

# CELLULES DE PRODUCTION À POSTE UNIQUE

Cellule manuelle à poste unique  
Cellule automatique à poste unique  
Applications des cellules à poste unique  
Analyse des systèmes à poste unique

Safia LAMRANI

cellule à poste unique

1

## Cellule manuelle à poste unique

- **Les cellules manuelles à poste unique sont les plus utilisées en industrie pour plusieurs raisons**
  - Temps d'implémentation court
  - Capital d'investissement réduit
  - Simple à installer et exécuter, facile à maintenir
  - Offre le système manufacturier le plus flexible par rapport au changement d'outils entre les styles de produits

Safia LAMRANI

cellule à poste unique

3

## Introduction

- **Les machines à poste unique**
  - Sont les systèmes manufacturiers les plus répandues dans l'industrie
  - Fonctionnent indépendamment des autres postes de travail, bien que leurs activités sont coordonnées dans le système manufacturier
  - Peuvent être manuelles ou automatiques
  - Peuvent être utilisées pour des opérations de traitement ou d'assemblage
  - Sont utilisées pour un modèle unique, en lots ou un modèle mixte

Safia LAMRANI

cellule à poste unique

2

## Cellule automatique à poste unique

- **Les machines sont complètement automatisées, exécutent les opérations sans surveillance pendant des périodes de temps plus longues que le temps de cycle**
- **Les avantages:**
  - Le coût de main-d'œuvre est réduit
  - C'est le système manufacturier automatisé le plus facile et le moins coûteux à installer
  - Le taux de production est plus élevé que pour les cellules manuelles

Safia LAMRANI

cellule à poste unique

4



## Cellule automatique à poste unique

### Sous-système de stockage et de transfert automatique de pièces

Sont nécessaires pour le fonctionnement indépendant des cellules pendant de longues périodes de temps

Les sous-systèmes de stockage sont conçus de façon à avoir une capacité  $n_p$

Par conséquent, la cellule peut fonctionner sans surveillance pendant une durée de UT :

$$UT = \sum_{j=1}^{n_p} T_{cj}$$

UT: temps d'opération de la cellule sans surveillance (min)

$T_{cj}$ : temps de cycle de la pièce  $j=1, 2, \dots, n_p$  (min)

$n_p$ : capacité en nombre de pièces du système de stockage

Safia LAMRANI

cellule à poste unique

7



## Cellule automatique à poste unique

### Sous-système de stockage et de transfert automatique de pièces

Si les pièces sont identiques et ont le même temps de cycle

$$UT = n_p T_c$$

UT: temps d'opération de la cellule sans surveillance (min)

$T_c$ : temps de cycle (min)

$n_p$ : capacité en nombre de pièces du système de stockage

En réalité, ce temps n'est que théorique, et est supérieur au temps réel d'opération de la cellule sans surveillance, car il ne tient pas compte des temps de chargement et de déchargement...

Safia LAMRANI

cellule à poste unique

6

Safia LAMRANI

cellule à poste unique

8

## Cellule automatique à poste unique

### Sous-système de stockage et de transfert automatique de pièces

Lorsque la cellule n'a pas de sous-système de stockage, le temps de cycle est donnée par

$$T_c = T_m + T_s$$

T<sub>c</sub> : temps de cycle de la cellule (min)

T<sub>m</sub>: temps de process de la machine (min)

T<sub>s</sub>: temps de service de l'opérateur (chargement, déchargement et autres opérations de surveillance) (min)

Safia LAMRANI

cellule à poste unique

9

## Applications des cellules à poste unique

Centre d'usinage à commande numérique traitant des produits identiques ou différents

Assemblage d'une carte de circuit imprimé

Assemblage simple de produits (par un ouvrier ou par un robot)

...etc.

