

méthodes

# Réussir la planification d'un chantier

Des méthodes traditionnelles au Lean Construction  
Du projet à l'optimisation des plannings  
Théorie et cas d'études

Narjes Ben Salah Chaabane • Alexandre Docteur

EDITIONS  
**LE MONITEUR**

# Sommaire

	Introduction .....	7
<b>CHAPITRE 1</b>	<b>Projets de construction .....</b>	<b>9</b>
<b>CHAPITRE 2</b>	<b>Planification des projets de construction : notions.....</b>	<b>17</b>
<b>CHAPITRE 3</b>	<b>Méthodes de construction des plannings.....</b>	<b>33</b>
<b>CHAPITRE 4</b>	<b>Techniques de planification .....</b>	<b>65</b>
<b>CHAPITRE 5</b>	<b>Planification des ressources.....</b>	<b>133</b>
<b>CHAPITRE 6</b>	<b>Planification d'un chantier en Lean Construction .....</b>	<b>147</b>
	Bibliographie .....	177
	Index .....	179
	Table des matières.....	181

# Planification des projets de construction : notions

Pour réaliser un projet dans les meilleures conditions de productivité, le chef de projet est tenu d'établir une gestion rigoureuse. Celle-ci vise à organiser le déroulement d'un projet. Elle se fait autant au bureau que sur le chantier et doit prévoir toutes les ressources nécessaires en moyens humains, matériels et matériaux pour la réalisation du projet ainsi que l'optimisation de leur utilisation.

La planification est une partie de la gestion d'un projet de construction. Elle aide à définir le programme d'exécution des travaux et l'utilisation des ressources pour permettre une bonne gestion en phase d'exécution. Cette planification permet d'avoir une visibilité suffisante sur le déroulement réel des travaux et d'anticiper les aléas.

### 2.1 Management et gestion des projets

#### Définitions du management de projet

Plusieurs définitions du management de projet existent :

- « Le management de projet est l'application de connaissances, de compétences, d'outils et de méthodes aux activités d'un projet afin de répondre à ses besoins » PMI (Project Management Institute)
- « Le management de projet est l'ensemble des actions permettant de dominer le déroulement d'un projet et son optimisation, depuis la définition des objectifs jusqu'à la réalisation complète de l'ouvrage », *Dictionnaire du management de projet* (AFITEP/Afnor)
- « Le management de projet consiste à planifier, organiser, piloter et maîtriser tous les aspects d'un projet, ainsi que la motivation de tous ceux qui sont impliqués dans le projet et maîtriser la relation client, de façon à atteindre les objectifs de façon sûre, dont tous les critères définis de coûts, délais et performances. Cela inclut les tâches nécessaires aux performances du projet », d'après IPMA (International Project Management Association)

– « Le management de projet comprend la planification, l'organisation, le suivi de la progression et la maîtrise de tous les aspects du projet dans un processus continu, afin d'atteindre ses objectifs », norme ISO 9000/10006

## Définition et objectifs de la gestion de projet

La gestion de projet est l'ensemble des techniques, méthodes et outils, qui permettent au chef de projet et à son équipe de conduire, coordonner et harmoniser les diverses tâches exécutées dans le cadre du chantier. Elle a aussi pour objectif d'optimiser l'utilisation des ressources en phase de réalisation. L'exécution des éléments d'ouvrage consomme des ressources diverses : matériaux, matériels, main-d'œuvre et financement. L'optimisation des ressources consiste à rationaliser leurs affectations pour chaque tâche, en associant à chaque ouvrage la qualité et la quantité convenables.

La gestion de projet inclut les activités de planification, d'organisation, de gestion et de contrôle des ressources et des procédures (fig. 2.1). Selon les objectifs visés (la performance et la qualité), le budget disponible et la durée prévue, l'entreprise planifie l'exécution et affecte les ressources nécessaires à la réalisation du projet.

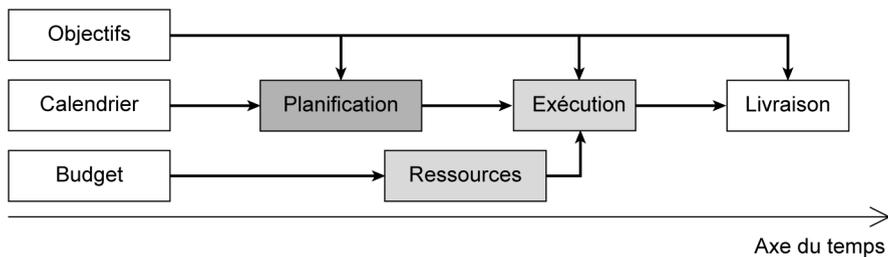


Figure 2.1. Schéma des éléments de gestion d'un projet

La planification est la fonction d'ordonnancement. Elle a pour objectif d'organiser la réalisation d'un travail dans le temps. Elle définit le programme d'exécution des travaux et d'utilisation des ressources pour permettre la bonne gestion en phase d'exécution et pour avoir une bonne visibilité du déroulement réel des travaux et anticiper les retards. Le processus de planification :

- définit les objectifs : quel est le but et quels sont les biens livrables ?
- planifie le travail : quelles sont les tâches à réaliser et qui sera responsable de chaque tâche ?
- teste le plan : a-t-on pensé à tout ? Comment prévoir les aléas ?
- analyse les risques : quelle sont les faiblesses ? Comment prévoir les problèmes ?
- définit le contrôle : que doit-on faire pour éviter les surprises ?

## 2.3 Planification

### Définition et objectifs

La planification consiste à déterminer et ordonnancer les tâches et prévoir l'utilisation des ressources. Le chef de projet est tenu de mettre en place l'organisation la plus adaptée pour réaliser l'ouvrage. Il établit un ensemble de graphes et de tableaux qui concrétisent à l'avance le déroulement réel des travaux et les prévisions d'utilisation des ressources humaines, matérielles et financières dans le temps accordé. Il s'agit de calculer les dates d'exécution optimales des tâches.

La planification a pour objectifs :

- de fournir à l'avance une vision globale du projet et de son déroulement afin d'effectuer un suivi précis et un contrôle régulier pour anticiper les éventuels dépassements de délais en phase d'exécution ;
- d'évaluer l'avancement du projet et de gérer les retards de manière agile ;
- d'affecter les ressources humaines, matérielles et financières nécessaires à la réalisation des tâches et de gérer le délai et les ressources pendant les travaux.

La figure 2.6 situe la planification dans le processus de gestion du projet.

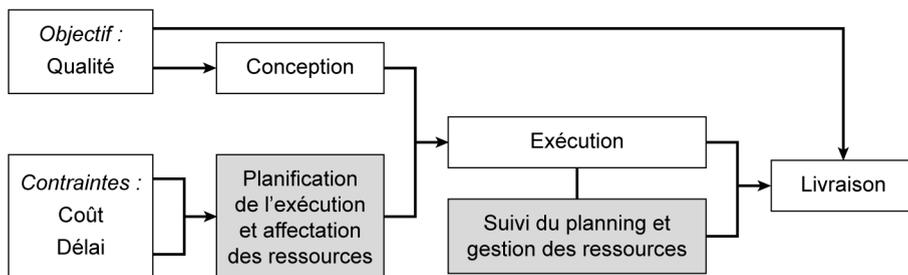


Figure 2.6 Schéma du processus de planification et de gestion de projet

### Documents de base de la planification

Les documents de base nécessaires à l'élaboration d'une planification sont :

- tous les plans d'exécution du projet ;
- les divers cahiers de clause : cahier des clauses administratives particulières (CCAP) et cahier de clauses techniques particulières (CCTP) ;
- la notice descriptive et les devis descriptif, quantitatif et estimatif.

### Différents types de planning

À chaque phase d'étude et d'exécution, les intervenants du projet sont tenus de préparer divers plannings. Selon le niveau de découpage du projet et les détails à présenter dans la planification (lot, corps d'état ou tâche), on distingue trois types de planning : général, détaillé et d'exécution (voir fig. 2.7 et tab. 2.1).

