soit tomber sur le sol, ou sous forme très volatile, rester en l'air.

En revanche, même pour ces poussières, nous devons encore faire la distinction entre « poussières normales ou globales » et « poussières fines ou micro-poussières ». On définit la poussière fine comme des particules d'impuretés dont la grosseur est inférieure à 15μ . La poussière fine est constituée de 50 à 80% de fibres brisées, restes de feuilles et particules de capsules, de 10 à 25% de sable et de terre et de 10 à 25% de corps solubles dans l'eau. [51]

Les particules de poussières présentent une vitesse de retombée très faible. Elles peuvent aussi rester un temps assez long en suspension dans l'air, portées par du gaz ou par l'air et se trouver transportées sur des distances assez longues suivant le déplacement de l'air.

II.2.5. CLASSIFICATION DES POUSSIÈRES

Les poussières de coton sont classées en général selon leur composition, leur dimension et leur densité (particules/mm³).

A. SELON LEUR COMPOSITION

Selon leur composition, les poussières sont réparties en deux groupes, les poussières organiques et les poussières minérales :

- Les premières proviennent des feuilles, tiges ou capsules, etc... Elles sont d'origine végétale (coton, lin), animales (laine, soie) et artificielle (viscose, acétate).
- Quant aux autres, elles sont soulevées par des tourbillons lors du vent de tempête et au cours de la récolte. Le type de ces poussières se présente sous forme de terre sèche accrochée aux fibres ou bien des particules

d'asbeste dans certains colorants qui se détachent lors du traitement des fibres teintées.

B. SELON LEUR DIMENSION ET LEUR DENSITE

Dans ce cas, les poussières sont réparties en trois groupes: les impuretés atmosphériques permanentes, les impuretés occasionnelles et les poussières industrielles lourdes [52] :

- Les premières, très fines, ont un diamètre variant entre 0,001 et 1 μ . Elles se présentent sous forme de farine ou bien de buée (c'est à dire vapeur d'eau condensée en fine gouttelettes), avec une densité qui varie entre $2,65 \cdot 10^9$ et $2,65 \cdot 10^{15}$ particules/m³.
- Les secondes, dont le diamètre varie entre 1 à 220 μ , ont leur densité de $2,65 \cdot 10^9$ à 2650 particules/m³.
- Quant aux dernières, leur diamètre varie entre 100 à 5000 μ , leur densité est de 2656 à 21,2 particules/m³. Elles peuvent se présenter sous forme de pluie ou de bruine (petite pluie très fine), leur filtration se fait à l'aide du séparateur centrifuge.

Les caractéristiques de ces différentes impuretés sont plus détaillées sur le tableau ci-dessous :

↙ ↘

Tableau N°1 : Classification des poussières d'après W.GFRANG, revue « FLAKT »

	Impuretés atmosphériques permanentes 0,001 à 1 μ		Impuretés atmosphériques occasionnelles 1 à 100 μ			Poussières industrielles 500 à 5000 μ	
	Fumée 0,0001 à 0,5	Buée 0,1 à 1	Poussière 1 à 220	Brouillard 8 à 80	Brume 80 à 100	Bruine 100 à 733	Pluie 733 à 400
Densité	2,65*10 ⁻⁵ à 2,65*10 ⁻³	2,65*10 ⁻³ à 2,65*10 ⁻⁹	2,65*10 ⁻⁹ à 26500	2,65*10 ⁻⁵ à 21200	21200 à 2650	2650 à 21,2	21,2 à 2
Caractéristiques	Ultra microscopique		Microscope			Visible à l'oeil nu	
Moyen de filtration	Filtre électrostatique		Filtre mécanique			Séparateur centrifuge	

- Bruine : petite pluie très fine.
- Brume : brouillard léger qui permet la visibilité au delà de 01km.
- Buée vapeur d'eau condensée.

Dans les entreprises de traitement de coton, les poussières sont surtout dégagées au niveau des ateliers d'ouvraison, battage et cardage avec 2 à 16 mg/m³ (en fonction de la qualité du coton), alors qu'au niveau des ateliers de filage et de tissage, ce chiffre diminue jusqu'à 2 à 8mg/m³ en fonction du type d'équipement. [53]

La figure 22 représente les résultats d'un total de 89 valeurs mesurées. Les valeurs moyennes de concentration sont consignées en fonction des procédés et de lieu de mesure globale de la concentration moyenne de poussière dans la carderie s'est élevée à 2,6mg/m³ [54]. Pour 44%, la poussière relevée était composée de poussière globale sans fibres. La part des fibres s'élevait ainsi à 56%.

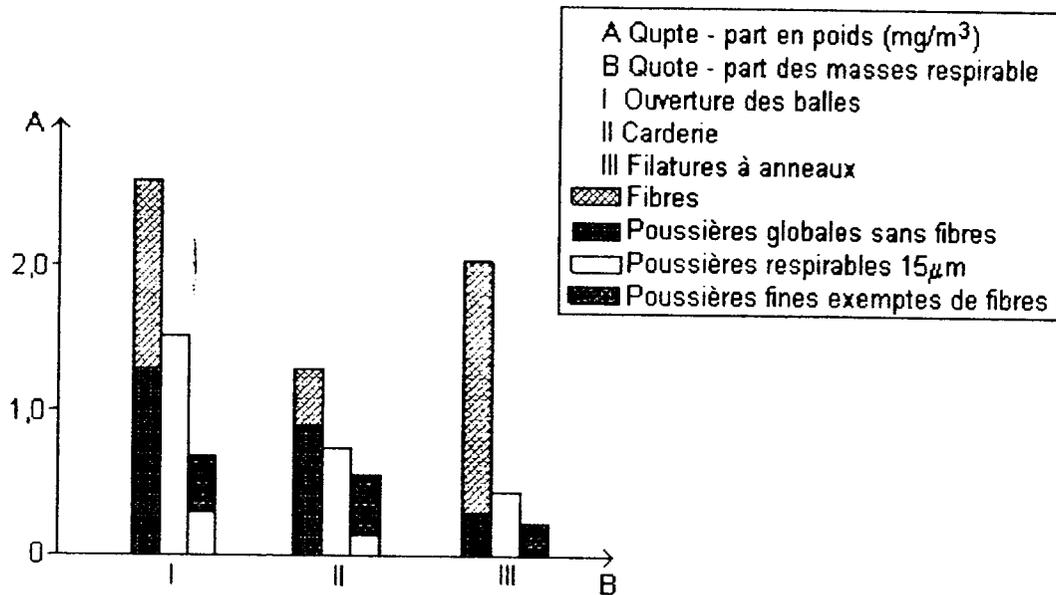


Fig. N°22 : Quote - parts de diverses fractions de poussières dans la poussière respirable.

L'exploitation de l'apport de poussière fine est possible lors de la mesure de poussière globale exempte de fibres, ce qui permet de déterminer avec une mesure la part de poussières globale sans fibres. La proportion de poussière fine exempte de fibres s'élevait avec $0,5\text{mg}/\text{m}^3$, à 20% de la poussière globale sans fibres [54].

II.3. INFLUENCE DE LA MATIERE PREMIERE SUR LE NETTOYAGE

Il n'a jamais été facile d'évaluer les capacités de nettoyage d'une machine ou d'une installation. Le résultat dépend en effet non seulement de la machine, mais également du coton, avec ses caractéristiques très différentes. Or, à ce jour, après un grand nombre d'investigations chiffrées, on sait que le coton participe au résultat de nettoyage, dans une mesure au moins identique que la machine même.

Pendant l'étude des nettoyeurs modernes, on a mis au point des méthodes qui permettent dorénavant d'identifier les influences, de manière différenciée et chiffrée. Or, à ce jour, nous sommes en mesure d'indiquer des valeurs intangibles du facteur M influencé par la machine, ce facteur "M" étant une notion caractérisant la puissance de nettoyage d'une machine.

II.3.1. GRANDEURS D'INFLUENCE DU NETTOYAGE

On a constaté que le facteur d'influence "C" du coton intervient avec la même pondération dans le résultats de nettoyage. Ce facteur caractérise la facilité ou la difficulté de nettoyage du coton, [56].

Un autre facteur important est la teneur en impuretés du coton. Les cotons sales obtiennent un degré de nettoyage plus élevé que les cotons propres, sur la même machine ou sous les mêmes conditions. Ce fait peut être considéré par le facteur "T" de teneur en impuretés correspondant de manière chiffrée à la teneur en impuretés du coton en (%).

Dans la fourchette des faibles teneurs en impuretés, jusqu'à 5% environ, le degré de nettoyage peut être sommairement établi par calcul au moyen de la formule empirique suivante :

$$R_g = 10 \cdot M \cdot C \cdot T \quad (\%) \quad \dots \dots \dots 7$$

- Où : . R_g - degré de nettoyage.
- . M - facteur machine.
- . C - Facteur d'influence coton.
- . T - Teneur en impureté.

Un rapport plus précis[56], particulièrement valable pour les teneurs importantes en impuretés, peut être indiqué comme suite :

$$R_g = 100 \left(1 - e^{-\frac{M \cdot C \cdot T}{10}} \right) \quad \dots \dots \dots 8$$

Les facteurs - machines sont déterminés par essais comparatifs, le nettoyeur Trützschler actuel, mod. RN avec batte à nez et élimination par grille, a été placé comme $M = 1$. Quant au facteur d'influence "C", il a été également déterminé par des essais comparatifs, le standard moyen des cotons établi il y a environ 10 ans, étant admis comme 1. Celui - ci peut être fixé par des essais de nettoyage au moyen de nettoyeurs standards. La teneur en impuretés "T" est déterminée par analyse Shirley ou autre procédé équivalent.

Partant de ces bases, il est possible d'évaluer les nettoyeurs ainsi que les influences du coton d'une manière précise. Cette méthode est évidemment utile pour le développement ciblé des nettoyeurs, quant aux objectifs visés de nettoyage. Ces relations sont encore explicite plus en détail à l'aide des graphismes qui suivent.

La figure 23 illustre la courbe caractéristique d'un nettoyeur RN avec batte à nez. La teneur en impuretés est consignée sur l'axe x, avant passage sur machine, sur l'axe y nous trouvons le degré de nettoyage pour une capacité opératoire de 350 kg/h, ceci pour un coton donné de ayant le facteur $C = 1$.

Il apparaît par exemple, que le degré de nettoyage de 30% est obtenu avec une teneur en impuretés de 3% tandis que la même machine et sous conditions semblables, mais avec 1% d'impuretés, atteint un degré de nettoyage de 10%. A ce niveau, on peut déterminer le facteur $M = 1$ pour la machine. Les machines ayant une intensité de nettoyage plus élevée ont des courbes plus caractéristiques plus inclinées, (figure 24), on y découvre des facteurs machine de $M_1 = 1$, $M_2 = 1,5$, $M_3 = 2$ lorsque les cotons ont un facteur $C = 1$, (voir figure 24).

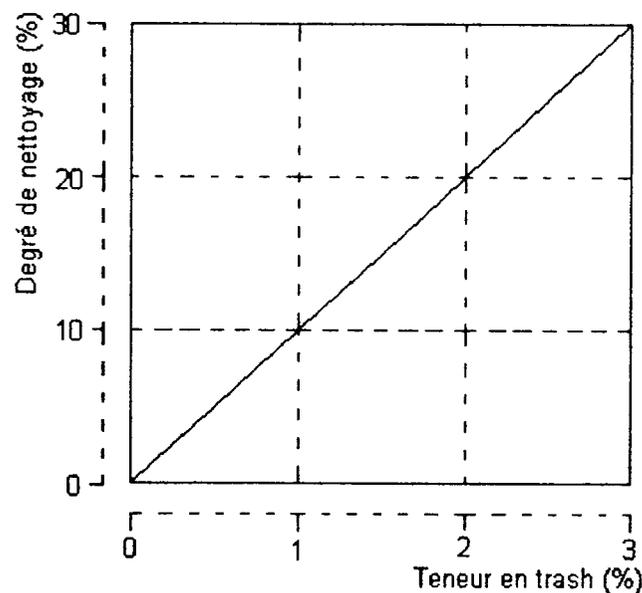


Fig. N°23 : Degré de nettoyage et teneur en trash en %.

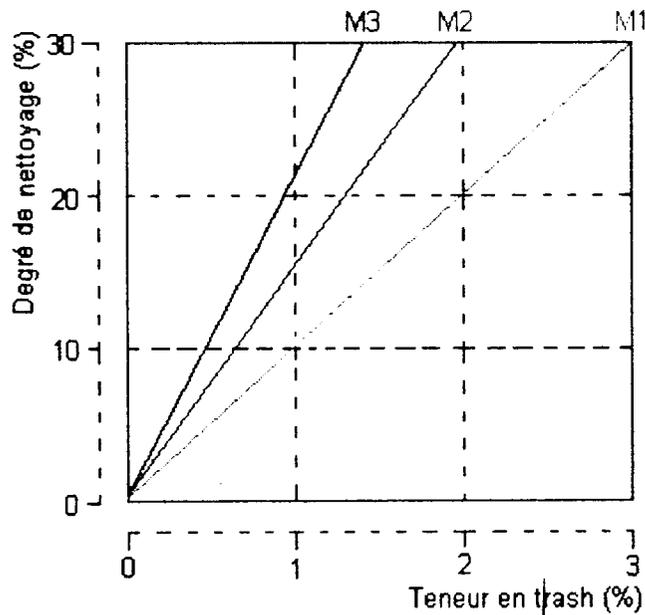


Fig. N°24 : Degré de nettoyage et influence de M de la machine.

L'influence du facteur C est visible sur la figure 25. Comme condition première, le facteur machine M de 1 doit être maintenu constant, ce qui signifie que seule la même machine est retenue. Ici, les facteurs C varient de 0,5 et 2, C = 0,5 caractérisant un coton difficile à nettoyer, tandis que C = 2 sera un coton de nettoyage facile.

Sur la figure 26, nous rencontrons des valeurs de mesure pratiques obtenues sur le nettoyeur RSK à dents de scie. Les points caractérisant un coton avec C = 0,6, les croix et les carrés pour un C = 1,5, pour les triangles ceux avec C = 2.

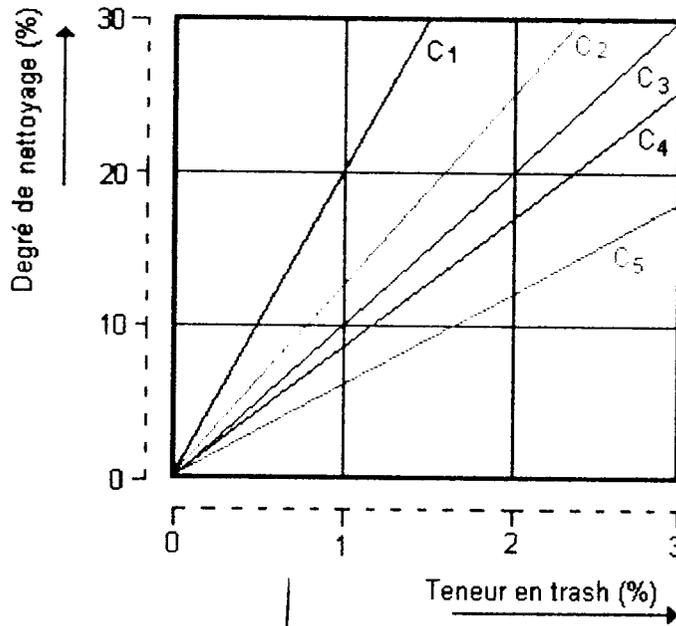


Fig. N°25 : Degré de nettoyage en fonction de la teneur en trash pour différents cotons .

