

# Chapitre 2 Matériels de chantiers

## 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 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.

## 3 Entretien et amortissement du matériel

### 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 arrêté et envoyé 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.
- 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 couts de ces opérations, etc.
- 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.

### 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'oeuvre de fonctionnement
  - le coût de la main d'oeuvre d'entretien et réparation
  - le coût des matières consommables : carburants, lubrifiants, etc.
  - le coût d'amortissement
  - le coût d'assurances et frais divers.

la valeur d'amortissement d'un engin peut être déterminée par plusieurs méthodes, mais les plus utilisées sont :

### 3.2.1 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.

### 3.2.2 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 :

$$e_1 = P_0 r$$

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

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

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

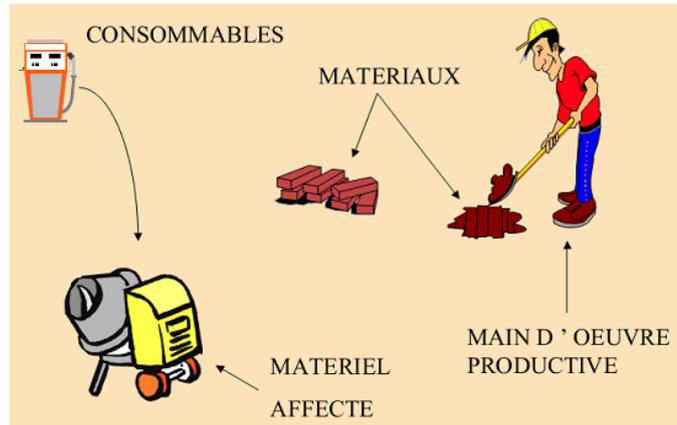
Et on peut dire que :  $r = 1 - (P_r - P_0)^{1/n}$

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

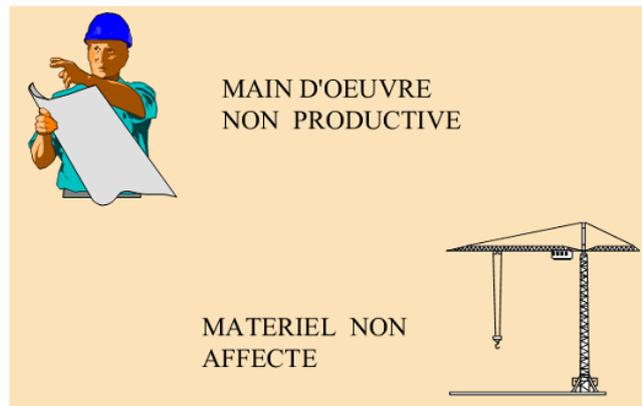
# Chapitre 3. Planification des travaux

## 1. Calcul du prix de vente Hors Taxe d'une unité d'ouvrage élémentaire

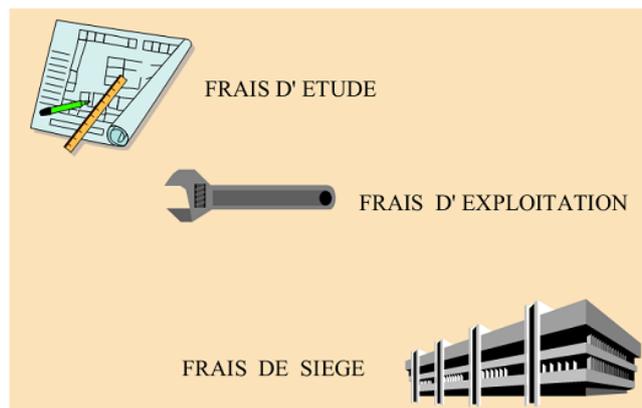
LE DEBOURSE SEC



LES FRAIS DE CHANTIER



LES FRAIS GENERAUX



BENEFICE



## 2. Déboursé sec(DS)

Le déboursé sec d'un ouvrage représente le coût des matériaux et de la main d'oeuvre nécessaires pour réaliser cet ouvrage.

Exemple 1 : Enduit Plâtre

Pour réaliser 1 m<sup>2</sup> 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.

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 m<sup>2</sup> de mur en brique il faut 1,33 h soit 1h et 20 mn et il faut 0,04 m<sup>3</sup> de mortier et 10 briques.

