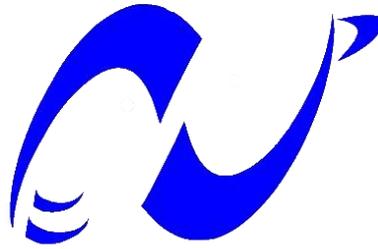


République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.
Ecole Nationale Polytechnique.



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

Département Génie Civil
Laboratoire Construction et Environnement

Mémoire de Master

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Génie Civil

Etude comparative de deux systèmes constructifs d'un bâtiment R+16 en organisation de chantiers

Réalisé par :

Mohamed Lotfi SAADA

Présenté et soutenu publiquement le 22 Juin 2016 devant le jury composé de :

Président	Mme.	R. Kettab	Professeur	ENP
Rapporteurs	M.	A. Abdelguerfi	M.A.A	ENP
	M.	R. Boutemour	M.A.A	ENP
Examineurs	M.	M. Demidem	M.A.A	ENP
	M.	S. Lekehal	M.A.A	ENP

ENP 2016

ملخص

الهدف من هذا العمل هو تنظيم حي من ثمانية مبان ذات 16 طابق المعدة لسكنات AADL.

كل من الهياكل هي من نوع جدران الخرسانية-بلاطة وأعمدة – عوارض.

الهدف من هذا العمل هو تحديد ومقارنة مدد وعدد ساعات العمال.

الكلمات المفتاحية: صب الخرسانة، جدران الخرسانية، بلاطة، تنظيم

ABSTRACT

The object of this work is the organization of a city of eight buildings 16 floors each, destined for AADL housing.

Both structures are of type sheers-slab and columns-beams.

The objective of this work is to determine and compare the duration and the number of working hours of our workers.

Keywords : Formwork, sheers, slabs, organisation.

RESUME

L'objet de ce présent travail consiste en l'organisation d'une cité de 8 bâtiments R+16 destinés aux habitations AADL.

Les deux structures sont de types voiles-dalles et poteaux-poutres.

L'objectif de ce travail est de déterminer et de comparer les durées et le nombre d'heures de travail des ouvriers.

Mots clés : Coffrage, voiles, dalles, organisation.

DEDICACES

J'ai le plaisir d'offrir ce travail à tous ceux qui de près ou de loin ont aidé à sa réalisation.

A mes chers parents ...

Pour leur générosité et leur présence permanentes.

A ma famille ...

Pour l'inspiration de notre vivacité, et la motivation de notre effort.

A Benaïche Hadjer

Pour son aide et son soutien durant toute cette période de préparation de projet.

A tous mes amis ...

Pour témoigner de la fraternité qui nous associe.

REMERCIEMENTS

Toute ma gratitude, grâce et remerciement vont à Allah le tout puissant qui m'a donné la force, la patience, le courage et la volonté de finir ce modeste travail.

Je tiens à présenter mes plus vifs remerciements à M Nabil Ramdani (Ingénieur du bureau d'étude HAMEG) et M A.Abdelguerfi ainsi que M R.Boutemeur pour avoir suivis et dirigés ce projet avec patience.

Mes remerciements vont aux membres du jury d'avoir honoré ma soutenance et pour l'effort fourni afin de juger ce modeste travail.

Mes remerciements vont également à M Abdelhakim Hameg, Directeur du bureau d'études HAMEG de m'avoir fait confiance en me confiant ce projet.

Je voudrais aussi remercier tous les professeurs qui ont contribué à ma formation à l'ENP.

TABLE DES MATIERES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

INTRODUCTION GENERALE.....	10
CHAPITRE I. PRESENTATION DE L'OUVRAGE	11
I.1. Introduction	12
I.2. Implantation de l'ouvrage	12
I.3. Présentation du bâtiment	12
I.3.1. Dimensions en élévation	12
I.3.2. Dimensions en plan	12
I.4. Conclusion	15
CHAPITRE II. LES COFFRAGES OUTILS	16
II.1. Le rôle du coffrage	17
II.2. La conception des coffrages	17
II.2.1. Indéformabilité et stabilité.....	17
II.2.2. Etanchéité	17
II.2.3. Etat de surface	18
II.3. Les différents types de coffrages	18
II.3.1. Les coffrages en bois.....	18
II.3.2. Les coffrages métalliques.....	19
II.3.3. Les coffrages en matériaux de synthèse.....	20
II.4. La préparation des coffrages.....	21
II.4.1. La vérification du positionnement et de la stabilité	21
II.4.2. L'étanchéité	21
II.4.3. Le nettoyage	21

II.4.4.	La préparation de la surface	21
II.5.	Les produits de démoulages	21
II.6.	Coffrage modulaire	22
II.6.1.	Eléments du coffrage modulaire	22
II.6.2.	Coffrage de dalles	23
II.7.	Coffrage poteau	23
II.8.	Les banches métalliques	24
II.8.1.	Equipements de la banche	25
II.8.2.	Complément de banches	25
II.9.	Coffrage plancher	26
II.9.1.	Tables	26
II.9.2.	Prédalle	28
II.10.	Coffrage de cages d'escalier	30
II.11.	Séparations, cloisonnement et isolation des voiles	30
II.12.	Conduites de fumées et de ventilations	31
II.13.	Revêtement et ponçage du sol	31
II.14.	Menuiserie, électricité, plomberie et peinture	31
II.15.	Isolation terrasse	32
II.16.	Conclusion	32
 CHAPITRE III. METHODES D'ORGANISATION		33
III.1.	Introduction	34
III.2.	Le PERT	34
III.3.	La méthode GANTT	35
III.3.1.	Présentation de la technique GANTT	35
III.3.2.	Exemple	36
III.4.	Méthode à la chaîne	37
III.4.1.	Point de synchronisation	37
III.4.2.	Cas général	37
III.5.	Méthode chemin de fer	38
III.5.1.	Précautions	38
III.6.	Conclusion	38

CHAPITRE IV. PROCEDURES DE CALCUL DU BATIMENT VOILES-DALLES	39
IV.1. Introduction.....	40
IV.2. Infrastructure.....	40
IV.2.1. Terrassement.....	40
IV.2.2. Déblai.....	41
IV.2.3. Béton de propreté.....	41
IV.2.4. Radier.....	43
IV.2.5. Voiles.....	44
IV.2.6. Plancher	45
IV.3. Superstructure	47
IV.3.1. Rotation de coffrage	47
IV.3.2. Voiles.....	48
IV.3.3. Plancher	50
IV.4. Corps d'état secondaires	52
IV.5. Application de la méthode du chemin de fer	53
IV.6. Conclusion	54
CHAPITRE V. PROCEDURES DE CALCUL DU BATIMENT POTEAUX-POUTRES	55
V.1. Introduction	56
V.2. Résultats.....	56
V.3. Conclusion.....	58
CONCLUSION GENERALE	59
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	60

LISTE DES TABLEAUX

Tableau IV.1 : Récapitulatif béton de propreté infrastructure	42
Tableau IV.2 : Récapitulatif radier infrastructure	44
Tableau IV.3 : Récapitulatif voiles infrastructure.	45
Tableau IV.4 : Récapitulatif plancher infrastructure.	47
Tableau IV.5 : Récapitulatif voiles superstructure.	50
Tableau IV.6 : Récapitulatif plancher superstructure.	51
Tableau IV.7 : Corps d'état secondaires (Voiles-Dalles).	52
Tableau IV.8 : Isolation terrasse.	52
Tableau V.1 : Récapitulatif voiles infrastructure	56
Tableau V.2 : Récapitulatif voiles superstructure	56
Tableau V.3 : Récapitulatif planchers	56
Tableau V.4 : Corps d'état secondaire (Poteaux-poutres).	57
Tableau V.5 : Récapitulatif terrasse	57

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : Vue en plan (Poteaux-Poutres).....	14
Figure I.2 : Vue en plan (Voiles-Dalles)	14
Figure II.1 : Coffrage en bois	18
Figure II.2 : Coffrage métallique.....	19
Figure II.3 : Coffrage synthétique.....	20
Figure II.4 : Coffrages poteau en aile de moulin et élément modulaire.....	24
Figure II.5 : Coffrage voiles en banches avec ouvertures.....	25
Figure II.6 : Coffrage voiles en banches avec disposition des armatures.....	26
Figure II.7 : Coffrage dalles en tables.....	27
Figure II.8: Schéma des prédalles.....	28
Figure II.9 : Prédalle sur chantier.....	29
Figure II.10 : Mis en place de prédalles.....	30
Figure III.1 : Diagramme du PERT.....	35
Figure III.2 : Présentation d'un exemple de GANTT	36
Figure IV.1 : Bulldozer en terrassement.....	40
Figure IV.2 : Déblai (Chargeur).....	41
Figure IV.3 : Coffrage modulaire du radier.....	42
Figure IV.4 : Nettoyage coffrage.....	44
Figure IV.5 : Banches avec ouvertures.....	45
Figure IV.6 : Répartition du coulage des voiles.....	47
Figure IV.7 : Répartition des tables du coffrage dalle.....	48
Figure IV.8 : Ferrailage voiles.....	49
Figure IV.9 : Manutention d'une table de coffrage.....	50
Figure IV.10 : Planning chemin de fer (Voiles-Dalles).....	53

INTRODUCTION GENERALE

L'objectif de ce présent projet est le comparatif de la même structure en poteaux-poutres et voiles-dalles.

La conception de ce bâtiment est à la base en poteaux-poutres contreventé par noyau central, j'ai refait une nouvelle conception qui m'a permis d'avoir la même structure en voiles-dalles et cela en respectant les règles de résistance.

Les coffrages jouent un rôle important dans la réalisation d'ouvrages, et de ce fait je vais choisir le coffrage adéquat pour avoir un délai minimum et le moins de main d'œuvre possible.

La rotation de coffrages a été étudiée et disposée avec soin.

Le présent rapport est constitué de six chapitres :

- Le 1er chapitre consiste en la présentation globale de la structure.
- Le 2ème chapitre présente les différents types de coffrages outils.
- Les méthodes d'organisation font l'objet du 3ème chapitre.
- Procédures de calcul du bâtiment voiles-dalles sont résumées dans le 4ème chapitre.
- Le 5ème chapitre portera sur les procédures de calcul du bâtiment poteaux-poutres.

CHAPITRE I.

PRESENTATION DE L'OUVRAGE

I.1. Introduction

Dans le cadre de l'opération location et vente, l'Agence Algérienne de Développement du logement (AADL) a choisi l'entreprise d'études et de réalisation CATIC pour l'étude et la réalisation des 512 logements.

L'étude de ce projet consiste en le comparatif de la même structure R+16 en systèmes constructifs (Poteau-Poutre et voiles-dalles).

I.2. Implantation de l'ouvrage

Le terrain retenu pour recevoir 512 logements AADL se situe à Bordj Menail. La conception architecturale est prévue pour la projection de 8 blocs que R+16

I.3. Présentation du bâtiment

Je suis chargé d'étudier un bloc de R+16 en béton armé composé de :

- Deux sous-sols et un rez-de-chaussée à usage de bureaux.
- Les 16 étages à usage d'habitation avec 4 logements par niveau : 2 F3, 2 F4.
- Le bâtiment est entouré d'un voile périphérique pour les deux sous-sols.