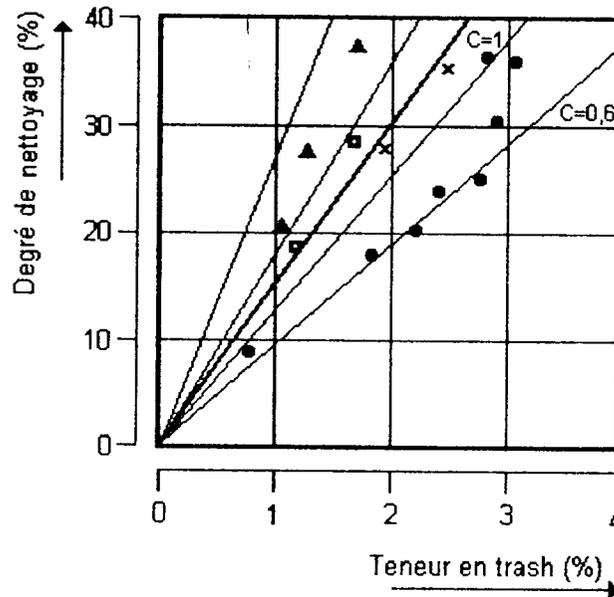
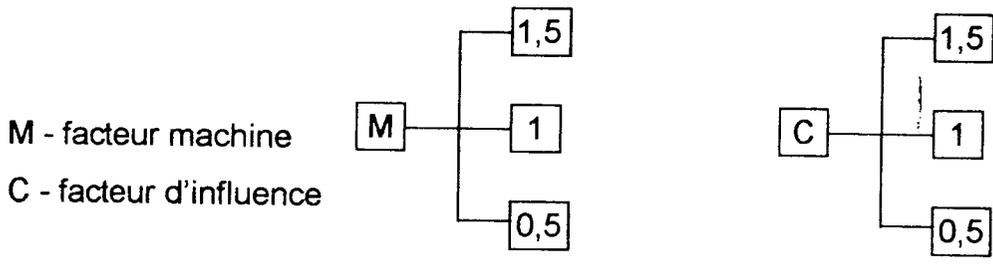


Fig. N°26 : Degré de nettoyage pour différents cotons.

A ce stade, il s'agit de reconnaître que l'indication d'un seul degré de nettoyage ne permet pas d'évaluer la qualité de l'ouvraison d'une seule machine ou d'une installation. Or, les autres points à considérer sont les caractéristiques du coton (dont dépend le facteur C du coton), variété de coton, son degré de maturité et le prétraitement subi.

Considérons encore une fois la formule sommaire suivante où on pose :

$$R_g = 10 \cdot M \cdot C \cdot T \quad (\%) \dots\dots\dots 7$$



En premier lieu, des facteurs entre 0,5 et 1,5 furent trouvés, dans certains cas externes également C = 0,5 et C = 3. Les facteur machines se situent entre 0,5 et 1,5. Il apparaît donc que l'influence du coton, intervenant au résultat du nettoyage, est plus importante que celle de la machine. Présentement beaucoup de coton avec un C = 2 sont enregistrés. La formule permet de calculer les lignes de nettoyage.

La figure 27 représente le déroulement du degré de nettoyage d'une installation .

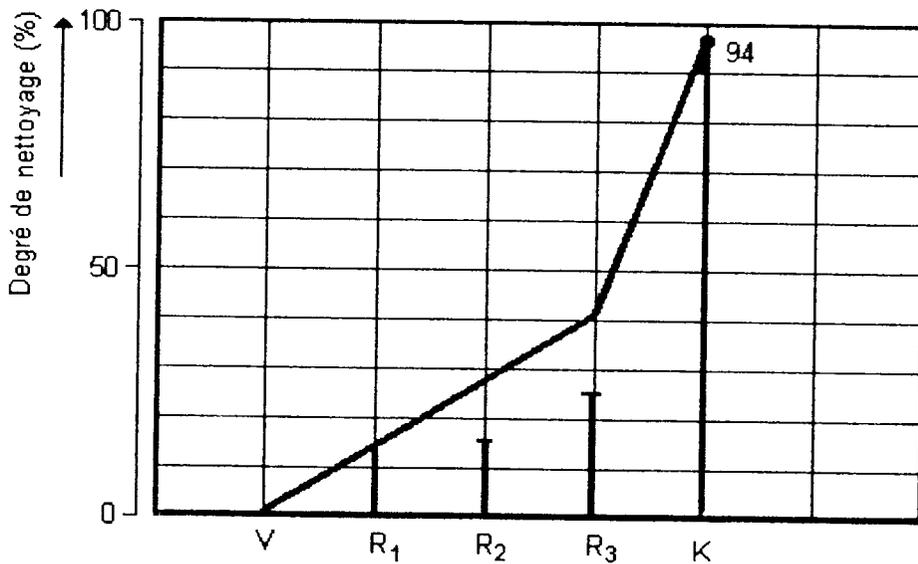


Fig. N°27 : Déroulement du degré de nettoyage d'une installation.

K - carde , R_{1,2,3} - nettoyeurs

Les courbes calculées et mesurées coïncident relativement bien. Les nettoyeurs R1 à R3 disposés en cascade de même que la carde K atteignent le degré de nettoyage mentionné sur les colonnes. La ligne indique la valeur du degré

de nettoyage de l'installation après la phase individuelle de nettoyage, c'est à dire à chaque point de degré de nettoyage atteint.

II.3.2. COMPARAISON DE DIFFERENTS NETTOYEURS [57]

Considérons les courbes caractéristiques, pour faible teneur en impuretés de différents nettoyeurs et par un $C = 1$:

- Le nettoyeur RN avec batte à nez, (figure 28), fournit un degré de nettoyage de 10% pour une teneur en impuretés de 1% et donc un facteur machine de $M = 1$.

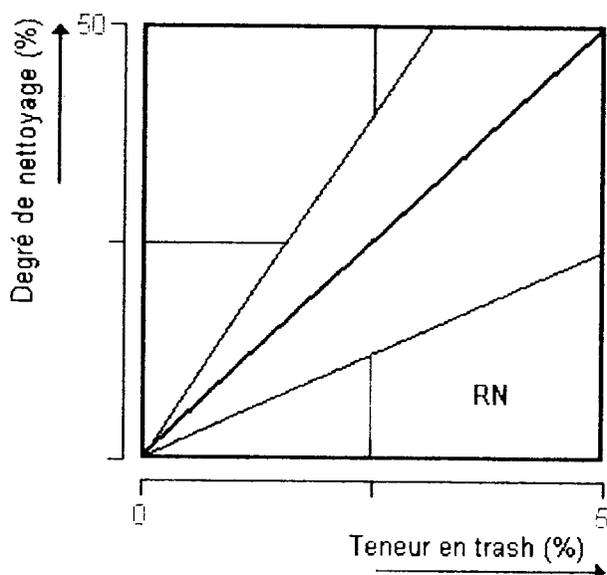


Fig. N°28 : Nettoyeur RN - dépendance du degré de nettoyage en fonction de la teneur en impuretés de la matière alimentée.

- Le nettoyeur RSK à dents de scie, (figure 29), pour une teneur en impuretés de 1%, a un degré de nettoyage de 15% et donc un facteur machine $M = 1,5$.
- Le nettoyeur à dents de scie RST, (figure 30), pour une teneur en impuretés de 1%, son degré de nettoyage est de 33%, soit un facteur machine $M = 3,3$. Le nettoyeur RST d'un $M = 3,3$, possède donc une capacité de nettoyage plus grande que les nettoyeurs RN et RSK.

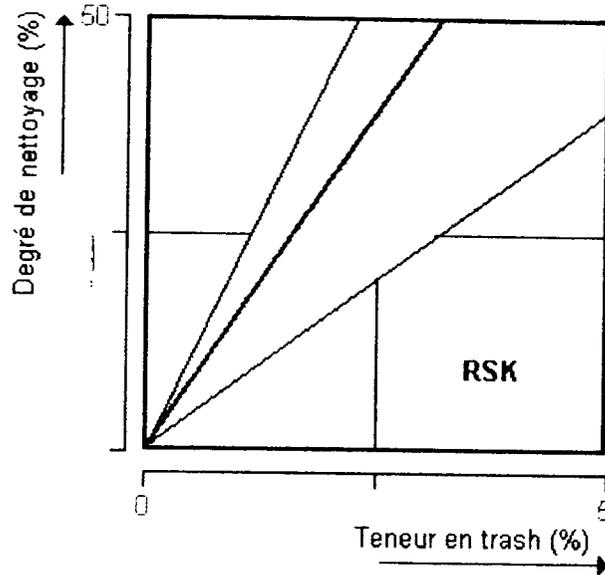


Fig. N°29 : Nettoyeur RN - dépendance du degré de nettoyage en fonction de la teneur en impuretés de la matière alimentée.

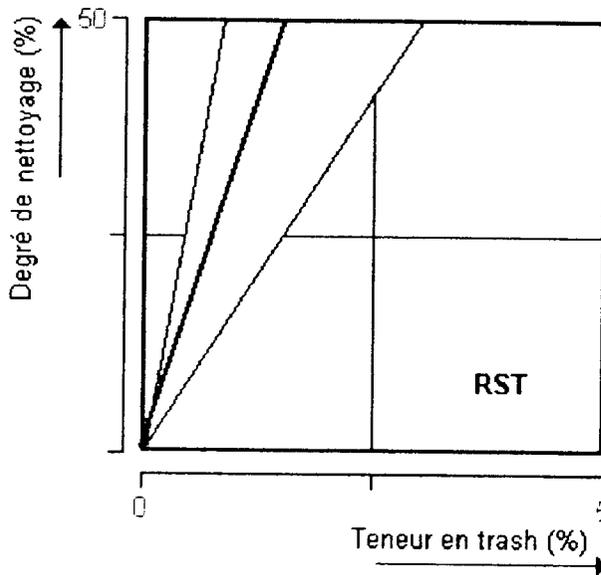


Fig. N°30 : Nettoyeur RST - dépendance du degré de nettoyage en fonction de la teneur en impuretés de la matière alimentée.

- La carte est à classer parmi les nettoyeurs, elle a subi des perfectionnements ces derniers temps notamment par l'addition de couteaux séparateurs sur le tambour. Les fines particules et les poussières sont aussi éliminées [58].

Dans les installations pourvues d'une seule nettoyeuse, Axi - flow ou RN, le degré de nettoyage pourra être limité, bien que son implantation s'avère judicieuse, avec ces machines les particules grossières sont éliminées, toutefois, sans les

fragmenter. On constate qu'aujourd'hui, nous traitons déjà le nombre des plus petites impuretés différentes, ceci émane d'analyses déjà effectuées [59].

Le nettoyage et l'ouvroison sont à considérer comme un ensemble technologique et que les différentes phases de travail sont à conditionner entre elles. Il est donc clair que les premiers organes procèdent tout d'abord à l'ouvroison et à un nettoyage grossiers et en fin les étapes d'ouvroison de plus en plus fines. L'optimum de l'ouvroison et du nettoyage sont réalisés en choisissant et en étayant soigneusement les différentes étapes.

La figure 31 nous montre le déroulement du poids des flocons d'une installation poids théorique d'un flocon (g/flocon) [60] ; il s'agit d'une hypothèse de travail donnant comme opportune la dernière ouvreuse et du transfert au briseur.

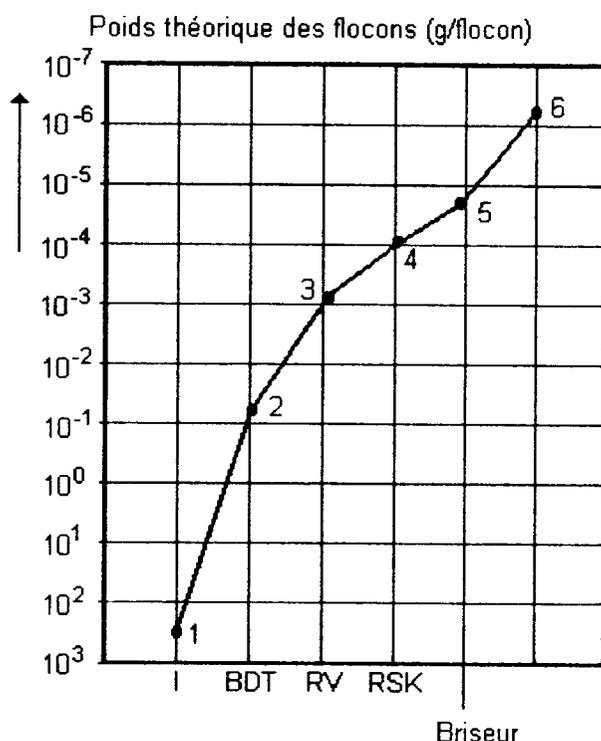


Fig. N°31 : Déroulement du poids des flocons d'une installation en fonction du poids théorique d'un flocon (g/flocon).

BDT , RV , RSK - Nettoyeurs

II.3.3 EVOLUTION DU NETTOYAGE DANS LE TEMPS

Des progrès ont été réalisés dans le domaine du nettoyage du coton. La figure 32 met en évidence l'allure du degré de nettoyage [61] obtenu durant l'année

1962. A cet effet, quatre nettoyeuses (R₁, R₂, R₃ et R₄) de même capacité ont été utilisées. Or, successivement le degré de nettoyage de chaque nettoyeuse allait en décroissant, puisqu'on l'alimentait en matière de plus en plus propre, le travail de nettoyage devenant plus difficile. Le degré de nettoyage total avant carde est de 35%.

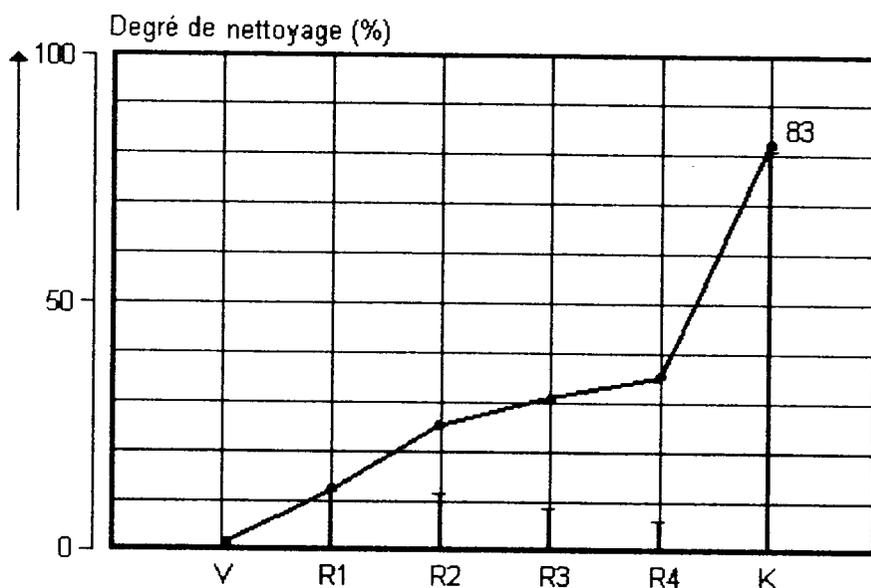


Fig. N°32 : Allure du degré de nettoyage en 1962.

La figure 33 nous illustre le niveau obtenu en 1984 avec l'introduction de la nettoyeuse RSK. Les trois nettoyeuses atteignent 53%, donc 18% de plus que les quatre nettoyeuses précédentes.

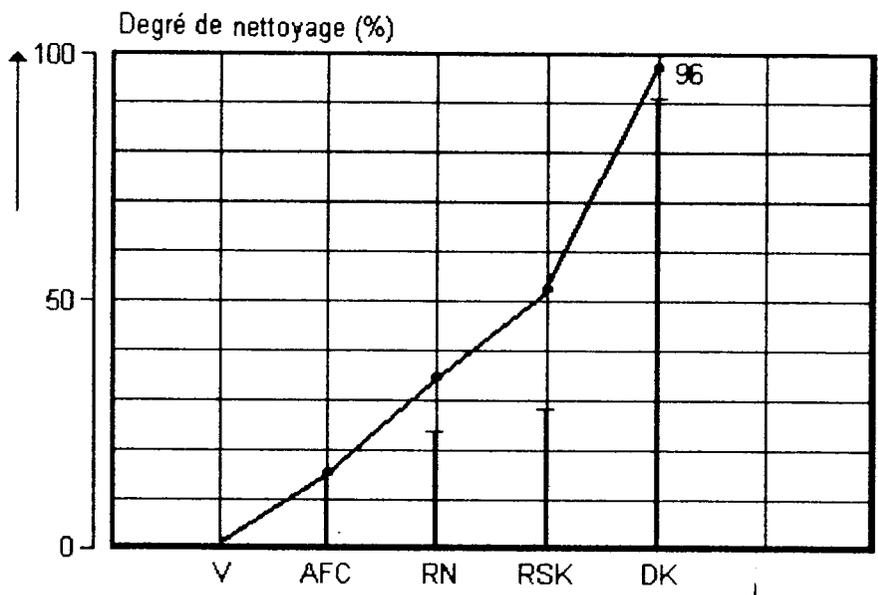


Fig. N° 33 : Degré de nettoyage en 1984.

