



Université d'Oran 2
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle
Département d'Instrumentation

MEMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master
Spécialité : Génie Industriel

Thème

**Mise en place du projet TRS pour des systèmes goulots :
application à une machine de câblage tubulaire**

Présenté et soutenu publiquement par :

YAHIA CHERIF Ali

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	IMSI/Univ-Oran 2	Président
Nom et Prénom	Maître Assistant A	IMSI/Univ-Oran 2	Encadreur
Nom et Prénom	Professeur	IMSI/Univ-Oran 2	Examineur

Juin 2015

Remerciements

J'ai tenue tout d'abord à remerciais Dieu Tout Puissant, Pour toute la puissance qu'il nous a donné pour Réaliser ce modeste travail.

J'exprime mon plus vif remerciement à mon promoteur

Mr Hachemi khalid

*Je présente aussi mes sincères remerciements à tous les enseignants du département **INSTUMENTATION** spécialité **GENIE industriels**. Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à notre formation pendant cinq années trouvent ici nos sincères remerciements*

*Je remercie aussi chaleureusement tout l'ensemble du personnel de l'entreprise **GSB** de « Masra », « mostaganem » qui ont bien voulu mettre à mon disposition leur matériel et documentation.*



Dédicaces



Je tiens à dédier ce travail :

A ma très chère Mère et à mon Père, en témoignage et en gratitude de leurs dévouement, de leurs soutien permanent durant toutes mes années d'études, leurs sacrifices illimités, leurs réconfort moral, eux qui ont consenti tant d'effort pour mon éducation, mon instruction et pour me voir atteindre ce but, pour tout cela et pour ce qui ne peut être dit, mes affectations sans limite.

A ceux qui sont la source de mon inspiration et mon courage, à qui je dois de l'amour et de la reconnaissance :

A ma Chère Sœur, mes chers Frères, et a toute ma famille.

A mes amis

et son oublier tout le groupe DE MASTER 2 « GI »



Liste des figures :

Figure (1.1) : caractéristique des temps	6
Figure(2.1) : organisation d'entreprise GSB.....	15
Figure (2.2) : câble de cuivre	16
Figure (2.3) : principe de tréfilage.....	19
Figure (2.4) : Schéma d'une passe de tréfilage et notations utilisées	22
Figure (2.5) : les étapes de tréfilage.....	22
Figure (2.6) : Schéma structurel d'une tréfileuse	24
Figure (2.7) : Filière pour tréfiler.....	26
Figure (2.8) : Schéma d'une méthode de lubrification.....	26
Figure (2.9) : Schéma d'une autre méthode de lubrification.....	27
Figure (2.10) : Schéma du patin de régulateur avec contrepoids.....	27
Figure (2.11) : Schéma de principe d'une machine à tréfiler simple (ou mono passe).....	28
Figure (2.12) : Machine continue ou à passage direct.....	28
Figure (2.13) : Machine à glissement.....	29
Figure (2.14) : Bobinage du fil sur la machine à accumulation.....	29
Figure (2.15) : Etat de surface.....	30
Figure (2.16) : Criques de surface, appelées pattes de corbeaux.....	31
Figure (2.17) : La machine Tubulaire.....	33
Figure (2.18) : les étapes de câblage.....	33
Figure (2.19) : Point de câblage et de compactage.....	33
Figure (3.1) : Fenêtre d'exécution du programme	37
Figure (3.2) : fenêtre du variable d'entré	37
Figure (3.3) : fenêtre d'affichage le résultat.....	39

Liste du tableau :

Tableau 3.1. Données de fonctionnement de la machine.....	38
---	----

Introduction générale

Introduction générale

Dans ce travail, nous nous proposons de développer une interface d'évaluation du taux rendement synthétique (TRS) pour être capable de surveiller la performance d'une machine dans un système production.

Nous nous sommes proposé d'évaluer le TRS d'une machine de câblage tubulaire dans l'entreprise GSB.

Pour ce faire, nous avons opté pour le logiciel Matlab qui permet de représenter et programmer l'évolution du TRS dans le temps, en fonction des multiples paramètres qui le composent.

Le TRS est composé de trois taux, taux de disponibilité, taux de performance et taux de qualité.

Ce mémoire est composé de trois chapitres. Dans le chapitre I nous présenterons des définitions et quelques généralités sur le taux de rendement synthétique.

Dans le chapitre II nous allons présenter un système de production de Tréfilage et câblage du fil électrique que nous avons rencontré lors de notre stage en entreprise.

Enfin, le chapitre III expose et explique la conception d'une interface d'évaluation du TRS sous Matlab.

Chapitre I :

Généralité sur le taux rendement synthétique

1. Introduction :

L'optimisation des processus de production réside dans la bonne appréciation des indicateurs de performances. Le TRS «Over all Equipment Effectiveness OEE » est devenu au travers de la norme NFE 60 – 182, l'un des indicateurs de performance des systèmes de production. Il a été reconnu comme une méthode fondamentale pour mesurer la performance d'un équipement. Son étude commence vers la fin des années 1980. Actuellement, il est reconnu comme outil fondamental d'évaluation de performance des systèmes de production. L'utilisation du TRS et l'établissement d'un matériel de performance discipliné qui donne une lecture du système aideront à se concentrer sur les paramètres critiques à son succès. Analyser les catégories de TRS peut révéler les plus grandes limites à succès. Le TRS rend compte de l'utilisation effective d'un moyen de production, et permet d'identifier les pertes. Il est l'un des indicateurs important pour la prise des décisions. Il permet de mieux comprendre et d'optimiser les flux de production, de se doter d'outils d'aide à la décision dynamiques et appropriés, d'organiser une politique de maintenance adaptée et de sauvegarder les savoir-faire, ce qui permet de pérenniser la valeur ajoutée de l'entreprise. Il se présente comme un puissant outil d'investigation.

La connaissance de cet indicateur est importante pour l'appréciation de l'incompatibilité coûts - délais – qualité. La qualité d'un moyen de production s'obtient non seulement par une meilleure fiabilité des décisions, la transparence des données, la diminution des temps de réaction, mais aussi surtout par un contrôle efficace des dysfonctionnements du système dus aux facteurs diminuant graduellement l'efficacité telles que les réparations répétées et l'usure, ainsi que par l'application d'une bonne politique de maintenance. La meilleure productivité quant à elle n'est obtenue que s'il y a amélioration des moyens de production que sont : un taux d'utilisation optimale conditionnée par la disponibilité des ressources, une réduction des délais de fabrication, une amélioration de la qualité des produits et des services conditionnée par la performance des équipements, une bonne flexibilité et une amélioration de la rentabilité.

Le TRS mesure la performance d'un moyen de production. Il permet d'identifier les pertes, il représente un excellent outil d'investigation. Il est la « température » du moyen de production. Mais pour progresser, savoir ne suffit pas, il faut comprendre. C'est pourquoi, on associe toujours à la mesure du TRS, un recueil détaillé et factuel des causes de non rendement synthétique. Les causes serviront à déterminer les temps d'état qui servent de base au calcul des indicateurs. Afin de permettre une meilleure évaluation de performance des systèmes de production, nous avons utilisé comme procédure de calcul du TRS, deux grands aspects : d'une part, l'aspect productivité qui le définit comme un rapport du nombre de produits bons sur le nombre de produit théoriquement réalisables. D'autre part, nous avons considéré l'aspect Sécurité de Fonctionnement, qui permet de définir le TRS comme un rapport du temps utile (temps pendant lequel on fabrique les produits bons) sur le temps requis (temps pendant lequel on aurait théoriquement réalisé un certain nombre de produits). Cette deuxième approche utilise des taux (taux de Performance, taux de Qualité et Disponibilité Opérationnelle), lesquels serviront de données pour la modélisation de l'efficacité des systèmes de production par automates d'états.

2. Indicateurs :

Il est important de définir un indicateur en fonction d'un objectif, au lieu de mesurer ce qui est mesurable et de chercher ensuite à quoi on peut relier cette information. La démarche est la suivante :

- Définir le champ de la mesure, c'est-à-dire son domaine d'application. Le champ peut être par exemple un processus qui connaît de gros dysfonctionnements et qu'il faut améliorer, une étape critique du procédé, etc...

- Déterminer les objectifs correspondant à ce champ. Il faut savoir ce que l'on cherche à atteindre dans le cadre du champ de la mesure, quel est le but.

-Identifier les critères qui permettent de se situer par rapport aux objectifs. Ces critères sont des éléments qui contribuent ou qui entravent à l'atteinte des objectifs, et qui permettent de porter un jugement d'appréciation.

-Définir les paramètres de chaque critère, c'est-à-dire ce que l'on peut mesurer pour suivre l'évolution du critère.

-Créer l'indicateur, c'est-à-dire transcrire les paramètres en donnée chiffrée, et, lorsque c'est nécessaire, définir un seuil d'acceptabilité

-Evaluer la faisabilité des indicateurs. Il convient de vérifier par exemple que les moyens pour la collecte d'informations sont disponibles, que la fréquence de mesure est adaptée, l'implication de la hiérarchie, etc...

-Définir le fonctionnement, c'est-à-dire les responsabilités de chacun dans la collecte d'informations, l'analyse, l'exploitation et la communication des données.

-Formaliser le système, afin d'assurer la pérennisation.

2.1 Caractéristiques d'un indicateur :

Un bon indicateur doit être facilement et rapidement compréhensible, quelle que soit la personne qui le regarde. Il doit donc être simple, tant dans l'information qu'il donne, que dans la façon de le présenter. Il doit répondre à l'objectif en apportant une réelle valeur ajoutée, et les données nécessaires à sa mise à jour doivent être facilement accessibles et analysables. Il doit varier dans le temps, et de façon fidèle à ce qui se passe en réalité.

Il existe deux sortes d'indicateurs : les indicateurs de résultat, et les indicateurs de processus. Par exemple, la quantité produite par jour est un indicateur de résultat, alors que le nombre d'incidents, ou le nombre de rebuts sont des indicateurs de processus. Les indicateurs de processus apprécient la manière dont la production s'est passée. Ils sont donc plutôt adressés aux personnes proches de la réalisation des opérations.

2.2 Les types des indicateurs :

- Taux de Rendement Global (TRG)

Il s'agit d'un indicateur de productivité de l'organisation industrielle.

$$TRG = \frac{t_U}{t_0}$$

t_0 est le temps d'ouverture, c'est-à-dire le temps correspondant à l'amplitude des horaires de travail du moyen de production, et incluant les temps d'arrêt de désengagement du moyen de production (nettoyage, pause, réunion, etc...)

Le TRG compare donc le nombre de pièces bonnes réalisées au nombre de pièces théoriquement réalisables pendant le temps d'ouverture.

- Taux de Rendement Economique (TRE)

Il s'agit d'un indicateur stratégique d'engagement des moyens. Ce dernier n'est pas forcément pertinent dans le cadre d'un management de proximité. On préférera utiliser le TRS ou le TRG.

$$TRE = \frac{t_U}{t_T}$$

t_T est le temps total, c'est-à-dire le temps intégrant l'ensemble des états possibles du moyen. Par exemple le temps total pour une année est 365 jours x 24 heures.

Le TRE compare donc le nombre de pièces bonnes réalisées au nombre de pièces théoriquement réalisables pendant le temps total.

- Taux de Rendement Synthétique (TRS)

Le TRS est un indicateur pour mesurer la performance d'un l'outil de production en tenant compte de 3 rendements, dont la multiplication donne un rendement synthétique. Tout d'abord le rendement machine ou disponibilité exprime le fonctionnement de la machine, plus le ratio est proche de 1, moins il y a d'arrêts machine. Le rendement de fonctionnement exprime la capacité à respecter les cadences et le rendement qualité donne un ratio entre pièces conformes et non-conformes.

