

Gestion de Production

- **Objectifs :**
 - Permettre aux étudiants d'avoir une connaissance minimum sur les concepts de gestion de production.
 - Au terme, les étudiants doivent être capables de :
 - ✓ Comprendre le rôle important de la GdP.
 - ✓ Pouvoir analyser un problème en fonction des critères
 - ✓ Rechercher un filot de production
 - ✓ Utiliser les méthodes de planification
 - Job Shop : GANTT
 - Flow Shop : PERT
 - ✓ Résoudre les problèmes de conflit de ressources
- Modalité de contrôle,
 - Contrôle : continu

MdC. Rémy HOUSSIN
remy.houssin@ipst-ulp.u-strasbg.fr
Bureau : 005.

1

Contexte

- L'entreprise doit être **réactive et proactive**
 - **Réactive** : être capable de s'adapter très vite et en permanence aux besoins en produit de plus en plus variés, d'un marché mondial et fortement concurrentiel.
 - **Proactive** : avoir la capacité d'influencer l'évolution du marché :
 - ✓ Introduire de nouveaux produit avant les concurrents.
- Passer d'une logique de charges à une logique de flux.
- Le temps a une importance fondamentale.



2

A-La fonction production dans l'entreprise

1- Qu'est ce que la gestion de production

- Définitions
- Objectifs de la gestion de production
- Les typologies de production
- Les horizons de décision
- Les fonctionnalités de la gestion de production
- Gestion de production et aspects financiers

2- Le système entreprise

- Les paramètres
- Représentations
- Les différents fonctions et services

3

1- Qu'est-ce que la gestion de production

Gérer est planifier, exécuter, contrôler des activités bien définies

La gestion de la production a pour but :
La synchronisation de l'ensemble des actions de production agissant sur un **flux** de matière qui traversent l'entreprise, en tenant compte des **contraintes** et des **critères** de performance, à partir de **ressources** physiques, humaines et financières.

4

Définitions

- **Les flux :**
 - Physiques : matière première, pièces, accessoires, produits finis.
 - ✓ Ce flux est piloté par la **gestion de stocks**.
 - D'information : gammes, heures machines et MO, état de la production, stocks, suivi des commandes,..
 - ✓ De décision : planification des charges, ordres de fabrication..
 - Financiers (achats, ventes, coût,..),
- **Les ressources :**
 - Physiques : machines, outillages, matériel de manutention et de transport, emplacements..
 - Humaines : nombre, compétences, qualification, ...
 - Financières : capitale, trésorerie, emprunts...

5

Définitions (suite)

- **Les contraintes internes :**
 - Techniques : performances et disponibilités des ressources, quantité d'information disponible, fiabilité des infos, aléas susceptible d'avoir lieu.
 - Organisationnelles : concernent les structures et les objectifs des services
 - Financières (le moindre coût avec la Qualité demandée)
 - Humaines et sociologiques : l'horaires de travail, l'ergonomie dans le travail, la sécurité des opérateurs...
- **Les contraintes externes**
 - L'évolution du Marché (concurrence)
 - Lois et règlements législatifs
 - Normes... (qualité, environnement, sécurité).

6

Définitions (suite)

- **Les critères** : en général sont contradictoires :
 - Minimiser les coûts,
 - Assurer le maximum de productivité, de production,
 - Répondre à la demande en délai, diversité et caractéristiques des produits, qualité,
 - Diminuer le stock et l'en-cours
 - Réduire le cycle de production (file d'attente)

7

Objectifs

- **Généraux** :
 - Garantir la livraison dans les **délais** avec la **qualité** souhaitée et dans les meilleures **conditions économiques**.
 - Assurer la rigueur et le respect des procédures définies, la cohérence des décisions et la rapidité de circulation des informations.
- **Techniques** :
 - Diminuer le cycle de production :
 $\text{Délai commercial} = \text{Délai de fabrication} + \text{Marge}$
Mais :
 $\text{Marge} = \text{Délai commercial} - \text{Délai de fabrication}$
 - Améliorer la qualité des produits (démarche qualité), la disponibilité des ressources.

8

Objectifs (suite)

- **Économiques** :
Diminuer les coûts de production :
 $\text{Marge} = \text{Prix de vente} - \text{Coût de revient}$
- Diminuer (Optimiser) les stocks et les en-cours :
 - **Stocks nuls** permet de dégager l'argent immobilisé, libérer l'espace, mettre en évidence les dysfonctionnement (assurer la capacité de production optimale), diminuer le risque de détérioration, de vol,
 - **Mais** : nécessite de prévoir les achats, avoir des délais de livraison fiables et faibles, ne pas pouvoir satisfaire une demande aléatoire...
 $\text{Coût des en-cours} = \text{Coût matière} + \text{Salaires} + \text{Frais de fonctionnement}$
- **Humains** :
Amélioration des conditions de travail et de sécurité.

