

Dédicaces

A notre chère famille et à nos précieux amis,

Nous sommes infiniment reconnaissants de vous avoir à nos côtés tout au long de ce parcours d'études. Votre soutien inconditionnel, vos encouragements et vos sourires ont illuminé nos journées les plus sombres et ont renforcé nos moments de triomphe.

À nos parents, nos frères et sœurs, et à toute notre famille, qui ont été nos piliers, nos mentors et nos modèles. Votre amour et votre soutien indéfectibles nous ont donné la force de poursuivre nos rêves.

À nos amis, qui ont partagé avec nous chaque victoire, chaque défi et chaque moment de joie. Votre présence a rendu ce chemin plus agréable, plus enrichissant et plus mémorable..

À vous tous, nous dédions ce projet d'étude avec gratitude, amour et reconnaissance pour votre soutien indéfectible.

Avec toute notre affection,

MIMOUN Mohamed Redha

LOUNES Sid Ahmed

Remercîments

En ce moment de célébration et d'accomplissement, nous souhaitons exprimer notre profonde gratitude envers ceux qui ont rendu cette réussite possible.

À Dieu, dont la grâce et la direction ont illuminé notre chemin à chaque étape, nous vous remercions pour votre soutien constant.

À nos chers parents, vos sacrifices, votre amour et votre soutien inconditionnel ont été notre force motrice. Nous sommes infiniment reconnaissants.

À notre estimé promoteur, pour votre guidance, vos conseils avisés et votre soutien inestimable tout au long de ce projet.

À nos frères et sœurs, vos encouragements et votre soutien ont été précieux. Merci d'avoir été à nos côtés. À nos amis, pour vos rires, votre amitié et votre soutien indéfectible, nous sommes reconnaissants.

Enfin, à nos honorables membres du jury, merci pour votre temps, votre expertise et votre évaluation constructive.

À vous tous, notre plus profonde gratitude pour avoir partagé ce voyage avec nous.

Avec amour et reconnaissance,

MIMOUN Mohamed Redha / LOUNES Sid Ahmed

Résumé

Ce projet de fin d'études concerne la conception d'une table roulante de production automatisée avec tri partiel par forme, utilisant SolidWorks. L'objectif est d'améliorer les processus industriels, réduire les coûts et augmenter la compétitivité.

La table permet de transporter et trier automatiquement les pièces par forme, optimisant ainsi les lignes de production. Modélisée en 3D avec SolidWorks, la structure en acier assure robustesse et durabilité, tandis que le tapis en caoutchouc et les rouleaux en aluminium garantissent un transport fluide. Le moteur à vitesse constante offre un déplacement régulier des produits.

Les bras mécaniques avec vérins à servomoteur permettent un tri précis des pièces. La simulation et l'analyse des contraintes ont validé la conception et optimisé les performances.

Ce projet démontre l'efficacité de SolidWorks pour développer des solutions innovantes en production automatisée. Les perspectives futures incluent une optimisation pour plus de flexibilité et l'intégration de technologies de tri avancées.

ملخص

يهدف هذا المشروع النهائي إلى تصميم طاولة دوارة للإنتاج الآلي مع فرز جزئي حسب الشكل باستخدام SolidWorks الهدف هو تحسين العمليات الصناعية، وتقليل التكاليف، وزيادة التنافسية.

تتيح الطاولة نقل وفرز القطع تلقائياً حسب الشكل، مما يعزز خطوط الإنتاج. تم تصميم الهيكل ثلاثي الأبعاد باستخدام SolidWorks ، مما يضمن متانة الهيكل الفولاذي وديمومته، في حين يضمن الحزام المطاطي والبكرات الألومنيوم نقلاً سلساً. يتيح المحرك ذو السرعة الثابتة حركة منتظمة للمنتجات.

تسمح الأذرع الميكانيكية المزودة بمشغلات السيرفو بفرز دقيق للقطع. تم التحقق من التصميم وتحسين الأداء من خلال المحاكاة وتحليل الإجهاد.

يُظهر هذا المشروع فعالية SolidWorks في تطوير حلول مبتكرة للإنتاج الآلي. تشمل الآفاق المستقبلية تحسين النظام لمزيد من المرونة ودمج تقنيات فرز متقدمة.

Summary

This final year project focuses on the design of an automated production conveyor table with partial automatic shape sorting using SolidWorks. The aim is to enhance industrial processes, reduce costs, and increase competitiveness.

The table allows for the automatic transport and initial sorting of parts by shape, optimizing production lines. Modeled in 3D with SolidWorks, the steel structure ensures durability, while the rubber conveyor belt and aluminum rollers provide smooth movement. The constant speed motor ensures regular and controlled product movement.

Mechanical arms with servo-actuated cylinders enable precise initial sorting of parts.

Simulation and stress analysis validated the design and optimized performance.

This project demonstrates the effectiveness of SolidWorks in developing innovative solutions for automated production. Future prospects include optimizing the system for increased flexibility and integrating advanced sorting technologies to meet evolving industry needs.

TABLEAU DES FIGURES

Numéro	Titre de la Figure	Page
1	Représentation de la concurrence accrue dans l'industrie manufacturière	12
2	Exemple de tri automatique dans l'industrie agroalimentaire	14
3	Machine de mesure de vision 2D	22
4	Systèmes de tri par vision 3D	23
5	Systèmes de tri par rayons X	24
6	Système de tri de feuilles par laser	24
7	Systèmes de tri par capteurs tactiles	25
8	Système de tri de fruits et légumes	29
9	Machine de tri de pièces SMD	30
10	Système de Tri des déchets solides	30
11	Système de tri des lettres Maxim	31
12	Table de convoyeur à dessus lisse	33
13	Convoyeur à bande à tasseaux en polyuréthane	33
14	Table de convoyage perforée	34
15	Table de convoyage modulaire	34
16	Table de convoyage droite	35
17	Table de convoyage courbée	35
18	Table de convoyage télescopique	36
19	Table de convoyeur surélevée	36
20	Tapis roulant pour l'industrie agroalimentaire	39
21	Bande transporteuse à pointes pour l'industrie agroalimentaire	39
22	Bande transporteuse modulaire pour l'industrie automobile	40
23	Bande transporteuse d'accumulation pour la logistique et l'entreposage	41
24	Bande transporteuse en acier inoxydable pour l'industrie pharmaceutique et cosmétique	42
25	Structure en acier utilisée dans divers projets de construction	44
26	Esquisse initiale montrant les dimensions générales du cadre	55
27	Modélisation 3D du châssis de la table de production	55
28	La boîte de collecte	56

29	Le support de bras mécanique	56
30	Support de capteur	57
31	Pattern linéaire	58
32	Support de tapis roulant	58
33	Pattern linéaire de support de tapis roulant	59
34	Conception finale du châssis	60
35	Rouleau cylindrique du tapis roulant	60
36	Bras mécanique	61
37	Vérin du bras mécanique	62
38	Tapis roulant	65
39	Assemblage finale	

TABLEAU DES SYMBOLES

Symbole	Description	Unité
σ	Contrainte	N/m^2 ou Pa
F	Force appliquée	N
A	Section transversale du matériau	m^2
δ	Flèche ou déformation	m
L_{poutre}	Longueur de la poutre	m
E	Module d'élasticité	Pa
I	Moment d'inertie de la section	m^4
ω	Vitesse angulaire	rad/s
v	Vitesse linéaire	m/s
t	Temps total	s
N	Nombre de pièces triées	<i>pièces</i>
L_{piece}	Longueur de la pièce	m
g	L'accélération due à la gravité	m/s^2
r	Rayon du rouleau	m
μ	Le coefficient de friction	/
P	Puissance	W ou Kw
T	Couple	Nm
F_f	La force de friction	N
F_n	La force normal	N

SOMMAIRE

Dédicace	1
Remercîments	2
Résumé	3
Sommaire	6
Tableau des figures	7
Tableau des symboles	8

CHAPITRE I : Introduction général

I.I. Introduction.....	11
I.II. Contexte du projet.....	11
I.III. Objectifs du projet.....	16
I.IV. Démarche méthodologique.....	17
I.V. Conclusion.....	19

CHAPITRE II : Etude bibliographique

II.I. Introduction	21
II.II. Systèmes de tri automatique par forme.....	21
II.III. Tables roulantes de production	32
II.IV. Conclusion.....	42

CHAPITRE III : Spécifications technique et conception du convoyeur

III.I Introduction.....	43
III.II Dimensions et capacité de charge.....	43
III.III Structure et matériaux.....	44
III.IV Système de motorisation et de contrôle.....	46
III.V Interfaces avec le système de tri automatique.....	49

III.VI	Aspects ergonomiques et de sécurité.....	52
III.VII	Modélisation 3D des différents composants.....	57
III.VIII	Calcul de la Vitesse linéaire et le nombre de pièce a trier.....	66
III.IX	Résistance mécanique et stabilité.....	67
III.X	Calcul de la puissance.....	67
III.XI	Assemblage et génération des plans de simulation.....	68
III.XII	Conclusion.....	72

CHAPITRE IV : Conclusion

IV.I	Résumé des travaux réalisés.....	73
IV.II	Discussion et apports du projet.....	73
IV.III	Perspectives et pistes d'amélioration.....	75
IV.IV	Conclusion.....	77
	Références Bibliographique.....	79

CHAPITRE I : Introduction

I.I. Introduction

L'industrie manufacturière moderne fait face à des défis complexes tels que la concurrence accrue, l'évolution des attentes des clients, le manque de main-d'œuvre qualifiée et les incertitudes économiques et géopolitiques. Dans ce contexte, les systèmes de tri automatique et les tables roulantes de production se présentent comme des solutions technologiques prometteuses. Ces systèmes offrent des améliorations significatives en termes d'efficacité de production, flexibilité opérationnelle, qualité des produits, réduction des risques professionnels et impact environnemental. Ce projet de fin d'études vise à concevoir une table roulante de production automatisée avec tri partiel par forme, utilisant SolidWorks, pour répondre à ces défis et aux besoins spécifiques de divers secteurs industriels.

I.II. Contexte du projet :

- Enjeux de l'industrie manufacturière :

L'industrie manufacturière moderne est confrontée à une multitude de défis complexes qui menacent sa viabilité et sa croissance à long terme. Parmi les plus importants, on trouve :

- Concurrence accrue :

La mondialisation et l'ouverture des marchés ont accru la compétition à l'échelle internationale, obligeant les entreprises à réduire leurs coûts, à améliorer l'efficacité de leurs processus et à innover constamment pour se démarquer.

- Évolution des attentes des clients :

Les consommateurs d'aujourd'hui sont plus exigeants et recherchent des produits personnalisés, livrés rapidement et à des prix compétitifs. Ils sont également plus sensibles aux aspects environnementaux et sociétaux liés à la production.

- Manque de main-d'œuvre qualifiée :

L'évolution des technologies et la complexification des tâches manufacturières créent une demande croissante pour des travailleurs qualifiés, ce qui pose un défi majeur pour le recrutement et la rétention du personnel compétent.

➤ Incertitudes économiques et géopolitiques :

Les variations des marchés financiers, les incertitudes politiques et les crises économiques peuvent perturber les flux d'approvisionnement, impacter la demande et mettre en péril la rentabilité des entreprises.

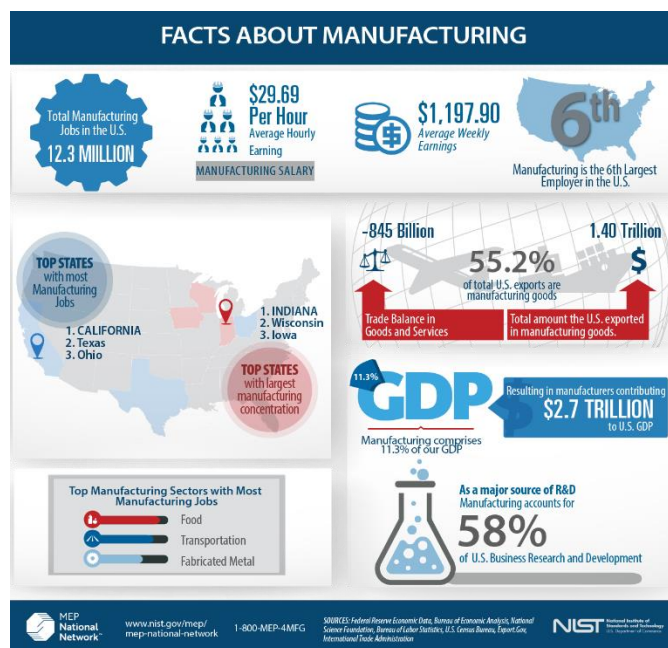


Figure 1 : Représentation de la concurrence accrue dans l'industrie manufacturière

- Rôle crucial du tri automatique et des tables roulantes de production :

Face à ces défis majeurs, le tri automatique et les tables roulantes de production s'affirment comme des solutions technologiques prometteuses pour optimiser les processus manufacturiers et répondre aux exigences croissantes de l'industrie. Ces systèmes intelligents apportent des avantages considérables :

➤ Amélioration de l'efficacité de la production :

L'automatisation du tri et du transport des pièces permet de réduire considérablement les temps de cycle, d'éliminer les tâches manuelles répétitives et d'augmenter la cadence de production.

➤ Amélioration de la flexibilité opérationnelle :

Les systèmes de tri et de transport flexibles s'adaptent facilement aux changements de produits, de volumes de production ou de configurations d'atelier, permettant une réactivité accrue aux changements de la demande et aux évolutions du marché.

➤ Amélioration de la qualité des produits :

Un tri précis et rigoureux des pièces à l'aide de technologies avancées de vision et de reconnaissance de forme permet de minimiser les erreurs de manipulation, de réduire les défauts et d'améliorer la qualité globale des produits finis.

➤ Réduction des risques professionnels :

L'automatisation des tâches dangereuses, telles que le levage et le déplacement de charges lourdes, contribue à réduire les accidents du travail et à améliorer la sécurité des employés dans l'environnement manufacturier.

➤ Diminution de l'impact environnemental :

Des systèmes de tri et de transport écoénergétiques, optimisés en termes de consommation d'énergie et de gestion des ressources, aident à diminuer l'impact environnemental de l'entreprise et à se conformer aux règles environnementales.

• Exemples concrets d'applications dans divers secteurs :

Le champ d'application du tri automatique et des tables roulantes de production s'étend à une multitude de secteurs industriels, illustrant leur polyvalence et leur capacité à répondre à des besoins spécifiques :

➤ Industrie automobile :

Tri et transport de pièces détachées, composants électroniques, éléments de carrosserie, etc., pour l'assemblage de véhicules.

➤ Agroalimentaire :

Tri et transport de fruits et légumes frais, produits emballés, bouteilles, conserves, etc., pour les opérations de transformation, de conditionnement et de distribution.

➤ Industrie pharmaceutique :

Tri et transport de médicaments, produits médicaux, flacons, tubes, etc., pour garantir la précision du dosage, la sécurité des produits et la conformité aux normes réglementaires.

➤ Logistique et entreposage :

Tri et transport de colis, palettes, cartons, etc., pour la réception, le stockage, le traitement des commandes et la livraison des produits.

➤ Manufactures diverses :

Tri et transport de pièces métalliques, composants en plastique, éléments de construction, etc., pour les processus d'assemblage, de finition et de contrôle qualité.



