



*République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique*

*Université Larbi Tébessi de Tébessa.
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie civil*



*Spécialité : Génie Civil
3^{ème} Licence – Génie Civil*

Polycopie de cours :

ORGANISATION DES CHANTIERS

Préparé par :

Dr. ATHAMNIA Brahim

Année universitaire 2019- 2020

Avant-propos

L'organisation d'un chantier est l'ensemble des dispositions envisagées pour l'exécution dans les meilleures conditions possibles d'un travail pour abaisser les coûts de productions en favorisant à l'homme et à la machine un contexte favorable de façon à accroître la productivité. Ce document présente la suite de l'organisation des chantiers. Il s'adresse principalement aux étudiants suivant une formation universitaire de niveau troisième année Licence Génie Civil, spécialité génie civil. Il correspond au cours que j'ai enseigné, à l'Université Larbi Tébessi.

L'objectif essentiel est d'acquérir les connaissances théoriques et pratiques nécessaires pour maîtriser les problèmes d'organisation et de planification de travaux dans la construction. Dans le chapitre 1, on présente l'installation et la préparation des chantiers, selon les particularités des chantiers de construction. Le chapitre 2 est consacré à donner 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 reversion 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

Sommaire

Avant-propos

Sommaire

Chapitre 1 : Installation des chantiers

1.1. PREPARATION DE CHANTIER	1
1.2. INSTALLATION DE CHANTIER.....	2
1.3. ROLE DE L'INSTALLATION DE CHANTIER	3
1.3.1. Organiser le déroulement du chantier.....	3
1.3.2. Ordonner le chantier	3
1.3.3. Positionner les éléments	3
1.3.4. Localisation et fonctions des différents postes	4
1.3.5. Méthodologie d'élaboration d'un plan d'installation de chantier	5

Chapitre 2 : Matériels de chantiers

2.1. GENERALITE.....	7
2.2. LES ENGINES DE TRANSPORTS :.....	7
2.2.1. Brouette :.....	7
2.2.2. Camion :	8
2.2.3. Dumpers :	10
2.2.4. Les tombereaux :	11
2.3. LES ENGINES DE TERRASSEMENT :	11
2.3.1. Les pelles :.....	13
2.3.2. Chargeuses - pelleuses :	15
2.4. LES ENGINES DE LEVAGE :	17
2.4.1. Derricks :.....	17
2.4.2. Grues à tour :	17
2.5. ENGINES DE BETONNAGE	19
2.5.1. Bétonnières à tambour basculant :	19
2.5.2. Bétonnières à tambour fixe :	20

2.5.3. Centrales à béton :	20
2.6. ENGINS DIVERS :	21
2.6.1. Compresseurs :	21
2.6.2. Le camion malaxeur :	22
2.6.3. Les appareils de transport pneumatique :	22
2.6.4. Les niveleuses :	23
2.6.5. Les rouleaux compresseurs :	24
2.6.6. Les rouleaux vibrants :	26

Chapitre 3 : Planification des travaux

3.1. DEFINITION DE TEMPS UNITAIRE DE MAINS D'ŒUVRES.....	27
3.2. RENDEMENT - LA PRODUCTION	27
3.4. TEMPS TOTAL PREVISIONNEL DE MAIN D'ŒUVRE.....	28
3.5. COMPOSTION DES EQUIPES.....	29
3.6. PROCESSUS GENERAL	29
3.7. LES RENDEMENTS DES ENGINES	29
3.7.1. Définition du rendement de production	30
3.7.2. Rendements théoriques de quelques engins de terrassement.....	30

Chapitre 4 : Planning et ordonnancement

4.1. GENERALITE SUR LES PLANNINGS	32
4.2. OBJECTIF DES PLANNINGS	32
4.3.1. Le planning général d'avancement des travaux.....	32
4.3.2. Les plannings particuliers	32
4.5. METHODES DE PRESENTATION DES PLANNINGS	33
4.5.1. Les plannings généraux.....	33
4.5.1.1. Planning à barres - Planning GANTT - méthode linéaire	33
4.5.1.2. Planning chemin de fer - méthode linéaire.....	33
4.5.1.3. Planning de Graphe ou réseau PERT - méthode de réseau	34

4.5.2. Les plannings particuliers	34
4.5.2.1. Courbes de Gestion de la production.....	34
4.5.2.2. Planning d’approvisionnement.....	35
4.5.2.3. Planning de rotation des matériels.....	35
4.5.2.4. Planning de la Gestion de la main d'œuvre.....	35
4.5.2.5. Courbes de la Gestion financière.....	36
4.6. NOTION D’ORDONNANCEMENT.....	36
4.6.1. Principe de réalisation d’un « ordonnancement »	37
4.6.2. Principes a appliquer :.....	39
Chapitre 5 : La Méthode PERT	
5.1. GENERALITES	42
5.2. HISTORIQUE DE LA METHODE PERT.....	42
4.3. BUT DE LA METHODE P.E.R.T :	42
4.4. ROLE DU RESEAU PERT :.....	42
4.5. DOMAINE D'APPLICATION DE LA METHODE P.E.R.T :.....	42
4.6. CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE DE LA METHODE P.E.R.T	43
4.7. DESCRIPTION DE LA METHODE PERT.....	43
5 .6. LES ETAPES POUR CREER UN PERT CALCULE DATE AU PLUTOT DES ETAPES.....	47
5.7. DEFINITION DU DIAGRAMME DE GANTT :.....	51
5.7.1. Objectifs du diagramme de Gantt :	51
5.7.2. Démarche de réalisation du diagramme de Gantt :	51
Chapitre 6 : Conduite des chantiers	
6.1. LES INSTALLATIONS CLE D'UN CHANTIER SONT :	53
6.1.1. L’installation de l’engin de levage (grues à tour).....	53
6.1.1.2. Principe.....	53
6.1.1.3. Choix de l’emplacement des grues :.....	54
6.1.2. Echafaudages.....	60

6.1.2.1. Dispositions générales	60
6.1.2.2. Echafaudages de pied fixe en bois.....	61
6.1.2.3. Echafaudages volants légers et lourds	62
6.1.2.4. Echafaudages sur échelles	65
6.1.2.5. Echafaudages en consoles	66
6.1.2.6. Echafaudages métalliques.....	67
6.2. SUIVI DE CHANTIER	68
6.2.1. La nature des contrôles effectués	68
6.3. METHODES DE CONTROLES SUR CHANTIER.....	69
REFERNCE	71

Chapitre 1

Installation des chantiers

CHAITRE 1

INSTALLATION DES CHANTIERS

1.1. PREPARATION DE CHANTIER

Trop souvent, l'entrepreneur est confronté à l'urgence. En ne se donnant pas le temps de préparer ses chantiers, il risque de perdre beaucoup de temps en cours d'exécution sur des événements qui auraient pu être anticipés ou mieux optimisés dès le départ. L'adage est bien connu : une perte de temps est souvent synonyme de perte d'argent. La préparation du chantier est donc un processus opérationnel important pour l'entreprise.

Afin d'aider l'entreprise à améliorer la préparation de ses chantiers, la division 'Gestion, qualité et techniques de l'information' vous propose un bon nombre d'actions à effectuer avant de débiter les travaux, à savoir :

- les démarches préliminaires
- la préparation administrative
- la géolocalisation
- la préparation technique
- les mesures relatives à la sécurité et à l'environnement
- la planification des travaux
- l'installation du chantier
- le choix judicieux des ressources
- les budgets prévisionnels et le tableau de bord
- le choix des objectifs et la gestion des risques.

Les mesures à prendre relèvent notamment des domaines technique, organisationnel, administratif et humain. A titre d'exemple, l'installation du chantier étant une étape importante, les éléments suivants doivent être pris en considération :

- la représentation du terrain actuel et des ouvrages à réaliser
- l'installation des clôtures (type, hauteur, moyens d'accès au chantier)
- les moyens de prévention contre le vol sur chantier
- la représentation des moyens de levage
- les zones d'intendance (baraques de chantier, WC, ...)
- la localisation des conduites de chantiers (eau, électricité, ...), du stockage du matériel et des matériaux,

- des zones éventuelles de préfabrication, de tri des déchets
- les schémas de circulation (du personnel, des véhicules, du matériel et des matériaux).

1.2. INSTALLATION DE CHANTIER

Un plan d'installation de chantier (P.I.C.) est généralement établi à partir d'un plan masse et définit les matériels « fixes » nécessaires à la réalisation des ouvrages et les cantonnements pour accueillir le personnel du chantier (figure1).

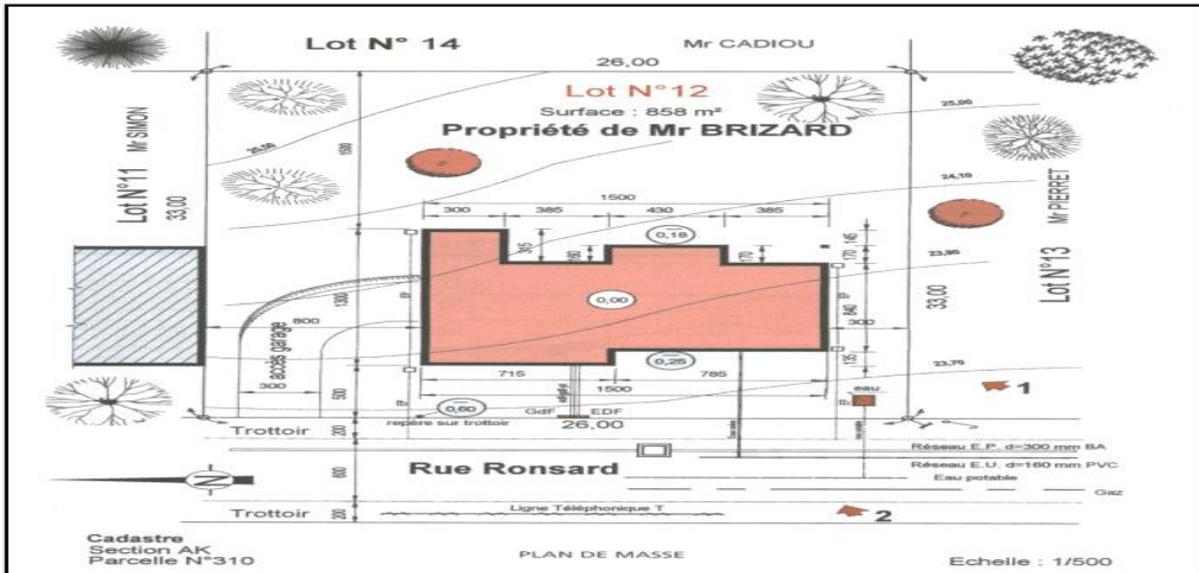
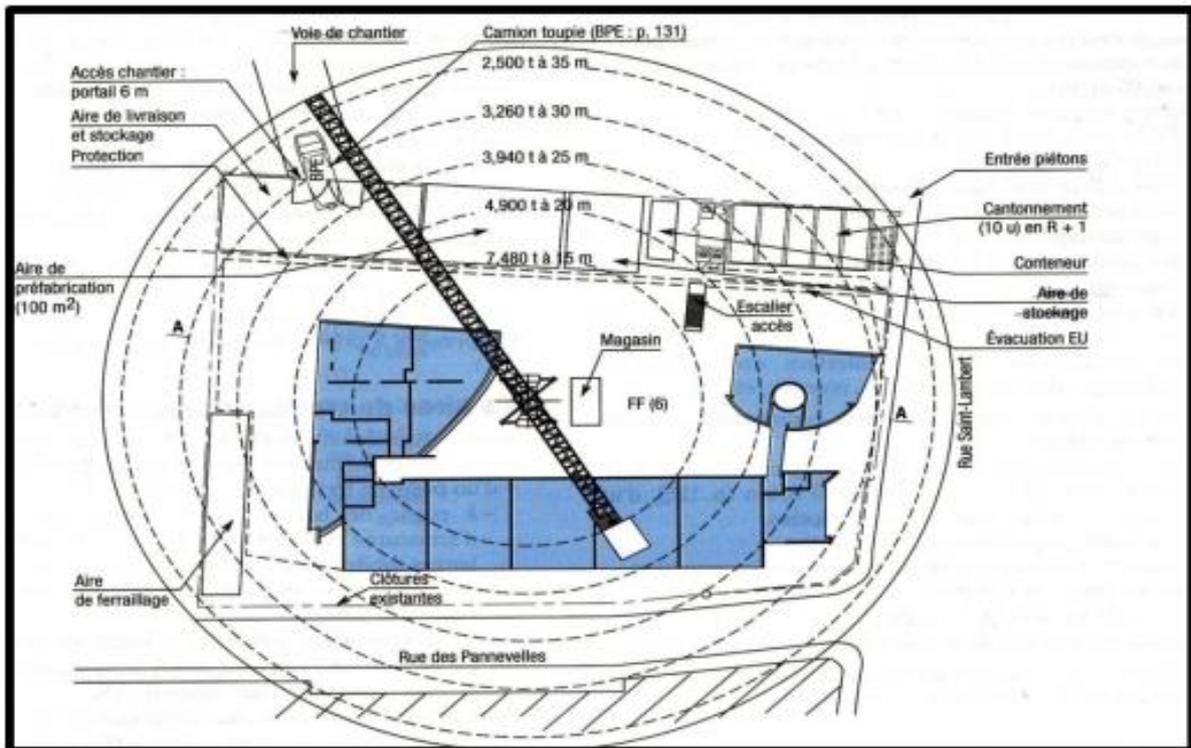


Fig.1 Un plan d'installation de chantier

➤ Exemple de P.I.C :



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., émanant des services techniques des mairies ou des préfectures de police,
- les autorisations d'installer le chantier suivant les règles d'hygiène et de sécurité des services de l'inspection du travail.

1.3.ROLE DE L'INSTALLATION DE CHANTIER

1.3.1. Organiser le déroulement du chantier

- à étudier lors de la préparation au bureau des méthodes,
- prévoir les différentes phases de réalisation en déplaçant le moins possibles, les hommes, les matériels, les matériaux (y compris lors du repliement du chantier),
- faciliter la cohabitation et le dialogue entre les différents corps d'états,
- utiliser au mieux possible l'espace disponible notamment en chantier urbain

1.3.2. Ordonner le chantier

- gain de temps : diminue les temps unitaires (T.U.),
- évite les pertes (matériaux) et double emplois (matériels),
- améliore la sécurité : humaine + matériel (clôture + gardiennage + alarme),
- améliore la qualité (réussir du premier coup au moindre coût),
- « vitrine » pour la maîtrise d'œuvre et les entreprises.

1.3.3. Positionner les éléments

- humains : rendez-vous, accident,
- matériels : livraison, déplacements,
- réseaux : fuites, pannes, raccordements utilisation de grillages avertisseurs et tubes de couleurs normalisées

Tableau 1 : Positionner les éléments

Couleur	Catégorie
Bleu	Eau
Jaune	Gaz
Rouge	Électricité
Vert	Courant faible et téléphone
Ocre jaune	Assainissement
Marron	Télédistribution
Blanc	Éclairage public

1.3.4. Localisation et fonctions des différents postes

Rep	Désignation	Localisation	Fonctions
1	Engins de levage (grue à tour, grue à tour à montage rapide, grue automotrice...)	L'aire de balayage doit couvrir les bâtiments, le poste de bétonnage, les aires de préfabrication, armatures et stockage. Éviter le survol des riverains	Manutentionner les matériaux, les matériels, des divers postes aux lieux de mise en œuvre
2	Poste de bétonnage (centrale à béton, malaxeur de mortier...)	Proche de l'accès principal, accessible aux camions de livraison (granulats, ciment, silos, trémies)	Fabriquer le mortier et le béton
3	Aire de préfabrication	Près des bâtiments à construire	Préfabriqué des ouvrages élémentaires (acrotères, poteaux, poutres, prédalles non précontraintes...) Fabrication de coffrages (bois)
4	Aire de ferrailage	Proche des bâtiments à construire et de l'aire de préfabrication	Découper et façonner les armatures
5	Aire de stockage	Proche des accès. Aire protégée (vols de matériaux) sur le bâtiment	Stocker les matériaux, éléments préfabriqués et matériels avant leur utilisation. Stocker la terre végétale.
6	Cantonnements (bureaux, réfectoire, sanitaires, hébergements, magasin, caravanes)	A proximité d'un accès du chantier Si possible hors de l'aire de balayage de la grue. Les éléments peuvent être	Accueillir le personnel du chantier et les intervenants (réunion de chantier) dans des conditions d'hygiène et de sécurité. Favoriser les

		superposables ou se trouver dans le bâtiment réalisé	communications entre les intervenants. Stocker les matériaux et matériels Sensibles
7	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
8	Clôture ou palissade (éventuellement balises et TS proscrit)	A la périphérie du chantier	Isoler le chantier de la voie publique (intrusion, vols, accidents)

Un plan d'installation de chantier doit faire apparaître en plus des postes principaux définis ci-dessus, la position :

- des obstacles naturels (végétation, roche) et industriels (poteaux, regards),
- du panneau de chantier (N° permis de construire, noms du maître d'œuvre et d'ouvrage, noms et qualités des entreprises, délais, coûts...),
- des accès et des voies de circulation,
- de la benne à gravas
- du poste de lavage éventuel des camions...

Remarque : le Plan d'Installation de Chantier doit être complet mais doit surtout rester lisible (penser aux tirages de plans en noir et blanc)

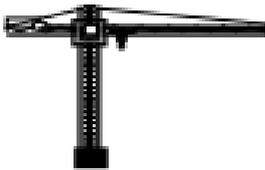
1.3.5. Méthodologie d'élaboration d'un plan d'installation de chantier

- **préliminaires :**

Phases	Démarches / Règles
1. Visiter le site. Identifier l'environnement	Faire l'état des lieux et prendre connaissance : des accès au chantier, de la topographie du terrain et du voisinage (niveau des bâtiments adjacents), des réseaux aériens et souterrains (EdF, GdF, Télécom, Service des voiries, Métro, SNCF, eau, égouts...), de la position actuelles des clôtures.
2. Analyser les pièces écrites du D.C.E.	Étudier les plans, coupes, détails techniques du projet Lister toutes les contraintes imposées par le C.C.T.P. et le C.C.A.P. Envisager des modes constructifs et donc les moyens matériels et humains nécessaires
3. Contacter les services administratifs et les riverains	Prendre connaissance des conditions de travail (nuisances sonores et visuelles tolérées, horaires de travail, horaires de circulation, gabarits routiers acceptés) Définir le survol des bâtiments voisins et l'utilisation des diverses voies. Identifier les

	règles d'hygiène et de sécurité (catégorie du chantier). Obtenir les autorisations nécessaires à l'ouverture du chantier.
4. Établir un fond de plan	A partir du plan de masse, représenter l'ouvrage à construire, l'emprise du terrassement, les accès et routes existants, les ouvrages voisins, les réseaux et les obstacles (arbres à conserver)

- **élaboration du plan d'installation de chantier (P.I.C.) :**

Phases	Démarches / Règles
1. Positionner le ou les engins de levage 	Schématiser les grues et indiquer les informations suivantes : longueur de flèche et contre flèche, zone d'interférence, longueur et largeur des voies de grue, marque, type et caractéristiques, cotes par rapport aux bâtiments, niveau du support (rails), HSC, NHSC, charge maxi soulevée, charge en bout de flèche... Penser au démontage et à l'emprise de l'embase et/ou des pieds stabilisateurs
2. Placer le poste de bétonnage ou les aires de stationnement des camions toupies (bennes à béton) 	Suivant l'importance du chantier le béton sera soit du B.F.C. (Béton Fabriqué sur Chantier): on place la centrale à béton et on représente les parcs à granulats, le silo à ciment ; soit du B.P.E. (Béton Prêt à l'Emploi): on prévoit l'aire de stationnement des camions toupies
3. Définir les aires de coffrage, de ferrailage et de préfabrication	Selon le mode constructif retenu, il y a lieu ou non de prévoir ces aires (ouvrages élémentaires coulés en place, préfabriqués sur site, préfabriqués en usine), on indiquera la destination de chaque aire et les dispositions particulières à prévoir (dimension, sécurité)
4. Représenter les bureaux et les cantonnements 	Le nombre de bureau à installer est indiqué par la maîtrise d'œuvre dans les pièces écrites. Les dimensions et le nombre de baraques destinées au personnel est fonction de l'effectif et de la durée du chantier. Le magasin doit se situer prêt du bureau du chef de chantier.
5. Représenter les réseaux	A partir du transformateur, on positionne les armoires de distribution électrique puis on trace les réseaux pour approvisionner les postes (ou groupe électrogène). Idem pour l'adduction en eau et les lignes téléphoniques. L'évacuation des eaux se fait des sanitaires jusqu'à l'égout. Prévoir un local de confinement pour le compresseur.
6. Représenter les aires de stockage et les voies de circulation	Le plan est complété par les aires de stockage (matériels du gros œuvre, matériaux du second œuvre, terres pour remblais) et les voies de circulation (sens de circulation, entrée, sortie, parking des personnels et des intervenants extérieurs)
7. Représenter les équipements divers 	Clôture de chantier, panneau de chantier, éclairage, poste de lavage, benne à gravas

Chapitre 2

Matériels de chantiers

CHAPITRE 2 :

MATERIELS DE CHANTIERS

2.1. GENERALITE

Le matériel est devenu le moyen principal d'entretien et de construction des ouvrages et des routes, non plus l'auxiliaire du travail manuel. La mécanisation des travaux a commencé au début du 19ème siècle avec l'apparition du moteur à vapeur, suivi de celle du moteur diesel. Cette motorisation a permis la réalisation des grands travaux et engendré la production de matériels de plus en plus performants. Ce fût d'abord les pelles sur chenilles, puis vers 1904 les premiers tracteurs sur chenilles à moteur Diesel. Aujourd'hui la puissance des engins approche et dépasse même pour quelques machines les 2 000 CV.