Le mortier vous revient à 120 DA/m<sup>3</sup>

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.

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 m<sup>2</sup> 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 <sup>3</sup>	0.154		1.29		
Polystyrène	m <sup>2</sup>	0.49		1.02		
Sable 3/5	t	0.035		0.56		
Film polyne	m <sup>2</sup>	1.05		0.14		
Béton type B1	m <sup>3</sup>	0.083		4.30		
Treillis soudés	kg	1.900		2.96		
				10.27	28.99	
				39.26		

### 3.Frais de chantier (F C)

Valeur des composantes nécessaires mais pas affectables à un ouvrage élémentaire les Composantes des frais de chantier sont:

- Encadrement : conducteur de travaux, chef de chantier
- La main d'oeuvre 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)

### 4 Main d'oeuvre d'une entreprise de bâtiment

L'entreprise regroupe habituellement les salariés suivants :

#### 4.1Le 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

#### 4.2Chef 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.

#### 4.3Le 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

#### 4.4 L'ouvrier

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

On distingue différent niveaux de qualité et de qualification :

- un apprenti : une personne en cours de formation ;
- un manoeuvre : 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

#### 4.5Ferrailleur

Le ferrailleur travaille sur base de bordereaux de ferrailage, grâce auxquels il sélectionne les barres et treillis métalliques adéquats, la découpe, la plie et les ligature 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 ferrailage.
- 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.

#### 4.6 Coffreur Bancheur

- Etre 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

## 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 m<sup>2</sup> 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'oeuvre 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'oeuvre 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'oeuvre 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  $\text{m}^2$  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  $\text{m}^2$  de plancher

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

### Exercice 02 :

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 <sup>2</sup>	11.79	2.60
	Dalle	m <sup>2</sup>	39.54	1.20
Armatures	Poutre	kg	70	0.03
	Dalle	kg	565	0.03
Bétonnage	Poutre	m <sup>3</sup>	0.875	5.00
	Dalle	m <sup>3</sup>	7.056	5.00

Solution :

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

Nombre d'heures (effectif)=136.81 h/(7.00/jx6j)=3.3 soient 3 ouvriers

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

Pour la 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 : 
$$\text{Durée} = \frac{\text{Crédit d'heures}}{\text{Effectif}}$$

## 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 m<sup>3</sup> mis en oeuvre
- 1.08 m<sup>3</sup> de sable 0/6

Valeur HT rendus chantier des matériaux :

- CPJ 32.5 83.00 DA/t
- Sable 13.50 DA/m<sup>3</sup>
- 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 m<sup>2</sup> 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/m<sup>2</sup>.
- Frais de chantier =6 % du DS.
- Frais généraux =25 de CP.
- B & A= 10 % du CR.

