



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

# GESTION ET SUIVI D'UN PROJET DE CONSTRUCTION ET D'AMENAGEMENT

### PERIODE :

Du 13 Février au 22 MAI 2023

**ZAKARI Salaheddine**

**Classe ; 5ème année Génie Civil, bâtiment, ponts et chaussées**

### **SUPERVISEUR EN ENTREPRISE**

Youness SEBBAH  
FIHRI ARCHITECTE CHEF DE PROJET  
A L'AGENCE NATIONALE DES  
: EQUIPEMENTS PUBLICS

### **ENCADRANT ECOLE :**

M. Omar CHEMAOU EL

Visa de validation

### Année universitaire :

2022/2023

## Remerciements

*Avant de commencer ce mémoire, je tiens à exprimer ma reconnaissance particulière à Monsieur Jaouat ELHASSAN, Directeur régional de l'Agence Nationale des Equipements Publics Centre Ouest, Yousra ELGHAYATI, Chef de Service Gestion et Suivi des Projets et Youness SEBBAH, Architecte Chef de Projet pour m'avoir permis de participer à cette mission.*

*Tout au long de ce Projet de Fin d'Etudes, ils ont été présents et à l'écoute, et leur soutien, leurs conseils et leurs éclaircissements ont grandement contribué au bon déroulement de ce projet.*

*Je tiens également à exprimer ma gratitude à Monsieur OMAR CHEMAOU FIIHRI, Professeur à l'ESTEM et tuteur de ce projet, pour m'avoir guidé tout au long du projet, pour sa disponibilité et ses précieux conseils. Ses orientations m'ont été d'une grande aide.*

*Je tiens également à exprimer ma gratitude envers mon encadrant externe, Monsieur Abdelilah Aanni, qui m'a apporté une précieuse assistance dans la gestion de projet par le BIM. Son soutien et ses conseils avisés ont grandement contribué à mon travail.*

*Enfin je remercie toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réussite de ce projet et sans lesquelles ce projet n'aurait su voir le jour.*

## SOMMAIRE :

<b>PARTIE 1 : CONTEXTE GENERAL.....</b>	<b>8</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>9</b>
ORGANISME D'ACCUEIL.....	10
MISSIONS DE L'AGENCE.....	10
AU NIVEAU STRATÉGIQUE.....	10
AU NIVEAU OPÉRATIONNEL.....	11
PROBLEMATIQUE DU SUJET.....	18
DESCRIPTION DE LA SOLUTION PROPOSEE.....	19
Indicateurs de performance clés (KPI).....	19
BIM (BUILDING INFORMATION MODELING).....	25
 <b>PARTIE 2 : ETUDE DE CAS.....</b>	 <b>35</b>
 <b>CHAPITRE 1 : APPLICATION DE BIM SUR LA GESTION DU PROJET DE CONSTRUCTION D'UN EQUIPEMENT DE SPORT A ZENATA.....</b>	 <b>35</b>
METHODOLOGIE D'APPLICATION DU BIM SUR CE PROJET REEL.....	36
LA MODELISATION DE LA MAQUETTE STRUCTURE.....	36
Création de la maquette.....	37
MODELISATION DE LA MAQUETTE ARCHITECTURALE.....	41
Difficultés rencontrées.....	41
Création de la maquette.....	41
MODELISATION DE LA MAQUETTE FLUIDE.....	47
Données d'entrées.....	47
CREATION DE LA MAQUETTE.....	48
PROBLEMES RENCONTREES.....	48
LA DETECTION DES CLAHS.....	55
EXPLICATION.....	55
CAS DE DETECTION DE CLASH ENTRE DEUX RESEAUX DANS LE MEME LOT.....	58
CAS DE DETECTION DE CLASH ENTRE DEUX LOTS DIFFERENTS.....	59
CAS DE DETECTION DE CLASH ENTRE LOT ARCHI ET LOT FLUIDE.....	59
LA PLANIFICATION 4D.....	61
Planning des travaux.....	61
La planification 4D.....	61
LA PLANIFICATION 5D : EXTRACTION DES QUANTITES ET ETABLISSEMENT DES DECOMPTES.....	63
Etablissement des décomptes.....	63
LA MAQUETTE AS-BUILT ET LA RECEPTION DES OUVRAGES.....	65

<b>CHAPITRE 2 : LES KPI POUR LA GESTION DU PROJET D'AMENAGEMENT DU LYCEE IBNOU AL ARABI A SIDI MAAROUF.....</b>	<b>66</b>
PRESENTATION DU PROJET.....	67
ORGANIGRAMME DE CHANTIER.....	68
ANALYSE DE L'ETAT DES LIEUX.....	69
L'application des KPI-Collecte de données.....	69
PROBLEMES RENCONTREES.....	77
SOLUTIONS ET DECISIONS PRISES POUR FAIRE FACE A CETTE PROBLEMATIQUE.....	78
CONTROLE DE LA QUALITE DES TRAVAUX.....	79
<b>PARTIE 3 : ANALYSE DES RESULTATS.....</b>	<b>85</b>
DISCUSSION DES TRAVAUX REALISES ET RESULTATS OBTENUS.....	86
ANALYSE DES RESULTATS.....	87
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>89</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>92</b>

## Liste des figures

Figure 1 : Les grands axes de l'ANEP.....	11
Figure 2: perspective extérieure du projet EQ12 en 3D.....	14
Figure 3 : Plan cote seuil.....	15
Figure 4 : Liste des intervenants du projet.....	16
Figure 5: LES 4 PILIERS DES KPI.....	19
Figure 6 : S M A R T.....	20
Figure 7: KPI Etapes.....	24
Figure 8 : C'est quoi le BIM.....	25
Figure 9: Cycle de vie d'un projet avec BIM.....	26
Figure 10 : Les Niveaux BIM.....	28
Figure 11 : Interopérabilité vs non interopérabilité.....	29
Figure 12: Processus de coordination IFC.....	31
Figure 13 : Dimensions du BIM.....	32
Figure 14: Niveau du détail BIM.....	33
Figure 15: Exemple LOI / LOG.....	34
Figure 16: vue en plan des éléments de Béton armé.....	38
Figure 17: Modélisation de la fondation du projet.....	38
Figure 18: présentation de la superstructure du bâtiment.....	39
Figure 19: Vue 3D de la maquette structure du projet.....	40
Figure 20: Géo-référencement de la maquette.....	42
Figure 21: Insertion du plan Format DWG sur Le Logiciel REVIT.....	43
Figure 22: Gestion de données du projet.....	44
Figure 23: Gestion des unités du projet.....	44
Figure 24 : Création de la famille des équipements.....	45
Figure 25: Création des pièces constitutives du projet.....	45
Figure 26 : Vue 3D de maquette Archi.....	46
Figure 27: Vue 3D de la maquette Archi.....	46
Figure 28: Plan fluide 2D format dwg.....	47
Figure 29: Créer un nouveau projet sous gabarit plomberie.....	48
Figure 30: Insérer les maquettes archi et structure comme des liens.....	49
Figure 31: Modélisation des canalisations entre les regards.....	49
Figure 32: Création de la famille chauffe eau.....	50
Figure 33: Création du collecteur sanitaire.....	50
Figure 34 Mise en place des chauffe eaux sur la terrasse.....	51
Figure 35: Création de la maquette climatisation à partir de gabarit génie climatique.....	52
Figure 36; Insertion des maquettes, archi structure et plomberie.....	53
Figure 37 : Synthèse de la modélisation du lot fluide.....	54
Figure 38: vue 3D.....	54
Figure 39: lancement du logiciel NAVISWORKS.....	57
Figure 40: sélection des maquettes nwc à fusionner.....	57
Figure 41: Extraction en NVW depuis REVIT de toutes les maquettes.....	57
Figure 42: Vue 3D sur Navisworks des maquettes fusionnées pour s'assurer de la superposition.....	58
Figure 43: Détection de clash Eau froide, Eau chaude.....	58
Figure 44: Clash entre réseau d'évacuation en rouge et longrine en vert.....	59
Figure 45: Clash entre lot Archi et Fluide.....	59
Figure 46: Extrait du Planning des travaux sur MSPROJECT.....	61
Figure 47: Planification 4D.....	62
Figure 48 : Tableau nomenclature fenêtres.....	64
Figure 49: Tableau nomenclature des portes.....	64

Figure 50: Première visite avant le commencement des travaux.....	67
Figure 51: L'état des lieux avant de commencer les travaux.....	77
Figure 52: démolition de l'étanchéité existante y compris la forme de pente.....	80
Figure 53: la reprise de la forme de pente et la réfection du couronnement d'acrotère.....	80
Figure 54: Essai de mise en eau.....	80
Figure 55: extrait du plan électricité.....	82
Figure 56: Extrait plan électricité salle de cours.....	83
Figure 57: TES Contrôle du Tableau électrique secondaire.....	84
Figure 58: Graphique explicatif du processus BIM et Le processus Normal.....	87

## Liste des tableaux

Tableau 1: Données sur le projet de construction.....	15
Tableau 2: Données sur le projet d'aménagement.....	17
Tableau 3: Données d'entrée maquette Structure.....	36
Tableau 4: Données d'entrée maquette Archi.....	41
Tableau 5: Données d'entrée maquette Fluide.....	47
Tableau 6: Fiche de contrôle Etanchéité.....	79
Tableau 7: Fiche de Contrôle synthèse du lot Electricité-Lustrerie.....	82
Tableau 8: Fiche de contrôle d'une armoire électrique.....	84

## Liste des sigles et abréviations

BET : Bureau d'études techniques

BCT : Bureau de contrôle technique

OPC : Ordonnancement Pilotage Coordination

MOD : Maître d'ouvrage délégué : personne physique ou morale qui représente le MO

MO : Maître d'ouvrage : c'est le client ou propriétaire du projet

BIM: Building Information Modeling

IFC: Industry Foundation Classes

MEP: Mechanical Electrical

Plumbing KPI: Key performance

Indicators VRD : Voirie et Réseaux

Divers.

LOD : Level of detail : niveau de détail

LOI :Level of Information : Niveau d'information

LOG : Level of geometry : niveau de la géométrie  
CPS : Cahier de prescriptions spéciales.

CLASH : Conflit ou Anomalie

DCE : Dossier de consultation des entreprises

TES : Tableau Electrique Secondaire

VMC : Ventilation Mécanique Contrôlée

GEM : Gestion, Exploitation, Maintenance

# ***PARTIE 1 : CONTEXTE GENERAL***

---

*La première partie de ce mémoire est d'une importance primordiale, car elle vise à établir le contexte général dans lequel l'étude s'inscrit. En effet, afin de fournir une lecture claire et approfondie du sujet traité, il est essentiel d'initier le lecteur en lui fournissant une compréhension approfondie des différents aspects qui seront abordés tout au long de ce travail.*

*Dans cette première partie, je vais aborder plusieurs points clés qui permettront au lecteur de se familiariser avec le cadre de recherche et de comprendre les enjeux qui seront traités par la suite. Tout d'abord, je présenterai en détail le sujet traité, en soulignant son importance et sa pertinence dans le domaine étudié.*

*Ensuite, je mettrai en lumière les projets réels qui seront examinés dans ce mémoire. Il est essentiel d'introduire ces projets afin de démontrer leur lien direct avec le sujet de ce mémoire et de montrer comment ils fournissent des exemples concrets pour étayer mes analyses et conclusions.*

*Par la suite, j'aborderai la question cruciale de la gestion et du suivi des projets. J'expliquerai les principaux concepts et approches utilisés dans ce domaine, en mettant en évidence leur importance dans la réussite des projets. De plus, je vais souligner les défis couramment rencontrés lors de la gestion et du suivi des projets, ainsi que les stratégies et les bonnes pratiques pour les surmonter.*

*Un autre aspect clé de cette première partie sera la présentation des outils appliqués dans le cadre de cette étude. Je discuterai des méthodes et des technologies utilisées pour collecter et analyser les données, ainsi que pour évaluer les performances des projets. Cela permettra de comprendre la rigueur méthodologique adoptée dans cette recherche et de fournir une base solide pour les résultats et les conclusions présentés ultérieurement.*

*Enfin, mesurer les résultats obtenus jusqu'à présent, en mettant en évidence les principales constatations et les contributions significatives de cette étude. Cela permettra de donner un aperçu des avancées réalisées et d'orienter le lecteur vers les développements ultérieurs du mémoire.*

*En résumé, cette première partie du mémoire joue un rôle crucial en établissant le contexte général, en introduisant les principaux aspects abordés, tels que le sujet traité, les projets réels, la gestion et le suivi des projets, les outils appliqués, ainsi que les résultats obtenus. Elle pose les bases nécessaires pour une meilleure appréhension des développements ultérieurs, en fournissant une vue d'ensemble cohérente et en suscitant l'intérêt du lecteur pour les chapitres à venir.*

## INTRODUCTION

Le présent travail a pour objet de démontrer la mise en œuvre de compétences acquises dans le cadre du cursus des études en vue de la gestion efficace de deux types de projets distincts.

Le premier projet vise à construire un nouvel équipement sportif dans la zone de recasement de la nouvelle ville de Zenata.

Le second projet consiste en l'aménagement d'un lycée à Sidi Maarouf, en plein activité.

J'ai été amené à utiliser des outils de gestion pour suivre de près le planning, la qualité, les coûts et la communication avec tous les intervenants, qu'ils soient proches ou éloignés, des deux projets, en raison de la nécessité de gérer les aspects techniques, administratifs et financiers.

Le présent mémoire de fin d'études est structuré en trois parties distinctes :

La première partie est une introduction qui comprend toutes les informations pertinentes relatives aux deux projets, à l'organisme d'accueil, aux parties prenantes impliquées, à la problématique à résoudre ainsi qu'aux solutions proposées.

La deuxième partie consiste en une étude de cas de mes deux projets, qui inclut une analyse technique, administrative et financière, ainsi que l'application d'outils de gestion de projet tels que le BIM et le KPI.

La troisième et dernière partie comprend un résumé et une conclusion, qui permettent de mettre en perspective les résultats de l'étude et de présenter les principaux enseignements et recommandations.

## ORGANISME D'ACCUEIL :

### ZOOM SUR L'AGENCE NATIONALE DES EQUIPEMENTS PUBLICS –ANEP-

- 1980 : Création de la direction des équipements publics
- 1983 : création des services et bureaux bâtiment au niveau territorial rattachés aux directions régionales et provinciales du ministère de l'équipement.
- 2008 : réorganisation des services déconcentrés en 15 services des équipements publics SEP et 30 bureaux bâtiment.
- 2008 : transformation du statut de DEP en SEGMA
- 2019 : création de l'ANEP

### MISSIONS DE L'AGENCE :

La loi n° 48.17 portant création de l'Agence Nationale des Equipements Publics, notamment ses articles 2 et 3, définit les attributions de l'Agence comme suit :

### AU NIVEAU STRATÉGIQUE :

- Promouvoir l'utilisation des matériaux locaux dans la construction des équipements publics et évaluer les résultats des recherches et des expériences menées dans les champs d'activité de l'agence.
- Mettre en œuvre la démarche de l'efficacité énergétique dans les bâtiments publics;
- Renforcer les capacités et l'expertise des services de l'agence dans les domaines de la gestion des projets d'équipement publics, de la conception programmes architecturaux et techniques ainsi que de la programmation budgétaire et la détermination des coûts estimatifs des projets;
- Contribuer, en tant que force de proposition et suite à la demande du gouvernement, à l'élaboration projets de textes législatifs et réglementaires relatifs au champs de compétence de l'agence;
- Contribuer à la promotion et au soutien de la recherche scientifique et technique dans les domaines de la construction, des travaux publics et de la protection de l'environnement;

AU NIVEAU OPÉRATIONNEL

- Assurer la mission de maîtrise d'ouvrage déléguée pour la réalisation des projets d'équipements publics au profit des maîtres d'ouvrages publics;
- Veiller sur la gestion de la maintenance des équipements publics suite à la demande des maîtres d'ouvrages publics.

AXES STRATEGIQUES :

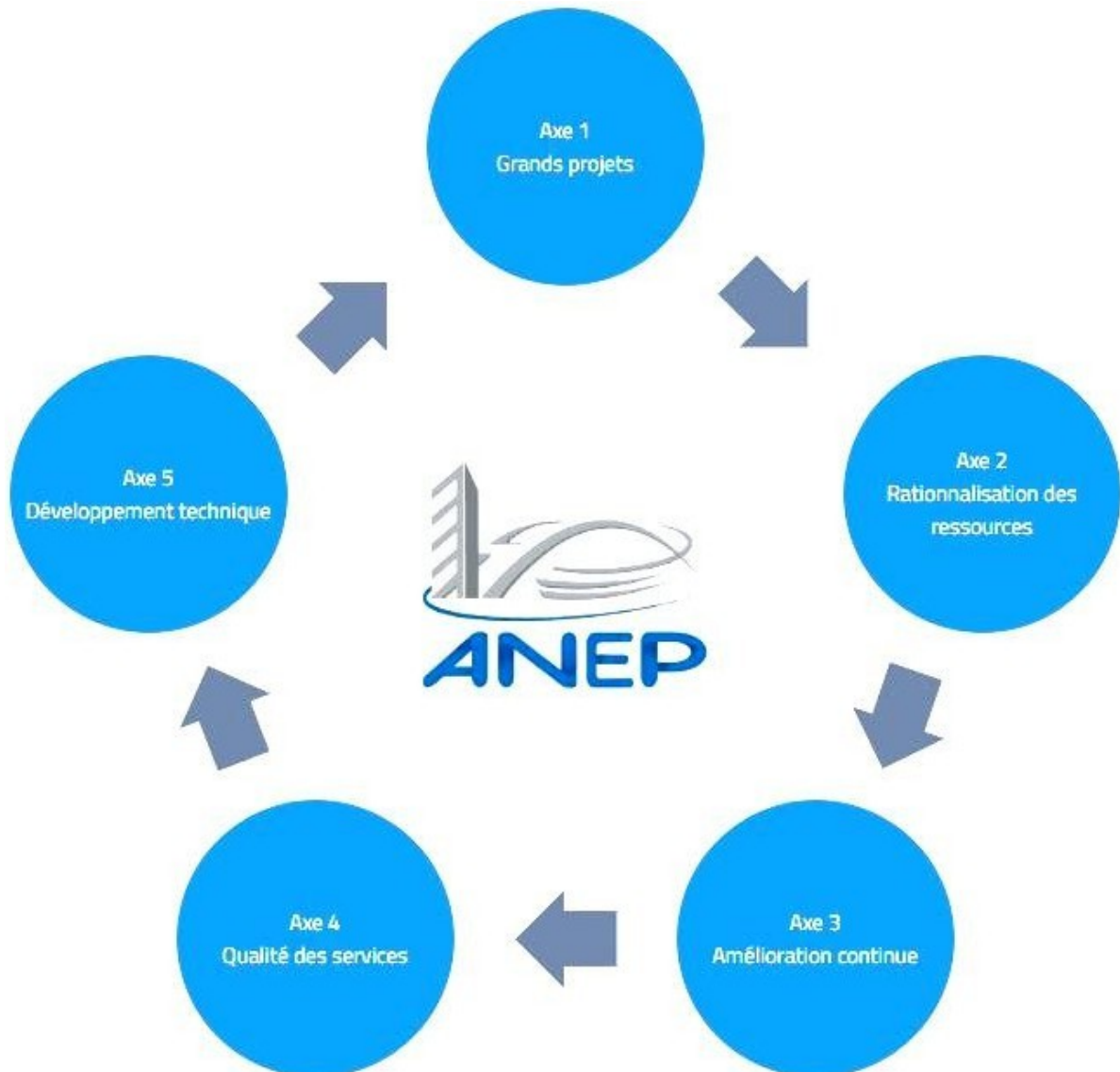


Figure 1 : Les grands axes de l'ANEP

AXE 1 GRANDS PROJETS : Contribuer au développement socioéconomique du MAROC à travers la réalisation des grands projets de qualité irréprochable tout en métrisant les coûts et les délais y afférents.

AXE 2 RATIONALISATION DES RESSOURCES : Adéquations des modes de gestion de l'agence aux spécificités de ses missions qui nécessitent une souplesse dans l'allocation des ressources humaines et matériels.

AXE 3 AMELIORATION CONTINUE : Adoption d'une démarche de développement continu des processus opérationnels et de prises de décisions.

AXE 4 QUALITE DES SERVICES : Réponse optimale aux besoins de ses partenaires par le respect total de ses engagements envers eux et la réactivité à leurs réclamations.

AXE 5 DEVELOPPEMENT TECHNIQUE : Renforcement de la technicité des services de l'agence

#### ORGANIGRAMME :

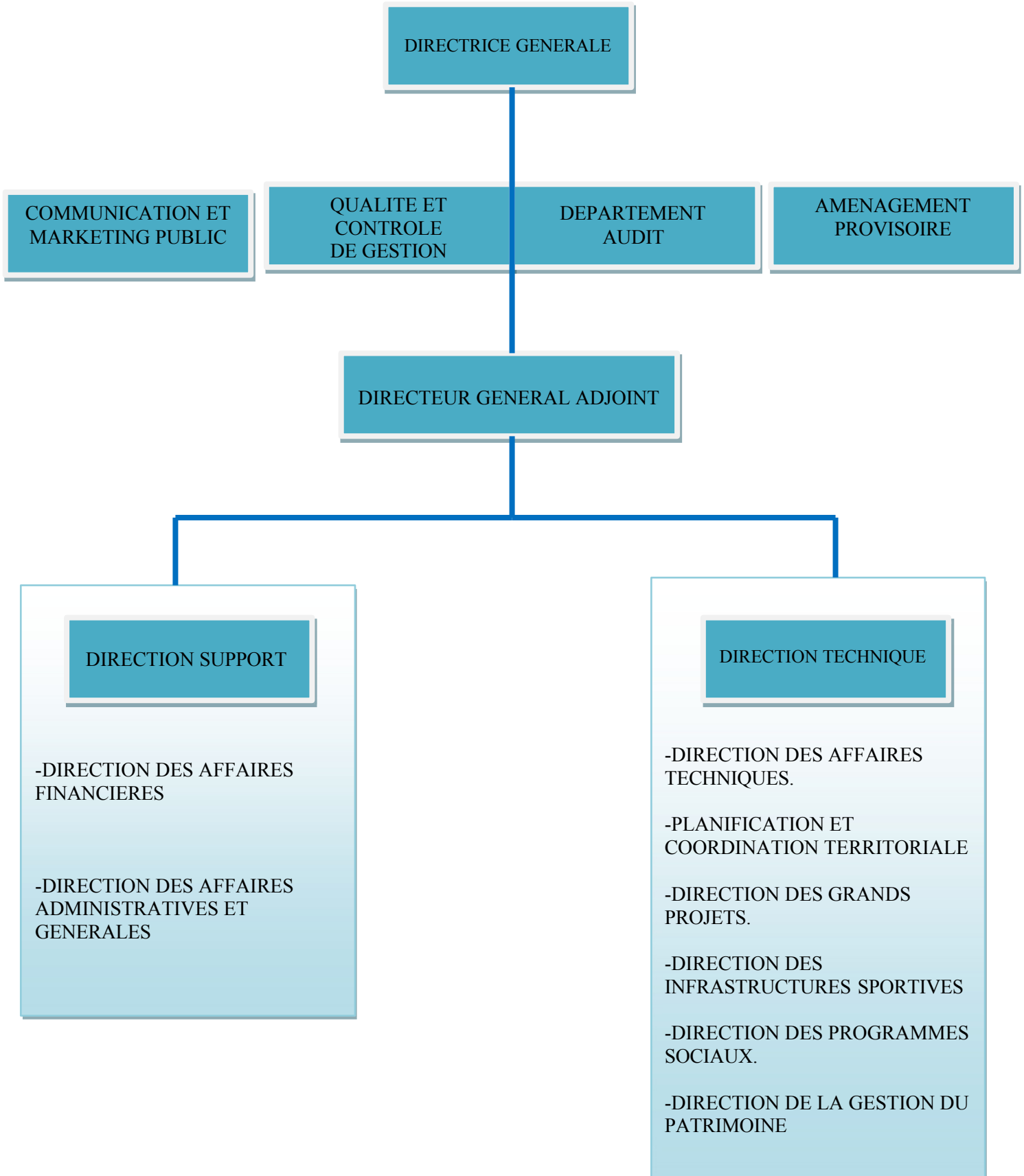
Une structure organisationnelle adaptée à la nature des services fournis, donnant beaucoup de poids et d'importance au niveau régional :

Au niveau central, établir et développer des centres d'expertise et d'assistance technique pour les maîtres d'ouvrage publics, concentrer le rôle des directions centrales sur les aspects stratégiques et de contrôle, d'encadrement, d'orientation et d'appui aux services extérieurs de l'Agence, de renforcement de la collaboration et de la coordination entre les niveaux central et territorial, et du travail en réseau.

Renforcement du niveau régional en lui fournissant des services spécialisés capables de mettre à la disposition des partenaires locaux, de près, un haut niveau de connaissances techniques qui concerne toutes les procédures liées au processus d'étude et de réalisation des projets d'équipements publics, en déléguant les tâches de projet gestion aux représentants régionaux,

Renforcement du volet technique de l'Agence et le développement de la technicité de ses services : Accompagner et soutenir l'évolution technique et technologique continue que connaît le secteur du bâtiment et des travaux publics en s'efforçant de développer des méthodes et outils de travail, la normalisation et la réglementation, et le suivi du développement technique, de la recherche et des expérimentations afin de relancer et de réaliser des bâtiments et des installations durables.

L'ouverture de l'agence sur son environnement interne et externe à travers la création d'un pôle chargé de la communication et du marketing public.



## PRESENTATION DES DEUX PROJETS :

### PROJET DE CONSTRUCTION D'UN EQUIPEMENT SPORTIF EQ12 A L'ECO CITE ZENATA



**Figure 2: perspective extérieure du projet EQ12 en 3D**

Ce marché porte sur la réalisation du projet de construction d'un équipement public terrain de sport eq12 au lotissement de recasement à l'éco cite zenata - en lot unique. les travaux seront divisés en plusieurs sous-lots, à savoir :

- Gros œuvres et mur de clôture ;
- Étanchéité ; peinture
- Faux plafonds ; Revêtement de sols et murs ;
- Menuiserie en bois, en aluminium et en métal ;
- Électricité courants forts et courants faibles ;
- Fluides ; VRD et aménagement extérieur ;
- VRD et aménagement extérieur ;

DONNEES SUR LE PROJET :

MARCHE N19/2021 Passé par appel d'offre ouvert sur offre de prix.

Montant de la dépense (marché)	3 619 596.00
Intérêts moratoires	36 195.96 <b>1%</b>
Révision des prix	72 391.92 <b>2%</b>
Montant à engager	3 728 183.88
Retenue de garantie 7%	253 371.72
Délais d'exécution	06mois
Epoque de base	Juillet

Tableau 1: Données sur le projet de construction

LA SURFACE DU TERRAIN DE SPORT : (40x20) : 800m<sup>2</sup>

LA SURFACE DU BATIMENT : (19.75x14.95) : 295.26m<sup>2</sup>

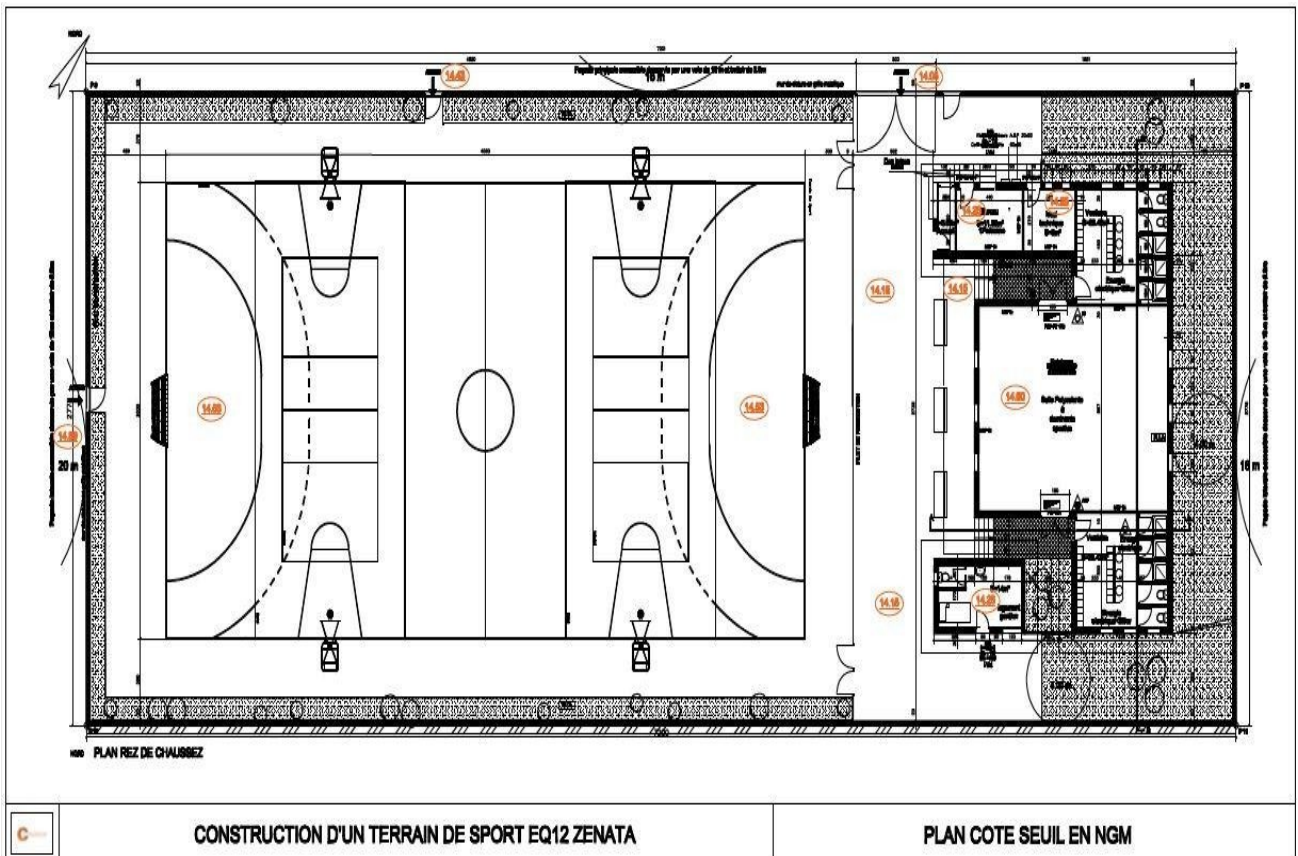


Figure 3 : Plan cote seuil

LES INTERVENANTS DU PROJET :





ROYAUME DU MAROC      المملكة المغربية  
 PROVINCE MOHAMMEDIA      عمالة المحمدية  
 COMMUNE AIN HARROUDA      مقاطعة عين حرودة

**Projet de construction D'un Terrain de sport équipement 12  
 Jnane Zenata à l'école cité Zenata**

**مشروع بناء ملعب رياضي، مرفق 12  
 جنان زناتة بالمدينة البيئية زناتة**

**Autorisation N° : GUAHD - 89/18 du 10/09/2018**

<b>Architecte</b>	<b>Maitre d'ouvrage</b>			<b>Bureau d'études techniques</b>	
	 <p>المملكة المغربية                  وزارة الشباب والرياضة                  Ministère de la Jeunesse et Sports                  ⵜⴰⴳⴷⵓⴷⴰ ⵜⴰⵎⴻⵔⴰⵏⵜ ⵜⴰⵙⴻⵎⴻⵔⴰⵏⵜ</p>			 <p>ANEP                  الوكالة الوطنية لتقنين المرافق                  NATIONAL AGENCY FOR PUBLIC SUPPLIES</p>	 <p>NOVEC                  GROUPE COC</p>
<b>OPC</b>	<b>Géomètre</b>	<b>BET environnemental</b>	<b>Bureau de contrôle</b>	<b>Laboratoire</b>	
 <p>AMOPRO                  Diverse's engineering</p>		 <p>ArchivoLT                  SMAEE                  SOCIÉTÉ MAROCAINE D'ACTIVITÉS DE PROTECTION ENVIRONNEMENTALE</p>	 <p>BUREAU VERITAS</p>	 <p>LABOTEST</p>	

**Figure 4 : Liste des intervenants du projet**

Maitre D'ouvrage : Ministère de la Jeunesse et Sport

Maitre d'ouvrage délégué : L'agence nationale des équipements publics Centre Ouest

Architecte : Mekouar Amine Mohammed

Bureau d'études techniques : NOVEC

Laboratoire : LABOTEST

Bureau de contrôle : VERITAS

OPC : AMOPRO

PROJET D'AMENAGEMENT DU LYCEE QUALIFIANT IBNOU ARABI A SIDI MAAROUF

Ce marché a pour objet la réalisation des travaux d'aménagement du lycée qualifiant ibnou arabi à sidi maarouf Casablanca en lot unique et sera décomposés en sous lots suivants :

- Gros œuvres
- Etanchéité
- Revêtement
- Menuiserie (aluminium, bois, métallique)
- Electricité
- Plomberie
- Peinture

DONNEES SUR LE PROJET :

Montant de la dépense (marché)	1 245 324 DHS
Intérêts moratoires	12 453,24 <b>1%</b>
Révision des prix	Marché non révisable
Montant à engager	1 257 777. 24
Retenue de garantie 7%	87 172,68
Délais d'exécution	06mois
Epoque de base	Non

Tableau 2: Données sur le projet d'aménagement

LES INTERVANTS DU PROJET :

Maitre d'ouvrage : Direction provinciale Ain chok-Casablanca AREF

Maitre d'ouvrage délégué : Agence Nationale des Equipements Publics Centre Ouest

Bureau d'études techniques : TEC CONSULT

Entreprise : MAP TP SARL

## PROBLEMATIQUE DU SUJET :

La réalisation de projets de construction est une tâche complexe qui exige une planification minutieuse et une gestion globale efficace. Pour garantir le succès de ces projets, il est essentiel de prendre en compte les trois piliers de la réussite : le délai, le coût et la qualité.