Figure 2 : Exemple de tri automatique dans l'industrie agroalimentaire

• Perspectives d'avenir et tendances prometteuses :

➤ Intégration de la réalité augmentée et virtuelle :

La réalité virtuelle peut créer des simulations immersives pour la formation des opérateurs, la maintenance prédictive et la planification virtuelle des installations de production.

➤ Impression 3D et fabrication additive :

L'impression 3D permet de créer des pièces personnalisées et complexes pour les systèmes de tri et de transport, optimisant leur performance et leur adaptabilité à des besoins spécifiques.

La fabrication additive ouvre la voie à de nouvelles conceptions innovantes et à une production plus durable.

➤ Durabilité et économie circulaire :

La conception de systèmes de tri et de transport éco-responsables, utilisant des matériaux recyclés et des processus de fabrication respectueux de l'environnement, devient une priorité essentielle.

L'économie circulaire, qui vise à minimiser les déchets et à maximiser la réutilisation des ressources, influence la conception de systèmes durables.

➤ Collaboration homme-machine optimisée :

L'accent sera mis sur la collaboration harmonieuse entre les opérateurs et les systèmes de tri et de transport, en intégrant des interfaces intuitives, des systèmes d'assistance intelligents et des dispositifs de sécurité renforcés.

➤ Évolutions réglementaires et normes industrielles :

Les réglementations en matière de sécurité, d'ergonomie et de protection de l'environnement influenceront la conception et l'utilisation des systèmes de tri et de transport.

Les normes industrielles évolueront pour intégrer les nouvelles technologies et les meilleures pratiques.

• Justification du projet et problématique ciblée :

En s'appuyant sur le contexte de l'industrie manufacturière et les tendances technologiques émergentes, notre projet de fin d'études se positionne comme une réponse innovante et pertinente à une problématique précise du secteur. Définissez clairement :

Les défis rencontrés actuellement dans les processus de tri et de manutention sur les tables roulantes de production. (Par exemple : erreurs de tri, inefficacité du transport, problèmes ergonomiques, etc.)

Les besoins et les attentes spécifiques de votre domaine d'application choisi. (Par exemple : production à cadence élevée, gestion de pièces de formes complexes, intégration dans une chaîne de production automatisée, etc.).

I.III. Objectifs du projet :

- Objectifs généraux du projet :
 - Améliorer l'efficacité du tri et de déplacement manuel ou mécanique des pièces. Cela se traduira par une réduction des temps de cycle de transport, une optimisation de l'acheminement des pièces vers le système de tri existant, et une diminution des erreurs de manipulation manuelle.
 - Optimiser l'ergonomie et la sécurité des opérateurs. La conception de la table doit minimiser les efforts physiques des opérateurs, favoriser une posture de travail confortable et respecter les normes de sécurité.
 - Rendre la table de production modulaire et adaptable. L'objectif est de permettre une configuration flexible en fonction des besoins de production et des types de pièces à manipuler.
 - Assurer une intégration harmonieuse avec le système de tri existant. La table de production doit être conçue pour acheminer les pièces de manière ordonnée et compatible avec le fonctionnement du système de tri préexistant.

- Objectifs spécifiques du projet :
 - Définir les spécifications techniques de la table de production en tenant compte de la compatibilité avec le système de tri existant. Cela inclut les dimensions du plateau, le système de convoyage (roues, bandes transporteuses, etc.), les interfaces de transfert des pièces, les dispositifs d'arrêt et de positionnement, et les aspects ergonomiques.

- Concevoir et modéliser la table de production en 3D à l'aide de SolidWorks. Ce modèle permettra de visualiser la conception, de vérifier la compatibilité dimensionnelle avec le système de tri, d'évaluer l'ergonomie et d'optimiser le flux des pièces.
 - Réaliser des analyses techniques et dimensionnements. Ces analyses permettront de s'assurer de la résistance mécanique de la structure, de la capacité de charge de la table et de la stabilité de l'ensemble.
 - Développer un plan d'implantation et d'intégration de la table de production avec le système de tri existant. Ce plan doit tenir compte des besoins en espace, des flux de matériaux et de la coordination entre les deux systèmes.
 - Réaliser des tests de fonctionnement et de manipulation des pièces. Ces tests permettront de vérifier la fluidité du transport, l'efficacité du système de convoyage et la facilité d'utilisation pour les opérateurs.
- Indicateurs de performance et critères de réussite :
 - Temps de cycle de transport des pièces.
 - Taux d'erreurs de manipulation manuelle.
 - Ergonomie et confort de travail des opérateurs.
 - Adaptabilité de la table à différents types de pièces.
 - Efficacité de l'intégration avec le système de tri existant.

I.IV. Démarche méthodologique :

- Définition de la méthodologie :

La méthodologie d'un projet d'ingénierie définit l'approche structurée et rigoureuse que vous adopterez pour mener à bien votre projet. Elle doit être adaptée à la nature et à la complexité du projet, et doit permettre de :

- Organiser et planifier efficacement les tâches.
- Gérer les ressources et les délais.
- Prendre des décisions éclairées.
- Communiquer efficacement avec les parties prenantes.
- Suivre les progrès et évaluer les résultats.

- Choix d'une méthodologie adaptée :

De nombreuses méthodologies d'ingénierie existent, chacune avec ses propres avantages et inconvénients. Le choix de la méthodologie la plus adaptée dépend de plusieurs facteurs, tels que :

- La nature du projet. (Recherche, développement, conception, fabrication, etc.)
- La complexité du projet. (Nombre de tâches, interdépendances, exigences techniques, etc.)
- Les ressources disponibles. (Personnel, budget, matériel, etc.)
- Les contraintes de temps. (Délais à respecter, échéances critiques, etc.)

- Exemples de méthodologies d'ingénierie :

Parmi les méthodologies d'ingénierie les plus couramment utilisées, on trouve :

- La méthodologie en cascade. (Waterfall methodology) :
Cette méthodologie linéaire est adaptée aux projets simples et bien définis. Elle se caractérise par une progression séquentielle des étapes, avec peu de retour en arrière possible.
- La méthodologie agile. (Agile methodology) :

Cette méthodologie flexible est plus adaptée aux projets complexes et évolutifs. Elle privilégie une approche itérative, avec des livraisons régulières et des adaptations en fonction des retours d'expérience.

- La méthodologie lean. (Lean methodology) :

Cette méthodologie vise à minimiser les gaspillages et à optimiser les processus. Elle met l'accent sur la valeur ajoutée et la satisfaction du client.

- Démarche méthodologique pour notre projet :

En fonction des caractéristiques de notre projet de conception de table de production, nous choisirons une méthodologie adaptée.

➤ Phase d'analyse et de cadrage :

○ Objectifs :

Clarifier les besoins et les attentes, définir les objectifs du projet et les livrables attendus.

○ Activités principales :

▪ Rédaction d'une charte projet :

Définition des objectifs globaux, livrables attendus, contraintes techniques et budgétaires.

▪ Analyse de l'état de l'art :

Étude des solutions existantes sur le marché, identification des tendances technologiques.

▪ Analyse des besoins :

Recueil des besoins des opérateurs et des responsables de production, observation des processus de tri et de manutention existants.

▪ Définition des spécifications fonctionnelles et techniques de la table de production:

Fonctionnalités attendues, ergonomie, interfaces, etc.

▪ Évaluation des risques potentiels et mise en place d'un plan de gestion des risques.

➤ Phase de conception et de développement :

○ Objectifs :

Développer une conception détaillée de la table de production en tenant compte des contraintes techniques et des besoins des utilisateurs.

○ Activités principales :

▪ Réalisations de croquis et schémas préliminaires.

▪ Modélisation 3D de la table de production sous SolidWorks.

▪ Analyses techniques de la structure (résistance mécanique, stabilité, etc), de l'ergonomie et de la sécurité des opérateurs.

▪ Sélection et spécification des composants (système de convoyage, motorisation, capteurs si nécessaire).

▪ Réalisation de simulations pour tester le comportement de la table dans différentes conditions d'utilisation.

- Revue de conception interne avec des experts techniques pour identifier les points d'amélioration et valider la faisabilité.
- Adaptation et raffinement de la conception en fonction des retours.
- Élaboration d'un plan d'intégration détaillé avec le système de tri existant (positionnement, flux de pièces, interfaces).

I.V. Conclusion :

En conclusion, ce projet s'inscrit dans une démarche d'innovation visant à relever les défis actuels de l'industrie manufacturière. La conception d'une table roulante de production automatisée avec tri partiel par forme promet de significativement améliorer l'efficacité et la flexibilité des processus industriels, tout en assurant une meilleure qualité des produits et une réduction des risques professionnels. Les perspectives d'avenir incluent l'intégration de technologies émergentes telles que la réalité augmentée, l'impression 3D, et la fabrication additive, ainsi que la promotion de la durabilité et de l'économie circulaire. Ce projet démontre l'importance de l'automatisation et des nouvelles technologies pour le développement de solutions pratiques et robustes dans l'industrie manufacturière.

CHAPITRE II : Etude bibliographique

II.I. Introduction :

L'optimisation des processus de production est cruciale dans l'industrie manufacturière moderne. Les systèmes de tri automatique par forme et les tables roulantes de production jouent un rôle essentiel dans l'amélioration de l'efficacité, de la flexibilité et de la qualité des produits. Ces technologies avancées utilisent des méthodes variées de reconnaissance de forme et de transport pour répondre aux besoins spécifiques des divers secteurs industriels. Ce document examine les différents types de systèmes de tri et de tables roulantes, leurs principes de fonctionnement, avantages, limites, ainsi que leurs applications concrètes.

II.II. Systèmes de tri automatique par forme :

- Types de systèmes de tri :

Les systèmes de tri automatique par forme utilisent des technologies de vision et d'intelligence artificielle pour identifier et séparer des objets en fonction de leur forme géométrique. Ces systèmes sont couramment utilisés dans divers secteurs industriels, tels que l'agroalimentaire, la logistique, le recyclage et la fabrication.

➤ Types de systèmes de tri par forme :

- Systèmes de tri par vision 2D :
 - Principe de fonctionnement :

Les caméras capturent des images 2D des objets à trier, et des algorithmes de traitement d'image analysent la forme, la taille et les caractéristiques des objets pour les identifier et les classer.

- Avantages :

Simplicité de conception et d'implantation, coût relativement faible.

- Limites :

Sensibilité à l'éclairage et aux variations d'orientation des objets, difficulté à identifier des objets complexes ou non rigides.



Figure 3 : Machine de mesure de vision 2D

- Systèmes de tri par vision 3D :

- Principe de fonctionnement :

Des caméras stéréoscopiques ou des capteurs 3D capturent des informations de profondeur, permettant de créer des modèles 3D des objets à trier. Des algorithmes de reconnaissance de formes 3D analysent ensuite ces modèles pour identifier et classifier les objets.

- Avantages :

Meilleure précision et robustesse par rapport au tri 2D, capacité à identifier des objets complexes et non rigides.

- Limites :

Coût plus élevé, complexité accrue de la conception et de l'implantation.



Figure 4 : Systèmes de tri par vision 3D

- Systèmes de tri par rayons X :
 - Principe de fonctionnement :

Les rayons X traversent les objets à trier, créant des images radiographiques. Des algorithmes d'analyse d'image analysent la densité et la structure interne des objets pour les identifier et les classer.

- Avantages :

Capacité à identifier des caractéristiques internes des objets non visibles à l'œil nu, robustesse aux variations d'éclairage et d'orientation des objets.

- Limites :

Coût élevé, exposition aux rayons X, réglementation stricte pour l'utilisation des rayons X.

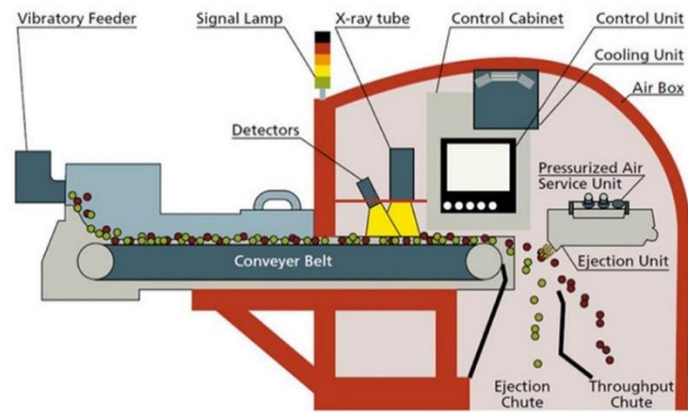


Figure 5 : Systèmes de tri par rayons X

○ Systèmes de tri par laser :

▪ Principe de fonctionnement :

Des lasers profilent les objets à trier, générant des données de points de forme 3D. Des algorithmes de reconnaissance de formes 3D analysent ensuite ces données pour identifier et classer les objets.

▪ Avantages :

Haute précision et résolution, capacité à identifier des objets complexes et de petite taille.

▪ Limites :

Coût élevé, complexité accrue de la conception et de l'implantation, sensibilité aux surfaces réfléchissantes.

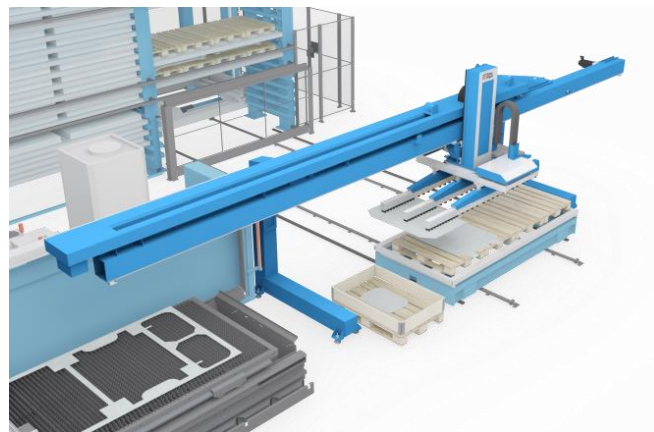


Figure 6 : Système de tri de feuilles par laser

- Systèmes de tri par capteurs tactiles :

- Principe de fonctionnement :

Des capteurs tactiles entrent en contact avec les objets à trier et collectent des données sur leurs caractéristiques physiques (texture, dureté, dimensions). Des algorithmes de classification analysent ensuite ces données pour identifier et classer les objets.

- Avantages :

Robustesse aux variations d'éclairage et d'orientation des objets, capacité à identifier des objets non rigides.

- Limites :

Vitesse de tri relativement lente, usure des capteurs tactiles, sensibilité aux salissures.

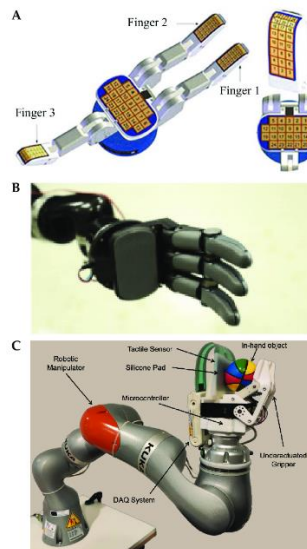


Figure 7 : Systèmes de tri par capteurs tactiles

- Systèmes de tri par combinaison de technologies :

- Principe de fonctionnement :

De nombreux systèmes de tri modernes combinent plusieurs technologies pour obtenir une meilleure performance et une plus grande flexibilité. Par exemple, un système peut combiner la vision 2D et 3D pour identifier des objets avec une précision accrue, ou utiliser des rayons X et des capteurs tactiles pour trier des objets complexes avec des caractéristiques internes spécifiques.

