



Institut National Polytechnique
Félix HOUPHOUËT-BOIGNY

bnetd



Cycle Technicien Supérieur

MÉMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

DETERMINATION DE TEMPS UNITAIRES ET CHRONOANALYSE DE LA MISE EN ŒUVRE D'UN OUVRAGE ELEMENTAIRE : CAS D'UNE DALLE PRECONTRAINTE PAR POST-TENSION

Période de stage : Du 18 Novembre 2024 Au 14 Mars 2025

Présenté par : KOUAME Kouadio Marc-Vivien

Elève Technicien Supérieur de 3^{ème} Année

Filière : Génie Civil option Bâtiment et Urbanisme

Encadreur pédagogique

M. ZEOUA TO BI

Enseignant chercheur à L'INPHB

Maitre de stage

M. SILUE SANA

Chef de service des travaux

immobilier et assimilés

Année académique : 2024 - 2025

SOMMAIRE

DÉDICACE.....	III
REMERCIEMENTS.....	IV
AVANT PROPOS.....	V
LISTE DES FIGURES.....	VI
LISTE DE TABLEAUX.....	VII
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS.....	VIII
RÉSUMÉ.....	IX
ABSTRACT	X
INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE : GÉNÉRALITÉS.....	5
CHAPITRE I: PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL	6
I. HISTORIQUE ET STATUT JURIDIQUE DU BNETD	6
II. MISSIONS ET OBJECTIFS DU BNETD.....	8
III. DOMAINES D'INTERVENTION ET ORGANISATION	9
IV. PRESENTATION DU SERVICE D'ACCUEIL	14
CHAPITRE II: GÉNÉRALITÉS SUR LE PROJET	17
I. SITUATION GEOGRAPHIQUE.....	17
II. LES INTERVENANTS AU PROJET.....	19
CHAPITRE III: CONCEPTS DE BASE ET DEFINITIONS DES TERMES TECHNIQUES.....	21
I. DEFINITIONS DES TERMES TECHNIQUES.....	21
II. CONCEPT DE CHRONOANALYSE	24
DEUXIEME PARTIE : CHRONOANALYSE.....	27
CHAPITRE IV: OBJETS D'ETUDE ET MÉTHODOLOGIES	28
I. OBJET D'ÉTUDE.....	28
II. METHODOLOGIE DE PROSPECTION	30
CHAPITRE V: RESULTATS ET ANALYSE DES RESULTATS.....	41
I. RESULTATS	41
II. ANALYSE DES RESULTATS	57
TROISIEME PARTIE : CHRONOANALYSE ET PRODUCTIVITE	63
CHAPITRE VI: IDENTIFICATION DES GOULOTS D'ETRANGLEMENT ET FREINS AU PROCESSUS 64	64
I. IDENTIFICATION DES GOULOTS D'ÉTRANGLEMENT.....	64
II. IDENTIFICATION DES PARAMETRES FREINS AU PROCESSUS	69
CHAPITRE VII: APPROCHES POUR UNE REDUCTION DES TEMPS IMPRODUCTIFS.....	77
I. GOULOTS D'ETRANGLEMENT	77
II. SOLUTIONS AUX FREINS AU PROCESSUS	77
CONCLUSION GENERALE.....	79
BIBLIOGRAPHIE	80
WEBOGRAPHIE.....	81



**DETERMINATION DE TEMPS UNITAIRE ET CHRONOANALYSE DE LA
MISE EN ŒUVRE D'UN OUVRAGE ÉLÉMENTAIRE : CAS D'UNE
DALLE EN BETON PRECONTRAINTE PAR POST TENSION**

bnetd

ANNEXES.....	82
TABLE DES MATIERES.....	84

DÉDICACE

Le présent mémoire est dédié à ma famille, mes amis, mes très chers professeurs, d'ici comme ceux de Chine, ainsi qu'à toute personne qui aura permis de près ou de loin que nous soyons ici en ce jour.

REMERCIEMENTS

Avant toute chose, nous souhaitons exprimer toute notre gratitude au travers de ces remerciements, à ces personnes sans lesquelles le déroulement du stage dont les activités qui ont servi de matière première à la rédaction de ce mémoire, n'aurait été possible.

Nous souhaitons tout d'abord remercier respectivement le corps administratif et professoral de l'Ecole Supérieure des Travaux Publics (ESTP), tout spécialement :

- **Monsieur KONAN Denis**, Directeur de l'ESTP ;
- **Monsieur GNAN Kouassi**, Sous-directeur des enseignements ;
- **Dr. KONAN Gbangbo Rémis**, Enseignant chercheur à l'INPHB Responsable des relations extérieures de l'ESTP ;
- **Monsieur KOUAME**, Inspecteur de filière ;
- **Monsieur ZEOUA TO BI**, Enseignant chercheur à l'INPHB.

Nous tenons ensuite à remercier nos Directeurs, Encadreurs et Professeurs de SHENZHEN POLYTECHNIC UNIVERSITY (SZPU) pour leur dévouement et investissement quant à notre formation, et notre épanouissement social dans ce pays si lointain qu'est la Chine, durant la deuxième moitié de notre cycle d'étude.

Nos remerciements s'adressent enfin respectivement à l'égard de notre entreprise d'accueil, le BNETD ainsi qu'à ADDOHA le promoteur immobilier qui exécute les travaux du projet de construction sur lequel nous avons travaillé pour la coopération tout au long de notre période de stage, tout particulièrement :

- **Monsieur Kinapara COULIBALY**, Directeur Général du BNETD ;
- **Madame NIAMIEN Marie-Thérèse** Directrice du Département Travaux de Bâtiment ;
- **Monsieur SILUE Sana**, Chef de service des travaux de bâtiment ;
- **Monsieur COULIBALY Yaya** Contrôleur sur le site du projet **ANGRE SQUARE**.

AVANT PROPOS

Créée par le décret N°96-678 Du Conseil des ministres du 4 septembre 1996 à partir de 4 grandes écoles déjà existantes, à savoir l'ENSTP (Ecole Nationale Supérieure de Travaux Publics), l'INSET (Institut National Supérieur de l'enseignement Technique), l'ENSA (Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie), l'IAB, (Institut Agricole de Bouaké), L'INPHB comprend onze (11) écoles à savoir :

- l'École Doctorale des Sciences et Techniques de l'Ingénieur (EDP-STI) ;
- l'École Doctorale des Sciences Agronomiques et Procédé de Transformation (EDP-SAPT) ;
- l'École Préparatoire aux Grandes Écoles (EPGE) ;
- l'École Supérieure d'Agronomie (ESA) ;
- l'Ecole Supérieur de l'Aéronautique et du Spatial (ESAS) ;
- l'École Supérieure de Chimie, du Pétrole et de l'Énergie (ESCPE) ;
- l'École Supérieure de commerce et d'Administration des Entreprises (ESCAE) ;
- l'École des Formations Spécialisées et du Perfectionnement des Cadres (ESFPC) ;
- l'École Supérieure d'Industrie (ESI) ;
- l'École Supérieure des Mines et de Géologie (ESMG) ;
- l'École Supérieure des Travaux Publics (ESTP).

L'ESTP a pour mission la formation de techniciens supérieurs et d'ingénieurs dans le domaine du génie civil. Elle est munie de quatre branches internes à savoir les filières Bâtiment et Urbanisme, Route et Transport, Hydraulique et Environnement et Géomètre

La formation des techniciens supérieurs se conclut par la réalisation d'un Projet de Fin d'Etude (PFE). C'est dans ce cadre que nous, étudiants en troisième année de cycle technicien supérieur avons effectué un stage d'une durée de seize (16) semaines au sein du BNETD, au Département Travaux de Bâtiments. Ce rapport rend compte de nos travaux accomplis et activités entreprises durant cette période de stage.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Graphique montrant la progression du BNETD de 1978 à 1996	7
Figure 2 : Situation géographique du BNETD	12
Figure 3 : Organigramme des pôles, cellules et départements du BNETD	14
Figure 4 : Situation géographique du site ANGRE SQUARE.....	17
Figure 5 : Modèle 3D des résidences du projet ANGRE SQUARE.....	18
Figure 6 : Modélisation 3D d'un appartement résidentiel du projet ANGRE SQUARE	19
Figure 7 : Graphique explicatif de la dissection itérative en étapes d'un projet.....	23
Figure 8 : Ferrailage la nappe inferieure de la dalle en béton précontrainte par post-tension	29
Figure 9 : Détail de l'ancrage passif d'un toron de précontrainte.....	29
Figure 10 : Image de tours de coffrage.....	31
Figure 11 : Image de tours de coffrage.....	31
Figure 12 : Ferrailage de la nappe inferieure d'une dalle en béton précontraint par post-tension.....	32
Figure 13 : Ferrailage résistant au poinçonnement au niveau des poteaux	33
Figure 14 : Ferrailage résistant au poinçonnement au niveau des poteaux	33
Figure 15 : Ferrailage au niveau des trémies	33
Figure 16 : Illustration de la pose des dérives d'ancrage.....	34
Figure 17 : Image de l'ancrage actif des torons de précontrainte après insertion	34
Figure 18 : Image de l'ancrage passif des torons de précontrainte après insertion.....	34
Figure 19 : Illustration du bétonnage.....	35
Figure 20 : Graphique de l'évolution chronologique de l'efficiencie de réalisation des planchers	69
Figure 21 : Diagramme d'Ishikawa du plancher 1	72
Figure 22 : Diagramme d'Ishikawa du plancher 2	73
Figure 23 : Diagramme d'Ishikawa du plancher 3	74
Figure 24 : Image illustrative du transport manuel du ferrailage passif.....	76
Figure 25 : Image illustrative du transport manuel du ferrailage passif.....	76

LISTE DE TABLEAUX

Tableau 1 : Résultats de chronométrage plancher 1	42
Tableau 2 : Résultats de chronométrage plancher 2	43
Tableau 3 : Résultats de chronométrage plancher 3	44
Tableau 4 : Quantités de matériaux de coffrage mise en œuvre selon la sous-partie	45
Tableau 5 : Quantités d'acier mise en œuvre selon la sous-partie.	46
Tableau 6 : Quantités de torons mise en œuvre en mètres, selon l'orientation sur le plan.	47
Tableau 7 : Quantité totale de torons mise en œuvre en mètres	47
Tableau 8 : Répartition des surfaces du plancher selon l'épaisseur du plancher a ces surfaces	48
Tableau 9 : Volume total de béton pour un plancher.....	48
Tableau 10 : Résultats de calcul de T.U. par lot de travaux : plancher 1	50
Tableau 11 : Résultats de calcul de T.U. par lot de travaux : plancher 2	51
Tableau 12 : Résultats de calcul de T.U. par lot de travaux : plancher 3.....	52
Tableau 13 : Transposition des unités de T.U. par lot de travaux : plancher 1	54
Tableau 14 : Transposition des unités de T.U. par lot de travaux : plancher 2.....	55
Tableau 15 : Transposition des unités de T.U. par lot de travaux : plancher 3.....	55
Tableau 16 : Tableau final des T.U. par plancher.....	56
Tableau 17 : Analyse statistique des données de temps unitaire : coffrage	57
Tableau 18 : Analyse statistique des données de temps unitaire : ferrailage passif.....	58
Tableau 19 : Analyse statistique des données de temps unitaire : ferrailage actif	59
Tableau 20 : Analyse statistique des données de temps unitaire : bétonnage.....	60
Tableau 21 : Analyse statistique des données de temps unitaire : décoffrage	61
Tableau 22 : Temps unitaire finaux par lot de travaux.....	61
Tableau 23 : Efficience selon le lot de coffrage : plancher 1	65
Tableau 24 : Efficience selon le lot de coffrage : plancher 2	66
Tableau 25 : Efficience selon le lot de coffrage : plancher 3	67
Tableau 26 : Efficience des planchers 1,2 et 3.....	68

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

T.U. : Temps Unitaire

B.P. : Béton Précontraint

BTP : Bâtiment Travaux Publics

BNETD : Bureau National d'Études Technique et de Développement

f_{ck} : Résistance caractéristique à la compression

f_{yk} : Résistance caractéristique à la tension

f_{pk} : Résistance caractéristique à la traction du câble de précontrainte

E_s : Module d'élasticité de l'acier

MCLU : Ministère de la Construction, du Logement et de l'Urbanisme

RÉSUMÉ

Ce mémoire présente une étude approfondie sur le thème de chronoanalyse et la détermination des temps unitaires dans le cadre de la mise en œuvre d'une dalle en béton précontraint par post-tension. Le travail s'inscrit dans une démarche d'optimisation de la productivité dans le secteur du BTP, en réponse aux exigences croissantes de performance économique et de maîtrise des délais sur les chantiers.

L'étude repose sur une méthodologie qui se voulait rigoureuse, comprenant l'observation de terrain, la segmentation des tâches, la collecte et l'analyse de données de chronométrage. Les étapes des lots de travaux de la réalisation de la dalle ont été chronométrées : coffrage, ferrailage passif et actif, bétonnage et décoffrage. Les données collectées ont permis de calculer les temps unitaires.

Nous avons ensuite calculé l'efficacité pour chacun des lots de travaux pour chaque plancher de notre échantillon. Les résultats montrent des écarts significatifs entre les temps bruts et les temps secs, mettant en évidence des périodes d'improductivité dues à des aléas techniques et organisationnels.

Les analyses statistiques (moyenne, médiane, écart-type) ont permis d'identifier les goulots d'étranglement du processus et de proposer des solutions d'optimisation.

Ce travail se veut être une contribution à l'élaboration d'une bibliothèque de temps unitaires adaptée aux réalités des chantiers ivoiriens, et propose l'intégration systématique de la chronoanalyse comme outil d'aide à la décision dans la gestion de projets de construction.

ABSTRACT

This thesis presents an in-depth study on the subject of time analysis (chronoanalyse) and the determination of unit times in the context of constructing a post-tensioned prestressed concrete slab. The work is part of an effort to optimize productivity in the construction sector, in response to growing demands for economic performance and schedule control on construction sites.

The study is based on a methodology intended to be rigorous, including field observation, task segmentation, and the collection and analysis of timekeeping data. The phases of the slab construction work packages were timed: formwork, passive and active reinforcement, concreting, and stripping. The data collected made it possible to calculate unit times.

We then calculated the efficiency for each work package for each floor in our sample. The results show significant differences between gross times and net (or dry) times, highlighting periods of unproductivity caused by technical and organizational disruptions.

Statistical analyses (mean, median, standard deviation) were used to identify bottlenecks in the process and to propose optimization solutions.

This work aims to contribute to the development of a unit time library adapted to the realities of construction sites in Côte d'Ivoire, and proposes the systematic integration of time analysis as a decision-making tool in construction project management.

INTRODUCTION

La qualité des infrastructures mises en place dans un pays est un indicateur pertinent du statut socioéconomique de ce dernier. C'est sans doute fort de ce constat que la Côte d'Ivoire, émergente économiquement, a vu ces dernières années se multiplier les marchés de construction en vue d'ériger entre autres plus d'établissements tels que les hôpitaux, les écoles, ainsi que des logements en réponse à la demande croissante avec la forte démographie. Avec cette floraison d'opportunités qui peut s'apparenter à un véritable minerais, naquirent une multitude d'entreprises qui viendront apporter leur pierre à l'édifice du pays, mais également exploiter le potentiel économique de ces marchés. La concurrence s'accroissant considérablement, il devient dès lors essentiel pour les entreprises qui veulent survivre, d'augmenter au maximum leur productivité et leur rentabilité. En effet pour les entreprises de BTP, ces notions interviennent à tous les niveaux :

- ✧ EN PHASE D'AVANT-PROJET : C'est lors de cette phase que commencent à apparaître les questions de productivité, puisque c'est à ce moment-là qu'ont lieu les premières études technico-financières qui vont permettre de décider si le projet est viable ou non.
- ✧ EN PHASE D'ETUDES : Pour obtenir un marché, les plannings et budgets doivent être optimaux. Un marché ne sera évidemment pas signé si le planning est jugé trop long ou trop coûteux, le coût dépendant en grande partie de la durée des travaux.
- ✧ EN PHASE D'EXECUTION : Une fois le marché obtenu, les plannings et budgets sont ajustés. Ils doivent pouvoir être tenus, voire réduits afin que le chantier soit le plus rentable possible. C'est donc à ce stade que la notion de productivité est la plus présente.
- ✧ EN POST-CHANTIER : Si le planning n'a pas été tenu suite à un problème de conception en amont ou de productivité sur le chantier, des pertes financières peuvent survenir et rendre le chantier non rentable. Il est donc important d'avoir des retours de chantier. A l'inverse si un chantier a été plus rapide que prévu, il est également essentiel d'en comprendre la raison pour éventuellement réitérer ce gain de temps sur des chantiers

similaires.

