

# L'ordonnancement

## Différents niveaux de planification

- *Plan de vente*
- *PDP (moyen terme)*
- *MRP*
- *Ordonnancement (Court terme)*

## Définition

*Affecter les tâches aux ressources pour obtenir un ordonnancement optimal par rapport à un objectif fixé*

## Objectifs

- Minimiser les retards: le min du max du retard
- Minimiser le temps moyen passé dans le système ( $\bar{f}$ )
- Minimiser le Makespan( $C_{Max}$ ):le temps de fin de toutes les opérations (voir annexe)

# Méthode d'ordonnancement

## 1. Les règles de priorités ( ou ordonnancement)

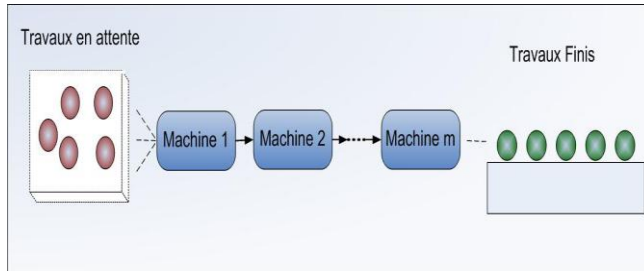
- *SPT: shortest processing time*
- *FIFO: first In First Out (PEPS)*
- *EDD: Earliest Delivery Date ( pas de due date)*
- *LPD : Longest Processing Date*

## 2. Les heuristiques

- *Spécifiques à chaque type de problème*

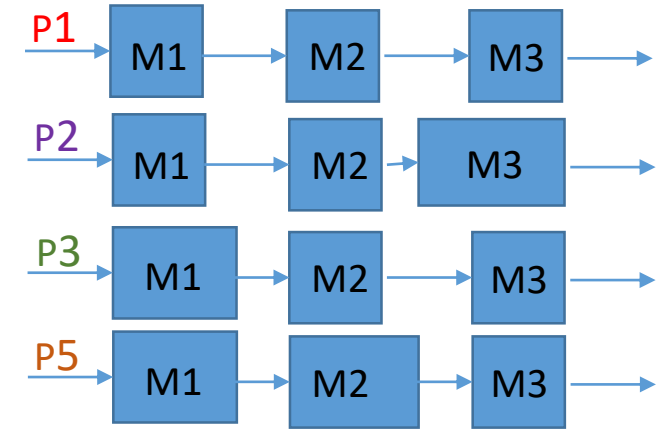
## 3. Les modèles d'optimisation

# Typologie d'atelier : FLOW SHOP (PB1)



Source image : Wikipedia

- Atelier a cheminement unique
- Processus linéaire
- Les étapes de transformation sont identiques pour tous les produits



**Algorithme JONHSON** : FLOW SHOP à DEUX postes de travail successifs

**Algorithme JONHSON MODIFIÉ** : FLOW SHOP à + DE DEUX postes de travail successifs

Concept de Machines Virtuelles : on regroupe les machines, puis on applique l'algorithme Johnson *traditionnel*



# PB1\_Algorithme JONHSON MODIFIÉ : EXEMPLE

Job	Machine (M1)	Machine (M2)	Machine (M3)
J1	8	7	6
J2	7	3	10
J3	4	6	8
J4	5	2	9

**Iter 1:** Johnson sur M1 & M3

Job	(M1)	(M3)
J1	8	6
J2	7	10
J3	4	8
J4	5	9

étape1:{J3, ...}  
étape2 :{J3, J4, ...}  
étape3 :{J3, J4, ..., J1}  
étape4 :{J3, J4, J2, J1}  
**Seq1:{J3, J4, J2, J1}**