Le choix du type de système de tri par forme le plus adapté dépend de plusieurs facteurs, tels que les caractéristiques des objets à trier, la cadence de production requise, la précision souhaitée, le budget disponible et les contraintes d'espace.

En plus des types de systèmes de tri mentionnés ci-dessus, il existe d'autres approches de tri automatique par forme en cours de développement, telles que le tri par intelligence artificielle et le tri par apprentissage automatique. Ces technologies prometteuses ont le potentiel d'améliorer encore la performance et la flexibilité des systèmes de tri automatique par forme dans le futur.

- Techniques de reconnaissance de forme :

Les systèmes de tri automatique par forme utilisent des techniques de reconnaissance de forme pour identifier et classer des objets en fonction de leur géométrie. Ces techniques s'appuient sur des données d'entrée provenant de capteurs tels que des caméras, des scanners 3D ou des capteurs tactiles, et utilisent des algorithmes pour extraire des caractéristiques distinctives des objets et les comparer à des modèles ou à des bases de données de référence.

- Techniques de reconnaissance de forme basées sur les contours :

- Analyse des contours :

Cette technique consiste à extraire les contours des objets à partir des images capturées par des caméras. Les algorithmes analysent ensuite la forme, la taille et les propriétés des contours pour identifier et classer les objets.

- Moments de forme :

Cette technique calcule des moments géométriques des contours, tels que l'aire, le périmètre, le centre de masse et les moments d'inertie. Ces moments fournissent des informations descriptives sur la forme des objets et sont utilisés pour la reconnaissance et la classification.

- Descripteurs de contours :

Cette technique utilise des descripteurs plus élaborés, tels que les descripteurs de Fourier ou les descripteurs de Hu, pour capturer des détails plus fins de la forme des objets. Ces

descripteurs sont plus robustes aux variations d'échelle et d'orientation que les moments de forme.

➤ Techniques de reconnaissance de forme basées sur la région :

○ Étiquetage d'image :

Cette technique segmente les images en régions distinctes correspondant à des objets ou à des parties d'objets. Des algorithmes analysent ensuite les caractéristiques des régions, telles que la couleur, la texture et la forme, pour identifier et classifier les objets.

○ Histogrammes de couleurs :

Cette technique calcule des histogrammes de couleurs pour les régions segmentées. Les histogrammes représentent la distribution des couleurs dans les régions et sont utilisés pour identifier et classifier les objets en fonction de leurs couleurs dominantes.

○ Descripteurs de texture :

Cette technique extrait des descripteurs de texture des régions segmentées, tels que les descripteurs de Gabor ou les descripteurs de Haralick. Ces descripteurs capturent des informations sur la texture des surfaces des objets et sont utilisés pour la reconnaissance et la classification.

➤ Techniques de reconnaissance de forme basées sur le modèle :

○ Appariement de modèles :

Cette technique compare les objets à trier à des modèles préexistants stockés dans une base de données. Les algorithmes évaluent la similarité entre les formes des objets et des modèles pour identifier les correspondances.

○ Reconnaissance de formes basée sur les points caractéristiques :

Cette technique extrait des points caractéristiques distinctifs des objets, tels que les coins, les arêtes ou les points d'intérêt. Les algorithmes comparent ensuite les ensembles de points caractéristiques des objets à trier aux ensembles de points caractéristiques des modèles de référence pour identifier les correspondances.

○ Reconnaissance de formes basée sur les graphes :

Cette technique représente les objets sous forme de graphes, où les nœuds représentent des points caractéristiques et les arêtes représentent les relations entre ces points. Les

algorithmes comparent ensuite les graphes des objets à trier aux graphes des modèles de référence pour identifier les correspondances.

- Techniques de reconnaissance de forme basées sur l'apprentissage automatique :
 - Réseaux de neurones convolutifs (CNN) :

Les CNN sont des réseaux de neurones artificiels particulièrement efficaces pour la reconnaissance de formes. Ils apprennent à extraire des caractéristiques distinctives des données d'entrée et à les associer à des classes d'objets.

- Machines à vecteurs de support (SVM) :

Les SVM sont des algorithmes d'apprentissage supervisé qui apprennent à classifier des données en trouvant un hyperplan qui sépare les classes d'objets de manière optimale.

- Forêts aléatoires :

Les forêts aléatoires sont des ensembles d'arbres de décision générés de manière aléatoire. Elles permettent de classifier des objets en combinant les prédictions des différents arbres de décision.

Le choix de la technique de reconnaissance de forme la plus adaptée dépend de plusieurs facteurs, tels que les caractéristiques des objets à trier, la précision souhaitée, la vitesse de traitement requise et les données disponibles pour l'entraînement des algorithmes.

En plus des techniques mentionnées ci-dessus, de nouvelles approches de reconnaissance de forme basées sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique sont en cours de développement. Ces technologies prometteuses ont le potentiel d'améliorer encore la performance et la robustesse des systèmes de reconnaissance

- Exemples de systèmes de tri existants :

Les systèmes de tri automatique par forme trouvent leur application dans une large gamme de secteurs industriels. Voici quelques exemples concrets de systèmes de tri existants :

- Tri des fruits et légumes :
 - Système de tri par vision 2D :

Ce système utilise des caméras pour identifier et classer les fruits et légumes en fonction de leur forme, taille, couleur et défauts. Il est utilisé pour trier les produits avant l'emballage et l'expédition.

- Système de tri par rayons X :

Ce système utilise des rayons X pour identifier et classer les fruits et légumes en fonction de leur densité interne et de la présence de défauts internes. Il est utilisé pour détecter les fruits et légumes pourris ou endommagés.



Figure 8 : Système de tri de fruits et légumes

- Tri des pièces détachées :

- Système de tri par vision 3D :

Ce système utilise des caméras 3D pour créer des modèles 3D des pièces détachées et les identifier en fonction de leur forme, dimensions et caractéristiques géométriques. Il est utilisé dans l'industrie automobile et d'autres industries manufacturières pour trier et organiser les pièces avant l'assemblage.

- Système de tri par capteurs tactiles :

Ce système utilise des capteurs tactiles pour identifier les pièces détachées en fonction de leur texture, dureté et dimensions. Il est utilisé pour trier des pièces complexes ou non rigides.

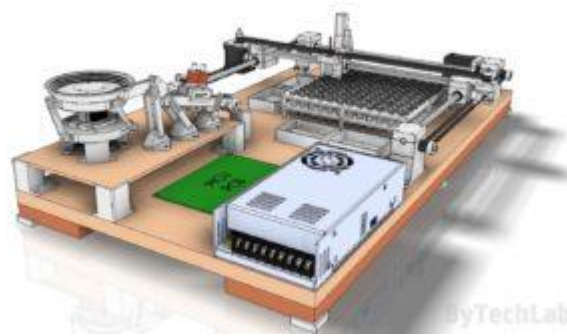


Figure 9 : Machine de tri de pièces SMD

➤ Tri des déchets :

- Système de tri par vision 2D et 3D :

Ce système combine la vision 2D et 3D pour identifier et classifier les déchets en fonction de leur type, matériau et caractéristiques. Il est utilisé dans les centres de tri des déchets pour séparer les matériaux recyclables des déchets non recyclables.

- Système de tri par capteurs NIR (Near InfraRed) :

Ce système utilise des capteurs NIR pour identifier les matériaux en fonction de leur composition chimique. Il est utilisé pour trier les plastiques, les métaux et d'autres matériaux en fonction de leur type.

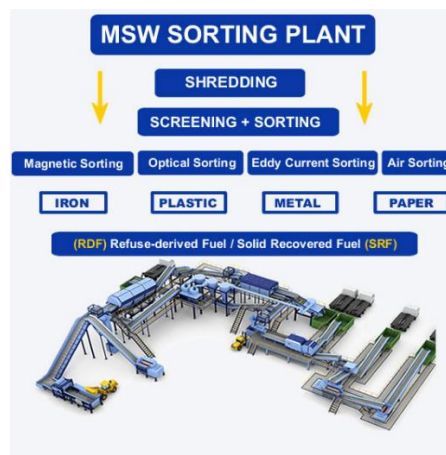


Figure 10 : Système de Tri des déchets solides

➤ Tri du courrier postal :

- Système de tri par vision 2D et reconnaissance de caractères (OCR) :

Ce système utilise la vision 2D pour identifier les adresses sur les lettres et colis, et l'OCR pour extraire les informations d'adresse. Il est utilisé pour trier le courrier postal en fonction de sa destination.

- Système de tri par code-barres :

Ce système utilise des lecteurs de code-barres pour lire les codes-barres apposés sur les lettres et colis. Les informations des codes-barres sont ensuite utilisées pour trier le courrier en fonction de sa destination.



Figure 11 : Système de tri des lettres Maxim

➤ Tri des minerais :

- Système de tri par rayons X :

Ce système utilise des rayons X pour identifier et classer les minerais en fonction de leur composition chimique et de la présence de minéraux précieux. Il est utilisé dans l'industrie minière pour séparer les minerais précieux des matériaux stériles.

- Système de tri par capteurs magnétiques :

Ce système utilise des capteurs magnétiques pour identifier les minerais magnétiques, tels que la magnétite. Il est utilisé dans l'industrie minière pour séparer les minerais magnétiques des autres minerais.

Ces exemples illustrent la diversité des applications des systèmes de tri automatique par forme. Le choix du type de système et des techniques de reconnaissance de forme les plus adaptés dépend des caractéristiques des objets à trier, des exigences de performance et des contraintes budgétaires.

Il est important de noter que les technologies de tri automatique par forme sont en constante évolution. De nouvelles techniques et de nouveaux systèmes sont développés en permanence pour améliorer la performance, la précision et la flexibilité de ces systèmes.

En conclusion, les systèmes de tri automatique par forme jouent un rôle crucial dans de nombreux secteurs industriels. Ils permettent d'automatiser des tâches de tri fastidieuses et répétitives, d'améliorer la qualité des produits triés et d'augmenter l'efficacité des processus de production et de logistique.

II.III. Tables roulantes de production :

- Types de tables roulantes :

Les tables roulantes de production, également appelées tables à tapis roulant, sont des convoyeurs horizontaux utilisés pour transporter des produits, des pièces ou des matériaux d'un point à un autre dans un environnement de production. Elles sont couramment utilisées dans divers secteurs industriels, tels que l'agroalimentaire, l'automobile, l'électronique, la pharmacie et la logistique.

- Types de tables de tapis roulant en fonction de la surface de transport :

- Tables à tapis lisse :

Surface plane et continue, idéale pour le transport rapide et fluide de produits plats et rigides tels que des cartons, des plateaux ou des pièces métalliques.

Exemples d'utilisation : lignes d'assemblage, zones d'emballage, palettisation.

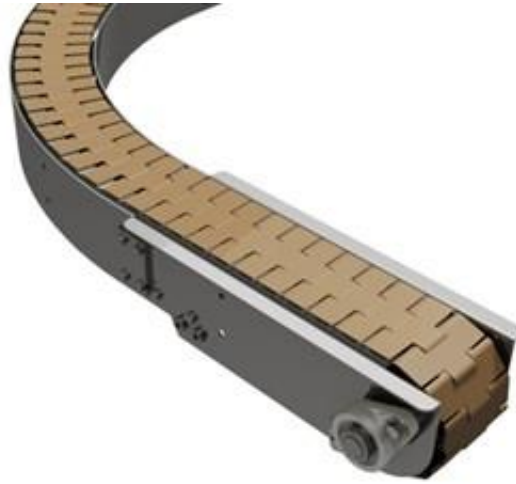


Figure 12 : Table de convoyeur à dessus lisse

○ Tables à tapis à picots :

Surface constituée de picots en caoutchouc ou en plastique qui offrent une meilleure adhérence et empêchent le glissement des produits instables ou ronds, tels que des fruits et légumes, des bouteilles ou des pièces cylindriques.

Exemples d'utilisation : lignes de production agroalimentaire, convoyeurs de bouteilles, systèmes de tri.



Figure 13 : Convoyeur à bande à tasseaux en polyuréthane

➤ Tables à tapis perforé :

Surface perforée permettant l'évacuation des liquides ou des débris, ce qui les rend idéales pour le transport de produits humides ou salissants tels que la viande, la volaille, le poisson ou les produits frais.

Exemples d'utilisation : lignes de transformation alimentaire, systèmes de lavage, convoyeurs de déchets.



Figure 14 : Table de convoyage perforée

➤ Tables à tapis modulaire :

Surface composée de modules interchangeables, offrant une grande flexibilité et permettant une adaptation facile à différentes configurations de production et l'intégration de fonctions supplémentaires, telles que des zones de pesage, de tri ou de marquage.

Exemples d'utilisation : lignes de production flexibles, postes de travail ergonomiques, systèmes de contrôle qualité.



Figure 15 : Table de convoyage modulaire

• Types de tables de tapis roulant en fonction de la structure :

➤ Tables à tapis droit :

Structure simple et économique, adaptée au transport des produits sur une ligne droite dans des configurations simples et peu complexes.

Exemples d'utilisation : transfert de produits entre des machines, alimentation de lignes d'assemblage, évacuation de produits finis.



Figure 16 : Table de convoyage droite

➤ Tables à tapis incurvé :

Permettent de changer de direction du transport des produits, s'adaptant aux configurations de production en U, en L ou en forme de S, augmentant ainsi la flexibilité du système de convoyage.

Exemples d'utilisation : lignes de production sinueuses, zones d'accumulation de produits, systèmes de distribution.

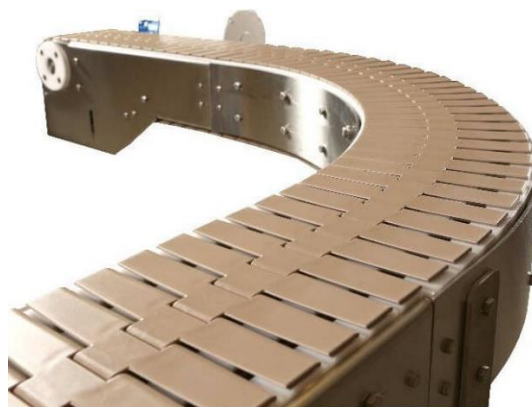


Figure 17 : Table de convoyage courbée

➤ Tables à tapis télescopique :

Structure extensible pour s'adapter aux variations de production ou aux besoins d'accès temporaires à des zones spécifiques, optimisant l'espace et la flexibilité du système de convoyage.

Exemples d'utilisation : lignes de production saisonnières, zones d'accès restreint, systèmes de chargement/déchargement de camions.



Figure 18 : Table de convoyage télescopique

➤ Tables à tapis surélevées :

Structure surélevée pour faciliter l'accès aux produits, améliorant l'ergonomie pour les opérateurs, la visibilité et le contrôle des produits, réduisant la fatigue et les risques de TMS (troubles musculosquelettiques).

Exemples d'utilisation : zones de travail manuelles, postes de contrôle qualité, lignes d'emballage.



Figure 19 : Table de convoyeur surélevée

En plus des types de tables de tapis roulant mentionnés ci-dessus, il existe des options et des configurations personnalisées disponibles pour répondre à des besoins spécifiques, tels que :

Tables à tapis avec contrôle de la vitesse

Tables à tapis avec fonction d'accumulation

- Fonctions et caractéristiques :

Les tables de production à tapis roulant offrent une large gamme de fonctions et de caractéristiques qui les rendent polyvalentes et adaptables à divers besoins de manutention et de production.