La notion de productivité qui peut se rapporter à la durée de réalisation d'un projet, est donc omniprésente dans un projet quel qu'il soit. En effet est productif celui qui réalise le plus de tâches en un temps donné, ou une tâche donnée en un minimum de temps. Or, elle découle principalement d'une bonne conception des plannings et budgets dont l'établissement repose sur l'utilisation de ratios se rapportant au chiffre d'affaires des entreprises, qui ne s'accorde généralement pas aux réalités du chantier, causant d'imprécises estimations de la durée de mise en œuvre du projet.

Confronté à cette situation, dans un souci de gestion de temps mais également économique, nous estimons que l'idée d'établissement d'une bibliothèque de temps unitaire, moyennant une chrono-analyse, est une solution qui nous permettrait de nous rapprocher d'un idéal de productivité, nous facilitant la gestion du temps et des ressources financières. Ce rapport énoncera les principes de la méthode de chronoanalyse, ainsi qu'à terme et la prémisse d'une véritable bibliothèque de temps unitaire au travers d'un exemple d'ouvrage élémentaire, la dalle en béton précontraint par post-tension. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre Projet de Fin d'Etude. D'où notre thème : **DETERMINATION DE TEMPS UNITAIRE ET CHRONOANALYSE DE LA MISE EN ŒUVRE D'UN OUVRAGE ÉLÉMENTAIRE : CAS D'UNE DALLE EN BETON PRECONTRAIT PAR POST TENSION**

❖ FORMULATION DE LA PROBLÉMATIQUE

De ce qui précède nous nous sommes interrogés de la manière suivante :

- Quels sont les principes et la méthodologie de la chronoanalyse ?
- Quel est le temps unitaire de mise en œuvre d'une dalle en béton précontraint ?
- Comment réduire au maximum cette valeur du temps unitaire ?

❖ OBJECTIFS DE L'ETUDE

- Objectif général

Notre principal objectif est la présentation et mise à la disposition des bénéficiaires d'un outil fiable répondant aux besoins d'optimisation des délais, gestion des ressources et performances sur le chantier, au travers de l'outil de chronoanalyse.

- Objectifs spécifiques

- la présentation de l'outil de chronoanalyse.
- la chronoanalyse de la réalisation du gros œuvre de la dalle en béton précontraint par posttension.
- la présentation et l'analyse des résultats de la chronoanalyse.
- l'interprétation des résultats et la suggestion de solutions aux potentiels freins aux processus, ainsi que l'identification des goulots d'étranglements dans un souci de productivité.

❖ METHODOLOGIE ET PLAN DE TRAVAIL

- Méthodologie de travail

Pour mener à bien notre étude, nous avons procédé par : des recherches documentaires, des prospections sur le terrain au contact des ouvriers pour collecter et traiter les informations nécessaires pour mieux appréhender le thème.

Notre travail s'articulera autour de trois (3) parties essentielles :

Une première partie Généralité, comportant la présentation notre entreprise d'accueil et du projet dans les grandes lignes, ainsi que des définitions des termes et expressions clés de notre thème.

Une deuxième partie présentant le cadre ainsi que l'ouvrage élémentaire objet de notre étude à savoir la dalle en béton précontraint, ainsi que les méthodes employées et étapes pour la détermination du temps unitaire, et l'analyse des valeurs résultantes.

Une troisième partie présentant l'usage de l'outil de chronoanalyse en vue de déceler les freins au processus et goulots d'étranglement, ainsi que des propositions de solutions en vue d'une optimisation des délais de réalisation de la dalle en béton précontraint.

- Plan de travail

PREMIERE PARTIE : GENERALITES

Chapitre 1 : Présentation de la structure d'accueil

Chapitre 2 : Présentation du projet

Chapitre 3 : Concepts de base et définition des termes techniques

DEUXIEME PARTIE : CHRONOANALYSE

Chapitre 3 : Objet d'étude et méthodologie

Chapitre 4 : Résultats et analyse des résultats

TROISIEME PARTIE : CHRONOANALYSE ET PRODUCTIVITÉ

Chapitre 5 : Identification des goulots d'étranglement et freins au processus

Chapitre 6 : Approches pour une réduction des temps improductifs

PREMIERE PARTIE : GÉNÉRALITÉS

Cette partie s'oriente selon trois axes : **La présentation de la structure d'accueil**, **la présentation du projet** auquel nous avons été affectés pour la réalisation de notre tâche, et **la définition des termes de notre thème** ainsi que d'autre termes plus ou moins techniques que nous rencontrerons dans la suite de notre travail.

CHAPITRE I: PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

Dans ce chapitre nous attèlerons à présenter notre structure d'accueil, le BNETD, commençant par son historique ainsi que son statut juridique, présentant ensuite ses missions et objectifs, ainsi ses domaines d'intervention, à la suite de quoi nous présenterons notre département d'accueil.

I. HISTORIQUE ET STATUT JURIDIQUE DU BNETD

Créée en 1978 sous la forme juridique d'Établissement Public National (EPN), la DCGTx (Direction et contrôle des Grands Travaux) avait pour vocation première le contrôle et la réalisation des grands projets d'investissement dans le secteur des Travaux Publics (TP). Face aux difficultés économiques des années 80, le gouvernement ivoirien a dû se désengager progressivement de la gestion des établissements publics. Néanmoins, pour garder la maîtrise de ses structures, l'Etat Ivoirien opte pour un autre mode de gestion plus tactique par la transformation de ces divers EPN en société d'État avec un capital de 2 000 000 000 FCFA. C'est dans ce contexte qu'en 1994, la DCGTx devient société d'État et change de dénomination en 1996 pour devenir le Bureau National d'Études Techniques et de Développement (BNETD). Grâce à une vaste expérience acquise au fil du temps et une expertise solide dans la réalisation des études et le contrôle des projets d'intérêt public pour la maîtrise des coûts, de la qualité des délais, le BNETD intervient également dans la sous-région. Depuis 2003, l'entreprise exporte son expertise dans de nombreux pays Africains. C'est un pôle d'expertise et un instrument de stratégie et de développement global et multisectoriel, au service de la Côte d'Ivoire et de l'Afrique.

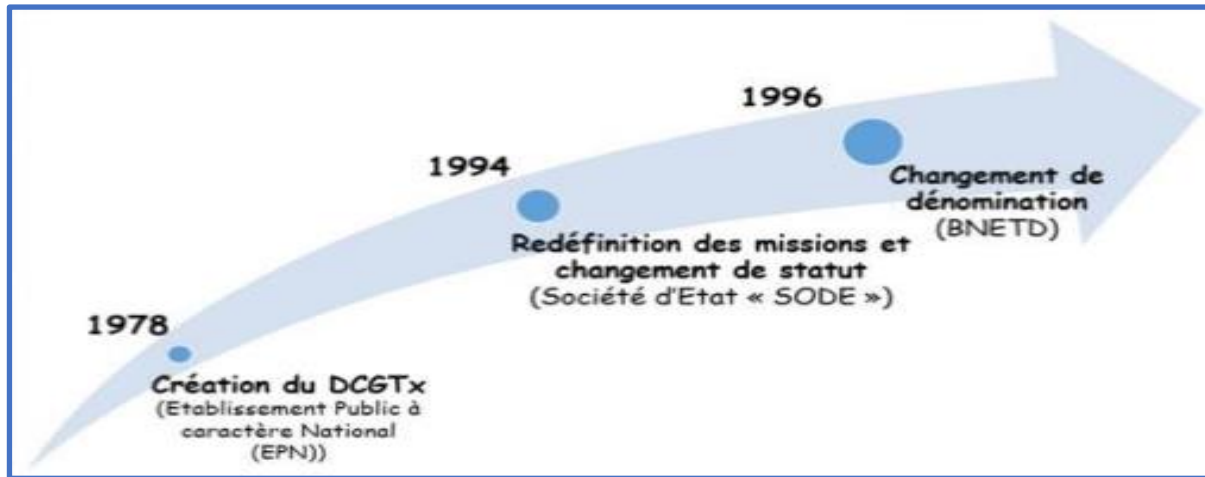


Figure 1 : Graphique montrant la progression du BNETD de 1978 à 1996

(Source : KOFFI Kouadio François, Ingénieur géomètre)

Depuis sa création à aujourd'hui, la direction générale du BNETD a connu de nombreux dirigeants, ce sont messieurs :

- Antoine CESAREO de septembre 1978 à décembre 1989 ;
- Philippe SEREY-EILFFEL de Janvier 1990 à Février 1994 ;
- Tidjane THIAM d'Avril 1994 & Février 1999 ;
- Antoine ADOU de Février 1999 à Novembre 2000 ;
- Ahoua DON MELLO de Novembre 2000 à Avril 2011 ;
- Pascal KRA KOFFI d'Avril 2011 à Décembre 2015 ;
- Kinapara COULIBALY depuis Décembre 2015.

Le BNETD sous la supervision de chacun de ses dirigeants a accompli une multitude de tâches visant à conduire la Cote d'Ivoire au développement et à une gestion plus rigoureuse des ressources Ivoiriennes. Pour répondre à la politique d'émergence Instauré par l'Etat Ivoirien il y a quelques années, le nouveau dirigeant comme ses prédécesseurs tente avec l'aide de ses collaborateurs de maintenir le prestige et la renommée de cette grande structure.

II. MISSIONS ET OBJECTIFS DU BNETD

1. Missions du BNETD

Trois missions essentielles justifient l'existence du BNETD :

a) Concevoir (études et conception)

Le BNETD conçoit des études depuis la réalisation du diagnostic jusqu'à la réalisation du cahier de charges, des plans et/ou schémas directeurs.

b) Superviser

Le BNETD contrôle ou supervise les entreprises chargées de réaliser les projets dans les conditions fixées par le maître d'ouvrage. Il assure la maîtrise d'œuvre en tant que maître d'œuvre ou maître d'ouvrage délégué.

c) Conseiller

Le BNETD intervient, sur demande, pour apporter son expertise en tant qu'assistant à maître d'ouvrage dans le cadre de la réalisation d'un projet en tant que conseil technique, en vue d'une décision importante à prendre dans le cadre d'un investissement. Le BNETD intervient également par le détachement d'experts.

2. Objectifs du BNETD

Au-delà de ses missions, le BNETD s'est assigné les objectifs suivants :

- La décentralisation des responsabilités au sein de son administration et l'accroissement de son autonomie de gestion ;
- Le développement d'activités génératrices de revenus ;
- La bonne maîtrise des coûts et délais dans l'exécution des ouvrages.

III. DOMAINES D'INTERVENTION ET ORGANISATION

1. Domaines d'intervention

Les principaux domaines d'intervention du BNETD sont les suivants :

- ❖ Infrastructures et transports
 - Réalisation des études topographiques ;
 - Etudes géodésiques ;
 - Calculs de structures d'ouvrage d'art ...
- ❖ Agriculture et développement rural
 - Identification de projets,
 - Elaboration et analyse de termes de référence ;
 - Diagnostic et Expertise ...

❖ Environnement, énergie et hydraulique

- Etudes sociologiques ;
- Initiation des projets relatifs à la conservation de la forêt ;
- Réalisation des études d'impact environnemental (EIE) ...

❖ Urbanisme et développement territorial

- Assistance aux collectivités locales ;
- Appui institutionnel et technique ;
- Réalisation des plans d'urbanisme directeur ...

❖ Information géographique et du numérique

- Géodésie ;
- Photogrammétrie ;
- Prises de vues aériennes ;
- Télédétection et systèmes d'informations ;
- Marchés et affaires juridiques ;
- Réglementation (procédures, approbation) ;
- Passation des marchés de travaux et équipements (construction, aménagement/infrastructures équipement/ publications des offres) ;
- Elaboration des prix (coûts et délais / indices et variations de prix) ...

❖ Innovations et développement de projet

- Diagnostic des organisations et fonctionnement des structures ;
- Réalisation d'études préalables et ou de faisabilité...
- Optimisation et rédaction des procédures et ou de faisabilité...

❖ Industrie, énergie et mines

- Conseil d'achat et assistance à la maintenance ;
- Diagnostic opérationnel ;

– Appui à la mobilisation de financements...

❖ Construction et équipements publics

- Etudes architecturales ;
- Etudes techniques ;
- Maintenance des équipements et ouvrages...

❖ Communication et marketing

- Elaboration de plan d'affaires ;
- Etude de marché et de la concurrence...

En définitive, depuis plus de 30 ans, le BNETD a capitalisé une longue et riche expérience qui fait de lui, la structure privilégiée qui assiste le gouvernement Ivoirien dans ses réflexions stratégiques.

Depuis quelques années, le BNETD intervient aussi dans des pays de l'Afrique occidentale et de l'Afrique centrale.

2. Organisation du BNETD

Situé à Abidjan dans la commune de Cocody, en bordure de la lagune Ebrié, avec une vue superbe sur la commune du plateau le BNETD dispose d'un effectif total de plus de 1050 agents dont 509 cadres de haut niveau.

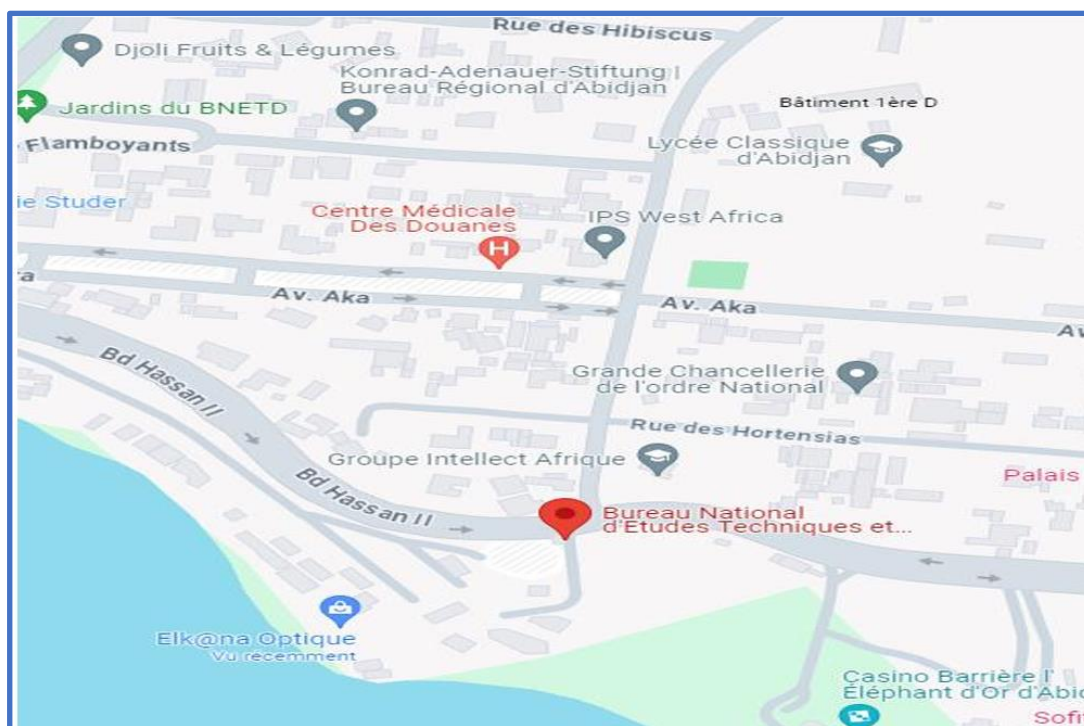


Figure 2 : Situation géographique du BNETD

(Source : GOOGLE MAPS)

À l'instar de toutes les sociétés d'État Ivoiriennes actuelles, le BNETD est administré par une haute direction composée d'un conseil d'Administration, d'une Direction, d'un secrétariat, des Directeurs et des conseillers Techniques.

