

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

N°.....



DOMAINE : SCIENCE ET TECHNIQUES

FILIERE : Génie Civil

OPTION : Structures

**Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master
Académique**

Par : BENZEMMOURI Ahmed & SEMANE Fateh

Intitulé

**Utilisation de BIM pour l'étude et la
réalisation d'une base logistique et
d'un champ pétrolier**

Soutenu devant le jury composé de :

Dr. HAMITUCHE Amar	Université de M'sila	Président
Dr. OUZENDJA Djamel	Université de M'sila	Examineur
Pr. RAHMOUNI Zine El Abidine	Université de M'sila	Encadreur
Dr. KERMICHE Abdellatif Fouzi	Université de M'sila	Co-Encadreur

Année universitaire : 2020 / 2021



REMERCIEMENTS

Avant tout propos, nous remercions Dieu de nous avoir donné la volonté, la force, la santé et le courage de mener à bien ce modeste travail

Nous exprimons toutes nos profondes reconnaissances au professeur **Pr. RAHMOUNI Zine El Abidine** pour avoir accepté de nous encadrer dans Ce Travail. Aussi notre Co-encadreur **Dr. KERMICHE Abdellatif Fouzi**, les Remercions pour ses disponibilités, ses aides et ses précieux conseils. Pour leurs implications, leurs soutiens et leurs encouragements tout au Long de ce travail.

Nous tenons aussi à remercier les membres du jury pour leur présence, pour leur lecture attentive de notre mémoire ainsi que pour les remarques qu'ils m'adresseront afin d'améliorer mon travail

Mes professeurs au Département de Génie Civil de l'université Mohamed BOUDIAF à M'sila nous ont transmis, pendant des années universitaires, les connaissances du métier de génie civil et la passion de la recherche.

Nous tenons à exprimer tout au fond de mes cœurs mes reconnaissances à mes familles qui mes offres toujours un appui sûr par ses soutiens et ses

Encouragements. Mes plus vifs remerciements vont également à tous mes amis qui sont toujours disponibles pour partager avec moi les moments difficiles et heureux.

Nous tenons à exprimer, mes sincères gratitudes Et mes profonds remerciements à toutes les personnes dont l'intervention, de près Ou de loin, a favorisé son aboutissement.

- SEMANE Fateh

- BENZEMMOURI Ahmed

Dédicace

*Tout d'abord je remercie Dieu de m'avoir donné la force
d'accomplir ce travail Je dédie ce modeste travail :*

- A mon père qui dieu lui fasse miséricorde*
- A ceux que j'aime jusqu'au la frontière de l'imagination :*
Ma mère,
- A ma femme et mes enfants YAAKOUB, YAHIA et
LOUJAINÉ, sans eux, je n'aurais pas abouti à Ce stade d'étude.*
- A mes frères et mes sœurs.*
- A ma famille et mes proches.*
- A mon encadreur le Professeur RAHMOUNI Zine El Abidine*
- A mon Co-encadreur Mr. KERMICHE Abdellatif Fawzi*
- A mon binôme BENZEMMOURI AHMED.*
- A tous mes Collègues de travail*
- A tous mes amis sans particulier.*
- A tous mes enseignants.*

SEMANE FATEH

Dédicace

*Tout d'abord je remercie Dieu de m'avoir donné la force
d'accomplir ce travail Je dédie ce modeste travail :*

- A mon père qui dieu lui fasse miséricorde*
- A ceux que j'aime jusqu'au la frontière de l'imagination :*
Ma mère, ma femme et mes enfants Mohamed Abdel Fatah et
Haroun, sans eux, je n'aurais pas abouti à Ce stade d'étude.
- A ma famille et mes proches.*
- A mes frères et mes sœurs.*
- A mon encadreur le Professeur RAHMOUNI Zine El Abidine*
- A mon Co-encadreur Mr. KERMICHE Abdellatif Fawzi*
- Au chef de champ sonatrach Oued Guetrini Mr : laiche Sofiane*
- A mon binôme SEMANE FATEH.*
- A tous mes Collègues de travail*
- A tous mes amis sans particulier.*
- A tous mes enseignants.*

BENZEMMOURI AHMED

SOMMAIRE

Remerciements

Dédicaces

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des symboles

Glossaire

Résumé

Introduction Générale	1
-----------------------------	---

CHAPITRE -I- : COMPRENDRE BIM ET SCAN TO BIM

PARTIE I: COMPRENDRE le BIM

I Building information modeling.....	2
I.1 Historique.....	3
I.2 Concept du BIM.....	3
I.2.1 Définition	3
I.2.2 Quelques questions auxquelles peuvent répondre les BIM	5
I.2.3 Le BIM n'est pas un logiciel.....	8
I.2.4 Objectifs généraux des BIM	8
I.2.5 Quelques fausses idées sur les BIM.....	9
I.3 Avant BIM	10
I.3.1 Quelques problèmes actuels dans l'industrie	10
I.3.2 Quelle est la relation entre BIM et DAO	10
I.4 Le rôle d'un BIM Manager	11
I.5 Les avantages et les inconvénients du processus BIM	13
I.5.1 Les avantages	13
I.5.2 Les inconvénients.....	15
I.6 Les différentes dimensions du BIM	16
I.7 Les différents niveaux du BIM	17

PARTIE II: Le Scan to BIM

II.1. Introduction	20
II.2. Scan to BIM.....	20
II.2.1 Qu'est-ce que le « Scan to BIM » ?	20
II.2.2 Les Avantages de Scan to BIM	21
II.2.3 Applications variées de Scan to BIM.....	22
II.2.4 Pourquoi Scan to BIM ?.....	23
II.2.5 Scan-Vs-BIM	23
II.3 La technologie laser scanner 3d	24
II.3.1 Historique.....	24
II.3.2 Définition	24
II.3.3 Utilisation.....	25
II.4 Principes et fonctionnement de la numérisation 3D	25
II.5 Numérisation laser à distance pour numérisation - Scan to BIM.....	27
II.6 Exploitation des Relevés 3D	27
II.7 Le relevé 3D	27
II.7.1 Introduction.....	27
II.7.2 Les scanners 3D	28

A. Leica BLK 360.....	28
II.8 Le post-traitement des données de scan.....	29
II.8.1 Génération et utilisation de nuages de points.....	30
II.8.2 Qu'est-ce qu'un nuage de points ?	30
II.8.3 Pourquoi utilisé des nuages de points ?.....	31
II.8.4 Utilisation de nuages de points dans les nouveaux projets de construction	32
II.8.5 Acquisition de nuages de points.....	32
II.8.6 Géoréférencement de nuages de points.....	32
II.8.7 Les logiciels de traitement de nuages de points 3D	33
II.8.8 Leica Cyclone 3DR	33

CHAPITRE II : MISSION SUR SITE de SCAN EN 3D

II.1 Introduction	36
II.2 Présentation du champ pétrolier	36
II.3 Détail de la mission.....	37
II.4 Matériels utilise pour cette mission.....	40
II.5 Processus de numérisation.....	43
II.6 Connexion a un appareil informatique	46
II.7 Présentation Leica Geosystems	47
II.8 Scan Laser 3D.....	49

CHAPITRE III : MODELISATION AVEC CIVIL 3D ET REVIT

III.1. Définitions	52
III.2. Le levé topographique	52
III.3. Traitement des données brutes	54
III.4. Logiciel de traitement du nuage de points 3D	55
III.5. Modélisation	64
III.6. Insertion de fichier dans Civil 3D et Revit	64
III.7. Création de la maquette 3D.....	67
III.8. Conclusion.....	68

CHAPITRE IV : UTILISATION DU BIM DANS LA PHASE ETUDE ET PROPOSITION D'AMENAGEMENT

IV.1. Introduction	70
IV.2. Avantages de BIM lors de la construction et la fabrication	70
IV.3. L'interopérabilité	70
IV.4. Applications de la capture de la réalité : Projets d'infrastructure.....	71
IV.5. Pourquoi utiliser la capture de la réalité pour les projets d'infrastructures ?.....	72
IV.6. Utilisation du BIM et SCAN to BIM dans la réalisation d'aménagement.....	72
IV.7. BIM pour Suivi de chantier	73
IV.8. L'exécution des travaux	73
IV.9. Le bilan de fin de chantier	73
IV.10. Le contrôle par méthode nouvelle	73
IV.11. Conclusion	75

CHAPITRE V : BIM 4D ET 5D

V.1	BIM 4D (la dimension temporelle du BIM)	76
V.1.1	Définition	76
V.1.2	Qu'est-ce que la planification 4D	76
V.1.3	L'utilisation du BIM pour la planification	76
V.1.4	Avantages du BIM 4D	77
V.1.5	Planning réalisé par le logiciel PRIMAVIRA	78
V.2	BIM 5D (dimension de cout)	80
V.2.1	Définition 5D BIM	80
V.2.2	Caractéristiques	80
V.2.3	Principaux usages	80
V.2.4	Estimer facilement les quantités et les coûts avec la 5D	80
V.2.5	Avantages de BIM 5D	81
V.2.6	Contrôle des coûts	81
V.2.7	Devis quantitatif et estimatif des travaux réalisé par Excel	82
	Conclusion Générale	86
	Références bibliographiques	

Liste des Figures

CHAPITRE I

FIGURE 1: BUILDING INFORMATION MODELING.....	2
FIGURE 2 : LE BIM, QU'EST-CE QUE C'EST ?	4
FIGURE 3 : LES ROLES D'UN BIM	13
FIGURE 4 : LES DIFFERENTES DIMENSIONS DU BIM	17
FIGURE 5 : LA MATURITE DU BIM	18
FIGURE 6 : LES NIVEAUX DE MATURITE BIM.....	19
FIGURE 7 : ROTATION ANGULAIRE VERTICALE ET HORIZONTALE.....	26
FIGURE 8 : RELEVÉS 3D SUR SITE	28
FIGURE 9 : LEICA BLK360	29
FIGURE 10 : NUAGE DE POINTS GENERE PAR BALAYAGE LASER 3D	31
FIGURE 11 : LOGICIEL DE POST TRAITEMENT - CYCLONE 3DR	33

CHAPITRE II

FIGURE 12 : PLAN DE SITUATION DE SITE	36
FIGURE 13 : CHAMP PETROLIER	37
FIGURE 14 : RESERVOIR DE PETROLE	38
FIGURE 15 : L'ENTREE DE SITE	38
FIGURE 16 : BATI EXISTANT	39
FIGURE 17 : STATION DE RAFFINE PETROLIER	39
FIGURE 18 : LEICA BLK 360	40
FIGURE 19 : BLK 312 BATTERIE CHARGER.....	40
FIGURE 20 : BLK 360 TREPIED TRANSPORT	40
FIGURE 21 : BLK 360 TREPIED MISSION BAG.....	40
FIGURE 22 : BLK 360 TREPIED ADAPTER	40
FIGURE 23 : GEB 212 LITHIUM- ION BATTERIE	40
FIGURE 24 : ETAPED E PREPARATION DE LA BATTERIE.....	41
FIGURE 25 : TREPIED.....	43
FIGURE 26 : BEAM REFLECTION	43
FIGURE 27 : THE SCANNER DETRMIN E THE COORDINATE	44
FIGURE 28 : THE SCANNER DETRMIN E THE SECOND	44
FIGURE 29 : THE MIRROR SPINS.....	44
FIGURE 30 : AFTER THE SCANNER FINISHES MEASURING.....	45
FIGURE 31 : CONNECTING TO THE COMPUTIN DEVICE	46
FIGURE 32 : THE PASSWORD IS PRINTED ON	47
FIGURE 33 : DIFFERENT POSITION DES STATIONS DE SCAN	47
FIGURE 34 : LEICA GEOSYSTEMS	48

CHAPITRE III

FIGURE 35 : LE SCANNER 3D LEICA BLK 360.....	53
FIGURE 36 : IMPORTATION DES STATIONS.....	56
FIGURE 37 : ASSEMBLAGE ET OPTIMISATION DU NUAGE DE POINTE.....	57
FIGURE 38.1 : VISUALISATION DE SITE.....	57
FIGURE 38.2 : VISUALISATION DE SITE.....	58
FIGURE 38.3 : VISUALISATION DE SITE.....	58
FIGURE 39 : FINALISATION DU PROJET	59
FIGURE 40 : TYPE DE FORMAT D'EXPORT	59
FIGURE 41 : EXPORT DE RAPPORT FINALE	60
FIGURE 42.1 : BAC DE STOCKAGE MODELISE	63
FIGURE 42.2 : BAC DE STOCKAGE ET RESEAU DE PIPE	63
FIGURE 43 : ATTACH POINT CLOUD SCAN AND PROJECT FILE TO A DRAWING.....	64
FIGURE 44 : SELECT POINT CLOUD FILE	65
FIGURE 45 : ATTACH POINT CLOUD	65
FIGURE 46 : VISUALISATION DE SITE.....	66
FIGURE 47 : CREATION SURFACE NUMERIQUE	66
FIGURE 48 : OBJECT VIEWER.....	67
FIGURE 49 : VUE 3D	67
FIGURE 50 : DESSINER MAQUETTE 3D	68
FIGURE 51 : MAQUETTE 3D	68

CHAPITRE V

FIGURE 52 : PRESSEURS SIMULATION 4D	77
FIGURE 53 : PRESSEURS D'EVALUATION DU COUT	80

Liste des Tableaux

Tableau 1 : La Différence Et Simulation Du Levé Topographique Et Le Scanner 3d.....	53
---	----

Liste des Sigles et Abréviations

2D : Deux dimensions.
3D : Trois dimensions.
4D : Quatre dimensions
5D : Cinq dimensions.
6D : Six dimensions.
7D : Sept dimensions.
AEC : Architecture, Ingénierie et Construction.
APS : Avant-projet Sommaire.
AVP : Avant-projet.
BDS: Database Building System.
BIM: Building Information Modeling /Modeling /Management.
CAD : Computer Aided Design.
CAO : Conception Assistée par Ordinateur.
CM : Construction Manager.
DAO : Dessin Assistée par Ordinateur.
DCE : Dossier de Consultation des Entreprises.
DWG: Drawing.
GPS: Global positioning system.
HD: Haute definition.
HDR: High dynamic range.
IAI: International Alliance for Interoperability.
IFC: Industry Foundation Classes.
LADAR: Laser Detection and Ranging.
LED: Light-emitting diode.
LiDAR: Light Detection and Ranging.
PRO : Projet.
RCP : Responsabilité civile professionnelle.
SIG : Système d'Information Géographique.
STEP: Standard for the Exchange of Product model data.
TQC : Tel que construit, en dessin technique.
VRD : Voirie et Réseaux Divers.
QA/QC : Qualité Assurance / Qualité Contrôle
FM : Facilities management

Glossaire

BIM : Processus de gestion de projet reposant sur le travail collaboratif des différents acteurs d'une maquette numérique du projet.

Interopérabilité : Capacité de matériels, de logiciels ou de protocoles différents à fonctionner ensemble et à partager des informations sans restriction d'accès ou de mise en œuvre.

Relevé 3D : le relevé 3D des bâtiments est une opération effectuée sur le terrain par des opérateurs équipés de scanners 3D qui vont capturer l'ensemble d'un bâtiment.

Nuage de points : est une base de données qui contient les points dans un système de coordonnées en trois dimensions de l'élément ou de l'installation à étudier.

Maquette numérique : Modèle numérique en trois dimensions d'une construction future ou existante qui contient la géométrie, la sémantique et les informations associées tout au long du cycle de vie de l'ouvrage, de sa conception jusqu'à sa démolition.

Plateforme collaborative : Plateforme permettant l'échange et le partage de maquette numérique et autres documents nécessaires au projet par les différents acteurs.

Résumé

Le BIM (Building Information Modeling) contribue à la digitalisation du monde de la Construction. Les méthodes de travail changent, la communication évolue et les exigences augmentent. L'objectif principal du BIM étant d'améliorer le coût et le temps et la qualité du travail pour chaque collaborateur en appuyant sur des outils numériques. La majorité des processeurs BIM sont des processeurs de management permettant à tous les utilisateurs de travailler avec un mécanisme commun et une collaboration commune. Ainsi ; l'structure de plusieurs maquettes en fonction des éléments (architecture – génie civil – MEP) pour éviter les changements causés par des erreurs pendant l'étude du projet. Le document présente un aperçu du BIM en mettant l'accent sur son cœur de métier, Concepts et applications dans le cycle de vie du projet et aussi l'avantage de l'utilisation du BIM dans le projet. Les résultats de cette étude fournissent des informations utiles à tous ceux qui souhaitent accroître leurs connaissances sur la technologie BIM.

Mots clés : BIM, Construction, Maquette numérique, Interopérabilité, Revit, Autocad civil 3d, IFC, CAO, Management.

Abstract

BIM (Building Information Modeling) contributes to the digitalization of the world of Construction. Working methods change, communication evolves and demands increase. The main focus of BIM being improved cost and time and quality of work for each collaborator by leveraging digital tools. The majority of BIM processors are management allows all the users to work with a common mechanism and a cooperation dividing. Also; the structure of several models according to the elements (architecture - civil genius - MEP) to avoid the changes caused by errors during the study of the project. The document presents an overview of BIM with a focus on its core business. Concepts and applications in the project lifecycle and benefits of using BIM in the project. The results of this study provide useful information for anyone wishing to increase their knowledge of BIM technology.

Keywords: BIM, Building, Digital model, interoperability, Revit, AutoCAD civil 3d, IFC, CAD, Management.

I INTRODUCTION GENERALE

Un bâtiment est le résultat d'une collaboration de plusieurs corps de métier suivant des procédés remontant jusqu'à plusieurs siècles. Il ne cesse cependant d'évoluer. Les procédés se numérisent et révolutionnent tous les processus de conception. Ces nouveaux outils, ainsi que l'avancée informatique, ont récemment mis en avant un nouveau procédé de projet architectural : le "Building Information Modeling" que nous appellerons BIM dans la suite de ce document. Cette nouvelle méthode a pour premier but de simplifier la conception du bâtiment, et de ce fait, de diminuer les coûts inhérents à son étude. L'idée du BIM est de concevoir le bâtiment dans un monde virtuel à l'identique de sa future conception. Les ingénieurs quittent alors leur plan 2D pour appuyer leurs études sur une maquette virtuelle qui possède toutes les caractéristiques nécessaires à la réalisation de leurs projets. Le processus de construction d'un bâtiment est le résultat de la collaboration d'une multitude de métiers. La maquette BIM, adaptée à cette particularité, place le travail collaboratif au cœur de l'étude et reçoit les informations de tout corps de métiers. Chaque corps de métier correspond, d'un point de vue ergonomique, à un profil utilisateur. Celui-ci doit obtenir des outils appropriés à ses problèmes et à ses besoins, car il représente une expertise bien spécifique pour le bâtiment. Ce processus BIM, unique en son genre, nécessite des outils de visualisation et d'interaction sur mesure.

Dans ce mémoire nous avons abordés la méthode et le rôle du Scan to BIM. Qui est correspond au processus de modélisation d'une base logistique sur la base de son nuage de points : l'empreinte 3D générée suite à un relevé de l'intérieur et/ou de l'extérieur du bâtiment via l'utilisation de technologies de scan 3D. Et nous avons divisé l'étude sur ce thème dans ce mémoire en cinq chapitres :

Chapitre I : Comprendre le BIM et le Scan To BIM

Chapitre II : Mission sur Site de Scan 3D

Chapitre III : Modélisation avec Civil 3D et Revit

Chapitre IV : Utilisation de BIM dans la phase étude et Proposition d'aménagement.

Chapitre V : BIM 4D et 5D

CHAPITRE I

Comprendre le BIM et SCAN to BIM

PARTIE :1

Comprendre le BIM

I Building information modeling

Tout bâtiment (industriel, commercial ou résidentiel) nécessite la coopération d'un groupe d'ingénieurs de divers domaines afin de terminer le projet en un temps record. Les obstacles les plus importants étaient la faiblesse de la coopération ou de l'incompréhension qui se produisent entre les ingénieurs, que l'incompréhension génère des problèmes importants pendant la conception du projet et de plus grands problèmes pendant la mise en œuvre, sans parler du perdu dans le temps qui est une perte économique et morale. Que diriez-vous si je vous parlais des programmes qui intègrent les plans architecturaux, de construction, électriques et mécaniques à un seul plan et qui peuvent être utilisés par de nombreux ingénieurs en même temps. Il simule toutes les fonctions de ces conceptions ensemble, et aide les ingénieurs à être précis en utilisant la technologie modèle physique, plutôt que la technologie analytique Model. En d'autres termes, l'ingénieur utilise les éléments du bâtiment tels qu'ils sont (vraies dimensions et spécifications vraies). En outre, il aide à produire plusieurs graphiques détaillés, les prix du tableau et les horaires automatiquement après l'achèvement de la modélisation. Ce sont les programmes qui fonctionnent selon le système du BIM ou de la « modélisation de l'information sur le bâtiment » [1].

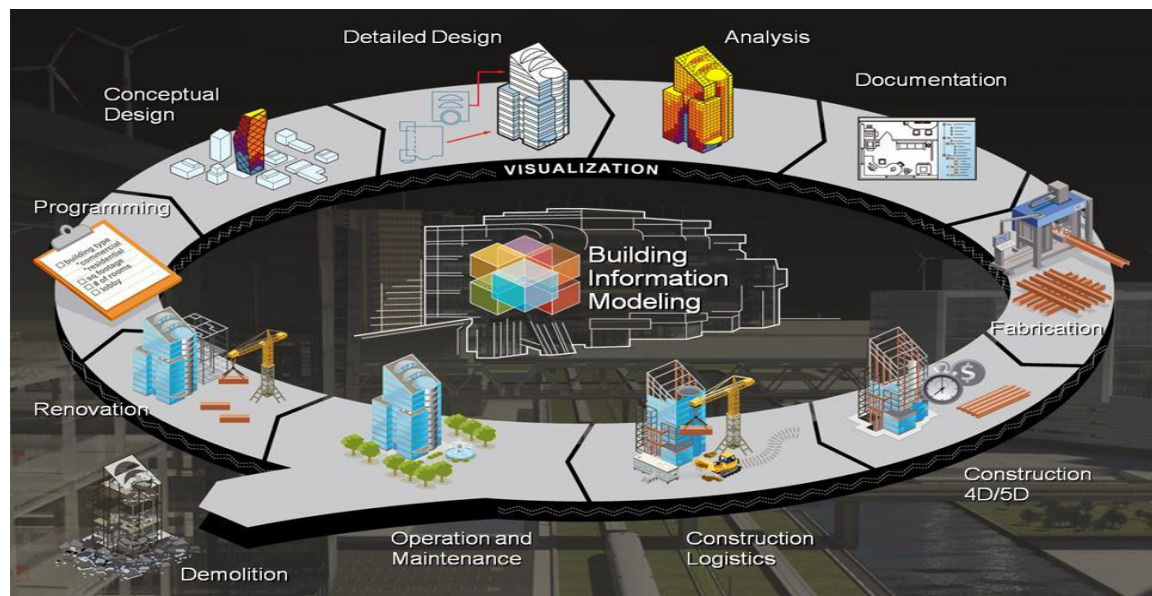


Figure 1 : Building Information Modeling [2].

I.1 Historique

Historiquement le BIM est un concept développé pour la conception du bâtiment. Les premières réflexions à son propos apparaissent dans les années 1960 et il est défini en tant que conception architecturale basée sur la manipulation d'un modèle informatique réunissant représentations géométriques et bases de données relatives au projet. Dans les années 70 un premier logiciel de conception par bases de données est créé (BDS, pour Data base Building System) et permet une conception de bâtiment à partir d'éléments individuels à ajouter tout en permettant la visualisation du projet et d'un ensemble de données sur ces éléments. En 1982, ArchiCAD est créé en Hongrie selon le même principe général et sera le premier logiciel BIM utilisable sur ordinateur personnel. C'est l'ancêtre de Revit utilisé actuellement en bâtiment. En 1995, une réflexion est engagée aux États-Unis pour faciliter les échanges de données entre les acteurs du projet et le format IFC est créé par l'organisation aujourd'hui nommée Building Smart International et devient la norme standard pour l'échange de données dans le domaine du bâtiment. En 2000, Revit est créé et la gestion du temps et des ressources apparaît dans le BIM, permettant la gestion des phases de construction. Depuis les années 2000, le BIM a continué à se développer et est utilisé dans la conception d'un nombre croissant de bâtiments, les outils informatiques permettant d'intégrer tous les éléments nécessaires à cette méthode de travail collaboratif. Il en est néanmoins seulement à ses débuts dans le domaine des infrastructures, de nombreux outils et méthodes restant à développer (logiciels compatibles, format IFC adapté aux spécificités des infrastructures, méthodes de travail à définir et/ou à améliorer, etc.) [3].

I.2 Concept du BIM

I.2.1 Définition

BIM est vient de l'anglais de Building Information Modeling, de Building Information Model, ou encore de Building Information Management. Sa transcription française ne fait pas consensus, pour plusieurs raisons, « Building est à la fois un verbe (construire, réaliser, exécuter, fabriquer...) et un nom (bâtiment, ouvrage, construction...) de même que le, « Information », c'est l'élément majeur dans le processus. Ces informations sont stockées dans la base de données du projet et s'enrichissent au fur et à mesure du processus et de l'expertise des différentes disciplines. Pour les industriels c'est la possibilité d'insérer dans le projet les informations techniques, documentations etc., de leurs produits et équipements. Pour le « M » qui peut désigner à la fois le « Modeling » (modéliser, modeler, donner forme,

CH 1 : Comprendre le BIM et le Scan To BIM

organiser, construire une maquette, imaginer...) et le « Model » (modèle, maquette, prototype...) ou « Management ». Cette multiplicité de sens est exploitée par les anglophones, ce qui rend le terme pratiquement intraduisible hors de tout contexte [4].

Le BIM est souvent assimilé à un logiciel ou à une technologie. Il est bien plus que cela. C'est en fait une suite de processus ou méthodes de travail utilisées tout au long de la conception, de la construction et de l'utilisation d'un bâtiment. Le BIM définit qui fait quoi ? Comment ? et à quel moment ? [4]

Le BIM ne convient pas uniquement aux bâtiments, il peut aller plus loin que sa il s'agit de construire des objets tels que :

- ❖ Des ponts.
- ❖ Les chemins de fer.
- ❖ Les autoroutes.

Vous pouvez également imaginer à quel point il convient à d'autres secteurs de l'environnement bâti comme :

- ❖ Arpentage (est la technique de la mesure de la superficie des terres, en particulier des terrains agricoles) ;
- ❖ Architecture de paysage ;
- ❖ Tunnel ;
- ❖ Exploitation minière.



Figure 2 : Le BIM, qu'est-ce que c'est ? [2].

I.2.2 Quelques questions auxquelles peuvent répondre les BIM

- **Qu'est-ce que le BIM pour le secteur du bâtiment ?**

- Le BIM, un processus de travail collaboratif pour gérer la vie d'un bâtiment ;
- La maquette numérique et sa richesse d'informations ;
- La modélisation des données intégrée aux objets 3D ;
- Le format IFC pour l'interopérabilité entre les logiciels... et les acteurs ! [5]

- **Comment puis-je commencer avec BIM ?**

Pour les entreprises de design et de construction, la première étape est la même : choisir un premier projet pour tester le processus. Les deux types d'entreprises doivent également investir dans les logiciels BIM, le matériel, le personnel et la formation.

Les entreprises de design peuvent immédiatement commencer à utiliser le logiciel pour développer des conceptions pour leur projet prototype. À moins qu'ils travaillent avec une entreprise de conception utilisant BIM, les entreprises de construction devront créer un modèle 3D de leur projet pilote (en utilisant un processus appelé conversion 2D). Certaines entreprises trouvent utile d'avoir un consultant BIM aider à la formation et la mise en œuvre.

Un comité directeur du BIM peut aider l'équipe à rester concentrée sur ses objectifs tangibles. L'inclusion de la haute direction et de l'utilisateur final peut être un moyen efficace d'obtenir leur adhésion et leur soutien [6].

- **Quels sont les avantages de BIM ?**

Grâce à l'environnement de travail collaboratif et à l'information qui peut être ajoutée en temps réel au modèle virtuel, la modélisation de l'information sur le bâtiment permet aux utilisateurs d'avoir un

Aperçu et un aperçu plus large du projet. Ainsi, la méthodologie permet d'éviter plus facilement les erreurs, les interférences, les improvisations et les refacturations, ce qui réduit le temps et les coûts investis dans le projet [7].

- **À quoi sert BIM en architecture et en ingénierie ?**

BIM a pour fonction de représenter le développement du bâtiment ou de l'infrastructure dans l'environnement qu'il sera inséré (ville, quartier, rue, etc.), tout en simulant le comportement de la structure en ce qui concerne le climat, l'efficacité énergétique, la sécurité, la commodité et la consommation de matériaux. Avec toutes ces données, il est possible d'avoir un aperçu des impacts sociaux et économiques et des avantages de la construction tout au long de sa vie utile [7].

- **BIM est-il un logiciel ?**

BIM n'est pas seulement un logiciel, cette vision trop simplifiée, qui ne correspond pas à la réalité, diminue lentement. BIM est bien plus qu'une innovation technologique, c'est une méthodologie de travail qui, grâce à divers outils technologiques et au travail collaboratif, intègre toutes les informations de la construction. Et, ce faisant, il optimise le projet et facilite le flux d'exécution et de gestion [7].

- **Quel est l'état actuel de BIM dans le monde et quels pays exigent l'utilisation de BIM dans l'architecture, l'ingénierie et la construction ?**

BIM en architecture, ingénierie et construction est déjà répandu dans de nombreuses régions du monde et est devenu une exigence pour les projets financés par le gouvernement dans des pays tels que le Royaume-Uni, le Danemark, la Finlande, les Pays-Bas, la Suède, la Norvège et les États-Unis.

En Corée du Sud, BIM est obligatoire pour les bâtiments publics et les projets privés qui ont un investissement de plus de 50 millions de dollars.

Au Chili, la méthodologie est requise pour les offres d'hôpitaux.

En 2019, le BIM sera obligatoire pour les travaux gouvernementaux en Russie et sera également obligatoire pour les appels d'offres publics pour les travaux d'infrastructure en Espagne.

À Singapour, la Building Construction Autorité, qui fait partie du ministère du Développement national de Singapour, a besoin d'un système d'approbation pour les projets architecturaux, structurels, hydrauliques, électriques et de climatisation par l'intermédiaire de l'analyse du modèle BIM, système étant le plus rapide dans le monde (aujourd'hui, il faut environ 26 jours, mais le corps prévoit de réduire ce délai à 10 jours au total).

L'utilisation du BIM est encouragée par l'Union européenne, puisque 14 pays ont adhéré et créé le Groupe de travail BIM de l'UE.

Des chercheurs irlandais ont créé l'étude mondiale BIM - Leçons pour le programme BIM de l'Irlande, qui présente le statut de l'adhésion de BIM aux travaux publics dans plusieurs pays.

Il est prévu que l'utilisation de la méthodologie BIM deviendra obligatoire en Allemagne, en France et en Australie pour les projets publics dans les années à venir. Même s'ils ne sont pas obligatoires, le Brésil, la Nouvelle-Zélande, le Canada, le Chili, le Pérou, l'Arabie saoudite, la Chine et le Japon utilisent régulièrement le BIM [7].

- **Le BIM va-t-il changer mon travail ?**

Travailler en BIM ne change pas fondamentalement le travail : il change la manière de le faire.

En effet, le BIM ramène l'essentiel de la collaboration et de la coordination vers le début du projet, ce qui demande de réadapter la méthode de travail, de redistribuer le travail et, en conséquence, les honoraires [8].

- **Faut-il simplement changer d'outil ?**

Passer d'un logiciel classique 2D vers un logiciel BIM est une étape indispensable sur le chemin du BIM.

Il en est de même pour la formation et les ordinateurs utilisés.

Néanmoins, bien qu'importants, mettre à jour ou changer son ordinateur, changer de logiciel et se former restent insuffisants.

Rappelons la signification de la lettre M dans le sigle BIM : modèle, modélisation, management.

Le BIM est plus qu'un logiciel : il nécessite de se familiariser avec la technologie, le processus et de planifier son implémentation [8].

- **Recourir à la maquette numérique signifie-t-il travailler en BIM ?**

La réponse à cette question nécessite de mettre en corrélation l'objectif BIM et la méthodologie.

L'usage du BIM souhaité et le processus mis en place pour y parvenir font que l'on travaille en BIM.

Faire simplement usage de la maquette numérique sans objectif BIM précis ne fait pas que l'on travaille en BIM [8].

- **Le BIM est-il fait pour tout type et toute taille de projet ?**

Le BIM favorise une collaboration rapprochée dès les phases préliminaires d'un projet et permet, à travers la simulation, d'étudier de nombreux scénarios et d'identifier le plus opportun.

Plus le projet est complexe et grand, plus le BIM trouve son utilité et sa signification.