Tout matériel de terrassement, a pour base, un châssis articulé ou rigide sur lequel sont montés les différents organes qui leur permettent de se déplacer ou de travailler grâce aux équipements qui sont spécifiques à chaque type d'engins.

Quel que soit le type d'engin, la constitution de la machine est réalisée suivant des techniques de base d'une chaîne cinématique du véhicule automobile. La seule différence relève le plus souvent du mode de déplacement sur le sol : sur roues ou sur chenilles. Toutefois, on retrouve la même chaîne cinématique comprenant presque les mêmes organes :

- moteur diesel,
- transmission : mécanique ou hydrodynamique,
- commandes finales,
- direction et freinage,
- équipements de travail commandés soit par câble ou hydrauliquement.

En fonction de type des travaux, on distingue :

2.2. LES ENGINES DE TRANSPORTS :

2.2.1. Brouette :

Elles constituent le moyen de transport le plus simple à l'intérieur du chantier, capacité moyenne : 50 litres pente maximale en montée 8 à 10%, vitesse moyenne de roulage 3,8 km/h.

Rendement horaire : 0,06 à 0,12 T / km (figure1)



Fig1. Brouette

2.2.2. Camion :

Il existe deux catégories de camions, les camions pour la circulation en réseau routier normal qui possèdent 6, 10 ou 12 roues et les camions hors routes « off road » dont les dimensions et leur poids ne leur permettent pas de circuler sur les chemins publics. On retrouve les camions hors routes surtout pour l'exploitation de carrières ou de mines. Les camions 6, 10 ou 12 roues sont fréquemment utilisés sur les chantiers de terrassement de construction civile. Les camions ont une seule fonction lors des opérations de terrassement, transporter les matériaux de déblai ou de remblais. La production des camions est tributaire des conditions de chantier, de la grandeur de leur benne, de leur capacité de chargement, des temps fixes, de leur vitesse et des distances à parcourir. Les temps fixes comprennent la durée prévue pour les virages, les accélérations, le déchargement et la mise en place sous la pelle ou la chargeuse pour chacun des cycles du camion. Les temps fixes peuvent s'estimer à l'aide du tableau suivant :

Tableau 1 le temps fixes et les conditions générales au chantier

CONDITIONS GÉNÉRALES AU CHANTIER	DURÉE DES TEMPS FIXES (MIN.NOTE : 20 À 30% DE CE TEMPS FIXE EST ATTRIBUABLE À LA MISE EN PLACE DU CAMION SOUS L'ÉQUIPEMENT DE CHARGEMENT)		
	 Camions 10 roues	 Camions remorque	 Camions hors route
Favorables	0.45	1.2	2.2
Moyennes	0.90	1.8	4.5
Défavorable	2.0	2.5	8.4

Pour déterminer le nombre de camions requis pour desservir une chargeuse ou une pelle mécanique, il faut faire le rapport entre la durée du cycle du camion et le temps requis pour le chargement. Les chargeuses et les pelles hydrauliques sont des équipements qui conditionnent souvent le rendement d'un chantier de terrassement. L'arrêt ou le ralentissement de ces engins appelés « équipement critique » se traduit par un ralentissement de la productivité globale d'un chantier. Il faut donc que les équipements complémentaires comme les camions, les compacteurs, les pousseurs soient en quantité suffisante pour que la pelle ou la chargeuse ne soit jamais en situation d'attente. Ainsi, lorsque le nombre de camions est inférieur à 7, on complète jusqu'à l'unité supérieure. Lorsque le nombre de camions varie entre 7 et 13, on complète jusqu'à l'unité supérieure et on ajoute un camion. Finalement, pour des cas plus rares, lorsque le nombre de camions dépasse 13, il faut compléter à l'unité près et ajouter 2 camions.

Exemple d'application 1 : On demande le nombre de camions de 14 m³ requis pour desservir une pelle hydraulique 1,2 m³ de capacité effective sachant que la durée du cycle de la pelle est de 0,45 minute et que celui du camion est de 12 minutes.

Solution :

- Nombre de godets requis = $14 \text{ m}^3 \div 1,2 \text{ m}^3/\text{godet} = 11,66$ godets soit 12 pour 14 m³
- Durée de remplissage = $12 \text{ godets} \times 0,45 \text{ min} = 5,4$ minutes
- Nombre de camions requis = $12 \text{ min} \div 5,4 \text{ min} = 2,22$ camions soit 3 camions

Exemple d'application 2 : On demande le nombre de camions-remorques de 20 m³ requis pour desservir une chargeuse sur pneu de 6 m³ de capacité effective sachant que la durée du cycle de la chargeuse est de 0,4 minute et que celui du camion est de 14 minutes.

Solution :

- Nombre de godets requis = $20 \text{ m}^3 \div 6 \text{ m}^3/\text{godet} = 3,33$ godets soit 3 pour 18 m³
- Durée de remplissage = $3 \text{ godets} \times 0,4 \text{ min} = 1,2$ minute
- Nombre de camions requis = $14 \text{ min} \div 1,2 \text{ min} = 11,66$ camions soit 13 camions

Exemple d'application 3 : On demande la durée du cycle, le nombre ainsi que la production horaire théorique de camions-remorques équipés de benne de 22 m³ ayant une capacité de 34 tonnes. Ces camions-remorques seront remplis de terre compacte (argile humide (W%=37,5%)) à l'aide d'une chargeuse équipée d'un godet de 4,3 m³. Les camions ont des vitesses à vide et chargé de 54 km/h et de 32 km/h. La distance jusqu'au lieu de déchargement est de 17,8 km. Le taux de travail sur ce chantier est de 50 minutes par heure et les conditions sont moyennes.

Solution :

Chargeuse

- Facteur de remplissage du godet de la chargeuse = 85%
- Volume effectif d'un coup de godet = $4,3 \text{ m}^3 \times 85\% = 3,655 \text{ m}^3$
- Masse volumique de la terre compacte = $2,2 \text{ t/m}^3 \div 1,35 = 1,63 \text{ t/m}^3$
- Charge utile des camions-remorques = le moindre de 22 m^3 ou de $34 \text{ t} \div 1,63 \text{ t/m}^3 = 20,86 \text{ m}^3$
- Nombre de coups de godet requis = $20,86 \text{ m}^3 \div 3,655 \text{ m}^3 / \text{godet} = 5,71$ soit 6 godets pour $20,86 \text{ m}^3$
- Durée du cycle de la chargeuse = 6 coups de godet x 0,5 min = 3 minutes
- Camions-remorques
- Durée du cycle Temps fixes = 1,8 min
- Durée de chargement = 3 min
- Temps condition vide = $17,8 \text{ km} \div 54 \text{ km/h} \times 60 \text{ min/h} = 19,78 \text{ min}$
- Temps condition plein = $17,8 \text{ km} \div 32 \text{ km/h} \times 60 \text{ min/h} = 33,38 \text{ min}$
- Durée totale = 57,96 min
- Production horaire théorique = $50 \text{ min/h} \div 57,96 \text{ min/cycle} \times 20,86 \text{ m}^3 = 18 \text{ m}^3/\text{h}$
- Nombre de camions-remorques requis = $57,96 \text{ min} \div 3 \text{ min} = 19,32$ soit 22 camions

2.2.3. Dumpers :

Les transports de terres ou de béton sur chantier s'effectuent très souvent par dumpers, sortes de brouettes de grandes capacités (1 à 5 m^3). Cet engin, monté sur pneumatiques est conduit par un seul homme. Des fois, le poste de conduite des dumpers est réversible. Rendement horaire : 100 T / km pour 5 m^3 . Capacité : 1 à 20 m^3 et de vitesse : 0 à 25 km / h (figure2)



Fig.2 Dumpers

2.2.4. Les tombereaux :

Les tombereaux (appelés souvent camions par les médias) sont utilisés pour assurer les mouvements de terre sur grandes distances. Ils se divisent en deux familles : les tombereaux à châssis rigide et les tombereaux articulés (rotule entre le poste de conduite et le chargement). La principale caractéristique des tombereaux est leurs très bonnes aptitudes en tout terrain. Leurs charges utiles peuvent aller jusqu'à 50 tonnes mais la catégorie la plus répandue est celle des 18/20 t. (Figure 3).



Fig. 3 Les tombereaux

2.3. LES ENGINES DE TERRASSEMENT :

Les noms qu'on accorde à ces engins sont, pour la plupart, liés à l'une de leurs fonctions (exemple : chargeuse) ou à l'une de leurs caractéristiques mécaniques (exemple'. Pneumatique).



Fig. 4 Chargeuse sur pneumatique

Ces engins ont pour fonction de charger les terres ou débris sur les tombereaux. On peut classer les chargeuses sur chenilles et les chargeuses sur pneumatique (Figure 4 - 5). Les puissances disponibles sont très variables de quelques dizaines de CV à plusieurs centaines (1 cheval vapeur = 736 Watts). La capacité des godets ou le poids de la charge utile levée est fonction de la puissance développée. Ces capacités peuvent atteindre 10 m³ et les charges levées 40 tonnes. La hauteur de lavage peut aller jusqu'à 5,70m.



Fig. 5 Chargeuses sur chenilles

Les chargeuses sont disponibles sur roues (pneus) ou sur chenilles. Les chargeuses sur roues récentes sont constituées de deux parties articulées autour d'un pivot et leurs roues sont fixes. Les chargeuses sur roues sont de loin plus performantes (130 à 150%) que les chargeuses sur chenilles. Tout comme les pelles hydrauliques, le cycle des chargeuses sur roues varie selon la nature du matériau à charger. Les valeurs suivantes sont souvent utilisées :

- Sols légers (granulaire) : 0,40 minute
- Sols ordinaires (terres organiques) : 0,45 minute
- Sols compacts (sols argileux) : 0,50 minute
- Blocs de roc ou débris rocheux : 0,60 minute

Pour une chargeuse donnée, il existe plusieurs modèles de godet. Le choix d'un modèle varie selon la masse volumique du matériau à charger et les spécifications techniques du manufacturier. Le facteur de remplissage du godet varie selon la nature du matériau à charger. Les valeurs courantes des facteurs de remplissage sont :

- Matériaux foisonnés : 100%
- Terre ordinaire : 95%
- Terre compacte : 85%
- Roc bien dynamité : 75%
- Blocs de rochers : 60%

Exemple d'application 1: On utilise une chargeuse sur roue pour exploiter une gravière utilisée comme banc d'emprunt. Le godet de la chargeuse a une capacité de 4 450 litres. Le gravier exploité a une teneur moyenne en eau de 10%, sa masse volumique sèche en place est de 1,8 t/m³ et ses foisonnements initial et final sont respectivement de 14% et de 2%. On demande la production horaire théorique de cette chargeuse sachant que le taux de travail est de 55 minutes par heure. La chargeuse alimente des camions de type « 10 roues » ayant des

bennes d'une capacité de chargement de 16 m³ ou de 24 tonnes. Le temps requis pour évacuer un camion plein et installer un camion vide sous le godet de la chargeuse est de 0,4 minute. On demande la production horaire de cette chargeuse.

• **Solution :**

Masse volumique en place (W=10%) = 1,8 t/m³ x 1,1 = 1,98 t/m³

Masse volumique foisonnée (W=10%) = 1,98 t/m³ ÷ 1,14 = 1,737 t/m³

Volume effectif de chargement = le moindre de 16 m³ ou de 24 t ÷ 1,737 t/m³ = 13,82m³

Durée du cycle de la chargeuse = 0,40 minute

Facteur de remplissage = 100%

Nombre de godets requis pour remplir un camion = 13,82 m³ ÷ 4,45 m³/godet = 3,1 godets
soit 3 godets pour 13,35 m³ = (3 x 4,45m³ x 100%)

Durée du cycle de remplissage des camions = (3 x 0,40 min/godet) + 0,4 min =
1,6min/chargement

Production horaire = 55 min ÷ 1,6 min/chargement x 13,35 m³ = 458,9 m³/h

2.3.1. Les pelles :

Les pelles sont les engins de terrassement les plus employés pour les chantiers de bâtiment. On distingue deux familles de pelles : les pelles hydrauliques (les organes de travail sont commandés par des vérins hydrauliques) et les pelles mécaniques (commandés par un système de câbles mécaniques) les deux types peuvent être montés sur chenilles ou sur pneumatiques.



Fig. 6 engins de terrassement type pelle montés sur chenilles

Les différentes fonctions des pelles sont résumées par les figures ci-après : travail en butée (fig. 7a), travail en rétro-fouilleuse (fig. 7b), en dragline (fig. 7c) en benne preneuse (fig. 7d). Les pelles peuvent être également équipées en sonnette pour le battage des pieux (fig. 7e) ou en grue (fig. 7f).

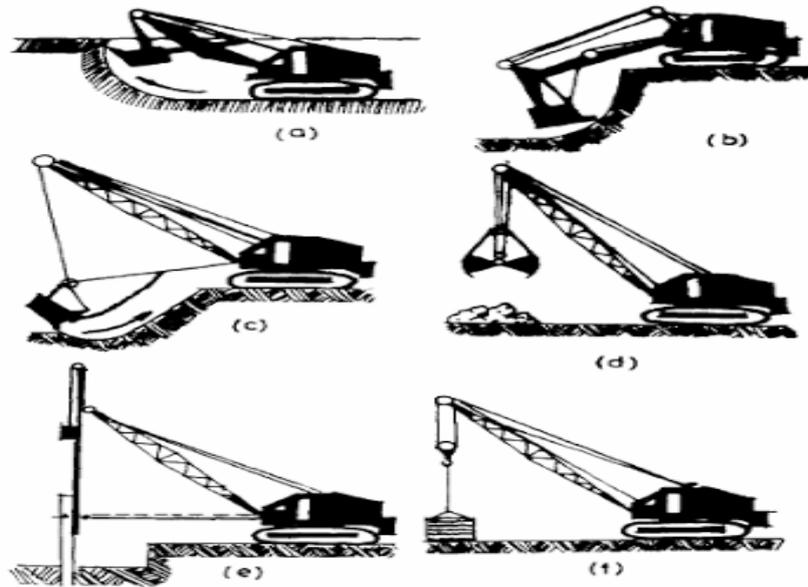


Fig. 7 Les différentes fonctions des pelles

Signalons que la tendance actuelle est pour l'utilisation des pelles hydrauliques.

L'utilisation des pelles hydraulique en mode « frontal (front shovel) » se fait surtout lorsque l'excavation se réalise au-dessus de la base de la pelle. Le haut de la pelle hydraulique est monté sur un plateau qui lui permet d'effectuer des rotations complètes à 360°. Pour maximiser la production de la pelle, on organise le chantier de manière à minimiser l'angle de rotation nécessaire pour le chargement des camions. Une bonne organisation de chantier devrait permettre le chargement des camions avec une rotation de 90°. La durée du cycle d'une pelle hydraulique varie selon plusieurs paramètres comme l'habileté de l'opérateur, l'angle de rotation et la nature du sol excavé. En pratique, on utilise pour une pelle hydraulique sur chenille exécutant une rotation de 90°, les valeurs suivantes :

- Sols légers (granulaire) : 0,35 minute
- Sols ordinaires (terres organiques) : 0,40 minute
- Sols compacts (sols argileux) et blocs de roc : 0,45 minute

La nature du sol à excaver a également une incidence sur le volume de remplissage du godet. Pour les sols granulaires, le godet sera rempli à 100% de sa capacité. Pour les sols argileux et organiques, le godet sera rempli à environ 95%. Tandis que pour les débris rocheux et les blocs de rocher, il le sera respectivement d'environ 85% et 70%.

Exemple d'application2 : On utilise une pelle hydraulique sur chenille pour excaver un sol argileux. Le godet de la pelle a une capacité de 2 500 litres. La rotation pour le chargement des bennes de camion est de 90°. On demande la production horaire théorique de cette pelle sachant que le taux de travail est de 50 minutes par heure.

Solution :

- Durée du cycle = 0,45 min
- Nombre de cycles par heure = $50 \text{ min} \div 0,45 \text{ min/cycle} = 111,11 \text{ cycles}$
- Production horaire théorique = $111,11 \text{ cycles} \times 2,5 \text{ m}^3 \times 0,95 = 263,9 \text{ m}^3/\text{h}$

Il s'agit ici de la production théorique, car dans ce calcul, on ne prend pas en compte le temps requis pour la mise en place de la benne des camions sous la portée du godet de la pelle. Complétons les données du problème. La pelle charge des camions de type « 10 roues » ayant une capacité de chargement de $12,65 \text{ m}^3$. Le temps requis pour évacuer un camion plein et installer un camion vide sous le godet de la pelle est de 0,5 minute. Calculons la production horaire réelle de cette pelle.

Nombre de coups de godet requis pour remplir une benne de camion = $12,65 \text{ m}^3 \div (2,5 \text{ m}^3 \times 0,95) = 5,32 \text{ coups}$ soit 5 coups pour $11,875 \text{ m}^3$

- Durée de chargement = $5 \text{ coups de godet} \times 0,45 \text{ min/cycle} = 2,25 \text{ minutes}$
 - Durée de la mise en place de la benne = 0,5 minute
 - Durée totale du chargement = $2,25 \text{ min} + 0,5 \text{ min} = 2,75 \text{ minutes}$
 - Nombre de chargements à l'heure = $50 \text{ min} \div 2,75 \text{ min/chargement} = 18,18 \text{ chargements}$
- Production horaire réelle = $18,18 \text{ charges} \times 11,875 \text{ m}^3/\text{charge} = 215,9 \text{ m}^3/\text{h}$

2.3.2. Chargeuses - pelleteuses :

C'est un engin qui fait, en gros, le travail d'une chargeuse et le travail d'une pelle (d'où le nom), il possède un équipement chargeur à l'avant et une pelle rétro à l'arrière (voir chargeuses et pelles).

- Tracteurs – bouteurs

Les bouteurs sont le plus souvent montés sur chenilles mais il existe également des modèles sur pneumatiques. Ils comportent un châssis, rédige pour les engins sur chenilles, éventuellement articulé pour ceux sur pneumatiques (figure 8).

Selon les travaux exécutés les bouteurs sont équipés de pelles plus ou moins différentes (ne pas confondre avec les machines pelles). On distingue plusieurs types de pelles : bulldozer, angledozer (plus large que le bulldozer et sans dents en général), etc.



Fig.8 Tracteurs – boteurs

La production d'un pousseur se calcule partir de la formule suivante :

Production horaire = Temps effectif de travail par heure ÷ Durée du cycle x volumes de refoulement.

Exemple d'application3 : On utilise un pousseur pour réaliser du décapage de sol organique et du refoulement. La lame de type universel « U », possède une capacité de 14 m³. La distance de refoulement est de 220 m. L'inversion de marche prend 1,5 seconde. Le refoulement se réalise en première vitesse (3,8 km/h) tandis que la marche arrière se fait en troisième (7,9km/h). On demande la production journalière de ce pousseur sachant que le taux de travail est de 55 minutes par heure et que la durée de travail journalier est de 8 heures.

