

Polycopié de

Organisation des chantiers

Fait par :

Dr Besseghier Abderrahmane

Novembre 2017

PREFACE

Ce cours d' « Organisation des chantiers » a été rédigé à l'intention des étudiants de troisième année LMD en Génie Civil. Il est conforme au programme officiel.

Ce polycopié est divisé en six chapitres selon le programme de la troisième année LMD.

Le contenu du premier chapitre concerne l'installation et la préparation des chantiers, selon les particularités des chantiers de construction.

Le chapitre suivant donne un aperçu du matériel de chantier et de son utilisation, avec le calcul des rendements du matériel.

Au chapitre 3, on s'intéresse à la planification des travaux, et la détermination des temps unitaire de mains d'œuvre et des rendements, et le calcul du temps total prévisionnel de mains d'œuvre et de matériel.

Pour le 4ème chapitre, le thème de planning et l'ordonnancement est abordé, en donnant des généralités sur les plannings, avec différentes catégories, et les méthodes de présentation des plannings.

Au chapitre 5, on traite la représentation graphique du réseau PERT, et de ses combinaisons des tâches du réseau, ainsi que la reconversion du réseau PERT en planning de Barre (GANTT).

Enfin, en 6ème chapitre, on aborde le thème de conduite des chantiers, en évoquant ses aspects tels le suivi des chantiers et les contrôles des travaux.

Le polycopié représente ainsi un support pédagogique important aux étudiants de Génie Civil, il est rédigé d'une manière simple et claire avec des exercices et exemples.

Table des matières

PREFACE	2
TABLE DES MATIERES	3
CHAPITRE 1 INSTALLATION DES CHANTIERS	5
1.1 Définition d'un chantier	5
1.2 Les intervenants d'un projet de construction	5
1.3 Importance de l'organisation des chantiers.....	5
1.4 Organisation interne de l'entreprise	6
1.5 Plan d'installation de chantier (PIC).....	6
1.6 Rôle de l'installation de chantier	6
1.7 Localisation et fonctions des différents postes.....	7
1.8 Préparation du chantier	8
CHAPITRE 2 MATERIELS DE CHANTIERS	12
2.1 Introduction.....	12
2.2 Classification des engins de chantier	12
2.3 Entretien et amortissement du matériel	12
2.3.1 Entretien des engins.....	12
2.3.2 Calcul des amortissements des engins.....	15
CHAPITRE 3 PLANIFICATION DES TRAVAUX	18
3.1 Calcul du prix de vente Hors Taxe d'une unité d'ouvrage élémentaire	18
3.2 Déboursé sec(DS).....	19
3.3 Frais de chantier (F C)	19
3.4 Main d'œuvre d'une entreprise de bâtiment	20
3.5 Vocabulaire de chantier	22
3.6 Exercice étude de prix (sous détail des prix)	25
3.7 Exercice d'application	28
CHAPITRE 4 PLANNING ET ORDONNANCEMENT	30
4.1 Définition	30

4.2 Termes liés aux plannings	30
4.3 Les différents types de planning	31
4.3.1 Les plannings généraux	31
4.3.2 Les plannings particuliers	34
 CHAPITRE 5 LANGAGE PERT	 37
5.1 Méthode PERT	37
5.1.1 Introduction	37
5.1.2 Objectifs	37
5.1.3 Conventions de la méthode	37
5.1.4 Construction d'un réseau PERT	38
5.2 Exercice d'application	39
5.3 Exemple d'application	43
 CHAPITRE 6 CONDUITE DES CHANTIERS	 45
6.1 Exemple de matériel de levage de chantier	45
6.1.1 Définition	45
6.1.2 Importance de la grue	45
6.2 Interets de la charge de grue	45
6.3 Fonctionnement d'une grue	46
6.3.1 Le choix des temps unitaires	46
6.3.2 Les conséquences d'une erreur	46
6.3.3 L'équilibre	47
 REFERENCES	 49

Chapitre 1 Installation des chantiers

1.1 Définition d'un chantier

C'est à la fois le lieu où l'on va construire notre ouvrage et dans lequel on s'installe.
Un chantier est limité dans l'espace et dans le temps.

1.2 Les intervenants d'un projet de construction

Maître d'ouvrage : Le client, le commanditaire, le donneur d'ordre... le MOA peut être l'Etat, une collectivité, un promoteur, ou un particulier qui veut construire sa maison etc.

Architecte : souvent le premier interlocuteur du Maître d'ouvrage. En fonction de son budget, il conçoit et dessine le bâtiment pour répondre au cahier des charges (fonctionnalité, esthétique). L'architecte est pour le Maître d'ouvrage une source de conseils opportuns.

BET ou bureau d'études techniques : calcule et dessine les plans de structure qui seront vérifiés par le bureau de contrôle, puis utilisés par l'entreprise de gros œuvre.

Maître d'œuvre : Le chef d'orchestre du projet de construction. Il s'assure du respect des délais, du budget, assure la direction des travaux et en est responsable devant le Maître d'ouvrage. Le plus souvent, l'architecte est le maître d'œuvre, mais cette fonction peut aussi être assurée par le BET, des maîtres d'œuvre indépendants, ou le maître d'ouvrage lui-même.

Géotechnicien ou Bureau d'études de Sol : détermine la qualité du sol, ses caractéristiques mécaniques et les dispositions à prendre en fondations : fondamental !

Bureau de contrôle technique ou contrôleur technique (CT) : Son rôle est de s'assurer du respect des normes en phase conception et travaux. Il vérifie les calculs, les plans d'architecte et du BET. Le bureau de contrôle est le référent technique du Maître d'Ouvrage : s'il y a un doute, le CT ne dira pas juste "c'est bon, c'est bon", mais "cette disposition respecte la norme XXX".

Entreprises : le chantier peut ne comporter qu'une entreprise générale qui assure tous les travaux, ou différentes entreprises qui correspondent aux différents corps de métier : entreprise de gros œuvre (GO), de VRD (voirie réseaux divers), de plomberie, d'électricité, de carrelage, de peinture, de menuiseries etc.

1.3 Importance de l'organisation des chantiers

L'organisation d'un chantier demande et impose un rythme de travail et pour cela il faut une bonne utilisation des moyens humains et matériels dans le but de rechercher : la rapidité, la qualité et l'économie.

Par exemple on utilise le [ciment](#), le [sable](#), [gravier](#) et l'[acier](#) pour avoir des corps en [béton armé](#), le prix de vente est convenu avant que le produit ne soit fabriqué. L'évaluation correcte des prix et des moyens à mettre en œuvre est difficile car elle est basée sur des hypothèses qui seront confirmées au cours et à la fin de projet. Cette contrainte oblige l'entreprise à vérifier les prévisions régulièrement pendant l'exécution de projet.

1.4 Organisation interne de l'entreprise

Fonctions essentielle d'une entreprise

- Technique : organisation et exécution des travaux.
- Commerciale : acheter et vendre.
- Financier : gestion des capitaux.
- Comptabilité : inventaire, étude des prix et Contrôle de dépenses.
- Administratif : gestion global de personnel de l'entreprise.

Services

La multiplicité de service dépend de l'importance de l'entreprise. la fonction technique est subdivisé en plusieurs services :

- Service Travaux.
- Service Études.
- Service matériels et Service Stockage des matériaux.

1.5 Plan d'installation de chantier (PIC)

Un plan d'installation de chantier (communément nommé P.I.C.) est généralement établi à partir d'un plan de masse et définit les matériels « fixes » nécessaires à la réalisation des ouvrages et les cantonnements pour accueillir le personnel du chantier.

Il sert aussi à obtenir:

- Les autorisations d'installations de grues, de survol des grues sur les terrains ou les bâtiments voisins, de travaux sur la voie publique, de déviation de voie, etc.
- Les autorisations d'installer le chantier suivant les règles d'hygiène et de sécurité des services de l'inspection du travail.

1.6 Rôle de l'installation de chantier

- Organiser le déroulement des travaux;

- Ordonner le chantier : Gain de temps, Évite les pertes (matériaux) et double emplois (matériels), Améliore la sécurité : humaine + matériel et Améliore la qualité.
- Positionner les éléments : Organiser les déplacements des engins et des véhicules dans le chantier et bien positionner les livraisons et Positionner les réseaux en utilisant des grillages avertisseurs et des bandes de couleurs normalisées.

1.7 Localisation et fonctions des différents postes

N°	Désignation	Localisation	Fonctions
1	Poste de bétonnage (centrale à béton, malaxeur de mortier...).	Proche de l'accès principal, accessible aux camions de livraison (granulats, ciment, silos...).	Fabriquer le mortier et le béton.
2	Aire de préfabrication.	proche de l'engin de levage et de bâtiment.	Pré-fabriquer des ouvrages élémentaires (acrotères, poteaux, poutres, pré-dalles non précontraintes...) Fabrication de coffrages (bois).
3	Aire de ferrailage.		Découper et façonner les armatures.
4	Aire de stockage.		Stocker les matériaux, éléments préfabriqués et matériels avant leur utilisation.
5	Cantonnements (bureaux, réfectoire, sanitaires, hébergements, magasin, caravanes)	À proximité d'un accès du chantier Si possible hors de l'aire de balayage de la grue Les éléments peuvent être superposables ou se trouver dans le bâtiment réalisé	Accueillir le personnel du chantier et les intervenants (réunion de chantier) dans des conditions d'hygiène et de sécurité Favoriser les communications entre les intervenants Stocker les matériaux et matériels sensibles
6	Réseaux: eau, gaz, électricité, téléphone, air comprimé, égout.	Enterrés ou aériens, à la périphérie des bâtiments. Stockage eau.	Alimenter les postes de travail (armoires de distribution). Évacuer les eaux
7	Clôture ou palissade.	A la périphérie du chantier	Isoler le chantier de la voie publique (sécurité, vols, accidents)

1.8 Préparation du chantier

1. Personnel

À l'obtention d'un nouveau chantier, l'entreprise de bâtiment désigne un responsable du chantier qui aura en charge la construction de ce bâtiment. Cela peut être (selon la taille du chantier) :

- le chef d'entreprise en cas d'entreprise artisanale ;
- un chef de chantier ;
- un conducteur de travaux ;
- voire, un directeur de chantier.

Exemple :

- Chantier d'un hôpital, plusieurs dizaines de personnes de l'encadrement vont devoir s'installer pour 2 ans, sur place, dans des locaux provisoires.
- Chantier d'un petit immeuble d'habitation (R + 4) ne verra, comme seul encadrement permanent, que le chef de chantier de gros œuvre.

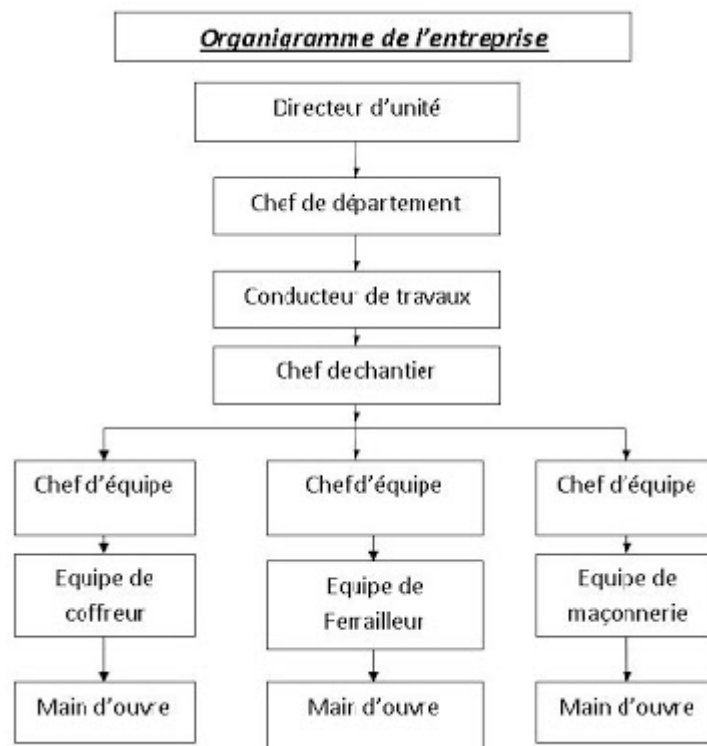


Figure 1.1. Exemple d'un organigramme d'une entreprise

Lors de la phase de préparation du chantier, la coordination technique occupe une place importante. Il faut d'abord occuper le terrain, installer le chantier et ensuite procéder à la mise au point des divers plannings d'exécution.

Occuper le terrain

L'occupation du terrain ne peut pas se faire dans le désordre. Il faut un planning de déroulement de cette opération :

- Rendre le terrain utilisable : débroussaillage éventuel, démolitions, arbres à abattre, mise en réserve de terre végétale, assainissement du terrain.
- Tracer les voies et les divers réseaux.

Installer le chantier

- Montage des locaux destinés au personnel et mise en place des clôtures,
- Aménagement et préparation des aires destinées à recevoir les matériels et les matériaux,
- Montage et mise en place des engins,
- Mise au point des registres obligatoires,
- Inventaire de la puissance électrique à obtenir,
- Inventaire de la main-d'œuvre et effectif à ne pas dépasser,
- Description du parc à matériel mis à la disposition du chantier et fiche de recensement,
- Dossier complet du chantier.

Au cours de cette phase, il est également nécessaire de bien déterminer les documents de contrôle qui seront utilisés pour suivre le déroulement du chantier et pour en déterminer, plus tard, son prix de revient.