Le respect du délai est un élément crucial pour tout projet de construction. Il est important de planifier les différentes étapes de manière à ce qu'elles soient exécutées dans les délais impartis, en respectant les délais intermédiaires et les échéances finales. Tout retard peut entraîner des coûts supplémentaires, des pénalités, des réclamations de la part des parties prenantes et une réduction de la satisfaction du client.

Le coût est un autre élément clé de la réussite des projets de construction. Les budgets doivent être établis avec précision en tenant compte des coûts de matériaux, de main-d'œuvre, d'équipement et de services connexes. Il est important de surveiller les coûts tout au long du projet et de prendre des mesures correctives en cas de dépassement de budget. Les projets qui sont exécutés dans les limites budgétaires définies augmentent la satisfaction du client et de toutes les parties prenantes.

Enfin, la qualité est un élément fondamental pour la satisfaction du client. Les projets de construction doivent être réalisés conformément aux normes de qualité et de sécurité les plus élevées, en utilisant les matériaux et les techniques les plus appropriés. Il est important de mettre en place des procédures de contrôle de la qualité tout au long du projet pour s'assurer que les résultats finaux sont conformes aux attentes du client.

Quels sont les principaux obstacles et difficultés qui se présentent lors de la réalisation de projets d'aménagement et de construction, et comment peut-on les surmonter pour garantir la réussite de ces projets ?



## DESCRIPTION DE LA SOLUTION PROPOSEE :

La gestion de projet de construction est une tâche complexe et exigeante qui nécessite une expertise technique et une connaissance approfondie des processus de construction.

Les gestionnaires de projet de construction doivent s'assurer que tous les aspects du projet sont planifiés et exécutés de manière efficace,

Afin de livrer le projet dans les délais impartis et conformément aux spécifications du projet.

Dans ce cadre, des outils de gestion tels que le Building Information Modeling (BIM) et les indicateurs clés de performance (KPI) sont utilisés pour faciliter la gestion du projet de construction.

## Indicateurs de performance clés (KPI) :

Les KPI sont des indicateurs mesurables qui permettent de suivre la performance du projet. Ils peuvent être utilisés pour mesurer la qualité, la sécurité, le coût, le délai et la satisfaction du client. Dans la construction de terrains de sport, les KPI peuvent être utilisés pour évaluer la qualité de la construction, la durabilité du terrain, le respect des normes de sécurité, le coût total du projet, le délai de réalisation et la satisfaction du client.

La gestion de projet avec les outils KPI est une approche efficace pour surveiller et améliorer la performance du projet. Les KPI sont des indicateurs de mesure qui permettent de suivre la performance du projet et de prendre des décisions éclairées. Les KPI peuvent être utilisés pour mesurer la qualité, la sécurité, le coût, le délai et la satisfaction du client. Nous allons discuter des étapes de mise en place de la gestion de projet avec les outils KPI.



### PROCESS KPI

Mesurer l'efficacité ou la productivité d'un processus de l'entreprise.



### INPUT KPI

Évaluer les actifs et les ressources investies ou utilisées pour générer des résultats commerciaux.



### QUALITATIVE KPI

Une caractéristique descriptive, une opinion, une propriété ou un trait.



### QUANTITATIVE KPI

Une caractéristique mesurable, résultat d'un calcul, d'une moyenne.

Figure 5: LES 4 PILIERS DES KPI

Les étapes des KPI :

Étape 1 : Identification des KPI

Pour identifier les KPI pertinents pour le projet, il est important de rassembler une équipe de projet multidisciplinaire qui peut identifier les besoins de chaque partie prenante. Les parties prenantes peuvent inclure le client, l'architecte, les ingénieurs, les entrepreneurs, les fournisseurs et les utilisateurs finaux. Une fois que les parties prenantes ont été identifiées, des entretiens individuels ou des réunions peuvent être organisés pour comprendre leurs besoins et leurs attentes pour le projet.

Une fois que les besoins des parties prenantes sont clairement identifiés, l'équipe de projet peut commencer à établir les KPI pertinents pour le projet. Il est important de veiller à ce que chaque KPI soit spécifique, mesurable, réalisable, pertinent et temporel (SMART). Cela permettra de garantir que les KPI sont pertinents pour le projet et qu'ils peuvent être mesurés efficacement tout au long de la durée du projet.



Figure 6 : S M A R T

La mise en place d'une matrice de responsabilité permettra également d'attribuer les rôles et les responsabilités pour la mise en œuvre et le suivi des KPI. Cela permettra de garantir que chaque membre de l'équipe de projet comprend son rôle et ses responsabilités en matière de suivi et de mesure des KPI.

Une fois que les KPI ont été identifiés, l'équipe de projet doit établir des objectifs pour chaque KPI. Ces objectifs doivent être spécifiques, mesurables, réalisables, pertinents et temporels. Les objectifs doivent être définis pour chaque étape du projet et pour chaque partie prenante.

Il est également important de mettre en place des mécanismes de suivi pour mesurer régulièrement les KPI. Les KPI doivent être surveillés à intervalles réguliers pour mesurer les progrès et s'assurer que le projet reste sur la bonne voie pour atteindre ses objectifs.

Enfin, une fois que les KPI ont été mesurés, il est important de communiquer les résultats à

l'ensemble de l'équipe de projet et aux parties prenantes. Cela permettra à chacun de comprendre les progrès du projet et de s'assurer que tous les membres de l'équipe de projet sont sur la même longueur d'onde en ce qui concerne les objectifs du projet.

### Etape 2 : La collecte des données

La deuxième étape de la méthodologie de gestion de projet avec les outils KPI consiste à collecter les données nécessaires pour mesurer les KPI identifiés lors de la première étape. Cette étape est essentielle pour obtenir une vue d'ensemble précise de la performance du projet et pour identifier les domaines qui nécessitent une attention particulière.

La collecte de données KPI peut être effectuée de différentes manières en fonction des KPI identifiés. Certaines données peuvent être collectées manuellement, tandis que d'autres peuvent être collectées automatiquement à l'aide de capteurs et d'autres dispositifs de surveillance. Les données peuvent également être collectées à partir de différentes sources telles que les plans de construction,

les rapports de chantier et les comptes rendus de réunion.

L'utilisation de la technologie BIM peut faciliter la collecte de données KPI. Les modèles BIM peuvent être utilisés pour extraire automatiquement certaines données de construction, telles que la quantité de matériaux utilisés, les quantités de travail achevées et la durée de chaque étape du projet. Ces données peuvent être utilisées pour calculer les KPI tels que le coût, le délai et la qualité.

La collecte de données KPI doit être effectuée de manière à garantir la fiabilité et la qualité des données. Les procédures de vérification doivent être mises en place pour s'assurer que les données collectées sont complètes et précises. Les données doivent également être stockées de manière à permettre une analyse ultérieure.

En conclusion, la collecte de données KPI est une étape importante de la méthodologie de gestion de projet avec les outils KPI. La qualité et la fiabilité des données collectées sont essentielles pour une analyse efficace des performances du projet et pour la prise de décision en temps voulu. Il est donc important de mettre en place des procédures de collecte de données efficaces pour garantir que les KPI sont mesurés de manière précise et fiable.

### Etape 3 : L'analyse des données :

L'étape suivante consiste à analyser les données collectées pour les KPI. L'analyse des données permet de comprendre les performances du projet et d'identifier les problèmes potentiels. Les données doivent être présentées de manière claire et facilement compréhensible pour que les parties prenantes puissent prendre des décisions éclairées.

L'analyse des données KPI peut être effectuée à l'aide d'outils de visualisation de données, tels que des graphiques et des tableaux de bord. Les outils de visualisation de données permettent de présenter les données de manière visuelle, ce qui facilite leur compréhension.

Il est également important de suivre l'évolution des KPI au fil du temps. Cela permet de comprendre comment les performances du projet évoluent et de prendre des décisions en conséquence. Enfin, l'analyse des données KPI doit être effectuée de manière régulière tout au long du projet pour garantir que le projet reste sur la bonne voie et que les problèmes sont identifiés et résolus rapidement.

#### Etape 4 : Communication des résultats :

La communication des résultats KPI est une étape essentielle de la gestion de projet. Les résultats KPI doivent être communiqués de manière régulière et transparente à toutes les parties prenantes du projet, y compris les clients, les fournisseurs, les membres de l'équipe et les partenaires.

La communication des résultats KPI permet de maintenir un niveau élevé de transparence et de responsabilité tout au long du projet. Les parties prenantes doivent être informées de l'évolution des performances du projet et des mesures prises pour résoudre les problèmes identifiés.

La communication des résultats KPI peut être effectuée à l'aide de différents outils et formats, tels que des rapports réguliers, des tableaux de bord et des présentations. Les outils de communication doivent être choisis en fonction des besoins des parties prenantes et de leur niveau de compréhension des résultats KPI.

Il est également important de noter que la communication des résultats KPI doit être adaptée à chaque partie prenante. Par exemple, les clients peuvent avoir besoin de rapports détaillés sur les performances du projet, tandis que les membres de l'équipe peuvent préférer des tableaux de bord plus visuels.

Enfin, la communication des résultats KPI doit être effectuée de manière régulière tout au long du projet pour garantir que les parties prenantes sont tenues informées de l'évolution des performances et des mesures prises pour résoudre les problèmes identifiés.

#### Etape 5 : Action correctives :

Lorsqu'un écart important est détecté, il est essentiel de prendre des mesures correctives pour le résoudre rapidement. Les actions correctives peuvent inclure la révision du planning, la modification de la gestion des ressources, l'ajout de nouveaux processus ou l'identification de nouvelles solutions pour résoudre les problèmes.

Il est important de mettre en place un processus clair pour gérer les actions correctives. Les étapes suivantes peuvent être utiles :

- Identifier la cause de l'écart : il est important d'identifier la cause profonde de l'écart afin de mettre en place une solution efficace. Il peut être utile d'utiliser des outils de résolution de problèmes tels que les 5 pourquoi ou l'analyse des arbres de défaillance pour déterminer la cause sous-jacente.
- Planifier les actions correctives : une fois la cause identifiée, il est important de planifier les actions correctives nécessaires pour résoudre le problème. Les actions correctives peuvent inclure la mise en place de nouveaux processus, la formation du personnel ou l'ajustement du planning.
- Affecter les responsabilités : il est important d'affecter les responsabilités pour chaque action corrective afin de s'assurer que les actions sont mises en place de manière efficace et en temps voulu.
- Suivre la mise en place des actions correctives : il est essentiel de suivre la mise en place des actions correctives pour s'assurer que les problèmes sont résolus efficacement.
- Évaluer l'efficacité des actions correctives : une fois les actions correctives mises en place, il est important d'évaluer leur efficacité pour s'assurer qu'elles ont résolu le problème de manière satisfaisante.

#### Etape 6 et la dernière :

L'évaluation continue est une étape importante de la gestion de projet, car elle permet de s'assurer que le projet reste sur la bonne voie et que les objectifs sont atteints. L'évaluation continue peut inclure la mise en place de revues de projet régulières, la collecte de feedback de la part des parties prenantes et l'utilisation des KPI pour suivre la performance du projet.

Il est important de planifier régulièrement des revues de projet pour s'assurer que les objectifs sont toujours alignés sur les attentes des parties prenantes et pour identifier les opportunités d'amélioration. Les revues de projet peuvent inclure l'analyse de la performance du projet, l'évaluation des risques et la planification de nouvelles actions correctives si nécessaire.

La collecte de feedback de la part des parties prenantes peut également être utile pour identifier les opportunités d'amélioration et s'assurer que les attentes des parties prenantes sont satisfaites. Les parties prenantes peuvent inclure les clients, les membres de l'équipe de projet et les utilisateurs finaux.

Les KPI sont également un outil important pour suivre la performance du projet et évaluer l'efficacité des actions correctives mises en place. Les KPI doivent être régulièrement mis à jour et suivis pour s'assurer que le projet reste sur la bonne voie et atteint ses objectifs.

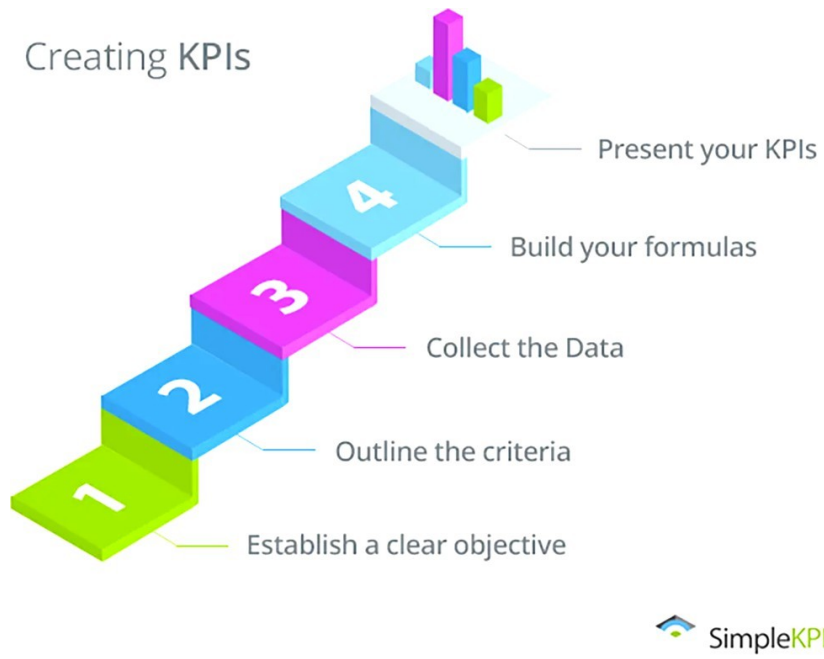


Figure 7: KPI Etapes

## BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)

Le Building Information Modeling (BIM) est une méthodologie de travail collaborative qui permet de créer et de gérer un modèle numérique d'un bâtiment. Cette méthode permet de partager les données entre les différents intervenants d'un projet de construction en temps réel, tout en offrant une meilleure coordination et une meilleure gestion des conflits.

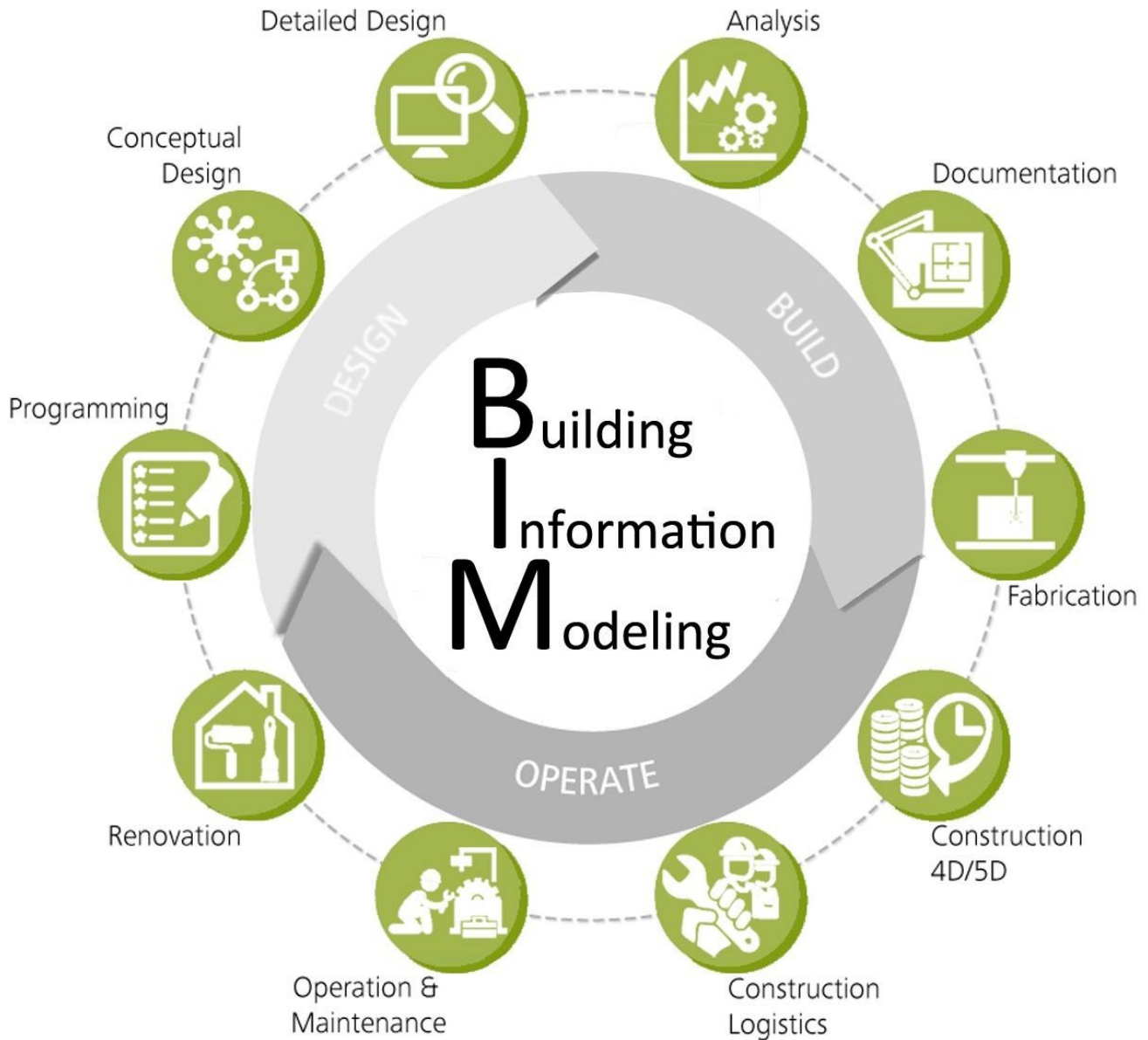


Figure 8 : C'est quoi le BIM

Le BIM permet une gestion de projet plus efficace, en facilitant la communication entre les différents intervenants. Les données sont partagées en temps réel et sont disponibles pour tous les acteurs du projet, ce qui permet une meilleure coordination et une meilleure prise de décision.

## LA METHODOLOGIE DE GESTION DE PROJET AVEC BIM :

Pour utiliser efficacement le BIM dans la gestion de projet de construction, il est important de suivre une méthodologie rigoureuse. Voici les principales étapes de cette méthodologie :

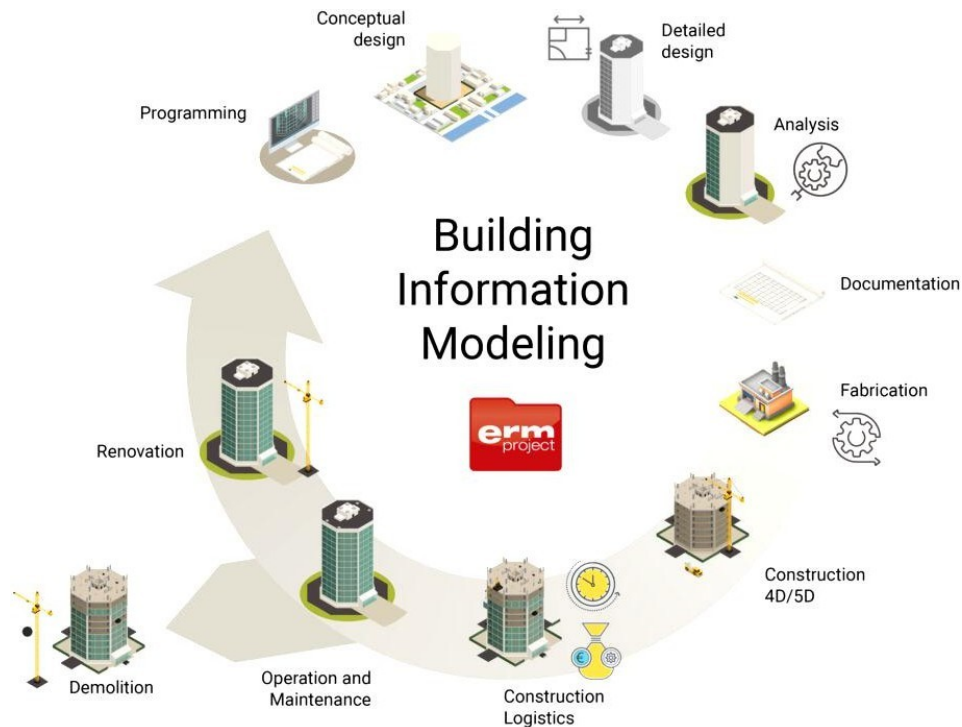


Figure 9: Cycle de vie d'un projet avec BIM

1. Définition des objectifs et des besoins du projet : Cette étape consiste à définir les objectifs du projet, ainsi que les besoins spécifiques des différents intervenants.
2. Modélisation du bâtiment : Cette étape consiste à créer un modèle 3D du bâtiment, en intégrant toutes les données relatives à la construction. Cette étape est réalisée avec un outil BIM comme Revit.
3. Coordination des différents intervenants : Cette étape consiste à coordonner les différents intervenants du projet, en utilisant un outil BIM comme Navisworks pour détecter les conflits éventuels et les résoudre.
4. Suivi des modifications : Le BIM permet de suivre les modifications apportées au modèle 3D en temps réel, ce qui facilite la gestion de projet.
5. Analyse des données : Les données recueillies pendant le projet peuvent être analysées à l'aide d'outils BIM, ce qui permet d'optimiser les processus de construction pour les projets futurs.

## LES DIFFERENTS 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.

### BIM NIVEAU 0 :

Souvent référé comme CAO 2D non gérée ou non structurée.

La collaboration est donc difficile, d'autant plus si on considère que beaucoup de projets ne sont pas géo-référencés, n'ont pas les mêmes unités ou qu'une rotation a été appliquée.

### BIM NIVEAU 1 :

Souvent référé comme le BIM en isolation (lonely BIM). Un mélange de 2D et de maquette numérique 3D et les données doivent être structurées.

Il n'y a pas de collaboration à proprement parlé à ce niveau-là car chacun publie et met à jour ses données individuellement. Le partage électronique et la diffusion des plans habituellement 2D (PDF ou fichiers natifs) entre les différents acteurs se fait via un Environnement de Données Commun, comme par exemple Autodesk A360, Graphisoft BIMx ou Trimble Connect.

### BIM NIVEAU 2 :

Cette fois la collaboration commence! Chacun produit une maquette numérique 3D dans son coin (architecte, ingénieurs, MEP, etc) à ce niveau, les différents modèles sont échangés en utilisant un format de fichier natif, IFC. Cet échange va permettre de combiner tous les modèles en un seul modèle unique ou fédéré. C'est avec ce modèle unique que seront effectuées les détections de conflits par exemple.

Le BIM niveau 2 + IFC est communément appelé niveau 2i. Le niveau 2 permet l'utilisation du BIM 4D et 5D.

-Le BIM niveau 2 contient les éléments suivants:

- Un modèle graphique ou maquette numérique 3D créé avec un logiciel BIM tel Revit, ArchiCAD, Tekla, etc ou un fichier format IFC.
- Des données non-graphiques incluant par exemple des informations importantes pour l'utilisation et la maintenance de l'ouvrage.
- De la documentation comme des rapports ou des dessins 2D.

-Le BIM niveau 2 impose les exigences suivantes :

- Structure des données (standards)
- Définition des processus
- Définition et contrôle des échanges de données, Un Environnement de Données Commun.

### BIM NIVEAU 3 :

Ou iBIM. Considéré par beaucoup comme le seul BIM, car il permet de profiter de tous les avantages offert par le BIM. Un modèle unique est stocké sur un serveur centralisé, accessible par tous les intervenants et durant toute la durée de vie d'un ouvrage.

Cette collaboration totale n'est pas sans poser de nombreux problèmes de propriété intellectuelle, de responsabilité et de réglementation de l'accès/modification/enregistrement de la maquette numérique unique.

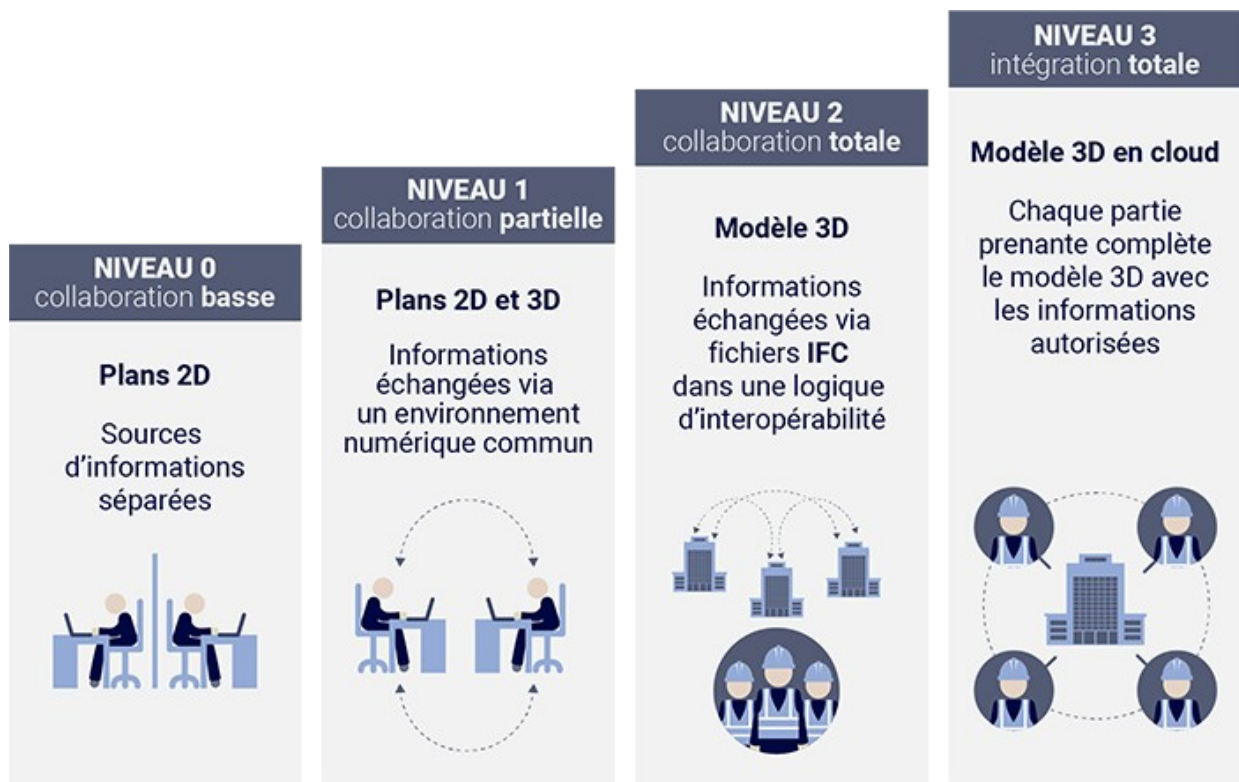
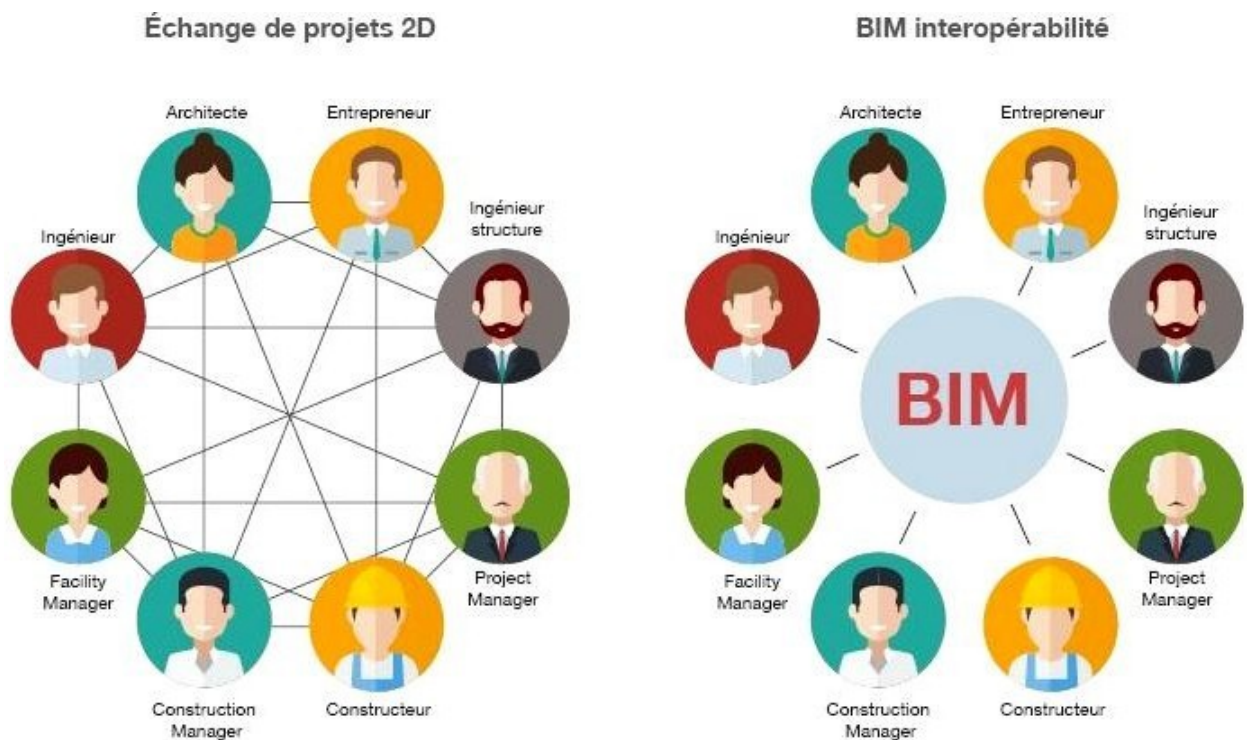


Figure 10 : Les Niveaux BIM

## L'INTEROPERABILITE AU BIM :

- La collaboration de plusieurs acteurs autour d'une maquette BIM impose l'utilisation d'un format interopérable.
- Le terme interopérabilité désigne la capacité de plusieurs systèmes à échanger des données hétérogènes dans un format cohérent et compréhensible.
- En règle générale, le respect des standards et des normes est nécessaire à cette fin.



