

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR – ANNABA



Faculté des Sciences de L'Ingéniorat
Département de Génie Mécanique
Master « Productique Mécanique »



INTITUTE

**Proposition D'augmentation De La Cadence De
Fabrication De Rouleaux Transporteurs**

Mémoire réalisé par :

FERDJANI ISSAM

Directeur de mémoire :

Pr. Bouchelaghem Abdelaziz Mahmoud.

Année 2014/2015

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de mon stage et qui m'ont aidé lors de la rédaction de mon projet.

Tout d'abord, j'adresse mes remerciements à mon Encadreur, Pr. BOUCHELAGHEM Abdelaziz Mahmoud qui m'a beaucoup aidé dans mon travail et m'a permis de m'imprégner du monde du travail et de la production mécanique. Son écoute et ses conseils m'ont permis de réaliser ce modeste travail. Mes vifs remerciements vont aussi à l'ensemble des enseignants du Département de Génie Mécanique de l'Université Badji Mokhtar Annaba .

Je remercie également la direction de GMZ et toute l'équipe de l'Atelier mécanique, pour leur accueil, leur esprit d'équipe. Ils m'ont beaucoup aidé à comprendre les procédures de fabrication et sa gestion.

Enfin, je tiens à remercier tous mes proches, en particulier mes chers parents, pour leurs précieuses aides et leur particulière attention.

Sommaire

Introduction	- 8 -
I-1) L'usinage moderne.....	- 9 -
I-2-1) Machine Unique.....	- 14 -
I-2-2) Machines parallèles	- 14 -
I-2-3) Ateliers à cheminement unique (Flow Shop)	- 15 -
I-2-4) Ateliers à cheminements multiples (Job Shop).....	- 16 -
I-2-5) Autres configurations.....	- 17 -
Chapitre II.....	- 19 -
II-1) Introduction	- 20 -
II-2) Caractéristiques techniques des convoyeurs à bande	- 21 -
Chapitre III.....	- 26 -
III-1) Rouleaux, fonction et critères de conception.....	- 27 -
III-2) Eléments d'études et accessoires.....	- 40 -
III-2-1) Choix du diamètre du rouleau en fonction de la vitesse	- 40 -
III-2-2) Choix en fonction de la charge	- 42 -
III-2-3) Axes	- 46 -
III-2-3-1) Méplats doubles Forme M (m.n)	- 46 -
III-2-3-2) Méplats intérieurs doubles Forme W (m.n.t)	- 47 -
III-2-3-3) Taraudage Forme T (t.h).....	- 47 -
III-2-3-4) Épaulement et filetage Forme E (f.h)	- 48 -
III-2-3-6) Autres exécutions possibles Forme X.....	- 48 -
III-2-4) Tubes, fonction, opérations de fabrication et accessoires.....	- 49 -
III-2-4-1) Opérations de fabrication.....	- 49 -
III-2-4-2) Particularités d'usinage	- 49 -
III-2-4-3) Revêtements et protection	- 50 -
III-2-5) Roulements	- 52 -

III-2-6) Joints pour axes	- 54 -
III-2-7) Liaisons boîtier - tube.....	- 55 -
Chapitre IV	- 57 -
IV-1) Opérations de Fabrication des Rouleaux et Durées	- 58 -
IV-1-1) Exigences Techniques.....	- 58 -
IV-1-2) Opérations de fabrication des pièces et leurs durées à GMZ.....	- 59 -
IV-1-3) Fabrication journalière des tubes et des axes à GMZ.....	- 62 -
IV-1-4) Autres pièces utilisés dans la fabrication des rouleaux.....	- 62 -
(fabriquées hors Entreprise)	- 62 -
IV-2) Propositions pour l'augmentation de la Production des	- 64 -
Rouleaux.....	- 64 -
IV-2-1) Solution N°1 : Proposition d'un train de fraises, au lieu et place-	- 64 -
d'une fraise.....	- 64 -
IV-2-2) Solution N°2 : Utilisation de dispositifs de fixation de 06 axes ...	- 66 -
sur la Fraiseuse et sur la scie a ruban	- 66 -
IV-2-3) Solution N° 3 : Organisations de l'Atelier.....	- 68 -
Conclusion.....	- 71 -

Figures

Figure 1 : Processus d'élaboration des pièces mécaniques modernes

Figure 2 : Fraisage par balayage

Figure 3 : Usinage d'une surface approchée

Figure 4 : Machine Unique

Figure 5 : Ateliers à cheminement unique (Flow Shop)

Figure 6 : Ateliers à cheminements multiples (Job Shop)

Figure 7 : Convoyeurs de carrière

Figure 8 : Schéma de principe d'un convoyeur à bande

Figure 9 : Convoyeurs de mine

Figure 10 : Types de convoyeurs à bande

Figure 11 : Images des convoyeurs à bande

Figure 12 : Rouleaux déportés

Figure 13 : Rouleaux guides

Figure 14 : Rouleau amortisseur

Figure 15 : Rouleau anti colmatant

Figure 16 : Position des bagues dans le rouleau

Figure 17 : Position des bagues et des manchons dans le rouleau

Figure 18 : Rouleaux dégrasseurs

Figure 19 : Rouleaux de retour pour bandes à tasseaux

Figure 20 : Guirlandes de rouleaux

Figure 21 : Attaches de guirlandes

Figure 22 : Guirlande à câble souple

Figure 23 : Positionnement du trou de la vis de réglage de hauteur

Figure 24 : Forme bi conique

Figure 25 : Joints pour axes

Figure 26 : Liaisons boîtiers tube

Figure 27 : Liaisons boîtiers tube

Figure 28 : Dispositifs de fixation pour 06 axes

Tableaux

Tab.1 Diamètre de rouleau et vitesses limites de bande

Tab.2 Diamètres D2/D1 de rouleau amortisseur

Tab.3 Diamètres D2/D1 de rouleau anti colmatant

Tab.4 Position des bagues en fonction de la largeur de bande.

Tab.5 Diamètres D2/D1 de rouleau anti colmatant manchonné

Tab.6 Position des bagues en fonction de la largeur de bande.

Tab.7 Diamètres D2/D1 de rouleau dégraisseur

Tab.8 Diamètres du tube et du disque de rouleau de retour

Tab.9 Longueur des rouleaux formant les guirlandes

Tab.10 Vitesse maximale et nombre de rotations des rouleaux

Tab.11 - Diamètre recommandé pour les rouleaux

Tab.12 - Coefficient de participation F_p

Tab.13 - Coefficient d'utilisation

Tab.14 - Coefficient de choc F_d

Tab.15 - Coefficient lié à l'environnement

Tab.16 - Coefficient de vitesse F_v

Tab.17 - Coefficient de vie théorique des roulements

Tab.18 - Dimensions des méplats

Tab.19 Dimensions des filetages des axes

Tab.20 Dimensions des filetages des épaulements

Chapitre I

Introduction

L'usinage regroupe sous un même terme toutes les étapes de fabrication des pièces mécaniques composant les objets de notre quotidien. L'usinage d'une pièce mécanique fait appel à de nombreuses techniques diverses assistées ou non par ordinateur.

Pour contre, les pièces réalisées en matières techniques comme l'aluminium, le téflon, le quartz... doivent être réalisées avec des tolérances de précision de l'ordre du micron

L'usinage des pièces mécaniques fabriquer les pièces mécaniques entrant dans la composition de tous nos objets du quotidien, la matière doit être façonnée de façon très précise selon les plans du bureau d'étude à l'origine de la conception. Cette phase de fabrication que l'on désigne globalement sous le terme d'usinage met en oeuvre de nombreuses techniques particulières qui varient en fonction de la forme que l'on souhaite donner à la matière, le type de matière usinée, la taille des pièces à usiner et le nombre de pièces à réaliser (unitaire ou en série).

Généralement, l'usinage de matière telle que la fonte ne nécessite pas une grande précision, par en bois, métal, céramique, plastique... se fait par étape successive sur des machines outils spécifiques ayant chacune une fonction particulière. La plupart de ces machines outils d'usinage fonctionnent selon un ou plusieurs axes de rotation et de serrage. La matière brute est installée avec précision sur les machines outils dédiées pour obtenir un usinage parfait, au micron près. Selon la matière utilisée, les vitesses de coupe varient énormément afin de respecter les spécificités techniques de résistance de chaque matière.

Lorsque les pièces sont fabriquées en moyenne ou grande série, des machines outils assistées par ordinateur sont mobilisées. Ces machines dites à commandes numériques apparues dans les années 1980 sont programmées par avance soit par le bureau d'études soit par l'opérateur en commandes numériques. L'usinage sur machines outils à commande numériques est de plus en plus utilisé aujourd'hui dans les unités de production. Il permet de gagner un temps précieux sur les réglages préalables à l'usinage des pièces.

I-1) L'usinage moderne

La fabrication mécanique, en tant que spécialité réunissant les procédés d'obtention des pièces de formes, de dimensions et de matériaux diverses et variés, s'est transformé en « Productique mécanique », par l'apport considérable de la technologie du numérique (CNC) et le développement des machines outils et des logiciels. Ce qui a amené les spécialistes à élaborer des pièces de forme complexe. Cette évolution permet de garantir la fidélité entre la pièce et les spécifications fonctionnelles exprimant l'idée initiale du designer (figure 1).

Le processus se découple en une activité de conception et une activité de fabrication. On construit tout d'abord un modèle géométrique à partir des spécifications fonctionnelles.

Il constitue le modèle de référence de la maquette numérique. Les trajectoires de l'outil permettant l'usinage de la pièce ou de son empreinte (dans un moule ou une matrice) sont calculées par le module de FAO. Finalement la pièce est usinée selon les trajectoires précédemment calculées.

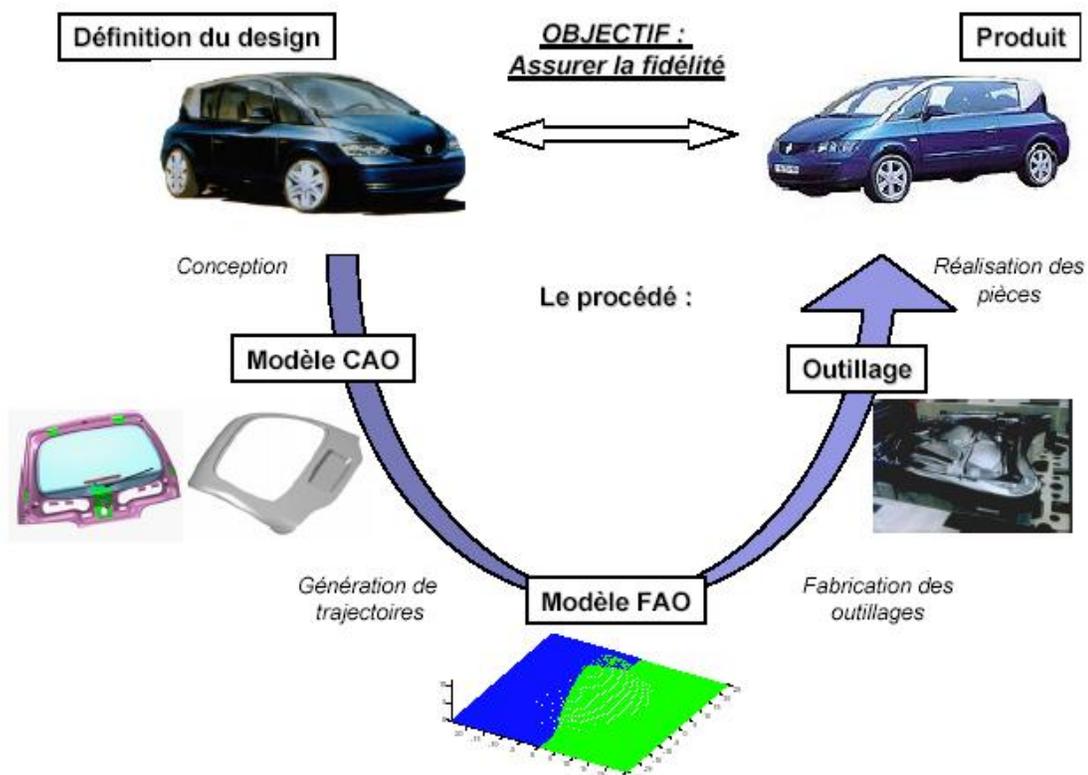


Figure 1 : Processus d'élaboration des pièces mécaniques modernes

Chaque maillon du processus est susceptible d'introduire des écarts entre la géométrie de la pièce réalisée et celle escomptée.

Le premier problème est la dégradation de l'information lors de l'expression de l'idée du concepteur en données géométriques dans le modèleur 3D.

En effet, les techniques de construction des surfaces restent limitées, elles ne permettent pas toujours de réaliser les formes souhaitées par le concepteur ainsi que les raccordements entre surfaces nécessaires à un usinage précis. L'utilisateur est tributaire des fonctionnalités du logiciel mis à sa disposition.

La forme résultante ne correspond donc pas forcément à l'intention du concepteur mais est la plus proche représentation géométrique que le modèleur permette d'obtenir. En outre, les spécifications fonctionnelles ne sont pas exprimées en tant que telles, seule la géométrie les satisfaisant est définie dans le modèle CAO. [1]

La construction du produit passe par la déclaration d'éléments géométriques dans le modèleur.

Les surfaces canoniques sont spécifiées par des dimensions caractéristiques telles que des angles et des distances. En ce qui concerne les surfaces complexes, leur construction repose sur l'association de surfaces par interpolation ou approximation d'éléments géométriques tels que des lignes de style ou des lignes d'écoulement hydrodynamique ou aérodynamique, ou bien des nuages de points.

Cependant, une telle démarche ne garantit pas la définition univoque d'une surface car entre deux courbes d'interpolation la forme de la surface dépend du mode d'association utilisé. Dans la plupart des cas, l'évolution de la forme n'est pas spécifiée explicitement mais on s'assure qu'elle possède les qualités requises, telles qu'une évolution douce.

C'est par exemple le cas des méthodes qui minimisent l'énergie de déformation de la surface en s'appuyant sur un comportement mécanique.

La fonctionnelle minimisée est représentative de l'évolution de la courbure.

On peut contraindre davantage la surface lorsque celle-ci doit respecter des contraintes de style caractérisées par exemple par le comportement de lignes de reflet. [2]

Cet ensemble de spécifications ne conduit pas à une solution unique et la forme qui en découle est étroitement liée à l'expérience du concepteur ainsi qu'aux contraintes du logiciel utilisé. La forme de la surface présente donc des caractéristiques non fonctionnelles liées au logiciel qui devront être respectées lors de l'usinage.

