

Faculté des Sciences et Techniques de Fès



Département de Génie Industriel



LST de Génie Industriel

Projet de Fin d'Etudes

Etude de la conception
d'un convoyeur d'accumulation

Lieu : SBM FES

Référence : 14/18GI

Préparé par :

- ELGOURDE Fatima zahrae
- BOUANANI Boutayna

Soutenu le 07 Juin 2018 devant le jury composé de :

- Pr.RZINE Bouchra (Encadrante FST)
- Pr.TAJRI Ikram (Examinatrice)
- Mr.BELMAJDOUB Fouad (Examinateur)
- Mr.BERBAR Salah Eddine (Encadrant Société)

Dédicace :

Nos dédicaces les plus honorées vont à la direction de :

❖ *Mme.RZINE notre encadrante et professeur qui nous a aidé sérieusement dans la réalisation de notre projet de fin d'étude.*

❖ *À Nos chers parents :*

Votre affection, vos sacrifices et votre soutien tant moral que matériel ne nous ont jamais fait défaut.

Aucune dédicace ne saurait exprimer notre reconnaissance et notre affection.

Puisse dieu vous accorder bonheur et longue vie.

❖ *À nos amis :*

Nous vous dédions ce rapport avec nos souhaits de réussite, de santé et bel avenir.

❖ *À nos enseignants :*

Nos chers enseignants, nous avons pu durant notre formation apprécier la noblesse de vos idées et profiter de vos enseignements clairs et précis.

Veillez trouver ici, l'expression de notre reconnaissance et notre grande estimation.

Table des matières

Chapitre I : Présentation de l'entreprise.....	9
I. Présentation de l'entreprise et Groupe Brasseries du Maroc.....	10
I.1. Présentation de la société et le groupe SBM :.....	10
I.2. Evénements marquants :.....	10
I.3. Fiche d'identification :	11
I.4. Organigramme de la société:.....	11
II. Procédé de la fabrication de la bière au sein de SBM FES :.....	12
II.1. Description du procédé du maltage :	13
II.2. Description du procédé du concassage:	13
II.3. Description du procédé de brassage :.....	13
II.4. Description du procédé de refroidissement :	14
II.5. Description du procédé de la fermentation :	14
II.6. Description du procédé de la maturation:	14
II.7. Description du procédé de la filtration:	14
II.8. Stockage de la bière:	15
II.9. Description du procédé de conditionnement:	15
Chapitre II : Problematique et Analyse fonctionnelle du système.....	10
I. Introduction :.....	18
II. Problématique :	18
III. Cahier des charges :.....	18
IV. Analyse fonctionnelle :.....	19
IV.1. Diagramme de bête à corne :	19
IV.2. Diagramme pieuvre (graphe des interactions) :	20
V. Méthode FAST (Function Analysis System Technic):.....	26
Chapitre III : Dimensionnement et Etude dynamique du nouveau convoyeur.....	28
I. Description du convoyeur d'accumulation :	29
II. Etude dynamique :	30
II.1. Calcul de l'accélération :	31
II.2. Détermination de la force et le couple de traction:	32

II.3. Choix du motoréducteur :	36
II.4. Vérification du dimensionnement de l'arbre :	37
II.5. Détermination des dimensions des jambes:	39
II.6. Détermination de la longueur de la chaîne :	40
Chapitre IV : Création du système sous CATIA V5.....	42
I. Dessin d'ensemble :	43
II. Présentation des différents composants du convoyeur sous CATIA V5:	44
Annexes:	53
Annexe 1: Calcul de la vitesse, la capacité et la cadence du convoyeur	53
Annexe2 : Dessins de définition des composants	56
Bibliographie :	57

Remerciements :

Élaborer ce rapport fut pour nous un honneur, le rédiger fut un plaisir.

*Nous tenons avant d'aborder le développement de ce rapport, à remercier notre encadrante **Mme.RZINE** enseignante à la faculté des sciences et techniques à fès pour les efforts qu'elle a déployé, les conseils fructueux qu'elle n'a pas cessé de nous aider avec bienveillance.*

Nos remerciements vont aussi aux membres du jury qui nous ont honorés par leur présence.

Nous adressons également nos remerciements à tous les enseignants de la filière Génie Industriel. Qui ont contribué à notre formation pendant cette année à l'FST de Fès.

Enfin nous remercions tous ce qui ont contribué à faciliter la tâche de notre travail, en prodiguant généralement leur aide accompagnée de sympathie et d'encouragements trouvent ici l'expression de notre sincère gratitude.

Liste des figures

Figure 1: Organigramme de SBM FES.	12
Figure 2: Processus de fabrication de la bière	13
Figure 3: Diagramme bête à corne de notre projet.	20
Figure 4: Diagramme pieuvre du convoyeur en phase de fabrication.	21
Figure 5: Diagramme de pieuvre de la phase d'exploitation	22
Figure 6: Diagramme de pieuvre du convoyeur en phase de maintenance.	23
Figure 7: Diagramme de pieuvre de la phase de déclassement	24
Figure 8: Modèle de FAST.....	26
Figure 9: Diagramme de FAST du convoyeur d'accumulation.	27
Figure 10: Clavette	38
Figure 11: Montage correct de la chaine.	41
Figure 12: Création de la chaine sous CATIA.	44
Figure 13: Création des roues de traction et de renvoi sous CATIA.	45
Figure 14: Création du motoréducteur sous CATIA.	45
Figure 15: Création de variateur de vitesse sous CATIA.....	46
Figure 16: Création de l'arbre de transmission sous CATIA.....	46
Figure 17: Création de la clavette sous CATIA.	47
Figure 18: Création du profil en Z sous CATIA.	47
Figure 19: Création du profil en U sous CATIA.	48
Figure 20: Création du guide sous CATIA.....	49
Figure 21: Création du support de guidage sous CATIA.	49
Figure 22: Création des jambes du convoyeur sous CATIA.	50

Liste des tableaux

Tableau 1: Historique de SBM FES.....	10
Tableau 2: Cahier des charges fonctionnel.....	25
Tableau 3: Caractéristiques de la chaine.	29
Tableau 4: Caractéristiques de la roue de traction et de renvoie.....	30
Tableau 5: facteur de service et ses applications.....	34

Introduction générale :

Aujourd'hui, le domaine industriel a connu certains développements techniques et technologiques au niveau de plusieurs phases dès l'approvisionnement de la matière première jusqu'à la distribution du produit fini.

La Société des Brasseries Marocain de FES (SBM FES) où nous avons effectué notre stage de fin d'étude est l'une des entreprises qui utilise des moyens développés tout au long de son processus de fabrication, et particulièrement dans l'étape de conditionnement où l'entreprise fait appel à des équipements de contrôles et de manutention bien sophistiqués. Les premiers servent à bien vérifier que les récipients sont d'une bonne qualité et les deuxièmes consistent soit au déplacement des bouteilles d'une machine à une autre ou bien à l'accumulation de ces dernières.

Et pour bien atteindre les objectifs souhaités comme l'amélioration de la productivité et de la qualité, l'entreprise nous a proposée un sujet qui vise à traiter les arrêts répétitifs de l'inspectrice HEUFT et la possibilité de les éliminer en réalisant un nouveau convoyeur d'accumulation. Ce convoyeur va servir à ranger les bouteilles non-conformes éjectées par cette inspectrice.

La conception de ce convoyeur requiert une visite générale de l'usine afin de localiser dans quelle étape du conditionnement s'inscrit notre projet, puis une étude fonctionnelle bien détaillée de notre système et une autre mécanique ainsi qu'une création de chaque composant du convoyeur sous CATIA V5.

Ce rapport sera basé sur les chapitres suivants :

- Le premier chapitre sera consacré à la présentation de la société et le procédé de fabrication.
- Le deuxième chapitre présentera la problématique et l'analyse fonctionnelle de notre système
- Le troisième chapitre sera réservé au choix des composants du convoyeur en se basant sur une étude mécanique.
- Dans le quatrième chapitre nous allons présenter le dessin d'ensemble du système entier et les dessins 2D et 3D de ses composants sous CATIA V5.

CHAPITRE I :
PRESENTATION DE L'ENTREPRISE

I. Présentation de l'entreprise et Groupe Brasseries du Maroc.

I.1. Présentation de la société et le groupe SBM :

SBM FES fait partie du Groupe Brasserie du Maroc, créée en 1948, c'est une S.A avec un capital de 50 000 000 DH. Elle est spécialisée dans le brassage de boissons alcoolisées et la distribution d'eau minérale et eau de source.

Suite au démarrage de plusieurs projets touristiques ainsi que l'ouverture de nouveaux magasins de grande distribution, l'activité de la société a progressée considérablement.

Le développement des ventes dû à la prospérité de l'activité touristique, l'étendu de champ de la grande distribution, combiné à l'augmentation continue des prix de ces produits, sont des facteurs qui ont permis au brasseur de Fès de réaliser une croissance de + 35,55 % en bénéfice net lors de l'exercice 2011 par rapport à 2010.

Les produits Alcooliques de SBM FES sont : Special, Stork.

Les produits non-Alcooliques de SBM FES sont : Fayrouz, Merry, Ain Ifrane.

I.2. Evénements marquants :

Le tableau ci-dessous présente plusieurs évènements qui ont marqué la vie de SBM FES :

1919	Création de la société des brasseries du Maroc, exerçant son activité dans le domaine de la fabrication et la vente de la bière et des boissons gazeuses
1948	Création de Brasserie du Nord marocain (SBM FES) par les Brasseries et Glacières Internationales (BGI)
1974	Introduction de la société à la Bourse de Casablanca
1999	Prise de contrôle du groupe ONA de SBM FES à travers sa participation dans la SNI
2001	Certification ISO 9002 version 1994.
2003	Certification ISO 9001 version 2000 et acquisition du groupe de brasseries du Maroc par le groupe français CASTEL.
2004	Transfert du siège social à une plus grande implantation équipée d'une nouvelle usine avec moyens sophistiqués.
2005	Certification de suivi, suit au déménagement à la nouvelle usine

Tableau 1: Historique de SBM FES.

I.3. Fiche d'identification :

Il est très percutant de présenter une fiche signalétique de l'entreprise dans laquelle le stage est effectué :

- ✓ Raison sociale : Société des Brasseries du Maroc Fès.
- ✓ Statut juridique : société anonyme (S.A).
- ✓ Adresse : Rue Ibn El khateb Sidi Brahim Quartier industriel FES BP: 2100
- ✓ Surface totale: 30 500 m².
- ✓ Capital social: 50 000 000 DH.
- ✓ Actionnariat : société des brasseries du Maroc et autres
- ✓ Date de mise en service : 1947.
- ✓ Effectifs: 151 personnes.
- ✓ Capacité de production : 200 000 HL/an.

Le domaine d'activité de la société renferme:

- La fabrication, le conditionnement de la bière : Stork, Flag Spécial.
- La Distribution des produits SBM FES et SBM.

La certification sert à obtenir et établir durablement la confiance de ses clients dans la capacité de l'entreprise à offrir un niveau stable de performance et de qualité des prestations. C'est pour cela le champ de certification de SBM FES Comprend les achats, la fabrication, le conditionnement, le stockage et la commercialisation.