Il est également vrai que l'on peut s'inspirer des principes du BIM et les appliquer à des projets de taille modeste.

En France et à l'international, plusieurs exemples ont démontré l'utilité du BIM et de la maquette numérique aussi bien en construction qu'en réhabilitation [8].

• Le BIM est-il réservé aux grandes structures ?

Avec le BIM comme support, la communication et la collaboration autour d'un projet sont facilitées et beaucoup plus efficaces.

Il en est de même pour l'étude de variantes ainsi que le partage de l'information.

Le BIM offre la possibilité de saisir l'information une seule fois et de l'exploiter de manière multiple. Fabriquer l'information coûte cher ; la dupliquer ou la copier permet d'économiser du temps et de l'argent.

Si l'application de ces principes à l'échelle d'un grand projet et de grandes structures permet de tirer pleinement parti du BIM, rien n'empêche de s'en inspirer et de profiter du BIM à une plus petite échelle. Le BIM n'est pas réservé aux grandes entreprises ni aux grands projets ! [8].

1.2.3 Le BIM n'est pas un logiciel

Le choix du logiciel BIM se pose fréquemment. Or, le BIM n'est pas un logiciel mais bien un processus (complexe) de travail collaboratif. Il permet aux différents acteurs du projet de travailler sur une même maquette numérique et de pouvoir simuler toutes les phases de construction. L'outil de base du BIM est donc une maquette numérique qu'il faut élaborer grâce à un logiciel 3D « orienté objet ». La question de « l'objet » est-ce qui distingue un logiciel BIM d'un logiciel 3D standard. Dans un logiciel BIM, nous ne dessinons plus des géométries mais bien des objets ayant des caractéristiques comme, par exemple, leur matérialité.

Et le choix du logiciel 3D BIM doit s'opérer en fonction des besoins spécifiques de chaque métier et de chaque type de projet à réaliser.

L'architecte devra donc être attentif au choix de son logiciel. Ce dernier doit garantir l'indépendance de l'architecte étant entendu qu'il existe un dialogue possible entre les logiciels choisis par les différents acteurs concernés et ce, par le biais du format d'échanges IFC (Industry Foundation Classes) créé par « Building Smart » [9].

Le BIM n'est pas un logiciel mais une façon de travailler.

1.2.4 Objectifs généraux des BIM

L'objectif du BIM est de construire plus vite, moins cher et offrir au maître d'ouvrage une modélisation du bâtiment exploitable durant toute la durée de vie de ce dernier grâce à un mode de conception numérique et collaborative. Voici une liste non exhaustive de ces derniers :

- Visualisation 3D.
- Paramétrage des objets.
- Maîtrise des quantitatifs.
- La création et la gestion d'une bibliothèque d'objets BIM sont impératives.
 - Amélioration de la capacité à réaliser des projets plus rapidement et plus économiquement avec une plus grande complexité et avec un impact environnemental réduit.
- Prévion du cycle de vie du bâtiment.
- Amélioration de l'exploitation du bâtiment.
- Utilisation d'outils de quantification, d'analyses et de présentation.
- Augmentation des performances de l'entreprise.
- Facilité la communication.
 - La capacité d'analyser et de simuler des performances énergétiques et environnementales d'un bâtiment [4].

I.2.5 Quelques fausses idées sur les BIM

- **Le BIM ne vaut que pour les projets de construction neuve**

S'il est souvent question du BIM en phase de conception et de construction, le BIM couvre par nature toutes les étapes : conception, construction, exploitation et maintenance, rénovation et réhabilitation et enfin la déconstruction. La montée en puissance des solutions de scannérisation de l'existant permet en effet de procéder à la numérisation du patrimoine existant, en vue de son intégration dans des solutions BIM pour création de la maquette BIM à des fins de rénovation et d'exploitation [4].

- **Avec le BIM, il suffit d'appuyer sur un bouton pour obtenir les résultats**

Le BIM n'ôte en rien le besoin de compétences. Ni la machine, ni le processus à eux seuls ne peuvent garantir la pertinence, la qualité et la fiabilité du projet. Seuls le savoir-faire, les connaissances, l'expertise, l'expérience, permettent de bien comprendre les besoins, de bien identifier les données, de les analyser, de percevoir les éventuelles erreurs, de savoir les traiter. Si le BIM permet d'optimiser les tâches qui relèvent de la saisie, du calcul, de mieux communiquer, mieux se coordonner, il repose sur les compétences des différents intervenants, qui vont devoir travailler ensemble, en mode collaboratif, en conservant leur expertise propre qui fait leur valeur ajoutée [4].

- **Le BIM, ce n'est que pour les grosses structures et les gros projets**

Le BIM selon certains est plutôt fait pour les projets d'envergure qui associent de nombreux intervenants, dans le cadre de gros contrats, le tout donc plutôt pour les « grosses » entreprises, les majors. Or, les avantages du BIM en tant que processus de travail sont aussi présents pour des projets de plus petite envergure (habitat individuel par exemple), et le BIM répond à une demande forte, pour mieux construire et mieux exploiter tout au long du cycle de vie du bâtiment, demande qui est valable quel que soit le projet [4].

I.3 Avant BIM

1.3.1 Quelques problèmes actuels dans l'industrie

- Manque d'efficacité (travail à double ou triple) ;
- Nombre d'erreurs élevées dues au manque de coordination et de suivi ;
- Situation traditionnellement conflictuelle entre les intervenants de l'industrie ;
- Report des responsabilités sur d'autres ;
- Absence ou non-respect des standards/normes de dessins ;
- Problèmes d'échanges de données et collaboration entre les différents intervenants ;
- Livrables basés sur des documents 2D papier ;
- Gestion du coût approximative ;
- Problèmes liés à la maintenance des ouvrages après conception ;
- Problèmes liés à l'interaction avec l'environnement... [4].

1.3.2 Quelle est la relation entre BIM et DAO

Les BIM en réalité sont développés par la compagnie Autodesk, leader en DAO ou CAO, les plateformes logiciels programmées dans les dernières années par Autodesk ont mis l'accent sur le paramétrage des objets prédéfinis. Ce qui rend les BIM des logiciels DAO intelligents.

La DAO offre une représentation graphique du bâtiment. Le BIM représente un modèle 3D paramétrique qui est une réplique virtuelle de l'ouvrage.

Le modèle BIM est dit "intelligent" dans le sens où il est composé d'éléments qui interagissent entre eux. Comme il s'agit d'un seul modèle, les coupes et les vues seront mises à jour automatiquement lors de modifications.

Les éléments du modèle BIM contiennent des informations (géométrie, matériaux,

apparence, coût, qualités énergétiques, etc.) qui rendent possibles les analyses et les simulations [4].

I.4 Le rôle d'un BIM Manager

De nos jours, les projets sont de plus en plus complexes et exigeants avec de fortes contraintes temporelles et budgétaires. Une bonne collaboration entre tous les intervenants est donc un élément essentiel pour le bon déroulement d'un projet. Ainsi le BIM est un outil d'aide au déroulement d'un projet, qu'il soit de petite ou de grande envergure.

❖ **Faciliter la conception** : La phase de conception d'un projet connu avec sa longue durée et sa difficulté. Le BIM permet de réduire le plus possible le gaspillage d'efforts et de travaux.

L'efficacité de la conception augmente grâce à l'utilisation d'objets prédéfinis avec des propriétés et des relations incorporées, y compris des informations sur les modèles principaux pour les coûts, les données de fabrication du fournisseur et les valeurs de spécification de performances.

❖ **Rendre la coordination plus simple**

Le bâtiment numérique fournit une source unique de données, ce qui simplifie la gestion de toutes les informations, chiffres et dimensions d'un projet. Le BIM facilite la coordination du contenu dessiné et non graphique.

❖ **Assurer la sécurité de la structure**

L'amélioration de la sécurité est l'un des principaux moteurs du BIM, dans toutes les applications mais surtout dans l'adoption des infrastructures. Cela implique la sécurité du site et la prise de conscience des problèmes potentiels, mais implique également de prendre des décisions le plus tôt possible dans le respect de la santé et de la sécurité, de concevoir des risques et de modéliser des scénarios de construction et de maintenance sécurisés.

❖ **Analyser la consommation d'énergie**

Les bâtiments très fréquentés et les infrastructures modernes sont très coûteux à gérer, notamment en raison de la hausse des prix du gaz et de l'électricité. Vous pouvez réaliser l'une des économies de coûts les plus importantes pour un actif construit, non pas en économisant des frais de conception ou de construction, mais au cours de l'utilisation de l'actif et de son cycle de vie opérationnel. Le coût le plus important est la consommation d'énergie.

❖ Gestion et maintenance de l'actif construit

Une autre façon de concevoir le modèle d'information consiste à intégrer toutes les informations dans la représentation numérique du bien physique pour qu'elles puissent être gérées et maintenues à long terme. On concentre sur les résultats et sur les informations nécessaires dont nous aurons besoin plus tard dans la vie du projet. Un bâtiment devrait avoir un modèle numérique intégré avec des données et des informations claires sur les achats.

❖ Meilleure information

De plus, les informations numériques nous permettent de tester et de valider les données beaucoup plus rapidement qu'avec les processus traditionnels. À mesure que le modèle évolue, une prise de conscience instantanée de l'impact des modifications à tout moment du projet permet une meilleure évaluation et une prise de décision rapide.

❖ Échange de données sur la chronologie du projet

Le BIM peut nous aider à éviter la perte de données au cours d'un projet. À de nombreux points d'échange d'informations, nous pouvons utiliser les données de projet de manière plus collaborative avec peu de gaspillage ou de duplication. Ce qui est encore plus important, c'est que plusieurs rôles et disciplines puissent utiliser les mêmes données dans le projet.

❖ Communication

Grâce à une combinaison de données 3D et non graphiques, on peut mieux comprendre l'environnement bâti que jamais. Mieux encore, on peut également tester des idées dans la sécurité du modèle.

❖ Nouvelle efficacité

La précision potentielle du BIM et la possibilité de perfectionner l'ingénierie bien avant la mise en chantier.

❖ Santé et sécurité

Nous pouvons comprendre les zones de risque du projet, notamment celles où des activités dangereuses auront lieu, et atteindre des niveaux de sécurité élevés. Au cours des phases ultérieures du projet [4].

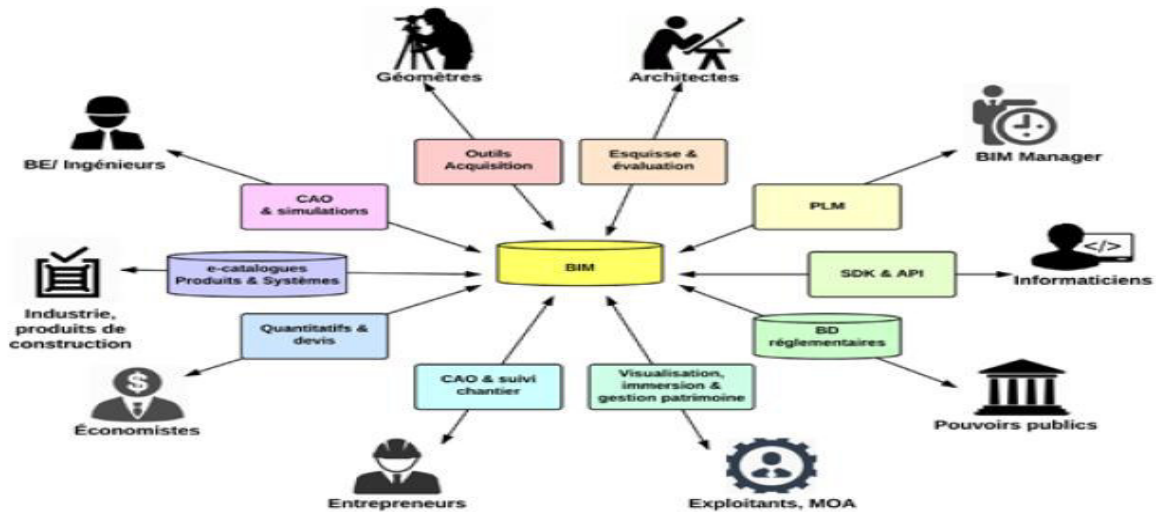


Figure 3 : Les rôles d'un BIM [4].

1.5 Les avantages et les inconvénients du processus BIM

1.5.1 Les avantages

Les avantages de la conception BIM sont multiples, pour tous les intervenants et à toutes les étapes d'un projet. Le BIM change la façon de travailler des maîtres d'ouvrage, architectes, ingénieurs et entrepreneurs. Il leur permet de collaborer et d'ajouter des informations pertinentes très tôt dans le projet, lorsque les modifications n'ont pas encore de conséquences financières graves.

Grâce à la réalisation d'un prototype ou une représentation virtuelle de ce qui va être construit, le BIM permet à un bâtiment d'être construit, testé et analysé en temps réel avant même le premier coup de pioche.

Grâce au BIM, il est possible de réaliser des bâtiments qui consomment moins d'électricité, sont chauffés et climatisés plus efficacement, et protègent mieux leurs occupants.

Répartie en différentes catégories, voici la liste des principaux bénéfices liés à une conception BIM.

1.5.1.1 Avantages pour les maîtres d'ouvrage et les développeurs

- ✓ Durant les études de faisabilité et la conception, l'extraction des quantités du modèle virtuel

BIM permet de vérifier très tôt si un projet respectera les critères financiers et les délais de construction.

- ✓ Le modèle virtuel 3D aide à la vérification des critères fonctionnels et environnementaux d'un projet. Il en découle une amélioration de la qualité des bâtiments. Cela est primordial quand

on sait que l'utilisation d'un bâtiment représente 80% du coût total d'un bâtiment, y compris sa construction.

- ✓ Une meilleure collaboration entre les intervenants permet une meilleure compréhension des critères du projet
- ✓ Une estimation du coût en temps réel permet de vérifier immédiatement les incidences budgétaires des modifications de conception.

1.5.1.2 Avantages pour les bureaux d'études, architectes et ingénieurs

- ✓ Le modèle virtuel 3D conçu avec un logiciel BIM permet d'effectuer des visualisations précises à toutes les étapes du projet, et est automatiquement consistant dans toutes les vues.
- ✓ Le modèle composé d'objets paramétriques ne comportera pas d'erreur de géométrie, notamment suite à une modification.
- ✓ Les logiciels BIM permettent à tout instant de générer des plans 2D, consistants entre eux, qui reflètent parfaitement le modèle virtuel à cet instant.
- ✓ La collaboration entre les intervenants est facilitée grâce à l'utilisation d'un même modèle 3D, simultanément ou non.
- ✓ Le modèle virtuel BIM permet la vérification du respect des normes en vigueur et des critères du projet tant au niveau quantitatif que qualitatif.
- ✓ Les quantités et coûts de construction peuvent être extraits en temps réel, à tout moment durant la conception. Cela permet d'avoir un retour immédiat sur les conséquences budgétaires d'une modification ou d'une variante.
- ✓ Les analyses et simulations des performances énergétiques et environnementales d'un bâtiment peuvent être réalisées très tôt dans l'étude, ce qui fournit l'opportunité de corriger la conception au besoin.

1.5.1.3 Avantages lors de la construction et la fabrication, entrepreneurs et fabricants

- ✓ Le modèle 3D est la source de tous les dessins, ce qui permet donc d'éliminer toutes inconsistances entre eux.
- ✓ Découverte des erreurs et omissions avant le début des travaux. Les modèles provenant de toutes les disciplines peuvent être assemblés et vérifiés pour les éventuelles interférences. Les conflits et autres problèmes de construction sont visualisés au stade des études et non sur le chantier.

- ✓ Grâce aux objets paramétriques du modèle virtuel, les modifications seront reportées en temps réel et leurs conséquences peuvent être visualisées.
- ✓ La conception et la construction peuvent être synchronisées grâce au 4D, qui ajoute la dimension temps au modèle virtuel 3D.
- ✓ Le modèle 3D permet l'extraction de tous les matériaux et ressources nécessaires à chaque étape du projet. Il est beaucoup plus facile de planifier les livraisons des matériaux et des équipements. Les commandes aux sous-traitants peuvent être effectuées avec plus de précision et en temps opportun.
- ✓ Le modèle 3D permet une plus grande précision de fabrication.

1.5.1.4 Avantages post construction pour les propriétaires et la gestion de patrimoine

- ✓ Toutes les informations collectées durant la construction peuvent être insérées dans le modèle 3D et remises aux propriétaires.
- ✓ Le modèle 3D remis est une source d'informations indispensables pour la gestion et l'opération des installations, ainsi que lors des travaux d'entretien.

1.5.2 Les inconvénients

Malgré de nombreux avantages certains, il subsiste des inconvénients liés à la jeunesse de l'utilisation du BIM en entreprise, et que seules les années d'utilisation vont permettre d'effacer. C'est le cas notamment du prix, qui aujourd'hui reste encore extrêmement élevé étant donnée l'inexpérience que la plupart des entreprises ont en la matière. De plus, légalement, l'utilisation du BIM engendre encore quelques zones d'ombre, notamment concernant la propriété du modèle 3D puisque tout le monde peut intervenir dessus. En outre, seuls les plans du marché ont aujourd'hui une valeur contractuelle, la maquette numérique générée par le BIM n'en est pas une, elle ne constitue qu'une aide à la réalisation et à la gestion de l'ensemble du projet. Bien que le BIM facilite la faisabilité de projets conçus de bâtiments, il n'aide pas la qualité de la conception dans des phases en amont des projets. Les logiciels de BIM ne sont pas encore tous encore assez stables et murs afin d'être totalement exploité en production. Bien évidemment, l'utilisation du BIM et de ces méthodes n'a pas de conséquence bénéfique immédiate pour les entreprises qui commencent à s'y mettre. Son utilisation est très complexe, demande un temps d'adaptation et coûte cher à mettre en place. La création de pièces standards au début demande également du temps. Les temps de travail par phase sont également différents par rapport à une méthode de travail classique. En effet, la phase de conception qui nécessite le plus de ressource avec le processus BIM est celle du DCE ou des phases antérieures (PRO, AVP, APS, etc.) [12].

I.6 Les différentes dimensions du BIM

Le BIM ne se limite pas seulement à de la 3D, la base de données qui est associée à la maquette numérique peut prendre d'autres dimensions [10].

BIM 3D : Les trois dimensions géométriques X-Y-Z. Sans elles le BIM ne serait pas.

Elles permettent les visualisations, les détections d'interférence, la préfabrication, les relevés de l'existant, le calcul des quantités, la mise à jour automatique des coupes et détails, etc. [10].

Les avantages

- Amélioration de la visualisation du projet, communication de l'intention de conception.
- Amélioration de la collaboration multidisciplinaire ;
- Réduction du remaniement [14].

BIM 4D : Ajoute une donnée "temps" aux trois dimensions géométriques. Permet de lier les éléments géométriques avec une information "temps" ou un planning déconstruction, ce qui va permettre aux différents acteurs d'un projet de visualiser dans le temps la durée d'un événement ou la progression d'une phase de construction [10].

Les avantages

- L'intégration du BIM avec des modèles de simulation ca CAD 4D apporte des avantages aux participants en termes d'optimisation de la planification ;
- Les constructeurs et les fabricants peuvent optimiser leurs activités de construction et leur équipe Coordination [14].

BIM 5D : Ajoute-la donnée "coût" aux 4 dimensions précédentes. Permet de lier les éléments géométriques et la contrainte "temps" à un "coût" et ainsi estimer les coûts de construction ou obtenir un aperçu de la situation financière d'un projet à un moment donné [10].

Les avantages

- L'avancement de développement projet plus productifs, rentables et durables. [18]

BIM 6D : Traite de tout ce qui concerne le développement durable d'un bâtiment, par exemple les analyses énergétiques [10].

Les avantages

L'intégration de BIM avec des modèles de simulation CAO 6D entraîne une réduction globale de l'énergie Consommation [14].

BIM 7D : Lie les éléments du projet à tous les aspects de la durée de vie du bâtiment.

Généralement délivré à la fin de la construction, le modèle 7D tel que construit contient toutes les informations nécessaires au propriétaire pour l'utilisation et la maintenance du bâtiment [10].

Les avantages

L'intégration de BIM avec des modèles de simulation 7D CAD optimise la gestion d'actifs, conception à la démolition [14].

BIM XD : Le X représente ici toutes les données additionnelles imaginables qui pourraient encore venir s'ajouter aux autres dimensions [10].

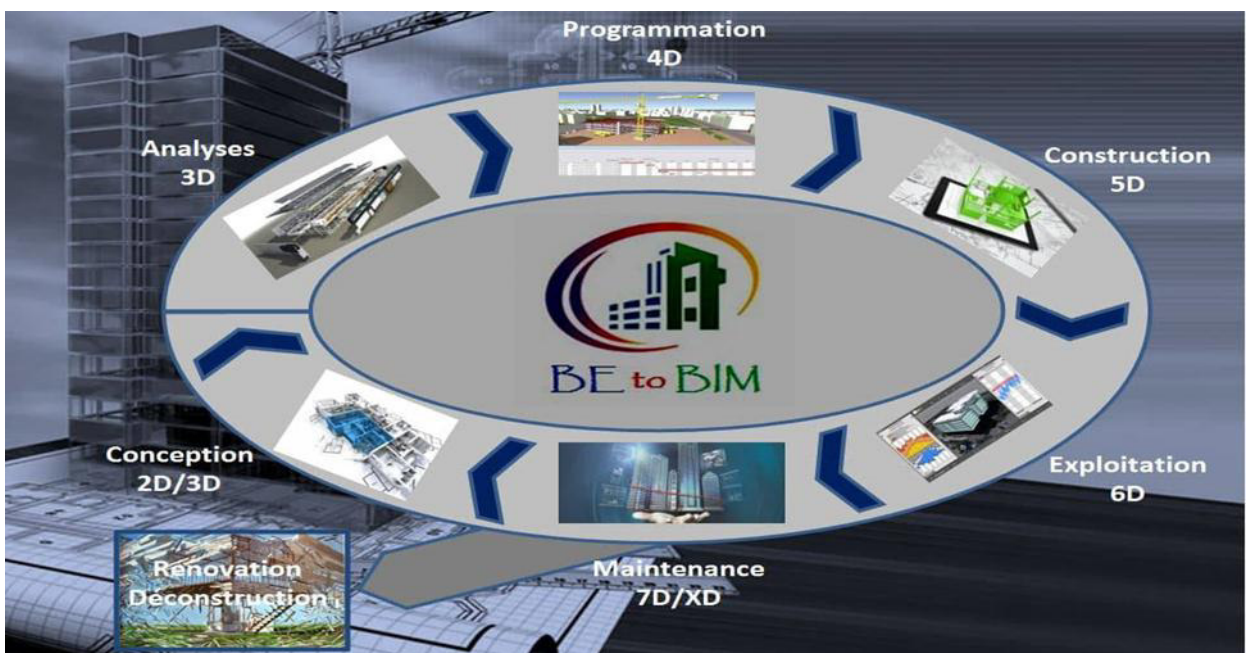


Figure 4 : Les différentes dimensions du BIM [10].

I.7 Les différents niveaux du BIM

Le BIM a plusieurs niveaux, appelés niveaux de maturité. Ces niveaux sont en fait des étapes vers le BIM collaboratif. Les niveaux 0,1 et 2 ne doivent donc être considérés que comme des étapes et non pas une fin en soi. Les descriptions ci-dessous correspondent aux niveaux utilisés au Royaume-Uni, mais il semblerait que ceux-ci soient reconnus ailleurs également [10].



9 1 9 1 1 1

- 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

1 5

CH 1 : Comprendre le BIM et le Scan To BIM

- En plus de l'utilisation de logiciels de CAO « BIM », la collaboration est formalisée sur la base de processus d'échange correspondant à des pratiques collaboratives modélisées avec des objectifs, l'implication de plusieurs disciplines et des exigences informationnelles identifiées. On observe dans certains cas une transversalité du processus d'échange, les modèles produits dans une phase donnée étant la base de l'enrichissement de l'information dans une phase ultérieure ;

- Des logiciels "non-BIM" sont également utilisés pour ajouter des dimensions complémentaires comme le temps (4D), ou les ressources financières (5D) au modèle.

Des formats d'échange de modèles (IFC ou propriétaires) sont choisis en fonction de leur capacité à supporter l'échange de données exigé dans le processus. Enfin, on notera la question de la persistance des données produites dans le processus d'échange, d'un point de vue technologique. En effet, les processus BIM d'un projet au niveau 2 peuvent être développés séparément, et surtout en parallèle de processus projet plus « classiques » [29]

BIM Niveau 3 : l'intégration orientée-réseau

Est perçu comme la seule méthodologie pour le processus BIM, souvent testée sur les grands marchés publics. Avec cette méthode, tout le travail des différentes parties se base autour d'une seule et unique maquette. Celle-ci La maquette se trouve dans un serveur ou une plate-forme en ligne accessible aux différents corps de métier ; de même que les différents formats de partage. Ainsi, les différentes maquettes métiers produits vont aider à constituer la maquette globale [15].

Le niveau 3 n'existe pas à l'heure actuelle, dans aucun pays. Il est caractérisé par le partage d'une seule et unique maquette. Les échanges et l'interactivité sont donc très efficaces [16].

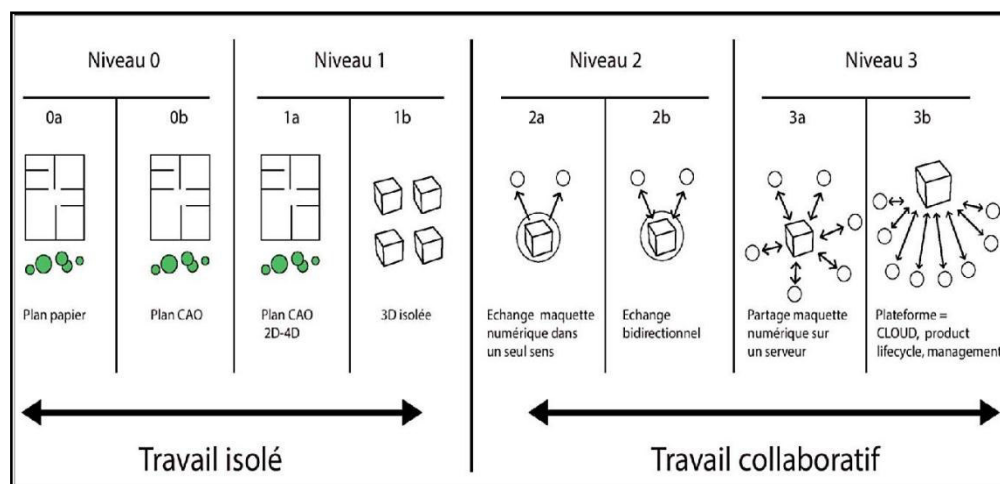
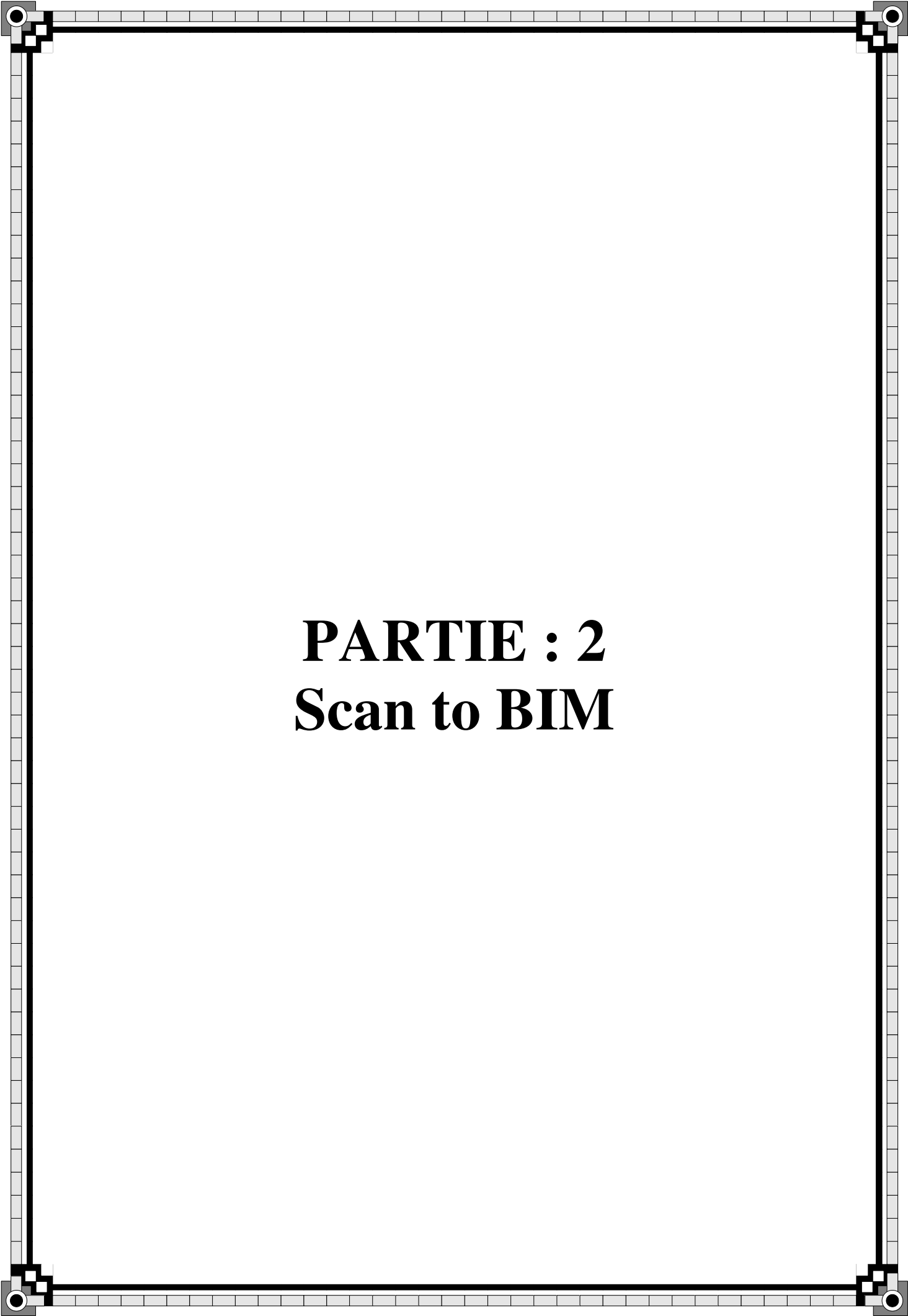


Figure 6 : Les niveaux de maturité BIM [4].



PARTIE : 2

Scan to BIM

II.1. Introduction

Le scanning laser 3D a rencontré un développement technologique impressionnant au cours de la dernière décennie, ainsi qu'un intérêt croissant dans plusieurs secteurs d'activité. C'est devenu une solution innovante pour des relevés as-built. Il offre des avantages considérables en termes de précision, niveau de détail, vitesse de relevé, confort et sécurité du géomètre. L'opérateur du scanner peut en un rien de temps capturer l'environnement complet en 3 dimensions, y compris le moindre détail. Le scanning se veut être une alternative innovante pour les instruments et méthodes de relevés topographiques classiques. Néanmoins, pour plusieurs raisons, son utilisation est loin d'être répandue chez les entrepreneurs et bureaux d'études.

Dans de nombreux projets de construction et à différents stades de ceux-ci (avant-projet, conception, dimensionnement, exécution, ...) l'approche BIM (Building Information Modeling) est choisie et requiert de l'information as-built. De l'information fiable et complète ne peut pas toujours être récoltée dans des plans as-built, lorsque ceux-ci existent. Par ailleurs, mener des relevés topographiques classiques avec un haut niveau de détail pour mettre en plan des structures est souvent une action coûteuse, laborieuse et longue.

Une application spécifique du scanning laser 3D est l'utilisation des nuages de points pour construire un modèle BIM. A ce jour, il n'y a encore que très peu d'informations et d'expertise concernant ce processus de modélisation BIM. L'objectif principal du travail de fin d'études était d'identifier clairement les bénéfices et l'utilité du scanning pour le BIM dans des projets de construction afin de guider et de faciliter l'utilisation des scanners. La rentabilité économique de ces processus, ainsi que la plus-value qu'apporte leur intégration dans des projets BIM ont également été analysés.[25]

II.2. Scan to BIM

II.2.1. Qu'est-ce que le « Scan to BIM » ?

Le Scan to BIM correspond au processus de modélisation d'un bâtiment sur la base de son nuage de points : l'empreinte 3D générée suite à un relevé de l'intérieur (et/ou de l'extérieur) du bâtiment via l'utilisation de technologies de scan 3D (lasergrammétrie et/ou photogrammétrie). Cette méthodologie permet de créer ou de mettre à jour la maquette numérique d'un bâtiment en se basant sur une empreinte représentative du réel dotée d'une précision centimétrique.