Solution :

- Analyse du cycle

Refoulement + inversion de marche + recul + inversion de marche

- Durée du cycle

Durée en minute = $(220 \text{ m} \div 3\,800 \text{ m}/60 \text{ min}) + (1,5 \text{ s}/60 \text{ s}/\text{min}) + (220 \text{ m} \div 7\,900 \text{ m}/60 \text{ min}) + (1,5 \text{ s}/60 \text{ s}/\text{min}) = 3,47 + 0,025 + 1,67 + 0,025 = 5,19 \text{ minutes}$

- Production horaire

Production = $55 \text{ min} \div 5,19 \text{ min}/\text{cycle} \times 14 \text{ m}^3 \times 0,95 = 141,0 \text{ m}^3/\text{h}$

- Production journalière

Production = $141,0 \text{ m}^3/\text{h} \times 8 \text{ h}/\text{j} = 1\,127 \text{ m}^3/\text{j}$

La production d'un boteur dans des opérations de débrouillage est tributaire de plusieurs variables comme la topographie du site, l'habileté de l'opérateur, la nature des débris végétaux et plusieurs autres. Toutefois, c'est la puissance du boteur qui est l'indice le plus prépondérant. À défaut d'avoir des données pertinentes, le tableau suivant permet d'estimer la production horaire théorique pour différentes puissances de boteur (Tableau 2) :

Tableau 2 : Production horaire théorique pour différentes puissances de bouteur

Puissance KW	ha /h
70	0.4
100	0.6
150	0.8
250	1.0
300	1.2
350	1.3
400 et +	1.35

2.4. LES ENGIN DE LEVAGE :

Les principaux engins de levage sont les derricks et les grues à tour.

2.4.1. Derricks :

Les derricks permettent de lever de petites charges en des points fixes du chantier, montés sur bâtis fixés ou sur bâtis avec pneumatiques, ils permettent de lever des charges de l'ordre de 250 à 500 kg avec des portées de 3m. Leur rotation partielle de 270° permet une certaine souplesse d'utilisation.(figure 9)

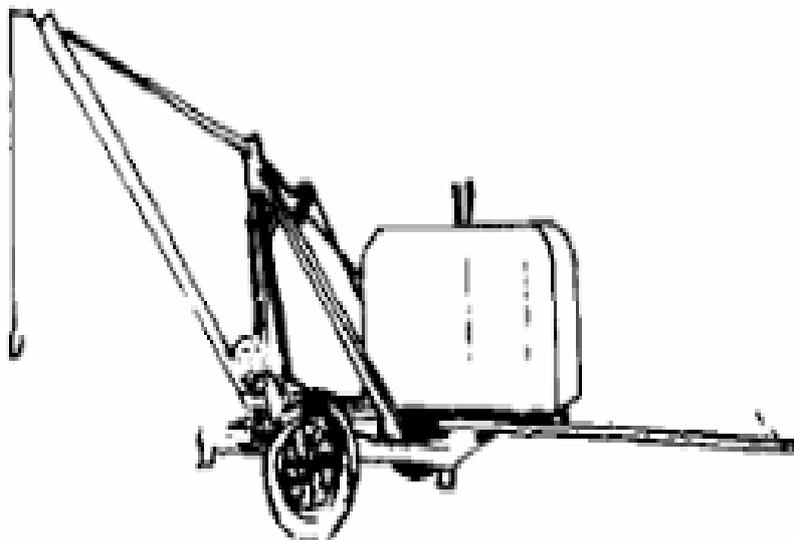


Fig. 9 Engin de levage type Derricks

2.4.2. Grues à tour :

Installés à poste fixe ou sur voie de translation, ces appareils ont pour mission de prendre les matériaux en un point quelconque d'une aire desservie par le bras de force et de le monter à toute hauteur du bâtiment (y compris terrasse ou couverture).



Fig.10 Grues à tour à contrepoids placé en bas de la tour

Les grues à tour peuvent être à contrepoids haut ou à contrepoids placé en bas de la tour, dans ce cas, on a le plus souvent à faire à des grues repliables et transportables. Pour chaque grue la force portante dépend de la position de la charge sur la flèche, tant que la charge s'éloigne de la tour la force portante diminue.



Fig.11 Grues à tour à contrepoids haut

2.5. ENGIN DE BETONNAGE

Selon l'importance des chantiers on dispose soit de bétonnières, soit de stations fixes de bétonnage dites "Centrales à béton". Bétonnières (figure 112) ;



Fig.12 Engin de bétonnage type Bétonnières

Les bétonnières sont de deux types :

2.5.1. Bétonnières à tambour basculant :

Engins constitués par un tambour tournant autour de son axe pendant le malaxage et autour d'un axe de pivotement transversal. Elles comportent le plus souvent une trémie chargeuse. Le chargement des composants se fait en introduisant successivement les éléments de plus en plus fins : gravier, gravillon, sable et finalement ciment (figure 13).

L'eau doit être introduite avant les agrégats de façon à ce qu'elle facilite la rotation. Les débits de production varient entre 1,5 et 12 m³/h. Les puissances entre 1 et 6 CV.

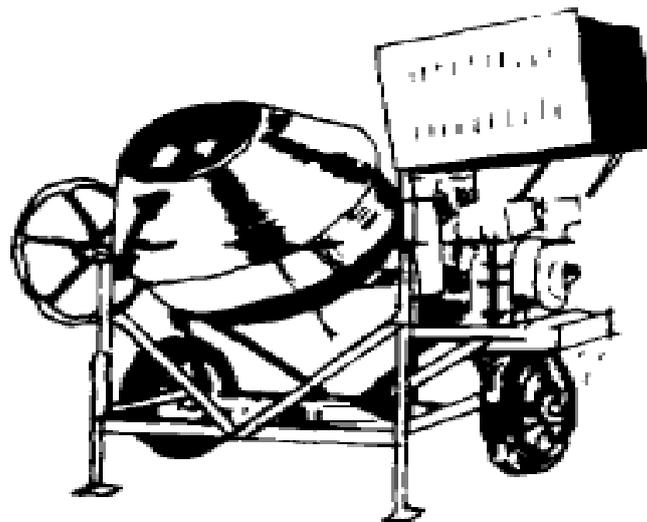


Fig.13 Bétonnières à tambour basculant

2.5.2. Bétonnières à tambour fixe :

le tambour ne comporte plus qu'un seul axe de rotation horizontal ou vertical. Pour celle à axe horizontal, les composants sont introduits par l'arrière de la cuve à l'aide d'une trémie chargeuse basculante ou d'un tapis élévateur (figure 14). Le déchargement s'effectue par l'avant en inversant le sens de rotation du tambour. Pour celle à axe vertical ou malaxeur, les composants sont introduits par le haut et sont récupérés après malaxage par le bas. Le rendement varie de 3 à 20 m³/h. Pour éviter la ségrégation, il faut que :

$$D \times n^2 = 350 \text{ à } 450$$

n : vitesse de rotation en tours/mn

D : diamètre de la cuve.

- La durée de malaxage doit être de :

Type de bétonnière	Diamètre	Nbre de tours	Durée en mn
bétonnière à axe horizontal	1.00	20 à 30	1.00 à 1.30 mn
bétonnière à axe incliné	1.00	30 à 40	1.20 à 2.00 mn

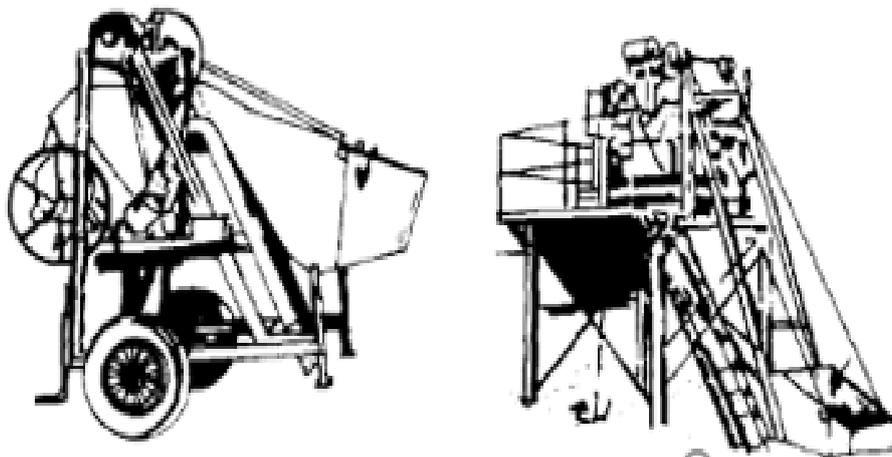


Fig.14. Bétonnières à tambour fixe

2.5.3. Centrales à béton :

Une centrale à béton est essentiellement constituée par une cuve à tambour fixe de grande capacité (3), avec chargement et dosage automatiques. Une centrale à béton n'est utilisée que pour les grands chantiers. Le rendement varie de 8 à 250 m³/h; on distingue (figure 15) :

- Centrales mobiles de production moyenne (8 à 35 m³/h) ;
- Centrales mobiles de grande production (jusqu'à 100 m³/h).

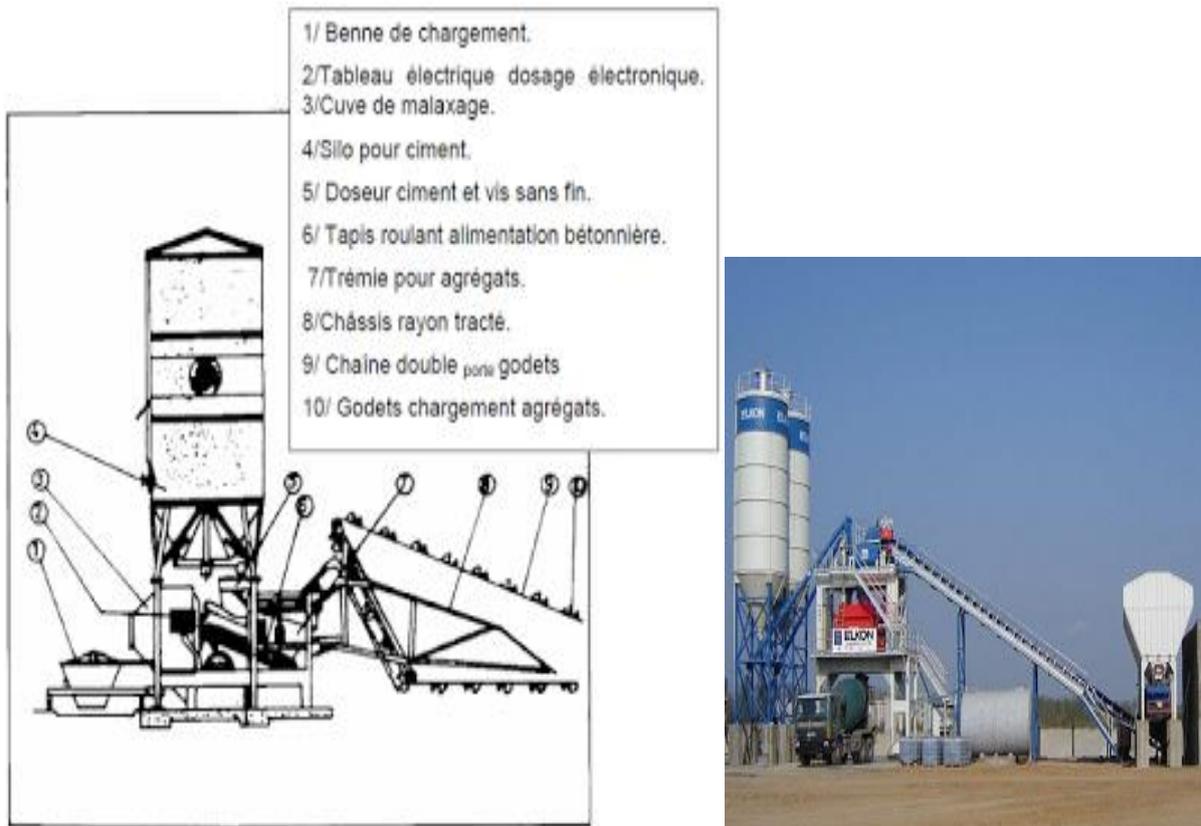


Fig. 15 Centrales à béton

2.6. ENGINES DIVERS :

2.6.1. Compresseurs :

Les compresseurs sont de deux types : fixe ou mobile. Ils servent pour la production d'air comprimé destiné à l'alimentation de l'outillage pneumatique (exemple : transport de béton dans des tuyaux, vibreur, ...) (figure 16)



Fig.16 Compresseurs

2.6.2. Le camion malaxeur :

Le camion malaxeur est utilisé lorsque les lieux de production du béton ne peuvent pas être installés à proximité du chantier (figure 17)



Fig. 17 Le camion malaxeur

2.6.3. Les appareils de transport pneumatique :

Le transport du béton à distance peut se faire aussi à l'aide d'appareils pneumatiques (grâce à la compression de l'air). Pour ce type de transport, il faut faire très attention à la grosseur des éléments transportés, le tracé de la tuyauterie doit être très soigné. Les manuels d'utilisation de ces appareils renseignent sur leurs conditions d'usage.(figure 18)



Fig.18 Les appareils de transport pneumatique

2.6.4. Les niveleuses :

Les niveleuses sont employées sur les chantiers de terrassement soit pour répandre les matériaux avant compactage (figure 19), soit pour niveler un sol pour décaper (débarrasser la surface de débris ou autres). L'élément opérateur de la machine est la lame, sa largeur varie de 2,20 m à 5 m. Pour la plupart des engins elles sont de 3m.



Fig19 Niveleuses

L'exploitation efficace des niveleuses requiert beaucoup d'adresse et d'expérience de la part de l'opérateur. La niveleuse est un des engins de chantiers les plus difficiles à manœuvrer lors des opérations de profilage. Aussi pour des raisons de productivité, le responsable de l'organisation de chantier devrait se soucier d'affecter aux niveleuses les opérateurs les plus chevronnés. Les niveleuses sont munies de transmission qui compte plusieurs rapports en marche avant et plusieurs rapports en marche arrière. Cela permet à l'opérateur de sélectionner le meilleur rapport compte tenu de la délicatesse du profilage à réaliser. Un opérateur expérimenté sera en mesure de déterminer la longueur optimale des passes en considérant plusieurs paramètres dont la nature du matériau, la sécurité, et l'organisation du chantier. La valeur idéale de la distance de chacune des passes se situe normalement entre 75 et 250m.

Exemple d'application1 : On demande la production horaire d'une niveleuse qui doit réaliser quatre passes de profilage pour chaque tronçon de 100 m de route en construction. L'inversion entre la marche avant et arrière ainsi que l'ajustement de la hauteur de la lame requiert 4 secondes. La vitesse avant moyenne sera de 3,8 km/h tandis que celle arrière sera en moyenne de 18,6 km/h. L'habilité de l'opérateur permettra de passer directement de la quatrième passe à la première passe du tronçon suivant. Le taux de travail est de 55 minutes par heure.

Solution :

- Analyse du cycle :

→ Vitesse avant profilage de la 1re passe, inversion de marche et ajustement de la hauteur de la lame

← vitesse arrière recul, inversion de marche et ajustement de la hauteur de la lame → Vitesse avant profilage de la 2e passe, inversion de marche et ajustement de la hauteur de la lame

← vitesse arrière recul, inversion de marche et ajustement de la hauteur de la lame

→ vitesse avant profilage de la 3e passe, inversion de marche et ajustement de la hauteur de la lame

← vitesse arrière recul, inversion de marche et ajustement de la hauteur de la lame

→ vitesse avant profilage de la 4e passe

- Durée du cycle pour le profilage de 100 m

$$[((0,1 \text{ km} \div 3,8 \text{ km/h} \times 60 \text{ min/h}) + (4 \text{ s} \div 60 \text{ s/min}) + (0,1 \text{ km} \div 18,6 \text{ km/h} \times 60 \text{ min/h}) + (4 \text{ s} \div 60 \text{ s/min})) \times 3 \text{ passes}] + (0,1 \text{ km} \div 3,8 \text{ km/h} \times 60 \text{ min/h}) = 7,684 \text{ min}$$

- Production horaire réelle de profilage = $100 \text{ m/cycle} \times 55 \text{ min}/7,684 \text{ min/cycle} = 715,8 \text{ m/h}$

Lorsqu'on désire exprimer la production de profilage de la niveleuse en m^3/h , ce qui est quelques fois utile pour comparer des productivités ou déterminer le nombre d'équipements requis, il est possible de le faire pourvu que nous connaissions la longueur de la route et le volume foisonné total.

Exemple d'application2 : À partir des résultats obtenus à l'exemple d'application précédent, on supposera que l'axe longitudinal des travaux routiers est de 2 890m et que le volume total foisonné de $17\,455\text{m}^3$. Quelle serait la production horaire en m^3/hr ?

- Production horaire = $17\,455\text{m}^3 \div (2\,890\text{m} \div 715,8\text{m/h}) = 4\,323\text{m}^3/\text{h}$

2.6.5. Les rouleaux compresseurs :

Les rouleaux compresseurs sont utilisés pour les travaux de compactage. Ces appareils à jantes lisses peuvent se classer en deux groupes (figure 20) :

- Les tandems : avec deux roues de même diamètre et de largeurs égales

- Les tricycles : avec trois roues, une à l'avant et deux à l'arrière. (Le poids des compresseurs varie entre 10 et 20 t).



Fig. 20 Les rouleaux compresseurs

Le rendement d'un compacteur est conditionné par sa vitesse, l'épaisseur de la couche de matériaux ou de sol, du nombre de passes requises pour atteindre la compaction voulue. On détermine la production horaire d'un compacteur à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Production horaire (m}^3/\text{h)} = La \times V_{\text{moy.}} \times Ep \times Fo \div Np$$

Où

- La : Largeur des rouleaux du compacteur en mètre
- $V_{\text{moy.}}$: Vitesse moyenne de déplacement en kilomètre par heure
- Ep : Épaisseur des couches en millimètre
- Fo : Facteur d'opération qui prend en compte l'inversion de marche, la superposition des passes, l'attente. La valeur de 70% est souvent utilisée pour les compacteurs à rouleaux lisses et vibrants.
- Np : Nombre de passes requises

Exemple d'application3 : On demande de calculer la production horaire théorique en m^3/h d'un compacteur à rouleaux lisses et vibrants. Le compacteur qui sera utilisé à une largeur de rouleau de 1 035 mm. Afin de compacter adéquatement la pierre concassée (0-20mm avec foisonnement initial de 11,1%), le compactage se fera par couche compactée de 270mm d'épaisseur, à une vitesse de 2,1 km/h et en 4 passes.

Solution :

- Épaisseur foisonnée de la couche = $270\text{mm} \times 1,111 = 299,97\text{mm}$ soit 300mm
- Production horaire théorique (m^3/h) = $1,035 \text{ m} \times 2,1 \text{ km/h} \times 300 \text{ mm} \times 70\% \div 4 = 114,1 \text{ m}^3/\text{h}$

2.6.6. Les rouleaux vibrants :

L'effet de compactage est assuré par le poids et les vibrations. Ces vibrations ont pour rôle de diminuer les frottements entre les particules ce qui permet des compactages en profondeur (figure 21)

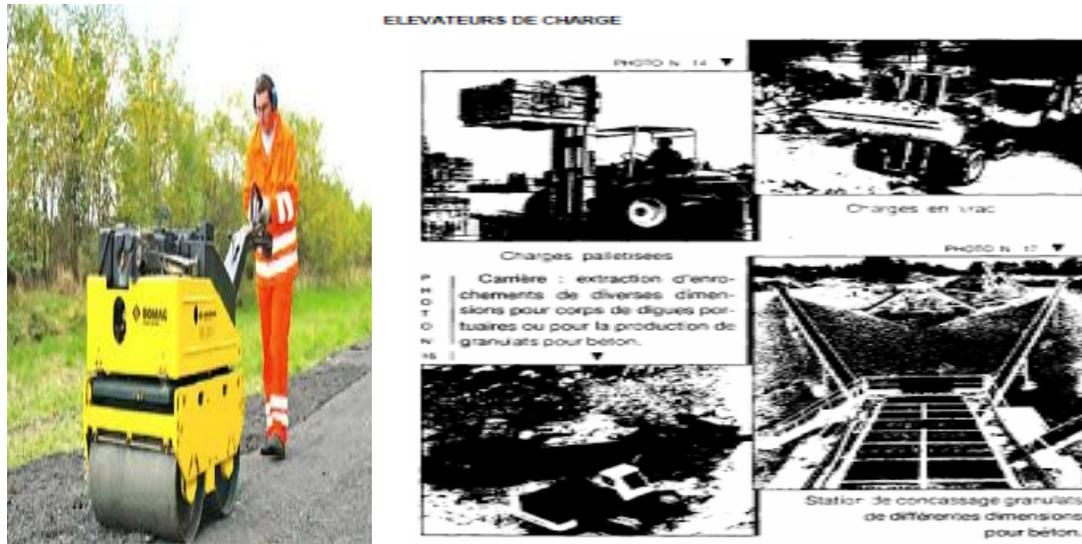


Fig.21 Les rouleaux vibrants

Chapitre 3

Planification des travaux

CHAPITRE 3

PLANIFICATION DES TRAVAUX

3.1. DEFINITION DE TEMPS UNITAIRE DE MAINS D'ŒUVRES

Les valeurs de temps unitaire (TU) correspondent à des durées de travail d'un ouvrier moyen pour réaliser à lui seul une unité d'ouvrage. Le TU est exprimé en fraction décimale d'heure. (centième d'heure). Le TU permet :

- le calcul du temps de main d'œuvre pour chaque nature d'ouvrage
- le calcul du temps d'exécution pour une équipe donnée

Ex : T.U pour réaliser 1 m³ de béton radier : 0.90 h/m³

- Le temps d'équipe : le temps d'équipe est le temps mis par plusieurs ouvriers d'une équipe pour réaliser un travail. L'utilisation de ces temps nécessite une bonne connaissance des ouvriers et une stabilité des ouvriers.