I.4. Organigramme de la société:

La société s'organise selon l'organigramme suivant :

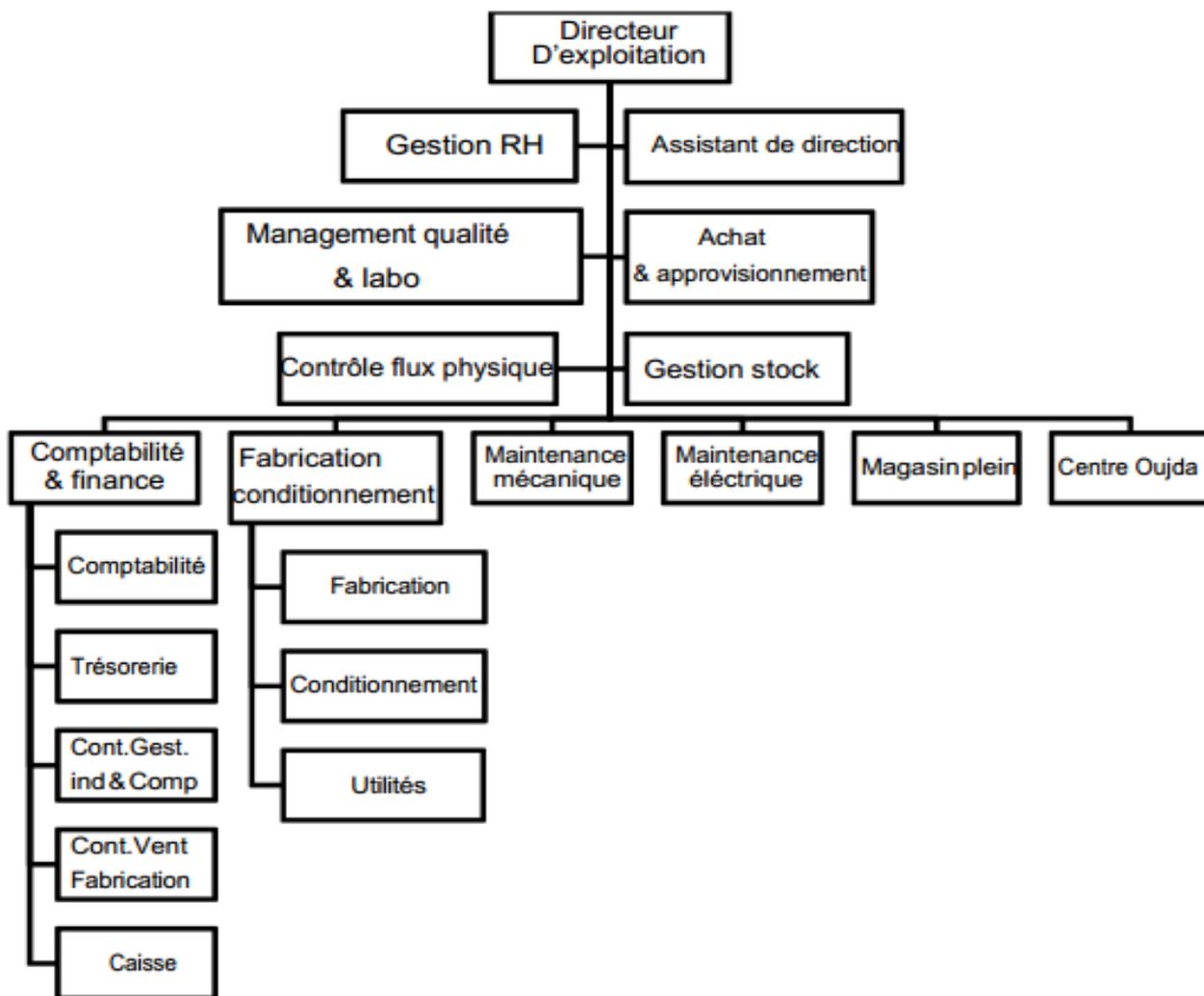


Figure 1: Organigramme de SBM FES.

II. Procédé de la fabrication de la bière au sein de SBM FES :

Le procédé de fabrication de la bière regroupe un ensemble des opérations qui permettent l'obtention de cette boisson alcoolisée dès la réception de la matière première jusqu'au stockage et qu'elles sont représentée dans le schéma suivant (figure2) :

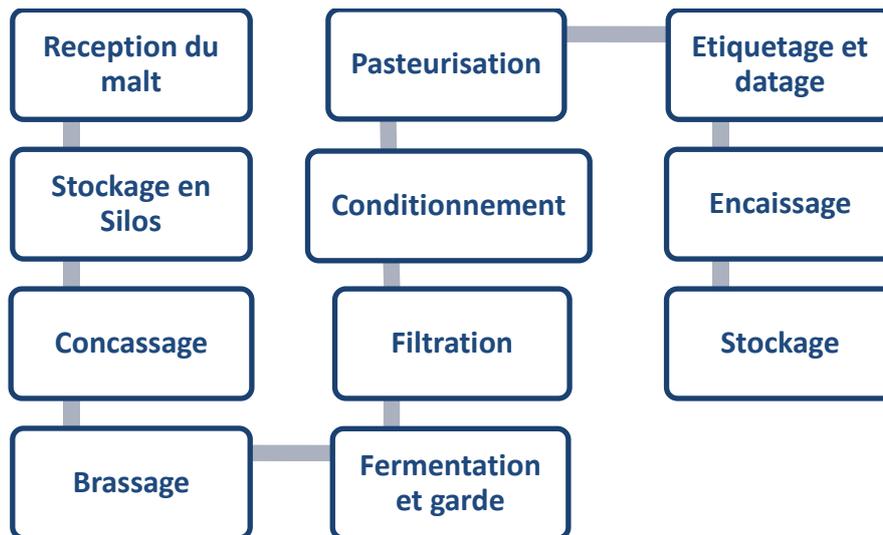


Figure 2: Processus de fabrication de la bière

II.1. Description du procédé du maltage :

C'est la seule opération qui s'effectue dans les unités de «malterie» à l'extérieur de SBM FES. Actuellement, l'orge est transformé en malt par une malterie à Casablanca.

Le maltage a pour but de développer dans l'orge toutes les enzymes capables de transformer l'amidon en sucres fermentescibles.

Finalement le maltage doit donner à l'orge un arôme et une couleur plus développée. Le maltage se fait en 4 étapes :

- **Le trempage**
- **La germination**
- **Le touraillage**
- **Le dégermage**

II.2. Description du procédé du concassage:

La fabrication de la bière commence par le concassage du malt. Le but de cette opération est de casser les grains en petits morceaux, afin de multiplier les surfaces de contact avec l'eau pendant le brassage afin de mieux accéder à l'amidon contenu dans le grain.

II.3. Description du procédé de brassage :

L'objectif de brassage est d'obtenir à partir des matières premières, un moût sucré

et aromatisé qui par la suite subira à une fermentation alcoolique. Plusieurs facteurs influencent la qualité et le rendement de brassage : la qualité du malt, la composition de l'eau de brassage, le rapport eau/versement, le PH de la Maîche.

II.4. Description du procédé de refroidissement :

Après la décantation dans le cooler Whirpool pendant 25 min, il faut régler la température à 9°C, et ouvrir la vanne de Whirpool pour transférer le produit préparé vers la salle de fermentation.

II.5. Description du procédé de la fermentation :

A la sortie du refroidisseur, le fermenteur est saturé en oxygène obtenu par purification d'air à travers une membrane permettant la filtration des micro-organismes pour éviter toute contamination possible du moût.

Après aération, suit l'étape d'ensemencement du moût ; Il s'agit d'injection de la levure qui se trouve dans les levuriers. La quantité de la levure à ajouter est de 25 106 cellules/ml du moût.

Durant cette période la levure consomme 96% de sucres en libérant le gaz carbonique (CO₂) et l'alcool éthylique selon la réaction :



II.6. Description du procédé de la maturation:

C'est une étape de maturation pendant laquelle la bière subit dans les tanks fermés une seconde fermentation qui lui permet de s'affiner et de s'équilibrer; sucres et levures continuent de réagir, tout en produisant du gaz carbonique et la bière prend tous ses arômes. C'est également durant la garde que la bière va se clarifier et acquérir naturellement de la brillance.

II.7. Description du procédé de la filtration:

La filtration est l'opération qui est nécessaire pour éliminer la levure et les particules colloïdales et pour donner à la bière la limpidité et la brillance recherchées. En général, la bière n'est pas absolument débarrassée de toutes les cellules de levure.

Après la filtration, la saturation avec CO₂ se fait au moyen d'appareils appelés saturateurs (sous forme d'un long serpent) juste à la sortie du filtre, elle peut se faire par:

- ❖ Injection de CO₂ dans la bière après filtration.
- ❖ Saturation au soutireuse.

II.8. Stockage de la bière:

Le stockage de la bière est assuré par deux tanks en acier inoxydable de capacité de 560hl chacun. Leur remplissage est effectué tout en réalisant une contre pression en CO₂ pour favoriser un bon remplissage sans débordement de mousse, et aussi pour éviter toute oxydation imprévue.

II.9. Description du procédé de conditionnement:

A SBM FES, on trouve une ligne d'embouteillage automatisée qui travaille à une cadence de 30 000 bouteilles/h.

L'aval de la chaîne de production comporte une ligne de production en verre, (pas en canette). Les bouteilles vides, récupérées, sont stockées dans le magasin puis conduites vers les différentes machines en chaîne, qui sont :

- 1- Dépalettiseur :** Cette machine sert à vider les palettes de leurs caisses sur le convoyeur de la décaisseuse.
- 2- Décaisseuse :** Elle enlève les bouteilles vides et sales de leurs caisses et les dépose sur un espace approprié dit convoyeur d'accumulation de la laveuse.
- 3- Laveuse bouteilles :** Avant la mise en bouteille du produit. Toutes les bouteilles subissent un lavage grâce à la laveuse bouteilles (avec de l'eau chaude 70°C mélangée avec de la soude caustique).
- 4- Mireuse :** Après la sortie de la laveuse, les bouteilles passent par 2 mireuses où l'opérateur élimine les bouteilles qui ne sont pas bien lavées.
- 5- Soutireuse :** La Soutireuse est une installation à contre pression, entièrement automatique, qui peut être combinée avec une Capsuleuse ou une visseuse.

- 6- Boucheuse :** Les bouteilles remplies sont entraînées sous la Capsuleuse immédiatement après leur sortie de la Soutireuse pour qu'elles soient fermées par un bouchon couronne.
- 7- Inspectrice :** Lorsque les bouteilles quittent la boucheuse, elles sont à nouveau contrôlées. Le mineur s'assure que les bouteilles sont bien remplies et qu'elles ne présentent aucune forme de souillure.
- 8- Pasteurisateur:** La pasteurisation est l'opération qui consiste à arrêter toute réaction chimique. Elle se fait à 60°C.
- 9- Etiqueteuse :** Cette opération consiste à coller des étiquettes sur les bouteilles dans le but de désigner la marque et la qualité du produit à commercialiser.
- 10- Dateur:** Cet appareil programmé à chaque début de production imprime sur les bouchons: La date exacte de production, la date de fin de consommation, Le numéro de ligne de remplissage de bouteille.
- 11- Inspectrice:** Elle contrôle le niveau, la présence du bouchon, la présence des étiquettes et l'étanchéité des bouteilles avant la livraison à l'encaisseuse.
- 12- Encaisseuse:** C'est la machine qui permet l'encaissement des bouteilles dans les caisses.
- 13- Palettiseur:** Ce système consiste à mettre les caissiers sur les palettes d'une façon bien organisée sous forme de parallélogramme à l'aide des barrières motorisées par des vérins pneumatiques.

CHAPITRE II:
PROBLEMATIQUE ET ANALYSE
FONCTIONNELLE
DU SYSTEME

I. Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons présenter la problématique du projet, le cahier des charges et la démarche suivie pour répondre au besoin de l'ensemble des parties prenantes du projet.

II. Problématique :

Pour garantir une bonne qualité du produit fini, la SBM FES exécute une suite de contrôle du produit (la bière et la bouteille) tout au long du processus de fabrication. Ces contrôles sont divers et effectués soit dans le laboratoire pour assurer la qualité de la bière soit dans l'unité de conditionnement par plusieurs équipements développés citant par exemples les cellules photo électriques, des capteurs, des machines inspectrices afin de garantir la conformité des bouteilles remplies.

Le premier contrôle se fait à la sortie de la laveuse bouteilles qui sert à détecter celles qui sont non-conformes à l'aide d'une inspectrice HEUFT. Ces dernières sont éjectées par un éjecteur équipé des doigts sur un autre convoyeur qui les ramènent à un convoyeur d'accumulation. Lorsque ce convoyeur est rempli, les opérateurs interviennent pour se débarrasser des bouteilles cassées et renvoyer les autres qui ne sont pas bien laver à la laveuse bouteilles, ce qui provoque des arrêts tout au long la ligne d'embouteillage.

III. Cahier des charges :

Suite à la recherche d'une amélioration continue du processus de fabrication, l'entreprise vise à augmenter la rentabilité et la fiabilité de tout système contribue à la fabrication du produit fini. Parmi les objectifs de cette amélioration est la réduction des arrêts non programmables.

Les objectifs que nous devons atteindre par la résolution de la problématique ci-dessus sont:

- L'amélioration de la capacité ou le rendement de l'inspectrice.
- L'amélioration de la qualité de production.
- L'élimination des arrêts répétés de l'inspectrice.

Pour répondre à ce besoin, l'entreprise nous a imposé de concevoir un nouveau convoyeur d'accumulation au lieu de l'acheter car la société utilise lors de la fabrication du convoyeur les pièces récupérées soit de son atelier soit des autres sites de la SBM et elle n'a besoin dans ce cas que d'acheter un motoréducteur neuf. Aussi, d'après le responsable d'achat, cette solution vaut au maximum **30%** du cout d'acquisition d'un convoyeur avec les dimensions souhaitées qui vaut **154350 DH** à partir de leur fournisseur agréé; alors le cout de cette solution est : **46305 DH**

$$\frac{154359 \times 30}{100} = 46305 \text{ DH}$$

La conception d'un nouveau convoyeur doit respecter certaines contraintes qui sont :

- L'espace (Longueur : 3500 mm ; Largeur: 2100 mm)
- L'encombrement.
- L'utilisation des pieces récupérées des autres sites du groupe SBM et qui sont stockées dans le magasin des pieces de rechange de la société.
- La durée de réalisation : le convoyeur doit être réalisé dans la période de la maintenance qui se limite dans le mois de Ramadan avant de reprendre la production.

