

## Les processus connectés

### Les processus connectés

### La production à la chaîne

- 1

## Les processus connectés

### Contenu



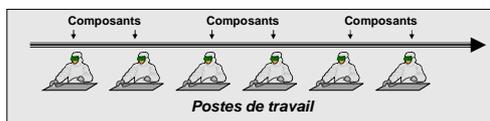
- Définitions et problématique de base
- Logistique interne
- Equilibrage de ligne
  - Nombre de postes
  - Cycle objectif
  - Perte d'équilibrage
- Différents modèles de ligne
- Prise en compte des aléas
- Aspects humains de la production en ligne

- 2

## Les processus connectés

### Production à la chaîne : définition

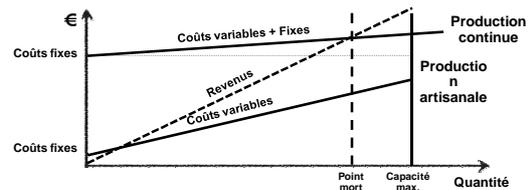
- Opérations de production/ transformation identiques standards : *processus dédié*
- Flux "linéaire" - Volume élevé - Rigidité relative
- Répartition des opérations entre postes *organisés séquentiellement*
- Incorporation progressive des composants



- 3

## Les processus connectés

### Problématiques de base (1)



- Le point mort se situe à un niveau proche de la capacité de l'outil de production.
- Pour que l'unité de production gagne de l'argent, elle doit donc faire en sorte que les équipements travaillent à plein.

4

## Les processus connectés

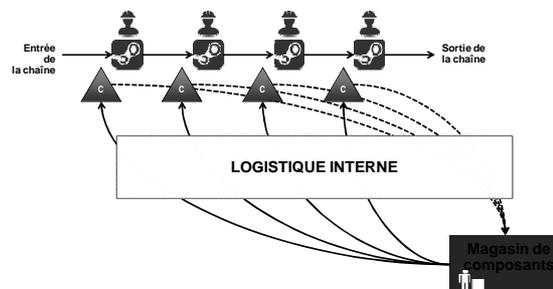
### Problématiques de base (2)

- Assurer la *continuité du flux de production*
  - Disposer des effectifs nécessaires en permanence
  - Minimiser les arrêts de production programmés (maintenance)
  - Gérer les approvisionnements de façon continue (dont livraisons fournisseurs)
- Maximiser la productivité du système : assurer la *régularité du flux de production*
  - A court terme, rechercher un bon équilibrage
  - A moyen terme, ajustement par les stocks de produits finis (puisque système peu flexible en général)

- 5

## Les processus connectés

### Gestion des approvisionnements



6

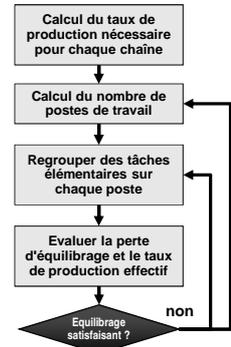
**Les processus connectés**  
**Équilibrage d'une chaîne**

- A partir du *programme commercial* :
  - définir le programme de production (produits à fabriquer par jour, heure...)
- A partir de la *gamme de fabrication* :
  - calcul du temps opératoire total / produit
  - calcul du cycle "objectif" pour le chaîne (cadence)
- Identifier les *contraintes d'antériorité* entre opérations élémentaires sur le produit (cf. gamme opératoire)
- Choisir le *mode d'organisation* industrielle
  - Chaîne unique (ou chaînes multiples - voir plus loin)

- 7 -

**Les processus connectés**  
**Détermination de l'équilibrage**

- **Objectif :**
  - Obtenir la répartition la plus égale possible entre les postes de travail
  - ... en minimisant le nombre de postes
- **Contraintes :**
  - Maintenir une certaine flexibilité
  - Satisfaire le besoin commercial



