

PROJET DE FIN D'ETUDES

0000000000

ORGANISATION DE L'EXECUTION D'UNE CITE UNIVERSITAIRE

- JUIN 1977 -

000000000000000000000000

PROPOSE PAR :

L'INGENIEUR,

MR. FOUAD BENDIMERAD

ETUDIE PAR :

MR. MOHAMMED SLIMANI

II - 2

III
II / II es Parents & Amis

Je remercie infiniment mon promoteur Mr. M. F. BENDIMERAD

Messieurs:

- Lakhdar

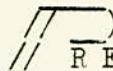
Z I N E

- Abdelkader

ABDELGUERFI

Ainsi que tous les collègues et secrétaires qui ont contribué
à l'élaboration de ce document.

- 1 -

 R E A M B U L E

L'étude technique du chantier constitue un aspect capital de sa réalisation mais, celle-ci demeure néanmoins subordonnée à toute une phase préalable de préparation qui permettra de rechercher les moyens nécessaires et suffisants pour atteindre dans les meilleures conditions ces trois objectifs fondamentaux qui sont :

- la qualité,
- le coût et la durée d'exécution.

Ces objectifs revêtent un intérêt d'autant plus grand qu'ils constituent les seuls critères de choix lorsqu'un maître d'ouvrage voulant conclure un contrat pour une réalisation déterminée, mettra en compétition différents constructeurs.

Afin d'aborder avec le maximum de chances, de succès cette compétition, les entreprises doivent consentir un effort de recherches permanent le conduisant à s'interroger sur le choix de leurs investissements, mais plus encore sur l'utilisation de ceux déjà acquis afin d'obtenir pour chacun d'eux un niveau de productivité devant tendre sans cesse vers sa valeur optimale.

Dans cette perspective, la préparation du chantier revêt donc une telle importance qu'il serait bien imprudent de la négliger.

Prenant sa source dans les principes de l'organisation du travail, cette réflexion doit conduire à mieux cerner tous les problèmes posés au niveau de la réalisation d'une prestation, laquelle, dans la plupart des cas, sera la somme d'un nombre plus ou moins important de tâches élémentaires.

L'organisation matérielle de chacune d'elles, une meilleure coordination des moyens disponibles permettront à l'évidence de réduire les délais d'exécution et, par conséquent les coûts.

INTRODUCTION

Avant d'aboutir à la réalisation d'un projet quelconque de construction, celui-ci doit transiter par plusieurs "systèmes" permettant la définition de l'ensemble de ses composantes et sa réalisation à terme dans les meilleures conditions.

Ces systèmes doivent recevoir à l'amont toutes les autorisations et approbations de la part des autorités techniques et administratives concernées par le projet.

Etant défini dans le détail par les plans d'exécution et les pièces écrites qui les accompagnent, il s'agit de passer à la phase de sa réalisation (le Projet).

Il est nécessaire à ce niveau de ne pas négliger l'étape fondamentale de la réalisation qui est :

LA PROGRAMMATION ET LA PLANNIFICATION DES PHASES D'EXECUTION

Cette étape charnière entre la conception du projet par les bureaux d'études et sa réalisation par le constructeur répond à un certain nombre de questions essentielles telles que :

- Comment à partir des plans d'exécution (fournis par le projeteur) procéder à la réalisation ?
- Dans quel délai ?
- Avec quels moyens (matériels, financiers, humains etc...)
- Suivant quels procédés technologiques ?
- Quels seront les moyens de suivi de contrôle et de correction de cette planification ?

Les méthodes modernes de programmation et de planification permettent de répondre à l'ensemble de ces questions.

Ces méthodes modernes se traduisent en documents (plans, plannings, diagrammes, schémas...) suffisamment clairs pour être compris et exploités par le personnel technique et par le personnel chargé de la gestion à tous les niveaux de la hiérarchie.

Parmi les documents fournis on citera :

- Les plannings de réalisation sous divers formes expressives (GANTT, PERT...). Ils établissent l'échelonnement des travaux dans le temps et leur succession technologique.

Ils permettent l'ordonnancement du Chantier et le calcul des ressources à mettre en oeuvre pour que l'objectif soit effectivement atteint dans le délai établi par ces mêmes plannings.

- Les plannings de la main-d'oeuvre :

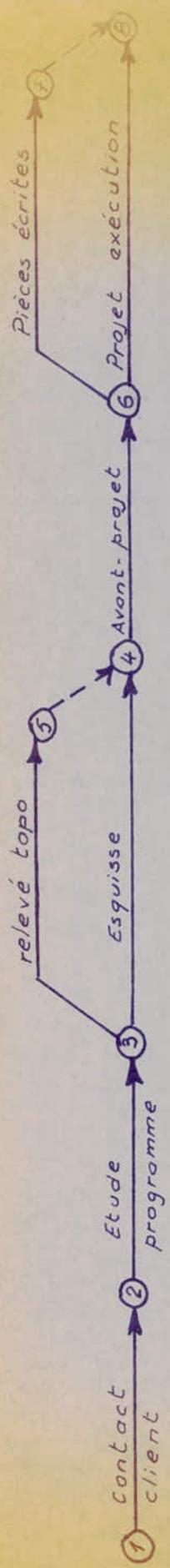
Ils établissent le nécessaire de la main-d'oeuvre en fonction de la progression des travaux.

- Les plannings des nécessaires de matériaux
- Les plannings d'utilisation du matériel
- Les schémas et esquisses des méthodes de réalisation
- Le plan général de l'organisation de Chantier
- Les plans des installations de production

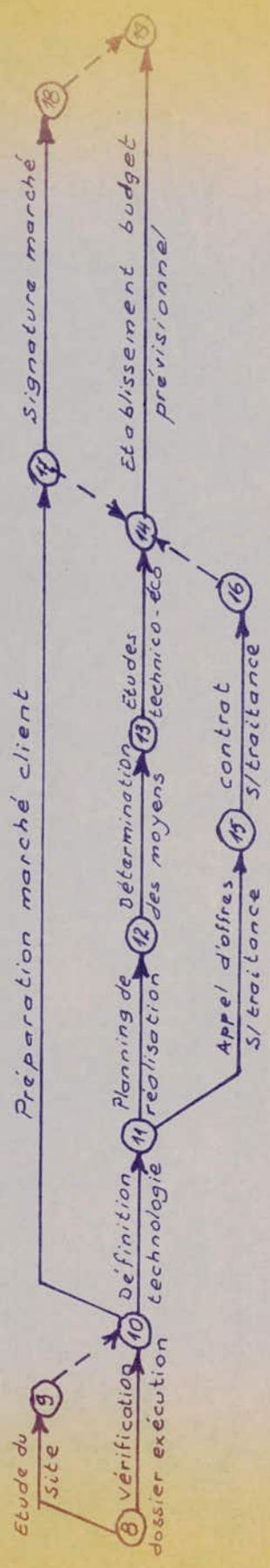
Nous avons illustré cette introduction par un planning type réseau montrant les différentes étapes menant un Projet depuis le contact Client jusqu'à sa réception définitive par celui-ci.

Nous pensons que ce planning n'offre aucune difficulté à sa compréhension bien que nous n'ayons pas encore défini la théorie des plannings par réseaux.

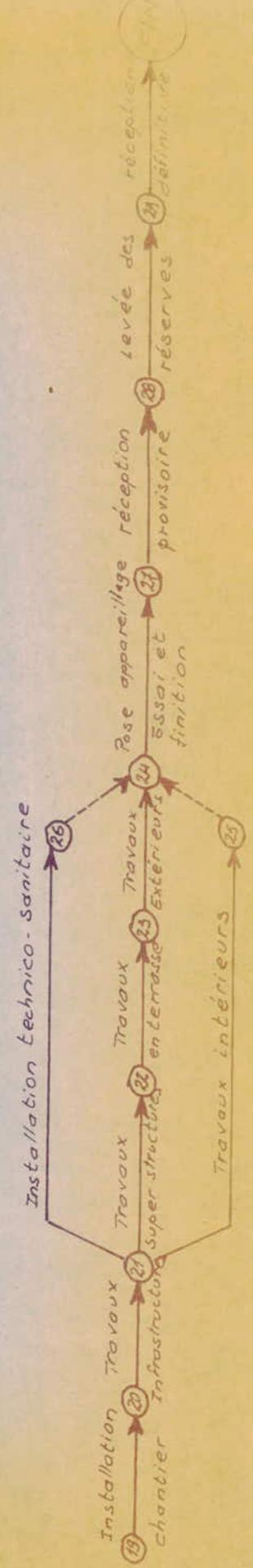
1^{ère} Phase: ETUDE



2^{ème} Phase: PREPARATION - PROGRAMMATION



3^{ème} Phase: REALISATION



-oOo- TABLE DES MATIERES -oOo-

1 ère Partie : THEORIE DE BASE

- CHAPITRE I : Théorie des graphes
- CHAPITRE II : P.E.R.T et Potentiel
- CHAPITRE III : Méthode à la chaîne

2 ère Partie : TECHNOLOGIE ET METHODE

- CHAPITRE IV : Présentation et Description du Projet
- CHAPITRE V : Conditions générales de travail
- CHAPITRE VI : Technologie d'exécution
- CHAPITRE VII : Méthodologie de l'exécution.

3 ère Partie : PLANIFICATION

- CHAPITRE VIII : Calcul de nécessaire de matériaux
- CHAPITRE IX : Eclatement en processus composants
- CHAPITRE X : Analyse de chaque processus
- CHAPITRE XI : Plannings d'exécution
- CHAPITRE XII : Diagramme à barres ou GANTT

4 ère Partie : NECESSAIRE DE RESSOURCES

INTRODUCTION

- CHAPITRE XIII : Diagramme de charge de la main-d'oeuvre
- CHAPITRE XIV : Diagramme de consommation, d'approvisionnements et des stoks des matériaux.
- CHAPITRE XV : Nécessaire de matériel
- CHAPITRE XVI : Plan général d'installation de chantier.

1ère Partie H E O R I E D E B A S E

- CHAPITRE I : Théorie des graphes
CHAPITRE II : P.E.R.T ET Potentiel
CHAPITRE III : Méthode à la chaîne.

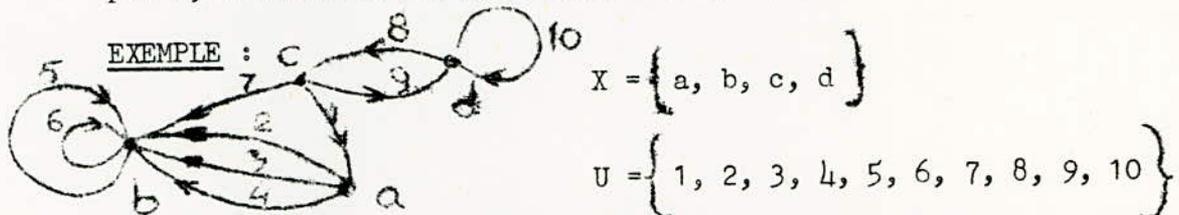
// THEORIE DES GRAPHS

I. GENERALITES :

1.1 LE CONCEPT DE GRAPHE :

De façon intuitive, un graphe est un schéma constitué par un ensemble (supposé ici fini) de points x_1, x_2, \dots, x_n et par un ensemble de flèches reliant chacune deux de ceux-ci, et notées $1, 2, \dots, n$. Les points sont appelés les sommets du graphe, et les flèches les arcs du graphe.

L'ensemble des sommets du graphe G , se désigne généralement par X , l'ensemble des arcs étant désigné par U .



Le graphe est donc complètement déterminé par ses sommets, et par la famille constituée par les différentes formes de ses arcs.

De façon plus formalisée, un graphe $G = (X, U)$ est le couple constituée :

1°) Par un ensemble $X = \{ x_1, x_2, \dots, x_n \}$

2°) Par une famille $U = \{ u_1, u_2, \dots, u_n \}$ d'élément du

$$X.X = \{ (x, y) \mid x \in X, y \in X \}$$

On appelle boucle ; un arc de G de la forme (x, x) . Pour un arc $u = (x, y)$ le point x est son extrémité initiale, et le point y est son extrémité terminale.

On dit aussi que y est successeur de x , s'il existe un arc de la forme (x, y) .

De même, on dit que y est prédécesseur de x s'il existe un arc de la forme (y, x) .

1.2 GLOSSAIRE DE BASE POUR LA THEORIE DES GRAPHS

Il convient de préciser, qu'il n'y a pas deux espèces de graphes (orientés et non orientés). Tout graphe est orienté, mais pour des raisons conceptuelles, il est parfois peu commode de le considérer avec des lignes orientées si le problème posé est de nature non orientée.

ARCS ADJACENTS ARETES ADJACENTES :

Deux arcs ou deux arêtes sont dits adjacents s'ils ont au moins une extrémité commune.

.../...

MULTIPLICITE D'UNE PAIRE X, Y :

C'est le nombre d'arcs de G ayant x comme extrémité initiale et y comme extrémité terminale. On note ce nombre $m_G^+(x, y)$ et l'on pose :

$$m_G^-(x, y) = m_G^+(y, x)$$

$$m_G(x, y) = m_G^+(x, y) + m_G^-(x, y)$$

Si $x \neq y$, $m_G(x, y)$ désigne le nombre d'arcs ayant une extrémité en x et une extrémité en y ; si $x = y$, $m_G(x, y)$ est égal à deux fois le nombre de boucles attachées au sommet x.

SOUS GRAPHE DE G ENGENDRE PAR A C X.

C'est le graphe G_A dont les sommets sont les points de A, et dont les arcs sont les arcs de G ayant leurs deux extrémités dans A.

GRAPHE PARTIEL DE G ENGENDRE PAR V C U :

C'est le graphe (X, V) dont les sommets sont les points de x, et dont les arcs sont ceux de V. Autrement dit, on élimine de G les arcs de U - V

SOUS GRAPHE PARTIEL DE G :

Sous graphe d'un graphe partiel de G. si G est le graphe des routes d'Algérie, la carte routière des routes nationales est un graphe partiel, la carte routière de la région d'Alger est un sous graphe ; la carte routière des routes nationales de la région d'Alger est un sous graphe partiel.

CHAINE DE LONGUEUR $q > 0$

Séquence $U = (u_1, u_2, \dots, u_q)$ d'arcs de G celle que chaque arc de la séquence ait une extrémité en commun avec l'arc précédent, et l'autre extrémité en commun avec l'arc suivant. Le nombre d'arcs de la séquence est la longueur de la chaîne U.

Une chaîne qui ne rencontre pas deux fois le même sommet est dite élémentaire une chaîne qui n'utilise pas deux fois le même arc est dite simple.

CHEMIN DE LONGUEUR $q > 0$

Chaîne $U = (u_1, u_2, \dots, u_n)$ d'un type particulier, où pour tout arc u_i (avec $i^2 < q$) l'extrémité terminale de u_i coïncide avec l'extrémité initiale u_{i+1}

C Y C L E :

C'est une chaîne $u = (u_1, u_2, \dots, u_q)$ telle que :

- 1°) le même arc ne figure pas 2 fois dans la séquence.
- 2°) les deux sommets aux extrémités de la chaîne coïncident.

C I R C U I T :

C'est un cycle $u = (u_1, u_2, \dots, u_q)$ tel que pour $i < q$ l'extrémité terminale de u_i coïncide avec l'extrémité initiale de u_{i+1}

III- PROBLEME DU CHEMIN ENTRE DEUX POINTS :

Le problème du chemin est un des plus vieux problèmes mathématiques puisque c'est celui que se pose chez le voyageur égaré dans un labyrinthe : G' est alors le graphe dont les sommets sont les carrefours du labyrinthe, deux arcs d'orientations opposées représentant les corridors entre deux carrefours ; le point qu'on cherche à atteindre est la sortie du labyrinthe. Néanmoins, le problème du chemin se pose beaucoup plus souvent, en fait chaque fois, qu'on veut parvenir à un état donné par étapes successives

III- LONGUEUR D'UN CHEMIN :

Etant donné un graphe G, associons à chaque arc U un nombre $l(u) \geq 0$ que nous appellerons la longueur de l'arc u.

La longueur d'un chemin du graphe G sera la somme des longueurs de tous les arcs de ce chemin.

Par exemple :

dans un réseau (ou graphe) pour la réalisation d'un projet de construction; les arcs représentent les tâches ; les sommets représentent les événements et les longueurs des arcs : les modules de temps ou durées respectifs de chaque tâche.

R E M A R Q U E :

Le chemin le plus long dans un réseau d'organisation de chantier impose par sa longueur le délai de réalisation de la construction.

CHAPITRE II

Notre but à travers l'exposé de la théorie des graphes, est de montrer que celle-ci est l'outil mathématique des problèmes de recherche opérationnelle qui trouve son application dans la pratique particulièrement dans les plannings par réseaux (ou diagrammes à flèches).

La présente étude de programmation sera traitée par les plannings par réseaux.

On utilisera pour cela les deux méthodes fréquemment employées et considérées comme techniquement maîtrisées à savoir :

- La méthode PERT
- La méthode des potentiels ou des antécédents).

Dans un souci d'organisation de la main d'oeuvre du chantier on fera appel aux principes de la "méthode à la chaîne" qui assure la continuité et l'informité des forces de travail et que l'on exposera brièvement par la suite.

Dans l'établissement du réseau (par la méthode PERT ou celle des antécédents) certaines notions déjà citées dans la théorie des graphes réapparaîtront, car le réseau en lui-même n'est qu'un graphe particulier de la théorie des graphes.

II. LA METHODE P.E.R.T.

I. GENERALITES :

1.1 Historique :

PERT signifie "PROGRAM EVALUATION AND REVIEW TECHNIQUE" (Technique d'évaluation et de mise à jour de programme).

Les techniques PERT ont été mise au point aux Etats-Unis en 1958 pour coordonner la réalisation du système d'armes POLARIS.

Les techniciens des Etats-Unis ont estimé qu'ils avaient gagné deux ans sur le délai de mise à la disposition opérationnelle du système POLARIS.

Il est indispensable que tout ingénieur, organisateur, coordinateur ou responsable de décisions, en connaisse les techniques, c'est en connaissant bien cet outil, qu'il sera possible de le modifier, l'améliorer pour mieux l'adapter à nos problèmes.

1.2. Domaine d'application :

Il semble que chaque fois qu'il s'agit de produire quelque chose depuis la simple, jusqu'à la plus complexe en mettant en oeuvre des moyens qui consomment du temps ; les techniques PERT adaptées éventuellement à l'ouvrage à réaliser et au moyens utilisés sont applicables.

II. LA TECHNIQUE DE BASE :

Les méthodes, PERT ont une base commune qui est le réseau, les problèmes éventuels se posent dans l'environnement du réseau. Comment établir le réseau ? comment utiliser le réseau ? avant de chercher à répondre à ces questions, il faut voir d'abord ce qu'est le réseau PERT et puisqu'il constitue un langage ce qu'il signifie.

2.1. MODES DE REPRESENTATION :

Le réseau constitue une représentation schématique des tâches et des évènements et qui fait apparaître leurs liaisons (ou dépendances).

Le réseau PERT représente comme un flot continu les actions ou tâches nécessaires à l'aboutissement d'une réalisation projetée. Il indique aussi la succession de ces tâches dans l'ordre où elles s'accomplissent.

Les éléments utilisés dans cette représentation sont les évènements et les tâches réelles ou fictives.

a) Evènements :

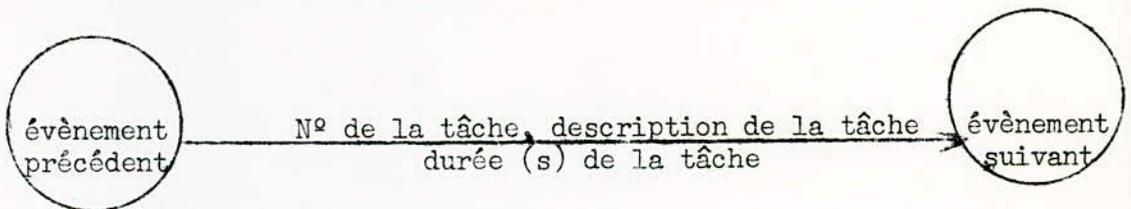
Un évènement est une borne dans le déroulement d'un projet. Il représente un fait particulier (d'ordre matériel ou intellectuel) et prend place à un instant particulier du temps. Un évènement est un point dans le temps et non une durée, en conséquence, il ne consomme ni temps, ni ressources.

Il est généralement symbolisé par un cercle.

b) Tâche :

Une tâche représente ce qui doit-être accompli entre l'apparition de deux évènements consécutifs.

Une tâche ne peut débuter avant l'apparition de l'évènement qui la précède, elle consomme du temps et des ressources (main-d'oeuvre, machines, argent, etc...) ou parfois seulement du temps, ou lui associe toujours une durée.



. Symbole des tâches

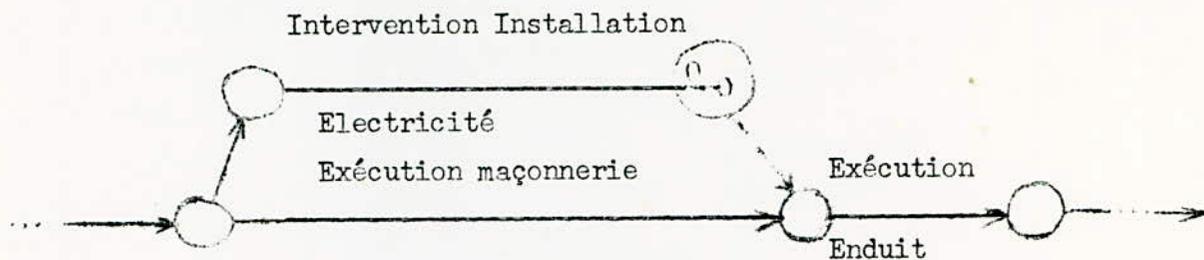
Une tâche peut représenter un travail à accomplir, une décision, une contrainte ou une attente.

c) Tâche fictive et activité d'attente :

Une tâche qui n'a pas de durée et n'utilise pas de ressources porte le nom de tâche fictive. Elle représente la dépendance d'un évènement par rapport à un autre, lorsqu'il n'est besoin ni de ressources ni de temps entre les deux évènements.

La tâche fictive est symbolisé par une flèche discontinue.

PAR EXEMPLE :



On appelle activité d'attente celle qui n'utilise aucune ressource, mais prend du temps.

Elle représente la dépendance d'un évènement par rapport à un autre, lorsqu'il n'est besoin d'aucune ressource mais qu'il doit s'écouler un certain temps entre l'apparition de deux évènements consécutifs, ou encore, elles indiquent l'écoulement d'un délai pendant lequel rien ne se produit.

2.2 Méthode de construction du réseau.

Le réseau possède 3 fonctions principales :

1 - Donner au plan du projet une expression logique présentée sous forme de graphique de sorte que les procédures d'analyse puissent servir du calcul des calendriers d'exécution.

2 - Offrir un moyen de faire connaître des séquences de planning complexes à divers groupes de travail.

3 - Fournir une base permettant de contrôler le projet au fur et à mesure de son déroulement.

Pour cela le réseau doit pouvoir être compris par ceux qui doivent le lire et être bien entendu compatible avec les moyens que l'on se propose d'utiliser pour rendre compte de l'exécution.

Il est conseillé, pour effectuer le tracé du réseau, d'observer les règles suivantes :

- 1 Un évènement ne peut se produire que lorsque toutes les tâches qui y mènent sont achevées.

- 2 Aucune tâche ne peut commencer avant que l'évènement qui la précède ne soit apparu.

- 3 Les contraintes et interdépendance doivent toutes figurer dans le réseau.

- 4 Une flèche d'activité ou tâche ne doit pas revenir vers un évènement antérieur (ce qui signifie remonter le temps, chose naturellement impossible).

- 5 deux évènements ne peuvent-être reliés entre eux que par une seule activité.

2-3 Introduction du temps :

Le temps est introduit sous forme de durées affectées aux activités, et de dates attribuées aux évènements.

Chaque activité du réseau est donc caractérisée, au stade prévision par sa durée estimée qui représente le temps estimé nécessaire à son achèvement en fonction d'hypothèses de base sur les moyens envisagés pour sa réalisation.

Les durées sont exprimées dans l'unité de temps retenue pour tout le réseau. La plupart du temps, la durée estimée d'une activité est directement reportée sur le réseau, en général sous la flèche correspondante.

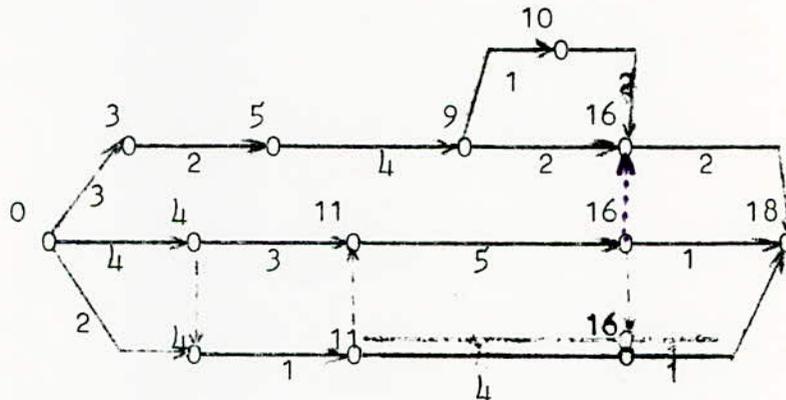
PERT-TIME ou PERT-TEMPS :

Il consiste à calculer pour chacun des évènements du réseau une "date au plus tôt" et une "date au plus tard".

- date au plus tôt :

Lorsque plusieurs chemins arrivent à un évènement. On retient pour date au plus tôt de cet évènement la plus tardive, pour respecter la règle de base qui dit :

- Un évènement ne peut se produire que lorsque toutes les activités qui le précède sont terminées.

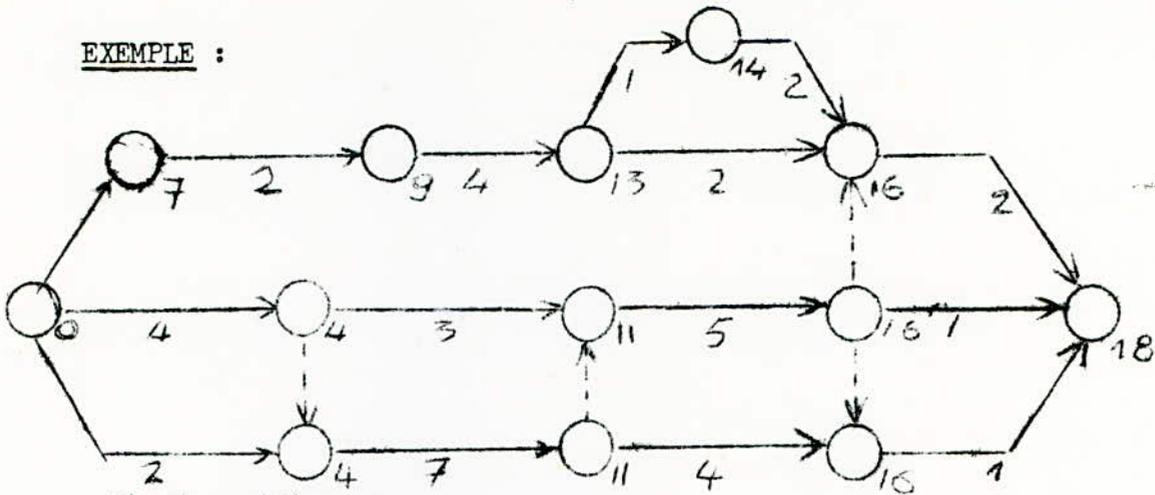
EXEMPLE :- Date au plus tard :

Si on fixe la date de l'évènement terminal, on peut calculer pour chaque évènement la "date au plus tard" à laquelle il doit se produire.

Lorsque plusieurs chemins partent d'un évènement, on retient comme date au plus tard la plus faible de celle calculées pour cet évènement afin de respecter la règle qui dit que :

- Les activités qui succèdent à un évènement ne peuvent pas commencer si cet évènement ne s'est pas produit.

.../...

EXEMPLE :- Chemin critique :

Dans un réseau, il correspond au chemin le long duquel chaque évènement a sa date au plus tôt égale à la date au plus tard.

- Evènement critique :

C'est celui qui a sa date au plus tôt égale à sa date au plus tard.

- Tâche critique (ou activité critique) :

C'est la tâche qui est bornée par deux évènements critiques.

- Marge totale d'un évènement :

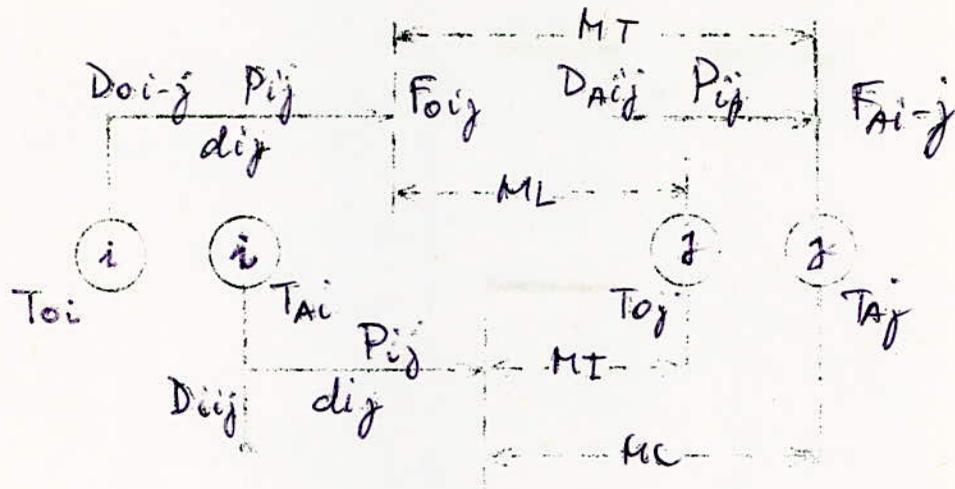
On appelle marge totale d'un évènement la différence entre sa date au plus tard et sa date au plus tôt.

Cette marge est disponible sur un chemin donné, elle est à partager entre toutes les activités de ce chemin.

DEFINITIONS :

- Date au plus tôt début d'une tâche.
- Date au plus tôt fin d'une tâche.
- Date au plus tard début d'une tâche.
- Date au plus tard fin d'une tâche.
- Marges :
 - . Totale
 - . Libre
 - . Indépendante
 - . Conditionnelle.

Soient 2 évènements consécutifs i et j tels que :



T_{OI} = date au plus tôt de l'évènement i

T_{Ai} = date au plus tard de l'évènement i

P_{ij} = Activité

d_{ij} = durée de l'activité P_{ij}

D_{oi-j} = date au plus tôt de début de l'activité P_{ij}

F_{oi-j} = date au plus tôt fin de l'activité P_{ij}

D_{ai-j} = date au plus tard de début de l'activité P_{ij}

F_{ai-j} = Date au plus tard de fin de l'activité P_{ij}

D_{ii-j} = date de début intermédiaire

F_{ii-j} = date de fin intermédiaire

REMARQUE :

$$T_{oi} \leq D_{ii-j} \leq T_{Ai}$$

MT = Marge totale de l'activité P_{ij}

ML = Marge libre de l'activité P_{ij}

MC = Marge conditionnelle de l'activité P_{ij}

MI = Marge indépendante de l'activité P_{ij}

CALCUL DE MT, ML, MC et MI :

$$M_T = F_{ai-j} - F_{oi-j}$$

$$M_L = T_{oj} - F_{oi-j}$$

$$M_C = T_{aj} - F_{ii-j}$$

$$M_I = T_{oj} - F_{ii-j}$$

En plus de la méthode PERT et de celle qui en dérivent d'autres méthodes modernes ont été mises au point dans un esprit analogue à celui du PERT mais dans une formulation différente.