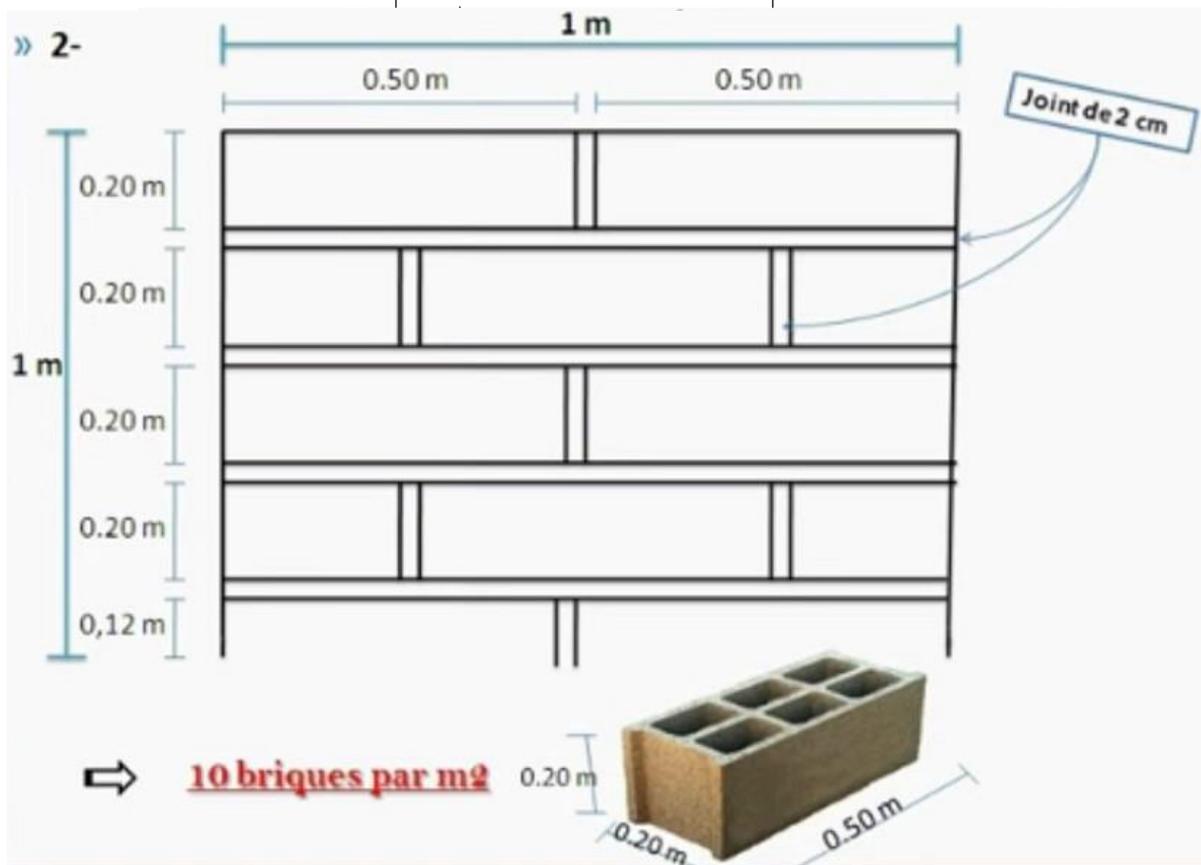
On demande :

1. Calculer le DS d'un m<sup>3</sup> de mortier ?
2. Calculer le nombre de BBM nécessaire pour un 1 m<sup>2</sup> ?
3. Calculer la quantité élémentaire de mortier pour 1 m<sup>2</sup> de mur ?
4. Réaliser la SDP d'un m<sup>2</sup> 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 m<sup>3</sup> de mortier

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

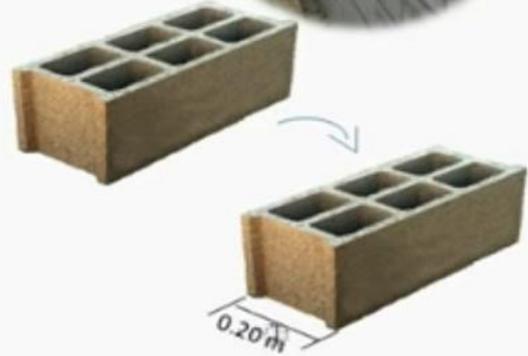
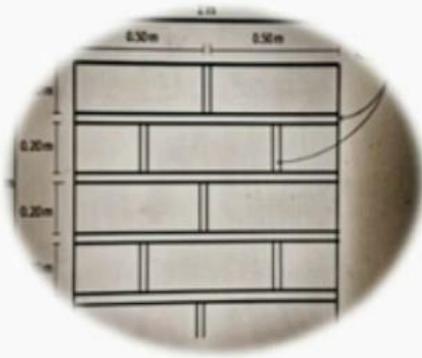


» 3-

**Quantite de mortier par m2 :**

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

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



**7 .Exercice d'application**

**Planning de travaux et de main d'oeuvre 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 <sup>3</sup>	825.00	4.00
02	Béton de propreté de 10 cm d'épaisseur	m <sup>3</sup>	55.00	5.00
03	Hérissonnage en pierres sèches de 15 cm	m <sup>2</sup>	321.00	1.25
04	Béton pour béton armé pour tous les ouvrages en élévation	m <sup>3</sup>	47.50	10.00
05	Mur double cloison en briques 190x90x65	m <sup>2</sup>	231.50	2.00
06	Mur en briques creuses 210x100x55 épaisseur 1 brique	m <sup>2</sup>	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'oeuvre
01	40 ouvriers
02	5 ouvriers
03	5 ouvriers
04	6 ouvriers
05	9 ouvriers
06	5 ouvriers

Solution :

$$\text{Durée d'exécution} = \frac{\text{Quantités des travaux} \times \text{Temps unitaire}}{\text{Effectif} \times \text{temps journalier de travail}}$$

$$= \dots \dots \dots \text{jours ouvrés}$$

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 tâche

# Chapitre 4. Planning et ordonnancement

## 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.

## 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'oeuvre de planification, nous pourrions 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 oeuvre.