Safia LAMRANI

cellule à poste unique

11

## Cellule automatique à poste unique

### Sous-système de stockage et de transfert automatique de pièces

Lorsque le sous-système de stockage possède une capacité d'une pièce, le temps de cycle est donnée par

$$T_c = \text{Max} \{T_m, T_s\} + T_r$$

T<sub>r</sub>: temps de repositionnement (déplacer la pièce finie du porte-pièce et placer la pièce brute en position) (min)

Safia LAMRANI

cellule à poste unique

10

## Analyse des systèmes à poste unique

L'analyse relative à un système à poste unique consiste à déterminer

- Le nombre de postes de travail requis
- Le nombre de machines à assigner à un opérateur dans un groupe de machines

L'approche utilisée pour déterminer le nombre de postes de travail requis consiste à:

- Déterminer la charge de travail qui doit être accomplie pendant une certaine période (heure, semaine, mois, année)
- Diviser la charge de travail par le temps total disponible d'une station de travail pendant la période considérée

Safia LAMRANI

cellule à poste unique

12

## Analyse des systèmes à poste unique

### Détermination de la charge de travail

C'est le nombre total d'heures nécessaires pour accomplir une quantité de travail donnée ou pour produire un certain nombre d'unités de produits finis

Elle est donnée par

$$WL = QT_c$$

**WL:** charge de travail par période (hr/période)

**Q:** quantité à produire durant la période (pc/période)

**Tc:** temps de cycle par produit (hr/pc)

Lorsque plusieurs produits sont fabriqués

$$WL = \sum_j Q_j T_{cj}$$

**Qj:** quantité de pièces j à produire durant la période (pc/période)

**Tcj:** temps de cycle par produit j (hr/pc)

Safia LAMRANI

cellule à poste unique

13

## Analyse des systèmes à poste unique

### Exemple 1: détermination du nombre de postes de travail requis lorsque le nombre de set-up est connu

Un ensemble de 800 axes sont à produire durant la semaine

Il y a 20 différents types d'axes (20 lots)

Chaque lot contient en moyenne 40 produits

Chaque lot nécessite un set-up de 3.5 heures

Le temps de cycle moyen est  $T_c = 11.5$  min

Safia LAMRANI

cellule à poste unique

15

## Analyse des systèmes à poste unique

### Détermination du nombre de postes de travail requis

La charge de travail est divisée par le nombre total d'heures disponible pour une cellule

$$n = \frac{WL}{AT}$$

**WL:** charge de travail par période (hr/période)

**AT:** temps total disponible pour une cellule (hr/période)

**n:** nombre de postes de travail

D'autres facteurs doivent être ajoutés pour rendre compte de la réalité

- Temps de set-up
- Disponibilité
- Utilisation
- Taux de pièces défectueuses

Safia LAMRANI

cellule à poste unique

14

## Analyse des systèmes à poste unique

### Exemple 1: détermination du nombre de postes de travail requis lorsque le nombre de set-up est connu

$$\left. \begin{aligned} WL &= 20 \times 3.5 + 800 \times \frac{11.5}{60} = 233.33 \text{ hr / semaine} \\ AT &= 40 \text{ hr / semaine} \end{aligned} \right\} \Rightarrow n = \frac{233.33}{40} = 5.58$$

Le nombre de postes de travail requis est 6

Safia LAMRANI

cellule à poste unique

16

## Analyse des systèmes à poste unique

### Exemple 2: détermination du nombre de postes de travail requis lorsque le nombre de set-up n'est pas connu

- Le nombre de set-up est égal au nombre de postes à déterminer

$$\left. \begin{aligned} WL &= n \times 3.5 + 800 \times \frac{11.5}{60} = 153.33 + 3.5n \text{ (hr / semaine)} \\ AT &= 40 \text{ hr / semaine} \end{aligned} \right\} \Rightarrow n = \frac{153.33 + 3.5n}{40}$$

$$\Rightarrow n = 4.2$$

Le nombre de postes de travail requis est 5

Safia LAMRANI

cellule à poste unique

17

## Analyse des systèmes à poste unique

### Exemple 3 : détermination du nombre de postes de travail requis lorsque la disponibilité, l'utilisation et le taux de pièces défectueuses sont pris en considération

Un ensemble de 800 axes sont à produire durant la semaine

Il y a 20 différents types d'axes (20 lots)