Deux principaux types d'usages sont récurrents en fonction des projets :

- La création d'une maquette numérique depuis zéro, via une modélisation classique basée sur l'empreinte et les coordonnées du nuage de points, permettant d'en déduire des dimensions précises ;
- La mise à jour d'une maquette numérique, via l'importation du nuage de points dans une maquette existante afin de détecter les différences (aussi appelés « Clash ») entre ces deux représentations du bâtiment et apporter les modifications nécessaires à une mise à jour suivant l'empreinte du nuage de point, cette dernière étant précise et à jour puisqu'elle a été relevée sur site.[31]

Dans un processus Scan to BIM, un scanner laser est utilisé pour capturer une analyse 3D précise des conditions du monde réel sur un projet. Les données d'analyse sont ensuite importées dans un environnement de modélisation 3D pour créer des modèles précis tels que construits ou pour informer la conception avec les conditions du monde réel. Tel que défini par le BIM, Scan to BIM est :

“Le processus de balayage laser 3D un espace physique ou un site pour créer une représentation numérique précise de celui-ci. Cette représentation peut ensuite être utilisée pour concevoir, évaluer les progrès ou évaluer l'option“. [28]

II.2.2. Les Avantages de Scan to BIM - Pourquoi devriez-vous investir dans elle ?

Les principaux avantages de Scan to BIM sont les suivants :

- A. Qualité :** Le design dérivé de Scan to BIM est plus fiable et de qualité assurée.
- B. Gagne du temps :** il élimine les visites fréquentes sur les sites. Ainsi, il augmente la disponibilité de temps avec l'entrepreneur pour lancer le processus de planification et d'évaluer le risque du projet.
- C. Erreurs minimales :** Il facilite la prise de décision et la modification du projet.
- D. Durabilité :** L'utilisation du BIM à chaque processus de construction permet d'améliorer la durabilité du projet.
- E. Économisez des coûts :** Le modèle sourcing 3D a certainement un coût, mais quand nous le comparons avec l'enquête 2D traditionnelle, cela se traduit par des économies importantes.
- F. Environnement de données commun :** Scan to BIM facilite la transparence, une meilleure communication et favorise la collaboration. [32]

II.2.3. Applications variées de Scan to BIM

Le motif derrière l'application d'un scan to BIM est de capturer les conditions réelles comme construit du bâtiment. BIM aide à servir le référentiel de connaissances qui génère

ainsi que coordonne les installations de construction tout au long du cycle de vie. Passons à la façon dont scan to BIM peut être bénéfique à différentes étapes des projets de construction. [32]

A. Conception : Dans la phase de conception, le modèle BIM tel que construit du terrain de chantier et les bâtiments environnants et l'environnement permettent aux concepteurs de mieux comprendre les conditions du site et de prendre de meilleures décisions sur la conception du bâtiment.

B. Construction : Pendant la construction, BIM représente largement tous les travaux de construction sur place qui sont en cours. Il identifie tout type d'écarts entre le modèle BIM tel que construit et un modèle BIM conçu, qui est en outre comparé aux valeurs de tolérance spécifiées dans les codes et règlements pertinents. Dans la phase de construction, il y a différents aspects comme :

- **Installation virtuelle :** Grâce à des modèles de construction BIM précis, l'installation virtuelle et les assemblages sont devenus possibles grâce à une Scan to BIM. Scan to BIM peut être adoptée pour simuler le processus d'installation et d'assemblage dans un environnement virtuel. Cela permettra d'identifier tout problème ou difficulté potentiel avant l'installation réelle, connu sous le nom d'affrontements, conduisant à un temps important et des économies de coûts.
- **Gestion de la sécurité :** Le modèle Scan to BIM a le potentiel d'améliorer la gestion de la sécurité de la construction puisqu'il identifie tous les dangers pour la sécurité et suggère des mesures à prendre pour assurer la sécurité complète du projet.
- **Reproduction numérique :** Scan to BIM permet de remplacer des milliers de dessins en fournissant un modèle 3D détaillé sur une plate-forme numérique. Il offre également la possibilité de visualiser la conception et apporter les modifications nécessaires à la conception.
- **QA/QC :** Le modèle BIM couvre tous les composants préfabriqués qui sont tous traités pour l'assurance de la qualité et le contrôle de la qualité.

C. Gestion des installations (FM) :

- **Documentation :** Les bâtiments qui sont déjà construits et n'ont pas la documentation appropriée de sa conception et la fonctionnalité, Scan to BIM contribue à créer une source de documentation qui peut être utilisée pour toute autre modification. La documentation des géométries et des textures complexes du bâtiment est l'application la plus fondamentale de Scan to BIM dans cette phase.

- **Analyse des performances du bâtiment** : cela inclut des fonctions comme l'analyse des performances, le diagnostic d'accessibilité et l'analyse structurelle. L'analyse des performances des bâtiments est effectuée afin d'étudier et d'améliorer la performance du bâtiment en ce qui concerne la consommation d'énergie, l'accessibilité et la fiabilité structurelle.
- **Fonctionnalités FM** : Grâce à une capacité de visualisation 3D supérieure et à des informations de construction riches et bien organisées dans le BIM, plusieurs fonctionnalités FM peuvent être améliorées, telles que les opérations et la gestion, la gestion de l'espace, la planification et l'exécution de la rénovation, la gestion des urgences et la formation du personnel, et le développement. [32]

II.2.4. Pourquoi Scan to BIM ?

- ✔ Offre une plate-forme facile pour tous les spécialistes de collaborer ;
- ✔ Vous avez un modèle 3D propre et précis ;
- ✔ Vous avez des informations sur chaque élément du modèle 3D ;
- ✔ Normes bien connues afin que vous sachiez ce que vous recevrez ;
- ✔ Vous pouvez générer automatiquement des plans 2D ;
- ✔ Vous pouvez obtenir la liste des quantités automatiquement ;
- ✔ Modèles interconnectés pour la structure, l'architecture et le MEP ;
- ✔ Vous pouvez comparer l'analyse réelle au modèle BIM et voir les différences. [33]

II.2.5. Scan-Vs-BIM

Lorsque les technologies de numérisation au laser et de modélisation de l'information sur les bâtiments (BIM) ont émergé, l'industrie de la construction a montré un intérêt significatif pour ce qui devait être appelé éventuellement « Scan-to-BIM » : le processus d'utilisation d'un nuage de points scannés au laser pour développer des modèles BIM d'actifs existants. Cependant, avec l'utilisation de BIM pour la conception, une autre utilisation importante de ces technologies est ce que certains d'entre nous ont appelé « Scan-vs-BIM » : la comparaison des nuages de points scannés au laser (capturer les états tel que des constructions) aux modèles BIM (représentant les états conçus des constructions). Scan-vs-BIM offrent d'importantes possibilités d'automatisation dans la réalisation de projets de construction, par exemple pour le progrès ou le contrôle de la qualité. [34]

II.3. La technologie laser scanner 3d

II.3.1. Historique

Avec l'arrivée du BIM, le secteur du bâtiment se lance dans sa propre révolution numérique en s'inspirant de celle vécue précédemment par l'industrie et tente de s'approprier certaines techniques mises au point et approuvées par sa grande sœur durant ces trois dernières décennies. Après avoir adopté les méthodes informatisées de dessin industriel en 2D, le bâtiment se met lui aussi progressivement à la 3D, puis à la CAO et complète sa palette d'outils numériques avec notamment, le laser 3D, appelé couramment « Disto » (du nom de sa marque) sur le chantier. L'appareil photo numérique remplace progressivement l'argentique et le masque de réalité virtuelle donne aux architectes les moyens d'immerger virtuellement leurs clients dans leurs projets de construction. À l'heure où l'imprimante 3D prend place à côté du traceur dans nos agences d'architecture, le scanner laser 3D s'impose lui aussi dans notre secteur comme l'outil de référence pour le relevé de bâtiment existant [22].

Mais, si ce dernier a fait ses preuves dans l'industrie il n'apporte à ce jour qu'une réponse partielle à la problématique de modélisation BIM [22].

La reconstruction de forme à partir d'un nuage de points aboutit à un maillage 3D. La modélisation se fait en général à partir des algorithmes de reconstruction du logiciel de post-traitement des données du scanner et non dans le logiciel de conception architecturale assistée par ordinateur [22]. Le modèle final importé dans les logiciels de CAO arrive donc la plupart du temps dans les solutions métiers dépourvu d'intelligence architecturale [22].

II.3.2. Définition

Les scanners sont aussi appelés scanners tridimensionnels, ce sont des appareils de numérisation et d'acquisition 3D.

Un scanner tridimensionnel est un appareil qui analyse les objets ou leur environnement proche pour recueillir des informations précises sur la forme et éventuellement sur

L'apparence (couleur, texture...) de ceux-ci. Les données ainsi collectées peuvent alors être utilisées pour construire des images de synthèse en trois dimensions à des fins diverses. Ces appareils sont beaucoup utilisés par les industries du divertissement pour des films ou des jeux vidéo et maintenant dans le domaine du bâtiment [23].

II.3.3. Utilisation

Le scanner terrestre a au début été créé pour obtenir une information 3D sur des objets tel que construit (TQC).

Aujourd'hui, on s'aperçoit que la valeur ajoutée de ce type de matériel va au-delà des limites prédéfinies et que l'ouverture des champs d'action des scanners s'étend vers des perspectives auxquelles on ne pouvait s'attendre.

De ce fait, le scanner ne constitue plus une simple « technique nouvelle » mais s'insère désormais dans un processus de traitement complet et précis pour les travaux de types relevés, avec parfois la complémentarité des techniques traditionnelles de topographie.

Cette technique reste très pertinente lorsqu'un projet nécessite une information détaillée, précise, visuelle immédiatement exploitable sur des moyens et grands ensembles. Elle permet d'obtenir des mesures fiables et précises même à des longues distances et ce en toute sécurité. Elle reste une solution très efficace lorsque le temps et les délais d'interventions sont très limités.

Il convient aussi de noter que cette technologie permet d'obtenir de l'information en 3 dimensions en vue de réaliser de la modélisation.

En ce qui concerne son utilisation, il existe sur le marché différents types de scanner qui diffèrent principalement par :

- Leur précision en position, distance et angle ;
- Leur portée ;
- Leur vitesse de scan [24].

II.4. Principes et fonctionnement de la numérisation 3D

Le scanning laser 3D fait appel à la technologie de mesurage avec un laser, une technique de mesurage dite "active", utilisant de la lumière émise par l'instrument lui-même.

La lumière émise, en l'occurrence un faisceau laser concentrer, est réfléchi par le premier objet qu'elle rencontre et renvoyée (en partie) vers l'instrument où elle est captée par un détecteur. Le transmetteur-récepteur, également appelé télémètre laser, permet au scanner de calculer la distance. De ce fait, les scanners laser 3D font partie des instruments LiDAR (Light Détection And Ranging) ou encore LADAR (Laser Détection And Ranging).

Deux technologies de mesurage sont principalement à distinguer parmi les instruments LADAR : les instruments Time-of-Flight (temps de vol) et les instruments Phase-based (décalage de phase). La première technologie mesure le temps entre l'émission et la réception du signal laser et le convertit en distance, connaissant la vitesse de la lumière dans l'air. La technologie Phase-based quant à elle calcule la distance à partir du déphasage qu'il existe entre le signal sortant et entrant. Chacune des deux technologies Présente des avantages et des inconvénients en termes de précision, rapidité de mesure, portée et sensibilité aux erreurs [25].

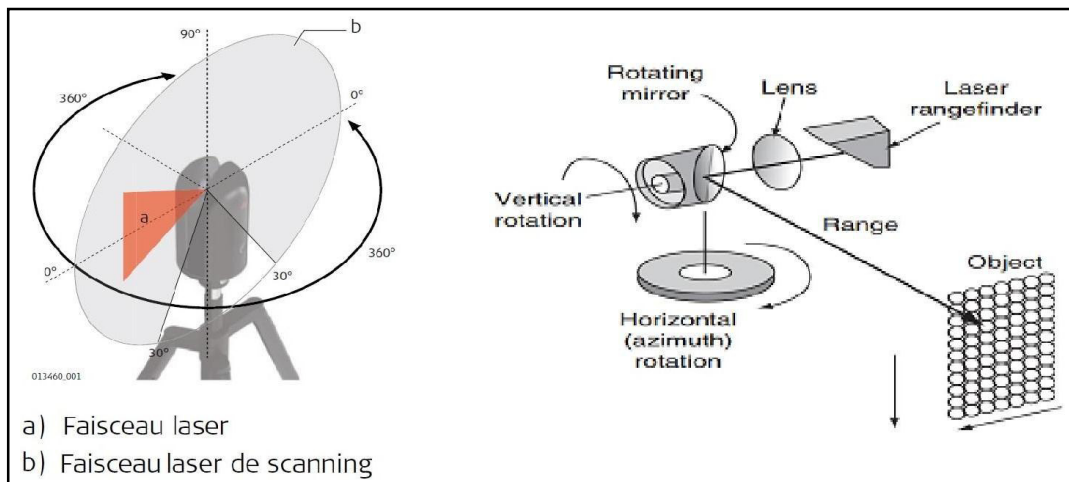


Figure 7 : Rotation angulaire verticale et horizontale [25].

Contrairement aux télémètres laser et aux stations totales par exemples qui ne mesurent qu'un seul point prédéfini, les scanners mesurent une énorme quantité de points tout autour de l'instrument afin de construire un "nuage de points". Pour ce faire, le Faisceau laser est dévié dans toutes les directions voulues. Certains instruments sont équipés de miroirs ou de prismes pour assurer la rotation du faisceau laser. Dans le cas d'un scanner statique (voir plus loin) le principe de "balayage" de l'environnement à scanner peut-être schématiser comme à la figure 7.

Ces rotations verticales et horizontales simultanées permettent d'obtenir un nuage de points en 3D.

Les angles du faisceau sont mesurés à chaque instant afin que l'instrument puisse transformer ces données et la distance mesurée en un point avec des coordonnées XYZ, représenté dans un système d'axes avec la position de l'appareil comme origine. Le résultat final sortant d'un scan est alors un nuage de points tel qu'illustré à la figure 10.

Les différences de couleur correspondent aux différences d'intensité du signal retour capté par le récepteur pour chaque point mesuré. Cette intensité varie en fonction de la distance, de l'inclinaison de la surface, de sa réflectivité (matériau, couleur, etc.) et de certaines conditions environnementales [25].

II.5. Numérisation laser à distance pour numérisation - Scan to BIM

La numérisation vers BIM est également connue sous le nom de nuage de points vers BIM, car lorsque les bâtiments sont examinés avec un scanner laser 3D, les données sont collectées sous la forme d'un nuage de points (un groupe de millions de points dans un espace 3D). Les experts importent ces nuages de points dans des outils logiciels comme Revit et les convertissent en modèles 3D prêts pour le BIM. Les services Scan to BIM sont utilisés pour la modélisation As-built et sont l'une des plates-formes à la croissance la plus rapide dans le domaine de la construction.

II.6. Exploitation les relevés 3D

3 Étapes pour exploiter les RELEVÉS 3D

A- Relevés 3D sur site : Le scanner 3D utilise une technologie laser pour générer un nuage de points en 3D. Il produit des environnements détaillés et des géométries complexes en quelques minutes.

B-Traitement du nuage de points : Du retour au bureau, les différents nuages de points sont traités, positionnés et assemblés pour exploitation (mesures de distances, calcul de superficies, annotations...).

C- Maquette BIM et plan : Le nuage de points finalisé permet la création de la maquette numérique 3D. Les plans 2D générés reproduisent l'état existant du bâtiment scanné avec un haut niveau de fidélité.

II.7. Le relevé 3D

II.7.1. Introduction

Comme nous le précisons ci-dessus, le relevé 3D des bâtiments sujets à un projet de Scan to BIM est une opération effectuée sur le terrain par des opérateurs équipés de scanners 3D qui vont capturer l'ensemble d'un bâtiment.

Suite à ce relevé laser 3D, les millions de points acquis par les scanners sont alors rassemblés sous la forme d'un nuage de points, qui sera livré au modelleur 3D afin qu'il puisse initier son travail de modélisation en important le nuage de point dans son logiciel de CAO. [38]

Initier un projet de modélisation sur la base d'un relevé 3D permettra au modelleur de bénéficier d'un référentiel à jour de l'état du bâtiment et commun avec son client, remplaçant ou venant compléter ainsi l'ensemble des plans, sections, élévations et autres documents parfois vieux et erronés pouvant leur être proposés.

Dans ce travail, nous avons utilisé un scanner 3D BLK360 fabriqué LEICA GEOSYSTEMS



Figure 8 : Relevés 3D sur site [2].

II.7.2. Les scanners 3D

Leica Geosystems propose la gamme Leica Scan Station comme partie intégrante d'une solution de numérisation complète comprenant le matériel, le logiciel, le service, la formation et l'assistance. Les données du scanner laser 3D peuvent être traitées dans les suites de logiciels de nuage de points 3D leader du secteur, qui comprennent le logiciel autonome Leica Cyclone, les utilitaires pour les systèmes de CAO Leica Cloud Works et le logiciel gratuit de visualisation Leica TruView. [36]

Leica BLK 360

BLK 360 est un scanner 3D conçu par LEICA et Autodesk avec lequel l'utilisateur sera en mesure de faire un scan complet d'une certaine zone dans un court laps de temps, et qui est normalement associé à une utilisation professionnelle dans le travail comme l'architecture ou la conception intérieure, par exemple, avec un scanner BLK 360 l'utilisateur sera en mesure de scanner l'intérieur d'un département avec précision et automatiquement en 3D.

La taille du nouvel appareil est seulement 16 cm avec un diamètre de 10 cm, pèse moins de 1 kg et a un seul bouton. Il est destiné à être contrôlé via un iPad. Il enregistre également sans fil les scans capturés avec l'édition ReCap 360 Pro Mobile, une

application développée pour l'iPad qui a été gérée par Autodesk.

Le scanner est capable de capturer 360 000 points par seconde. Il a une portée de 60 mètres et une précision de 4mm, a plusieurs méthodes de numérisation avec des capteurs infrarouges pour les images thermiques, des images laser et la lumière visible, ainsi que l'inclusion d'un support flash **LED** et d'être équipé pour **HDR**. Selon LEICA, le BLK 360 peut créer un scan 360 en seulement 3 minutes [26].

- Petit et léger ;
- Caractéristiques multiples ;
- Rapide [26].



Figure 9 : LEICA BLK360 [36].

II.8. Le post-traitement des données de scan

Une fois que les données terrains ont été acquises (avec les différentes technologies que nous vous avons présentées), il faut alors les charger dans un logiciel tel que Autodesk Recap Pro, Faro Scène, Leica Cyclone ou autre pour procéder à l'étape de l'on appelle post-traitement. Celle-ci se décompose globalement en deux parties :

L'assemblage/recalage puis le nettoyage des nuages de points.

La première étape consiste à assembler le différent nuage de points captés sur site et à les recalibrer les uns aux autres, pour se faire plusieurs méthodes peuvent être utilisées :

- Le recalage de nuage à nuage : il s'agit de faire correspondre les nuages entre eux en fonction du nombre de points communs, du taux de recouvrement), de l'équilibre (inclinaison) et de la densité de points ;
- Le recalage utilisant les plans : ici il s'agit d'agréger les nuages en fonction du nombre de plans verticaux et horizontaux communs ;
- Le recalage utilisant des cibles et sphères : généralement le plus précis, il sert des

différentes cibles et sphères mises en place sur le terrain pour recalibrer de manière semi-automatique les nuages entre eux.

Une fois les nuages assemblés, il faut aussi identifier les zones qui doivent être nettoyées (présence de miroir, de fenêtre, de personnes...) et supprimer dans les stations concernées les points qui correspondent à ces objets. [38]

II.8.1. Génération et utilisation de nuages de points

Un nuage de points est une aide précieuse pour identifier les éléments existants d'un site et peut fournir des plans très détaillés en un clic, indiquant où sont situés les éléments, ainsi que leurs tailles et leurs auteurs. Consultez dans un logiciel de modélisation de la construction (Autodesk Revit, ArchiCAD, Allplan, Tekla, SolidWorks ...).

Dans un nuage de points, toute vue à l'écran peut toujours être référencée. Cela signifie que, dans une vue en plan, une élévation, une coupe ou une 3D, il y aura toujours des détails clairs sur ce qui existe dans cette partie particulière du bâtiment.

Cela nous permet également de modéliser les propositions par rapport à ce qui existe en les combinant. Ce qui est très utile pour rechercher des problèmes et détecter des conflits avec des composants existants. Cela est utile non seulement pour les architectes et les constructeurs, mais également pour les entrepreneurs de services, car le niveau de détail qu'un nuage de points peut fournir est extrêmement précis. Par exemple, il peut être extrêmement utile d'indiquer clairement l'emplacement des conduites existantes. [37]

II.8.2. Qu'est-ce qu'un nuage de points ?

Techniquement, le nuage de points est une base de données qui contient les points dans un système de coordonnées en trois dimensions de l'élément ou de l'installation à étudier. Toutefois, du point de vue du flux de travail typique, le nuage de points est un enregistrement numérique très précis d'un objet ou d'un espace, qui contient un grand nombre de points recouvrant les surfaces d'un objet, obtenus par scanner laser ou photogrammétrie.

Les points dans un nuage de points sont toujours situés sur les surfaces externes des objets visibles, car ce sont les points où le faisceau lumineux du scanner est réfléchi par un objet. Si la taille des points individuels est suffisamment grande dans une vue ou un réglage de zoom donné, le nuage de points peut être perçu comme une surface continue. Si la distance entre les points est légèrement plus grande, alors nous pouvons clairement voir que cette image est composée de points individuels, mais même dans ce cas, notre cerveau peut prendre les formes d'un objet de cette image avec une relative facilité.

Il est essentiel de comprendre que le nuage de points est un ensemble de points

individuels, non liés, ayant une position et une couleur définie. Cela rend les nuages de points assez faciles à éditer, afficher et filtrer.

L'utilité des nuages de points trouve son origine dans la mesure où les points sont des objets faciles à manipuler en grande quantité. Un ordinateur n'a pas à s'inquiéter de l'échelle, de la rotation et des relations avec d'autres objets. Seules la position et la couleur sont des éléments importants pour le calcul. Cela rend les nuages de points assez faciles à modifier, afficher et filtrer les données. [37]

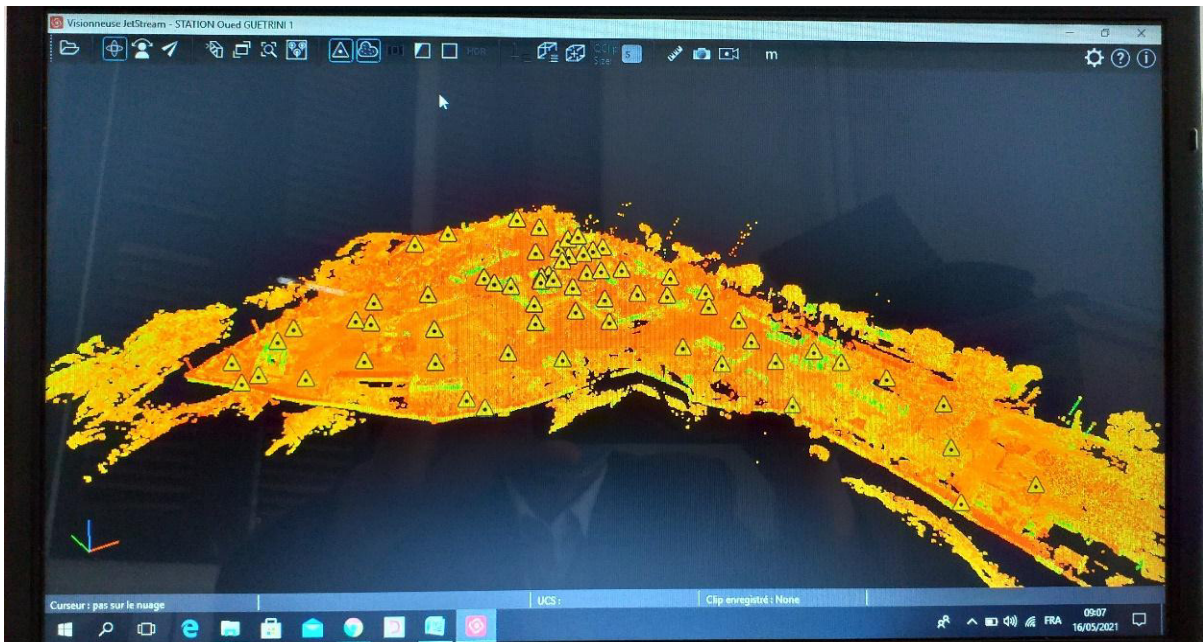


Figure 10 : Nuage de points généré par balayage laser 3D.

II.8.3. Pourquoi utiliser des nuages de points ?

Les détails et la précision du système de cartographie de nuages de points obtenus au moyen d'un scanner laser 3D en font un outil extrêmement utile pour représenter numériquement les conditions existantes. Il permet de créer une représentation du "monde réel" du lieu de travail. Il n'est donc plus nécessaire de faire des conjectures (hypothèses), d'effectuer des visites sur site et d'effectuer des mesures manuelles qui consomment du temps et des efforts.

Par exemple, si nous concevons un bâtiment qui se connecte à un bâtiment existant, nous aurons essentiellement la représentation existante et précise, mais en 3D !

Les nuages de points supportent notre conception en nous permettant de concevoir en fonction de la configuration réelle du site, ce qui nous permet de détailler et de modéliser avec précision les bâtiments existants. Cela nous aidera à éliminer les tâches, à planifier les coûts et à élaborer les détails de la construction. Il fournira également les configurations précises pour la préfabrication et la vérification de l'installation de construction.

II.8.4. Utilisation de nuages de points dans les nouveaux projets de construction

Cela peut sembler étrange au début, mais le balayage laser 3D peut également jouer un rôle important dans les nouveaux projets de construction. On sait que de nombreux projets de construction doivent faire face à des coûts d'erreurs élevés, par exemple, car les nouveaux éléments placés s'adaptent déjà car le prédécesseur a commis une erreur dans les dimensions.

En d'autres termes, il peut arriver que le bâtiment s'écarte de la conception lors de la construction. Ce type de problème peut être évité en vérifiant les dimensions des éléments déjà construits entre-temps. Les nuages de points offrent la possibilité de détecter rapidement les divergences entre le modèle 3D théorique (la conception) et la situation actuelle à un moment donné du processus de construction. [37]

II.8.5. Acquisition de nuages de points

Le facteur clé pour l'acquisition de données à partir du nuage de points est l'accès / la visibilité sur les surfaces numérisées. Il est important de se rappeler que le nuage de points est obtenu par un accès visible à des objets réels. Quelle que soit la méthode d'acquisition (scanner laser ou photogrammétrie), il est impossible d'obtenir des points sur des surfaces non visibles à partir de la position à partir de laquelle nous recueillons des données.

Cela signifie que pour couvrir tous les objets qui doivent combiner plusieurs positions de numérisation.

La densité est utilisée pour décrire la résolution dans l'ensemble des données collectées, c'est généralement la distance d'un point à un autre. Les nuages de points moins denses sont évidemment beaucoup plus rapides à capturer, mais moins détaillés.

La plupart des données de nuages de points contiennent non seulement la position d'un point, mais également une description des propriétés visuelles, telles que la couleur d'un objet ou sa réflectivité.

II.8.6. Géoréférencement de nuages de points

Les nuages de points deviennent de plus en plus un élément commun des flux de travail pour la génération de modèles 3D, particulièrement utiles pour les projets BIM (Building Information Modeling). La référence géographique est l'une des tâches les plus importantes pour ceux qui souhaitent utiliser un nuage de points dans un modèle avec des coordonnées réelles.

L'une des principales préoccupations concernant les nuages de points est la nécessité

de les géoréférencés (transformation à partir des points de contrôle au sol) ou de les contextualiser dans un système de coordonnées.

Les références géographiques des données de nuage de points peuvent être insérées dans plusieurs plates-formes, telles que Scène de Faro, AutoCAD, Navisworks, Revit, Civil 3D et autres. [37]

II.8.7. Les logiciels de traitement de nuages de points 3D

Il est primordial de s'intéresser dans un premier temps aux différents logiciels capables d'interagir avec un nuage de points et étudier les possibilités de modélisation dans le cadre de la réhabilitation. En effet, il est important de connaître toute la chaîne de traitement pour proposer un outil d'automatisation efficace [16].

II.8.8. Leica Cyclone 3DR

Leica Cyclone 3DR est une nouvelle extension intégrée de la suite logicielle [Cyclone](#), la solution de référence de manipulation des nuages de points, qui accompagne les utilisateurs pendant toutes les étapes de leurs projets de capture de la réalité 3D : de la collecte de données sur le terrain avec [Cyclone FIELD 360](#), en passant par l'enregistrement dans [Cyclone REGISTER 360](#), au traitement et à la création de livrables dans Cyclone 3DR. Cyclone 3DR fusionne la technologie [Leica JetStream](#) pour une gestion centralisée et Complète des nuages de points.



Figure 11 : Logiciel de post traitement - Cyclone 3DR. [36]

Alors que la plupart des logiciels se concentrent sur une séquence de tâches unique pour créer un livrable spécialisé, Cyclone 3DR offre en un seul logiciel une utilisation simple basée sur des flux de travail adaptés aux domaines de la topographie, de la construction et de l'ingénierie civile. Cyclone 3DR inclut également une large gamme d'outils adaptables aux différents besoins en traitement des données 3D comme l'inspection,

La modélisation ou la génération de livrables et de rapports 3D. Basé sur la même expérience d'utilisation que celle de la gamme nouvelle génération de Cyclone, Cyclone

3DR permet aussi bien aux nouveaux utilisateurs qu'aux plus expérimentés d'entre eux de passer de l'importation à l'analyse, du traitement à la publication de résultats de manière intuitive et simple. En automatisant les tâches courantes, les clients peuvent réduire les délais dans les projets et fournir rapidement des informations exploitables pour leurs clients.

Le visionneur gratuit Cyclone 3DR permet aux utilisateurs d'augmenter leur productivité et d'offrir à d'autres utilisateurs l'accès à des outils de visualisation et d'analyse simples au sein de Cyclone 3DR. Il est parfait pour les utilisateurs qui ont besoin de visualiser et de faire des vérifications simples de données sans consommer de licence complète.

II.8.8.1 Le visionneur gratuit Cyclone 3DR prend en charge :

- Importation de nuages de points, de maillages 3D, de poly lignes et de fichiers CAO/BIM
- Visualisez ces éléments avec les différents modes de caméra du logiciel de la famille Cyclone.
- Mesures en 3D et création d'étiquettes
- Appliquer et modifier le dégradé de couleurs sur un modèle grâce à la fonction "Analyse le long de la direction"
- Importer, visualiser et modifier toute inspection 3D entre deux objets effectués dans Cyclone 3DR (et 3DReshaper)

II.8.8.2 Principaux avantages :

- Intégration de projets multi-senseurs et multipoints via JetStream ou via des formats d'échange standard de l'industrie.
- Modélisation et de reconstruction de surface rapides et flexibles
- Inspection, surveillance, contrôle et mesure d'un modèle dans son environnement
- Création de rapports personnalisables 2D et 3D (p. ex. inspection des cuves selon la norme API 650/653)
- Flux de travail nombreux dédiés à de nombreuses applications relatives à la construction, au bâtiment, à l'ingénierie civile, à l'inspection des cuves de stockage, des stocks de matériau...

- Création avancée de routines grâce à un moteur de script puissant
- Interopérabilité totale avec les formats de conception courants, y compris les fichiers de modèles IFC et Revit
- Extraction automatique de caractéristiques : ligne de ruptures, formes géométriques...
- Fonctions optimisées pour la création de MNT ou MNS
- Module de rendu réaliste (images, couleur)
- Et bien plus encore...

CHAPITRE II

Mission sur site de Scan 3D

II.1 Introduction

Le projet faisant l'objet de la présente numérisation en scan to BIM est l'étude et la réalisation d'une base logistique de champ d'Oued Guetrini qui est le premier gisement pétrolier historique de l'Algérie.

Il est primordial de s'intéresser dans un premier temps aux différents logiciels capables d'interagir avec un nuage de points et étudier les possibilités de modélisation dans le cadre de la réhabilitation. En effet, il est important de connaître toute la chaîne de traitement pour proposer un outil d'automatisation efficace.



Figure 12 : Plan de situation de site.

II.2 Présentation du champ pétrolier Oued Guetrini:

II.2.1 Historique :

La présence d'un suintement de pétrole, dit de Sidi Aïssa, accompagné de gaz apparaissant dans L'Oued Gueterini (ruisseau de goudron) a permis d'établir la découverte en 1948 du gisement pétrolifère d'Oued Gueterini dans le bassin Sud Tellien de l'Algérie du Nord.