Ex : Une équipe de 4 ouvriers réalisera 76 ml de radier en 2 jours de 8 heures

3.2. RENDEMENT - LA PRODUCTION

Le rendement d'un ouvrier (ou d'une équipe) exprime la quantité de travail qu'il (qu'elle) peut réaliser pendant une unité de temps (heure, journée...). Le rendement et temps unitaire TU sont par définition inverse l'un à l'autre :

$$TU = \frac{1}{R} \text{ ou } R = \frac{1}{TU} \quad (1)$$

Le rendement est plus utilisé pour définir les possibilités de travail ou de production d'un engin ou d'un matériel. Le rendement permet le calcul de la durée d'emploi d'un matériel

$$DUREE = \text{Quantité à réaliser} / \text{Rendement} \quad (2)$$

Exemple : Enduit de Façade : l'ouvrier réalisera 1.20 m² d'enduit en 1 heure.

3.3. DETERMINATION DES TEMPS UNITAIRES ET DES RENDEMENTS

Les TU et les Rendements se déterminent de deux façons différentes :

- par comparaison
- par déduction au moyen de compte-rendu de travaux (tâches similaires dans conditions sensiblement identiques)

Exemple :

Nombre d'ouvriers.....n

Quantité d'ouvrage réalisé dans la journée par ces n ouvriers.....q

Nombre d'heures de travail correspondant à la quantité d'ouvrage réalisé.....x

- Temps unitaire moyen pour réaliser une unité d'ouvrage

$$T = \frac{x.n}{q} \quad (3)$$

Remarque : notions relatives aux TU

- **Egalités fondamentales :**

$$T.U. d'équipe = \frac{\text{somme des T.U. des ouvriers de l'équipe}}{\text{nombre d'ouvriers de cette catégorie}} \quad (4)$$

$$T.U. d'équipe = \frac{\text{somme des T.U. des ouvriers d'une catégorie}}{\text{nombre d'ouvriers de l'équipe}} \quad (5)$$

$$T.U. d'ouvrier = \text{somme des T.U. des différents ouvriers} \quad (6)$$

$$T.U. d'ouvrier = T.U. d'équipe \times \text{nombre d'ouvriers} \quad (7)$$

- **Egalités complémentaires**

$$\begin{aligned} \text{Qté à réaliser} \times T.U. &= \text{Besoin en M.O.} = \\ &\text{Effectif} \times \text{Horaire journalier} \times \text{Durée} \end{aligned} \quad (8)$$

Exemple : 100 m³ x 4 h / m³ = 400 h = 5 hommes x 8 h / j x 10 J

$$\begin{aligned} T.U. &= \frac{1}{\text{rendement}} \\ \text{Ou} \\ \text{rendement} &= \frac{1}{T.U.} \end{aligned} \quad (9)$$

3.4. TEMPS TOTAL PREVISIONNEL DE MAIN D'ŒUVRE

Tableau 1. Nature d'ouvrage en fonction des quantités réalisées ; temps unitaire et temps total par nature de l'ouvrage

N° ordre	NATURE D'OUVRAGE	QUANTITÉS A REALISER	TEMPS—UNITAIRES (heure)	TEMPS TOTAL PAR NATURE D'OUVRAGE (heure)
1	Coffrage normal avec banches	100 m ²	1.10 h/m ²	110
2	Coffrage courbe avec banchés	100 m ²	2.50 h/m ²	250
Temps total de M.O				360 h

- **Effectif de main d'œuvre**

$$\text{Nombre d'ouvriers} = \frac{\text{Temps total de main d'œuvre en heure}}{\text{Heures de travail par jour} \times \text{Durée retenue en jour de travail}} \quad (10)$$

3.5. COMPOSITION DES EQUIPES

Les résultats précédents sont déterminés avec des temps " d'ouvrier moyen ". La composition d'une équipe est définie en fonction de la qualification du personnel nécessaire pour réaliser la partie d'ouvrage étudiée.

Pour obtenir un bon rendement dans le travail l'équipe devra être composée de 3 ou 4 ouvriers (à adapter suivant le type de chantier) et la tâche considérée. Il est à noter qu'à ce stade la composition des équipes (la détermination du nombre d'ouvriers) est étroitement liée au délai. Il est souvent nécessaire de poser des hypothèses ou de faire des choix sur le délai ou le nombre d'ouvriers

3.6. PROCESSUS GENERAL

1 - Quantitatif par unité d'ouvrage (suivant T.U)

2 - Recherche des T.U (différentes sources)

-recueil, livres style Bâti prix... (à adapter à l'ouvrage considéré)

-statistiques entreprises (contact extérieur)

-estimation personnelle

3 - Temps total de main d'œuvre - Crédit d'heures

L'ensemble des quantités x T.U (par unité d'ouvrage élémentaire)

4 - Détermination de l'effectif (nb. Moyen d'ouvriers)

$$n = \frac{\text{Temps total de MO}}{8hx \text{ Durée}} \quad (11)$$

Ce nombre moyen d'ouvriers est intéressant à connaître au stade de l'étude prévisionnelle.

Au niveau du programme d'exécution il sera nécessaire de procéder de la même façon en fonction des différentes tâches.

Remarque : L'utilisation de tableaux est vivement conseillée pour ce travail qui nécessite clarté et rigueur

3.7. LES RENDEMENTS DES ENGINS

Connaître le rendement d'un engin à effectuer un travail déterminé, permet le calcul de son coût d'exploitation. Il se mesure en comparant la production horaire d'une machine et son coût horaire d'exploitation et s'exprime suivant cette formule

$$\text{Rendement maximal de la machine} = \frac{\text{valeur minimale possible du coût d'exploitation}}{\text{production horaire maximale possible}} \quad (12)$$

Les éléments permettant de calculer la production sont :

- Le volume
- La densité et les différents coefficients de foisonnement

- Le temps de travail : le temps chronométrique de fonctionnement effectif correspond au temps relevé sur le compteur horomètre de l'élément moteur, avec une erreur généralement inférieure à 10%
- Les résistances

3.7.1. Définition du rendement de production

Production : c'est le taux horaire auquel on déplace le matériau. Il s'exprime à l'aide d'unités diverses

- Mètre cube en place : mètre cube de matériau mesuré à l'état normal dans le sol avant l'excavation ;
- Mètre cube foisonné : mètre cube de matériau après excavation, et par conséquent, affecté par le foisonnement ;
- Mètre cube compacté : mètre cube de matériau après le compactage qui a réduit son volume antérieur ;

En général, l'unité utilisée pour le calcul des terrassements est le mètre cube en place.

$$\text{Coefficient de chargement} = \frac{100\%}{100\% + \% \text{ de foisonnement}} \quad (13)$$

Chargement (volume en place) = m³ foisonné x coefficient de chargement

Le rendement de production d'un matériel peut se définir comme la quantité de travaux qu'il est capable de produire pendant un certain nombre d'heures de travail possible.

$$\text{Rendement de production} = \frac{\text{quantité de travaux}}{\text{nombre d'heures de travail}} \quad (14)$$

3.7.2. Rendements théoriques de quelques engins de terrassement

1. Bulldozer :

Tableau 2. Rendements théoriques de Bulldozer

Bulldozer	Puissance	Quantité refoulée par passe, lame droite
D4	75HP	1.7m ³
D6	140HP	3.2m ³
D8	300HP	6m ³

a) Débroussaillage avec D6 : 25 000 m² par jour

b) Foisonnement ou gerbage en carrière

Nature du terrain	Rendement horaire		
	D4	D6	D8
Terrain meuble	85m ³ /h	180m ³ /h	320m ³ /h
Argile humide	70m ³ /h	150m ³ /h	280m ³ /h

2. Chargeur δ

Tableau 3. Rendements théoriques de Chargeur

a) Capacité du godet

Chargeur	Capacité du godet
936	1.4m ³
966	3.1m ³

b) chargement

Nature du terrain	Rendement horaire	
	936	966
Terrain meuble	100m ³ /h	150m ³ /h
Argile humide	90m ³ /h	115m ³ /h

Chapitre 4
Planning et ordonnancement

CHAPITRE 4 :

PLANNING ET ORDONNANCEMENT

4.1. GENERALITE SUR LES PLANNINGS

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'ordonnement** 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. OBJECTIF DES PLANNINGS

Pour planifier un projet, il faut impérativement mettre en place un outil qu'on appelle planning. Il faudra décortiquer le projet en tâches et sous-tâches et les ordonner. Attention à ne pas oublier d'estimer leurs charges et les ressources nécessaires, qu'il s'agisse de ressources humaines ou physiques.

Les objectifs du planning sont :

- Pouvoir analyser les écarts entre les objectifs réalisés et les objectifs prévus ;
- Pouvoir avoir de la visibilité sur l'état d'avancement du projet et en construire une communication claire ;
- Savoir quelles sont les ressources qui sont nécessaires pour chaque tâche

4.3. DIFFERENTES CATEGORIES DE PLANNINGS

Les catégories de plannings sont nombreuses, on distingue :

4.3.1. Le planning général d'avancement des travaux

Il prévoit pour le chantier concerné à l'intérieur du délai contractuel le jalonnement des étapes d'exécution, l'ordonnement des phases des travaux.

4.3.2. Les plannings particuliers

Ils se dérivent du planning général, et concernent directement la régulation de l'exécution, c'est ainsi, qu'on établit en ce qui concerne une entreprise de gros œuvres :

- Le planning de lancement de la préparation du chantier
- Le planning d'occupation progressive du chantier concernant la mise en place des installations et équipements avant démarrage officiel des travaux.
- Le planning de VRD (voirie et réseaux divers)
- Le planning d'ordonnement des diverses chaînes d'opérations.
- Le planning de la main d'œuvre, concernant l'optimisation des effectifs, la répartition et le mouvement du personnel.
- Le planning d'emploi et d'entretien de matériels (gros engins et coffrages outils ...).

4.5. METHODES DE PRESENTATION DES PLANNINGS

4.5.1. Les plannings généraux

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

4.5.1.1. Planning à barres - Planning GANTT - méthode linéaire

Le diagramme de 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.

4.5.1.2. Planning chemin de fer - méthode linéaire

Ce type de planning était utilisé par la SNCF pour représenter la marche des trains. 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.

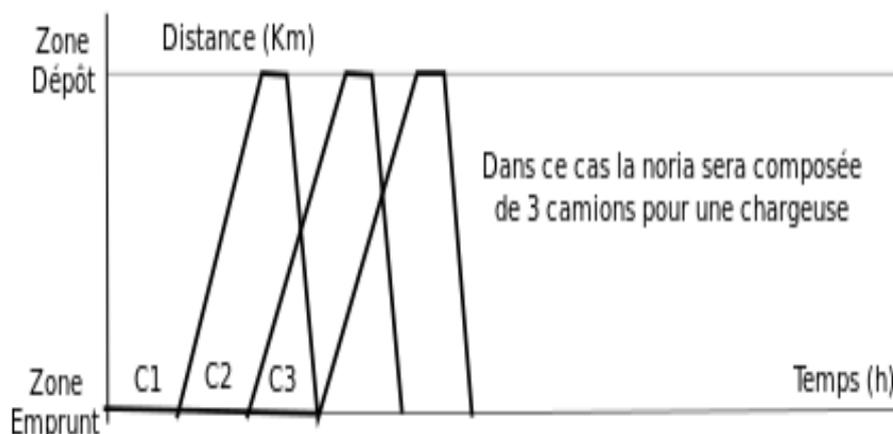


Fig1 Planning chemin de fer

4.5.1.3. *Planning de Graphe ou réseau PERT - méthode de réseau*

Le graphique PERT 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.

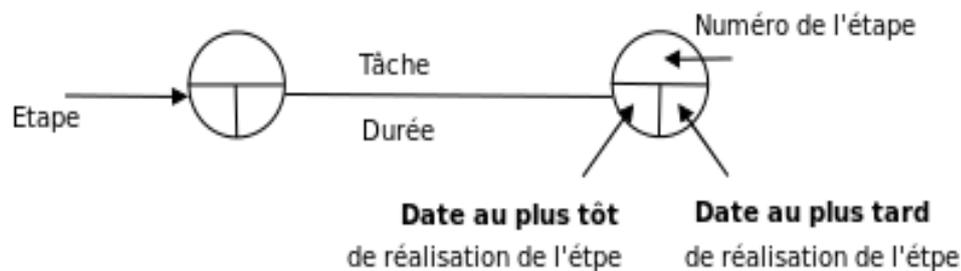


Fig.2 Planning de Graphe ou réseau PERT

4.5.2. 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,
- Représentation :

4.5.2.1. *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.

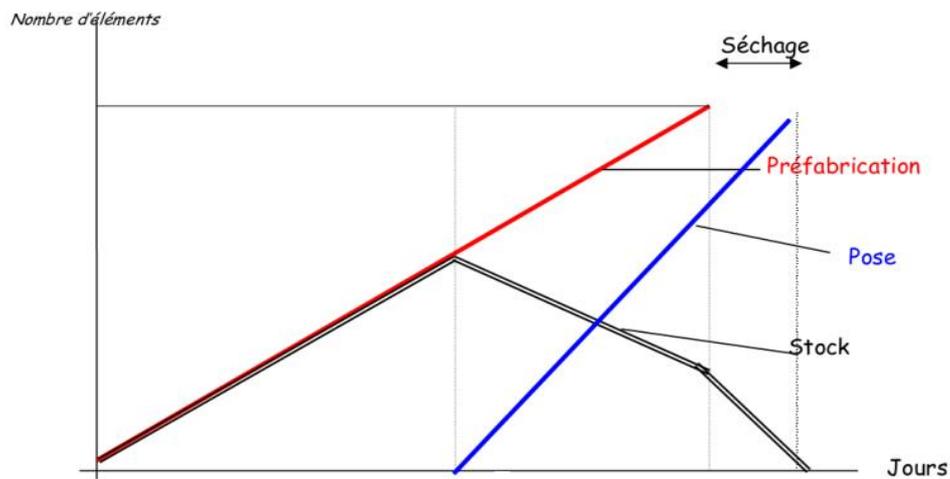


Fig.3.Représentation Courbes de production

4.5.2.2. *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.																						

Fig4. .Représentation d'un Planning d'approvisionnement

4.5.2.3. *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).

4.5.2.4. *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, pallier 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	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

Fig5. Représentation d'un Planning de la Gestion de la main d'œuvre

4.5.2.5. 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.

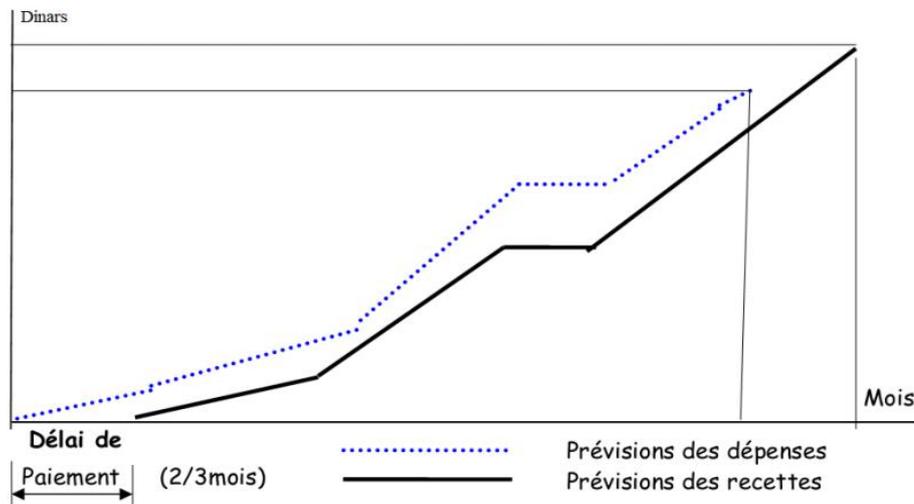


Fig6. Représentation d'un Planning de la Gestion financière

4.6. NOTION D'ORDONNANCEMENT

Les techniques d'ordonnancement dans le cadre de la gestion d'un projet complexe (nécessitant une multitude de tâches) ont pour objectif d'organiser et de planifier les différentes opérations du projet, et donc **de répondre au mieux aux besoins exprimés par un client, au meilleur coût et dans les meilleurs délais, en tenant compte des différentes contraintes**

- **De temps** : délais à respecter pour l'exécution des tâches ;
- **D'antériorité** : certaines tâches doivent s'exécuter avant d'autres ;

- **De production** : temps d'occupation du matériel ou des hommes qui l'utilisent.

4.6.1. Principe de réalisation d'un « ordonnancement »

Les exemples précédents montre que la planification consiste à positionner sur un calendrier suivant un ordre précis, les diverses tâches permettant la réalisation de l'ouvrage, en indiquant la date de début et la date de fin de ces tâches. La réalisation d'un planning nécessite donc l'emploi d'une méthode d'ordonnancement.

Ordonnancement : Il s'agit de l'organisation des tâches entre elles afin de respecter la logique d'exécution de la construction. Il s'agit donc :

- de décomposer l'ouvrage considéré en tâches
- d'estimer la durée de ces tâches selon le contexte de l'ouvrage.
- d'étudier les enclenchements et liens entre les différentes tâches.

La présentation de l'ordonnancement peut se faire sous forme de tableau :

Tableau 1 : Présentation de l'ordonnancement

N° Tâche	Désignation des Tâches	Durée	Tâches immédiatement précédente	liens

- **Tache élémentaire** : On appelle tâche élémentaire, un élément de la décomposition d'un travail que l'on souhaite planifier. Cette décomposition peut être plus ou moins importante, en effet, le niveau de décomposition est "relatif" au travail à planifier :

- La pose des cloisons peut être une tâche élémentaire dans la planification de la construction d'un bâtiment R+10.
- La pose des cloisons de l'appartement 310 du 3e étage peut être une tâche élémentaire dans la planification de la pose des cloisons du bâtiment A.
- Le réglage de la verticalité peut être une tâche élémentaire dans la planification des opérations nécessaires à la pose d'une cloison.

Nous assimilerons à une tâche tout ce qui consomme du temps

- ✓ **Exemple** : Un délai de livraison, le durcissement du béton pour le maintien des étais, le séchage des plâtres avant peinture, etc.

Une tâche est donc identifiable par un début (contrainte de départ), une durée (contrainte de travail), une fin.

NOTA : Début = Matin ; Fin = soir

Exemple : dans le cas de travaux de terrassement-fondations, considérons la décomposition suivante :

Tâches élémentaires		
Débroussaillage	Fondation superficielle	OS de démarrage
Fouille en rigole	Décapage terre végétale	Piquetage
Fouille en pleine masse	Réseaux enterrés	Dallage

Classer les tâches précédentes dans un ordre logique d'exécution en précisant le(s) antécédent(s) immédiat(s) :

-Décomposition de l'ouvrage en tâches élémentaires :

A l'aide du devis descriptif, il convient de définir les tâches élémentaires à accomplir sur le chantier. La décomposition en tâches élémentaires doit tenir compte des caractéristiques suivantes :

- l'activité représentative de la tâche correspond à la décomposition minimale à gérer.
- Elle doit être parfaitement définissable dans le temps et dans l'espace afin d'être contrôlée sans ambiguïté.
- Sa durée sera assez courte pour que la gestion en soit facilitée
- Il ne correspond pas toujours à un élément du quantitatif (regroupement ou éclatement d'ouvrage élémentaire).
- Son coût est en général faible par rapport au montant du marché.

-Enclenchement logique des tâches :

Les enclenchements doivent permettre d'établir une relation d'ordre entre les tâches. Après avoir calculé les durées des différentes tâches, il faut les organiser en respectant l'ordre d'exécution et les contraintes du chantier.

Par exemple : Les voiles seront exécutées après les semelles de fondation en considérant le délai de durcissement nécessaire du béton.

Durée (j)	1	2	3	4
-----------	---	---	---	---

Semelles 

Voiles 

On peut cependant estimer que sur un chantier important les voiles pourront commencer lorsque 50 % des fondations seront réalisées.

Durée (j)	1	2	3	4
-----------	---	---	---	---

Semelles



Voiles



4.6.2. Principes à appliquer :

- Enchaînement logique des opérations :

Exemple : montage des cloisons après pose des huisseries.

- **Continuité des tâches** : pour une équipe spécialisée donnée, l'exécution des différentes unités d'ouvrage doit se dérouler sans interruption.

