



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
Faculté de Sciences et Techniques de Fès - Sais
Département de génie mécanique



Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention de la

Licence Sciences et Techniques

Spécialité : Conception et Analyse Mécanique

Thème :

**Conception d'un système tracteur du matériel
roulant pour sa mise en place sur le tour en fosse**

Lieu :

Office National des Chemins de Fer

Fès

Présenté par :

- Abdelmoula ELOUAFI.
- Btissam BOUGUERN.

Encadré par :

- Abbass SEDDOUKI, FST Fès.
- Rachid LAMNASFI, ONCF Fès

Soutenu le 08/06/2017 devant le jury :

- Abbass SEDDOUKI.
- Mohammed EL MAJDOUBI.

Année Universitaire : 2016-2017

Dédicace

Nous avons le plaisir d'offrir ce modeste travail à tous ceux qui de près ou de loin nous ont aidés à sa réalisation :

A nos familles :

Pour l'inspiration de notre vivacité, et la motivation de notre effort.

A nos chers parents :

Pour leur générosité et leur présence permanentes.

A nos professeurs :

Pour leur aide et soutien pendant toute notre période de formation.

A la famille Club Espoir :

Pour leur soutien et motivation durant toute l'année.

A nos chers amis :

Pour témoigner de la fraternité qui nous associe.

Remerciements

Au terme de ce simple travail, nous tenons à exprimer nos sincères remerciements, en premier lieu, à notre parrain de stage M. LAMNASFI chef d'antenne à l'Office National des Chemins de Fer de Fès qui a bien eu l'amabilité de nous encadrer et de nous assister durant la période du stage, et nous tenons à lui exprimer notre profonde reconnaissance, pour son aide et surtout ses conseils qui nous ont permis d'aboutir à cette fin de manière agréable.

Merci également à M. ESSOUSSI chef d'établissement qui a mis à notre disposition tout le nécessaire pour accomplir ce travail dans les meilleures conditions.

Nos vifs remerciements vont à M. ELALAOUI pour sa disponibilité, et pour le temps qu'il a bien voulu nous accorder, de nous avoir assuré la documentation nécessaire sur l'étude de notre sujet.

Ainsi que tous les agents ONCF FES et plus particulièrement, l'équipe de l'unité de production tour en fosse : Monsieur KHACHIBI et ELGHIYATI pour leur soutien, remarques et leurs conseils pertinentes.

Nous tenons à présenter particulièrement nos profondes gratitude à nos professeurs à la FST de Fès et plus précisément à notre encadrant M. SEDDOUKI coordonnateur du Master génie mécanique et productique pour son aide et ses conseils concernant les missions évoquées dans ce rapport.

Enfin, nos remerciements s'adressent également à toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réussite de cette expérience professionnelle.

Merci encore très profondément...

Liste des figures

Figure 1 : Ligne Rabat Casa 1916.....	10
Figure 2 : Gare Casa 1928.....	10
Figure 3 : Carte réseau ferroviaire.....	12
Figure 4 : Organigramme général de l'ONCF.....	13
Figure 5 : Tour en fosse.....	19
Figure 6 : Les galets de guidages.....	20
Figure 7 : les galets coaxiaux.....	20
Figure 8 : Rail mobile entre les quatre galets.....	21
Figure 9 : Support de la boîte d'essieu.....	21
Figure 10 : La serre flanc.....	22
Figure 11 : Serre flanc en position de travail.....	22
Figure 12 : Le système de manœuvre.....	23
Figure 13 : La barrière photoélectrique.....	23
Figure 14 : le palpeur de positionnement.....	24
Figure 15 : Panneau de commande.....	26
Figure 16 : Rail de manœuvre.....	28
Figure 17 : Fonction de l'embrayage.....	28
Figure 18 : Poste d'entraînement.....	29
Figure 19 : Poulies et câble de halage.....	30
Figure 20 : Disposition des poulies et câble de halage.....	30
Figure 21 : Wagonnets de manœuvre.....	31
Figure 22 : Diagramme de bête à cornes.....	33
Figure 23 : Moteur asynchrone triphasé.....	35
Figure 24 : Schéma électrique de puissance et de commande.....	36

Figure 25 : Roue ferroviaire sur CatiaV5R18.....	36
Figure 25' : Roue ferroviaire sur CatiaV5R18.....	37
Figure 26 : Rails du chemin de Fer.....	39
Figure 27 : Axe, roues ferroviaires et semelles sur CatiaV5R18.....	41
Figure 28 : Forces appliquées sur l'axe.....	41
Figure 29 : Effort tranchant RDM6.....	42
Figure 30 : Moment fléchissant RDM6.....	43
Figure 31 : La flèche RDM6.....	43
Figure 32 : La pente RDM6.....	44
Figure 33 : Locotracteur Rail-Rail sur CatiaV5R18.....	44
Figure 33' : Locotracteur Rail-Rail sur CatiaV5R18.....	45
Figure 34 : Schéma cinématique du locotracteur.....	45
Figure 35 : Liaisons et sous-ensembles du système.....	46

SOMMAIRE

Dédicace.....	2
Remerciement.....	3
Liste des figures.....	4
Sommaire.....	6
Introduction générale.....	8
Première partie.....	9
I. Présentation générale du groupe ONCF.....	10
I.1 Présentation de l'établissement	10
I.2 Historique	11
I.3 Carte du réseau ferroviaire	12
I.4 Organigramme général de l'ONCF	13
I.5 Structures de l'ONCF.....	14
I.6 Projet LGV	15
II. Présentation d'établissement maintenance matériel remorque Fès.....	15
II.1 Présentation.....	15
II.2 Les fonctions d'établissement maintenance matériel remorque.....	15
III. Présentation des unités de production d'établissement	16
III.1 Unité de Production des matériels voyageurs.....	16
III.2 Unité de production du matériel moteur	17
III.3 Tour en fosse.....	17
Deuxième partie.....	18
I. Présentation du tour en fosse.....	19
II. Structure de la machine	19
II.1 Les galets de la machine.....	19

II.2 Rails d'entrée.....	21
II.3 Support de la boîte d'essieu.....	21
II.4 Dispositif de charge des essieux monté "Serre flanc"	22
II.5 Roulement du véhicule ou système de manœuvre.....	22
II.6 Dispositif de mesure.....	23
Troisième partie.....	25
I. Description du locotracteur actuel.....	26
II. Analyse fonctionnelle.....	32
II.1 Analyse fonctionnelle externe.....	32
II.2 Analyse fonctionnelle interne.....	34
III. Réalisation du projet sur CatiaV5R18.....	44
III.1 Dessin du locotracteur sur CatiaV5R18.....	44
III.2 Schéma cinématique du locotracteur.....	45
CONCLUSION	47
ANNEXE.....	48
BIBLIOGRAPHIE	55

Introduction générale

La faculté des Sciences et Techniques de Fès offre la possibilité à ses étudiants d'effectuer un stage de fin d'étude dans des sociétés industrielles afin d'améliorer les connaissances de l'étudiant et apprendre des méthodes et techniques de travail, et dans le but de lui permettre de prendre contact avec le monde des entreprises, de tester ses possibilités d'adaptation personnelle et de mettre en application toutes les connaissances acquises durant leur formation. Pour avoir une formation professionnelle, nous devons chercher le complément pratique de la théorie dans le monde du travail.

Une telle occasion nous a été offerte par l'Office National des Chemins de Fer dans l'unité de production tour en fosse qui occupe une place importante à l'établissement dans le but de reprofiler les roues ferroviaires des engins (voitures, locomotives, wagons) ayant une déformation à cause d'un freinage d'urgence ou d'une charge mal répartie.

Dans ce présent rapport, il nous a été demandé de faire une conception d'un système tracteur du matériel roulant pour sa mise en place sur le tour en fosse. Ce rapport est articulé autour de trois grandes parties:

Partie 1 : Présentation générale de l'Office National des Chemins de Fer de Fès.

Partie 2 : Présentation du tour en fosse et structure de la machine.

Partie 3 : Etude du tracteur.

Partie n°1 :

Présentation du groupe ONCF

- I.** Présentation générale du groupe ONCF
 - I.1** Présentation de l'établissement
 - I.2** Historique
 - I.3** Carte du réseau ferroviaire
 - I.4** Organigramme général de l'ONCF
 - I.5** Structures de l'ONCF
 - I.6** Projet LGV
- II.** Présentation d'établissement maintenance matériel remorque Fès
 - II.1** Présentation
 - II.2** Les fonctions d'établissement maintenance matériel remorque
- III.** Présentation des unités de production d'établissement
 - III.1** Unité de production des matériels voyageurs
 - III.2** Unité de production du matériel moteur
 - III.3** Tour en fosse

I. Présentation générale du groupe ONCF

Avant d'entamer le vif du sujet, nous allons essayer de présenter l'O.N.C.F. dans une première étape, ainsi que son environnement. Cette phase reste indispensable pour cerner le sujet de notre présent rapport.



Figure 1 : Ligne Raba Casa 1916

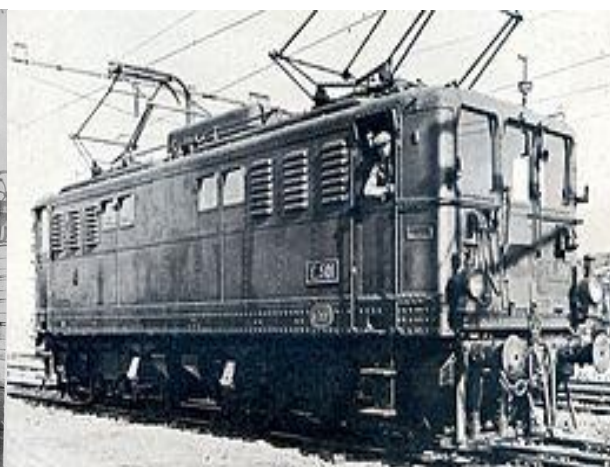


Figure 2 : Gare de casa 1928

I.1 Présentation de l'établissement

Raison sociale	Office National des Chemins de Fer. (O.N.C.F.)
Mission	Fournir aux clients voyageurs et industriels, un service de transport par train de qualité, en toute sécurité et au meilleur prix.
Forme juridique	Établissement semi-public
Effectifs	10.400 agents
Direction	Mohammed Rabie Khlie (Directeur général)
Réseau	- 2.109 Km de ligne, dont 1.476 Km à voie Unique, 613 Km à double voie et 20km à triple voix. - 1.287 Km est électrifiés à 3000 Volt continu, alors que 822 Km sont exploités en traction Diesel.
Trafic fret	39.5 millions de voyageurs (2014)
Trafic voyageurs	34.6 millions de tonnes transportées (2014)
Filiale	Supratours ; Carré
Slogan	« L'avenir se lit sur nos lignes »

- **L'activité de l'ONCF :**

L'ONCF opère sur trois marchés stratégiquement indépendants, à savoir : le transport des voyageurs, le transport des marchandises diverses et le transport des phosphates.

- **Statut de l'ONCF :**

L'ONCF est un établissement public à caractère industriel et commercial doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière, placé sous la tutelle technique du Ministère Marocain de l'Équipement, du transport et de la Marine Marchande ainsi que sous la tutelle financière du Ministère Marocain de l'Économie et des Finances.

- **Sur la scène internationale :**

Le Maroc est membre de l'Organisation Internationale Trafic Ferroviaire (OTIF) qu'il s'agisse de marchandises (CIM) ou de voyageurs (CIV).

De même, l'ONCF est membre actif de :

- L'Union Internationale des Chemins de Fer (UIC)
- L'Union Arabe des Chemins de Fer (UACF)
- Le Comité du Transport Ferroviaire Maghrébin (CTFM).

- **Matériel de transport :**

Rames automotrices simples ou duplex, locomotives électriques ou diesel, voitures places assises 1ère ou 2ème classe, voitures lits ou couchettes ..., le matériel dédié aux voyageurs évolue au rythme des clients, en capacité de transport et en confort de voyage.

Pour le fret, à chaque marchandise, son wagon. Plats, citernes, couverts ou trémies, chaque wagon est spécialisé pour transporter un produit donné : phosphates, charbon, céréales, engrais, barytine, zinc, produits pétroliers, pâtes, ciments, clinker, bois, gravettes, sucre, conserves, conteneurs, acier, fer ...

I.2 Historique :

L'ONCF a une historique en pleine évolution et suivi les courants de la politique internationale dans le pays.

La construction du réseau des chemins de fer du Maroc date du 20ème siècle. Les premières lignes à voie de 0.6m ont été établies à partir de 1916, et ce n'est qu'en 1923 que les voies à écartement normal (1,435m) ont vu le jour grâce à trois compagnies concessionnaires privées, qui se partagèrent le trafic ferroviaire, jusqu'en 1963, lorsque le gouvernement Marocain décide de racheter les concessions et de créer l'Office National des Chemins de Fer (ONCF).

Il a pour missions :

- L'exploitation du réseau ferroviaire national.
- Les études, la construction et l'exploitation des lignes nouvelles des chemins de fer.

- L'exploitation de toutes les entreprises se rattachant directement ou indirectement à l'objet des missions de l'Office.