En termes d'organisation, le BNETD est subdivisé en pôles, Départements et services.

Une mission bien déterminée est assignée à chacune de ces entités qui possèdent les compétences requises pour réaliser les objectifs du Bureau. Les pôles du BNETD sont au nombre de quatre (04) et comprennent : -

- ◆ Le pôle transports, infrastructures et environnement ;
- ◆ Le pôle bâtiment et aménagement territorial ;
- ◆ Le pôle agriculture, information géographique et numérique ;
- ◆ Le pôle innovation et développement international.

Les Départements du BNETD, au nombre de seize (16) peuvent être classés en deux

(02) grands groupes qui sont les départements d'appuis et les départements d'opération.

❖ Les départements d'appuis comprennent :

Le département logistique et systèmes d'information (DLSI) ;

Le département marchés et affaires juridiques (DMAJ) ;

Le département contrôle interne et audit (DCIA) ;

Le département finance et comptabilités (DFC) ;

Le département ressources humaines (DRH).

❖ Les départements opérationnels comprennent :

Le département études de transports et infrastructures (DETI) ;

Le département travaux d'infrastructures de transports (DTIT) ;

Le département environnement, énergies et hydraulique (DEEH) ;

Le département urbanisme et développement territorial (DUDT) ;

Le département études de bâtiments (DEB) ;

Le département travaux de bâtiments (DTB) ;

Le département information géographique et numérique (DIGN) ;

Le département agriculture et développement rural (DADR) ;

Le département innovations et développement de projets (DIDP) ;

Le département développement international (DDI) ;

Le département économie, finances et industrialisation (DEFI).

IV. PRESENTATION DU SERVICE D'ACCUEIL

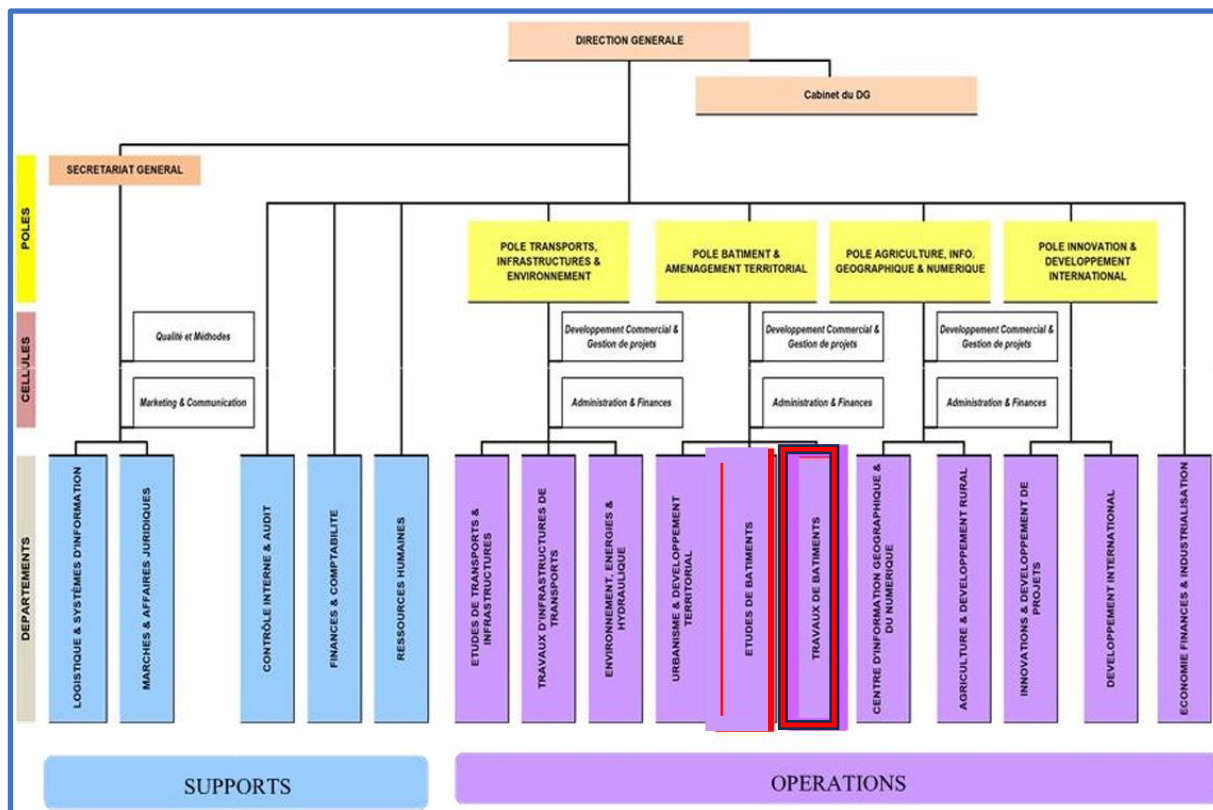


Figure 3 : Organigramme des pôles, cellules et départements du BNETD

(source : Memoire Ekon SEKA Othniel Andre)

Le Département Travaux de Bâtiment (DTB) dirigé par Madame Marle Thérèse NIAMEN est l'un des départements du Pole Bâtiment el Aménagement Territoriale (PBAT), il a pour mission principale le suivi et le contrôle des travaux de bâtiment et des programmes associés en relation avec le PBAT et les structures rattachées. La tâche du DTB en matière de suivi et de contrôle consiste à s'assurer du respect des normes de construction, de la qualité, du coût, des délais et des règles d'urbanisations lors des travaux de réalisations des bâtiments (réhabilitation et construction neuve). Il joue aussi le rôle de conseiller auprès du gouvernement ivoirien, des investisseurs et d'autres maîtres d'œuvres.

Le DTB désireux de mener à bien ses missions, se subdivise en plusieurs services :

1. La Direction du Département

C'est l'organe privilégié du département chargé d'assurer la planification et la surveillance de toutes les prestations de suivi et contrôle des travaux de bâtiments et autres programmes associés, ses responsabilités portent sur toutes les phases d'exécutions du processus de suivi et de contrôle. Il comprend entre :

- Une phase de préparation

Cette phase permet au DTB de :

- S'assurer de l'identification des ressources humaines et matérielles nécessaires à la réalisation des missions qui lui seront confiées ;
- Déterminer les besoins en formation nécessaires à ses agents et s'assurer de sa prise en compte ;
- Contribuer à la définition et la réalisation des objectifs du pôle en rapport avec les travaux de bâtiments et des programmes associés.

- Une phase d'exécution

Cette cellule offre une phase de préparation pendant laquelle elle s'assure d'identifier les ressources humaines et matérielles nécessaires à la réalisation de sa mission, ainsi que la détermination des besoins en formation de ses agents. Cette phase est suivie de la phase d'exécution qui permet d'assurer la mobilisation de ressources humaines et financières, la coordination et l'évaluation des tâches puis définit des actions d'amélioration. La phase d'exécution veille aussi au respect des clauses contenues dans le ou les contrats.

2. Le Service Programme Santé

Le rôle de ce service est d'assurer le contrôle au niveau des projets de construction du domaine de la santé tels que les hôpitaux, les centres de santé, les centres hospitaliers.

3. Le Service Programme Education

Le rôle de ce service est d'assurer le contrôle au niveau des projets de construction du domaine de l'éducation tels que les lycées et les collèges.

4. Le Service de Contrôle de Travaux Complexes

Ce service a pour rôle de veiller au bon déroulement des activités de suivi et de contrôle liés à des ouvrages d'une importance exceptionnelle (stade, centre de contrôle numérique, etc...)

5. Le Service Contrôle Travaux Immobilier et Assimilés

Ce service permet la coordination des activités de suivi et de contrôle des travaux immobiliers, le respect des délais, de la qualité et des coûts, ainsi que la mise à niveau des agents sur le chantier, et le développement de l'expertise à l'aide d'utilisation d'outils modernes.

Au regard de la liste non exhaustive de ses missions, il ressort avec assez d'évidence que le DTB est le département d'accueil convenable afin d'accomplir notre tâche à savoir l'étude sur le thème : « **DETERMINATION DE TEMPS UNITAIRE ET CHRONOANALYSE DE LA MISE EN ŒUVRE D'UN OUVRAGE ÉLÉMENTAIRE : CAS D'UNE DALLE EN BETON PRECONTRAINTE PAR POST TENSION** ».

Nos structure et départements d'accueil étant présentés, nous pouvons maintenant passer à au chapitre suivant, donnant les généralités sur notre projet d'accueil.

CHAPITRE II: GÉNÉRALITÉS SUR LE PROJET

Ce chapitre présente les généralités sur notre projet d'accueil, c'est-à-dire le projet sur lequel nous avons été affectés afin de répondre aux problématiques de notre thème.

I. SITUATION GEOGRAPHIQUE

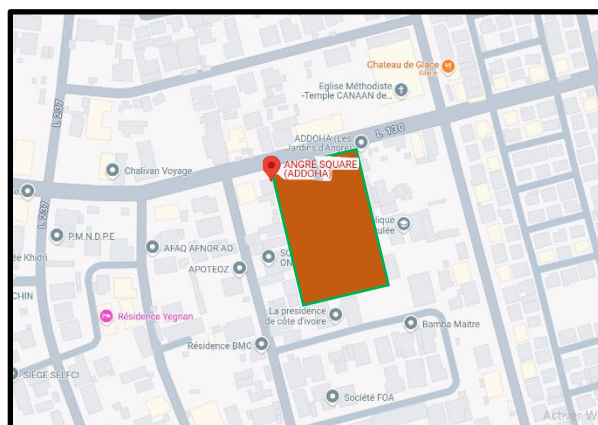


Figure 4 : Situation géographique du site ANGRE SQUARE

Situé à Angré en plein cœur de la capitale, dans la commune de Cocody, s'étendant sur une surface de **1 hectare** le projet ANGRE SQUARE est un projet résidentiel qui propose des appartements de standing à la fois citadins et entourés d'espaces verts, ainsi qu'un vaste parking sous terrain titré.



Figure 5 : Modèle 3D des résidences du projet ANGRE SQUARE
(Source : Site officiel du promoteur immobilier ADDOHA)

Les résidences du projet compteront au final un complexe de six bâtiments R+8 nommés selon les six premières lettres de l'alphabet, de A à F donc, comprenant :

- Deux (02) appartements à deux (02) pièces
- Deux (106) appartements à deux (03) pièces
- Deux (102) appartements à deux (04) pièces
- Deux (68) appartements à deux (05) pièces

Un total donc de 278 appartements



Figure 6 : Modélisation 3D d'un appartement résidentiel du projet ANGRE SQUARE

(Source : Site officiel du promoteur immobilier ADDOHA)

Profitant d'une situation privilégiée de par son emplacement. Angré Square est la nouvelle référence urbaine à Abidjan. Le projet accueille aussi des boutiques qui raviront les résidents et les habitants de la capitale.

II. LES INTERVENANTS AU PROJET

1. Entreprise exécutante

Fondée par le promoteur immobilier Anas SEFRIOUI en 1988, l'entreprise exécutante est le Promoteur immobilier ADDOHA.

2. Maître d'œuvre

L'entreprise qui assure la maîtrise d'œuvre est le **BNETD** moyennant ses agents du **Département des Travaux de Bâtiment** et plus précisément du **Service Projets Immobiliers**

Et Assimilés.

3. Bureau de contrôle interne

Fondée en 1828, entreprise française spécialisée dans les essais, l'inspection, l'audit, et la certification. Elle est active dans le bâtiment, les infrastructures, l'agroalimentaire, les matières premières, la marine, la navigation, l'industrie et les biens courants **Bureau Veritas** est le bureau de contrôle désigné pour notre projet.

4. Maitre d'ouvrage

Le maitre d'ouvrage du projet ANGRE SQUARE est le **Ministère de la Construction du Logement et de l'Urbanisme**.

Les grandes lignes de notre projet ayant été présentées nous pouvons passer au chapitre suivant, listant les définitions des termes techniques et des concepts importants à saisir pour une bonne compréhension de la suite de notre travail.

CHAPITRE III: CONCEPTS DE BASE ET DEFINITIONS DES TERMES TECHNIQUES

Dans ce chapitre il s'agira pour nous de donner les définitions des termes techniques nécessaires pour pleinement comprendre notre thème, ainsi que des termes importants à comprendre pour la suite de notre travail.

I. DEFINITIONS DES TERMES TECHNIQUES

1. Temps unitaire

Afin de cerner véritablement le concept de temps unitaire., il faut dans un premier temps s'attarder à définir les notions de temps de réalisation brut, sec et de temps improductif :

Les temps de réalisation bruts se rapportent aux durées pendant lesquelles l'on est censé travailler, et les durées de réalisation sèches, sont celles pendant lesquelles l'on travaille effectivement, à accomplir une tâche donnée.

Les temps improductifs correspondent à la différence entre les valeurs de temps de réalisation brut et sec. Le temps qui devrait être investi à une tâche donnée mais qui ne l'est pas. Il peut s'agir par exemple de temps perdu à cause d'aléas extérieurs (panne de matériel, de grue, mauvais temps, problème de livraison, etc.)

Les temps unitaires, quant à eux, correspondent aux temps de réalisations « secs » se rapportant à l'unité de main d'œuvre et de mètre carré.

Voici ci-dessous la formule du temps unitaire :

$$T_u = \frac{n \times D}{Q}$$

D : La durée de réalisation sèche.

n : Nombre d'ouvriers

Q : Quantité de matériaux mise en œuvre

2. Chronoanalyse

La **chronoanalyse** dans le domaine du BTP (Bâtiment et Travaux Publics) est une méthode d'analyse qui vise à optimiser les processus de construction en examinant le temps nécessaire pour réaliser chaque tâche ou étape d'un projet. Elle s'inscrit dans une démarche d'amélioration continue, de maîtrise des délais, des durées, et de réduction des coûts.

3. Ouvrage élémentaire

Un ouvrage élémentaire est la plus petite partie de l'ouvrage qui se distingue par la forme très particulière de la technique utilisée pour le réaliser et par sa fonction. Par voie de conséquence un ouvrage élémentaire nécessite une main d'œuvre, des matériaux et parfois des matériels qui lui sont propres

Exemple : Un poteau, une poutre, une dalle en béton précontraint par post tension

4. Béton précontraint par post tension

Le béton précontraint par post-tension est un matériau composite qui introduit des efforts de compression dans une structure en béton après sa mise en place et son durcissement. Cette méthode améliore la résistance du béton aux efforts de traction et réduit les risques de fissuration.

Il constitue une véritable révolution dans le domaine de la construction. Introduit au XXI^{ème} siècle, notamment grâce aux travaux d'EUGENE FREYSSINET il a pour avantage de permettre la mise en œuvre de structures de grande portée avec une épaisseur de plancher réduite et pas ou peu de poutres. Il améliore la résistance aux charges et réduit la nécessité de

piliers intermédiaires, permettant ainsi une plus grande flexibilité, plus de possibilités, sur le plan architectural.