I.3.1. Dimensions en élévation

- Hauteur totale du bâtiment : $H = 53.10$ m
- Hauteur des étages : $H = 3.06$ m

I.3.2. Dimensions en plan

La structure est de forme carrée avec des décrochements aux milieux de chaque artère.

- Largeur = 24,3m
- Longueur = 22,9m

a) Plancher

C'est une aire généralement plane et rigide destinée à séparer les niveaux et aussi joue un rôle important dans le contreventement de l'ouvrage puisqu'il reporte et répartit les actions (forces) horizontales de la construction vers les composants de stabilité, on distingue :

- Plancher à corps creux.
- Plancher à dalle pleine.

1) Planchers corps creux :

Les planchers à corps creux sont composés de 3 éléments principaux :

- les corps creux ou "entrevous" qui servent de coffrage perdu (de 50 à 70 cm de largeur)

- les poutrelles en béton armé ou précontraint qui assurent la tenue de l'ensemble et reprennent les efforts de traction grâce à leurs armatures,
- une dalle de compression armée qui reprend les efforts de compression (de 5 cm d'épaisseur)

Dans notre cas le bâtiment en poteaux-poutres est constitué de corps creux.

2) Planchers à dalle pleine :

Pour les portes à faux, j'ai opté pour des dalles pleines à cause de leurs formes irrégulières et ceci dans le but de minimiser le temps et le coût nécessaire pour la réalisation des poutrelles spéciales à ces zones. I.4.3 Escaliers

Ce sont des éléments non structuraux qui permettent le passage d'un niveau à un autre et qui comportent deux volées.

Le bâtiment en voiles-dalles est constitué de dalles pleines.

b) Maçonnerie

La maçonnerie permet de séparer et de découper la surface d'un niveau donné, tout en ayant le rôle d'isolateur phonique et thermique et cela en utilisant de la brique creuse à 8 trous et de 10 cm d'épaisseur.

Nous avons la même maçonnerie qui est disposée différemment :

- Mur extérieur (En double parois) : permet d'avoir une meilleure isolation et cela en créant un espacement de 5 cm entre les deux parois.
- Mur intérieur (Une seule paroi) : permet de séparer les différentes pièces de la surface du niveau.
- Placoplâtre de faibles épaisseurs de 5cm à 15cm pour la séparation des murs intérieurs.

c) Revêtement

Le revêtement de chaque niveau est constitué de :

- Une couche de carrelage de 2cm pour les planchers courants et escaliers.
- Une couche de plâtre pour les murs intérieurs et plafonds.
- De la peinture pour les murs intérieurs, plafonds ainsi que pour les murs porteurs (voiles).
- Une couche de mortier de ciment en crépissage pour les murs extérieurs.

d) Acrotère

La terrasse étant inaccessible, le dernier niveau est entouré d'un acrotère en béton armé d'une hauteur variant entre 60cm et 100cm avec une épaisseur de 10cm.

e) Ascenseur

Notre immeuble dispose d'un nombre important d'étages, d'où la nécessité de disposer d'un ascenseur qui permettra le déplacement rapide et confortable entre étages.

Notre ouvrage comporte deux ascenseurs.

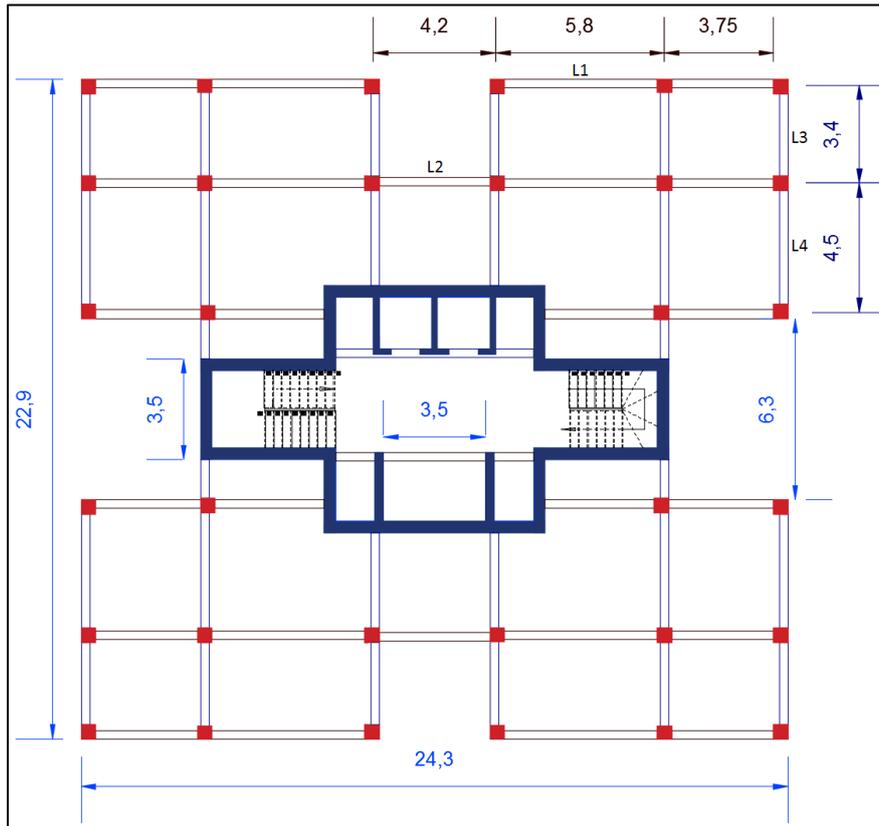


Figure 0.1 : Vue en plan (Poteaux-Poutres)

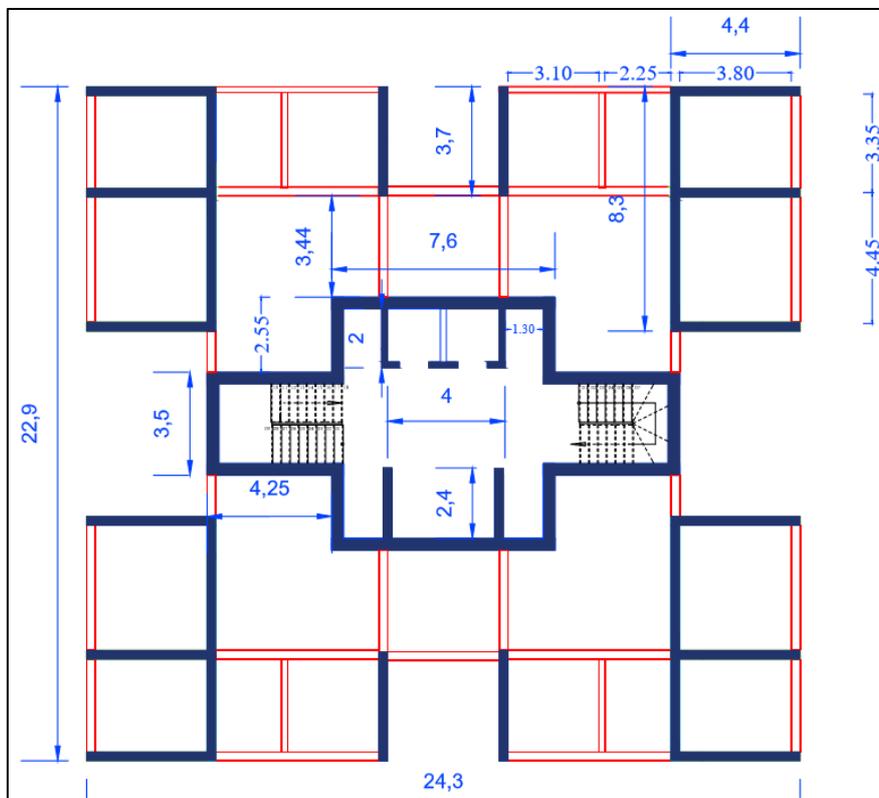


Figure 0.2 : Vue en plan (Voiles-Dalles)

I.4. Conclusion

La structure R+16 a été conçue à la base en poteaux-poutres avec noyau central, et j'ai décidé de changer la conception de la structure et cela en modifiant le plan du bâtiment tout en assurant sa stabilité et les normes de construction en la rendant une structure voiles-dalles.

CHAPITRE II.

LES COFFRAGES OUTILS

II.1. Le rôle du coffrage

Une propriété essentielle du béton est son aptitude à épouser la forme dans laquelle on le coule lorsqu'il est encore à l'état frais. Sur chantier, les outils utilisés pour le moulage du béton sont les coffrages. Pour les ouvrages verticaux, tels que murs, voiles verticales, ces coffrages appelés banches ont donné lieu à l'expression « béton banché », qui désigne le béton coulé dans des banches.

Le coffrage constitue l'outil essentiel en matière de réalisation d'ouvrages en béton. Il a beaucoup évolué ces dernières années pour mieux s'adapter à des besoins de plus en plus complexes et variés.

Grâce aux coffrages, le béton coulé in situ demeure pour beaucoup d'ouvrages une solution économique et parfois la seule utilisable lorsque le volume de la réalisation est très important ou lorsque les éléments à réaliser ne sont pas suffisamment répétitifs pour justifier leur préfabrication.

II.2. La conception des coffrages

Si le choix des coffrages dépend de l'ouvrage à réaliser et du nombre de réemplois, on peut néanmoins dégager un certain nombre d'exigences communes qu'ils doivent satisfaire.

II.2.1. Indéformabilité et stabilité

Un coffrage doit être indéformable sous l'effet de la poussée du béton et lors de la vibration. Le respect des tolérances dimensionnelles de l'ouvrage dépend directement de ce critère.

La conception du coffrage doit donc s'attacher à respecter cette indéformabilité et cette stabilité en considérant la pression statique exercée par le béton (dans les cas courants 2 à 6 t/m² selon la hauteur du bétonnage) et les contraintes dynamiques qui découlent de la vibration (qui varient selon le mode de vibration, le type de vibreurs et de leur répartition).

La conception est fonction du nombre de réemplois. En particulier en cas de réutilisation fréquente, l'altération de certains types de coffrages (en bois notamment) est de nature à modifier leurs caractéristiques mécaniques et dimensionnelles ainsi que l'aspect final du béton.

II.2.2. Etanchéité

Un coffrage est constitué par la juxtaposition de panneaux ou éléments ; l'absence d'étanchéité aux joints a pour effet de laisser passer la laitance du béton, ce qui provoque sur le parement des défauts d'aspect : hétérogénéité de texture et de teinte, nids de cailloux), diminution de résistance et moins imperméable.

Pour les bétons destinés à rester apparents, l'étanchéité des coffrages doit être particulièrement soignée.

II.2.3. Etat de surface

Un coffrage est le négatif de l'ouvrage à réaliser. Tout défaut de surface de coffrage se retrouvera donc sur le parement de l'ouvrage. Si un effet décoratif peut être recherché volontairement en utilisant par exemple le veinage des planches ou leur assemblage, il n'en va pas de même lorsqu'il s'agit de défauts tels que trous, déformations de surface dues à des chocs, têtes de boulons, désaffleurements.

II.3. Les différents types de coffrages

II.3.1. Les coffrages en bois

Matériau sciable et clouable, le bois est l'un des premiers matériaux utilisés pour la réalisation de coffrages. Du fait de sa texture et de ses possibilités d'assemblage, le coffrage bois présente de nombreux avantages pour les bétons apparents structurés et pour les ouvrages de formes complexes et non répétitifs.