**Figure 11 : Interopérabilité vs non interopérabilité**

La couche d'interopérabilité métier BIM est donc afférente à l'ensemble des savoirs et savoir faire mobilisés par les acteurs de l'AEC pour mener leurs projets de construction ; ces savoirs sont d'ordre technique, communicationnel, organisationnel, contractuel, économique. L'interopérabilité métier englobe tout le champ de connaissances et de pratiques de l'AEC.

## SOLUTION DE L'INTEROPERABILITE BIM :

Le problème de l'interopérabilité technologique est globalement adressé par deux leviers dans l'AEC un format d'échange ouvert et neutre et les plateformes collaboratives. Le format IFC (ISO 16739), maintenu par building Smart International, a été créé en 1997 et est devenu la norme de facto dans l'industrie AEC pour l'échange de données. La diversité des métiers de cette industrie entraîne un grand nombre de concepts IFC (environ 800, un des plus grands modèles de données EXPRESS et cette richesse a un prix : elle crée des redondances. Il existe donc différentes façons de décrire une information dans le schéma IFC.

L'IFC n'est pas un format de travail mais un format d'échange et d'archivage. Compréhensible de tous les acteurs de la construction, il décrit et organise les objets, leurs propriétés et leurs comportements.

Le format IFC est en constante évolution. Actuellement on est à la version 4 mais celle réellement utilisée est la 2x3. Elle permet principalement d'échanger des éléments de bâtiments. Dans un futur proche la version 5 devrait contenir des éléments de VRD.

C'est la France, à travers Media Construct, branche française de Building Smart Ini (l'initiateur de la norme IFC permettant l'interopérabilité des échanges de données) qui a pris la tête du développement des IFC infrastructures.

Donc L'IFC c'est :

- un standard du BIM développé par BUILDING SMART.
- un standard utilisé pour la définition des données de la construction, incluant des informations concernant la géométrie, la physique et la fonction des divers composants.
- La plupart d'outils BIM possèdent une interface pour exporter et importer des fichiers IFC.

## TYPES D'INFORMATIONS IFC :

Voici un aperçu non exhaustif :

- Informations générales : Nom, GUID, historique des actions sur l'objet
- Géométrie : 2D, 3D, positionnement.
- Matériau § Propriétés descriptives: par exemple Mur extérieur/intérieur/porteur/non porteur/longueur/hauteur/épaisseur.
- Relations avec les autres éléments constitutifs de l'ouvrage: ouvertures, connexion avec d'autres éléments, délimitation d'une ou plusieurs pièces (zones).
- Éléments de gestion : coûts, durées et ressources nécessaires pour la construction d'un élément.

PROCESS DE COORDINATION EN IFC :

- Créez votre modèle par métiers.
- Chaque métier échange son modèle référence avec chaque modèle des autres.
- Tous les sous-modèles sont centralisés et coordonner dans un modèle global.
- Les commentaires de la coordination sont retournés par le gestionnaire de BIM aux métiers individuels et sont entrés dans le sous-modèle respectif.

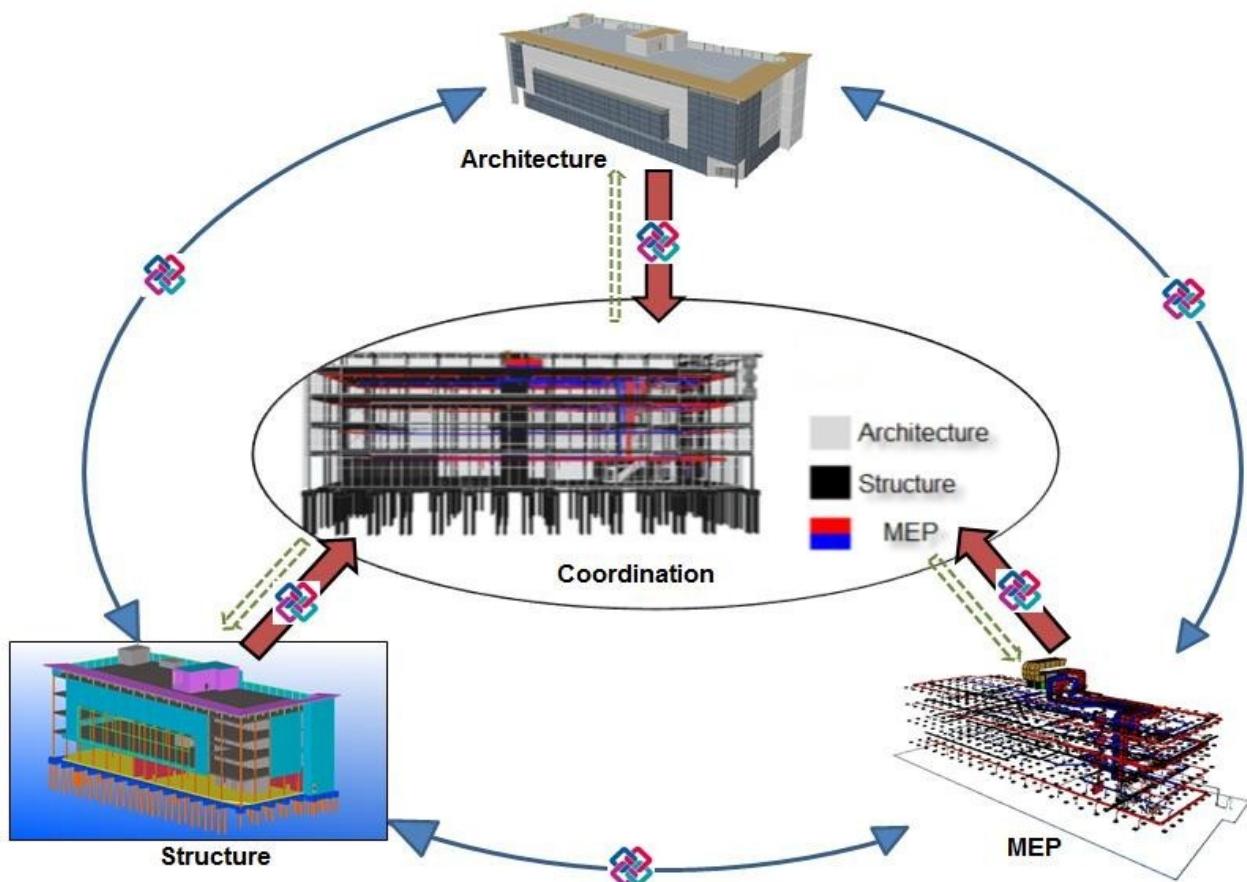


Figure 12: Processus de coordination IFC

## LES DIMENSIONS BIM :

- BIM 2D: Mais que vient faire la 2D dans le BIM? Et bien les plans papier ont encore quelques années devant eux. De nombreuses entreprises travailleront encore en 2D pour les années à venir et il faudra bien échanger avec elles.
- 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.
- BIM 4D: Ajoute une donnée "temps" aux trois dimensions géométriques. Permet de lier les éléments géométriques avec une information "temps" ou un planning de construction, 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.
- 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.
- BIM 6D: Traite de tout ce qui concerne le développement durable d'un bâtiment, par exemple les analyses énergétiques.
- 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.

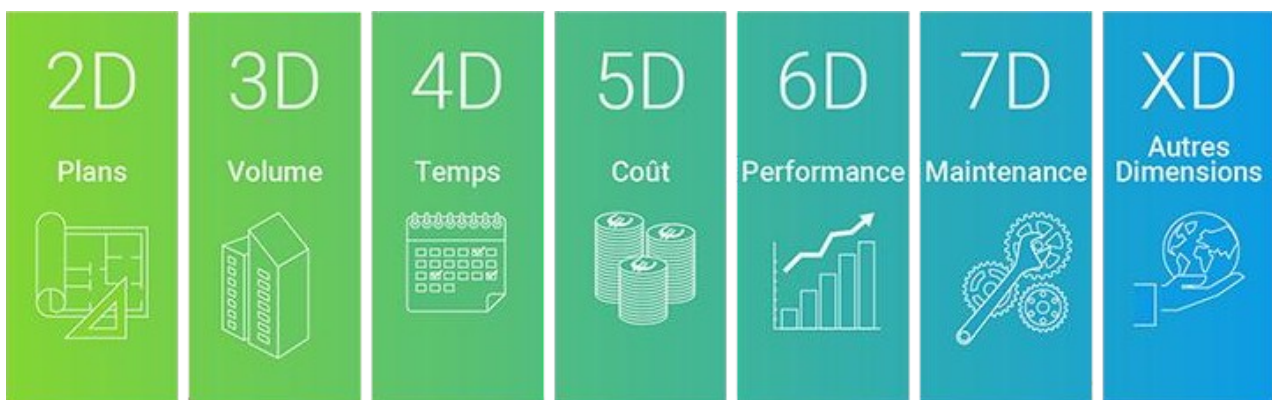


Figure 13 : Dimensions du BIM

## LES NIVEAUX DU DETAILS BIM :

Le Niveau de détail de la maquette dépend de la phase du projet dans laquelle vous vous trouvez. Internationalement les différents niveaux de détails suivants (appelés LOD de l'anglais Level of Detail) ont été adoptés:

**LOD 100:** Les éléments du modèle peuvent être représentés par un symbole ou de manière générique. Les informations contenues dans les éléments peuvent provenir d'autres éléments.

**LOD 200:** Les éléments du modèle sont représentés graphiquement d'une manière générique en tant qu'objet ou assemblage. Les dimensions, quantités, formes, positions et orientations des éléments peuvent être approximatives.

**LOD 300:** Les éléments du modèle sont représentés graphiquement d'une manière spécifique en tant qu'objet ou assemblage. Les dimensions, quantités, formes, positions et orientations sont spécifiques aux éléments.

**LOD 350:** Les éléments du modèle sont représentés graphiquement d'une manière spécifique en tant qu'objet ou assemblage. Les dimensions, quantités, formes, positions et orientations sont spécifiques aux éléments. Les éléments interagissent avec les autres éléments.

**LOD 400:** idem LOD 350 mais avec en plus les informations sur le détail, la fabrication, l'assemblage et l'installation sont contenues dans les éléments.

**LOD 500:** idem LOD 400 mais tel que construit et vérifié sur place.

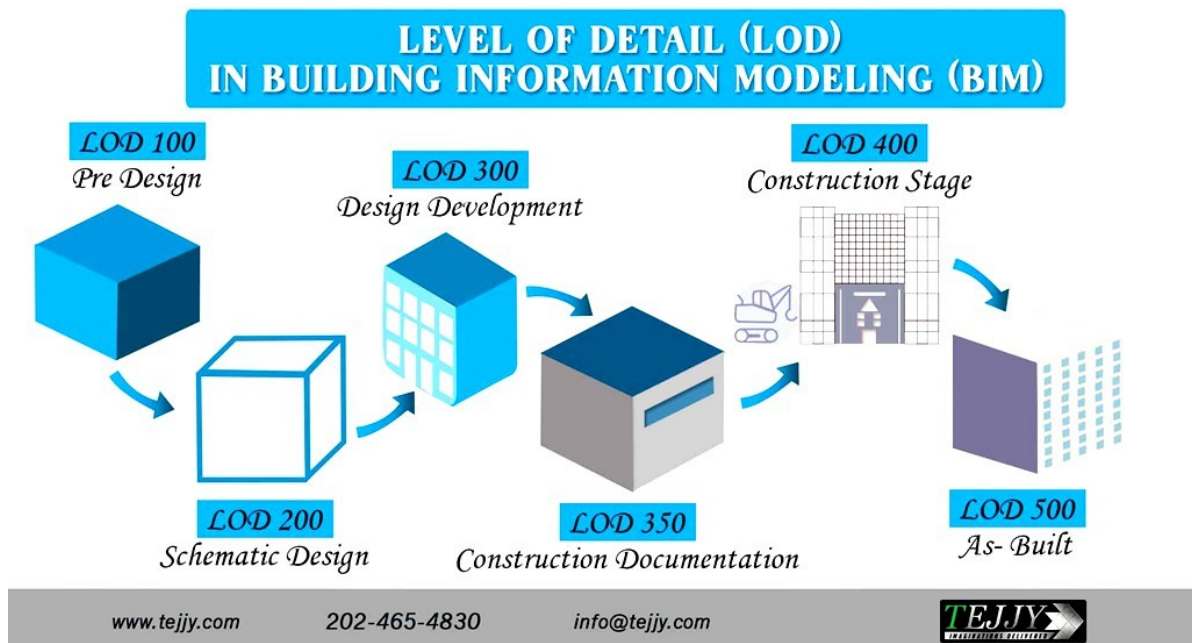


Figure 14: Niveau du détail BIM

NIVEAU D'INFORMATION ET DE GEOMETRIE :

Dans les modèles BIM, le LOI représente l'information non métrique, mais plutôt l'information technique d'un modèle. Le contenu avec un LOI élevée, par exemple, contient des informations spécifiques au fabricant telles que des informations sur les prix et les stocks.

Le LOG, comme dans le modèle de construction, nous donne le niveau de détail géométrique.

**Parois porteuses – béton coulé en place** | C2 Parois porteuses, C5 Prestations complémentaires au gros œuvre






LOG					
LOI	Dimensions	L/H/P et ouvertures approxi- matives	L/H/P et ouvertures exactes	Evidements, incorporés	Armatures, incorporés
Données de spécification	Exigences utilisation espaces Principe de conception	Exigences ouvertures Classe de résistance au feu prévue Exigence de protection contre l'incendie Porteur / non porteur Exigences de charge Classe de sécurité parasismique Exigences d'acoustique Conductivité thermique prévue Exigences d'étanchéité Poids propre	Matériaux Surface Ajouts Indice d'incendie Incorporés supposés Contenu de l'armature Type de coffrage Tracé conduite principale Dimensions ouvertures Impédance acoustique Conductivité thermique effective Valeur de la barrière de vapeur effective Capacité thermique effective	Classe de résistance au feu effective Incorporés exacts Liste d'armature Coffrage exact Tracé des conduites exact Ouvertures exactes	Documentation
Données relatives au fabricant et au produit	Exigences côté participant	Systèmes, produits	Données des fabricants et pro- duits des éléments principaux	Données des fabricants et produits des composants / accessoires Justificatifs	Numéro d'article Vérification / réception

Figure 15: Exemple LOI / LOG

Comme évoqué précédemment, il est important de souligner que le niveau de détail (LOD) est le fruit de la combinaison du niveau de géométrie et du niveau d'informations. Cette combinaison détermine le degré de précision et de spécificité des données contenues dans un modèle BIM.

## ***PARTIE 2 : ETUDE DE CAS***

---

### **CHAPITRE 1 : APPLICATION DE BIM SUR LA GESTION DU PROJET DE CONSTRUCTION D'UN EQUIPEMENT DE SPORT A ZENATA**

*Dans ce chapitre, j'ai entrepris l'application de la méthode BIM (Building Information Modeling) pour gérer et suivre un projet réel au sein du service de suivi et de gestion de projet à l'ANEP (Agence Nationale des Équipements Publics). Cette approche innovante et intégrée offre une solution efficace pour optimiser la coordination et la communication entre les différents acteurs impliqués dans le projet.*

*Étant donné que les travaux ont déjà commencé, j'ai entamé mon analyse en examinant attentivement tous les plans disponibles afin de saisir les grandes lignes du projet. Grâce à la modélisation en 3D, j'ai pu visualiser de manière détaillée l'ensemble du projet, y compris ses composantes architecturales, structurelles et techniques. Cela m'a permis de mieux appréhender les relations et les interactions entre les différents éléments du bâtiment.*

*Ensuite, j'ai plongé dans l'étude approfondie du cahier des prescriptions spéciales. Ce document essentiel contient toutes les informations détaillées concernant les spécifications techniques, les matériaux utilisés, les méthodes de construction et les exigences de qualité. En maîtrisant le bordereau des prix et le descriptif de chaque prestation, j'ai pu comprendre les différentes tâches et les étapes clés du projet.*

*Cette analyse minutieuse m'a permis de concevoir le plan de travail adopté, que je considère comme le plus approprié pour mener à bien ma mission de gestion et de suivi. En utilisant la méthode BIM, j'ai pu établir un calendrier détaillé, définir les tâches critiques, identifier les dépendances et les contraintes, et allouer les ressources nécessaires. J'ai également intégré les données du modèle BIM pour faciliter la coordination entre les différentes équipes et assurer une meilleure gestion des interférences et des collisions potentielles.*

*En parallèle, j'ai également mis en place des outils de suivi et de contrôle pour évaluer l'avancement du projet et garantir la conformité aux exigences du cahier des charges. Cela inclut la mise en place de tableaux de bord, de rapports d'avancement et de mécanismes de suivi réguliers avec les parties prenantes concernées.*

## **METHODOLOGIE D'APPLICATION DU BIM SUR CE PROJET REEL :**

J'ai entrepris de mettre en pratique les processus établis précédemment sur un projet réel géré par le Service Réalisation de travaux de Casa, dans le cadre de la Maîtrise d'Ouvrage déléguée. L'objectif était d'étudier attentivement la faisabilité de ces processus et de prendre conscience des défis liés à leur mise en œuvre.

La phase de programmation et des études de ce projet n'étant pas réalisé suivant la démarche BIM, J'ai commencé ce travail, par la modélisation des maquettes d'exécution avant d'entamer la détection des clashes, la planification 4D et la planification 5D.

La logique de modélisation lors de la phase d'exécution diffère de celle utilisée lors de la phase d'étude, car elle prend en compte les contraintes des travaux et la planification des tâches. C'est pourquoi j'ai commencé par modéliser la maquette de la structure.

La méthodologie adoptée consiste à commencer par la réalisation de la maquette de la structure, qui constitue la base fondamentale. Ensuite, je procéderai à la création de la maquette architecturale, suivie de la détection des clashes, c'est-à-dire des anomalies et des incohérences potentielles, tant entre différents lots qu'au sein d'un même lot.

Dans l'étape suivante, nous nous attelons à créer un planning détaillé des travaux sur MS Project, tout en intégrant la dimension des coûts afin de passer de la planification 4D à la planification 5D. Cela permet d'ajouter une perspective financière à la gestion du projet.

## **LA MODELISATION DE LA MAQUETTE STRUCTURE :**

La logique de modélisation pendant la phase d'exécution diffère de celle utilisée pendant la phase d'étude, car elle tient compte des contraintes des travaux et de la planification des tâches. C'est pourquoi j'ai commencé par modéliser la maquette structurelle.

Données d'entrée : Afin de modéliser la maquette structure je me suis basé sur les données d'entrées suivantes :

Donnée d'entrée	Etabli par	Format
Plan archi DCE	Architecte	DWG
Plan de coffrage DCE	BET	DWG

Tableau 3: Données d'entrée maquette Structure

### Difficultés rencontrées :

J'ai rencontré plusieurs difficultés lors de la modélisation de la maquette de structure d'exécution, notamment :

- Absence du géo-référencement de la maquette architecturale DCE de base, elle est aussi non renseignée.
- Pas d'axes, ni de niveaux.
- Absence de maquette de structure DCE

### Création de la maquette :

Afin d'élaborer la maquette de structure d'exécution, j'ai veillé au respect des points suivants :

- Choix du Gabarit type Structure
- Lier les plans de coffrage et la maquette architecturale DCE , en se servant des outils Revit permettant d'établir des liens avec des fichiers de formats IFC et CAO.
- Définir la grille des axes et les niveaux.
- Géo-référencer la maquette, en définissant le point de base du projet et le point topographique.
- Modéliser avec les dimensions d'exécution les éléments structuraux porteurs (poteaux, voiles, poutres, dalles, escalier).
- Nommer des objets revit par la même désignation du bordereau des prix de telle sorte à éviter toute confusion lors de l'extraction des quantités.
- Tenir compte des contraintes d'exécution pendant la modélisation, par exemple :  
Modéliser les réservations dans les dalles pleines, reprise de bétonnage, etc.

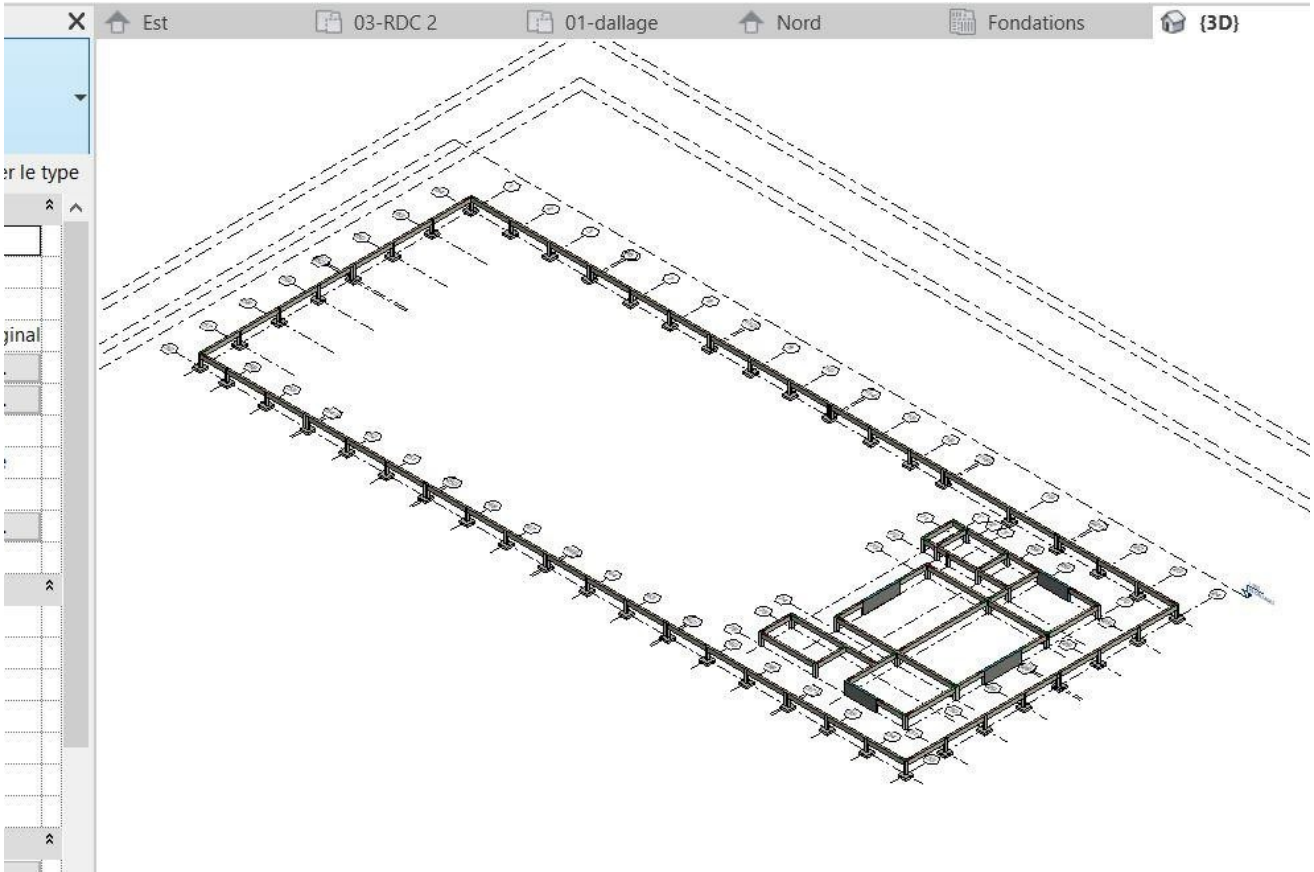


Figure 16: vue en plan des éléments de Béton armé

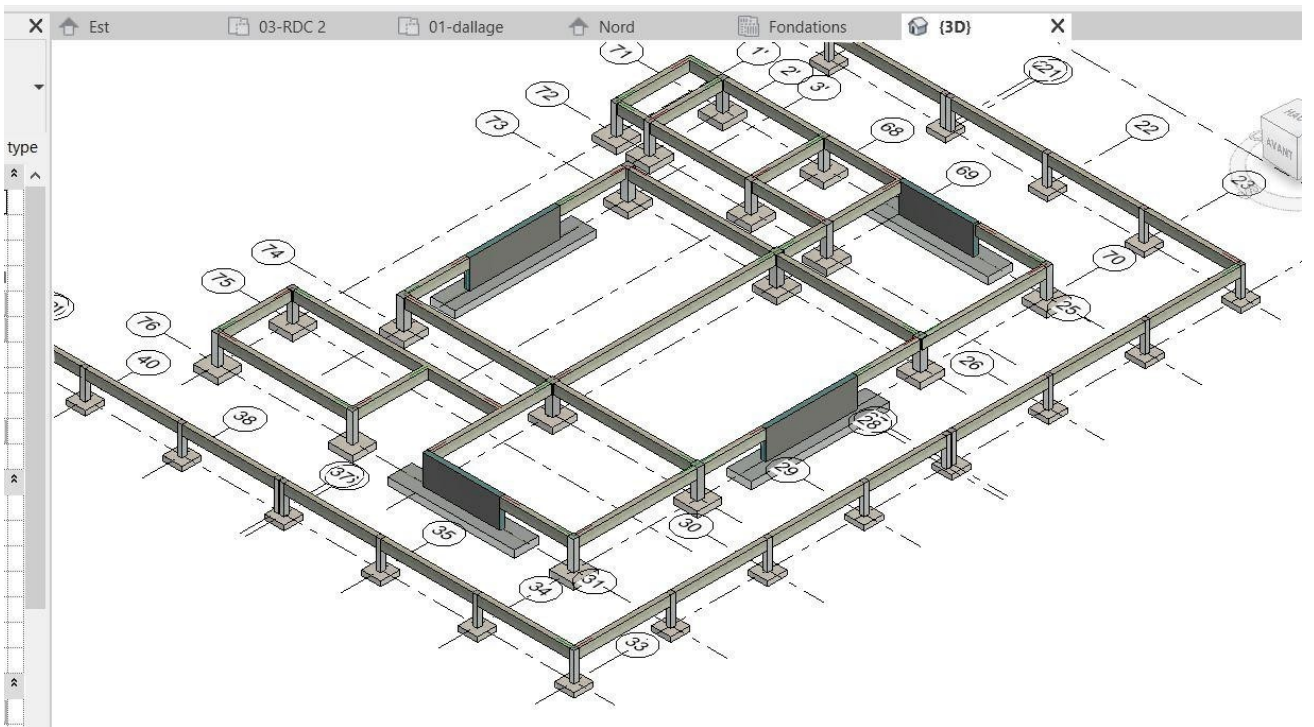


Figure 17: Modélisation de la fondation du projet

La présente illustration représente l'implantation des éléments de fondations conformément au plan de coffrage et aux détails fournis par le bureau d'études.

Les fondations du bâtiment sont de type superficiel et comprennent des éléments tels que des semelles isolées, des semelles filantes, des voiles et des longrines. Ces éléments sont soigneusement positionnés selon les spécifications du plan de coffrage et les directives précises du bureau d'études. Cette configuration de fondations est conçue pour assurer une base solide et stable pour la structure du bâtiment, en répartissant efficacement les charges et en garantissant la résistance nécessaire.

L'utilisation de différentes composantes de fondations, telles que les semelles isolées et filantes, les voiles et les longrines, permet de répondre aux exigences spécifiques du projet, en fonction des caractéristiques du sol, des charges à supporter et des contraintes structurelles. Ces éléments travaillent de concert pour assurer une répartition adéquate des forces et une bonne stabilité, en minimisant les risques de tassement différentiel ou de déformation.

Tel qu'illustré dans la figure ci-dessus, la fondation du mur de clôture est mise en place en utilisant des semelles isolées sous les poteaux, ainsi que des longrines qui assurent la liaison entre chaque poteau, espacés de manière régulière tous les 4 mètres.