Réunions de chantier

L'entrepreneur est tenu d'assister aux rendez-vous de chantier provoqués par le maître d'œuvre ou d'y déléguer un agent qui a, du fait de cette délégation, pouvoir pour donner sur le champ des ordres nécessaires sur le chantier.

Au cours de ces réunions, tous les problèmes liés à l'exécution des travaux sont abordés et notamment :

- La mise à jour des plannings,
- Les décisions à prendre pour résoudre des problèmes d'ordre technique,
- Les remarques qui peuvent être faites sur la qualité des travaux,
- Les remarques pouvant être faites dans le domaine de l'hygiène et de la sécurité.

Les réunions de chantier sont l'occasion de dialogues entre le maître d'œuvre et les entrepreneurs et pour être efficaces, elles doivent être bien préparées. De plus, les comptes rendus doivent être rédigés rapidement et si possible en adoptant une présentation qui restera la même durant tout le chantier.

Il faut ajouter que les comptes rendus de chantier doivent être signés de tous les membres présents. Ils ne peuvent pas remplir le rôle d'ordre de service et tous les travaux proposés au cours d'une de ces réunions doivent faire l'objet d'un ordre de service avant exécution. Les comptes rendus ont une valeur de constat et sont d'ailleurs appelés souvent « procès verbaux ». Afin que ces réunions puissent avoir le plus d'utilité, il est nécessaire de les conduire d'une manière rigoureuse et d'adopter, dès la première, des dispositions d'ordre qui seront immuables.

Exemple :

Le plus haut édifice, construit à ce jour par l'homme, est un bâtiment de 820 m de haut, la tour Burdj Dubaï, c'est :

- 3 000 ouvriers ;
- 330 000 m³ de béton ;
- 39 000 t d'acier ;
- 142 000 m² de verre ;
- un niveau tous les 3 jours ;
- 4 ans et demi de chantier ;
- un coffrage grim pant pour le noyau ;
- du béton pompe ´ retarde ´ refroidi ;
- 3 grues à tour à flèche basculante fixées sur la structure ;
- une tour métallique sommitale montée par vérinage)

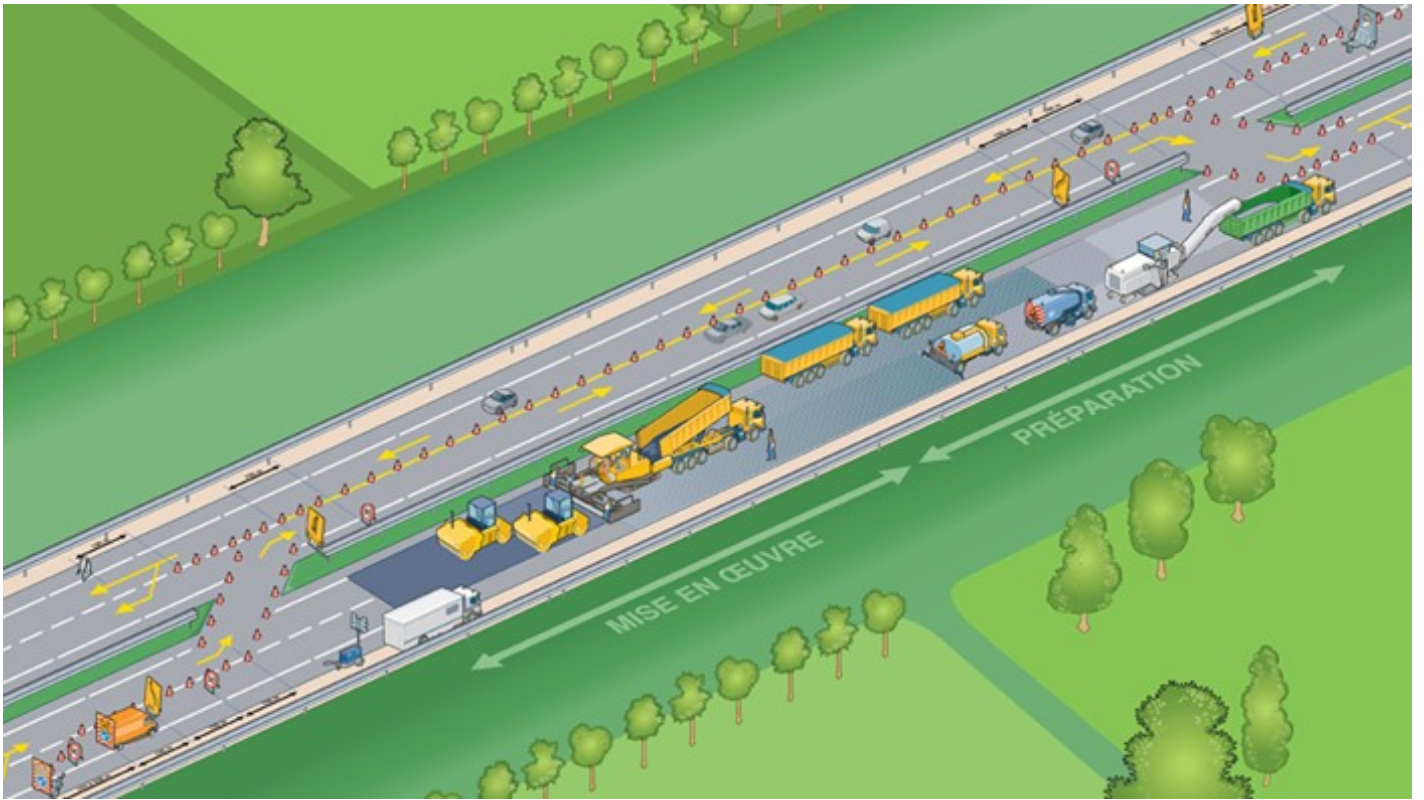


Figure 1.2.Exemple d'un chantier de réalisation de route

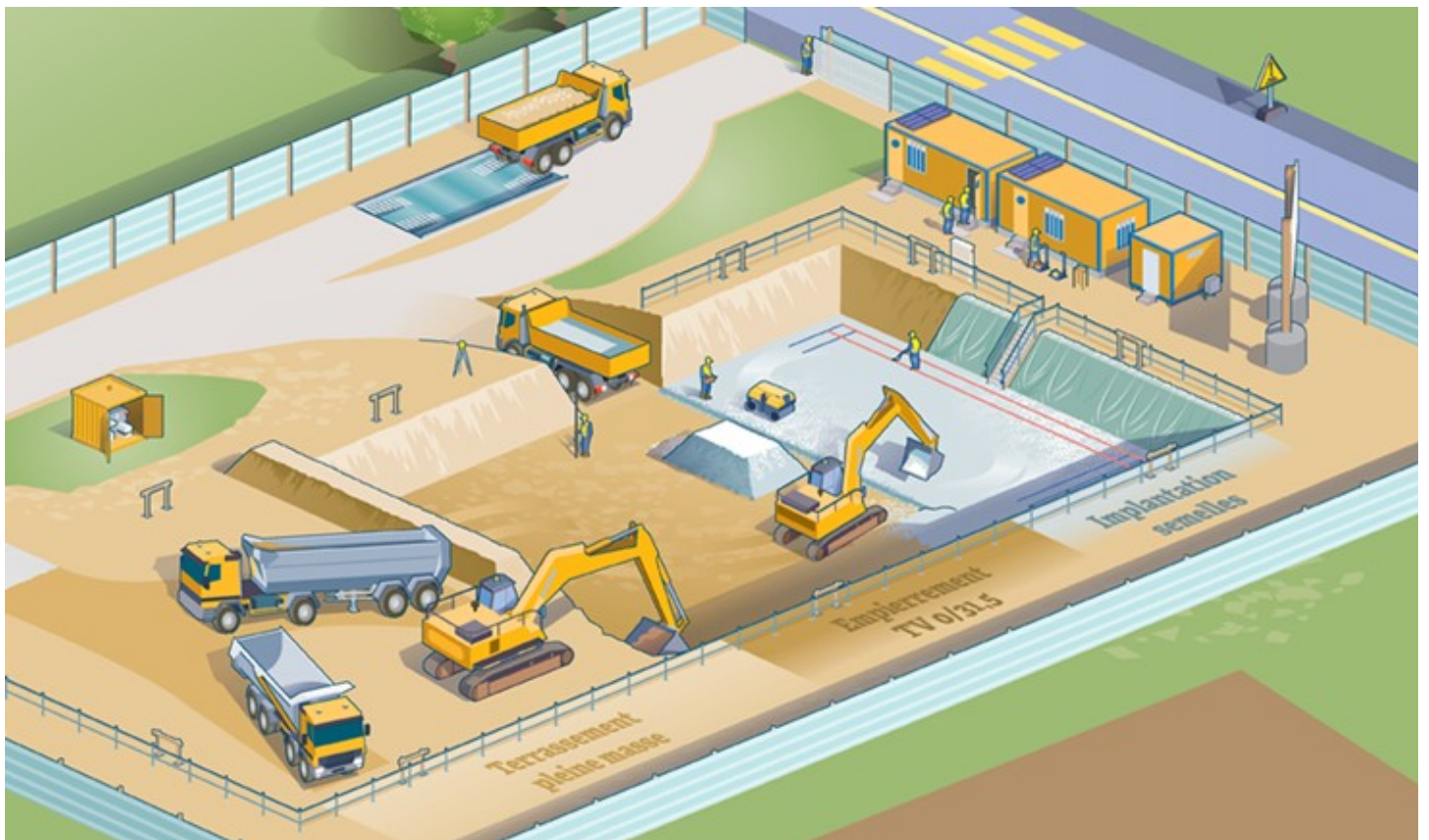


Figure 1.3.Exemple d'un chantier de terrassement

Chapitre 2

Matériels de chantiers

2.1 Introduction

Le matériel représente entre 10 et 15 % du prix de vente hors taxes d'un gros chantier de bâtiment. L'entreprise utilise du matériel de plus en plus performant, et face à la concurrence, il est nécessaire d'optimiser les coûts liés à l'utilisation de ce matériel.

Un **engin de chantier** est un **engin** utilisé sur les chantiers pour effectuer différents travaux.

Il en existe de différentes sortes :

- la **grue** pour soulever et maintenir en suspension des matériaux extrêmement lourds ;
- la **bétonnière** pour faire préparer du **béton** de ciment ;
- le **bulldozer** pour araser une surface non plate ;
- la **pelle mécanique hydraulique** pour creuser des tranchées et charger des matériaux ;
- la **décapeuse**, aussi appelée *scraper* ou *motor-scraper* ;
- la **niveleuse**, aussi appelée *grader* ;
- le **camion** de chantier ou **tombereau** utilisé pour transporter sur routes les fournitures nécessaires au chantier ;
- etc.

2.2 Classification des engins de chantier

Dans une classification moderne, les engins de chantier se répartissent en :

- **appareils de levage** ;
- appareils de transport ;
- malaxeurs ;
- usine de mélange ;
- drague, excavateur, bateau drague ;
- **compacteur** ;
- appareils de forage ;
- usine d'enrobé ou de béton d'asphaltage ;
- **machines servant à déplacer et à transporter la terre** ;
- appareils servant à la préparation du matériau.

2.3 Entretien et amortissement du matériel

2.3.1 Entretien des engins

- A cause de leur régime dur de travail, et de leurs besoins quotidiens des carburants et lubrifiants, les engins de chantier nécessitent des opérations d'entretiens.
- D'après leurs fréquences les opérations d'entretien peuvent être journalières et périodiques.

- Dans la catégorie d'entretien journalier sont comprises les règles suivantes :
 - Le lavage d'engin à la fin du programme de travail.
 - Le contrôle par le conducteur de l'engin de toutes les points de risque comme suit : la pression des pneus, la fiche de chenille, l'état des tuyaux hydrauliques de haute pression, le niveau d'huile, etc.
 - La vérification usuelle comme : freins serrés, cales en places, godet abaissés, etc.
- Dans la catégorie d'entretien périodique sont prévus :
 - Les changements des huiles : à moteur, hydraulique, points de graissage
 - Les changements des filtres : l'air, l'huile, gasoil, etc.
 - Les changements des pièces usés : pneus, chenilles, freins, tuyaux, etc.
- Ces opérations d'entretien sont effectuées dans des ateliers spécialisés qui sont dotés avec des stades des essais, pour vérifier l'importance de l'usure des sous ensembles.
- Habituellement, chaque engin est prévu avec un compteur horaire pour le temps de travail, et dans son manuel d'emploi sont donnés les heures de fonctionnement quand il doit être arrêter et envoyer à l'atelier.
- Dans le cas de changement de chenille à un engin, il doit respecter un procédé dans la figure ci-dessous.
- Pour les engins de terrassement, un problème courant est de choisir le type de dents adéquates pour le type de sol ou la catégorie de travaux qui doit être exécuté.

