

RAPPORT BIM AFRICAIN 2022



© Initiative de Modélisation des Informations du Bâtiment en Afrique, 2022

Le Rapport BIM Africain (ABR) est rédigé par le comité de recherche et développement de BIM Afrique et fournit un examen biennal de l'état de l'adoption et de la mise en œuvre de la modélisation des informations du bâtiment (BIM) dans l'industrie africaine de la construction.

Cette publication peut être reproduite en totalité ou en partie et sous quelque forme que ce soit pour des services éducatifs ou à but non lucratif sans autorisation spéciale du détenteur des droits d'auteur, à condition que la source soit mentionnée. BIM Afrique apprécierait de recevoir une copie de toute publication utilisant cette publication comme source.

Aucune utilisation de cette publication ne peut être faite pour la revente ou à toute autre fin commerciale quelle qu'elle soit sans l'autorisation écrite préalable de BIM Afrique. Toute demande d'une telle autorisation doit être adressée à research@bimafrica.org.

La copie électronique de ce rapport peut être téléchargée sur : www.bimafrica.org/reports.

Avis de non-responsabilité

Les opinions exprimées dans le contenu par des auteurs externes sont celles de ces auteurs et ne reflètent pas nécessairement les opinions de BIM Afrique ou du Comité de recherche et développement. BIM Afrique ne fait aucune représentation ou garantie, expresse ou implicite, concernant le contenu des rapports (y compris son exhaustivité ou son exactitude) et ne sera pas responsable de toute utilisation ou confiance accordée au rapport. La mention d'une société commerciale ou d'un produit dans ce document n'implique pas l'approbation de BIM Afrique ou des auteurs. Sans l'autorisation écrite préalable de BIM Afrique, l'utilisation des informations de ce document à des fins publicitaires n'est pas autorisée. Les noms et symboles de marque sont utilisés à des fins éditoriales sans intention d'enfreindre les lois sur les marques ou le droit d'auteur.

Nous regrettons toute erreur ou omission qui aurait pu être commise involontairement.

© Photos, cartes et illustrations comme spécifié.

Image de couverture : Rendu du New Redemption Hospital Caldwell- MASS Design Group.

Citation suggérée

BIM Afrique (2022). Rapport BIM Africain 2022. Rédigé par le Comité Recherche et Développement. Disponible sur <https://bimafrica.org/reports/>





Kamal Ben Addou Idrissi

Président, Conseil d'administration



Moses Itanola

Directeur exécutif

Lorsque le rapport inaugural a été publié en 2020, il était décourageant de mener une enquête à l'échelle du continent. Notre résolution à l'époque était que le rapport représentait un excellent point de départ pour des engagements plus larges dans les éditions suivantes. En 2022, l'enregistrement de plus de 1 100 entrées d'enquête de plus de 39 pays, et même avec une distribution régionale, valide nos espoirs à l'époque. Parallèlement à nos autres activités, le rapport a vraiment repoussé les frontières de la connaissance et a contribué aux efforts de numérisation de l'environnement bâti africain.

En tirant parti de notre réseau de bénévoles, de nos stratégies et de nos programmes, nous défendons désormais la transformation numérique de l'industrie africaine de la construction. Depuis le rapport inaugural, nous avons organisé et présenté jusqu'à 20 événements virtuels et physiques, contribué à cinq publications, formalisé six partenariats et rejoint l'Alliance mondiale pour les bâtiments et la construction (GlobalABC) hébergée par le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE). Les deux éditions de notre conférence virtuelle co-organisée (BIMHarambee.Africa) ont enregistré plus de 3 900 inscriptions.

Avec une plaque imprimée en 3D unique, les Innovation Awards 2021 ont récompensé neuf personnes et entreprises exceptionnelles d'Égypte, d'Afrique du Sud, du Nigéria, d'Algérie, de Maurice et de Tunisie.

Comment l'industrie s'est-elle comportée depuis 2020? Le Rapport BIM Africain 2022 est essentiel pour répondre à cette question pour nous tous. Les résultats de l'enquête mettent en évidence des changements majeurs et mineurs dans la sensibilisation, l'adoption et la mise en œuvre de l'industrie. Des articles intrigants de certains projets ont partagé leur approche de la mise en œuvre du BIM, les défis rencontrés et les stratégies adoptées pour atténuer et réussir. Des experts ont également donné leur avis sur les technologies innovantes et la voie à suivre pour l'industrie.

Comme indiqué dans le rapport inaugural, le voyage qui nous attend est à la fois passionnant et stupéfiant. Nous fournissons une plate-forme stratégique pour se connecter avec les parties prenantes de l'industrie et partager des stratégies pour le développement de l'Afrique. Sommet BIM Afrique (BAS) 2023 se tiendra à Marrakech, au Maroc, les 18 et 19 mai 2023, axé sur l'avancement numérique de l'environnement bâti pour une Afrique durable.

Lisez la suite, et rattrapons notre retard à Marrakech !



Dr. Abdullahi Saka

Directeur, Recherche
et développement

Introduction

Le comité de recherche et développement de BIM Afrique a lancé le Rapport BIM Africain (ABR) pour discuter des progrès et des opportunités des technologies numériques dans l'industrie africaine de l'architecture, de l'ingénierie, de la construction et des opérations (AECO). En 2020, le premier rapport (ABR 2020) a été publié et mis à disposition en anglais et en français. L'ABR 2020 a présenté des projets utilisant des technologies numériques, présenté des articles d'experts et présenté les résultats de la première enquête BIM à l'échelle du continent en Afrique. Le rapport a reçu des commentaires positifs de la part des parties prenantes, a été présenté dans des recherches universitaires et industrielles et a contribué au discours sur le BIM.

Deux ans plus tard, nous sommes heureux de publier l'ABR 2022, qui présente le statut du BIM sur le continent et explore les opportunités des technologies numériques. Le rapport a été mis à disposition en anglais, français et arabe pour toucher un public plus large, et nous avons engagé des partenaires régionaux dans les cinq régions africaines. ABR 2022 présente différents projets qui ont utilisé le BIM ou en raison de leurs caractéristiques distinctes, de l'île Maurice et du Burundi en Afrique de l'Est à l'Égypte et au Maroc en Afrique du Nord. Les articles d'experts sont tirés de divers domaines - numérisation, jumeaux numériques, impression 3D - qui sont importants pour tirer parti des avantages de la construction numérique en Afrique. En outre, le rapport résume les conclusions de l'enquête BIM africaine (ABS) 2022 et compare l'évolution du statu quo depuis la dernière enquête.

Fait intéressant, l'enquête ABS 2022 dépeint un niveau de sensibilisation croissant dans l'industrie. Bien que la prise de conscience croissante ne se soit pas encore traduite par un niveau d'adoption élevé, il s'agit d'une étape nécessaire vers la transformation numérique. Nous constatons que davantage d'entreprises produisent des modèles 3D, travaillent en collaboration sur la conception par rapport aux années précédentes et sortent de la pandémie de COVID-19.

De plus en plus d'entreprises signalent l'adoption du BIM sur certains de leurs projets avec différents niveaux de mise en œuvre. Le niveau de mise en œuvre devrait progresser dans les années à venir à mesure que de plus en plus d'entreprises envisagent d'adopter le BIM, créant ainsi un environnement favorable à la transformation numérique dans l'industrie. Bien que les perspectives soient positives, l'industrie est toujours aux prises avec de nombreux défis qui entravent l'adoption généralisée. Obstacles liés aux connaissances, le manque de soutien gouvernemental, la demande des clients et les coûts sont toujours les principaux goulots d'étranglement en Afrique. Ainsi, les parties prenantes doivent faire plus collectivement pour engager les organismes de réglementation, les clients et les professionnels de l'industrie AECO. Actuellement la de haut en bas BIM conduire est difficile en raison du manque d'adhésion des gouvernements, et il y a eu des appels pour des mandats gouvernementaux en Afrique. Cependant, les mandats BIM conduiraient-ils à une adoption généralisée ou à une fracture BIM dans une industrie déjà fragmentée ? Les politiques BIM doivent tenir compte du contexte, car le secteur comprend environ 90 % de petites et moyennes entreprises (PME), qui sont souvent peu enclines à prendre des risques par rapport à leurs homologues de grande taille. Des politiques efficaces devraient envisager un mélange de coups de pouce et de mandat pour encourager la transformation numérique dans l'industrie africaine des AECO.

Enfin, le continent africain progresse lentement vers le BIM alors que la plupart des économies développées sont en avance. Cependant, l'avenir est prometteur et plein d'opportunités dans l'industrie 4.0. Peut-être que l'industrie africaine de l'AECO sauterait vers le BIM et la transformation numérique alors que le continent sautait les lignes fixes pour les téléphones mobiles. La transformation numérique de l'industrie contribuerait énormément à combler les lacunes en matière d'infrastructure, et le BIM est une étape clé. Alors que nous boucler sa ceinture et continuons à engager les parties prenantes, nous attendons avec impatience la numérisation de l'environnement bâti africain.



Remerciements

Le Comité de Recherche et Développement tient à remercier le Conseil d'administration, les Conseillers Stratégiques, les Représentants Nationaux et l'équipe des Opérations et des Programmes de BIM Afrique pour leurs conseils et leur leadership dans la publication de ce rapport. Nous apprécions les différentes communautés et instituts professionnels qui ont partagé l'Enquête BIM Africaine 2022 avec leur base d'utilisateurs et tous les répondants à l'enquête.

Nous apprécions énormément les partenaires et bénévoles suivants pour leur important soutien, leurs contributions, leurs commentaires, leurs contributions et leurs critiques tout au long de l'élaboration du Rapport BIM Africain 2022:

Secrétariat:

Dr. Abdullahi Saka
Université Leeds Beckett, Royaume-Uni

Adeniyi Adeoye
BIM Afrique, Nigeria

Coordinateur:

Dr. Abdul-Majeed Mahamadu
Collège universitaire de Londres,
Royaume-Uni

Partenaires Régionaux:

Afrique du Nord

Prof. Mohamed Marzouk
Université du Caire, Égypte

Dr. Mostafa El Hawary
Université du Caire, Égypte

Afrique du Sud

Prof. Innocent Musonda
Université de Johannesburg, Afrique du Sud

Adetayo Onososen
Université de Johannesburg, Afrique du Sud

Afrique de l'Ouest

Prof. Martin Morgan Tuuli
Institut de gestion et d'administration
publique du Ghana (GIMPA), Ghana

Afrique Centrale

Dr. Henry Abanda,
Université d'Oxford Brookes,
Royaume-Uni

Afrique de l'Est

Dr. Rehema Monko,
Université Ardhi, Tanzanie

Équipe d'Enquête:

Dr. Lovelin Obi
Université de Northumbria, Royaume-Uni

Oludolapo Ibrahim Olanrewaju
Université Victoria de Wellington,
Nouvelle-Zélande

Khalid Bouguerra
Université Teknologi de Malaisie

Articles de Projet et d'Experts:

Moses Itanola
BIM Afrique, Nigeria

Hafiz Oyediran
BIM Afrique, Nigeria

Cheima Ayachi
Tunisie

Flint Svinurai
Université nationale des sciences et de
la technologie, Zimbabwe

Traducteurs Arabes:

Mohamed Mostafa AboAuf
Khatib et Alami, Égypte

Amr Mohammad Basiony
Khatib et Alami, Égypte

Souhayl Othman
BIMandbeam, Tunisie

Traducteurs français:

Christian Bahara Kika
LAES-GC Engineering, RD Congo

Manon Bonnafous
INTEGRALE Ingénierie, La Réunion

Aziz Gbedourorou
École polytechnique d'Abomey
Calavi, Bénin

Aboubacar Guiré
Ponts et Chaussées, Burkina Faso

Raymond Tuyizere
Entrepreneurs immobiliers,
Rwanda

Conception Arabe

Mohamed Alaa,
Khatib et Alami, Égypte

Conception Française

Messan Blewussi Sallah
Consultations Projets Afrique, Maroc



Table des matières

Préface	ii
Introduction	iii
Remerciements	iv
Table des matières	v
Liste des Figures	vi
Le jumeau numérique : Une nouvelle approche pour la réalisation de projets de santé publique	1
Orascom Construction	
Mise en Oeuvre du BIM sur Grande Echelle Usage de Développement Mixte	5
Prodesign	
L'Impression 3D dans la Construction, C'est plus que des Murs	9
Dr Deena El-Mahdy	
Parcelle O Casanearshore Casablanca - Premier projet 100% réalisé en BIM au Maroc	12
Continuum BIM	
Analyse et Résultats de l'Enquête BIM Afrique 2022	17
Digital Twin et la science des données pour l'exploitation et la maintenance des actifs bâtis	27
Mohamed Marzouk et Kareem Adel	
Déploiement du BIM pour le développement du siège de la Banque de la République du Burundi	32
AMA Group	
La Transition Numérique dans l'Environnement Bâti des Pays en Développement – Une Approche Dynamique de Développement des Capacités - Innocent Musonda et Adetayo Onososen	37
Hôpital de la Rédemption Caldwell: Renouer la confiance en les Infrastructures de Santé du Libéria	42
MASS Design	



Liste des figures

Figure 1: Rendu de conception du projet de l'hôpital Ahl Masr	1
Figure 2: Modèle BIM des différents composants d'Ahl Masr	2
Figure 3: Planification du processus pour la numérisation vers BIM	3
Figure 4: Lier le nuage de points avec le modèle BIM	3
Figure 5: Modèle BIM tel que construit de l'hôpital Ahl Masr	4
Figure 6: Modèle BIM de Telfair North Phase 1	5
Figure 7: Environnement de données commun adopté pour Telfair North	7
Figure 8: Modèle BIM fédéré avec systèmes MEP	8
Figure 9: Détection de collision pour une résolution efficace	8
Figure 10: Modèle BIM fédéré pour les opérations et la maintenance	8
Figure 11: L'unité en terre 3DP en Espagne, à IAAC, Programme 3DPA 21/22	10
Figure 12: Les murs modulaires d'impression 3D en béton	10
Figure 13: Modèle BIM de Parcel O Casanearshore	12
Figure 14: Modèle BIM sur la mise en page	13
Figure 15: Limitation de la zone de détection de collision	14
Figure 16: Simulation 4D- Progrès réel vs Progrès prévu	15
Figure 17: Modèle BIM vs exécution	16
Figure 18: Étapes séquentielles de la science des données	28
Figure 19: Couches du cadre basé sur DT	29
Figure 20: Rendu du siège de la Banque de la République du Burundi	32
Figure 21: Vue d'approche du bâtiment	32
Figure 22: Création d'objets d'étendue sur Plannerly	33
Figure 23: Organisation des dossiers BIM 360 CDE	34
Figure 24: Modèle BIM et systèmes MEP	35
Figure 25: Gestion de la valeur acquise de Primavera P6	35
Figure 26: Contribution du BIM 6D à l'économie énergétique	36
Figure 27: Flux de travail BIM 7D avec SAP	36
Figure 28: Orientations vers la transition numérique grâce au développement dynamique des capacités	40
Figure 29: Rendu du New Redemption Hospital Caldwell	42
Figure 30: Approche du nouvel hôpital Redemption- Groupe de conception MASS.	43
Figure 31: Appareils de ventilation, solaires et UGVI	43
Figure 32: Vue des cours intérieures de l'hôpital	44
Figure 33: Travaux de construction sur le site du projet	44



LE JUMENT NUMÉRIQUE : UNE NOUVELLE APPROCHE POUR LA RÉALISATION DE PROJETS DE SANTÉ PUBLIQUE



Orascom Construction et sa vision de transformation numérique à l'hôpital Ahl Masr

Alors que la gestion des infrastructures est cruciale pour les mégaprojets complexes, dans le domaine de la santé, il est indispensable de fournir des modèles BIM "as built" (tel que construit) de haute qualité. Le balayage laser est essentiel dans ce processus pour répondre à la vision de transformation numérique d'Orascom.

Le conseil d'administration d'Orascom Construction PLC s'engage à développer et à mettre en œuvre une transformation numérique complète qui est déjà devenue la pierre angulaire de la manière dont nous réalisons les projets. Lorsque cela est applicable, requis ou commercialement nécessaire, nous nous efforcerons de

configurer nos ressources pour partir du bon pied en construisant le modèle BIM en fonction de nos objectifs ultimes. Ces objectifs comprennent une meilleure coordination technique et l'amélioration des dessins d'atelier, une interface de calendrier, une interface de mesure de l'avancement des travaux et une capacité précise d'exécution.

En outre, nos objectifs comprennent la fourniture d'une capacité de gestion des installations conviviale pour le client et d'autres fonctions jugées nécessaires pour améliorer l'efficacité de la construction et l'utilisation par le client après la livraison. Notre stratégie BIM s'aligne sur les principaux

moteurs de l'entreprise et définit notre menu de maturité pour les projets BIM. Celui-ci définit clairement la manière dont nous définissons et exploitons nos livrables BIM tout au long du cycle de vie du projet et, surtout, dans toutes les activités du projet.

Le projet de l'hôpital Ahl Masr est le premier et le plus grand hôpital et centre de recherche pour le traitement gratuit des victimes de traumatismes et de brûlures en Égypte, au Moyen-Orient et en Afrique. L'hôpital est situé dans le 1er quartier du Nouveau Caire, sur un terrain de plus de 20 012 m2, qui est alloué par le ministère du logement. L'hôpital a une superficie bâtie de 45 245 m2 et une capacité de 175 lits.



Figure 1: Rendu de conception du projet de l'hôpital Ahi Masr

“Le projet de l'hôpital Ahl Masr est le premier et le plus grand hôpital et centre de recherche pour le traitement gratuit des victimes de traumatismes et de brûlures en Égypte, au Moyen-Orient et en Afrique.”

Une bonne coordination entre toutes les parties prenantes est un facteur crucial pour la réalisation de projets de haute qualité dans le cadre de projets complexes impliquant de multiples intervenants comme les sous-traitants, les sous-consultants et les fournisseurs de différentes disciplines.

D'énormes défis ont été prédits pendant la phase de conception du projet de l'hôpital

Ahl Masr, d'autant plus que l'ossature structurelle du projet avait déjà été érigée sur le chantier par l'entrepreneur précédent.

Le modèle BIM d'exécution a permis de prévoir, d'analyser et de résoudre les problèmes de coordination et les zones encombrées, en tenant compte d'autres aspects tels que la hauteur libre, la manœuvrabilité des équipements, les

équipements médicaux et les exigences particulières des gaz médicaux.

La coordination a été réalisée en mettant en œuvre différents outils, logiciels et solutions technologiques comme la modélisation BIM, l'automatisation, les outils de simulation et l'utilisation de la méthodologie "Scan to BIM" pour capturer les conditions actualisées du site, suivre les déviations et maintenir le modèle BIM d'exécution à jour.