La figure 34 relate l'évolution avec un nettoyeur RN et un nettoyeur RST. On reconnaît que le nettoyeur RST a effectivement pris en charge une partie de l'effet de nettoyage de la carte ce qui confirme les premières utilisations en pratique, [61].

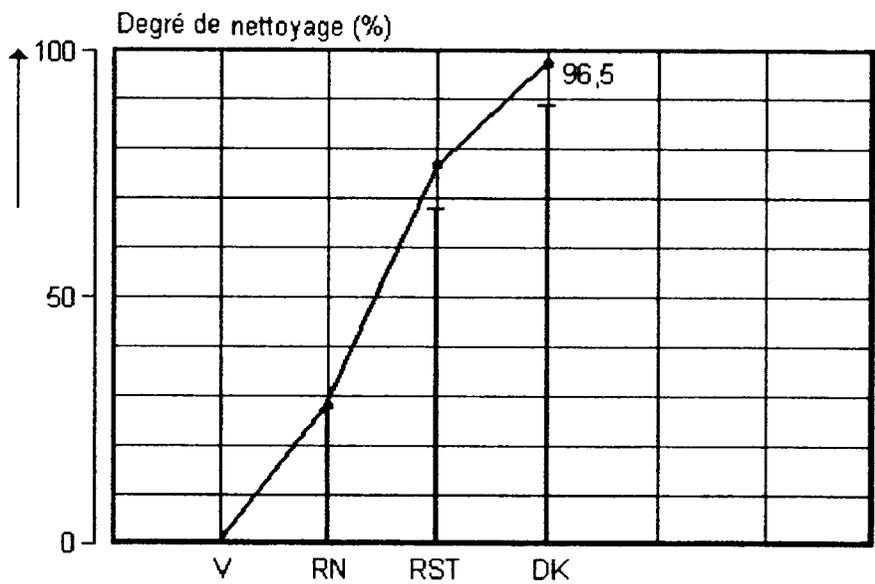


Fig. N°34 : Déroulement du degré de nettoyage (1989).

II.3.4. INSTALLATION COMPLETE

La stratégie de l'ouvraison progressive et ciblée est poursuivie avec rigueur. Après le BLENDOMAT BDTO19 et du silos de mélange BOBS, vide au moyen d'un

tablier aigüillé, une balle ouverte a lieu au dessus des grilles, suivie de la chute de la matière dans la cheminée de remplissage du nettoyeur RN. Ce dernier est aspiré par un condenseur, alimentant le mélangeur quadruple par des tabliers de distribution. La matière est appelée par des rouleaux délivreurs. Le batteur transforme la matière en flocon, tombant sur le tablier de transport , figure N°35 [62].

On obtient de cette façon une présentation idéale de la matière, mélange, dimension des flocons, structure et régularité. Cette alimentation passe directement au nettoyeur RST assurant une bonne pénétration, un pinçage régulier et donc une ouvraison et un meilleur nettoyage .

Un ventilateur aspire la matière du nettoyeur RST et la chasse à travers la dépoussiéreuse DX. Cette dernière est dépouillée par un autre ventilateur. L'alimentation par flocons donne un bon dépoussiérage avec une matière largement ouverte.

Le bon état d'ouvraison, de pair avec la séparation de l'air pratiquée entre l'association des nettoyeurs et de l'alimentation à flocons, améliorent la régularité de toute l'alimentation à flocons du cardage entier, d'où on peut dire que le pilotage de la matière dans les installations est d'une importance primordiale.

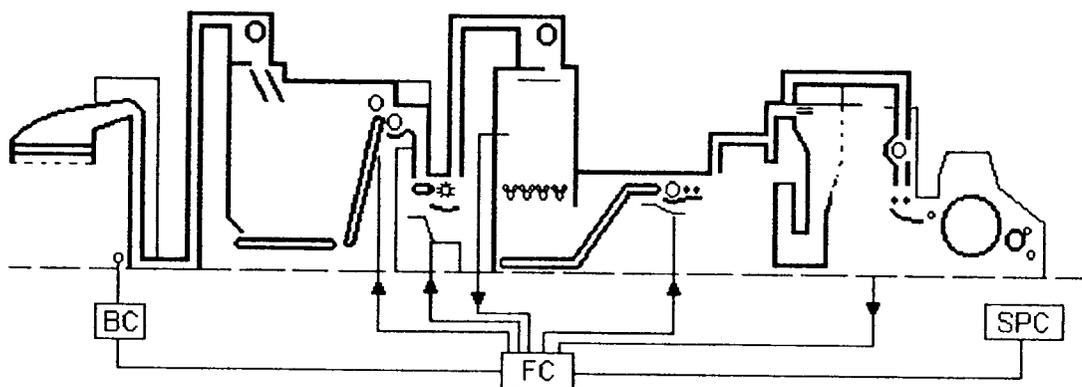


Fig. N°35 : Intégration du nettoyeur RST.

BC , FC et SPC : Zones d'aspiration.

II.4. EFFETS DES DECHETS ET POUSSIÈRES

A. SANTÉ DES TRAVAILLEURS

D'après les études faites spécialement sur leur influence sur la santé humaine, il est démontré qu'elles sont extrêmement peu nocives, mais des fois elles provoquent une maladie appelée « byssinose » [55]. Les fibres, en effet, se présentent sous forme d'éléments longs qui sont facilement retenus par les muqueuses et les poils des voies respiratoires. Il n'y a donc que la part de poussière qui pénètre dans la région alvéolaire qui peut être considérée comme dangereuse pour la santé. Cette poussière est désignée comme « intra-pulmonaire », et à un diamètre inférieur à 5 μ .

B. DURÉE ET ÉTAT DE FONCTIONNEMENT DES MACHINES

Le dépôt des particules de poussières sur les zones lubrifiées ou graissées ou bien les surfaces de travail en frottement entraîne non seulement des arrêts et bris machine (déréglage) et des défauts de fabrication (rebut), mais surtout l'accélération d'un phénomène indésirable appelé « usure ». Cette action abrasive sur les surfaces en frottement (friction) provoque une usure aléatoire jusqu'à l'obtention de la défaillance [55].

L'usure mécanique qui apparaît à la suite de l'action des particules solides tranchantes ou éraflantes, causent d'importantes déformations plastiques. Ces particules peuvent se trouver à l'état libre ou fixé.

L'usure abrasive est considérée comme l'un des types les plus répandus de détérioration des organes des machines. Le mécanisme d'un tel type d'usure consiste en une extraction de matière, à partir de la surface usée, sous forme d'un copeau très petit et de fragments de ce matériau enfoncé plastiquement, et aussi, sous forme de petits morceaux dispersés fragilement éliminés lors d'une seule ou plusieurs interaction. Seulement, quelques poussières peuvent exercer une action d'extraction du copeau, alors que la plus grande partie d'entre elles forme un matériau plastique très fragile en laissant des traces sous forme de grains enfoncés, ou d'éraflures et de rigoles. Ceci s'explique [55] par le fait que les particules de poussières peuvent être de formes différentes, mais surtout s'orientent différemment par rapport à la surface.

II.5. CONCLUSION

L'optimisation et la comparaison des processus de nettoyage nécessitent des techniques d'analyse bien adaptées .

Cette étude a pu nous fournir une récapitulation des appareils et des méthodes connues et récentes, ainsi qu'une comparaison entre les procédés des quotes-parts de masse des fibres, de poussières et de particules de corps étranger, ainsi que de leurs caractéristiques :

- Pour la mise en valeur de trash, en emploie à l'échelle mondiale le shirley-analyser.
- Pour l'analyse quantitative des rubans de coton, les éléments standards des machines OE à rotors avec élimination intégrée les impuretés sont en usage .
- Pour la caractérisation des particules de corps étrangers, les méthodes d'analyse des dimensions des grains sont plus au moins utilisées .
- La multitude des nettoyeurs au niveau de l'industrie textile .
- Le procédé de nettoyage qui se fait progressivement .

Aussi, se passage en revue bibliographique nous emmène à déduire qu'au niveau des organes de transformation de la matière en demi-produits ou produits finis, une certaine quantité de poussières et déchets s'y trouve .Celle-ci est qualifiée jusqu'à présent de matière indésirable ; elle dégrade les organes de machines et réduit la qualité du produit fabriqué.

A travers cet ensemble de compréhension , l'influence de ces corps dit « corps indésirables » sur les pièces de machines sera probablement une contribution complémentaire quant à la maîtrise de se phénomène d'usure.

CHAPITRE 3

EXPERIMENTATION ET TRAITEMENT DES RESULTATS

III. EXPERIMENTATION ET TRAITEMENT DES RESULTATS

III.1. POSITIONNEMENT DU PROBLEME

Après un travail préliminaire des défaillances au niveau de l'industrie manufacturière, l'usure représente le taux le plus élevé. Toutefois, les autres types de pannes tels que les cassures, fissures et autres ne sont pas négligeables.

Au sein de l'industrie de transformation des fibres textiles, les défaillances des organes des machines se répartissent comme indiqué en figure 36a. On note que celles dues à l'usure représentent la plus grande partie. Quant aux causes de celle-ci, les principales sont le frottement, le choc et la fatigue. Les parts de ces modes sont représentées sur la figure 36b.

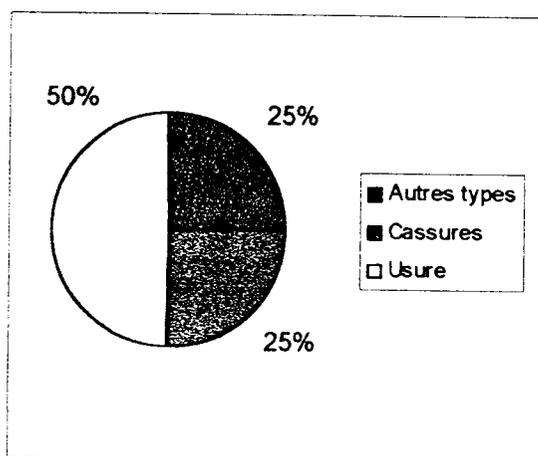


Fig. N°36a : Part de types de pannes.

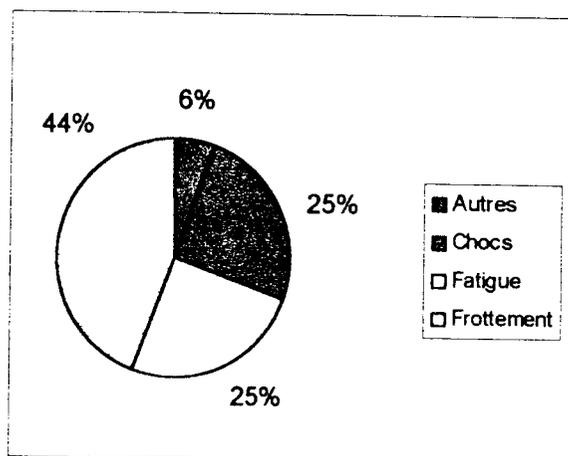


Fig. N°36b : Part de types de causes.

A travers ces résultats, on constate qu'une étude de l'impact de ces déchets sur le comportement des machines serait d'un apport non négligeable que ce soit en maintenance ou en production.

Comme il a été montré en partie bibliographique, lors de la transformation de la matière première en produit fini (voire même en demi-produit), une quantité de déchets et de poussières se dégage durant le processus.

Les recherches, que nous avons entamées dans ce sens, nous montrent que dans le cas de l'industrie textile l'importance de cette quantité dite matière indésirable diminue lors de la progression en séquences de transformation technologique.

Ces constatations relevées en milieu industriel (complexe textile de DBK), sont représentées en figure 37 (tableau 5 en annexe), nous emmènent à envisager les axes qui devront être maîtrisés.

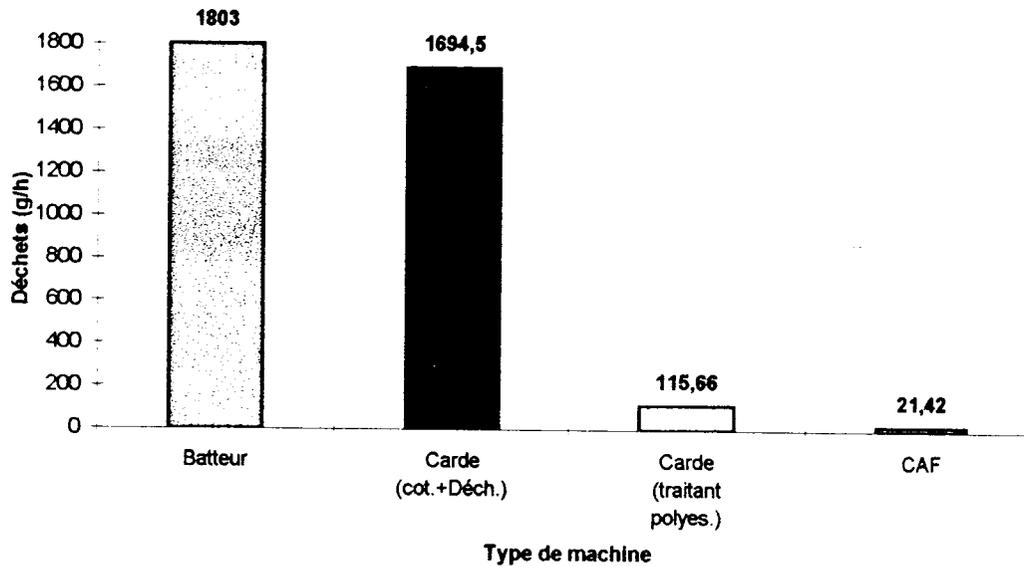


Fig. N°37 : Histogramme des déchets.

Afin de connaître la quote-part des poussières dans ces déchets, on a procédé à des essais sur un shirley analyser dont les résultats sont présentés dans le tableau 6 en annexes, figures 38a et 38b.

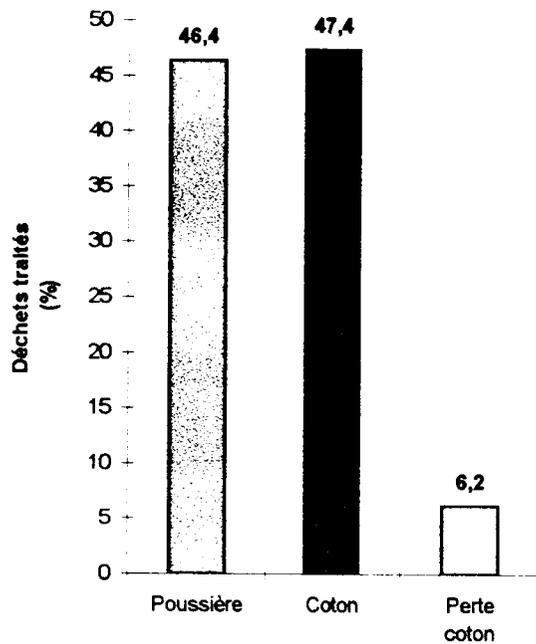


Fig. N°38a : Quote-pari des poussières dans les déchets du batteur.

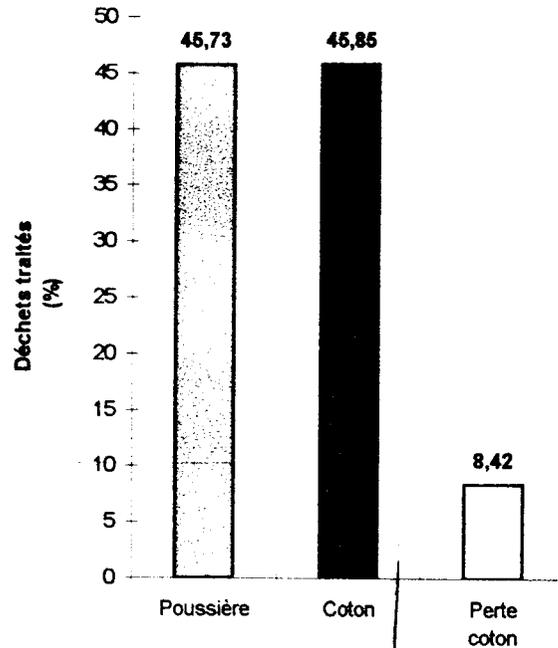


Fig. N°38b : Quote-part des poussières dans les déchets de la cardé.