5. Ferraillage passif et ferraillage actif

- Ferraillage passif : Il s'agit des armatures dont l'intervention sur le plan des forces internes peut se résumer à une résistance.
- Ferraillage actif : Il s'agit des armatures qui appliquent des forces au système de la dalle, cas des torons de précontrainte. Ils appliquent au plancher sur force de tension qui permet de soustraire les poutres de la liste des ouvrages élémentaires d'un ouvrage donné.

6. Lots de travaux

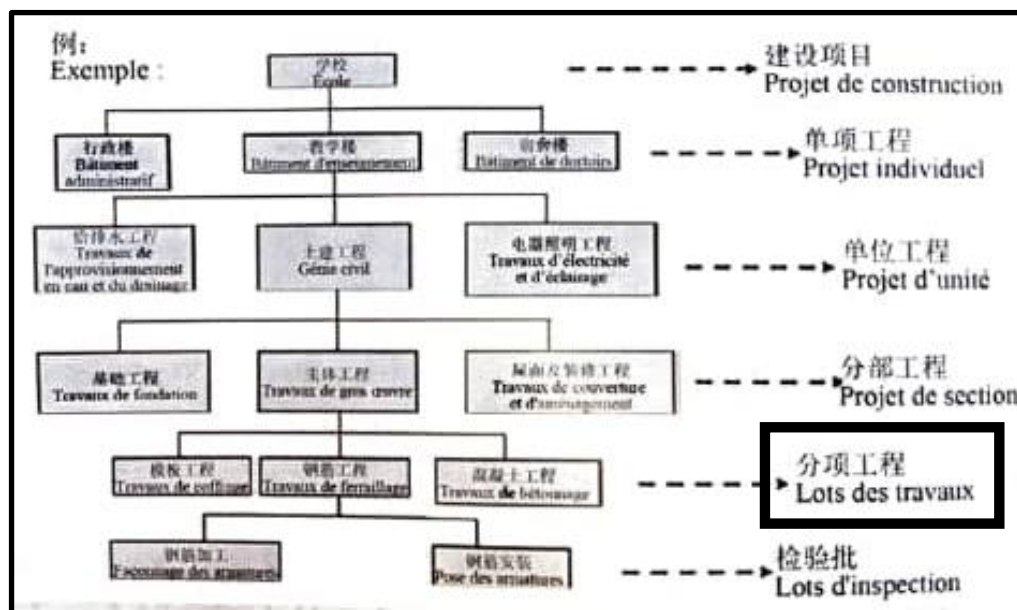


Figure 7 : Graphique explicatif de la dissection itérative en étapes d'un projet
(Source : COURS D'ORGANISATION ET GESTION DE CHANTIER (CHEN LAOSHI))

Il s'agit des travaux qui touchent aux corps d'état principaux collaborant à la réalisation d'un ouvrage élémentaire. Dans notre cas c'est-à-dire le gros œuvre il s'agit des travaux de

ferraillage, coffrage de bétonnage, de décoffrage etc.

7. Productivité

La productivité est la mesure d'efficacité avec laquelle des ressources (main d'œuvre, matériaux, équipement, temps...) sont utilisées pour la réalisation.

8. Ancrage passif et ancrage actif

- **Ancrage actif** : Il s'agit de l'extrémité extérieure du toron, celle à laquelle on applique la force de tension.
- **Ancrage Passif** : Il s'agit de l'extrémité du toron interne à la dalle. Accrochée au béton elle oppose une résistance à la mise en tension du toron.

II. CONCEPT DE CHRONOANALYSE

Dans cette partie nous développer un peu plus sur le sujet de la chronoanalyse, énumérant les caractéristiques de notre outil d'analyse, à savoir sa méthodologie d'application ses objectifs, les outils qui lui sont nécessaires voire indispensables, et enfin ses avantages.

1. Méthodologie d'analyse

1. **Observation sur site** : Étudier les pratiques actuelles en suivant le déroulement des opérations sur le terrain.
2. **Segmentation des activités** : Découper le projet en étapes ou tâches élémentaires pour analyser chaque opération dans le détail.
3. **Collecte de données** : Utiliser des outils tels que des chronomètres, des

enregistrements vidéo, pour mesurer les temps. Identifier et mesurer précisément le temps unitaire nécessaire pour accomplir chaque tâche ou activité, en distinguant les phases actives (production) des temps d'attente ou improductifs.

4. **Analyse des données** : Moyennant des outils statistiques, procéder à l'analyse des résultats de chronométrages.
5. **Identification des goulots d'étranglement** : Détecter les points où des retards ou inefficiences se produisent fréquemment, pour mieux les gérer ou les éliminer.
6. **Standardisation des processus** : Après analyse, établir des normes de temps pour chaque tâche, permettant de définir des cadences de travail optimales. Recommander des changements, comme l'ajustement des méthodes de travail, la réorganisation des équipes, ou l'utilisation de nouveaux équipements.
7. **Suivi et ajustement** : Mettre en place des indicateurs pour mesurer l'efficacité des modifications et ajuster les pratiques en conséquence.

2. Objectifs de la Chrono analyse dans le BTP

- **Réduction des délais et maîtrise les délais** ; Optimiser les processus pour livrer les projets plus rapidement.
- **Maîtrise des coûts** : Minimiser les pertes de temps, souvent synonymes de dépenses supplémentaires.
- **Amélioration de la productivité** : Identifier et implémenter les meilleures pratiques.
- **Anticipation des imprévus** : Prévoir les impacts des retards sur le calendrier global du projet.

3. Outils et Techniques

- **Diagrammes de Gantt** : Pour visualiser les étapes d'un travail et leur ordre dans le temps.

- **Chronomètre** : Afin de mesurer efficacement les durées des étapes du processus

4. Avantages de la Chronoanalyse

- **Optimisation des ressources** : Une meilleure répartition du personnel, des matériaux, et des équipements ou machine en vue d'un meilleur rendement.
- **Qualité accrue** : Une exécution plus fluide réduit les risques d'erreurs ou de malfaçons.
- **Compétitivité renforcée** : Des délais mieux maîtrisés augmentent la satisfaction client et la rentabilité.

La chronoanalyse dans le domaine de la construction est un levier puissant pour maximiser l'efficacité dans la réalisation des projets tout en respectant les contraintes de temps et de budget. Maintenant que nous en avons les grands principes nous pouvons passer à l'application de ces derniers dans la prochaine partie.

DEUXIEME PARTIE : CHRONOANALYSE

Dans cette partie, notre travail consistera, après présentation de notre objet d'étude, à savoir la dalle en béton précontraint par post tension, et des méthodes concrètes que nous utiliserons à chaque étape, à suivre les premières étapes de la chronoanalyse.

CHAPITRE IV: OBJETS D'ETUDE ET MÉTHODOLOGIES

Sous ce chapitre notre tâche sera de présenter notre objet d'étude, ainsi que les méthodologies que nous emploierons à chacune des étapes mentionnées au chapitre précédent.

I. OBJET D'ÉTUDE

Afin de mener à bien notre analyse nous procéderons premièrement à faire une présentation des caractéristiques techniques de l'ouvrage élémentaire soumis à notre étude ainsi que de son processus de mise en œuvre.

L'ouvrage élémentaire objet de notre chronoanalyse est la dalle en béton précontraint par post-tension. Avec une épaisseur de 23 centimètres, et de 19 au niveau des balcons et salles d'eau, elle couvre une surface totale de 791,17 m².

Présentons-en maintenant les caractéristiques techniques :

1. BETON

Résistance à la compression (cylindre) du béton a 28 jours, $f_{ck}(28) = 35 \text{ MPa}$

Resistance à la mise en tension du béton, $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$

2. ACIER PASSIF (ACIER A HAUTE ADHERENCE)



Figure 8 : Ferrailage la nappe inferieure de la dalle en béton précontrainte par post-tension

Resistance à la mise en tension : $f_{ck} = 500 \text{ MPa}$

L'enrobage est de 25 mm

3. ACIER ACTIF (ACIER DE POST-CONTRAINTE)

Il s'agit de torons à sept fils à très basse relaxation.



Figure 9 : Détail de l'ancrage passif d'un toron de précontrainte

- ❖ DIAMÈTRE = 12,5 mm
- ❖ $E_s = 195000 \text{ MPa}$
- ❖ $f_{pk} = 1860 \text{ MPa}$
- ❖ TENSION A L'ORIGINE = $0.78 f_{pk} = 1451 \text{ MPa}$
- ❖ COEFFICIENT DE FROTTEMENT EN COURBE = $0,20 \text{ rad-1/}$
- ❖ COEFFICIENT DE PERTE DE TENSION = $0,007 \text{ m-1/}$
- ❖ PERTE PAR REcul D'ANCRAGE = 6 mm

Les allongements préalables des câbles sont définis avant la mise en tension

Notre ouvrage élémentaire étant présenté, procédons à la l'exposition des étapes de notre chronoanalyse.

II. METHODOLOGIE DE PROSPECTION

Dans cette partie nous montrerons notre méthodologie de collecte des données pour notre chronoanalyse, et de détermination de notre temps unitaire.

1. Observation sur site : Étudier les pratiques actuelles en suivant le déroulement des opérations sur le terrain.

Nous avons commencé par suivre les travaux de réalisation d'une dalle en béton précontraint afin d'en saisir les différentes étapes de mise en œuvre. Il s'agissait du niveau 7 de l'immeuble F du site. Considérant les différents lots des travaux nous en avons déduit le séquençage suivant :

a) TRAVAUX DE COFFRAGE

❖ POSE DES TOURS ET DES POUTRELLES

Le coffrage est mis en place selon les dimensions de la dalle.

Des tours et étais sont installés pour supporter le poids du béton frais et des équipements avant la précontrainte.

Ils doivent être solides et bien répartis pour éviter toute déformation du coffrage.



Figure 11 : Image de tours de coffrage



Figure 10 : Image de tours de coffrage

❖ POSE DES PLANCHES DE CONTREPLAQUÉ

Il s'agit de la confection du moule même du béton, la partie du coffrage qui est en contact direct avec ce dernier et lui donnera sa forme, à la différence des deux éléments de coffrage précédents, qui servent de soutien.

b) TRAVAUX DE FERRAILLAGE PASSIF

❖ LES NAPPES :



Figure 12 : Ferrailage de la nappe inférieure d'une dalle en béton précontraint par post-tension

Il s'agit d'une partie ferrailage passif de la dalle. Il y en a de deux types, la nappe supérieure et la nappe inférieure.

Pour le ferrailage des nappes de nos dalles, les spécifications techniques sont les suivantes :

- Nappe supérieure : HA 10 @400mm
- Nappe inférieure : HA 10 @200mm

❖ LES RENFORTS :

AUX POINTS DE POINÇONNAGE : Il s'agit de renforts permettant une résistance au cisaillement et à la tension dues au poinçonnement. Les efforts de cisaillement étant maximaux au niveau des appuis de la dalles (les poteaux et le chainage de la cage d'escalier etc.)

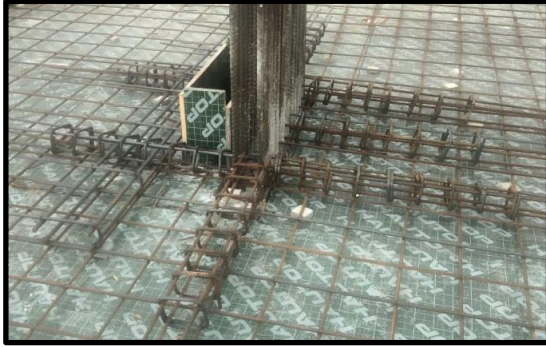


Figure 13 : Ferrailage résistant au poinçonnement au niveau des poteaux



Figure 14 : Ferrailage résistant au poinçonnement au niveau des poteaux

AU NIVEAU DES TREMIES DANS LE PLANCHER : Il s'agit du ferrailage suivant les spécifications techniques autour des discontinuités dans le plancher.



Figure 15 : Ferrailage au niveau des trémies

c) TRAVAUX DE FERRAILAGE ACTIF

❖ INSTALLATION DU SYSTEME DE PRECONTRAINTE :

Les dérives d'ancrage et les gaines (en aluminium dans notre cas) sont installées selon le tracé défini sur les plans.



Figure 16 : Illustration de la pose des dérives d'ancrage

Elles sont fixées selon un plan d'implantation à l'armature et au coffrage et maintenues en position à l'aide de supports ou de cales.

Cette étape est très importante car un mauvais positionnement des gaines peut compromettre la précontrainte.

Une fois les gaines implantées dans les dérives d'ancrage, elles-mêmes implantées dans le coffrage, les câbles de précontrainte y sont insérés.



Figure 18 : Image de l'ancrage passif des torons de précontrainte après insertion



Figure 17 : Image de l'ancrage actif des torons de précontrainte après insertion

Des tubes sont insérés à chaque extrémité des gaines.

Des bouchons en polyuréthane sont ensuite placés aux extrémités pour empêcher l'infiltration du béton.

❖ MISE EN TENSION DES CABLES DE PRECONTRAINTE

Cette partie du travail se fait une dizaine de jour après le bétonnage.

À l'aide de vérins hydrauliques, ils sont tendus progressivement à la force précalculée.

Une fois la tension atteinte, les câbles sont bloqués aux extrémités extérieures à l'aide d'ancrages.

Une surveillance est nécessaire pour éviter une rupture brutale des câbles.

d) TRAVAUX DE BÉTONNAGE

❖ BÉTONNAGE

Il s'agit du coulage du béton. Moyennant plusieurs toupies pour le transport du béton jusqu'au chantier puis une pompe à béton pour son transport sur le chantier, jusqu'au niveau du coffrage, le béton est coulé, vibré, puis lissé.

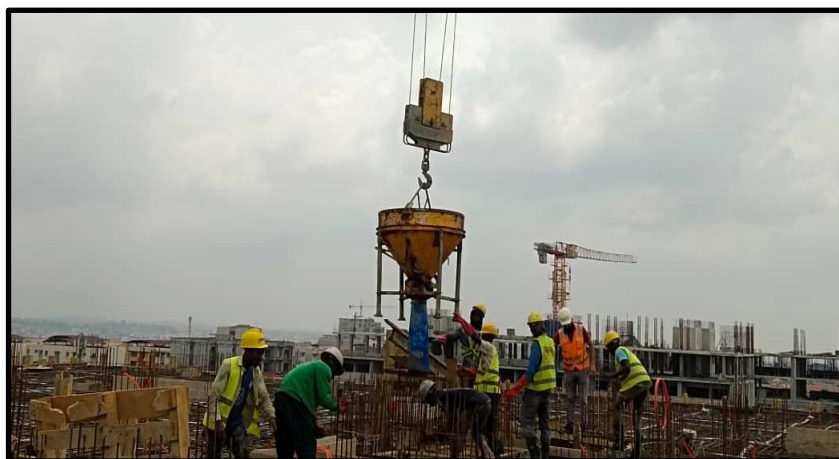


Figure 19 : Illustration du bétonnage

e) TRAVAUX DE DECOFFRAGE

Il s'agit dans cette partie qui conclut le processus de la mise en œuvre de notre dalle en BP, d'en retirer le coffrage, commençant par les rives, ensuite les poutrelles et enfin les tours.

Elle se réalise à un stade suffisamment avancé de la cure du béton. Dans notre cas, le décoffrage se fait dix (10) jours après le bétonnage.

2. Collecte de données

Les données dont nous iront à la quête sur le terrain sont, par lot des travaux, le nombre de ouvriers affectés et les temps de réalisation brut et sec dont ils auront disposé, ainsi que d'une autre information, à savoir la quantité de matériaux mis en œuvre.

a) Nombre d'ouvriers (n)

Le nombre d'ouvriers variant constamment pour certaines activités comme la pose des tours poutrelles, nous avons décidé de considérer comme nombre d'ouvrier la moyenne du nombre de travailleurs lors des pics d'activité. Également les ouvriers n'étant pas catégorisés selon leur expertise sur le chantier, nous considérerons qu'ils possèdent tous la même le même niveau d'expertise.

b) Le temps de réalisation brut, temps de réalisation net, et temps improductif

Nous déterminons la durée espaçant les instants de début et de fin de travaux durant les heures de travail standard. Il s'agit du temps de réalisation brut.