9

Objectifs (suite)

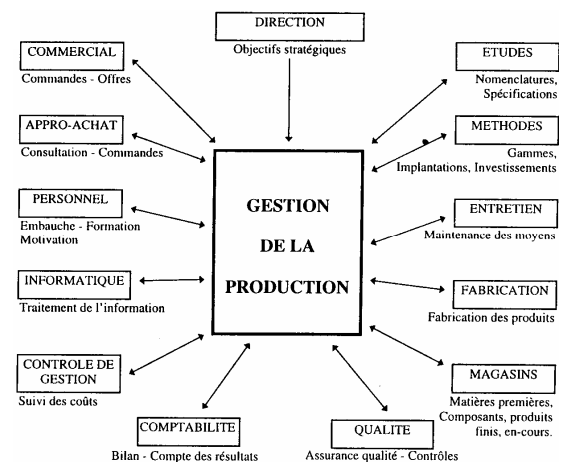
- **Objectifs de pilotage** :
 - Maîtriser les stocks et les en-cours,
 - Réguler la charge de travail par poste,
 - Assurer la réactivité en cas d'aléas et de perturbations.
- Il s'agira donc de répondre aux questions :
 - ✓ Quels produits va-t-on fabriquer ou acheter ?
 - ✓ Où seront-ils fabriqués ?
 - ✓ Quand seront-ils fabriqués ?
 - ✓ Qui les fabriquera ?
 - ✓ Combien de temps sera-t-il nécessaire ?

10

Conséquences

- **Conséquences** :
 - **Augmenter la productivité** : réduire le cycle de fabrication (temps de manipulation et de transport),
 - **Optimiser les achats** (qualité des achats, délais des commandes et de livraisons...)
 - **Re-concevoir les produits** en remontant au niveaux des BE (diminuer la quantité des matières ou le nombre des composants).
 - **Modifier les processus d'élaboration** des produits au niveau du bureau des méthodes.
 - Diminuer les frais généraux

11



12

Les typologies de production

• Fabrication continue : Process Shop

- Quantités importantes de produits peu différenciés,
- Utilise des lignes de production constituées de machines à vocation particulières très fortement automatisées.
- Les produits circulent très vite grâce à des systèmes de manutention automatiques (tuyaux, pompes, convoyeurs...).
- Les stocks d'en-cours sont très faibles ou nuls,
- On cherche à équilibrer au maximum les postes,
- On produit sur stocks établis de manière prévisionnelle,
- Il y a peu d'ordres de fabrication.
- Les opérateurs sont peu qualifiés et assurent la surveillance,
- L'entretien et la maintenance sont préventifs,
- La phase d'étude, conception de l'installation, choix du process est très longue et importante.

13

Les typologies de production (suite)

• Fabrication linéaire en grande série : Flow Shop

- On fabrique en grande série des pièces appartenant à une même famille sur un ensemble de machines reliées par un système de manutention automatique
- La production se fait sur stock, il y a un stock important de matière première et peu d'en-cours.
- Flux poussé : les produits sont fabriqués à partir de prévision de vente, ou des commandes fermes.
- Flux tiré : les produits sont fabriqués pour remplacer les produits vendus (stock).
- Les systèmes de production sont souvent des ligne de transfère dédiés.

14

Les typologies de production (suite)

• Production discontinue : Job Shop

- Il s'agit d'ateliers à vocation polyvalente qui produisent des lots en petite série.
- Les charges ne sont pas équilibrées et les en-cours sont nombreux.
- On a une surcapacité de production pour les machines courantes et quelques postes goulets d'étranglement.
- Les ordres de fabrication sont très nombreux.
- L'objectif est d'assurer les délais et le plein emploi des personnels (gestion par la charge).
- Les personnels sont polyvalents et assurent une partie de la préparation du travail.
- Dans certains cas la politique de production est de réaliser les pièces standards sur stock et d'assurer la personnalisation des produits à la commande.