III.2. ESSAIS A L'USURE

Dans notre cas, l'usure à suivre concerne toutes pièces en mouvement relatif où l'importance des dépôts de poussières y ait. Toutefois, l'intérêt est donné aux surfaces traitant la matière première en vue de sa transformation en produits finis (ou demi-produits).

Dans la plupart des cas, cette perte de masse (usure) se trouve sur les surfaces (cylindres tournant) frottantes et ce, à cause de la matière traitée qui est chargée d'impuretés. Le principe général de ce phénomène peut être représenté comme sur la figure 39.

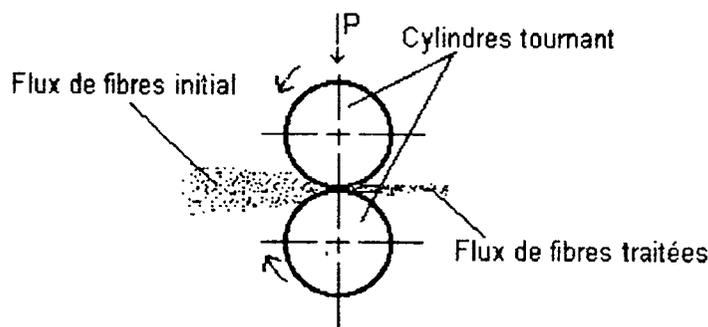


Fig. N°39 : Schéma de principe général du phénomène.

Pour apporter notre contribution à la compréhension et à la modélisation du phénomène d'usure de deux pièces en présence d'un troisième corps (déchets), nous limitons notre expérimentation aux essais suivants :

- Etude du taux d'usure en fonction de la nature du troisième corps.
- Etude du taux d'usure en fonction de la charge.
- Etude du taux d'usure en fonction de la vitesse.
- Etude du taux d'usure en fonction de l'état de surface.

Comme les organes tournants travaillant à l'usure, nous prenons des cylindres en XC38 avec ou sans traitement thermique (trempe superficielle). Quant au troisième corps, dit « déchets » nous prenons les poussières textiles (duvets, fibres courtes, débris, capsules,...), le gibs et la silice.

III.2.1. BANC D'ESSAI

La méthode utilisée est inspirée de celle de BABICHEV [30] pour l'étude de l'usure. Toutefois pour refléter au mieux la réalité des cas les plus répandus en milieu industriel, notre dispositif se limite à une paire de cylindres tournants (figure 40).

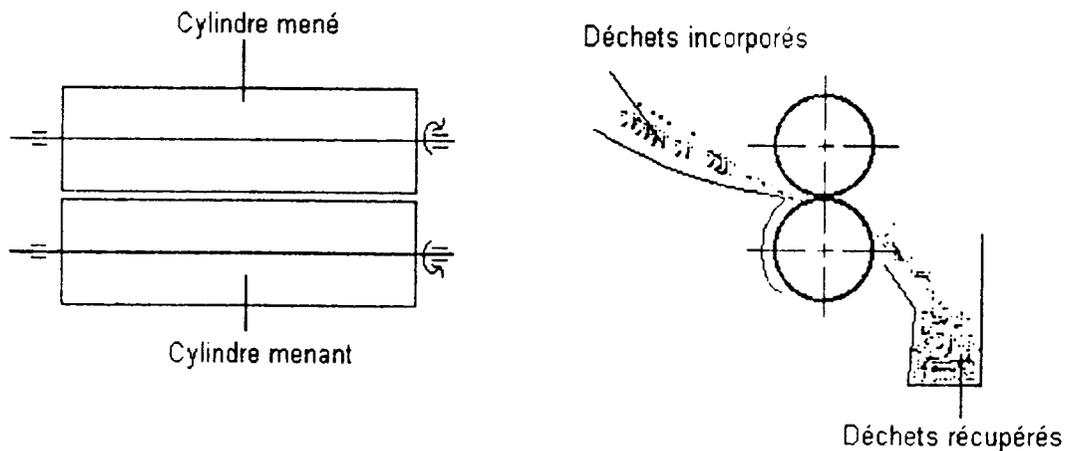


Fig. N°40 : Schéma de principe du banc d'essai.

III.2.2. INFLUENCE DES TYPES DE DECHETS

Pour retrouver l'évolution de l'usure d'un couple de pièces décrit précédemment, en présence d'un troisième corps appelé « déchet », nous avons entamé des essais avec les trois catégories de déchets décrits précédemment.

En utilisant le banc d'expérimentation dont le principe est représenté en figure 40, les déchets introduits d'une manière continue entre les 2 cylindres en rotation, sont récupérés dans un bac.

Le prélèvement de l'impact de ce corps sur les 2 cylindres se fait à des intervalles réguliers de 4 heures de fonctionnement. Les résultats de ces mesures sont donnés dans les tableaux 8 et 9 portés en annexe. Quant à leur représentation graphique, elle est illustrée en figures 41 et 42.

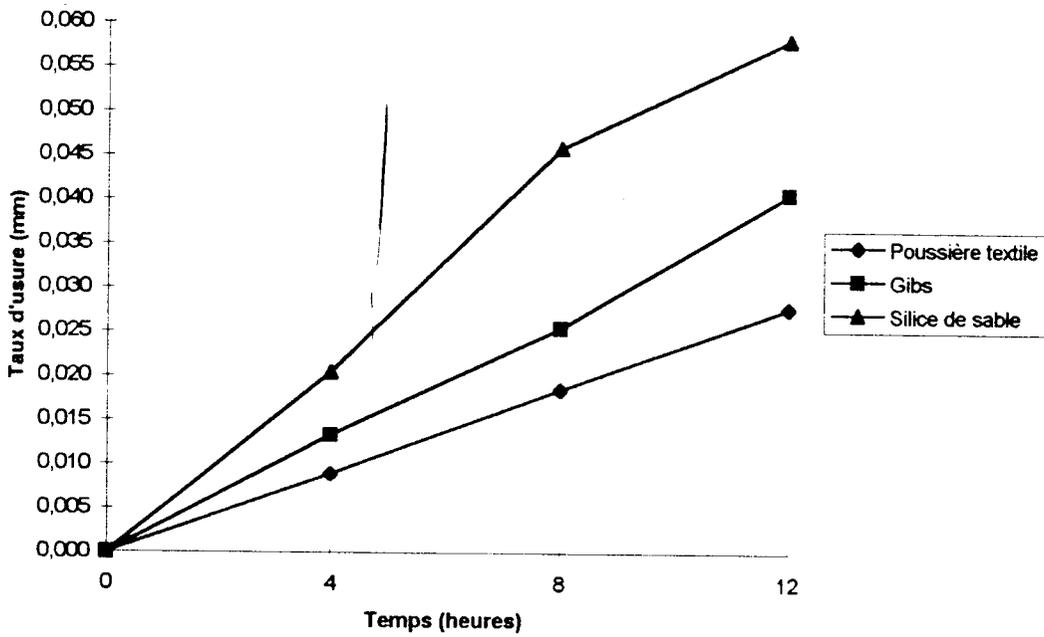


Fig. N°41 : Perte de charge en fonction du type de poussières : arbre menant.

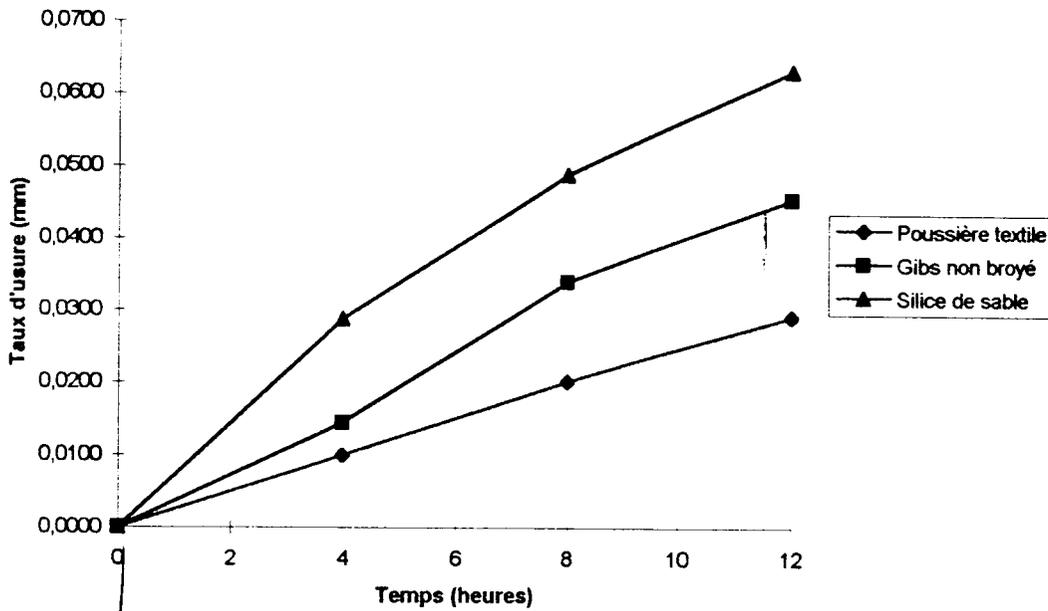


Fig. N°42 : Perte de charge en fonction du type de poussière (arbre mené).

Les graphiques (figure 41 et 42) représentent la relation des taux d'usures en fonction du temps d'exposition d'un organe en rotation à des différents genres de poussières. Toutefois les rapports des taux d'usure aux mêmes paramètres montrent que le plus important est celui causé par la silice suivi du cas du gips.

Il apparaît que ce phénomène de dégradation dans nos conditions d'expérimentation, pour ce qui est des poussières textiles, qu'il peut être modélisé selon l'équation d'une droite qui passe par le point zéro $y_1 = 2x$ sur l'arbre mené et $y'_1 = 2,2x$ pour l'arbre menant. En revanche, pour la silice et le gips la modélisation mathématique s'avère plus délicate, les évolutions sont plus complexes ; elle serait peut-être envisageable avec plus d'essais.

A cela, on s'aperçoit très nettement qu'avec la même vitesse de rotation (560 tr/min) et de même quantité d'impuretés (500 g/heure), l'usure provoquée par les poussières textiles est non négligeable par rapport à celle causée par les autres poussières qui sont plus abrasives, plus dure et de grosseur plus grande. Ce résultat confirme l'hypothèse faite sur l'influence des poussières textiles sur les organes en mouvement notamment les machines de la grosse préparation, à savoir surtout les cardes où le taux de poussières est considérable.

III.2.3. INFLUENCE DE LA CHARGE

Comme dans la plupart des cas industriels tels qu'en textile, l'organe travaillant est soumis à une pression définie en fonction du procédé (traitement des fibres longues ou des fibres courtes) et de l'opération (alimentation en cardage, étirage,...). En fonction de cette charge appliquée, nous limitons nos essais à l'utilisation seuls des déchets textiles. Le déroulement de l'expérimentation est analogue à celle précédente, toutefois le relevé s'effectue à des intervalles réguliers d'une heure. Ces relevés sont consignés dans les tableaux 10 et 11 portés en annexes, et illustrés en les graphiques ci-après (figure 43 et 44).

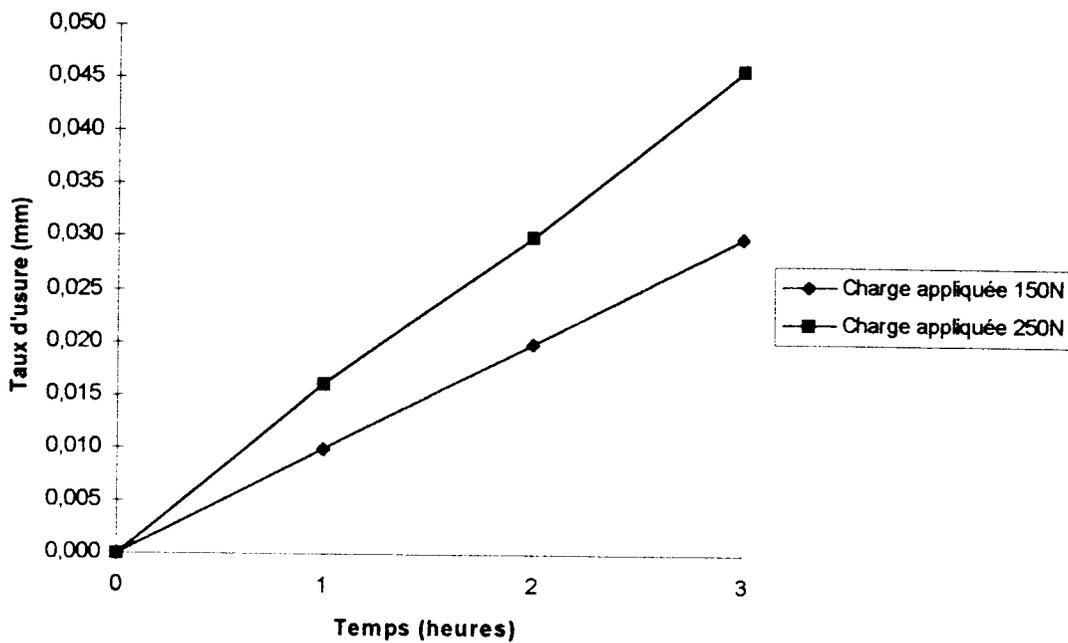


Fig. N°43 : Perte de masse sous l'influence de la charge : arbre menant.

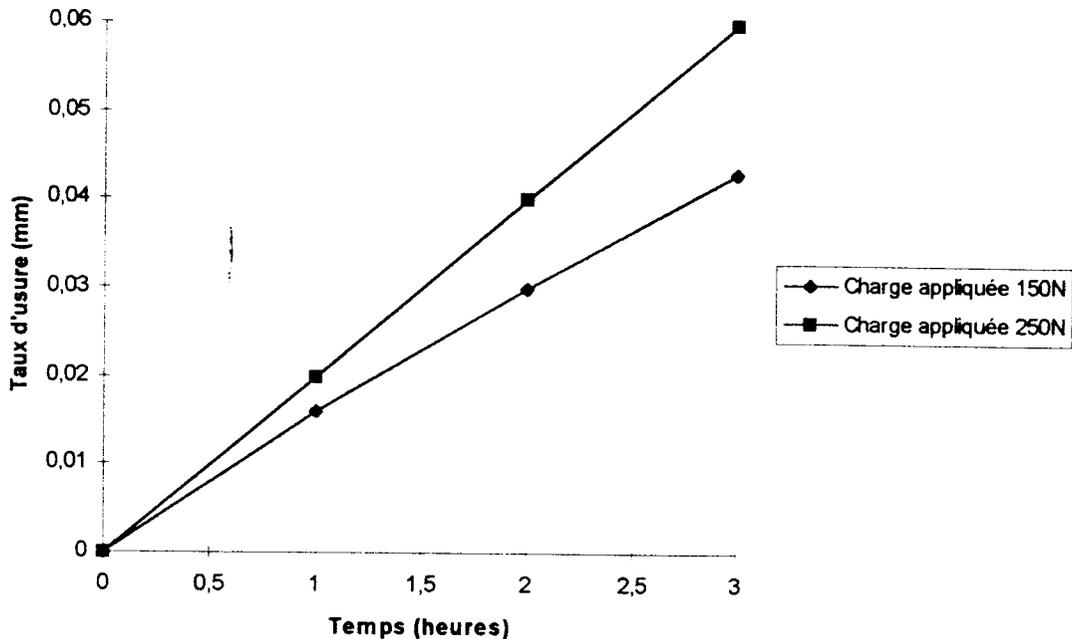


Fig. N°44 : Perte de masse sous l'influence de la charge : arbre mené.

