



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
Faculté de Sciences et techniques de Fès-Saiss
Département de génie mécanique



Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention de la
Licence Sciences et Techniques
Spécialité : Conception et Analyse Mécanique

Thème :

Application de la méthode SMED sur la machine tube

Lieu :

SOFAFER DE FES

- Boukhriss Hamza

Encadré par :

- Mme Frasko Btissam

- Mr Elhakimi Abdlhadi

Soutenu le 16/06/2015 devant le jury :

- Pr. touache Abdelhamid



sommaire



INTRODUCTION GENERALE.....	8
Chapitre 1.....	9
Présentation de la société SOFAFER.....	9
1.1 Service SOFAFER.....	10
1.1.1 Service Commercial.....	10
1.2 Service Logistique.....	11
1.3 Service qualité.....	11
1.4 Service de production.....	11
1.5 Procédés de fabrication.....	11
1.6 Bobines galvanisées (GAL).....	12
1.7 Bobines laminées à chaud (LAC).....	12
1.8 Bobines laminées à froid (LAF).....	13
1.9 Bobines pré-laqués (PRO).....	13
1.10 Feuillard : GAL –LAC-LAF-PRO.....	14
1.11 Profiles en acier.....	16
1.12 Le profilage.....	17
1.12.1 Machine utilisée.....	17
1.12.2 Domaines d'utilisation.....	17
1.13 Fabrication d'un profilé en acier.....	18
1.13.1 Les galets.....	18
1.14 Tube en acier.....	19
1.14.1 Machine utilisée.....	20
1.15 Fabrication d'un tube en acier.....	21
1.16 Etat de livraison.....	21
1.16.1 Aspect des tubes.....	21
1.16.2 Longueurs.....	21
1.16.3 Domaine d'application.....	22
Chapitre 2.....	23
Analyse des machines.....	22
1 Généralités sur les machines.....	24
1.1 parc machine.....	24
1.2 Disponibilité des équipements.....	24
1.3 Etude des arrêts.....	25
1.4 Répartition des motifs d'arrêt.....	27
1.5 Interprétation.....	27

2	Etude de taux de rendement synthétique des machines.....	28
2.1	Exemple de la Tube 1.....	28
2.2	Le tableau de rendement synthétique des machines.....	28
2.3	Le diagramme PARETO.....	29
2.3.1	Le diagramme PARETO des machines.....	29
2.2.1	Le diagramme PARETO de la Tube 1.....	29
Chapitre 3.....		32
Définition et application de la méthode SMED.....		32
3.1	Définition de la méthode SMED.....	33
3.1.1	Historique du SMED.....	33
3.1.2	Définition générale de SMED.....	33
3.2	La méthode SMED.....	35
2.3.2	Les atouts et inconvénients du SMED.....	38
2.3.3	Quelques éléments essentiels pour réussir la mise en œuvre de l'outil SMED.....	39
2.4	Exemples et applications du SMED dans la réalité.....	40
2.5	Introduction.....	41
2.6	Identification des réglages internes et externes.....	41
2.7	Séparation des réglages internes et externes.....	41
2.7.1	Les réglages internes (la machine en arrêt).....	41
2.7.2	Les réglages externes (la machine en marche).....	42
2.8	Transformation des réglages internes en réglages externes.....	42
2.9	Rationalisation de tous les aspects de l'opération de changement.....	43
2.9.1	Supprimer les réglages.....	43
2.9.2	Réduire les temps de réglage.....	44
Conclusion.....		47



Liste des tableaux

Tableau 1 les arrêts	24
Tableau 2 le rendement synthétique des machines.....	28
Tableau 3 les arrêts des machines	29
Tableau 4 les pannes des machines	30
Tableau 5 les actions de SMED.....	43
Tableau 6 étape de préparation.....	44
Tableau 7 étape de changement.....	45
Tableau 8 étape de contrôle	45
Tableau 9 mode opératoire	46

Table des figures

Figure 1 bobine galvanisée	12
Figure 2 bobine laminées à chaud	13
Figure 3 bobine laminées à froid	13
Figure 4 bobine pré laqué	14
Figure 5 la machine tube	17
Figure 6 les galets	18
Figure 7 fonctionnements des galets.....	18
Figure 8 fabrication des profilées en acier	19
Figure 9 tube en acier.....	20
Figure 10 la machine tube.....	20
Figure 11 le procédé de fabrication	21
Figure 12 les tubes fabriquées	22
Figure 13 le diagramme des arrêts.....	24
Figure 14 l'étude des arrêts.....	27
Figure 15 le diagramme PARETO des machines	29
Figure 16 le diagramme PARETO de la machine tube 1.....	31
Figure 17 la durée total du changement de série.....	34
Figure 18 le temps total	35
Figure 19 la démarche de SMED.....	36
Figure 20 fonctionnement méthode SMED	38
Figure 21 exemple de rondelle U.....	40

Dédicace

On dédie ce travail à:

Nos parents, ainsi qu'à notre famille qui m'ont toujours encouragé et soutenu, que Dieu Leur Prête longue vie...

A toute l'équipe pédagogique de la FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE FES qui m'a permis de passer un stage technique afin d'améliorer mes connaissances à la filière dont je fais partie ainsi que les professeurs de la branche Génie Mécanique.

A toute l'équipe de SOFAFER qui m'ont aidé à avoir, développer et améliorer mon savoir-faire dans le cadre de la branche Génie Mécanique.

Et finalement, à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à accomplir ce travail.



REMERCIEMENT

Il m'est un grand plaisir d'avoir eu la chance d'être en contact quotidien avec des gens que j'ai appris à respecter pendant ces deux mois grâce à leur travail continu et à leur compétence.

J'adresse mes sincères remerciements à la direction de mon école, La Faculté des sciences et techniques de Fès qui m'a permis d'effectuer ce stage, et aussi mon encadrant M. El hakimi Abdlhadi et M.touache Abdelhamid.

Je remercie et j'adresse ma profonde gratitude à tout le personnel de SOFAFER et spécialement :

- M.MOMTAZ HASSAN
- M.ZGAR RACHID
- Mme. FRASKO BTISSAM

Je tiens à remercier toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin au bon déroulement de mon stage, et qui m'ont aidé dans l'élaboration de ce travail.



INTRODUCTION GENERALE

Dans le but d'améliorer et de développer mes expériences et mon savoir-faire dans le domaine du génie mécanique et dans le cadre de ma formation à LA FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE FES. Au but de la préparation d'un diplôme universitaire de technologie, j'ai été amené à effectuer un stage technique , qui m'a permis à la fois de se familiariser avec le monde professionnel et aussi de mettre en application les techniques apprises et les connaissances acquises afin d'améliorer la société ou le stage est effectué.

L'expérience de très nombreuses entreprises, démontre qu'il est possible de réduire très fortement le temps de changement de fabrication. Pour un tel succès on doit disposer d'une méthode d'analyse efficace, et organiser le projet sous forme d'un travail d'équipe impliquant les techniciens des machines, les agents des méthodes, les opérateurs, les agents de maîtrise et l'ensemble de ceux qui connaissent le mieux le problème.

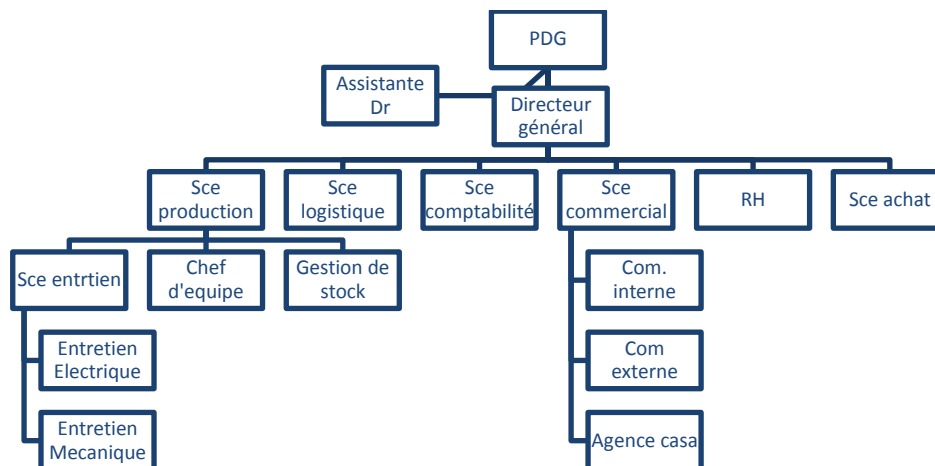
C'est dans ce cadre que s'inscrit le présent travail qui traite la réduction du temps de changement d'outils au niveau de la machine tube. Ce travail portera sur 3 axes principaux débutant par une présentation de l'entreprise qui traite la description de l'entreprise, ainsi que son processus général de fabrication, ensuite on détaillera le processus de la machine tube dans le deuxième chapitre en analysant la fabrication des machines au niveau de l'atelier, puis dans le troisième chapitre on donnera une historique et une définition approfondie de la méthode SMED en fin passer à la procédure d'application de la méthode SMED sur la machine tube.



Chapitre 1

Présentation de la société SOFAFER

Organigramme



La société a été créée en 1986 en tant qu'entreprise commerciale d'import et d'export. Ses fournisseurs sont la Turquie, l'Egypte, l'Espagne et le marché national, mais en 1999 elle est entrée dans les activités industrielles par la fabrication des tôles, produits métallurgiques et dérivés, tôles nervurées, ondulées et ridelles et planes, galvanisées : (lame) rideaux simple et perforée, profilé, etc.