Citons la METHODE DES POTENTIELS : qu'on utilisera pour l'établissement de la planification d'exécution des 3 dortoirs (A, B et C).

LA METHODE DES POTENTIELS :

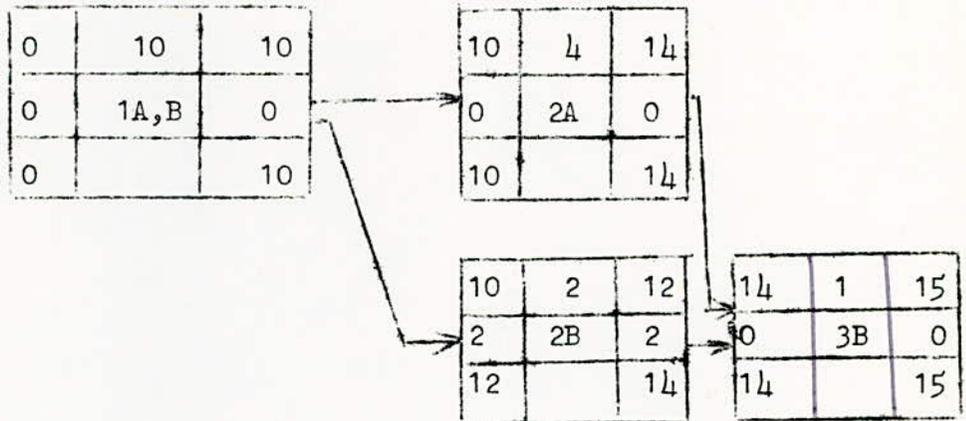
La méthode des potentiels a été mise au point en France par monsieur Bernard ROY.

Elle découle directement de la formulation mathématique qu'est la théorie des graphes.

Dans un "graphe potentiel", les flèches ne représente plus que des contraintes.

Les activités ou tâches ne sont plus symbolisées par une flèche d'écoulement du temps, mais par une case ou une "boîte" localisée dans le graphe comme le sont les évènements dans le réseau PERT.

PAR EXEMPLE :



LEGENDE

Date début Plus tôt	durée	date fin au plus tôt
Marge libre	Symbole	marge totale
Date début plus tard		date fin plus tard

Les principaux avantages de cette formulation sont :

- Etablissement plus facile du graphe à partir d'une liste des tâches à accomplir.
- Suppression des tâches fictives
- Possibilité de modifier la logique d'un graphe par simple addition ou suppression de flèches.

Les **incon**venients par comparaison au PERT classique peuvent être les suivants :

- Utilisation plus difficile pour le contrôle de l'exécution par manque d'évènement jalons.
- Utilisation des ordinateurs plus difficile (nombre de programmes disponibles plus faibles - introduction des données plus complexe).

Malgré les différences de formulation, les fondements sont les mêmes et la méthode des potentiels permet des développements parallèles à ceux du PERT dans l'optimisation et le contrôle des charges et des coûts.

CHAPITRE III

METHODE A LA CHAINE OU EN CONTINU

I. DEFINITION

La méthode à la chaîne d'organisation de l'exécution d'un processus complexe, composé de m processus simples, sur n secteurs inégaux, consiste dans l'exécution de chaque processus simple composant comme successions non rythmiques, synchronisées entre elles.

Chaque activité est exécutée par une équipe d'effectif constant, dotée de tous les équipements et outils nécessaires. Cette équipe passe d'une manière continue d'un secteur à un autre. Sur chaque secteur les équipes se succèdent les unes après les autres. Elles exécutent leurs travaux dans un certain ordre de telle sorte que le décalage entre les équipes soit aussi petit que possible.

Le principe de cette méthode est la continuité et l'uniformité ; continuité dans la production et uniformité dans l'approvisionnement en ressources (main-d'oeuvre, matériaux, matériel).

II. PARAMETRES

1. Les paramètres de base d'une chaîne de travail sont :

- Le nombre de processus (m)
- Le nombre de secteurs de travail (n)
- Le module de temps (t_i)
- Le pas (K_i)

a) Secteur de travail :

On appelle secteur de travail l'espace de travail établi par une organisation, dans lequel les équipes attaquent et réalisent les unes après les autres leur processus respectif de travail.

La délimitation des secteurs est faite sur des considérations constructives et organisationnelles.

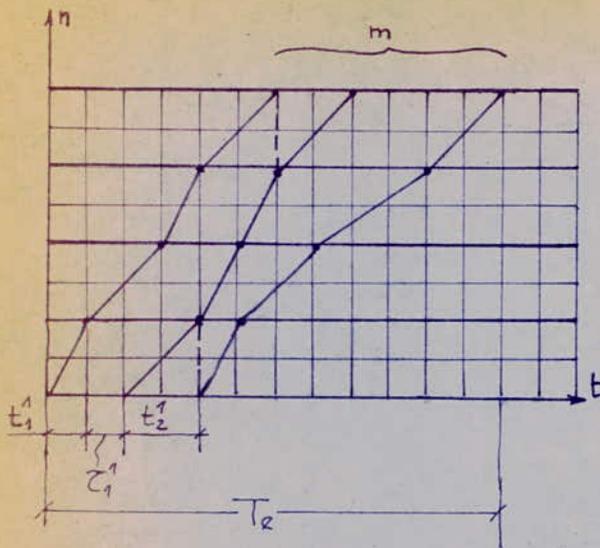
b) Le module de temps :

On appelle module de temps la durée d'exécution d'un processus de construction sur un secteur de travail.

c) Le pas :

On appelle pas, l'intervalle de temps entre le début de deux processus consécutifs sur un même secteur de travail.

3. Calcul du temps T_e d'exécution de la méthode à la chaîne :



$$T_e = \sum_{i=1}^m t_i^1 + \sum_{i=1}^{m-1} \tau_i^1 + \sum_{\lambda=2}^n t_m^\lambda$$

Des τ_i^1 ne sont pas connus, il faut donc les calculer :

Soit l , le secteur de synchronisation ; c'est à dire où la date de fin du processus i est égal à la date de début du processus $i+1$.

Considérons le polygone ABCDEA.

On sait que la projection algébrique d'un polygone fermé est nulle.

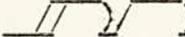
$$\overline{AB} + \overline{BC} + \overline{CD} + \overline{DE} + \overline{EA} = 0$$

$$\sum_{\lambda=1}^l t_i^\lambda + 0 - \sum_{\lambda=1}^{l-1} t_{i+1}^\lambda - \tau_i^1 - t_i^1 = 0$$

D'où : $\tau_i^1 = \sum_{\lambda=2}^l t_i^\lambda - \sum_{\lambda=1}^{l-1} t_{i+1}^\lambda$ ou encore : $\tau_i^1 = \sum_{\lambda=2}^l (t_i^\lambda - t_{i+1}^{\lambda-1})$

et finalement :

$$T_e = \sum_{i=1}^m t_i^1 + \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{\lambda=2}^l (t_i^\lambda - t_{i+1}^{\lambda-1}) + \sum_{\lambda=2}^n t_m^\lambda$$

2ème Partie TECHNOLOGIE ET  METHODE

- CHAPITRE IV : Présentation et description du projet
- CHAPITRE V : Conditions générales de travail
- CHAPITRE VI : Technologie d'exécution
- CHAPITRE VII : Méthodologie de l'exécution.

I. OBJET :

Le présent projet de construction a pour objet la réalisation de la première tranche d'une cité universitaire composée de :

- 3 bâtiments dortoirs
- 1 restaurant

Les travaux comprendront les lots suivants :

- Gros-Oeuvres
- Menuiserie bois
- Ferronnerie
- Peinture vitrerie
- Plomberie Sanitaire
- Electricité
- Chauffage central

REMARQUE :

Cette construction constitue une extension d'une cité universitaire existante.

II. SITUATION :

L'ensemble du projet occupe une superficie de 7 HA soit (500 X 140) limitée comme suit :

- . AU NORD par un oued
- . AU SUD par un terrain agricole
- . A L'EST par la cité universitaire existante
- . A L'OUEST par un terrain commercial

III. DESCRIPTION DES OUVRAGES

Les travaux comprendront dans l'ensemble du projet la réalisation de :

- Deux (2) blocs dortoirs "A" et "B" identiques de capacité 132 lits.
- Un (1) bloc dortoir "C" de capacité 80 lits.
- Un (1) restaurant de 332 repas par service

3.1 : BLOC DORTOIRS TYPE A ET B (132 lits)

Chacun des bâtiments est fonctionnellement réparti comme suit :

.../...

- . Chambres
- . Salles d'eau et séchoirs
- . Balcon et escaliers
- . Entrée et circulation

Le bâtiment est du type R + 1 sur vide sanitaire ; sous la cage d'escaliers. Le vide sanitaire est aménagé en sous-sol constituant la sous station technique. Les salles d'eau et sections constituent une aile à deux (2) niveaux adjacente au bloc dortoir.

La surface construite de l'ensemble du bâtiment se décompose comme suit :

- sous station.....	39 m2
- R. D. C. (y compris section)....	800 m2
- Etage (y compris section).....	800 m2
Soit par un bâtiment.....	1 639 m2
et pour deux.....	3 278 m2

La surface est en béton monolithe jusqu'au niveau 0,00 puis en structure classique poteaux - poutres - dalles semi-pré-fabriquées (poutrelles - hourdis). L'aile séchoirs est bâtie sur herrissonage.

3.2 : BLOC DORTOIR TYPE C (80 lits)

Fonctionnellement et structurellement identique au deux (2) premiers, sauf qu'on y a supprimé l'aile séchoir.

La surface construite se décompose comme suit :

- R. D. C.....	642 m2
- Etage.....	642 m2
Soit pour tout le bloc dortoir.	1 284 m2

3.3 : RESTAURANT

Le restaurant comporte les fonctions suivantes :

- . Réfectoire
- . Cuisine
- . Magasin
- . Chambre froide
- . Local poubelle
- . Circulation et Sanitaire.

.../...

Le bâtiment est d'un seul niveau (R. D. C.) sur herrissonnage. La partie cuisine a sa terrasse surélevée afin de permettre l'évacuation de la vapeur et l'illumination des cuisines.

La surface construite est de 1 353 m². Deux joints de dilatation partagent le bâtiment en trois parties.

Le bâtiment est d'une structure type poteaux, poutres avec dalles flottantes sur herrissonnage. La toiture est en dalle semi-préfabriquée (poutrelle - hourdis) et une partie en dalle pleine.

N. B. :

La surface construite totale est de : 3 278 + 1 284 + 1 353 =
5 915 m²

IV. DESCRIPTION DES TRAVAUX

4. 1. GROS-OEUVRES :

a) Terrassement :

Fouilles en puits, en tranchées, en rigoles. La fouille sera arrêtée au niveau du bou-sol.

b) Ossature en béton :

- Béton propreté : dosé à 150 kg par m³

- B. A. pour fondation : dosé à 350 kg par m³

- B. A. pour élévation : idem

Tous les ouvrages en béton armé seront vibrés dans les coffrages pendant le coulage.

- Les coffrages sont du type ordinaire

- Les armatures sont soit en acier doux soit en acier tor.

- Dalle pleine : dosé à 350 kg par m³ épaisseur 0,15 m

- Plancher semi-préfabriqué : type partiel - hourdis avec une dalle de compression de 4 cm d'épaisseur.

- Elément préfabriqués : seront réalisés en béton moulé et hydrofugé.

c) Maçonnerie :

Toutes les maçonnerie sont en briques creuses de 3 - 9 - 12 trous. Il est prévu une étanchéité multicouche en terrasse.

d) Menuiserie :

- bois pour l'intérieur

- métallique pour l'extérieur

.../...

.../...

e) Peinture :

- . Peinture vinylique :
Sur murs extérieurs et intérieurs
- . Peinture en blanc gélatineux
Sur plafonds enduits au plâtre
- . Peinture à l'huile :
Sur murs et plafonds enduits au ciments ; sur canalisations et ouvrages métalliques.

f) Plomberie sanitaire :

Comprend :

- Le branchement
- L'alimentation eau froide et eau chaude
- Pose appareillages
- Les évacuations ainsi que l'ensemble des essais

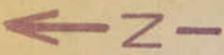
g) Electricité

Comprend :

- l'alimentation
- la canalisation
- la pose de l'appareillage
- les branchements et essais

Le présent chapitre est illustré par les schémas et esquisse ci-joints :

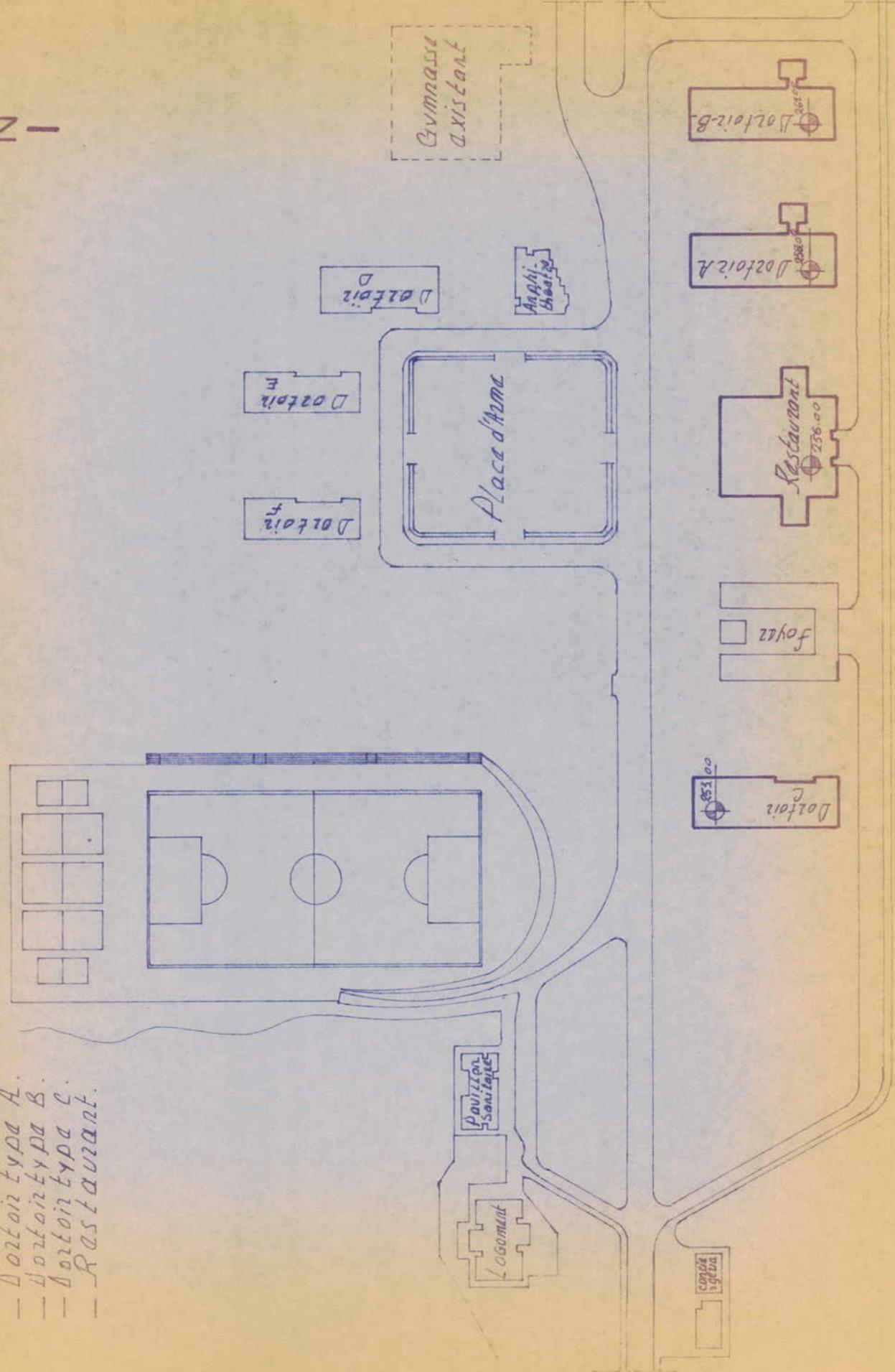
- Plan de masse
- Vues en plan
- Coupes
- Détails



PLAN DE MASSE

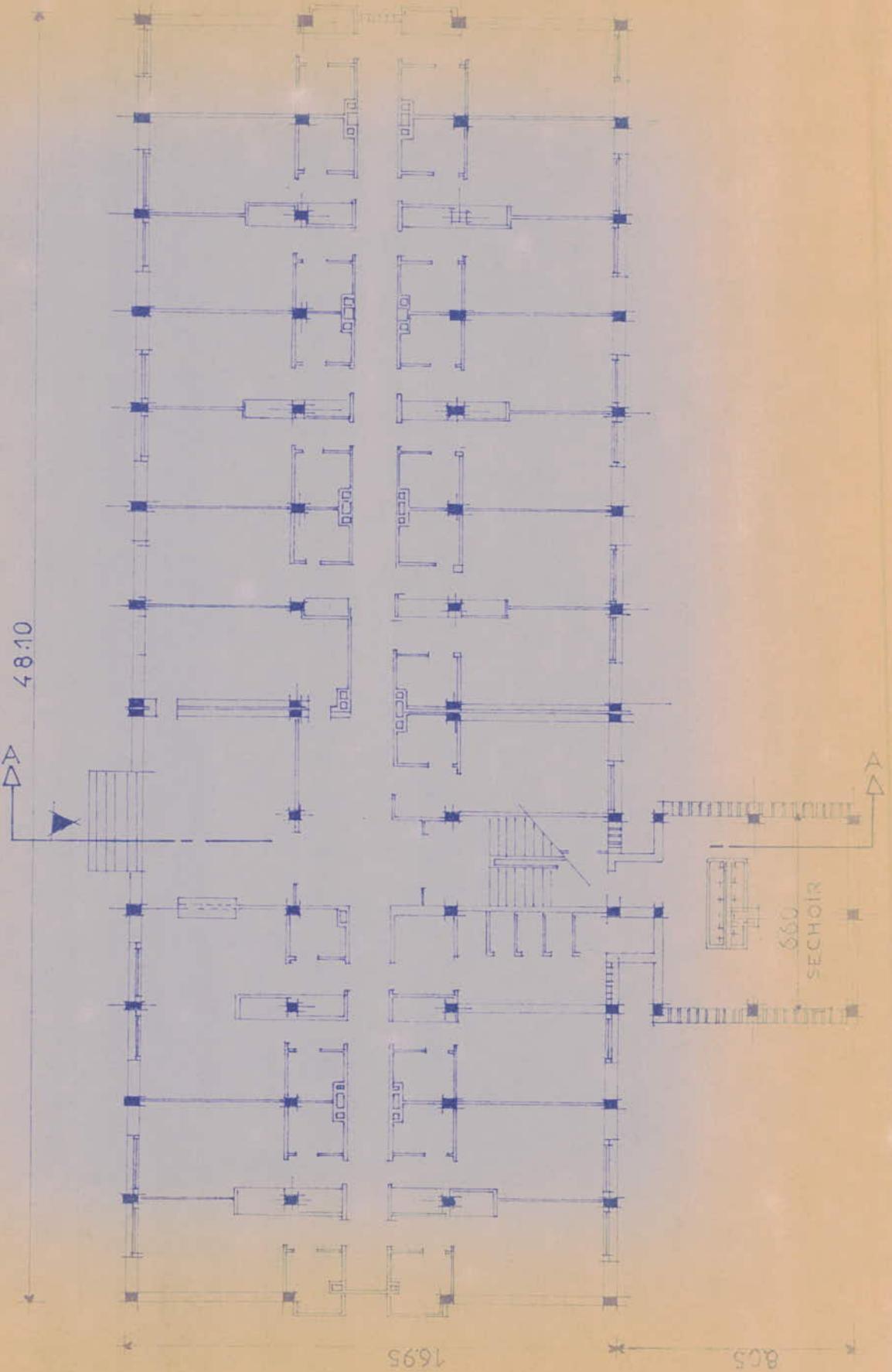
N^ore Tranche

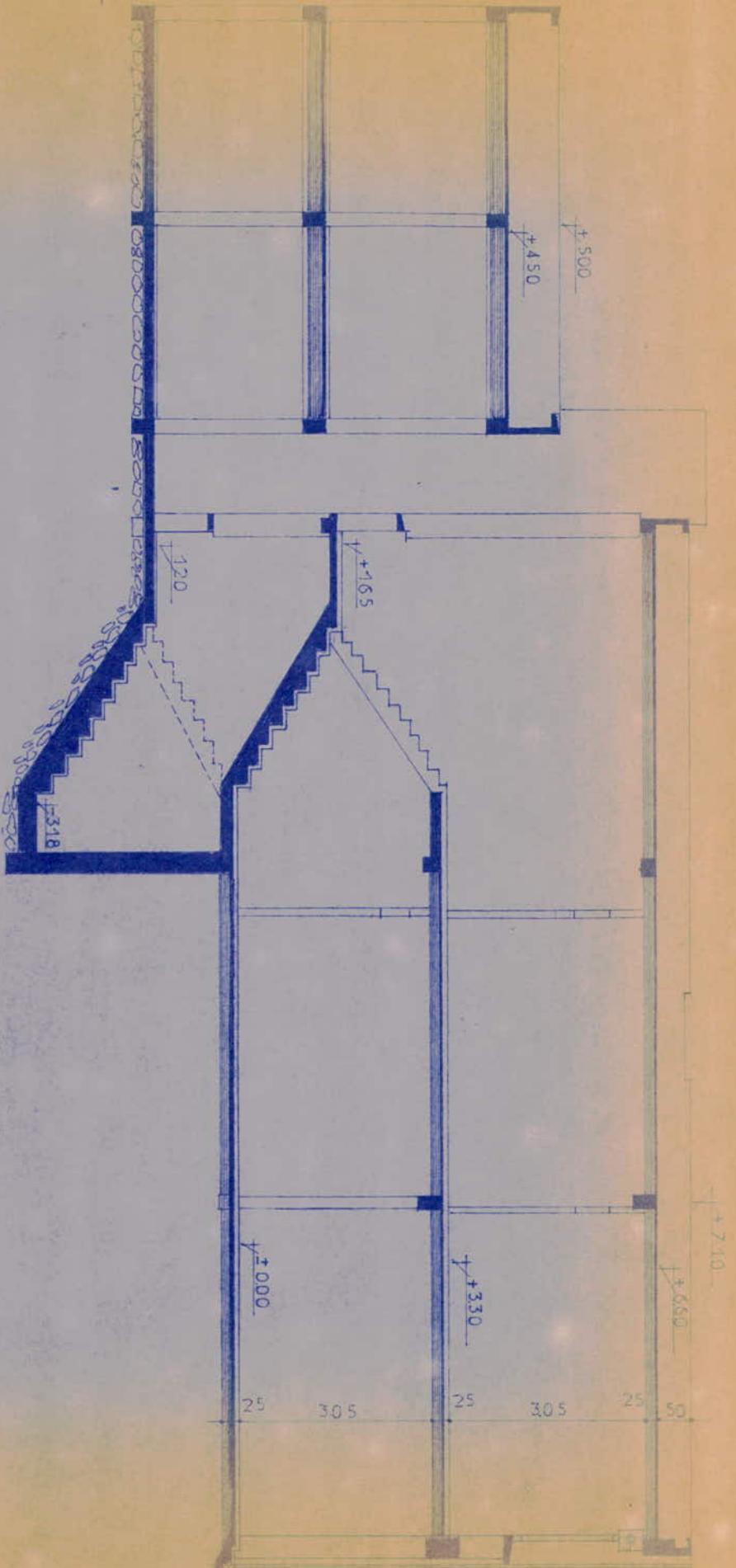
- Dortoir type A.
- Dortoir type B.
- Dortoir type C.
- Restaurant.



