

29/83

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE  
HCUARI BOUMEDIENNE - ALGER

Alex

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

BIBLIOTHEQUE

ETUDE DE MANUTENTION  
DANS UNE UNITÉ DE TRÉFILIERIE

PROPOSE PAR :

**T. BARAKA**

( Bureau d'Engeneering - SNS )

ETUDIE PAR :

**M. ISMAIL**

SUIVI PAR :

**A. GREFKOWICZ**

Promotion : Janvier 1983

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

---

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

---

UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE  
HCUARI BOUMEDIENNE - ALGER

---

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

---

DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

ETUDE DE MANUTENTION  
DANS UNE UNITÉ DE TRÉFILERIE

PROPOSE PAR :

T. BARAKA

( Bureau d'Engineering - SNS )

ETUDIE PAR :

M. ISMAIL

SUIVI PAR :

A. GREFKOWICZ

Promotion : Janvier 1983

## REMERCIEMENTS

Je remercie M<sup>r</sup> A. GREFKOWICK pour les conseils combien précieux qu'il m'a prodigués et son admirable dévouement tout au long de ce projet. J'espère qu'il trouvera dans ce modeste travail l'expression de mes profondes reconnaissances et admiration.

Je tiens à remercier aussi M<sup>r</sup> ABDELMONEIM pour la peine qu'il s'est fait pour la frappe du polycopé.

Mes remerciements vont également à toute l'équipe de la SNS, en particulier M<sup>r</sup> BARAKA, M<sup>r</sup> BOUHIDEL, M<sup>r</sup> HAMLAT, M<sup>r</sup> BELILA et M<sup>elle</sup> BELAID.

Que tout le corps enseignant du département de Génie-mécanique, tous mes amis et tous ceux qui m'ont aidé même de la façon la plus modeste à élaborer ce projet, trouvent ici mes remerciements les plus sincères.


 O M M A I R E

---

Chapitre 1 : PRESENTATION DU SUJET.....	I
1. Objet du projet.....	I
2. Généralités sur le procédé de tréfilage.....	2
3. Circulation des produits.....	4
4. Situations de notre étude.....	6
5. Données de base.....	6
 Chapitre 2 : GENERALITES SUR LES PONTS ROULANTS.....	 8
Introduction.....	8
1. Différents types de ponts roulants.....	8
2. Différents types de commande.....	9
 Chapitre 3 : PONTS ROULANTS DES HALLES DE STOCKAGE DE MATIERES PREMIERES.....	 ..... II
Introduction .....	II
A - Etude des cycles de manutention .....	II
1. Hypothèses de base .....	II
II. Cycle élémentaire de déchargement .....	I5
III. Cycle élémentaire de transfert .....	I7
IV. Nombre de ponts roulants nécessaires et taux d'utilisation .....	I9
V. Temps nécessaire pour le déchargement des wagons .....	I9
B - Forces des ponts roulants, commande et type de pont .....	20
1. Force .....	20
2. Commande .....	20
3. Type de pont .....	20

C - Classement FEM des ponts roulants .....	21
Introduction .....	21
I. Classement de la charpente .....	23
II. Classement des mécanismes .....	24
III. Harmonisation .....	33
 Chapitre 4 : PONTS ROULANTS DE LA HALLE DE DECAPAGE .....	 38
Introduction .....	38
1. Description de l'installation .....	38
2. Description du déroulement du travail .....	38
3. Stockage .....	41
4. Schéma d'implantation générale .....	43
A - Etude des cycles de manutention .....	43
I. Hypothèses de base .....	43
II. Cycles élémentaires de manutention .....	46
III. Nombre de ponts roulants nécessaires .....	50
IV. Répartition des opérations sur les ponts roulants et taux d'utilisation .....	50
V. Solution proposée .....	51
VI. Choix final de la répartition des opérations et taux d'utilisation .....	54
VII. Vérification de la production horaire par analyse de diagrammes .....	55
VIII. Recherche d'une solution appropriée .....	55
IX. Détermination du nombre de crochets "C" .....	57
B - Force des ponts roulants, commande et type de pont .....	58
1. Force .....	58
2. Commande .....	58
3. Type de pont .....	58
C - Classement FEM des ponts roulants ...L.....	60
I. Classement de la charpente .....	60
II. Classement des mécanismes .....	61
III. Harmonisation .....	65

Chapitre 5 : PONTS ROULANTS DE LA HALLE DE GALVANISATION- CUIÉRAGE.....	67
Chapitre 6 : ESTIMATION DES REACTIONS SUR LES GALETS.....	70
Introduction.....	70
I. Méthodologie.....	71
II. Ponts roulants 5 t/22 m.....	72
III. Ponts roulants 6 t/10 m.....	73
Chapitre 7 : BILAN FINAL.....	74
RECOMMANDATIONS.....	75
CONCLUSION GENERALE.....	78

## I N T R O D U C T I O N

Parallèlement à la plupart des secteurs industriels algériens, ceux consommateurs de produits tréfilés ont connu, depuis l'indépendance un essor considérable. La demande de plus en plus croissante de ces produits largement utilisés dans l'agriculture, l'industrie mécanique, l'industrie électrique, le bâtiment, etc. aura été la génératrice de base du projet de construction de l'unité " TREFILERIE ACIER DOUX " de Tiaret qui viendra d'ailleurs renforcer celle déjà en service à El-Eulma.

Nous tenterons dans ce projet de participer, quoique partiellement à l'élaboration de l'avant-projet " Manutention " de cette unité dont la mission essentielle est la satisfaction d'un besoin réel du pays.



H A P I T R E I .



## PRESENTATION DU SUJET

### I. OBJET DU PROJET :

L'unité de tréfilage d'aciers doux de TIARET est appelée à produire 45 000 tonnes par an de produits tréfilés de différents diamètres et de différents états de surface à partir de fil machine brut de laminage livrée par la SNS ANNABA.

Cette unité comprend :

- Des bâtiments de production :
  - . La tréfilerie aciers doux
  - . L'atelier chaînes
- Des installations secondaires de production :
  - . La centrale technique
  - . La neutralisation
  - . Le stockage acide
  - . La régénération
- Des installations de maintenance :
- Les services généraux

La tréfilerie aciers doux comprend :

- . Une ligne de décapage à l'acide sulfurique d'une capacité minimum de 50 000 tonnes/an.
- . Une batterie de tréfilage capable de traiter au minimum 59 000 tonnes/an de fil machine et fil tréfilé.
- . Trois lignes de galvanisation d'une capacité de 14 500 tonnes/an.
- . Une ligne de cuivrage en continu ayant une capacité de 5200 tonnes/an.
- . Un ensemble d'équipements de recuit en continu et en discontinu d'une capacité de 39 000 tonnes/an y compris le recuit intermédiaire.
- . Un équipement de conditionnement des produits finis.

L'atelier chaîne comprend :

- . Un ensemble de machines pour le formage des maillons.
- . Un ensemble de soudeuses.
- . Un ensemble de machines à tordre les maillons.
- . Une ligne de galvanisation par trempage.
- . Deux tonneaux de polissage des chaînes.

## 2. GENERALITES SUR LE TREFILAGE :

### 2-1. Procédé de tréfilage :

Le tréfilage est un mode d'usinage des métaux par déformation plastique. par lequel on produit, à partir de fil machine brut de laminage, un fil de section plus réduite. L'opération technologique consiste à exercer une traction sur le fil machine pour l'obliger de traverser une filière lubrifiée fixe. A la sortie de la filière le fil présente une section conforme à la section de celle-ci.

### 2-2. Gamme opératoire :

Le fil machine se présente sur un dévidoir, passe par la filière puis s'enroule sur une bobine d'enroulement. L'entraînement du fil à travers la filière est obtenu par la rotation de la bobine d'enroulement.

### 2-3. Domaine d'application :

Le tréfilage s'exécute à froid et s'applique à tous les métaux présentant une résistance suffisante à la traction et une bonne homogénéité de composition et de structure car le moindre défaut interne provoque la rupture du fil. Si la section du fil doit être fortement diminuée le tréfilage se fait en deux ou plusieurs passes intercalées par un recuit d'adoucissement car les déformations plastiques provoquent un durcissement de l'acier qui limite les possibilités de poursuivre le traitement plastique. Le but du recuit est donc de redonner au fil des caractéristiques lui permettant d'être retréfilé.

### 2-4. Traitement de préparation :

Avant tréfilage, le fil machine doit être bien préparé. C'est le but des traitements de préparation.

Les traitements de préparation sont nombreux et dépendent de la nature du métal à tréfiler.

Exemple : le décapage, la phosphatation, ....

Le décapage est un procédé de nettoyage de surfaces consistant à l'enlèvement des oxydes et impuretés d'une surface métallique par dissolution au moyen d'un

réactif chimique ( $H_2SO_4$ , HCl, ...). Ce procédé est utilisé dans toutes les industries concurremment aux autres procédés de nettoyage de surface. Il est spécialement intéressant pour les pièces de grande surface par rapports à leur poids (tôles, profilés....). Les compositions des bains et les conditions opératoires sont essentiellement fonction de la nature des surfaces à décaper. Après décapage les pièces doivent être lavées pour enlever les réactifs puis boraxés ou chaulées. Un bain alcalin permet après rinçage d'éliminer les dernières traces d'acide et de faciliter l'accrochage du lubrifiant (généralement le savon de tréfilage) à la surface du fil pendant le tréfilage. Les installations de décapage sont nombreuses. Elles sont essentiellement choisies en fonction de la production horaire et de la forme des pièces.

- Exemple : - Installation à cuves ouvertes  
- Installation fil à fil ( en continu)  
- Machine du type hélicofil.

#### 2-5. Post-traitements:

Ils sont nombreux et dépendent de l'utilisation du produit tréfilé. Ce sont généralement des traitements thermiques (recuit) ou des traitements de revêtement de surfaces ayant pour but de protéger le métal de base contre les agents corrosifs, ou d'augmenter la résistance à l'usure ou d'embellir la pièce. Parmi les traitements de revêtement de surface les plus employés, on rencontre :

- les revêtements métalliques:  
Exemple: chromage, cuivrage, galvanisation, étamage, nickelage, cadmiage.....
- les revêtements non métalliques:  
exemple: peintures, vernissage, bitumage, plastiquage, émaillage,.....

Les principaux procédés de revêtements métalliques utilisés sont :

- revêtement par électrolyse: la pièce à métalliser constitue la cathode. L'anode est faite du métal à déposer. Le bain est une solution d'un sel de ce métal additionné de substances destinées à faciliter l'opération et augmenter l'adhérence du dépôt.
- par immersion dans un bain de métal en fusion: la pièce à protéger est plongée dans le métal fondu. Ce procédé n'est utilisable qu'avec des métaux très fusibles (Zinc, Etain, Plomb,.....)

- par métallisation au pistolet: un jet d'air comprimé pulvérise le métal fondu à l'aide d'un chalumeau oxyacétylénique sur la pièce à protéger (Exemple: procédé schoops).

- par placage.

- par réaction de substitution d'un métal par le métal à protéger.

, 2-6. Utilisation des produits tréfilés :

Les produits tréfilés sont utilisés pour la fabrication des grillages, toiles métalliques, câbles d'acier, pointes, clous, vis, rivets, fil d'apport, ressorts, filaments de tungstène, etc.

### 3. CIRCULATION DES PRODUITS.

3-1. Approvisionnement en matières premières et stockage :

Les couronnes de fil machine arrivent dans les halles de stockage de matières premières par voie ferrée. L'approvisionnement annuel est de 48 100 tonnes/an. Le stockage de matières premières est prévu dans deux halles découvertes ayant chacune une capacité de stockage d'un mois de production environ.

Le déchargement des wagons et stockage des produits brutes est prévu par ponts roulants équipants ces halles.

3-2. Décapage :

Les couronnes de fil sont reprises du stock à l'aide des mêmes appareils cités plus haut et déposées sur des chariots de transfert afin d'être acheminées sous l'emprise des ponts roulants équipant la halle de décapage. Le passage des couronnes dans les différents bains et les unités de séchage s'effectuera par ces mêmes ponts roulants ainsi que la reprise des couronnes des fours et la mise au stock. Le transfert des couronnes du stock après décapage vers la halle de tréfilage se fait par chariot élévateur à fourche.

3-3. Tréfillage :

Les couronnes acheminées de la halle de décapage par chariot élévateur sont déposés au stock avant tréfilage pour être reprises, après par ponts monopoutres pour le chargement sur les devidoirs des tréfileuses. La réception des produits tréfilés à la sortie des tréfileuses et la mise au stock après tréfilage seront assurés par des potences. Le transfert des produits tréfilés vers les autres postes de travail se fera par chariots éleveurs.

### 3-4. Recuit :

Les couronnes devant passer au four de recuit sont emmenées depuis le stock après tréfilage jusqu'au stock avant recuit par chariots éleveurs. De là, elles sont reprises aux ponts équipant la halle de recuit et placées sur une table à rouleaux à l'entrée du four. A la sortie du four, les couronnes seront :

- . soit mises au stock avant tréfilage pour une deuxième passe (pour les fils de petits diamètres).
  - . soit mises au stock avant bobinage (pour les fils ne nécessitant qu'une passe de tréfilage).
- et ceci par chariots éleveurs.

3-5. Galvanisation : La galvanisation sera effectuée sur trois lignes en continu (galvanisation fil à fil). Les produits à galvaniser sont emmenés depuis le stock après tréfilage et stockées à l'entrée des lignes à l'aide de chariots éleveurs. De là elles seront reprises par ponts monopoutre puis posées à l'entrée de l'installation. Le déchargement des couronnes à la sortie de l'installation et la mise en stock après galvanisation se fera par pont monopoutre. Ces couronnes seront stockées en extrémité de halles en attendant d'être reprises au chariot éleveur et déposées au stock avant bobinage.

### 3-6. Cuivrage :

L'évacuation des couronnes du stock après tréfilage au stock avant cuivrage sera effectué par chariot éleveur. Le chargement des couronnes à l'entrée de l'installation de cuivrage, le déchargement des couronnes à la sortie, et la mise au stock après cuivrage seront assurés par ponts monopoutres. Le transfert des couronnes du stock après cuivrage vers le stock avant bobinage sera assuré par chariot éleveur.

### 3-7. Bobinage :

Les couronnes sont acheminées depuis les ateliers de production et stockées devant les bobineuses par chariots éleveurs. L'alimentation des bobineuses en couronnes de fil se fera aussi par chariots éleveurs. La réception des produits finis à la ~~sortie~~ sortie des bobineuses et la mise sur palettes seront assurés par des palans. A partir de ce moment, tous les produits seront manutentionnés sur palettes.

### 3-8. Stockage et expédition des produits finis :

Le transfert des palettes depuis la halle de bobinage vers la halle de stockage de produits finis se fera par chariots élévateurs à fourches. La reprise des produits finis sur le stock et les chargements sur wagons se feront aussi par chariots élévateurs. La capacité de stockage de la halle d'expédition est d'un mois de production.

### 4. SITUATION DE NOTRE ETUDE.

Nous avons vu dans le paragraphe, " circulation des produits " que les engins de manutention sont directement inclus dans le cycle de production. Par conséquent, un appareil mal adapté au travail qu'il doit accomplir, risque de créer des goulots de production et même de paralyser le bon fonctionnement de l'unité. Ceci suppose donc que le mode de circulation de produits adopté, est le fruit d'une collaboration étroite entre le service technologie des process et le service manutention. Le choix préliminaire ayant donc été partiellement effectué par les techniciens, il s'agira pour nous de déterminer en fonction du service à accomplir le type et le nombre des ponts roulants ainsi que leurs caractéristiques essentielles au niveau des " halles de stockage de matières premières ", " décapage " et " galvanisation-cuivrage " dans le but d'un lancement d'un avis d'appel d'offres.

Il est bien sûr évident qu'un bon choix n'est possible que si l'on connaît avec précision le service à accomplir.

Les impositions SNS portent généralement dans un avis d'appel d'offres sur : le type de pont, la force du pont, les vitesses de travail et le type de commande. Nous avons donc jugé utile de consacrer un chapitre rappelant brièvement les différents types de ponts roulants existants et les différents types de commande utilisées dans le but de faciliter au lecteur la compréhension de notre choix.

### 5. DONNEES DE BASE :

- Approvisionnement annuel en matières premières:..... 48 100 tonnes/ar
- Production annuelle: ..... 45 000 tonnes/ar
- Circulation des produits : voir paragraphe 3. chapitre 0
- Mode de manutention des produits : les couronnes de fil sont prises à l'aide de crochets en "C"
- Portées :
  - halle de stockage de matières premières : portée 22 m

- . halle de décapage : portée 10 m
- . halle de galvanisation-cuivrage : portée 22 m.

- Plan de masse

- Déroulement du travail :

Le travail est ouvert en 2 et 3 postes :

+ En 2 postes: à 11 jours travaillés sur deux semaines à 16 heures par jour.

Soit:  $45 \times \frac{11}{2} \times 16 = 3960$  heures/an, arrondies

à 3900 h/an.

+ En 3 postes (en continu): à 45 semaines à 7 jours par semaine à 24 h/jours.

Soit:  $45 \times 7 \times 24 = 7560$  heures/an, arrondies à 7000 h/an.



H A P I T R E 2.



## GENERALITES SUR LES PONTS ROULANTS.

### INTRODUCTION.

La diversité des problèmes posés par le déplacement de charges lourdes a incité l'homme à réfléchir particulièrement sur chaque cas afin de trouver la solution la mieux adaptée au service à accomplir. Ainsi on peut dire que c'est grâce à la diversité des problèmes de manutention que l'on se retrouve aujourd'hui devant une large variété d'appareils de levage.

Parmi ces appareils, le pont roulant est celui qu'on rencontre le plus, dans les ateliers, magasins, salles de machines, centrales usines sidérurgiques, etc. Ses avantages principaux résident dans sa capacité de desservir un atelier sans gêner les opérations au sol ni réduire la surface au sol.

Un pont-roulant se caractérise par sa force, sa portée, les vitesses de travail (levage, translation, direction), la hauteur libre sous crochet, les deux premières caractéristiques étant les plus essentielles.

Les mécanismes à prévoir sont donc :

- Un mécanisme de levage
- Un mécanisme de translation du pont
- ✚ Un mécanisme de direction du chariot.

On peut y ajouter le mécanisme de rotation lorsque le chariot est muni d'une tourelle.

### I. DIFFERENTS TYPES DE PONTS ROULANTS.

#### I-I. Ponts roulants posés :

##### I.I.I. Ponts bipoutres :

Ils sont équipés d'un chariot birails roulant sur les poutres du pont. L'élément de levage peut-être, soit posé sur le chariot et circuler au dessus des poutres, soit suspendu sous le chariot et circuler entre les poutres. Ils présentent l'avantage de répondre à des adaptations particulières quand la position des chemins de roulement existants ne correspond pas au gabarit de passage de ponts neufs. Par la variation du niveau de fixation de la poutre et du sommier, ils peuvent être surélevés ou surbaissés. Pour la même hauteur sous crochet qu'un pont monopoutre, on obtient avec le pont bipoutres le bâtiment le moins haut permettant ainsi un gain appréciable dans les coûts de construction du bâtiment.

### I.I.2. Ponts monopoutres :

L'élément de levage est accroché à un chariot monorail roulant sur les ailes inférieures de la poutre du pont. On distingue les ponts monopoutres rigides et les ponts monopoutres articulés.

Contrairement aux ponts classiques où la liaison entre la poutre maîtresse et les sommiers est rigide, les ponts monopoutres articulés présentent un système articulé entre poutre maîtresse et sommiers. Ce système évite tout coincement du pont sur les chemins de roulements et permet à la poutre de suivre les balancements de la charge, réduit les efforts horizontaux et allège le profil de la poutre.

### I-2. Ponts roulants suspendus :

#### I.2.I. Ponts bipoutres :

Ils circulent sur les ailes inférieures de chemins de roulement en poutrelle laminée. L'élément de levage est suspendu au chariot birail circulant sous les poutres du pont.