IV. Analyse fonctionnelle :

Cette étape permet d'identifier clairement les éléments à étudier et leurs fonctions. Pour cela nous avons procédé par une analyse structurelle qui vise à décomposer notre système en question, afin de mettre en relief l'ensemble des organes faisant partie de la machine.

IV.1. Diagramme de bête à corne :

La bête à corne (figure 3) nous permettra de déterminer les exigences fondamentales qui justifient la conception du convoyeur, et cela à l'aide des trois questions fondamentales :

- A qui rend-il service ?
- Sur quoi agit-il?
- Dans quel but?

On peut établir le diagramme bête à cornes de notre projet (figure 3) comme suit :

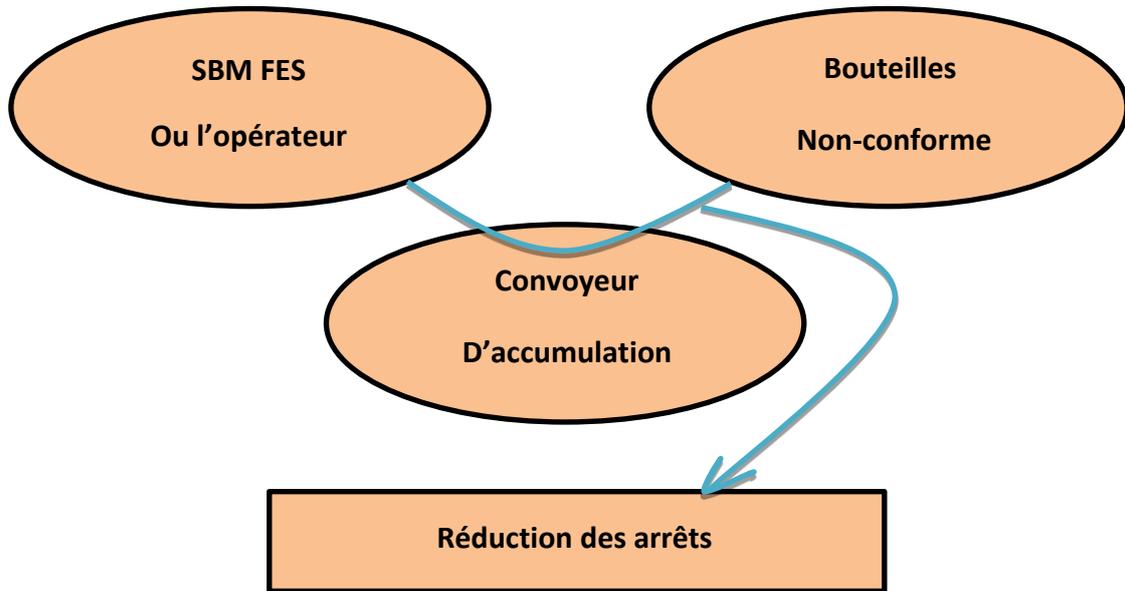


Figure 3: Diagramme bête à corne de notre projet.

IV.2. Diagramme pieuvre (graphe des interactions) :

Ce diagramme sert à exprimer les fonctions, et permet également de bien identifier l'environnement d'évolution du système et déterminer avec précision et concision les relations (fonctions) entre ce système et les éléments du milieu environnant et les relations entre couples d'éléments extérieurs.

Concernant notre produit, on doit bien définir le cycle de vie de ce dernier afin de réaliser le diagramme de pieuvre de chaque situation de vie et de déterminer le cahier des charges fonctionnel.

On peut distinguer dans notre cas entre 4 situations possibles :

- La Fabrication
- L'exploitation
- La maintenance
- Le déclassement

Pour qu'on puisse avoir une étude complète de notre convoyeur, nous allons construire le diagramme de pieuvre pour chaque situation de vie et à la fin nous allons établir le cahier des charges fonctionnel de notre système.

❖ Phase de fabrication :

La fabrication est la transformation ou la modification d'une matière première ou d'un produit agricole en s'appuyant sur un procédé technique, parfois très élaboré. Elle permet de réaliser de nouveaux objets, matériaux, aliments.

Alors, le diagramme de pieuvre (figure 4) de cette phase est le suivant :

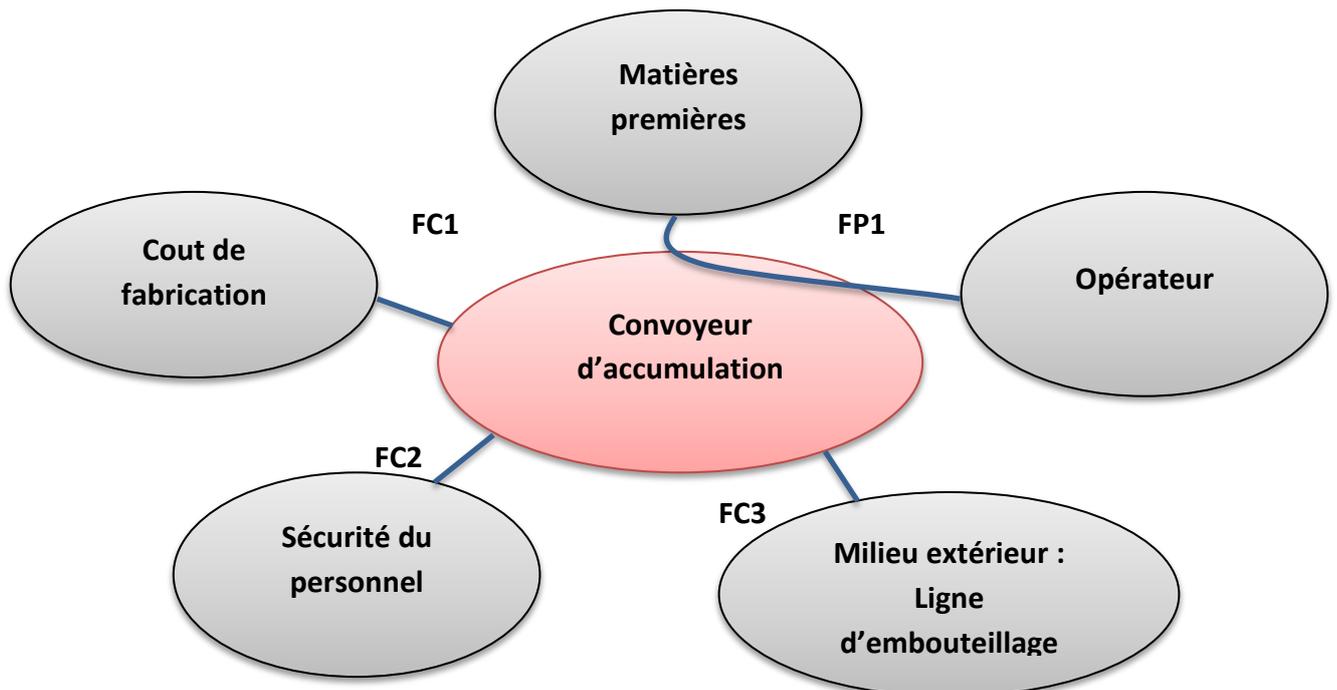


Figure 4: Diagramme pieuvre du convoyeur en phase de fabrication.

Les fonctions de service de cette phase sont :

- ✓ FP1: Etre fabriquer avec des matières premières convenables et a l'aide d'un ou plusieurs opérateurs.
- ✓ FC1 : Etre réalisé au moindre cout.
- ✓ FC2 : Etre securisé.
- ✓ FC3 : ne pas influencer sur la ligne d'embouteillage.

❖ Phase de l'exploitation :

La phase d'exploitation représente l'enchaînement ininterrompu de séquences définies de transformations de moyens (accumulation, production et réalisation) d'une forme à l'autre et de leur transition d'un processus à l'autre.

Pour cette phase, le diagramme de pieuvre (figure 5) est représenter comme suit :

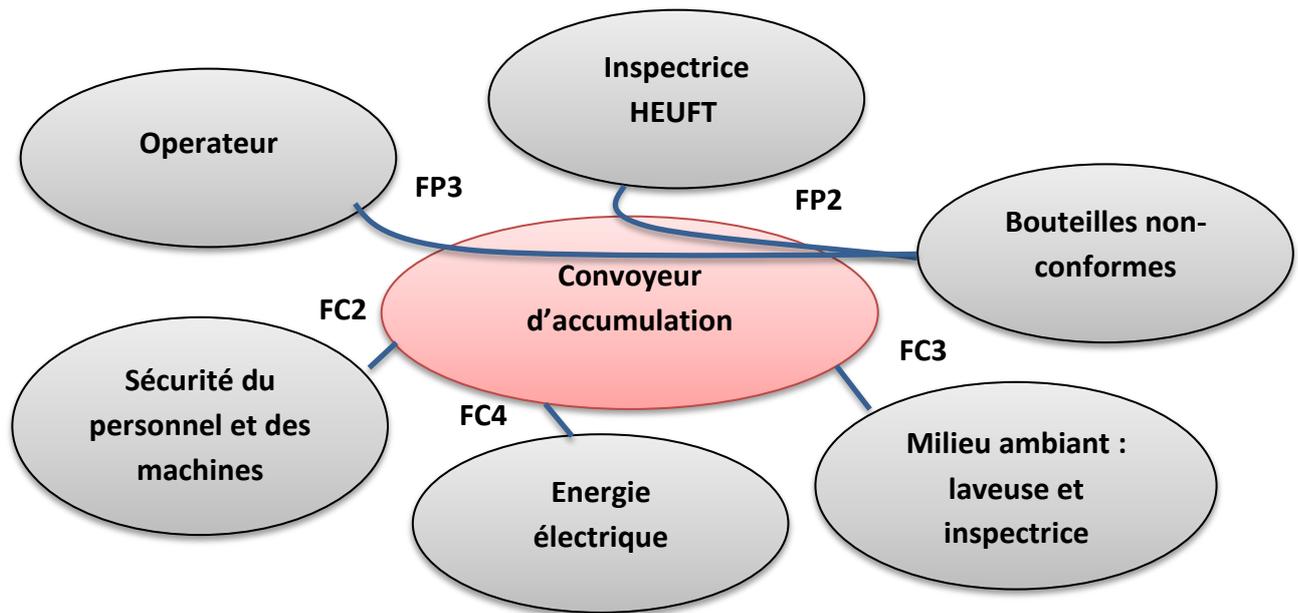


Figure 5: Diagramme de pieuvre de la phase d'exploitation

Les fonctions de service de cette phase sont :

- ✓ FP2: Permettre d'accumuler les bouteilles non-conformes.
- ✓ FP3 : Permettre l'opérateur à ranger les bouteilles.
- ✓ FC2 : Etre securisé durant la phase d'exploitation.
- ✓ FC3 : Avoir une vitesse de fonctionnement adequate a celles de la laveuse et l'inspectrice.
- ✓ FC4 : Etre alimenté en énergie électrique.

❖ Phase de maintenance :

Cette phase sert à maintenir ou à rétablir un bien dans un état ou dans des conditions données de sûreté de fonctionnement, pour accomplir une fonction requise. Ces activités sont une combinaison d'activités technique, administratives et de management.

Le diagramme de pieuvre est représenté dans la figure suivante :

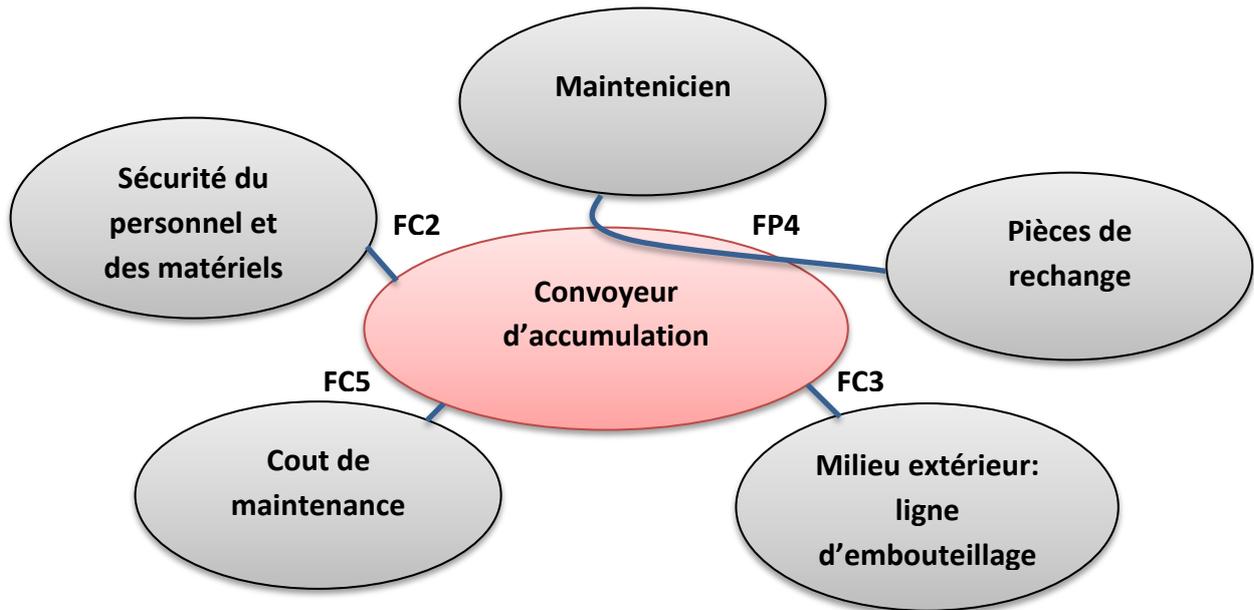


Figure 6: Diagramme de pieuvre du convoyeur en phase de maintenance.