I.3 Carte du réseau ferroviaire

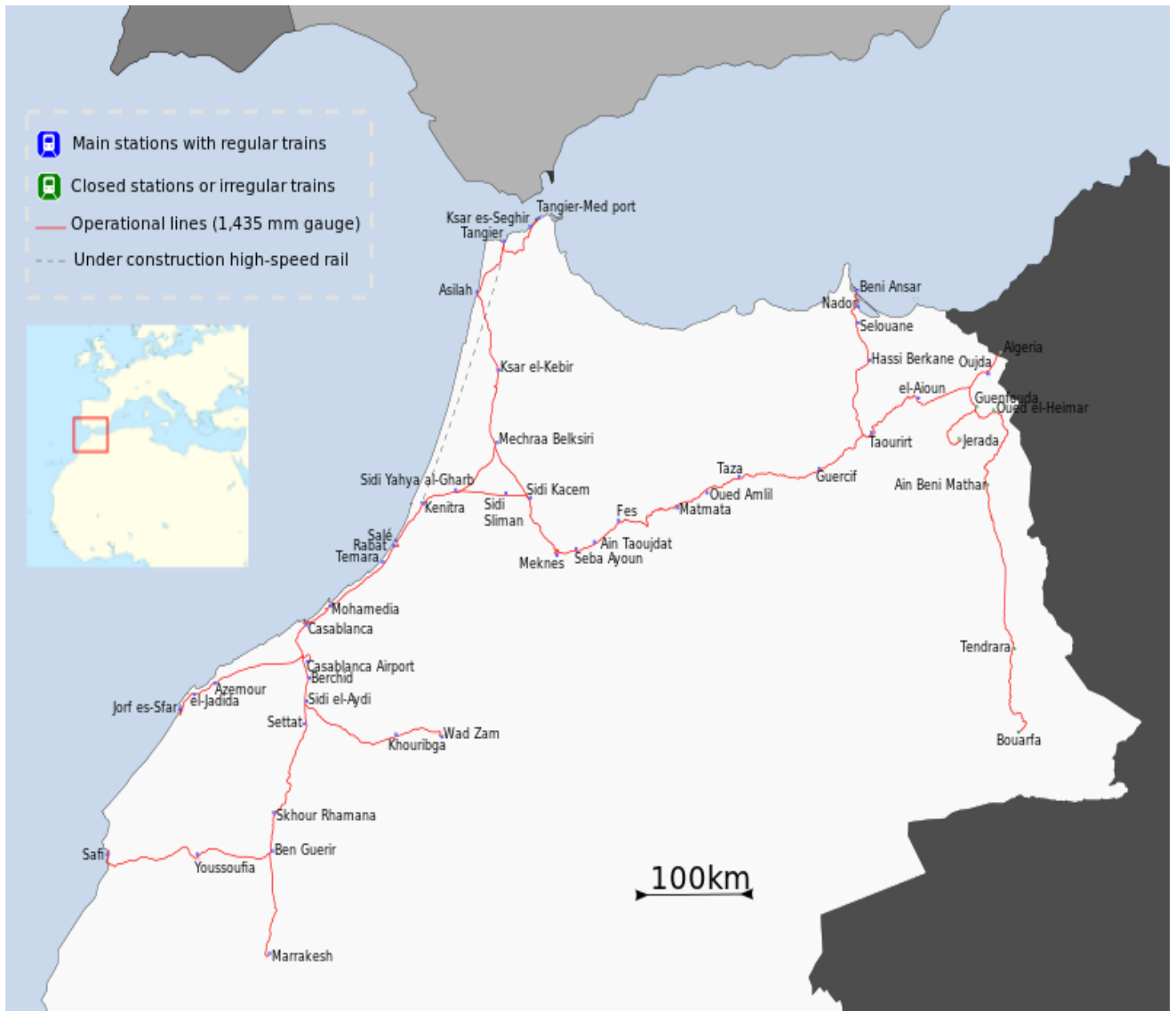


Figure 3 : Carte du réseau ferroviaire

I.4 Organigramme général de l'ONCF



Figure 4 : Organigramme général de l'ONCF

I.5 Structure de l'ONCF

Les principes fondamentaux de la nouvelle organisation reposent sur la mise en place de six pôles soutenus dans leurs missions par quatre directions supports.

- **Pôle Voyageurs :**

Ce pôle devra accompagner le développement du transport classique voyageurs et d'introduire le transport nouveau à grande vitesse. Il permettra également d'accroître notre activité pour le transport de proximité et d'introduire le transport du type RER.

- **Pôle Fret et Logistique :**

Il sera, en charge du développement commercial sur les marchés traditionnels ONCF, Fret et Phosphates, ainsi que de positionner le groupe ONCF dans la logistique.

Ces deux Pôles développeront des synergies avec les filiales de l'ONCF : Supratours pour le Pôle Voyageurs, Carré pour le Pôle Fret & Logistique.

- **Pôle Maintenance Matériel :**

Ce pôle assurera la maintenance du matériel roulant et interviendra vis-à-vis des Pôles Voyageurs et Fret & Logistique comme un prestataire interne. Il définit la politique de maintenance et élabore ses règles, sa consistance, sa périodicité et décide de l'aptitude du matériel à circuler.

- **Pôle Infrastructure et Circulation :**

Ce pôle sera chargé des activités d'infrastructure et de circulation dans la continuité par rapport à l'existant tout en veillant à garantir la disponibilité, la sécurité et la qualité de l'infrastructure ferroviaire.

- **Pôle Développement :**

Ce Pôle aura en charge la concrétisation du méga projet «Ligne à Grande Vitesse» et aura en charge également la valorisation du patrimoine de l'ONCF de manière à en faire un axe de développement et de profit pour l'office.

- **Pôle sécurité et contrôle :**

Ce pôle veillera sur l'animation du management de la sécurité et sureté ainsi que les aspects du contrôle. Il pilotera également les démarches transverses : qualité, environnement, et les fonctions d'audit et d'inspection.

- **Direction support :**

Ces directions se chargeront de mettre à la disposition des pôles les moyennes nécessaires à l'exercice de leurs missions : ressources humaines, systèmes d'information, moyens financiers, conseil juridique, stratégie et télécommunication.

I.6 Le projet LGV

La ligne à grande vitesse marocaine devrait entrer en service à l'été 2018. Elle reliera les villes de Tanger et Kenitra à une vitesse de 320 km/h. Cette LGV marque la première réalisation d'un vaste programme destiné à développer le chemin de fer au Maroc en reliant les façades méditerranéenne et atlantique d'ici à 2030

Grâce à ce projet l'ONCF peut :

- transporter 8 millions de voyageurs dès la mise en service au lieu de 2 millions actuellement.
- réduire le temps de parcours à 2H10min au lieu de 4H45min actuellement entre Tanger et Casablanca et 1H20min au lieu de 3H55min entre Tanger et Rabat.
- Augmenter les fréquences et améliorer la qualité des sévices.
- Améliorer l'offre de transport régionale, en général, et de l'offre de transport de marchandise en particulier puisqu'il se verra attribuer une ligne dédiée (ligne actuelle) essentiellement celle de raccordement du port de Tanger Med.
- permettre la création de 2500 emplois directs et indirects durant la phase d'exploitation alors qu'actuellement 330 ingénieurs (60% Marocains) - ils seront 450 prochainement - travaillent déjà sur le projet.

II. Présentation d'établissement maintenance matériel remorque Fès

II.1 Présentation

L'établissement maintenance matériel remorque de Fès est situé dans l'enceinte de la gare de Fès.

Sa mission est :

- La maintenance du matériel remorqué à voyageurs affecté au CMFTLF.
- La formation, préparation et livraison des rames à voyageurs.
- Maintenance des locomotives diesel électrique.
- La visite à l'arrivée des locomotives électriques, diesel électrique de ligne
- Visite à l'arrivée, visite générale et les ATS des rames à voyageurs.
- Reprofilage des roues du matériel ferroviaire roulant

II.2 Les fonctions d'établissement maintenance matériel remorque

II.2.1 Fonction maintenance du Parc

- Elaborer et mettre en œuvre le plan Maintenance.
- Assurer la disponibilité nécessaire à la couverture journalière des plans de transport.

- Exécuter les opérations de maintenance.
- Autoriser les locomotives, voitures et wagons à la circulation.
- Définir les besoins en pièces de rechange.
- Assurer l'approvisionnement des centres de maintenance en pièces de rechange réparées.

II.2.2 Fonction Ressources Humaines

- Assurer la gestion prévisionnelle des Ressources Humaines.
- Rationaliser l'affectation des Ressources.
- Participer à l'élaboration du plan de Formation.

II.2.3 Fonction Compatibilité

- Elaborer les prévisions budgétaires de maintenance et suivre leur exécution.
- Etablir la comptabilité de l'établissement.
- Etablir et analyser le tableau de bord de l'établissement.
- Suivre les consommations et dépenses.
- Assurer les achats locaux.

III. Présentation des unités de production d'établissement

L'atelier maintenance d'ONCF de Fès est décomposé de trois unités très importantes :

III.1 Unité de production des matériels voyageurs

UP1 : est une unité de la maintenance et d'entretien des matériels à voyageurs de grande vitesse (GV) à partir d'une visite à l'arrivée VA.

- I. **Visite à l'arrivée VA** : est une visite effectuée chaque jour avant chaque voyage, pour s'assurer du bon fonctionnement du matériel voyageurs, on visite les parties suivantes :

Partie électrique : l'électricien utilise un coupleur d'essai (380V) pour contrôler :

- Climatisation.
- Eclairage.
- Sonorisation.
- Annonce.

Partie mécanique : un agent visiteur et un aide visiteur sont les responsables de cette partie.

- L'agent visiteur vérifie toute la partie mécanique de la rame, et il fait l'essai de freinage.
- L'aide visiteur change les semelles et disque de freins si c'est nécessaire.

Partie thermique : c'est pour le moteur générateur.

- Contrôler le circuit d'eau.
- Contrôler le circuit l'huile.

Partie confort : c'est de contrôler tous ce qui est lié au confort des voyageurs :

- les sièges.
- les rideaux.
- les sanitaires.
- les fenêtres.

II. **Visite générale VG :** est une visite concernée aux mêmes partis que VA, mais la différence c'est que lors du VG, on s'intéresse à chaque petit détail.

III.2 Unité de production des matériels moteurs

UP2 : est une unité de la maintenance et de l'entretien du matériel moteur à partir d'une visite à l'arrivée VA.

On distingue deux types des locomotives (moteur) :

- Loco électrique (E1000/E1100LE1200/1250/E1300/E1350).
- Loco diesel (DM350/370/DM600, DG200, DF 100, DKK50, DI500).

Les travaux à effectuer en VA sont :

Partie électrique : l'électricien utilise un coupleur d'essai (380V) pour contrôler :

- Pantographe.
- Partie commande.
- Moteurs.
- générateur (pour les locomotives qui font de la traction et d'alimentation de toute la rame par une tension de 380V).

Partie mécanique : un agent visiteur et un aide visiteur sont les responsables de cette partie :

- L'agent visiteur vérifie toute la partie mécanique de la rame, et il fait l'essai de freinage.
- L'aide visiteur change les semelles et disque frein si c'est nécessaire.
- Graissage du boudin et rail
- Relevé dimensionnel des roues.

III.3 UP3 : Tour en fosse

Le tour en fosse : c'est une machine d'usinage des roues des essieux montés.

L'usinage se fait automatiquement, assisté et contrôlé par une commande CNC du type SINUMERIK 850 T avec PL 31 30 B intégrée. La commande CNC est l'élément primordial de la machine qu'il faut traiter et entretenir avec les plus grands soins possibles.

Partie n°2 :

Tour en fosse

- I.** Présentation du tour en fosse
- II.** Structure de la machine.
 - II.1** Les galets de la machine.
 - II.1.1** Galets d'entraînement.
 - II.1.2** Galets coaxiaux.
 - II.2** Rails d'entrée.
 - II.3** Support de la boîte d'essieu.
 - II.4** Dispositif de charge des essieux montés "Serre flanc".
 - II.5** Roulement du véhicule ou système de manœuvre.
 - II.6** Dispositif de mesure.
 - II.2.1** Mesure du diamètre.
 - II.2.2** Mesure de l'usure.

I. Présentation du tour en fosse



Figure 5 : TOUR EN FOSSE

Le tour en fosse de Fès (fig.5) est de marque (HEIGENSCDEIT) type 106 CNC 850T c'est une machine de haute performance .IL est conçu pour usiner les profils usés d'essieux montés de locomotives ainsi que tous les types de matériels remorqués (voyageur ; fret) .

L'usinage se fait automatiquement , assisté et contrôlé par la commande CNC du type SINUMERIK 850T avec une duo PLC 31 30B intégrée . La commande CNC est l'élément primordial de la machine qu'il faut traiter et entretenir avec les plus grands soins possibles.

II. Structure de la machine

Les éléments primordiaux de « TOUR EN FOSSE » et leurs fonctions dans le cycle de travail.

II.1 Les galets de machine

La machine est équipée de deux sortes de galets et chacun assure une fonction bien déterminée.

II.1.1 Galets d'entraînement

L'entraînement de l'essieu monté est pris en charge par des moteurs triphasés.

Les forces d'entraînement sont transmises à l'essieu monté par quatre galets au niveau extérieur de la surface de roulement de l'essieu.

Ce système d'entraînement d'essieu « flottant » fait également que les quatre galets sont en mesure de s'adapter en permanence aux irrégularités (faux rond ; méplat aux roues) par adhérence, c'est le contact permanent qui permet de transmettre de façon continue et constante le couple de rotation.

La coupe du profil peut être réalisée en un temps sans devoir déplacer les galets.



Figure 6 : les galets de guidages

II.1.1 Galets coaxiaux

Quatre galets supplémentaires ont pour fonction de guider l'essieu monté axialement.