-Dortoir type A et B:132 lits - s=868,4250 m²

R.D.C.-

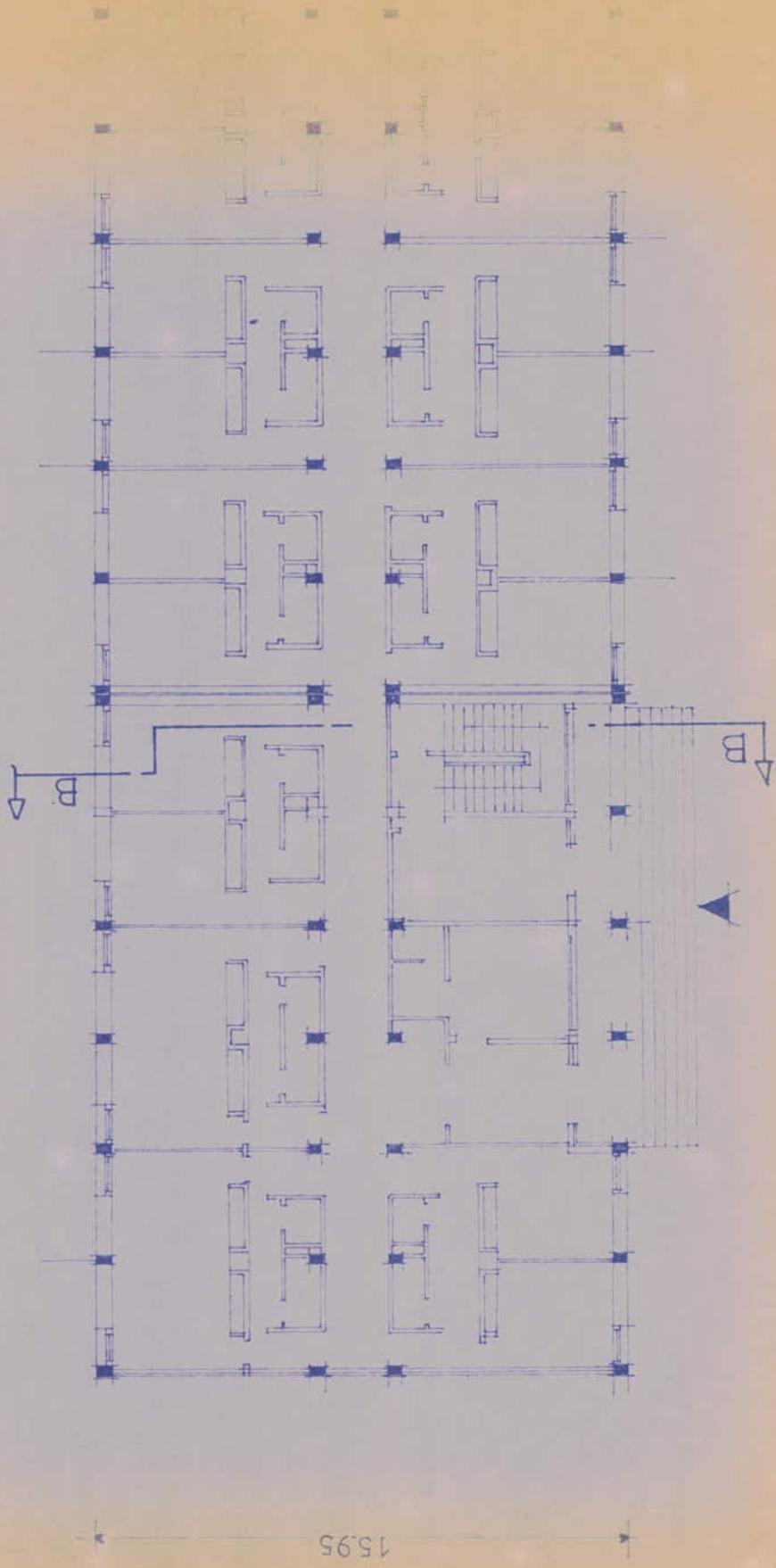




-DORTOIRS TYPE A et B 132 LITS

- COUPE AA -

4037

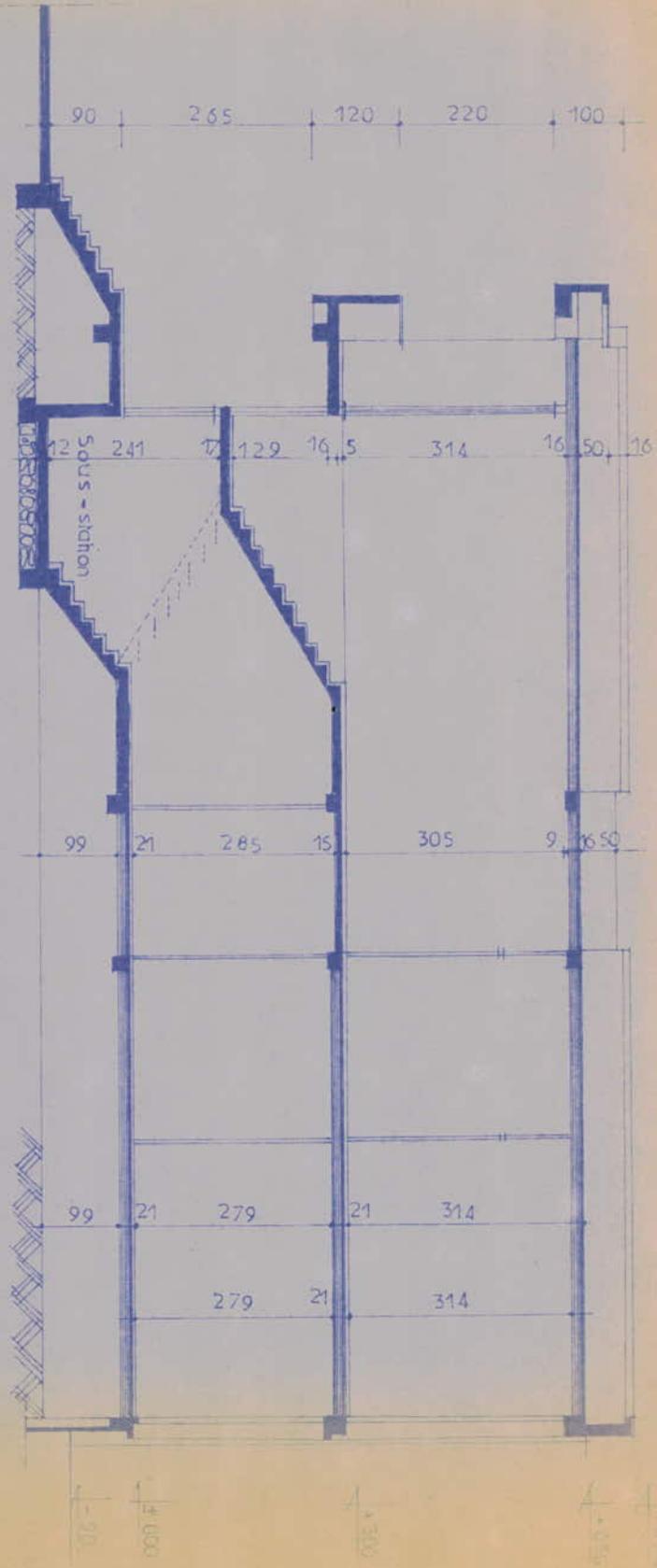


15.95

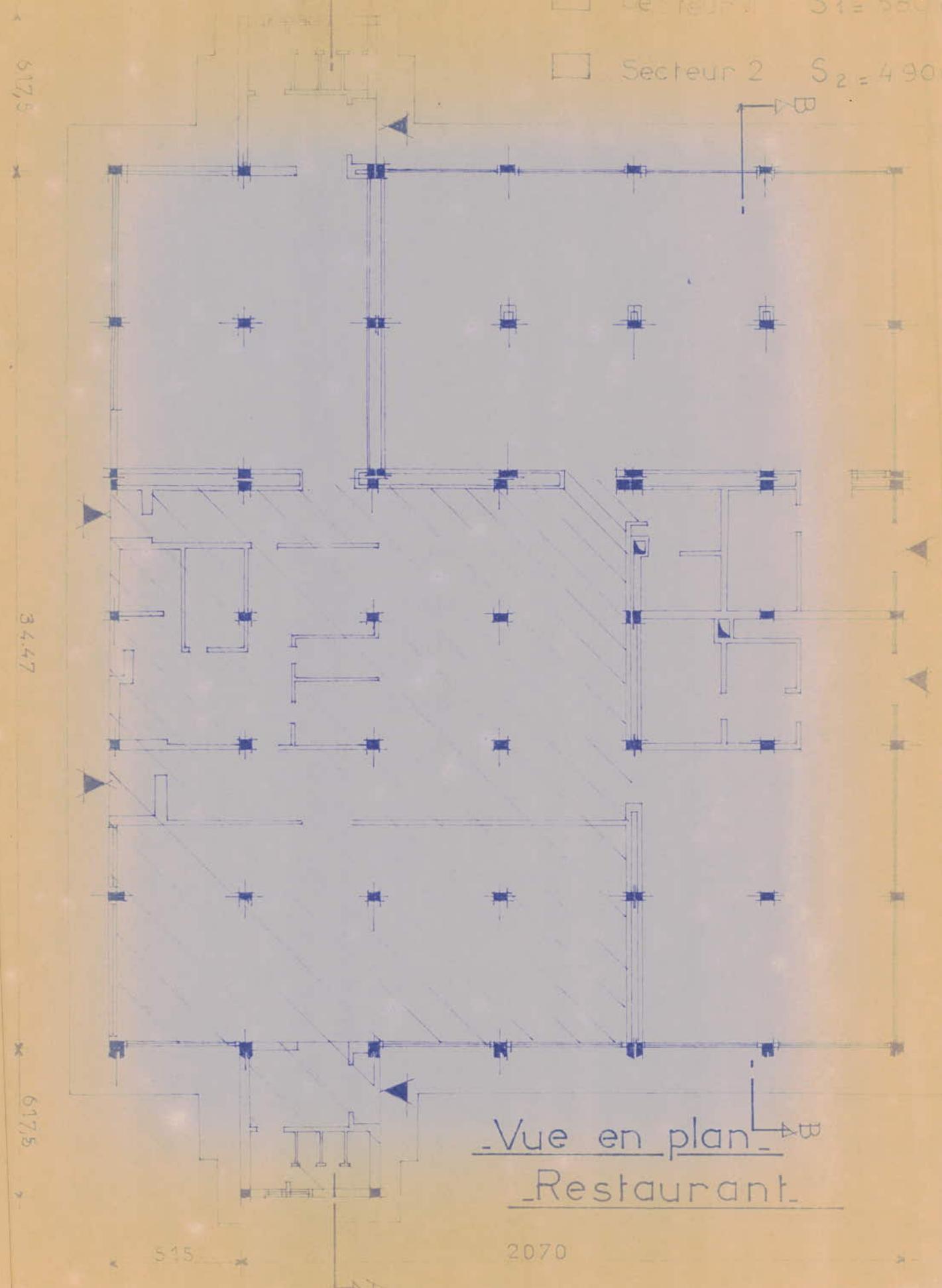
Dortoir C: 80 lits

S = 643.915 m²

-DORTOIR "C"-
-Coupe B-B-



Secteur 1 $S_1 = 580 \text{ m}^2$
 Secteur 2 $S_2 = 490 \text{ m}^2$

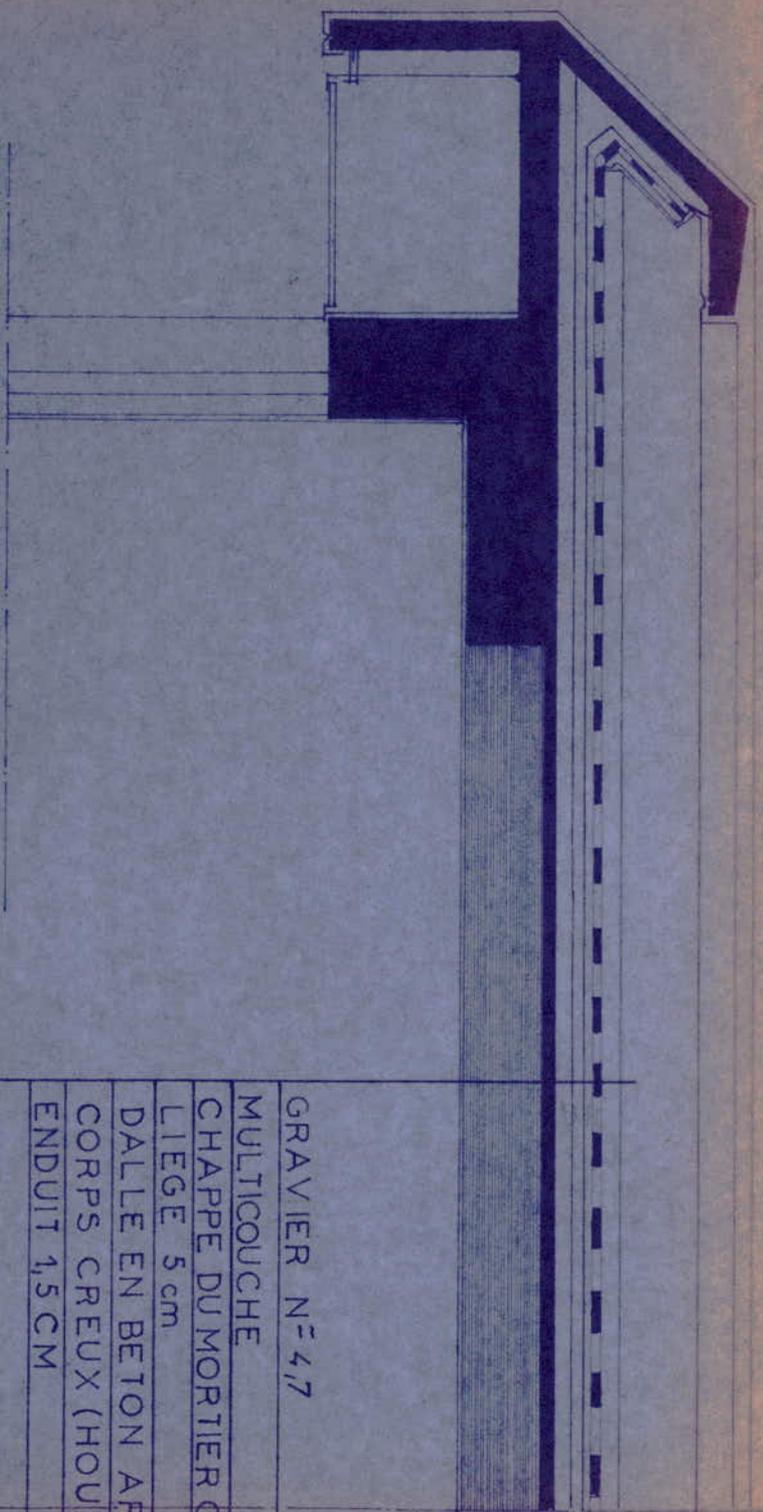


Vue en plan
Restaurant

S15

2070

- RESTAURANT -



- GRAVIER N° 4/7
- MULTICOUCHE
- CHAPPE DU MORTIER GRAS
- LIEGE 5 cm
- DALLE EN BETON ARME
- CORPS CREUX (HOURDIS)
- ENDUIT 1,5 CM

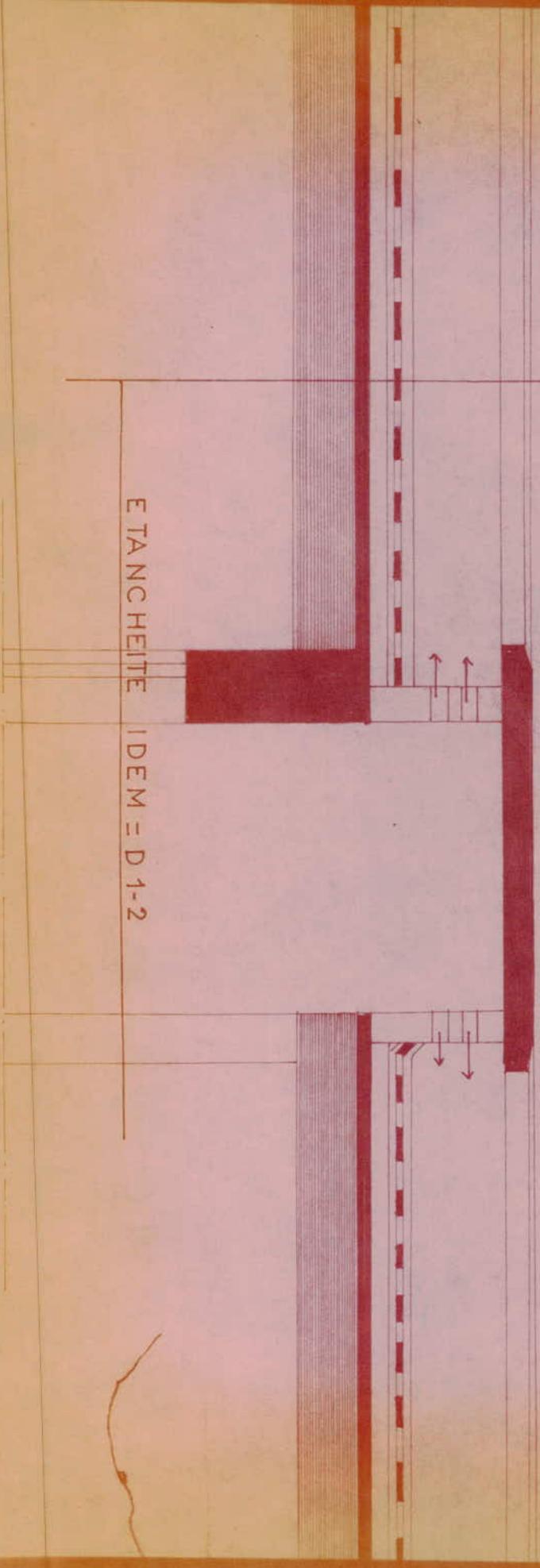
- Detail .B.-

- RESTAURANT -

Detail.H.

Gaine de ventilation sanitaire

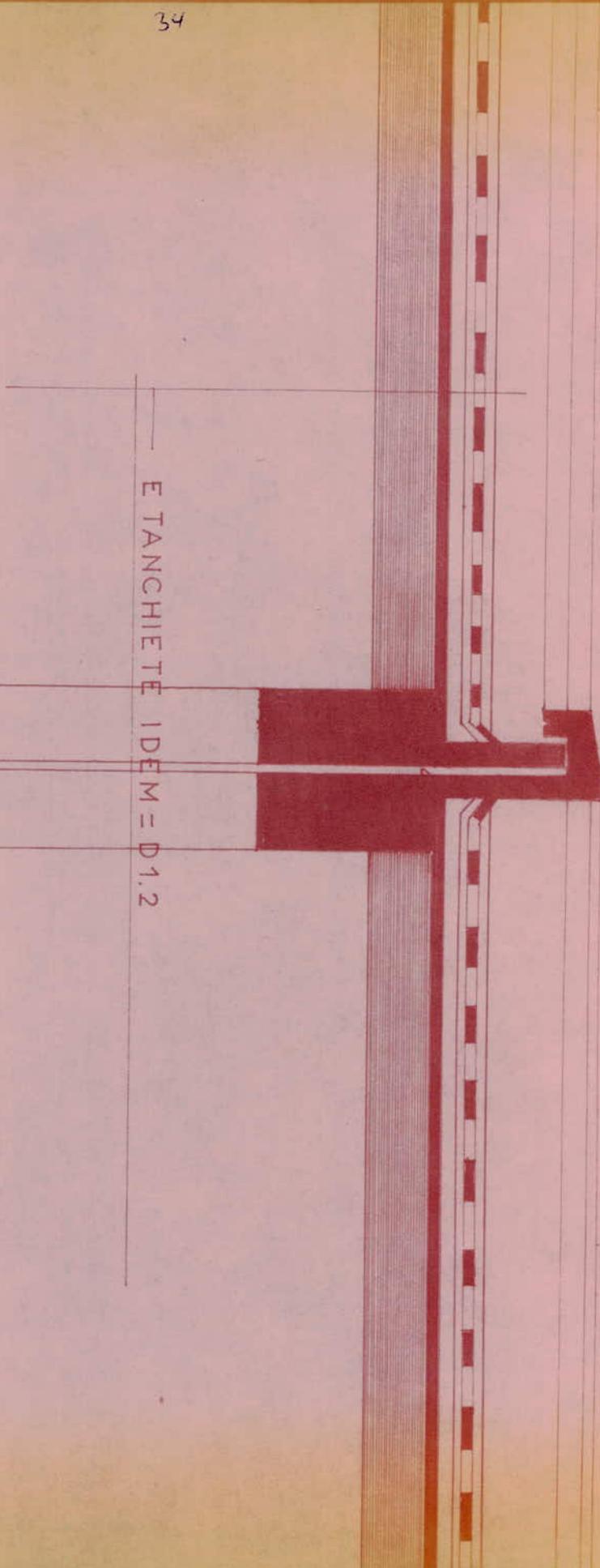
ETANCHEITE IDEM = D 1-2



- RESTAURANT -

E TANCHIETE IDEM = D1.2

- Detail - G -



CHAPITRE VCONDITIONS GENERALES DE TRAVAIL

1^o) Le chantier est situé dans la périphérie immédiate de la ville d'Alger ; il est desservi normalement du point de vue de l'infrastructure et des énergies (électricité, eau, gaz, téléphone). Le terrain, propriété du client, est déjà clôturé ; une partie seulement de la clôture est à dévier.

2^o) Le terrain est en pente légère allant du point de station le plus élevé 265 309 N. G. A. au point de station le plus bas 234 580 N. G. A.. Par conséquent les mouvements de terre seront déblai-remblai. Les terres excédentaires seront déversées dans l'enceinte même du Chantier.

3^o) Du point de vue de l'entreprise, le chantier est considéré comme étant de "moyenne importance" par conséquent les méthodes de travail sont celles correspondant à un niveau moyen d'industrialisation. Ces méthodes seront optimisées par rapport au délai de réalisation des moyens à mettre en oeuvre sont dimensionnés en conséquence.

Il n'a aucune restriction de la part du client quand au délai de réalisation.

4^o) L'entreprise chargée de la réalisation possède tout le matériel "Standard" de réalisation néanmoins tout investissement important qui serait spécifique à ce chantier et qui ne pourrait pas être amorti dans le délai de réalisation est exclure.

5^o) La main d'oeuvre ordinaire est locale et sera recrutée sur l'endroit même ; une certaine catégorie de main-d'oeuvre (main d'oeuvre spécialisée et qualifiée) sera soit recrutée localement soit transférée d'autres chantiers. On considère que le chantier dispose de la quantité nécessaire de main d'oeuvre qualifiée et non qualifiée telle qu'elle a été arrêtée par le programme conscient du fait que la fluctuation de la main d'oeuvre est un des aléas les plus importants dans la construction ; une base de vie provisoire sera installée dans l'enceinte du chantier afin de créer des conditions de vie et de travail convenables pour le travailleur (dortoirs, cantines, foyer....).

6^o) Le programme de travail est d'une seule relève de 8 H de travail par jour. La semaine de travail est de 6 jours.

7^o) La carrière productrice d'agrégats est située à une vingtaine de Km du chantier. Pour le transport des agrégats on utilisera des camions à Benne de 10 t. de capacité.

Le tout venant utilisé pour les routes provisoires, les plateformes etc.... sera transporté d'un lit d'Oued par un camion Benne de 20 m³ de capacité.

Le ciment est fourni en sac de 50 Kg chacun et sera transporté par des camions plateau de 20 T à une distance d'environ 40 Km du chantier.

.../...

Les aciers à béton et les briques seront amenés jusqu'au Chantier dans des camions plateaux de 12 tonnes de capacité et de 12 m de long pouvant transporter en un seul voyage :

- 12 tonnes de rond à béton
- 10 000 briques 3 trous
- 5 000 briques 9 trous
- 3 000 briques 12 trous.

8°) Le client a confié à l'entreprise la réalisation de l'entreprise du complexe "tout corps d'état" c'est-à-dire pour l'ensemble des lots. Les lots suivants seront confiés par l'entreprise à des sous-traitants spécialisés :

- Menuiserie bois
- Menuiserie métallique
- Chauffage, ventilation, climatisation
- Installation cuisine.

9°) Toutes les opérations préalables à la construction ont été entreprises (déviations de lignes électriques, téléphoniques, de réseaux d'égoûts, de conduites etc...) Le terrain est considéré donc comme étant net de tous litiges.

10°) Tout le personnel technique et administratif qui dirige le chantier est installé dans l'enceinte même de celui-ci afin d'assurer le fonctionnement efficace du chantier.

11°) Dans le but de promouvoir la formation des travailleurs, la législation en vigueur impose d'affecter un manoeuvre à chaque ouvrier qualifié.

INTRODUCTION

On peut apprécier le degré de cohésion et de précision de la planification d'un constructeur suivant l'approche qu'il fait de la méthode adoptée pour l'exécution d'un ouvrage.

Dans l'ensemble, la gamme des procédés et méthodes est connue, mais il s'agit de la passer en revue de manière à choisir la technique la plus appropriée à la note particulière qui doit marquer le projet donné.

En ce qui concerne le choix **technologique**, on peut considérer comme hypothèse de départ que le projet exposé ici se situe à un niveau d'industrialisation moyen. Celui-ci consiste en une utilisation combinée, dans des proportions moyennes des deux principales ressources que sont les hommes et les machines.

On s'intéressera particulièrement aux principales activités de réalisation à s'avoir :

- Les terrassements généraux,
- le coffrage,
- Le ferrailage,
- La production et la mise en oeuvre du béton en infrastructures et superstructures,
- la maçonnerie,
- les enduits et les finitions.

I. LE DECAPAGE :

C'est l'opération qui consiste à racler la couche superficielle du terrain dans une profondeur allant de 10 à 30 cm afin de nettoyer l'assiette du terrain, de dégager les voies d'accès et les pistes provisoires du chantier.

Les terres provenant du décapage sont en général maintenues dans l'enceinte même du chantier, pour leur utilisation ultérieure dans les espaces verts et les aménagements.

MOYEN UTILISE :

Cette opération se fait mécaniquement. L'engin qui se prête le mieux à cette opération est le BULL DOZER.

La norme de production de cet engin est fonction de plusieurs paramètres parmi lesquels on peut énumérer :

- La puissance de l'engin
- l'âge de l'engin
- la nature du sol
- la topographie du terrain etc....

On a retenu pour cette opération un Bulldozer dont voici les caractéristiques :

- Puissance :..... 85 ch.
- Largeur de la lame..... 3,00 m
- Hauteur de la lame..... 0,92 m

.../...

- Profondeur de fouille max..... 0,40 m
- Angle d'inclinaison max..... 10 °
- Vitesse..... entre 0 et 10 Km/h

II. LES TERRASSEMENTS GENERAUX :

1^a) Définition :

C'est l'ensemble des mouvements de terres qu'il faut effectuer pour reproduire sur le terrain, les plateformes données sur les plans d'implantation.

De toutes les opérations intervenant dans la construction, c'est celle qui peut atteindre le plus haut degrés de mécanisation.

2^a) Type d'engins :

La gamme des engins est très étendue :

- Bulldozers,
- Scraper,
- Chargeur,
- Pelles,
- Niveleuse etc...

La nature du terrain et le type et le volume de terrassement à exécuter sont les critères prédominant dans le choix du type d'engins. Dans le cas où le volume est important. Une étude comparative technico-économique est nécessaire.

Les conditions de travail doivent se rapprocher le plus possible des conditions idéales afin de rentabiliser au maximum cette opération.

3 : Etudes des différentes opérations :

Des "terrassements généraux" comprennent les opérations suivantes :

- Les terrassements en grande masse
- Le transport des terres
- Les fouilles (en rigoles, en puits)
- Le compactage.

3.1. Terrassements en grande masse :

Sont exécutés en général, soit avec un bull soit avec un scraper.

L'aide d'un chargeur et de camoins est nécessaire quand une partie des terres est transportée vers une décharge extérieure au chantier.

Le choix entre le bull et le sraper est établi en fonction de la distance de transport des terres (d) ; ainsi :

a) pour $d \leq 100$ m l'utilisation dun bulldozer est conseillé. Le dégagement et le transport des terres se fait à l'aide de la lame de l'engin.

b) pour $d > 100$ m : Dans ce cas la puissance du bulldozer décroît et les pertes en course rendent cette opération inefficace. L'utilisation du scraper devient plus rentable vu que le transport des terres se fait sur toute la distance à vitesse pratiquement constante.

Pour le projet étudié la distance de transport se trouve dans la limite de 80 m ce qui justifie le choix d'un bull.

On utilisera ainsi le bull qui a effectué le décapage.

Une fois que le choix est décidé au profit d'un engin, il s'agit de se rapprocher le plus de l'optimum d'utilisation.

L'expression de la capacité de production est exprimée en m^3/h suivant la formule suivante :

$$P = \frac{60 \times \text{VOLUME DEPLACÉ} \times K \times R}{\text{DURÉE D'UN CYCLE}} \quad (1)$$

K : Coefficient qui dépend de la nature du terrain

$K = 0,5$ Pour un terrain rocheux

$K = 0,7$ Pour l'argile humide

$K = 0,8$ Pour les terres arables

$K = 0,9$ Pour le sable.

R : Coefficient d'utilisation

$R = 0,9$ cas de bonnes conditions de travail

$R = 0,83$ cas de conditions de travail normales

$R = 0,75$ cas de conditions de travail pénibles

Volume déplacé :

C'est le volume en fin de course. Il est fonction du degré de compétence du conducteur et de sa virtuosité.

Durée de cycle :

Comprend le chronométrage de toutes les opérations exécutées et qui interviennent entre deux opérations considérées ; on considère le cycle suivant :

chargement-----> avancement en charge -----> changement
de marche-----> retour à vide au point de départ-----> changement
de marche

Pour tenir compte de l'influence de tous les facteurs (intempéries, hauteur etc....) on prend dans la majorité des cas de réduire la productivité calculée par la formule (1) de 20 % environ.

Le volume déplacé en fonction de la puissance et de la nature de la lame du bull est donné par le tableau suivant

Puissance	lame fixe	lame orientable
130 CV	2,4 m ³	3 M ³
80 CV	2,2 m ³	2,6 M ³
65 CV	1,45 "	2 M ³
40 CV	1,25 "	1,8 M ³

Application :

Calcul de la productivité du bull considéré :

Volume déplacé :

La puissance de 85 CV donne un volume

$$V = 2,7 \text{ m}^3$$

$K = 0,7$ pour l'argile humide

$K = 0,80$ correspondant à des conditions normales.

La durée du cycle est calculée comme suit :

- Chargement..... 2 mn
- Avancement en charge pour une vitesse de 4 km/h sur 80 m = 1,2
- Changement de marche..... 0,5 mn
- retour à vide..... 0,8 mn

soit une durée de cycle $d = 5 \text{ mn}$

On aura :

$$P = \frac{60 \times 2,7 \times 0,7 \times 0,80}{5} = 18 \text{ m}^3/\text{h}$$

Soit une productivité effective

$$P_{\text{eff}} = \frac{18 \times 0,80}{100} = 14,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

On prendra : $P = 15 \text{ m}^3/\text{h}$

3.2 Compactage des terres

La grande partie du volume des terres déblayées servira pour le remblai. Il s'agira alors de veiller à ce que le compactage se fasse dans les meilleures conditions pour éviter tous les désordres qui pourraient intervenir dans la structure.

Le compactage se fait par couches superposées n'exédant pas 20 cm d'épaisseur. Ces couches étant arrosées régulièrement jusqu'à l'obtention de "95 % de l'optimum Proctor" condition indiquant la bonne exécution des travaux.

Le passage du compacteur sur le remblai doit être régulier et à faible vitesse. Le nombre de passage est fonction de la nature des terres, de la masse de l'engin et de l'optimum proctor recherché.

L'opération de compactage étant capitale, il est nécessaire de procéder à un contrôle de tous les résultats en laboratoire sur des prélèvements faits sur le chantier.

3.3. : Transport des terres :

L'excédent des terres sera évacué hors de l'enceinte du chantier dans un rayon compris entre 1 000 et 1 500 m. Pour cette opération on utilisera :

- Des camions benne de 10 m³ de capacité
- Un chargeur sur pneus de capacité de godet 1 000 litres.

Les camions seront placés aussi près que possible du tas de terres, la distance de transport du trax ne doit pas excéder 30 m.

Dans de pareils cas la productivité du chargeur est de l'ordre de 40 m³/h.

Le calcul du nombre de camions sera fait ultérieurement.

3.4. Fouilles mécanisées en rigoles et en puits :

GENERALITES :

Une fois les plateformes d'implantation exécutées et réceptionnées par l'architecte, on peut passer à la phase de réalisation des fouilles pour les semelles. Cette opération doit combiner les deux aspects de fouilles et de transport des terres provenant de l'excavation. L'engin le plus adapté à ce type de travail est la pelle mécanique. Cet engin est utilisé dans la plupart de nos chantiers et il est aisé d'en disposer.

La pelle peut travailler soit en butte soit en rétrocaveuse.

La productivité de cet engin dépend d'un nombre de paramètres dont la saisie se fait en décomposant le travail en opérations élémentaires à savoir :

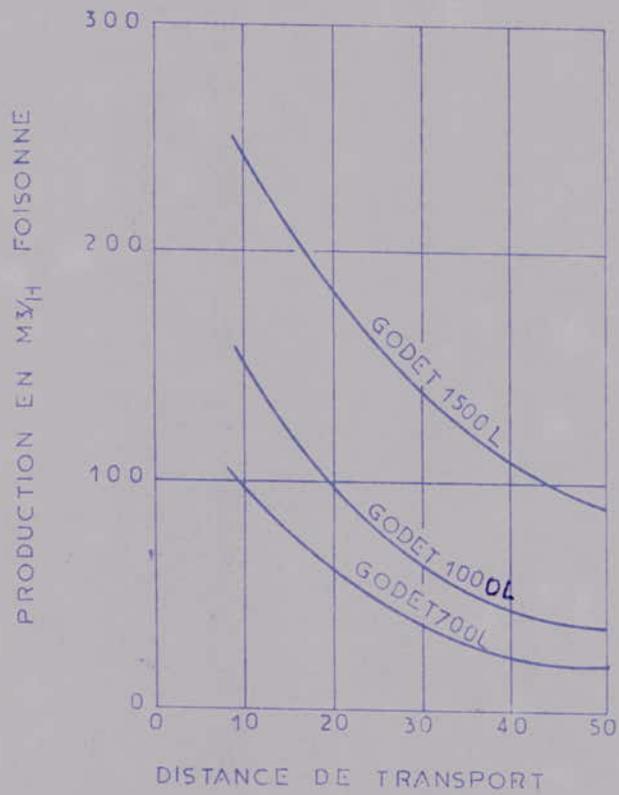
- . Attaque de la butte et chargement du godet
- . Manoeuvres de déplacement pour déchargement dans la benne du camoin ou en tas.
- . Déchargement
- . Manoeuvres de placement en butte pour le chargement.

Ici aussi la virtuosité du conducteur permet de gagner de précieuses secondes dont l'impact sur le rendement se trouve très appréciable. Le respect de certaines règles permettra d'économiser le temps et d'exécuter le travail assez rapidement à savoir :

a) - Le véhicule de transport de terres doit être proportionné à la pelle et contenir au moins trois charges de godet.

b) - La disposition du véhicule doit être telle que l'excavateur ne doit pas faire une rotation supérieure à 90 ° sur son cha-

N.B. : APPLIQUER UN COEFFICIENT
DUTILISATION $K_u = 5/6$



COURBES DE PRODUCTION DE CHARGEUR
(chargement par l'avant)

riot ; ceci s'exprime par un graphique qui donne l'influence de l'angle de rotation (α) et de la hauteur de taille sur le rendement de la pelle (cf. fig. 1 et fig. 2)

c) On appelle hauteur de taille optimale la hauteur du front d'attaque nécessaire pour remplir le godet. Plusieurs cas peuvent se présenter :

1er cas : $h_{\text{taille}} > h_{\text{optimale}}$ (schéma 1)

La différence $h_t - h_o$ entraîne une baisse de productivité et par voie de conséquence une mauvaise utilisation.

2ème cas : $h_t < h_o$ (schéma 2)

Le godet n'aura pas le temps de se remplir une fois la fin de course atteinte ; ce qui entraîne un résultat similaire au précédent.

Il existe donc une relation entre le front d'attaque. La hauteur optimale et la capacité du godet qu'il faudra respecter pour maintenir la productivité à un niveau élevé.

Calcul de la productivité :

La pelle choisie pour ce projet aura une capacité de godet de 0,500 m³.

Pour un terrain argileux et un angle de rotation de 90° le graphique (2) donne une production d'environ 50 m³/h pour tenir compte des conditions réelles de chantier, on prend un coefficient minorateur de 0,80 ; ce qui donne :

$$P = 0,80 \cdot 50 = 40 \text{ m}^3/\text{h}$$

Le chiffre ne saurait être atteint que si nous disposons d'un nombre de camions suffisant de telle sorte que les temps d'arrêt de la pelle soit réduit le plus possible.

Le nombre de camions dépend de la capacité du camion utilisé et la longueur du cycle "chargement - transport plein - déchargement et retour à vide.

