

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



Ecole Nationale Polytechnique  
Département de: Génie-Civil  
Laboratoire de Construction et d'Environnement

**LCE**

**Thèse de Magister  
en Génie-Civil  
Option : Génie-Civil**

Présentée par :  
**ABDELGUERFI Abdelkader**  
Ingénieur d'Etat en Génie Civil de l'E.N.P.

**Intitulé**

**Optimisation des ressources dans  
le cadre de l'organisation  
de chantiers**

Soutenue publiquement le: 31/05/2012 devant le jury composé de:

<b>Président:</b>	<b>BELKACEMI Smain</b>	<b>Professeur</b>	<b>ENP</b>
<b>Directeurs de Thèse:</b>	<b>BALI Abderrahim</b>	<b>Professeur</b>	<b>ENP</b>
	<b>SILHADI Kamel</b>	<b>Maître de conférences A</b>	<b>ENP</b>
<b>Examinatrices:</b>	<b>MORSLI Meriem</b>	<b>Maître de conférences A</b>	<b>ENP</b>
	<b>KETTAB Ratiba</b>	<b>Maître de conférences A</b>	<b>ENP</b>

**ENP 2012**

## ملخص

من أجل تحسين العوائد والإنتاجية بشكل مستمر، نعرض طريقتين للبناء لبيان مساهمة الموارد البشرية والمادية إزاء ما يسمى بالطرق التقليدية. هذه الطرق هي التصنيع المسبق الثقيل وقالب النفق. نقل المهام العادية إلى المصنع أو القواعد اللوجيستية لتحسين العوائد. إن عناصر المقارنة المعتبرة هي عدد ساعات الموظفين ومعايير الوقت. أخيراً، تم استخراج النسب من خلال النتائج التي تم الحصول عليها.

الكلمات المفتاحية: قالب, التصنيع المسبق, النسب, معايير

## Résumé

Dans le but d'améliorer continuellement les rendements et la productivité, deux procédés constructifs sont présentés afin de montrer la part des ressources humaines et matérielles vis-à-vis des procédés dits traditionnels.

Ces procédés sont la préfabrication lourde et le coffrage tunnel.

Un transfert doit se faire vers l'usine ou des bases logistiques afin d'optimiser les rendements des tâches courantes.

Les paramètres de comparaison pris en considération sont les volumes horaires du personnel et les normes de temps.

Enfin, des ratios ont été tirés à partir des résultats obtenus.

Mots clés : coffrages, préfabrication, ratios, normes.

## Abstract

With an aim of continuously improving the outputs and the productivity, two constructive processes are presented in order to show the share of human and material resources with respect to the processes known as traditional.

These processes are the heavy precast production and the tunnel formwork.

A transfer has to be done to the factory or the logistic bases in order to optimize the outputs of current tasks.

The parameters of comparison taken into account are time volumes of the personnel and the standards of time.

Lastly, the ratios were drawn starting from the results obtained.

Key words: Formwork, precast production, ratio, standards

# Remerciements

**J**e tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à Monsieur A. BALI, mon Directeur de thèse, Professeur à l'Ecole Nationale Polytechnique (ENP) et Monsieur K. SILHADI, Maître de Conférences A à l'Ecole Nationale Polytechnique, pour leur aide, leur disponibilité et leurs précieux conseils.

**M**es remerciements les plus distingués s'adressent à Monsieur S. BELKACEMI, Professeur à l'ENP, pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury de soutenance.

**J'**adresse mes sincères remerciements à Madame R. KETTAB, Maître de Conférences A à l'ENP et à Madame M. MORSLI, Maître de Conférences A à l'ENP, qui ont bien voulu examiner ce travail et participer au jury d'évaluation de cette thèse.

**E**nfin, que toutes les personnes qui m'ont soutenu de près ou de loin, trouvent ici l'expression de ma sincère gratitude.

# DEDICACES

*Je dédie cette thèse de Magister à :*

*Mes très chers parents Que Dieu le Tout Puissant les protège.*

*Ma chère épouse pour son soutien et sa patience.*

*Ma fille Amina pour sa participation à l'élaboration de cette thèse.*

*Mon fils Yacine*

*Mon frère Abdelghani*

*Mon ami Omar*

*Mon ami Youssef*

**A.ABDELGUERFI**

## Table des matières

<b>Chapitre 1 : Introduction.</b>	1
1.1) <b>Introduction:</b>	1
1.2) <b>Objectifs de la thèse</b>	1
1.3) <b>Organisation de la thèse</b>	1
<b>Chapitre 2 : Travaux d'infrastructure pour ouvrages en éléments préfabriqués.</b>	3
2.1) Introduction.	3
2.2) Quantitatifs de l'infrastructure.	3
2.2.1) Travaux de terrassement.	3
2.2.2.1) Coffrage du béton de propreté.	5
2.2.2.2) Coffrage du radier.	5
2.2.2.3) Coffrage des voiles en infrastructure.	5
2.2.3) Calcul des volumes de béton.	8
2.2.4) Ferrailage.	9
2.2.5) Récapitulation des quantitatifs.	9
2.3) Volumes horaires des travaux.	9
2.3.1) Coffrage.	9
2.3.2) Ferrailage.	13
2.3.3) Bétonnage.	16
2.3.4) Récapitulation des volumes horaires.	18
<b>Chapitre 3 : Usine de préfabrication lourde.</b>	19
3.1) Description du système.	19
3.2) Usine de préfabrication.	21
3.2.1) Présentation.	21
3.2.2) Etude de la production de l'usine.	21
3.3) Fabrication des éléments.	23
3.3.1) Durées.	23
3.3.1.1) Ligne de production des dalles.	23
3.3.1.2) Ligne de production de voiles intérieurs.	26
3.3.1.3) Ligne de production de façades.	27
3.3.1.4) Ligne de production des éléments spéciaux.	28
3.3.2) Volumes horaires.	29
3.3.3) Volumes horaires: fabrication – stockage.	34
3.4) Etude de la liaison usine – chantier.	35
3.4.1) Détermination des moyens de transport.	35
3.4.2) Calcul des temps de chargement et de déchargement d'une remorque.	35
3.4.3) Détermination de la durée d'un cycle par remorque.	35
3.4.4) Détermination des moyens de transport.	36

3.5) Volumes horaires des moyens de transport.	36
3.5.1) Chargement des camions en usine.	36
3.5.2) déchargement des camions sur chantier.	36
3.5.3) Transport des éléments préfabriqués.	37
3.5.4) Volumes horaires de fabrication et de transport.	37
3.6) Réalisation de la superstructure.	38
3.6.1) Réalisation de la superstructure.	39
3.6.2) Volumes horaires du personnel de fabrication et de pose.	40
3.6.3) Corps d'états secondaires.	41
3.7) Volumes horaires pour la réalisation d'un logement en structure.	42
<b>Chapitre 4 : Infrastructure d'immeubles en voiles.</b>	<b>43</b>
4.1) Présentation du projet et description de l'ouvrage.	43
4.1.1) Présentation du projet.	43
4.1.2) Description de l'ouvrage.	43
4.2) Quantitatifs.	44
4.2.1) Travaux d'excavation.	44
4.2.2) Coffrage.	44
4.2.2.1) Coffrage du béton de propreté.	44
4.2.2.2) Coffrage du radier.	44
4.2.2.3) Coffrage des voiles.	45
4.2.3) Quantitatif de béton.	46
4.2.4) Quantitatif d'acier.	46
4.3) Volumes horaires.	46
4.3.1) Travaux d'excavation.	46
4.3.2) Travaux de coffrage.	47
4.3.2.1) Béton de propreté.	47
4.3.2.2) Radier.	48
4.3.2.3) Voiles.	48
4.3.3) Travaux de ferrailage.	50
4.3.3.1) Préparation du ferrailage.	50
4.3.3.2) Mise en place du ferrailage.	50
4.3.4) Bétonnage.	54
4.3.4.1) Béton de propreté.	54
4.3.4.2) Bétonnage du radier.	54
4.3.4.3) Bétonnage des voiles.	55
4.3.5) Plancher.	55
4.3.5.1) Fabrication des Prédalles.	55
4.3.5.2) Pose des Prédalles.	56
4.3.5.3) Plancher.	57
4.3.6) Récapitulation des quantitatifs de l'infrastructure.	58
4.3.7) Récapitulation de l'infrastructure.	58

<b>Chapitre 5 : Coffrage tunnel.</b>	59
5.1) Introduction.	59
5.2) Quantitatif de la superstructure.	60
5.2.1) Surfaces de coffrage.	60
5.2.1.1) Détermination des longueurs de coquilles.	60
5.2.1.2) Surfaces du coffrage.	60
5.2.1.3) Calcul des surfaces de coffrage	61
5.2.2) Volumes de béton.	62
5.2.3) Quantité d'acier.	62
5.2.4) Récapitulation des quantitatifs.	62
5.3) Volumes des travaux.	63
5.3.1) Aciers.	63
5.3.1.1) Préparation des armatures.	63
5.3.1.2) Transport et pose du ferrailage.	63
5.3.1.3) Récapitulation du ferrailage de voiles et dalles.	65
5.3.2) Charge de la grue.	65
5.3.3) Préparation et transport du béton.	65
5.3.4) Pose du coffrage.	66
5.3.5) Récapitulation de la superstructure.	66
5.4) Volumes horaires des corps d'états secondaires.	67
<b>Chapitre 6 : Détermination des normes et ratios.</b>	68
6.1) Préfabrication lourde	68
6.1.1) Calcul de normes de temps	68
6.1.1.1) Infrastructure	68
6.1.1.2) Volumes horaires par mètre cube de béton	69
6.1.1.3) Calcul de ratios de matériaux	69
6.1.3) Calcul de ratios de volumes horaires	70
6.1.4) Résultats	70
6.2) Coffrage tunnel	71
6.2.1) Calcul des normes de temps	71
6.2.1.1) Infrastructure	71
6.2.1.2) Superstructure	72
6.2.1.3) Volumes horaires par mètre cube de béton	72
6.2.2) Calcul de ratios de matériaux	73
6.2.3) Calcul de ratios de volumes horaires	74
6.2.4) Résultats	75
6.3) Comparaison du poste superstructure-maçonnerie	75
<b>Conclusion générale</b>	76
<b>Bibliographie</b>	77

## Liste des tableaux

Tableau 2.1 : Volumes horaires des travaux de terrassements.	5
Tableau 2.2 : Dimension des voiles à coffrer.	7
Tableau 2.3 : Dimension des panneaux modulaires des base.	7
Tableau 2.4 : Nombre de P.M.B par voile pour l'UE1.	7
Tableau 2.5 : Nombre de P.M.B par voile pour l'UE2.	7
Tableau 2.6 : Nombre de panneaux reconstitués par voile pour l'UE1	8
Tableau 2.7 : Nombre de panneaux reconstitués par voile pour l'UE2	8
Tableau 2.8 : Quantités de béton et d'acier pour l'infrastructure.	9
Tableau 2.9 : Récapitulation des quantitatifs de l'infrastructure.	9
Tableau 2.10 : Volume horaire du coffrage et décoffrage du béton de propreté.	10
Tableau 2.11 : Volume horaire du coffrage et décoffrage du radier.	11
Tableau 2.12 : Temps de coffrage des voiles.	11
Tableau 2.13 : Volumes horaires du coffrage et décoffrage de voiles.	11
Tableau 2.14 : Temps de déplacement du coffrage de voiles.	11
Tableau 2.15 : Volumes horaires du matériel de déplacement du coffrage de voiles.	12
Tableau 2.16 : VH des travaux de nettoyage et de huilage des panneaux de coffrage.	12
Tableau 2.17 : VH des travaux de coffrage du béton de propreté.	12
Tableau 2.18 : VH des travaux de coffrage du radier.	13
Tableau 2.19 : VH des travaux de coffrage des voiles.	13
Tableau 2.20 : VH de la préparation du ferrailage de l'infrastructure.	13
Tableau 2.21 : Temps de pose des panneaux de ferrailage du radier.	14
Tableau 2.22 : VH des travaux de ferrailage du radier.	14
Tableau 2.23 : Temps de pose des panneaux de ferrailage des voiles.	15
Tableau 2.24 : Temps d'utilisation du matériel pour le ferrailage de voiles.	15
Tableau 2.25 : VH des travaux de ferrailage des voiles.	16
Tableau 2.26 : Temps d'utilisation du matériel pour le béton de propreté.	16
Tableau 2.27 : VH de la mise en place du béton de propreté.	16
Tableau 2.28 : Temps d'utilisation du matériel pour le bétonnage du radier.	17
Tableau 2.29 : VH pour le bétonnage du radier.	17
Tableau 2.30 : Temps d'utilisation du matériel pour le bétonnage des voiles.	17
Tableau 2.31 : VH pour le bétonnage des voiles.	18
Tableau 2.32 : Temps d'utilisation du matériel pour les travaux d'infrastructure.	18
Tableau 2.33 : VH des travaux d'infrastructure.	18
Tableau 3.1 : Consommation de béton des éléments préfabriqués.	21
Tableau 3.2 : Production en éléments préfabriqués.	22
Tableau 3.3 : Production de l'usine.	22
Tableau 3.4 : Consommation de béton et d'acier par élément et par logement.	22
Tableau 3.5 : Consommation de béton et d'acier par cycle, relève et jour.	23
Tableau 3.6 : V.H pour la préparation des armatures.	23
Tableau 3.7 : V.H pour la fabrication de dalles.	29
Tableau 3.8 : V.H pour la fabrication de voiles.	29
Tableau 3.9 : V.H pour la fabrication de façades.	30
Tableau 3.10 : Cycles de travaux pour le décoffrage préstockage et stockage des éléments préfabriqués.	30
Tableau 3.11: V.H pour le décoffrage.	30
Tableau 3.12: V.H pour le préstockage.	31
Tableau 3.13: V.H pour le stockage.	31
Tableau 3.14: Cycle de travail pour la production des escaliers.	31
Tableau 3.15: Cycle de travail pour la production des acrotères.	31

Tableau 3.16: Cycle de travail pour la production des paliers.	32
Tableau 3.17: Cycle de travail pour la production des gaines de ventilation.	32
Tableau 3.18: Cycle de travail pour la production des regards.	32
Tableau 3.19: Cycle de travail pour la production des marches.	32
Tableau 3.20: Cycle de travaux pour l'opération décoffrage- stockage.	33
Tableau 3.21: V.H pour les cycles de travaux de l'opération décoffrage- stockage.	33
Tableau 3.21: V.H pour les cycles de travaux de l'opération décoffrage – stockage.	33
Tableau 3.22: V.H de l'opération décoffrage – stockage.	33
Tableau 3.23: V.H de fabrication.	34
Tableau 3.24: Temps d'utilisation du matériel de fabrication.	34
Tableau 3.25: V.H de stockage.	34
Tableau 3.26: V.H de fabrication et de stockage.	34
Tableau 3.27: Temps d'utilisation du matériel de fabrication et de stockage.	35
Tableau 3.28: Temps de chargement et de déchargement des éléments préfabriqués.	35
Tableau 3.29: Cycles de transport usine – chantier.	35
Tableau 3.30: Moyens de transport des éléments préfabriqués.	36
Tableau 3.31: V.H du chargement des camions en usine.	36
Tableau 3.32: V.H du déchargement	37
Tableau 3.33: V.H du transport des éléments.	37
Tableau 3.34: V.H de fabrication et de transport des éléments.	37
Tableau 3.35a: Temps d'utilisation du matériel.	37
Tableau 3.35b: Temps d'utilisation du matériel.	38
Tableau 3.36: Effectif pour le montage des éléments préfabriqués.	38
Tableau 3.37a: Ressources matérielles nécessaires au ferrailage des fixations des éléments préfabriqués.	39
Tableau 3.37b: Ressources humaines nécessaires au ferrailage des fixations des éléments préfabriqués.	39
Tableau 3.38a: Ressources matérielles nécessaires au bétonnage des fixations des éléments préfabriqués.	39
Tableau 3.38b: Ressources humaines nécessaires au bétonnage des fixations des éléments préfabriqués.	39
Tableau 3.39 : V.H de fabrication et de pose des dalles.	40
Tableau 3.40 : V.H de fabrication et de pose des voiles.	40
Tableau 3.41 : V.H des corps d'états secondaire.	41
Tableau 3.42 : V.H pour la réalisation d'un logement en structure.	42
Tableau 4.1: Dimensions des panneaux modulaires de base.	45
Tableau 4.2 : Quantitatif des panneaux modulaires de base.	45
Tableau 4.3 : Quantitatif des panneaux modulaires reconstitués.	46
Tableau 4.4 : Quantitatif de béton – acier du radier et des voiles en infrastructure.	46
Tableau 4.5 : V.H et temps d'utilisation du matériel de terrassement.	47
Tableau 4.6 : V.H des travaux de coffrage du béton de propreté.	48
Tableau 4.7 : V.H des travaux de coffrage du radier.	48
Tableau 4.8 : Cycle de rotation du coffrage de voiles.	49
Tableau 4.9 : V.H des travaux de coffrage des voiles.	49
Tableau 4.10 : V.H de la préparation du ferrailage de radier et des voiles.	50
Tableau 4.11 : Nombre de points d'attache des panneaux de ferrailage du radier.	51
Tableau 4.12 : V.H du ferrailage de radier.	51
Tableau 4.13 : Matériel pour le ferrailage du radier.	51
Tableau 4.14 : Nombre de points d'attache des panneaux de ferrailage des voiles.	52
Tableau 4.15 : V.H du ferrailage de voiles.	53

Tableau 4.16 : Matériel pour le ferrailage des voiles.	54
Tableau 4.17 : T.U du matériel pour la mise en place du béton de propreté.	54
Tableau 4.18 : V.H de la mise en place du béton de propreté.	54
Tableau 4.19 : T.U du matériel pour le bétonnage du radier.	55
Tableau 4.20 : V.H du bétonnage du radier.	55
Tableau 4.21 : T.U du matériel pour le bétonnage de voiles.	55
Tableau 4.22 : V.H du bétonnage de voiles.	55
Tableau 4.23 : V.H pour la fabrication de Prédalles.	56
Tableau 4.24 : T.U du matériel pour la fabrication de Prédalles.	56
Tableau 4.25 : V.H pour la pose des Prédalles.	57
Tableau 4.26 : T.U du matériel pour la pose des Prédalles.	57
Tableau 4.27 : V.H pour la réalisation du plancher en Prédalles.	57
Tableau 4.28 : T.U pour la réalisation du plancher en Prédalles	58
Tableau 4.29 : Récapitulation des quantitatifs de l'infrastructure.	58
Tableau 4.30 : Récapitulation du V.H de l'infrastructure.	58
Tableau 4.31 : Récapitulation du T.U du matériel de l'infrastructure.	58
Tableau 5.1 : Rotation du coffrage tunnel.	61
Tableau 5.2 : Surfaces de coffrage journalières (quotidiennes).	61
Tableau 5.3 : Quantités de béton journalières.	62
Tableau 5.4 : Quantités d'acier journalières.	62
Tableau 5.5 : Récapitulation des quantitatifs.	62
Tableau 5.6 : Nombre de points d'attache des panneaux de ferrailage.	63
Tableau 5.7 : T.U du matériel pour le ferrailage des voiles et dalles.	65
Tableau 5.8 : T.U du ferrailage.	65
Tableau 5.9 : Manœuvres effectuées par la grue.	65
Tableau 5.10 : Charge de la grue sans le bétonnage.	65
Tableau 5.11 : T.U du matériel de bétonnage.	66
Tableau 5.12 : VH du bétonnage.	66
Tableau 5.13 : Récapitulation du T.U du matériel de la superstructure.	66
Tableau 5.14: Récapitulation du V.H de la superstructure.	67
Tableau 5.15 : V.H des corps d'états secondaires.	67
Tableau 6.1 : normes de temps du coffrage modulaire	68
Tableau 6.2 : normes de temps du béton	68
Tableau 6.3 : normes de temps du ferrailage	68
Tableau 6.4 : normes de temps d'éléments de structure	68
Tableau 6.5 : normes de temps par mètre cube de béton	69
Tableau 6.6 : ratios de matériaux	69
Tableau 6.7 : ratios de volumes horaires	70
Tableau 6.8 : norme de temps du coffrage modulaire	71
Tableau 6.9 : norme de temps du ferrailage	71
Tableau 6.10 : norme de temps du béton	71
Tableau 6.11 : norme de temps d'un plancher prédalles	71
Tableau 6.12 : norme de temps d'éléments de structure	72
Tableau 6.13 : quantitatif de l'infrastructure	72
Tableau 6.14 : normes de temps du tunnel	72
Tableau 6.15 : normes de temps du béton	72
Tableau 6.16 : ratios de matériaux	73
Tableau 6.17 : ratios de volumes horaires	74
Tableau 6.18 : ratios de volumes horaires de la structure	75
Tableau 6.19 : comparatif de ratios des deux structures	75

## Liste des figures

Fig 2.1 : Voiles en infrastructure du bâtiment en éléments préfabriqués	6
Fig 3.1 : Planning de fabrication de dalles.	25
Fig 4.1 : Planning de transport et de mise en place du coffrage.	50
Fig 4.2 : Dimensions des panneaux de ferrailage de voiles en infrastructure.	52
Fig 4.3 : Planning de rotation des camions pour le transport du ferrailage de voiles.	53
Fig 5.1 : Nomenclature des voiles et planchers.	59
Fig 5.2 : Plan de rotation de coffrage.	60
Fig 5.3 : Planning de transport du ferrailage de voiles.	63
Fig 5.4 : Planning de transport du ferrailage de dalles.	63

## Abréviations

A-grut :	aide grutier
air comp :	air comprimé
align :	alignement
A-R :	aller-retour
B :	banche
bét :	béton
bét prop :	béton de propreté
CAB :	centrale à béton
CE :	chef d'équipe
chargt :	chargement
chaufr :	chauffeur
cof :	coffrage
compr :	compresseur
C :	cycle
Cr :	cycle de rotation
déchg :	déchargement
décof :	décoffrage
désign :	désignation
EA :	élément d'angle
EBA :	élément de base d'angle
EBD :	élément de base droit
EC :	élément de compensation
élt :	élément
élts spéc :	éléments spéciaux
épr :	épaisseur
fabr :	fabrication
ferm :	fermeture
ferr :	ferrailage
fre :	temps de fermeture
grut :	grutier
grue mob :	grue mobile
h :	heure
huil :	huilage

Intér :	intérieur
L :	longueur
Lb :	longueur à la base
Ls :	longueur au sommet
l :	largeur
logt:	logement
manut :	manutention
mat :	matériel
moy :	moyen(ne)
mps :	mise en pré-stock
ms :	mise en stock
nbre :	nombre
NE :	nombre d'éléments
nett :	nettoyage
NT :	norme de temps
Pan :	panneau
pan cent :	panneau central
pan ext :	panneau extérieur
PR :	pont roulant
PR a-r :	pont roulant aller-retour
préfab :	préfabriqué
prépar :	préparation
pt :	point
Q,qté :	quantité
revet :	revêtement
S :	surface
stock :	stockage
T :	tunnel
TA :	tunnel d'angle
TD :	tunnel droit
T(h) :	temps (heures)
Ta-r :	temps aller-retour
t :	tonne
tab :	tableau
tb :	temps de bétonnage
tdéc	temps de décoffrage
tf :	temps de pose du ferrailage
tfab :	temps de fabrication
th :	temps de huilage
tny :	temps de nettoyage
Tr :	trémie
transpt :	transport
Tr bét :	trémie à béton
tt :	temps de traitement thermique
TS :	treillis soudé
TU :	temps d'utilisation
UE :	unité d'entrée
utilis :	utilisation
V :	volume
vibr :	vibreux à béton
vibte :	vibrante
VH :	volume horaire

# Chapitre 1

## INTRODUCTION GENERALE

### 1.1) Introduction:

La nécessité d'améliorer la productivité et l'apparition de grues puissantes ont conduit, grâce notamment aux grandes opérations de logements, à imaginer des coffrages plus élaborés dont les avantages résident dans les économies de temps et de main-d'œuvre qu'ils procurent, l'amélioration du fini de surface, les possibilités de réemploi sur un même chantier, voire sur plusieurs chantiers : les coffrages outils.

L'intérêt de cette étude sera porté vers deux systèmes constructifs.

Le coffrage tunnel bicoquille et la préfabrication lourde ont été retenus. Pour la réalisation des infrastructures, le coffrage modulaire est le plus approprié.

Le coffrage tunnel réalise un logement / jour par équipement.

L'usine de préfabrication à chaîne commandée, produit 8 logements par jour grâce à un traitement thermique par vapeur.

Pour les différents calculs, la base logistique a été retenue à la place des différentes installations de chantiers.

### 1.2) Objectifs de la thèse:

L'objectif de la thèse est :

- Présenter et étudier deux systèmes constructifs différents.
- Optimiser les ressources matérielles par la synchronisation entre elles.
- Définir des normes de temps et des ratios.

### 1.3) Organisation de la thèse:

La présente thèse est organisée en cinq (05) chapitres comme suit :

#### Chapitre 2 :

Il est consacré aux travaux de l'infrastructure d'un immeuble construit en éléments préfabriqués.

-Ces travaux doivent pouvoir suivre le rythme assez rapide de la pose de la superstructure.

-Les voiles doivent avoir des dimensions très précises afin que les barres de fixation disposées en attente puissent correspondre aux réservations prévues dans les éléments préfabriqués de la superstructure.

A cet effet, le coffrage modulaire est le plus approprié.

Une étude de rotation de coffrage doit être réalisée afin de définir les dimensions des panneaux et avoir le minimum de pièces à assembler et à manutentionner.

Les volumes horaires du personnel et le temps d'utilisation du matériel doivent être définis.

### **Chapitre3 :**

Il traite les points suivants :

- Description du système utilisé.
- Présentation de l'usine de préfabrication.
- Déterminer les cycles de fabrication pour les 4 lignes de production de l'usine.
- Arrêter des plannings de fabrication pour les quatre lignes de production.
- Etude de la liaison usine –chantier afin de définir les moyens de transport.
- Réalisation de la superstructure avec le montage des panneaux préfabriqués.
- Calculer les volumes horaires et les temps d'utilisation de matériel pour l'ensemble des activités (y compris les corps d'états secondaires).

### **Chapitre 4 :**

Il est consacré aux travaux d'infrastructure d'un immeuble construit avec le procédé tunnel bicoquille.

Il développe les points suivants :

- Etude de rotation du coffrage en éléments modulaires.
- Réalisation de plannings de rotation de camions pour le transport du coffrage et du ferrailage.
- Dimensionner les panneaux d'armature à confectionner en atelier.
- Calcul des volumes horaires et des temps d'utilisation du matériel.

### **Chapitre5 :**

Réalisation de la superstructure avec le procédé tunnel bicoquille.

Il traite les points suivants :

- Définir le rythme d'avancement des travaux.
- Etude de rotation du coffrage.
- Etude des plannings de transport du ferrailage.
- Etude de la charge de la grue.

### **Chapitre 6 :**

Etablissement de normes de temps et de ratios à partir des résultats obtenus.

Une conclusion générale de la thèse sera exposée au dernier chapitre.

## Chapitre 2

### TRAVAUX D'INFRASTRUCTURE POUR OUVRAGES EN ELEMENTS PREFABRIQUES

#### 2.1) INTRODUCTION

Les travaux d'infrastructure sont destinés à recevoir des panneaux et des dalles fabriqués en usine et acheminés vers les chantiers.

Les travaux d'infrastructure des ouvrages doivent être mécanisés afin de suivre le rythme assez rapide de la pose des éléments préfabriqués.

Pour les travaux d'excavation de fouilles, un bulldozer est nécessaire, ses rendements étant assez élevés.

Il est à signaler que les voiles doivent avoir des dimensions très précises puisque des barres de fixation disposées en attente doivent correspondre aux réservations prévues dans les éléments préfabriqués de la superstructure.

Les hauteurs de voiles peuvent changer d'une structure à l'autre à cause de la nature du sol. Il faut éviter les temps assez importants de confection de coffrage, diminuer leur quantité ainsi que le nombre du personnel et les délais de réalisation ce qui rendra les couts moins excessifs.

Pour ces différentes raisons, le coffrage modulaire est le plus approprié. Néanmoins une standardisation des panneaux est nécessaire.

Les mêmes panneaux peuvent servir à coffrer le béton de propreté, les semelles, longrines, radier, poteaux, poutres ou voiles en infrastructure.