Les activités de génération de trajectoires et de fabrication doivent assurer la réalisation d'un produit fidèle au modèle CAO.

Des écarts supplémentaires sont introduits d'abord en FAO lors du calcul de la trajectoire de l'outil, puis lors de l'usinage à cause des performances de la

commande numérique, du comportement dynamique de la machine outil et des déformations de l'outil.

L'obtention des pièces de forme gauche se fait soit en fraisage à 3 ou à 5 axes en bout par balayage, soit en fraisage à 5 axes par le flanc d'un outil cylindrique ou conique. La fabrication d'une pièce nécessite la construction de passes d'usinage et leur juxtaposition en fonction d'une stratégie d'usinage. Celle-ci regroupe les choix d'un mode de guidage, d'un pas de discrétisation longitudinal et d'un pas de discrétisation transversal (hauteur de crête) (figure 2).

Le choix des paramètres de tolérance de flèche et de hauteur de crête doit assurer la réalisation d'une surface réelle respectant des spécifications géométriques de défaut de forme et d'état de surface, ainsi que des spécifications fonctionnelles de fidélité à la forme, c'est-à-dire le respect des arêtes vives et des sens de concavité.

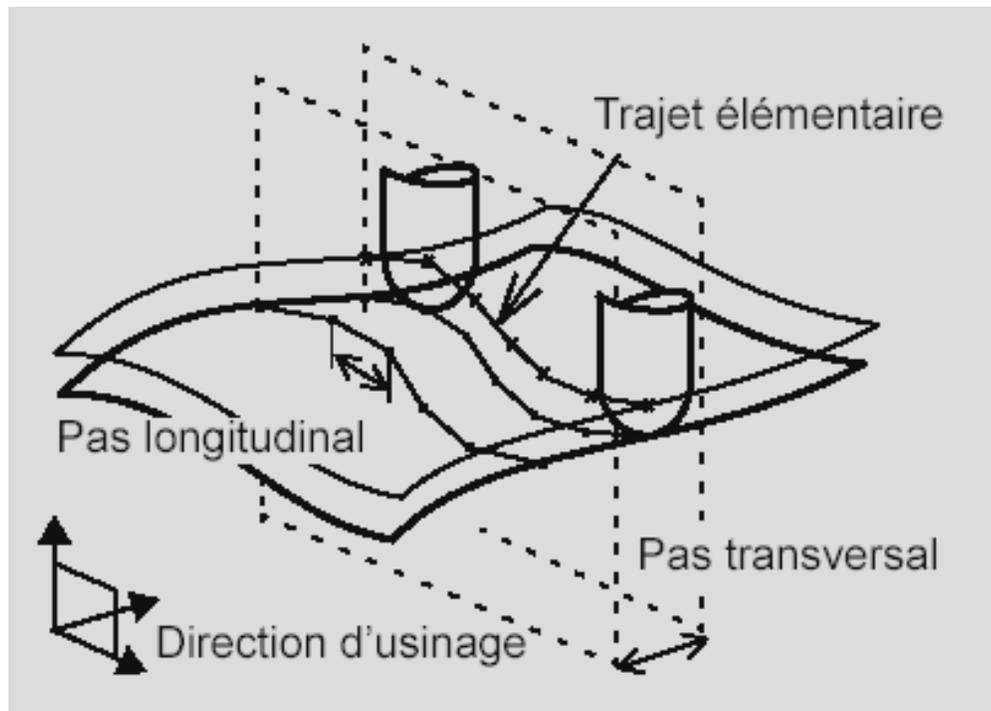


Figure 2 : Fraisage par balayage

La surface usinée est un ensemble de sillons ou de surfaces réglées approchant le modèle CAO ou surface nominale (figure 3).

La technique de fabrication retenue génère donc des écarts géométriques avant même la réalisation de l'usinage car le modèle FAO ne représente pas parfaitement le modèle de référence. En effet, ces techniques génèrent la forme suivant un travail d'enveloppe. Seuls certains types de surfaces telles que les surfaces réglées pour l'usinage par le flanc et les surfaces de raccordement à rayon constant pour le

fraisage en bout permettent un travail de forme. La ligne de contact entre l'outil et la pièce réduit alors les approximations associées au calcul des trajets. [1]

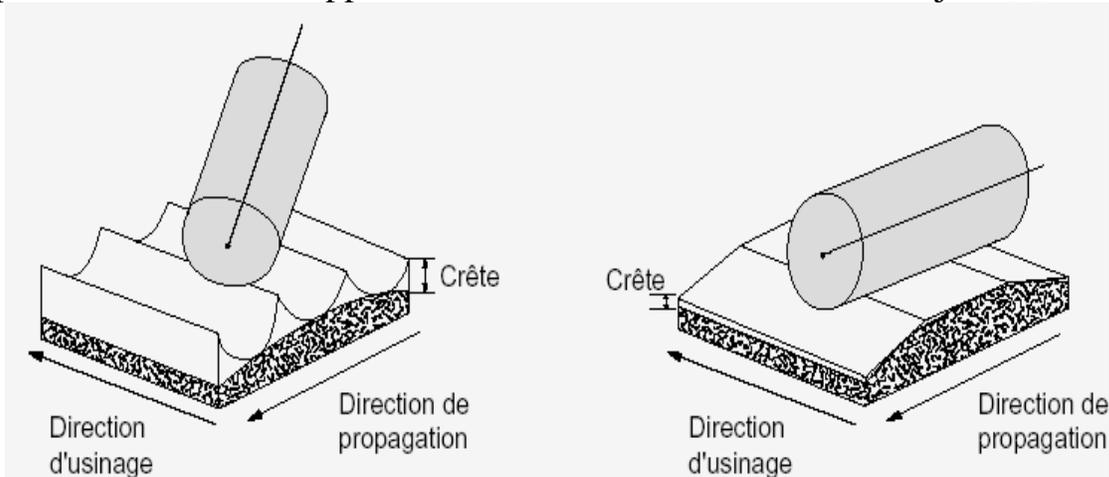


Figure 3 : Usinage d'une surface approchée

Le trajet de l'outil est planifié sur la surface nominale, c'est le chemin parcouru par le point de contact entre l'outil et la surface. Un échantillonnage du trajet respectant le critère de tolérance de flèche permet de déterminer les positions successives du point de contact puis celles du point piloté par la commande numérique, le point centre de l'outil.

L'activité de génération de trajectoires consiste donc en une acquisition de la géométrie de la surface nominale décrite dans le modèle CAO et sa transformation en un ensemble de points pilotés.

Les propriétés de continuité en tangence ou en courbure de la surface nominale peuvent être perdues et les algorithmes provoquent de nouveaux écarts lors de l'association de la trajectoire du centre de l'outil à cet ensemble de points.

La surface enveloppe des mouvements de l'outil ainsi générée ne respecte pas nécessairement les contraintes de forme et de continuité imposées par le concepteur.

Il ne s'agit pas d'un problème de procédé puisque le copiage de forme utilisé avant le développement de la FAO permettait l'obtention de surfaces répondant à des contraintes géométriques de forme et de continuité équivalentes.

La perte de qualité survient lors du transfert des spécifications géométriques de la surface nominale à l'ensemble discret des positions admissibles de l'outil.

En conclusion, le processus d'élaboration des pièces de forme gauche introduit des écarts au cœur de la maquette numérique.

De nouveaux écarts apparaissent ensuite lors de l'usinage à cause d'incompatibilités entre les trajectoires programmées et les caractéristiques dynamiques de la machine.

De cette constatation est né le concept de la surface d'usinage.

La surface d'usinage est une modélisation géométrique qui intègre les contraintes de conception et de fabrication liées au procédé d'obtention des produits présentant des surfaces complexes. En particulier, la surface d'usinage doit prendre en compte les contraintes.

La surface d'usinage est la représentation surfacique et continue de toutes les positions de l'outil qui permettent l'usinage du produit sans interférences. Elle est donc la modélisation géométrique du produit par ses trajectoires d'usinage.

Lorsque la géométrie nominale n'est pas suffisamment contrainte par le bureau d'étude ou le bureau des méthodes, la surface d'usinage permet l'intégration des caractéristiques propres au fraisage multiaxes.

Pour positionner le concept de la surface d'usinage il est alors nécessaire de conduire une analyse bibliographique sur :

- la modélisation des surfaces de style et d'ingénierie du design industriel,
- l'intégration des contraintes de différents métiers et plus particulièrement de la conception et de la fabrication. [4]

Nous pouvons alors présenter les définitions associées à la surface d'usinage et étudier son intégration dans le processus.

I-2) Organisations des machines dans les ateliers

Une classification très répandue des ateliers, du point de vue ordonnancement, est basée sur les différentes configurations des machines. Les modèles les plus connus sont ceux d'une machine unique, de machines parallèles, d'un atelier à cheminement unique ou d'un atelier à cheminement multiple. [3]

- Machine unique
- Machines parallèles
- Ateliers à cheminement unique (Flow Shop)
- Ateliers à cheminements multiples (Job Shop)

- Autres configurations

I-2-1) Machine Unique

Dans ce cas, l'ensemble des tâches à réaliser est fait par une seule machine. Les tâches alors sont composées d'une seule opération qui nécessite la même machine. L'une des situations intéressantes où on peut rencontrer ce genre de configurations est le cas où on est devant un système de production comprenant une machine goulot qui influence l'ensemble du processus. L'étude peut alors être restreinte à l'étude de cette machine.

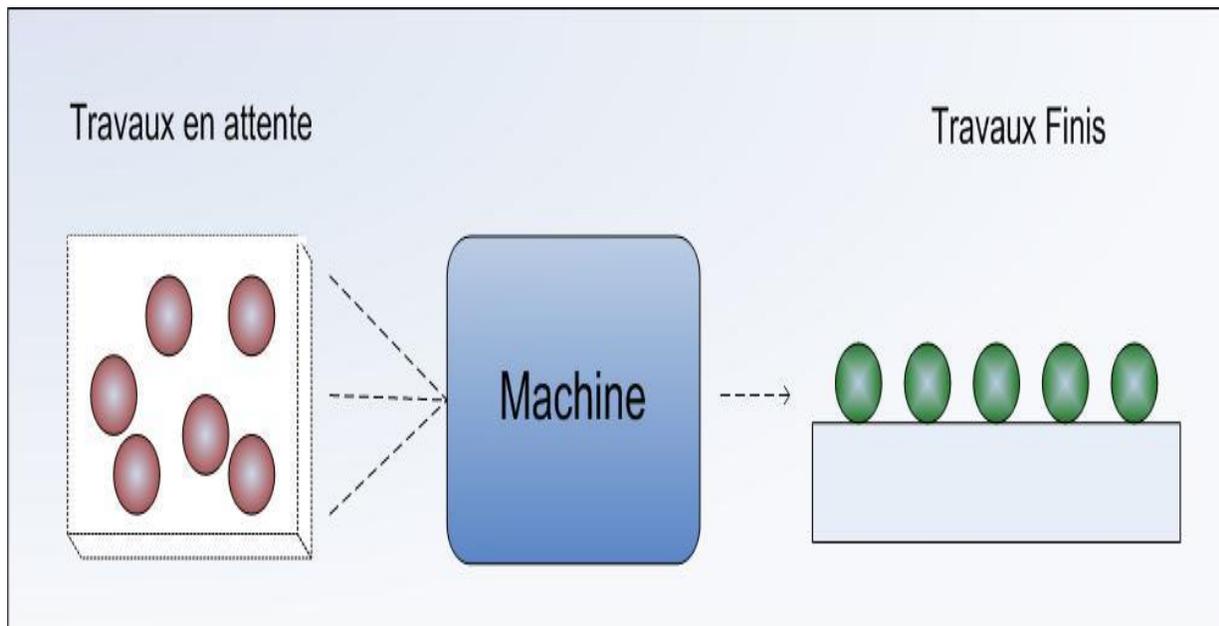


Figure 4 : Machine Unique

I-2-2) Machines parallèles

Dans ce cas, on dispose d'un ensemble de machines identiques pour réaliser les travaux. Les travaux se composent d'une seule opération et un travail exige une seule machine. L'ordonnancement s'effectue en deux phases : la première phase consiste à affecter les travaux aux machines et la deuxième phase consiste à établir la séquence de réalisation sur chaque machine.

I-2-3) Ateliers à cheminement unique (Flow Shop)

Un atelier à cheminement unique est un atelier où le processus d'élaboration de produits est dit « linéaire », c'est-à-dire lorsque les étapes de transformation sont identiques pour tous les produits fabriqués. Selon les types de produits élaborés, on distingue la production continue et la production discrète. La production continue est caractérisée par la fluidité de son processus et l'élimination du stockage. C'est le cas notamment dans les raffineries, les cimenteries, les papeteries... La production discrète de masse s'applique principalement aux produits de grande consommation fabriqués à la chaîne (e.g automobile, la majorité du domaine du textile, machines-outils...).

Dans les deux cas, les machines peuvent être dédiées à une opération précise, et sont implantées en fonction de leur séquence d'intervention dans la gamme de production.

L'un des objectifs principaux dans le cas d'atelier à cheminement unique est de trouver une séquence des tâches en main qui respecte un ensemble de contraintes et qui minimise le temps total de production. Parmi les caractéristiques d'un problème de cette catégorie :

- il existe au minimum $n!$ différentes solutions où n est le nombre de travaux à réaliser. Notons que $n! = n \cdot (n-1) \cdot (n-2) \cdot \dots \cdot 1$;
- le problème est NP-difficile à l'exception des versions avec deux machines et certains cas particuliers avec trois machines ;
- une grande productivité mais une faible flexibilité.

