



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des sciences et techniques
Département de mécanique

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences et Techniques

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Construction Mécanique

Réf. : Entrez la référence du document

Présenté et soutenu par :
BOUZID Mohamed Amine

Le : jeudi 1er juillet 2021

Etude de conception d'un tapis de course

Jury :

Dr. Guerira Belhi	MCA	Université de Biskra	Président
Dr. Mohamdi Djemoui	MCB	Université de Biskra	Rapporteur
Dr. Benmachiche Messaoud	MCB	Université de Biskra	Examineur

Remerciement

Au nom d'Allah, le Tout - Miséricordieux, le Très - Miséricordieux

La louange est à Allah l'unique et la paix et le salut sur celui qui n'a point de messager après lui et sur sa famille, ses compagnons et tous ceux qui suivent son chemin jusqu'au jour de la résurrection.

Je tiens à remercier mon encadreur Pr. **Mohamdi Djemoui** à l'Université de Biskra, pour ces conseils précieux ainsi que pour la confiance et l'aide qu'il m'a accordé pour mener ce travail à terme.

Mes remerciements vont aussi à l'ensemble de mes professeurs tout le long de ces années d'études.

Je voudrais aussi remercier tous les membres de ma famille, mes frères et mes chères sœurs.

Dédicace

A mes parents,

A ma famille,

A mes enseignants,

A tous les membres de département du génie mécanique d'université de Biskra.

A tous les membres de laboratoires de génie mécanique d'université de Biskra.

Bouزيد Mohammed Amine

SOMMAIRE

Introduction général	1
Chapitre 1 :	généralités sur les tapis de course
1. Introduction	2
1.1 Définition.....	4
1.2 Différents types de tapis de course	4
1.2.1 Les tapis de course classique.....	4
1.2.2 Les tapis de course pliables.....	5
1.2.3 Les tapis de course professionnels.....	5
1.3. Le moteur.....	6
1.4. La puissance et la vitesse.....	7
1.5. L'inclinaison du tapis.....	8
1.6. La taille du tapis et de la surface de course.....	9
1.7. La console et le nombre de programmes	10
1.8. Le système d'amorti.....	11
1.9. La structure.....	12
1.10. Les options.....	12
1.11. La prise de pulsation cardiaque.....	12
1.11. Roulettes de déplacement.....	13
1.12. Les avantages du tapis de course.....	13

1 .13 Conclusion.....	13
-----------------------	----

Chapitre 2

Etude du tapis roulant

2.1 Introduction.....	15
2.2 Etude de conception.....	15
2.2.1 Partie de défilement du tapis.....	16
2.2.1.1 Vitesse angulaire maximale du rouleau avant.....	16
2.2.1.2. Vitesse de rotation de la poulie réceptrice.....	17
2.2.1.3. Rapport de réduction :.....	17
2.2.1.4. Vitesse de la poulie motrice	18
2.2.1.5. La puissance utile.....	18
2.2.1.6. La puissance du moteur.....	18
2.2.1.7. Choix du moteur.....	18
2.2.2. Etude du guidage du rouleau avant.....	19
2.2.2.1. Calcul du diamètre l'arbre du rouleau.....	19
2.2.2.2. Calcul de moment fléchissant.....	19
2.2.2.3. Calcul du moment réduit	21
2.2.2.4. Choix de roulement	21
2.2.3 Conclusion.....	23

Chapitre3

Etude du tapis roulant

Introduction.....	25
3.2. L'inclinaison de tapis.....	25
3.2.1. Calcul vitesse angulaire d sortie.....	27
3.2.2. Vitesse de rotation NS du pignon de sortie.....	27
3.2.3 Vitesse de rotation Nm du moteur	28

3.2.4. Puissance P_s à la sortie du pignon de sortie.....	28
3.2.5. Puissance mécanique P_{mu} utile au moteur d'inclinaison pour supporter la charge du coureu.....	28
3.2.6. Vitesse angulaire W_m du moteur d'inclinaison.....	29
3.2.7. Couple C_m développé par le moteur d'inclinaison.....	29
3.2.8. Couple de freinage C_f du moteur d'inclinaison.....	29
3.2.9. Vérification à la résistance des engrenages cylindriques à dentures droite.....	30
3.2.9.1 Étude de la flexion de la denture droite.....	30
3.2.10. Les moments fléchissant.....	32
3.2.10.1. Au plan horizontal.....	33
3.2.10.1.1 Calcul des moments fléchissant.....	34
3.2.10.1.2. Diagramme des moments fléchissant.....	35
3.2.10.2. Au plan vertical.....	36
3.2.10.2.1. Calcul des réactions.....	36
3.2.10.2.2. Calcul des moments fléchissant.....	37
3.2.10.2.3. Diagramme des moments fléchissant.....	38
3.2.10.2.4. Calcul du moment réduit.....	39
3.3. Conclusion.....	39
Conclusion général	40

Liste des figures

Figure1 : Tapis de course.....	3
Figure 1.1 : tapis de course classiques.....	4
Figure 1.2 : tapis de course pliables.....	5
Figure 1.3 : tapis de course professionnels.....	5
Figure 2 : Moteur TE WEI C8APB1 1,5 HP.....	6
Figure 3 : tapis incliné.....	8
Figure 4 : la console.....	10
Figure5 : Schéma de principe.....	15
Figure 6 : schéma du tapis de course	16
Figure 7 : tapis tourne autour du rouleau.....	16
Figure 8 : arbre du rouleau avant.....	19
Figure9 : roulement BC.....	23
Figure 10 : tapis incliné	25
Figure 11 : tapis à l'inclinaison	25
Figure 12 : Dispositif de levage.....	26
Figure 13 : engrenage de réducteur	26
Figure 14 : l'engrenage de réducteur R	28
Figure.15 : Une dent	30
Figure16 : l'engrenage de l'inclinaison.....	32
Figure 17 : pignon de rédacteur.....	32

Résumé

Ce travail de thèse a été réalisé dans le but de faire la vérification de conception des éléments essentiels du tapis de course afin de valider son bon fonctionnement lors d'application des conditions extrêmes de chargement.

Les résultats obtenus lors de la vérification des paramètres de conception des éléments du tapis choisi sont valables. Le système d'inclinaison du tapis utilise un motoréducteur avec une crémaillère. Les paramètres de ce système ont été vérifiés malgré que la roue de sortie soit à la limite de chargement.

Abstract

This thesis work was carried out in order to verify the design of the essential elements of the treadmill in order to validate its proper functioning during the application of extreme loading conditions.

The results obtained when checking the design parameters of the elements of the chosen treadmill are valid. The incline system of the treadmill uses a gear motor with a rack; the parameters of this system have been verified despite the output gear being at the load limit.

ملخص

تم إنجاز هذه الرسالة من أجل التحقق من تصميم العناصر الأساسية لجهاز المشي وكذا التحقق من صحة أدائه أثناء تطبيق ظروف التحميل القاسية

النتائج التي تم الحصول عليها عند التحقق من شروط التصميم لعناصر الجهاز المختار صحيحة. يستخدم نظام إمالة الجهاز محرك تروس مع رف. تم التحقق من شروط هذا النظام على الرغم من أن عجلة الخروج عند حد التحميل.

النتائج التي تم الحصول عليها عند التحقق من شروط التصميم لعناصر الجهاز المختار صحيحة. يستخدم نظام إمالة الحزام محرك تروس مع رف. تم التحقق من شروط هذا النظام على الرغم من أن عجلة الخروج عند حد التحميل.

INTRODUCTION GENERALE

La marche est le moyen de transport de base et commun chez l'être humain, c'est une activité motrice qui s'apprend dès le plus jeune âge, c'est aussi un exercice excellent et complet pour ce qu'elle se rapproche d'être une activité idéale en raison de sa flexibilité, qui c'est-à-dire qu'il est pratiqué dans presque toutes les circonstances et tous les lieux possibles. Pour les habitants des villes peuplées à la pollution excessive, il est difficile de pratiquer cette activité en tant que sport de plein air et ils décident alors de le faire dans des salles de sport ou dans le confort de leur maison, grâce à des tapis de course. Ces derniers sont des instruments utilisés pour effectuer des mouvements de marche dans des conditions de vitesse contrôlées, Il existe une large gamme de tapis roulants : mécaniques, électriques et elliptiques,

La conception d'un tapis roulant doit considérer, principalement, ce pour quoi il est requis et les charges de travail auxquelles il sera soumis, testant ainsi pour faire une conception avec des charges moyennes appliquées, des conditions d'utilisation

Ce travail de thèse a été réalisé dans le but de faire une étude de conception des éléments essentiels du tapis de course.

Dans le premier chapitre, les généralités du sujet sont abordées, les concepts sont indiqués en soulignant l'utilité du tapis de course dans la vie humaine et les éléments essentiels qui lui constituent.

Le deuxième chapitre est consacré à l'étude de conception du tapis de course en analysant le mouvement et les conditions de rigidité de ses éléments selon les conditions de travail imposées.

Dans le troisième chapitre, on a étudié le système de l'inclinaison du tapis tout en analysant et vérifiant le mécanisme du motoréducteur imposé.

Enfin on a terminé notre travail par une conclusion générale.

Chapitre 1:

Généralités sur les tapis de course

1. Introduction :

Dans ce chapitre nous avons parlé de tapis roulant et les différents types de tapis de course et les parties d'un tapis de course (moteur, console, l'inclinaison ...) et les caractéristiques nécessaires pour courir dans un tapis de course.

