

## **CHAPITRE II :**

### **LES METHODES D'ORDONNACEMENT**

#### **Introduction**

Le management de la chaîne logistique englobe la gestion de tous les flux (physiques, information et financiers) et touche à l'ensemble des décisions de l'entreprise exemples : conception et lancement d'un nouveau produit, programme d'achat, programme de production, financement d'un nouveau investissement, etc.

Pour prendre les décisions adéquates et mener à bien ces projets, on fait appel aux méthodes d'ordonnancement qui ont pour objectif la programmation des activités nécessaires à la réalisation d'un certain objectif.

#### **I. Définitions et principes de base**

##### **1- La notion de projet**

« Un projet se définit comme une démarche spécifique qui permet de structurer méthodiquement une réalité à venir. Un projet est défini et mis en œuvre pour élaborer la réponse au besoin d'un utilisateur d'un client ou d'une clientèle et il implique un objectif et des actions à entreprendre avec des ressources données. »<sup>1</sup>

Un projet traduit un mode de fonctionnement transversal basé sur le regroupement de moyens, de ressources et de compétences adhoc partagées avec d'autres activités de l'entreprise ou spécialement dédiés au projet.

Tout projet est constitué d'un ensemble de tâches (activités ou opérations) permettant d'atteindre un objectif unique et clairement défini. A chaque tâche sont associées une durée et une contrainte (condition d'antériorité).

Chaque tâche a un nom, une durée, une place et un coût. Certaines tâches peuvent être exécutées simultanément, d'autres se succèdent dans un ordre bien déterminé. Généralement les tâches sont réelles c'est à dire elles consomment du temps et des ressources mais le projet peut

---

<sup>1</sup> La norme AFNOR X 50-105 « le management de projet-concepts ».

comporter une ou plusieurs tâches fictives, c'est-à-dire de durée nulle avec une absence d'utilisation des ressources pour respecter les contraintes du projet.

Les contraintes dont on doit tenir compte sont de deux types :

- Les contraintes d'antériorité : ce sont les contraintes de succession des tâches ; une tâche ne peut débuter que si certaines autres tâches ont été déjà réalisées.
- Les contraintes de réalisation dans le temps : ce sont des contraintes temps qui limitent les dates auxquelles peuvent prendre place le démarrage ou la fin d'une tâche donnée.

## **2- Les techniques d'ordonnancement**

Les techniques d'ordonnancement permettent de résoudre le problème d'organisation d'un projet, on distingue :

- Les méthodes de type diagramme à barres ou diagramme de GANTT qui présentent l'inconvénient majeur de ne pas faire apparaître les liaisons entre les tâches.
- Les méthodes à chemin critique basées sur la théorie des graphes, elles sont utilisables dès que le projet atteint une certaine complexité : la méthode MPM et la méthode PERT.

La mise en œuvre d'une méthode d'ordonnancement nécessite :

- Une analyse approfondie du projet : étude des objectifs, délimitation précise des tâches, évaluation des durées, repérage des contraintes.
- La recherche de l'ordre de succession des tâches et de toutes les contraintes.

L'ordonnancement est établi en fonction de deux impératifs majeurs :

- Un temps de réalisation du projet susceptible d'être respecté : l'objectif ne peut être atteint qu'au bout d'un temps minimum qu'on ne peut réduire, mais à partir de cette période incompressible, on fixera une durée offrant une certaine souplesse sans augmenter le coût global de l'opération.
- Un coût global minimum, obtenu par combinaison judicieuse des ressources dont on dispose.

Les méthodes d'ordonnancement fondées sur la théorie des graphes conduisent, entre autres, à la détermination du chemin critique, ce qui permet de connaître le temps minimum de réalisation d'un projet. La durée totale de réalisation d'un projet ne peut être inférieure à la somme des temps d'exécution des tâches qui constituent le chemin le plus long du début à la fin des travaux.

Ce chemin est appelé chemin critique. Il est formé par les tâches critiques ; tout retard dans leur exécution entraîne un retard de même durée dans l'achèvement du projet.

Par contre, les tâches non critiques disposent d'une marge de réalisation : on peut en retarder l'exécution dans certaines limites sans allonger le chemin critique.

## **II. Le diagramme de GANTT**

### **1- Principe et réalisation**

Le diagramme de GANTT<sup>2</sup> est un outil permettant de modéliser la planification des tâches nécessaires à la réalisation d'un projet. Le diagramme de GANTT est la technique ainsi que la représentation graphique permettant de situer dans le temps les phases, les tâches et les ressources du projet.