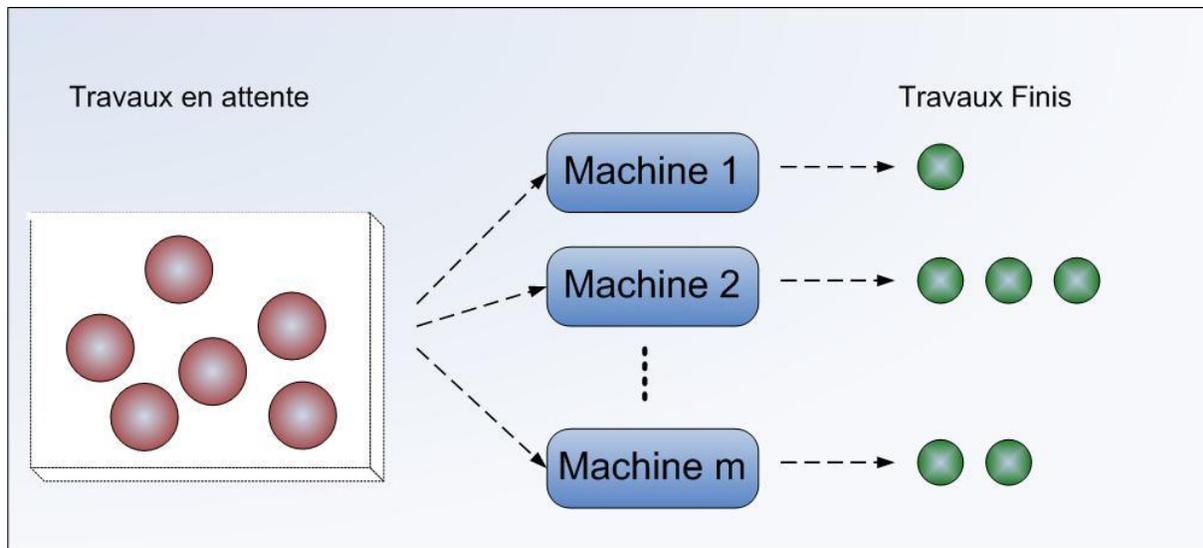


Figure 5 : Ateliers à cheminement unique (Flow Shop)

I-2-4) Ateliers à cheminements multiples (Job Shop)

Les ateliers à cheminements multiples (ACM) sont des unités manufacturières traitant une variété de produits individuels dont la production requiert divers types de machines dans des séquences variées. L'une des caractéristiques d'un atelier à cheminement multiple est que la demande pour un produit particulier est généralement d'un volume petit ou moyen. Une autre caractéristique est la variabilité dans les opérations et un mix produit constamment changeant. Ainsi, il est nécessaire que le système soit de nature flexible. Dans un sens général, la flexibilité est la capacité d'un système de répondre aux variations dans l'environnement.

L'objectif le plus considéré dans le cas d'un atelier à cheminements multiples est le même que celui considéré pour un atelier à cheminement unique, à savoir trouver une séquence de tâches sur les machines qui minimise le temps total de production.

La figure suivante montre un exemple d'un atelier à cheminements multiples avec quatre travaux et six machines. [1]

- les ateliers à cheminement libre (open shop) : chaque produit à traiter doit subir un ensemble d'opérations sur un ensemble de machines, mais dans un ordre totalement libre ;
- les ateliers flexibles : ces ateliers sont caractérisés par un niveau d'automatisation élevé, cherchant par là un compromis entre flexibilité et productivité. Ils sont à la base des ateliers à cheminements multiples où les principales tâches (stockage, traitement de pièces, manutention...) sont automatisées.

Chapitre II

II-1) Introduction

A cours de la phase d'étude d'un projet de manutention de matières brutes ou de produits finis, le choix du mode de transport doit privilégier la solution présentant le meilleur rapport coût/efficacité en fonction du volume de produits transporté, du matériel et de sa maintenance, de sa souplesse d'adaptation et de son aptitude à transporter diverses charges et même à accepter des périodes de surcharge.



Figure 7 : Convoyeurs de carrière

De plus en plus utilisé ces dix dernières années, le convoyeur à bande est le mode de transport qui remplit les critères de choix cités précédemment. Par rapport à d'autres systèmes, c'est en fait le plus économique, compte tenu notamment de son adaptabilité aux conditions les plus diverses et les plus difficiles.

Actuellement, il ne s'agit plus uniquement de convoyeurs horizontaux ou inclinés, mais également de courbes, de convoyeurs présentant une forte déclivité et des vitesses de plus en plus élevées.

Quoi qu'il en soit, ce chapitre n'a pas la prétention d'être la "bible" de la conception des convoyeurs à bande.

Le but est de vous fournir certains critères pour vous aider à choisir les composants les plus importants, ainsi que des calculs permettant de déterminer les bonnes dimensions.

Les informations techniques contenues dans les chapitres suivants sont destinées essentiellement à aider le concepteur et à être intégrées dans la réalisation technique du projet [5]

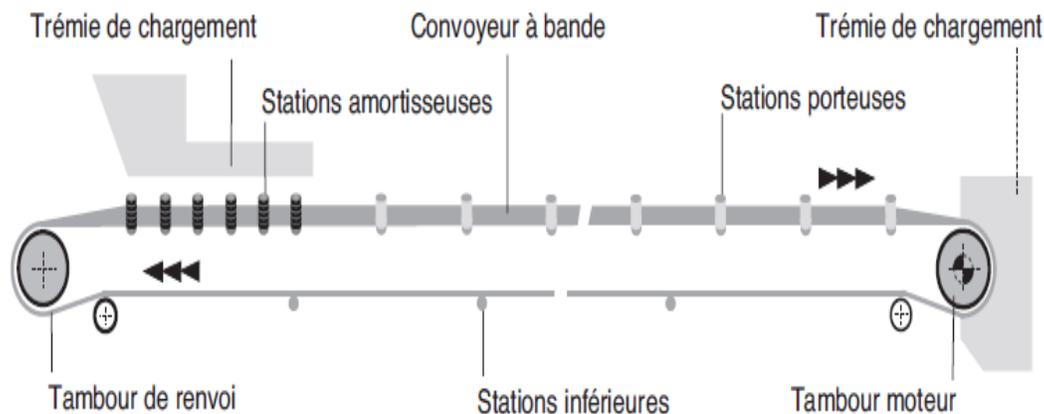


Figure 8 : Schéma de principe d'un convoyeur à bande

II-2) Caractéristiques techniques des convoyeurs à bande

Un convoyeur à bande a pour fonction de transporter en continu des produits en vrac mélangés ou homogènes, sur des distances allant de quelques mètres à des dizaines de kilomètres.

L'un des principaux composants du convoyeur est la bande en élastomère dont la fonction est double :

- recevoir le produit transporté,
- transmettre la force nécessaire pour déplacer cette charge.

Le convoyeur à bande est conçu pour transporter des produits en continu sur la face supérieure de la bande.

Les surfaces de la bande (supérieure sur le brin porteur et inférieure sur le brin de retour) sont en contact avec une série de rouleaux montés sur le châssis du convoyeur en un ensemble appelé station support.

A chaque extrémité du convoyeur, la bande s'enroule sur un tambour, l'un d'entre eux étant relié à un groupe d'entraînement pour transmettre le mouvement. [6]

Parmi les autres systèmes de transport, le plus compétitif est certainement le transport par camion. Par rapport à ce dernier, le convoyeur à bande présente les avantages suivants:

- réduction des effectifs nécessaires,
- réduction de la consommation d'énergie,
- longs intervalles entre les périodes de maintenance,
- indépendance du système par rapport à son environnement,
- réduction des coûts d'exploitation.

Selon les charges à transporter, les grands convoyeurs à bande peuvent représenter une économie de 40 à 60 % par rapport au transport routier.

Les composants électriques et mécaniques des convoyeurs, tels que rouleaux, tambours, roulements, moteurs, etc. sont fabriqués dans le respect des normes les plus strictes. Le niveau de qualité atteint par les principaux fabricants garantit leur bon fonctionnement et une durée de vie longue.

Les principaux composants du convoyeur, à savoir les rouleaux et la bande, nécessitent très peu de maintenance, à partir du moment où la conception et l'installation ont été correctement réalisées.

La bande élastomère ne nécessite que des réparations occasionnelles ou superficielles et, les rouleaux étant dotés d'une étanchéité à vie, n'ont pas besoin d'être lubrifiés.

Le niveau de qualité très élevé, ainsi que les technologies de pointe utilisées peuvent encore réduire, voire même supprimer, la nécessité d'une maintenance ordinaire.

Le revêtement caoutchouté des tambours a une durée de vie de deux ans.

Enfin, l'utilisation d'accessoires appropriés pour nettoyer la bande aux points de chargement et de déchargement permet d'obtenir des améliorations notables et d'augmenter la durée de vie de l'installation tout en nécessitant relativement peu de maintenance.



Figure 9 : Convoyeurs de mine

Tous ces facteurs contribuent à limiter les frais d'exploitation, en particulier en cas de travaux de fouille, de passage sous des collines, des routes ou d'autres obstacles. Un convoyeur à bande lisse peut gravir des pentes allant jusqu'à 18° et il y a toujours possibilité de récupérer l'énergie sur les portions en descente.

On a donc pu ainsi réaliser des projets avec des systèmes ayant une longueur de 100 km et comportant des tronçons de 15 km.

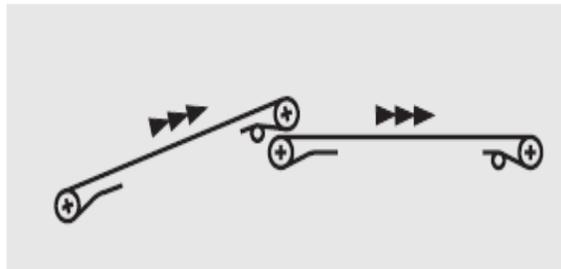
En employant les caractéristiques de flexibilité, force et efficacité le convoyeur à bande est la solution idéale pour transporter des produits en vrac et d'autres matériaux.

Des développements continus dans ce domaine donnent encore plus d'avantages.

Les plans ci-dessous montrent les configurations typiques du convoyeur à bande :



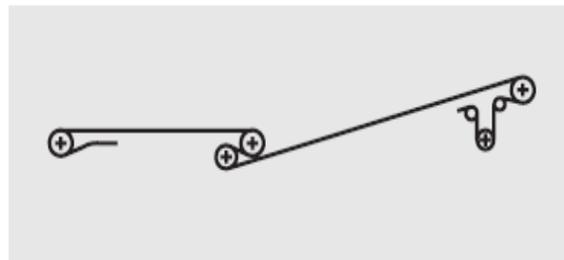
a)



b)



c)



d)

Figure 10 : Types de convoyeurs à bande :

- a) **Convoyeur à bande horizontale**
- b) **Convoyeur à tronçons horizontal et incliné pour lequel il est nécessaire d'utiliser deux bandes.**
- c) **Convoyeur à bande horizontale et tronçon incliné, où l'espace permet une courbe verticale et la charge ne nécessite qu'une seule bande.**
- d) **Convoyeur à tronçons horizontal et incliné, où l'espace ne permet pas de réaliser une courbe verticale, mais la charge ne nécessite qu'une seule bande.**



Figure 11 : Images des convoyeurs à bande

Chapitre III

III-1) Rouleaux, fonction et critères de conception

Dans un convoyeur, le composant le plus coûteux et le plus susceptible d'être endommagé est.

Les rouleaux soutiennent la bande en élastomère sur toute sa longueur. Il convient de les étudier, de les concevoir et de les fabriquer convenablement ou de les choisir de manière à optimiser leur durée de vie et en même temps celle de la bande.

La résistance à la mise en rotation des rouleaux a une influence importante sur la bande et, par conséquent, sur la puissance nécessaire pour la déplacer et la maintenir en mouvement.

Il existe :

❖ Rouleau déporté

Les rouleaux déportés servent à l'écoulement des matériaux transportés en augmentant l'espace entre le support et le rouleau. De fait, le risque de coincement devient beaucoup plus faible.

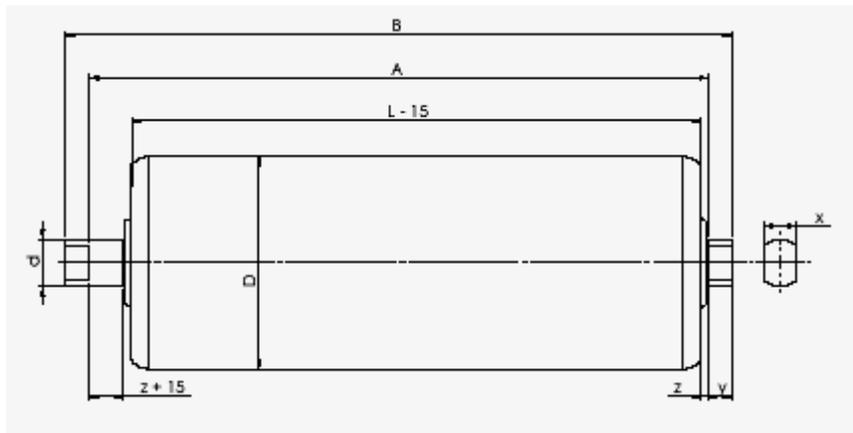


Figure 12 : Rouleaux déportés

Ils sont recommandés quand on utilise :

- des produits très colmatants.
- des produits d'une granulométrie voisine de trois millimètres.
- des produits cristallisants (sel-givre).

❖ Rouleau guide

Les rouleaux guides sont des rouleaux prévus pour être fixés sur leurs supports que d'un côté, l'autre côté ayant un axe non débouchant.

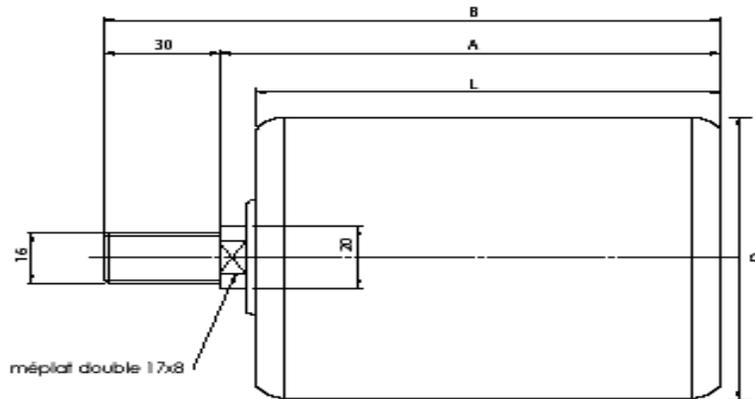


Figure 13 : Rouleaux guides

Ils sont utilisés sur les stations auto-centreuses.

Les rouleaux standard sont conçus et fabriqués pour fonctionner avec une vitesse de 600 tours par minute. En cas de dépassement, des calculs spécifiques de dimensionnement doivent être menés.

Tab.1 Diamètre de rouleau et vitesses limites de bande

Diamètre de rouleau	Vitesse limite de bande
38	1,2
60	1,9
70	2,2
80	2,5
89	2,8
108	3,4
133	4,2
159	5,0
178	5,6
193	6,0

❖ Rouleau amortisseur

Les rouleaux amortisseurs sont équipés sur leur jupe d'un ensemble de bagues caoutchouc juxtaposées qui permettent d'amortir les chocs provoqués par la chute des matériaux dans les zones de déversement.