➤ Fonctions principales :

- Transport de produits :

La fonction principale d'une table de tapis roulant est de transporter des produits, des pièces ou des matériaux d'un point A à un point B dans un environnement de production.

- Accumulation de produits :

Les tables à accumulation permettent aux produits de s'accumuler sans s'arrêter, ce qui est utile pour gérer les variations de débit ou les arrêts et redémarrages fréquents.

- Tri et distribution :

Les tables de tapis roulant peuvent être intégrées à des systèmes de tri et de distribution pour séparer et diriger les produits vers différentes destinations.

- Positionnement et orientation des produits :

Des guides latéraux, des dispositifs de levage et des systèmes de rotation peuvent être intégrés aux tables pour positionner et orienter les produits avec précision.

- Intégration avec d'autres équipements :

Les tables de tapis roulant peuvent être facilement intégrées à d'autres équipements de production, tels que des machines-outils, des systèmes de pesage, des stations d'étiquetage, etc.

➤ Caractéristiques importantes :

○ Surface de transport :

La surface de transport peut être lisse, à picots, perforée ou modulaire, en fonction des caractéristiques des produits à transporter et des exigences de l'application.

○ Système d'entraînement :

Le système d'entraînement peut être à friction, à courroie synchrone ou à accumulation, en fonction des besoins en matière de vitesse, de précision et de flexibilité.

○ Structure et matériaux :

La structure de la table doit être suffisamment robuste pour supporter la charge et résister aux contraintes de l'environnement de production. Le choix des matériaux (acier inoxydable, aluminium, plastique) dépendra des exigences de résistance à la corrosion, à l'hygiène et à la facilité de nettoyage.

○ Dimensions :

La longueur, la largeur et la hauteur de la table doivent s'adapter à la configuration de l'espace de production et au flux de produits.

○ Capacité de charge :

La capacité de charge de la table doit être adaptée au poids des produits à transporter.

○ Vitesse de transport :

La vitesse de la table doit répondre aux exigences du processus de production.

○ Options et accessoires :

De nombreuses options et accessoires peuvent être intégrés aux tables de tapis roulant, tels que des guides latéraux, des dispositifs de levage, des systèmes de détection de présence de produits, des tables tournantes, etc.

● Exemples de tables a roulantes existantes :

Les tables roulantes de production existent dans une grande variété de types et de configurations pour répondre aux besoins spécifiques de diverses industries et applications. Voici quelques exemples concrets de tables roulantes couramment utilisées dans différents secteurs :

➤ Industrie agroalimentaire :

- Tables à tapis lisse :

Transport de produits plats tels que des plateaux de nourriture, des cartons de produits emballés, des fruits et légumes.



Figure 20 : Tapis roulant pour l'industrie agroalimentaire

- Tables à tapis à picots :

Transport de produits instables ou ronds tels que des bouteilles, des canettes, des fruits et légumes ronds.

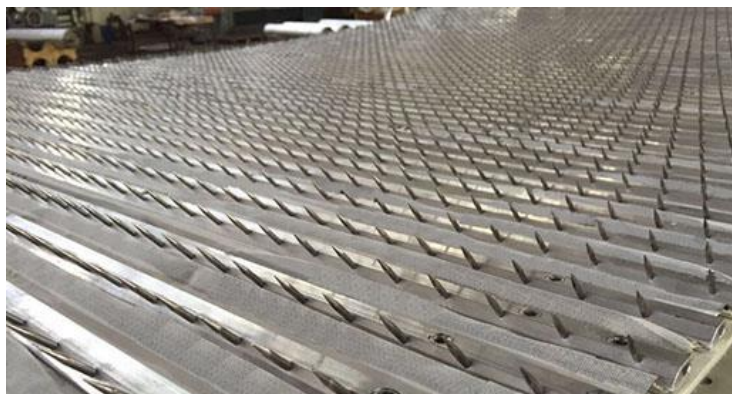


Figure 21 : Bande transporteuse à pointes pour l'industrie agroalimentaire

- Tables à tapis perforé :

Transport de produits humides ou salissants tels que de la viande, du poisson, des fruits et légumes frais.

- Industrie automobile :

- Tables à tapis modulaire :

Transport de pièces automobiles à travers différentes étapes d'assemblage, avec des zones de travail ergonomiques et des fonctions d'accumulation.

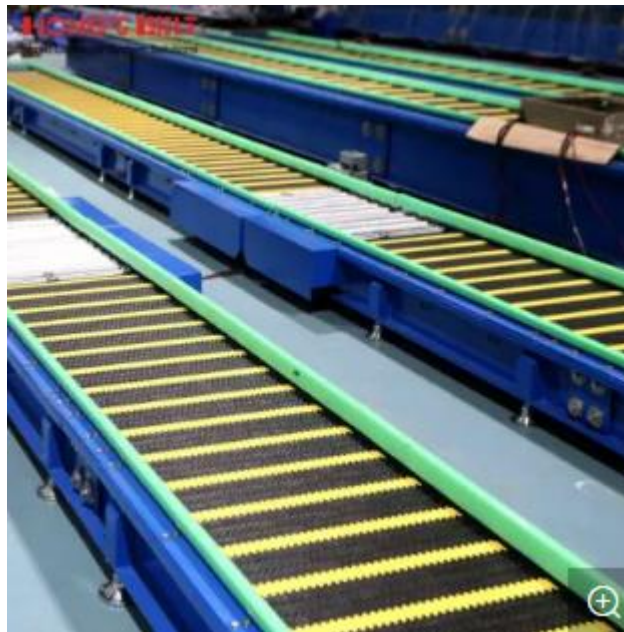


Figure 22 : Bande transporteuse modulaire pour l'industrie automobile

- Tables à tapis lisse avec guides latéraux :

Transport de châssis automobiles et de carrosseries sur des lignes de production automatisées.

- Industrie électronique :

- Tables à tapis antistatique :

Transport de composants électroniques sensibles aux décharges électrostatiques.

- Tables à tapis modulaire avec des stations de travail intégrées :

Transport de cartes de circuits imprimés et d'assemblages électroniques à travers des processus de test et d'inspection.

- Logistique et entreposage :

- Tables à tapis à accumulation :

Transport et accumulation de colis dans des centres de tri et de distribution.



Figure 23 : Bande transporteuse d'accumulation pour la logistique et l'entreposage

- Tables à tapis modulaire avec des zones de tri et de transfert :

Tri et distribution de colis vers différentes destinations dans des entrepôts automatisés.

- Industrie pharmaceutique et cosmétique :

- Tables à tapis en acier inoxydable :

Transport de produits pharmaceutiques et cosmétiques dans des environnements hygiéniques stricts.



Figure 24 : Bande transporteuse en acier inoxydable pour l'industrie pharmaceutique et cosmétique

Ces exemples illustrent la diversité des applications des tables roulantes de production. Le choix du type de table et des caractéristiques les plus adaptées dépend des besoins spécifiques de chaque application, en tenant compte des caractéristiques des produits à transporter, de la configuration du système de production, des exigences de performance et du budget disponible.

Il est important de noter que les technologies de tables roulantes de production sont en constante évolution. De nouveaux types de tables et de fonctionnalités innovantes sont développés en permanence pour améliorer l'efficacité, la flexibilité et la sécurité des systèmes de manutention.

II.IV. Conclusion :

L'optimisation des processus de production est cruciale dans l'industrie manufacturière moderne. Les systèmes de tri automatique par forme et les tables roulantes de production jouent un rôle essentiel dans l'amélioration de l'efficacité, de la flexibilité et de la qualité des produits. Ces technologies avancées utilisent des méthodes variées de reconnaissance de forme et de transport pour répondre aux besoins spécifiques des divers secteurs industriels. Ce document examine les différents types de systèmes de tri et de tables roulantes, leurs principes de fonctionnement, avantages, limites, ainsi que leurs applications concrètes.

CHAPITRE III : Spécifications techniques et conception de convoyeur

III.I Introduction :

Dans l'industrie moderne, l'automatisation des processus de production est essentielle pour améliorer l'efficacité, la précision et la sécurité. Ce document décrit en détail la conception d'une table de production avec un système de tri automatique utilisant des technologies avancées telles que la vision 2D et 3D, les rayons X, les lasers, et les capteurs tactiles. Il examine également la structure, les matériaux, le système de motorisation, et les interfaces de contrôle nécessaires pour un fonctionnement optimal.

III.II Dimensions et capacité de charge :

- Dimensions :

- Longueur (2000 mm) :

La longueur de la table, qui est de 2000 mm, correspond à la distance totale de la bande transporteuse depuis le point de départ jusqu'au point de fin où les objets sont triés. Cela inclut les sections de la bande où les objets sont initialement placés et les différentes zones de triage.

- Largeur (200 mm) :

La largeur de 200 mm correspond à la largeur de la bande transporteuse. C'est la dimension transversale de la bande où les objets se déplacent. Cette largeur peut également représenter l'espace disponible pour chaque objet qui est trié sur la table.

- Hauteur (200 mm) :

La hauteur de 200 mm est la hauteur de la table au-dessus du sol. Cela inclut les supports qui maintiennent la bande transporteuse à cette hauteur spécifique. Cette hauteur est essentielle pour définir l'ergonomie de la table et l'accessibilité pour les opérateurs ou les systèmes automatisés.

- Capacité de charge :

La table de tri est conçue pour supporter une capacité de charge totale de 100 kg. Cela signifie que la bande transporteuse et la structure de support peuvent gérer le poids combiné des objets transportés, sans compromettre la stabilité ou le fonctionnement de la table.

La capacité de charge par section de la bande transporteuse (étant donné la longueur totale) pourrait être répartie uniformément. Par exemple, si la table a 10 sections égales de 200 mm chacune (2000 mm / 200 mm), chaque section pourrait supporter jusqu'à 10 kg.

III.III Structure et matériaux :

- Choix du matériau :

la structure du convoyeur à bande repose essentiellement sur l'utilisation de l'acier, un matériau reconnu pour sa robustesse, sa durabilité et sa capacité à supporter des charges importantes. Ce choix judicieux s'avère crucial pour garantir la stabilité et la longévité du convoyeur, même dans des environnements exigeants où le transport de produits lourds est quotidien.



Figure 25 : Structure en acier utilisée dans divers projets de construction

- Structure de la table :

La structure du convoyeur à bande se compose de plusieurs éléments clés qui s'assemblent pour former un ensemble robuste et fonctionnel :

- Cadre principal :

Véritable ossature du convoyeur, le cadre principal assure la stabilité et supporte tous les autres composants. Il est constitué de tubes d'acier rectangulaires, offrant une résistance accrue aux contraintes et aux vibrations.

➤ Traverses :

Ces éléments transversaux, également fabriqués en tubes d'acier, relient les côtés du cadre principal et renforcent la rigidité de la structure. Leur disposition judicieuse garantit une répartition uniforme des charges et une résistance optimale à la flexion.

➤ Pattes :

Ces tubes d'acier verticaux servent de piliers au convoyeur, le soulevant du sol et assurant sa stabilité. Elles sont fixées au cadre principal par soudage, offrant une connexion solide et durable.

➤ Surface de transport :

Cette surface plane est constituée en caoutchouc et des rouleaux en aluminium, offre un espace lisse et résistant pour le transport des produits. Sa fixation au cadre principal par des boulons garantit une surface stable et sécurisée.

En plus de l'acier, d'autres matériaux peuvent être intégrés à la construction du convoyeur à bande pour en optimiser les fonctionnalités et répondre à des besoins spécifiques :

➤ Plastique :

Ce matériau léger et polyvalent est souvent utilisé pour les protections latérales, les boutons de commande et autres éléments non structurels. Sa résistance à la corrosion et sa facilité d'entretien en font un choix judicieux pour ces applications.

➤ Caoutchouc :

Des patins en caoutchouc peuvent être fixés sous les pieds des pattes pour réduire le bruit et les vibrations, atténuant ainsi l'impact du convoyeur sur son environnement. Ce choix est particulièrement pertinent dans les environnements sensibles au bruit ou aux vibrations.

➤ Composants électriques :

Les moteurs, les capteurs et autres composants électriques nécessaires au fonctionnement du convoyeur sont intégrés à la structure, assurant une alimentation et un contrôle précis du mouvement de la bande transporteuse.

La sélection des matériaux et de la structure du convoyeur à bande dépend de divers facteurs, tels que :

➤ Capacité de charge :

La robustesse de la structure et la résistance des matériaux doivent être proportionnelles à la charge maximale que le convoyeur est amené à transporter. Des charges lourdes nécessitent une structure plus renforcée et des matériaux plus résistants.

➤ Environnement de travail :

Si le convoyeur est utilisé dans un environnement humide, corrosif ou exposé à des températures extrêmes, le choix des matériaux doit tenir compte de ces contraintes pour garantir la durabilité et la sécurité de l'équipement.

➤ Normes de sécurité :

Le convoyeur doit être conforme aux normes de sécurité en vigueur, ce qui peut influencer la sélection des matériaux et la conception de la structure.

III.IV Système de motorisation et de contrôle :

Le convoyeur à bande tire sa puissance d'un moteur électrique, élément central du système de motorisation. Ce moteur, généralement fixé à l'arrière du cadre principal, convertit l'énergie électrique en énergie mécanique, permettant ainsi la rotation des tambours et le mouvement de la bande transporteuse.

• Types de moteurs :

➤ Moteur à vitesse constante :

Ce type de moteur offre un contrôle précis de la vitesse et du couple, ce qui le rend idéal pour les applications nécessitant un mouvement précis et contrôlé des produits transportés. Il est souvent utilisé dans les convoyeurs à bande inclinés ou dans ceux transportant des produits fragiles

Le choix du moteur dépend de plusieurs facteurs, tels que :

- Capacité de charge du convoyeur :

Un moteur plus puissant est nécessaire pour un convoyeur transportant des charges lourdes.

- Vitesse de transport souhaitée :

Un moteur plus puissant permet d'atteindre des vitesses de transport plus élevées.

- Type de produits transportés :

Un moteur à courant continu peut être nécessaire pour les produits fragiles ou nécessitant un mouvement précis.

- Transmission de la puissance du moteur aux tambours :

La puissance générée par le moteur électrique est transmise aux tambours du convoyeur à bande par le biais d'un système de transmission. Ce système peut prendre différentes formes

Le type utilisé dans ce système :

- Transmission par chaîne :

Ce type de transmission utilise une chaîne métallique pour transférer la puissance du moteur aux tambours. Elle est robuste et fiable, mais peut nécessiter une maintenance régulière pour garantir son bon fonctionnement.

Le choix du système de transmission dépend de plusieurs facteurs, tels que :

- Capacité de charge du convoyeur :

Une transmission plus robuste est nécessaire pour un convoyeur transportant des charges lourdes.

- Vitesse de transport souhaitée :

Une transmission plus efficace est nécessaire pour atteindre des vitesses de transport élevées.

➤ Bruit et vibrations :

La transmission par engrenages est généralement plus silencieuse et produit moins de vibrations que la transmission par chaîne.

• Contrôle du mouvement :

Le système de contrôle du convoyeur à bande assure la gestion du mouvement de la bande transporteuse, permettant de démarrer, d'arrêter, de régler la vitesse et de gérer les fonctions de sécurité. Ce système se compose généralement des éléments suivants :

➤ Variateur de fréquence :

Ce composant électronique permet de contrôler la vitesse du moteur électrique, et donc la vitesse de la bande transporteuse. Il peut être commandé par un panneau de commande manuel ou par un système automatisé.