Le plancher sera réalisé en dalles préfabriquées en usine.

#### 2.2) QUANTITATIFS DE L'INFRASTRUCTURE

##### 2.2.1) Travaux de terrassement

##### Dimensions des fouilles d'un bâtiment à 2 UE

Soient  $L_b$  et  $L_s$  les longueurs à la base et au sommet et  $l_b$  et  $l_s$  les largeurs à la base et au sommet.

$$L_b = 25 + 22 = 47\text{m}$$

$$L_s = 47 + 2 + 2 = 51\text{m}$$

$$l_b = 10.8 + 0.20 + 0.20 = 11.20\text{m}$$

$$l_s = 11.20 + 2 + 2 = 15.20\text{m}$$

##### Excavation en grande masse

La quantité de terre excavée est :

$$Q_e = (47\text{m} \times 11.20\text{m} \times 2.5\text{m}) + (11.20 \times 2 \times 2.5) + (49 \times 2 \times 2.5)$$

$$Q_e = 1316 + 56 + 245 = 1617\text{m}^3$$

La quantité de remblais contre les voiles  $Q_r$  est:

$$q_1 = 49 \times 0.70 \times (2.76 - 0.5) \times 2 = 155.04 \text{m}^3$$

$$q_2 = 11.20 \times 0.70 \times 2.26 \times 2 = 35.44 \text{m}^3$$

$$Q_r = 155.04 + 35.44 + 56 + 245 = 491.48 \text{m}^3$$

La quantité de déblais résultante est:  $Q_d = Q_e - Q_r$

$$Q_d = 1617 - 492 = 1125 \text{m}^3$$

### Travaux d'excavation

Le bulldozer est souvent utilisé pour l'excavation des fouilles de fondations par radier grâce à ses rendements élevés. L'utilisation d'un engin de 150 cv sur une distance de 25m nous donne un rendement théorique de  $200 \text{m}^3/\text{h}$ .

Avec un rendement général de chantier de 0.83, le rendement horaire réel sera de:

$$200 \times 0.83 = 166 \text{m}^3/\text{h}.$$

Le délai de l'excavation des fouilles sera de:  $1617 / 166 = 9.74 \text{ h}$

Le nivellement des surfaces de construction avant le bétonnage sera effectué à l'aide d'une niveleuse.

### Evacuation des déblais

En tenant compte du foisonnement, la quantité de déblais à évacuer est de:

$$1125 \times 1.20 = 1350 \text{m}^3.$$

Elle sera faite à l'aide de camions bennes de  $12 \text{m}^3$  de capacité et d'un chargeur de  $1.5 \text{m}^3$  de capacité de godet.

Le rendement théorique d'un tel engin pour une faible distance est de  $150 \text{m}^3/\text{h}$  ce qui correspond à un rendement réel de:  $150 \times 0.8 = 120 \text{m}^3/\text{h}$

soit  $120 / 60 = 2 \text{m}^3$  par minute.

Le temps pour charger un camion est de:  $12 / 2 = 6 \text{ mn}$ .

### Cycle de rotation d'un camion

$$C = t_c + t_d + t_a + t_r + t_p$$

avec:

- .  $t_c$ : temps de chargement ..... 6 mn
- $t_d$ : temps de déchargement .... 3 mn
- $t_a$ : temps de l'aller ..... 20 mn
- $t_r$ : temps du retour ..... 15 mn
- $t_p$ : temps de positionnement ..... 1 mn

soit un cycle de rotation  $C = 45 \text{ mn}$ .

Afin d'éviter les files d'attente, le nombre de camions sera de:  $45/6 = 7$  camions.

Pour une journée de 9 heures, le nombre de rotations pour chaque camion est de:

$$(9 \times 60) / 45 = 12 \text{ rotations}.$$

Le nombre de voyages à effectuer est de:

$$12 \times 7 = 84 \text{ voyages}.$$

La quantité de déblais évacuée par jour est de:

$$12 \text{m}^3 \times 84 = 1008 \text{m}^3.$$

Le délai d'évacuation des déblais est de:

$$1350 / 1008 = 1.34 \text{ jours}, \text{ soit: } 1.34 \times 9 = 12.06 \text{ heures},$$

c. à .d. une journée de 9 heures et 3 heures pour la seconde journée.

Soit une utilisation totale de camions de:  $12 \times 7 = 84$  heures.

## Travaux de remblaiement

La quantité de remblai foisonnée est de:

$$491.5 \times 1.2 = 589.8\text{m}^3$$

La mise en place du remblai s'effectue à l'aide de rouleaux manuels à un cylindre dont le rendement est de:  $14\text{m}^3/\text{h}$ .

Le rendement réel sera de:  $14 \times 0.9 = 12.6\text{m}^3/\text{h}$ .

Le temps de mise en place est de:  $589.8 / 12.6 = 46.80\text{ h}$

soit  $46.81 / 9 = 5.20$  jours.

Avec l'utilisation de 2 rouleaux, le délai sera de:  $5.20 / 2 = 2.6$  jours.

### Volumes horaires

Les calculs précédents ont donné les résultats suivants :

**Tableau 2.1 : Volumes horaires des travaux de terrassements.**

Engins	temps (h)	nombre	conducteur VH(h)	engins T(h)	Délai (jour)
Bull dozer	9.74	1	9.74	9.74	1 +
Niveleuse	1	1	1	1	0.11
Chargeur	12	1	12	12	1.33
Camions	12	7	84	84	1.33
Rouleau compacteur	23.4	2	46.80	46.80	2.6

Soit un total:  $\text{VH} = 153.54\text{ h}$

## 2.2.2 ) Coffrage

Pour la réalisation des travaux en infrastructure, le coffrage utilisé est le modulaire. Il peut s'adapter à n'importe quelle forme ou dimension de la structure. Pour les grandes surfaces, un plan de rotation de coffrage est établi. Il permet de déterminer un minimum de pièces à soulever à l'aide de la grue. Le nombre de réemplois est assez important ; il est compris entre 300 et 400.

### 2.2.2.1) Coffrage du béton de propreté

Utilisons des panneaux métalliques de 0.10m de large. La surface de coffrage est :

$$S = [(24.8\text{m} + 21.8\text{m}) + 10.80\text{m}] \times 2 \times 0.10\text{m} \\ = 114.8\text{m} \times 0.10\text{m} = 11.48\text{m}^2 \text{ soit } S = 11.48\text{m}^2.$$

### 2.2.2.2) Coffrage du radier

La largeur des panneaux est de 0.40m. La surface de coffrage est :

$$S = [(24.7\text{m} + 21.7\text{m}) + 10.6\text{m}] \times 2 \times 0.40\text{m} \\ = 114\text{m} \times 0.4\text{m} = 45.6\text{m}^2 \text{ soit } S = 45.6\text{m}^2$$

### 2.2.2.3) Coffrage des voiles en infrastructure

#### Unité d'entrée 1 (UE1)

-Longueur des banches :

$$L = (24.3\text{m} / 2.80\text{m} \times 8) \times 2 + (9.8\text{m} / 9\text{m}) \times 2 + (2.80\text{m} \times 8 / 2.80\text{m} \times 8) \times 2 + (9\text{m} / 9\text{m}) \times 7 \\ L = 176\text{m} / 170.6\text{m}$$

-Surface des banches :

La hauteur des banches est de 2.5m d'où la surface coffrante  $S = (176m/170.6m) \times 2.5m$   
soit  $S = 440m^2 / 426.5m^2$  ou  $S = 866.5m^2$ .

### Unité d'entrée 2 (UE2)

-Longueur de banches :

$$L = (21.3m/2.8m \times 7) \times 2 + (9.8m/9m) + (-/9m) + (2.8m \times 7 / 2.8m \times 7) \times 2 + (9m/9m) \times 6$$

$$L = 145.6 m / 150.4 m$$

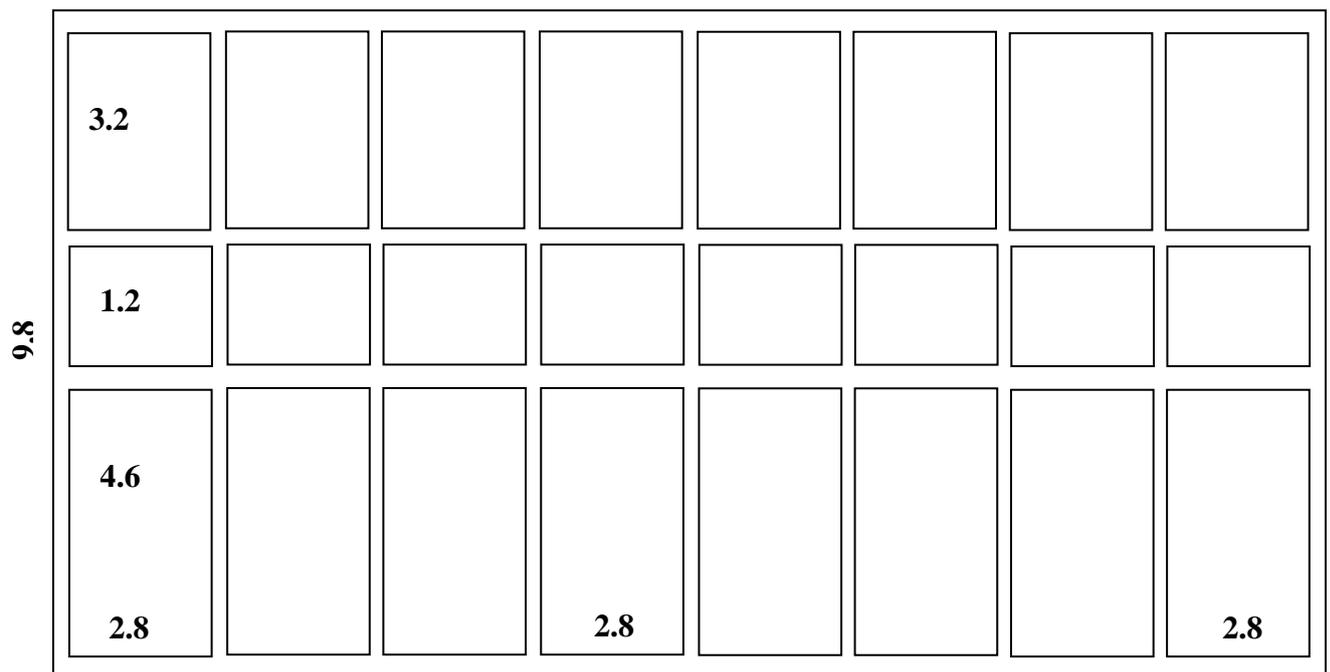
-Surface des banches :

$$S = (145.6m / 150.4m) \times 2.5m$$

$$S = 364 m^2 / 376m^2 \text{ ou } S = 740m^2.$$

### Détermination des dimensions de panneaux

La disposition des voiles en infrastructure est donnée par la figure (2.1) :



**Figure 2.1 :** Voiles en infrastructure du bâtiment en éléments préfabriqués

### -UE1

Calcul de la longueur du coffrage :

$$L = (24.3m/2.8m \times 8) \times 2 + (9.8m/3.20m + 1.20m + 4.60m) \times 2 + (2.8m \times 8 / 2.8m \times 8) \times 2 + (3.2m + 1.2m + 4.6m / 3.2m + 1.2m + 4.6m) \times 7$$

$$L = 346.6m$$

### -UE2

$$L = (21.3m / 2.8m \times 7) \times 2 + (9.8m/3.2 m + 1.2m + 4.6m) + (-/3.2m + 1.2m + 4.6m) + (2.8m \times 7 / 2.8m \times 7) \times 2 + (3.2m + 1.2m + 4.6m / 3.2m + 1.2m + 4.6m) \times 6$$

$$L = 296m$$

$$L = 296m$$

Les longueurs de voiles à coffrer sont données par le tableau 2.2

**Tableau 2.2 : Dimensions des voiles à coffrer**

voiles	L (m)	24.3	21.3	9.8	4.6	3.2	2.8	1.2	L (m)	S (m <sup>2</sup> )
UE1	nbre	2		2	16	16	48	16	346.6	866.5
UE2	nbre		2	1	14	14	42	14	296	740

**Panneaux modulaires de base**

Les dimensions de panneaux modulaires de base utilisées pour le coffrage des voiles sont données par le tableau qui suit. Les éléments d'angle (EA) se trouvent aux angles intérieurs des voiles.

**Tableau 2.3 : Dimensions des panneaux modulaires des base**

longueurs (m)	5	3.75	2.5	0.5	0.4	0.3	0.25	EA (0.15)
24.3	4		1	3		1		
21.3	4			2		1		
9.8	1		1	4		1		
4.6		1				1	1	2
3.2			1		1			2
2.8			1					2
1.2				1	1			2

Le nombre de panneaux pour coffrer les voiles des 2UE est donné par les tableaux suivants:

**-UE1****Tableau 2.4 : Nombre de P M B par voile pour l'UE1**

longueurs (m)	nbre	5	3.75	2.50	0.50	0.40	0.30	0.25	EA (0.15)
24.3	2	8		2	6		2		
9.8	2	2		2	8		2		
4.6	16		16				16	16	32
3.2	16			16		16			32
2.8	48			48					96
1.2	16				16	16			32
Total		10	16	68	30	32	20	16	192

**-UE2****Tableau 2.5 : Nombre de P M B par voile pour l'UE2.**

longueurs (m)	nbre	5	3.75	2.50	0.50	0.40	0.30	0.25	EA (0.15)
21.3	2	8			4		2		
9.8	1	1		1	4		1		
4.6	14		14				14	14	28
3.2	14			14		14			28
2.8	42			42					84
1.2	14				14	14			28
Total		9	14	57	22	28	17	14	168

## Panneaux reconstitués

Faisons un assemblage de panneaux de base pour le coffrage des différents voiles.

**Tableau 2.6 : Nombre de panneaux reconstitués par voile pour l'UE1**

longueurs	nbre	5	4.3	2.9	2.5	2.3	1.3	0.90	0.15
24.3	2	8	2						
9.8	2	2			2	2			
4.6	16		16						32
3.2	16			16					32
2.8	48				48				96
1.2	16							16	32
total		10	18	16	50	2		16	192

**Tableau 2.7 : Nombre de panneaux reconstitués par voile pour l'UE2**

longueurs	nbre	5	4.3	2.9	2.5	2.3	1.3	0.90	0.15
21.3	2	8					2		
9.8	1	1			1	1			
4.6	14		14						28
3.2	14			14					28
2.8	42				42				84
1.2	14							14	28
Total		9	14	14	43	1	2	14	168

Les panneaux de 1.3m utilisés pour l'UE2 sont constitués de 2 panneaux de 0.50m et un panneau de 0.30m décomposés du panneau de longueur 2.3m et non utilisés pour l'UE2.

### Taux de réutilisation

Longueur des banches

$$\begin{aligned} \text{UE1: } L1 &= 10 \times 5\text{m} + 18 \times 4.3\text{m} + 16 \times 2.9\text{m} + 50 \times 2.5\text{m} + 2 \times 2.3\text{m} + 16 \times 0.9\text{m} \\ L1 &= 50 + 77.4 + 46.4 + 125 + 4.6 + 14.4 \\ L1 &= 317.8\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{UE2: } L2 &= 9 \times 5\text{m} + 14 \times 4.3\text{m} + 14 \times 2.9\text{m} + 43 \times 2.5\text{m} \\ &+ 1 \times 2.3\text{m} + 2 \times 1.3\text{m} + 14 \times 0.9\text{m} \\ L2 &= 45 + 60.2 + 40.6 + 107.5 + 2.3 + 2.6 + 12.6 \\ L2 &= 270.8\text{m} \end{aligned}$$

$$\text{Banches : } TR = (317.8 + 270.8) / (317.8 \times 2) = 92.61 \%$$

$$\text{Elts d'angle : } TR = (192 + 168) / (192 \times 2) = 93.75 \%$$

### 2.2.3) Calcul des volumes de béton

#### -Béton de propreté

$$V = [(24.8\text{m} + 21.8\text{m}) \times 10.8\text{m}] \times 0.10\text{m} = 50.33\text{m}^3$$

#### -Béton du radier

$$\text{UE1: } V1 = (24.7\text{m} \times 10.6\text{m}) \times 0.40\text{m} = 261.82 \times 0.4 = 104.73\text{m}^3$$

$$\text{UE2: } V2 = (21.70\text{m} \times 10.6\text{m}) \times 0.40\text{m} = 230.02 \times 0.4 = 92.01\text{m}^3$$

$$\text{Total: } V = 104.73 + 92.01 = 196.74\text{m}^3$$

### -Béton des voiles

$$\text{UE1: } V1 = [(24.3\text{m} \times 4) + (9\text{m} \times 7)] \times 0.20\text{m} \times 2.5\text{m} + (9\text{m} \times 2) \times 0.25\text{m} \times 2.5\text{m} \\ = 80.1 + 11.25 = 91.35\text{m}^3$$

$$\text{UE2: } V2 = [(21.3\text{m} \times 4) + (9\text{m} \times 6)] \times 0.20\text{m} \times 2.5\text{m} + (9\text{m} \times 2) \times 0.25\text{m} \times 2.5\text{m} \\ = 69.6 + 11.25 = 80.85\text{m}^3$$

$$\text{Total: } V = 91.35 + 80.85 = 172.20\text{m}^3$$

### 2.2.4) Ferrailage

La quantité d'acier pour l'infrastructure de deux bâtiments séparés par un joint de dilatation et comportant 4 logements par niveau, soit un total de 20 logements est de:

**Tableau 2.8 : Quantités de béton et d'acier pour l'infrastructure.**

Eléments	béton (m <sup>3</sup> )	acier ( kg/m <sup>3</sup> )	acier (kg)
Radier UE1	104.73	120	12568
Radier UE2	92.01	120	11041
Voiles UE1	91.35	100	9135
Voiles UE2	80.85	100	8085

### 2.2.5) Récapitulation des quantitatifs

**Tableau 2.9 : Récapitulation des quantitatifs de l'infrastructure**

Bétons	secteur	béton V(m <sup>3</sup> )	coffrage Longueur (m)	coffrage Surface (m <sup>2</sup> )	A acier(kg)
- propreté	UE(1+2)	50.33	114.8	11.48	-
-Radier	UE1	104.73	60	24	12568
-Radier	UE2	92.01	54	21.6	11041
-Radier	UE (1+2)	196.74	114	45.6	23609
-Voiles	UE1	91.35	346.6	866.5	9135
-Voiles	UE2	80.85	296	740	8085
-Voiles	UE (1+2)	172.20	642.6	1606.5	17220

### 2.3) Volumes horaires des travaux

#### 2.3.1) Coffrage

##### Béton de propreté

Le coffrage du béton est:  $[(24.8\text{m} + 21.8\text{m} + 10.8\text{m}) \times 0.10\text{m}] \times 2$

Prenons des panneaux de 2.50m x 0.10m afin de ne pas utiliser de grue.

$$24.8\text{m} = 9 \times (2.5\text{m}) + (2.3\text{m})$$

$$21.8\text{m} = 8 \times (2.5\text{m}) + (1.8\text{m})$$

$$10.8\text{m} = 4 \times (2.5\text{m}) + (0.8\text{m})$$

Avec :

$$(2.3\text{m}) = (1.25\text{m}) + (0.75\text{m}) + (0.3\text{m})$$

$$(1.8\text{m}) = (1.25\text{m}) + (0.30\text{m}) + (0.25\text{m})$$

$$(0.8\text{m}) = (0.50\text{m}) + (0.30\text{m})$$

$$[(24.8\text{m} + 21.8\text{m} + 10.8\text{m}) \times 0.10\text{m}] \times 2 = 42(2.5\text{m} \times 0.10\text{m}) + 2(2.3\text{m} \times 0.10\text{m})$$

$$+ 2(1.8\text{m} \times 0.10\text{m}) + 2(0.8\text{m} \times 0.10\text{m})$$

Soit un total de 48 panneaux.

Déchargement des panneaux: ils sont déchargés à raison de 2 panneaux par mn, soit un temps de 24 mn.

Chargement après décoffrage: même temps.

L'opération chargement, transfert d'un bâtiment à un autre et déchargement a une durée de:  $T=24+12+24=60$  mn, soit 1 heure, avec l'utilisation d'un camion et 3 ouvriers.

Mise en place du coffrage:

Avec 2 ouvriers et un temps de 2 mn pour la pose et 1.5 mn pour la dépose, nous obtenons :

-Coffrage:  $T=2 \times 48=96$  mn = 1.6 h

-Décoffrage:  $T=1.5 \times 48=72$  mn = 1.2 h

**Tableau 2.10 : Volume horaire du coffrage et décoffrage du béton de propreté**

désignations	chauffeur	ouvriers	coffrage	décof	cof-décof	total	camion
effectif	1	3	2	2	2	6	1
T(h)	1	1	1.6	1.2	2.8	3.8	1
VH(h)	1	3	3.2	2.4	5.6	9.6	1

### Radier

Le coffrage du radier est:  $[(24.7m + 21.7m + 10.6m) \times 0.40m] \times 2$

Prenons des panneaux de  $(2.50m \times 0.40m)$  :

$24.7m = 9\text{Pan}(2.5m) + 1\text{Pan}(2.2m)$

$21.7m = 8\text{Pan}(2.5m) + 1\text{Pan}(1.70m)$

$10.6m = 4\text{Pan}(2.5m) + 1\text{Pan}(0.60m)$

Avec:  $(2.2m) = (1.25m) + (0.75m) + (0.2m)$

$(1.7m) = (1.25m) + (0.25m) + (0.20m)$ .

$(0.60m) = 2(0.30m)$

$[(24.7m + 21.7m + 10.6m) \times 0.40m] \times 2 =$

$42(2.5m \times 0.40m) + 2(2.2m \times 0.40m) + 2(1.7m \times 0.40m) + 2(0.60m \times 0.40m)$

Soit un total de 48 panneaux.

-Le déchargement des panneaux s'effectue par paquets de 4 éléments à l'aide de la grue.

Nous obtenons:  $48/4 = 12$  manutentions.

A raison de 3 mn par manutention, la durée de déchargement sera de :

$$3 \text{ mn} \times 12 = 36 \text{ mn}$$

-L'alignement est réalisé par une équipe de 2 ouvriers à raison de 2 éléments par mn ce qui nous donne un délai de :  $48/2 = 24$  mn.

La durée du regroupement des panneaux après décoffrage est la même que celle de l'alignement.

De même, les durées de chargement et de déchargement sont identiques.

-L'opération déchargement, transfert d'un bâtiment à un autre et chargement a une durée de:

$$T=36+12+36 = 84 \text{ mn} = 1.4 \text{ h}$$

avec l'utilisation d'une grue, d'un camion et de 2 ouvriers.

L'alignement et le regroupement ont une durée de:  $T=24+8+24=56$  mn = 0.93 h.

### Mise en place du coffrage

Avec 2 ouvriers, 3 mn pour la pose et 2 mn pour la dépose, nous obtenons:

- coffrage:  $T=3 \text{ mn} \times 48 = 144 \text{ mn} = 2.4 \text{ h}$

- décoffrage:  $T=2 \text{ mn} \times 48 = 96 \text{ mn} = 1.6 \text{ h}$

D'où le résultat final sur le Tableau 2.11

**Tableau 2.11 : Volume horaire du coffrage et décoffrage du radier**

Désign	grutier	chaufr	MO-chgt déch	MO alignt	cof C	décof D	C+D	total	grue	camion
Effectif	1	1	2	2	2	2	2	8	1	1
T(h)	1.4	1.4	1.4	0.93	2.4	1.6	4	6.33	1.4	1.4
VH (h)	1.4	1.4	2.8	1.86	4.8	3.2	8	15.46	1.4	1.4

### Voiles

Les délai de coffrage des voiles sont donnés dans le tableau 2.12

**Tableau 2.12 : Temps de coffrage des voiles.**

Désignations	banches	4.3-5m	2.3-2.9m	0.9-1.3m	T(mn)	T(h)
Cycles	mn	5.5	4.5	3		
UE1	nbre	28	68	16		
UE1	T(mn)	154	306	24	484	8.07
UE2	nbre	23	58	16		
UE2	T(mn)	126.5	261	24	411.5	6.86

Les banches de longueur 0.90m seront manutentionnées par paires.

Le temps d'utilisation de la grue est de:

$$T = 8.07 + 6.86 = 14.93 \text{ h}$$

-Délai de décoffrage

Le cycle de la grue est de 3 mn pour l'ensemble des panneaux.

$$\text{UE 1: } T_1 = (28+68+16) \times 3 = 112 \times 3 = 336 \text{ mn} = 5.6 \text{ h}$$

$$\text{UE 2: } T_2 = (23+58+16) \times 3 = 97 \times 3 = 291 \text{ mn} = 4.85 \text{ h}$$

$$T = 5.6 + 4.85 = 10.45 \text{ h}$$

Volumes horaires

**Tableau 2.13 : Volumes horaires du coffrage et décoffrage de voiles.**

Voiles	désign	grutier	A-grut	coffreur	total	grue
Coffrage	Effectif	1	1	3	5	1
Coffrage	T(h)	14.93	14.93	14.93	14.93	14.93
Coffrage	VH(h)	14.93	14.93	44.79	74.65	14.93
Décoffrage	Effectif	1	1	2	4	1
Décoffrage	T(h)	10.45	10.45	10.45	10.45	10.45
Décoffrage	VH(h)	10.45	10.45	20.90	41.80	10.45

### Déplacement du coffrage d'un endroit à un autre

**Tableau 2.14 : Temps de déplacement du coffrage de voiles.**

Banches	nbre	élts/camion	cycle	T chrgt	rotations	T(mn)
4.3-5m	28	4	2	8	7	56
2.3-2.9m	68	6	2	12	11	132
0.9-1.3m	16	8	1.5	12	2	28

-Les 2 éléments de 2.3m seront transportés avec les éléments (0.9-1.3m).

$$\text{Chargement du camion à la grue: } T = 56+132+28 \text{ mn} = 216 \text{ mn} = 3.6 \text{ h}$$

-Temps d'utilisation des camions:

-camion 1:  $T_1 = 56 + (12 \times 12) + 20 = 220 \text{ mn} = 3.67 \text{ h}$

-camion 2:  $T_2 = 56 + (13 \times 12) + 20 = 232 \text{ mn} = 3.87 \text{ h}$

-camion 3:  $T_3 = (7 \times 8) + (11 \times 12) + (8 + 12) = 208 \text{ mn} = 3.47 \text{ h}$

Le temps d'utilisation des camions est de:

$T = 3.67 + 3.87 + 3.47 = 11.01 \text{ h}$

**Tableau 2.15 : V H du matériel de déplacement du coffrage.**

Désignations	effectif	T(h)	VH(h)
Grutiers	2	3.6	7.2
Chauffeurs	3	3.87	11.01
Ouvriers	4	3.6	14.4
Total	9	3.87	32.61
Grues	2	3.6	7.2
Camions	3	3.87	11.01

### Nettoyage et huilage des panneaux de coffrage

Surfaces du coffrage de voiles:

UE1 :  $S_1 = L_1 \times h = 317.8 \text{ m} \times 2.5 \text{ m} = 794.5 \text{ m}^2$

UE2 :  $S_2 = L_2 \times h = 270.8 \text{ m} \times 2.5 \text{ m} = 677 \text{ m}^2$

**Tableau 2.16 : V H des travaux de nettoyage et de huilage des panneaux de coffrage.**

Désignations	coffrage S (m <sup>2</sup> )	nett VH(h)	huil VH(h)	nett ouvriers	huil ouvriers	total ouvriers	T(h)	total VH(h)
-béton de propreté	11.48	0.46	0.23	1	1	1	0.69	0.69
-radier	45.60	1.82	0.91	1	1	1	2.73	2.73
-voiles UE1	794.5	31.78	15.89	4	2	6	7.95	47.67
-voiles UE2	677	27.08	13.54	4	2	6	6.77	40.62
-voiles UE(1+2)	1471.5	58.86	29.43	4	2	6	14.72	88.29

Les normes de nettoyage et de huilage sont respectivement de 0.04 et 0.02 h/m<sup>2</sup>.

Les équipes de nettoyage et de huilage des panneaux interviennent pendant les journées de décoffrage.