Les semelles isolées sont utilisées sous chaque poteau pour fournir un soutien solide et répartir efficacement la charge verticale. Elles sont conçues pour s'étendre sur une surface plus large afin de réduire les contraintes exercées sur le sol et d'assurer une répartition équilibrée des forces.



Figure 18: présentation de la superstructure du bâtiment

Dans l'illustration ci-dessous, la superstructure du bâtiment est représentée conformément au plan établi par le bureau d'études. La superstructure est composée de dalles en hourdis pour différents espaces tels que le local technique, les bureaux, la guérite de sécurité et les vestiaires. En revanche, la dalle de la grande salle polyvalente est réalisée à l'aide de poutres précontraintes et d'une dalle pleine, compte tenu de sa grande portée.

La sélection de dalles en hourdis pour les locaux tels que le local technique, les bureaux, la guérite de sécurité et les vestiaires est due à leurs propriétés structurelles adaptées à ces espaces spécifiques. Ces dalles offrent une résistance suffisante pour supporter les charges prévues tout en permettant une mise en œuvre relativement aisée.

Quant à la grande salle polyvalente, la dalle est conçue avec des poutres précontraintes et une dalle pleine afin de garantir la solidité et la stabilité nécessaires pour soutenir sa grande portée. Les poutres précontraintes permettent de réduire les déformations et les contraintes induites par les charges, tandis que la dalle pleine assure une surface plane et uniforme pour une utilisation polyvalente.

En ce qui concerne la stabilité globale de la superstructure, notamment en tenant compte des vérifications sismiques, des voiles latéraux sont utilisés. Ces voiles sont représentés dans l'illustration et jouent un rôle essentiel dans la résistance aux forces horizontales générées par les séismes. Ils apportent une stabilité supplémentaire en empêchant les déformations excessives et en répartissant les charges de manière uniforme sur la structure.

L'utilisation de voiles latéraux, associée à la configuration des dalles en hourdis et des poutres précontraintes, contribue à la conception globale d'une superstructure solide et résistante. Cette approche assure la stabilité structurale nécessaire pour répondre aux exigences de sécurité et de performance, en garantissant une structure capable de faire face aux charges verticales, horizontales et sismiques.

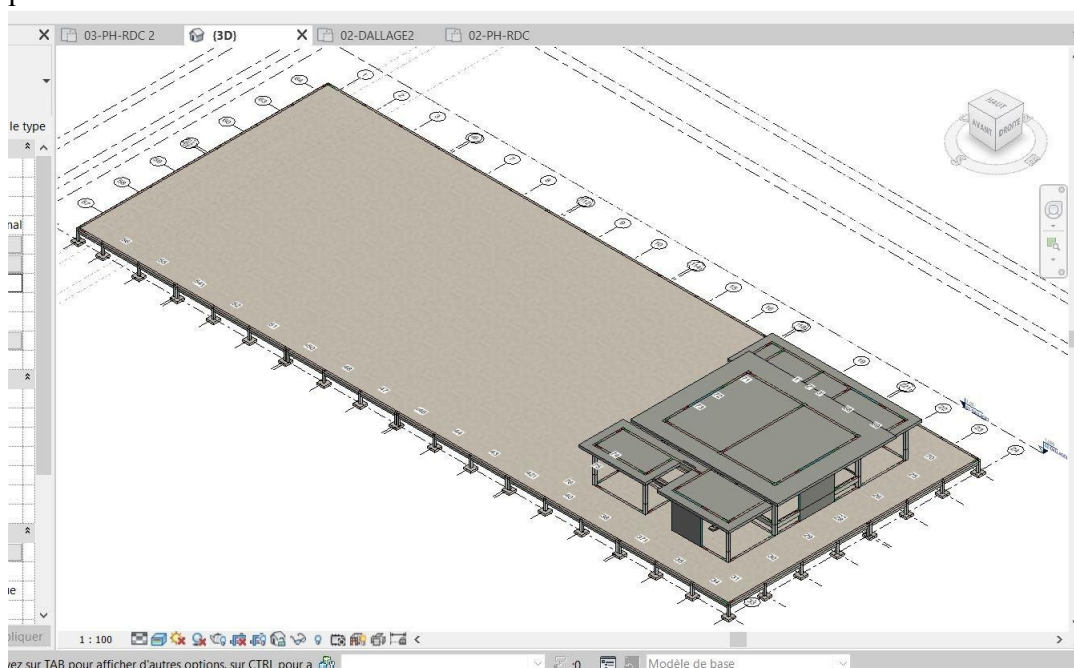


Figure 19: Vue 3D de la maquette structure du projet

## MODELISATION DE LA MAQUETTE ARCHITECTURALE :

J'ai entrepris la modélisation de la maquette architecturale d'exécution en utilisant comme référence la maquette structurelle d'exécution, de manière à prendre en compte les dimensions réelles des éléments structuraux.

Données d'entrée : Pour la réalisation de la maquette archi, je me suis basé sur les éléments suivants :

Données d'entrée	Etabli par	Format
Maquette archi DCE	Architecte	DWG
Maquette de structure	BET	RVT

Tableau 4: Données d'entrée maquette Archi

### Difficultés rencontrées :

J'ai rencontré plusieurs difficultés lors de la modélisation de la maquette architecturale d'exécution, notamment :

La maquette architecturale DCE de base est non renseignée : des objets non reconnus par Revit et non modifiables, il s'agit juste de volumes géométriques réalisés sur logiciel non certifié à la Norme IFC.

### Création de la maquette :

Afin d'élaborer la maquette architecturale d'exécution, on a suivi les étapes suivantes :

- Choix du Gabarit type Architecture
- Lier la maquette architecturale DCE et la maquette de structure d'EXE, en se servant des outils revit permettant d'établir des liens avec des fichiers de formats IFC et RVT.
- Géo-référencer la maquette, en définissant le point de base du projet et le point topographique : les mêmes points définis sur la maquette de structure d'exécution.

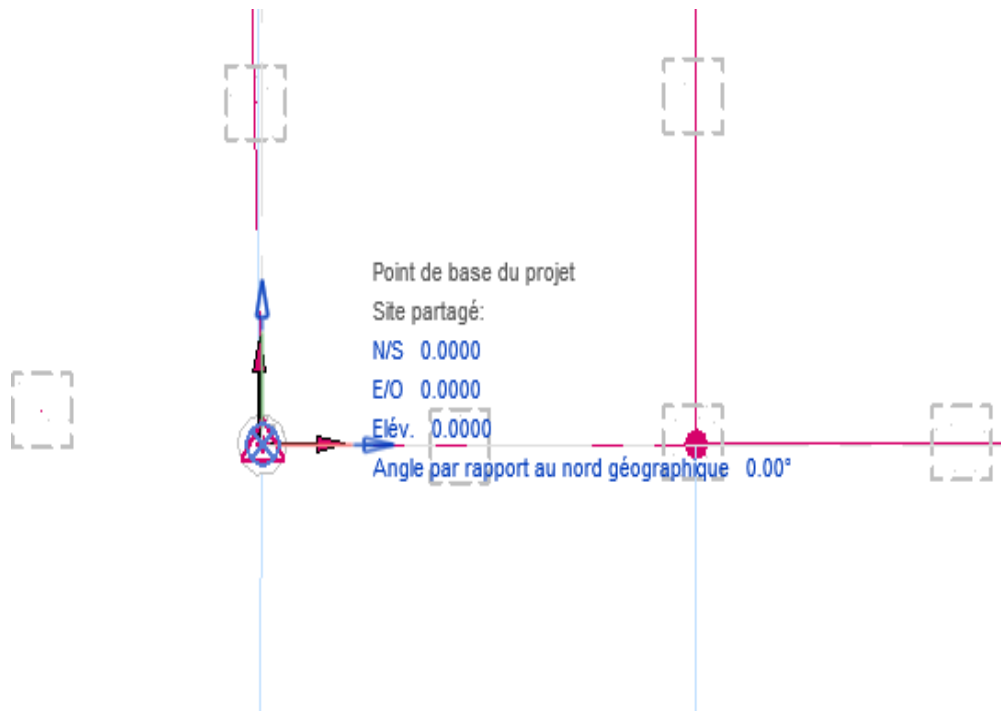


Figure 20: Géo-référencement de la maquette

- Créer les objets BIM propres au projet en se basant sur les familles basiques du gabarit architectural de Revit.
- Nommer les objets revit par la même désignation du bordereau des prix de telle sorte à éviter toute confusion lors de l'extraction des quantités pour générer les métrés.
- Modéliser les objets tout en vérifiant la cohérence entre les éléments structuraux et architecturaux et faire les adaptations et/ou modifications nécessaires en suivant la logique de l'exécution.
- Importer les familles des objets des produits validés par la maîtrise d'œuvre tels que : les appareils sanitaires et de la lustrerie avec des dimensions réelles. Et ajouter les fiches techniques y afférentes.
- Créer les pièces et ses équipements tout en respectant les consignes du contrat CPS

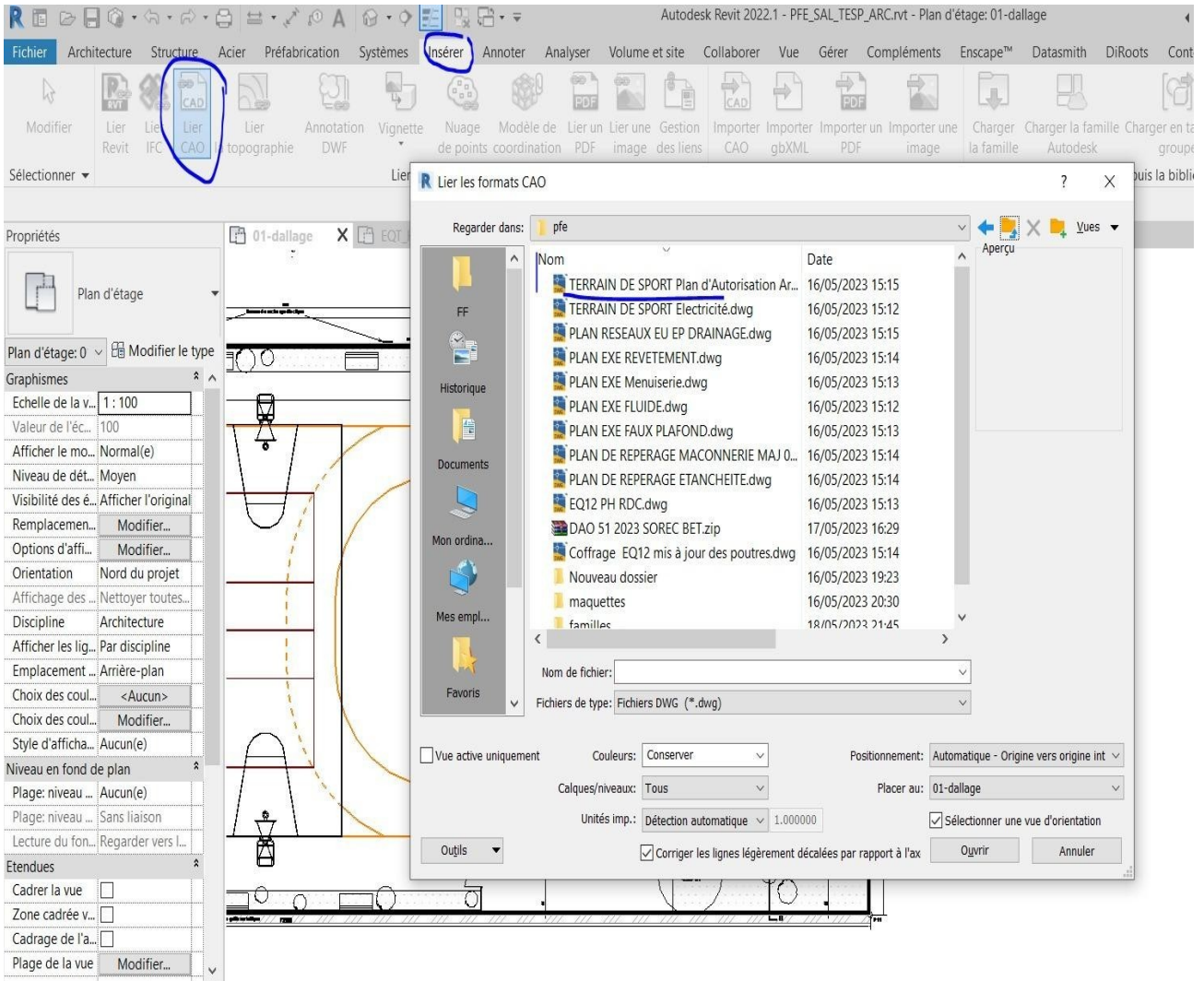


Figure 21: Insertion du plan Format DWG sur Le Logiciel REVIT

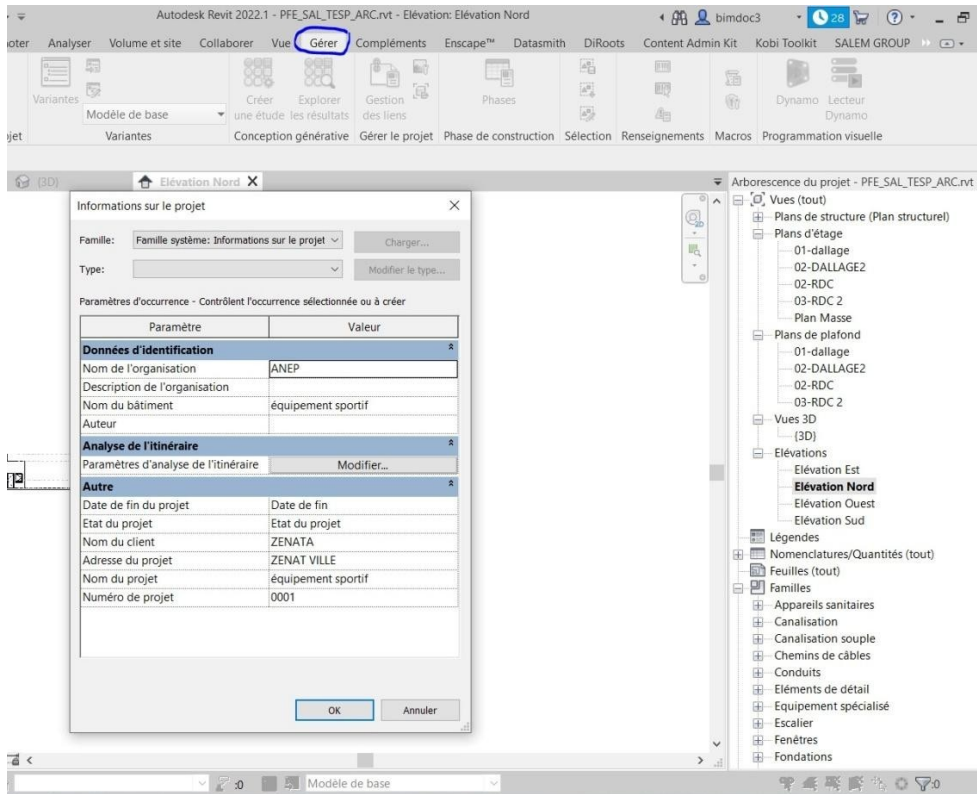


Figure 22: Gestion de données du projet

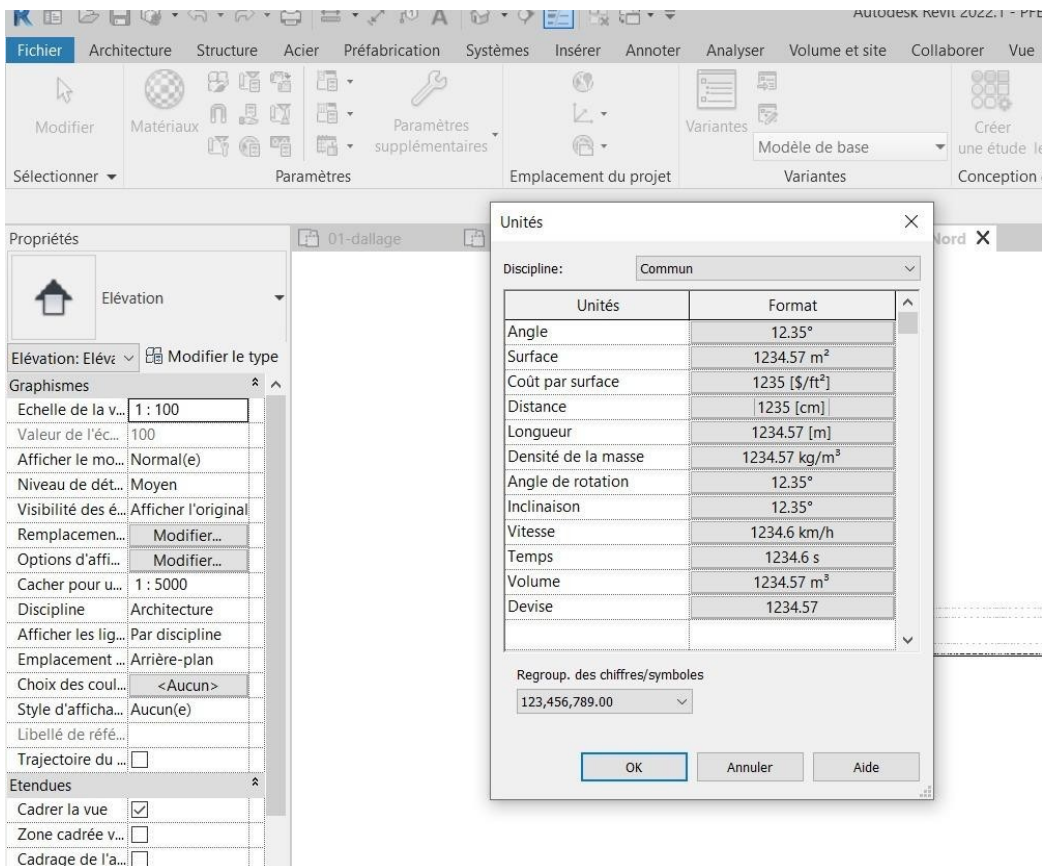


Figure 23: Gestion des unités du projet

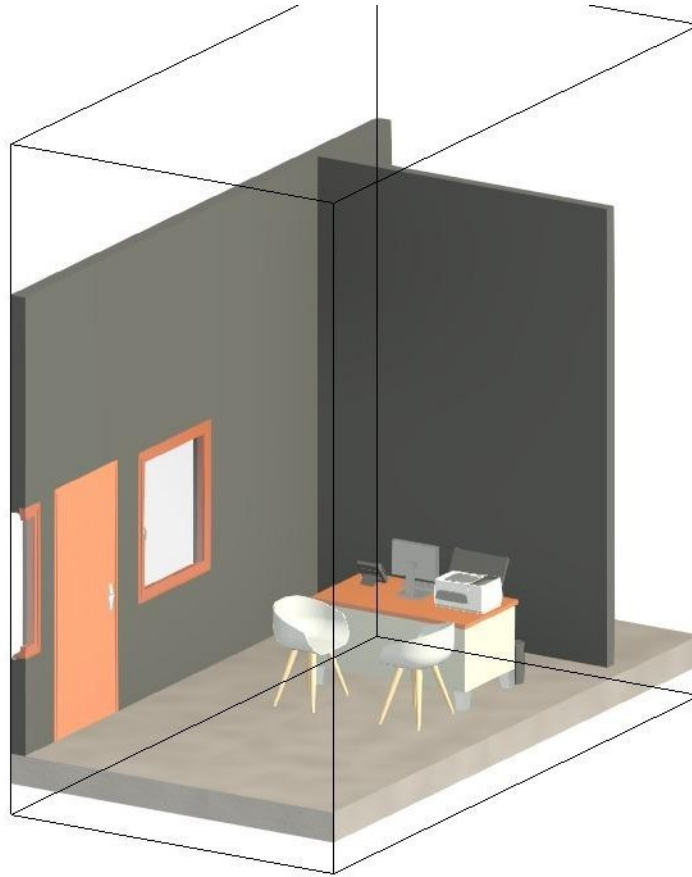


Figure 24 : Création de la famille des équipements

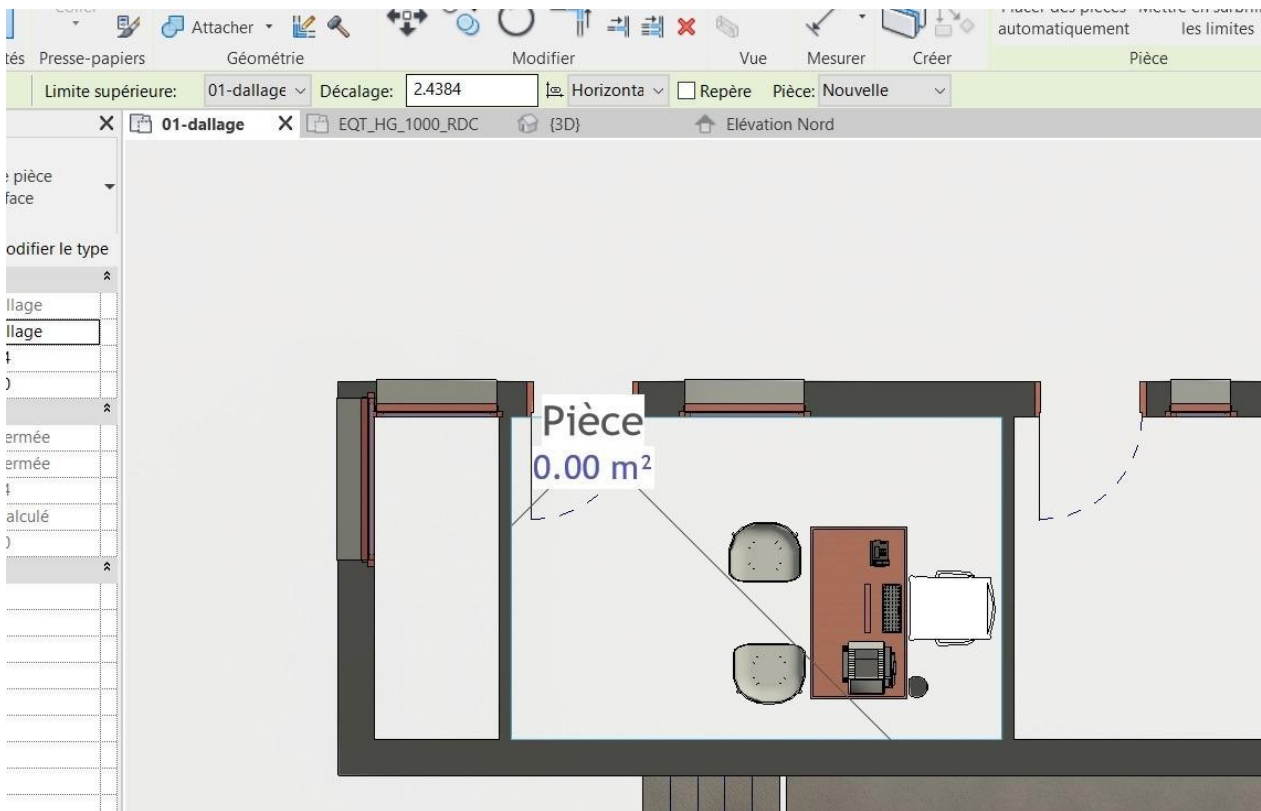


Figure 25: Création des pièces constitutives du projet

En prenant en compte toutes ces étapes, le résultat de cette prestation se matérialise par la présentation de la maquette architecturale de la manière suivante :

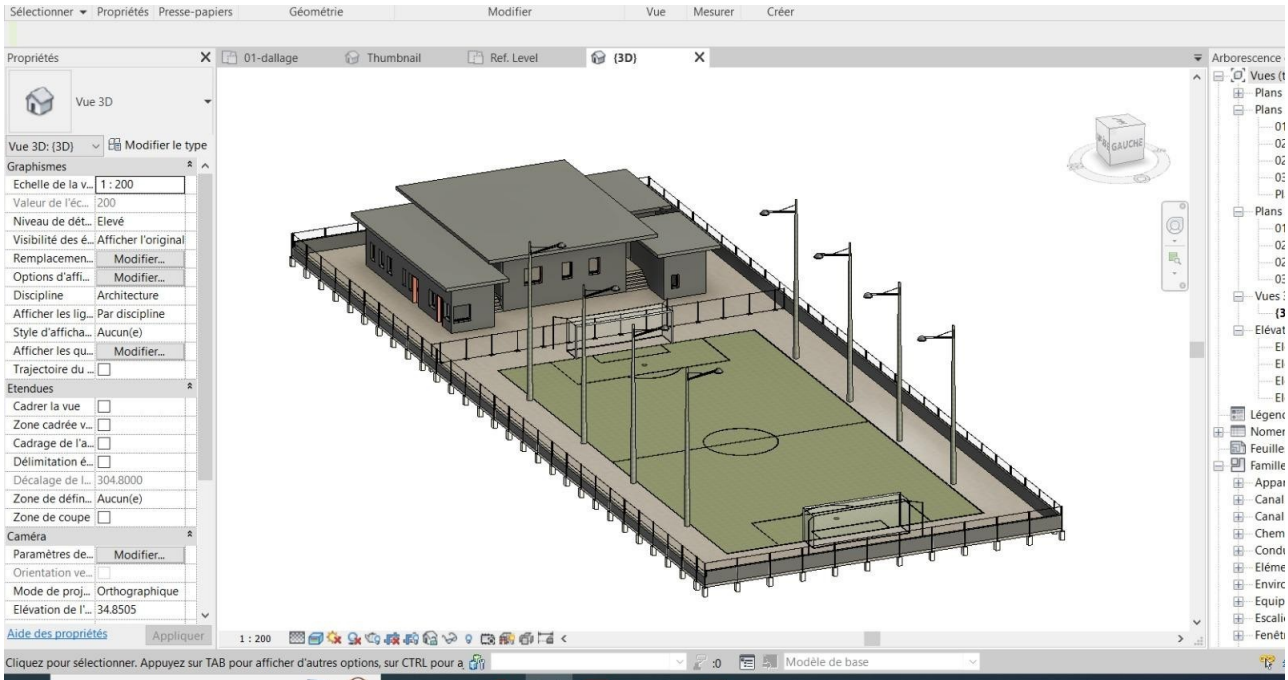


Figure 26 : Vue 3D de maquette Archi



Figure 27: Vue 3D de la maquette Archi

## MODELISATION DE LA MAQUETTE FLUIDE :

Pour prendre en considération les conflits potentiels entre les réseaux fluides, les éléments architecturaux tels que les faux plafonds, ainsi que les éléments structuraux tels que les poutres, j'ai entrepris la modélisation d'une maquette fluide en 3D à partir des plans 2D établis par le BET.

L'objectif principal était d'éviter les démolitions sur le chantier, les altérations des hauteurs architecturales et de prévoir les réservations nécessaires au niveau des éléments de structure.

Cette approche préventive permet de résoudre les conflits potentiels en amont, d'optimiser la coordination des différents éléments et d'assurer une exécution sans heurts du projet.

### Données d'entrées :

Donnée d'entrée	Etabli par	Format
Maquette archi	ANEP	RVT
Maquette structure	ANEP	RVT
Plan fluide 2D	BET	DWG

Tableau 5: Données d'entrée maquette fluide

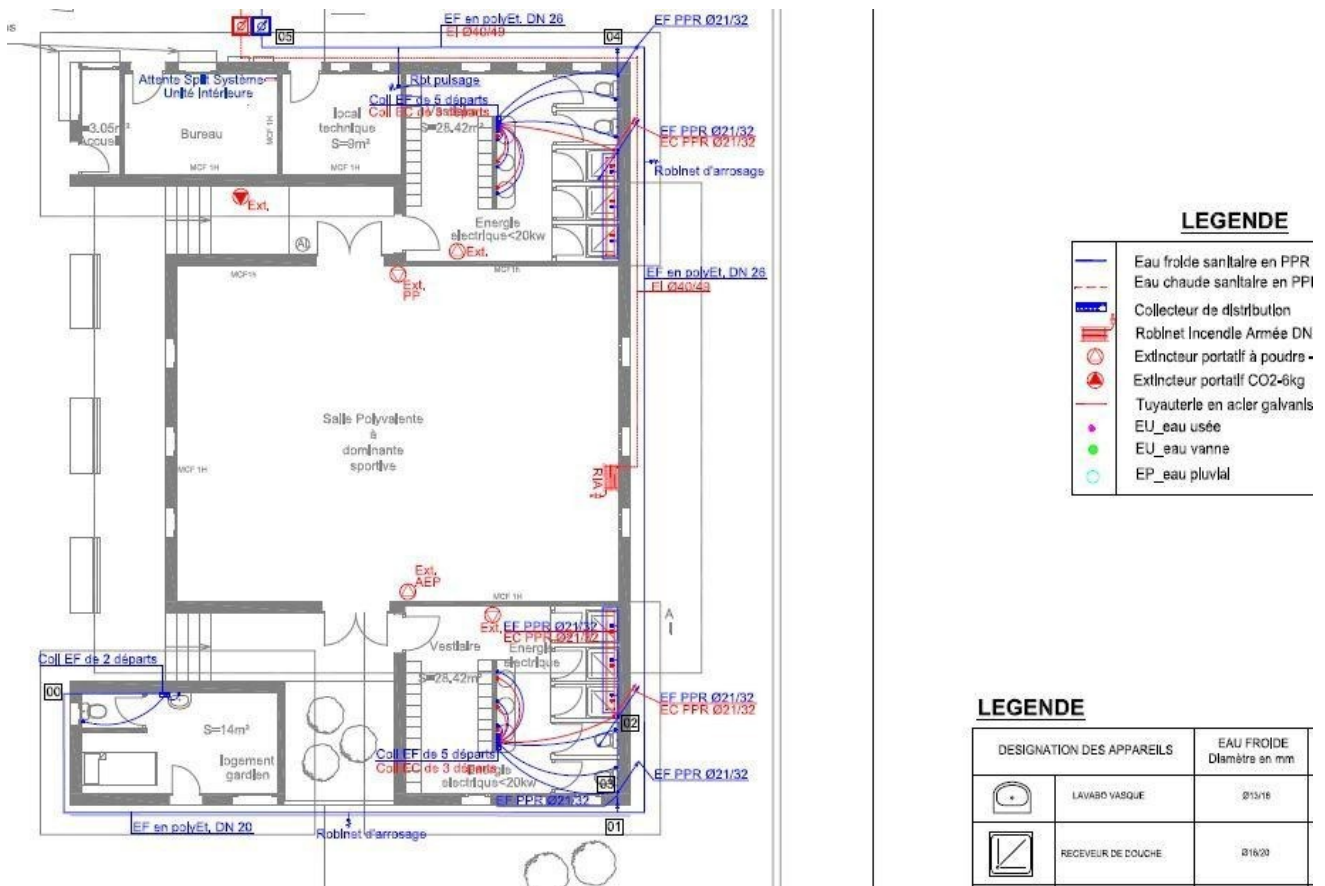


Figure 28: Plan fluide 2D format dwg

## CREATION DE LA MAQUETTE :

Afin d'élaborer la maquette Fluides d'exécution, et de faire face aux difficultés ci-dessus, nous avons lié les maquettes Archi et Structure en format Revit ainsi que les plans Fluides DCE en format DWG après on a procédé aux étapes suivantes :

- Acheminement des réseaux
- Automatisation des jonctions
- Intégration des équipements.