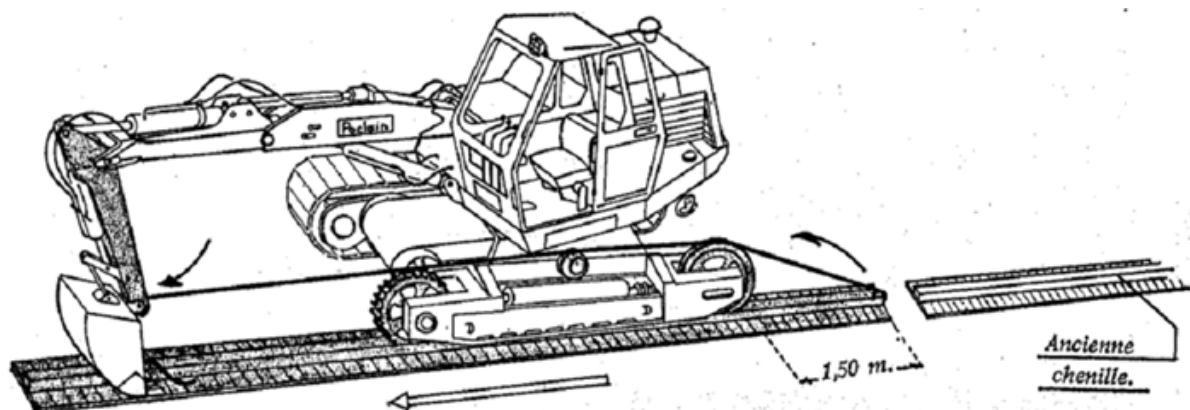


Figure 2.1. Engin de terrassement

- Pour pouvoir suivre les opérations d'entretien il faut établir pour chaque engin une fiche, sur laquelle on peut enregistrer les éléments suivants :
 - La consommation journalière des carburants et lubrifiants.

- Le numéro des heures de travail.
- Les entretiens préventifs.
- Les pannes ou les accidents techniques.
- Les coûts de ces opérations, etc.
- Pour cela, on utilise un tableau qui donne les indications suivantes :
 - choix de la pointe-nous fournissons cinq types de pointe :

Guide pour le choix de la pointe.

Pointes					
NATURE DES CHOCS	COURTES	LONGUES	ABRASION	PENETRATION	LARGES
Elevés à violentes	•			•	
Modérés à élevés		•			•
Faibles à modérés		•			



Figure 2.2 .états des pointes

- l'état des dents doit être vérifié de temps en temps et par rapport à l'importance de l'usure qui est indiquée sur la figure suivante :



Figure 2.3 .états des dents

On doit établir quand il est nécessaire d'assurer le remplacement de ces dents.

- pour pouvoir suivre les opérations d'entretien, il faut établir pour chaque engin une fiche, sur laquelle on peut enregistrer les éléments suivants :
 - la consommation journalière des carburants et lubrifiants.

- le nombre d'heures de travail.
- les entretiens préventifs.
- les pannes ou accidents techniques.
- les coûts de ces opérations, etc.

2.3.2 Calcul des amortissements des engins

- il n'existe pas d'engins capables de travailler avec un rendement de 100 % à cause des arrêts suivants :
 - entretien de la machine et des accessoires (par exemple : graissage)
 - petites pannes (par exemple : changement d'un tuyau flexible)
 - réglage des machines
 - déplacement d'un poste de travail à un autre.
 - arrêts du conducteur
 - arrêts pour exécution d'autres ouvrages (par exemple : pose des tuyaux)
 - arrêts dus à la circulation dans le chantier, etc.
- par rapport à ces éléments, on doit compter un rendement de 80 % (pour une heure de travail reste 50 minutes) pour les travaux pendant la journée, et de 66 % (pour une heure de travail reste 40 minutes) pour les travaux pendant la nuit.
- si on veut déterminer le coût d'un engin sur chantier, on utilise le schéma ci-dessous :
- on peut conclure de ce schéma que les éléments qui peuvent influencer sur la valeur du coût de l'engin sont en principe les points suivants :
 - le coût de la main d'œuvre de fonctionnement
 - le coût de la main d'œuvre d'entretien et réparation
 - le coût des matières consommables : carburants, lubrifiants, etc.
 - le coût d'amortissement
 - le coût d'assurances et frais divers.

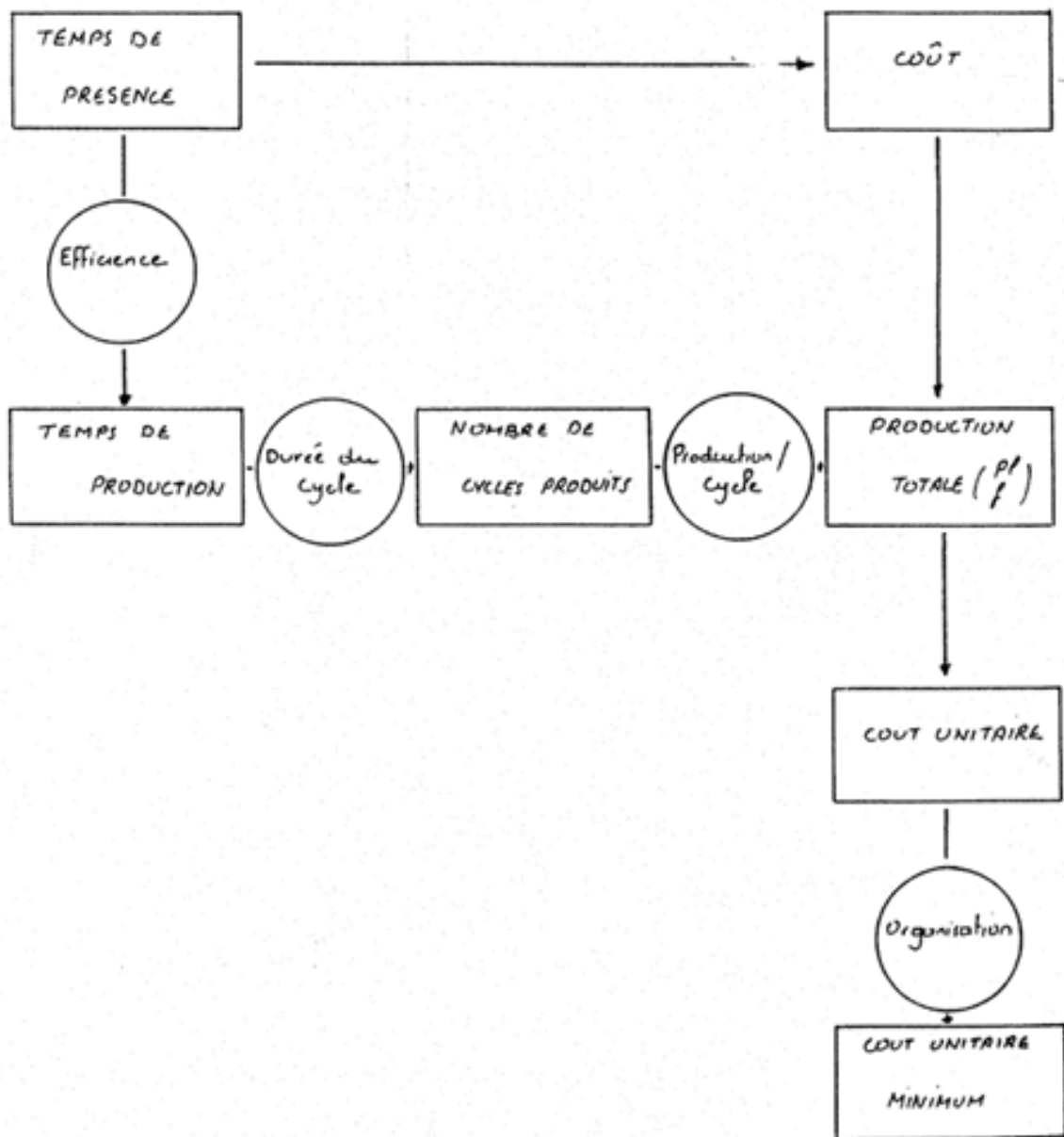


Figure 2.4. Schéma de calcul du coût unitaire pour un engin déterminé

endommagement, diminution des qualités techniques, perte des valeurs par rapport aux engins plus modernes, etc.

- la valeur d'amortissement d'un engin peut être déterminée par plusieurs méthodes, mais les plus utilisées sont :
 - a) la méthode d'amortissement uniforme
 - b) la méthode d'amortissement dégressif

a) la méthode d'amortissement uniforme :

C'est une méthode très simple et par conséquent très utilisée. Elle consiste à répartir le montant à amortir de la manière suivante :

- prix d'achat (P_0) – le prix de liquidation (P_r), on aura la valeur :

$$M = P_0 - P_r$$

- dans ce cas, si on fixe n : nombre d'années correspondant à la vie de l'engin, alors la charge d'amortissement est déterminée avec la relation :

$$e = \frac{M}{n} = \frac{P_0 - P_r}{n}$$

- si on divise cette valeur annuelle par 12 mois, on trouve la valeur d'amortissement mensuelle, qui s'utilise comme valeur de facturation.

b) la méthode d'amortissement dégressif :

Dans ce cas, il faut intervenir un pourcentage constant (r) de la valeur du matériel restant à amortir pendant toute la durée d'amortissement.

- pour la première année on amortira la valeur :

$$e_1 = P_0 \times r$$

$$e_2 = P_0 \times (1 - r)^2$$

- pour la dernière année de la vie de l'engin, on trouve :

$$e_n = P_0 \times (1 - r)^n$$

$$\text{Et on peut dire que : } r = 1 - (P_r - P_0)^{1/n}$$

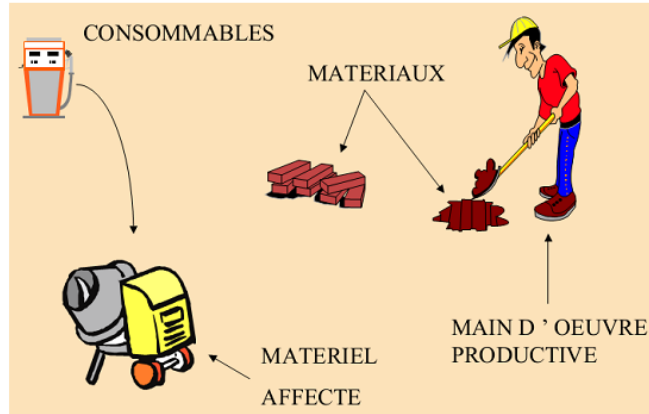
- pour cette méthode, on peut conclure qu'on ne peut jamais amortir intégralement un engin, puisqu'il reste toujours une valeur résiduelle.

Chapitre 3

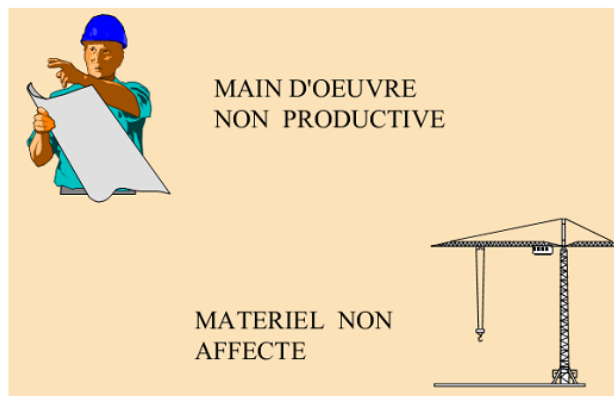
Planification des travaux

3.1 Calcul du prix de vente Hors Taxe d'une unité d'ouvrage élémentaire

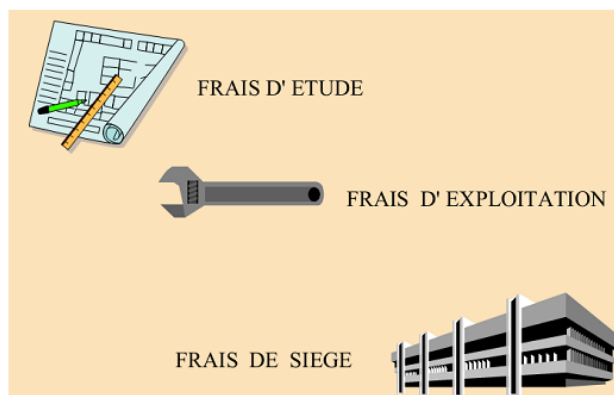
LE DEBOURSE SEC



LES FRAIS DE CHANTIER



LES FRAIS GENERAUX



BENEFICE



3.2 Déboursé sec(DS) Le déboursé sec d'un ouvrage représente le coût des matériaux et de la main d'œuvre nécessaires pour réaliser cet ouvrage.

Exemple 1 : Enduit Plâtre

Pour réaliser 1 m² d'enduit plâtre il faut 0,5 h soit 30 mn et il faut 11kg de plâtre dont le prix au kg est 0,70 DA.

$$\text{Le déboursé est donc} = 0,5 \times 25 \text{ DA} + 11 \times 0,70 \text{ DA} = 20,2 \text{ DA/m}^2$$

Règle : Dans le coût des matériaux doit être pris en compte le prix des matériaux rendus chantiers et remise déduite.

Exemple 2 : Mur en brique épaisseur 300 mm (20x50)

Pour réaliser 1 m² de mur en brique il faut 1,33 h soit 1h et 20 mn et il faut 0,04 m³ de mortier et 10 briques.