### Tableaux finaux

Béton de propreté

**Tableau 2.17 : V H des travaux de coffrage du béton de propreté.**

Désignations	coffrage décoffrage	nettoyage huilage	total (h)	camion (h)
Effectif	6	1	7	1
T(h)	3.8	0.69	4.49	1
VH(h)	9.6	0.69	10.29	1

## Radier

**Tableau 2.18 : V H des travaux de coffrage du radier.**

Désignations	cof-décof	nett-huil	total	grue	camion
effectif	8	1	9	1	1
T(h)	6.33	2.73	9.06	1.4	1.4
VH(h)	15.46	2.73	18.19	1.4	1.4

## Voiles

**Tableau 2.19 : V H des travaux de coffrage des voiles.**

Voiles	effectif	T(h)	VH(h)	grue	camion
Coffrage	5	14.93	74.65	14.93	-
Décoffrage	4	10.45	41.80	10.45	-
Déplacement	9	3.87	32.61	7.2	11.01
Nettoyage-Huilage	6	14.72	88.29	-	-
Total	20	43.97	237.35	32.58	11.01

### 2.3.2) Ferrailage

#### Préparation du ferrailage

Pour 2 bâtiments de 20 logements, nous avons les volumes horaires suivants:

**Tableau 2.20 : V H de la préparation du ferrailage de l'infrastructure.**

Désignations	Béton (m <sup>3</sup> )	Acier (kg)	NT (h/t)	VH (h)
Radier UE1	104.73	12568	18	226.3
Radier UE2	92.01	11041	18	198.7
Radier UE(1+2)	196.74	23609	18	425
Voiles UE1	91.35	9135	16	146.2
Voiles UE2	80.85	8085	16	129.4
Voiles UE(1+2)	172.2	17220	16	275.6
Dalles préfab	89.60	10752	18	193.5

#### **Mise en place du ferrailage**

##### **a/ radier**

Les panneaux d'armatures sont préfabriqués et comportent des longueurs de recouvrement. Dans le sens transversal, il y aura 2 panneaux de 5.20m. Dans le sens longitudinal, il y aura 7 panneaux centraux de longueurs 3.60m et 2 panneaux d'extrémités de longueurs 1.90m pour l'UE1 et 6 panneaux centraux de longueurs 3.60m et 2 panneaux d'extrémité de longueur 1.90m pour l'UE2.

Le cycle de la grue est de 6.5 mn.

Le délai de pose des panneaux centraux et extérieurs est donné par le tableau suivant:

**Tableau 2.21 : Temps de pose des panneaux de ferrillage du radier.**

Panneaux	Pan cent	Pan ext	nbre	T( mn)	T( mn)	T( h)
UE1	5.2 x3.60		14	91		
UE1		5.2 x1.90	4	26	117	1.95
UE2	5.20 x3.6		12	78		
UE2		5.2 x1.90	4	26	104	1.73

Pour l'UE1 il y aura:

- dans le sens de la largeur, 2 panneaux de:  $9.8/2 + 0.3 = 5.20\text{m}$
- dans le sens de la longueur, 7 panneaux centraux de:  $3.0+0.6 = 3.60\text{m}$  et 2 panneaux d'extrémité de:  $1.60+0.30 = 1.90\text{m}$

Avec un espacement d'armatures de 0.20m, le nombre d'armatures est de:

- panneau 5.20/ 1.90: 25/9 barres
- panneau 5.20/ 3.60: 25/16 barres

Avec un minimum de 2pts d'attache par barre, le nombre de ligatures est de:

- Pan ( 5.20/ 1.90): 50/18
- Pan ( 5.20/3.60): 50/32

Pour deux nappes et 3 ferrailleurs dont le rendement est de 10 liaisons/ mn , le temps de mise en place est de:

$$T = (50+32) \times 2 / (10 \times 3) = 5.47 \text{ mn} < 6.5 \text{ mn (cycle de la grue)}$$

-Les armatures , coupées et préparées seront livrées au chantier pour y être assemblées à l'avance sur le site.

Cela nécessitera 2 voyages ( 12.6 t et 11 t).

Le chargement et déchargement nécessitent 0.5h ( grue usine et grue chantier) et le transport 0.75h, ce qui nous donne:

- pose: 3 ouvriers
- camion:  $T = 0.5 + 0.75 = 1.25 \text{ h}$
- grue chantier:  $T_{\text{pose}}$
- aide-grutier:  $T_{\text{pose}}$
- grue manutention (usine et chantier):  $T = 0.25 + 0.25 = 0.5\text{h}$
- aide-grutiers:  $T = 0.5 \times 2 = 1\text{h}$

Le volume de temps est donné par le tableau suivant:

**Tableau 2.22 : V H des travaux de ferrillage du radier.**

Radier	prépar VH(h)	pose T(h)	pose VH(h)	grut 1	grut 2	A-grut 1	A-grut 2	chaufr	total VH(h)	grue (h)	camion (h)
UE1	226.3	1.95	5.85	1.95	0.5	1.95	1	1.25	238.8	2.45	1.25
UE2	198.7	1.73	5.19	1.73	0.5	1.73	1	1.25	210	2.23	1.25
UE(1+2)	425	3.68	11.04	3.68	1	3.68	2	2.50	448.9	4.68	2.50

#### **b/ voiles**

Les panneaux sont préfabriqués.

Dans le sens transversal ,il y aura 2 panneaux de 5.20 m

Dans le sens longitudinal, il y aura 6 panneaux centraux de  $2.80\text{m} + 0.35\text{m} \times 2 = 3.5\text{m}$  et 2 d'extrémité:  $2.80\text{m} + 0.35\text{m} + 0.2\text{m} = 3.35\text{m}$

Le cycle de la grue est de 6.5 mn.

Le délai de pose est donné par le tableau suivant :

**Tableau 2.23 : Temps de pose des panneaux de ferrillage des voiles.**

Panneaux	L	5.20m	3.50m	3.35m	T(mn)	T(h)
UE 1	nombre	18	24	8		
UE1	T(mn)	117	156	52	325	5.42
UE2	nombre	16	20	8		
UE2	T(mn)	104	130	52	286	4.77
UE(1+2)	T(mn)	-	-	-	611	10.19

Le panneau de 3.5m comporte dans le sens de:

-la longueur:  $2.80\text{m}/0.20\text{m} = 14$  barres

-la hauteur:  $2.60\text{m}/0.20\text{m} = 13$  barres

soit 27 barres par nappe et 2 points d'attache par barre. Le temps de fixation d'une nappe est :

$$T = 27 \times 2 / 10 = 5.4 < 6.5 \text{ mn (cycle de la grue)}$$

Donc 2 ferrailleurs sont suffisants pour la mise en place de 2 nappes et 1 ferrailleur pour le réglage

#### **-Livraison des armatures de voiles**

Les quantités de 9.14 et 8.09 T d'acier seront livrés en 2 fois .

Le chargement et déchargement nécessite 0.5 h et le transport 0.75 h ce qui nous donne:

$$T = 0.5\text{h} + 0.75\text{h} = 1.25\text{h}$$

#### **-Transport des nappes de T.S sur le chantier**

4(5.20) et 8(3.50) par rotation:

$$\text{UE1: } (18+24+8)/12 = 50/12 = 4 \text{ rotations}$$

$$\text{UE2: } (16+20+8)/12 = 44/12 = 4 \text{ rotations}$$

-chargement: 12 mn

-déchargement: 12 mn

-déplacement: 10 mn

Soit 34 mn par déplacement

$$T1 = T2 + 34 \times 4 = 136 \text{ mn} = 2.27 \text{ h}$$

Finalement, le délai de transport des armatures est de:

$$T = 1.25\text{h} + 2.27 \text{ h} = 3.52 \text{ h.}$$

Grue de manutention

$$T = 0.5 \text{ h} + (24 \text{ mn} \times 4) / 60 = 0.5 + 1.6 = 2.1 \text{ h}$$

a) Temps d'utilisation du matériel :

**Tableau 2.24 : Temps d'utilisation du matériel pour le ferrillage.**

Voiles	pose ferr (h)	grue pose (h)	grue manut (h)	total grues (h)	camions (h)
UE1	5.42	5.42	2.1	7.52	3.52
UE2	4.77	4.77	2.1	6.87	3.52
UE(1+2)	10.19	10.19	4.2	14.39	7.04

2/ Volumes horaires du personnel :

**Tableau 2.25 : VH des travaux de ferrailage des voiles.**

Voiles	prépar (h)	pose ferr (h)	chauff (h)	grutier pose (h)	A- grut pose (h)	grutier manut (h)	A-grut manu(h)	total (h)
UE1	146.2	16.26	3.52	5.42	5.42	2.1	4.2	183.1
UE2	129.4	14.31	3.52	4.77	4.77	2.1	4.2	163.1
UE(1+2)	275.6	30.57	7.04	10.19	10.19	4.2	8.4	346.2

### 2.3.3) Bétonnage

#### Production de béton

La centrale à béton a une capacité de production de 60 m<sup>3</sup>/heure avec un effectif de 3 personnes.

La capacité des camions de transport est de 6m<sup>3</sup>.

La durée de rotation des camions est de 45 mn.

#### Béton de propreté

La quantité de béton pour un bâtiment à 2 unités d'entrée est de 50.328m<sup>3</sup>.

Le béton est mis en place à l'aide d'une goulotte.

L'équipe de bétonnage composée d'un chef d'équipe et de 4 ouvriers met en place 1m<sup>3</sup> de béton en 3 mn , soit 20 m<sup>3</sup>/h.

a) temps d'utilisation du matériel :

**Tableau 2.26 : Temps d'utilisation du matériel pour le béton de propreté.**

béton (m <sup>3</sup> )	béton frais (m <sup>3</sup> )	C.A.B. (h)	nbre de rotations	camions (h)
50.328	57.880	1	10	7.5

b) volumes horaires du personnel :

La durée de bétonnage est :  $T = 57.88/20 = 3$  heures.

**Tableau 2.27 : VH de la mise en place du béton de propreté.**

Désignations	C A B	transport	mise en place	total
Effectif	3	1	5	9
T(h)	1	7.5	3	3
VH(h)	3	7.5	15	25.5

#### Béton du radier

Les vibreurs D70 permettent la mise en place de 12m<sup>3</sup> de béton par heure.

Avec l'utilisation de 3 vibreurs, 36m<sup>3</sup> de béton seront mis en place en 1heure ce qui nécessitera 6 camions de béton à savoir 1 camion toutes les 10 mn.

L'équipe est constituée d'un chef d'équipe et de 8 ouvriers.

Le béton est mis en place à l'aide d'une pompe à béton.

a/ temps d'utilisation du matériel:

**Tableau 2.28 : Temps d'utilisation du matériel pour le bétonnage du radier.**

Radier	béton (m <sup>3</sup> )	béton frais (m <sup>3</sup> )	C A B (h)	nbre de rotations	camions (h)	pompe à béton	compr	vibr D70
UE1	104.728	120.44	2	20	15	3.35	3.35	10.05
UE2	92	105.80	1.8	18	13.5	2.94	2.94	8.82
UE(1+2)	196.728	226.24	3.8	38	28.5	6.29	6.29	18.87

b/ volumes horaires du personnel:

**Tableau 2.29 : V H pour le bétonnage du radier**

UE	désignations	C.A.B.	camion	pompe à béton	vibreur	mise en place	total
UE1	Effectif	3	1	1	3	5	13
	T(h)	2	-	3.35	3.35	3.35	3.35
	VH(h)	6	15	3.35	10.05	16.75	51.15
UE2	Effectif	3	1	1	3	5	13
	T(h)	1.8	-	2.94	2.94	2.94	2.94
	VH(h)	5.4	13.5	2.94	8.82	14.7	45.36
UE(1+2)	Effectif	3	1	1	3	5	13
	T(h)	3.8	-	6.29	6.29	6.29	6.29
	VH(h)	11.4	28.5	6.29	18.87	31.45	96.51

### Bétonnage des voiles:

Le vibreur D50 permet la mise en place de 7 m<sup>3</sup>/h.

La durée d'un cycle de grue pour une benne à béton de 1m<sup>3</sup> est de 7.6 mn.

Prenons 2 équipes de bétonnage de 3 ouvriers et d'un grutier chacune et d'un chef d'équipe.

a) temps d'utilisation du matériel:

**Tableau 2.30 : Temps d'utilisation du matériel pour le bétonnage des voiles**

Voiles	béton (m <sup>3</sup> )	béton frais (m <sup>3</sup> )	T(béton) (h)	C A B (h)	nbre de rotations	transpt (h)	grue (h)	benne (h)	compr (h)	vibr D50(h)
UE1	91.35	105.05	7.5	1.75	18	13.5	15	15	7.5	15
UE2	80.85	93	6.65	1.55	16	12	13.3	13.3	6.65	13.3
Total	172.2	198.05	14.15	3.30	34	25.5	28.3	28.3	14.15	28.3

b) volumes horaires du personnel:

**Tableau 2.31 : V H pour le bétonnage des voiles.**

voiles	Désignations	C A B	camion	grutier	vibreux	bétonnage	total
UE1	Effectif	3	2	2	2	3	14
	T(h)	1.75	-	7.5	7.5	7.5	7.5
	VH(h)	5.25	13.5	15	15	22.5	86.25
UE2	Effectif	3	1	2	2	3	13
	T(h)	1.55	-	6.65	6.65	6.65	6.65
	VH(h)	4.65	12	13.3	13.3	19.95	76.5
UE(1+2)	effectif	3	1	2	2	5	13
	T(h)	3.30	-	14.15	14.15	14.15	14.15
	VH(h)	9.9	25.5	28.3	28.3	42.45	162.75

### 2.3.4) Récapitulation des volumes horaires

a) Temps d'utilisation du matériel :

**Tableau 2.32 : Temps d'utilisation du matériel pour les travaux d'infrastructure**

éléments	désign	grue mobile	camion	C A B	camion toupie	pompe à béton	compr	benne	vibr D70	vibr D50
béton de propreté	coffrage		1							
	béton			1	7.5					
	Total (h)		1	1	7.5					
radier	coffrage	1.4	1.4							
	ferrailage	4.68	2.50							
	béton			3.8	28.5	6.29	6.29		18.87	
	Total (h)	6.08	3.90	3.8	28.5	6.29	6.29		18.87	
voiles	coffrage	32.58	11.01							
	ferrailage	14.39	7.04							
	béton	28.3		3.30	25.5		14.15	28.3		28.3
	Total (h)	75.27	18.05	3.30	25.5		14.15	28.3		28.3
		81.35	22.95	8.1	61.5	6.29	20.44	28.3	18.87	28.3

b) Volumes horaires du personnel :

**Tableau 2.33 : V H des travaux d'infrastructure.**

Désignations	béton de propreté	radier	voiles	total
Coffrage (h)	10.29	18.19	237.35	265.83
Ferrailage (h)	-	448.9	346.2	795.1
Bétonnage (h)	25.5	96.51	162.75	284.51
Total (h)	35.79	563.6	746.3	1345.69

# CHAPITRE 3

## USINE DE PREFABRICATION LOURDE

### INTRODUCTION

La préfabrication présente plusieurs avantages.

–Une main-d'œuvre moins coûteuse composée en majeure partie d'ouvriers spécialisés. Cette main-d'œuvre vite entraînée fournit un meilleur rendement. L'économie en heures de travail est de l'ordre de 30 à 40% .

–Les opérations simples et répétitives sont mécanisées. La préfabrication impose un rythme à l'ouvrier ce qui implique un temps productif considérablement accru.

–Béton plus résistant parce que contrôlé en permanence , étuvé et chauffé donc décoffré rapidement ce qui permet une réutilisation plus rapide d'un nombre réduit de moules.

–Finition plus soignée des pièces: pas de ragréage , scellements et reprises.

–Economie de matériaux ( 20 à 25 %) ; elle permet de réduire la proportion de main-d'œuvre dans le coût total d'environ 50%.

Elle permet de travailler, même si les conditions atmosphériques sont défavorables.

Il a pu être vérifié une certaine loi sur l'espérance d'un gain de productivité de 20% chaque fois que double le nombre de répétitions de la même opération. Les temps unitaires ont pu être réduits de moitié.

### 3.1) DESCRIPTION DU SYSTEME

#### Présentation

Le système Coopal est un système constructif destiné pour la réalisation de bâtiments à usage d'habitation collectifs.

Il appartient à la famille de préfabrication de panneaux lourds formant le gros œuvre structurel.

Tous les joints entre panneaux sont ferrillés.

L'habillage extérieur est en panneaux préfabriqués de type «SANDWICH » avec parement extérieur librement dilatable. La fixation des éléments est réalisée à partir de boucles sortant en parties hautes des éléments verticaux préfabriqués et de tiges filetées. Les boucles sont vissées en usine sur des filetages en attente et incorporées dans le panneau assurant ainsi la liaison.

L'étanchéité aux joints entre panneaux est assurée par la forme géométrique du panneau et par le dispositif d'étanchéité à chambre de décompression avec obturation du vide obtenu entre deux panneaux par une garniture en mastic appliquée sur un fond de joint.

#### Dimensions structurelles

-Trames: 3.00x3.00 entre axes modulaires pour façades.

4.80x3.00 entre axes modulaires pour pignons.

-Hauteur sous-plafond:2.75m

## **Eléments constitutifs**

-Fondations: Elles sont constituées d'un radier général en béton armé.

-vide sanitaire: murs en béton armé coulé sur place à l'aide de coffrage métallique. Dans ces murs seront encastrés les boulons de nivellement et d'ancrage ainsi que toutes les pièces nécessaires pour la fixation des éléments préfabriqués.

-planchers: les planchers hauts du vide sanitaire et ceux des étages courants sont en dalles préfabriquées de dimensions 3.00x2.40m entre axes modulaires et de 18.5cm d'épaisseur. Ces dalles sont munies d'ergots de pose aux extrémités des appuis ainsi que d'étriers permettant la liaison avec les autres éléments préfabriqués.

-Refends: murs porteurs préfabriqués, d'une hauteur d'étage et de 20cm d'épaisseur. Les cotés latéraux des refends sont munis de boucles assurant la liaison entre éléments.

-Panneaux extérieurs (de façade): éléments porteurs de type sandwich, réalisés par 2voiles en BA, séparés par des plaques de polystyrène et reliés entre eux par des étriers et des épingles en acier inoxydable. Les éléments comportent des boulons et des plaques d'assise pour le montage et le nivellement ainsi que des goujons permettant d'éviter les cintrements des panneaux sous l'effet de la température. Les cotés latéraux des éléments sont munis de crantage et d'étriers assurant la liaison entre les éléments.

-Dimensions: 3.00mx3.00m (entre axes modulaires) pour façades.  
4.80x3.00m (entre axes modulaires) pour pignons.

-Epaisseur: 28cm (15+5+8) pour façades.  
33cm (20+5+8) pour pignons.

Pour la fixation des étais de montage, des douilles sont encastrées dans le panneau.

-Acrotères: il existe 2types d'acrotères:

-de façades: de forme « L » et une longueur de 3.00m entre axes. Les sections du voile sont de 40x13cm, celles du talon 40x10cm.

-de pignon: longueur 4.80et les sections du voile sont de 40x13cm. Les acrotères sont munis de réservations au niveau du talon pour la fixation.

-Dalles de palier de repos:

Dalles pleines de 24.5cm d'épaisseur et de dimensions: 1.48x2.76 m. Elles sont munies de crantages et d'étriers ainsi que de plaques d'encastrement pour les garde corps.

-Volées d'escaliers: éléments préfabriqués de dimensions 2.25x 1.23 m et d'épaisseur 25cm.

-Cloisons: deux variantes seront proposées:

-cloisons réalisées en briques de 5,10 ou 15cm. Des plaquettes d'acier galvanisé seront apitées sur les murs préfabriqués recevant une maçonnerie afin d'assurer leur accrochage.

-cloisons réalisées en panneaux placoplâtre de hauteur d'étage et de 60cm de largeur.

-Terrasse: non accessible, appelée à recevoir une étanchéité multicouches et une isolation thermique.

## 3.2) USINE DE PREFABRICATION

### 3.2.1) Présentation

Les éléments sont fabriqués dans une usine fixe à chaîne commandée. La fabrication de ces éléments est réalisée dans des moules. Le traitement thermique par vapeur permet le démoulage après quatre heures d'étuvage. Le cycle normal de fabrication est de quatre heures 30minutes.

La capacité de production de l'usine est de 8logements/jour réalisés en 2 postes de travail de 9heures chacun et de 2cycles de travail de 4heures 30minutes.

-Le hall de préfabrication comporte 4 lignes de production:

- 1ère ligne: façades
- 2ème ligne: murs intérieurs
- 3ème ligne: dalles
- 4ème ligne:éléments spéciaux

Le béton est préchauffé au niveau de la centrale à béton par injection de vapeur dans les malaxeurs .Le durcissement du béton est réalisé par injection de vapeur dans les chemises remplies d'eau faisant partie du moule .Les moules sont ensuite empilés et recouverts d'une caisse calorifugée pour éviter les pertes de chaleur.

### 3.2.2) Etude de la production de l'usine

#### Nomenclature des éléments

La surface moyenne habitable d'un logement est de 80m<sup>2</sup>.Ce logement comporte une moyenne de 43éléments préfabriqués:

- façades:11
- dalles:16
- murs intérieurs:12
- éléments spéciaux:4

Les éléments spéciaux sont constitués d'un palier ,d'un escalier et de deux acrotères .

La consommation de béton par composant est donnée par le tableau 3.1

**Tableau 3.1 : Consommation de béton des éléments préfabriqués.**

Eléments	nombre	consommation de béton (m <sup>3</sup> )	
		par élément	totale
-Façades	11	1.27	13.97
-Murs intérieurs	12	1.72	20.64
-Dalles	16	1.39	22.40
Eléments spéciaux	escalier palier	2	0.85
	acrotère	2	0.24
Total	43		59.19

La production en éléments préfabriqués est donnée par le tableau 3.2

**Tableau 3.2 : Production en éléments préfabriqués.**

Eléments	logement	cycle 2logts	relève 4logts	jour 8logts
-Façades	11	22	44	88
-Murs intérieurs	12	24	48	96
-Dalles	16	32	64	128
-Escalier, palier	2	4	8	16
-Acrotères	2	4	8	16
-Total	43	86	172	344

La production de l'usine est donnée par le tableau 3.3

**Tableau 3.3 : Production de l'usine.**

Désignations	unités	logt	cycle	relève	jour	an
Eléments	u	43	86	172	344	75680
Logements	u	1	2	4	8	1760
Béton	m3	59.2	118.4	236.8	473.6	104192

#### Centrale à béton

La consommation de béton par cycle est de  $118.4 \text{ m}^3$ , soit un volume de béton frais de  $118.5 \times 1.15 = 136.16 \text{ m}^3$ .

La capacité de la centrale à béton sera de:  $113.16/3 = 45.4 \text{ m}^3/\text{h}$

-Prenons une centrale à béton de  $60 \text{ m}^3/\text{h}$

Avec un rendement de 85%, on aura une production de:  $60 \times 0.85 = 51 \text{ m}^3/\text{h}$

#### Consommation de béton et d'acier

Les quantités de béton et d'acier par élément et par logement sont donnés dans les tableaux suivants:

**Tableau 3.4 : Consommation de béton et d'acier par élément et par logement.**

Eléments	béton par élt ( $\text{m}^3$ )	acier ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	acier par élt (kg)	nombre d'élts/ logt	béton par logt ( $\text{m}^3$ )	acier par logt (kg)
-Façades	1.27	100	127	11	13.97	1397
-Murs intérieurs	1.72	100	172	12	20.64	2064
-Dalles	1.39	120	166.8	16	22.40	2669
-Escalier, palier	0.85	100	85	2	1.7	170
-Acrotères	0.24	100	24	2	0.48	48
Total	5.47	105.08	574.8	43	59.19	6348

Les quantités de béton et d'acier par cycle (4h30min), relève (9h) et par jour (2relèves) sont données par le tableau 3.5

**Tableau 3.5 : Consommation de béton et d'acier par cycle, relève et jour.**

Eléments	béton cycle (m <sup>3</sup> )	acier cycle (kg)	béton relève (m <sup>3</sup> )	acier relève (kg)	béton jour (m <sup>3</sup> )	acier jour (kg)
Nombre de logts	2	2	4	4	8	8
-Façades	27.94	2794	55.88	5588	111.76	11176
-Murs intérieurs	41.28	4128	82.56	8256	165.12	16512
-Dalles	44.80	5338	89.60	10676	179.2	21352
-Escalier	3.4	340	6.80	680	13.6	1360
-Acrotères	0.96	96	1.92	192	3.84	384
Total	118.38	12696	236.76	25392	473.52	50784

### Volumes horaires

Les volumes horaires pour la préparation des armatures sont donnés par le tableau 3.6

**Tableau 3.6 : V H pour la préparation des armatures**

Eléments	NT (h/t)	aciers cycle (kg)	VH cycle (h)	aciers relève (kg)	VH relève (h)	aciers jour (kg)	VH jour (h)
Nombre de logts		2	2	4	4	8	8
-Façades	16	2794	44.71	5588	89.41	11176	178.82
-Murs intérieurs	16	4128	66.05	8256	132.10	16512	264.20
-Dalles	16	5338	85.41	10676	170.81	21352	341.63
-Escalier	16	340	5.44	680	10.88	1360	21.76
-Acrotères	16	96	1.54	192	3.07	384	6.15
-Total	16	12696	203.15	25392	406.27	50784	812.56

### 3.3) Fabrication des éléments

La production de l'usine se fera avec 2 relèves de 9 heures chacune par jour.

Pour une relève de 9heures correspond 2 cycles de fabrication de 4h30mn.

La production de l'usine est de 8 logements/jour ce qui nous donne 2 logements par cycle de fabrication et 4 logements par relève.

La production s'effectuera selon la méthode d'organisation dite « Chemin de fer » ou toutes les équipes ont le meme temps d'intervention.Pour cela , les modules de temps doivent être égaux

#### 3.3.1) Durées

##### 3.3.1.1) Ligne de production des dalles

Le nombre de dalles pour un cycle de fabrication est de 32 dalles

### Durée de fabrication

La durée du cycle de rotation d'un moule est:

$$C_r = t_{ny} + t_h + t_f + t_b + t_t$$

Avec les temps suivants:

- . t<sub>ny</sub>: nettoyage.
- th: huilage.
- tf: pose de ferrailage.
- tb: bétonnage.
- tt: traitement thermique.

### Volumes horaires

Comme les modules de temps sont égaux, on aura :

$$t_{ny} = t_h = t_f = t_b = 3\text{mn}$$

$$t_t = 210\text{mn} = 3\text{h}30\text{mn}$$

$$\text{On aura donc: } C_r = 4 \times 3 + 210 = 222\text{mn} = 3\text{h}42\text{mn}$$

-La durée de fabrication des dalles est:

$$T_n \text{ fab} = \max: - T_n \text{ fab} = NE \times t_{ny} + (t_h + t_f + t_b) + t_t$$

$$- T_n \text{ fab} = T_n \text{ déc} + C_r$$

avec NE: nombre d'éléments

### Durée de décoffrage

La durée de décoffrage des moules est:

$$d_n = (NE - 1) t_{\text{cycle}} + t_d$$

$$\text{et } t_{\text{cycle}} = t_d + t_{a-r} + t_{p-s}$$

avec les temps suivants :

$$t_d: \text{décoffrage} = 1.5\text{mn}$$

$$t_{a-r}: \text{aller-retour} = 4\text{mn}$$

$$t_{p-s}: \text{pré-stockage} = 0.5\text{mn}$$

$$\text{d'où: } t_{\text{cycle}} = 6\text{mn}$$

Pendant l'aller-retour, les ouvriers décoffrent le panneau.

$$\text{Pour le: } - 1^{\text{er}} \text{ élément: } d_1 = t_d = 1.5\text{mn} \approx 2\text{mn}$$

$$- 32^{\text{ème}} \text{ élément: } d_{32} = (31 \times 6) + 2 = 188\text{mn} = 3\text{h}8\text{mn}$$

### Le temps de décoffrage est

$$T_n \text{ déc} = \max(T_n \text{ fab} + t_d, T_1 \text{ fab} + d_n)$$

### Intervention des équipes

Pour les deux relèves de 9heures, il y a 4cycles de fabrication de 4h30.