## PROBLEMES RENCONTRES :

- Respect des hauteurs architecturales sous faux plafond
- Prise en compte des diamètres réels des conduites de VMC, climatisation, ainsi que des dimensions réelles des unités intérieures de climatisation
- Éviter au maximum la création de réservations dans les poutres

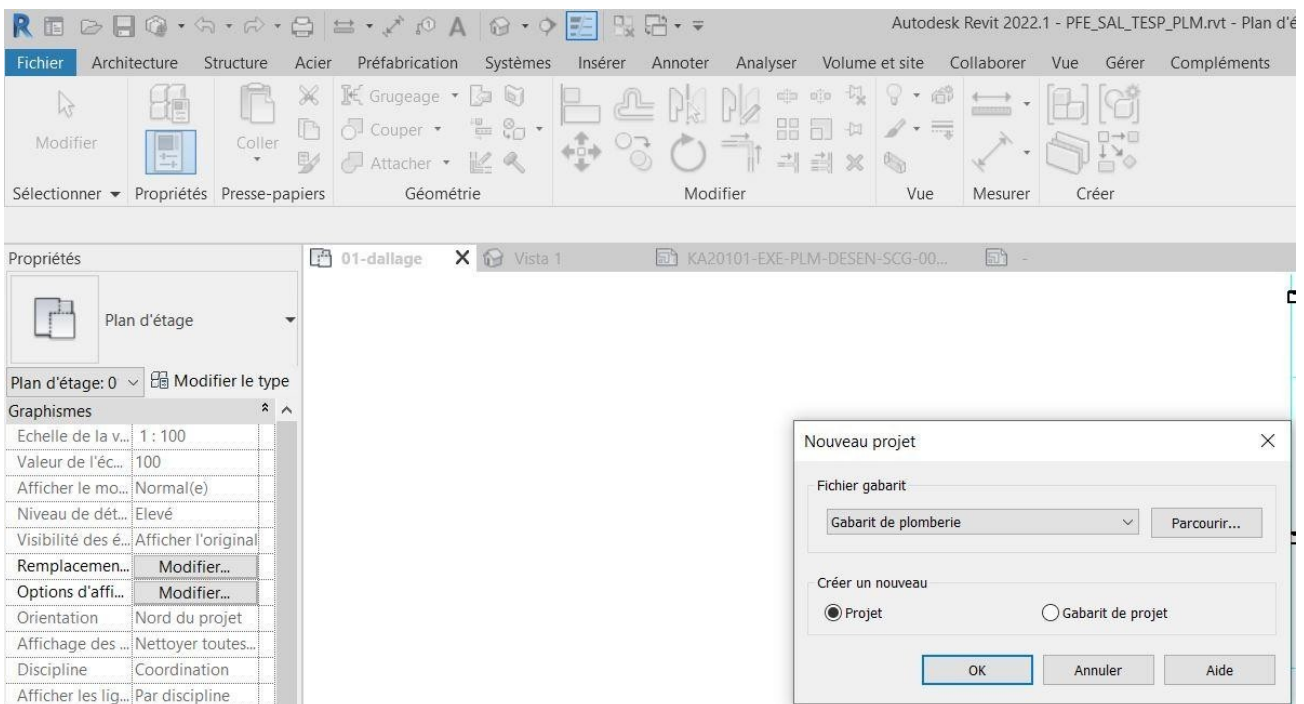


Figure 29: Créer un nouveau projet sous gabarit plomberie

Première étape est la création d'un nouveau projet dans le gabarit Plomberie

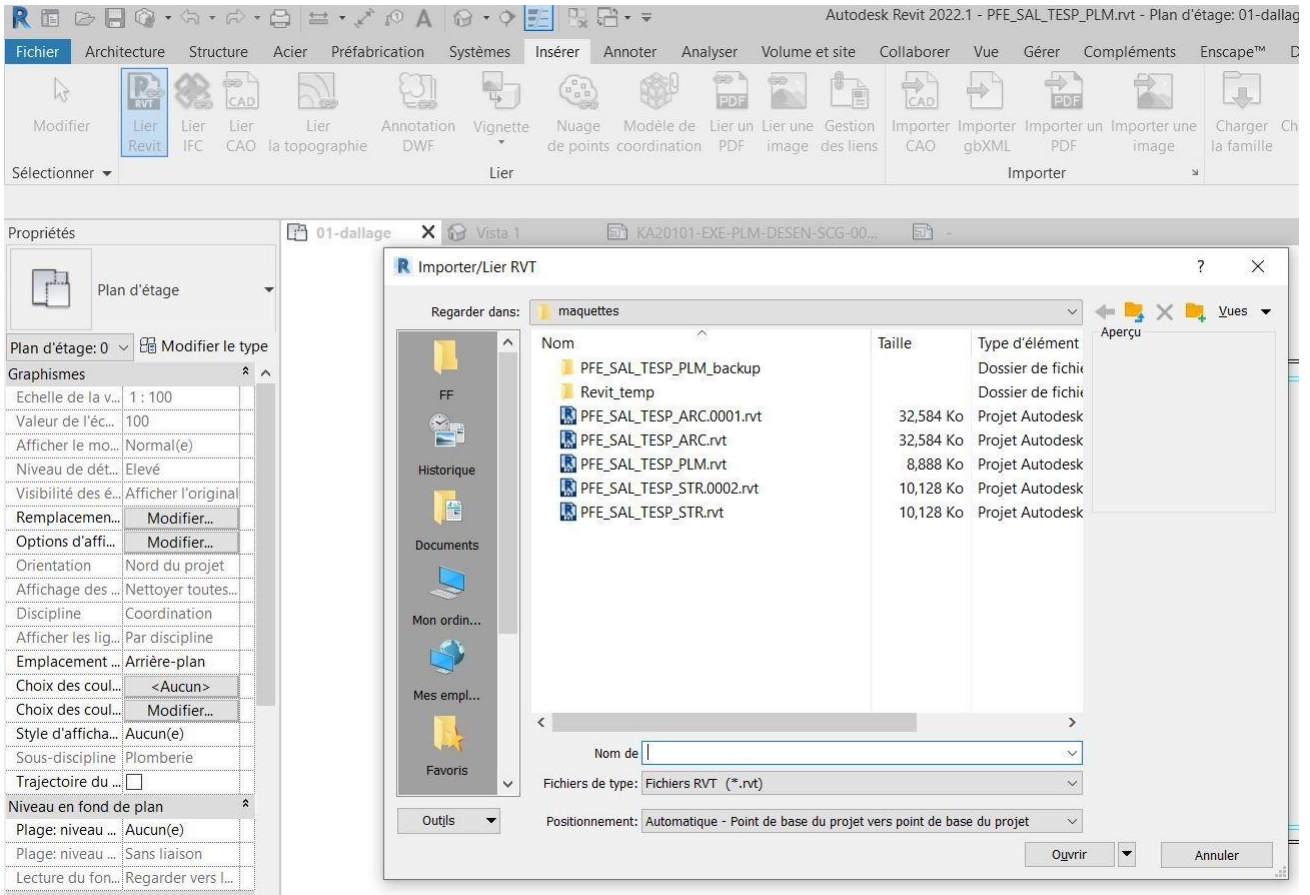


Figure 30: Insérer les maquettes archi et structure comme des liens

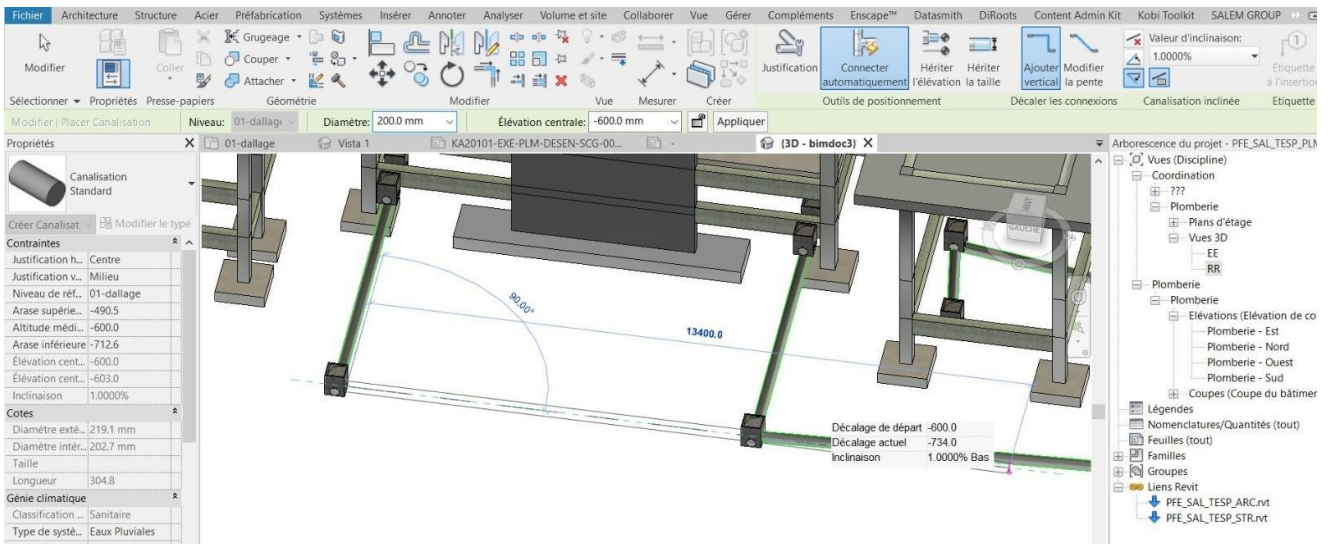


Figure 31: Modélisation des canalisations entre les regards

2ème étape : Suivant la maquette archi et structure, j'ai commencé la modélisation de la maquette fluide par les canalisations entre tous les regards.

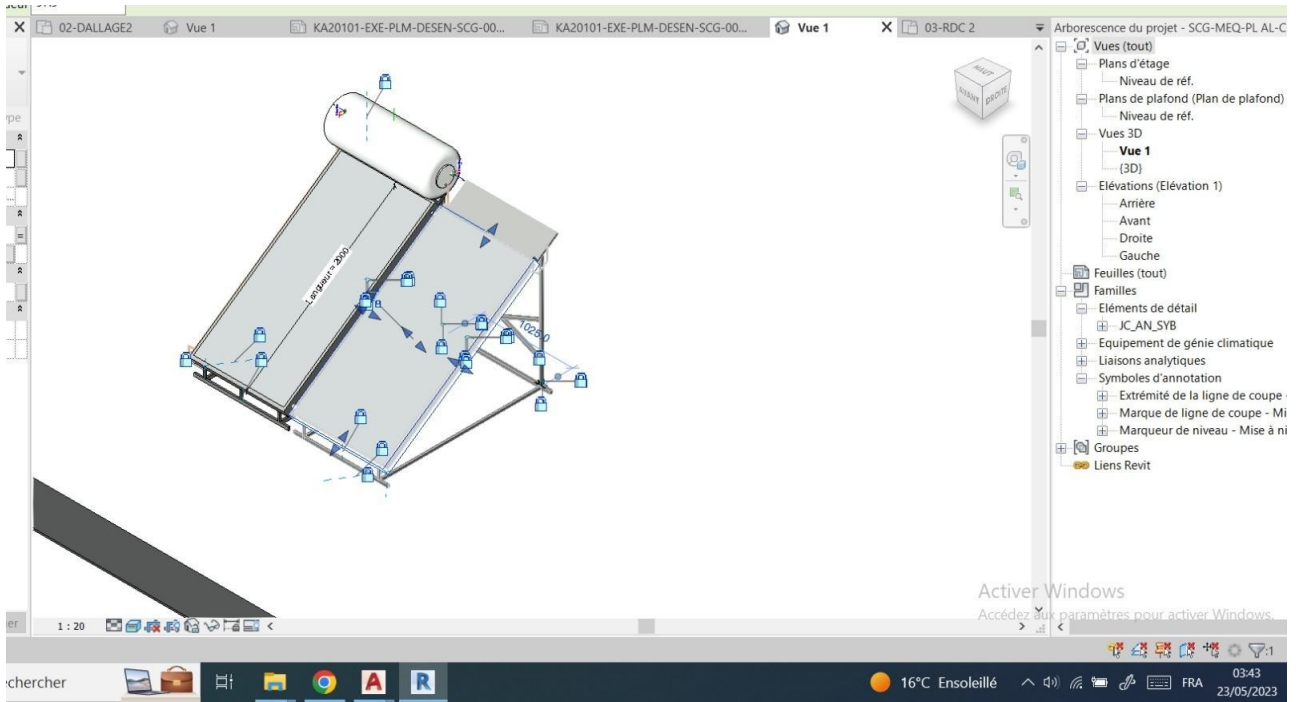


Figure 32: Création de la famille chauffe eau

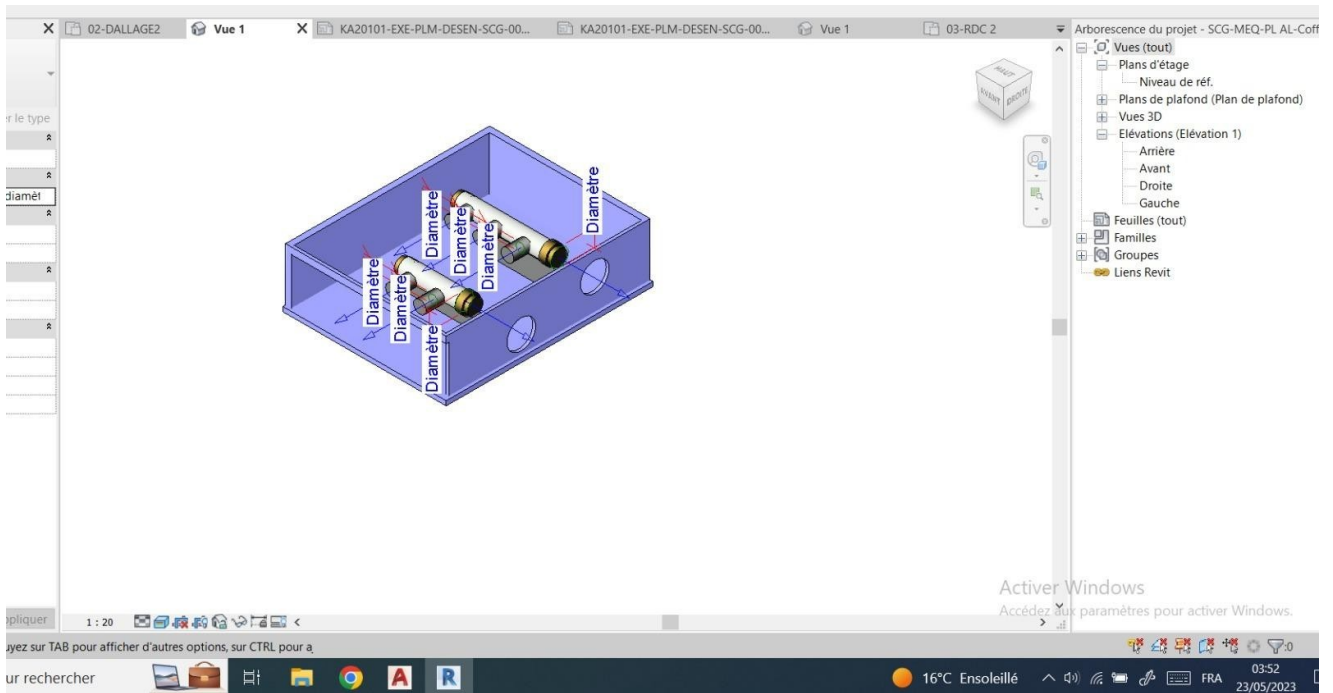


Figure 33: Création du collecteur sanitaire

3ème étape : La création des objets et familles type chauffe eau et collecteur d'eau

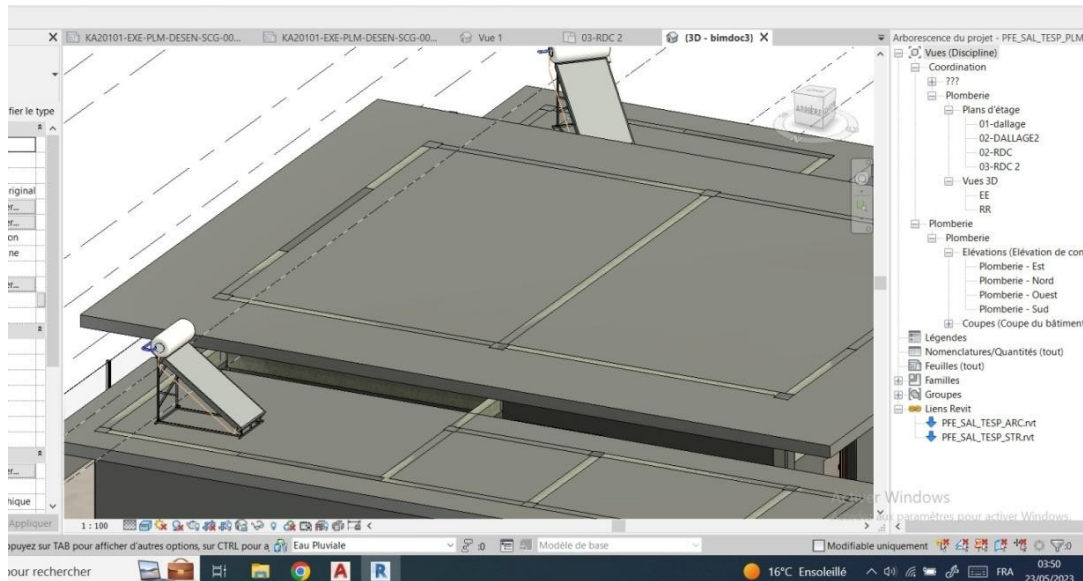


Figure 34 Mise en place des chauffe-eaux sur la terrasse

Dans Revit, un logiciel de conception de bâtiments, la création d'objets et de familles pour le lot fluide (électricité, plomberie, chauffage, ventilation, etc.) se fait généralement en suivant ces étapes :

**Création d'une famille :** Une famille est un objet paramétrique personnalisé créé pour représenter un composant spécifique du lot fluide, tel qu'un évier, une lampe, un radiateur, une conduite d'eau, etc. Pour créer une famille, utiliser l'éditeur de famille intégré à Revit.

**Définir les paramètres :** Dans l'éditeur de famille, définir les paramètres qui contrôleront les dimensions et les caractéristiques de l'objet. Par exemple, pour une lampe, créer des paramètres pour la hauteur, la largeur, la puissance, etc. Les paramètres permettent d'ajuster l'objet en fonction des besoins spécifiques du projet.

**Modélisation géométrique :** Une fois les paramètres définis, commencer à modéliser la géométrie de l'objet. Utiliser des outils de dessin tels que lignes, cercles, arcs, etc., pour créer la forme de l'objet. Également ajouter des détails supplémentaires tels que des textures, des annotations, des symboles, etc.

**Ajout des connecteurs :** Pour les objets du lot fluide, il est important d'ajouter des connecteurs qui permettront la liaison avec d'autres éléments du système. Par exemple, pour une conduite d'eau, ajouter des connecteurs pour l'entrée et la sortie d'eau. Ces connecteurs permettront de connecter les objets du lot fluide entre eux et avec les systèmes du bâtiment.

**Paramétrage des informations :** En plus des dimensions géométriques, il y a la possibilité également d'ajouter des informations supplémentaires à l'objet, telles que les spécifications techniques, les matériaux, les données de performance, etc. Ces informations peuvent être paramétrées de manière à pouvoir être modifiées ultérieurement dans le projet.

**Chargement de la famille dans le projet :** Une fois la famille créée, enregistrer et la charger dans le

projet Revit. Ensuite placer les objets de la famille dans le projet, les ajuster en fonction des besoins

spécifiques et les connecter aux autres éléments du lot fluide.

En suivant ces étapes, il est possible de créer des objets et des familles personnalisés pour le lot fluide dans Revit, ce qui facilitera la conception et la modélisation précise des systèmes de fluide.

Création de la maquette climatisation :

Toujours dans le lot fluide, je continue la modélisation et cette fois la partie climatisation :  
Pour ce faire, je lance sur REVIT, nouveau projet sous gabarit génie climatique :

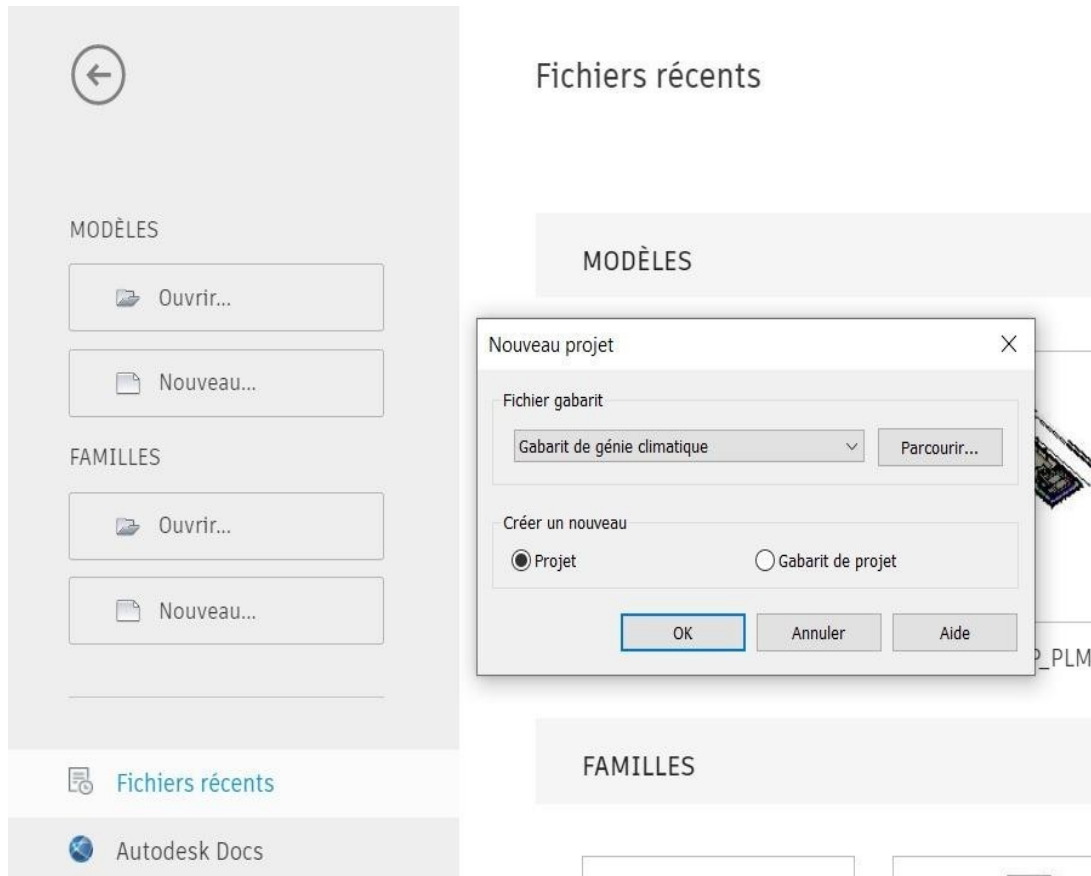


Figure 35: Création de la maquette climatisation à partir de gabarit génie climatique

Ensuite, j'ajoute les maquettes archi, structure, et plomberie comme lien :

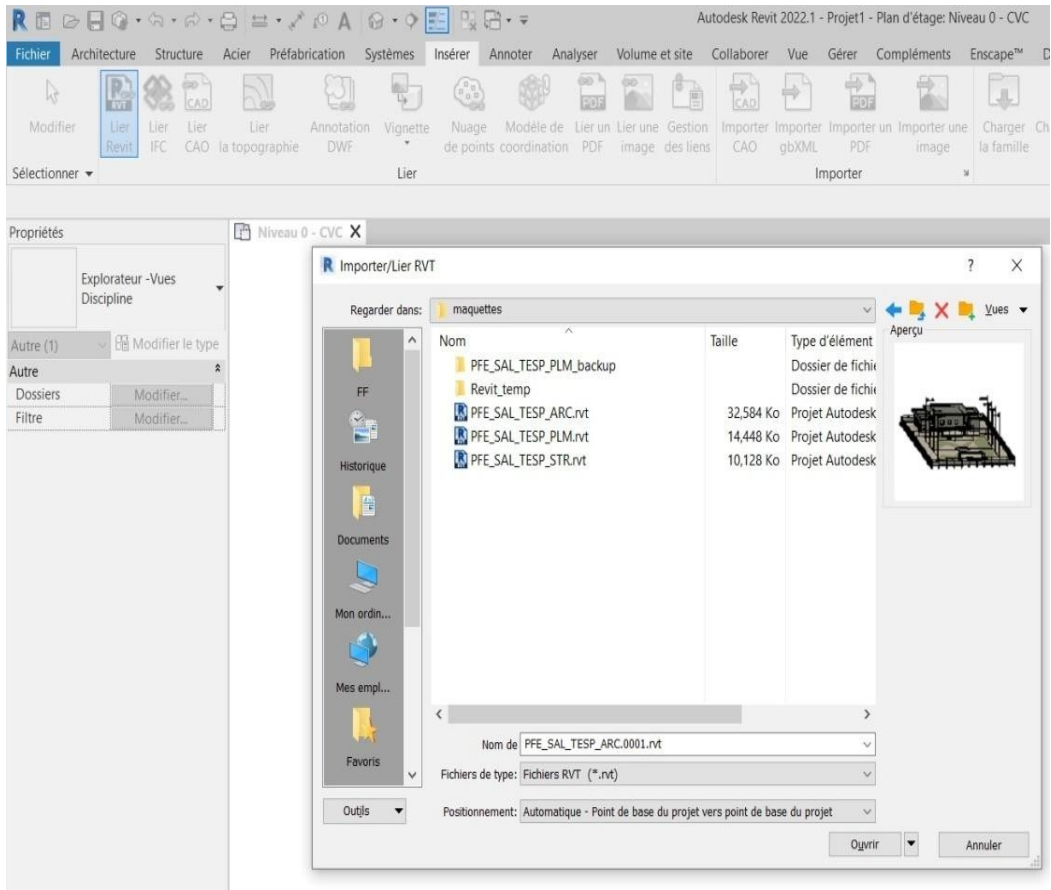


Figure 36; Insertion des maquettes, archi structure et plomberie

Après avoir modélisé les parties importantes de la maquette fluide, le résultat de ce travail est la figure suivante :

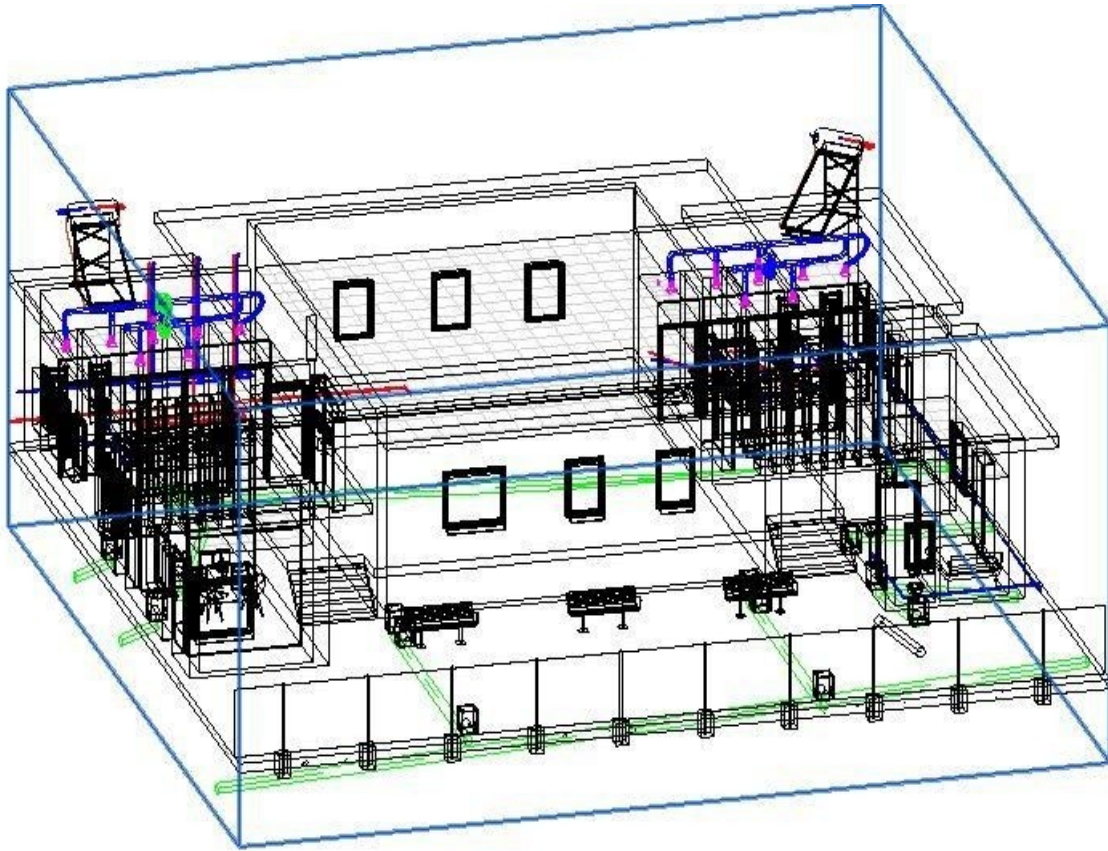


Figure 37 : Synthèse de la modélisation du lot fluide



Figure 38: vue 3D

## LA DETECTION DES CLAHS :

### EXPLICATION :

La détection de clash sur Navisworks est une fonctionnalité essentielle qui permet d'identifier les interférences ou les collisions potentielles entre les différents éléments d'un modèle 3D. Voici comment fonctionne le processus de détection de clash sur Navisworks :

**Importation des modèles :** Tout d'abord, vous devez importer les modèles 3D de différents lots du projet dans Navisworks. Ces modèles peuvent provenir de logiciels de conception tels que Revit, AutoCAD ou d'autres applications similaires. Assurez-vous d'importer tous les modèles pertinents pour la détection de clash.