#### I.2.2. Ponts monopoutres :

Ils sont de même conception que les ponts bipoutres suspendus sauf que les sommiers sont reliés par une seule poutre. L'élément de levage est accroché à un chariot monorail roulant sur les ailes inférieures de la poutre du pont. Ils peuvent être rigides ou articulés.

Les ponts suspendus sont d'encombrement très réduit et leur montage est simple.

## 2. DIFFERENTS TYPES DE COMMANDE.

### 2-I. Commande à partir du sol :

#### 2.I.I. Mobile le long de la poutre du pont :

Offre la possibilité de guider la charge manuellement et si nécessaire d'observer une distance de sécurité. Ce système est utilisé lorsque le pontier doit éviter des obstacles.

Il est admissible pour des vitesses de translation jusqu'à 63 m/mn.

#### 2.I.2. Fixe au chariot :

Le pontier est toujours près de la charge et peut la guider manuellement. Il est admissible pour des vitesses de translation jusqu'à 63m/mn

~~XXXX~~

2.1.3. Fixe au pont :

Ce système de commande est utilisé pour les ponts de portée réduite si le guidage de la charge n'est pas nécessaire ou impossible. Il est admissible pour des vitesses de translation jusqu'à 63 m/mn.

2.1.4. Poste fixe ou radio-télécommande :

Ces systèmes sont utilisés si le pontier ne peut pas accompagner le pont. On les trouve sur les ponts de centrales atomiques, station d'épuration, ateliers de décapage et de galvanisation, etc.

Ils s'emploient également si les ponts se déplacent à un niveau élevé ou s'il est nécessaire de prévoir la commande à partir de plusieurs étages.

Ces deux systèmes de commande sont admissibles aussi pour des vitesses de translation supérieures à 63 m/mn.

2-2. Commande à partir d'une cabine :

La commande à partir d'une cabine s'impose d'après les prescriptions en vigueur pour la prévention des accidents pour les vitesses de translation supérieures à 63 m/mn. Elle permet une occupation maximale de la surface en sol.

2.2.1. Cabine fixe latéralement à l'extrémité du pont :

Ce type de commande assure une meilleure visibilité de la charge et des parcours et protège le pontier contre les influences nuisibles.

2.2.2. Cabine fixe au milieu de la portée :

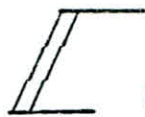
Ce type de commande est spécialement recommandé pour les ponts de grande portée afin d'améliorer la visibilité.

2.2.3. Cabine fixe au chariot :

Recommandé pour les ponts de grande portée où il est nécessaire d'observer de près la charge.

2.2.4. Cabine automotrice indépendante du chariot :

Ce type de commande est particulièrement approprié pour la manutention de marchandises volumineuses et de matières en fusion. La distance entre le pontier et la charge peut être choisie suivant besoin.



HA P I T R E 3.

PONTS ROULANTS DES HALLES  
DE STOCKAGE DE MATIERES PREMIERES

Introduction.

Le stockage de matières premières est prévu sur 4 niveaux dans deux halles découvertes ayant chacune une capacité de stockage d'un mois de production. L'approvisionnement se fait par tranches de 700 tonnes livrées tous les trois jours sur des wagons de charge utile 35 tonnes et de longueur 15 mètres. La livraison se fait donc sur une rame de 20 wagons d'une longueur de 300 mètres environ.

Conditionnement des produits bruts :

Les couronnes de fil machine sont livrées cerclées avec :

∅ extérieur: .....	1250 mm
∅ intérieur: .....	850 mm
longueur compactée: .....	1250 mm
poids max: ///.....	1,3 tonnes.

La prise de couronnes est prévue par crochet "C" orientable accroché aux deux crochets du pont en deux points d'entraxe 1,5 m.

Le poids d'un crochet "C" est de 1,5 tonnes.

A. Etude des cycles de manutention :

I. Hypothèses de base :

1- Nombre de couronnes de fil manutentionnées par an :

Approvisionnement annuel en matières premières: ... 48 100 t

Poids d'une couronne: ..... 1,3 t

d'où  $\frac{48\ 100}{1,3} = 37\ 000$  couronnes/an.

Soit 18 500 couronnes par halle.

2- Nombre d'heures travaillées par an : 3900 heures en deux postes

3- Manutentions à effectuer :

a) Déchargement des wagons → Mise au stock

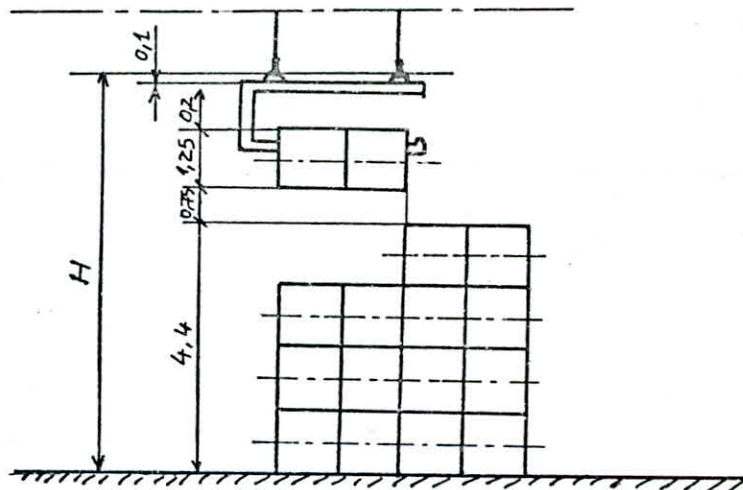
b) Reprise sur stock → Chargement sur chariot transfert.

4- Modalités de déchargement des wagons :

Eors de l'arrivée de la matière première pour l'approvisionnement, on fera entrer les wagons, pour faciliter le déchargement, en deux tronçons de 10 wagons qui seront eux-mêmes divisés sur les deux halles. Le nombre de wagons entrant par halle à chaque étape est donc cinq wagons occupant une longueur de 75 m et disposés le plus près possible de l'aire de stockage libre.

Ces modalités ont pour but d'éviter de mobiliser longtemps les wagons et de réduire les interventions du locotracteur pour les manoeuvres. Dans ce cas la course moyenne du pont roulant, pendant le déchargement sera de 36 m environ.

5- Hauteur libre sous crochets:

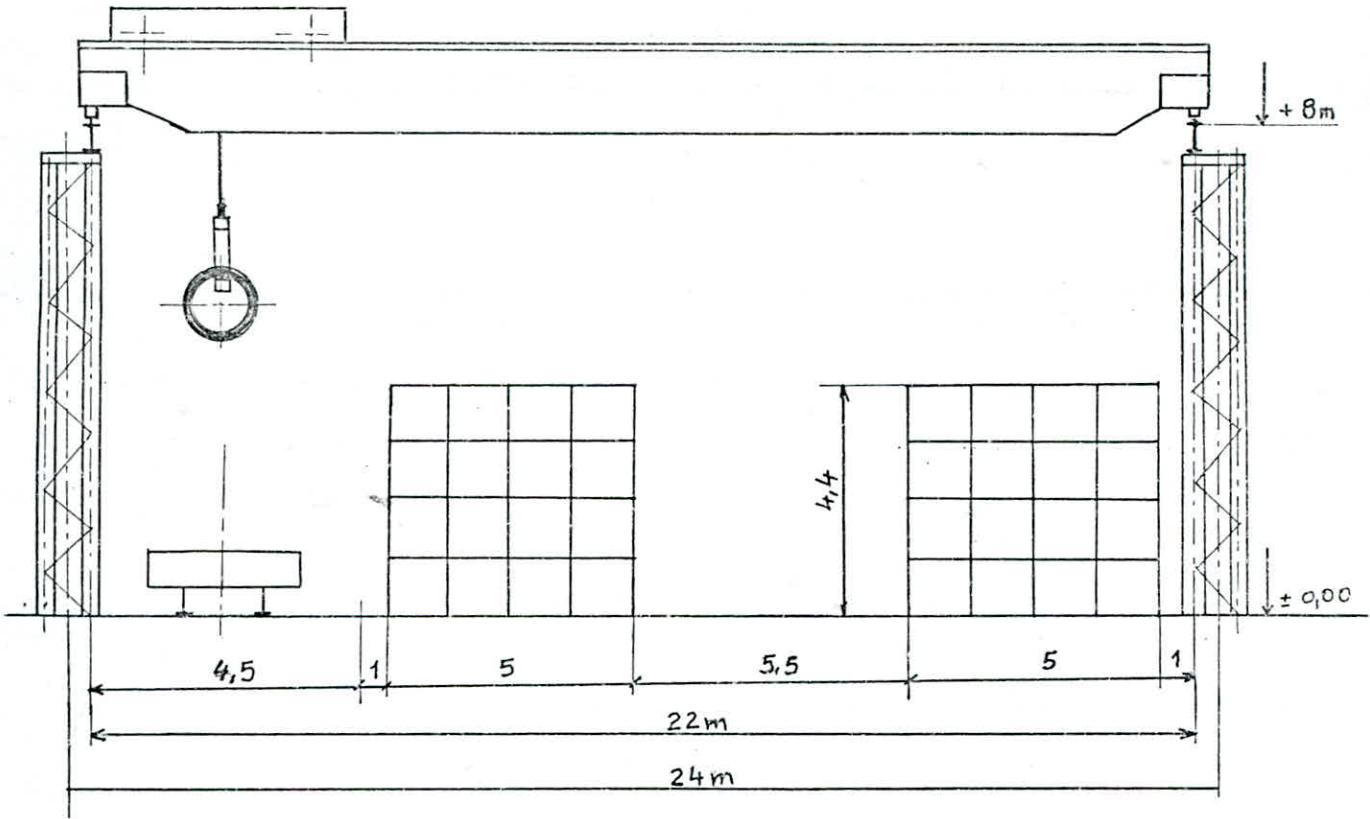


hauteur de stockage : .....	4,4 m
espace nécessaire pour manoeuvres: .....	0,75 m
encombrement couronnes suspendues: .....	1,25 m
écartement couronnes-bras supérieur du "C": .....	0,20 m
épaisseur du bras supérieur du "C": .....	0,10 m
<b>Total :</b>	<b>6,70 m</b>

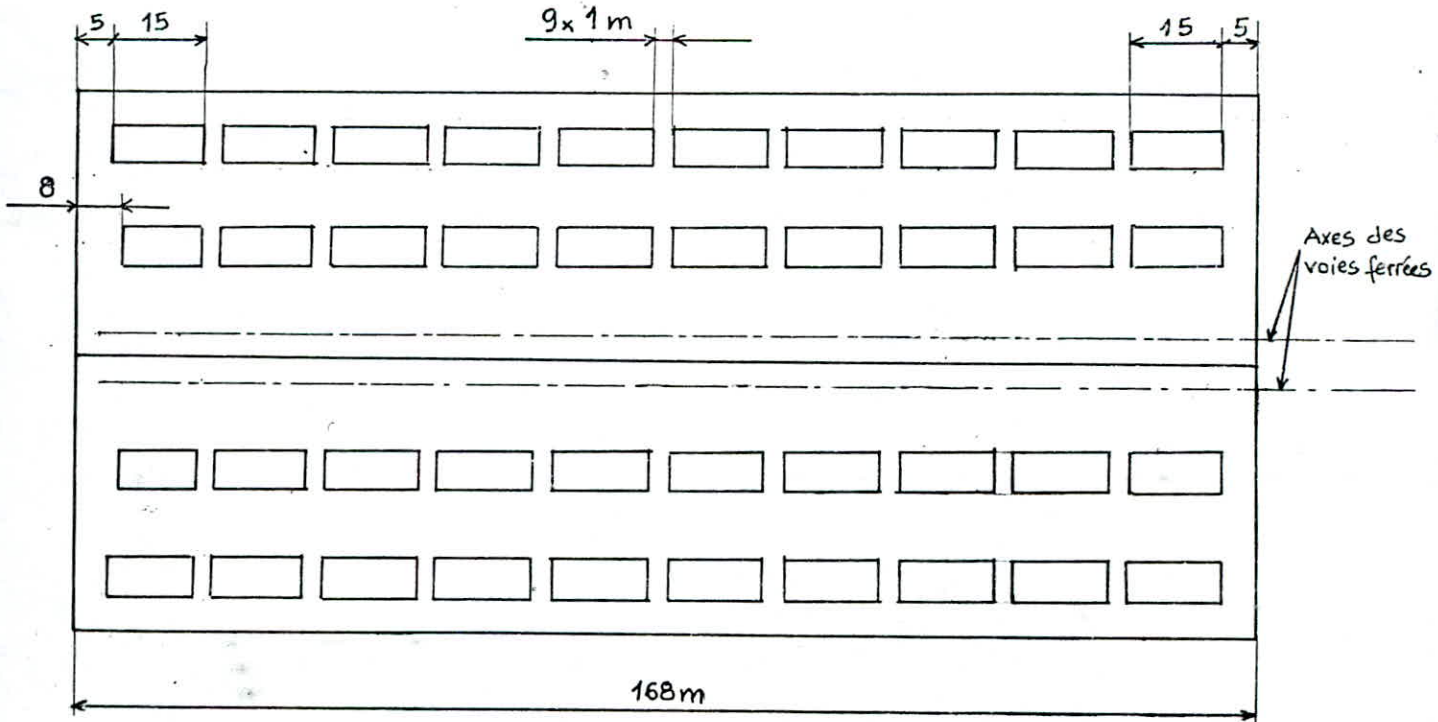
On choisit donc une hauteur libre sous-crochets :

$$H = 7 \text{ m}$$

Coupe transversale d'une halle de stockage de produits bruts:



Vue en plan des halles de stockage de produits bruts:



### 6- Vitesses de travail :

Pour atteindre la performance optimale du pont, la sélection optimale des vitesses de travail appropriées s'impose. Contrairement à ce que l'on pense, la vitesse moyenne résultant des mouvements individuels est décisive et non une vitesse de translation ou de direction très grande. La vitesse finale et les caractéristiques d'accélération et de décélération doivent être dans un rapport bien équilibré. Pour une opération rapide et ininterrompue du pont, les temps de translation et de direction à pleines vitesses devraient atteindre environ 85 % du temps de déplacement total. Pour le choix des vitesses horizontales on peut se fier à l'expérience de DEMAG qui lui a permis de dresser une abaque facilitant la sélection des vitesses de translation et de direction en fonction de la longueur du chemin de roulement et de la portée du pont respectivement.

Pour une longueur de chemin de roulement de 168 m et une portée de 22 m, nous avons obtenus à partir de l'abaque :

vitesse de translation : 73 m/mn environ.

vitesse de direction : 30 m/mn environ.

Nous avons retenu des vitesses standardisées ; soit :

$$V_T = 80 \text{ m/mn}$$

$$V_D = 31,5 \text{ m/mn}$$

Pour le levage nous avons choisis une vitesse de 12 m/mn (cf. Eléments de construction à l'usage de l'ingénieur. Tome 8).

Pour l'étude des cycles de manutentions, nous avons pris à titre indicatif les valeurs des durées d'accélération en fonction des vitesses à atteindre sur le tableau T - I,23II établi par la FEM. section I.

Pour des appareils à vitesse moyenne et rapide d'application courante ce tableau donne :

Vitesse de régime ( m/s )	Durée d'accélération ( s )	Accélération ( m/s <sup>2</sup> )
1,33	5	0,27
0,525	3	0,18



Pour le mouvement de levage, nous avons estimé la durée d'accélération à 1s;  
d'où une accélération de:  $0,2/1=0,2 \text{ m/s}^2$

A partir de ces durées d'accélération, nous pouvons déterminer la distance parcourue pour atteindre la vitesse de régime (ou pour décélérer de  $V_{\text{nom.}}$  à  $0^\circ$ )

$$V=80 \text{ m/mn} \quad x=0,5 \cdot t^2 = 0,5 \cdot 0,27 \cdot 5^2 = 3,375 \text{ m} = 3,4 \text{ m}$$

$$V=31,5 \text{ m/mn} \quad x= \quad = 0,5 \cdot 0,18 \cdot 3^2 = 0,8 \text{ m}$$

$$V=12 \text{ m/mn} \quad x= \quad = 0,5 \cdot 0,2 \cdot 1^2 = 0,1 \text{ m}$$

7-Dans l'étude des cycles de manutention nous ne tiendrons pas compte du temps d'orientation du crochet, car on suppose que cette opération se fera toujours en parallèle avec une autre (translation ou direction ou levage) et par conséquent n'aura aucune influence sur les durées des cycles.

## II. Cycle élémentaire de déchargement:

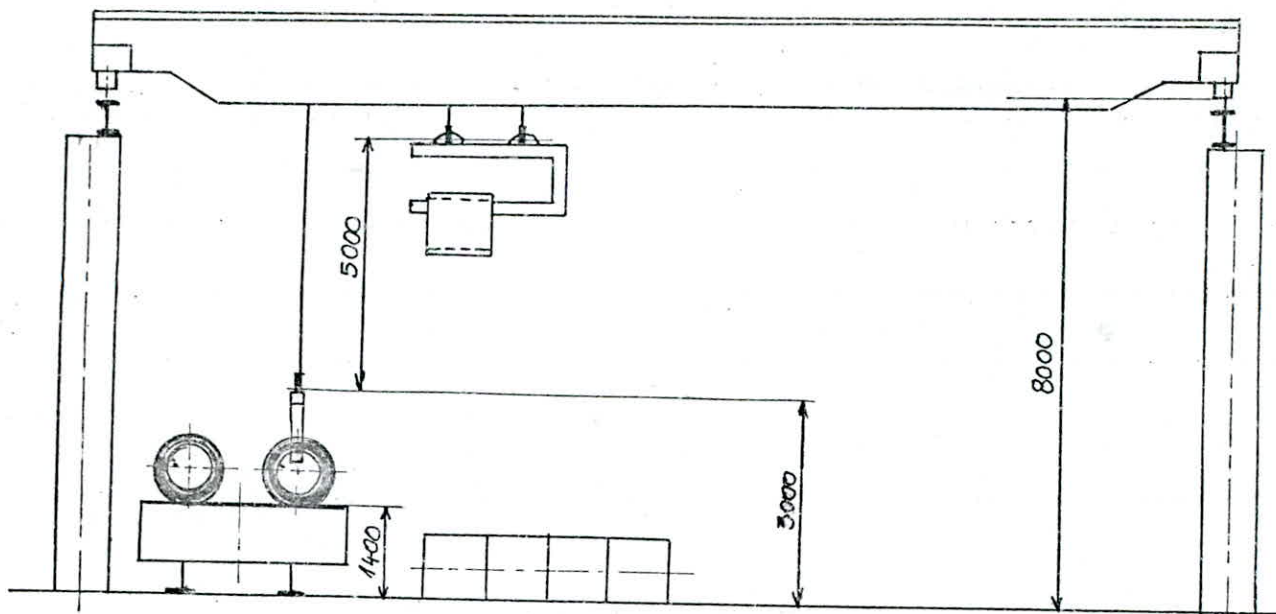
Phases	Parcours moyen (m)	Temps (s)	Indice
Engagement du "C"	-	15	$t_1$
Levage de la charge	4	21	$t_2$
Translation vers aire de stock.	36	32	$t_3$
Direction vers aire de stock.	12	26	$t_4$
Déscente de la charge sur aire de stock.	4	21	$t_5$
Positionnement du pont	-	5	$t_6$
RÉtrait du "C"	-	5	$t_7$
Levage du " C "	2	11	$t_8$
Translation vers wagon	36	32	$t_9$
Direction vers wagon	12	26	$t_{10}$
Déscente du "C" sur wagon	2	11	$t_{11}$
Positionnement du pont	-	5	$t_{12}$

Total: 210s

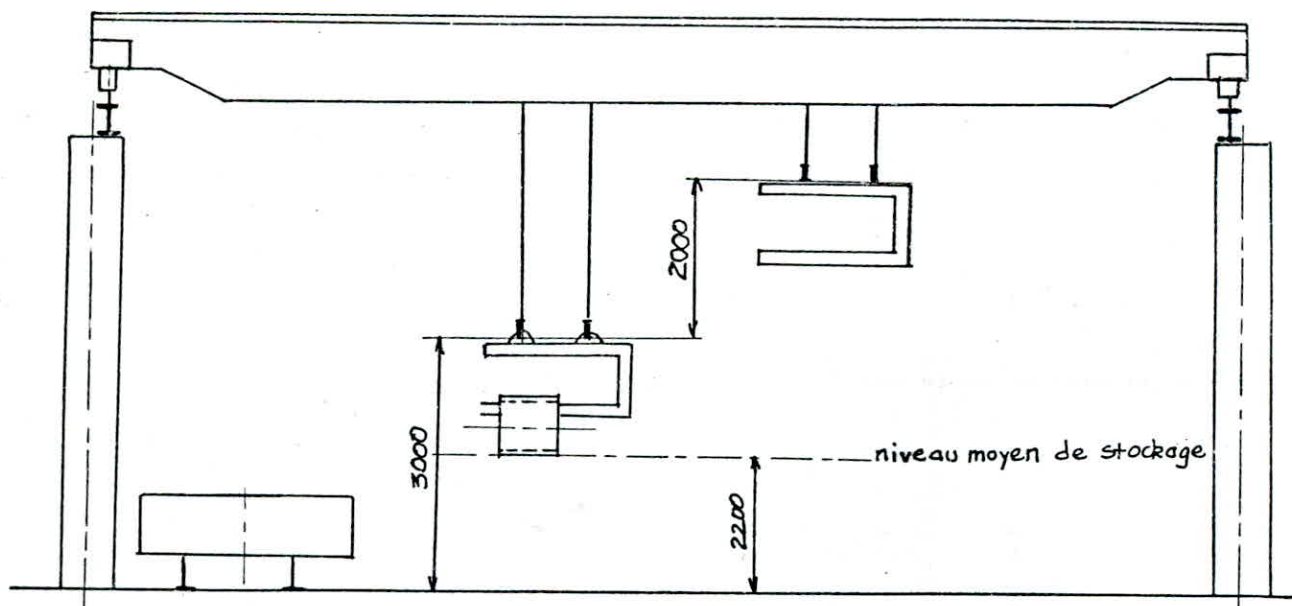
Temps morts: 10% soit 21s

Durée d'un cycle de déchargement:  $t_D = 210 + 21 = 231s$

$t_D = 231s$



Pour décharger les wagons hauts de 1,4m, la charge doit être levée sur 4m environ.