Les fonctions de service de cette phase sont :

- ✓ FP4: Etre maintenable à l'aide d'un ou plusieurs opérateurs.
- ✓ FC2 : Etre sécurisé.
- ✓ FC3 : Ne pas influencer sur le fonctionnement de la ligne d'embouteillage
- ✓ FC5 : Maintenir au moindre cout.

❖ Phase de déclassement :

Dans cette phase, on cesse à utiliser un materiel donné et là aussi où on prend la décision de quoi faire avec ce dernier.

Passant maintenant à appliquer le diagramme de pieuvre (Figure 7) pour cette phase :

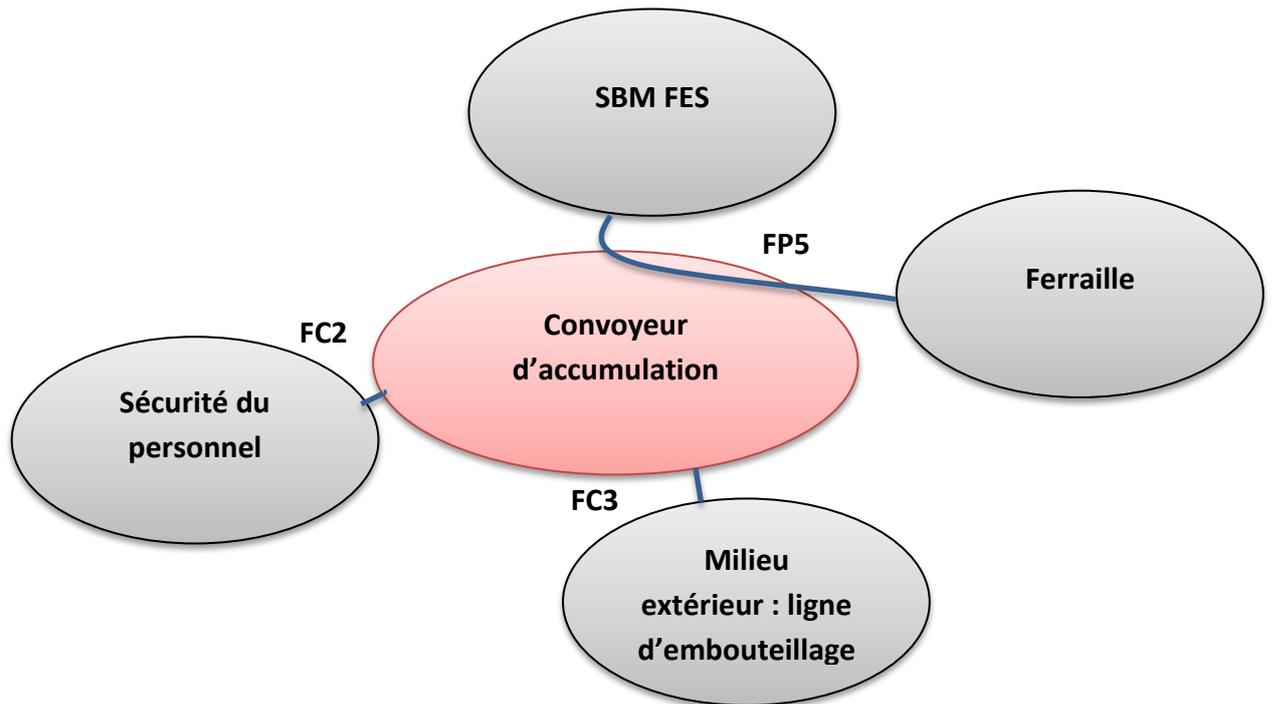


Figure 7: Diagramme de pieuvre de la phase de déclassement

Les fonctions de service de cette phase sont :

- ✓ FP5: Vendre le convoyeur a une ferraille.
- ✓ FC2 : Etre securisé.
- ✓ FC3 : Ne pas influencer sur le fonctionnement de la ligne d'embouteillage.

A partir des présentations des diagrammes de pieuvre, le cahier des charges fonctionnel que nous établissons est le suivant (Tableau 2) :

N°	Fonctions	Critères	Niveaux
FP1	Etre fabriquer avec des matières premières convenables et a l'aide d'un ou plusieurs opérateurs.	-Matières premières	<ul style="list-style-type: none"> • Inox • Fer • Caoutchouc
FP2	Permettre d'accumuler les bouteilles non-conformes.	- Cadence - Surface	<ul style="list-style-type: none"> • >5000 bouteilles/h • 3500 × 2098 mm
FP3	Permettre l'opérateur à ranger les bouteilles	- Longueur de l'outil de transmission	<ul style="list-style-type: none"> • +1000mm
FP4	Etre maintenable à l'aide d'un ou plusieurs opérateurs.	- Pièces de rechanges	<ul style="list-style-type: none"> • Disponible
FP5	Vendre le convoyeur à une ferraille	- Cout	<ul style="list-style-type: none"> • rentable
FC1	Etre réaliser au moindre cout	- Prix abordable	<ul style="list-style-type: none"> • < 50000 DH
FC2	Etre sécurisé	- Sécurité du personnel et des matériels	<ul style="list-style-type: none"> • Respecter les normes de sécurité : <ul style="list-style-type: none"> ✓ Mettre les équipements de protection individuels Durant la periode du travail (casques, gilets, lunettes, chaussures...).
FC3	Etre adaptable au milieu ambiant	- ligne d'embouteillage	<ul style="list-style-type: none"> • Vitesse de fonctionnement adéquate.
FC4	Etre alimenté en énergie électrique	- Energie électrique	<ul style="list-style-type: none"> • 220V 380V
FC5	Maintenir au moindre cout	- Prix abordable	<ul style="list-style-type: none"> • selon l'intervention

Tableau 2: Cahier des charges fonctionnel

V. Méthode FAST (Function Analysis System Technic):

Un diagramme FAST (Functional Analysis System Technique) présente une décomposition hiérarchisée des fonctions du système allant des fonctions de service (fonctions en lien avec le milieu extérieur) et passant par les fonctions techniques (fonctions internes au système) jusqu'à l'énoncé des solutions technologiques employées ou prévues pour remplir les fonctions techniques.

Le modèle **F.A.S.T** se présente sous forme d'un arbre fonctionnel (figure 8) établi à partir de la fonction globale ou d'une fonction de service, en s'appuyant sur la technique interrogative suivante :

Pourquoi Cette fonction doit-elle être assurée ? **Comment** ? **Quand** ?

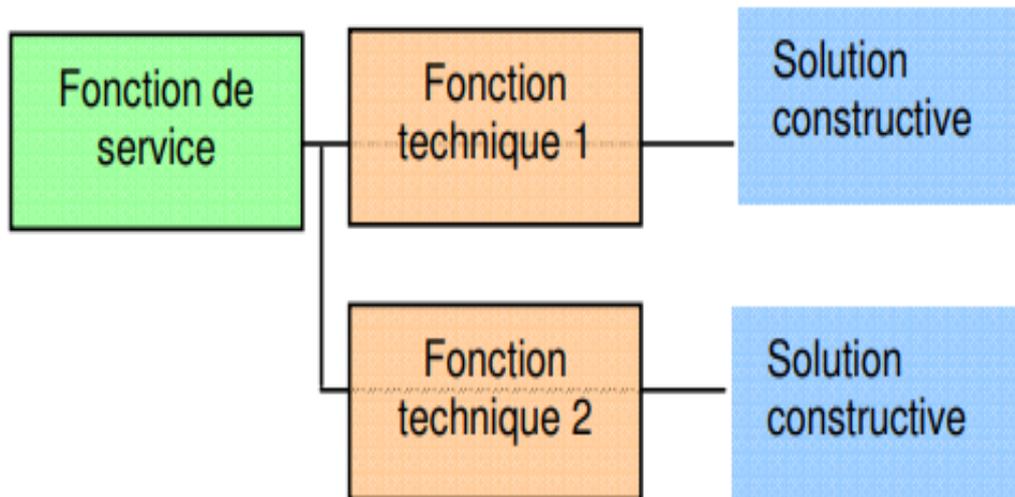


Figure 8: Modèle de FAST

On passe maintenant à représenter dans le schéma suivant (Figure. 9) le diagramme de FAST de notre système.

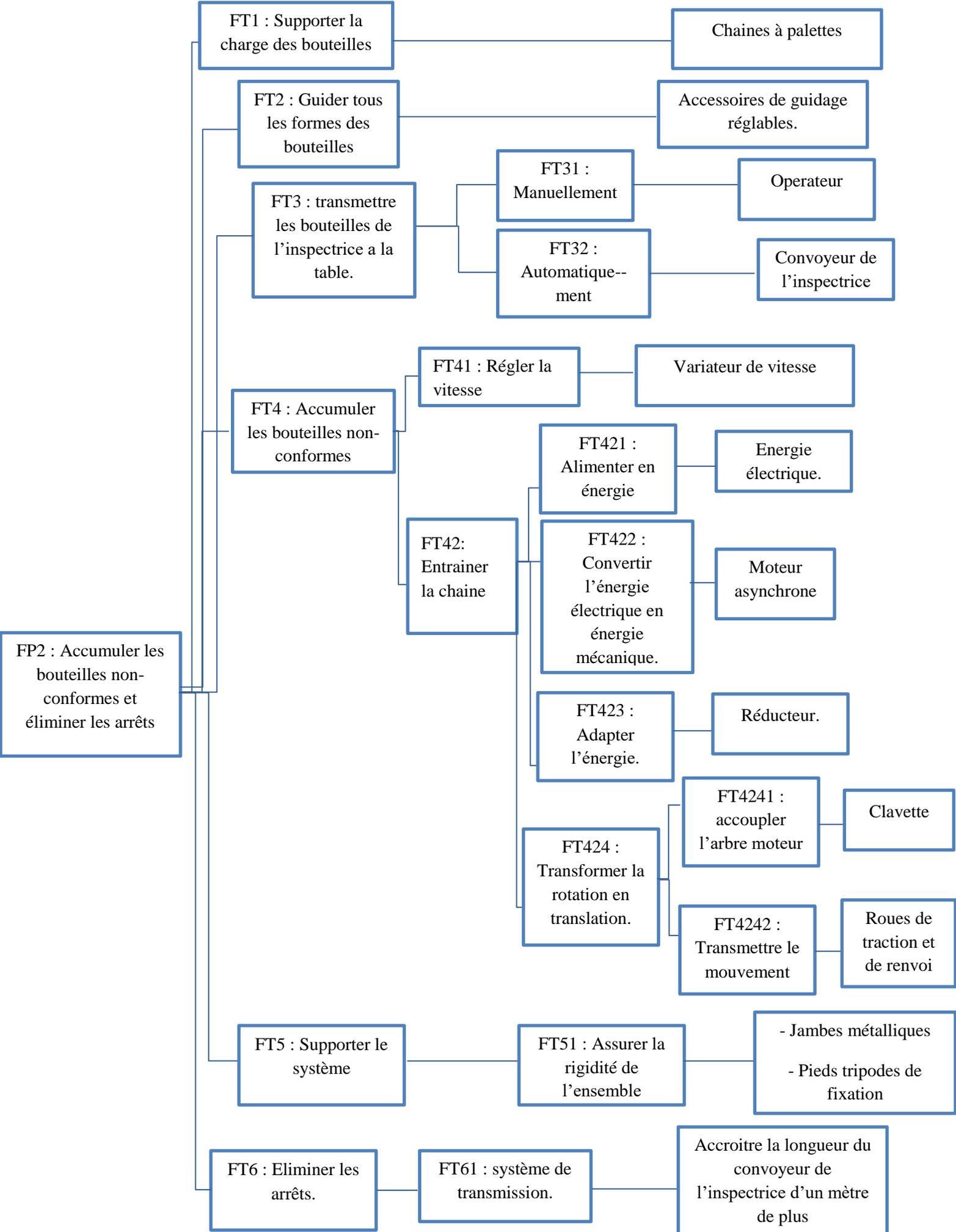


Figure 9: Diagramme de FAST du convoyeur d'accumulation.