Figure 14 : Rouleau amortisseur

Tab.2 Diamètres D2/D1 de rouleau amortisseur

D2\D1	89	108	133	159	180	193	215
55	28						
63.5	35	35					
70		35	35				
89			35	35/40/50			
108				40/50	40	40	
133					40	45	50
159							40

Tous les rouleaux amortisseurs sont conçus avec :

- Coefficient d'anti abrasion 190 mm³ (test suivant norme NF ISO 23794)
- Anneaux ou de joints d'arrêt en translation
- Tolérance sur diamètre extérieur +/- 3mm
- Les bagues qui doivent être montées de façon à pouvoir couvrir le maximum de longueur de jupe tout en conservant la place pour pouvoir monter les arrêts en translation.

Options des bagues

- Bagues blanches pour agroalimentaire.
- Bagues nitrile pour contact avec hydrocarbure.

- Bagues antistatiques et auto extinguibles pour milieu atex.
- Bagues avec coefficient d'anti-abrasion amélioré (certaines dimensions seulement).

❖ **Rouleau anti-colmatant**

Rouleau à utiliser en retour de bande lorsque le côté sale de la bande est en contact avec la jupe.

Il facilite l'évacuation des matières colmatantes engrais, argiles, latérites et empêche que leur accumulation nuise au fonctionnement de l'installation.

Pour les applications difficiles, les entretoises plastiques ont un effet bénéfique et pour les bandes larges, le soutien des bords par des manchons est conseillé.



Figure 15 : Rouleau anti colmatant

Tab.3 Diamètres D2/D1 de rouleau anti colmatant

D2\D1	89	108	120	133	159	180	193
63.5	25	25					
70				30			
76			30				
89				25	25		
108					35	40	25

- Les bagues standards sont en caoutchouc naturel noir .
- Coefficient d'anti-abrasion 190 mm 3 (test suivant norme NF ISO 23794).
- Tolérance sur diamètre extérieur +/- 2mm et sur positionnement +/- 5mm.
- En standard les bagues sont montées de façon dissymétrique pour qu'un montage en quinconce des rouleaux rende l'anti-colmatage plus efficace.

Options :

- Bagues blanches pour l'agroalimentaire.
- Bagues nitriles pour contact avec hydrocarbures.
- Bagues anti statiques et auto-extinguibles pour milieu ATEX.
- Bagues avec coefficient anti abrasion amélioré.

Tab.4 Position des bagues en fonction de la largeur de bande.

Bande	Nbr bagues	H	Z2	Z1
400	5	30	130	70
500	6	30	130	60
600	7	30	130	50
650	7	25	130	70
700	7	35	130	80
800	8	35	130	70
900	9	35	130	60
1000	10	35	130	50
1200	11	55	130	60
1400	13	55	130	40
1600	14	60	130	60
1800	16	60	130	40
2000	17	60	130	60

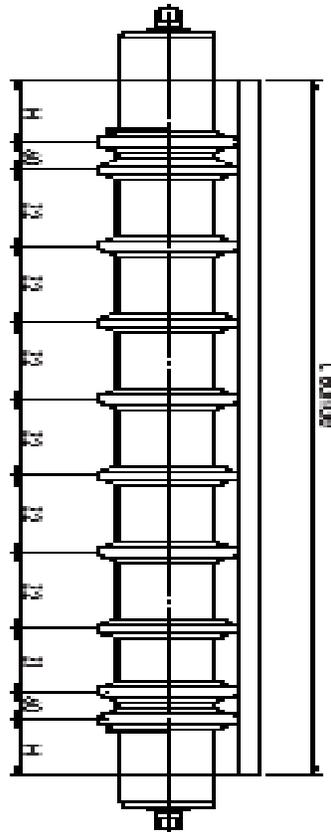


Figure 16 Position des bagues dans le rouleau

❖ **Rouleaux anti-colmatant manchonné**

Ces rouleaux, comme les précédents, sont à utiliser en retour de bande transportant des produits colmatant, les manchons permettent de mieux soutenir les bords de bande et de ne pas détruire les bagues d'extrémités.

Tab.5 Diamètres D2/D1 de rouleau anti colmatant manchonné

D2\D1	108	133	159	180	193
63.5	40				
70		40/50			
89		40/50	40		
108			40	40	40

- Bagues en caoutchouc naturel noir.
- Coefficient anti abrasion 190 mm³ (test suivant norme NF ISO 23794).
- Tolérance sur diamètre extérieur +/- 3mm.
- Tolérance sur positionnement +/- 5mm.

- Les bagues sont montées de façon dissymétrique mais les manchons sont montés de façon symétrique.

Tab.6 Position des bagues en fonction de la largeur de bande.

Pour retour à plat					
Bande	Largeur manchons	Nbr bagues	H	Z2	Z1
400	80	1	30	130	50
500	80	2	20	130	40
600	80	2	30	130	120
650	80	3	30	130	40
700	80	3	30	130	90
800	80	4	30	130	60
900	120	4	40	130	60
1000	120	5	30	130	50
1200	120	6	50	130	80
1400	160	6	50	130	100
1600	160	8	60	130	120
1800	160	10	60	130	60
2000	200	11	60	130	50
Pour retour en Vé					
Bande	Largeur manchons	Nbr bagues	H	Z2	Z1
1200	120/40	2	50	130	105
1400	120/40	3	50	130	75
1600	160/80	3	60	130	95
1800	160/80	4	60	130	65
2000	200/80	4	60	130	125

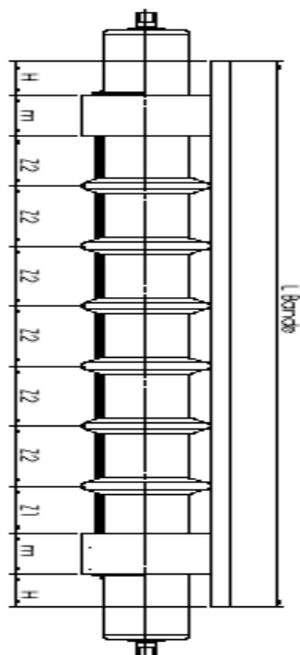


Figure 17 Position des bagues et des manchons dans le rouleau

❖ Rouleaux dégrasseurs

Les rouleaux dégrasseurs sont utilisés en retour de bande, dans le but de participer au nettoyage des bandes.

Il existe deux types de rouleaux dégrasseurs : à spires caoutchouc et à spires acier. Ces derniers sont plus efficaces mais usent les bandes plus rapidement.

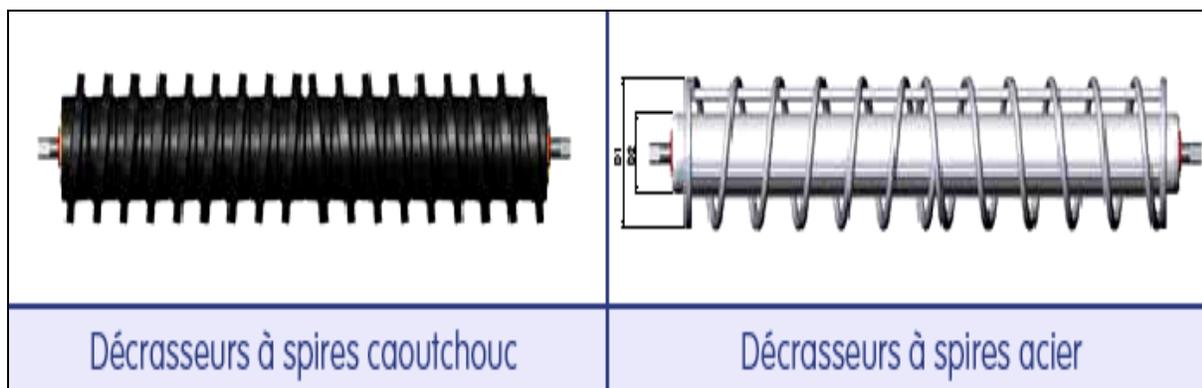


Figure 18 Rouleaux dégrasseurs

Tab.7 Diamètres D2/D1 de rouleau dégraisseur

D2/D1	89	108	133	180
63.5	35	40		
89			43	
108				45

- Bagues en caoutchouc naturel noir
- Coefficient anti abrasion 190 mm³ (test suivant norme NF ISO 23794).
- Rouleau avec longueur maximum couverte par un nombre paire de bagues et avec arrêts par anneaux soudés.

❖ **Rouleaux de retour pour bandes à tasseaux**

Il est possible de monter des disques de grand diamètre sur des rouleaux de retour afin de soutenir la bande en laissant le passage de tasseaux.

Tab.8 Diamètres du tube et du disque de rouleau de retour

Ø tube	Ø disque	Epaisseur
55	215	50
63.5	200	45
	250	45
	330	50
89	275	45
	355	50
108	194	50
133	194	50
	220	50



Figure 19 Rouleaux de retour pour bandes à tasseaux

❖ Rouleaux d'inflexion et de contrainte

Ces rouleaux doivent être protégés contre le happement, des tambours par exemple.

- Les rouleaux d'inflexion

Les rouleaux d'inflexion suivant l'angle de déviation qu'ils transmettent à la bande peuvent recevoir des efforts très variables. Ils peuvent donc être, selon le cas, être conçus comme des rouleaux porteurs surdimensionnés ou des rouleaux à boîtiers massifs avec des roulements à une rangée de billes ou à double rangée de rouleaux coniques. [8]

- Les rouleaux de contrainte

Les rouleaux de contrainte sont réalisés avec des boîtiers massifs et des roulements à rotule sur rouleaux.

Dans certain cas, des paliers appliques boulonnés sur des flasques peuvent faire office de boites à roulements. Dans les deux cas, l'axe doit être immobilisé en translation d'un coté et libre de l'autre afin que sa flexion ne génère pas de contraintes supplémentaires dans les roulements.

Suivant les applications, la jupe peut être brute ou usinée cylindrique ou biconique.

Il existe des rouleaux de contrainte à boîtiers massifs et avec paliers appliques

Les rouleaux peuvent être associés et montés en :

- Guirlandes à câble souple
- Guirlandes de rouleaux

❖ Guirlandes de rouleaux

Les guirlandes sont formées de rouleaux reliés entre eux par des maillons de chaînes. Elles peuvent être composées de 2,3, ou 5 rouleaux. Les guirlandes à deux rouleaux sont utilisées pour le retour de bande. Les autres sont utilisés sur le brin supérieur.

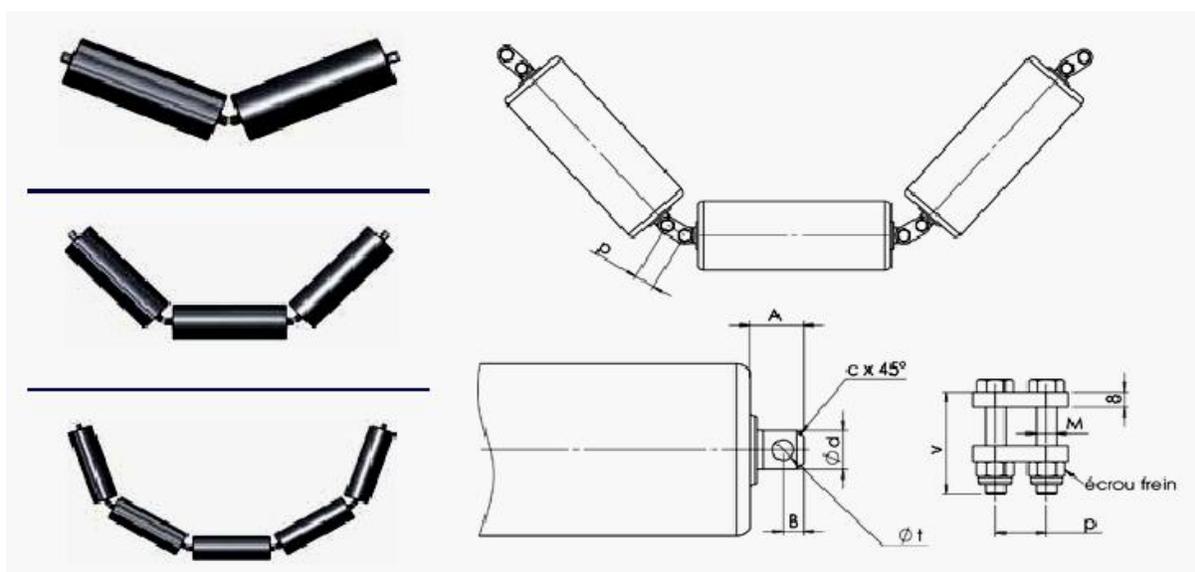


Figure 20 Guirlandes de rouleaux

Tab.9 Longueur des rouleaux formant les guirlandes

Bande	Ø jupe conseillée	Bande en vé	Bande en auge	Auge 5 rlx
400	89	240	150	
500	89	290	190	
650	89 ou 108	360	240	
800	89 ou 108 ou 133	430	290	150
1000	108 ou 133 ou 159	575	360	190
1200	108 ou 133 ou 159	675	430	240
1400	133 ou 159	725	500	290
1600	133 ou 159	875	570	360
1800	159 ou 197	975	640	380
2000	159 ou 197	1075	710	420

Fixation des guirlandes de rouleaux

Les rouleaux peuvent être maintenus entre eux avec une articulation simple dans le plan vertical. Mais les crochets d'extrémités doivent être liés aux rouleaux par l'intermédiaire d'une articulation double (plan vertical et horizontal).

Systemes d'attaches

Plusieurs systemes de maintien des guirlandes sont utilisés :

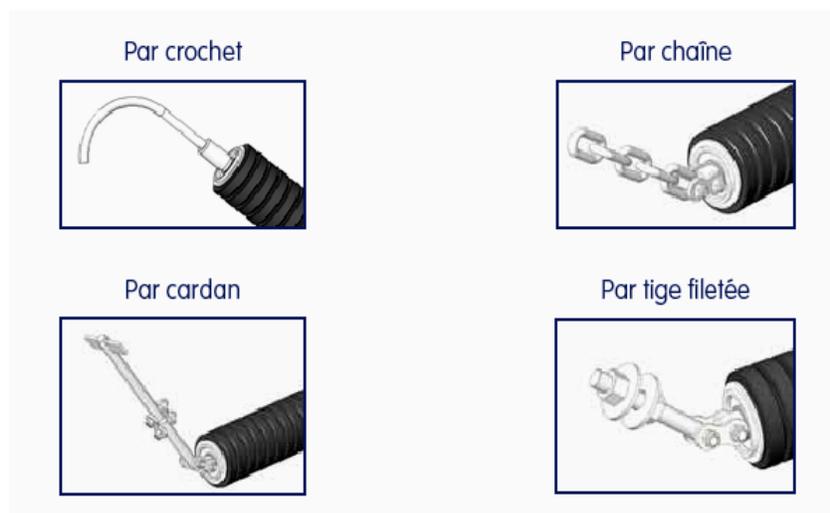


Figure 21 Attaches de guirlandes

❖ Guirlandes à câble souple

En fait, ce sont des galets en caoutchouc surmoulés sur un câble métallique. Les attaches sont serties sur le câble.