Les planches utilisées pour les coffrages doivent être suffisamment épaisses pour éviter un gauchissement (27 à 40 mm), tirées d'essences de bois exempts de tanin, secs et stabilisés. Pour certaines applications, on utilise des bois poncés, rabotés ou traités pour mettre, par exemple, le veinage en valeur (soude, brossage). Ces coffrages, dont l'exécution s'apparente parfois de l'ébénisterie, permettent la réalisation de bétons apparents de qualité, présentant des textures variées.

Les caractéristiques du bois se modifient au cours des réemplois (porosité plus élevée, usure de la surface) ; ces modifications peuvent avoir une influence sur la teinte et l'aspect du parement.



Figure 0.1 : Coffrage en bois

L'inconvénient du coffrage à l'état brut est son faible réemploi (R= 3 à 4 fois).

Pour les surfaces importantes et planes, le coffrage peut être réalisé en panneaux de bois recouverts d'une feuille de contreplaqué (R=10 fois environ). Il est également utilisé pour les petits éléments de forme complexe, du fait de sa facilité de découpe et du rayon de courbure du contreplaqué. Pour un grand nombre de réemplois, on utilise des coffrages panneaux de type CTB X (contreplaqué marine imperméable) en épaisseur de 16 à 19 mm, dont la surface est bakéalisée pour augmenter encore sa longévité.

II.3.2. Les coffrages métalliques

Les coffrages métalliques se sont beaucoup développés dans le bâtiment. Ils permettent de rationaliser la mise en œuvre du béton et contribuent à l'amélioration de la productivité du chantier. Leurs possibilités de réemploi sont appréciables pour des éléments à caractère répétitif – voiles verticales, planchers et poteaux. L'utilisation de raidisseurs permet la réalisation d'éléments de grandes surfaces.

Ce type de coffrages, bien que lourd, a su évoluer en fonction des besoins :

- coffrages modulaires ;
- coffrages banches et tables (repliables pour le transport) ;
- coffrages tunnels pour les programmes d'une certaine ampleur ;
- coffrages glissants, grimpants et auto-grimpants ;

Le nombre de réemplois est de 400 à 500 fois.



Figure 0.2 : Coffrage métallique.

L'acier donne au béton une surface lisse. La conductibilité de l'acier favorise la dissipation de chaleur due à l'hydratation du ciment ; c'est un critère favorable par temps chaud. À l'inverse, par temps froid, le béton est moins bien protégé contre des chutes de température, ce qui peut alors nécessiter un calorifugeage du coffrage ou un chauffage approprié. Compte tenu de sa rigidité, ce type de coffrage est bien adapté à la vibration externe du béton.

II.3.3. Les coffrages en matériaux de synthèse

Les matériaux de synthèse sont surtout utilisés pour réaliser la peau du coffrage : ils apportent une bonne qualité de parement et se démoulent facilement. Ce type de coffrages est intéressant pour l'obtention de reliefs variés, grâce à des matrices thermoformées en PVC ou en polyéthylène, ou à des matrices sculptées en polystyrène expansé. Le plastique est également utilisé pour la réalisation de coffrages modulaires de petites dimensions (0,5 à 1 m²) manipulables à la main et surtout pour la réalisation de planchers nervurés à l'aide de bacs disposés sur des tables supports.

D'un assemblage facile, les éléments sont bien adaptés aux petits chantiers, où leur souplesse d'emploi et leur poids est apprécié par l'artisan qui peut réaliser différents ouvrages sans matériel de manutention.



Figure III.3 : Coffrage synthétique.

II.4. La préparation des coffrages

La préparation des coffrages porte principalement sur les points suivants.

II.4.1. La vérification du positionnement et de la stabilité

Sur la plupart des coffrages, des cales, des taquets ou des vérins permettent une mise à niveau et un assemblage qui doivent être vérifiés avec soin. Les étais, assurant la stabilité au renversement, doivent être correctement fixés et réglés. Sur la plupart des banches métalliques, il existe des systèmes intégrés, dont la mise en place est rapide et sûre.

II.4.2. L'étanchéité

Elle est directement liée au bon positionnement des éléments constitutifs du coffrage et à leur assemblage. L'emploi de joints souples et de couvre-joints peut constituer une solution efficace.

II.4.3. Le nettoyage

Il faut veiller à éliminer tout ce qui peut constituer une source de salissures ou d'altération du béton : boulons, ligatures, déchets végétaux, rouille ; l'eau stagnante doit être évacuée.

II.4.4. La préparation de la surface

Après nettoyage et enlèvement de toute trace de béton adhérent, le produit de démoulage doit être appliqué de façon régulière sur toute la surface, sans excès.

II.5. Les produits de démoulages

Pour limiter les phénomènes d'adhérence, on utilise des produits de démoulage qui ont plusieurs fonctions :

- protéger la surface coffrante en vue de son réemploi
- faciliter l'entretien du coffrage
- limiter l'oxydation et la corrosion des coffrages métalliques
- imperméabiliser les coffrages à base de bois.

Les produits de démoulage, qui étaient à l'origine essentiellement des huiles minérales, se sont beaucoup développés et diversifiés. On trouve aujourd'hui des émulsions, des résines, des cires et des agents chimiques qui s'opposent aux réactions de liaison à l'interface béton/coffrage. Le choix du produit de démoulage et sa bonne application ont une grande influence sur la qualité du parement, en particulier sur la teinte et le bullage. Les produits de démoulage doivent aussi :

- ne pas adhérer au béton après sa prise, ni le tacher ou l'altérer ;

- permettre l'application ultérieure de revêtements (carrelage, peinture) sans nuire à leur adhérence.

L'application du produit de démoulage à la brosse ou par pulvérisation doit être faite de façon uniforme, en un film mince, sans défaut ni excès. Les coffrages bois doivent être humidifiés avant emploi.

II.6. Coffrage modulaire

Il permet l'exécution de tous les travaux en BTP grâce à la combinaison de panneaux de dimensions variables.

Le coffrage modulaire peut être utilisé dans tous les éléments (planchers-poteaux-poutres-voiles-murs de soutènement- culées et piles de pont-réservoirs et silos), il permet de coffrer des éléments de longueur variable en mettant en place des panneaux de différentes dimensions.

Il est généralement utilisé pour les planchers avec facilité puisqu'il n'y a pas lieu de mettre des raidisseurs.

Un étayage a lieu d'être pour les phases avant et après coulage.

Le coffrage modulaire est constitué de plusieurs types, notamment :

- Coffrage mixte : Structure métallique + peau coffrante en contreplaqué bakéliné.
- Coffrage métallique : Toutes les largeurs et longueurs, entre 50cm et 100cm existent par intervalle de 5cm.

II.6.1. Eléments du coffrage modulaire

- Eléments de compensation : Permettent le coffrage de zone, les reprises de bétonnage, L'écartement entre 2 panneaux est obtenu à l'aide de tubes en PVC rigides perdus dans le béton et protégeant des tiges d'entretoises reprenant la poussée du béton.
- Distanceur : il est utilisé à la partie supérieure comme écarteur ou tige de serrage et également comme élément d'about de voile.
- Tôle de compensation : elle permet de rattraper des longueurs de voiles jusqu'à 20cm.
- Consoles pignons : elles servent de support du coffrage, du voile pignon et de passerelle de travail ou de coffrage grim pant lorsqu'elle est associée à une banche.

Pour les chantiers sans grue, le montage se fait l'endroit coffré.

Pour les chantiers importants, les panneaux sont assemblés au sol et montés à l'aide d'une grue.

L'avantage du coffrage modulaire est de réaliser n'importe quel type d'ouvrage et d'être léger à déplacer et à monter surtout pour les petites entreprises ne disposant pas de grue.

II.6.2. Coffrage de dalles

Il est constitué de 3 éléments principaux :

- Une tête de support : de dimensions 25×25cm est placé sur tous les étais.
- Une bande de jonction : relie des têtes de support et a une longueur de 75cm et de 125cm.
- Les panneaux modulaires : sont fixés aux bandes de jonction.

Lors du décoffrage, les systèmes de fermeture de la bande de jonction sont enlevés. La bande de jonction se rabat autour d'une charnière puis elle est dégagée. Ensuite le panneau modulaire est également dégagé pour une réutilisation.

Il n y a que l'étais et la tête de support qui sont maintenus en place. Ils sont enlevés au fur et à mesure du durcissement.

Une tête d'étais permet un étayage permanent de la dalle en phase de décoffrage et donc un réemploi rapide des panneaux modulaires et des bandes de jonctions.

II.7. Coffrage poteau

Le coffrage complet, ainsi que chaque élément de coffrage, doivent être autostables ou stabilisés par des moyens appropriés (triangles de stabilisation, par exemple). La stabilité sous l'effet du vent doit être assurée au moins jusqu'à l'évacuation du personnel des zones exposées.

Les coffrages doivent par ailleurs répondre aux exigences de la norme NP 93-350 relatives à la stabilité au vent (maximum 85 km/h).

Les poteaux peuvent être constitués de petits panneaux assemblés par clavetage ou boulonnage.

Il existe plusieurs types de coffrage, notamment :

- Panneaux simples de dimensions variables.
- Demi-coquilles variables dans un seul sens.
- Aile de moulin variable dans les 2 sens.
- Batterie de poteaux : coffrage de plusieurs poteaux et poutres les reliant.



Figure 0.4 : Coffrages poteau en aile de moulin et élément modulaire.

II.8. Les banches métalliques

La nécessité d'améliorer la productivité, l'apparition des grues puissantes et les grandes opérations de logements ont permis d'imaginer les coffrages plus élaborés dont les avantages résident dans les économies de temps et de main-d'œuvre qu'ils procurent, l'amélioration du fini des surfaces, la possibilité de réemploi (400 à 500 fois), les critères de sécurité et de stabilité.

Les banches sont des coffrages de hauteur d'étage pour la réalisation des voiles.

Il y a 3 types de banches :

- Banches en bois : rarement utilisées de nos jours.
- Banches améliorés en bois : panneau en bois recouvert d'un contreplaqué.
- Banches mixtes : la structure est métallique et la surface coffrante en contreplaqué bakéliné.
- Banches métalliques : elles peuvent être à 2 ou 3 lits de raidisseurs, ce sont les banches les plus utilisées du fait des avantages qu'elles offrent.

Les banches les plus courantes comportent une rangée de tiges en pied.

Les tiges sont espacées de 1m ou 1.5m , elles sont placées dans les tubes en matière plastique rigide noyés dans le béton.

Au sommet (pour éviter les tiges d'entretoise), on utilise des distanceurs.



Figure 0.5 : Coffrage voiles en banches avec ouvertures.

II.8.1. Equipements de la banche

- Réglage de la verticalité : bulle d'air, fil à plomb.
- Réglage de la hauteur : à l'aide des vérins en pied.
- Passerelle : munie d'accessoires de sécurité et d'échelles.

II.8.2. Complément de banches

- Rehausses : panneaux servant à augmenter la hauteur d'une banche.
- Les arrêts de béton ou abouts.
- Tiges d'entretoises.
- Clé de décoffrage : variable de 50 à 200mm.
- Incorporations : douilles (cadres de portes et fenêtres), gaines d'électricité...