15

Les typologies de production (suite)

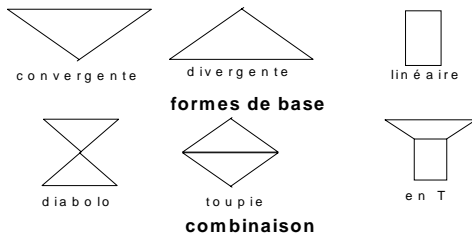
• Fabrication à la commande, par projet

- L'entreprise travaille sur cahier des charges ou spécifications définies par le client,
- Elle est maîtresse de son savoir-faire et de sa capacité de production,
- Les ateliers comportent des machines à vocation polyvalentes regroupées par nature,
- Les ouvriers sont très qualifiés, la manutention est importante,
- La gestion devra raccourcir les délais d'étude et de réalisation, les coûts de réalisation,
- Elle s'appuiera sur des méthodes du type PERT.

16

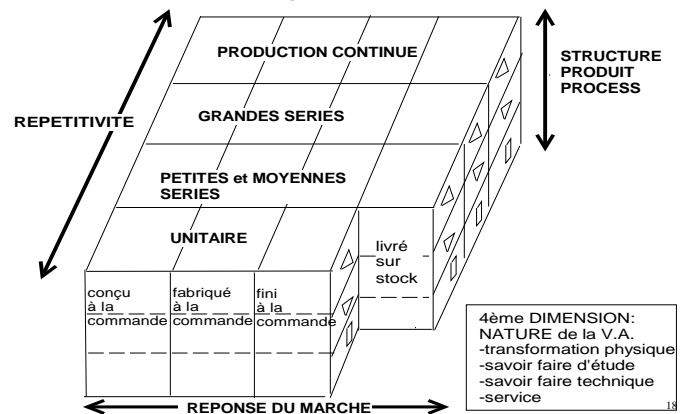
Les typologies de production Suivant la vue Produit/Process

- Divergente (débit), linéaire : transformation de pièces,
- Convergente : assemblage de pièces pour réaliser des sous-ensemble et des produits



17

Les typologies de production Association Française De Gestion Industrielle (AFGI)



18

Les typologies de production

Association Française de NORmalisation (AFNOR)

critères de classement	classes de production			
	1	2	3	4
1- métier et Savoir-faire de l'entreprise ex: fromagerie	production de plusieurs produits à partir d'un produit unique	transformation de matière en produits élémentaires	transformation d'ébauches en produits élaborés	constitution d'un produit à partir de plusieurs composants
2-structure des produits ex: industrie du verre	peu de matières nombreux produits	peu de matière peu de produits	nombreux composants peu de produits	nombreux composants nombreux produits
3-quantité fabriquée et répétitivité ex: moteur	production unitaire	petite et moyenne série	grande série	
	répétitivité oui non	répétitivité oui non	répétitivité oui non	
	travaux publics	outillage sous-traitance méca	TV confection, mode	

19

Les typologies de production (AFNOR) (suite)

Association Française de NORmalisation (AFNOR)

critères de classement	classes de production			
	1	2	3	4
4-organisation des postes de production ex: bâtiment	par projet moyens organisés autour du produit	atelier fonctionnel postes situés par nature des opérations	ligne ou chaîne pour un produit ou une famille de produits	
5-mode de distribution ex: étude	sur devis	sur catalogue	sur programme client	sur stock
6-durée relative des délais ex: mach. outil	appro. court fabric. longue	appareils médicaux appro. long fabric. courte	maintenances appro. court fabric. courte	petit matériel appro. long fabric. longue
rapport : cycle de commande / cycle de fabrication ex: mach. agricole	> <	> <	> <	> <
autonomie de conception ex: concepteur fabricant	concepteur fabricant	mach. agricole sous traitant	fonderie chaussure ss-traitant reconditionnement	nucléaire aéronautique façonnier

20

2. Le système entreprise : Définition

- Un système est un **ensemble** de parties, d'objets en interaction capable de fonctions qui s'organise pour des **finalités** dont l'une est le maintien de sa propre organisation et qui se trouve immergé dans un **environnement** avec lequel il co-évolue.
- Il est constitué de sous systèmes chaque sous système est caractérisé par des flux d'informations qu'il génère et qui permettent de prendre des décisions

21

Type de l'entreprise

- Entreprise fournissant des **services** (prestation intellectuelle) : pas de machines, (*BE*).
- Entreprise fabriquant des produits par montage : **assemblage** des composantes achetées, les poste de travail n'impliquent pas d'investissement lourds. (*Indus. de l'électronique,...*).
- Entreprise fabriquant des produits après **transformation** de la matières :
 - Transformation de la matières première (apport, enlèvement, déformation,
 - l'outil de production est constitué des poste de travail (machines-outils), investissements généralement lourds, (*Indus. de mécaniques, fabrication des composantes électroniques*).