- **Simultanéité des tâches** : Pour réduire les délais, il y aura intérêt chaque fois que cela sera possible à prévoir des interventions simultanées de travaux distincts.

Exemple : le montage des cloisons intérieures dans un bâtiment de plusieurs étages devra être entrepris avant la pose des huisseries au dernier étage: un décalage d'un niveau ou deux séparera le début des deux interventions.

En revanche il faut proscrire la simultanéité d'exécution quand elle entraîne une gêne dans le travail.

- **Marge dans les durées d'exécution** : les durées d'exécution ne doivent être calculées ni trop largement, dans un but de rentabilité, ni au plus juste, sous peine de ne pouvoir être respectées et pour tenir compte d'incidents et aléas toujours possibles.

- Respect des règles de l'art.

- **L'exécution des ouvrages vulnérables**, pendant la durée du chantier, sera prévue le plus tard possible, sauf impératif contraire. C'est ainsi que la peinture des ravalements extérieurs devra se situer en tout dernier lieu, afin d'éviter qu'elle ne soit salie par les gravats et poussières.

-**Notion de lien** : Ce sont des liaisons (appelées couramment liens) entre les différentes phases

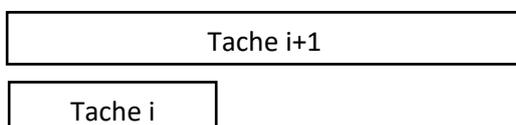
: ⊗ **Lien FD** (*Fin – Début*) :

la tâche i +1 commence lorsque la tâche i est terminée.



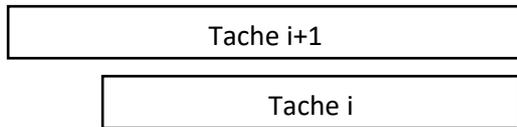
: ⊗ **Lien DD** (*Début – Début*) :

la tâche i+1 commence en même temps que la tâche i



⊗ **FF (Fin – Fin):**

la tâche $i+1$ se termine lorsque la tâche i est terminée.

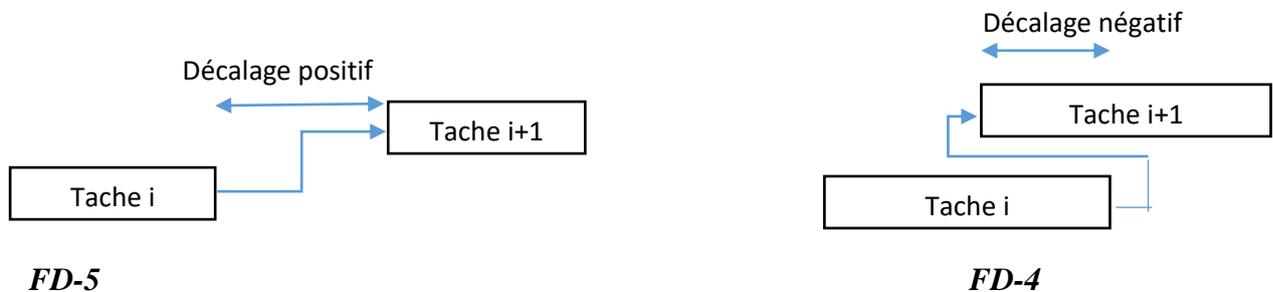


Les liens entre les tâches impliquent des délais (ou décalage) de réalisation à respecter entre les tâches.

-Décalage entre tâches :

Le décalage est indiqué sur la liaison entre les tâches (>0 pour les décalages positifs, <0 pour les décalages négatifs)

- Lien FD



- Lien DD



Ces délais sont appelés contraintes que l'on peut classer dans l'ordre de la façon suivante :

-Les contraintes chronologiques

Ces contraintes imposent un ordre d'exécution pour les différentes tâches qui ont été retenues pour la réalisation des ouvrages :

✓ **Exemples :**

- fouilles en rigole avant le béton de fondation
- Terrassement de la tranchée avant la pose d'une canalisation enterrée
- Coffrage et aciers avant le coulage du béton

-Les contraintes techniques

Ces contraintes sont dictées par la réglementation technique (DTU)

✓ **Exemples :**

- temps de séchage du béton avant décoffrage
- délai avant imprégnation et application du béton bitumineux

-Les contraintes critiques

Ces contraintes critiques sont identifiées par le coordinateur ou le conducteur de travaux

✓ **Exemples :**

- la mobilisation des engins de levage et la saturation des grues par jour
- la production par jour d'une centrale à béton ou d'une carrière
- le nombre d'ouvrier dans l'équipe

Chapitre 5
La Méthode PERT

CHAPITRE 5 :

LA METHODE PERT

5.1. GENERALITES

La méthode PERT est une technique permettant de gérer l'ordonnancement dans un projet. La méthode PERT consiste à représenter sous forme de graphe, un réseau de tâches dont l'enchaînement permet d'aboutir à l'atteinte des objectifs d'un projet.

La notion d'ordonnancement de projet renvoie à la gestion opérationnelle du projet. Elle consiste à optimiser la succession des tâches du projet afin de réduire les coûts et les délais.

5.2. HISTORIQUE DE LA METHODE PERT

Le PERT (Program Evaluation and Review Technique – Technique d'élaboration et de mise à jour de programme) a été créée en 1958, aux USA pour la planification du programme spatial POLARIS. Le délai initial de ce programme qui a fait intervenir 9000 sous-traitants, était de 6 ans. L'application de la technique du PERT a permis de réduire ce délai à 2,5 ans.

4.3. BUT DE LA METHODE P.E.R.T :

Le but de la méthode PERT sont :

- Définir le délai total d'accomplissement de l'œuvre et éventuellement proposer des moyens pour le réduire.
- Connaître les conséquences du changement de la durée d'une tâche partielle.
- Evaluer les moyens à mettre en œuvre.
- Etablir une relation entre les délais et les coûts.

4.4. ROLE DU RESEAU PERT :

a) Le PERT présente d'une façon visuelle l'enchaînement logique des tâches en vue :

- d'en faciliter la coordination et le contrôle,
- d'améliorer les prévisions de durée et de coût.

b) Le tracé du réseau PERT permet de connaître le chemin critique (c'est-à-dire le chemin le plus long entre la première et la dernière étape) et par conséquent :

- la durée totale du projet,
- les tâches pour lesquelles tout retard entraîne l'allongement du projet.

4.5. DOMAINE D'APPLICATION DE LA METHODE P.E.R.T :

- Dans le Bâtiment (grands ensembles, hôpitaux, etc. ...)
- Dans les Travaux Public (routes, ponts, etc. ...)
- Pour l'Ordonnancement de prototypes.

- En Maintenance pour coordonner les tâches de plusieurs équipes de spécialités différentes.

4.6. CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE DE LA METHODE P.E.R.T

- L'œuvre doit être divisée en tâches partielles ;
- La durée de chaque tâche doit être connue ;
- L'étude technique doit préciser si certaines tâches doivent être impérativement effectuées avant certaines autres tâches.

4.7. DESCRIPTION DE LA METHODE PERT

Le diagramme s'organise sous forme de réseau. Il possède un début et une fin, des étapes et des tâches.



Fig.1 Forme de réseau PERT

- **Les tâches ;**

On représente les tâches par des flèches. La longueur des flèches n'a pas de signification ;



Fig.2 Représentation les tâches

- **Les étapes ;**

On appelle étape, le début ou la fin d'une tâche. Habituellement on numérote les étapes. On indique aussi leur temps de réalisation au plus tôt et au plus tard

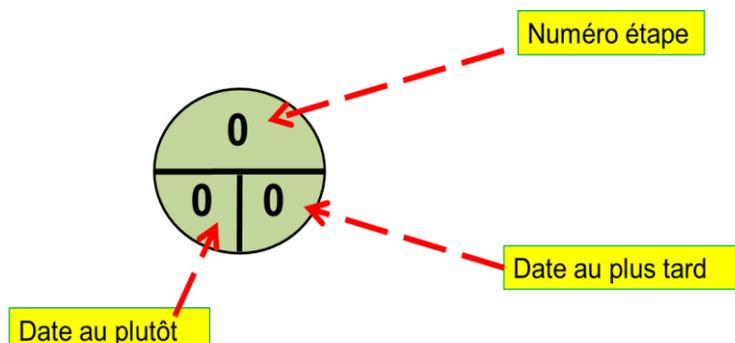
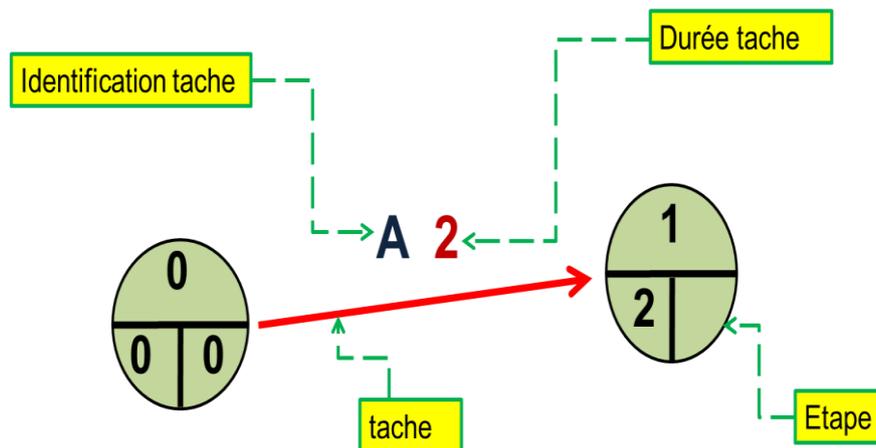


Fig3 Représentation les étapes

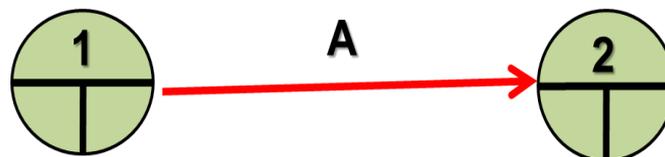
A noter : pour l'ensemble des explications, nous avons utilisé des nombres de jours au lieu de dates. Il est ainsi plus facile de comprendre la logique. Une date au plus tôt de 5 jours correspond à 5 jours après le début du projet.

- Étape 0 : début A
- Étape 1 : fin A
- Etape 1 : début tâche succédant à A

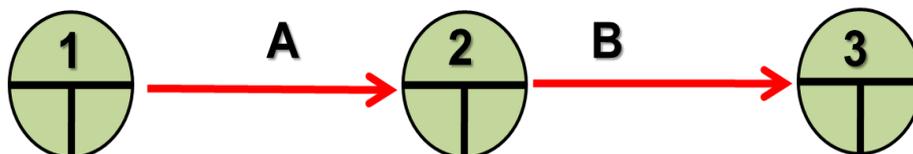


• **Représentation, règles :**

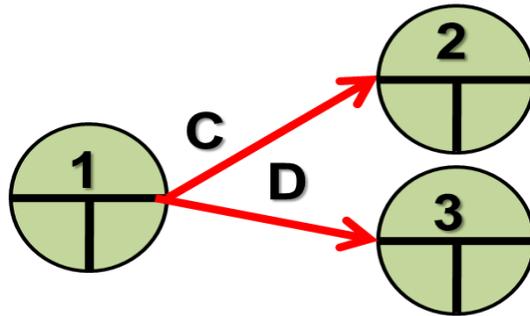
Toute tâche a une étape de début et une tâche de fin. Une tâche suivante ne peut démarrer que si la tâche précédente est terminée.



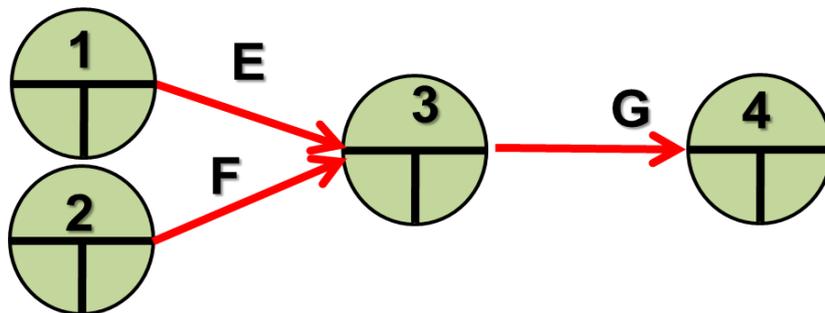
Deux tâches qui se succèdent immédiatement sont représentées par des flèches qui se suivent.



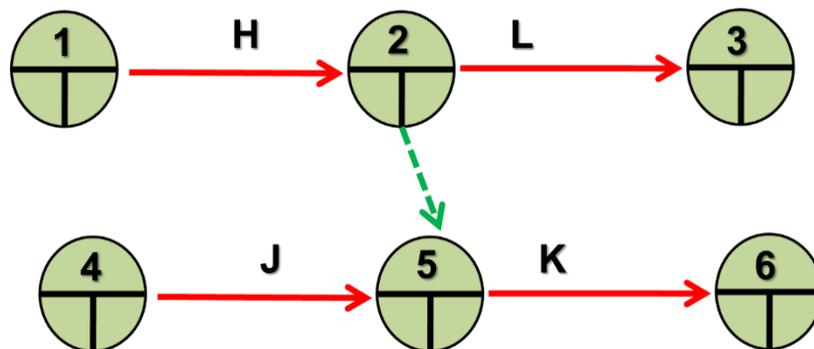
Deux tâches C et D qui sont simultanées (c'est à dire qui commencent en même temps) sont représentées de la manière suivante :



Deux tâches E et F qui sont convergentes (c'est à dire qui précèdent une même étape G) sont représentées de la manière suivante :



Parfois, il est nécessaire d'introduire des tâches fictives. Une tâche fictive a une durée nulle. Elle ne modifie pas le délai final. Par exemple, si la tâche K succède aux tâches H et J, et que la tâche L succède seulement à la tâche H, on représentera le problème de la manière suivante :



- **Détermination des niveaux des tâches.**

Afin de réaliser clairement le réseau PERT, il convient de définir un niveau de réalisation pour chaque tâche. Un niveau est un instant dans le temps. Plus ce niveau est élevé, plus cet instant est éloigné de la première étape du projet.



Fig.4 Détermination des niveaux des tâches

L'objectif est d'identifier quel est le niveau de chaque tâche du projet.

Pour cela, il est nécessaire de construire un tableau sur lequel on identifie les tâches sans antécédence et de les éliminer au fur et à mesure (exemple ci-dessous).

Tableau1 : Représentation des niveaux des taches

Tâches	Tâches antécédentes	Niveau 0	Niveau 1	Niveau 2
A	-	-	-	-
B	A	A	-	-
C	A	A	B	-
D	-	-	C	-
E	B	B	-	-
F	C D	C D	-	-
Tâches sans antécédence :		A D	B C	E F

Cela permet de placer chaque tâche sur son niveau et de construire le réseau PERT.

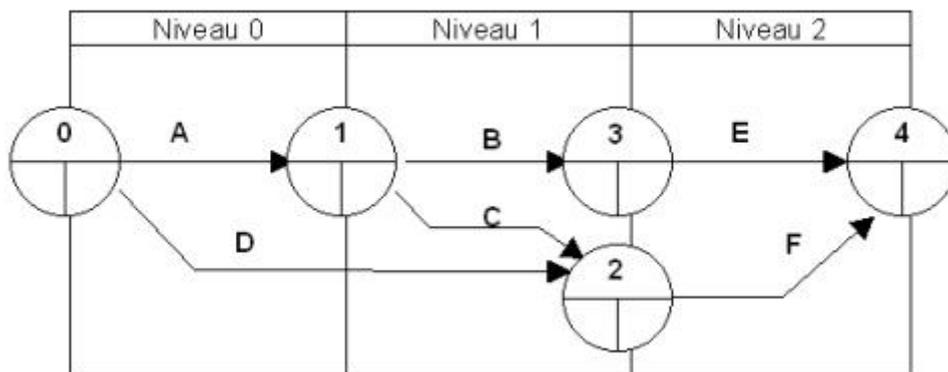


Fig.5 Placer chaque tâche sur son niveau

5 .6. LES ETAPES POUR CREER UN PERT CALCULE DATE AU PLUTOT DES ETAPES

ETAPE 1 : Préparez les tâches

Commencez par lister les tâches - Soyez exhaustif en restant sur un niveau de détail gérable. Estimez leur durée et leur(s) antécédent(s) : pour chaque tâche, évaluer le temps nécessaire pour leur traitement. Exemple de tableau d'antériorités

Tableau 2 : Tableau d'antériorités

TACHE	DUREE	ANTECEDENT(S)
A	2	-
B	8	-
C	5	A
D	2	B
G	3	0
E	6	B
F	5	E
G	3	A,D

ETAPE 2 : Construisez le réseau en reliant les tâches entre elles, via des étapes

Reprenez le tableau avec la liste de tâches et montez le réseau en utilisant les liens de dépendance (les antécédents). Indiquez sur le graphique la désignation des tâches et leur durée comme défini précédemment.

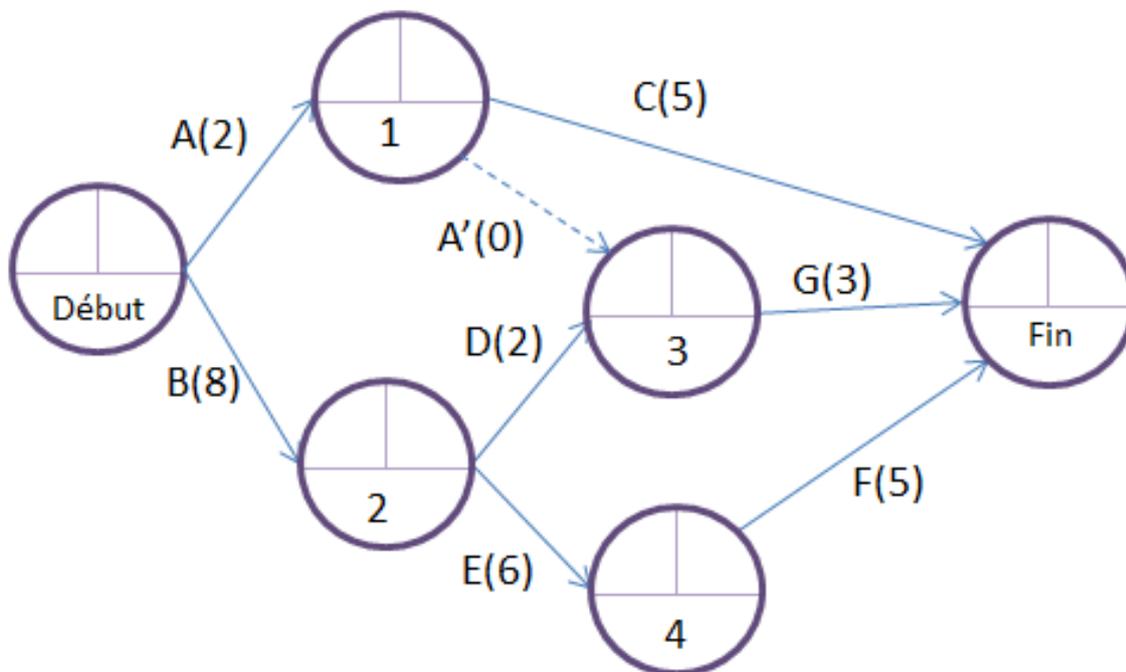


Fig.6 Désignation des tâches et leur durée

La tâche en pointillés est qualifiée de fictive. Nous verrons plus bas comment la traiter.

ETAPE 3 : Indiquez les dates au plus tôt

Prenez la première étape (ici "1"), ajoutez la date au plus tôt de l'étape précédente à la durée de la tâche qui la concerne : $0 + 2$ (tâche A) = 2

Faites de même pour l'ensemble des tâches. Par exemple pour l'étape 4 : $8 + 6$ (tâche E) = 14.