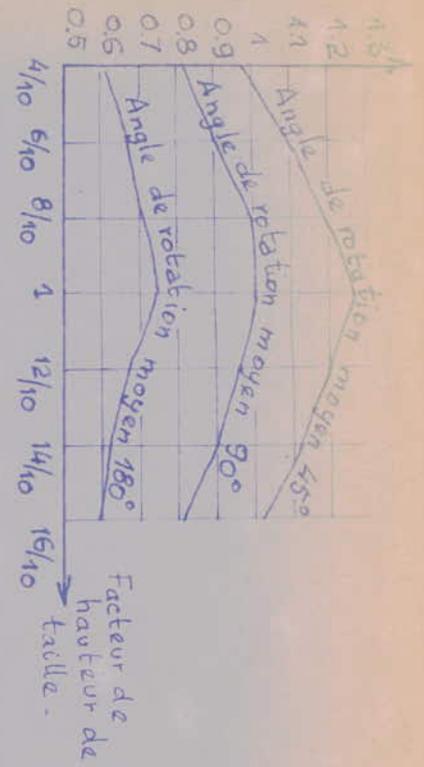
Le transport de terres se fait par des camions de 20 m³.

3.5 : Fouilles manuelles :

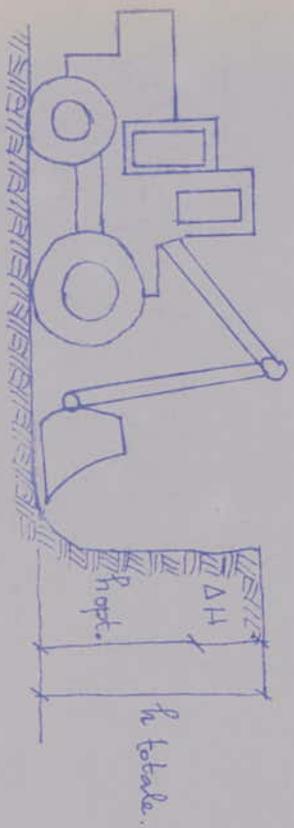
On a considéré comme hypothèse de base que les pelles pouvaient excaver 80 % du volume des fouilles pour les fondations, le reste des fouilles étant exécuté manuellement.

Les opérations manuelles consistent en un réglage du fond des fouilles et la rectification des parois verticales.

Facteur de rendement

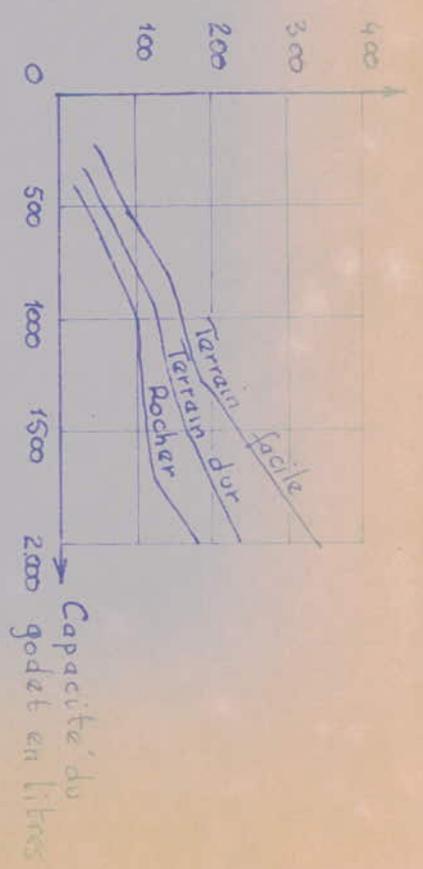


- Influence de l'angle de rotation et de la hauteur de la p. butte sur le rendement de la pelle-butte.



- Fig. 1 -

Production horaire en m^3



- Rendements moyens des pelles-buttes en fonction de la capacité du godet. (angle moyen de rotation 90°).



- Fig. 2 -

Il nous semble alors primordial de mettre en évidence les conditions de sécurité à respecter avant de travailler dans les tranchées. La sécurité est assurée en grande partie par le blindage des fouilles. Celui-ci doit être exécuté même si à priori les rapports de sol indiquent que l'on peut s'en dispenser ; cette protection permet d'assurer des vies humaines.

Dans le cadre de ce projet la hauteur moyenne des fouilles peut-être supérieure à 3 m et exige un blindage ainsi qu'une plateforme intermédiaire pour les jets de terres. Une fois les terres à la surface elles seront chargées sur des camions pour être transportées.

III. PREPARATION ET MISE EN OEUVRE DU COFFRAGE.

1^o) Généralités :

La fonction du coffrage est de contenir le béton pendant le coulage, d'assurer sa protection durant la période de prise et de durcissement, de le dimensionner à la cote voulue et de lui donner l'apparence demandé.

C'est donc un élément essentiel dans la technique des ouvrages réalisés en béton. De plus son incidence financière est très importante puisqu'il représente environ 20 % du montant global d'une construction.

2^o) Production :

On utilisera un coffrage en bois, le coffrage métallique n'étant aucunement justifié.

Le bois sera approvisionné sous plusieurs formes :

- Madriers
- Chevrons
- Planches
- Feuilles de contreplaqué.

Les panneaux de coffrage sont fabriqués dans un atelier de préparation et de reconditionnement de coffrage.

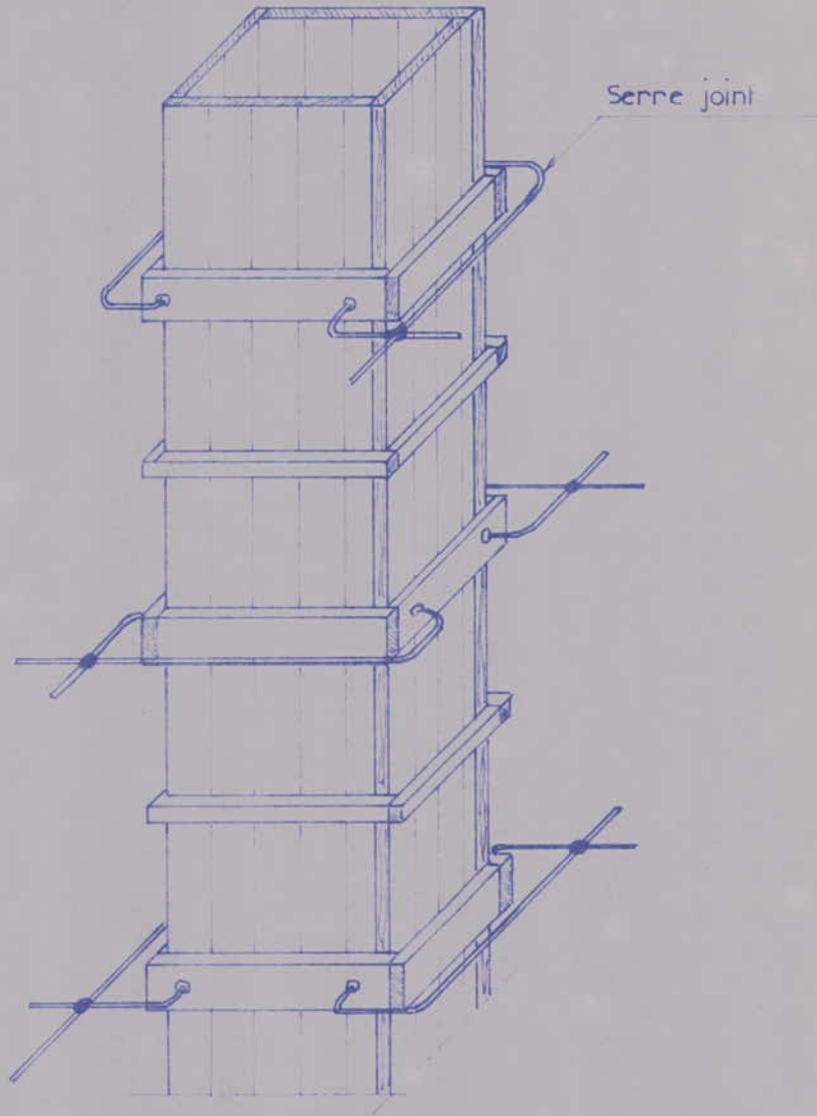
Les coffrages sont classés suivant le parement fini qu'il produit. C'est ainsi qu'on distingue :

- Le coffrage ordinaire
- Le coffrage soigné,
- Le coffrage à parement fini
- Le coffrage spécial

Suivant l'aspect final demandé, l'exécution du coffrage peut demander une dépense en main d'oeuvre, en matériel et en matériaux conséquente.

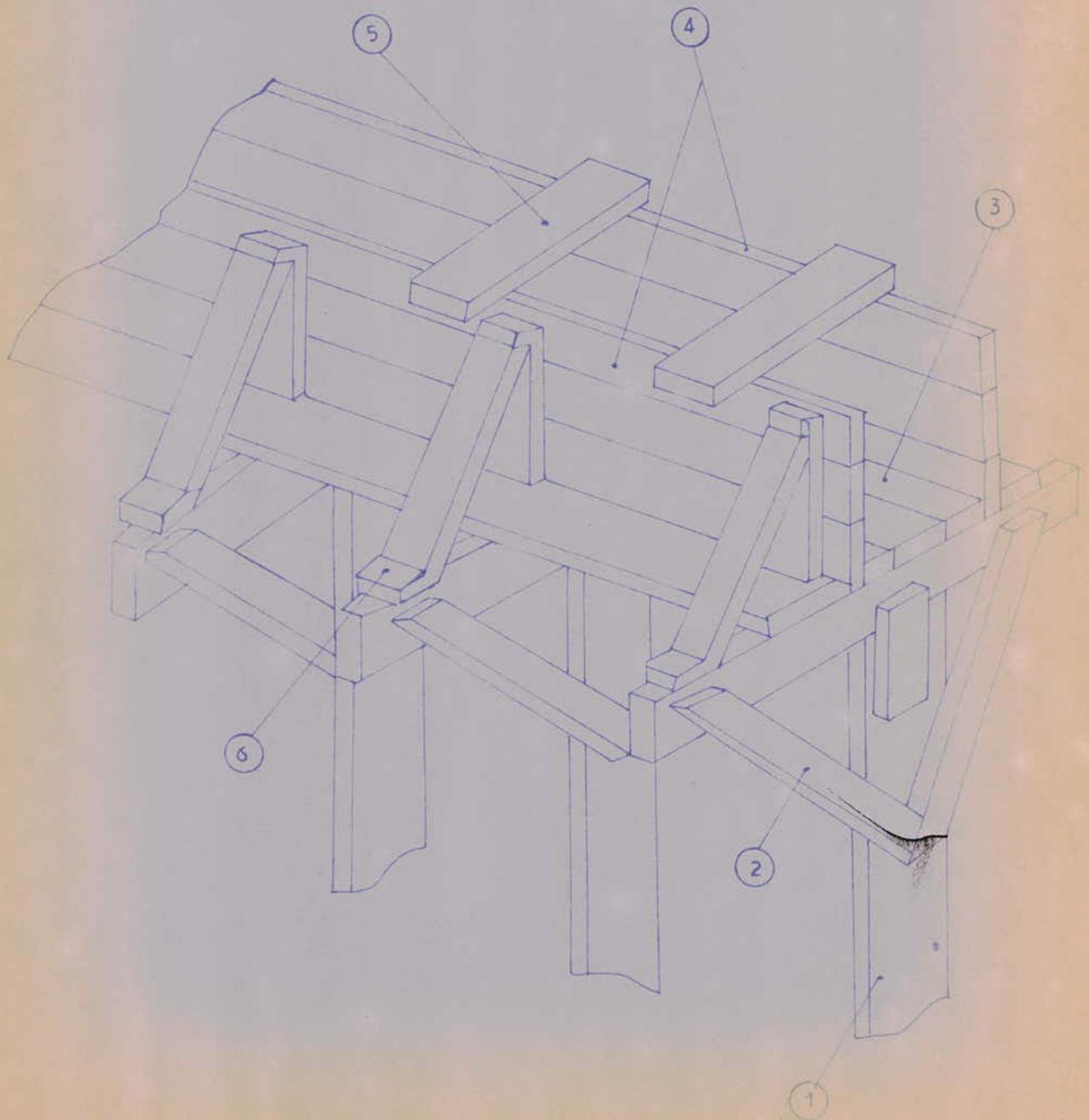
3^o) Exécution :

La réalisation des coffrages doit tenir compte de tous les phénomènes physiques pendant le coulage du béton (effet dynamique, effet de pression etc...). On prendra toujours soin de raidir les surfaces

COFFRAGE de POTEAU

- COFFRAGE DE POUTRE -- LEGENDE -

1. ETAI
2. JAMBE DE FORCE
3. FOND
4. JOUES
5. BUTON
6. TAQUET



planes des planches, de manière à éviter les désordres et les ruines de l'ouvrage (gonflement de coffrage. Selon qu'il s'agit d'un béton en plancher, en poutres, ou poteau ; les panneaux de coffrage seront maintenus à la côte ou au niveau demandé à l'aide de serres-joints, de clavettes ou d'échaffaudages verticaux.

Les schémas ci-joint montre quelques types de coffrage utilisé. L'opération de décoffrage doit-être étudiée en même temps que celle du coffrage. Elle ne comporte que des démontages et des manutentions à l'exclusion des démolitions. Pour éviter l'adhérence du béton, ou enduits les coffrages avec des huiles spéciales.

Le délai à respecter avant décoffrage doit-être fixé après essais des bétons et compte tenu de leur poids propre et de la surcharge accidentelle du chantier. Le délai dépend aussi des conditions de températures, de la nature du liant et du dosage du béton. Ce délai varie de 24 heures pour les poteaux, les voiles et les joues de poutres à plusieurs jours pour les poutres et les dalles de grande portée.

De plus, les prescriptions recommandent de prévoir des étais de sécurité.

Pour le décoffrage on recommande les instructions suivantes :

- . Les parties latérales sont décoffrées après que le béton ait atteint une résistance de 25 Kg/cm² (environ 24 heures).

- . Les parties transversales de portées ≤ 8 m sont décoffrées après que le béton ait atteint une résistance de 70 % de la résistance nominale (entre 10 et 12 jours).

- . Pour les parties transversales de portées > 8 m attendre que le béton ait atteint 90 % de la résistance nominale soit plus de 24 jrs.

L'opération de décoffrage doit-être entourée des plus grands soins afin d'éviter les désordres et les ruines de la structure.

4°) Réutilisation du coffrage :

On insistera jamais assez sur la nécessité de réemploi du coffrage, surtout lorsqu'il s'agit du béton qui n'est pas architectonique et ceci vu les coût élevé du bois et les gains économiques engendrés.

Une étude rationnelle et un reconditionnement adéquat permettent d'arriver à un degré de réutilisation maximum.

IV PREPARATION ET MISE EN OEUVRE DE L'ACIER :

Ce poste de travail est en général correctement réfléchi et dimensionné. Sur la base des plans de ferrailage prévu pour cet effet, on confectonne les ronds à béton aux dimensions voulues. Un atelier de fabrication est généralement pourvu d'une ou plusieurs cisailles à main ou à moteur, suivant l'importance des travaux, d'appareils universels à plier les barres. Généralement les rendements obtenus sont très appr-

ciables et sont sujets à de nettes améliorations. Ceci vient du fait que tous les postes de travail composant l'activité de la construction ; ce poste peut-être assimilé à un poste industriel à tous les points de vue :

- machines fixes donc hommes travaillant à des poste fixes ;
- matière première subissant plusieurs phases d'exécution :
 - . dépôts
 - . coupes
 - . pliage etc....

Le montage de l'acier se fait sur l'ouvrage à construire et ne présente pas un grand problème. On veillera cependant à respecter les plans avec toutes les spécifications :

- Ecartement
- ancrage
- armatures positives
- armatures négatives

Ce travail peut-être fait facilement par un chef d'équipe averti.

L'acier est livré :

- en barres de 12 m de long pour les diamètres compris entre 10 et 32 mm.
- en rouleaux pour les diamètres de 6 et 8 mm
- en rouleaux pour les treillis soudés.

V PREPARATION ET MISE EN OEUVRE DU BETON :

1^a) Généralités :

Dans les chantiers, la préparation du béton ne pose pas de problèmes particuliers. Ce poste de travail a atteint un degré de mécanisation tel que l'on procède à toutes les préparations avec une économie certaine et dans les règles de l'art.

2^a) Préparations :

La composition d'un m³ de béton est de l'ordre de :

C = 350 kg	Gravier = 0,80 m ³
E = 175 l	Sable = 0,40 m ³

Suivant la quantité de béton demandé horairement on peut utiliser soit :

. Des bétonnières simples -à tambour basculant ou fixe- :
production horaire inférieure à 5 m³.

. Des mini-centrales :
production horaire comprise entre 5 et 15 m³/h

. Des centrales à béton :
production horaire allant de 15 jusqu'à 150 m³/h

Dans les cas des centrales et des mini-centrales le dosage du béton s'effectue automatiquement. Le principe de fonctionnement comporte les temps suivants :

- Chargement-dosage
- Malaxage
- déchargement.

Dans la préparation, il faut prendre soin de laver soigneusement les agrégats afin d'en éliminer les impuretés qui risqueraient de diminuer la résistance du béton ; de plus le dosage doit être scrupuleusement respecté car il influe directement sur le comportement ultérieur des structures. Des échantillons seront prélevés constamment pour procéder à des essais en laboratoire à 3. 7. 14. 21. et 28 jours.

3^e) Mise en oeuvre :

Le mode de transport du béton jusqu'au point de coulage dépend de la distance par rapport à la position sur le chantier de la centrale de production du béton. Au cours du transport il est impératif que la prise n'ait pas lieu. Suivant la disponibilité en espace on essaiera de positionner la centrale de production du béton dans un rayon équidistant des ouvrages à exécuter afin de minimiser la distance de transport. Si le cas le permet on placera la centrale de production dans le rayon d'action de la grue. Dans ce cas on éliminera la fonction transport. Dans le cas contraire, on peut utiliser soit :

- "camions malaxeurs" pour des distances supérieures à 2 km
- "Dumpers" pour des distances inférieures à 2 km (cas de ce projet).

Les camions malaxeurs sont équipés d'un système qui tient le béton en agitation pendant le transport ; de plus, il est toujours possible de réaliser un dosage à sec au niveau de la centrale, le malaxage se fera dans la dernière partie du parcours.

Les grues permettent le transport du béton jusqu'à pied-d'oeuvre dans des bennes dont la capacité varie entre 500 et 1.000 l.

Une fois à pied-d'oeuvre, il va falloir mettre en place le béton, mais avant d'effectuer cette opération, il est nécessaire d'effectuer certaine vérification à savoir :

- vérifier la propreté du coffrage et le nettoyer par un jet d'air comprimé
- s'assurer que la position des aciers correspond aux plans
- respecter les conditions d'enrobage
- . Dans le cas d'une reprise de bétonnage, piqueter, brosser et laver le joint de reprise.

Dans la mise en oeuvre du béton, il faut veiller à lui conférer les caractéristiques techniques exigées. Cette condition est en grande partie assurée par le compactage. Celui-ci permet de :

Norme unitaire de qualifiés $N_q = 0,45$

Norme unitaire de manoeuvres $N_m = 0,45$

$$\frac{N_m}{N_q} = \frac{r_m}{r_q} = 1$$

$$\frac{N_m}{N_q} = \frac{r_m}{r_q}$$

on aura alors

- 6 qualifiés

- 6 manoeuvres

$$r_m + r_q = 12$$

CONCLUSION :

L'équipe de montage coffrage sera composée de 12 hommes dont 6 qualifiés et 6 manoeuvres.

EQUIPE N° 3 : DECOFFRAGE

On a considéré une équipe de décoffrage identique à celle du montage coffrage et ce pour une raison d'uniformité.

De plus cette équipe pourra éventuellement renforcer l'équipe de montage coffrage.

EQUIPE N° 4 : MONTAGE FERRAILLAGE :

On peut calculer la quantité de fer par rapport à la quantité de béton (entre 80 et 120 kg d'acier/m³ de béton) ; par conséquent les courbes représentant l'effectif de l'équipe de montage donneraient les mêmes résultats que celles du béton.

Comme de plus les normes unitaires pour les qualifiés et manoeuvres sont égales ($N_m = N_q = 0,025 \frac{H \cdot h}{kg}$) on aura en conclusion :

L'équipe de montage ferraillage sera composée de 12 hommes dont 6 qualifiés et 6 manoeuvres.

EQUIPE N° 5 : MACONNERIE

Le bloc restaurant étant de conception exceptionnelle, on établira le calcul que pour les blocs dortoirs. On a :

$$N_t = \dots \dots \dots 2,90 H \cdot h/m^2$$

$$N_q = \dots \dots \dots 1,60 \quad "$$

$$N_m = \dots \dots \dots 1,30 \quad "$$

$$Q_a = Q_b = \dots \dots \dots 2 \ 220 \ m^2$$

$$Q_c = \dots \dots \dots 2 \ 540 \ m^2$$

$$r_a \cdot t_a = \frac{2 \ 220 \times 2,90}{8} = 805 \quad (1)$$

$$r_c \cdot t_c = \frac{2 \ 540 \times 2,90}{8} = 921 \quad (2)$$

- Diminuer le pourcentage des vides dans le béton
- D'assurer une bonne adhérence aux aciers
- D'augmenter son indice d'imperméabilité

La technique la plus utilisée pour le compactage est la vibration. Celle-ci est obtenue à l'aide de dispositifs électriques ou pneumatiques. Les systèmes courants sur les chantiers sont :

- a) la pervibration par aiguilles : masse métallique étanche dans laquelle tourne un excentrique.
- b) La vibration des coffrages : plus fréquente sur les coffrage métallique.

Dans notre cas, on utilisera des pervibrateurs à aiguilles pneumatiques. L'air comprimé est fourni par des compresseurs. La vibration est transmise par immersion de l'aiguille dans la masse de béton.

Le tableau ci-joint résume les données des vibrateurs usuels :

Caractéristiques			Ø de l'aiguille en mm			
			30	50	70	100
1	longueur de l'aiguille	cm	31	37	41	45
2	masse de l'appareil complet environ.....	kg	4	6	13	24
3	Fréquence à l'air libre	vib mn	15 500	15 500	18 500	14 000
4	Fréquence dans le béton	"	13 000	13 500	16 000	12 000
5	Consommation d'air....	l/mn	600	900	1 700	1 600
6	Volume de béton serre.	m ³ /h	2 à 4	3 à 6	7 à 15	15 à 25
7	Indications pour les épaisseurs de murs.....	cm	30	40	50	> 50

Une fois le béton mis en place, il doit-être arrosé pour le maintenir à une température constante surtout en période de forte chaleur.

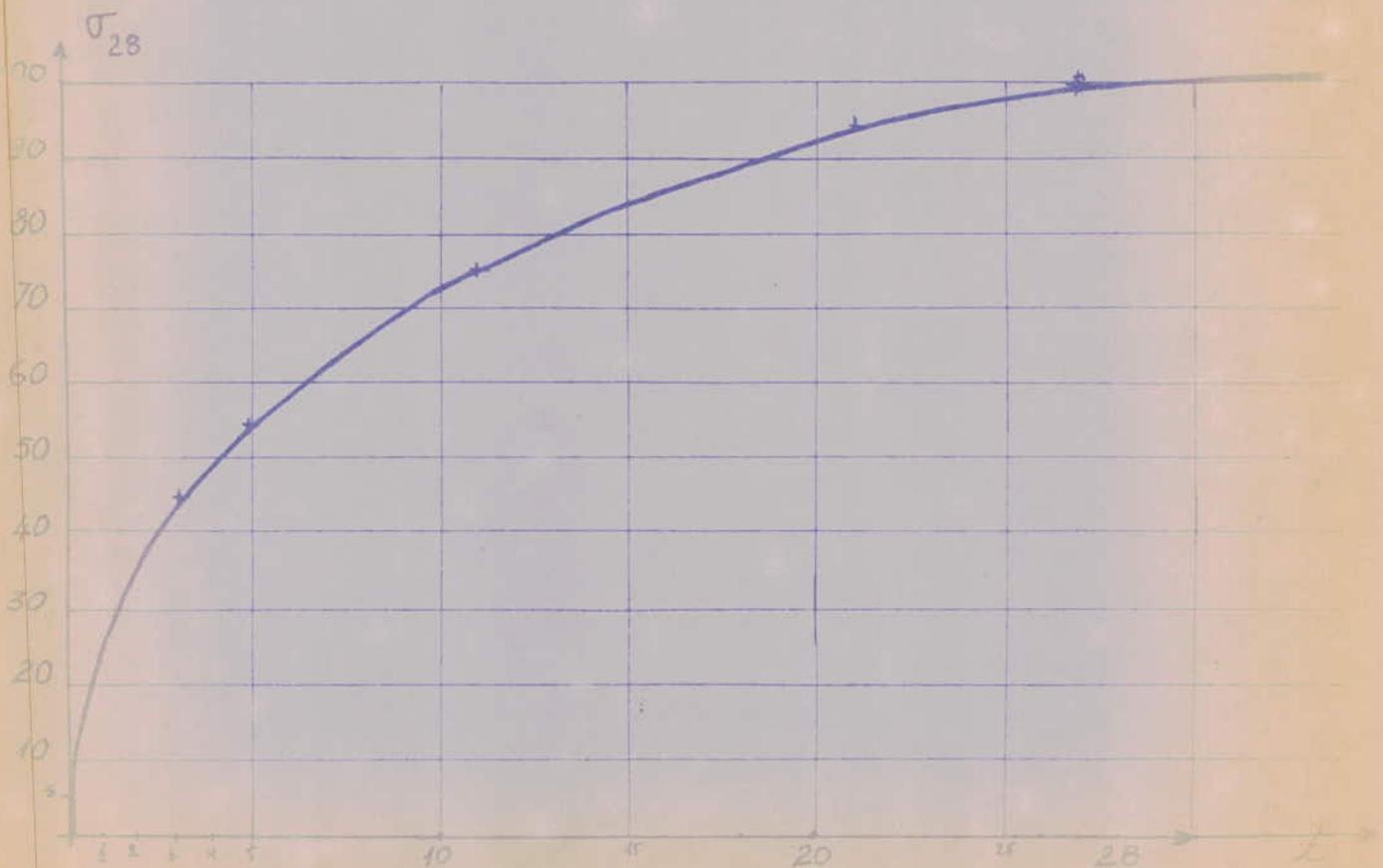
4^o) Décoffrage :

Cette partie a été développée dans le chapitre consacré au coffrage.

La courbe suivante donne la variation de la résistance du bé-

Données sur les vibrateurs usuels

N°	Caractéristiques	Unité	φ de l'aiguille en mm			
			30	50	70	100
1	longueur de l'aiguille	cm	31	37	41	45
2	masse de l'appareil complet	kg	4	6	13	24
3	fréquence à l'air libre	vb/mn	15.500	15.500	18.500	14.000
4	fréquence dans le béton	vb/mn	13.000	13.500	16.000	12.000
5	Consommation d'air	l/mn	600	900	1700	1600
6	Volume du béton serré	m ³ /h	2 à 4	3 à 6	7 à 15	15 à 25
7	Indications pour les épaisseurs de murs	cm	30	40	50	>50



Résistance du Béton en fonction du Temps

.../...
53
ton avec le temps de durcissement.

On admet que le béton atteint sa résistance nominale à 28 jours d'âge.

VI ETANCHEITE ET MISE HORS D'EAU DU BATIMENT :

Cette intervention revêt une importance capitale pour la suite des travaux. S'agissant de travaux de finition (enduits, revêtements de sol ; canalisations etc...) ; donc ne pouvant pas résister aux infiltrations dues aux eaux de pluies. La pose du complexe d'étanchéité est précédée par l'exécution de la forme de pente et la chape de régularisation qui seront soigneusement contrôlées. Les formes de pente devront avoir le minimum imposé par les normes pour faciliter les écoulements des eaux, et avoir une épaisseur moyenne de 3 cm. A l'application du revêtement d'étanchéité ; le support sera nettoyé sec et débarrassé de toutes les aspérités susceptibles de retenir l'eau.

La mise en place de la barrière parre vapeur peut jouer le rôle d'étanchéité provisoire ; car elle assure la mise hors d'eau du bâtiment ; la finition étant faite ultérieurement. Cette barrière comprend en général :

- 1 couche d'imprégnation
- 1 E . A . C (enduit à chaud)
- 1 feutre comportant une âme en aluminium 8/100 avec du bitume sur les deux faces
- 1 E . A . C qui peut servir au collage des panneaux isolants en dalles de liège en aggloméré de 40 mm d'épaisseur en moyenne.

L'étanchéité présente plusieurs variantes, avec des systèmes adhérents en feutre bituminé et se présente sous la forme suivante :

- couche d'imprégnation (1 fois)
- couche d'enduit à chaud (4 fois)
- couche de feutre bitumé surfacé (3 fois)

Les terrasses inaccessibles seront protégées soit à l'aide de gravillons soit par carrelage ; dans ce cas le système d'étanchéité est en général indépendant.

La protection des joints de dilatation horizontaux sur terrasse sera exécutée par un soufflet en zinc garni d'une chape de bitume armé type 40 avec feuille d'aluminium.

Les salles d'eau (cuisines, salles de bain, toilettes) recevront une étanchéité sur planches comprenant :

- 1 couche d'imprégnation
- 2 couches d'enduit à chaud

VII LES MACONNERIES ET ENDUITS :

Toutes les distributions intérieures sont exécutées en briques creuses dont l'épaisseur est indiquée sur les plans d'architecture. Ces briques seront posées soient à plat soit sur champs. Elles sont

.../...

hourdées au mortier bâtard qui est obtenu en mélangeant du sable, du ciment et de l'eau dans des proportions définies. Les cloisons seront protégées contre les ébranlements, les chocs et les dégradations des arêtes vives et des parements. La pose des briques sera faite à bain soufflant de mortier et les joints devront être pleins du premiers coup sans garniture intérieure. Ces maçonneries devront présenter des aplombs satisfaisants dans les tolérances admises. En effet, les flèches admises pour les parements sont de 0,02 m pour un cordeau de 10 m tendu sur le parement en question. Pour les maçonneries en double paroi ; on veillera à ce que les vides ne contiennent pas de corps étrangers.

Les cloisons ou murs devant recevoir des revêtements en faïence seront hourdées au mortier avec liant hydraulique.

Le montage des huisseries et bâtis des portes et fenêtres se fera en même temps que la construction des maçonneries. En effet, les faces de huisserie qui sont en contact avec les murs sont rainées en général sur une profondeur de 10 mm et sur une largeur nécessaire pour l'encadrement des briques.

Les enduits intérieurs précèdent en règle générale, les enduits extérieurs dans le déroulement de l'exécution d'un ouvrage et ce pour permettre un séchage adéquat de l'enduit. La pénétration de l'air se fera par les baies encore ouvertes et à travers les vides encore existants à travers les joints des briques. Pour les enduits intérieurs ; on utilisera soit le mortier bâtard ; soit le mortier de chaux hydraulique fini au plâtre gris. Ces enduits seront exécutés en prenant toutes les précautions nécessaires surtout en période de chaleur ; les surfaces étant humidifiées au préalable et débarrassées de tous les corps étrangers. Le mortier de remplissage des trous de boulins ou d'échaffaudage devra être placé à temps voulu pour qu'il ne puisse faire des tâches dans les enduits.

Les enduits seront en général traités en 2 ou 3 couches ; la première sous couche présentant une surface rugueuse accentuée par des stries à la truelle.