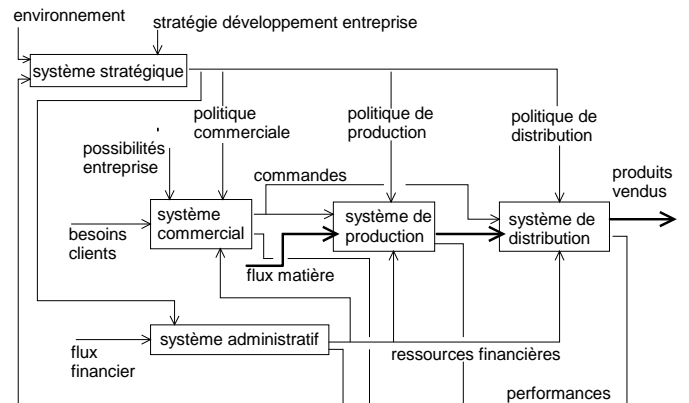
22

Les paramètres

- Activités** : extraction, agriculture, production, distribution, service
- Produits** : matières premières, produits industriels, produits de consommation, biens d'équipement
- Production** : grandes séries, petites et moyennes séries, process, sur devis
- Personnel** : haut niveau, très qualifié, peu qualifié
- Investissements** : très lourds, importants, légers, rudimentaires
- Recherche développement** : innovation, mode, moyen, nul
- Clientèle** : particuliers, grand public, industriels, administration, artisans, agriculteurs
- Distribution** : directe, détaillants, grossistes, dépôts, concessionnaires, grande distribution, par correspondance
- Structure industrielle** : usine unique, plusieurs usines nationales, plusieurs usines internationales

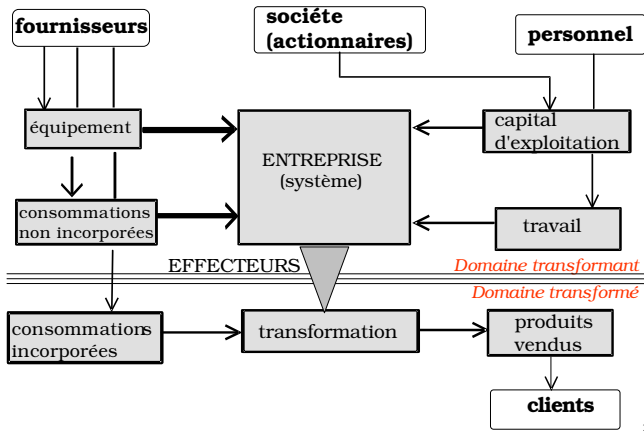
23

Représentation (fonctionnel)



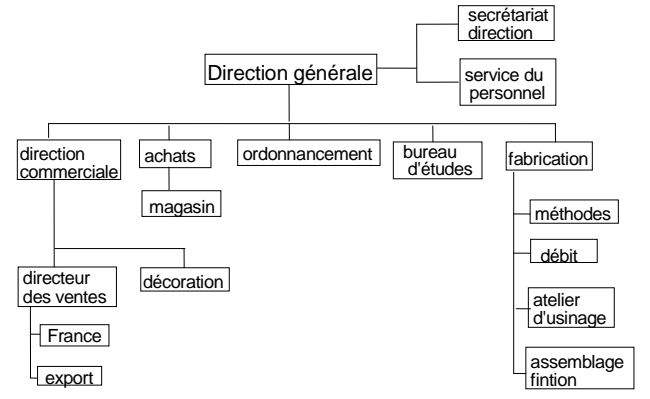
24

Représentation (physique)



Représentation (organisationnelle)

La structure de l'entreprise est définie par son organigramme



B. Les outils de l'organisation de la gestion de la production

1. Méthode de classement ABC (loi de Pareto)
2. Recherche d'îlot de production
3. Diagramme d'enclenchement des tâches GANTT (Job Shop- petit Flow Shop)
4. Méthode d'antériorité (implantation des machines)
5. Méthode PERT (Flow Shop et Gestion par projet)
6. Branch and Bound (conflit en cas de synchronisons).