Les banches stands peuvent être assemblées les unes aux autres selon les dimensions des voiles. La hauteur est variable et reçoit pour cela des rehausses à la partie supérieure.



Figure 0.6 : Coffrage voiles en banches avec disposition des armatures.

II.9. Coffrage plancher

II.9.1. Tables

Les tables sont des plateformes coffrantes réglables en hauteur et en largeur permettant la réalisation des dalles pleines.

Elles sont constituées d'un plateau coffrant et d'un étaielement.

a) Plateau coffrant

Il est constitué de :

- Peau coffrante en contreplaqué ou en tôle métallique ;
- Lit de raidisseurs ;
- Poutres horizontales.

b) L'étaielement

Il est formé de pieds contreventés pour assurer la stabilité de l'ensemble et la stabilité lors de la manutention.

Le nombre de pieds est généralement de : 4, 6 ou 8 étais et varie selon la longueur de la table.

La souplesse de la dalle favorise le décoffrage par gauchissement.

c) Equipement des tables

- Vérin de réglage de la hauteur et de l'horizontalité de la table.
- Règles de décoffrage (Rablette) : pour permettre à la table de se décoffrer facilement.
- Abattants et compléments de coffrage (retombées des poutres): panneaux pivotant maintenus en place par des étais mobiles.
- Dispositif pour la réalisation d'allèges.
- Passerelle de service et garde-corps aux extrémités.

Les tables peuvent être modulaires lorsqu'elles ne sont pas amorties sur le premier chantier. Les portées peuvent être variées.

Pour les grandes portées et afin d'accélérer le décoffrage, 2 tables peuvent être mises côte côté, le décoffrage est réalisé après 3 jours.



Figure 0.7 : Coffrage dalles en tables.

II.9.2. Prédalle

Lorsque l'épaisseur de la dalle finie n'est pas conditionnée par des critères acoustiques ou de tenue au feu, elle peut être réduite de façon notable, afin de jouer le rôle de coffrage pour les éléments délimités par des voiles de part et d'autre ce qui empêchera l'utilisation des tables de coffrage ou d'un autre type de coffrage.

Les prédalles précontraintes sont réalisées en béton précontraint par armatures adhérentes. Elles sont associées sur chantier à du béton coulé en œuvre. Un crantage sur la face supérieure de la prédalle améliore l'adhérence entre la prédalle et le béton coulé en place. La prédalle précontrainte est particulièrement adaptée aux grandes portées.

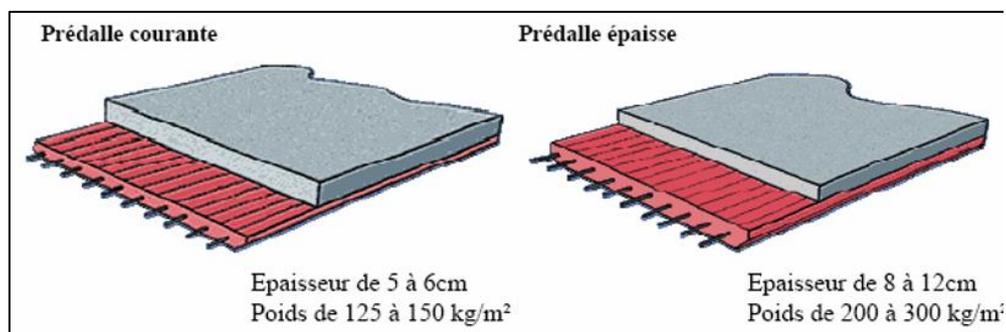


Figure 0.8: Schéma des prédalles.

La prédalle précontrainte est obligatoirement fabriquée par un fabricant extérieur. La préfabrication sur site n'est pas faisable (niveau matériel).

a) Cas de la pose sans étaie ou étaie réduit

Dans le cas de plancher de grande hauteur pour lesquels l'étaie est difficile et coûteux, la pose des prédalles peut se faire sans étaie ou avec un étaie réduit :

En béton armé, suivant l'épaisseur de la prédalle, les portées maximales sans étai sont de 5 m. Lorsque les moyens de levage du chantier le permettent, des prédalles épaisses (jusqu'à 12 cm) peuvent être mises en œuvre. Dans les cas où la légèreté est un facteur important, il est possible d'utiliser des prédalles de 5 cm d'épaisseur munies de raidisseurs renforcés.

En béton précontraint, les portées maximales sans étai sont de 6 m et l'épaisseur des prédalles peut varier de 6 à 12 cm.



Figure 0.9 : Prédalle sur chantier.

b) Les avantages des prédalles

- Elles permettent de s'affranchir de la mise en place d'un coffrage dans des endroits difficiles d'accès ;
- La manutention se fait par de simples élingues (sans palonnier) et par palonnier pour les dimensions plus importantes.
- La sécurité en phase provisoire est assurée par des crochets incorporés à la prédalle qui permettent de fixer les potelets de garde-corps ;
- Les réservations éventuelles sont directement incorporées à la fabrication ;
- Très peu d'aciers complémentaires sont à mettre en place sur le chantier ;
- La sous-face est lisse et peut être directement traitée par la peinture.
- Elles sont utilisées pour les dalles bas rez-de-chaussée et aussi pour les couloirs (lorsqu'il n'y a pas de possibilité de mettre des tables).

Le mode opératoire du plancher prédalle est divisé en 5 étapes principales :

1. La mise en place de l'étalement
2. La pose de la prédalle
3. Le ferrailage additionnel
4. Le bétonnage
5. Le désétalement



Figure II.10 : Mis en place de prédalles.

II.10. Coffrage de cages d'escalier

Il existe 2 procédés :

- 1^{er} procédé : on utilise 4 panneaux assemblés à l'aide de clés de décoffrage.
- 2^{ème} procédé : on utilise un coffrage muni de tôles de compensation sur chaque côté, le décoffrage s'effectue en rétractant à l'aide de vérins les 4 côtés de l'élément à l'aide d'écrous ailés, le coffrage est sorti d'un seul bloc à l'aide de la grue.

II.11. Séparations, cloisonnement et isolation des voiles.

Pour les cloisons intérieures, la solution envisagée est le panneau de placoplâtre de hauteur d'étage dont les qualités sont les suivantes :

- Rapidité d'exécution et de montage.

- Etanchéité thermique.
- Etanchéité phonique.
- Manutention rapide.
- Légèreté des plaques.
- Présente une bonne finition prête à être peinte (pas de couche de plâtre).

Pour les façades, des panneaux préfabriqués sont les solutions les plus envisageables du fait de :

- Rapidité d'exécution.
- Résistance au feu, anti-bruit.
- Présence d'une surface lisse prête à la peinture.

La réduction du temps de construction réduit le coût global de la construction de l'ouvrage.

Construire en béton préfabriqué permet de réduire le temps de construction, car les murs sont livrés prêts à être assemblés.

Ce type de mur nécessite peu de main d'œuvre et offre un chantier sec, sans temps de séchage.

Enfin, le mur en béton préfabriqué permet de réaliser des murs de grande hauteur.

II.12. Conduites de fumées et de ventilations

La structure doit avoir des conduites de fumées et de ventilations de hauteur d'étage pour assurer les critères suivants :

- Résistance mécanique et stabilité.
- Sécurité en cas d'incendie.
- Sécurité d'utilisation.
- Protection contre le bruit.
- Economie d'énergie et isolation thermique des conduits.
- Etanchéité au gaz.
- Etanchéité à l'eau.
- Résistance des conduits à la corrosion.
- Coefficient d'isolation thermique.
- Réutilisation du conduit après feu de cheminée.

II.13. Revêtement et ponçage du sol

Les sols doivent être couverts et revêtus d'une couche d'isolants, un lit de sable, du mortier de pose et du carrelage qui doit recevoir un ponçage.

II.14. Menuiserie, électricité, plomberie et peinture

Les cadres de portes et de fenêtres sont placés avant le bétonnage des voiles.

Les gaines et boîtiers d'électricité sont noyés dans le béton.

Les éléments de plomberie sont préfabriqués à l'avance et réalisés en un temps record.

La peinture est réalisée directement sur le béton évitant d'avoir recours aux enduits ciment et plâtre.

II.15. Isolation terrasse

La terrasse doit avoir une isolation particulière pour empêcher les déperditions thermiques et une étanchéité parfaite pour éviter les infiltrations d'eau. Elle est constituée par les éléments suivants :

- D'une protection de gravillon.
- Couche d'étanchéité multicouche.
- Une forme de pente.
- Isolation thermique en liège.

II.16. Conclusion

Les coffrages se sont évolués avec le temps, le coffrage bois n'est plus utilisé de nos jours pour ces nombreux inconvénients et son nombre de réemploi très petit.

Les coffrages métalliques sont devenus les plus répandus dans la construction pour les avantages qu'ils procurent, surfaces lisses, rapidité et facilité de mise en œuvre, nombre de réemploi très élevé.

La structure voiles-dalles se fera en tables et banches, tant dit que la structure poteau-poutre sera en éléments modulaires.

CHAPITRE III.

METHODES D'ORGANISATION

III.1. Introduction

Les méthodes d'organisation se sont développées avec l'apparition de chaque système constructif.

III.2. Le PERT

Le graphe PERT permet de visualiser la dépendance des tâches et de procéder à leur ordonnancement.

On utilise un graphe de dépendances : (PERT : Project Evaluation and Review Technique). Un graphe de dépendance est utilisé, pour chaque tâche est indiqué une date de début et de fin au plus tôt et au plus tard.

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

Le but est de trouver la meilleure organisation possible pour qu'un projet soit terminé dans les meilleurs délais et d'identifier les tâches critiques, c'est-à-dire les tâches qui ne doivent souffrir d'aucun retard sous peine de retarder l'ensemble du projet.

- Le chemin critique du projet :

Suite des tâches du réseau ne comportant aucune marge (date au plus tôt = date au plus tard).

La durée totale des tâches critiques donne la durée minimale de réalisation du projet.

Le moindre retard de l'une de ces tâches entraîne un retard équivalent sur la date finale du projet.

- Les tâches à marge :

Tâches disposant d'un battement possible dans le temps (date au plus tôt < date au plus tard).

On distingue deux types de marges :

- La marge totale : retard maximum que l'on peut prendre pour débiter une tâche sans remettre en cause les dates au plus tard des tâches suivantes.
- La marge libre : retard maximum que l'on peut prendre pour débiter une tâche sans remettre en cause les dates au plus tôt des tâches suivantes.