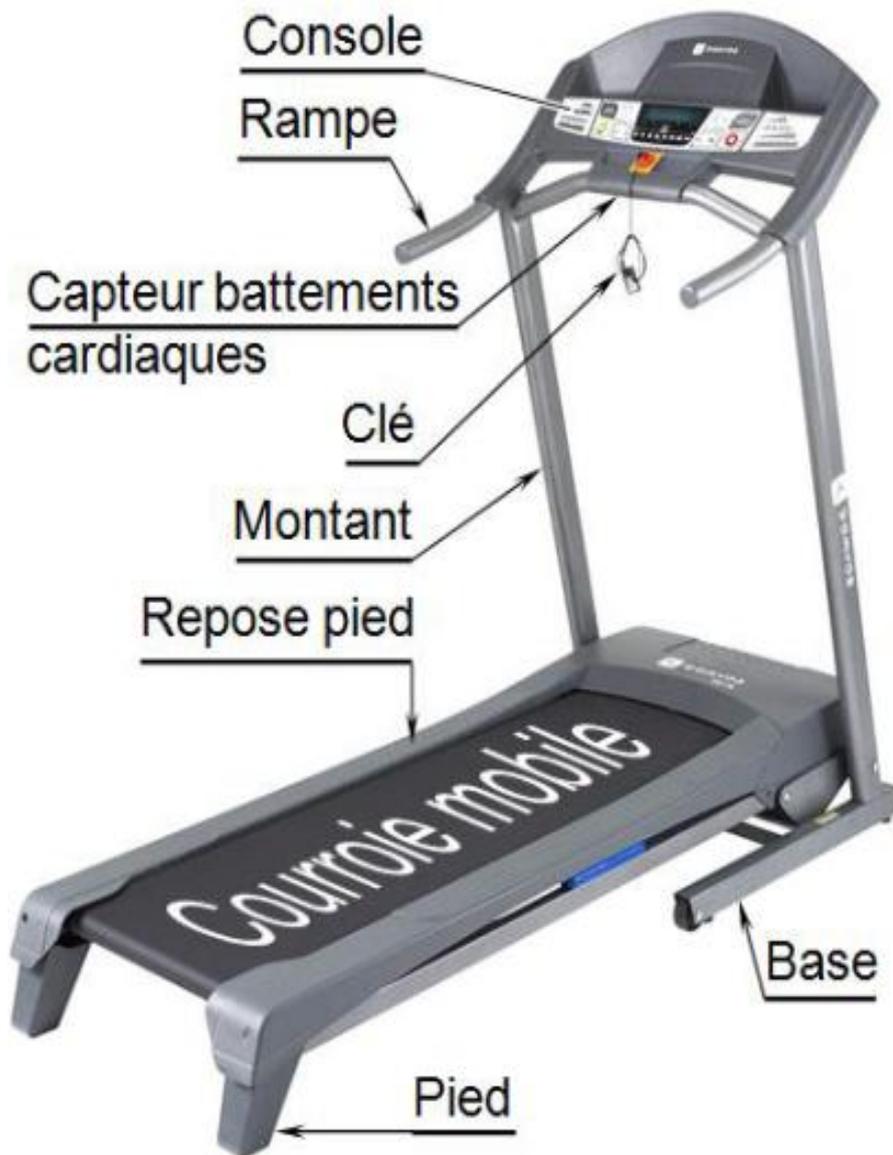


Figure1 : Tapis de course

1.1 Définition :

Le tapis de course est un des appareils de fitness le plus utilisés pour la remise en forme en salle comme à domicile. Il s'agit de reproduire la foulée d'une course à pied sur une surface de course dynamique (bande de déroulement) réglable à une vitesse de 1 à 20km/heure. [1]

Le tapis de course moderne a été en effet inventé dans les années 80. Il existe aujourd'hui sur le marché différentes modèles d'appareil (avec ou sans moteur) appréciés pour des critères divers et variés (taille, robustesse, puissance, inclinaison, console). [3]

1.2 Différents types de tapis de course :

1.2.1 Les tapis de course classiques



Figure 1.1 : tapis de course classiques [5]

Le tapis de course classique constitue le modèle le plus populaire parmi les sportifs : des débutants aux plus avertis. Il a l'avantage d'être le meilleur rapport qualité-prix du marché actuel des tapis de course. C'est un appareil qui propose les fonctionnalités de base attendues par les consommateurs dans une gamme de prix à la hauteur de toutes les bourses.[3]

1.2.2 Les tapis de course pliables



Figure 1.2 : tapis de course pliables[2]

Cette gamme de tapis de course s'accorde avant tout avec les sportifs disposant de peu de place à domicile. En effet, ce type de tapis se plie aisément avant d'être rangé en toute discrétion, pour libérer ainsi de l'espace chez vous. Il est fixé sur des roulettes pour être déplacé à votre guise et être installé dans n'importe quelle pièce de votre maison ou de votre appartement lors de vos séances d'entraînement.

1.2.3 Les tapis de course professionnels

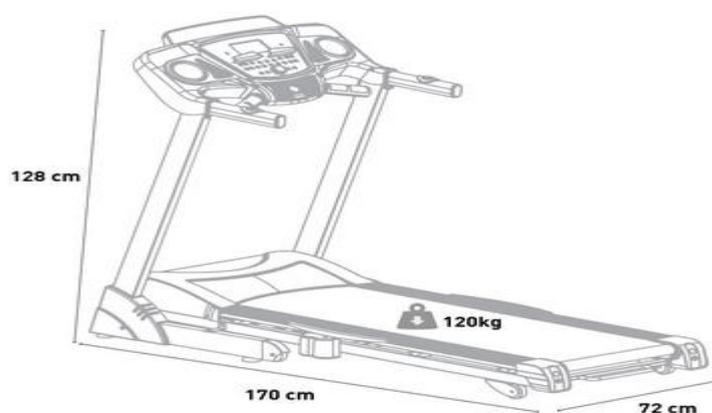


Figure 1.3 : tapis de course professionnels [6]

Les tapis de course professionnels sont conçus pour les sportifs les plus aguerris. Ils sont donc conséquents en termes de volume et disposent bien souvent des écrans et des options les plus performants. De même, leur bande roulante est plus large et dispose d'un meilleur amorti.[1]

1.3. Le moteur



Figure 2 : Moteur TE WEI C8APB1 1,5 HP

La puissance du moteur est exprimée en pic (HP CV) ainsi qu'en continue (CHP). Pour faire simple, la puissance en pic correspond à la puissance maximale à un instant T. Utile lors d'entraînement en fractionné, elle permet d'avoir une idée sur la réactivité du tapis de course lors d'une accélération

La puissance continue est celle délivrée de manière constante durant la durée de votre séance

Concernant les tapis de course sans moteur, la vitesse de défilement sera confiée à la seule force de vos jambes. Idéal pour être au plus près des sensations éprouvées lors d'une course en extérieur.[8]

1.4. La puissance et la vitesse

La puissance d'un moteur de tapis de course est un critère essentiel dans le choix de votre appareil. Exprimée en chevaux « CV » elle définit la vitesse maximale que le tapis peut atteindre. Elle devra être adaptée à votre poids et à vos objectifs, mais également à la fréquence de vos entraînements.

La puissance peut se mesurer de la manière suivante :

Puissance en continu : c'est la puissance que pourra délivrer le moteur pendant toute la durée de la séance sans risque d'endommagement de l'appareil. Elle correspond à la puissance réelle du moteur. Puissance en pic : il s'agit de la puissance maximum que peut délivrer le moteur (lors d'une accélération par exemple) sur un laps de temps très court. Vitesse maximum : c'est la vitesse maximum que peut attendre le tapis lors d'une accélération Quelques recommandations :

- Pour des entraînements occasionnels, de marche rapide ou de course modérée, un tapis avec un moteur de 1,5 à 2 CV en continu et une vitesse de pointe de 16 km/h sera suffisant.
- Pour des entraînements réguliers, de footing et de remise en forme, un moteur entre 2 et 2,5 CV en continu avec une vitesse max de 18 km/h sera idéal.
- Pour des entraînements réguliers à intensifs, il est conseillé de choisir un tapis avec un moteur de 2,5 à 3 CV en continu et une vitesse en pic de 20 km/h.
- Pour des entraînements très intensifs et destiné aux sportifs confirmés, un tapis de 3 CV en continu et plus, atteignant une vitesse de 22 km/h sera le plus recommandé.

Concernant la vitesse, cela dépend bien entendu de vos objectifs

- Pour une personne cherchant à pratiquer une activité physique de faible intensité, un tapis de marche ou un tapis de course allant jusqu'à 12km/h peut suffire [7]

- Les tapis allant jusqu'à 16km/h, 20km/h ou même 25km/h seront beaucoup plus adaptés aux sportifs (et notamment à ceux qui se préparent à des compétitions), en fonction de la performance physique recherchée.

1.5. L'inclinaison du tapis



Figure 3 : tapis incliné

La pente d'une colline est mesurée en pourcentage. Les tapis de course affichent donc l'inclinaison en pourcentage. Cela veut donc dire que si vous mettez votre réglage à 2, vous exécutez à une inclinaison de 2 %. La plupart des tapis de course offrent une possibilité de réglage entre 0 et 12 %.

Outre la puissance et la vitesse, l'inclinaison du tapis est elle aussi à prendre en compte. Elle offre la possibilité d'intensifier et de varier les exercices en simulant une côte. Elle permet de faire travailler davantage certains muscles ciblés du corps, mais également de brûler 2 à 3 fois plus de calories. Selon le modèle, elle peut être manuelle ou motorisée et atteindre jusqu'à 22% de dénivelé.[3]

S'agissant de l'inclinaison que vous devriez mettre, il est démontré qu'une inclinaison de 1 % est idéale pour simuler le coût énergétique ou l'intensité de la course en plein air et compenser l'absence de résistance au vent. Ajoutée à cela, une vitesse entre 3,57 et 5 m/s sera optimale. Vous gagnerez en confiance lorsque vous serez de retour sur la piste.

Si vous avez envie de faire l'expérience d'une plus grande résistance au vent, vous pouvez également préférer une inclinaison de 2 %. Cependant, courir à une pente constante entre 1 à 2 % ne reflète pas toujours la réalité, car les collines d'un parcours de course varieront en longueur et en pente. Vous aurez donc besoin de dépenser plus l'énergie pour monter une colline.

1.6. La taille du tapis et de la surface de course

Lors du choix de votre tapis, la surface de course est primordiale. En effet, cela correspond à la surface sur laquelle vous allez pouvoir courir. Plus elle est importante, meilleur sera votre confort. Pour les personnes mesurant moins d'1m75, une surface de 127x42 cm est convenable. En revanche, pour les personnes mesurant plus de 1m75 ou 1m80, une surface de 130x46 cm au minimum est recommandée. Attention : plus vite vous courez plus grande sera votre foulée. Pour une utilisation sportive, choisissez une surface de tapis pour grands gabarits, de type 150x50 cm. Tous les tapis de course, excepté les tapis de marche, sont munis d'une clé de sécurité pour l'arrêter d'urgence en cas de chute (la clé doit être branchée à la console du simulateur de course à pied et clipsée via un cordon à votre tenue de sport). [2]

1.7. La console et le nombre de programmes



Figure 4 : la console

La console est un mini-ordinateur ou tableau de bord qui accompagne votre tapis de course. Elle est indispensable pour le suivi de ses performances et apporte un côté ludique à vos entraînements. Elle affiche de nombreuses données sur l'exercice en cours (vitesse de course, inclinaison, durée de l'entraînement, distance parcourue, nombre de calories approximatives perdues, fréquence cardiaque, etc.). Certaines sont dotées de programmes d'entraînement pour motiver l'utilisateur et l'aider à atteindre ses objectifs. Il existe plusieurs types de consoles :

- Consoles simples avec écran LCD, que l'on retrouve généralement sur les tapis d'entrée de gamme ou sur les tapis de marche, affichant les fonctions de base (sans l'affichage de la fréquence cardiaque).