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).

### 3. Les différents types de planning

#### 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, ...

##### 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...												■	■	■					

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 :

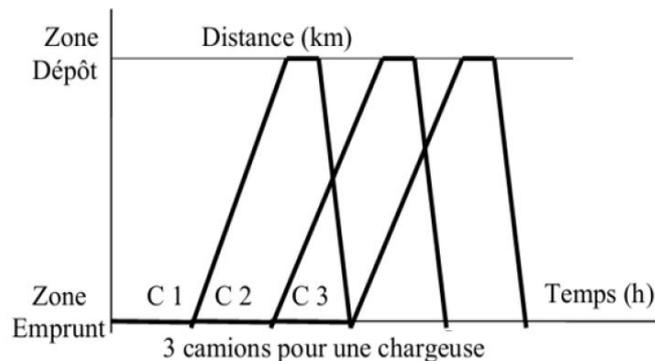
Nous devons exécuter 300,000m<sup>3</sup> de béton de voiles, nous disposons d'une centrale, dont la capacité de malaxage est de 325 litres maxi. Elle peut produire en moyenne 37 à 40 m<sup>3</sup> par jour. Il est cependant difficile de tenir cette cadence car d'autres facteurs entre en considération : - 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

### 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.



#### Utilisations

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

1) La construction d'infrastructures linéaires neuves :

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

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

3) La construction de bâtiments de grande envergure ;

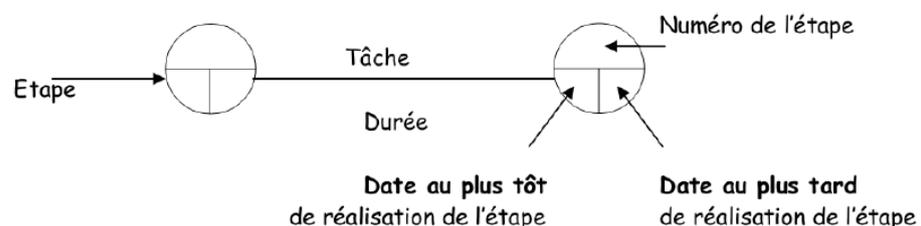
4) La construction d'infrastructures dont l'ordonnancement est contraint par de la circulation existante, par exemple l'agrandissement d'un nœud multimodale

### 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 des tâches.



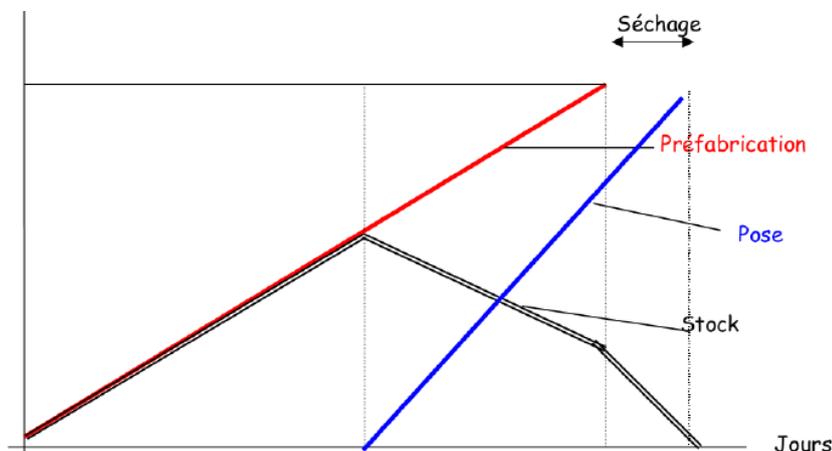
## 3.2 Les plannings particuliers

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

### 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.



### 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.																					

### 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).

### 3.2.4 Planning de la Gestion de la main d'oeuvre

Il est établi par la direction des travaux d'une entreprise pour optimiser l'emploi de sa main d'oeuvre 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'oeuvre extérieure.