En ligne on liste les tâches et en colonne les jours, semaines ou mois. Les tâches sont représentées par des barres dont la longueur est proportionnelle à la durée estimée. Les tâches peuvent se succéder ou se réaliser en parallèle entièrement ou partiellement.

Les différentes étapes de réalisation d'un diagramme de GANTT sont les suivantes :

- Déterminer les différentes tâches à réaliser et leur durée.
- Définir les relations d'antériorité entre les tâches.
- Représenter d'abord les tâches n'ayant aucune antériorité, puis les tâches dont les tâches antérieures ont été déjà représentées, et ainsi de suite...
- Représenter par un trait parallèle en pointillé à la tâche planifiée la progression réelle du travail.

---

<sup>2</sup> Inventé par Henry L.GANTT en 1917.

**Exemple :**

Suite à l'acquisition d'une nouvelle usine, un groupe industriel a décidé créer un central d'achat avec la construction d'un entrepôt central qui aura pour mission de satisfaire les besoins en approvisionnement des deux usines de la région. Le service logistique a déterminé l'ensemble des tâches nécessaires à cette action stratégique.

	Tâches antérieures									Durée (mois)							
<b>A</b>	-									4							
<b>B</b>	-									2							
<b>C</b>	A									1							
<b>D</b>	A-B									1							
<b>E</b>	A									2							
<b>F</b>	C									2							
<b>G</b>	D-F									2							
<b>H</b>	E									10							
<b>I</b>	G									4							
<b>J</b>	H-I									1							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>A</b>	■	■	■	■					↓								
<b>B</b>	■	■															
<b>C</b>					■	■											
<b>D</b>					■	■											
<b>E</b>					■	■	■										
<b>F</b>						■	■	■									
<b>G</b>								■	■	■							
<b>H</b>							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>I</b>										■	■	■	■				
<b>J</b>																	■

**Remarques :**

- Chaque colonne représente une unité de temps.
- Les durées d'exécution prévues des tâches sont représentées par un trait épais (2 unités pour E).
- Les contraintes de succession se lisent directement : les tâches C,D et E succèdent à A et la tâche J succède à H.
- Le déroulement d'exécution des tâches figurent en pointillé, au fur et à mesure des contrôles. On est à la fin de la 9<sup>ème</sup> unité de temps, la tâche G est en retard d'une unité de temps alors que la tâche H est en avance d'une unité de temps
- On peut déterminer le chemin critique qui est formé d'une succession de tâches, sur le chemin le plus long en termes de durée, tout retard pris sur l'une des tâches de ce chemin entraîne un retard dans l'achèvement du projet.

**Chemin critique : A, E, H, J**

**Durée de réalisation du projet : 17 mois.**

**2- Avantages et limites**

Avantages	Limites
Permet de déterminer la date de réalisation du projet. Permet d'identifier les marges existantes sur certaines tâches (avec une date de commencement au plus tôt et une date au plus tard.	Le diagramme de GANTT ne fait pas apparaître de manière claire le chemin critique et résout pas tous les problèmes surtout si on doit planifier des tâches ayant des ressources utilisées de manière concurrente.

### **III. La méthode MPM**

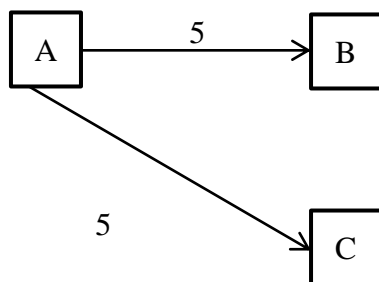
La méthode MPM (Méthode des Potentiels Metra) est une méthode d'ordonnancement d'origine française. A l'instar des autres méthodes, la méthode MPM comporte trois phases principales :

- La construction d'un graphe représentant le programme envisagé.
- La recherche du (ou des) chemin(s) critique(s).
- L'évaluation et l'interprétation des marges.

#### **1- Construction du graphe**

La méthode MPM repose sur 3 principes de représentation :

- Chaque tâche est représentée par un sommet que l'on repère par une lettre.
- Toute condition d'antériorité est traduite par un arc.
- A chaque arc est associé une valeur représentant le délai minimum après lequel peut débiter la tâche suivante.



Durée de la tâche A = 5 heures.

Les tâches B et C ne peuvent commencer qu'après l'exécution de la tâche A.

Les tâches B et C ne peuvent commencer que 5 heures après le démarrage de A.

La valeur numérique peut représenter également le délai exceptionnel minimum au bout duquel peut commencer la tâche suivante.