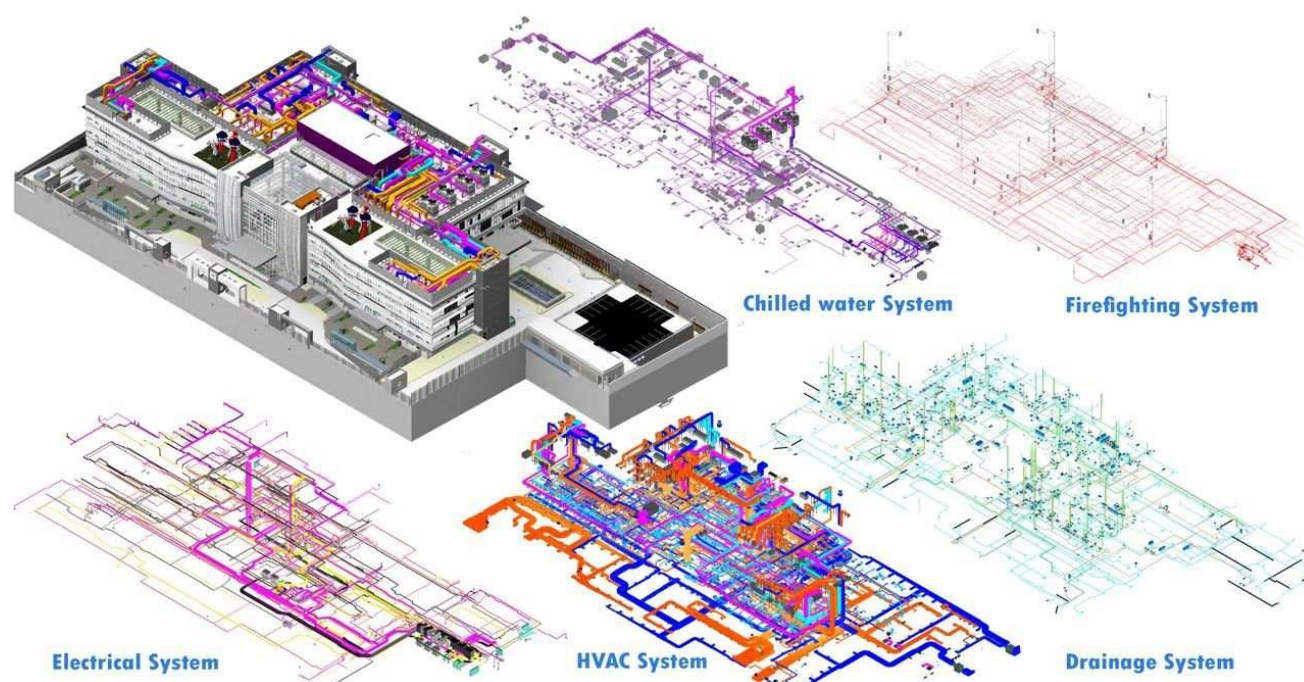


Figure 2: Modèle BIM des différents composants d'Ahl Masr

Scan to BIM

Le "scan to BIM" est une technique de réalisation d'un jumeau numérique, bien que le "Scan to BIM" est un outil utilisé pour développer des modèles "as built" en utilisant un scanner laser 3D.

Un scanner laser est utilisé pour enregistrer une numérisation 3D détaillée, qui est ensuite importée dans un logiciel BIM 3D (tel que Autodesk Revit, SketchUp etc.) pour créer des modèles "as built" d'une grande précision. Le balayage laser a été utilisé pour la première fois pour enregistrer les conditions actuelles et à des fins de conception dans l'industrie AEC dans les années 1990. Pour les projets de rénovation, de réhabilitation, de modernisation ou de reconstruction, cette

procédure devient rapidement courante pour les organisations de scannage laser, les géomètres topographes, les propriétaires, les architectes, les ingénieurs MEP et les entreprises générales ou les sociétés de gestion de projet.

Le "scan to BIM" est utilisé pour représenter toutes les activités de construction sur le chantier pendant la construction. Il détecte les incohérences entre les conditions du site et les modèles BIM d'exécution, qui sont comparés aux valeurs de tolérance prévues dans les codes et règlements applicables. Il y a plusieurs éléments à prendre en compte tout au long de la phase d'exécution tels que la production des dessins de balisage et la contribution à un meilleur processus d'AQ/CQ.



Bonne pratique du "scan to BIM"

Avant de mettre en œuvre la méthodologie "scan to BIM", notre équipe BIM a élaboré un cadre comprenant les trois étapes suivantes :

1. Planification du processus.
2. Acquisition des données.
3. Traitement, enregistrement et visualisation des données.

Mise en œuvre du cadre

1. Planification du processus

A. Collecte d'informations sur la base d'une étude de site, comme indiqué ci-dessous.

NIVEAU	NOMBRES DE ZONES	AIRE TOTALE BÂTIE	TOTAL NO. OF SCANS	DURÉE DU SCANNAGE (Jour de travail)	NOMBRE D'ÉQUIPE	NOMBRE DE SCANNERS UTILISÉ
1ER ÉTAGE	4	4800 m ²	800	14 JOURS	1	1
RÉE DE CHAUSSEE	3	4700 m ²	800	14 JOURS	1	1
SOUS-SOL 1	4	11700 m ²	600	18 JOURS	1	1
SOUS-SOL 2	4	11700 m ²	500	18 JOURS	1	1
TOITURE	2	5680 m ²	300	7 JOURS	1	1



Figure 3: Planification du processus pour la numérisation vers BIM

B. Sélection du type de scanner : la sélection s'est faite selon des critères spécifiques permettant d'obtenir la durée de numérisation la plus rapide avec la meilleure qualité. La taille du scanner était importante, car il doit être de petite taille pour pouvoir être manœuvré facilement dans les systèmes MEP et médicaux encombrés.

2 L'acquisition des données.

Pendant la phase d'acquisition des données, un système de zonage a été mis en place pour permettre des processus parallèles de modélisation et de balayage laser.

3. Traitement des données, enregistrement et visualisation.

Cette phase comprend le traitement des données et l'enregistrement de chaque zone, la liaison du nuage de points avec le modèle BIM et l'assurance qualité.

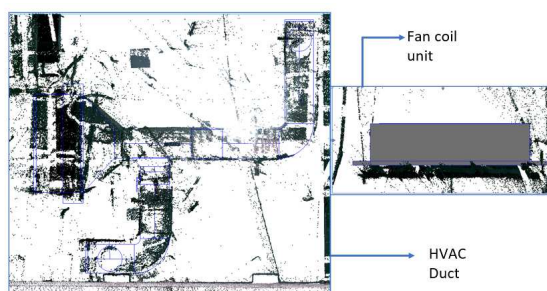


Figure 4: Lier le nuage de points avec le modèle BIM



Les résultats du modèle As-built développé étaient impressionnants, comme le montre le tableau ci-dessous :

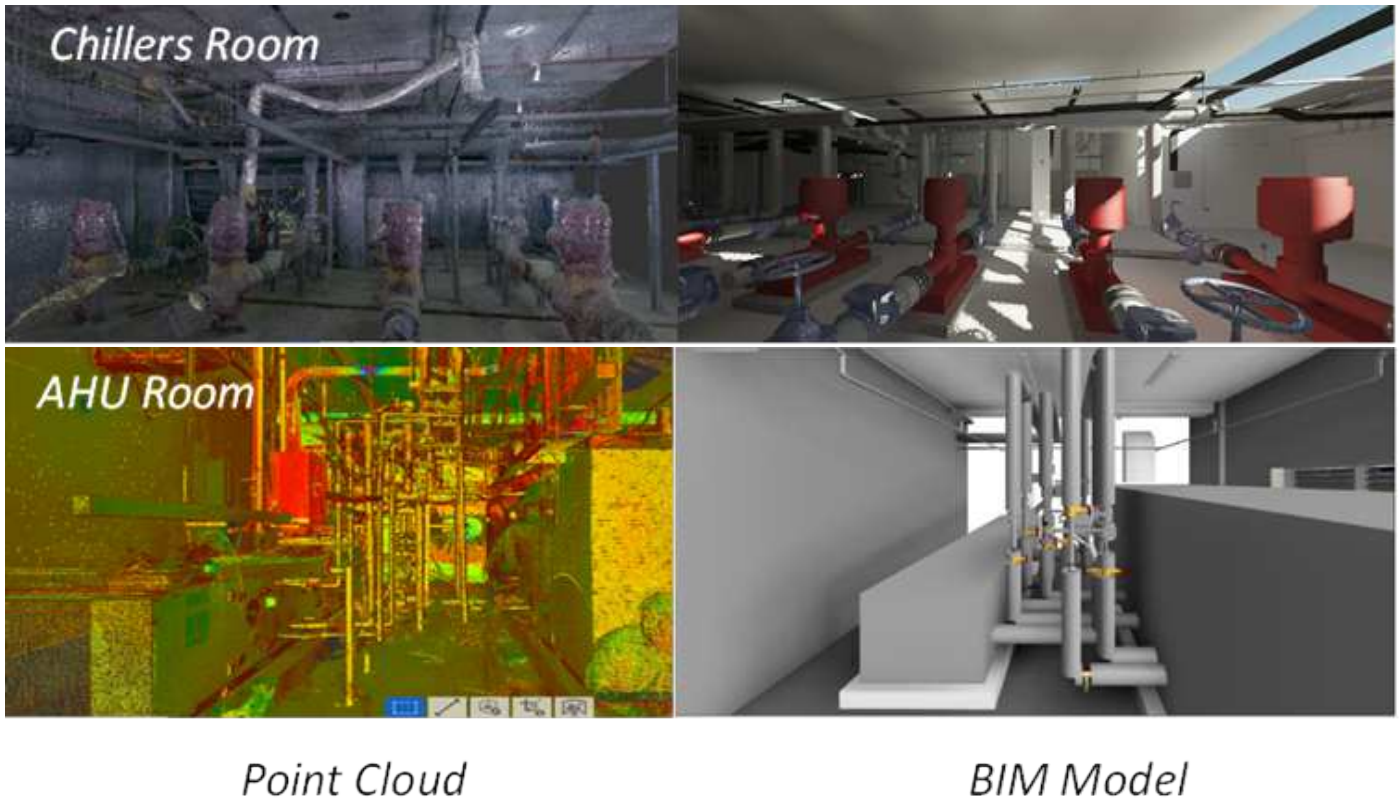


Figure 5: Modèle BIM tel que construit de l'hôpital Ahl Masr

Le scannage laser par rapport au levé traditionnel

1. Durée de levé réduite avec des résultats plus précis.
2. Moins de temps de modélisation avec des résultats plus précis.

La méthode de scannage laser et le processus hautement coordonné entre les équipes de scannage et de modélisation ont porté leurs fruits. Grâce à ce processus, l'équipe a pu fournir un modèle BIM "as built" de haute précision dans un délai très compétitif et dans des systèmes encombrés.

Conclusion

Il a été prouvé que la modélisation des informations de la construction, les outils de collaboration et le scannage laser améliorent considérablement la fourniture de modèles d'informations sur les biens dans des projets de santé aussi complexes que l'hôpital Ahl Masr. Cela améliorera la gestion des installations, la maintenance, les extensions futures et les rénovations pour permettre un meilleur fonctionnement.

La gestion des informations de la construction est au cœur d'Orascom construction vers un processus de construction numérique complet et l'investissement dans des solutions technologiques dans le cadre de notre politique d'amélioration continue intégrale.



MISE EN OEUVRE DU BIM SUR GRANDE ECHELLE USAGE DE DEVELOPPEMENT MIXTE

PRODESIGN



Figure 6: Modèle BIM de Telfair North Phase 1

Telfair Nord Phase 1

Client: Officea Company Ltd

Architectes: SK Osmond Lange Limited, IYER cc, G+F Associated Ltd,

Ingénieur structure: ARUP (Mauritius) Ltd

Consultants MEP: Prodesign Engineering Consultants Ltd, Arup (Mauritius) Ltd

Responsable BIM: Prodesign Engineering Consultants Ltd

Entrepreneur principal: General Construction Co Ltd

Introduction

Prodesign est une firme innovante d'ingénieurs-conseils spécialisée en Mécanique, Électricité et Santé Publique (MEP) et Green Building Design, fondée en 1997 à Maurice. Prodesign a conçu plus de 2 000 000 pieds carrés d'immeubles de bureaux, de centres commerciaux, d'hôtels, de résidences et des plus grands hôpitaux de Maurice.

Prodesign s'attache à proposer des services innovants tels que le BIM, la Réalité Augmentée & Virtuelle, l'IoT et l'IA pour la Construction. Ces outils innovants sont des catalyseurs essentiels pour la transformation numérique de l'industrie alors que le concept de Construction 4.0 commence progressivement à s'imposer dans la région africaine.

À propos du projet-

Le projet Telfair Nord Phase 1 se compose de 4 immeubles de bureaux à plusieurs étages Nos avec un super parking en sous-sol interconnecté dans l'enceinte de Telfair dans le cadre du développement de Moka Smart City à Maurice. Le projet se situe sur un parking en sous-sol de 12 000 m², avec une surface totale construite de 37 708 m².

Les nouveaux immeubles de bureaux visent à fournir un environnement de bureau contrôlé et harmonieux pour répondre à la demande des entreprises désireuses de louer ou de relocaliser leurs bureaux dans la ville intelligente.

Conducteurs

Le client souhaitait des immeubles de bureaux répondant aux besoins fonctionnels ; inclure une variété d'espaces de bureau de taille appropriée, être favorable à la vente au détail et tenir compte de l'accessibilité et de la circulation. L'objectif était de créer un bâtiment pratique et facile à entretenir construit avec des matériaux nécessitant peu d'entretien. Une autre exigence clé du projet était la

durabilité grâce à l'obtention de la certification LEED Argent, ce qui augmenterait son attrait pour les clients potentiels tout en respectant les directives de la ville intelligente. La mission du responsable BIM était de s'assurer que la conception était entièrement coordonnée avant la construction et de mettre à jour le modèle BIM jusqu'à la livraison finale à son équipe d'exploitation et de maintenance.

“Prodesign s’efforce à proposer des services d'innovation tels que le BIM, la Réalité Augmentée, la Réalité Virtuelle, l’ Internet des objets et l’Intelligence artificielle pour la construction.”

USAGES BIM

Prodesign Engineering Consultants, en tant que gestionnaire BIM, a reconnu l'importance de travailler en collaboration sur ce projet et a conseillé au client d'adopter le processus de modélisation des informations du bâtiment (BIM). Un plan d'exécution BIM (BEP) a été développé au début du projet conformément à la norme BS 19650. Les objectifs du client ont été traduits dans les utilisations BIM décrites ci-dessous :

- i. Livraison rentable et rapide des informations de conception.
- ii. Information sur les services coordonnés intégrés.
- iii. Optimisation du processus de conception et évitement des efforts en double.
- iv. Identification et résolution des conflits avant la construction.
- v. Fourniture d'un modèle BIM tel que construit, lié à un registre des actifs pour les opérations et la maintenance.

Comment avons-nous surmonté les défis du BIM ?

1. Interopérabilité BIM

Les équipes de conception ont utilisé ArchiCAD et Revit comme logiciels de création de modèles pour produire leurs modèles BIM pertinents. Les logiciels multiples impliquent que les fichiers natifs ne peuvent pas être partagés car chaque fournisseur de logiciels a un format

de fichier incompatible avec l'autre progiciel.

Une approche BIM ouverte a été adoptée pour faciliter le partage efficace des données entre les parties prenantes du projet, et tous les modèles BIM ont été convertis au format neutre schéma IFC 2x3. L'adoption de l'IFC a assuré le partage d'informations, la collaboration, l'intégration et une communication efficace entre toutes les parties depuis le début du projet.

2. Taille du modèle

Le deuxième défi de ce projet était la gestion des conteneurs d'informations des différents intervenants pour créer la maquette BIM fédérée. La stratégie de fédération adoptée devait tenir compte des éléments suivants :

- a. Permettre aux différentes équipes de conception de travailler simultanément sur d'autres parties des modèles.
- b. Faciliter la transmission d'informations à d'autres équipes de conception/entrepreneurs en réduisant la taille des conteneurs d'informations individuels.
- c. Être pratique pour le chargement et le téléchargement de conteneurs d'informations entre le logiciel de création BIM et l'environnement de données commun.

En raison de la taille du projet, le modèle fédéré a été divisé en 30 modèles faciles à gérer et à respecter les exigences ci-dessus.



MISE EN ŒUVRE/PLANIFICATION BIM

Les éléments suivants ont été adoptés pour répondre aux utilisations BIM décrites pour le projet.

1. Livraison rentable et rapide des informations de conception

En raison de la fréquence des échanges et de la quantité de données partagées et pour se conformer à la norme BS 19650, un environnement de données commun (CDE) a été établi. BIMsync a été retenu car il s'agit d'une plateforme Open BIM supportant tous les types d'IFC tout en étant en

cohérence avec les pratiques des acteurs du projet. La plate-forme permettait une source unique de vérité pour tous les conteneurs d'informations tout en offrant un accès contrôlé aux documents et aux modèles. La gestion automatique des versions des documents et des modèles garantit que les informations les plus récentes sont accessibles à tous et à tout moment.

De plus, l'approbation des dessins et des matériaux se faisait directement sur la plateforme, ce qui offre une meilleure transparence.