Chaque lot contient en moyenne 40 produits

Chaque lot nécessite un set-up de 3.5 heures

Le temps de cycle moyen est  $T_c = 11.5$  min

La disponibilité (92% production, 100% set-up)

Utilisation 100%

Taux de pièces défectueuses 5%

Safia LAMRANI

cellule à poste unique

19

## Analyse des systèmes à poste unique

### Inclusion de la disponibilité, de l'utilisation et du taux de pièces défectueuses

$$AT = H_{sh} A U$$

$AT$  : temps disponible

$H_{sh}$  : nombre d'heures durant la période (hr)

$A$  : disponibilité

$U$  : utilisation

$$Q = Q_0 (1 - q)$$

$Q$  : quantité de bons produits fabriqués

$Q_0$  : quantité de produits bruts

$q$  : taux de pièces défectueuses

$$WL = \frac{Q T_c}{1 - q}$$

$WL$  : charge de travail

Safia LAMRANI

cellule à poste unique

18

## Analyse des systèmes à poste unique

### Exemple 3 : détermination du nombre de postes de travail requis lorsque la disponibilité, l'utilisation et le taux de pièces défectueuses sont pris en considération

Pour le set-up

Charge de travail:  $WL = 20(3.5) = 70$  hr/semaine

Temps disponible:  $AT = 40(1.0)(1.0) = 40$  hr/semaine

Nombre de postes:  $n_{su} = WL/AT = 1.75$

Pour la production

Charge de travail:  $WL = 20(40)(11.5/60)/(1-0.05) = 161.4$  hr/semaine

Temps disponible:  $AT = 40(0.92)(1.0) = 36.8$  hr/semaine

Nombre de postes:  $n_{pr} = WL/AT = 4.39$

Nombre total de postes

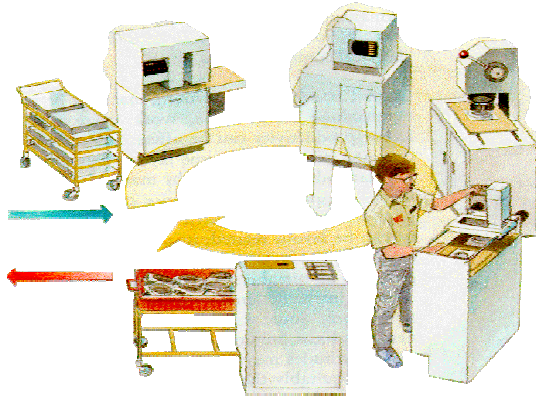
Nombre total de poste  $n = n_{su} + n_{pr} = 6.14 \Rightarrow \underline{7 \text{ postes}}$

Safia LAMRANI

cellule à poste unique

20

## Groupement de machine pour un opérateur



Safia LAMRANI

cellule à poste unique

21

## Analyse des systèmes à poste unique

Un groupement de machines est un ensemble de deux ou plusieurs machines fabriquant des produits ayant des temps de cycle et de service (de l'opérateur) identiques

Chaque machine fonctionne sous sa propre commande (semi-automatique) pendant  $T_m$  (temps machine)

Elle requiert ensuite le service d'un opérateur qui dure  $T_s$  (temps de service)

Lorsque l'opérateur assure le service pour plusieurs machines, un temps de repositionnement  $T_r$  est nécessaire pour ses déplacements entre les machines

Pour un système de  $n$  machines, parfaitement équilibré en termes de temps-opérateur et de temps de cycle de machine:

$$n(T_s + T_r) = T_m + T_s \Rightarrow n = \frac{T_m + T_s}{T_s + T_r}$$

Safia LAMRANI

cellule à poste unique

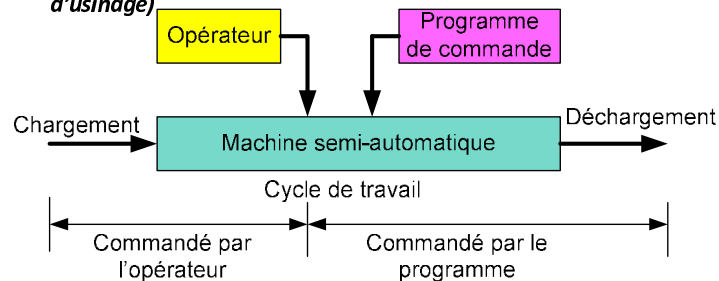
23

## Rappel : machines semi automatiques

### 1- Machines de production :

#### – Semi-automatiques

- la machine exécute une partie du cycle de travail commandée par un programme, l'opérateur surveille la machine pendant le reste du cycle (ex. les machines à commande numérique pour les opérations d'usinage)



Safia LAMRANI

cellule à poste unique

22

## Analyse des systèmes à poste unique

Il est probable que le nombre  $n$  calculé par cette formule ne soit pas entier, il faudrait alors arrondir

Ceci implique que soit la machine soit l'opérateur est inactif pendant un certain laps de temps. Lorsqu'on arrondit à

L'entier immédiatement inférieur

*L'opérateur a un temps d'inactivité*

*Le temps de cycle du système est celui des machine*  
( $T_c = T_m + T_s$ )

L'entier immédiatement supérieur

*Les machines ont un temps d'inactivité*

*Le temps de cycle est celui de l'opérateur* ( $T_c = n(T_s + T_r)$ )

cellule à poste unique

## Analyse des systèmes à poste unique

Comment savoir s'il faut arrondir à l'entier immédiatement inférieur ou immédiatement supérieur?

On se base sur l'analyse du comportement du coût, en calculant le coût de production unitaire pour chacune des deux alternatives

On introduit:

$C_L$ : coût unitaire de main-d'œuvre par unité de temps  
(\$/min)

$C_m$ : coût de fonctionnement de la machine par unité de temps  
(\$/min)

On calcule le coût de production unitaire pour chaque alternative  
(\$/unité)

Safia LAMRANI

cellule à poste unique

25

## Analyse des systèmes à poste unique

Lorsqu'on arrondit à l'entier immédiatement inférieur:

$$C_{pc}(n) = \left( \frac{C_L}{n} + C_m \right) (T_m + T_s)$$

Lorsqu'on arrondit à l'entier immédiatement supérieur:

$$C_{pc}(n) = (C_L + nC_m) (T_s + T_r)$$

On arrondit à l'entier qui minimise le coût de production unitaire  
En absence de données relatives aux coûts, on choisit l'entier immédiatement inférieur (on ne veut pas avoir des temps d'inactivité pour les machines)

Safia LAMRANI

cellule à poste unique

27

## Analyse des systèmes à poste unique

### • Exemple

- $T_m = 50$  min
- $T_s = 10$  min
- $T_r = 1$  min
- 1<sup>er</sup> scénario?
- 2<sup>nd</sup> scénario?
  
- $C_m = 400$  dhs/hr
- $C_L = 15$  dhs/hr
  
- Lequel des deux scénarios choisir?

Safia LAMRANI

cellule à poste unique

26

## Analyse des systèmes à poste unique

### Exemple 4 : combien de machines pour un opérateur?

Un ensemble de machines semi-automatique fabriquent le même produit

Le temps machine est de  $T_m = 2.75$  min

Un opérateur doit faire le chargement et le déchargement des machines à chaque cycle, ce qui requiert  $T_s = 25$  sec

Un opérateur a besoin de  $T_r = 20$  sec pour se déplacer entre les machines

Les machines ne doivent pas avoir de temps d'inactivité

Safia LAMRANI

cellule à poste unique

28

## Analyse des systèmes à poste unique

---

**Exemple: combien de machines pour un opérateur?**

Calcul du nombre n

$$n = \frac{T_m + T_s}{T_s + T_r} = \frac{2.75 \times 60 + 25}{25 + 20} = 4.22$$

On doit arrondir à l'entier immédiatement inférieur car on ne tolère aucun temps d'inactivité pour les machines

***n=4 machines / opérateur***