Le mortier vous revient à 120 DA/m³

Le prix de la brique est de 3DA à l'unité, mais pour une quantité comprise entre 1 000 et 1 500 briques livrées sur chantier votre fournisseur vous les propose à 2,5 DA.

$$\text{Le déboursé est donc} = 1,33 \times 25 \text{ DA} + 0,04 \times 120 \text{ DA} + 10 \times 2,5 \text{ DA} = 63,05 \text{ DA/m}^2.$$

Exemple 3: Calcul du Déboursé sec d'un m² de plancher

Désignation	U	Quantité	Déboursé sec	Déboursé sec (D.S)		
				Matériaux	Main d'œuvre	Matériel
Mise en œuvre de plancher	h	1.50	12.91		19.37	
Fabrication du béton	h	0.21	13.26		2.78	
Mise en œuvre de treillis	h	0.50			6.84	
Hérisson 20/40	m ³	0.154		1.29		
Polystyrène	m ²	0.49		1.02		
Sable 3/5	t	0.035		0.56		
Film polyne	m ²	1.05		0.14		
Béton type B1	m ³	0.083		4.30		
Treillis soudés	kg	1.900		2.96		
				10.27	28.99	
				39.26		

3.3 Frais de chantier (F C)

Valeur des composantes nécessaires mais pas affectables à un ouvrage élémentaire

Composante des frais de chantier :

Encadrement : conducteur de travaux, chef de chantier

La main d'œuvre indirecte ou improductive : logistique , traceur , nettoyage etc

Matériel : non affectable (moyen de levage , cantonnements ,moyen de pompage)

Frais complémentaires (géomètre, frais spécifiques à l'affaire)

3.4 Main d'œuvre d'une entreprise de bâtiment

L'entreprise regroupe habituellement les salariés suivants :

Le conducteur de travaux

Le **conducteur de travaux** est celui qui planifie et contrôle les travaux de construction. Il encadre une équipe de techniciens et d'ouvriers avec l'aide d'un ou plusieurs chefs de chantier.

Le conducteur de travaux, assisté d'un ingénieur méthode a donc pour responsabilité de définir :

- Le planning d'exécution,
- Les moyens matériels et humains nécessaires,
- Les principes d'exécution et modes opératoires,
- Les phases provisoires de chantier,
- La conception de matériel spécifique (coffrage, matériel de sécurité),
- Les moyens de levage et l'installation du chantier.

Chef d'équipe

Dans le bâtiment et les travaux publics, le chef d'équipe (également appelé maître-ouvrier) est un ouvrier de chantier apte à des tâches de haute technicité et gérant habituellement une équipe d'ouvriers de qualification moindre dans sa spécialité.

Le chef de chantier

Le chef de chantier est chargé de la réalisation du chantier proprement dite et de tous les problèmes qui s'y réfèrent. Il encadre les équipes d'ouvriers, gère les approvisionnements en lien avec le conducteur de travaux. Il est responsable de façon générale des matériaux, des hommes et des outils. Il peut être assisté par des chefs d'équipe.

L'ouvrier

L'ouvrier réalise l'ouvrage sous les ordres du chef d'équipe. Il peut intervenir en Gros-Œuvre ou en second œuvre, suivant sa spécialisation.

On distingue différents niveaux de qualité et de qualification :

- un apprenti : une personne en cours de formation ;
- un manœuvre : un ouvrier manuel, peu qualifié ;
- un ouvrier qualifié : un ouvrier ayant une réelle qualification ;
- un ouvrier spécialisé : ouvrier spécialisé dans un produit ou un type de travail.

De ce niveau dépendra le type de travail effectué et la rémunération associée.

Ferrailleur

Le ferrailleur travaille sur base de bordereaux de ferraillement, grâce auxquels il sélectionne les barres et treillis métalliques adéquats, la découpe, la plie et les ligatures pour renforcer le béton.

Le métier comprendra notamment les tâches suivantes :

- Prend connaissance du dessin et des spécifications.
- Prépare l'activité, par exemple détermine la quantité et la taille des éléments de ferraillement.
- Coupe les barres et les treillis à la dimension voulue.
- Façonne les barres et les treillis selon la forme souhaitée.
- Assemble les barres et les treillis par soudage ou à l'aide d'une pince spéciale.
- Met en place barres, treillis et armatures.
- Raccorde les colonnes, les poutres, les poutrelles et les assises.
- Positionne et fixe les armatures pour verser le béton.
- Prépare le béton, mélange sable, mortier et eau.
- Verse le béton dans le coffrage.
- Veille à la sécurité et à la propreté du lieu de travail.

Coffreur Bancheur

- Être capable de lire les plans de coffrage
- Connaître les matériaux (nature, composition, provenance, spécification, propriétés et défauts du bois et du béton)
- Fabriquer, monter et assembler des coffrages traditionnels en bois pour des éléments de (béton poutres, linteaux de fenêtre ou de porte, dalles de pavement, escaliers en béton armé...)
- Faire la pose des panneaux de coffrages préfabriqués.

- Maîtriser le matériel (banc de coffrage, fil à plomb, niveau à bulle, équerre, compas à pointe sèche, scie circulaire, tenailles...).
- Fabriquer et/ou placer des joints d'étanchéité et de reprise, des joints d'expansion et autres joints dans le coffrage.
- Etre capable de démonter ces coffrages, effectuer le ferrailage et le bétonnage.
- Connaître les prescriptions en matière de sécurité, hygiène et environnement.
- Organiser un chantier, l'installation sécurisée d'échafaudages, échelles...
- Proposer des solutions adéquates.

3.5 Vocabulaire de chantier

Effectif : nombre d'ouvriers d'une tâche.

Durée : durée en jours associée à une tâche.

Quantité : quantité totale d'ouvrages associée à une tâche, issue du sous-détail du métré opérationnel décomposé par niveau et par élément (exemple : 150 m² de dalle au R+1)

Temps unitaire (TU) : le temps unitaire d'exécution (TU) est le temps théorique mis par ouvrier pour réaliser à lui seul une unité d'ouvrage élémentaire.

Exemple :

- assemblage et mise en place d'armatures : 0.05 h/kg
- pose d'un escalier préfabriqué : 8.00 h/Unité

Le personnel du chantier affecté directement à la réalisation des ouvrages est appelé main d'œuvre productive, les temps unitaires d'exécution s'appliquent par conséquent à ce personnel.

Les entreprises disposent de recueils de temps unitaires, établis grâce aux données fournies par des chantiers passés et utilisés pour les chantiers à venir.

Application :

Sur un chantier, une équipe de 5 ouvriers a mis en place 680 kg d'aciers pendant une matinée de 4.00 h, calculer le temps unitaire de mise en place des aciers.

Solution :

Les 5 ouvriers travaillent chacun 4 h, cela signifie qu'un ouvrier seul aurait mis $5 \times 4 = 20.0$ h.

$TU = 20.00 / 680$ kg. Donc $TU = 0,03$ h/kg

Crédit d'heures CH

Pour une partie d'ouvrage, le crédit d'heures ou le temps de main d'œuvre est égal à la quantité réalisée multipliée par le temps unitaire.

C'est une quantité de travail qui s'exprime en heures.

On retiendra la formule générale : $C.H = \text{Quantité} \times T.U$

Le crédit global d'heures (budget d'heures) est par conséquent la somme de tous les C.H correspondant aux différentes parties d'ouvrage.

Le calcul des crédits horaires permet d'évaluer le nombre d'heures de travail d'ouvriers qui devront être versées. C'est une donnée très importante au niveau de l'étude de prix.

Exemple :

- pour le bétonnage de semelles si on a :

$V=100 \text{ m}^3$ et $T.U= 1,20 \text{ h/m}^3$ alors le crédit d'heure est : $CH=100\text{m}^3 \times 1,20 \text{ h/m}^3=120 \text{ h}$

Rendement (R) :

Le rendement est la quantité d'ouvrage élémentaire exécutée par un ouvrier en un temps donné.

Exemple :

- rendement pour le coffrage de banches : $15 \text{ m}^2/\text{h}$

Le rendement est donc l'inverse du temps unitaire correspondant.

Remarque :

En général, on utilise le temps unitaire pour la main d'œuvre et le rendement pour le matériel.

- rendement d'une pelle : $168 \text{ m}^3/\text{h}$

Utilisation des temps unitaires :

1) Recherche d'effectifs :

La démarche à suivre est la suivante :

1. Etablir l'avant métré des ouvrages à exécuter.
2. Calculer les crédits d'heures.
3. A partir du planning général, évaluer les délais des différentes parties d'ouvrages.
4. Calculer l'effectif.
5. Déterminer la composition de chaque équipe.

Exercice 01 :

Déterminer la quantité de béton entrant en compte pour la réalisation d'un m^2 de plancher en BA de 20 cm d'épaisseur sachant que la perte pour le béton est estimée à 5 % ?

Solution :

Quantité de béton $1 \times 1 \times 0.2 = 0.2 \text{ m}^3$ par m^2 de plancher

$0.2 \times 1.05 = 0.210 \text{ m}^3$

Exercice 02 :

S'il faut 0,24 heure par mètre carré pour coffrer un mur de 20 m^2 , Calculer le crédit horaire.

Solution :

Le crédit d'heures sera : $20 \times 0,24$ heures 4,80 heures.

Exercice 03 :

On désire réaliser une partie de plancher d'un bâtiment (2 poutres et une dalle) en 6 jours ouvrables à raison de 7.00 h/J.

A partir des données ci-dessous, calculer l'effectif nécessaire.

Désignation des ouvrages		Unité	Quantités	T.U
Coffrage	Poutre	m^2	11.79	2.60
	Dalle	m^2	39.54	1.20
Armatures	Poutre	kg	70	0.03
	Dalle	kg	565	0.03
Bétonnage	Poutre	m^3	0.875	5.00
	Dalle	m^3	7.056	5.00

Solution :

Désignation des ouvrages		Unité	Quantités	T.U	Crédit d'heures
Coffrage	Poutre	m^2	11.79	2.60	30.65
	Dalle	m^2	39.54	1.20	47.45
Armatures	Poutre	kg	70	0.03	2.10
	Dalle	kg	565	0.03	16.95
Bétonnage	Poutre	m^3	0.875	5.00	4.38
	Dalle	m^3	7.056	5.00	35.28
				Total=	136.81

Nombre d'heures (effectif) = $136.81 \text{ h} / (7.00 / \text{j} \times 6 \text{ j}) = 3.3$ soient 3 ouvriers

On retiendra la formule générale : $\text{Effectif} = \frac{\text{Crédit d'heures}}{\text{Durée de la tâche en heures}}$

2) Recherche d'une durée :

Il s'agit du problème inverse de calcul posé au paragraphe précédent. L'effectif est déjà fixé, le C.H est calculé, et on veut connaître la durée à prévoir pour les tâches correspondantes.

On retiendra la formule générale :
$$\text{Durée} = \frac{\text{Crédit d'heures}}{\text{Effectif}}$$

3.6 Exercice étude de prix (sous détail des prix)

Données :

Dosage de mortier :

- 200 kg de CPJ 32.5
- 150 kg de chaux lourde par m³ mis en œuvre
- 1.08 m³ de sable 0/6

Valeur HT rendus chantier des matériaux :

- CPJ 32.5 83.00 DA/t
- Sable 13.50 DA/m³
- Chaux 73.50 DA/t
- BBM 0.70 DA/t

Perte mortier lors de la pose 7 %, casse BBM pendant pose 3%

Déboursés horaires moyen MO :

- CP2 9.50 DA/h
- OE 7.60 DA/h

Il faut 0.61 h d'équipe en moyenne pour monter 1 m² de mur, l'équipe compose de 1 OE et 1 CP2.

Renseignements complémentaires :

- Il faut 1.60 h de MO à 13.50 DA/h pour fabriquer le mortier.
- On utilisera un échafaudage dont le cout d'utilisation est fixé à 0.5 DA/m².
- Frais de chantier =6 % du DS.
- Frais généraux =25 de CP.
- B & A= 10 % du CR.