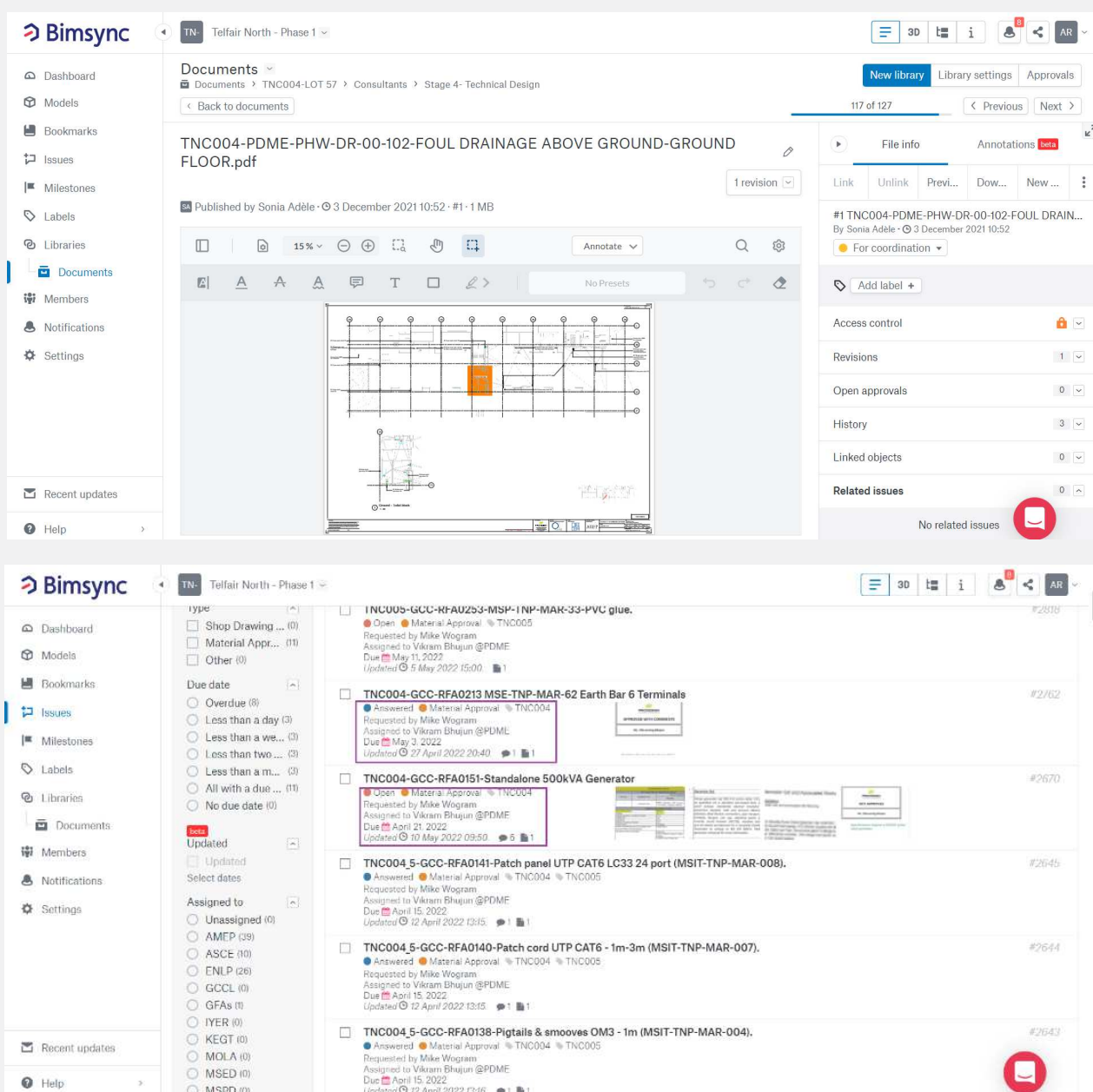


Figure 7: Environnement de données commun adopté pour Telfair North

2. Information sur les services coordonnés intégrés/Optimisation de la conception

Un modèle fédéré du projet a été adopté tout au long de la phase de conception. Le modèle a permis une coordination transparente entre les différents systèmes MEP tout en tenant compte des contraintes architecturales ou structurelles. Le modèle fédéré a également favorisé une meilleure compréhension de l'intention de conception dans toutes les disciplines et une transparence accrue entre les parties prenantes tout au long du cycle de vie du projet.

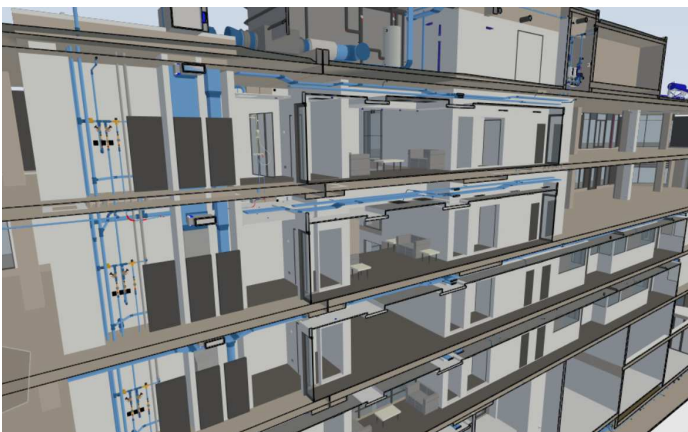
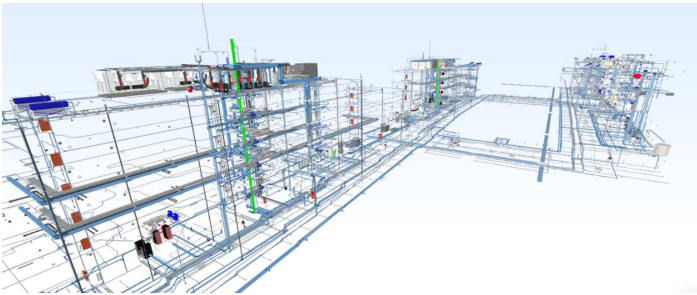


Figure 8: Modèle BIM fédéré avec systèmes MEP

3. Identification et résolution des conflits avant la construction.

La visibilité offerte par l'intégration de plusieurs modèles dans une seule plateforme a permis d'identifier facilement les conflits visuels. Solibri a été utilisé comme logiciel de détection de conflits pour créer automatiquement des problèmes en fonction d'un ensemble de règles définies dans le plan d'exécution BIM. Tous les problèmes soulevés par le gestionnaire BIM ont été synchronisés sur BIMsync (au format BCF), attribués aux membres du projet concernés avec une date d'échéance et suivis. Ces questions ont été discutées lors des réunions de coordination pour une résolution efficace.

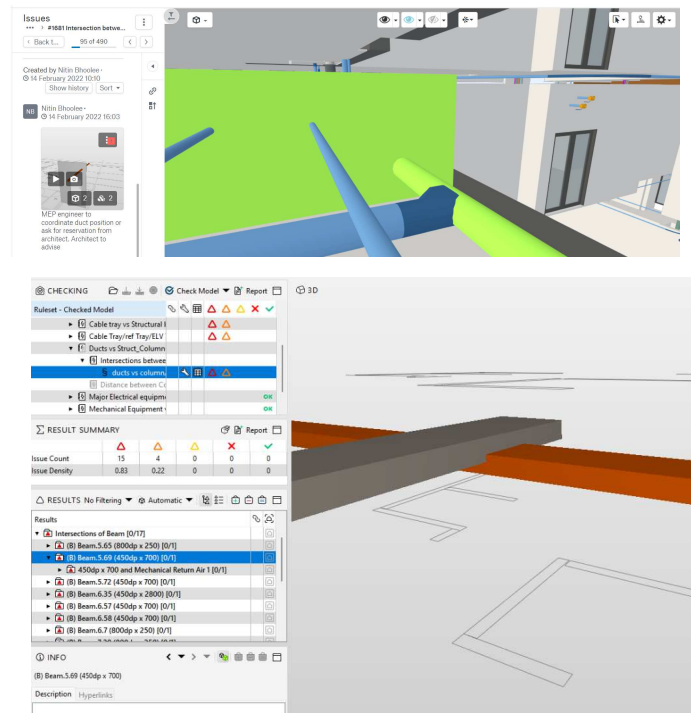


Figure 9: Détection de collision pour une résolution efficace

4. Fourniture d'un modèle BIM tel que construit, lié à un registre des actifs pour les opérations et la maintenance

Le projet est actuellement en phase de construction. Les maquettes des consultants sont à la disposition des entrepreneurs sur BIMsync. Le modèle fédéré sert de base à toute la documentation du projet et donne aux entrepreneurs une meilleure compréhension de l'intention de conception. Selon le plan BEP, l'entrepreneur principal prépare actuellement des modèles d'atelier MEP jusqu'à LOD 500, à partir desquels des dessins d'atelier seront extraits pour approbation par le consultant concerné. Les éléments modélisés doivent également posséder des paramètres de performances et d'actifs personnalisés qui doivent être remplis avec les spécifications conformément aux feuilles de demande d'approbation de matériel (MAR). Ces paramètres ont été sélectionnés avec soin pour faciliter la phase O&M du projet.

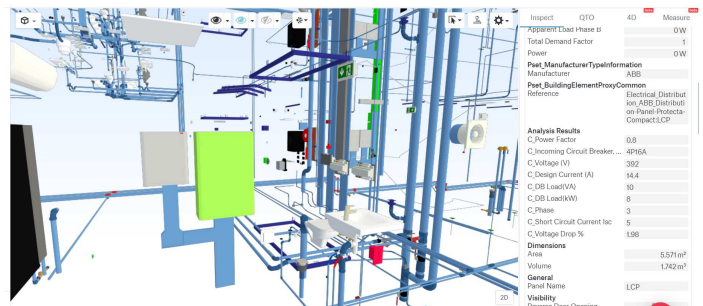


Figure 10: Modèle BIM fédéré pour les opérations et la maintenance

La construction bat actuellement son plein et nous avons tous hâte de voir le projet se concrétiser.





Deena El-Mahdy

Professeur adjoint
à l'Université
britannique
d'Égypte.

Sommes-nous
prêts à
concurrencer nos
techniques de
construction
avec l'impression
3D ?

L'IMPRESSION 3D DANS LA CONSTRUCTION, C'EST PLUS QUE DES MURS

Avec la crise résultant du réchauffement climatique, l'augmentation spectaculaire de la croissance démographique appelle à de nouveaux logements et à la construction. Plus de 60 % des émissions élevées d'énergie et de carbone des secteurs de la construction affectent les conditions climatiques. Avec l'intégration du BIM et du HBIM dans la construction, le besoin d'automatisation et de numérisation a commencé à augmenter rapidement pour surmonter les limites des techniques traditionnelles. Ainsi, nous devons nous demander, sommes-nous prêts à concurrencer nos techniques de construction avec l'impression 3D ?

L'architecture vernaculaire a été trouvée à travers l'histoire partout dans le monde. Les communautés utilisent des matériaux en terre disponibles localement sur le site en utilisant plusieurs techniques de construction et de construction. L'argile s'est largement répandue là où les gens créent eux-mêmes leurs maisons, ce qui est essentiellement considéré comme une architecture sans architecte. En Afrique, de nombreux cas peuvent être vus en utilisant le matériel disponible là-bas. Par exemple, l'une des plus anciennes mosquées, la Grande Mosquée de Djenné au Mali, New Gournà à Louxor, en Égypte, la forteresse de Shali dans l'oasis de Siwa dans le désert occidental de l'Égypte, Ghadames en Libye, et Ksar Aït Benhaddou au Maroc, etc.

Le potentiel des matériaux en terre et des techniques de construction telles que; terre battue qui repose sur la terre battue entre les coffrages [1], Karshief qui consiste à déposer du sel et de l'argile sous forme de petites boules et de les mettre couche par couche [2], [3], Adobe qui dépend de l'utilisation de terre séchée au soleil briques pour sécher les briques[1], torchis et torchis, etc. Avec tous ces exemples, certaines limites peuvent être trouvées telles

que la durabilité indépendamment de l'utilisation d'argile et de boue, où les bâtiments ont besoin d'entretien après chaque saison des pluies. En conséquence, ces matériaux durables sont remplacés par du béton et des briques cuites qui sont plus durables et peuvent atteindre des portées élevées malgré les émissions élevées d'énergie et de carbone qu'ils libèrent.

L'industrie de la construction imprimée en 3D évolue si rapidement. L'augmentation rapide de l'industrie 4.0 encourage l'utilisation de l'automatisation et de la numérisation dans la construction. De nombreuses fabrications additives (FA) telles que l'impression 3D (3DP) ont commencé à être intégrées pour surmonter les limites des techniques traditionnelles. Certains avantages peuvent être constatés en utilisant ces outils de fabrication en réduisant le nombre de matériaux utilisés, en effectuant des tâches dangereuses et en nécessitant beaucoup de temps et d'efforts. Une autre caractéristique du 3DP concerne la complexité de forme qu'il peut atteindre par rapport aux techniques traditionnelles sans aucun coffrage, ce qui réduit les déchets et augmente le temps de construction.

Pour l'optimisation de la structure, sur la base des calculs résultant de la simulation, 3DP ne peut imprimer que les pièces nécessitant un renforcement sans avoir besoin d'imprimer toute l'épaisseur qui n'est pas nécessaire. Le plâtrage et les finitions sont l'un des éléments coûteux de la construction de bâtiments, mais en 3DP, aucune finition n'est nécessaire, ce qui réduit les coûts.

De plus, 3DP peut atteindre zéro déchet en réduisant le transport lors de l'impression sur site. 3DP peut être mis en œuvre sur site ou hors site grâce à des unités modulaires de préfabrication puis assemblées sur site.

La durabilité du 3DP peut être vue soit dans la considération matérielle, soit dans le processus d'impression. Par exemple, plusieurs projets utilisent le béton pour sa durabilité face aux conditions climatiques difficiles et sa résistance à l'eau. Malgré les émissions élevées d'énergie et de carbone générées par le béton, 3DP offre un bon exemple d'optimisation des matériaux et de la structure où il extrude des matériaux uniquement sur les pièces nécessaires. Le 3DP peut sembler tout à fait durable en raison de l'énergie et des émissions de carbone qu'il réduit, mais il y a certains aspects concernant l'utilisation d'une machine lourde comme l'imprimante, une pompe et un générateur pour faire fonctionner tous ces outils. La 3DP peut être réalisée sur site ou hors site en fonction de la flexibilité de l'imprimeur et de l'ampleur des projets. Par exemple, de petites unités modulaires peuvent être imprimées hors site, ou même des murs modulaires, puis transportés sur le site. Alors que certains cas dépendent de l'impression directement sur place. Si le matériau du site ne convient pas à l'impression, des additifs peuvent être ajoutés au mélange pour améliorer son imprimabilité.

Cependant, de nombreux projets 3DP dépendent des matériaux en terre du site, comme la maison TECLA en Italie, où ils ont utilisé de la boue directement sur le site. La grue WASP a été utilisée dans ce projet avec de la terre provenant du site. Un autre projet que nous avons construit en tant qu'équipe de chercheurs sous la supervision de l'Institut d'architecture avancée de Catalogne) IAAC à Barcelone en février 2022, comme le montre la (Fig.1). Le projet faisait partie de la sortie du programme 3DPA, qui est considéré comme le premier en Espagne et le quatrième dans le monde que le matériel en terre 3DP sur place. Les collaborateurs du projet sont Colette, 3D Wasp, UN-Habitat, Humanitarian scenarios et Smartcitizen. Contrairement à d'autres projets, il a été construit sur la base d'études de performances environnementales, structurelles et thermiques. De



Figure 11: L'unité en terre 3DP en Espagne, à IAAC, Programme 3DPA 21/22.

changements de température et d'humidité se produisaient. L'impression hors site permet un système d'extrusion stable offrant les mêmes conditions climatiques pour toutes les unités modulaires imprimées qui s'adaptent au comportement du matériau et sont ensuite transportées et assemblées sur le site comme le travail de Luai Kurdi, fondateur et PDG de tPRINT 4D comme indiqué dans (Fig.2).



Figure 12: Les murs modulaires d'impression 3D en béton.

Les considérations et prévisions futures pour l'impression 3D dans la construction

nombreux défis ont été relevés lors de l'impression sur site, quelles que soient les conditions climatiques, où la température et l'humidité changeaient considérablement au cours de la journée et de midi. Cette différenciation résulte de certaines fissures lors du processus de séchage et de retrait.

Pourtant, les défis auxquels pourrait être confrontée l'impression sur site à partir des matériaux disponibles sur place, que des tests de matériaux doivent être effectués pour atteindre une bonne extrusion et fluidité en tenant compte du comportement mécanique des couches imprimées. Un autre défi de l'impression sur site est qu'elle doit prendre en compte les changements des conditions climatiques qui auraient un impact important sur la fluidité des matériaux si les



Pour l'aspect technique du 3DP, il existe 3 systèmes principaux utilisés dans la construction : 1) système de portique, 2) bras robotisé, 3) Delta Wasp. Dans certains cas, il est difficile de déplacer le robot hors de conditions climatiques spécifiques, cependant, certains projets comme le groupe Gramazio et Kohler ont travaillé sur la fabrication d'un robot qui peut être transporté dans une unité sur site pour pouvoir l'utiliser directement [4] [5]. Les systèmes à portique et les Delta Wasps peuvent atteindre de grandes portées et peuvent facilement imprimer sur place.

Les matériaux à travers l'extrusion doivent pouvoir être extrudés hors de la buse, fluides avec un rapport approprié de teneur en eau et imprimables où les couches peuvent se maintenir tout en gardant leur forme. La teneur en eau est critique lorsqu'elle dépasse la quantité dans le mélange, car pendant le processus de séchage, un certain retrait se produirait et provoquerait des fissures dans le mur s'il n'était pas traité avec d'autres adjuvants pour réduire le retrait.

Les considérations et prévisions futures pour l'impression 3D dans la construction devraient tenir compte de l'aspect social, car il ne s'agit pas de remplacer le travail physique par des machines, mais de développer leurs compétences et leurs expériences sur la façon d'utiliser ces techniques. Une étude de l'analyse du cycle de vie est nécessaire pour

évaluer cette technique « en prenant en considération :

La phase de test des matériaux

Examiner le comportement du matériau en raison de l'emplacement et des conditions environnementales et climatiques, car la température et l'humidité jouent un rôle important dans la régularité du flux de l'extrusion. Il est nécessaire de tester le sol sur le site pour vérifier la qualité de l'ingrédient et si des additifs, des fibres ou des agrégats sont nécessaires.

La phase de conception et d'évaluation

Optimisation de la géométrie pour réduire les matériaux nécessaires et le parcours de l'outil pour la forme. Test d'analyse structurelle pour l'évaluation du formulaire. Calculez l'angle maximum en cas de porte-à-faux pendant l'impression qui affectera la direction d'ouverture.

La phase de construction

Gérer le nombre maximum de couches par jour pour tester si elles sont capables de se tenir tout en gardant leurs formes. Observez les conditions climatiques lors de l'impression sur site pour contrôler la vitesse, l'extrusion et la pression en fonction de la fluidité du matériau. Surveillez la construction 3DP pour observer toute fissuration pendant le processus de séchage et de retrait.

Références

1. Dabaieh, M., Heinonen, J., El-Mahdy, D. et Hassan, D. M. (2020) Une étude comparative des émissions de carbone du cycle de vie et de l'énergie grise entre les briques séchées au soleil et les briques d'argile cuite, *Journal of Production plus propre*, 275.
2. Rovero, L., Tonietti, U., Fratini, F., & Rescic, S. (2009) L'architecture de sel dans l'oasis de Siwa - Egypte (XII-XX siècles), *Construction et matériaux de construction*, 23 (7), p. 2492–2503.
3. El-Mahdy, D., Gabr, H. S. et Abdelmohsen, S. (2021) SaltBlock en tant que matériau de construction durable imprimé en 3D dans les climats chauds et arides, *Journal of Building Engineering*, 43.
4. Gramazio, F. (2007) R-O-B- Mobile Fabrication Unit, Gramazio Kohler Research, ETH Zurich. <https://gramaziokohler.arch.ethz.ch/web/e/projekte/135.html> (consulté le 04 juin 2022).
5. Helm, V., Ercan, S., Gramazio, F., & Kohler, M. (2012) Construction Robotique In-Situ: Extension de la Chaîne de Fabrication Numérique en Architecture, en *ACADIE: Ecologies Numériques Synthétiques*, pp. 169 –176.