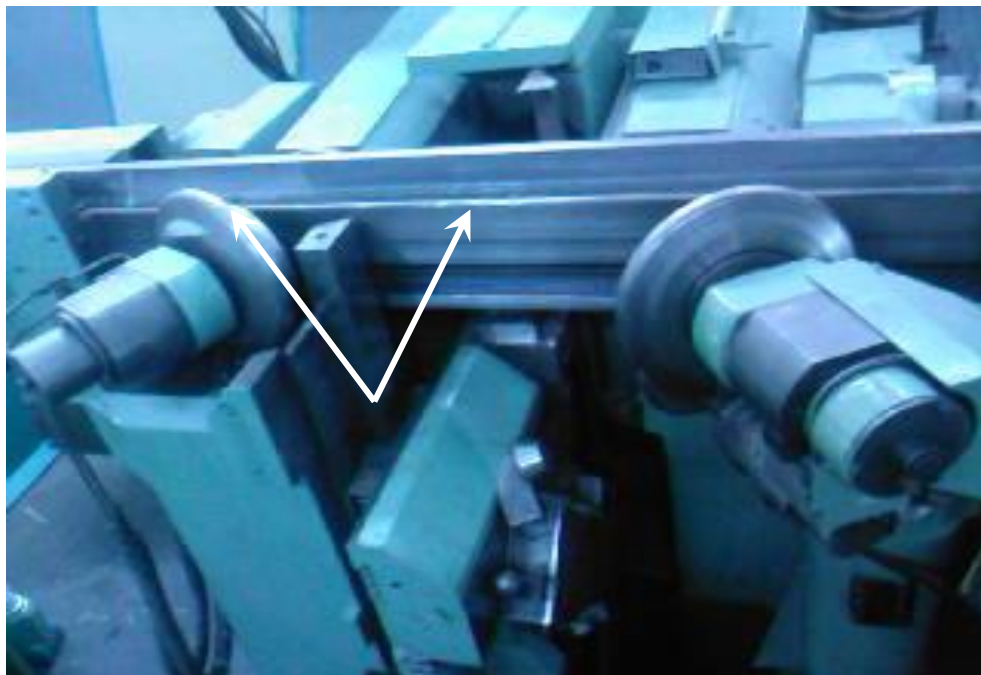


Figure 7 : les galets coaxiaux.

II.2 Rails d'entrée

Les chariots de la machine sont placés dans une fosse en dessous des rails d'amenée, une partie de ces rails est poussée hydrauliquement en dehors du champ du travail avant l'usinage d'un essieu.

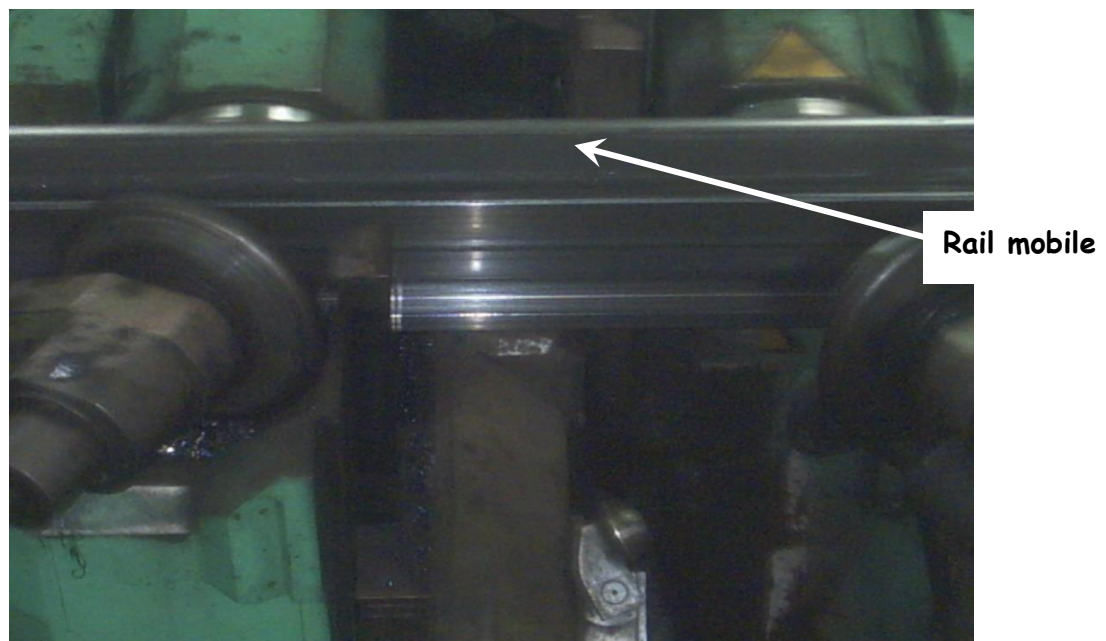


Figure 8 : Rail mobile entre les quatre galets

II.3 Support de la boîte d'essieu

Ce procédé consiste à supporter les boîtes d'essieu extérieur (utilisé en général sur les machines) et lorsqu'il est impossible de placer les dispositifs de travail de charge en position de travail par exemple lorsque l'accès aux faces supérieures des boîtes d'essieu est bloqué par l'équipement du wagon telles que (marche pied).

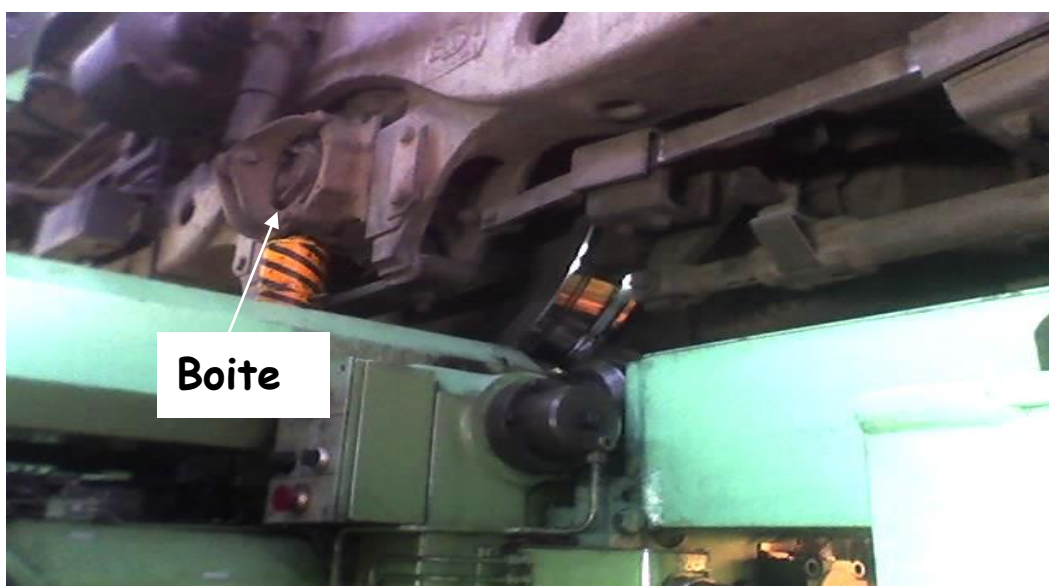


Figure 9 : support de la boîte d'essieu.

II.4 Dispositif de charge des essieux montés "Serre flanc"



Figure 10 : La serre flanc

Ce procédé consiste à appliquer à l'essieu une force de serrage adéquate, cette force de serrage est exercée par le presse tôle (75kn) ce qui provoque une augmentation de la charge de l'essieu, permettant ainsi d'atteindre des profondeurs de passe importante sans crainte de patinage. (Fig. 10 et 11).



Fig. 11 : Serre flanc en position de travail

II.5 Roulement du véhicule ou système de manœuvre

On utilise le système de manœuvre pour amener les véhicules, d'une manière économique, au tour en fosse.

Ce système comporte un ensemble de manœuvre installé devant la fondation, côté d'entrée, et derrière la fondation, côté sortie, chacun équipé d'un moteur triphasé à réglage de fréquence, d'un wagonnet de manœuvre avec entraîneurs, des câbles de traction avec système de renvoi et des rails de manœuvre nécessaires (fig.12).

Pour la commande du système de manœuvre, un coffret de commande est prévu au-dessus des rails à un point de bonne visibilité.



Figure 12 : Le système de manœuvre

II.6 Dispositif de mesure

II.6.1 Mesure de diamètre

Les émetteurs du dispositif de mesure sont installés sur les galets de guidage frontaux. La mesure est réalisée par un réglage hydraulique des roues d'arpenteur du dispositif. Les galets de guidage ont pour fonction d'orienter axialement les roues d'arpenteur du dispositif automatiquement sur les champs du périmètre de mesure.

L'essieu doit effectuer au moins cinq "5" rotations par opération de mesure. Trois "3" de ces rotations sont saisies par le biais d'une barrière photoélectrique reliée à un réflecteur (fig13).

Le réflecteur est appliqué sur la partie frontale du bandage pneumatique avant l'opération.



Figure 13: la barrière photoélectrique

Les valeurs du diamètre mesurées à l'essieu droit et gauche sont affichées sur l'écran CNC.

II.6.1 Mesure de l'usure

Le dispositif de mesure de l'usure (écartement, faux rond et le voile fig.14) intégré dans le palpeur de positionnement est conçu de telle sorte qu'il détermine l'usure de l'essieu à usiner à des points précis des profils. Cette usure est comparée à un profil de référence dans l'unité de

commande, puis celle-ci indique sur l'écran la profondeur de coupe optimale nécessaire. Cette opération est effectuée durant le programme de mesure préalable.

**Palpeur de
Positionnement**



Figure.14: le palpeur de positionnement.

Partie n°3:

Etude du tracteur

- I.** Description du tracteur actuel.
- II.** Analyse fonctionnelle.
 - II.1.** Analyse fonctionnelle externe.
 - II.2.** Analyse fonctionnelle interne.
- III.** Réalisation du projet sur CatiaV5R18
 - III.1.** Dessin du locotracteur sur CatiaV5R18.
 - III.2.** Schéma cinématique du locotracteur.

I. Description du tracteur actuel

On utilise le système de manœuvre pour amener les véhicules, de la manière économique, au tour à trains de roues en fosse.

Essentiellement, ce système comporte un ensemble de manœuvres installé devant la fondation, côté d'entrée, et derrière la fondation, côté sortie, chacun équipé d'un moteur triphasé à réglage de fréquence, d'un wagonnet de manœuvre avec entraîneur, des câbles de traction avec système de renvoi et des rails de manœuvre nécessaires.

Pour la commande du système de manœuvre, un coffret de commande est prévu au-dessus des rails à un point de bonne visibilité.

Après que les entraîneurs ont pris un train de roues, une fin de course située dans l'embrayage à couple est actionnée qui indique, de la manière acousto-optique, l'état de danger qui existe lors d'un mouvement de transport, de klaxon 70H58 et de la lampe tournante de signalisation 70H57.

Le système de manœuvre est protégé contre la surcharge par un accouplement de glissement à réglage fixe par l'usine et ne nécessitant d'entretien.

Il faut que les wagonnets de manœuvre soient en position de stationnement avant qu'un véhicule entre ou sort du système.

- **Système de manœuvre**

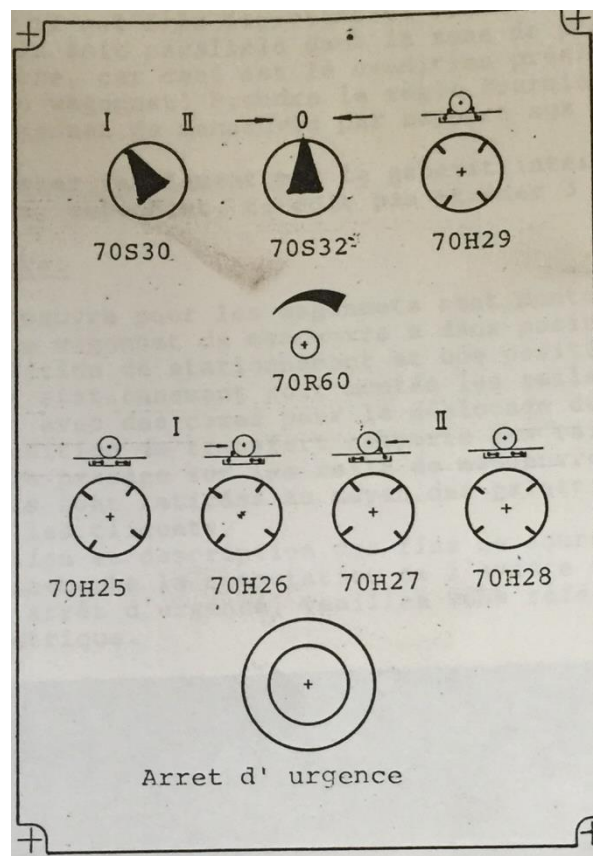


Figure 15: Panneau de commande

70S30 sélection d'entraînement, I côté d'entrée, II côté de sortie

70S32 wagonnet de manœuvre avant-arrêt-retour

70H29 embrayage de couple actionné, train de roues est pris et transporté

70R60 potentiomètre pour réglage continue de la vitesse de déplacement

70H25 wagonnet de manœuvre en position de stationnement, côté entrée

70H26 wagonnet de manœuvre en position de transfert, côté entrée

70H27 wagonnet de manœuvre en position de stationnement, côté sortie

70H28 wagonnet de manœuvre en position de transfert, côté sortie

- **Système des rails et rails de manœuvre**

- **Système des rails**

Lors du montage, il est très important de veiller à ce que la disposition des rails soit parallèle dans la zone de passage du wagonnet de manœuvre, car ceci est la condition préalable pour le bon fonctionnement du wagonnet. Prendre la règle fournie pour contrôler le gabarit du wagonnet de manœuvre par rapport aux fixations des rails.

La règle doit passer facilement par le gabarit intérieur des rails.

Le jeu de passage, cependant, ne doit pas excéder 3mm.

- **Rails de manœuvre**

Les rails de manœuvre pour les wagonnets sont montés sur le système des rails. Chaque wagonnet de manœuvre a deux positions extrêmes, à savoir une position de stationnement et une position de transfert.

A la position de stationnement sont montés les rails de manœuvre en exécution longue avec des cames pour déblocage des clenches, tandis que la position de transfert comporte des rails courts sans cames. Pendant le passage sur les rails de manœuvre, les clenches sur les wagonnets sont retirées au moyen des galets de cames et prises en position par les cliquets.

Pour la disposition et description des fins de course pour la limitation des déplacements la commutation de l'avance rapide à l'avance lente et pour l'arrêt d'urgence, il faut se veiller référer à la documentation électrique.