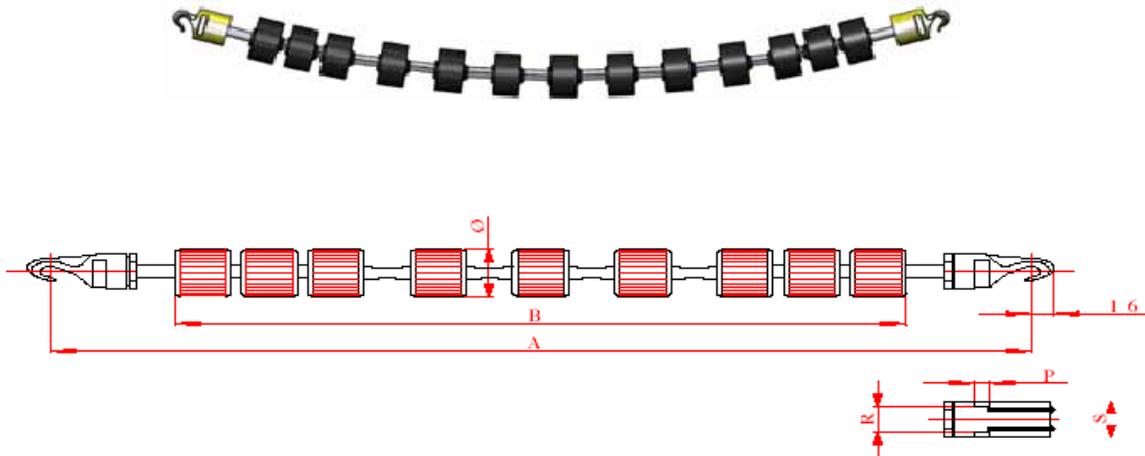


Figure 22 Guirlande à câble souple

Les facteurs de conception des rouleaux sont :

- Équilibre et résistance au démarrage,
- Tolérances,
- Type d'enveloppe du rouleau
 - caractéristiques du tube
 - épaisseur
 - fixation des embouts,
- Résistance au frottement et résistance aux chocs,
- Type de roulement
 - système de protection
 - adaptation à l'axe et aux embouts
 - lubrification
 - alignement,
- Axe: caractéristiques et tolérances de fabrication.

III-2) Eléments d'études et accessoires

III-2-1) Choix du diamètre du rouleau en fonction de la vitesse

Nous avons déjà indiqué que la vitesse de déplacement de la bande par rapport aux conditions de charge requises était un facteur important pour la conception d'un convoyeur.

A partir de la vitesse de la bande et du diamètre des rouleaux, on peut déterminer les tours-minute des rouleaux à l'aide de la formule suivante:

$$\mathfrak{n} = \frac{V * 1000 * 60}{D * \pi} \text{ [t/min]}$$

où:

D = diamètre des rouleaux [mm]

V = vitesse de la bande [m/s]

Le tableau **10** indique la relation entre la vitesse maximale de la bande, le diamètre des rouleaux et la vitesse de rotation relative.

Lors du choix des rouleaux, il est intéressant de noter que, même si un rouleau de diamètre supérieur donne lieu à une plus grande inertie au démarrage, il présente en réalité (les autres paramètres étant pris identiques) de nombreux avantages :

- ✓ réduction du nombre de tours-minute,
- ✓ diminution de l'usure des roulements et des cages,
- ✓ diminution du frottement de roulement et de l'usure entre le rouleau et la bande.

[9]

Tab.10 Vitesse maximale et nombre de rotations des rouleaux

Diamètre des rouleaux mm	Vitesse de la bande m/s	t/min n
50	1.5	573
63	2.0	606
76	2.5	628
89	3.0	644
102	3.5	655
108	4.0	707
133	5.0	718
159	6.0	720
194	7.0	689

Le choix du diamètre doit tenir compte de la largeur de la bande. Le tableau 11 indique le diamètre des rouleaux en fonction de la largeur de la bande.

Tab.11 - Diamètre recommandé pour les rouleaux

Largeur de la bande mm	Pour une vitesse								
	≤ 2 m/s Ø rouleau mm			2 ÷ 4 m/s Ø rouleau mm			≥ 4 m/s Ø rouleau mm		
500	89			89					
650	89			89	108				
800	89	108		89	108	133	133		
1000	108	133		108	133		133	159	
1200	108	133		108	133	159	133	159	
1400	133	159		133	159		133	159	
1600	133	159		133	159	194	133	159	194
1800	159	159	194	159	194				
2000	159	194		159	194		159	194	
2200 et autres	194			194			194		

On aurait pu indiquer d'autres diamètres, lorsque le choix est fait en fonction de la granulométrie du produit et de la dureté des conditions de travail.

III-2-2) Choix en fonction de la charge

Le type et les dimensions des rouleaux des convoyeurs à bande dépendent essentiellement de la largeur de la bande, de l'écartement des stations - supports, et surtout de la charge maximale que doivent supporter les rouleaux sous pression, nonobstant d'autres facteurs de correction.

Le calcul des efforts dus à la charge est généralement effectué par le concepteur de l'installation. Néanmoins, on trouvera ci-après, à titre de vérification ou pour des cas de convoyeurs simples, quelques principes permettant de déterminer les faits.

La première valeur à définir est l'effort exercé sur les stations –supports.

Ensuite, en fonction du type de station – support (porteuse, inférieure ou amortisseuse), du nombre de rouleaux sur une traverse ou un support, des angles d'inclinaison des rouleaux latéraux, de la granulométrie du produit et d'autres facteurs pertinents indiqués ci-après, on peut calculer l'effort maximal exercé sur les rouleaux pour chaque type de station-support.

La valeur d'effort ainsi obtenue peut être comparée à la capacité de charge des rouleaux indiquée dans ce catalogue, qui est valable pour une durée de vie prévisionnelle de 30.000 heures.

Pour une durée différente, on peut multiplier la capacité de charge par un coefficient correspondant à la durée de vie souhaitée

Principaux facteurs pertinents :

I_v = débit-masse	t/h
v = vitesse de la bande	m/s
a_o = écartement des stations-supports du brin supérieur	m
a_u = écartement des stations-supports du brin inférieur	m
q_b = poids de la bande par mètre linéaire	Kg/m
F_p = coefficient de participation des rouleaux sous contrainte maximale (dépend de l'inclinaison du rouleau dans la traverse)	

F_d = coefficient de choc (dépend de la granulométrie du produit)

F_s = coefficient d'utilisation

F_m = coefficient lié à l'environnement

F_v = coefficient de vitesse

Tab.12 - Coefficient de participation F_p

0°	20°	20°	30°	35°	45°
					
1,00	0.50	0.60	0.65	0.67	0.72

Tab.13 - Coefficient d'utilisation

Durée de vie	F_s
Moins de 6 heures par jour	0.8
De 6 à 9 heures par jour	1.0
De 10 à 16 heures par jour	1.1
Plus de 16 heures par jour	1.2

Tab.14 - Coefficient de choc F_d

Granulométrie du produit	Vitesse de la bande m/s						
	2	2.5	3	3.5	4	5	6
0 ÷ 100 mm	1	1	1	1	1	1	1
100 ÷ 150 mm	1.02	1.03	1.05	1.07	1.09	1.13	1.18
150 ÷ 300 mm en couches de produit fin	1.04	1.06	1.09	1.12	1.16	1.24	1.33
150 ÷ 300 mm sans couches de produit fin	1.06	1.09	1.12	1.16	1.21	1.35	1.5
300 ÷ 450 mm	1.2	1.32	1.5	1.7	1.9	2.3	2.8

Tab.15 - Coefficient lié à l'environnement

Conditions	Fm
Maintenance propre et régulière	0.9
Présence de produit abrasif ou corrosif	1.0
Présence de produit très abrasif ou corrosif	1.1

Tab.16 - Coefficient de vitesse F_v

Vitesse de la bande m/s	Diamètre des rouleaux mm						
	60	76	89-90	102	108-110	133-140	159
0.5	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
1.0	0.92	0.87	0.85	0.83	0.82	0.80	0.80
1.5	0.99	0.99	0.92	0.89	0.88	0.85	0.82
2.0	1.05	1.00	0.96	0.95	0.94	0.90	0.86
2.5			1.01	0.98	0.97	0.93	0.91
3.0			1.05	1.03	1.01	0.96	0.92
3.5					1.04	1.00	0.96
4.0					1.07	1.03	0.99
4.5					1.14	1.05	1.02
5.0					1.17	1.08	1.0

Tab.17 - Coefficient de vie théorique des roulements

Durée de vie prévisionnelle théorique du roulement	10'000	20'000	30'000	40'000	50'000	100'000
Coefficient avec base 30'000 heures	1.440	1.145	1.000	0.909	0.843	0.670
Coefficient avec base 10'000 heures	1	0.79	0.69	0.63	—	---

III-2-3) Axes

Il existe plusieurs façons de maintenir le rouleau dans son support.

Les formes d'axe les plus courantes sont :

- Méplats doubles Forme M (m.n)
- Méplats intérieurs doubles Forme W (m.n.t)
- Axe à monter en guirlande Forme A (n.n/g.h)
- Rouleau guide Forme Gu (f.h)
- Méplats simples Forme S (n.m)
- Taraudage Forme T (t.h)
- Filetage Forme F (f.h)
- Épaulement et filetage Forme E (f.h)
- Filetage entre méplats Forme P (n.m/t.h)
- Autres exécutions possibles Forme X

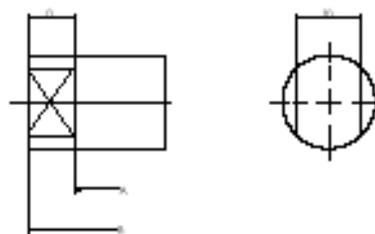
III-2-3-1) Méplats doubles Forme M (m.n)

Cette forme est la plus courante dans la manutention en vrac car c'est celle qui a été retenue dans les différentes normes européennes.

Les dimensions normalisées sont :

Tab.18 - Dimensions des méplats

Ø axe	Porteur mxn	Retour mxn
20	14x9	14x12(*)
25	18x12	18x12
30	22x12	22x12
40	32x12	32x12



Ø axe	Porteur mxn	Retour mxn
20	14x10	14x16
25	14x10 (18x10)	14x16 (18x16)
30	22x10	22x16
40	32x10	32x16

La norme prévoit la possibilité d'embouts rapportés sur les axes standards

- Sur axe diamètre 20 embout diamètre 35 méplat 30x10
- Sur axe diamètre 25 ou 30 embout diamètre 45 méplat 38x12

III-2-3-2) Méplats intérieurs doubles Forme W (m.n.t)

Ce type de méplat a pour avantage de rigidifier les supports, par contre seuls ceux prévus à cet effet peuvent recevoir ce type d'axe.

Cette forme est très courante dans les installations au standard Cema .

Les cotes des méplats sont à définir à la commande car le standard ne donne aucune précision sur les liaisons entre axe et support.

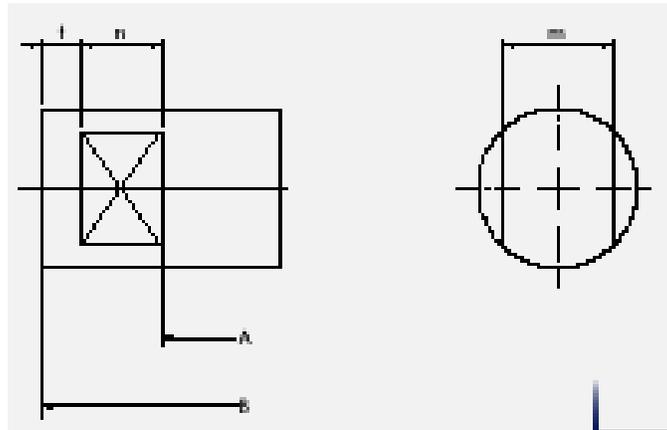
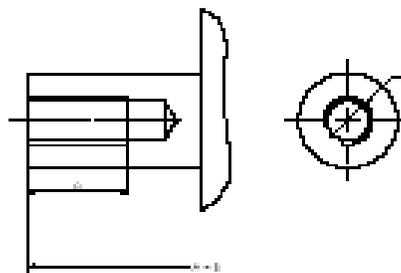


Figure 12 : Forme W du méplat

III-2-3-3) Taraudage Forme T (t.h)

Tab.19 Dimensions des filetages des axes

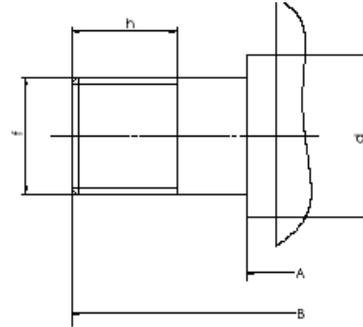
Ø axe	Ø de filet t	Profondeur h
15	M10	15
20	M12	18
25	M16	24
30	M20	30
40	M24	36



III-2-3-4) Épaulement et filetage Forme E (f.h)

Tab.20 Dimensions des filetages des épaulements

Ø axe	Ø de filet f	Profondeur h
15	M12	22
20	M16	28
25	M20	32
30	M24	40
40	M30	50



III-2-3-5) Filetage entre méplats Forme P (n.m/t.h)

Les stations peseuses sont souvent équipées de rouleaux offrant la possibilité d'un réglage de hauteur qui se fait à l'aide d'une vis pointeau venant se positionner entre les méplats.

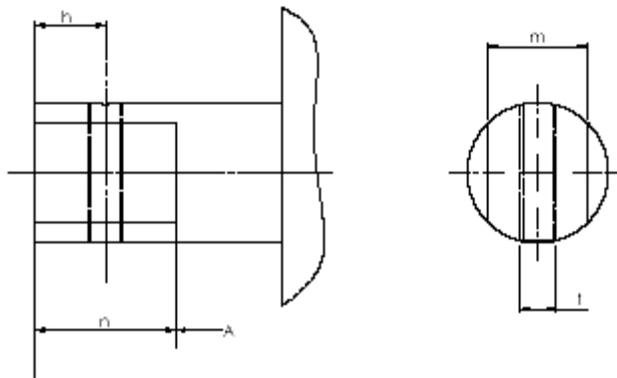


Figure 23 : Positionnement du trou de la vis de réglage de hauteur

III-2-3-6) Autres exécutions possibles Forme X

Grâce à nos tours à commande numérique, nous pouvons exécuter un grand nombre d'autres formes d'axes.