**Configuration des règles de détection :** Une fois que les modèles sont importés, vous devez définir les règles de détection de clash. Ces règles spécifient les types d'interférences que vous souhaitez détecter, tels que les collisions entre des éléments structurels et des équipements mécaniques, ou entre des conduites électriques et des murs, par exemple. Vous pouvez personnaliser ces règles en fonction des besoins spécifiques de votre projet.

**Lancement de la détection de clash :** Une fois que les modèles sont prêts et que les règles sont configurées, vous pouvez lancer le processus de détection de clash. Navisworks analysera les modèles 3D pour identifier les intersections ou les espaces incompatibles entre les différents éléments.

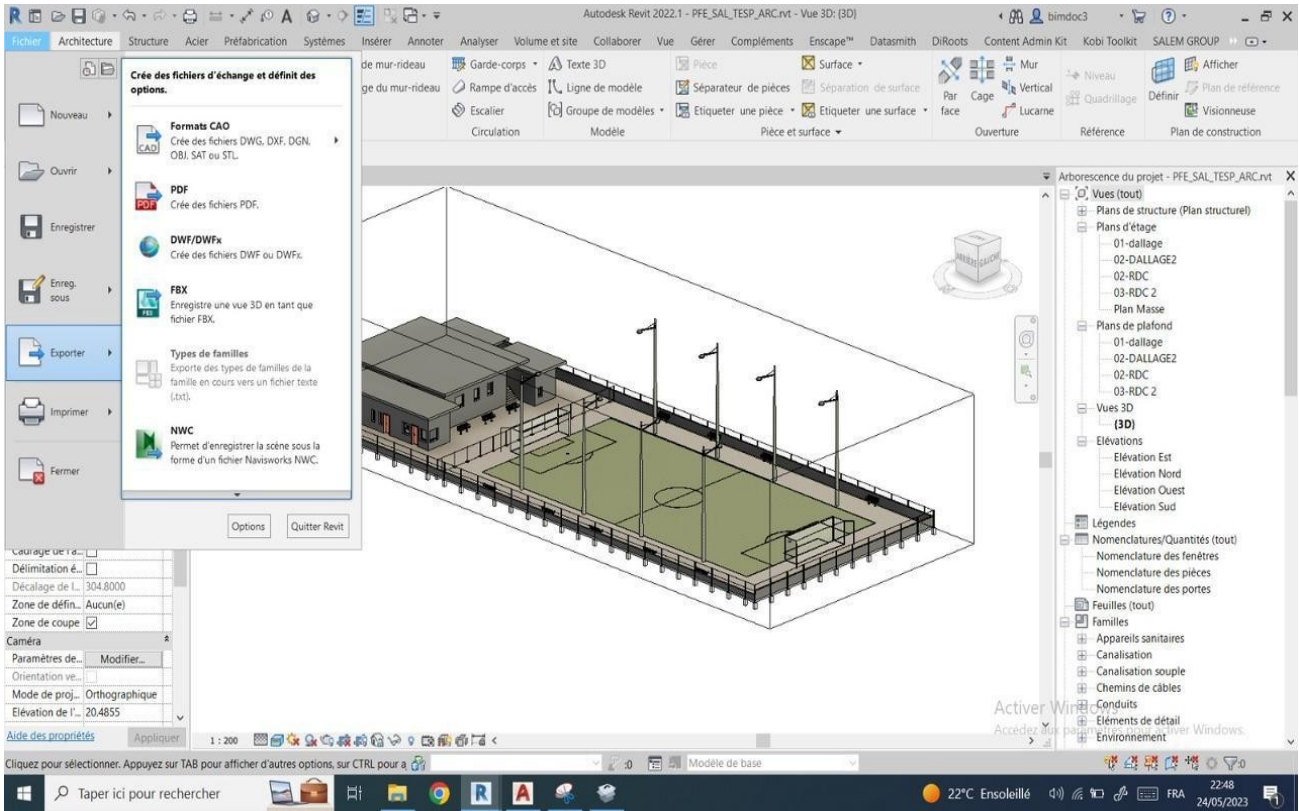
**Visualisation des clashes :** Une fois la détection de clash terminée, Navisworks affiche les résultats sous forme de graphiques ou de rapports. Vous pouvez visualiser les collisions détectées à l'aide de vues 3D, de sections ou de coupes. Les clashes sont généralement représentés par des lignes rouges ou des marqueurs visuels pour faciliter leur identification.

**Analyse et résolution des clashes :** Après avoir identifié les collisions, vous pouvez analyser les problèmes et prendre les mesures nécessaires pour les résoudre. Cela peut impliquer des ajustements de conception, des modifications de coordination ou des changements dans le positionnement des éléments. La collaboration entre les différentes parties prenantes du projet est souvent nécessaire pour trouver des solutions efficaces.

**Suivi des modifications :** Une fois que les clashes ont été résolus, vous pouvez mettre à jour les modèles 3D pour refléter les modifications apportées. Cela permet de maintenir l'exactitude et la cohérence du modèle tout au long du processus de construction.

La détection de clash sur Navisworks offre une vision globale et précise des problèmes potentiels d'interférences entre les éléments du projet. Cela permet de minimiser les risques de collisions sur le chantier, d'améliorer la coordination et d'optimiser l'efficacité de la construction.

Source : <https://www.aplicit.com/la-detection-de-clash-sous-navisworks-manage/>



Les détections de clashes ont été effectuées principalement sur le logiciel Navisworks suivants les étapes ci-dessous :

- Lancement de logiciel NAVISWORKS
- Insertion des maquettes archi, structure, fluide en format NWC
- Extraction en format NWC depuis REVIT
- Fusion des maquettes archi, structure, fluide
- Obtention de la vue 3D des maquettes superposées



Figure 39: lancement du logiciel NAVISWORKS

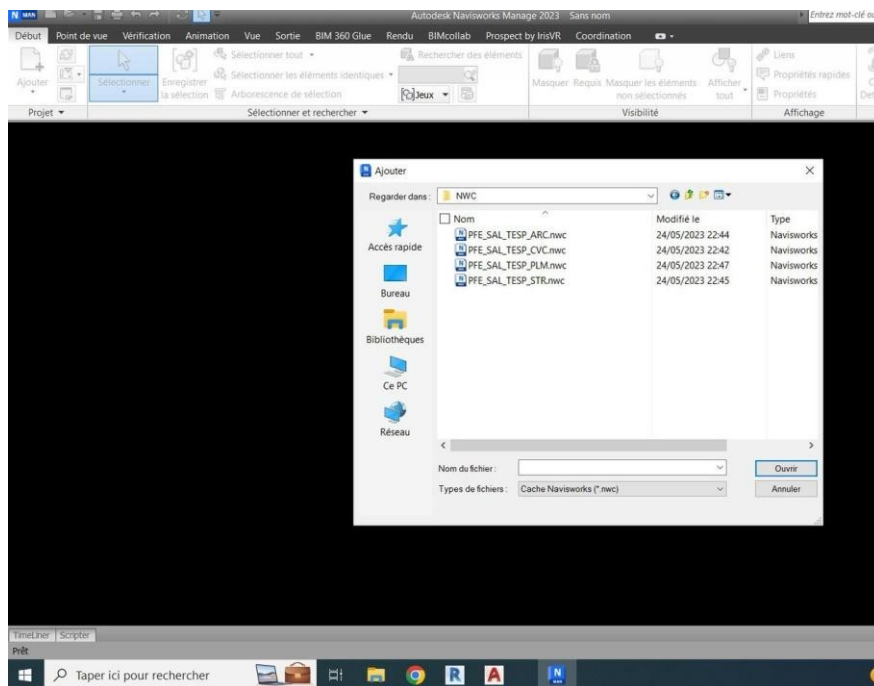


Figure 40: sélection des maquettes nwc à fusionner

Figure 41: Extraction en NVW depuis REVIT de toutes les maquettes

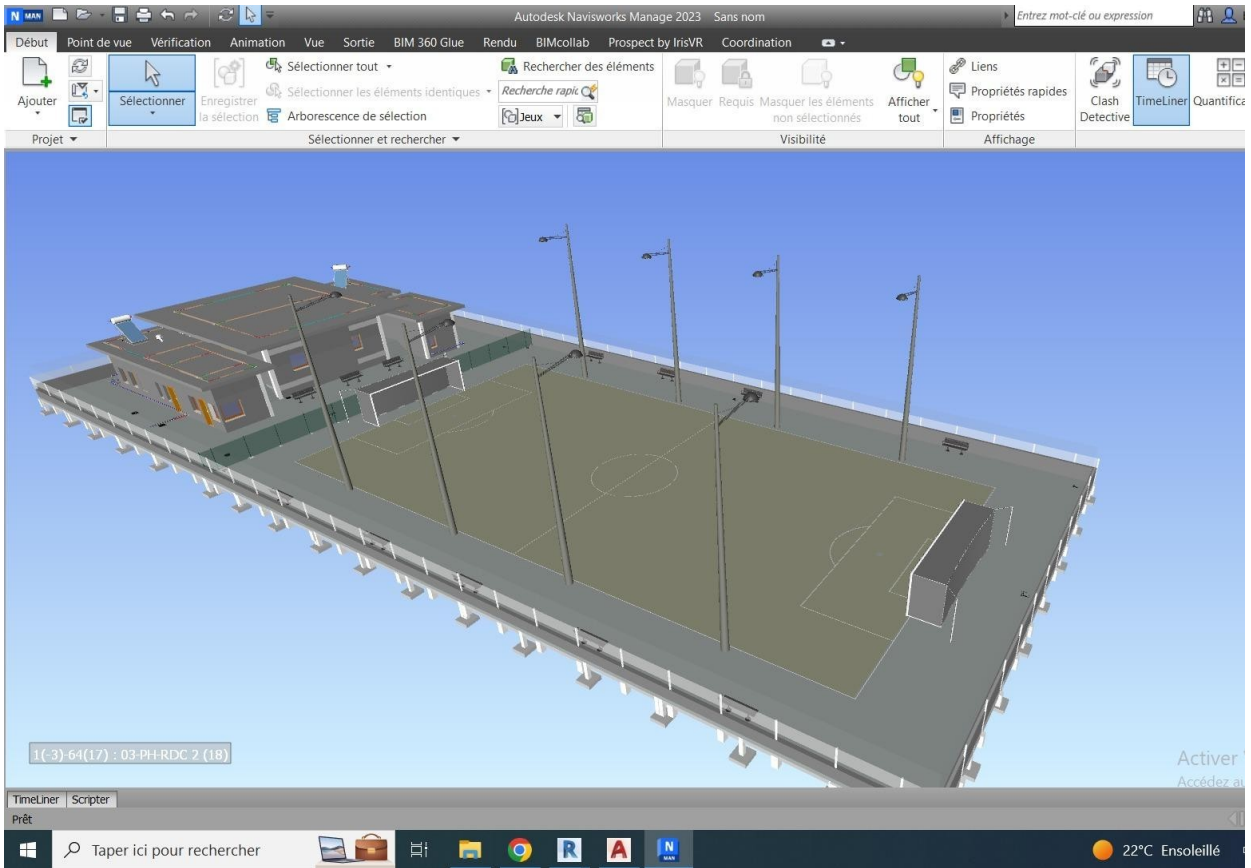


Figure 42: Vue 3D sur Navisworks des maquettes fusionnées pour s'assurer de la superposition

**CAS DE DETECTION DE CLASH ENTRE DEUX RESEAUX DANS LE MEME LOT :**

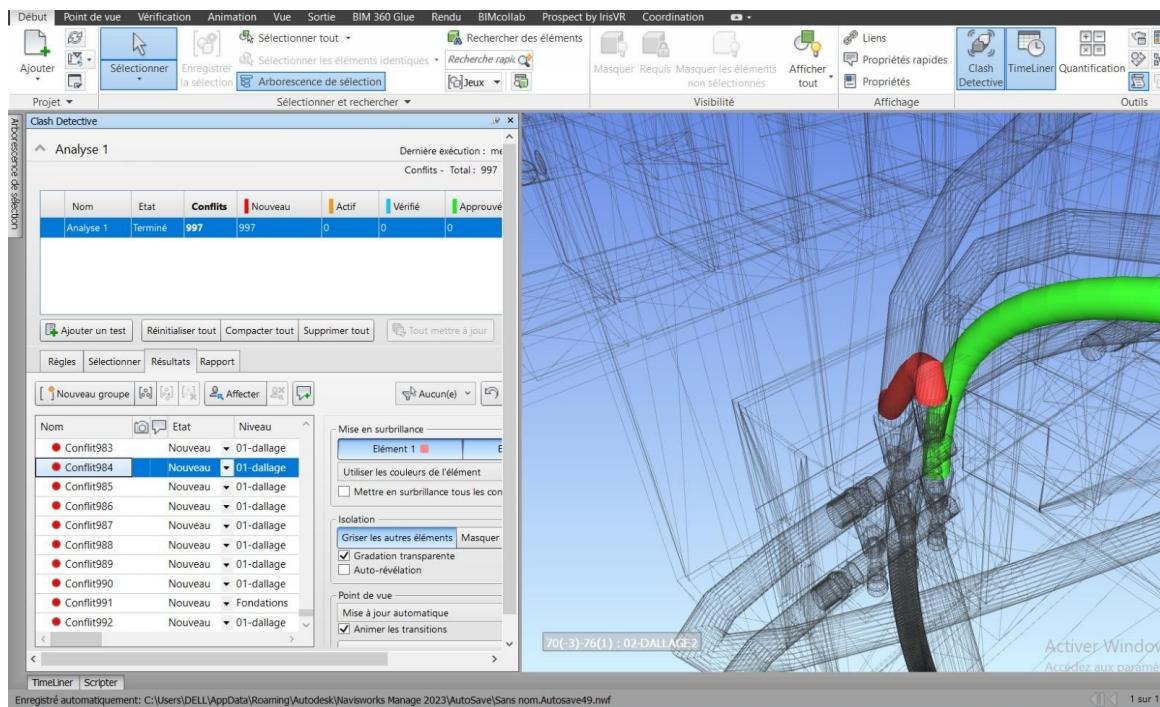


Figure 43: Détection de clash Eau froide, Eau chaude

La figure ci-dessus présente un chevauchement de deux réseaux dans le même lot.

**CAS DE DETECTION DE CLASH ENTRE DEUX LOTS DIFFERENTS :**

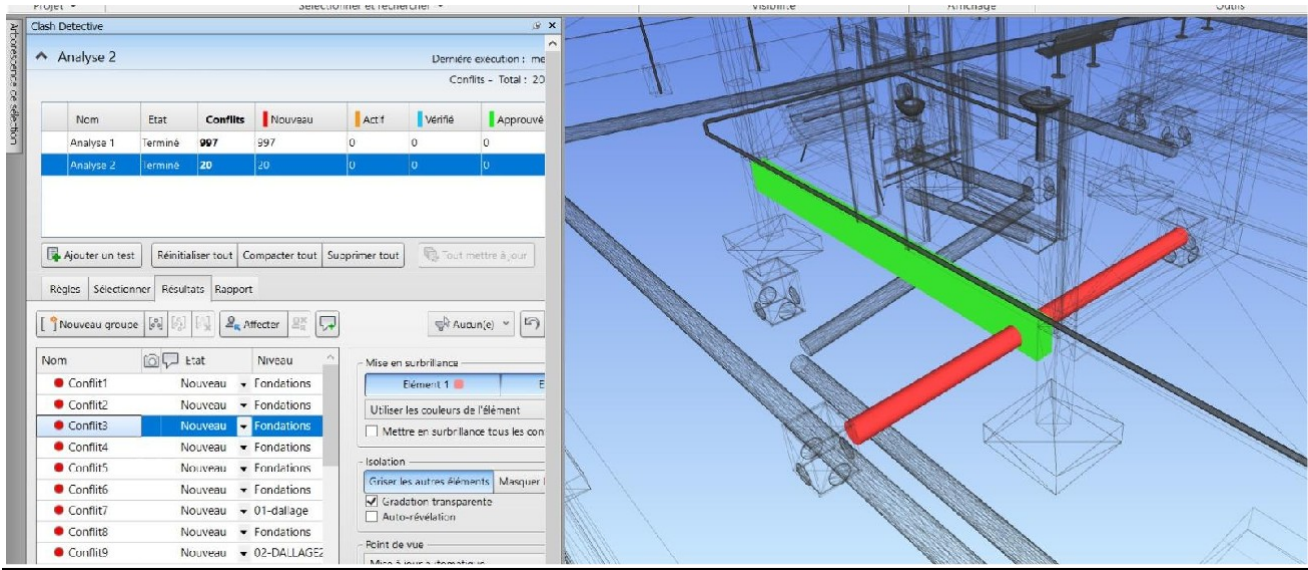


Figure 44: Clash entre réseau d'évacuation en rouge et longrine en vert

Cette figure montre la détection d'un conflit entre deux lots : lot structure en fondation et réseau sous dallage.

**CAS DE DETECTION DE CLASH ENTRE LOT ARCHI ET LOT FLUIDE :**

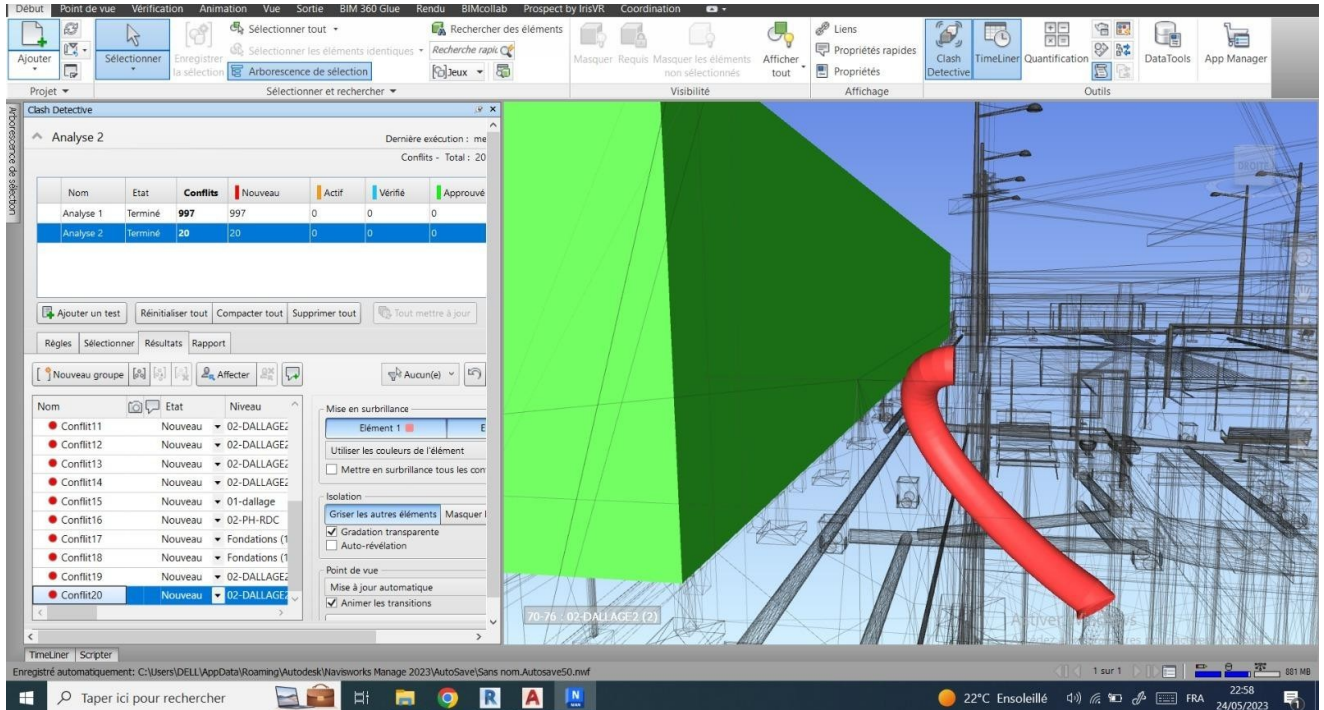


Figure 45: Clash entre lot Archi et Fluide

Comme présenté dans la figure ci-dessus, la détection de clash faite entre le lot archi et fluide, notamment le mur en vert et la gaine d'extraction VMC en rouge.

## CONCLUSION :

La détection de clashes entre les modèles 3D dans ce projet réel s'est révélée être d'une importance cruciale. Grâce à ce processus, j'ai pu identifier des conflits potentiels sur ce chantier d'envergure et les résoudre en amont. Cette approche proactive m'a permis d'éviter des problèmes majeurs sur le terrain et d'assurer une coordination efficace entre les différents éléments du projet.

La détection de clashes consiste à analyser les modèles 3D des différents composants du projet, tels que les structures, les équipements, les installations électriques, les conduites, etc. L'objectif est de repérer les intersections, les chevauchements ou les incompatibilités entre ces éléments. En identifiant ces conflits potentiels dès la phase de conception, il devient possible de les résoudre avant le début des travaux sur le terrain.

Cette approche proactive présente de nombreux avantages. Tout d'abord, elle permet d'économiser du temps et des ressources en évitant les modifications coûteuses et les retards sur le chantier. En résolvant les conflits en amont, on évite les interruptions de travail et les modifications d'urgence qui pourraient compromettre la planification globale du projet.

De plus, la détection de clashes favorise une coordination efficace entre les différentes équipes de travail. En anticipant les problèmes potentiels, il devient possible de mettre en place des solutions collaboratives et de prévoir des ajustements dans la planification. Cela améliore la communication et la coopération entre les différents acteurs du projet, qu'il s'agisse des architectes, des ingénieurs, des sous-traitants ou des ouvriers.

Enfin, la détection de clashes contribue à améliorer la qualité globale du projet. En éliminant les conflits et les erreurs dès la phase de conception, on s'assure que les éléments du projet s'assemblent correctement et fonctionnent de manière optimale. Cela réduit les risques de malfaçons, de problèmes de sécurité ou de dysfonctionnements une fois le projet terminé.

En conclusion, la détection de clashes entre les modèles 3D dans ce projet réel a joué un rôle essentiel pour assurer une coordination efficace, éviter des problèmes majeurs sur le terrain et garantir la qualité globale du projet. Cette approche proactive permet de résoudre les conflits en amont et d'optimiser la planification, contribuant ainsi au succès du projet dans son ensemble.

## LA PLANIFICATION 4D :

### Planning des travaux :

Pour pouvoir commencer la planification 4D du projet, j'ai d'abord réalisé l'élaboration du calendrier des travaux en prenant en compte les éléments BIM modélisés dans les maquettes ARCHI, Structure et Fluides, ainsi que le bordereau des prix du marché des travaux.

Le calendrier a été établi en utilisant le logiciel MS Project, sous la forme d'un diagramme de Gantt.

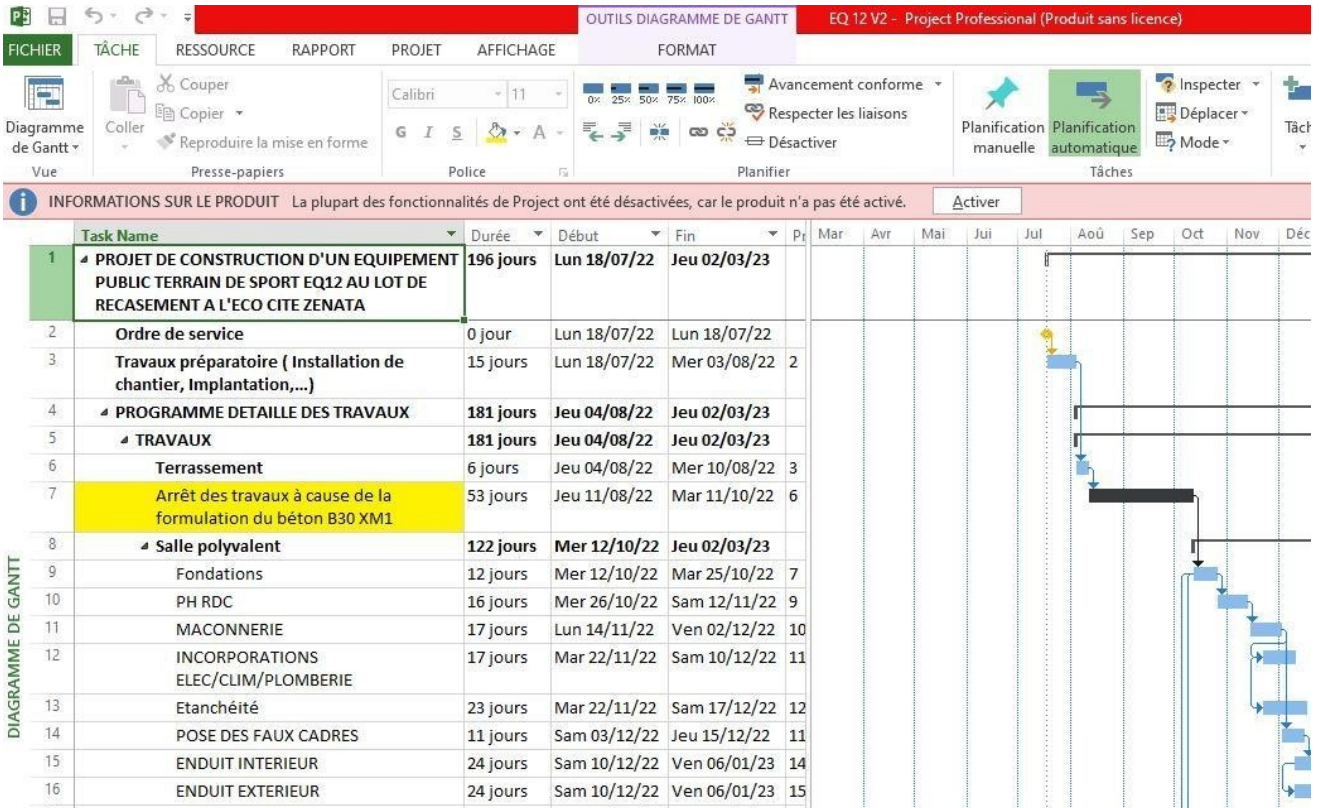


Figure 46: Extrait du Planning des travaux sur MSPROJECT

### La planification 4D :

J'ai procédé à l'établissement de la planification 4D en utilisant le logiciel Navisworks, avec l'aide de l'outil Time liner. Pour cela, j'ai commencé par intégrer les maquettes d'exécution, puis j'ai élaboré le calendrier des travaux.

Ensuite, j'ai lié les tâches du calendrier aux objets présents dans chaque maquette, en spécifiant les types de tâches appropriés. J'ai ensuite procédé à la simulation 4D, permettant ainsi de visualiser la séquence temporelle des activités.

Ci-dessous la figure du planning 4D :

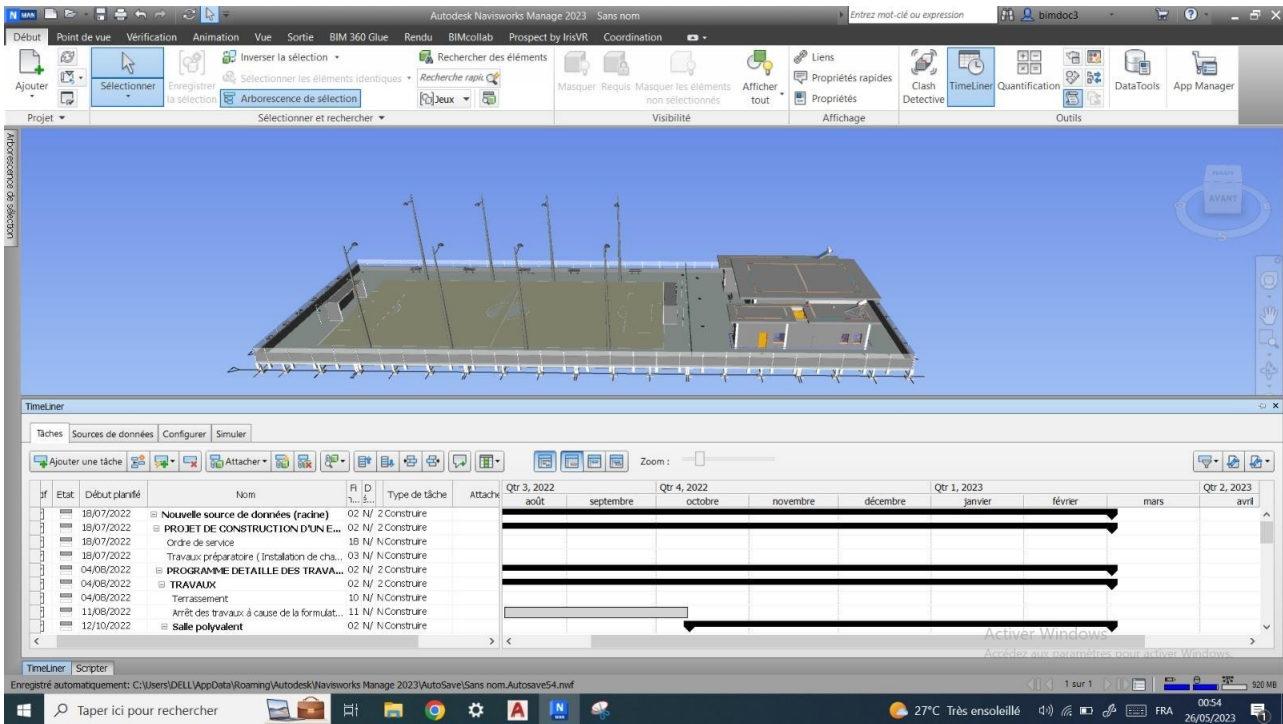


Figure 47: Planification 4D

La planification 4D permet de gérer efficacement les délais et de visualiser l'état d'avancement réel par rapport au plan prévu. Elle offre une meilleure maîtrise du calendrier en intégrant la dimension temporelle aux modèles BIM, permettant ainsi de suivre et de comparer l'avancement des travaux par rapport aux étapes prévues. Cela facilite la détection des écarts et des éventuels retards, ainsi que la prise de mesures correctives appropriées pour respecter les délais fixés.