CHAPITRE III:
DIMENSIONNEMENT
ET ETUDE DYNAMIQUE
DU NOUVEAU CONVOYEUR

Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons déterminer les dimensions et les calculs nécessaires au fonctionnement de notre convoyeur pour vérifier que les solutions que nous avons choisies à partir du diagramme de FAST sont validées.

I. Description du convoyeur d'accumulation :

A partir du diagramme de FAST, le convoyeur d'accumulation que nous allons concevoir est à chaînes à palettes car ce type est mieux adapté aux produits nécessitant de l'accumulation, aux températures élevées ou encore dans certains cas à l'industrie alimentaire.

Parmi les éléments fonctionnels de ce système de convoyage, on trouve :

Chaîne à palettes :

Les chaînes à palettes sont principalement utilisées dans les zones dédiées à l'emballage et au conditionnement des produits, sans contact direct avec les aliments. Elles sont ainsi particulièrement adaptées au transport de boîtes, bouteilles ou cartons.

Ces chaînes sont fabriquées de plusieurs matières (Plastique, inox...) selon les applications. L'entreprise utilise celles d'inox qui a plusieurs avantages à savoir :

- ❖ Facilité le glissement des bouteilles
- ❖ de bonnes propriétés mécaniques
- ❖ résistance à l'oxydation et au fluage a des températures élevées
- ❖ résistances et ductilité à basse température

Aussi, le choix de type de la chaîne dépend de diamètre du récipient. Dans notre cas, le diamètre de ce dernier est **65mm**. D'où, une chaîne avec une largeur de **82,5 mm** est largement suffisante au glissement des bouteilles.

Dans le tableau suivant, nous allons présenter les caractéristiques de la chaîne a palettes choisie pour notre système de convoyage :

<i>Caractéristiques</i>	<i>Valeurs</i>
Reference	CAP815-82/SS
Largeur	82,5 mm
Masse linéique	0,83 Kg/m
Pas	38,1 mm

Tableau 3: Caractéristiques de la chaîne.

Roues de traction et de renvoi :

Le choix de la chaîne nous renvoie directement au choix des roues de traction et de renvoi. Ces deux types doivent avoir le même diamètre extérieur **DE= 153 mm**.

Sachant que la roue de traction est une roue dentée avec **Z= 25 dents** et d'un diamètre intérieur **DI= 45 mm** que nous nous assurerons de sa validité lors de la vérification du dimensionnement de l'arbre. La roue de renvoi a le même diamètre intérieur et le même nombre de dents que celle de traction mais elle n'est pas clavettée. Le tableau suivant résume les différentes caractéristiques des deux roues (tableau 4):

Caractéristiques	Roue de traction	Roue de renvoi
Référence	PT820-25-45	PR820-25-45
Diamètre extérieur	153.00 mm	153.00 mm
Nombre de dents	25	25
Masse	0,5 Kg	0,5 Kg
Diamètre de l'arbre	45 mm	45 mm

Tableau 4: Caractéristiques de la roue de traction et de renvoi.

Concernant les dimensions du convoyeur d'accumulation, elles sont présentées comme suit :

- ✓ Longueur : **3500 mm**
- ✓ Largeur : **2100 mm**
- ✓ Hauteur : **1240 mm**
- ✓ Capacité d'accumulation : **1740 bouteilles** (Voir annexe 1)
- ✓ Vitesse maximale de fonctionnement de la table: **Vmax= 19,2 m/min** (Voir annexe 1)
- ✓ Cadence de la table: **7200 bouteilles/heure** (Voir annexe 1)

II. Etude dynamique :

Cette partie a pour objectif de trouver le dimensionnement adéquat de la motorisation et de limiter les chocs et le glissement des bouteilles lors du démarrage. Pour se faire, il nous a fallu poser des hypothèses afin de pouvoir réaliser les calculs nécessaires.

Hypothèses :

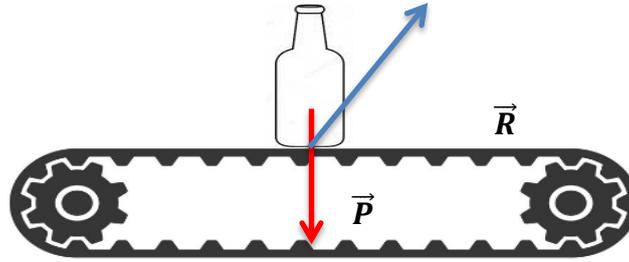
- Le coefficient de frottement au contact du récipient en verre avec la chaîne en inox : $\mu_P = 0,20$; [2]
- Le coefficient de frottement au contact du profil de glissement avec la chaîne en inox : $\mu_G = 0,15$; [2]
- L'entraxe du convoyeur : **3,5 m**
- la masse des bouteilles posées dans le convoyeur en pleine charge :
 $m_P = 487,2 \text{ Kg}$
- L'accélération de la pesanteur : $g=9,81 \text{ m/s}^2$
- Le rendement de l'arbre sur paliers à roulement : $\eta_P = 0,98$; [4]
- Le rendement de système convoyage-roue de renvoi et guidage : $\eta_C = 0,92$; [4]

II.1. Calcul de l'accélération :

L'accélération caractérise tout mouvement où il y a une variation de la vitesse. Le vecteur vitesse étant la réunion d'une vitesse et d'une direction, il y a seulement deux moyens d'accélérer : **le changement de la vitesse ou le changement de la direction (ou encore les deux en même temps).**

Alors, le calcul de cette accélération nous permet de savoir la valeur maximale que cette dernière peut atteindre pour ne pas avoir du glissement des récipients sur la chaîne du convoyeur car ce phénomène peut augmenter les chocs entre les bouteilles et puis on risque que ces dernières se brisent.

On suppose que la bouteille est soumise seulement aux actions de la pesanteur \vec{P} et la force de réaction \vec{R} appliquée par la chaîne du convoyeur en négligeant la force de frottement.



A partir du schéma ci-dessus, on peut appliquer le Principe Fondamental de la Mécanique qui désigne une loi de physique mettant en relation la masse d'un objet, et l'accélération qu'il reçoit si des forces lui sont appliquées:

$$m \cdot \vec{a} = \vec{P} + \vec{R}$$

Avec : \vec{a} : Accélération de la bouteille

m : la masse de la bouteille qui égal à 0.28 kg

A la limite du glissement, et en projection sur la direction du convoyeur et sa normale, on aura :

$$\begin{cases} \text{Ox: } m \cdot a = R \sin(\varphi) & (1) \\ \text{Oy: } 0 = -P + R \cos(\varphi) & (2) \end{cases}$$

Donc d'après (2) : $R = P / \cos(\varphi)$

On remplace dans l'équation (1) et on obtient :

$$a = \frac{P \sin(\varphi)}{m \cos(\varphi)} = g \tan(\varphi) = g \mu_P$$

L'accélération qu'on a trouvée est : $a = 9,81 \times 0,20 = 1,962 \text{ m/s}^2$

D'où, l'accélération maximale de la bouteille ne doit pas dépasser $1,962 \text{ m/s}^2$ pour qu'on n'ait aucun glissement ou bien frottement sur la chaîne du convoyeur.

II.2. Détermination de la force et le couple de traction:

a. Calcul de la force de traction

On peut définir l'effort de traction comme étant la force nécessaire de tirer un objet jusqu'à son point de rupture. Le calcul de cette force nous donne la possibilité de bien savoir les caractéristiques du moteur et la puissance que ce dernier doit fournir pour entrainer la chaîne du convoyeur en plus de la charge que celle-ci supporte lors du fonctionnement.

Dans notre cas, nous avons un système de convoyage horizontal. Donc, la force de traction \vec{F}_T est donnée par la formule suivante : [2] :

$$\vec{F}_t = [((2 \times m_c + m_p) \times L \times \mu_G) + (m_p \times \mu_P)] \times g$$

Avec :

- m_c : masse linéique de la chaine (kg/m)
- m_p : masse totale des bouteilles (kg/m)
- L : Longueur du convoyeur (m)
- μ_G : coefficient de frottement au contact du profil de glissement avec la chaine en inox
- μ_P : coefficient de frottement au contact du récipient en verre avec la chaine en inox
- g : l'accélération de la pesanteur (m/s²)

Donc :

$$\vec{F}_t = [((2 \times 0,83 + 4,2) \times 3,5 \times 0,15) + (4,2 \times 0,20)] \times 9,81$$

$$\vec{F}_t = 38,42 \text{ N}$$

La valeur de la force que nous avons obtenue permet d'entraîner une seule section de notre convoyeur. Or, ce dernier contient 19 sections de transport.

$$\text{D'où : } \vec{F}_T = 38,42 \times 19 = 729,98 \text{ N}$$

b. Calcul de la force de traction corrigé :

Dans le système de convoyage, il existe plusieurs paramètres qui peuvent influencer sur la durée de vie de la chaine tels que l'usure et le nombre de démarrage. On calcule donc une nouvelle valeur de la force de traction, appelée force de traction corrigée. Elle dépend d'un facteur, appelé facteur de service, qui lui-même dépend des caractéristiques de fonctionnement du convoyeur.

La valeur corrigée de la force de traction est donnée par la relation suivante ; [2] :

$$\vec{F}_c = \vec{F}_T \times f_s$$

Avec: \vec{F}_T : Force de traction

f_s : Facteur de service

Le tableau suivant montre selon les applications quelques valeurs de facteur de service:

Machine de commande	Moteur électrique turbine		Moteur thermique multi-cylindre	
	≤10 ^h	≤24 ^h	≤10 ^h	≤24 ^h
Durée de service quotidienne				
Machine commandée				
Service continu sans choc avec faible accélération des masses. Transporteur continu pour marchandise en vrac, petits convoyeurs, ventilateurs, pompes centrifuges.	1	1,3	1,1	1,4
Service continu avec chocs peu importants et faible accélération des masses. Convoyeurs, mélangeurs, machines-outils à mouvement de rotation, mélangeurs, machines textiles, pompes centrifuges et à palettes, compresseurs ventilateurs.	1,1	1,5	1,3	1,7

Tableau 5: facteur de service et ses applications.

D'après le tableau, la valeur du facteur de service que nous allons utiliser est : $f_s = 1,5$. Donc, la valeur de la force de traction corrigée est :

$$\vec{F}_C = 729,98 \times 1,5$$

$$\Rightarrow \vec{F}_C = 1094,97N.$$

c. Détermination du Couple de traction et couple résistant:

Le calcul de la force de traction corrigée nous emmène directement au calcul du couple de traction correspondant à la roue de traction que l'on peut définir comme étant l'action mécanique susceptible de produire un mouvement de rotation. Ce calcul se fait à l'aide de la formule suivante : $C_m = F_C \times R_{roue}$

Avec : \vec{F}_C : Force de traction corrigée

R_{roue} : Rayon de la roue de traction.

En remplaçant dans la formule précédente, on obtient :

$$C_m = 1094,97 \times \left(\frac{0,153}{2}\right) = 83,76 N.m$$

Par la suite, on calcule le couple résistant tout en tenant compte des différentes pertes provoquées par les frottements au niveau des deux paliers et les pertes en transmission par chaîne. La puissance est alors déterminée grâce à la formule suivante : $C_r = C_m/\eta$

Avec : C_m : Couple de traction de la roue de traction.

η : le rendement global définit par la relation : $\eta = \eta_p \times \eta_c$; [4].

En remplaçant dans la formule précédente, on trouve :

$$C_r = 83,76/(0,98 \times 0,92) = 92,90 \text{ N.m}$$

d. Calcul de la force de traction admissible :

La force de traction admissible est la force maximale autorisée auprès de la roue de traction dans des conditions de vitesse et de température données.

Le calcul de cette force nous permet de s'assurer que la chaîne qu'on a choisie est convenable à notre système de convoyage et aux différents efforts exercés par le moteur. Et pour que notre choix puisse être validé, il faut que : $F_c \leq F_{adm}$

On peut calculer cette force en utilisant la formule suivante ; [2]:

$$F_{adm} = F_N \times c_v \times c_T$$

Avec : F_N : La force de traction nominale égal à 5000N ; [2].

c_v : Facteur de vitesse égal à 0,98 ; [2].

c_T : Facteur de température égal à 1 ; [2].

$$\text{Donc : } F_{adm} = 5000 \times 0,98 = 4900 \text{ N} \Rightarrow F_{adm} \gg 1094,97 \text{ N}$$

D'où, la condition de résistance de la chaîne est largement suffisante. Et puis, la chaîne à palettes que nous avons choisies est adéquate à notre système de convoyage.

II.3. Choix du motoréducteur :

Le motoréducteur est un appareil composé d'un moteur et d'un réducteur. Le but qu'on recherche en utilisant un motoréducteur est de réduire la vitesse du moteur tout en augmentant le couple.