Exemple :

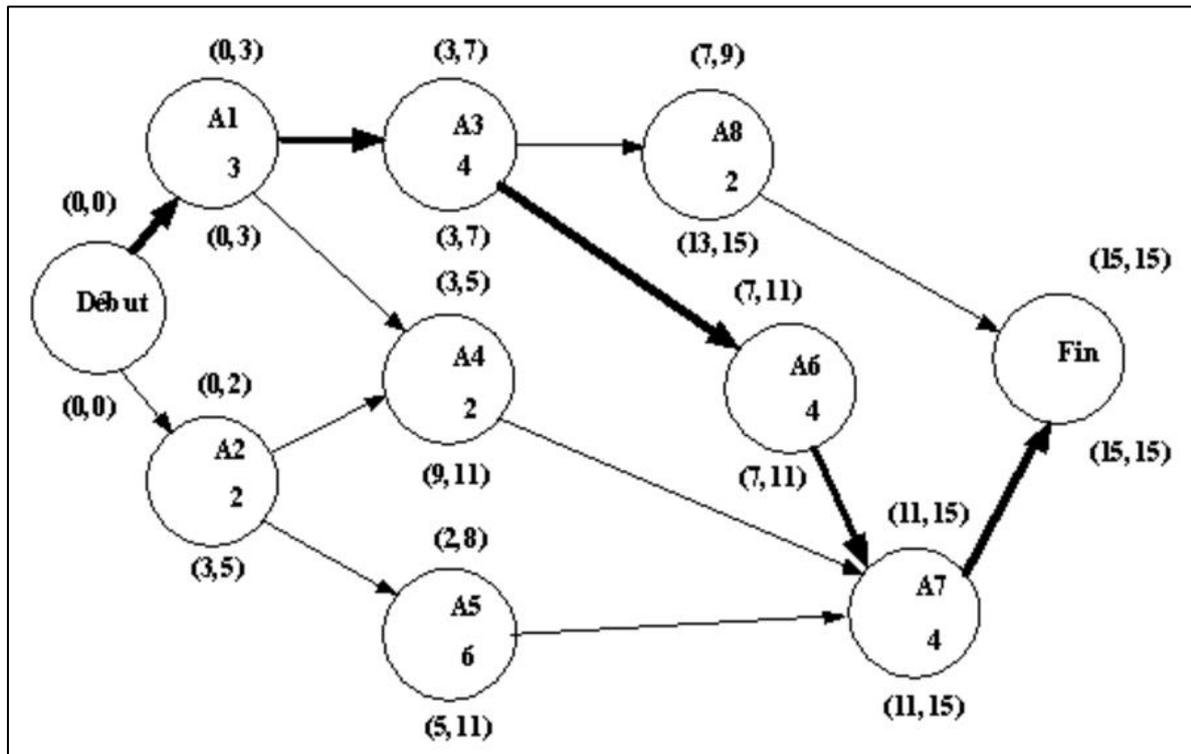


Figure 0.1 : Diagramme du PERT

Les durées apparaissent dans les cercles, les couples au-dessus sont les dates de début et de fin au plus tôt, les couples au-dessous sont les dates de début et de fin au plus tard.

Si le projet nécessite plusieurs équipes, on a des PERT à plusieurs niveaux

III.3. La méthode GANTT

C'est une méthode très ancienne puisque datant de 1918 et pourtant encore très répandue mais sous des formes et sur des applications résolument modernes.

Elle consiste à déterminer la meilleure manière de positionner les différentes tâches d'un projet à exécuter, sur une période déterminée, en fonction :

- Des durées de chacune des tâches,
- Des contraintes d'antériorité existant entre les différentes tâches,
- Des délais à respecter,
- Des capacités de traitement.

III.3.1. Présentation de la technique GANTT

Comme nous l'avons détaillé précédemment, il faut commencer par :

- Se fixer le projet à réaliser,

- Définir des différentes opérations à réaliser,
- Définir les durées de chacune des opérations,
- Définir les liens entre ces opérations.

III.3.2.Exemple

Nous avons choisi un exemple excessivement simple pour expliquer la manière dont un Gantt se construit. Supposons qu'on cherche à ordonnancer la réalisation des tâches d'un projet ayant les caractéristiques suivantes :

- **Tâches à réaliser :**
 - Tâche A : durée 3 jours
 - Tâche B : durée 6 jours
 - Tâche C : durée 4 jours
 - Tâche D : durée 7 jours
 - Tâche E : durée 5 jours
- **Liens entre les opérations :**
 - B et D après A ;
 - C après B ;
 - E après D

Le diagramme de Gantt se présente sous la forme d'un tableau quadrillé où chaque colonne correspond à une unité de temps et chaque ligne à une opération à réaliser.

On définit une barre horizontale pour chaque tâche ; la longueur de celle-ci correspond à la durée de la tâche. La situation de la barre sur le graphique est fonction des liens entre les différentes tâches.

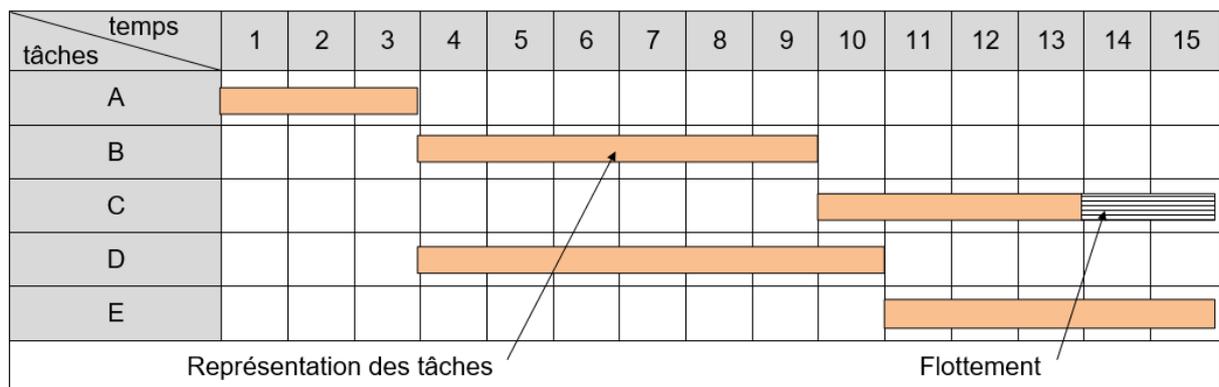


Figure III.2 : Présentation d'un exemple de GANTT

III.4. Méthode à la chaîne

Pour la réalisation d'un ouvrage donné, chaque équipe peut marquer un temps d'attente avant de reprendre le travail.

La méthode à la chaîne consiste à éliminer les attentes de toutes les équipes en retardant leur intervention de manière à travailler sans discontinuité sans toutefois accuser un retard sur le délai final du projet.

L'exécution des mêmes processus sur n secteurs inégaux à exécuter consiste à exécuter ces processus de telle manière qu'ils soient synchronisés entre eux.

Chaque processus est exécuté par une seule équipe qui intervient d'une manière continue sur chaque secteur.

Sur le même secteur, les différentes équipes se succèdent les unes après les autres et exécutent les travaux en respectant les contraintes de telle sorte que le décalage entre équipes soit le plus petit possible.

III.4.1. Point de synchronisation

Définition du pas : le pas est la durée entre les débuts de 2 processus simples consécutifs i et (i+1) sur le même secteur λ , il est noté k_i^λ .

Trois cas peuvent se présenter :

a) Processus discontinu

Avec un décalage $\Delta > 0$, il a besoin d'un temps d'attente pour être suivi.

$$k_i^\lambda = t_i^\lambda + D_i^\lambda$$

b) Processus continu

Si le pas est égal au module de temps ($k_i^\lambda = t_i^\lambda$), on dit qu'il y a synchronisation entre les processus i et (i+1) sur le secteur λ .

c) Processus discontinu

Avec un décalage $\Delta < 0$

$$k_i^\lambda = t_i^\lambda - D_i^\lambda$$

Le processus (i+1) commence avant le processus i soit achevé.

III.4.2. Cas général

Plusieurs processus : $T_e = \sum_{i=1}^m t_i^1 + \sum_{i=1}^{n-1} \tau_i^1 + \sum_{j=1}^{n-1} \Delta_j + \sum_{\lambda=2}^n t_m^\lambda$

III.5. Méthode chemin de fer

La méthode de planning dite 'chemin de fer' est une méthode employée à la SNCF pour prévoir et contrôler l'avancement des trains sur les lignes.

La planification chemin de fer est utilisée notamment pour :

- la construction d'infrastructures linéaires : routes, autoroutes, voies ferrés, pipelines, tunnels.
- La construction de programmes importants de logements.

Il permet de représenter graphiquement l'avancement du projet en intégrant la notion de cadence.

Il est recommandé de prendre les mêmes modules de temps pour toutes les activités et sur l'ensemble des secteurs.

$T_e = (m + n - 1)t$: Tous les secteurs sont synchronisés

$T_e = (m + n - 1)t + \sum_{j=1}^{n-1} \Delta_j$: Avec marge de sécurité

III.5.1. Précautions

Dans la réalité, il faut admettre les retards inévitables.

Il faut prévoir les marges de sécurité à intercaler entre chaque activité afin d'absorber d'éventuels retards.

Pour les travaux mécanisés, les marges seront plus importantes.

III.6. Conclusion

Les méthodes de calcul permettent d'avoir un bon agencement des tâches appliquées.

Pour les bâtiments et structures répétitives, la méthode du chemin de fer est la plus favorable et sera par ailleurs utilisée dans la suite du projet.

CHAPITRE IV.
PROCEDURES DE CALCUL DU
BATIMENT VOILES-DALLES

IV.1. Introduction

Dans cette partie, je vais adopter un bâtiment en voiles et dalles ainsi que tous les éléments qui le constituent et déterminer les durées et les volumes horaires des activités.

IV.2. Infrastructure

IV.2.1. Terrassement

Le **terrassement** est le travail consistant à déplacer des quantités importantes de matériaux (sols, roches, sous-produits...) dans divers buts.

La partie excavée est égale à la surface totale du bâtiment + 1m de chaque côté multipliée par la hauteur totale des sous-sols.

Ainsi qu'un déblai en forme de triangle sur le pourtour du bâtiment pour la mise en place des voiles périphériques.

Le volume total à excaver est de :

$$V = 26,3 \times 24,9 \times 6,62 + 2 \times 7 \times 6,62 \times (26,3 + 24,9) = 6708 \text{ m}^3$$

Avec :

V : volume en m^3 .

Pour un volume aussi important, j'opte pour un bulldozer avec un rendement $R=200\text{m}^3/\text{h}$.

$$\text{Rendement réel} = 200 \times 0,83 = 166\text{m}^3/\text{h}$$

$$D = \frac{6708}{166} = 40,4 \text{ heures} = \mathbf{5 \text{ jours}}$$
 de travail total.

Avec :

D : durée de la tâche.

VH : Volume horaire total

Nous avons sur le chantier un chauffeur Bulldozer + guide = 2 personnes.

$$\text{Donc VH} = 2 \times 40,4 = 80,8 \text{ heures.}$$



Figure 0.1 : Bulldozer en terrassement.