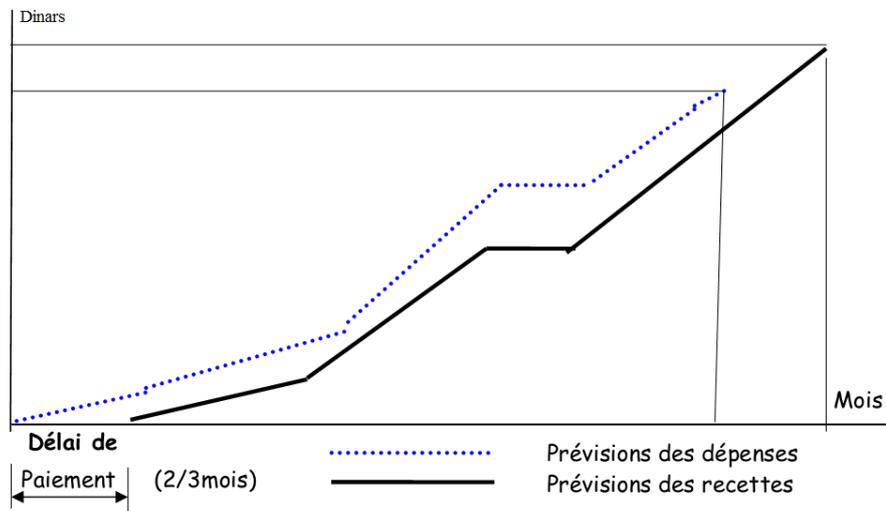
PLANNING MAIN D'OEUVRE		Entreprise:																	
CHANTIERS		Novembre				Décembre				Janvier				Février				Mars	
Désignation	Resp.	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lycée		19	19	20	20	20	20	20	■	■	■	■	21	20	20	20	20	20	20
Résidence		9	9	9	9	3	3	3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Parking front de mer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

### 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.



# Chapitre 5. Langage PERT

## 1 Méthode PERT

### 1.1 Introduction

- PERT : en anglais Program Evolution and Rerview Technique
- PERT : c'est une méthode américaine d'ordonnancement.
- la méthode PERT est une technique permettant de gérer l'ordonnancement dans un projet. La méthode PERT consiste à représenter sous forme de grapheur réseau de taches dont l'enchaînement 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 tâche.
  - 3) détermination des antériorités.

### 1.2 Objectifs

La méthode PERT a principalement trois objectifs :

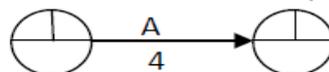
- réduire la durée de réalisation d'un projet.
- réduire le cout de réalisation d'un projet.
- optimiser les ressources d'un projet.

### 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.

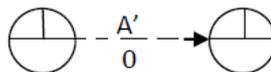


- 2) Etape : c'est-à-dire le début et la fin d'une tâche. Chaque tâche possède une étape de début et une étape de fin. A l'exception des étapes initiales et finales, chaque étape de fin est une étape de début de la tâche suivante. Les étapes est en règle générale numérotées par un cercle, mais elles 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 contrainte d'enchaînements entre certaines étapes.