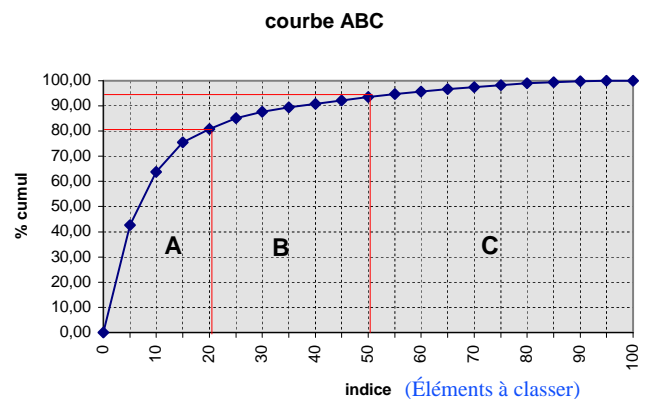
1. Méthode ABC-loi de Pareto

- Méthode de classification pour ordonner les éléments traités selon leurs importances en accord avec un critère choisi.
- Il permet de classer les articles en trois catégories:
 - Classe A : 75 à 85 % de la consommation (80%)
15 à 20 % des articles (20%) (**importance forte**)
 - Classe B : 10 à 20 % de la consommation (15%)
25 à 35 % des articles (30%)
 - Classe C : 5 à 10 % de la consommation (5%)
50 à 60 % des articles (50%) (**importance faible**)

1. Méthode ABC-loi de Pareto

- Critères de comparaison
 - Gestion de stock : coût de la pièce, nombre de pièces...
 - Gestion commerciale : valeur des articles, quantité vendues...
 - Implantation : poids, volume de la pièce, distance parcourue, temps de manutention, nombre de pièces...
 - Logistique de distribution : distance, tonnage,...
 - Commandes clients : nombre, valeur, poids,...
- Les modes de gestion des trois classes sont différents :
 - Les produits A d'une façon très précise
 - Les produits C sur inventaire intermittent

1. Méthode ABC-loi de Pareto



1. Méthode ABC-loi de Pareto

Mise en œuvre

- Déterminer le critère de classification
- Classer les données par ordre décroissant de la valeur du critère
- Faire la somme des valeurs et du nombre d'articles
- Ramener ces valeurs en % du nombre total
- Tracer la courbe : les valeurs en % en fonction des articles
- En déduire les trois classes A, B, C.
- Analyser et interpréter la courbe.

31

2. Recherche d'îlot de production

- L'implantation des moyens de production doit être en respectant une logique qui permet de bien séparer les postes.
 - Identification des îlots
 - Implanter chacun des îlots.
- L'îlot de production : l'ensemble de moyens de production dépendants liés entre eux par un flux très important et complexe nécessaire pour réaliser un ensemble de pièces.
- La démarche est la suivante :
 - Recherche une implantation linéaire
 - À défaut, rapprocher les machines entre lesquelles circule un trafic important
 - À défaut, implanter l'îlot en section homogène
 - ✓ Production Job shop, des machines ayant la même technologie, les mêmes fonctions

32

2. Recherche d'îlot de production

Méthode de King

- Rigoureuse, et nécessite un tableur
- Les données d'entrée sont les gammes de production des produits.

Pièces \ Mi	M1	M2	M3	M4
P1	0	0	1	0
P2	0	2	0	1
P3	2	3	1	0
P4	1	0	0	2

33

2. Recherche d'îlot de production

- Étape 1 : on traduit la matrice en binaire en affectant un poids en puissance de 2 à chacune des pièces.

Poids	pièces	M1	M2	M3	M4
2 ³	P1	0	0	1	0
2 ²	P2	0	1	0	1
2 ¹	P3	1	1	1	0
2 ⁰	P4	1	0	0	1
Équivalent	décimal	3	6	10	5

- Étape 2 : On ordonne les colonnes on ordre décroissant de l'équivalent décimal.
 - ✓ On cas d'égalité on respecte l'ordre des machines.
 - ✓ On refait le même processus sur les colonnes.
- Étape 3 : On recommence le même processus sur les lignes.
- Étape 4 : On arrête le processus lorsque il n'y plus d'inversion à faire.
- Étape 5 : On identifie les îlots et on interprète les résultats (doubler une machine, ...).

34

3. Planning-Diagramme de GANTT

L'objectif : placer les tâches en fonction des contraintes de fabrication, des aléas, des marges.

- **Permet :**
 - La visualisation graphique d'enclenchement des tâches suivant l'axe des temps,
 - De contrôler de l'avancement des travaux
 - De prévoir la distribution du travail par machine, section, atelier...
 - De visualiser l'évolution d'un projet.
- **Tenant compte :**
 - Des contraintes d'antériorités et des gammes opératoires
 - Des délais à respecter
 - Des capacités des postes de charge
 - Des personnels nécessaires

35

3. Planning-Diagramme de GANTT

Établissement du planning :

Critères de choix :