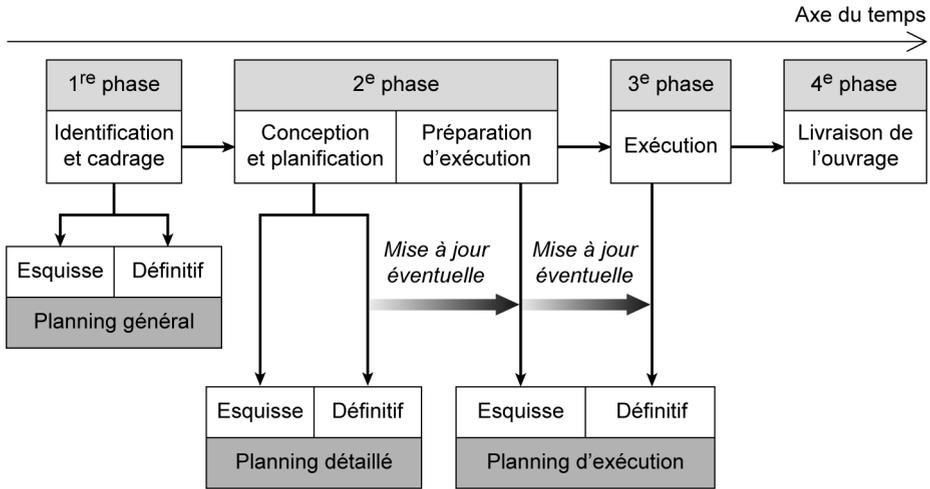


Figure 2.7 Les différents niveaux de planning

Tableau 2.1 Les caractéristiques des différents niveaux de planification

Type	Stade d'élaboration	Auteur	Utilité	Documents ressources
<b>Planning général TCE</b>	Étude du projet	Maître d'œuvre	Date de début et fin de chaque lot	Programme
<b>Planning détaillé</b>	Préparation de chantier	Maître d'œuvre aidé si possible par le conducteur de chaque lot	Suivi et paiement des travaux	Planning général TCE et dossier du marché des travaux
<b>Planning d'exécution</b>	Étude d'exécution	Entreprise par son conducteur des travaux, aidé si possible par le chef de chantier	Exécution des travaux	Planning général TCE + CCTP du lot + devis quantitatif et estimatif du lot + plans d'exécution des lots

## Planning général

Le planning général ou planning grosse maille (voir fig. 2.8), appelé aussi planning tout corps d'état (TCE), est élaboré par le maître d'œuvre en phase de conception et de planification. Y sont présentées les dates de début et de fin de la réalisation de chaque lot ou corps d'état, la durée de réalisation du projet et la date de livraison de l'ouvrage. L'unité de temps utilisée est généralement le mois.

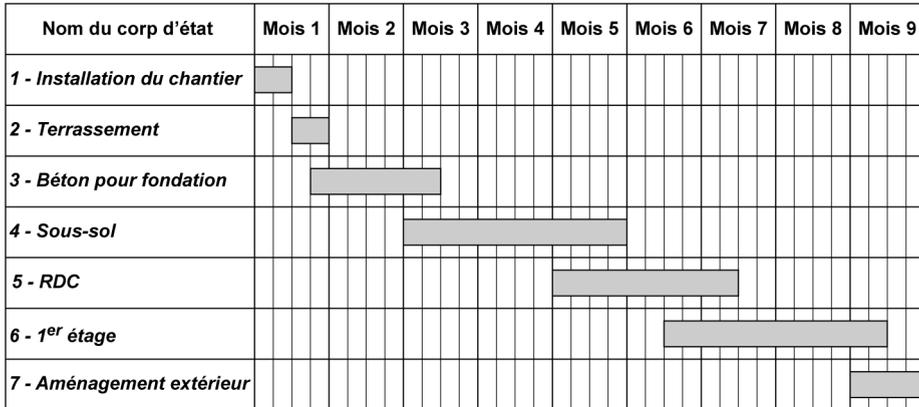


Figure 2.8 Planning tout corps d'états (TCE)

### Planning détaillé

Dans le planning détaillé (voir fig. 2.9), chaque lot est décomposé en corps d'état et/ou chaque corps d'état est décomposé en tâches ou activités. Il est mis au point par le maître d'œuvre et constitue une pièce contractuelle du marché qui sera utilisée pour le paiement de l'entreprise et le suivi des travaux. Ce planning permet d'assurer la coordination des phases d'étude de projet et de réalisation de l'ouvrage. L'unité de temps utilisée est généralement la semaine ou le jour.

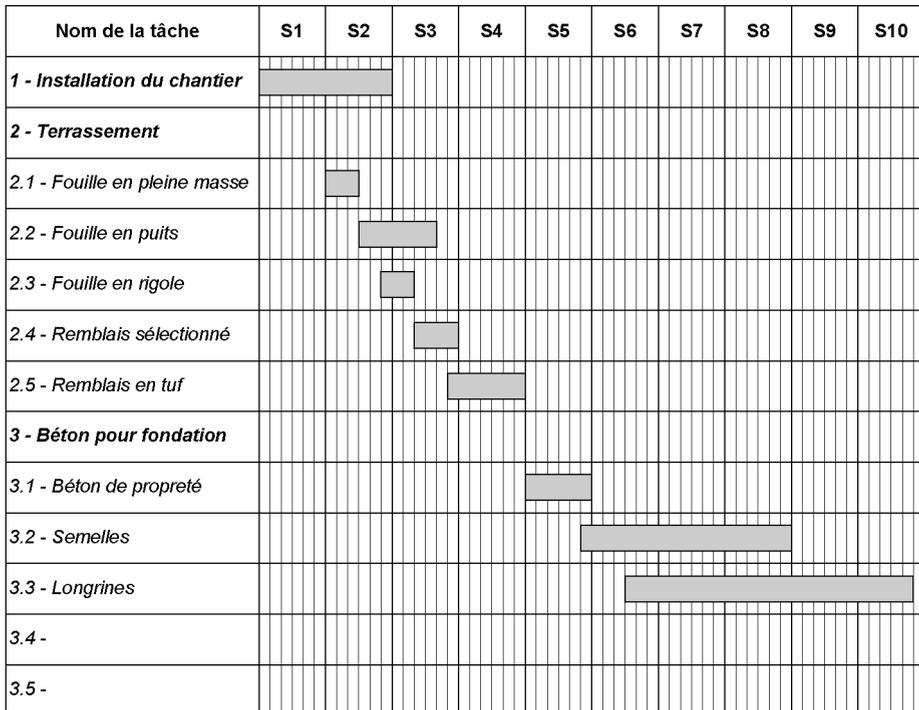


Figure 2.9 Planning détaillé

## **Planning d'exécution**

Le planning d'exécution des travaux est l'instrument de pilotage du responsable de l'exécution. Il est élaboré sur la base du planning détaillé et définit le programme précis d'exécution des travaux. À partir de ce planning, l'entreprise prépare les plannings propres à la main-d'œuvre, à l'utilisation de matériels, à l'approvisionnement en matériaux, du financement et de la gestion de production.

## **Plannings particuliers**

Les plannings particuliers sont des documents spécifiques élaborés par le conducteur de travaux en phase d'exécution du projet. Ils visent à guider le déroulement général des travaux et optimiser l'utilisation des différentes ressources. On peut distinguer plusieurs types de plannings particuliers.

### **Planning d'approvisionnement en matériaux**

Ce planning définit les quantités des matériaux nécessaires pour l'exécution de chaque tâche en fonction du temps. Il influence directement le déroulement de chantier, étant donné que la réalisation de chaque tâche dépend des quantités des matériaux constructifs. Ce planning facilite la consultation des fournisseurs, permettant des commandes plus précises. Il permet aussi de contrôler la consommation en comparant le réel et le prévisionnel.

### **Planning d'utilisation, d'entretien et de rotation des matériels**

De même, le planning d'utilisation de matériels permet de déterminer ceux nécessaires pour l'exécution de chaque tâche. C'est un diagramme formé du matériel en ligne comme bulldozer, pelle hydraulique, grue, bétonnière, etc., et des durées en colonne (jour ou semaine). Dans les cases, on fait apparaître une barre indiquant la durée d'utilisation et un chiffre indiquant le nombre de matériel. Dans l'exemple (voir fig. 2.10), nous avons besoin d'un seul bulldozer sur les deux premiers jours et d'une pelle hydraulique du début du 3<sup>e</sup> jour jusqu'au 24<sup>e</sup> jour.