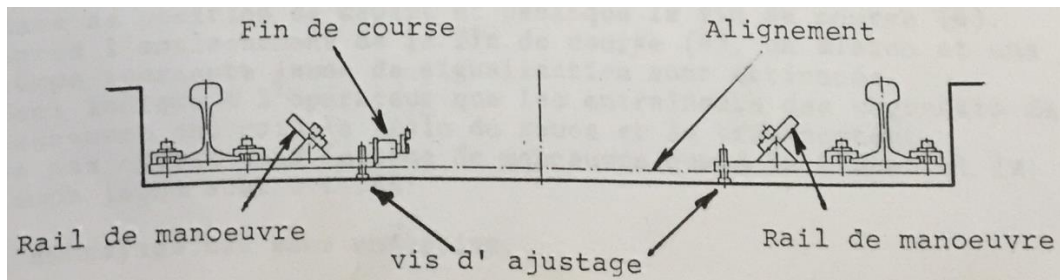
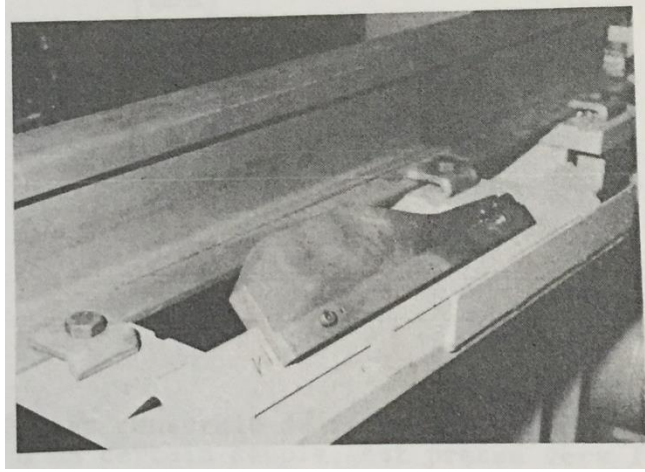


Figure 16: Rail de manoeuvre

- **Fonction de l'embrayage**

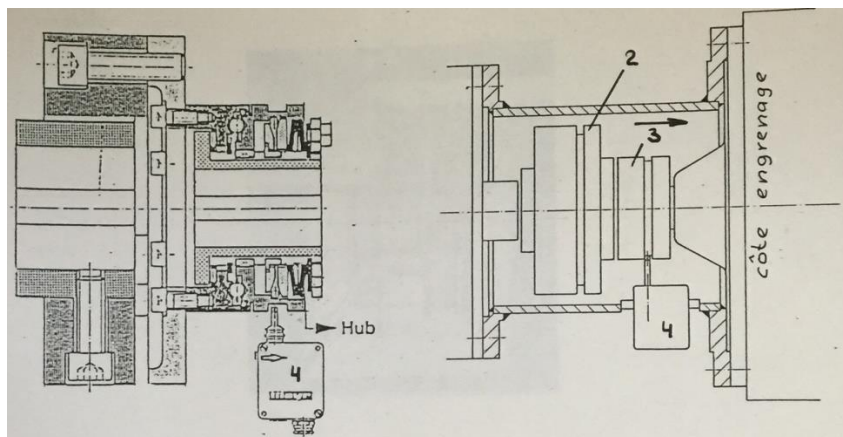


Figure 17: Fonction de l'embrayage

L'embrayage (2) est construit de façon à assurer que le plateau (3), à partir d'un certain couple, est pressé vers le droit et ainsi, actionne la fin de course (4).

Au moment où la charge n'est plus présente, le plateau (3) rentre dans sa position de départ et débloque la fin de course (4).

Après l'enclenchement de la fin de course (4), un klaxon et une lampe tournante jaune de signalisation sont actionnés.

Ceci indique à l'opérateur que les entraîneurs des wagonnets de manoeuvre ont pris le train de roues et de transport.

Ne pas entrer dans la zone de manoeuvre quand le klaxon et la lampe jaune sont activés !

L'embrayage est sans entretien.

- **Engrenage et poste d'entraînement**

L'engrenage cyclo installé dans le poste d'entraînement est entraîné par un moteur triphasé à bride qui est réglable sans étapes.

Le moteur et l'engrenage sont protégés contre la surcharge par des embrayages à glissement à réglage fixe.

Veiller à ce que le niveau d'huile ne descende au-dessous de la marque mini. Remplir de l'huile à temps.

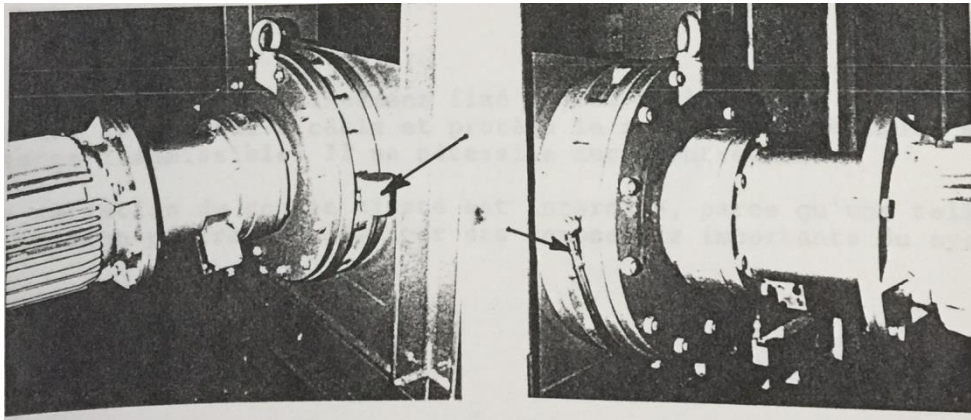
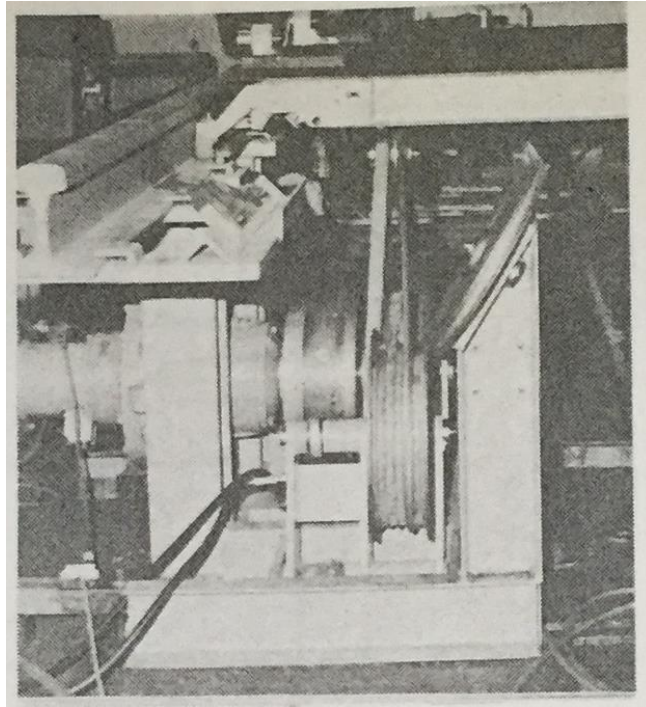


Figure 18: Poste d'entraînement

- **Renseignement pour l'embrayage de sécurité :**

L'embrayage sec à glissement fixé à 6000 Nm à l'usine est situé devant le tambour à câble et protège le système contre toute surcharge inadmissible. Il ne nécessite aucun entretien. La variation du couple ajouté est interdite, parce qu'une telle variation pourrait endommager des composants importants du système.

- **Disposition des poulies et du câble de halage :**

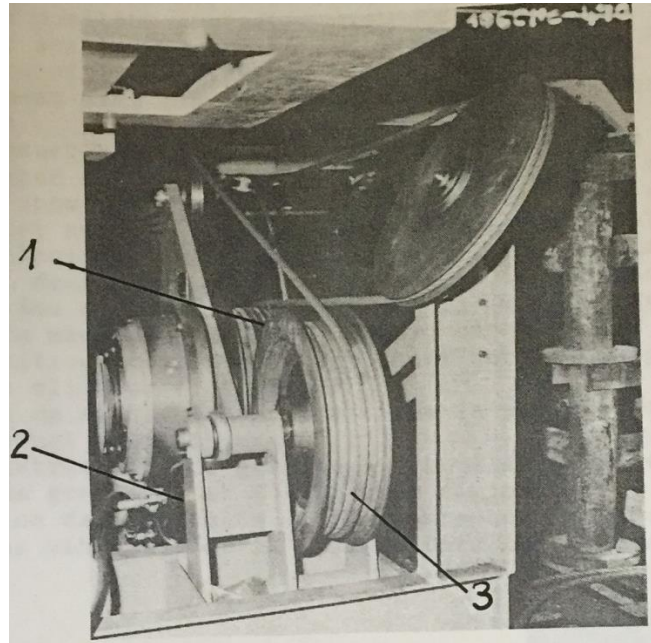


Figure 19: Poulies et câble de halage

Les forces sont transmises au système des câbles par la poulie motrice (1) et la poulie de tension (3).

Le câble est tendu par deux vérins hydrauliques (2). De cette manière, des allongements du câble jusqu'au 600mm environ sont compensés automatiquement.

Si, après un service assez long, les câbles se sont allongés plus de 600mm, on peut retendre le câble au tendeur (4) du wagonnet après avoir desserré le vérin de serrage (2).

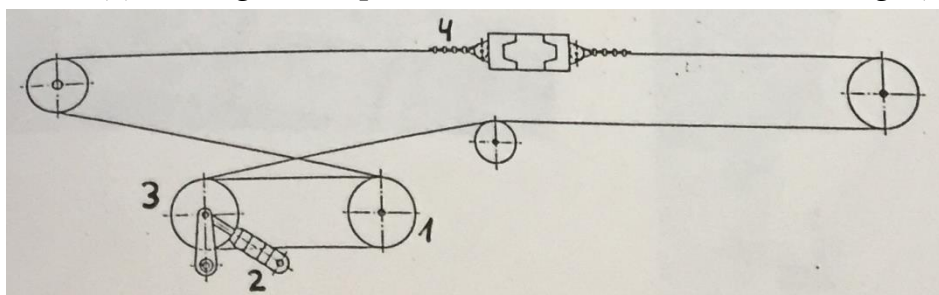


Figure 20 : Disposition des poulies et câble de halage

- **Construction du wagonnet de manœuvre :**

Un wagonnet de manœuvre est prévu chacun devant et derrière la fondation de la machine, avec lesquels le véhicules à usiner est mis dans la position souhaitée.

Pour passer sur le tour en fosse, les wagonnets de manœuvre peuvent être utilisés alternativement.

Le déplacement dans les deux sens est réalisé à l'aide de câbles de traction.

Chaque wagonnet est guidé sur les faces intérieures du système des rails au moyen de quatre rouleaux de transport (1) et quatre rouleaux d'appui latéral (2). La zone d'action des rouleaux de transport est nettoyée par des brosses métalliques (3) y installées.

Pour le déplacement du train de roues, il existe sur chaque côté du wagonnet deux clenches escamotables (4) à commande mécanique par le système de rails. Au moment où le train de roues passe sur les rails de manœuvre et leurs cames, ces clenches sont retirées dans la position appropriée. Pour faciliter cette opération, des ressorts et cliquets sont prévus.

La position de stationnement constitue la position de départ pour chaque wagonnet de manœuvre.

L'utilisation des wagonnets de manœuvre est permise seulement pour déplacer des véhicules de la manière décrite ci-dessus.

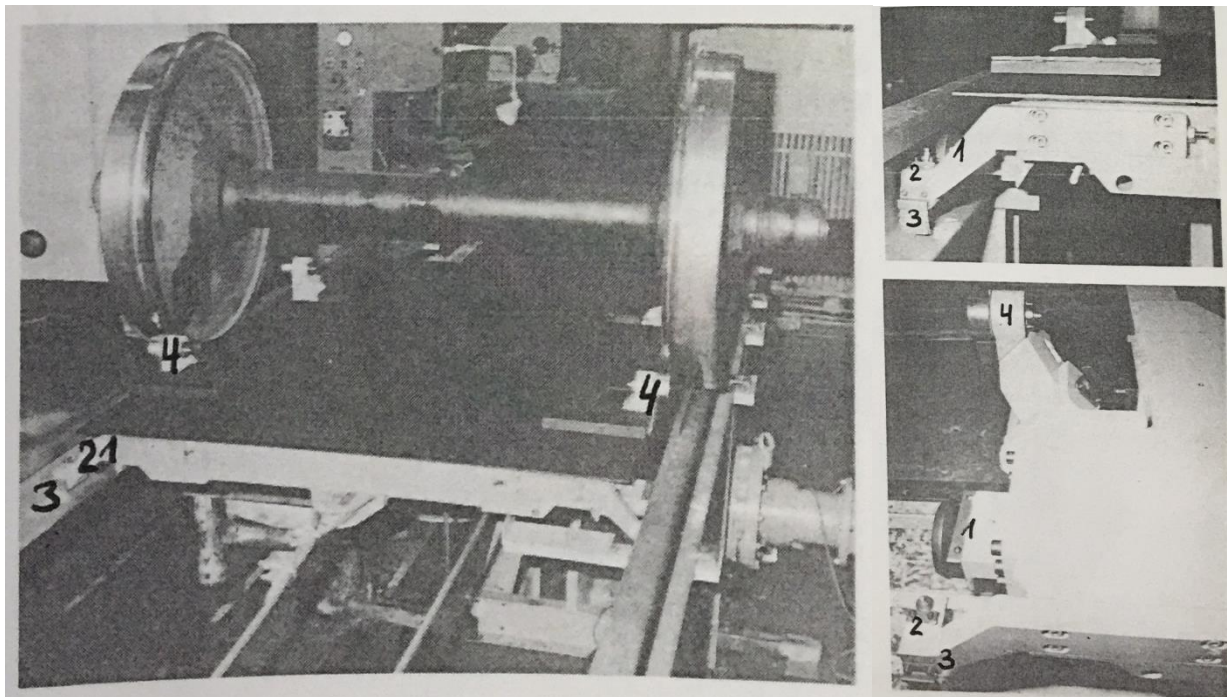


Figure 21 : Wagonnet de manœuvre

- **Consignes de lubrification :**

Tous les points de graissage importants dans le système figurent dans le diagramme de graissage et d'entretien ci-joint, y compris les renseignements nécessaires sur type de lubrifiant, repérage des points de graissage et intervalles de lubrification.