Si on suppose un stockage sur un niveau moyen (hauteur de stockage: 4,4m), la charge doit être descendue sur 4m environ. Après retrait du "C", une course verticale de 2m suffit.

Nombre d'heures nécessaires pour effectuer les manutentions :

Nombre de couronnes à décharger : 18 500 couronnes/an

Nombre de couronnes manutentionnées par cycle : I

Soit 18 500 cycles de déchargement par an.

d'où  $n_D = 18\,500 \times \frac{231}{3600} = 1188$  heures.

III. Cycle élémentaire de transfert des couronnes :

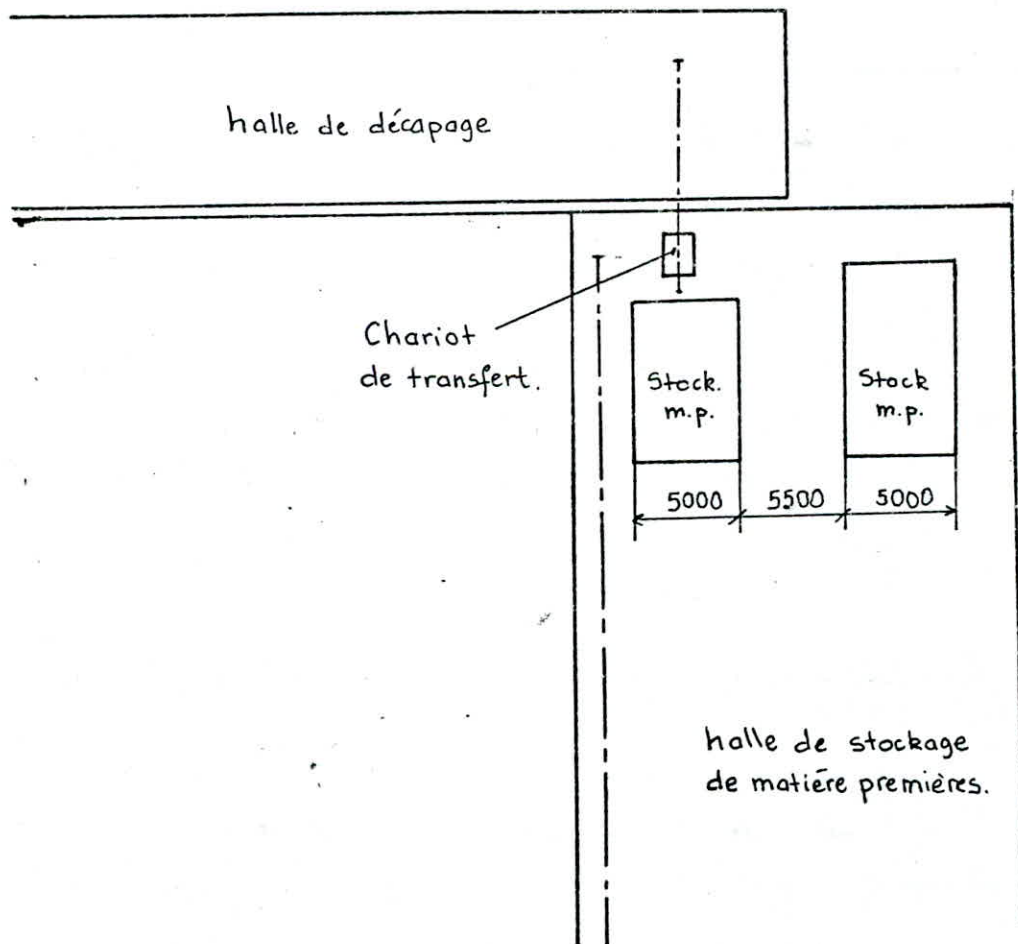
Translation moyenne : 80 m

longueur des chemins de roulement : 168 m

côte d'approche longitudinale : 5 m

d'où une translation moyenne de 80 m environ.

Direction moyenne : 6 m environ



Les courses de levage ne varient pas par rapport au cycle de déchargement.

TABLEAU T2

Phases	Parcours moyen(m)	Temps (s)	Indice
Engagement du "C"	---	15	$t_{21}$
Levage de la charge	4	21	$t_{22}$
Translation vers chariot de transfert	80	65	$t_{23}$
Direction vers chariot de transfert	6	15	$t_{24}$
Déscente du "C" sur chariot transfert	4	21	$t_{25}$
Positionnement du pont	---	5	$t_{26}$
Retrait du "C"	---	5	$t_{27}$
Levage du "C"	2	11	$t_{28}$
Translation vers stock	80	65	$t_{29}$
direction vers stock	6	15	$t_{30}$
Déscente du "C" sur stock	2	11	$t_{31}$
Positionnement du pont	---	5	$t_{32}$

Total : 254 s

temps morts : 10 %, soit 26 s.

durée d'un cycle de transfert :

$$t_T = 254 + 26 = 280 \text{ s.}$$

$$t_T = 280 \text{ s}$$

Nombre d'heures nécessaires pour effectuer les manutentions :

Nombre de couronnes manutentionnées par an : 18 500

Nombre de couronnes prises à chaque cycle : 2

Soit  $\frac{18\ 500}{2} = 9250$  cycles de transfert/an.

d'où  $n_T = 9250 \times \frac{280}{3600} = 720$  heures.

IV. Nombre de ponts roulants nécessaires et taux d'utilisation :

a) Nombre de ponts roulants nécessaires par halle :

$$n_p = n_{\text{total}}/n_o$$

$$n_{\text{total}} = n_D + n_T = 1188 + 720 = 1908 \text{ heures.}$$

$n_o$  - nombre d'heures travaillées par an :

$$n_o = 3900 \text{ h/an.}$$

d'où :

$$n_p = \frac{1908}{3900} = 0,5$$

Donc, un seul pont roulant par halle suffit largement pour effectuer les manutentions.

b) Taux d'utilisation :

$$\zeta = \frac{n_{\text{total}}}{n_o} \times 100 = \frac{1908}{3900} \times 100 = 49 \%$$

$$\zeta = 49 \%$$

V. Temps nécessaire pour le déchargement des wagons :

Nombre de couronnes chargées par wagons :

charge utile d'un wagon : 35 tonnes

poide d'une couronnes : 1,3 tonnes

$$\text{d'où } \frac{35}{1,3} = 27 \text{ couronnes/wagon}$$

Temps de déchargement d'un wagon :

$$t = 27 \times t_D = 27 \times 231 \text{ s} = 6237 \text{ s} = 1,73 \text{ heures.}$$

Etant donné qu'on a 10 wagons à décharger par halle il faudra donc compter environ 18 heures pour effectuer le déchargement total.

## B. FORCE DES PONTS ROULANTS - COMMANDE ET TYPE DE PONT .

### I- Force :

Les ponts sont appelés à manutentionner des charges de 1,3 tonnes et 2,6 tonnes avec un dispositif d'accrochage qui pèse ~~KXX~~ 1,5 tonnes.

La charge maximale à soulever est donc :

$$Q = 2,6 + 1,5 = 4,1 \text{ tonnes}$$

Force standardisée retenue : 5 tonnes.

### 2- Commande :

La vitesse de translation du pont étant de 80 m/mn, la commande à partir d'une cabine s'impose conformément aux prescriptions pour la prévention des accidents. Pour permettre un bon champ de vision du pontier nous avons opté pour une cabine mobile ~~xxx~~ le long de la poutre du pont. Le travail étant effectué dans des halles découvertes, la cabine doit être fermée.

### 3- Type de pont :

Le type de pont le mieux adapté à notre service, est le pont bipoutres avec chariot birails posé~~xxxx~~ car :

- pour une portée de 22 m il convient mieux que les autres types.
- il permet l'aménagement d'une cabine de commande. Les ponts monopoutres sont généralement prévus pour la commande à partir du sol.
- on peut facilement lui adapter un chariot à tourelle pour l'orientation du crochet "C".

D'ailleurs la hauteur des chemins de roulement étant dans notre cas imposée et fixée à 8 m, le seul type de pont qui convient, est le pont bipoutres avec chariot birails posé, ( hauteur libre sous crochets : 7 m).

## C. CLASSEMENT FEM DES PONTS ROULANTS.

### Introduction :

La charpente des ponts et des voies de ponts doit être exécutée différemment selon l'utilisation. Pour l'application des règles de calcul de la charpente métallique, les appareils sont classés en différents groupes suivant le service qu'ils assurent.

Dans un appel d'offres le client doit préciser ses désirs relatifs à un appareil qu'il veut commander et quelles conditions veut-il fixer pour que les constructeurs consultés puissent lui faire une proposition conforme à ses désirs. Les éléments les plus importants pour fixer avec précision le service de l'appareil sont le classement de la charpente et le classement des mécanismes.

Pour déterminer le groupe auquel appartient un appareil, on se base sur deux facteurs :

- la classe d'utilisation :

elle caractérise la fréquence d'utilisation de l'appareil dans son ensemble au cours de son service. La FEM répartit les appareils en quatre classes : A, B, C, D.

- l'état de charge :

l'état de charges levées précise dans quelle mesure l'appareil sou- lève la charge maximale ou seulement une charge réduite. Il est caractérisé par un spectre des charges levées indiquant le nombre de cycles de levage pour lesquels une certaine fraction de la charge maximale est atteinte ou dépassée. C'est un des éléments importants caractérisant la sévérité du service de l'appareil.

Suivant le service qu'ils assurent, les mécanismes sont classés en six groupes à la base de deux facteurs :

- la classe de fonctionnement :

elle caractérise le temps moyen de fonctionnement quotidien en heures. Il y a 8 classes de fonctionnement :

$V_{0,25}$  ;  $V_{0,5}$  ;  $V_I$  ;  $V_2$  ;  $V_3$  ;  $V_4$  ;  $V_5$  .

- l'état de sollicitation :

il précise dans quelle mesure, un mécanisme ou un élément de méca-

nisme est soumis à sa sollicitation maximale ou seulement à des sollicitations réduites. On distingue 3 états de sollicitations : I (léger), 2 (moyen), 3 (lourds). Le classement d'un mécanisme par rapport aux différents états de sollicitations (I,2,3) est donné par la valeur moyenne cubique K définie par la relation :

$$K = \sqrt[3]{\frac{\sum K_i^3 \cdot t_i}{\sum t_i}}$$

où : «  $\sum K_i t_i$  » est la somme des différentes sollicitations partielles constantes  $S_i$  appliquées chacune pendant un temps  $t_i$ .

«  $\sum t_i$  » le temps total d'application des différentes sollicitations.

Cas du mouvement de levage :

La détermination de la moyenne cubique K dépend du spectre des charges utiles levées et de la masse levée sans charge utile.

Cas des mouvements horizontaux :

La valeur de la moyenne cubique K est donnée par la figure-2, I2I ter (FEM.I) en fonction des paramètres suivants :

$\alpha$  : Rapport entre le temps de fonctionnement de la période d'accélération (ou de freinage) et le temps total de fonctionnement du mécanisme.

$\gamma'$  : Rapport entre la sollicitation à laquelle est soumis le mécanisme pour l'entretien du mouvement sans vent (SMF) et la sollicitation totale  $SM_{maxII}$ .

$$\gamma' = \frac{SMF}{SM_{maxII}}$$

$$\text{où } \left\{ \begin{array}{l} SM_{maxII} = \overline{SMF} + \overline{SMA} + \overline{SMW8} \\ \text{ou} \\ SM_{maxII} = \overline{SMF} + \overline{SMW25} \end{array} \right.$$

On retiendra la plus grande de ces deux valeurs.

• SMF : Sollicitation correspondant à la résistance au roulement due au frottement galet-rail et galet-essieu.

$$SMF = \frac{Q (\delta + f.r)}{R}$$



Q - charge des galets

$\delta$  - bras de résistance au roulement

$$\delta = 0,05 \text{ à } 0,1 \text{ cm}$$

f - coefficient de frottement galet-essieu

R - rayon du galet

r - rayon de l'essieu

Pour tenir compte des frottements latéraux entre rail et galet et des défauts d'horizontalité du rail, on doit majorer SMF de 60 à 80 %.

- SMA : Sollicitation correspondant à la force d'inertie au démarrage (ou au freinage).

$$SMA = m.a$$

m : masse en mouvement

a : accélération du mouvement.

- SMW8 / Sollicitation due à l'action d'un vent de pression aérodynamique :  $8 \text{ Kgf/m}^2$ .
- SMW25 : Sollicitation due à l'action d'un vent de pression aérodynamique : ~~52~~  $25 \text{ Kgf/m}^2$ .

$$SMW = A.q.c$$

A - surface exposée au vent

q - pression aérodynamique du vent

c - coefficient aérodynamique dépendant de la géométrie de la surface exposée.

## I. Classement de la charpente.

a/Classe d'utilisation: C

Cette classe correspond à une utilisation en service intensif. En effet, en plus de l'opération de déchargement, les ponts roulants des halles de stockage sont inclus dans un cycle de production avec mission d'assurer un débit de manutentions régulier à la halle de décapage.

b/Etat de charge: 2(moyen)

Dans le cas de la manutention de 2 couronnes simultanément (2x1,3t), la charge levée serait de 82% de la charge maximale.

$L$	Poids mort+Charge utile
$L_{max.}$	Charge max.

poids mort=15KN

charge utile=2x13KN=26KN

charge max.=50KN

$$\text{DONC: } \frac{L}{L_{max.}} = \frac{15+26}{50} = 0,82$$

Le spectre de charges levées (Fig. I, I2I p.II) donne pour  $\frac{L}{L_{max.}} = 0,82$  :  
 $p=2/3$

Cette valeur correspond à un état de charge 2.

c/Groupe de classement de la charpente: 5

Selon le tableau T-I, I3 de la FEM.I, une classe d'utilisation C combinée à un état de charge 2 correspond au groupe 5.

## II. Classement des mécanismes:

Pour le classement des mécanismes, nous considérons un cycle complet de manutentions composé de 2 cycles élémentaires de déchargement et d'un cycle élémentaire de transfert.

Nombre de cycles de déchargement par an: 18500

Nombre de cycles de transfert par an: 9250

Soit donc, 9250 cycles complets/an.

### I. Mécanisme de levage:

a/Classe de fonctionnement:

Temps moyen journalier d'utilisation:

$$t_m = n_{cc} \cdot \frac{t_1}{3600}$$

$n_{cc}$  - nombre de cycles complets par jour.

$t_1$  - temps de fonctionnement du mécanisme de levage pendant 1 cycle complet

$$n_{cc} = N_{cc} / j = 9250 / 248 = 37,3 \text{ cycles complets/j}$$

(j=248 jours par an)

$$t_1 = 2(t_2 + t_5 + t_8 + t_{11}) + (t_{22} + t_{25} + t_{28} + t_{31})$$

$$t_2 = t_5 = 2I_s \quad \text{Cf. tableau T1}$$

$$t_8 = t_{11} = II_s$$

$$t_{22} = t_{25} = 2I_s \quad \text{Cf. tableau T2}$$

$$t_{28} = t_{31} = II_s$$

d'où :  $t_1 = 192s$  ; donc :  $t_m = 37,3 \cdot 192 / 3600 = 1,99h/j$

D'après le tableau T-2, II de la FEM. I, un temps moyen de fonctionnement journalier de 1,99h correspond à la classe de fonctionnement  $V_I$ .

b/Etat de sollicitation:

Valeur de la moyenne cubique K:

$$K = \sqrt[3]{\frac{K_1^3 \cdot t_1 + K_2^3 \cdot t_2 + K_3^3 \cdot t_3}{t_1 + t_2 + t_3}}$$

$$K_I = \frac{\text{Poids du "C" + poids d'I couronne}}{\text{Charge max.}} = \frac{1,5 + 1,3}{5} = 0,56$$

$t'_1$ : temps de fonctionnement du mécanisme de levage avec "C" + I couronne pendant I cycle complet.

$$t'_1 = 2(t_2 + t_5) = 2(2I + 2I) = 84s$$

$$K_2 = \frac{\text{Poids du "C" + poids des 2 couronnes}}{\text{Charge max.}} = \frac{1,5 + 2,6}{5} = 0,82$$

$t'_2$ : temps fonctionnement du mécanisme de levage avec "C"+2 couronnes pendant un cycle complet.

$$t'_2 = t_{22} + t_{25} = 2I + 2I = 42s$$

$$K_3 = \frac{\text{Poids du "C" seulement}}{\text{Charge max.}} = \frac{1,5}{5} = 0,3$$

$t'_3$ : temps de fonctionnement du mécanisme de levage avec "C" seulement pendant I cycle complet.

$$t'_3 = 2(t_8 + t_{11}) + (t_{28} + t_{31}) = 2(II + II) + (II + II) = 66s$$

$$\text{Donc: } K = \frac{0,56^3 \cdot 84 + 0,82^3 \cdot 42 + 0,3^3 \cdot 66}{84 + 42 + 66} = 0,59$$

Conformément aux zones K indiquées par la FEM, cette valeur correspond à un état de sollicitation 2 (moyen).

a/ Groupe de classement:

Une classe de fonctionnement  $V_I$  combinée à un état de sollicitation 2 correspond au groupe  $I_{Am}$ .

2. Mécanisme de translation:

a/ Classe de fonctionnement:

Temps moyen journalier d'utilisation:

$$t_m = n_{cc} \cdot t_t / 3600$$

$t_t$  : temps de fonctionnement du mécanisme de translation pendant I cycle complet de manutention.