L'évolution du comportement en fonction de la charge est linéaire, la pente du graphe qui est d'une moyenne de 0,013 pour la charge de 150N, et d'une pente plus grande qui est de 0,018 pour celle de 250N.

A partir de ces résultats, on constate que le taux d'usure provoqué par les poussières textiles est proportionnel à la charge appliquée, l'usure est plus importante dans les organes où les forces d'adhésion sont considérables ce qui corrobore avec la bibliographie.

Toutefois, il apparaît que ce phénomène est plus important sur le cylindre mené par rapport au cylindre menant, et ce par exemple pour une charge de 250N le rapport est de 4/3.

En se préoccupant de ces poussières après essais, on observe deux types de débris ; le premier est caractérisé par de fines particules individuelles réparties sous forme d'un lit. Ce type est plus important que le second qui est caractérisé par des agglomérats de plus grande taille.

III.2.4. INFLUENCE DE LA VITESSE

Pour retrouver le comportement à l'usure, l'étude du paramètre vitesse de travail ne peut être négligée. À cet effet, on n'utilise que les poussières textiles sous

une charge de 150N. L'expérimentation est entamée de la même manière que les précédentes. Les résultats relevés sont portés en annexe (tableaux 12, et 13), ils sont illustrés par les figures 45 et 46.

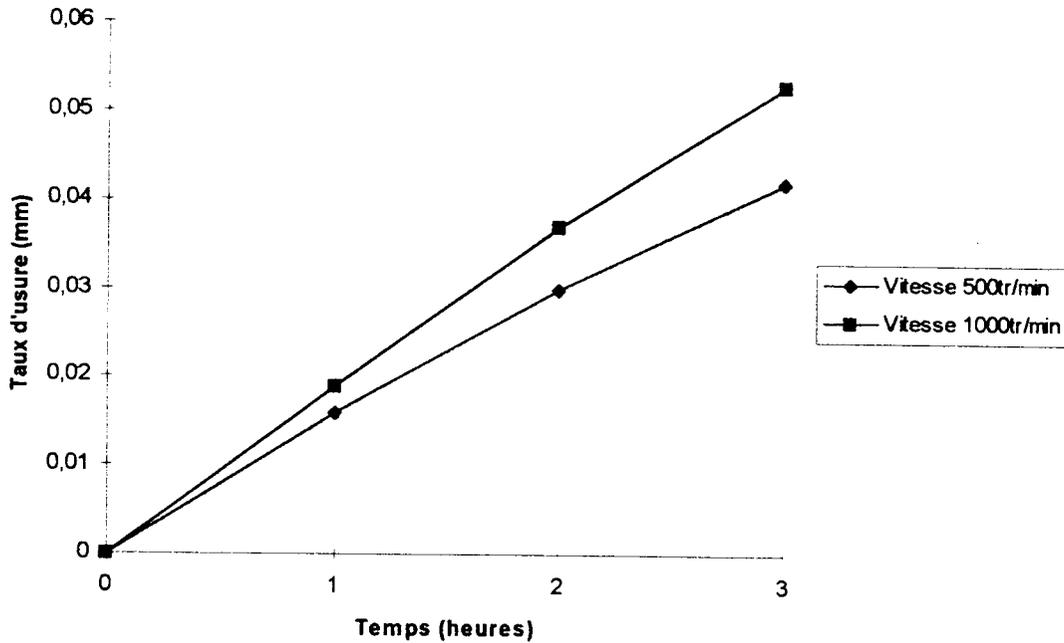


Fig. N°45 : Perte de masse sous l'influence de la vitesse : arbre menant.

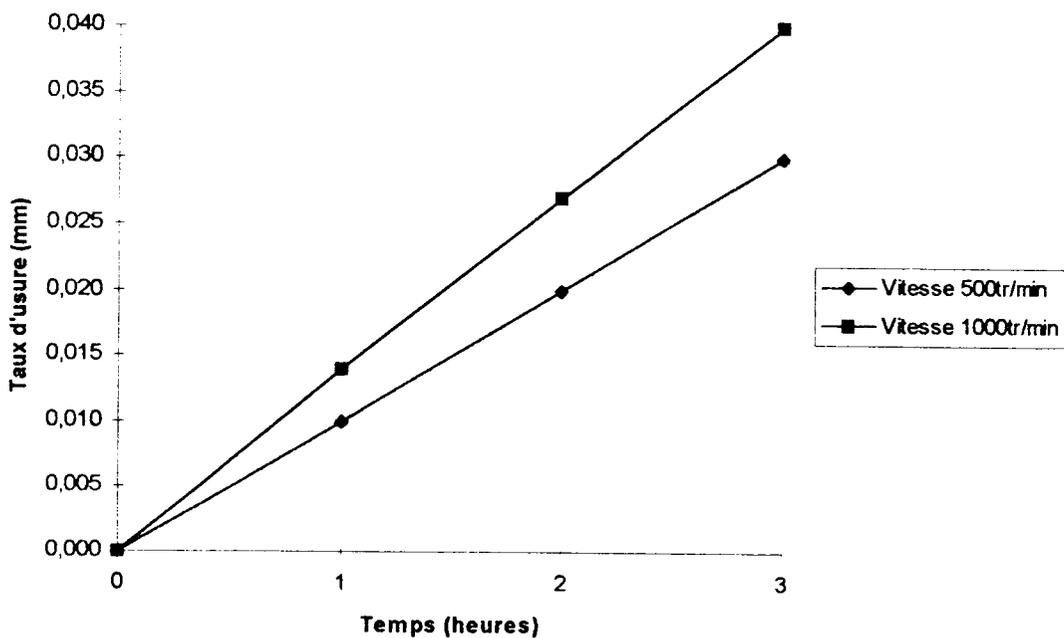


Fig. N°46 : Perte de masse sous l'influence de la vitesse : arbre mené.

Les graphes ci-dessus peuvent être exprimés par les équations $y_1 = Ax = 0,013x_1$ (arbre mené) pour une vitesse de 500tr/min ; et $y_2 = 0,018x_2$ (arbre menant) pour une vitesse de 1000tr/min. A partir de ces résultats, on constate que le taux d'usure provoqué par les poussières textiles s'accroît avec la vitesse de rotation des organes en question d'où une solution qui tient compte des paramètres cités auparavant est envisageable.

Ces essais nous montrent que pour l'arbre menant, pour un rapport de vitesse de moitié, le taux d'usure est d'un rapport de 4/3.

III.3. INFLUENCE DE LA RUGOSITE (ETAT DE SURFACE)

Ce facteur ne peut être négligé en raison de son importance industrielle et des difficultés métrologiques que présente son contrôle.

Dans les essais précédents, nous avons supposé que la forme géométrique des solides en contact étant parfaite. En réalité, du fait de la nature physique des différents procédés d'usinage, les pièces réelles présentent par rapport à leur forme idéale, des défauts géométriques. L'une des conséquences de l'existence des aberrations géométriques est que l'aire réelle de contact n'est qu'une fraction de l'aire apparente (figures 2, 3 et 5). Pour cela, nous avons procédé à des essais avec et sans poussières et ce de la même manière que les essais précédents.

Cette expérimentation est réalisée avec différents états de surface, quant aux autres paramètres tels que la vitesse, la charge, le type de matériau, etc..., sont maintenus sans variations. Seul, le troisième corps qu'on introduit volontairement entre les surfaces frottantes qui change. En première phase, on a travaillé sans corps étrangers, puis on a introduit des grains de silice et enfin en derniers essais on a utilisé des poussières textiles prélevées au niveau de la cardé.

Le relevé des résultats s'effectue à des intervalles d'une heure, la vitesse de travail étant la même pour tous les essais, la charge est appliquée pour assurer un contact permanent des deux surfaces.

Des mesures ont été effectuées sur trois sections (tableaux 14, 15, 16 en annexe) et dont la moyenne est utilisée pour l'illustration des résultats sur les figures correspondantes.

III.3.1. ESSAIS SANS POUSSIÈRES

Dans ce test, les pièces (cylindres), soumises à l'usure, ont été nettoyées. Elles ont fait l'objet d'un suivi par relevé des états de surfaces en début et en fin de sollicitations.

Tableau N°2 : Variation de la rugosité sans corps étrangers.

Temps (h) \ Essai	Valeur de la rugosité (μ)		
	1	2	3
0	0,55	3,87	5,21
1	0,45	3,26	3,55
2	0,46	2,53	2,86
3	0,49	1,81	2,35

L'illustration graphique de ces résultats (tableau N°2) est donnée par la figure 47 ci-après.

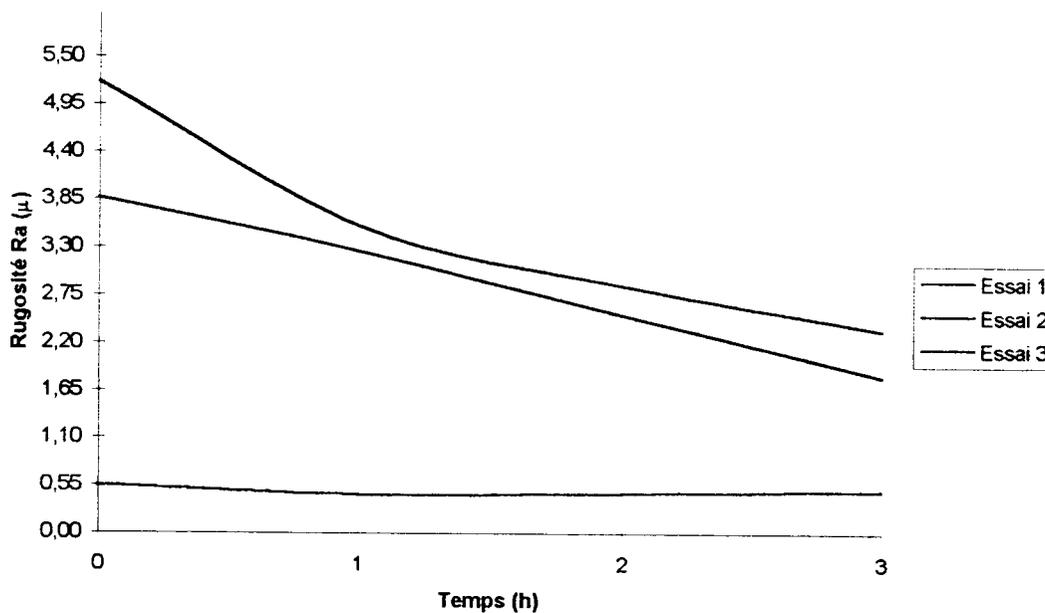


Fig. N°47 : Evolution de la rugosité sans corps étrangers.

De ce comportement de l'état de surface des organes en rotation, représenté en figure 47, il apparaît pour l'essai 1 ($R_a \cong 0,55$), l'allure de la courbe est presque une droite, la variation de la rugosité est insignifiante. En revanche, pour les essais 2 et 3 l'allure est décroissante, ceci nous mène à dire que les aspérités s'entrechoquent et se détruisent, ce qui donne des déformations plastiques et des arrachements. On peut conclure à l'effet de rodage appelé en tribologie « abrasion à deux corps ».

III.3.2. ESSAIS AVEC GRAINS DE SILICE

Dans ce cas, pour ce couple de pièces auxquelles on a introduit des grains de silice dans la zone de frottement, on a procédé aux relevés de la rugosité durant l'opération et ce au niveau de trois sections différentes. Après traitement statistique, pour les 3 zones, les résultats moyens sont portés dans le tableau 3 ; quant à la représentation graphique de celle-ci, elle est illustrée en figure 48.

Tableau N°3 : Essai avec grains de silices.

Temps (h)	0	1	2	3
Relevé de R_a moyen (μ)	0,78	3,62	3,88	4,52

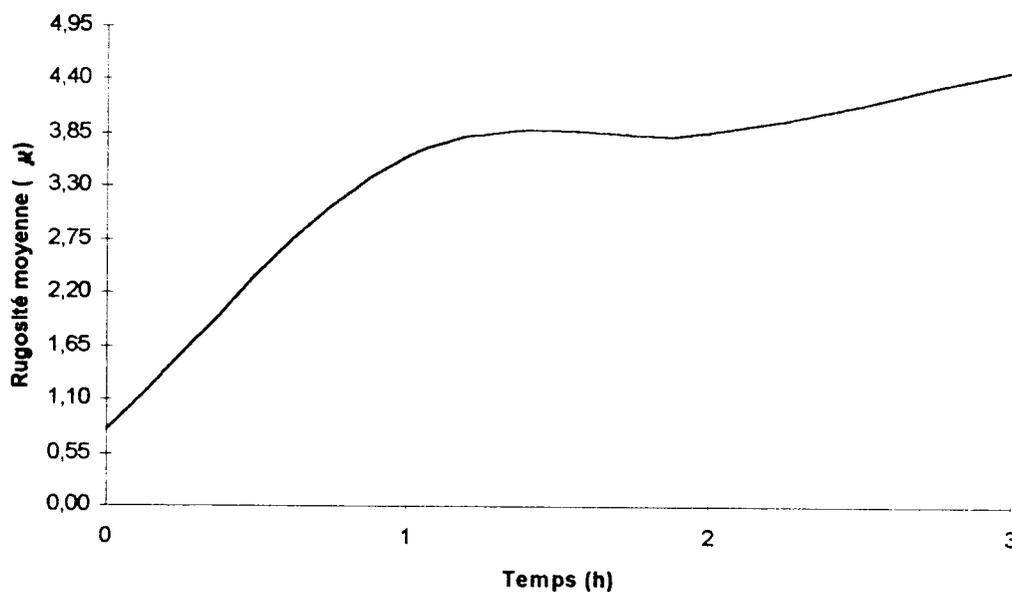


Fig. N°48 : Evolution de la rugosité en présence de grains de silice.

Le comportement de l'état de surface avec la présence de grains de silice est comparable à celui de la perte de masse des pièces en frottement décrit en bibliographie. Durant la première période de test, la rugosité augmente rapidement. A partir de $R_a \cong 3,8\mu$, obtenue en fin de cette première phase, on observe une faible stabilité du comportement.

III.3.3. ESSAI AVEC POUSSIÈRES TEXTILES

Dans cette partie de travail, on a procédé à deux séries d'essais, l'une avec une charge de 70N et l'autre sous une charge de 100N et ce pour caractériser son importance. A noter, en rappel, que les autres paramètres sont maintenus inchangés. Durant cette expérimentation, on a utilisé des poussières textiles prélevées à la section cardage (en filature). Ces poussières sont constituées en grande partie de fibres courtes plus d'autres corps tels que les capsules, etc.. Le déroulement ainsi que les prélèvements des mesures sont identiques aux essais précédents.

Tableau N°4 : Essais avec poussières textiles.

Temps (h) \ Essai	Rugosité Ra (μ)		
	1	2	2
0	0,55	3,98	5,46
1	1,89	2,55	4,98
2	3,41	2,14	4,21
3	3,85	2,19	3,05

La représentation graphique des résultats portés dans le tableau précédent est portée dans la figure 49, ci-après, quant aux relevés détaillés, ils sont en annexe (tableau 15).

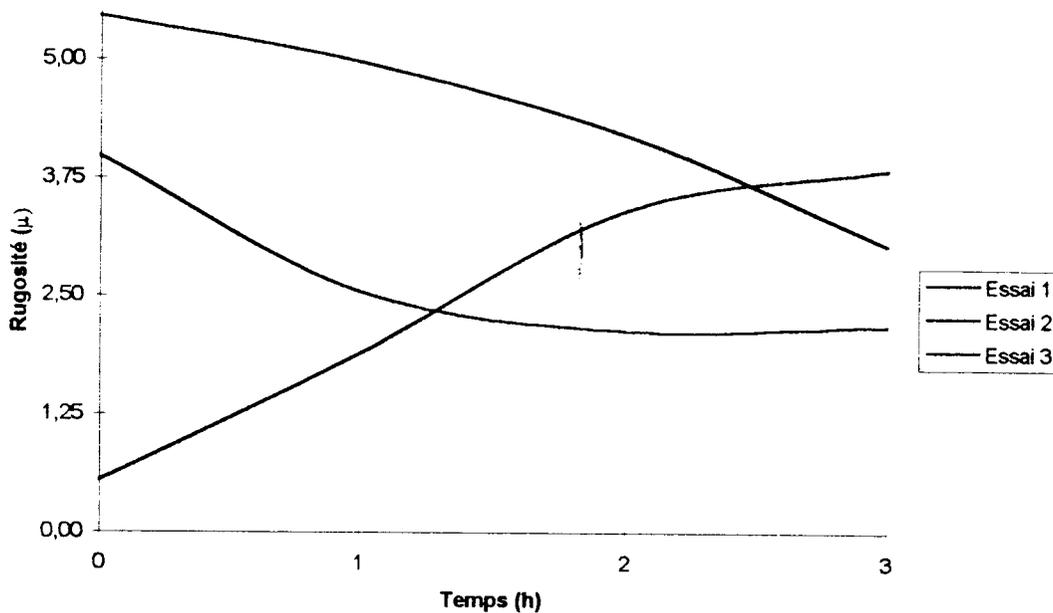


Fig. N°49 : Evolution de la rugosité en présence de poussières textiles sous une charge de charge 70N.