Le planning de rotation des matériels est réservé aux matériels de coffrage afin d'optimiser leurs utilisations, comme les banches. Pour la rotation des banches, on prépare un planning qui définit l'ordre d'utilisation des banches disponibles suivant l'avancement d'exécution des voiles.



réalisation. Il existe plusieurs techniques de planification des projets, qui sont rassemblées en deux grandes catégories (voir fig. 2.11) : les méthodes linéaires et les méthodes par réseau.

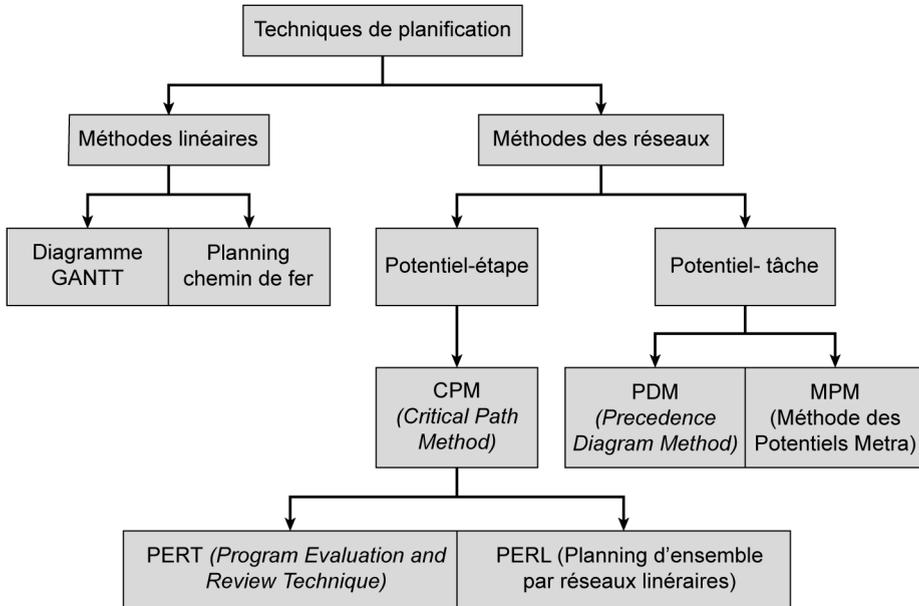


Figure 2.11 Techniques de planification <sup>(1)</sup>

## Méthodes linéaires

Elles figurent le déroulement des activités sur une échelle horizontale comme le planning à barres GANTT et le planning chemin de fer.

### Diagramme de GANTT

Le diagramme de GANTT, conçu en 1917 par Henry Laurence Gantt, est une représentation graphique du déroulement chronologique d'un projet. Ce tableau permet de situer dans le temps les activités et les ressources d'un projet.

On liste les tâches et les ressources en lignes et le temps (mois, semaines ou jours) en colonnes. Les tâches sont représentées par des barres dont la longueur est proportionnelle à la durée. Elles peuvent se succéder ou se réaliser entièrement ou partiellement en parallèle (voir fig. 2.12). Le planning GANNT est une représentation pratique, et bien qu'elle soit la plus ancienne, elle est encore la technique la plus utilisée aujourd'hui.

(1) *Le grand livre de la gestion de projet.*

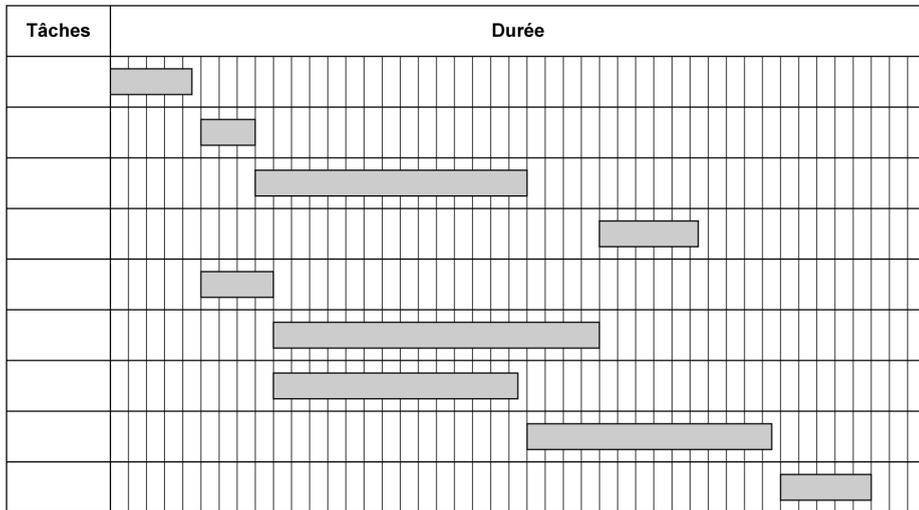


Figure 2.12 Méthode linéaire : diagramme de GANTT

### Planning chemin de fer

Le planning d'exécution des travaux peut être tracé sous la forme dite du « chemin de fer ». On l'utilise pour planifier des travaux à caractère linéaire, séquentiel ou répétitif, par étages ou zones, comme pour des routes, tunnels, bâtiments élevés, de terrassement, travaux intérieurs répétitifs, etc. L'évolution des tâches est rapportée sur deux axes : l'axe des abscisses représente l'axe du temps, l'axe des ordonnées représente généralement les zones de travail et les quantités réalisées (voir fig. 2.13).

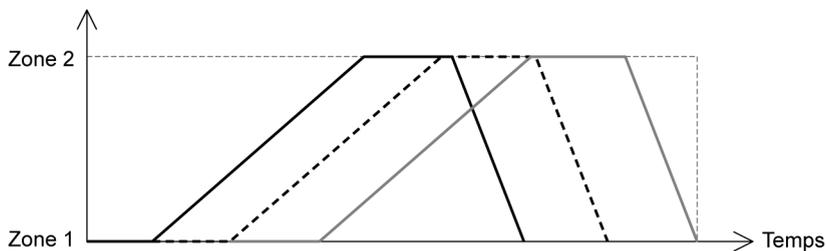


Figure 2.13 Méthode linéaire : planning chemin de fer

### Méthodes des réseaux

Elles mettent en évidence les relations de dépendance entre tâches, appelées aussi méthodes à chemin critique. La méthode de potentiel-tâche met l'accent sur l'activité, la méthode de potentiel-étape est basée sur les événements. Les sommets des réseaux représentent soit les tâches (voir fig. 2.12a) soit les événements (voir fig. 2.12b).

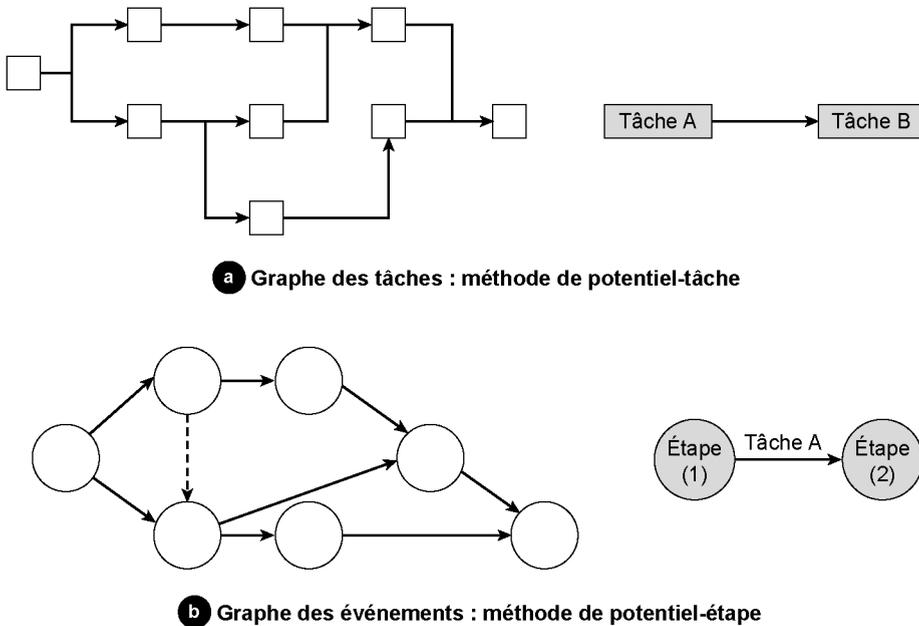


Figure 2.14 Méthodes des réseaux : graphe des tâches et graphe des événements

### Méthode potentiel-étape

Il existe plusieurs variantes de la méthode potentiel-étape, telles que le PERT, le PERL et le CPM. La méthode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) est une technique de modélisation de projet développée par la marine américaine en 1958. Elle s'appuie sur la méthode du chemin critique CPM (*Critical Path Method*). Cette technique représente les activités sous forme d'un réseau de dépendances. Dans le réseau PERT, les tâches sont représentées par des flèches orientées et des étapes qui marquent le début et la fin de chaque tâche. Le diagramme de PERL (planning d'ensemble par réseaux linéaires) est une représentation proche du diagramme GANTT et du réseau PERT, d'où son nom GANTT fléché. Dans cette représentation, plusieurs tâches sont affichées sur une même ligne. La méthode PERL a été développée en 1957 par Charles Auguste Villemain pour EDF.

