

# **Les Moyens de Manutention**

## **II-Analyse des systèmes de manutention**

---

**SAFIA LAMRANI**

**2009-2010**

## Table des matières

|                      |  |           |
|----------------------|--|-----------|
| <b>Chapitre. III</b> | <b>Analyse des systèmes de manutention</b>         | <b>1</b>  |
| <b>III.1</b>         | <b>Analyse de systèmes basés sur des véhicules</b> | <b>1</b>  |
| III.1.1              | Détermination du flux de matière                   | 1         |
| III.1.2              | Temps d'un cycle de livraison                      | 2         |
| III.1.3              | Taux de livraison par heure par véhicule           | 2         |
| III.1.4              | Nombre de véhicules requis :                       | 3         |
| III.1.5              | Applications                                       | 4         |
| <b>III.2</b>         | <b>Analyse de convoyeurs :</b>                     | <b>6</b>  |
| III.2.1              | Convoyeur à sens unique                            | 6         |
| III.2.2              | Convoyeur en boucle continue                       | 8         |
| <b>III.3</b>         | <b>Bibliographie</b>                               | <b>10</b> |

# Chapitre. III Analyse des systèmes de manutention

On veut déterminer le besoin en manutention d'une usine.

## III.1 Analyse de systèmes basés sur des véhicules

### III.1.1 Détermination du flux de matière

Étant donné un certain nombre de stations de chargements / déchargements, on définit le taux de flux entre la station  $i$  (origines) et la station  $j$  (destinations) comme étant le nombre de chargements par heures divisé par la distance (m) entre les deux stations. On construit la table de flux de matières (origine-destination). Ensuite, on construit le diagramme de flux de matières. Voir l'exemple ci-dessous.

#### a. Table de flux de matières (origine-destination)

Taux de flux = (chargement/hr)/ distance (m)

| Destination |   | 1 | 2    | 3     | 4     | 5     |
|-------------|---|---|------|-------|-------|-------|
| Origine     | 1 | 0 | 9/50 | 5/120 | 6/205 | 0     |
|             | 2 | 0 | 0    | 0     | 0     | 9/80  |
|             | 3 | 0 | 0    | 0     | 2/85  | 3/170 |
|             | 4 | 0 | 0    | 0     | 0     | 8/85  |
|             | 5 | 0 | 0    | 0     | 0     | 0     |

Tableau 1. Table de flux de matières (origine-destination)

#### b. Diagramme de flux de matières

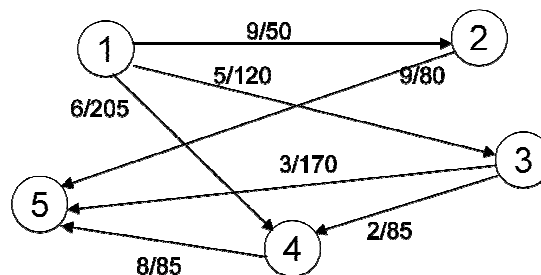


Figure 1. Diagramme de flux de matières

### III.1.2 Temps d'un cycle de livraison

On veut dimensionner le système de véhicules nécessaire pour répondre au besoin de manutention. On calculera en premier lieu le temps d'un cycle de livraison  $T_c$ . Le temps de cycle de livraison permettra par suite de déterminer deux paramètres : Taux de livraison par véhicule (livraison/hr par véhicule) ; Nombre de véhicules nécessaires pour faire le nombre de livraisons voulues (satisfaire la demande);

Le temps d'un cycle de livraison d'un système de véhicules est composé de : Temps de chargement ; Temps de voyage jusqu'à la station de déchargement ; Temps de déchargement ; Temps de voyage à vide pour retourner à la station de chargement jusqu'au début du prochain cycle ;

Alors, le temps de cycle de livraison est donné par la formule suivante :

$$T_c = T_L + \frac{L_d}{v_c} + T_U + \frac{L_e}{v_c}$$

Tels que :

- $T_c$ : temps de cycle de livraison (min/livraison);
- $T_L$ : temps de chargement dans la station de chargement (min) ; L comme Load .
- $L_d$ : distance parcourue entre les stations de chargement et de déchargement (m) (véhiculé chargé)
- $V_c$ : vitesse du véhicule (m/min) supposée constante lors des déplacements du véhicule
- $T_U$ : temps de déchargement dans la station de déchargement (min); U comme Upload.
- $L_e$ : distance de voyage à vide pour retourner à la station de chargement jusqu'au début du prochain cycle (min); e comme empty.

