

UNIVERSITÉ D'ALGER

3/77

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

lex

DÉPARTEMENT GÉNIE-CIVIL

THESE DE FIN D'ETUDES

ORGANISATION GENERALE DE L'EXECUTION
d'une cité universitaire
(R.D.C. + 4)

Proposée par :

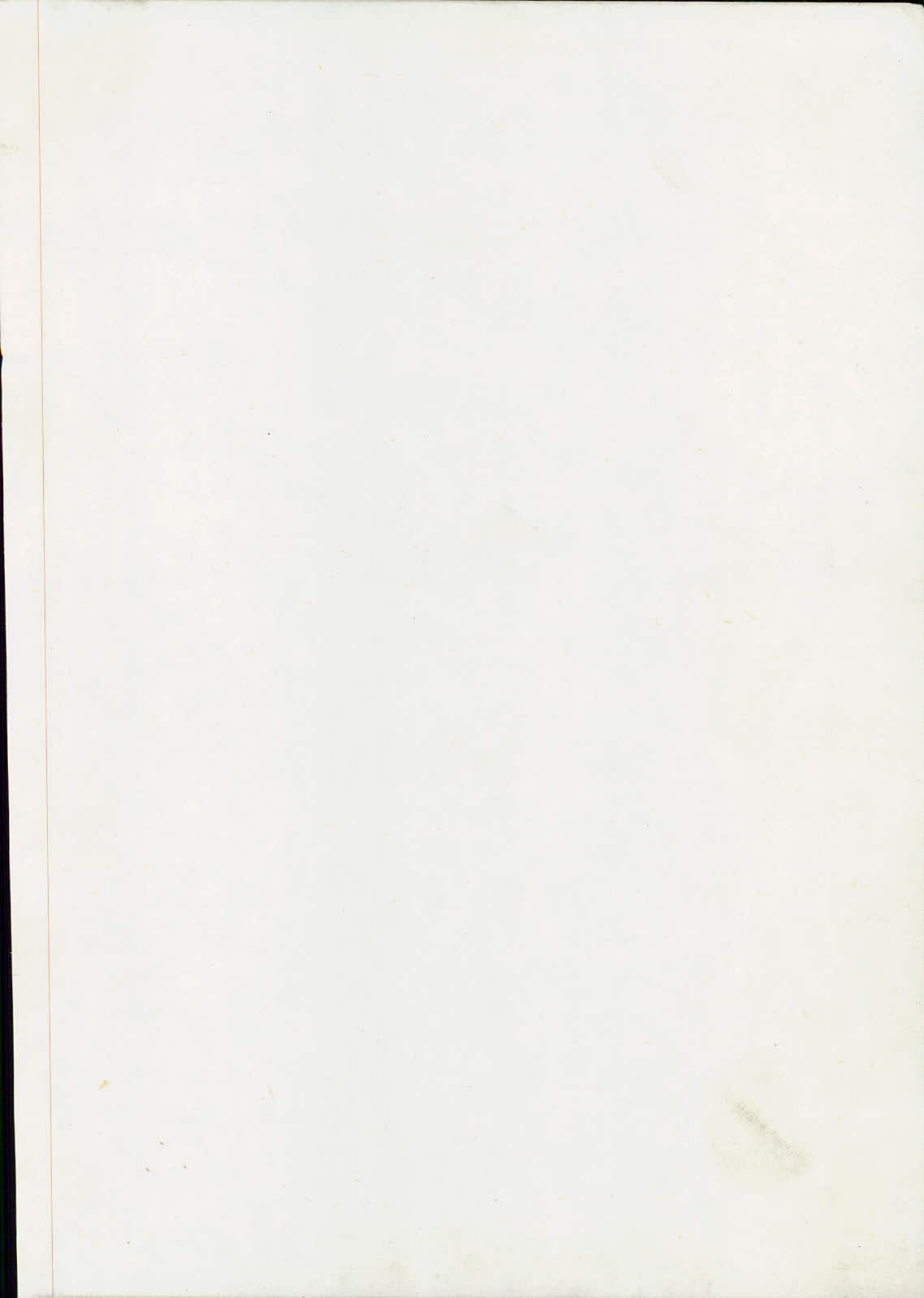
J. CAPATA

Ingénieur Maître Assistant

Etudiée par :

ABDALLAH-EL-HADJ

Promotion : Juin 1977



UNIVERSITÉ D'ALGER

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DÉPARTEMENT GÉNIE-CIVIL
الدراسة الوطنية للعلوم الهندسية

— المكتبة —

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
BIBLIOTHÈQUE

THESE DE FIN D'ETUDES

ORGANISATION GENERALE DE L'EXECUTION
d'une cité universitaire
(R.D.C. + 4)

Proposée par :

J. CAPATA

Ingénieur Maître Assistant

Etudiée par :

ABDALLAH-EL-HADJ

Promotion : Juin 1977

UNIVERSITE D'ALGER

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE CIVIL

THESE DE FIN D'ETUDES

ORGANISATION GENERALE DE L'EXECUTION
D'une cité universitaire

Proposée par
M^{re} CAPATA

ETudiée par
ABDALLAH-EL-HADJ M^{ed}

Promotion: Juin 1977

Mes Sincères remerciements et toute ma gratitude à mon Promoteur "CAPATA" qui par Ses Conseils fructueux m'a été d'une grande aide dans l'élaboration de ce Projet -

Remercie aussi tous les Professeurs qui m'ont guidé jusqu'à ce jour par leur Contribution à ma formation et toutes les Personnes ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce projet -

Je dedie ce travail :

A mes parents

mes frères et sœurs

et mes amis.

Abdallah

projet fin d'étude

proposé par: M^r CAPATA

étudié par:

ABDALLAH-EL-HADJ

thème:

Projet d'organisation de l'exécution d'un cité universitaire
(R.D.C + 4 étage).

Cette cité est composée par huit (8) pavillons plus (+) un restaurant et bibliothèque.

L'ossature est en béton armé, les murs jus qu'au niveau 0,00 de sous sol et les murs pignons sont aussi en béton armé, les murs longitudinaux et les cloisons sont en brique.

Le projet consiste à faire :

1. Avant métré
2. Nécessaire de matériaux
3. l'établissement de nombre de secteur
4. l'établissement de cycles par secteur

5 Calcul des durées

6 Réseau

7 Calcul de marge libre et total

8 cyclogramme pour la méthode en chaîne

- Sommaire -

- Introduction

- chapitre I : Coffrage et decoffrage

- chapitre II : Technologie de beton armé

- chapitre III : Cloisons et murs

- chapitre IV : Avant métré

- chapitre V : Calcul de main d'oeuvre

- chapitre VI : Calcul des engins de chantier

- chapitre VII : Methode d'organisation à la chaîne

- chapitre VIII : Methode d'organisation P.E.R.T

- chapitre IX : Diagramme des consommations et approvisionnement

- chapitre X : Etude économique.

INTRODUCTION

Introduction

L'organisation d'un chantier est l'ensemble des dispositions envisagées pour l'exécution dans les meilleures conditions possibles d'un travail prévu.

Cette organisation consiste donc à définir et à coordonner les moyens nécessaires à la réalisation de l'œuvre tout en restant fidèle aux directives générales imposées par le maître de l'ouvrage.

Ces directives générales se résument à certains éléments qui sont :

- la rapidité
- l'économie
- la qualité

Bien que liés dans le cadre de l'organisation rationnelle de certains travaux, l'une ou l'autre de ces trois intentions peut avoir un caractère prédominant.

La rapidité, exigée par le maître d'œuvre ou par le rendement financier de l'opération, est dans de nombreux cas l'objectif principal recherché. Il est faux de le faire intervenir seul ou lié simplement au facteur économique. On peut y joindre la qualité, lorsque le projet a été suffisamment étudié dans ce but précis. Si la rapidité se traduit par une économie au stade de financement de l'ouvrage il n'en est pas toujours de même à la réalisation. Une exécution trop rapide exige souvent, en effet, des moyens très importants.

l'économie est dans une très large mesure le résultat d'une organisation rationnelle. Elle est garantie par une étude

approfondie du sujet et la réalisation rapide de plans détaillés aux responsables de chantier. La synchronisation des actions des diverses entreprises appelées à collaborer diminue les temps morts, les fausses manœuvres et constitue de ce fait un des plus importants facteurs d'économie et de rapidité. La réduction de circulation, le choix judicieux des installations, la propreté et l'ordre sont autant de facteurs qui influencent l'économie.

La qualité est obtenue principalement par une connaissance approfondie des matériaux et de leur mise en œuvre, par le choix de la main-d'œuvre et des cadres appelés à collaborer. Un déroulement rationnel des travaux, évitant les détériorations, les réfections et les retouches, concourt à la qualité du travail fini. La propreté du chantier, l'ordre et la lumière constituent les éléments déterminant l'amélioration de la qualité.

Étant donné la diversité des types d'ouvrages réalisés, des formes des matériaux utilisés, des procédés de construction, du matériel, des conditions locales, des moyens de financement, de la valeur de la main-d'œuvre et des cadres, on peut dire que chaque chantier constitue un cas particulier d'organisation.

Pour chaque chantier, le problème de l'organisation repose sur plusieurs données incertaines. Ce n'est donc que par l'étude des résultats obtenus et des conclusions déduites des cas semblables, que peuvent s'élaborer les principes à suivre dans l'organisation des chantiers.

Dans le cas de groupements solidaires d'entreprises, le rôle de

Coordination des travaux est confié à une entreprise pilote. D'une manière générale, la plus grande part de cette organisation revient à l'entrepreneur de la maçonnerie, dont l'importance et la durée des travaux sont généralement les plus grandes. Les autres corps d'état viennent greffer leurs ouvrages sur le gros œuvre de la sous-structure.

C'est de l'étroite collaboration des divers participants à l'ouvrage que naît l'entente permettant une réalisation sans heurts, avec un minimum de fausses manœuvres, et par voie de conséquence, une exécution rapide, économique, et de qualité.

le planning d'avancement des travaux

le planning d'avancement des travaux est établi par le maître de l'œuvre afin de coordonner dans le temps les actions des diverses entreprises participant à une construction.

le programme général

pour être valable l'élaboration du programme doit tenir compte des exigences du maître de l'ouvrage et des conditions techniques qui découlent des marchés signés avec les diverses entreprises adjudicatrices. Il est évident que, dans les prévisions, seront incluses les congrés légaux des entreprises. La durée moyenne des exécutions des tâches.

Pour tous les travaux d'une certaine importance ces programmes d'avancement sous forme de graphiques il est alors possible d'apprécier rapidement l'enchaînement des travaux dans le temps et de détecter avec facilité les incidences qui peuvent résulter de la défection d'un corps de

metier. La valeur d'un planning général d'avancement des travaux est indépendante de sa représentation. Son utilité est d'offrir aux entreprises les renseignements utiles sur la durée et l'échelonnement des phases de la construction.

ch.1

6

COFFRAGE
et
DECOFFRAGE

est surprenant de noter la difficulté qu'on rencontre encore à faire donner l'attention qu'elle mérite à la question du coffrage des betons.

Sur les chantiers, on voit encore confier sans étude préalable le coffrage des betons à la petite maîtrise qui, sous une direction résout le problème par des méthodes artisanales vieilles d'un demi-siècle. Par contre la fabrication du beton est souvent bien pensée aidée par un matériel bien adapté.

Le coffrage au stade du chantier

On commence par la détermination de la surface de coffrage qui est à immobiliser pour être en état de mettre en oeuvre à chaque instant le cube de beton prévu par le planning.

Ceci étant, il faut faire choix du type de coffrage et pour cela on peut s'inspirer des remarques suivantes.

1^{er} Ce choix ne doit pas être laissé à l'initiative de chef de chantier, dont le rôle doit se borner

à mettre en oeuvre les coffrages prévus par le bureau d'étude

2^{es} les éléments à mettre en place, panneaux plans, panneaux courbes, ensembles charpentés, seront livrés au chantier par l'atelier de l'entreprise avec les engins ou les dispositifs de levage appropriés à leur mise en oeuvre.

On ne doit plus voir sauf en quelques zones exceptionnelles de accord, confectionner le coffrage « sur mesure » et sur l'ouvrage même

3^{es} Un coffrage se calcule et n'est pas bâti empiriquement en ayant, par exemple, pour objectif d'utiliser les sections commerciales courantes de bois, si elles sont surabondantes.

4^{es} il faut rechercher le nombre de reemplis maxima des éléments de coffrage et standardiser les modes de mise en place.

5^{es} En général la solution la plus économique est donnée par de grands panneaux. leur surface est, celle, maxima, admissible, compte tenu des moyens de levage et de la modulation conduisant au nombre optimum de reemplis

8

On peut utiliser a defaut d'engins de levage suffisants, concevoir des panneaux allages dans lesquels la surface coffrante est en contre plaqué ou en metaux légers (aluminium, magnesium, duralumin).

6^e La détermination de la dimension des panneaux doit découler de modulations convenables dans chaque type de surface à coffrer. Si nous prenons par exemple le cas du bâtiment d'usine, nous avons affaire a des grandes surfaces verticales (murs de façades murs pignons, refend, cloisons) et a des grandes surfaces horizontales (planchers).

Pour les premières on réservera les zones singulières du plan ou de l'élevation (angles, linteaux, éventuellement fenêtres, portes) qui feront l'objet d'éléments de raccords de façon a ne prendre en compte pour la modulation que des parties nettes de surfaces verticales pour lesquelles on cherchera des modulations conduisant aux panneaux de surface maxima avec le nombre de reemplois optima.

Un compromis est à trouver entre ces deux données, le grand panneau économisant la main d'œuvre de coffrage et les reemplois de la matière.

Les éléments de raccord correspondant aux zones singulières, seront préfabriqués en atelier, généralement en bois. Seuls quelques raccords spéciaux justifieront l'exécution sur l'ouvrage même des parties correspondantes de coffrage.

7^e Les panneaux doivent être rendus pratiquement indéformables.

8^e L'assemblage des panneaux doit être simple et robuste et permettre leur réglage en position.

9^e Les coffrages ne doivent en principe, pas être butés sur les échafaudage, mais prendre appui sur les parties inférieures de béton déjà exécutées et être si nécessaire, entretoisés à leur partie supérieure.

10^e L'étaiement des coffrages horizontaux (planchers) doit retenir particulièrement l'attention.

Il faut faire un choix entre le bois, les étais tubulaires métalliques, les échafaudages tubulaires, les poutres métalliques horizontales, la suspension à l'ossature de l'ouvrage. à cause du nombre de reemploi on préfère les étais tubulaires métalliques de hauteur réglable aux étais de bois; mais dans certaines régions où le bois est en bon marché on préfère les étais en bois.

Les échafaudages tubulaires, sont très valables pour les hauteurs s'écartant des hauteurs normales d'étages.

On peut éviter les étais verticaux, ou tout au moins les réduire, par l'emploi de poutres horizontales métalliques.

Nous signalons la possibilité de suspendre l'ensemble du coffrage d'une partie horizontale à la partie supérieure de la charpente de l'ossature de l'ouvrage.

Decoffrage: le décoffrage se prépare dans l'opération du coffrage par l'adoption des systèmes convenables d'assemblage, de fixation des panneaux au béton, d'étaisements verticaux et éventuellement horizontaux ou obliques. Il ne doit - à quelques zones singulières près - rien y avoir à décloquer ou à démolir. On ne doit avoir qu'à démonter et à manutentionner, opérations qui auront dû être étudiées et minutées comme celle du coffrage.

Pour éviter l'adhérence des coffrages au béton, on aura dû, avant mise en place, appliquer un produit de démoulage. Avec le bois c'est une nécessité absolue. Avec l'acier, l'adhérence est beaucoup plus faible (de l'ordre de 100 g/m^2) mais on risquerait, sans cette précaution, des arrachages locaux de béton.

Signalons que pour le décoffrage des planchers on laisse pendant le coulage des petits trous verticaux dans le béton. Lorsque'il s'agit de décoffrer, on injecte par ces trous soit de l'eau, soit de l'air sous pression.

Le temps nécessaire pour le décoffrage: La résistance du béton en fonction du temps, dépendant en particulier de sa composition granulométrique, de la nature et du dosage en ciment et de la température.

Compte tenu des contraintes auxquelles elles doivent être soumises sous leur poids propre et les surcharges accidentelles de chantier, les surcharges d'exploitation étant exclues on peut fixer pour chaque partie d'ouvrage les délais à observer avant décoffrage.

Certaines parties telles que joues de poutre, poteaux, peuvent être décoffrées rapidement (24 heures en été par exemple) alors pour d'autres, il faudra attendre plusieurs jours.

L'effet de la température est très important. Il faudra augmenter les délais d'un nombre de jours pendant lesquels la température s'est abaissée au-dessus d'un seuil variable.

11
avec la nature du ciment, seuil au-dessous duquel le durcissement est stoppé
(+5° pour le béton de Portland par exemple).

Par contre en chauffant le béton (chauffage électrique, exposition à un courant d'air
chaud saturé, exposition aux rayons infra-rouges etc...) on peut réduire considérablement
les délais.

le calcul de coffrage : le dimensionnement des coffrages pour leur permettre de résister avec une déformation admissible aux efforts auxquels ils sont soumis de la part du béton.

on admet que la poussée exercée par le béton sur le coffrage est égale à la pression hydrostatique d'un matériau fluide de densité égale à celle du béton, densité qu'on prend en général égale à $2,5 \text{ t/m}^3$. Cette hypothèse est excessive et que la pression à prendre en compte dépend de multiples paramètres tels que :

- la fluidité du béton
- la rapidité de prise
- le dosage
- la granulométrie
- la température
- les effets de parois
- la vitesse de remplissage (hauteur de béton coulé en mètre/heure)

Entre autres remarques découlant de ces mesures on peut noter les suivantes :

- la pression est intermédiaire entre la pression hydrostatique pure pour un liquide de même densité que le béton et la pression qui résulterait de la mise en silos de matériaux secs de même granulométrie et semblablement mélangés.
- Cette pression croît rapidement et atteint, pour une même vitesse de remplissage et les mêmes conditions de température et de pilonnage, un maximum pour une certaine hauteur de béton maximum au-delà duquel toute augmentation de la masse de béton n'augmente plus la pression sur le coffrage.

la vitesse ~~initial~~ de remplissage influe beaucoup sur la valeur de la pression.

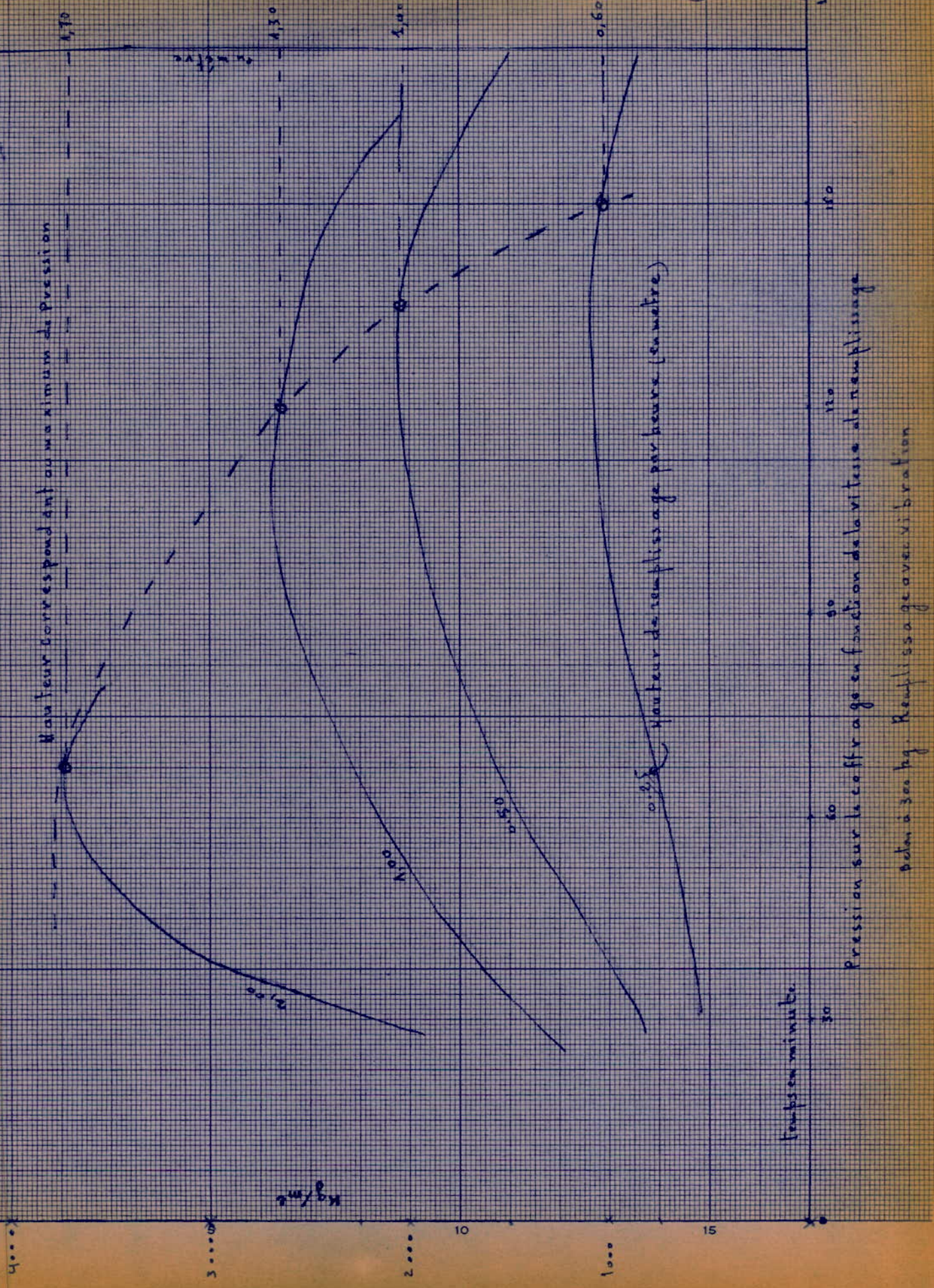
- le maximum est d'autant plus rapproché de la pression hydrostatique pure que le mélange est plus riche en ciment.

Hauteur correspondant au maximum de pression

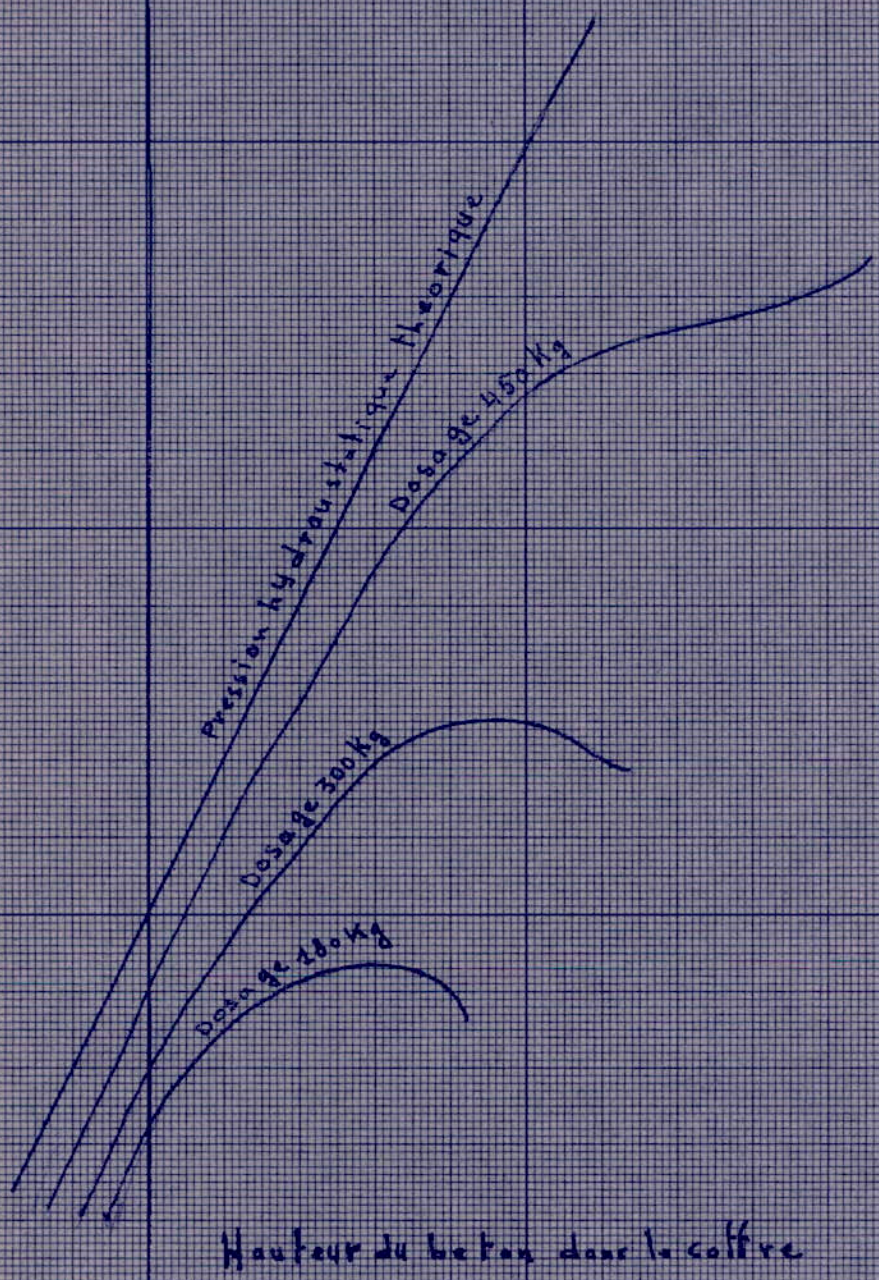
Hauteur de remplissage par heure (en metre)

Pression sur le coffre a ga en fonction de la vitesse de remplissage

beton a 300 kg. Remplissage avec vibration



kg/m²



Pression sur le coffrage en fonction du dosage

Remplissage à raison d'un mètre à l'heure. Température à 15°

Realisation des coffrages

Etude d'après le matériau constitutif

Dans le classement des coffrages d'après le matériau constitutif nous trouvons d'abord un groupe important avec :

1^{er} Coffrages bois.

2^{es} Coffrages métal.

3^{es} Coffrages contre plaqué.

4^{es} Coffrages mixtes bois-métal.

Nous notons ensuite des coffrages d'application moins fréquente mais qui peuvent s'imposer en certains cas :

5^{es} coffrages avec grillage métallique

6^{es} coffrages souples, coffrage en matière plastique.

On va examiner brièvement les avantages et les inconvénients de chacun de ces possibilités.

Ia Coffrages bois : Pour les grands ouvrages, le bois a des qualités qui le font souvent accepter.

Le bois peut fragile se transporter sans se déformer, il est inattaquable par le béton par sa faible conductibilité thermique et son épaisseur, il protège le béton du froid au cours de sa prise.

Sa porosité permet l'évacuation des bulles d'air libérées pendant la mise en œuvre du béton, ce qui évite le phénomène du "buldogé" qui se produit parfois avec les coffrages métalliques et qui nuisible à l'aspect du parement (formation des petits trous sphériques en surface).

les parements moins glacés que ceux donnés par le métal, sont plus

aptés à l'accrochage des enduits.

les coffrages bois peuvent être exécutés par l'atelier de l'entreprise outillé à cette fin, ce qui permet de les adapter exactement à l'ouvrage à réaliser et d'être maître des délais de livraison au chantier.

En fin, dans les contrées où le bois est abondant et peu cher il va de soi qu'il s'impose.

les inconvénients du bois tiennent aux reemplois en général limités, à la complication due au nombre élevé de raidisseurs, entretoises, moises ou clouage (souvent excessif) qui entraîne des dégâts au décoffrage et surtout à la part de main-d'œuvre spécialisée qui entre en jeu.

II - Coffrages METAL on utilise presque exclusivement l'acier, mais parfois on utilise l'alliage à base d'aluminium et en alliage à base de magnésium.