$n_{cc} = 37,3$  cycles complets/j

$$t_t = 2(t_3 + t_6 + t_9 + t_{12}) + (t_{23} + t_{26} + t_{27} + t_{29} + t_{32}) \\ = 2(32 + 5 + 32 + 5) + (65 + 5 + 5 + 65 + 5) = 293s$$

$$t_3 = 32s$$

$$t_{12} = 5s$$

$$t_{29} = 65s$$

$$t_6 = 5s$$

$$t_{23} = 65s$$

$$t_{32} = 5s$$

$$t_9 = 32s$$

$$t_{26} = 5s$$

$$t_{27} = 5s$$

d'où :  $t_m = 37,3 \cdot 293 / 3600 = 3,035h/j$

Un temps moyen de fonctionnement quotidien de 3,035h correspond à une classe de fonctionnement  $V_2$ .

b/ Etat de sollicitation:

b.I. Détermination de  $\alpha$ :

	Opérations	Durée (s)	N <sup>bre</sup> d'accél. et de fr./op.	Durée (s)
Cycle de déchargement	Translation avec 1 couronne	32	I accélération I freinage	5 5
	Translation à vide	32	I accélération I freinage	5 5
	2 positionnements	5	Impulsions	5
Cycle de transfert	Trans. avec 2 couronnes	65	I accélération I freinage	5 5
	Trans. à vide	65	I accélération I freinage	5 5
	2 posit.	5	Impulsions	5
	I retrait du "C"	5	Impulsions	5

temps de fonctionnement total du mécanisme de translation pendant un cycle complet :

$$2 (32 + 32 + 2.5) + (65 + 65 + 2.5 + 5) = 293 \text{ s.}$$

temps de fonctionnement de la période d'accélération (ou de freinage) pendant un cycle complet :

$$2 [(5 + 5) + (5 + 5) + 2.5] + [(5 + 5) + (5 + 5) + 2.5 + 5] = 95 \text{ s.}$$

Donc  $\alpha = 95/293 = 0,32$

b. ~~X~~ Détermination de  $\gamma'$  :

b.2.I- Estimation de SMF:

$$SMF = \frac{Q (\delta + f.r)}{R}$$

$$Q = Q_G + Q_p$$

avec:  $Q_G$  = poids total à vide

$Q_p$  = force du pont

$$= 5.10^4 \text{ N}$$

Pour l'estimation du poids total à vide, nous avons supposé un poids moyen comparativement à ceux proposés par les différents constructeurs.

$$\text{Soit : } Q_G = 16 \cdot 10^4 \text{ N.}$$

$$\text{Donc : } Q = 16 \cdot 10^4 + 5 \cdot 10^4 = 21 \cdot 10^4 \text{ N.}$$

$$\text{Prenons } \left. \begin{array}{l} R = 200 \text{ mm} \\ r = 50 \text{ mm} \end{array} \right\} \text{(selon des ponts standards)}$$

$$\delta = 0,08 \text{ cm}$$

$$\text{et } f = 0,015 \text{ ( galet sur roulement)}$$

$$\text{d'où : } SMF = \frac{21 \cdot 10^4 (0,8 + 0,015 \cdot 50)}{200} = 1628 \text{ N}$$

En majorant cette valeur de 70 % on obtient :  $SMF = 2768 \text{ N}$

b.2.2- Estimation de SMA :

$$SMA = \frac{Q}{g} \cdot a \quad \text{avec: } \begin{array}{l} a = 0,27 \text{ m/s}^2 \\ g = 10 \text{ m/s}^2 \\ Q = 21 \cdot 10^4 \text{ N} \end{array}$$

$$\text{donc: } SMA = \frac{21 \cdot 10^4}{10} \cdot 0,27 = 5670 \text{ N}$$

$$SMA = 5670 \text{ N}$$

b.2.3- Estimation de SMW :

$$SMW = A \cdot q \cdot c$$

dans notre cas : ~~SMW~~

$$SMW = q (A_p \cdot c_1 + A_{ch} \cdot c_2 + A_c \cdot c_3 + A_{Qp} \cdot c_4)$$

-  $A_p$  : surface offerte par la poutre:

Pour une force de 5 tonnes et une portée de 22 m, nous avons relevé sur des catalogues de ponts standards (poutre en caisson) :

$$l = 22,5 \text{ m} \quad \text{avec: } l = \text{longueur de la poutre}$$

$$\text{et } h = 0,8 \text{ m} \quad h = \text{hauteur de la poutre.}$$

$$\text{d'où } A_p = 0,8 \times 22,5 = 18 \text{ m}^2$$

Pour une poutre en caisson avec  $\frac{l}{h} = 27,5$   $c_I = 1,8$

-  $A_{ch}$  : surface offerte par le chariot

On estime la longueur du chariot à 3,3 m et la hauteur à 0,9 m  
donc  $A_{ch} = 0,9 \cdot 3,3 = 2,97 \text{ m}^2 \approx 3 \text{ m}^2$ .  
on prend  $c_2 = 1$

-  $A_c$  : surface offerte par la cabine

On estime la hauteur de la cabine à 1,65 m et la largeur à 1,4 m  
donc  $A_c = 1,4 \cdot 1,65 = 2,3 \text{ m}^2$   
prenons  $c_3 = 1$

-  $A_{Qp}$  : surface offerte par la charge

On peut déterminer la surface offerte au vent par la charge  
mais pour tenir compte de la possibilité d'un autre service  
on prend  $1 \text{ m}^2/\text{t}$ .

$$\text{Donc: } A_{Qp} = 5 \text{ t} \cdot 1 \text{ m}^2/\text{t} = 5 \text{ m}^2$$

$$c_4 = 1 \quad (\text{article I,24I4})$$

Cas de l'action d'un vent de  $8 \text{ Kgf/m}^2$ :

$$SMW8 = \sqrt{(18 \cdot 1,8) + 3 \cdot 1 + 2,3 \cdot 1 + 5 \cdot 1} / 80 = 3416 \text{ N}$$

Cas de l'action d'un vent de  $25 \text{ Kgf/m}^2$ :

$$SMW25 = \sqrt{(18 \cdot 1,8) + 3 \cdot 1 + 2,3 \cdot 1 + 5 \cdot 1} / 250 = 10675 \text{ N}$$

$$SM_{\text{maxII}} = SMF + SMA + SMW8 = 2768 + 5670 + 3416 = 11854 \text{ N}$$

$$SM_{\text{maxII}} = SMF + SMW25 = 2768 + 10675 = 13443 \text{ N}$$

On retient donc :  $SM_{\text{maxII}} = 13443 \text{ N}$

$$\text{d'où } \gamma' = \frac{SMF}{SM_{\text{maxII}}} = \frac{2768}{13443} = 0,2$$

pour  $\gamma' = 0,2$  et  $\alpha = 0,32$  la fig. 2,I2I ter donne :

$$K = 0,68$$

Donc le mécanisme de translation est soumis à un état de sollicitation 3

c/ Groupe de classement :

Une classe de fonctionnement  $V_2$  combinée à un état de sollicitation 3, correspond au groupe  $3_m$ .

3. Mécanisme de direction :

a) Classe de fonctionnement :

temps moyen journalier d'utilisation :

$$t_m = n_{cc} \cdot t_d / 3600$$

$t_d$  - temps de fonctionnement du mécanisme de direction pendant un cycle complet.

$$n_{cc} = 37,3 \text{ cycles complets/j.}$$

$$t_d = 2 (t_I + t_4 + t_7 + t_{I0}) + (t_{2I} + t_{24} + t_{30})$$

$$t_I = 15 \text{ s}$$

$$t_4 = 26 \text{ s}$$

$$t_7 = 5 \text{ s}$$

$$t_{I0} = 26 \text{ s}$$

Cf. tableau  $T_I$ .

$$t_{2I} = t_{24} = t_{30} = 15 \text{ s} \quad \text{cf. tableau } T_2.$$

$$\text{Donc: } t_n = 2 (15 + 26 + 5 + 26) + (15 + 15 + 15) = 189 \text{ s.}$$

$$\text{d'où : } t_m = 37,3 \cdot 189 / 3600 = 1,96 \text{ h/j.}$$

Conformément au tableau T-2,II, ce temps correspond à une classe  $V_I$ .

b) Etat de sollicitation :

b.I - Détermination de  $\alpha$  :



Cycle	Opérations	Durée (s)	Nombre d'accélération et de freinage/opérat°	Durée (s)
Déchargement	I direction avec une couronne	26	I accélération I freinage	3 3
	I direction à vide	26	I accélération I freinage	3 3
	I engagement du "C"	15	Impulsions	5
	I retrait du "C"	5	Impulsions	5
Transfert	I directions avec deux couronnes	15	I accélération I freinage	3 3
	I direction à vide	15	I accélération I freinage	3 3
	I engagement du "C"	15	Impulsions	5

temps total de fonctionnement du mécanisme pendant un cycle complet :

$$t_d = 189 \text{ s.}$$

temps de fonctionnement de la période d'accélération (ou de freinage) :

$$2 \left[ (3 + 3) + (3 + 3) + 5 \right] + \left[ (3 + 3) + (3 + 3) + 5 \right] = 61 \text{ s}$$

d'où  $\alpha = \frac{61}{189} = 0,32$

b.2 - Détermination de  $\gamma'$  :

b.2.I. Estimation de SMF :

$$SMF = \frac{Q_c (\delta + f.r)}{R}$$

$$Q_c = Q_o + Q_p$$

$$Q_p - \text{force du pont} = 5 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$Q_o - \text{poids du chariot}$$

On l'estime à  $3,5 \cdot 10^4 \text{ N}$

donc :  $Q_c = 10^4 (3,5 + 5) = 8,5 \cdot 10^4 \text{ N}$

prenons :

$$R = 100 \text{ mm}$$

$$r = 30 \text{ mm}$$

$$\delta = 0,8 \text{ mm}$$

$$f = 0,015$$

$$\text{d'où : } SMF = \frac{8,5 \cdot 10^4 (0,8 + 0,015 \cdot 30)}{100} = 1062,5 \text{ N}$$

En majorant cette valeur de 65% , on obtient :  $SMF = 1754 \text{ N}$

b.2.2. Estimation de SMA :

$$SMA = \frac{Q_c}{g} \cdot a \quad a = 0,18 \text{ m/s}^2 ; \quad g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$SMA = \frac{8,5 \cdot 10^4}{100} \times 0,18 = 1530 \text{ N}$$

b.2.3. Estimation de SMW :

$$SMW = q(A_{ch} \cdot c_1 + A_{Qp} \cdot c_2)$$

-  $A_{ch}$  : surface offerte par le chariot :  
on estime la largeur du chariot à 2,2 m .

$$\text{d'où : } A_{ch} = 2 \cdot 2 \cdot 0,9 = 1,98 \text{ m}^2$$

-  $A_{Qp} = 5 \text{ m}^2$  (surface offerte par la charge)

. Cas de l'action d'un vent de  $8 \text{ kgf/m}^2$  :

$$SMW8 = 80(1,98 \cdot 1 + 5 \cdot 1) = 560 \text{ N}$$

. Cas de l'action d'un vent de  $25 \text{ kgf/m}^2$  :

$$SMW25 = 250(1,98 \cdot 1 + 5 \cdot 1) = 1750 \text{ N}$$

$$\text{Donc : } SM_{\text{maxII}} = SMF + SMA + SMW8 = 1754 + 1530 + 560 = 3844 \text{ N}$$

$$\text{où : } SM_{\text{maxII}} = SMF + SMW25 = 1754 + 1750 = 3504 \text{ N}$$

$$\text{on retient donc : } SM_{\text{maxII}} = 3844 \text{ N}$$

$$\text{d'où : } \gamma = \frac{SMF}{SM_{\text{maxII}}} = \frac{1754}{3844} = 0,456$$

pour  $d=0,32$  et  $\gamma=0,46$  , la figure 2,121 ter (FEM.I) donne :

$$K = 0,73$$

Conformément aux zones K indiquées par la FEM , on se trouve en présence d'un état de sollicitation 3.

c) Groupe de classement :

Une classe de fonctionnement  $V_I$  combinée à un état de sollicitation 3 , correspond au groupe  $2_m$  .

4/ Mécanisme de rotation :

Le mécanisme de rotation servant uniquement à l'orientation du "C" étant très peu utilisé , on le classe d'office dans le groupe le plus faible :

Soit le groupe:  $I_{Bm}$

III. Harmonisation :

I/ Harmonisation des classes des mécanismes avec la classe de la charpente :

Nous avons vu que les mécanismes considérés en fonction de leur service propre correspondent aux groupes :

$I_{Am}$	pour le mécanisme de levage	avec : $T_i = 3200$ heures
$3_m$	pour le mécanisme de translation	avec : $T_i = 6300$ heures
$2_m$	pour le mécanisme de direction	avec : $T_i = 3200$ heures

Harmonisation selon la FEM :

Durée effective d'exploitation de l'appareil :

$$T = N \cdot t / 3600$$

N- nombre conventionnel de cycles affecté à la classe d'utilisation "C" :  $N = 6,3 \cdot 10^5$   
 t- durée d'un cycle

Etant donné que les ponts roulants ont à effectuer deux cycles différents dont le nombre est dans un rapport de 2, on peut exprimer la durée effective d'exploitation de l'appareil par l'expression :

$$T = \frac{N_D \cdot t_D + N_T \cdot t_T}{3600}$$

avec :  $N_D = 2/3 N = 2/3 \cdot 6,3 \cdot 10^5 = 4,2 \cdot 10^5$   
 $N_T = 1/3 N = 1/3 \cdot 6,3 \cdot 10^5 = 2,1 \cdot 10^5$   
 $t_D = 231 \text{ s}$   
 $t_T = 280 \text{ s}$

$$\text{d'où : } T = \frac{4,2 \cdot 10^5 \times 231 + 2,1 \cdot 10^5 \cdot 280}{3600} = 43\,283 \text{ h.}$$

En répartissant cette durée sur les trois mouvements suivant l'utilisation de chacun, on trouve :

- Mécanisme de levage :

$$\alpha_i = t_1 / t_c$$

avec,  $t_1$  : durée de fonctionnement du mécanisme de levage pendant un cycle complet.

$$t_1 = 192 \text{ s}$$

$$t_c = 2t_D + t_T \quad (\text{cycle complet})$$

$$t_D = 231 \text{ s} \quad ; \quad t_T = 280 \text{ s}$$

$$t_c = 2 \cdot 231 + 280 = 742 \text{ s}$$

$$\text{donc } \alpha_i = 192 / 742 = 0,259$$

durée d'exploitation du mécanisme de levage :

$$T_i = \alpha_i \cdot T = 0,259 \times 43\,283 = 11\,200 \text{ h.}$$

Cette durée correspond à une classe de fonctionnement  $V_3$  qui, combinée à un état de sollicitation 2, correspond au groupe  $3_m$ .

- Mécanisme de translation :

$$\alpha_{\lambda} = t_t / t_c \quad \text{avec, } t_t : \text{durée de fonctionnement du mécanisme de translation/cycle complet.}$$

$$t_t = 293 \text{ s}$$

$$\text{donc } \alpha_{\lambda} = 293 / 742 = 0,39$$

durée d'exploitation du mécanisme de translation :

$$T_i = \alpha_{\lambda} \cdot T = 0,39 \times 43\,283 = 16\,884 \text{ h.}$$

Cette durée correspond à une classe de fonctionnement  $V_4$  qui, combinée à un état de sollicitation 3, correspond au groupe  $5_m$ .

- Mécanisme de direction :

$$\alpha_{\lambda} = t_d / t_c \quad \text{avec, } t_d : \text{durée de fonctionnement du mécanisme de direction/cycle complet.}$$

$$t_d = 189 \text{ s}$$

$$\text{donc : } \alpha_{\lambda} = 189 / 742 = 0,254$$

durée d'exploitation du mécanisme de direction :

$$T_i = \alpha_{\lambda} \cdot T = 0,254 \times 43\,283 = 10\,994 \text{ h.}$$

Cette durée correspond à une classe de fonctionnement  $V_3$  qui, combinée à l'état de sollicitation 3, correspond au groupe  $4_m$ .

Comparaison :

Mécanisme	Classement du mécanisme considéré seul	Classement du mécanisme dans l'ensemble de l'appareil
Levage	$1_{Am}$	$3_m$
Translation	$3_m$	$5_m$
Direction	$2_m$	$4_m$

La différence élevée des résultats indique que les conditions de travail du pont considéré ne correspondent pas aux conditions moyennes supposées dans les recommandations de la FEM.

Pour cela nous avons décidé de baser l'harmonisation sur les temps absolus affectés aux classes d'utilisation dans le tableau T-2, II., Afin d'obtenir des durées d'exploitation des mécanismes en harmonie avec celle de l'appareil.

Durée d'exploitation de l'appareil en ans :

$$D_A = \frac{N}{N_D + N_T} \quad \text{avec, } N: \text{ nombre conventionnel de cycles affecté à la classe C.}$$

$N_D$ : Nombre de cycles de déchargement/an

$N_T$ : nombre de cycles de transfert/an

donc:  $D_A = \frac{6,3 \cdot 10^5}{18500 + 9250} = 22,7 \text{ ans.}$

Durée d'exploitation des mécanismes en ans :

$$D_M = \frac{T_i}{t_m \cdot j} \quad \text{avec, } T_i: \text{ durée totale de l'utilisation du mécanisme affectée à la classe correspondante en h.}$$

$t_m$ : temps moyen de fonctionnement quotidien du mécanisme en h/j.

$j$ : nombre de jours travaillés par an

$j = 248 \text{ j/an.}$

A partir des différentes classes d'utilisation nous avons dressé un tableau qui donne pour chaque mécanisme, les durées d'exploitations en ans relatives à chaque <sup>classe de</sup> fonctionnement.

	$V_I$	$V_2$	$V_3$
Levage	6,48 ans	<u>12,77 ans</u>	25,3 ans
Translation		8,37 ans	<u>16,6 ans</u>
Direction	6,58 ans	<u>12,96 ans</u>	25,7 ans

En comparant ces durées d'exploitation à celle de l'appareil qui est de 22,7 ans, nous avons retenus les classes  $V_2$ ,  $V_3$ ,  $V_2$  respectivement pour les mécanismes de levage, translation et de direction.

En effet, les mécanismes sont généralement conçus pour une durée d'exploitation inférieure à celle de l'appareil (environ la moitié) ; ceci parceque, contrairement à la charpente, les mécanismes comportent des organes qui s'usent plus vite et qui sont en rapport direct avec la fiabilité de fonctionnement.

2/ Choix final des groupes de classement :

Avec les états de sollicitations déjà déterminés, les classes  $V_2$ ,  $V_3$ , et  $V_2$  conduisent aux groupes :

$2_m$  pour le mécanisme de levage.

$4_m$  pour le mécanisme de translation

$3_m$  pour le mécanisme de direction

( le mécanisme de rotation est classé d'office dans le groupe  $I_{Em}$  ).

La chargeuse est classée dans le groupe 5.



CHAPITRE 4.



PONTS ROULANTS DE LA  
HALLE DE DECAPAGE.

INTRODUCTION.

La ligne de décapage est une installation classique à cuves ouvertes devant assurer une production de 50 000 tonnes par an en deux postes, donc en 3900 heures de travail par an, avec un taux d'utilisation maximum de 85 %. Ceci revient donc à avoir une installation de :

$$\frac{50\ 000}{3900 \times 0,85} = 15 \text{ tonnes/heure.}$$

I. Description de l'installation :

Le décapage des couronnes se fait à l'acide sulfurique chauffé à 70°C par immersion des couronnes de fil dans le bain d'acide.

La ligne comprend :

- 4 cuves d'acide sulfurique
- 2 cuves de rinçage à l'eau
- 1 cuve de pulvérisation
- 1 cuve de borax
- 2 cuves de chaux
- 2 fours de séchage au gaz naturel
- 1 équipement complet de traitement d'air.

2. Description du déroulement du travail :

Les couronnes de fil machine sont reprises du stock avant décapage par pont roulant et déliées avant de subir le traitement qui est le suivant :

- Maintien dans l'acide pendant 20 minutes ; à la sortie du bain les couronnes sont maintenues suspendues au dessus du bac pendant 2 Minutes, environ pour égoutter et ceci pour ne pas souiller les baigns de rinçage.