On décompose les tâches en niveaux de générations, on tient compte de ces niveaux pour tracer le graphe (le niveau 0 est formé par les tâches qui n'ont pas de précédent). On commence le graphe par un sommet « début » relié au(x) sommet(s) suivant(s) par un (ou des) arc(s) de valeur nulle. De même on relie tous les sommets qui n'ont pas de suivants à un sommet « fin ».

## 2- Recherche du chemin critique

Pour chaque sommet, il faut établir deux dates : la date de commencement au plus tôt  $T_X$  et la date de commencement au plus tard  $T_X^*$

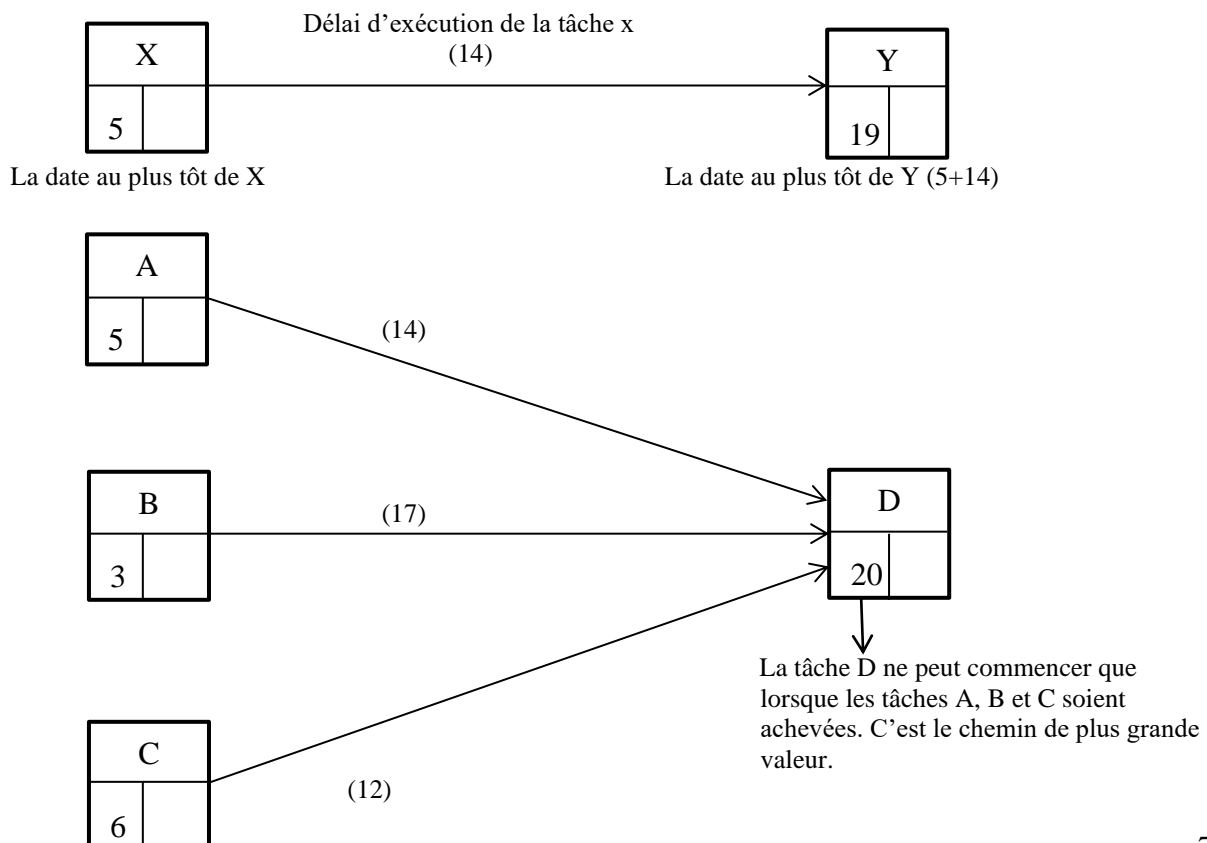
Tâche	
Date au Plus tôt $T_X$	Date au plus tard $T_X^*$

### a- Recherche de la date de commencement au plus tôt

La date de commencement au plus tôt d'une tâche est en principe celle de la tâche précédente augmentée de son délai d'exécution.

Dans le cas où plusieurs tâches aboutissent au même sommet, la date au plus tôt de ce sommet correspond à la valeur du chemin précédent de plus grande valeur.