### Méthode potentiel-tâche

La méthode de potentiel-tâche est une technique d'ordonnancement basée sur la théorie des réseaux. Elle est déclinée en deux modèles, le MPM et le PDM. Cette méthode, appelée méthode des potentiels métra (MPM), utilise les relations entre les tâches du type (Début-Début). Par la suite, elle a été améliorée pour tenir compte des différentes liaisons possibles entre les tâches. Cette méthode du réseau des antécédents PDM (*Precedence Diagram Method*) est la plus utilisée aujourd'hui. Les méthodes MPM et PDM sont relativement similaires. Elles se présentent sous la forme d'un réseau dans lequel chaque activité est représentée par une boîte rectangulaire. Des flèches représentent les liaisons de dépendances entre les tâches.

### 3.2 Découpage du projet

Avant de planifier l'exécution du projet, le concepteur est tenu de le découper en sous-ensembles. Cette décomposition hiérarchique des travaux prend la forme d'un organigramme des tâches, appelé aussi WBS (*Works Breakdown Structure*). Cette méthode consiste à recenser et identifier l'ensemble des activités d'un projet et de les décomposer sous la forme d'une arborescence. Chaque niveau permet de développer et détailler les éléments du niveau précédent jusqu'à la fin du projet (voir fig. 3.1).

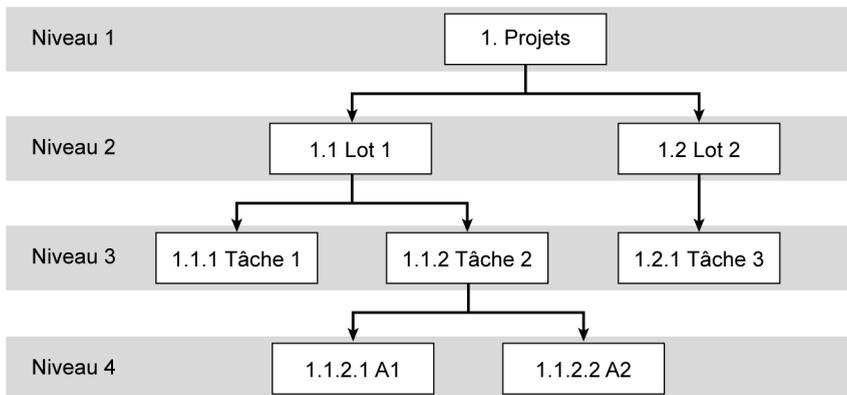


Figure 3.1 Modèle de structure de découpage d'un projet

1<sup>er</sup> niveau : ensemble du projet

2<sup>e</sup> niveau : les phases de projet ou les lots

3<sup>e</sup> niveau : les tâches composant chaque lot

4<sup>e</sup> niveau : les livrables de chaque tâche

### 3.3 Exemple n° 1 : Découpage d'un projet de construction d'un hôpital

Un projet de construction d'un hôpital (niveau 1) peut être subdivisé en onze corps d'état (niveau 2). Le premier corps d'état terrassement peut lui-même être subdivisé en deux tâches, les fouilles et les remblais (niveau 3). La décomposition détaillée de ce projet et l'organigramme des tâches sont présentés dans le tableau 3.1 et la figure 3.2.

Tableau 3.1 Exemple de découpage d'un projet de construction d'un hôpital

Code	Désignation	Niveau
<i>0</i>	<i>Construction d'un hôpital</i>	<i>1</i>
<i>1</i>	<i>Terrassement</i>	<i>2</i>
1.1	Fouilles	3
1.2	Remblais	3
<i>2</i>	<i>Maçonnerie – béton</i>	<i>2</i>
2.1	Fondations	3
2.2	Mur de soutènement	3
2.3	Murs en élévation	3
2.4	Béton armé	3
<i>3</i>	<i>Revêtements</i>	<i>2</i>
3.1	Forme dallage	3
3.2	Carrelage sol	3
3.3	Chape	3
3.4	Carrelage faïence	3
3.5	Enduits	3
<i>4</i>	<i>Planchers haut – rez-de-chaussée – étages</i>	<i>2</i>
<i>5</i>	<i>Faux plafonds</i>	<i>2</i>
<i>6</i>	<i>Menuiseries – vitreries – alu – ferronneries</i>	<i>2</i>
6.1	Menuiseries extérieures	3
6.2	Menuiseries intérieures	3
<i>7</i>	<i>Quincaillerie</i>	<i>2</i>
<i>8</i>	<i>Plomberie – sanitaires</i>	<i>2</i>
8.1	Alimentation en eau	3
8.2	Évacuation des eaux usées et eaux vannes	3
8.3	Assainissement	3
<i>9</i>	<i>Électricité – téléphone – climatisation – sonorisation</i>	<i>2</i>
<i>10</i>	<i>Badigeons et peintures</i>	<i>2</i>
<i>11</i>	<i>Distribution</i>	<i>2</i>