PARCELLE O CASANEARSHORE CASABLANCA

Premier projet 100% réalisé en BIM au Maroc



Figure 13 : Modèle BIM de la Parcelle O Casanearshore - Credits : Continuum BIM

Chef d'équipe BIM

Équipe de gestion: Mr Ayoub Loutry

Chef d'équipe Marketing et

L'équipe BD: Mme Lobna Bouanani El Idrissi

La Parcelle O est la parcelle la plus récente du Parc Casanearshore, le plus grand parc offshoring d'Afrique du Nord situé à la ville de Casablanca. Ces plateaux de bureaux composés de 4 bâtiments, étalés sur une surface couverte d'environ 49 900 m² est le premier projet au Maroc mené entièrement en BIM de la phase Esquisse jusqu'à son état actuel de la phase Exécution. Une volonté du Maître d'Ouvrage EWANE Assets, filiale du Groupe MEDZ, ces plateaux de bureaux sont aussi le premier projet au Maroc triplement certifié HQE, BBKA et Ready to Osmoz. L'équipe Continuum BIM est le BIM Manager de ce projet.

Le BIM (Building Information Modeling) définit les processus nécessaires à la collaboration des contributeurs des projets.

1. BIM en Conception

Après établissement de la Convention BIM qui définit les processus nécessaires à la collaboration des contributeurs des projets, un processus de pilotage des différentes disciplines a été mis en place. A travers celui-là, les différents intervenants du projet ont travaillé chacun sur leurs modèles BIM en modélisant les matériaux et les éléments de la conception. Le bureau d'architecture, Cabinet NMK, ont réalisé les modèles BIM Architecture selon la conception architecturale approuvée par le Maître d'ouvrage EWANE Assets. Les équipes du bureau d'études techniques NOVEC, ont mené les études techniques de Structure et Lots techniques du bâtiment et ont créé les modèles BIM Structure et BIM MEPF du bâtiment. Tout au long du projet, l'équipe Ordonnancement, Pilotage et Coordination SAVE Project coordonne entre les différentes parties prenantes. Durant la période de conception et études, le BIM Manager a pu

retracer tous les changements sur les différents modèles grâce à des dépôts constants sur la Plateforme Autodesk Docs. Cette plateforme a permis un suivi de toutes les transactions et changements sur les modèles et une vérification quotidienne entre les différentes parties prenantes.

Lors de la conception, l'équipe BIM Management ont établis des rapports de vérification des maquettes en vérifiant le respect du codage (Vérification des codes métrés, paramètres de projets, arborescence du projet, vérification des familles) et le respect des exigences de modélisation (Composition des murs et des couches à l'intérieur de chaque mur, découpage par blocs du bâtiment). Grâce à cette maquette BIM, le bureau ADDENDA a pu réaliser des simulations thermiques des bâtiments en but d'obtenir les certifications environnementales.

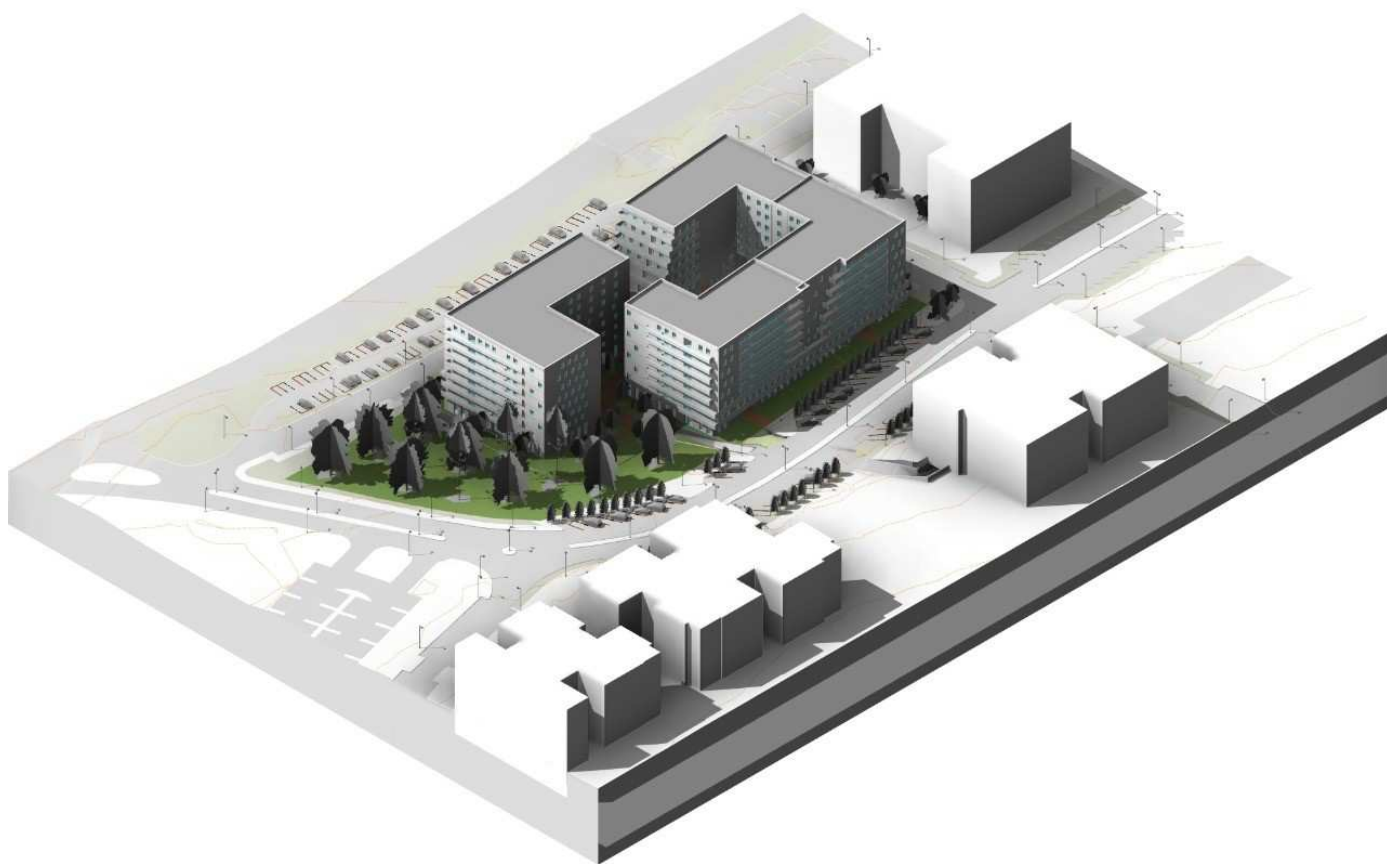


Figure 14: Modèle BIM sur la mise en page



2. Coordination en BIM - Synthèse BIM

Après la validation et vérification des différents modèles reçus du Cabinet d'architecture et du Bureau d'études techniques, plusieurs conflits ont été recensés que ce soit au sein des modèles, ou entre un modèle et un autre.

A travers un dispositif créé en interne par Continuum BIM basé sur les logiciels Autodesk Navisworks et Autodesk

Dynamo, les différents clashes selon la convention BIM ont mené à plus de 537 groupes de conflits détectés. Ce processus en interne permet d'identifier les clashes entre maquettes et les transmettre aux parties prenantes responsables de la création de chacune des maquettes.

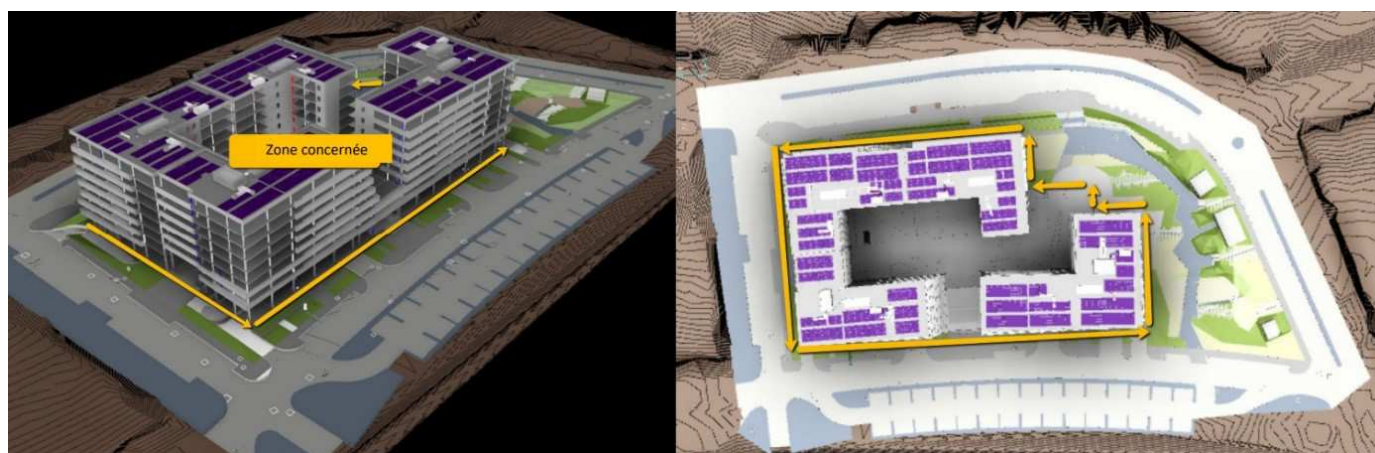


Figure 15 : Limitation de la Zone de Détection des Clashes - Credits : Continuum BIM

Ceci mène à l'organisation de réunions entre les différentes parties prenantes chapeautés par le BIM Manager qui les aide à résoudre le clash. L'intervention du BIM Manager dans cette étape est cruciale puisqu'elle a permis de ne pas créer de nouveaux clashes, en ayant une vue et maîtrise de tous les modèles.

Tout au long du processus, tous les changements sur les maquettes sont automatiquement téléchargés sur la plateforme Autodesk Collaborate Pro. Une notification est automatiquement envoyée aux équipes concernées pour visualiser le changement et l'impacter dans leurs modèles.

Le processus de Clash Détection a pris environ 2 mois de travail continu par les différentes équipes et selon quatre jets ou rounds de clashes détection. Après chaque round, les réunions de coordination ont tenu place. Les équipes modélisent les solutions approuvées en réunion, ce qui mène aux prochains rounds. A la fin du 4ème round, les clashes ont été résolus à 99,2%. Les 0,8% restants sont des clashes liés à la forme d'exécution sur chantier.

Ce processus de clashes détection a permis de résoudre plus de 500 groupes de clashes qui devaient être résolus selon la méthode classique sur le chantier, ce qui aurait induit plus de temps et plus de coûts supplémentaires comparé aux 2 mois de cette mission.

A la fin du 4ème round, les clashes ont été résolus à 99,2%.
Les 0,8% restants sont des clashes liés à la forme d'exécution sur chantier.



3. Dossier de Consultation des Entreprises en BIM

Après la fin de la mission de Clash Détection, les bureaux d'architecture et études techniques ont extrait les quantités des différents modèles BIM Coordonnés. Ces quantités permettent aux entreprises de quantifier exactement le besoin d'investissement sur le projet. Ce processus de QTF a été critique dans ce projet vu la spécificité et l'usage des différents types de matériaux sur les mêmes objets. La Brique Ponce, la Terre Crue et les Agglos ont tous été utilisés pour composer certains objets, par exemple les murs supportant les sanitaires (Partie inférieure des murs est en Agglos et partie supérieure en Terre crue). Ce processus a donc permis d'éviter toute confusion et de donner exactement les quantités du projet.

Suite à cette étape, un Dossier Consultation Entreprises BIM a été créé pour le projet. Ce dossier contient un Cahier de Charge BIM, les Maquettes BIM du projet sous format NWD et le contenu du DCE classique soit Plans,

Bordereaux et Cahier des Prescriptions Spéciales (CPS). Au lancement de l'Appel d'offre, toutes les entreprises d'exécution qui ont soumissionnées ont été convoquées à une présentation générale du projet. Étant le premier projet au Maroc où le BIM est utilisé proprement tout au long du projet et présentant plusieurs spécificités en termes d'usage de la technique du District Cooling et matériaux spécifiques, l'équipe Maîtrise d'œuvre sous l'égide de l'équipe Ewane Assets et de l'OPC Save Project ont présenté chacun son volet pour éclaircir toutes les ambiguïtés.

La particularité du DCE BIM apparaît aussi dans les conditions de gestion de chantier. L'équipe a instauré la solution Autodesk BUILD comme solution de base pour gérer le chantier de construction et que toutes les entreprises adhérant au projet doivent utiliser désormais. La Parcelle O CNS est le premier projet BIM au Maroc géré entièrement en Cloud.

4. BIM en exécution et gestion de chantier

Suite au lancement de l'exécution, l'équipe Continuum a mené une formation sur l'usage de la solution Autodesk Build pour tous les intervenants du projet. L'équipe Save Project a renforcé l'usage de la plateforme en n'acceptant plus l'échange des mails entre les équipes. La plateforme Autodesk Build est devenue un centre d'échange pour tout type de documents, PV, discussion de problèmes et autres. En parallèle, les études d'exécution ont été lancées. Des mises à jour ont été effectuées sur le modèle BIM DCE selon

les optimisations réalisées. Le BIM Référent de l'entreprise d'exécution réalise des pré synthèses BIM des modèles mis à jour. Après finalisation des pré synthèses, le BIM Manager du projet lance les rounds des synthèses BIM entre les maquettes selon plusieurs rounds. Pour suivre les étapes d'exécution, l'équipe OPC, Save Project a créé un planning 4D pour pouvoir suivre l'avancement du chantier.

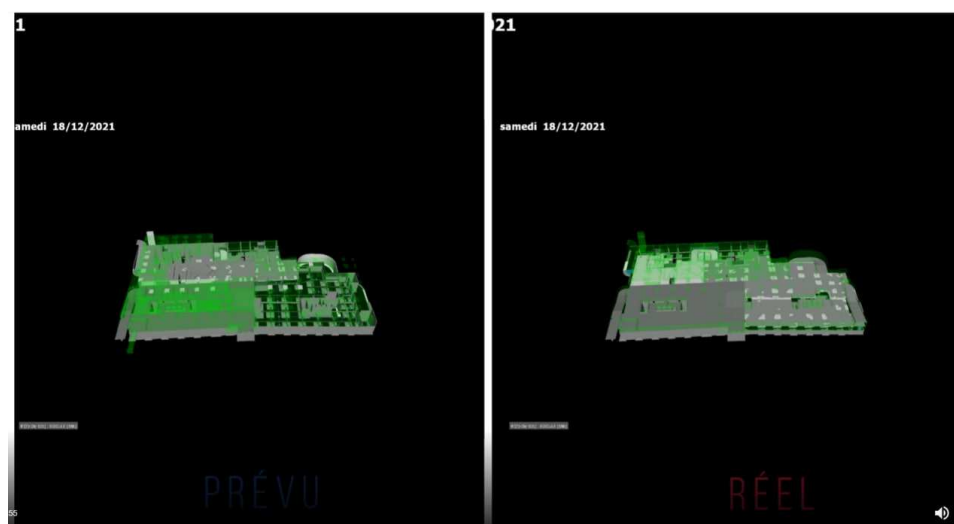


Figure 16 : Simulation 4D - Progrès réel vs Progrès prévu



Aussi, pour gérer le chantier d'une manière optimale, des tablettes sont mises à disposition des différents intervenants pour utiliser les plateformes PlanGrid ou Dalux et détecter les discordances directement.

Or, vu que le projet est un projet pilote au Maroc, certains changements sur les cheminements peuvent arriver suite au manque d'adaptation des ouvriers et sous-traitants au processus BIM. Pour cela, une décision de recadrage de communication a été prise.

Désormais tout changement passe par la validation du Référent BIM et la modification des maquettes.

Aussi, pour pouvoir remédier à tout type de contraintes ultérieures et changements, des SCAN To BIM de la Parcelle sont réalisés en cours de construction par l'équipe Continuum BIM avant de fermer les gaines et plafonds, et ce pour non seulement résoudre tout changement et avoir un modèle tel que construit mais aussi pour évaluer la performance des entreprises dans la phase de recollement vis-à-vis la construction d'un ouvrage tel que le Modèle BIM.

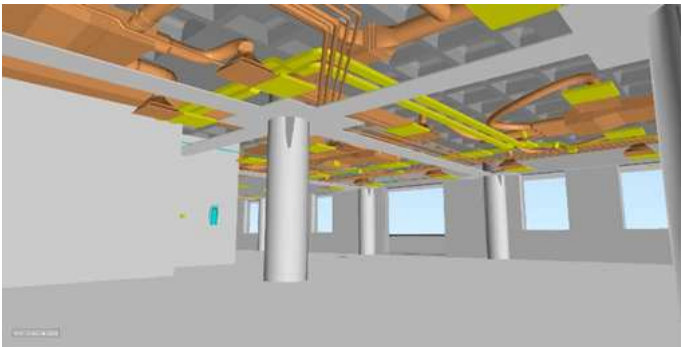


Figure 17 : Modèle BIM vs exécution

5. Objectifs futurs à atteindre

L'objectif du processus BIM actuel est la livraison de la maquette Dossier d'Ouvrage Exécuté qui intégrera l'aspect géométrique tel qu'exécuté, le cloisonnement, le cheminement MEP, les fiches techniques des équipements, les données GTC, les matériaux et les familles.

L'objectif principal du BIM dans ce projet est la création du Digital Twin de la Parcelle O. Le Digital Twin permettra la gestion opérationnelle du bâtiment en se basant sur une solution Facility Management connectée à toutes les installations du bâtiment dont : la GTC déployée, les caméras de surveillance, les capteurs IoT installés et autres. La solution FM intégrera le codage des équipements et matériaux et l'étiquetage des tableaux. L'intégration de la solution FM se fera plus fluidement vu que le projet est

réalisé en BIM dès la conception.

Étant un plateau de bureau, les modèles BIM des différents locaux à louer de la Parcelle O seront mis à disposition des locataires. Tout changement au sein des installations des espaces loués devra être validé par l'équipe Facility Management et intégré au sein des modèles BIM. Les locataires auront des modèles BIM tel que construit de leurs espaces bureaux pour gérer leurs espaces.

Le Digital Twin permettra le suivi quotidien des états de chacun des matériels et installations sur le bâtiment en prévoyant des opérations de maintenance préventive et maintenance planifiée. Il permettra aussi un suivi des niveaux d'énergie consommée et une gestion d'espace intelligente.