III-2-4) Tubes, fonction, opérations de fabrication et accessoires

Les tubes utilisés de façon courante sont des tubes roulés soudés en, légèrement huilés, suivant norme NFA EN 102 04/2.2.

III-2-4-1) Opérations de fabrication

Afin de resserrer les tolérances sur les défauts géométriques de concentricité et de cylindricité, nous pouvons usiner les tubes sur leur longueur. Si la longueur du tube dépasse 10 fois le diamètre, nous pouvons être obligés d'utiliser des tubes épais et sans soudures pour éviter les vibrations lors de l'usinage.

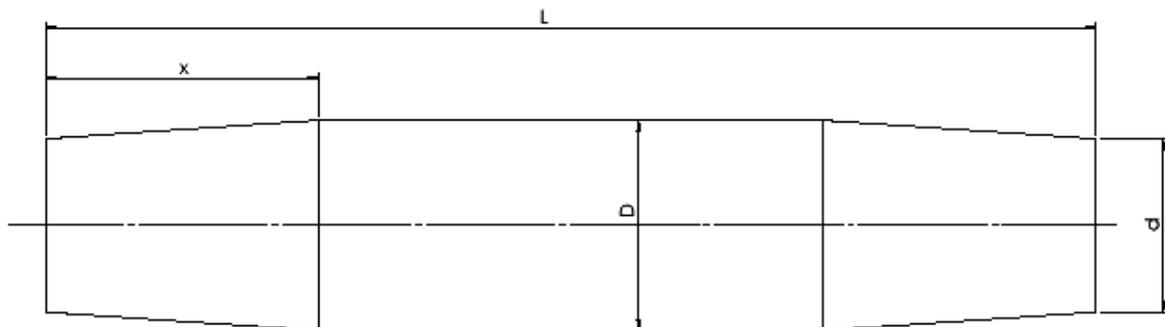
Ceci peut avoir une incidence notable sur le surcoût de l'opération.

Ce type d'usinage est souvent utilisé pour les rouleaux peseurs pour éviter que les vibrations ne faussent la mesure.

III-2-4-2) Particularités d'usinage

❖ L'usinage biconique

L'usinage biconique sur les tambours et rouleaux de contrainte permet d'améliorer le centrage des bandes sur les tubes longs, il peut être économiquement intéressant de ne pas usiner la partie cylindrique centrale.



$$d = D - 1,5\text{mm}$$

$$x = 150\text{mm mini ou compris entre } L/4 \text{ et } L/3$$

Figure 24 : Forme bi conique

❖ Moletage

Afin d'améliorer le coefficient d'adhérence, il est possible de réaliser un moletage sur le tube.

III-2-4-3) Revêtements et protection

A base de caoutchouc

Le revêtement caoutchouc des jupes de rouleaux peut avoir plusieurs intérêts :

- Amortissement des chocs
- Anti-corrosion
- Anti-colmatant
- Anti-abrasion
- Anti-déflagrance
- Tenue de la bande
- Propreté du côté utile de la bande (alimentaire)

En fonction de l'objectif recherché et de l'ambiance de fonctionnement, nous pourrions définir la matière, la dureté et le coefficient anti abrasion du revêtement. Ces élastomères sont, sauf spécification contraire, obtenus par vulcanisation à chaud en épaisseur courante de 5 mm avec une dureté de 65 Shore A (possibilité de dureté de 45 à 85 shore A).

Ils peuvent être de couleur noire (utilisation standard) ou blanche pour l'industrie agroalimentaire. Leur résistance à l'abrasion est inférieure à 150 mm³ (essai suivant norme NF ISO 23794).

Possibilité de propriétés de non propagation de la flamme, norme NF ISO 340

Possibilité de propriétés antistatiques, norme NF ISO 284 et 2878

Possibilité de meilleure résistance à l'abrasion : 56 mm³ (NF ISO 23794)

Les matières couramment offertes sont présentées ci-après.

- **Caoutchouc naturel**

Utilisé pour sa tenue à l'abrasion. Il améliore l'adhérence des bandes, amortit le bruit du transporteur et diminue le colmatage. Ne pas utiliser au contact d'hydrocarbures, huiles et graisses minérales, végétales ou animales.

- **Nitrile**

Tenue remarquable en présence d'hydrocarbures, graisses et huiles minérales, végétales ou animales.

- **Néoprène**

Conseiller pour ses propriétés de résistance au feu et à la chaleur.

- **EPDM**

Excellente résistance à la chaleur (110 / 120 °C) à la vapeur d'eau et au froid. Bonne résistance chimique aux bases, acides et sels. Ne résiste pas aux hydrocarbures.

- **Autres matériaux à base de caoutchouc**

D'autres matériaux existent aussi, ils sont à base de caoutchouc obtenus à partir de manchons ou feuilles collées, notamment des revêtements à chevrons ou à picots, ou de type Linatex.

- **Autres matériaux de type polyuréthanes ou plastiques caoutchouteux**

Les revêtements de ce type sont couramment utilisés dans l'industrie mais ils doivent être utilisés avec modération en plein air du fait de leur mauvaise biodégradabilité.

Protection anticorrosion

- **Zingage / zingage bichromatage**

Zingage électrolytique 10/12 microns

Passivation blanche : tenue au brouillard salin 180 heures (à titre indicatif)

Bichromaté jaune : tenue au brouillard salin 350 heures (à titre indicatif)

- **Galvanisation à chaud 60 à 70 microns**

Passivation blanche avec fleurage : tenue au brouillard salin 800 heures (à titre indicatif)

Remarque : pour des raisons de procédé et des raisons économiques, il faut préférer les boîtiers sertis aux boîtiers soudés en cas de zingage ou de galvanisation.

- **Peinture**

La peinture n'a qu'une durée de vie très limitée en fonctionnement, sa principale utilité est d'éviter la corrosion sur les installations en attente de démarrage.

Dans certain cas, la peinture peut aussi permettre de retarder la corrosion des boîtiers et donc prolonger la durée de vie du rouleau.

III-2-5) Roulements

Pour toutes les applications courantes, les roulements à billes à gorges profondes sont utilisés.

Dans certains cas, pour des raisons de charge excessive ou de durée de vie très importante, des roulements à double rangé de rouleaux coniques sont utilisés. Tous les roulements sont en aciers et réalisés conformément à la norme NFEN ISO 683-17.

Parfois des roulements INOX sont recommandés, dans ce cas l'acier utilisé est de la famille des Z100C13.

Pour le travail en haute température (plages de 80° à 350° Celsius), il faut faire le bon choix de roulements et de joints.

Dans le cas où le rouleau de manutention tourne doucement (vitesses inférieures à 600 tours/minute), une finition soignée des gorges est exigée. Dans le cas de vitesses supérieures, une super finition des gorges est imposée.

Dans un rouleau de manutention, ni les boîtiers, ni l'axe ne peuvent être considérés comme rigides.

Les roulements, avec un jeu réduit, provoqueraient un cisaillement des billes, ce qui serait très préjudiciable à leur durée de vie.

Les roulements peuvent être protégés soit par déflecteur métallique soit par joint.

Les roulements à billes utilisés sont, en général, équipés de cages de séparation des billes en tôle acier. Dans certaines applications, notamment l'extraction du charbon, les roulements à cage plastique leur sont préférés.

La tolérance f8 est préconisée sur axe étiré brut et petits diamètres, alors que g7 est recommandée sur axe usiné et diamètres plus importants.

Le montage des bagues de roulements avec serrage peut provoquer l'apparition de contraintes importantes à la dilatation ou au fléchissement de l'axe, ce qui peut diminuer sensiblement la durée de vie du roulement.

III-2-6) Joints pour axes

Plusieurs types de joints sont proposés dans les domaines de la manutention continue.

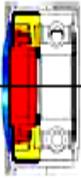
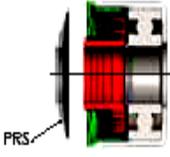
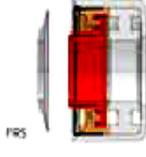
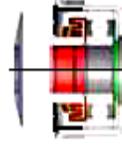
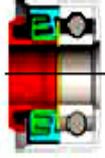
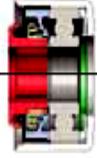
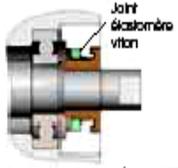
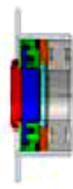
		
Joint VBA : Utilisé avec des boîtiers plastiques	Joint BA : Utilisé dans les convoyeurs à bande légère	Joint BA+ : Utilisé dans les milieux les plus durs (lavage de légumes, ciment)
		
Joint LM204	Joint LM205	Joint LM206/ Joint LM305
		
Joint M+ 204	Joint M+ 305	Joint M+ 308
 Joint à base de viton Rouleau haute température 150°C Ambiance sidérurgie		
Fonctionnement à haute température en sidérurgie	Joint pour axe Ø 50 en milieu minier	

Figure 25 : Joints pour axes

Afin de renforcer l'étanchéité, une protection d'entrée est très utile, elle permet d'accroître la durée de vie du rouleau. La protection externe s'effectue généralement par chicane formée par un déflecteur en PEHD et l'extrémité évasée du couvercle en acier (zingage ou inox pour l'alimentaire). Il en est de même pour la protection interne, des joints élastomères de type polyuréthane forment chicane et lèvres d'étanchéité. Le matériau étant résistant à toutes agressions chimiques.

Une troisième étanchéité est formée par un contact entre la partie arrière du joint et les faces des bagues des roulements.

III-2-7) Liaisons boîtier - tube

En fonction de la forme du boîtier, la liaison de ce dernier avec le tube peut être faite suivant des procédés différents. Afin d'être le plus précis possible dans le descriptif de nos produits, nous décrivons ici l'ensemble des procédés possibles et nous nous référons à ces descriptifs dans les tableaux suivants.

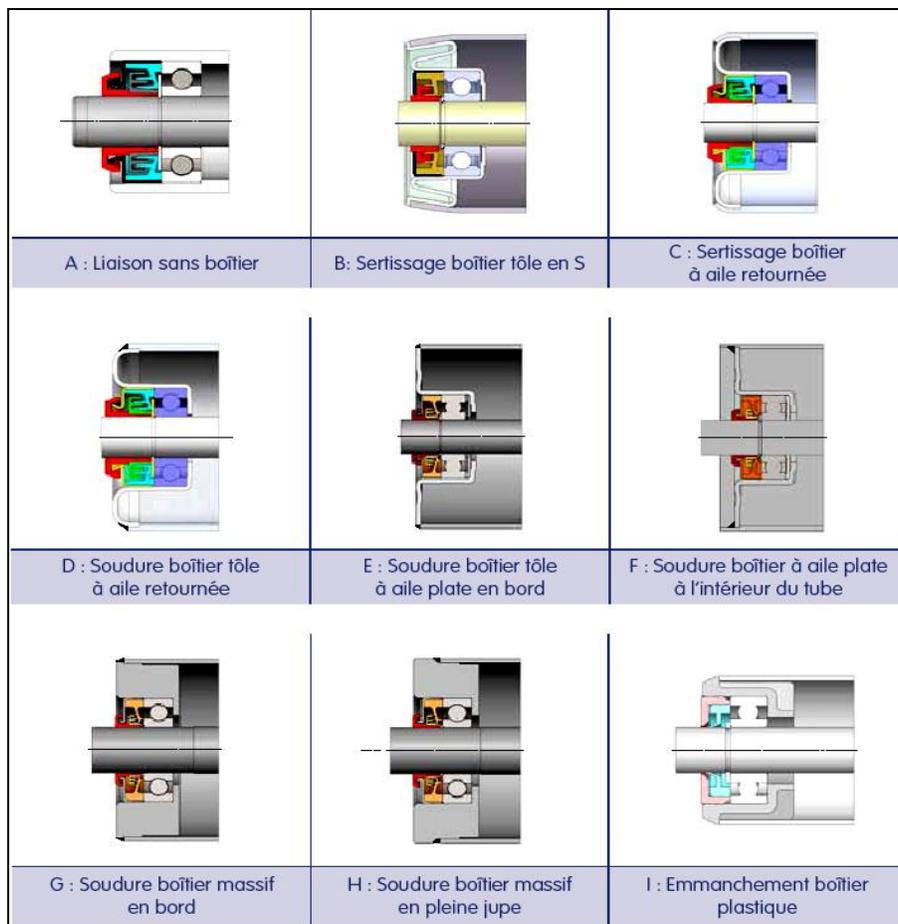


Figure 26: Liaisons boîtier - tube

Tab.21 Type de boîtier par rapport aux dimensions des accessoires

Ø tube	Épaisseur tube	Liaison boîtiers	Matière/ép boîtier	Joints possibles	base	prop
38	2	A		Ba Ba+	0.24	3.3
40	4	A		Ba Ba+	0.24	5.3
60	2	B	1.5	Ba Ba+	0.4	4.3
60	2.9	B	1.5	Ba Ba+	0.4	5.7
63.5	2.9	B	1.5	Ba Ba+	0.4	5.9
70	2	B	1.5	Ba Ba+	0.42	4.8
70	2.9	B	1.5	Ba Ba+	0.42	6.4
50 PVC	2.8	I	Polypropylène	VBA	0.3	2.0
63 PVC	4.7	I	polypropylène	VBA	0.33	1.7

Chapitre IV

IV-1) Opérations de Fabrication des Rouleaux et Durées

IV-1-1) Exigences Techniques

▪ Gamme des rouleaux et des axes produits (dimensions)

Diamètres extérieurs des rouleaux

60mm – 70mm - 77mm - 89mm - 101.3mm - 133mm

Longueurs des rouleaux : longueurs variables de 120mm à 1315mm.

Diamètres des axes : 15mm à 35 mm brut.

Longueur des axes = longueur variable du rouleau + 26mm.