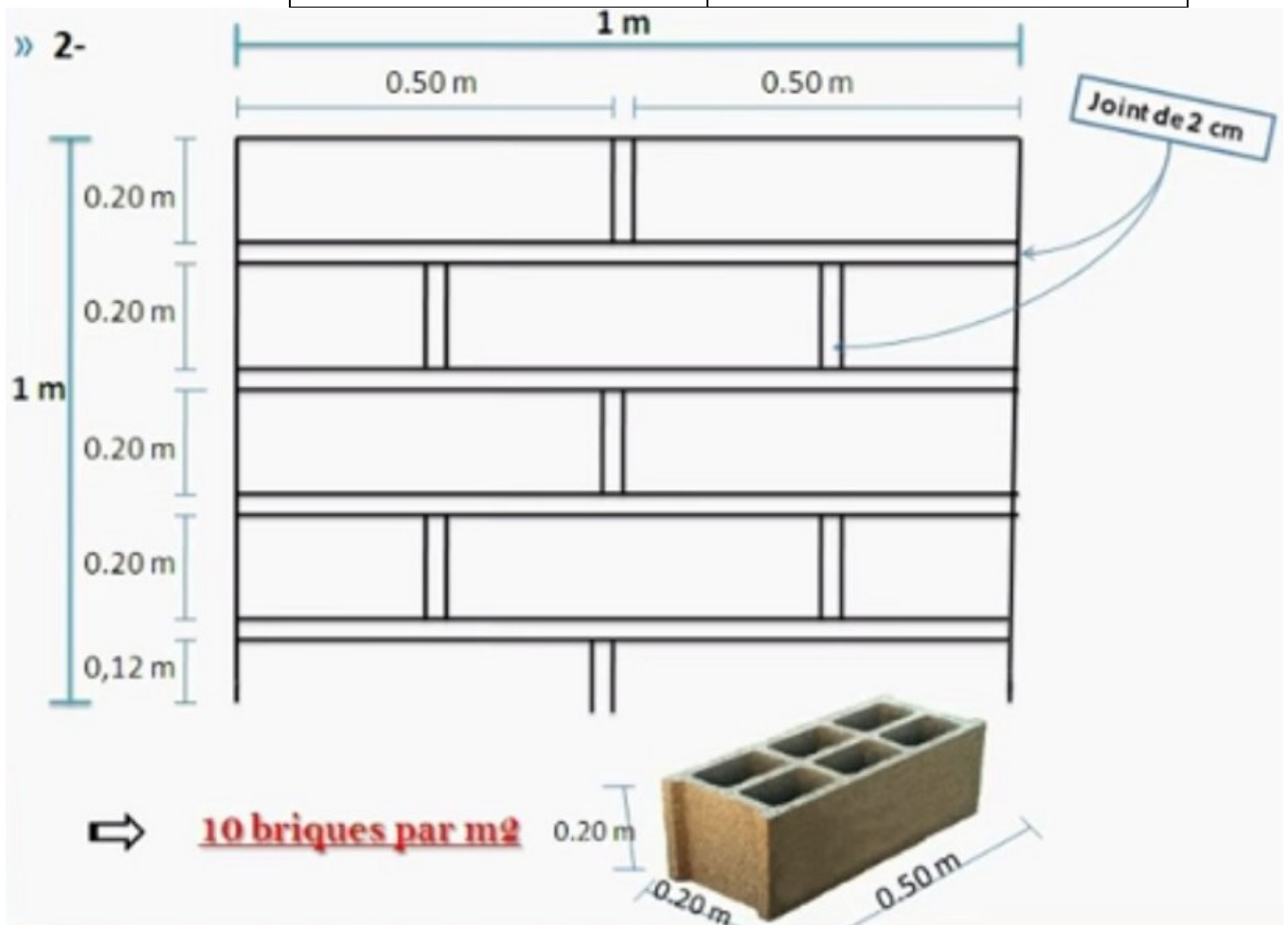
On demande :

1. Calculer le DS d'un m³ de mortier ?
2. Calculer le nombre de BBM nécessaire pour un 1 m² ?
3. Calculer la quantité élémentaire de mortier pour 1 m² de mur ?
4. Réaliser la SDP d'un m² de mur en BBM creux 20x20x50, montes à joints croisés et remplis ?
5. Calculer le PV (HT) et coefficient d'entreprise K ?

Correction

1. Sous détail : 1 m³ de mortier

				Déboursé sec	
Composants	U	Quantités	Cout/U	DS Main d'œuvre	DS Matériaux+Matériels
<u>matériaux</u>					
CPJ	t	0.200	83.00		16.60
Sable	m ³	1.080	13.50		14.58
chaux	t	0.150	73.50		11.03
<u>matériels</u>					
<u>Main d'œuvres</u>					
MO	h	1.6	13.50	21.60	
Débourse secs partiels				21.60	42.21
Débourse sec total				63.81	

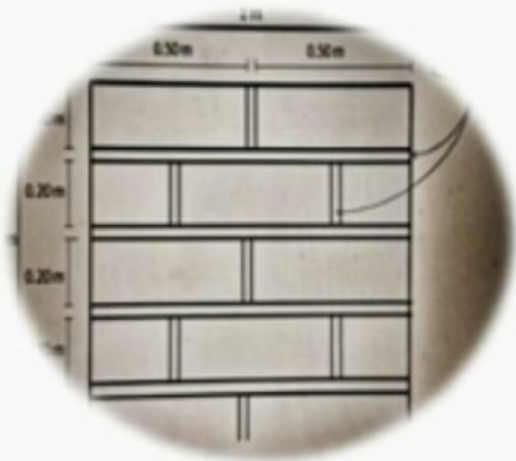


» 3-

Quantite de mortier par m2 :

• Lineaire = $(4 \times 1.00) + (6 \times 0.2) + 0.12 = 5.32 \text{ m}$

» Volume = $5.32 \times 0.02 \times 0.2 = \mathbf{0.021 \text{ m}^3}$



3.7 Exercice d'application

Planning de travaux et de main d'œuvre sous forme de diagramme de Gantt

Soit le tableau des ouvrages :

N°	DESIGNATION DES TRAVAUX	U	QUANTITES	TEMPS UNITAIRE
01	Terrassement en plein masse dans tout terrain	m ³	825.00	4.00
02	Béton de propreté de 10 cm d'épaisseur	m ³	55.00	5.00
03	Hérissonnage en pierres sèches de 15 cm	m ²	321.00	1.25
04	Béton pour béton armé pour tous les ouvrages en élévation	m ³	47.50	10.00
05	Mur double cloison en briques 190x90x65	m ²	231.50	2.00
06	Mur en briques creuses 210x100x55 épaisseur 1 brique	m ²	176.00	1.00

Travail à réaliser :

1. Calculer les durées d'exécution des tâches 1 à 6
2. Etablir le planning Gantt pour une durée totale de 30 jours (délai d'exécution)

Une superposition de 2 à 5 jours entre les tâches est acceptable.

Le volume horaire est de 8 heures par jour.

Tâche	Main d'œuvre
01	40 ouvriers
02	5 ouvriers
03	5 ouvriers
04	6 ouvriers
05	9 ouvriers
06	5 ouvriers

Solution :

$$\begin{aligned} \text{Durée d'exécution} &= \frac{\text{Quantites des travaux} \times \text{Temps unitaire}}{\text{Effectif} \times \text{temps journalier de travail}} \\ &= \dots \dots \dots \text{jours ouvrés} \end{aligned}$$

N°	DESIGNATION DES TRAVAUX	Q	TU	effectif	temps journalier de travail	Durée d'exécution
1	Terrassement en plein masse dans tout terrain	825	4	40	8	10.31
2	Béton de propreté de 10 cm d'épaisseur	55	5	5	8	6.88
3	Hérissonnage en pierres sèches de 15 cm	321	1.25	5	8	10.03
4	Béton pour béton armé pour tous les ouvrages en élévation	47.5	10	6	8	9.90
5	Mur double cloison en briques 190x90x65	231.5	2	9	8	6.43
6	Mur en briques creuses 210x100x55 épaisseur 1 brique	176	1	5	8	4.40
					Somme	47.95

Durée totale des tâches résulté par calcul est : $10.31+6.88+10.33+9.90+6.43+4.40=47.95$
jours ouvrés
 $47.95 -30= 17.95$ jours de différence par rapport au délai d'exécution.
 $17.95/5$ intervalles= 3.6 jours de superposition moyenne entre tâches

Chapitre 4 Planning et ordonnancement

4.1 Définition

Le **Planning** est un tableau comportant des données importantes à une entreprise qui peuvent être fixes ou qui évoluent. Il peut être de différentes formes pour différents usages.

Le planning est une fonction d'ordonnancement qui a pour mission de :

- Préparer le travail.
- Organiser.
- Programmer.
- Lancer.

Le planning est sûrement un des seuls documents de chantier qui concerne absolument tout le monde, du client à l'entreprise, et à tous les niveaux de responsabilité.

4.2 Termes liés aux plannings

1. Une tâche (ou un élément) est un travail de courte durée, réalisé en un lieu unique, par une équipe qui appartient à un seul corps d'état.
2. Les tâches peuvent être :
 - a) Les tâches travaux – qui sont créées à partir des résultats du métré, donc pour chaque article du métré qui existe dans une unité d'œuvre de planification, nous pourrons faire correspondre une tâche élémentaire.
 - b) Les tâches d'approvisionnement – qui sont créées à partir des tâches travaux et la valeur de cette tâche est un pourcentage de la valeur de la tâche complète.
 - c) Les tâches coordination – qui servent à indiquer sur un planning certaines étapes comme :
 - le début des travaux,
 - le contrôle,
 - la réception, etc.
 - d) Les tâches administratives – comme sont celles pour Maître D'ouvrage, etc.
3. Les trois éléments qui définissent une tâche sont :
 - t_A – date de départ de tâche «A »,
 - f_A – date de fin de tâche «A »,
 - d_A – durée de l'exécution de la tâche «A »
4. Les tâches sont interdépendantes et leurs liaisons sont appelées contraintes.
5. Les différents types des contraintes sont :

- a) **Contraintes de type potentiel** – ce sont celles qui sont affectées uniquement sur des nécessités chronologiques.
 - b) **Contraintes de type cumulatif** – ce sont celles qui sont en outre affectées des nécessités technologiques on de façon plus générale liées aux moyens mis en œuvre.
 - c) **Contraintes de type disjonctif** – qui par rapport des toutes les précédentes contraintes, ont en plus et l'autre incompatibilité
6. La représentation symbolique de toutes les tâches sous forme de rectangle et de toutes les contraintes sous formes de liaisons, va entraîner un schéma appelé **graphe**
 7. Un calendrier est une table de correspondance qui permet de traduire en jours calendaires les calages des tâches, qui sont calculés en jours ouvrés.
 8. Le **chemin critique** est la succession de tâches dont la marge est nulle.
 9. Un planning Gantt est un fichier par chantier ou par sous-ensemble, où chaque tâche est représentée par une «barre» qui comporte les indications suivantes :
 - numéro de la tâche composée,
 - libellé de tâche composée,
 - numéro du corps d'état appartient la tâche composée,
10. Les documents du marché qui ont une importance particulière pour l'établissement des calendriers sont :
 - a) Les plans d'exécution ;
 - b) Le devis descriptif ;
 - c) Le détail estimatif ;
 - d) Le cahier des clauses administratives particulières (CCAP).

4.3 Les différents types de planning

4.3.1 Les plannings généraux

- Méthodes linéaires : planning à barres, planning chemin de Fer, planning en mouvement de terre,
- Méthodes des réseaux : graphique Pert, réseaux potentiel, ...

4.3.1.1. Planning à barres - Planning GANTT - méthode linéaire

Le diagramme Gantt est un outil utilisé (souvent en complément d'un [réseau PERT](#)) en ordonnancement et gestion de projet et permettant de visualiser dans le temps les diverses tâches composant un projet. Il permet de représenter graphiquement l'avancement du projet.

Cet outil répond à deux objectifs : planifier de façon optimale et communiquer sur le planning établi et les choix qu'il impose.

PLANNING GENERAL														Chantier:						
TACHES		1				2				3				4				Mois		
N°	Désignation	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Semaines
1	Fouilles en rigole	■	■	■	■															
2	Béton de propreté			■	■															
3	Semelles filantes					■	■	■	■	■	■									
4	Murs sous-sol						■	■	■	■	■	■	■	■						
	Etc...												■	■	■	■	■	■		

Figure 4.1.representation planning GANTT

Les 4 premiers facteurs importants pour l'établissement d'un planning GANTT sont :

1 – Le délai d'exécution (exemple 9 mois)

2 – Le nombre d'heures total prévues pour l'exécution à partir du devis quantitatif c'est le crédit d'heures total (exemple : 19 680 h)

3 – La suite logique des travaux en fonction de leurs interdépendances : Terrassements -béton de propreté -fondations -voiles de soubassement..

Exemple : Nous devons exécuter 300,000m³ de béton de voiles, nous disposons d'une centrale, dont la capacité de malaxage est de 325 litres maxi. Elle peut produire en moyenne 37 à 40 m³ par jour. Il est cependant difficile de tenir cette cadence car d'autres facteurs entre en considération : - Cadence des coffreurs, saturation de grue, fabrication du ferrailage, etc.. . Il faut donc en tenir compte pour réaliser le planning.

4 – Le rendement du matériel mis à votre disposition sur le chantier

4.3.1.2 Planning chemin de fer (méthode linéaire)

Ce type de planning était utilisé par la SNCF pour représenter la marche des trains. Son utilisation dans le bâtiment, pour l'élaboration de planning de bâtiments élevés où les travaux sont répétitifs à chaque étage. On représentera ici le cheminement des équipes entre chaque étage.

Dans les travaux publics, pour définir les échelons de matériel et optimiser leur emploi. On fera apparaître les rotations de matériel entre la zone d'emprunt et la zone de dépôt.