Pour choisir le motoréducteur, Il est nécessaire de connaître la vitesse de rotation et le couple C_r nécessaires à l'entraînement de la charge. La vitesse de rotation est donnée par la relation suivante : $V_{max} = \omega_{max} \times R_{roue}$

Donc, en utilisant la formule précédente, on obtient :

$$\omega_{max} = (0,31 \times 2) / 0,153 = 4,05 \text{ rad/s}$$

A partir de la relation précédente, on peut conclure la fréquence de rotation qui vaut :

$$N = 38,67 \text{ tr/min}$$

Avec : $N = \omega \times 60 / 2\pi$

A partir des valeurs de la vitesse de rotation et du couple résistant, on peut facilement conclure la puissance de notre moteur en utilisant la formule suivante :

$$P = \omega_{max} \times C_r$$

$$\Rightarrow P = 4,05 \times 92,90 = 0,376 \text{ KW}$$

Après avoir retrouvé la fréquence et la puissance du moteur, on retourne aux catalogues du constructeur pour sélectionner le motoréducteur le mieux adapté à notre convoyeur. A partir du tableau dans le catalogue, on choisit les caractéristiques techniques du motoréducteur, tout en veillant à avoir un couple de sortie du motoréducteur supérieur à C_r .

Réf : Mb 2501

Puissance : KW2= 0,75 KW

Couple de sortie : $C_s = 117 \text{ N.m}$

Vitesse de sortie : $N= 46,7 \text{ tr/min}$

Rapport de réduction : $i= 30$

Rendement du moteur : 0,76

On remarque que ce motoréducteur possède une vitesse de rotation supérieure à la vitesse maximale désirée. Pour pallier à cela, on introduit un variateur de vitesse électronique, qui par la même occasion peut servir à adapter la vitesse du convoyeur selon le besoin. Ce changement permet de modifier volontairement la cadence de la production.

II.4. Vérification du dimensionnement de l'arbre :

Cette partie permet de vérifier que le diamètre de l'arbre qu'on a choisi est convenable à notre système de convoyage et de s'assurer que cet élément résiste aux charges radiales. Donc, pour bien maîtriser les calculs, nous avons besoin des hypothèses suivantes :

- ✓ Le moment de torsion : $M_T = 117000 \text{ mm}$;
- ✓ Facteur de sécurité : $S = 2$; [4].
- ✓ Facteur de concentration extrême de contrainte due à la rainure de la clavette :
 $K_T = 5,4$; [4].
- ✓ La limite élastique en traction de l'acier inox (acier doux) AISI 304 :
 $R_{eg} = 240 \text{ MPa}$; [2].

a. Calcul du diamètre de l'arbre :

Sous toutes ces conditions, la contrainte de tangentielle maximale de l'arbre vaut :

$$\tau_{max} = \frac{M_T}{I_0} \cdot R = \frac{16 \times M_T}{\pi d^3}$$

Avec : τ_{max} : contrainte tangentielle maximale (MPa) ;

I_0 : Moment quadratique polaire de la section S (mm⁴) ;

R : Distance du point le plus éloigné de la fibre neutre à cette dernière (mm) ;

d : diamètre de l'arbre ;

Et à partir du critère de résistances suivant, on peut conclure la valeur du diamètre de l'arbre : $\tau_{max} \leq \frac{R_{eg}}{S \times K_T}$

On remplace τ_{max} dans la formule précédente par son expression et on trouve :

$$d \geq \left(\frac{16 \times M_T \times S \times K_T}{\pi \times R_{eg}} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{16 \times 117000 \times 2 \times 5,4}{\pi \times 240} \right)^{\frac{1}{3}} \cong 30 \text{ mm}$$

D'où, le diamètre de l'arbre que nous avons choisi est validé.

b. Détermination de la rigidité de l'arbre:

Cette partie nous permet de s'assurer que l'arbre peut supporter toutes les forces et les charges qui seront appliquées sur elle au moment de fonctionnement.

Et pour cela, on doit calculer la flèche de l'arbre à partir de la formule

$$\text{suyvante : } f = \frac{5}{384} \times F_C \times L^3 \times \frac{1}{E \times I} ; [2].$$

Avec : F_C : Effort de traction corrigé (N) ;

L : entraxe (m) ;

E : Module d'élasticité (N/mm²), pour inox $E = 195000 \text{ N/mm}^2$; [2].

I : Moment quadratique de l'arbre (Pour $D = 45 \text{ mm}$, $I = 201288 \text{ mm}^4$); [2].

On remplace ces valeurs dans la formule et on obtient :

$$f = \frac{5}{384} \times 1094,97 \times 2100^3 \times \frac{1}{195000 \times 201288} = 0,011 \text{ mm}$$

Sur la plupart des catalogues de constructeurs, on trouve que la valeur de la flèche maximale pour les arbres de convoyeurs a une valeur de 2.5mm. D'où, l'arbre que nous allons utiliser est convenable a notre système de convoyage.

c. Choix de la clavette:

A l'aide de « Le Chevalier » (le guide de dessinateur industriel) on peut déterminer les dimensions de la clavette de l'arbre d'un diamètre de 45 mm (Figure 10) que nous allons utiliser :

- ✓ $a = 14 \text{ mm}$;
- ✓ $b = 9 \text{ mm}$;
- ✓ $d = 45 \text{ mm}$;
- ✓ $j = d - 5,5 = 45 - 5,5 = 39,5 \text{ mm}$;

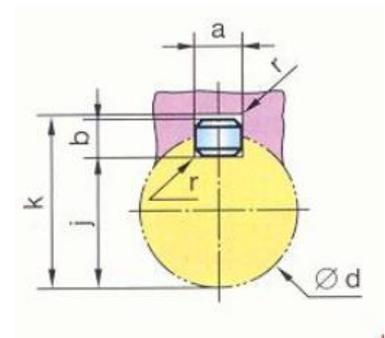


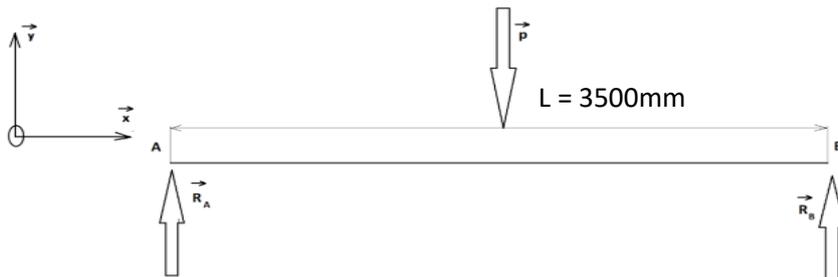
Figure 10: Clavette

II.5. Détermination des dimensions des jambes:

Cette partie nous permet de savoir le comportement des profils de notre convoyeur pour qu'ils supportent les efforts qui leur sont appliqués pendant leur service dans les conditions de sécurité requise.

a. Calcul des réactions d'appuis :

Les calculs de réactions d'appui permettent de définir les efforts subis par les supports des matériels de levage intervenant dans un système. Et pour les faire, nous utilisons le schéma suivant :



D'après le Principe Fondamental de la Statique qui exprime les conditions d'équilibre d'un solide indéformable dans un référentiel galiléen. :

$$\begin{cases} \sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} & (1) \\ \sum \vec{M}_F = \vec{0} & (2) \end{cases}$$

En appliquant la première relation suivant Y : $\vec{P} + \vec{R}_A + \vec{R}_B = \vec{0} \Rightarrow R_A = P - R_B$

Pour trouver R_B , on applique la deuxième relation au point A et on obtient :

$$\begin{aligned} -P \times \frac{L}{2} + R_B \times L &= 0 \\ \Rightarrow R_B &= \frac{P}{2} = \frac{m_p \times g}{2} \\ \Rightarrow R_B &= \frac{487,2 \times 9,81}{2} = \mathbf{2389,716\ N} \end{aligned}$$

Avec : m_p : Masse totale des bouteilles ;

g : accélération de la pesanteur ;

D'où, $R_A = R_B = \mathbf{2389,716\ N}$

Donc, chaque jambe peut supporter une force de 2389,7 N.

b. Calcul de la contrainte des profils :

La contrainte appliquée sur le matériau doit impérativement rester inférieure à la limite pratique à l'extension du matériau R_{pe} . Cette limite pratique prend en compte, pour des raisons de sécurité bien compréhensibles, différents aléas inhérents aux matériaux et sollicitations appliquées, via un coefficient de sécurité s :

$$\sigma < R_{pe} \text{ Avec : } R_{pe} = R_{eg}/s$$

Avec : R_{pe} : Résistance pratique au glissement en Pa ;

R_{eg} : Limite d'élasticité en MPa pour L'acier inox $R_{eg} = 240 \text{ MPa}$; [2].
 s : coefficient de sécurité ; [4].

$$\text{Donc : } R_{pe} = 260 \times 10^6 / 2 = 130 \times 10^6 \text{ Pa}$$

Pour calculer cette contrainte, on utilise la formule suivante : $\sigma = \frac{R_A}{S}$

Avec : S : la surface qui subit la force exercée en m².

$$\text{Donc : } \sigma = 2389,716 / (3,5 \times 2,1) = 325,13 \text{ Pa} \ll R_{pe}$$

D'où la condition de la résistance est vérifiée.

c. Calcul de la masse de la jambe :

Tachons maintenant à calculer la masse de la jambe à partir de la force appliquée sur elle:

$$R_A = P = m_j \times g$$

Avec : P : poids de la jambe en N

g : l'accélération de la pesanteur (m/s²).

$$\text{D'où : } m_j = P/g \Rightarrow m_j = 2389,716/9,81 = 243,6 \text{ Kg}$$

II.6. Détermination de la longueur de la chaîne :

D'après « Engineering Guide of HabaCHAIN », la formule qu'on doit utiliser pour

$$\text{calculer la longueur de la chaîne est : } L_c = 2L + \frac{D}{1000.\pi} + \frac{2,66(\frac{h_c}{1000})^2}{I_c}$$

Avec : L : longueur du convoyeur (m) ;

D : diamètre intérieur de la roue (m) ;

h_c : Hauteur de l'affaissement de la chaîne égal à 100 mm ; [2].

l_c : Longueur de l'affaissement égal à 610 mm ; [2].

D'où,

$$L_c = 2 \times 3,5 + \frac{153 \cdot \pi}{1000} + \frac{2,66 \left(\frac{10}{1000}\right)^2}{0,61} = 7,52m$$

N.B : Concernant h_c et l_c , ils ne doivent pas dépasser respectivement 100mm et 610 mm comme on peut le voir dans la figure ci-dessous (figure 11) qui montre que la chaîne ne doit pas être serrée ou étendue. Cet affaissement permet de supporter les variations de la longueur de la chaîne soit à cause des changements thermiques ou bien des changements des charges et des efforts appliquées sur la chaîne.

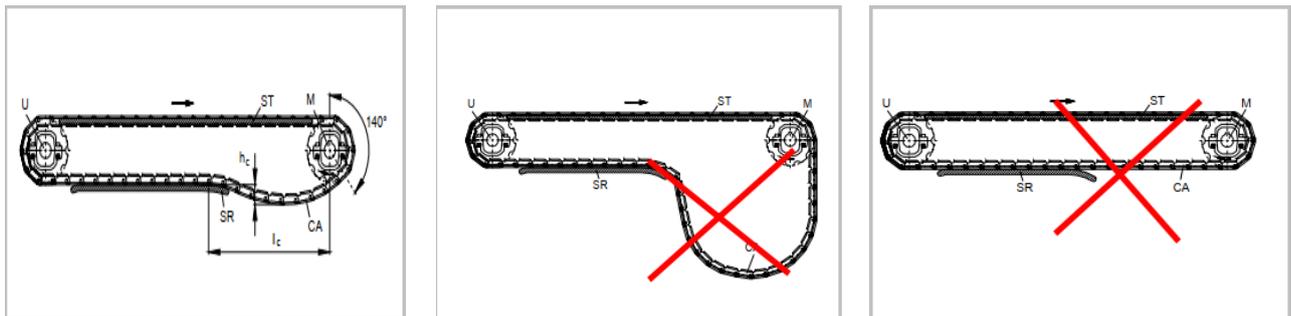


Figure 11: Montage correct de la chaîne.

CHAPITRE IV:
CREATION DU SYSTEME
SOUS CATIA V5

Introduction :

La conception d'un produit industriel est divisée en plusieurs phases successives et celle d'établissement du dessin d'ensemble et des dessins de définition est la dernière étape à faire.

Dans ce chapitre nous allons nous intéresser à la création du notre convoyeur d'accumulation sous **CATIA V5**, le logiciel de conception et d'ingénierie le plus utilisé qui va nous permettre l'élaboration de notre système en 3D. En créant le dessin d'ensemble du système et le modèle de chaque composant sous ce logiciel.

I. Dessin d'ensemble :

En dessin technique, un dessin d'ensemble est la représentation d'un mécanisme complet (ou partiel) permettant de situer chacune des pièces qui le composent. Les pièces sont dessinées, à une échelle dépendant des dimensions réelles du mécanisme et de la feuille accueillante dessin, à leur position exacte (assemblées), ce qui permet de se faire une idée concrète du fonctionnement du mécanisme.