Nous déterminons la durée de temps effectivement dédiée à la tâche, il s'agit de notre temps de notre temps de réalisation net. L'amplitude entre ces deux valeurs représente le temps improductif.

Dans cette partie la durée qui nous importera le plus est la durée de réalisation nette (D). Les deux autres valeurs susmentionnées nous seront plus utiles lors de notre analyse, et dans notre troisième partie.

Nous allons maintenant préciser les étapes que nous considérerons dans notre chronométrage par lot des travaux :

TU de coffrage :

Il comprend

- Transport depuis la zone de stockage (ou de décoffrage)
- Pose, stabilisation, fixation
- Montage

T.U. Ferrailage :

Il comprend

- Transport depuis la zone de stockage
- Pose, façonnage et assemblage

T.U. Bétonnage :

Il comprend :

- Coulage
- Vibrage
- Lissage

T.U. Décoffrage :

Il comprend :

- Retrait des contreplaques
- Desserrage des tours de coffrage
- Retrait des poutrelles

Il ne comprend pas

- Transport à la zone de stockage (ou de coffrage)

c) La quantité (Q) de travail

Il s'agira dans cette partie de déterminer la quantité de matériaux mis en œuvre par lot des travaux.

La surface couverte par la dalle pour le coffrage en m²

La masse totale des aciers mis en œuvre pour le ferrailage passif, en kilogrammes

Le volume total de béton coule, en m³.

A partir de ces informations nous détermineront le temps unitaire de chaque sous travail élémentaire, par échantillon de dalle, moyennant la formule suivante que nous rappelons :

$$T_u = \frac{n \times D}{Q}$$

D : La durée de réalisation sèche.

n : Nombre d'ouvriers

Q : Quantité de matériaux mise en œuvre

Ces nouvelles données acquises, nous pourront passer à la prochaine étape, l'analyse.

3. Analyse des données : Moyennant des outils statistiques, procéder à l'analyse des résultats de chronométrages)

Dans cette partie nous allons, moyennant les outils statistiques que nous allons présenter, analyser les résultats des calculs de temps unitaire par sous travail élémentaire. Les caractéristiques de la table de données que nous mettrons en relief sont les suivantes :

a) La moyenne :

$$\bar{x} = \frac{\sum n_i x_i}{n}$$

b) La médiane :

La valeur centrale du tableau des valeurs organisées dans l'ordre croissant ou décroissant. Elle représente une valeur moyenne indifférente aux extrêmes inhabituels, aux valeurs qui s'écartent d'un paternel de proportionnalité. Elle permet, moyennant l'amplitude avec la valeur de la moyenne, de savoir dans certains cas le positionnement des valeurs influençant le plus moyenne.

N étant le nombre d'échantillons :

Si N est impaire la médiane est simplement la $(N+1)/2$ ième valeur du tableau.

Si N est pair la médiane correspond à la moyenne des $N/2$ et $N/2+1$ ièmes valeurs

Nous avons un échantillon de 3 valeurs par données recherchées, correspondant aux trois planchers que nous avons investigués.

c) L'écart type :

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} [\sum n_i (x_i - \bar{x})^2]}$$

Il nous permet de savoir l'étalement des données autour de la moyenne, savoir si les valeurs sont proches les unes des autres et de la moyenne ou si au contraire elles ont tendance à fluctuer sur une range plus ou moins large.

d) Maximum/Minimum et amplitude :

Les valeurs maximale et minimale nous permettront de déterminer la largeur de la range des valeurs. L'amplitude se rapporte à la valeur absolue de la différence entre ces deux valeurs.

Notre méthodologie d'analyse étant présentée, passons la présentation des résultats de prospection des données et à l'analyse effective de ces données

CHAPITRE V: RESULTATS ET ANALYSE DES RESULTATS

Afin de déterminer une valeur plus précise du temps unitaire de réalisation du gros œuvre d'une dalle en béton précontraint par post-tension, nous avons décidé de chronométrer les étapes de plusieurs différents planchers.

Les planchers dont nous avons suivi la mise en œuvre sont au nombre de trois. Il s'agit plus précisément des niveaux 7 de l'immeuble E, et 8 des immeubles F et E, respectivement considérés plancher 1, 2 et 3. Les immeubles E et F étant jumeaux, et les planchers de niveaux 5 à 8 étant de mêmes caractéristiques, nos trois planchers possèdent les mêmes caractéristiques.

Il convient également de préciser que les ouvriers n'étant pas catégorisés selon leur expertise sur le chantier, nous considérerons qu'ils possèdent tous le même niveau d'expertise.

Nous procéderons à la présentation des résultats dans l'ordre chronologique de mise en œuvre, commençant par présenter les nombres de personne et durées de réalisation sèches et brutes et de temps improductif, avant d'ensuite présenter nos calculs de détermination des quantités (Q) de travail, et enfin nos calculs de temps unitaire par lots de travaux, puis par plancher et enfin le temps unitaire final.

I. RESULTATS

1. DUREES DE REALISATION BRUTE, SECHE ET TEMPS IMPRODUCTIF

a) PLANCHER 1 (7-E)

Tableau 1 : Résultats de chronométrage plancher 1

	SOUS-PARTIES	NOMBRE D'OUVRIERS	DUREE DE REALISATION SECHE (HEURES)	DUREE DE REALISATION BRUTE (HEURES)	DUREE DE TEMPS IMPRODUCTIF (HEURES)
COFFRAGE	TOURS ET POUTRELLES	15	36	42	6
	CONTREPLAQUES	11	32	37	5
FERRAILLAGE PASSIF	NAPPE SUPÉRIEURE	5	17	22	5
	RENFORTS	3	42	48	6
	NAPPE INFÉRIEURE	8	24	28	4
FERRAILLAGE ACTIF	TRAVAUX RELATIFS AUX TORONS DE PRECONTRAINT	4	14	17	3
BETONNAGE	COULAGE ET SURFACAGE	13	7	7	0
DÉCOFFRAGE	DECOFFRAGE	9	23	31	8

Commentaire (Coffrage) : Les ouvriers travaillant pour la pose des tours et des poutrelles se mêlant les uns aux autres constamment et passant d'une activité à l'autre, nous avons décidé de considérer ces deux étapes comme une seule et même activité.

Commentaire (Ferrailage actif) : Etant donné que ce n'est qu'une seule et même équipe qui a participé à toutes les étapes et qu'elles se chevauchaient dans la chronologie nous avons décidé de présenter cette étape comme une seule.

Les commentaires relatifs aux données de ce plancher sont valables pour les deux prochains.

b) PLANCHER 2 (8-F)

Tableau 2 : Résultats de chronométrage plancher 2

	SOUS-PARTIES	NOMBRE D'OUVRIERS	DUREE DE REALISATION SECHE (HEURES)	DUREE DE REALISATION BRUTE (HEURES)	DUREE DE TEMPS IMPRODUCTIF (HEURES)
COFFRAGE	TOURS ET POUTRELLES	11	30	38	8
	CONTREPLAQUES	11	28	35	7
FERRAILLAGE PASSIF	NAPPE SUPÉRIEURE	8	14	19	5
	RENFORTS	4	33	38	5
	NAPPE INFÉRIEURE	13	14	18	4
FERRAILLAGE ACTIF	INSTALLATION DES TORONS DE PRECONTRAINTE	4	15	20	5
BETONNAGE	COULAGE ET SURFACAGE	12	7	7	0
DÉCOFFRAGE	DECOFFRAGE	6	32	39	7

c) PLANCHER 3 (8-E)

Tableau 3 : Résultats de chronométrage plancher 3

	COFFRAGE	NOMBRE D'OUVRIERS	DUREE DE REALISATION SECHE (HEURES)	DUREE DE REALISATION BRUTE (HEURES)	DUREE DE TEMPS IMPRODUCTIF (HEURES)
COFFRAGE	TOURS ET POUTRELLES	12	48	62	14
	CONTREPLAQUES	9	40	51	11
FERRAILLAGE PASSIF	NAPPE SUPÉRIEURE	13	16	28	12
	RENFORTS	4	31	37	6
	NAPPE INFÉRIEURE	15	16	29	13
FERRAILLAGE ACTIF	INSTALLATION DES TORONS DE PRECONTRAINTES	4	11	18	7
BETONNAGE	COULAGE ET SURFACAGE	12	8	8	0
DÉCOFFRAGE	DECOFFRAGE	9	23	31	8

Les données (D) et (n) étant présentées, de même que les valeurs de temps de réalisation brut, sec et de temps improductif, il est maintenant temps de passer au calcul des quantités de matériaux mis en œuvre. Nous procéderons par lots des travaux. Il est important de préciser que

les plans de structure des planchers des niveaux 5 à 8 au-dessus du rez-de-chaussée, sont les mêmes. Les planchers 1, 2 et 3 possèdent donc les mêmes caractéristiques. Dès lors, les calculs s'appliquent pour tous les échantillons considérés.

2. MATERIAUX ET QUANTITES DE MATERIAUX

Le travail sous ce titre se rapporte à des calculs, ceux de la quantité (Q) selon le lot de travaux.

a) COFFRAGE

Le calcul relatif aux quantités pour le lot de coffrage nécessaire se rapporte à un calcul de surface.

Il correspond à la surface de la dalle pour ce qui concerne les tours et les poutrelles. Quant aux contreplaqués, il suffira d'augmenter la valeur de la surface de la dalle par son périmètre multiplié par l'épaisseur de la dalle.

Il en ressort le tableau suivant :

Tableau 4 : Quantités de matériaux de coffrage mise en œuvre selon la sous-partie

LOT DES TRAVAUX	SOUS-PARTIES	SURFACE (m ²)
COFFRAGE	TOURS ET POUTRELLES	791.18
	CONTREPLAQUES	808.64

b) FERRAILLAGE PASSIF

Le calcul relatif aux quantités pour le lot de ferrailage passif nécessaires, se rapporte à un calcul de masse.

Il correspond à la longueur des aciers, multipliée par la masse linéique correspondant aux diamètres.

Il en ressort le tableau suivant :

Tableau 5 : Quantités d'acier mise en œuvre selon la sous-partie.

LOT DES TRAVAUX	SOUS-PARTIES	MASSE (Tonnes)
FERRAILLAGE PASSIF	NAPPE INFÉRIEURE	7
	RENFORTS	2.5
	NAPPE SUPÉRIEURE	3

c) FERRAILLAGE ACTIF

Le calcul relatif aux quantités pour le lot de ferrailage actif nécessaire, se rapporte à un calcul de longueur des câbles de précontrainte.

Il correspond à la longueur totale des torons mis en œuvre. Mais pour mieux l'appréhender nous considérerons les torons sous deux prismes, on considèrera les torons dit horizontaux, qui sont dans la direction de la longueur du plan du bâtiment, et les torons dits verticaux ceux qui sont dans la direction de la largeur du plan.

Il en ressort les tableaux suivants :

Tableau 6 : Quantités de torons mise en œuvre en mètres, selon l'orientation sur le plan.

		N	NOMBRE DE TORONS	LONGUEUR (m)
TORONS A N CABLES	HORIZONTALS	2	21	353.1
		3	5	54
		5	8	59.3
		TOTAL	34	1164.7
	VERTICAUX	2	15	284
		3	3	42.6
		5	8	51.5
		TOTAL	26	953.3

Tableau 7 : Quantité totale de torons mise en œuvre en mètres

FERRAILLAGE ACTIF	DIAMETRE (mm)	LONGUEUR TOTALE (m)
TORONS	12.5	2118

d) BETONNAGE

Le calcul relatif aux quantités pour le lot de bétonnage nécessaire, se rapporte au calcul du volume de béton nécessaire à la mise en œuvre de la dalle. Toutefois sachant que l'épaisseur de la dalle varie, 22 cm en général mais de 19 cm pour les zones de balcon et les salles de bain,

pour mieux appréhender le calcul du volume de la dalle nous commencerons par déterminer les surfaces selon l'épaisseur, et moyennant ces données calculer le volume de la dalle.

Tableau 8 : Répartition des surfaces du plancher selon l'épaisseur du plancher a ces surfaces

	EPAISSEUR (cm)	SURFACE(m ²)
SURFACES	19	125.34
	23	665.84

Tableau 9 : Volume total de béton pour un plancher

	EPAISSEUR (cm)	VOLUME(m ³)	TOTAL(m ³)
VOLUMES	19	23,815	176.95
	23	153,149	

3. CALCUL DU TEMPS UNITAIRE PAR PLANCHER

En vue de déterminer le temps unitaire par plancher, nous déterminerons en premier le temps unitaire par lot de travaux. Ensuite nous n'aurons qu'à additionner les résultats pour un plancher donné pour obtenir le temps unitaire de mise en œuvre de ce dernier.

Toutefois les données de TU que nous possédons se rapportant aux sous parties des lots de travaux nous commencerons par en déterminer les TU, que nous additionnerons pour obtenir les TU des lots de travaux considérés.

Nous rappelons la formule du calcul du temps unitaire :

$$T_u = \frac{n \times D}{Q}$$

D : La durée de réalisation sèche.

n : Nombre d'ouvriers

Q : Quantité de matériaux mise en œuvre

a) PLANCHER 1 (7-E)

Tableau 10 : Résultats de calcul de T.U. par lot de travaux : plancher 1

LOTS DES TRAVAUX	SOUS-PARTIES	n	D (Heures)	Q	T.U.	T.U. DE LOT DE TRAVAUX
COFFRAGE	TOURS ET POUTRELLES	15	36	791.18 m ²	0.68 h/ m ²	1.12 h/ m ²
	CONTREPLAQUÉS	11	32	808.64 m ²	0.44 h/ m ²	
FERRAILLAGE PASSIF	NAPPE SUP	5	17	3 Tonnes	28.33 h/T soit 0.028 h/Kg	0.106 h/Kg
	RENFORTS	3	42	2.5 Tonnes	50.4 h/T soit 0.05 h/Kg	
	NAPPE INF	8	24	7 Tonnes	27.43 h/T soit 0.028 h/Kg	
FERRAILLAGE ACTIF	INSTALLATION DES TORONS DE PRECONTRAINT	4	14	2118 m	0.026 h/m	0.026 h/m
BETONNAGE	COULAGE ET SURFACAGE	13	7	176.95 m ³	0.51 h/ m ³	0.51 h/ m ³
DECOFFRAGE	DECOFFRAGE	9	23	808.64 m ²	0.25	0.25

					h/m ²	h/m ²
--	--	--	--	--	------------------	------------------

b) PLANCHER 2 (8-F)

Tableau 11 : Résultats de calcul de T.U. par lot de travaux : plancher 2

LOTS DES TRAVAUX	SOUS-PARTIES	n	D (Heures)	Q	TU	TU DE LOT DE TRAVAUX
COFFRAGE	TOURS ET POUTRELLES	11	30	791.18 m ²	0.42 h/ m ²	0.8 h/ m ²
	CONTREPLAQUÉS	11	28	808.64 m ²	0.38 h/ m ²	
FERRAILLAGE PASSIF	NAPPE SUP	8	14	3 Tonnes	37.33 h/T soit 0.037 h/Kg	0.116 h/Kg
	RENFORTS	4	33	2.5 Tonnes	52.8 h/T soit 0.053 h/Kg	
	NAPPE INF	13	14	7 Tonnes	26 h/T soit 0.026 h/Kg	
FERRAILLAGE ACTIF	INSTALLATION DES TORONS DE PRECONTRAINT	4	15	2118 m	0.028 h/m	0.028 h/m

BETONNAGE	COULAGE ET SURFACAGE	12	7	176.95 m ³	0.47 h/ m ³	0.47 h/ m ³
DECOFFRAGE	DECOFFRAGE	6	32	808.64 m ²	0.24 h/m ²	0.24 h/m ²

c) PLANCHER 3 (8-E)

Tableau 12 : Résultats de calcul de T.U. par lot de travaux : plancher 3

LOTS DES TRAVAUX	SOUS-PARTIES	n	D (Heures)	Q	TU	TU DE LOT DE TRAVAUX
COFFRAGE	TOURS ET POUTRELLES	12	48	791.18 m ²	0.72 h/ m ²	1.17 h/ m ²
	CONTREPLAQUÉS	9	40	808.64 m ²	0.44 h/ m ²	
FERRAILLAGE PASSIF	NAPPE SUP	13	16	3 Tonnes	69.33 h/T soit 0.07 h/Kg	0.153 h/Kg
	RENFORTS	4	31	2.5 Tonnes	49.6 h/T soit 0.05 h/Kg	
	NAPPE INF	15	16	7 Tonnes	34.28 h/T soit 0.034 h/Kg	

FERRAILLAGE ACTIF	INSTALLATION DES TORONS DE PRECONTRAINTÉ	4	11	2118 m	0.02 h/m	0.02 h/m
BETONNAGE	COULAGE ET SURFACAGE	12	8	176.95 m ³	0.54 h/ m ³	0.54 h/ m ³
DECOFFRAGE	DECOFFRAGE	9	23	808.64 m ²	0.26 h/m ²	0.26 h/m ²

Au bout de la présentation de toutes ces données, une question subsiste, quel est au final le temps unitaire des échantillons de plancher considérés ? Pour y répondre le premier réflexe qui pourrait nous saisir par la ménige, c'est celui d'additionner les valeurs de temps unitaire des lots des travaux par plancher considérés. Sauf que ces valeurs diffèrent par leurs unités. Pour les additionner il nous faut donc les ramener à une même unité, nous les ramènerons à l'unité d'heure par mètre carré (**h/ m²**).