Les poussières textiles influent d'une manière particulière sur l'état de surface frottantes, différentes par comparaison aux essais précédents.

Les résultats de l'essai 1, nous montre une dégradation de la surface ; d'abord importante pendant la première période de travail suivie d'une dégradation lente durant le reste de l'essai.

Concernant le deuxième et le troisième essai $R_a \cong 3,8$ et $R_a \cong 5,4$, l'allure des courbes est décroissante et ce en raison de l'importance de la rugosité initiale. Elle décroît rapidement pendant la première période, puis elle tend à se stabiliser.

En augmentant la charge de contact à 100N, on a procédé aux investigations du comportement de l'état de surface de nos couples de pièces. Les résultats moyens de ce travail sont portés dans le tableau 4, ci-après, quant aux relevés détaillés en annexe (tableau 16).

Tableau N° 5 : Essais avec poussières textiles.

Temps (h) \ Essai	Rugosité Ra (μ)		
	1	2	3
0	0,64	3,79	4,77
1	0,97	4,22	3,41
2	1,59	3,85	2,78
3	1,69	2,25	2,1

La figure 50 ci-dessous illustre les relevés des essais en question.

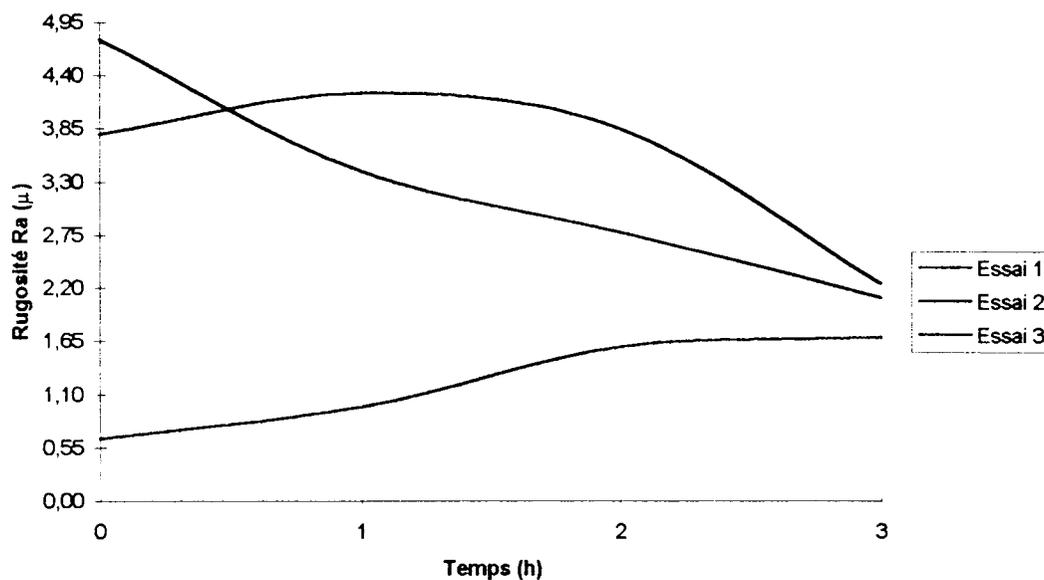


Fig. N°50 : Comportement de la rugosité en présence de poussières textiles sous une charge de 100N.

Pour cette série d'essais, les mêmes constatations peuvent être faites, les mêmes effets sont observés. Le comportement des états de surface est presque le même que pour la première série d'essais avec la charge de 70N.

Comparativement avec les essais sous charge de 70N, dans ce cas ($P = 100N$) la variation de la rugosité est moins brusque ; à titre d'exemple, pour l'essai 1 ($R_a = 0,64$) le taux de variation est d'environ de moins de 3 quant à l'essai analogue sous charge de 70N, ce taux est approximativement égal à 7.

Ces résultats peuvent être expliqués par l'analyse des déchets en fin d'essai ; ceci a déjà été constaté lors de l'étude des déchets (chapitre VI.2.3).

III.4. ANALYSE PAR PHOTOGRAPHIE

A travers les résultats de cette partie expérimentale, une visualisation des surfaces ayant fait l'objet des tests serait d'un apport non négligeable pour d'éventuels compléments d'information.

Les surfaces soumises volontairement à l'usure sont photographiées, avant et après les divers essais sous un agrandissement de 5 fois. L'analyse de ces photos représentatives nous permet la validité des résultats précédents ainsi que leurs interprétations.

Avant l'essais, la pièce usinée offre une image, portée en figure 54, dont on remarque une uniformité de la surface. En revanche, pour les autres, nous relevons des aspects particuliers dûs probablement à l'usure.

Avec la présence de grains de silice dont il a été question de corps abrasifs, nous remarquons sur la figure 55 des traces laissées par ce corps. La surface analysée est entièrement couverte de traces ; le métal est perturbé par déformation de glissement (déformation plastique). Avec le temps, ce phénomène conduit à l'effet d'écrouissage, ce qui explique la stabilité du phénomène d'usure décrit précédemment (figure 48).

En revanche avec les poussières textiles, la dégradation de la surface est moins importante. Dans ce cas, l'usure se manifeste non seulement par un enlèvement uniforme de matière, mais aussi par des traces que nous remarquons sous forme de stries ou de sillons sur la figure 56, 57 et 58. Ces dégradations sont orientées dans le sens du mouvement de travail. On relève également sur ces mêmes figures des matages qui sont dûs probablement à la présence de grains de silice ou d'autres inclusions de dureté supérieure.

Avec le temps ces inclusions rares (silice ou autres) et de dureté élevée sont éliminées ; le reste des poussières constituées de matières textiles (fibres courtes) adoucissent le phénomène de dégradation (usure), ceci nous emmène à un état de surface amélioré, observation faite précédemment (figures 49 et 50).

Sans corps étrangers, sur la figure 59, nous observons l'absence de rayures et de sillons et une surface uniforme. La même observation est faite sur la figure 60, mais avec les rayures d'usinage dont les sommets sont réduits et arrondies, ce qui est concordant avec les graphiques en figure 47 où on a conclu à l'effet de rodage.

Conclusion

A travers cette partie expérimentale, nous retenons, dans « le plan application industrielle », les faits suivants :

- Quelque soit le type de matière première à transformer (matière que nous considérons comme troisième corps), l'usure y figure sur les surfaces travaillantes des cylindres de même qu'une modification des états de surfaces de ces organes.

Il serait probablement intéressant de travailler avec ces cylindres des matières premières exemptes de poussières ayant une dureté élevée (silice). En revanche le traitement des autres matières, c'est à dire matières contenant d'autres types de déchets (tels que les fibres courtes et capsules dans le cas de l'industrie textile), le comportement fiabilistique des cylindre n'est pas affecté et se trouve même amélioré.

Représentation photographique et graphique des états des surfaces

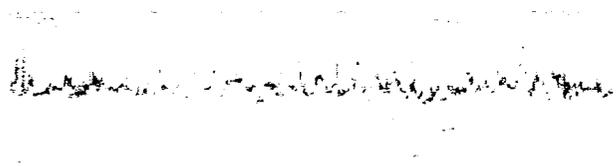
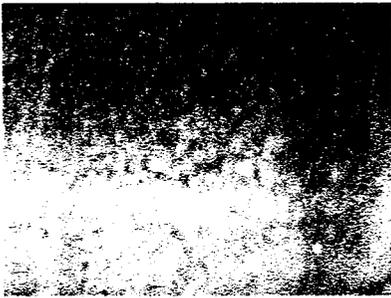


Fig. N°54 : Echantillon avant essais.

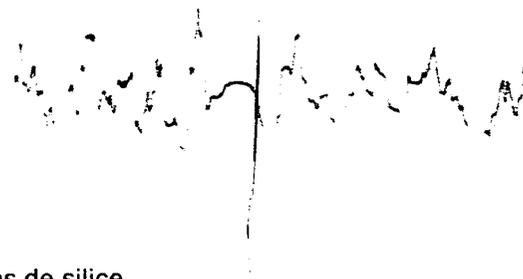
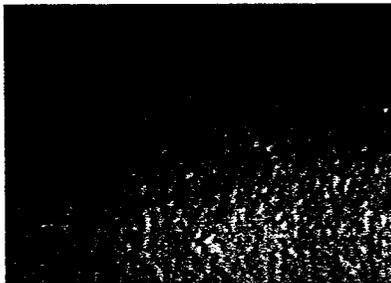


Fig. N°55 : Avec grains de silice.



Sillons



Fig. N°56 : En présence de déchets textiles.



Mattage

Rayure

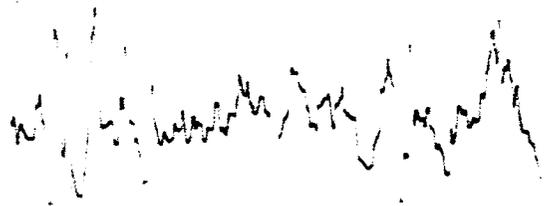
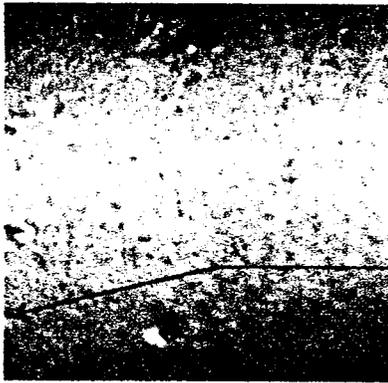


Fig. N°57 : En présence de déchets textiles.



Sillons
Mattages

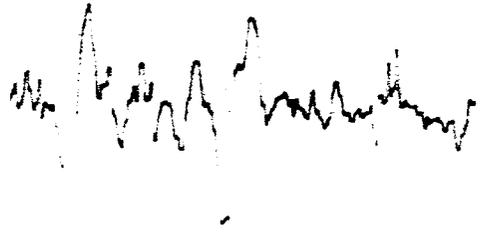


Fig. N°58 : En présence de déchets textiles.

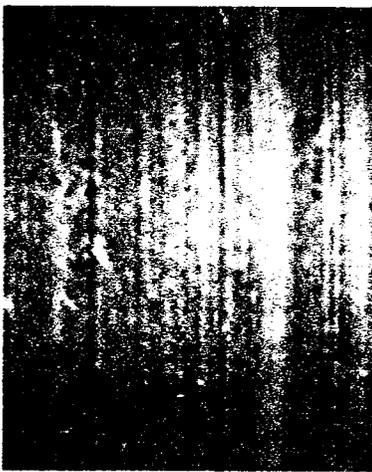


Fig. N°59 : Usure sans corps étrangers.

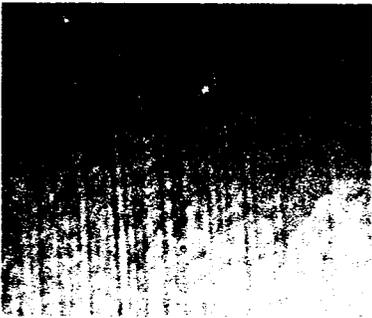


Fig. N°60 : Usure sans corps étrangers.

CHAPITRE 4

MODELISATION

IV. MODELISATION

IV.1. COMPORTEMENT DES SURFACES EN FONCTION DE LA DURETE DES PARTICULES

En supposant que le troisième corps est de limite élastique σ_3 pressé sur une surface de limite élastique σ_2 , au fur et à mesure que la pression d'appui augmente, différents comportements du contact seront observés selon les valeurs relatives σ_2 et σ_3 .

$\sigma_3 > \sigma_2$: c'est le cas des poussières de silice ou de gibs. La déformation plastique apparaît sur le cylindre en XC38 trempé, tandis que les poussières récupérées sont non déformées et, conduisent à un enlèvement ou déplacement de matière.

Le mécanisme est identique au cas où on n'introduit pas volontairement ce troisième corps ; dans cette situation abrasion à deux corps, les particules abrasives sont enlevées de l'un (ou des deux) corps en frottement.

Ce mécanisme peut être modélisé schématiquement comme suit :

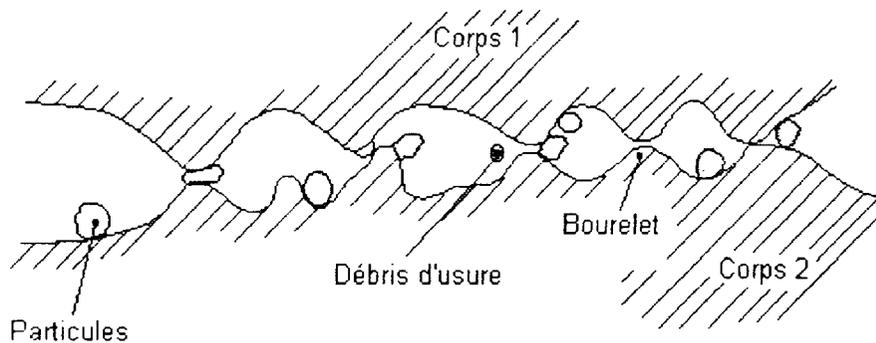


Fig. N°51 : Mécanisme d'usure à 3 corps.

$\sigma_3 < \sigma_2$: c'est le cas d'utilisation des déchets textiles sans débris abrasifs (silice). Ces impuretés jouent le rôle de pansement. Elles maintiennent sinon améliorent les états de surfaces des cylindres. Elles peuvent être considérées comme des lubrifiants solides. En revanche, si celle-ci contiennent des débris abrasifs (grains de silice), ces derniers raient les surfaces ; ils sont alors considérés comme des pénétrateurs élastoplastiques.

A travers cette analyse, une modélisation théorique du processus peut être dégagée dans le cas où on décrit la géométrie de surface par le modèle de Weibull [62].

IV.2. MODELISATION THEORIQUE

La surface de notre cylindre, par construction, possède des aspérités dont les hauteurs sont aléatoires. Ces aspérités peuvent être décrites par une distribution de Weibull ayant pour expression :

$$\varphi_z = \frac{\beta(z - \gamma)^{\beta-1}}{\alpha} * e^{-\frac{(z-\gamma)^\beta}{\alpha}} \dots \dots \dots \text{①}$$

Cette distribution peut être symétrique, dissymétrique à gauche ou à droite, différemment localisée ou étalée selon la valeur des paramètre :

- α , paramètre d'échelle.
- β , paramètre de forme.
- γ , paramètre de localisation.

En représentant notre surface comme en figure N°52 ci-dessous et dans le repère choisi.

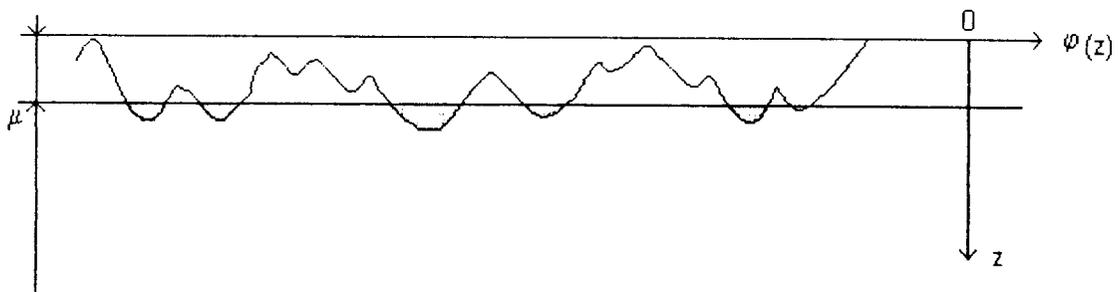


Fig. N°52 : Représentation graphique dans un repère choisi.