“L'objectif principal du BIM dans ce projet est la création du Digital Twin de la Parcelle O.”



ENQUÊTE BIM EN AFRIQUE (ABS) 2022 : RÉSULTATS

Suite à la première enquête à l'échelle continentale en 2020, le Comité de recherche et de développement BIM Africa s'est lancé dans l'enquête BIM africa (ABS) en 2022 pour évaluer le statut du BIM après deux ans. L'ABS a enregistré plus de 1 100 entrées de professionnels dans les cinq régions africaines au cours de la période de collecte de données (mars - juin 2022), ce qui représente une participation importante par rapport à l'ABS 2020 lors de l'épidémie de pandémie de COVID-19.

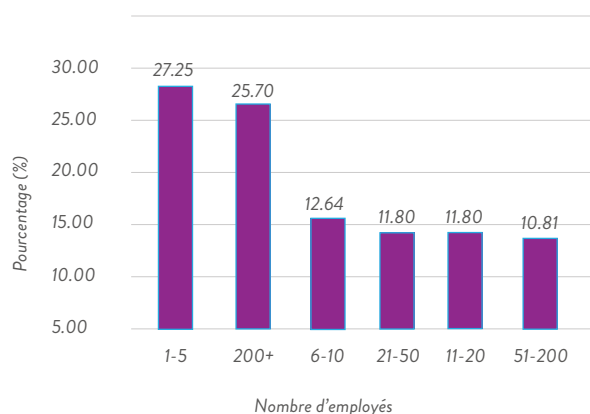
L'enquête a été rendue disponible en anglais, français et arabe pour répondre aux langues officielles les plus répandues en Afrique. Dans le but d'améliorer le processus de collecte de données, une approche de collecte de données régionale a été utilisée par rapport à la collecte de données centrale adoptée en 2020. De toute évidence, cette approche a amélioré le taux de réponse et la répartition des réponses dans les régions.

Nous remercions les partenaires régionaux, les organisations, communautés et organismes professionnels qui ont partagé l'enquête BIM africaine 2022 avec leur base d'utilisateurs et tous les répondants à l'enquête. Nous espérons que les résultats de cette recherche contribueront à la discussion sur le BIM et la construction numérique dans l'environnement bâti africain.

1. À propos de votre organisation - En incluant vous-même, environ combien de personnes sont employées dans votre organisation ?

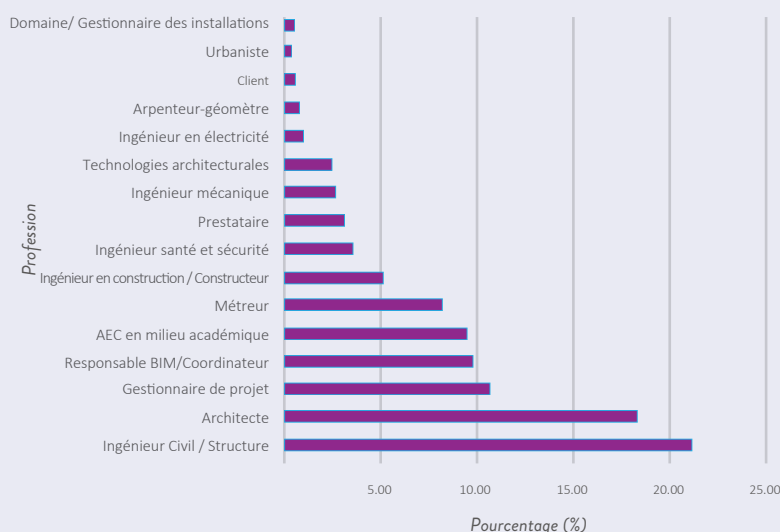
Pour comprendre la répartition démographique des répondants, l'enquête a évalué le nombre d'employés dans les entreprises des répondants. Plus de 25 % des répondants proviennent d'entreprises de moins de cinq employés, et un pourcentage à peu près similaire d'entreprises de plus de 200 employés. Dans l'ensemble, environ 75 % des répondants sont employés dans des petites et moyennes entreprises (PME) de moins de 200 employés. Cela correspond à la répartition des entreprises dans l'industrie de la construction, où les PME représentent souvent plus de 90 % de l'industrie.

TAILLE DE LA FIRME



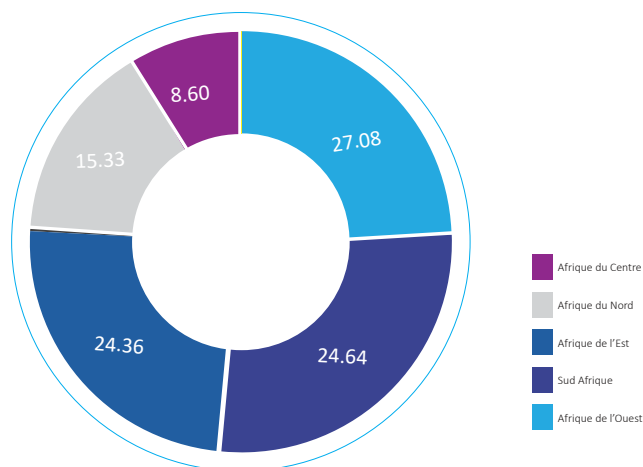
2. Quelle est votre profession principale ?

La plupart des répondants sont des ingénieurs civils/structurels, des architectes, des chefs de projet et des gestionnaires/coordonateurs BIM. En outre, il existe des réponses d'une variété d'autres professionnels de l'environnement bâti. Ces répondants sont des professionnels impliqués dans la phase de planification, de conception, de construction, d'exploitation et d'entretien des projets. Cela montre que les répondants au sondage proviennent d'horizons divers et reflètent une participation inclusive de la plupart des professions.



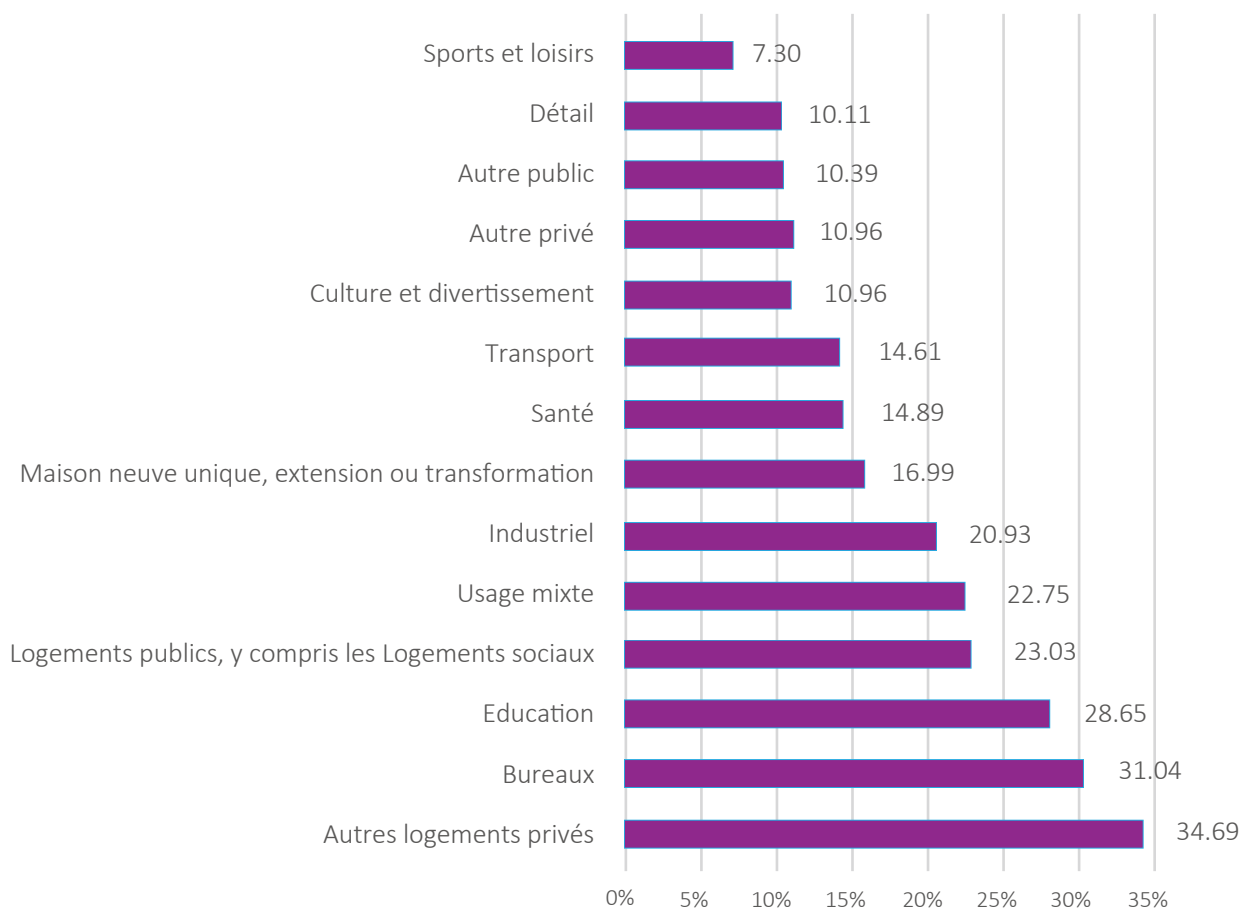
3. Emplacement

Les répondants venaient de 39 pays des cinq régions d'Afrique. Les régions d'Afrique australe, occidentale et orientale représentent chacune entre 24 et 27 % et représentent 76 % du total des réponses. Cela indique que la région de l'Afrique subsaharienne, couplée à l'Afrique centrale, représente environ 85 % et les 15 % restants de l'Afrique du Nord. Les répondants viennent de six pays d'Afrique australe (les 3 premiers sont l'Afrique du Sud, le Zimbabwe et le Botswana), 11 pays d'Afrique de l'Ouest (les 3 premiers sont le Nigeria, le Ghana et la République du Bénin) et 11 pays d'Afrique de l'Est (Éthiopie, Kenya, et Tanzanie). Sept pays d'Afrique du Nord (les 3 premiers sont l'Égypte, l'Algérie et le Maroc) et quatre pays d'Afrique centrale (Cameroun, République démocratique du Congo, Angola et République centrafricaine (RCA)). Par rapport à ABS 2020, cette enquête actuelle reflète des réponses plus uniformément réparties dans toutes les régions.



4. Au cours des douze derniers mois, à quels types de projets de construction suivants avez-vous participé ?

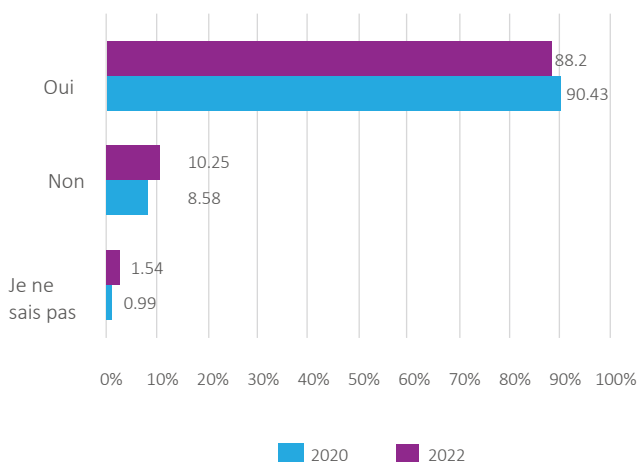
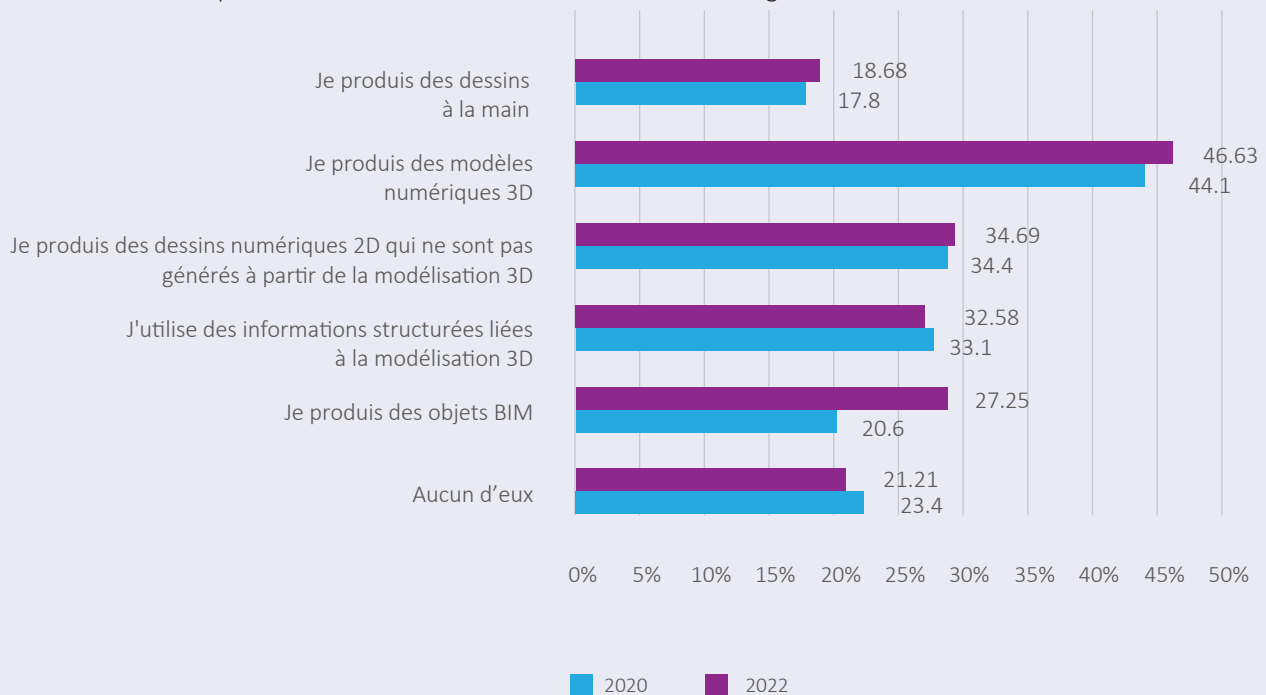
Le sondage portait sur les projets auxquels les répondants avaient participé au cours des douze derniers mois afin d'évaluer la nature de leur pratique. Environ 35 % étaient impliqués dans d'autres logements privés, 31 % dans des bureaux et environ 29 % dans des projets liés à l'éducation. Bien que cette répartition de la nature de la pratique soit en tandem avec l'ABR 2020, à l'exception des projets ponctuels de maisons neuves, d'extension, de conversion ou de modification qui sont passés du projet le plus signalé en 2020 au 7e en 2022. Ainsi, l'ABR 2022 a vu une plus grande participation des entreprises impliquées dans le logement privé qu'en 2020.



5. Laquelle des affirmations suivantes s'applique à vous ?

Nous nous sommes enquis des pratiques de travail des répondants pour avoir un aperçu du mode de fonctionnement des entreprises de l'industrie africaine de la construction. Dans l'ABS 2022, environ 47 % des répondants ont produit des modèles numériques 3D et 27 % ont produit des objets BIM. Cependant, environ 19 % sont encore impliqués dans la production de dessins à la main et 35 % produisent des modèles 2D qui ne sont pas générés à partir de modèles 3D.

Notamment, ces pratiques ne s'excluent pas mutuellement, car les entreprises produisant des objets BIM pourraient toujours être impliquées dans la production manuelle de dessins. Par rapport à ABS 2020, davantage de répondants produisent des objets BIM et des modèles 3D. Cependant, à peu près la même proportion de répondants (33 %) utilisent des informations structurées liées à des modèles 3D. Cela pourrait refléter une amélioration des pratiques de travail des entreprises africaines vers l'utilisation de modèles intelligents et riches en informations.



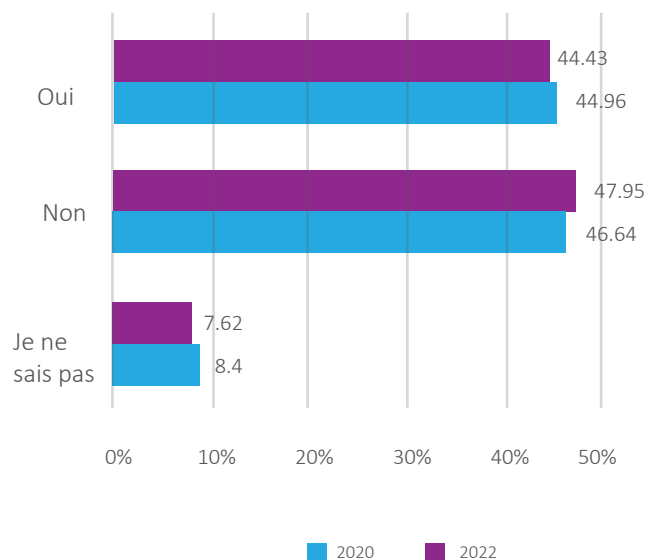
6. Avant de répondre à cette enquête, aviez-vous déjà entendu parler du BIM (Building Information Modeling) ?

Le niveau de sensibilisation au BIM à travers l'Afrique a été élevé au cours des deux dernières années grâce aux efforts concertés des parties prenantes, et le BIM est devenu un mot à la mode dans l'industrie. Environ 88 % des répondants avaient entendu parler du BIM avant de répondre à l'enquête, contre 90 % en 2020. Cela dénote un niveau élevé de sensibilisation du répondant. Cependant, la sensibilisation se traduit-elle par l'adoption et la mise en œuvre du BIM ?



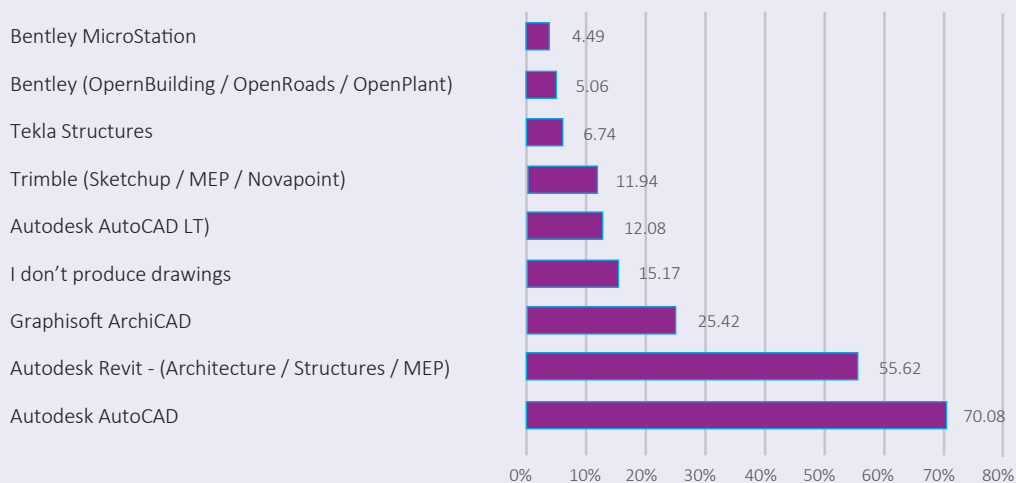
7. Au sein de votre organisation, avez-vous adopté le BIM pour des projets auxquels vous avez participé ?