Le premier puits (OG-1) a été foré en 1948 et mis en production le 23 Avril 1949 avec environ 13 m³/jour. Le dernier puits (OG-180) s'est terminé le 12 Mai 1956. Au total 180 puits ont été forés dont 17 puits actuellement en production.

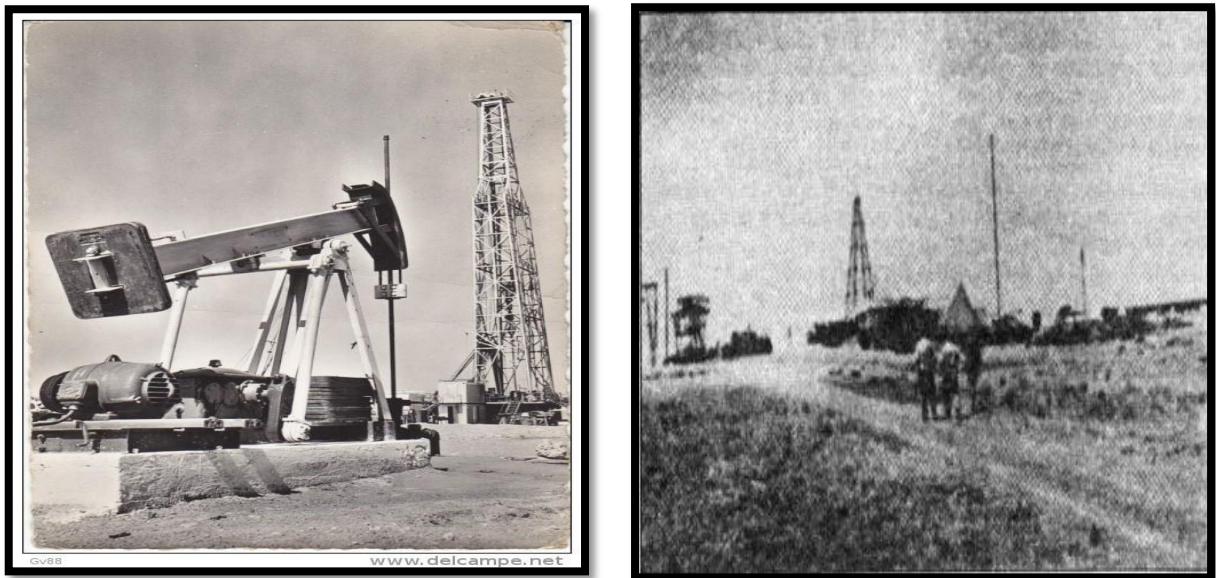


Figure 13: champ pétrolier Oued Guetrini et la base logistique en 1948

II.2.2 SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le gisement du champ d'Oued Gueterini se situe à environ 180 kms au Sud Est d'Alger et à 25 kms de Sour El-Ghozlane.

Les puits de ce champ débitent par pompage à balancier du type API.

L'expédition se fait par camions citernes vers la station de pompage SP3 M'sila

II.2.3 LES INSTALLATIONS DE SURFACE

L'expédition du brut s'effectue par citer nage vers le centre de stockage DTR (SP3) de la ville de Msila puis expédier vers le centre de Mansoura pour son expédition vers Bejaia.

Mode de production : pompage (pompes à balancier)

La production des puits est acheminée par un réseau de collecte de diamètre 2'' vers des bacs (4 d'une capacité de 45 m³ unit. et 6 d'une capacité de 15 m³ unit.) et de là vers le bac central de stockage (750 m³) situé au centre de la base SH de Dirah. Reliés par un pipeline de Ø = à 6'' long de 8 km

II.3 Détail de la mission :

Suite à la mission effectuée sur site pour scanner la base logistique champ Oued Guetrini ; on a utilisé deux appareil Leica BLK360 capture l'environnement avec des images panoramiques colorisées recouvertes par un nuage de points très précis. Simple d'utilisation avec une seule pression sur un bouton, le BLK360 est le plus petit et léger des scanners. Et après la visite de site et a teneur de notre intervention on a divisé en deux équipes et nous commençons le processus de scanner 3D

CH II : Mission sur site de Scan 3D

1^{er} équipes a scanné la partie **NORD** représentée en :

- ✓ L'entrée de site
- ✓ Parking
- ✓ hangar existant à l'entrée de site
- ✓ Balancier et réservoir de pétrole
- ✓ Quai de chargement
- ✓ administration
- ✓ les roulottes existantes
- ✓ la clôture existant NORD



Figure 14: Réservoir de pétrole



Figure 15: L'entrée de site

CH II : Mission sur site de Scan 3D

2^{ème} équipes a scanné la partie SUD de site représentée :

- ✓ bâti existant
- ✓ la piscine
- ✓ hangar (A) existant
- ✓ hangar (D) existant
- ✓ villa N1 et N2
- ✓ station de raffiné pétrolier
- ✓ le Parc a type
- ✓ Administration prévu



Figure 16: Bâti existant



Figure 17: Station de raffiné pétrolier

II.4 Matériel utilisé pour cette mission



Figure 18 : Leica BLK 3



Figure 19 : GLK 312 batterie charger



Figure 20 : BLK360 trépied



Figure 21 : BLK360 mission bag and transport hood



Figure 22 : BLK360 trépied adapter



Figure 23 : GEB212 lithium- Ion batterie

II.4.1 Configuration de l'instrument

II.4.1.1 Configuration de la batterie

1. Ouvrez le compartiment à piles.
2. Retirez la batterie du compartiment à batterie.
3. Insérez la nouvelle batterie dans le compartiment de la batterie. (Assurez-vous que les contacts de la batterie sont orientés vers l'intérieur).
4. Fermez le compartiment à piles

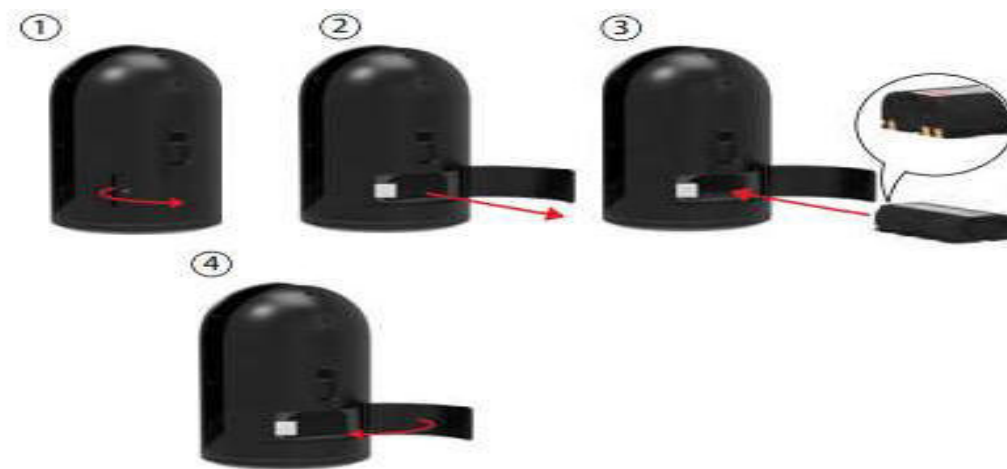


Figure 24 : Étapes de préparation de la batterie

II.4.1.2 Configuration du trépied

5. Déployez le trépied et installez l'instrument.
6. Écartez les pieds du trépied.
7. Réglez la hauteur des pieds.
8. Insérez le BLK en appuyant sur les deux boutons-pression sur la tête du trépied afin de libérer les goupilles de verrouillage.
9. Une fois que le BLK est enfoncé, relâchez les boutons qui bloqueront le BLK sur le trépied.
10. L'instrument est prêt à fonctionner.

Remarque: le trépied doit être placé approximativement horizontalement, ce qui est facile sur un sol plat, mais moins sur un sol en pente: ajustez les pieds pour que l'instrument apparaisse le plus vertical à l'œil.

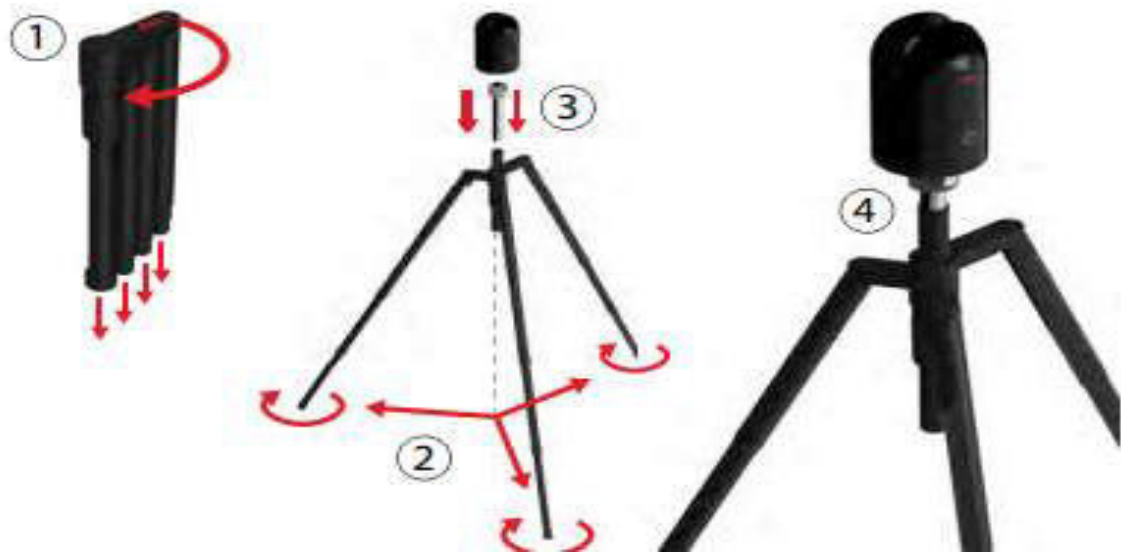


Figure 25 : Trépied

II.5 Processus de numérisation

Si nous cliquons sur « démarrer », le BLK 360 émet un faisceau laser à impulsions rapides ou continu lorsqu'il émet le faisceau que le scanner tourne automatiquement autour de son axe vertical et un miroir à rotation rapide ou oscillant déplace également le faisceau de haut en bas, le résultat est un balayage systématique du faisceau sur la zone.

Lorsque le faisceau frappe un objet, une partie de son énergie rebondit vers le scanner ou si le signal d'énergie renvoyé est suffisamment fort, un capteur le détecte et la minuterie l'utilise pour calculer la distance entre le scanner et l'objet

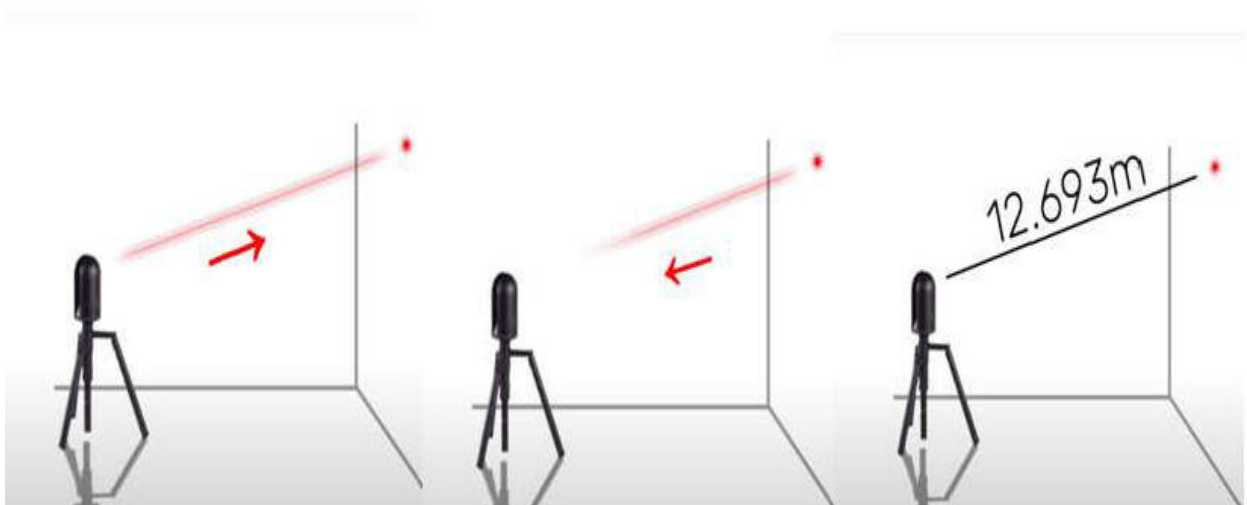


Figure 26: beam reflection and distance measurement from the scanner to the object

CH II : Mission sur site de Scan 3D

Mais le balayage 3D ne se limite pas à mesurer les distances, il sait également exactement à quel angle le miroir se trouvait lorsqu'il a envoyé cette impulsion de lumière et à quelle direction le BLK360 lui-même faisait face.

En utilisant toutes ces informations, il peut calculer une position de coordonnées 3d x y et z pour chaque point par rapport à l'appareil lui-même.

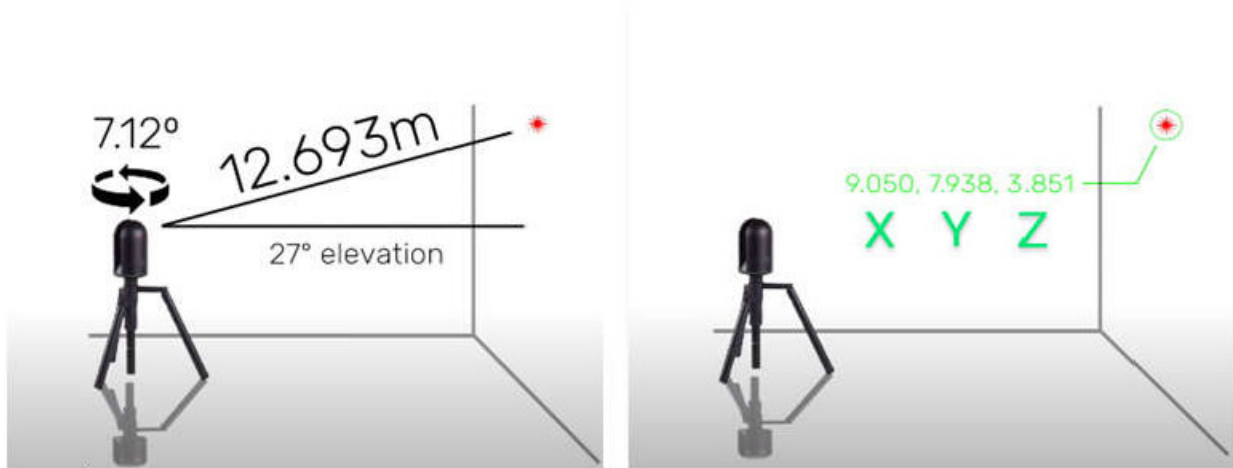


Figure 27: the scanner determines the coordinates of the first point in the space

Ensuite, le miroir tourne très légèrement et il refait tout ce processus en mesurant un point juste au-dessus du point précédent qui a été déterminé.

Ainsi, le miroir tourne tout autour et mesure tout ce qui se trouve dans sa ligne de mire



Figure 28: the scanner determines the second point just above the previous point that as been

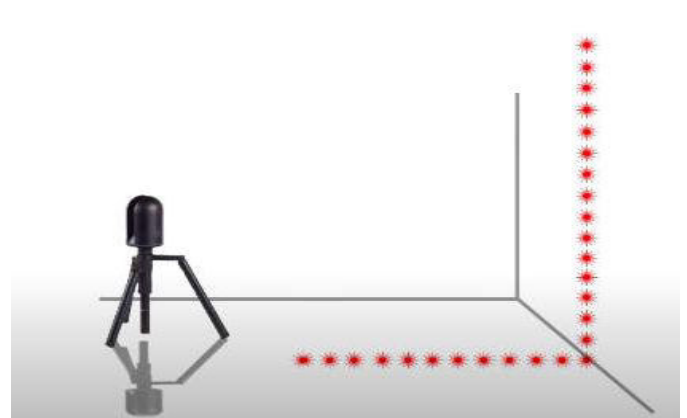


Figure 29: the mirror spins all the way around and measuring that's in its line of sight

CH II : Mission sur site de Scan 3D

Pendant tout ce processus, le BLK360 lui-même tourne. Au moment où le miroir arrive à fond, retourne à son point de départ, le BLK tourne et mesure la deuxième ligne de points juste à côté de la première ligne.

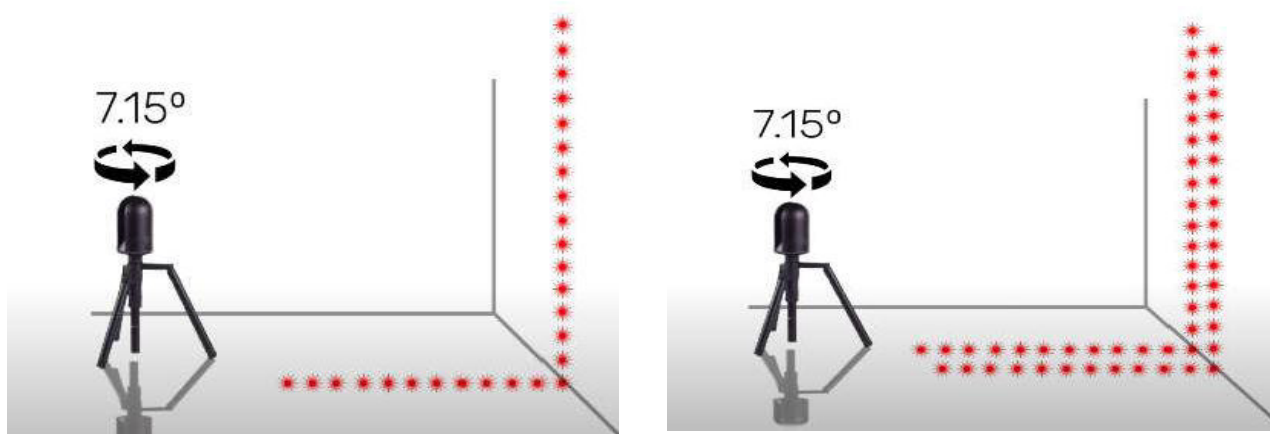


Figure 30: after the scanner finishes measuring the first line of points; it rotates slightly on its vertical axis and start measuring the second line

Mais en réalité, le miroir tourne si vite que nous pouvons à peine le voir, et il effectue tout ce processus jusqu'à 360000 fois par seconde. Il fait le tour, balaye toute la pièce et prend des mesures dans tous les sens.

Le balayage résultant est un ensemble de mesures de coordonnées 3D; c'est une représentation 3D détaillée de la scène souvent appelée nuage de points. Plus nous collectons de points, plus la précision de notre scan est un facteur communément appelée « résolution » d'un scan

Il y aura des moments où nous aurons besoin de la résolution de numérisation la plus élevée possible, mais ce n'est pas toujours nécessaire et cela revient à déterminer à quoi nous voulons utiliser les données de numérisation, dès le départ.

À l'intérieur du BLK360 Il y a trois caméras orientées vers l'extérieur qui sont utilisées pour prendre une image panoramique du site, nous pouvons donc colorer ce nuage de points avec cette image panoramique pour créer cet environnement 3D réaliste en couleurs.

Maintenant, que se passe-t-il si nous devons capturer une scène entière où certaines vues peuvent être obstruées ou si un site est si grand que le scanner ne peut pas tout atteindre en un seul scan ? Dans les cas très typiques, le scanner est déplacé vers différents points de vue pour plus d'analyses, puis nous pouvons enregistrer ces nuages de points ensemble pour créer un seul nuage sans données manquantes.

CH II : Mission sur site de Scan 3D

L'étape d'enregistrement peut être effectuée directement pendant le processus de numérisation, sinon nous pouvons le faire plus tard par post-traitement.

II.6 Connexion à un appareil informatique

1. Démarrez le BLK360 et attendez que la LED soit verte continue.
2. Sur le périphérique informatique, sélectionnez les paramètres et appuyez sur Wi-Fi.
3. Le BLK lui-même émet son propre signal Wi-Fi afin que vous puissiez vous y connecter avec votre appareil comme vous le feriez pour n'importe quel autre réseau Wi-Fi.
4. Sélectionnez le réseau BLK360-35xxxxx dans les paramètres Wi-Fi à connecter.

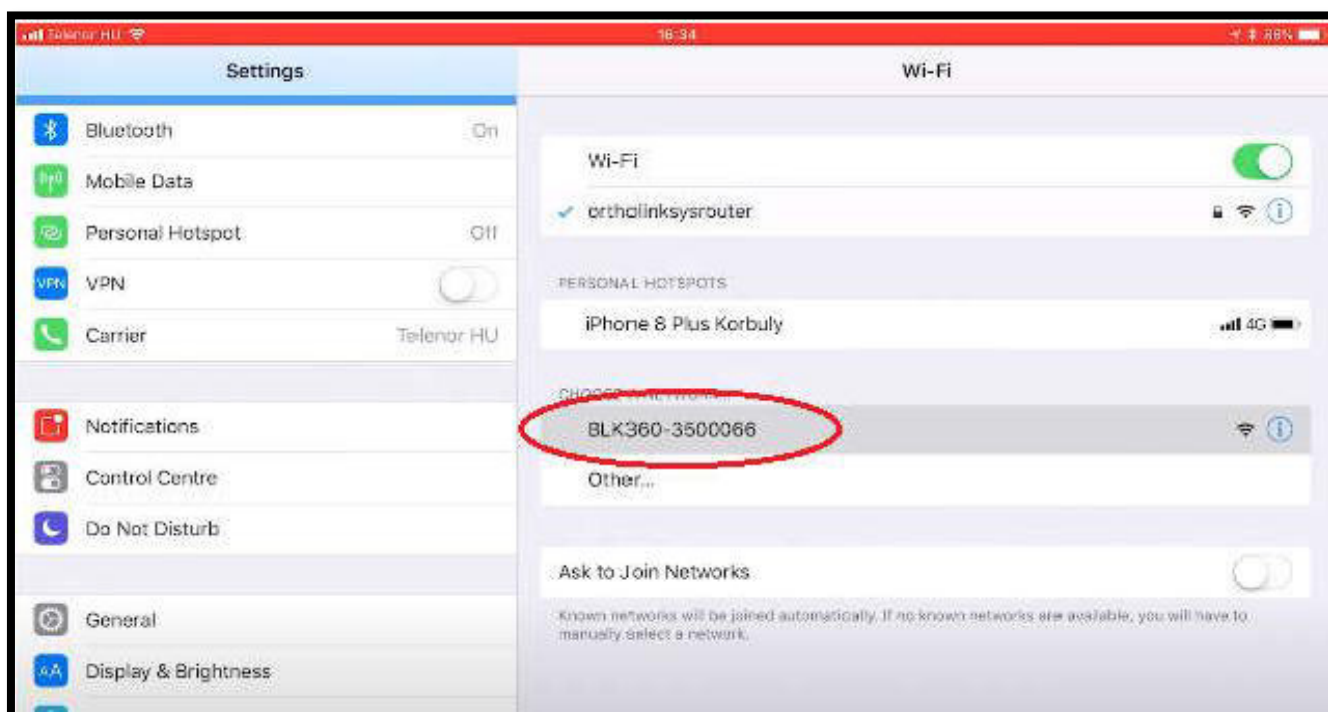


Figure 31: connecting to the computing device

→ Le numéro 35xxxxx est le numéro de série du BLK360.

1. Entrez le mot de passe.

→ Le mot de passe spécifique à l'instrument est imprimé sur l'étiquette dans le compartiment à piles (par ex. COL-123-456-789).



Figure 32: the password is printed on



Figure 33: different positions des stations de scan

II.7 Présentation LEICA GEOSYSTEMS

Leica Geosystems développe, fabrique et commercialise depuis 1819 des solutions pour la topographie, la cartographie et le SIG. Elle se place parmi les entreprises majeures de son secteur, notamment grâce à ses innovations dans le positionnement par satellite (GPS / GNSS) ainsi que dans la technologie 3D qu'elle a su développer.

Leica Geosystems fait partie du groupe suédois Hexagon, fournisseur mondial majeur de technologies de l'information qui améliorent la qualité et la productivité dans toutes les applications géospatiales et industrielles des entreprises. [34]

II.7.1 Présentation des solutions

Leica Geosystems a développé une large gamme de solutions dédiées au SIG conçue pour offrir :

-Une gamme étendue pour une solution adaptée à chaque utilisateur

Les logiciels de traitement du nuage de points 3D

-Une synchronisation des données avec le bureau pour une mise à jour optimisée. [34]

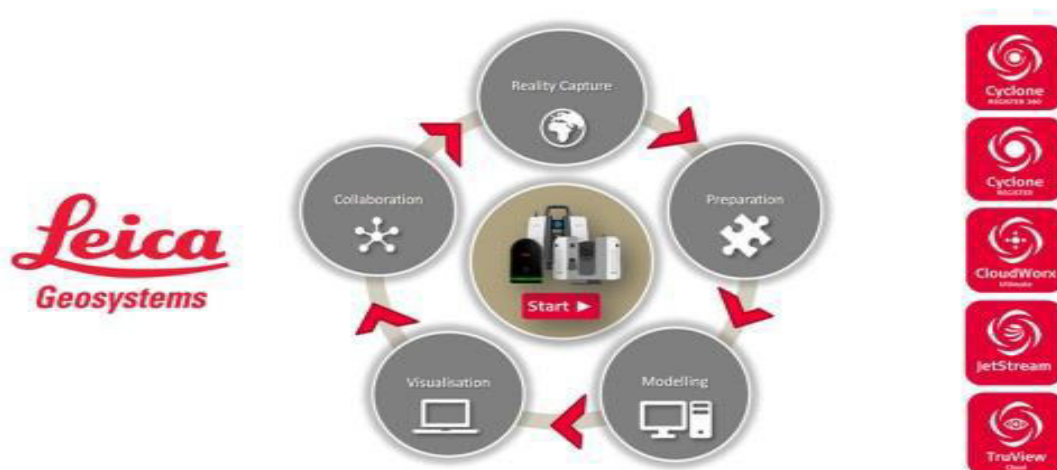


Figure 34: Leica geosystems

Révolutionnant le monde de la mesure et de la topographie depuis près de 200 ans, Leica Geosystems est le leader de l'industrie des technologies de mesure et de l'information.

Nous créons des solutions complètes destinées aux professionnels du monde entier. Reconnue pour l'innovation

de ses produits et le développement de solutions, Leica Geosystems bénéficie de la confiance de professionnels dans des secteurs aussi variés que le levé topographique et l'ingénierie, la sûreté et la sécurité, le bâtiment et la construction, l'énergie et l'industrie pour l'ensemble de leurs besoins dans le domaine géospatial. Grâce à des instruments d'une qualité inégalée, à des logiciels élaborés et à des services fiables, Leica Geosystems offre chaque jour les moyens nécessaires à ceux qui façonnent notre monde. [34]

II.7.2 Exploitation des données 3D

Topographiques permettent d'acquérir une information 3D sous forme de nuages de points. Cette donnée « brute » est le point de départ avant toute exploitation. La structure de cette donnée doit être bien définie et connue afin de pouvoir déployer en aval des méthodologies d'exploitation, de modélisation et de comparaison adaptées aux besoins. [20]

II.7.3 Les données d'entrées : le nuage de point 3D

Le scanner laser 3D et la photogrammétrie numérique permettent de créer les mêmes types de livrables des nuages de points 3D dont les coordonnées tridimensionnelles dans le référentiel du levé sont connues.

En complément de ces informations géométriques, les nuages possèdent aussi des informations qualitatives en fonction du moyen d'acquisition : couleur, intensité du signal retour, [20]

II.7.4 Densité d'un nuage de point

La densité d'un nuage de point correspond au nombre moyen de points par unité de surface. Ce paramètre informe directement sur la capacité à décrire finement la topographie ou la géométrie de l'ouvrage relevé. Plus la densité du nuage va être importante (au-dessus de 100 points par m²) plus la description géométrique pourra être fine. La densité finale doit être spécifiée lors de la définition du besoin et la préparation du relevé.

L'homogénéité de la densité du nuage, dépendra du système d'acquisition déployé. Dans la pratique, le LiDAR permet de régler la densité lors du relevé. C'est un compromis entre le temps passé sur le terrain, la taille du fichier résultant (et les temps de calcul associés), et les besoins.

Dans le cas de la photogrammétrie, les modèles numériques produits ont généralement une densité constante. Celle-ci résulte directement de la résolution pixel, réglée pour un boîtier et une focale donnée en ajustant la distance entre la caméra et l'ouvrage. Bien entendu, la densité du nuage doit aussi être en corrélation directe avec son incertitude. Une forte densité avec une forte incertitude n'est pas Cohérente. [20]

II.7.5 Rééchantillonnage du nuage de point

La densité demandée lors de la préparation du relevé, doit correspondre à la finesse de description topographique souhaitée. Suivant la géométrie de la surface levée, une densité forte n'est pas forcément nécessaire sur l'ensemble de la zone. Afin de faciliter les traitements, minimiser les temps de calcul et réduire la taille des fichiers de points, l'opérateur peut être amené à simplifier le nuage de point origine. [20]

II.8 SCANNER LASER 3D

SCAN 3D –C’EST QUOI ?

Le Laser Scanning 3D, une fois positionné dans son environnement ,balaie l’espace à 360° en un seul passage. Il génère ainsi des relevés constitués de millions de données regroupées en nuages de points retranscrivant la géométrie exacte de toute structure, infrastructure, installation industrielle ou tertiaire.

Objectifs

-  **Modéliser** vos installations tel que construit
-  Intégrer le **futur** dans l'**existant**
-  **Naviguer** virtuellement dans vos mines et installations

II.8.1 AVANTAGES SCAN 3D

Le Laser scanner 3D est un outil de relevé particulièrement adapté aux environnements pétrochimiques et industriels. Les domaines du Pétrole, les raffineries, la production et la distribution de gaz naturel, la pétrochimie de par leur exigence en qualité de plans ou de documentation numérique, trouvent dans la technologie du Laser scanning 3D, un outil approprié pour la **maintenance**, le **revmapping** et **l'extension** des installations, grâce à la numérisation rapide.

GAIN DE TEMPS :

Là où un relevé manuel des mesures pourrait prendre plusieurs jours, semaines ou mois, le scan 3D permet d'accélérer le processus et de gagner un **temps considérable**, y compris pour des environnements ou formes très complexes.

Par la même occasion, cette compression du calendrier peut favorablement impacter la réduction des **coûts** impliqués

SÉCURITÉ :

Les installations industrielles et pétrochimiques sont des milieux complexes, parfois même **hostiles**. En réduisant le temps passé sur ces installations et le contact avec leurs composantes, on réduit considérablement les **risques d'accident**.

De plus, une fois le site scanné, on a plus besoin de revenir pour quelque raison que ce soit puisqu'on est sûr de **n'oublier aucune mesure** contrairement à un relevé fait manuellement.

LA FIABILITÉ :

L'utilisation d'un scanner laser 3D assure un degré de précision exceptionnel, avec une finesse de relevé plus avancée qu'une approche manuelle **traditionnelle**.

La reconstruction 3D permet d'obtenir une vision précise et le plus réel possible des installations que l'on a scanné et cela de manière plus rapide, voire **instantanée**.