A) Coffrages en acier: les coffrages métalliques sont construits soit pour des ouvrages spéciaux (comme tunnels routiers ou pour voies ferrées ou blocs pour travaux maritimes) ou de coffrages normalisés réutilisables sur plusieurs chantiers.

les coffrages normalisés sont des panneaux élémentaires verticaux standards plans ou courbes, qui, assemblés, donneront les panneaux composites de grande surface qui sont à rechercher pour le coffrage des grands ouvrages, l'épaisseur des panneaux est de 2 à 3 mm pour l'utilisation courante 4 à 6 mm pour les grandes poussées, les dimensions sont normalisées sont généralement 50 x 50 cm, 100 x 50 cm, 150 x 50 cm pour l'assemblage on utilise des profilés soudés ou rivés

le coffrage métallique permet un nombre élevé de réemplois, aller jusqu'à 500 réemplois

B) Coffrages en alliage à base d'aluminium et en alliage à base de magnésium

les grands panneaux sont en général payants, d'où l'idée de remplacer l'acier par des alliages à base d'aluminium permettant de réaliser des panneaux de l'ordre de 15 à 20 kg au m². Ces coffrages sont utilisés pour des galeries de faibles sections, avec déplacement à la main des éléments de coffrage. On en fait usage également pour coffrer des galeries en haute montagne, d'accès difficile qui posaient de sérieux problèmes de maintenance. On utilise aussi ce coffrage pour les bâtiments importants.

les avantages de ce coffrage :

- légèreté : tout d'abord ils sont légers, leur densité varie de 2,6 à 2,8 contre 7,8 pour l'acier
- Résistance à la corrosion atmosphérique
- Valeur de récupération après re forme de coffrages

les inconvénients :

- Corrosion par le ciment : Pendant la prise le ciment portland attaque l'aluminium en formant un aluminat de chaux. il faut utiliser une huile type émulsion.
- Adhérence au béton : cette adhérence est supérieure à celle de l'acier le film d'huile qui est à prévoir pour éviter la corrosion par le ciment pallie cet inconvénient, mais, il faut soigner particulièrement son application

III Coffrages contreplaqués

les dimensions standards des panneaux sont

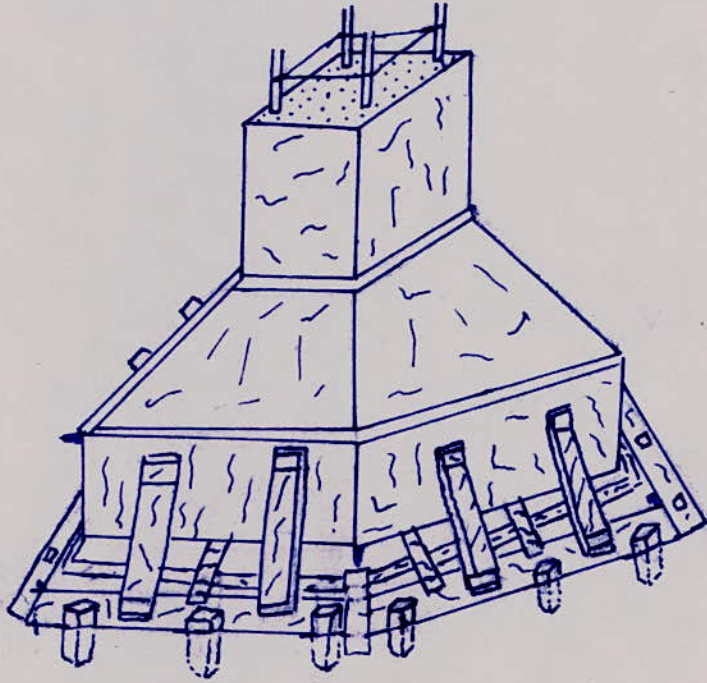
$$\begin{array}{l} 2 \text{ m} \times 1 \text{ m} \\ 2,44 \text{ m} \times 1,22 \text{ m} \end{array}$$

et les épaisseurs les plus couramment employées sont de 12 à 18 mm.

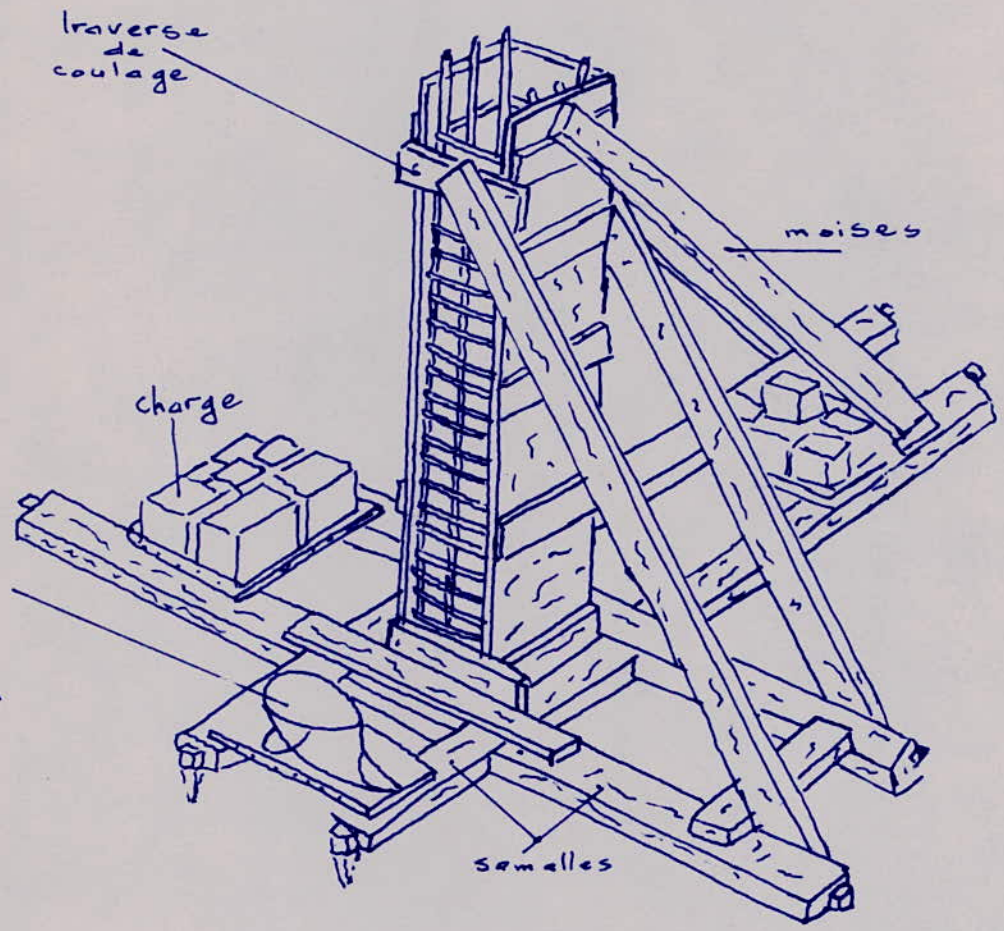
ces panneaux doivent être utilisés avec des supports limitant la flèche soit en bois, soit en cornière, dont les profils et les écartement sont à déterminer au bureau d'étude.

l'avantage le plus intéressant la légèreté.

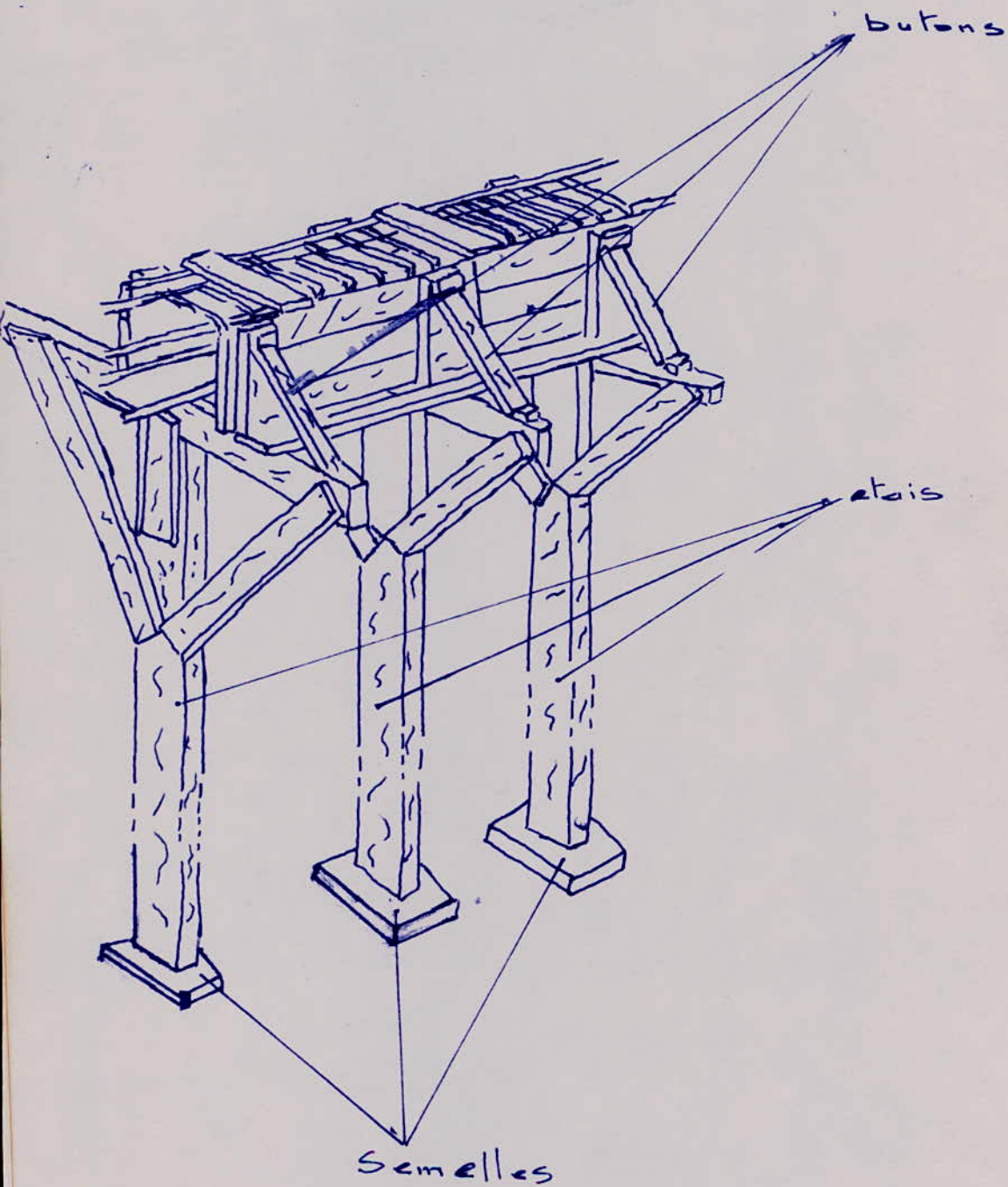
l'inconvénient majeur le prix élevé.



coffrage d'une semelle



Coffrage du Poteau



couffrage d'une poutre

ch.2

†

TECHNOLGIE

de

BETON ARME

Technologie du béton armé

les agrégats: les agrégats sont constitués par l'ensemble des matériaux pierreux entrant dans la composition d'un béton. Cet ensemble de matériaux comprend les ou fillers, les sables, les graviers, les cailloux ou pierrailles.

La qualité de ces matières inertes, ainsi que les proportions de chacune d'elles jouent un rôle prépondérant dans la résistance finale du béton.

les agrégats doivent être de bonne qualité pétrographique. les matériaux argileux, gypseux ou schisteux retardant la prise du ciment, favorisant l'oxydation des armatures ou créant des plans de clivage, doivent être éliminés.

les matières terreuses ou marneuses doivent être également rejetées. les matériaux tendres, friables et gélifs sont impropres à constituer les composants d'un béton. Toutes les matières employées doivent être solides, dures, et bien lavées, propres, exemptes de poussières et de matières nuisibles, au ciment ou aux armatures.

les agrégats naturels et les agrégats concassés offrent chacun des qualités et des domaines d'application particuliers.

les sables et graviers naturels donnent des mélanges maniabiles, faciles à mettre en œuvre, et

et n'exigent que peu de main d'œuvre pour devenir compacts. Les bétons constitués par ces agrégats obtiennent économiquement de bonne résistance. En effet, pour une consistance déterminée, la forme des grains exige une faible quantité de particules fines et moins d'eau de gâchage, on réalise ainsi une économie de liant.

Les sables et graviers concassés trouvent une large emploi dans l'industrie des produits en ciment moulu. La cohésion interne due à la forme anguleuse des grains permet, en effet un démoulage rapide des pièces sans déformations plastiques.

Les sables : On nomme sables les matériaux de petites dimensions issus de la désagrégation des roches. Les sables ont un diamètre compris entre 2 et 8 mm.

La densité du sable varie en fonction de sa teneur en humidité. Il peut absorber jusqu'à 20% de son poids d'eau et foisonne d'autant plus qu'il est fin sous une faible teneur en humidité. Un décimètre cube de sable roulé sec pèse environ 1,700 kg; avec 3% d'humidité son poids n'est plus que de 1,45 kg tandis qu'à 10% d'humidité, son poids est de 1,600 kg.

Un bon sable contient des grains de tous calibres, mais doit avoir davantage de gros grains que de petits. Pour constituer un béton de bonne qualité, le sable ne doit pas

contenir plus de 20% de grains d'un diamètre inférieure à 5/10 de millimètre. Une forte teneur en particules fines rend en effet le béton perméable spongieux et gelif; en outre, elle diminue notablement la densité et de ce fait amoindrit la résistance mécanique. Le sable fin, d'autre part, entraîne une forte consommation de ciment. L'emploi de sable fin dans le béton augmente notamment l'importance du retrait.

Les graviers : ont des origines semblables à celle des sables. Ils proviennent de la désagrégation des roches. La dimension maximale des agrégats est conditionnée d'une part par l'épaisseur des ouvrages à réaliser et d'autre part par la distance minimale entre les différentes armatures de l'ouvrage. Le diamètre des grains doit être le maximum égal aux $5/6$ de la distance entre armature. Le diamètre maximum de l'agrégat est fixé au $1/3$ de l'épaisseur d'une voile bétonnée entre deux coffrages voire à une valeur inférieure pour les pièces très armées pour les hourdis dont seule la face inférieure est coffrée ce maximum est égal à la moitié de l'épaisseur. Le calibre maximum de l'agrégat est toutefois limité à 25 mm pour les ouvrages en béton armé.

les normes visent à obtenir un enrobage correct des armatures.

Le calibre des graviers est ainsi compris entre 8 et 30 mm.

Pour les ouvrages de grandes dimensions, pour les gros bétons les agrégats maximums sont de diamètres variant entre 80 et 180 mm. Toutefois les calibres de 120 à 180 mm ne doivent pas constituer plus de 20% de ces cailloux.

Composition granulométrique

La résistance à la compression (et à la traction) étant proportionnelle à la densité d'un béton, la composition granulaire d'un agrégat pour béton de bonne résistance doit offrir un pourcentage de vide très faible. Il est nécessaire donc de rechercher le volume optimum de l'agrégat.

D'autre part, la liaison de l'agrégat est assurée par le ciment qui colle les grains les uns aux autres. Dans le but d'économiser le liant, l'agglomérant, il faut donc rechercher la surface minimale des grains de l'agrégat.

Les analyses granulométriques ont pour but de déterminer la grosseur et le pourcentage des agrégats laissant entre eux les vides minimaux. Pour parvenir à ce résultat, on procède par tamisage successifs avec des passoirs à trous de diamètres variables.

Pour réaliser des bétons de bonne qualité sans recourir à l'emploi des courbes granulométriques, on peut employer les rapports volumétriques suivants :

Béton damé : $\frac{\text{Gravier}}{\text{Sable}} = \frac{3}{2}$

Béton vibré : $\frac{\text{Gravier}}{\text{Sable}} = \frac{1}{5}$

les liants : On nomme les liants les produits employés dans la construction pour lier, pour agglomérer certains matériaux entre eux.

Il y a différents types de liants : les liants naturels, les liants artificiels (ciment artificiel provenant d'un mélange de calcaire, d'argile et de gypse), les liants aériens (ou non hydrauliques) et les liants hydrauliques (ciment naturel et artificiel électrofondu).

Les liants doivent être conservés dans des endroits secs, afin d'offrir les garanties exigées, en particulier les ciments utilisés pour le béton armé.

Le gypse, le plâtre

Les plâtres sont obtenus par cuisson de gypse ou pierre à plâtre qui n'est autre qu'une chaux sulfatée. Selon les températures et la durée de cuisson, on obtient différentes qualités de plâtre :

plâtre de construction et modèle du sculpteur entre 120 et 200°

plâtre hydraulique entre 800 et 1400°

La rapidité de prise du plâtre est influencée par la finesse de mouture et la température ambiante, elle est d'autant grande

La rapidité de prise du plâtre est influencée par la finesse de mouture et la température ambiante, elle est d'autant plus grande que l'on emploie moins d'eau. La durée de prise de plâtres employés en construction est la suivante :

Plâtre « sculpteur » :

debut de prise 2 à 12 minutes

Fin de prise 15 à 30 minutes

Plâtre « plâtrier »

debut de prise 10 - 20 minutes

fin de prise 2 à 3 heures

Pour ralentir la prise et augmenter la résistance, on peut ajouter un retardateur de prise à l'eau de gâchage. Ce retardateur (borax ou du phosphate de soude à raison de 0.5 à 1% du poids du plâtre).

les plâtres sont utilisés pour les enduits intérieurs (contre le mur) et pour la confection des plafonds

les ciments Portland

les ciments Portland sont les ciments les plus employés dans la construction et servent en particulier à la réalisation des ouvrages en béton armé ils ont une prise lente ce sont en général des liants artificiels. En matière de fabrication des ciments on appelle clinker un mélange intime de calcaire contenant à peu près 23% d'argile très silicieuse cuite à environ 1450°. La combinaison due à ce mélange

de la chaux, de la silice et de l'alumine. l'eau est sans action sur ce clinker, sorte de mâchefer grisâtre.

Pour réaliser le ciment Portland, on broie ce clinker puis on ajoute 3 à 5% de gypse avant la dernière mouture. l'adjonction de gypse au clinker a pour effet de retarder la prise de 2 à 3 heures. Sans cet apport, la prise serait presque instantanée.

Le début de prise des ciments Portland ne doit pas se manifester avant 2 heures et demie et la fin de la prise est limitée à 15 heures à la température de 18°.

conservation des ciments Portland.

La résistance des ciments artificiels est particulièrement influencée par les conditions d'emmagasinage de la poudre.

En effet le ciment exposé à l'air absorbe l'humidité et l'acide carbonique, ce qui altère sa force adhésive. Par temps chaud, cette altération est plus rapide que par temps froid.

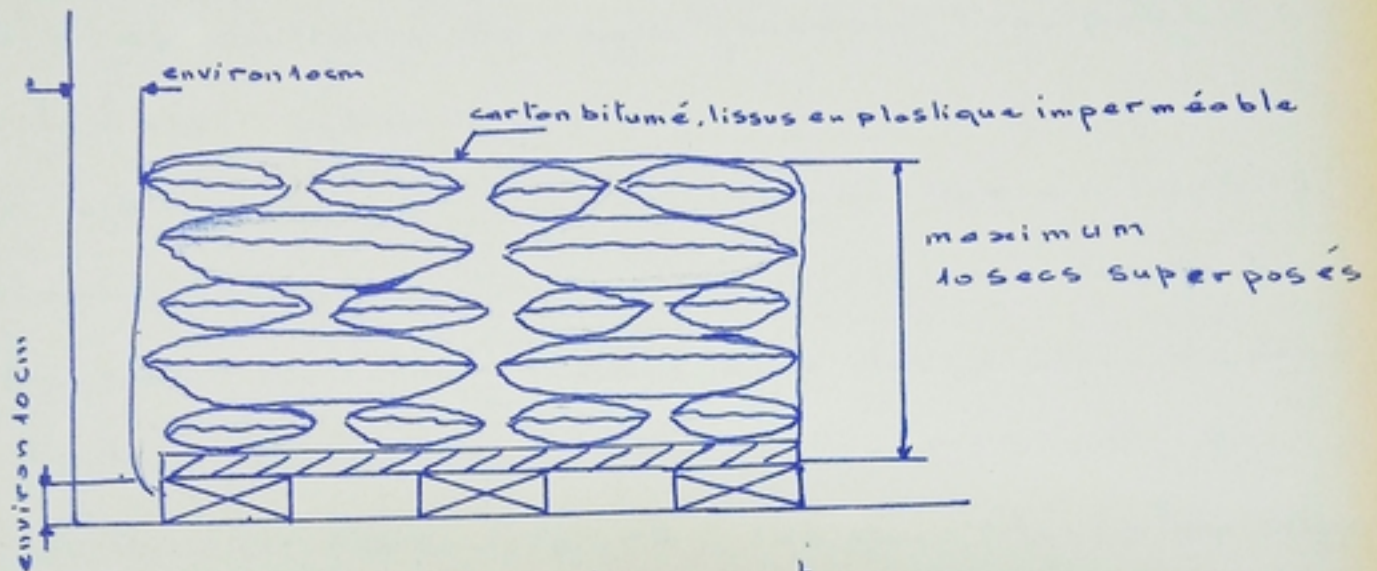
l'emballage habituel du ciment, en sacs de papier, ne constitue qu'une faible protection. Aussi, par un empilage judicieux et une protection de cette pile par du carton bitumé ou un tissu en résine synthétique, il est possible d'éviter l'éventement dans une notable mesure, on peut considérer d'une durée illimitée la conservation

du ciment en silos fermés hermétiquement.

Il est possible de conserver durant un an et davantage, dans un local sec et frais, des sacs de ciment intacts, empilés judicieusement et protégés de tous côtés par un carton bitumé; ce dernier évitant la pénétration de l'air. (l'humidité de l'air ne doit pas excéder 70%). Empilés, sous protection spéciale, à l'abri des courants d'air, pour une humidité d'air comme ci-dessus à température de 20°, la conservation peut être de 6 à 8 mois.

On remarque qu'il existe plusieurs types de ciment

- ciment Portland à haute résistance
- le ciment alumineux (ou ciment La Farge)
- le ciment de Pouzzolane
- le ciment de fer
- le ciment à haute fourneau
- le ciment expansif



Stockage du ciment

ces espèces de 10 cm évitent l'humidité de contact

Emmagasinage compact ne laisse que peu de surface en contact avec l'air. La protection du tas sur tous les côtés est assurée par du carton bitumé ou un tissu imperméable.

Eau de gâchage :

L'eau employée le gâchage des liants doit répondre à des qualités chimiques assurant l'intégrité des mélanges. Les sels en dissolution dans l'eau, s'ils sont en excès, peuvent devenir nuisibles aux liants. En règle générale, l'eau potable convient pour la fabrication des bétons.

On rejettera en particulier les eaux séléniteuses (contenant du gypse soit par contact avec des roches gypseuses, soit par contact avec des plâtres de démolition) dont l'action est particulièrement corrosive.

L'eau de mer, les eaux pures, les eaux pluviales attaquent désagrègent ou décomposent les liants.

Les qualités définitives des mortiers et des bétons ne dépendent qu'indirectement du dosage. Elles dépendent en revanche, du rapport :

$$\frac{C}{E} \text{ soit } \frac{\text{Poids du liant incorporé}}{\text{Poids de la quantité d'eau ajoutée au mélange}}$$

Les qualités étroitement liées à ce rapport sont :

- l'accroissement de la résistance à la compression
- la résistance à l'usure ;
- une diminution du retrait et du fluage
- Une meilleure résistance au gel
- Une meilleure protection des armatures.

Ces améliorations croissent avec le rapport tant que ce dernier n'excède pas 2,5, au-delà de cette

Limite, les résistances diminuent, le béton devient trop sec

La quantité d'eau de gachage à admettre dans un béton doit être le minimum compatible avec les exigences de la mise en œuvre.

Sans surveillance et pour faciliter la mise en place du béton, les ouvriers ont tendance à exagérer la quantité d'eau de gachage. Chaque litre d'eau en trop détruit 2 à 3 kg de ciment.

La consistance est le facteur principal de la maniabilité (La maniabilité est influencée également par la granulométrie et la forme des agrégats). La consistance définit l'état sous lequel se présente le béton lors de sa mise en œuvre et intéresse sa capacité de déformation, son degré de plasticité, sa cohésion interne.

consistance « terre humide »: 5,5 à 6,5 % d'eau par rapport au poids des matières sèches (rapport $\frac{C}{E}$ = environ 2,2 à 2,4)

consistance « faiblement plastique »: 6,2 à 7,2 % d'eau par rapport aux poids des matières sèches. Rapport $\frac{C}{E}$ = environ 1,9 à 2,2. Cette consistance convient pour les bétons compactés par vibration ou damage.

consistance « plastique »: 6,8 à 8 % d'eau par rapport au poids des matières sèches. Cette consistance est recherchée pour les bétons par vibrés à armature dense

consistance « très plastique », « béton mou »: 8 à 8,5 % du poids des agrégats secs. Rapport $\frac{C}{E}$ = environ 1,6 à 1,7

les Betons On appelle dosage le poids du liant employé pour réaliser 1m^3 de béton.

les betons issus du melange de sables, de graviers, de liants et d'eau doivent être réalisés et dosés en relation directe avec leur emploi.

les betons de c.P ou de c.P.A sont les plus utilisés en matière de construction.

les différents types des Betons:

beton maigre: Un beton de dosage en liant est environ 150kg deciment par mètre cube mis en œuvre. Ce beton de faible resistance s'emploie pour réaliser, par exemple, des aires propres sous les fondations pour les betons de remplissage. Ce dosage constitue le minimum admissible pour obtenir une liaison des agrégats.

beton armé: est réalisé avec des melanges contenant de 300 à 400kg dec.P ou c.P.A par mètre cube mis en œuvre. Ce dosage est destiné à offrir les garanties de resistances descomptées et à presenter une protection efficace de l'armature.

La composition et le dosage de ce beton doivent être soigneusement étudiés. La fabrication doit être surveillée de près

Béton léger : est un béton dont la densité est inférieure à 1,5. Conçu dans le but d'offrir des qualités d'isolation thermique et de légèreté, ce béton employé pour les formes de remplissage dans les sols et sur les toitures terrasses.

Calcul de la composition des bétons

Les quantités des divers composants entrant dans la fabrication d'un béton peuvent se déterminer en approximation par le calcul. Les résultats obtenus doivent être cependant contrôlés sur les chantiers par des essais pratiques. Ces derniers définissent, en effet, les qualités finales des bétons obtenus et permettent le cas échéant, de rectifier la composition afin d'amener le béton aux exigences requises.

Fabrication du béton

Le malaxage des composants du béton sert à distribuer régulièrement la poudre du liant sur toute la surface de chaque grain de l'agregat. Le malaxage est destiné également à répartir et mélanger les grains des différents calibres composant l'agregat. Cette opération provoque aussi le nettoyage des grains de la poussière qui les recouvre, permettant ainsi un "collage" efficace des grains entre eux.

Malaxage mécanique

37

Le malaxage mécanique au moyen des bétonnières est réalisé sur tous les chantiers de faible, de moyenne et de grande importance. Le malaxage mécanique améliore la régularité du mélange et sa qualité. On distingue les bétonnières par leur contenance en mélange à sec (capacité de malaxage) qui varie en pratique de 150 à 5000 litres.

Il faut avoir égard aux caractéristiques suivantes:

- Capacité de malaxage
- Béton foisonné obtenu après malaxage et addition d'eau.
- Béton en place dans l'ouvrage.

Durée de malaxage:

La durée de malaxage doit être suffisante pour donner un béton bien homogène.

elle varie d'une minute à deux minutes, suivant les types de bétonnières (diamètre du tambour de malaxage et vitesse de sa rotation) et la consistance du béton.

Il faut noter qu'il ne faut pas exagérer la durée de malaxage.

Compte tenu du temps nécessaire à l'alimentation de la benne du skip et de celui de son élévation on peut admettre qu'une gâchée exige 2 à 3 minutes ce qui donne 20 à 30 gâchées / heure. avec 20 gâchées / heure

chiffre généralement retenu en pratique, on obtient les rendements horaires suivants en m^3 en place dans l'ouvrage

Capacité de malaxage en litre	Rendement horaire m^3 de béton en place
180	2,5
360	5
750	10
1750	25
3000	40

les types des bétonnières :

On distingue les bétonnières à production continue et les bétonnières à bennes.

les premières offrent l'avantage d'un débit continu consécutif à une alimentation permanente en sable, gravier, ciment et eau.

les bétonnières à benne sont les plus employées. les matériaux constituant sont convenablement dosés en volume (caisses, brouettes, wagonnets) ou en poids dans une benne pour chaque gâchée. La benne, ou le skip deverse son contenu dans le corps du mélangeur par l'intermédiaire d'une tremie.

les malaxeurs à benne sont de deux types :

- les turbomalaxeurs ou malaxeurs à action
- les malaxeurs à chute libre.

les turbomalaœeurs sont composés d'une cuve généralement circulaire à l'intérieur de laquelle tournent des bras de formes diverses, sortes de socs de charrue, assumant le pétrissage rapide et efficace des composants. La durée de brassage dans ces bétonnières à action doit être au minimum de 30 secondes. Les temps de vidage et d'introduction des matériaux, relativement courts, permettent de réaliser près de 50 gâchées à l'heure. Certains turbomalaœeurs produisent jus qu'à 1m^3 de béton fini par gâchée.