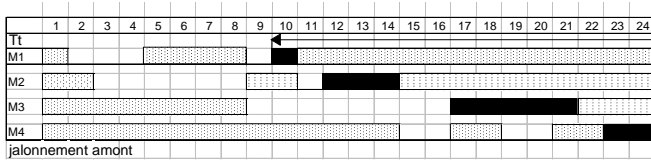
- Première arrivé premier servi => risque de création de stocks
- Priorité à la commande ayant la date de livraison la plus rapprochée => respect des délais
- Priorité à l'opération la plus courte => diminution des en-cours
- Priorité à la commande ayant la plus petite marge:
 - Marge = D - T_i => risque de dépassement des délais réduit
- Priorité à la commande ayant le ratio critique D/ T_i le plus faible => risque de dépassement réduit
 - ✓ D : temps restant à courir jusqu'à la livraison
 - ✓ T_i : temps total d'achèvement.

36

3. Planning-Diagramme de GANTT

Établissement du planning: Méthodes

- Jalonnement au plus tard = mode régressif = jalonnement amont
=> diminution des stocks et en-cours, mais risque de dépassement

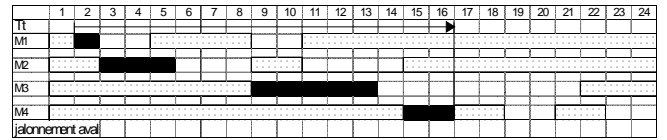


37

3. Planning-Diagramme de GANTT

Établissement du planning: Méthodes

- Jalonnement au plus tôt = mode progressif = jalonnement aval
=> augmentation des stocks, bonne gestion des charges

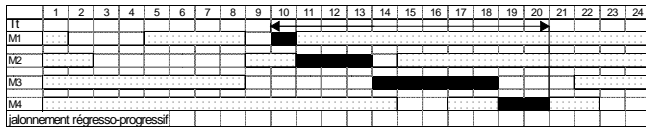


38

3. Planning-Diagramme de GANTT

Établissement du planning: Méthodes

- Jalonnement régresso-progressif (plus tard ensuite plus tôt)
=> en-cours minimum, sécurité avant la date de livraison

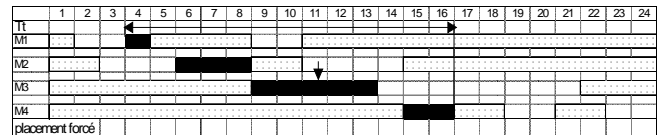


39

3. Planning-Diagramme de GANTT

Établissement du planning: Méthodes

- Placement forcé : on impose une phase de la gamme, les phases antérieures sont planifiées en mode régressif, les phases postérieures en mode progressif
=> optimisation des moyens du poste goulet,



40

3. Planning-Diagramme de GANTT

Établissement du planning: méthodes

- Il n'existe pas d'algorithme stable de planning,
- Aucune règle invariable n'existe pour réaliser le compromis : délais courts - taux élevé d'utilisation des machines - en-cours réduits.
- On utilisera des méthodes heuristiques
 - l'ordonnement peut se faire à capacité infinie ou finie,
- L'expérience montre que dans les industries manufacturières le taux de charge: charge/capacité dépasse rarement 0,8.

41

3. Planning-Diagramme de GANTT

Établissement du planning : Exemple

Déterminer le planning d'enclenchement des tâches correspondant à différents critères

- Durée en ordre croissant
- Marge libre par ordre croissant
- Ordre croissant des dates de livraison
- Ordre de priorité
- Minimum du rapport : temps exécution/coefficient de priorité

pièces	A	B	C	D	E	F
durée (h)	240	160	150	200	100	340
coefficient de priorité	3	1	2	4	4	1
date de livraison (h)	850	300	410	250	160	1200

42

3. Planning-Diagramme de GANTT

Algorithme de Johnson

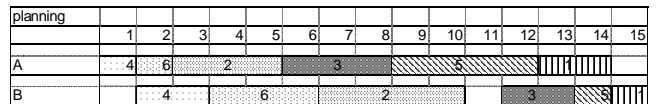
- Hypothèses :**
Deux ou trois postes, nombre de commandes quelconque,
- Objectif :**
Minimisation le temps mort sur la seconde et dernière machine
- Méthode :**
On examine tous les temps et on prend le plus faible, s'il concerne la première machine on commence par cette opération, sinon on termine par cette opération sur la seconde machine et on recommence.