Elle a un capital de 14.000.000 dirhams et un chiffre d'affaire (relevé en 2010) de 168 645 235 dirhams.

Siège de la société :

- localisation : Rue Ibn Baja N°801 Q.I SIDI BRAHIM Secteur 0014, B.P 5183, FES
- Téléphone : +212 535 96 00 91
- FAX : +212 535 96 00 71
- Email : contact@sofafer.ma
- Site web : www.sofafer.ma

1.1 Service SOFAFER

1.1.1 Service Commercial

Pour un meilleur management de la relation client, SOFAFER emploie une équipe commerciale compétente et qualifiée, orientée vers l'écoute du marché et la détection de vos besoins, afin d'apporter des améliorations en permanence à notre prestation de service et répondre au mieux à vos exigences.



Nos commerciaux sont des professionnels qualifiés .Ils sont présents sur toutes les régions du royaume, dans le but de vous apporter conseil et accompagner vos commandes afin de répondre à notre engagement (qualité, prix et délai de livraison).

1.2 Service Logistique

A travers notre parc de camions destinés aux transports des produits. SOFAFER s'engage à répondre aux besoins de sa clientèle en matière de livraison et de distribution.

Pour se faire, SOFAFER s'assure de fournir à ses clients une présentation de qualité, basée sur la confiance et le respect des délais de livraison.

SOFAFER met à la disposition de ces clients, une logistique fiable et une flotte sure et rapide en permanence en plus de moyens de transport adaptés à leurs besoins.

1.3 Service qualité

Le service qualité de SOFAFER développe continuellement des méthodes visant à assurer un niveau des qualités attendu par le client :

Traçabilité et vérification des données d'origine des bobines.

Contrôle avant et sur linges de production.

Envoi d'échantillons chez le client pour approbation.

Notre Service Qualité vous conseille et se déplace dans vos ateliers pour comprendre au mieux vos besoins.

Grâce à ces outils, SOFAFER peut vous offrir :

Des aciers de qualité

Des produits répondant à vos critères d'utilisation.

Pour toutes réclamations dans le cadre du traitement de vos opérations ou toutes suggestions, nous vous remercions de nous contacter.

1.4 Service de production

Les services de production, consistent en l'exploitation et au maintien en condition opérationnelle des services techniques et applicatifs.

J'ai pu effectuer mon stage au sein de service de production dans la machine tube plus précisément qui sera d'autant plus détaillé par la suite.

1.5 Procédés de fabrication

SOFAFER est une société spécialisée dans la production de tubes (rond, carré, rectangle), profilés à froid et tôles (nervurée, ondulées, ridelles, bardage, plane, etc...).

Dans cette partie je vais me consacrer à l'étude de chaque produit, tout en présentant un processus de fabrication de ce dernier.

La matière première utilisée est les bobines, qui sont exploitées selon le besoin et selon la machine utilisée.

Les différents types de bobines utilisées sont :

1.6 Bobines galvanisées (GAL)

La galvanisation est l'action de recouvrir une pièce d'une couche de zinc dans le but de la protéger contre la corrosion.



Figure 1 bobine galvanisée

Cependant, dans l'industrie on utilise le terme de galvanisation pour parler du procédé de galvanisation à chaud ; la galvanisation à chaud, est une technique de l'industrie de la métallurgie qui est utilisée pour renforcer une pièce d'acier à l'aide de zinc. Ce procédé donne au revêtement protecteur de l'adhérence, de l'imperméabilité, et de la résistance mécanique.

Une pièce traitée par la galvanisation est dite galvanisée.

1.7 Bobines laminées à chaud (LAC)

Le laminage est un procédé de fabrication par déformation plastique. Cette déformation est obtenue par compression continue au passage entre deux cylindres contrarotatifs appelés laminoir.

Des produits laminés à chaud:

- produits plats comme des plaques d'une épaisseur entre 5 à 25 mm, des bobines de tôle d'une épaisseur entre 1 à 5 mm, elles sont débitées des feuilles ou feuillards.
- produits longs comme des barres, rails, poutrelles, profilés divers,

Les Bobines laminés à chaud sont donc des bobines de tôle d'une épaisseur entre 1 à 5 mm



Figure 2 la bobine laminées à chaud

1.8 Bobines laminées à froid (LAF)

Les produits laminés à froid sont repris après un laminage à chaud pour obtenir des bobines de tôle d'une épaisseur entre 0,1 à 3 mm, elles sont débitées par la suite en feuilles ou feuillards.



Figure 3 la bobine laminées à froid

1.9 Bobines pré-laqués (PRO)

Un produit pré-laqué se compose généralement d'un substrat acier (laminé à froid ou avec un revêtement métallique à base de zinc), d'un traitement de surface, d'une couche de peinture dite primaire et d'une couche dite de finition. Pour certaines applications, il peut être recouvert d'un film de polymère calaminé et éventuellement d'un film de protection temporaire. L'acier pré-laqué est économique, écologique et dispose surtout d'une qualité constante et reproductible d'une production à l'autre.

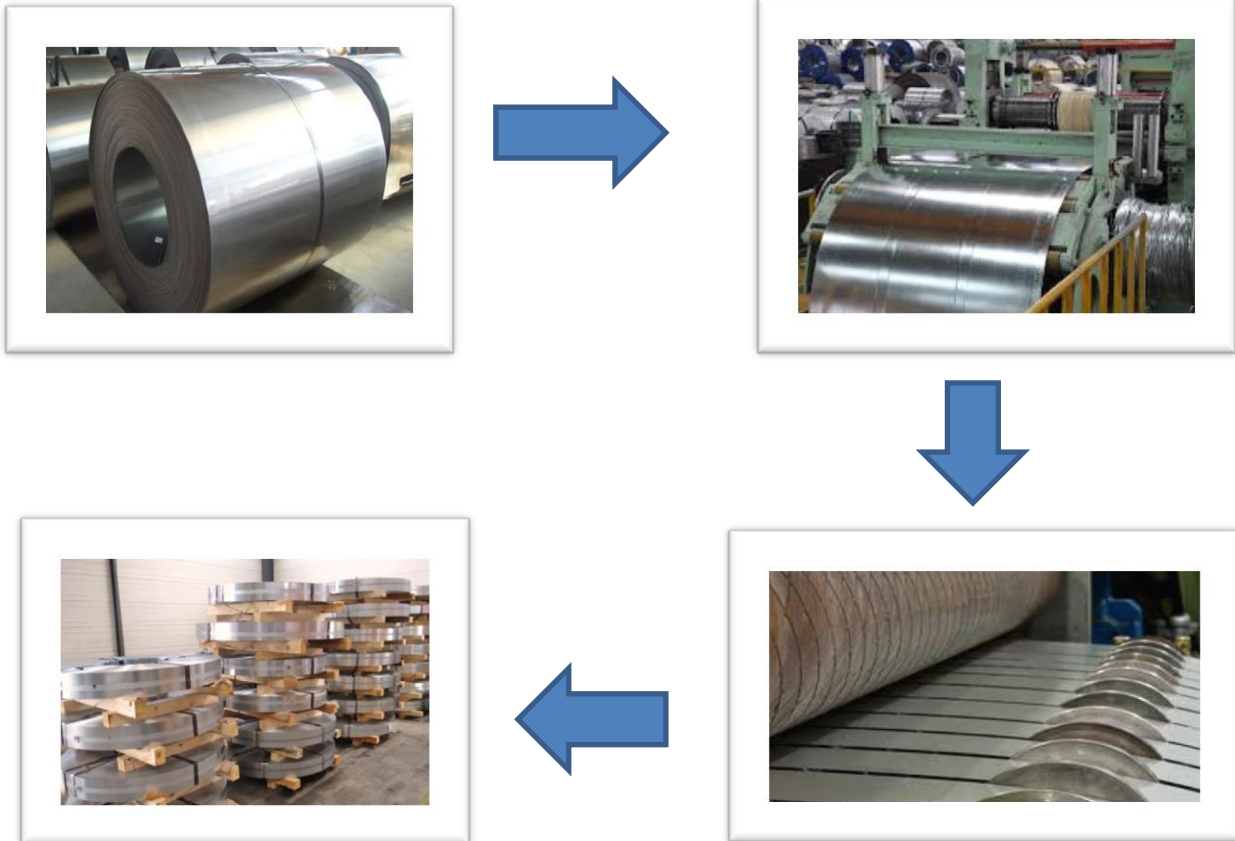


Figure 4 la bobine pré laqué

1.10 Feuillard: GAL –LAC-LAF-PRO

La production des feuillards se fait par refendage de bobines.

Le refendage de la tôle est une opération qui consiste à découper la tôle par l'intermédiaire de ligne de refendage, en plusieurs morceaux par l'intermédiaire de galets de refondage, ou bien d'une scie.





Le refendage comporte trois opérations principales successives :

- déroulement de la bobine à refendre.
- refendage de la bobine par coupe dans le sens de la longueur.
- enroulement des feuillards produits.

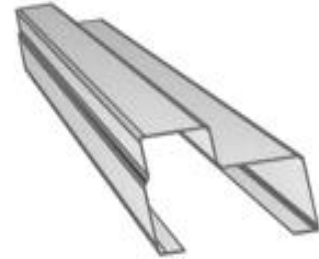
Le travail effectué par la refendeuse est alors la découpe de ces bobines qui peuvent être de matières différentes (GAL, LAC, LAF, PRO) en feuillard selon les dimensions désirées.