Pour se faire nous devons introduire un nouveau paramètre, un facteur, le facteur densité (**d**) de quantité (**Q**) par mètre carré (**m²**). Il se détermine selon la fonction suivante :

$$d = \frac{Q}{S}$$

Q : La quantité de matériau ou matériel mise en œuvre pour chaque lot de travaux

S : Surface totale du plancher (S = 791.18 m²)

Sachant quelle quantité de matériau ou matériel est mise en œuvre sur un mètre carré de dalle pour chaque lot de travaux, la valeur correspondant au facteur (**d**), on peut savoir à partir du T.U. originel, (**T.U.O.**) la durée nécessaire pour la réalisation du lot de travaux considéré sur un mètre carré en moyenne. Selon un calcul simple :

$$T.U.F. = d^* (T.U.O.)$$

T.U.O. : T.U. Originel (Sous-entendu T.U. par quantité selon le type de lot des travaux)

T.U.F : T.U. Final (Sous-entendu T.U. par mètre carré de dalle)

Nous allons désormais montrer un tableau récapitulatif de nos résultats de calculs pour chaque plancher. Le T.U. correspond à la somme des T.U.F.

PLANCHER 1

Tableau 13 : Transposition des unités de T.U. par lot de travaux : plancher 1

LOTS DES TRAVAUX	T.U.O.	d	T.U.F. (h/ m²)	T.U. (h/ m²)
COFFRAGE	1.12	1	1.12	3.23
FERRAILLAGE PASSIF	0.106	15.8	1.67	
FERRAILLAGE ACTIF	0.026	2.677	0.07	
BETONNAGE	0.51	0.224	0.115	
DECOFFRAGE	0.25	1	0.25	

PLANCHER 2

Tableau 14 : Transposition des unités de T.U. par lot de travaux : plancher 2

LOTS DES TRAVAUX	T.U.O.	d	T.U.F. (h/ m ²)	T.U. (h/ m ²)
COFFRAGE	0.8	1	0.8	3.05
FERRAILLAGE PASSIF	0.116	15.8	1.83	
FERRAILLAGE ACTIF	0.028	2.677	0.076	
BETONNAGE	0.47	0.224	0.106	
DECOFFRAGE	0.24	1	0.24	

PLANCHER 3

Tableau 15 : Transposition des unités de T.U. par lot de travaux : plancher 3

LOTS DES TRAVAUX	T.U.O.	d	T.U.F. (h/ m ²)	T.U. (h/ m ²)
COFFRAGE	1.17	1	1.17	4.02
FERRAILLAGE PASSIF	0.153	15.8	2.42	
FERRAILLAGE ACTIF	0.02	2.677	0.056	
BETONNAGE	0.54	0.224	0.12	
DECOFFRAGE	0.25	1	0.25	

Tableau 16 : Tableau final des T.U. par plancher

	TEMPS UNITAIRE (h/ m ²)
PLANCHER 1	3.23
PLANCHER 2	3.05
PLANCHER 3	4.02

Au terme de ce grand titre, il ressort les valeurs de temps unitaire pour chacun des éléments de notre échantillon de planchers considéré. La quête d'une valeur unique de temps unitaire et plus précise se poursuit toutefois au travers de notre prochain chapitre, où nous passerons nos résultats de prospection de données et de calcul des différents temps, de réalisation brute, de réalisation sèche, ainsi qu'unitaire, sous le prisme d'outils statistiques.

II. ANALYSE DES RESULTATS

Il s'agira sous ce titre, comme susmentionné, d'analyser les différentes valeurs de temps mesurées et calculées. Nos objectifs ici sont de déterminer une valeur finale unique du T.U. d'une dalle en béton précontraint par post tension, faisant attention à éviter l'influence de valeurs s'écartant des conditions normales, ainsi qu'analyser dans la chronologie l'évolution des quotas de temps improductifs.

1. TEMPS UNITAIRE PAR LOT DE TRAVAUX

Pour déterminer une valeur finale de temps unitaire de la dalle en béton précontraint, nous procéderont à la détermination de valeurs de temps unitaire relatives aux lots de travaux, moyennant les outils statistiques mentionnées en fin de la partie précédente, à savoir la moyenne, la médiane, et les valeurs maximales et minimales.

Le choix de la valeur finale du T.U. devant se faire entre les valeurs de la moyenne et de la médiane, selon le cas, si l'écart type est élevé ou non.

a) COFFRAGE

Tableau 17: Analyse statistique des données de temps unitaire : coffrage

MOYENNE	1.03 h/ m ²
MEDIANE	1.12 h/ m ²
MAX	1.17 h/ m ²

MIN	0.8 h/ m ²
ECART-TYPE	0.16 h/ m ²
NOMBRE DE MESURES	3

Nous constatons une valeur élevée de l'écart type, on en déduit l'influence d'une valeur dont les mesures auraient pu se faire dans des conditions différentes. En comparant les valeurs de la moyenne et de la médiane, (MOYENNE < MEDIANE) il ressort que la valeur s'écartant est la valeur minimale. On retiendra la médiane comme valeur de temps unitaire :

$$\textbf{\underline{T.U. COFFRAGE}} = 1.12 \text{ h/ m}^2$$

b) FERRAILLAGE

Tableau 18 : Analyse statistique des données de temps unitaire : ferrailage passif

MOYENNE	1.97 h/ m ²
MEDIANE	1.83 h/ m ²
MAX	2.42 h/ m ²
MIN	1.67 h/ m ²
ECART-TYPE	0.32 h/ m ²
NOMBRE DE MESURES	3

Nous remarquons une valeur élevée de l'écart-type. En observant les valeurs de l'échantillon et en comparant les valeurs de la moyenne et de la médiane, il ressort, (MOYENNE > MEDIANE) il ressort que la valeur s'écartant est la valeur maximale. On retiendra la médiane comme valeur de temps unitaire :

$$\underline{\text{T.U. FERRAILLAGE PASSIF}} = 1.83 \text{ h/ m}^2$$

c) FERRAILLAGE ACTIF

Tableau 19 : Analyse statistique des données de temps unitaire : ferrailage actif

MOYENNE	0.067 h/ m ²
MEDIANE	0.07 h/ m ²
MAX	0.075 h/ m ²
MIN	0.056 h/ m ²
ECART-TYPE	0.008 h/ m ²
NOMBRE DE MESURES	3

Nous remarquons une valeur considérablement élevée de l'écart-type. En observant les valeurs de l'échantillon et en comparant les valeurs de la moyenne et de la médiane, il ressort,

(MOYENNE < MEDIANE) il ressort que la valeur s'écartant est la valeur minimale. On retiendra la médiane comme valeur de temps unitaire :

$$\textbf{T.U. FERRAILLAGE ACTIF} = 0.07 \text{ h/ m}^2$$

d) BETONNAGE

Tableau 20 : Analyse statistique des données de temps unitaire : bétonnage

MOYENNE	0.114 h/ m ²
MEDIANE	0.115 h/ m ²
MAX	0.121 h/ m ²
MIN	0.106 h/ m ²
ECART-TYPE	0.006 h/ m ²
NOMBRE DE MESURES	3

Nous remarquons une valeur relativement faible de l'écart-type. Les valeurs sont resserrées autour de la moyenne. La moyenne serait donc une valeur représentative du temps unitaire :

$$\textbf{T.U. BETONNAGE} = 0.114 \text{ h/ m}^2$$

e) DECOFFRAGE

Tableau 21 : Analyse statistique des données de temps unitaire : décoffrage

MOYENNE	0.249 h/ m ²
MEDIANE	0.25 h/ m ²
MAX	0.25 h/ m ²
MIN	0.24 h/ m ²
ECART-TYPE	0.009 h/ m ²
NOMBRE DE MESURES	3

Nous remarquons une valeur relativement faible de l'écart-type. Les valeurs sont resserrées autour de la moyenne. La moyenne serait donc une valeur représentative du temps unitaire :

$$\underline{\underline{\text{T.U. DECOFFRAGE}}} = 0.249 \text{ h/ m}^2$$

**2. TEMPS UNITAIRE DE LA DALLE EN BETON
PRÉCONTRAIT PAR POST TENSION**

Moyennant ces valeurs nous pouvons déterminer une valeur finale du T.U. de la dalle en béton précontraint par post tension, en en faisant la somme.

Tableau 22 : Temps unitaire finaux par lot de travaux

T.U. COFFRAGE	1.12 h/ m ²
T.U. FERRAILLAGE	1.83 h/ m ²
T.U. PRECONTRAINT	0.07 h/ m ²
T.U. BETONNAGE	0.114 h/ m ²
T.U. DECOFFRAGE	0.249 h/ m ²
TOTAL	3,383 h/ m²

Il en ressort donc :

T. U. DALLE EN B. P. PAR POST TENSION : 3,383 h/ m²

Nous l'avons fait, la valeur finale du temps unitaire de mise en œuvre d'une dalle en béton précontraint par post tension. Toutefois la chronoanalyse s'inscrivant dans une démarche d'amélioration continue, motivée par une volonté de réduire les durées de réalisation brute, par la réduction des durées de réalisation sèches et/ou improductives, nous rapprochant donc d'un idéal de productivité, il nous reste encore plusieurs tâches à accomplir.

TROISIEME PARTIE : CHRONOANALYSE ET PRODUCTIVITE

Dans cette partie il s'agira pour nous d'achever notre parcours chrono analytique par l'identification des goulots d'étranglements et freins au processus, ainsi que des propositions de solutions pour remédier à ces éventuels problèmes, ou au moins pour s'y adapter.

CHAPITRE VI: IDENTIFICATION DES GOULOTS

D'ÉTRANGLEMENT ET FREINS AU PROCESSUS

Dans ce chapitre nous aurons pour objectif l'identification des goulots d'étranglement c'est à dire des tâches où les pourcentages des durées de temps improductifs atteignent leurs pics, ainsi que des problèmes plus généraux qui se retrouve dans l'ensemble des corps d'état.

I. IDENTIFICATION DES GOULOTS D'ÉTRANGLEMENT

Afin de réaliser notre tâche d'identification des goulots d'étranglement nous utiliserons un outil de mesure de productivité reconnu, **l'efficience**, que nous débuterons par présenter.

1. Efficience

L'efficience correspond à un coefficient modérateur quantifiant le niveau de productivité d'un travail réalisé sur le chantier, d'un projet entier ou même plus largement d'une entreprise de construction et qui permet ainsi de faire le lien entre les temps réels de réalisation et les temps unitaire. En effet, comme on l'a vu plus haut le temps unitaire est par définition un temps de réalisation idéal. Toutefois, pour planifier au plus juste un chantier, il faut que ces temps unitaires prennent en compte ses caractéristiques et difficultés : Ce facteur permet la transition entre la valeur de temps de réalisation net ou le temps unitaire qui sont parfaitement nets et lisses, et le temps de réalisation brut qui tient compte des imprévus qui surviennent lors des travaux et des autres aléas fréquents sur chantier, telles que des pannes de machines, les retards de livraison de terrain etc.

Mais également, et c'est la raison de son utilisation dans ce chapitre, l'indication du niveau de productivité.

La formule de l'efficacité est la suivante :

$$\text{Efficacité} = \frac{\text{Temps de réalisation net}}{\text{Temps de réalisation brut}}$$

L'efficacité désormais définie nous pouvons passer à la présentation de la matrice des durées de temps improductif, et de l'efficacité pour chaque plancher.

Il convient de rappeler que la numérotation des planchers rend également compte de leur ordre de mise en œuvre, ainsi que la méthode de calcul de l'efficacité du plancher.

$$\text{EFFICIENCE} = \sum \frac{E(l) \cdot n}{\sum n}$$

E(l) : Efficacité de la mise en œuvre d'un lot de travaux donné

n : Nombre d'ouvriers ayant travaillé dans le domaine d'un lot de travaux (l)

Tableau 23 : Efficacité selon le lot de coffrage : plancher 1

PLANCHER 1	NOMBRE D'OUVRIERS	DUREE DE REALISATION SECHE (HEURES)	DUREE DE REALISATION BRUTE (HEURES)	DUREE DE TEMPS IMPRODUCTIF (HEURES)	EFFICIENCE
COFFRAGE	26	68	79	11	0.86
FERRAILLAGE PASSIF	16	83	98	15	0.85

FERRAILLAGE ACTIF	4	14	17	3	0.82
BETONNAGE	13	7	7	0	1
DECOFFRAGE	9	23	31	8	0.74

On en déduit l'efficacité de mise en œuvre du plancher 1 :

$$\text{EFFICIENCE} = 0.87$$

Tableau 24 : Efficacité selon le lot de coffrage : plancher 2

PLANCHER 2	NOMBRE D'OUVRIERS	DUREE DE REALISATION SECHE (HEURES)	DUREE DE REALISATION BRUTE (HEURES)	DUREE DE TEMPS IMPRODUCTIF (HEURES)	EFFICIENCE
COFFRAGE	22	58	73	15	0,79
FERRAILLAGE PASSIF	25	61	75	14	0,813
FERRAILLAGE ACTIF	4	15	20	5	0,75
BETONNAGE	12	7	7	0	1
DECOFFRAGE	6	32	39	7	0,82

On en déduit l'efficacité de mise en œuvre du plancher 2 :

$$\text{EFFICIENCE} = 0.84$$

Tableau 25 : Efficience selon le lot de coffrage : plancher 3

PLANCHER 3	NOMBRE D'OUVRIERS	DUREE DE REALISATION SECHE (HEURES)	DUREE DE REALISATION BRUTE (HEURES)	DUREE DE TEMPS IMPRODUCTIF (HEURES)	EFFICIENCE
COFFRAGE	21	88	113	25	0,78
FERRAILLAGE PASSIF	32	63	94	31	0,67
FERRAILLAGE ACTIF	4	11	18	7	0,61
BETONNAGE	12	8	8	0	1
DECOFFRAGE	9	23	31	8	0,74

On en déduit l'efficience de mise en œuvre du plancher 3 :

$$\underline{\underline{\text{EFFICIENCE} = 0.76}}$$

Avant de véritablement passer à l'identification et l'énumération des goulots d'étranglement, il conviendrait de calculer l'efficience globale du chantier pour ce qui concerne les dalles en béton précontraint par post-tension afin d'en avoir une idée.