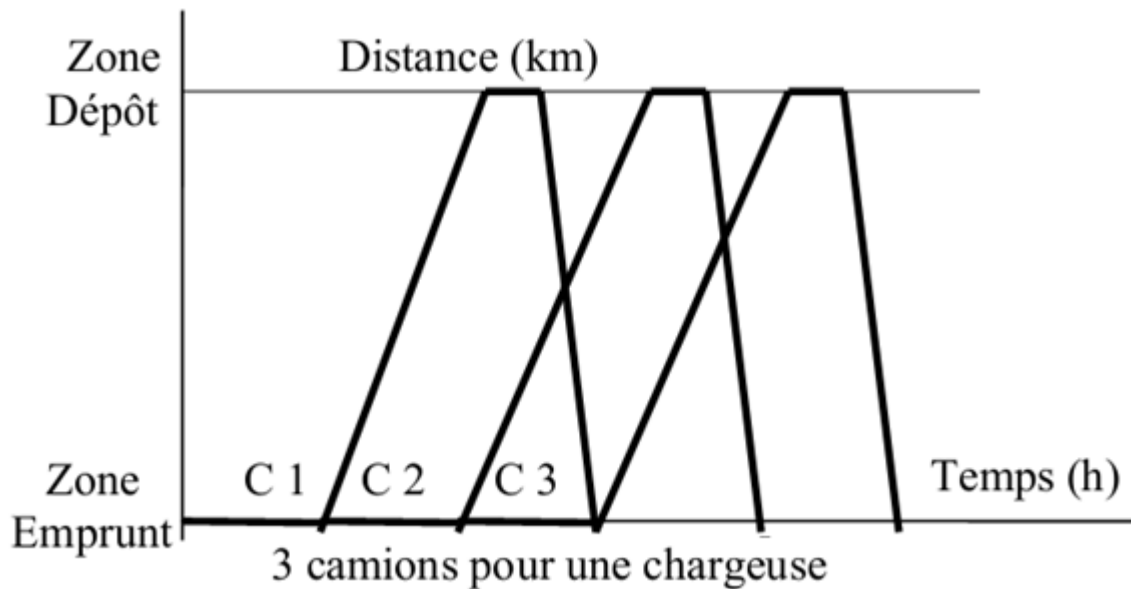


Figure 4.2.Représentation planning Chemin de fer

Utilisations

Aujourd'hui, la planification chemin de fer est utilisé notamment pour :

La construction d'infrastructures linéaires neuves :

- route,
- autoroutes,
- voies ferrées,
- voie de tramway,
- pipelines,
- tunnel ;

L'entretien d'infrastructures linéaires, notamment les voies ferrées ;

La construction de bâtiments de grande envergure ;

La construction d'infrastructures dont l'ordonnancement est contraint par de la circulation existante, par exemple l'agrandissement d'un nœud multimodale.

4.3.1.3 Planning de Graphe ou réseau PERT (méthode de réseau)

Le graphique PERT (en [anglais](#) : program evaluation and review technique) permet de visualiser la dépendance des tâches et de procéder à leur ordonnancement. On utilise un graphe de dépendances. Pour chaque tâche, on indique une date de début et de fin au plus tôt et au plus tard.

Le diagramme permet de déterminer le chemin critique qui conditionne la durée minimale du projet.

Cet outil fournit une méthode permettant d'optimiser et de planifier l'ordonnancement de tâches.

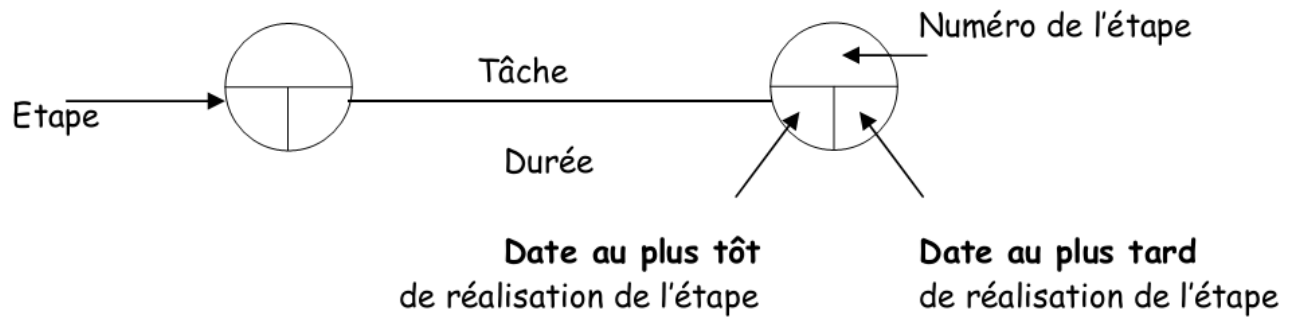


Figure 4.3.Représentation planning PERT

4.3.2 Les plannings particuliers

- gestion de production : courbe production, planning d'approvisionnement, planning rotation des matériels,
- gestion de main d'œuvre : courbe effectif, planning main d'œuvre, ...
- gestion financière : planning d'acompte, planning financière, ...

4.3.2.1 Courbes de Gestion de la production

Elles sont élaborées afin d'optimiser la réalisation d'éléments préfabriqués. On général les trois courbes pour visualiser la production :

- **Courbe de préfabrication**: A un instant donné, on peut visualiser le nombre d'éléments préfabriqués.
- **Courbe de pose**: A un instant donné, on peut visualiser le nombre d'éléments posés.
- **Courbe d'évolution des stocks**: Par déduction des deux autres courbes, on détermine le stock d'éléments.

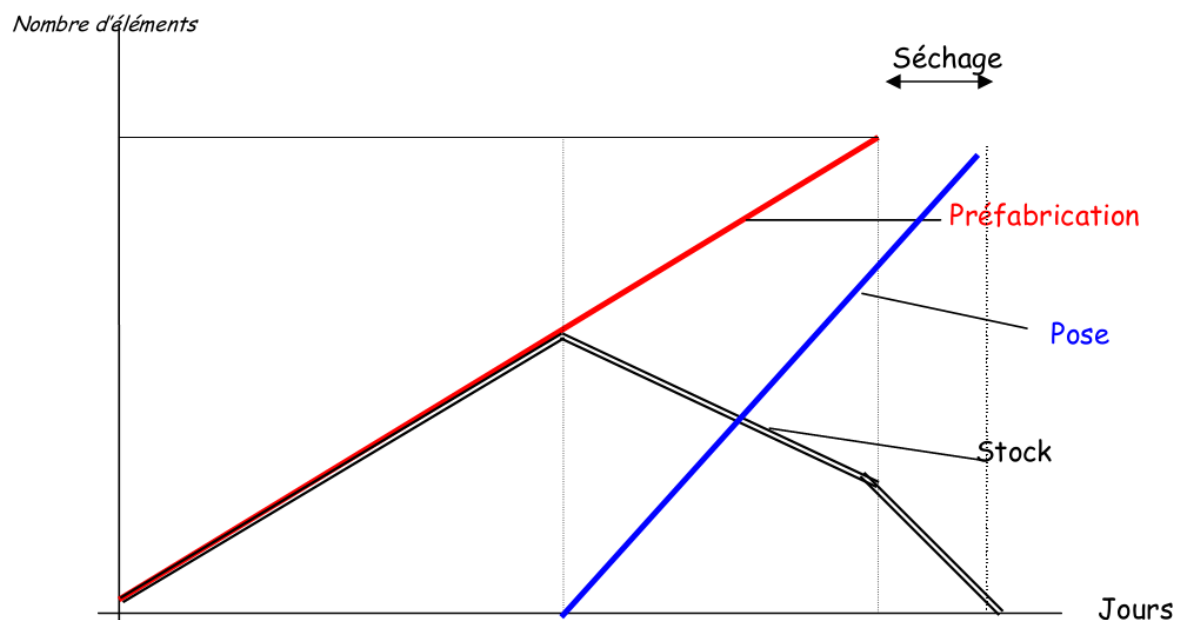


Figure 4.5.Représentation Courbes de production

4.3.2.2 Planning d'approvisionnement

Ils sont élaborés à partir du planning général, pour déterminer les dates d'approvisionnement en matériels et matériaux.

- La durée de location ou de mobilisation pour le matériel.
- Les quantités de stocks pour les matériaux.

PLANNING MATERIEL														Chantier:							
		1			2			3			4			Mois							
Désignation -taches	Durée	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Semaines	
- Pelle en location	1 s																				
- Grue à tour	13 s																				
- Poste de bétonnage	16 s																				
- Banches métalliques	9 s																				
Etc.																					

Figure 4.6.Representation d'un Planning d'approvisionnement

4.3.2.3 Planning de rotation des matériels

Il est établi pour prendre en compte la rotation des matériels sur les différents chantiers d'une entreprise.

L'idéal est que le parc matériel de l'entreprise soit le moins rempli possible et donc que tous les matériels soient utilisés sur les chantiers (difficilement réalisable).

4.3.2.4 Planning de la Gestion de la main d'œuvre

Il est établi par la direction des travaux d'une entreprise pour optimiser l'emploi de sa main d'œuvre sur les différents chantiers.

Il permet d'organiser les congés payés, palier les absences en cas de congés maladies et prévoir l'emploi de main d'œuvre extérieure.

PLANNING MAIN D'OEUVRE														Entreprise:						
CHANTIERS		Novembre				Décembre				Janvier				Février			Mars			
Désignation	Resp.	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Lycée		19	19	20	20	20	20	20					21	20	20	20	20	20		
Résidence		9	9	9	9	3	3	3												
Parking front de mer		17	17	17	17	17	17	17					14	10	10	3	3			
HLM													4	4	12	12	12	15	15	
Etc.																				
TOTAL BESOINS		45	45	46	46	40	40	40					39	34	42	35	35	35	35	

Figure 4.7.Representation d'un Planning de la Gestion de la main d'œuvre

4.3.2.5 Courbes de la Gestion financière

Pendant la phase de préparation des travaux, on établit un planning permettant de connaître l'état d'avancement de la réalisation chaque mois.

On en déduit un planning d'acompte mois par mois.

A partir de ce planning on peut tracer les courbes financières des dépenses et des recettes connaissant le délai de paiement.

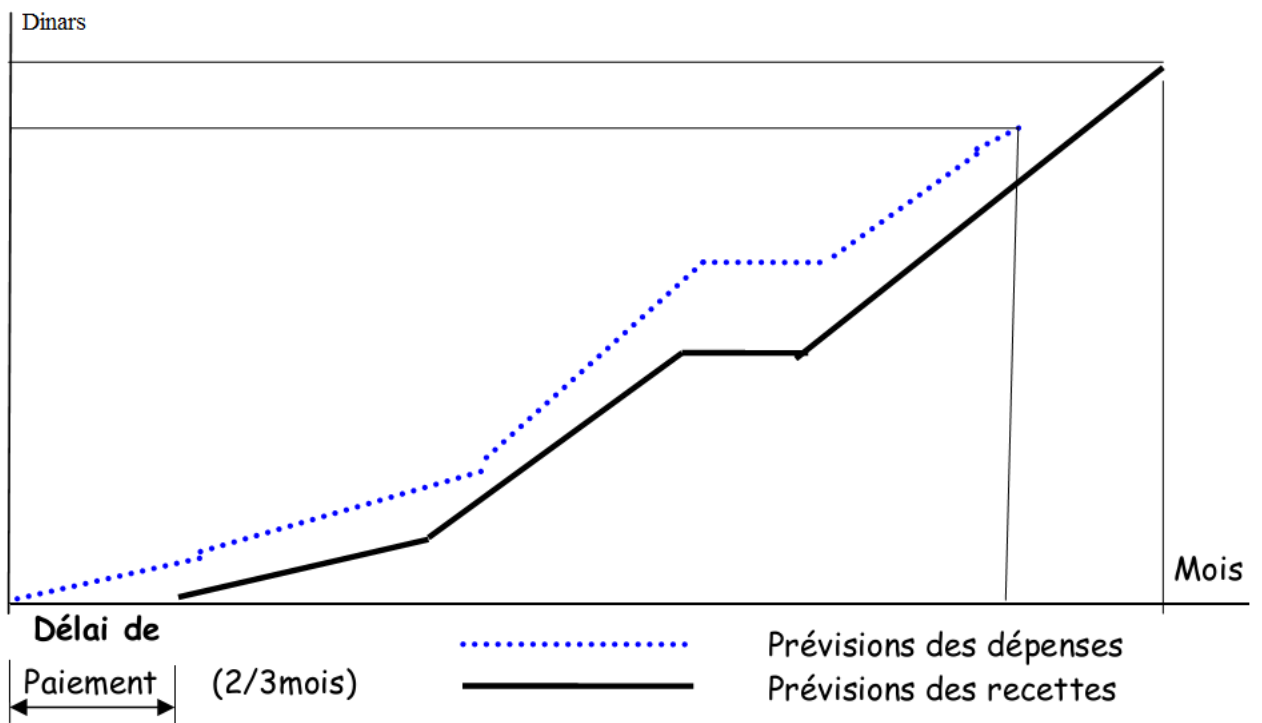


Figure 4.8. Representation d'un Planning de la Gestion financière

Chapitre 5

Langage Pert

5.1 Méthode PERT

5.1.1 Introduction

- PERT : en anglais Program Evolution and Review Technique
- PERT : c'est une méthode américaine d'ordonnement.
- la méthode PERT est une technique permettant de gérer l'ordonnement dans un projet. La méthode PERT consiste à représenter sous forme de grapheur réseau de taches dont l'enchainement permet d'aboutir à l'atteinte des objectifs d'un projet.
- ainsi, la méthode PERT implique au préalable :
 - 1) un découpage précis du projet en tâche.
 - 2) l'estimation de la durée de chaque tache.
 - 3) détermination des antériorités.

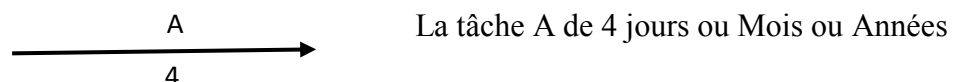
5.1.2 Objectifs

La méthode PERT a principalement trois objectifs :

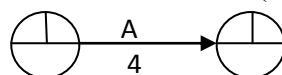
- réduire la durée de réalisation d'un projet.
- réduire le cout de réalisation d'un projet.
- optimiser les ressources d'un projet.

5.1.3 Conventions de la méthode

- 1) Tâche : (parfois activité ou étape) représentée par une flèche. A chaque tâche correspond un code et une durée. néanmoins, la longueur de la flèche est indépendante de la durée.