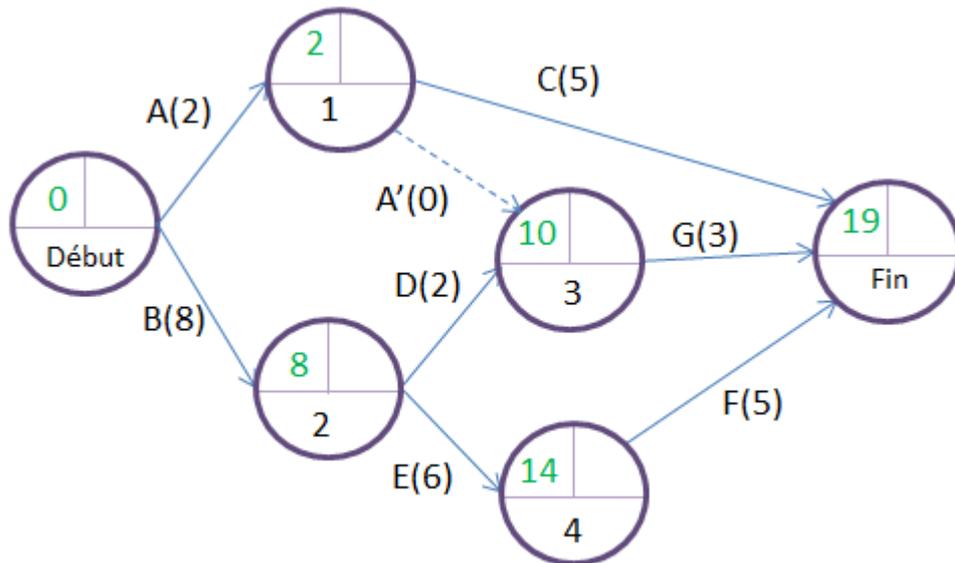


Fig.7 Indiquez les dates au plus tôt

Lorsque plusieurs tâches convergent vers une même étape (ici l'étape de Fin), retenez comme date au plus tôt, le nombre de jours le plus grand des différentes possibilités.

- Dans notre exemple :

- Le chemin passant par la tâche C donne une date au plus tôt de 7 jours

- par l'étape G, 13 jours

- par F, 19 jours

On retient donc 19 jours, car le projet se finira au plus tôt 19 jours après son début.

- **Le cas de la tâche fictive**

Concernant la G, elle possède 2 antérieurs D et A. Comme une tâche ne peut être représentée que par une seule flèche, il est nécessaire de créer une tâche fictive. Comme la D possède la date au plus tôt la plus élevée, on crée à son extrémité de façon conventionnelle l'étape 3 - puis on crée une tâche fictive A' avec une durée de 0 reliant les étapes 1 et 3.

ETAPE 4 : Renseignez les dates au plus tard

Parcourez le chemin inverse pour calculer les dates au plus tard. Partez de la dernière étape et indiquez la date au plus tard égale à la date au plus tôt, ici 19 jours. Puis remontez le graphe en retranchant cette fois à la date au plus tard de l'étape en question, la durée de la tâche qui la précède pour trouver la date au plus tard de l'étape positionnée en amont.

Exemple pour l'étape 1 : 19 jours (nœud final) - 5 jours (tâche C) = 14 jours

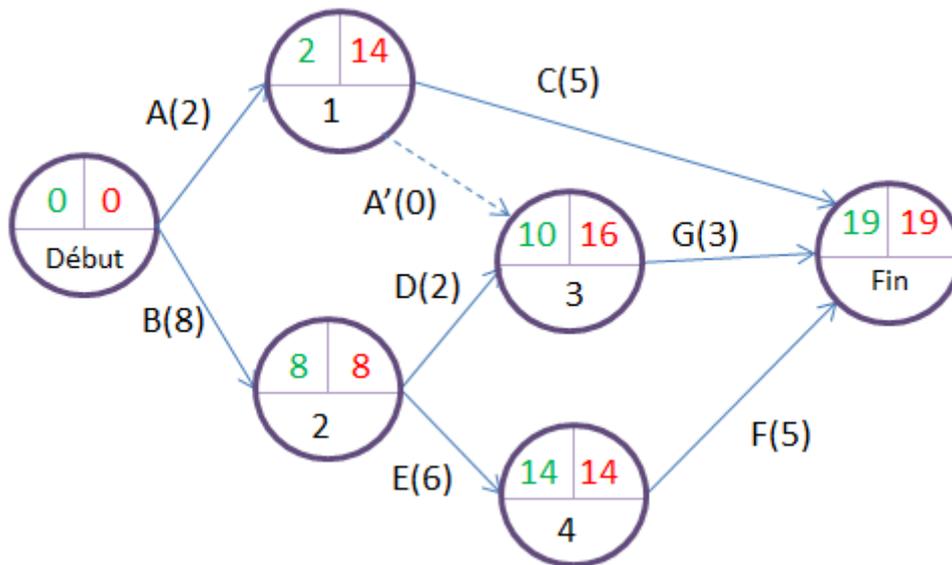


Fig.8 Renseignez les dates au plus tard

Lorsque 2 tâches ont pour origine la même étape, calculez les dates dans les 2 cas et retenez la date la plus petite. Procédez de la même manière avec les tâches fictives.

ETAPE 5 : Calculez les marges des tâches

Ces marges sont des degrés de liberté qui permettent d'absorber des retards. Elles assurent la flexibilité du projet.

- **Définition de la marge totale**

La marge totale représente le retard que peut prendre la réalisation d'une tâche sans impacter la date de fin du projet (à condition qu'elle ait commencé à sa date le plus tôt).

Pour évaluer la marge d'une tâche, prenez les 2 étapes qui l'entourent et appliquez le calcul suivant :

Formule de la marge totale : Date au plus tard de l'étape suivante - Durée de la tâche - Date au plus tôt de l'étape précédente

Exemple : pour l'étape D, la marge totale est de 6 jours (16-2-8).

- **Définition de la marge libre**

La marge libre correspond au retard que peut prendre la réalisation d'une tâche sans impact sur la date au plus tôt des tâches suivantes (à condition qu'elle ait débuté à sa date le plus tôt).

Formule de la marge libre : Date au plus tôt de l'étape suivante - Durée de la tâche - Date au plus tôt de l'étape précédente

A noter : la marge libre ne peut pas être supérieure à la marge totale

Ce qui est particulièrement important lorsqu'une équipe extérieure doit intervenir à une date précise. Il ne faut pas que cette date soit décalée à cause du retard de la tâche précédente.

- Calcul des marges dans l'exemple

Tableau 3 : Calculez les marges des tâches

TACHE	MARGE LIBRE	MARGE TOTALE
A	0	12
C	12	12
B	0	0
D	0	6
G	6	6
E	0	0
F	0	0
A	0	12

ETAPE 6 : Définition du chemin critique

Il s'agit du chemin passant par les tâches dont la marge totale est nulle. Ce tracé indique le délai incompressible pour réaliser le projet.

Une fois le PERT terminé, il est conseillé de construire un planning **Gantt** pour faciliter la visualisation et la gestion au quotidien.

A noter que ce diagramme ne se monte pas une fois pour toutes en début de projet. Il demande à être actualisé en fonction des événements (retards...).

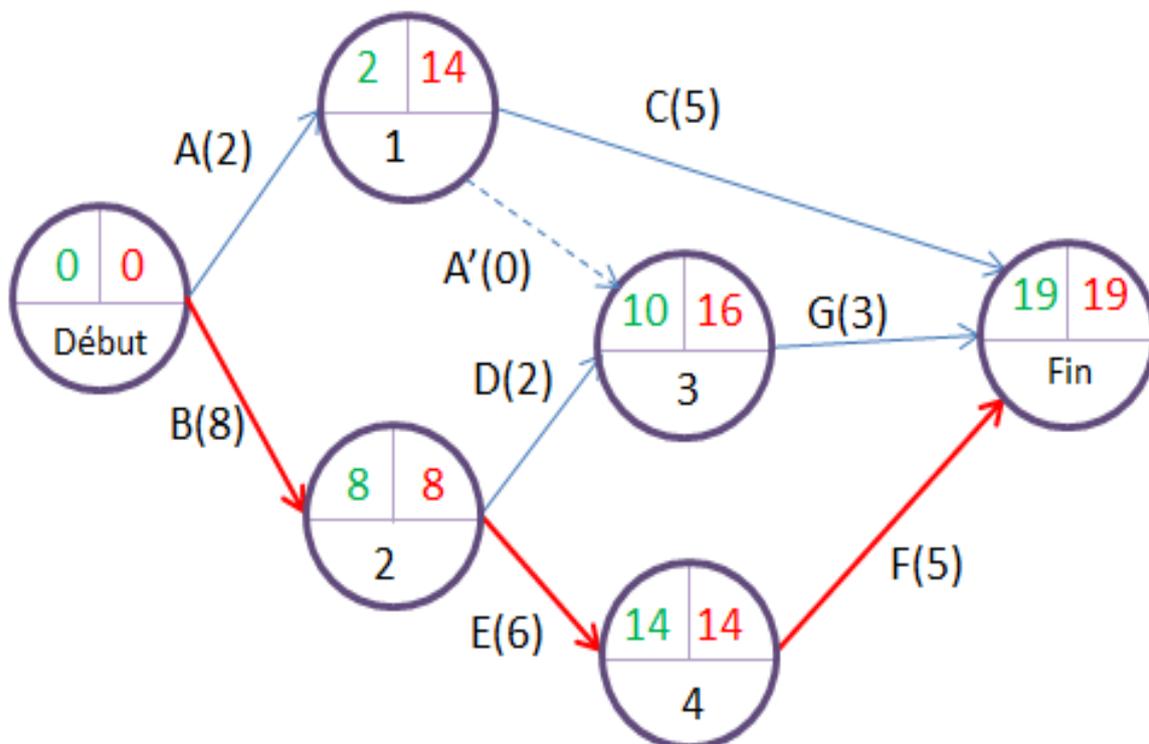


Fig.9 Définition du chemin critique

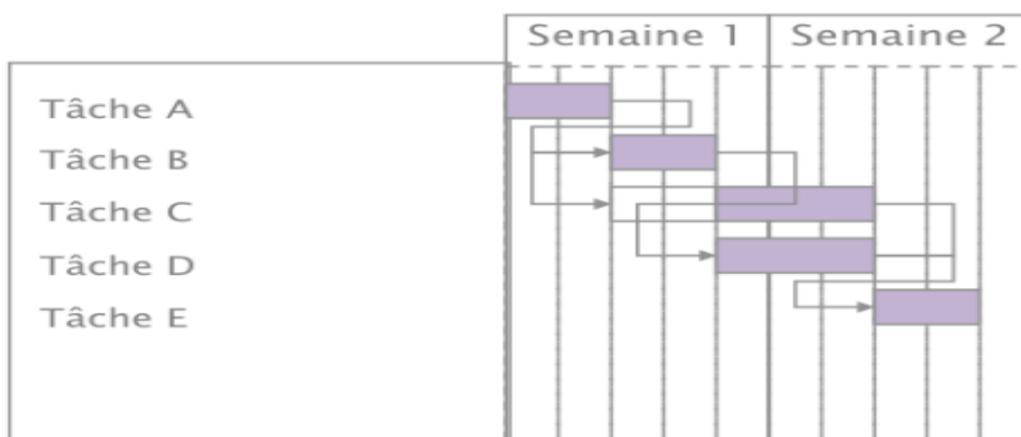
5.7. DEFINITION DU DIAGRAMME DE GANTT :

Le diagramme de GANTT est une technique très utilisée de construction de planning conçue par Henry L. GANTT (en 1917). Cette technique permet de modéliser les taches d'un projet sous forme de barre sur une échelle chronologique et de représenter leur indépendance. Il permet en outre d'associer les responsabilités à chacune des tâches.

Le diagramme de GANTT est la technique et représentation graphique permettant de renseigner et situer dans le temps les phases, activités, tâches et ressources du projet. En ligne, on liste les tâches et en colonne les jours, semaines ou mois. Les tâches sont représentées par des barres dont la longueur est proportionnelle à la durée estimée. Les tâches peuvent se succéder ou se réaliser en parallèle entièrement ou partiellement.

- Exemple sur diagramme de Gantt

Tableau 4 : Diagramme de Gantt



5.7.1. Objectifs du diagramme de Gantt :

- Visualiser les tâches à réaliser et les éventuels dépassements
- Visualiser le qui fait quoi et quand (avec des possibilités de tri)
- Visualiser l'enchaînement des tâches dans le temps
- Suivre le degré d'avancement des travaux

5.7.2. Démarche de réalisation du diagramme de Gantt :

Dans un diagramme de Gantt, sont représentés :

- En abscisse les unités de temps (exprimées en mois, en semaine ou en jours). La longueur des barres représentant les tâches sont proportionnelle à leur durée estimée
- En ordonnée les différents postes de travail (ou les différentes tâches)

Pour réaliser un planning selon la méthode du diagramme de Gantt :

- Choisir un outil adapté (cf. paragraphe suivant sur les outils)
- Positionner dans le diagramme :

Chapitre 6

Conduite des chantiers

CHAPITRE 6 :

CONDUITE DES CHANTIERS

6.1. LES INSTALLATIONS CLE D'UN CHANTIER SONT :

Les installations (appareils de levage, échafaudages, centrale à béton, etc.) utilisés sur les chantiers devraient :

- être fait des matériaux solides, être de bonne qualité ;
- ne pas présenter de défauts apparents ;
- être d'une construction soignée, conforme à des principes techniques éprouvés ;

6.1.1. L'installation de l'engin de levage (grues à tour).

L'emplacement d'une grue à tour doit être choisi de façon à optimiser l'acheminement des charges nécessaires au fonctionnement du chantier. Ce choix doit tenir compte de divers facteurs importants tels que la proximité d'obstacles fixes (lignes électriques aériennes, bâtiments ou arbres). Il convient notamment de veiller à ce que des grues voisines ne constituent pas aussi un danger. Les conditions de montage et de démontage sont aussi déterminantes pour le choix de l'emplacement de la grue :

- sécurité des personnes sur le chantier et des tiers à proximité,
- acheminement de la grue sur le chantier,
- emplacement du camion-grue pour le montage et le démontage (grue à tour fixe),
- capacité de charge admissible du sol pour les assises du camion-grue et de la grue à tour.

Le non-respect de ces conditions peut avoir des incidences négatives tout au long de la durée des travaux tant sur le rendement des grues que sur la sécurité. Dans les cas les plus graves, le déplacement voire le remplacement des grues incriminées peut s'avérer indispensable.

Le contenu de la présente brochure liée à la prise des mesures de sécurité adéquates permettra aux chefs de chantier, aux contremaîtres et aux monteurs de grue d'éviter ces problèmes.

6.1.1.2. Principe

Les personnes en charge de la planification, de l'implantation, du montage et du démontage d'une grue doivent garantir la sécurité sur le chantier ainsi que pour les tiers.

Les conditions de sécurité régissant l'utilisation des grues (Ordonnance sur les grues) fixe les principes suivants :

Les grues ne peuvent être utilisées qu'en parfait état de service. Elles doivent être transportées, installées, entretenues et démontées de façon à ne mettre personne en danger. Les instructions du constructeur doivent être observées.

Avant d'utiliser des grues à proximité de conduites électriques dénudées ou d'installations ferroviaires, les mesures complémentaires adéquates doivent être convenues avec le propriétaire des conduites électriques ou avec les sociétés de chemins de fer.

Lorsque des obstacles limitent le domaine d'action des grues, des mesures de protection doivent être prises pour éviter les collisions.

L'installation de la grue diffère selon le type de grue, son emplacement et les caractéristiques du chantier telles que son exposition au vent. Les personnes responsables de la préparation du travail, de l'installation et du montage doivent veiller à la sécurité sur le chantier.

Si la sécurité au travail ne peut être assurée, la grue devra être déplacée ou remplacée par un autre type de grue.

6.1.1.3. Choix de l'emplacement des grues :

Pour le choix de l'emplacement en distingue cinq cas comme suit :

Cas 1 : grâce à leur implantation appropriée, les grues peuvent s'orienter librement, figure 1.

a) **Danger, risque :** absence de dangers particuliers, car les zones de travail des grues ne se chevauchent pas.

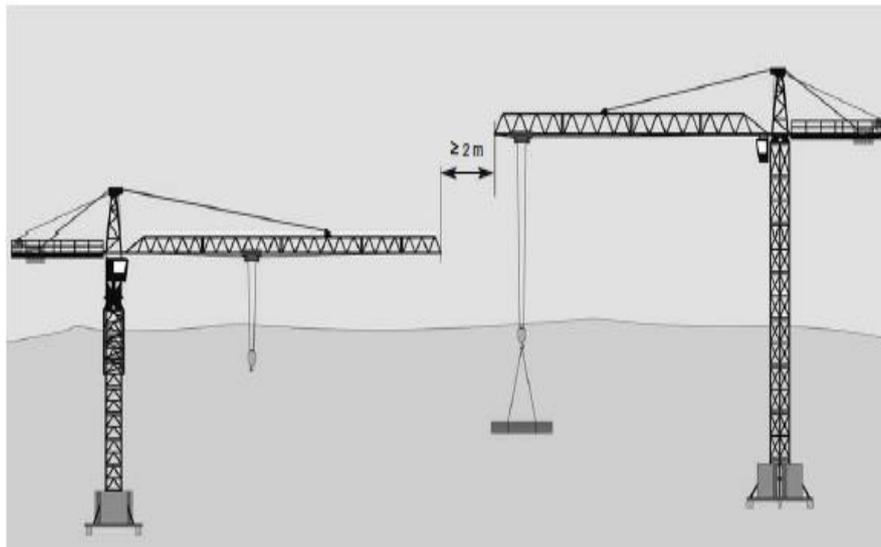


Fig1 installation de grues évitant le chevauchement de leurs zones de travail

b) **Mesures à prendre :** aucune mesure particulière n'est nécessaire :

1. si les zones de travail de grues voisines ne se chevauchent pas et

2. si la distance entre des parties en mouvement de la grue (crochet de levage et moufle exclus) et les obstacles est d'au minimum 0,5 m, en tenant compte de la déformation de la tour et de la flèche avec ou sans charge. **En pratique, la distance minimale sera de deux mètres.**

Cas 2 : Les zones de travail de deux grues se chevauchent de sorte que la flèche de la grue inférieure (grue 1) pourrait croiser le câble de levage de la grue supérieure (grue 2), figure 2

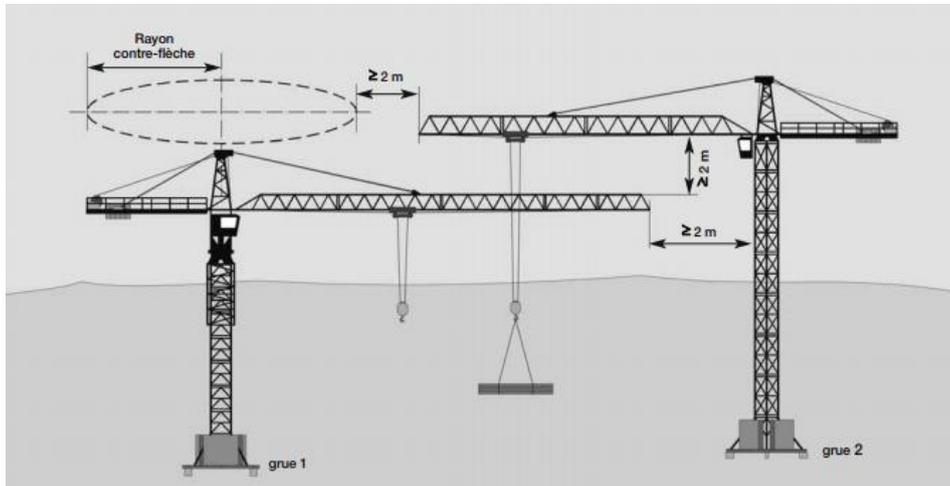


Fig2 les zones de travail des flèches se chevauchent

a) Dangers, risques

- La charge de la grue supérieure (grue 2) peut se mettre à osciller inopinément si elle est heurtée et mettre en danger des personnes à proximité.
- La grue supérieure (grue 2) peut être endommagée (câble de levage, chariot).
- La charge peut tomber par terre

b) Mesures à prendre lorsque les grues fonctionnent

- Les grutiers devront pouvoir s'avertir d'un risque de collision, par exemple au moyen d'un avertisseur sonore spécial, d'un système d'intercommunication ou d'un téléphone sans fil.
- Dans une telle situation, la manœuvre des grues par radiocommande depuis le sol est déconseillée, car le risque de collision entre le câble de levage et la flèche est élevé.

c) Mesures à prendre lorsque les grues sont à l'arrêt

On veillera à ce que la flèche de la grue inférieure (grue 1) ne s'accroche pas au crochet de levage ou aux équipements de suspension de la grue supérieure (grue 2).

Pour ce faire, durant les pauses et à la fin du travail, les mesures suivantes pour la grue supérieure seront adoptées :

1. décrocher la charge et le dispositif d'élingage

2. remonter le crochet de levage,
3. placer le chariot selon les instructions du constructeur :
 - en pied de flèche (pour la plupart des grues) ou
 - en bout de flèche (p. ex. grues Wolff).