Tâche fictive A' toujours de durée 0

## 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

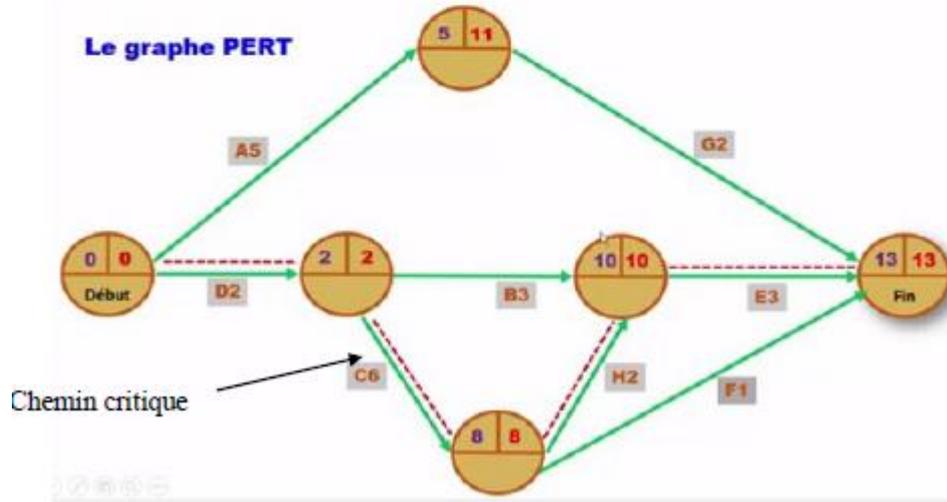
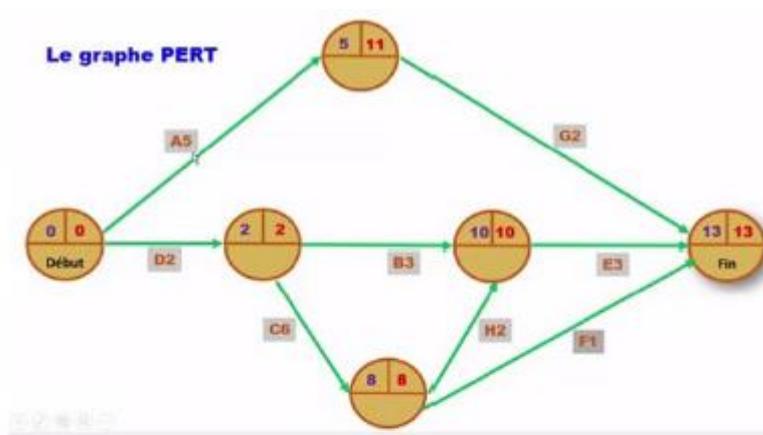
Solution :

Les niveaux du graphe

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

Calendrier des suivants

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



## 2 Exercice d'application

Soit le projet suivant

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

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

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 N1=B, D, E N2=C, F 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

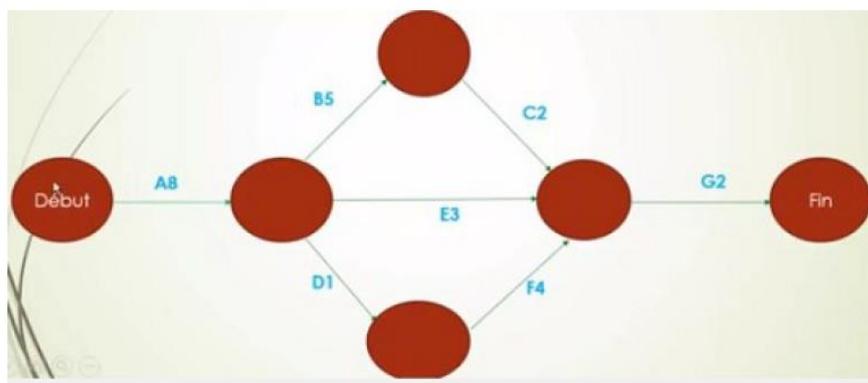
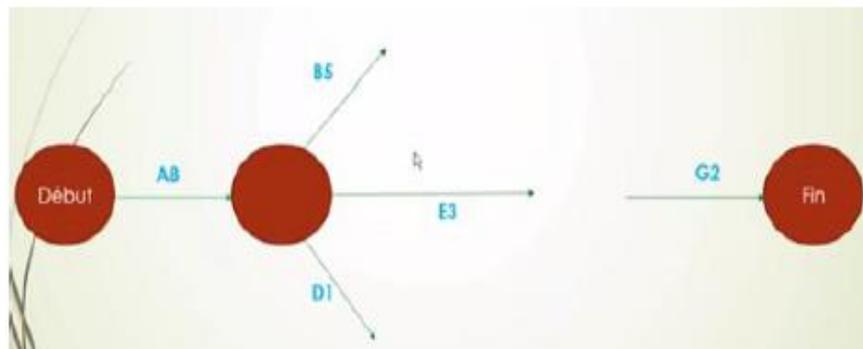
Le calendrier des suivants :