➤ Capteurs de position et de vitesse :

Ces capteurs permettent de surveiller la position et la vitesse de la bande transporteuse, fournissant des informations au système de contrôle pour maintenir une vitesse constante et garantir un mouvement fluide.

➤ Boutons de commande :

Des boutons de commande, généralement situés sur un panneau de commande, permettent à l'opérateur de démarrer, d'arrêter et de régler la vitesse du convoyeur.

➤ Systèmes de sécurité :

Des systèmes de sécurité, tels que des interrupteurs d'urgence et des capteurs de présence, permettent de stopper le convoyeur en cas de danger ou d'obstruction sur la bande transporteuse.

Le système de contrôle est conçu pour garantir :

- Un mouvement fluide et précis :

La vitesse de la bande transporteuse est régulée pour maintenir un mouvement constant et éviter les à-coups qui pourraient endommager les produits transportés.

- Une sécurité optimale :

Les systèmes de sécurité permettent d'arrêter le convoyeur en cas de danger, protégeant ainsi les opérateurs et les produits.

- Une utilisation facile :

Les boutons de commande et le panneau de commande permettent à l'opérateur de contrôler le convoyeur de manière simple et intuitive.

III.V Interfaces avec le système de tri automatique :

Pour décrire les interfaces avec le système de tri automatique de la table présentée, nous devons considérer les composants clés qui permettent le fonctionnement automatisé, ainsi que les technologies et les connexions nécessaires pour l'intégration et le contrôle du système.

- Composants du système de tri automatique :

- Bande transporteuse motorisée :

- Interface :

La bande transporteuse est équipée d'un moteur qui est contrôlé par un système d'automatisation (PLC – Programmable Logic Controller). Le moteur reçoit des signaux de démarrage/arrêt et de vitesse de la part du PLC.

- Capteurs :

Des capteurs de position peuvent être installés le long de la bande pour détecter la présence et la position des objets.

➤ Bras de tri automatisés :

○ Interface :

Les bras de tri sont contrôlés par des servomoteurs, qui sont également gérés par le PLC. Ces bras sont programmés pour diriger les objets vers les toboggans appropriés en fonction des critères de tri.

○ Capteurs :

Des capteurs peuvent identifier les caractéristiques des objets (comme la couleur, la taille, le poids) et envoyer ces informations au PLC pour décider du tri.

➤ Toboggans de tri :

○ Interface :

Les toboggans sont des structures passives, mais leur position et orientation peuvent être ajustées manuellement en fonction des besoins de tri.

○ Capteurs :

Des capteurs de chute peuvent vérifier que les objets sont correctement dirigés dans les bacs ou conteneurs.

● Technologies d'interface et de communication :

➤ PLC (Programmable Logic Controller) :

○ Rôle :

Le PLC est le cerveau du système de tri. Il reçoit les entrées des capteurs, traite les informations selon des algorithmes prédéfinis, et envoie les commandes aux moteurs et actionneurs.

○ Interfaces :

▪ Entrées :

Capteurs de position, capteurs de caractéristiques (couleur, taille, poids).

▪ Sorties :

Commandes de moteur, commandes d'actionneurs, indicateurs de statut.

➤ Capteurs :

○ Types de capteur utilisé :

▪ Capteurs de proximité :

Pour détecter la présence des objets sur la bande.

○ Interfaces :

Les capteurs envoient des signaux numériques ou analogiques au PLC. Les caméras peuvent utiliser des interfaces telles que USB ou Ethernet pour transmettre des images au système de traitement.

➤ HMI (Human-Machine Interface) :

○ Rôle :

L'interface homme-machine permet aux opérateurs de surveiller et de contrôler le système de tri.

○ Fonctionnalités :

▪ Affichage des statuts :

Visualisation de l'état du système, alertes et notifications.

▪ Contrôle manuel :

Possibilité d'intervenir manuellement sur le système en cas de besoin.

▪ Paramétrage :

Réglage des paramètres de tri et de la vitesse de la bande transporteuse.

● Flux de travail et intégration :

➤ Initialisation :

L'opérateur initialise le système via l'HMI, vérifiant que tous les capteurs et actionneurs sont opérationnels.

➤ Détection et analyse

Les objets sont détectés par les capteurs de proximité lorsqu'ils arrivent sur la bande transporteuse. Les capteurs de vision et de poids analysent les caractéristiques des objets.

➤ Décision de tri :

Le PLC traite les informations des capteurs et détermine le chemin de chaque objet en fonction des critères de tri programmés. Les bras de tri sont activés pour diriger les objets vers les toboggans appropriés.

➤ Tri et collecte :

Les objets sont dirigés dans les toboggans correspondants et collectés dans les bacs ou conteneurs prévus.

III.VI Aspects ergonomiques et de sécurité :

Pour améliorer les aspects ergonomiques et de sécurité de la table de tri automatique décrite dans l'image, en tenant compte des dimensions spécifiques.

- Aspects ergonomiques :

- Hauteur de travail :

- Hauteur de la table :

La hauteur actuelle de 200 mm est très basse pour un travail ergonomique. Il serait recommandé d'ajuster ou de surélever la table pour atteindre une hauteur de travail d'environ 900 mm à 1100 mm, selon les standards ergonomiques.

- Ajustabilité :

Intégrer un mécanisme de réglage en hauteur (comme des pieds réglables ou un système motorisé) pour permettre aux opérateurs d'ajuster la table à une hauteur confortable.

- Accessibilité et portée :

- Zone de portée :

Assurez-vous que toutes les commandes et les éléments nécessaires à la tâche soient dans une portée de 500 mm de l'opérateur pour éviter les étirements excessifs.

- Écran HMI et boutons :

Les interfaces de commande doivent être à une hauteur et une position accessible sans nécessiter de mouvements contraignants.

➤ Posture de travail :

- Support des avant-bras et poignets :

Ajouter des supports pour les avant-bras et les poignets, surtout pour des tâches nécessitant une manipulation fine ou répétitive.

- Tapis antifatigue :

Utiliser des tapis antifatigues pour les opérateurs travaillant debout, afin de réduire la fatigue et les risques de troubles musculosquelettiques.

➤ Éclairage :

- Luminosité adéquate :

Installer un éclairage suffisant et homogène au-dessus de la table de tri pour éviter la fatigue visuelle.

- Éclairage localisé :

Utiliser des lampes d'appoint pour les zones nécessitant une inspection détaillée.

- Aspects de sécurité :

➤ Protections et barrières :

- Gardes de sécurité :

Installer des gardes autour des parties mobiles pour éviter les risques de pincement ou de coupure.

- Barrières physiques :

Mettre en place des barrières autour des zones dangereuses pour empêcher l'accès non autorisé.

➤ Capteurs de sécurité :

- Détection de présence :

Installer des capteurs de présence pour arrêter automatiquement la machine en cas d'intrusion dans une zone dangereuse.

- Boutons d'arrêt d'urgence :

Placer des boutons d'arrêt d'urgence bien visibles et accessibles à différents endroits autour de la table.

➤ Formation et procédures :

- Formation des opérateurs :

Fournir une formation complète sur l'utilisation sécurisée de la machine, les procédures d'arrêt d'urgence, et l'utilisation des équipements de protection individuelle (EPI).

- Procédures de sécurité :

Afficher clairement les procédures de sécurité et les instructions de fonctionnement à proximité de la table de tri.

➤ Maintenance et inspection :

- Maintenance préventive :

Mettre en place un programme de maintenance préventive pour assurer le bon fonctionnement de tous les composants et minimiser les risques de défaillance.

- Inspections régulières :

Effectuer des inspections régulières pour vérifier l'intégrité des gardes de sécurité, des capteurs, et des systèmes de commande.

III.VII Modélisation 3D des différents composants :

- Cadre et structure :

➤ Chasis :

La première étape de la conception 3D de la table de production a consisté à modéliser le châssis ou cadre principal à l'aide du logiciel SolidWorks. Ce cadre formera la structure de base sur laquelle l'ensemble des autres composants seront assemblés.

- Esquisse initiale :

La figure représente la première étape de la modélisation du châssis de la table de production dans SolidWorks. Elle montre une esquisse simple mais fondamentale qui définit les dimensions principales du cadre et inclut une barre diagonale pour le renforcement structurel. Cette esquisse sera extrudée pour créer la structure de base en 3D.

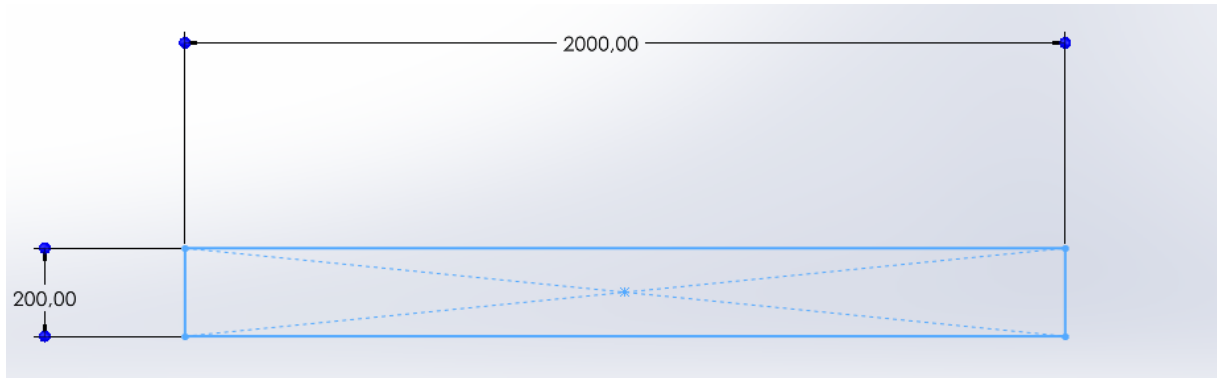


Figure 23 : Esquisse initiale montrant les dimensions générale du cadre

○ Structure principale du châssis :

Cette étape de la conception montre la structure principale du châssis de la table de production, avec des barres horizontales et des supports verticaux assurant la rigidité et la stabilité de la structure. Les éléments de fixation indiquent où d'autres composants peuvent être attachés, montrant une progression significative dans la modélisation 3D de la table de production.

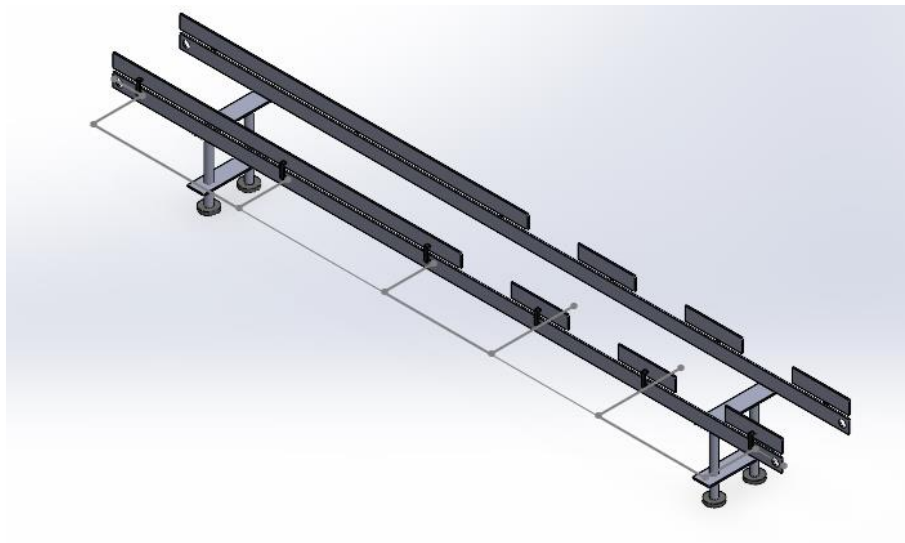


Figure 24 : la modélisation 3D du châssis de la table de production

- La boîte de collecte :

Cette étape de la conception met en évidence l'ajout d'une boîte de collecte à la structure du châssis de la table de production. La boîte de collecte, montée solidement grâce à des supports verticaux, est conçue pour recueillir les objets de la ligne de production de manière efficace. Sa forme inclinée permet de diriger les objets par gravité, minimisant ainsi l'intervention manuelle. L'intégration de ce composant montre la flexibilité et la modularité de la conception du châssis, permettant l'ajout de divers composants pour répondre aux besoins spécifiques de la production.

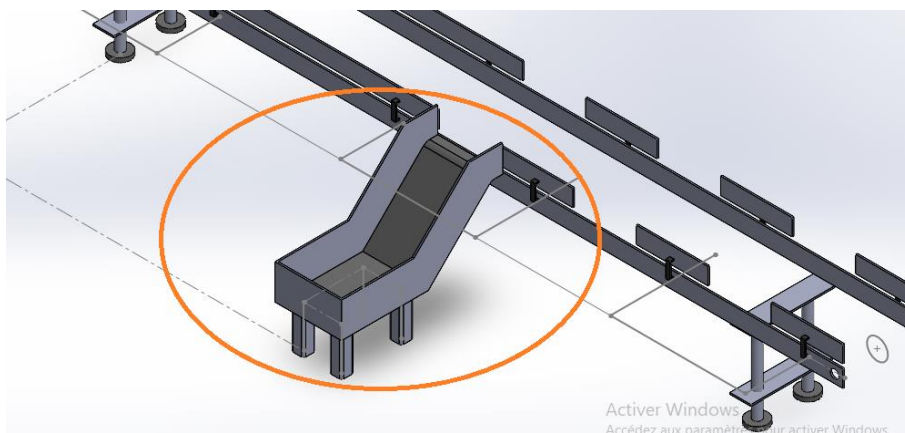


Figure 25 : La boîte de collecte

- Le support du bras mécanique :

Cette étape de la conception met en évidence l'ajout d'un support de bras à la structure du châssis de la table de production. Ce support est essentiel pour l'intégration de bras mécaniques. Fixé solidement au cadre principal du châssis, le support de bras offre la flexibilité et la robustesse nécessaires pour maintenir des dispositifs supplémentaires. L'intégration de ce composant démontre la capacité d'extension et la modularité de la conception de la table de production, permettant une personnalisation continue pour répondre aux besoins évolutifs de la production.

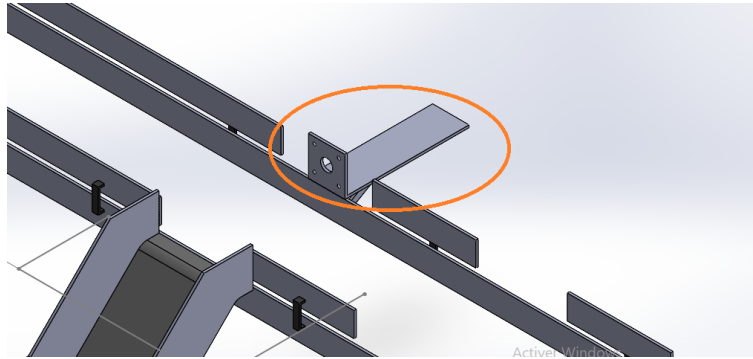


Figure 26 : Le support de bras mécanique

○ Support de capteur :

Cette étape de la conception met en évidence l'ajout d'un support de capteur à la structure du châssis de la table de production. Ce support est essentiel pour fixer et positionner les capteurs nécessaires au contrôle et à la détection des éléments sur la ligne de production. Le support, constitué de plaques en U, est monté solidement sur le cadre principal, offrant une fixation stable. L'intégration de ce composant démontre la capacité du châssis à intégrer des technologies de détection et de contrôle, améliorant ainsi l'efficacité et la précision de la production.