Cas 3 : Les zones de travail de deux grues se chevauchent de sorte que la contre-flèche de la grue inférieure (grue 1) pourrait s'accrocher au câble de levage de la grue supérieure (grue 2), figure3

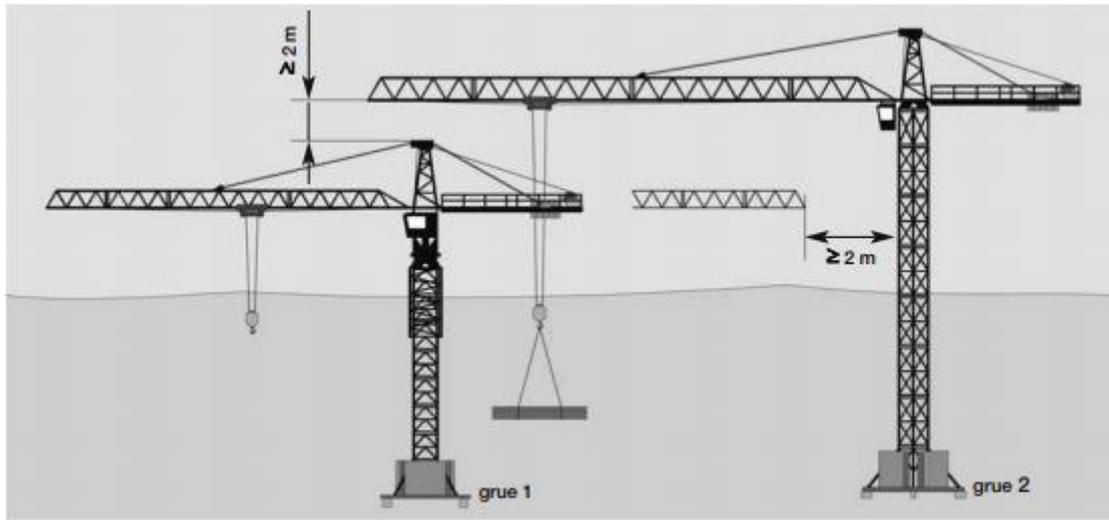


Fig. 3 la flèche de la grue supérieure (grue 2) se trouve dans la zone d'activité de la contre-flèche de la grue inférieure (grue 1)

a) **Dangers, risques**

Les dangers et les risques sont comparables à ceux du cas 2. Le risque d'une collision est plus élevé lorsque le grutier de la grue inférieure (grue 1) n'est pas en mesure de voir si sa contre-flèche peut s'accrocher au câble de levage de la grue supérieure (grue 2).

b) **Mesures à prendre lorsque les grues fonctionnent**

L'une des deux grues ou les deux devront être équipées de limiteurs de zones appropriés pour empêcher toute collision, tels que :

- limiteurs électriques d'orientation ou de chariot :
- Limiteurs de zones électriques ou électroniques,
- dispositifs électroniques anticollision.

c) **Mesures de limitation de zone inappropriées :**

- butées mécaniques
- mesures uniquement organisationnelles (p. ex. instructions au grutier).

Les grutiers devront pouvoir s'avertir d'un risque de collision, par exemple au moyen d'un avertisseur sonore spécial, d'un système d'intercommunication ou d'un téléphone sans fil.

Dans une telle situation, la manœuvre des grues par radiocommande depuis le sol est déconseillée, car le risque de collision entre le câble de levage et la contreflèche est élevé.

d) Mesures à prendre lorsque les grues sont à l'arrêt

On veillera à ce que la flèche de la grue inférieure (grue 1) ne s'accroche pas au crochet de levage ou aux équipements de suspension de la grue supérieure (grue 2). Pour ce faire, durant les pauses et à la fin du travail, les mesures suivantes pour la grue supérieure seront adoptées :

1. décrocher la charge et le dispositif d'élingage,
2. remonter le crochet de levage,
3. placer le chariot selon les instructions du constructeur :
 - en pied de flèche (pour la plupart des grues) ou
 - en bout de flèche (p. ex. grues Wolff).

Cas 4 : La grue ne peut s'orienter sans risquer une collision entre sa flèche et un obstacle (bâtiment, arbre, mât, grue voisine, etc.) à proximité (figure 4).

a) Dangers, risques

- La grue peut être fortement endommagée, elle risque même de se renverser dans des cas extrêmes.
- L'obstacle fixe peut être endommagé.

b) Mesures à prendre lorsque la grue fonctionne

La grue devra être équipée de limiteurs de zones appropriés pour empêcher toute collision, tels que :

- limiteurs électriques d'orientation ou de chariot,
- limiteurs de zones électriques ou électroniques,
- dispositifs électroniques anticollision

c) Mesures de limitation de zone inappropriées :

- butées mécaniques,
- mesures uniquement organisationnelles (p.ex. instructions au grutier).

d) Mesures à prendre lorsque la grue est à l'arrêt

On veillera à ce que la grue ne puisse pas heurter un obstacle grâce aux mesures suivantes :

- relever la flèche conformément aux instructions du constructeur afin de permettre à la grue de s'orienter librement ;
- abaisser la flèche au sol conformément aux instructions du constructeur ; empêcher la grue de s'orienter librement, p. ex. au moyen de haubans, conformément aux instructions du constructeur.

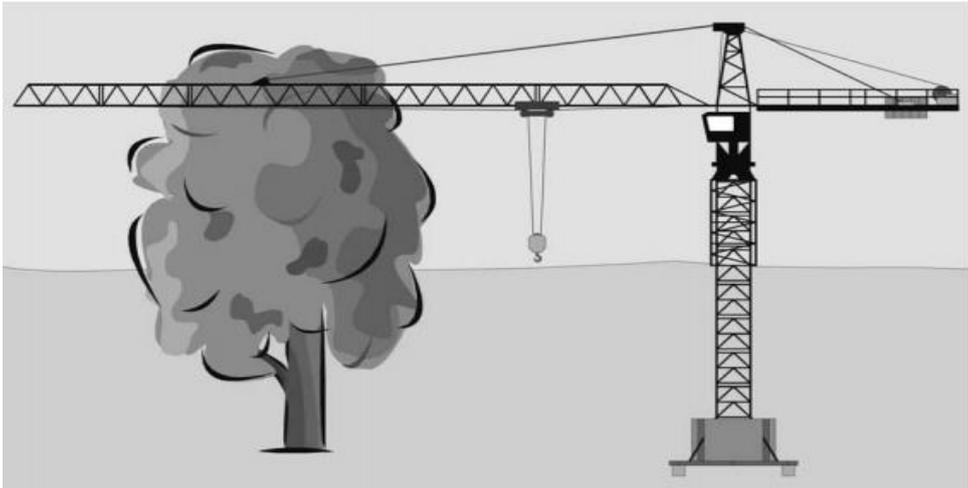


Fig. 4 un arbre empêche la grue de s'orienter librement.

Cas 5 : des parties d'une grue se trouvent dans la zone dangereuse d'une ligne électrique aérienne ou d'une installation ferroviaire (figure 5).

a) **Dangers, risques**

- Le contact avec une ligne électrique aérienne ou une caténaire peut occasionner un choc électrique.
- IL existe un risque mécanique pour la grue et le véhicule ferroviaire en cas de collision entre la charge et ce dernier.

Dans les deux cas, le potentiel de danger est très élevé.

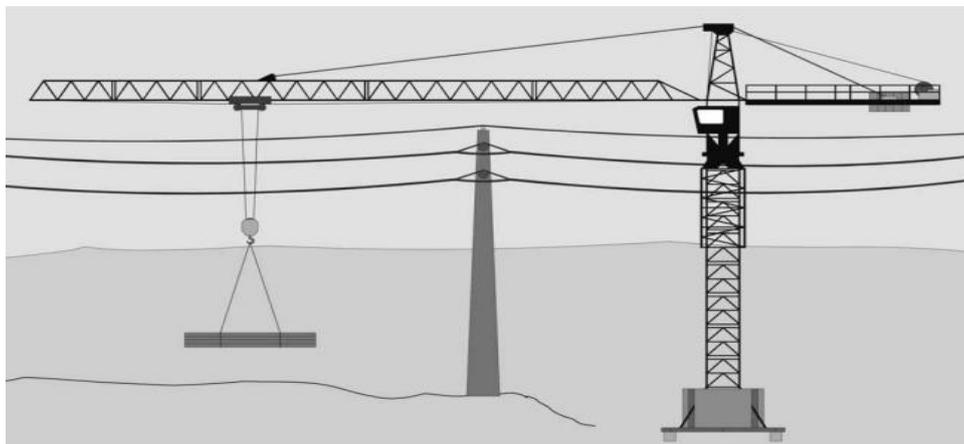


Fig. 5 utilisation d'une grue à proximité d'une ligne électrique aérienne.

b) Parties de grue en mouvement :

Lors de l'orientation d'une grue à tour auto montante, la plateforme supportant le contrepoids se déplace à proximité du châssis de la grue. Des personnes peuvent se trouver à proximité de cette zone. Il arrive aussi que du matériel, des obstacles parfois érigés au cours du chantier (murs, piliers, échafaudages) ou des véhicules soient à proximité ou à l'intérieur de cette zone à risques (figure 6 et 7).

c) Dangers, risques

Lors de l'orientation d'une grue à tour auto montante, des personnes peuvent être happées ou coincées, par exemple, entre :

- le contrepoids et le châssis de la grue ;
- le contrepoids et du matériel, des machines ou des véhicules à proximité ;
- le contrepoids et des murs ou des échafaudages.

De tels accidents ont des conséquences souvent très graves voire mortelles. Lors de l'utilisation d'une grue à tour, les personnes se trouvant au niveau du dernier étage d'un édifice en construction peuvent être mises en danger par les mouvements de la flèche ou du moufle.

d) Mesures à prendre

Une distance de sécurité horizontale de 0,5 m et verticale de 2,5 m sera respectée entre les parties d'une grue en mouvement et des obstacles dans les zones de présence éventuelle de personnes.

Si cette distance de sécurité est inférieure, il conviendra d'interdire l'accès à cette zone en définissant un périmètre suffisamment grand.

- Il sera interdit de stocker du matériel dans le périmètre de rotation de la plateforme lors de l'utilisation d'une grue à tour auto montante.
- Il est recommandé de délimiter la zone dangereuse. Définition de la zone dangereuse :
zone dangereuse = rayon de rotation + 0,5 m
- Il est interdit d'utiliser la zone dangereuse pour l'entreposage de matériaux et de matériel et comme lieu de stationnement d'engins et de véhicules (même personnels).

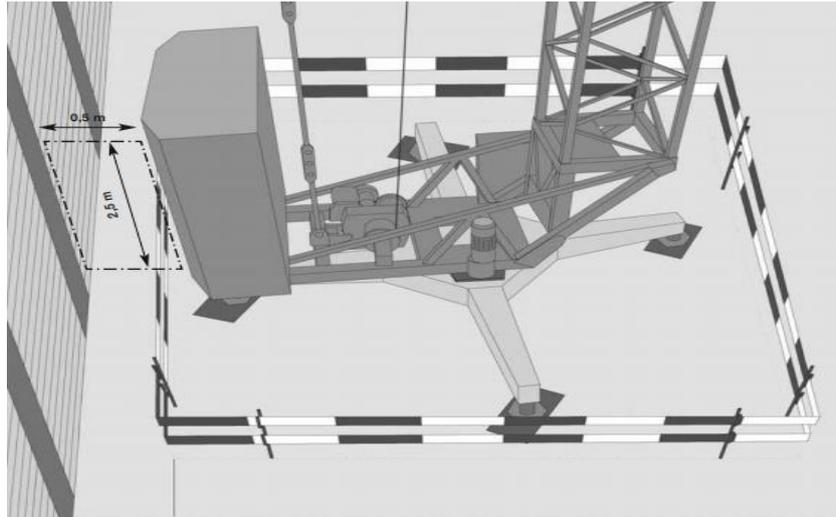


Fig. 6 une distance de sécurité minimale horizontale de 0,5 m et verticale de 2,5 m est à respecter entre le mur du bâtiment et le contrepoids. L'ensemble de la zone dangereuse doit être délimité.

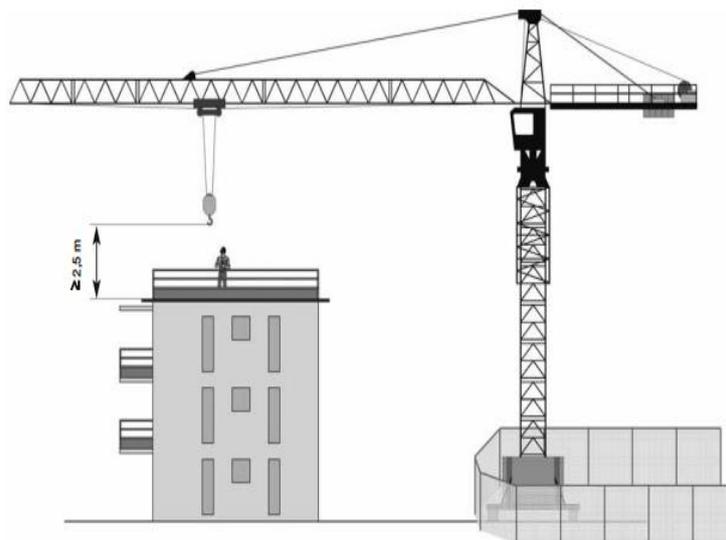


Fig. 7 la personne se trouvant sur le toit du bâtiment voisin ne court aucun risque, car le crochet de la grue se trouve à au moins 2,5 m au-dessus de l'ouvrage.

6.1.2. Echafaudages

6.1.2.1. Dispositions générales

Une quantité suffisante de matériel devrait être fournie et employée pour la construction des échafaudages. Les bois devraient être des bois sains à fibres longitudinales, exempts de gros nœuds, de traces de pourriture ou de vers et d'autres défauts dangereux. Les cordages et les câbles qui ont été en contact avec des acides ou d'autres substances corrosives ou qui sont en mauvais état ne devraient pas être utilisés pour la construction des échafaudages.

Les cordages ne devraient pas être utilisés pour la construction des échafaudages en des lieux où ils pourraient être endommagés. Les mesures nécessaires devraient être prises pour éviter que les planches, les bastings ou les madriers utilisés pour la construction des échafaudages ne se fendent. Les clous utilisés pour la construction des échafaudages devraient être d'une longueur et d'une section appropriée. Les échafaudages devraient être conçus avec un facteur de sécurité égal à quatre fois la charge maximale prévue. Les échafaudages à pied fixes devraient être pourvus de moyens d'accès sûrs, tel que des escaliers, des échelles ou des rampes et elles devraient être convenablement contreventés. Les échafaudages ne devraient jamais dépasser le point d'ancrage le plus élevé d'une hauteur dangereuse pour leur stabilité et leur résistance. Avant d'être utilisés, les échafaudages devraient être vérifiés par une personne compétente, qui assurera plus particulièrement :

- que l'échafaudage est stable ;
- que le matériel utilisé pour sa construction est de bonne qualité ;
- qu'il est approprié pour l'usage auquel il est destiné ;
- que les dispositifs de protection nécessaires sont en place ;

Avant chaque montage, tous les éléments des échafaudages devraient être vérifiés.

6.1.2.2. Echafaudages de pied fixe en bois

Les montants devraient être :

- verticaux ou légèrement ;
- assez proches les uns des autres pour assurer la stabilité de l'échafaudage ;

Le diamètre des montants devrait :

- être choisi en fonction des charges maximales prévues ;
- être de 8 cm au moins au niveau du longeron le plus élevé ;

Si les montants doivent être prolongés :

- les deux éléments devraient être accolés sur une longueur d'un moins 1,50 m ;
 - les deux éléments devraient être assujettis solidement à l'aide de fil métallique, de câbles, de cordes, de chaînes ou de moyens similaires ;
 - l'élément supérieur devrait reposer sur un longeron, un boulin ou un autre support convenable
- Lorsque deux échafaudages se rejoignent à l'angle d'une construction, un montant devrait être placé à l'angle des échafaudages, du côté extérieur. Si des montants constitués par des perches (bois et grumes) doivent être prolongés au moyen d'entures :
- les perches devraient de préférence être doublées et assemblées bout à bout ;

- les entures devraient être décalées le plus possible, dans les deux lignes de perches accolées, les unes par rapport aux autres ;

- les perches devraient être convenablement ligaturées au pied et au niveau de chaque enture

Les longerons consécutifs devraient chevaucher sur au moins 1 m. Les extrémités des longerons ne devraient pas être en porte faux, on ne devrait pas y déposer des charges.

La distance verticale entre deux lignes de longerons ne devrait dépasser 4 m. Les longerons devraient s'étendre sur toute la longueur de l'échafaudage. Si la sécurité l'exige, compte tenu du poids des charges, les longerons devraient être convenablement renforcés par des entretoises, des tasseaux ou d'autres moyens efficaces. Tous les longerons devraient être laissés en place pour assurer le contreventement de l'échafaudage jusqu'à ce que celui-ci soit démonté.

Les boulins devraient être d'une seule pièce, droits et solidement fixés aux longerons. En l'absence de longerons, les boulins devraient être assujettis aux montants et reposer sur de tasseaux solidement fixés. Lorsque les boulins ne peuvent être supportés, du côté intérieur de l'échafaudage, par la construction, ils devraient être soutenus par d'autres moyens efficaces. Les boulins supportés, du côté intérieur de l'échafaudage, par la construction devraient y prendre appui sur une longueur d'au moins 10 cm. Les dimensions des boulins devraient être en rapport avec les charges prévues. Si des boulins sont enlevés avant que l'échafaudage soit démonté, ils devraient être remplacés par des entretoises appropriées en nombre suffisant.

6.1.2.3. Echafaudages volants légers et lourds

Les poutres de support en porte à faux devraient :

- être d'une section et d'une résistance suffisante pour assurer la solidité de l'échafaudage ;
- être disposées perpendiculairement à la façade ;
- être convenablement espacées par rapport aux étriers ou aux longerons du plateau ;

Le porte-à-faux des poutres de support devrait être tel que le plateau ne s'trouve pas à plus de 30 cm de la façade de la construction. Les poutres de support devraient être solidement fixées à la construction à l'aide des boulons ou d'autres dispositifs analogues. Si les poutres de support sont maintenues au moyen de sacs de lest ou d'autres contrepoids, ceux-ci devraient être solidement attachés aux poutres.

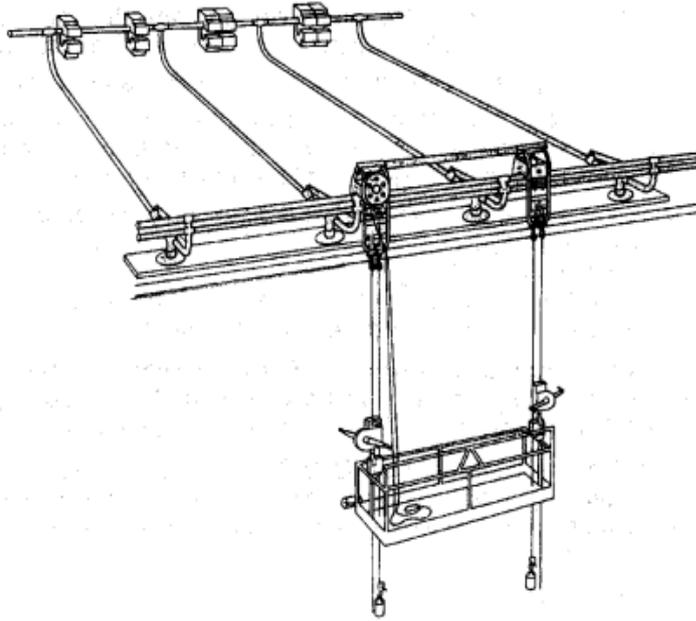


Fig.8 Echafaudage volant fixé sur chariot permettant un déplacement horizontal

Quand les suspentes sont fixées à la construction au moyen de brides engagées sur les poutres, celles-ci devraient être munies à leur extrémité d'un boulon d'arrêt. Les suspentes devraient :

- être fait de chanvre de Manille de bonne qualité ou d'une autre fibre textile naturelle ou synthétique de qualité égale ;
- avoir un coefficient de sécurité d'au moins 10 pour les fibres textiles et d'au moins 6 pour l'acier ;

A l'extrémité supérieure, les câbles de suspension devraient se terminer par une boucle épissée ou par un système d'attache analogue, avec une cosse en acier ; ils devraient être fixés aux poutres de support au moyen d'une bride.

Le plateau ne devrait pas avoir plus de 8 m longueur et plus de 60 cm largeur. Le plateau devrait :

- être suspendu par deux suspentes ou plus dont l'espacement ne devrait pas dépasser 3,50 m ;
- être supporté par des longerons d'une seule pièce reposant sur des étriers métallique attachés aux suspentes ;
- ne pas présenter un porte-à-faux de plus 75 cm au-delà des étriers ;

Les étriers devraient être faits d'acier doux ou de fer forgé à section convenable. Jamais plus de deux ouvriers ne devraient pas travailler sur un échafaudage volant léger. Lorsque les échafaudages ne sont pas utilisés, ils devraient :

- être débarrassés des outils, des objets et des gravats qui s’y trouvent ;
 - être amarrés à la construction ou être descendus au sol ;
- Les treuils devraient être construits et installés de telle manière que les organes mécaniques puissent être facilement vérifiés.