1.11 Profiles en acier

TUBE AGRAFE HEXAGONALE



Tube 80 LAF



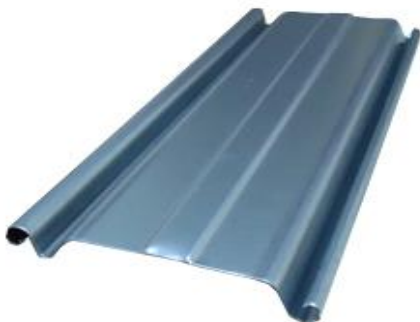
oméga 35LAC



Chemin de roulement 80



Lame forte



Lame simple



Le profilage

Le profilage est une technique qui a pour but la déformation en continu par formage à froid à partir de métal en feuilles ou en bobines. Cela permet de réaliser des pièces appelées profilés, généralement plus longues que larges. La section de ces pièces est constante, et la précision varie en fonction de la qualité recherchée.

Le profilage est une technique de pliage en continu qui se fait à froid. Durant l'opération, la bande de métal est entraînée entre des pièces appelées (galets) supérieur et inférieur, elle va passer entre plusieurs têtes de profilage de manière à donner progressivement des angles ou des formes déterminées.

1.11.1 Machine utilisée



Figure 5 la machine tube

La machine utilisée est une profileuse, elle possède diverses têtes de profilage (galets supérieur-galets inférieur) de 6 à 30 têtes de profilages environ suivant le cas. C'est une machine industrielle, constituée d'un dérouleur, d'un support d'entrée pour le feuillard ou bobine, outils de coupe, outils de poinçonnage, d'armoires à commande numérique.

1.11.2 Domaines d'utilisation

Les profilés sont utilisés dans des secteurs divers, dans des applications liées à l'automobile (joint de portière, longeron de portière), aux travaux publics (palplanche, glissières d'autoroutes), au bâtiment (bardages, éléments de structures, couvertures, planchers, bardages plafond, portes, échafaudage), à l'équipement intérieur (meublier de bureau, électroménager), au stockage (rayonnages), aux transports (longerons, cadres de portières), à l'agriculture (piquets de vigne, systèmes de clôture, silos).

1.12 Fabrication d'un profilé en acier

1.12.1 Les galets



Figure 6 les galets

En construction mécanique, un galet est une pièce cylindrique ou conique interposée entre deux pièces en mouvements relatifs substituant ainsi le frottement de glissement par du frottement de roulement.



Figure 7 fonctionnements des galets

La bande d'acier, ou tôle métallique passe par les galets supérieurs et inférieurs (plusieurs têtes de profilage), pour être pliée, puis ils vont donner une forme à cette tôle donneront des pièces, les

profilés.



Figure 8 fabrication des profilées en acier

Les profilés sont présentés en trois grands groupes :

- les profilés larges sont des pièces de grande largeur.
- les profilés tubes
- les profilés étroits

Les profilés en acier sont des produits qui présentent une excellente résistance aux chocs, ils ont une durée de vie appréciable leur souplesse incite les industriels à les préférer aux profilés fabriqués en aluminiums.

1.13 Tube en acier

Un tube est un objet creux toujours plus long que large toutefois ; on peut distinguer le tube du tuyau par son mode de fabrication.

Les tubes de la société SOFAFER sont fabriqués en continu, sur des lignes automatiques à cycle complet.

Les tubes sont exécutés à partir de produits laminés à chaud ou laminés à froid, ils sont soudables et peuvent supporter, dans les conditions normales d'exécution, les opérations de formage comme : le cintrage, le rétreint, l'aplatissement, etc...

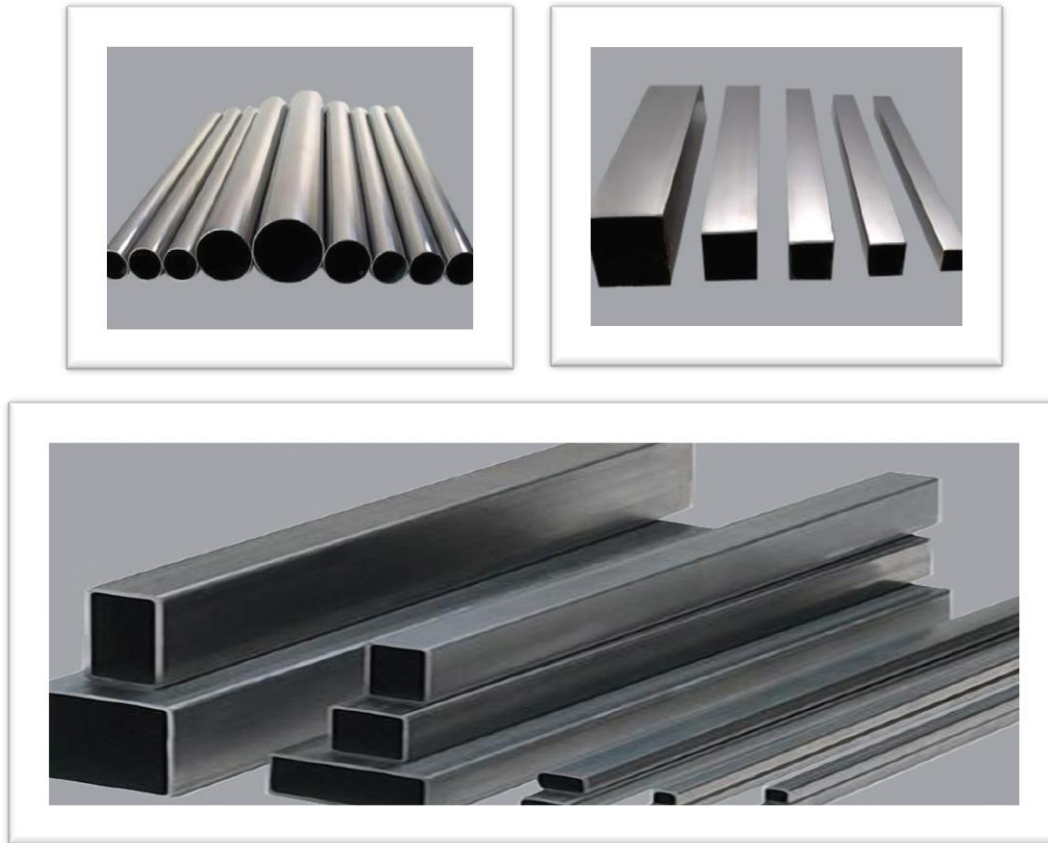


Figure 9 la tube en acier

1.13.1 Machine utilisée

La machine de fabrication des tubes en acier inoxydable est conçue pour la fabrication des tubes soudés en acier inoxydable, pour les industries métallurgiques, de construction de transport de machinerie et de Véhicules.



Figure 10 la machine tube

Pour être précise, le lingot de production de tube en acier inoxydable peut produire des tubes ronds, carrés et rectangulaires, ainsi que des sections d'aciers à travers la technologie de soudure à haute fréquence et de formage laminé à froid.

Cette machine de fabrication des tubes en acier inoxydable adopte des longues bandes d'acier comme matériels de fabrication des tubes d'acier. En fonction de la taille demandée, la méthode de fabrication est le laminage à froid et le soudage à l'arc d'argon.

1.14 Fabrication d'un tube en acier

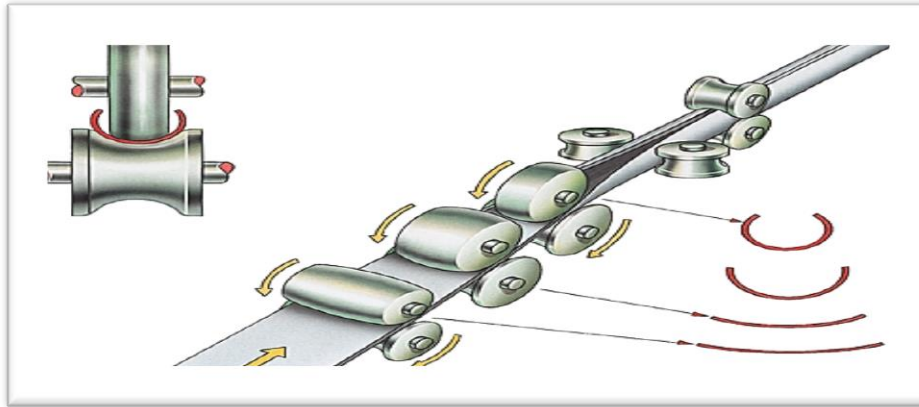


Figure 11 le procédé de fabrication

Le tube en acier est fabriqué, avec soudure:

Une bobine de bande d'acier est déroulée à froid petit et déformée par des galets jusqu'à la forme d'un cylindre au diamètre extérieur du tube souhaité, les 2 rives de la bande de métal sont alors chauffées par induction pendant quelques secondes puis rapprochées jusqu'à leur mélange.

1.15 Etat de livraison

1.15.1 Aspect des tubes

L'état de surface correspond à celui du feuillard à chaud ou à froid, la surface extérieure est lisse. Les tubes sont livrés légèrement huilés, pour les laminés à froid.

1.15.2 Longueurs

Sauf demande spéciale, la longueur constante de fabrication est de 6 mètres.



Figure 12 les tubes fabriqués

1.15.3 Domaine d'application

- construction de machines en général
- la charpente
- le bâtiment (canalisation, échafaudages, étais)
- l'industrie automobile, la carrosserie, la fabrication de cycles et de motocycles, le mobilier de bureau...