- **Point de graissage :**

Dans des conditions normales de charge en opération à une équipe, il faut graisser, une fois chaque mois, les points de graissage figurant dans le diagramme de lubrification, en utilisant de la graisse pour haut pression suivant la spécification. Enlever les restes de la graisse utilisée en service.

- **Boîte à vitesses :**

L'engrenage démultiplicateur, modèle Cyclo drive 89/84, est fourni avec remplissage d'huile. S'assurer, lors de la mise en service initiale, que le niveau d'huile est sur la marque maxi, durant l'opération de la machine. Remplissez 6 litres environ comme valeur approximative.

- **Entretien :**

Dans le cadre des travaux d'entretien, contrôler le niveau d'huile de temps en temps quand la machine est en marche.

Veiller à ce que le niveau d'huile ne descend pas au-dessous de la marque mini. S'il y a de pertes d'huile extraordinaires, d'abord trouver la cause de la perte et puis remplir de l'huile à temps jusqu'à la marque maxi.

- **Vidange :**

Renouveler l'huile la première fois après 500 heures de préférence. Puis renouveler l'huile chaque 2500 heure de service, mais chaque année au plus tard.

Veiller à ce que la vidange est faite directement après l'arrêt de la machine, c. à. d. en état chaud.

- **Marque d'huile :**

Prendre l'huile d'engrenage avec une viscosité de $100 \pm 10 \text{ mm}^2 / \text{s} / 40^\circ\text{C}$, ISO 3448.

II. Analyse fonctionnelle

II.1. Analyse fonctionnelle externe

➤ **Problématique et objectif :**

L'unité de production tour en fosse envisage de trouver une nouvelle conception pour un système tracteur d'un matériel roulant pour sa mise en place sur le tour en fosse, de but de déplacer les engins (voitures, locomotives, wagons) au cas où le tracteur actuel tombe en panne.

Le système doit atteindre les conditions suivantes :

- Permettre à l'opérateur de manipuler, contrôler en toute sécurité et déployer un effort énorme.
- Avoir un système adaptable au fonctionnement.

- Assurer l'efficacité et plausibilité du système.
- Assurer la répétabilité et la fiabilité des résultats.

➤ **La méthode des QQQQCP :**

Quoi ?	Avoir un système de manœuvre pour tracter les engins
Qui ?	Unité de production tour en fosse
Où ?	Office national des chemins de fer de Fès
Quand ?	A partir du 15 Avril 2017 à 15 Juin 2017
Comment ?	Conception d'un système tracteur
Pourquoi ?	Pour la mise en place d'un matériel roulant sur le tour en fosse

➤ **Solution proposée :**

Tout d'abord on a commencé par faire un diagnostic sur les différents locotracteurs actuels sur le marché afin d'enrichir nos connaissances.

Après consultation de différents sites spécialisés dans ce domaine, on a proposé un locotracteur Rail-Rail.

Ce locotracteur Rail-Rail peut se décliner en machines non polluantes simples et hybrides.

Conçu pour l'application "Traction Ferroviaire". Ce n'est pas un simple véhicule mais c'est une machine ferroviaire robuste et puissante.

➤ **Le diagramme de bête à cornes :**

Le diagramme bête à cornes permet de définir la raison d'être d'un système, dans notre cas c'est le dispositif pour déplacer les engins à l'unité de production tour en fosse.

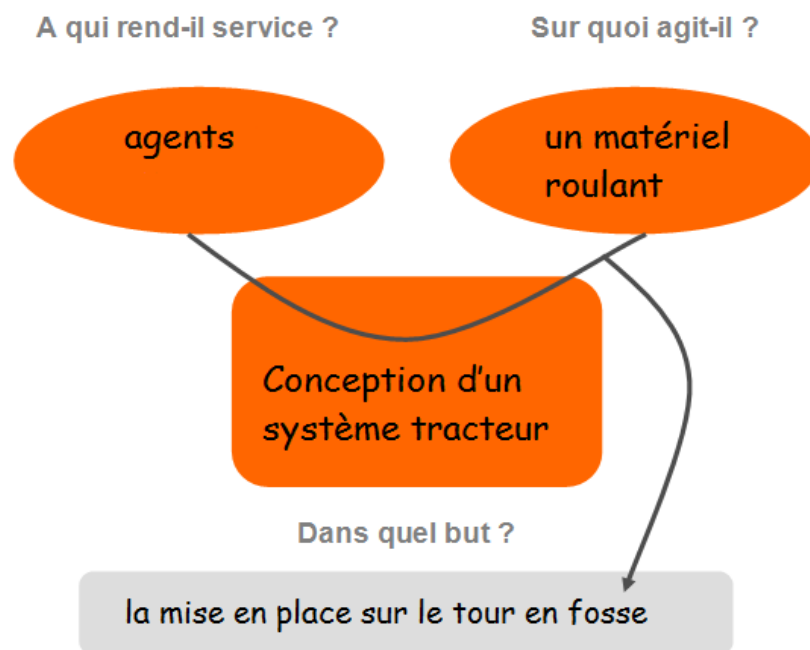


Figure 22 : Diagramme de bête à cornes

II.2. Analyse fonctionnelle interne

Dans cette phase, nous allons analyser notre mécanisme d'une manière interne. C'est-à-dire, nous allons citer les différentes solutions technologiques susceptibles de concrétiser les fonctions techniques, et par la suite les fonctions principales et contraintes.

Pour la réalisation d'un locotracteur, il existe des éléments indispensables qui consistent :

- Un moteur.
- Des roues ferroviaires.
- Une carcasse.
- Un axe des roues.
- Une partie de commande.

Nous constatons l'existence de plusieurs technologies d'entraînement pour chaque élément.

D'après le cahier de charge exigé par le bureau d'études de l'ONCF :

- Un diamètre de galet $D=200\text{mm}$.
- L'utilisation de la matière disponible au magasin de l'ONCF : acier S235 laminé à chaud

Matériau :

Pour les galets de roulement et l'axe des galets, on va utiliser l'acier S235 (EN-GJS-700-2).

Nuance	Propriétés physiques					
	Masse volumique (kg/m ³)	Module d'élasticité E (N/mm ²)	Coefficient de poisson μ	Capacité thermique massique	Conductivité thermique [W/ (m.K)]	Résistivité (en 10 ⁻⁸ $\Omega.m$)
S235	7850	210000	0.3	482	49	19

Nuance	Caractéristiques mécaniques				
	R _c (N/mm ²)	R _R (N/mm ²)	R _m (N/mm ²)	A (%)	KV (J)
S235	240	360-510	450	26-29	27

Tableau 1 : Caractéristiques de l'acier S235

Le moteur :

Sur le marché mondial existent des différents types de systèmes d'entraînement permettant de transférer de l'énergie au système, parmi ces technologies, il y a le moteur électrique.

Vu que le système assure la traction des engins lourds (au maximum 3 voitures + locomotive, donc 250t au maximum) et en ajoutant le poids du locotracteur, alors il faut avoir un moteur triphasé de puissance suffisante pour avoir le fonctionnement en toute souplesse.

D'où on a choisi un moteur électrique triphasé 230/400V, $P = 3 \text{ kW}$, $w = 750 \text{ tr/min}$.

Couple moteur :

$$Cm = \frac{P}{w}$$

$$Cm = \frac{3000 * 60}{750 * 2\pi}$$

$$Cm = 38,19Nm$$

Avec

w : Vitesse angulaire.

P : puissance.



Figure 23: Moteur asynchrone triphasé

Programmation du moteur :

Le moteur fait avancer le système ou le reculer. Donc il fait une rotation dans 2 sens inverses.

Le schéma suivant permet d'alimenter un moteur asynchrone triphasé directement sur le réseau. Le moteur est commandé par un bouton marche avant (S3), un bouton marche arrière (S4) et un bouton d'arrêt (S2), l'arrêt prioritaire bouton (S1).

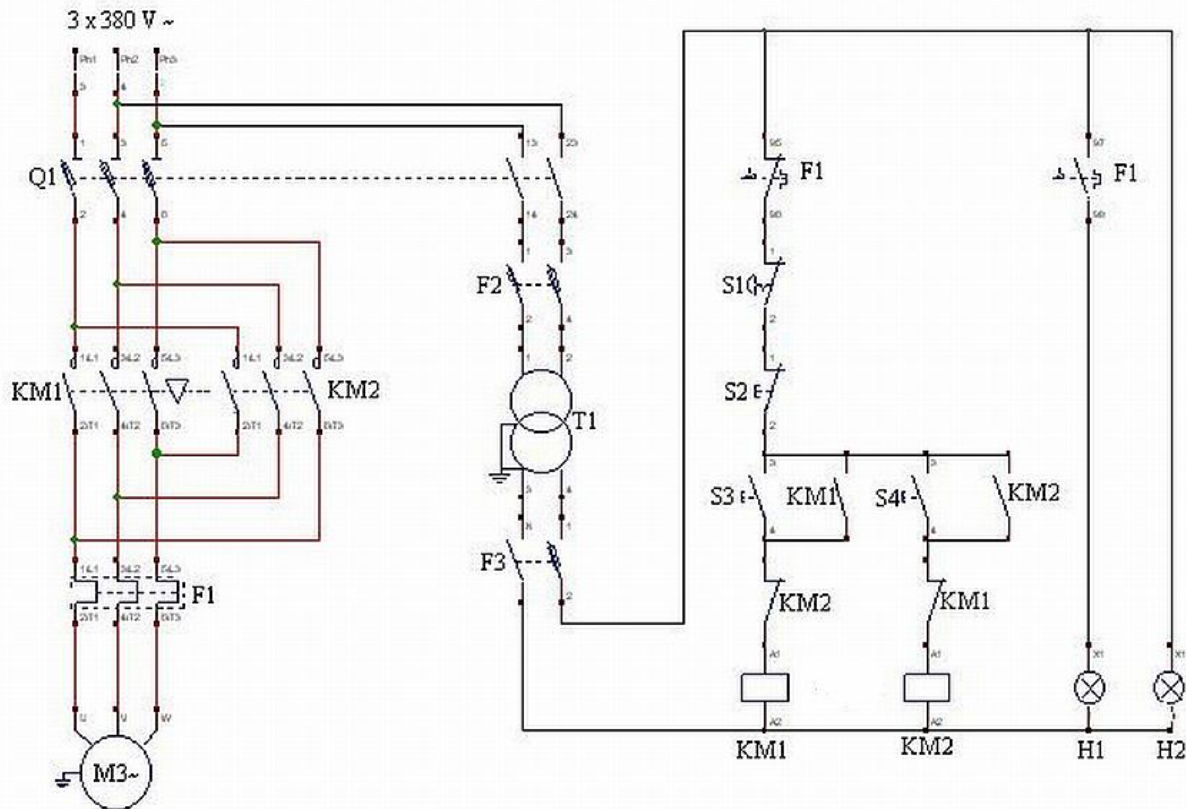


Figure 24: Schéma électrique de puissance et de commande

Les roues :

Le système possède deux essieux. Chaque essieu est composé d'un axe solidaire avec deux roues et un écartement de 1467mm. L'un des deux essieux contient une roue dentée solidaire avec l'axe, qui va transmettre le mouvement du pignon moteur aux roues.

Matière utilisée pour l'essieu : Acier S235 (EN-GJS-700-2), dont :

La limite d'élasticité : $Re = 420N/mm^2$.

La résistance à la traction : $Rm = 700N/mm^2$.

Le module de YUNG : $E = 210 MPa$.