-1<sup>er</sup> cycle: -temps de fabrication

$$-1^{\text{er}} \text{ élément: } T_{\text{fab}} = 3\text{mn} + 9\text{mn} + 3\text{h}30 = 12\text{mn} + 3\text{h}30 = 3\text{h}42\text{mn}$$

$$-32^{\text{ème}} \text{ élément: } T_{\text{fab}} = 96 + 9 + 3\text{h}30 = 105\text{mn} + 3\text{h}30 = 1\text{h}45 + 3\text{h}30 = 5\text{h}15\text{mn}$$

-temps de décoffrage:

$$-1^{\text{er}} \text{ élément: } T_{\text{déc}} = 3\text{h}42 + 2 = 3\text{h}44\text{mn}$$

$$-32^{\text{ème}} \text{ élément: } a) T_{\text{déc}} = 5\text{h}15 + 2\text{mn} = 5\text{h}17\text{mn}$$

$$b) T_{\text{déc}} = 3\text{h}42 + 3\text{h}08 = 6\text{h}50\text{mn}$$

-2<sup>ème</sup> cycle: - temps de fabrication

$$-1^{\text{er}} \text{ élément: } T_{\text{fab}} = 4\text{h}30 + 12 + 3\text{h}30 = 8\text{h}12$$

$$-32^{\text{ème}} \text{ élément: } a) T_{\text{fab}} = 4\text{h}30 + 1\text{h}45 + 3\text{h}30 = 6\text{h}15 + 3\text{h}30 = 9\text{h}45$$

b)  $T_{fab} = 6h50 + 12 + 3h30 = 10h32$

-temps de décoffrage

-1<sup>er</sup> élément:  $T_{déc} = 8h12 + 2 = 8h14$

-32<sup>ème</sup> élément: a)  $T_{déc} = 10h32 + 2 = 10h34$

b)  $T_{déc} = 8h12 + 3h08 = 11h20$

-3<sup>ème</sup> cycle: - temps de fabrication

-1<sup>er</sup> élément:  $T_{fab} = 9h + 12 + 3h30 = 12h42$

-32<sup>ème</sup> élément: a)  $T_{fab} = 9h + 1h45 + 3h30 = 14h15$

b)  $T_{fab} = 11h20 + 12 + 3h30 = 15h20$

$T_{fab} = 15h02$  mn

-temps de décoffrage

-1<sup>er</sup> élément:  $T_{déc} = 12h42 + 2 = 12h44$

-32<sup>ème</sup> élément: a)  $T_{déc} = 15h02 + 2 = 15h04$

b)  $T_{déc} = 12h42 + 3h08 = 15h50$

-4<sup>ème</sup> cycle: - temps de fabrication

-1<sup>er</sup> élément:  $T_{fab} = 13h30 + 12 + 3h30 = 17h12$

-32<sup>ème</sup> élément:  $T_{fab} = 13h30 + 1h45 + 3h30 = 15h15 + 3h30 = 18h45$

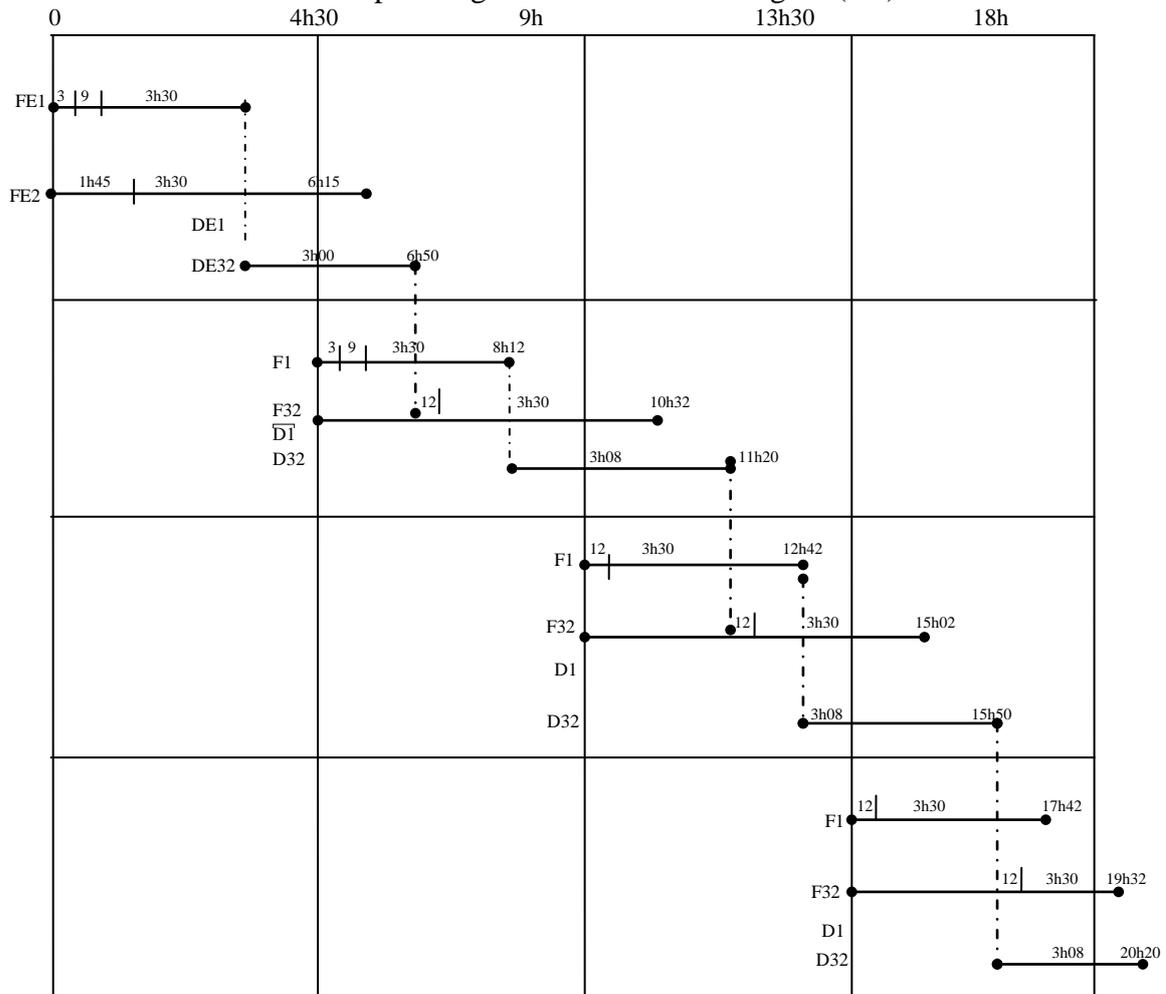
Ou  $T_{fab} = 15h50 + 12 + 3h30 = 16h02 + 3h30 = 19h32$

-temps de décoffrage

-1<sup>er</sup> élément:  $T_{déc} = 17h12 + 2 = 17h14$

-32<sup>ème</sup> élément:  $T_{déc} = 19h32 + 2 = 19h34$  Ou  $T_{déc} = 17h12 + 3h08 = 20h20$

Ces résultats concordent avec le planning de fabrication de la figure (3.1)



**Fig 3.1** : Planning de fabrication de dalles.

### 3.3.1.2) Ligne de production de voiles intérieurs

Le nombre de voiles pour un cycle de fabrication est de 24 panneaux., Prenons 3 batteries de 8 éléments chacune afin de pouvoir décoffrer plus rapidement.

#### Durée de fabrication

$$T_n \text{ fab} = NE \times t_{ny} + t_h + t_f + t_{re} + t_b + t_t$$

avec  $t_{ny} = t_h = t_f = 3 \text{ mn}$   
 $t_{re} = \text{temps de fermeture} = 2 \text{ mn}$   
 $t_b = 8 \text{ mn}$   
 $t_t = 3\text{h}30 \text{ mn}$

#### Durée de décoffrage

$$d_n = (NE-1) \times t_{\text{cycle}} + t_d$$

avec  $t_{\text{cycle}}$ : temps de cycle de décoffrage d'un panneau  
 $t_{\text{cycle}} = t_d + t_{a-r} + t_{ps}$   
 $t_d = 1.5 \text{ mn}$   
 $t_{a-r} = 4 \text{ mn}$   
 $t_{ps} = 0.5$   
 $t_{\text{cycle}} = 6 \text{ mn}$   
 $d = (8-1) \times 6 + 2 = 44 \text{ mn}$

#### Temps de décoffrage

$$T_n \text{ déc} = \max( T_n \text{ fab} + d_n, T_n \text{ déc} + d_n )$$

#### Intervention des équipes

-1er cycle: temps de fabrication:

-batterie 1:  $T_{\text{fab}} = 8 \times 3 + 3 + 3 + 2 + 8 + 3\text{h}30 = 24 + 16 + 3\text{h}30 = 4\text{h}10\text{mn}$

-batterie 2:  $T_{\text{fab}} = 2(8 \times 3) + 16 + 3\text{h}30 = 64 + 3\text{h}30 = 4\text{h}34 \text{ mn}$

-batterie 3:  $T_{\text{fab}} = 3(8 \times 3) + 16 + 3\text{h}30 = 88 + 3\text{h}30 = 4\text{h}58 \text{ mn}$

-temps de décoffrage

-batterie 1:- 1er élément:  $T_{\text{déc}} = 4\text{h}10 + 2 = 4\text{h}12 \text{ mn}$

-8ème élément:  $T_{\text{déc}} = 4\text{h}10 + 44 = 4\text{h}54 \text{ mn}$

-batterie 2:- 1er élément:  $T_{\text{déc}} = 4\text{h}54 + 2 = 4\text{h}56 \text{ mn}$

-8ème élément:  $T_{\text{déc}} = 4\text{h}54 + 44 = 5\text{h}38 \text{ mn}$

-batterie 3:- 1<sup>er</sup> élément:  $T_{\text{déc}} = 5\text{h}38 + 2 = 5\text{h}40 \text{ mn}$

-8ème élément:  $T_{\text{déc}} = 5\text{h}38 + 44 = 6\text{h}22 \text{ mn}$

-2ème cycle: temps de fabrication

-batterie 1:  $4\text{h}54 - (24-3) = 4\text{h}33$

$T = 4\text{h}33 + 40 + 3\text{h}30 = 8\text{h}43$

-batterie 2:  $5\text{h}38 - 21 = 5\text{h}17$

$T = 5\text{h}17 + 40 + 3\text{h}30 = 9\text{h}27$

-batterie 3:  $6\text{h}22 - 21 = 6\text{h}01$

$T = 6\text{h}01 + 40 + 3\text{h}30 = 6\text{h}41 + 3\text{h}30 = 10\text{h}11 \text{ mn}$

-temps de décoffrage :

-batterie 1:- 1er élément:  $T = 8\text{h}43 + 2 = 8\text{h}45$

-8ème élément:  $T = 8\text{h}43 + 44 = 9\text{h}27$

-batterie 2:-1er élément:  $T = 9h27+2= 9h29$   
-8ème élément:  $T = 9h27+44= 10h11$   
-batterie 3: -1er élément:  $T = 10h11+2= 10h13$   
-8ème élément:  $T = 10h11+44= 10h55$   
-3ème cycle: temps de fabrication  
-batterie 1: $9h27-(24-3)=9h06$   
 $T = 9h06+40+3h30= 9h46+3h30= 13h16 mn$   
-batterie 2: $10h11-21= 9h50$   
 $T = 9h50+40+3h30= 10h30+3h30= 14h00 mn$   
-batterie 3: $10h55-21= 10h34$   
 $T = 10h34+40+3h30= 11h14+3h30= 14h44 m$   
- temps de décoffrage:  
-batterie 1:-1er élément:  $T = 13h16+2= 13h18 mn$   
-8ème élément:  $T = 13h16+44= 14h00 mn$   
-batterie 2:-1er élément:  $T = 14h00+2= 14h02 mn$   
-8ème élément:  $T = 14h00+44= 14h44 mn$   
-batterie 3:-1er élément:  $T = 14h44+2= 14h46 mn$   
-8ème élément:  $T = 14h44+44= 15h28 mn$   
-4ème cycle: temps de fabrication  
-batterie 1: $14h00-21= 13h39$   
 $T = 13h39+40+3h30= 14h19+3h30= 17h49 mn$   
-batterie 2: $14h44-21= 14h23$   
 $T = 14h23+40+3h30= 15h03+3h30= 18h33 mn$   
-batterie 3: $15h28-21= 15h07$   
 $T = 15h07+40+3h30= 15h47+3h30= 19h17 mn$   
-temps de décoffrage:  
-batterie 1:-1er élément:  $T = 17h49+2= 17h51$   
-8ème élément:  $T = 17h49+44= 18h37$   
-batterie 2:-1er élément:  $T = 18h33+2= 18h35$   
-8ème élément:  $T = 18h33+44= 19h17$   
-batterie 3:-1er élément:  $T = 19h17+2= 19h19$   
-8ème élément:  $T = 19h17+44= 20h01$

### 3.3.1.3) Ligne de production de façades

Le nombre de panneaux de façades pour un cycle de fabrication est de 22.

#### Durée de fabrication

La fabrication d'un panneau de façade comporte les tâches suivantes :

- nettoyage
- huilage
- pose des joues et du mannequin (huissees) du moule
- pose du ferrailage
- bétonnage
- pose du polystyrène
- pose du ferrailage de peau
- bétonnage

Le module de temps est de 6 mn.

La première équipe réalise les tâches suivantes:

- nettoyage du moule: 2 mn
- huilage: 2 mn
- fixation des joues: 2 mn

Soit un temps de 6 mn ( pn )

Les équipes de ferrailage et de bétonnage interviennent deux fois chacune soit:  $3 \text{ mn} \times 2 = 6 \text{ mn}$

La plaque de polystyrène (isolation) est posée en même temps que la seconde nappe d'acier  
Le planning de réalisation nous donne un délai de fabrication de:

$$15\text{mn}+135\text{mn}= 150 \text{ mn} \text{ soit } 2\text{h}30 \text{ mn}$$

### **Durée de décoffrage**

Le module de temps doit être identique à celui de la fabrication: 6 mn

- translation AR :  $t_{a-r} = 4 \text{ mn}$
- décoffrage :  $t_d = 1.5 \text{ mn}$
- mise en pré-stock  $t_{p-s} = 0.5 \text{ mn}$

Soit un cycle de décoffrage  $t_c = t_{a-r} + t_d + t_{p-s} = 4 + 1.5 + 0.5 = 6 \text{ mn}$

$$-t_{\text{cycle}} = 6 \text{ mn}$$

### **Intervention des équipes:**

#### -1er cycle: temps de fabrication

-1er élément:  $T_{\text{fab}} = 15 + 18 + 210 = 33 \text{ mn} + 3\text{h}30 = 4\text{h}03 < 4\text{h}30 \text{ mn}$

-22ème élément:  $T_{\text{fab}} = 15 + 135 + 210 = 150 \text{ mn} + 3\text{h}30 = 2\text{h}30 + 3\text{h}30 = 6\text{h}$

temps de décoffrage: le décoffrage doit commencer 15 mn avant le cycle de fabrication suivant.

#### -2ème cycle de fabrication

-1er élément:  $T = 4\text{h}30 + 33 + 3\text{h}30 = 8\text{h}33 \text{ mn}$

-22ème élément:  $T = 4\text{h}30 + 2\text{h}30 + 3\text{h}30 = 10\text{h}30 \text{ mn}$

#### -3ème cycle de fabrication

-1er élément:  $T = 9\text{h} + 33 + 3\text{h}30 = 13\text{h}03 \text{ mn}$

-22ème élément:  $T = 9\text{h} + 2\text{h}30 + 3\text{h}30 = 15\text{h}$

#### -4ème cycle de fabrication

-1er élément:  $T = 13\text{h}30 + 33 + 3\text{h}30 = 17\text{h}33$

-22ème élément:  $T = 13\text{h}30 + 2\text{h}30 + 3\text{h}30 = 19\text{h}30$

Le temps de décoffrage est de :

$$T_{\text{déc}} = 22 \times 6 = 132 \text{ mn} = 2\text{h}12 \text{ mn}$$

Le décoffrage peut se faire entre 17h45 et  $17\text{h}45 + 2\text{h}12 = 19\text{h}57 \approx 20\text{h}$

### **3.3.1.4) Ligne de production des éléments spéciaux**

Un cycle de fabrication de 4h30 correspond à 2logements

Le nombre d'éléments par cycle est de:

- escalier (volées): 2
- paliers intermédiaires: 1
- acrotères: 4
- gaines de ventilation: 2
- regards: 1
- seuils de balcons: 4
- marches: 9
- contre marches: 9

### Durée de fabrication

La durée du cycle de rotation d'un moule pour les éléments suivants: volées d'escaliers, paliers, acrotères, gaines de ventilation et regards est :

$$Cr = tny + th + tf + fre + tb + tt$$

avec:  $tny = th = tf = fre = tb = 3 \text{ mn}$

$$tt = 3\text{h}30$$

d'où  $Cr = 5 \times 3 + 3\text{h}30 = 3\text{h}45$

$$Tn \text{ fab} = NE \times tny + th + tf + fre + tb + tt$$

$$Tn \text{ fab} = NE \times tny + 12 + 3\text{h}30$$

$$Tn \text{ fab} = 14 \times 3 + 12 + 3\text{h}30 = 4\text{h}24$$

marches et contre marches (13) :

$$tny = th = tf = fre = tb = 2 \text{ mn}$$

$$Tn \text{ fab} = 13 \times 2 + 8 + tt$$

$$Tn \text{ fab} = 34 + tt$$

### Durée de décoffrage

La durée de décoffrage des moules est:  $dn = (NE - 1) tc + td$

avec:  $tc = td + ta - r + tps$

$$tc = 1.5 + 4 + 0.5 = 6 \text{ mn en moyenne}$$

### 3.3.2) Volumes horaires

#### Fabrication :

##### Dalles

Le nombre de dalles est de 32. Les modules de temps sont égaux:

$$tny = th = tf = tb = 3 \text{ mn}$$

$$\text{d'où } t = 32 \times 3 = 96 \text{ mn}$$

**Tableau 3.7 : V H pour la fabrication de dalles.**

PERSONNEL							MATÉRIEL				
désign	CE	nett	huile	ferr	béton	total	trémie béton	PR	nett air comp	huile	moules
T (mn)	105	96	96	96	96	105	96	96	96	96	4h30
MO	1	1	1	2	2	7					32
VH (mn)	105	96	96	192	192	681	96	96	96	96	144h

#### Batterie de voiles.

- nombre d'éléments/batterie: 8

- nombre de batteries: 3

- nombre d'éléments: 24

$$-tn = th = tf = 3 \text{ mn} \quad fre = 2 \text{ mn} \quad tb = 8 \text{ mn} \quad T = 8 \quad tn = 8 \times 3 = 24 \text{ mn}$$

Le volume horaire pour la fabrication de voiles est donné par le tableau 3.8

**Tableau 3.8 : V H pour la fabrication de voiles.**

Désignations	batterie	CE	Personnel						Matériel				
			nett	huile	ferr	fre	béton	total	trémie béton	PR	nett air comp	huile	moules
T(mn)	1	40	24	24	24	2	8		24	24	24	24	4h54
T(mn)	3	88	72	72	72	6	24		72	72	72	72	15h42
M.O	-	1	1	1	2	1	1	7	-	-	-	-	
VH (mn)	-	88	72	72	144	6	24	406	72	72	72	72	15h42

**Façades**

Le nombre de panneaux de façade est de 22

**Tableau 3.9 : V H pour la fabrication de façades.**

Désign	nbre	PERSONNEL							MATERIEL				
		CE	nett	huile	ferm jouis	ferr	béton	total	trémie béton	PR	nett air comp	huile	moules (h)
T (mn)	1	6	2	2	2	6	6	6	6	6	2	2	4
T(mn)	22	150	44	44	44	132	132		132	132	44	44	88h
MO		1	(2)	(2)	2	2	3	8					
VH(mn)		150	88	88	88	264	396	1074	132	132	44	44	88h

**Décoffrage –stockage**

**a/décoffrage-préstockage**

Cycles de travaux

**Tableau 3.10 : Cycles de travaux pour le décoffrage, préstockage et stockage des éléments préfabriqués.**

Désignations	dalles	voiles	façades
Décoffrage	1.5	1.5	1.5
PR a-r	4	4	4
Préstockage	0.5	0.5	0.5
Cycle (mn)	6	6	6
PR a-r	3	3	3
Stockage	2	2	2.5
Cycle (mn)	5	5	5.5

Volumes horaires par élément

**Tableau 3.11: V H pour le décoffrage.**

Désign	Dalles				voiles				façades			
	personnel			mat	personnel			mat	personnel			mat
	décof	PR	mps	PR	décof	PR	mps	PR	décof	PR	mps	PR
MO	2	1	1		2	1	1		2	1	1	
T(mn)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
VH(mn)	12	6	6	6	12	6	6	6	12	6	6	6

Les volumes horaires du préstockage sont donnés par le tableau 3.12

**Tableau 3.12: V H pour le préstockage.**

Désignations	dalles	voiles	façades
Nombre	32	24	22
Cycle (mn)	6	6	6
T (mn)	192	144	132
MO	4	4	4
MO-VH (mn)	768	576	528
PR-T (mn)	192	144	132

**b/Volumes horaires du stockage**

**Tableau 3.13: V H pour le stockage.**

Désignations	dalles	voiles	façades
Nombre	32	24	22
Cycle(mn)	5	5	5.5
T(mn)	160	120	121
MO	3	3	3
MO-VH(mn)	480	360	363
R-T(mn)	160	120	121

**Eléments spéciaux:**

**-Escaliers**

**Tableau 3.14: Cycle de travail pour la production des escaliers.**

Désign	nbre	tny	th	tf	fre	tb	total
T(mn)	1	3	2	3	2	5	
T(mn)	2	6	4	6	4	10	
MO		1*	1*	2*	2*	1	4
VH(mn)		6	4	12	8	10	40

**-Acrotères**

**Tableau 3.15: Cycle de travail pour la production des acrotères.**

Désign	nbre	Tny	th	tf	fre	tb	total
T(mn)	1	3	3	3	3	5	
T(mn)	4	12	12	12	12	20	
MO		1*	1*	2*	2*	2	5
VH(mn)		12	12	24	24	40	112

**-palier**

**Tableau 3.16: Cycle de travail pour la production des paliers.**

Désign	nbre	tny	th	tf	tb	total
T(mn)	1	3	2	3	5	
MO		1*	1*	2	2	5
VH(mn)		3	2	6	10	21

**-gaine de ventilation**

**Tableau 3.17: Cycle de travail pour la production des gaines de ventilation.**

Désign	nbre	tny	th	tf	fre	tb	total
T(mn)	1	3	3	3	3	5	
T(mn)	2	6	6	6	6	10	
MO		1*	1*	2*	2*	2	5
VH(mn)		6	6	12	12	20	56

**-regard**

**Tableau 3.18: Cycle de travail pour la production des regards.**

Désign	nbre	tny	th	tf	fre	tb	total
T(mn)	1	3	2	3	2	5	
MO		1*	1*	1**	1**	1	3
VH(mn)		3	2	3	2	5	15

**-marches:**

**Tableau 3.19: Cycle de travail pour la production des marches.**

Désign	nbre	tny	th	tf	tb	total
T(mn)	1	2	2	2	3	
T(mn)	13	26	26	26	39	
MO		1*	1*	1	2	4
VH(mn)		26	26	26	78	156

**Volumes horaires par qualification**

-nettoyage  $VH_{ny} = 6 + 12 + 3 + 6 + 3 + 26 = 56\text{mm}$

-huilage:  $VH_h = 4 + 12 + 2 + 6 + 2 + 26 = 52\text{mm}$

-fermeture:  $VH_{fre} = 8 + 24 + 12 + 2 = 46\text{mm}$

-ferrailage:  $VH_f = 12 + 24 + 6 + 12 + 3 + 26 = 83\text{mm}$

-bétonnage:  $VH_b = 10 + 40 + 10 + 20 + 5 + 78 = 163\text{mm}$

Total VH =  $56 + 52 + 83 + 46 + 163 = 400\text{mm}$

### Volumes horaires du matériel.

- nettoyage:  $VH = 6+12+3+6+3+26=56mn$
- huilage:  $VH = 4+12+2+6+2+26=52mn$
- pont roulant:  $VH = 6+12+3+6+3+26=56mn$
- trémie à béton:  $VH = 10+20+5+10+5+39=89mn$

### Décoffrage-stockage des éléments spéciaux

-Cycle de travaux

**Tableau 3.20: Cycle de travaux pour l'opération décoffrage - stockage.**

Désignations	escalier	paliers	acrotères	regards	gaine vent	marches c/m
-translation a-r	6	6	6	6	6	6
-décoffrage	1	1	1.5		1	2
mise en stock	1	1	1.5	1	1	2
Cycle (mn)	8	8	9	7	8	10

-Volumes horaires par élément

**Tableau 3.21a: V H pour les cycles de travaux de l'opération décoffrage -stockage.**

Désign	Escalier				palier				acrotère			
	décof	PR	Ms	PR	décof	PR	ms	PR	décof	PR	ms	PR
MO	2	1	1	*	2	1	1	*	2	1	1	*
T (mn)	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9
VH(mn)	16	8	8	8	16	8	8	8	18	9	9	9

-Volumes horaires par élément

**Tableau 3.21b: V H pour les cycles de travaux de l'opération décoffrage – stockage.**

Désign	gaine ventilation				regard				marches c/m			
	décof	PR	ms	PR	décof	PR	ms	PR	décof	PR	ms	PR
MO	2	1	1	*	2	1	1	*	2	1	1	*
T(mn)	8	8	8	8	7	7	7	7	10	10	10	10
VH (mn)	16	8	8	8	14	7	7	7	20	10	10	10

-Volumes horaires du décoffrage-stockage des éléments spéciaux

**Tableau 3.22: V H de l'opération décoffrage – stockage.**

Désign	escalier	palier	acrotère	gaine vent	regard	marches c/marches	total
Nombre	2	1	4	2	1	6	
Cycle	8	8	9	8	7	10	
T (mn)	16	8	36	16	7	60	
MO	4	4	4	4	4	4	4
MO VH (mn)	64	32	144	64	28	240	572
Matériel VH (mn)	16	8	36	16	7	60	143

### 3.3.3) Volumes horaires: fabrication – stockage

#### -Fabrication

a/personnel

**Tableau 3.23: V H de fabrication.**

Eléments	C E	nett	huile	ferr	fre	béton	total(mn)
-dalles	105	96	96	192		192	681
-voiles	88	72	72	144	6	24	406
-façades	150	88	88	264	88	396	1074
-élts spéciaux	108	56	52	83	46	163	508
-totaux	451	408	308	683	140	775	2669

b/matériel

**Tableau 3.24: Temps d'utilisation du matériel de fabrication.**

Eléments	PR (mn)	Tr bet (mn)	nett (mn)	huile (mn)	moules (h)
-dalles	96	96	96	96	144
-voiles	72	72	72	72	125.6
-façades	132	132	44	44	88
élts spéciaux	56	89	56	52	42.5
-totaux(mn)	356	389	268	264	

c/ stockage

**Tableau 3.25: V H de stockage.**

Désignations		dalles (mn)	voiles (mn)	façades (mn)	élts spéc (mn)	total (mn)
Pré-stockage	MO	768	576	528		1872
Pré-stockage	PR	192	144	132		468
stockage	MO	480	360	363	572	1775
stockage	PR	160	120	121	143	544
Total	MO	1248	936	891	572	3647
Total	PR	352	264	253	143	1012

#### Fabrication et stockage.

a/personnel

**Tableau 3.26: V H de fabrication et de stockage.**

Désign	dalles (mn)	voiles (mn)	façades (mn)	élts spéciaux (mn)	total (mn)
-fabrication	681	406	1074	508	2669
-stockage	1248	936	891	572	3647
-total	1929	1342	1965	1080	6316

b/matériel

**Tableau 3.27: Temps d'utilisation du matériel de fabrication et de stockage.**

Eléments	PR fabrication	PR stock	PR total	trémie béton	nett (mm)	huil (mm)	moules (h)
-dalles	96	352	448	96	96	96	144
-voiles	72	264	336	72	72	72	125.6
-façades	132	253	385	132	44	44	88
-élts spéc	56	143	199	89	56	52	42.5
-totaux	356	1012	1368	398	268	264	

### 3.4) Etude de la liaison usine – chantier

Le transport des éléments préfabriqués de l'usine vers les chantiers s'opère par camions remorques équipés de chevalets pour le transport des éléments verticaux ou de palettes pour les éléments horizontaux.

Le montage des éléments préfabriqués sur la structure s'effectue directement de la remorque.