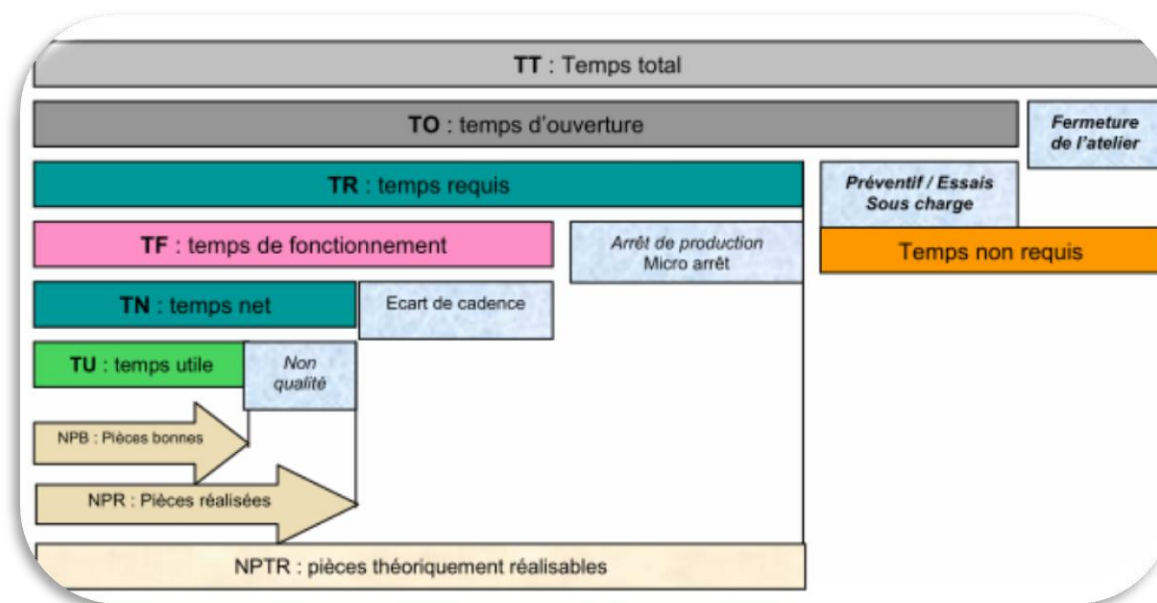


Figure (1.1) : caractéristique des temps

3. Détails des durées :

Le temps total (TT) : temps de référence intégrant l'ensemble des états possibles du moyen. Pour une journée, le temps total est de 24 h ; pour une semaine, le temps total est de 168 h ; pour un an, le temps total est de 365 jours × 24 h soit 8760 h, etc.

Le temps d'ouverture (TO) : partie du temps total correspondant à l'amplitude des horaires de travail du moyen de production et incluant les temps d'arrêt de désengagement du moyen de production par exemple (nettoyage, sous charge, modification, essai, formation, réunion, pause, maintenance préventive,...).

Le temps requis (TR) : partie du temps d'ouverture pendant lequel l'utilisateur engage son moyen de production avec la volonté de produire comprenant les temps d'arrêt subis et programmés (par exemple pannes, changement de série, réglage, absence de personnel).

$$TR = \text{Temps d'ouverture} - \text{temps de sous charge (essai + pause + préventif)}$$

Le temps de fonctionnement (TF) : partie du temps requis pendant lequel le moyen de production produit des pièces bonnes et mauvaises dans le respect ou non du temps de cycle de référence (T_{CR}) et avec toutes ou parties des fonctions en service.

$$TF = \text{Temps requis} - \text{temps d'arrêts de production}$$

Chapitre1 : Généralité sur le taux rendement synthétique

Le temps net (TN) : partie du temps de fonctionnement pendant lequel le moyen de production aurait produit des pièces bonnes et mauvaises, dans le respect du temps de cycle de référence.

$$TN = \frac{\text{Nombre de pièces réalisées}}{\text{cadence}}$$

Le temps utile (TU) : partie du temps net correspondant au temps non mesurable obtenu en multipliant le nombre de pièces bonnes par le temps de cycle de référence ou en divisant le nombre de pièces bonnes par la cadence.

$$TU = \frac{\text{Nombre de pièces bonnes}}{\text{cadence}} = \frac{\text{Nombre de pièces réalisées} - \text{rejets}}{\text{cadence}}$$

Le temps d'arrêts propres (t ap) : partie du temps requis correspondant au temps d'arrêt imputable au moyen de production.

Le temps de panne (t p) : partie du temps d'arrêt propre due à un dysfonctionnement.

Le temps d'arrêt d'exploitation (t AE) : partie du temps d'arrêt propre provoquée par l'utilisateur par exemple pour les arrêts de service dus à l'impossibilité du personnel de remplir sa fonction, à des problèmes de qualité,...

Le temps d'arrêts fonctionnels (t AF) : partie programmée du temps d'arrêt propre qui peut se décomposer en :

- t COP : Temps de changement d'outil programmé
- t RF : Temps de réglage fréquentiel
- t dC : Temps de contrôle
- t CF : Temps de changement de fabrication
- t EF : Temps d'entretien fréquentiel

Le temps de micro arrêts (t ma) : partie du temps d'arrêt propre constituée de temps d'arrêt difficilement mesurables dont le seuil est défini par l'entreprise.

Le temps d'arrêts induits (t AI) : partie du temps requis correspondant au temps d'arrêt pendant lequel le moyen de production ne peut accomplir sa fonction pour des causes externes : défaut d'approvisionnement, saturation de pièces, manque de personnel, manque de ressources extérieures, défaut d'énergie.

4. Comment calculer le TRS ?

Le TRS est un indicateur composé, il intègre 3 taux : Taux de disponibilité de système, le taux de performance et le taux qualité. En multipliant les trois, on obtient le TRS.

$$\text{TRS} = \text{Taux Disponibilité} \times \text{Taux Performance} \times \text{Taux Qualité}$$

Disponibilité

La disponibilité est le rapport entre le temps de fonctionnement réel et le temps de fonctionnement planifié.

$$Td = \frac{\text{Temps de fonctionnement brut}}{\text{Temps d'ouverture}}$$

Performance

La performance est le rapport entre la quantité de produits fabriqués et la quantité théorique que peut produire la machine à une cadence standard. Ce ratio donne donc une information sur la sous-performance de la machine.

$$Tp = \frac{\text{Temps de fonctionnement net}}{\text{Temps de fonctionnement brut}}$$

Qualité

Enfin, la qualité est le rapport entre la quantité de pièces bonnes fabriquées et la quantité théorique.

$$Tq = \frac{\text{Temps utile}}{\text{Temps de fonctionnement net}}$$

5. L'analyse des résultats et relevés du TRS:

Pour faire progresser le TRS, il est judicieux de travailler sur le rendement le plus faible, on voit très vite si l'essentiel du problème est :

1. Un problème de panne machine avec la valeur de disponibilité machine, et les relevés de nombreuses pannes.
2. Si il y a un problème de rendement de fonctionnement ou rendement vitesse, lié à un problème d'atteinte des cadences définies. Soit parce que les cadences ne sont pas correctement définies, soit parce que les cadences ne sont pas respectées.
3. Un gros problème qualité peut - être la cause d'un TRS faible.

L'aide de ces trois indicateurs donne une orientation immédiate, mais cela ne suffit pas, alors on associe toujours à la mesure du TRS, un recueil détaillé et factuel des causes des arrêts machines (voir les valeurs idéales pour chaque taux :).

$$\text{TRS} > 0,90 \times 0,95 \times 0,99 = 0,85$$

À ce stade nous concluons que l'amélioration du TRS passe par l'amélioration de ses indicateurs:

- amélioration du taux de qualité par diminution du temps de non qualité ;
- amélioration du temps de performance par diminution du temps d'écarts de cadence et des micro-arrêts ;
- amélioration de la disponibilité par diminution du temps d'arrêt de production.

6. Les pertes :

6.1 Pertes dues au manque de fiabilité

Cette catégorie englobe toutes les pertes dues à la fiabilité de l'équipement définie par sa conception et ses conditions d'utilisation. Pour beaucoup d'industriels, la fiabilité est associée uniquement aux pannes et donc aux problèmes relevant de la fonction maintenance alors que la fiabilité entraîne beaucoup d'autres pertes.

- Les arrêts programmés : les arrêts incontournables qui permettent la bonne utilisation des équipements tels que les opérations :
 - nettoyage ;
 - inspections et réparation programmées ;
 - modifications des équipements et essais ou lancement de nouveaux produits.

- Les pannes : elles correspondent à la disparition ou la dégradation d'une fonction, elles peuvent être causées par un bris mécanique, bris électrique, produit coincé dans la machine, usure de pièce, etc.
- Les réglages : un procédé est « capable » lorsqu'il ne nécessite pas de réglage. Il est très recommandé de faire apparaître les réglages nécessitant un arrêt de la production. L'identification de ces derniers démontre que le procédé n'est pas stable ou que les paramètres standards de conduite sont inconnus.
- Les pertes aux démarrages : le démarrage ou le redémarrage d'une installation peut demander un réglage, un temps de marche à vide et parfois la fabrication de pièces non conformes.
- Marche à vide : peut être due à un manque d'alimentation de la machine causé par une pièce coincée dans le système d'alimentation, redémarrage de la production, etc.
- Micro arrêts : ils peuvent être, soit des arrêts visibles, soit des défauts de cycles de durée très faibles, mais répétitifs. Les micros arrêts représentent souvent une source très importante de pertes, ils seront mis en évidence par confrontation des résultats obtenus par le calcul du TRS.
- Sous vitesse : peut être provoquée par un problème de qualité ou de fiabilité, la machine a pu être réglée volontairement à une vitesse inférieure à sa vitesse nominale.
- Non qualité ou qualité visée non obtenue : la non qualité représente des temps machine perdus, mais aussi des pertes matières. Il arrive dans certaines industries comme l'industrie de rabotage, lors de l'exécution d'une recette, que la qualité obtenue ne soit pas celle demandée (épaisseur, caractéristique de la pièce, etc.). Même si le produit obtenu est déclassé en second choix, il doit être considéré comme une non qualité. Le client attend son produit alors que le stock de produits déclassés déborde.

6.2 Pertes dues aux carences de l'organisation :

- Changement de fabrication : même s'il est indispensable, un changement de fabrication est considéré dans la TPM comme une perte d'efficacité.
- Activité de l'opérateur : l'habileté, la formation et le savoir-faire différent d'un opérateur à un autre ce qui génère des écarts entre le temps réel de production et le temps standard.
- Déplacement et manutention : un dysfonctionnement machine, un défaut dans les matières premières et déplacement des pièces peut créer une manutention ou une manipulation supplémentaire donc une perte de temps opérateur et/ou machine.
- Défauts logistiques : regroupe toutes les pertes créées par
 - attente matière, fourniture et emballage ;
 - matière non conforme ;

- attente outillage ;
- instruction ;
- main-d'œuvre.

- Excès de mesure : est causé par une mauvaise organisation du contrôle dû au manque de confiance dans le procédé.

6.3 Pertes dues aux méthodes et procédés :

Dans la plus part du temps ces pertes n'apparaissent pas dans le TRS. Elles correspondent rarement à des minutes ou à des pièces perdues par rapport au standard mais à un coût.