## **LA PLANIFICATION 5D : EXTRACTION DES QUANTITES ET ETABLISSEMENT DES DECOMPTES :**

Les outils numériques du BIM offrent la possibilité de générer rapidement et précisément les métrés, grâce à la mise à jour automatique de tous les dessins et mesures à partir des modifications effectuées sur le modèle 3D. Pour ce faire, il est essentiel d'établir des maquettes d'exécution par corps d'état avec un niveau de détail élevé.

De plus, j'ai veillé à ce que la désignation des objets dans Revit corresponde à celle du bordereau des prix, afin d'éviter toute confusion lors de l'extraction des quantités. À l'aide de l'outil "Nomenclature" du logiciel Revit, je crée des tableaux détaillés de métrés en sélectionnant les paramètres à intégrer pour chaque type d'objet (portes, fenêtres, murs, poteaux, etc.) tels que le niveau, le matériau, la fonctionnalité, la hauteur, la surface, le volume, etc.

Par la suite, ces "Nomenclature" peuvent être exportées pour une analyse et une exploitation ultérieure. Cela permet d'obtenir des informations précises sur les quantités nécessaires et facilite la gestion des coûts et des ressources pour le projet.

### **Etablissement des décomptes**

Pour établir les décomptes provisoires, j'utilise les modèles 3D d'exécution. En fonction de l'avancement des travaux du projet, je sélectionne les objets Revit correspondant aux prestations réalisées sur le chantier à une date précise, puis je génère les quantités effectivement réalisées à cette date. En ajoutant le paramètre "coût" à ces quantités, j'obtiens le coût global des travaux à payer à l'instant T.

Cette approche me permet de calculer de manière précise et actualisée le montant des travaux réalisés à chaque étape du projet. En utilisant les modèles 3D et en associant les informations de coût, je suis en mesure de fournir des décomptes provisoires détaillés, reflétant fidèlement l'état d'avancement des travaux et les montants correspondants à payer à un moment donné.

Ci-dessous un exemple de tableau nomenclature de portes et fenêtres dans le lot archi :

Modifier la nomenclature/les quantités

Propriétés X 01-dallage Thumbnail Ref. Level (3D) View 1

Nomenclature

<Nomenclature des fenêtres>

A	B	C	D	E	F
Nombre	Famille et type	Largeur	Hauteur	Niveau	Hauteur de l'appui
1 Vantail - Droit: 0.50 m x 1.2 m - Appui en aluminium 3					
1	1 Vantail - Droit: 0.50 0.50		1.20	01-dallage	0.80
1	1 Vantail - Droit: 0.50 0.50		1.20	01-dallage	0.80
2					
1 Vantail - Droit: 0.60 m x 0.95 m - Appui en aluminium					
1	1 Vantail - Droit: 0.60 0.60		0.95	01-dallage	0.80
1					
1 Vantail - Droit: 0.80 m x 1.2 m - Appui en aluminium 2					
1	1 Vantail - Droit: 0.80 0.80		1.20	02-DALLAGE2	0.75
1	1 Vantail - Droit: 0.80 0.80		1.20	02-DALLAGE2	0.75
1	1 Vantail - Droit: 0.80 0.80		1.20	01-dallage	0.80
1	1 Vantail - Droit: 0.80 0.80		1.20	01-dallage	0.80
1	1 Vantail - Droit: 0.80 0.80		1.20	01-dallage	0.80
1	1 Vantail - Droit: 0.80 0.80		1.20	02-DALLAGE2	0.80
1	1 Vantail - Droit: 0.80 0.80		1.20	02-DALLAGE2	0.80
1	1 Vantail - Droit: 0.80 0.80		1.20	02-DALLAGE2	0.80
1	1 Vantail - Droit: 0.80 0.80		1.20	01-dallage	0.80
1	1 Vantail - Droit: 0.80 0.80		1.20	01-dallage	0.80
1	1 Vantail - Droit: 0.80 0.80		1.20	01-dallage	0.80
11					
1 Vantail - Droit: 1.00 m x 1.2 m - Appui en aluminium 4					
1	1 Vantail - Droit: 1.00 1.00		1.20	01-dallage	0.80
1	1 Vantail - Droit: 1.00 1.00		1.20	01-dallage	0.80
2					
1 Vantail - Droit: 1.2 m x 1.2 m - Appui en aluminium 3					
1	1 Vantail - Droit: 1.2 1.20		1.20	01-dallage	0.80
1					

Aide des propriétés Appliquer

Figure 48 : Tableau nomenclature fenêtres

Propriétés

Modifier la nomenclature/les quantités

Propriétés X Thumbnail Ref. Level (3D) View 1 Nomenclature des fenêtr

Nomenclature

<Nomenclature des portes>

A	B	C	D	E	F	G
Nombre	Famille et type	Largeur	Hauteur	Niveau	De la pièce: Nom	A la pièce: Nom
Int. Double - oculus et imposte: PP Oculus carré (1.80 m x 2.04 m) 2						
1	Int. Double - oculus e	1.80	2.04	02-DALLAGE2	Pièce	
1	Int. Double - oculus e	1.80	2.04	02-DALLAGE2	Pièce	
2						
Int. Simple: PP (0.82m x 2.04m) 2						
1	Int. Simple: PP (0.82	0.82	2.04	01-dallage		
1	Int. Simple: PP (0.82	0.82	2.04	01-dallage		
1	Int. Simple: PP (0.82	0.82	2.04	01-dallage		
1	Int. Simple: PP (0.82	0.82	2.04	01-dallage		
1	Int. Simple: PP (0.82	0.82	2.04	01-dallage	W.C	VESTIER
1	Int. Simple: PP (0.82	0.82	2.04	01-dallage	W.C	VESTIER
1	Int. Simple: PP (0.82	0.82	2.04	01-dallage	DOUCHE	VESTIER
1	Int. Simple: PP (0.82	0.82	2.04	01-dallage	DOUCHE	VESTIER
1	Int. Simple: PP (0.82	0.82	2.04	01-dallage	DOUCHE	VESTIER
10						
Int. Simple: PP (0.86m x 2.04m)						
1	Int. Simple: PP (0.86	0.86	2.04	01-dallage		
1	Int. Simple: PP (0.86	0.86	2.04	01-dallage		Pièce
1	Int. Simple: PP (0.86	0.86	2.04	02-DALLAGE2		Pièce
1	Int. Simple: PP (0.86	0.86	2.04	02-DALLAGE2	VESTIER	Pièce
1	Int. Simple: PP (0.86	0.86	2.04	01-dallage	LT	Pièce
1	Int. Simple: PP (0.86	0.86	2.04	01-dallage	BUREAU	Pièce
6						
Total général: 18						

Figure 49: Tableau nomenclature des portes

## LA MAQUETTE AS-BUILT ET LA RECEPTION DES OUVRAGES :

Grace au BIM, la réception du projet est plus facile puisqu'un grand nombre de défauts et des non-conformités aux règles de l'art peuvent être détectés sur le modèle 3D et traités en amont avant de passer à la réalisation des travaux.

Au moment de la réception, le modèle 3D permet de bien identifier les remarques constatées sur site et de suivre la levée de l'ensemble de ses réserves avec précision. A titre d'exemple : les fiches d'autocontrôle des équipements et installations peuvent être stockés dans le modèle 3D, consultés et vérifiés.

Après la réception et une fois toutes remarques levées, et en mettant à jour la maquette numérique en temps réel conformément aux observations de la maîtrise d'œuvre tout au long du cycle de construction de l'ouvrage, on obtient une maquette BIM conforme à la réalité. Il s'agit de la maquette « As-Built ».

En effet, la maquette numérique As-Built (tel que construit) ou (maquette numérique des ouvrages exécutés) par corps d'état est une représentation numérique en 3D des travaux réellement exécutés à la différence de la maquette numérique d'exécution qui représente les travaux prévus. Elle est établie par les entreprises au fur et à mesure de l'avancement des travaux et est vérifiée par la maîtrise d'œuvre à la fin du chantier.

La maquette « As-Built » est une base de données complète et détaillée qui sera transmise à l'utilisateur au moment de la livraison du projet pour en extraire la maquette GEM et s'en servir à la phase exploitation et maintenance.

Dans notre cas, les travaux étant toujours en cours, les maquettes d'exécution, sont toujours en cours de mise à jour, et d'implémentation en informations, fiches techniques et changements effectués sur terrain afin de constituer la maquette As Built qui sera figée après réception des travaux.

## CHAPITRE 2 : LES KPI POUR LA GESTION DU PROJET D'AMENAGEMENT DU LYCEE IBNOU AL ARABI A SIDI MAAROUF

*L'objectif majeur de ce chapitre est de présenter le deuxième outil adopté pour la gestion d'un projet d'aménagement : les indicateurs de performance. Ce puissant outil me permettra d'évaluer l'efficacité des prestataires engagés dans le projet, tels que le bureau d'études techniques (BET) et l'entreprise chargée de la réalisation des travaux. De plus, l'utilisation de ces indicateurs me permettra de suivre de près l'avancement réel des travaux, de gérer le coût global du projet et de veiller au respect des exigences de qualité spécifiées.*

*Les indicateurs de performance jouent un rôle crucial dans la gestion de projet, car ils fournissent des informations concrètes et mesurables sur les différentes dimensions du projet. Grâce à ces indicateurs, il est possible de quantifier et de suivre les progrès réalisés, d'identifier les écarts par rapport aux objectifs fixés et de prendre des mesures correctives en temps opportun.*

*L'utilisation des indicateurs de performance dans ce projet d'aménagement me permettra d'évaluer la performance du BET en termes de respect des délais de livraison des plans, de qualité des livrables et de réactivité face aux demandes et aux modifications. De même, l'entreprise sera évaluée en fonction de critères tels que le respect des délais de réalisation des travaux, le respect des normes de qualité et la gestion efficace des ressources.*

*Ces indicateurs de performance contribueront également à suivre de près l'avancement réel des travaux. En utilisant des tableaux de bord, des fiches de suivi et d'autres outils similaires, il sera possible de collecter et d'analyser les données sur l'avancement des différentes étapes du projet, la consommation des ressources, les coûts engagés et les problèmes éventuels rencontrés. Cette surveillance régulière permettra de détecter rapidement les éventuels retards, dépassements de coûts ou autres problèmes et de prendre des mesures correctives pour les résoudre.*

*En outre, les indicateurs de performance joueront un rôle essentiel dans la gestion du coût global du projet. En évaluant les dépenses réelles par rapport au budget prévu, il sera possible d'identifier les écarts et d'adopter des mesures pour optimiser les coûts et éviter les dépassements budgétaires. Cela garantira une gestion financière efficace et une utilisation optimale des ressources allouées.*

*Enfin, les indicateurs de performance me permettront de veiller au respect des exigences de qualité spécifiées pour le projet. En évaluant les résultats obtenus par rapport aux critères de qualité prédéfinis, il sera possible de s'assurer que les prestataires respectent les normes et les attentes fixées. Tout écart pourra ainsi être identifié et corrigé afin de garantir la réalisation d'un projet d'aménagement de haute qualité.*

## PRESENTATION DU PROJET :

Il s'agit d'un projet d'aménagement du lycée en Co activité, le déroulement des cours et la réalisation des travaux du marché est un défi à réussir, pour commencer j'ai réalisé une fiche technique du projet qui contient les indicateurs et paramètres clés.

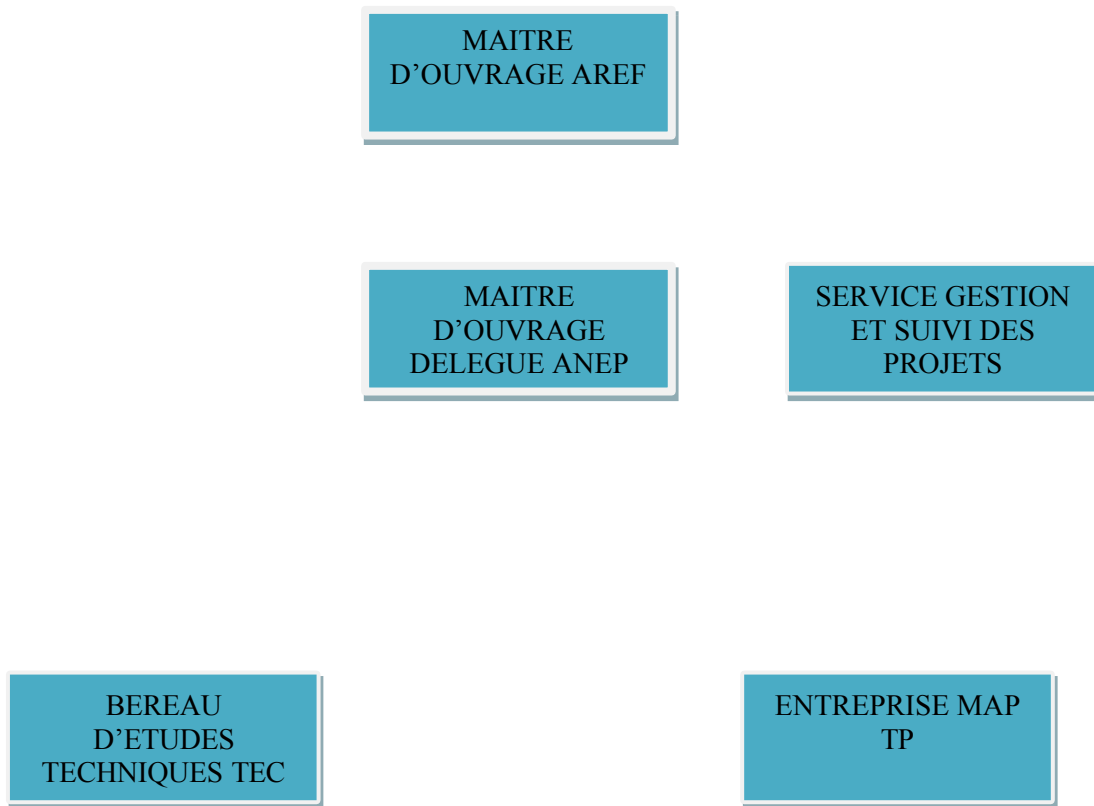
<b>Objet du marché :</b>	<b>TRAVAUX D'AMENAGEMENT DU LYCEE QUALIFIANT IBNOU ARABI PROVINCE AIN CHOK</b>
<b>N° de Marché :</b>	07/AREF/2022/ANEPKO
<b>Maitre d'ouvrage :</b>	Direction provinciale Ain chok-AREF Casablanca-Settat
<b>Titulaire du marché :</b>	MAP TP SARL AU
<b>Bureau d'études techniques</b>	Société techni plus engineering et consulting SARL
<b>Montant du marché TTC (en Dh) :</b>	1 245 324.00 DHS TTC
<b>Délai initial du marché :</b>	4 mois
<b>Commencement des travaux</b>	03/10/2022



Figure 50: Première visite avant le commencement des travaux

La visite des lieux avant le début des travaux permet d'évaluer précisément la situation, de détecter les problèmes cachés, d'adapter le projet en conséquence et de faciliter la communication entre toutes les parties impliquées. Cela contribue à la réussite globale du projet et à la réduction des risques potentiels.

**ORGANIGRAMME DE CHANTIER :**



L'organigramme ci-dessous présente les différents signataires du contrat lié au marché en question. En tant que représentant du service de gestion et de suivi du projet, ma mission consiste à garantir le bon déroulement des travaux, à assurer la qualité requise et à respecter les délais contractuels.

Mon rôle est de superviser toutes les étapes du projet, de coordonner les parties prenantes impliquées et de veiller à ce que les objectifs fixés soient atteints avec succès, dans le respect des exigences contractuelles.

## ANALYSE DE L'ETAT DES LIEUX :

### L'application des KPI-Collecte de données :

Avant de débiter les travaux, j'ai organisé une réunion avec toutes les parties prenantes impliquées, notamment le Maître d'ouvrage, le bureau d'études, l'entreprise et le directeur du lycée, une personne qui possède une connaissance approfondie de l'établissement. L'objectif de cette réunion était de rassembler et de prendre en compte les besoins spécifiques de cet aménagement.

Afin de mieux comprendre les particularités de chaque bloc du lycée, j'ai effectué une visite approfondie. Pendant cette visite, j'ai noté avec attention les anomalies et les problèmes rencontrés dans chaque lot, en prenant en compte les contraintes spécifiques à chaque espace.

Une fois les observations recueillies, j'ai compilé les résultats et les ai présentés à l'équipe de suivi du projet. Cette présentation a été structurée de manière à mettre en évidence les anomalies relevées dans chaque bloc du lycée, en fournissant des détails précis et en identifiant les actions correctives à entreprendre.

Cette approche méthodique nous a permis de mieux comprendre les besoins spécifiques du projet d'aménagement du lycée. En établissant un dialogue ouvert avec toutes les parties prenantes et en recueillant les informations clés lors de la visite des locaux, nous avons pu cibler de manière précise les améliorations nécessaires et les points à corriger.

Cette réunion et cette présentation ont joué un rôle essentiel dans la planification et l'exécution des travaux ultérieurs. Elles ont permis de mettre en évidence les priorités, de prendre en compte les spécificités de chaque bloc et de garantir une meilleure coordination entre toutes les parties prenantes.

En résumé, avant de débiter les travaux, j'ai organisé une réunion avec les parties prenantes clés et effectué une visite approfondie de chaque bloc du lycée. Les observations recueillies ont ensuite été présentées de manière structurée à l'équipe de suivi, ce qui a permis de mettre en évidence les anomalies à corriger et de garantir une planification efficace des travaux.

### Consistance des travaux en détails :

#### 1. Bloc administratif. Niveau rez-de-chaussée

##### 1.1. Bureau n°1 :

- traitement des fissures
- ponçage revêtement sol
- réfection des fenêtres et châssis en aluminium défectueux
- reprise de la quincaillerie de la menuiserie bois
- panel LED carré 60x60
- changement de l'interrupteur ou prise de courant défectueux

- peinture glycérophtalique mate sur murs intérieur et plafond
- peinture Glycéro sur menuiserie bois
- peinture Glycéro sur menuiserie métallique

1.2 Bureau n°2 :

- pareil au bureau n° 1

1.3. Bureau n°3 :

- pareil au bureau n° 1
- dépose de porte en bois + porte métallique
- pose porte métallique pleine (voir détail)

1.4. Toilettes hommes :

- ponçage revêtement sol
- réglette lavabo étanche LED
- peinture glycérophtalique laquée sur murs intérieur et plafond
- peinture Glycéro sur menuiserie bois

1.5 Toilettes femmes :

- ponçage revêtement sol
- peinture glycérophtalique laquée sur murs intérieur et plafond
- peinture Glycéro sur menuiserie bois

1.6 Couloir :

- traitement des fissures
- reprise des revêtements murale en mignonette lavée (ancienne porte du bureau n° 1)
- tableau général de protection TGBT
- peinture extérieure vinylique sur murs et plafonds

1.7 Vestiaire enseignants :

- traitement des fissures
- ponçage revêtement sol
- vérification l'évacuation d'eau sous lavabo
- dépose receveur douche existant
- pose d'installation eau froide et eau chaude pour douche
- pose receveur de douche
- reprise revêtement mural
- reprise de la quincaillerie de la menuiserie bois

- peinture glycérophtalique laquée sur murs intérieur et plafond
- peinture Glycéro sur menuiserie bois

### 1.7.2. Dépôt matériels

- traitement des fissures
- construction des étagères en béton (profondeur 50 cm)
- ponçage revêtement sol
- peinture glycérophtalique laquée sur murs intérieur et plafond
- peinture Glycéro sur menuiserie

### bois 1.2. Niveau 1er étage

#### 1.2.1. Dépôt :

- traitement des fissures
- démolition de mur entre dépôt et salle des enseignants (voir plan)
- ponçage revêtement sol
- panel led carré 60x60
- changement de l'interrupteur défectueux
- peinture glycérophtalique mate sur murs intérieur et plafond
- peinture Glycéro sur menuiserie bois
- peinture Glycéro sur menuiserie métallique

#### 1.2.2. Salle des enseignants :

- traitement des fissures
- fermeture de la porte en double cloison en briques creuses de 8 trous
- enduit sur mur
- ponçage revêtement sol
- panel led carré 60x60
- changement de l'interrupteur défectueux
- peinture glycérophtalique mate sur murs intérieur et plafond
- peinture Glycéro sur menuiserie bois
- peinture Glycéro sur menuiserie métallique

#### 1.2.3. Bureau n°4 et n° 5 :

- Idem au bureau n° 1

### Terrasse

- démolition de l'étanchéité
- réfection des couronnements d'acrotère
- forme de pente et chape de lissage

- relevé en bicouche auto protégé y/c équerre de renfort
- gargouillée avec crapaudine
- étanchéité liquide pour auvent y/c chape de support
- vérification des conduites EP

2. Logement directeur :

- démolition de l'étanchéité
- réfection des couronnements d'acrotère
- forme de pente et chape de lissage
- relevé en bicouche auto protégé y/c équerre de renfort
- gargouillée avec crapaudine
- vérification des conduites EP
- séparation compteur eau et électricité

3. Vestiaire élèves :

- dépose de menuiserie métallique (3 u)
- dépose de menuiserie aluminium
- dépose d'appareils sanitaires (lavabo collectif et lavabo sur console)
- dépose d'appareillage électrique
- démolition de mur de toute nature (voir plan)
- démolition du banc
- démolition du revêtement sols et murs existant
- démolition de l'étanchéité
- traitement des fissures
- réfection des couronnements d'acrotère
- maçonnerie en agglos creux de toutes dimensions (voir plan)
- construction du banc (voir plan)
- enduits intérieurs sur murs et plafonds
- enduits extérieurs au mortier ciment (façade arrière)
- canalisation buses en pvc toute dimensions (canalisation lavabo)
- regards type non visitables de 40 x 40cm (pour lavabo)
- forme de pente et chape de lissage
- relevé en bicouche auto protégé y/c équerre de renfort
- gargouillée avec crapaudine
- pose descente EP en fonte
- reprise des revêtements de sol en granito poli y/c plinthe
- reprise des revêtements banquette en granito poli y/c retombée
- revêtement mural en carreaux de faïence (emplacement lavabo intérieur, dimension sera déterminé sur place)
- reprise des revêtements murale en mignonette lavée (emplacement lavabo collectif extérieur, dimension sera déterminé sur place)
- réalisation de châssis en aluminium (voir détail)
- réalisation des portes métalliques (voir détail)

- réalisation des grilles de protection des fenêtres (voir détail)
- pose d'installation eau froide pour lavabo
- pose lavabos
- tableau de protection vestiaire - vérifier la section du câble d'alimentation du tableau électrique
- foyers lumineux double allumage (voir plan)
- hublot étanche
- peinture glycérophthalique mate sur murs intérieur et plafond
- peinture Glycéro sur menuiserie bois
- peinture Glycéro sur menuiserie métallique

#### 4. Guérite de sécurité :

- démolition de l'existant
- reconstruction suivant plan BET

#### 5. Bloc d'enseignement :

Vérifier la section du câble d'alimentation entre TGBT et tableau bloc d'enseignement

#### 6. Bibliothèque :

- Traitement des fissures
- dépose porte d'entrée
- fermeture porte initiale donnant sur couloir par maçonnerie (voir plan)
- enduit sur mur
- ponçage revêtement sol
- exécution plinthe sur les coté de la baie fermée
- panel led carré 60x60
- déplacement d'interrupteur vers porte d'entre en métal
- revoir l'installation des prises de courant apparentes
- peinture glycérophthalique mate sur murs intérieur et plafond
- peinture Glycéro sur menuiserie bois
- peinture Glycéro sur menuiserie métallique

#### 7. Salle scientifique n° 1, 2, 3 et 4

- traitement des fissures
- dépose portes communicantes avec le laboratoire (porte en bois et métal)
- ponçage revêtement sol
- ponçage revêtement table
- reprise de la quincaillerie porte bois
- pose porte métallique pleine entre salle et laboratoire (voir détail)
- réfection des fenêtres en aluminium défectueux
- mise à niveau évier
- repose prise de courant mal fixé
- luminaire avec 2 tubes led inclus

- peinture glycérophtalique mate sur murs intérieur et plafond
- peinture Glycéro sur menuiserie bois
- peinture Glycéro sur menuiserie métallique

8. Laboratoire n° 1 et 2

- traitement des fissures
- dépose portes entre laboratoire et couloir (porte en bois et métal)
- ponçage revêtement sol
- ponçage revêtement table
- pose porte métallique pleine entre couloir et laboratoire (voir détail)
- réfection des fenêtres en aluminium défectueux
- mise à niveau évier
- revoir l'installation des câbles électriques apparents
- changement de l'interrupteur ou prise de courant défectueux
- tableau de protection des classes
- peinture glycérophtalique mate sur murs intérieur et plafond
- peinture Glycéro sur menuiserie bois

9. Salle de cours :

- traitement des fissures
- ponçage revêtement sol
- réfection des fenêtres en aluminium défectueux
- luminaire avec 2 tubes led inclus
- changement de l'interrupteur ou prise de courant défectueux
- tableau de protection des classes
- peinture glycérophtalique mate sur murs intérieur et plafond
- peinture Glycéro sur menuiserie bois
- peinture Glycéro sur menuiserie métallique

10. Salle informatique :

- traitement des fissures
- dépose des portes existantes (porte en bois et métal)
- dépose goulotte existante
- dépose câble d'alimentation du vidéo projecteur existant
- ponçage revêtement sol
- réfection des fenêtres en aluminium défectueux
- pose porte métallique pleine (voir détail), sens d'ouverture de porte : vers l'intérieur
- rideaux d'obscurcissement (voir détail)
- tableau de protection des classes
- luminaire avec 2 tubes led inclus
- pose goulotte (hauteur de fixation et emplacement suivant plan)
- pose coffret de brassage (hauteur de fixation et emplacement suivant plan)
- pose prise de courant sur goulotte (hauteur de fixation, emplacement et nombre suivant plan)
- pose prise informatique sur goulotte (hauteur de fixation, emplacement et nombre suivant plan)

- pose prise HDMI sur goulotte + câble HDMI (hauteur de fixation, emplacement et nombre suivant plan)
- pose support vidéo projecteur
- pose écran de projection
- peinture glycérophthalique mate sur murs intérieur et plafond
- peinture Glycéro sur menuiserie bois
- peinture Glycéro sur menuiserie métallique

11. Salle spécialisée n° 1 et 2 :

- traitement des fissures
- démolition mur ancienne porte fermée (création d'une baie entre la salle 1 et le local 1 + entre la salle 2 et le local 2)
- ponçage revêtement sol
- reprise de la quincaillerie porte bois
- réfection des fenêtres en aluminium défectueux
- pose porte iso plane entre la salle 1 et le local 1 + entre la salle 2 et local 2
- tableau de protection des classes
- luminaire avec 2 tubes led inclus
- changement de l'interrupteur ou prise de courant défectueux
- peinture glycérophthalique mate sur murs intérieur et plafond
- peinture Glycéro sur menuiserie bois
- peinture Glycéro sur menuiserie métallique

12. Couloir Rez de chaussée :

- traitement des fissures
- décapage revêtement mural en faïence (poteau du préau)
- dépose porte, fenêtre et grille archive entre salle et vestiaire élèves (voir plan Rdc)
- démolition mur archive entre salle et vestiaire élèves (voir plan Rdc)
- ponçage revêtement sol
- revoir l'installation des câbles électriques apparents
- pose hublot
- changement de l'interrupteur ou prise de courant défectueux
- tableau de protection bloc
- peinture vinylique sur murs intérieur et plafond

13. Couloir 1er et 2ème étage :

- traitement des fissures
- ponçage revêtement sol
- revoir l'installation des câbles électriques apparents
- pose hublot
- changement de l'interrupteur ou prise de courant défectueux
- tableau de protection bloc

- peinture vinylique sur murs intérieur et plafond

#### 14. Cage d'escalier

- traitement des fissures
- ouverture baie (voir plan)
- ponçage revêtement sol
- revoir l'installation des câbles électriques apparents
- pose hublot
- changement de l'interrupteur ou prise de courant défectueux
- peinture vinylique sur murs intérieur et plafond

#### 15. Façades

- traitement des fissures
- traitement des joints de dilatation
- peinture griffé

#### 15. Espace terrain de sport :

- dépose porte entre préau et espace terrain de sport
- dépose porte entre rue et espace terrain de sport
- démolition mur surélevé entre préau et espace terrain de sport
- mur à construire entre préau et espace terrain de sport
- pose porte métallique entre préau et espace terrain de sport
- dallage lisse
- réfection panneaux basket ball

#### 16. Entrée principale du lycée :

- pose mat drapeau
- pose enseigne
- réfection porte métallique

#### 17. Cours de récréation :

- mise à niveau câblage vidéo surveillance
- reprise du revêtement sol REVSOL dégradé.



Figure 51: L'état des lieux avant de commencer les travaux

Tel qu'indiqué dans l'illustration, il est prévu d'effectuer une mise à niveau du câblage de la vidéosurveillance. Pour cacher ce travail désagréable, une tranchée sera creusée dans le dallage.

Par ailleurs, il est important de noter que la façade du bloc administratif présente plusieurs fissures qui nécessitent un traitement approprié.

### **PROBLEMES RENCONTRES :**

Ce projet a mis en lumière plusieurs problèmes qui méritent d'être adressés. L'un des principaux problèmes concerne l'accessibilité aux locaux. En effet, les salles de classe sont occupées par les élèves et les professeurs, tandis que les bureaux sont utilisés par le personnel administratif. Il est essentiel de garantir un accès adéquat à l'école pendant la réalisation des travaux.

Cependant, la réalisation de travaux pendant les heures de cours présente des défis majeurs. Les activités d'apprentissage nécessitent un environnement calme et propice à la concentration. L'utilisation de matériels bruyants et perturbateurs peut perturber les cours et nuire à la qualité de l'enseignement dispensé.

Il est donc primordial de trouver des solutions alternatives pour mener à bien les travaux sans perturber le fonctionnement régulier de l'école. Cela peut impliquer la planification des travaux en dehors des heures de cours, notamment les week-ends ou les périodes de vacances scolaires. Il est également possible d'envisager des mesures de prévention du bruit et des nuisances, telles que l'utilisation d'équipements moins bruyants ou l'isolation acoustique des zones de travail.

La prise en compte de ces contraintes liées à l'accessibilité et à la perturbation des activités scolaires est essentielle pour assurer la continuité de l'éducation des élèves et le bon fonctionnement de l'établissement. Des discussions et des consultations approfondies avec toutes les parties prenantes, y compris les responsables de l'école, les enseignants, les élèves et les entreprises de construction, sont

nécessaires pour trouver des solutions adaptées et établir un calendrier réaliste qui tient compte des contraintes de chacun.