Chapitre 2

Analyse des machines

1 Généralités sur les machines

1.1 parc machine

Afin de satisfaire ces clients, SOFAFER dispose d'un parc machine qui se présente comme suit:

- *Une refendeuse
- *Une machine tube
- * 6 machines profilées
- *5 machines tôles
- *Une presse
- *2 compresseurs

1.2 Disponibilité des équipements

Pour connaître le comportement de ces machines, On a fait un suivi des arrêts par machine en se basant sur les fiches de production (01/02/2015 jusqu'à 15/03/2015), et voici les résultats obtenus :

	Tube	Profile1	Profile2	refendeuse	onduleuse	Profile5	presse
Total des heures de travail	28410	11730	15000	14550	12750	15000	14550
Total des d'arrêt	6646	3058	2956	3264	1804	3430	545
Taux d'arrêt	23%	26%	20%	22%	14%	23%	3.7%

Tableau 1 des arrêts

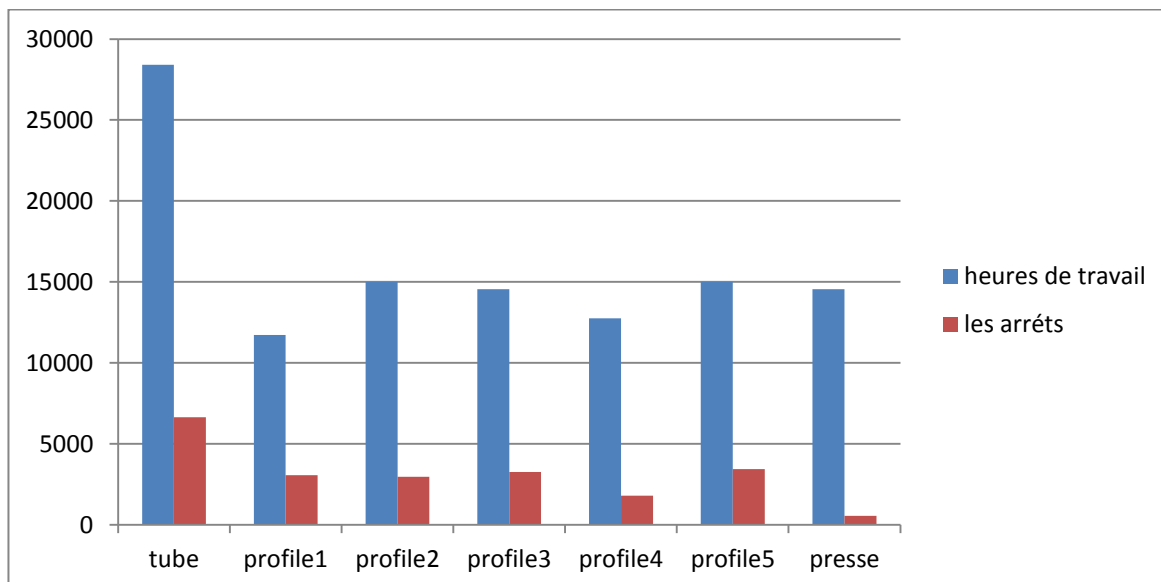
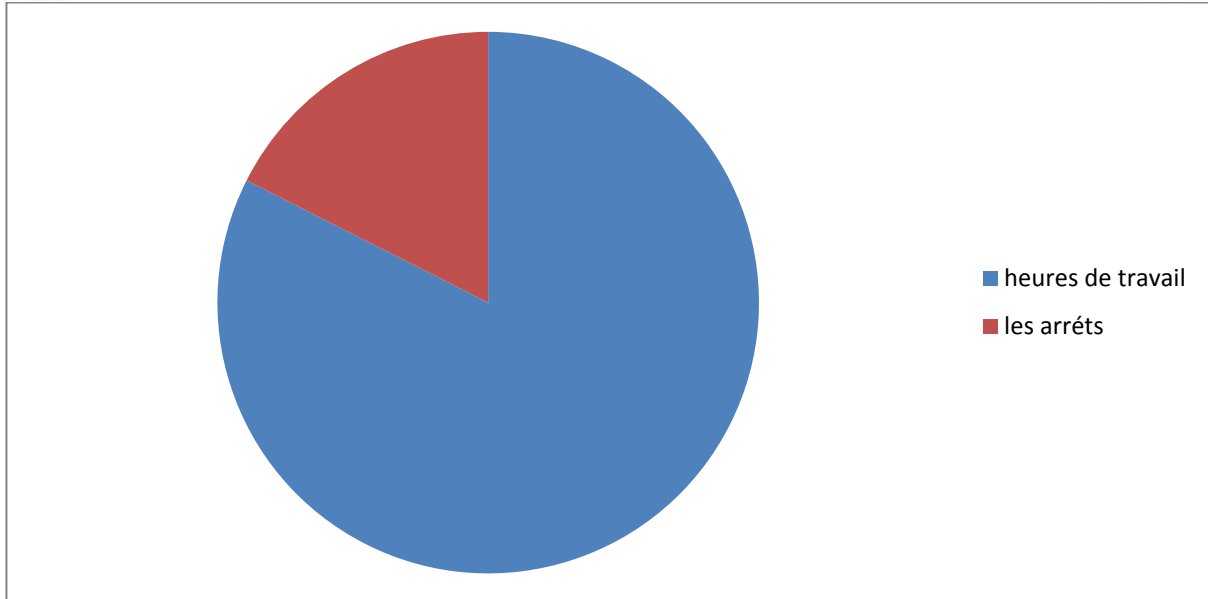


Figure 13 le diagramme des arrêts



On constate que le temps d'arrêt est trop élevé pour la machine tube, profile1, profile2, refendeuse et profile5 ce qui explique la diminution de la production pendant ce mois.

1.3 Etude des arrêts

Afin de diminuer ou d'anéantir un problème de qualité, il faut connaître toutes les causes qui peuvent lui donner naissance, alors il était nécessaire de faire une analyse pour déterminer les motifs d'arrêt influençant sur le taux d'arrêt, après j'ai procédé à une classification de ces motifs d'arrêts par machine:

	Tube	Profil 1	profile 2	refendeu se	ondul euse	profile5	presse
Changement de feuillard		1448	1635			2184	453
Changement de galets	1280	1831	1067			365	
Changement d'épaisseur	315		9	192			
Changement de roulement	580						
Réglage machine	224	11	110	1750	47	135	15
Réglage galets		166				125	
Manque de				352			

la bobine							
Changement des bobines				2680	154		
Réglage de longueur	120					105	
Panne mécanique	174		45	49	42		
Panne d'air	32						
Panne électrique	73		45	7	39		
Panne de compteur de machine	111						
Panne dérouleur	110						
Changement de cuivre/carbone	142						
Changement de disque de coupe	139						
Retard du plan				184	56		
Nettoyage	20	86	155		137	100	
Sortie des fardeaux		144	388		200	273	

Soudage de feuillard	130						
----------------------	-----	--	--	--	--	--	--

Figure 14 l'étude des arrêts

1.4 Répartition des motifs d'arrêt

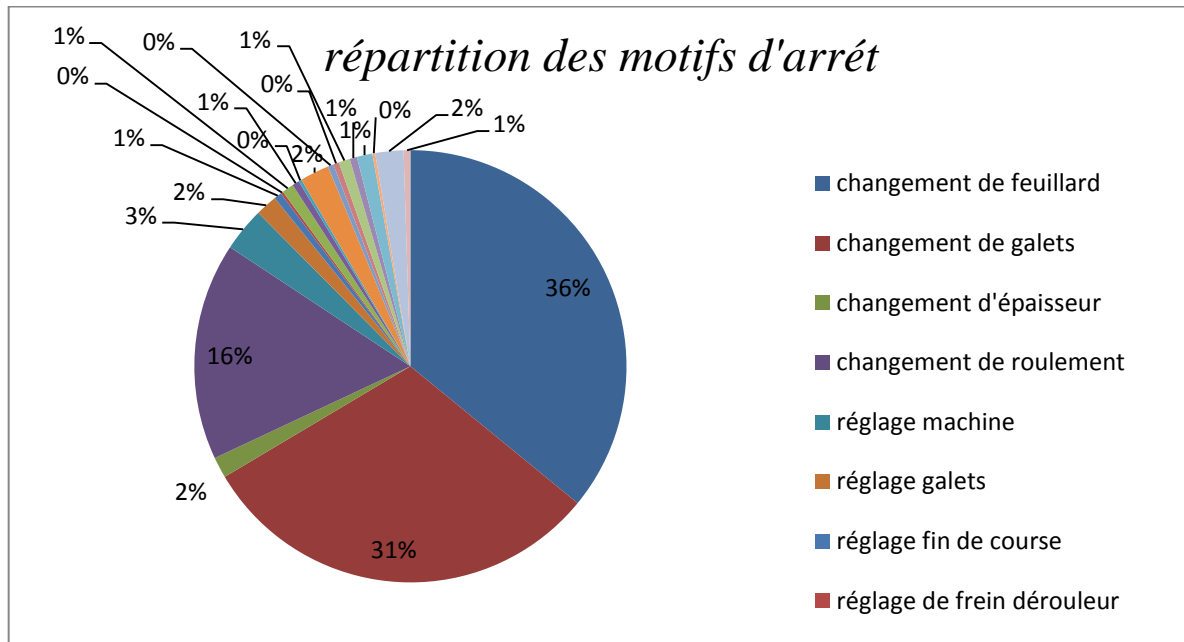


Figure 1.4 les motifs d'arrêts

1.5 Interprétation

D'après ces résultats, on remarque que le changement de feuillards, changement de galets et les réglages de machines sont les plus dominants parmi tous les motifs d'arrêt (elles représentent plus que 80% des causes d'arrêt). Ce qui incite une grande attention dans :

- la répartition et le montage des feuillards (5 minutes moyen par feuillards).
- la planification des commandes et de production (changement d'article).
- la méthode de changement des roulements.
- les réglages machines.