### III.1.3 Taux de livraison par heure par véhicule

Durant le fonctionnement du véhicule, des pertes de temps peuvent avoir lieu. Ceux-ci sont dus à :

- La disponibilité;
- La congestion du trafic;
- L'efficacité des opérateurs (chariots manuels)

Pour rendre compte de ces pertes, les facteurs suivants sont introduits :

- Facteur de fiabilité (disponibilité= availability) (A);
- Facteur de trafic ( $T_f$ );
- Efficacité de l'opérateur (E);

Pour les systèmes basés sur les chariots industriels - aussi bien les chariots manuels que les chariots motorisés à conducteur- la congestion du trafic n'est pas la cause principale des basses performances opérationnelles. En effet, dans ce cas là, les performances dépendent principalement sur l'efficacité du travail de l'opérateur qui conduit le chariot. On définit ici *E efficacité du travailleur* comme étant le rapport entre le taux réel de travail de l'opérateur et le taux de travail attendu selon des standards ou bien selon des performances réelles.

On définit AT le temps disponible par heure par véhicule (min/h par véhicule):

$$AT = 60AT_f E$$

Les paramètres A,  $T_f$  et E ne prennent pas en considération : - le mauvais routage des véhicules ; - la mauvaise conception du chemin ; - ni la mauvaise gestion des véhicules dans le système. Ces facteurs doivent être minimisés. Mais s'ils sont présents, ils sont comptés dans  $L_d$  et  $L_e$ .

Le taux de livraisons par heure par véhicule est  $R_{dv}$  (liv/hr par véhicule) :

$$R_{dv} = \frac{AT}{T_c}$$

Tel que  $T_c$  est le temps du cycle de livraison (min/livraison) et AT le temps disponible en 1 Heure avec prise en compte des pertes de temps (min/hr).

### III.1.4 Nombre de véhicules requis :

Le nombre total des véhicules (Chariots tracteurs, AGVs, trolley, chariots) requis pour satisfaire le taux de livraison total programmé  $R_f$  dans le système est estimé en calculant en premier lieu la charge de travail totale requise et ensuite la diviser par le temps disponible par véhicule. La charge de travail WL (*WorkLoad*) est définie comme étant la quantité totale du travail, exprimée en termes de temps, qui doit être réalisée par le système de transport matériel en 1 heure. On a donc :

$$WL = R_f T_c$$

- $WL$  : charge de travail (min/h)
- $T_c$  : temps de cycle (min/livraison)
- $R_f$  : taux programmé de livraison total pour le système (livraison/hr)

Ainsi, le nombre de véhicules requis pour accomplir cette charge de travail est:

$$n_c = \frac{WL}{AT} = \frac{R_f}{R_{dv}}$$

Tel que

- $n_c$  = nombre de transporteurs (véhicules) requis ;
- $WL$  = charge de travail (min/hr);
- $AT$  = temps disponible par véhicule (min/hr par véhicule);
- $R_f$  = taux programmé de livraison total pour le système (livraison/hr)
- $R_{dv}$  = taux de livraisons par heure par véhicule (liv/hr par véhicule)

Le facteur de trafic  $T_f$  prend en compte les retards des véhicules. Mais il n'inclue pas ceux des stations de chargement/déchargement qui doivent attendre l'arrivée du véhicule. A cause de la nature aléatoire des demandes de chargement/déchargement, les stations de travail subissent des temps d'attente quand les véhicules sont occupés par d'autres livraisons. Les équations précédentes ne considèrent pas cette perte de temps ou son impact sur les coûts opérationnels. Si les pertes de temps des stations doivent être minimisées, alors, plus de véhicules seront requis que le nombre indiqué par l'équation précédente. Les modèles mathématiques basés sur la théorie de file d'attente sont appropriés pour analyser cette situation stochastique plus complexe.

### III.1.5 Applications

#### a. Calcul du nombre de véhicules AGVs requis :

Soit le chemin AVGs de la Figure 2. Les véhicules se déplacent dans le sens antihoraire dans la boucle AVG pour délivrer des charges de la station de chargement manuel vers la station de déchargement manuel. Le temps de chargement est de 0.75min. Le temps de déchargement est de 0.50 min.