Dans les malaœeurs à chute libre, qui constitue l'engin le plus répandu parce que robuste, simple et d'un nettoyage aisé, le mélange réalisé par rotation du tambour qui élève les matériaux au moyen de palettes ou d'aubes, et les laisse ensuite retomber sur eux-même en chute libre. La vitesse de rotation périmétrique du tambour est d'environ $1\text{m}/\text{sec}$. La durée

Armatures :

Disposées dans le béton pour absorber les efforts de traction, de cisaillement et de torsion, les armatures en fer ou en acier peuvent présenter des caractéristiques diverses.

on utilise entre autres :

les fers doux (ronds, ordinaires) et les fers à nuances (crénelés, Box, Tor, Caron, etc.)

les fers ou aciers ronds ordinaires :

Symbole de représentation: Φ) de diamètre 5, 6, 8, etc de 2 en 2 mm jusqu'à 40 mm. Ce sont des aciers de construction de dureté naturelle façonnables et soudables sans alteration des caractéristiques mécaniques. σ_a admissible 1200 à 1600 kg/cm² selon normes.

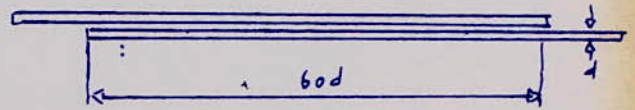
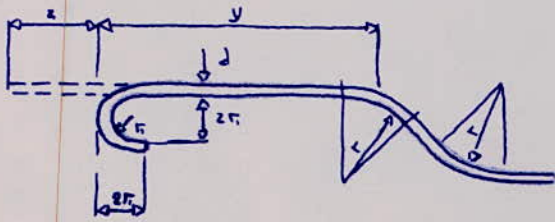
les aciers Tôr 40

Symbole graphique Φ ou ΦT) possèdent un double filet et des verrous torsadés.

Façonnage

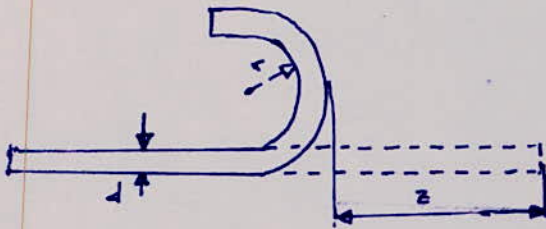
Le façonnage des armatures, crochets et pliure des barres fait l'objet d'instructions formulées dans les normes de C. C. B. A 68. Pour des raisons économiques le façonnage des armatures se réalise en atelier.

les armatures doivent être formées à froid sur des mandrins permettant d'obtenir les rayons de courbure adéquats

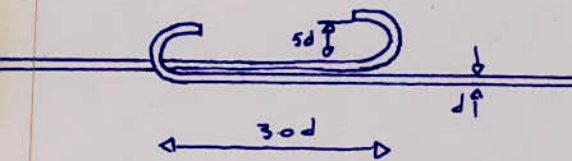


longueur de recouvrement dalles et poutre
acier à nuance sans crochets

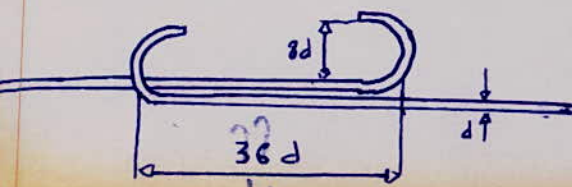
Façonnage des armatures
 Aciers doux $z = 1,5d$ $r = 10d$ $r_1 = 2,5d$ $y = 30d$
 Aciers à nuance $z = 10d$ $r = 12d$ $r_1 = 4d$ $y = 36d$



la longueur z nécessaire au façonnage
des crochets, est égale environ à $10d$.



longueur de recouvrement des armatures
des dalles et poutres (acier doux)



longueur de recouvrement des

La jonction de deux tronçons d'armatures doit toujours être située dans les zones les moins sollicitées de l'ouvrage elle peut se réaliser selon 3 procédés :

par recouvrement

par soudure électrique (exclusivement, la soudure autogène étant interdite)

- La proportion des armatures transmettant leur effort par recouvrement, dans une section droite soumise à la flexion et à la traction, ne peut excéder $\frac{1}{3}$ de la section totale de l'armature.
- Avant leur mise en place, les armatures doivent être débarrassées de toutes traces de terre, de peinture, de graisse, de saleté et d'écailles de rouille. De faibles traces de rouille adhérentes augmentent en revanche, la liaison béton-acier

Essais Des ouvrages finis:

Par prélèvement d'éprouvettes lors de la fabrication des bétons, il est possible de définir par des essais destructifs la résistance mécanique probable des produits finis.

Lorsque l'ouvrage est réalisé, terminé, les essais peuvent être pratiqués sur les bétons en place grâce à des moyens d'auscultation. Les méthodes non destructives pour la détermination des résistances du béton sont en principe fondées sur le rapport existant entre les propriétés élastiques du matériau et sa résistance.

La résistance est plus élevée que le module d'élasticité est grand

Le scléromètre est un appareil d'auscultation, qui détermine la dureté de la surface par rebondissement d'une masse ou d'un marteau. La résistance du béton se déduit des valeurs ainsi déterminées. Facile à transporter, simple d'emploi, le scléromètre permet par un moyen rapide de connaître la résistance du béton avec exactitude suffisante. Les valeurs à considérer doivent être la moyenne arithmétique d'au moins dix essais, pratiqués dans une zone limitée. Le mode d'emploi de ces appareils contient toutes indications utiles pour les divers cas qui peuvent se présenter.

Par la mesure de la vitesse de propagation des ondes, opération nécessitant un appareillage relativement complexe, il est possible également de déterminer la résistance des bétons en place.

Technologie d'exécution

Cofrage : le bois sera transporté par des camions jusqu'à l'atelier du bois qui sera installé dans le chantier et de l'atelier jusqu'à sa place par la grue comme indique le plan d'installation de chantier.

Armature : Elle sera transportée par des engins spéciaux jusqu'à l'atelier où elle sera façonnée et de là par la grue jusqu'à sa place où elle sera utilisée.

Béton le béton sera fabriqué par la centrale à béton qui se trouve sur le chantier et par les dumpers sera transporté jusqu'à la benne qui sera enlevée par la grue jusqu'à la place de béton.

Exécution des planchers préfabriqués (on hourdis)

On coffre les poutres de plancher ou monte les poutrelles qui seront appuyées par des étais, on monte l'hourdis et on coule le béton des poutres planchers préfabriqués, et la dalle de compression en même temps.

ch.3

CLOISONS

et

MURS

les murs et les cloisons

On appelle murs les éléments porteurs verticaux de section droite, très oblongue. les cloisons, en revanche, n'ont aucune fonction portante.

les caractéristiques des murs dépendent de leur destination et de leur fonction. D'une façon générale on distingue :

- a) les murs situés dans le sol
- b) les murs en élévation, au-dessus du sol.

cette première classification, complétée par le rôle des murs de la construction, permet de définir les qualités particulières des matériaux à employer.

— la résistance à la compression est d'autant plus élevée que la densité du matériau porteur est plus forte. La pierre naturelle le béton coffré ou banché constituent des éléments solides et résistants. les agglomérés en béton, les briques pleines et perforées constituent des matériaux moins résistants mais plus facile à employer.

— l'isolation thermique optimale est obtenue par des matériaux légers et poreux. les matelas d'air emprisonnés entre les parois constituent, lorsqu'ils ne sont pas ventilés, d'excellents isolants thermiques. les briques creuses, les agglomérés déciment creux ou légers, lièges, constituent les matériaux convenant à cette isolation levant thermique, ou restitution de la température emmagasinée

par les parois et les planchers, reste cependant un facteur contribuant au confort des habitations. Celui-ci est obtenu par l'emploi de matériaux denses. De ce fait, les cloisons minces légères et poreuses à parois simples ou multiples n'apportent pas forcément le confort maximum. D'autre part, le volant thermique permet de réaliser une économie du combustible prévu pour le chauffage.

— L'isolation phonique doit assurer le confort nécessaire dans les locaux et particulièrement la protection contre les bruits aériens. Cette isolation est obtenue en partie par l'emploi de matériaux lourds offrant une forte inertie aux vibrations sonores. Une amélioration sensible de l'isolation phonique peut être réalisée, en disposant une plaque vibratile étanche contre la surface des murs, de manière à réserver un métré d'air. Ce dernier peut renfermer un matériau poreux absorbant. La plaque absorbe les sons de basse fréquence, tandis que le matériau poreux absorbe les sons de haute fréquence. L'élément vibratile peut être constitué par un panneau en bois contre-plaqué par exemple, le matériau poreux par des laines de verre, laine de pierre, etc.

Bien que les matériaux employés possèdent des caractéristiques technologiques différentes, les principaux généraux d'empilage restent identiques. Ces principes peuvent être résumés comme suit :

483

les matériaux doivent être posés de manière à recevoir les forces qu'ils supportent perpendiculairement au lit de leur structure.

les joints disposés dans le plan des forces doivent être décalés d'assise en assise, afin d'assurer une parfaite cohésion du mur et de permettre la répartition et la transmission des charges.

Ce décalage des joints affecte non seulement les parements vus du mur, mais aussi la structure interne de celui-ci. La section transversale d'un mur doit comporter des éléments assurant son homogénéité et sa liaison interne.

Entre deux blocs contigus, l'espace rempli de mortier ou d'un liant approprié doit constituer un joint continu dont l'épaisseur soit si possible constante. Tous les espaces provoquant une discontinuité dans l'assise doivent être garnis d'un fragment du matériau. Ces précautions sont destinées à rendre les tassements réguliers et sont faciles à satisfaire avec les matériaux fabriqués, briques et agglos. *les travaux*

Ces mêmes principes régissent la réalisation des cloisons, bien que ces éléments ne soient pas porteurs. Cependant la faible largeur des cloisons permet parfois leur exécution en une seule épaisseur de matériaux. C'est le cas des galandages dont l'épaisseur 5 à 12 cm

les cloisons sont réalisées en matériaux légers de grande surface unitaire qui permettent une réduction sensible de la main-d'œuvre sur le chantier.

L'épaisseur minimum des murs dépend des matériaux employés et des risques de flambage. D'une façon générale, et pour des hauteurs d'étages normales, une épaisseur minimale de 15 à 20 cm, selon les charges transmises, Au-dessous de ces valeurs, les risques de flambage sont importants.

Magonnerie en brique d'argile cuite

L'argile pétrie avec de l'eau forme une pâte qui peut être moulée. Sous l'action de l'air sec une partie de l'eau continue est éliminée, provoquant un premier retrait. Après dessiccation l'argile ainsi préparée est cuite au four à une température d'environ 900° à 1000°C. Par moulage, on peut obtenir plusieurs types de briques de construction. Ce même matériau sert à la confection des tuiles.

Une brique de bonne qualité doit produire un son clair lorsqu'on la frappe. D'autre part, des arêtes vives et des faces bien dressées sont également des facteurs de qualité.

La porosité des briques dépend de l'emploi auquel elle sont destinées, cette valeur ne doit pas excéder 5% pour les briques dont le parement est apparent, 12% lorsque le parement est enduit et 25% pour les briques ordinaires. Ce pourcentage est défini

par le rapport des masses : eau / brique sèche .

L'assemblage est facilité par la forme parallélépipède des briques, et le faible poids des éléments unitaires . La coupe des briques, relativement aisée est cependant peu fréquente en raison des faibles dimensions des éléments unitaires .

Les briques creuses ont plus grandes dimensions, permettant la réalisation des murs spécialement isolants. En revanche, leurs résistance à la compression est très faible . Cette maçonnerie reçoit généralement un enduit ou crépissage et trouve son utilisation principalement dans le remplissage entre ossature, et pour les séparations intérieures des bâtiments . Les briques creuses sont maçonneries soit au mortier de ciment, pour les maçonneries exposées aux intempéries, soit au plâtre pour les séparations intérieures .

Les joints d'assise, pour des raisons de résistance de la maçonnerie doivent être aussi minces que possible . Les joints verticaux sont exécutés soit par refoulement du mortier d'assise contre le chant de la brique, repoussé par la truelle, soit par pose de la brique repoussé par la truelle, soit par pose de la brique et du mortier de joint, ensemble . Il faut éviter de remplir les joints par le haut .

Pour les briques à parement, la régularité des joints est obtenue par un profilé métallique (ou un linteau de bois) de section égale au joint introduit dans ce dernier .

Afin d'obtenir une maçonnerie résistante, le mortier constituant les joints ne doit contenir qu'une faible quantité d'eau et les briques

seront gorgées d'eau au moment de leur emploi. De ce fait, on obtient une parfaite adhérence et une excellente compression. Le mortier d'assise doit être comprimé par la pose de la brique. Communément, le mortier est fluide, et la brique prend son assise d'elle-même. Cette méthode de pose, évidemment plus rapide, offre de moins bons résultats à la compression. Sur le chantier, les briques doivent être entreposées dans un endroit sec, sur une aire de planches à l'abri du gel.

Mortiers de liaison

Le mortier garnissant les joints des maçonneries est avant tout destiné à assurer une répartition régulière des charges sur les assises. En effet, les matériaux employés en maçonnerie n'étant pas rigoureusement plans, il s'ensuit des répartitions de charges inégales. Le mortier assure également la liaison le « collage » des éléments unitaires entre eux, assurant ainsi un monolithisme favorable s'opposant aux déformations. La résistance au flambage, au cisaillement, et aux effets dynamiques est notablement améliorée par le mortier. Les qualités mécaniques d'un mortier doivent être telles qu'il n'accuse qu'une très faible déformation sous les charges.

La consistance et le dosage d'un mortier doivent en permettre la mise en œuvre aisée, et d'autre part offrir un retrait minimum.

Le sable entrant dans la composition des mortiers doit être propre, lavé, sans limons ni impuretés organiques. La composition

granulométrique indiquée par les courbes classiques offrent d'excellents résultats. D'une façon générale, le diamètre de plus gros grains de l'agregat ne doit pas dépasser la moitié de la valeur des joints.

Le tableau suivant indique les dosages employés couramment.

Nature du mortier	Dosage en kg		sable sec en kg	Dosage de chantier en volume		
	ciment	chaux hydraulique		ciment	chaux hydraulique	sable
A - Deciment	300		1610	1		5
	350		1580	1		4
	400		1550	1		3,5
	450		1520	1		3
B - Bâtard	100	200	1600	1	2,5	12
	150	150	1600	1	1,5	9
	150	250	1520	1	2	8
C - Dechaut		300	1625	1		3,25
		350	1570	1		3
		400	1510	1		2,25
		450	1450	1		2

Les valeurs admises dans ce tableau ont été déterminées en fonction des valeurs suivantes :

Poids par litre : ciment = 1,25 kg/l

dechaut = 0,90 kg/l

de sable = 1,45 kg/l compté 3% d'humidité

Un cripi est une couche de mortier appliquée contre les parements d'un mur en maçonnerie de briques ou de béton. L'enduit demande en plus un dressage et un lissage de la surface.

L'enduit ou le crepi extérieur des maçonneries sont destinés à préserver l'intérieur des murs contre la pénétration des eaux de pluie chassées par le vent. D'autre part, ils doivent permettre l'évacuation de l'humidité intérieure du mur dans l'air extérieur. Ils doivent, en outre, offrir certaines qualités d'esthétique requises pour la construction.

Afin de réaliser un ouvrage durable, le crépi ou l'enduit ne doivent être appliqués que sur un parement de mur en bon état.

L'enduit est généralement réalisé par projections successives de 3 couches de mortier, à dosage bien déterminé. La solidité d'un enduit dépend donc :

- 1) de sa liaison avec le mur;
- 2) de son homogénéité.

L'adhérence des couches de mortier doit faire l'objet d'une attention particulière.

L'adhérence des couches de mortier pour qu'elle soit parfaite il faut que le parement du mur à recouvrir doit être rugueux, propre, et sans poussière.

Pour éviter une dessiccation trop rapide de la première couche d'enduit, il est nécessaire de bien

mouiller le support avant l'application du mortier.

Toutes traces de peinture ou de matières diverses doivent être soigneusement éliminées par un brossage énergique à la brosse métallique.

Sur les murs en béton coffré ou banché, la surface doit être piquée ou boucharlée afin d'offrir une rugosité suffisante.

Pour un bon accrochage de l'enduit sur la maçonnerie de moellons, les joints de cette dernière doivent être refouillés sur 3cm de profondeur environ.

Un mortier à base de ciment ne doit jamais être appliqué sur un fond contenant de la chaux, du gypse ou de la magnésie. Le mortier de chaux convient pour les fonds de ciment et de chaux. Un enduit de plâtre peut être appliqué indifféremment sur le ciment et sur la chaux.

Lorsque l'adhérence ne peut être obtenue par les moyens décrits ci-dessus, on peut tendre sur le parement du mur, un treillis métallique galvanisé ou inoxydable que l'on fixe de place en place par des pointes. Ce treillis, enrobé par le mortier, en constitue l'armature.

Plus le temps écoulé entre la projection de chacune des couches est court, meilleure sera l'adhérence. Pour limiter le retrait et afin d'obtenir une liaison des différentes couches, on peut arroser fortement l'ouvrage avant l'application de chaque

nouvelle couche ou pratiquer des stries avec le tranchant de la truelle.

Principe de la réalisation des enduits

l'enduit doit comprendre l'application successive de trois couches aux qualités distinctes :

1. Une couche grasse de consistance pâteuse, de 3 à 5 mm d'épaisseur, avec si possible addition d'hydrofuge. Cette couche grasse est destinée à assurer l'étanchéité de la maçonnerie.

2. Une couche de fond de 15 à 20 mm d'épaisseur environ appliquée sur la couche grasse. Le rôle de la couche de fond est de protéger la première d'une dessiccation trop forte. Elle doit permettre, par l'humidité qu'elle absorbe, d'imbibber et de provoquer le gonflement de la première couche appliquée. Ainsi les fissures de retrait de la couche grasse, sous cette action, tendent à se refermer et assurent l'étanchéité. Ce phénomène plus long à amorcer après une période de sécheresse ne peut s'opposer à la pénétration d'une petite quantité d'eau par les fissures.

3. Une couche de finition destinée à produire l'effet recherché par le maître de l'œuvre. Ce crepi ou enduit, de structure régulière doit résister aux agents atmosphériques et n'accuser aucune fissure de retrait.

Composition du mortier des trois couches Préconisées

1. Couche grasse / decrossissage : épaisseur 3 à 6 mm.

Exterieurément: mortier de ciment dosé de 600 à 800 kg de C.P.A par mètre cube de mortier mis en oeuvre.

L'adjonction de produits hydrofuges est recommandable, pour les enduits très exposés aux intempéries. Soit de dosages théoriques et pratiques de :

600 à 800 kg C.P.A + 1000 l de sable

1 sac de C.P.A + 1 à 1 1/2 brouette de sable

2 à 3 Seaux C.P.A + 1 brouette de sable

Intérieurément: mortier bâtard, dosé à 200 Kilos de chaux hydraulique, et 400 à 600 kg de C.P.A l'adjonction de chaux hydratée à raison de 10 à 20%, en améliore la maniabilité.

2. Couche de fond, enduit ou crépissage : épaisseur

de 15 à 20 mm.

Composée d'un mortier bâtard dosé à 250 - 300 kg de chaux hydraulique et 50 à 80 kg de C.P.A par mètre cube. Entente pratique :

- 250 - 300 kg chaux hydraulique + 50 - 80 kg C.P.A + 1150 l de sable

- 1 sac chaux hydraulique + 1/2 - 1 Seau C.P.A + 3,5 brouette sable

- 1 Seau chaux hydraulique + 1/8 - 1/4 Seau C.P.A + 1 brouette sable

Intérieurément: cette couche peut être réalisée par un glogage au plâtre, dans lequel on peut faire l'adjonction de sciure de bois

3. Couche de finition, enduit crepi ou rustique

Épaisseur de la couche de finition pour les enduits lissés giclés et frottés fin :

Pour les enduits grattés : 7,8 à 8 mm

Pour les enduits de plâtre : 3,4 à 5 mm

Extérieurement : mortier bâtard dosé à 300-350 kg de chaux hydraulique + 80 à 150 kg de c.p.a. ; ou traitée en crépi avec du ciment Portland blanc et du sable de quartz.

Intérieurement : même composition, éventuellement avec un dosage en ciment moins élevé ; ou glaçage au plâtre, avec adjonction d'une faible quantité de chaux hydratée agissant comme retardateur de prise.

Révetement et peinture

I

Revêtement

On désigne par revêtement la couche de surface d'un parquet par conséquent il a un contact direct avec les charges disposées sur celui-ci. En vertu de la position qu'il occupe, un revêtement satisfait à certaines conditions :

- 1) il doit avoir un aspect agréable et décoratif
- 2) il doit posséder une facilité d'entretien
- 3) il doit avoir une commodité et une sécurité de circulation
- 4) il doit résister à l'usure (de l'impact des charges ainsi que celui des agents chimiques)
- 5) il doit être phonosorbant
- 6) ses joints ne doivent pas permettre la remontée de poussière

Technologie d'exécution

Le support qui doit recevoir un revêtement, doit satisfaire encore à certaines conditions :

- 1) Il doit être bien plan dans son ensemble, horizontal et au niveau voulu
 - 2) Présenter en toutes ses parties un état de surface convenable (pas de flèche ou de bosse)
 - 3) être sec au moment de la pose de revêtement
 - 4) ne peut être susceptible d'exposer le revêtement posé à des remontées d'humidité sous qu'elle forme que soit.
- pour satisfaire la condition (2) on met avant la couche de liant une

couche de sable pour uniformiser la surface de (1 à 3 mm)

Execution proprement dite :

Après la couche de lissage les carreaux sont placés sur une couche de mortier de 10 à 15 mm moyennement dosé 150 kg / m². Il faut faire attention à l'exécution des joints .

II Peinture

C'est la couche qui donne à la construction son aspect final .

- La peinture est un mélange composé de grains très fins (le pigment) cimentés par un liant (résine ou vernis)

Comme tout matériaux mise en place, la peinture présente certains points faibles dont les principaux sont :

- le farinage : peinture faiblement dosé en huile (vernis) les grains de pigment sont donc mal enrobés et tombent au moindre contact

- Piques d'épingle : elles sont causées par l'évaporation du solvant qui laissent des alvéoles

- Les cloques : causées par un support humide (évaporation de l'eau) ceci nous conduit, pour une bonne exécution de ce processus à utiliser une peinture convenablement dosée en liant pour permettre un bon enrobage du pigment et une étanchéité parfaite .

Il est nécessaire de laisser donc sécher le support avant usage .

- le support doit être chimiquement neutre vis-à-vis de la peinture .

Technologie de La terrasse

I) Facteurs d'influence de La terrasse

Ils sont d'origine extérieure et intérieure. Parmi les premières, il ya lieu de considérer, abstraction faite de la charge propre et de la charge utile, les facteurs climatiques : pluie, neige, vent, grêle, forte chaleur, froid, rayonnement solaire. En outre, l'accessibilité de la terrasse et la présence d'eau stagnante entraînent des exigences particulières. Parmi les secondes, les températures et l'humidité des pièces sous-jacentes.

A) Facteurs d'origine extérieure :

Une terrasse doit être étanche à la pluie, cette exigence est capitale pour un toit plat.

A cause de la faible pente (2%) de la terrasse, les matériaux de la couverture et les joints doivent être absolument étanches.

La couverture doit être pour résister à l'eau stagnante car on a une pente de 2% pour notre terrasse.

La neige et la glace sont sans effet sur un toit plat parfaitement construit cependant dans les pays froids, lors de dégel, les tuyaux de descente, pouvant rester momentanément gelés, il faut conduire les raccordements d'étanchéité assez haut pour éviter les infiltrations dans les murs et les diverses pénétration.

La température extérieure et surtout le rayonnement solaire peut conduire à des températures supérieures à celle de l'air ambiant inversement la nuit.

Ces variations de températures sont localisées dans la couverture

Etant donné que la terrasse est constitué par des couches en matières bitumeuse, les déformations occasionnées par ces variations de température peuvent normalement être absorbées.

B) facteurs d'origines intérieure :

le degré de l'humidité de l'air est généralement plus élevé dans les pièces que celui de l'air extérieur et cela est fonction de l'altitude pendant les saisons froides. Cela entraîne, dans les murs et les plafonds, une chute de pression de vapeur de l'intérieur vers l'extérieur. En outre, l'air humide chaud est plus léger que l'air sec, il monte vers le haut et la vapeur d'eau diffuse dans la construction du toit, car la majorité des matériaux de construction du toit, car la majorité des matériaux de constructions sont perméable à la vapeur d'eau, même s'ils sont imperméables à l'eau.

Constitution du plancher-terrasse.

le plancher-terrasse, situé à la partie supérieure de l'édifice, doit être conçue pour recevoir le revêtement d'étanchéité, assurer un bon écoulement des eaux vers les descentes et réaliser dans les parties relevées, une liaison satisfaisante, entre l'étanchéité et le gros œuvre sans solution de continuité susceptible de permettre le passage de l'eau sous le revêtement étanche.

Pour recevoir le revêtement d'étanchéité, le plancher-terrasse doit être solidement réalisé et ne subir, du fait de surcharges ou autres choses, aucune déformation pouvant nuire à l'étanchéité.

Sous réserve d'être bien calculé et parfaitement exécuté le plancher en béton armé semble le mieux répondre aux conditions requises.

En effet, la toiture terrasse subit, de par son ensoleillement et les variations brusques de la température auxquelles elle est exposée, des effets de dilatation et de contraction qui peuvent y occasionner des fissures importantes. Le plancher en béton armé monolithe résiste parfaitement aux effets cités ci-dessus.

Pour assurer un bon écoulement des eaux vers les descentes, le plancher terrasse est généralement recouvert d'une forme de pente de 2% en béton maigre parfaitement dressé à la taloche.

Les chéneaux et leur rôle :

Les chéneaux étant appelés à rassembler la totalité de l'eau reguë par la couverture et représentant, d'autre part une pente plus faible que le reste de la toiture doivent être traités avec le plus grand soin pour éviter tout risque de fuite.

Il est recommandé de placer les chéneaux en dehors du plan de la couverture, ce qui présente un avantage de se raccorder avec les descentes verticales directement sans esser.

Les chéneaux doivent être largement dimensionnés afin d'y pouvoir exécuter aisément le revêtement étanche et sa protection (largeur minimale 30cm).

Etant donné les influences auxquelles un toit plat est soumis et les exigences qui lui sont imposés au point de vue physique et technique, il en résulte, selon la disposition des couches dans la construction du toit et leur constitution, plusieurs modes d'exécution.

Dans notre exécution, la couche d'isolation thermique est protégée contre la vapeur d'eau de l'intérieur par une barrière de vapeur (voir schéma terrasse). Elle ne peut donc pas être humidifiée et ne perd donc rien de son efficacité.

Une augmentation brutale de l'humidité de l'air dans les cuisines ou bien une différence extrême de température en hiver peuvent conduire à la formation d'eau de condensation dans le plancher porteur pour une humidité normale de l'air cette d'eau de condensation occasionnelle est sans déranger et peut être éliminée par ventilation.

Etude et réalisation de chaque couche

Constitution de la terrasse

- Plancher en hourdis + une dalle de compression de ucu
- barrière de vapeur
- Couche de mortier
- isolation thermique (liège)
- carton bitumé
- Couche hydrofuge
- couche de béton pente
- couche de gravier.

Barrière de vapeur

64

Une réalisation incorrecte de la barrière de vapeur dans la construction du toit est une source d'ennuis fréquents et graves.

Elle doit être étanche à l'eau, mais étanchéité à la vapeur d'eau est imparfaite cela est au fait qu'aucune matière n'est étanche à la vapeur.