▪ Tolérances dimensionnelles

Tolérances sur les diamètres extérieurs des tubes

D mini = D nominal – 0.2mm

D maxi = D nominal

Épaisseurs des tubes : 3.5mm

Ep mini = Épaisseur nominale - 0.3mm

Ep maxi = Épaisseur nominale + 0.3mm

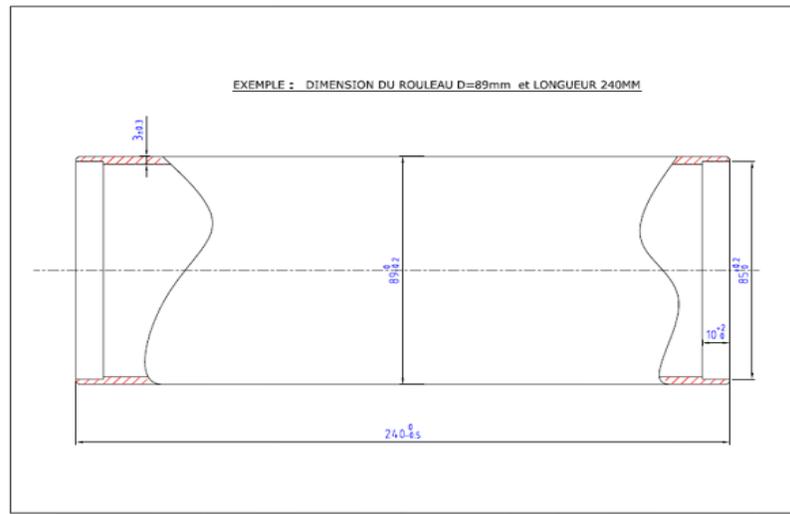
- Ovalisation sur tubes : plus ou moins 0.4mm**
- Flèche admissible : 1 mm/mètre**
- Diamètres axes : mini 10mm, maxi 35mm**
- Tolérances sur les diamètres des axes : h7 et h8**
- Méplats sur les axes**

D axes	10	12	14	15	20	25	30	35
X méplats	6	8	10 (8)	10 (8)	14	14 (8)	22	27

IV-1-2) Opérations de fabrication des pièces et leurs durées à GMZ

Pièce N°1 : Tube

Phase 10 Découpe avec scie a ruban
Phase 20 Alésage sur Tour

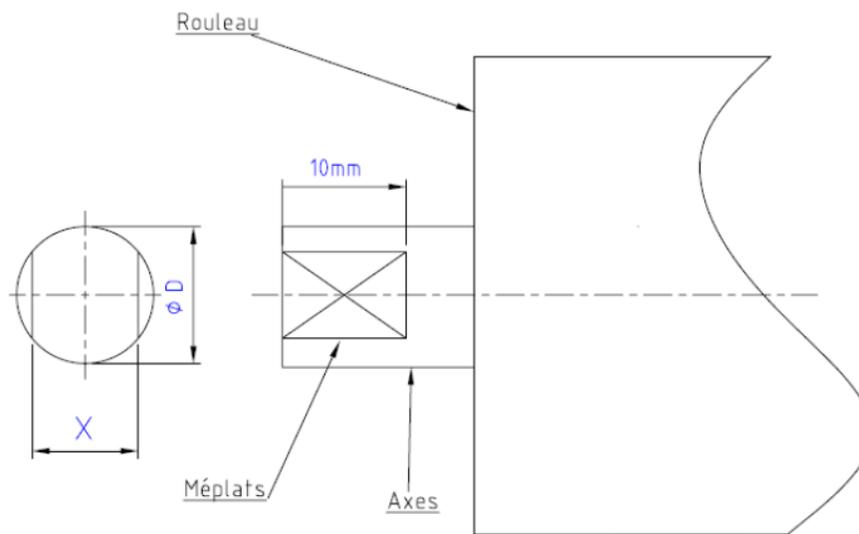
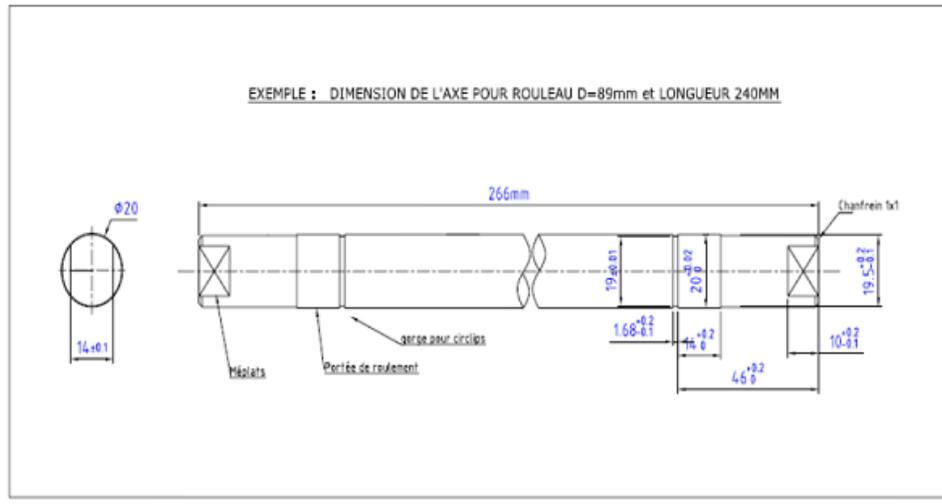


Opération n°1 : Montage du Tube sur la scie	10 sec
Opération n°2 : Découpage du Tube	3 min
Opération n°3 : Montage du Tube sur Tour coté D	15 sec
Opération n°4 : Alésage du Tube phase 1	1 min
Opération n°5 : Démontage	5 sec
Opération n°5 : Montage du Tube sur Tour coté G	15 sec
Opération n°6 : Alésage du Tube phase 2	1min
Opération n°7 : Démontage	5 sec

Total temps 5min et 40 sec

Pièce n°2 : Axe

- Phase 10 découpage avec scie a Ruban
Phase 20 Fraisage des méplats
Phase 30 Rainurage sur le Tour



Opération n°1 : Montage Axe scie	10 sec
Opération n°2 : Découpage des Axes	2 min
Opération n°3 : Montage sur Fraiseuse coté D	15 sec
Opération n°4 : Fraisage Méplat 1	30 sec
Opération n°5 : Démontage	5 sec
Opération n°5 : Montage	15 sec
Opération n°6 : Fraisage Méplat 2	30 sec
Opération n°7 : Démontage	5 sec
Opération n°5 : Montage	15 sec
Opération n°6 : Fraisage Méplate 3	30 sec
Opération n°7 : Démontage	5 sec
Opération n°8 : Montage	15 sec
Opération n°9 : Fraisage Méplate 4	30 sec
Opération n°10: Démontage	5 sec
Opération n°11: Montage sur Tour coté D	10 sec
Opération n°12: Rainurage coté D	30 sec
Opération n°13: Démontage	5 sec
Opération n°14 : Montage coté G	10 sec
Opération n°15 : Rainurages coté G	30 sec
Opération n°16 : Démontage	5 sec

Total temps	7 min
-------------	-------

IV-1-3) Fabrication journalière des tubes et des axes à GMZ

En terme de fabrication, pour une journée de travail, c'est à dire pour 08 heures de travail, l'Entreprise GMZ produit effectivement :

85 tubes de diamètre

68 axes de diamètre

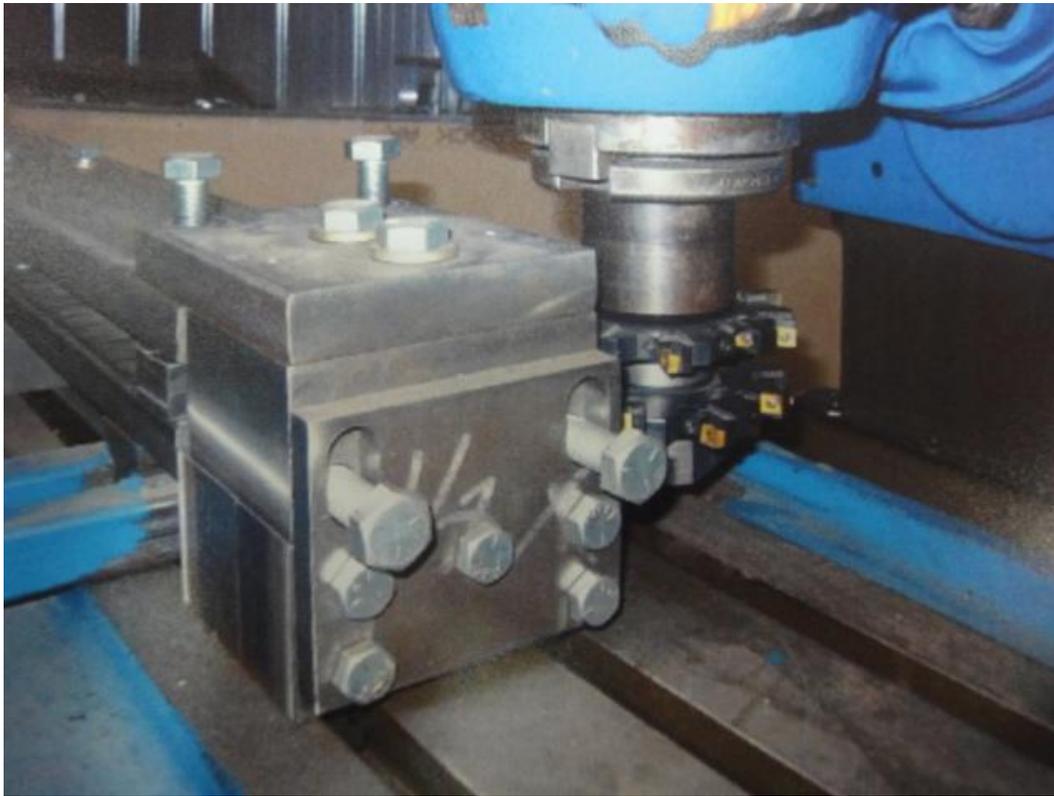
Pour les autres diamètres :

IV-1-4) Autres pièces utilisés dans la fabrication des rouleaux (fabriquées hors Entreprise)

- Boîtier de Roulement
- Roulement
- Cache protège joint
- Joint a lèvres

IV-2) Propositions pour l'augmentation de la Production des Rouleaux

IV-2-1) Solution N°1 : Proposition d'un train de fraises, au lieu et place d'une fraise



Les phases deviennent :

Phase 10 découpage avec scie a Ruban

Phase 20 Fraisage des méplates

Phase 30 Rainurage sur le Tour

Et les durées des opérations :

Opération n°1 : Montage Axe sur la scie a ruban	10 sec
Opération n°2 : Découpages des Axe	1 min
Opération n°3 : Montage sur le Fraiseuse coté Dt	15 sec
Opération n°4 : Fraisage Méplate 1 et Méplate 2	30 sec
Opération n°5 : Démontage	5 sec
Opération n°5 : Montage	15 sec
Opération n°6 : Fraisage Méplate 3 et Méplate 4	30 sec
Opération n°7 : Démontage	5 sec
Opération n°11: Montage sur le Tour coté Dt	10 sec
Opération n°12: Rainurages coté Dt	30 sec
Opération n°13: Démontage	5 sec
Opération n°14 : Montage coté G	10 sec
Opération n°15 : Rainurages coté G	30 sec
Opération n°16 : Démontage	5 sec
Total	4 min 20sec

Fabrication journalière des axes devient :

111 axes par jour

IV-2-2) Solution N°2 : Utilisation de dispositifs de fixation de 06 axes sur la Fraiseuse et sur la scie a ruban

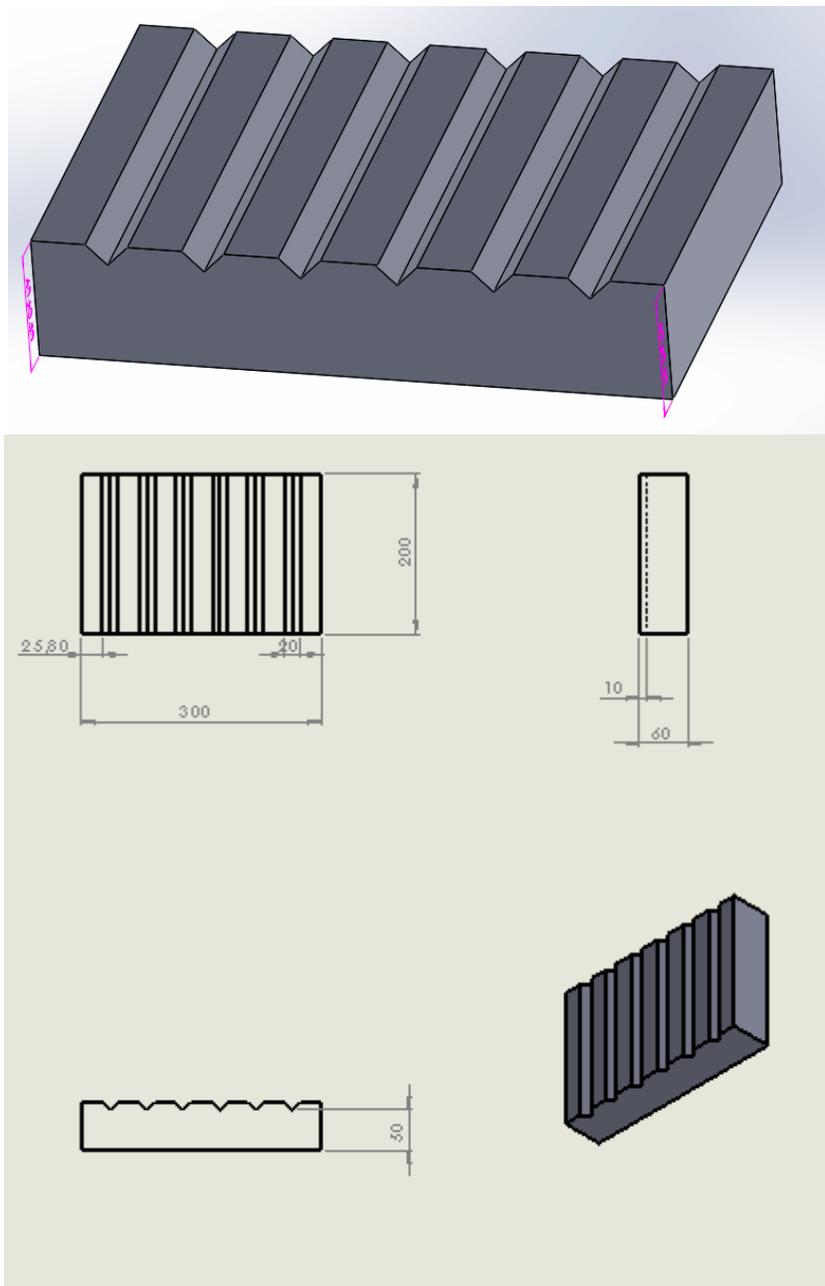


Figure 28 : Dispositifs de fixation pour 06 axes

Détails des opérations

Opération n°1 : Montage de Axes sur scie	10 sec
Opération n°2 : Découpages des Axes	1 min
Opération n°3 : Montage sur le Fraiseuse coté D	1 min
Opération n°4 : Fraisage Méplate 1 et Méplate 2	5 min
Opération n°5 : Démontage	15 sec
Opération n°5 : Montage	1 min
Opération n°6 : Fraisage Méplate 3 et Méplate 4	5 min
Opération n°7 : Démontage	30 sec
Opération n°11: Montage sur le Tour coté Dt	10 sec
Opération n°12: Rainurages coté Dt	30 sec
Opération n°13: Démontage	5 sec
Opération n°14 : Montage coté G	10 sec
Opération n°15 : Rainurages coté G	30 sec
Opération n°16 : Démontage	5 sec
Total	10 min 30sec