- Consoles intermédiaires plus élaborées, avec écran rétroéclairé, le plus souvent présentes sur des modèles de qualité supérieure, affichant la fréquence cardiaque et même des graphiques. Certaines peuvent également être équipées d'un support à tablette/smartphone.

- Consoles plus technologiques et connectées, avec écran tactile en fonction des modèles, et équipées d'un module Bluetooth permettant d'accéder à de nombreuses applications et fonctionnalités interactives (i. Concept, Touch&Fun, iFit, etc.). Certaines sont même dotées d'une connectique MP3 et de haut-parleurs. Avec cette technologie, il est désormais possible de courir et de surfer sur Internet, de regarder ses séries préférées ou même d'utiliser son smartphone ou sa tablette à la place de la console. Presque toutes les consoles possèdent des programmes d'entraînements pour aider le sportif à réaliser ses objectifs. Parmi ces différents programmes de tapis de course on retrouve :
 - Des programmes préenregistrés faisant varier vitesse et inclinaison selon un parcours prédéfini (montagne, collines, etc.).
 - Des programmes de fréquence cardiaque (ou HRC, pour « Heart Rate Control ») faisant varier la vitesse afin de maintenir le pouls à un niveau stable.
 - Des programmes basés sur l'objectif de l'utilisateur (perte de poids, amélioration de la condition physique, remise en forme, etc.).
 - Des programmes personnalisables par l'utilisateur pour lui permettre de dessiner le parcours qui lui convient.

1.8. Le système d'amorti

Courir sur tapis est beaucoup moins traumatisant pour les articulations que de courir en extérieur. Les impacts sur un tapis de course sont amortis par la bande roulante et les différentes technologies mises en place à cet effet. Pour limiter davantage ces impacts chez certains utilisateurs (personnes en surpoids ou personnes ayant eu des traumatismes articulaires sur les chevilles, genoux, hanches colonne vertébrale), les constructeurs ont mis au point des systèmes d'amortis très efficaces.

Chaque marque a son propre système d'amorti comportant jusqu'à 8 tampons élastomères placés sous la bande de roulement. Un bon tapis doit pouvoir absorber entre 15 et 35% des impacts. C'est le type d'usage qui guide le choix d'un système d'amorti

par rapport à un autre. Pour une utilisation occasionnelle, ou de la marche, un amorti simple pourra être suffisant. Pour une utilisation régulière à intensive, choisissez un bon amorti pour un meilleur confort d'usage. Si vous êtes en surpoids ou si vous souffrez de traumatismes articulaires, n'hésitez pas à prendre un tapis de course ayant un bon système d'amorti, y compris pour un usage occasionnel. Attention, un bon tapis ne dispense pas de courir avec de bonnes chaussures. Choisissez des chaussures de course : des running. [3]

1.9. La structure

La structure est un point important à prendre en considération avant d'acheter un tapis. En effet, le poids de l'appareil est un gage de stabilité. Plus un tapis sera lourd et plus il sera stable. Par conséquent, si vous souhaitez vous entraîner de manière intensive, choisissez un tapis plutôt lourd. Pensez également à vérifier le poids maximal supporté par le tapis. En général, il varie entre 100 et 150 kg. Pour une meilleure durée de vie de l'appareil, veuillez cependant à laisser une marge entre votre poids et le maximum supporté par l'appareil. Certains appareils sont équipés de compensateurs de niveau pour ajuster la position du tapis par rapport aux inégalités du sol garantissant ainsi une stabilité optimale.

1.10. Les options

Les options que possèdent certains appareils peuvent vous aider à faire votre choix.

1.11. La prise de pulsation cardiaque :

Outre les tapis de marche, presque tous les tapis roulants sont équipés de capteurs cardiaques. Très utiles, ils permettent de vérifier son pouls et de suivre ses performances en temps réel. Certains tapis sont capables d'ajuster le niveau de difficulté de l'entraînement en fonction de la fréquence cardiaque et de l'objectif visé : la fonte des graisses ou l'entraînement du système cardio-vasculaire. La prise de pulsations cardiaques peut s'effectuer de plusieurs manières :

- Par capteurs tactiles situés sur les rampes du tapis

- Par ceinture thoracique par radiofréquence
- Par ceinture thoracique par Bluetooth pour les modèles les plus récents, avec un contrôle de la fréquence cardiaque directement sur mobile ou tablette

1.11. Roulettes de déplacement :

Très utiles pour ranger son appareil après utilisation, sachant que les tapis de course sont les machines de fitness les plus lourdes.

1.12. Les avantages du tapis de course

Le tapis de course est un sport dynamique qui présente des nombreuses vertus. En voici quelques-unes :

- Le tapis de course permet de renforcer la capacité cardiovasculaire et l'endurance
- Le tapis de course permet de tonifier le corps et de renforcer le système osseux
- Le tapis de course booste l'humeur et permet d'évacuer le stress
- Le tapis de course se pratique en toute saison

1.13 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons appris à connaître les types des tapis de course et les pièces de tapis.

Chapitre 2:

Etude du tapis roulant

2.1 Introduction :

dans ce chapitre nous volons savoir le bon arbre pour assurer le fonctionnement de tapis et le roulement approprié

2.2 Etude de conception :

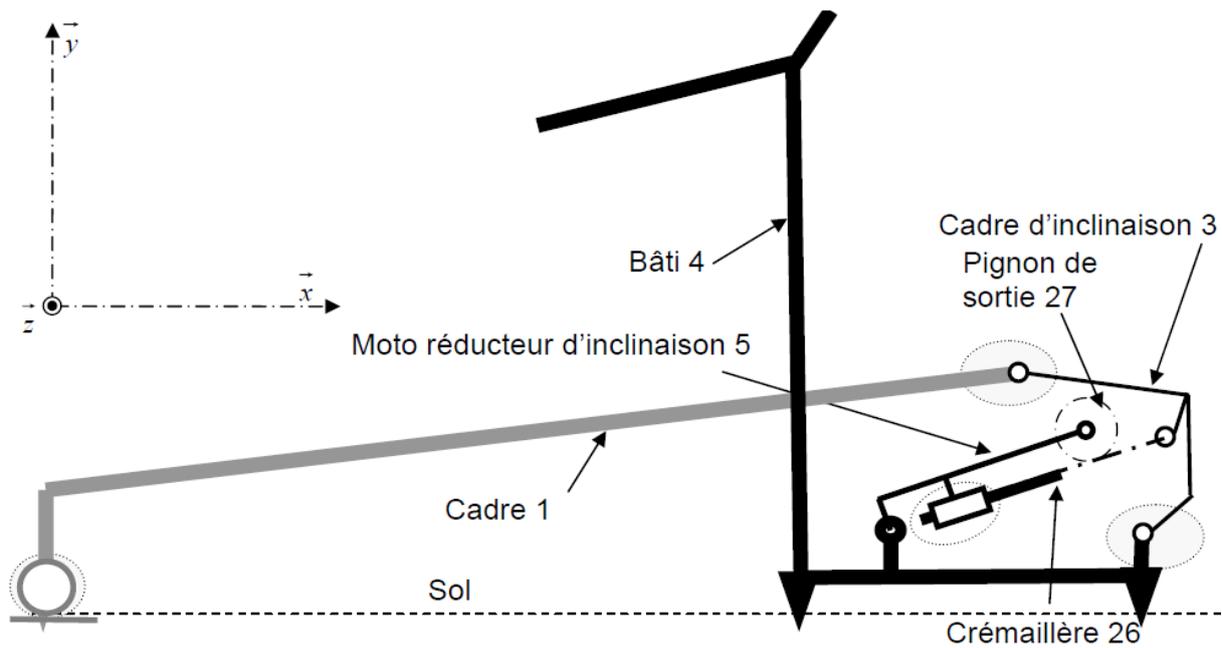


Figure5 : Schéma de principe [1]

Fonctionnement

Caractéristiques du tapis de course :

Critère	valeur
Masse du coureur	120 kg
Dimension de la zone de course	1430 X 480 mm
Vitesse de défilement du tapis	20 km/h maxi
Diamètre du rouleau avant	50 mm

Tableau 1 : Caractéristiques du tapis de course

2.2.1 Partie de défilement du tapis :

Cette partie comporte le tapis de défilement, les rouleaux d'enroulement, et le moteur avec réducteur de courroie et poulie. Figure ().