Sa formule est analogue à celle des planchers, il s'agit de la moyenne des efficacités des planchers avec les nombres d'ouvriers comme coefficient de pondération :

$$\text{EFFICIENCE GLOBALE} = \sum \frac{E(p) \cdot n}{\Sigma n}$$

E(p) : Efficience de la mise en œuvre d'un plancher donné.

n : Nombre d'ouvriers ayant travaillé pour la réalisation d'un plancher considéré.

Tableau 26 : Efficience des planchers 1,2 et 3

	NOMBRE D'OUVRIERS	EFFICIENCE
PLANCHER 1	68	0,86
PLANCHER 2	69	0,84
PLANCHER 3	78	0,75

Il ressort après calcul :

EFFICIENCE GLOBALE = 0.82

2. Identification des goulots d'étranglement

Au regard des données consignées dans le tableau ci-dessus il ressort que le lot de ferrailage constitue le goulot d'étranglement principal. En effet il s'agit du lot des travaux qui deux fois sur trois obtient les scores maximaux pour ce qui concerne les durées de temps improductif, ainsi que de temps de réalisation sèches.

Ensuite vient le lot de coffrage qui une fois sur trois possède le score de temps improductif maximal, ainsi que les temps réalisation secs venant en deuxième place dans la liste

RAPPEL : L'importance de la détermination des goulots d'étranglement réside dans leur définition même, il s'agit des étapes où les temps improductifs sont les plus élevés.

L'identification des goulots d'étranglement étant terminée nous pouvons passer à celle des impaires, des problèmes dans les rouages du processus.

II. IDENTIFICATION DES PARAMETRES FREINS AU PROCESSUS

1. Courbe de l'évolution de l'efficacité de mise en œuvre des planchers et efficacité globale

Afin de cerner de potentiels problèmes baissant la productivité du chantier sur le long terme, nous avons décidé de présenter via un graphique l'évolution de l'efficacité et donc indirectement de la productivité sur le chantier.

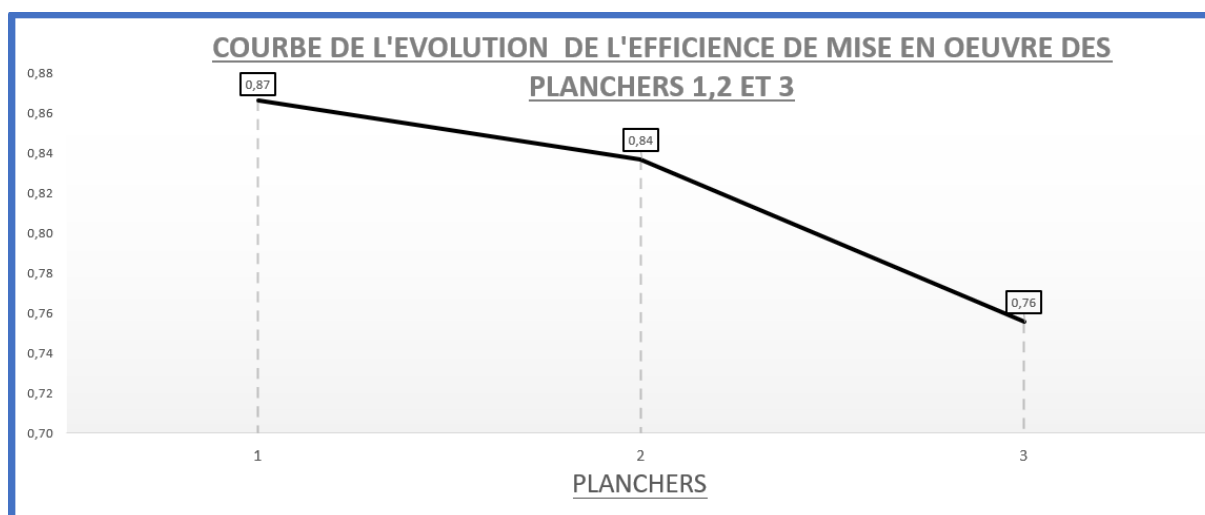


Figure 20 : Graphique de l'évolution chronologique de l'efficacité de réalisation des planchers

Un constat qui saute aux yeux au regard du graphique, la baisse drastique de l'efficacité

dans la chronologie. Il y a donc bien un problème qui met à mal le processus tout entier, ou une succession et/ou accumulation de goulots d'étranglements.

En vue de cerner les paramètres freins au processus, il conviendrait de les classer selon différents facteurs. Pour se faire nous avons décidé d'opter pour une énumération moyennant un diagramme d'Ishikawa.

2. Diagrammes d'Ishikawa

a) Présentation du diagramme d'Ishikawa

Aussi connu sous les noms de **diagramme de causes et d'effets**, ou **diagramme en arrête de poissons** du fait de sa forme, le **diagramme d'Ishikawa** est outil d'analyse et d'organisation des relations entre un certain problème et ses causes. Les étapes d'établissement du diagramme sont les suivantes :

- 1) Préciser le problème : Des valeurs d'efficacité relativement basse.
- 2) Analyser et déterminer les causes qui affectes grandement les caractéristiques du paramètre souffrant du problème (Dans notre cas il s'agit du paramètre productivité ou qualité du processus : Et les caractéristiques retenues sont **les matériaux, le matériel, le personnel, l'environnement, et la méthode de travail**)
- 3) Décomposer les causes (Nous décomposerons selon les lots de travaux puis selon les sous partis considérés tout au long de notre travail)
- 4) Observer ou analyser moyennant d'autres outils (nous analyserons en fonction de ce que nous constaterons sur le terrain et selon les valeurs l'efficacité et les durées de temps improductif)
- 5) Détermination des facteurs clés (Il s'agira des problèmes les plus récurrents et de ceux influençant l'évolution dans la chronologie de l'efficacité du chantier).

Nous présenterons un diagramme d'Ishikawa pour chaque plancher dont nous avons été à la

charge.