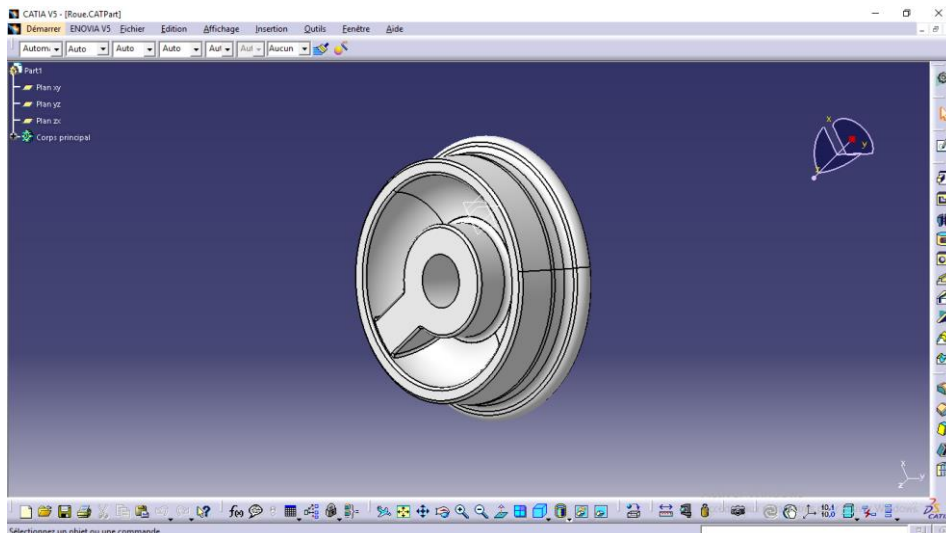


Figure 25: Roue ferroviaire sur CatiaV5R18

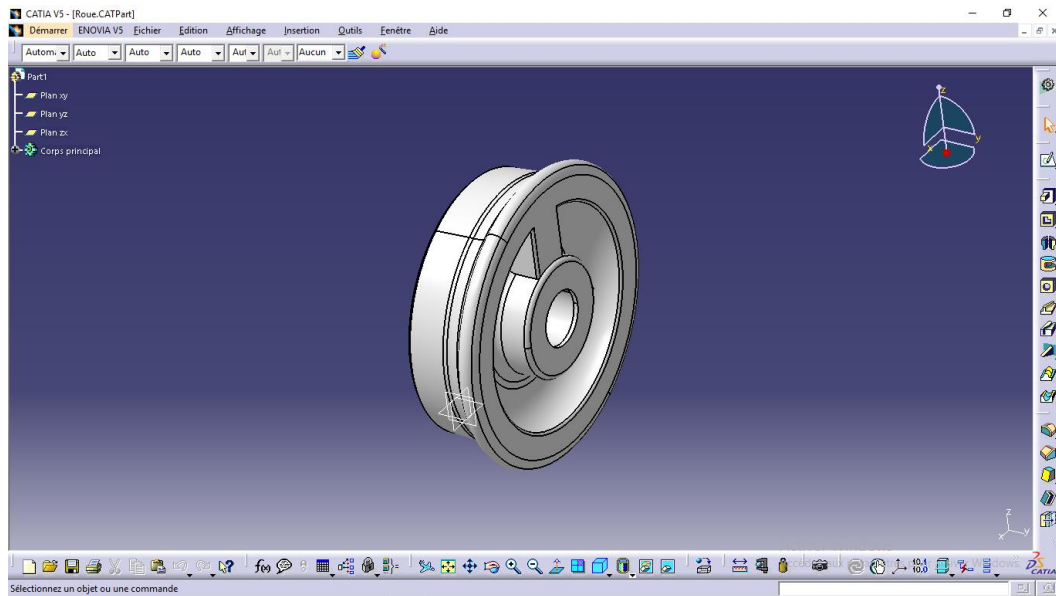


Figure 25' : Roue ferroviaire sur CatiaV5R18

Vérification des galets de roulement suivant la norme ISO 16881-1 et la norme FEM :

Les vérifications suivantes sont incontournables pour le dimensionnement des galets :

- Vérifier que le galet va résister au chargement maximal
- Vérifier que le galet va permettre à la structure d'effectuer son service normal sans usure anormale.

Ces deux vérifications sont assurées par les deux équations suivantes :

$$\frac{F_{max}}{b \cdot D} < 1,9 * P_l$$

$$\frac{F_{max}}{b \cdot D} < C_1 * C_2 * P_l$$

Avec :

D : le diamètre du galet de roulement (mm).

b : largeurs utile du rail (mm) - si la surface du champignon du rail plate $b = 1 - 2r$.

P_l : Pression limite fonction du matériau du galet et du rail, en MPa.

C_1 : Coefficient fonction de la vitesse de rotation du galet.

C_2 : Coefficient fonction du groupe du mécanisme de translation du locotracteur.

F_{max} : Charge maximale au galet.

- Détermination de la pression limite P_1 :

numéro des matériaux	EN-JS1030	EN-JS1050	EN-JS1060	EN-JS1070
dénomination	EN-GJS-400-15	EN-GJS-500-7	EN-GJS-600-3	EN-GJS-700-2
ancienne norme DIN 1693	GGG 40	GGG 50	GGG 60	GGG 70
résistance à la traction R_m N/mm ²	400	500	600	700
limite d'élasticité 0,2% $R_{p0.2}$ N/mm ²	250	320	370	420
allongement A %	15	7	3	2
dureté Brinell HB 30	135-170	150-170	200-250	220-280
module d'élasticité E kN/mm ²	165 - 175			
usinabilité	très bonne	bonne	bonne	Moyenne
résistance à l'usure	faible	bonne	bonne	Très bonne
soudabilité	soudabilité réduite, électrodes spéciales conseillées			

Tableau 2 : Caractéristiques du matériau du galet

Donc la résistance maximale à la traction est 700 MPa.

Le tableau suivant nous donne la valeur de la résistance à la traction du matériaux du galet de roulement en fonction de la pression limite :

Résistance à la traction du métal du galet de roulement (MPa)	P_L (MPa)	Résistance minimale de l'acier du rail (MPa)
$f_u > 500$	5,00	350
$f_u > 600$	5,60	350
$f_u > 700$	6,50	510
$f_u > 800$	7,20	510
$f_u > 900$	7,80	600
$f_u > 1000$	8,50	700

Tableau 3 : pression limite et résistance d'acier du rail.

Donc le galet est fabriqué d'un acier avec une résistance à la traction est de 700MPa, donc la pression limite est $Pl = 6.5MPa$.

- Détermination de la largeur utile b :

Etant donné que les rails du chemin de fer sont unifiés.

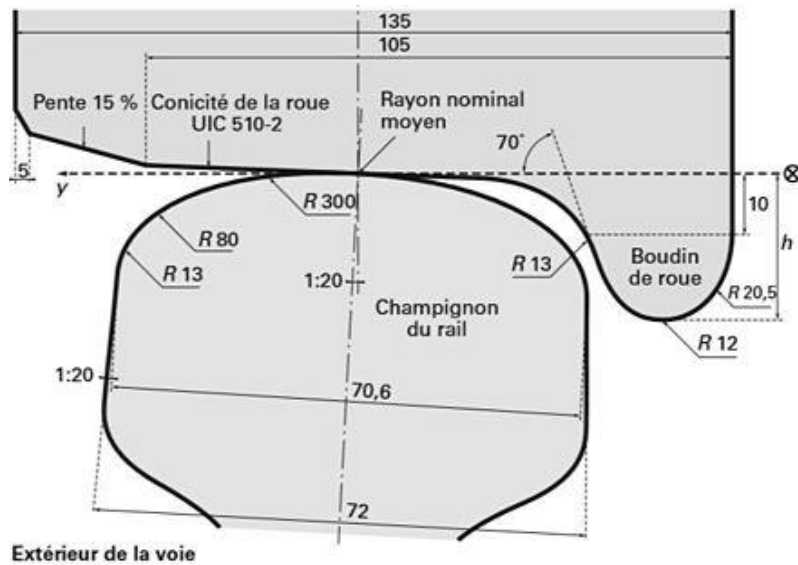


Figure 26 : Rails du chemin de fer

D'où $b = l - 2r = 70.6 - 2 * 13 = 44,6mm$.

- Détermination du coefficient C_1 :

Galet	Valeurs de c_1 en fonction de la vitesse de déplacement [m/min]										
Diamètre [mm]	10	12.5	16	20	25	32	40	50	63	80	100
125	1,03	1,00	0,97	0,93	0,90	0,86	0,82	0,77	0,72	0,65	0,60
160	1,06	1,04	1,00	0,97	0,94	0,90	0,86	0,82	0,78	0,72	0,66
200	1,09	1,06	1,03	1,00	0,97	0,93	0,90	0,86	0,82	0,77	0,72
250	1,11	1,09	1,06	1,03	1,00	0,97	0,93	0,90	0,86	0,82	0,78
315	1,13	1,11	1,09	1,06	1,04	1,00	0,97	0,94	0,90	0,86	0,82
400	1,14	1,13	1,11	1,09	1,06	1,03	1,00	0,97	0,94	0,90	0,86

Tableau 3 : C_1 en fonction du diamètre du galet et la vitesse de translation du Locotracteur en m/min.

Dans notre cas, le locotracteur possède une vitesse de translation de 10m/min et que le diamètre de notre galet $D = 205mm$, d'où le coefficient $C_1 = 1,09$.

- Détermination du coefficient C_2 :

Le mécanisme est soumis fréquemment à la sollicitation maximale et couramment à des sollicitations moyennes, la durée de fonctionnement quotidienne de notre mécanisme est de 0h30 à 1h. Ce qui donne en utilisant le tableau 3, un mécanisme de niveau L3, M4.

L4												
MECANISME OU ELEMENTS DE MECANISME SOUMIS REGULIEREMENT A DES SOLLECITATIONS VOISINES DE LA SOLLECITATION MAXIMALE												
L3												
MECANISMES OU ELEMENTS DE MECANISME SOUMIS FREQUEMMENT A LA SOLLECITATIONS MAXIMALES ET COURAMMENT A DES SOLLECITATIONS MOYENNES												
L2												
MECANISMES OU ELEMENTS DE MECANISME SOUMIS ASSEZ SOUVENT A LA SOLLECITATIONS MAXIMALE ET COURAMMENT A DES SOLLECITATIONS FAIBLES												
L1												
MECANISMES OU ELEMENTS DE MECANISME SOUMIS ASSEZ SOUVENT A LA SOLLECITATIONS MAXIMALE ET COURAMMENT A DES SOLLECITATIONS TRES FAIBLES												
M3	M2	M1		T1	Au dessous de 0h15	400 heures	VO1,2		1Dm	1Cm	1Bm	
M4	M3	M2	M1	T2	de 0h15 à 0h30	800 heures	VO2,5	1Dm	1Cm	1Bm	1Am	
M5	M4	M3	M2	T3	De 0h30 à 1h	1600 heures	VO0,5	1Cm	1Bm	1Am	2m	
M6	M5	M4	M3	T4	De 1h à 2h	3200 heures	V1	1Bm	1Am	2m	3m	
M7	M6	M5	M4	T5	De 2h à 4h	6300 heures	V2	1Am	2m	3m	4m	
M8	M7	M6	M5	T6	De 4h à 8h	12 500 heures	V3	2m	3m	4m	5m	
	M8	M7	M6	T7	De 8h à 16h	25 000 heures	V4	3m	4m	5m		
		M8	M7	T8	Au dessus de 16h	50 000 heures	V5	4m	5m			
CLASSEMENT SURVANT LA NORME ISO				TEMPS MOYENS DE FONCTIONNEMENT QUOTIDIEN			DUREE TOTALE D'UTILISATION		CLASSEMENT SURVANT REGLES FEM			

Tableau 4 : Groupe du mécanisme selon la norme FEM et ISO.

Le tableau 5 donne une valeur de C_2 correspond à $C_2=1,12$.

Classification en groupe de mécanisme	C_2
M_1 et M_2	1,25
M_3 et M_4	1,12
M_5	1,00
M_6	0,90
M_7 et M_8	0,80

Tableau 5 : Facteur C_2 en fonction du niveau du mécanisme.

- Détermination de la charge maximale sur un seul galet :

Le galet supporte une charge totale :

- Le poids propre de la carcasse qui est égal à $2T$, ce qui est équivalent à une force $F = 2000 * 9,8 = 19.6KN$

A.N :

$$\frac{P_{max}}{b.D} < 1.9 * P_l \Rightarrow D_{min,1} > 35,6mm.$$

$$\frac{F_{max}}{b.D} < C_1 * C_2 * P_l \Rightarrow D_{min,2} > 55,38mm.$$

D'où les deux conditions sont vérifiées puisque le diamètre de notre galet est largement supérieur aux résultats trouvés $D > D_{min, 2} > D_{min, 1}$.

L'axe des roues :

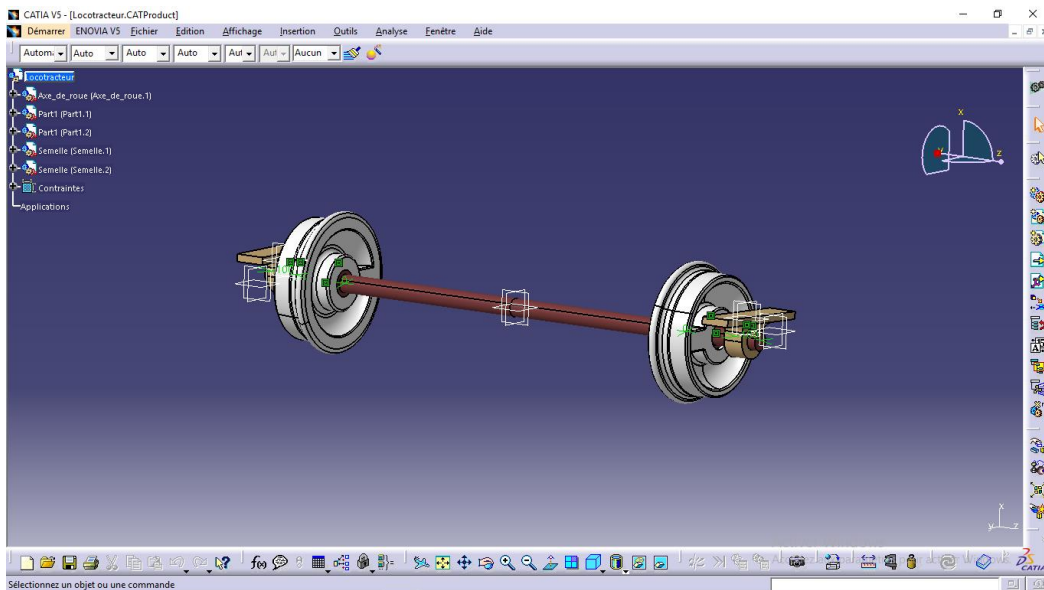


Figure 27: Axe, roues ferroviaires et semelles sur CatiaV5R18

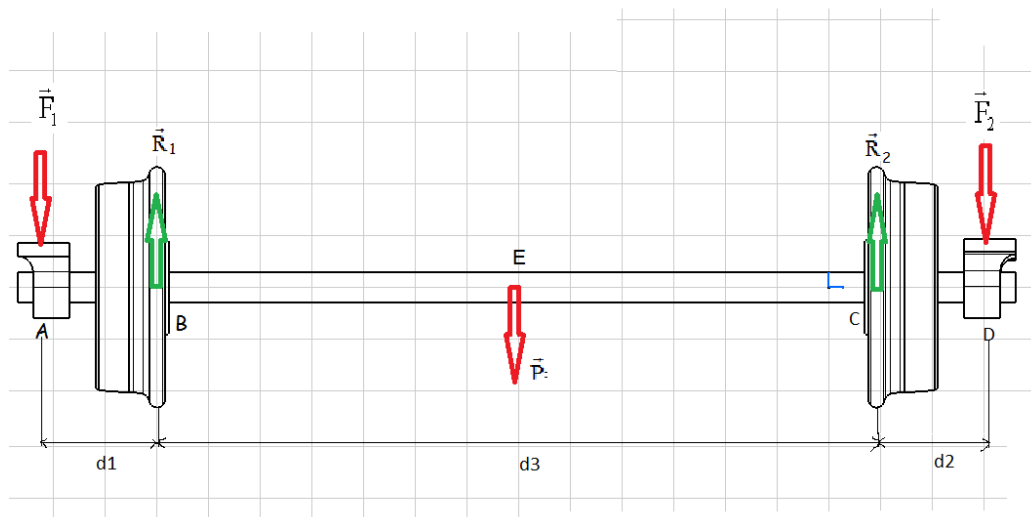


Figure 28: Forces appliquées sur l'axe

On a :