Au cours de ce diagnostic, j'ai pu identifier les points forts et les points faibles au niveau de l'atelier de production, ils se présentent comme suit :

Points forts :

- Volonté de l'amélioration de l'organisation et de maîtrise des opérations périodiques.
- Forte compétence liée à l'ancienneté dans la fonction.
- Outils d'intervention disponibles.

Points faibles :

- Absence d'outil ajustement pour roulements.

- Manque stock de pièce de rechange.
- La non disponibilité des roulements pour chaque galet latéral.
- Absence de collaboration entre la maintenance et les autres services (production, Achat,...).
- Non-respect des plannings de préparation des opérations d'entretien périodique.

2 Etude de taux de rendement synthétique des machines

Le Taux de rendement synthétique (ou TRS) est un indicateur destiné à suivre le taux d'utilisation de machines. Il est défini par la formule (voir annexe 1):

$$\text{TRS} = (\text{Temps de bon fonctionnement} * \text{nb de sorties} * \text{nb des pièces bonnes}) / (\text{D'ouverture} * \text{nb des pièces théoriques} * \text{nb des pièces de sorties}).$$

2.1 Exemple de la Tube 1

Temps d'ouverture 17610 min, temps d'arrêt 3450 min, temps de bon fonctionnement 14160 min

Nombre de bonnes pièces 826869Kg, nombre des pièces théoriques 833402Kg

$$\text{TRS} = (14160/17610) * (826869/833402) = 0.794 = 79.4\%$$

2.2 Le tableau de rendement synthétique des machines

les machines	le taux de rendement synthétique
Profile 1	78.81%
Profile 2	80%
Profile 3	87%
Profile 4	86%
Profile 5	81%
presse	87%
Refendeuse 1	70%
Onduleuse new	95.5%
Refendeuse 2	62.9%
planeuse	68%
neversco	67%
Ridelle	69%
Tube 2	73%
Tube 3	71%

Tableau 2 le rendement synthétique des machines

2.3 Le diagramme PARETO

2.3.1 Le diagramme PARETO des machines

	temps d'arrêt	cumulative d'arrêt	cumulative pourcentage
tube 1	3450	3450	21%
profile 5	3287	6737	40%
profile 2	3130	9867	59%
profile 1	3020	12887	77%
refendeuse	2680	15567	93%
onduleuse	675	16242	97%
presse	468	16710	100%

Tableau 3 Les arrêts des machines

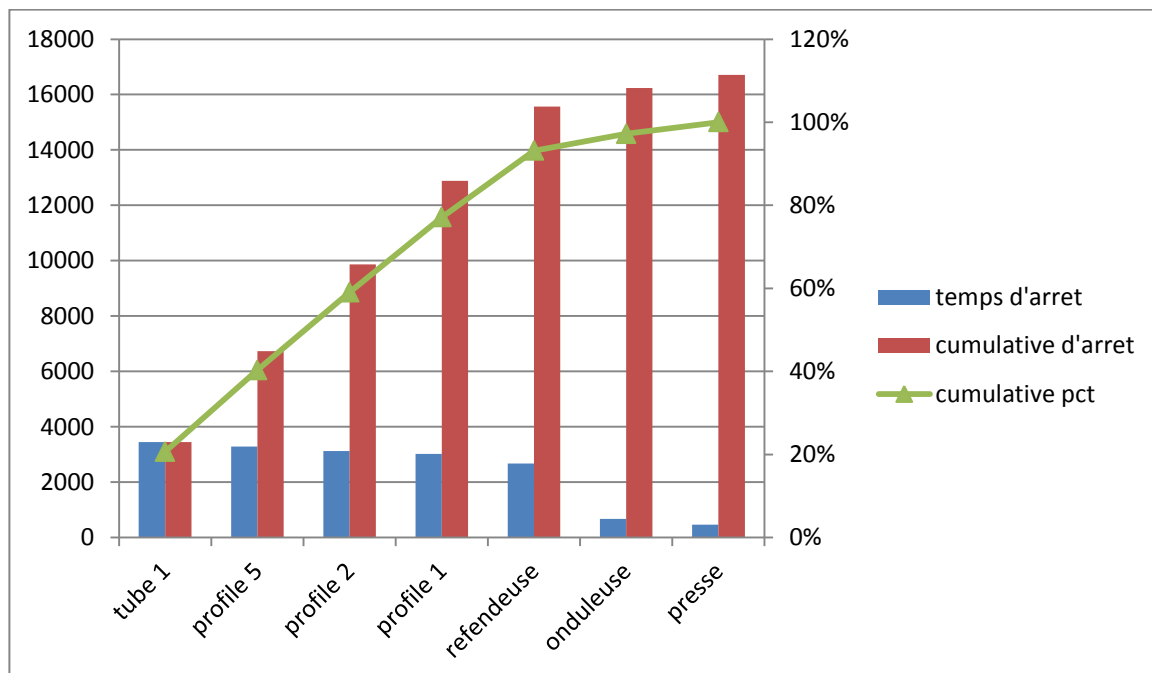


Figure 15 le diagramme PARETO des machines

D'après cette étude on constate que le temps d'arrêt de la machine tube est très élevé, donc on va faire un analyse de de la tube.

2.2.1 Le diagramme PARETO de la Tube 1

Mode de défaillance	temps d'arrêt	Nombre d'arrêt	temps moyen d'arrêt
Changement des galets	1280	8	160
Changement d'épaisseur	315	17	18.53
Changement des roulements	580	10	58
Réglage machine	244	9	27.12
Réglage de longueur	120	6	20
panne mécanique	174	7	24.88
Panne électrique	75	4	18.75
nettoyage	20	2	10
Panne de compteur de machine	111	15	7.4
Panne dérouleur	110	9	12.22
Changement de cuivre /carbone	142	9	15.77
Soudage de feuillard	130	5	26
Changement de disque de coupe	139	5	27.8

Tableau 4 les pannes des machines

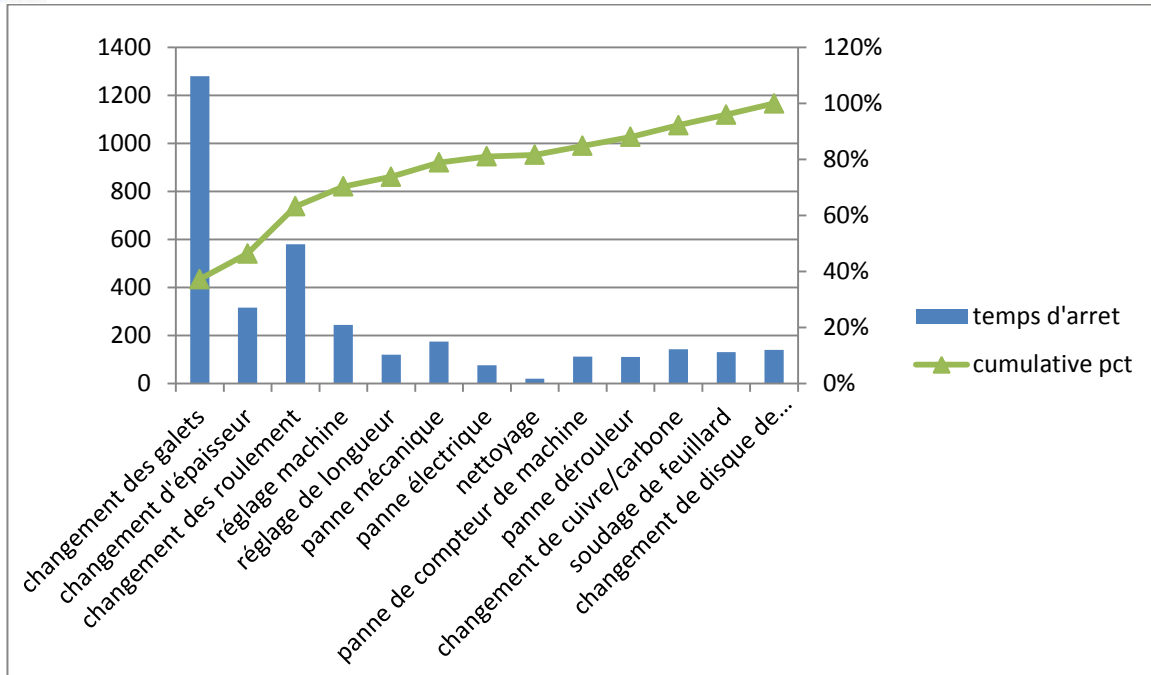


Figure 16 le diagramme PARETO de la machine tube 1

Chapitre 3

Mise en place de la méthode SMED

3.1 Définition de la méthode SMED

3.1.1 Historique du SMED¹

Il s'agit d'une méthodologie venant du JAPON dont Monsieur SHIGEO SHINGO est le précurseur, qui a découvert en 1950 à l'usine MAZDA à HIROSHIMA des phénomènes d'arrêts liés aux changements de séries sur 3 presses de 350 - 750 - 800 tonnes qui travaillaient 24h/24h, donc il a essayé de trouver une stratégie pour augmenter la production différente de la méthode ordinaire liée à l'investissement.