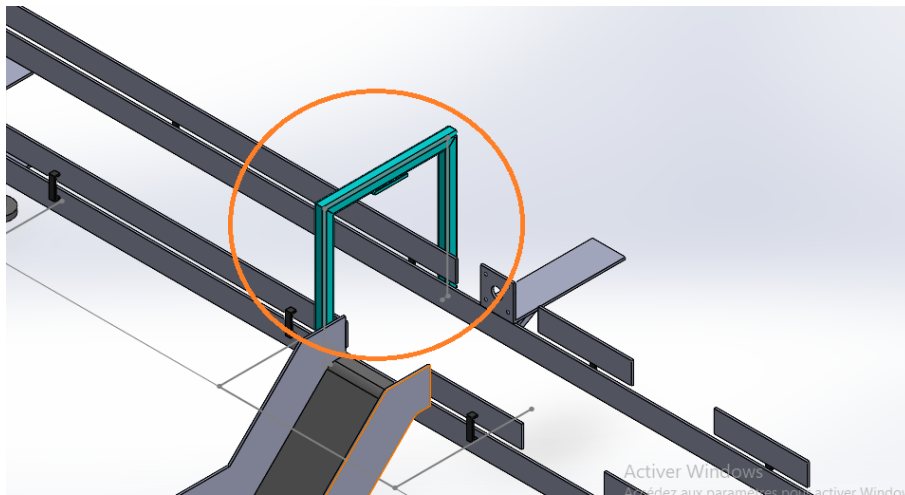


Figure 27 : Support de capteur

○ Pattern linéaire :

Cette étape de la conception met en évidence l'utilisation d'un pattern linéaire pour dupliquer les supports de capteurs et les collecteurs le long du châssis de la table de

production. Le pattern linéaire assure un espacement régulier et un alignement précis des composants, garantissant une détection et une collecte efficaces des éléments sur la ligne de production. L'application de ce motif linéaire démontre l'efficacité et la précision de SolidWorks pour la modélisation de structures répétitives, améliorant ainsi la productivité et la qualité de la conception.

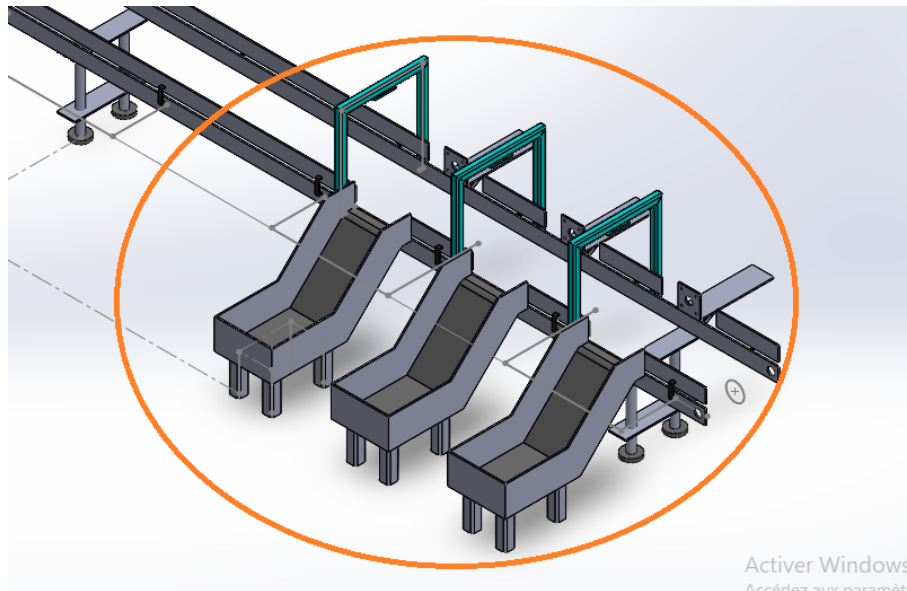


Figure 28 : Pattern linéaire

- Support mobile de tapis roulant :

Cette étape met en lumière le support mobile du tapis roulant, un élément essentiel pour le fonctionnement de la table de production. Le support est conçu pour offrir une stabilité et une durabilité maximales, tout en permettant des ajustements faciles. Sa fixation solide au cadre principal assure un mouvement fluide et continu du tapis roulant, contribuant ainsi à l'efficacité globale de la table de production. L'attention portée aux détails dans la conception et l'intégration de ce composant démontre l'importance de chaque pièce dans le fonctionnement harmonieux de l'ensemble.

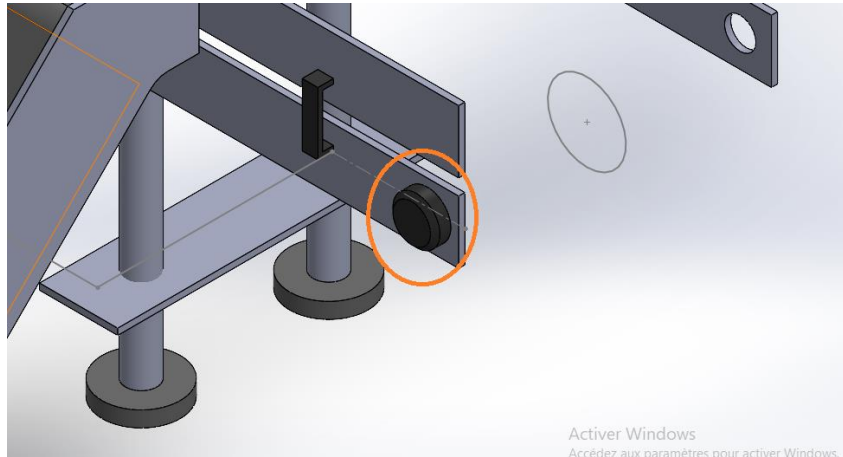


Figure 29 : Support de tapis roulant

- Pattern linéaire du support de tapis roulant :

Cette étape met en lumière l'utilisation du motif linéaire pour le support du tapis roulant. En dupliquant les supports à intervalles réguliers, on assure une stabilité et une durabilité accrues du tapis roulant. La fixation solide et la conception modulaire des supports permettent un ajustement facile et une maintenance simplifiée. L'intégration de ces supports dans le châssis démontre une conception efficace et fonctionnelle, essentielle pour le bon fonctionnement de la table de production.

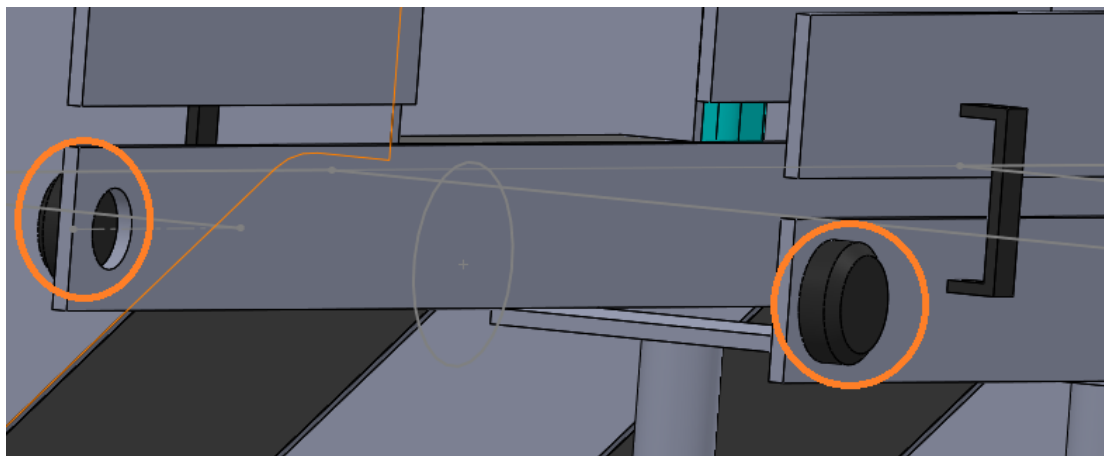


Figure 30 : Pattern linéaire de support du tapis roulant

- Conception final de châssis :

La figure montre la conception finale du châssis, mettant en évidence l'intégration cohérente de tous les composants essentiels. Le cadre principal, les supports de tapis

roulant, les supports de capteur, et les collecteurs sont tous assemblés de manière à maximiser la stabilité, l'efficacité et la fonctionnalité de la table de production. La conception modulaire et flexible permet des ajustements futurs et garantit une production continue et efficace.

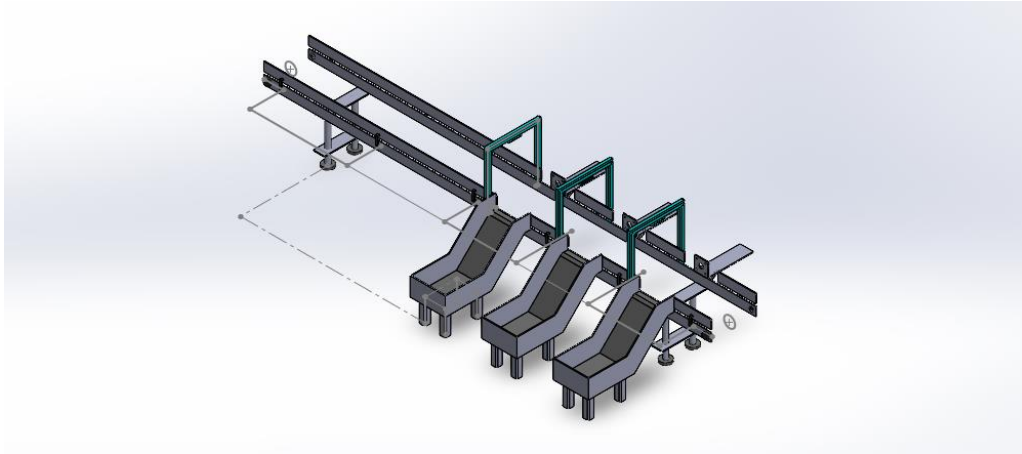


Figure 31 : Conception final du châssis

○ Rouleau :

La figure présente un modèle 3D du rouleau utilisé dans le tapis roulant. Ce composant cylindrique est essentiel pour permettre le mouvement fluide du tapis roulant. Plusieurs rouleaux similaires seront installés sous le tapis pour supporter le poids et assurer un déplacement régulier. Le rouleau est fabriqué en aluminium ce qui garantit une performance optimale et une bonne durabilité contre la corrosion. L'intégration correcte des rouleaux sont cruciaux pour garantir une performance optimale du système de tapis roulant.

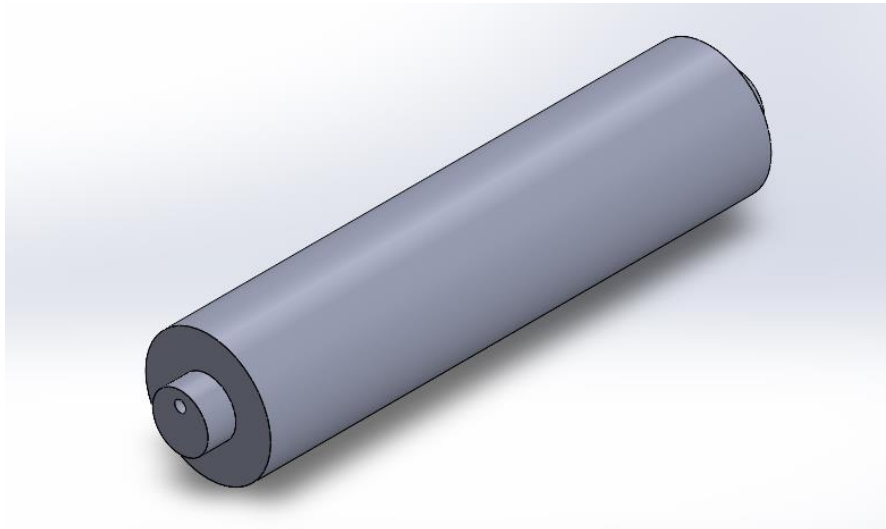


Figure 32 : Le rouleau cylindrique du tapis roulant

➤ Bras mécanique :

Le bras mécanique modélisé ici est un composant essentiel pour la table de production, offrant robustesse, flexibilité et facilité d'intégration dans divers systèmes industriels. Sa conception réfléchie permet une utilisation efficace dans un large éventail d'applications de production et d'assemblage.

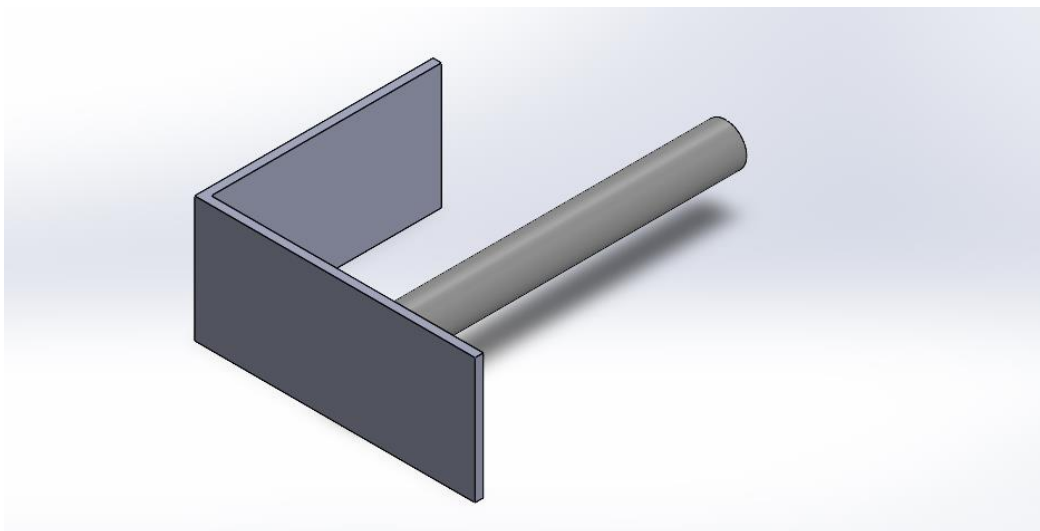


Figure 33 : Bras mécanique

➤ Vérin du bras mécanique :

Le vérin modélisé ici est une composante essentielle du bras mécanique, offrant un mouvement linéaire précis et contrôlé. Sa conception robuste et son intégration facile en font un élément indispensable pour les opérations sur la table de production. Les matériaux de haute qualité et les dimensions optimisées garantissent sa durabilité et son efficacité, rendant le bras mécanique capable de réaliser des tâches avec une grande précision et fiabilité.