Pour répondre à la question précédente sur la relation entre la sensibilisation et l'adoption du BIM, nous avons demandé si les répondants avaient adopté le BIM sur des projets dans lesquels ils avaient été impliqués. Environ 44 % ont adopté le BIM, tandis qu'environ 47 % n'ont pas adopté le BIM en 2022. Par rapport à l'ABS 2020, cela représente le même niveau de mise en œuvre sur les projets après deux ans. Il convient également de noter que les 44 % qui ont adopté le BIM pour leurs projets l'ont fait à différents niveaux de mise en œuvre. Cependant, le niveau BIM ou le degré de mise en œuvre n'a pas été évalué. De plus, la même proportion qui avait adopté le BIM en 2020 le fera très probablement en 2022 à un niveau avancé en fonction de son expérience au fil des ans. En outre, la compréhension du BIM en Afrique s'est améliorée au cours des deux dernières années, ce qui implique que les entreprises qui ont déclaré avoir adopté le BIM en 2022 "font" du BIM et non de simples "modélisations" endémiques les années précédentes.



8. Lequel de ces outils avez-vous utilisé pour vos conceptions ou projets ?

Les outils utilisés pour la conception dans la pratique ont été évalués et 70 % ont déclaré Autodesk AutoCAD, suivi par Autodesk Revit (environ 56 %) et Graphisoft ArchiCAD (25 %).

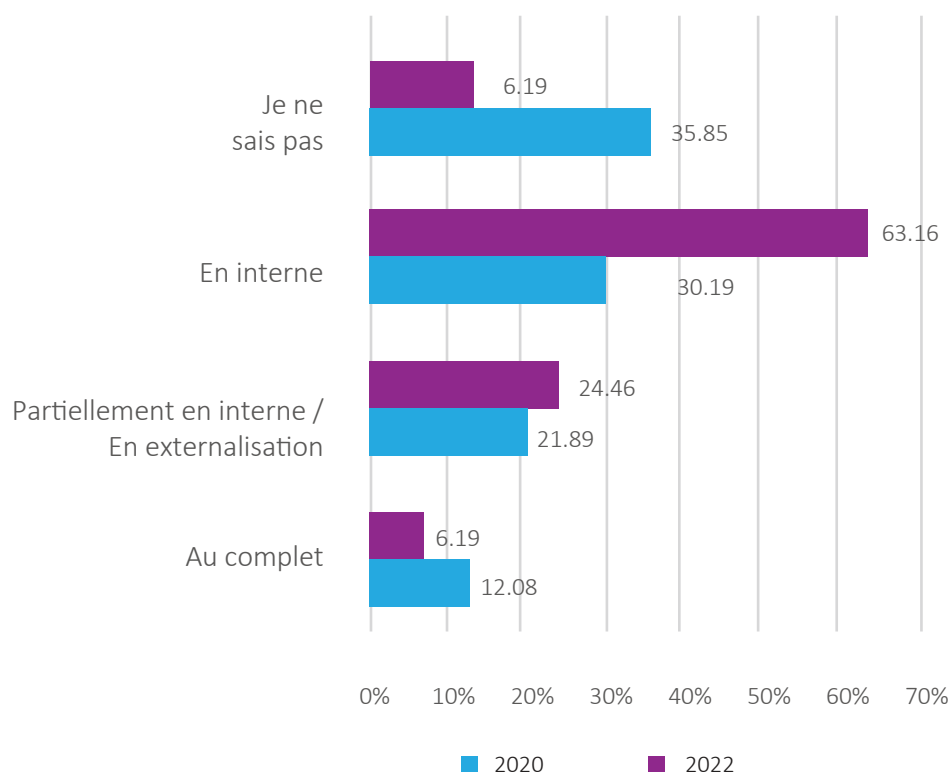


Le classement de ces outils est assez similaire aux conclusions de l'ABS 2020. Cependant, il y a une augmentation de la proportion de répondants qui ont déclaré utiliser ces outils pour la conception en 2022.



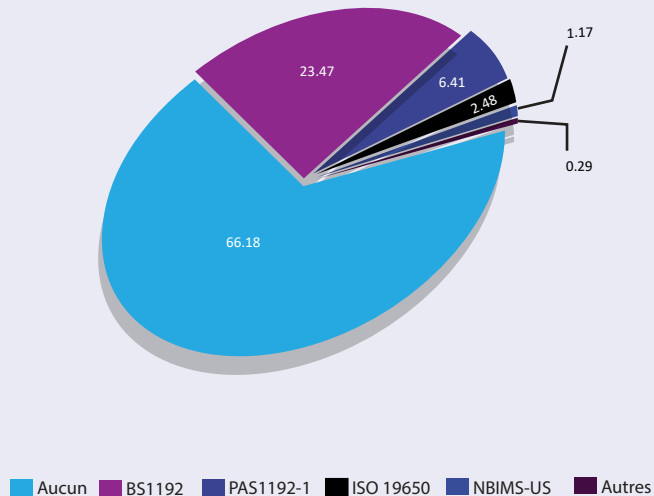
9. Comment votre entreprise met-elle en œuvre le BIM ?

Environ 63% des répondants mettent en œuvre le BIM en interne contre 30% en 2020, corroborant l'affirmation d'une meilleure connaissance du BIM. Plus important encore, 94 % des répondants connaissent le mode de mise en œuvre du BIM dans leur entreprise, contre 64 % en 2020. Cela valide notre position selon laquelle ceux qui ont adopté le BIM en 2020 le mettent désormais en œuvre à un niveau avancé.



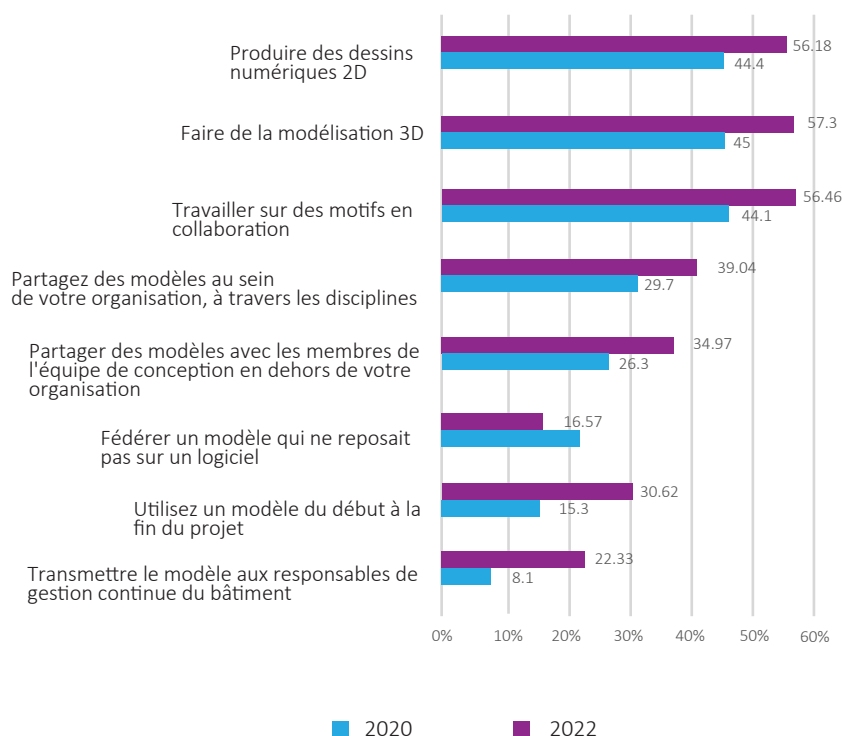
10. Quelles normes BIM avez-vous adoptées ou utilisées ?

Le niveau d'adoption étant encore faible, 66 % des répondants n'utilisent aucune norme BIM, ce qui pourrait être lié à un manque d'utilisation du BIM dans leur entreprise. 23 % des entreprises ont utilisé BS 1192 et 6 % ont déclaré utiliser PAS 1192. 2,48 % ont utilisé ISO 19650 et 1 % des répondants ont adopté NBIMS-US. Bien que BS 1192 et PAS 1192 aient cédé la place à ISO 19650 depuis 2019, de nombreux répondants utilisent encore BS 1192 et PAS 1192, ce qui pourrait être dû aux complexités perçues dans ISO 19650 dans le but d'en faire une norme générique. En outre, la distribution des réponses pourrait être liée au lien plus fort entre l'industrie africaine de la construction et l'Europe par rapport aux États-Unis/Amérique du Nord.



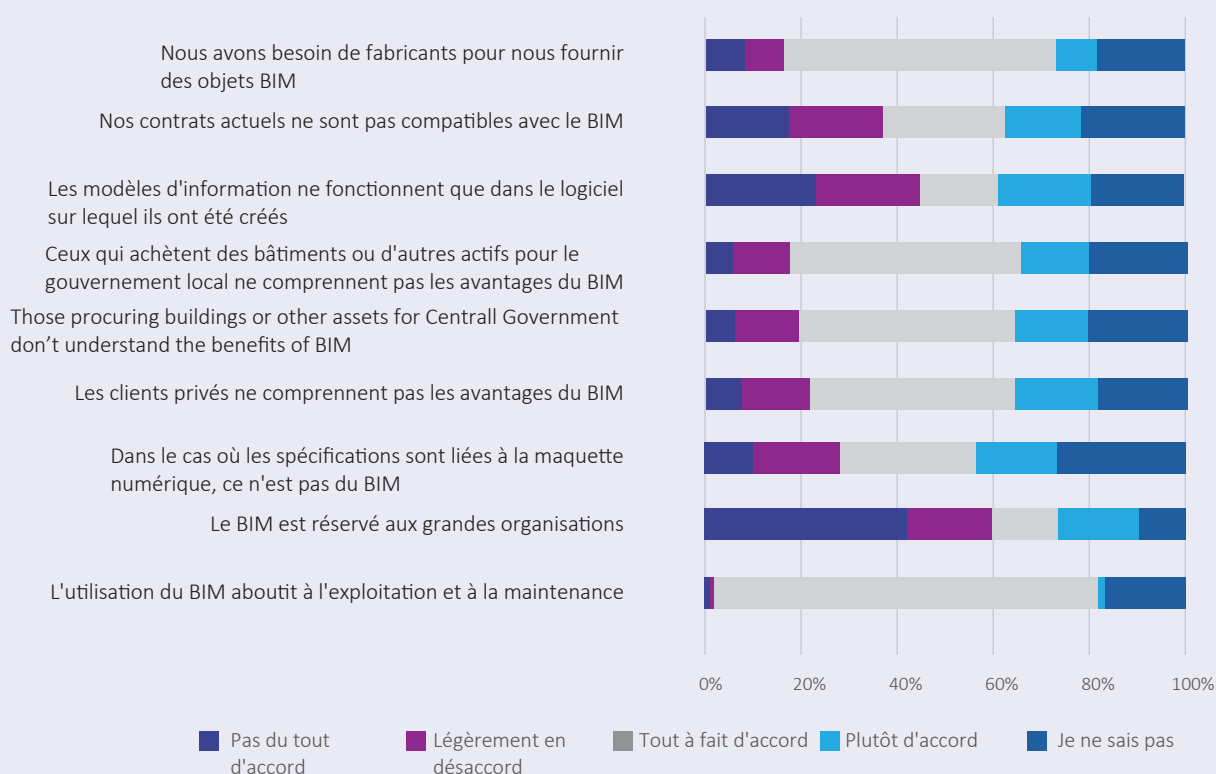
11. D'après votre expérience des projets auxquels vous avez participé au cours des 12 derniers mois, avez-vous déjà... ?

Plus de la moitié des répondants produisent des dessins numériques 2D, des modèles numériques 3D et travaillent en collaboration sur la conception. Cependant, une proportion similaire qui produit des dessins numériques 2D produit également des modèles numériques 3D en raison de l'exclusivité non mutuelle de l'option. Plus de répondants partagent désormais des modèles dans toutes les disciplines avec l'équipe de conception en dehors de leur organisation et utilisent un modèle du début à la fin du projet par rapport à 2020. Cela reflète une tendance croissante à la conception collaborative en Afrique, bien que lentement. Fait intéressant, environ 22 % transmettent le modèle aux responsables de la gestion du bâtiment pour tirer parti des avantages du BIM dans l'exploitation et la maintenance du projet.



12. Dans quelle mesure êtes-vous d'accord ou pas d'accord avec les affirmations suivantes concernant le BIM ?

Avec le haut niveau de sensibilisation et l'adoption croissante dans l'industrie africaine de l'architecture, de l'ingénierie et de la construction (AEC), il est important d'examiner la perception de l'industrie du BIM. Environ 79 % des répondants sont tout à fait d'accord pour dire que le BIM est bénéfique dans la phase d'exploitation et de maintenance du projet, même si la plupart des modèles utilisés pendant la phase de conception et de construction ne sont souvent pas utilisés pendant cette phase. Ainsi, freiner l'impact du BIM dans cette phase. Fait intéressant, la perception de l'adéquation du BIM aux seules grandes entreprises diminue, car environ 60 % ne sont pas d'accord sur le fait que le BIM est réservé aux grandes entreprises, contre 50 % en 2020. Cependant, il y a toujours un manque de soutien de la part des parties prenantes telles que les gouvernements, les clients et fabricants du secteur, car la plupart des répondants pensent que ces parties prenantes ne comprennent pas le BIM et ses avantages.



13. Dans quelle mesure êtes-vous d'accord ou pas d'accord avec les affirmations suivantes concernant le BIM ?

En outre, environ 77 % des répondants ont confirmé que l'adoption du BIM est encore lente. Cependant, cela représente une amélioration par rapport à 90% en 2020. De plus, il existe toujours une perception d'un manque de connaissances dans l'industrie par les professionnels et les entreprises de construction.

Le retour sur investissement du BIM n'est pas clair pour les entreprises et professionnels de la construction

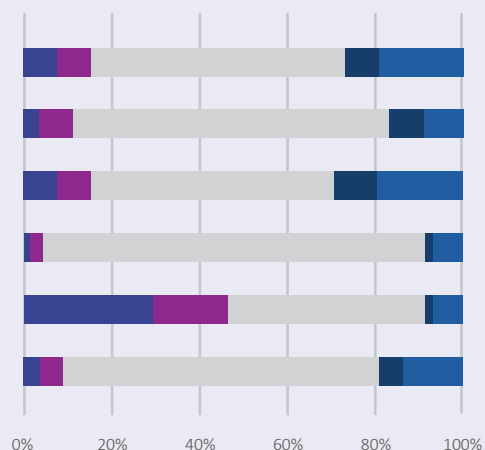
Je pense que de nombreux professionnels de la construction ne connaissent pas la valeur du BIM

Je pense qu'il n'y a pas de base juridique substantielle pour l'adoption du BIM

Je pense que le gouvernement devrait soutenir le BIM

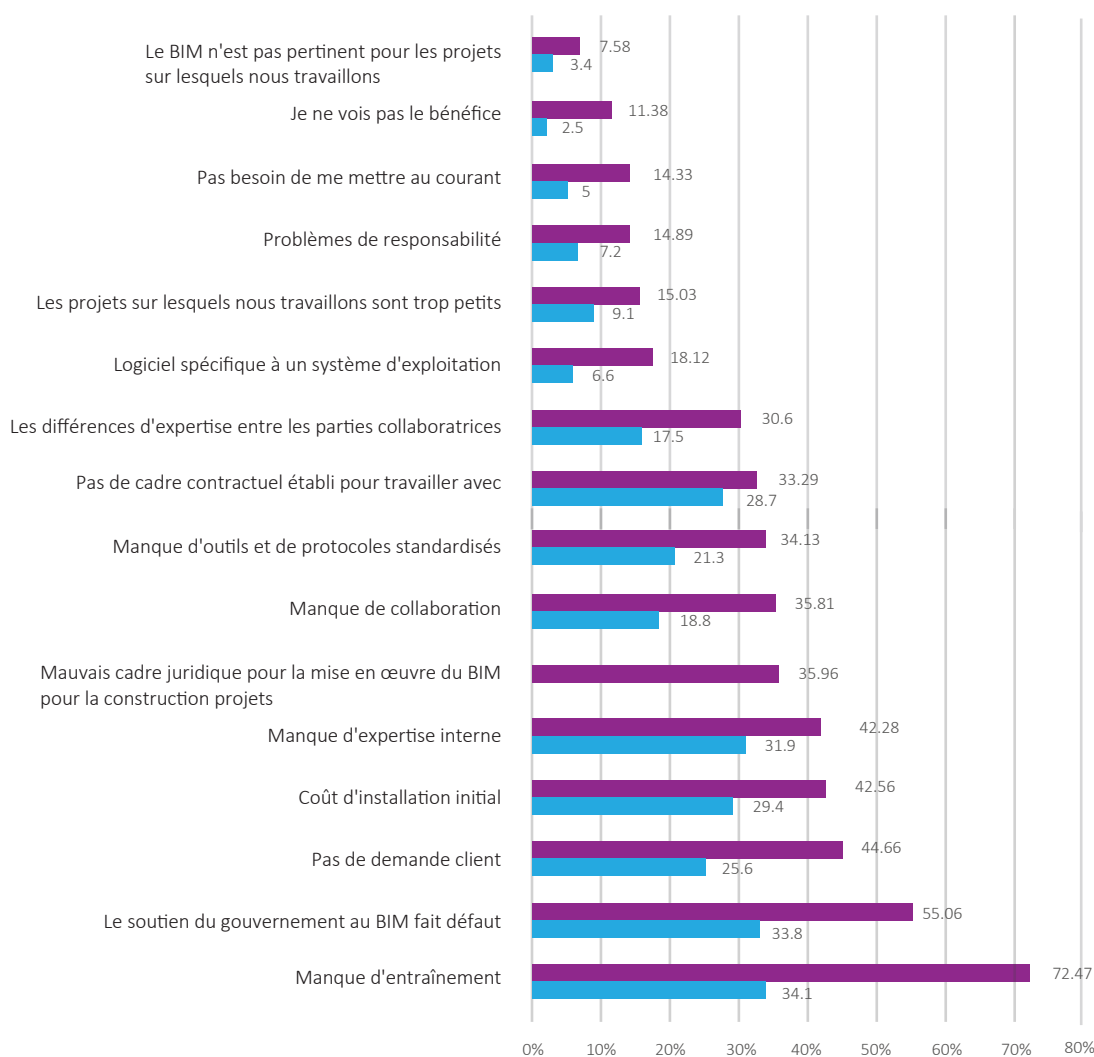
Je ne me suis pas encore fixé sur la manière d'adopter le BIM

L'utilisation du BIM est encore lente



■ Pas du tout d'accord ■ Légèrement en désaccord ■ Tout à fait d'accord ■ Plutôt d'accord ■ Je ne sais pas

14. Selon vous, quels sont les principaux obstacles à l'utilisation du BIM ?



■ 2020 ■ 2022

Avec la forte notoriété perçue du BIM dans l'industrie, nous nous sommes renseignés sur les défis qui entravent l'adoption généralisée du BIM. Les principaux obstacles sont le manque de formation, le manque de soutien gouvernemental, l'absence de demande des clients, le coût initial et le manque d'expertise interne. Ces obstacles ont été régulièrement signalés dans l'industrie, et les parties prenantes ont déployé des efforts pour les surmonter. Par exemple, BIM Africa a lancé le programme Student Advocacy pour doter les étudiants d'institutions sélectionnées à travers l'Afrique de connaissances et de compétences BIM. L'introduction de nouveaux cursus et programmes tels que la gestion intégrée de la conception technique (IEDM) et la mobilité des infrastructures durables en Afrique (ASIM), entre autres en Afrique, sont également des solutions à long terme au manque de formation et d'expertise. Cependant, surmonter les défis du soutien gouvernemental et de la demande des clients nécessite des efforts supplémentaires de la part des parties prenantes de l'environnement bâti africain pour engager les organismes de réglementation. Ainsi, les défis actuels auxquels est confronté l'environnement bâti africain entravent l'adoption généralisée du BIM et de l'approche descendante.