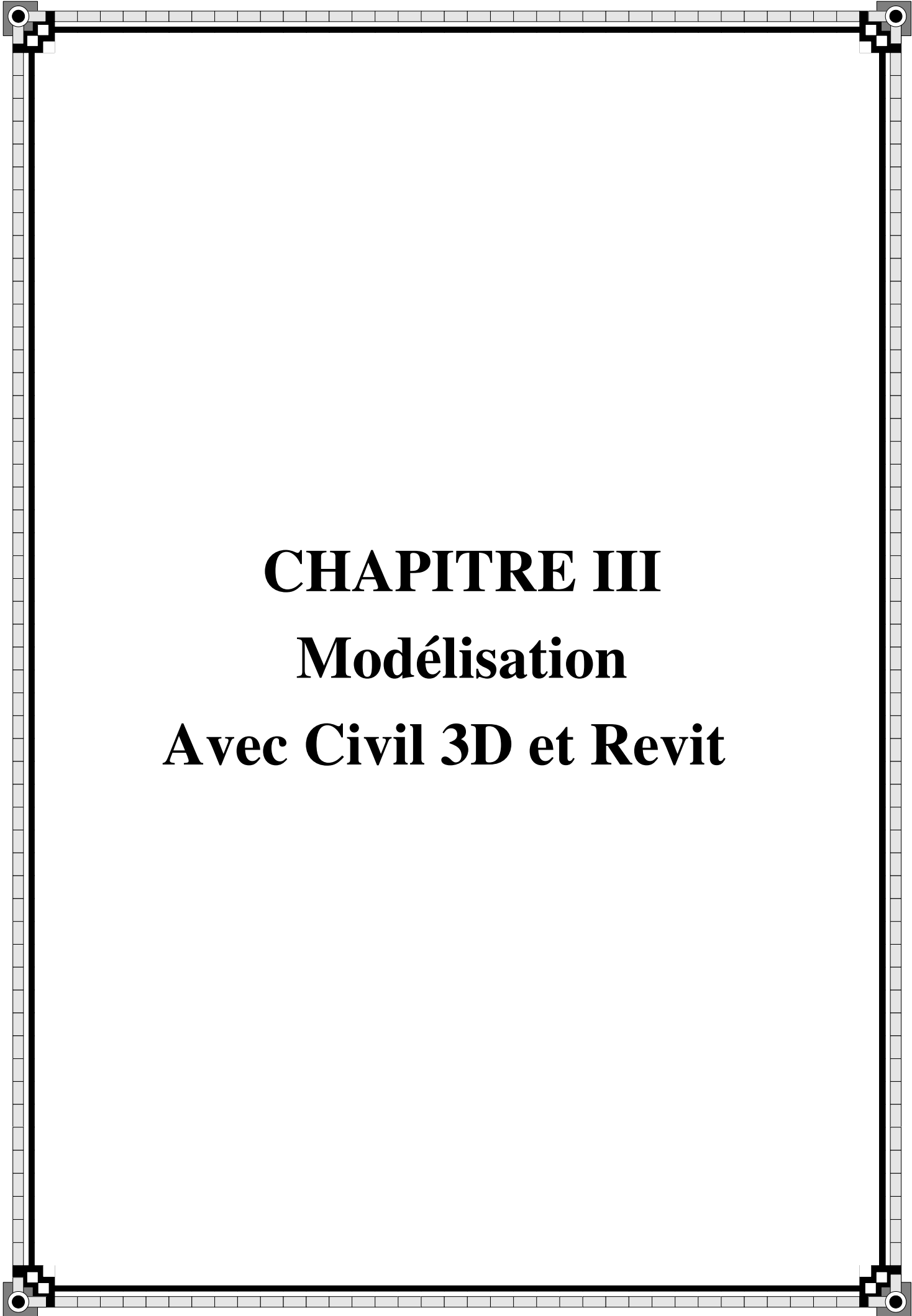
Cela permet donc aussi, pour de nombreux projets, de limiter les erreurs ultérieures et de minimiser les **coûts** engendrés par un arrêt de production qui en découlerait.

Ce nouvel outil apporte un réel plus :

- ✓ Disposer d'une maquette 3D réelle
- ✓ Identifier les contraintes
- ✓ Réaliser des relevés précis et complets en une seule fois
- ✓ Permettre des revues de projet plus interactives
- ✓ Extraire des plans et élaborer des listes de matériel
- ✓ Sécuriser les travaux (processus de démontage et retrait, processus d'amenée et de montage)

Conclusion

Le levé topographique avec scanner 3D est la solution la plus adaptée. Cette méthode permet de produire un plan précis et détaillé, mais aussi des coupes verticales et une visite virtuelle des lieux. Le temps de prise des mesures et de production des différents plans est intéressant car ils sont plus précis et plus détaillés. De plus, la livraison d'une visite virtuelle à un architecte est un vrai avantage pour lui, celle-ci lui évitant de se rendre souvent sur le terrain pour prendre des cotes complémentaires. L'avenir du levé est dans cette technologie qui est de en plus utilisée par les géomètres. Cette solution séduit par son efficacité et sa capacité à ouvrir de nouveaux marchés.



CHAPITRE III

Modélisation

Avec Civil 3D et Revit

III.1. Définition

Les projets d'aménagement Ce sont les projets qui modifient la planimétrie et l'altimétrie d'un terrain : aménagements fonciers, lotissements, tracés routiers et ferroviaires, gestion des eaux : drainage, irrigation, canaux, fossés, etc. [4]

III.2. Le levé topographique

C'est l'ensemble des opérations destinées à recueillir sur le terrain les éléments nécessaires à L'établissement d'un plan ou d'une carte. [7]

Afin de représenter les détails localisés sur un champ ou un terrain donné, l'expert va associer deux opérations, qui sont le lever altimétrique et le lever planimétrique, permettant de situer chaque point suivant trois axes X, Y (plan) et Z (altitude). X, Y et Z va indiquer sur le papier la situation d'un point dans l'espace. Le travail consiste essentiellement à suivre un système de coordonnées cartésiennes. On évoque ainsi la planimétrie et l'altimétrie. Les opérations levées topographiques se divisent en deux grandes catégories :

- ✚ Le levé topographique altimétrique

- ✚ Le levé topographique planimétrique

III.2.1. La solution du scanner laser 3D

Le levé à l'aide d'un laser 3D est apparu comme étant la solution la plus pertinente au vu de ces performances, rapidité d'exécution, précision, rendu de l'information et de son traitement, pour un coût raisonnable. Encore peu mise en œuvre en Algérie.

III.2.2. Le levé lasergrammétrie

- ✚ La technologie

La lasergrammétrie, ou levé scanner laser 3D, est une nouvelle technologie qui bouleverse les méthodes de relevé. Elle utilise une nouvelle génération d'instruments de mesure, les scanners 3D, capables d'enregistrer plusieurs millions de points en trois dimensions en quelques minutes, avec une précision de quelques millimètres et une portée dépassant pour certains plusieurs centaines de mètres. Le bond technologique réside dans la capacité de ce type d'appareil à collecter un très grand nombre d'informations très rapidement et à distance. [8]



Figure 35 : Le scanner 3D Leica BLK360

Le résultat d'une opération de numérisation est avant tout un fichier numérique contenant une série de coordonnées géométriques (X, Y, Z), constituant ce qu'on appelle un « nuage de points » 3D. Selon les besoins exprimés, le traitement des nuages de points sera différent. Il nécessite toujours l'utilisation de logiciels spécifiques, développés exclusivement pour la gestion de données 3D denses. [8]

III.2.3. La différence et Similarité du levé topographique et le scanner 3D

Similarité	ils permettent de numériser ✚ Les deux contiennent un petit et compact, et peut être transporté dans un Boîte de sécurité. ✚ Collecte et sauvegarde les informations requises dans un délai spécifié terminer les projets rapidement et à temps ✚ Obtenez des points de nuage précis et denses ✚ Transférer facilement les données stockées dans l'appareil vers l'ordinateur ✚ Ils peuvent tous deux mesurer des distances, des angles et des hauteurs ✚ Ils permettent une vue très précise et totale de la structure	
différence	Le scanner3D	Levé topographique
	✚ Enregistrez des millions de points en quelques minutes ✚ Fonctionnement simple à un bouton ✚ Enregistrement de terrain automatisé à l'aide de Cyclone FIELD 360 ✚ Mesurez jusqu'à 2 millions de points par seconde ✚ Contiennent des coordonnées	✚ C'est un processus simple en appuyant sur plusieurs boutons ✚ contiennent de coordonnées géométriques 2d (x,y) ✚ La possibilité d'utiliser la batterie pendant 8 heures

	géométriques tridimensionnelles (x.y.z) ✚ La possibilité de connaître la température de la structure du bâtiment des objets dans leur ensemble ✚ Possibilité de calculer le volume ✚ La possibilité d'utiliser la batterie pendant 4 heures ✚ Le champ de vision s'étend jusqu'à plusieurs mètres ✚ Capturer la réalité	✚ Le champ de vision s'étend jusqu'à plusieurs 1km
--	--	---

III.3. Traitement des données brutes

En aval de la phase d'acquisition des modèles bruts, un traitement de données à forte intensité de main d'œuvre est nécessaire pour obtenir des informations utiles sous forme de dessins en 2D ou de modèles en 3D. Cette phase comprend les opérations suivantes :

✚ Calage des différents nuages de points

Cette étape est généralement réalisée au sein de logiciels spécialisés. Pour les scanners lasers, les fabricants fournissent généralement des suites logicielles complètes qui permettent de réaliser de nombreuses opérations dont le calage sur base de points de contrôle (ou points d'appui). Notons que le référencement spatial d'un scan laser est parfois directement assuré sur site, lorsque ceux-ci peuvent être positionnés sur des points de station connus et dont l'orientation peut être déterminée par des visées sur des points de référence. [32]

✚ Visualisation et nettoyage des nuages assemblés

Les opérations de base sur un modèle calé peuvent couvrir le dé bruitage (éliminer les points aberrants), le filtrage (supprimer les éléments non pertinents pour le client), l'échantillonnage (diminuer le nombre total de points par sous-échantillonnage ou rééchantillonnage) ou la compression (réduire la taille du fichier avec ou sans perte d'information) des nuages de points bruts. Ces opérations basiques peuvent être réalisées dans de nombreux points. [32]

Segmentation manuelle, semi-automatique ou automatique. Il s'agit de subdiviser le nuage en sous-ensembles cohérents, d'après un ou plusieurs critères comme la forme, le matériau, l'orientation, l'âge, etc. Cette phase n'est pas toujours requise et dépendra des livrables finaux requis. Elle peut en tout cas faciliter le travail de traitement géométrique qui suivra. [32]

Contrôle qualité

Une procédure de contrôle qualité est un gage de sécurité qui peut être particulièrement critique lorsqu'une très haute justesse est requise. Malheureusement, de telles procédures sont encore difficiles à mettre en place et il n'existe que peu de recommandations en la matière. Il est néanmoins possible de prévoir davantage de points de contrôle que strictement nécessaire pour le calage des différents nuages de points. Des cibles surnuméraires, relevées à la station totale, peuvent permettre d'obtenir un meilleur contrôle sur la justesse du modèle. Notons qu'un contrôle qualité sérieux est un processus qui concerne l'entièreté de la mission de mesure. Ainsi, des étapes de vérification préliminaire des données sur site peuvent fournir une première estimation de la qualité du relevé. [32]

III.4. Logiciel de traitement du nuage de points 3D

III.4.1. Cyclone register360 :

Leica Cyclone REGISTER 360 est la dernière version du logiciel d'assemblage de nuage de point le plus performant, Cyclone REGISTER. Ce tout nouveau produit offre de toutes nouvelles fonctionnalités, allant du simple flux de travail guidé à l'assemblage automatisé et aux livrables prêts en un seul clic.

REGISTER 360 permet aux utilisateurs de tout niveau de compétence de travailler plus intelligemment, d'obtenir des résultats plus précis, de visualiser plus en détail et de collaborer plus efficacement, en plaçant les utilisateurs au centre de leurs projets.

Qu'il soit déployé en tant que solution autonome ou dans le cadre d'une solution de réalité numérique intégrée de bout en bout, Cyclone REGISTER 360 est l'option la plus rapide et la plus simple pour que le travail soit bien exécuté du premier coup.

Cyclone REGISTER 360 est disponible dans une édition spéciale BLK optimisée pour être utilisée avec la famille de produits de capture de la réalité BLK.

Vitesse :

Glissez, Déposez, Terminez. De la création du projet au rapport final, l'achèvement du projet est nettement plus rapide grâce à un ensemble de routine Multi-tâches, à une importation et un traitement en une étape, à des flux de travail guidés, à des outils de contrôle de qualité et intégrés et à des rapports automatisés permettant de gagner un temps considérable

Echelle :

Cyclone REGISTER 360 s'adapte à vos besoins pour que même les nouveaux utilisateurs puissent exécuter de grands projets avec une interface simple mais puissante.

Simplicité :

Délivrez facilement les résultats attendus d'un projet de niveau professionnel. Cyclone REGISTER 360 fournit des flux de travail guidés pour aider les nouveaux utilisateurs et accélérer le processus pour les utilisateurs expérimentés. Des outils de contrôle de qualité intuitifs et des rapports simplifient la certification de la qualité de votre assemblage et mettent toutes les informations dont vous avez besoin à portée de main. Groupez les exports de vos produits finis vers de nombreux formats standard et transférez vos données vers les produits cloud et d'entreprise intégrés de Leica Geosystems pour une collaboration en un clic. [36]

En utilisant le logiciel Leica Cyclone register 360 ou l'application mobile Autodesk ReCap Pro, le BLK360 transmet les données d'image et de nuages de points à un iPad ou les données finales du projet à Cyclone REGISTER 360 via Wi-Fi. [14] et cela à travers les étapes suivantes :