Aucun calcul n'est exigé par la barrière de vapeur son efficacité dépend uniquement du soin apporté à sa réalisation.

Couche de mortier (0,5 cm d'épaisseur)

Cette couche de mortier sert d'adhérence entre la barrière de vapeur et des plaques d'isolation thermique.

Couche d'isolation thermique

Une terrasse ne comportant pas de dispositif d'isolation thermique porte préjudice certain au confort des locaux qu'elle recouvre. Les pièces sont froides l'hiver, trop chaudes l'été et laissant apparaître au plafond des condensation qui s'olissent les peintures.

Pour éviter ses inconvénients une terrasse il faut qu'elle comporte une couche d'isolation thermique.

L'effet d'isolation thermique d'une matière est caractérisé par son coefficient de conductivité thermique. Il indique la quantité de chaleur [kcal] traversant en une (1) heure une surface de 1m^2 d'une couche de matière de un (1) mètre d'épaisseur, quand la différence de température entre les 2 surfaces est de 1° .

Exemple :

Pour une couche de e m d'épaisseur le coefficient de conductivité thermique est :

$$\lambda = \frac{\lambda}{e} \text{ [kcal / m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{ec]}$$

La valeur $\frac{1}{\lambda}$ est appelée résistance thermique ou coefficient d'isolation thermique .

Carton Bitumé (0,2 cm)

Pour protéger l'étanchéité et l'isolation thermique, on les recouvre par des bandes de carton bitumé avec joint recouvert mais non collés posées librement

Couche de Béton :

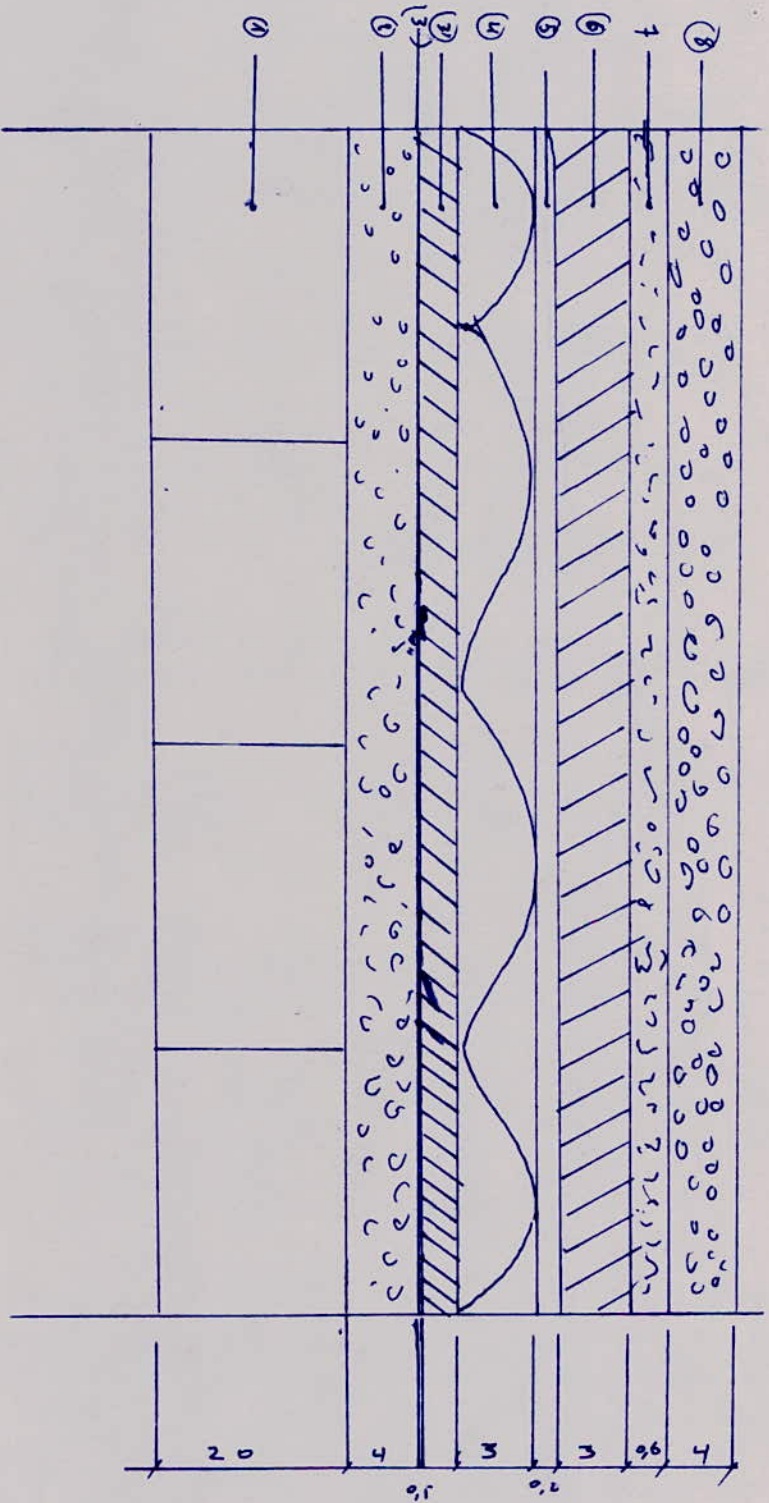
La couche de béton joue le rôle de la pente (2%)

Couche hydrofuge :

Cette couche hydrofuge à une pente de 2% car elle est collée directement sur la couche de béton et doit assurer une étanchéité parfaite .

Couche de graviers :

Cette couche de graviers protège l'étanchéité contre les fissures, formé par des graviers (5/15) .



Legenda de la Ferrassa

- ① dalle en hourdis
- ② dalle de compression
- ③ barrière à vapeur
- ④ couche de mortier

- ⑤ Isolation thermique
- ⑥ carter bitume
- ⑦ couche beton pente
- ⑧ couche hydrofuge
- ⑨ couche gravier

ch.4

AVANT

METRE

Infra structure:

1 terrassément: $0,2 \times 36 \times 13 = 93,6 \text{ m}^2$ / bâtiment

2 Béton de propreté:

a) semelles isolées: $22 \times 0,05 \times 1,7 \times 1,7 = 3,18 \text{ m}^3$

b) semelles doubles: $11 \times 0,05 \times 1,7 \times 3,7 = 3,46 \text{ m}^3$

c) longrines transversales: $2 \times 11 \times 5,6 \times 0,05 = 6,16 \text{ m}^3$

longrines longitudinales: $4 \times 36 \times 0,05 = 7,2 \text{ m}^3$

Béton de propreté par Secteur = $3,18 + 3,46 + 6,16 + 7,2 = 20,00 \text{ m}^3$

3 a) Béton armé pour semelles, voiles, longrines, poteaux

a)

a) semelles isolées: $22 \left\{ 1,7 \cdot 1,7 \cdot 0,15 + \frac{0,4}{6} [1,7 \cdot 1,7 + (1,7 + 0,4)(1,7 + 0,2) + 0,15] \right\}$

=

b) semelles doubles:

b) Béton armé voiles fondation

a) Voiles longitudinales: $2 \times 0,20 \times 1,75 \times 36 = 25,20 \text{ m}^3$

b) voiles transversales: $2 \times 0,2 \times 1,75 \times 13,00 = 9,00$

$2 \times 0,2 \times 1,75 \times 5,60 = 3,92$

total = $38,12 \text{ m}^3$

c) Béton armé pour longrine

a) longrines longitudinales: $4 \times 36,00 \times 0,20 \times 0,50 = 14,40 \text{ m}^3$

b) longrines transversales: $2 \times 11 \times 5,60 \times 0,20 \times 0,50 = 12,32 \text{ m}^3$

total = $26,72 \text{ m}^3$

d) Béton pour poteaux en fondation

$$A) \text{ poteaux } (20 \times 40) : 22 \times 1,75 \times 0,2 \times 0,4 = 3,08 \text{ m}^3$$

$$B) \text{ poteaux } (20 \times 20) : 22 \times 1,75 \times 0,2 \times 0,2 = 1,54 \text{ m}^3$$

$$\text{total} = \underline{4,62 \text{ m}^3}$$

4 Coffrage pour fondation

a) Semelles

$$A) \text{ Semelles isolées} : 22 \left[4 \times 0,20 \times 1,70 + 2 \frac{1,70 + 0,40}{2} \times 0,4 \times \sqrt{2} \right. \\ \left. + 2 \frac{1,70 + 0,20}{2} \times 0,4 \times \sqrt{2} \right]$$

$$= 22 [1,36 + 1,19 + 1,07]$$

$$= 79,64 \text{ m}^2$$

$$B) \text{ Semelles doubles} : 11 \left[2 \times (3,7 + 1,7) \times 0,2 + 2 \frac{3,7 + 2}{2} \times 0,4 \sqrt{2} \right. \\ \left. + 2 \times \frac{3,70 + 2,00}{2} \times 0,4 \sqrt{2} + 2 \frac{1,7 + 0,2}{2} \times 0,40 \sqrt{2} \right]$$

$$= 11 [2,16 + 3,22 + 1,07]$$

$$= 71 \text{ m}^2$$

$$\text{Coffrage pour Semelles} = 150,64 \text{ m}^2$$

b) voiles

$$A) \text{ voiles longitudinales} : 2 \times 2 \times 36,00 \times 1,75 = 252,00 \text{ m}^2$$

$$B) \text{ voiles transversales} : 2 \times 2 \times 2 \times 1,75 \times 5,6 = 182$$

$$: 2 \times 2 \times 1,75 \times 5,6 = 19,6 = 19,6$$

$$\text{total} = \underline{453,60 \text{ m}^2}$$

c) longrines :

$$A) \text{ longrines longitudinales} : 4 \times 36 \times 2 \times 0,5 = 144 \text{ m}^2$$

$$B) \text{ longrines transversales} : 2 \times 11 \times 5,6 \times 2 \times 0,5 = 123,2 \text{ m}^2$$

$$\text{total} = \underline{267,20 \text{ m}^2}$$

d) coffrage des poteaux en fondation

$$a) \text{ poteaux } (20 \times 40) : 2 \times 11 \times 1,75 \times 2 (0,2 + 0,4) = 46,2 \text{ m}^2$$

$$b) \text{ poteaux } (20 \times 20) : 21 \times 1,75 \times 4 \times 0,20 = 29,4 \text{ m}^2$$

$$\text{total} = 75,6 \text{ m}^2$$

5 ferrailage fondation

$$a) \text{ semelles} : 79,08 \times 100 = 7908 \text{ kg}$$

$$b) \text{ voiles} : 38,12 \times 120 = 4574 \text{ kg}$$

$$c) \text{ longrines} : 26,72 \times 100 = 2672 \text{ kg}$$

$$d) \text{ poteaux} : 4,62 \times 100 = 462 \text{ kg}$$

Elevation7 plancher prefabriqué 20x4 en hourdis : $346,75 \text{ m}^2$ 8 Beton armé pour elevation

a) poteaux elevation

$$\alpha) \text{ poteaux } (20 \times 40) = 22 \times 3 \times 0,2 \times 0,4 = 5,28 \text{ m}^3$$

$$\beta) \text{ poteaux } (20 \times 20) = 21 \times 3 \times 0,2 \times 0,2 = \frac{2,52 \text{ m}^3}{= 7,80 \text{ m}^3}$$

b) Escaliers elevation

$$\alpha) \text{ paillasse} : 2 \times \sqrt{2,4^2 + 1,7^2} \times 1,6 \times 0,08 = 0,73 \text{ m}^3$$

$$\beta) \text{ paliers} : 2 \times 1,6 \times 1,7 \times 0,08 = 0,38 \text{ m}^3$$

$$\gamma) \text{ les marches} : 2 \times \frac{9 \times 0,166 \times 1,6 \times 0,3}{2} = \frac{0,72}{= 1,83 \text{ m}^3}$$

c) voiles en Beton = $16,2 \text{ m}^3$ d) poutres :

$$\alpha) \text{ chaînage } (20 \times 25) 2 \times 0,2 \times 0,25 (36 + 12) = 4,9 \text{ m}^3$$

$$\beta) \text{ poutres} : 16 \times 3,6 \times 0,2 \times 0,25 = 2,88 \text{ m}^3$$

$$4 \times 0,2 \times 0,55 \times 13 = 15,84 \text{ m}^3$$

$$7 \times 0,2 \times 0,25 \times 13 = 10,00 \text{ m}^3$$

$$2 \times 0,2 \times 0,25 \times 7,4 = \underline{1,63 \text{ m}^3}$$

$$\text{total} = 30,36 \text{ m}^3$$

e) Dalle en beton

$$\alpha) 16 \times 3,6 \times 2,1 \times 0,1 = 12,1 \text{ m}^3$$

$$\beta) 16, 3,6 \times 2,1 = 121 \text{ m}^2$$

$$\text{Acrotère} : [0,12 \times 1,20 + 0,05 \times 0,4] [2 \times (36 + 13,00)] = 16,27 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{B) Dalle en compression} : 16 \times 3,6 \times 3,5 \times 0,04 + 4 \times 1,6 \times 3,6 \times 0,04 \\ + 1,8 \times 36 \times 0,04 \\ = 346,75 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

8 Coffrage pour elevation

a) poteaux

$$\text{x) poteaux (20x40)} : 22 \times 3 \times 2 (0,2 + 0,4) = 79,2 \text{ m}^2$$

$$\text{B) poteaux (20x20)} : 21 \times 3 \times 4 \times 0,20 = \underline{50,40 \text{ m}^2}$$

$$\text{total} = 129,60 \text{ m}^2$$

b) Escaliers

$$\begin{aligned} \text{x) paillasse} : 2 \times [1,6 \times 1 + 0,08] + 1,66 + 2 \times 1 (0,17 + 0,17) + 1 \\ = 17,782 + 2 + 7,76 \\ = 13,34 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{B) palier} : 5,2 \times 1,6 \times 3,6 = 4,8 \text{ m}^2$$

$$\text{c) voiles en elevation} : 2 \times 2 \times 13 \times 3 - 2 \times 1,2 \times 1,7$$

$$= 156 - 3,6$$

$$= 152,41 \text{ m}^2$$

d) poutres :

$$\text{x) } 16 \times 3,6 \times 2 (0,2 + 0,25) = 51,84 \text{ m}^2$$

$$\text{B) } 41 \times 36 \times 2 (0,2 + 0,25) = 216 \text{ m}^2$$

$$\text{C) } 2 \times 11 \times 5,6 \times 2 (0,2 + 0,5) = 172,48 \text{ m}^2$$

$$\text{d) } 7 \times 0,2 \times 2 (0,75 + 0,2) \times 13 = 136,5 \text{ m}^2$$

$$\text{A) Dalle en beton} : 16 [3,6 \times 2,1 + 2 \times 0,1 (3,6 + 2,1)]$$

$$= 16 (7,76 + 1,14) =$$

$$= 139,2 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 f) \text{ dalles en prefabriqué : } & 36 \times 13 - 139,2 - 3,6 \times 5,6 \\
 & = 468 - 139,2 - 20,16 \\
 & = 308,64 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{acrotère : } & 2 \times 1,2 \times 2 \times (36 + 13) \\
 & = 2,4 \times 98 \\
 & = 235,20 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

10) ferrailage :

- a) poteaux : $7,8 \times 100 = 780 \text{ kg}$
- b) escaliers : $1,83 \times 180 = 219,16 \text{ kg}$
- c) voiles : $11,7 \times 180 = 1944 \text{ kg}$
- d) poutres : $30,35 \times 100 = 3035 \text{ kg}$
- e) dalle en béton : $12,1 \times 150 = 1815 \text{ kg}$
- f) dalle de compression : $308,64 \text{ m}^2 \times 2,7 \text{ kg/m}^2 = 771,60 \text{ kg}$
- g) acrotère : $16,27$

11) Cloisons en brique Double parois :

$$\begin{aligned}
 & 4 \times 36 \times 3 - 18 \times 2,40 \times 1,50 - 2 \times 3,60 \times 2,10 - 19,1 \times 2,10 \\
 & = 432 - 64 - 15,12 - 39,9 \\
 & = 312 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

12) Cloisons en brique de 10cm d'épaisseur : $16 [2 \times 2,1 \times 3 - 0,70 \times 1,90 \times 0,90 \times 3] \times 0,70 \times 3$

$$\begin{aligned}
 & = 16 (12,6 - 1,33 \times 2,7) + 2,1 - \\
 & = 225,62 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

13 Enduit plâtre sous plafond: $36 \times 33 - 3,6 \times 5,6 - 16 \times 2,2 \times 3,6$
 $= 455 - 20,16 - 126,72$
 $= 308,12 \text{ m}^2$

14 Enduit plâtre sur murs :
 $13 \times 3 - 2 \times 1,5 + 6 \times 36 \times 3 + 17 \times 5,6 \times 3 - 18 \times 1,5 \times 2,4$
 $- 19 \times 1,00 \times 2,10 - 7,2 \times 3$
 $= 39 - 3,6 + 648 + 285,6 - 64,8 - 39,9 - 21,6$
 $= 842,7 \text{ m}^2$

15 Induit sous plafond ciment (groupe sanitaire)
 $16 \times 2,2 \times 3,6 = 126,72 \text{ m}^2$

16 Induit ciment sur mur (groupe sanitaire):
 $16 [(4 \times 2,1 + 2 \times 0,9) \times 3 - 2 \times 0,7 \times 1,9]$
 $= 16 [(8,4 + 1,8) \times 3 - 2,66]$
 $= 447 \text{ m}^2$

17 Revêtement granito 20x20:
 $13 \times 36 = 468 \text{ m}^2$

18 Revêtement : groupe sanitaire 15x15:
 $16 [2 \times 2,1 + 0,9 \times 1,6] \times 1,50 \times 3 \times 0,7 \times 1,5$
 $= 16 \times 6,70 \times 1,50 \times 3 \times 0,7 \times 1,5$
 $= 163 \text{ m}^2$

19 Plinthes 10x20: $6 \times 36 \times 13 - 4 \times 19 \times 1 - 7,2$
 $= 2808 - 76 - 7,2$
 $= 2725$

20 Béton de pente pour terrasse:
 $36 \times 13 - 2 \times 2 = 464 \text{ m}^2$

21 Isolation thermique en liège pour terrasse :

$$36 \times 13 - 2 \times 2 = 464 \text{ m}^2$$

22 étanchéité : $36 \times 13 - 2 \times 2 = 464 \text{ m}^2$

23 Menuiserie :

α) fenêtre : $18 \times 2,4 \times 1,7 = 64,8 \text{ m}^2$ (rez de chaussée)

β) 1 -^{er} étage : $19 \times 2,40 \times 1,70 = 68,40 \text{ m}^2$

γ) portes chambre $19 \times 1 \times 2,1 + 2 \times 2 \times 1,7 = 46 \text{ m}^2$

δ) portes groupe sanitaire : $17 \times 1,7 \times 1,9 = 22,61 \text{ m}^2$

On va résumer ce métré dans les tableaux qui suivent.

N°	Designation	U	Quantité par niveau	Quantité par batiment	Quantité par 8 batiment	observation
	A] Infrastructure					
1	Decapage	m ²	468,00	468,00	3744	
2	Fouilles	m ³	706,64	706,46	5651,68	
	Beton proprete	m ³	20,00	20,00	160,00	
4	Beton armé pour fondation	m ³	169,44	169,44	1355,52	
	a Semelles : 100,00 m ³					
	b voiles : 38,12 m ³					
	c poteaux : 4,60 m ³					
	d longrines : 26,72 m ³					
5	Coffrage pour fondation	m ²	947,21	947,24	7577,92	
	a Semelles 150,64 m ²					
	b voiles 413,6 m ²					
	c poteaux 75,80 m ²					
	d longrines 267,2 m ²					
6	ferrailage pour fondation	kg	15616	15616	124928	
	a Semelles 7908 kg					
	b voiles 4574 kg					
	c poteaux 462 kg					
	d longrines 2672 kg					

N°	Designation	U	Quantité par niveau	Quantité par batiment	Quantité pour les 8 batimt	observation
	B] Elevation					
7	plancher prefabriqué 20x4 en hourdis	m ²	346,75	2080,50	16644	
8	Beton armé pour elevation	m ³	88,27 (84,54)	426	3406	
	a poteaux 7,80 m ³					
	b escaliers 1,83 m ³					
	c voiles 16,20 m ³					
	d poutres 30,34 m ³					
	e dalle b.a. plancher groupe sanitaire 12,10 m ³					
	f octotère 16,27 m ³					
9	Coffrage beton elevation	m ²	1119,30	6654	53233	
	a) poteaux : 129,6 m ²					
	b) voiles : 152 m ²					
	c) escalier 15,23 m ²					
	d) poutres 314,70 m ²					
	e dalle en beton 139,2					
	f plancher pref 308,64					
	g octotère 235,20					
10	terrainage en elevation	kg	15588	85187	681501	
	a poteaux 7800 kg					
	b voiles 1944					
	c escaliers 219					

N ^o	Designation	u	Quantité par niveau	Quantité par bâtim ^t	Quantité pour 8 bâtim ^t	Observation
	d poutres 3035 kg					
	e dalle en beton 1815					
	f dalle compression 111,6 kg					
	g acrotère 162 t kg					
11	Double paroi (g + 3)	m ²	312,00	1560	12,480	
12	cloison de 0,10	m ²	225,60	1128	9024	
13	Enduit plâtre sous plafond	m ²	842,7	6741,60	53932,80	
14	= = sur mur	m ²	842,7	6741,60	53932,80	
15	= sous plafond ciment (groupes sanitaires)	m ²	127	635,00	5080,00	
16	Enduit sur mur ciment (gr.s)	m ²	447	2335,00	18680,00	
17	Carrelage granito 20x20	m ²	468	3720,00	29760,00	
	Revetement en faïence	m ²	163	815,00	6520	
19	Plinthes	m	725	3625	29000	
20	Beton pente pour terrasse	m ³	46,4	232	1856	
21	Isolation liège terrasse	m ²	464	2320	1856	
22	Menuiserie	u	54	270	2160	
23	Étanchéité terrasse	m ²	464	464	3712	
24	Protection d'étanchéité par gravion	m ²	464	464	3712	

ch.5

CALCUL

de

LA MAIN-D'ŒUVRE

Determination des durées d'exécution et le nécessaires des ressources à chaque processus

le calcul se fait par cycle des travaux sur un secteur de travail
 on choisit suivant la nécessité soit qu'on fixe le nombre de la main d'œuvre et on déduit le temps nécessaire pour la réalisation d'une telle tâche, soit qu'on fixe la durée et on détermine le nombre de la main d'œuvre nécessaire. On va choisir la première méthode qui consiste à fixer la durée d'exécution et on détermine la main d'œuvre nécessaire. le calcul se fait à partir de l'équation universelle :

$$W_i = \frac{Q_i}{T_i N_{pi}}$$

pour un processus i
quelconque

dans laquelle :

Q_i = Quantité des travaux pour le processus i

N_{pi} = Norme de production pour le processus i

W_i = Quantité de ressources pour le processus i

T_i = La durée d'exécution de processus i

La norme de production (N_p) : c'est la quantité minimale de travaux de bonne qualité réalisée par l'unité de ressource et pendant l'unité de temps.

On définit encore la norme de temps (N_T) comme le temps nécessaire maximum consommé par unité de ressource pour réaliser l'unité des travaux et de bonne qualité

on déduit que $N_p = \frac{1}{N_T}$

Exemple : Soit la quantité de béton de propreté nécessaire pour un secteur 20 m^3 les normes de temps sont les suivantes :

pour un ouvrier qualifié $N_t = 0,5 \text{ h/m}^3$

pour un manoeuvre $N_t = 2,00 \text{ h/m}^3$

on doit réaliser cette tranche dans 1 relevé c'est-à-dire dans 8 heures

w_1 (le nombre des ouvriers qualifiés)

w_2 (le nombre des manoeuvres)

$$w_1 = \frac{\Phi_1}{T_1 \cdot N_{P_1}} \quad \text{et puisque } N_{P_1} = \frac{1}{N_{t_1}}$$

$$\begin{aligned} w_1 &= \frac{\Phi_1}{T_1} \cdot N_{t_1} \\ &= \frac{20}{8} \cdot 0,5 \\ &= 1,25 \approx 2 \text{ ouvriers qualifiés} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} w_2 &= \frac{\Phi_2}{T_2 \cdot N_{P_2}} \\ &= \frac{\Phi_2}{T_2} \cdot N_{t_2} \\ &= \frac{20 \cdot 2}{8} = 5 \text{ manoeuvres} \end{aligned}$$

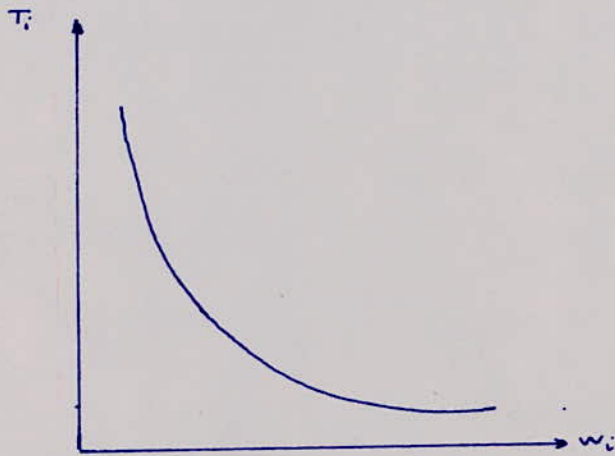
Analyse de la relation universelle :

D'une manière générale, Φ_i est toujours déterminée à l'avance.

N_{P_i} fixée par les normes, la relation simplifiée s'écrit alors :

$$T_i = K \frac{\Phi_i}{w_i} \quad \text{où } K = \text{constante}$$

La courbe T_i en fonction de w_i est donc une hyperbole équilatérale.



Interpretation de la courbe :

cette courbe fait apparaître une dualité entre quantité de ressource et le temps

c'est à dire :

- si w_i augmente alors T_i diminue
- si w_i diminue alors T_i augmente

à travers ces résultats on peut trouver un compromis entre temps et quantité de ressources pour optimiser les travaux tout en respectant le critère économique.

La réduction du temps a un intérêt double :

d'une part le respect du délai fixé compte tenu des différents aléas qui puissent entraver les travaux et d'autre part une réduction du temps est toujours le siège d'une réduction des dépenses aussi bien directes qu'indirectes.

On va voir les facteurs qui influent sur les durées d'exécution pour on essaie de réduire la durée au minimum.

- a) On pourrait augmenter w l'effectif (homme ou matériel) mais seulement cette augmentation est limitée par la dimension du front de travail on pourrait aussi augmenter le nombre de relève par jour.
- b) On peut améliorer N_p et l'augmenter par qualification professionnelle
- c) c'est un moyen qui a trait à l'industrialisation de la construction, c'est à dire avoir recours à la prefabrication.

Tableau des normes de temps

E34

N°	Désignations	U	Volume travail/unité		obs
			qualific.	manœuvre	
1.	Coulage béton propreté	m ³	0,50 H/m ³	2,00	
2	Montage coffrages semelles	m ²	0,40	0,40	
3	Montage ferrailage semelles	kg	0,026	0,026	
4	Coulage béton pour semelles	m ³	0,50	2,50	
5	Execution plancher prefo. hourdis	m ²	0,75	1,00	
6	Coulage plancher (dalle de compression)	m ²	0,22	0,62	
7	Montage coffrage escalier	m ²	0,48	0,40	
8	Montage coffrage poteaux, voiles (poutres, dalles)	m ²	0,40	0,40	
9	Execution murs double parois (10,10)	m ²	1,75	1,50	
10	Execution cloisons en briques creuses	m ²	1,23	0,90	
11	pose de cadre menuiserie	U	1,50	1,50	
12	Execution enduit plafond	- ciment	m ²	0,60	0,30
		- plâtre	m ²	0,90	0,45
13	Execution enduit sur mur	- ciment	m ²	0,50	0,25
		- plâtre	m ²	0,70	0,35
14	Carrelage granito 20x20	m ²	0,10	0,35	
15	Faïence 15x15	m ²	2,00	1,50	
16	Plinthes	m ¹	0,40	0,20	
17	beton pente locu	m ²	0,20	0,60	
18	Liège 4cm Isolation thermique	m ²	0,10	0,20	
19	Etanchéité	m ²	0,35	0,70	
20	Coulage béton elevation	m ³	0,50	2,50	

calcul des temps d'exécution des différents processus

1°) Terrassement

a) Decapage:

b) Fouilles :

Ce processus contient les opérations suivantes

- Fouilles des terres
- dislocation
- Jet des terres sur les bords des Fouilles
- Dressage des murs et du fond des tranchées

Le volume à escaver par secteur est de $706,4 \text{ m}^3$

les normes de temps pour les ouvriers qualifiés et

manœuvres $N_f = 3 \text{ heure.homme / m}^3$

le volume du travail en heure est de:

$$706,4 \times 3 = 2119,2 \text{ heures}$$

$$= \frac{2119,2}{8} = 264 \text{ relevés}$$

si on fixe la durée d'exécution à 20 relevés il ne faut donc

$$\frac{264}{20} = 13 \text{ ouvriers.}$$

Beton de propreté :

le Beton de propreté sert a proteger le Beton armé de la fondation contre les terres qui peuvent être melangées avec des corps nuisibles au beton comme les acides par exemple

La couche de beton de propreté a pour epaisseur 5cm pour les fondations habituelles, son dosage est de 150 kg/m³ il est coulé son coffrage.

le volume a coulé est de 20 m³ par secteur.