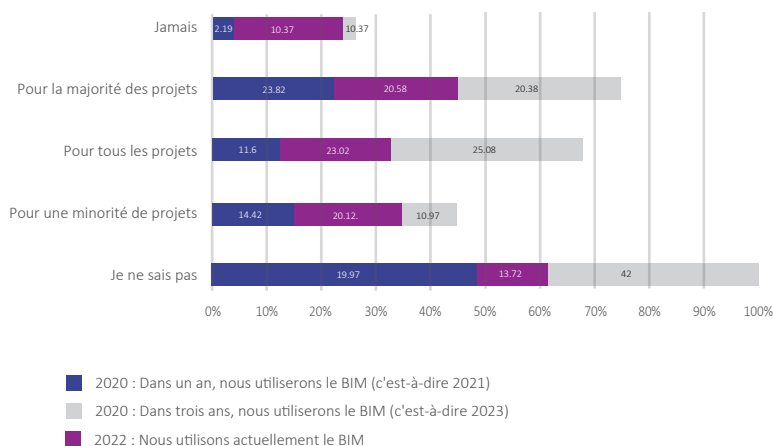
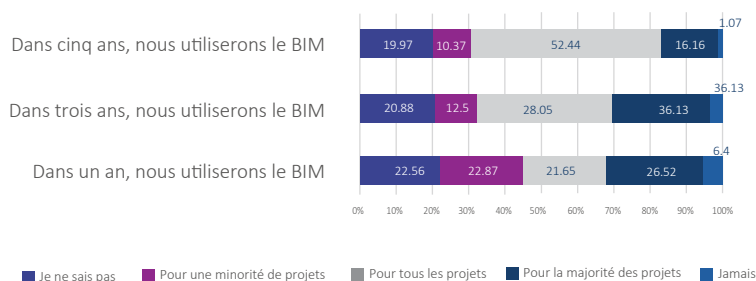
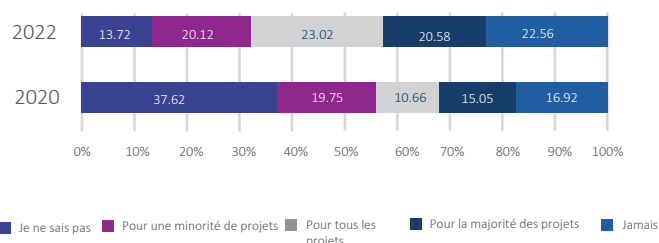
15. Comment décririez-vous l'utilisation future du BIM dans votre organisation ?

Bien que le BIM ait été mis en œuvre dans certaines entreprises, seuls 23 % ont utilisé le BIM pour tous les projets, contre environ 11 % en 2020. De plus, environ 64 % des répondants ont mis en œuvre le BIM pour tous les projets, la majorité ou la minorité de leurs projets. projet, contre 45 % en 2020. De même, cela reflète le niveau de sensibilisation accru puisque seulement 36 % ne connaissent pas ou n'ont jamais mis en œuvre le BIM, contre 55 % en 2020.

En se projetant dans l'avenir, les répondants ont été interrogés sur la perspective d'utiliser le BIM dans un an, trois ans et cinq ans. Fait intéressant, davantage d'entreprises espèrent mettre en œuvre le BIM dans les années à venir, et la projection atteint environ 79 % en 2027. Cependant, toutes ces entreprises prévoyant l'utilisation du BIM finiraient-elles par utiliser le BIM ? Ainsi, nous comparons la projection en 2020 avec le statu quo en 2022.

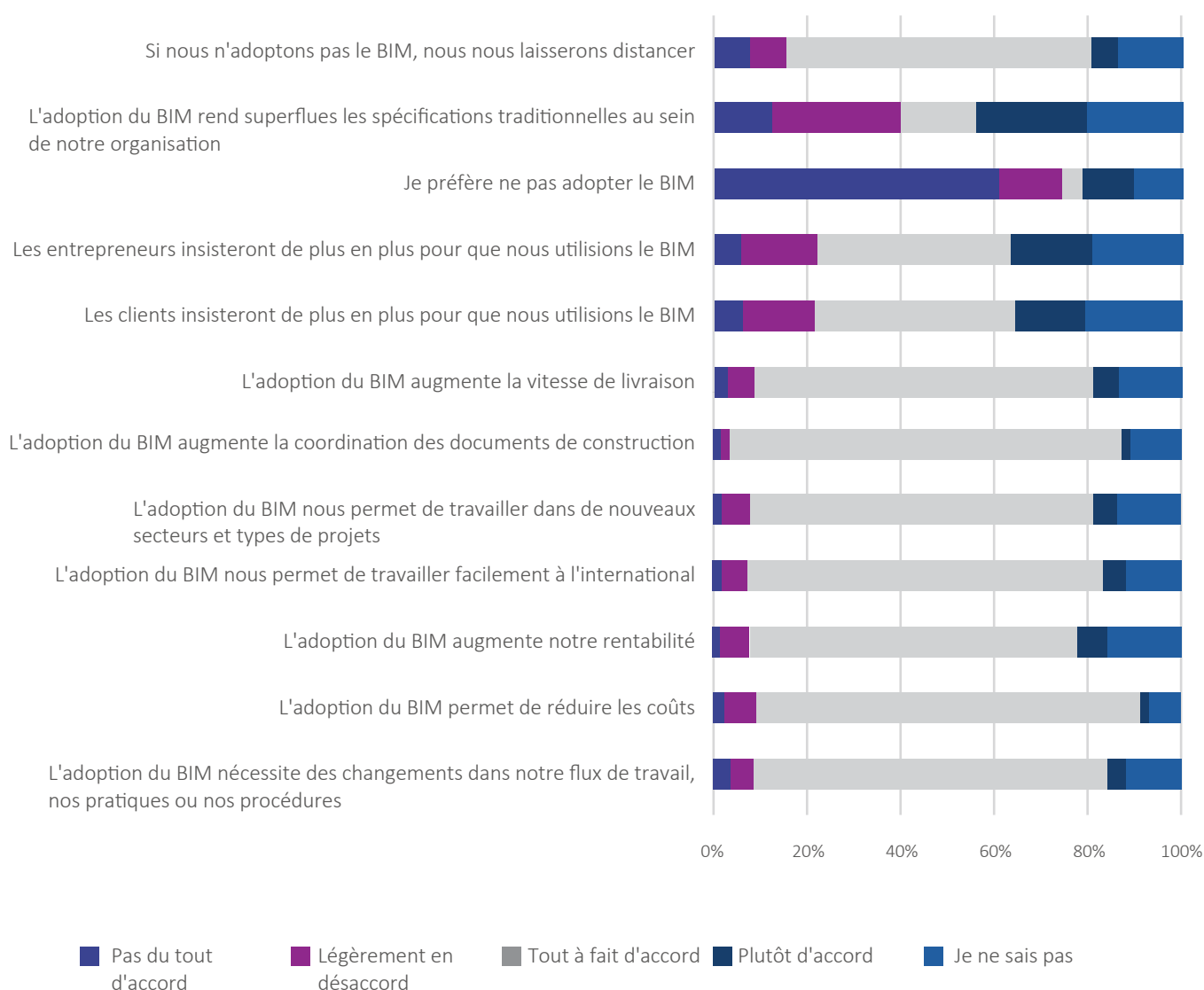
En 2020, environ 12 % et 25 % des répondants prévoyaient d'utiliser le BIM pour tous les projets d'ici 2021 et 2023, respectivement. Cela correspond aux 23 % qui utilisent actuellement le BIM pour tous les projets en 2022. De même, en 2020, environ 24 % et 20 % des répondants prévoyaient d'utiliser le BIM pour la plupart des projets d'ici 2021 et 2023, respectivement, tandis qu'en 2022, environ 21 % ont déclaré avoir utilisé actuellement le BIM pour la plupart des projets. Ainsi, les projections faites en 2020 se sont avérées relativement précises concernant les perspectives futures du BIM. On espère que les prévisions pour les cinq prochaines années se concrétiseront. Cependant, des efforts sont nécessaires pour surmonter les défis de l'industrie.

Nous utilisons actuellement le BIM



16. D'après votre expérience ou votre compréhension de l'utilisation du BIM, dans quelle mesure êtes-vous d'accord ou en désaccord avec les affirmations suivantes ?

Avec l'adoption croissante du BIM dans l'environnement bâti africain, nous avons examiné la perception des répondants en ce qui concerne le BIM dans leur pratique de travail. La plupart des répondants sont d'accord avec la nécessité d'être conforme au BIM. Ils conviennent que l'adoption du BIM conduirait à une meilleure livraison des projets dans l'industrie. De même, environ 81 % conviennent que le BIM nécessite des modifications du flux de travail, ce qui pourrait constituer un goulot d'étranglement dans une industrie ayant une culture de résistance au changement. Fait intéressant, les répondants sont d'avis qu'il y aurait une demande accrue pour le BIM de la part des clients et des entrepreneurs.



Quel avenir pour le BIM et la construction numérique en Afrique ?

Enfin, les répondants se sont exprimés sur l'avenir du BIM et de la construction numérique en Afrique. Les opinions des répondants reflètent une vision positive de l'AEC africaine, cependant, des efforts sont nécessaires pour enregistrer des progrès significatifs sur le continent.

L'adoption du BIM est lente et il est nécessaire de pousser de bas en haut :

"Parce que l'Afrique est apparemment lente à prendre le train en ce qui concerne les processus de construction, je vois encore le BIM prendre encore un an ou deux pour une adoption substantielle. À une époque où d'autres économies parlent de jumeaux numériques, nous sommes toujours dans la discussion sur l'adoption du BIM. Un angle légal peut accélérer l'adoption."

"Il ne fait aucun doute que l'avenir est numérique. Le rythme et la mesure dans lesquels il sera adopté dépendront de la valeur démontrable pour les clients, les consultants et l'industrie (facteurs d'attraction) plutôt que de la pression législative. Il est déjà assez difficile d'appliquer les réglementations de base en matière de construction."

"L'industrie africaine de l'AEC doit adopter des contrats qui encouragent l'adoption du BIM tout au long du cycle de vie du projet. Les chefs de projet doivent conseiller les clients sur les avantages de ces nouvelles technologies."

"Ce sera énorme si davantage d'acteurs publics et privés l'adoptent et le mettent en œuvre dans leurs projets. Cela va révolutionner la manière dont les projets seront livrés pour les environnements bâtis. Il y a une énorme marge de croissance."

Le BIM est bénéfique mais il est nécessaire de remédier aux goulots d'étranglement :

"L'un des obstacles au BIM peut être les versions logicielles et les problèmes d'interopérabilité. De nombreuses personnes utilisent d'anciennes versions qui entravent les collaborations et la coordination."

"L'avenir du BIM améliore la collaboration ; il s'agit de créer de meilleurs flux de travail au sein du bureau. Le BIM peut aider les entreprises de construction à améliorer la planification, à compenser les conflits entre les disciplines et à augmenter le délai de livraison de chaque projet."

"La CAO 2D est morte. Les gens doivent également réaliser que le BIM n'est pas un modèle 3D ou un logiciel. C'est un processus. Il faut aussi travailler avec la fin à l'esprit et comprendre que vous travaillez avec des bases de données sous forme visuelle."

"L'avenir du BIM et de la construction numérique sera déterminé par la disponibilité des logiciels BIM sur le marché africain. À l'heure actuelle, les logiciels BIM sont chers et difficiles à acheter pour la plupart des entreprises."

"L'adoption du BIM est l'avenir. Les gouvernements comprendront étape par étape qu'il est très avantageux pour les clients d'utiliser le BIM dans leurs projets. Ils commenceront à mettre en œuvre le cadre juridique et les procédures à utiliser dans tous les projets."

" L'Afrique passera au BIM de la même manière qu'elle passera du "sans téléphone" aux téléphones portables ."





Mohamed Marzouk

Professeur de BTP
Ingénierie et Gestion
Département d'ingénierie des structures,
Ecole d'ingénieurs,
Université du Caire, Gizeh, Égypte.



Kareem Adel

Assistant de cours, Construction
et Département d'ingénierie du bâtiment,
Collège d'ingénierie et de technologie,
Académie arabe des technologies scientifiques
& Transports Maritimes (AASTMT),
Le Caire, Egypte

DIGITAL TWIN ET LA SCIENCE DES DONNÉES POUR L'EXPLOITATION ET LA MAINTENANCE DES ACTIFS BÂTIS

De nos jours, le BIM 4D et 5D est utilisé intensivement aux étapes de pré-construction et de construction, où toutes les parties prenantes s'engagent et collaborent. Cependant, ces modèles BIM sont considérés comme découplés ou obsolètes et servent des objectifs limités après l'achèvement des projets tout en négligeant les utilisations futures pendant les phases de maintenance et d'exploitation (Boje et al., 2020). Digital Twin (DT) peut offrir une solution viable à ce problème en fournissant des modèles BIM utilisables et à jour.

Digital Twin est une représentation numérique réaliste d'actifs, de processus ou de systèmes reflétant leurs propriétés, conditions et/ou performances actuelles (Gürdür Broo et al., 2022 ; Lee et al., 2021). DT comprend cinq composants principaux ; 1) actif physique, 2) modèle virtuel (modèles BIM à n dimensions), 3) connexions, 4) données et 5) services. L'actif physique est la base du modèle virtuel. Le modèle virtuel reflète l'actif physique dans un environnement numérique contrôlé. Les connexions permettent la collecte, le transfert et l'alimentation de données dans des modèles virtuels. Les services font référence aux applications fonctionnelles DT telles que la simulation, la prise de décision, la surveillance et le contrôle des actifs physiques à l'aide d'outils et de techniques de science des données (DS)

pour améliorer la fiabilité, les performances ou l'état de l'actif (Jiang et al., 2021).

DT peut contribuer à la gestion des actifs construits dans de nombreux cas d'utilisation utiles dans les phases de maintenance et d'exploitation. Ces cas incluent, mais sans s'y limiter, la détection, l'analyse structurelle/diagnostic, le contrôle automatique et la mise à niveau. En ce qui concerne la détection, la DT peut être utilisée pour l'inspection des actifs et la détection des défauts des bâtiments patrimoniaux, des ponts, des routes et des voies ferrées. Cela peut être fait en capturant des informations géométriques à l'aide de scanners laser, de caméras thermiques et de capteurs IoT, en introduisant ces informations dans un modèle numérique et en les traitant sous une forme utilisable. En ce qui concerne l'analyse/diagnostic de structure, DT peut produire des modèles d'éléments finis 3D pour la simulation et l'évaluation des performances mécaniques des structures existantes. Pour le contrôle automatique, DT peut utiliser les données des modèles virtuels pour contrôler et gérer l'actif physique en temps opportun à l'aide de systèmes bidirectionnels similaires aux systèmes cyber-physiques (CPS). Ce cas d'utilisation est principalement orienté vers la consommation d'énergie et la gestion de la ventilation.

Pour la rénovation, DT peut intégrer des informations géométriques et non

géométriques pour générer des modèles de pré-rénovation pour les bâtiments existants à l'aide d'un balayage laser 3D et d'un radar à pénétration de sol (GPR). Ces modèles permettent une compréhension approfondie des bâtiments en cours de rénovation ou de reconstruction et aident à élaborer différents plans de gestion

DT peut contribuer à la gestion des actifs construits dans de nombreux cas d'utilisation utiles dans les phases de maintenance et d'exploitation

connexes (Jiang et al., 2021 ; Opoku et al., 2021).

Comme mentionné précédemment, les outils et techniques de Data Science (DS) sont utilisés et intégrés dans les applications ou services fonctionnels DT. Par conséquent, l'intégration efficace entre DT et DS nécessite de définir DS et ses étapes. La science des données (DS) est définie comme "l'étude ou l'analyse scientifique d'événements réels avec des données historiques à l'aide d'un ensemble de méthodologies scientifiques et d'algorithmes, de processus ou de systèmes d'IA" (Sarker, 2022). Comme le montre la figure 1, l'utilisation de DS dans les systèmes basés sur DT implique six étapes principales (Abdelrahman et al., 2021 ; Parimbelli et al., 2021), notamment:

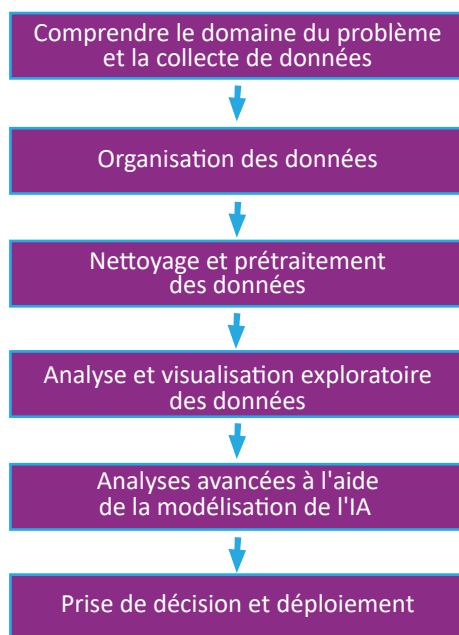


Figure 18: Étapes séquentielles de DS

Comprendre le domaine du problème et la collecte de données :

Cette étape consiste à identifier les variables, les contraintes et les résultats potentiels des services de DT. Sur la base de cette identification, les données associées peuvent être collectées sous forme brute à l'aide de connexions de données ou à partir de modèles DT générés.