IV.2.2. Déblai

Le déblai se fait à l'aide d'un chargeur, $R=120\text{m}^3/\text{h}$ et de 12 camions à bennes de 6m^3 de capacité.

$$V = 1,25 \times 26,3 \times 24,9 \times 6,62 = 5419 \text{ m}^3$$

$$D = \frac{5419}{12 \times 6} = 75 \text{ h} = 11 \text{ jours}$$

Pour diminuer le délai, j'ai opté pour l'utilisation de 2 Chargeurs \rightarrow **D = 6 jours.**

Nous avons pour le terrassement : 4 conducteurs engins = 30.

$$VH = 4 \times 75 = 300 \text{ heures.}$$



Figure 0.2 : Déblai (Chargeur)

IV.2.3. Béton de propreté

Coulage d'un béton de propreté sur 10cm, afin de protéger au plus vite le sol des intempéries et de l'humidité.

$$V_0 = 25,1 \times 23,7 \times 0,1 = 59,5 \text{ m}^3$$

a) Coffrage

Eléments de coffrage :

Sens-X : 10 éléments de $(0,1 \times 2,5\text{m})$

Sens-Y : 9 éléments de $(0,1 \times 2,5\text{m})$ + 1 élément $(0,1 \times 1,2\text{m})$

$$N = (10+9+1) \times 2 = 40 \text{ éléments.}$$

$$N_{\text{Coffrage}} = 2 \text{ min/élément}$$

$$N_{\text{Décoffrage}} = 1 \text{ min/ élément}$$

$$D = 2 \times 40 = \mathbf{80 \text{ min}}$$

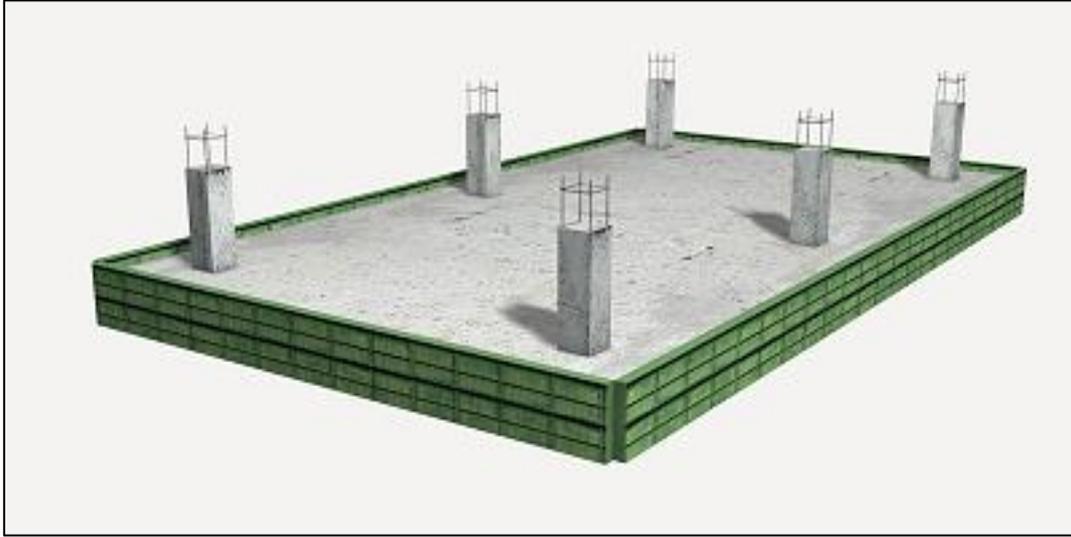


Figure 0.3 : Coffrage modulaire du radier.

b) Bétonnage

Coulage du béton de propreté : $N_{T0} = 0,025h/m^2$

$$N_p = \frac{1}{0,025} = 40m^2/h$$

On adopte 2 équipes de 3 ouvriers, on aura :

$$D = \frac{595}{2 \times 40} = 7,5h = \mathbf{1 \text{ jour.}}$$

c) Nettoyage et huilage

Le nettoyage et le huilage se fait sur chantier.

$$N_{\text{Nett,Huil}} = 0,03 \text{ m}^2/h$$

L'équipe est constituée de 3 ouvriers (2 pour le grattage et 1 pour l'huilage,)

$$D = 425,5 \times 0,1 \times 0,03 = 1,275 \text{ heures.}$$

$$D_{\text{tot}} = \frac{1,27}{3} = \mathbf{0,425 \text{ heures}}$$

Tableau 0.1 : Récapitulatif béton de propreté infrastructure

Désignations	Decoff+Coff	Bétonnage	Nettoy+Huil
Durée (h)	2	7,5	0,425
Equipes	3	2×3 = 6	3
VH	6	45	1,275

Avec :

VH : Volume horaire = 52,3 heures.

IV.2.4. Radier

Le radier est la fondation sur laquelle repose le bâtiment, elle est de 40cm de hauteur.

$$V_0 = 25,1 \times 23,7 \times 0,4 = 238 \text{ m}^3$$

a) Coffrage

Sens-X : 10 éléments de (0,4×2,5m)

Sens-Y : 9 éléments de (0,4×2,5m) + 1 élément (0,4×1,2m)

$$N_{\text{Coffrage}} = 3 \text{ min/élément}$$

$$N_{\text{Décoffrage}} = 2 \text{ min/élément}$$

$$D = 3 \times 40 = 120 \text{ min} = \mathbf{2 \text{ heures.}}$$

b) Ferrailage

$$N_{\text{Ferrailage}} = 90 \text{ kg/m}^3$$

$$D = 90 \times 238 = 21420 \text{ Kg}$$

$$N_{\text{pose}} = 0,009 \text{ h/Kg}$$

$$D_{\text{tot}} = 21420 \times 0,009 = 192,7 \text{ heures.}$$

$$D_{\text{ouvrier}} = 192,7 \times 0,6 = 115,6 \text{ heures avec 40\% préfabriqués à l'atelier}$$

$$D_{\text{ouvrier}} = \frac{115,6}{8} = 14,4 \text{ jours}$$

$$2 \text{ équipes de 4 ouvriers : } D = \frac{14,4}{2 \times 4} = \mathbf{2 \text{ jours.}}$$

c) Bétonnage

Un vibreur est prévu pour le bétonnage du radier avec $R = 12 \text{ m}^3/\text{h}$

On dispose 3 équipes : $R = 36 \text{ m}^3/\text{h}$

$$D = \frac{238}{36} = \mathbf{6,6 \text{ Heures.}}$$

d) Nettoyage et huilage

Le nettoyage et le huilage se fait sur chantier.

$$N_{\text{Nett,Huil}} = 0,03 \text{ m}^2/\text{h}$$

L'équipe est constituée de 3 ouvriers (2 pour le grattage et 1 pour l'huilage,)

$$D = 425,5 \times 0,4 \times 0,03 = 5,1 \text{ heures.}$$

$$D_{\text{tot}} = \frac{5,1}{3} = 1,7 \text{ heures}$$



Figure 0.4 : Nettoyage coffrage.

- Avec chevauchement des tâches nous aurons une durée totale de 2 jours pour le radier.

Tableau 0.2 : Récapitulatif radier infrastructure

Désignations	Decoff+Coff	Ferraillage	Bétonnage	Nettoy+Hui
Durée (h)	2	14,4	6,6	1,7
Equipés	3	2×4=8	3×4=12	3
VH	6	115,2	79,2	5,1

IV.2.5. Voiles

Le sous-sol est formé de voiles qui vont être continus dans toute la structure, et d'un voile périphérique qui contourne le bâtiment pour une stabilité vis-à-vis de la poussée des terres.

Le voile sera achevé en **6 jours** et cela en divisant les voiles en 4 parties. Je vais aborder dans la superstructure le calcul détaillé des durées des voiles.

Le badigeon bitumineux sur mur enterré servira de protection des voiles périphériques et sera calculé comme suit :

$$D = 2 \times 3,06 \times (24,3+22,9) \times 2 \times 0,1 = 60 \text{ heures.}$$

La durée de ce dernier n'influe pas dans le calcul des durées puisqu'elle se fait avant le remblai et pendant la construction du bâtiment qui a une durée supérieure à 60 heures.

Tableau 0.3 : Récapitulatif voiles infrastructure.

Désignations	Decoff+Coff	Ferrailage	Bétonnage	Nettoy+Hui
Durée (h)	27	15,5	6,5	5,5
Equipes	5	3	2×4=8	3
VH	135	46,5	52	16,5

VH = 250×2= 500 heures.



Figure 0.5 : Banches avec ouvertures.

IV.2.6. Plancher

La surface du plancher est de 425,5m².

a) Le coffrage

Le coffrage des planchers de sous-sols sont faits en éléments modulaires.

$$N_{\text{plancher modulaire}} = 0,25 \text{ h/m}^2$$

$$D_{\text{Tot}} = 425,5 \times 0,25 = 106 \text{ heures.}$$

$$D_{\text{ouvrier}} = \frac{106}{8} = 13,3 \text{ jours}$$

L'équipe est constituée de 5 ouvriers.

$$D = \frac{13,3}{5} = 2,66 \text{ jours}$$

b) Ferrailage

Les armatures seront préfabriquées en usine, apportées et mises en place directement sur le chantier.

Je partagerai la surface en 3 puisqu'elle est assez grande.

Les armatures adoptées sont de types treillis soudés : 11 éléments.

$$N_{\text{treillis}} = 10 \text{ min / élém}$$

$$D_{\text{Treillis}} = 110 \text{ mins}$$

Le plancher dispose de 20 chapeaux d'armatures.

$$N_{\text{chapeaux}} = 6 \text{ min / élém}$$

$$D_{\text{Chap}} = 120 \text{ mins}$$

$$D = 230 \text{ min} = 4 \text{ heures.}$$

$$D_{\text{tot}} = D \times 3 = 12 \text{ heures}$$

c) Bétonnage

Deux règles lisseurs sont prévues pour le bétonnage du plancher qui se fera pour la moitié de la surface totale avec $R = 90 \text{ m}^3/\text{h}$

On dispose de 2 équipes de 4 ouvriers : $R = 180 \text{ m}^3/\text{h}$

$$D = \frac{425,5}{2 \times 90} = 2,37 \text{ Heures.}$$

$$D_{\text{tot}} = 4,74 \text{ heures} = 5 \text{ Heures}$$

d) Nettoyage et huilage

Le nettoyage et le huilage se fait sur chantier.

$$N_{\text{Nett,Huil}} = 0,03 \text{ m}^2/\text{h}$$

L'équipe est constituée de 3 ouvriers (2 pour le grattage et 1 pour l'huilage,)

$$D = 425,5 \times 0,03 = 12,75 \text{ heures.}$$

$$D_{\text{tot}} = \frac{12,75}{3} = 4,25 \text{ heures}$$

Tableau 0.4 : Récapitulatif plancher infrastructure.

Désignations	Decoff+Coff	Ferrailage	Bétonnage	Nettoy+Hui
Durée	21	12	5	4,25
Equipes	5	3	2×4=8	3
Volume H ; V_H	105	36	40	12,75

VH= 194×2=388 heures.

IV.3. Superstructure

IV.3.1. Rotation de coffrage

a) Bâtiment en voiles et dalles

Pour les bâtiments voiles et dalles, deux possibilités pour réaliser l'ouvrage : le coffrage tunnel et les banches et tables.

Le noyau central ne nous permet pas d'utiliser le coffrage tunnel.

Le choix s'est donc porté vers le coffrage banches et tables.

Les voiles sont réalisés en 3 jours, afin de rentabiliser l'outil en l'utilisant tous les jours, deux bâtiments doivent être réalisés simultanément avec le même coffrage.

Pendant qu'une équipe utilise les banches, la seconde doit utiliser les tables.

A cet effet les dalles devront être réalisées en 3 jours également.