Norme de temps (ouvrier qualifié) = 0,5 h.H / m³

Norme de temps (ouvrier non qualifié) = 2,00 h.H / m³

le volume travail heure. homme :

— qualifié : 20 x 0,5 = 10 heure . homme

= $\frac{10}{8}$ = 1,25 releve . homme

— manoeuvre : 20 x 2 = 40 heure . homme

= $\frac{40}{8}$ = 5 releve . homme

La durée d'execution 1 releve

- le nombre des qualifiés necessaire est 1

- le nombre des manoeuvres necessaires est 5

3 Coffrage ferrailage semelles

a) coffrage fondation semelles

le coffrage sert a donner au beton sa forme

necessaire, On ne decoffre que si le beton atteint sa resistance nominale.

La surface à coffrer par secteur est $150,6 \text{ m}^2$

Norme de temps (qualifié) = $0,026 \text{ h.H/m}^2$

Norme de temps (manœuvre) = $0,426 \text{ h.H/m}^2$

Le volume de travail heure-homme

— qualifié et manœuvre : $150,6 \times 0,426 = 60,24 \text{ heure.H}$

en relève :

$$\frac{60,24}{8} = 7,5 \text{ relèves}$$

La durée d'exécution 1 relève

— le nombre des qualifiés (manœuvres) : 7

b) ferraillage :

La quantité de ferraillage est de 7908 kg

Norme de temps (qualifié) = $0,026 \text{ h.H/kg}$

Norme de temps (manœuvre) = $0,026 \text{ h.H/kg}$

Le volume de travail heure-homme :

— qualifié (manœuvre) : $7908 \cdot 0,026 = 205,6 \text{ heure.H}$

Le volume de travail relève-homme :

$$\frac{205,6}{8} = 25,7 \text{ relève.H}$$

La durée d'exécution est 3 relèves

— le nombre des qualifiés (manœuvre) : $\frac{25,7}{3} \approx 8 \text{ H}$

il ne faut 8 ouvriers.

4. Coulage Semelle:

}}}

La quantité de béton à couler est de 100 m^3

- Norme de temps (qualifié) = $0,5 \text{ h.H/m}^3$

- Norme de temps (manœuvre) = $2,5 \text{ h.H/m}^3$

le volume de travail heure.homme

- qualifié : $100 \cdot 0,5 = 50 \text{ h.H}$

- manœuvre : $100 \cdot 2,5 = 250 \text{ h.H}$

le volume de travail relève.homme

- qualifié : $\frac{50 \text{ h.H}}{8 \text{ h}} \approx 6,2 \text{ relevés}$

- manœuvre : $\frac{250}{8} = 31,25 \text{ relevés}$

La durée d'exécution est 2 relevés

- le nombre des qualifiés : $\frac{6,2}{2} \approx 3$

- le nombre des manœuvres : $\frac{31,25}{2} \approx 15$

5. Coffrage, ferrailage longrines :

a) coffrage:

La surface des longrines à coffrer est de $267,2 \text{ m}^2$

- Norme de temps (qualifié) = $0,4 \text{ h.H/m}^2$

- Norme de temps (manœuvre) = $0,4 \text{ h.H/m}^2$

le volume de travail heure.homme

- qualifié (manœuvre) : $267,2 \cdot 0,4 = 106,9 \text{ h.H}$

le volume de travail relève.homme

- qualifié (manœuvre) : $\frac{107}{8} = 13 \text{ relevés}$

— manœuvre : $\frac{69}{8} = 8,6$ relève . homme

La durée d'exécution est de 1 relève

— Nombre des qualifiés : 3

— Nombre des manœuvres : 15

Coffrage, ferrailage, voiles, poteaux

a) Coffrage :

La surface à coffrer est de $529,4 \text{ m}^2$

— Norme de temps qualifié = $0,4$ heure . homme / m^2

— Norme de temps manœuvre = $0,4$ heure, homme / m^2

le volume de travail en heure . homme :

— qualifié et manœuvre : $529,4 \times 0,4 = 211,7$ heure . homme

le volume de travail en relève . homme :

— qualifié et manœuvre : $\frac{211,7}{8} = 26,46$ relève . homme

La durée d'exécution est de 4 relevés

— Nombre des ouvriers (qualifiés ou manœuvre)

$\frac{26,46}{4} = 6,6$ on prend 7 ouvriers.

b) Ferrailage :

La quantité des armatures est de 5036 kg

— Norme de temps qualifié = $0,026$ heure . homme / kg

— Norme de temps manœuvre = $0,026$ heure . homme / kg

le volume de travail en heure . homme

— qualifié ou manœuvre : $5036 \times 0,026 = 131$ heure . homme

La durée d'exécution est 2 relevés

- le nombre des qualités et manœuvres :

$$\frac{13}{2} = 6,5 = 7 \text{ ouvriers}$$

b) ferrailage :

La quantité de ferrailage est 267,2 kg

- Norme de temps (qualifié) 0,026 h. H / kg

- Norme de temps (manœuvre) 0,026 h. H / kg

Le volume de travail heure. homme :

- qualifié (manœuvre) : $267,2 \text{ kg} \times 0,026 = 69,47 \text{ h. H}$

Le volume de travail relevé. homme :

- qualifié (manœuvre) : $69,47 = 8,68 \text{ relevé. homme}$

La durée d'exécution 1 relevé :

- le nombre des qualités et manœuvres 8 ouvriers

6 Coulage longrines :

La quantité de coulage de Béton des longrines pour un secteur est de 26,72 m³

- Norme de temps (qualifié) = 0,5 h. H / m³

- Norme de temps (manœuvre) = 2,5 h. H / m³

Le volume de travail heure. homme :

- qualifié : $26,72 \times 0,5 = 13,36 \text{ heure. homme}$

- manœuvre : $26,72 \times 2,5 = 66,8 \text{ heure. homme}$

Le volume de travail relevé. homme :

- qualifié : $\frac{13,36}{8} = 1,67 \text{ relevé. homme}$

le volume de travail en relevé . homme

— qualifié ou manœuvre : $\frac{131}{8} = 16,4$ relevé . homme

La durée d'exécution est de 2 relevés

— Nombre des ouvriers = $\frac{16,4}{2} = 8,2$ hommes ≈ 8 hommes

9) Période d'attente et décoffrage

La durée d'attente et décoffrage est de 2 relevés

10) Coffrage plancher $\pm 0,00$

on entend par coffrage plancher le coffrage des parties suivantes :

a) dalle en béton armé	de 514 m^2
	+
b) plancher préfabriqué	de $104,32 \text{ m}^2$
	+
c) Escalier	de $15,23 \text{ m}^2$
	= $633,45 \text{ m}^2$

donc la surface à coffrer est de $633,45 \text{ m}^2$

— Norme de temps (qualifié) = $0,4$ heure . homme / m^2

— Norme de temps (manœuvre) = $0,4$ heure . homme / m^2

le volume de travail en heure . homme :

— qualifié ou manœuvre : $633,45 \cdot 0,4 = 253,4$ heures . homme

le volume de travail en relevé . homme

— qualifié ou manœuvre : $\frac{253,4}{8} = 31,67$ relevés . homme

La durée d'exécution est de 7 relevés

— Nombre des ouvriers : on prend l'équipe de 7 ouvriers

11 Montage poutrelles et hourdis plancher prefabriqué

La surface de plancher prefabriqué est de 308,64 m²

- Norme de temps pour un qualifié = 0,35 heure.homme / m²
- Norme de temps pour un manoeuvre = 1,00 heure.homme / m²

le volume de travail en heure.homme :

- qualifié : 231,5 heures.homme
- manoeuvre : 308,64 heure.homme

le volume de travail en releve.homme :

- qualifié : $\frac{231,5}{8} = 29$ releves.homme
- manoeuvre : $\frac{308,64}{8} = 38,58$ releves.homme

la durée d'exécution est de 4 releves

- Nombre des qualifiés : $\frac{29}{4} = 7$ qualifiés
- Nombre des manoeuvres : $\frac{38,58}{4} = 9$ qualifiés

12 ferraillage de plancher ± 0.00

On a 3 parties :

a) Dalle en béton et poutres	4850,00	kg
	+	
b) Dalle de compression	15,23	=
	+	
c) Escaliers	140,2	=
	<hr/>	
	5831	kg

La quantité de ferraillage est de 5831 kg

- Norme de temps qualifié 0,026 heure.homme / kg
- Norme de temps manoeuvre 0,026 = = =

le volume de travail en heure.homme :

- qualifié ou manœuvre : $5831 \times 0,26 = 151,6$ heures.homme
- le volume de travail en relevés.homme
- qualifié ou manœuvre : $\frac{151,6}{8} = 19$ relevés.homme
- La durée d'exécution est de 2 relevés
- Nombre des ouvriers : on prend une équipe 8 ouvriers

13 Coulage béton plancher $\pm 0,00$

a) dalle en béton	12,10 m ³
b) Dalle de compression	15,43 m ³
c) Escaliers	1,83 m ³
d) Poutres	30,34 m ³
	<u>59,7 m³</u>

La quantité de béton à couler est de 60 m³

- Norme de temps qualifié 0,5 heure.homme / m³
- Norme de temps manœuvre 2,5 heure.homme / m³

le volume de travail en heure.homme

- qualifié : $60 \times 0,5 = 30$ heure.homme
- manœuvre : $60 \times 2,5 = 150$ heure.homme

le volume de travail en relevé.homme

- qualifié : $\frac{30}{8} = 3,75$ relevés.homme
- manœuvre : $\frac{150}{8} = 18,75$ relevés.homme

La durée d'exécution est de 2 relevés

- Nombre des qualifiés = $\frac{3,75}{2} = 1,875 \approx 2$ hommes
- Nombre des manœuvres = $\frac{18,75}{2} = 9,375 \approx 10$ hommes

14 Période d'attente et décoffrage

la période d'attente et décoffrage est de 28 relevés.

B ELEVATION15 Coffrage, ferrailage poteaux, voilesa Coffrage :

la surface à coffrer est de $281,6 \text{ m}^2$

— la norme de temps pour un qualifié = $0,4 \text{ heure} \cdot \text{homme} / \text{m}^2$

— la norme de temps pour un manoeuvre = $0,4 \text{ heure} \cdot \text{homme} / \text{m}^2$

le volume de travail en heure . homme :

— qualifié : $281,6 \times 0,4 = 112,64 \text{ heures} \cdot \text{homme}$

— manoeuvre : $281,6 \times 0,4 = 112,64 \text{ heures} \cdot \text{homme}$

le volume de travail en relevé . homme :

— qualifié : $\frac{112,64}{8} = 14 \text{ relevés}$

— manoeuvre : $\frac{112,64}{8} = 14 \text{ relevés}$

la durée d'exécution est de 2 relevés

— nombre des qualifiés ou manoeuvres : $\frac{14}{2} = 7 \text{ hommes}$

mais on prends l'équipe de coffrage c'est-à-dire 8 hommes

b ferrailage

la quantité de ferrailage est de 9744 kg

— la norme de temps pour un qualifié = $0,026 \text{ heure} \cdot \text{homme} / \text{kg}$

— la norme de temps pour un manoeuvre = $0,026 \text{ heure} \cdot \text{homme} / \text{kg}$

le volume de travail en heure . homme :

- qualifié et manoeuvre $9744 \times 0,026 = 253,34$ heures.homme

le volume de travail en relevés.homme

- qualifiés et manoeuvres : $\frac{253}{8} = 31,6$ relevés.homme

la durée d'exécution est de 4 relevés

- nombre des ouvriers : $\frac{31,6}{4} = 8$ ouvriers.

16 Coulage béton voiles, poteaux :

la quantité de béton à couler est de 24 m^3

- la norme de temps pour un qualifié est de $0,5$ heure.homme

- la norme de temps pour un manoeuvre est de $2,5$ heure.homme

le volume de travail en heure.homme

- qualifié : $24 \times 0,5 = 12$ heures.homme

- manoeuvre : $24 \times 2,5 = 60$ heures.homme.

le volume de travail en relevés.homme

- qualifié : $\frac{12}{8} = 1,5$ relevés.homme

- manoeuvre : $\frac{60}{8} = 7,5$ relevés.homme

la durée d'exécution est de 1 relevé

- nombre des qualifiés est 2 hommes

- nombre des manoeuvres est de 10 hommes

17 Période d'attente et décoffrage

la durée d'attente et décoffrage est de 3 relevés

avec 4 manoeuvres pour le décoffrage

18 Coffrage plancher + 3,00

on a 3 parties

a) Coffrage dalle béton et poutres	514 m ²
b) Escaliers	15,29 m ²
c) Plancher préfabriqué	104,32 m ²
	<hr/>
	= 633,5 m ²

la surface totale à coffrer est de 633,5 m²

- la norme de temps pour qualifié = 0,4 heure . homme / m²
- la norme de temps pour manoeuvre = 0,4 heure . homme / m²

le volume de travail en heure . homme :

- qualifiés et manoeuvres : $633,5 \times 0,4 = 253,4$ heures . homme

le volume de travail en relève . homme :

- qualifiés et manoeuvres : $\frac{253,4}{8} = 31,67$ relèves . homme

la durée d'exécution est de 4 relèves :

- nombre des qualifiés ou manoeuvres : $\frac{31,67}{4} \approx 8$ hommes

18' coffrage plancher terrasse :

c'est le même que le plancher mais on a en plus l'acrotère :

la surface à couffrer est de 869 m²

- le volume de travail en heure . homme
- qualifié ou manoeuvre : $869 \times 0,4 = 347,6$ h²

le volume de travail en relève . homme

- qualifiés ou manoeuvres : $\frac{347,6}{8} = 43,4$ relèves . homme

la durée est de 5 relèves

- nombre de ouvriers et de 9

19 Montage poutrelles et hourdis + 3,00

la surface de la dalle en hourdis est $308,64 \text{ m}^2$

- La norme de temps pour un qualifié est de $0,75 \text{ heure} \cdot \frac{\text{homme}}{\text{m}^2}$

- La norme de temps pour un ouvrier est de $1,00$:

le volume de travail en heure . homme :

- qualifié : $308,64 \times 0,75 = 231,5 \text{ heures} \cdot \text{homme}$

- manœuvre : $308,64 \times 1,00 = 308,64 \text{ heures} \cdot \text{homme}$

le volume de travail en relevé . homme

- qualifié : $\frac{231,5}{8} = 28,94 \text{ relevés} \cdot \text{homme}$

- manœuvre : $\frac{308,64}{8} = 38,58 \text{ relevés} \cdot \text{homme}$

la durée d'exécution est de 4 relevés

- Nombre des qualifiés : $\frac{28,94}{4} \approx 7 \text{ hommes}$

- Nombre des manœuvres : $\frac{38,58}{4} \approx 9 \text{ hommes}$

20 Montage ferrailage dalle et poutre

la quantité d'armature est de 5821 kg

- La norme de temps est de $0,026 \text{ heure} \cdot \text{homme} / \text{kg}$

pour les qualifiés et manœuvres .

le volume de travail en heure . homme

- qualifié et manœuvre : $5821 \times 0,026 = 151,35 \text{ heure} \cdot \text{homme}$

le volume de travail en relevé . homme :

- qualifié et manœuvre : $\frac{151,35}{8} = 19$

La durée d'exécution est de 3 relevés :

- Nombre des ouvriers : $\frac{19}{3} \approx 6 \text{ ouvriers}$

20 Montage ferrailage dalle et poutres plus acrotère

La quantité d'armature est de 7450 kg

- la norme de temps pour un qualifié : 0,025 heure . homme / kg

- la norme de temps pour un manoeuvre : 0,026 heure . homme / kg

le volume de travail en heure . homme :

- qualifié et manoeuvre $7450 \cdot 0,026 = 194$ heure . homme

le volume de travail en relève . homme :

- qualifié et manoeuvre : $\frac{194}{8} \approx 24$ relevés . homme

la durée d'exécution est de 1 relève :

- Nombre des ouvriers : $\frac{24}{4} = 6$ ouvriers .

21 Coulage béton plancher = 3,00

la quantité de béton à couler est de 59,7 m³

- la norme de temps pour un qualifié = 0,22 heure . homme / m³

- la norme de temps pour un manoeuvre = 0,62 heure . homme / m³

le volume de travail en heure . homme :

- qualifié : $59,7 \cdot 0,22 = 13,134$ heure . homme

- manoeuvre : $59,7 \cdot 0,62 = 37$ heure . homme

le volume de travail en relève . homme :

- qualifié : $\frac{13,134}{8} = 1,64$ relevés

- manoeuvre $\frac{37}{8} = 4,63$ relevés

la durée d'exécution est de 1 relève :

- nombre des qualifié = 2

- nombre des manoeuvre = 10

21 Coulage plancher terrasse + acrotère

La quantité de béton à couler est de 76 m^3

- La norme de temps pour un qualifié = $0,22 \text{ heure} \cdot \text{homme} / \text{m}^3$
- La norme de temps pour un manoeuvre = $0,62 \text{ heure} \cdot \text{homme} / \text{m}^3$

Le volume de travail en heure . homme :

- qualifié : $76 \cdot 0,22 = 16,72 \text{ heure} \cdot \text{homme}$
- manoeuvre : $76 \cdot 0,62 = 47,12 \text{ heure} \cdot \text{homme}$

Le volume de travail en relève . homme :

- qualifié : $\frac{16,72}{8} = 2,09 \text{ relevés} \cdot \text{homme}$
- manoeuvre : $\frac{47,12}{8} = 5,89 \text{ relevés} \cdot \text{homme}$

La durée d'exécution est de 2 relevés :

- nombre des qualifiés = 2
- nombre des manoeuvres = 6

22 Période d'attente et décoffrage

La période de décoffrage et d'attente de durcissement est de 28 jours
Les ouvriers qui font le décoffrage sont de 4 manoeuvres

23 Execution maçonnerie, pose cadres menuiserie :

a) Doubles cloisons (10,5) briques trous

La dimension de ces cloisons sont de 312 m^2

- la norme de temps pour un qualifié $1,75 \text{ heure} \cdot \text{homme} / \text{m}^2$
- la norme de temps pour un manoeuvre $1,5 \text{ heure} \cdot \text{homme} / \text{m}^2$

Le volume de travail en heure . homme :

- qualifié : $312 \cdot 1,75 = 546 \text{ heures} \cdot \text{homme}$

manœuvre : $312 \times 1,5 = 468$ heures . homme

le volume de travail en relevés . homme

– qualifié : $\frac{546}{8} = 68,25$ relevés . homme

– manœuvre : $\frac{468}{8} = 58,5$ relevés . homme

b

Cloisons de 10 cm

La dimension total par secteur des cloisons de 10 cm est de $225,6 \text{ m}^2$

– la norme de temps pour un qualifié = $1,23$ heure . homme / m^2

– la norme de temps pour un manœuvre = $0,9$ heure . homme / m^2

le volume de travail en heure . homme

– qualifié : $225,6 \times 1,23 = 277,49$ heure . homme

– manœuvre : $225,6 \times 0,9 = 203$ heure . homme

le volume de travail en relevés . homme .

– qualifié : $\frac{277,49}{8} = 34,69$ relevés . homme

– manœuvre : $\frac{203}{8} = 25,38$ relevés . homme

c

Pose des cadre

On a 54 unités

– la norme de temps pour un qualifié = $1,5$ heure . homme / unité

– la norme de temps pour un manœuvre = $1,5$ heure . homme / unité

le volume de travail en heure . homme :

– qualifié : $54 \times 1,5 = 81$ heures . homme

– manœuvre : $54 \times 1,5 = 81$ heures . homme

le volume de travail en relevé . homme

– qualifié : $\frac{81}{8} = 10,12$ relevés . homme

– manœuvre : $\frac{81}{8} = 10,12$ relevés . homme

On fait la somme des volumes de travaux en relevés . homme .
des 3 parties a, b et c des les 2 cas suivants :

- qualifié : $58,5 + 34,69 + 10,12 = 103$ relevés . homme
- manoeuvre : $18,5 + 25,38 + 10,12 = 54$ relevés . homme

24 II^{ème} Intervention pour installation électrique

- La durée d'exécution est de 5 relevés
- les manoeuvres est de 3 ouvriers

25 Execution d'ouvrages intérieurs

a) Plafonds plâtre

La surface de plafond est de 308 m^2

- la durée de temps pour un qualifié = $0,9$ heure . homme / m^2
 - la durée de temps pour un manoeuvre = $0,45$ heure . homme / m^2
- le volume de travail en heure . homme

- qualifié : $308 \times 0,9 = 277$ heures . homme
- manoeuvre : $308 \times 0,45 = 138,6$ heures . homme

le volume de travail en relevé . homme

- qualifié : $\frac{277}{8} = 34,6$ relevés . homme
- manoeuvre : $\frac{138,6}{8} = 17,33$ relevés . homme

b) Plafond ciment :

La surface de plafond à ciment = 187 m^2

- La norme de temps pour un qualifié = $0,6$ heure . homme / m^2
- La norme de temps pour un manoeuvre = $0,3$ heure . homme / m^2

le volume de travail en heure . homme :

— qualifié : $127 \times 0,6 = 76,2$ heures . homme

— manoeuvre : $127 \times 0,3 = 38,1$ heures . homme

le volume de travail en relevés . homme

— qualifié : $\frac{76,2}{8} = 9,5$ relevés . homme

— manoeuvre : $\frac{38,1}{8} = 4,76$ relevés . homme

c) Murs plâtres

La surface des murs à plâtre est de $842,70 \text{ m}^2$

— La norme de temps pour un qualifié = $0,7$ heure . homme / m^2

— La norme de temps pour un manoeuvre = $0,35$ heure . homme / m^2

le volume de travail en heures . homme

— qualifié : $842,7 \times 0,7 = 589,9$ heures . homme

— manoeuvre : $842,7 \times 0,35 = 295$ heures . homme

le volume de travail en relevés . homme :

— qualifié : $\frac{589,9}{8} = 73,74$ heures . homme

— manoeuvre : $\frac{295}{8} = 36,86$ heures . homme

d) Murs en ciment

La surface de murs en ciment est de 1147 m^2

— La norme de temps pour un qualifié = $0,5$ heure . homme / m^2

— la norme de temps pour un manoeuvre = $0,25$ heure . homme / m^2

le volume de travail en heures . homme

— qualifié : $1147 \times 0,5 = 573,5$ heures . homme

— manoeuvre : $1147 \times 0,25 = 286,75$ heures . homme

le volume de travail en relevés . homme

— qualifié : $\frac{573,5}{8} = 27,96$ relevés . homme

— Manœuvre: $\frac{286,75}{8} = 35,84$ reeves. homme

On forme pour ces 4 tâches a, b, c et d une seule équipe, alors on va faire la somme des volumes des travaux en reeves. homme :

— qualifié: $34,66 + 9,52 + 73,74 + 27,96 = 145,88$ reeves. homme

— manœuvre: $17,33 + 4,76 + 36,86 + 13,97 = 72,92$ reeves. homme

— Nombre des qualifiés $\frac{146}{12} = 12$ hommes.

— Nombre des manœuvre: $\frac{73}{12} = 6$ hommes.

avec la durée d'exécution = 12 reeves.

26 Execution Carrelage, revêtement, plinthes

a. Carrelage (granito 20x20)

La surface de carrelage est de 468 m^2

— La norme de temps pour un qualifié = $0,7$ heure. homme $\frac{\text{m}^2}{\text{m}^2}$

— La norme de temps pour un manœuvre = $0,35$ heure. homme $\frac{\text{m}^2}{\text{m}^2}$

Le volume de travail en heure. homme

— qualifié: $468 \times 0,7 = 327,6$ heure. homme

— manœuvre: $468 \times 0,35 = 163,8$ heure. homme

Le volume de travail en reeve. homme

— qualifié: $\frac{327,6}{8} = 40,95$ reeves. homme

— manœuvre: $\frac{163,8}{8} = 20,475$ reeves. homme

b. Revêtement faïence:

La surface de Revêtement faïence est de 162 m^2

— La norme de temps pour un qualifié = 2 heures. homme $\frac{\text{m}^2}{\text{m}^2}$

— La norme de temps pour un manœuvre = 1 heure. homme $\frac{\text{m}^2}{\text{m}^2}$

- le volume de travail en heure . homme

- qualifié : $162 \times 2 = 326$ heure homme

- manoeuvre : $162 \times 1 = 162$ heure homme

le volume de travail en relevé . homme

- qualifié : $\frac{326}{8} = 40,75$ relevé . homme

- manoeuvre : $\frac{162}{8} = 20,37$ relevé . homme

C Plinthes :

La longueur de plinthes est de 725 m

- La norme de temps pour un qualifié = $0,4$ heure . homme $\frac{m}{m}$

- La norme de temps pour un manoeuvre = $0,2$ heure . homme $\frac{m}{m}$

le volume de travail en heure . homme

- qualifié : $725 \times 0,4 = 290$ heure . homme

- manoeuvre : $725 \times 0,2 = 145,0$ heure . homme

le volume de travail en relevé . homme

- qualifié : $\frac{290}{8} = 36,25$ relevé . homme

- manoeuvre : $\frac{145}{8} = 18,13$ relevé . homme

en forme une seule équipe pour ces 3 tâches a, b etc, on fait la somme des volumes des travaux en relevés . hommes pour ces 3 tâches :

- qualifié : $40,95 + 163 + 145 = 118$ relevé homme

- manoeuvre : $20,47 + 20,37 + 18,13 = 59$ relevé homme

La durée d'exécution est de 12 relevés

- Nombre des qualifiés : $\frac{118}{12} \approx 10$ hommes .

— Nombre des manœuvres: $\frac{59}{12} = 5$ hommes.

C Execution travaux terrasse:

27 Execution isolation en liege

La surface d'isolation en liege est de 464 m^2

— la norme de temps pour un qualifié = $0,10$ heure. $\frac{\text{homme}}{\text{m}^2}$

— la norme de temps pour un manœuvre = $0,20$ heure. $\frac{\text{homme}}{\text{m}^2}$

le volume de travail en heure-homme :

— qualifié: $464 \times 0,10 = 46,4$ heure-homme m^2

— manœuvre: $464 \times 0,20 = 92,8$ heure-homme m^2

le volume de travail en relevés-homme

— qualifié: $\frac{46,4}{8} = 5,8$ relevés-homme

— manœuvre: $\frac{92,8}{8} = 11,6$ relevés-homme

la durée d'exécution est de 2 relevés

— Nombre des qualifiés: $\frac{5,8}{2} \approx 3$ hommes

— Nombre des manœuvres: $\frac{11,6}{2} \approx 6$ hommes

28 Execution beton pente:

la surface de beton pente est de 464 m^2

— la norme de temps pour un qualifié = $0,2$ heure. $\frac{\text{homme}}{\text{m}^2}$

— la norme de temps pour un manœuvre = $0,6$ heure. $\frac{\text{homme}}{\text{m}^2}$

le volume de travail en heure-homme :

— qualifié: $464 \times 0,2 = 92,8$ heure-homme

— manœuvre: $464 \times 0,6 = 278,4$ heure-homme

le volume de travail en relevés-homme

le volume de travail en reeve homme :

— qualifié et manoeuvre $\frac{46,4}{8} = 6$ hommes

la durée d'exécution est de 1 reeve .

— Nombre des ouvriers 6 hommes .