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	CE F	---	2

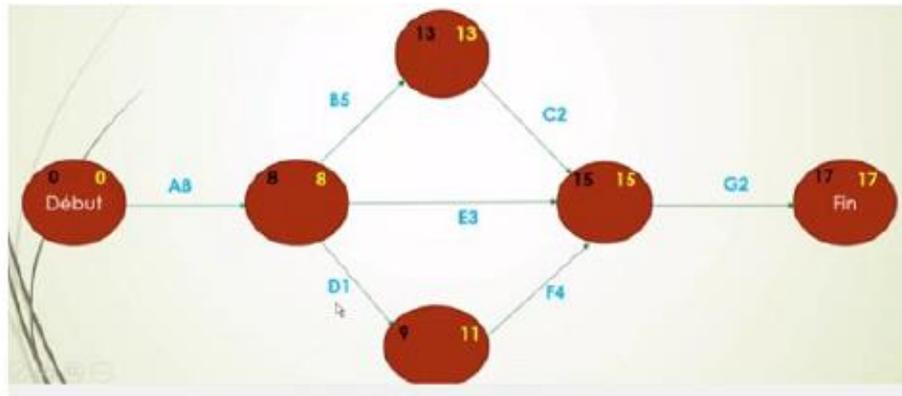
S(x) signifie calendrier de « suivant » ou postériorités

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.