Alors SHIGEO SHINGO a proposé d'effectuer une analyse, un diagnostic qui a abouti à une réorganisation et quelques investissements simples bénéficiant d'un gain de 50% de productivité réalisé sur la presse de 800 T, en portant les actions sur la perte de temps au changement d'outil.

En 1957 il a eu l'idée de transférer en temps masqués certaines opérations qui se faisaient pendant l'arrêt de la machine Depuis TOYOTA l'a adopté comme stratégie essentielle dans sa méthode de travail et après par tout le JAPON et même le MONDE entier.

EN FRANCE : Cléo PATRIGNIANI Ingénieur-conseil italien a quitté en 1946 les ETATS-UNIS où il a travaillé dix ans à la compagnie WESTINGHOUSE et sept ans chez CHRYSLER. Son idée dominante a été de chercher à procurer à la petite série les avantages de la grande PATRIGNIANI préconisaient de ne fabriquer chaque jour que ce qui serait monté le lendemain. Les avantages découlant de ce principe étaient nombreux et en particulier :

- Pas(ou peu) de stock intermédiaire en magasin.
- Manutentions diminuées.
- Pas (ou peu) de capitaux immobilisés sous forme de stock.

Mais comme les contraintes actuelles n'existaient pas, personne n'a donné suite.

3.1.2 Définition générale de SMED

L'abréviation SMED veut dire : single minute exchange of die qui signifie:

S M:Single Minute : Une seule unité de temps, c'est à dire moins de 10 minutes.

E : Exchange : Changement.

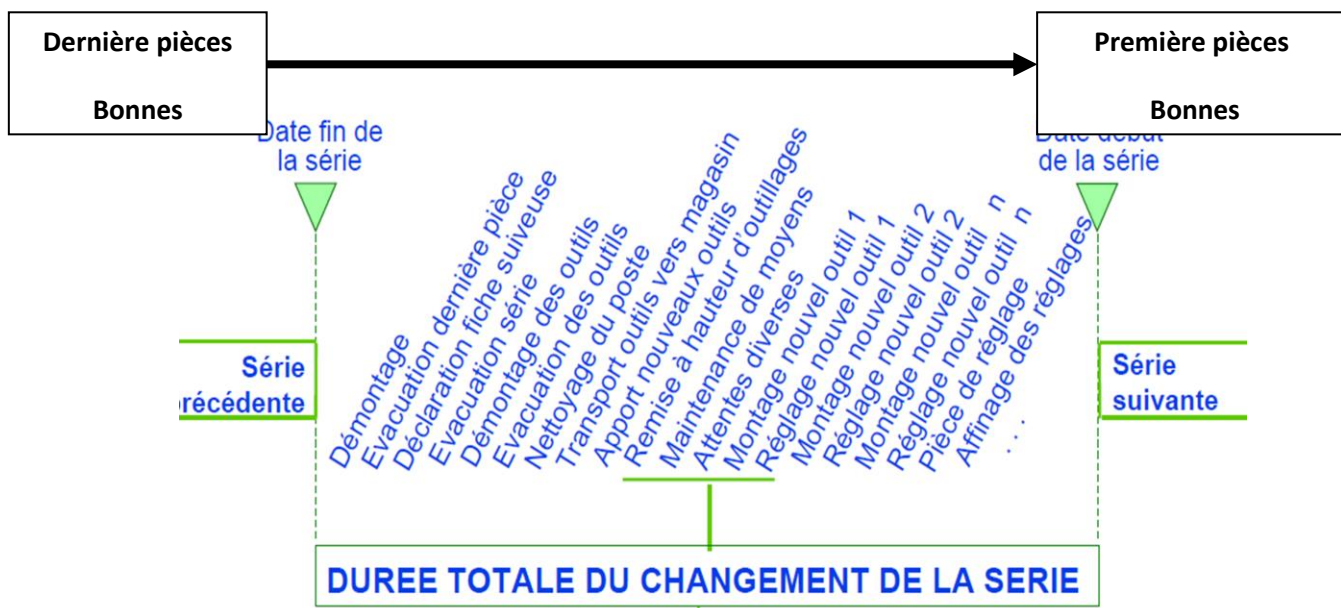
D : Die : Outil (outillage).

Le **SMED** est une méthode d'organisation qui cherche à réduire de façon systématique le temps de changement de série, avec un objectif quantifié, (norme AFNOR NF X50-310).

Cette méthode consiste à changer l'outil en un temps exprimé par un nombre constitué d'un seul chiffre en termes de minutes.

Elle est utilisée dans le cadre de changements de fabrication. Elle a pour objectif de réduire ces temps, et permettre ainsi de réduire la taille de lot minimale. En effet, si les temps de changement de série deviennent nuls, on peut alors engager une fabrication à l'unité sans augmenter les coûts.

Lors d'un changement de fabrication, la partie mise en train (MET) peut représenter une part importante dans la fabrication. Et la partie mise en train n'est pas productive. Le but est de diminuer ce temps consacré au réglage, afin d'obtenir des changements d'outils rapides ou des réglages instantanés. C'est une méthode qui, par une rationalisation du temps entre la dernière pièce bonne de la production N et la première pièce bonne de la production N+1



Pourtant, cette condition essentielle ne figure que rarement parmi les objectifs prioritaires des entreprises, parce que les temps de changements de fabrication sont généralement mal connus, le plus souvent sous-estimés, rarement analysés et contrôlés. Parce qu'ils sont perçus comme étant pratiquement incompressibles, car leur coût doit être réparti sur un nombre maximum de pièces, donc pour optimiser les coûts de production il faut calculer la quantité économique de lancement.

Et d'autre part, parce que la majorité des entreprises croient que cela signifie investir massivement pour automatiser avec un résultat incertain.

Mais ce qu'on remarque le plus au sein des entreprises, c'est que l'on cherche à augmenter la productivité par l'amélioration de la production par l'étude des postes de travail:

- amélioration des modes opératoires,
- formation du personnel,
- ergonomie,
- sécurité ...

Ainsi que par l'étude des gammes de fabrication :

- recherche de la gamme optimale,
- optimisation des moyens ...

3.2 La méthode SMED

L'entreprise ne peut plus imposer sa logique industrielle calquée sur la production de masse. Elle doit répondre aux donneurs d'ordres qui rythment les commandes, les quantités à produire, les délais, les coûts, tout d'abord faisons une analyse comparative des éléments constituant un cycle de fabrication :

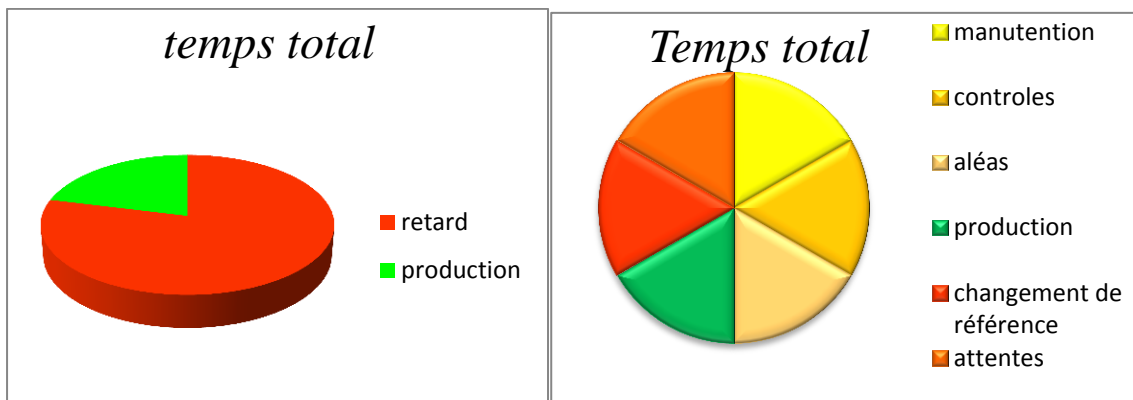


Figure 18 le temps total

Les attentes : On peut les réduire très sensiblement par la réduction de la taille des lots.

Les changements de références : On doit les traiter et les analyser comme un poste de travail pour les réduire au strict minimum.

On a longtemps pensé -d'agir sur les effets des changements de séries non sur les causes pour affronter des durées pénalisantes de changement de séries, et cela en augmentant la taille des lots afin de minimiser son impact sur les coûts de revient de chaque produit.

Mais l'idéal reste de mener des actions permettant de minimiser ce changement de référence pénalisant c'est l'application de SMED qui a comme principe d'analyser d'une façon générale la situation actuelle dans l'entreprise ce qui nous permettra de:

- 1°)
 - Recenser les dysfonctionnements réels les plus importants en matière de perte de productivité liée aux changements de référence.
 - Hiérarchiser les urgences et choisir le secteur le plus critique.
- 2°) Relever toutes les informations concernant les opérations liées à ce changement :
 - chronologie, durées, aléas, contraintes ...
 - Et cela pour nous permettre de connaître la réalité des faits et non pas de se fier à des opinions préconçues.

3°) Dissocier les opérations qui, dans l'état actuel de la technique, arrêtent obligatoirement la production c'est ce qu'on appelle les tâches internes.