Au cours de cette opération ; l'équipe des électriciens veillera à mettre en place toutes les canalisations encastrées dans les cloisons et sur dalle. Une fois cette opération terminée, on peut passer à la mise en place des revêtements de sol (carreaux 20 x 20 en général), qui seront placés au cordeau à bain soufflant de mortier gras d'une épaisseur minimum de 0,10 m. Les joints seront garnis de coulée de ciment et exécutées en même temps que la pose des revêtements. On veillera à ce que la planitude soit assurée avec une tolérance de 1 mm par deux mètres.

VIII PEINTURE ET VITRERIE :

Les peintures seront réalisées en couches successives de tons légèrement différents allant du moins clair au plus clair. Elles seront appliquées au rouleau ou à la brosse. Chaque couche sera correctement croisée, exception faite pour les peintures à l'eau et les peintures vernissées. Une nouvelle couche ne sera appliquée qu'après une révision complète afin d'éliminer les aspérités et les irrégularités ainsi que les gouttes. On veillera aussi à ce que la peinture soit déjà sèche

avant d'appliquer la couche suivante. En règle générale, les peintures intérieures précèdent les peintures extérieures.

Une fois que les peintures sont achevées, les équipes d'électriciens reviennent sur place pour mettre les appareils lumineux afin d'éviter toutes les pertes et détériorations.

IX LE TRANSPORT SUR CHANTIER :

Le transport est une des opérations les plus importantes sur chantier. Une bonne organisation des transports équivaut à une bonne organisation de chantier donc un meilleur rendement, à une diminution des charges d'exploitation et d'entretien, et a un gain de temps. On veillera à éviter tous les encombrements dans le chantier. Ceci se fera en déterminant les dépôts de matériaux ; en définissant les routes intérieures au chantier, les circuits des camions d'approvisionnements, les circuits des engins de ravitaillement tels que : dumpers, remorques ; en aménageant des pistes d'accès ; en pensant au système de manutention

La distribution des ouvrages de ce projet permet au vu du plan de masse de tirer à cestade certaines instructions. :

(1) La distance de transport du béton étant inférieure à 2 km en utilisera des dumpers de capacité de 1 000 litres.

(2) le transport vertical sera assuré par des grues. Les bâtiments étant de faible hauteur (R + 1 ou R.D.C) Il est préférable d'utiliser des grues mobiles automotrices qui peuvent assurer plusieurs postes à la fois.

(3) L'ensemble des bâtiments étant ceinturé par deux routes : la route principale sera empruntée par les camions de ravitaillement en matériaux ; la route secondaire par les dumpers.

L'ensemble de ces instructions sera repris dans le plan général de l'organisation de chantier qui visualise l'organisation interne de chantier.

X LA SECURITE SUR LE CHANTIER :

C'est une obligation dans l'organisation du chantier. L'accident imprévisible, inévitable est vraiment exceptionnel. On parvient à des conditions de sécurité adéquate en prenant les dispositions suivantes :

(1) doter le chantier de machines, d'outillages adaptés protégés et entretenus régulièrement.

(2) en assurant de manière constante l'ordre et la propreté des zones de travail.

(3) en contrôlant régulièrement les points dangereux (vides ; échelles, abords de machines etc...)

(4) En éduquant les ouvriers et les responsables de chantier.

Par ces mesures on atteint deux buts :

- La sécurité de l'individu
- La sécurité de l'ouvrage.

METHODOLOGIE DE L'ORGANISATION DE L'EXECUTION

A la lumière des conditions générales de travail, l'analyse qualitative et quantitative du projet de construction dans son ensemble et dans ses détails nous permet d'établir a priori une méthodologie de l'organisation de l'exécution ; son but est de :

- Définir l'ensemble des paramètres de base qui seront retenus dans les calculs ultérieurs.
- Définir les contraintes techniques et organisationnelles
- D'adopter une politique d'approche de l'organisation du chantier

I. DEFINITION DES PARAMETRES DE BASE :

1 : Définition des secteurs :

1.1 Principes :

Comme il a été dit dans l'exposé sur la méthode à la chaîne un secteur est un espace de travail délimité en fonction de considérations constructives et organisationnelles :

Considérations-constructives telles que :

- joints de rupture ou de dilatation
- dénivelés
- variation de surface d'un niveau à un autre etc...

Considérations - Organisationnelles :

Les secteurs qui divisent l'ouvrage doivent avoir approximativement les mêmes consommations des travaux (on admet une différence d'environ 20 %) ; si l'on respecte cette condition les modules de temps et l'effectif des équipes seront gardés approximativement constants pour les mêmes cycles de construction.

. l'équipe travaillant sur un secteur doit disposer d'une surface suffisamment grande pour travailler dans des conditions optimum.

On peut faire cette vérification en comparant la surface spécifique de travail pour chacun des ouvriers à la surface idéale établie par les normes.

Dans le cas où l'on ne dispose pas de normes, on doit faire confiance au jugement personnel et vérifier les résultats par quelques tests d'essais.

1.2 Application :

a) bâtiments dortoirs :

Les bâtiments dortoirs A et B sont identiques. Ils comportent deux niveaux (R.D.C. + Etage) divisés par un joint de dilatation. Le bloc séchoir est compris d'un côté seulement du joint de dilatation (cf. vue en plan). Cette position du bloc dortoir nous dirige vers le choix

d'un niveau du bâtiment comme secteur.

On a donc un secteur de travail par niveau de bâtiment correspondant à une surface :

$$S_A = S_B = 800 \text{ m}^2$$

Pour une raison d'homogénéité évidente, un secteur de travail correspondra pour le bâtiment dortoir type "C" à un niveau

$$S_C = 640 \text{ m}^2$$

La différence de surface entre un secteur des bâtiments type "A" et "B" et un secteur du bâtiment type "C" est :

$$\Delta S = S_A - S_C = 800 - 640 = 160 \text{ m}^2$$

$$\text{soit en pourcentage } \frac{\Delta S}{S_A} \times 100 = 20 \%$$

CONCLUSION :

A priori on peut introduire le bâtiment dortoir type "C" dans un processus à la chaîne avec les bâtiments type "A" et "B" qui sont identiques.

b) Bâtiment "RESTAURANT" :

Comme le montre la vue en plan ; cet ouvrage se présente sous la forme d'un carré divisé par deux joints de dilatation orthogonaux isolant la partie restauration et la partie cuisine. Il est donc tout indiqué de conserver au niveau du choix des secteurs cette division fonctionnelle. On a donc partagé le restaurant en deux secteurs tels que :

$$S_{R1} = 580 \text{ m}^2$$

$$S_{R2} = 490 \text{ m}^2$$

N. B. :

La vue en coupe de l'ouvrage appuie cette division de secteur vue que toute la partie cuisine (secteur 2) est surelevée d'une hotte permettant l'éclairage et l'évacuation de l'air chaud et de la vapeur.

2 - DEFINITION DES EQUIPES :

Le principe du flux continu est fondé sur l'exécution rythmique des processus répétitifs de la construction, par des équipes spécialisées (coffrage, ferrailage, bétonnage ...). Sur le secteur de travail les équipes spécialisées se succèdent dans l'exécution des tâches qui leur incombent sur un même secteur, un même poste de travail doit-être occupé par une seule équipe.

.../...

Afin de respecter l'uniformité de la main d'oeuvre, on doit s'efforcer de garder pour un même processus d'exécution, un effectif autant que possible constant. Dans ces conditions deux cas peuvent se présenter :

a) Quantités de travaux identiques sur tous les secteurs :

C'est le cas des ouvrages linéaires absolument répétitifs où la quantité de travail d'un processus reste identique sur l'ensemble des secteurs de travail. Ce cas est rare en pratique.

Par approximation on a classé les trois bâtiments dortoirs type "A", "B" et "C" dans cette catégorie.

Pour les divers processus de réalisation, les équipes ont une composition constante ; les modules de temps sur chaque secteur approximativement égaux.

b) Quantités de travaux différents sur chaque Secteur :

C'est le cas le plus souvent rencontré dans la pratique ; ceci se traduit par des durées différentes d'un secteur à un autre et des processus à l'autre.

La bâtiment restaurant du projet étant un ouvrage spécifique et unique, il rentre obligatoirement dans ce cas, On a néanmoins essayé de garder la continuité des processus répétitifs tel que le coffrage, le ferrailage, le bétonnage etc....

2.2 : Définition des équipes :

Pour l'ensemble des travaux on a considéré les équipes spécialisées suivantes :

N° 1 : Equipe des terrassiers

Equipe de main d'oeuvre ordinaire affecté aux travaux de terrassements manuels, de remblayage, d'herrissonage, de sablage, de nettoyage ainsi qu'aux travaux similaires annexes.

N° 2 : Equipe de bétonnage :

Affectée à la mise en oeuvre du béton (coulage vibrations, etc....)

N° 3 : Equipe de coffrage :

Affecté à la pose et au montage du coffrage.

N° 4 : Equipe de ferrailage :

Affectée au montage et à la pose du ferrailage.

N° 5 : Equipe de Décoffrage :

Afin aux opérations de décoffrage ; au ramassage des panneaux, à leur tirage et à leur expédition vers l'atelier de coffrage pour leur reconditionnement.

N° 6 : Equipe de Maçonnerie :

Procède à la mise en place des cloisements en maçonnerie.

N° 7 : Equipe de revêtements et enduits :

Exécute les enduits et les revêtements des sols et des murs.

N° 8 ; Equipe d'intervention :

Intervient pour l'ensemble des installations et réservations qui s'exécutent simultanément avec les opérations de gros-oeuvres. (béton, maçonnerie) telles que cablage, tuyauterie, réservations encastrées.

N° 9 : Equipe de finition :

C'est une équipe mixte affectée au travaux de peinture et de vitrerie.

N° 10 : Equipe d'installation :

Elle procède à la mise en place de l'appareillage électrique, sanitaire, de menuiserie etc.... avant la livraison du bâtiment.

N. B. :

Parallèlement à ces équipes on définit pour chaque poste de production et de préparation une équipe :

- . Equipe de production de béton et mortier
- . Equipe de préparation des coffrages
- . Equipe de préparation de ferrailage.

On a défini ainsi l'ensemble des équipes spécialisées qui interviennent successivement dans un secteur de travail ; ces équipes exécutent progressivement les travaux en respectant les décalages techniques et organisationnels définis dans les plannings de réalisation.

III. DIMENSIONNEMENT DES EQUIPES :

Les aléas de l'industrie du bâtiment veulent que la durée de chaque processus de réalisations ne saurait être fixée d'une manière précise ; à l'inverse la composition des équipes peut-être dimensionnée à l'avance.

REMARQUE :

La durée étant variable sous l'effet des conditions atmosphériques mais aussi de l'accoutumance, il faut donc la prévoir avec souplesse afin que le travail puisse s'effectuer sans entrave.

3.1 : Equation universelle :

Cette équation permet de calculer la ressources (main d'oeuvre, matériaux...) d'un processus de construction en fonction de son temps d'exécution. Elle s'écrit :

$$R = \frac{Q \times N_t}{t}$$

R = Rd_{source} (en unité ; hommes ; m³ etc.....)

R = Ressource (en unité ; hommes ; m3 etc...)
 Q = Quantité de travaux du processus (en unité : m3, m2 ml...)
 N_t = Norme unitaire de temps ; c'est-à-dire :
 - Le nombre d'heures nécessaires à un (1) homme pour exé-
 cuter une (1) unité de travail relative à la quantité "Q"
 (en homme X heure par unité)
 t = temps (en heures, jours, semaines...) pour exécuter les
 travaux relatifs à un processus sur un secteur ou "Module
 du temps".

N. B. :

Pour un processus quelconque la quantité de travaux et la nor-
 me unitaire sont connues.

Transposant la formule on obtient :

$$R \cdot t = Q \cdot N_t$$

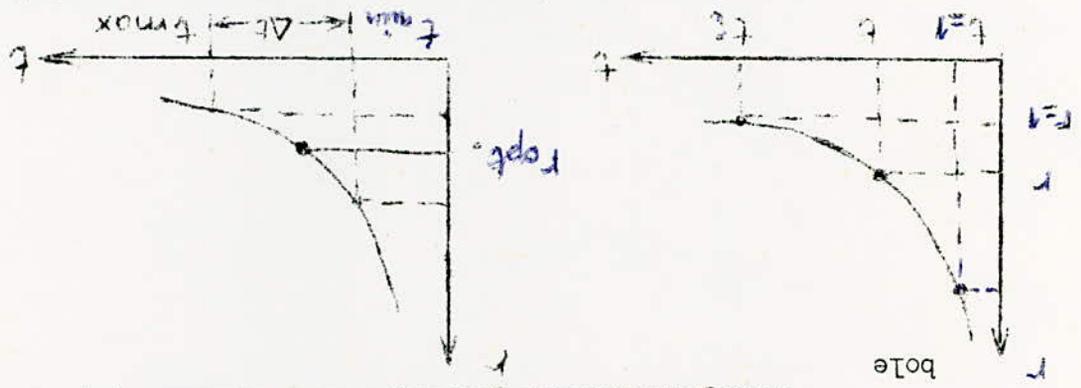
Q.R. représente l'efficacité Le volume de travaux relatif au processus ;
 elle est donc une constante de celui-ci et s'exprime en (hommes • heures)

Pour un processus donné on a donc :

$$R \cdot t = Q \cdot N_t \quad (1)$$

efficacité en hommes
 du temps en heures ou jours
 module

La représentation graphique de l'équation (1) est une hyper-



En donnant différentes valeurs de temps, on peut tracer pour
 chaque processus une courbe.

3.2 Etude de la Courbe :

1 - La courbe $r \cdot t = C_{te}$ est bornée par un effectif d'un
 homme et par un temps d'une relève de travail. A l'extérieur de ce
 domaine elle n'a aucun sens.

712 m3	.....	TOTAL : $Q_A = Q_B =$
81 m3	.....	Forme de pente.....
96 m3	.....	Dalle de compression.....
25 m3	.....	B. A. Préfabrique.....
14 m3	.....	Dalle sur hérisson.....
286 m3	.....	B. A pour élévation.....
96 m3	.....	Béton pour fondation.....
114 m3	.....	Béton de propreté.....

• Bloc Dortoirs type "A" et "B"

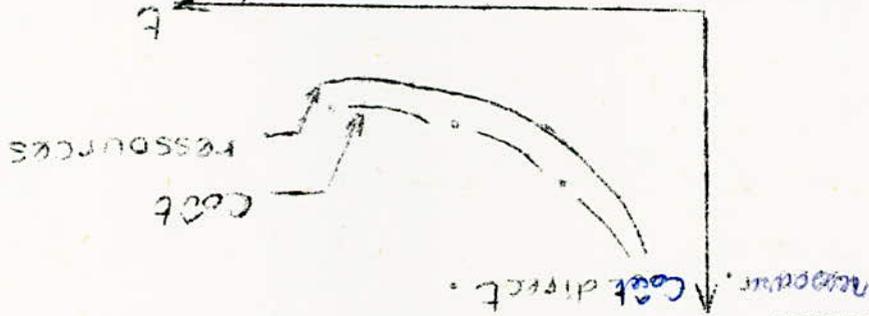
Le devis quantitatif donne comme quantités :
EQUIPE N° 1 : Coulage béton :

Il reste bien entendu que l'expérience de chacun par rapport à la réalité est décisive dans ce domaine.

A la lumière des constatations du paragraphe précédent, on va dimensionner pour chaque équipe en fonction des quantités de travaux à effectuer pour chaque processus et données dans les devis quantitatifs.

3.3 : Dimensionnement des équipes :

Cette situation du délai dans la fourchette Δt laisse espérer un coût optimum.



Si l'on remplace la ressource r par son coût direct, on obtiendrait une courbe homothétique à la première et donnant le coût en fonction du délai.

REMARQUE :

Le principe de calcul de l'effectif de l'équipe de réalisation d'un processus quelconque correspond à la recherche de la fourchette de dimensionnement optimum Δt

- 2 - On appellera ce domaine : le domaine réaliste.
- 3 - A l'intérieur du domaine réaliste, on peut limiter une fourchette de temps Δt à laquelle correspondra une fourchette de variation d'effectif dans laquelle on pourra fixer un effectif "adéquat" au volume de travail du principe.
- 4 - On appellera la variation Δt : fourchette de dimensionnement optimum.

. Bloc Dortoir type "C"

$Q_c = \dots\dots\dots 568 \text{ m}^3$

. Bloc Restaurant

$Q_r = \dots\dots\dots 681 \text{ m}^3$

Ecrivons l'équation universelle pour les trois (3) quantités, en considérant une norme unitaire moyenne de mise en oeuvre du béton

$N_t = 3,05 \text{ H. h/m}^3$

On obtient :

$r_a \cdot t_a = Q_a \cdot N_t$

$r_a \cdot t_a = 712 \times 3,05 \text{ (H. h)}$

$r_c \cdot t_c = Q_c \cdot N_t$

$r_c \cdot t_c = 568 \times 3,05 \text{ (H. h)}$

$R_r \cdot t_r = Q_r \cdot N_t$

$R_r \cdot t_r = 681 \times 3,05 \text{ (H. h)}$

Si on considère qu'une journée de travail correspond à une relève de huit (8) heures, on obtient /

(1) $r_a \cdot t_a = \dots\dots\dots 272 \text{ (H. J)}$

(2) $r_c \cdot t_c = \dots\dots\dots 217 \text{ (H. J)}$

(3) $r_r \cdot t_r = \dots\dots\dots 260 \text{ (H. J)}$

.../...

Traçons sur un même graphique les équations (1), (2) et (3), en donnant à t plusieurs valeurs. On obtient ainsi trois hyperboles sensiblement parallèles. (graphique 1)

L'étude des courbes montre que la fourchette de dimensionnement optimum est limitée comme suit :

$$18 \leq t \leq 27$$

Correspondant à un effectif : $10 \leq r \leq 15$

On prendra comme effectif global pour l'équipe béton $r = 12$ hommes

. Calcul de l'effectif par catégories :

La composition de l'équipe de bétonnage en qualifiés et manoeuvres sera calculée comme suit :

Soit :

r_q : effectif des qualifiés

r_m : effectif des manoeuvres

N_q : Norme unitaire des qualifiés ($N_q = 0,5 \frac{H \cdot h}{H^3 \cdot h}$)

N_m : Norme unitaire des manoeuvres ($N_m = 2,55 \frac{H \cdot h}{m^3}$)

t : La durée de réalisation du processus correspondant à l'effectif r .

Ecrivons l'équation universelle pour les qualifiés et les manoeuvres on obtient :

$$\begin{aligned} r_q \times t &= Q \times N_q & \frac{r_q}{r_m} &= \frac{N_q}{N_m} \\ r_m \times t &= Q \times N_m \end{aligned}$$

d'autre part on a : $r_q + r_m = r$

On obtient ainsi deux équations à deux inconnues

$$\begin{aligned} \frac{r_q}{r_m} &= \frac{0,5}{2,55} & \text{d'où} & \quad r_m = 10 \\ & & & \quad r_q = 2 \end{aligned}$$

$$r_q + r_m = 12$$

CONCLUSION :

L'équipe de coulage de béton sera composée de 12 hommes dont 2 qualifiés et 10 manoeuvres.

.../...

REMARQUE :

Le rapport $i = \frac{r_q}{r_m}$ peut-être significatif. En effet, il représente un indice de qualification de la tâche à exécuter ; c'est donc un indice de finesse de la tâche.

EQUIPE N° 2 : MONTAGE COFFRAGE

En fonction de la quantité de béton on calcule la quantité de coffrage ; On considère une moyenne de 6 m² de coffrage par m³ de béton

On obtient :

$$C_c = 568 \times 6 = \dots\dots\dots 3\ 410\ m^2$$

$$C_a = C_b = 712 \times 6 = \dots\dots\dots 4\ 270\ m^2$$

$$C_r = 681 \times 6 = \dots\dots\dots 4\ 090\ m^2$$

La norme moyenne du processus montage coffrage est :

$$N_t \text{ coffrage} = 0,90 \ H \cdot h / m^2$$

Pour une relève de travail de 8 heures par jours l'équation universelle s'écrit :

$$r_a \cdot t_a = \frac{4\ 270 \times 0,90}{8} \qquad r_a \cdot t_a = 480 \quad (1)$$

$$r_c \cdot t_c = \frac{3\ 410 \times 0,90}{8} \qquad r_c \cdot t_c = 384 \quad (2)$$

$$r_r \cdot t_r = \frac{4090 \times 0,90}{8} \qquad r_r \cdot t_r = 460 \quad (3)$$

Traçons les courbes sur un même graphique (fig. 2). L'étude des courbes montre que la fourchette de dimensionnement maximum est telle que :

$$33 < t < 45 \quad \text{soit} \quad 10 < r_{\text{coff}} < 15$$

On retiendra comme effectif pour le processus coffrage

$$r = 12 \text{ hommes.}$$

N O T A :

On s'aperçoit que l'effectif de l'équipe de coffrage est sensiblement identique à celui du bétonnage (12 ouvriers chacune).

Ce résultat est théoriquement prévisible puisque les équations $r \times t = c$ de l'équipe de coffrage et de l'équipe de ferrailage sont à une constante près identiques

La composition de l'équipe en qualifiés et manoeuvres se fait suivant le même principe que précédemment.

Traçons les courbes correspondant aux équations (1) et (2)
l'étude des courbes montre que l'effectif adéquat de l'équipe est telle
que :

$$16 < r_{\text{maç}} < 22 \text{ pour } 42 < t < 57$$

On prend comme effectif $r = 18$ hommes

Calculons la composition de qualifiés et manoeuvres

$$\left. \begin{aligned} \frac{r_q}{r_m} &= \frac{N_a}{N_m} = \frac{1,60}{1,30} = 1,23 \\ r_m + r_q &= r = 18 \end{aligned} \right\}$$

le calcul donne

$$r_m = 8 \text{ manoeuvres}$$

$$r_q = 10 \text{ qualifiés}$$

D'après le calcul une équipe dimensionnée d'une manière adéquate serait composée de 10 qualifiés et 8 manoeuvres ; on doit rajouter à cette équipe 2 manoeuvres afin de respecter la quantité N°11 des conditions générales de travail.

CONCLUSION :

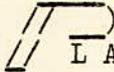
L'équipe de maçonnerie sera composée de 20 ouvriers dont 10 qualifiés et 10 manoeuvres.

Le tableau suivant reprend l'effectif et la composition de chacune des équipes considérées. (voir tableau)

On a ainsi défini l'ensemble des postes de travail et dimensionné les équipes qui leur sont affectées. Le paramètre effectif étant fixé, il sera considéré comme constant dans l'ensemble des calculs ultérieurs particulièrement dans le calcul des modules de temps de chaque processus simple.

Les résultats obtenus en "fin de course", confirmeront, infirmeront ou corrigeront, ces paramètres fixés à priori.

3ème Partie

 LANIFICATION

- CHAPITRE VIII : Calcul de nécessaire de matériaux
CHAPITRE IX : Eclatement en processus composants
CHAPITRE X : Analyse de chaque processus
CHAPITRE XI : Plannings d'exécution
CHAPITRE XII : Diagramme à barres ou G A N T T

2^a) Les consommations spécifiques correspondantes sont :

$$C_{s1} = 0,04 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$C_{s2} = 0,045 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$C_{s3} = 0,003 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

3^a) Le nécessaire en bois pour le bâtiment C est :

$$= 0,04 \times 767 + 0,0045 \times 2414 + 0,003 \times 1500$$

$$\text{Soit} = 145 \text{ m}^3$$

III. C.A.L.C.U.L. :

On a effectué le calcul pour dix (10) matériaux qui sont considérés comme principaux;

L'ensemble du calcul est groupé dans le tableau qui suit ; on a pris soin de spécifier pour chaque tâche la consommation spécifique qui lui correspond.

Le nécessaire de matériaux pour l'ensemble de la construction est repris dans le tableau récapitulatif ci - joint.

DESCRIPTION	UNITE	DEPASSE		EQUILIBRE		FINNET		BOIS		MONTANT									
		M ²	M ³																
Béton de propreté	m ³	120	0,900	108	0,400	48	0,150	18											
0,1 A sur fondation	m ³	150	0,900	153	0,400	68	0,350	60											
0,1 A sur élévation	m ³	250	0,900	234	0,400	104	0,350	91	0,04	41									
0,1 A sur fondation	m ³	1025							0,045	113									
0,1 A sur élévation	m ³	2500																	
For acrotère sur linteau	m ³	14	0,900	13	0,400	6	0,300	4											
Acrotère d'axe	kg	3400																	
Ruiss. d'axe	kg	38000																	
planch. pref. 12x44	m ²	1696	0,050	102	0,015	44	0,023	39	0,003	6									
planch. pref. 16x44	m ²	236	0,063	15	0,028	7	0,025	6	0,003	1									
toit de compression	m ²	88	0,900	80	0,400	31	0,350	24											
0,1 A sur élévation	m ²	95				2	0,0066	1											
0,1 A sur élévation	m ²	531				16	0,0043	5											
0,1 A sur élévation	m ²	1790				16	0,0028	5											
0,1 A sur élévation	m ²	1400				42	0,003	4											
0,1 A sur élévation	m ²	1372				27	0,006	8											
0,1 A sur élévation	m ²	1442				4	0,004	1											
0,1 A sur élévation	m ²	970				29	0,008	8											
0,1 A sur élévation	m ²	740				22	0,008	6											
0,1 A sur élévation	m ²	302				8	0,002	2											
0,1 A sur élévation	m ²	1400				8	0,002	2											

TOTAL

695

544

285

161

4842

10456

14750

36400

4392

1660

26 26400

51 6192

5 1000

1,03 3502
1,03 39,140

8 13568
8 1888

50 4750
100 53100
50 85500

NECESSAIRE EN MATERIAUX RESTAURANT

DESIGNATIONS	U	QUANTITE	CONCRETE		SABLE		LIMON		BOIS		ACIER		HOURS		BRIQUE		CARRÉLA		FAYENCE		ELIN	
			M ³	Q	M ³	Q	M ³	Q	M ³	Q	M ³	Q	KG	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
Béton de propreté	m ³	42	0,900	38	0,400	17	0,150	6														
B A sur fondation	m ³	150	0,900	135	0,400	60	0,350	53														
B A sur élévation	m ³	247	0,900	222	0,400	99	0,350	86														
Cof sur fondation	m ²	62,1							0,04	25												
Cof sur élévation	m ²	1780							0,045	77												
Poutre d'axe sur poutre	m ³	122	0,900	110	0,400	49	0,300	37														
table sous dalle	m ³	30			0,05	2																
Béton banché	m ³	4	0,900	4	0,400	2	0,350	1														
Acier doux	Kg	1754									1,03	1807										
Acier Tor	Kg	45.696									1,03	47.067										
plancherief 20x4	m ²	1200			0,03	36	0,027	32					8	9600								
dalle de compresse	m ³	48	0,900	43	0,400	19	0,350	17														
Magnum de 9x3t	m ²	75			0,031	2	0,0093	1														
gommérie de 3t	m ²	405			0,009	4	0,0027	1														
gommérie de 12t	m ²	460			0,025	12	0,004	2														
Magnumerie de 12,9t	m ²	100			0,047	5	0,0135	1														
Carrelage granite 20x20	m ²	390			0,03	12	0,003	1														
Patiense de 15x15	m ²	320			0,020	6	0,006	2														
planchies de 0,07	ML	362			0,003	1	0,001	0,5														
Endeef mort banded	m ²	210			0,030	6	0,008	2														
Endeef mort surveurs	m ²	565			0,030	17	0,008	5														
Endeef mort sous plaf.	m ²	400			0,025	10	0,006	2														
Soldes sous carrel.	m ²	390			0,05	10																

Totaux	634	359	218,5	106	488,4	9600	54590	10140	16320	1810
--------	-----	-----	-------	-----	-------	------	-------	-------	-------	------

NECESSAIRE EN MATERIAUX
DORTOIA "C"

DESIGNATIONS	U	QUANTITE	COCCASSE		SABLE		CIMENT		BOIS		ACIER		MOURDIS		BRIQUE		ARRELA		PATELLE		PLINTHES	
			M ³	Q	M ³	Q	T	M ³	Q	KG	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
Baton de propreté	m ³	31	0,900	28	0,400	12	0,150															
B.A sur fondation	m ³	111	0,900	100	0,400	44	0,350															
B.A sur élévation	m ³	214	0,900	193	0,400	86	0,350			0,04	31											
Cof. en fondation	m ²	FCF								0,045	109											
Cof. en élévation	m ²	2414																				
Forçarise s/ herisson	m ²	1	0,900	1	0,400	0,5	0,300	0,5														
Acier doux	Kg	8500									1,03	2575										
Acier Tor	Kg	20600									1,03	21218										
planch. pref. 12x14	m ²	1500	0,060	90	0,026	39	0,023	35	0,003	5			8	12000								
lalle compression	m ³	60	0,900	54	0,400	24	0,350	21														
Briques de 9T	m ²	1245			0,022	27	0,0066	8														
Briques de 9+3T	m ²	60			0,031	2	0,0093	1														
Briques de 3T	m ²	616			0,009	6	0,0027	2														
Briques de 12+9T	m ²	681			0,047	32	0,0135	9														
Baton moulé hydrof.	m ³	4	0,900	4	0,400	2	0,350	1,5														
Carrélage 80x20	m ²	1040			0,03	31	0,003	3														
Pateince 15x15	m ²	440			0,020	9	0,006	3														
Plinthes de 9T	FL	590			0,003	2	0,001	1														
End. ext. mort betard	m ²	607			0,030	18	0,008	5														
End. int. cim. s/ murs	m ²	375			0,030	12	0,008	3														
End. cim. s/ plafond	m ²	248			0,025	6	0,006	1														
Sable s/ carrelage	m ²	1040			0,05	52																
TOTAL			470		4045		213		445		23733		12000		15669		27040		22440		2950	

Necessaire en materiaux

Tableau récapitulatif

N ^o	MATERIAUX	U	B A T I M E N T S				TOTAL
			DORTOIR "A"	DORTOIR "B"	DORTOIR "C"	RESTAURANT	
1	Craie cassé	m ³	695	695	170	694	2654
2	Sable	m ³	514	514	405	359	1892
3	Ciment	T	285	285	213	219	1002
4	Bois	m ³	161	161	115	106	543
5	acier	Kg	42642	42642	23793	48874	157951
6	Boards	U	15456	15456	12000	9600	52512
7	Briques	U	147350	147350	156659	54500	505859
8	Carrélage 20 x 20	U	36400	36400	27040	10140	109980
9	Falence 15 x 15	U	69972	69972	22440	16320	178704
10	Plinthes	U	7060	7060	2950	1810	18880

CHAPITRE IX ECLATEMENT EN PROCESSUS COMPOSANTS

La technologie d'exécution adaptée (cf CH. 6) va introduire l'ensemble des étapes décomposants les opérations de construction.

En général tout ouvrage peut être divisé en quatre (4) types de travaux.

- Travaux en infrastructure en travaux souterrains
- Travaux en superstructure en travaux en élévation
- Travaux en terrasse
- Travaux extérieurs.

L'étude des plans définissant l'ouvrage permet de déterminer l'ensemble des tâches (ou processus d'exécution) représentant la totalité de l'ouvrage à exécuter. Chaque processus d'exécution est définie par sa technologie, sa durée et sa consommation en moyens (matériaux, matériel et main d'oeuvre).