Ces pertes doivent être évaluées par rapport à une référence issue de méthodes ou de procédé existants plus performants. Ces pertes peuvent être liées au :

- Rendement matériaux : ce sont les pertes de matière qui s'expriment par le rapport $\text{Quantité matières achetées} / \text{Quantité matière vendues dans le produit fini}$. On trouve dans ces pertes les consommations matières dues aux procédés, aux démarrages, aux réglages.
- Rendement énergétique : exprimé soit par rapport à une valeur théorique, soit par comparaison avec d'autres procédés ou d'autres ateliers.
- Surconsommations d'outillages et de fourniture :
 - casses ou usures prématurées des outillages ;
 - consommations excessives des produits nécessaires au bon fonctionnement des machines de production tels que l'huile, la graisse, les scies, produit de nettoyage, etc. ;
 - surcoût des outillages : le non-respect des conditions normales d'utilisation de l'équipement oblige l'entreprise à utiliser des outillages de caractéristiques plus élevées que nécessaire.

7. Conclusion :

Le TRS est donc un outil simple et facilement compréhensible pour une amélioration de tout processus de production:

- c'est un outil implacable pour pointer l'origine des problèmes (les pertes deviennent visibles)
- Les priorités deviennent évidentes
- On peut faire des choix fondés sur des mesures incontestables
- Les résultats des actions menées seront visibles de tous par une augmentation du TRS immédiate.
- Simple et facile à comprendre pour toutes les personnes engagées dans ce projet.

CHAPITRE II :

Tréfilage et Cablage du fil électrique

CHAPITRE II : Tréfilage et câblage du Fil Electrique

1. Introduction : Dans ce chapitre nous présenterons l'entreprise GISB dans laquelle nous avons effectué notre stage. Nous expliquerons ensuite les différents processus impliqués dans la fabrication du fil électrique.

2. Présentation de l'entreprise GISB :

GISB (Groupe Industriel Sidi Bendhiba) est un groupe industriel diversifié implanté dans la zone d'activité de Mesra dans la Wilaya de Mostaganem, qui opère dans le domaine de l'énergie depuis 2009. Elle est composée de deux filiales :

CSB (Câblerie Sidi Bendhiba) dont l'activité principale est la production et la commercialisation de câbles électriques (basse, moyenne et haute tension) de haute qualité afin de répondre aux besoins du marché national et international.

Maghreb Transfo, quant à elle, est une unité de fabrication de transformateurs électriques. Son savoir-faire lui permet d'usiner une grande variété d'appareils : transformateur de distribution, transformateur de type sec, transformateur monophasé, transformateur avec cabine et transformateur de type spéciale. Avec le plus important investissement en Algérie et au Maghreb, GISB représente l'un des plus grands complexes industriels de production de câble au monde, qui a su s'imposer autant que spécialiste du câble en maîtrisant toute la chaîne de production.

GISB a consolidé sa place de leader dans le marché grâce à une technologie de pointe, l'innovation, la qualité et le professionnalisme. Et grâce à une large gamme de câblage cuivre, fil machine et câbles spéciaux.

Avec un capital social de 102.400.000 DA, GISB emploie plus de 1000 employés. Fort d'une capacité de production importante (90 000 tonnes/an d'alliage de cuivre, 40 000 tonnes/an d'alliage d'aluminium, 5 000 tonnes/an de PVC et granulé, avec une production annuelle prévisionnelle de 18 000 tonnes/an), le groupe possède deux sites : l'un étant un atelier de métallurgie, de tréfilage et de câblage des câbles électriques et l'autre un atelier d'extrusion des câbles électriques. Ce complexe s'étend sur 132 000 m².

GISB a su profiter d'avantages géographiques : une implantation dans une ville portuaire à proximité du port de Mostaganem (à 15 minutes)

CHAPITRE II : Tréfilage et câblage du Fil Electrique

Le marché du câble électrique étant en fluctuation permanente avec des défis techniques et technologiques quotidiens, l'entreprise a inscrit l'innovation au cœur de son développement en améliorant la qualité et les performances de ses produits pour assurer la fiabilité à long terme.

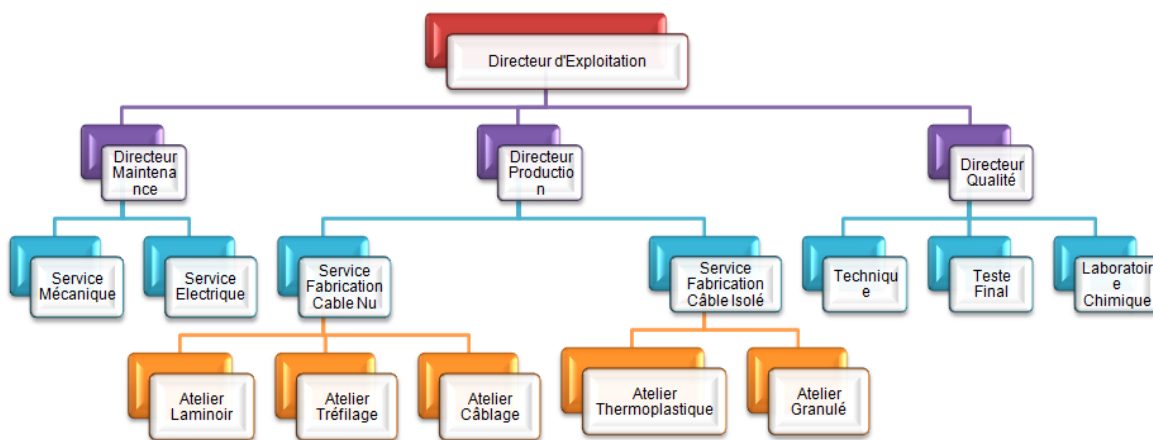
L'absence de coordination inter-structures au niveau du Groupe se fait ressentir en l'absence d'un organigramme avec description des tâches par structure et par poste ainsi que le manuel de procédures correspondant au fonctionnement de chaque structure.

Devant cette situation, un avant-projet d'organigramme avec description des tâches est établi en fonction des structures et postes prévus ainsi qu'un manuel de procédures qui sera confectionné après concertation avec les responsables des structures.

Concernant l'organigramme, l'organisation de l'entreprise est basée sur une division par spécialisation « **Structures** ».

- Le Directeur Général est assisté par le Gérant.
- Les Responsables des structures sont placés en position de Conseil auprès du **Gérant**.
- Les Responsables des structures conseillent le **Gérant** qui transforme ces conseils en ordres aux échelons inférieurs.
- Le Gérant délègue une autorité à chacun des Responsables des structures pour donner des ordres dans les domaines limités où ils sont seuls compétents.
- Les Responsables des structures interviennent directement et en dehors de la hiérarchie pour donner des directives, des conseils, recueillir des informations ou procéder à des contrôles.

2 .1 ORGANISATION DE L'ENTREPRISE



Figure(2.1) : organisation d'entreprise GSB

3. Câble électrique

3.1 Introduction:

Un fil électrique est le composant électro technique servant au transport de l'électricité, afin de transmettre de l'énergie ou de l'information. Il est constitué d'un matériau conducteur, monobrin ou multibrin, souvent entouré d'une enveloppe isolante (plastique, Téflon...). L'intérieur du fil électrique est appelée « âme » du fil.

Les matériaux utilisés présentent des caractéristiques intéressantes en ce qui concerne la résistance électrique, le poids, la tenue mécanique, le coût.

Les fils électriques sont souvent regroupés au sein d'un câble électrique avec des couleurs variées afin de reconnaître le rôle de chacun.

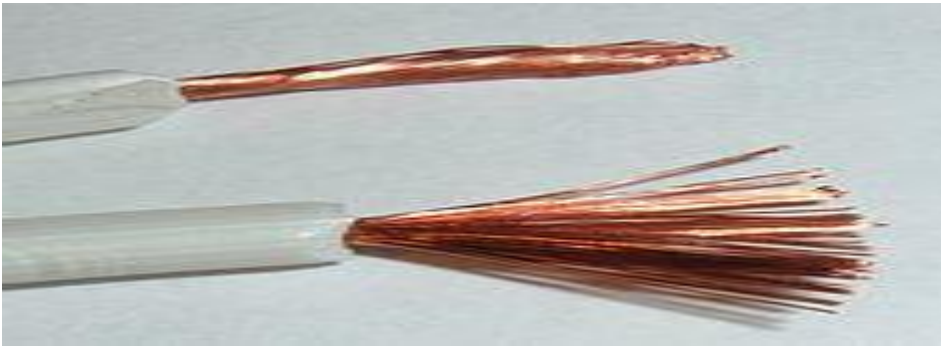


Figure (2.2) : câble de cuivre

3.2 Matériaux utilisés :

Fil cylindrique : Le cuivre est le métal le plus utilisé pour faire des fils et câbles électriques, car il a une excellente conductivité électrique. On l'utilise soit en fil de section cylindrique monobrin (*rigide*), soit en section toujours cylindrique mais multibrins ou (*souple*). Pour le rendre plus souple, il est utilisé en alliage avec d'autres métaux. Le fil de cuivre est protégé soit :

Par une pellicule de vernis, quand on l'utilise pour la fabrication des bobinages, transformateurs, électroaimants ; par une couche de plastique colorée, dans la majorité des autres cas. Ces protections assurent l'isolation tout en ne gênant pas la mise en forme des fils dit « rigides ».

Autrefois on utilisait une tresse de coton, du caoutchouc et, parfois du papier pour l'isolation des fils, ces techniques ont disparu pour des raisons de sécurité et de coût.

CHAPITRE II : Tréfilage et câblage du Fil Electrique

Barre

Pour la distribution de grands courants, dans les installations industrielles et les armoires de distribution électrique, on utilise le cuivre en barres plates. Ces barres (jeux de barres) sont utilisées à la place de câbles pour une raison de coût, mais aussi de facilité de connexion et de rigidité. Il est plus simple de concevoir et de réaliser une bonne connexion entre deux conducteurs plats, qu'entre un câble cylindrique et un trou rectangulaire, de plus le jeu de barres solidarise l'ensemble des divers appareillages qui lui sont reliés, prévenant ainsi un éventuel défaut de fixation dû aux vibrations et contraintes thermiques.

Ces jeux de barres sont installés exclusivement, dans des endroits d'accès réservés aux électriciens. Elles sont rarement isolées, seules des balisages et des protections translucides, imposées depuis les années 1980, préviennent d'éventuels accidents d'électrisation.

Aluminium

L'aluminium est souvent utilisé dans le transport d'électricité de grande puissance lorsque la section du câble et sa longueur élimine le cuivre, à cause de sa masse spécifique plus élevée. Il est quasiment exclusivement utilisé en âmes à brins multiples, du fait des sections en jeux et de sa relative rigidité. Sa relative facilité de casse lors de torsions et de manipulations le rend indésirable en milieu domestique.

Il est utilisé à la place du cuivre dès que la contrainte poids devient importante : aéronautique, conquête spatiale, etc.

Il était utilisé localement, en milieu domestique, après-guerre en raison des pénuries de cuivre.

Acier

L'acier est utilisé, en général, comme support des câbles en aluminium ou en cuivre dans les câbles décrivant de grandes portées, afin d'assurer une résistance à la traction que l'*aluminium* ou le *cuivre* seraient incapables de supporter sans allongement excessif et rupture.

De façon plus spécifique, l'acier est également utilisé pour le transport de l'énergie dans le milieu ferroviaire. Une polarité est acheminée par la caténaire, l'autre polarité utilise comme support les rails de roulements en acier. Dans le cas particulier du métro, la polarité positive est distribuée via un « rail de traction » également en acier.

CHAPITRE II : Tréfilage et câblage du Fil Electrique

Argent

L'argent est utilisé pour diminuer la résistance de contact, dans les systèmes de connexions et, les systèmes de commutations comme les contacts des relais. Il nécessite toutefois un système de nettoyage, généralement automatique, pour éviter que l'oxydation de surface compromette sa bonne conductivité électrique.