- 8 -

**Les processus connectés**  
**Calcul du nombre de postes**

Le nombre de postes nécessaires  $n$  dans une chaîne de fabrication est défini par le rapport entre le temps totale de travail pour satisfaire une demande donnée  $Q$ , et la capacité que chaque poste apporte au système.

$$n = \frac{Q * \sum_{i=1}^k Top_i}{A * Cap}$$

$Q$  : quantité demandée par période  
 $Top$  : temps opératoire  
 $k$  : nombre total opérations  
 $Cap$  : capacité par poste  
 $A$  : activité

L'activité correspond à la vitesse relative des opérateurs en pourcentage du standard

Par exemple, une activité de 125% indique que les opérateurs parviennent à réaliser 125 produits dans le temps officiellement alloué pour la réalisation de 100 produits.

9

**Les processus connectés**  
**La notion d'activité**

- Activité : vitesse relative des opérateurs en pourcentage du standard
- Comment déterminer le standard ?
  - Chronométrage + jugement d'allure
  - Tables MTM
- Salaires au rendement

- 10 -

**Les processus connectés**  
**Exemple : calcul du nombre de postes**

La somme des temps opératoires pour la fabrication d'une unité est égale à 0,408 h.

Le temps de travail par poste est de 7,5 h/jour, avec une activité moyenne de 110 %.

Combien de postes faut-il avoir pour assurer une production journalière de 180 unités ?

11

**Les processus connectés**  
**Exemple : calcul du nombre de postes**

La somme des temps opératoires pour la fabrication d'une unité est égale à 0,408 h.

Le temps de travail par poste est de 7,5 h/jour, avec une activité moyenne de 110 %.

Combien de postes faut-il avoir pour assurer une production journalière de 180 unités ?

$$n = \frac{180 * 0.408}{1.1 * 7.5} = 8.9 \approx 9 \text{ postes}$$

12

### Les processus connectés

#### Takt time et cycle objectif

**Takt time** : Rythme de sortie du système imposée par les ventes

Exemple : si on a une demande hebdomadaire de 40 pièces et on travaille pendant 40 heures, on doit fabriquer une pièce toutes les heures on a donc un Takt time d'une pièce par heure

**Temps de cycle objectif** : Temps de travail de chaque poste pour un équilibrage parfait

Exemple : le total de travail pour faire une pièce est de 300 minutes et on dispose de 5 postes de travail. Le temps de cycle objectif par poste est de 60 minutes

$$\text{CycleObj} = \frac{\sum_{i=1}^k \text{Top}_i}{n}$$

Top : temps opératoire  
k : nombre total opérations  
n : nombre de postes

13

### Les processus connectés

#### Exemple : cycle et temps total

Sur une chaîne de montage bien équilibrée composée de 12 postes de travail assemblant 600 unités par heure. Quel est le temps total d'assemblage d'une unité ?

Quel est le temps total de montage d'une unité si la cadence de sortie est de 400 unités par heure ?

14

### Les processus connectés

#### Exemple : cycle et temps total

Sur une chaîne de montage bien équilibrée composée de 12 postes de travail assemblant 600 unités par heure. Quel est le temps total d'assemblage d'une unité ?

Cadence de sortie de la ligne = 600 u / hr = 10 u / min  
Temps par poste = 0.1 min / u  
Temps totale = 12 \* 0.1 min = 1.2 min

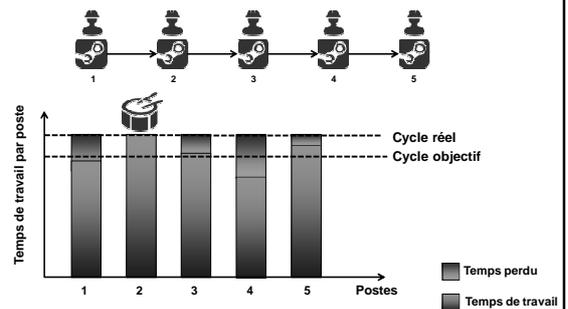
Quel est le temps total de montage d'une unité si la cadence de sortie est de 400 unités par heure ?