43

3. Planning-Diagramme de GANTT

Algorithme de Johnson : Exemple

	1	2	3	4	5	6	total
A	2	3	3	1	4	1	14
B	1	4	2	2	1	3	13
ordre	3	6	5	1	4	2	



44

4. Méthode des antériorités

- Objectif :** étude de l'ordre logique de réalisation des tâches compte tenu de contraintes techniques, logistiques,
- On établit un tableau présentant les contraintes d'antériorité immédiates
- On commence par supprimer la ou les tâche(s) n'ayant pas d'antériorité (on supprime les colons des ces tâches)
- Puis on les ordonne en supprimant les contraintes d'une façon itérative

A précède B
C précède A
D précède C

	A	B	C	D				
A			*	1	1	0		
B	*			1	1	1	0	
C				1	0			
D				0				
				D	C	A	B	

45

5. Méthode PERT

- PERT: Program Evaluation and Review Technic ou CPM: Critical Path Method
- Développé dans le cadre du programme Polaris (1958)
- 7 ans, 250 fournisseurs, 9000 sous-traitants (4 ans)
- Élaboration de planning par la mise en évidence des liaisons entre tâches (dépendance logique), Délais de réalisation,
- Mise en évidence du **chemin critique**,
- Particulièrement adapté à la production unitaire, à la gestion de projet,
- Traite les problèmes de délais et de coûts (PERT-COST).

46

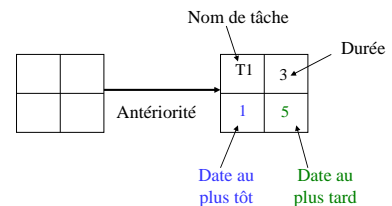
5. Méthode PERT

- Méthode :**
 - On part du tableau des temps des tâches et des contraintes d'antériorité
 - Faire le tableau des antériorités.
 - Dessiner le réseau PERT-tâches.
 - Calculer les dates au plus tôt pour en déduire la durée du projet.
Dates au plus tôt = max (dates au plus tôt des tâches précédentes + durée de la tâche concernée)
 - Calculer la date au plus tard :
Dates de réalisation au plus tard = min (dates au plus tard des étapes suivantes - durée de la tâche concernée).
 - En déduire le chemin critique
 - Faire le planning
 - Faire le calcul des charges et les lisser éventuellement

47

5. PERT- tâches

- Représentation graphique des liaisons et étapes
- Indique les durées, dates au plus tôt, dates au plus tard et marges
- Mono-graphe (un seul arc entre deux sommets)
- Graphe séquentiel (sans retour)
- Boucles interdites



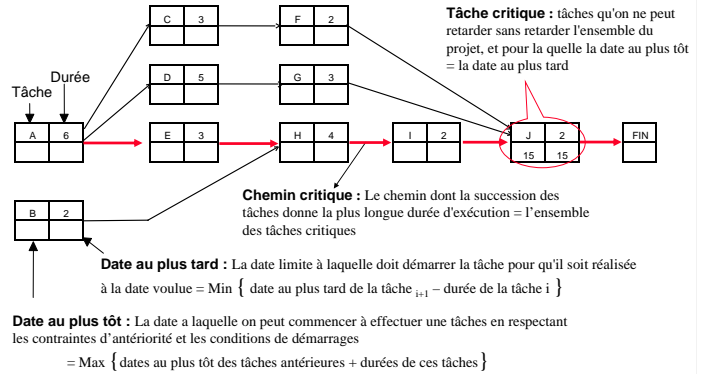
48

5. PERT- tâches

Tâches		ant.	durée (h)
Avant projet	A	-	6
Étude de marché	B	-	2
Étude de faisabilité	C	A	3
Réalisation de prototypes	D	A	5
Choix du support publicité	E	A	3
Estimation des coûts	F	C	2
Présentation des prototypes	G	D	3
Détermination du prix	H	B,E	4
Évaluation du chiffre d'affaires	I	H	2
Rapport de synthèse	J	F,G,I	2

49

5. PERT- tâches

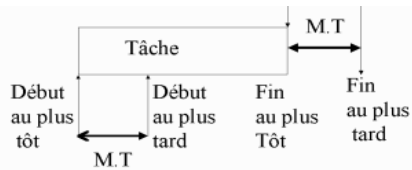


50

5. PERT - tâches : Marges

- **La marge totale** : d'une tâche correspond au retard que l'on peut prendre à sa mise en route ou au cours de son exécution sans que cela change la durée totale du projet, mais qui remet en cause le calendrier des tâches qui suivent.

$$\text{Marge totale} = \text{Date au plus tard} - \text{Date au plus tôt}$$

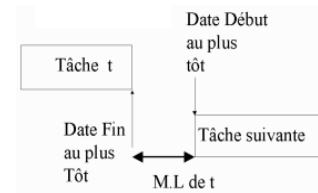


51

5. PERT - tâches : Marges

- **La marge libre** : correspond au retard qu'une tâche peut prendre sans que cela change le calendrier des tâches qui suivent.