Il est utilisé dans certains fils, en alliage avec le cuivre pour assurer une bonne souplesse au fil.

Il peut aussi être mélangé à l'or qui lui assure une meilleure souplesse tout en baissant le prix du fil d'or. Ceci utilisé en robotique par exemple pour effectuer des connexions de très grande précision.

Or

L'or est utilisé avec parcimonie, en couche très mince déposée par électrolyse (un *flash*), dans les systèmes électriques et, nettement plus en électronique.

Comme l'argent, il peut réaliser de très bonnes liaisons entre des conducteurs indépendants mais avec l'avantage de ne pas s'oxyder et de pouvoir protéger le métal du conducteur (cuivre, argent, etc.) de toute oxydation, ce qui est très important pour les contacts

Les isolants

-Polyéthylène (PE).Polyéthylène-chlorosulfoné (Hypalon).Caoutchouc silicone

-Éthylène-propylène (EPR), largement utilisé pour les câbles faible et moyenne tension en environnement difficile¹.

-Polyéthylène réticulé chimiquement (PRC).Polychloroprène.Polychlorure de vinyle (PVC)

-Isolant minéral. Isolant SH (sans halogène) réticulé

-Gaine SH (sans halogène) réticulée .Gaine SH (sans halogène) réticulée pour câble souple.
Gaine SH thermoplastique. Isolant SH thermoplastique

Alliages

Alliage d'aluminium, de magnésium et de silicium. Il est principalement utilisé pour la réalisation des lignes aériennes. Sa résistivité ($32,5 \cdot 10^{-9} \Omega \cdot m$) est environ le double de celle du cuivre, mais ses caractéristiques mécaniques lui permettent de résister aux contraintes liées à l'environnement (vent, gel, neige, variations de température).

Alliage de cuivre et de nickel dont la résistivité est quasiment indépendante de la température. Il est utilisé pour la réalisation de certains capteurs de température et capteurs de courant appelés shunts électriques.

Supraconductivité

Les alliages à base de cuprate ont la caractéristique de devenir supraconducteurs à des températures relativement basses (-170 à -200 °C), ce qui les rend intéressants pour les transmissions d'énergie électrique en étant refroidi à l'hélium ou à l'azote liquides.

4. Tréfilage du fil électrique :

4.1 Introduction :

Le tréfilage est une technique de mise en forme à froid des métaux qui permet de réduire la section d'un fil, par déformation plastique, en le tirant à travers l'orifice calibré d'une filière sous l'action d'une force de traction et en présence d'un lubrifiant (figure 1). Cette technique permet d'obtenir des fils de diamètres inférieurs à 5 mm et de s'affranchir ainsi des limites technologiques et économiques d'un procédé de déformation à chaud, à savoir de respecter des tolérances serrées sur les diamètres et de conférer, éventuellement, des caractéristiques mécaniques adaptées par écrouissage.

Les matériaux les plus utilisés dans le cadre d'applications industrielles sont l'acier, le cuivre, l'aluminium et le tungstène. Les applications des produits mis en œuvre par cette technique (qui peuvent être utilisés en l'état, assemblés ou transformés) sont nombreuses : clôtures, armatures pour béton, électrode de soudage, câbles, agrafes, vis et boulons, ressorts, aiguilles, anneaux, boucles et crochets, armatures de pneumatiques .

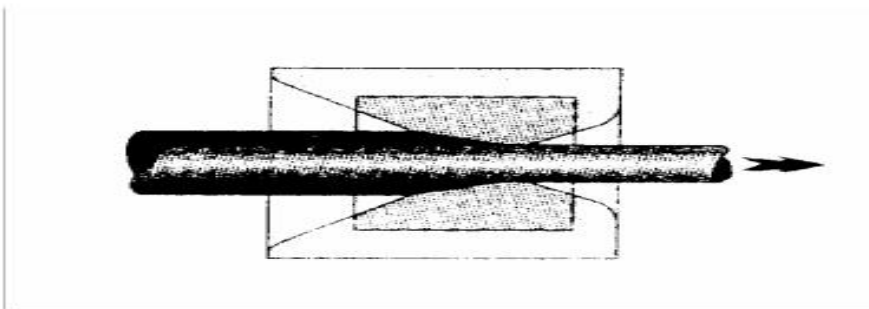


Figure (2.3) : principe de tréfilage

CHAPITRE II : Tréfilage et câblage du Fil Electrique

Les trois éléments-clés du tréfilage sont le fil, la filière et le lubrifiant.

- Le fil de départ, ou fil-machine provient du laminage à chaud et a subi une préparation de surface : il a ainsi été décapé et revêtu pour accentuer sa rugosité de surface et améliorer sa trafiliabilité.
- La filière assure la réduction, se compose d'un noyau en carbure de tungstène lié cobalt ou diamant et d'une frette en acier.
- Le lubrifiant joue le rôle de troisième corps : produit liquide ou pulvérulent suivant le procédé choisi, il s'intercale, sous forme d'un film mince, entre les deux antagonistes.

Dans le cas du tréfilage à sec, ce sont des "savons secs métalliques" qui sont utilisés. Issus d'une réaction de saponification, les lubrifiants industriels sont en fait des mélanges complexes de matières grasses, de charges minérales, d'additifs variés et de produits réactionnels. Un bon lubrifiant est un savon qui favorise la formation d'un film superficiel suffisamment épais et homogène pour éviter toute interaction directe entre la filière et le fil. Il doit également résister aux fortes pressions et hautes températures développées pendant le tréfilage.

Dans l'industrie, les machines utilisées sont de type monopasses ou multipasses (plusieurs réductions successives).

Les dispositifs « **mono passes** » sont généralement utilisés pour des phases de calibrage, de finition ou pour l'obtention d'un état de surface particulier.

Les installations « **multi passes** » qui représentent l'activité industrielle essentielle, mettent en œuvre toute une gamme de vitesses, car, le matériau étant incompressible, la vitesse d'entraînement doit augmenter continuellement pour compenser l'allongement du fil. Le nombre de passes est un facteur limitant du procédé, car les réductions successives entraînent un durcissement du fil et une fragilité croissante. Pour éviter les problèmes de casses de fil liés à l'écroutissage, un recuit intermédiaire peut s'avérer nécessaire pour adoucir le fil et lui permettre de subir les passes suivantes de tréfilage. Il est alors indispensable de refaire le revêtement de surface. Les machines les plus modernes fonctionnent en continu et sans accumulation de fil sur les bobines : elles travaillent en général à vitesses très élevées. Ces vitesses n'ont d'ailleurs pas cessé d'augmenter depuis cinquante ans : de 5 à 7 m/s en 1945, elles sont passées à 16 à 18 m/s dans les années 70. Quelques années plus tard, de nouveaux dispositifs ont permis d'atteindre et de dépasser 20 m/s. En 30 ans, le nombre de passes a lui aussi doublé. Cela a donc permis de diminuer, voire de supprimer les traitements thermiques et de surface intermédiaires.

4.2 Les problèmes industriels:

Même si ces évolutions vont dans le sens d'une augmentation de la productivité, cela n'est pas sans créer des problèmes techniques supplémentaires. En effet, dans de telles conditions de sollicitations, les pressions et températures de tréfilage atteintes sont importantes. Si le lubrifiant n'est pas adapté, le frottement est exacerbé. Contrairement au laminage où il est moteur, il a un rôle parasite en tréfilage.

Toute augmentation conduit à une élévation des forces de tréfilage et des échauffements ainsi qu'à une usure prématurée de la filière. Le plus pénalisant est sans aucun doute la dégradation de l'outil calibrant. Si la filière s'ovalise ou bien si son diamètre augmente trop, le fil est hors-tolérance; s'il s'agit d'une détérioration de l'état de surface intérieur, des rayures peuvent apparaître sur le fil suivies de casses. La production de fil est donc fortement affectée puisque tout changement d'outil nécessite un arrêt-machine d'une heure environ.

La maîtrise du frottement, via l'optimisation de la lubrification, s'avère donc indispensable. Pour cela, il est nécessaire de comprendre quels sont les paramètres qui conditionnent le bon déroulement d'une opération de tréfilage. Ces paramètres sont :

- la formulation du lubrifiant. En effet, les performances d'un lubrifiant sont liées à ses propriétés physico-chimiques et rhéologiques qui elles-mêmes découlent de sa composition. Formuler un savon revient donc à choisir la matière grasse et les charges adéquates, à ajuster leurs teneurs mais également à déterminer la distribution granulométrique adaptée aux conditions de tréfilage,
- l'ajustement des paramètres du procédé tels que les caractéristiques de filière, la qualité du fil entrant, la vitesse, le refroidissement inter-passes, etc... Ajuster ces paramètres consiste à définir la configuration permettant une sollicitation minimale du lubrifiant. La dimension thermique est à ce titre très importante puisque la température de travail du savon va conditionner ses performances.

L'art du fabricant de lubrifiants secs et du tréfileur est avant tout basé sur une longue expérience du métier et sur de nombreuses observations. Cette difficulté est d'autant plus importante que les types de bancs de tréfilage sont nombreux, que les nuances tréfilées sont variées, que les vitesses varient d'un dispositif à l'autre et que suivant les tréfileries, les profils et angles de filières peuvent être différents.

L'étude de la lubrification du tréfilage ne se limite toutefois pas à la formulation du savon ni à l'ajustement des paramètres du procédé. Elle comporte en fait trois autres aspects complémentaires :

- la préparation de surface du fil (décapage) qui va graver les joints de grains et créer ainsi une rugosité artificielle sur le fil qui est favorable à l'accrochage du film de savon et assure la formation de poches de lubrifiant,
- le revêtement de surface qui va accentuer cette rugosité. En fonction de la nature du traitement de surface (traitement de conversion, de condensation), l'adhérence du dépôt et sa tenue au cours du tréfilage sera différente et aura des conséquences sur l'approvisionnement en savon, le chargement en savon par passage du fil dans le savonnier.

4.3 Préambule:

En préambule, nous rappelons les définitions des grandeurs mécaniques utilisées pour décrire le tréfilage (figure 2-4).

- **l'allongement du fil λ :**

La conservation du volume, entre l'entrée et la sortie de filière, au cours de la déformation de cuivre permet d'écrire que $S_e \cdot L_e = S_s \cdot L_s$. Nous avons alors

$$\lambda = \frac{L_s}{L_e} = \left(\frac{R_e}{R_s} \right)^2$$

Avec L_e , L_s : les longueurs initiales et finales de fil.