b) Diagrammes d'Ishikawa

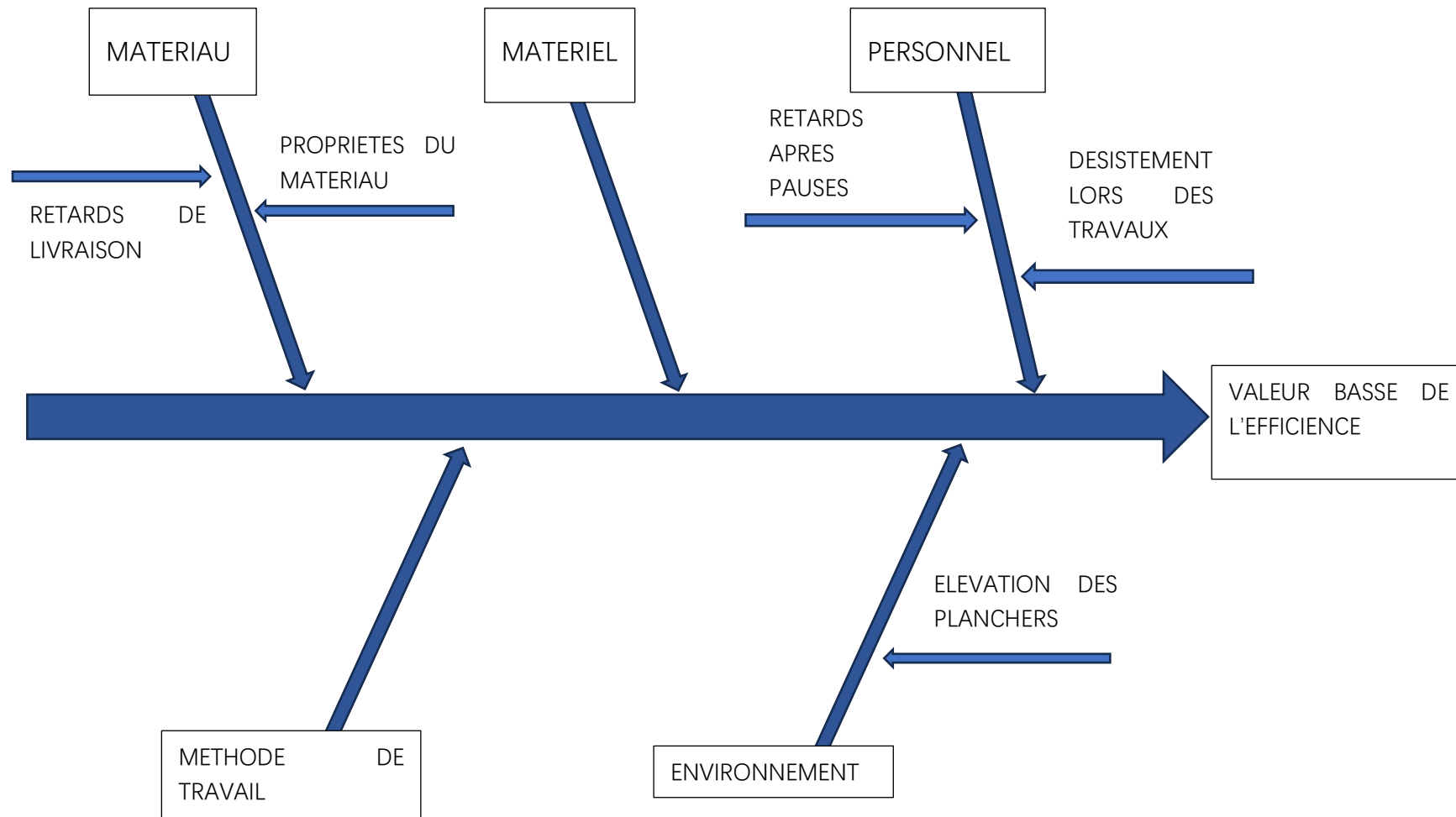


Figure 21 : Diagramme d'Ishikawa du plancher 1

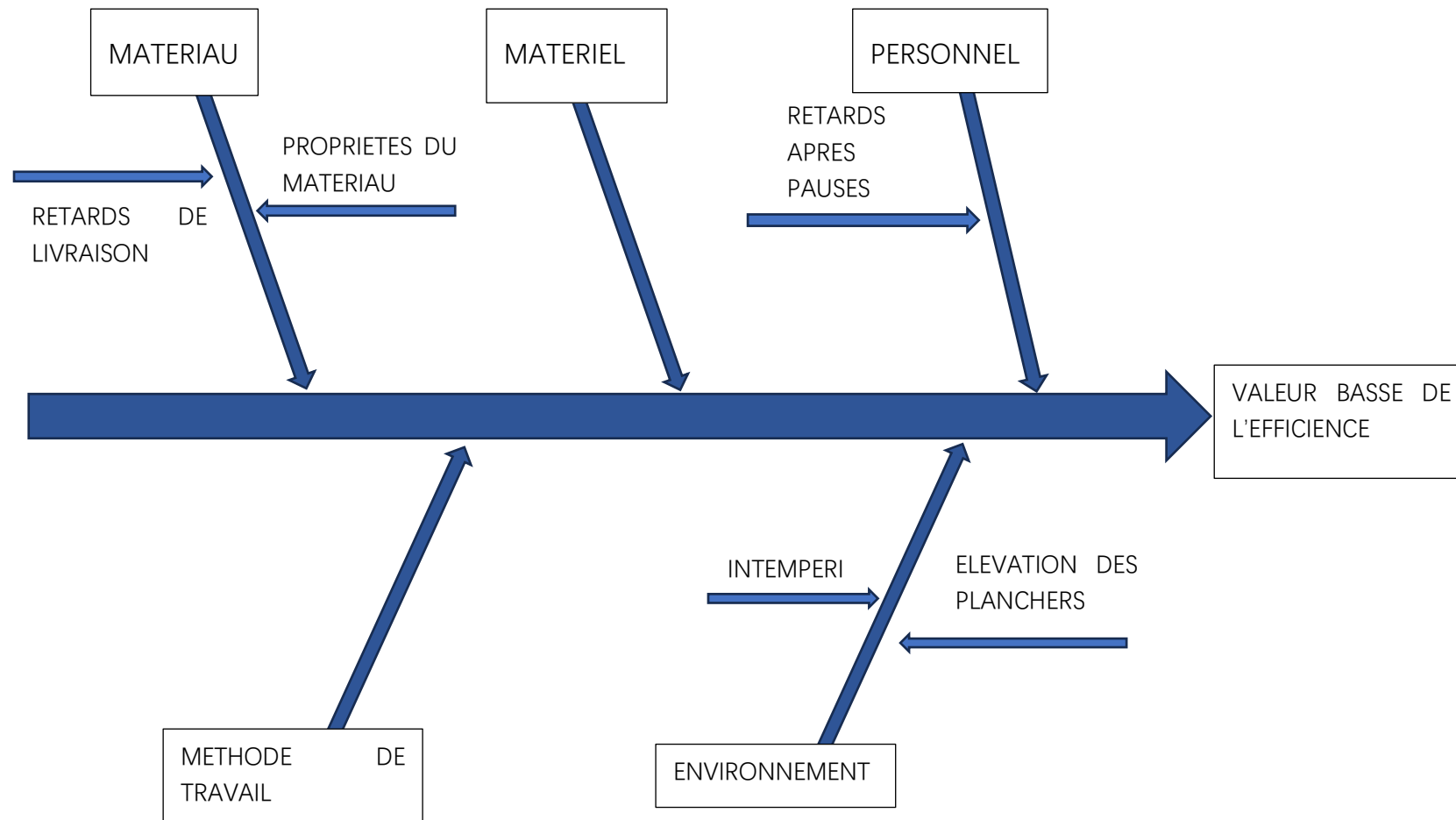


Figure 22 : Diagramme d'Ishikawa du plancher 2

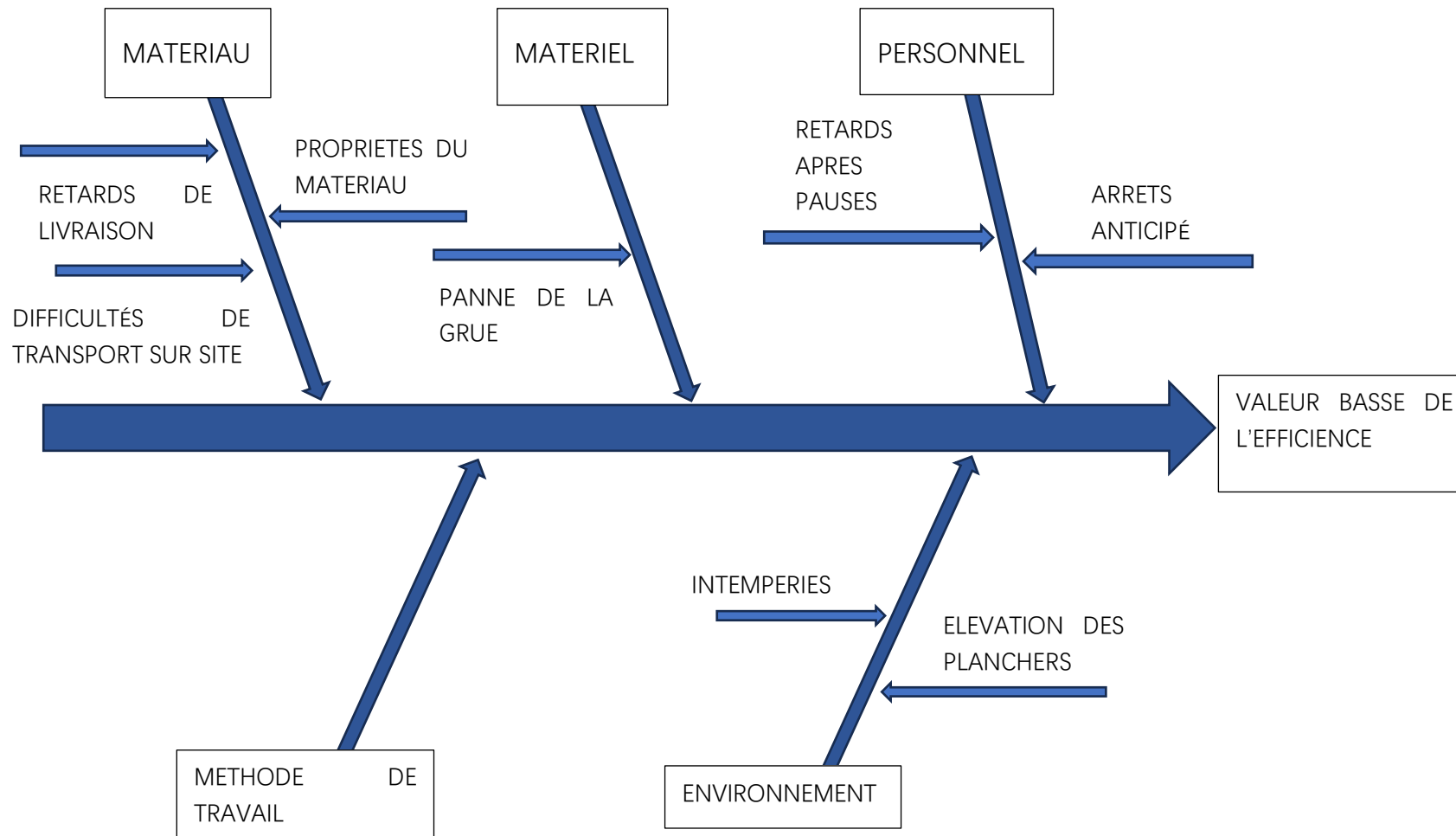


Figure 23 : Diagramme d'Ishikawa du plancher 3

3. Analyse des diagrammes d'Ishikawa

Après observation des diagrammes de causes et d'effets nous remarquons dans la chronologie une accumulation de problèmes influençant le processus.

Certains de ces problèmes sont **hors de notre contrôle**, nous prenons pour exemple :

- **les retards de livraison notamment de béton et d'acier**, ainsi que **les propriétés des matériaux** telles que la consistance du béton lors du bétonnage et le poids et la forme des aciers, assemblés ou souvent non, qui ne facilite pas leur transport par la grue.
- **les intempéries**, relatives à la météo, échappant donc clairement au contrôle de l'homme.
- **les arrêts anticipés**, qui sont en réalité des changements d'horaires de travail pour cause d'entrée en période de jeûne musulman et chrétien.
- **les élévations des planchers**, relèvent des caractéristiques architecturales du bâtiment.

Mais il existe toutefois des paramètres sur lesquels nous pouvons agir, notamment :

- **les retards après les pauses**
- **les désistements lors des travaux**
- **la panne de la grue**

Des problèmes sur lesquels nous pouvons avoir une influence, le plus important et impactant est de très loin la panne de la grue.

En effet, combiné à d'autres facteurs comme l'élévation des planchers, la panne de la grue

augmente les difficultés de transport des matériaux comme l'acier et le matériel de coffrage, qui doivent se faire manuellement.



Figure 24 : Image illustrative du transport manuel du ferrailage passif



Figure 25 : Image illustrative du transport manuel du ferrailage passif

Ce qui est non seulement évidemment plus lent, mais encore allonge les durées même de réalisation brute et sèche, parce qu'il scinde les équipes d'ouvriers affectant une partie au transport des matériaux et/ou du matériel.

L'identification des goulots d'étranglement et des problèmes freins au processus étant terminée nous pouvons passer à la proposition de solutions en vue d'y pallier et réduire des durées de temps improductif ainsi que les durées de réalisation sèches.

CHAPITRE VII: APPROCHES POUR UNE REDUCTION DES TEMPS IMPRODUCTIFS

Après avoir pris conscience des goulots d'étranglement et des paramètres freins au processus nous avons encore à suggérer des pistes de solutions vers une réduction de leurs effets sur les durées de réalisations et improductives. C'est ce que nous nous attèlerons à réaliser dans cette partie.

I. GOULOTS D'ETRANGLEMENT

L'identification des goulots d'étranglement se solde par des résultats clairs, les goulots d'étranglement dans le processus de mise en œuvre des dalles en béton précontraint sont les lots de ferrailage et de coffrage.

Ce sont les étapes qui nécessiteront donc le plus d'attention de la part des conducteurs travaux. Nous préconisons les actions suivantes :

- Augmentation de la pression de travail et de la surveillance de la main d'œuvre lors des travaux
- Application des solutions aux problèmes freins au processus, en priorité dans ces domaines ci

II. SOLUTIONS AUX FREINS AU PROCESSUS

Concernant les paramètres sur lesquels nous nous ne pouvons pas agir il y en a en fonction desquels nous pouvons toujours nous adapter :

- **Les arrêts anticipés**, dus à la période de jeûne

Nous préconisons un renouvellement des équipes en attendant la fin de la période de jeûne.

Concernant les paramètres sous notre contrôle :

- **Les retards après les pauses**

Nous suggérons une augmentation de la pression de travail pour ce qui concerne surtout les lots de travaux du ferrailage et du coffrage.

- **Les désistements lors des travaux**

Nous conseillons une surveillance accrue de la main d'œuvre lors des travaux, surtout pour ce qui concerne les goulots d'étranglement c'est-à-dire les lots de travaux du ferrailage et du coffrage.

- **La panne de la grue**

La grue défectueuse ayant déjà été remplacée nous préconisons un entretien régulier et une utilisation parcimonieuse de la toute nouvelle grue, car comme nous l'avons remarqué la grue est véritablement importante pour une avancée rapide des travaux sur le chantier.

Au sortir de cette partie nous pouvons confirmer le succès de l'outil de chronoanalyse à proposer des options concrètes pour la hausse de la productivité lors du processus de réalisation des dalles en béton précontraint par post tension.

CONCLUSION GENERALE

La productivité, qui peut se définir en de simples mots par l'efficacité de production ou de réalisation d'une tâche donnée est un paramètre non négligeable pour toute entreprise qui vise un certain niveau d'épanouissement sur le marché. Il en est ainsi pour tous les domaines, celui de la construction n'y déroge pas. Notre beau pays la Cote d'Ivoire est en chantier, les projets de construction se multiplient sur le territoire de même que les entreprises. L'efficacité et donc la productivité, pour se hisser au sommet sur le marché mais également et surtout pour œuvrer au développement est une nécessité voire un impératif.

Une problématique à laquelle l'outil de chronoanalyse est une réponse intéressant comme nous avons pu le voir au travers du cas de la dalle en béton précontraint par post-tension en tant qu'ouvrage élémentaire, qui est de **3,383 h/m²** dans des conditions similaires c'est important de préciser. Avec cette valeur, nous pouvons décider avec plus de parcimonie des quantités de ressources matérielles à utiliser pour la réalisation d'une dalle de caractéristiques semblables, elle nous donne un certain contrôle pour ce qui relève des délais. Elle nous a permis la détermination de l'efficience également, paramètre qui quantifie la productivité, et dont l'analyse de l'évolution dans la chronologie, ainsi que de celle du T.U. nous a permis de mettre en relief les obstacles à la productivité et d'élaborer des moyens de les contourner ou de les éliminer.

Ce stage encadrant l'étude de notre thème nous a été bénéfique, surtout d'un point de vue professionnel. Il nous a permis l'acquisition de connaissances pour ce qui concerne les ressources matérielles et de temps, mais également et surtout concernant la question du comment augmenter la productivité sur le chantier, moyennant la chronoanalyse, sur la mise en œuvre de la dalle en béton précontraint par post-tension. Il demeure toutefois une question, qu'en est-il des autres ouvrages élémentaires ?

BIBLIOGRAPHIE

- Projet de Fin d'Etudes : Productivité – Qualité – Sécurité par MONNIN Maëlie, Septembre 2014
- Cours de gestion de projets de construction par Mr CHEN SHAOMING, 2024
- Quality Control and Acceptance of engineering Construction par Mrs LIU MEILIN, 2024
- Calcul des temps unitaire par Soro Kadjoloya Honoré
- Structure en beton par Mr LU HU, 2024
- Documentation pour l'organisation et l'étude de prix des chantiers de bâtiments, [en ligne]. Strasbourg : IUT Strasbourg – Départ. Génie Civil, 2008.

WEBOGRAPHIE

- [Le guide des Appels d'Offres de marchés privés en Côte d'Ivoire – BATIRICI](#) Consulté le 5 Janvier 2025
- <https://fr.scribd.com/> Consulté le 5 Janvier 2025
- <https://methodesbtp.com/articles/main-oeuvre-et-temps-unitaires/> Consulté le 16 Février 2025
- [TEMPS UNITAIRES POUR ETUDES DE PRIX | Polyvert](#) Consulté le 13 Mars 2025



ANNEXES



**DETERMINATION DE TEMPS UNITAIRE ET CHRONOANALYSE DE LA
MISE EN ŒUVRE D'UN OUVRAGE ÉLÉMENTAIRE : CAS D'UNE
DALLE EN BETON PRECONTRAINTE PAR POST TENSION**



TABLE DES MATIERES

DÉDICACE.....	III
REMERCIEMENTS.....	IV
AVANT PROPOS.....	V
LISTE DES FIGURES.....	VI
LISTE DE TABLEAUX.....	VII
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS.....	VIII
RÉSUMÉ.....	IX
ABSTRACT	X
INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE : GÉNÉRALITÉS.....	5
CHAPITRE I: PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL	6
I. HISTORIQUE ET STATUT JURIDIQUE DU BNETD	6
II. MISSIONS ET OBJECTIFS DU BNETD	8
1. Missions du BNETD	8
a) Concevoir (études et conception).....	8
b) Superviser.....	8
c) Conseiller.....	8
2. Objectifs du BNETD.....	9
III. DOMAINES D'INTERVENTION ET ORGANISATION	9
1. Domaines d'intervention	9
2. Organisation du BNETD	11
IV. PRESENTATION DU SERVICE D'ACCUEIL	14
1. La Direction du Département.....	15
2. Le Service Programme Santé.....	16
3. Le Service Programme Education	16
4. Le Service de Contrôle de Travaux Complexes	16
5. Le Service Contrôle Travaux Immobilier et Assimilés	16
CHAPITRE II: GÉNÉRALITÉS SUR LE PROJET	17
I. SITUATION GEOGRAPHIQUE.....	17
II. LES INTERVENANTS AU PROJET.....	19
1. Entreprise exécutante.....	19
2. Bureau de contrôle.....	20
3. Maitre d'ouvrage.....	20
CHAPITRE III: CONCEPTS DE BASE ET DEFINITIONS DES TERMES TECHNIQUES.....	21

I.	DEFINITIONS DES TERMES TECHNIQUES.....	21
1.	Temps unitaire	21
2.	Chronoanalyse	22
3.	Ouvrage élémentaire.....	22
4.	Béton précontraint par post tension.....	22
5.	Ferraillage passif et ferraillage actif	23
6.	Lots de travaux	23
7.	Productivité.....	24
8.	Ancrage passif et ancrage actif.....	24
II.	CONCEPT DE CHRONOANALYSE	24
1.	Méthodologie d'analyse	24
2.	Objectifs de la Chrono analyse dans le BTP	25
3.	Outils et Techniques	25
4.	Avantages de la Chronoanalyse	26
DEUXIEME PARTIE : CHRONOANALYSE		27
CHAPITRE IV: OBJETS D'ETUDE ET MÉTHODOLOGIES		28
I.	OBJET D'ÉTUDE.....	28
1.	BETON	28
2.	ACIER PASSIF (ACIER A HAUTE ADHERENCE).....	29
3.	ACIER ACTIF (ACIER DE POST-CONTRAINT).....	29
II.	METHODOLOGIE DE PROSPECTION	30
1.	Observation sur site : Étudier les pratiques actuelles en suivant le déroulement des opérations sur le terrain.....	30
a)	TRAVAUX DE COFFRAGE.....	31
b)	TRAVAUX DE FERRAILLAGE PASSIF	32
c)	TRAVAUX DE FERRAILLAGE ACTIF	33
d)	TRAVAUX DE BÉTONNAGE.....	35
e)	TRAVAUX DE DECOFFRAGE	36
2.	Collecte de données	36
a)	Nombre d'ouvriers (n).....	36
b)	Le temps de réalisation brut, temps de réalisation net, et temps improductif.....	36
c)	La quantité (Q) de travail	38
3.	Analyse des données : Moyennant des outils statistiques, procéder à l'analyse des résultats de chronométrages).....	39
a)	La moyenne :.....	39
b)	La médiane :.....	39
c)	L'écart type :.....	40
d)	Maximum/Minimum et amplitude :	40
CHAPITRE V: RESULTATS ET ANALYSE DES RESULTATS.....		41
I.	RESULTATS.....	41
1.	DUREES DE REALISATION BRUTE, SECHE ET TEMPS IMPRODUCTIF	41
a)	PLANCHER 1 (7-E)	41

b)	PLANCHER 2 (8-F).....	43
c)	PLANCHER 3 (8-E)	44
2.	MATERIAUX ET QUANTITES DE MATERIAUX.....	45
a)	COFFRAGE	45
b)	FERRAILLAGE PASSIF	46
c)	FERRAILLAGE ACTIF	46
d)	BETONNAGE	47
3.	CALCUL DU TEMPS UNITAIRE PAR PLANCHER	48
a)	PLANCHER 1 (7-E)	50
b)	PLANCHER 2 (8-F).....	51
c)	PLANCHER 3 (8-E)	52
II.	ANALYSE DES RESULTATS	57
1.	TEMPS UNITAIRE PAR LOT DE TRAVAUX	57
a)	COFFRAGE	57
b)	FERRAILLAGE.....	58
c)	FERRAILLAGE ACTIF	59
d)	BETONNAGE	60
e)	DECOFFRAGE.....	61
2.	TEMPS UNITAIRE DE LA DALLE EN BETON PRÉCONTRAIT PAR POST TENSION61	
	TROISIEME PARTIE : CHRONOANALYSE ET PRODUCTIVITE	63
	CHAPITRE VI: IDENTIFICATION DES GOULOTS D'ETRANGLEMENT ET FREINS AU PROCESSUS 64	
I.	IDENTIFICATION DES GOULOTS D'ÉTRANGLEMENT.....	64
1.	Efficiencie.....	64
2.	Identification des goulots d'étranglement.....	68
II.	IDENTIFICATION DES PARAMETRES FREINS AU PROCESSUS	69
1.	Courbe de l'évolution de l'efficience de mise en œuvre des planchers et efficience globale	69
2.	Diagrammes d'Ishikawa.....	70
a)	Présentation du diagramme d'Ishikawa.....	70
b)	Diagrammes d'Ishikawa.....	71
3.	Analyse des diagrammes d'Ishikawa.....	75
	CHAPITRE VII: APPROCHES POUR UNE REDUCTION DES TEMPS IMPRODUCTIFS.....	77
I.	GOULOTS D'ETRANGLEMENT	77
II.	SOLUTIONS AUX FREINS AU PROCESSUS	77
	CONCLUSION GENERALE.....	79
	BIBLIOGRAPHIE	80
	WEBOGRAPHIE.....	81
	ANNEXES	82
	TABLE DES MATIERES.....	84