Cadence de sortie de la ligne = 400 u / hr = 6.67 u / min  
Temps par poste = 0.15 min / u  
Temps totale = 12 \* 0.15 min = 1.8 min

15

### Les processus connectés

#### Equilibrage d'une chaîne : illustration



« La perte d'équilibrage est le rapport entre la somme des temps morts et le temps total (y compris les temps morts) consacré par les postes à la fabrication d'une pièce ».

16

### Les processus connectés

#### Perte d'équilibrage : évaluation

- **Origine** :
  - On ne peut diviser les tâches élémentaires
- **Conséquence** :
  - Le poste le plus chargé détermine la cadence de production effective de la chaîne
- **En cas de déséquilibre** :
  - Augmenter l'activité au poste concerné
  - Dédoubler le poste
  - Modifier le processus opératoire
  - Regrouper des postes successifs

$$\text{Perte} = \frac{n \cdot C_m - \sum_{i=1}^k \text{Top}_i}{n \cdot C_m}$$

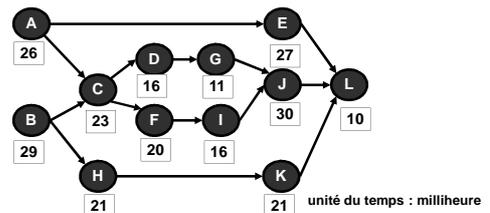
C<sub>m</sub> : charge du poste le plus chargé  
Top : temps opératoire  
k : nombre total opérations  
n : nombre de postes

-17-

### Les processus connectés

#### Exemple

- Taux de production : 200 unités / jour
- Temps de travail : 8 h / jour
- Somme des temps opératoires : 0,25 h ou 250 milliheures
- Activité moyenne : 130 %
- Contraintes d'antériorités des tâches :



-18-

### Les processus connectés

#### Exemple

- Nombre de postes nécessaires :

$$N = \frac{Q \times \sum \text{top}}{A \times H} = \frac{200 \times 0,250}{1,30 \times 8} \neq 5$$

- Répartir les opérations entre ces 5 postes :
  - en respectant les contraintes d'antériorité
  - en essayant d'obtenir un temps total par poste à peu près identique
  - Temps moyen par poste : 50 milliheures
- Procédure :
  - Méthode heuristique
  - Essais et améliorations

-19-

### Les processus connectés

#### Résultat

Poste 1	Temps	Poste 2	Temps	Poste 3	Temps	Poste 4	Temps	Poste 5	Temps
A	26	C	23	D	16	E	27	G	11
B	29	H	21	F	20	K	21	J	30
				I	16			L	10
Total	55	Total	44	Total	52	Total	48	Total	51
Perte	0		11		3		7		4

Poste le plus long : 55                      Temps total : 5 x 55 = 275

Perte d'équilibrage : 275 - 250 = 25 soit 25 / 275 = 9 %

-20-

### Les processus connectés

#### Autre affectation

Interversion des opération B et C sur les postes 1 et 2

Poste 1	Temps	Poste 2	Temps	Poste 3	Temps	Poste 4	Temps	Poste 5	Temps
A	26	B	29	D	16	E	27	G	11
C	23	H	21	F	20	K	21	J	30
				I	16			L	10
Total	49	Total	50	Total	52	Total	48	Total	51
Perte	3		2		0		4		1

Poste le plus long : 52                      Temps total : 5 x 52 = 260

Perte d'équilibrage : 260 - 250 = 10 soit 10 / 260 = 3,8 %

-21-

### Les processus connectés

#### Production en ligne : extensions

⇒ Lignes à modèles multiples :

- Réaménagement périodique de la chaîne pour traiter des produits différents lancés par lots homogènes (variantes)

Quel ordre de passage ?