D) Execution travaux Extérieurs

31 Execution enduits extérieurs

la surface à couvrir est de 725 m^2

— la norme de temps pour un qualifié = $0,80$ heure . $\frac{\text{homme}}{\text{m}^2}$

— la norme de temps pour un manoeuvre = $0,4$ heure . $\frac{\text{homme}}{\text{m}^2}$

le volume de travail en heure . homme

— qualifié : $725 \times 0,8 = 580$ heure . homme

— manoeuvre : $725 \times 0,4 = 290$ heure . homme

le volume de travail en reeve . homme

— qualifié : $\frac{580}{8} = 72$ reeves . homme

— manoeuvre : $\frac{290}{8} = 36$ reeves . homme .

la durée d'exécution est de 6 reeves

— Nombre des qualifiés : $\frac{72}{6} = 12$ homme .

— Nombre des manoeuvres : $\frac{36}{6} = 6$ homme .

32 Execution trottoirs :

La longueur de trottoir est de 92 m

— la norme de temps pour un qualifié = $1,1$ heure . $\frac{\text{homme}}{\text{m}}$

— la norme de temps pour un manoeuvre = $1,1$ heure . $\frac{\text{homme}}{\text{m}}$

le volume de travail en heure . homme

— qualifié : $\frac{93,8}{8} = 11,8$ releves. homme

— manoeuvre : $\frac{278,4}{8} = 34,8$ releves. homme

La durée d'exécution est de 2 releves

— Nombre des qualifiés : $\frac{11,8}{2} = 6$ homme

— Nombre des manoeuvres : $\frac{34,8}{2} = 17$ hommes

29 Execution etanchiete multicouches

La surface a couvrir par l'etanchiete est de 464 m^2

— la norme de temps pour un qualifié = $0,35$ heure. homme

— la norme de temps pour un manoeuvre = $0,70$ heure. homme

le volume de travail en heure. homme

— qualifié : $464 \times 0,35 = 162,4$ homme heure

— manoeuvre : $464 \times 0,70 = 324,8$ homme heure

le volume de travail en releves. homme

— qualifié : $\frac{162,4}{8} = 20,3$

— manoeuvre : $\frac{324,8}{8} = 40,6$

La durée d'exécution est de 5 releves

— Nombre des qualifiés : $\frac{20,3}{5} = 4$ hommes

— Nombre des manoeuvres : $\frac{40,6}{5} = 8$ hommes

30 Couche protection etanchiete :

la surface est toujours 464 m^2

— la norme de temps pour un qualifié ou manoeuvre = $0,1$ heure. homme

le volume de travail en heure. homme :

— qualifié et manoeuvre : $464 \times 0,1 = 46,4$ heure. homme

- qualifié : $92 \times 1,5 = 138$ heure . homme

- manoeuvre : $92 \times 1,5 = 138$ heure . homme

le volume de travail en relevés . homme

- qualité = manoeuvre = $\frac{138}{8} = 17$ relevés . homme .

la durée d'exécution est de 4 relevés

- Nombre des ouvriers = $\frac{17}{4} \approx 4$ relevé . homme

33 Travaux finitions :

- la durée d'exécution 4 relevés

- Nombre des ouvriers : 4 hommes

34 Nettoyage :

- la durée d'exécution 4 relevés

- nombre des ouvriers 4 hommes

On va résumer le calcul des durées dans les 4 tableaux qui se suivent.

N°	Designations	U	Q ^{ts} Totale	Q ^{ts} par Secteur	Alorue Unit		Vol Travail		Vol. Travail		Equipés Qual	Equipés m.o.	Durée	Obs
					Qual.	m.o	Qual.	m.o.	H.N	H.S				
10	a Dalle en beton	m ²	514,00	514,00										
	b plancher prefabrique	m ²	104,32	104,32										
	c Escaliers	m ²	$\frac{117,32}{= 633,41}$	0,40	0,40	253,38	203,38	50,68	50,68	8	8	7		
11	Montage poutrelle et hourdis (pt. prefabriques)	m ²	308,64	308,64	0,35	1,00	231,50	308,64	29,00	39,78	7	9	4	
12	ferraillage		4850	4850										
	a Dalle en beton et poutres	kg	4850	4850										
	b Escaliers	kg	14920	14920										
13	c Dalle en Compression	kg	$\frac{15230}{= 7831}$	0,0260026	171,6	171,6	19	19	8	8	2			
	a Coulage beton plancher	m ³	12,10	12,10										
	b Dalle de Compression	m ³	15,43	15,43										
	c Escaliers	m ³	1,13	1,13										
1	d poutres	m ³	$\frac{30,34}{= 79,7}$	0,50	2,50	29,85	149,85	3,73	18,66	2	10	2		

N°	Designations	U	QTE Totale	QTE par		Norme Unit		Vol-travaux H.h.		Vol travaux H.j.		Equip pos		Duree	OBS	
				Sacheur	Qual	m.o	Qual	m.o	Qual	m.o	Qual	m.o				
21	21 + acrotère	m ³	76,00	0,22	0,62	16,7	4,7	2,10	1,90	2	6	4	1	28		
22	periode d'attente et découfrage															
23	Execution maçonnerie, pose cadre (menuiserie)	m ²	312,00	1,75	1,50	546,00	468,00	18,50	18,50							
24	a double parois (10,5) briques feuilles	m ²	225,6	1,23	0,9	277,50	203,00	34,69	25,38							
	b Cloisons Noeu	m ²	54,00	1,50	1,50	81,00	81,00	10,12	10,12							
	c Pose des cadres	m						1,03	84,00							
25	2 ^{ème} Intervention pour Installation électrique															
	Execution En duits intérieurs	m ²	308,00	0,90	0,45	277,00	138,65	34,66	17,33							
	a plafonds plâtre	m ²	127,00	0,60	0,30	76,20	38,10	9,52	4,76							
	b plafonds ciment	m ²	842,40	0,70	0,35	589,90	295,00	43,74	36,84							
c murs plâtre	m ²	1147	0,50	0,25	223,00	111,75	27,96	13,97								
d murs ciment	m ²						14,6	4,3								

ch.6

CALCUL

des

ENGINS

Calcul des camions pour le transport de gravier et sable

la quantité transportée par heure. R_c^p

$$R_c^p = n_c q_n^v K_{cp} K_{tp}$$

q_n^v : le volume de camion

$$q_n^v = 6 \text{ m}^3$$

On suppose que la distance entre le chantier et le lieu d'approvisionnement de gravier est de : $D = 20 \text{ km}$

On suppose aussi que la vitesse moyenne des camions est de :

$$V_m = 40 \text{ km/h}$$

$$K_c = 1$$

$$K_p = 0.9$$

$$n_c = \frac{60}{t_p}$$

$$t_p = t_c + \frac{2D60}{V_m} + t_d + 2t_m$$

$$t_c = \frac{q_n^v}{q_n^l} \cdot t_p^l$$

$$= \frac{6}{1} \times 2' = 12'$$

$$\frac{2D60}{V_m} = \frac{2 \times 20 \times 60}{40} = 60'$$

$$t_d = 1'$$

$$t_m = 1$$

$$t_{cp} = 12 + 60 + 1 + 2' = 85'$$

$$R_c^p = 8 \times \frac{60}{85} \times 6 \times 1 \times 0.9$$

$$= 30 \text{ m}^3/\text{h}$$

Donc un camion de 6 m^3 de volume transporté par jour 30 m^3 .

Calcul des camions pour le transport du ciment

Pour le transport de ciment on utilise un camion de cil. (10) tonnes (6 m³)

Distance de transport 12 Km.

la vitesse moyenne de camion pendant le transport est de 40 km/h

Pour charger le camion on utilise un chargeur compact 700kg

la quantité transportée par un camion pendant un jour sera

$$Q/d = 8 R_c^p$$

$$R_c^p = n_c q_n^v K_{cp} K_{tp}$$

$$K_{cp} = 1$$

$$K_{tp} = 0,8$$

$$n_c = \frac{60}{t_p}$$

$$t_p = t_i + \frac{2060}{v_m} + t_d + 2 t_u$$

$$t_i = \frac{q_n^v}{q_p^{ch}} \cdot t_p^{ch}$$

$$= \frac{10.000}{500} \cdot 1'$$

$$= 20'$$

$$\frac{2060}{v_m} = \frac{2 \times 20 \times 60}{40}$$

$$= 60'$$

$$t_d = t_i = 20'$$

$$t_u = 1'$$

$$t_p = 20' + 60' + 20' + 1' = 82'$$

$$Q/d = 8 \cdot \frac{60}{82} \cdot 10 \cdot 10,9 =$$

$$= 32 \text{ m}^3/d$$

Calcul de stock maximal et minimal

La quantité totale de gravier pendant la durée de consommation de gravier est de 2150 m^3

La quantité consommée par jour

$$q_m = \frac{2150}{250-15} = 9 \text{ m}^3 / \text{relève}$$

$$\begin{aligned} \text{stock maximal} &= (25 \text{ à } 30) q_m \\ &= 30 \times 9 = 270 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{stock minimal} &= (5 \text{ à } 6) q_m \\ &= 5 \times 9 = 45 \text{ m}^3 / \text{relève} \end{aligned}$$

$$\text{La surface de stockage} = \frac{270}{9}$$

Ciment

La quantité totale est de 810 m^3

$$q_m = \frac{810}{250-15} = 3,45 \text{ m}^3 / \text{relève}$$

$$\text{stock maximal} = (25 \text{ à } 30) \times 3,45 = 103,5 \text{ m}^3$$

$$\text{stock minimal} = (5 \text{ à } 6) \times 3,45 = 17,25 \text{ m}^3$$

Sable

La quantité totale $Q_t = 1650 \text{ m}^3$

La quantité moyenne par jour q_m

$$q_m = \frac{1650}{250-15} = 7 \text{ m}^3$$

$$\text{stock maximale} = (25 \text{ à } 30) \times 7 = 210 \text{ m}^3$$

$$\text{stock minimale} = (5 \text{ à } 6) \times 7 = 35 \text{ m}^3$$

Pour l'approvisionnement du chantier par le gravier et le sable on utilise un seul camion qui sera (ce camion) mobilisé que pour ce chantier.

Tandis que pour le ciment on utilise un camion special parce que on utilise u ciment en vrac donc on mobilise ce camion que pendant les jours d'approvisionnement d'après le diagramme d'approvisionnement, en essayant toujours de l'utiliser ailleurs.

Grues

Le type et le nombre des grues pour un chantier depend essentiellement de la quantité des travaux à lever, et les dimensions des projet

les grues sont fixe ou mobile ça depend de la nature de l'ouvrage pour notre ouest obligé de choisir des grues à cause de la dimension de l'ouvrage, on va choisir deux grues, une grue pour chaque quatre (4) batiments, les voies de la circulation des deux (2) grues sont tracées comme indique le schéma ci-dessous.

Tracé des voies de grues

les voies doivent être parfaitement horizontales et de preference linéaires sans virages importants.

le tracé des voies des grues doit respecter certaines conditions résultant des reglements de securité sur les chantiers.

a) Un espace de 60cm minimum devra être laissé entre le point le plus saillant de la façade en partie basse, et l'embase de la grue, a fin de permettre une circulation sans danger du personnel le long du batiment

b) la voie sera poursuivie d'au moins un metre au delà des points extrêmes de translation Des butoirs limiteront les déplacements au-delà des ces points

c) les charges portées par la grue ne devront pas pouvoir être situées a moins de trois (3) metres d'une ligne électrique.

Chemins de roulement

les rails seront fixés par l'intermédiaire de longrines en bois sur

des longrines en béton préfabriquées ou coulés sur place

La puissance de la grue

La puissance d'une grue est définie par sa capacité de levage

La production moyenne horaire d'une grue est donnée par

$$P = Q \cdot n \cdot K_f \cdot K_T$$

Q : poids qui est levé en moyenne par la grue. Il varie entre

1,5 et 3 t ou prendra $Q = 2 t$

K_f : coefficient d'utilisation de la capacité de levage de

la grue $K_f = 0,8$

K_T : coefficient d'utilisation en temps de la grue

$$K_T = 0,7$$

n : nombre de cycles par heure

on calcule n par la formule suivante :

$$n = \frac{3600}{t_p + \frac{H}{v_1} + t_d + \frac{H}{v_2} + \frac{2L}{v_3} + 2t_r}$$

t_p : temps d'accrochage du poids = 120 s

t_d : temps d'enlèvement du poids = 60 s

t_r : temps de rotation de la grue = 120 s

H : hauteur de levage = 20 m

L : longueur de déplacement = 36 m

v_1 : vitesse de levage du poids = $\frac{32}{60}$ m/s

v_2 : vitesse de descente du poids = $\frac{32}{60}$ m/s

v_3 : vitesse de déplacement de la grue = 0,5 m/s

D'où :

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{3600}{120 + 20 \cdot \frac{60}{32} + 60 + \frac{20 \cdot 32}{60} + 2 \cdot \frac{36}{0,5} + 2 \cdot 120} \\
 &= \frac{3600}{120 + 37,5 + 60 + 10,6 + 144 + 240} \\
 &= \frac{3600}{612} = 5,88 \approx 6
 \end{aligned}$$

La production horaire de la grue est alors :

$$P_{\text{heures}} = 2 \times 6 \times 0,8 \times 0,7 = 6,72 \text{ t / heure}$$

la production journalière

$$P_{\text{jour}} = 6,72 \times 8 = 53,76 \text{ t}$$

le poids à lever par jour est de 20 t une grue pour 2 bâtiments suffit largement.

caractéristiques des grues

le poids d'une grue = 22 t

écartement entre la grue et la construction = 7,5 m

capacité de la grue à la portée maximale = 1,5 t

capacité de la grue à la portée minimale = 2 t

longueur maximum du bras = 20,5 m

longueur minimum du bras = 7,5 m

hauteur max atteinte par la grue avec le bras = 1,5 m

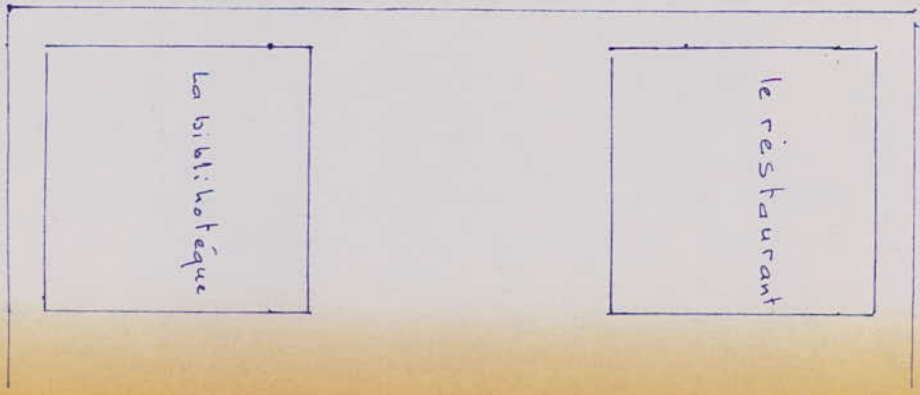
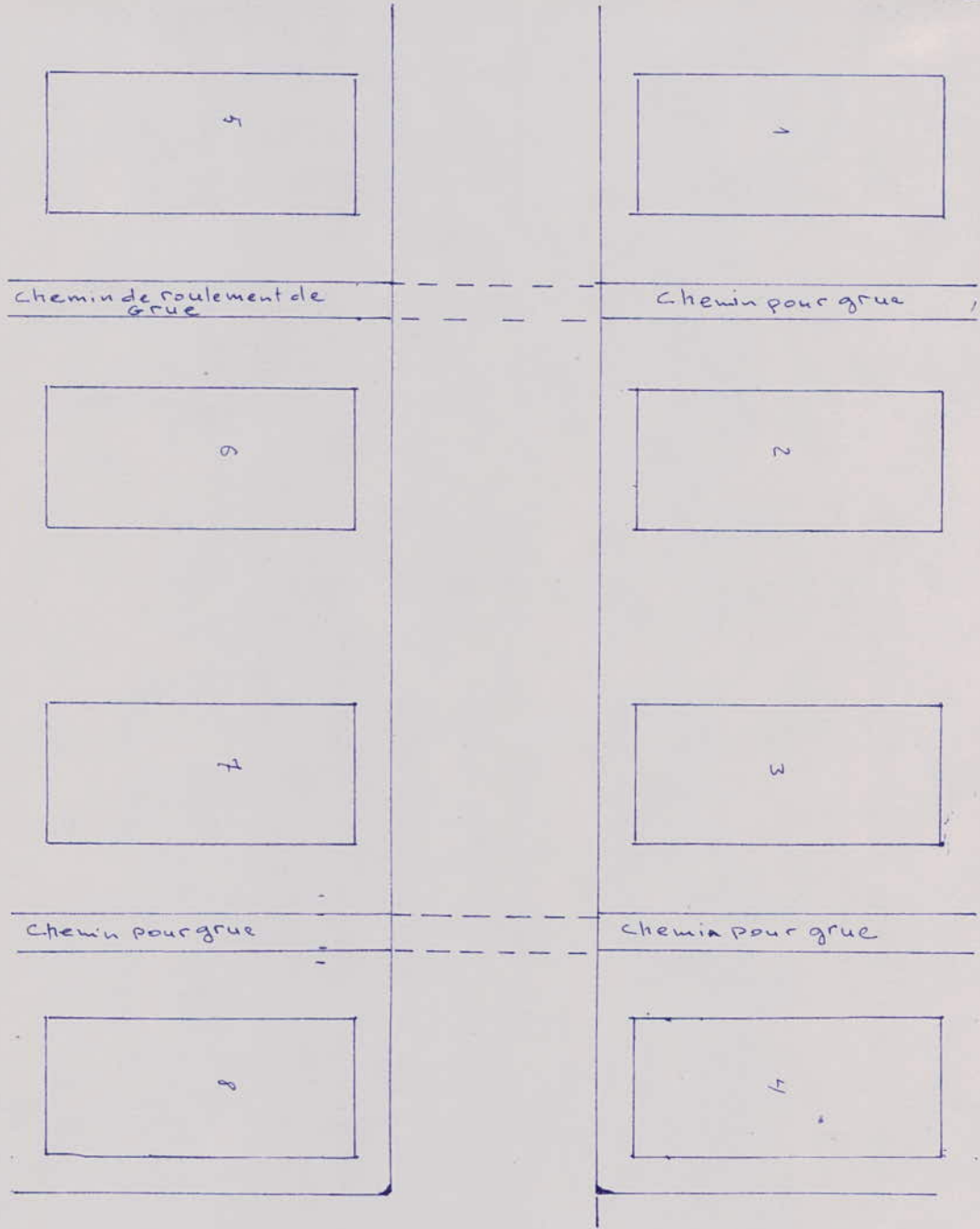
; ; ; ; ; : 22 m si le bras = 20,5

Activités des grues

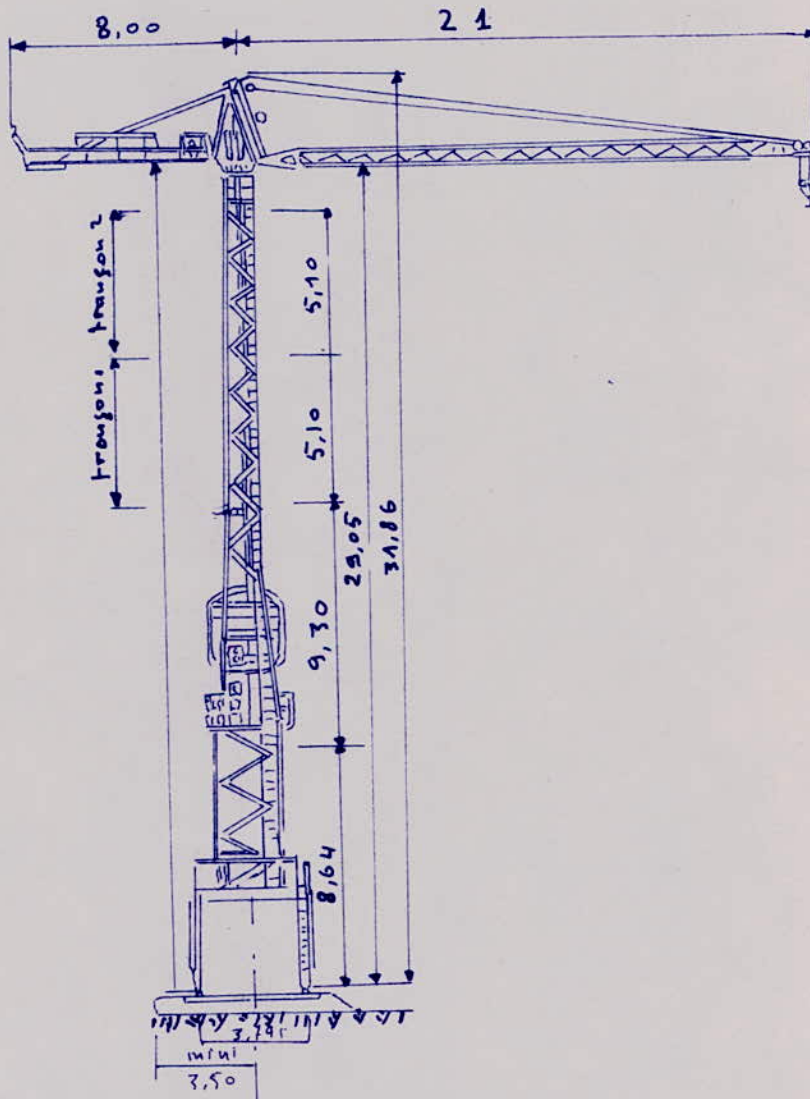
chaque grue sert pour quatre (4) bâtiments. Parallèlement aux voies des grues et dans leur rayon d'action s'organisent les dépôts

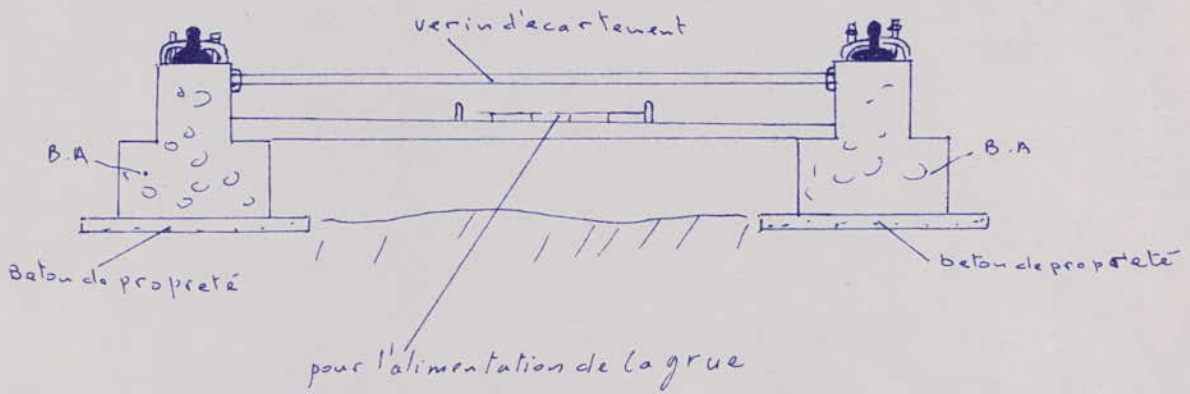
decouverts. les matériaux doivent arriver par des camions qui doivent avoir un espace libre suffisant pour le déchargement.

Voies de roulement des grues



GRUE-TOUR





chemin de roulement de grue

Centrale à béton

la quantité maximale consommée de béton par le chantier est de $70 \text{ m}^3/\text{semaine}$
 Pour la fabrication de ce béton on va utiliser une centrale à béton de $15 \text{ m}^3/\text{h}$
 qui sera largement suffisant.

à côté de la centrale à béton on sert aussi d'une bétonnière qui sera
 utilisée que pour les mortiers.

Production horaire du bétonnière

$$P/\text{heure} = \frac{Q_{\text{mortier}/\text{mois}} \cdot K}{m \cdot n}$$

K = varie entre 1,15 et 1,4

m = nombre de jours couvrés = 30

n = nombre d'heures couvrées par jour = 8

Q = quantité de mortier consommé mensuellement = 600

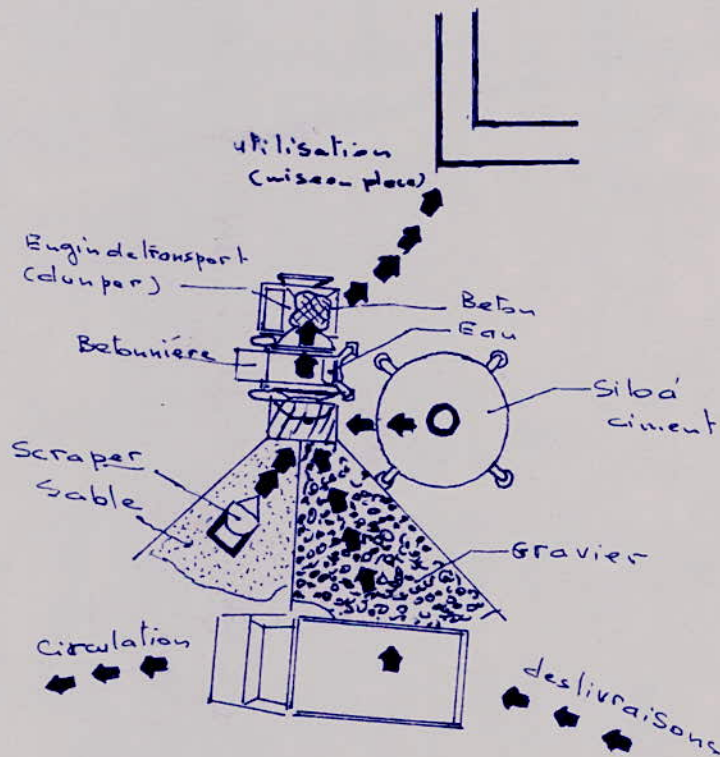
on aura

$$P = \frac{600 \cdot 1,4}{30 \cdot 8} = 3,5 \text{ m}^3/\text{heure}$$

il nous faut alors une bétonnière qui produit au moins $3,5 \text{ m}^3/\text{heure}$

Bétonnière choisie

on considère que la durée de malaxage, de chargement et de déchargement
 est égale à trois (3) minutes. Donc on aura le nombre de cycles n par heure = 20
 on choisira une bétonnière de capacité de 300 litres qui produit $7 \text{ m}^3/\text{h}$ de béton



organisation de fabrication de béton

toutes les actions doivent converger vers l'appareil de la réalisation

les voies de circulation ne doivent pas s'entre croiser.

ch.7

Methode

D'organisation

A la chaine

Méthode à la chaîne ou en continu

Definition : la méthode à la chaîne d'organisation l'exécution d'un processus complexes composé de m processus simples sur n secteurs inégaux consiste dans l'exécution de chaque processus simple composant comme des successions non rythmiques synchronisées entre eux les équipes toujours avec le même nombre d'ouvriers même matériel même sources, exécutant les travaux sans interruption.

les équipes sur le même secteur se suivent sans s'il est possible de décalage organisationnel Z

le calcul de la durée d'exécution T_c .

$$T_c = \sum_{i=1}^m t_i^1 + \sum_{i=1}^{m-1} z_i + \sum t_m^1 \quad (0)$$

t_i^1 : module de temps de 1^{er} secteur sur le processus i

z_i : Décalage organisationnel de 1^{er} secteur sur le processus i

calcul de Z :

On prend la courbe ABCDEA.