Ainsi que la dissociation des opérations qui peuvent facilement et rapidement être réalisées en temps masqué lorsque notre machine est en marche : les tâches externes.

A ce stade d'étude, il n'est pas rare de constater des gains de l'ordre de 30 à 50 % de la réduction du changement de références.

Donc le but principale de cette méthode sera la transformation maximum de taches internes (Tâche qui doit être effectuée **obligatoirement** quand la machine est arrêtée) en taches externes (Tâche qui peut être exécutée quand la machine est en marche).

D'autre part cette méthode dispose de quatre phases qui sont :

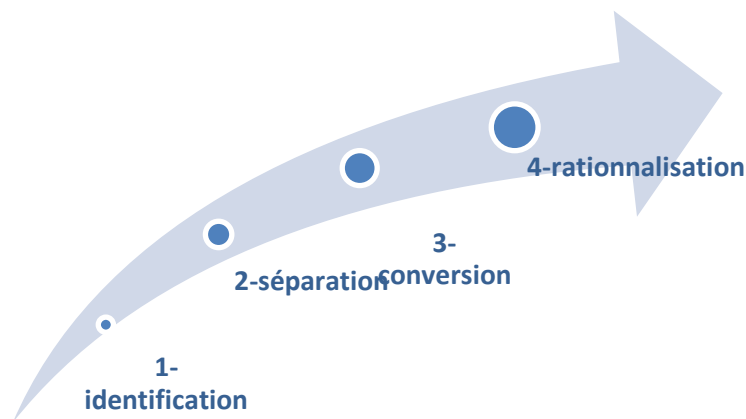


Figure 19 la démarche de SMED

1- **L'identification des taches** : Enregistrer la chronologie exacte, aléas compris, du déroulement des opérations liées au changement de référence. (vidéo analyse, chronomètre,...)

2- **Séparation des taches internes et externes** : Le pas le plus important vers l'application du S.M.E.D est de pouvoir distinguer entre les taches internes et les taches externes.

Tout le monde admettra que la préparation de pièces, l'entretien, le remplissage des fiches..., Ne devraient pas avoir lieu arrêté.

Néanmoins, il est absolument renversant de constater que c'est souvent le cas.

Si, en revanche, nous faisons un effort scientifique pour faire le plus possible de tâches de façon **EXTERNE**, il en résultera que le temps nécessaire aux taches **INTERNE** pourra être réduit.

3- **Conversion des taches internes en taches externes** : Cette réduction qui pourra atteindre la moitié du temps juste par la séparation des tâches internes et externes n'est pas encore suffisante pour atteindre les objectifs du S.M.E.D.

Cette phase fait appel à deux notions importantes:

LA REEXAMINATION DES OPERATIONS : Pour découvrir si des tâches n'ont pas été classées internes par erreur.

LA RECHERCHE DE SOLUTIONS : Pour convertir ces tâches internes et externes.

Des opérations qui ont lieu maintenant en interne peuvent souvent être converties en externe en réexaminant leur fonction réelle.

Pour ce fait, il est important d'adopter de nouvelles conceptions qui ne soient pas prisonnières des vieilles habitudes.

4- **Rationalisation de tous les aspects de l'opération de changement :** Bien que le changement en moins de 10 minutes puisse, occasionnellement, être atteint par conversion aux tâches externes, ce n'est pas vrai dans la plupart des cas.

C'est pourquoi, nous devons faire un effort soutenu pour rationaliser chaque élément interne et externe de l'opération de changement de référence.

Donc on pourra englober tous ces paramètres dans un ensemble d'étapes qui nous résumant la méthode :

Définition des objectifs de la
Direction générale

*Formation élargie générale du
secteur*

*Information de l'ensemble du
personnel*

Réalisation du film vidéo
d'analyse ou de la chronologie
des opérations

*Analyse du film ou des
informations chronologiques*

Plan d'actions

Mesure : suivi et Bilan

Généralisation des améliorations obtenues

Figure 20la fonctionnement méthode SMED

2.3.2 Les atouts et inconvénients du SMED

Les atouts de la méthode sont identifiables par les caractéristiques suivantes .

1. Augmentation de la productivité et de la capacité de production ;
2. Augmentation de la flexibilité de la production ;
3. Amélioration de la qualité ;
4. Coûts diminués ;
5. Réduction des stocks ;
6. Élimination des erreurs de réglage ;
7. Diminution du nombre de rebuts et de pièces de réglage ;
8. Confort et travail rationnel des réglageurs ;
9. Nettoyage simplifié.

En outre, un atout majeur du SMED est qu'il exige une bonne communication entre les différents départements de l'entreprise. S'il s'agit par exemple de modifier l'outillage pour réduire les temps de changement de fabrication, il sera nécessaire d'impliquer le bureau technique, mais aussi le service qualité et si possible un membre de l'encadrement supérieur. Plus l'équipe impliquée est pluridisciplinaire, plus les résultats de son travail seront performants.

La mise en place du SMED est onéreuse. En effet, il en découle des coûts internes difficilement quantifiables, qu'il s'agisse de la main d'œuvre impliquée ou des gains de productivité réalisés. Cependant, vu les gains obtenus en terme de productivité, les dirigeants d'entreprises estiment que c'est une démarche qui mérite d'être mise en place. Tel est le cas de Nicolas Yatzimirsky, directeur industriel de Saint-Gobain Is over pour l'Europe de l'Ouest : « Nous sommes tous là pour avancer. Quant aux investissements réalisés depuis la mise en place de la démarche, ils ont permis des progrès difficilement quantifiables, mais que nous n'aurions objectivement pas atteints sans elle ».

Les gains par le SMED sont souvent spectaculaires mais il est important de connaître les pièges à éviter.

Dégager du temps utile pour une machine ou un processus améliore son rendement, mais peut dans bien des cas retarder ou même rendre inutile des investissements capacitaires.

Être plus flexible est de plus en plus nécessaire, la nouvelle donne économique nous impose sa loi. Il vaut mieux procéder graduellement, se fixer des objectifs réalistes, même modestes pour le début. Suivre les quatre phases et enregistrer les progrès à chacune d'elle, puis reprendre la même démarche avec un objectif plus ambitieux et réitérer jusqu'à ce que les efforts à fournir deviennent prohibitifs par rapport aux gains escomptés.

Il ne faut pas penser que le principe du SMED n'est applicable qu'à l'industrie, aux machines et ateliers automatisés. Les notions de changement rapide d'outil, de série ou de lot sont confondues. Les changements de fabrication sur une ligne d'assemblage manuel, où il faut ré-agencer les postes, remplacer les outillages et gabarits spécifiques obéissent aux mêmes impératifs et la méthode est parfaitement applicable. On peut appliquer le SMED dans une boulangerie, au moulage plastique et pourquoi pas dans un bureau ?

Il semble néanmoins important, avant de s'engager la démarche SMED et afin d'en assurer le succès, de prévenir du "piège", dans un environnement industriel, les points d'amélioration potentiels sont nombreux. On pourrait même améliorer indéfiniment. Or le temps, les moyens techniques, financiers et humains sont toujours limités. Se jeter sur le SMED et vouloir l'appliquer partout, sans réflexion préalable est "dangereux". Il convient en effet de distinguer dans le procès les postes ou machines qui méritent le SMED.

Vouloir en faire trop est un piège. Une démarche SMED ne doit pas avoir pour but d'établir une performance pour la performance, mais doit contribuer à générer plus de profits pour l'entreprise.

2.3.3 Quelques éléments essentiels pour réussir la mise en œuvre de l'outil SMED

Réduire les temps de changement de série n'est pas, comme on pourrait souvent être amené à le penser, un problème technique mais, pour une grande part, un problème d'organisation. Par expérience, on peut réduire les temps de changement de l'ordre de 50% uniquement par l'organisation. Les éléments ci-après doivent être pris en compte lors de la mise en œuvre de l'outil SMED :

5 axes de progrès :

- la préparation ;
- la suppression ou simplification ou conversion des opérations de réglages ;
- la rationalisation des moyens ;
- la standardisation des machines et outils ;
- la synchronisation des tâches ;

Cinq phases de travail :

- Observer ;
- Organiser ;

- Mettre en place et s'entraîner ;
- Améliorer ;
- Standardiser.

Les incontournables

- Check-list, modes opératoires ;
- Validations sur le terrain ;
- Mise en œuvre d'idées d'améliorations simples ;
- Etat d'esprit KAIZEN ;
- L'implication et la participation de tous ;
- Les 5S.

Un maître mot : **la simplification**, rend le changement de série accessible aux opérateurs et opératrices, afin de rendre les productions encore plus autonomes.

- Il est toujours possible de réduire les temps de changement de référence
- L'amélioration est infinie.

2.4 Exemples et applications du SMED dans la réalité

Pour réduire le temps de réglage, on peut remplacer une rondelle fermée par une rondelle en U. Ce remplacement élimine le besoin de démonter complètement l'écrou du boulon sur lequel il est vissé. En effet on relâche légèrement l'écrou et on glisse une rondelle en U sous l'écrou, puis on revisse. Ainsi en plus de réduire le temps de montage, on élimine le risque de laisser tomber l'écrou, de le perdre, et d'aller en chercher un autre.