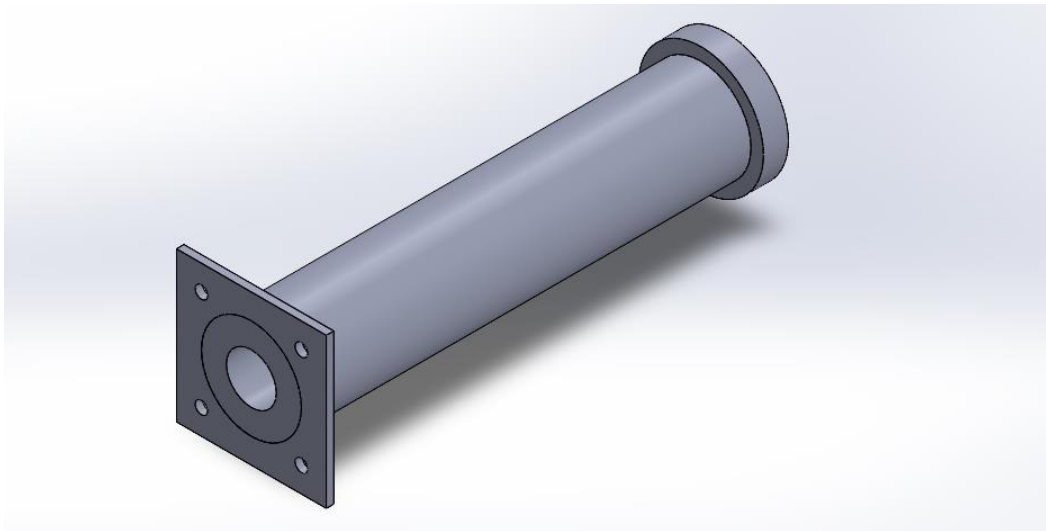


Figure 35 : Vérin du bras mécanique

- Système de motorisation :

- Moteur à vitesse constante :

- Fonctionnement :

Ce type de moteur fournit une vitesse constante, indispensable pour les applications où une vitesse uniforme est nécessaire pour synchroniser les opérations sur la ligne de production.

- Avantages :

Les moteurs à vitesse constante sont fiables, offrent une bonne régulation de vitesse et sont généralement plus simples à contrôler par rapport aux moteurs à vitesse variable.

- Composants principaux :

- Moteur électrique :

- Type :

Moteur à courant continu (DC) en fonction des exigences de l'application.

- Puissance:

La puissance du moteur est déterminée par la charge qu'il doit entraîner et la vitesse requise du tapis roulant.

- Transmission :

- Chaîne :

Connecte le moteur aux rouleaux du tapis roulant. La chaîne transfère la puissance du moteur aux rouleaux, entraînant ainsi le tapis.

- Rouleaux :

- Rouleau moteur :

Le rouleau directement entraîné par le moteur. Il assure le mouvement initial du tapis roulant.

- Rouleaux de support :

Disposés tout au long du tapis, ces rouleaux soutiennent et guident le tapis roulant pour un mouvement fluide et stable.

- Support et structure :

- Cadre de montage :

Le moteur et le système de transmission sont montés sur un cadre robuste qui maintient tous les composants en alignement et absorbe les vibrations.

➤ Alimentation et protection

- Source d'alimentation :

Le moteur est alimenté par une source électrique standard en fonction de sa puissance et des besoins de l'installation.

- Systèmes de protection :

- Fusibles et disjoncteurs :

Protègent le moteur et les composants électriques contre les surcharges et les courts-circuits.

- Protection thermique :

Intégrée au moteur pour prévenir la surchauffe.

- Surface de travail et systèmes de transport :

Dans cette section, nous examinerons en détail la surface de travail et les systèmes de transport intégrés dans la conception de la table de production.

➤ Surface de Travail :

- Description Générale:

La surface de travail est l'élément fondamental de la table de production, offrant un support stable et solide pour les divers composants du système de transport et les opérations de production. Elle est conçue pour résister aux charges dynamiques et statiques imposées par les processus de production.

- Matériaux Utilisés:

- Acier :

Principalement utilisé pour sa haute résistance et durabilité. Il est souvent choisi pour les structures de support en raison de sa capacité à supporter des charges lourdes sans se déformer.

- Aluminium :

Utilisé dans certaines parties pour réduire le poids global de la structure sans compromettre la résistance.

- Revêtements :

Des revêtements anti-corrosion comme le zinc ou la peinture époxy sont appliqués pour protéger les surfaces contre l'oxydation et l'usure.

- Caractéristiques:

- Stabilité :

La structure est conçue pour être rigide, minimisant les vibrations et les mouvements indésirables qui pourraient affecter la précision des opérations de production.

- Ergonomie :

La hauteur de la table est adaptée pour permettre une utilisation ergonomique, facilitant l'accès et le travail des opérateurs.

➤ Systèmes de Transport :

○ Description Générale :

Le système de transport est essentiel pour le déplacement des produits le long de la chaîne de production. Il assure un flux continu et régulier des matériaux, optimisant ainsi l'efficacité et la productivité.

○ Type de Convoyeur :

▪ Convoyeur à Bande (Tapis Roulant) :

Principal système de transport représenté en bleu dans l'image. Utilisé pour déplacer les produits de manière linéaire et continue.

La photo présente le modèle 3D du tapis roulant utilisé dans la table de production. Sa forme allongée et plate est conçue pour transporter les produits le long de la chaîne de production. Le tapis roulant sera fixé sur les supports du châssis, assurant un mouvement fluide et continu des produits. Le tapis roulant est fabriqué en caoutchouc ce qui garantit une performance optimale. L'intégration correcte avec les autres composants sont cruciaux pour garantir une performance optimale du système de production.

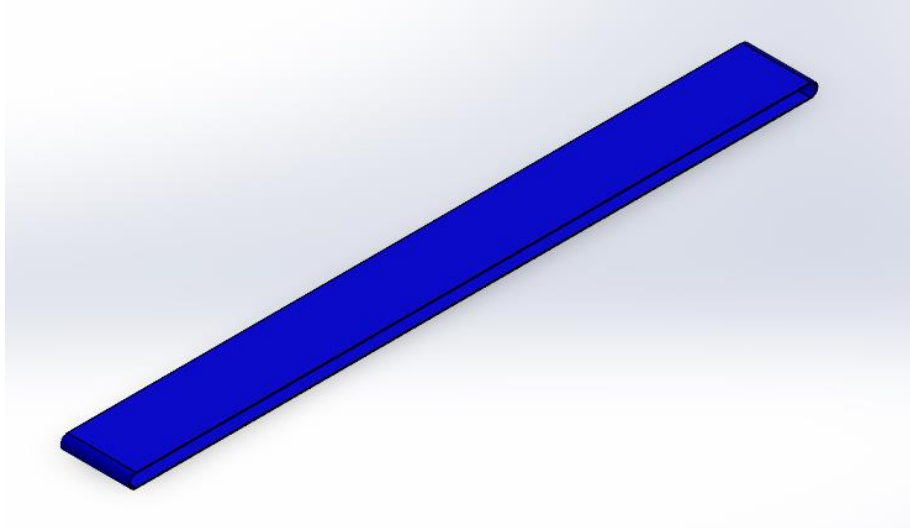


Figure 32 : Tapis roulant

○ Matériaux du Convoyeur :

▪ Bande Transporteuse :

Caoutchouc : Offre une bonne adhérence et est résistant à l'abrasion.

▪ Rouleaux de Support :

Aluminium : Choisi pour sa légèreté et sa bonne résistance mécanique.

III.VIII Calcul de la Vitesse linéaire et le nombre de pièce à trier :

Pour créer les équations avec une vitesse du tapis roulant de 100 tr/min, nous devons convertir cette vitesse en vitesse linéaire et ensuite déterminer le nombre de pièces triées par unité de temps. Voici les étapes détaillées :

• Conversion de la Vitesse Angulaire en Vitesse Linéaire :

La vitesse du tapis roulant est donnée en tours par minute (tr/min). Nous devons convertir cette vitesse en mètres par seconde (m/s).

➤ Formule de conversion :

$$v = \omega \times r$$

➤ Calculs

$$\omega = 100 \text{tr/min} \times \frac{2\pi \text{rad}}{1 \text{tr}} \times \frac{1 \text{min}}{60 \text{s}} = \frac{200\pi}{60} \text{rad/s} = \frac{10\pi}{3} \text{rad/s}$$

On prend le rayon du rouleau $r = 0.1 \text{m}$

$$v = \left(\frac{10\pi}{3}\right) \cdot 0.1 = \frac{10\pi}{30} \text{m/s} = \frac{\pi}{3} \text{m/s} \approx 1.047 \text{m/s}$$

- Calcul du Nombre de Pièces Triées :

Pour déterminer le nombre de pièces triées, nous utilisons la vitesse linéaire et la longueur de chaque pièce. Les dimensions des pièces sont 120 mm x 80 mm, ce qui nous donne une longueur de 120 mm et distance entre les pièces 50mm.

➤ Formule :

$$N = \frac{v \cdot t}{L}$$

➤ Calcul :

$$N = \frac{1.047 \cdot 60}{0.17} = \frac{62.82}{0.17} = 369 \text{pièces}$$

III.IX Résistance mécanique et stabilité :

- Calcul de la Résistance des Matériaux :

➤ Formule de résistance à la traction :

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Pour une force de 98.1 N et une section de 0.04m^2 :

$$\sigma = \frac{98.1 \text{N}}{0.04 \text{m}^2} = 2452.5 \text{Pa}$$

- Calcul de la Déformation d'une Poutre :

➤ Formule de la déformation pour une poutre en appui simple :

$$\delta = \frac{F \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

Pour une poutre en acier de longueur 2 m, force de 98.1 N, module d'élasticité $210 \times 10^9 \text{Pa}$ et moment d'inertie de $133.3 \times 10^{-6} \text{m}^4$:

$$\delta = \frac{98.1 \cdot 2^3}{48.210 \times 10^9 \cdot 133.3 \times 10^{-6}} = 5.85 \cdot 10^{-6} m$$

III.X Calcul de la puissance :

- Conversion du Poids en Force :

La force totale due au poids des pièces est :

$$F = m \cdot g$$

$$F = 100 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2 = 981 \text{ N}$$

- Calcul du Couple :

Le couple nécessaire pour déplacer ce poids dépend de la force de friction et du rayon du rouleau.

Supposons :

Le coefficient de friction $\mu = 0.5$

La force de friction F_f est :

$$F_f = \mu \cdot F_n$$

$$F_f = 0.5 \cdot 981 = 490.5 \text{ N}$$

Le couple T est :

$$T = F_f \cdot r$$

$$T = 490.5 \cdot 0.2 = 98.1 \text{ N.m}$$

- Calcul de la Puissance (P) :

La puissance nécessaire est donnée par :

$$P = T \cdot \omega$$

$$P = 513,53 \text{ W}$$

III.XI Assemblage et génération des plans de simulation :

- Assemblage :
 - Châssis avec rouleau (Roller) :

- Insertion du châssis :

Importez et placez le châssis sur le plan principal de l'assemblage.

- Insertion du rouleau :

Importez le modèle du rouleau dans l'assemblage.

- Alignement du rouleau :

Utilisez les contraintes de coïncidence pour aligner le rouleau avec les supports du châssis. Le rouleau est correctement positionné pour permettre la rotation.

- Fixation du rouleau :

Ajoutez des contraintes de coïncidence ou de concentricité pour fixer le rouleau en place tout en permettant la rotation libre.

- Ajout du tapis (Conveyor Belt) :

- Insertion du tapis :

Importez le modèle du tapis roulant dans l'assemblage.

- Positionnement du tapis :

Utilisez les contraintes de coïncidence pour aligner le tapis avec les rouleaux déjà positionnés. Le tapis est correctement tendu et en contact avec les rouleaux.

- Fixation du tapis : Ajoutez des contraintes de coïncidence ou parallèles pour fixer le tapis en place tout en permettant le mouvement linéaire sur les rouleaux.

- Ajout du vérin du bras mécanique :

- Insertion du vérin :

Importez le modèle du vérin dans l'assemblage.

- Positionnement du vérin :

Utilisez les contraintes de coïncidence pour aligner le vérin avec les points de montage sur le châssis ou le support du bras mécanique.

- Fixation du vérin :

Ajoutez des contraintes de coïncidence et de concentricité pour fixer le vérin en place.

- Ajout du bras mécanique :

- Insertion du bras :

Importez le modèle du bras mécanique dans l'assemblage.

- Positionnement du bras :

Utilisez les contraintes de coïncidence pour aligner le bras avec le vérin et les points de pivot sur le châssis.

- Fixation du bras :

Ajoutez des contraintes de coïncidence, de concentricité et de pivot pour fixer le bras en place tout en permettant les mouvements nécessaires.

- Duplication des rouleaux (Rollers) :

Pour dupliquer les rouleaux le long du châssis :

- Sélection du premier rouleau :

Sélectionnez le rouleau déjà placé dans l'assemblage.

- Utilisation de la fonction de motif linéaire :

- Accès à la fonction :

Allez dans l'onglet "Features" et sélectionnez "Linear Pattern".

- Paramètres de motif :

Dans la boîte de dialogue de motif linéaire, sélectionnez la direction du motif le long de la longueur du châssis.

- Nombre de copies :

Définissez le nombre de copies nécessaires et l'espacement entre les rouleaux.

- Validation du motif :

Appliquez le motif pour dupliquer les rouleaux le long du châssis à des intervalles réguliers.

- Ajout des pièces à trier :

- Insertion des pièces à trier :

Importez les modèles des pièces à trier dans l'assemblage.

- Positionnement initial des pièces :

Placez les pièces à trier sur le tapis roulant en utilisant les contraintes de coïncidence pour les aligner avec le tapis.

- Fixation des pièces :

Ajoutez des contraintes de contact pour permettre aux pièces de rester sur le tapis tout en permettant leur mouvement le long du tapis.

- Contact entre les pièces et la table :

- Définition des contacts :

Utilisez la fonction "Contact Sets" dans SolidWorks pour définir les contacts entre les pièces à trier et le tapis roulant.

- Types de contacts :

Sélectionnez le type de contact approprié (par exemple, contact sans pénétration) pour simuler les interactions réalistes entre les pièces et le tapis.

- Validation des contacts :

Assurez-vous que les contacts sont correctement définis et que les pièces restent en place tout en se déplaçant le long du tapis.

En suivant ces étapes, les composants principaux de la table de production assurent un support adéquat pour le tapis roulant.

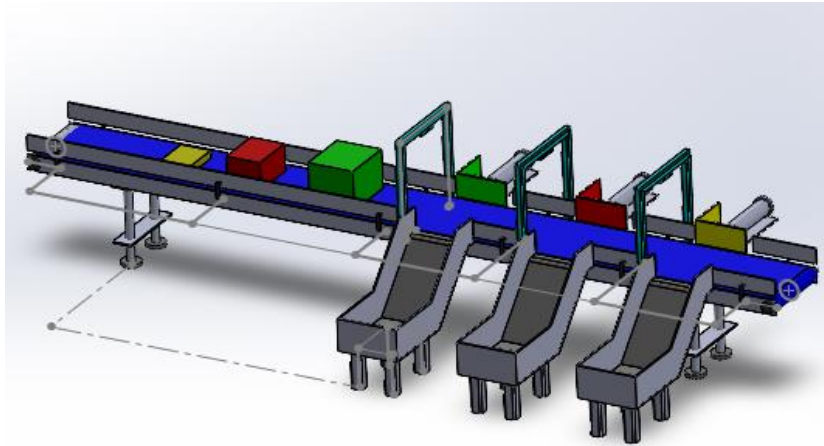


Figure 39 : Assemblage finale

- Simulation :

- Insertion et paramétrage du moteur rotatif

- Sélection du rouleau :

Choisissez le rouleau à entraîner par le moteur rotatif.

- Application du moteur rotatif :

Utilisez la fonction "Rotary Motor" dans le gestionnaire de mouvement.

- Définition de la vitesse :

Réglez la vitesse à 100 rpm.

- Configuration des vérins

- Sélection des vérins :

Choisissez les vérins à contrôler par les servomoteurs.

- Application des servomoteurs :

Utilisez la fonction "Linear Motor" dans le gestionnaire de mouvement pour chaque vérin.