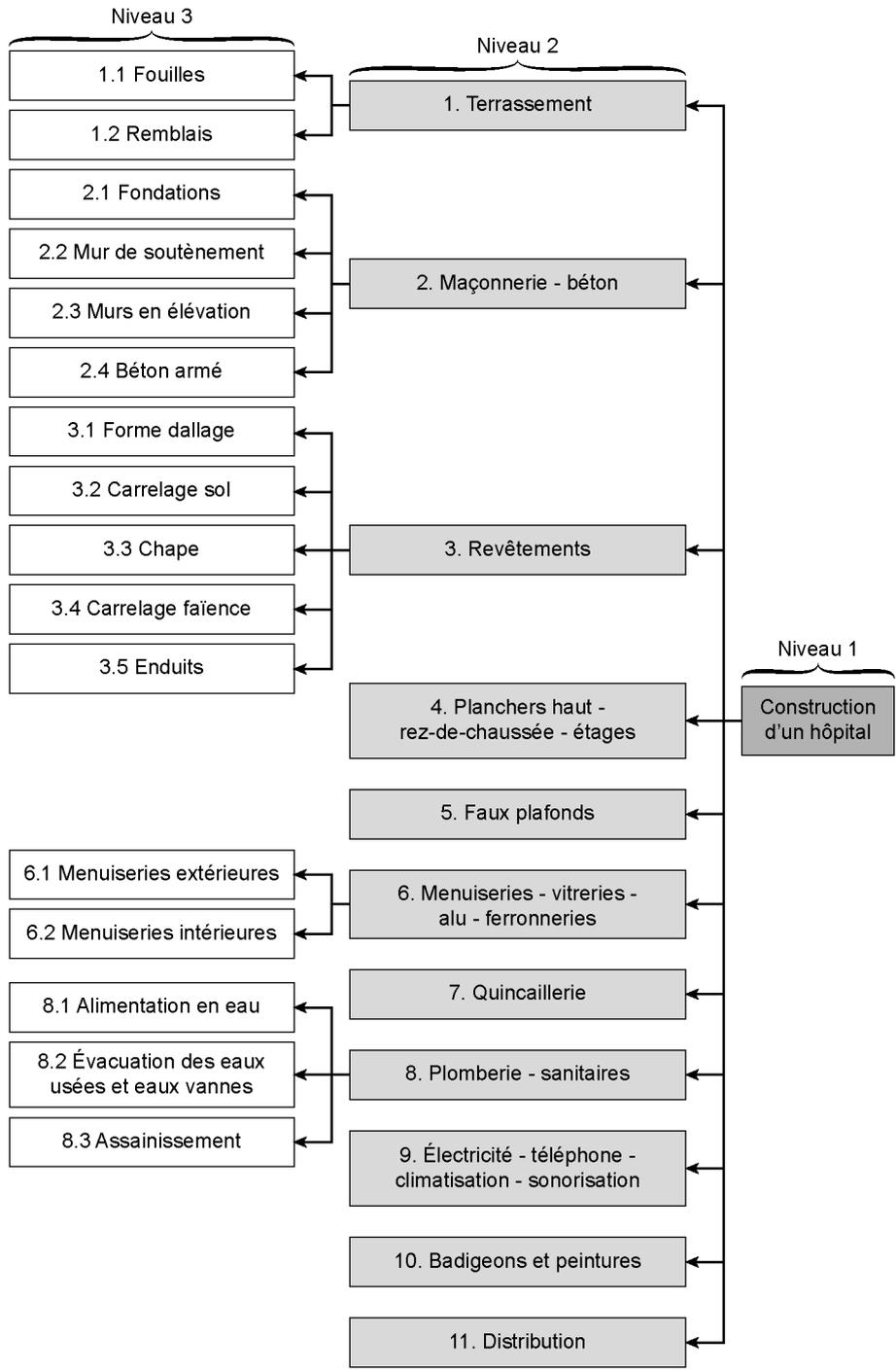


Figure 3.2 Organigramme WBS d'un projet de construction d'un hôpital

Tableau 3.6 Exemple de calcul des durées des tâches de l'application 3-1

Désignation	U	Q	Temps unitaire			Crédit d'heures			Total crédit d'heures	Durée (nombre de jours)
			Chef d'équipe 2 <sup>e</sup> échelon	Ouvrier qualifié 2 <sup>e</sup> catégorie	Manœuvre ordinaire	Chef d'équipe 2 <sup>e</sup> échelon	Ouvrier qualifié 2 <sup>e</sup> catégorie	Manœuvre ordinaire		
			h	h	h	h	h	h	h	j
1 - Maçonnerie de moellons appareillés	m <sup>3</sup>	92								
2 - Garniture en tuiles vernissées	m <sup>2</sup>	172								
3 - Béton banché	m <sup>3</sup>	23								

### Corrigé de l'application 3-1

Calcul des temps unitaires d'exécution des tâches :

#### Maçonnerie de moellons appareillés

$$TU = \frac{\text{Durée mise par un seul ouvrier}}{\text{Quantité}} = \frac{8 \times 4}{(16 \times 0,5)} = \frac{32}{8} = 4 \text{ h/m}^3$$

$$\text{Temps unitaire de manœuvre ordinaire : } TU_{MO} = \frac{8 \times 2}{32} \times 4 = 2 \text{ h/m}^3$$

$$\text{Temps unitaire de l'ouvrier qualifié : } TU_{OQ} = \frac{8 \times 2}{32} \times 4 = 2 \text{ h/m}^3$$

La somme des temps unitaires :  $2 + 2 = 4 \text{ h/m}^3$

#### Garniture en tuiles vernissées

$$TU = \frac{\text{Durée mise par un seul ouvrier}}{\text{Quantité}} = \frac{3 + 5 \times 3 + 5 \times 3}{15} = \frac{33}{15} = 2,2 \text{ h/m}^2$$

$$\text{Temps unitaire du chef d'équipe : } TU_{chef} = \frac{3}{33} \times 2,2 = 0,2 \text{ h/m}^2$$

$$\text{Temps unitaire de manœuvre ordinaire : } TU_{MO} = \frac{3 \times 5}{33} \times 2,2 = 1 \text{ h/m}^2$$

$$\text{Temps unitaire de l'ouvrier qualifié : } TU_{OQ} = \frac{3 \times 5}{33} \times 2,2 = 1 \text{ h/m}^2$$

La somme des temps unitaires :  $0,2 + 1 + 1 = 2,2 \text{ h/m}^2$

#### Béton banché

$$TU = \frac{\text{Durée mise par un seul ouvrier}}{\text{Quantité}} = \frac{1 + 5 + 5}{10} = \frac{11}{10} = 1,1 \text{ h/m}^3$$

Temps unitaire du chef d'équipe :  $TU_{chef} = \frac{1}{11} \times 1,1 = 0,1 \text{ h/m}^3$

Temps unitaire de manœuvre ordinaire :  $TU_{MO} = \frac{5}{11} \times 1,1 = 0,5 \text{ h/m}^3$

Temps unitaire de l'ouvrier qualifié :  $TU_{OQ} = \frac{5}{11} \times 1,1 = 0,5 \text{ h/m}^3$

La somme des temps unitaires :  $0,1 + 0,5 + 0,5 = 1,1 \text{ h/m}^3$

On remplit les cases des temps unitaires des différentes tâches dans le tableau.

### Calcul des durées de chaque tâche

#### Crédit d'heures par catégorie de main-d'œuvre

Crédit heures = quantité à réaliser  $\times TU_{\text{Catégorie}}$

Crédit d'heures de chef d'équipe 2<sup>e</sup> échelon pour la garniture en tuiles vernissées :

Crédit heures =  $172 \times 0,2 = 34,4 \text{ h}$

Durée d'exécution =  $\frac{\sum \text{Crédit d'heures}}{\text{temps de travail par jour}}$

Pour la garniture en tuiles vernissées :

Durée d'exécution =  $\frac{34,4 + 172 + 172}{8} = 47,3 \text{ jours}$

On arrondit cette valeur à 47 jours.

On présente dans le tableau 3.7 les résultats de calcul des durées des différentes tâches.

Tableau 3.7 Résultats de calcul des durées des tâches de l'application 3-1

Désignation	U	Q	Temps Unitaire			Crédit d'heures				Durée (nombre de jours)
			<i>Chef d'équipe 2<sup>e</sup> échelon</i>	<i>Ouvrier qualifié 2<sup>e</sup> catégorie</i>	<i>Manœuvre ordinaire</i>	<i>Chef d'équipe 2<sup>e</sup> échelon</i>	<i>Ouvrier qualifié 2<sup>e</sup> catégorie</i>	<i>Manœuvre ordinaire</i>	<i>Total crédit d'heures</i>	
			h	h	h	h	h	h	h	j
<b>1 - Maçonnerie de moellons appareillés</b>	m <sup>3</sup>	92	0	2	2	0	184	184	368	46
<b>2 - Garniture en tuiles vernissées</b>	m <sup>2</sup>	172	0,2	1	1	34,4	172	172	378,4	47
<b>3 - Béton banché</b>	m <sup>3</sup>	23	0,1	0,5	0,5	2,3	11,5	11,5	25,3	3

### 3.6 Rang des tâches

#### Principes

Pour faciliter le traçage d'un planning par la méthode des réseaux (potentiel-étape et potentiel-tâche), il est nécessaire de déterminer les rangs d'enclenchement des différentes tâches. En suivant une séquence logique des activités, le numéro de rang indique l'ordre de réalisation de la tâche. Pour classer les rangs, on affecte les numéros des rangs de chaque tâche de la manière suivante :

- **Rang n° 1** : tâches n'ayant pas de tâches antérieures.
- **Rang n° 2** : tâches ayant des tâches antérieures du rang (1).
- **Rang n° n** : tâches ayant des tâches antérieures du rang (n-1) au moins.

#### Détermination des rangs des tâches : exemple n° 1

Le tableau 3.8 présente un premier exemple d'un projet formé de neuf tâches (A, B, ...I). Chaque tâche est caractérisée soit par ses successeurs soit par ses prédécesseurs.