- le contour est fermé donc sa projection sur l'axe des temps est égale à zéro

$$\text{proj } \overline{AB} + \text{proj } \overline{BC} - \text{proj } \overline{CD} - \text{proj } \overline{DE} - \text{proj } \overline{EA} = 0 \quad (1)$$

$$\text{proj } \overline{AB} = \sum_{\lambda=1}^{\lambda=m} t_{\lambda}^1$$

$$\text{proj } \overline{BC} = 0 \quad (\text{c'est un vertical})$$

$$\text{proj } \overline{DE} = z_i$$

$$\text{proj } \overline{CD} = \sum_{\lambda=1}^{\lambda=m-1} t_{\lambda+1}^1$$

$$\text{proj } \overline{EA} = t_i^1$$

On remplace les projections par leurs valeurs arithmétiques dans l'équation (1)

on obtient :

$$\sum_{\lambda=1}^{\lambda=L} t_{\lambda}^{\lambda} + 0 - \sum_{\lambda=1}^{\lambda=L-1} t_{\lambda+1}^{\lambda} - Z_1^1 - t_{\nu}^1 = 0 \quad (2)$$

mais $\sum_{\lambda=1}^{\lambda=L} t_{\lambda}^{\lambda} - t_{\nu}^1 = \sum_{\lambda=L}^{\lambda=L} t_{\lambda}^{\lambda}$ donc (2) devient

$$\begin{aligned} Z_1^1 &= \sum_{\lambda=L}^{\lambda=L} t_{\lambda+1}^{\lambda} - \sum_{\lambda=1}^{\lambda=L-1} t_{\lambda+1}^{\lambda} \\ &= \sum_{\lambda=L}^{\lambda=L} (t_{\lambda+1}^{\lambda} - t_{\lambda+1}^{\lambda-1}) \quad (3) \end{aligned}$$

On remplace Z_1^1 par sa valeur de l'équation (3) dans l'équation (2) on obtient la valeur de la durée d'exécution T_e

$$T_e = \sum_{i=1}^{i=m-1} t_{\nu}^i + \sum_{i=1}^{i=m-1} \sum_{\lambda=2}^{\lambda=L} (t_{\lambda}^{\lambda} - t_{\lambda+1}^{\lambda-1}) + \sum_{\lambda=L}^{\lambda=m} t_{\nu}^{\lambda} \quad (4)$$

Exemples numériques :

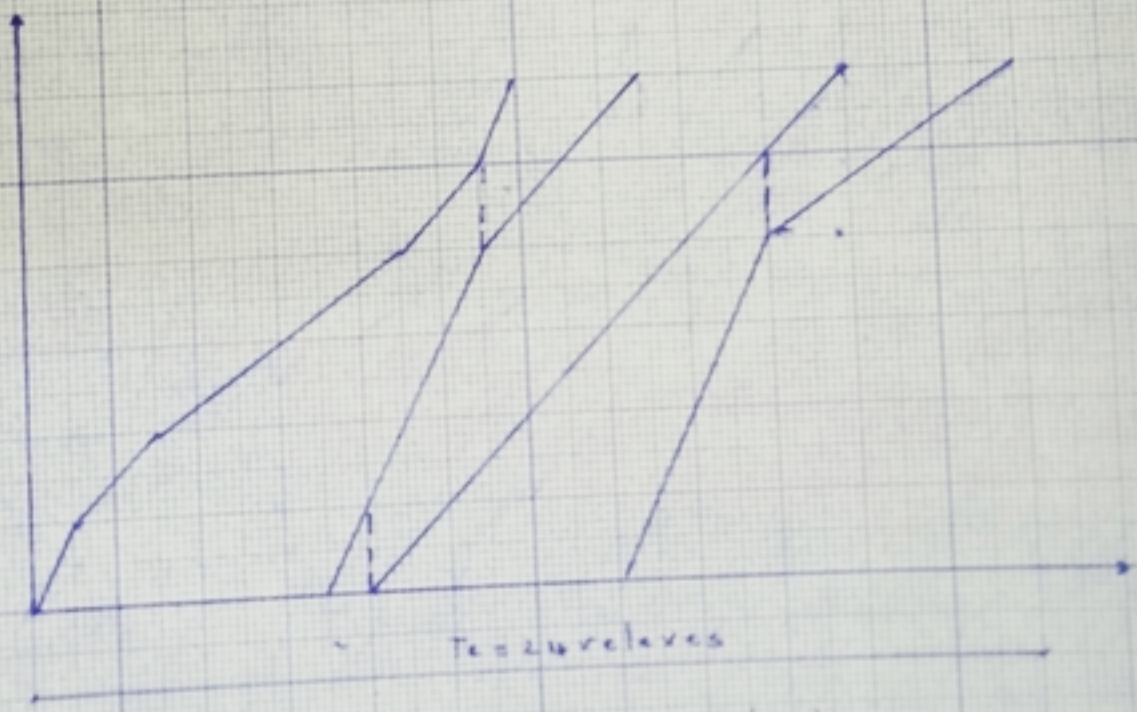
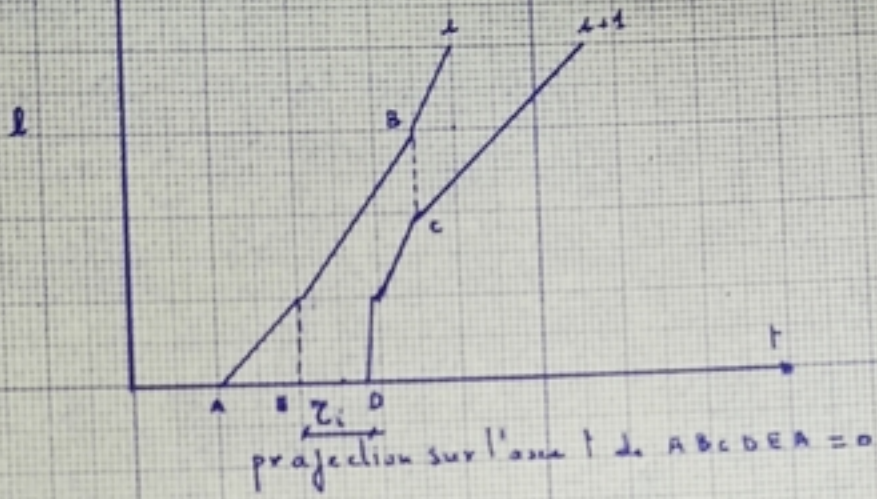
6 processus simples, 6 secteurs, les durées sont données par le tableau suivant :

n	t_1^{λ}	t_2^{λ}	t_3^{λ}	t_4^{λ}
1	1	1	2	1
2	2	1	2	1
3	3	1	2	1
4	3	1	2	1
5	2	2	2	3
6	1	2	2	3

On calcule la durée d'exécution T_e .

On applique l'équation (4) qui nous donne la valeur de T_e :

$$T_e = \sum_{i=1}^{i=m-1} t_{\nu}^i + \sum_{i=1}^{i=L} \sum_{\lambda=2}^{\lambda=L} (t_{\lambda}^{\lambda} - t_{\lambda+1}^{\lambda-1}) + \sum_{\lambda=L}^{\lambda=m} t_{\nu}^{\lambda}$$



cyclogramme de l'exemple étudié

$$\tau'_1 = \sum_{\lambda=2}^{\lambda=5} (t_1^\lambda - t_2^{\lambda-1}) = 6 \text{ relèves}$$

$$\tau'_2 = 0$$

$$\tau'_c = \sum_{\lambda=2}^{\lambda=l} (t_c^\lambda - t_{c+1}^{\lambda-1})$$

avec $c=3$; $l=5$

$$\tau'_3 = \sum_{\lambda=2}^{\lambda=5} (t_3^\lambda - t_{3+1}^{\lambda-1})$$

$$\tau'_3 = (t_3^2 - t_4^1) + (t_3^3 - t_4^2) + (t_3^4 - t_4^3) + (t_3^5 - t_4^4)$$

$$\tau'_3 = 1 + 1 + 1 + 1 = 4$$

$$\tau'_3 = 4 \text{ relèves}$$

$$\sum_{\lambda=2}^{\lambda=n} t_m^\lambda = \sum_{\lambda=2}^{\lambda=n} t_m^\lambda = t_m^2 + t_m^3 + t_m^4 + t_m^5 + t_m^6 = 9 \text{ relèves}$$

$$T_e = 5 + 10 + 9 = 24 \text{ relèves}$$

Remarquons qu'on peut mesurer cette valeur de T_e sur le graphique qui représente la durée des secteurs composant le processus complexe qu'on l'appelle le "cyclogramme".

Si on veut réduire la durée d'exécution $T_e = \sum_{i=1}^{i=m} t_i^1 + \sum \tau'_i + \sum t_m^\lambda$

on est obligé de réduire au moins un des 3 facteurs de l'équation qui nous donne la valeur de T_e c'est-à-dire il faut diminuer soit le facteur $\sum_{i=1}^{i=m} t_i^1$; soit

le facteur $\sum t_m^\lambda$ ou le troisième facteur $\sum \tau'_i$. Mais les deux facteurs

$\sum t_i^1$ et $\sum t_m^\lambda$ on peut pas les réduire car ils sont indépendants de la source d'après

la formule universelle $T = \frac{\Phi}{N_f \cdot \omega}$ si on suppose que Φ la quantité des travaux à réaliser est constante, et le facteur N_f constant on voit donc que le module de temps T_e est dépendant de la source ω . Donc il nous reste que le facteur de décalage organisationnel τ'_i qu'on peut le manier

Donc pour diminuer T_e la durée d'exécution au minimum il faut annuler Z_i^1
 et puisque $Z_i^1 = \sum_{\lambda=1}^{\lambda=p-1} (t_{i,\lambda}^1 - t_{i,\lambda+1}^1)$ il faut que $\sum_{\lambda=1}^{\lambda=p-1} (t_{i,\lambda}^1 - t_{i,\lambda+1}^1) = 0$ ou tire de cette
 equation que $t_{i,\lambda}^1 = t_{i,\lambda+1}^1 = k$, on conclut de cet égalité que tous les modules de temps
 sont égaux.

Si $t = k$ qui est une constante pour tous les secteurs et tous les processus
 alors on a la méthode d'organisation qui s'appelle la méthode d'organisation par
 bande (cette méthode d'organisation est possible pour les travaux homogènes, linéaires
 comme les bâtiments, routes, chemins de fer etc...).

Pour le calcul de la durée d'exécution T_e pour cette méthode "organisation
 par bande"; On la formule générale de la durée de temps T_e pour la méthode
 d'organisation à la chaîne en général $T_e = \sum_{i=1}^{i=m} t_i^1 + \sum_{i=1}^{i=m-1} Z_i^1 + \sum_{\lambda=2}^{\lambda=n} t_m^\lambda$
 et puisque on a $t_i^1 = t_{i,1}^1 = t_{i,2}^1 = \dots = t_{i,p}^1$
 et le décalage organisationnel $Z = 0$ T_e devient:

$$T_e = m t + (n-1) t$$

$$T_e = (m + n - 1) t$$

Exemple :

On 5 processus complexes

5 processus simples

6 secteurs

$t = \text{constant} = 3 \text{ reeves}$

on applique la formule $T_e = (m + n - 1) t$

$$= (5 + 6 - 1) 3 = 30 \text{ reeves}$$

donc la durée d'exécution $T_e = 30 \text{ reeves}$

Donc comme on a expliqué dans le paragraphe précédent pour qu'on a une organisation par bande il faut qu'on $t_i^A = t_{i+1}^A = \dots$ c'est-à-dire

$$t_i^A = \frac{\Phi_i^A}{N_{p_i} \cdot \omega_i} = \frac{\Phi_{i+1}^A}{N_{p_{i+1}} \cdot \omega_{i+1}} = \dots$$

On pratique on peut avoir les mêmes modules de temps pour tous les secteurs même si les quantités des travaux à réaliser ne sont pas égales par ce que on peut varier la source ω_i par exemple si la source c'est la main d'œuvre on peut changer le nombre des ouvriers.

Si on a pas les mêmes modules de temps c'est-à-dire $t_i^A \neq t_{i+1}^A, \dots$ on peut utiliser la méthode à la chaîne dont le temps d'exécution T_c est égale à :

$$T_c = \sum_{i=1}^{i=n} t_i + \sum_{i=1}^{i=n-1} Z_i + (n-1)t_m$$

la synchronisation se produit sur le dernier secteur ou le premier secteur suivant que t_{i+1} plus grand ou plus petit que t_i :

on a la synchronisation sur le dernier secteur si $t_{i+1} < t_i$

tandis que la synchronisation sera sur le premier secteur si $t_{i+1} > t_i$

le calcul de Z_i :

$\text{prof } \overline{AB} + \text{prof } \overline{BC} + \text{prof } \overline{CD} + \text{prof } \overline{DE} + \text{prof } \overline{EA} = 0$ (voir cyclograme)

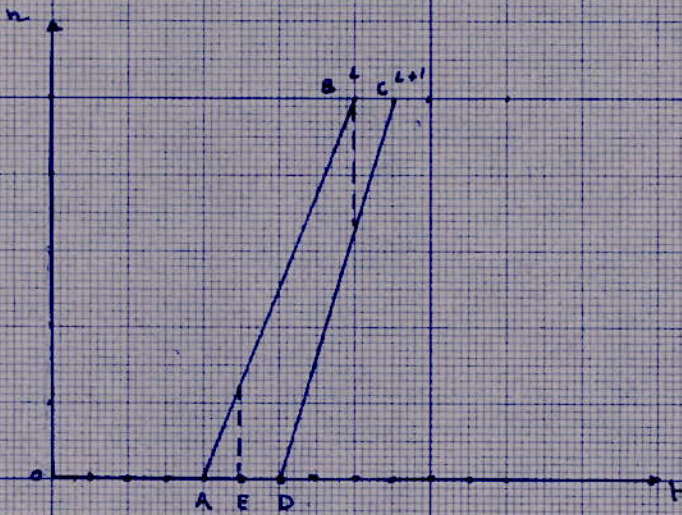
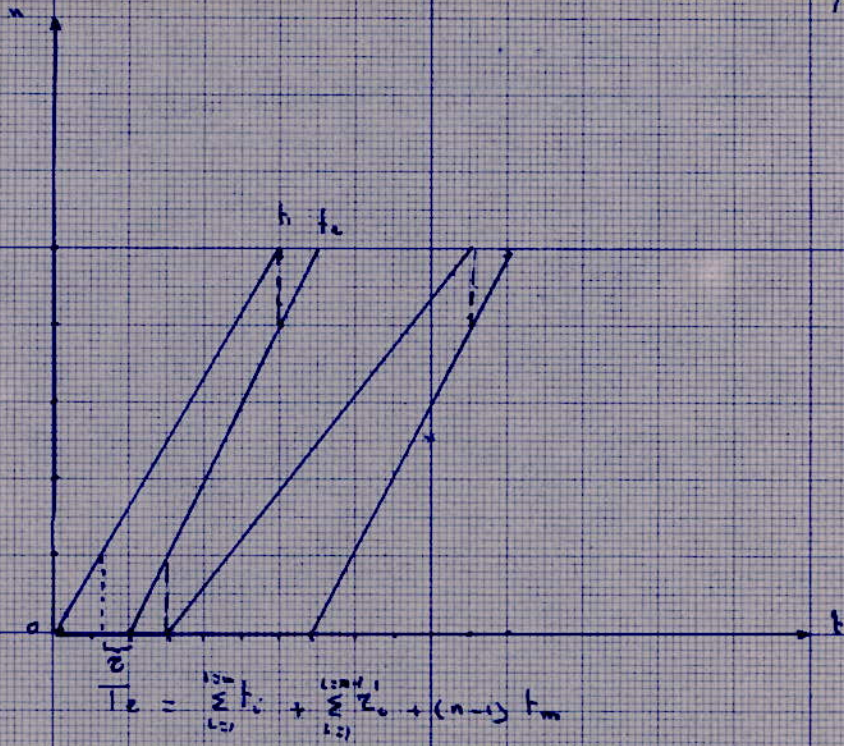
$$\text{prof } \overline{AB} = n t_i$$

$$\text{prof } \overline{BC} = t_{i+1}$$

$$\text{prof } \overline{DE} = Z_i'$$

$$\text{prof } \overline{EA} = t_i$$

on remplace les projections par leurs valeurs dans l'équation (1)
on obtient :



projection de ABCDEA sur l'axe des temps = 0

$$n t_i + t_{i+1} - n t_{i+1} - z_i^1 - t_i = 0$$

$$z_i^1 = (n-1) t_i - (n-1) t_{i+1}$$

Et la valeur de temps d'exécution sera égal à :

$$T_e = \sum_{i=1}^{i=n} t_i + (n-1) \sum (t_i - t_{i+1}) (n-1) t_m$$

Exemple numérique :

processus composé de 5 processus simples ($n=5$)
sur 6 secteurs. Pour chaque secteur on a :

$$t_1 = 6 \text{ reles}$$

$$t_2 = 2 =$$

$$t_3 = 6 =$$

$$t_4 = 4 =$$

$$t_5 = 2 =$$

$$T_e = \sum_{i=1}^{i=n} t_i + (n-1) \sum (t_i - t_{i+1}) (n-1) t_m$$

$$\sum_{i=1}^{i=n} t_i = 6 + 2 + 6 + 4 + 2 = 20 \text{ reles}$$

$$(n-1) \sum (t_i - t_{i+1}) = (6-1) [(6-2) + (2-6) + (6-4) + (4-2)]$$

on remarque que le terme $(2-6)$ est négatif et en plus de ça il est petit
on va le négliger.

$$T_e = (n-1) t_m = (6-1) 2 = 10 \text{ reles}$$

$$T_e = 20 + 40 + 10 = 70 \text{ reles}$$

Si on a une contrainte technologique qui nous retarde de Δ_i reles
on ajoute à T_e cette quantité de temps

Methode successive superposée:

Dans cette methode d'organisation elle est comme la methode precedente mais la difference c'est que dans la methode precedente on a qu'une seule equipe qui attaque les travaux d'un secteur tandis que dans cette methode on a plusieurs equipes qui attaquent les travaux d'un seul secteur avec un decalage de temps K_{oi} , et le temps d'execution dans ce cas:

$$T_e = \sum_{i=1}^m t_i + \sum Z_i^1 + (n-1) K_{om}$$

calcul de Z :

$$\text{prof } \overline{AB} + \text{prof } \overline{BC} + \text{prof } \overline{CD} + \text{prof } \overline{DE} + \text{prof } \overline{EA} = 0$$

$$\text{prof } \overline{AB} = t_1 + (n-1) k_{oi}$$

$$\text{prof } \overline{BC} = \text{inter} + k_{oi}$$

$$\text{prof } \overline{CD} = -(n-1) k_{oi+1}$$

$$\text{prof } \overline{DE} = -Z_i^1 k_{oi+1}$$

$$\text{prof } \overline{EA} = -t_1$$

$$\text{Donc } t_1 + (n-1) k_{oi} + t_{oi+1} - (n-1) k_{oi+1} - Z_i^1 - t_1 = 0$$

$$Z_i^1 = (n-1) (k_{oi} - k_{oi+1})$$

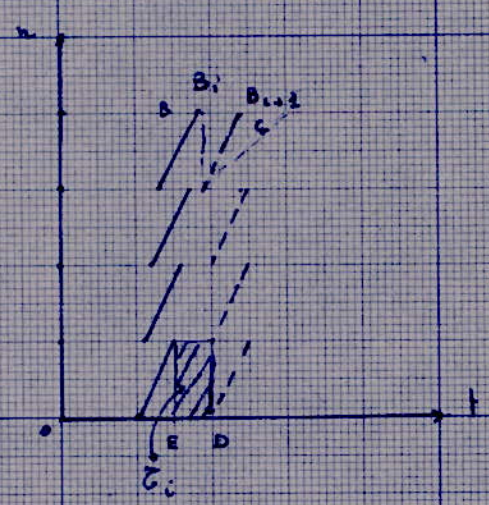
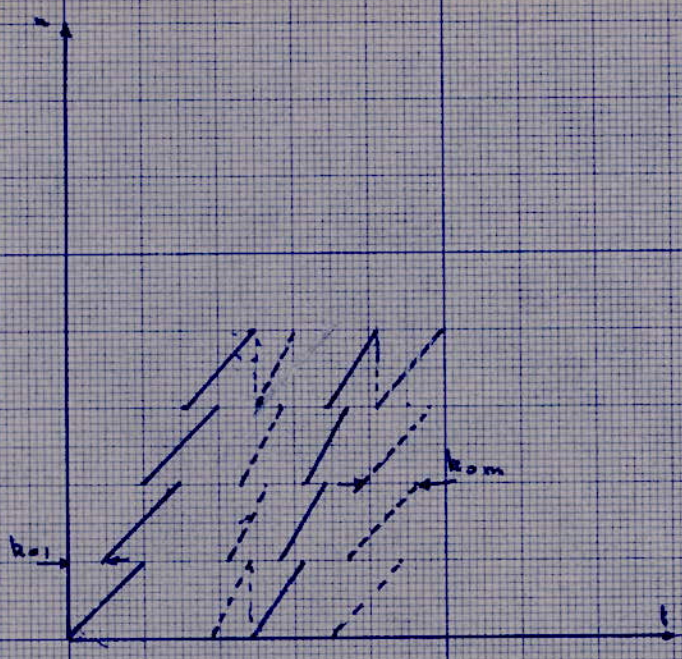
$$T_e = \sum_{i=1}^m t_i + (n-1) \sum (k_{oi} - k_{oi+1}) + (n-1) K_{om}$$

pour que T_e soit le plus petit possible il faut que $Z_i^1 = 0$ c'est-à-dire $k_{oi} = k_{oi+1} = k_o$

$$T_e = \sum t_i + (n-1) k_o$$

la modulation de la chaîne c'est organisation parfaite elle est utilisée sur les chantiers.

Et en conclusion, les chantiers organisés suivant la methode d'organisation à la chaîne et sur tout suivant la methode de la chaîne modulée on réalise une productivité 15-20%, une diminution de coût de 10-15%



$$\text{proj } \overline{AB} + \text{proj } \overline{BC} + \text{proj } \overline{CD} + \text{proj } \overline{DE} + \text{proj } \overline{EA} = 0$$

la durée d'exécution diminuée de 10-15% .

le problème d'organisation de chantier doit être étudié par les bureaux d'étude après l'élaboration des projets .

ch:8

Methode

D'organisation

P · E · R · T

Le réseau P.E.R.T se propose comme un "flot continu" les actions nécessaires à l'aboutissement d'une réalisation projetée, le réseau doit montrer la succession de ces actions dans l'ordre où elles s'accomplissent et indique la dépendance qui les lie les unes aux autres.

Les éléments utilisés dans cette représentation sont les événements et les activités réelles ou fictives. Les éléments sont symbolisés par des figures géométriques telles cercles, carrés, Losanges etc.,

l'événement représente un moment bien défini qui peut être concrétisé par un objet bien réel; documents, pièces, équipements, bâtiments, etc...) dans un état bien défini (document signé, équipements installés, des bâtiments terminés, etc)

En règle absolue: Un événement ne consomme pas lui-même ni temps ni ressource mais il se produit à une date bien déterminée.

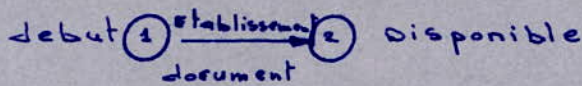
Les activités réelles sont symbolisées par des flèches. L'activité représente chimiquement et sans qu'intervienne aucune notation d'échelles, le temps qui s'écoule, le travail qui est fourni, les ressources mises en œuvre pour qu'une tâche bien définie soit accomplie.

En règle absolue une activité réelle consomme du temps et des ressources (main d'œuvre, machines, argent, etc) ou parfois seulement du temps, on lui associe toujours une durée, les activités fictives sont représentées par des

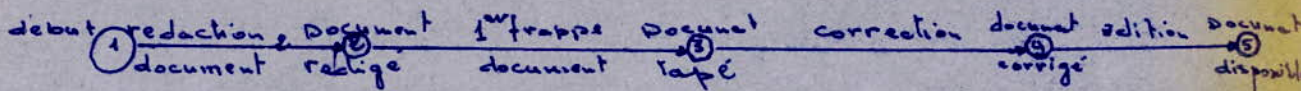
des fleches en pointillé l'activité fictive ne represente ni du temps qui s'écoule ni des ressources employées ni un moment de terminé mais simplement une liaison entre événements, elle exprime seulement que l'événement qui la termine ne peut pas se produire si l'événement par lequel elle debute ne s'est produit.

En regle absolue, une activité fictive est de durée nulle elle represente une contrainte.

EXEMPLE: si nous voulons representen P.E.R.T la creation d'un document on peut se contenter de definir une seule activité



l'événement "debut" de cette activité est representé par un cercle une fleche partant de ce cercle represente l'ensemble des actions nécessaires à l'établissement du document et aboutit à une 2^{ème} cercle qui represente l'événement "fin" de cet activité, concretisé par le document dont on peut alors disposer cet événement est donc "Document disponible" mais on peut aussi descendre à un niveau plus fin de definition des activités et considerer le detail des actions nécessaires:



les événements "debut" et "Fin" seront les mêmes que précédement mais l'activité "établissement du document" sera decoupée en plusieurs activités "Redaction de document" "1^{er} frappe de document" "correction du document" "Edition de finitive" dont la succession sera jalonné par des événements qui representent les états successifs dans les quelles se trouve le document "document rectifié"

"document tapé" "Document corrigé"

Logique du réseau: c'est une combinaison de ces symboles activités réelles et fictives, et événement et porteur emploi judicieux que peut être représenté le "flot continu", image de la succession des actions à accomplir pour atteindre l'objectif fixé. Cette image sera nette et sans ambiguïté. Si certaines règles simples et peu nombreuses sont respectées et toujours présentées à l'esprit lorsqu'on utilise un réseau P.E.R.T.

Regle n°1 Une activité commence toujours par un événement et se termine toujours par un événement



L'activité A ne peut commencer que si l'événement "1" s'est produit et l'événement "2" ne peut se produire que si l'activité A est terminée.

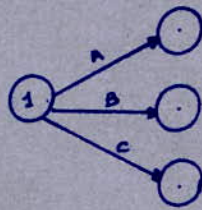
Un même événement peut être à l'origine de plusieurs activités et inversement plusieurs activités peuvent aboutir à un même événement, mais plusieurs activités ne peuvent avoir à la fois, même événement de début et même événement fin.

Cette règle est fondamentale et les autres ne sont pratiquement que des corollaires le terme activité s'applique aux activités réelles ou fictives.

Regles N°2 l'événement qui se trouve au début de plusieurs activités doit être produit pour que l'une quelconque

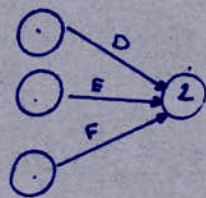
des activités puissent commencer.

143



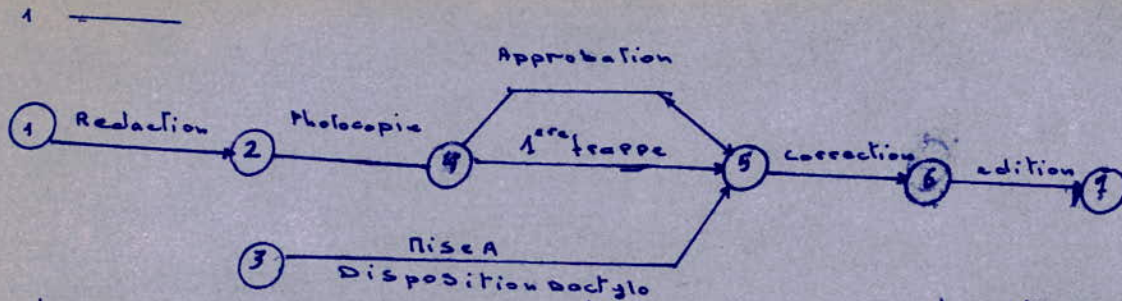
les activités A, B, C ne peuvent pas commencer si l'événement 1 ne s'est pas produit mais à partir de cet événement elles sont indépendantes.

Regles N°3 Un événement ne peut pas se produire si les activités qui le précèdent ne sont pas toutes terminées.



l'événement 2 ne peut pas se produire si les activités D, E et F ne sont pas toutes terminées. mais avant cet événement, elles sont indépendantes.

supposons pour que l'établissement d'un document le responsable soit obligé d'une part de demander une dactylo et d'autre part, avant l'édition de faire approuver sa rédaction pour gagner du temps il est décidé de faire une photocopie du document rédigé, ce qui permettra de laisser un exemplaire à l'approbation pendant que s'effectuera la 1^{re} frappe, les activités étant faites sur cette 1^{re} frappe après approbation les schémas pourraient être les suivantes.



l'éclatement de l'événement "4" en événements "4" (Fin de la photocopie) et "5" (début de la 1^{ère} frappe) liés par une activité fictive "4-5" résout le problème posé

Introduction du temps : Le réseau P.E.R.T représente les activités par des flèches dont les dimensions n'ont aucun rapport ni avec l'importance des travaux qu'elles symbolisent ni avec leur durée. Leur dessin ne dépend que de la logique du réseau. Le temps ne figure habituellement pas dans un réseau sous forme d'une échelle comme dans les graphiques de type GANTT. Il est introduit sous la forme de durée affectées aux activités et de dates attribuées aux événements. toute fois, les flèches orientées donnent le sens de l'écoulement du temps.