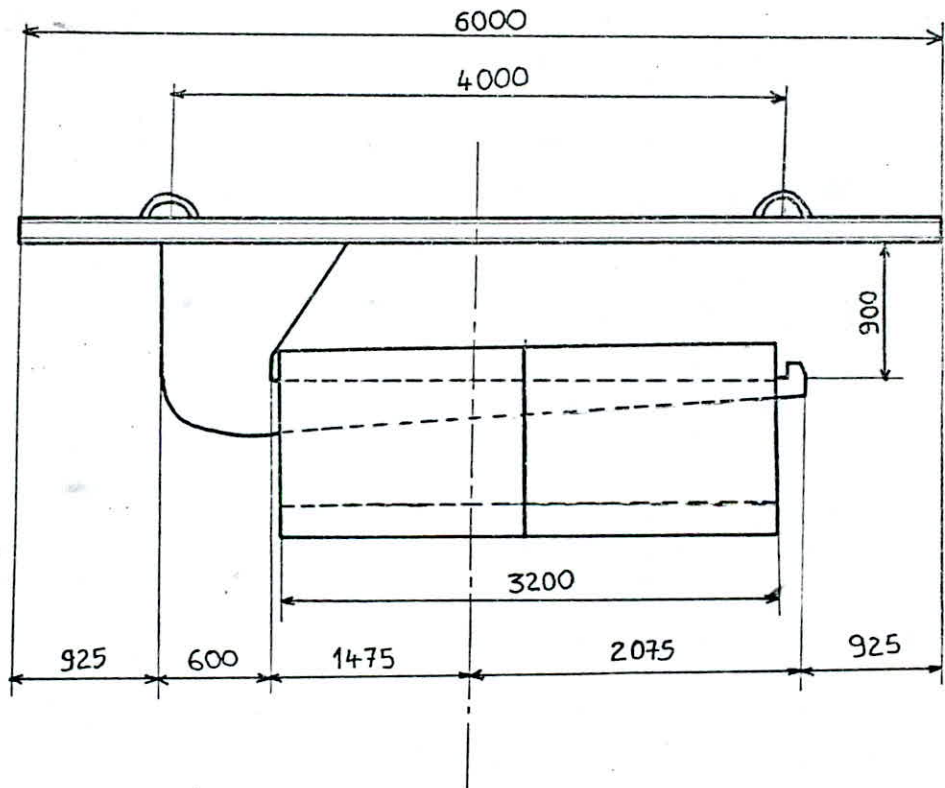
- Rinçage tiède, pulvérisation, boraxage et chaulage suivi d'une courte durée d'égouttage.

A part la pulvérisation ces traitements se font par immersion simple sans temporisation.

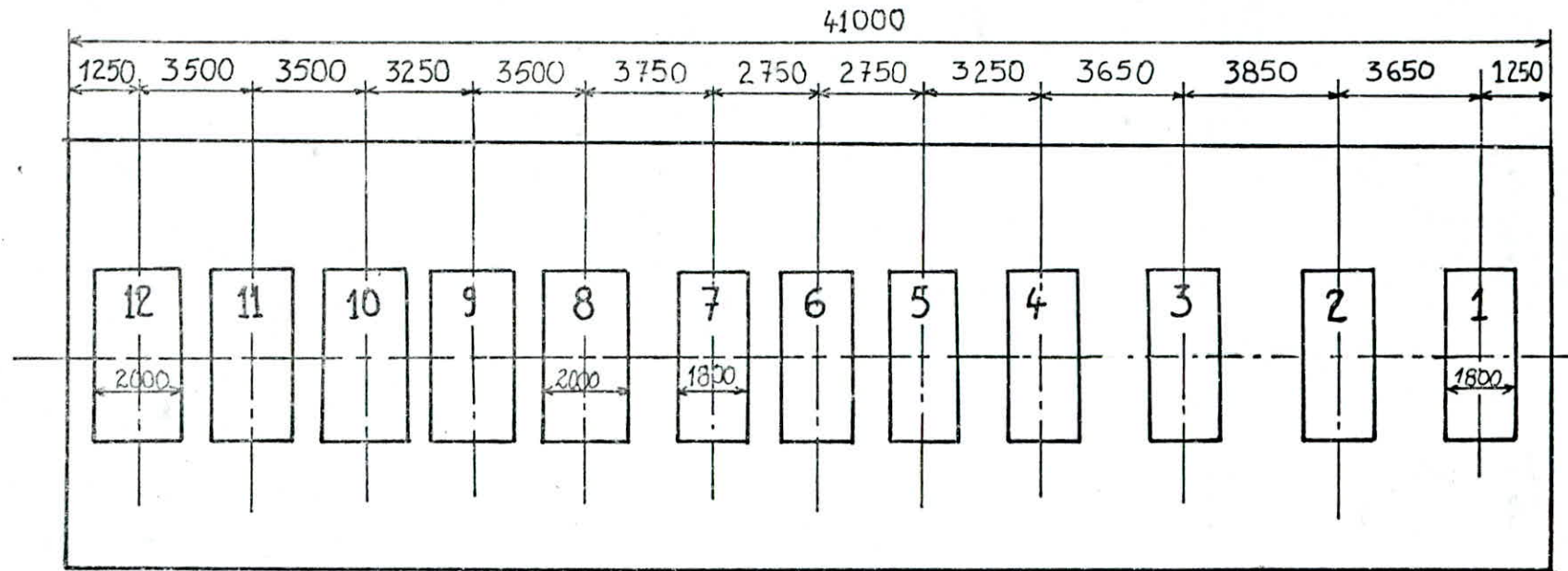
- Enfin sechage au four pendant 20 minutes environ.

Après sechage, les couronnes sont cerclées et déposées sur l'aire de stockage intermédiaire pour être évacuées après vers la halle de tréfilage. Les couronnes sont prises deux à deux à l'aide de crochets "C" en bronze. Pendant le maintien dans le bain d'acide et pendant le sechage ces crochets (auxquels sont suspendues les deux couronnes) sont posés sur des traverses prévues à cet effet.

Détails des crochets "C" /



masse du "C" : 3 tonnes



- 1. Bac d'acide 1
- 2. Bac d'acide 2
- 3. Bac d'acide 3
- 4. Bac d'acide 4

- 5. Bac d'eau
- 6. Bac d'eau
- 7. Bac de pulvérisation
- 8. Bac de borax

- 9. Bac de chaux 1
- 10. Bac de chaux 2
- 11. Four 1
- 12. Four 2

Installation de décapage

### 3. Stockage :

La capacité de stockage demandée est de :

- 172 tonnes pour le stock avant décapage
- 172 tonnes pour le stock après décapage.

Les couronnes doivent être stockées à axe horizontal perpendiculaire aux chemins de roulement des ponts, sur trois niveaux au maximum.

#### 3.I/ Détermination des côtes d'approche :

Longueur de la halle : ..... 120 m  
Largeur de la halle : ..... 12 m  
Portée : ..... 10 m  
Hauteur des chemins de roulement : ..... 7,5 m

##### a) Côte d'approche en translation :

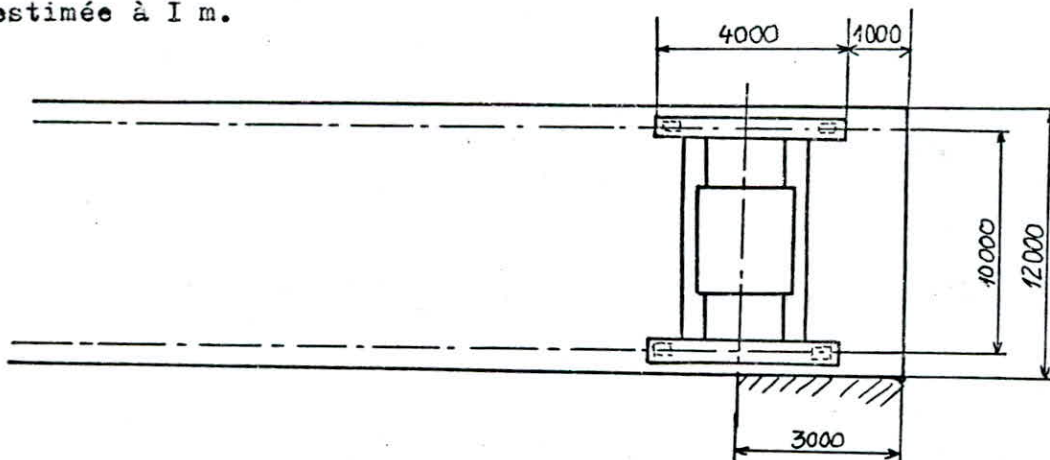
La longueur du pont est estimée selon des ponts standards :

Pour une force de 6,3 tonnes et une portée de 10 m, nous avons relevé les valeurs suivantes :

Pont DEMAG : L = 2970 mm  
Pont POTAIN : L = 2470 mm  
Pont VERLINDE : L = 3040 mm

Prenons par mesure de sécurité : L = 4000 mm

L'approche maximum du pont des extrémités de son chemin de roulement est estimée à 1 m.

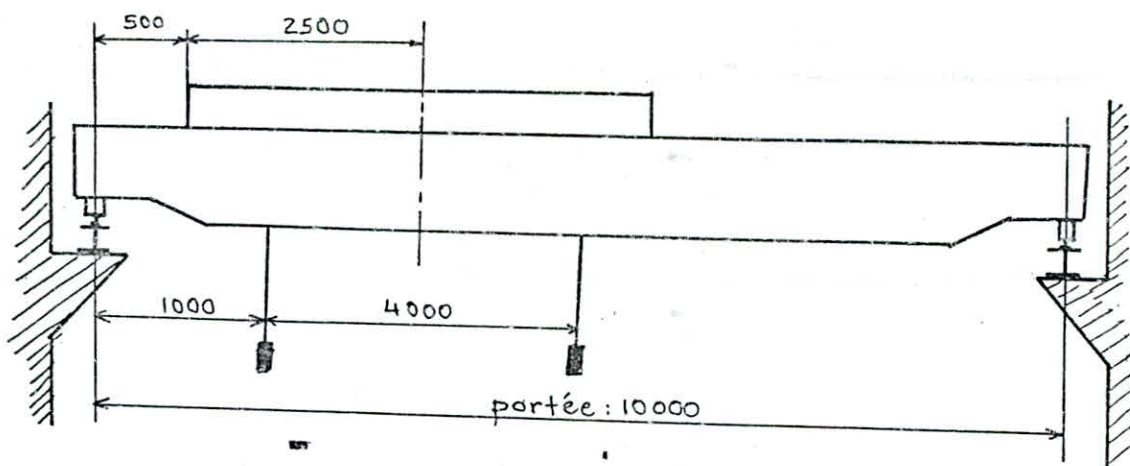


Donc la côte d'approche en translation des crochets est de 3 m.

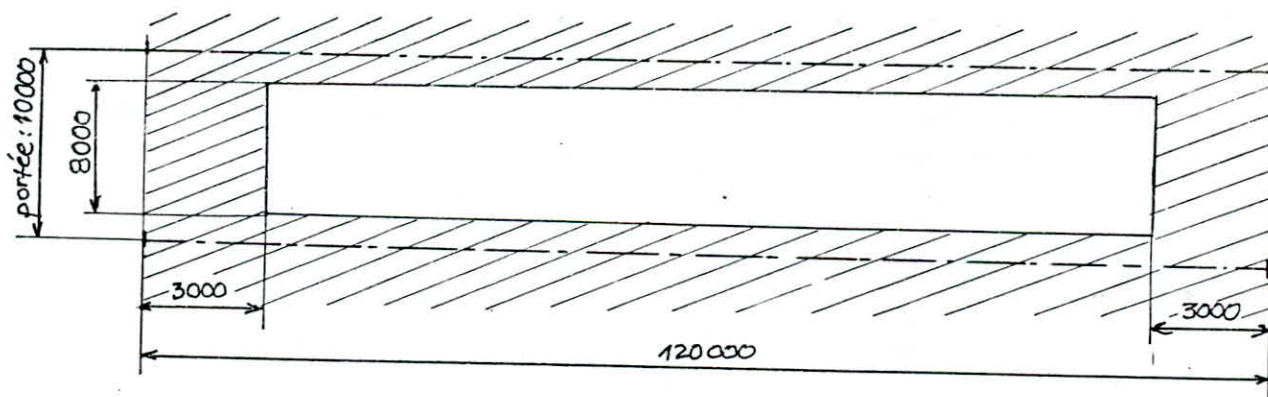
##### b) Côte d'approche en direction :

En supposant que la longueur du chariot est de 5 m et que l'approche maxi de celui-ci des extrémités de son chemin de roulement est

de 0,5 m, on en déduit 1 m comme côte d'approche en direction (d'un crochet).



c) Surface non atteinte par le pont :



3.2/ Surface utile de stockage :

Sur une largeur de 8 m, il faudrait prévoir 3,6 m pour l'engagement et le dégagement du "C". Les couronnes ayant une longueur de 1,25 m on ne peut donc stocker que sur deux lignes.

Nombre de couronnes à stocker :

172 t / 1,3 t = 132 couronnes, soit 66 couronnes/ligne :

23 sur le premier niveau

22 sur le deuxième niveau

21 sur le troisième niveau.

longueur d'une ligne :  $23 \times \phi_{ext} = 23 \times 1,25 = 29 \text{ m.}$

largeur d'une ligne = longueur d'une couronne = 1,25 m.

Donc le stockage de 132 couronnes demande une surface utilisable de :

$$(29 \times 1,25) \cdot 2 = 72,5 \text{ m}^2$$

$$\text{d'où une charge au sol de : } 172 \text{ t} / 72,5 \text{ m}^2 = 2,4 \text{ t/m}^2$$

Pour le stock avant décapage, il faudra prévoir deux aires de  $(15 \times 2,5) \text{ m}^2$  chacune pour permettre l'accès du chariot de transfert.

#### 4. Schéma d'implantation générale de la halle de décapage :

Une fois les aires de stockage délimitées, et connaissant l'encombrement de l'installation de décapage, on peut esquisser un schéma de la halle qui nous servira d'une hypothèse pour la détermination des cycles de manutentions des ponts roulants.

(voir fig. b. ).

### A. ETUDE DES CYCLES DE MANUTENTIONS .

#### I. Hypothèses de base :

##### I/ Vitesses :

La manutention étant liée à un process technologique nous devons signaler les impositions suivantes :

- la translation de cuve à cuve doit se faire à petite vitesse
- la descente des charges dans les bacs doit se faire aussi à petite vitesse. Celle-ci ne doit pas dépasser 1 m/mn.

Choisissons donc :

$$\text{vitesses de translation: } \begin{cases} \text{GV} = 60 \text{ m/mn d'où } T = 4\text{s} & \gamma = 0,25 \text{ m/s}^2 \\ \text{PV} = 15 \text{ m/mn d'où } T = 2\text{s} & \gamma = 0,125 \text{ m/s}^2 \end{cases}$$

$$\text{vitesse de direction: } \text{Une seule vitesse, } V_D = 25 \text{ m/mn} \\ T = 2,5 \text{ s ; } \gamma = 0,16 \text{ m/s}^2$$

$$\text{vitesses de levage: } \begin{cases} \text{GV} = 10 \text{ m/mn ; } T = 1 \text{ s ; } \gamma = 0,17 \text{ m/s}^2 \\ \text{PV} = 1 \text{ m/mn ; on néglige } T \text{ et on considère} \\ \text{que la course se fait à } V_{nom}. \end{cases}$$

#### Remarque :

Afin d'éviter des descentes trop lentes, on se contentera de descendre la charge à petite vitesse sur un parcours de 0,3 m seulement, pour l'approche des couronnes du bain. Ce sont les recommandations du Bureau d'études.

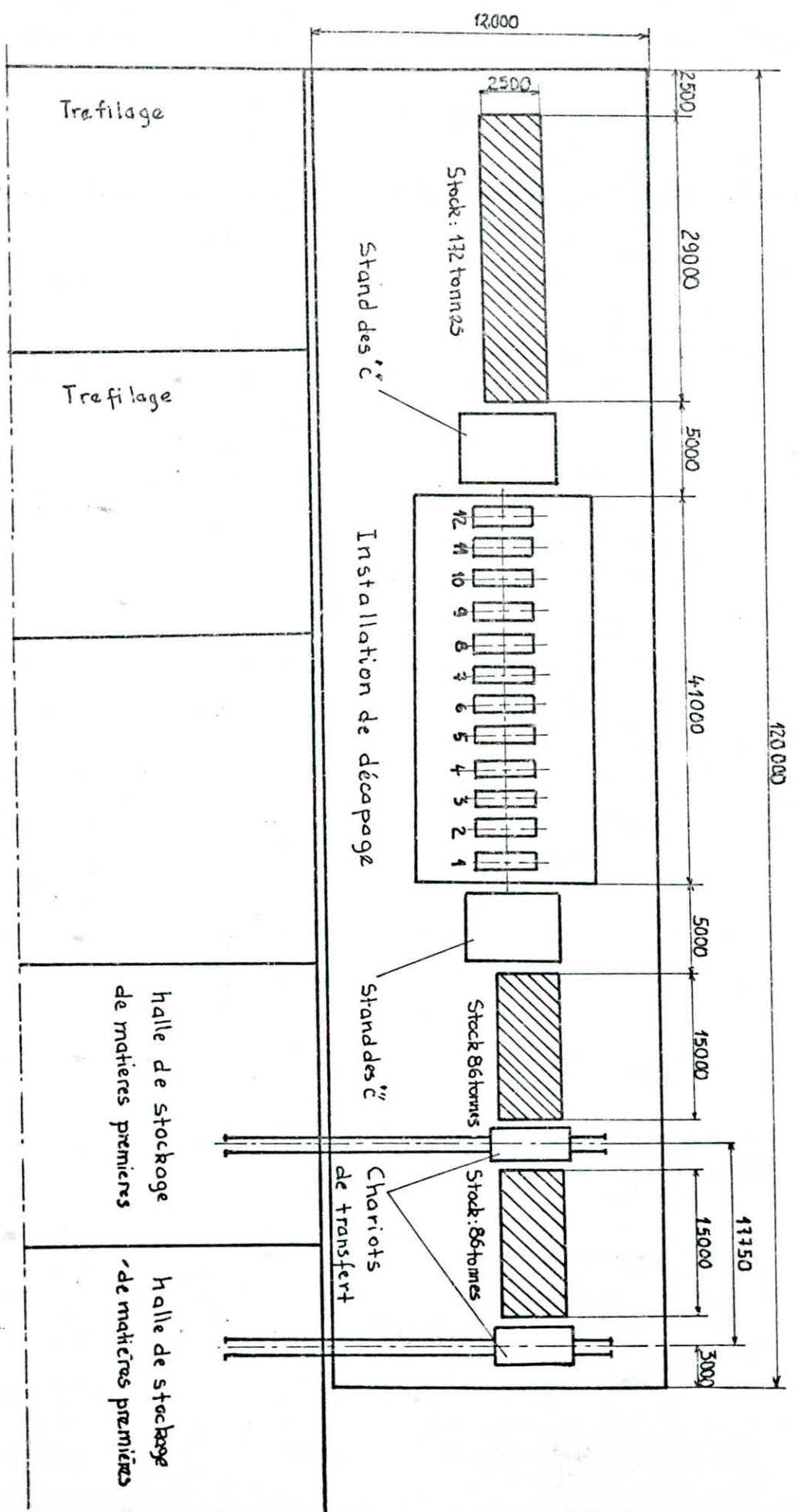


fig. B. Vue en plan de la halle de découpage

2. Nombre d'heures travaillées par an : 3900 heures.

3. Nombre de cycles de manutentions par an :

Nombre de couronnes manutentionnées/an :  $48100 \text{ t} / 1,3 \text{ t} = 37\ 000$  couronnes

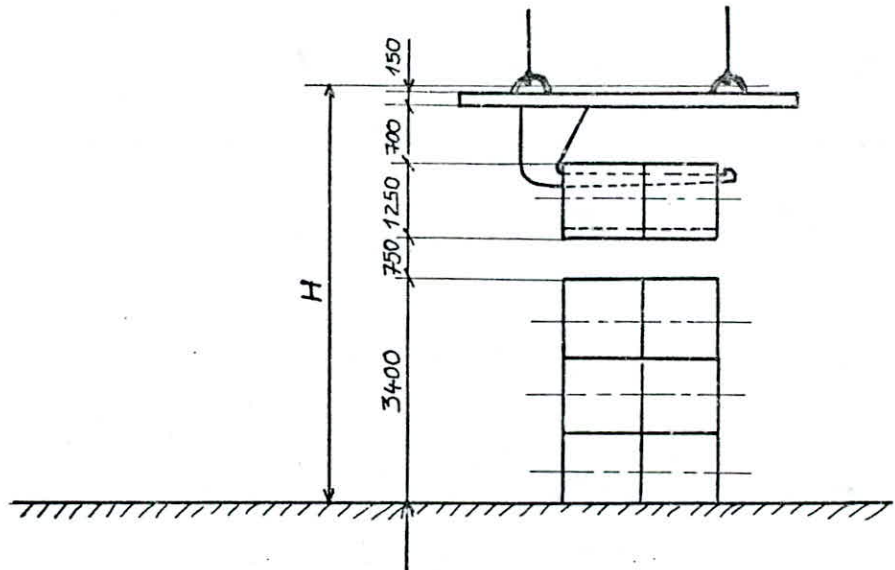
Nombre de couronnes prises à chaque cycle : 2 couronnes.