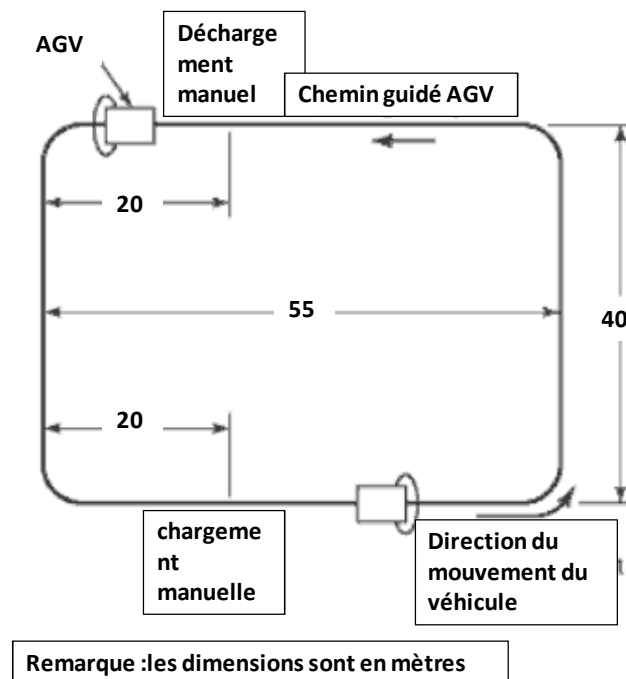


Figure 2. Boucle AGVs pour l'application a.

On veut déterminer le nombre de véhicules requis pour satisfaire la demande. Le système AVG doit réaliser un total de 40 livraisons par heure. On donne les paramètres de performances suivantes : vitesse du véhicule = 50 m/min ; la disponibilité est de 95% ; le facteur de trafic est de 0.90 ; et l'efficacité de l'opérateur ne sera pas prise en compte. C-à-d. qu'on la suppose égale à 100%. Trouver :

- a) Les distances de voyage en chargement et en déchargement ;
- b) Le temps de cycle de livraison idéal ;
- c) Le nombre de véhicules requis pour satisfaire la demande de livraison.

**Solution**

$$\left\{ \begin{array}{l} T_L = 0.75 \text{ min} \\ T_U = 0.50 \text{ min} \\ R_f = 40 \text{ liv} / \text{hr} \\ v_c = 50 \text{ m} / \text{min} \\ A = 0.95 \\ T_f = 0.90 \\ E = 1.0 \end{array} \right.$$

- a)  $L_d=110\text{m}$  et  $L_e=80 \text{ m}$  ;
- b) Le Temps de cycle idéal est :

$$T_c = 0.75 + \frac{110}{50} + 0.50 + \frac{80}{50} = 5.05 \text{ min}$$

- c) Le Nombre de véhicules nécessaires est :

$$n_c = \frac{WL}{AT} = \frac{R_f T_c}{60 A T_f E} = \frac{40 \times 5.05}{60 \times 0.95 \times 0.9 \times 1} \approx 4$$

## III.2 Analyse de convoyeurs :

### III.2.1 Convoyeur à sens unique

On considère le cas d'un convoyeur à sens unique motorisé avec une station de chargement à l'amont et une station de déchargement en aval (Figure 3). La matière est chargée/déchargée peut être des pièces, des cartons, des chargements de palettes, ou bien d'autres unités. On suppose que le convoyeur opère à vitesse constante.

Le Temps de déplacement des pièces de la station de chargement à la station de déchargement :

$$T_d = \frac{L_d}{v_c}$$

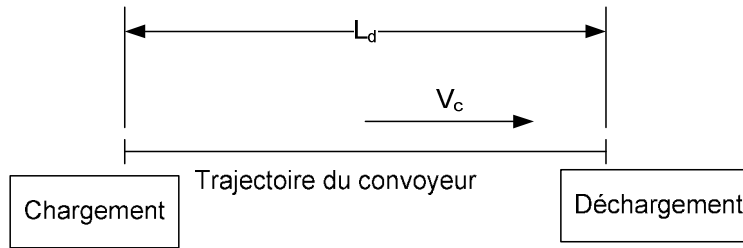


Figure 3. Convoyeur à sens unique

Tel que :

- $T_d$ : temps de livraison (min);
- $L_d$ : distance entre les stations de chargement et de déchargement (m)
- $v_c$ : vitesse du convoyeur (m/min)

Le flux de matières dans le convoyeur est déterminé par le taux de chargement dans la station de chargement.

Le taux de chargement est limité par l'inverse du temps de chargement des produits.

$$R_f = R_L = \frac{v_c}{S_c} \leq \frac{1}{T_L}$$

- $R_f$ : flux de produits (pc/min)
- $R_L$ : taux de chargement (pc/min)
- $S_c$ : distance centre-à-centre entre les pièces sur le convoyeur (m/pc)
- $v_c$ : vitesse du convoyeur (m/min)

Le temps de déchargement doit être plus petit ou égal au temps de chargement

$$T_U \leq T_L$$

- $T_U$ : temps de déchargement (min/pc)
- $T_L$ : temps de chargement (min/pc)

Si le chargement requiert plus de temps que l'intervalle de temps entre les charges arrivant, alors les charges peuvent s'accumuler ou être déchargées sur le sol à l'aval du convoyeur.