1°) Sur cette base on a défini les processus suivants:

1°) TRAVAUX EN INFRASTRUCTURE

- Fouilles
- Fondations
- Raccordements (E.U ; E.P ; E.V)
- Coffrage et ferrailage
- Bétonnage
- Decoffrage
- Remblayage + HERISSONAGE.
- Installation

2°) TRAVAUX EN ELEVATION

- Coffrage - ferrailage
- Bétonnage
- Decoffrage
- Maçonnerie
- Étanchéité
- Enduit
- Revêtement sols et murs
- Installations technico-sanitaire
- Finition

.../...

3^o) TRAVAUX EN TERRASSE

- Isolation
- Forme de pente
- Etanchéité
- Protection d'étanchéité

4^o) TRAVAUX EXTERIEURS

- Enduits extérieurs
- Finition extérieurs
- Nettoyage autour du bâtiment
- Trottoirs

Les processus ainsi défini constituent les éléments de "base" de la programmation de l'ouvrage. Il s'agit alors d'analyser chacun d'eux individuellement et d'étudier les relations entre l'ensemble.

CHAPITRE X ANALYSE DE CHAQUE PROCESSUS

- CALCUL DU MODULE DE TEMPS -

Le processus ou tâche étant l'élément de la programmation il doit être défini par toutes ses composants à savoir:

- Sa position dans le temps et dans l'espace de travail
- Sa durée
- Ses consommations

Trois (3) conditions vont nous guider vers la détermination de ces paramètres.

- 1^o Le respect de la technologie d'exécution.
- 2^o Le respect de tout ce qui a été défini par l'Architecte et les projeteurs et transcrits dans les plans d'exécution
- 3^o Le respect de la réalité du chantier afin de rattraper une éventuelle erreur et permettre la souplesse dans l'exécution.

Il apparait alors trois (3) sortes de taches

- Les taches de production traduisant l'avancement des travaux.
- Les taches d'attente imposées soit par la technologie (attente technologique) soit par l'organisation (attente organisationnelles)
- Les taches de relation (tâches fictives)

Les tableaux suivants reprennent pour chacun des ouvrages, l'ensemble des taches de production et d'attente en indiquant les caractéristiques de chacune à savoir:

- Sa consommation totale en matériaux
- Sa consommation par secteur
- Sa norme d'exécution unitaire
- Son volume de travail en hommes heures et en hommes jours
- Son effectif d'exécution
- Sa durée en jours.

L'effectif des équipes étant déjà dimensionné (ch6) les quantités de travaux par secteur connus, la durée de la tâche reste alors la seule inconnue de l'équation universelle qui rappelons le

s'écrit : $r \cdot t = Q \times N_t$

soit $t = \frac{Q \cdot N_t}{r}$

EXEMPLE DE CALCUL:

OUVRAGE : RESTAURANT

TRAVAUX EN INFRASTRUCTURE

PROCESSUS N°12 : MONTAGE COFFRAGE FERRAILLAGE LONGRINE

SECTEUR N° 1

QUANTITES TOTALE :

COFFRAGE : QT = 510 m2

FERRAILLAGE : QT = 7800 kg

QUANTITES PAR SECTEUR:

COFFRAGE : $Q_s = 179$ m2

FERRAILLAGE : $Q_s = 3800$ kg

NORMES UNITAIRES:

QUALIFIES { Coffrage - $N_q = 0,4$ h/m2 ou $\frac{0,4}{8}$ H.J
 Ferrailage $N_q = 0,026$ H.h/m2 ou $\frac{0,026}{8}$ H;J

~~travaux~~ idem

~~Application de l'équation universelle pour les qualifiés.~~

$r \times t = \frac{Q_s \times N_q}{8}$

Soit { coffrage : $r \times t = \frac{179 \times 0,4}{8} = 9$ H.j
 cof

ferrailage : $r \times t = \frac{3800 \times 0,026}{8} = 9$ H.J

.../...

On connaît $\left\{ \begin{array}{l} r \text{ cof} = 6 \\ r \text{ fer.} = 6 \end{array} \right.$ d'où $\left\{ \begin{array}{l} t \text{ cof} = 2J \text{ par} \\ t \text{ fer} = 2j \text{ par exees} \end{array} \right.$

Comme la norme des manoeuvres est identique on aura:
la durée du processus coffrage ferrillage longrines est

$$T = t_{\text{cof}} + t_{\text{ferr.}} = 2 + 2 = 4 \text{ jours}$$

REMARQUE:

Pour compenser les aleas de la construction, les durées des taches d'attente ont été légèrement surdimensionnées. Il en est de même pour certaines taches délicates telle que les fouilles où l'étanchéité qui dépendent directement des conditions atmosphériques.

Les taches étant ainsi complètement définies, leur relation technologiques connues on peut proceder à leur exploitation graphique pour obtenir les documents de planifications.

TABLEAUX CONCERNANT LES CALCULS DES QUANTITES, DES
VOLUMES DE TRAVAIL, DES EQUIPES ET DES DUREES POUR
CHAQUE ACTIVITE, DU RESTAURANT ET DES TROIS DORTOIRS.

B¹C Travaux en élévation

N°	Désignations	U	Q ^{be} Totale	Q ^{te} par Secteur	Norme Unit		Vol. Travail H.H		Vol Travail H.J		Equipes		Durée	Obs.	
					Qual.	m.o	Qual.	m.o.	Qual.	m.o.	Qual.	m.o.			
23	Exécution forme de pente sur terrasse	m ³		64	0,20	13	13	2	2			2	} 20		
24	Chape lisse sur forme de pente	m ²		640	0,25	288	160	36	20			3			
25	Exécution etanchéité multicouche	m ²		640	0,70	448	64	56	8			8			
26	Relève d'étanchéité	m ²		184	0,70	129	18	16	3			2			
27	protection etanchéité par gravillons	m ²		640	0,10	64	128	8	16			2			

INFRASTRUCTURE RESTAURANT

N°	Designations	U	Q ^{te} Totale	Q ^{te} par Secteur	Norme Unit		Vol. Travaux		H.H.		Vol. Travaux P.I.		Equipés		Durée (Jours)	Ols
					Qual	m.o	Qual	m.o	Qual	m.o	Qual	m.o	Qual	m.o		
	Montage ferraillage longrines S ₁	Kg	7800	3800	0,026	0,026	78	9	78	9	9	6	6	2		
	ferraillage longrines massive S ₂	Kg	7800	4000	0,026	0,026	104	13	104	13	13	6	6	2		
13	Coulage Longrines Secteur 1	m ³	78	38	0,5	2,5	95	3	95	3	12	2	10	1		
	Coulage longrines, massifs, béton banché S ₂	m ³	78	40	0,5	2,5	100	3	100	3	13	2	10	1		
14	Attente et décoffrage Secteur 1													4		
	Attente et décoffrage Secteur 2													4		
15	Execution herisson Secteur 1	m ³	225	124	-	4,26	528	-	528	-	66	-	10	6		
	Execution herisson Secteur 2	m ³	225	101	-	4,26	430	-	430	-	53	-	10	6		
16	Execution couche de sable S ₁	m ²	1000	550	-	0,05	28	-	28	-	4	-	4	1		
	Couche de sable sur herisson S ₂	m ²	1000	450	-	0,05	23	-	23	-	3	-	4	1		
17	Montage treillis soudé dalle S ₁	Kg	2500	1375	0,026	0,026	36	5	36	5	5	6	6	1		
	Montage treillis soudé pour dalle S ₂	Kg	2500	1125	0,026	0,026	29	4	29	4	4	6	6	1		
18	Coulage béton dalle S ₁	m ³	128	70	0,5	2,5	35	4	35	4	22	2	10	2		
	Coulage béton dalle Secteur 2	m ³	128	58	0,5	2,5	23	3	23	3	18	2	10	2		

RESTAURANT ELEVATION

N°	Designations	U	Q ^{te} Totale	Q ^{te} par Secteur	Norme Unit		Vol. Travail H.H		Vol. Travail H.E		Equipes		Durée (Jours)	Obs
					Qual.	m.o	Qual.	m.o.	Qual.	m.o.	Qual.	m.o.		
18	Montage menuiserie bois et métallique S1	U		58	2	1	116	58	15	8	6	4		
	Montage menuiserie bois et métallique S2	U		33	2	1	66	33	8	4	6			
19	Enduit mignonnette intérieurs S1	m ²		72	2	1	144	70	18	9	10	3		
	Mignonnette sur murs extérieurs S2	m ²		30	2	1	60	30	8	4	10			
20	Peinture et vitrerie S1													
	a) Travaux préparatoires													
	b) Anti-rouille	m ²		219	0,15	0,10	33	22	5	3	6	12		
	c) peinture à l'huile	m ²		1440	0,12	0,16	173	230	22	29	6			
	d) peinture vinyle													
	e) finition à l'huile et vinyle													
	f) vitrerie													
	Peinture vitrerie Secteur 2													
	a) Travaux préparatoires													
	b) Anti-rouille	m ²		500	0,15	0,10	75	50	10	7	6	12		
	c) peinture à l'huile	m ²		410	0,12	0,16	49	66	6	9	6			
	d) peinture vinyle													
	e) finition à l'huile et vinyle													
	f) vitrerie													
*	Travaux en terrasse													
21	Isolation thermique liège Sect 1	m ²		679	0,20	0,20	136	136	17	17	10	2		
	Isolation thermique liège Sect 2	m ²		550	0,20	0,20	110	110	14	14	10	2		
	Execution forme de pente S1	m ³		51	0,20	0,20	10	10	2	2	10	2		
	Execution forme de pente S2	m ³		55	0,20	0,20	11	11	2	2	10	2		
	Execution ébanchée multicouche S1	m ²		680	0,70	0,10	476	68	60	9	10	6		
	Execution ébanchée multicouche S2	m ²		550	0,70	0,10	385	55	48	7	10	6		
	Protection de l'ébanchée par gravillons S1	m ²		680	0,10	0,20	68	136	9	18	10	2		
	Protection ébanchée par gravillons S2	m ²		550	0,10	0,20	55	110	7	14	10	2		

CHAPITRE XI

PLANNINGS D'EXECUTION

Dans l'établissement de la planification, on a utilisé successivement les trois méthodes exposées dans la théorie :

- la méthode PERT qu'on a appliquée pour le restaurant
- la méthode des Antécédents ou des Potentiels qu'on a appliquée pour les trois dortoirs A, B et C.
- la méthode à la chaîne pour les trois dortoirs également et ce, à titre comparatif.

I. RESEAU PERT :

Les tâches étant définies et leurs durées respectives calculées, il s'agit d'appliquer la théorie de la METHODE PERT (cf. CH. II) pour l'établissement d'un réseau qui constitue l'ordre dans lequel les tâches peuvent (ou doivent) être exécutées.

On obtient ainsi, un réseau à 110 tâches et 80 évènements avec un délai de réalisation de 200 jours ouvrables.

L'analyse de réseau tâche par tâche a été exploitée de deux manières :

1^o) Manuellement :

On a calculé ainsi pour chaque tâche :

- . La date au plus tôt de l'évènement de début de la tâche
- . La date au plus tard de l'évènement de début de la tâche
- . Sa marge libre
- . Sa marge totale

L'ensemble des résultats est repris dans le tableau ci-joint. l'ensemble des tâches de marge nulle constitue les tâches critiques et le chemin qui le relie : le chemin critique.

2^o) Mécaniquement :

Le calcul est fait sur les ordinateurs IBM 1130 par l'intermédiaire d'un programme dénommé PMS 360. Ce programme exploite le réseau directement en jours calendaires calculés à partir d'une date de démarrage donné. Le programme PMS 360 permet dix (10) sorties différentes :

- a) classement des tâches par prédécesseur - successeur
- b) classement par département et date au plus tôt
- c) classement par département et date au plus tard
- d) classement par marge primaire.

- d) classement par date au plus tôt
- e) classement par date au plus tard
- f) classement de chaque département par rapport à la date au plus tôt
- g) classement de chaque département par rapport à la date au plus tard.
- h) classement par successeur - prédécesseur
- i) classement suivant le code cycle "GANTT"

L'unité de temps de ce programme est la semaine sur une base de six jours de travail par semaine.

L'exploitation manuelle ou mécanique du réseau conduit à un même délai de 200 jours. Il est bien évident que plus le nombre de tâche est important et plus l'exploitation manuelle devient difficile si ce n'est impossible.

II. LA METHODE DES POTENTIELS :

Conformément à la théorie exposée dans le chapitre II, on a appliqué la méthode des potentiels au trois (3) dortoirs A, B et C en respectant toutes les relations d'ordre technologique ou organisationnel.

On obtient ainsi un réseau à 181 tâches avec un délai de réalisation de 425 jours ouvrables.

L'analyse du réseau se fait manuellement et directement sur les graphiques. On a calculé aussi pour chaque page :

- Sa date de début au plus tôt
- Sa date de début au plus tard
- Sa date de fin au plus tôt
- Sa date de fin au plus tard
- Sa marge libre
- Sa marge totale

L'ensemble de ces résultats est reproduit sur le réseau.

Malgré les différences de formulation entre les deux méthodes (PERT ET POTENTIEL) on constate qu'elles aboutissent au mêmes résultats, à savoir l'établissement d'un planning de réalisation.

Néanmoins l'exploitation mécanique est beaucoup plus aisée, vu l'existence de programme déjà établi pour la méthode PERT.

III. LA METHODE A LA CHAINE :

On a établi à titre comparatif, un cyclogramme des tâches de travaux des bâtiments A, B, C.

L'introduction des contraintes de continuité des forces de travail entraîne obligatoirement un rallongement du délai d'exécution et la suppression des marges..

.../...

Dans ce cas, toutes les tâches deviennent critiques ainsi que tous les chemins. On obtient ainsi un graphique (cyclogramme) qui même s'ils visualisent clairement le phénomène de succession des forces de travail, reste trop rigide pour une application pratique.

- . RESEAU PERT..... (voir plan n° 07)
- . RESEAU POTENTIEL..... (voir plan n° 08)
- . CYCLOGRAMME.....(voir plan n° 09)

METHODE P.E.R.T

Tableau concernant le calcul des dates au plus - tôt
des dates au plus - tard, des marges libres et des
marges totales, par activités pour le RESTAURANT.

Désignations des tâches	Symbole	Séquences précédentes	Activités suivantes	Durée (heures)	Avec un plus tôt		Avec un plus tard		Date au plus tôt de l'action suivante	Marge libre (jours)	Durée (jours)
					Fin	Début	Fin	Début			
Implantation	0.1	-	1.2	3	0	3	0	3	3	0	0
Terrassement S1 niv-0.45	1.2	0.1	2.4	10	3	13	3	13	13	0	0
Béton de propreté S2	2.4	1.2	4.6	10	13	23	23	23	23	0	10
Béton de propreté S1	2.3	1.2	3.5	1	13	14	13	14	14	0	0
Béton de propreté S2	4.6	2.4	6.8	1	23	24	23	24	24	0	10
Mont. Coff.+fer. Semelles S1	3.5	2.3	5.7	3	14	17	14	17	17	0	0
Mont.Coff.+fer. Semelles S2	6.8	4.6	8.10	3	24	27	24	27	27	0	10
Coulage semelles S1	5.7	3.5	7.9	1	17	18	17	18	18	0	0
Coulage semelles S2	8.10	6.8	10.12	1	27	28	27	28	28	0	10
Mont. Coff.+fer. poteaux S1	7.9	5.7	9.11	2	18	20	18	20	20	0	0
Mont.Coff.+fer. poteaux S2	10.12	8.10	12.14	2	28	30	28	30	30	0	10
Coulage poteaux S1	9.11	7.9	11.13	1	20	21	20	21	21	0	0
Coulage poteaux S2	12.14	10.12	14.16	1	30	31	30	31	31	0	10
Att.+decof. Sem + potx S1	11.13	9.11	13.15	4	21	25	21	25	25	0	0
Att.+decof. Sem+potx S2	14.16	12.14	16.18	4	31	35	31	35	35	0	10
Terre compactée niv-0.6 S1	13.15	11.13	15.17	2	25	27	25	27	27	0	0
Terre compactée niv-0.6 S2	16.18	14.16	18.21	2	35	37	35	37	37	0	10
Béton de propr. Longr. S1	15.17	13.15	17.20	1	27	28	27	28	28	0	0
Bet. prop. longr. massif S2	18.21	16.18	21.24	1	37	38	37	38	38	0	10
Rever. Chauff. Caniv. S1	17.19	15.17	20.23	4	28	32	28	32	32	0	0
Rever. chauff. caniv. S2	21.22	18.21	24.26	5	38	43	38	43	43	0	10
Mont. Coff.+fer. longr. S1	17.20	15.17	20.23	4	28	32	28	32	32	0	0
Mont. Coff.+fer. long. mass. S2	21.24	18.21	24.26	5	38	43	38	43	43	0	10
Coulage longrines S1	20.23	17.20	23.25	1	32	33	32	33	33	0	0
Coul. long. mass. beton bench S2	24.26	21.24	26.28	1	43	44	43	44	44	0	10
Att.+decof.+ rempl. S1	23.25	20.23	25.27	4	33	37	33	37	37	0	0
Att.+decof.+ rempl. S2	26.28	24.26	28.30	4	44	48	44	48	48	0	10
Mont. Coff.+fer. potx S1	25.27	23.25	27.29	2	37	39	37	39	39	0	0
Mont. Coff.+fer. potx S2	28.30	26.28	30.32	2	48	50	48	50	50	0	10

Designations des Carbes	Symbole	Activité précédente	Activité suivante	Date (jours)	Date au plus tôt		Date au plus tard	Marge (jours)	Date au plus tôt (jours)
					Début	Fin			
Coulage poteaux S1	27.79	25.27	29.31	1	39	40	40	0	40
Coulage poteaux S2	30.32	28.30	32.35	1	50	51	51	0	51
Att.+decoff. poteaux S1	29.31	27.29	31.34	2	40	42	42	0	42
Att.+decoff. poteaux S2	32.35	30.32	35.38	2	51	53	54	1	54
Intervent. installat. S1	31.33	29.31	34.37	12	42	54	54	0	54
Intervent. installat. S2	35.36	32.35	38.40	9	54	63	72	0	63
Mont. cof. fer. pout. acr. pl. S1	31.34	29.31	34.37	12	42	54	54	0	54
Cof. fer. ptr. dall. pl. partiel S2	35.38	32.35	38.40	9	54	63	72	0	63
Cool. ptr. dall. acr. dal. comp. Pl. S1	34.37	31.34	37.39	3	54	57	57	0	57
// S2 partiel	38.40	35.38	40.48	3	63	66	75	0	75
Attente + decoff. S1	37.39	34.37	39.44	18	57	75	75	0	75
Attente + decoff. S2 partiel	40.48	38.40	40.49	18	75	93	93	0	93
Exec. héniss + caniv. S1	39.44	37.39	44.45	6	75	81	100	0	81
Exec. isolat. therm. S1	39.41	37.39	41.42	2	75	77	110	0	77
Exec. forme de pente S1	41.42	39.41	42.43	2	77	79	112	0	79
Exec. etanch. multicouche S1	42.43	41.42	43.55	6	79	85	114	0	85
Exec. prot. etanch. S1	43.55	42.43	50.63	2	85	87	120	0	85
Cof. fer. pot. S2 partiel	48.49	40.48	49.50	2	93	95	95	0	95
Coulage poteaux S2 partiel	49.50	48.49	50.51	1	95	96	96	0	96
Att.+decoff. pot. S2 partiel	50.51	49.50	51.53	2	96	98	98	0	98
Intervent. instal. S2 partiel	51.52	50.51	53.54	5	98	103	103	0	103
Cof. fer. pout. dal. acr. S2 partiel	51.53	50.51	53.54	5	98	103	103	0	103
Cool. pout. dal. acr. pl. S2 partiel	53.54	51.53	54.55	1	103	104	104	0	104
Att.+decoffrage S2 partiel	54.55	53.54	55.57	18	104	122	122	0	122
Sablé sur héniss. S1	44.45	39.44	45.46	1	81	82	107	0	82
Travail soude pour dalle S1	45.46	44.45	46.47	1	82	83	108	0	83
Coulage beton dalle S1	46.47	45.46	47.61	2	83	85	108	0	85
Intervent. installations S1	47.60	46.47	61.62	12	85	97	110	0	97
Exec. Maçon. cheminée S1	47.61	46.47	61.62	7	85	92	115	0	97
Enduit. interi. et exteri. S1	61.62	47.61	62.69	10	97	107	122	0	107

N°	Description des travaux	Symbole	Activité précédente	Activité suivante	Durée (jours)	Date au plus tôt		Date au plus tard		Date au plus tôt ou 1 Oct pour suivante	Marge Libre (Jours)	Marge totale (Jours)
						Début	Fin	Début	Fin			
	Revet. sols et murs S1	62.69	61.62	69.71	10	107	117	146	156	117	0	79
	Peinture vitrerie S1	69.71	62.69	71.73	12	117	129	156	168	129	0	33
	Montage menuiserie S1	71.73	69.71	73.75	4	129	133	170	174	133	0	41
	Travaux finition S1	73.75	71.73	75.77	10	133	143	174	184	143	0	41
	Nettoyage S1	75.77	73.75	78. FIN	6	143	149	188	194	143	45	45
	Herissonnage S2	56.63	54.55	63.64	6	122	128	122	128	128	0	0
	Couche de sable S2	63.64	56.63	64.65	1	128	129	128	129	129	0	0
	Treillis soudé S2	64.65	63.64	65.66	1	129	130	129	129	130	0	0
	Coulage dalle S2	65.66	64.65	66.68	2	130	132	130	132	132	0	0
	Interv. installation S2	66.67	65.66	68.70	12	132	144	132	144	144	0	0
	Maçonnerie S2	66.68	65.66	68.70	12	132	144	132	144	144	0	0
	Enduits int. et ext. S2	68.70	66.68	70.72	13	144	157	144	157	157	0	0
	Revêt. sol et murs S2	70.72	68.70	72.74	11	157	168	157	168	168	0	0
	Peinture vitrerie S2	72.74	70.72	74.76	12	168	180	168	180	180	0	0
	Montage menuiserie S2	74.76	72.74	76.78	4	180	184	180	184	184	0	0
	Travaux finition S2	76.78	74.76	78. FIN	10	184	194	184	194	194	0	0
	Nettoyage	78. FIN	76.78	—	6	194	200	194	200	—	0	0
	Isolat. thermique S2	55.57	54.55	57.58	2	122	124	188	190	124	0	66
	Forme de pente S2	57.58	55.57	58.59	2	124	126	190	192	126	0	66
	Etanchéité S2	58.59	57.58	59. FIN	6	126	132	192	198	132	0	66
	Protection Graviillons S2	59. FIN	58.59	—	2	132	134	198	200	—	66	66
	Travaux Extérieurs	47. FIN	46.47	—	50	85	135	150	200	—	66	65

CHAPITRE XII

DIAGRAMME A BARRES OU "G A N T T"

I. EXPOSE THEORIQUE :

Elaboré par M. GANTT (1861-1919) dont il porte le nom, ce diagramme est une transposition d'une méthode d'organisation graphique (cyclogramme ou réseaux).

Le diagramme GANTT ou diagramme à barres, constitue un document d'une grande importance pour sa facilité de lecture et d'interprétation. De plus il permet l'élaboration d'un certain nombre d'autres documents tels que les diagrammes de consommation et les diagrammes de charges.

Avec l'évolution des méthodes de programmation, une nouvelle formulation du GANTT a vu le jour appelée "GANTT MODERNISE".

L'originalité du GANTT MODERNISE est de représenter en plus de la durée de la tâche et de sa position ; la marge libre et la marge totale. Il correspond ainsi à une transposition du réseau.

II. REPRESENTATION :

On représente la progression du temps en abscisse et la liste des tâches sur une colonne à gauche du graphique. Suivant l'échelle de temps choisie. On représente chaque tâche par une barre dont la longueur correspond à la durée prévue pour l'exécution de celle-ci. Pour le GANTT MODERNISE on rajoute la marge libre (en pointillés) et la marge totale (en traits discontinus).

De part sa représentation le "GANTT MODERNISE" fait :

(1) Les tâches critiques ; de celles qui ne le sont pas

(2) Une possibilité de faire glisser les tâches qui ne sont pas critiques dans leur marge libre ou dans leur marge totale permettant ainsi d'étaler les charges dans le temps. Cette opération s'appelle "LISSAGE des RESSOURCES".

On a établi ainsi le GANTT MODERNISE pour l'ensemble des ouvrages composant le projet. On a représenté dans un même graphique les 3 bâtiments dortoirs et dans un autre graphique le bâtiment restaurant. Afin de permettre au lecteur de suivre la progression, on a indiqué le point de synchronisation du restaurant sur le graphique des 3 dortoirs.

L'échelle de temps choisi est la semaine.

Par sa simplicité d'expression, ce diagramme est dans le pratique le plus employé sur le chantier.

. GANTT MODERNISE 3 dortoirs : Plan n° 13

. GANTT MODERNISE Restaurant : Plan n° 12

.../...

.../...

Le délai de réalisation global de l'ensemble du projet est alors de 73 semaines soit 438 jours.

4ème Partie

NECESSAIRE DE RESSOURCES

INTRODUCTION

CHAPITRE XIII : Diagramme de charge de la main-d'oeuvre

CHAPITRE XIV : Diagramme de consommation, d'approvisionnements et des stocks des matériaux.

CHAPITRE XV : Nécessaire de matériel

CHAPITRE XVI : Plan général d'installation de chantier.

NECESSAIRE DES RESSOURCES

Les plannings de réalisation étant établis; il s'agit de savoir quelles sont les charges qui en découlent (main d'oeuvre, matériaux, matériel) pour assurer un avancement des travaux conforme au calendriers établi.

Ces charges se traduisent par des diagrammes échelonnés dans le temps.

- Diagramme d'évolution de la main d'oeuvre.
- Diagramme de consommation des matériaux

Le matériel sera dimensionné en fonction des plannings et des ressources. On cherchera toujours une utilisation rationnelle et se rapprochant le plus possible de l'optimum. Ceci nous permettra de diminuer les charges d'exploitation.

Le chantier doit être approvisionné d'une manière progressive et régulière. Cet approvisionnement doit s'opérer suffisamment à l'avance pour constituer les stocks de sécurité en matériaux. Ce stock sera équivalent à une autonomie de 10 à 15 jours pour le chantier.

L'exploitation des diagrammes de charges permet l'obtention de certains indices révélateurs surtout en ce qui concerne l'efficacité et le degré de cohésion du programme de réalisation choisi. On pourra aussi comparer les charges imposées par le planning, aux charges disponibles et prendre ainsi des décisions conséquentes (ajouter le surplus exigé, on revoir le programme établi) ceci consistera à lisser les courbes de charges et plusieurs essais sont parfois nécessaires avant d'arriver à la solution acceptable.

CHAPITRE 13.

DIAGRAMME DE CHARGES DE LA MAIN D'OEUVRE

1°) PRINCIPES

Nous avons insisté sur l'importance du graphique à barres GANTT pour l'élaboration des autres diagramme de ressources. Ce diagramme peut nous donner la superposition des différentes activités dans le temps. Vu que à chaque type d'activités on a affecté une équipe spécialisée dont l'effectif est connu, on peut grâce au diagramme GANTT connaître la "durée de vie" de chaque équipe spécialisée c'est à dire le temps compris entre sa date d'entrée au chantier et sa date de sortie définitive. La somme, à chaque temps t, de l'effectif de l'ensemble des équipes présentes sur le chantier donne le diagramme d'évolution de la main-d'oeuvre.

2°) PRESENTATION

La courbe d'évolution de la main-d'oeuvre se présente suivant un diagramme en escqlier l'axe du temps est représenté en abscisse et l'effectif en ordonnée.

Connaissant la composition de chaque équipe en qualifiés et manoeuvres, on a partagé l'effectif suivant les catégories professionnelles qui le compose. Le diagramme de charge en main d'oeuvre est donné par catégories professionnelles à savoir : bétonnistes, coffretr, ferrailleurs, maçons, électriciens, plombiers, peintres, menuisiers, manoeuvres.

L'effectif maximum est de...176.....

Le temps total correspondant au délai de réalisation est de 73 semaines (soit 438 jours).

REMARQUE : L'étude du diagramme de charge de la main d'oeuvre montre que la durée totale de la construction comporte trois (3) périodes:

- La période de développement du chantier
- La période de stabilité du chantier
- La période de repai . du chantier

Ce diagramme est représenté dans le graphe N° 01

CHAPITRE 14

DIAGRAMME DE CONSOMMATION D'APPROVISIONNEMENT ET DE STOCK DES MATERIAUX

1^o) DIAGRAMME DE CONSOMMATION DE BETON

Il est établi à partir du diagramme GANTT. Chaque activité de bétonnage consomme une certaine quantité de béton. En faisant la somme des quantités consommées au fur et à mesure du temps on obtient un graphique donnant la consommation de béton, échelonnée dans le temps :

- Le temps est représenté en abscisse
- Les quantités en m³ sur l'ordonnée.

La consommation journalière maximum est de 56 m³

La consommation totale de béton est de l'ordre de 1830 m³
voir diagramme sur graphique n^o 14

2^o) METHODES D'ETABISSEMENT DES DIAGRAMMES

Les diagrammes de consommation et d'approvisionnement ainsi que le diagramme différentiel de stock sont établis pour les matériaux stratégiques de production à savoir : gravier, sable, acier, bois briques.

Ces diagrammes permettent de connaître quotidiennement la consommation, l'approvisionnement et le stock de chaque matériau.

a) DIAGRAMME DE CONSOMMATION

C'est le diagramme de base. Il est tracé à partir du GANTT suivant le même principe que le diagramme de consommation du béton. Pour chaque matériau on a calculé sa consommation quotidienne moyenne.

b) DIAGRAMME D'APPROVISIONNEMENT

Il est tracé en tenant compte des quantités consommées, des possibilités d'approvisionnement, et des disponibilités en espace de stockage.

.../...

La quantité à approvisionner est conditionnée par les impératifs du chantier :

- Elle doit correspondre autant que possible à un nombre entier de fois le tonnage du camion utilisé, ceci afin de permettre une utilisation optimum du matériel.

- Elle doit satisfaire à la consommation graduelle du chantier (représentée dans le diagramme de consommation), permettre le lancement de la production, et constituer un stock de roulement et de sécurité suffisants (généralement 10 à 15 jours de consommation).

- Elle ne doit cependant pas constituer un stockage excessif qui risque de dépasser les possibilités de stockage du chantier et d'augmenter considérablement les charges indirectes.

c) DIAGRAMME DIFFÉRENTIEL DE STOCK

Il est obtenu en faisant, à chaque temps t , la différence entre le total approvisionné et le total consommé. Il permet ainsi de voir l'évaluation des stocks et de dimensionner l'aire de stockage en fonction du stock maximum enregistré. A la fin du chantier, le stock en matériau doit être nul.

Les diagrammes de consommation, d'approvisionnement et de stock doivent être exploités (encommun), c'est pour cela qu'on les a représentés sur un même graphique.

REMARQUE:

Il est à noter que le diagramme relatif au coffrage se note différemment. En effet on doit tenir compte de la possibilité de réutilisation des panneaux de coffrage.