- **la réduction du fil $r = 1 - \left(\frac{R_s}{R_e} \right)^2$**

- **la déformation $\varepsilon = \ln \lambda = 2 \ln \left(\frac{R_e}{R_s} \right)$**

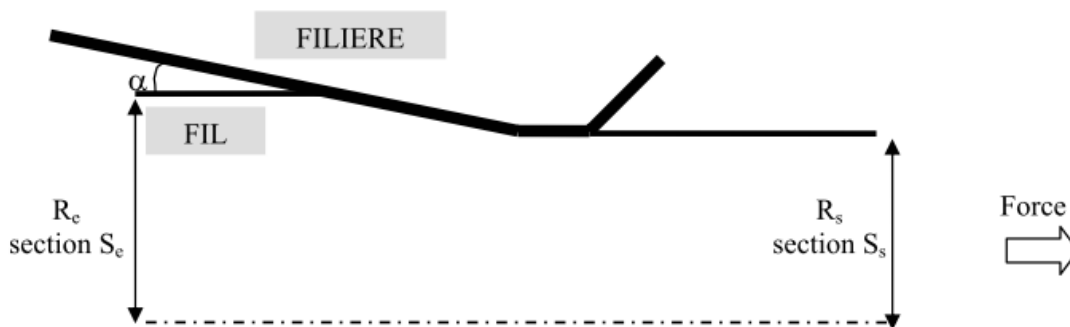


Figure (2.4) : Schéma d'une passe de tréfilage et notations utilisées

4.4 Le tréfilage :

Une opération industrielle de tréfilage se compose de quatre étapes élémentaires :

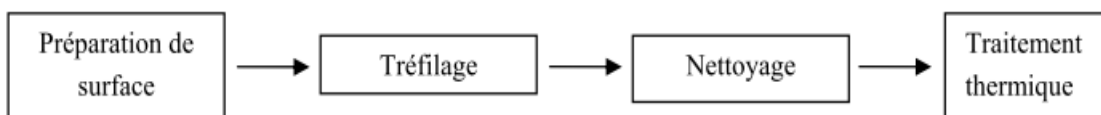


Figure (2.5) : les étapes de tréfilage

4.4.1 La préparation de surface

Le matériau de départ utilisé pour le tréfilage est appelé fil-machine. De diamètre de l'ordre de 5mm pour les aciers inoxydables, il provient du laminage à chaud de billettes produites par coulée continue et se présente sous forme de couronnes, refroidies à l'air. La surface du fil est recouverte d'une couche d'oxydes métalliques, appelée aussi calamine, dont l'épaisseur est

fonction de la température de sortie du fil. A cause de son caractère abrasif, de sa dureté et de son absence de ductilité, cette couche doit être éliminée avant le tréfilage. Différents procédés de nettoyage de surface peuvent être employés : par action chimique (décapage), mécanique (décalaminage) ou action combinée des deux.

4.4.2 Le revêtement de surface

Comme nous l'avons évoqué, la lubrification est essentielle au cours du tréfilage. Or, les lubrifiants secs sont difficilement entraînés par le fil surtout si sa surface est peu rugueuse. Il est donc nécessaire de déposer un support de lubrifiant sur la surface avant tréfilage. Ce revêtement assure également une protection limite en cas de mauvaise lubrification et permet d'éviter ainsi tout risque de grippage.

D'une manière générale, deux grandes classes de traitements de surfaces se distinguent :

- **les réactifs**, qui, par réaction à l'interface métal/dépôt, produisent une modification de la couche superficielle du fil. Il s'agit de traitements tels que la phosphatation ou l'oxalation. Ces traitements de conversion possèdent l'avantage d'être particulièrement adhérents, mais leur inconvénient est qu'ils sont polluants. Ils sont généralement mis en œuvre avant le tréfilage des aciers au carbone .

- **les non réactifs** qui sont souvent des dépôts salins . Ces revêtements sont formés par condensation ce qui explique qu'ils soient moins adhérents que les traitements de conversion.

Ils s'éliminent toutefois mieux après tréfilage. Ils sont utilisés pour le tréfilage des aciers inoxydables.

Il existe deux grandes voies d'élaboration de ces dépôts, au défilé et au trempé, qui conduisent à des morphologies de revêtement bien distinctes : le recouvrement le plus homogène est obtenu lors du revêtement au défilé.

4.4.3 Nettoyage et traitements thermiques :

Après le tréfilage, le fil comporte un film superficiel de lubrifiant et de revêtement dont il faut se débarrasser avant de procéder à un traitement thermique (pour éviter la diffusion d'éléments polluants).

Deux sortes de nettoyage peuvent être envisagés, par action mécanique ou chimique (lessives alcalines, solutions acides), au trempé ou au défilé (suivant les sections des fils tréfilés) .

En dernière étape, les traitements thermiques sont mis en œuvre pour obtenir des fils présentant une structure adaptée au retréfilage ou aux déformations ultérieures, pour supprimer l'effet de l'érouissage et adoucir le fil (recuit) ou encore pour communiquer au fil des caractéristiques particulières (trempé).

Les fours de recuit peuvent être de types statiques (couronnes, bobines) ou au défilé (fours pouvant atteindre 20m de longueur)

4.4.4 Outils et équipements industriels du tréfilage :

L'ensemble du matériel de tréfilage comporte trois éléments

- un dispositif de dévidage du fil,
- une machine à tréfiler,
- un dispositif de récupération du fil écroui.

Parmi tous les dispositifs, nous distinguons :

- **les machines de tréfilage à sec**, qui permettent d'obtenir des fils jusqu'à 1 mm et utilisent des savons comme lubrifiants. Ce sont ces dispositifs qui nous intéressent particulièrement dans cette étude,
- **les machines de tréfilage humide**, qui sont particulièrement adaptées pour l'obtention de fils plus fins. La lubrification est mise en œuvre par immersion ou aspersion d'huile minérale.

Suivant la réduction de diamètre souhaitée, le nombre de passes (c'est-à-dire de passages en filière) est ajusté. Pour des réductions de section de l'ordre de 35%, ce sont des dispositifs simples (ou mono passes) qui sont utilisés. Pour des réductions de section plus importantes, il faut envisager des réductions successives et donc utiliser des machines multiples (appelées également multi passes). Les dispositifs mono passes sont généralement utilisés pour des phases de calibrage, de finition ou pour l'obtention d'un état de surface particulier.

5. Les Composition de La machine de tréfilage:

Plusieurs types de machines existent. Néanmoins, elles sont toutes composées de trois parties principales :

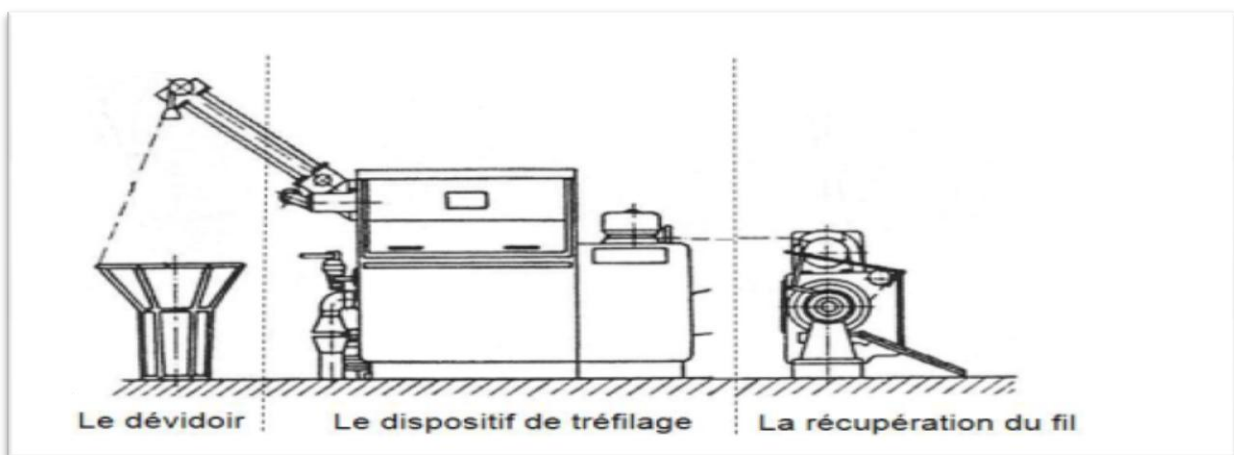


Figure (2.6) : Schéma structurel d'une tréfileuse

5.1 Le dévidoir :

Il déroule le fil et l'amène à la machine à tréfiler. Son principe est de garder la continuité d'usinage.

Son axe de rotation peut être vertical ou horizontal.

Il y a deux types de dévidoir : le dévidoir fixe ou tournant.

- **Le dévidoir fixe**

Il déroule le fil selon son axe (souvent vertical). Il est utilisé principalement pour les torches de masse importante (jusqu'à 3 tonnes) ainsi on n'a pas besoin de mettre la masse en mouvement. Mais son dévidage n'est pas très régulier.

- **Le dévidoir tournant**

Le fil est stocké sur une bobine qui est vidée perpendiculairement à son l'axe de rotation.

Avec cette méthode, il est difficile de garder une vitesse de déroulement constante. Pour y remédier, la bobine est souvent freinée pour essayer de maintenir une continuité de déroulement, en particulier avec les fils minces.

Dans le cas de fil plus gros (> 1mm), celui-ci passe encore à travers une série de poulie pour le redresser.

5.2 Le dispositif de tréfilage

5.2.1 La filière :

La filière est l'élément qui va permettre la réduction de la section du fil. Les différents calculs liés à la filière sont surtout utiles lors de l'élaboration de la machine. Le réglage des machines, qui est différent pour chaque commande (selon la matière et la réduction choisie par le client), se fait empiriquement avec le savoir-faire des opérateurs. Des adaptations se font durant le montage et au début du tréfilage car malgré les tolérances strictes sur la matière première, chaque fil et chaque filière sont différents.

Les réductions du fil se mesurent en proportion de l'allongement. Il peut varier de 6% à 25% par passage.

Il faut aussi prendre en compte que le fil se dilate légèrement à la sortie de la filière, lorsque la compression s'arrête. En pratique, si on veut un diamètre de 1mm après le passage dans la filière, il faut un trou de passage légèrement plus petit. Des tests sont effectués pour déterminer exactement cette légère différence.

Pour mesurer l'usure de la filière, les techniciens passent le fil dans la machine et mesurent la réduction de celui-ci à la sortie.

La filière est fixée à un porte-filière qui compense les forces engendrées par la traction du fil et qui permet également d'orienter la filière avec un angle adéquat. C'est cette partie qui contient le lubrifiant.

CHAPITRE II : Tréfilage et câblage du Fil Electrique

Au montage, il faut affiner l'extrémité du fil pour le faire passer dans la filière. Pour les gros diamètres, cet appointage se fait en martelant ou en limant le fil. Pour les diamètres plus fins, il faut chauffer l'extrémité avec une bougie et l'étirer à la main jusqu'à la rupture, ainsi le fil forme une pointe. L'engagement du fil dans la machine se fait manuellement à l'aide d'une pince appelée « chien ». Durant cette manipulation, il faut parvenir à tirer sur le fil avec une force suffisante pour tréfiler le fil sans en casser la pointe.

La filière est le point le plus faible de tout le procédé, c'est elle qui va le plus souvent casser en premier.



Figure (2.7) : Filière pour tréfiler

5.2.2 Le lubrifiant

Il joue un rôle essentiel étant donné les pressions très élevées que subit le fil lors de sa réduction. Ses fonctions sont :

- De limiter les frottements entre le fil et la filière et ainsi diminuer les contraintes lors du tréfilage
- D'améliorer l'état de surface du fil
- D'évacuer les éventuels déchets à l'entrée de la filière
- De refroidir la filière pour éviter sa déformation thermique et réduire son usure

Pour parvenir à satisfaire toutes ces conditions, il doit posséder une bonne résistance à la température et à la pression ainsi qu'une stabilité chimique dans le temps.

Le fil est, soit arrosé juste avant d'entrer dans la filière, soit il passe dans un bassin de lubrifiant.