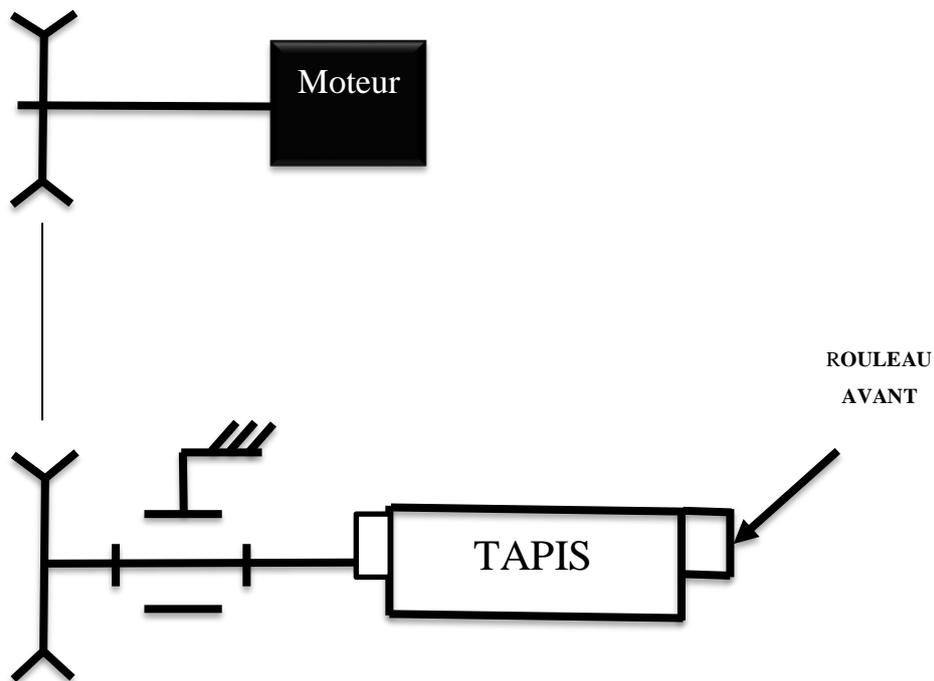
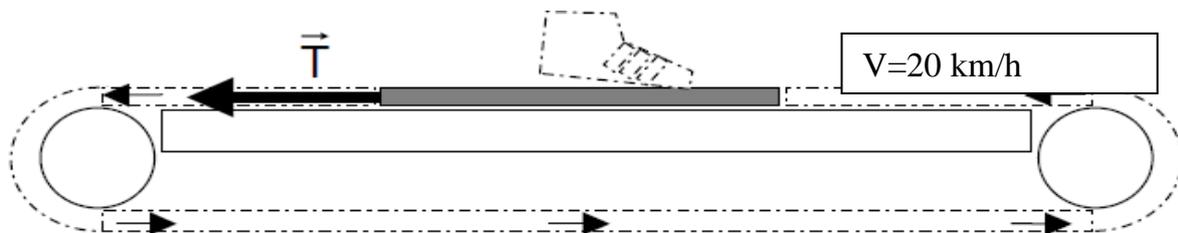


Figure 6 : schéma du tapis de course

2.2.1.1 Vitesse angulaire maximale du rouleau avant

Puisque le tapis tourne autour du rouleau avec la même vitesse du coureur alors :



$$V = R\omega$$

Figure 7 : tapis tourne autour du rouleau

$$\text{Avec } V = 20 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{20000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 5.55 \text{ m/s}$$

D'où

$$\omega = \frac{V}{R}$$

Avec V : vitesse max de défilement du tapis

R : rayon du rouleau avant

$$\omega = \frac{5.55}{0.025} = 222 \text{ rd/s}$$

2.2.1.2. Vitesse de rotation de la poulie réceptrice

La vitesse de rotation de la poulie réceptrice est la même que celle du rouleau avant

$$N_r = \frac{30 * \omega}{\pi}$$

$$N_r = \frac{30 * 222}{\pi} = 2120 \text{ tr/min}$$

2.2.1.3. Rapport de réduction :

$$r = \frac{R_{pm}}{R_{pr}}$$

Avec : R_{pm} : rayon de la poulie motrice

R_{pr} : rayon de la poulie réceptrice

$$r = \frac{27}{44} = 0.61$$

2.2.1.4. Vitesse de la poulie motrice :

$$r = \frac{N_r}{N_m}$$

$$N_m = \frac{N_r}{r} = \frac{2120}{0.61} = 3475.4 \text{ tr/min}$$

2.2.1.5. La puissance utile

$$P_u = F \cdot V$$

Avec : F : effort d'entraînement

V : vitesse du tapis

Une étude préliminaire du frottement du tapis sur la plateforme de marche 8 a montré que pour entraîner un coureur de 120 Kg il fallait exercer un effort : $T = 240 \text{ N}$

$$P_u = 240 * 5.55 = 1332 \text{ W}$$

2.2.1.6. La puissance du moteur

Dans le cas général la transmission par courroie se fait avec un rendement de 95%

Alors

$$\eta = \eta_1 \eta_2 = 0.95 * 0.95 = 0.9025$$

Avec :

η_1 : rendement du tapis

η_2 : rendement de transmission par courroie

$$P_m = \eta P_u$$

$$P_m = 0.9025 * 1332 = 1202.13 \text{ W}$$

2.2.1.7. Choix du moteur

Le moteur choisi doit avoir des valeurs de la vitesse de rotation et de la puissance supérieures que celles calculés pour qu'il fonctionne correctement

2.2.2. Etude du guidage du rouleau avant

2.2.2.1. Calcul du diamètre l'arbre du rouleau :

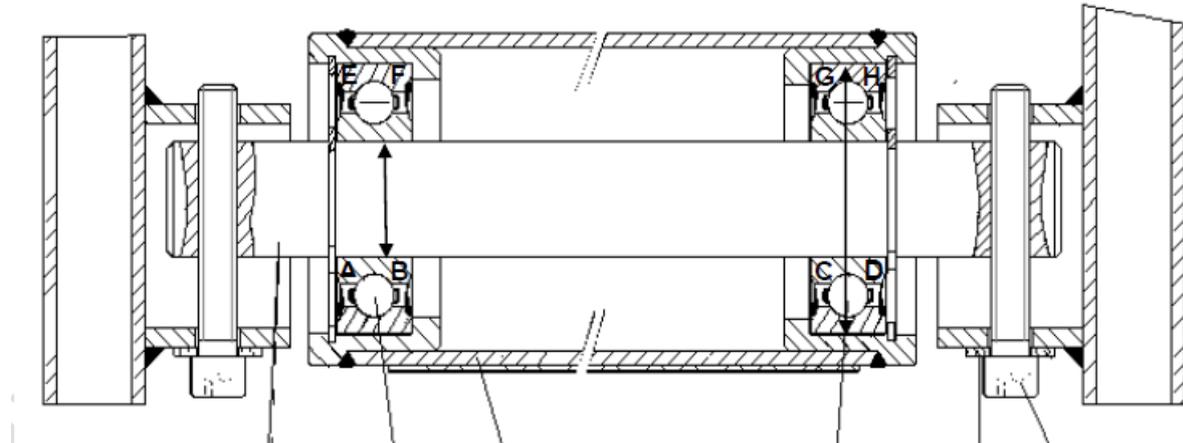


Figure 8 : arbre du rouleau avant

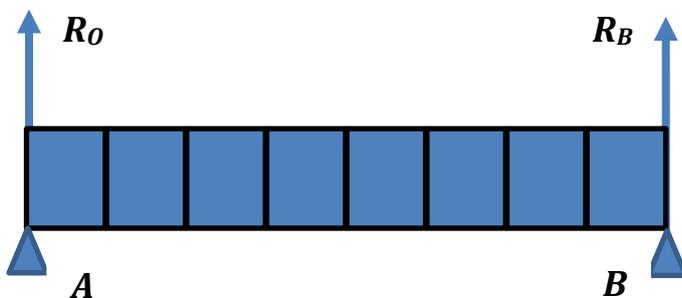
L'arbre du rouleau avant est sollicité par un couple de rotation et la force de pesanteur du coureur répartie uniforme (le cas le plus défavorable).

D'où il est sollicité à la flexion et à la torsion

Calcul du couple sur le rouleau

$$M_t = C_r = T * R = 240 * 25 = 6000 \text{ Nmm}$$

2.2.2.2. Calcul de moment fléchissant :



$$P = m \cdot g$$

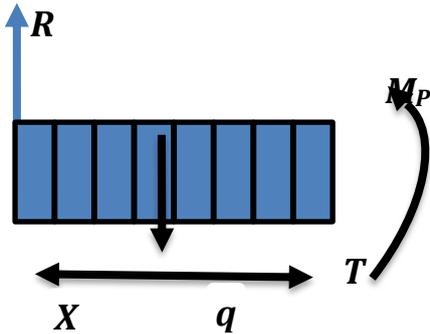
$$P = 120 * 9,81 = 1177 \text{ N}$$

$$L = 480 \text{ mm}$$

$$\frac{L}{2} = 240 \text{ mm}$$

$$q = \frac{1177}{480} = 2,452 \text{ N/mm}$$

$$R_A = R_B \frac{1177}{2} = 588,5 \text{ N}$$



$$M_P - R_A X + P_X \cdot \frac{X}{2} = 0$$

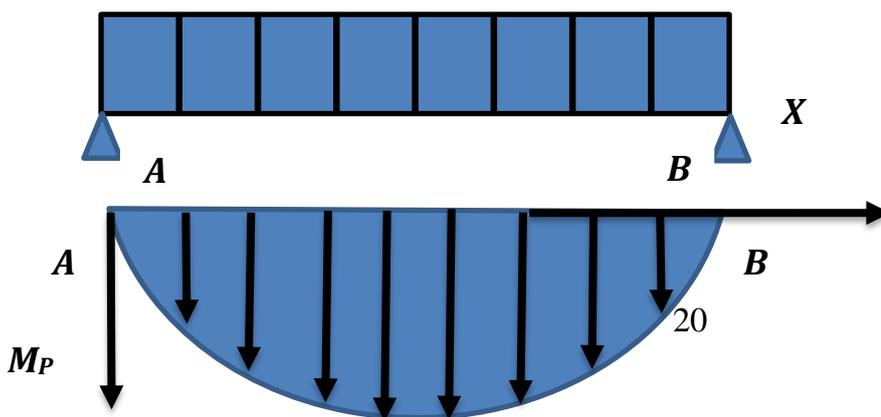
$$M_P = R_A X - P_X \cdot \frac{X}{2}$$

$$P_X = q \cdot X$$

$$M_P = R_A \cdot X - q \cdot \frac{X^2}{2}$$

$$M_P = 588,5 X - 2,452 \frac{X^2}{2}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 0 \text{ SI } x = 0 \\ 70622,4 \text{ N mm SI } x = \frac{L}{2} \end{array} \right.$$