La Première étape on a importation des stations

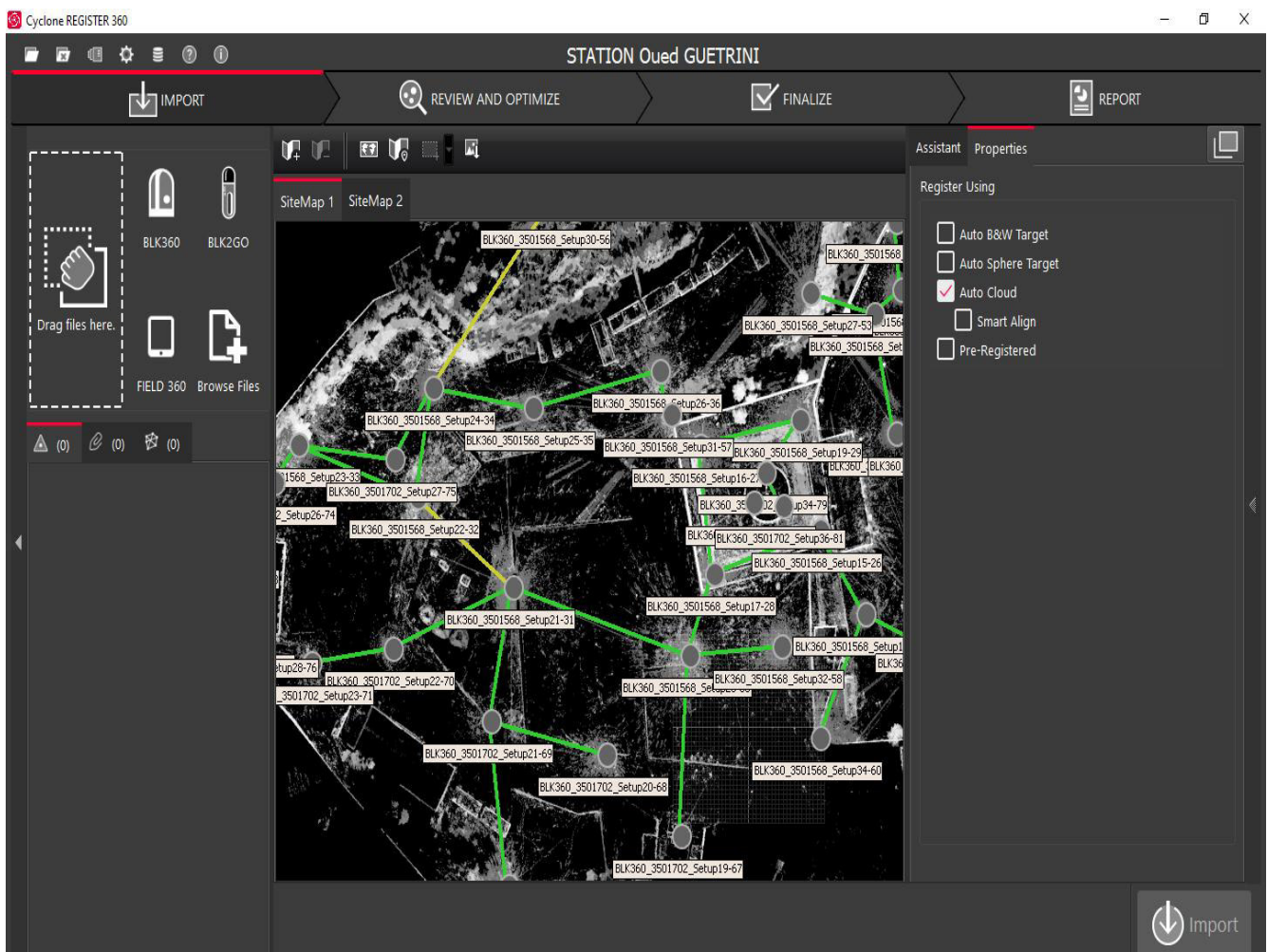


Figure 36 : Importation des Stations

Deuxième étape assemblage et optimisation du nuage de pointe

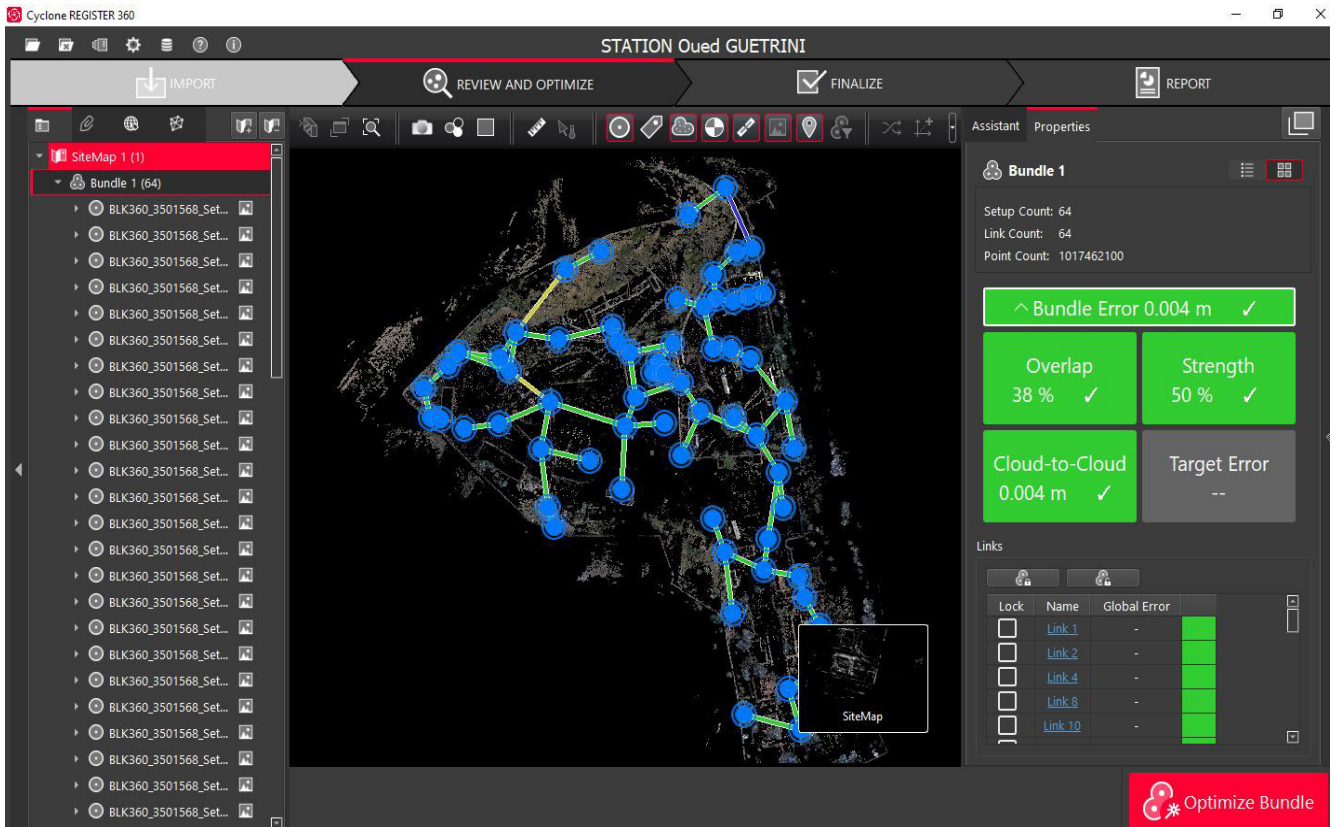


Figure 37 : Assemblage Et Optimisation Du Nuage De Pointe

La troisième étape vue le site

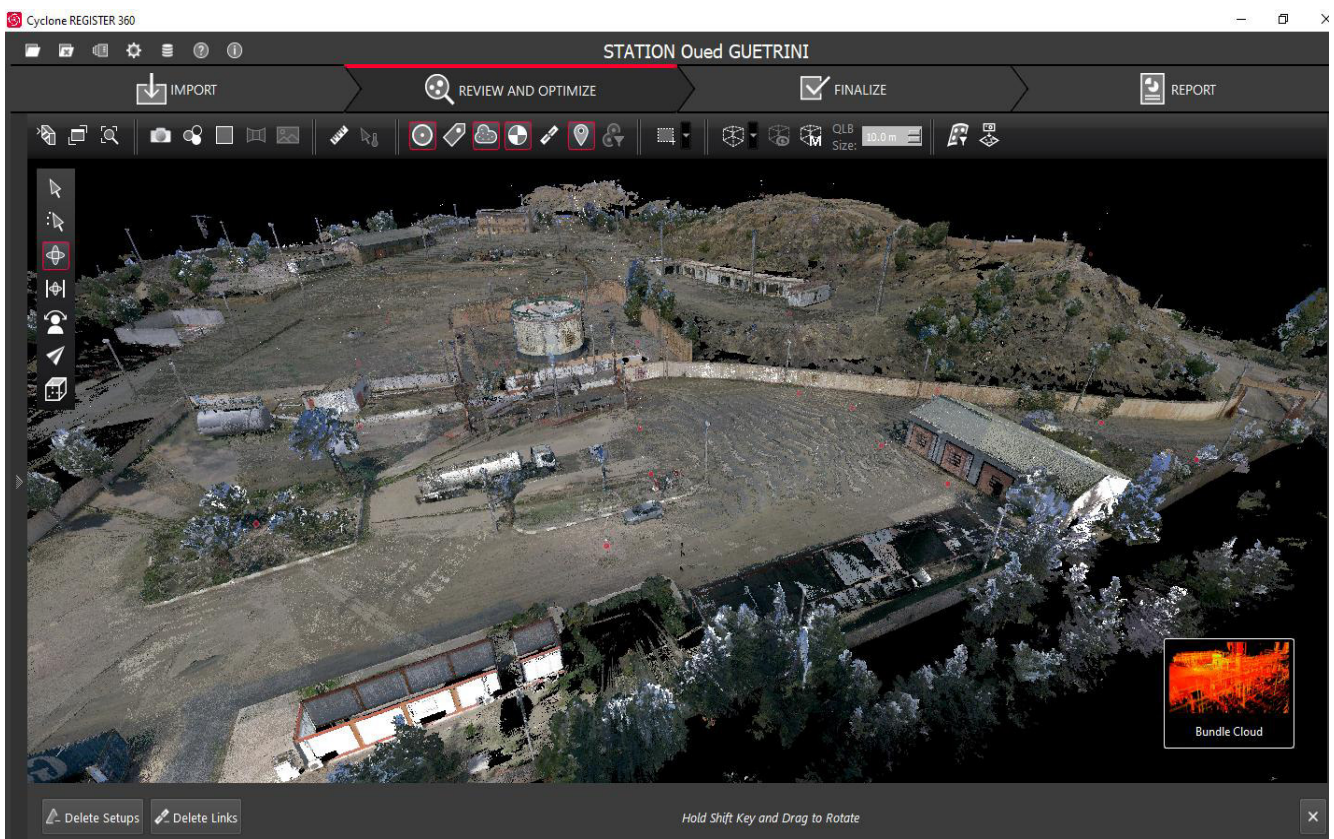


Figure 38.1 : Visualisation de Site

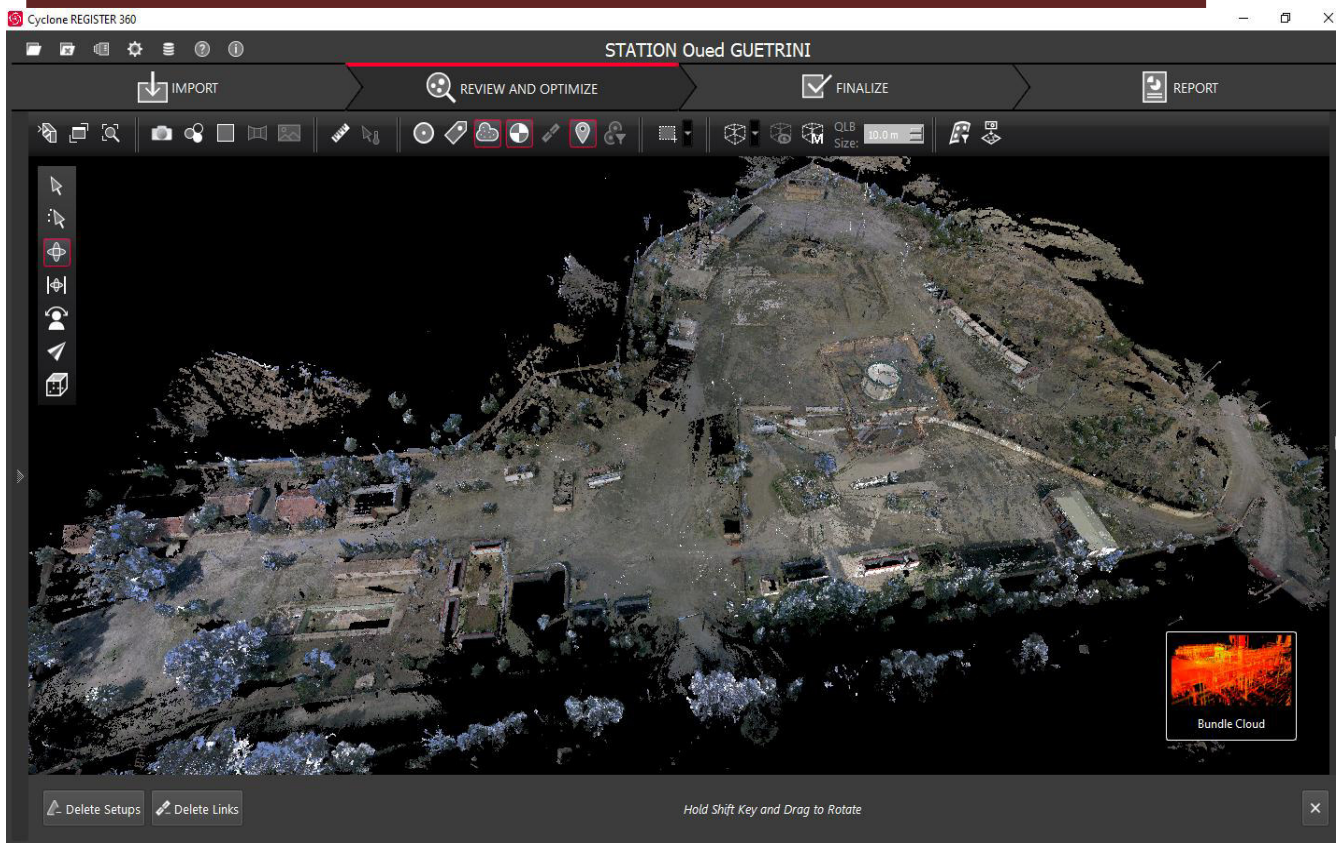


Figure 38.2 : Visualisation de Site

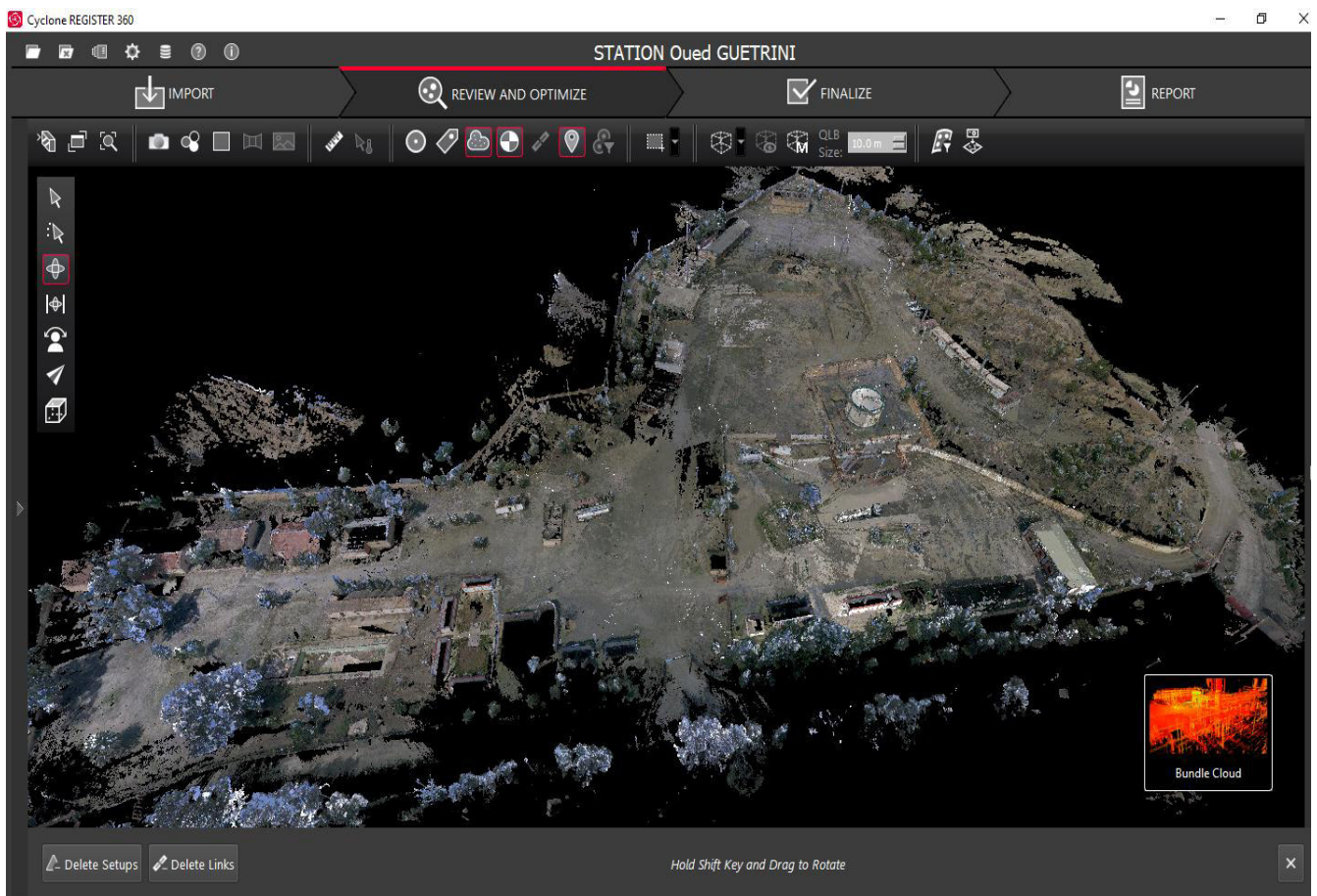


Figure 38.3 : Visualisation de Site

La quatrième étape finalisation du projet

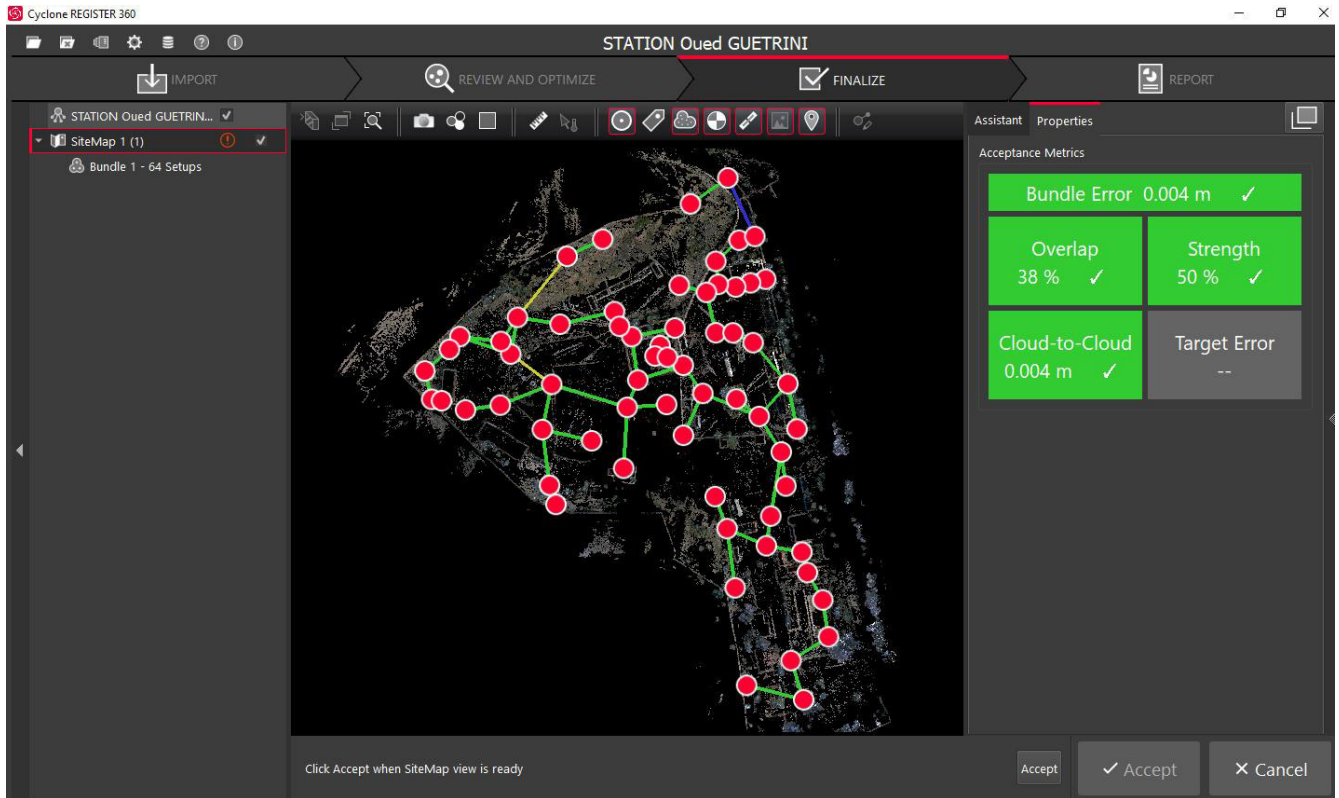


Figure 39 : Finalisation du Projet

La cinquième étape formats d'export et rapport finale

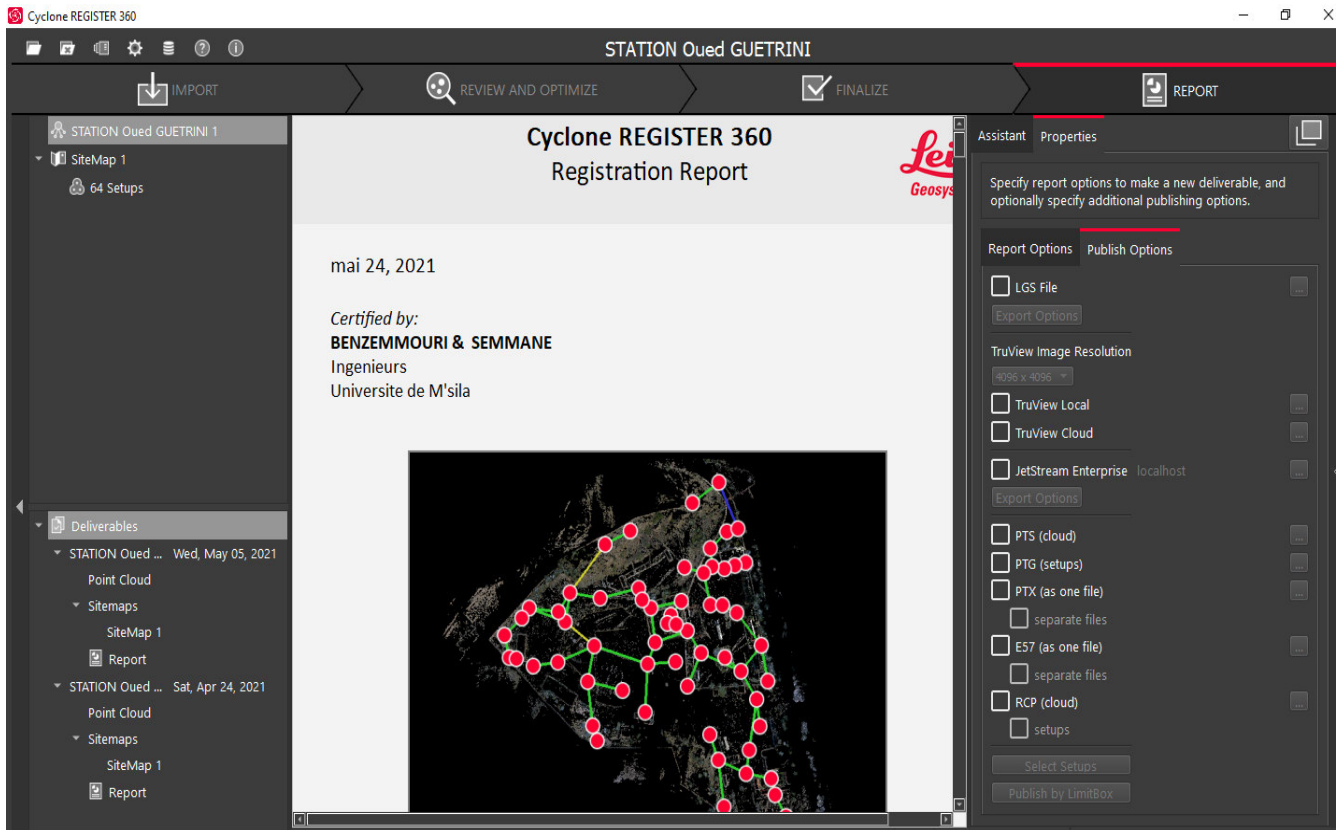


Figure 40 : Type de Format d'Export

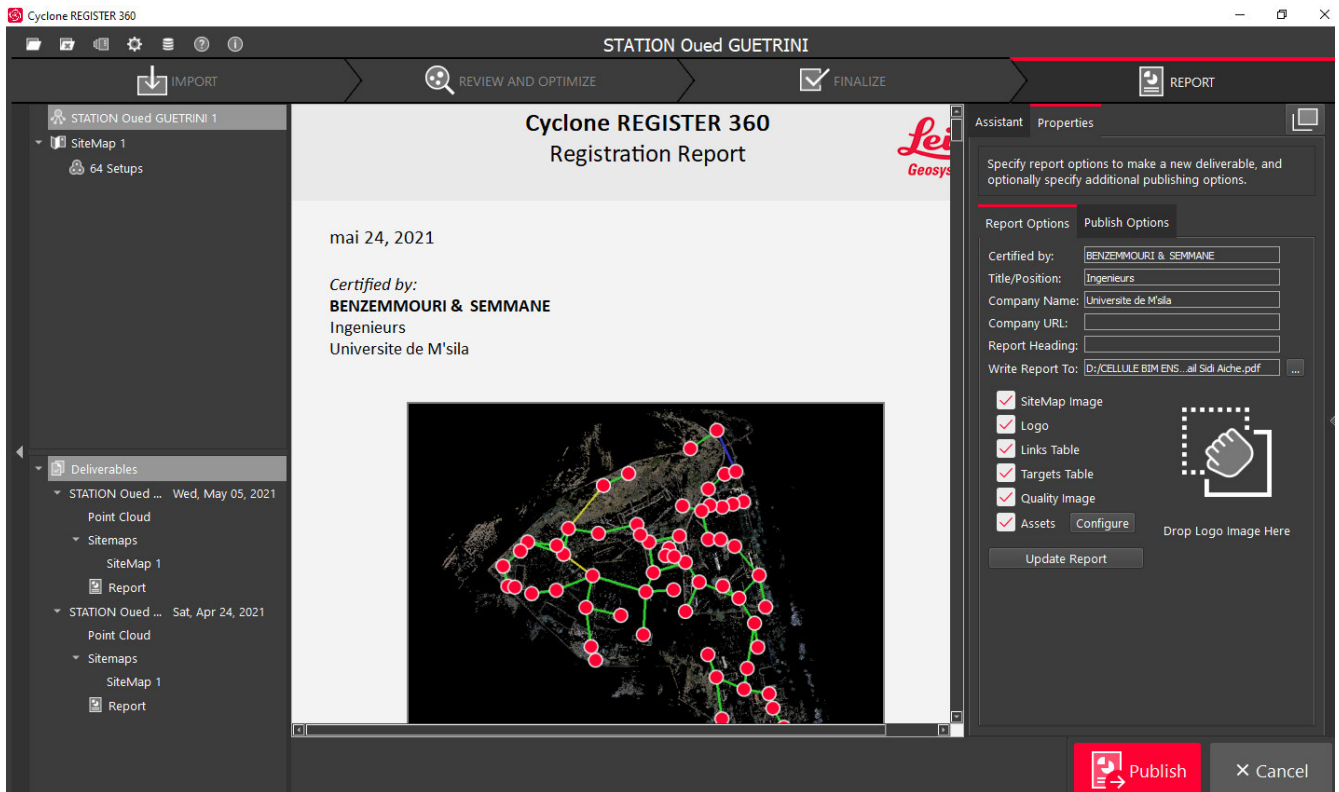


Figure 41 : Export de Rapport Finale

III.4.2. AutoCad civil 3d

AutoCAD Civil 3D d'Autodesk. Ces outils prennent en charge la modélisation des données du bâtiment (BIM) et permettent d'accélérer les opérations de conception, d'analyse et d'implémentation des modifications. Automatisez les tâches chronophages pour rationaliser les workflows de projet. Créez, organisez et partagez facilement les informations du projet. Améliorez la collaboration entre conception structurelle et conception d'infrastructures à l'aide d'AutoCAD Civil 3D et du logiciel de modélisation des données du bâtiment (BIM) Revit Structure pour l'ingénierie structure. Utilisez la fonctionnalité de conception de projets 3D pour créer des modèles intelligents dans vos conceptions de routes et VRD ainsi que dans d'autres systèmes de transport. Utilisez des modèles de projet 3D pour créer des surfaces, des volumes de terrassement, des quantités de matériaux et des dessins de coupes. Sélectionnez des cibles de projets 3D linéaires à partir des références externes AutoCAD. Extrayez des solides à partir des formes du Project 3D. Utilisez directement des axes, des profils en long, des figures de topographie, des lignes caractéristiques du terrain et des poly lignes AutoCAD pour définir les transitions et les contraintes d'élévation de projet 3D. (26)

III.4.3. Revit

C'est l'un des logiciels les plus intéressants actuellement proposé sur le marché. Sa bibliothèque de familles d'objets est complète et puissante. La création de nouveaux éléments est possible grâce à un éditeur d'objet inclus. Chaque objet est intelligent. Les propriétés sont paramétrables manuellement et se mettent à jour lorsque des objets liés sont modifiés. Une base de données regroupe l'ensemble des informations et permet de créer des listings ou métrés des éléments. Les limites du logiciel sont difficiles à atteindre, en contrepartie il faut une machine bien équipée capable de supporter le poids et les besoins du logiciel. Sa prise en main est également la plus difficile, et demande une période d'adaptation. Lors du processus de collaboration, il est important que chacun possède la même version de Revit. Il n'est pas possible d'enregistrer dans un format de version antérieure. [25]

Grâce à son expérience, Autodesk propose un logiciel complet et qui ne cesse d'évoluer. De nombreux plug-ins sont disponibles pour automatiser certaines tâches, notamment celles qui concernent la manipulation et l'export d'éléments dans la base de données. Il existe plusieurs possibilités pour créer une maquette numérique sous Revit :

- ✓ À partir du nuage de points
- ✓ À partir d'un plan 2D ou 3D. [25]

III.4.4. Les maquettes numériques

Une maquette numérique est une représentation géométrique d'un produit, généralement en 3D, réalisée sur ordinateur de façon à l'analyser, le contrôler et en simuler certains comportements. » Dans cette définition, on évoque d'abord l'aspect géométrique, a priori en 3D, d'un produit quelconque. Mais le mot « sémantique » est absent. Cela dit, les termes « analyser », « contrôler » et surtout « simuler » laissent supposer qu'un minimum d'informations sur la nature des objets de cette maquette numérique et leurs propriétés sont présentes, sans quoi seuls des contrôles visuels sont possibles.

III.4.5. Maquettes numériques de bâtiments existants :

Afin d'utiliser un BIM dans un bâtiment existant, il faut créer une maquette numérique de celui-ci. Cette maquette peut être créée soit à partir de documents existants à condition que ceux-ci soient à jour, soit à partir de relevés de l'état actuel du bâtiment. La documentation de bâtiments existants n'est souvent pas à jour ou inexistante. En effet, beaucoup d'informations sont perdues lors du transfert d'un ouvrage entre constructeurs et gestionnaires. Lorsque la création de la maquette d'un bâtiment existant ne peut pas se baser sur des documents archivés, il faut réaliser des levés de l'existant. Le scanner laser est très largement utilisé pour capturer la géométrie du bâtiment sous

forme de nuages de points. Il présente l'avantage de collecter rapidement une grande quantité de données précises, avec un niveau de détails important. Le terme BIM « tel que saisi » peut être rencontré lorsqu'on parle d'une maquette créée à partir de données issues d'un levé au scanner laser [19]

III.4.6. Laser Scanning 3D :

Fourniture d'un nuage de point (coloré ou non)

- ✓ Naviguer dans le nuage
- ✓ Visualiser l'environnement
- ✓ Mesurer des distances

Création d'un viewer panoramique

- ✓ Naviguer de vues bulle en vues bulle
- ✓ Mesurer des distances
- ✓ Annoter avec des « tags »
- ✓ Lier les « tags » à une base documentaire

Réalisation de la maquette3D

- ✓ Visiter virtuellement la maquette
- ✓ Compatible avec tous les logiciels de CAO (E3D, PDMS, PDS, TEKLA, SolidWorks, CATIA, REVIT, Autocad, Robot...)

III.4.7. Engineering

- ✓ Extraction des isométriques de vos installations TQC
- ✓ Mise à jour de vos PID, sur la base du nuage de points
- ✓ Réalisation de vos routings de nouvelles tuyauteries et vos ISOS
- ✓ Vérification des interférences entre vos projets CAO et la réalité
- ✓ Assurer tout support documentaire numérique pour vos revues de projets
- ✓ L'environnement proche (simulation fluidique)
- ✓ Vérifier la qualité de réalisation (qualité de pose)/cahier des charges
- ✓ Contrôle de vos structures, cuves, contenant, à la déformation, à la flexion, etc... Ou de vous fournir les maquettes permettant de réaliser vos calculs de Structure.

III.4.8. Bacs de stockage

Contrôle géométrique des bacs de stockage conformément aux standards **API 650** et **API 653**, mise en évidence de toutes les anomalies de :

- ✓ **Circularité,**
- ✓ **verticalité**
- ✓ **tassement.**

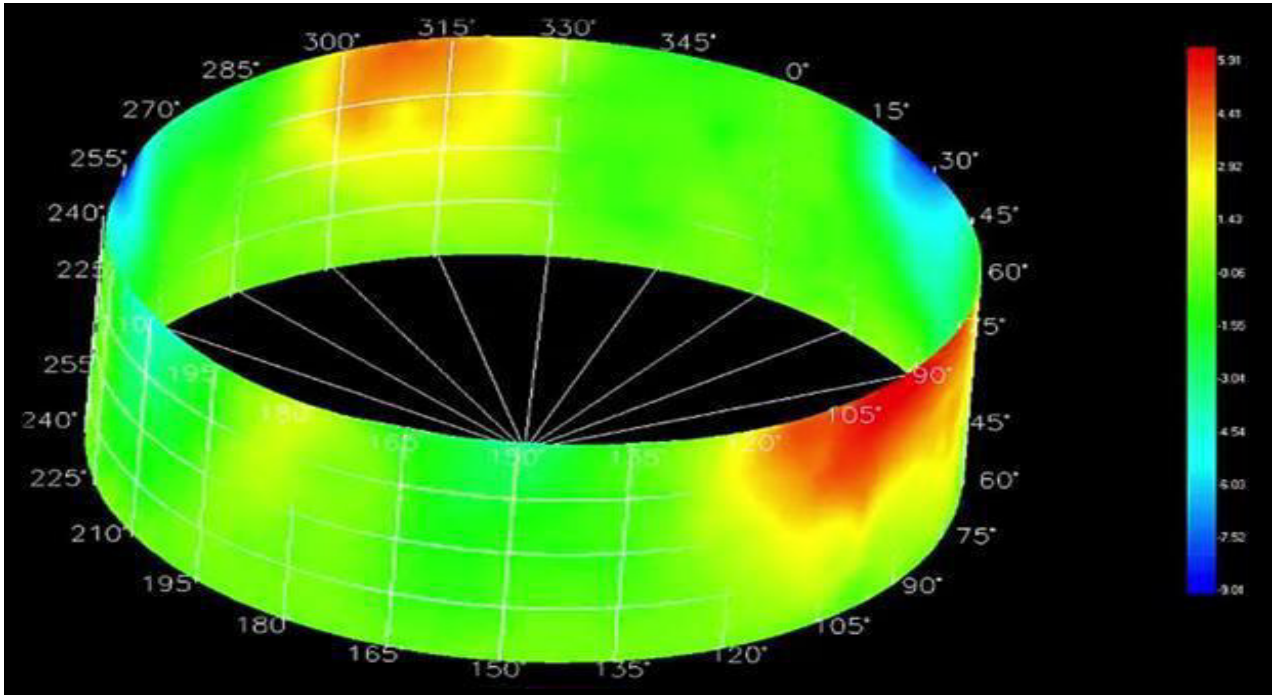


Figure 42.1 : Bac De Stockage Modélisé



Figure 42.2 : Bac De Stockage Et Réseau Pipe

III.5. Modélisation

Selon notre approche, la modélisation est une science exacte à la fois théorique et appliquée. Elle conjugue modèles mathématiques, géométriques et Systèmes d'Informations. Elle englobe un ensemble de services opérationnels conjuguant les méthodes et technologies de création et de reconstitution de données géométriques, techniques et fonctionnelles à différentes échelles et pour différents métiers et domaines.

Au sens large, il s'agit d'objets à différentes échelles relevant des domaines de l'industrie, du bâtiment, de la ville ou du territoire. Nous les regroupons sous les 2 appellations concepts de

« Smart City » et « Smart Industry ».