L'avantage du principe de standardisation des unités peut se démontrer si on transporte  $n_p$  en lot dans le même bac de manutention au lieu d'une seule pièce. Nous avons alors :

$$R_f = \frac{n_p v_c}{S_c} \leq \frac{1}{T_L}$$



- $R_f$  : flux de produits (pc/min)
- $S_c$  : distance centre-à-centre entre les bacs de manutention sur le convoyeur (m/bac)
- $v_c$  : vitesse du convoyeur (m/min)
- $n_p$  : nombre de pièces par bac (pc/bac)

Le taux de flux de pièces transportés par le convoyeur est potentiellement plus grand dans ce cas là. Cependant, le temps de chargement reste une limitation, et  $T_L$  peut consister, en plus du temps pour charger un bac, mais aussi du temps de charger les pièces dans le bac.

#### a. Application : convoyeur à sens unique

Un convoyeur à rouleaux suit un chemin de 35m de long entre un département de production et un département d'assemblage. La vitesse du convoyeur est 40m/min. les pièces sont chargées dans de larges bacs. Ceux-ci sont placés sur le convoyeur dans la station de chargement. Le premier opérateur charge les pièces dans les bacs, ceci prends 25sec. Chaque bac a une capacité de 20 pièces. Les pièces entrent dans la station de chargement en provenance de la production à un taux en accord avec ce cycle de chargement de 25sec. Le second travailleur charge les bacs sur le convoyeur avec le même temps de cycle de 25 sec.

- Calculer l'espace centre à centre entre les bacs ;
- Calculer le flux de produits maximum ;
- Trouver le temps minimal de déchargement d'un bac.

#### Solution

$$\begin{cases} v_c = 40m / \text{min} \\ L_d = 35m \\ n_p = 20 \\ \text{loading cycle} = 25 \text{ sec} \end{cases}$$

Espace entre les pièces :

$$S_c = \frac{25}{60} \cdot 40 = 16.67 \text{ m / pc}$$

Flux de produits maximum :

$$R_f = \frac{n_p v_c}{S_c} = \frac{20 \times 40}{16.67} = 48 \text{ pc / min}$$

$$T_L = \frac{25 \text{ sec}}{60 \text{ sec / min} \times 20 \text{ pc}} = 0.0208 \text{ min / pc} \Rightarrow \frac{1}{T_L} = 48 \text{ pc / min} \Rightarrow R_f \leq \frac{1}{T_L}$$

Temps minimal de déchargement d'un bac :

$$T_U \leq 25 \text{ sec}$$

### III.2.2 Convoyeur en boucle continue

Longueur totale du convoyeur :

$$L = L_d + L_e$$

- $L_d$ : longueur de la boucle de livraison (m)
- $L_e$ : longueur de la boucle de retour (m)
- $L$ : longueur totale du convoyeur (m)

Le temps de cycle total du convoyeur pour la boucle

$$T_c = \frac{L}{v_c}$$

- $T_c$ : temps de cycle total (min)
- $v_c$ : vitesse du convoyeur (m/min)
- $L$ : longueur totale du convoyeur (m)

Temps dans la boucle de livraison :

$$T_d = \frac{L_d}{v_c}$$

- $T_d$ : longueur de la boucle de livraison (m)
- $L_d$ : longueur de la boucle de retour (m)
- $v_c$ : longueur totale du convoyeur (m)

Nombre de bacs de manutention dans la boucle :

$$n_c = \frac{L}{v_c}, n_c \in N$$

- $n_c$ : nombre de bacs
- $v_c$ : vitesse du convoyeur (m/min)
- $L$ : longueur totale du convoyeur (m)

Nombre maximum de pièces dans la boucle de livraison

$$\text{nombre de pièces} = n_c n_p \frac{L_d}{L}$$

- $n_c$ : nombre de bacs de manutention
- $n_p$ : nombre de pièces par bac (pc/bac)
- $L_d$ : longueur de la boucle de livraison (m)
- $L$ : longueur totale du convoyeur (m)

Flux maximal entre les stations :

$$R_f = \frac{n_p v_c}{S_c} \leq \frac{1}{T_L}$$

- $R_f$ : flux de produits (pc/min)
- $S_c$ : distance centre-à-centre entre les bacs de manutention sur le convoyeur (m/bac)
- $v_c$ : vitesse du convoyeur (m/min)
- $n_p$ : nombre de pièces par bac (pc/bac)

### III.3 Bibliographie

Mikell P. Groover, *“Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing”*, 2<sup>ème</sup> édition, Prentice-Hall, Inc., New Jersey 2001