2.2.2.3. Calcul du moment réduit :

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\frac{M_p^2 + M_r^2}{W_p}} \leq \sigma_{adm}$$

$$M_r = \sqrt{M_f^2 + 0,75M_t^2}$$

$$\sigma_{eq} = \frac{M_r}{W_p} \leq \sigma_{adm} \quad \text{avec } W_f = \frac{\pi d^3}{32}$$

$$\sigma_{adm} \geq \frac{32 M_r}{\pi d^3}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{R_e}{f}$$

$$= \frac{600}{2}$$

$$\sigma_{adm} = 300 \text{ N/mm}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 M_r}{\pi \sigma_{adm}}}$$

$$d = 2,17 \sqrt[3]{\frac{M_r}{\sigma_{adm}}}$$

$$d \approx 13,41 \Rightarrow d = 15 \text{ mm}$$

2.2.2.4. Choix de roulement

$$P = x \cdot v \cdot F_r + y \cdot F_a$$

P = charge dynamique équivalent

Fr=charge radial

Fa=charge axial

V= vecteur de rotation

Fr= 588,5

P= V*Fr

V

P=1,2*588,5

P=706,2N

On utilise $L_{10h} = 16000$

$$L_{10} = \frac{60 * \mu * L_{10h}}{10^6}$$

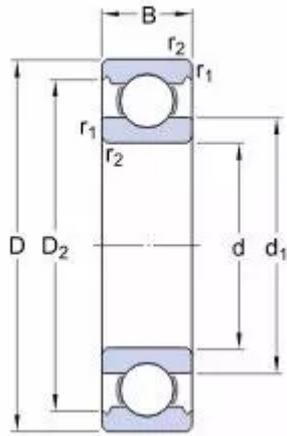
$$L_{10} = \frac{60 * 3475,4 * 16000}{10^6}$$

$L_{10} = 3336,384$

$$C = P * (L_{10})^{1/3}$$

$$C = 706,2 * (3336,384)^{1/3}$$

$$C = 10552,44 \text{ N}$$



Dimension		
d	15	mm
D	42	mm
B	13	mm
d1	17	mm
D2	40	mm
r1, 2	1	mm

Figure9 : roulement BC

2.2.3. Conclusion :

Dans ce chapitre on a trouvé le diamètre de l'arbre approprié pour assurer le mouvement de tapis $d = 15\text{mm}$ et on a utilisé un roulement BC

Chapitre 3:

Etude de l'inclinaison du tapis

3.1. Introduction :

Dans ce chapitre on a parlera d'inclinaison d'un tapis de course pour utiliser le meilleur arbre pour assurer l'opération d'inclinaison

3.2. L'inclinaison de tapis :

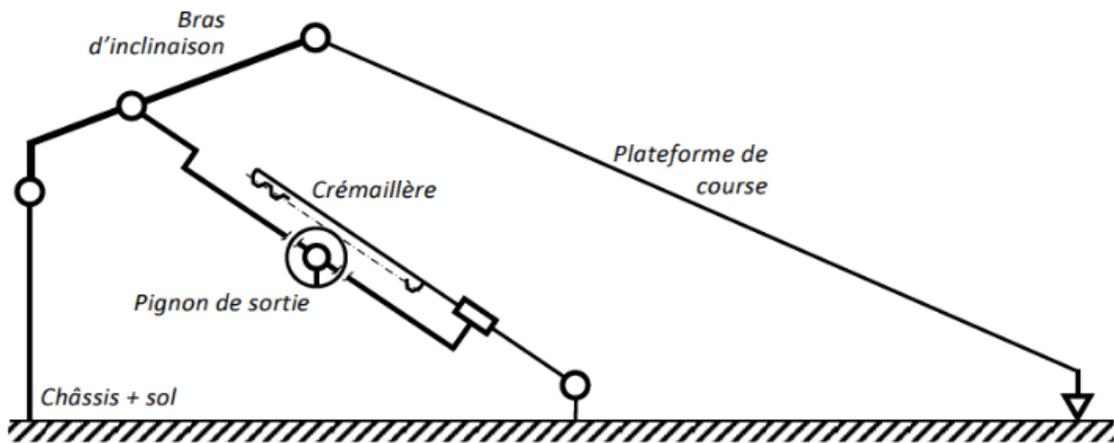


Figure 10 : tapis incliné

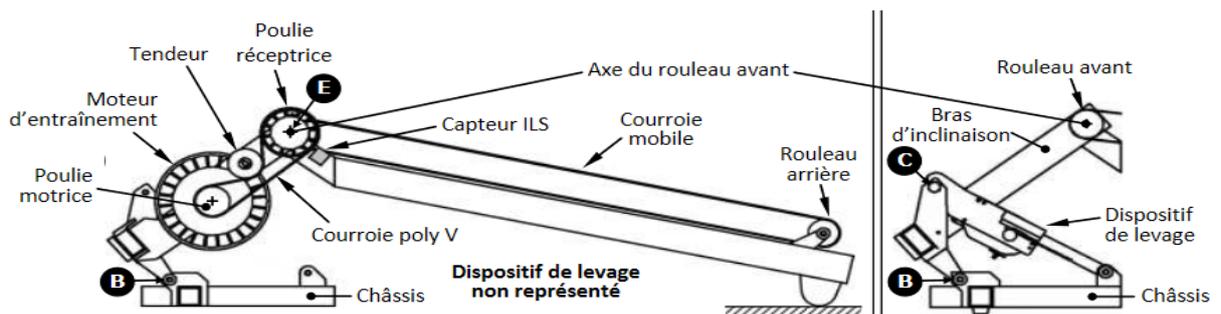


Figure 11 : tapis à l'inclinaison

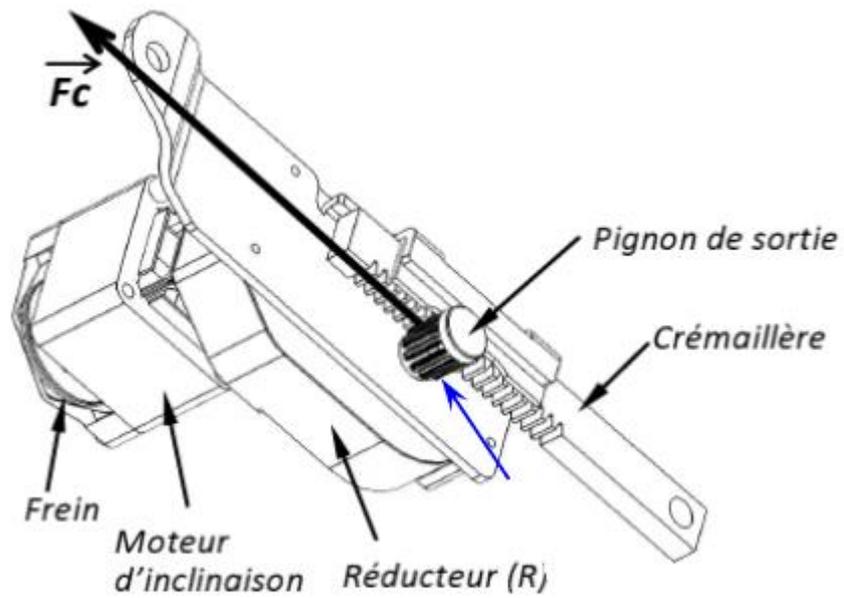


Figure 12 : Dispositif de levage

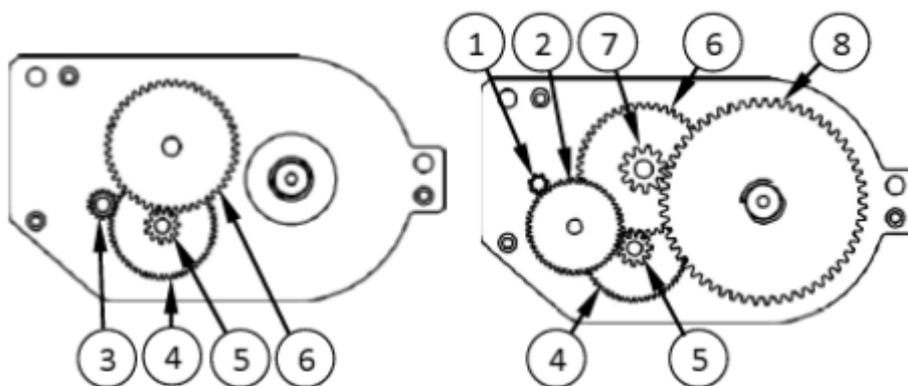


Figure 13 : engrenage de réducteur

On a la vitesse de crémaillère $V_{cr} = 3,6 \text{ mm/s}$

Effort tangentiel Crémaillère $F_C = 2100 \text{ N}$

Rendement réducteur $\eta_r = 0,8$;

Nombre de dents du pignon de sortie $Z_S = 10$ dents

Module $m = 1,5 \text{ mm}$

3.2.1. Calcul vitesse angulaire d sortie ω_s :

$$V_{cr} = \omega_s \frac{m \cdot Z_s}{2} \implies \omega_s = \frac{2V_{cr}}{m \cdot Z_s}$$

$$\omega_s = \frac{1,5 \cdot 3,6}{2 \cdot 10} = 0,48 \text{ rad}$$

3.2.2. Vitesse de rotation N_S du pignon de sortie :

$$\omega_s = \frac{\pi \cdot N_s}{30}$$

$$N_s = \frac{30 \omega_s}{\pi}$$

$$N_s = \frac{30 \cdot 0,36}{3,14} ; N_s = 3,439 \text{ tr/mn}$$

Rapport de réduction r du réducteur (R) :

$$r = (-1)^4 \cdot \frac{Z_1 \cdot Z_3 \cdot Z_5 \cdot Z_7}{Z_2 \cdot Z_4 \cdot Z_6 \cdot Z_8}$$

$$r = (-1)^4 \cdot (7 \cdot 14 \cdot 11 \cdot 11) / (51 \cdot 57 \cdot 47 \cdot 55)$$

$$r = 0,01578$$

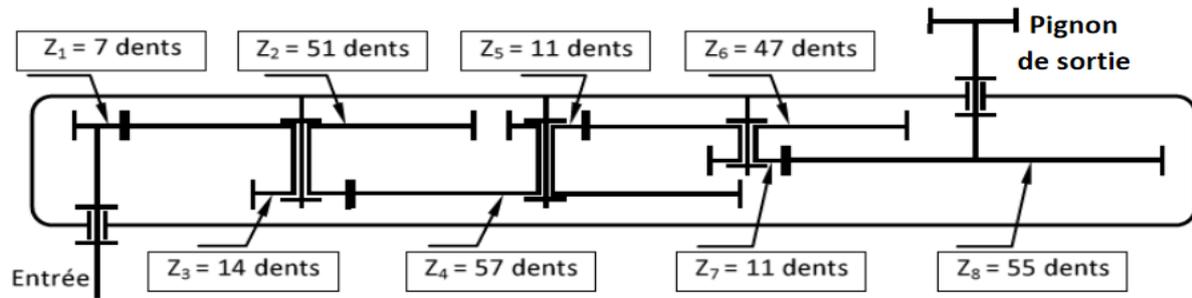


Figure 14 : l'engrenage de réducteur R [4]