**Exemple :**

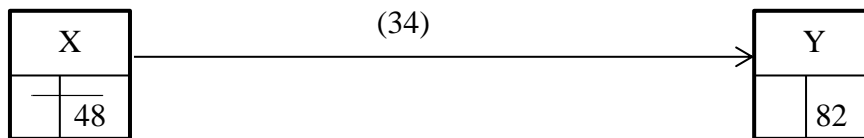


### ***b- Recherche de la date de commencement au plus tard***

La date de commencement au plus tard d'une tâche est en principe celle de la tâche suivante diminuée du délai d'exécution de la tâche considérée.

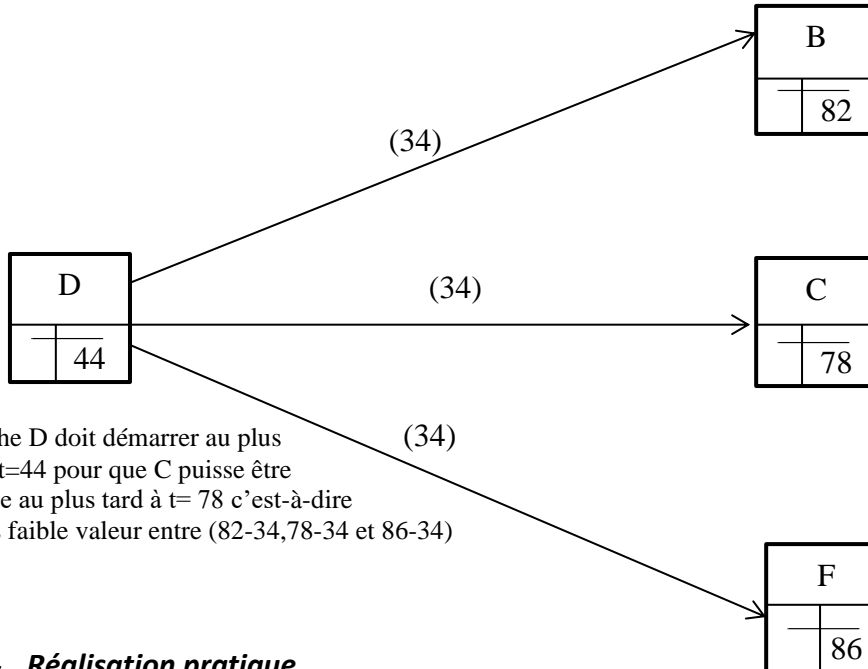
Dans le cas où plusieurs tâches démarrent de ce sommet, la date au plus tard de ce sommet doit permettre d'exécution au plus tard des tâches suivantes c'est-à-dire la plus petite valeur.

***Exemple :***



Au plus tard X doit commencer à 48 (82-34)

date au plus tard de commencement de Y



La tâche D doit démarrer au plus tard à  $t=44$  pour que C puisse être réalisée au plus tard à  $t=78$  c'est-à-dire la plus faible valeur entre (82-34, 78-34 et 86-34)

### ***c- Réalisation pratique***

- Pour déterminer les dates au plus tôt, il faut commencer du sommet « début des travaux ».
- Pour déterminer les dates au plus tard, il faut partir du sommet final « Fin des travaux », on pose  $T_{Fin} = T_{Fin}^*$  et pour chaque sommet X dont les sommets Y suivent, on a alors :



$$T_X^* = \min_{(Y)} [T_Y^* - d_X] \text{ avec } Y \in S(X)$$

- Pour chaque sommet, il existe deux dates. La différence entre ces deux dates s'appelle intervalle de flottement.
- Il est évident que le chemin critique passe par les sommets présentant un intervalle de flottement nul.

### 3- Evaluation et interprétation des marges

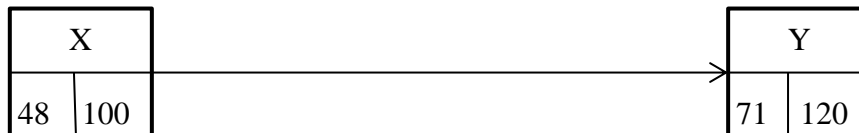
Il est intéressant de savoir si certaines opérations non critiques peuvent être retardées dans leur exécution sans perturber la date de fin du projet. Ainsi, il faut calculer les marges totales (MT) et les marges libres (ML).

#### a- La marge totale

C'est le retard maximum que l'on peut accepter dans la mise en route d'une tâche sans remettre en cause les dates au plus tard des tâches suivantes, c'est-à-dire sans retarder la fin du projet.

Pour une tâche x, cette marge totale est telle que :

$$MT_X = T_X^* - T_X$$



La tâche X a commencé au plus tôt à  $t = 48$  et au plus tard à  $t = 100$ . Le démarrage de la tâche X peut donc subir un retard de  $100 - 48 = 52$  sans modifier la durée totale du projet. Cette marge totale de la tâche X est donc la plus grande marge dont on peut disposer, la tâche Y débutant à sa date au plus tard.