- $d1 = d2 = 233mm.$
- $d3 = 1467mm.$
- $F = 19.6kN.$
- $F1 = F2 = 1/4F.$
- $P = m * g = \rho * V * g = 1671.2N$

Les forces appliquées :

Pour chaque essieu, il y en a 5 forces appliquées :

- (F1, F2) le poids appliqués sur l'axe ;
- P le poids d'axe ;
- (R1, R3) les forces de réaction ;

A l'équilibre : $\sum F_Y = 0$

$$D'où R1 + R2 = F1 + F2 + P$$

$$R1 + R2 = 11.47KN$$

Et en appliquant : $\sum M = 0$ au point B

$$F1 * d1 + R2 * d3 - F2 * (d3 + d2) - P * \frac{d3}{2} = 0$$

$$D'où R2 = 5.73KN$$

$$Et R1 = F1 + F2 + P - R2$$

$$Donc R1 = R2 = 5.73KN$$

Calcul d'effort tranchant :

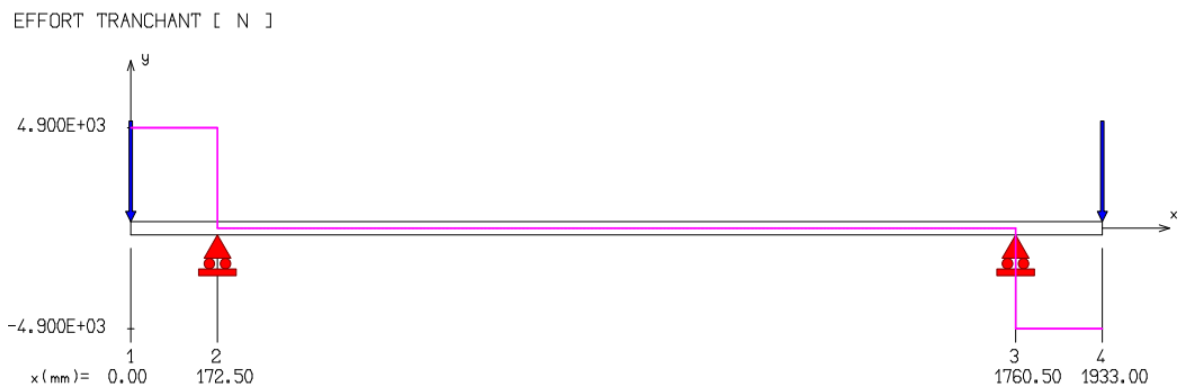


Figure 29: Effort tranchant RDM6

Calcul théorique d'effort tranchant par la méthode singularité :

$$M(x) = -F1 * \langle x - 0 \rangle^2 + R1 * \langle x - 0.233 \rangle^2 - P * \langle x - 0.966 \rangle^2 + R2 * \langle x - 1.7 \rangle^2 - F2 * \langle x - 1.933 \rangle^2$$

$$Et V(x) = - \frac{dM(x)}{dx}$$

D'où :

$$V(x) = \frac{F1}{2} * \langle x - 0 \rangle - \frac{R1}{2} * \langle x - 0.233 \rangle + \frac{P}{2} * \langle x - 0.966 \rangle - \frac{R2}{2} * \langle x - 1.7 \rangle + \frac{F2}{2} * \langle x - 1.933 \rangle$$

Au point B : $M1 = -989,90Nm$ et $V1 = 4.9KN$

Au point C : $M2 = -989,90Nm$ et $V2 = 0KN$

Au point D : $M3 = 0Nm$ et $V3 = -4.73KN$

Calcul du moment fléchissant :



Figure 30: Moment fléchissant RDM6

Calcul de la flèche :

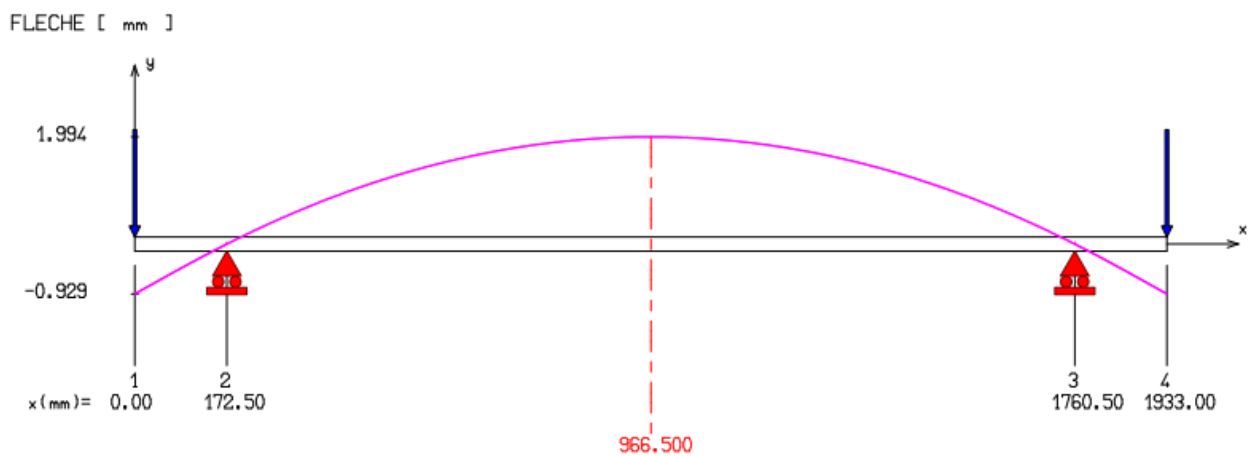


Figure 31: La flèche RDM6

On a $E * I_z * V(x) = \iint M(x) dx^2 + C1x + C2$

Avec C1 et C2 des constantes à déterminer.

$$E * I_z * V(x) = (-F1 * \langle x - 0 \rangle^2 + R1 * \langle x - 0.233 \rangle^2 - P * \langle x - 0.966 \rangle^2 + R2 * \langle x - 1.7 \rangle^2 - F2 * \langle x - 1.933 \rangle^2) dx^2 + C1x + C2$$

$$E * I_z * V(x) = -\frac{F1}{12} * \langle x - 0 \rangle^4 + \frac{R1}{12} * \langle x - 0.233 \rangle^4 - \frac{P}{12} * \langle x - 0.966 \rangle^4 + \frac{R2}{12} * \langle x - 1.7 \rangle^4 - \frac{F2}{12} * \langle x - 1.933 \rangle^4 + C1x + C2$$

C1 et C2 : on a au point A (x=0) : V(A)=0 donc C2=0.

Et on a au point C (x=1700mm) : V(C)=0

$$\text{Donc } -\frac{F1}{12} * 8.35 + \frac{R1}{12} * 4.63 + \frac{F2}{12} * 0.00294 + C1 * 1.7 = 0$$

$$C1 = -598,3.$$

Finalement, on obtient :

$$E * I_z * V(x) = -\frac{F1}{12} * \langle x - 0 \rangle^4 + \frac{R1}{12} * \langle x - 0.233 \rangle^4 - \frac{P}{12} * \langle x - 0.966 \rangle^4 + \frac{R2}{12} * \langle x - 1.7 \rangle^4 - \frac{F2}{12} * \langle x - 1.933 \rangle^4 - 598,3 * x$$

Calcul de la pente :

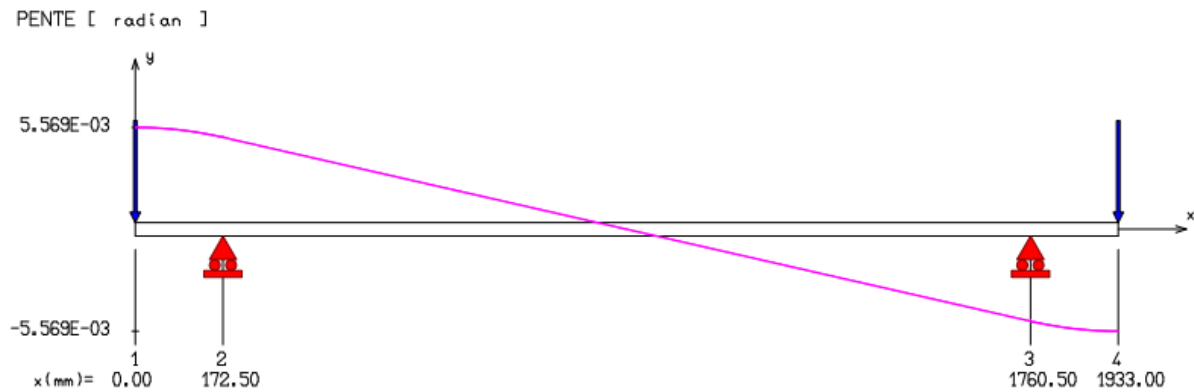


Figure 32: La pente RDM6

III. Réalisation du projet sur CatiaV5R18 :

III.1. Dessin du locotracteur sur CatiaV5R18

Après avoir dessiné les roues ferroviaires, les axes des essieux, la carcasse, les semelles et avec une étude RDM sur quelques parties du système, on peut présenter par la suite notre locotracteur Rail-Rail a pour but de déplacer les engins (voitures, locomotives, wagons) au cas où le tracteur actuel tombe en panne.

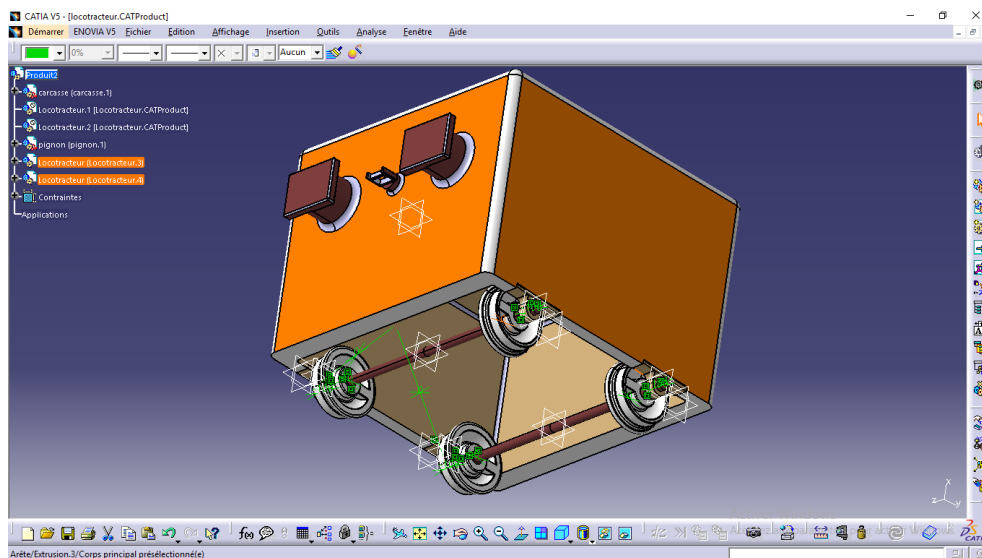


Figure 33: Locotracteur Rail-Rail sur Catia V5R18

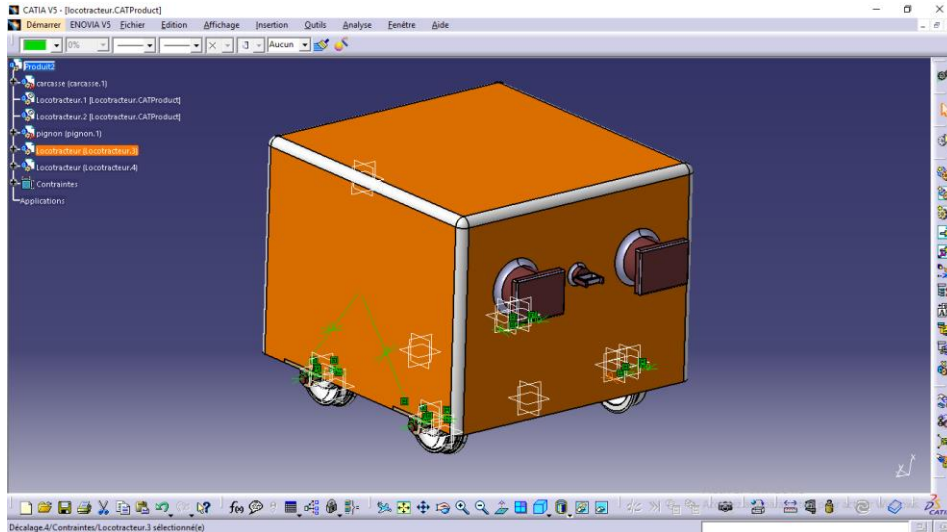


Figure 33': Locotracteur Rail-Rail sur Catia V5R18

III.2. Schéma cinématique du locotracteur

Fonctionnement :

La figure ci-dessus est une présentation du schéma cinématique du locotracteur Rail-Rail d'où on peut bien comprendre son fonctionnement ainsi que les éléments qui font partie du bâti et ceux qui sont en mouvement.