Soit un total de 18 500 cycles de manutentions par an.

4. Manutentions à effectuer :

- Prise de couronnes sur chariot transfert → mise au stock (cycle 1)
- Prise de couronnes sur stock → mise au bain d'acide (cycle 2)
- Bain d'acide → Rinçage → pulvérisation → boraxage → chaulage → séchage (cycle 3)
- Séchage → stock après décapage (cycle 4).

5. Hauteur libre sous crochets :



Hauteur de stockage : .....	3,4 m
Espace nécessaire pour manoeuvres : .....	0,75 m
Encombrement couronnes suspendues : // // // //	1,25 m
Espace libre à l'intérieur du "C" : .....	0,70 m
Epaisseur du bras supérieur du "C" : .....	0,15 m

**Total : 6,25 m**

Prenons donc  $H = 6,5 \text{ m}$



II. Cycles élémentaires de manutention :

a) Cycle élémentaire I :(déchargement→mise au stock)

TABLEAU T<sub>I</sub>

Phases	p.m (m)	v (m/mn)	t (s)
Positionnement du pont			5
Déscente du "C" sur chariot de transfert	3	10	19
Engagement du "C"			15
Levage des couronnes	3	10	19
Translation vers stock avant décapage	17	60	21
Positionnement du pont			5
Désente du "C" sur aire de stockage	3	10	19
Dégagement du "C"			15
Levage du "C"	3	10	19
Translation vers chariot de transfert	17	60	21

Total : 158 s

p.m : parcours moyen

v : vitesse de travail

t : durée d'une phase

temps morts: 16s (10%)

$$t_I = 158 + 16 = 174 \text{ s}$$

$$t_I = 174 \text{ s}$$

b) Cycle élémentaire 2 : (stock avant décapage → bain d'acide)

TABLEAU T<sub>2</sub>

Phases	p.m (m)	v (m/mn)	t (s)
Positionnement du pont			5
Déscente du "C" sur aire de stockage	3	10	19
Engagement du "C"			15
Levage des couronnes	3	10	19
Translation vers cuve d'acide	24	60	28
Direction	I	25	4
Positionnement du pont			5
Déscente des couronnes dans cuve d'acide	4,4 0,3	10 I	27 18
Décrochage des crochets			15
Levage des crochets	I	10	7
Translation vers stand des "C"	9	60	13
Positionnement du pont			5
Déscente des crochets	I	10	7
Accrochage des crochets			15
Levage du "C"	3	10	19
Translation vers stock avant décapage	17	60	21
Direction	I	25	4

Total : 246 s

temps morts : 25 s (10 %)

t<sub>2</sub> = 271 s

## d) Cycle élémentaire 3: (cycle: cuve à cuve)

TABLEAU T<sub>3</sub>

Phases	P <sup>m</sup> (m)	(m/v/mn)	t (s)
Positionnement du pont			5
Déscente des crochets	1	10	7
Accrochage du "C"			15
Levage de la charge du bain d'acide	2,5	10	16
Egouttage			120
Translation vers bain de rinçage	3	15	14
Positionnement du pont			5
Déscente de la charge dans cuve de rinçage	2,2 0,3	10 1	14 18
Levage de la charge	2,5	10	16
Translation vers cuve de pulvérisation	3	15	14
Positionnement du pont			5
Déscente de la charge dans cuve de pulvérisation	2,2 0,3	10 1	14 18
Temporisation			30
Levage de la charge	2,5	10	16
Translation vers bac de borax	3	15	14
Positionnement du pont			5
Déscente de la charge dans cuve de borax	2,2 0,3	10 1	14 18
Levage de la charge	2,5	10	16
Translation vers cuve de chaux	3	15	14
Positionnement du pont			5
Déscente de la charge dans cuve de chaux	2,2 0,3	10 1	14 18
Levage de la charge	2,5	10	16
Egouttage			20
Translation vers unité de séchage	3	15	14
Positionnement du pont			5
Déscente de la charge dans four	2,2 0,3	10 1	14 18
Déaccrochage des crochets			15
Levage des crochets	1	10	7
Translation vers bain d'acide	40	60	44

Total : 598 s

Temps morts : 60 s ; t<sub>3</sub> = 658 s.

d/ Cycle élémentaire 4 : (séchage → stock après décapage)

TABLEAU T<sub>4</sub>

Phases	p.m. (m)	v (m/mn)	t (s)
Positionnement du pont			5
Déscente des crochets sur four	I	10	10
Accrochage du "C"			15
Levage de la charge	4,3	10	27
Translation vers aire de stockage	20	60	24
Direction	I	25	4
Positionnement du pont			5
Déscente de la charge vers aire de stock	3	10	19
Dégagement du "C"			15
Levage du "C"	3	10	19
Translation vers stand de dépose des "c"	18	60	22
Positionnement du pont			5
Déscente du "C"	3	10	19
Déaccrochage des crochets			15
Levage des crochets	I	10	10
Translation vers unité de sechage	4	60	8
Direction	I	25	4

Total : 226 s

temps morts: 23 s (10 %)

t<sub>4</sub> = 249 s

III. Nombre de ponts roulant nécessaires :

Nombre d'heures nécessaires pour effectuer les manutentions :

$$n = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}{3600} \cdot N_c = \frac{174 + 271 + 658 + 249}{3600} \cdot 18\ 500 = 6948 \text{ h}$$

Nombre d'heures travaillées par an :  $n_0 = 3900 \text{ h/an}$

Si on s'impose un taux d'utilisation maximum de 75 %, le nombre de ponts roulants nécessaire pour effectuer les manutentions sera :

$$N = \frac{n}{n_0 \times 75/100} = \frac{6948}{3900 \times 0,75} = 2,38 ; \text{ il faut donc 3 ponts roulants}$$

IV. Répartition des manutentions sur les 3 ponts roulants et taux d'utilisation :

Conformément au process technologique on répartit les opérations comme suit :

- Le premier pont roulant sur les cycles I et 2 :

Nombre d'heures nécessaires pour effectuer les manutentions :

$$n_1 = \frac{t_1 + t_2}{3600} \times N_c = \frac{174 + 271}{3600} \times 18\ 500 = 2287 \text{ h}$$

taux d'utilisation :

$$\zeta_1 = \frac{n_1}{n_0} \cdot 100 = \frac{2287}{3900} \cdot 100 = 59 \%$$

- Le deuxième pont roulant sur le cycle 3 :

$$n_2 = \frac{t_3}{3600} \cdot 18\ 500 = \frac{658}{3600} \times 18\ 500 = 3382 \text{ h}$$

taux d'utilisation :

$$\zeta_2 = \frac{n_2}{n_0} \times 100 = \frac{3382}{3900} \times 100 = 87 \%$$

- Le troisième pont roulant sur le cycle 4 :

$$n_3 = t_4/3600 \times N_c = 249/3600 \times 18\ 500 = 1280 \text{ h}$$

taux d'utilisation :

$$\zeta_3 = n_3/n_0 \times 100 = 1280/3900 \times 100 = 33 \%$$

Conclusion :

Les chiffres ci-dessus montrent que si cette répartition est favorable au process technologique (respect des temps d'immersion) elle n'est pas du tout convenable quant à l'utilisation des ponts roulants. En effet non seulement les taux d'utilisation sont très déséquilibrés mais aussi le deuxième pont roulant est d'une occupation inacceptable (supérieure à 75 %).

V. Solution proposée :

En se basant sur la répartition précédente, il est aisé de remarquer qu'il est préférable de laisser le premier pont roulant sur les tâches 1 et 2 avec une occupation de 59 % et de répartir les tâches restantes plus ou moins équitablement sur les deux autres ponts.

On répartit donc l'opération "bain d'acide → rinçage → pulvérisation → boraxage" sur le deuxième pont roulant, et les opérations :

- "boraxage → chaulage → séchage"
- "séchage → stock après décapage".

sur le troisième pont roulant.

Remarquons que ceci n'a aucune influence négative sur le process technologique, au contraire, un séjour plus long des couronnes dans la cuve de borax favorise la neutralisation des acides.

Par contre il s'en suit de légères modifications des cycles de manutentions. Elles sont traduites par les tableaux suivants.

Cycle 3' : (bain d'acide → rinçage → pulvérisation → bain de borax)

TABLEAU T<sub>5</sub>

Phases	p.m. (m)	v (m/mn)	t (s)
Positionnement du pont			5
Déscente des crochets	I	10	7
Accrochage du "C"			15
Levage de la charge	2,5	10	16
Egouttage			120
Translation vers cuve de rinçage	3	15	14
Positionnement du pont			5
Déscente de la charge dans cuve de rinçage	2,5	<del>10</del>	32
Levage de la charge	2,5	10	16
Translation vers cuve de pulvérisation	3	15	14
Positionnement du pont			5
Déscente de la charge	2,5	10/I	32
Temporisation			30
Levage de la charge	2,5	10	16
Translation vers cuve de borax	3	15	14
Positionnement du pont			5
Déscente de la charge dans cuve de borax	2,5	10/I	32
Décrochage des crochets			15
Levage des crochets	I	10	7
Translation vers cuve d'acide	18	60	22

Total : 422 s

temps morts : 43 s

t'<sub>3</sub> = 465 s

Cycle 3" : (cuve de borax → cuve de chaux → unité de séchage)

TABLEAU T<sub>6</sub>

Phases	p.m. (m)	v (m/mn)	t (s)
Positionnement du pont			5
Déscente des crochets	I	IO	7
Accrochage du "C"			I5
Levage de la charge dans cuve de borax	2,5	IO	I6
Translation vers cuve de chaux	3	I5	I4
Positionnement du pont			5
Déscente de la charge dans cuve de chaux	2,5	IO/I	32
Levage de la charge	2,5	IO	I6
Eggouttage			20
Translation vers unité de séchage	3	I5	I4
Positionnement du pont			5
Déscente de la charge dans four	2,5	IO/I	32
Décrochage des crochets			I5
Levage des crochets	I	IO	7
Translation vers cuve de borax	I2	60	I6

Total : 2I9 s

Temps morts : 22 s

t<sub>3</sub>'' = 24I s



VI. Choix final de la répartition des opérations et taux d'utilisation :

Résumé:

Cycle: déchargement → mise au stock avant décapage	$t_1 = 174$ s
Cycle: stock avant décapage → bain d'acide	$t_2 = 271$ s
Cycle: cuve d'acide rinçage → pulvérisation → boraxage	$t_3 = 465$ s
Cycle: boraxage → chaulage → séchage	$t_3 = 241$ s
Cycle: séchage → stock après décapage	$t_4 = 249$ s

Taux d'utilisation:

I. Taux d'utilisation du PR1:

$$\zeta_1 = \frac{(t_1 + t_2)/3600}{3900} \times N_c \times 100 = \frac{(174 + 271)/3600}{3900} \times 18500 \times 100 = 59\%$$

2. Taux d'utilisation du PR2:

$$\zeta_2 = \frac{(t_3/3600)}{3900} \times N_c \times 100 = \frac{(465/3600)}{3900} \times 18500 \times 100 = 62\%$$

3. Taux d'utilisation du PR3:

$$\zeta_3 = \frac{(t_3 + t_4)/3600}{3900} \times N_c \times 100 = \frac{(241 + 249)/3600}{3900} \times 18500 \times 100 = 65\%$$

Discussion:

Les taux d'utilisation sont acceptables. Mais si les 3 ponts roulants suffisent globalement, pour assurer les manutentions, il n'est pas évident qu'ils sont capables d'assurer la capacité demandée de la ligne. En effet, les 3 ponts roulants circulant sur le même chemin de roulement et ayant des zones de travail en chevauchement, ils risquent de se gêner mutuellement. Il est alors nécessaire de vérifier que ce moyen de manutention est bien adapté, car si la condition "tonnage horaire" n'est pas remplie, il est nécessaire de prendre les mesures qui s'imposent.

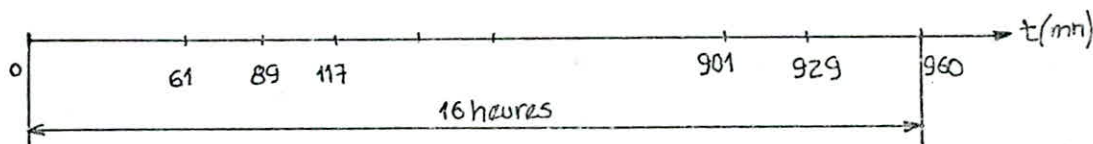
Si l'on considère uniquement l'installation de décapage, le tonnage horaire est déterminé par le nombre de fours et le temps de séchage. Avec 2 fours et à raison de 20 minutes de séchage, on peut effectuer 2 cycles de décapage toutes les 20 minutes, soit 15,6 t/h. Mais les ponts roulants peuvent-ils suivre ce rythme ?

L'analyse de ce problème est illustrée par un diagramme représentatif de l'occupation des ponts roulants sur chaque opération. Ce diagramme permet de localiser l'handicap, s'il existe et par conséquent de prévoir les modifications qui s'imposent.

### VII. Vérification du tonnage horaire par analyse de diagrammes:

#### -Analyse du diagramme $D_0$ :

Ce diagramme montre, qu'à partir de la 61<sup>ème</sup> minute la cadence de production est théoriquement périodique. Toutes les 28 minutes 2 charges sont traitées. En prévoyant une demi-heure par jour pour les travaux d'entretien, la production journalière sera de :



A raison de 2 charges par période de 28 minutes, le nombre de charges traitées par jour sera :

$$I + (3I.2) = 63 \text{ charges/jour ; soit: } 63.2.I,3 = 164t/j$$

ce qui correspond à :  $164t/16h = 10,25t/h$

Le tonnage horaire permis par la ligne est inférieur à la capacité demandée (15t/h). On constate d'après le diagramme que cet handicap est dû au temps de séchage assez long.

### VIII. Recherche d'une solution appropriée :

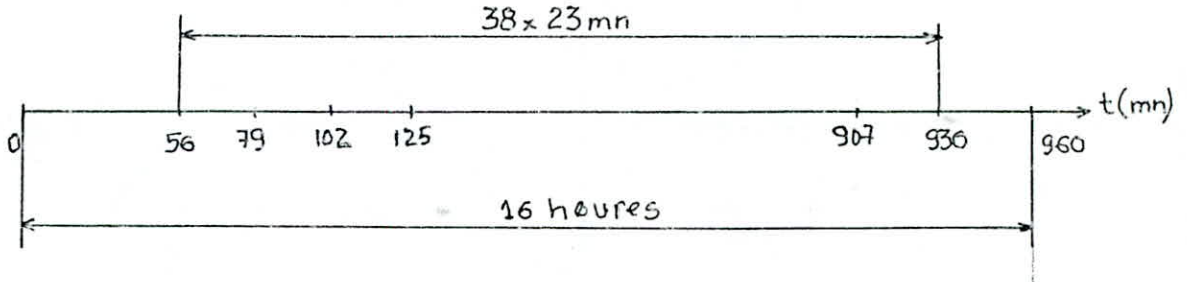
La première mesure à prendre serait d'augmenter la température du four afin de diminuer le temps de séjour des charges dans les unités de séchage.

#### -Analyse du diagramme $D_I$ : (15 mn de séchage)

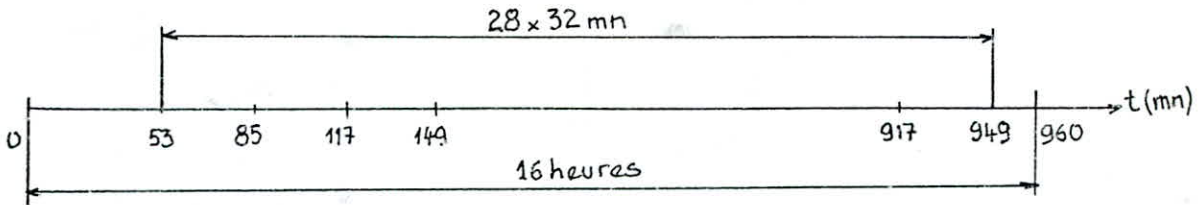
A raison de 2 charges traitées toutes les 23 minutes, le nombre de charges traitées par jour sera :

$$I + (38.2) = 77 \text{ charges/j ; soit: } 77.2.I,3 = 200,2t/j$$

ce qui correspond :  $200,2t/16h = 12,5t/h < 15t/h$



-Analyse du diagramme  $D_2$  : (12 mn de séchage)



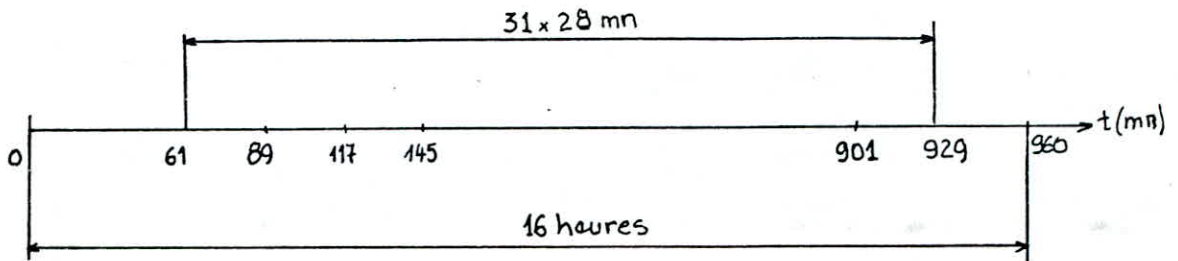
A raison de 3 charges traitées toutes les 32 minutes le nombre de charges traitées par jour sera:

$$1 + (28.3) = 85 \text{ charges/j ; soit: } 85.2.1,3 = 221t/j$$

$$\text{ce qui correspond à : } 221t/16h = 13,8t/h < 15t/h$$

L'analyse des diagrammes  $D_0$ ,  $D_1$  et  $D_2$  nous a montré que la diminution du temps de séchage peut améliorer la production horaire. Mais étant donné que la température de séchage ne doit pas être trop élevée, pour ne pas altérer les traitements antérieurs, on se propose de rajouter un troisième four.

-Analyse du diagramme  $D_3$  : (3 fours avec 20 mn de séchage)



nombre de charges traitées par jour:

A raison de 3 charges traitées toutes les 28 minutes, le nombre de charges traitées par jour sera:

$$I + (31.3) = 94 \text{ charges/j ; soit: } 94.2.1,3 = 244,4 \text{ t/j}$$

$$\text{ce qui correspond à : } 244,4 \text{ t/16h} = 15,3 \text{ t/h}$$

nombre d'heures nécessaires pour passer 50 000 t/an au décapage:

$$\frac{50\ 000}{15,3} = 3268 \text{ heures}$$

taux d'utilisation de la ligne:

$$\frac{3268}{3900} \times 100 = 84\%$$

Conclusion:

Avec 3 fours, la capacité de la ligne est acceptable. ~~MCM~~

Nous avons donc décidé de rajouter une troisième unité de séchage.