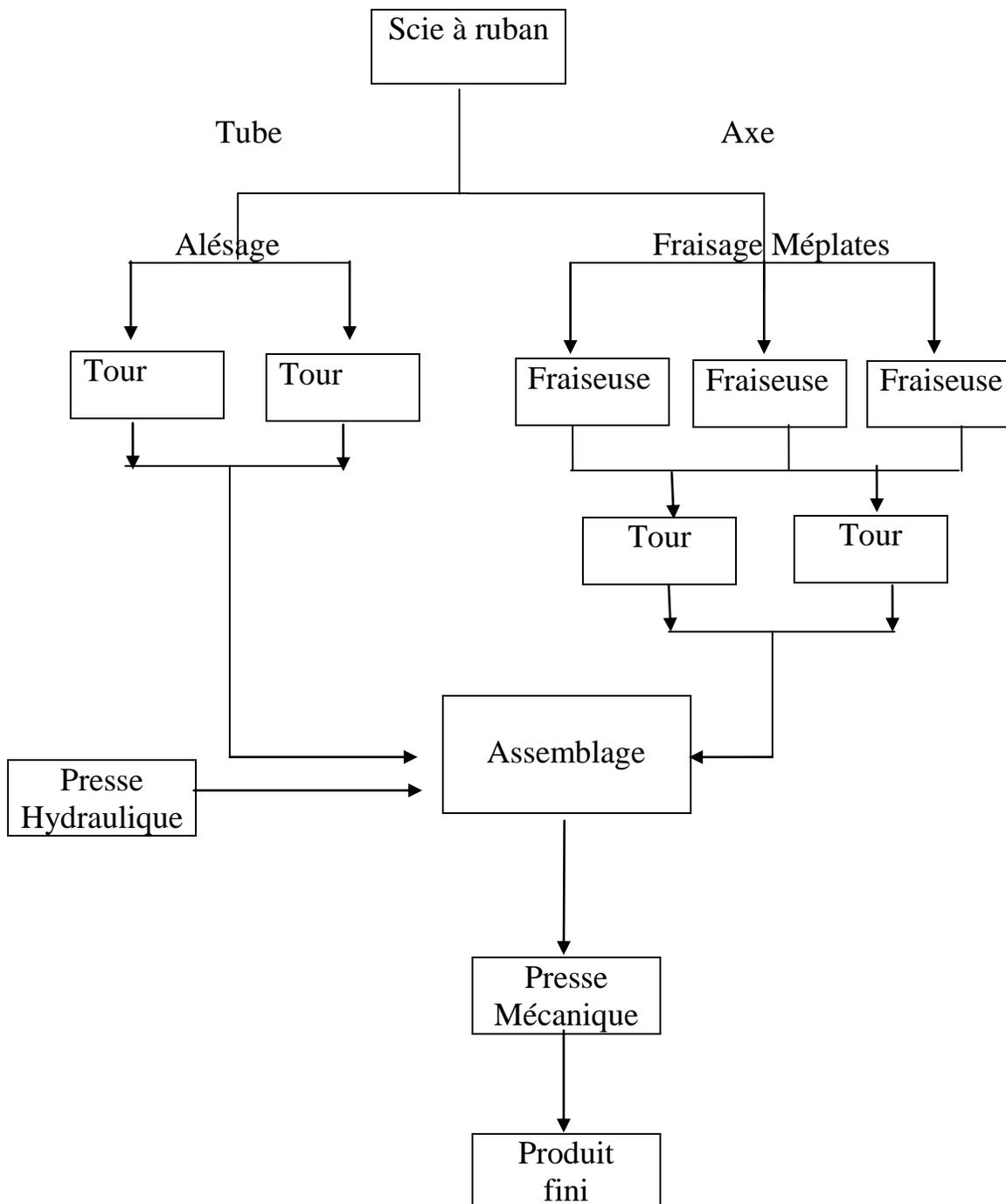
Fabrication journalière des axes devient :

Avec 8 heures (28800 sec) de travail et 8 min 10sec (630 sec) pour 6 axes, la fabrication journalière devient :

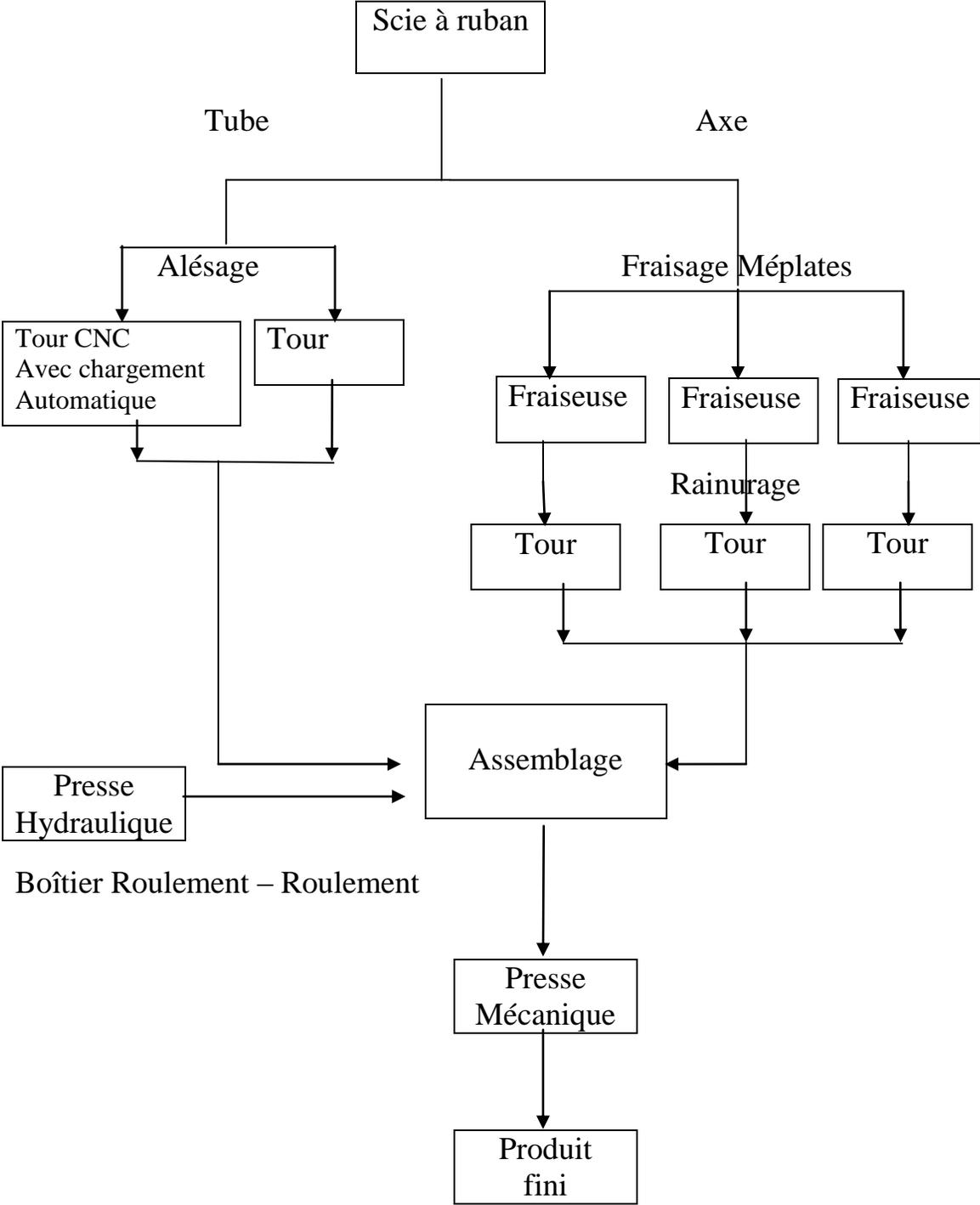
274 axes par jour

IV-2-3) Solution N° 3 : Organisations de l'Atelier

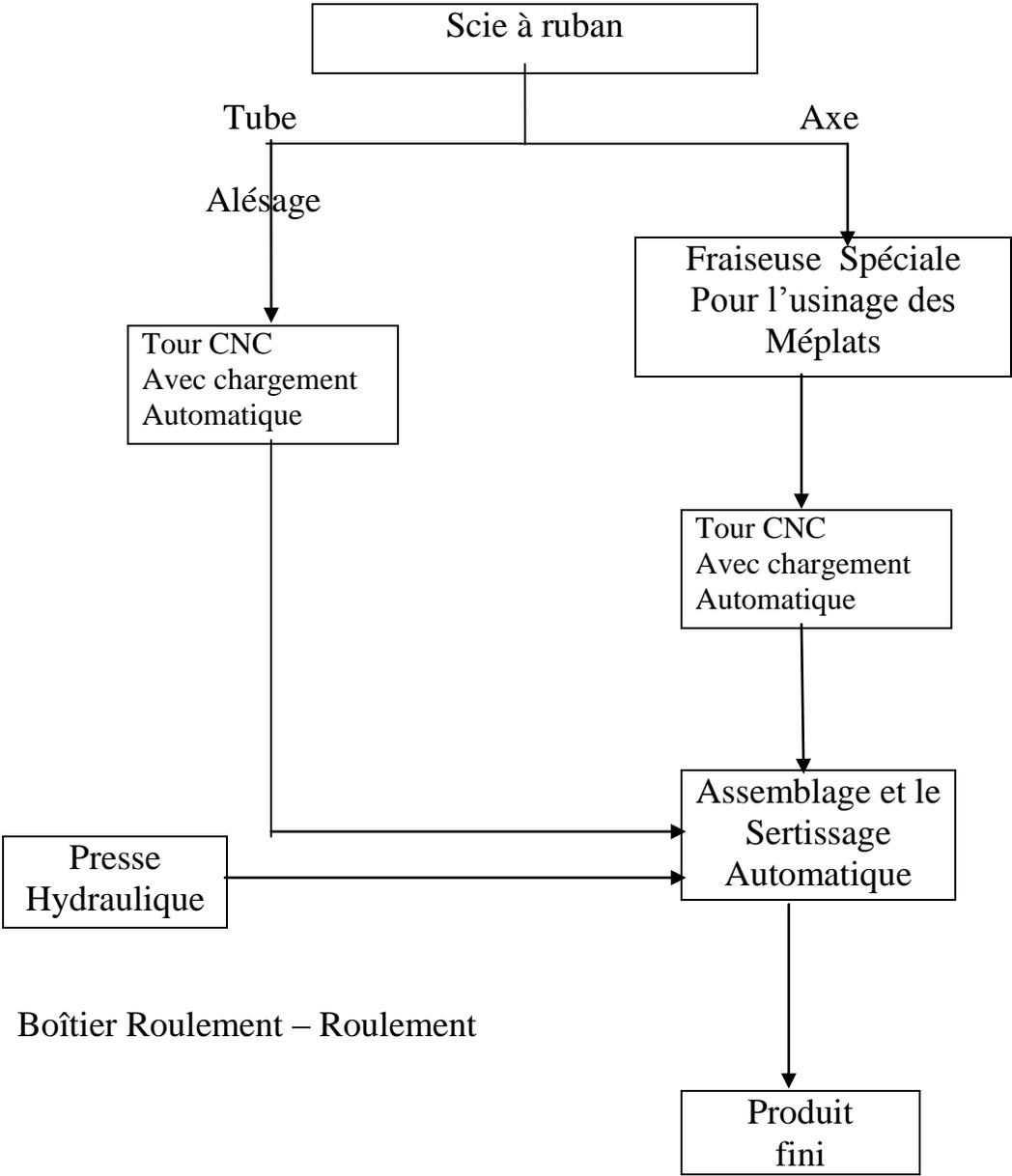
Proposition 1 : Changement de l'organisation avec les machines existantes dans les ateliers de GMZ



Proposition 2 : Changement de l'organisation avec les machines de l'Atelier et l'incorporation du Tour CNC (nouvellement acquis) avec chargeur automatique.



Proposition 3 : Incorporation d'une Fraiseuse Spéciale pour l'usinage des Méplates, incorporation de Tours CNC et Introduction d'un dispositif d'assemblage et de Sertissage automatiques



Boîtier Roulement – Roulement

Conclusion

Le convoyeur à bande est le mode de transport qui remplit les critères de choix. Par rapport à d'autres systèmes, c'est en fait le plus économique, compte tenu notamment de son adaptabilité aux conditions les plus diverses et les plus difficiles. Les rouleaux qui la soutiennent sur toute sa longueur sont tout aussi importants et il convient de les concevoir, de les choisir et de les fabriquer de manière à optimiser leur durée de vie et celle de la bande.

Il convient de les étudier, de les concevoir et de les fabriquer convenablement ou de les choisir de manière à optimiser leur durée de vie et en même temps celle de la bande.

La résistance à la mise en rotation des rouleaux a une influence importante sur la bande et, par conséquent, sur la puissance nécessaire pour la déplacer et la maintenir en mouvement.

Références bibliographique

- [1] letouzeu A. ordonnancement interactif basé sur inducteurs 2001
- [2] lopez P l'ordonnancement et organisation de Production 2000
- [3] Penz B Construction agrégatives d'ordonnancement pour Job-shops 1998
- [4] Jain A Calcule des contrainte de Convoyeur a Bande 2001
- [5] Javel G Organisation et Gestion de la Production 3^{ème} édition 2004
- [6] didye L Convoyeurs a bandes el leur domaines d'utilisation 2000
- [7] Reghioui M Implantation des ressources de production 2010
- [8] <http://www.cis-convoyeur.com/duro-flex-patins-glissement.php>
- [9] <http://www.flexco.com/filebase/fr/log/File202>
- [10] <http://www.elcom.fr/ftp/pdf/2012-11-29-catalogue-CONVOYEUR.pdf>
- [11] <http://www.manutan.fr/c-GMC00714/transporteur-a-rouleaux-libres.html>