- Paramétrage des déplacements :

Définissez les déplacements en fonction des valeurs spécifiées (150 mm et -150 mm).

- Définition des conditions de déclenchement

- Green out et Green In:

- Condition :

Si une alarme est activée, le vérin vert se déplace de 150 mm.

- Retour à la position initiale :

Après 0.6s, le vérin revient à sa position initiale de -150 mm.

○ Red O et Red In:

- Condition :

Si une alarme rouge est activée, le vérin rouge se déplace de 150 mm.

- Retour à la position initiale :

Après 0.1s, le vérin revient à sa position initiale de -150 mm.

○ Yellow Out et Yellow In:

- Condition :

Si une alarme jaune est activée, le vérin jaune se déplace de 150 mm.

- Retour à la position initiale : Après 0.1s, le vérin revient à sa position initiale de -150 mm.

○ Exécution de la simulation

- Lancement de la simulation :

Cliquez sur "Run" pour démarrer la simulation.

- Observation des mouvements :

Observez le mouvement des vérins et du tapis roulant.

- Ajustements : Ajustez les paramètres si nécessaire pour garantir une synchronisation précise et un fonctionnement fluide du système.

En suivant ces étapes, nous serons en mesure de créer une simulation réaliste et détaillée du système de convoyeur avec SolidWorks, en tenant compte de tous les composants et des interactions mécaniques entre eux.

	Tâches		Déclencheurs			Actions				Durée		
	Nom	Description	Déclencheur	Condition	Temps/Délai	Fonction	Action	Valeur	Durée	Profil	Début	Fin
Green out			Verts	Alerte a	0.6s délai	Green verin	Modifier	150mm	0.2s		1.31s	1.51s
Task8			Green out	Fin de t	0.1s délai	Green verin	Modifier	-150m	0.2s		1.61s	1.81s
RED O			red	Alerte a	0.6s délai	red verrin	Modifier	150mm	0.2s		3.75s	3.95s
RED IN			RED O	Fin de t	0.1s délai	red verrin	Modifier	-150m	0.2s		4.05s	4.25s
YELLO O			yello	Alerte a	0.6s délai	yellow verri	Modifier	150mm	0.2s		6.02s	6.22s
YELLO IN			YELLO O	Fin de t	0.1s délai	yellow verri	Modifier	-150m	0.2s		6.32s	6.52s

Figure 40 : Tableau des commandes

III.XII Conclusion :

En conclusion, la conception d'une table de production automatisée intégrant un système de tri par forme représente une avancée significative dans l'optimisation des processus industriels. Cette technologie permet non seulement d'améliorer l'efficacité et la précision du tri des produits, mais aussi de réduire les risques ergonomiques et d'augmenter la sécurité des opérateurs. Les innovations continues dans ce domaine promettent des améliorations futures, rendant ces systèmes encore plus flexibles et robustes pour répondre aux besoins évolutifs de l'industrie.

CHAPITRE IV : Conclusion et perspectives

IV.I Résumé des travaux réalisés :

Le projet de conception de la table de production avec SolidWorks a permis de réaliser une modélisation 3D complète des différents composants. La structure de la table, fabriquée en acier, offre une robustesse et une stabilité essentielle pour les opérations de production. Avec des dimensions de 2000 mm de longueur, 200 mm de largeur et 200 mm de hauteur, la table dispose d'une surface de travail suffisante.

La surface de travail est équipée d'un tapis roulant en caoutchouc, actionné par un moteur à vitesse constante de 100 rpm, permettant un déplacement fluide et régulier des produits. Les rouleaux en acier galvanisé, placés sous le tapis roulant, assurent sa stabilité et sa durabilité.

Le système de motorisation de la table utilise un moteur à vitesse constante pour entraîner le tapis roulant. Les vérins des bras mécaniques sont actionnés par des servomoteurs, permettant des mouvements précis et contrôlés nécessaires pour le tri et la manipulation des pièces. Les bras mécaniques, fixés aux vérins, effectuent des mouvements répétitifs et précis pour trier les pièces sur la surface de travail.

Les étapes de l'assemblage ont été clairement définies et suivies. Le châssis a été assemblé avec les rouleaux, puis le tapis roulant a été installé et tendu correctement. Les vérins ont été fixés au châssis et connectés aux bras mécaniques, qui ont ensuite été alignés et testés pour leur mobilité. Les rouleaux ont été dupliqués à intervalles réguliers sous le tapis roulant pour assurer une répartition uniforme de la charge.

La simulation a été configurée pour inclure un moteur rotatif à vitesse constante de 100 rpm pour le tapis roulant, ainsi que des servomoteurs pour contrôler les mouvements des vérins des bras mécaniques. Les mouvements de tri des pièces ont été programmés en fonction des signaux de déclenchement, garantissant une opération de tri efficace et précise.

Ce projet a démontré la capacité à concevoir et simuler une table de production fonctionnelle avec SolidWorks, répondant aux exigences industrielles de robustesse, de stabilité et de précision. Les améliorations futures pourraient inclure l'optimisation de la conception pour réduire le poids et le coût, l'intégration de capteurs supplémentaires pour améliorer la précision du tri, et l'automatisation avancée pour une gestion en temps réel de la production. La table de production conçue peut être utilisée dans diverses industries pour des opérations de tri, d'assemblage et de production automatisées, augmentant ainsi l'efficacité et la productivité des lignes de production.

IV.II Discussion et apports du projet :

La conception de la table de production avec SolidWorks représente une étape significative dans l'intégration des technologies de modélisation et de simulation dans le processus de développement industriel. Ce projet a permis d'explorer diverses facettes de la conception mécanique, de l'assemblage, et de la simulation de mouvements, apportant plusieurs avantages tangibles et des leçons précieuses.

- Discussion :

La réalisation de ce projet a mis en évidence l'importance d'une modélisation précise et détaillée pour assurer la faisabilité et l'efficacité des systèmes mécaniques complexes. Chaque composant, du châssis en acier aux rouleaux galvanisés et aux vérins actionnés par servomoteurs, a été soigneusement modélisé pour garantir une intégration harmonieuse et fonctionnelle.

La simulation des mouvements, notamment avec l'utilisation d'un moteur à vitesse constante pour le tapis roulant et de servomoteurs pour les vérins, a démontré la capacité du système à effectuer des tâches répétitives avec précision. La programmation des mouvements de tri, basée sur des déclencheurs spécifiques, a permis de tester et d'optimiser les cycles de travail avant la fabrication réelle, réduisant ainsi les risques d'erreurs et de dysfonctionnements.

- Apports du projet :

- Amélioration de la conception mécanique :

Le projet a permis d'affiner les compétences en conception mécanique en utilisant des outils avancés de CAO pour créer des modèles précis et fonctionnels. La compréhension des interactions entre les différents composants et les contraintes mécaniques a été renforcée.

- Optimisation des processus de production :

Grâce à la simulation, il a été possible d'optimiser les processus de tri et de manipulation des pièces, augmentant ainsi l'efficacité opérationnelle. La capacité à tester et à ajuster les paramètres de la machine avant sa construction physique a permis de gagner du temps et de réduire les coûts.

- Intégration des systèmes automatisés :

L'utilisation de servomoteurs pour les vérins et d'un moteur à vitesse constante pour le tapis roulant a démontré les avantages de l'automatisation dans la gestion des mouvements complexes. Cela a ouvert la voie à une intégration plus poussée des technologies d'automatisation dans les lignes de production futures.

- Formation et apprentissage :

Le projet a servi de plateforme d'apprentissage pour les techniques de modélisation 3D, d'assemblage virtuel, et de simulation de mouvements. Les compétences acquises dans

l'utilisation de SolidWorks sont transférables à d'autres projets de conception et de fabrication.

- Préparation à la fabrication :

En simulant les opérations de tri et de transport, le projet a permis de préparer une documentation détaillée et précise pour la fabrication réelle de la table de production. Les plans d'assemblage, les spécifications des matériaux, et les instructions de montage sont prêts à être utilisés pour la mise en production.

En conclusion, le projet de conception de la table de production avec SolidWorks a non seulement fourni une solution technique viable pour les opérations de tri et de manipulation, mais il a également enrichi les compétences et les connaissances en conception mécanique et en simulation. Les perspectives d'amélioration et d'optimisation future sont nombreuses, ouvrant la voie à des systèmes de production encore plus efficaces et automatisés.

IV.III Perspectives et pistes d'amélioration :

Le projet de conception de la table de production avec SolidWorks a posé les bases d'un système de tri automatisé efficace et robuste. Cependant, comme tout projet de développement technologique, il existe toujours des possibilités d'amélioration et d'optimisation. Voici quelques perspectives et pistes d'amélioration pour les futures itérations du projet :

- Amélioration des matériaux :
 - Durabilité et résistance :

Bien que l'acier et le caoutchouc utilisés soient adéquats, l'exploration de nouveaux matériaux composites pourrait augmenter la durabilité et réduire le poids de la structure.

- Réduction des coûts :

La recherche de matériaux alternatifs qui offrent un meilleur rapport coût-efficacité pourrait réduire les coûts de production sans compromettre la qualité.

- Optimisation des systèmes de motorisation :
 - Contrôle de la vitesse :

L'intégration de moteurs à vitesse variable permettrait d'ajuster plus finement la vitesse du tapis roulant en fonction des besoins spécifiques du processus de production.

- Efficacité énergétique :

L'utilisation de moteurs à haute efficacité énergétique et la mise en place de systèmes de récupération d'énergie pourrait réduire la consommation d'énergie et les coûts opérationnels.

- Amélioration des systèmes de détection et de tri :

- Capteurs avancés :

L'intégration de capteurs plus sophistiqués, tels que des caméras de vision industrielle ou des capteurs laser, améliorerait la précision et la vitesse du tri.

- Intelligence artificielle :

L'utilisation d'algorithmes d'intelligence artificielle pour le traitement des données des capteurs permettrait de réaliser un tri plus intelligent et adaptatif, capable de gérer des variations dans les produits à trier.

- Ergonomie et sécurité :

- Conception ergonomique :

Améliorer l'ergonomie de la table de production pour faciliter l'interaction humaine, réduire la fatigue des opérateurs, et minimiser les risques de blessures.

- Sécurité :

Ajouter des dispositifs de sécurité supplémentaires, tels que des capteurs de proximité et des barrières de sécurité, pour protéger les opérateurs contre les accidents potentiels.

- Maintenance et durabilité :

- Facilité de maintenance :

Concevoir des composants modulaires et facilement remplaçables pour simplifier les opérations de maintenance et réduire les temps d'arrêt.

- Surveillance conditionnelle :

Intégrer des systèmes de surveillance conditionnelle pour suivre l'état des composants en temps réel et prévoir les opérations de maintenance avant qu'un problème ne survienne.

- Intégration et interconnectivité :

- Industrie 4.0 :

Rendre la table de production compatible avec les standards de l'industrie 4.0 pour une meilleure intégration dans les environnements de production intelligents et connectés.

- Systèmes de gestion :

Connecter la table de production à des systèmes de gestion de production (MES) pour une gestion plus fine des flux de travail et une optimisation globale des processus de fabrication.

- Évolutivité :
 - Modularité :

Développer des modules supplémentaires qui peuvent être facilement ajoutés ou retirés en fonction des besoins de production changeants.

- Extensibilité :

Prévoir la possibilité d'extension de la table de production pour traiter des volumes plus importants ou de nouveaux types de produits sans nécessiter une refonte complète du système.

IV.IV Conclusion :

Ce projet de conception d'une table de production avec SolidWorks a permis de développer un système de tri automatisé robuste et efficace, intégrant diverses composantes mécaniques et électroniques pour optimiser le processus de production. En passant par la modélisation 3D détaillée, la simulation des mouvements et l'analyse des contraintes, nous avons pu concevoir un système capable de répondre aux exigences industrielles actuelles.

Les principaux accomplissements du projet incluent :

- Modélisation 3D complète :

La création d'un modèle 3D détaillé de la table de production, intégrant tous les composants nécessaires tels que le châssis, les rouleaux, le tapis roulant, les vérins du bras mécanique, et les bras mécaniques eux-mêmes.

- Simulation des mouvements :

La mise en place de simulations pour valider le fonctionnement des différents mécanismes, en particulier le système de motorisation à vitesse constante et l'utilisation de servomoteurs pour les vérins, garantissant une coordination précise et efficace des mouvements.

- Prototypage virtuel :

Grâce à SolidWorks, nous avons pu réaliser un prototypage virtuel complet, permettant de visualiser et de tester le système avant toute phase de production physique, réduisant ainsi les risques et les coûts associés.

- Documentation et planification :

La création de plans d'assemblage, facilitant la réalisation et l'implémentation du système dans un environnement de production réel.

Ce projet a également mis en lumière l'importance de la modélisation et de la simulation dans le processus de conception, offrant une vision claire des performances et des améliorations potentielles avant la phase de fabrication. Les perspectives d'amélioration identifiées offrent des voies pour optimiser encore davantage le système, que ce soit par l'intégration de technologies plus avancées ou par l'amélioration des matériaux utilisés.

En conclusion, cette table de production représente une avancée significative dans le domaine de l'automatisation industrielle, démontrant la capacité à concevoir et à simuler des systèmes complexes avec des outils modernes comme SolidWorks. Les enseignements tirés de ce projet serviront de base solide pour des développements futurs, visant à toujours mieux répondre aux besoins dynamiques de l'industrie manufacturière.

Références bibliographiques :

- [1] Meyer, A., Le tri automatisé dans la fabrication : Tendances et technologies, *Industrial Engineering Journal*, 2019
- [2] Smith, J., & Brown, K., Systèmes de convoyeur avancés pour l'automatisation industrielle, *Automation Technology Review*, 2018
- [3] Jones, L., & Garcia, M., *SolidWorks pour les ingénieurs : Un guide complet*, Pearson Education, Boston, MA.
- [4] Kumar, R., & Patel, S., Principes de conception ergonomique pour les postes de travail industriels, *Journal of Occupational Health*, 2021.
- [5] Williams, T., Simulation et modélisation des processus industriels à l'aide de SolidWorks, Wiley, Hoboken, NJ, 2017.
- [6] Li, H., & Chen, Y., Le rôle de l'automatisation dans la fabrication moderne, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2019.
- [7] Gonzalez, R., & Martin, P., *Manutention et systèmes de convoyeurs : Conception et mise en œuvre*, CRC Press, Boca Raton, FL, 2018.
- [8] Nguyen, T., & Lee, J., Systèmes de tri basés sur la vision dans la fabrication, *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 2020.
- [9] Rossi, M., & Bianchi, F., Avancées dans la technologie des moteurs servo pour l'automatisation industrielle, *Mechatronics Journal*, 2021
- [10] Thompson, G., & Clarke, D., Efficacité énergétique dans les systèmes de convoyeurs, *Sustainable Manufacturing Journal*, 2018.
- [11] Field, A., & Keller, G., *Gestion de projet en ingénierie et construction*, McGraw-Hill Education, New York, NY, 2018.
- [12] Martin, R., *Gestion de projet agile pour les équipes d'ingénierie*, Springer, Berlin, 2019
- [13] Womack, J.P., & Jones, D.T., *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*, Simon & Schuster, New York, NY, 2003.

[14] Kerzner, H., Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling, Wiley, Hoboken, NJ, 2017.

[15] Beck, K., & Andres, C., Extreme programming explained: Embrace change, Addison-Wesley, Boston, MA, 2004