Tableau 3.8 Méthode de détermination des rangs, exemple n° 1

Activité	Prédécesseur	Successeur
A	Néant	B ; E
B	A	C
C	B	D
D	C ; F	I
E	A	F ; G
F	E	D
G	E	H
H	G	I
I	D ; H	Néant

Pour déterminer, les rangs on procède de la manière suivante :

- La tâche A n'a pas d'antécédent (prédécesseur), elle est alors une tâche initiale et prend le 1<sup>er</sup> rang. Pour faciliter la détermination des rangs, on insère un indice « 1 » en dessous de la tâche A de la liste des prédécesseurs (voir tab. 3.9).
- Les tâches B et E ont comme prédécesseur la tâche A, elles prennent le rang numéro 2. De même, on insère un indice 2 sur les prédécesseurs B et E.
- La tâche C commence après la fin de la tâche B du 2<sup>e</sup> rang, elle sera placée dans le 3<sup>e</sup> rang. De la même manière, on détermine les rangs de toutes les tâches. Au total, on a cinq rangs.
- Si une tâche a deux prédécesseurs de rangs différents, on prend le rang maximal et on ajoute 1.

Pour faciliter le traçage du graphe correspondant, on dresse un tableau récapitulatif des rangs formé de deux lignes indiquant les numéros des rangs et les tâches correspondantes.

Il faut noter qu'il doit y avoir au minimum une tâche initiale et une tâche finale.

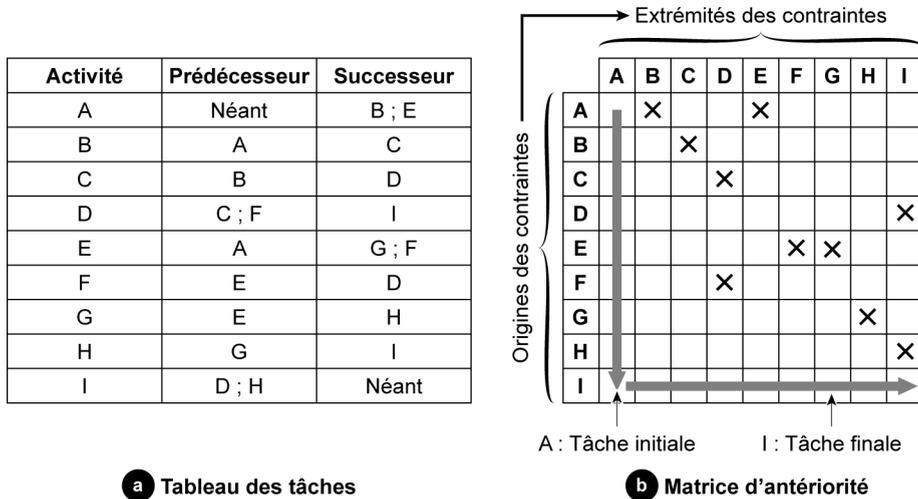


Figure 3.4 Représentation matricielle de l'exemple n° 1

### Représentation matricielle de l'exemple n° 2

On procède de la même manière que pour l'exemple n° 1 pour élaborer la matrice de l'exemple n° 2 du tableau 3.10. La nouvelle matrice est présentée dans la figure 3.5.

#### REMARQUE

Il y a un changement de la matrice au niveau de :

- la tâche « E », qui est devenue une tâche initiale puisqu'elle n'a pas de prédécesseur ;
- la tâche « A » a un seul successeur.

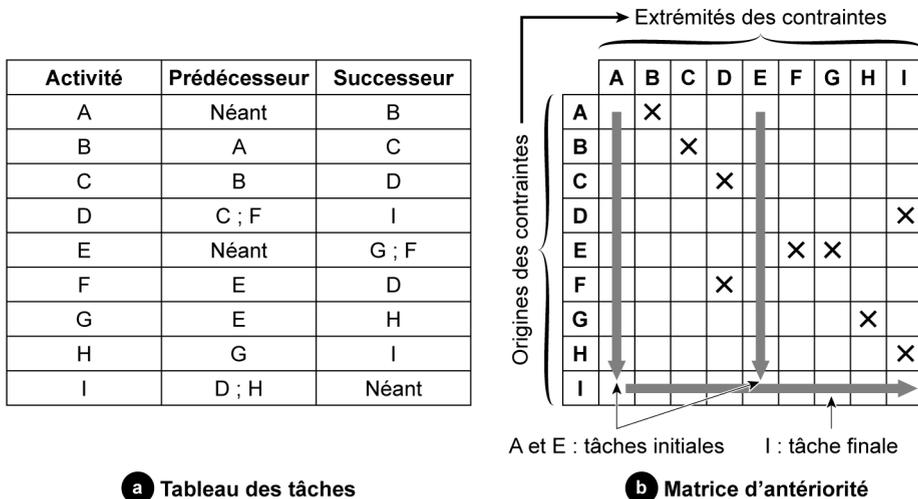


Figure 3.5 Représentation matricielle de l'exemple n° 2

### 3.8 Liaisons entre les tâches

L'exécution des travaux se fait selon un enchaînement logique des tâches. Les différentes liaisons sont donc déterminées en suivant l'ordre séquentiel d'exécution des travaux. La liaison la plus courante est du type Fin-Début (FD), c'est-à-dire qu'elle dépend de la fin du prédécesseur et du début du successeur. Afin de gagner du temps et d'éviter d'attendre la fin d'une tâche pour en commencer une nouvelle, on peut prévoir des chevauchements logiques dans les liaisons. Ces chevauchements peuvent être représentés par trois autres types de liaison, avec ou sans décalage dans l'exécution : liaison Début-Début (DD), liaison Début-Fin (DF) et liaison Fin-Fin (FF).

Le type de liaison entre les tâches n'entre pas dans la construction de la matrice, la détermination des rangs des tâches et la construction du réseau. Il influence seulement sur les calculs des durées, des marges et la détermination des chemins critiques.

### 3.9 Construction des graphes

#### Principes

Le réseau, ou graphe, est une représentation schématique des différentes activités d'un projet, qui permet de visualiser les liaisons entre elles. La construction du graphe s'appuie sur la décomposition hiérarchique du projet en tâches élémentaires ainsi que leurs relations de dépendance. Cette construction est facilitée par la détermination des rangs et l'élaboration de la matrice d'antériorité.

Le graphe a toujours une ou plusieurs origine(s) et une ou plusieurs fin(s) et le sens d'écoulement du temps part de l'origine vers la fin. La construction du graphe diffère selon la méthode de représentation du réseau. Dans les méthodes de potentiel-tâche, les tâches sont représentées par des boîtes reliées par des flèches définissant les contraintes de liaison. Dans la méthode potentiel-étape, les liaisons sont représentées par des flèches bornées par des étapes.

#### Traçage du réseau potentiel-tâche, méthode des antécédents

La méthode des antécédents PDM (*Precedence Diagram Method*) est la plus utilisée, car elle tient compte des diverses liaisons entre les tâches. Les étapes du traçage du graphe de l'exemple n° 1 par la méthode de potentiel-tâche sont (voir fig. 3.6) :

1. Lister les différents rangs suivant l'axe horizontal. Dans le cas de cet exemple, il y a 5 colonnes ou rangs.
2. Noter, dans chaque colonne, les différentes tâches selon les rangs déterminés dans le tableau 3.9.
3. Schématiser les boîtes représentatives des différentes tâches dans la colonne correspondante de chaque rang.

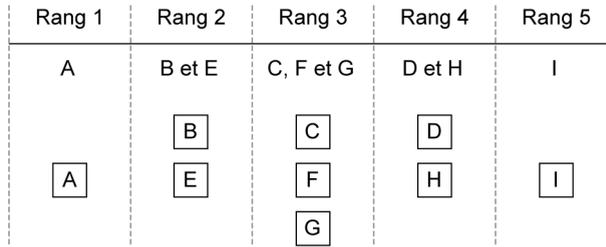


Figure 3.6 Schématisation des tâches selon les rangs de l'exemple n° 1

4. Relier les tâches par des flèches orientées en suivant la matrice de la figure 3.4, en utilisant les sorties de la tâche (voir fig. 3.7) :

- de la tâche A on a deux sorties vers les deux tâches B et E ;
- de la tâche B on a une seule sortie vers la tâche C ;
- de la tâche C on a une seule sortie vers la tâche D ;
- de la tâche D on a une seule sortie vers la tâche I ;
- de la tâche E on a deux sorties vers les deux tâches F et G ;
- de la tâche F on a une seule sortie vers la tâche D ;
- de la tâche G on a une seule sortie vers la tâche H ;
- de la tâche H on a une seule sortie vers la tâche I.