#### IX. Détermination du nombre de crochets "C" :

En observant le diagramme  $D_3$ , on constate que le retour des crochets "C" au stand amont ne peut être fait en une seule opération, l'occupation des ponts roulants dans le cycle de décapage étant prépondérante. On envisage alors le retour des "C" en 3 phases en relai.

Description:

Une fois la première charge décapée et stockée, le PR3 au lieu de déposer son "C" vide dans le stand aval, s'avance vers une traverse qu'on doit prévoir entre la cuve de borax et la cuve de pulvérisation et y dépose son "C" vide, pour qu'il soit repris après par le PR2. Quand le PR2 arrive sur la cuve de borax pour y déposer la deuxième charge, il s'arrête au niveau de la traverse, lors de son retour, accroche le "C" vide et continue sa course pour le déposer sur une traverse qu'on doit prévoir entre le bac d'acide 2 et le bac d'acide 3, afin qu'il soit repris après par le PRI.

Nous constatons sur le diagramme  $D_3$  que lorsque le PRI accroche le premier "C" retournant, 9 cycles de décapage ont déjà été entamés et le 10<sup>ème</sup> le s

sera avec celui-ci.

Il en découle que nous devons prévoir 10 crochets "C" (1 crochet de réserve).

Remarque :

L'initiative de rajouter un troisième four et de prévoir des traverses de dépose des "C" entre les bacs " 2 et 3 " et " 7 et 8 " suppose une longueur de fosse plus grande.

On estime donc la longueur de la fosse à : 45,5 m. (fig. c)

## B. FORCE DES PONTS ROULANTS-COMMANDE ET TYPE DE PONT .

### 1- Force :

Charge maximale à soulever :	2.1,3 t
Poids du "S" :	3 t
Force standardisée retenue :	6 t

### 2- Commande :

Nous avons opté pour une commande à partir d'une cabine fermée fixée latéralement à l'extrémité du pont parcequ'elle offre les avantages suivants:

- Depuis la cabine le pontier bénéficie d'un champ de vision favorable par rapport à la commande à partir du sol.
- Le machiniste travaillant dans une cabine fermée, il est à l' abris des vapeurs d'acide?

### 3- Type de pont roulant :

La hauteur des chemins de roulement étant fixée à 7,5 m et la hauteur libre sous crochets à 6,5 m (au minimum ), le type de pont qui convient le mieux à notre service est le pont bipoutres avec chariot birails posé.

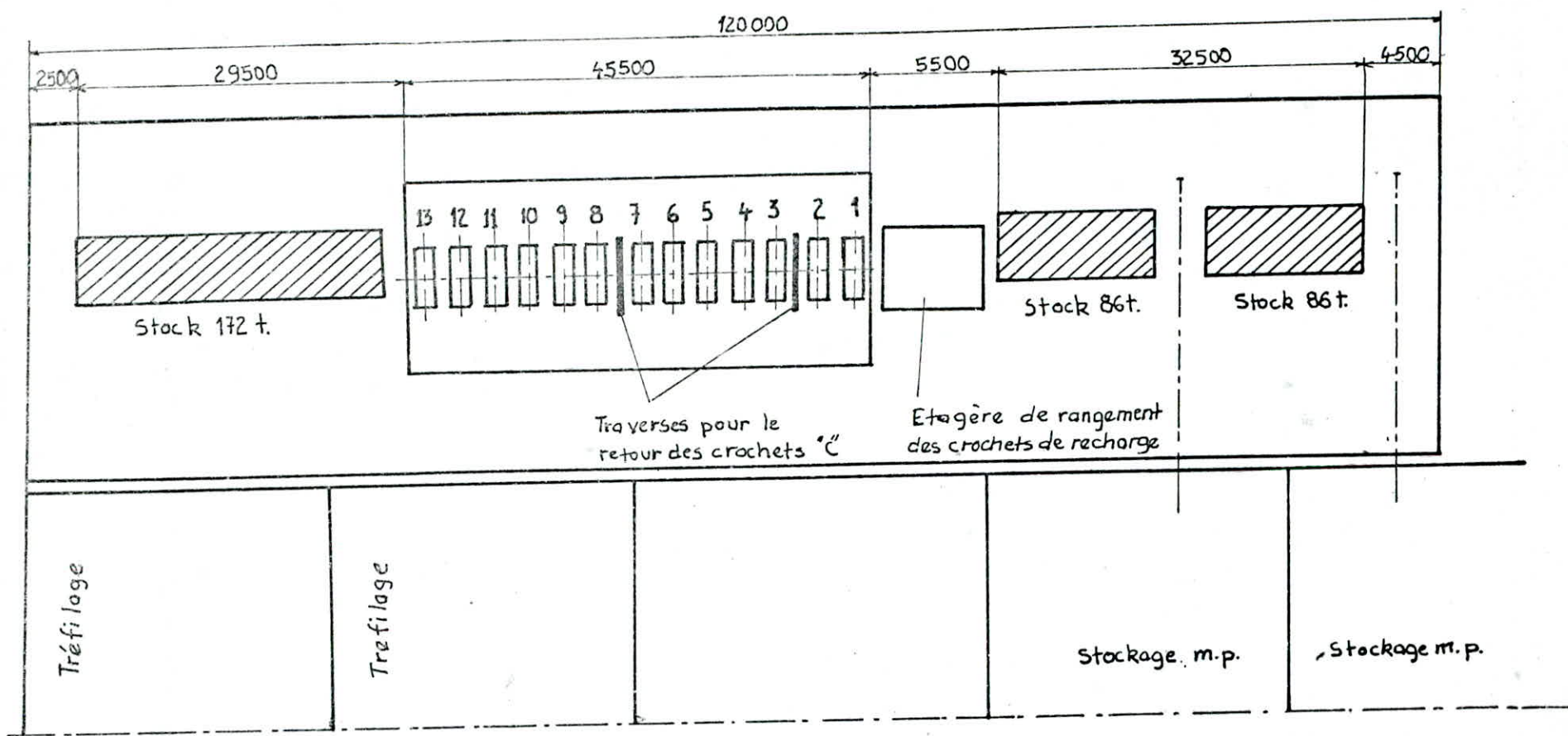


fig. Vue en plan de la halle de découpage

### C. CLASSEMENT FEM DES PONTS ROULANTS.

Les taux d'utilisation des 3 ponts roulants étant peu différents, il est préférable d'opter pour 3 appareils identiques. Ceci offre les avantages :

- d'un entretien plus facile et moins onéreux (le service maintenance aura une gamme restreinte d'appareils à entretenir)
- d'une interchangeabilité des pièces de rechange.
- de la possibilité de couvrir plusieurs opérations par un pont roulant dans le cas d'une panne d'un autre pont roulant.

Nous n'aurons donc à déterminer que le classement du troisième pont roulant car c'est l'appareil le plus chargé (taux d'utilisation: 65%).

#### I. Classement de la charpente.

##### a/ Classe d'utilisation :

Si l'on se base sur la fréquence d'utilisation du mouvement de levage, la classe qui conviendrait le mieux à notre cas serait la classe D. En effet, cette classe correspond à une utilisation régulière en service intensif assuré à plus d'un poste; le nombre conventionnel de cycles de levage qui lui est attribué est :  $N = 2 \cdot 10^6$ . Ce qui correspond à une durée d'utilisation effective de l'appareil au cours de sa vie de :

$$T = \frac{N}{N'} \quad (\text{ans})$$

N: nombre conventionnel de cycles de levage attribué à la classe D.  
N': nombre de cycles de levage à effectuer par an.

$$\text{d'où: } T = \frac{2 \cdot 10^6}{2 \cdot 18500} = 54 \text{ ans}$$

C'est une durée de vie très excessive. Pour un fonctionnement satisfaisant la durée d'exploitation recommandée varie de 20 à 25 ans.

En plus, les ponts roulants de la halle de décapage étant appelés à travailler dans une atmosphère acide, nous devons nous attendre au problème de corrosion.

En se basant sur ces considérations, nous recommandons donc la classe C.

Cette classe correspond à une utilisation régulière en service intensif et

le nombre conventionnel de cycles de levage qui lui est attribué est  $N = 6,3 \cdot 10^5$ .

d'où une durée effective de service :

$$T = \frac{6,3 \cdot 10^5}{2 \cdot 18500} = 17 \text{ ans}$$

Nous acceptons donc la classe C .

b/ Etat de charge : 2 (moyen)

L'état de charge 2 correspond à des appareils soulevant assez fréquemment la charge nominale et couramment des charges comprises entre 1/3 et 2/3 de la charge nominale.

En effet les ponts roulants de la halle de décapage ont à soulever, tantôt le "C" avec 2 couronnes tantôt le "C" vide dont le poids avoisine la moitié de la charge nominale.

c/ Groupe de classement : 5

Une classe d'utilisation C combinée à un état de charge 2 correspond au groupe 5.

## II. Classement des mécanismes :

### I. Mécanisme de levage:

a/ Classe de fonctionnement :

Temps moyen journalier d'utilisation:

Les ponts roulants devant effectuer chacun 18500 cycles de manutention par an, le temps moyen journalier d'utilisation est donné par l'expression:

$$t_m = \frac{n_m \cdot t_i}{3600} \quad (\text{h/j})$$

$n_m$  : nombre moyen de cycles de manutention par jour.

$$n_m = \frac{18500 \text{ cycles/an}}{248 \text{ jours/an}} = 75 \text{ cycles/j}$$

$t_i$  : durée de fonctionnement du mécanisme considéré par cycle de manutention

Dans le cas du mécanisme de levage :

$$t_i = t_{11} + t_{12}$$

où:  $t_{11}$  -durée de fonctionnement du mécanisme de levage pendant le cycle 3"

$t_{12}$  -durée de fonctionnement du mécanisme de levage pendant le cycle 4



$$t_{1I} = 7 + 16 + 32 + 16 + 32 + 7 = 110 \text{ s (d'après TABLEAU T}_6 \text{)}$$

$$t_{12} = 10 + 27 + 19 + 19 + 19 + 10 = 104 \text{ s (d'après TABLEAU T}_4 \text{)}$$

$$\text{d'où: } t_m = \frac{75(110 + 104)}{3600} = 4,46 \text{ h/j}$$

Conformément au tableau T-2-II de la FEM.I, un temps moyen de fonctionnement quotidien de 4,46 heures correspond à la classe de fonctionnement  $V_3$ .

b/ Etat de sollicitation :

$$K = \sqrt[3]{\frac{K_I^3 \cdot t_I + K_2^3 \cdot t_2}{\sum t_i}}$$

$$K_I = \frac{\text{Poids des 2 couronnes} + \text{Poids mort}}{\text{Charge max.}} ; K_2 = \frac{\text{Poids mort}}{\text{Charge max.}}$$

poids des 2 couronnes = 26 KN

poids mort = poids du "C" = 30 KN

charge max. = 60 KN

donc :

$$K_I = (26 + 30)/60 = 0,93 \qquad K_2 = 30/60 = 0,5$$

$t_I$  : temps de fonctionnement du mécanisme avec "C" + 2 couronnes

$$t_I = 27 + 19 + 16 + 32 + 16 + 32 = 142 \text{ s (TABLEAUX T}_4 \text{ et T}_6 \text{)}$$

$t_2$  : temps de fonctionnement du mécanisme avec "C" seulement

$$t_2 = 19 + 19 = 38 \text{ s}$$

$\sum t_i$  : temps de fonctionnement total du mécanisme de levage par cycle de manutention

$$\sum t_i = 214 \text{ s}$$

$$\text{d'où : } K = \sqrt[3]{\frac{0,93^3 \times 142 + 0,5^3 \times 38}{214}} = 0,82$$

Conformément aux zones K indiquées par la FEM, on se trouve en présence d'un état de sollicitation 3 (lourd).

c/ Groupe de classement :

Une classe de fonctionnement  $V_3$  combinée à un état de sollicitation 3, correspond au groupe  $4_m$ .

2. Mécanisme de translation :

a/ Classe de fonctionnement :

Temps moyen journalier d'utilisation:

$$t_m = n_m \cdot t_t / 3600$$

$t_t$  : durée de fonctionnement du mécanisme de translation par cycle de man.

$$t_t = t_{tI} + t_{t2}$$

$t_{tI}$  : durée de fonctionnement du mécanisme de translation pendant le cycle 3"

$t_{t2}$  : durée de fonctionnement du mécanisme de translation pendant le cycle 4

$$t_{tI} = 59 \text{ s (d'après TABLEAU T}_6)$$

$$t_{t2} = 69 \text{ s (d'après TABLEAU T}_4)$$

$$t_t = 59 + 69 = 128 \text{ s}$$

donc :  $t_m = 75 \cdot 128 / 3600 = 2,7 \text{ h/j}$

d'où une classe de fonctionnement  $V_2$ .

b/ Etat de sollicitation :

b.I. Détermination de  $\alpha$  :

$$\alpha = t_a / t_t$$

$t_a$  : durée de fonctionnement de la période d'accélération (ou de freinage) pendant un cycle complet.

$$t_a = t_{aI} + t_{a2}$$

$t_{aI}$  : durée de fonctionnement de la période d'accélération pendant le cycle 3"

$t_{a2}$  : durée de fonctionnement de la période d'accélération pendant le cycle 4

$$t_{aI} = 39 \text{ s (TABLEAU T}_6)$$

$$t_{a2} = 31 \text{ s (TABLEAU T}_4)$$

$t_t$  : temps de fonct. du mécanisme de translation pendant un cycle de man.

$$t_t = 128 \text{ s}$$

d'où :  $\alpha = 70 / 128 = 0,55$

b.2 Détermination de  $\gamma'$  :

$$\gamma' = \frac{SMF}{SM_{\max II}} = \frac{SMF}{SMF + SMA}$$

$$SMW = 0 \text{ (service intérieur)}$$

b.2.1. Estimation de SMF :

$$SMF = \frac{Q(\delta + f.r)}{R}$$

Q : poids total en charge  
 on l'estime à  $17 \cdot 10^4$  N (selon ponts standards)

prenons :  $R = 125$  mm  
 $r = 25$  mm  
 $\delta = 0,8$  mm  
 $f = 0,015$

d'où:  $SMF = \frac{17 \cdot 10^4 (0,8 + 0,015 \cdot 25)}{125} = 1598$  N

En majorant cette valeur de 70%, on obtient :

$$SMF = 2717$$
 N

b.2.2. Estimation de SMA :

$$SMA = \frac{Q}{g} \cdot a$$

$$a = 0,25 \text{ m/s}^2 ; \quad g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$SMA = \frac{17 \cdot 10^4}{10} \cdot 0,25 = 4250$$
 N

Donc :  $SM_{\max II} = SMF + SMA = 2717 + 4250 = 6967$  N

d'où  $\gamma' = \frac{SMF}{SM_{\max II}} = \frac{2717}{6967} = 0,39$

Pour  $\alpha = 0,55$  et  $\gamma' = 0,39$ , la figure 2,121 ter (FEM.I) donne  $K = 0,82$   
 Cette valeur correspond à l'état de sollicitation 3.

c/ Groupe de classement :

classe de fonctionnement :  $V_2$   
 état de sollicitation : 3 } groupe  $3_m$

3. Mécanisme de direction :

d/ Classe de fonctionnement :

Temps moyen journalier d'utilisation :

$$t_m = \frac{n_m \cdot t_d}{3600}$$

$t_d$  : durée de fonctionnement du mécanisme de direction pendant un cycle de manutention

$$t_d = t_{d_I} + t_{d_2}$$

$t_{d_I}$  : durée de fonct. du mécanisme pendant le cycle 3"

$t_{d_2}$  : durée de fonct. du mécanisme pendant le cycle 4

$$t_{d_I} = 0$$

$$t_{d_2} = 23 \text{ s}$$

d'où :  $t_m = \frac{75 \cdot 23}{3600} = 0,48 \text{ h/j}$

Un temps moyen de fonctionnement quotidien de 0,48 heures correspond à la classe de fonctionnement  $V_{0,25}$ .

b/ Etat de sollicitation :

Quelque soit l'état de sollicitation, on obtiendra avec la classe  $V_{0,25}$  le groupe  $I_{Bm}$ . Il est donc inutile de le déterminer.

c/ Groupe de classement :  $I_{Bm}$

### III. Harmonisation :

I/Harmonisation des classes des mécanismes avec la classe de la charpente :

Afin de pouvoir comparer les durées d'exploitation des mécanismes à celle de l'appareil, nous avons basé l'harmonisation sur les durées théoriques d'utilisation affectées aux classes de fonctionnement dans le tableau T-2, II (FEM.I).

Nous avons vu dans le paragraphe II que les mécanismes considérés en fonction de leur service propre, correspondent aux classes :

$V_3$	pour le mécanisme de levage	avec :	$T_i = 12500$ heures
$V_2$	" " " "	de translation	avec : $T_i = 6300$ heures
$V_{0,25}$	" " " "	de direction	avec : $T_i = 800$ heures

Durée d'exploitation des mécanismes :

$$T = \frac{T_i}{j \cdot t_m} \quad (\text{ans})$$

$t_m$  : temps moyen de fonctionnement quotidien en h/j

$t_m = 4,46$  h/j pour le mécanisme de levage

$t_m = 2,70$  h/j pour le mécanisme de translation

$t_m = 0,48$  h/j pour le mécanisme de direction

$j = 248$  jours/an

Application :

- Mécanisme de le vage :

$$T = \frac{12500}{248 \cdot 4,46} = 11,3 \text{ ans}$$

- Mécanisme de translation :

$$T = \frac{6300}{248 \cdot 2,7} = 9,4 \text{ ans}$$

- Mécanisme de direction :

$$T = \frac{800}{248 \cdot 0,48} = 6,7 \text{ ans}$$

2/ Choix final des groupes de classement :

En comparant les valeurs trouvées ci-dessus, à la durée effective d'exploitation de l'appareil (17 ans) on remarque que la proportionnalité est acceptable sauf pour le mécanisme de direction .

On choisit donc une classe de fonctionnement plus lourde pour ce mécanisme.

Soit la classe  $V_{0,5}$  avec :  $T_i = 1600$  heures

d'où :

$$T = \frac{1600}{248 \cdot 0,48} = 13,4 \text{ ans}$$

En supposant un état de sollicitation moyen , on obtient avec la classe  $V_{0,5}$  le groupe  $I_{Em}$  .

Donc les groupes déjà trouvés sont tous conservés .



H A P I T R E 5.

PONTS ROULANTS DE LA HALLE DE  
GALVANISATION - CUIVRAGE.

Nous tenons d'abord à signaler, que faute de décision du bureau d'études sur plusieurs points importants, nous n'avons pas pu approfondir l'étude de la manutention concernant cette partie de l'unité. En effet les éléments les plus importants pour l'étude de la manutention sont restés pour nous jusqu'à ce jour des plus confus.

En particulier : le schéma des installations, leur principe de fonctionnement, le conditionnement des produits, à l'entrée et sortie des deux lignes, les accessoires d'accrochage des charges,....

Nous estimons que ce sont là des informations indispensables à une étude objective.

Néanmoins, nous avons abordé l'étude en se basant sur des hypothèses que nous avons fixé en collaboration avec le bureau d'études afin de tenter d'aboutir au moins à une approche du problème.

Ces hypothèses sont les suivantes :

- que ce soit à l'entrée ou sortie de chaque ligne les fils sont sous forme de bobines d'un poids d'une tonne.

- la prise des bobines se fait par accrochage direct au crochet du pont sans accessoire supplémentaire.

- Les enrouleurs à la sortie des installations et les dévidoirs à l'entrée sont à axe vertical.

- course verticale moyenne du crochet : 2 m.

Ligne de cuivrage :

Le cuivrage se fait fil à fil sur une installation en continu destinée à traiter 5200 t/an de produits tréfilés en 3900 heures (2 postes). La vitesse de fonctionnement de la ligne serait de 6 m/s quelque soit le diamètre du fil.

L'installation doit traiter 24 fils en parallèle.

Ligne de galvanisation fils fins (ligne N° 3) :

La galvanisation se fait comme le cuivrage sur une installation en continu traitant 30 fils en parallèle.