⇒ Lignes à modèles mixtes :

- Chaîne "polyvalente" pour traitement simultané de produits différents par lancement de lots variables (variantes ou options)

Quel équilibrage ?

⇒ Organisation en îlots de fabrication :

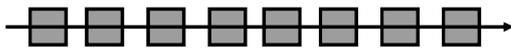
- mini-chaînes intégrées polyvalentes

Quelle répartition ?

-22-

### Les processus connectés

#### Lignes à modèles multiples



- Etablir le programme de la ligne de fabrication
  - Respecter le programme de livraison
  - Déterminer la longueur des séries
  - Optimiser la séquence des réglages de la ligne



-23-

### Les processus connectés

#### Lignes à modèles mixtes

- Équilibrer la charge de travail lorsque les modèles successifs n'ont pas le même contenu de travail
- Etablir le « film » de fabrication pour obtenir une charge à peu près régulière

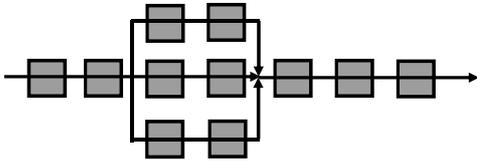


P : petit, M : Moyen, G : gros

-24-

*Les processus connectés*

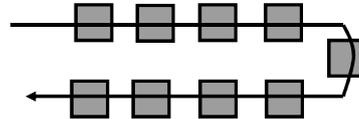
**Lignes à modèles mixtes**



Création de postes spécifiques pour traiter les opérations particulières à certains produits

*Les processus connectés*

**La ligne en U**

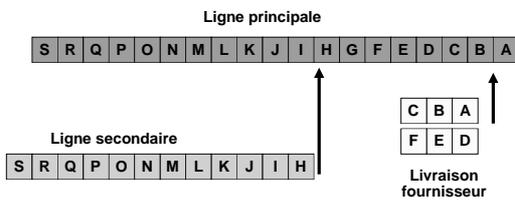


- Adaptabilité de la capacité / flexibilité
- Optimisation des approvisionnements
- Travail en équipe autonome
- Flexibilité pour changer le nombre d'employés selon la demande

*Les processus connectés*

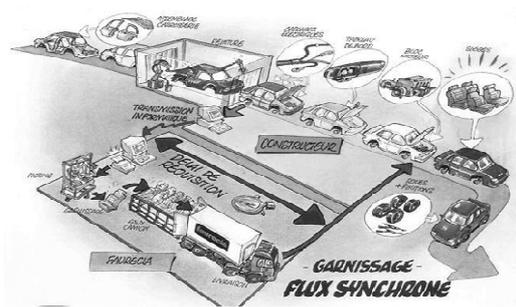
**La production synchrone**

- Séquencement des flux d'approvisionnement sur le « film » de la chaîne principale



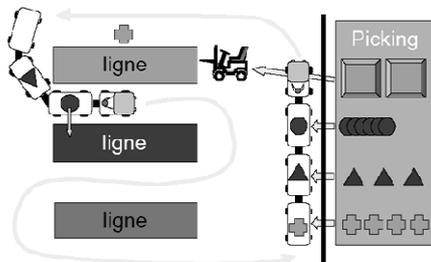
*Les processus connectés*

**Le flux synchrone chez Faurecia**



*Les processus connectés*

**L'approvisionnement des lignes**



*Les processus connectés*

**Prise en considération des aléas**

- Variabilité des temps opératoires
- Micro-arrêts
- Protection par des petits stocks intermédiaires
  - Produits à faible encombrement et valeur unitaire réduit



*Les processus connectés*

**Gestion de la fabrication :**  
*aspects humains et organisationnels*

- Arrêts machines imprévus → Maintenance préventive programmée
- Variabilité des temps opératoires → Niveau mini d'en-cours
- Ruptures d'approvisionnements → Fiabilisation des appros (stocks OU fournisseurs)
- Impact du travail sous cadence imposée → Définition de postes souples Polyvalence des opérateurs