3.2.3 Vitesse de rotation N_m du moteur :

$$r = \frac{N_s}{N_m}$$

$$N_m = \frac{3,439}{0,001578} = 2179,340 \text{ tr/mn}$$

3.2.4. Puissance P_s à la sortie du pignon de sortie :

$$P_s = F_c * V_c$$

$$P_s = 2100 * 0,0036$$

$$P_s = 7,56 \text{ W}$$

3.2.5. Puissance mécanique P_{mu} utile au moteur d'inclinaison pour supporter la charge du coureur :

$$\eta_r = \frac{P_s}{P_{mu}}$$

$$P_{mu} = \frac{P_s}{\eta_r}$$

$$P_{mu} = \frac{7,56}{0,8} = 9,45 \text{ W}$$

3.2.6. Vitesse angulaire ω_m du moteur d'inclinaison :

$$\omega_m = \frac{\pi * N_m}{30}$$

$$\omega_m = \frac{3,14 * 2179,340}{30} = 228,104 \text{ rad/s}$$

3.2.7. Couple C_m développé par le moteur d'inclinaison :

$$P_{mu} = C_m * \omega_m \longrightarrow C_m = \frac{P_{mu}}{\omega_m}$$

$$C_m = \frac{9,45}{228,104}$$

$$C_m = 0,041 \text{ W}$$

3.2.8. Couple de freinage C_f du moteur d'inclinaison :

On a

Coefficient de frottement $f = 0,45$

Effort presseur $F_p = 10 \text{ N}$

Nombre de surfaces de contact $n = 1$

Rayon extérieur $R = 24 \text{ mm}$

Rayon intérieur $r = 12 \text{ mm}$

$$C_f = f * n * F_p \frac{R+r}{2}$$

$$C_f = 0,45 \times 1 \times 10 \frac{(24+12) \times 10^{-3}}{2} = 0,081 \text{ W}$$

3.2.9. Vérification à la résistance des engrenages cylindriques à dentures droites

Généralement plusieurs dents sont en prise, on suppose que l'effort « F » est appliqué à l'extrémité d'une seule dent (hypothèse défavorable), seule la composante tangentielle « F_t » produit une flexion sur les dents, qui est assimilée à une pièce encastree à une extrémité et libre de l'autre, chargé par l'effort « F_t » à son extrémité libre.

« F_t » étant considérée perpendiculaire à l'axe de dent (cas de la denture) .On considérant pour le calcul de la résistance à la flexion comme section dangereuse, non à la racine mais l'épaisseur curviligne au primitif (égal à $\pi m/2$), tout en calculant d'après la hauteur de la dent ($h = 2.25m$). Fig. II.08.[8]

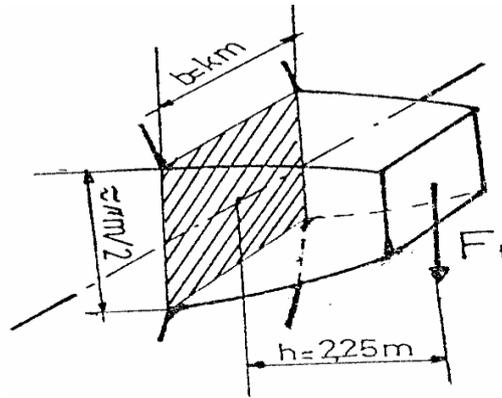


Figure.15 : Une dent

3.2.9.1 Étude de la flexion de la denture droite

La condition de la résistance à la flexion de la dent s'écrit comme suit :

$$\sigma = \frac{M_{f \max}}{\frac{I_{\varphi\beta}}{v}} \leq \sigma_{adm} \Rightarrow \frac{I_{\alpha\beta}}{v} \geq \frac{M_{f \max}}{\sigma_{adm}} \dots\dots 1[5]$$

Le moment de flexion agissant à la base de la dent $M_{f \max} = F_t \cdot h = 2.25 m \cdot F_t$ (N.m)

Le module « m » étant donnée toujours en (mm) Alors le (mm) étant l'unité de longueur.[6]

$$\frac{I_{\alpha\beta}}{v} \geq \frac{2.25mF}{\sigma_{adm}} \text{ mais } : I_{\alpha\beta} = \frac{bh^3}{12} \text{ et } v = \frac{h'}{2}$$

b : la largeur de la dent = Km

$$\frac{I_{\alpha\beta}}{v} = Km \cdot \frac{(\pi m/2)^2}{6} = km^3 \cdot \pi^2 / 24$$

$$\Rightarrow \frac{I_{\alpha\beta}}{v} = km^3 \cdot \pi^2 / 24 \geq \frac{2.25mF_t}{\sigma_{adm}} \Rightarrow m^2 \geq 5.471 \frac{F_t}{k\sigma_{adm}}$$

Le couple qui est exprimée en fonction du diamètre primitif de la roue et la force tangentiel « F_t »

$$C = F_t \cdot \frac{D}{2} \Rightarrow F_t = \frac{2C}{D}$$

Donc la formule donnant le module sera :

$$m^2 \geq 10.94 \cdot \frac{C}{K\sigma_{adm} \cdot D} \cong 11 \cdot \frac{C}{K\sigma_{adm} \cdot D}$$

est comme $D = mZ$

$$.Z \text{ (denture droite)} \Rightarrow m^3 \geq \frac{11.C}{K\sigma_{adm} \cdot Z} \Rightarrow m \geq \sqrt[3]{\frac{11.C}{K\sigma_{adm} \cdot Z}} \dots\dots\dots 2$$

Puisque le couple sur l'arbre de sortie est plus grand que les autres, il suffit de vérifier le module du pignon de sortie

On prend Le coefficient k pour les engrenages droits à dentures droites 10

Le matériau des engrenages est un acier cémenté 20CrMo5 dont la limite élastique

Re= 1100 N/mm² voir l'annexe

$$\text{La résistance pratique à l'extension } \sigma_{adm} = \frac{Re}{s} = \frac{1100}{1.5} = 733.33 \text{ N/mm}^2$$

Alors pour ce pignon, on Z= 10 dents,

D'où le module de ce pignon vaux

$$m \geq \sqrt[3]{\frac{11 * 21000}{10 * 733.33 * 10}} = 1.46 \text{ mm}$$

D'après ce résultat, on voit que le module $m=1.5 \text{ mm}$ est satisfait

3.2.10. Les moments fléchissant

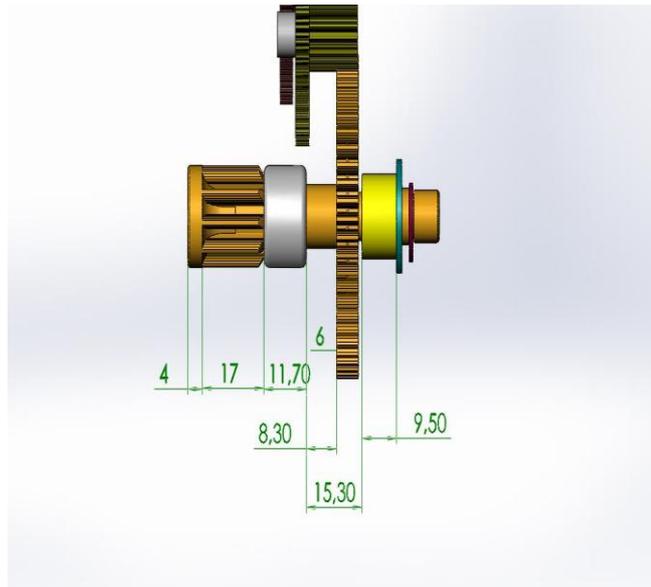


Figure16 : l'engrenage de l'inclinaison

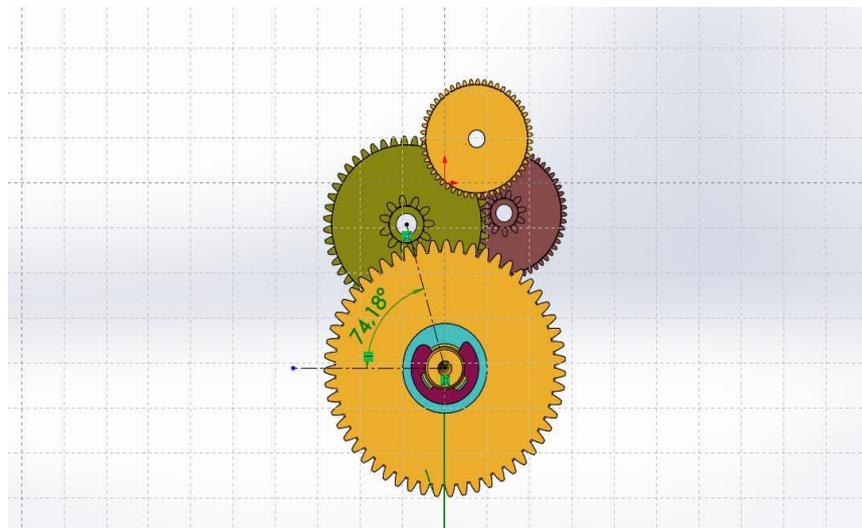
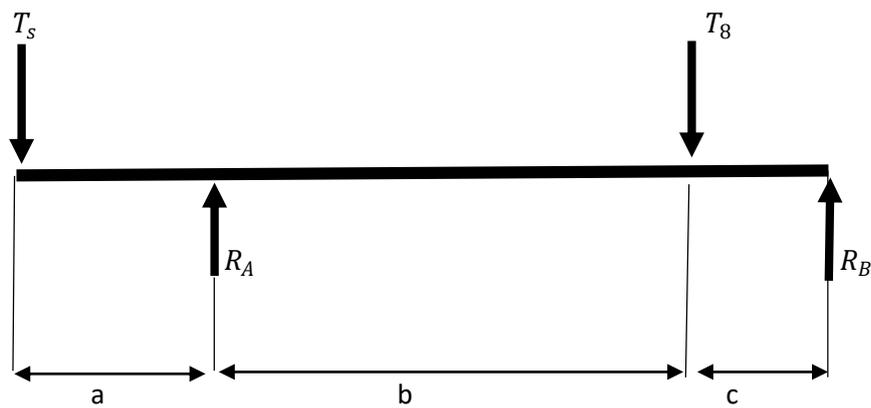