III.6. Insertion de fichier dans Civil 3D et Revit

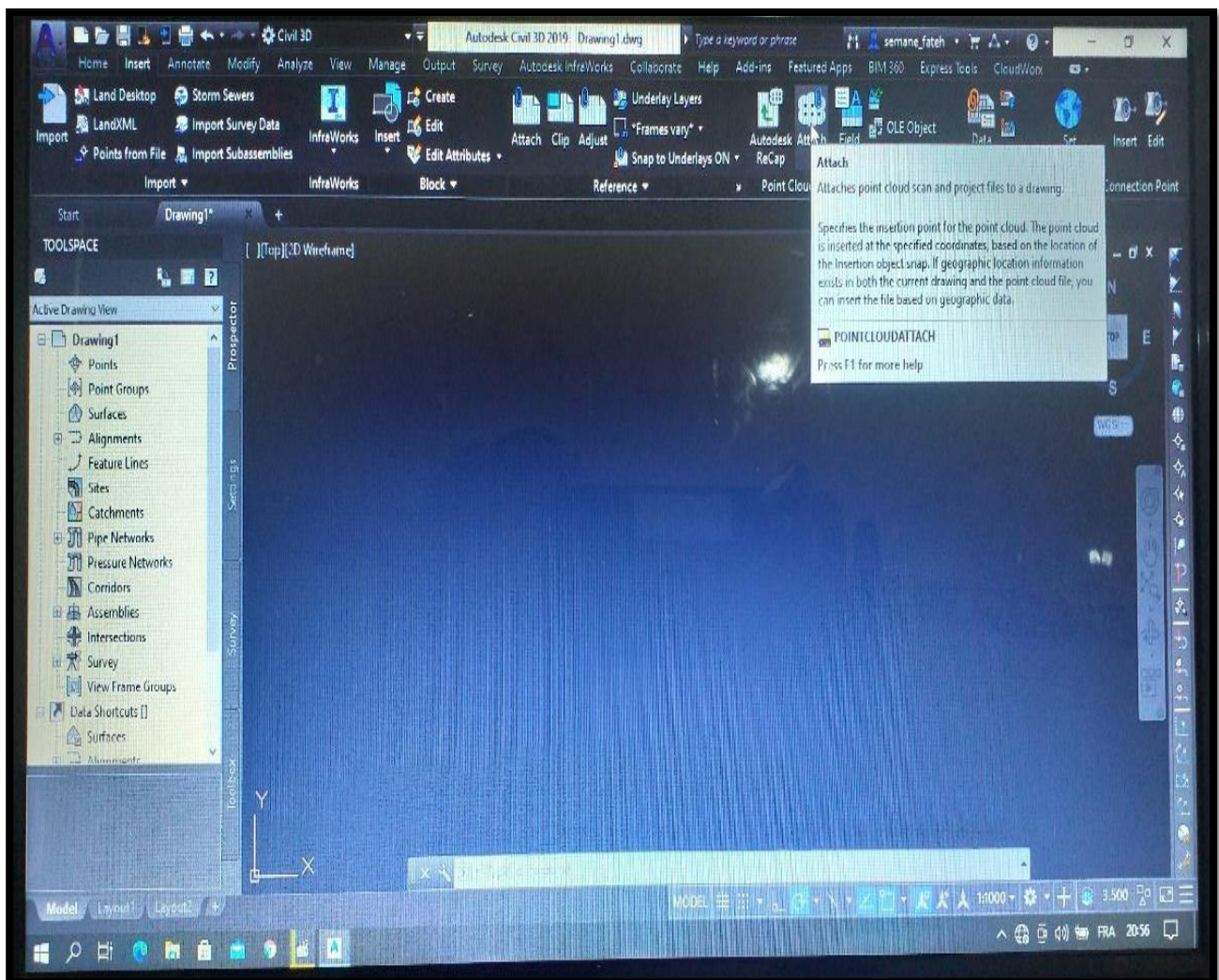


Figure 43 : Attach Point Cloud Scan And Project File To A Drawing

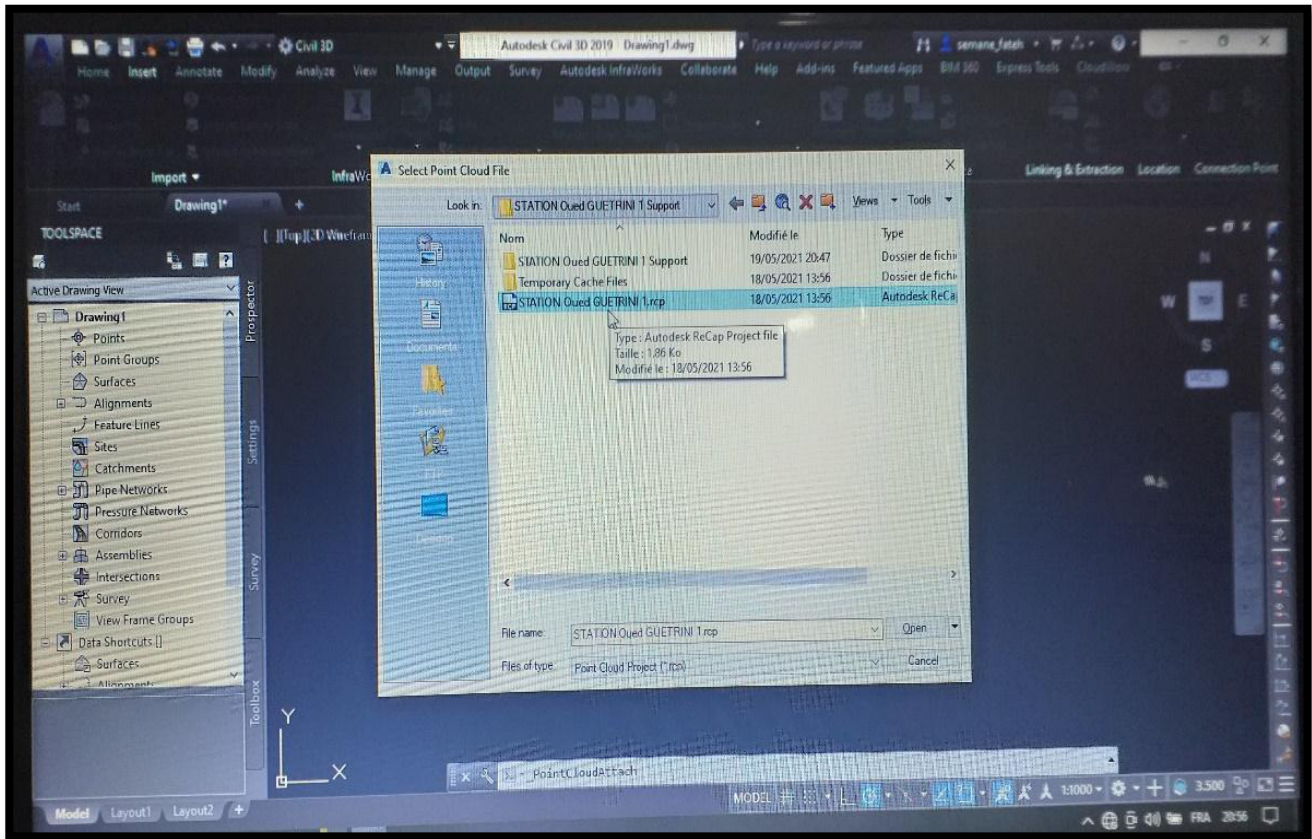


Figure 44 : Select Point Cloud File

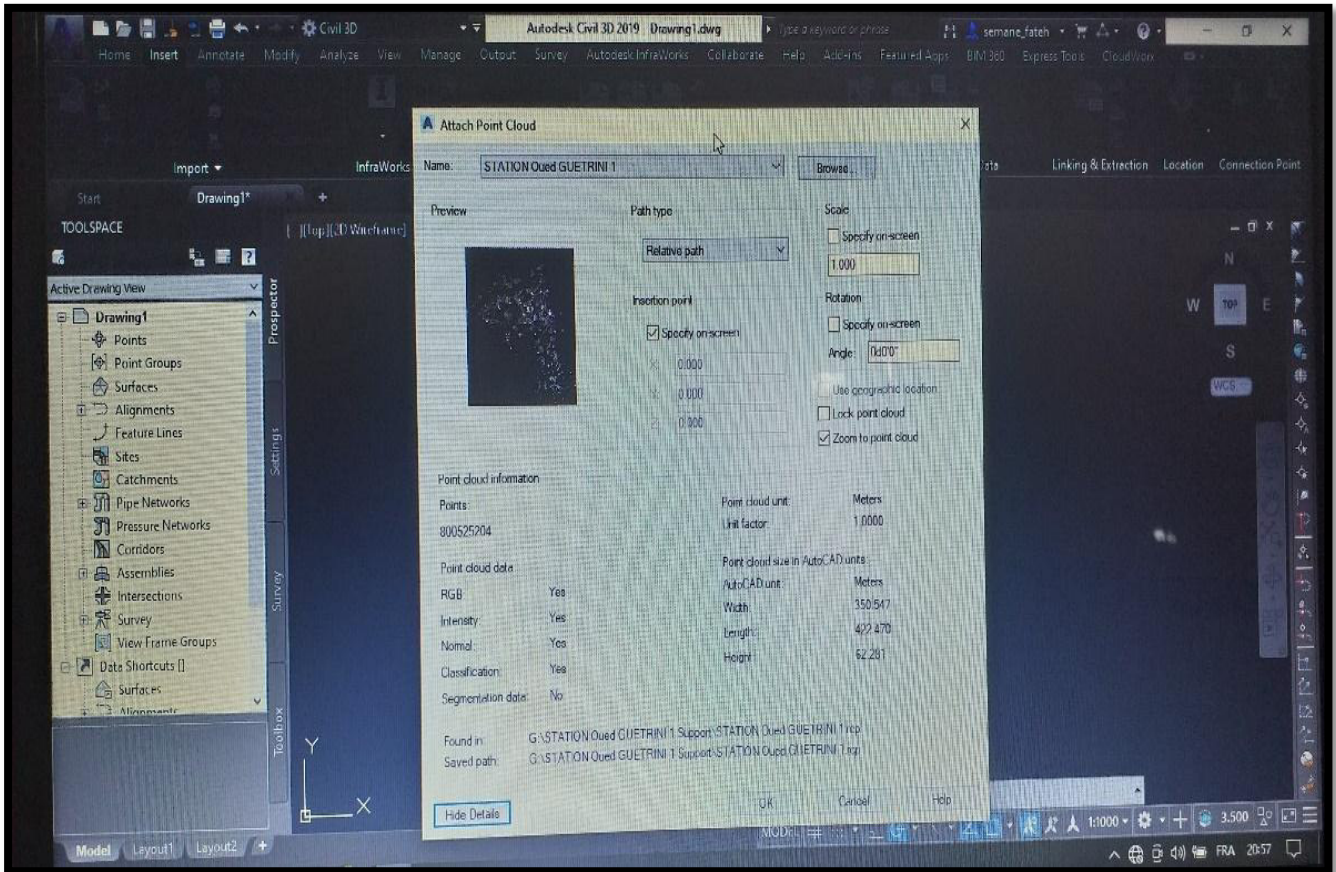


Figure 45 : Attach Point Cloud

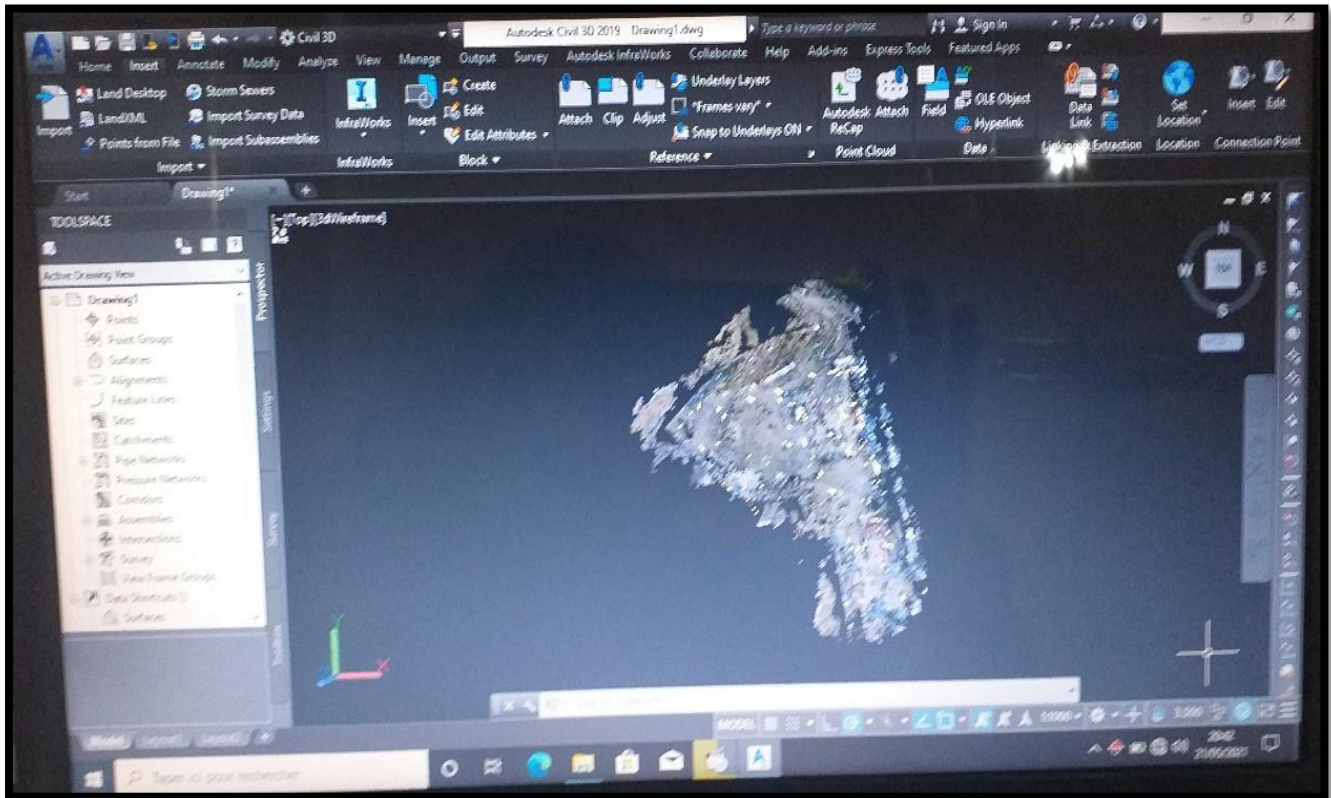


Figure 46 : Visualisation De Site

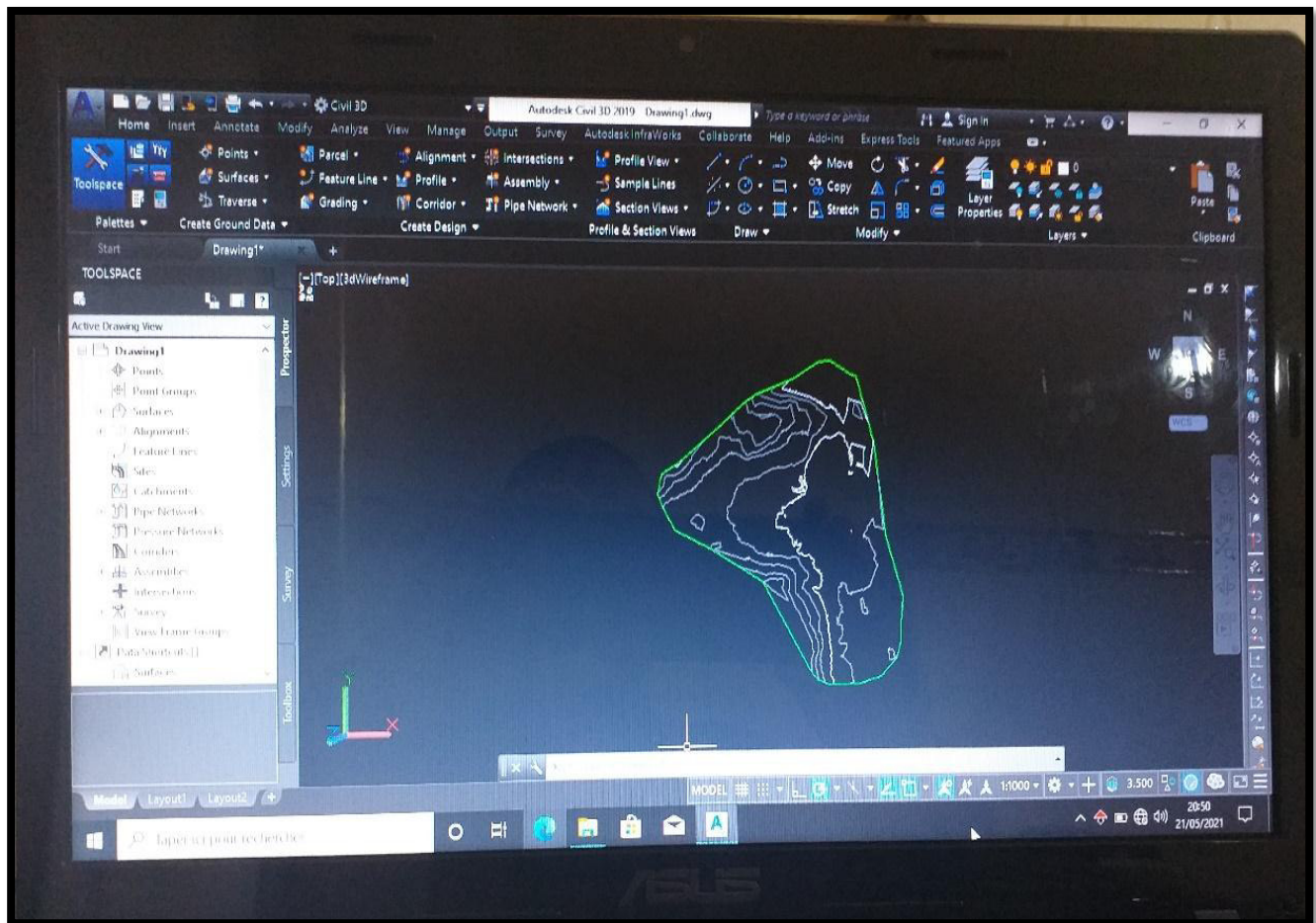


Figure 47 : Création Surface Numérique

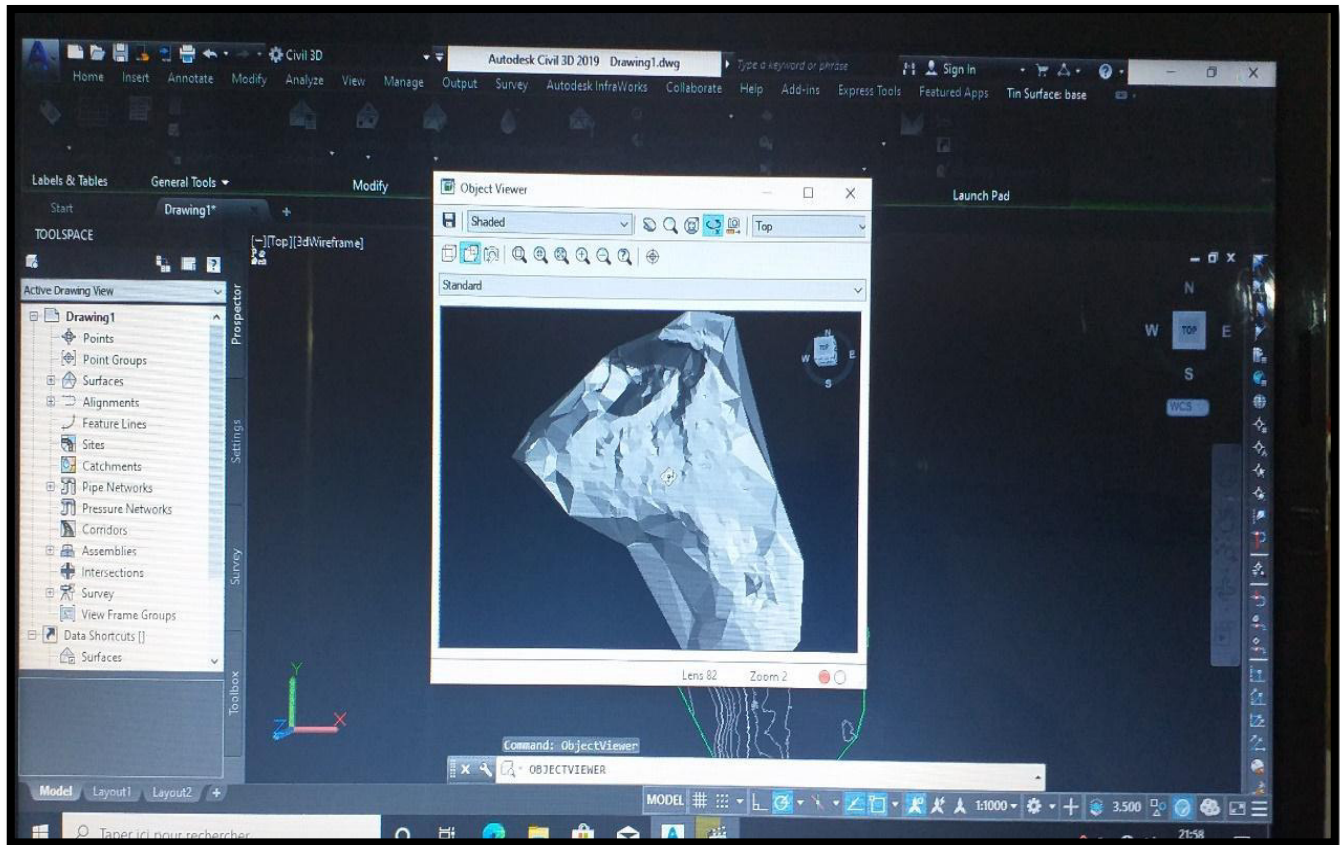


Figure 48 : Object Viewer

III.7. Création de la maquette 3D

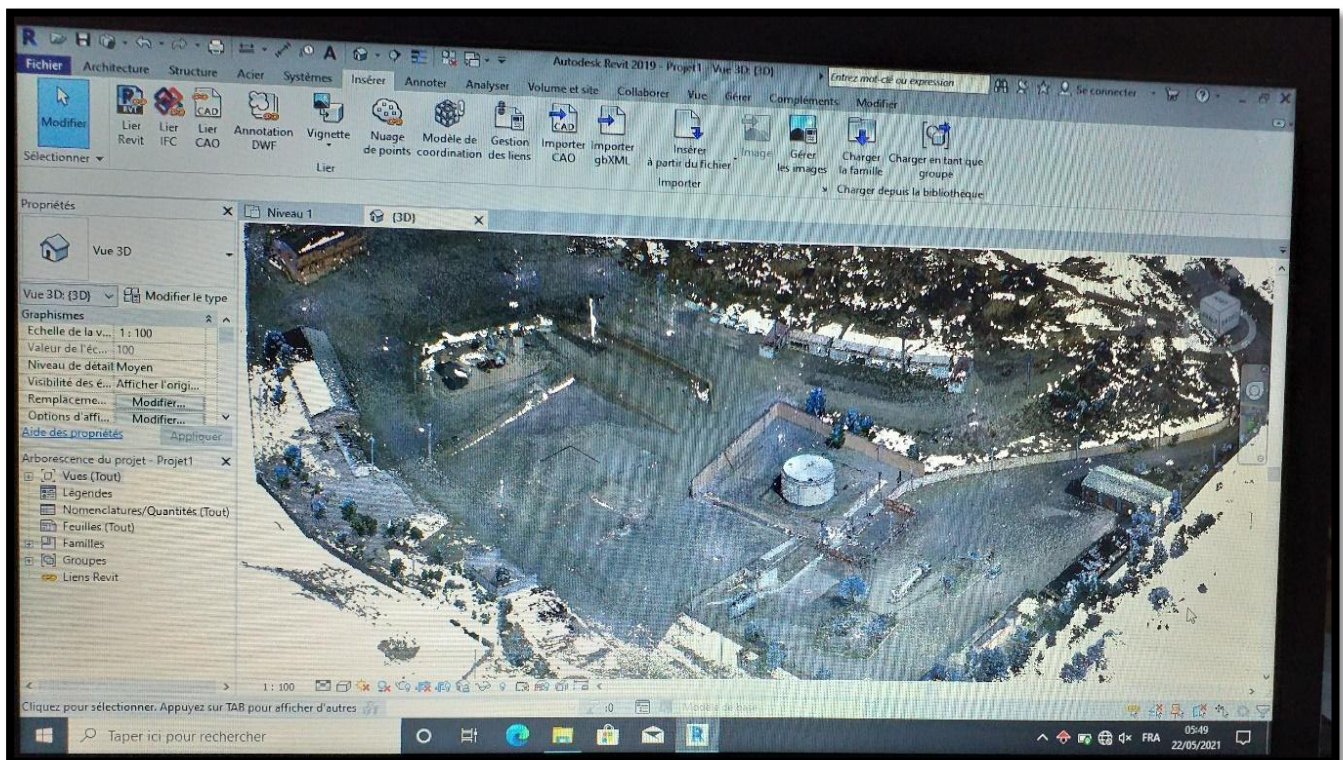


Figure 49 : Vue 3D

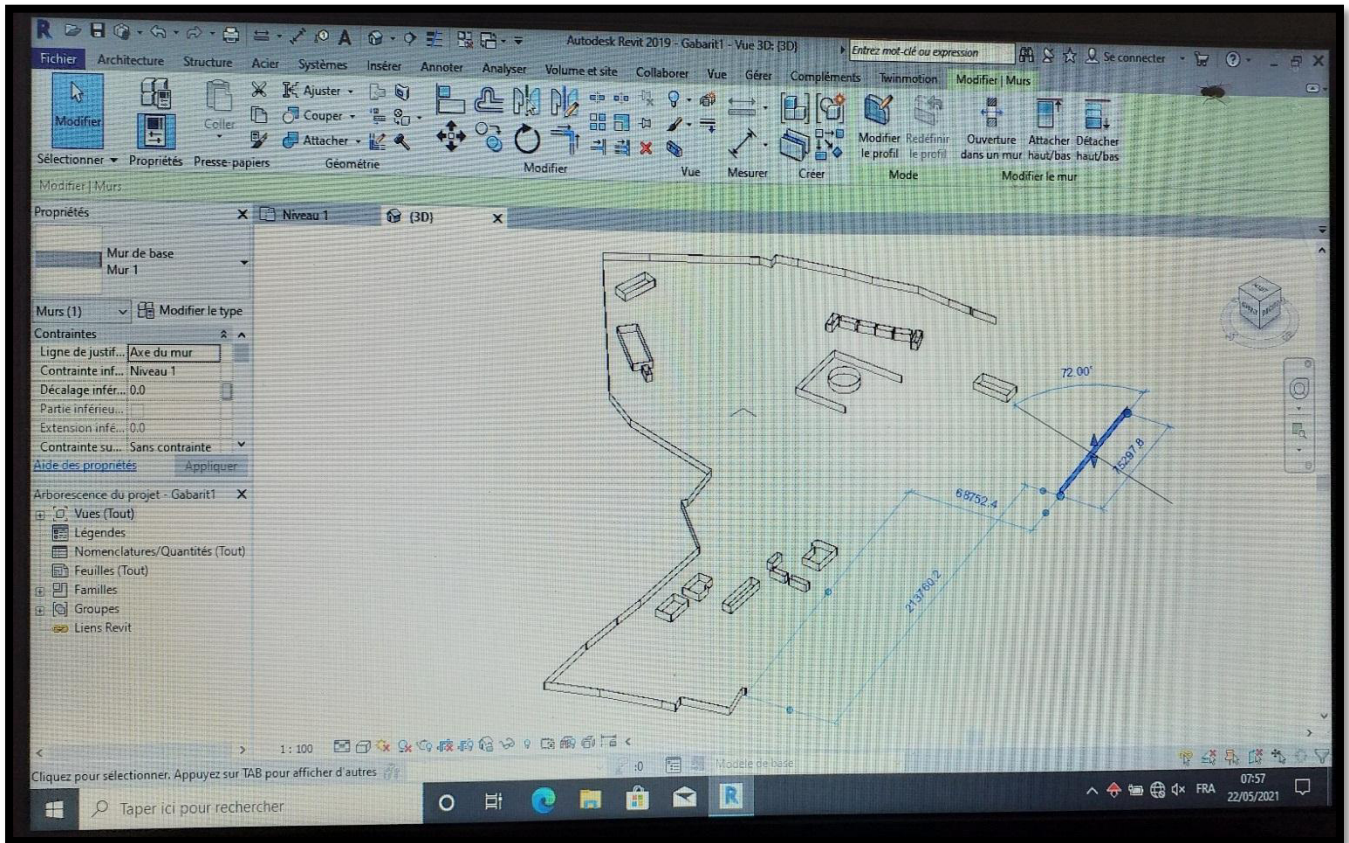


Figure 50 : Dessiner maquette 3D

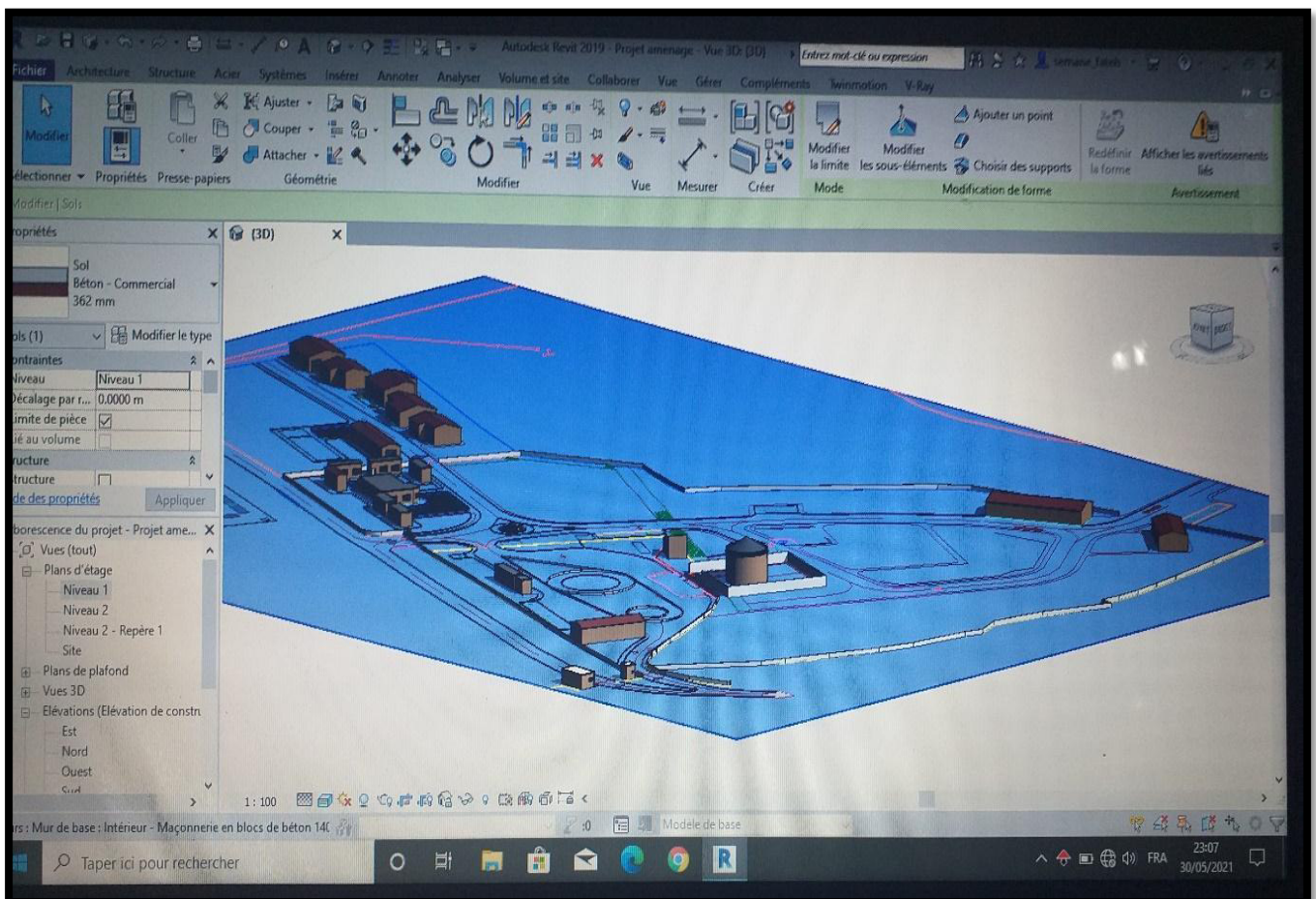
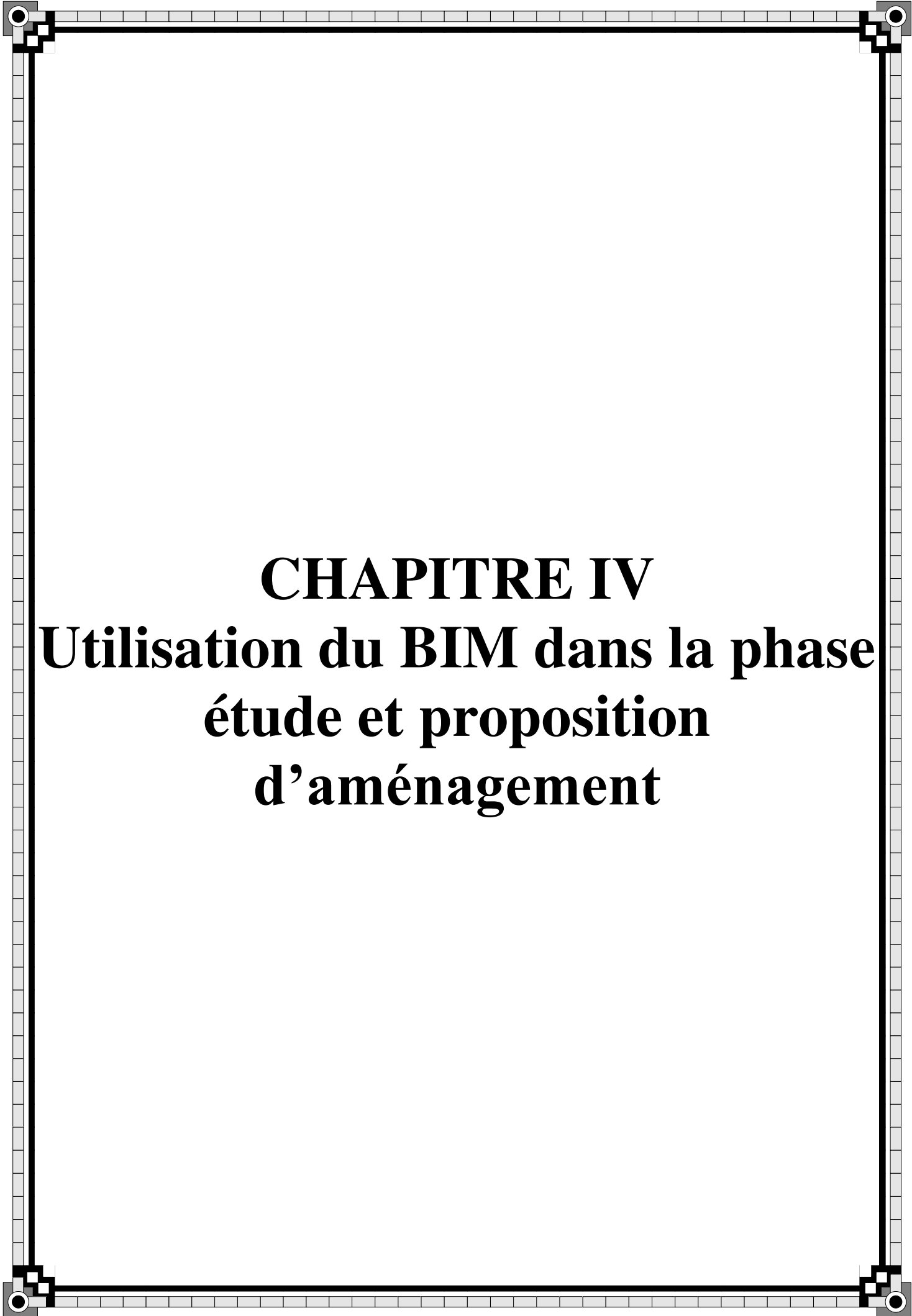


Figure 51 : Maquette 3D

III.8. Conclusion

Dans ce chapitre, nous concluons avec les systèmes BIM, le partage et la centralisation des données facilitent les propositions. Nous concluons également que l'utilisation du BIM permet de documenter les informations de construction (éléments de construction et conditions environnementales) dans le modèle standard avec toutes les informations relatives aux éléments architecturaux, structurelles, mécaniques, électriques et sanitaires.



CHAPITRE IV

Utilisation du BIM dans la phase étude et proposition d'aménagement

IV.1. Introduction

Dans la technologie BIM il existe un grand potentiel pour réduire les coûts de conception et de production grâce à une utilisation plus efficace du temps et à une meilleure visualisation. Les entrepreneurs peuvent tirer parti de l'utilisation du BIM grâce à une meilleure coordination, à une meilleure estimation des coûts et à la gestion des achats, à l'utilisation du BIM pour l'automatisation de la fabrication hors site et pour une meilleure planification, ce qui peut fournir des sites de construction plus propres et plus sûrs et réduire la durée. Le propriétaire peut tirer parti du BIM en obtenant une plus grande certitude quant aux résultats en termes de coût et de temps du projet, qui peut être mieux estimée lorsque le BIM 4-D et 5-D sont intégrés au processus plus tôt. [12]

IV.2. Avantages de BIM lors de la construction et la fabrication

Le modèle 3D est la source de tous les dessins, ce qui permet donc d'éliminer toutes inconsistances entre eux.

- ✓ Découverte des erreurs et omissions avant le début des travaux. Les modèles provenant de toutes les disciplines peuvent être assemblés et vérifiés pour les éventuelles interférences. Les conflits et autres problèmes de construction sont visualisés au stade des études et non sur le chantier.

Grâce aux objets paramétriques du modèle virtuel, les modifications seront reportées en temps réel et leurs conséquences peuvent être visualisées.

- ✓ La conception et la construction peuvent être synchronisées grâce au 4D, qui ajoute la dimension temps au modèle virtuel 3D.
- ✓ Le modèle 3D permet l'extraction de tous les matériaux et ressources nécessaires à chaque étape du projet. Il est beaucoup plus facile de planifier les livraisons des matériaux et des équipements. Les commandes aux sous-traitants peuvent être effectuées avec plus de précision et en temps opportun.
- ✓ Le modèle 3D permet une plus grande précision de fabrication [6]

IV.3. L'interopérabilité :

L'interopérabilité ou l'OPENBIM est la capacité de transférer de manière efficace des données d'un projet vers différentes plateformes. Le BIM est un processus qui sert durant tout le cycle de vie d'un bâtiment, depuis l'esquisse jusqu'à la démolition. A chaque phase, de nombreux logiciels sont utilisés et

l'interopérabilité est donc primordiale pour que chaque intervenant puisse travailler la maquette sur son logiciel BIM adapté métier. Un manque d'interopérabilité conduit souvent à une perte de temps (ressaisie des données) et introduit des erreurs. [25] Les formats de fichier ouverts et standards sont ainsi indispensables pour une bonne interopérabilité des données et permettent de contrer la monopolisation potentielle d'une marque avec son format propriétaire. De cette manière les logiciels sont capables de "lire" des fichiers réalisés sur des produits d'éditeurs différents. Le format de fichier privilégié soutenu par les organisations promouvant le BIM est l'IFC bien qu'aucune réglementation n'impose l'usage de celui-ci.

IV.4. Applications de la capture de la réalité : Projets d'infrastructure

Chaque jour, 200 000 personnes dans le monde migrent vers les zones urbaines², augmentant le besoin d'infrastructures durables. En outre, des pays du monde entier voient leurs infrastructures vieillir. Au Royaume-Uni, 70 % des infrastructures de transport ont plus de 100 ans³ et en Allemagne, 15% des ponts routiers municipaux doivent être entièrement reconstruits⁴. L'adoption d'une approche intelligente fondée sur la réalité numérique peut simplifier et améliorer la manière dont les projets d'infrastructure sont planifiés, exécutés et entretenus. Au début d'un projet d'infrastructure, les outils de capture de la réalité permettent de faire un compte-rendu numérique de grandes étendues de terrain et de les modéliser simplement et rapidement, ce qui permet d'économiser beaucoup de temps. La gamme d'outils, des drones aux systèmes de cartographie mobile en passant par les appareils portables, permet d'accéder à tous les types de terrains, y compris les zones dangereuses ou difficiles d'accès, afin de créer un jumeau numérique. Celui-ci fournit un environnement de travail numérique qui aide à identifier les possibilités, les limites et les difficultés. Il existe d'autres avantages pour les travaux de terrassement, qui permettent de gérer efficacement les coûts liés aux matériaux en maîtrisant les quantités et l'emplacement des stocks. Les données capturées pendant les premières étapes des travaux fournissent une idée précise de l'emplacement des équipements souterrains des services publics. Ces données peuvent être partagées de manière fluide, entre les différents intervenants et utilisées lors de l'implantation ou du remplacement des installations. Ces données sont également transférables facilement vers les machines, par exemple les excavatrices, pour spécifier où creuser et à quelle profondeur, afin d'éviter les dégâts et les coûts liés à l'endommagement des réseaux de services publics. Un compte-rendu à jour des travaux réalisés sur les réseaux de services publics peut être enregistré, documenté, partagé et conservé numériquement, conformément au processus BIM.

IV.5. Pourquoi utiliser la capture de la réalité pour les projets d'infrastructures ?

- ✓ Pour relever rapidement de vastes étendues de terrain
- ✓ Pour acquérir une connaissance complète et précise de l'état réel des chantiers
- ✓ Pour éviter les dégâts liés à une rupture des réseaux de services publics
- ✓ Pour détecter automatiquement les caractéristiques du paysage
- ✓ Pour générer des modèles de terrains
- ✓ Pour déterminer l'avancée des travaux au moyen des quantités terrassées et de leurs mouvements
- ✓ Pour valider rapidement de vastes étendues des infrastructures

IV.6. Utilisation du BIM et SCAN to BIM dans la réalisation d'aménagement

Dans cette Chapitre, nous avons fait des formations sur Comprendre le BIM et SCAN to BIM pour Utilisation dans la réalisation l'aménagement de **la base logistique Oued Guetrini**, ainsi que **champ pétrolier Oued Guetrini**

IV.6.1. Base logistique :

- ✓ Réfection de la clôture existante avec deux portails.
- ✓ Réalisation d'une clôture en Zimmerman pour délimiter le patrimoine SONATRACH selon plan.
- ✓ Réalisation d'une clôture en panneaux métallique avec portail pour le Bac OD
- ✓ Réfection Cuve de rétention pour Bac Oued Djenane, volume = 750m³
- ✓ Réalisation d'un dispositif de manœuvre suspendu rabattable pour le Quai de chargement.
- ✓ Rénovation d'une bâtisse qui fera office d'administration.
- ✓ Réalisation d'une clôture de délimitation du bloc ADM et les cabines d'hébergement SIE avec aménagement des espaces (bordures, espace vert, etc...).
- ✓ Aménagement parking
- ✓ Goudronnage de la base logistique.

IV.6.2. Champ de production :

- ✓ Réfection du local de la Pomperie d'expédition pétrole brut avec abris pour réservoirs du groupe électrogène.
- ✓ Réalisation d'une clôture en panneaux métalliques pour l'enclos de la Pomperie avec portillon et deux portails.

- ✓ Réalisation d'une clôture en panneaux métallique avec portail et portillon pour l'ancien Bourbier du champ.
- ✓ Réalisation d'une clôture en panneaux métallique avec portail et portillon pour le nouveau Bourbier du champ.
- ✓ Réalisation des clôtures en panneaux métalliques démontables des 17 puits producteurs.
- ✓ Aménagement de 17 plates-formes puits producteurs avec cuve de rétention.

IV.7. BIM pour Suivi de chantier :

Dès lors qu'un chantier nécessite de gros travaux comme l'agrandissement ou la construction d'une maison individuelle, le suivi de chantier est essentiel. Réalisé par un professionnel qui prend en charge la coordination des équipes, le suivi de chantier permet de contrôler l'avancement des travaux et le respect du budget. Il est donc important de savoir ce qu'est un suivi de chantier et les étapes qu'il comporte. L'utilisation d'un logiciel de suivi de gestion comme Bat applique permet d'accompagner les entrepreneurs dans la gestion de leur entreprise, gérer et imprimer les devis et factures et enfin suivre les chantiers, un outil qui peut s'avérer être une aide précieuse.

IV.8. L'exécution des travaux :

Pendant toute la durée des travaux, un suivi du chantier doit être effectué. Cela implique d'être rigoureux dans la collecte et l'archivage des informations mais aussi des différents Documents afférents au chantier en cours. Des réunions de chantiers et des comptes rendus sont ainsi mis en place afin de permettre une bonne communication entre les différents intervenants et acteurs. L'avancement des travaux fait l'objet d'une surveillance accrue. Cette évaluation est réalisée en comparaison avec le planning prévisionnel. Il est alors possible de voir les écarts et de les corriger le plus tôt possible et donc de réduire les impacts négatifs. De même, faire des points réguliers permet de suivre la comptabilité du chantier. L'utilisation des ressources et le respect du budget sont ainsi contrôlés.

IV.9. Le bilan de fin de chantier :

Le suivi de chantier ne prend fin qu'une fois le chantier livré. Un rapport est alors Rédigé. Il retrace la vie du chantier et précise notamment les caractéristiques du chantier, les événements marquants, le planning réel, les états Pentagone ainsi que les points clés du chantier.[18]

IV.10. Le contrôle par méthode nouvelle :

Dans le cadre d'une Convention BIM, l'équipe de BIM Management met en place un journal ou une check-list des contrôles. Il devra déterminer qui réalise ou participe à l'exécution des tâches associées à ces différents contrôles. La publication des modèles est dans le périmètre d'intervention des Coordinateurs BIM. L'équipe de BIM Management contrôle les informations du modèle, qui selon les éléments contractuels, peut être succinct à complet. Selon les résultats

(quantités, criticité, etc.) l'équipe de BIM Management pourra :

- ✓ Demander aux contributeurs de documenter les écarts ;
- ✓ Demander aux responsables du modèle d'émettre à nouveau le modèle.

Le Suivi et contrôle de chantier par le scanner 3D : on ne compte plus les retards de chantier à la construction dus à des défauts de construction non constatés à temps. Une mesure 3D à intervalle régulier va permettre de coller aux plans de base et va éviter les mauvaises surprises de construction en fin de chantier qui peuvent induire des surcoûts importants comme des retards importants.