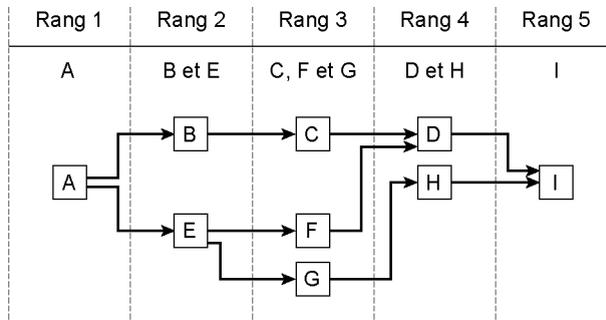


Figure 3.7 Traçage du réseau des antécédents de l'exemple n° 1

#### REMARQUE

Toutes les tâches ont une seule entrée sauf les tâches I et D qui ont deux entrées et toutes les tâches ont une seule sortie à l'exception des tâches A et E qui ont deux sorties.

On procède de la même manière pour tracer le graphe de potentiel-tâche de l'exemple n° 2 présenté dans la figure 3.8. En le comparant avec le réseau de l'exemple n° 1, on trouve les différences suivantes :

- les deux tâches A et E sont initiales puis qu'elles n'ont pas de prédécesseur ;
- seule la liaison entre E et A a changé, toutes les autres liaisons ont été conservées ;
- à la suite du changement des prédécesseurs de la tâche E, les tâches F, G et H ont changé de rang.

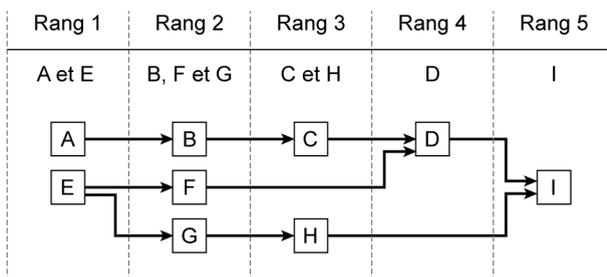


Figure 3.8 Traçage du réseau des antécédents de l'exemple n° 2

### Traçage du réseau potentiel-étape, méthode PERT

La méthode de traçage du graphe PERT (voir fig. 3.9) diffère de celle du réseau de potentiel-tâche dans la représentation elle-même, puisque les tâches sont représentées par des flèches au lieu de boîtes. Chaque tâche est bornée par une étape initiale et une étape finale. La méthodologie à suivre pour tracer le réseau PERT est la suivante.

1. Lister les différents rangs suivant un axe horizontal. On affecte les tâches aux rangs correspondants comme pour la méthode de potentiel-tâche.
2. Le traçage et la liaison entre les tâches se fait comme suit :
  - commencer le graphe par la tâche A, limitée par les étapes 1 et 2, puisqu'elle est la seule dans le 1<sup>er</sup> rang. L'étape 1 indique le début de la tâche A, l'étape 2 sa fin ;
  - de l'étape 2, tracer les deux tâches B et E du 2<sup>e</sup> rang, qui commencent en même temps après la fin de la tâche A. Deux nouvelles étapes 3 et 4 sont créées, marquant respectivement la fin de la tâche B et celle de la tâche E ;
  - suivant le même principe, terminer le traçage de toutes les autres tâches ;
  - la tâche I est une tâche finale limitée par les étapes 7 et 8 : l'étape 8 correspond alors à la fin du projet.

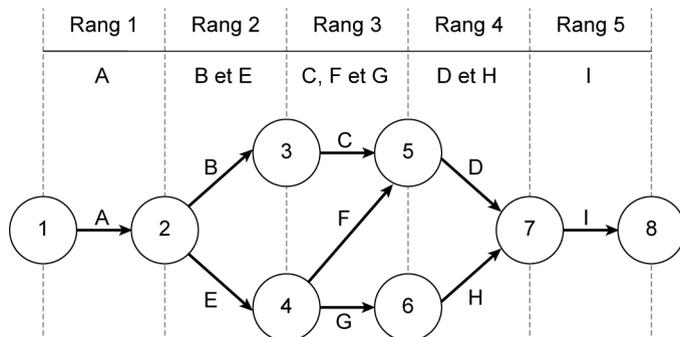


Figure 3.9 Construction du graphe PERT de l'exemple n° 1

Dans le graphe de l'exemple n° 2 (voir fig. 3.10), la schématisation du réseau PERT change. Pour les liaisons, il y a un seul changement au niveau des tâches A et E, puisque la tâche E est devenue une tâche initiale. Le changement du réseau et le décalage des rangs des tâches F, G et H est dû seulement au changement des prédécesseurs de la tâche E.

# Table des matières

	Sommaire .....	5
	Introduction .....	7
<b>CHAPITRE 1</b>	<b>Projets de construction .....</b>	<b>9</b>
1.1	<b>Introduction .....</b>	<b>9</b>
1.2	<b>Définition d'un projet.....</b>	<b>9</b>
	Les différents types de projets .....	10
1.3	<b>Les parties prenantes d'un projet .....</b>	<b>10</b>
	Maître d'ouvrage.....	11
	Maître d'œuvre .....	11
	Bureau d'études techniques .....	12
	Bureau de contrôle .....	12
	Entreprise .....	12
1.4	<b>Le cycle de vie d'un projet de construction.....</b>	<b>12</b>
	Phase d'identification et de cadrage .....	13
	Phase de conception et de planification .....	14
	Phase d'exécution .....	14
	Clôture et livraison de l'ouvrage.....	14
<b>CHAPITRE 2</b>	<b>Planification des projets de construction : notions.....</b>	<b>17</b>
2.1	<b>Management et gestion des projets .....</b>	<b>17</b>
	Définitions du management de projet.....	17
	Définition et objectifs de la gestion de projet.....	18
	Différence entre management et gestion.....	19
	Le triangle Qualité, Coût et Délai .....	19
2.2	<b>Organisation et gestion de chantier .....</b>	<b>21</b>
	Définition et objectifs.....	21
	Processus d'organisation et de conduite d'un chantier.....	22
2.3	<b>Planification .....</b>	<b>24</b>
	Définition et objectifs.....	24
	Documents de base de la planification .....	24
	Différents types de planning .....	24
	Planning général .....	25

	Planning détaillé .....	26
	Planning d'exécution .....	27
	Plannings particuliers .....	27
<b>2.4</b>	<b>Différentes techniques de planification</b> .....	28
	Méthodes linéaires .....	29
	Méthodes des réseaux .....	30
	Logiciels de planification .....	32
<b>CHAPITRE 3</b>	<b>Méthodes de construction des plannings</b> .....	33
<b>3.1</b>	<b>Les étapes de la planification</b> .....	33
<b>3.2</b>	<b>Découpage du projet</b> .....	34
<b>3.3</b>	<b>Exemple n° 1 : Découpage d'un projet de construction d'un hôpital</b> .....	34
<b>3.3</b>	<b>Exemple n° 2 : Découpage d'un projet de réhabilitation d'une route</b> .....	37
<b>3.4</b>	<b>Calcul des durées d'exécution des tâches</b> .....	39
	Principes .....	39
	Notions relatives aux calculs des durées .....	40
	Rendement .....	42
	Temps d'équipe .....	42
	Crédit d'heures .....	43
<b>3.5</b>	<b>Application 3-1</b> .....	45
	Énoncé de l'application 3-1 .....	45
	Corrigé de l'application 3-1 .....	46
<b>3.6</b>	<b>Rang des tâches</b> .....	48
	Principes .....	48
	Détermination des rangs des tâches : exemple n° 1 .....	48
	Détermination des rangs des tâches : exemple n° 2 .....	49
<b>3.7</b>	<b>Représentation matricielle</b> .....	50
	Principes .....	50
	Représentation matricielle de l'exemple n° 1 .....	50
<b>3.8</b>	<b>Liaisons entre les tâches</b> .....	52
<b>3.9</b>	<b>Construction des graphes</b> .....	52
	Principes .....	52
	Traçage du réseau potentiel-tâche, méthode des antécédents .....	52
	Traçage du réseau potentiel-étape, méthode PERT .....	54