En résumé, l'accessibilité aux locaux constitue un défi majeur dans ce projet. La réalisation des travaux pendant les heures de cours est impossible en raison des perturbations potentielles causées par l'utilisation de matériels bruyants. Des mesures alternatives doivent être envisagées pour minimiser les perturbations, telles que la planification des travaux en dehors des heures de cours ou l'utilisation de techniques moins bruyantes. La collaboration entre toutes les parties prenantes est essentielle pour trouver des solutions adéquates et assurer le bon déroulement du projet tout en préservant la qualité de l'enseignement et l'accès à l'éducation.

### **SOLUTIONS ET DECISIONS PRISES POUR FAIRE FACE A CETTE PROBLEMATIQUE :**

Afin de garantir le bon déroulement de toutes les prestations de ce projet tout en assurant la continuité des cours, j'ai établi une séquence logique pour le démarrage des travaux. Cette planification minutieuse vise à optimiser les ressources disponibles et à minimiser les perturbations pour l'établissement.

L'entreprise chargée des travaux va débiter par le lot d'étanchéité des terrasses, conformément au cahier des prescriptions spéciales (CPS). La première étape de ce processus consiste à retirer l'étanchéité existante, y compris la forme de pente et la chape de lissage. Par la suite, les matériaux seront évacués vers la décharge publique conformément aux normes environnementales.

Parallèlement aux travaux d'étanchéité, les travaux de rénovation du revêtement en mignonette lavée des couloirs débiteront. De plus, les travaux de traitement des joints de façade seront entrepris pour maintenir l'intégrité structurelle du bâtiment.

Dans le bloc vestiaire, les travaux mentionnés dans la description des travaux seront réalisés en suivant les spécifications requises. Cette partie du projet nécessite une attention particulière, car elle est essentielle pour assurer le bon fonctionnement des installations liées aux vestiaires.

Les travaux dans les salles de classe seront planifiés pendant les weekends et les vacances scolaires, afin de minimiser les perturbations pour les élèves et les enseignants. Ces prestations comprennent plusieurs aspects cruciaux pour améliorer l'environnement d'apprentissage.

Tout d'abord, la peinture des salles de classe sera effectuée pour rafraîchir les espaces et créer une ambiance propice à l'étude. Les luminaires seront également installés pour assurer un éclairage adéquat et confortable.

Parallèlement, des tableaux modulaires seront fixés aux murs pour faciliter l'interaction et la communication entre les enseignants et les élèves. De plus, les fenêtres en aluminium et les portes en bois seront rénovées afin de garantir une bonne isolation thermique et acoustique.

Enfin, le ponçage du revêtement en granito poli sera effectué pour restaurer la beauté et la durabilité des sols dans les salles de classe.

Il convient de souligner que toutes ces prestations seront réalisées avec le souci du détail et la qualité requise pour répondre aux normes et aux exigences du projet. Des professionnels compétents seront impliqués pour assurer une exécution soignée de chaque étape.

### **CONTROLE DE LA QUALITE DES TRAVAUX :**

#### **LOT ETANCHEITE :**

Suivant les articles du présent marché, l'entreprise est amenée à démolir l'étanchéité existante y compris l'évacuation, ensuite la reprise de la forme de pente, la chape de lissage et enfin la pose des feuilles d'étanchéité.

Comment j'ai vérifié ce lot pour garantir une exécution dans les règles de l'art et suivant le CPS :

Pour ce faire j'ai dressé la fiche de contrôle suivante :

Désignations	Etabli par	Validation BET	Validation ANEP
Plan d'exécution de l'étanchéité	Entreprise	BET	OK
Fiche technique du produit	Fournisseur	OK	OK
Mode de pose	Fournisseur	OK	OK
Réception de la démolition de l'étanchéité existante	BET/Entreprise	OK	OK
Reprise du couronnement d'acrotère	Entreprise	OK	Ok
Réception de la forme de pente	BET/Entreprise	OK	OK
Validation du produit approvisionné sur chantier	BET	OK	OK
Pose de la première feuille d'étanchéité	Entreprise	OK	OK
Pose de la deuxième couche d'étanchéité	Entreprise	OK	OK
L'essai de mise en eau	BET	OK	OK

Tableau 6: Fiche de contrôle Etanchéité

Comme détaillé dans le tableau ci-dessus, toutes ces prestations sont à vérifier avant, en cours et à la fin des travaux.

Ci-dessous quelques photos illustrant le déroulement des travaux de la démolition jusqu'à mise en eau.

Figure 52: démolition de l'étanchéité existante y compris la forme de pente

La démolition de l'étanchéité existante a été effectuée, impliquant la suppression des feuilles et la destruction de la forme de pente. Cependant, il convient de noter que le stockage de ces débris de démolition de cette manière peut entraîner des dommages au plancher en raison de l'application de charges supplémentaires sur la dalle.

Consigne : évacuation immédiate



Figure 53: la reprise de la forme de pente et la réfection du couronnement d'acrotère



Figure 54: Essai de mise en eau

Pour vérifier son efficacité. Voici les étapes générales pour la mise en eau d'une étanchéité de terrasse :

**Préparation :** Assurer que l'étanchéité a été correctement installée et que tous les détails et raccords sont en place. Vérifiez également que les évacuations d'eau sont libres et fonctionnelles.

**Nettoyage :** Avant de procéder à la mise en eau, nettoyez soigneusement la surface de la terrasse pour éliminer toute saleté, poussière ou débris susceptibles d'interférer avec l'inspection de l'étanchéité.

**Remplissage de la zone :** Commencer par remplir la zone de la terrasse avec de l'eau, utiliser un tuyau d'arrosage ou un autre. La mise en eau de l'étanchéité d'une terrasse est une étape importante dans le processus de construction ou de rénovation moyen approprié pour assurer un remplissage uniforme et contrôlé.

**Niveau d'eau :** L'eau doit être progressivement augmentée pour atteindre une hauteur spécifique, généralement déterminée par les recommandations du fabricant de l'étanchéité ou les normes en vigueur. Surveiller attentivement le niveau d'eau pour éviter les débordements.

**Inspection visuelle :** Pendant que la terrasse se remplit d'eau, observer attentivement l'étanchéité pour détecter d'éventuelles fuites, infiltrations ou points faibles. Recherchez des bulles d'air, des fissures, des zones décolorées ou tout signe indiquant un problème potentiel.

**Durée d'observation :** Laisser l'eau en place pendant une période spécifique recommandée, généralement de 24 à 48 heures, pour permettre une évaluation adéquate de l'étanchéité. Pendant cette période, continuer à surveiller les éventuelles fuites ou problèmes.

**Vidange et séchage :** Une fois l'inspection terminée, assurer de vider soigneusement l'eau de la terrasse. Assurer que la surface est correctement séchée avant de poursuivre les travaux ultérieurs, tels que l'installation des revêtements de finition ou autres aménagements.

#### LOT ELECTRICITE-LUSTRIERIE :

L'exécution de ce lot revêt une grande importance pour assurer le bon déroulement des études.

Il est essentiel de le réaliser conformément aux normes de l'industrie et en suivant attentivement les détails et recommandations fournis par le bureau d'études techniques (BET).

Ci-joint le tableau de contrôle :

Désignations	Etabli par	Validation BET	Validation ANEP
Vérification du câblage existant	Entreprise	Ok	OK
Dépose d'appareil électrique existant	Entreprise	OK	OK
Fiche technique prise de courant	Fournisseur	OK	OK
Fiche technique tableau modulaire/secondaire	Fournisseur	OK	OK
Vérification Tableau général TGBT existant	Entreprise	OK	Ok
Fiche technique luminaires	Fournisseur	OK	OK
Renforcement de la mise à la terre existante	Entreprise	OK	OK
Plan d'exécution et schéma unifilaire	Entreprise	OK	OK

Tableau 7: Fiche de Contrôle synthèse du lot Electricité-Lustrerie

Les plans d'exécutions établies par l'entreprise :

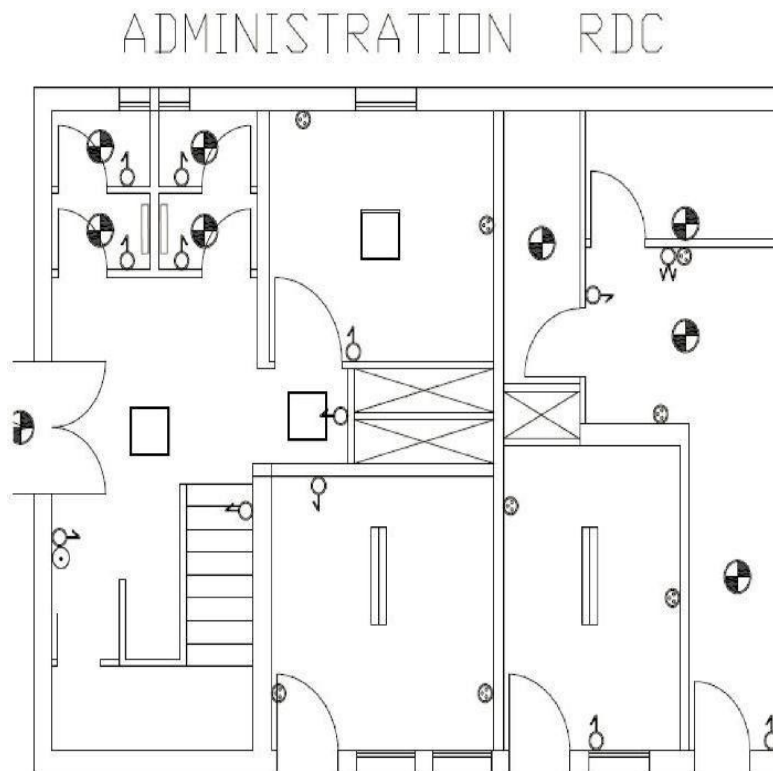


Figure 55: extrait du plan électrique

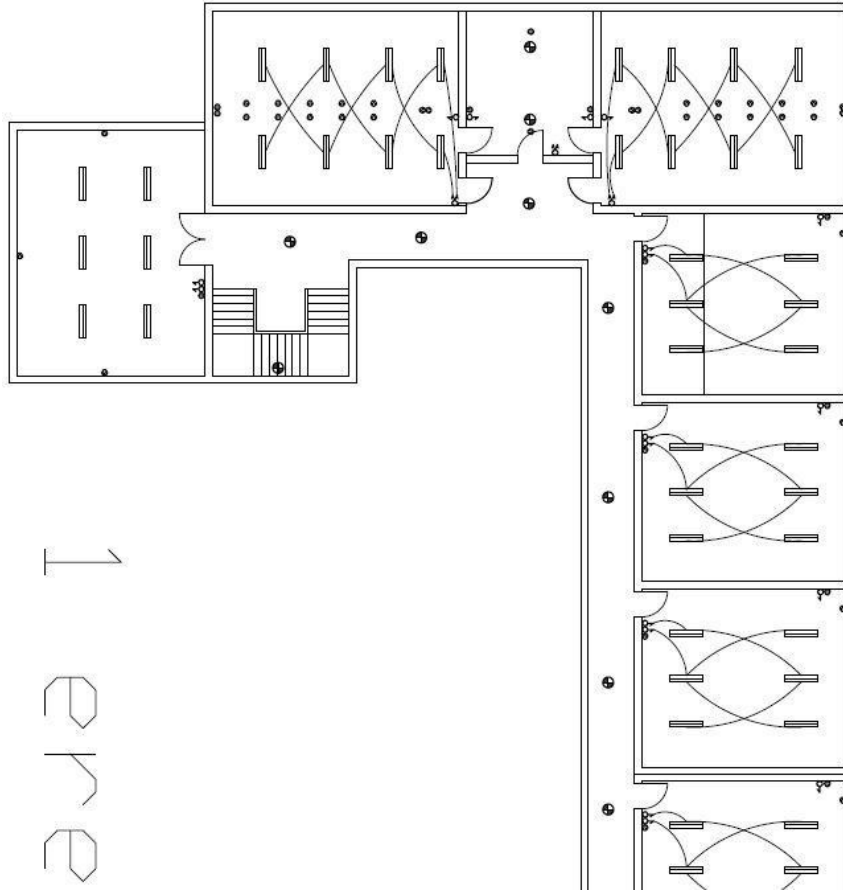


Figure 56: Extrait plan électricité salle de cours

Ces plans d'exécution peuvent servir pour la réalisation des métrés réels et par la suite l'établissement des pièces administratif pour le paiement.

Parmi les pièces que dépose l'entreprise pour le paiement :

- Le décompte provisoire
- L'attache provisoire
- La situation provisoire
- Les plans d'attache
- Le métré détaillé

FICHE DE CONTROLE D'UNE ARMOIRE ELECTRIQUE :

Contrôles effectués	Résultats		Observations
	Oui	Non	
Fixation des accessoires			
Serrage des câbles			
Contrôle de l'étiquetage			
Schéma unifilaire collé sur le tableau			
Mise à la terre du tableau			

### Tableau 8: Fiche de contrôle d'une armoire électrique

Cette fiche de contrôle permet de vérifier l'ensemble de l'armoire posé à savoir : les câbles, les accessoires, l'ampérage etc..



Figure 57: TES Contrôle du Tableau électrique secondaire

La figure ci-dessus présente un TES sans l'étiquetage et sans schéma unifilaire.

## ***PARTIE 3 : ANALYSE DES RESULTATS***

---

*La présente section marque la conclusion de ce mémoire et se consacre à la discussion approfondie du travail effectué, des objectifs atteints et des résultats obtenus au cours de la période de stage. Cette étape permettra d'évaluer la pertinence et l'efficacité des efforts déployés, tout en mettant en évidence les contributions significatives apportées dans le cadre de ce projet.*

*Discussion des travaux réalisés :*

*La première partie de cette discussion se concentre sur les travaux réalisés pendant le stage. Il convient d'examiner en détail les différentes tâches accomplies, les méthodologies et les approches utilisées, ainsi que les défis rencontrés et les solutions trouvées. Cette analyse permettra d'évaluer la qualité et la pertinence du travail accompli, en soulignant les aspects les plus significatifs et les contributions spécifiques apportées.*

*Objectifs atteints :*

*La deuxième partie de la discussion se concentre sur les objectifs fixés au début du stage et sur leur réalisation. Il est essentiel d'évaluer dans quelle mesure ces objectifs ont été atteints et de déterminer les éventuels écarts ou réussites. Une évaluation objective des objectifs permettra de mesurer l'efficacité du plan d'action mis en place et de déterminer les résultats tangibles obtenus par rapport aux attentes initiales.*

*Résultats obtenus :*

*La troisième partie de la discussion porte sur les résultats obtenus au cours de la période de stage. Cela inclut l'analyse des données recueillies, les observations, les conclusions et les recommandations découlant du travail réalisé. Il est important de mettre en évidence les principales découvertes, les enseignements tirés et les contributions potentielles du projet à l'avancement des connaissances ou à l'amélioration des pratiques.*

## **DISCUSSION DES TRAVAUX REALISES ET RESULTATS OBTENUS :**

Cette partie présente mon expérience enrichissante au sein de l'Agence Nationale des Équipements Publics, où j'ai eu l'opportunité de travailler au sein d'une équipe hautement compétente chargée de la gestion de projets de bâtiment. Au cours de cette période, j'ai été impliqué dans le suivi et la gestion de deux projets distincts, l'un étant une construction neuve et l'autre un aménagement d'un bâtiment existant. Ce fut une occasion unique d'appliquer deux approches de gestion différentes et d'acquérir une expérience précieuse dans le domaine.

Travailler avec une équipe compétente :

L'un des aspects les plus gratifiants de mon expérience à l'Agence Nationale des Équipements Publics a été la possibilité de collaborer avec une équipe extrêmement compétente. Les membres de l'équipe étaient des experts dans leur domaine respectif et apportaient une expertise approfondie dans la gestion de projets de bâtiment. Travailler en étroite collaboration avec eux m'a permis d'apprendre de nouvelles compétences, de bénéficier de leurs conseils et de développer une compréhension approfondie des meilleures pratiques de gestion de projets.

Suivi et gestion de projets différents :

Pendant mon stage, j'ai été chargé du suivi et de la gestion de deux projets distincts. Le premier projet concernait la construction d'un bâtiment neuf, tandis que le second impliquait l'aménagement d'un bâtiment existant. Ces deux projets présentaient des défis uniques et exigeaient des approches de gestion différentes. J'ai eu l'occasion d'appliquer des techniques telles que l'élaboration de plans de travail, la coordination des équipes, le suivi des avancements, la gestion des ressources et la résolution des problèmes. Cette expérience m'a permis de développer mes compétences en gestion de projets et de comprendre les spécificités et les exigences propres à chaque type de projet.

Parlant du travail accompli dans le cadre de l'application des outils de gestion de projet. Dans le projet de construction, j'ai opté pour l'utilisation du Building Information Modeling (BIM) en raison de la complexité des différents lots impliqués. Pour le projet d'aménagement, j'ai utilisé les Key Performance Indicators (KPI) en m'appuyant sur les fiches de contrôle de qualité, de gestion des délais et des coûts. Cette approche a permis une gestion efficace et une évaluation précise des performances des projets.

Application du BIM dans le projet de construction :

Dans le projet de construction, j'ai choisi d'utiliser le BIM comme outil de gestion. Le BIM est une méthodologie basée sur la modélisation 3D et la collaboration entre les différentes parties prenantes du projet. En utilisant le BIM, j'ai pu créer un modèle numérique détaillé du projet, intégrant les différents lots et permettant une visualisation et une coordination efficaces. Le BIM a facilité la détection précoce des clashes, la coordination des interfaces entre les différents corps de métier, ainsi que l'estimation des quantités de matériaux et des coûts associés. Il a également favorisé une meilleure communication et collaboration entre les acteurs du projet.

Utilisation des KPI dans le projet d'aménagement :

Dans le projet d'aménagement, j'ai utilisé les Key Performance Indicators (KPI) comme outil de gestion. Les KPI sont des indicateurs clés qui permettent de mesurer les performances du projet par rapport à ses objectifs. J'ai identifié les principaux domaines de performance tels que la qualité, les délais et les coûts, et j'ai mis en place des fiches de contrôle correspondantes. Ces fiches de contrôle ont permis de collecter des données quantitatives et qualitatives tout au long du projet, en évaluant la conformité aux normes de qualité, le respect des délais et le suivi des coûts. Les KPI ont fourni une vision objective des performances du projet, permettant ainsi d'identifier les éventuels écarts par rapport aux objectifs fixés.

L'application des outils de gestion de projet, tels que le BIM et les KPI, s'est avérée essentielle pour assurer une gestion efficace des projets de construction et d'aménagement. L'utilisation du BIM a permis une coordination et une visualisation précises des différents lots, tandis que les KPI ont fourni des indicateurs clés pour évaluer les performances du projet. Ces approches ont contribué à une meilleure planification, une gestion plus efficace des délais et des coûts, ainsi qu'une amélioration globale de la qualité des projets. En combinant ces outils avec des compétences en gestion de projet, j'ai pu atteindre les objectifs fixés et assurer la réussite des projets.

### ANALYSE DES RESULTATS :

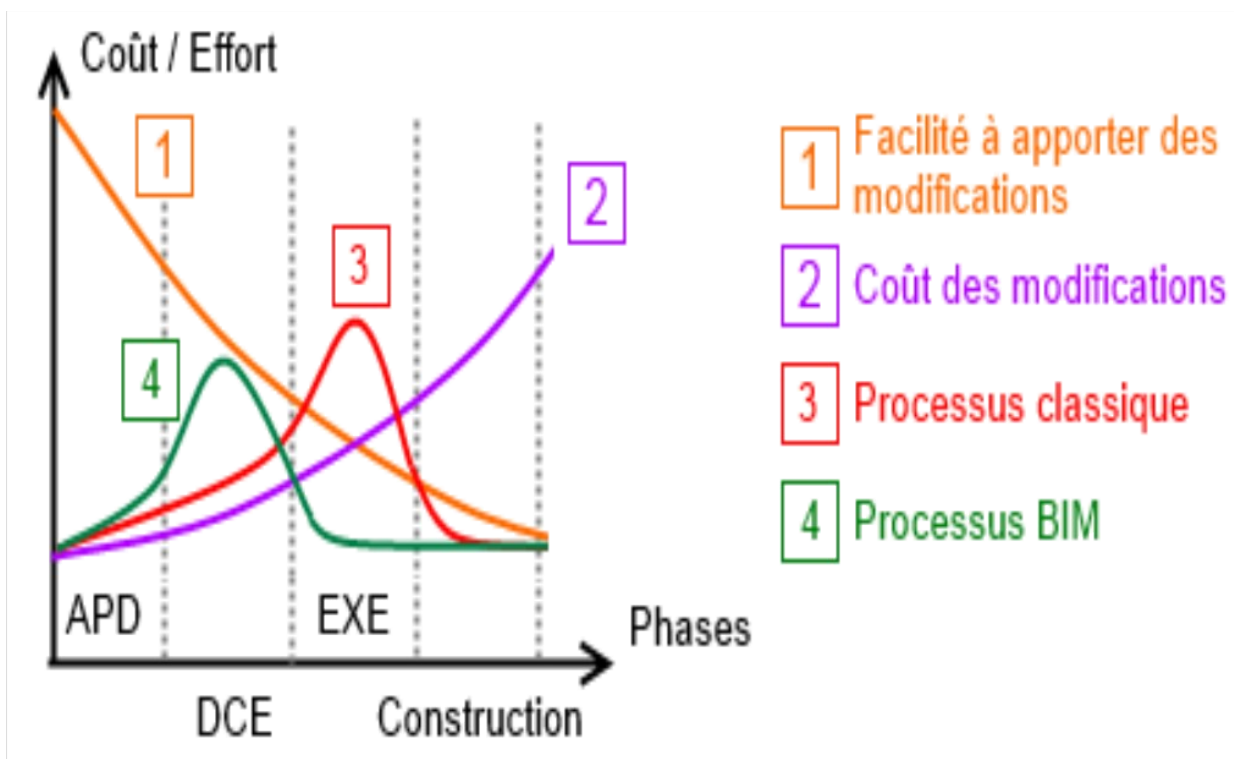


Figure 58: Graphique explicatif du processus BIM et Le processus Normal

Courbe 1 : dans un processus classique plus le projet avance, moins il est facile de le modifier.

Courbe 2 : en relation avec la courbe 1, dans un processus classique plus le projet avance, plus le coût des modifications augmentent.

Courbe 3 : dans un processus de travail classique, l'essentiel des efforts est fourni durant la phase d'exécution. Notez qu'avec la réduction ou la suppression des périodes de préparation, cette courbe a tendance à glisser vers la droite.

Courbe 4 : au contraire, le processus du BIM vise à transférer, via une approche collaborative dite intégrée, la majeure partie de ces efforts vers la gauche du graphique.

Explication :

Le but du BIM est de décaler les modifications vers le début du projet pour réduire les coûts liés à ces modifications.

Il est donc fondamental de budgétiser la phase de conception en fonction des ambitions de la maquette BIM.

Le processus BIM est un processus gagnant gagnant puisqu'il doit permettre:

- De diminuer globalement le coût de l'ouvrage pour le MO en déplaçant les modifications éventuelles de la phase EXE à la phase PRO/DCE
- De permettre au MOE de mieux valoriser leurs compétences.
- De permettre à l'entreprise de commencer les travaux plus rapidement après l'Ordre de Service.

## CONCLUSION :

Ce mémoire de fin d'études a été l'occasion d'explorer l'évolution du secteur de la construction en intégrant les processus du Building Information Modeling (BIM) ainsi que divers outils de gestion sophistiqués. Au cours de cette étude, il est devenu évident que l'avenir de ce secteur repose sur l'adoption de ces nouvelles méthodes et technologies. Cependant, il est important de souligner que cette évolution ne peut être pleinement réalisée que si toutes les parties prenantes s'engagent pleinement dans cette démarche.

### L'importance de l'intégration du BIM :

L'intégration du BIM dans le domaine de la construction offre de nombreux avantages significatifs. Tout d'abord, en permettant la création de modèles numériques en 3D, le BIM rassemble toutes les informations nécessaires à la conception, à la construction et à la gestion d'un projet au sein d'une seule plateforme. Cela inclut non seulement les éléments architecturaux, mais aussi les données liées aux installations électriques, aux systèmes de plomberie, aux réseaux de communication, aux éléments structuraux et bien d'autres encore.

L'un des principaux atouts du BIM est sa capacité à favoriser la coordination et la collaboration entre les différents acteurs du projet. En utilisant un modèle BIM commun, les architectes, les ingénieurs, les entrepreneurs et les sous-traitants peuvent travailler de manière plus efficace et transparente. Ils peuvent visualiser et évaluer les interactions entre les différents éléments du projet, anticiper les conflits potentiels et résoudre les problèmes avant même le début de la construction. Cette approche préventive réduit les retards et les coûts imprévus liés aux modifications ou aux erreurs de conception.

De plus, le BIM facilite grandement la communication entre les parties prenantes. Les modèles BIM sont visuellement riches et permettent de représenter les concepts de manière claire et compréhensible. Les discussions et les prises de décision sont facilitées, car toutes les informations pertinentes sont accessibles à tous les acteurs concernés. Les ajustements et les modifications peuvent être effectués en temps réel, ce qui évite les malentendus et les problèmes de communication.

Le BIM permet également une meilleure planification et une gestion plus efficace des ressources. Les données intégrées dans le modèle BIM permettent d'optimiser l'utilisation des matériaux, de prévoir les besoins en main-d'œuvre et de suivre l'avancement du projet. Cela permet d'identifier les goulots d'étranglement potentiels, de prendre des mesures correctives et d'assurer une exécution fluide du projet.

Enfin, le BIM offre des avantages à long terme en facilitant la maintenance et la gestion ultérieure des bâtiments. Les modèles BIM peuvent être utilisés comme une base d'informations précieuse pour les opérations de maintenance, les rénovations ou les extensions futures. Les données sur les composants, les matériaux et les systèmes sont accessibles, ce qui facilite la localisation et la gestion des problèmes éventuels.

En somme, l'intégration du BIM dans le secteur de la construction représente une avancée majeure en favorisant la coordination, la collaboration et la communication, en réduisant les erreurs et en améliorant l'efficacité globale du projet. Il permet une meilleure planification, une anticipation des problèmes potentiels et une facilitation de la maintenance et de la gestion à long terme des bâtiments. Le BIM est devenu un outil indispensable pour les professionnels du secteur de la construction, contribuant ainsi à des projets plus performants et durables.

#### L'importance des outils de gestion sophistiqués :

L'utilisation d'outils de gestion sophistiqués joue un rôle crucial dans l'évolution du secteur de la construction. En plus de l'intégration du BIM, ces outils, tels que les logiciels de gestion de projet, de planification, de suivi des coûts et de gestion des risques, offrent des avantages considérables. Ils permettent une gestion plus précise, plus efficace et plus transparente des projets, contribuant ainsi à leur réussite.

L'un des principaux avantages des outils de gestion sophistiqués réside dans leur capacité à fournir une visibilité complète sur l'avancement du projet. Grâce à ces logiciels, les responsables de projet peuvent suivre en temps réel les différentes étapes, les jalons et les tâches, ainsi que l'allocation des ressources. Cela permet une gestion plus proactive et une réaction rapide en cas de déviations par rapport aux objectifs initiaux. Les indicateurs de performance clés (KPI) sont facilement accessibles, ce qui permet d'évaluer l'état d'avancement du projet et d'identifier les zones nécessitant une attention particulière.

De plus, les outils de gestion sophistiqués facilitent la coordination et la collaboration entre les équipes et les parties prenantes. Les logiciels de gestion de projet permettent de centraliser les informations, les documents et les communications, ce qui réduit les risques d'informations contradictoires ou manquantes. Les équipes peuvent travailler de manière synchronisée, partager des mises à jour en temps réel et collaborer de manière plus efficace. Cela favorise une meilleure cohésion entre les différents acteurs du projet et permet d'éviter les retards et les erreurs résultant d'une communication inefficace.

La gestion des coûts est un autre aspect essentiel de la construction, et les outils sophistiqués offrent des fonctionnalités permettant de suivre et de contrôler les dépenses tout au long du projet. Les logiciels de suivi des coûts permettent de collecter, d'analyser et de prévoir les dépenses, en fournissant des estimations précises des coûts et en identifiant les écarts éventuels par rapport au budget initial. Cela permet aux gestionnaires de prendre des décisions éclairées concernant les ajustements nécessaires et de minimiser les dépassements budgétaires.

En outre, les outils de gestion sophistiqués aident à gérer les risques inhérents aux projets de construction. Les logiciels de gestion des risques permettent d'identifier et d'évaluer les risques potentiels, d'établir des stratégies de mitigation appropriées et de surveiller leur évolution au fil du temps. Cela permet une gestion proactive des risques, en réduisant les impacts négatifs sur le projet et en maximisant les chances de succès.

En résumé, l'utilisation d'outils de gestion sophistiqués complète l'intégration du BIM en offrant une gestion plus précise, plus efficace et plus transparente des projets de construction. Ces outils permettent de suivre et de contrôler les performances, d'optimiser les ressources, de réduire les risques et de prendre des décisions éclairées tout au long du cycle de vie d'un projet.

#### L'importance de l'engagement de toutes les parties prenantes :

Cependant, pour que cette évolution soit pleinement réalisée, il est crucial que toutes les parties prenantes s'impliquent dans cette démarche. Cela inclut les concepteurs, les entrepreneurs, les sous-traitants, les fournisseurs, les gestionnaires de projet, les autorités réglementaires, les utilisateurs finaux, etc. Chaque partie prenante doit reconnaître les avantages du BIM et des outils de gestion sophistiqués et s'engager à adopter ces nouvelles méthodes dans leurs pratiques professionnelles. Cela nécessite une sensibilisation, une formation adéquate et une collaboration étroite entre toutes les parties prenantes.

Ce mémoire de fin d'études a confirmé que l'évolution du secteur de la construction passe inévitablement par l'intégration du BIM et des outils de gestion sophistiqués. Ces approches permettent d'améliorer la coordination, la productivité et la qualité des projets, tout en réduisant les coûts et les risques. Cependant, pour que cette évolution soit pleinement réalisée, il est essentiel que toutes les parties prenantes reconnaissent leur rôle et s'engagent pleinement dans cette démarche. En travaillant ensemble, nous pouvons façonner un secteur de la construction plus efficace, durable et innovant.

## BIBLIOGRAPHIE :

<https://www.aplicit.com/la-detection-de-clash-sous-navisworks-manage/>

<https://www.mydigitalbuildings.com/glossaire/detection-de-clash>

<https://www.anep.ma/fr/agence/mission>

<https://www.manager-go.com/finance/glossaire/key-performance-indicator>