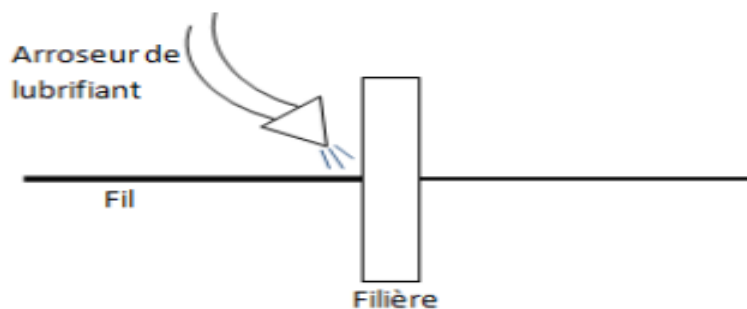


Figure (2.8) : Schéma d'une méthode de lubrification

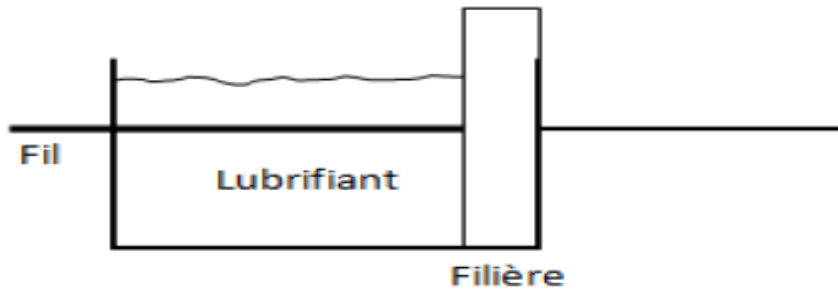


Figure (2.9) : Schéma d'une autre méthode de lubrification

5.3 La récupération du fil

A la sortie de la dernière filière, le fil passe entre deux morceaux de feutre, pour essuyer les restes de lubrifiant. Puis, il est enroulé sur une bobine motorisée. C'est elle qui impose la vitesse de tréfilage. Il faut que la vitesse de la bobine diminue en fonction de la quantité de fil déjà enroulé pour que la vitesse de tréfilage reste constante.

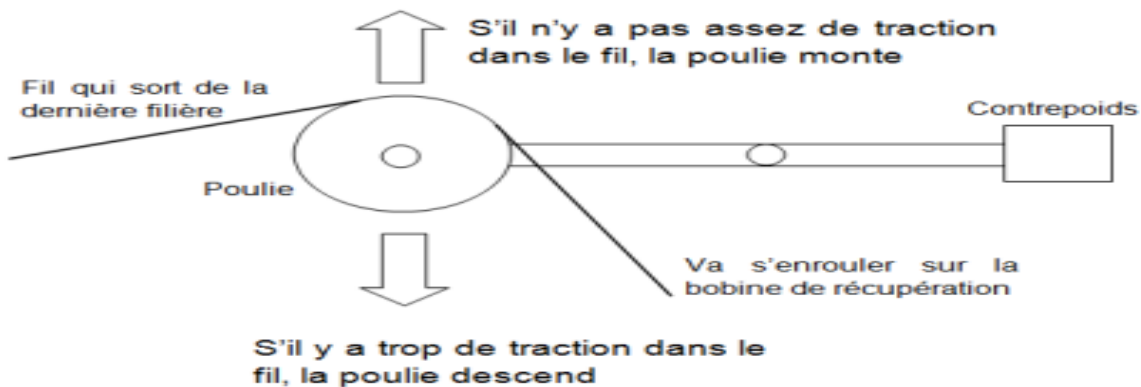


Figure (2.10) : Schéma du patin de régulateur avec contrepoids

Afin de réguler la force de traction dans le fil à la sortie de la dernière filière, il y a un système de patin régulateur avec contrepoids qui stabilise cette force.

Si le fil se casse au cours du tréfilage, le patin ne subit plus de force et bascule. Un capteur le détecte et arrête la machine.

Pour les fils fins, il est important que ce soit la bobine de récupération qui se déplace pour permettre un enroulement homogène du fil et non l'inverse afin d'éviter, une fois de plus, des torsions.

6. Les différents types de machines

Il existe deux types de machines :

6.1 Les machines simples :

Elles sont constituées d'un seul ensemble dévidoir-filière-dispositif de réception et permettent de faire qu'une seule passe, donc une diminution de section limitée.

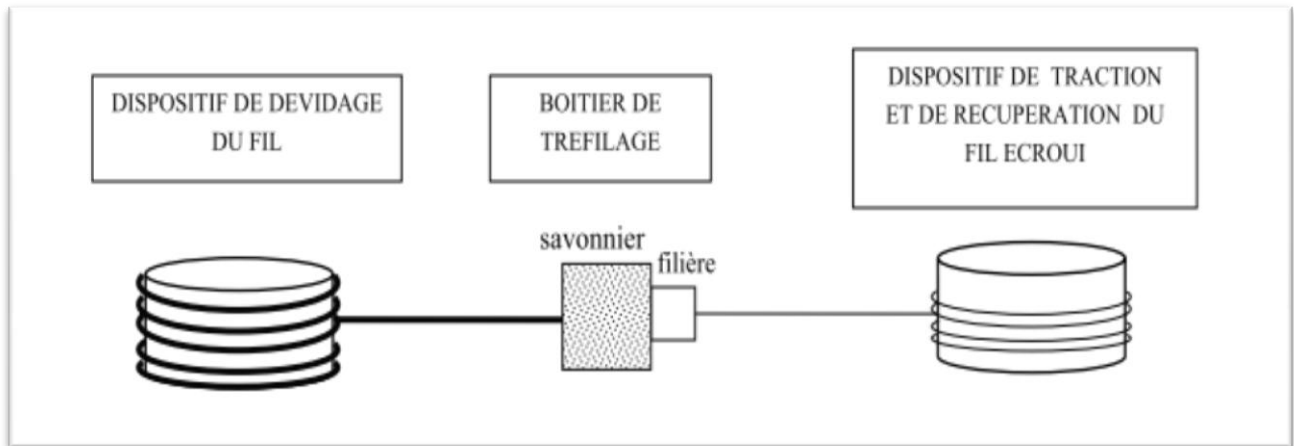


Figure (2.11) : Schéma de principe d'une machine à tréfiler simple (ou mono passe)

6.2 Les machines multiples :

Elles sont constituées d'une suite de filières de section décroissante.

Elles permettent donc une plus grande réduction du fil.

Il est courant d'avoir des machines qui peuvent contenir 24 filières à la suite.

En raison de la conservation du débit volumique, la vitesse augmente entre les différentes filières. Afin de répartir les forces de traction, le fil passe sur une bobine entre chaque filière.

On dispose de trois types de machines multiples:

6.2.1 Les machines continues ou à passage direct

Elles n'ont pas de problème de glissement car la vitesse de chaque bobine est réglée électroniquement de façon à suivre l'augmentation de la vitesse du fil.

Le fil ne nécessite alors que quelques tours par bobine, ce qui crée le besoin d'un système de refroidissement.

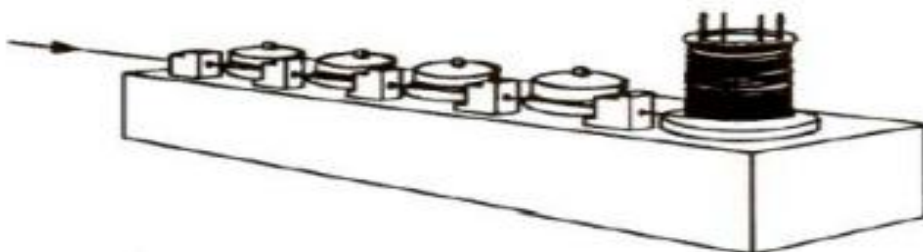


Figure (2.12) : Machine continue ou à passage direct

6.2.2 Les machines à glissement :

La différence de vitesse entre chaque passe est ici compensée par un léger glissement du fil autour de la bobine et par son diamètre croissant au fur et à mesure des passes. Cette différence de diamètre permet aussi de compenser l'allongement du fil. Les bobines chauffent assez rapidement à cause des frottements dus au glissement.

L'une des deux est lubrifiée pour faciliter le glissement et refroidir le fil. Dans ce cas, le tréfilage n'est pas très rapide mais très précis, cette machine est utilisée pour les fils minces (les fils horlogers ou médicaux).

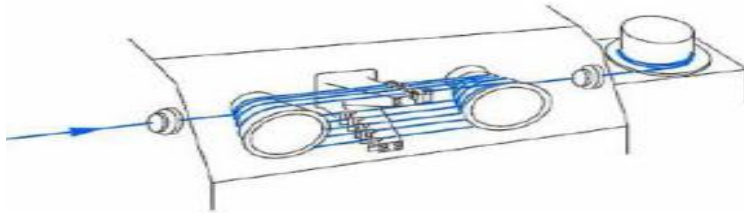


Figure (2.13) : Machine à glissement

6.2.3 Les machines à accumulation :

Elles résolvent le problème du glissement. Les bobines sont montées en série et se vident selon leur axe. Si l'une d'elles se remplit plus vite que la suivante ne lui demande de fil, il y a accumulation et il faut l'arrêter pour qu'elle ait le temps de se vider sur la suivante. En réglant les vitesses des bobines, on peut compenser une partie de l'allongement mais cette compensation n'est pas rigoureuse.

Lors d'arrêt ou de vitesse mal adaptée, le fil va subir une torsion à la sortie des bobines car l'angle entre l'enroulement et sa sortie est différent. Cette machine est en conséquent inutilisable pour les petits diamètres qui supportent très mal la torsion.

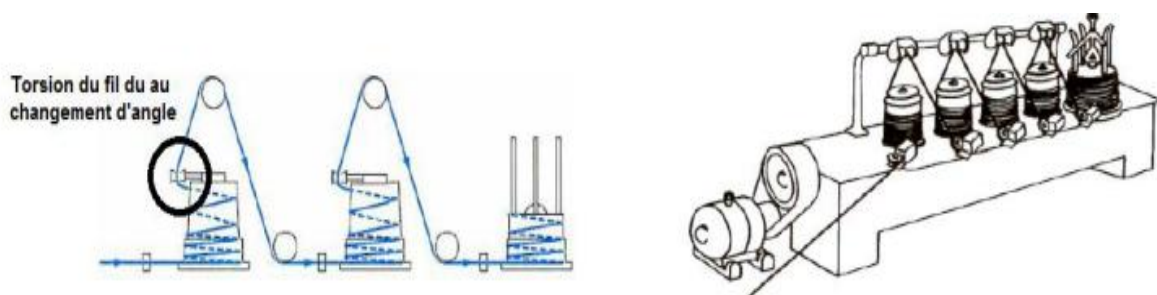


Figure (2.14) : Bobinage du fil sur la machine à accumulation

7. La vitesse de tréfilage :

Elle doit répondre à plusieurs critères. Il faut toujours que le fil reste tendu.

Pour cela, il faut prendre en compte que la vitesse du fil à la sortie de la filière est plus grande qu'à son entrée.

Cette variation dépend du pourcentage de réduction de la filière. A vitesse plus élevée, l'état de surface ainsi que la précision se dégradent.

Par exemple, si on tréfile un fil d'acier inox à 120 mètres par minute, il y a une tolérance sur le diamètre de ± 15 microns. Alors qu'avec une vitesse moindre, quelques mètres par minutes, pour le même fil la précision est bien meilleure et la tolérance est de ± 1 microns.

La vitesse de tréfilage a aussi un impact sur l'augmentation de la température lors du passage en filière.

8. Les caractéristiques du fil :

8.1 Les matières

Il est possible de tréfiler n'importe quel métal déformable à froid. Il faut toutefois rester attentif à la dureté des matériaux choisis. Un matériau très dur (tungstène) demande plus de passage et engendre une usure plus rapide des filières. Un matériau très ductile (cuivre, aluminium) supporte mal les efforts en traction. Ils sont donc aussi difficiles à tréfiler.

Comme le tréfilage met le fil en traction, il faut un matériau avec une résistance à la rupture importante.

Les matériaux les plus utilisés dans le cadre d'applications industrielles sont l'acier, le cuivre, l'aluminium, le tungstène ou encore les alliages de nickel.

Le choix du matériau dépend des fonctionnalités voulues à la fin du tréfilage. Par exemple, un acier à faible teneur en carbone, soit moins de 1 %, aura une très grande ductilité et une résistance faible. C'est ce que l'on recherche dans un muselet à champagne.