3^e) CALCUL DU NOMBRE DE CAMIONS NECESSAIRES

RAPPEL:

On rappelle les moyens d'approvisionnement fixés dans le chap 05

- Gravier camion benne de 6 m³ de capacité
- Sable camion benne de 6 m³ de capacité
- Acier camion plateau de 12 tonnes de capacité
- Briques camion plateau de 12 tonnes de capacité correspondant à un nombre de 3.000 briques environ.
- Bois camion plateau de capacité environ 5 m³ de bois

N.B: Vu le caractère particulier de l'approvisionnement en ciment, ce matériau n'a pas été considéré dans cette étude.

b) EXPOSE THEORIQUE:

Soit Q : la quantité du matériaux à transportés par jour (tonnes)

D : la distance de transport en km

Il s'agit de calculer le nombre de véhicule N_v nécessaire pour transporter la quantité Q par jour. N_v est donné par la formule

$$N_v = \frac{Q}{8 R_e^p} \quad (1) \text{ ou } \frac{R_e^p}{8 R_e^p} \text{ rendement du véhicule en (t/h)}$$

" " " " " en t/j

Le rendement peut s'écrire :

$$R_e^p = n_c \cdot q_n^v \cdot K_{cp} \cdot K_{tp}$$

K_{cp} : Coefficient d'utilisation de la capacité du véhicule

K_{tp} : Coefficient d'utilisation du temps de travail

q_n^v : Capacité nominale du véhicule en tonnes

n_c : Nombre de cycle par heure qui peut être effectué par le véhicule.

$$n_c = \frac{60}{t_p} \quad \text{on } t_p = \text{durée du cycle du véhicule en mn}$$

$$t_p = t_i + \frac{2 \cdot D \cdot 60}{v_n} + t_d + 2 t_m$$

.../...
On t_i : le temps nécessaire pour charger le véhicule (minutes)

$\frac{2D.60}{V_m}$: temps aller retour du véhicule

$2 t_m$: le temps de manoeuvres du véhicule au point de chargé et de déchargé.

V_m : Vitesse moyenne du véhicule

$$R_e^p = \frac{60 q_n^v \cdot K_{cp} \cdot K_{tp}}{t_i + \frac{2D.60}{V_m} + t_d + 2 t_m}$$

et

$$N_v = \frac{Q (t_i + \frac{2D.60}{V_m} + t_d + 2 t_m)}{8 \times 60 \times q_n^v \cdot K_{cp} \cdot K_{tp}} = \frac{Q \times t_p}{8 \times 60 q_n^v \cdot K_{cp} \cdot K_{tp}}$$

Le temps t_i nécessaire pour charger un véhicule peut être calculé par la formule suivante:

$$t_i = \frac{q_n^v}{q_p^i} \times t_p^i$$

q_n^v = capacité nominale du véhicule (tonnes, m³.....)

q_p^i = la capacité planifiée par cycle pour le matériel utilisé

= pour charger le véhicule (par exemple

t_p^i = durée planifiée du cycle pour le matériel chargeur.

c) APPLICATION

Le calcul est intéressant pour les agrégats qui sont considérés comme approvisionnés de la même carrière. Il s'agit de savoir quelle est la quantité Q que l'on peut ramener par jour en utilisant un camion de 6 m³ d'une distance de 20 km.

.../...

$$\begin{aligned}\text{On a donc} \quad D &= 20 \text{ km} \\ q_n^v &= 6 \text{ m}^3 \\ V_m &= 20 \text{ km/h} \\ N_v &= 1\end{aligned}$$

$$\text{Reprenons la formule (1) :} \quad i_1 = \frac{Q}{8R_e^p} \quad \text{d'où } 8R_e^p = Q$$

$$\begin{aligned}R_e^p &= n_c \cdot q_n^v \cdot K_{cp} \cdot K_{tp} \\ K_{cp} &= 1 \\ K_{tp} &= 0,90 \\ n_c &= \frac{60}{t_p}\end{aligned}$$

$$\text{Avec } t_p = t_i + \frac{2D \cdot 60}{VM} + t_d + 2t_m$$

$$\text{ON considère } t_d = 5 \text{ mn}$$

$$t_m = 15 \text{ mn}$$

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

$$\begin{aligned}\text{on considère } t_p^i &= 5 \text{ mn} \\ q_p^i &= 1 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\text{Donc } t_i = \frac{6}{1} \cdot 1 = 6 \text{ mn}$$

$$\text{D'où } t_p = 6 + \frac{2 \cdot 20 \cdot 60}{30} + 5 + 2 \cdot 15 = 101 \text{ mn}$$

$$\text{et } Q = 8R_e^p = 8 \cdot \frac{60}{101} \cdot 6 \cdot 0,91 = 20,0 \text{ m}^3$$

Conclusion: un camion de 6 m³ peut ramener 18 m³ en une journée soit l'équivalent de trois (3) voyages.

.../...

.../...

RESULTATS

Le détail de calcul est donné dans le tableau bilan suivants (BILAN:GRAVIER, SABLE, BRIQUES, ACIER). La représentation graphique est reprise dans les diagrammes de consommation d'approvisionnements et de stock n° 02. 03. 04. et 05.

CALCUL DU NECESSAIRE DE COFFRAGE:

Le coffrage présente un intérêt particuliers pour le chantier par le phénomène de réutilisation. Il s'agit de calculer la quantité minimum de bois à approvisionner; nécessaire et suffisante pour l'ensemble de la surface à coffrer et tel que le coefficient de réutilisation soit maximum.

La réutilisation ne peut commencer qu'après un temps t_c tel que:

$$T_c = t_c + t_a + t_b + t_{dm} + t_d + t_{re}$$

t_c = temps de coffrage

t_a = temps de ferrailage

t_b = temps de bétonnage

t_{dm} = temps de durcissement

t_d = temps de décoffrage

t_{re} = temps de reconditionnement des panneaux

Calcul du temps d'immobilisation du bois pour les 3 dortoirs.

- Fondations : $T_c = 8 + 3 + 6 + 3 = 20$

- Longrines : $T_c = 3 + 2 + 12 + 3 = 20$ j

- Escaliers : $T_c = 2 + 1 + 8 + 4 = 15=j$

- Poteaux est voiles: $T_c = 7 + 2 + 6/5 = 20$ jours

- Plancher : $T_c = 15 + 3 + 18 + 9 = 45$ jours

et $T_c \text{ max} = 45$ jours

L'approvisionnement se fait à une cadence de 5 m³/J pendant une durée de 40 jours.

Le cycle de réutilisation est de 45 jours (ce qui en général correspond au T_c du plancher).

= Coefficient de
COEFFICIENT DE REUTILISATION

Le coefficient de réutilisation du coffrage se définit comme suit:

$$\Omega = \frac{\text{Consommation totale}}{\text{Approvisionnement total}}$$

L'ensemble des calculs a été repris dans les tableaux qui suivent, ils indiquent la consommation, l'approvisionnement la réutilisation et le stock.

Ceci nous a permis de calculer le coefficient de réutilisation Ω

- Consommation totale : 668,6 m³

- Approvisionnement total : 200 M³

$$\text{Alors } \Omega = \frac{668,6}{200} = 3,34$$

Le diagramme n° 06 reprend sous forme de graphique l'ensemble des calculs.

CALCUL DES AIRES DE STOCKAGE

1 - PRINCIPE La surface S nécessaire pour stocker la quantité Q est:

.../...

$$S = \frac{Q}{N_s} \cdot K$$

N_s = dépôt spécifique, c,a,d la quantité stockée dans 1 m²

K = coefficient qui permet de tenir compte de l'espace de circulation.

- 2 CALCULS :

a) SABLE

$$\begin{array}{l} Q_{\max} = 258 \text{ m}^3 \\ N_s = 3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \\ K = 1 \end{array} \quad S = \frac{258}{3} \times 1,86 \text{ m}^2$$

b) ACIER

$$\begin{array}{l} Q_{\max} = 188,6 \text{ tonnes} \\ N_s = 4 \text{ tonnes}/\text{m}^2 \\ K = 1 \end{array} \quad S = \frac{188,6}{4} \cdot 1 = 48 \text{ m}^2$$

c) GRAVIER

$$\begin{array}{l} Q_{\max} = 634 \text{ m}^3 \\ N_s = 3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \\ K = 1 \end{array} \quad S = \frac{634}{3} \cdot 1 = 211 \text{ m}^2$$

d) BOIS :(3 dortoirs)

$$\begin{array}{l} Q_{\max} = 137,5 \\ N_s = 2 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \\ K = 1,1 \end{array} \quad S = \frac{137,5}{2} \cdot 1,1 = 76 \text{ m}^2$$

e) BRIQUES :

$$\begin{array}{l} Q_{\max} = 300800 \\ N_s = 700 \text{ U}/\text{m}^2 \\ K = 1,1 \end{array} \quad S = \frac{Q_{\max}}{N_s} \times K = \frac{300800}{700} \times 1,1 = 473 \text{ m}^2$$

TABLEAUX REGROUPANT LES CONSOMMATIONS, LES APPROVISIONNE-
MENTS ET LES STOCKS, CONCERNANT LE SABLE, LE GRAVIER, L'A-
CIERS, LE BOIS ET LES BRIQUES.

BILAN SABLE

85,

Dates D'avancement	Durée (J)	Rythme d'appro. m ³	Stock m ³	Approvi- sionnement m ³	Consom- mation m ³	Disponi- bilité m ³	Observations
13 - 23	10	6	60	60	-	60	Debut des approvision- nement : 1 Camion benne de 6 m ³ , 1 voyage par jour.
23 - 27	4	"	36	24	48	84	
27 - 35	8	"	84	48	-	84	
35 - 38	3	"	75	18	27	102	
38 - 44	6	"	111	36	-	111	
44 - 47	3	"	93	18	36	129	
47 - 48	1	"	80	6	19	99	
48 - 49	1	"	79	6	7	86	
49 - 56	7	"	121	42	-	121	
56 - 59	3	"	112	18	27	139	
59 - 62	3	"	130	18	-	130	
62 - 63	1	"	133	6	3	136	
63 - 68	5	"	163	30	-	163	
68 - 69	1	"	153	6	16	169	
69 - 70	1	"	136	6	23	159	
70 - 71	1	"	134	6	8	142	
71 - 79	8	"	182	48	-	182	
79 - 81	2	"	172	12	22	194	
81 - 89	8	"	220	48	-	220	
89 - 91	2	"	214	12	18	232	
91 - 92	1	"	220	6	-	220	
92 - 93	1	"	216	6	10	226	
93 - 95	2	"	194	12	34	228	
95 - 96	1	"	190	6	10	200	
96 - 103	7	"	232	42	-	232	
103 - 104	1	"	236	6	2	238	
104 - 107	3	"	254	18	-	254	
107 - 108	1	"	258	6	2	260	Arrêt des approvision- nements.
108 - 114	6	-	258	-	-	258	
114 - 116	2	-	238	-	20	258	
116 - 123	7	-	238	-	-	238	
123 - 125	2	-	214	-	24	238	
125 - 126	1	-	212	-	2	214	
126 - 127	1	-	212	-	-	212	
127 - 129	2	-	208	-	4	212	
129 - 130	1	-	208	-	-	208	
130 - 131	1	-	205	-	3	208	
131 - 133	2	-	205	-	-	205	
133 - 134	1	-	193	-	12	205	
134 - 153	19	-	193	-	-	193	
153 - 155	2	-	149	-	44	193	
155 - 156	1	-	139	-	10	149	
156 - 157	1	-	139	-	-	139	
157 - 158	1	-	137	-	2	139	
158 - 169	11	-	137	-	-	137	

Dates d'avancement	Days (J)	Rythme d'appro.	Stock	Approvisionnement	Consommation	Disponibilité	Observations
169 - 171	2	-	121	-	16	137	
171 - 175	4	-	121	-	-	121	
175 - 177	2	-	101	-	20	121	
177 - 178	1	-	101	-	-	101	
178 - 179	1	-	98	-	3	101	
179 - 184	5	6	128	30	-	128	Approvisionnement 6 m ³ /J. (1 voyage/Jour)
184 - 190	6	6	92	36	72	164	
190 - 198	8	6	140	48	-	140	
198 - 200	2	6	148	12	4	152	Approvisionnement
200 - 218	18	12	184	216	180	364	12 m ³ /J (2 voyages/J)
218 - 230	12	12	136	144	192	328	
230 - 232	2	12	140	24	20	160	
232 - 236	4	12	136	48	52	188	
236 - 238	2	12	130	24	30	160	
238 - 240	2	12	130	24	24	154	
240 - 245	5	12	60	60	130	190	
245 - 247	2	12	64	24	20	84	
247 - 248	1	12	52	12	24	76	
248 - 250	2	12	56	24	20	76	
250 - 251	1	12	54	12	14	68	
251 - 252	1	12	56	12	10	66	
252 - 253	1	12	64	12	4	68	
253 - 254	1	12	68	12	10	78	
254 - 255	1	12	51	12	29	80	
255 - 256	1	12	47	12	16	63	
256 - 257	1	12	53	12	6	59	
257 - 258	1	12	57	12	8	65	
258 - 260	2	12	57	24	24	81	
260 - 261	1	12	51	12	18	69	
261 - 264	3	12	51	36	36	87	
264 - 265	1	12	32	12	31	63	
265 - 267	2	12	36	24	20	56	
267 - 268	1	12	37	12	11	48	
268 - 269	1	12	39	12	10	49	
269 - 270	1	12	47	12	4	51	
270 - 271	1	12	39	12	20	59	
271 - 275	4	12	71	48	16	87	
275 - 276	1	12	76	12	7	83	
276 - 277	1	12	75	12	13	88	
277 - 278	1	12	67	12	20	87	
278 - 280	2	12	65	24	26	91	
280 - 281	1	12	48	12	29	77	
281 - 283	2	12	59	24	13	72	
283 - 288	5	12	64	60	55	119	
288 - 289	1	12	67	12	9	76	

Dates d'avancement	Durée (J)	Rythme d'appro.	Stock	Approvisionnement	Consommation	Disponibilité	Observations
289 - 290	1	12	95	12	4	79	
290 - 292	2	12	93	24	6	99	
292 - 293	1	12	90	12	15	105	
293 - 294	1	12	88	12	14	102	
294 - 295	1	12	79	12	21	100	
295 - 300	5	12	94	60	45	139	
300 - 303	3	12	73	36	57	130	
303 - 306	3	12	103	36	27	130	
306 - 310	4	12	143	48	8	151	
310 - 311	1	12	154	12	1	155	
311 - 312	1	12	163	12	3	166	
312 - 314	2	12	151	24	36	187	
314 - 315	1	12	156	12	7	163	
315 - 316	1	12	168	12	7	175	
317 - 318	1	12	175	12	5	180	
318 - 319	1	12	168	12	5	180	
319 - 324	5	12	203	60	25	228	
324 - 330	6	-	173	-	30	203	Arrêt de approvisionnements.
330 - 331	1	-	168	-	5	173	
331 - 337	6	-	144	-	24	168	
337 - 338	1	-	128	-	16	144	
338 - 340	2	-	120	-	8	128	
340 - 357	17	-	103	-	17	120	
357 - 359	2	-	77	-	25	103	
359 - 364	5	-	72	-	5	77	
364 - 365	1	-	60	-	12	72	
365 - 377	12	-	36	-	24	60	
377 - 390	13	-	23	-	13	36	
390 - 401	11	-	0	-	23	23	

BILAN GRAVIER

B91

Dates d'avancem ^t	Vo S.S A	Stock Disponible (m ³)	Approvisionnement (m ³)	Consommation (m ³)	Stock Disponible	Observations	
13-23	10	60	60	-	60	Appro. journalier 6m ³ /J (Camion)	
23-27	4	36	24	48	84		
27-35	8	84	48	-	84		
35-38	3	42	18	60	102		
38-44	6	78	36	-	78		
44-47	3	60	18	36	96		
47-48	1	48	6	18	66		
48-49	1	39	6	15	54		
49-56	7	81	42	-	81		
56-59	3	39	18	60	99		
59-62	3	57	18	-	57		
62-63	1	60	6	3	63		
63-68	5	90	30	-	90		
68-69	1	67	12	35	102		Appro. journalier 12m ³ /J (2 voyages/J)
69-70	1	27	12	52	79		
70-71	1	22	12	17	39		
71-79	8	118	96	-	118		
79-81	2	94	24	48	142		
81-89	8	190	96	-	190		
89-91	2	174	24	40	214		
91-92	1	186	12	-	186		
92-93	1	175	12	23	198		
93-95	2	123	24	76	199		
95-96	1	112	12	23	135		
96-103	7	196	84	-	196		
103-104	1	204	12	4	208		
104-107	3	240	36	-	240		
107-108	1	248	12	4	252		
108-114	6	320	72	-	320		
114-116	2	298	24	46	344		
116-123	7	382	84	-	382		
123-125	2	354	24	52	406		
125-126	1	362	12	4	366		
126-128	2	386	24	-	386		
128-129	1	394	12	4	398		
129-131	2	418	24	-	418		
131-132	1	424	12	6	430		
132-133	1	436	12	-	436		
133-135	2	406	24	54	460		
135-154	19	634	228	-	634		

Dates	Durée	Stock (m ³)	Appro.	Consommation	Stock (m ³)	Observations
154-156	2	548	12	98	646	Appro journalier 6 m ³ /J.
156-157	1	532	6	22	554	
157-158	1	538	6	6	538	
158-159	1	538	6	6	544	
159-170	11	604	66	-	604	
170-172	2	580	12	36	616	
172-176	4	604	24	-	604	
176-178	2	572	12	44	616	
178-179	1	578	6	-	578	
179-180	1	578	6	6	584	
180-185	5	618	30	-	618	
185-188	3	555	18	81	636	
188-190	2	515	12	52	567	
190-191	1	517	6	4	521	
191-205	14	601	84	-	601	
205-208	3	538	18	81	619	
208-211	3	478	18	78	556	
211-221	10	538	60	-	538	
221-224	3	502	18	54	556	
224-233	9	556	54	-	556	
233-236	3	502	18	72	574	
236-237	1	508	6	-	508	
237-240	3	454	18	72	526	
240-242	2	466	12	-	466	
242-245	3	430	18	54	484	
245-248	3	418	18	-	448	
248-250	2	402	12	58	460	
250-251	1	408	6	-	408	
251-252	1	410	6	4	414	
252-255	3	428	18	-	428	
255-256	1	405	6	29	434	
256-258	2	417	12	-	417	
258-259	1	419	6	4	423	
259-261	2	431	12	-	431	
261-262	1	431	6	6	437	
262-265	3	449	18	-	449	
265-266	1	413	6	42	455	
268-268	2	425	12	-	425	
268-269	1	428	6	3	431	
269-270	1	434	6	-	434	

Dates	Dirée	Stock (m ³)	Approvisionnement	Consommation	Stock (m ³)	Observations
270-271	1.	406	6	34	440	
271-275	4	430	24	-	430	
275-276	1	429	6	7	436	
276-277	1	435	6	-	435	
277-278	1	425	6	16	441	
278-279	1	431	6	-	431	
279-280	1	431	-	-	431	
280-282	2	395	-	36	395	
282-288	6	395	-	-	395	
288-289	1	384	-	11	384	
289-295	6	306	-	78	306	
295-304	9	240	-	66	240	
304-315	12	192	-	48	192	
315-323	7	128	-	64	128	
323-334	11	126	-	2	126	
334-342	8	102	-	24	102	
342-364	22	52	-	50	52	
364-370	6	0	-	52	0	

Arrêt de l'Appro.

BILAN BOIS (3 Dortoirs).

881

Dates d'avance- ment	Durée	Diponible (m ³)	Approvision- nement (m ³)	Consom- mation. (m ³)	Stock (m ³)	Observations
20 - 27	7	35	35	—	35	de rythme d'approvision- nement est de 5m ³ /j pendant 40 j.
27 - 35	8	75	40	29,6	45,4	
35 - 44	9	90,4	45	—	90,4	
44 - 47	3	105,4	15	12,9	92,5	
47 - 48	1	97,5	5	—	97,5	Arrêt de approvision- nement.
48 - 56	8	137,5	40	29,6	107,9	
56 - 60	4	127,9	20	—	127,9	
60 - 63	3	127,9	—	8,6	119,3	
63 - 65	2	119,3	—	9,4	109,9	
65 - 68	3	109,9	—	26,85	83,05	Debut réutilisation
68 - 69	1	83,05	—	5	78,05	
69 - 72	3	78,05	—	—	78,05	
72 - 77	5	96,55	18,5	—	96,55	
77 - 79	2	103,94	7,4	5,6	98,34	
79 - 80	1	102,04	3,7	—	102,04	
80 - 82	2	102,04	—	5,2	96,84	
82 - 89	7	96,84	—	44,1	52,74	
89 - 92	3	65,64	12,9	21	44,64	
92 - 93	1	44,64	—	4,4	40,24	
93 - 101	8	69,84	29,6	—	69,84	
101 - 104	3	69,84	—	7,8	62,04	
104 - 106	2	62,04	—	6,4	55,64	
106 - 108	2	64,24	8,6	5,2	59,04	
108 - 110	2	68,44	9,4	5,2	63,24	
110 - 113	3	90,09	26,85	7,8	82,29	
113 - 114	1	87,29	5	2,6	84,69	
114 - 122	8	84,69	—	20,8	63,9	
122 - 124	2	69,5	5,6	—	69,5	
124 - 125	1	69,5	—	—	69,5	
125 - 127	2	74,7	5,2	11,2	63,5	
127 - 129	2	76,1	12,6	12	64,1	
129 - 131	2	66,7	12,6	10	56,7	
131 - 134	3	75,6	18,9	—	75,6	
134 - 137	3	96,6	21	—	96,6	
137 - 138	1	101	4,4	—	101	
138 - 140	2	101	—	—	101	
140 - 146	6	101	—	14,58	86,42	
146 - 149	3	94,22	7,8	22,29	71,94	
149 - 151	2	78,34	6,4	14,86	63,48	
151 - 153	2	68,68	5,2	14,86	53,82	
153 - 156	3	61,62	7,8	—	61,62	
156 - 157	1	64,22	2,6	1,56	62,66	
157 - 158	1	65,26	2,6	—	65,26	

BILAN BOIS (3 Dortoirs)

BB2

Dates d'avancement —	Durée	Disponible (m ³)	Approvision- nement (m ³)	Consom- mation (m ³)	Stock (m ³)	Observations
158-164	6	80,86	15,6	15	65,86	
164-167	3	73,66	7,8	22,2	51,46	
167-169	2	51,46	—	14,8	36,66	
169-170	1	36,66	—	2,5	34,16	
170-171	1	39,76	5,6	2,5	37,26	
171-172	1	42,86	5,6	—	42,86	
172-174	2	54,86	12	—	54,86	
174-176	2	64,86	10	—	64,86	
176-177	1	64,86	—	—	64,86	
177-178	1	64,86	—	4	60,86	
178-179	1	60,86	—	3	57,86	
179-185	6	57,86	—	48	9,86	
185-186	1	12,29	2,43	8	4,29	
186-187	1	6,72	2,43	3	3,72	
187-189	2	8,58	4,86	—	8,58	
189-190	1	11,01	2,43	2	9,01	
190-191	1	11,45	2,43	—	11,45	
191-194	3	33,75	22,3	—	33,75	
194-198	4	63,47	29,72	10	53,47	
198-200	2	53,47	—	5	48,47	
200-201	1	48,47	—	7,7	40,77	
201-202	1	42,33	1,56	7,7	34,63	
202-203	1	34,63	—	7,7	26,93	
203-207	4	36,93	10	30,8	6,13	
207-209	2	11,13	5	5	6,13	
209-214	5	43,13	37	—	43,13	
214-215	1	45,63	2,5	—	45,63	
215-216	1	48,13	2,5	2,5	45,63	
216-221	5	45,63	—	12,5	33,13	
221-223	2	37,13	4	15	22,13	
223-224	1	25,13	3	7,5	17,63	
224-226	2	33,63	16	15	18,63	
226-231	5	58,63	40	12,5	46,13	
231-232	1	49,13	3	—	49,13	
232-234	2	49,13	—	—	49,13	
234-235	1	51,13	2	—	51,13	
235-239	4	51,13	—	10	41,13	
239-245	6	56,13	15	15	41,13	
245-246	1	48,83	7,7	2,5	46,33	

Results :

- Consommation totale = 668,6 m³
- Approvisionnement total = 200 m³

Coefficient de reutilisation

$$R = \frac{\text{Consom. Totale}}{\text{Approvis. total}}$$

$$R = \frac{668,6}{200} = 3,34$$

BILAN ACIER

Dates d'Avancem ^t	Date (N)	Approvisionnement (T.)	Stock Disponible (T.)	Consommat. (T.)	Stock Final (T.)	Observations
4 - 14	10	120	120	-	120	
14 - 17	3	36	156	3	153	
17 - 18	3	12	168	-	165	
18 - 20	2	24	189	0,4	188,6	
20 - 27	7	-	188,6	3,6	185	
27 - 28	1	-	185	1,6	183,4	
28 - 30	2	-	183,4	3,6	179,8	
30 - 35	5	-	179,8	13	166,8	
35 - 39	4	-	166,8	3,4	163,4	
39 - 43	4	-	163,4	3,2	160,2	
43 - 47	4	-	160,2	3,3	156,9	
47 - 54	7	-	156,9	9,6	147,3	
54 - 56	2	-	147,3	7,2	140,1	
56 - 61	5	-	140,1	10	130,1	
61 - 63	2	-	130,1	4,0	125,1	
63 - 68	5	-	125,1	13,5	112,2	
68 - 69	1	-	112,2	1,2	111	
69 - 79	10	-	111	2,8	108,2	
79 - 82	3	-	108,2	1,2	107	
82 - 89	7	-	107	4,9	102,1	
89 - 92	3	-	102,1	4,2	97,9	
92 - 95	3	-	97,9	2,7	95,2	
95 - 101	6	-	95,2	1,5	93,7	
101 - 103	2	-	93,7	4,2	89,5	
103 - 122	19	-	89,5	11,4	78,1	
122 - 127	5	-	78,1	0,9	77,2	
127 - 129	2	-	77,2	2,2	75	
129 - 131	2	-	75	2,4	72,6	
131 - 134	3	-	72,6	2,7	69,9	
134 - 146	12	-	69,9	3	66,9	
146 - 153	7	-	66,9	9,8	57,1	
153 - 157	4	-	57,1	0,5	56,6	
157 - 164	7	-	56,6	3	53,6	
164 - 169	5	-	53,6	6,5	47,1	
169 - 171	2	-	47,1	1	46,1	
171 - 178	7	-	46,1	0,9	45,2	
178 - 186	8	-	45,2	4	41,2	
186 - 190	4	-	41,2	0,5	40,7	
190 - 207	17	-	40,7	6,3	34,4	
207 - 221	14	-	34,4	3	31,4	
221 - 226	5	-	31,4	9	22,4	
226 - 236	10	-	22,4	10	5	
236 - 246	10	-	5	5	0	

d'approvisionnement est assuré par un camion plateau de 12 tonnes.

BILAN BRIQUES (Dortoir et Restaurant)

DATE d'avance	DUREE	RYTHME d'approv. u/j	STOCK existant u	APPROV u	CONSOUM. u	STOCK disponible u	OBSERVATIONS	
55-73	18	3000	54 000	54 000	—	54 000	l'approvisionnement est assuré par un camion plateau de 12 t. à raison de 3000 briques par jour pendant 114 Jour, plus 864 briques le 115 ^{eme} jour.	
73-80	7	/	57 500	21 000	17 500	75 000		
80-132	52	/	213 500	156 000	—	213 500		
132-144	12	/	224 936	36 000	24 564	249 500		
144-169	25	/	299 936	75 000	—	299 936		
169-170	1	864	300 800	864	—	300 800		-Azet des approvi- sionnements
170-179	9		300 800		—	300 800		
179-223	44		212 800		88 000	300 800		
223-237	14		135 800		77 000	212 800		
237-255	18		92 600		43 200	135 800		
255-259	4		73 000		19 600	92 600		
259-277	18		28 000		45 000	73 000		
277-291	14		0		28 000	28 000		

NECESSAIRE DU MATERIEL

Un certain nombre de matériel a été dimensionné tout au long de cette étude, on se contentera de le rappeler tout en indiquant ses caractéristiques.

On s'efforcera, a partir des indices calculés de dimensionner toutes les installations qui n'ont pas encore définies.

1 - MATERIEL DE TERRASSEMENT

L'ensemble de ce matériel a été dimensionné dans le chapitre concernant la technologie d'exécution on rappelle:

a) DECAPAGE

Un (1) Bulldozer : Longueur de lame = 3,00
Puissance = 185 cv
Productivité horaire = 15 m³

b) FOUILLES MECANISEES

Une pelle : Capacité godet = 0,50 m³
Puissance = 250 CV
Productivité horaire = 40 m³

c) TRANSPORT DES TERRES

Un chargeur : Capacité godet = 1.000 l.
Puissance = 180 CV
Productivité horaire = 30m³/h

.../...

PRODUCTION DE BETON

Le béton est produit dans une centrale de production, le dosage se fait automatiquement. Les agrégats sont stockés en compartiments correspondant à leur granulométrie. La centrale de production de béton est dimensionnée par rapport à la consommation horaire moyenne tout en tenant compte de la consommation horaire maximum. Le diagramme de consommation du béton tome:

$$\text{- Consommation journalière moyenne} = C_{mj} = \frac{Q_r}{D} = \frac{1830}{6 \times 73} = 4,2 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$\text{- Consommation journalière maxim.} \quad C_{max} = 56 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Soit une production horaire de} \quad \frac{56}{8} = 7 \text{ m}^3/\text{h}$$

On choisi une mini-centrale ayant les caractéristiques suivantes:

Production théoriques horaire : $P_{th} = 8 \text{ à } 10 \text{ m}^3/\text{h}$

soit une production effective $P_e = P_{th} \times K_u \times K_r$

K_u : coefficient d'utilisation du matériel $\approx 0,75$

K_r : coefficient de rendement du temps $\approx 0,90$

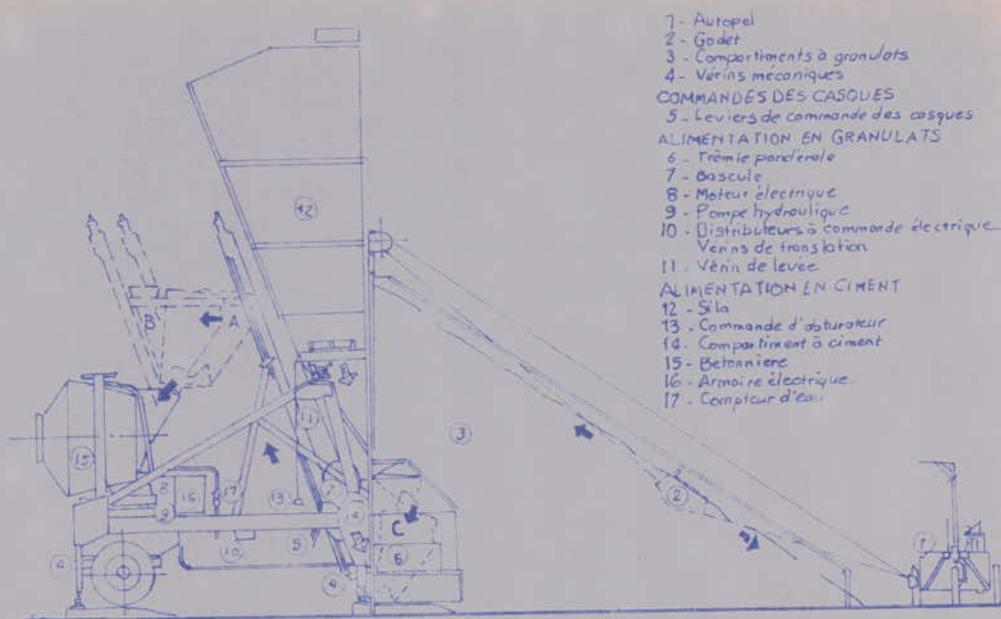
soit $5,4 \quad P_{ch} \quad 6,7 \text{ m}^3/\text{h}$ soit une production journalière

Le mortier est produit dans une bétonnière de 500 l. De plus cette bétonnière servira de secours en cas on la mini-centrale n'atteint pas la consommation demandée on en cas de panne.