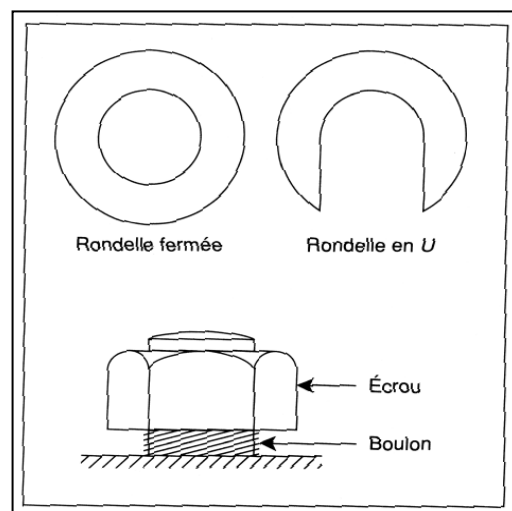


Figure 21 Les exemple de rondelle U

2.5 Introduction

On a défini comme objectif d'améliorer la production par l'augmentation de temps d'utilisation des machines et diminution de temps de changement de séries ainsi que les pertes dues aux déplacements des opérateurs et les pannes répétées.

2.6 Identification des réglages internes et externes

L'objectif est cependant de connaître la réalité des faits. Pour on utilise généralement une analyse continue de production avec un chronomètre, elle donne une image fidèle et bien détaillée ou déroulement de toutes les opérations.

● les réglages internes et externes :

- placer le feuillard dans le dérouleur
- préparation de plan de travail
- montage/démontage de l'outillage
- la préparation et le contrôle des pièces d'essai
- le nettoyage
- le rangement du poste de travail
- vérification du programme
- serrage des boulons et vises
- contrôle de disque de coupe
- montage/démontage des roulements
- montage/démontage des galets
- changer le tube de cuivre/carbone
- vérification d'épaisseur par pied à coulisse
- contrôle le lubrifiant
- contrôle de la longueur de tube
- serrage des boulons

2.7 Séparation des réglages internes et externes

C'est l'étape la plus importante. Les réglages internes, ou <<temps propres>>, sont les opérations qui nécessitent obligatoirement un arrêt de production (par exemple un changement d'outil). Les réglages externes, ou <<temps externes>>, regroupent les opérations qui peuvent avoir lieu pendant la production (exemple la préparation des outils et outillages. Les pré-réglages).

2.7.1 Les réglages internes (la machine en arrêt)

- placer le feuillard dans le dérouleur

- bloquer le mandrin
- vérifier le programme
- contrôle de la machine
- serrage des boulons
- montage/démontage des galets
- montage/démontage des roulements
- changer le tube carbone/cuivre
- changer le disque de coupe
- nettoyage
- vérifier le lubrifiant

2.7.2 Les réglages externes (la machine en marche)

- contrôle de la longueur de tube
- vérifier l'épaisseur par pied à coulisse
- vérifier le diamètre de tube

2.8 Transformation des réglages internes en réglages externes

Après cette dissociation, il devient indispensable, pour continuer à progresser, de convertir le maximum d'opérations internes en opérations externes.

C'est une phase qui nécessite généralement l'apport de technologie, alors l'objectif est de réduire au maximum le nombre d'opérations internes, qui pour mémoire, entraînent l'arrêt de la production.

Des investissements, que l'on peut qualifier de faibles, sont à prévoir car ils ne concernent que le poste de travail au sens large du terme, sans remettre en cause le processus complet de fabrication.

Puisqu'on a pu convertir que quelques opérations internes, on a pu transformer la majorité des opérations restantes en temps masqué (en parallèle avec d'autres opérations) comme le montre le tableau suivant :

Actions	Temps masquée	internes
Placer le feuillard dans le dérouleur	√	
Bloquer le mandrin	√	
Vérifier le programme	√	
contrôle de la machine	√	
Serrage des boulons		

Montage/démontage des galets		
Montage/démontage des roulements		
Changer le tube carbone/cuivre		
Changer le disque de coupe		
nettoyage		√

Tableau 5 les actions de SMED

Le temps masqué c'est le temps d'un travail accompli pendant l'exécution d'un autre travail dont la durée est seule prise. Donc on peut gagner le temps si on transforme ces opérations en temps masqué.

2.9 Rationalisation de tous les aspects de l'opération de changement

2.9.1 Supprimer les réglages

Après avoir éliminé les opérations inutiles et externaliser les opérations internes en vue d'atteindre notre objectif qui n'est que maximiser le travail en temps masqué, on a décidé de faire une étape préalable en parallèle avec la production de la série n qu'on a nommé l'étape de préparation, dans cette dernière le chef d'équipe, le conducteur d'installation et l'opérateur doivent apporter tous les outils et les moyens de contrôle qu'ils vont utiliser, ainsi que les documents nécessaires, à savoir :

- l'outil de la production suivante
- la matière (le feuillard)
- le programme de travail suivant

Sachant que l'opérateur doit effectuer certaines opérations en temps masqué pour avoir un standard minimal :

- nettoyer la table
- Préparation du conditionnement
- vérification du programme de la production suivante
- utiliser de rondelles fendues d'épaisseurs connues intercalées entre deux plans pour éviter un réglage manuel avec mesure
- éviter de l'aller-retour piloté par un opérateur autour d'une valeur cible

Cette phase de préparation comme on a déjà déclaré est faite tout ou long de la production de la série suivante.

2.9.2 Réduire les temps de réglage

Cette phase très importante pour réduire le temps de réglage à travers des méthodes simples et pratiques. Simplification des bridages et fixation : quel que soit la longueur de la vis et le nombre de filets, ce n'est toujours que le dernière tour de vis qui serre et le premier qui dessert.

Autrement dit, un serrage possible en un seul tour de vis est aussi efficace qu'un serrage à 10 tours, mais nettement plus rapide.

Il existe ensuite toute une variété des solutions qui évitent le recours aux vis et écrous .car si même ou n'en récrit le nombre de tours nécessaires .ils n'en gardent pas moins d'agaçantes dispositions à reprendre, à se ressembler mais d'être d'un diamètre différent.

Quelques exemples de serrages et bridages :

- rondelles en U
- trous en boutonnière
- vis à filet entaillé (serrage quart de tour, tries de tour)
- serrage par cane

Le recours aux outils peut être réduit ou même éliminé :

- écrou papillon
- clé en T sur la vis même

-minimisation ou élimination des essais et contrôles : plus on introduit de la rigueur et du formalisme, mais il y aura de dérives à contrôler.

Relevés chronométrés d'un échantillon de changement de série

D'après l'observation et la mesure d'un changement de série, on détermine le tableau suivante :

- première étape c'est la préparation

Les actions	Le temps
Préparation de feuillard	20 min
Placer le feuillard	10 min
Nettoyer la machine	20 min
Préparer les outils	20 min
Préparation des conditionnements	15 min
Total	1h25min

Tableau 6 étape de préparation

- deuxième étape c'est le changement

Les actions	Le temps
Changement des galets	330 min

Changement des feuillards	30 min
Changement des roulements	70 min
Préparation des roulements	20 min
Changement de disque de coupe	15 min
total	7h75min

Tableau 7 étape de changement

●troisième étape c'est le contrôle

Les actions	Le temps
Vérifier du programme de travail	5 min
Vérifier la longueur de tube	10 min
Vérifier l'épaisseur par pied à coulisse	20 min
Vérifier le diamètre de tube	25 min
total	60 min

Tableau 8 étape de contrôle

Mode opératoire

Les phases	Les étapes	Equipe		La durée avant	La durée après
		A	B		
préparation	-Préparer le feuillard		√	1h25min	55min
	-Placer le feuillard	√			
	-Nettoyer la machine	√			
	-Préparer les outils		√		
	-Préparation Des conditionnements		√		
Changement	-Changement des galets	√		7h75min	6h35min
	-Préparation des galets		√		
	-Changement des roulements	√			
	-Changement du		√		

	disque de coupe				
Contrôle	-Vérification du programme de travail -Vérifier la longueur de tube -Vérifier l'épaisseur par pied à coulisse -Vérifier le diamètre de tube	√ √	√ √	60min	50min

Tableau 9mode opératoire

Notre étude montre que la durée de changement de série est 11h06min, alors après l'application de la méthode SMED, nous avons réduit le temps de changement à 8h33min, donc un gain de 2h33min.

Conclusion

La méthode SMED est donc un concept qui présente de nombreux atouts pour la gestion de la production de l'entreprise tels qu'une augmentation de la productivité, de la flexibilité de la production, une amélioration de la qualité, ou encore une réduction des stocks et des coûts ainsi qu'elle permet l'élimination des erreurs faites lors des réglages.

Cependant, son bon fonctionnement dépend avant tout d'une communication de qualité entre les différents départements de l'entreprise. En effet, il est souvent nécessaire d'impliquer plusieurs services de l'entreprise et de savoir les coordonner afin d'obtenir des résultats les plus performants.

D'autre part, un aspect peu pénalisant de la méthode SMED concerne son déploiement puisque un certain nombre d'opérations ne peuvent être ni supprimées ni réduites. Il conviendra donc de les réexaminer périodiquement car les progrès et les innovations technologiques peuvent apparaître et aider à les traiter, mais comme on a pu démontrer lors de notre projet son application génère une minimisation énorme en termes de temps, ce qui procure des gains en termes d'argent.

On a appliqué la méthode SMED sur la machine tube pour avoir un gain de temps et minimiser la durée de changement de série.

Bibliographie

Livre:

Colin, LE SMED, éditions Afnor ,2003

Le Corte, la pratique du SMED, éditions d'organisations, Paris, 2001

Les sites web :

www.wikipédia.com

ⁱ Le système SMED, Shiego Shingo, Editions d'organisations, Paris, 2004