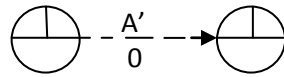


- 2) Etape : c'est-à-dire le début et la fin d'une tache. Chaque tâche possède une étape de début et une étape de fin. A l'exception des étapes initiales et finales, chaque étape de fin est une étape de début de la tâche suivante. les étapes est en règle générale numérotées par un cercle, mais elles peuvent parfois avoir d'autres formes (carré, rectangle, ovale,....)



Début et fin de la tâche A

- 3) tâche fictive : représentée par une flèche en pointillée, permet d'indiquer les contraintes d'enchaînements entre certaines étapes.



Tâche fictive A' toujours de durée 0

5.1.4 Construction d'un réseau PERT

- exemple d'un projet qui se compose de 6 tâches.

Tâche (X)	Antécédent	Durée (jours)
A	--	5
B	D	3
C	D	6
D	---	2
E	B ; H	3
F	C	1
G	A	2
H	C	2

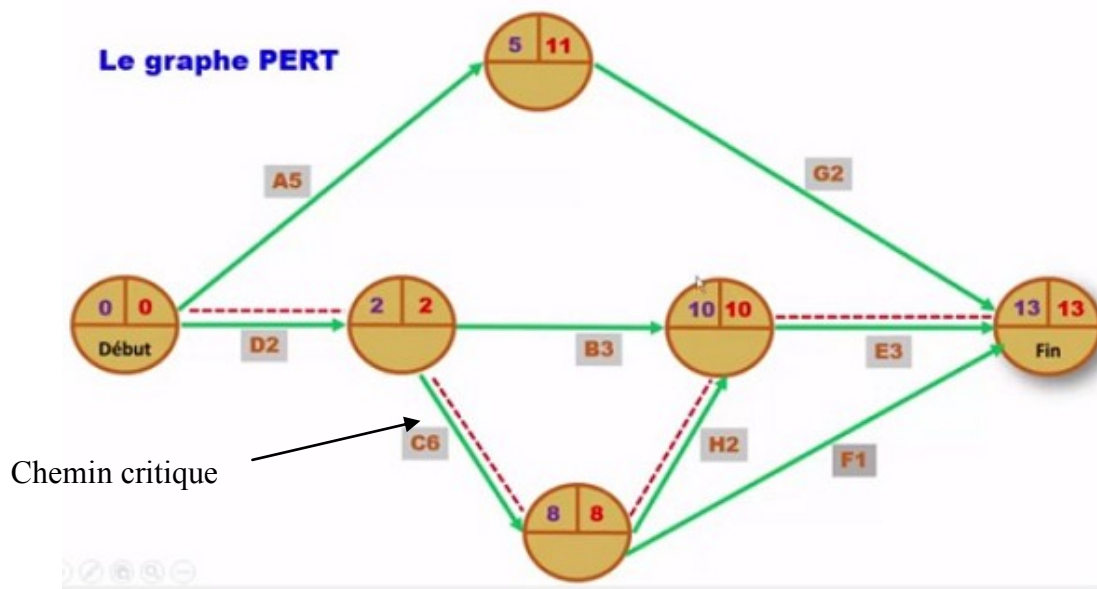
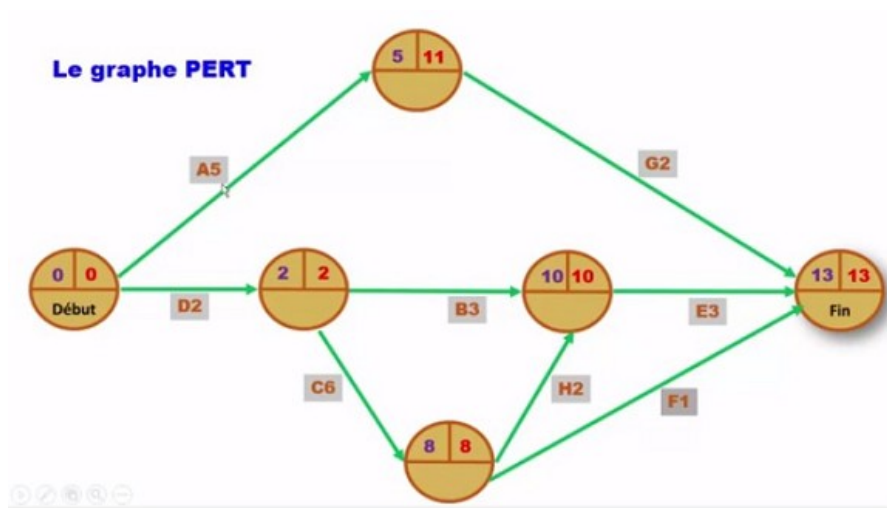
Solution :

Les niveaux du graphe

Tâche (X)	Antécédent	Niveaux
A	--	Niveau 1
B	D	Niveau 2
C	D	Niveau 2
D	---	Niveau 1
E	B ; H	Niveau 4
F	C	Niveau 3
G	A	Niveau 2
H	C	Niveau 3

Calendrier des suivants

Tâche (X)	Antécédent	Postériorité S(x) (suivants)
A	--	G
B	D	E
C	D	F
D	---	B ; C
E	B ; H	---
F	C	---
G	A	---
H	C	E



5.2 Exercice d'application

Soit le projet suivant :

Tache(x)	P(x)	Durée (jours)
A	---	8
B	A	5
C	B	2
D	A	1
E	A	3
F	D	4
G	C E F	2

P(x) signifie calendrier de « précédent » ou antériorités

Travail à faire :

1. Tracer un réseau PERT.
2. Déterminer la durée finale de réalisation de ce projet.
3. Déterminer le chemin critique.
4. Calculer et interpréter toutes les marges totales et libres.

Solution :

1. détermination des niveaux :

- **Niveau 0** : les tâches sans « précédent »
- **Niveau 1** : il faut barrer les tâches du niveau **0** la ou elles existent dans P(x).
- **Niveau 2** : il faut barrer les tâches du niveau **1** la ou elles existent dans P(x).
- **Niveau 3** : il faut barrer les tâches du niveau **2** la ou elles existent dans P(x).....

$$N0=A \quad N1=B, D, E \quad N2=C, F \quad N3=G$$

Tache(x)	P(x)	niveaux
A	---	N0
B	A	N1
C	B	N2
D	A	N1
E	A	N1
F	D	N2
G	C E F	N3

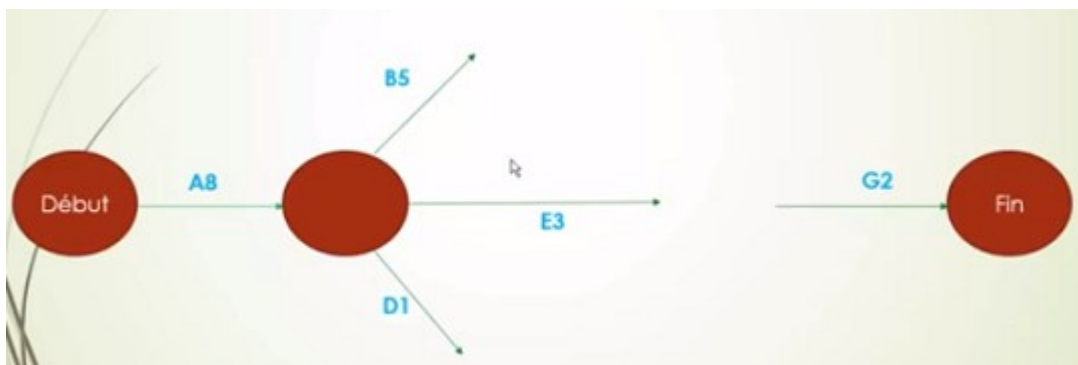
Le calendrier des suivants :

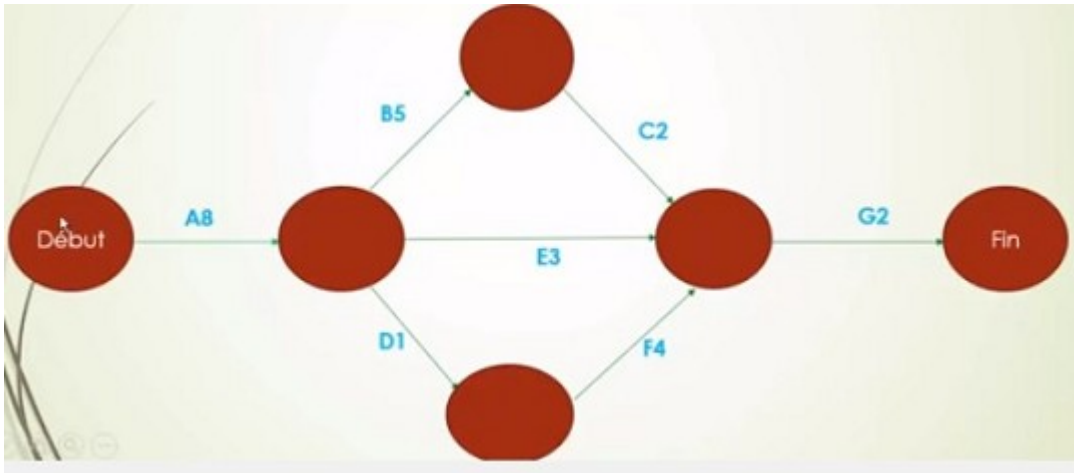
Tache(x)	P(x)	S(x)	Durée en jours
A	---	B D E	8
B	A	C	5
C	B	G	2
D	A	F	1
E	A	G	3
F	D	G	4
G	C E F	---	2

S(x) signifie calendrier de « suivant » ou postériorités

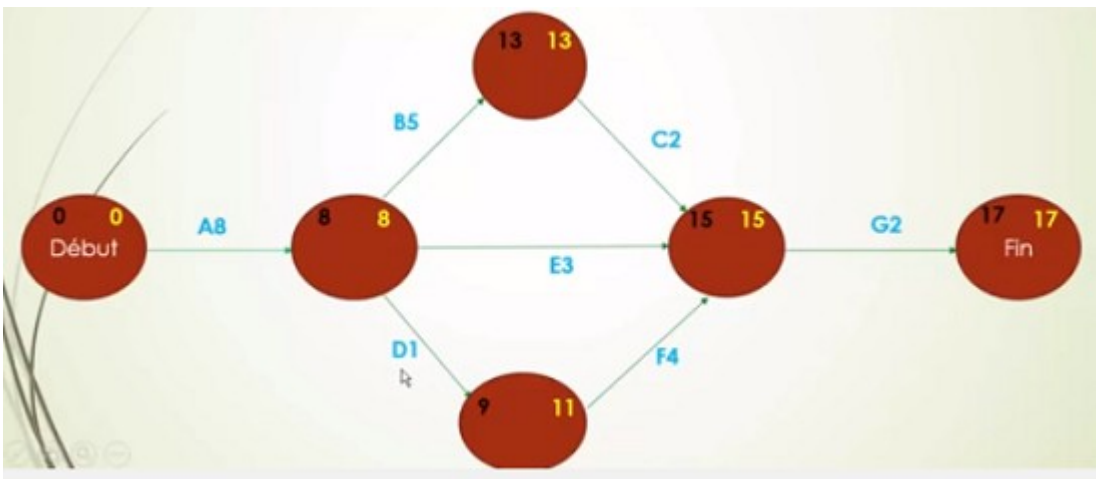
Les étapes de construction du graphe PERT :

- En cinq étapes on peut construire un graphe PERT
 1. Insérer une étape « début » sur laquelle partent les tâches sans **précédant**.
 2. Insérer une étape « fin » sur laquelle arrivent les tâches sans **suivants**.
 3. Insérer les autres tâches du projet à l'aide du calendrier des suivants.
 4. Déterminer les dates de début au plus tôt et les dates de début au plus tard.
 5. Déterminer le chemin critique.



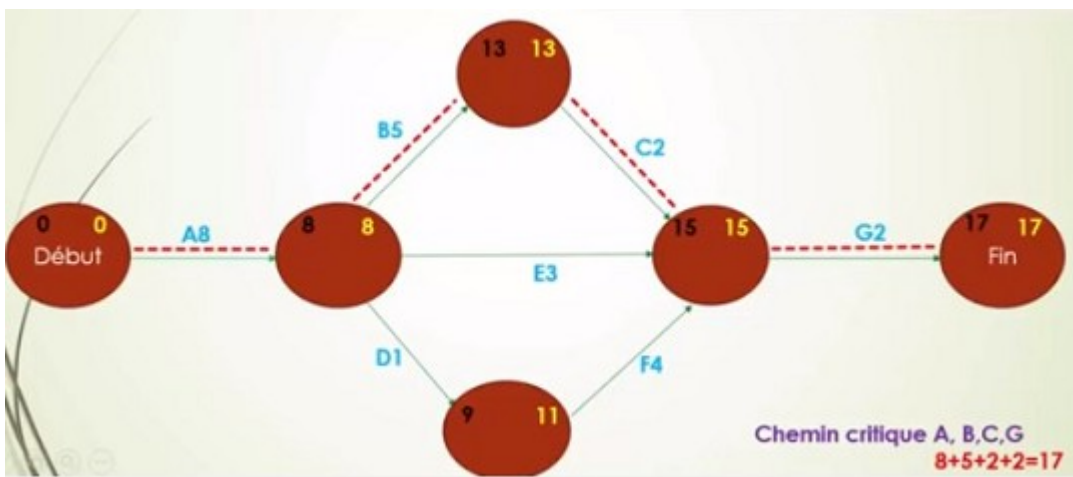


Les dates



Chemin critique

Calcul des marges :



Tâche(x)	Marge totale	Marge libre
A	8-8-0=0	8-8-0=0
B	13-5-8=0	13-5-8=0
C	15-2-13=0	15-2-13=0
D	11-1-8=2	9-1-8=0
E	15-3-8=4	15-3-8=4
F	15-4-9=2	15-4-9=2
G	13-2-15=0	17-2-15=0

Si (X) tâche critique
 $MT(X)=ML(X)=0$
 $ML(X) \leq MT(X)$

5.3 Exemple d'application

Dessiner le réseau PERT de ce projet et déterminer le chemin critique .