	Traçage du diagramme GANTT.....	55
	Traçage du planning chemin de fer .....	57
<b>3.10</b>	<b>Application 3-2</b> .....	59
	Énoncé de l'application 3-2 .....	59
	Corrigé de l'application 3-2.....	60
<b>3.11</b>	<b>Application 3-3</b> .....	62
	Énoncé de l'application 3-3 .....	62
	Corrigé de l'application 3-3.....	63
<b>CHAPITRE 4</b>	<b>Techniques de planification</b> .....	65
<b>4.1</b>	<b>Technique de potentiel-étape : méthode PERT</b> .....	65
	Principe de la méthode .....	65
	Terminologie.....	65
	Calcul des dates au plus tôt, au plus tard et de la durée du projet .....	67
	Calcul des marges .....	69
	Détermination du chemin critique .....	74
	Étude du réseau PERT de l'exemple n° 2 .....	74
<b>4.2</b>	<b>Application 4-1</b> .....	76
	Énoncé de l'application 4-1 .....	76
	Corrigé de l'application 4-1 .....	77
<b>4.3</b>	<b>Application 4-2</b> .....	80
	Énoncé de l'application 4-2 .....	80
	Corrigé de l'application 4-2.....	80
	Technique de potentiel-tâche : méthode des antécédents « PDM » .....	82
<b>4.4</b>	<b>Étude de cas des liaisons avec décalage du réseau des antécédents</b> .....	90
	Lien Début-Début, DD + décalage .....	92
	Lien Début-Fin, DF + décalage.....	93
	Lien Fin-Début, FD + décalage.....	94
	Lien Fin-Fin, FF + décalage .....	95
<b>4.5</b>	<b>Technique GANTT</b> .....	96
	Principe de la méthode .....	96
	Étude de planning GANTT : cas des liens sans décalage .....	96
	Étude de planning GANTT : cas des liens avec décalage .....	98
<b>4.6</b>	<b>Application 4-3</b> .....	98
	Énoncé de l'application 4-3 .....	98
	Corrigé de l'application 4-3.....	99

<b>4.7</b>	<b>Application 4-4</b> .....	103
	Énoncé de l'application 4-4 .....	103
	Corrigé de l'application 4-4 .....	104
<b>4.8</b>	<b>Application 4-5</b> .....	108
	Énoncé de l'application 4-5 .....	108
	Corrigé de l'application 4-5 .....	109
<b>4.9</b>	<b>Planning chemin de fer (génie civil)</b> .....	114
	Principe de la méthode .....	114
	Planning de rotation des engins de terrassement .....	114
	Exemple d'étude de rotation des camions de terrassement .....	117
	Planning des opérations de fabrication, stockage et pose .....	120
<b>4.10</b>	<b>Application 4-6</b> .....	125
	Énoncé de l'application 4-6 .....	125
	Corrigé de l'application 4-6 .....	125
<b>4.11</b>	<b>Application 4-7</b> .....	127
	Énoncé de l'application 4-7 .....	127
	Corrigé de l'application 4-7 .....	128
<b>CHAPITRE 5</b>	<b>Planification des ressources</b> .....	133
<b>5.1</b>	<b>Planification de main-d'œuvre</b> .....	133
	Détermination des besoins en main-d'œuvre .....	133
	Courbes d'effectif-temps .....	134
<b>5.2</b>	<b>Planification des matériaux</b> .....	136
	Détermination des besoins en matériaux .....	136
	Élaboration du planning d'approvisionnement en matériaux .....	136
<b>5.3</b>	<b>Planification d'utilisation du matériel et des engins</b> .....	138
	Détermination des besoins en matériels .....	138
	Planning d'utilisation du matériel .....	138
<b>5.4</b>	<b>Planification financière</b> .....	139
	Prévision mensuelle des dépenses .....	140
	Prévision des recettes .....	140
	Diagramme financier .....	140
<b>5.5</b>	<b>Application 5-1</b> .....	142
	Énoncé de l'application 5-1 .....	142
	Corrigé de l'application 5-1 .....	144

<b>CHAPITRE 6</b>	<b>Planification d'un chantier en Lean Construction</b> .....	147
<b>6.1</b>	<b>La planification globale en chemin de fer</b> .....	148
<b>6.2</b>	<b>Le paramétrage du planning chemin de fer</b> .....	150
	La temporalité.....	150
<b>6.3</b>	<b>Le micro-zoning du projet</b> .....	151
	Les différentes typologies.....	153
	Du macro-zoning au micro-zoning.....	153
<b>6.4</b>	<b>Application 6-1</b> .....	154
	Énoncé de l'application 6-1 .....	154
	Corrigé de l'application 6-1 .....	155
<b>6.5</b>	<b>Les séquences travaux</b> .....	156
<b>6.6</b>	<b>Application 6-2</b> .....	158
	Énoncé de l'application 6-2 .....	158
	Corrigé de l'application 6-2.....	160
<b>6.7</b>	<b>Le rythme des travaux (takt time)</b> .....	160
	Rapport entre durée de la séquence travaux et le takt time .....	163
<b>6.8</b>	<b>Application 6-3</b> .....	164
	Énoncé de l'application 6-3 .....	164
	Corrigé de l'application 6-3.....	165
<b>6.9</b>	<b>Le calcul des effectifs (ETP)</b> .....	167
<b>6.10</b>	<b>Application 6-4</b> .....	167
	Énoncé de l'application 6-4 .....	167
	Corrigé de l'application 6-4.....	169
<b>6.11</b>	<b>La gestion de l'aléas</b> .....	170
	La revue des risques .....	170
	L'anticipation de l'exécution.....	171
	La marge pour aléas .....	172
<b>6.12</b>	<b>Les optimisations</b> .....	172
<b>6.13</b>	<b>Cas d'étude : adapter un planning GANTT en chemin de fer</b> ....	173
	Application 6-5 .....	173
	Application 6-6.....	175
	Bibliographie .....	177
	Index .....	179

# Réussir la planification d'un chantier

La conduite d'un chantier de construction nécessite une planification et une gestion rigoureuse à tous les niveaux, pour assurer la qualité de l'ouvrage dans le respect des délais et des coûts. De nombreuses méthodes permettent de coordonner l'ordre des tâches.

Cet ouvrage, qui allie la théorie à la pratique, présente les différentes méthodes de planification et de gestion du chantier. Ce guide :

- définit les phases du cycle de vie d'un chantier de bâtiment ou de travaux publics ainsi que le rôle de chacun des intervenants ;
- détaille les éléments fondamentaux de planification, de gestion et d'organisation de chantiers ;
- décrit la méthodologie et les étapes pour construire des graphes (diagramme de GANTT, méthode PERT, réseaux des antécédents et la méthode chemin de fer) ;
- présente les calculs détaillés qui permettent de déterminer les dates de réalisation et les marges des tâches, la durée de projet et le chemin critique ;
- explique la planification des ressources en main-d'œuvre, en matériel et en matériaux ;
- introduit la méthode Lean Construction.

Ce guide, illustré de nombreux schémas explicatifs, d'exemples et d'applications, s'adresse à tous les professionnels – maître d'ouvrage, maître d'œuvre et entrepreneurs –, qui y trouveront les outils nécessaires pour optimiser la gestion de chantier.

## Sommaire

**Narjes Ben Salah Chaabane**, maître technologue à l'ISET de Sfax Tunisie, agrégée en génie civil et docteure en génie hydraulique, a une expérience de 24 ans d'enseignement universitaire et d'encadrement des projets avec les professionnels du secteur BTP.

**Alexandre Docteur**, expert Lean Construction, forme les futurs ingénieurs BTP et les professionnels à l'ingénierie de planification et aux méthodologies de l'excellence opérationnelle appliquées à la construction.

**Chapitre 1 :** Projets de construction

**Chapitre 2 :** Planification des projets de construction : notions

**Chapitre 3 :** Méthodes de construction des plannings

**Chapitre 4 :** Techniques de planification

**Chapitre 5 :** Planification des ressources

**Chapitre 6 :** Planification d'un chantier en Lean Construction

 **méthodes**

Les ouvrages de la collection « Méthodes » proposent des outils et des solutions concrètes permettant de maîtriser la gestion d'une opération de construction en toute sécurité. Modèles de documents, fiches opérationnelles, synthèses des méthodologies et recommandations pratiques font de ces manuels des ouvrages de référence utilisables au quotidien par les professionnels de la construction.

ISBN 978-2-281-14598-4



9 782281 145984

EDITIONS

**LE MONITEUR**