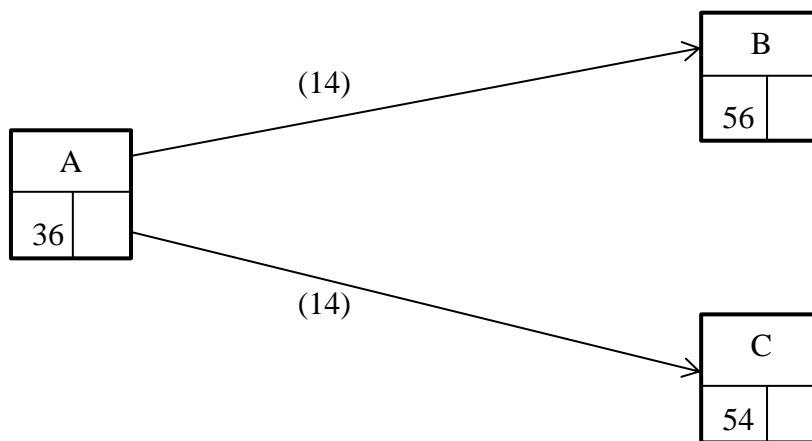
#### b- La marge libre

C'est le retard maximum que l'on peut apporter à la mise en route d'une tâche sans remettre en cause, les dates au plus tôt des autres tâches.

Pour une tâche X avec des tâches suivantes Y :

$$ML_X = \min_{(Y)} [T_Y - T_X - d_X] \text{ avec } Y \in S(X)$$

- $\forall X$  on a toujours  $T_X \leq T_X^*$
- $\forall X$  on a toujours  $ML_X \leq MT_X$



Pour que la tâche B commence à sa date au plus tôt soit 56, il faut que A commence au plus tard à la période  $56 - 14 = 42$ , il existe alors une marge de  $42 - 36 = 6$ .

Pour que la tâche C commence à sa date au plus tôt soit 54, il faut que A commence au plus tard à la période  $54 - 14 = 40$ , d'où une marge de  $40 - 36 = 4$ .

Mais il est évident que la tâche A doit commencer à la période 40 pour que B et C puissent démarrer respectivement à leur date au plus tôt.

La marge libre de la tâche A est donc égale à 4, c'est-à-dire la plus petite des deux marges calculées séparément.

### Exemple :

L'application développée dans le diagramme de GANTT va servir d'exemple :

En premier lieu, il faut rechercher les niveaux de génération des tâches à partir du dictionnaire des précédents P(X) c'est-à-dire les tâches antérieures.

Niveau	1	2	3	4	5	6
Tâche	A B	C D E	F H	G	I	J

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
MT	0	7	3	5	0	3	3	0	3	0
ML	0	2	0	2	0	0	0	0	3	0

Pour toutes les tâches critiques,  $MT = ML = 0$

#### **IV. L'analyse de sensibilité**

##### **1- La tâche k est une tâche critique**

- Si  $\Delta Tk > 0 \Rightarrow$  la tâche k reste critique ainsi que le chemin où elle est située mais la durée du projet va augmenter de  $\Delta Tk$ .

$$T_z' = T_z + \Delta Tk$$

- Si  $\Delta Tk < 0 \Rightarrow$  3 cas peuvent se présenter :
  - La tâche k reste critique ainsi que le chemin où elle est située et la durée du projet va diminuer de  $|\Delta Tk|$ .
  - La tâche k reste critique ainsi que son chemin mais il va apparaître un ou plusieurs autre(s) chemin(s) critique(s) et la durée du projet va diminuer de  $|\Delta Tk|$ .
  - La tâche k ne reste plus critique ainsi que son chemin et la durée du projet va diminuer d'une valeur à calculer.

##### **2- La tâche k n'est pas une tâche critique**

- Si  $\Delta Tk < 0 \Rightarrow$  pas de changement.
- Si  $\Delta Tk > 0 \Rightarrow$  3 cas peuvent se présenter :
  - $\Delta Tk < MTk \Rightarrow$  pas de changement.
  - $\Delta Tk = MTk \Rightarrow$  la tâche k devient une tâche critique mais la durée du projet ne va pas changer.
  - $\Delta Tk > MTk \Rightarrow$  la tâche k devient une tâche critique ainsi que le chemin où elle est située mais la durée du projet va changer et augmenter de  $[\Delta Tk - MTk]$ .

$$T_z' = T_z + [\Delta Tk - MTk]$$