Ainsi selon cette hypothèse ($\gamma = 0$), la distribution est :

$$\varphi_z = \frac{\beta z^{\beta-1}}{\alpha} * e^{-\frac{z^\beta}{\alpha}}$$

Le modèle de Weibull permet de décrire les différentes formes géométriques en faisant varier le paramètre de forme β . En passant de $\beta = 1$ à $\beta = 20$, on peut

décrire la majeure partie des formes des aspérités, avec ces valeurs on passe de la dissymétrie complètement à gauche à la dissymétrie complètement à droite.

$\varphi(0)$ est nulle, mais si r désigne la cote maximale des aspérités de surface, la distribution est complètement décrite par la fonction $\varphi(z)$ si $\varphi(r) \rightarrow 0$.

On admet $\varphi(r) = 0,01$, c'est à dire que si $0 < u < r$. On prend en compte 99% des sommets d'aspérités. Cette condition fixe la valeur de α (paramètre d'échelle) pour chaque forme de distribution (β) choisie.

On admet également qu'à la base de distribution, si $0 < u < 0,2r$, des sommets d'aspérités existent en densité faible mais non négligeable, soit $\varphi(0,2r) > 0,01$. Il est commode d'introduire des variables adimensionnelles :

$$\delta = \frac{u}{r}, \quad s = \frac{z}{r} \dots\dots\dots 10$$

La distribution est alors d'étalement égale à l'unité :

$$\varphi(s) = \frac{\beta}{\alpha} s^{\beta-1} * e^{-s \frac{\beta}{\alpha}} \dots\dots\dots 11$$

avec $\varphi(s) = 0,01 \forall \beta$.

Cette relation définit les valeurs du paramètre α . Les distributions correspondent par exemple à, $\beta = 1$; $\beta = 2$; $\beta = 3,5$; $\beta = 6$; $\beta = 20$ sont représentés en figure 53.

Les valeurs respectives de ce paramètre α sont 0,156 ; 0,125 ; 0,117 et 0,101.

- Distribution exponentielle ($\beta = 1$) : $\varphi(s) = 6,41e^{-6,41s}$.
 - Distribution dissymétrique à gauche ($\beta = 2$) : $\varphi(s) = 14,5e^{-7,31s^2}$.
 - Distribution gaussienne ($\beta = 3,5$) : $\varphi(s) = 28s^{2,5}e^{-8s^{3,6}}$.
 - Distribution dissymétrique à droite ($\beta = 6$) : $\varphi(s) = 51,2s^5e^{-8,55s^6}$
- ($\beta = 20$) : $\varphi(s) = 198s^{19}e^{-9,9s^{20}}$

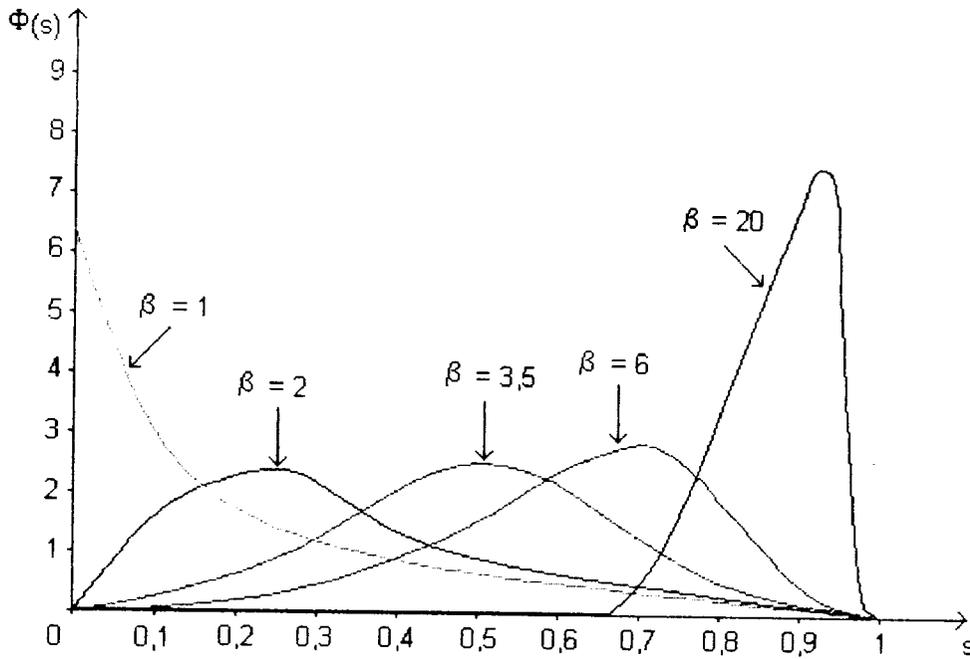


Fig. N°53 : La fonction $\Phi(s)$ permet de décrire différents profils de surface.

Les fonctions très dissymétriques à droite, correspondent à des surfaces sur lesquelles il y a essentiellement des aspérités hautes. Cependant, celles de paramètre $\beta > 6$ ne sont pas admissibles : la relation $\varphi(s) > 0,01$ n'est pas vérifiée à la base du profil pour $s = 0,02$.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

A travers nos investigations, il apparaît que pour une maintenance efficace, la connaissance du comportement des surfaces travaillant au frottement semble d'un apport non négligeable. Le cas de l'usure à trois corps (usure des surfaces en présence d'un corps étranger : poussières et déchets textiles) que nous avons étudié nous ont conduit à des conclusions concernant les déchets textiles, les pertes de masse et les états de surfaces des pièces en mouvements relatifs.

Les poussières dégagées par suite d'exécution des différentes opérations technologiques sont considérées comme une cause essentielle de l'usure très prononcée des organes de travail des machines et, par conséquent, de la rapide réduction de la fiabilité de l'équipement technologique.

Ainsi, selon nos travaux, il serait préférable d'avoir à traiter des fibres textiles sans poussières dures. Seules les poussières de dureté élevée (silice) exercent une action d'extraction de copeaux. En revanche, les autres déchets rencontrés dans cette matière (coton) agissent comme corps non abrasifs et peuvent même jouer le rôle d'un lubrifiant solide.

D'après les résultats relevés en milieux industriels (complexe textile de Draa Ben Khedda), ces déchets sont éliminés d'un passage à un autre et la plupart en grosse préparation.

A cet effet, il serait probablement intéressant d'améliorer encore plus le nettoyage de cette matière première (coton) en amont, lors des premières séquences de traitement. Les résultats de ce nettoyage dépendent d'ailleurs non seulement de la machine, mais aussi de la matière première (coton) avec ses différentes caractéristiques. Il serait donc favorable, lors des achats en filature, de faire un choix de la matière première du point de vue degré de propreté, notamment trouver un compromis entre le prix de la matière première et la longévité des machines.

Il est aussi utile de parler d'une protection effective contre les émissions des machines comme par exemples les recouvrements complets de celles-ci (dans la

limite des possibilités) ou des zones à problèmes, de préférence une aspiration et une décharge automatique des déchets qui peuvent s'avérer très bénéfiques.

Par ailleurs, il convient d'attacher une importance particulière à l'aspiration intense des ateliers de préparation, notamment l'aspiration individuelle et celle centralisée.

Du point de vue longévité de la pièce (organes traités), nous pouvons conclure en premier que l'utilisation des essais accélérés n'est pas applicable dans notre cas. De ce modèle, nous obtenons une surface proche de celle écrouie, la perte de masse n'est pas fonction de la quantité de poussière introduite (grains de silice).

En outre, plus le reste des conditions de travail est sévère (vitesse, charge, humidité, etc...), la perte de charge est plus importante.

RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

A travers cet ensemble de travaux, certaines recommandations et perspectives d'études et de recherches sont envisageables ; il serait probablement intéressant :

- De bien choisir la matière première à transformer et ce en fonction du type de l'équipement destiné à cet effet.
- Les déchets et les particules indésirables qu'on retrouve dans la matière première devraient être éliminés au début de la chaîne de transformation.
- L'étude et la recherche de meilleurs nettoyeurs et de leur intégration en début de la chaîne de transformation serait probablement d'un apport important.
- Le nettoyage des organes mécanique devrait se faire en fonction du type de la matière première et de l'ensemble des équipements composant la chaîne technologique.
- Les organes transformant la matière première devraient avoir une dureté et un état de surface optimaux, paramètres qui devront probablement tenir compte de cette matière première à transformer .

- Du fait que l'application de la méthode des essais accélérés n'est pas applicable, il serait intéressant alors d'appliquer une maintenance conditionnelle pour le suivi des organes travaillant à l'usure et dans de telles situations.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

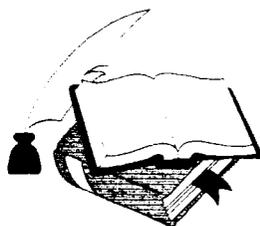
- [1] Groupe de recherche sur l'usure des matériaux industriels, Glossaire des termes et définition dans le domaine du frottement, de l'usure et de la lubrification (tribologie), Organisation de la coopération et du développement économique, N°46, 1969, p.68.
- [2] Lubrication (tribologie), Education and research, a report on the present position and industrys need, Depart. Education science, Her magesty stationery office, 1966, p.2.
- [3] M. D. ROGER, The use of copper to prevent scruffing in diesel engines, *Wear* (CH) 22, N°2, Nov. 1972, p. 245-58.
- [4] A. MARCELIN, La théorie physico-chimique du frottement, de l'usure et de la lubrification, *Rev. G.A.M.I. (F)*, N°4, Juil-Août 1958, p.10.
- [5] J. BLOUET, Tribométrie, N° spécial G.A.M.I. sur le frottement et l'usure, Journées d'études des 5 et 6 Déc. 1966.
- [6] J. T. BURWELL, Survery of possible wear mecanisms, *Wear* (CH) 1N°2, 1957, p.119-41.
- [7] M. C. SHAW, Fundamentals of wear, *C.I.R.P.* 19, N°3, Juin 1971, p.533-43.
- [8] R. COURTEL et J. BLOUET, Problèmes industriels des surfaces techniques, Cycle études supérieurs mécaniques industrielles, *I.S.M.C.M.*, Fév. 1971, p.2
- [9] BLOCK, Education in lubrication and wear and its conceptual integration into machine design, *Instn mechanical engs proc* 182 part 3A, 1967-1968, p.18.
- [10] R. COURTEL, Vibrations normales causées par le frottement sur les métaux à sec, Rôle du bourrelet frontal, *Métaux-Corrosion-Industrie (F)*, N°473, Janv./Fév. 1965, p.139.
- [11] J. THIERY, Quelques applications récentes des radiotraceurs à l'étude de l'usure, *Rev. G.A.M.I. (F)*, N°3, Mai/JUIN 1961.
- [12] H. CHRISTENSEN, L'effet de l'usure modérée sur la topographie superficielle, *Mécanique-matériaux-électricité*, N° spécial usure, Tome 1, 1972 (F), N°265-1, p.26-9.

- [13] F. R. BOWDEN et A. RABOP, The friction and lubrication of solids, Oxford Clarendon press, 1954, p.28-31.
- [14] A. H. UPPAL, S. D. PROBERTS et T. R. THOMAS, The real area of contact between a rough and flat surface, *Wear (CH)* 22, 1972, p.163-83.
- [15] J. T. BURWELL et C. D. STRANG, On the empirical law of adhesive wear, *J. appl. Physcs (USA)* 13, N°1, Janv. 1952, p.18-27.
- [16] J. T. BURWELL et C. D. STRANG, Metallic wear, *Proc. roy. Soc. London A.* 212, 1952, p.470-7.
- [17] E. RABINOWICZ, Friction and wear of materials, John Wiley and sons, 1965, p.160.
- [18] M. ANTLER, Process of metal transfer and wear, *Wear (CH)* 7, 1964, p.181-203.
- [19] A. W. CROOK, Some studies of wear and lubrication, *Wear (CH)* 2, 158, p.371.
- [20] T. S. EYRE et D. MEYNARD, Surface aspects of unlubricated metal to metal wear, *Wear (CH)* 18, 1971, p.308-309.
- [21] R. N. FAREL et T. S. EYRE, The relationship between load and sliding distance in the initiation of mild wear in steels, *Wear (CH)* 15, 1970, p.359-72.
- [22] P. E. SHAW et E. W. L. LAVEY, Friction of dry solids in vacuo, *Phi. Mag. (GB)*, Series 7 10, 1930, p.809-12.
- [23] H. ERNST et E. M. MERCHANT, Surface friction of clean metals, Abrasive factor in the metal cutting process, *Proc. Special summer conf.*, Cambridge (USA, 1940, p.76-101.
- [24] R. GRAS, Comptabilité tribologique, Cycle CESMI, Problèmes industriels des surfaces techniques, *Frottements et usure des matériaux*, Fév. 1971, p.9.
- [25] T. O. MULHEARN et L. E. SAMUELS, The abrasion of metals, A model of the process, *Wear (CH)* 5, 1962, p.478-98.
- [26] M. E. MERCHANT, Mechanics of the metal cutting process, Orthogonal cutting and type two chip, *J. appl. Phys. (USA)* 16, 1945, p.267-75.
- [27] G. K. NATHAN et J. D. JONES, The empirical relationship between abrasive wear and the applied conditions, *Wear (CH)* 9, 1966, p.300-9.

- [28] E. RABINOWICZ, Friction and wear of materials, Jhon willey and sons, 1965, p.179.
- [29] E. Z. FINKIN, Abrasive wear, Evaluation of wear testing, ASME, Symposium San Francisco, 23-28 Juin 1968.
- [30] M. A. BABICHEV, Investigation of the abrasive wear of metals by the Brinell method, Friction and wear in machinery 14, 1960, p.1-29.
- [31] I. V. KRAGELSKI, Friction and wear, Butterworth, 1965, p.117-25.
- [32] R. G. BAYER, W. C. CLINTON et J. L. SIRICO, A note on the application of the stress dependency of wear in the wear analysis of an electrical contact, Wear (CH), Mai/JUIN 1964.
- [33] Groupe de recherche sur l'usure des matériaux industriels, Glossaire des termes et définition dans le domaine du frottement, de l'usure et de la lubrification (tribologie), Organisation de la coopération et du développement économique, N°460, 1968, p.68.
- [34] Jean DAVID, Le coton et l'industrie textile, 1971.
- [35] Dip.ing, Ferdinand LEIFEILD, Industries textile, N°3, 1996, p.67.
- [36] WALTNER L. STIZ, Al fallweiderverwertung inder baumwollspinnerei, Teil I. technogische diplomarbeit STF wattwil, Janvier 1981.
- [37] A. FRENDIGER, E. Gähweler abgangwieder, verwertung inder baumwollspinnerei, Teil II, Technologische diplomarbeit STF, Wartwil, Janvier 1982.
- [38] K. F. GILHAUSK, Ein beitrag zum mechanisms der baumwollreinigung, Dissertations ander reinisch, Weistafalishen technischen hochschule aachen, BR Deutschland, 1961.
- [39] B. J. NAARDING, Veranderte rohstoff situation inder baumwollspinnerei deurnene anbau, Eurnte-und entlrmungsverfahren entlrmungsverfahren, Vorstrag, Gehalten anlässlich des rentlinger reutinger kolloquiums « spinnereivorwerk » am 1/12/1981.
- [40] A. WILHEM, H. R. RÜGGERBERG, Untersuchung von rohbaum wollemit dem shirley analyser, TPI 10,1955, z640.
- [41] ANONYM, A note on tentative textile standart number 35, Method of test for trash content of cotton, JTI 47 1956, 1p.24.