- Bâti : carcasse, moteur et semelles.
- Éléments en mouvement : pignon moteur, engrenage, roue et les deux axes.

Après avoir mis le moteur en marche, le pignon moteur entraîne l'engrenage lié à l'axe des roues. Ce dernier fait aussi un mouvement de rotation de but de faire tourner les roues qui sont bien sûr en encastrement avec cet axe.

Liaison mécanique de chacune des pièces avec l'autre :

- Liaison pivot : Les roues avec l'axe et semelles avec l'axe.
- Liaison engrenage : pignon moteur avec l'engrenage.
- Encastrement : les roues avec l'axe avec l'engrenage et la carcasse avec le moteur avec les semelles.

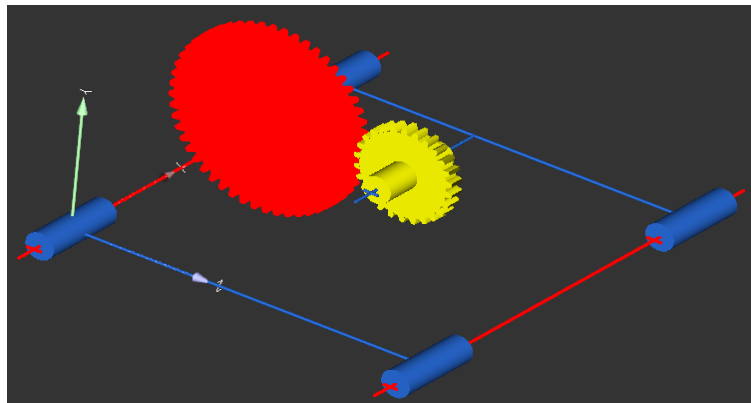


Figure 34: Schéma cinématique du locotracteur

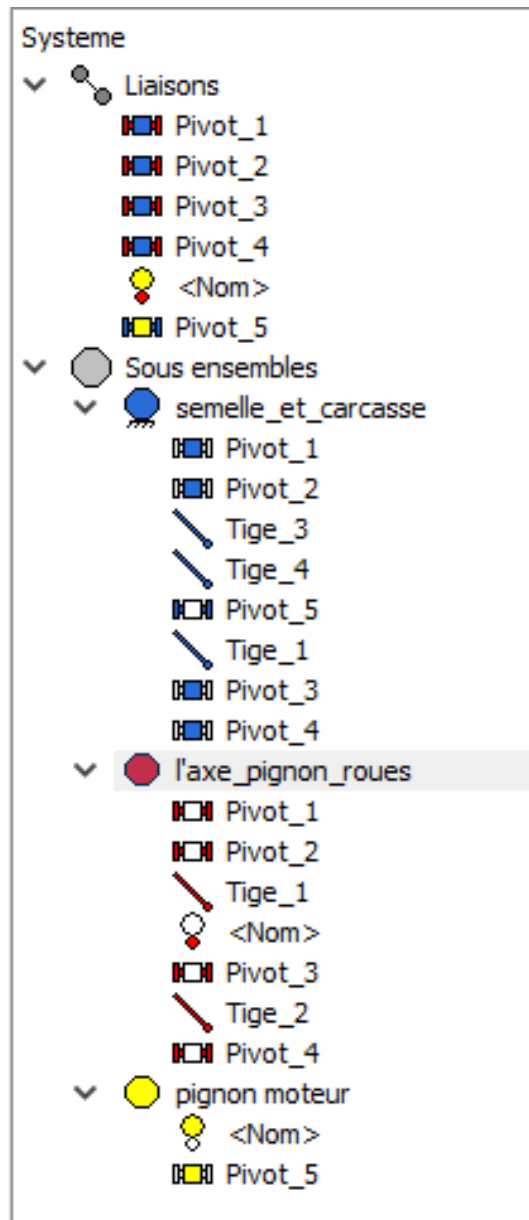


Figure 35: Liaisons et sous-ensembles du système

Ce schéma cinématique a été fait sur le logiciel de simulation OpenMeca.

Conclusion

L'objectif général de ce travail était la conception d'un système tracteur pour un matériel roulant pour sa mise en place sur le tour en fosse. Nous avons commencé par une présentation du Groupe ONCF. Cette première partie nous a permis d'avoir une idée générale sur le groupe et le service d'accueil.

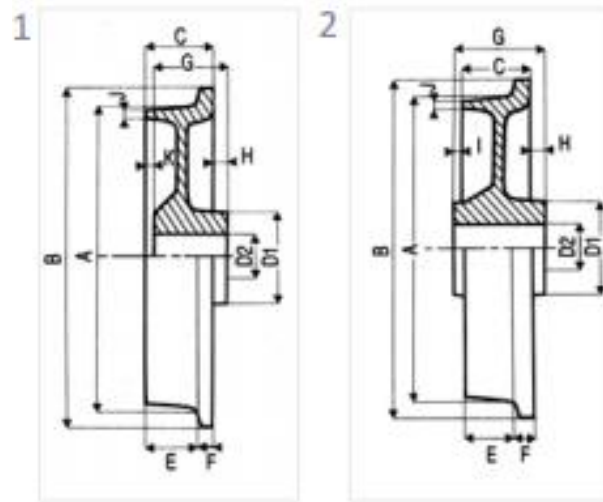
Concernant la deuxième partie, on l'a entamé par une présentation du tour en fosse ainsi que quelques structures de la machine de but d'avoir une idée globale sur cette unité de production.

La troisième partie, qui a été consacrée au sujet d'étude, nous a permis d'étudier le tracteur actuel et de choisir une idée adéquate pour une nouvelle conception de ce système. Nous avons commencé par définir la puissance du moteur ainsi que son couple de but d'avoir un moteur assez puissant pour que le locotracteur peu tracter au maximum 250 tonnes, aussi on a déterminé les forces appliquées sur l'axe des roues pour une étude RDM afin d'éviter une déformation plastique non souhaitable. Après, nous avons réalisé le projet sur le logiciel du dessin industriel Catia V5R18 tout en respectant les dimensions réelles. Enfin nous avons fait un schéma cinématique du locotracteur pour montrer son fonctionnement et les différentes liaisons entre les ses éléments.

Cette période de stage nous a permis également d'appliquer des outils utilisés dans le cadre de notre formation à la Faculté des Sciences et Techniques, ainsi de matérialiser le baguage technique appris tout au long de la période de formation.

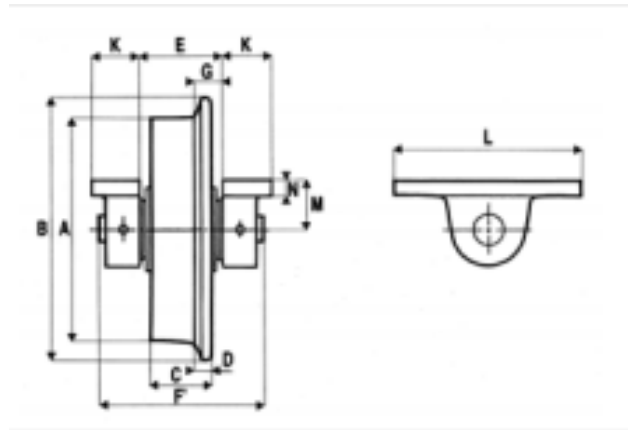
Annexe

Annexe 1 : Extrait du catalogue des roues ferroviaires standards

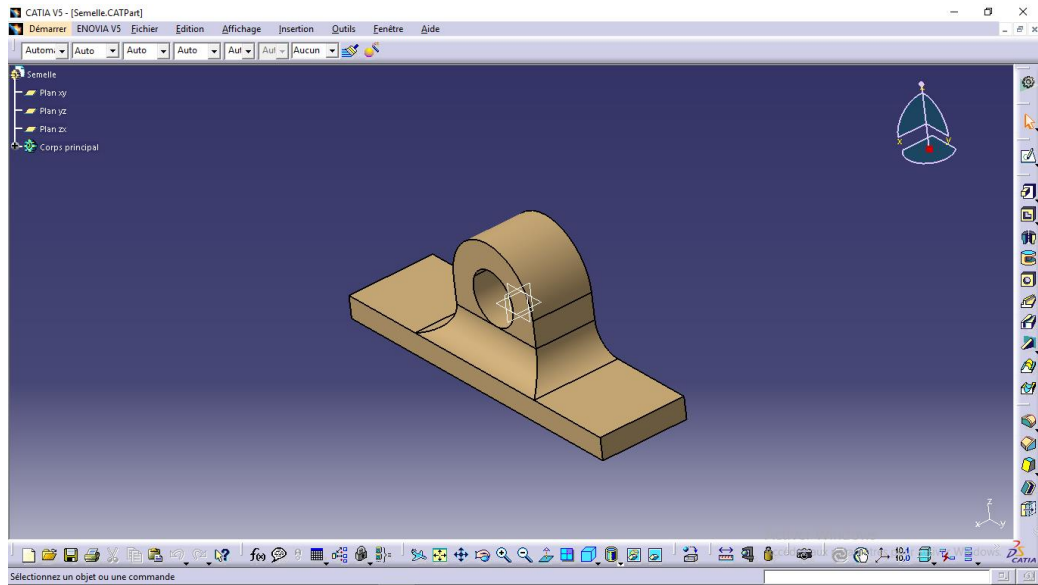


TYPE TYPE	∅ A	∅ B	Charge en t Load/t	Matière Material	C	D1	D2	E	F	G	H	I	J	K
100x85	100	130	1	M	82	65	48	65	17	88	3	3	pleine	•
150 FM	150	182	1,5	M	85	75	46	65	20	95	5	5	9	•
200 P	200	240	1,5	M	61	80	0	49	12	73	5	7	9	•
200 M	205	255	3	M	135	100	62	101	34	140	2,5	2,5	11,5	•
250 M	255	290	4	M	80	110	0	58	22	95	12	3	15	•
250 DM UIC	250	314	5	M	135	105	70	102,5	32,5	145	4,5	5,5	11	•
250 L UIC	250	314	13	MT	135	122	90	102,5	32,5	155	10	10	18	•
300 M	305	350	5	M	81,5	110	0	60,5	21	93	6,5	5	14,5	•
300 L	308	360	8	M	110	146	60	84	26	128	9	9	21	•
320 D	325	389	10	M	135	190	80	102,5	32,5	160	15	10	20	•
350 M	354	406	6	M	102,5	130	0	72,5	30	95	7	•	18	14,5
400 M	406	470	15	M	140	185	87,5	99	41	150	7	3	23	•
400 MT UIC	400	464	20	MT	135	185	87,5	102,5	32,5	150	7	8	21	•
450 R	450	510	15	M	135	175	75	100	35	162	13	14	40	•
450 RT	450	510	20	M	135	175	75	100	35	162	13	14	40	•
600	613	675	20	MT	145	280	0	97	48	220	17	58	50	•

Annexe 2 : Extrait du catalogue des semelles



TYPE TYPE	Ø A	Ø B	Charge en t Load/t	Montage Mounting	Roulements Bearings	C	D	E	F	G	K	L	M	N	Paliers Bearers
100x85	100	130	0,8	97,1	6304 2RS1	82	17	89	195	19,5	40	160	30	10	méc-soudé welded
150 FM	150	182	1,5	97,1	6206 2RS1	85	20	101	240	28	60	230	55	20	55
200 P	200	240	1,2	97,1	6205 2RS1	61	12	74	206	19	60	230	55	20	55
200 M	205	255	2,8	97,1	6307 2RS1	135	34	153	295	43	60	230	55	20	55
200 M	205	255	3	97,2	30208	135	34	159	245	46	60	230	55	20	55
250 M	255	290	3	97,1	6208 2RS1	80	22	104	246	39	60	230	55	20	55
250 M	255	290	4	97,2	30209	80	22	114	200	39	60	230	55	20	55
250 DM UIC	250	314	4	97,1	6208 2RS1	135	32,5	154	326	42,5	65	250	65	20	65
250 DM UIC	250	314	5	97,2	30209	135	32,5	174	296	52,5	65	250	65	20	65
250 L UIC	250	314	10	97,1	22211	135	32,5	154	317	42,5	75	305	80	30	80
250 L UIC	250	314	14	97,2	32013	135	32,5	170	300	50,5	75	305	80	30	80
300 M	305	350	3	97,1	6208 2RS1	81,5	21	100	275	30	65	250	65	20	65
300 M	305	350	5	97,2	30210	81,5	21	116	232	38	65	250	65	20	65
300 L	308	360	6	97,1	6310 2RS1	110	26	136	299	39	75	305	80	30	80
300 L	308	360	8	97,2	30213	110	26	151	281	47	75	305	80	30	80
320 D	325	389	15	97,2	32218	135	32,5	198	378	67,5	100	380	85	25	85
350 M	354	406	4	97,1	6308 2RS1	102,5	26,5	119	262	39,5	60	230	55	20	55
350 M	354	406	6	97,2	30210	102,5	30	131	274	48	60	230	55	20	55
400 M UIC	400	464	12	97,2	32014	135	32,5	177	305	50,5	75	305	80	30	80
400 MT UIC	400	464	20	97,2	32218	135	32,5	186	366	52,5	100	380	85	25	85



Dessin du semelle sur CatiaV5R18

Bibliographie & web graphie

- ❖ http://www.econostrum.info/Le-TGV-marocain-futur-fer-de-lance-du-developpement-economique_a22937.html
- ❖ <http://www.railrouteurope.com/>
- ❖ Documents interne de l'atelier tour en fosse ONCF
- ❖ PATRY : Documents spécialisé aux Rails et manutention des Rails
- ❖ CatiaV5R18 : Logiciel du dessin industriel
- ❖ Note de cours de RDM6
- ❖ OpenMeca : Logiciel de simulation