Figure 17 : pignon de réducteur

3.2.10.1. Au plan horizontal :



On a :

$$a = 14,35$$

$$b = 17,75$$

$$c = 4,75$$

$$T_s = 2100 \text{ N}$$

$$\epsilon_s = \frac{P_s}{W_s} = \frac{7,56}{0,48}$$

$$\epsilon_s = 15,75$$

$$\epsilon_s = T_8 * r_8$$

$$T_8 = \frac{\epsilon_s}{r_8}$$

$$T_8 = \frac{15,75 * 2}{1,5 * 55 * 10^{-3}}$$

$$T_8 = 382$$

$$\sum M/A = 0$$

$$\sum M/A = -T_{sy} * a + R_{By} * b + T_{8y} (b + c) = 0$$

$$\rightarrow R_{By} = \frac{T_{sy} * a + T_{8y} (b+c)}{b} =$$

$$R_{By} = \frac{2100 * 14,35 + 369 * 22,5}{17,75}$$

$$= 1284 \text{ N}$$

$$\rightarrow R_{Ay} = -R_{By} + T_{sy} + T_{8y} =$$

$$R_{Ay} = -1284,26 + 2100 + 369$$

$$R_{Ay} = 1184,74$$

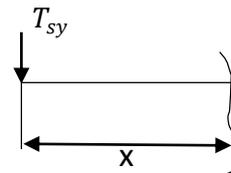
3.2.10.1.1 Calcul des moments fléchissant :

Pour : $0 \leq x \leq 14,35$

$$A M(x) = -T_{sy} * x$$

$$\left[\begin{array}{l} x=0 \quad \rightarrow M_{fy} = 0 \end{array} \right.$$

$$\left[\begin{array}{l} x=14,35 \rightarrow M_{fy} = -2100 * 14,35 = -30135 \text{ N.m} \end{array} \right.$$

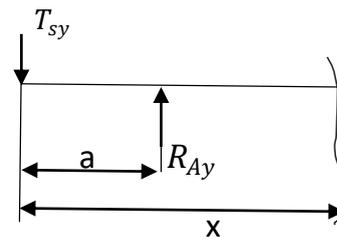


Pour : $14,35 \leq x \leq 32$

$$A M(x) = -T_{sy} * x + R_{Ay} * (x - 14,35)$$

$$\left[\begin{array}{l} x=14,35 \rightarrow M_{fy} = -30135 \text{ N.m} \end{array} \right.$$

$$\left[\begin{array}{l} x=32 \quad \rightarrow M_{fy} = -46170,865 \text{ N.m} \end{array} \right.$$

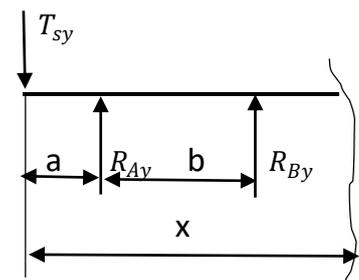


Pour : $32 \leq x \leq 36,75$

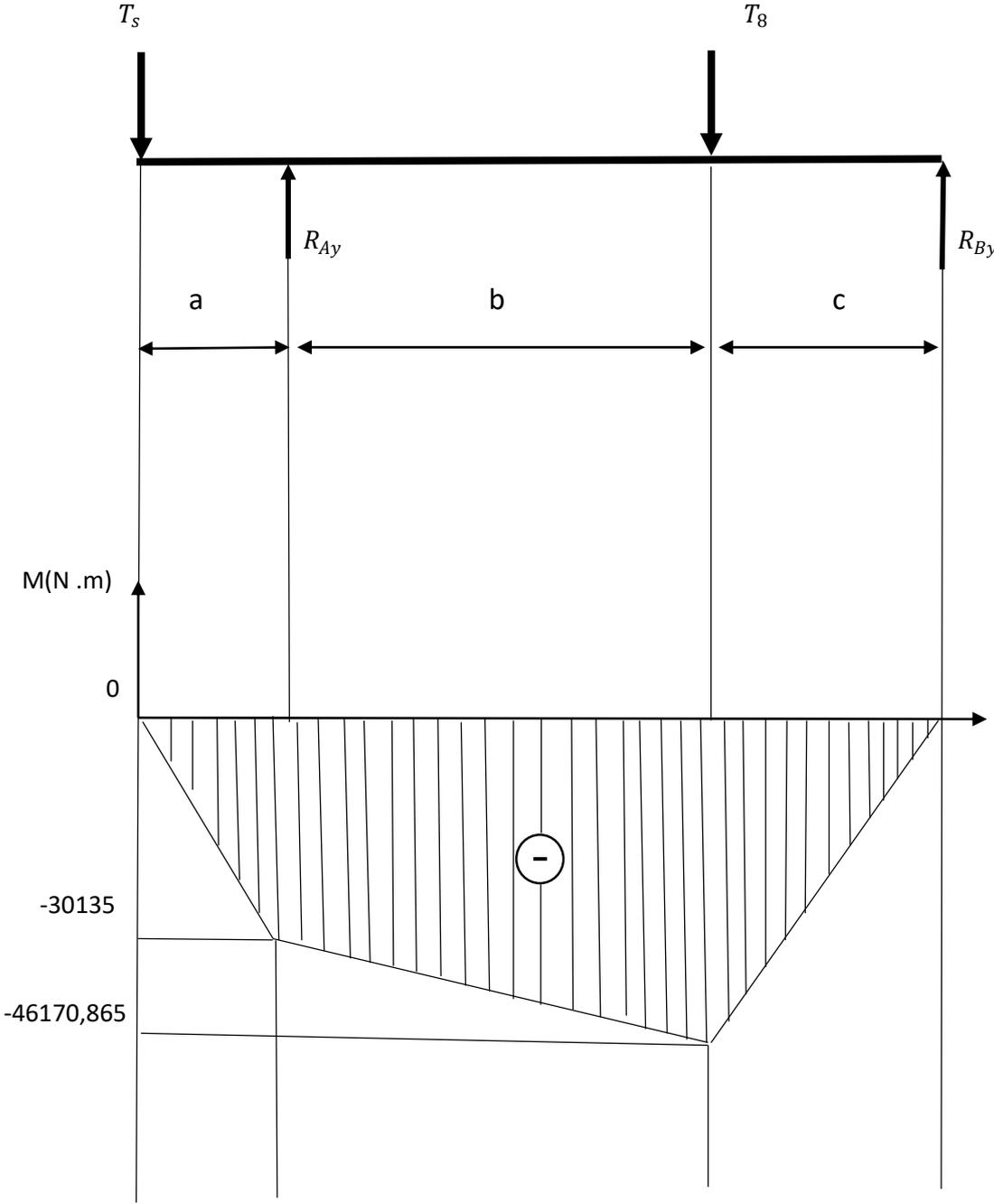
$$A M(x) = -T_{sy} * x + R_{Ay} * (x - 14,35) + T_{8y} * (x - 32)$$

$$\left[\begin{array}{l} x=32 \quad \rightarrow M_{fy} = -46170,865 \text{ N.m} \end{array} \right.$$

$$\left[\begin{array}{l} x=36,75 \rightarrow M_{fy} = 0 \end{array} \right.$$

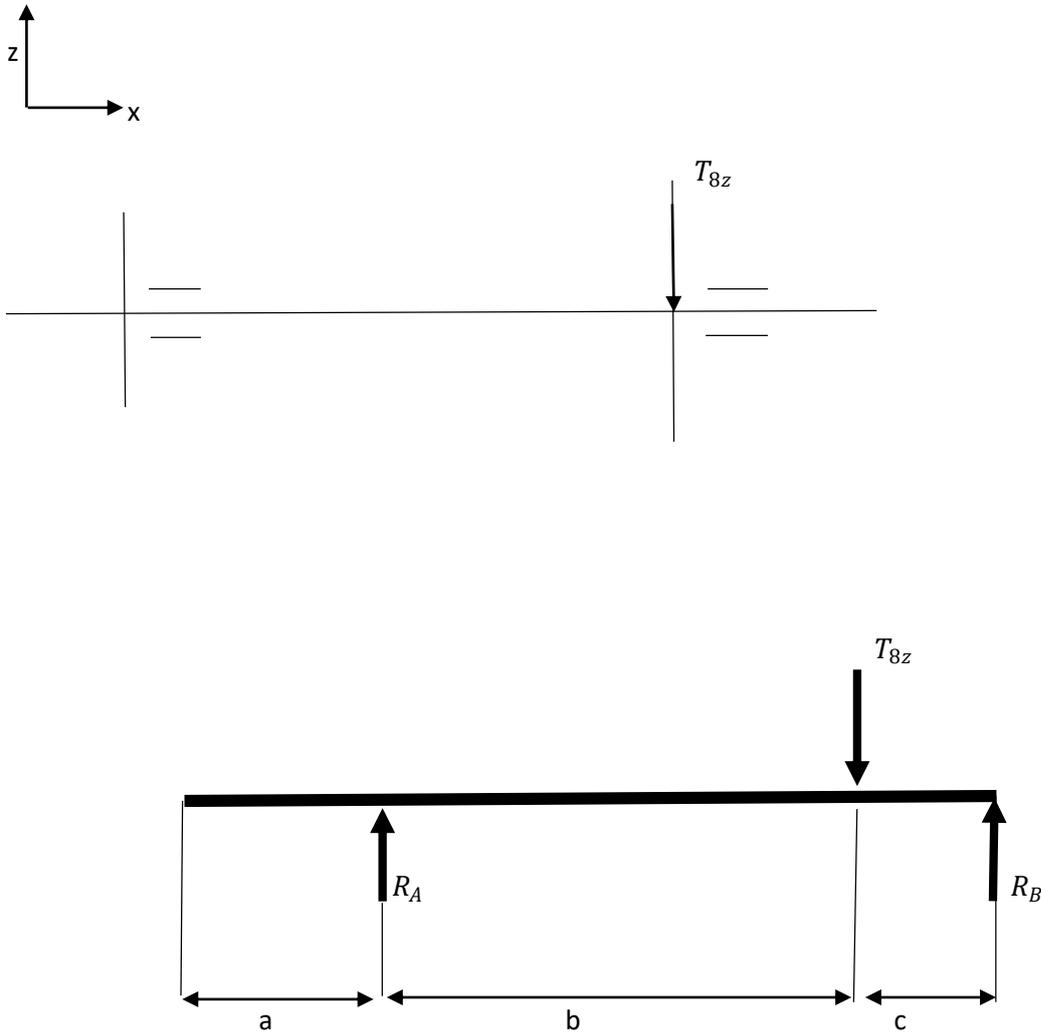


3.2.10.1.2. Diagramme des moments fléchissant :



Le moment fléchissant maximal dans le plan horizontal égale $\|M_{fh}\| = 46170,865 \text{ N.m}$