- [42] W. WIRTH, Der einfluss der öffnung von baumwoll flocken anf die reinigung im putzerei process, TPI 20, 1965, 12 983, 21, 1966, 1.1.2.773.172.
- [43] D. P. THIBODEAUX, BARIL, Juin ; A ; Bestunmung der anzahl und gröss von fremdkörperpartikeln in der rohbaumwoll und die korrelationdieser daten mit den ablagerungen in der rotorrrille sowie mit der standentwicklung im arbeitsraum, Vortrag anlässlich der internationalen barunwoltest tagung, Bremen, BR Deutschlang, 1980.
- [43] D. P. THIBODEAUX, Assay techniques for microdust content in lint samples, Wortrag vor der american society of agricultural engineers, New Orleans USA, 1979.
- [44] A. SCHENEK, P. ARTZ, R. AL ALI, Massnahmen an der OE rotorspinnmaschine zur besseren feistranbausscheidung, TPI 35, 1980, 4-397.
- [45] K. LESCHONSKI, K. ALEX, B. KONGLING, Teilchengrössenanalyse, CIT 46, 1974.
- [46] W. BATEL, Einführung indie korgrössen, Messtechnik, Springer-verlag, Berlin, Heidelberg und New York, 1971.
- [47] O. LAVER, Ermittlung der feinhert und darstellung der ergebnisse, Sonderdruck 53, Alpine AG, Ausburg, BR Deutshland.
- [48] K. F. GILHAUS, J. LÜNENSCHLOSS, Prüfverfahren für vliesstoff, MTB62, 1981.
- [49] K. F. GILHAUS, Prüfverfahren für vliesrohstoffe und vliesstoffe in Lünenschloss, J. ALBRECHT, W (Heransgeber), Vleisstoff G., Thieme-verlag, Stuttgart, BR Deutschland, 1982.
- [50] ITB, Filature, Le dépoussiérage de la matière première au stade du nettoyage/battage et les solutions mécano-techniques, 1/80, p.89.
- [51] M. PIROGOV, B. A. VIATKING, Les bases de la fiabilité des machines textiles, Moscou 1985.
- [52] B. H. TALIEVA, Ventilation et conditionnement de l'air dans les entreprises textiles, Moscou 1985, p.256.
- [53] L. BEVILACQUA, Bulletin textile international, Filature, 3/81, p.76.

- [54] M. BOUYEURE, Le problème des poussières dans l'industrie textile, Paris, 12/06/1950.
- [55] F. LEIFEID, Rechnerische ermittlung der reinigungswirkung einer spinnereivorbereitungsanlage, Melliand textilbericht 65, 1984.
- [56] F. LEIFEID, Einfluss der BW-rochmatria|beschaffenheit anf die, Reinigungswirkung in der spinnereivorbereitung, TPI 5, 1986.
- [57] F. LEIFEID, Bedeutung der kardenbandqualität fur das lanfverhalten und die garnqualität bei nichtkonventionellen spinnverfahren, ITB, 4/1988.
- [58] F. LEIFEID, Der baumwolleinflus faktor c beim reinigungsvorgang, Milland textilberichte 69, 1988.
- [59] F. LEIFEID, Forscritte beim öffnen und kardieren, Milland textilberichte63, 1982.
- [60] O. JOHANSEN, Handbuch der baumwollspinnerei band 1.
- [61] F. LEIFEID, Einfluss der material flussstenerung in der vorbereitungsanlage anf die garnqualität, TP 11, 1984.
- [62] R.A. ONIONS and J.F. ARCHARD, J. appl. phys., Vol. 6, 1973.



ANNEXES

LISTE DES ANNEXES

- Tableau N°6 : Quantité de déchets dégagés pendant une heure de travail.
- Tableau N°7 : Quantité de poussière éliminée par le batteur et la cardé pendant une heure.
- Tableau N°8 : Variation du diamètre de l'arbre menant en présence de trois types de poussières.
- Tableau N°9 : Variation du diamètre de l'arbre mené en présence de trois types de poussières..
- Tableau N°10 : Variation du diamètre de l'arbre menant sous l'influence de la charge.
- Tableau N°11 : Variation du diamètre de l'arbre mené sous l'influence de la charge.
- Tableau N°12 : Evolution du diamètre de l'arbre menant en fonction de la vitesse.
- Tableau N°13 : Evolution du diamètre l'arbre mené de en fonction de la vitesse.
- Tableau N°14 : Essais sans poussières.
- Tableau N°15 : Essais avec poussières textiles (charge 70N).
- Tableau N°16 : Essais avec poussières textiles (charge 100N).

Tableau N° 6: Quantité de déchets dégagés pendant une heure de travail.

Section	Déchets (g/heures)
Cardé (traitant coton + déchets)	1694,5
CAF	21,42
Cardé (traitant les fibres polyester)	115,66
Batteur	1803

Tableau N° 7: Quantité de poussière éliminée par le batteur et la cardé pendant une heure.

	Poids d'échantillon de déchets (g)	Poussières (%)	Coton (%)	Perte de coton (%)
Déchet du batteur	100	46,4	47,4	6,2
Déchet de la cardé	100	45,73	45,85	8,42

Tableau N°8: Variation du diamètre de l'arbre menant en présence de trois types de poussières.

Type de poussière \ Diamètre (mm)	Poussière textile	Gibs	Silice de sable
Do initial	36,0366	36,0066	35,97
	36,0333	36,01	35,9666
	36,0366	36,066	35,9666
D ₀ moyen	36,0355	36,0077	35,967
D ₁ après 04 heures de travail	36,0266	35,9966	35,9466
	36,0266	35,9933	35,95
	36,0266	35,9933	35,9433
D ₁ moyen	36,0266	35,9933	35,9466
D ₀ - D ₁	0,0089	0,0133	0,0204
D ₂ après 08 heures	36,0166	35,98	35,92
	36,0166	35,9833	35,92
	36,02	35,9833	35,9233
D ₂ moyen	36,017	35,9822	35,9211
D ₀ - D ₂	0,0185	0,0255	0,459
D ₃ après 12 heures de travail	36,0066	35,97	35,9066
	36,01	35,9666	35,91
	36,0066	38,9666	35,91
D ₃ moyen	36,007	35,967	35,9088
D ₀ - D ₃	0,0277	0,407	0,0582

Tableau N°9: Variation du diamètre de l'arbre mené en présence de trois types de poussières..

Type de poussière \ Diamètre (mm)	Poussières textile	Gibs	Silice de sable
D ₀ l=initial	33,1222	33,0944	00,0498
D ₁ moyen	33,1122	33,0799	33,0210
D ₀ - D ₁	0,01	0,0145	0,0288
D ₂ moyen	33,102	33,064	33,001
D ₀ - D ₂	0,0202	0,0340	0,0488
D ₃ moyen	33,0933	33,0496	32,987
D ₀ - D ₃	0,0291	0,0454	0,0631

Tableau N°10 Variation du diamètre de l'arbre menant sous l'influence de la charge.

Diamètre (mm) \ Charge appliquées (N)	150	250
D ₀ initial	82,57	82,54
	82,57	82,54
	82,56	82,53
D ₀ moyen	82,566	82,536
D ₁ après 01 heures de travail	82,56	82,53
	82,56	82,51
	82,55	82,52
D ₁ moyen	82,556	82,52
Taux d'usure D ₀ - D ₁	0,01	0,016
D ₂ après 02 heures	82,55	82,51
	82,55	82,51
	82,54	82,50
D ₂ moyen	82,546	82,516
D ₀ - D ₂	0,02	0,03
D ₃ après 03 heures	82,54	82,49
	82,54	82,50
	82,53	82,48
D ₃ moyen	82,536	82,49
D ₀ - D ₃	0,03	0,046

Tableau N°11: Variation du diamètre de l'arbre mené sous l'influence de la charge.

Diamètre (mm) \ Charge appliquées (N)	150	250
D ₀ moyen	35,576	35,533
D ₁ moyen	35,56	35,513
Taux d'usure D ₀ - D ₁	0,016	0,02
D ₂ moyen	35,546	35,493
D ₀ - D ₂	0,03	0,04
D ₃ moyen	82,536	82,49
D ₀ - D ₃	0,043	0,06

Tableau N°12 : Evolution du diamètre de l'arbre menant en fonction de la vitesse.

Diamètre (mm) \ Vitesse (tr/min)	500tr/min	1000tr/min
Do initial	82,57	82,49
	82,57	82,50
	82,56	82,48
D ₀ moyen	82,566	82,49
D ₁ après 01 heures de travail	82,56	82,48
	82,56	82,48
	82,56	82,47
D ₁ moyen	82,556	82,476
Taux d'usure D ₀ moyen - D ₁ moyen	0,01	0,014
D ₂ après 02 heures	82,55	82,48
	82,55	82,47
	82,54	82,46
D ₂ moyen	82,546	82,463
D ₀ moyen - D ₂ moyen	0,02	0,027
D ₃ après 03 heures	82,54	82,44
	82,54	82,45
	82,53	82,46
D ₃ moyen	82,536	82,456
D ₀ moyen - D ₃ moyen	0,03	0,04

Tableau N°13 : Evolution du diamètre l'arbre mené de en fonction de la vitesse.

Diamètre (mm) \ Vitesse (tr/min)	500tr/min	1000tr/min
D ₀ moyen	35,576	35,473
D ₁ moyen	35,56	35,454
Taux d'usure D ₀ moyen - D ₁ moyen	0,016	0,019
D ₂ moyen	35,546	35,436
D ₀ moyen - D ₂ moyen	0,03	0,037
D ₃ moyen	35,533	35,42
D ₀ moyen - D ₃ moyen	0,042	0,053

Tableau N°14 : Essais sans poussières.

Essai	1			2			3					
	R _{a0}	R _{a1}	R _{a2}	R _{a3}	R _{a0}	R _{a1}	R _{a2}	R _{a3}	R _{a0}	R _{a1}	R _{a2}	R _{a3}
Prise de mesure												
1	0,63	0,40	0,44	0,47	3,70	3,32	2,86	1,91	5,17	3,60	3,37	2,19
2	0,50	0,79	0,48	0,58	3,91	3,20	2,08	1,60	5,49	3,49	2,40	2,59
3	0,53	0,46	0,45	0,42	4,00	3,27	2,65	1,91	4,98	3,56	2,82	2,28
Moyenne	Y ₀ =0,55	Y ₁ =0,45	Y ₂ =0,46	Y ₃ =0,49	Z ₀ =3,87	Z ₁ =3,26	Z ₂ =2,53	Z ₃ =1,81	W ₀ =5,21	W ₁ =3,55	W ₂ =2,86	W ₃ =2,35

Tableau N°15 : Essais avec poussières textiles (charge 70N).

Essai	1			2			3					
	R _{a0}	R _{a1}	R _{a2}	R _{a3}	R _{a0}	R _{a1}	R _{a2}	R _{a3}	R _{a0}	R _{a1}	R _{a2}	R _{a3}
Prise de mesure												
1	0,63	1,92	2,65	3,98	4,58	2,72	1,91	2,13	5,58	4,89	3,95	3,13
2	0,50	1,86	3,89	3,95	3,82	2,32	2,17	2,60	5,50	4,90	4,38	2,93
3	0,53	1,88	3,68	3,62	3,53	2,60	2,35	1,85	5,29	5,15	4,30	3,08
Moyenne	Y ₀ =0,55	Y ₁ =1,89	Y ₂ =3,41	Y ₃ =3,85	Z ₀ =3,98	Z ₁ =2,55	Z ₂ =2,14	Z ₃ =2,19	W ₀ =5,46	W ₁ =4,98	W ₂ =4,21	W ₃ =3,05

Tableau N°16 : Essais avec poussières textiles (charge 100N).

Essai	1			2			3					
	R _{a0}	R _{a1}	R _{a2}	R _{a3}	R _{a0}	R _{a1}	R _{a2}	R _{a3}	R _{a0}	R _{a1}	R _{a2}	R _{a3}
Prise de mesure												
1	0,78	0,73	1,06	1,78	3,69	4,02	3,85	3,90	5,19	3,29	3,70	2,16
2	0,72	1,33	1,83	1,63	3,99	4,35	3,73	4,22	4,13	3,55	2,10	2,03
3	0,43	0,85	1,88	1,66	3,68	4,28	3,96	4,53	5,00	3,40	2,54	2,12
Moyenne	Y ₀ =0,64	Y ₁ =0,97	Y ₂ =1,59	Y ₃ =1,69	Z ₀ =3,79	Z ₁ =4,22	Z ₂ =3,85	Z ₃ =4,22	W ₀ =4,77	W ₁ =3,41	W ₂ =2,78	W ₃ =2,10

- 1-échantillon
- 2-coussinet en bronze
- 3-support I
- 4-porte outil
- 5-support II

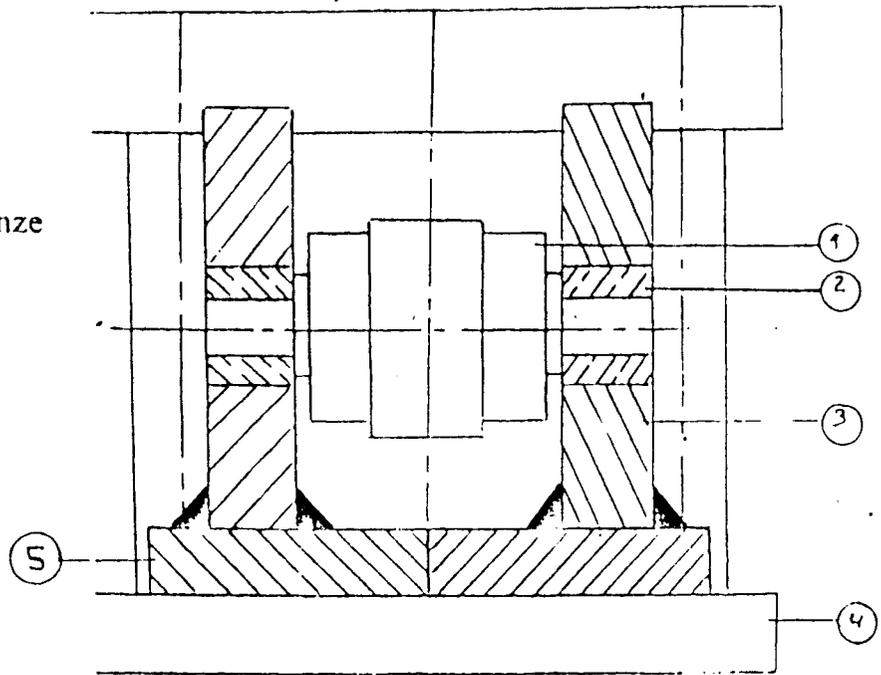


Schéma du dispositif d'essai.

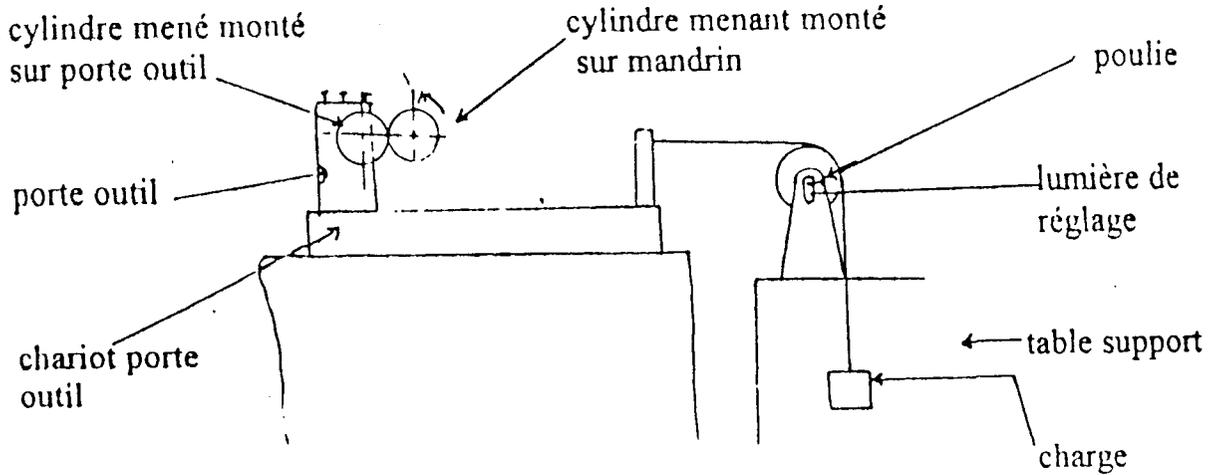


Schéma de principe du montage des cylindres et de la charge sur un tour