8.2 L'état de surface :

L'écrouissage améliore l'état de surface des fils tréfilés. Les aspérités de surface sont lissées.

Avec une vitesse de tréfilage réduite on peut avoir des états de surface Ra allant à 0.1 microns.

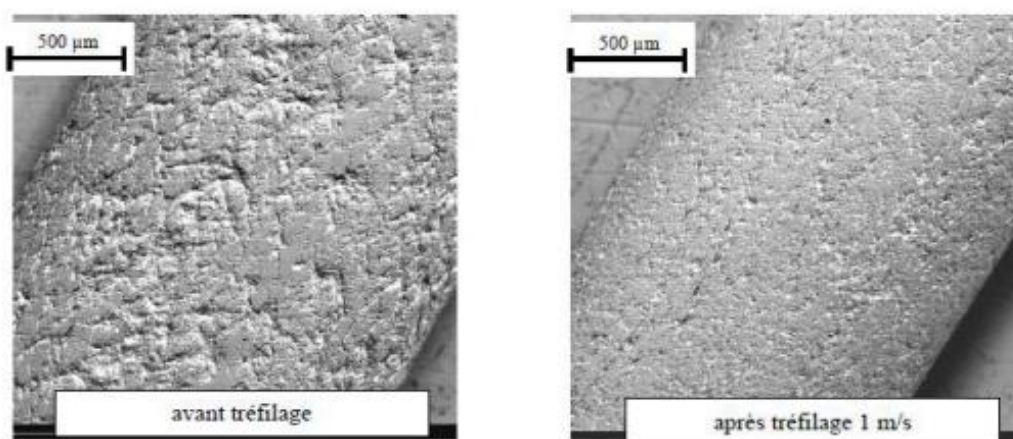


Figure (2.15) : Etat de surface

9. Les défauts du fil machine:

9.1 Variation du diamètre :

L'angle d'ouverture de la filière est prévu pour un diamètre précis. Si le fil n'a pas un diamètre constant sur toute sa longueur, l'état de surface, les contraintes internes et le diamètre ne seront pas homogènes.

9.2 Trous et creux :

Les défauts de surfaces sur le fil machine sont normalement corrigés avant le tréfilage, par le décalaminage ou par un traitement thermique tel que le recuit.

S'ils subsistent, ils peuvent créer des efforts non symétriques dans le fil lors du passage dans la filière et engendrer des criques de surface.

9.3 Diamètre de tréfilage :

Il n'y a pas de diamètre minimal clairement défini. Les limites sont données par les efforts en traction que subit la section, la généralisation de défauts comme les criques de surfaces et les cassures répétitives des fils. Actuellement, des fils tréfilés de l'ordre d'une vingtaine de micromètre sont produits avec une précision allant jusqu'à ± 1 microns.

10. Les défauts après le tréfilage :

10.1 Criques de surfaces :

Elles sont provoquées par un écrouissage trop important, ou par une filière non adaptée (angle trop important), ou bien encore par un recuit intermédiaire insuffisant. Une autre possibilité est le mauvais alignement entre le fil et la filière ce qui engendre des déformations asymétriques lors de l'opération de tréfilage. Ces défauts de surfaces peuvent conduire à la cassure du fil.



Figure (2.16) : Criques de surface, appelées pattes de corbeaux

11. Câblage du fil électrique :

11.1 Introduction

Le processus de fabrication des conducteurs électrique comporte de nombreuses étapes comme le tréfilage, le câblage et le compactage, l'extrusion, l'assemblage, etc. Ce travail porte sur l'analyse d'un conducteur à la fin du processus de câblage et de compactage.

Cette étape est une opération d'assemblage de brins en couches concentriques torsadés en hélice autour d'un fil central.

Durant l'assemblage, plusieurs phénomènes physiques coexistent. En effet, les fils sont soumis à des forces de traction et de torsion, des forces de compression dues à la filière de compactage et à des forces tangentielles générées par le frottement des fils entre eux et de la couche extérieure du conducteur avec la filière.

Tous ces paramètres peuvent affecter l'état métallurgique du matériau des fils et altérer les performances du conducteur. À notre connaissance, les modèles existants reposent sur des géométries statiques négligeant ainsi les déformations réelles des fils ainsi que les conditions électromécaniques dans les zones de contact.

Certains de ces modèles sont basés sur des hypothèses géométriques, pour éviter les interférences de contact inter-fils. En théorie, dans un conducteur concentrique avec une composition classique il n'y a pas assez de place pour tous les fils.

Cependant, pour le cuivre et l'aluminium, les matériaux sont assez doux. De plus, les déformations élasto-plastiques, ainsi que les pressions de contact générées durant le processus de fabrication, vont changer la forme des fils et réduiront leurs dimensions, de façon à pouvoir se mettre en place. Le but de cette étude est d'analyser l'impact des déformations générées par le processus de câblage et de compactage sur les propriétés électriques du conducteur. L'originalité de ce travail, consiste à prendre en compte la géométrie déformée du conducteur ainsi que la résistance de contact inter-fils.

11.2 Définition câblage :

Après le tréfilage, les fils de cuivre recuit obtenus sont regroupés afin de former les conducteurs. Ce processus s'appelle câblage.

Dans le processus de câblage les fils sont tractés à travers une filière guide avec un noyau en carbure de tungstène, par un cabestan qui transmet la force nécessaire au câblage par frottement. Le câblage est donc le résultat de deux mouvements : de traction et de torsion.

Dans le câblage, on compose des conducteurs avec des sections très différentes, par exemple, aussi bien une section aussi petite que $0,5 \text{ mm}^2$ que d'autres de 240 mm^2 ,

400 mm^2 ou plus, pour des circuits de grande puissance.

11.3 La machine de câblage :

La machine qui fait le câblage du fil appelé **la machine tubulaire** qui constituée de :

- 7 bobines d'émission existe dans une chambre
- 1 filière de compactage
- 1 bobine de réception

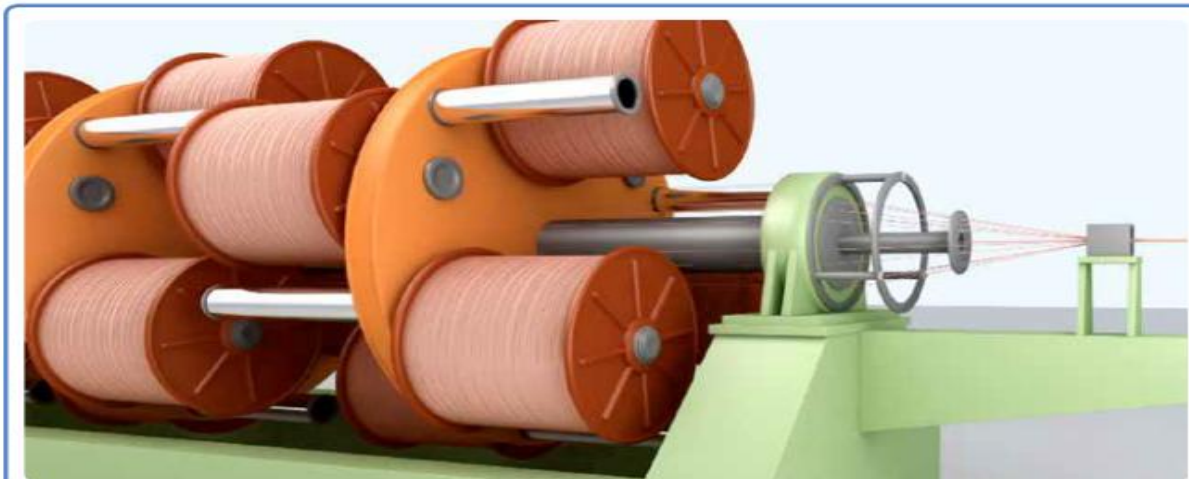


Figure (2.17) : La machine Tubulaire

11.4 Principe de câblage :

Le principe de câblage exprimé dans la figure suivant :

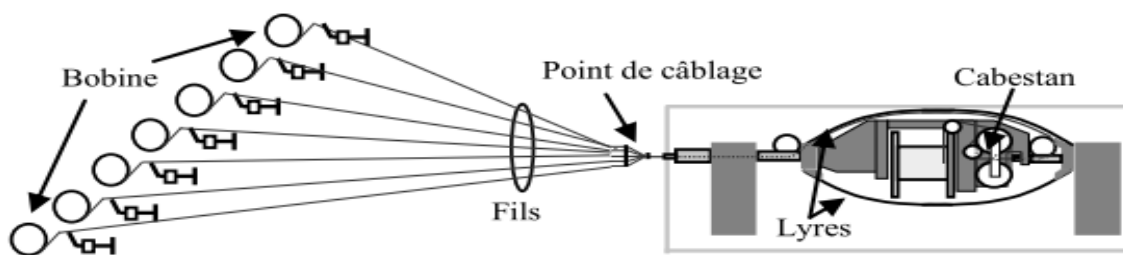


Figure (2.19) : les étapes de câblage

11.5 Filière de compactage :



Figure (2.20) : Point de câblage et de compactage

12. Conclusion :

Le tréfilage provoque un développement d'une microstructure fibrée accompagnée d'une modification de certaines propriétés mécaniques comme l'augmentation de la dureté et de la résistance mécanique à la rupture et la diminution de l'allongement à la rupture.

Le processus de fabrication des conducteurs électriques comporte de nombreuses étapes comme le tréfilage, le câblage et le compactage, l'extrusion, l'assemblage, etc.

Le tréfilage est l'un des procédés de mise en forme à froid les plus utilisés dans le milieu industriel.

Chapitre III :
Conception d'une interface d'évaluation du
TRS sous Matlab

Chapitre III : Conception d'une interface d'évaluation du TRS sous Matlab

1. Introduction :

Dans ce chapitre nous allons développer un programme sous Matlab qui permet de calculer le TRS moyen d'un certain nombre d'échantillons de mesures. Cela permettra d'évaluer la qualité du TRS sur une journée, semaine ou mois.