Les treuils devraient être solidement fixés aux supports du plateau par des boulons ou par d’autres moyens efficaces. Les treuils devraient :

- soit être d’un type à freinage automatique
- soit être munis d’une roue à rochet avec cliquet et d’un système de verrouillage efficace de manière que le plateau puisse être immobilisé à n’importe quel niveau, le cliquet s’engageant automatiquement dans le rochet lorsqu’on n’agit plus manuellement sur le treuil ; quand le cliquet doit être libéré pour que le plateau puisse être abaissé, un dispositif de sécurité approprié devrait empêcher l’inversion du sens du marche

Dans le cas de treuils à moteur, celui-ci devrait s’arrêter et se bloquer automatiquement, de façon que le plateau soit immobilisé, lorsqu’on n’agit manuellement sur l’interrupteur ou le levier de commande. Les organes mécanique des treuils devraient être vérifiés au moins une fois par semaine. Avant d’être utilisés sur un nouveau chantier, les treuils devraient être vérifiés et révisés.

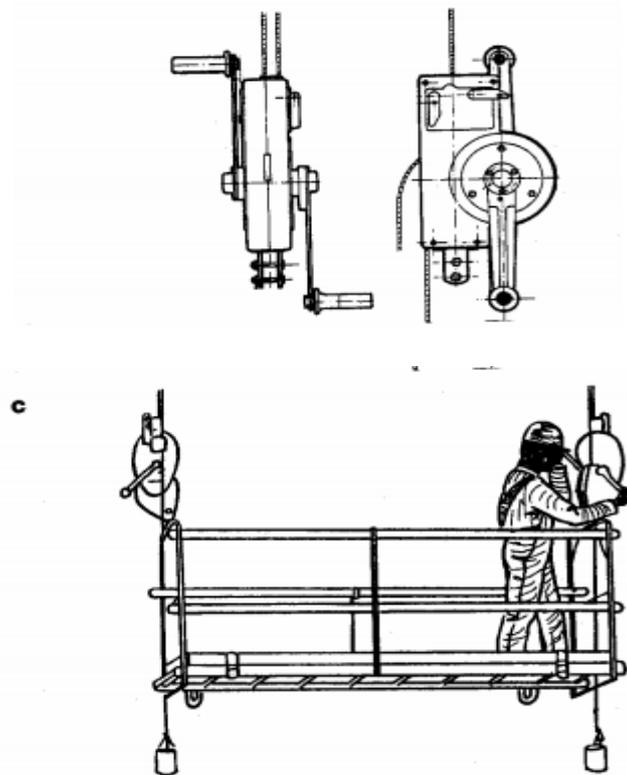


Fig. 9 treuils manuels

Lorsque des ouvriers travaillent sur un échafaudage volant lourd, les câbles de suspension devraient être immobilisés à l'aide du système de verrouillage des treuils ou par une autre moyen efficace. Le plateau devrait être muni de tampons d'écartement ou être maintenu par des amarres ou par d'autres moyens, de façon à ne pas se balancer ou heurter la construction.

Lorsque les échafaudages ne sont pas utilisés, ils devraient :

- être débarrassés des outils, des objets et des gravats qui s'y trouvent ;
- être amarrés solidement s'ils sont laissés en position ou être descendus au sol ;

6.1.2.4. Echafaudages sur échelles

Les échafaudages sur échelles ne devraient être utilisés que pour des travaux légers nécessitant peu de matériaux et pour lesquels ils soient appropriés. Les échelles utilisées comme montants devraient :

- ou bien être scellées dans le sol à la profondeur nécessaire, suivant la nature de terrain ;
- ou bien être placées sur une pièce de bois ou sur une autre assise appropriée, les deux montants reposant également sur la base, et y être fixées solidement de façon à ne pas glisser.

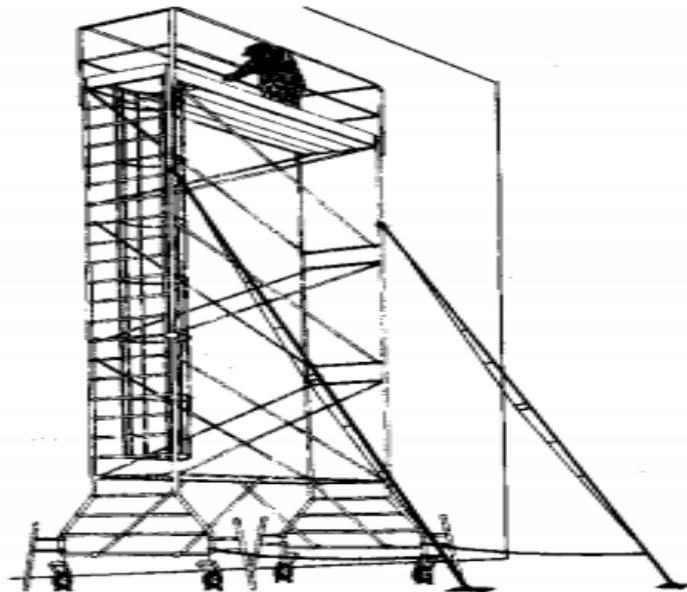


Fig.10 Echafaudage roulant

S'il est nécessaire de prolonger une échelle à l'aide d'une autre :

- les deux échelles devraient se recouvrir sur une longueur d'au moins 1,50 m
- l'échelle supérieure devrait prendre appui sur l'échelle inférieure grâce à deux crochets passés sur un tirant en acier ;

- l'assemblage devrait être maintenu par des ligatures ;
- Les échafaudages reposant sur des échelles dressées les échelons perpendiculaires à la construction devraient être contreventés toutes les deux travées par des diagonales disposées en croix sur toute la hauteur de l'échafaudage.

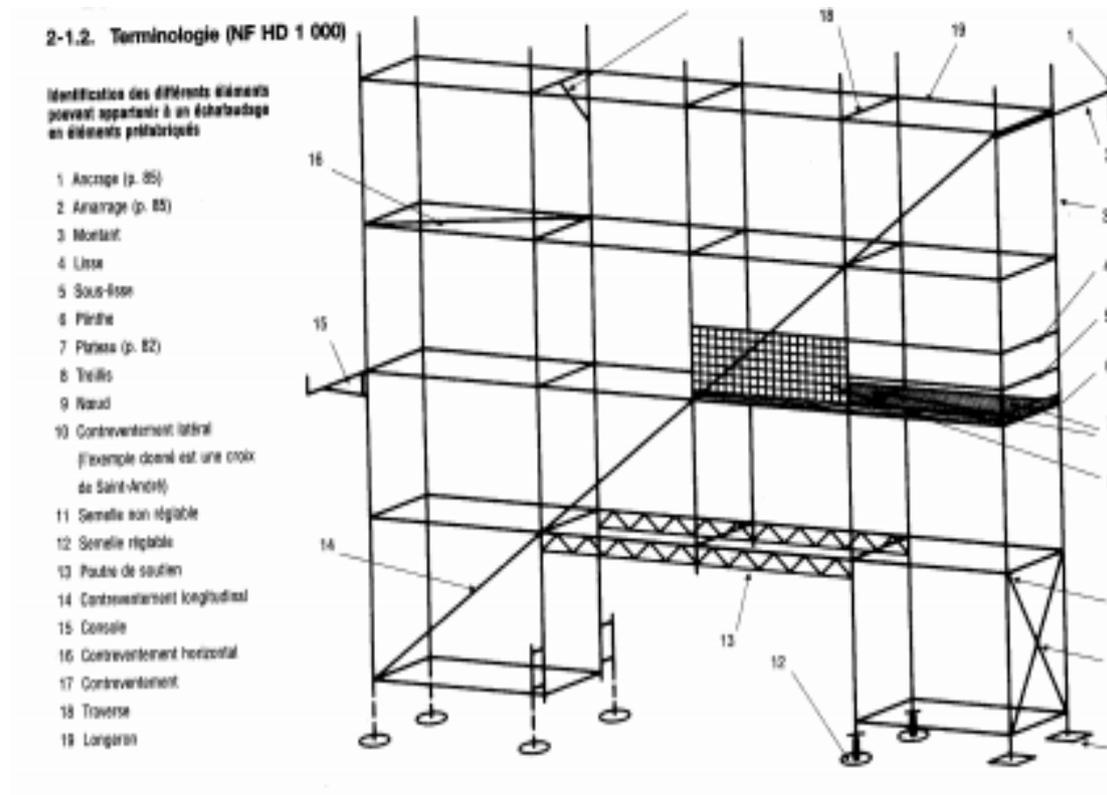


Fig.11 Echafaudage de service

L'amarrage des échafaudages sur échelles devrait satisfaire aux règles suivantes :

- les échelles devraient être amarrées à la construction au niveau de chaque étage ;
- la distance verticale entre deux points d'amarrage successifs ne devrait pas dépasser 4,50 m les échelles ne devraient pas dépasser le point d'amarrage le plus élevé de plus de 3 m ;

6.1.2.5. Echafaudages en consoles

Ce type d'échafaudage s'appelle souvent et « en porte à faux » et doit :

- être solidement fixés et ancrés du côté intérieur de la construction ;
- avoir des poutres de support d'une longueur et d'une section appropriées pour assurer la solidité et la stabilité de l'échafaudage ;
- être convenablement entretoisés et supportés

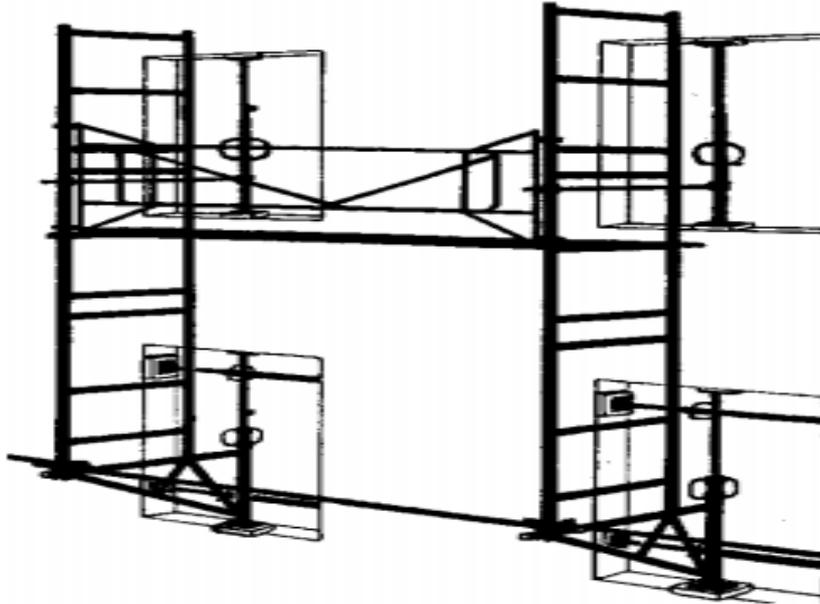


Fig.12 Echafaudage de service construit en encorbellement sur console

6.1.2.6. Echafaudages métalliques

Les échafaudages métalliques tubulaires devraient :

- être montés à l'aide d'un matériel approprié, tel que des tubes en acier ;
- avoir une résistance suffisante pour supporter les charges prévues avec un coefficient de sécurité 4.

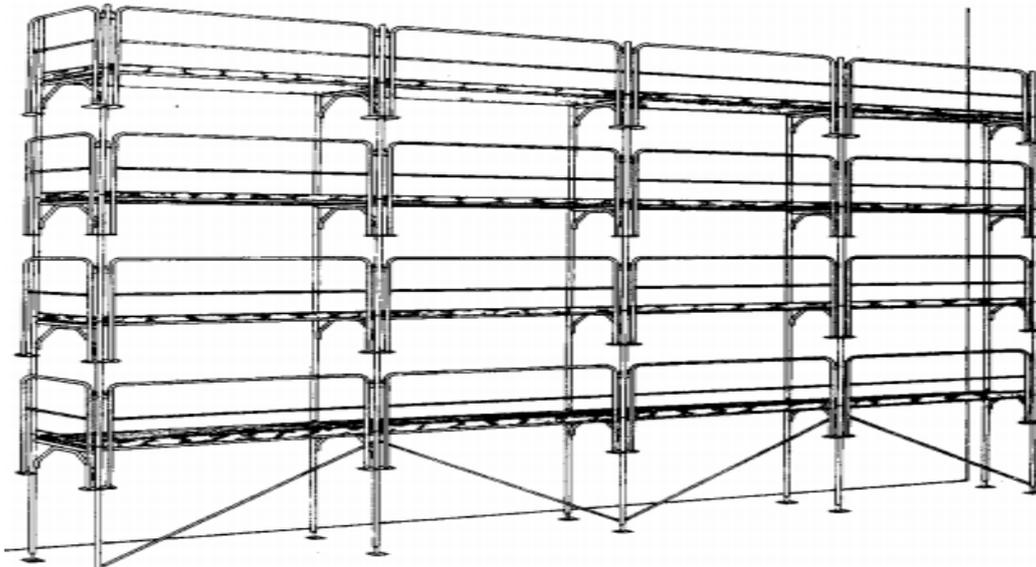


Fig. 13 Echafaudage de service reposant sur le sol

Les montants devraient toujours être maintenus dans la position verticale. Lorsque les montants sont constitués par plusieurs tubes, les joints devraient :

- être situés à proximité des longerons ou des autres éléments assurant les montants contre les déplacements latéraux ;
- être disposés en quinconce, de façon à ne pas se trouver au même niveau sur des montants adjacents ;

Avec le matériel communément utilisé, la distance entre les montants ne devrait pas dépasser :

- 1,80 m sur les échafaudages lourds, capable de supporter une charge de 350 kg /m² ;
- 2,30 m sur les échafaudages légers, capables de supporter une charge de 125 kg/m² ;

Les longerons devraient :

- s'étendre au moins sur deux travées contiguës ;
- être solidement fixés à chaque montant ;

Dans les lignes de longerons constituées par plusieurs tubes, les joints devraient :

- être situés à proximité des montants ;
- ne pas être disposés directement les uns au-dessus des autres aux différents niveaux ;

La distance verticale entre deux lignes de longerons ne devrait dépasser 2 m. Lorsque l'échafaudage est amarré à une construction en maçonnerie, les longerons devraient être consolidement ancrés à la maçonnerie à l'aide de crampons ou d'autres moyens efficaces. Lors du démontage des plates-formes, tous les longerons devraient être laissés en place pour assurer le contreventement de l'échafaudage.

6.2. SUIVI DE CHANTIER

L'exécution des travaux doit être suivie quotidiennement de manière continue jusqu'à la fin du chantier. Le plan d'assurance qualité, tout en œuvre pour éviter les anomalies et les non-conformités. Mais lorsque celles-ci se présentent il faut les traiter rapidement avec efficacité en mettant en place des mesures correctives suivi de mesures préventives. Si la qualité a été bien étudiée et suivie en cours de chantier, les finitions ne donnent plus lieu aux difficultés habituelles d'où un gain en temps, en argent et en sérénité.

6.2.1. La nature des contrôles effectués

Contrôles Intérieurs : contrôles effectués par chaque intervenant à l'intérieur de son organisation, afin d'assurer la qualité de sa production. Ce contrôle comprend :

- le contrôle interne à la production : ensemble des autocontrôles (exercés par les exécutants eux-mêmes) et des contrôles hiérarchiques (exercés par les responsables de production) effectués dans le cadre du contrôle Intérieur à tous les stades de l'intervention et selon des règles bien définies ;

- le contrôle externe à la production : ensemble des contrôles effectués par sondages sur la production à tous les stades de l'intervention, par des responsables indépendants de la production, mandats par la Direction, afin de valider le contrôle interne à la production.

Contrôles extérieurs : contrôles effectués sur un intervenant ou sur l'ensemble de l'opération par un organisme compétent et indépendant des intervenants concernés. Ce contrôle valide et valorise les contrôles intérieurs.

6.3. METHODES DE CONTROLES SUR CHANTIER

a) Sur les produits ou les matériaux livrés sur le chantier

Phases	Démarches/Règles
1 Analyser les spécifications demandées.	L'objectif de ces contrôles consiste à s'assurer que les produits ou les matériaux livrés sur le chantier sont bien conformes aux prescriptions demandées par le maître d'œuvre.
2 Rechercher les moyens de contrôle adéquats.	On Identifie dans le CCTP les caractéristiques des matériaux, des produits ou des composants préconisés. Ou consulte les normes françaises ou les avis techniques du CSTB qui garantissent la qualité de ces produits ou de ces matériaux
3 Rédiger les fiches de suivi et de contrôle.	On applique les procédures de contrôle existantes. Dans le cas contraire, on établit des fiches spécifiques de contrôle par produit ou par matériau

b) Sur les matériels utilisés sur le chantier

1 Analyser les caractéristiques souhaitées.	L'objectif de ces contrôles consiste à garantir la sécurité du personnel sur le chantier vis-à-vis de la présence ou de l'utilisation des matériels prévus par le bureau des méthodes de l'entreprise. On identifie à partir des fiches techniques de ces matériels les points de contrôles à respecter ainsi que leur périodicité : grue, centrale à béton, etc.
2 Rechercher les contrôles appropriés.	On applique les prescriptions du PPSPS..
3 Rédiger les fiches d'entretien du matériel.	On prévoit les réunions avec l'OPPBTP. la CKAM et l'inspection du travail.

c) Sur les produits fabriqués ou les ouvrages réalisés

<p>1 Analyser les prescriptions contractuelles.</p>	<p>L'objectif de ces contrôles consiste à vérifier la qualité des produits fabriqués et la qualité des ouvrages réalisés en fonction des prescriptions du maître d'œuvre.</p>
<p>2 Rechercher les contrôles appropriés.</p>	<p>On établit une liste de points de contrôles et/ou de points d'arrêt à effectuer avant, pendant ou après chaque phase de réalisation et en particulier aux interfaces travaux.</p>
<p>3 Établir les fiches de suivi et de contrôle.</p>	<p>On utilise des fiches relatives à l'autocontrôlé, aux contrôles et aux réceptions.</p>

d) Sur la rentabilité et les coûts

<p>1 Calculer les dépenses de production.</p>	<p>L'objectif consiste à récapituler l'ensemble des dépenses engagées pour réaliser l'ouvrage. Le coût global de réalisation s'obtient en effectuant la somme de toutes ces dépenses. $CR = \text{total des déboursés secs} + \text{total des frais de chantier}$.</p>
<p>2 Contrôler la rentabilité</p>	<p>Ce contrôle vise à établir le résultat financier de l'opération en chiffrant l'ensemble des dépenses et l'ensemble des recettes de l'entreprise (comparaison entre la valeur prévisionnelle « commerciale » et le respect des objectifs visés).</p>
<p>3 Interpréter les résultats.</p>	<p>Cela se traduit par un bénéfice si le montant réel HT des règlements clients est supérieur au coût de revient réel. Sinon, par une perte si ce montant est inférieur au coût de revient réel.</p>
<p>4 Contrôler les coûts de réalisation</p>	<p>Ce contrôle à posteriori permet d'établir de nouvelles statistiques, d'actualiser ou de créer de nouveaux prix de vente unitaires HT- d'améliorer la productivité.</p>

REFERNCE

1. <https://www.cstc.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bbri-contact&pag=Contact35&art=548>
2. <https://metreurverificateur.files.wordpress.com/2012/01/cours-installation-chantier.pdf>
3. <https://www.atrium-paca.fr/documents/380195/0/cours+LE+TEMPS+UNITAIRE+prof.pdf/1a4b2487-722e-471c-9933-89bee53906dc>
4. <https://fr.slideshare.net/IssifouAdam/organisation-des-chantiers2ie>
5. https://fr.wikipedia.org/wiki/Planning_des_travaux
6. <https://www.petite-entreprise.net/P-2141-83-G1-definition-d-un-planning.html>
7. https://alonet.yolasite.com/resources/IG5/Cours_planification_et_organisationdes_travaux.pdf
8. <https://www.manager-go.com/gestion-de-projet/dossiers-methodes/construire-un-reseau-pert>
9. <http://www.prismconseil.fr/site/index.php/planification/La-methode-PERT.html>
10. http://www.projectissimo.com/aides-ponctuelles-diagramme-de-gantt-ou-pert-pxl-347_178_424_293.html
11. <http://www.gestiondeprojet.net/gantt.html#faq1>
12. Résumé théorique & guide de travaux pratiques « organisation et gestion de chantier»
Guide De Travaux Pratique. Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail direction recherche et ingénierie de formation
13. Bernard Vuillerme, Henri Richaud. Livre «Chantiers de bâtiment préparation et suivi »NATHAN TECHNIQUE