Un dessin d'ensemble est le plus souvent accompagné d'une nomenclature proposant une désignation de chaque pièce, sa matière, son nombre d'occurrences, son procédé d'élaboration et éventuellement des informations internes à l'entreprise.

La figure suivante représente le dessin d'ensemble de notre système :

II. Présentation des différents composants du convoyeur sous CATIA V5:

Dans cette partie, nous allons présenter le modèle de chaque composant du convoyeur sous CATIA V5.

Chaîne :

La chaîne est l'élément principal du convoyeur d'accumulation puisqu'elle est en contact direct avec le produit fabriqué. Voilà sa création sous CATIA (figure 12) :

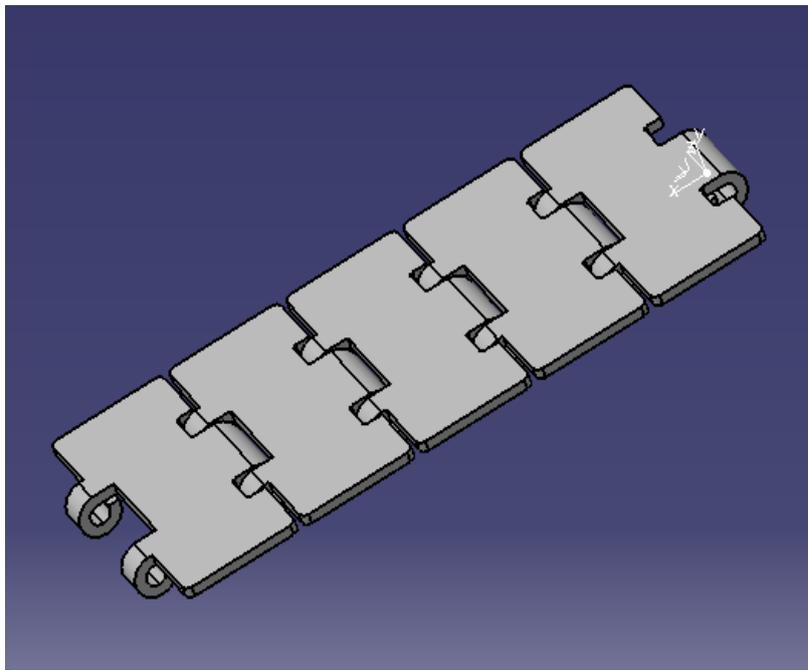


Figure 12: Création de la chaîne sous CATIA.

N.B : Voir l'annexe 2 pour son dessin de définition.

Roue de traction et de renvoi :

Comme déjà cité on va utiliser une roue de traction et une autre de renvoi leur création sous CATIA sera comme la suite (figure 13) :

N.B : Voir l'annexe 2 pour leurs dessins de définition.



Figure 13: Création des roues de traction et de renvoi sous CATIA.

Motoréducteur :

Le motoréducteur (Figure 14) est un ensemble constitué d'un réducteur qui est équipé d'un moteur électrique.

Le rôle central dans un motoréducteur est tenu par le réducteur avec son nombre de trains, ses engrenages. Ils transmettent la force du moteur depuis l'entrée vers la sortie. Le réducteur fonctionne comme convertisseur de couple et de vitesse.

Dans la plupart des cas d'application, le réducteur diminue la vitesse de rotation du moteur et dans le même temps transmet des couples nettement plus élevés que ceux que peut fournir un moteur électrique seul.

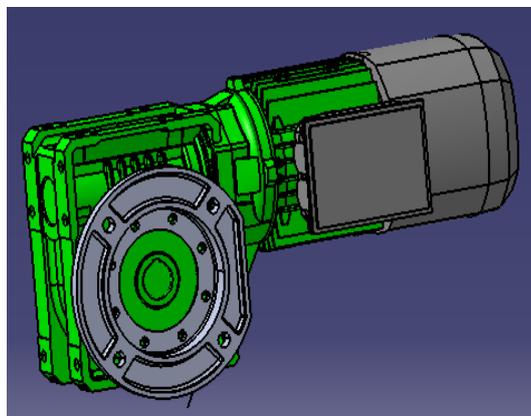


Figure 14: Création du motoréducteur sous CATIA.

Variateur de vitesse :

Un variateur de vitesse est un équipement permettant de faire varier la vitesse d'un moteur.

En effet, la plupart des moteurs tournent à vitesse constante. Pour moduler la vitesse des équipements de procédé, on a longtemps eu recours à divers dispositifs mécaniques. Aujourd'hui, on fait surtout appel à des variateurs de vitesse électroniques.

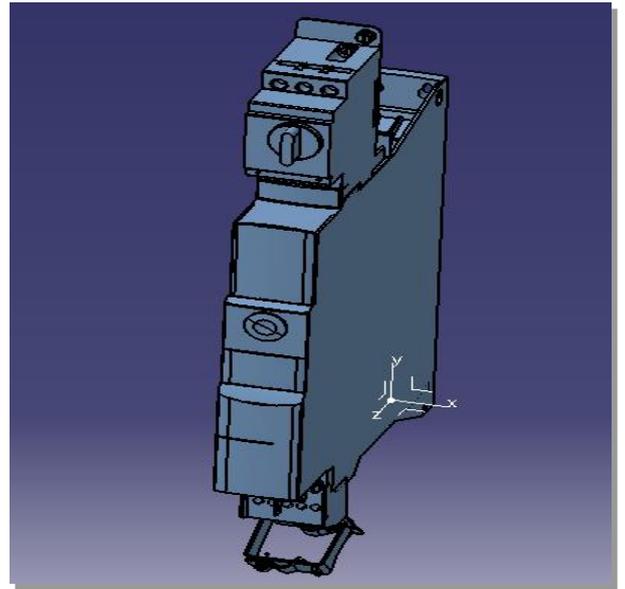


Figure 15: Création de variateur de vitesse sous CATIA

Arbre :

Un arbre (Figure 14) est un organe mécanique transmettant une puissance sous forme d'un couple et d'un mouvement de rotation. La forme cylindrique de cet organe est à l'origine de son nom.

L'arbre supporte généralement des engrenages, poulies, volants, manivelles, pignons de chaînes ou autres éléments qui transmettent une position angulaire ou une puissance. Il est un des éléments mécaniques les plus fréquemment utilisés.

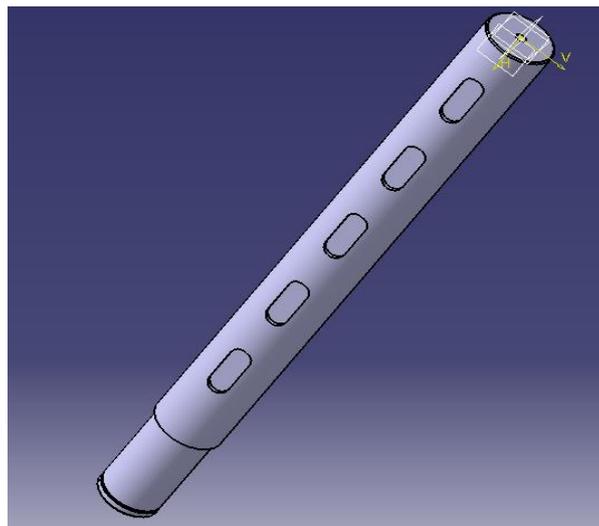


Figure 16: Création de l'arbre de transmission sous CATIA.

N.B : Voir l'annexe 2 pour son dessin de définition.

Clavette :

En mécanique, une clavette (Figure 15) est une pièce qui a pour fonction de lier en rotation deux pièces (liaison de moyeux). En complément, elle peut être dimensionnée pour se rompre par cisaillement lorsque le couple transmis est trop important.

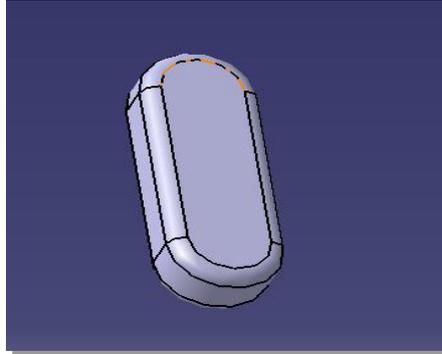


Figure 17: Création de la clavette sous CATIA.

N.B : Voir l'annexe 2 pour son dessin de définition.

Les profils de glissement:

Les profils de glissement sont en polyéthylène ou bien en PVC (type de plastique), leur rôle est de placer et bien guider les chaînes lors du fonctionnement.

En se basant sur l'ancien convoyeur d'accumulation, on a trouvé qu'on a besoin deux types de profils de glissement :

- Profil en **Z** qui seront montés dans les extrémités du convoyeur comme on peut le voir dans la figure suivante :

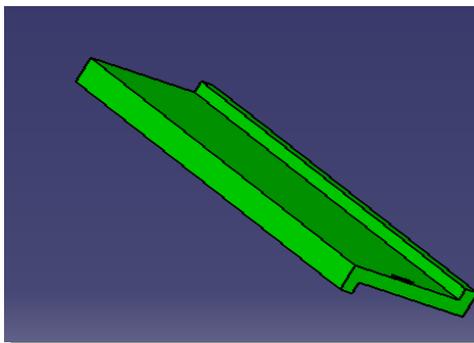


Figure 18: Création du profil en Z sous CATIA.

- Profil en **U** qui se situent entre chaînes et qui facilitent le fluage de ces dernières:

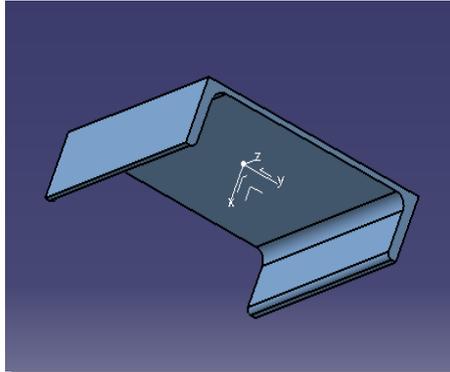


Figure 19: Création du profil en U sous CATIA.

N.B : Voir l'annexe 2 pour leurs dessins de définition.

Douille :

Les douilles servent à guider et bien placer la chaîne au moment du renvoi. Ces douilles (Figure 18) sont montées sur des arbres non-clavettées et qui sont fixées dans le convoyeur par un support nommé « Equerre 90° » (Figure 19).

N.B : Voir l'annexe 2 pour leurs dessins de définition.

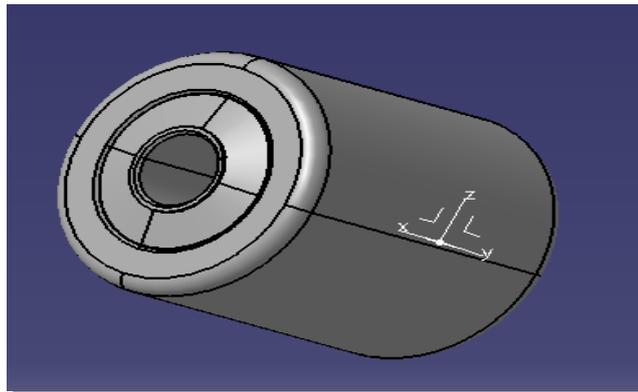


Figure 18: Création de la douille sous CATIA.

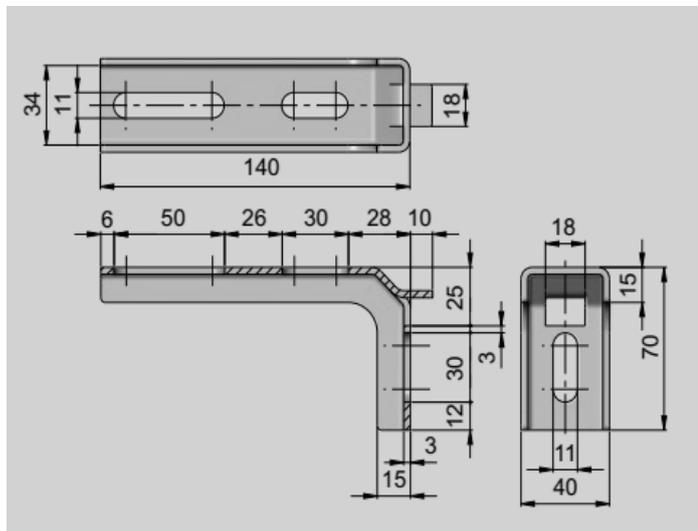


Figure 19: Equerre 90°.

Moyens de supports :

Dans notre système de convoyage, il existe plusieurs éléments qui assurent le bon fonctionnement de ce dernier, et parmi ces éléments on trouve :

Eléments de guidage :

La fonction d'un guide qui est représenté dans la figure ci-dessous est de guider les bouteilles à leur point d'accumulation et de les protéger afin de ne pas tomber du convoyeur.