N°	Tâche	Antécédent	Durée (jours)
A	acceptation des plans	-	4
B	préparation terrain	-	2
C	commande matériaux	A	1
D	creusement fondation	A, B	1
E	commande portes, fenêtres	A	2
F	livraison matériaux	C	2
G	coulage fondations	D, F	2
H	livraison portes, fenêtres	E	10
I	pose des murs, du toit	G	4
J	mise en place portes, fenêtres	H, I	1

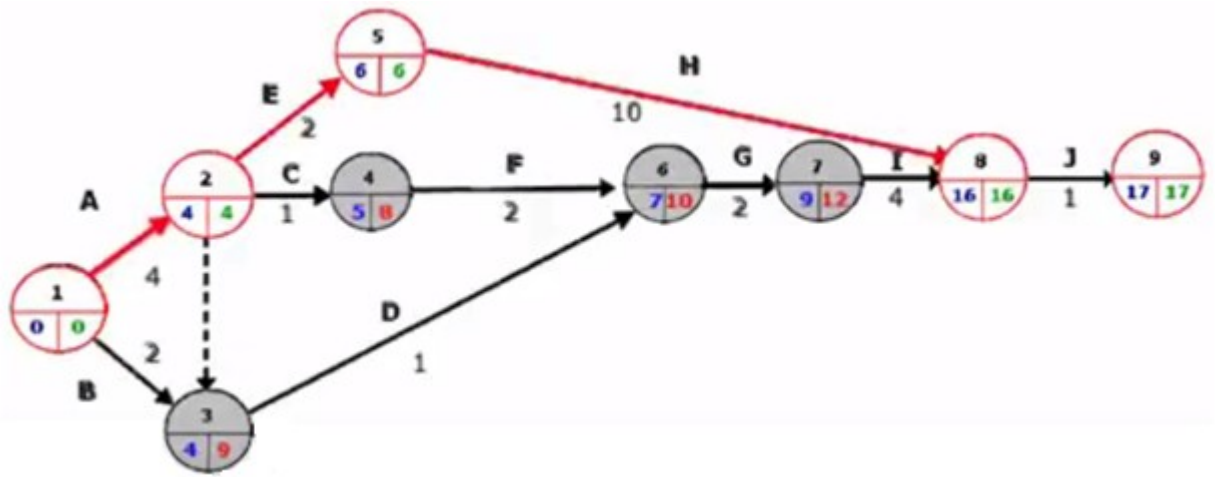


Figure 00 .Réseau Pert avec chemin critique

Chapitre 6

Conduite des chantiers

6.1 Exemple de matériel de levage de chantier

6.1.1 Définition : Une **grue** est un appareil de levage et de manutention réservé aux lourdes charges. Cet engin de levage est construit de manière différente selon son utilisation (à terre : grue de chantier, camion-grue ; à bord d'un navire ; d'un dock flottant, etc.)

Chaque grue a une charte qui définit clairement sa capacité de levage en rapport avec le rayon et l'angle de la flèche.

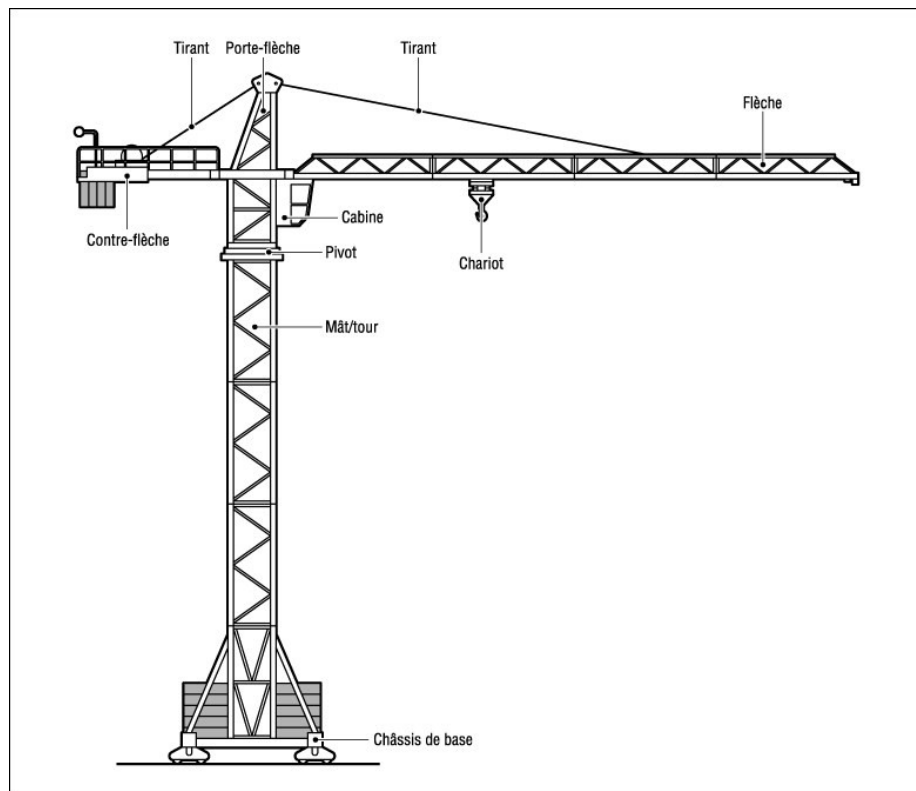


Figure 6.1.Schéma d'une grue fixe

6.1.2 Importance de la grue

La grue est l'organe le plus important du chantier.elle est au chantier ce que le micro-processeur est à l'ordinateur :elle cadence le travail et distribue les matériaux et matériels.plus de 80 % des taches quotidiennes du chantier nécessitent à un moment donnée une manutention mécanique.l'avancement du chantier est directement lié au travail de ses grues.

6.2 Interets de la charge de grue

Lors du chiffrage de l'opération,votre entreprise émet des hypothèses :

- nombre de grus

- amplitude journalière de travail des ouvriers
- amplitude journalière de travail des grutiers
- amplitude journalière de travail de l'encadrement

Ces données ont toutes un lourd impact financier sur les « frais de chantier ».

Comment alors fiabiliser ces hypothèses ? comment s'assurer qu'il y aura assez de grue sur le chantier ? que les grutiers ne feront pas trop d'heures supplémentaires... ? c'est le rôle de la charge de grue.

6.3 Fonctionnement d'une grue

La charge de grue dépend de deux autres documents indispensables :

- le métré opérationnel
- le planning

avec ces deux éléments, vous pourrez dégager des cadences de travail.

la charge de grue = \sum cadences journalières de travail x temps unitaire de levage.

la charge de grue = cadences voiles x T U voiles + cadence Planchers x T U Planchers + ...
elle s'exprime en heures (h), ou en heures de grue (hG).

6.3.1 Le choix des temps unitaires

Comment mesurer les temps unitaires de grue ? Quel niveau de décomposition retenir ? Comment tenir compte des aléas ?

6.3.2 Les conséquences d'une erreur

Cas N°1 : la sous-estimation de la charge de grue

vous avez pris le pari d'installer 4 grues, pour une amplitude de travail de 7h/jour et 5 jours /semaine, avec 80 ouvriers.

Vous avez sous-estimé votre charge de grue de 25%. Le chantier a alors 3 solutions :

1. ajouter une grue : $4 \text{ grues} * 1.25 = 5 \text{ grues}$
2. augmenter l'amplitude de travail des 80 ouvriers + l'encadrement :
 $7 \text{ h/jour} * 1.25 = 8.75 \text{ h/jour}$.
3. retarder la livraison de l'ouvrage.

La solution 1 engendre au minimum les surcoûts suivants :

- le montage d'une grue supplémentaire.
- la location mensuelle d'une grue supplémentaire.
- le démontage d'une grue supplémentaire.

- la rémunération d'un grutier supplémentaire.

La solution 2 engendre au minimum les surcoûts suivants :

- la rémunération des heures supplémentaires des 80 ouvriers.
- la rémunération des heures supplémentaires de l'encadrement (si payé à l'heure)
- la rémunération des heures supplémentaires des grutiers.

La solution 3 engendre au minimum les surcoûts suivants :

- les indemnités de retard dues au client.
- l'allongement des durées de location de tous vos matériels.
- la rémunération des 80 ouvriers et grutiers sur la période de dépassement.
- la rémunération de l'encadrement sur la période de dépassement.

Cas N°2 : la sur-estimation de la charge de grue

vous avez surestimé la charge de travail de vos grues. Les conséquences peuvent être toutes autres.

Dans le pire des cas, vous perdez à l'appel d'offre car votre offre était trop chère du fait des frais de chantier trop importants.

Dans les autres cas, vous obtenez le chantier, les équipes travaux vont alors se rendre compte à un moment donné de votre erreur. Pour eux les conséquences sont très bonnes et ils peuvent espérer gagner sur :

- le nombre de grues à installer et le coût correspondant.
- le nombre d'ouvrier et l'amplitude de travail.
- la durée du planning.

À défaut de s'en rendre compte, le chantier payera un grutier qui s'ennuie et une grue qui n'est pas rentabilisée.

- Pas assez de prudence = Pertes financières importantes.
- Trop de prudence = Affaire non décrochée.

À vous de faire les bons choix et de prendre la pleine mesure de leur impact.

6.3.3 L'équilibre

L'expression « saturation de grue » prend alors tout son sens :

Le chantier optimal est donc un chantier où la grue est correctement saturée :

La charge de travail est telle que :

- la grue n'est jamais inoccupée.
- la grue n'est jamais sur-occupée.

L'équilibre doit être parfait entre le temps de travail journalier des ouvriers et le temps de travail de la grue.

C'est pour cette raison qu'il arrive de décaler des équipes afin de rétablir cet équilibre.

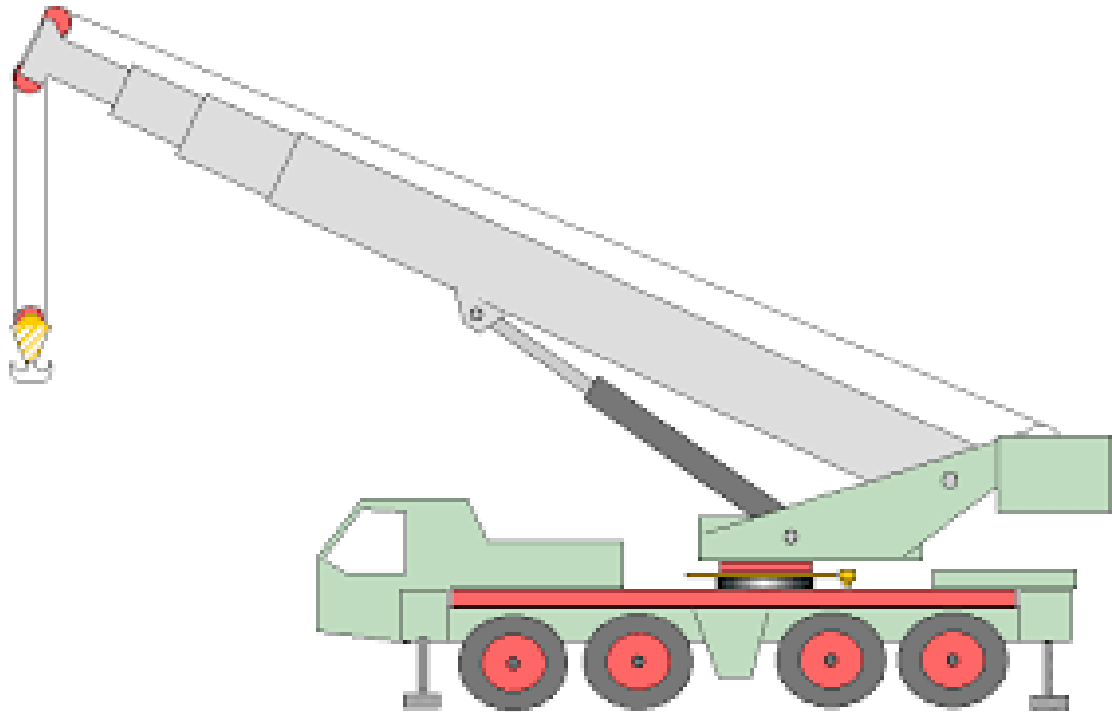


Figure 6.2. Schéma d'une grue mobile

REFERENCES

1. <https://www.youtube.com/watch?v=wXOL5Ji5MwA>
2. <https://www.youtube.com/watch?v=41ayEflH74U>
3. <https://www.youtube.com/watch?v=IL-eK-FzPpk>
4. Chantiers de bâtiment - Préparation et suivi. Henri Richaud, Bernard Vuillerme. Edition NATHAN
5. Organisation pratique des Chantiers. Emile. Entreprise Moderne d'Édition