3.2.10.2. Au plan vertical :



$$T_8 = 382 \text{ N}$$

$$T_{8z} = T_8 * \cos 75$$

$$T_{8z} = 98,86 \text{ N}$$

3.2.10.2.1. Calcul des réactions

$$\sum F_i = 0$$

$$R_{Az} + R_{Bz} - T_{8z} = 0$$

$$\rightarrow R_{Az} + R_{Bz} = T_{8z}$$

$$\sum M/A = 0$$

$$\sum M/A = R_{Bz} * b + T_{8z}(b + c) = 0$$

$$\sum M/A = R_{Bz} * b + T_{8z}(b + c) = 0$$

$$\rightarrow R_{Bz} = \frac{T_{8z}(b+c)}{b} =$$

$$R_{Bz} = \frac{98,86 * 22,5}{17,75}$$

$$= 125,31$$

$$\rightarrow R_{Az} = -R_{Bz} + T_{8y} =$$

$$R_{Az} = -125,31 + 98,86$$

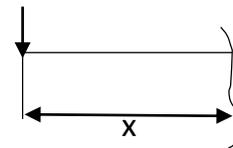
$$R_{Az} = -26,45$$

3.2.10.2.2. Calcul des moments fléchissant

Pour : $0 \leq x \leq 14,35$

$$M(x) =$$

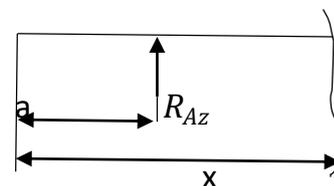
$$\left[\begin{array}{l} x=0 \quad \rightarrow M_{fz} = 0 \\ x=14,35 \rightarrow M_{fz} = 0 \end{array} \right.$$



Pour : $14,35 \leq x \leq 32$

$$M(x) = R_{Az} * (x - 14,35)$$

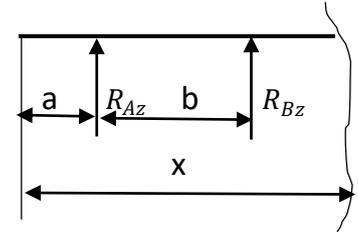
$$\left[\begin{array}{l} x=14,35 \rightarrow M_{fz} = 0 \\ x=32 \quad \rightarrow M_{fz} = -466,84 \text{ N.m} \end{array} \right.$$



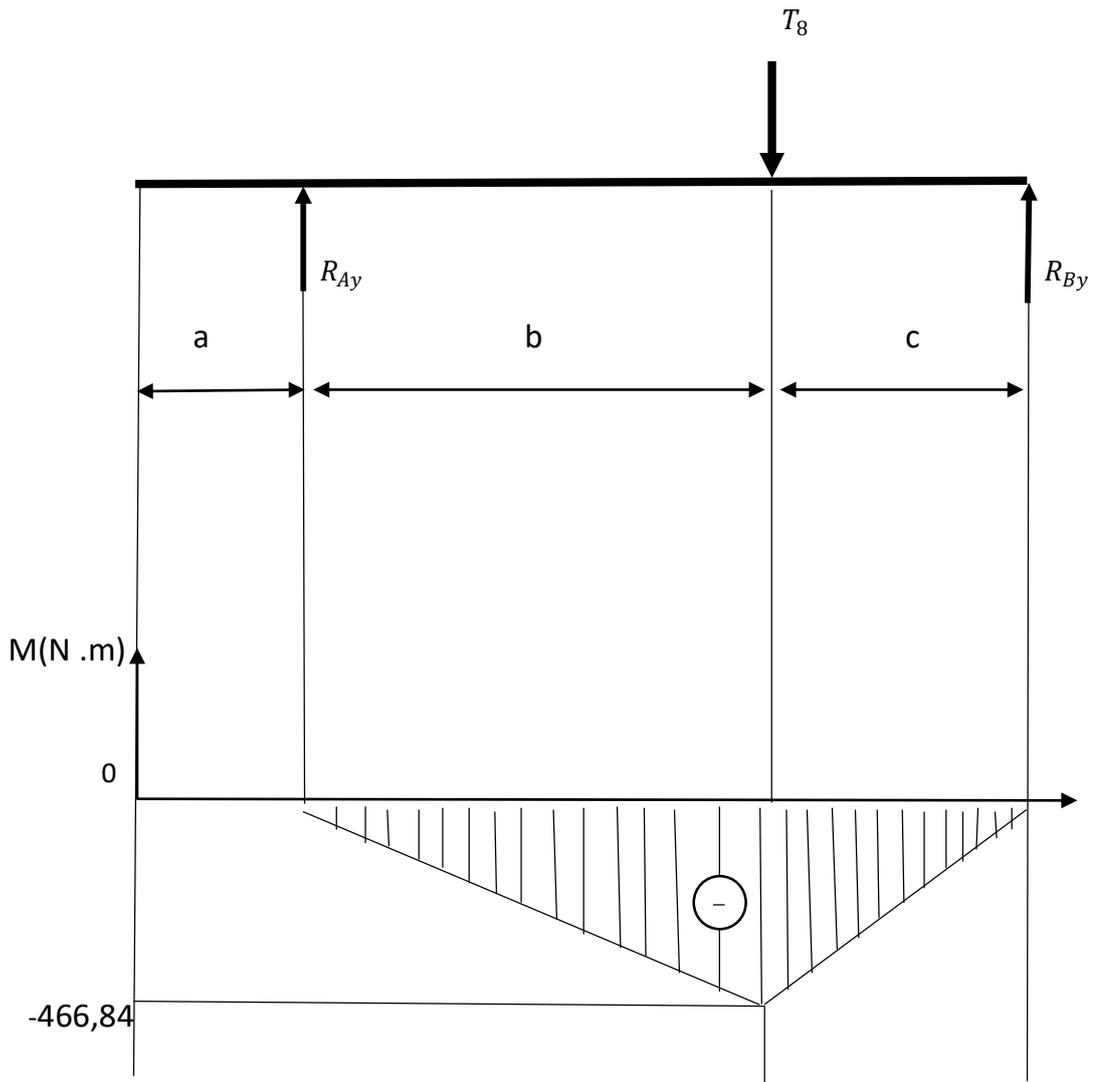
Pour : $32 \leq x \leq 36,75$

$$M(x) = R_{Az} * (x - 14,35) + T_{8z} * (x - 32)$$

$$\left[\begin{array}{l} x=32 \rightarrow M_{fz} = 466,84 N.m \\ x=36,75 \rightarrow M_{fz} = 0 \end{array} \right.$$



3.2.10.2.3. Diagramme des moments fléchissant :



Le moment fléchissant maximal dans le plan vertical égale $\|M_{fv}\| = 466,84 \text{ N.m}$

Le moment fléchissant maximal égale $\|M_f\| = \sqrt{M_{fh}^2 + M_{fv}^2} = 46173,2 \text{ N.m}$

3.2.10.2.4. Calcul du moment réduit :

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\frac{M_f^2 + M_r^2}{W_p}} \leq \sigma_{adm}$$

$$M_{re} = \sqrt{M_f^2 + 0,75M_t^2}$$

$$M_{re} = \sqrt{46173,2^2 + 0,75 * 15,75^2}$$

$$\sigma_{eq} = \frac{M_r}{W_p} \leq \sigma_{adm} \quad \text{Avec } W_f = \frac{\pi d^3}{32}$$

$$\sigma_{adm} \geq \frac{32 M_r}{\pi d^3}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{R_e}{f}$$

$$\sigma_{adm} = 600$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 M_r}{\pi \sigma_{adm}}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 * 46173,2}{\pi * 600}}$$

$$d \approx 9,22mm \Rightarrow d = 10mm$$

3.3. Conclusion

dans ce chapitre nous connaissons l'engrenage approprié et le diamètre de l'arbre de moteur d'inclinaison $d=10mm$.

CONCLUSION GENERALE

Dans ce travail, on a fait une étude de conception du tapis de course déjà existe en imposant une charge du coureur de 120 kg.

La première analyse du tapis de course a été examinée comme une intégration de plusieurs systèmes, assignant à chacun des fonctions particulières ; Cette partition a permis de générer une liste de solutions possibles à chacun des systèmes impliqués dans l'opération.

La première étape consiste à vérifier les paramètres de conception des éléments qui entre dans la cinématique du tapis. Les résultats obtenus nous indiquent que les conditions de rigidités sont acceptables.

L'examen de la conception du motoréducteur utilisé dans le système de l'inclinaison du tapis nous a permis de conclure que les caractéristiques des engrenages utilisés sont vérifiées malgré que la roue de sortie soit à la limite de chargement.

Enfin pour que le travail soit fini, il faut faire une conception par Solidworks et réaliser la simulation afin d'avoir comparé les résultats avec ceux obtenus analytiquement pour nous permet de qualifier l'efficacité du tapis.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Sourabh borchate « Design of treadmill to generate electricity by using mechanical energy», iciime 2017
- [2] Roberto leonardo díaz ‘ diseño de caminadora para equinos’ tesis universidad nacional autónoma de méxico 2011
- [3] Amit gaikwad, ‘design and development of treadmill to generate electricity by using mechanical energy’, irjet2017
- [4] André c hevalier, (2004). guide du dessinateur industriel, édition hachette technique, paris.
- [5] Salhi mohamed zouhier ‘manuel de cours génie mécanique’ édition centre national pédagogique 2007
- [6] Gilbert drouin ‘éléments de machines’, deuxième édition, edition de l’école polytechnique de Montréal.
- [7] Lee, S.J. 2007. Biomechanics of Overground Versus Treadmill Walking in Healthy Individuals. Biomedical)--Catholic University of America.
- [8] Alton, F., L. Baldey, S. Caplan et M. C. Morrissey. 1998. « A kinematic comparison of overground and treadmill walking ». *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, vol. 13, no 6, p. 434-440.