Le schema ci-joint donne les caractéristiques de la mini centrale utilisée avec son mode de fonctionnement la mini centrale manipulée par deux (2) ouvriers spécialisés.

.../...

MINI CENTRAL DE PRODUCTION DE BETON



- 1 - Autopel
- 2 - Godet
- 3 - Compartiments à granulats
- 4 - Vérins mécaniques
- COMMANDES DES CASQUES
- 5 - Leviers de commande des casques
- ALIMENTATION EN GRANULATS
- 6 - Trémie pondérale
- 7 - Bascule
- 8 - Moteur électrique
- 9 - Pompe hydraulique
- 10 - Distributeurs à commande électrique
- Vérins de translation
- 11 - Vérin de levée
- ALIMENTATION EN CIMENT
- 12 - Silo
- 13 - Commande d'obturateur
- 14 - Compartiment à ciment
- 15 - Bétonnière
- 16 - Armoire électrique
- 17 - Compteur d'eau

PRODUCTION THEORIQUE HORAIRE : $8 \text{ à } 10 \text{ m}^3/\text{h}$

FICHE D'INSTRUCTIONS POUR LE BÉTONNIER

La trémie pondérale est en position A (attente) chargée.
 Mettre la cuve de la bétonnière en rotation, sans malaxage.
 Ouvrir le robinet d'arrivée d'eau placé avant le compteur.
 Lever le levier du distributeur 2. La trémie pondérale vient en position de déversement dans la cuve. Lâcher le levier.
 Après déversement des granulats et du ciment, abaisser le levier du distributeur 2. La trémie revient à la position A.
 Abaisser le levier du distributeur 1. La trémie va en C, position de chargement sous les casques.
 Pendant ces manœuvres, surveiller le compteur d'eau; dès que la quantité prédéterminée est atteinte (aiguille en face de l'index) fermer le robinet.
 Peser les granulats et le ciment dans l'ordre prédéterminé. Le ciment doit être pesé en dernier.
 Ces opérations sont effectuées au moyen de leviers à main.
 Les pesées terminées, lever le levier du distributeur 1. La trémie revient à la position A.
 Vidanger la cuve.
 Remettre la cuve en malaxage, le cycle suivant est prêt.

.../...

ATELIER FERRAILLAGE

L'atelier de ferrailage est muni de l'outillage suivant:

- 1 cisaille électrique capable de couper les ronds à béton de diamètre inférieur à 40 mm.
- 1 condeuse électrique : utilisée pour donner automatiquement aux barres d'angle de courbures exigées (30°. 45°. 60° etc...)
- 1 tendeur mécanique ou manuel pour les barres en rouleaux et les treillis soudés:

Le schéma qui suit donne une esquisse détaillée de l'atelier de ferrailage avec l'emplacement des machines, des bureaux, des zones de stockage des établis de préparation et de la zone de dépôt.

Les zones de dépôt ne sont pas couvertes par contre la zone de préparation est couverte sous forme d'un hangar.

Le poste de travail est organisé comme suit:

- 2 manoeuvres pour tirer les barres de leur compartiment
- 1 ouvrier qualifiés pour couper les barres à la longueur voulue
- 1 ouvrier qualifié pour couder les barres à la condeuse
- 2 ouvriers qualifiés et 2 aides pour la préparation des étriers et cadres
- 3 ouvriers qualifié et 3 aides pour la préparation des carcasses définitives
- 1 ouvrier qualifié et 1 aide pour la préparation du treillis soudés au total on aura:
8 qualifiés et 8 non qualifiés

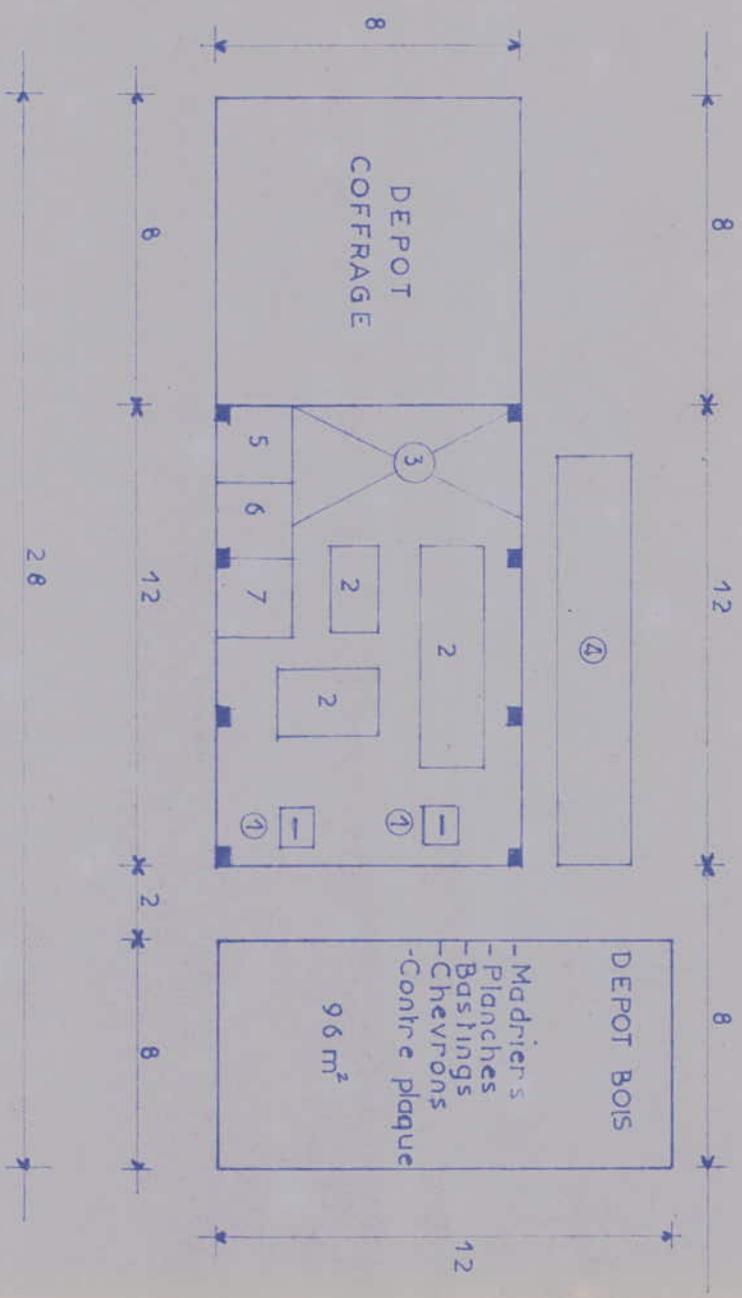
IV ATELIER DE COFFRAGE

Il est chargé de la préparation et le reconditionnement du coffrage L'atelier de coffrage est généralement par mécanisé. Il ne nécessite qu'un seul type d'outillage.

La scie circulaire qui coupe le bois au dimensions voulus on utilisé : 2 scie circulaires électriques.

atelier électrique
 montage et préparation
 d'assemblage et de reconditionnement
 de préparation des étais

ATELIER COFFRAGE



.../...

La préparation comprend la coupe, le traçage des panneaux et la confection des coffrages. Elle comprend aussi la préparation des pieds droits.

Le reconditionnement comprend le ramassage des panneaux utilisés, le tri, le nettoyage et le redimensionnement des panneaux. Le pourcentage de chute est de l'ordre de 20 %

Le schéma qui suit donne une esquisse de l'atelier de coffrage.

V MATERIEL DE MANUTENTION

La manutention verticale et horizontale est assurée par des grues.

Le choix du type de grues ne dépend pas forcément de sa puissance, il porte principalement sur des caractéristiques géométriques à savoir :

- Longueur de flèche
- hauteur sous crochet

Dans notre cas nous avons choisi :

- Pour le dortoir C, une grue à tour de longueur de flèche 24,00 m, est d'une hauteur sous crochet de 11,5 m. Et un camion grue télescopique mobile qui travaillera dans un premier temps sur les deux dortoirs A et B, et ensuite sur le restaurant. Les caractéristiques du camion grue télescopique figurent dans un tableau ci-joint.

VERIFICATION DE LA CAPACITE PORTANTE D'UNE GRUE

Une grue ne peut pas lever plus d'un certain tonnage par heure

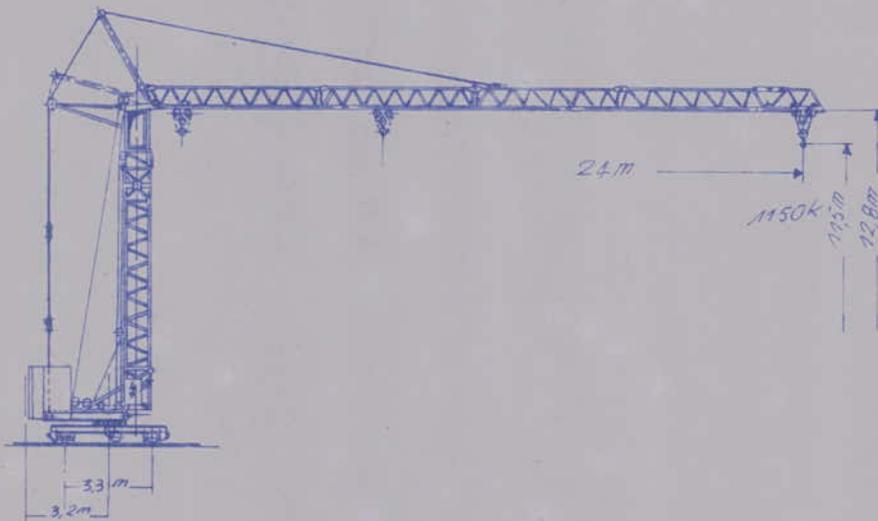
- Norme moyenne de productivité d'une grue
- Jusqu'à une hauteur de 20 m 0,12 h/tonne
- Entre 10 et 20 m de hauteur 0,15 h/tonne

Les bâtiments que nous ne dépassent pas 20 m, nous prendrons alors la norme 0,15 h/t pour une journée de 8 heures de travail la grue

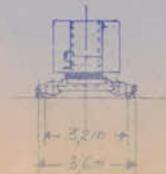
lever une quantité $Q = \frac{8}{0,12} = 66 \text{ t/h}$

.../...

GRAPHIQUE DE CHARGE

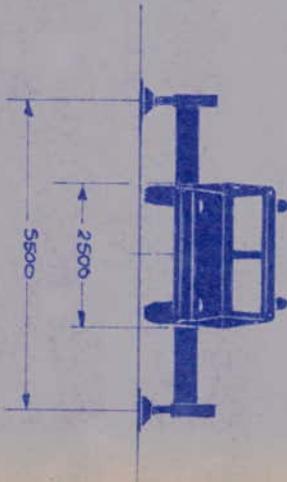
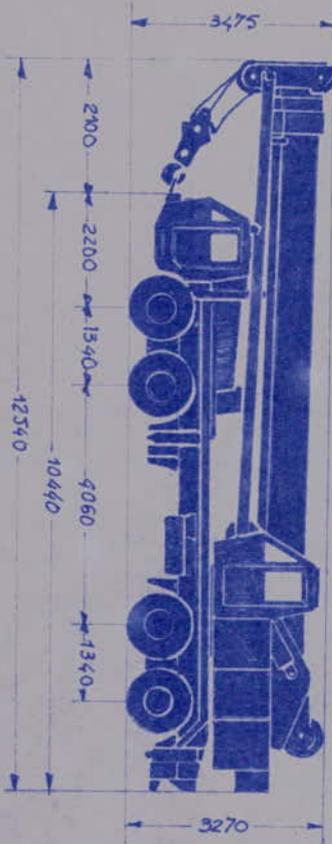


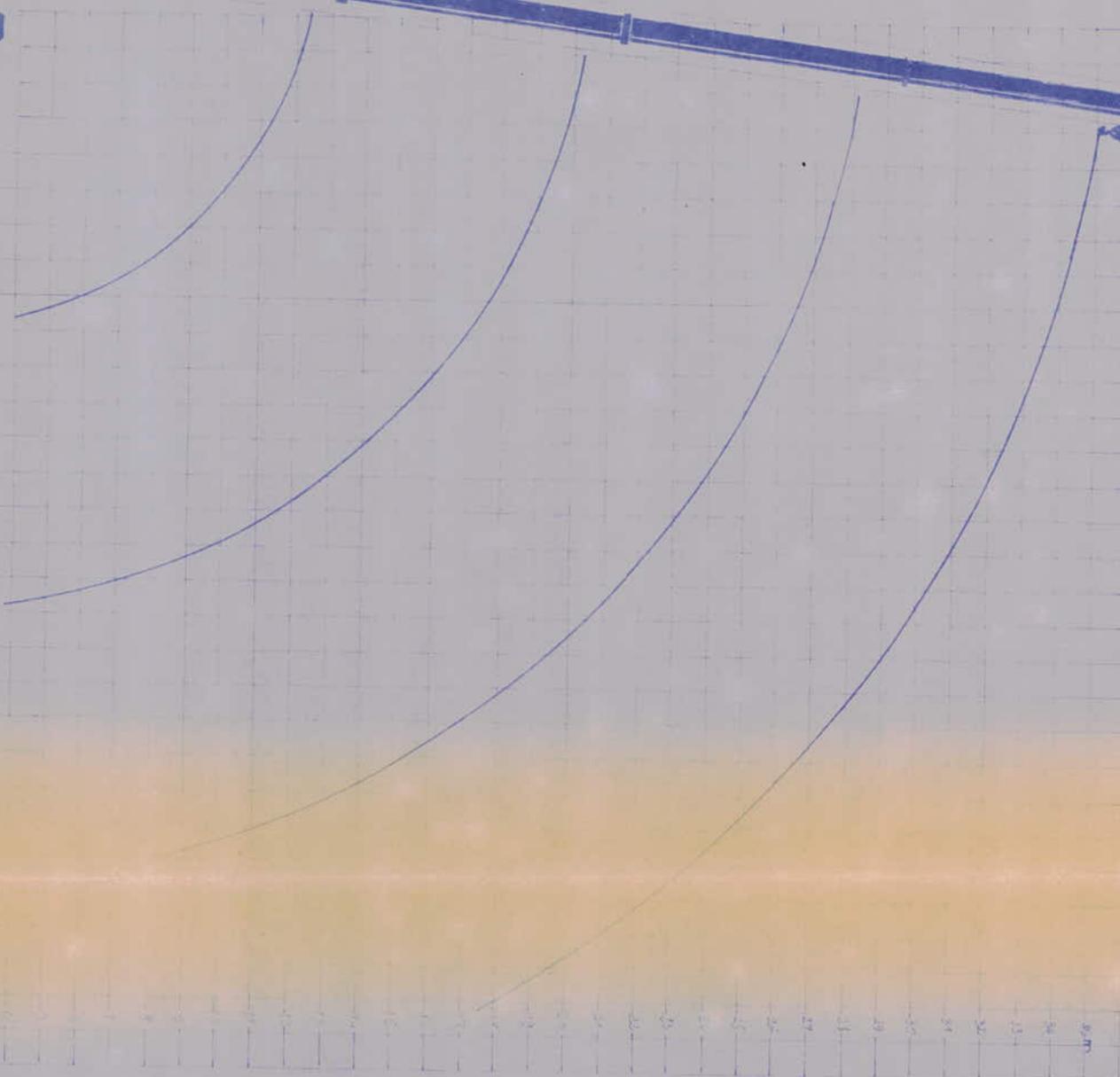
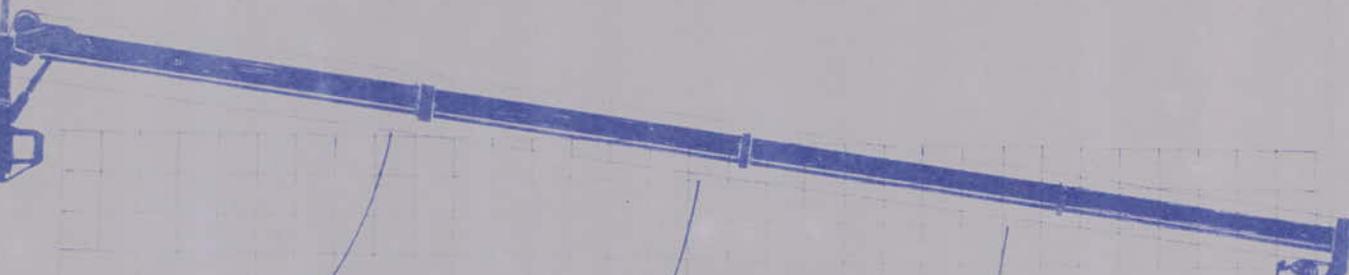
GRUE A TOUR MODELE



22k32

CAMION GRUE TELESCOPIQUE LT. 1045





FORCES DE LEVAGE A LA FLECHE TELESCOPIQUE

longueur de flèche (en m)

Grue calée - sur 360°

Portée m	11,0m		19,0m ¹⁾		19,0m ²⁾		27,0m		33,0m	
	75%	85%	75%	85%	75%	85%	75%	85%	75%	85%
3	45	45								
4	36,4	36,4	24,9	24,9	15	15	15	15		
5	29,5	29,8	22,8	22,8	15	15	14,85	14,85	11	11
6	24	25	19,8	19,8	15	15	14,35	14,35	10,8	10,8
7	19,8	21	16,8	16,8	14,9	14,9	13,4	13,4	10,3	10,3
8	15,8	17,3	14	14,4	14,1	14,1	12	12	9,6	9,6
9	12,5	14	11,9	12,2	12,8	12,8	11	11	8,9	8,9
10			9,7	10,3	11,08	11,3	9,8	9,8	8,2	8,2
12			6,53	7,2	7,93	8,6	7,7	8	6,9	6,9
14			4,42	5	5,84	6,4	5,65	6,2	5,7	5,8
16			2,93	3,3	4,3	4,8	4,14	4,6	4,5	4,7
18							3,03	3,4	3,57	3,8
20							2,17	2,5	2,7	3
22							1,48	1,8	2	2,35
24							0,9	1,3	1,46	1,7
26									1	1,25
28										0,9

- 1) Telescope entièrement sorti. Telescopes 2 et 3 rentrés
 2) Telescopes 1, 2 et 3 sortis d'un tiers

REMARQUES RELATIVES AUX FORCES DE LEVAGE

- 1) Les forces de levage données n'excèdent en aucun cas 75% et 85% de l'effort de renversement.
- 2) A 75%, il est tenu compte d'un vent de force 9
La grue peut travailler jusqu'à force 7
- 3) Les forces de levage sont données en tonnes
- 4) Les poids des moules et crochets sont compris dans les forces de levage
- 5) Le contrepoids de 5,0t est toujours entièrement sorti
- 6) Les portées sont calculées à compter de l'axe de rotation

.../...

Nous considérons une norme moyenne de poids/m² de 3,4 tonnes/m² pour les dortoirs.

La surface des dortoirs A et B est de 3.172 m² ce qui correspond à un poids total de $3.172 \times 3,4 = 10.785$ tonnes pour une durée totale de 405 jours, soit une quantité moyenne à lever par jour, avec un coefficient d'utilisation du temps $K = 0,70$.

$$P = \frac{10.785}{405 \times 0,70} = 38 \text{ t/j}$$

Cette quantité est inférieure à la capacité portante de la grue, seule une est suffisante pour les dortoirs.

Ainsi une seule grue est suffisante pour les dortoirs A et B et par conséquent pour le restaurant aussi quoique la norme moyenne de poids/m² du restaurant est différente de celle des dortoirs.

GRUE A TOUR

Norme moyenne de productivité d'une grue de ce type est :

- Jusqu'à une hauteur de 40 m 0,07 h/t
- Entre 10 m et 20 m 0,075 h/t

Pour une journée de 8 h de travail la grue pourra lever une quantité

$$Q = \frac{8}{0,07} = 115 \text{ tonnes/j}$$

La surface du dortoir C est de 1280 m² ce qui correspond à un poids total de $1280 \cdot 3,4 = 4.352$ tonnes pour une durée de 381 jours.

Soit une quantité à lever par jour avec un coefficient d'utilisation du temps $K = 0,70$.

$$P = \frac{4.352}{381 \cdot 0,70} = 17 \text{ T/J}$$

.../...

.../...

REMARQUE:

Cette quantité est très inférieure à la capacité de la grue, mais il est à noter que cette grue est aussi utilisée pour les opérations de manutention (déchargement des camions d'approvisionnement d'aciers et de bois, chargement des carcasses d'armatures).

MATERIEL DE TRANSPORT

XI MATERIEL DE TRANSPORT

On indique

- Le matériel de transport pour l'approvisionnement du chantier en matériaux.

- Le matériel de transport du béton vers les points de coulage.

1°) NOMBRE DE CAMIONS

Le nombre de camion ressort des diagramme d'approvisionnement en matériaux ainsi on utilisera.

- 1 camion benne 6 m³ pour transport des agrégats (sable et gravier) de la carrière assurant 3 voyage par jours.

- De camion plateau de 12 tonnes pour l'approvisionnement en briques, ciment, et acier.

2°) TRANSPORT DE BETON

Le béton est transporté dans les dumpers de 1 m³ de capacité. Les dumpers participent aussi à divers manipulation sur chantier tel que transport des panneaux de coffrage ou des carcasses de ferrailage.

On a prévu au chantier un atelier de mécanique pour les entretien et la maintenance du matériel.

CHAPITRE 16

PLAN GENERAL D'INSTALLATION DE CHANTIER

Les étapes précédentes nous ont permis de définir le processus de construction choisi, le planning d'exécution des travaux ainsi que les ressources nécessaires pour la réalisation de cet objectif (main d'oeuvre, matériel, matériaux).

Il s'agit à présent de mettre en place un système cohérent et d'étudier la disposition la meilleure pour les centres de production (coffrage, atelier de ferrailage, centrale à béton) et les différents stocks de matériaux (gravier, sable, ciment, briques etc....)

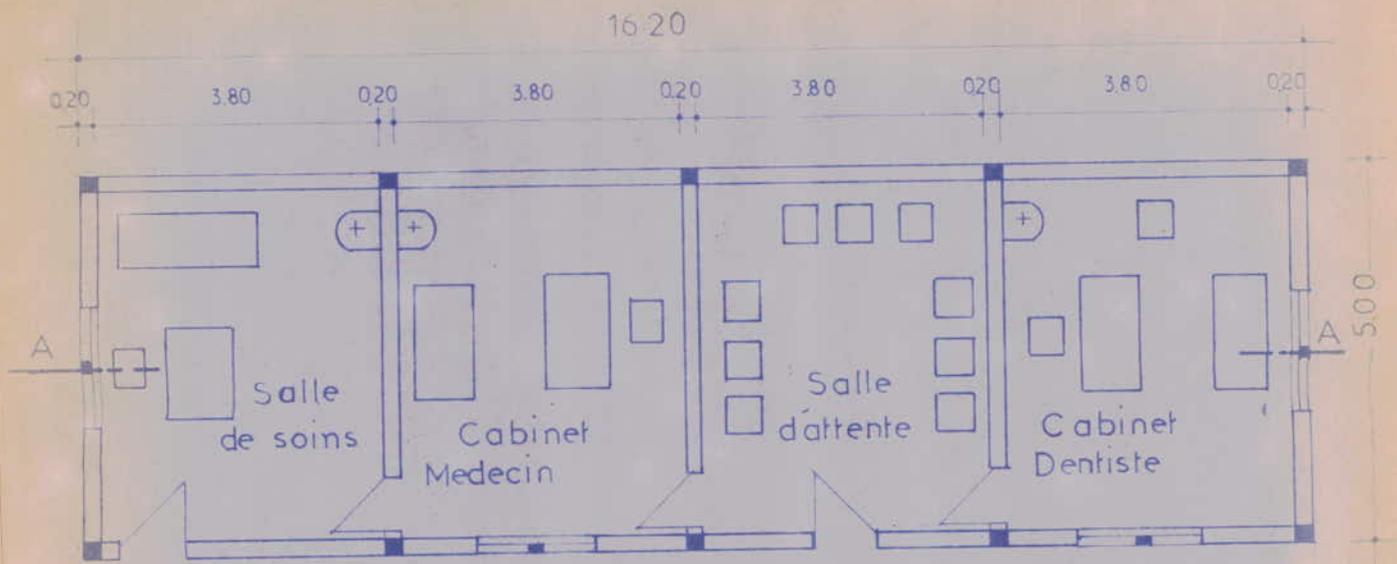
Cette phase se concrétise par un plan, général d'installation de chantier où figureaient les bâtiments prévus pour le projet, ainsi que les routes et accès provisoires du chantier.

On veillera à faire une étude des différentes possibilités offertes pour la mise en place des centres de production et stocks de matériaux de manière à choisir celle qui correspond le mieux aux meilleures conditions du chantier, à savoir :

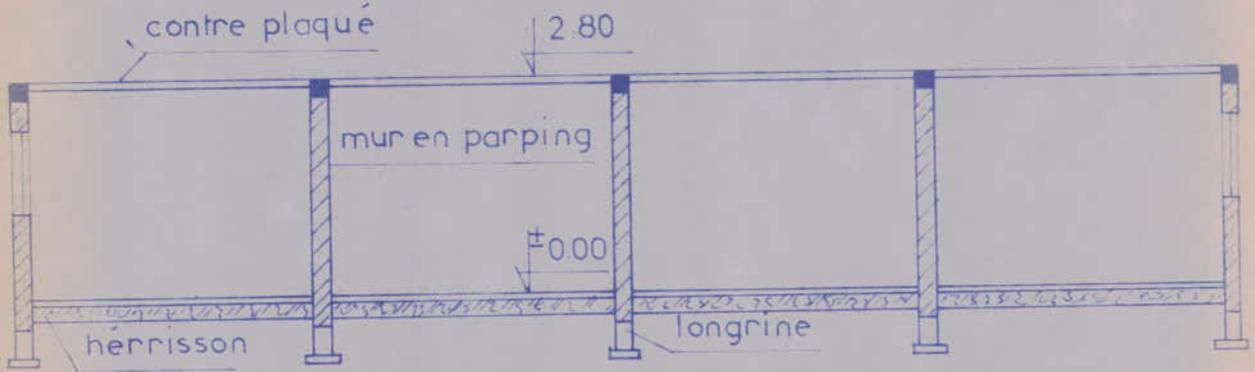
- Fluidité de la circulation sans gêne pour les ouvriers et sans aucun risque d'accident.
- Proximité immédiate des centres de production pour éviter les pertes de temps inutiles.

Il ne faut pas perdre de vue, l'autre aspect de la vie des ouvriers que représente l'après - travail et assurer par la même occasion à ceux qui vivent dans l'enceinte du chantier, un confort adéquat ; en réalisant la cité ouvrière. Cette cité doit répondre aux conditions d'hygiène et de vie décente.

Il est indispensable de prévoir la mise en place d'un siège médical pour les soins urgents qui seraient dispensés aux malades cette partie sera légèrement détachée du reste du chantier. L'importance de l'élaboration du plan général d'installation se justifie par les économies que celui - ci pourrait engendrer une fois qu'il est bien pensé (économie de temps, absence de risques inutiles.

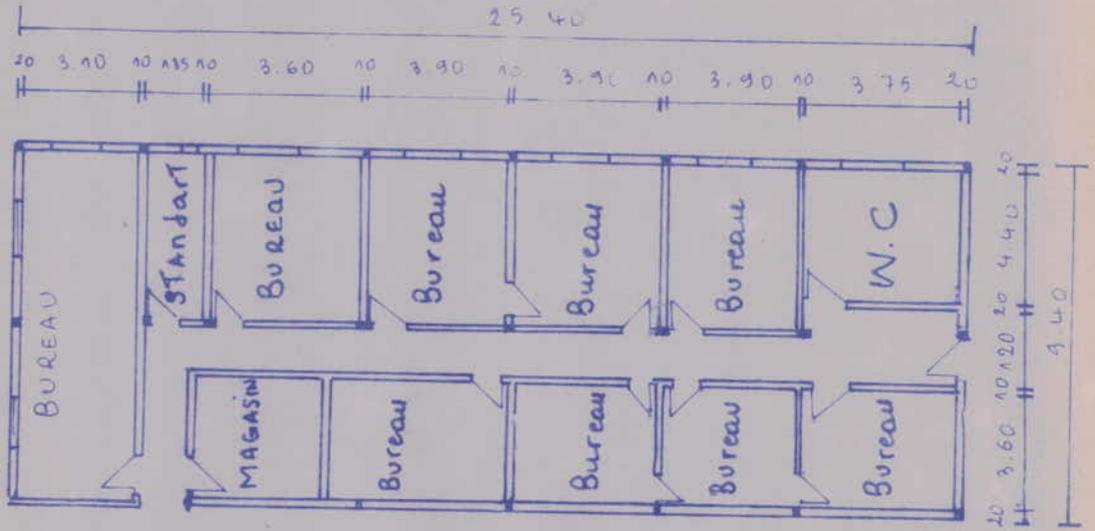


COUPE A.A.



CENTRE MEDICAL

ECH: 1/100



BUREAUX TECHNICO-ADMINISTRATIFS

Ech: 1/200

CONCLUSION

Indispensable pour la réalisation d'un projet la programmation de l'exécution nous donne les documents de base pour une maîtrise de la technologie et de la gestion :

- Maîtrise de la technologie pour l'étude technique, la détermination des méthodes et l'organisation de l'exécution du projet.
- Maîtrise de la gestion par la définition d'un planning de réalisation, des ressources et des moyens qui en découlent.

Pour notre part nous pensons que la programmation établie tout au long de ce projet ne peut représenter une finalité en soi.

Il est nécessaire à ce niveau de la parachever par une étude d'optimisation qui déterminerait le degré de validité des hypothèses de départ et de la méthodologie adoptée.

On arriverait ainsi vers la mise au point des documents les plus avantageux qui garantiraient au constructeur la réalisation de ses objectifs d'une manière compétitive sur le plan quantitatif et financier. L'étape suivante à sa réalisation à son suivi et à son contrôle.