#### 3.4.1) Détermination des moyens de transport

La capacité de réalisation de l'entreprise étant de 8logements /jour ,l'équivalent en éléments préfabriqués à transporter sur chantier sera de:

- 88 éléments de façades
- 96 éléments de murs (voiles )
- 128 dalles
- 32 éléments spéciaux

Soit un total de 344 éléments à transporter.

#### 3.4.2) Calcul des temps de chargement et de déchargement d'une remorque

**Tableau 3.28: Temps de chargement et de déchargement des éléments préfabriqués.**

Eléments	éléments par remorque	temps de chargement (mn)		temps de déchargement et de montage (mn)	
		unité	remorque	unité	remorque
Façades	3	7	21	15	45
Murs intérieurs	4	7	28	15	60
Dalles	8	5	40	10	80
Eelts spéciaux	4	3	12	6	24

#### 3.4.3) Détermination de la durée d'un cycle par remorque

Le trajet moyen usine-chantier est de 15km.

**Tableau 3.29: Cycles de transport usine – chantier**

Eléments	façades	murs interieurs	dalles	élts spéciaux
-Usine - chantier	35	35	35	35
-Chantier - usine	25	25	25	25
-Chargement-remorque	21	28	40	12
-Déchargement -montage	45	60	80	24

-Divers déplacements	10	10	10	10
-Durée d'un cycle (mn)	136	158	190	106
-Durée d'un cycle (heure)	2h16 mn	2h38	3h10	1h46

### 3.4.4) Détermination des moyens de transport

**Tableau 3.30: Moyens de transport des éléments préfabriqués.**

Eléments	façades	murs intérieurs	dalles	Elts spéc
Nombre d'éléments	88	96	128	32
Nombre d'élts/remorque	3	4	8	4
Durée d'un cycle (mn)	136	158	190	106
Durée d'un cycle (h)	2h16	2h38	3h10	1h46
Nombre de rotation/ jour	3	3	2	1
Nombre d'éléments/jour	9	12	16	4
Nombre de camions	10	8	8	8
Durée des rotations/jour	6h48	7h54	6h20	1h46

Les camions prévus pour le transport des dalles feront un voyage supplémentaire pour les éléments spéciaux.

## Conclusion

Pour la réalisation des 8 logements/jour ,il faut prévoir:

- 18 camions pour le transport des panneaux de façades et de voiles.
- 8 camions pour le transport des dalles et des éléments spéciaux.

Soit un total de 26 camions

### 3.5) Volumes horaires des moyens de transport

#### 3.5.1) Chargement des camions en usine

Les calculs se font pour un rythme de réalisation de 2 logements par jour.

1/chargement des camions en usine.

Il se fait à l'aide de ponts roulants (PR).

**Tableau 3.31: V H du chargement des camions en usine.**

Eléments	T/ él (mn)	Nombre	T (mn)	MO	MO VH(mn)	PR T(mn)
Façades	7	22	154	2	308	154
Voiles	7	24	168	2	336	168
Dalles	5	32	160	2	320	160
Elts spéciaux	3	8	24	2	48	24
total				8	1012	506

#### 3.5.2) déchargement des camions sur chantier

Le déchargement des camions est effectué par les grues automotrices de pose des éléments préfabriqués selon le tableau 3.32

**Tableau 3.32: V H du déchargement**

Eléments	T/élt (mn)	nbre	T(mn)	MO	MO VH(mn)	grue T(mn)
Façades	15	22	330	1	330	330
Voiles	15	24	360	1	360	360
Dalles	10	32	320	1	320	320
Elts spéc	6	8	48	1	48	48
Total				4	1058	1058

**3.5.3) Transport des éléments préfabriqués**

A partir des résultats précédents (Tab 3.30) , nous obtenons les valeurs suivantes :

**Tableau 3.33: V H du transport des éléments.**

Désignations	façades	voiles	dalles et élts spéc	total
Nombre de camions	10	8	8	26
Temps d'utilisation / j	7	8	8	8
VH (8 logts/j)	70	64	64	198
VH (2 logts/j)	17.5	16	16	49.5
T utilis camions	17.5	16	16	49.5

**3.5.4) Volumes horaires de fabrication et de transport**

a/ personnel

**Tableau 3.34: V H de fabrication et de transport des éléments.**

Désignations	dalles	voiles	façades	élts spéc	total
Façonnage acier (h)	85.41	66.05	44.71	6.98	203.15
Fabrication (h)	11.35	6.77	17.9	8.47	44.49
Stockage (h)	20.8	15.6	14.85	9.53	60.78
Chargement en usine (h)	5.33	5.6	5.13	0.8	16.86
Transport (h)	16	16	17.5	-	49.5
Déchargement (h)	5.33	6	5.5	0.8	17.63
Total (h)	144.22	116.02	105.59	26.58	392.41

b/ temps d'utilisation du matériel

**Tableau 3.35a: Temps d'utilisation du matériel.**

Eléments	PR fabr-stok (mn)	PR chargt (mn)	PR (mn)	trémie (mn)	nett (mn)	huile (mn)	moules (h)
Dalles	448	160	608	96	96	96	144
Voiles	336	168	504	72	72	72	125.6
Façades	385	154	539	132	44	44	88
Elts spéc	199	24	223	89	56	52	42.5
Total (mn)	1368	506	1874	389	268	264	

**Tableau 3.35b: Temps d'utilisation du matériel.**

Eléments	PR	camion	trémie	nett	huil	moules
Dalles (h)	10.13	16	1.6	1.6	1.6	144
Voiles (h)	8.4	16	1.2	1.2	1.2	125.6
Façades (h)	8.98	17.5	2.2	0.73	0.73	88
Eltz spéc (h)	3.72	-	1.48	0.93	0.87	42.5
Total voiles (h)	21.1	33.5	4.88	2.86	2.8	256.1
Total (h)	31.23	49.5	6.48	4.46	4.4	

### 3.6) Réalisation de la superstructure

Les bâtiments comportent deux unités d'entrée et un joint de dilatation. Les voiles comportent les panneaux intérieurs, pignons et de façades. L'équipe de structure fait le montage des panneaux de voiles et la pose de dalles. Elle réalise les travaux selon les délais suivants:

- montage de voiles UE1: 1 jour.
- montage de voiles UE2: 1 jour.
- plancher haut RDC: 1 jour.

Un niveau de 4 logements est réalisé par une équipe en 3 jours .

Un bâtiment à 5 niveaux (R + 4) , comportant 20 logements est réalisé en:  $3 \times 5 = 15$  jours.

D'où un rythme d'avancement des travaux de:  $4/3$  logement / jour.

Pour réaliser 8 logements / jour il faudrait  $8 / (4 / 3) = 6$  équipes à répartir sur différents chantiers.

Nous avons les effectifs suivants (voir tableau 3.36):

**Tableau 3.36: Effectif pour le montage des éléments préfabriqués.**

Nombre d'équipes	1	6	1.5
Nombre de logts/ jour	4/3	8	2
Chefs d'équipe	1	6	1.5
Grutiers	1	6	1.5
Topographes	1	6	1.5
Porte-mire	1	6	1.5
Ouvriers qualifiés	4	24	6
Ferrailleurs	2	12	3
Electriciens	1	6	1.5
Manœuvres	2	12	3
VH (hommes-jour)	13	78	19.5

Pour suivre le rythme de production de l'usine à savoir 8 logts/ jour , il faut avoir 6 équipes de montage à répartir sur les différents chantiers selon leur importance.

Ces équipes , réalisent 6 bâtiments (120 logements) en superstructure dans un délai de 15 jours.

Pour 2 logements / jour, le montage nécessite 19.5 hommes-jour.

Soit  $19.5 \times 9 = 175.5$  heures .

### 3.6.1) Ressources nécessaires au montage des éléments préfabriqués

#### 1/ quantitatifs

Les quantités d'acier et le volume de béton nécessaires pour la liaison des voiles et des dalles sont les suivantes:

- Liaison entre voiles:
  - armatures: 77.75kg
  - béton: 3.465m<sup>3</sup>
  - béton frais: 4m<sup>3</sup>
- Liaison entre dalles:
  - armatures: 235.2kg
  - béton: 5.977m<sup>3</sup>
  - béton frais: 6.87m<sup>3</sup>

#### 2/ calcul des volumes horaires:

##### a/ armatures:

- matériel:

Le chargement des armatures à l'usine se fait à l'aide de pont roulant . Le déchargement est fait par la grue de montage de panneaux.

**Tableau 3.37a: Ressources matérielles nécessaires au ferrailage des fixations des éléments préfabriqués.**

Eléments	PR chargt (h)	transport (h)	grue déchargt (h)	camion (h)
Voiles	0.1	0.30	0.1	0.5
Dalles	0.15	0.45	0.1	0.7

-personnel:

**Tableau 3.37b : Ressources humaines nécessaires au ferrailage des fixations des éléments préfabriqués.**

Eléments	façonnage (h)	chargt (h)	transport (h)	déchargt (h)
Voiles	0.94	0.2	0.5	0.1
Dalles	2.83	0.3	0.7	0.1

##### b/ béton:

-matériel:

**Tableau 3.38a: Ressources matérielles nécessaires au bétonnage des fixations des éléments préfabriqués**

Eléments	volume ( m <sup>3</sup> )	CAB (h)	camion (h)	grue déchargt (h)	camion toupie (h)
Voiles	4	0.08	0.5	0.51	1.04
Dalles	6.87	0.14	0.86	0.87	1.77

-personnel:

**Tableau 3.38b: Ressources humaines nécessaires au bétonnage des fixations des éléments préfabriqués.**

Eléments	CAB (h)	chauffeur (h)	déchargt (h)
Voiles	0.24	1.04	0.51
Dalles	0.42	1.77	0.87

### 3.6.2) Volumes horaires du personnel de fabrication et de pose

#### 1/ pose des dalles:

Les dalles de 2 UE (4 logements) sont posées en une journée de 9 heures par une équipe composée de 13 personnes.

Pour un plancher de 2 logements, nous obtenons le volume horaire suivant:

$$(13 \times 9) / 2 = 58.5 \text{ heures.}$$

Le volume de béton pour les dalles est de  $44.8\text{m}^3$

Le volume de béton frais est de  $44.8 \times 1.15 = 51.52\text{m}^3$

Temps d'utilisation de la centrale à béton:

$$51.52 / (60 \times 0.85) = 1.01 \text{ heure.}$$

Le volume horaire sera de:  $1.01 \times 3 = 3.03 \text{ heures.}$

**Tableau 3.39 : V H de fabrication et de pose des dalles.**

Désignations	fabrication (h)	pose (h)	total (h)
Façonnage acier	85.41	2.83	88.24
Fabrication	11.35	-	11.35
Stockage	20.8	-	20.8
Chargement P.R	5.33	0.30	5.63
Transport	16	2.47	18.47
Déchargt grue	5.33	0.1	5.43
CAB	3.03	0.42	3.45
Montage	-	58.5	58.5
Total	147.25	64.62	211.87

#### 2/ Pose des voiles

Les voiles d'une unité d'entrée (2 logements) sont posés en une journée de 9 heures par une équipe composée de 13 personnes.

Nous obtenons le volume horaire suivant:

$$13 \times 9 = 117 \text{ heures.}$$

Le volume de béton des éléments autres que les dalles est de:

$$27.94 + 41.28 + 4.36 = 73.58\text{m}^3$$

Le volume de béton frais est de:

$$73.58 \times 1.15 = 84.62\text{m}^3$$

Temps d'utilisation de la centrale à béton:

$$84.62 / (60 \times 0.85) = 1.66 \text{ h.}$$

Le volume horaire sera de:  $1.66 \times 3 = 4.98 \text{ h.}$

**Tableau 3.40 : V H de fabrication et de pose des voiles.**

Désignations	fabrication (h)	pose (h)	total (h)
Façonnage acier	117.72	0.94	118.66
Fabrication	33.14		33.14
Stockage	39.98		39.98
Chargt usine	11.53	0.20	11.73
Transport	33.5	1.54	35.04
Déchargt	12.3	0.10	12.4
Centrale à béton	4.98	0.24	5.22
Montage	-	117	117
Total	253.15	120.02	373.17

### 3.6.3) Corps d'états secondaires

Détermination des volumes horaires

**Tableau 3.41 : V H des corps d'états secondaires.**

Désignations	Unités	Qtés	OQ VH(h)	MO VH(h)
-Pose regards	U	0.6	1.27	0.64
-Pose buses	ml	1.6	1.09	0.54
-Badigeon bitumineux	m <sup>2</sup>	12.66	-	1.27
-Maçonnerie	m <sup>2</sup>	17.667	9.89	4.95
-Conduits de ventilation	u	1	1.2	0.6
-Conduits de fumée	u	1	2.08	1.04
-Scellement cadres	u	8	3.2	1.6
-Enduit ciment	m <sup>2</sup>	22.306	14.28	7.14
-Carreaux granito	m <sup>2</sup>	98.71	55.28	27.64
-Plinthes	ml	102.10	20.42	10.21
-Faïence	m <sup>2</sup>	17.754	31.42	15.71
-Ponçage de sol	m <sup>2</sup>	98.71	14.81	14.81
-Pose garde-corps métallique	u	3	0.75	0.36
-Forme de pente béton	m <sup>2</sup>	23	2.3	1.15
-Gargouille-crapaudine	u	1.2	0.72	-
-Complexe étanchéité	m <sup>2</sup>	23	9.05	4.07
-Menuiserie bois:				
-Fixation cadres sur taquets	U	21	5.25	2.63
-Pose fenêtres	u	11	4.4	2.2
-Pose portes	u	20	11.2	5.6
-Plomberie sanitaire	-	-	14.18	7.09
-Appareils sanitaires	-	-	21.1	10.05
-Electricité			15.38	7.64
-Peinture:				
-Vinyle murs et plafonds	m <sup>2</sup>	353.2	48.48	24.24
-Laque murs et plafonds	m <sup>2</sup>	53.4	11.51	5.74
-Peinture extérieure	m <sup>2</sup>	105.5	16.87	8.43
-Peinture sur bois	m <sup>2</sup>		18.71	9.34
-Peinture sur métal	m <sup>2</sup>		1.44	0.72
-Pose vitrage	m <sup>2</sup>		4.20	1.40
Total			341.2	176.81

Soit un volume horaire global :

$$VH = 341.2h + 176.81h = 518.01 \text{ heures.}$$

### 3.7) Volumes horaires pour la réalisation d'un logement en structure

A partir des tableaux Tab 3.39 et Tab 3.40 ,nous obtenons les résultats suivants :

**Tableau 3.42 : V H pour la réalisation d'un logement en structure.**

Désignations	dalle RDC	voiles	dalles	logement
Façonnage acier	8.83	59.33	44.12	112.28
Fabrication	1.14	16.57	5.7	23.41
Stockage	2.08	19.99	10.4	32.47
Chargt usine	0.56	5.87	2.82	9.25
Transport	1.85	17.52	9.24	28.61
Déchargt	0.54	6.2	2.72	9.46
Centrale à béton	0.35	2.61	1.73	4.69
Montage	5.85	58.5	29.25	93.6
Total (h)	21.2	186.59	105.98	313.77

# Chapitre 4

## INFRASTRUCTURE D'IMMEUBLES EN VOILES

### 4.1) PRESENTATION DU PROJET ET DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

#### 4.1.1) Présentation du projet

Le projet des 520 logements constitue la première tranche d'un programme de 840 logements. La deuxième tranche sera constituée de 320 logements.

Le projet se compose de plusieurs îlots.

L'étude sera faite sur un bâtiment R+4 avec 2 logements de type F3 et F4 par niveau, soit un total de 10 logements.

#### 4.1.2) Description de l'ouvrage

##### En infrastructure:

- Béton de propreté: dosé à  $150 \text{ kg/m}^3$  de ciment C P A avec une épaisseur de 10cm. -  
Voiles: Ils ont une épaisseur de 16cm. La face extérieure des voiles périphériques reçoit deux couches croisées de flinkot

- Plancher niveau zéro: il est réalisé à l'aide de prédalles de 10cm d'épaisseur et d'une couche de béton de 6cm.

##### En superstructure:

- Les voiles et dalles ont une épaisseur de 16cm.

- Les façades sont réalisées à l'aide de panneaux préfabriqués en usine.

- Les cloisons placoplâtre de hauteur d'étage ont 7cm d'épaisseur.

- Les cloisons de salles d'eau sont réalisées en parpaings de 10cm avec une couche d'enduit de ciment.

Les autres cloisons sont réalisées en parpaings de 5 cm et en siporex (7.5 et 10cm) avec un enduit plâtre.

- Les revêtements de sol sont réalisés en carreaux granito de 20 x 20cm.

- Les revêtements muraux de la cuisine et de la salle de bain sont réalisés en carreaux de faïence blanche de 15 x 15cm.

Le pourtour intérieur des voiles et cloisons reçoit des plinthes de couleur noire de 20 x 7cm.

- Les volées d'escalier, garde-corps, prises de fumées, souches de cheminées, conduits de ventilation et de fumées sont préfabriqués.

- Les marches, contre-marches et seuils de portes sont réalisés par des pièces en granito.

- Les terrassements généraux et les travaux de VRD sont réalisés par une entreprise sous-traitante spécialisée.

## 4.2) Quantitatifs

### 4.2.1) Travaux d'excavation

#### -Dimensions du radier:

- longueur:  $(3.06m \times 4) + 2.7m + (0.16m \times 6) + (0.45m \times 2) = 16.8m$
- largeur:  $13.1m + (0.45m \times 2) = 14m$
- hauteur :0.45m

#### - Volume de déblais:

La hauteur de déblais est de 2.10m. Le volume de déblais est :

$$V = (17m \times 14.2m \times 2.1m) + 2.1m \times 2.1m \times (16.8m + 2.1m) + 2.1m \times 2.1m \times 14m$$
$$V = 506.94 + 83.35 + 61.74$$
$$V = 652m^3$$

#### -Volume de remblais:

La hauteur de remblais est:  $H = 2.10m - 0.55m = 1.55m$ . Le volume de remblais est :

$$V = 83.35 + 61.74 + (16.8m \times 0.55m + 13.1m \times 0.55m) \times 2 \times 1.55m$$
$$V = 145.09 + 16.45 \times 3.1m$$
$$V = 196m^3$$

#### -Volume de déblais évacué à la décharge publique:

$$V = 652 - 196 = 456m^3$$

## 4.2.2) Coffrage

### 4.2.2.1) Coffrage du béton de propreté

Le radier sera réalisé sur une couche de béton de propreté de 17m par 14.2m et de 10cm d'épaisseur.

Le coffrage est constitué d'éléments modulaires métalliques.

La longueur du coffrage est:  $L = (17m + 14.2m) \times 2 = 62.4m$

La surface du coffrage est:  $S = 62.4m \times 0.10m = 6.24m^2$

Prenons des panneaux de 2.5m x 0.10m, nous obtenons:

Pour  $L = 17m$  : 6Pan(2.5m) + 1Pan(2m)

Pour  $l = 14.2m$  : 5Pan(2.5m) + 1Pan(1.7m)

Pour le coffrage du béton de propreté, nous obtenons:

22 Pan(2.5m) + 2 Pan(2m) + 2 Pan(1.7m), soit un total de 26 panneaux.

### 4.2.2.2) Coffrage du radier

Le coffrage du radier est également réalisé à l'aide de panneaux modulaires.

La longueur du coffrage est:  $L = (16.8m + 14m) \times 2 = 61.6m$

La surface du coffrage est:  $S = 61.6m \times 0.45m = 27.72m^2$

Prenons des panneaux standards de 2.5m x 0.45m

Pour  $L = 16.8m$  : 6 Pan(2.5m) + 1 Pan(1.8m)

Pour  $l = 14m$  : 5 Pan(2.5m) + 1 Pan(1.5)

Pour le coffrage du radier, nous obtenons: 22 Pan(2.5m) + 2 Pan(1.8m) + 2 Pan(1.5m) soit un total de 26 panneaux.

### 4.2.2.3) Coffrage des voiles

Les hauteurs de voiles sont variables. Pour cela, nous utiliserons des panneaux composés d'éléments modulaires assemblés au préalable selon les dimensions des voiles à réaliser.

La longueur du coffrage est:

$$L = 13.1\text{m} \times 2 + (6.47\text{m} - 0.16\text{m}) \times 20 + 3.06\text{m} \times 16 + 2.7\text{m} \times 4 + 15.9\text{m} \times 2$$

$$L = 243.96\text{m}$$

La surface du coffrage est:

$$S = 243.96\text{m} \times 2\text{m}$$

$$S = 487.92\text{m}^2$$

La longueur des voiles est:

$$L_v = 13.1\text{m} \times 6 + 3.06\text{m} \times 12 + 2.7\text{m} \times 3$$

$$L_v = 123.42\text{m}$$

La longueur des panneaux de coffrage est:

$$L_1 = 6.31\text{m} - 2(0.15) = 6.01\text{m}$$

$$L_2 = 3.06\text{m} - 2(0.15) = 2.76\text{m}$$

$$L_3 = 2.7\text{m} - 2(0.15) = 2.40\text{m}$$

#### 1/ Dimensions des panneaux modulaires de base

Les dimensions de panneaux modulaires de base utilisées pour le coffrage des voiles sont données par le tableau qui suit. Les éléments d'angle (EA) se trouvent aux angles intérieurs des voiles

**Tableau 4.1: Dimensions des panneaux modulaires de base.**

Voiles (m)	banches (m)	5	2.5	1.25	0.75	0.6	0.4	0.3	0.2	0.06	EA 0.15
15.9	15.9	3				1		1			
13.1	13.1	2	1			1					
6.31	6.01	1			1				1	1	2
3.06	2.76		1						1	1	2
2.70	2.40			1	1		1				2

#### 2/ Quantitatif de panneaux modulaires de base

Le nombre de panneaux modulaires de base nécessaires pour coffrer les voiles est donné par le tableau suivant :

**Tableau 4.2 : Quantitatif des panneaux modulaires de base.**

Voiles	nbre de banches	5	2.5	1.25	0.75	0.6	0.4	0.3	0.2	0.06	EA 0.15
15.9	2	6				2		2			
13.1	2	4	2			2					
6.31	20	20			20				20	20	40
3.06	16		16						16	16	32
2.70	4			4	4		4				8
total	44	30	18	4	24	4	4	2	36	36	80

### 3/ Quantitatif de panneaux reconstitués

Après assemblage des panneaux modulaires de base , nous obtenons les longueurs de banches résumées dans le tableau 4.3

**Tableau 4.3 : Quantitatif des panneaux modulaires reconstitués.**

Voiles (m)	banches (m)	nbre	5	3.1	2.76	2.4	1.01	0.9	EA 0.15
15.9	15.9	2	6					2	
13.1	13.1	2	4	2					
6.31	6.01	20	20				20		40
3.06	2.76	16			16				32
2.70	2.40	4				4			8
total		44	30	2	16	4	20	2	80

#### 4.2.3) Quantitatif de béton

##### Béton de propreté

Le volume de béton est :

$$V = 17\text{m} \times 14.2\text{m} \times 0.1\text{m} = 24.14\text{m}^3$$

##### Radier

Le volume de béton est :

$$V = 16.8\text{m} \times 14\text{m} \times 0.45\text{m} = 105.84\text{m}^3$$

##### Voiles

La longueur des voiles est de 123.42m

Le volume de béton est:

$$V = 123.42\text{m} \times 0.16\text{m} \times 2\text{m} = 39.50\text{m}^3$$

#### 4.2.4) Quantitatif d'acier

La quantité d'acier pour l'infrastructure d'un bâtiment de 10 logements est de:

**Tableau 4.4 : Quantitatif béton – acier du radier et des voiles.**

Eléments	béton (m <sup>3</sup> )	acier (kg/ m <sup>3</sup> )	acier (kg)
Radier	105.84	120	12701
Voiles	39.50	100	3950

### 4.3) Volumes horaires

#### 4.3.1) Travaux d'excavation

##### **Fouilles**

Les fondations sont constituées de radiers ce qui permet de réaliser l'excavation à l'aide d'un bulldozer.

Le bulldozer utilisé est un engin de 150 cv de puissance, se déplaçant sur une distance de 25m avec un rendement de 200/heure.

Le rendement réel sera de:  $200 \times 0.83 = 166\text{m}^3/\text{h}$ .

Le délai d'excavation sera de:  $652 / 166 = 3.93$  heures.

### Evacuation des déblais

En tenant compte du foisonnement, la quantité du déblai à évacuer est de:  
 $456 \times 1.25 = 570\text{m}^3$

Elle sera faite à l'aide de camions bennes de  $6\text{m}^3$  et d'un chargeur de  $1.5\text{m}^3$  de capacité de godet dont le rendement réel est de  $120\text{m}^3/\text{h}$ , soit  $2\text{m}^3/\text{mn}$ .

Le temps pour charger un camion est de:  $6 / 2 = 3\text{ mn}$ .

Le cycle de rotation d'un camion est de 45 mn.

Le cycle du chargeur est de 5 mn.

Le nombre de camions est de:  $45 / 5 = 9$  camions.

Pour une journée de 8 heures, le nombre de rotations pour chaque camion est de:

$(8 \times 60 \times 0.9) / 45 = 9.6$ , soit 9 rotations.

Le nombre de voyages à effectuer est de:  $9 \times 9 = 81$  voyages.

La quantité de déblais évacuée par jour est de:  $6 \times 81 = 486\text{m}^3$

Le délai d'évacuation des déblais est de:  $(570 \times 8) / 486 = 9.39\text{ h}$ .

### Travaux de remblaiement

La quantité de remblai foisonnée est de:  $196 \times 1.25 = 245\text{m}^3$ .

La mise en place du remblai s'effectue à l'aide d'un chargeur et de rouleaux à cylindre manuels dont le rendement est de  $14\text{m}^3/\text{h}$ . Le rendement réel sera de:  $14 \times 0.9 = 12.6\text{m}^3/\text{h}$ .

Le temps de compactage est de:  $245 / 12.6 = 19.45\text{ h}$ .

Le temps d'utilisation du chargeur est de:  $245 / (1.5 \times 60) = 2.73\text{ h}$ .

Deux ouvriers sont utilisés pour l'étalement du remblai ainsi que deux ouvriers pour le compactage.

**Tableau 4.5 : V H et temps d'utilisation du matériel de terrassement.**

Désignations	nombre	T(h)	MO-VH (h)	enginsVH(h)
Bulldozer	1	3.93	3.93	3.93
Camions	9	9.39	84.51	84.51
Chargeur déblais	1	9.39	9.39	9.39
Chargeur remblais	1	2.73	2.73	2.73
Chargeur total	1	12.12	12.12	12.12
Rouleau	2	9.73	19.45	19.45
Ouvriers	2	9.73	19.45	-
Total	-	-	151.58	

### 4.3.2) Travaux de coffrage

#### 4.3.2.1) Béton de propreté

Le coffrage est constitué de 26 panneaux.

Le déchargement des panneaux s'effectue à raison de 2 unités par minute soit un temps de 13 mn. Il en est de même pour le chargement après le décoffrage.

L'opération « chargement- aller – déchargement – retour » d'un bâtiment à un autre a une durée de:  $T = 13+10+13+12 = 48\text{ mn} = 0.8\text{ h}$ , avec l'utilisation d'un camion et de 2 ouvriers.

La mise en place du coffrage est réalisée à l'aide de 2 ouvriers avec un temps de 1 mn pour le coffrage et 0.5 mn pour le décoffrage.

Nous obtenons:

- Coffrage:  $T = (1\text{mn} \times 26) / 60 = 0.44 \text{ h.}$
- Décoffrage:  $T = (0.5\text{mn} \times 26) / 60 = 0.22\text{h.}$
- Coffrage – décoffrage:  $T = 0.66 \text{ h.}$
- Nettoyage – huilage: la surface de coffrage est de  $6.24\text{m}^2$ , le volume horaire sera de  $VH = 6.24 \times 0.02 = 0.13\text{h} < 0.22 \text{ h.}$

**Tableau 4.6 : V.H des travaux de coffrage du béton de propreté.**

Désignations	chauffeur	manut	cof- décof	net-huil	total	camion
Effectif	1	2	2	1	6	1
T(h)	0.8	0.8	0.66	0.22	1.89	0.8
VH (h)	0.8	1.6	1.32	0.22	3.94	0.8

#### 4.3.2.2) Radier

Le coffrage est constitué de 26 panneaux.