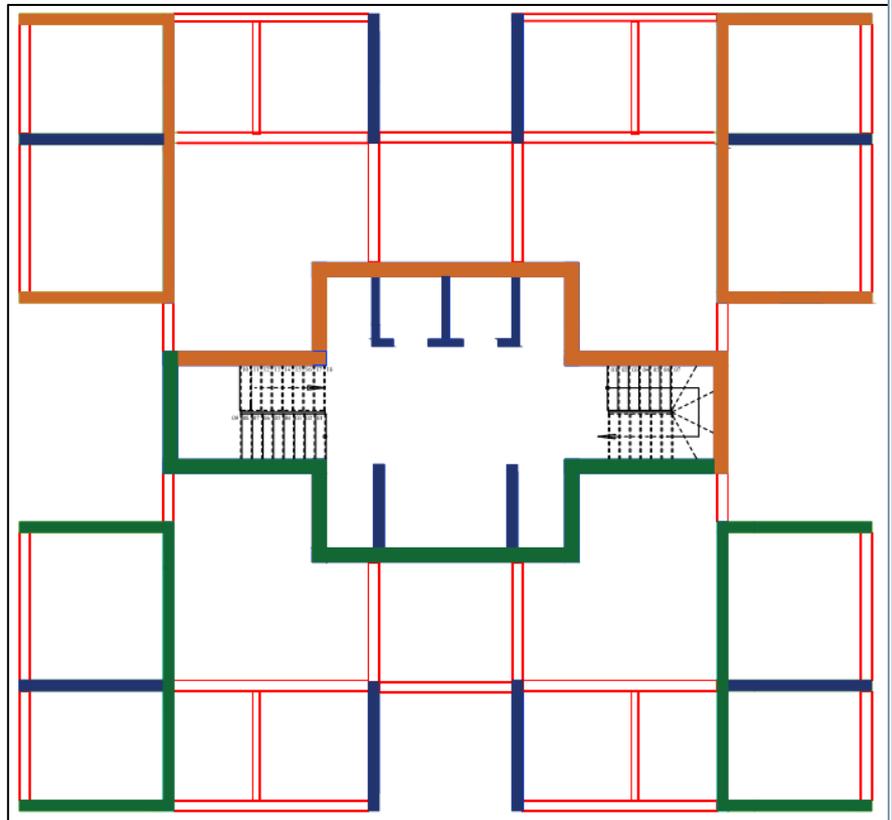


Figure 0.6 : Répartition du coulage des voiles.

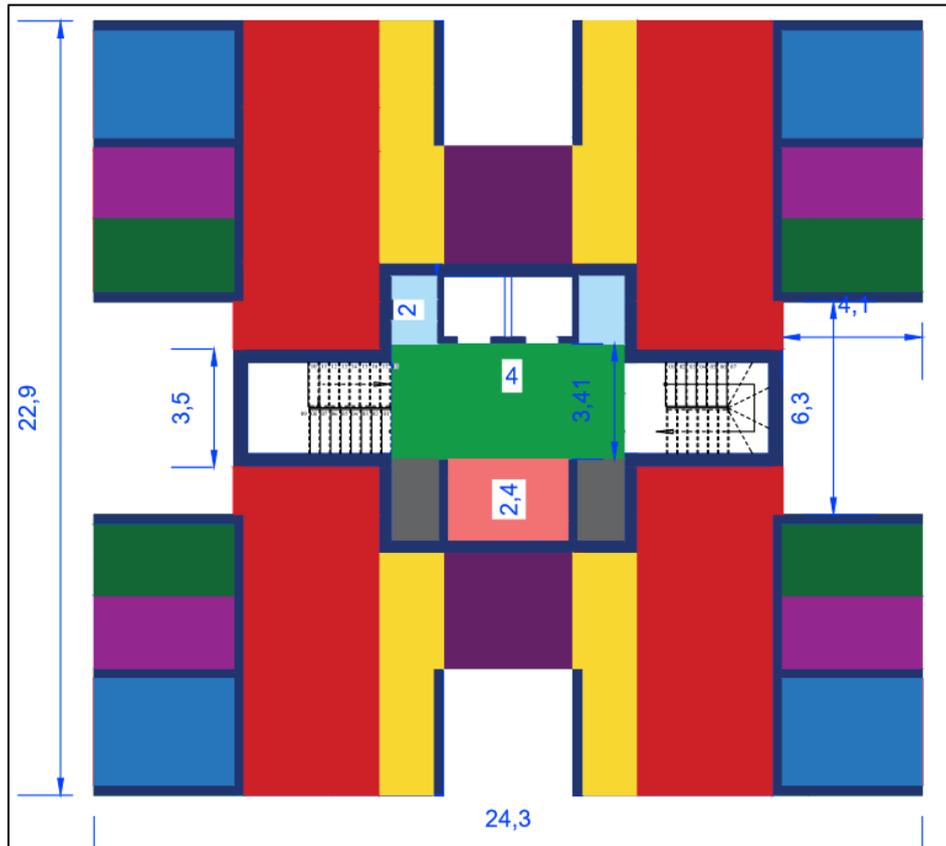


Figure 0.7 : Répartition des tables du coffrage dalle.

b) Bâtiment en poteaux poutres

Pour cet ouvrage, le coffrage utilisé est un coffrage modulaire pour la réalisation des poteaux, poutres et voiles. Cet outil est très performant par rapport au coffrage traditionnel à savoir un réemploi très élevé, entre 200 et 300 fois, un montage et démontage rapide, un personnel très peu qualifié et peu nombreux.

Le même coffrage peut réaliser n'importe quel ouvrage : radiers, semelles, poteaux, poutres, voiles, dalles...

IV.3.2. Voiles

Le coulage des voiles se fait en 3 jours, ceci est représenté dans la partie précédente.

a) Le coffrage

Le coffrage se fera en 3 jours, par ailleurs j'ai 15 banquettes à manipuler chaque jour.

$N_{\text{Decoff, Coff}} = 10 \text{ min/banquette}$.

$D = 150 \text{ min} = 2,5 \text{ heures}$

Je vais prévoir 8 réservations de cadres (portes, fenêtres) ainsi que les gaines d'électricité :

$$N_{\text{Reserv}} = 7,5 \text{ min/reserv}$$

$$D = 8 \times 7,5 = 60 \text{ min} = \mathbf{1 \text{ heure}}$$

b) Ferrailage

Les armatures seront préfabriquées en usine, apportées et mises en place directement sur le chantier.

$$N_{\text{Ferrailage}} = 7,5 \text{ min / élém}$$

$$D_{\text{Ferrailage}} = 15 \times 7,5 = 112,5 \text{ mins} = \mathbf{2 \text{ heures}}$$



Figure 0.8 : Ferrailage voiles.

c) Bétonnage

$$\text{Le volume total à couler est de : } V = 53 \times 2,85 \times 0,4 \times 0,85 = 51,4 \text{ m}^3$$

Avec :

0,85 coefficient qui prend en compte les ouvertures (portes et fenêtres).

Le chantier dispose de 2 vibreurs de $R = 9 \text{ m}^3/\text{h}$

On dispose de 2 équipes de 4 ouvriers

$$D = \frac{51,4}{2 \times 9} = \mathbf{3 \text{ Heures.}}$$

d) Nettoyage et huilage

Le nettoyage et le huilage se fait parallèlement sur chantier.

$$N_{\text{Nett,Huil}} = 0,03 \text{ m}^2/\text{h}$$

L'équipe est constituée de 4 ouvriers (grattage et huilage)

$$D = 53 \times 2,85 \times 2 \times 0,03 = 9,06 \text{ heures.}$$

$$D_{\text{tot}} = \frac{9,06}{4} = \mathbf{2,26 \text{ heures}}$$

Tableau 0.5 : Récapitulatif voiles superstructure.

Désignations	Decoff+Coff	Ferrailage	Bétonnage	Nettoy+Hui
Durée	1×3=3	2×3=6	3×3	2,26×3
Equipes	3	3	8	4
Volume H ; V_H	9	18	48	27

IV.3.3.Plancher

Le coulage des dalles pleines se fait en 3 jours, avec un coffrage constitué de tables.

a) Le coffrage

J'ai 11 tables à coffrer chaque jour.

$$N_{\text{Decoff,Coff}} = 20 \text{ min/table. } \mathbf{D = 220 \text{ min} = 4 \text{ heures}}$$



Figure 0.9 : Manutention d'une table de coffrage.

b) Ferrailage

Les armatures seront préfabriquées en usine, apportées et mises en place directement sur le chantier.

Les armatures adoptées sont de types treillis soudés : 11 éléments.

$$N_{\text{treillis}} = 10 \text{ min / élém}$$

$$D_{\text{Treillis}} = 110 \text{ mins}$$

Le plancher dispose de 16 chapeaux d'armatures.

$$N_{\text{chapeaux}} = 6 \text{ min / élém}$$

$$D_{\text{Chap}} = 96 \text{ mins}$$

$$D = 206 \text{ min} = \mathbf{3,5 \text{ heures.}}$$

c) Bétonnage

2 règles lisseuses sont prévues pour le bétonnage du plancher qui se fera pour la moitié de la surface totale avec $R = 90 \text{ m}^2/\text{h}$

On dispose de 2 équipes de 4 ouvriers : $R = 180 \text{ m}^3/\text{h}$

$$D = \frac{425,5}{2 \times 90} = 2,37 \text{ Heures.}$$

$$D_{\text{tot}} = \mathbf{4,74 \text{ heures}}$$

d) Nettoyage et huilage

Le nettoyage et le huilage se fait sur chantier.

$$N_{\text{Nett,Huil}} = 0,03 \text{ m}^2/\text{h}$$

L'équipe est constituée de 3 ouvriers (2 pour le grattage et 1 pour l'huilage,)

$$D = 425,5 \times 0,03 = 12,75 \text{ heures.}$$

$$D_{\text{tot}} = \frac{12,75}{3} = \mathbf{4,25 \text{ heures}}$$

Tableau 0.6 : Récapitulatif plancher superstructure.

Désignations	Decoff+Coff	Ferrailage	Bétonnage	Nettoy+Huil
Durée	4×3=12	3,5×3=10,5	5×3	4,25×3
Equipes	5	3	8	3
Volume H ; V_H	60	31,5	120	38,25

IV.4. Corps d'état secondaires

Tableau 0.7 : Corps d'état secondaires (Voiles-Dalles).

Désignations	Unité	Quantité	NT	VT	OQ	MQ	VH
Cloisons placoplâtre	m ²	194	0,35	68	68	-	68
Carreaux-Granito	m ²	425	0,5	212	212	212	425
Ponçage	m ²	425	0,16	68	68	68	136
Faïence	m ²	108	1,6	173	173	173	346
Plinthes	ml	207	0,2	41,4	41,4	41,4	82,8
Conduites de ventilation et de fumée	U	4	1,2	4,8	4,8	4,8	9,6
Ferronnerie	ml	-	-	17	17	17	34
Menuiserie Bois	ml	-	-	72	72	72	144
Plomberie Sanitaire	U	-	-	140	140	140	280
Appareils sanitaire	U	-	-	80	80	80	160
Electricité	ml	-	-	70	70	70	140
Appareils électriques	U	-	-	40	40	40	80
Peinture menuiserie	ml	-	-	80	80	80	160
Peinture intérieure	m ²	680	0,18	122	122	122	244
Peinture extérieure	m ²	4600	0,16	92	92	92	184
Vitrerie	m ²	-	-	30	30	-	30

VH_{CES} = 2523 heures.

Avec :

OQ : Ouvriers qualifiés.

MQ : main d'œuvre qualifiée

Le rythme de réalisation de tous les corps d'état se fait au même rythme que la structure qui est de 6 jours

Les corps d'état secondaires se font en 33 jours et cela en appliquant la méthode du chemin de fer.