2. Programme d'acquisition de données

Après démarrage de Matlab, nous avons créé un nouveau programme « TRS » comme suit :

```
n=input('n=');

for i=1:n;

    tr=input('tr=');
    tarret=input('tarret=');
    tmicarret=input('tmicarret=');
    tnonqualite=input('tnonqualite=');
    tf(i)=tr-tarret;
    tn(i)=tf(i)-tmicarret;
    tu(i)=tn(i)-tnonqualite;

    %calculer les taux%
    TD(i)=tf(i)/tr;
    TP(i)=tn(i)/tf(i);
    TQ(i)=tu(i)/tn(i);
    TRS(i)=(TD(i)*TP(i)*TQ(i))*100
end

moyenne=sum(TRS)/n

subplot(2,2,1)
bar(TRS)
title 'Taux Rendement Synétique'
xlabel('nombre de fois')
ylabel('Poucentage')

subplot(2,2,2)
bar(moyenne)
```


Chapitre III : Conception d'une interface d'évaluation du TRS sous Matlab

```
title 'La Moyenne'  
xlabel('nombre de fois')  
ylabel('Pourcentage')
```

3. Exécution le programme :

Pour exécuter le programme, on clique directement sur « **debug** » « **run trs** » ou par le raccourci cliqué sur « **F5** » (figure 3.1) :

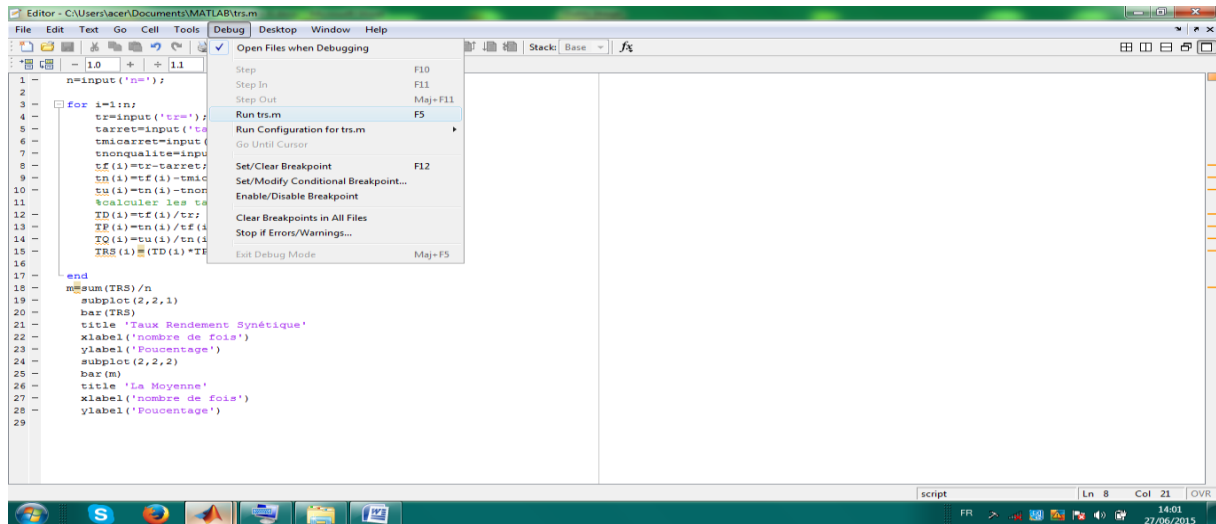


Figure (3.1) : Fenêtre d'exécution du programme

➤ Après exécution la fenêtre suivante s'affiche (fig.3.2):

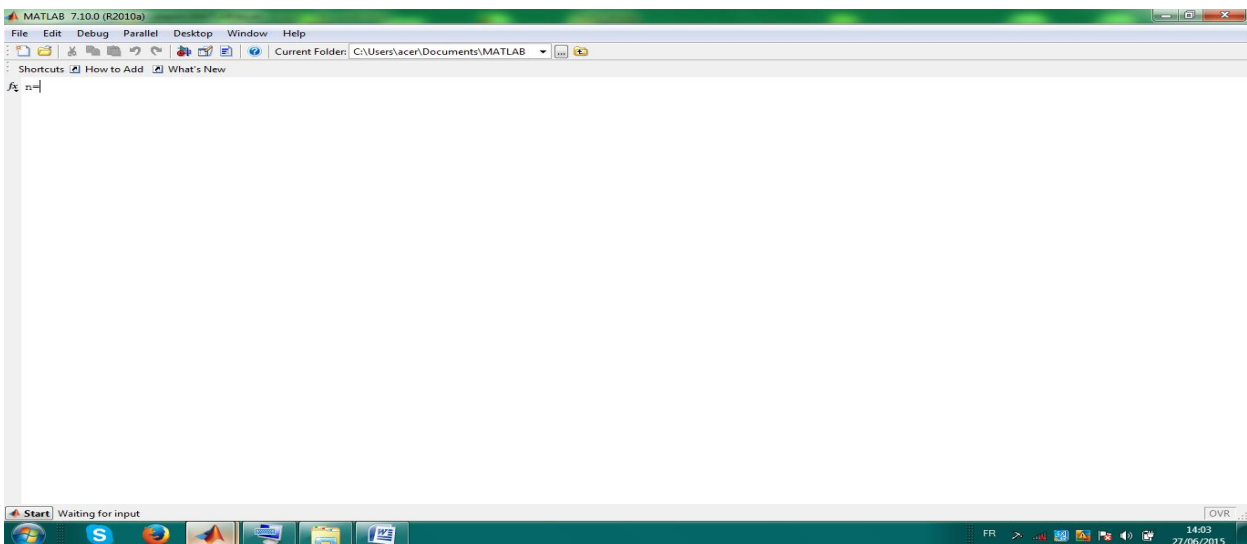


Figure (3.2) : fenêtre du variable d'entré

Chapitre III : Conception d'une interface d'évaluation du TRS sous Matlab

4. Les données nécessaires au programme sont :

n : Nombre d'échantillons à calculer du TRS

tr : Temps requis

tarret : Temps d'arrêt production

tmicarret : Temps micro arrêt

tnonqualite : Temps non qualité

tf : Temps fonctionnement

tn : Temps net

tu : Temps utile

TD : Taux Disponibilité

TP: Taux Performance

TQ : Taux Qualité

TRS : Taux Rendement Synthétique

5. Exemple :

Le tableau suivant exprime les valeurs des variables d'entre parmi le rapport de stage (la machine tubulaire qui fait le câblage du fils électriques) (**Tableau 3.1**)

n (fois) Variables (min)	1	2	3	4
Temps requis	720	720	720	720
Temps arrêt	140	70	100	110
Temps microarrêt	20	10	18	16
Temps non qualité	0	0	0	0

Tableau 3.1. données de fonctionnement de la machine

➤ Le résultat affiché comme suit (fig3-3) :

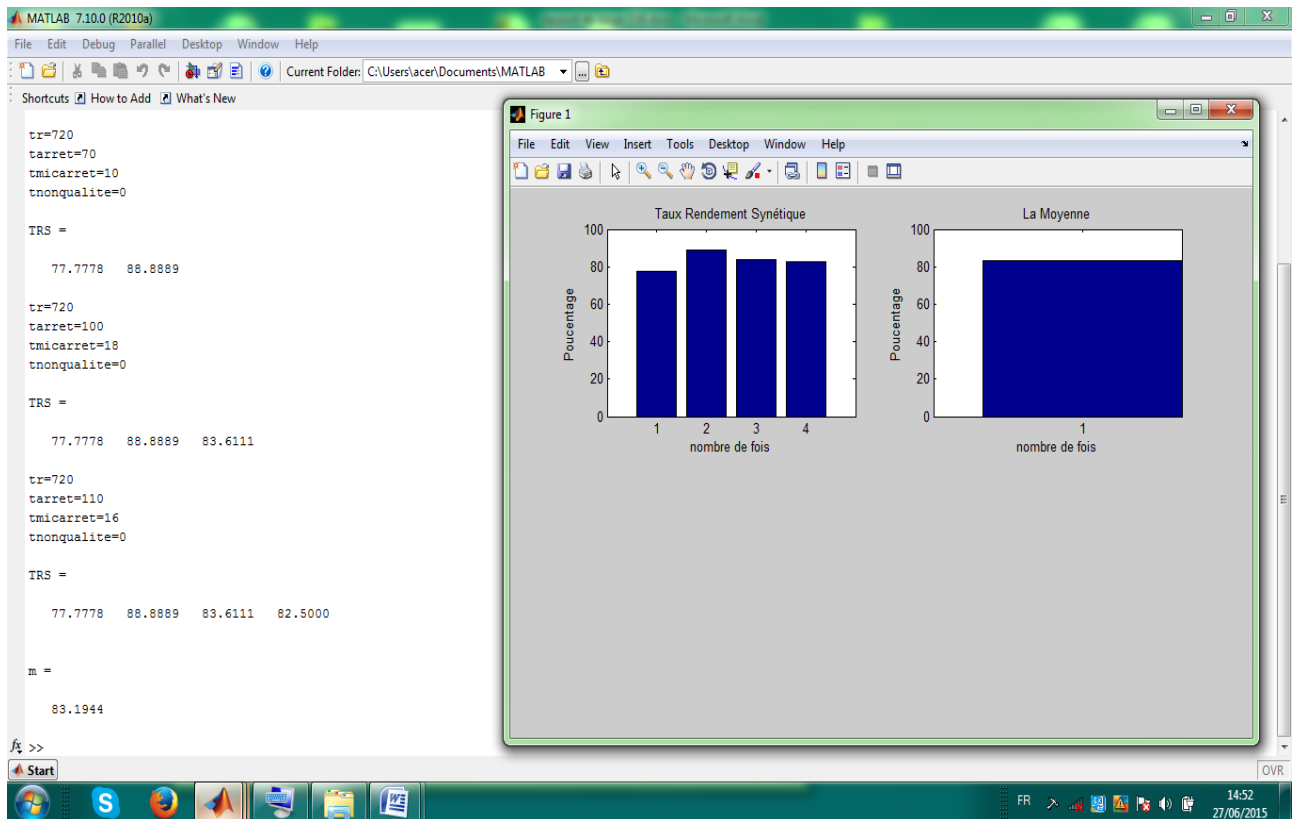


Figure (3.3) : fenêtre d'affichage le résultat

6. Interprétation

Le TRS obtenu est la valeur moyenne issue de 5 échantillons de mesure. Nous remarquons que nous avons obtenu un TRS de bonne qualité 83%. Pour l'améliorer il faut agir sur la réduction des temps d'arrêts de la production ou des micro arrêts et du temps de non qualité. Une analyse du processus permet alors de déceler le problème à résoudre en cas de la chute du TRS.

Chapitre III : Conception d'une interface d'évaluation du TRS sous Matlab

7. Conclusion :

A travers ce chapitre nous allons conçu un programme Matlab qui donne la moyenne du TRS d'un ensemble d'échantillons de mesure. Cela permet de suivre de près l'évolution du TRS et de réagir à temps quand une chute du taux est détectée. Le TRS est indicateur clé pour mesurer la performance de la productivité d'un système de production car il donne une image globale de l'efficacité du système.

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

Le but de cette étude était de faire une conception d'une interface d'évaluation du Taux de Rendement Synthétique « TRS ».

Ce projet a été très important car il nous a permis de comprendre le rôle du taux de rendement synthétique pour améliorer la performance d'une machine ou d'un système de production en général. Pour augmenter le TRS il faut toujours augmenter les trois taux (disponibilité, performance et qualité).

Nous avons utilisé le logiciel Matlab qui permet de calculer et représenter graphiquement TRS pour suivre son évolution dans le temps pour une période d'un jour, une semaine ou un mois.

Dans le stage que nous avons fait dans la câblerie de Sidi Bendhiba, nous avons remarqué que le tréfilage et le câblage sont deux étapes très importantes pour fabriquer un câble électrique. Par conséquent toute dysfonctionnement dans ces deux étapes pénalisent fortement le TRS.

Bibliographies

Bibliographies :

- [1]Timothée KOMBE « Modélisation de la propagation des fautes dans les systèmes de production » Thèse doctorat« L’Institut National des Sciences Appliquées de Lyon et L’Ecole Nationale Supérieure Polytechnique de Yaoundé , annés2011 »
- [2]Mohamed Lamine Lamrani « Mesure De La Productivité Dans Une usine de rabotage de bois d’œuvre » Mémoire, université Laval Québec, Canada, années 2006 ».
- [3]Etudiants :« Karim Benkara ,Carine Rognon »,thème « Le tréfilage des fils et des rubans minces » , « école polytechnique fédérale de Lausanne , Décembre 2012» .
- [4]Eric FELDER « thèse : Docteur en sciences et génie des matériaux », thème « compréhension et modélisation des mécanismes de lubrification lors du tréfilage des aciers inoxydables avec les savons secs », « école nationale supérieure des mines de paris Ecole doctorale 364 : Sciences fondamentales et appliquées le 5 mai 2006 »
- [5]Yousef ZEROUKHI Thème « Simulation électromécanique 3D d’un conducteur 1+6 avec prise en compte des résistances de contact inter-brins », « Université technique de Lodz, Institut de mécatronique et des systèmes d’information,90-924Lodz, Stefanowskiego18/22, Poland »
- [6]Documentation de l’entreprise « câblerie de sidi Bendhiba»