Les opérations de chargement et de déchargement des panneaux s'effectuent par paquets de 4 unités à l'aide d'une grue mobile.

Nous obtenons:  $26 / 4 = 6.5$  soit 7 manutentions.

A raison de 3 mn par manœuvre, nous aurons un temps  $T = 3\text{mn} \times 7 = 21 \text{ mn.}$

L'opération « chargement – aller - déchargement – retour » a une durée de:

$T = (21+12+21+12) / 60 = 66 / 60 = 1.1 \text{ h,}$  avec l'utilisation d'un camion et de 2 ouvriers.

L'alignement est réalisé par une équipe de 2 ouvriers à raison de 2 éléments par minute.

La durée de regroupement des panneaux après décoffrage est la même que celle de l'alignement  $(26 - 7) / 2 = 10 \text{ mn.}$

Cette opération nécessite un temps :

$T = (10\text{mn} + 10\text{mn}) / 60 = 0.34 \text{ h.}$

La mise en place du coffrage est réalisée à l'aide de 2 ouvriers avec un temps de 3 mn pour la pose et 2 mn pour la dépose.

-Coffrage:  $T = (3\text{mn} \times 26) / 60 = 1.3 \text{ h.}$

-Décoffrage:  $T = (2\text{mn} \times 26) / 60 = 0.87 \text{ h.}$

-Coffrage – décoffrage:  $T = 2.17 \text{ h.}$

-Nettoyage – huilage: la surface de coffrage est de  $27.72\text{m}^2$ , le volume horaire de :

$VH = 27.72 \times 0.02 = 0.56 \text{ h} < 0.87 \text{ h.}$

**Tableau 4.7 : V H des travaux de coffrage du radier.**

Désignations	grutier	chauf	manut	align	cof- décof	nett-huil	total	grue	camion
Effectif	1	1	2	2	2	1	7	1	1
T(h)	1.1	1.1	1.1	0.34	2.17	0.87	3.61	1.1	1.1
VH (h)	1.1	1.1	2.2	0.68	4.34	0.87	10.29	1.1	1.1

#### 4.3.2.3) Voiles

Les panneaux décoffrés, nettoyés et huilés seront transférés sur un autre bâtiment pour le coffrage des voiles d'infrastructure.

Les durées de coffrage et de décoffrage doivent tenir compte du déplacement et de l'immobilisation des camions.

Les panneaux seront pris directement du camion par la grue.

**Tableau 4.8 : Cycle de rotation du coffrage de voiles.**

panneaux	nombre	élts /camion	cycle coffrage	cycle décof	rotation	cof T(mn)	décof T(mn)
5m	30	4	5.5	3	7	22	12
2.4 à 3.1 m	22	6	4.5	3	4	27	18
0.9 à 1.1 m	22	8	3	3	3	24	24

Le déplacement des camions en aller- retour sur le chantier est pris égal à 10 mn. En tenant compte du coffrage, du décoffrage et du déplacement des camions, nous obtenons le planning de la Fig 4.1.

L'équipe de coffrage est constituée d'un grutier et de trois coffreurs, celle du décoffrage, d'un grutier et de deux coffreurs.

Le transport des panneaux est assuré par 2 camions et la manutention par 2 grues mobiles.

Le planning de la Fig 4.1 nous donne les temps suivants:

- chef d'équipe: T = 380 mn = 6.34 h.
- grue 1: T = 351 mn.
- grue 2: T = 380 - 17 = 363 mn.
- total grues: T = 351+363 = 714 mn = 11.9 h.
- camion 1: T = 349 mn.
- camion 2: T = 380- 22 = 358 mn.
- total camions: T = 349+358 = 707 mn = 11.79 h.
- ouvriers (manutention): T = 11.9 h.
- décoffrage: T = 351 mn = 5.85 h.
- coffrage: T = 363 mn = 6.05 h.
- nettoyage: T =  $487.92\text{m}^2 \times 0.01 = 4.88 \text{ h} < 5.85\text{h}$ .
- huilage: T = 4.88 h < 5.85 h

**Tableau 4.9 : V H des travaux de coffrage des voiles.**

Désignations	CE	grutier	chaufr	manut	net-huil	décof	cof	total	grues	camions
Effectif	1	2	2	2	2	2	3	14	2	2
T(h)	6.34	11.9	11.79	11.9	5.85	5.85	6.05	6.34	11.9	11.79
VH (h)	6.34	11.9	11.79	11.9	11.7	11.7	18.15	83.48	11.9	11.79

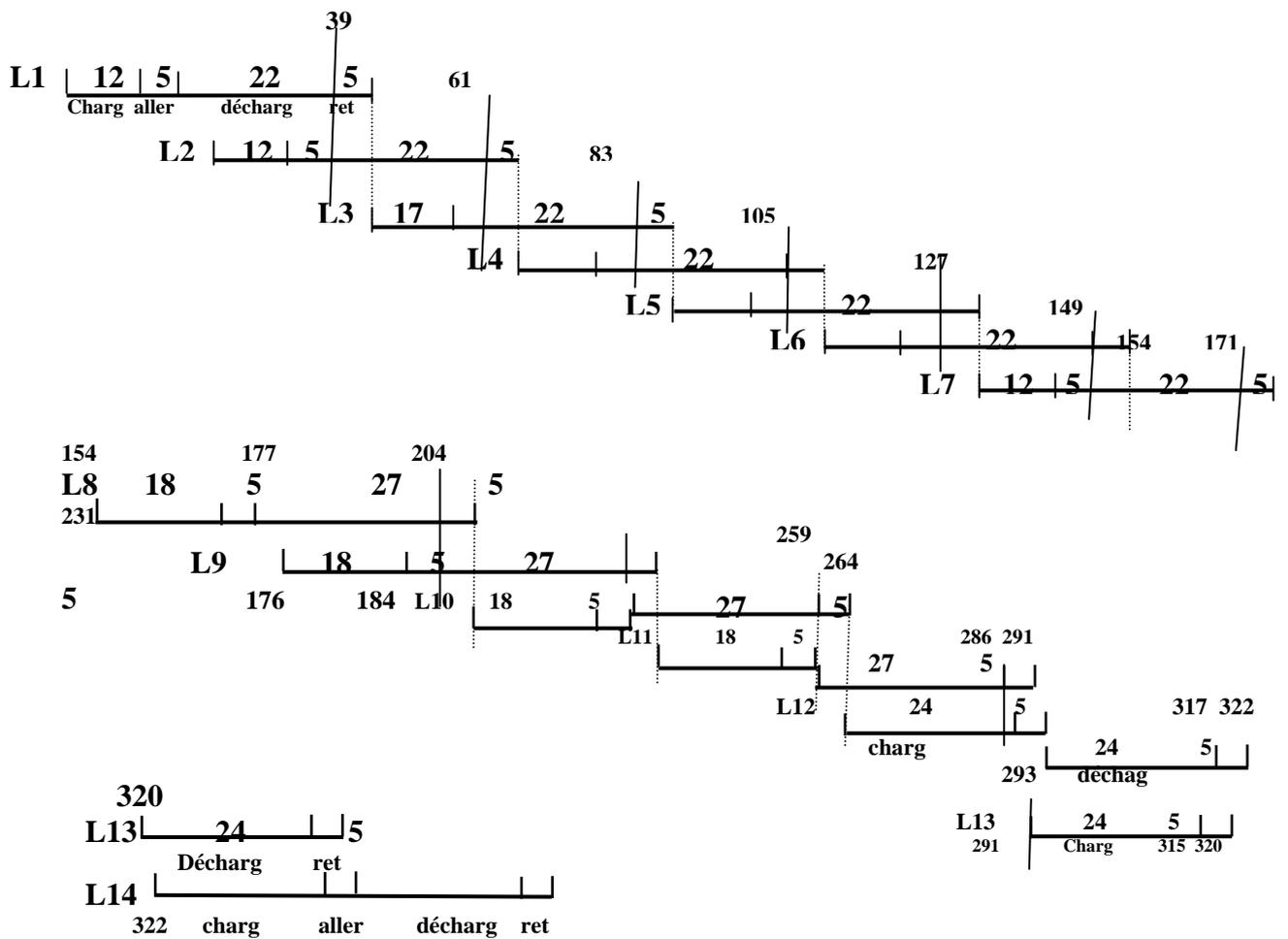


Figure 4.1 Planning de transport et mise en place du

### 4.3.3) Travaux de ferrailage

#### 4.3.3.1) Préparation du ferrailage

La préparation du ferrailage est faite dans une base logistique avec des rendements assez élevés.

Tableau 4.10 : V H de la préparation du ferrailage de radier et des voiles.

Désignations	Aciers (t)	NT (h/t)	VH (h)
Radier	12.701	18	228.6
Voiles	3.950	16	63.2

#### 4.3.3.2) Mise en place du ferrailage

##### Radier

Les armatures sont préfabriquées et comportent des longueurs de recouvrement sur 2, 3 ou 4 cotés.

Il y aura 3 éléments dans le sens de la longueur (6m-6.4m-6m) et 6 éléments dans le sens de la largeur (2.7m- 4x3.1m - 2.7m).

Le radier comportera donc:

4 élts (6m x 2.7m), 2 élts (6.4m x 2.7m), 8 élts (6m x 3.1m), 4 élts (6.4m x 3.1m).

Les résultats du calcul du nombre de points d'attache pour une nappe du treillis soudé sont donnés par le tableau 4.11

**Tableau 4.11 : Nombre de points d'attache des panneaux de ferrailage du radier.**

Eléments	nombre	pts/ él-L	pts / él-l	total/ él	total élts
6m x 2.7m	4	29	12	41	164
6m x 3.1m	8	58	12	70	560
6.4m x 2.7m	2	29	24	53	106
6.4m x 3.1 m	4	58	24	82	328
Total	18	-	-	-	1158

Pour 2 nappes, le nombre de points d'attache sera de:

$$1158 \times 2 = 2316 \text{ points.}$$

A raison de 8 points d'attache par minute, le temps de fixation sera de:

$$2316 / 8 = 289.5 \text{ mn}$$

La préparation des armatures a donné un volume horaire de 228.6 h (Tab 4.10).

**-Chargement des armatures:**

Il est réalisé à l'aide d'une grue , d'un camion et d'un ouvrier.Le temps de chargement est

$$T = 18 \times 2.5\text{mn} = 45 \text{ mn} = 0.75 \text{ h}$$

**- Transport:**

Le cycle de transport est égal à 36 mn soit 0.6 h.Le temps de transport est  $T = 0.6\text{h} \times 5 = 3\text{h}$ .

**- Déchargement:**

Il est réalisé à l'aide d'une grue, d'un camion et d'un ouvrier.Le temps de déchargement est

$$T = 18 \times 2.5\text{mn} = 45 \text{ mn} = 0.75\text{h}$$

**- Mise en place du ferrailage :**

Elle est réalisée à l'aide d'une grue , d'un ouvrier sur le camion et de 3 ferrailleurs.

Le temps de mise en place est  $T = 18 \times 3\text{mn} = 54 \text{ mn} = 0.9 \text{ h}$ .

**-Fixation des armatures:**

La répartition du travail ,durant le cycle de la grue , se fait comme suit :

2 ferrailleurs sont affectés pour la mise en place et le réglage ensuite pour la fixation des panneaux de ferrailage, le troisième s'occupe uniquement de la fixation.

Le temps de fixation est :  $T = 54 + (289.5 - 54) / 3 = 132.5 \text{ mn} = 2.21 \text{ h}$ .

Les volumes horaires sont:

- Grues:  $VH = 0.75+0.75+0.9 = 2.4 \text{ h}$

- Camions:  $VH = 0.75+3+0.75 =4.5 \text{ h}$

- Ouvriers:  $VH = 0.75+0.75+0.9 = 2.4 \text{ h}$

- Ferrailleurs:  $VH = 2.21 \times 3 = 6.63 \text{ h}$

**Tableau 4.12 : VH du ferrailage de radier.**

Désignations	prépar aciers	grutier	chauftr	ferrailleurs	ouvriers	total
Nombre	-	2	1	3	3	9
T (h)	-	-	4.5	2.21	-	-
VH (h)	228.6	2.4	4.5	6.63	2.4	244.53

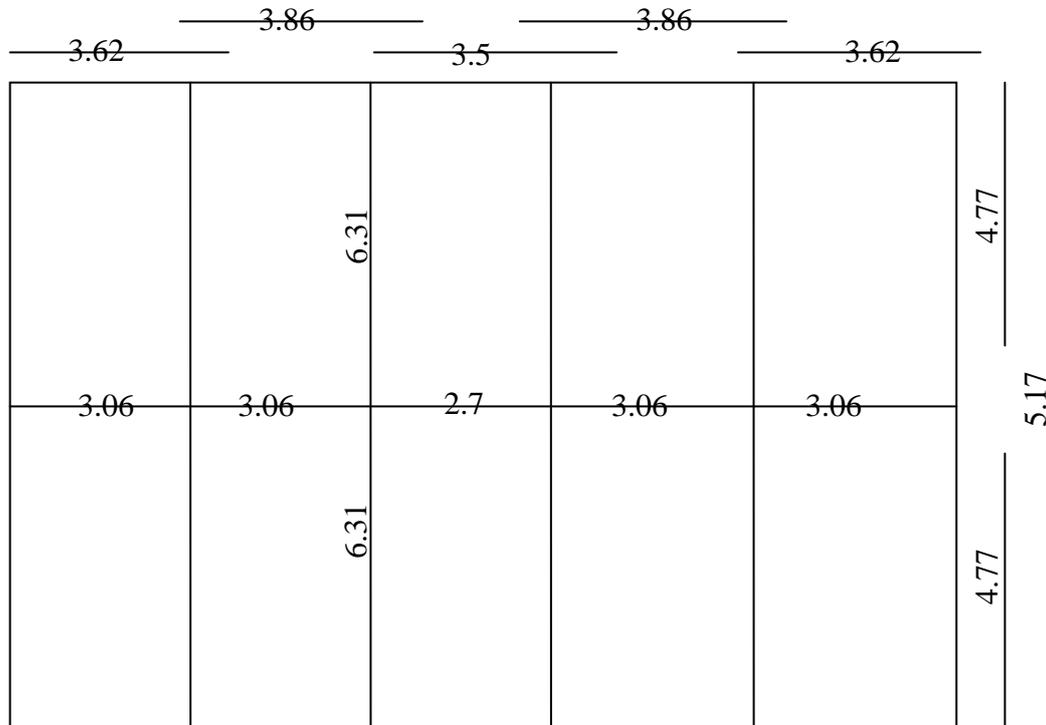
**Tableau 4.13 : Matériel pour le ferrailage du radier.**

Désignations	grue	camion
Nombre	2	1
T (h)	-	4.5
VH (h)	2.4	4.5

## Voiles

Afin d'avoir le minimum d'ouvriers sur le chantier et des délais plus courts, les armatures de voiles seront préfabriquées en atelier.

La solution qui comporte le moins de recouvrements est donnée par la figure 4.2.



**Figure 4.2 :** Dimensions des panneaux de ferrillage de voiles en infrastructure.

Pour  $L = 13.1\text{m}$ ,  $L/3 = 13.1\text{m} / 3 = 4.37\text{m}$ .

Nous obtenons, en tenant compte des recouvrements :

$$L1 = 4.37\text{m} + 0.4\text{m} = 4.77\text{m}$$

$$L2 = 4.37\text{m} + 0.4\text{m} + 0.4\text{m} = 5.17\text{m}$$

Pour  $L = 15.9\text{m}$ , il y a 5 voiles et 3 types de panneaux de ferrillage :

$$L1 = 3.06\text{m} + 0.16\text{m} + 0.4\text{m} = 3.62\text{m}$$

$$L2 = 3.06\text{m} + 0.4\text{m} + 0.4\text{m} = 3.86\text{m}$$

$$L3 = 2.7\text{m} + 0.8\text{m} = 3.5\text{m}.$$

### Calcul du nombre de points d'attache:

**Tableau 4.14 :** Nombre de points d'attache des panneaux de ferrillage des voiles.

T S	4.77m	5.17m	3.62m	3.86m	3.5m
Longueur	44	44	32	32	28
Hauteur	20	20	20	20	20
Nbre de voiles	6	6	3	3	3
Nbre d'élts	12	6	6	6	3

Le nombre total de ligatures est:

$$\{(44 \times 12) + (44 + 32 + 32) \times 6 + (28 \times 3)\} \times 3 + 20 \times 33 \times 2 = 5100 \text{ lig.}$$

Le temps de fixation par panneau avec 8 ligatures par minute est de:

$$5100 / (33 \times 8) = 19.32 \text{ mn.}$$

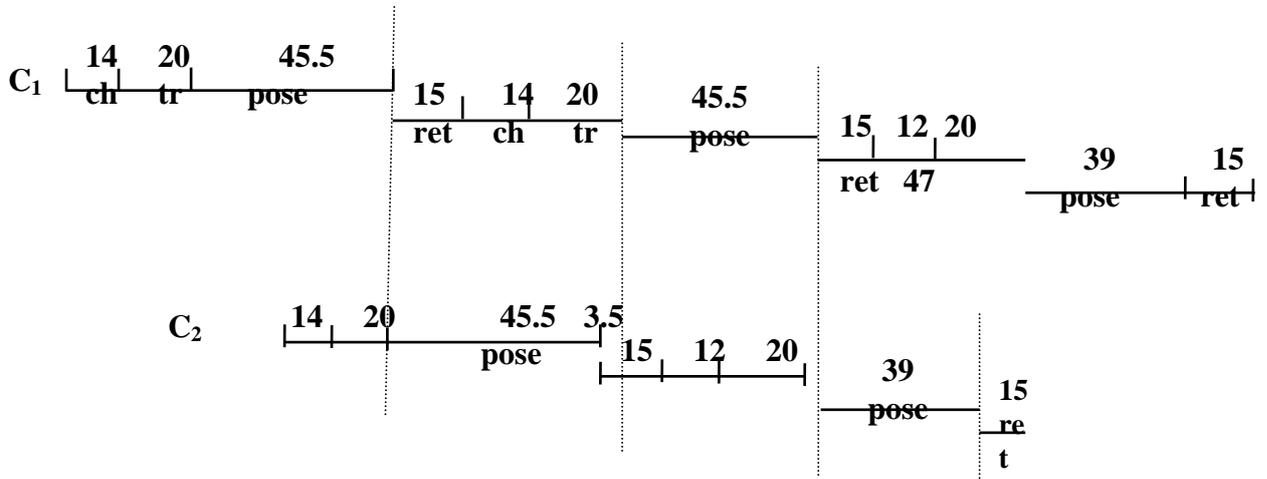
Avec une équipe de 3 ferrailleurs, le temps de fixation sera de:

$$19.32 / 3 = 6.44 \text{ mn} < 6.5 \text{ mn}$$

Le cycle de la grue pour la pose du ferrailage est de 6.5 mn.

**Temps d'utilisation du matériel:**

Le temps d'utilisation des camions est donné par le planning de rotation de la Fig 4.3.



**Figure 4.3:** Planning de rotation des camions C1 et C2 transport du ferrailage de voiles

Il y a lieu de remarquer sur le planning que la fin du déchargement d'un camion coïncide avec l'arrivée du camion suivant. Il n'y a pas d'attente de la part des camions et de la grue.

Le planning de rotation donne les temps d'utilisation du matériel suivants :

- camion C1:  $T_1 = 34 + 45.5 + 49 + 45.5 + 47 + 39 + 15 = 275 \text{ mn} = 4.59 \text{ h}$

- camion C2:  $T_2 = 34 + 49 + 45.5 + 39 + 15 = 182.5 \text{ mn} = 3.04 \text{ h}$

Le temps d'utilisation des camions est :  $T = 4.59 \text{ h} + 3.04 \text{ h} = 7.63 \text{ h}$

- grue 1:  $T_1 = 14 \text{ mn} \times 3 + 12 \text{ mn} \times 2 = 66 \text{ mn} = 1.1 \text{ h}$

- grue 2:  $T_2 = 45.5 + 49 + 45.5 + 47 + 39 = 266 \text{ mn} = 3.77 \text{ h}$

Le temps d'utilisation des grues est :  $T = 1.1 \text{ h} + 3.77 \text{ h} = 4.87 \text{ h}$

**Temps d'utilisation du personnel:**

Le temps d'emploi des ferrailleurs est identique à celui de la seconde grue:  $T = 3.77 \text{ h}$ , le nombre d'ouvriers est de 3.

- chargement (2 ouvriers):  $T = 1.1 \text{ h}$

- déchargement (1 ouvrier):  $T = 3.77 \text{ h}$

**Volumes horaires**

Les volumes horaires et les temps d'utilisation du matériel sont donnés par les tableaux suivants :

**Tableau 4.15 : V H du ferrailage de voiles.**

Désignations	C E	prépar	pose	manut	grutier	chaufr	total
Effectif	1	-	3	3	2	2	11
T(h)	3.77	-	3.77	4.87	4.87	7.63	-
VH (h)	3.77	63.2	11.31	5.97	4.87	7.63	96.75

**Tableau 4.16 : Matériel pour le ferrailage des voiles.**

Désignations	grues	camions
Nombre	2	2
T (h)	4.87	7.63
VH (h)	4.87	7.63

**4.3.4) Bétonnage****4.3.4.1) Béton de propreté**

La quantité de béton pour un bâtiment de 10 logements est de  $24.14\text{m}^3$  soit  $27.8\text{m}^3$  de béton frais.

Le béton est transporté par camions de  $6\text{m}^3$  de capacité soit un nombre de 5 rotations. L'équipe de béton constituée d'un chef d'équipe et de 4 ouvriers met en place  $1\text{m}^3$  de béton en 3mn, soit  $20\text{m}^3/\text{h}$  à l'aide de goulottes.

Le cycle de rotation des camions est:

C = chargement+ aller + déchargement + retour.

$C = 3 + 20 + 12 + 15 = 50\text{mn}$ ,

soit un temps d'utilisation de camions :  $T = 4 \times 50\text{mn} + 44\text{mn} = 244\text{mn} = 4.07\text{h}$ .

Pour une centrale à béton de  $60\text{m}^3/\text{h}$ , le temps d'utilisation est de 0.5 h.

**Temps d'utilisation du matériel :****Tableau 4.17 : T U du matériel pour la mise en place du béton de propreté.**

Désignations	C A B	camions
T (h)	0.5	4.07

**Volumes horaires du personnel:****Tableau 4.18 : VH de la mise en place du béton de propreté.**

Désignations	C A B	chauf	béton	total
Effectif	3	5	5	13
T(h)	0.5	4.07	1.4	5.97
VH (h)	1.5	4.07	7	12.57

**4.3.4.2) Bétonnage du radier**

Le béton est mis en place à l'aide d'une pompe à béton et de trois vibreurs D70 dont le rendement est de  $12/\text{m}^3\text{h}$  chacun.

Le volume de béton mis en place est de  $12 \times 3 = 36\text{m}^3$ , ce qui nécessitera 6 camions avec une livraison toutes les 10 mn.

L'équipe est constituée d'un chef d'équipe et de 8 ouvriers.

La quantité de béton mise en place est de  $105.84\text{m}^3$  soit  $121.8\text{m}^3$  de béton frais avec 21 rotations.

**Temps d'utilisation du matériel :**

-CAB :  $T = 105.84 / (60 \times 0.85) = 2.1\text{h}$

-pompe à béton :  $T = 121.8 / 36 = 3.39\text{h}$

-camions :  $T = (21 \times 45\text{mn}) / 60 = 15.75\text{h}$

-vibreurs :  $T = 3.39 \times 3 = 10.17\text{h}$

**Tableau 4.19 :T U du matériel pour le bétonnage du radier.**

Désignations	C A B	camions	pompe	compr	D70 vibreur
T(h)	2.1	15.75	3.39	3.39	10.17

**Volume horaire du personnel****Tableau 4.20 : V H du bétonnage du radier.**

Désignations	C E	C A B	chaufr	pompe	vibreurs	béton	total
Effectif	1	3	6	1	3	4	18
T(h)	3.39	2.1	2.625	3.39	3.39	3.39	3.39
VH (h)	3.39	6.3	15.75	3.39	10.17	13.56	52.56

**4.3.4.3) Bétonnage des voiles**

Il est effectué par deux équipes de trois ouvriers et d'un grutier alimentées par deux camions chacune.

La quantité de béton mise en place est de  $39.50\text{m}^3$  soit  $45.5\text{m}^3$  de béton frais. Elle nécessite 8 rotations.

Le cycle de la grue pour une benne de béton de  $1\text{m}^3$  est de 7.5 mn .

Le temps de bétonnage est:

$T = 7.5\text{mn} \times 6 = 45 \text{ mn}$  ; pour 8 rotations ,  $T = 45\text{mn} \times 8 = 360 \text{ mn} = 6 \text{ h}$ .

Le temps de déchargement du camion est :  $T = 7.5\text{mn} \times 5 + 1.5 = 39 \text{ mn}$

Le cycle d'un camion est:  $C = 4 + 20 + 15 + 39 = 78 \text{ mn} = 1.3 \text{ h}$ .

Le temps d'utilisation de chaque camion est:  $T = 1.3\text{h} \times 2 = 2.6 \text{ h}$ .

Pour 4 camions, le temps est:  $T = 2.6 \times 4 = 10.4 \text{ h}$ .

**Temps d'utilisation du matériel****Tableau 4.21 :T U du matériel pour le bétonnage de voiles.**

Désignations	C A B	grues	camions	compr	bennes à béton	vibreurs D50
Nombre	1	2	4	1	2	2
T(h)	0.76	6	10.4	3	6	6

Le volume horaires du personnel est donné par le tableau 4.22

**Tableau 4.22 : V H du bétonnage de voiles.**

Désignations	C E	C A B	grutiers	chauf	béton	vibreurs	total
Effectif	1	3	2	4	2	2	14
T(h)	3	0.76	3	2.6	3	3	3
VH (h)	3	2.28	6	10.4	6	6	33.68

**4.3.5) Plancher****4.3.5.1) fabrication des prédalles**

Le plancher de niveau zéro sera réalisé en pré dalles de 10cm d'épaisseur et de 1.05m de largeur sur lesquelles sera coulé une couche de béton de 6cm d'épaisseur.

La surface des prédalles est :  $S = 6.31 \times 3.06 \times 8 + 6.31 \times 2.7 \times 2 = 188.55\text{m}^2$

Le volume de béton est :  $V = 188.55 \times 0.10 = 18.86\text{m}^3$

Le volume de béton frais est de  $21.7\text{m}^3$

La quantité d'acier est de:  $120 \times 18.86 = 2263\text{kg}$  .

Le nombre de prédalles est de 60.

La préparation des armatures nécessite un volume horaire :  $VH = 18 \times 2.263 = 40.74 \text{ h}$ .

-Coffrage des prédalles:  $T = 2 \text{ mn} \times 60 = 120 \text{ mn}$

-Décoffrage:  $T = 1.5 \text{ mn} \times 60 = 90 \text{ mn}$

- Nettoyage – huilage:  $2 \text{ mn} \times 60 = 120 \text{ mn}$

-Pose ferrailage:  $2 \text{ mn} \times 60 = 120 \text{ mn}$

La fabrication des prédalles est faite dans la base logistique.

- Bétonnage:  $6 \text{ mn} \times 21.7 = 130.2 \text{ mn} = 2.17 \text{ h}$

- Transport du béton ( 4 rotations): le temps d'utilisation des camions est :

$T = 130.2 + 4 ( 6+4+4 ) = 186.2 \text{ mn} = 3.10 \text{ h}$

-Centrale à béton:  $T = 21.7 / 60 = 0.36 \text{ h}$ .

#### a/ Volumes horaires du personnel

**Tableau 4.23 : V H pour la fabrication de prédalles.**

Désign	cof (mn)	décof (mn)	nett-huil (mn)	prépar ferr (h)	pose ferr (mn)	CAB (h)	transpt béton (h)	béton (h)	grutier (h)	C E (h)	total (h)
Effectif	3	2	1	-	2	3	1	3	1	1	15
T(h)	120	90	120	-	120	0.36	3.10	2.17	2.17	2.17	-
VH (h)	360	180	120	40.74	240	1.08	3.10	6.51	2.17	2.17	70.77

#### b/ Temps d'utilisation du matériel

**Tableau 4.24 : T U du matériel pour la fabrication de prédalles.**

Désignations	C A B	camion toupie	compr	règle vibte	benne	grues
T (h)	0.36	3.10	2.17	2.17	2.17	2.17

#### 4.3.5.2) Pose des prédalles

##### -Transport des prédalles.

-Chargement:  $T = 60 \times 1.5\text{mn} = 90 \text{ mn}$ .