**Iter 2:** Johnson sur M'1 & M'2

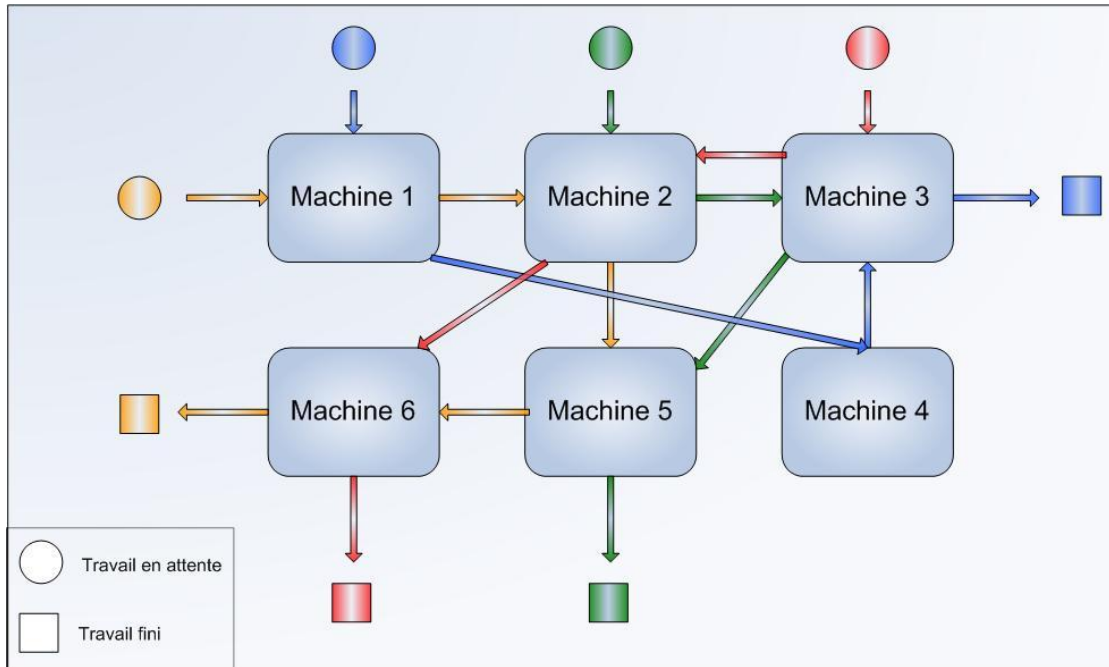
Job	M'1=M1+M2	M'2= M2+M3
J1	15	13
J2	10	13
J3	10	14
J4	7	11

étape1:{J4, ...}  
étape2 :{J4, J3, ...}  
étape3 :{J4, J3, J2...}  
étape4 :{J4, J3, J2, J1}  
**Seq2:{J3, J3, J2, J1}**

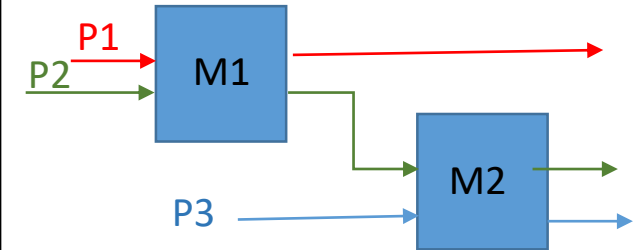
Obj	Seq1	Seq2
$\overline{f}$	31,25	29
C_max	43	40

➤ En utilisant Legin on trouve que Séquence 2 meilleure que Séquence 1

# Typologie d'atelier : JOB SHOP (PB2)



- Ateliers à cheminement multiple
- Variété de produit individuels dont la production requiert divers types de machines dans des séquences variées



## ALGORITHME DE JACKSON (basé sur Johnson)

# PB2\_Algorithme JACKSON : EXEMPLE

Produit	Gamme opératoire			
	1 <sup>ère</sup> Opération		2 <sup>ème</sup> Opération	
	Machine	Durée	Machine	Durée
P1	A	3		
P2	A	5	B	4
P3	A	3	B	7
P4	B	5		
P5	B	2	A	4
P6	B	4	A	4
P7	A	4		
P8	A	5	B	5
P9	B	2		
P10	B	6	A	3

## ETAPE\_0

- 1) E1 : ensemble des tâches comportant une seule opération sur A
- 2) E2 : ensemble des tâches comportant une seule tâche sur B
- 3) E3 : ensemble des tâches comportant une première opération sur A, une deuxième sur B
- 4) E4 : ensemble des tâches comportant une première opération sur B, une deuxième sur A

- E1: P1, P7 (A)
- E2: P4, P9 (B)
- E3: P2, P3, P8 (A-B)
- E4: P5, P6, P10 (B-A)