Chaque activité du réseau est donc caractérisée, au stade de prévisions par sa durée estimée le temps estimé nécessaire à son achèvement en fonction d'hypothèses de base sur les moyens dont l'emploi est envisagé.

Les durées sont exprimées dans l'unité du temps retenue pour tout le réseau. La nature de cette unité (année, semaine, jour, heure, minute, seconde) est choisie dans chaque cas particulier en tenant compte de la caractéristique de la réalisation (Durée totale de la réalisation).

si on fixe une date de démarrage d'une succession d'événement et d'activité dont on a estimé la durée on peut calculer pour chaque événement la date au plus tôt à laquelle il peut se produire, toutes les activités qui le précèdent étant achevées en respectant les durées calculées. Pour cela on détermine de proche en proche les dates au plus tôt de tous les événements successifs en additionnant les durées des activités sur chacun des différents chemins qui conduisent de l'événement de début à l'événement considéré en tenant compte évidemment des fictives. Lorsque plusieurs chemins arrivent à un événement on retient pour date plus tôt de cet événement la plus tardive de celles calculées. Cette règle est une conséquence de la règle de la base n°3 un événement ne peut se produire que si toutes les activités qui le précèdent sont terminées. Inversement si on fixe une date à l'événement terminal d'une succession d'activités et d'événement, on peut calculer pour chaque événement la date au plus tard à laquelle il doit se produire pour que la date au plus tard de l'événement terminal soit retenu en respectant la logique et les durées calculées des activités, pour cela on calcule de proche en proche la date au plus tard de chaque événement (en partant de l'événement terminal) et en retranchant des dates au plus tard des événements qui lui succèdent la durée estimée de l'activité qui le relie à chacun de ces événements. Lorsque plusieurs chemins partent d'un événement on retient comme date la plus faible de celle calculée pour cet

evenement. Cette regle est une consequence de la regle de base n° 2. Les activités qui succedent a un evenement ne peuvent pas commencer si cet evenement ne s'est pas produit, La difference entre la date au plus tard de l'evenement terminal et la date au plus tard de l'evenement initial d'un reseau donne egalement la durée totale estimée de la realisation representée par le reseau en respectant la logique et les durées estimées des activités.

Chemin critique - Marge

Si ayant attribue une date au plus tôt à l'evenement initial d'un reseau et ayant calculé les dates au plus tôt des evenements de ce reseau, on decide de prendre pour date au plus tard de l'evenement final sa date au plus tôt on exprime par là que la realisation non seulement peut s'effectuer, mais qu'elle doit s'effectuer dans sa durée totale estimée. Il faut pour cela qu'elle commence au plus tard à la date au plus tôt attribuée à l'evenement initial. La date au plus tard de l'evenement initial est donc comme c'est le cas de l'evenement terminal la même que sa date au plus tôt.

l'evenement initial et l'evenement terminal du reseau surtrouvent donc "bloqués" a des dates bien definies. Si l'evenement initial se produit avec un certain retard, ce retard se repercute integralement sur l'evenement

Terminal dans le cas où évidemment la logique et les durées calculées des activités du réseau ne sont pas modifiées on conçoit intuitivement et on démontre d'ailleurs mathématiquement dans la théorie des graphes, qu'il existe alors dans le réseau au moins une succession continue d'activités jalonnées par des événements "bloqués", leurs dates au plus tard étant la même que leur date au plus tôt. Ces événements sont dit "critiques" car si l'un quelconque se produit en retard et qu'aucune mesure corrective n'est prise, ce retard se représente intégralement sur l'événement terminal dont la date au plus tard n'est plus respectée.

En dehors de ces événements critiques du réseau, les autres événements ont une date au plus tard différente de leur date au plus tôt. Le délai qui se pare alors ces deux dates représente la période pendant laquelle l'événement peut se produire sans remettre en cause ni la logique du réseau ni les durées des activités. Ce délai s'appelle "marge libre de l'événement".

La marge d'un événement est égale à la différence entre sa date au plus tard et sa date au plus tôt.

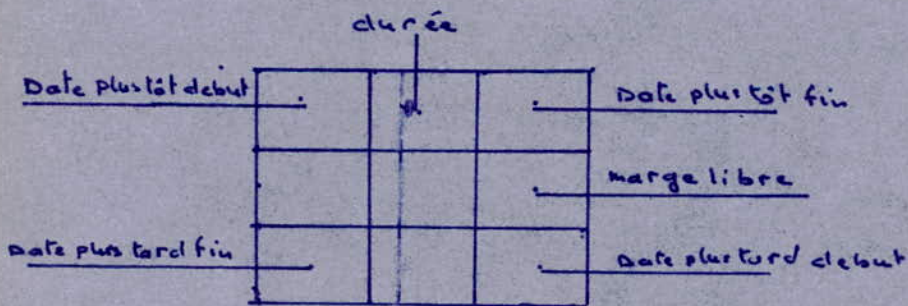
C'est pour une analyse des marges et un examen des activités critiques qu'on peut à partir de P.E.R.T-time, faire jouer les ressources vraiment

1483

disponibles aux époques calculées pour choisir
un programme précis d'exécution qui servira de
base au contrôle de l'avancement de la réalisation.

Méthode d'organisation des "antécédent"

Cette méthode a les mêmes principes et règles comme la méthode d'organisation P.E.R.T mais ce qu'il y a de différence c'est qu'il n'y a pas des liaisons fictives. Mais l'atout majeur de cette méthode c'est dans sa présentation; c'est que chaque tâche est représentée par un carré qui contient 3 autres carrés où on représente : date plus tôt début, date au plus tôt fin
 date plus tard début, date au plus tard fin
 marge libre, etc :



$$\text{Date plus tôt fin} = \text{Date au plus tôt début} + \text{durée}$$

$$\text{Date plus tard fin} = \text{Date au plus tard début} - \text{durée}$$

$$\text{marge libre} = \text{Date plus tard début} - \text{Date plus tôt fin}$$

on va utiliser cette méthode d'organisation pour notre étude à cause de sa représentation qui nous facilite énormément la tâche.

ch.9

Diagramme

Des

Consommations

Et

D approvisionnements

les diagrammes de consommation d'approvisionnement ainsi que les diagrammes différentiels de stock sont établis pour chacun des matériaux de la production à savoir, ciment, gravier, sable, etc..

Ces diagrammes permettent de connaître journalièrement la consommation, l'approvisionnement et le stock de chacun des éléments de base.

16 Diagramme de consommation.

C'est le diagramme essentiel. Il est tracé à partir du diagramme GANNT général suivant le même principe que le diagramme de connaissance de la durée et la quantité nécessaire de chaque matériau pour chaque secteur indiqué dans le diagramme GANNT, il suffit de faire la somme des quantités de matériaux consommés chaque jour par l'ensemble des cycles qui s'exécutent dans le même temps pour savoir au fur et à mesure que la construction avance les quantités consommées journalièrement. En représentant ces quantités en fonction de l'avancement en temps de la construction on obtient le diagramme de la consommation journalière pour chacun des matériaux.

Diagramme d'approvisionnement

C'est le diagramme qui montre la quantité approvisionnée quotidiennement pour chacun des matériaux. IL est tracé à partir du diagramme de consommation en tenant compte des possibilités d'approvisionnement et possibilité de stockage du chantier. Le principe du tracé est le suivant :

D'après le diagramme de consommation on calcule la consommation journalière moyenne et on approvisionne quotidiennement par de petits blocs le chantier en quantité légèrement supérieure à la consommation nécessaire. Cette quantité à approvisionnée est conditionnée par les impératifs du chantier à savoir :

- Elle doit correspondre autant que possible à un nombre entier de fois de l'engin de transport du matériel à approvisionner afin de permettre une utilisation rationnelles et un rentabilité maximum du matériel. Pour ce qui concerne le transport par camion on considère que ceux-ci ont une tonnage de 10t

- Elle doit constituer un stock prévisionnel suffisant à la consommation graduelle du chantier représenté par le diagramme de consommation.

- En aucun cas le chantier ne doit tomber en panne de stockage même au moment des consommations de pointe.

ELLE ne doit cependant pas constituer un stockage excessif afin de ne pas dépasser les possibilités de stockage du chantier, ou ceux des zones de stockage trop importants.

Diagramme différentiel de stockage

C'est le diagramme qui représente la différence entre la quantité approvisionnée et la quantité consommée. C'est à dire le stock en fonction de temps.

Le stock doit être obligatoirement nul dès la consommation des matériaux est nul puisque on part du principe que le chantier est approvisionné en une quantité égale à la consommation totale. Ce principe n'est applicable pour le coffrage qui peut être utilisable encore.

Approvisionnement par plier :

Cette deuxième solution consiste à alimenter le chantier par des quantités suffisantes pour un certain nombre de jours en approvisionnant dès que la quantité précédente devient presque consommée par les tâches considérées.

On généralise on groupe les jours de consommation par groupe de 20 jours, et on approvisionne chaque groupe de 20 jours de trois semaines avant.

Cette deuxième solution malgré qu'elle nécessite une superficie de stockage plus importante que la 1^{ère} solution mais elle est plus pratique pour les engins de transport qui travaillent pendant un certain temps et non pendant toute la durée du chantier. (Pour les diagrammes de consommations d'approvisionnement et différentiels voir la planche n° 8)

ch.10

155

ETUDE

ECONOMIQUE

Etude économique

Quelque soit la complexité d'un œuvre, il se compose d'un nombre plus ou moins grand d'activités élémentaires. Par conséquent, il est clair que pour faire une estimation du coût d'une construction, il est nécessaire d'avoir le coût respectif des tâches élémentaires composantes.

Si E_i représente le coût d'une tâche élémentaire i , alors le coût total de la construction est :

$$E = \sum_{i=1}^n E_i$$

Etude de coût d'une activité élémentaire :

le coût total d'une activité élémentaire se compose de deux (2) parties

- le coût direct
- le coût indirect

On entend par coût indirect toutes les dépenses qui sont en relation directe la construction; exemple :

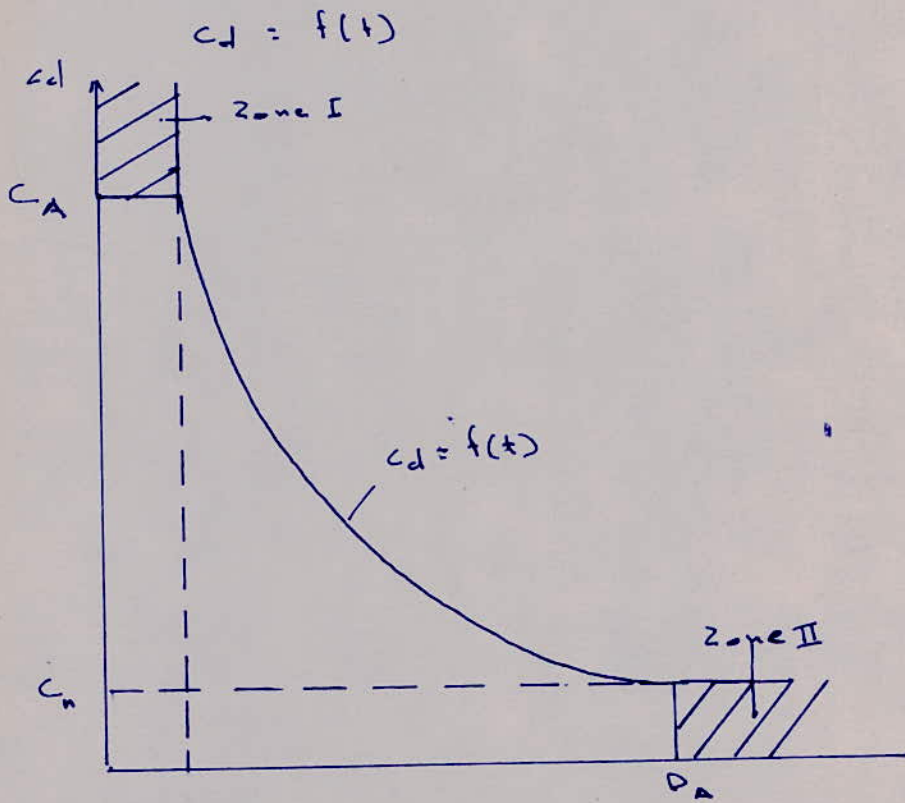
- Dépenses de main d'œuvre
- coût des matériaux qui entrent dans l'exécution de l'activité
- coût de matériel relatif à la tâche considérée
- etc ...

le coût indirect il englobe toutes les dépenses qui sont en relation indirecte avec la construction, exemple :

- énergie électrique pour éclairage de chantier

- Différents frais administratifs
- Différents frais d'installation
- etc ...

L'expérience montre que la courbe représentant la variation du coût direct en fonction du temps est une hyperbole équilatérale comme indique le graphe suivant :



c_n : coût minimal

/// = zone irrelle

Interpretation des zones irrélles :

Zone I

Elle signifie que lorsque le coût direct augmente, il est évident que le temps de réalisation diminue, mais il ne diminue pas indéfiniment.

A partir d'un seuil qu'on note D_A le temps ne peut plus diminuer et ce ci quelque soit le coût.

D_A est appelé durée absolument minimum, il lui correspond un coût noté C_A est appelé coût minimum correspondant à D_A .

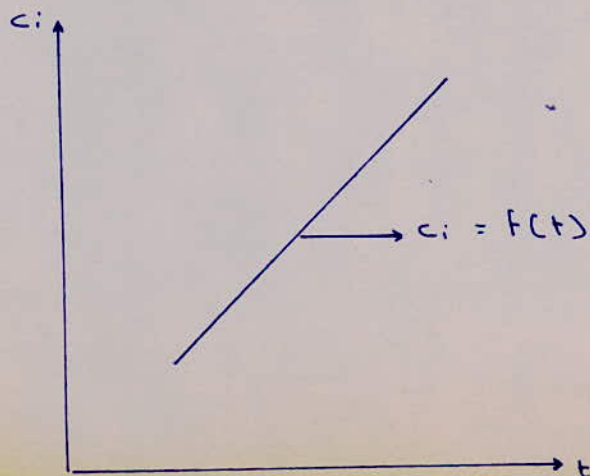
Zone irrelle II

La courbe montre que le coût directement diminue quand le temps de réalisation augmente. On pourrait penser qu'on peut réduire le coût diminue jusqu'à un certain seuil (qu'on note C_n) pour remonter ensuite à ce que C_n il lui correspond la durée D_n appelée durée minimale correspondant à C_n .

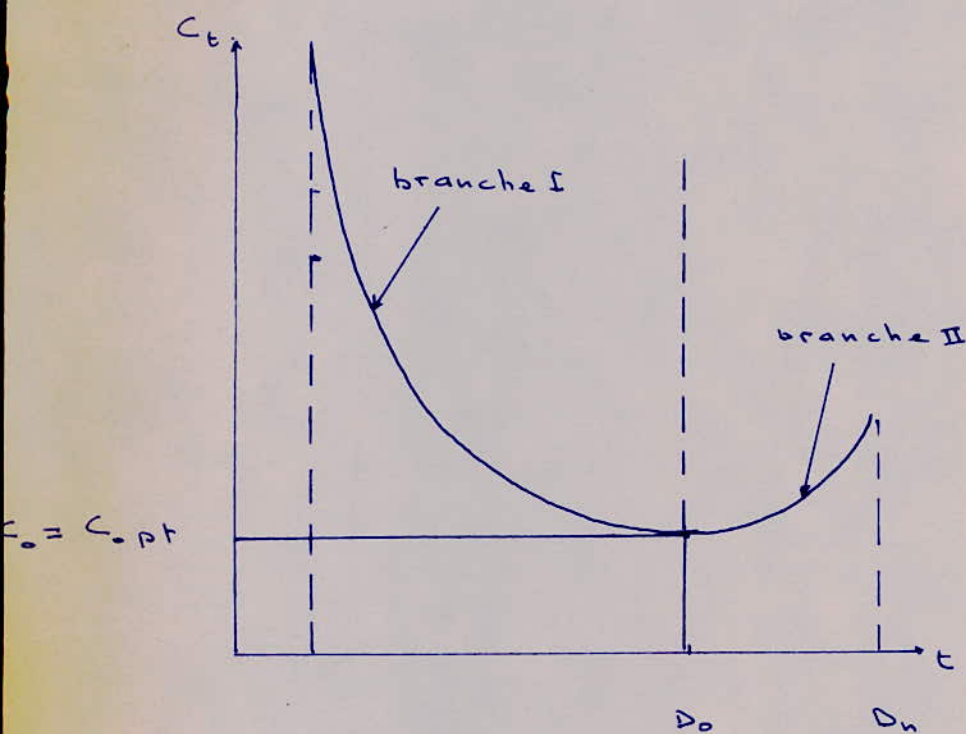
Pour ce qui est de la variation du coût indirect, il est clair que ces dépenses sont en quelque sorte parasitaires.

Ces dépenses coexistent avec le chantier et ne disparaissent qu'à la fin des travaux. Par conséquent ces dépenses augmentent avec le temps.

L'expérience montre que ce coût varie linéairement avec le temps comme indique le graphe suivant



Pour obtenir la courbe représentative du coût total, on somme point par point les deux courbes précédentes; d'où la courbe du coût total



Cette courbe admet un minimum pour $t = D_0$ le coût correspondant C_0 est le coût optimal.

Ce point partage la courbe en deux branches I et II qui sont à propriétés antagonistes.

En effet quand $D_n < t < D_0$ on est sur la branche I sur cette branche le coût diminue quand le temps augmente; cette « priori générale, n'est pas vérifiée sur la branche II ($D_0 < t < D_n$) car le coût augmente quand le temps augmente et par

Conséquent si l'on se trouve sur cette branche, et si l'on veut réduire le coût il faudra réduire le temps.

En définitive, ayant la courbe coût / durée d'une tâche, il appartient à l'ingénieur de trouver un compromis adéquat entre le coût et la durée de la tâche et ceci conformément aux contraintes techniques et administratives qu'il rencontre.

161

ch 11

INSTALLATION

de

CHANTIER

Installations de chantier :

Quelle que soit l'importance du chantier, il est nécessaire d'en prévoir l'installation et l'organisation.

Une installation rationnelle permet, dans une large mesure de respecter les délais imposés, d'éviter le gaspillage de main d'œuvre, de matériaux et de matériel, et de faciliter une bonne exécution. Cette organisation devra être préparée à l'avance ; au bureau d'étude, pour les chantiers importants, ou sur place mais suffisamment tôt, pour les petits chantiers.

Les installations de chantier comprennent toutes les constructions auxiliaires et les machines nécessaires à l'exécution d'un ouvrage.

on y trouve par exemple :

- les voies d'accès et les chemins ;
- les clôtures et les signalisations ;
- les baraques et ateliers ;
- les installations nécessaires à la fabrication du béton ;
- les installations utiles au transport et au levage sur le chantier ;
- les installations pour la production d'air comprimé, la ventilation, le pompage ;
- les raccordements aux services publics, eau, électricité, eaux usées, téléphone ;
- les échafaudage, les éléments de coffrages, etc.

D'autre part, on peut également considérer comme entrant dans les installations de chantier, le parc des engins mobiles utilisés pour la construction, soit : les camions, les dumpers, les rouleaux

Compresseurs les pelles mécaniques, etc.

Il n'existe pas de modèle type pour aménager un chantier parfait, La disposition des installations dépendant de la situation du chantier de son emplacement et de l'ouvrage à exécuter, D'autre part la capacité des machines sera fixée par l'importance de la construction et par les disponibilités de l'entreprise, éléments tributaires du plan de financement et du délai d'exécution.

Il est indispensable, avant de schématiser l'équipement d'un chantier, de connaître les lieux et l'emplacement du terrain sur lequel s'édifiera la construction d'en connaître les voies d'accès, les possibilités de raccordement aux différents réseaux de canalisation, d'eau d'électricité et de téléphone.

La disposition des baraques, vestiaires, etc., sera prévue autant que possible de manière à réduire au minimum les trajets inutiles des ouvriers, tout en tenant compte des conditions locales et de la configuration du terrain.

Pour notre chantier on a le nombre d'effectif qui sont toujours sur le chantier est de l'ordre de 50. On construit donc, les dortoirs pour un effectif de 50 tandis que pour les w.c., les vestiaires on va les construire pour un effectif maximum de 80.

Baraquements :

D'une façon générale dans l'implantation, il faut éviter que les baraques soient attenantes à l'ouvrage. D'autre part, pour l'orientation de celle-ci, on évitera autant que possible de disposer les ouvertures

dans la direction des vent dominants. La surface souhaitable des baraques est donnée en fonction du nombre d'ouvriers travaillant sur le chantier.

Bureau du chantier : occupera de préférence dans le complexe d'aménagement, une position telle que l'on voie l'entrée du chantier et le lieu de travail. Le bureau doit être indépendant des vestiaires. L'installation du téléphone, est nécessaire. La surface de bureaux sera d'environ 0,20 à 0,60 m² par ouvrier. Pour notre chantier la surface des bureaux doit être de l'ordre de 20 m².

Vestiaires : Situés, aussi près que possible des emplacements de travail, les vestiaires seront équipés de telle façon que les ouvriers puissent s'y laver et, sur les chantiers de grande importance, éventuellement s'y doucher. La surface est calculée sur la base de 1,0 à 2,0 m² par ouvrier. La surface des vestiaires est de 30 m².

Magasins dépôts de petit matériel, dépendent dans une large mesure de la nature de l'ouvrage exécuté. Leur surface est calculée sur la base de 0,20 à 0,60 m² par ouvrier. La surface des magasins est de l'ordre de 20 m².

Dortoirs : On suppose qu'on a que 20 ouvriers qualifiés qui habitent loin de chantier. Donc on va faire un dortoir de 20 lits, on oubliant pas de disposer des tentes pour les ouvriers de 2 ou 3 jours.

W.C installés le plus près possible des canalisations d'eaux usées les W.C ne seront cependant pas trop rapprochés des baraques

On compte 1 à 2 W.-c par fraction de 50 ouvriers.

Parcs de stockages

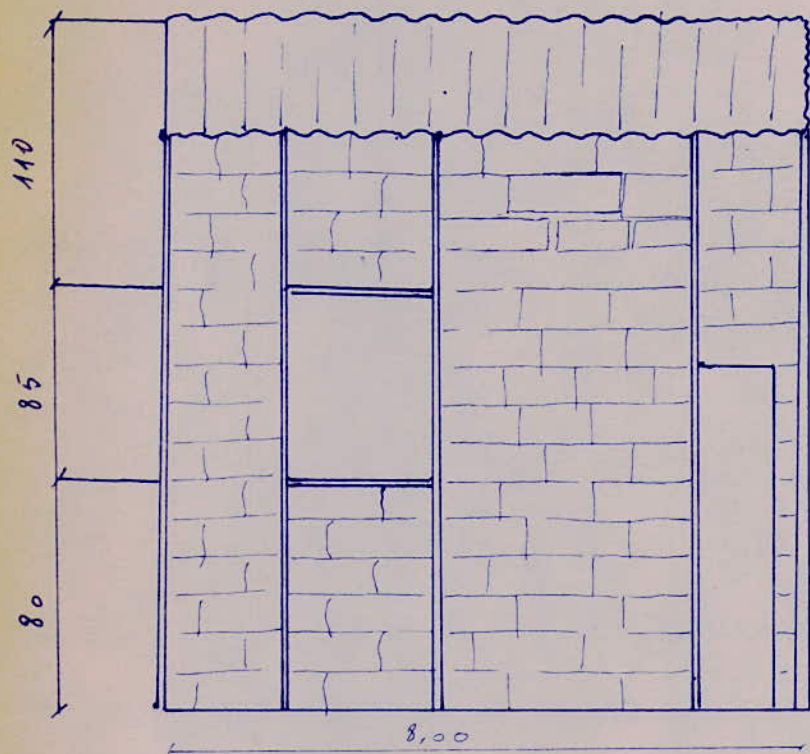
celles-ci seront conçues de façon telle qu'une réserve de deux (2) à trois (3) journées de travail soit en permanence sur le chantier. Cette marge de sécurité devra être augmentée si des retards sont prévisibles en matière d'approvisionnement. Le stockage des agrégats, du ciment et des fers de construction doit avoir un accès facile et une distribution aisée.

Stockage en silos

Ce stockage offre de nombreux avantages : diminution de la manutention, dosage facilité, abaissement du prix d'achat du ciment. La capacité des silos de chantier est d'environ 15 à 20 tonnes. Pour notre il ne faut au mois 5 silos de 20t

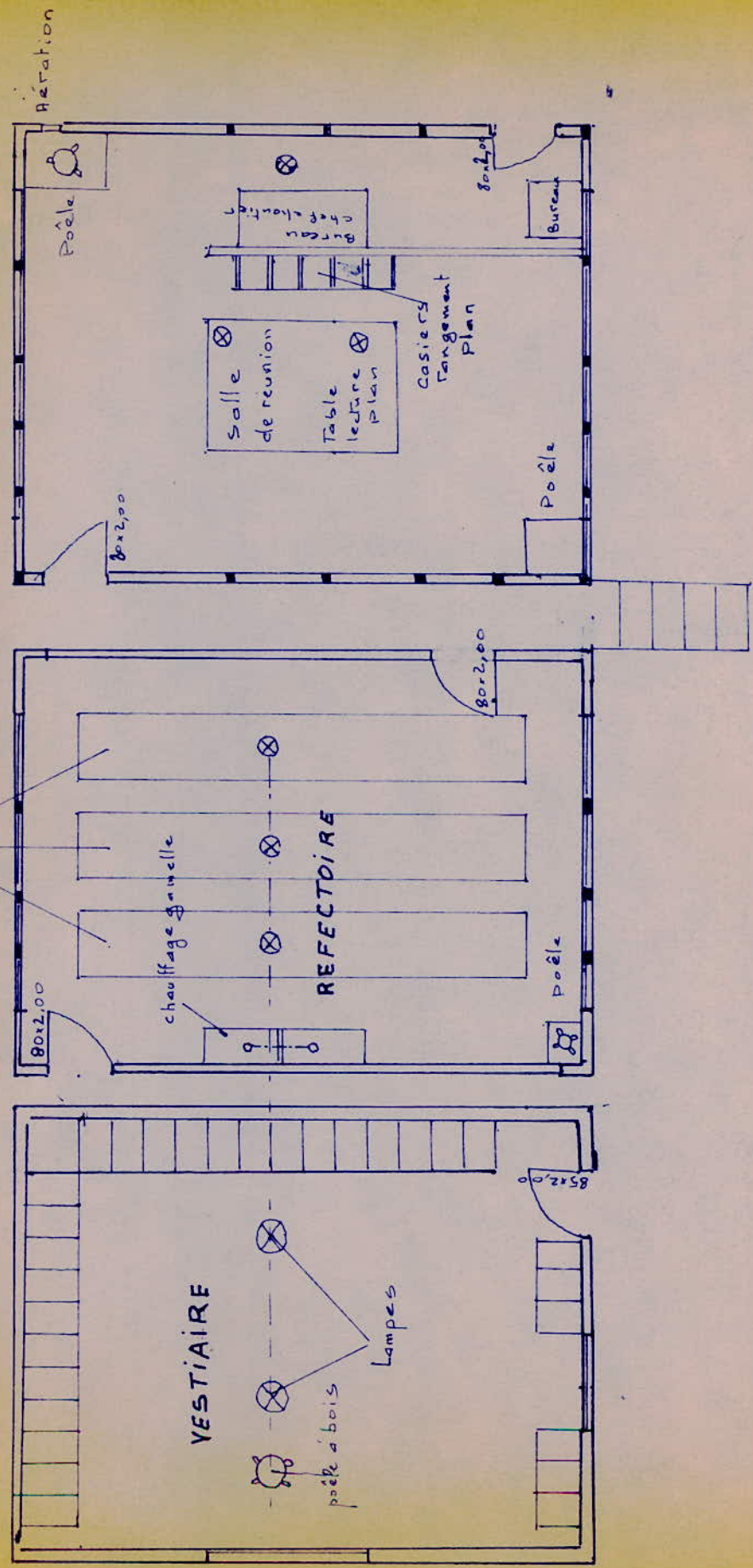
Matériel

l'outillage nécessaire pour la réalisation de l'ouvrage qui concerne : les installations nécessaires à la fabrication du béton, les bétonnières, les équipements relatifs au transport et à l'élevation des matériaux, les brouettes, les poussettes, les wagonnets, les treuils, le monte-charge, les grues, etc.



Baraquement d'un chantier

Tables de repas



Modèle des baraques de chantiers