- ✓ Tout est mesuré. Numériser en 3D va permettre de prendre entre 500 000 à 2 millions de mesure par seconde. Tout est pris dans le moindre recoin : hauteur, distance des murs, cloisons, fenêtres, décrochés, plafonds, sols... Rien n'échappe au scanner laser 3D.
- ✓ Pas besoin de revenir sur site. Une mesure ne peut pas être oubliée si le scan est bien fait. Plus de mesures manquantes nécessitant des allers et retours longs et coûteux. Utilisation des mesures pour des plans 2D ou maquette 3D.
- ✓ Les mesures 3D converties en nuages de points et ortho-images (appelés aussi ortho-photos, ortho projections) vont servir de base pour des plans 2D, des coupes, profils en long, profils en travers, des élévations du bâtiment. Une modélisation 3D à partir du nuage de points est aussi réalisable.
- ✓ Visite virtuelle. Une visite virtuelle du bâtiment entier est possible et partageable à distance avec les divers intervenants. Il est possible de mesurer sur cette visite. Un besoin de hauteur sur une pièce se situant au 3ème étage ? De mon bureau, un clic sur la visite virtuelle dans la pièce et la mesure est obtenue ! Il faut bien comprendre que des milliards de mesures sont faites et que donc tout est à disposition depuis son bureau.
- ✓ Obtention possible en 3D de structures complexes de bâtiment : charpentes compliquées, toiture en cône, endroits peu accessibles ou trop hauts (mesures 3D alors par drone).
- ✓ Simulation d'éclairage : à l'aide du modèle 3D et de logiciels de CAO, les infographistes peuvent simuler tous type d'éclairage. En maîtrisant différents paramètres comme la température des couleurs, l'intensité lumineuse ou encore les données constructrices sur les différentes formes de faisceaux (fichiers IES), vous obtenez un rendu 3D identique au résultat réel.
- ✓ Gestion du bâtiment à travers la maquette numérique. Le plus important de la démarche du bâtiment numérique sera la gestion du bâtiment tout au long de sa vie. Chaque intervenant pourra renseigner en temps réel la mise à jour de la maquette. Quand on sait que 70 à 80% du cout d'un bâtiment vient de sa gestion, on comprend mieux les économies de gestion apportées en travaillant de manière intelligente et connectée sur le jumeau numérique d'un bâtiment. [21]

IV.11.Conclusion :

Le BIM tend à se démocratiser dans les grands projets de construction et infrastructures grâce à la force du travail collaboratif qui le caractérise. La maquette numérique 3D intelligente et la base de données associée sont les piliers techniques du BIM. Il existe aujourd'hui un fort engouement à développer l'usage du BIM, entraînant par ailleurs quelques dérives. Les grands chantiers ne se limitent pas à des constructions neuves. La réhabilitation de bâtiments est en plein essor. Le scanner laser 3D est alors utilisé lors du relevé de l'existant. Son exhaustivité et sa simplicité de mise en œuvre sont des atouts indéniables. Les phases d'acquisition et de traitement sont généralement bien maîtrisées. Le nuage de points issus du relevé scanner laser 3D constitue la base pour la modélisation du bâtiment et créer une maquette numérique en vue d'une application BIM. Seulement, de nos jours, la majorité des acteurs n'utilise pas le nuage de points à sa juste valeur. L'enjeu majeur est donc d'exploiter pleinement les informations présentes dans le nuage de points de manière automatique. [16]

CHAPITRE V

BIM 4D ET 5D

V.1. BIM 4D (la dimension temporelle du BIM) :

V.1.1 Définition

Le BIM 4D est le fruit de la liaison d'un Building Information Model en trois dimensions (3D) avec la quatrième dimension qui est le temps. Ce modèle 4D représente une maquette numérique du projet en plus d'incorporer les informations contenues dans un échéancier de projet.[27]

V.1.2 Qu'est-ce que la planification 4D ?

Imaginons un instant que l'on souhaite tourner un film. Il faut on écrire le scénario et que le réalisateur, par des répétitions et une direction minutieuse, demande aux acteurs de se placera des endroits spécifiques pour faire des essais avant détourner la scène. La 4D repose sur le même principe. Il s'agit d'affecter les éléments graphiques d'un modèle 3D du projet en construction aux tâches du planning, comme des ressources, mais engèrent également les apparitions et les disparitions de ces éléments par rapport aux débuts et aux fins des tâches. Une fois ces affectations réalisées, vous pourrez jouer votre séquence 4D : en simulant le temps qui passe, la maquette prendra forme au fur et a mesure, pilotée par le planning. Vous obtenez ainsi une séquence de construction virtuelle, véritable traduction visuelle du planning, permettant de partager une vision commune du projet beaucoup plus efficacement qu'avec la diffusion d'un Gantt. [16]

V.1.3 L'utilisation du BIM pour la planification

Le BIM est reconnu comme une technologie de l'information ayant le potentiel de changer significativement les industries de l'architecture, de l'ingénierie et de la construction. Bien que de grandes avancées aient été faites, le BIM n'a pas encore atteint son plein potentiel pour la planification des projets de construction (H. X. Liu, Al-Hussein, & Lu, 2015). Plusieurs approches ont alors été étudiées afin d'utiliser les possibilités offertes par le BIM pour améliorer le processus de planification. Certaines se basent sur la génération automatique d'échéancier à l'aide d'algorithmes exploitant les composants d'une maquette BIM (de Vries & Harink, 2007). D'autres approches basées sur la simulation ont été développées. Elles utilisent la simulation à événement discret pour étudier les opérations de construction et l'allocation de ressources entre les activités. Wang, Weng, Wang, et Chen (2014) ont développé une méthode de planification basée sur la simulation. Le processus se base sur l'exploitation des bilans de quantités fournis par une maquette numérique BIM. Pour évaluer la durée des tâches. Une simulation des opérations de construction est ensuite réalisée ce qui permet de déterminer les durées probables des tâches. L'échéancier est ensuite mis à jour. Une piste largement étudiée est l'utilisation des maquettes numériques BIM pour la simulation 4D de la construction. Cette approche permet de visualiser les contraintes spatiales du projet



Figure 52 : Presseurs simulation 4D

V.1.4 Avantages du BIM 4D

Le modèle BIM, enrichi du diagramme de Gantt, fournit des données relatives aux phases du projet ou aux familles d'objets, en permettant de :

- ✓ Vérifier quelles activités sera impliquées et les temps de chacune de celles-ci
- ✓ Élaborer des scénarios d'analyse pour des activités spécifiques et les temps relatifs
- ✓ Obtenir un aperçu, constamment mis à jour, de l'état d'avancement de l'ouvrage et le planning relatif. Connecté de façon intelligente à la modélisation tridimensionnelle, le BIM 4D permet au professionnel de créer une ligne du temps, analyser visuellement des projets, vérifier et simuler les phases de travail dans le temps et apporter rapidement des changements [26]

V.1.5 Planning réalisé par le logiciel PRIMAVIRA

PLANNING GENERAL DE TRAVAUX

Nom de la tâche	Unité	Qté	Mois																											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
1/Evaluation sommaire des travaux à réaliser sur la base:		26694,29																												
ODS		0,00																												
ODS DE DEMARAGE																														
I/BASE LOGISTIQUE		23560,19																												
A/ Clôtures		3005,40																												
Démolition partielle de la clôture vétuste existante y/c nettoyage et transport à la D publique.	ML	850,00																												
Réfection de la clôture en dur existante.	ML	710,00																												
Réalisation d'une clôture en dur délimitant le patrimoine de SONATRACH.	ML	1251,40																												
Réalisation d'une clôture en panneaux métalliques de 3 m de haut pour le bac de rétention de oued Djenane.	ML	189,00																												
F/P de portail de (3 x 4)m² pour le bac de rétention de oued Djenane et pour la clôture en dur à réaliser.	U	5,00																												
B/ Cuve de rétention		780,00																												
Réfection de la cuve de rétention du bac de Oued Djenane:																														
a)- réalisation d'une paroi en béton armé de 1.20m de haut, sur un périmètre de 119.30m d'une épaisseur de 20	M3	30,00																												
b) Réfection de la plate-forme en béton armé d'une surface de 735,40 m2, y/c drainage et évacuation des eaux	M2	750,00																												
C/ Bâti objet de réfections		632,41																												
Réfection du hangar servant de magasin.	M2	319,70																												
Rénovation en TCE de la bâtisse dénommée villa n° 02 et son aménagement en infirmerie, comprenant réfection des	M2	164,95																												

PROJET : Réalisation de la base logistique et le champ de production de " OUED GUETRINI" à DIRAH

PLANNING GENERAL DE TRAVAUX

Nom de la tâche	Unité	Qty	Mois																									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Rénovation en TCE de la bâtisse dénommée villa n° 03 comprenant réfection des murs, revêtements (sols et	M2	147,76																										
D/Bâti proposé		1389,87																										
Réalisation d'un hangar devant servir d'atelier.	M2	336,00																										
Réalisation d'un hangar devant servir pour le stockage.	M2	336,00																										
Réalisation en TCE d'un bloc administratif.	M2	195,00																										
Réalisation en TCE d'un foyer restaurant.	M2	500,00																										
Réalisation d'une loge d'accueil et de gardiennage à l'entrée Ouest.	M2	15,00																										
Réalisation d'une loge d'accueil et de gardiennage à l'entrée Est.	M2	7,87																										
E/Voirie et Aménagement divers		17540,51																										
Décapage sur une profondeur de 15 cm y/c réglage des plates formes, évacuation des excédents de	M3	2209,38																										
F/P de bordure de trottoir préfabriqués de Type T2.	ML	1711,20																										
F/P de caniveaux de trottoir préfabriqués de type C2.	ML	1711,20																										
Exécution d'un dallage en béton légèrement armé d'un treillis soudé, ép.=10 cm avec chape en bouchardé.	M2	5450,50																										
Revêtement de voirie avec Béton bitumineux.	T	1050,00																										
couche de fondation de 20 cm pour la voirie.	M3	2945,85																										

PROJET : Réalisation de la base logistique et le champ de production de " OUED GUETRINI" à DIRAH

PLANNING GENERAL DE TRAVAUX

[illegible]

**PROJET : Réalisation de la base logistique et le champ de production de " OUED
GUETRINI" à DIRAH**

PLANNING GENERAL DE TRAVAUX

Nom de la tâche		Unité	Qty	Mois																													
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26				
	Réfection du local de la pompe à incendie d'expédition du pétrole brut (prix forfaitaire).	M2	76,25	Réfection du local de la pompe à incendie d'expédition du pétrole brut (prix forfaitaire).																										Réfection du l			
	Réalisation d'un abri pour groupe électrogène.	M2	12,00						Réalisation d'un abri pour groupe électrogène.										Réalisation d'														
C/ Puits producteurs			1423,00																														
	Réalisation de plates formes autour du puit producteur:			Réalisation de plates formes autour du puit producteur.																										Réal			
	a) dallage en béton légèrement armé avec treillis soudé sur une surface de 55m² autour de chaque plateforme	M2	935,00											a) dallage en béton légèrement armé avec treillis sou																			
	b) cuve constituée d'une plateforme en béton armé de 20 cm d'épaisseur et béton de propreté sur une surfac	M3	488,00											b) cuve constituée d'une plateforme en béton armé d																			
D/Bâti proposé			111,85																														
	Réalisation d'une loge de gardiennage	M2	9,00	Réalisation d'une loge de gardiennage.					Réalisation d'une loge de gardiennage																								
	Réalisation d'un bloc d'accueil avec sanitaires et vestiaires.	M2	80,30	Réalisation d'un bloc d'accueil avec sanitaires et vestiaires.					Réalisation d'un bloc d'accueil avec sanitaires et vestiaires.																					Réalise			
	Réalisation d'une cabine d'hébergement (chambre).	M2	22,55											Réalisation d'une cabine d'hébergement (chambre).																		Rea	
E/Voirie et Aménagement divers			2,00																														
	Aménagement d'un parking pour huit (08) véhicules légers couvert par une plaque carbonatée	U	1,00																Aménagement d'un parking pour huit (08) véhicul														
	Aménagement d'un parking pour quatre (04) véhicules lourds à l'air libre.	U	1,00																Aménagement d'un parking pour quatre (0														
RECEPTION			0,00																														
Reception provisoire																																	

**PROJET : Réalisation de la base logistique et le champ de production de " OUED
GUETRINI" à DIRAH**

V.2. BIM 5D (dimension de coût)

V.2.1. Définition 5D BIM :

Financières (5D) pour estimer, simuler et piloter en temps réel les coûts de construction

V.2.2. Caractéristiques

- 4D + coûts
- Simulation des coûts

V.2.3. Principaux usages

- Budgétisation, valeur acquise
- Contrôle des coûts de construction
- Tableau comparatif des coûts avec le budget planifié [13]

V.2.4. Estimer facilement les quantités et les coûts avec la 5D

Le concept de 5D repose sur l'ajout de l'élément de coût. Aujourd'hui, compter les briques ou les fenêtres peut sembler insensé, mais c'est bien ce qui se pratiquait dans le secteur du bâtiment il y a quelques années encore. Même s'il n'existe pas un bouton magique pour faire apparaître les informations voulues concernant les coûts, le BIM facilite grandement cette tâche. Il permet aux entrepreneurs d'extraire du modèle les quantités de matériaux. Cela leur permet de mesurer et de quantifier avec précision et efficacité les éléments de structure, et avec un niveau de détail qui n'était pas envisageable auparavant. La programmation des quantités détaillées des matériaux apporte aux entrepreneurs de nouvelles possibilités :

- ✓ Éliminer les risques dans leurs modèles tarifaires.
- ✓ Présenter aux clients des devis établis à partir de données précises et qui soient cohérentes entre toutes les parties qui soumissionnent pour le contrat.[18]

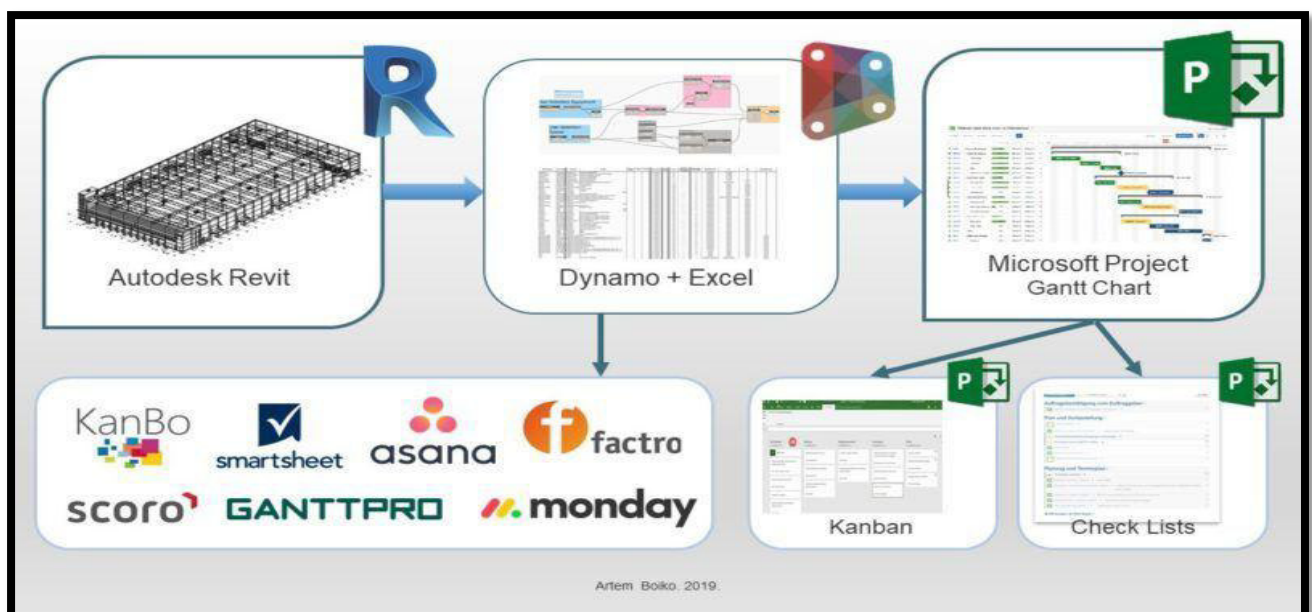


Figure 53 : Presseurs d'évaluation du coût

V.2.5. Avantages de BIM 5D

Le BIM 5D offre plusieurs avantages pour l'avenir du cycle de vie du projet de construction, parmi lesquels se distinguent les suivants :

- ✓ Rapidité dans l'extraction détaillée des quantités de matériau directement à partir du modèle de construction et, par conséquent, identification réelle des quantités dans les enregistrements de mesure
- ✓ Lorsque des modifications sont apportées au projet de construction, l'estimation des coûts établie à partir de BIM 5D est automatiquement mise à jour et vous pouvez rapidement vérifier l'impact des modifications.
- ✓ Il y a un meilleur contrôle des coûts en évitant les dépassements de budget ·
- ✓ Rendre compte de manière plus rigoureuse au DO · Projection de plusieurs scénarios pour faciliter la prise de décision. Le succès du projet représente une opportunité de réputation pour la société, l'aidant ainsi pour les projets futurs. [17]

V.2.6. Contrôle des coûts

Les trois objectifs d'un système de contrôle des coûts de construction sont de fournir les moyens de comparer les coûts réels aux coûts budgétés pour montrer les éventuelles inexactitudes à prendre en compte, de développer une base de données de données de productivité et de performance des coûts pouvant être utilisées dans des estimations futures. Générer des données permettant d'évaluer les variations et les modifications du contrat et les éventuelles réclamations de paiements supplémentaires. Le contrôle des coûts n'est pas un système complet, mais une partie du système de gestion et de contrôle des coûts (MCCS). Au lieu de surveiller et d'enregistrer les données, il devrait également inclure l'analyse des données. Les données analysées peuvent montrer les problèmes possibles sur lesquels il faut agir. Contrôler un projet nécessite de contrôler les calendriers, les progrès, les budgets et les coûts encourus. [20]

V.2.7. Devis quantitatif et estimatif des travaux réalisé par Excel

1/Evaluation des travaux à réaliser sur la base logistique et le champ de production de " OUED GUETRINI" à DIRAH					
N°	Désignation des travaux	U	Quantité	P. Unitaire(DA)	Montants
I/BASE LOGISTIQUE					
A/ Clôtures					
01	Démolition partielle de la clôture vétuste existante y/c nettoyage et transport à la D.publique.	MI	850	4 000.00	3 400 000.00
02	Réfection de la clôture en dur existante.	ML	710.00	8 000.00	5 680 000.00
03	Réalisation d'une clôture en dur délimitant le patrimoine de SONATRACH.	ML	1 251.40	23 000.00	28 782 200.00
04	Réalisation d'une clôture en panneaux métalliques de 3 m de haut pour le bac de rétention de oued Djenane.	ML	189.00	25 000.00	4 725 000.00
05	F/P de portail de (3 x 4)m ² pour le bac de rétention de oued Djenane et pour la cloture en dur à réaliser.	U	5.00	150 000.00	750 000.00
B/ Cuve de rétention					
06	Réfection de la cuve de rétention du bac de Oued Djenane:				
	a)- réalisation d'une paroi en béton armé de 1.20m de haut, sur un périmètre de 119.30m d'une épaisseur de 20 cm.	M3	30.00	50 000.00	1 500 000.00
	b) Réfection de la plate-forme en béton armé d'une surface de 735,40 m ² , y/c drainage et évacuation des eaux pluviales.	M2	750.00	10 000.00	7 500 000.00
C/ Bâti objet de réfections					
07	Réfection du hangar servant de magasin.	M ²	319.7	20 000.00	6 394 000.00
08	Rénovation en TCE de la bâtisse dénommée villa n° 02 et son aménagement en infirmrrie, comprenant réfection des murs, revêtements (sols et murs), menuiserie, plomberie sanitaire, électricité...etc.	M ²	164.95	30 000.00	4 948 500.00

CH V : BIM 4D ET 5D

09	Rénovation en TCE de la bâtisse dénommée villa n° 03 comprenant réfection des murs, revêtements (sols et murs), menuiserie, plomberie sanitaire, électricité...etc.	M²	147.76	30 000.00	4 432 800.00
D/Bâti proposé					
10	Réalisation d'un hangar devant servir d'atelier.	M²	336.00	65 000.00	21 840 000.00
11	Réalisation d'un hangar devant servir pour le stockage.	M²	336.00	65 000.00	21 840 000.00
12	Réalisation en TCE d'un bloc administratif.	M²	195.00	82 000.00	15 990 000.00
13	Réalisation en TCE d'un foyer restaurant.	M²	500.00	82 000.00	41 000 000.00
14	Réalisation d'une loge d'accueil et de gardiènage à l'entrée Ouest.	M²	15.00	82 000.00	1 230 000.00
15	Réalisation d'une loge d'accueil et de gardiènage à l'entrée Est.	M²	7.85	82 000.00	643 700.00
E/Voirie et Aménagement divers					
16	Décapage sur une profondeur de 15 cm y/c réglage des plates formes, évacuation des excédents de terres à la D.publique	M3	2 209.38	700.00	1 546 566.00
17	F/P de bordure de trottoir préfabriqués de Type T2	Ml	1 711.20	1 200.00	2 053 440.00
18	F/P de caniveaux de trottoir préfabriqués de type C2	Ml	1 711.20	1 200.00	2 053 440.00
19	Exécution d'un dallage en béton légèrement armé d'un treillis soudé, ép.=10 cm avec chape en bouchardé.	M²	5 450.50	1 700.00	9 265 850.00
20	Revêtement de voirie avec Béton bitumineux.	T	1 050.00	8 000.00	8 400 000.00
21	couche de fondation de 20 cm pour la voirie.	M3	2 945.85	2 000.00	5 891 700.00
22	couche de base de 15 cm pour la voirie.	M3	2 209.38	2 000.00	4 418 760.00
23	Réalisation d'une aire de stockage en béton légèrement armé d'un treillis soudé d'une épaisseur de 10 cm.	M²	250.00	1 800.00	450 000.00
24	Aménagement d'un parking pour huit (08) véhicules légers couvert par une plaque carbonatée soutenue par une structure métallique.	U	2	400 000.00	800 000.00

CH V : BIM 4D ET 5D

25	Aménagement d'un parking pour quatre (04) véhicules lourds couvert par une plaque carbonatée soutenue par une structure métallique.	U	1	400 000.00	400 000.00
F/Autres					
26	F/P d'un dispositif de manœuvre suspendu, rabattable pour le quai de chargement	U	1	1 000 000.00	1 000 000.00
27	Réalisation d'un écran de verdure(haie) de 1.50m de haut pour l'isolation de l'infirmerie et des cabines d'hébergement, Y/C aménagement des espaces encloîtrés(Bancs ,dallage, verdure...).	MI	211.00	7 000.00	1 477 000.00
Sous total base d'exploitation					208 412 956.00
II/ Champ de production					
A/ Clôtures					
28	Réalisation d'une clôture en panneaux métalliques de 3.00m de hauteur pour l'enclos de la pomperie avec un (01) portillon de (2.50 x 1.20) m² et deux (02) portails de (3 x 4) m².	ML	470.00	25 000.00	11 750 000.00
29	Réalisation d'une clôture en panneaux métalliques de 3.00m de hauteur pour l'ancien bournier avec un (01) portail de (3 x 4)m et un portillon de (2,20x1,20) intégré.	ML	104.00	25 000.00	2 600 000.00
30	Réalisation d'une clôture en panneaux métalliques de 3.00m de hauteur pour le nouveau bournier y/c f/p d'un (01) portail de (3 x 4) avec portillon de (2,20 x 1,20) intégré.	ML	85.00	25 000.00	2 125 000.00
31	Réalisation de clôtures en panneaux métalliques en partie démontables, de 03 m de haut entourant les 17 puits producteurs sur un périmètre de 50 ml chacun.				
	a) partie démontable	ML	255	28 000.00	7 140 000.00
	b)partie fixe	ML	595	25 000.00	14 875 000.00
B/ Pomperie d'expédition					
32	Réfection du local de la pomperie d'expédition du pétrole brut (prix forfaitaire).	M2	76.25	/	1 000 000.00

CH V : BIM 4D ET 5D

33	Réalisation d'un abri pour groupe électrogène.	M2	12	45 000.00	540 000.00
C/ Puits producteurs					
34	Réalisation de plates formes autour du puit producteur:				
	a) dallage en béton légèrement armé avec treillis soudé sur une surface de 55m ² autour de chaque plateforme avec chape en bouchardé pour les 17 puits	M2	935.00	1 700.00	1 589 500.00
	b) cuve constituée d'une plateforme en béton armé de 20 cm d'épaisseur et béton de propreté sur une surface de 102,00 m ² et d'une paroi de 90 cm de haut, avec cuve de rétention de 1m ³ , pour les 17 puits.	M3	488	50 000.00	24 375 000.00
D/Bâti proposé					
35	Réalisation d'une loge de gardiènage	M ²	9.00	82 000.00	738 000.00
36	Réalisation d'un bloc d'accueil avec sanitaires et vestiaires.	M ²	80.30	82 000.00	6 584 600.00
37	Réalisation d'une cabine d'hébergement (chambre).	M ²	22.55	82 000.00	1 849 100.00
E/Voirie et Aménagement divers					
38	Aménagement d'un parking pour huit (08) véhicules légers couvert par une plaque carbonatée soutenue par une structure métallique.	U	1	400 000.00	400 000.00
39	Aménagement d'un parking pour quatre (04) véhicules lourds à l'air libre.	U	1	400 000.00	400 000.00
Sous total champ de production					75 966 200.00
Total en HT					284 379156.00

CONCLUSION GENERALE

Dans cette mémoire, nous avons utilisés le scanning laser 3D BLK 360 et le BIM pour l'étude et la réalisation d'une base logistique et d'un champ pétrolier de première découverte de pétrole en Algérie.

Le scanning laser 3D est un développement impressionnant et constitue désormais une alternative solide à la réalisation de levés topographiques détaillés et dans le domaine de l'étude et la surveillance des travaux. Il a été décrit comme une solution intéressante en termes de précision, de fiabilité, de polyvalence, de vitesse et de portabilité.

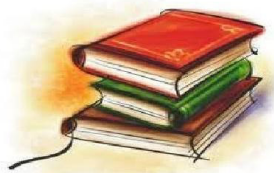
Les scanners laser 3D sont des outils faciles à prendre en main. Ils permettent de révolutionner les techniques de mesures dans la construction.

Le BIM « Building Information Modeling » permet de réaliser un gain de qualité et de précision considérable. Le BIM permet à tous les acteurs de la chaîne de s'informer mutuellement et de mieux coordonner leurs interventions sur un chantier commun : le BIM définit qui fait quoi et à quel moment. Comme le BIM permet une conception de meilleure qualité et la détection des problèmes avant la mise en chantier. La modélisation améliore la cohérence et la précision des dossiers d'études, tant en amont qu'en études d'exécution. Elle apporte plus de clarté vis-à-vis de la prestation à réaliser et moins d'improvisation sur les chantiers.

Grâce au BIM, les coûts de construction et les délais sont mieux maîtrisés. L'anticipation apportée par la modélisation permet d'optimiser la mise en œuvre et l'approvisionnement pour moins de gaspillage en temps comme en matériaux sur site. Elle permet de faire bien du premier coup.

L'interopérabilité est un axe majeur du processus BIM. Les données devront passer d'un métier à un autre sans pertes ni ressaisies. Cela signifie du partage de fichiers en réseau ou en ligne, ou des transferts de fichiers d'un logiciel vers d'autres. Pour accompagner cette nécessité, les acteurs de la construction ont créé la norme ISO IFC qui détermine ce format open source d'interopérabilité

Le stage que nous avons fait ; nous a permis de voir que Le BIM est avant tout un outil de conception qui impose l'échange d'informations numériques entre les acteurs d'un projet et propose une nouvelle méthode de travail. Et aussi de savoir plus sur le Revit qui est un logiciel sert à modéliser un bâtiment tel qu'il est en réalité, donc en 3D. Vous obtenez ainsi des plans de coffrages, des coupes, des plans et détails de ferrailage, un modèle analytique pour descente de charges ou analyse sismique. Soit les produits que doivent fournir un bureau d'études en général, donc Il est évidemment BIM. Malgré que Le début du BIM dans ce bureau a été difficile car le manque de maîtrise de ce logiciel. Parce que la maîtrise de ce dernier nécessite une formation et des compétences.



Références bibliographiques

- [1] <https://www.researchgate.net/profile/Fozia-Hassan> Consulté le : 22/03/2021 à 20:12.
- [2] Image Google.
- [3] Rapport : Le BIM pour les infrastructures - Etat des lieux et problématique - septembre 2017.
- [4] BENKHEDDA Assia & CHERDOUDI Faiza, La synergie entre les BIM et les SIG. Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent, 2019.
- [5] Grégory Coste, Comment BIM, maquette numérique et logiciels transforment le Bâtiment, le 23.10.2017.
- [6] <https://www.wisdomjobs.com/e-university/building-information-modeling-bim-interview-questions.html>. Consulté le : 25/03/2021 à 09:17.
- [7] <https://www.e-zigurat.com/blog/en-bim-questions-and-answers/> Consulté le : 25/03/2021 à 12:33.
- [8] Le-moniteur, 21-mars-2014, article-bim.
- [9] BOUTEMADJA Abdelkader, LE BIM, UN ENJEU MAJEUR POUR LES ARCHITECTES, Imprimée en Belgique.
- [10] CHELBAB Nassima & RAHMOUNI Amina, L'interopérabilité entre la maquette numérique et les dimensions du processus BIM. Université de M'sila, 2019.
- [11] <https://www.objectif-bim.com/index.php/bim-maquette-numerique/processus/differences-entre-cao-et-bim>. Consulté le : 03/04/2021 à 15:20.
- [12] STOFFEL F., "Implantation du processus BIM pour les études structurelles, Mémoire, Strasbourg," 2017.
- [13] INGIBJÖRG BirnaK jartansdóttir, Stefan MORDUE, Paweł NOWAK, David PHILP, Jónas Thór SNÆBJÖRNSSON, BUILDING INFORMATION MODELLING BIM, Iceland, Great Britain, 2017.
- [14] TEBANI Takieddine, The added value of interoperability and communication between the actors in the BIM project. Université de M'sila, 2017.
- [15] SAMB, ATTOUMANE, Promoteur (s) : BOUTEMADJA Abdelkader; Mémoire de fin d'études : "L'enseignement du projet d'architecture par le BIM". Université de Liège, 2018.
- [16] RENAUD Maxime; Création automatique d'une maquette numérique 3D d'un bâtiment à partir d'un relevé scanner laser 3D, 2018.
- [17] MAZARS Thibault, Mémoire : Exploitation du BIM pour la modélisation Chronographique de la planification et la simulation 4D, MONTRÉAL, LE 17 NOVEMBRE 2017.

- [18] <https://www.blog-logiciel-btp.com>. consulté le : 03/04/2021 à 16:25.
- [19] MACHER Hélène, Du nuage de points à la maquette numérique de bâtiment : reconstruction 3D semi-automatique de bâtiments existants, 2017.
- [20] COM H., C.ROMON, B.DELCAMBRE, G. LAMOUR, F.VERCRUYSSSE, “BIM et maquette numérique, Guide de recommandations à la maitrise d’ouvrage”. Revue. 2016.
- [21] MARTIN H., “Maquette numérique 3D pour la construction: visualiser les connaissances métier et interagir avec des dispositifs immersifs, Mémoire, Université Paris-Saclay France,” 2016.
- [22] Thèse Professionnelle, DU SCAN 3D AU BIM POUR LES GESTIONNAIRES DE PATRIMOINE, 2015.
- [23] Compte Rendu Salon BIM WORLD 2017, Gr 5, Le scanner 3D.
- [24] OUMGHAR Faïz, travail de fin d’étude : Le scanner laser au quotidien pour un géomètre expert français, Responsable Ecole : Emmanuel NATCHITZ.
- [25] LAMAILLE. G., J. LAHAYE, Dr ir T. VANDENBERGH, ECAM Bruxelles, L’utilisation du Scanning Laser 3D pour la documentation as-built des projets BIM, 2016.
- [26] <https://es.wikipedia.org/wiki/leica-BLK360>. Consulté le : 04/04/2021 à 09 :10.
- [27] ROUMAIN DE LA TOUCHE Maxime, L’intégration du scanner 3D dans le processus BIM (Réhabilitation), ÉCOLE SUPÉRIEURE DES GÉOMÈTRES ET TOPOGRAPHES, 2014.
- [28] <https://constructible.trimble.com/construction-industry/what-is-scan-to-bim-2>. Consulté le : 04/04/2021 à 18:40.
- [29] BOTON Conrad, Sylvain KUBICKI. Maturité des pratiques BIM : Dimensions de modélisation, pratiques collaboratives et technologies, 2014.
- [30] SAMUEL Dubois, YEVES Vanhellemont, MICHAEL Debouw.: Le relevé 3d à l’heure du BIM-capter la réalité en haute définition : Octobre 2018.
- [31] <https://mydigitalbuildings.com/blog/usage/2020/le-scan-to-bim-du-nuage-du-point-a-la-maquette-bim.html> Consulté le : 18/04/2021 à 12 :30.
- [32] <https://united-bim/ultimate-guide-of-scan-to-bim/> Consulté le : 18/04/2021 à 14 :21.
- [33] <https://arenacad.com/scan-to-bim/> Consulté le : 18/04/2021 à 17 :02.
- [34] <https://www.ar.tum.de/en/news/singleview-en/article/loc-talk-prof-frederic-bosche-scan-vs-bim-for-construction-control/> Consulté le : 19/04/2021 à 11 :49.
- [35] <https://www.kelarpacific.com/construction-design-phases-vs-bim-levels-development-part-2-4/> Consulté le : 20/04/2021 à 20 :19.
- [36] <https://leica-geosystems.com/products/laser-scanners> Consulté le : 21/04/2021 à 16 :09.
- [37] <https://www.scanphase.com/scan-to-bim-fr> Consulté le : 21/04/2021 à 20 :19.
- [38] <https://mydigitalbuildings.com/blog/usage/2020/le-scan-to-bim-du-nuage-du-point-a-la-maquette-bim.html> Consulté le : 26/04/2020 à 09 :25.