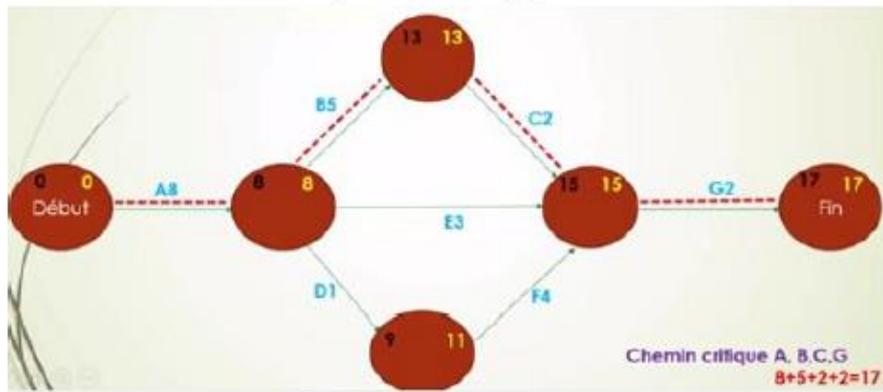


Les dates



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

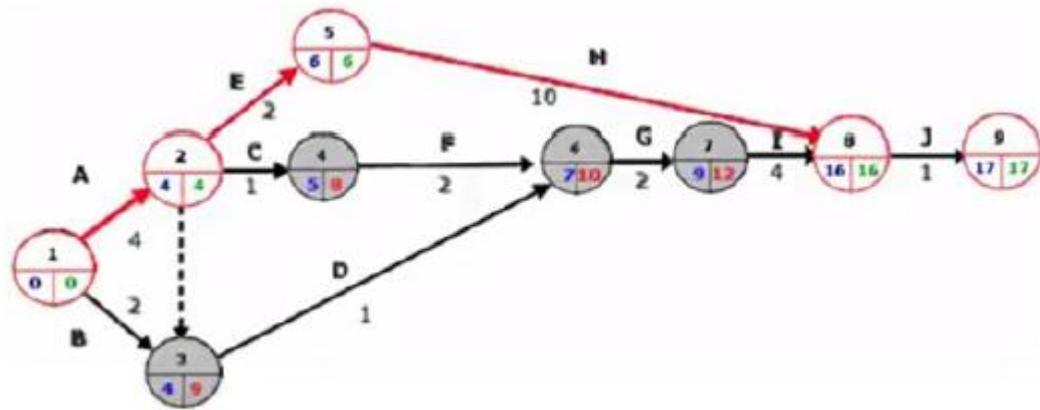
$$MT(X)=ML(X)=0$$

$$ML(X) \leq MT(X)$$

### 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



# Chapitre 6. Conduite des chantiers

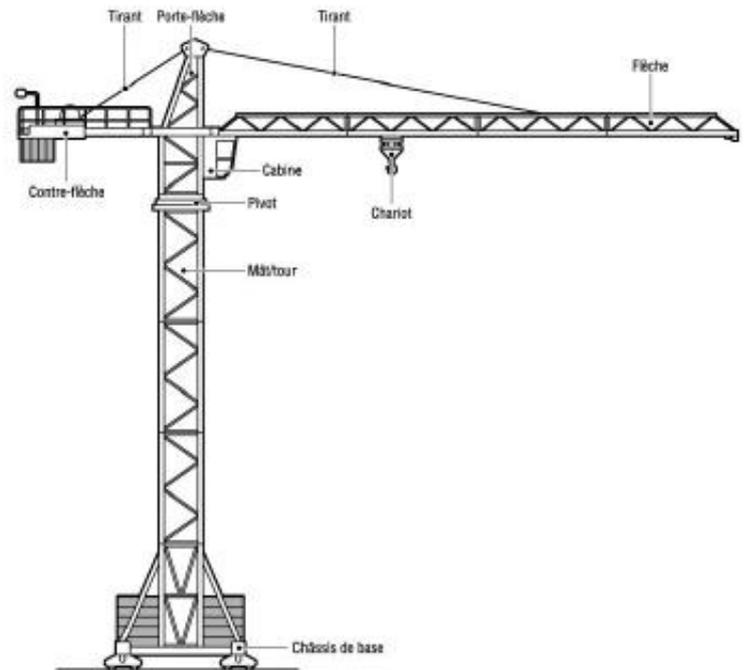
## 1 Exemple de matériel de levage de chantier

**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.

### 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 tâches quotidiennes du chantier nécessitent à un moment donné une manutention mécanique. l'avancement du chantier est directement lié au travail de ses grues.



## 2 Interets de la charge de grue

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

- nombre de grues
- 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.

## 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 =  $\Sigma$  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).

### 3.1 Le choix des temps unitaires

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

### 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 suréstimé la charge de travail de vos grues.Les conséquences peuvent etre 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 tres bonnes et ils peuvent espère 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.

A 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.

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

### 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

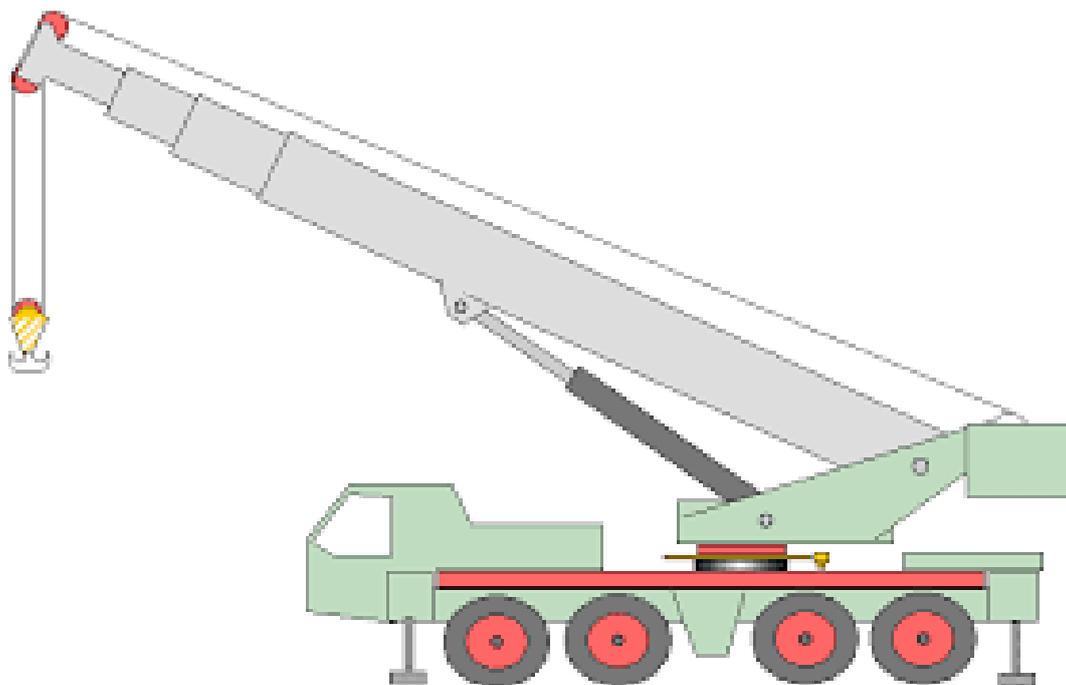


Schéma d'une grue mobile