La ligne doit assurer le traitement de 2991 t/an en 7000 heures (en continu).

La vitesse maximum de la ligne est de 60 m/mn.

Le chargement et déchargement des émissions et recettes à l'entrée galvanisation-sortie cuivrage et entrée cuivrage-sortie galvanisation sont assurés par deux points monopoutres sur le même chemin de roulement (un pont sur chaque entrée-sortie).

Estimation de la durée d'un cycle de manutention :

Choix des vitesses :

vitesse de translation : 63 m/mn  
vitesse de direction : 31,5 m/mn  
vitesse de levage : 12 m/mn.

En se basant sur les hypothèses indiquées en début de ce chapitre, nous avons estimé la durée d'un cycle de manutention à trois minutes au maximum :

$T_D = T_C = 3 \text{ mn}$  , avec  $T_D$ : durée d'un cycle de déchargement d'une bobine.  
 $T_C$ : durée d'un cycle de chargement d'une bobine.

Nombre d'heures nécessaires pour effectuer les manutentions :

Cuivrage { + Nombre de bobines traitées au cuivrage :  
 $\frac{5155t}{I t} = 5155 \text{ bobines/an.}$   
+ Nombre de cycles de chargement (ou déchargement) par an :  
5155 cycles/an

Galvanisation { + Nombre de bobines à galvaniser par an :  
 $\frac{2991 t}{I t} = 2991 \text{ bobines/an}$   
+ Nombre de cycles de chargement (ou déchargement) par an :  
2991 cycles/an

d'où  $n = (5155 + 2991) \times 3/60 = 407,3 \text{ heures/an} \approx 408 \text{ heures/an.}$



Taux d'utilisation :

$$\tau = \frac{408}{7000} \times 100 = 6 \%$$

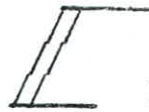
Conclusion :

Etant donné le taux d'utilisation très faible des ponts roulants nous estimons que ce ~~moyen~~ moyen de manutention est loin d'être le plus adéquat.

En effet nous trouvons qu'il n'est pas économique d'investir sur des appareils qui ne sont appelés à travailler que 408 heures sur les 7000 heures de travail et sans pouvoir être utilisés à d'autres fins.

Nous jugeons donc, qu'il est plus rentable d'envisager la manutention par chariots élévateurs. Cette solution présente les avantages d'un investissement moins élevé et surtout de la possibilité d'utilisation des chariots élévateurs sur plusieurs autres opérations pendant les temps morts.

Il est bien sûr évident que ces résultats sont une conséquence directe des hypothèses fixées.



H A P I T R E 6.

ESTIMATION DES REACTIONS  
SUR LES GALETS.

INTRODUCTION.

Le poids d'un pont roulant est un des critères de choix du bureau d'études.

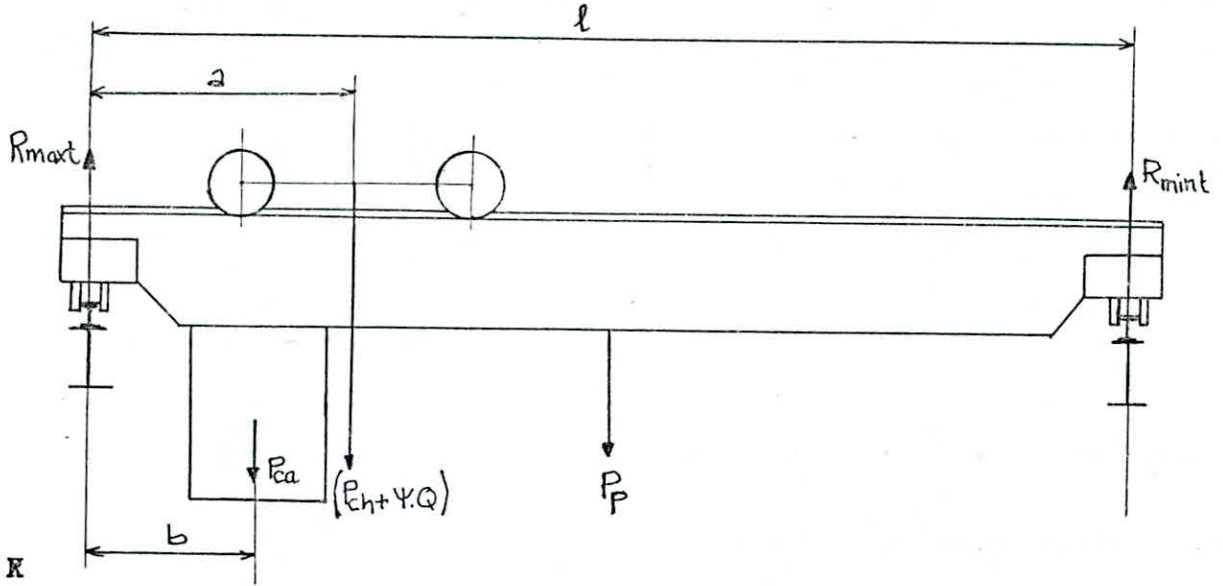
L'estimation des réactions sur les galets a pour but de permettre l'établissement de l'avant-projet " charpente métallique " qui permette, avec les autres avant-projets à définir le coût de réalisation de l'unité.

Nous nous sommes basés, pour l'estimation du poids propre du pont, du poids du chariot et du poids de la cabine sur d'anciennes offres de fournisseurs concernant des ponts roulants très similaires aux nôtres (même type, même force, même portée).

Vu la gamme assez large de poids proposés par les différents constructeurs nous avons choisis des valeurs moyennes afin de ne pas déjà trop limiter le choix final du fournisseur.

I. METHODOLOGIE :

. Réaction maximale par galet :



$b$  : côte d'approche de la cabine

$a$  : côte d'approche du chariot

$l$  : portée

$P_p$  : poids propre du pont

$P_{ca}$  : poids de la cabine

$P_{ch}$  : poids du chariot

$Q$  : charge maximale à soulever

$$R_{\max} \times l = (\Psi \cdot Q + P_{ch}) (l - a) + P_{ca} (l - b) + P_p \times l/2$$

$$R_{\max} = (\Psi \cdot Q + P_{ch}) (l - a)/l + P_{ca} (l - b)/l + P_p/2$$

$R_{\max}$  : réaction maximale par file (sur deux galets)

$\Psi$  : coefficient dynamique

$$\Psi = 1 + \xi \cdot V_L$$

$\xi$  : coefficient expérimental

$$\xi = 0,6$$

$V_L$  : vitesse de levage en m/s

• Réaction minimale par galet :

$$R_{\text{mint}} \approx 1 = (\psi \cdot Q + P_{\text{ch}}) \cdot a + P_{\text{ca}} \cdot b + P_p \times 1/2$$

$$R_{\text{mint}} = (\psi \cdot Q + P_{\text{ch}}) \cdot a/1 + P_{\text{ca}} \cdot b/1 + P_p/2$$

$$R_{\text{min/galet}} = \frac{R_{\text{mint}}}{2}$$

II. PONTS ROULANTS 5t/22 m :

masses	{	charge maximale à soulever :.....	5000 Kg
		chariot :.....	3500 Kg
		pont + équipement électrique : .....	11700 Kg
		cabine :.....	<u>800 Kg</u>
		Poids total en charge:	21000 Kg

$$\psi = 1 + \cdot V_L$$

$$\xi = 0,6$$

$$V_L = 12 \text{ m/mn} = 0,2 \text{ m/s}$$

$$\psi = 1 + 0,6 \cdot 0,2 = 1,12$$

prenons  $a = b = 2 \text{ m}$  (selon pont standard)

$$R_{\text{maxt}} = (\psi \cdot Q + P_{\text{ch}}) (1 - a)/1 + P_{\text{ca}} (1 - b)/1 + P_p/2$$

$$= (1,12 \cdot 50\ 000 + 35\ 000)(22 - 2)/22 + 8000(\frac{22-2}{22}) + 117000/2$$

$$= 148\ 500 \text{ N.}$$

$$R_{\text{max/galet}} = 148\ 500/2 = 74\ 250 \text{ N} \approx 75 \text{ KN}$$

$$R_{\text{max/galet}} = 75 \text{ KN.}$$

$$R_{\text{mint}} = (\psi \cdot Q + P_{\text{ch}}) \cdot a/1 + P_{\text{ca}} \cdot b/1 + P_p/2$$

$$= (1,12 \cdot 50000 + 35000) \cdot 2/22 + 8000 \cdot 2/22 + 117\ 000/2$$

$$= 67\ 900 \text{ N}$$

$$R_{\min/\text{galet}} = 67\,500/2 = 33\,750 \text{ N} \approx 34 \text{ KN}$$

$$R_{\min/\text{galet}} = 34 \text{ KN.}$$

III. PONTS ROULANTS 6t/10 m:

Masses (Kg)	{	charge maximale à soulever :.....	6000 Kg
		chariot :.....	5000 Kg
		pont + équipement électrique :.....	5200 Kg
		cabine :.....	<u>800 Kg</u>
			Poids total en charge : 17000 Kg

prenons :  $a = 3 \text{ m}$  et  $b = 2 \text{ m}$  (selon pont standard)

$$V_L = 10 \text{ m/mn} = 0,167 \text{ m/s}$$

$$\psi = 1 + 0,6 \cdot 0,167 = 1,1$$

$$\begin{aligned} R_{\max} &= (\psi \cdot Q + P_{\text{ch}})(1 - a)/1 + P_{\text{ca}}(1 - b)/1 + P_p/2 \\ &= (1,1 \cdot 60000 + 50000) \left( \frac{10 - 3}{10} \right) + 8000 \left( \frac{10 - 2}{10} \right) + 52\,000/2 \\ &= 113\,600 \text{ N} \end{aligned}$$

$$R_{\max/\text{galet}} = 113\,600/2 = 56\,800 \text{ N} = 57 \text{ KN}$$

$$R_{\max/\text{galet}} = 57 \text{ KN.}$$

$$\begin{aligned} R_{\min} &= (\psi \cdot Q + P_{\text{ch}}) \cdot a/1 + P_{\text{ca}} \cdot b/1 + P_p/2 \\ &= (1,1 \cdot 60\,000 + 50000) \cdot \frac{3}{10} + 8000 \cdot \frac{2}{10} + 52\,000/2 \\ &= 62\,400 \text{ N} \end{aligned}$$

$$R_{\min/\text{galet}} = 62\,400/2 = 31\,200 \text{ N} = 32 \text{ KN}$$

$$R_{\min/\text{galet}} = 32 \text{ KN.}$$



HA P I T R E 7.

I. BILAN FINAL :

Caractéristiques et particularités	Ponts roulants des halles de stockage de matieres premières	Ponts roulants de la halle de décapage
Nombre	2	3
Type	bipoutres avec c chariot posé	bipoutres avec chariot posé
Force de levage (daN)	5000	6000
Portée (m)	22,9 *	10,6 *
Classement FEM : charpente mécanisme de levage mécanisme de translation mécanisme de direction mécanisme d'orientation	groupe 5 2 <sub>m</sub> 2 <sub>m</sub> 3 <sub>m</sub> 1 <sub>Bm</sub>	groupe 5 4 <sub>m</sub> 3 <sub>m</sub> 1 <sub>Bm</sub>
Vitesses (m/mn) : levage translation direction	12 80 31,5	10/1 60/15 25
Hauteur libre sous crochets (m)	7	6,5
Crochet "C" entraxe des pts de suspension du " C "(m) capacité (daN)	orientable(çourelle)  1,5 2600	non orientable  4 2600
Commande type	cabine fermée; mobile le long d'une poutre du pont	cabine fermée; fixée latéra- lement à l'extrémité du pont
Service	extérieur	intérieur
Atmosphère		acide

\* Portées fixées par le service charpente métallique.



## II. RECOMMANDATIONS :

Si le type de manutention adopté dans la halle décapage paraît satisfaire la production fixée, nous tenons à signaler qu'il n'offre pas un fonctionnement satisfaisant. Les deux inconvénients principaux sont :

a) Le risque de collision entre ponts roulants :

La circulation dans les deux sens des 3 ponts roulants, sur le même chemin de roulement risque d'engendrer des accidents graves dues aux heurts. En effet la fiabilité du dispositif d'anticollision, aussi grande soit elle n'assure pas une sécurité absolue. Les dispositifs d'anticollision sont des systèmes complexes composés du dispositif lui-même certes, mais aussi du système de freinage. Il est clair qu'un mauvais entretien du frein ne peut être pallié par la qualité du dispositif d'anticollision.

b) Un risque d'étranglement de la production :

En cas de panne du pont roulant du milieu, l'arrêt total de la ligne est obligatoire.

Nous pensons donc que ces deux remarques à elles seules justifient la nécessité de se pencher de plus près sur ces problèmes.

Nous tenons aussi à faire remarquer qu'une solution de conception DEMAG est utilisée dans des installations similaires, et est tout à fait remarquable par sa sécurité :

Conception du système : (fig.d)

La desserte des baux est automatique. L'installation consiste en un système de voies et ponts roulants suspendus réalisé en circuit fermé avec des chariots palans fonctionnant en cycles cadencés. Le système consiste à l'aménagement de deux voies birails parallèles suspendues et d'un pont bi-poutres suspendu à chaque extrémité. Les deux ponts se déplacent perpendiculairement à l'axe des voies birails et peuvent être verrouillés avec celles-ci pour permettre le passage des chariots du pont à la voie birails. Les manutentions sont effectuées suivant programme. La commande et la surveillance du système total de manutention dans l'atelier de décapage sont réalisés sur computer par un seul opérateur. Le conflit de collision par télescopage est éliminé car les chariots circulent dans le même sens. Cette conception étant très coûteuse et la commande automatique de l'installation demandant un personnel spécialisé, nous avons pensé à une solution

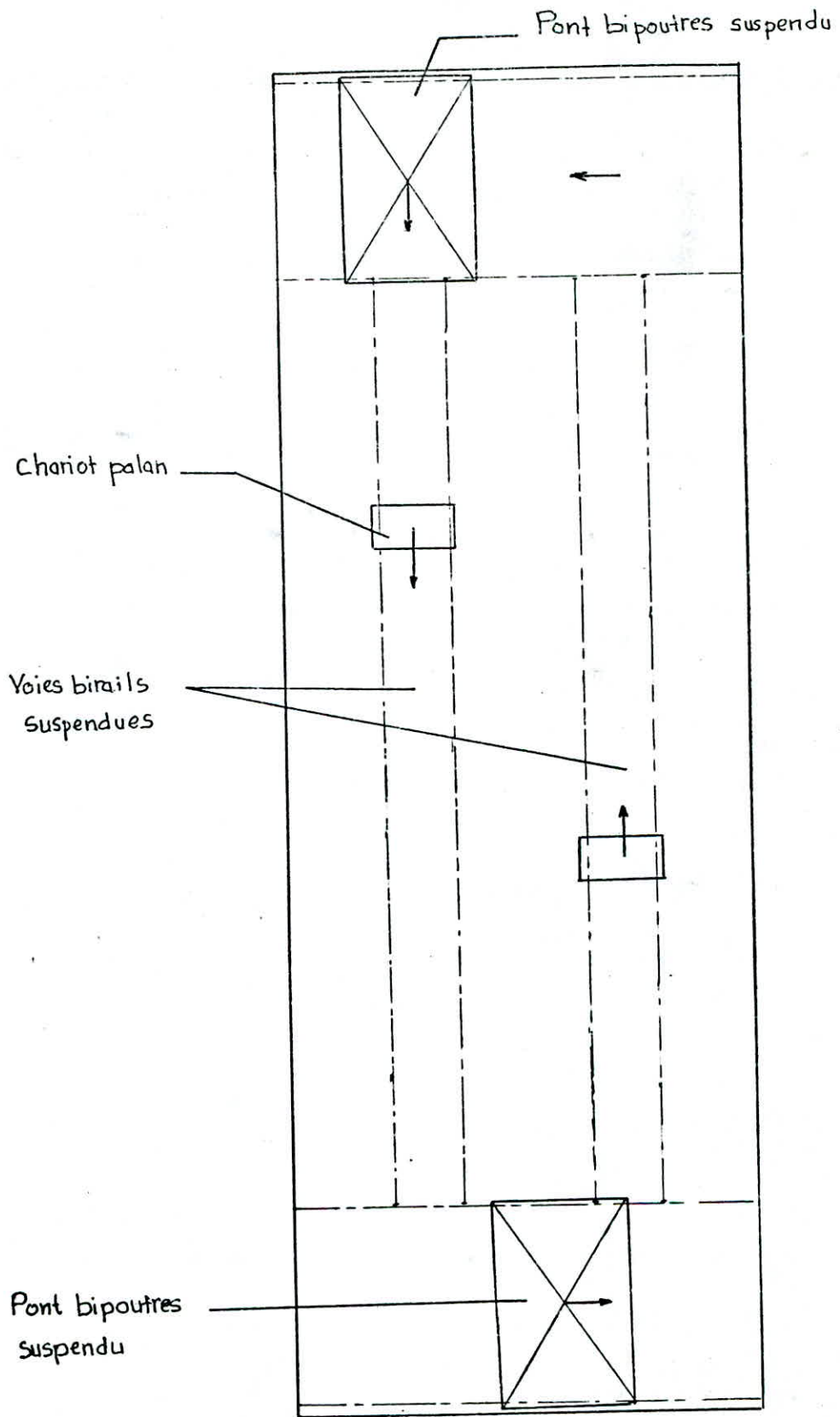


fig.d

intermédiaire entre les deux premières :

Elle consiste à l'aménagement au dessus de l'installation ~~de~~ de décapage d'un palan birails dont les chemins de roulement sont situés à un niveau plus haut que ceux des ponts roulants. Ce palan aura à desservir les bacs uniquement. Cette solution offre les avantages suivants :

- le risque de conflits de collision est diminué car le nombre de ponts roulants circulant sur le même chemin de roulement est réduit à 2.

- le risque d'étranglement de la production est pratiquement éliminé :

. dans le cas d'une panne du palan, les deux ponts roulants pourront quand même assurer un certain débit en se reliant dans le travail.

. dans le cas d'une panne d'un pont roulant, il est placé à l'extrémité de la voie. Le travail peut continuer grâce au palan qui sera assisté par l'autre pont roulant en amont et en aval de la ligne de décapage. Dans ce cas la commande du palan serait effectuée à partir du sol par radio-télécommande. Seulement cela reviendrait, si l'on adopte cette solution, à accepter les taux d'utilisation déjà déterminés : soit 59 % et 33 % pour les ponts roulants et 87 % pour <sup>le</sup> palan.

### III. CONCLUSION GENERALE.

En conclusion, nous dirons qu'une manutention dans un dépôt ne présente généralement aucune particularité inquiétante. L'adoption d'une solution plus ou moins adéquate de manutention peut être faite selon un cas similaire déjà en service.

Par contre, le choix d'un appareil de manutention dont le service est lié à un process technologique devant répondre à une production donnée, n'est pas à priori évident.

Un bon choix n'est possible que si l'on connaît avec précision le service à accomplir et c'est particulièrement là que fût notre difficulté majeure. Néanmoins, nous estimons que nous avons réussi à dégager, à travers ce modeste travail les conclusions qui s'imposent, tout en soulignant que celles-ci sont étroitement liées aux hypothèses qu'on s'est fixé. Evidemment un bon résultat est d'autant plus précis que les conditions moyennes supposées sont proches des conditions réelles d'exploitation.

## BIBLIOGRAPHIE

- F.E.M./I-I2-1970 Règles pour le calcul des  
appareils de levage
- H. ERNEST Les appareils de levage T.I,II,III  
GAUTHIER VILLARDS
- HENN Atlas de la construction industrielle
- Eléments de construction à  
l'usage de l'ingénieur T.
- Technique de l'ingénieur
  
- Documentation technique  
des fournisseurs :
  - DEMAG
  - VERLINDE
  - UNELEC
  - POTAIN
  - MAKIBER
  - ALCOMA
  - IVOLOLA GRIBAR
  
- Documentation technique de la SNS  
Projet " TREFILERIE DEL EULMA "