- Déchargement, pose:  $T = 60 \times 4\text{mn} = 240 \text{ mn} = 4 \text{ h}$ .

-Aller -retour:  $T = 20\text{mn} + 16\text{mn} = 36 \text{ mn}$

-Transport:  $T = 90\text{mn} + 36 \text{ mn} + 240\text{mn} = 366 \text{ mn} = 6.1 \text{ h}$ .

-Manutention:  $T = 90\text{mn} + 240\text{mn} = 330 \text{ mn} = 5.5 \text{ h}$ .

##### -Pose des T S

Pour la manutention, il a été prévu 10 colis de 5 T S chacun.

-Chargement:  $T = 10 \times 1.5\text{mn} = 15 \text{ mn}$

-Déchargement:  $T = 10 \times 1.5\text{mn} = 15 \text{ mn}$

-Transport:  $T = 15\text{mn} + 15\text{mn} + 36 \text{ mn} = 66 \text{ mn} = 1.1 \text{ h}$

- Pose:  $T = 50 \times 1.5\text{mn} = 75 \text{ mn} = 1.25 \text{ h}$

##### -Quantité de béton

- Couche de béton de 6cm d'épaisseur:  $V = 188.55 \times 0.06\text{m} = 11.32\text{m}^3$

-Longueur des voiles:  $L = 123.42\text{m}$

-Volume de béton au niveau des voiles:  $V = 123.42\text{m} \times 0.16 \times 0.16 = 3.16\text{m}^3$

- Le volume de béton mis en place est:  $V = 11.32 + 3.16 = 14.48\text{m}^3$

#### -Ferrailage

La quantité d'acier est :  $q = 120 \times 14.48 = 1737.6\text{kg}$

La préparation des armatures nécessite un temps  $T = 18 \times 1.7376 \text{ t} = 31.28 \text{ h}$

-Chargement:  $T = 5 \text{ paquets} \times 3\text{mn} = 15 \text{ mn}$

-Déchargement:  $T = 5 \times 3\text{mn} = 15 \text{ mn}$

-Transport:  $T = 15 + 15 + 36 = 66 \text{ mn} = 1.1 \text{ h}$

-Pose des armatures:  $T = 10\text{mn} \times 6 \text{ ft} + 15\text{mn} \times 3 \text{ fl} = 60 + 45 = 105 \text{ mn} = 1.75 \text{ h}$ .

#### -Bétonnage

-Le volume de béton frais de  $16.7 \text{ m}^3$  nécessite 3 rotations de camions.

- Transport du béton:  $T = 39\text{mn} \times 3 = 117 \text{ mn} = 1.95 \text{ h}$

- Bétonnage:  $T = 6\text{mn} \times 16.7 = 100.2 \text{ mn} = 1.67 \text{ h}$

-Le temps d'utilisation des camions toupie est :  $T = 1.95 + 1.67 = 3.62 \text{ h}$

-Centrale à béton:  $16.7 / 60 = 0.28 \text{ h}$

#### -a/ Volumes horaires du personnel

**Tableau 4.25 : V H pour la pose des prédalles**

Désignations		C E	prépar ferr	chargt déchargt	grutier	chauffr	pose	CAB	béton	total
Pose prédalles	Effectif			2	2	1	3			
	T (h)			5.5	5.5	6.10	4			
	VH (h)			11	5.5	6.10	12			34.60
	Effectif			2	2	1	2			
Pose T S	T (h)			0.5	0.5	1.10	1.25			
	VH (h)			1	0.5	1.10	2.50			5.10
Ferrailage	Effectif			2	2	1	2			
	T (h)			0.5	0.5	1.10	1.75			
	VH (h)		31.28	1	0.5	1.10	3.50			37.38
Bétonnage	Effectif				1	1		3	5	
	T (h)				1.67	3.62		0.28	1.67	
	VH (h)				1.67	3.62		0.84	8.35	14.48
Total	VH (h)	8.67								100.23

#### b/ Temps d'utilisation du matériel

**Tableau 4.26 : T U du matériel pour la pose des prédalles.**

Désignations	C A B	grue	camion toupie	camion	compr	règle vibte	vibr D50	benne $1\text{m}^3$
T(h)	0.28	8.17	3.62	8.30	1.67	1.67	1.67	1.67

#### 4.3.5.3) Plancher

##### a/ Volumes horaires du plancher

Le volume horaire pour la réalisation du plancher en prédalles est donné par le tableau suivant :

**Tableau 4.27 : VH pour la réalisation du plancher en prédalles.**

Désignations	coffrage	ferrailage	béton	total (h)
Préfab prédalles	11	44.74	15.03	70.77
Pose et bétonnage	38.6	45.48	16.15	100.23
Plancher	49.6	90.22	31.18	171

b/ Temps d'utilisation du matériel

**Tableau 4.28 : T U pour la réalisation du plancher en prédalles**

Désignations	grue	C A B	camion toupie	camion	compr	benne	règle vibte	vibr D50
Préfabrication	2.17	0.36	3.10	-	2.17	2.17	2.17	-
Pose	8.17	0.28	3.62	8.30	1.67	1.67	1.67	1.67
plancher	10.34	0.64	6.72	8.30	3.84	3.84	3.84	1.67

#### 4.3.6) Récapitulation des quantitatifs de l'infrastructure

**Tableau 4.29 : Récapitulation des quantitatifs de l'infrastructure.**

Désignations	béton de propreté	radier	voiles	plancher	total
Coffrage (m <sup>2</sup> )	6.24	27.72	487.92	188.55	710.43
Ferrailage (kg)	-	12701	3950	4001	20652
Bétonnage (m <sup>3</sup> )	24.14	105.84	39.50	33.34	202.82

#### 4.3.7) Récapitulation de l'infrastructure

a/Volumes horaires du personnel.

**Tableau 4.30 : Récapitulation du V H de l'infrastructure.**

Désignations	béton de propreté	radier	voiles	plancher	total (h)
Coffrage (h)	3.94	10.29	83.48	49.6	147.31
Ferrailage (h)	-	244.53	96.75	90.22	431.5
Bétonnage (h)	12.57	52.56	33.68	31.18	129.99
VH total (h)	16.51	307.28	213.91	171	708.8

b/Temps d'utilisation du matériel.

**Tableau 4.31 : Récapitulation des T U du matériel de l'infrastructure.**

	Désign	grue mobile	camion	C A B	camion toupie	pompe à béton	compr	benne 1 m3	règle vibr	vibr D70	vibr D50
Béton de propreté	Coffrage		0.8								
	Béton			0.5	4.07						
	Total		0.8	0.5	4.07						
Radier	Coffrage	1.1	1.1								
	Ferrailage	2.4	4.5								
	Béton			2.1	15.75	3.39	3.39			10.17	
	Total	3.5	5.6	2.1	15.75	3.39	3.39			10.17	
Voiles	Coffrage	11.9	11.79								
	Ferrailage	4.87	7.63								
	Béton	6		0.76	10.4		3	6			6
	Total	22.77	19.42	0.76	10.4		3	6			6
	Plancher	10.34	8.30	0.64	6.72		3.84	3.84	3.84		1.67
Totaux		36.61	34.12	4	36.94	3.39	10.23	9.84	3.84	10.17	7.67

# Chapitre 5

## COFFRAGE TUNNEL

### 5.1) INTRODUCTION

La superstructure est réalisée à l'aide du coffrage tunnel bicoquille qui permet de réaliser en même temps les voiles et les dalles d'une même cellule. Un équipement permet de réaliser un logement par jour. Un niveau comprenant 2 logements sera achevé en 2 jours avec un arrêt de bétonnage au niveau de la cage d'escaliers.

#### Rythme d'avancement des travaux

Ce rythme est donné par le nombre de jeux de coffrage déterminé par le nombre de réemplois qui est compris entre 400 et 450 pour un coffrage métallique rigide. Le nombre de jeux de coffrage pour la réalisation des 840 logements est:

$$n = 840 / 450 = 1.87 \text{ soient } 2 \text{ jeux qui seront amortis sur ce projet.}$$

Le rythme d'avancement des travaux sera donc de 2 logements par jour. La réalisation d'un bâtiment en superstructure nécessitera 10 jours ce qui nous oblige à utiliser des grues à montage rapide (GMR). Afin d'éviter que les équipes de tunnel ne s'arrêtent de travailler pendant les opérations de montage et de démontage, nous devons utiliser une troisième grue dite tampon.

Le montage de la seconde grue doit être décalé de 3 jours afin de n'utiliser qu'une seule équipe pour les opérations de montage et de démontage.

La durée des travaux en superstructure sera alors de:

$(840 / 2) + 3 = 423$  jours ouvrables. La grue tampon peut être utilisée pour d'autres activités (préfabrication, manutention).

#### Coffrage tunnel

Les dimensions des cellules sont données sur la figure (5.1)

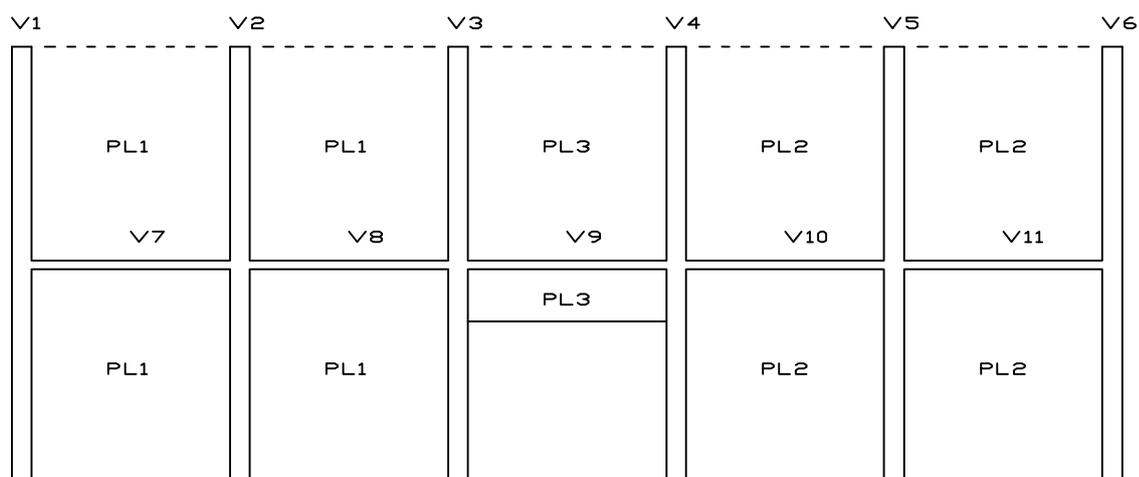


Figure 5.1 : Nomenclature des voiles et planchers

Les cellules présentent les mêmes travées (3.06m).

Les coquilles seront symétriques (1.53m / 1.53m) sauf pour la cellule intermédiaire et le palier ou les coquilles seront dissymétriques ( 1.53m / 1.17m) .

Les longueurs de coquilles sont modulaires et normalisées.

L'élément de base est de 1.25m . On trouve également un élément de 0.625m.

Les éléments seront assemblés au préalable selon les dimensions des cellules à réaliser.

Des bandes sont destinées pour le coffrage de la face extérieure des voiles pignons ainsi que les voiles de la cage d'escalier.

Les bandes sont constituées d'éléments modulaires de hauteur d'étage.

## 5.2) QUANTITATIF DE LA SUPERSTRUCTURE

### 5.2.1) Surfaces de coffrage

#### 5.2.1.1) Détermination des longueurs de coquilles

Les cellules ont une profondeur de 6.47m, chiffre supérieur à celui de l'élément de 6.25m, soit une différence de:

$$6.47\text{m} - 6.25\text{m} = 0.22\text{m}.$$

Cette différence sera rattrapée par un élément de compensation (EC) de 0.2m qui sera placé entre les éléments modulaires.

Afin d'éviter d'avoir des grues puissantes donc assez couteuses , la coquille de 6.47m sera décomposée en deux éléments: un élément d'angle et un élément droit.

Prenons comme élément de base (EB), l'élément modulaire de 1.25m.

Il y a deux types d'éléments de base: l'élément de base d'angle (EBA) et l'élément de base droit (EBD).

L'élément d'angle TA sera constitué de :

$$1 \text{ EBA} + 1 \text{ EBD} + 1 \text{ EC} = 1.25 + 1.25 + 0.22 = 2.72\text{m}.$$

L'élément droit TD sera constitué de 3 EBD soit :  $3 \times 1.25 = 3.75\text{m}$ .

#### 5.2.1.2) Plan de rotation du coffrage

Le plan de rotation du coffrage (fig. 5.2) nous permet de définir les éléments de coffrage utilisés chaque jour.

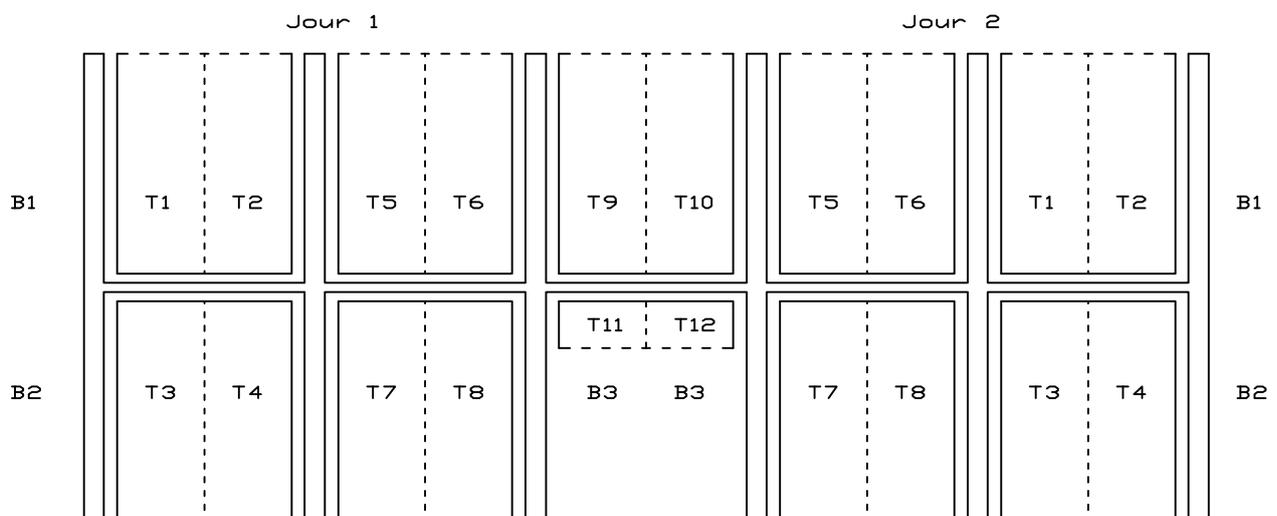


Figure 5.2 : plan de rotation du coffrage

**Tableau 5.1 : Rotation du coffrage tunnel.**

Demi-coquilles	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Travées (m)	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53	1.17	1.53	1.17
Jour 1	x	x	x	X	x	x	x	x	x		x	
Jour 2	0	0	0	0	0	0	0	0	x0	0	x0	0
Commande	x	x	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x

X : coquille utilisée le 1° jour

0 : coquille utilisée le 2° jour

x0: coquille maintenue en place le 2° jour.

### 5.2.1.3) Calcul des surfaces de coffrage

-Elément T1:

- Voiles:  $(6.47 + 1.53) \times 2.7 = 21.6\text{m}^2$

- Dalles:  $6.47 \times 1.53 = 9.90\text{m}^2$

- Total:  $21.6 + 9.9 = 31.5\text{m}^2$

-Elément T10:

-Voiles:  $(6.47 + 1.17) \times 2.7 = 20.63\text{m}^2$

-Dalles:  $6.47 \times 1.17 = 7.57\text{m}^2$

-Total =  $20.63 + 7.57 = 28.2\text{m}^2$

-Elément T11:

-Voiles:  $(1.25 + 1.53) \times 2.7 = 7.51\text{m}^2$

-Dalles:  $1.25 \times 1.53 = 1.91\text{m}^2$

-Total:  $7.51 + 1.91 = 9.42\text{m}^2$

-Elément T12:

-Voiles:  $(1.25 + 1.17) \times 2.7 = 6.53\text{m}^2$

-Dalles:  $1.25 \times 1.17 = 1.46\text{m}^2$

-Total:  $6.53 + 1.46 = 7.99\text{m}^2$

-Banches:

-B1 = B2 :  $(6.47 + 0.08) \times 2.86 = 6.55 \times 2.86 = 18.74\text{m}^2$

-B3 :  $(6.47 - 1.25) \times 2.86 = 5.22 \times 2.86 = 14.93\text{m}^2$

-Coffrage jour 1:

-Tunnel :  $9 \text{ T1} + \text{T11}$

-Voiles:  $9 \times 21.6 + 7.51 = 201.91\text{m}^2$

-Dalles:  $9 \times 9.9 + 1.91 = 91.01\text{m}^2$

-Banches :  $\text{B1} + \text{B2} + \text{B3}: (18.74 \times 2) + 14.93 = 52.41\text{m}^2$

-Coffrage jour 2:

-Tunnel :  $8 \text{ T1} + \text{T10} + \text{T12}$ .

-Voiles:  $8 \times 21.6 + 20.63 + 6.53 = 199.96\text{m}^2$

-Dalles:  $8 \times 9.9 + 7.57 + 1.46 = 88.23\text{m}^2$

-Banches :  $\text{B1} + \text{B2} + \text{B3} = 52.41\text{m}^2$

**Tableau 5.2 : Surfaces de coffrage journalières .**

Désignations	voiles B	voiles T	voiles T+B	dalles T	voiles – dalles T	voiles – dalles T+B
Jour 1 (m <sup>2</sup> )	52.41	201.91	254.32	91.01	292.92	345.33
Jour 2 (m <sup>2</sup> )	52.41	199.96	252.37	88.23	288.19	340.60

### 5.2.2) Volumes de béton

Les quantités de béton des voiles et dalles sont données ci après.

#### Voiles

$$\text{voile V1: } L = 6.47 \times 2 + 0.16 = 13.1\text{m}$$

$$H = 2.70 + 0.16 = 2.86\text{m}$$

$$V = 13.1 \times 2.86 \times 0.16 = 6\text{m}^3$$

$$\text{voile V7: } V = 3.06 \times 2.86 \times 0.16 = 1.4\text{m}^3$$

$$\text{voile V9: } V = 2.70 \times 2.86 \times 0.16 = 1.24\text{m}^3$$

$$\text{voile (1/3)V9 : } V = 0.41\text{m}^3$$

$$\text{voile (2/3)V9: } V = 0.83\text{m}^3$$

#### Dalles

$$\text{dalle D1: } V = 6.47 \times 3.06 \times 0.16 = 3.17\text{m}^3$$

$$\text{dalle D2: } V = 6.47 \times 2.7 \times 0.16 = 2.80\text{m}^3$$

$$\text{dalle D3: } V = 1.25 \times 2.7 \times 0.16 = 0.54\text{m}^3$$

$$\text{dalles ( D2 + D3)/ 3: } V = (2.80 + 0.54) / 3 = 1.11\text{m}^3$$

$$\text{dalles 2 (D2 + D3) / 3: } V = 2(2.80 + 0.54) / 3 = 2.23\text{m}^3$$

#### Quantités de béton journalières

$$\text{Jour 1: } (3V1 + 2 V7 + V9/3) + (4D1 + (D2 + D3)/3)$$

$$\text{Jour 2: } (3V1 + 2 V7 + 2V9/3) + (4D1 + 2(D2 + D3)/3)$$

$$\text{Jour 1: } (20.8 + 0.41) + (12.68 + 1.11) = 21.21 + 13.79 = 35\text{m}^3$$

$$\text{Jour 2: } (20.8 + 0.83) + (12.68 + 2.23) = 21.63 + 14.91 = 36.54\text{m}^3$$

**Tableau 5.3 : Quantités de béton journalières.**

Désignations	voiles	dalles	total
Jour 1 (m <sup>3</sup> )	21.21	13.79	35
Jour 2 (m <sup>3</sup> )	21.63	14.91	36.54
Total (m <sup>3</sup> )	42.84	28.7	71.54
Qté moy (m <sup>3</sup> )	21.42	14.35	35.77

### 5.2.3) Quantité d'acier

Les quantités d'acier sont définies à partir des volumes de béton.

**Tableau 5.4 : Quantités d'acier journalières.**

Désignations	voiles	dalles	total
Béton (m <sup>3</sup> )	21.42	14.35	35.77
Acier (kg/m <sup>3</sup> )	100	120	108
Acier (kg)	2142	1722	3864

### 5.2.4) Récapitulation des quantitatifs

**Tableau 5.5 : Récapitulation des quantitatifs de la superstructure .**

Désignations	voiles	dalles	total
Coffrage (m <sup>2</sup> )	253.4	89.6	343
Ferrailage (kg)	2142	1722	3864
Béton (m <sup>3</sup> )	21.4	14.4	35.80

### 5.3) VOLUMES HORAIRES.

#### 5.3.1) Aciers

##### 5.3.1.1) Préparation des armatures

Elle se fait dans la base logistique qui dispose d'un matériel performant.

-voiles:  $VH = 2.142 \text{ t} \times 16 \text{ h/t} = 34.27 \text{ h}$

-dalles:  $VH = 1.722 \text{ t} \times 18 = 31 \text{ h}$

Le volume horaire total est :  $VH = 34.27 + 31 = 65.27 \text{ h}$ .

##### 5.3.1.2) Transport et pose du ferrailage

###### a/ voiles

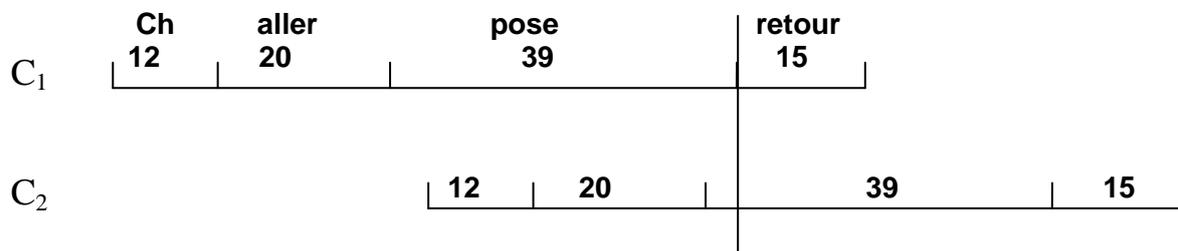
Le calcul du nombre de points d'attache est donné par le tableau 5.6

**Tableau 5.6 : Nombre de points d'attache des panneaux de ferrailage.**

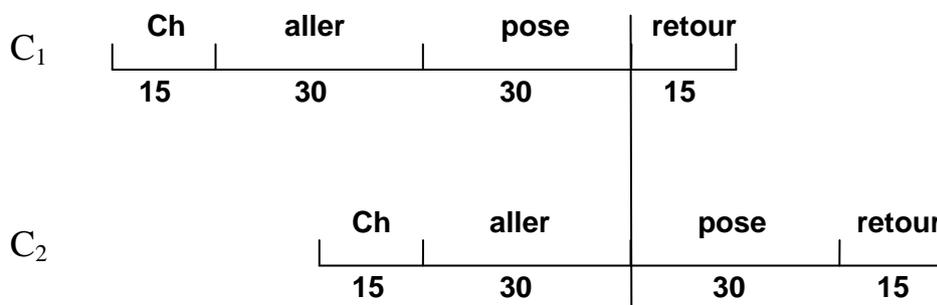
Panneaux	4.77m	5.17m	3.62m	3.86m	3.5m
Longueur	44	44	32	32	28
Hauteur	28	28	28	28	28
nbre de voiles	6	6	1	1	1
nbre d'éléments	12	6	2	2	1

Le nombre de points d'attache est :

$$n = (44 \times 12 + 44 \times 6 + 32 \times 4 + 28) \times 3 + (28 \times 23) \times 2$$



**Figure 5.3 : Planning de transport du ferrailage de voiles**



**Figure 5.4 : Planning de transport du ferrailage de dalles**

$n = 2844 + 1288 = 4132$ pts à réaliser en 2 jours.

Pour le 1<sup>er</sup> jour le nombre de points d'attache sera égal à  $(4132 \times 12) / 23 = 2156$

Avec la réalisation de 10 attaches par mn et un nombre de 12 TS

Le délai de fixation par jour est de:  $T = 2156 / 10 = 215.6 = 3.6$ h

Le délai de fixation d'un TS est de:  $T = 2156 / (10 \times 12) = 18$  mn

Avec 3 ferrailleurs, le délai de pose d'un T S sera de  $18 / 3 = 6$  mn < 6.5 mn qui est le cycle de la grue pour la pose d'un T S.

### Utilisation du matériel

Les résultats sont obtenus d'après la fig (5.3)

- camion 1:  $T_1 = 12 + 20 + 39 + 15 = 86$  mn

- camion 2:  $T_2 = 86$  mn

total camions:  $T = 172$  mn = 2.87h

- grue 1: chargement (2):  $T_1 = 12 \times 2 = 24$  mn = 0.4h

- grue 2: pose (1):  $T_2 = 39 \times 2 = 78$  mn = 1.3h

total grues:  $T = 0.4 + 1.3 = 1.7$ h

### Emploi du personnel

- grutiers (2):  $T = 1.7$  h

- manutentionnaires (3):  $T = 0.4 \times 2 + 1.3 = 2.1$  h

- chauffeurs (2):  $T = 2.87$  h

- ferrailleurs (3):  $T = 1.3 \times 3 = 3.9$ h

### b/ dalles

#### - Utilisation du matériel

Les résultats sont obtenus d'après la fig (5.4)

- camions:  $T = 90 \times 2 = 180$  mn = 3h

- grue 1 (chargement):  $T = 15 \times 2 = 30$  mn = 0.5 h

- grue 2 (pose):  $T = 30 \times 2 = 60$  mn

#### - Emploi du personnel

- grutiers (2):  $VH = 1.5$  h

- manutentionnaires (3):  $VH = 0.5 \times 2 + 1$  h = 2 h

- chauffeurs (2):  $VH = 3$  h

- ferrailleurs (3):  $VH = 1$  h  $\times$  3 = 3 h

### voiles et dalles

#### Utilisation du matériel

- camions (2):  $T = 2.87 + 3 = 5.87$  h

- grue (chargement):  $T = 0.4 + 0.5 = 0.9$  h

- grue (pose):  $T = 1.3 + 1 = 2.3$  h

#### Emploi du personnel

grutiers (2):  $T = 0.9 + 2.3 = 3.2$  h       $VH = 3.2$  h

chauffeurs (2):  $T = 5.87$  h       $VH = 5.87$ h

manut (3):  $T = 3.2$  h       $VH = 2.1 + 2 = 4.1$  h

ferrailleurs (3):  $T = 4.39$  h       $VH = 3.9 + 3 = 6.9$  h.

### 5.3.1.3) Récapitulation du ferrailage de voiles et dalles

#### a/ Temps d'utilisation du matériel

Le temps d'utilisation du matériel est donné par le tableau 5.7

**Tableau 5.7 : T U du matériel pour le ferrailage des voiles et dalles.**

Désignations	grue mobile charg	grue pose (GMR)	grues total	camions
Effectif	1	1	2	2
T (h)	0.9	2.3	3.2	5.87
VH (h)	0.9	2.3	3.2	5.87

#### b/ Volumes horaires du personnel

Les volumes horaires du personnel sont donnés par le tableau 5.7

**Tableau 5.8 : T U du ferrailage.**

Désignations	CE	prépar	ferr pose	manut	grutiers	chaufr	total
Effectif	1	-	3	3	2	2	9
T (h)	2.3	-	2.3	3.2	3.2	5.87	4.39
VH (h)	2.3	65.27	6.9	4.1	3.2	5.87	87.64

### 5.3.2) Charge de la grue

Pour le calcul de la charge de la grue, il faut tenir compte de toutes les manœuvres effectuées.

**Tableau 5.9 : Manœuvres effectuées par la grue.**

Désignations	tunnel	banches	T S voiles	T S dalles	mannequins	béton voiles	béton dalles
Jour 1	19	3	12	10	6	24.63	16.5
Jour 2	19	3	11	9	6	24.63	16.5

Les cycles de la grue pour les différentes opérations permettent de définir la charge journalière de la grue.