# PB2\_Algorithme JACKSON : EXEMPLE

Produit	Gamme opératoire			
	1 <sup>ère</sup> Opération		2 <sup>ème</sup> Opération	
	Machine	Durée	Machine	Durée
P1	A	3		
P2	A	5	B	4
P3	A	3	B	7
P4	B	5		
P5	B	2	A	4
P6	B	4	A	4
P7	A	4		
P8	A	5	B	5
P9	B	2		
P10	B	6	A	3

## ETAPE\_1

5) Ordonner E3 avec Algorithme de Johnson

E3	A	B
P1	5	4
P3	3	7
P8	5	5

Seq1:{P3, P8, P1}

## ETAPE\_2

6) Ordonner E4 avec Algorithme de Johnson

E4	B	A
P5	2	4
P6	4	4
P10	6	3

Seq2:{P5, P6, P10}

# PB2\_Algorithme JACKSON : EXEMPLE

Produit	Gamme opératoire			
	1 <sup>ère</sup> Opération		2 <sup>ème</sup> Opération	
	Machine	Durée	Machine	Durée
P1	A	3		
P2	A	5	B	4
P3	A	3	B	7
P4	B	5		
P5	B	2	A	4
P6	B	4	A	4
P7	A	4		
P8	A	5	B	5
P9	B	2		
P10	B	6	A	3

## ETAPE\_3

7) Effectuer les tâches sur A dans l'ordre : E3 E1 E4  
*A: P3,P8,P2, P1,P7,P5, P6,P10 ( 8 tâches)*

## ETAPE\_4

8) Effectuer les tâches sur B dans l'ordre : E4 E2 E3  
*B: P5,P6,P10, P4,P9,P3, P8,P2 ( 8 tâches)*



# On récapitule 😊

- Flow Shop à 2 machines successives  
Johnson
- Flow Shop à PLUS DE 2 machines  
Johnson Modifié
- Job Shop  
Jackson (basé sur Johnson)

# LABORATOIRE 5 : Logiciel LEKIN

- Panoplie de prologiciels
  - PME: Recherches sur Google avec “Job scheduling software”
  - Grande entreprise: Souvent un module d’un système ERP ou MRP2
- Lekin: facile d’utilisation et gratuit (Licence éducation)

# Heuristiques

- **General SB (Shifting Bottleneck) Routine:** Optimise la majorité des objectifs dans un cas de Job Shop
- **Shifting Bottleneck/sum(wt):** Optimise l'objectif Total weighted tardiness dans un cas de Job Shop
- **Shifting Bottleneck/Tmax:** Optimise à la fois Maximum Tardiness et Makespan dans un cas de Job Shop
- **Local Search:** Heuristique qui vise à optimiser tous les objectifs dans un cas de Job Shop (N'est pas tout le temps possible)

# Les fonctions objectives

- **Makespan** : La différence de temps entre le début et la fin d'une séquence de tâches (Minimise le temps du dernier produit à la dernière machine)
- **Total flow time**: La somme totale de toutes les séquences
- **Total tardiness**: La somme des délais
- Total weighted flow time: La somme totale de toutes les séquences pondérées
- Total weighted tardiness: La somme des délais pondérées

# Les règles de priorités

- ATCS: Apparent tardiness cost with setups
- EDD (DP): Earliest Delivery Date
- MS (MLM): Minimum Slack
- FCFS (PEPS): First-Come First Serve
- LPT (LTR): Longest Processing Time
- SPT (TOC): Shortest Processing Time
- WSPT: Weighted Shortest Processing Time
- CR (RC): Critic Ratio

# Rapport Lab5

Fichier Word : des captures d'écrans (eh oui, encore!)

**Pour chaque problème**, structurez votre réponse ainsi :

Solution 1) Résolution par Algorithme

Algorithme choisi (et pourquoi)

Résolution du problème avec algorithme choisi : Texte, Tableau

(On doit comprendre que vous sachez ce que vous faites)

Solution 2 et 3) Règles de priorités/heuristiques LEKIN

La séquence Obtenue, Diagramme de GANTT, Graphique avec mesure de Performance

Répondre aux questions : Justification de votre choix d'ordonnancement (solution 1,2 ou 3)