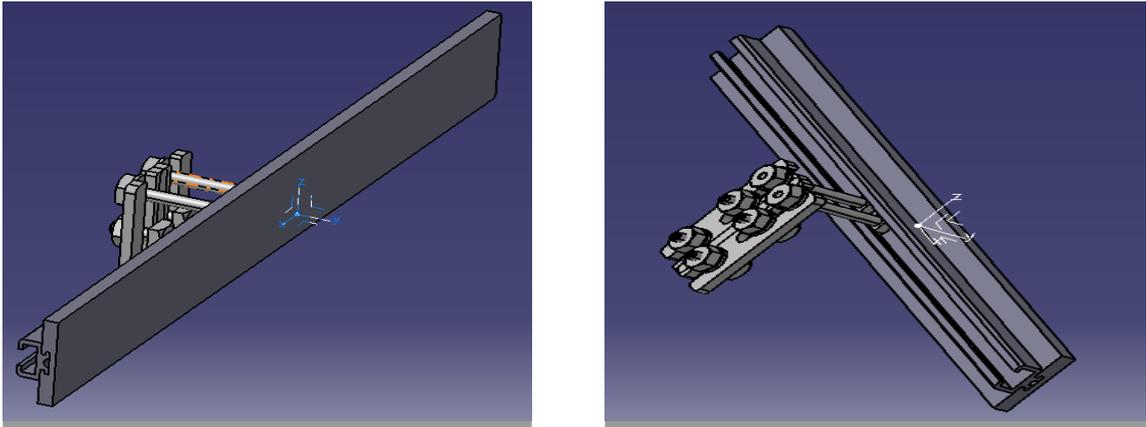


Figure 20: Création du guide sous CATIA.

Les guides sont fixées dans le convoyeur d'accumulation à l'aide d'un support de guidage en inox qui est représenté dans la figure suivante :

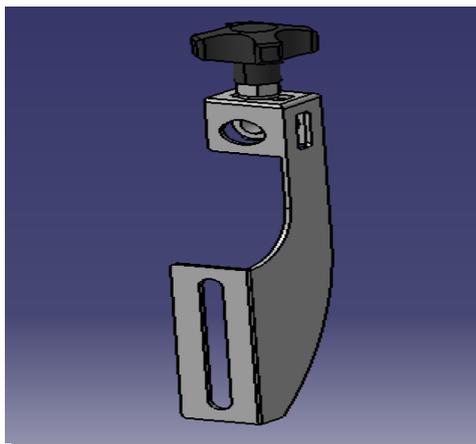


Figure 21: Création du support de guidage sous CATIA.

Jambes :

Les jambes que nous avons choisies pour notre convoyeur sont fabriquées à la base d'inox qui est connu par sa capacité à supporter toutes les charges et les efforts qui seront appliqués sur le convoyeur lors de fonctionnement.

Ces Jambes ont une forme cylindrique et ils sont fixés dans des pieds tripodes moulés (Figure 22) qui empêchent le frottement de ces jambes sur le sol.

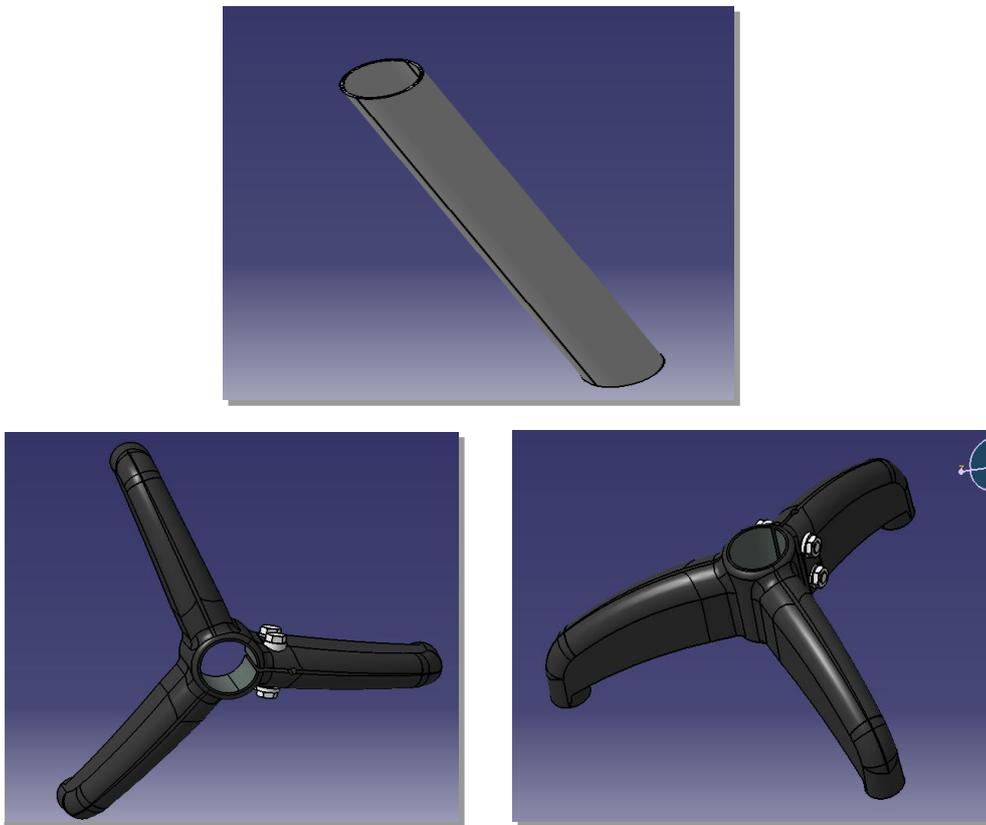


Figure 22: Création des jambes du convoyeur sous CATIA.

Conclusion générale

Cette étude portant sur la conception d'un convoyeur d'accumulation a été l'occasion pour nous d'apprendre et d'acquérir un ensemble des techniques et des connaissances dans le domaine de la conception mécanique.

L'objectif de ce stage qui a duré deux mois était de concevoir un nouveau convoyeur d'accumulation avec des dimensions plus grandes que l'ancien pour réduire les arrêts répétitifs de l'inspectrice HEUFT qui causent des pertes pour l'entreprise.

Pour cela, nous avons entamé notre travail par une étude fonctionnelle du nouveau convoyeur pour déterminer les interactions entre le système et les éléments environnants et puis extraire les solutions technologiques possibles qu'on puisse appliquer sur notre système. Ensuite, nous avons effectué des certains calculs pour établir les valeurs des paramètres nécessaires au fonctionnement du convoyeur. Et nous avons terminé par la création du modèle de chaque composant du convoyeur sous le logiciel de conception CATIA V5.

A l'heure actuelle, le convoyeur d'accumulation est en phase d'exploitation. Concernant les résultats obtenus, on peut les citer comme suit :

- Respect du cout de fabrication défini dans le cahier de charges.
- Réduction des arrêts : Avoir 2 arrêts par heure au lieu d'un chaque 10 minutes.
- Capacité d'accumulation plus grande : 1740 bouteilles au lieu de 224 bouteilles.

Et à partir de ces résultats, on peut dire que notre objectif est atteint.

En conclusion, notre stage nous a permis de mettre en œuvre des compétences scolaires et professionnelles pour un sujet intéressant et nous avons eu la chance d'effectuer aussi des taches supplémentaires comme la participation à la réparation d'une machine.

ANNEXES

Annexe 1

Calcul de la vitesse, la capacité d'accumulation et la cadence du convoyeur

Vitesse du convoyeur :

La vitesse de convoyage doit être déterminée d'une manière précise et elle ne faut pas qu'elle dépasse une limite supérieure afin de s'assurer que les récipients ne chuteront pas lors d'un arrêt (ou démarrage) brusque du convoyeur ou d'un changement de direction brutal. En pratique, la vitesse maximale de convoyage des bouteilles est toujours inférieure à 2 m/s.

Pour calculer la valeur maximale de la vitesse de notre système, on utilise la formule suivante : $V_{max} = \sqrt{2g(\sqrt{h^2 + r^2} - h)}$

Où: h : hauteur du centre de gravité du récipient (pour Stork, h= 10 cm);

r : rayon du récipient (pour Stork, r= 3,25 cm) ;

g : accélération de la pesanteur (9,81 m/s²) ;

D'où :

$$V_{max} = \sqrt{2 \times 9,81 \times (\sqrt{0,10^2 + 0,0325^2} - 0,10)} = 0,32 \text{ m/s}$$

Capacité d'accumulation du convoyeur :

Notre convoyeur permet d'accumuler des bouteilles de trois types différents (Stork, Special, Pils) qui ont un diamètre de **6,5cm**. Donc, on doit calculer la surface du convoyeur et celle occupée par chaque bouteille pour établir le nombre des bouteilles qui seront chargées par le convoyeur.

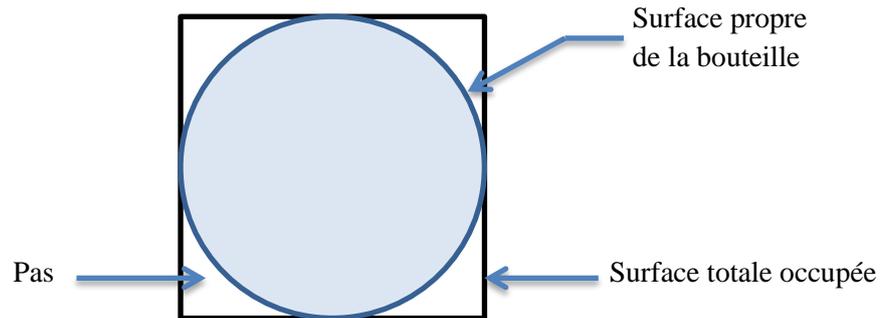
➤ Surface de convoyeur :

$$3,5 \times 2,1 = 7,35 \text{ m}^2$$

➤ Surface occupée par la bouteille :

D'après la figure ci-dessous, on peut conclure que la surface occupée par les bouteilles dépend de la surface de la base de cette dernière en tenant compte aux pas qui se trouvent entre elles.

Donc, pour avoir des résultats exacts, on suppose que la surface propre de la bouteille et les pas qu'ils l'entourent occupent une surface carrée dont sa longueur égal au diamètre de la bouteille.



D'où :

$$0,065 \times 0,065 = 4,225 * 10^{-3} m^2$$

➤ Nombre des bouteilles accumulées :

$$\frac{7,35}{4,225 * 10^{-3}} \cong \mathbf{1740 \text{ bouteilles.}}$$

Cadence de convoyage :

La cadence, ou le débit, d'une machine est sa capacité horaire de traitement des récipients. Pour la calculer, il faut calculer le débit volumique et le volume occupé par chaque bouteille :

➤ Débit volumique :

On obtient le débit volumique à l'aide de la formule suivante :

$$Q_v = S \times V$$

Avec : S= la surface occupée par le récipient.

V= la vitesse de convoyage.

D'où:

$$Q_v = (4,225 * 10^{-3}) \times 0,23$$
$$\Rightarrow Q_v = 9,72 * 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ Volume occupé par le récipient :

Ce volume est défini comme ci-dessous :

$$v = S \times h$$

Avec : S= la surface occupée par le récipient

h= la hauteur du récipient qui égal à 19 cm.

Donc :

$$v = 0,065^2 \times 0,19$$
$$\Rightarrow v = 8,03 * 10^{-4} \text{ m}^3$$

D'où, la cadence de ce convoyeur notée par « C » sera le rapport entre le débit volumique et le volume occupé par la bouteille :

$$C = \frac{9,72 * 10^{-4}}{8,03 * 10^{-4}}$$
$$\Rightarrow C \cong 2 \text{ bouteilles/s}$$
$$\Rightarrow C \cong 7200 \text{ bouteilles/h}$$

Annexe 2

Dessins de définition des composants

Le dessin de définition représente une pièce ou une partie d'objet projeté sur un plan avec tous ses détails comme les dimensions en cotations normalisées et les usinages.

Dans les pages suivantes nous allons présenter le dessin de définition de chaque composant du convoyeur.

Bibliographie :

- [1] **Catalogue Constructeur de convoyeurs AVE, disponible sur le site:**
http://www.ave-chains.com/download/AVE_general2014.zip
- [2] **HabaCHAIN Engineering Guide habasit:**
<http://www.habasit.com/en/getToolDownloadFile.htm?DocId=8077&language=2>
- [3] **Documentation technique groupe Arbor-Faber, disponible sur le site :**
<http://www.faber.fr/v2/index.php?page=docu>
- [4] Daniel Spenlé. Edition 1995-1996, Guide Du Calcul En Mécanique - Pour Maîtriser La Performance Des Systèmes Industriels.
- [5] André Chevalier, Edition 2003-2004, Guide Du Dessinateur Industriel.
- [6] Catalogue pièces détachées 1/2 SIMONAZZI TRANSPORTEUR /