**Tableau 5.10 : Charge de la grue sans le bétonnage.**

Désignations	tunnel	banches	T S voiles	T S dalles	mannequins	béton voiles ( m <sup>3</sup> )	béton dalles ( m <sup>3</sup> )
Quantités	19	3	12	10	6	24.63	16.5
Cycles (mn)	10	10	6.5	6	2.5	7.5	6
T (mn)	190	30	78	60	15	185	99

La charge de la grue sans le bétonnage est de 373 mn soit 6.22 h

### 5.3.3) Préparation et transport du béton.

La quantité de béton par logement est de  $24.63 + 16.5 = 41.13\text{m}^3$ .

La durée de fabrication par la centrale à béton est de:  $41.13 / 60 = 0.69$  h.

Le nombre de rotations des camions est de:  $41.13 / 6 = 6.86$  soit 7 rotations.

La durée de transport est de:  $0.65$  h x 7 = 4.55 h

La durée de bétonnage des voiles est de:  $7.5 \times 24.63 = 184.8$  mn

Celle des dalles est de:  $6 \times 16.5 = 99$  mn

Le bétonnage sera réalisé par la grue GMR et une grue mobile

Les voiles et les 8/9 du plancher seront réalisés par les 2 grues , le reste du plancher le sera par la grue GMR afin d'éviter d'avoir trop de personnel sur un espace réduit et d'éviter le croisement des flèches des 2 grues.

Le temps d'utilisation des 2 grues est:

$$\text{Grue GMR: } T = (184.8 / 2) + (99 / 9) \times 5 = 147.4 \text{ mn} = 2.46 \text{ h}$$

$$\text{Grue mobile: } T = (184.8 / 2) + (99 / 9) \times 4 = 136.4 \text{ mn} = 2.27 \text{ h}$$

La charge totale journalière de la grue GMR est de:

$$T = 6.22 \text{ h} + 2.46 \text{ h} = 8.68 \text{ h} < 9 \text{ h}$$

Il n'y aura donc pas d'heures supplémentaires sur le chantier pour l'équipe de bétonnage.

La durée d'utilisation des camions toupies est de:  $4.55 + 2.46 + 2.27 = 9.28 \text{ h}$

$$\text{Avec un temps de: } T = 0.65 \times 4 + 2.46 = 2.6 + 2.46 = 5.06 \text{ h}$$

### Temps d'utilisation du matériel

**Tableau 5.11 : T U du matériel de bétonnage.**

Désignations	C A B	camion toupie	grue GMR	grue mob	compr	règle vibte	vibr D50	benne
T (h)	0.69	9.28	2.46	2.27	2.46	1.65	3.08	4.73

### Volume horaire du personnel

L'équipe de bétonnage comporte 3 ouvriers pour les voiles et 5 ouvriers pour les dalles.

$$\text{Le volume horaire est : } VH = 3.08 + 1.65 \times 3 + 4.73 \times 2 = 17.49 \text{ h}$$

**Tableau 5.12 : V H du bétonnage.**

Désignations	CE	C A B	chaufre	grutier GMR	grutier G.M	béton	total
Effectif	1	3	2	1	1	10	18
T (h)	2.46	0.69	9.28	2.46	2.27	2.46	2.46
VH (h)	2.46	2.07	9.28	2.46	2.27	17.49	36.03

### 5.3.4) Pose du coffrage

Les cycles de la grue pour les opérations de décoffrage – coffrage et pose de mannequins nous donnent d'après le tableau 5.10 , le temps suivant :

$$T = 190 + 30 + 15 = 235 \text{ mn} = 3.92 \text{ h}$$

L'équipe de décoffrage est constituée de 2 ouvriers, celle de la pose de coffrage de 3 ouvriers ainsi que d'un chef d'équipe et d'un grutier (GMR).

Le volume horaire sera de:

$$\text{-C E: } VH = 3.92 \text{ h}$$

$$\text{-Grutier: } VH = 3.92 \text{ h}$$

$$\text{- ouvrier: } VH = 3.92 \times 5 = 19.6 \text{ h}$$

$$\text{soit un total de: } VH = 27.44 \text{ h}$$

### 5.3.5) Récapitulation de la superstructure

#### a/ temps d'utilisation du matériel

**Tableau 5.13 : Récapitulation des T U du matériel de la superstructure.**

désignations	C A B	grue GMR	grue chargt	grue mob	camion	camion béton	compr	bennes	règle vibte	vibr D50
Coffrage(h)		3.92								
Ferraillage(h)		2.3	0.9		5.87					
Bétonnage(h)	0.69	2.46	-	2.27	-	9.28	2.46	4.73	1.65	3.08
Total (h)	0.69	8.68	0.9	2.27	5.87	9.28	2.46	4.73	1.65	3.08

## b/ volumes horaires du personnel

**Tableau 5.14: Récapitulation du V H de la superstructure.**

Désignations	coffrage	ferrailage	bétonnage	total
Chef d'équipe(h)	3.92	2.3	2.46	8.68
Ouvriers (h)	23.52	85.34	33.57	142.43
Total (h)	27.44	87.64	36.03	151.11

### 5.4) Volumes horaires des corps d'états secondaires

Les volumes horaires des corps d'états secondaires sont donnés par le tableau 5.15

**Tableau 5.15 : V.H des corps d'états secondaires.**

Désignations	OQ –VH (h)	MO –VH (h)
-Pose regards	1.26	0.63
-Pose buses	1.08	0.54
-Badigeon bitumineux	-	0.93
-Maçonnerie	69.28	34.64
-Conduits de fumée	8.56	4.32
-Enduits de ciment	53.36	26.72
-Enduits de plâtre	29.44	14.72
-Carreaux granito	50.4	25.2
-Faience , plinthes	33.84	16.92
-Cloisons placoplâtre	11.84	5.92
-Ponçage du sol	13.2	13.2
-Ferrerie	4.08	2.04
-Isolation liège	1.68	0.84
-Forme de pente	3.2	1.6
-Etanchéité	8.96	4.48
-Menuiserie bois	18.64	9.32
-Plomberie	32.64	16.32
-Appareils sanitaires	19.12	9.56
-Electricité	16.32	8.16
-Appareils électriques	10.56	5.28
-Peinture intérieure	34.4	17.2
-Peinture extérieure	17.36	8.68
-Peinture menuiserie et ferronnerie	18.24	9.12
-Vitrerie	6.3	2.1
Total	456.76	238.46

En appliquant les normes de temps du CNAT aux quantitatifs des différentes activités, nous obtenons les volumes horaires suivants :

Soit un volume horaire global  $VH = 456.76 + 238.46 = 695.22$  heures.

## Chapitre 6

### DETERMINATION DE NORMES ET DE RATIOS

#### 6.1) Préfabrication lourde

##### 6.1.1) Calcul de normes de temps

A partir des tableaux récapitulatifs des quantitatifs (Tab2-9 ) et des volumes horaires (Tab2-33 ) de l'infrastructure, nous obtenons les normes de temps suivantes:

##### 6.1.1.1) Infrastructure

###### Coffrage:

**Tableau 6-1 : normes de temps du coffrage modulaire**

Désignations	béton de propreté	radier	voiles
Coffrage (m <sup>2</sup> )	11.48	45.6	1606
VH (h)	10.29	18.19	237.35
NT( h/m <sup>2</sup> )	0.9	0.40	0.15

###### -Bétonnage:

**Tableau 6-2 : normes de temps du béton**

Désignations	béton de propreté	radier	voiles
Béton (m <sup>3</sup> )	50.33	196.74	172.2
VH (h)	25.5	96.51	162.75
NT( h/m <sup>3</sup> )	0.51	0.49	0.95

###### -Ferrailage:

**Tableau 6-3 : normes de temps du ferrailage**

Désignations	radier	voiles
Acier (kg)	23609	17220
VH (h)	448.9	346.2
NT( h/kg)	0.019	0.020

Pour les éléments de structure comportant le coffrage , le ferrailage et le béton , le calcul des normes sera fait par ml , m<sup>2</sup> ou m<sup>3</sup>.

**Tableau 6-4 : normes de temps d'éléments de structure**

Désignations	épr (m)	surface (m <sup>2</sup> )	volume (m <sup>3</sup> )	V H (h)	N T (h/m <sup>2</sup> )	N T (h/m <sup>3</sup> )
Béton de propreté	0.10	503.28	50.33	35.79	0.071	0.711
Radier	0.40	491.84	196.74	563.6	1.146	2.865
Voiles	0.16	838.5	172.2	746.3	0.89	4.334

Pour une hauteur de 2.5m et une longueur de 323.4m, la norme de temps par ml de voile est :  $NT = 746.6 / 323.4 = 2.309$  h/ml.

### 6.1.1.2) Volumes horaires par mètre cube de béton

**Tableau 6-5 : normes de temps par mètre cube de béton**

Désignations	Vbét(m <sup>3</sup> )	V H(h)	N T(h/m <sup>3</sup> )
Infrastructure	25.45	88.482	3.477
Superstructure	63.92	292.57	4.577
Structure	89.37	381.052	4.264

### 6.1.1.3) Calcul de ratios de matériaux

Le calcul de ratios de matériaux pour un logement de 98.7m<sup>2</sup> de surface à partir des quantitatifs précédents est donné par le tableau 6.6

**Tableau 6-6 : ratios de matériaux**

Désignations		Quantitatifs par		
		batiment	logement	m <sup>2</sup>
Coffrage (m <sup>2</sup> )	béton de propreté	11.48	0.58	0.006
	radier	45.6	2.28	0.023
	voiles	1606	80.3	0.814
	total	1663	83.16	0.843
Ferrailage (kg)	béton de propreté	-	-	-
	radier	23609	1180.5	11.96
	voiles	17220	861	8.72
	total	40829	2041.5	20.68
Béton (m <sup>3</sup> )	béton de propreté	50.33	2.52	0.026
	radier	196.74	9.84	0.10
	voiles	172.20	8.61	0.087
	total	419.27	20.97	0.213
Dalles	ferrailage (kg)	10752	537.6	5.447
	béton (m <sup>3</sup> )	89.6	4.48	0.0454
Infrastructure	coffrage (m <sup>2</sup> )	1663	83.16	0.843
	ferrailage (kg)	51581	2579	26.13
	béton (m <sup>3</sup> )	508.87	25.45	0.258
Superstructure	dalles :			
	-ferrailage(kg)	60936	3047	30.87
	-béton (m <sup>3</sup> )	507.8	25.39	0.257
	voiles :			
	-ferrailage (kg)	77050	3853	39.04
	-béton (m <sup>3</sup> )	770.5	38.53	0.39
total :	-ferrailage (kg)	137986	6900	69.91
	-béton (m <sup>3</sup> )	1278.3	63.92	0.648
Structure	coffrage (m <sup>2</sup> )	1663	83.16	0.843
	ferrailage (kg)	189567	9479	96.04
	béton (m <sup>3</sup> )	1787.17	89.37	0.906
C E S	maçonnerie (m <sup>2</sup> )	353.34	17.667	0.179
	enduit ciment (m <sup>2</sup> )	446.12	22.306	0.226
	carreaux granito (m <sup>2</sup> )	1974	98.7	1.000
	faience (m <sup>2</sup> )	355.08	17.754	0.180
	plinthes (ml)	2042	102.10	1.035
	peinture (m <sup>2</sup> )	10242	512.10	5.189

### 6.1.3) Calcul de ratios de volumes horaires

**Tableau 6-7 : ratios de volumes horaires**

Désignations		volumes horaires		
		batiment (h)	logement (h)	par m <sup>2</sup> (h)
Coffrage	béton de propreté	10.29	0.515	0.0052
	radier	18.19	0.91	0.0092
	voiles	237.35	11.868	0.1202
	total	265.83	13.293	0.1346
Ferrailage	béton de propreté	-	-	-
	radier	448.9	22.45	0.2274
	voiles	346.2	17.31	0.1754
	total	795.1	39.76	0.4028
Béton	béton de propreté	25.5	1.275	0.0129
	radier	96.51	4.826	0.0489
	voiles	162.75	8.138	0.0825
	total	284.76	14.239	0.1443
Dalles	fabrication	241.2	12.06	0.1222
	pose	182.6	9.13	0.0925
Infrastructure	coffrage	265.83	13.293	0.1346
	ferrailage	795.1	39.76	0.4028
	béton	284.76	14.239	0.1443
	dalles	423.8	21.19	0.2147
	total	1769.49	88.482	0.8964
Superstructure	préfabriquée	5851.4	292.57	2.925
Structure	total	7620.89	381.052	3.8614
	maçonnerie	395.2	19.76	0.2002
	enduit ciment	428.4	21.42	0.217
	carreaux granito	1658.4	82.92	0.840
	faience	942.6	47.13	0.4775
	plinthes	612.6	30.63	0.3104
	peinture	2305.4	115.27	1.1679

### 6.1.4) Résultats

Le volume horaire des terrassements par logement est :

$$VH = 153.54 / 20 = 7.68 \text{ h}$$

Pour l'ensemble de la structure , le volume horaire pour un logement de 98.7m<sup>2</sup> de surface habitable est de :

- Terrassements : 7.68
- Infrastructure : 88.482
- Superstructure : 292.57
- Maçonnerie : 19.76
- Enduit ciment : 21.42
- Revêtements sols et murs : 190.3
- Corps d'états secondaires : 286.53

Soit un total de : VH = 906.75 heures.

Le volume horaire pour 1m<sup>2</sup> de surface habitable est :

VH = 906.75 / 98.7 = 9.19 heures/m<sup>2</sup>

**VH = 9.19 heures /m<sup>2</sup>.**

## 6.2) COFFRAGE TUNNEL

### 6.2.1) Calcul des normes de temps

A partir des tableaux récapitulatifs des quantitatifs (Tab ) et des volumes horaires (Tab ) de l'infrastructure, nous obtenons les normes de temps suivantes :

#### 6.2.1.1) Infrastructure

**-Coffrage :**

**Tableau 6-8 : norme de temps du coffrage modulaire**

Désignations	béton de propreté	radier	voiles	plancher
Coffrage (m <sup>2</sup> )	6.24	27.72	487.92	188.55
VH (h)	3.94	10.29	83.48	49.6
NT( h/m <sup>2</sup> )	0.63	0.37	0.171	0.263

**-Ferrailage:**

**Tableau 6-9 : norme de temps du ferrailage**

Désignations	radier	voiles	plancher
Acier (kg)	12701	3950	4001
VH (h)	244.53	96.75	90.22
NT( h/kg)	0.02	0.025	0.023

**-Bétonnage:**

**Tableau 6-10 : norme de temps du béton**

Désignations	béton de prop	radier	voiles	plancher
Béton (m <sup>3</sup> )	24.14	105.84	39.5	33.34
VH (h)	12.57	52.56	33.68	31.18
NT( h/m <sup>3</sup> )	0.52	0.50	0.853	0.94

**-Plancher prédalles (S= 188.55m<sup>2</sup>)**

**Tableau 6-11 : norme de temps d'un plancher prédalles**

Désignations	préfab	pose	plancher
Surface(m <sup>2</sup> )	188.55	188.55	188.55
VH(h)	70.77	100.23	171
NT(h/m <sup>2</sup> )	0.38	0.53	0.91

Pour des éléments de structure comportant le coffrage , le ferrailage et le béton , des normes de temps sont déterminées par ml , m<sup>2</sup> ou m<sup>3</sup>.

**Tableau 6-12 : norme de temps d'éléments de structure**

Désignations	épr (m)	surface (m <sup>2</sup> )	volume (m <sup>3</sup> )	VH (h)	NT (h/m <sup>2</sup> )	NT (h/m <sup>3</sup> )
Béton de prop	0.10	241.4	24.14	16.51	0.0684	0.684
Radier	0.45	235.2	105.84	307.28	1.306	2.904
Voiles	0.16	246.88	39.5	213.91	0.867	5.415

Pour une hauteur de 2m et une longueur de 123.42m ,la norme de temps par ml est :  
 $NT = 213.91 / 123.42 = 1.733 \text{ h/ml}$ .

### 6.2.1.2) Superstructure

Les résultats des quantitatifs (voir tableau 4-29) :

**Tableau 6-13 :quantitatif de l'infrastructure**

Désignations	Coffrage (m <sup>2</sup> )	acier (kg)	béton (m <sup>3</sup> )
Voiles	253.4	2142	21.42
Dalles	89.6	1722	14.35
Total	343	3864	35.77

et des volumes horaires de la superstructure (voir tableau 4-30) :

- Coffrage: VH = 27.44 h
- Ferrailage: VH = 87.64 h
- Béton: VH = 36.03 h

permettent de déterminer les normes de temps suivantes:

**Tableau 6-14 :normes de temps du tunnel**

Désignations	coffrage (m <sup>2</sup> )	ferrailage (kg)	béton (m <sup>3</sup> )
V H (h)	27.44	87.64	36.03
Qtés(u)	343	3864	35.77
NT (h/u)	0.08	0.023	1.01

Pour la réalisation d'une structure à l'aide du coffrage tunnel bicoquille, la norme de temps est :

$$V H = 27.44 + 87.64 + 36.03 = 155.11 \text{ h}$$

$$N T = V H / S = 155.11 / 343 = 0.45 \text{ h/m}^2$$

$$N T = V H / V_b = 155.11 / 35.77 = 4.34 \text{ h/m}^3$$

### 6.2.1.3)Volumes horaires par mètre cube de béton

**Tableau 6-15 :normes de temps du béton**

Désignations	Vbét (m <sup>3</sup> )	V H (h)	N T(h/m <sup>3</sup> )
Infrastructure	20.29	70.881	3.493
Superstructure	43.42	194.73	4.485
Structure	63.71	265.611	4.169

## 6.2.2) Calcul de ratios de matériaux

Le calcul de ratios de matériaux pour un logement de 89.62m<sup>2</sup> de surface à partir des quantitatifs précédents est donné par le tableau 6.6.

**Tableau 6-16 : ratios de matériaux**

Désignations		Quantités		
		batiment	logt	m <sup>2</sup>
Coffrage (m <sup>2</sup> )	béton prop	6.24	0.63	0.007
	radier	27.72	2.77	0.031
	voiles	487.92	48.79	0.545
	total	521.88	52.19	0.583
Ferrailage (kg)	béton prop	-	-	-
	radier	12701	1270	14.17
	voiles	3950	395	4.41
	total	16651	1665	18.58
Béton (m <sup>3</sup> )	béton prop	24.14	2.42	0.027
	radier	105.84	10.58	0.118
	voiles	39.50	3.95	0.044
	total	169.48	16.95	0.189
Plancher	prédalles (m <sup>2</sup> )	188.55	18.86	0.211
	ferrailage (kg)	4001	400	4.463
	béton (m <sup>3</sup> )	33.34	3.34	0.037
Infrastructure	coffrage (m <sup>2</sup> )	521.88	52.19	0.583
	ferrailage (kg)	20652	2065	23.042
	béton (m <sup>3</sup> )	202.82	20.29	0.227
	prédalles (m <sup>2</sup> )	188.55	18.86	0.211
Superstructure	coffrage (m <sup>2</sup> )	-	343	3.828
	ferrailage (kg)	-	3864	43.125
	béton (m <sup>3</sup> )	-	35.8	0.40
Structure	coffrage(m <sup>2</sup> )	-	395.19	4.41
	ferrailage(kg)	-	5929	66.17
	béton(m <sup>3</sup> )	-	56.09	0.626
	prédalles( m <sup>2</sup> )	188.55	18.86	0.211
C E S (m <sup>2</sup> )	maçonnerie	-	126.6	1.413
	placoplatre	-	38.23	0.427
	enduit ciment	-	80	0.893
	enduit platre	-	40.5	0.452
	revét sol	-	89.62	1.0
	revét murs	-	17.53	0.196
	peinture	-	430.26	4.801
Façades	ferrailage(kg)	-	762	8.50
	béton(m <sup>3</sup> )	-	7.62	0.085
Total	ferrailage(kg)	-	6691	74.67
	béton(m <sup>3</sup> )	-	63.71	0.711

### 6.2.3) Calcul de ratios de volumes horaires

**Tableau 6-17 : ratios de volumes horaires**

Désignations		volumes horaires		
		batiment (h)	logt (h)	m <sup>2</sup> (h)
Coffrage	béton propreté	3.94	0.394	0.004
	radier	10.29	1.029	0.012
	voiles	83.48	8.348	0.093
	total	97.71	9.771	0.109
Ferrailage	béton propreté	-	-	-
	radier	244.53	24.453	0.273
	voiles	96.75	9.675	0.108
	total	341.28	34.128	0.381
Béton	béton propreté	12.57	1.257	0.014
	radier	52.56	5.256	0.059
	voiles	33.68	3.368	0.038
	total	98.81	9.881	0.111
Plancher	prédalles	49.6	4.96	0.056
	ferrailage	90.22	9.022	0.101
	béton	31.18	3.118	0.035
Infrastructure	coffrage	97.71	9.771	0.109
	ferrailage	431.5	43.15	0.482
	béton	130	13	0.145
	prédalles	49.6	4.96	0.055
	total	708.81	70.881	0.791
Superstructure	coffrage	-	27.44	0.306
	ferrailage	-	87.64	0.978
	béton	-	36.03	0.402
	total	1511.1	151.11	1.686
	façades	436.2	43.62	0.442
total	1947.3	194.73	2.128	
structure	total	2656.11	265.611	2.919
C E S	maçonnerie	-	116.8	1.304
	placoplatre	-	17.76	0.198
	enduit ciment	-	80.08	0.894
	enduit platre	-	44.16	0.493
	revêt sol	-	75.6	0.844
	revêt murs	-	50.76	0.566
	peinture	-	77.64	0.866

## 6.2.4) Résultats

Pour l'ensemble des corps d'états, les résultats ont été définis dans le tableau 6.18.

**Tableau 6-18 :ratios de volumes horaires de la structure**

Désignations	volumes horaires		
	bat	logt	m <sup>2</sup>
Terrassements	151.58	15.16	0.169
Infrastructure	708.81	70.88	0.791
Superstructure	1947.3	194.73	2.173
Maçonnerie		116.8	1.304
Cloisons placoplatre		17.76	0.198
Enduit ciment		80.08	0.894
Enduit plâtre		44.16	0.493
Revêtements sols et murs		152.76	1.705
CES		283.66	3.166
Total		975.99	10.89

Pour un logement de 89.60m<sup>2</sup> de surface ,VH = 976 h.

Pour une surface construite de 1m<sup>2</sup> , VH = 976 / 89.6 = 10.89 h/m<sup>2</sup>.

$$\mathbf{VH = 10.89 \text{ h/m}^2.}$$

## 6.3)Comparaison du poste superstructure-maçonnerie

**Tableau 6-19 :comparatif de ratios des deux structures**

Désignations	Volumes horaires		
	par	préfabriqué	tunnel
superstructure	logt	292.57	194.73
maçonnerie	logt	19.76	116.8
cloisons placoplatre	logt		17.76
enduits	logt	21.42	124.24
total volumes horaires	logt	333.75	453.53
ratios		3.382	5.062

# Conclusion générale

Deux systèmes constructifs ont été étudiés pour la réalisation de la superstructure de bâtiments.

Le coffrage tunnel bicoquille permet de réaliser un logement par jour.

La préfabrication lourde permet la pose rapide d'éléments préfabriqués.

Cependant au niveau de l'utilisation du coffrage, une différence existe entre les deux systèmes.

Au niveau de l'usine, les moules sont utilisés deux fois par relève de 9 heures.

Pour les deux relèves, les moules sont utilisés 4 fois par jour.

Par contre, le coffrage tunnel n'est utilisé qu'une seule fois par jour.

Le coffrage(moules) de la préfabrication est mieux rentabilisé que le coffrage tunnel.

L'autre avantage de la préfabrication est que la fabrication des éléments se fait en usine.

Elle permet de travailler même si les conditions atmosphériques sont défavorables.

Les deux méthodes ont l'avantage de ne pas employer beaucoup de main-d'œuvre sur le chantier.

Le transfert vers l'usine ou les bases logistiques de la préparation des tâches courantes permet de rentabiliser les équipements et d'augmenter les rendements.

Pour l'optimisation des matériels de production, de transport et de mise en œuvre, des plannings précisent l'intervention de chaque type de matériel.

Il y a lieu de remarquer que dans la presque totalité des cas, il y a synchronisation des matériels entre eux.

Des plannings de production pour chaque ligne de fabrication ont été élaborés afin de permettre de réaliser deux cycles de production par relève de 9 heures.

Des plans de rotations de coffrage pour le tunnel et les coffrages modulaires ont été étudiés afin d'utiliser le minimum de coffrage, de mouvements de grue, de personnel et de temps.

La méthode d'organisation utilisée est celle dite « de chemin de fer » qui s'applique à des travaux répétitifs. Elle donne le délai minimum par rapport à d'autres méthodes.

Enfin, des normes de temps et des ratios ont été établis à partir des résultats obtenus.

Le ratio de la réalisation est favorable à la préfabrication (9.19 h/m<sup>2</sup>), par rapport au tunnel (10.4 h/m<sup>2</sup>).

La préfabrication a donné de bons résultats pour des programmes de construction assez importants. Elle est en nette régression à cause des programmes de logements peu importants dans un rayon d'action donné de l'usine.

Par contre, le coffrage tunnel, même s'il n'est pas amorti sur un site a l'avantage d'être réutilisé pour des ouvrages de portées différentes.

Il y a lieu de remarquer que pour des études comparatives, nous pouvons considérer toutes les ressources (matériaux, matériels, personnels).

De plus, une étude comparative a été réalisée entre l'utilisation du coffrage modulaire métallique et celle du coffrage traditionnel en bois. Le nombre de réemplois du coffrage modulaire est de 400, celui du bois a été pris égal à 8. Le nombre de jeux de coffrage et les volumes horaires de mise en place (pour une surface S nécessaire au coffrage des voiles d'un logement en infrastructure) sont données par le tableau suivant :

Types de coffrages	Nbre de jeux	Surfaces	VH(h)
Modulaire	1	S	100 S
Traditionnel	85	85 S	380 S

Pour des bâtiments R+4, ces surfaces permettent de réaliser 2000 Logts en superstructure.

## BIBLIOGRAPHIE

- 1- **CALLON, 1973**, « Temps d'exécution, matériaux du B.T.P »
- 2- **GAZEL R., 1978**, « Temps d'exécution des travaux de BA , Eyrolles »
- 3- **PINATEL A., AUDOLY P., PERZO R., 1980**, « Le chantier de Bezanija Sels »  
Annales de l'I.T.B.T.P, pp 45-
- 4- **Colloque EUROPREFAB, 1981, 1982**, « Industrialisation et construction économique»  
Analyses de l'ITBTP, pp1-78
- 5- **BOSQUET A., POURCHET T., HUILLARD J-P, 1982**, « L'habitat très économique dans le monde: exemples de la Malaisie et de la cote-d'Ivoire »Annales de l'ITBTP, pp129 - 155
- 6- **JOLY J.M., DAPREMONT A., 1985**, « Nouvelles méthodes d'organisation dans le bâtiment. Productivité », Annales de l'ITBTP, pp97-120.
- 7- **LE GALL P., LACOMBE G., BOURDEL P., 1985**, « Les chantiers de logements de SINGAPOUR », Annales de l'ITBTP, pp57 – 83.
- 8- **Colloque Algéro- Français du 12 au 16 Mai 1984, 1985**, « Les politiques techniques de construction », Ed. CSTB.
- 9- **CNERIB, 1991**, « Etude de conception d'une unité de préfabrication totale »
- 10- **CNERIB**, « Conception d'une usine de préfabrication totale de 2 logements / jour »
- 11- **CNERIB**, « Etude de reconversion d'une unité foraine en unité de préfabrication totale »
- 12- **E.P.E / C.N.I.C.**, tome 2, « Système PASH »
- 13- **E.P.E / C.N.I.C.**, tome 3, « Système PASCAL »
- 14- **E.P.E / C.N.I.C.**, tome 4 , « Système COOPAL »
- 15- **E.P.E / C.N.I.C.**, tome 5 ,1ère partie , « Système coffrage outil »
- 16- **E.P.E / C.N.I.C.**, tome 5 , 2ème partie ,« Système coffrage outil »
- 17- **VUILLERME B., RICHAUD H., 2002**, « Chantiers de bâtiment – préparation et suivi, Edition NATHAN technique.