Terrasse :

Tableau 0.8 : Isolation terrasse.

Désignations	Unité	Quantité	NT	VT	Ouv Qualif	Man Qualif	VH
Isolation liège	m ²	478,97	0,05	23,95	23,95	23,95	47,9
Film polyane	m ²	478,97	0,02	9,58	9,58	9,58	19,16
Béton pente	m ²	478,97	0,2	95,8	95,8	95,8	191,6
Multicouche	m ²	478,97	0,2	95,8	95,8	95,8	191,6
Gravillon	m ²	478,97	0,1	47,9	47,9	47,9	95,8

VH=546 heures.

Notre structure est constituée de 14 façades préfabriquées :

$N = 1h/\text{façade}$

$D = 14 \text{ h}$

On adoptera une équipe pour 2 bâtiments.

IV.5. Application de la méthode du chemin de fer

Les bâtiments en voiles-dalles sont répétitifs, de ce fait, la meilleure solution est d'appliquer la méthode chemin de fer, qui limitera le temps entre tâches et permettra d'avoir un temps très réduit.

Le principe de cette méthode est de pivoter entre éléments (banches et tables) entre 2 bâtiments. Les équipes ne chômeront pas et le travail ne s'arrêtera pas.

Il y a nécessité d'avoir 2 grues, c'est-à-dire 2 équipes de travail sur deux bâtiments pour mieux appliquer la méthode.

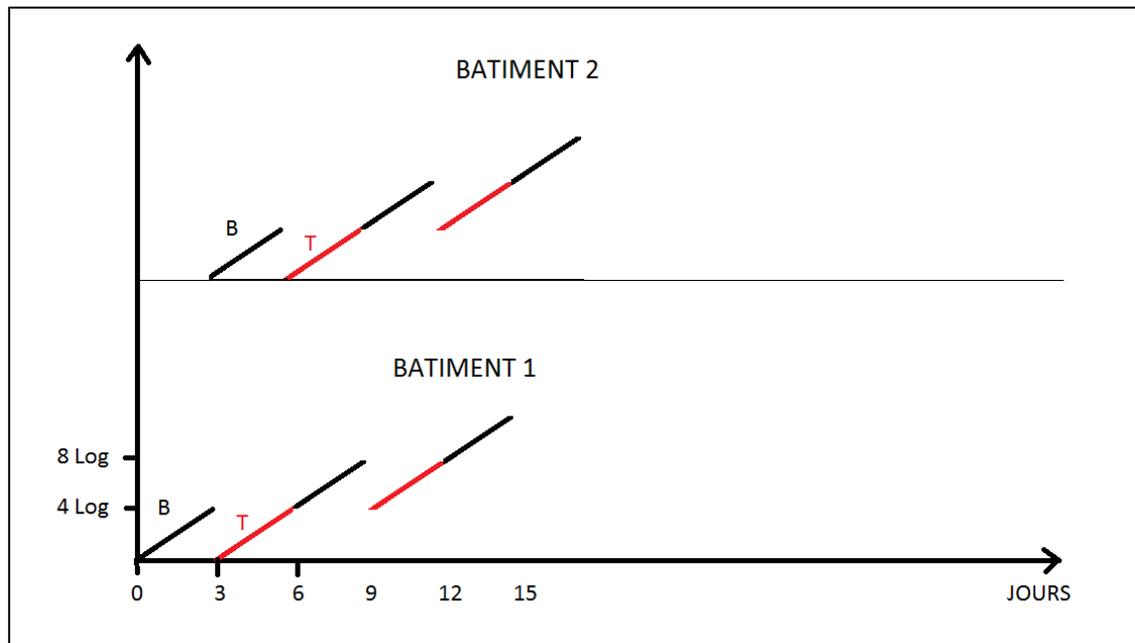


Figure 0.10 : Planning chemin de fer (Voiles-Dalles).

La cité est constituée de 512 logements.

Le jeu de coffrage est prévu pour 256 Logements du fait qu'il y a 2 équipes avec un décalage de 3 jours avec les 256 logements qui restent.

Le coffrage table et banche nous permet de faire 1 niveau tous les 6 jours, c'est-à-dire une cadence de : $4 \text{ logements} / 6 \text{ jours} = 0,66 \text{ log/jour}$.

Donc le délai total de la superstructure des 4 bâtiments de 256 logements est de :

$$D_1 = 256 \times \frac{6}{4} = 384 \text{ jours}$$

Celui des 8 bâtiments est de :

$D_2 = 384 + 3 = 387$ jours pour réaliser la superstructure de toute la cité de 512 Logements.

L'attente de durcissement du béton sera de 15 jours.

L'infrastructure se fait en $10+10 \times 2 = 30$ jours.

Les C.E.S se feront en : $11 \times 3 = 33$ jours.

Les attentes de sécurité entre certains corps d'état secondaires sont prises de l'ordre de 20 jours.

Donc la durée totale de la cité est égale à : $387+15+30+33+20 = \mathbf{485 \text{ jours}}$.

VH infrastructure = VH (Terrassement + Déblai + béton propreté + radier + voiles SS + dalle SS) =

1526 heures.

VH superstructure = $328 \times 16 = 5248$ heures.

Avec VH total = 53213 heures de travail.

$S = 18 \times 425 = 7650\text{m}^2$

$VH/S = 53213 / 7650 = \mathbf{6,95 \text{ heures/m}^2}$

IV.6. Conclusion

La procédure de calcul du bâtiment en voiles et dalles donne une rotation de coffrage des tables et banches de 3 jours chacune pour une durée de travail par m^2 très réduite qui est de l'ordre de $6,95\text{h/m}^2$.

CHAPITRE V.

**PROCEDURES DE CALCUL DU
BATIMENT POTEAUX-POUTRES**

V.1. Introduction

Le calcul de cet ouvrage en poteaux-poutres se fait suivant les mêmes étapes que le chapitre précédent.

La structure dispose 20 voiles et de 32 poteaux.

V.2. Résultats

Les résultats sont représentées dans les tableaux suivants, la procédure de calcul est la même que pour le bâtiment Voiles-dalles.

- Voiles infrastructure

Tableau 0.1 : Récapitulatif voiles infrastructure

Désignations	Decoff+Coff	Ferrailage	Bétonnage	Nettoy+Hui
Durée	25,3	12,6	22	38,4
Equipes	3	3	8	4
Volume H ; V_H	75,9	38	176	153,6

VH= 443,5 heures.

- Voiles superstructure

Tableau 0.2 : Récapitulatif voiles superstructure

Désignations	Decoff+Coff	Ferrailage	Bétonnage	Nettoy+Hui
Durée	11	5,5	9,5	16,7
Equipes	3	3	8	4
Volume H ; V_H	33	16,5	76	66,8

VH= 192,3 heures.

- Plancher courant et infrastructure

Tableau 0.3 : Récapitulatif planchers

Désignations	Decoff+Coff	Ferrailage	Bétonnage
Durée	46,8	28,5	7
Equipes	5	4	8
Volume H ; V_H	234	114	56

VH= 404 heures.

Tableau 0.4 : Corps d'état secondaire (Poteaux-poutres).

Désignations	Unité	Quantité	NT	VT	Ouv Qualif	Man Qualif	VH
Maçonnerie une cloison	m ²	302,1	0,5	151	151	151	302
Maçonnerie double cloison	m ²	318,345	1	318,34	318,34	318,34	636,68
Enduit ciment	m ²	318,345	0,57	181,45	181,45	181,45	362,9
Enduit plâtre	m ²	922,54	0,44	405,91	405,91	405,91	811,82
Carreaux-Granito	m ²	425	0,5	212	212	212	425
Ponçage	m ²	425	0,16	68	68	68	136
Faïence	m ²	108	1,6	173	173	173	346
Plinthes	ml	207	0,2	41,4	41,4	41,4	82,8
Conduites de ventilation et de fumée	U	4	1,2	4,8	4,8	4,8	9,6
Ferronnerie	ml	-	-	17	17	17	34
Menuiserie Bois	ml	-	-	72	72	72	144
Plomberie Sanitaire	U	-	-	140	140	140	280
Appareils sanitaire	U	-	-	80	80	80	160
Electricité	ml	-	-	70	70	70	140
Appareils électriques	U	-	-	40	40	40	80
Peinture menuiserie	ml	-	-	80	80	80	160
Peinture intérieure	m ²	680	0,18	122	122	122	244
Peinture extérieure	m ²	4600	0,16	92	92	92	184
Vitrerie	m ²	-	-	30	30	30	60

Isolation terrasse.

Tableau 0.5 : Récapitulatif terrasse

Désignations	Unité	Quantité	NT	VT	Ouv Qualif	Man Qualif	VH
Isolation liège	m ²	478,97	0,05	23,95	23,95	23,95	47,9
Film polyane	m ²	478,97	0,02	9,58	9,58	9,58	19,16
Béton pente	m ²	478,97	0,2	95,8	95,8	95,8	191,6
Multicouche	m ²	478,97	0,2	95,8	95,8	95,8	191,6
Gravillon	m ²	478,97	0,1	47,9	47,9	47,9	95,8

Nous remarquons que les corps d'état secondaires sont très grandes comparé à la structure voiles-dalles et cela en présence de maçonnerie.

Isolation de terrasse est la même pour les deux structures.

$$VH_{\text{total}} = 88265 \text{ heures}$$

$$S = 7650 \text{ m}^2$$

$$VH/S = 11,53 \text{ h/m}^3$$

V.3. Conclusion

La procédure de calcul du bâtiment en poteaux-poutres se fait avec un coffrage en éléments modulaires pour une durée de travail par m² importante par rapport à la structure voiles-dalles.

CONCLUSION GENERALE

Ce projet constitue une synthèse d'un ensemble de connaissances acquises surtout en 5^{ème} année dans les cours d'Organisation de chantier et de Mécanisation des travaux, il m'a permis de toucher à la véritable pratique du génie civil et comment organiser un chantier.

J'ai pu faire une nouvelle conception du bâtiment en voiles-dalles à laquelle j'ai appliqué le coffrage adéquat (tables et banches) pour un meilleur agencement des travaux.

Tant que pour la structure d'origine (poteaux-poutres), j'ai appliqué un coffrage modulaire qui est nettement plus performant que le coffrage traditionnel du point de vue réemploi, surface lisse, rapidité d'exécution...

Par ailleurs la cité de 8 bâtiments en voiles-dalles se fera en 485 jours ouvrable pour un nombre d'heures / m² qui est de l'ordre de 6,95h/m² tant dit que la même structure en poteaux-poutres me donne 11,53h/m².

De ce fait, on peut conclure que pour des bâtiments, il est nécessaire d'utiliser un coffrage adéquat, une conception en voiles-dalles et d'éviter le coffrage traditionnel.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Cours d'organisation de chantier de l'Ecole Nationale Polytechnique, Dr Abdelguerfi.
- [2] Cours de mécanisation des travaux de l'Ecole Nationale Polytechnique, Dr Abdelguerfi.
- [3] Catalogue technique (B8000 DT) 2003. Edition OUTINORD.
- [4] Coffrage le Manuel, 2012, Edition PASCHAL.
- [5] Exécution et estimation des travaux (Béton armé : règles BAEL) , 2006, Techniques de l'ingénieur.
- [6] Coffrage Echafaudage Ingénierie, 2011, Edition PERI.