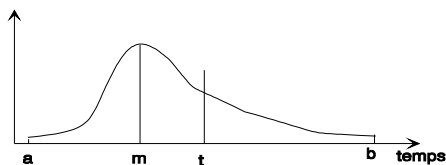
$$\text{Marge libre} = \text{Date au plus tôt tâche suivante} - \text{Date fin au plus tôt}$$



52

5. PERT- tâches avec probabilité

- La courbe de distribution des durées opératoires est en général gaussien-logarithmique
- Soit : (a) le temps le plus optimiste, (b) le temps le plus pessimiste, (m) le temps le plus probable, (t) temps moyen.
- La probabilité de fin de projet à la date D est : $\text{Pr}(T < D) = \text{loi normale cumulée}(D, \text{durée moyenne}, \text{écart type})$



53

5. PERT- tâches avec probabilité

- **Méthode**
- On calcule le temps moyen des tâches :

$$t = \frac{a + 4m + b}{6}$$

- On calcule l'écart type des tâches pour une distribution normale :

$$\sigma = \sqrt{\frac{(b - a)^2}{6^2}}$$

- On détermine l'écart type de projet σ tel que :

$$\sigma^2 = \sum \sigma_i^2,$$

avec σ_i écart type de la tâche critique i.

54

5. PERT- tâches avec probabilité

Tâches (durée en heures)		ant.	a	m	b
Avant projet	A	-	4	5	12
Étude de marché	B	-	1	1,5	5
Étude de faisabilité	C	A	2	3	4
Réalisation de prototypes	D	A	3	4	11
Choix du support publicité	E	A	2	3	4
Estimation des coûts	F	C	1,5	2	2,5
Présentation des prototypes	G	D	1,5	3	4,5
Détermination du prix	H	B,E	2,5	3,5	7,5
Évaluation du chiffre d'affaires	I	H	1,5	2	2,5
Rapport de synthèse	J	F,G,I	1	2	3

55

5. Méthode PERT

Remarques

- On peut également résoudre le problème sous forme de tableau des dates au plus tôt et des dates au plus tard, une modification peut ainsi facilement prise en compte.
- La méthode est réservée à la planification de projets, de prototypes, n'est pas intéressante pour piloter des O.F., car il y a un trop grand nombre de PERT interdépendants.
- La méthode réalise une dichotomie complète entre la structure logique du projet et la définition du calendrier de réalisation, les modifications peuvent être facilement prises en compte,
- Le calcul est fait avec les contraintes **potentielles** (antériorités), il existe de plus des contraintes **cumulatives** (disponibilité de ressources (machines, personnel) et des contraintes **disjonctives**.

56

6. Branch and Bound

- On prend en compte des contraintes disjonctives :
Une ressource ne peut être utilisée simultanément dans deux tâches.
- Il s'agit de trouver le meilleur ordonnancement des tâches compte tenu des contraintes potentielles et disjonctives. .

1- Dans le diagramme PRÊT, on supprime les lien disjonctives.

2- Pour chaque tâche on calcule Dd et Df :

- Dd_i: durée totale du chemin le plus long entre le début de projet et le début de la tâche i.
- Df_i : durée totale du chemin le plus long entre la fin du projet et le début de la tâche i.

57

6. Branch and Bound

2- Pour l'ensemble des paires de disjonction ij on calcule :

$$a_{ij} = Dd_i + d_i + Df_j$$

$$a_{ji} = Dd_j + d_j + Df_i$$

3- On cherche le couple qui la plus grande valeurs des a_{ij} et a_{ji} .

Ceci nous donne le couple i-j considéré à cette étape la contradiction le plus contraignant,

4- Pour ce couple, on choisit l'ordre des tâches (*i* puis *j*) ou (*j* puis *i*) (choix de sens des flèches) correspondant à a_{ij} ou a_{ji} le plus petit des deux,

5- On recommence le processus pour les autres contradictions jusqu'à élimination de toutes les contraintes disjonctives.

58

Références bibliographiques

- Lionel Dupont " la gestion industrielle", Ed. HERMES, 1998.
- Alain Courtois " Gestion de production" Ed. ORGANISATION, 1998
- V. Giard, " *Gestion de la production*", Paris, Ed. ECONOMICA, 1068 p., 1988.
- Robert Faure, Bernard Lemaire, Christophe Picoulev " Précis de recherche opérationnelle méthodes et exercices d'application", Ed. DUNOD 2000.
- Morris P. « Le management par les contraintes en gestion industrielle

59