Organisation des données :

Cette étape implique l'organisation et la structuration des données en fonction de plusieurs facteurs tels que le type de données, la quantité, la suffisance, l'importance des fonctionnalités et les mesures de rapport pour prendre en charge la modélisation basée sur les données.

Nettoyage et prétraitement des données :

Cette étape consiste à transformer l'ensemble de données dans un format compréhensible en supprimant ou en corrigeant les données incorrectes, corrompues, mal formatées, bruyantes, en double, mal étiquetées ou incomplètes qui se produisent généralement lors de la combinaison de données provenant de plusieurs sources.

Analyse et visualisation exploratoire des données :

Il s'agit initialement d'analyser les données à l'aide de méthodes statistiques et de visualisation de manière non structurée pour révéler les tendances initiales, les attributs et les points d'intérêt et produire des résumés de données. Cette étape est essentielle pour juger de l'essence des données et fournir une première évaluation de sa qualité, de sa quantité et de ses caractéristiques.

Analyses avancées à l'aide de la modélisation de l'IA :

Cette étape consiste à développer différents ensembles de modèles d'IA basés sur les données pour obtenir les meilleurs résultats du service DT prévu. De plus, les performances de ces modèles sont évaluées à l'aide de plusieurs validations et mesures d'évaluation, y compris, mais sans s'y limiter, l'exactitude, la précision, le taux d'erreur, le rappel et l'analyse d'applicabilité.

Prise de décision et déploiement :

Il s'agit de la dernière étape comprenant le produit de données. Un produit de données est un outil ou un système qui utilise les données DT pour aider les individus à prendre des décisions intelligentes concernant le service considéré. Cet outil prend en charge l'analyse prédictive visualisée, la modélisation de données descriptives, l'exploration de données et l'extraction tout en utilisant une interface utilisateur conviviale pour une utilisation et un déploiement faciles.

Au cours des cinq dernières années, la technologie DT associée à DS a attiré une attention considérable de la part de la communauté des chercheurs, ce qui a entraîné une croissance considérable de la littérature scientifique. Par exemple, Zheng et al. (2022) ont introduit une méthode basée sur les jumeaux numériques pour simuler les performances des bâtiments pendant l'exploitation et la maintenance. La méthode vise à indiquer les défauts et les dommages dans les régions critiques des bâtiments qui peuvent provoquer l'effondrement du bâtiment. Liu et al. (2020) ont introduit un cadre d'évaluation de la sécurité pour suivre le comportement structurel, l'état et l'activité des structures en acier précontraint tout au long de leur cycle de vie à l'aide de DT.

Sur la base de ce cadre, un modèle d'apprentissage automatique a été développé pour prédire et quantifier le niveau de risque de sécurité des structures. Borjigin et al. (2022) ont utilisé la technologie DT pour évaluer les performances du cycle de vie des systèmes de train léger sur rail avancés préfabriqués. L'évaluation était basée sur les impacts environnementaux et économiques tout en tenant compte de la consommation d'énergie, des émissions de CO₂ et de l'analyse des coûts du cycle de vie. Seo et Yun (2022) ont introduit un cadre basé sur DT pour évaluer les économies d'énergie d'éclairage dans les bâtiments éducatifs tout en tenant compte du matériel des bâtiments existants, du calendrier opérationnel et d'un modèle probabiliste du comportement des occupants. Le cadre vise à aider les décideurs à déterminer les meilleures stratégies d'économie d'énergie pour l'éclairage. Yu et al. (2021) ont introduit un cadre d'analyse de décision basé sur DT pour l'exploitation et la maintenance des tunnels.

Le cadre s'appuie sur des normes COBie étendues pour définir les données de jumeau de tunnel, des technologies Web sémantiques pour réaliser la fusion de données et un modèle de raisonnement basé sur des règles pour le traitement des décisions. Yu et al. (2020) ont introduit une approche de prédiction des performances pour la chaussée des tunnels routiers intégrant la technologie DT et l'empilement de plusieurs séries temporelles. DT a été utilisé pour fournir des données dynamiques à jour sur l'état de la chaussée. Dans le même temps, l'empilement de plusieurs séries chronologiques a été utilisé pour fournir des prédictions dynamiques en temps réel sur les performances de la chaussée. Liu et al. (2021) ont développé un nouveau cadre pour la prédiction de la santé structurelle des structures en acier précontraint. Le cadre s'appuie sur un modèle DT qui fournit des informations en temps réel sur les conditions d'exploitation et de maintenance des ouvrages. Ces informations sont ensuite traitées pour prédire l'état de la structure et fournir une base pour les avertissements de sécurité précoces.

Zhao et al. (2022) ont introduit un cadre basé sur DT pour évaluer les systèmes de ventilation dans les toilettes publiques. Ce cadre impliquait de simuler la diffusion des polluants à l'aide de la dynamique des fluides computationnelle et d'aborder la consommation d'énergie et le confort intérieur associés. Hosamo et al. (2022) ont utilisé la DT, le BIM, l'Internet des objets (IoT) et les technologies sémantiques pour proposer un cadre de maintenance prédictive pour les unités de traitement d'air (AHU). Le cadre s'appuyait sur trois modules principaux pour la mise en œuvre :

- 1) exploitation de la détection des pannes de l'AHU à l'aide de la méthode APAR
- 2) prédiction de l'état de l'AHU à l'aide d'un modèle d'apprentissage automatique
- 3) planification de la maintenance.

Zhao et al. (2021) ont utilisé la technologie de balayage laser 3D pour développer un modèle énergétique de bâtiment existant à jour. Ce modèle a été utilisé pour évaluer les schémas de rénovation des bâtiments existants, améliorer leur efficacité énergétique et satisfaire leur demande énergétique. Lu et al. (2020) ont fourni un système de détection d'anomalies compatible DT pour surveiller les actifs construits pendant les phases d'exploitation et de maintenance. Le système permet une intégration/recherche efficace des données et facilite la prise de décision et la détection des anomalies. Une étude de cas pour les pompes du système CVC a été utilisée pour évaluer et mettre en évidence l'efficacité du système proposé.

Malgré les apports de ces études, elles connaissent certaines limites. Premièrement, la collecte et la communication des données sont confinées à un cadre centralisé qui est soumis à une forte possibilité de pertes de données ou de défaillances ponctuelles. Deuxièmement, la coordination et le transfert des données pour des utilisations futures ne sont pas garantis. Troisièmement, la traçabilité des données n'est pas garantie en raison d'un écrasement constant. Quatrièmement, le mode de fonctionnement proposé est soit basé sur le cloud, soit client-serveur. Cinquièmement, l'opération implique des intermédiaires tout en offrant un contrôle partiel ou nul sur les données sensibles. Inspirées de

l'industrie 4.0, des technologies telles que Blockchain (BC) et Inter-Planetary File System (IPFS) peuvent collectivement offrir une solution potentielle pour mieux tirer parti des avantages de la DT et dépasser ces limites. En conséquence, le développement d'un cadre, d'un système ou d'une approche basé sur DT devrait comprendre cinq couches, comme le montre la figure 2.

Premièrement, la couche de détection de données comprend des

Les technologies Blockchain (BC) et Inter-Planetary File System (IPFS) peuvent collectivement offrir une solution potentielle pour mieux tirer parti des avantages de la DT et dépasser ces limites

capteurs IoT attachés aux composants des actifs physiques pour la collecte de données en temps réel. Deuxièmement, la couche de modélisation comprend une plate-forme numérique pour développer des modèles virtuels à jour à l'aide des données collectées. Troisièmement, la couche de stockage de données comprend un réseau BC d'autorisation pour stocker les données textuelles/numériques capturées par les capteurs IoT et un réseau IPFS privé pour stocker les modèles numériques développés par la couche de traitement. Quatrièmement, la couche d'analyse comprend des algorithmes d'IA pour traiter simultanément les données collectées et les modèles virtuels à jour développés pour servir un résultat spécifique. Cinquièmement, la couche de communication comprend une interface utilisateur conviviale utilisée par les parties prenantes concernées pour explorer les données ou modèles maintenus dans les réseaux BC et IPFS et communiquer leurs analyses associées.

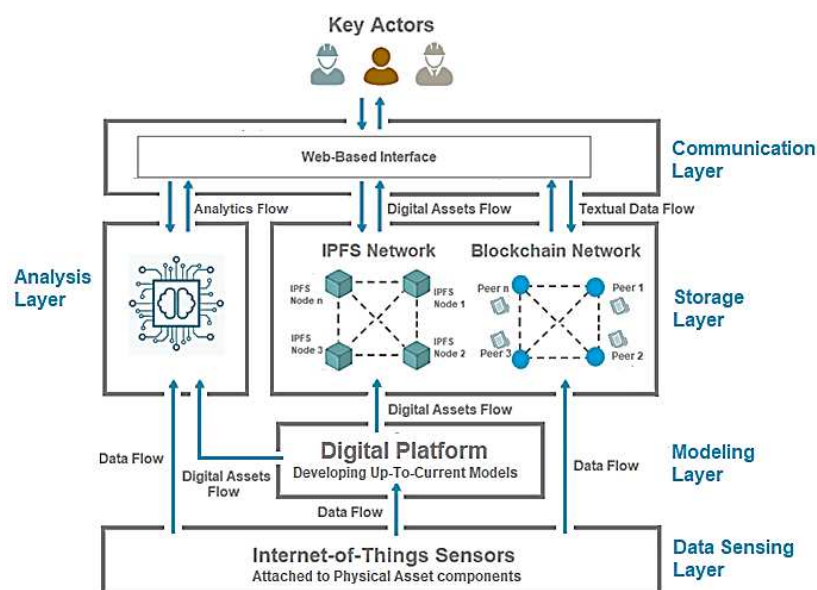
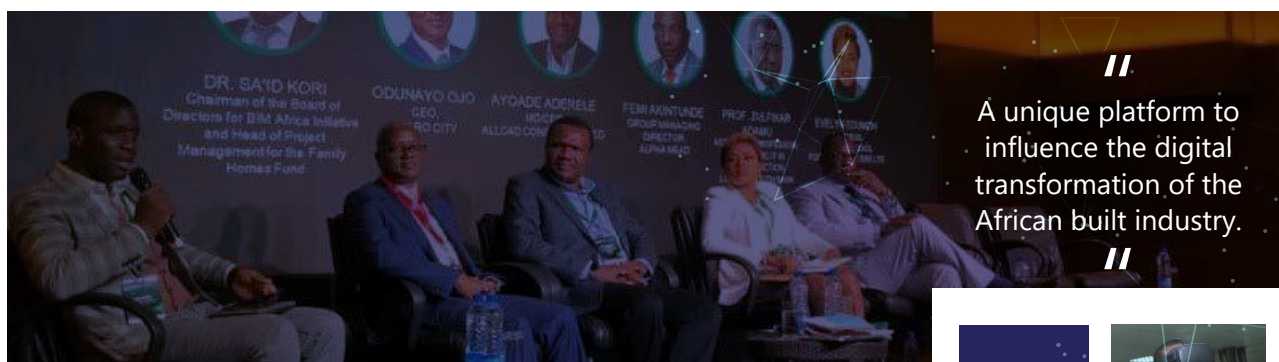


Figure 19: Couches du cadre basé sur DT

Références

- Abdelrahman, M.M., Zhan, S., Miller, C. et Chong, A. (2021). La science des données pour l'efficacité énergétique des bâtiments : une revue complète de la littérature scientifique basée sur l'exploration de textes. *Énergie et bâtiments*, 242, 110885. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.110885>
- Boje, C., Guerriero, A., Kubicki, S. et Rezgui, Y. (2020). Vers un jumeau numérique de construction sémantique : orientations pour les recherches futures. *Automatisation dans la construction*, 114, 103179. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103179>
- Borjigin, A.O., Sresakoolchai, J., Kaewunruen, S. et Hammond, J. (2022). Évaluation de la durabilité assistée par jumeau numérique des infrastructures modernes de métro léger [Recherche originale]. *Frontières dans l'environnement bâti*, 8. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbuild.2022.796388>
- Gürdür Broo, D., Bravo-Haro, M., & Schooling, J. (2022). Conception et mise en œuvre d'un jumeau numérique d'infrastructure intelligente. *Automatisation dans la construction*, 136, 104171. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104171>
- Hosamo, H.H., Svennevig, P.R., Svidt, K., Han, D. et Nielsen, H.K. (2022). Un cadre de maintenance prédictive Digital Twin des centrales de traitement d'air basé sur la détection et le diagnostic automatiques des pannes. *Énergie et bâtiments*, 261, 111988. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.111988>
- Jiang, F., Ma, L., Broyd, T. et Chen, K. (2021). Le jumeau numérique et ses implémentations dans le secteur du génie civil. *Automatisation dans la construction*, 130, 103838. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103838>
- Lee, D., Lee, S.H., Masoud, N., Krishnan, M.S. et Li, V.C. (2021). Jumeau numérique intégré et cadre de blockchain pour soutenir le partage d'informations responsable dans les projets de construction. *Automatisation dans la construction*, 127, 103688. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103688>
- Liu, Z., Bai, W., Du, X., Zhang, A., Xing, Z. et Jiang, A. (2020). Évaluation numérique de la sécurité basée sur le jumeau de la structure en acier précontraint. *Avancées en génie civil*, 2020, 8888876. <https://doi.org/10.1155/2020/8888876>
- Liu, Z., Jiang, A., Zhang, A., Xing, Z. et Du, X. (2021). Méthode de prédiction intelligente pour la sécurité d'exploitation et de maintenance de la structure en acier précontraint basée sur la technologie Digital Twin. *Avancées en génie civil*, 2021, 6640198. <https://doi.org/10.1155/2021/6640198>
- Lu, Q., Xie, X., Parlikad, A.K., & Schooling, J.M. (2020). Détection d'anomalies par jumeau numérique pour la surveillance des actifs construits en exploitation et en maintenance. *Automatisation dans la construction*, 118, 103277. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103277>
- Opoku, D.-G. J., Perera, S., Osei-Kyei, R. et Rashidi, M. (2021). Application du jumeau numérique dans l'industrie de la construction : une revue de la littérature. *Journal of Building Engineering*, 40, 102726. <https://doi.org/10.1016/j.job.2021.102726>
- Parimbelli, E., Wilk, S., Cornet, R., Sniatala, P., Sniatala, K., Glaser, S.L.C., Fraterman, I., Boekhout, A.H., Ottaviano, M. et Peleg, M. (2021). Un examen du soutien de l'IA et de la science des données pour la gestion du cancer [Review]. *Intelligence artificielle en médecine*, 117, article 102111. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2021.102111>
- Sarker, I.H. (2022). Smart City Data Science : vers des villes intelligentes axées sur les données avec des problèmes de recherche ouverts. *Internet des objets*, 19, 100528. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2022.100528>
- Seo, H., & Yun, W.-S. (2022). Cadre d'évaluation numérique basé sur le jumeau pour les économies d'énergie dans l'éclairage des salles de classe universitaires. *Bâtiments*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/buildings12050544>
- Yu, G., Wang, Y., Mao, Z., Hu, M., Sugumaran, V. et Wang, Y. K. (2021). Un cadre d'analyse de décision basé sur des jumeaux numériques pour l'exploitation et la maintenance des tunnels. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 116, 104125. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2021.104125>
- Yu, G., Zhang, S., Hu, M. et Wang, Y.K. (2020). Prédiction de la performance de la chaussée du tunnel routier basée sur le jumeau numérique et l'empilement de séries temporelles multiples. *Avancées en génie civil*, 2020, 8824135. <https://doi.org/10.1155/2020/8824135>
- Zhao, L., Zhang, H., Wang, Q., Sun, B., Liu, W., Qu, K. et Shen, X. (2022). Évaluation jumelle numérique de l'environnement et de la santé de la conception de la ventilation des toilettes publiques basée sur la modélisation des informations du bâtiment. *Bâtiments*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/buildings12040470>
- Zhao, L., Zhang, H., Wang, Q. et Wang, H. (2021). Évaluation basée sur le jumeau numérique d'un bâtiment à énergie quasi nulle pour les bâtiments existants basée sur la numérisation vers le BIM. *Avancées en génie civil*, 2021, 6638897. <https://doi.org/10.1155/2021/6638897>
- Zheng, Z., Liao, W., Lin, J., Zhou, Y., Zhang, C. et Lu, X. (2022). Enquête numérique basée sur des jumeaux d'un accident d'effondrement de bâtiment. *Avancées en génie civil*, 2022, 9568967. <https://doi.org/10.1155/2022/9568967>

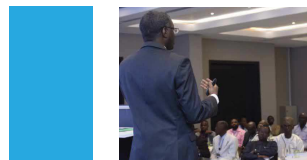




II
A unique platform to influence the digital transformation of the African built industry.
II

SUMMIT FORMAT

- Mind-boggling keynote presentations
- Project case study presentations
- Insightful panel discussions
- Innovation Awards 2023 Dinner
- Product and technology exhibitions
- In-Person Networking and Engagement
- BIM Africa Impact Report launching
- Project visit – Innovations in Morocco





BANQUE DE LA
REPUBLIQUE DU
BURUNDI



DÉPLOIEMENT DU BIM POUR LE DÉVELOPPEMENT DU SIÈGE DE LA BANQUE DE LA RÉPUBLIQUE DU BURUNDI



Figure 20 : Rendu du siège de la Banque de la République du Burundi

Le Siège de la Banque de la République du Burundi est un projet de construction à usage bancaire couvrant une superficie de 24 000m² à Bujumbura. Les travaux de construction sont actuellement en cours. Le projet comprend deux niveaux au sous-sol, un neuf

rez-de-chaussée et neuf niveaux, avec une superficie de 8 540 m² et une capacité de 1 800 personnes. Les Façades du Bâtiment sont composées d'une façade vitrée et d'un panneau extérieur perforé (en Aluzinc) enveloppant le bâtiment, distant de 2m de la façade vitrée.



Figure 21: Vue d'approche du bâtiment

Pour ce projet, AMA group est chargé de la conception, l'approvisionnement et la construction du bâtiment, les travaux de finition et tous les services d'électricité, de plomberie et de climatisation (MEP). L'entrepreneur, après l'achèvement des travaux de construction, a également en charge l'entretien du bâtiment pendant deux ans.

L'un des défis majeurs du projet est que les équipes d'ingénierie, d'approvisionnement et du BIM sont au siège de AMA group à Tunis, en Tunisie. Alors, certains équipements et matériaux de construction doivent y être achetés et transportés sur le site du projet à Bujumbura depuis Tunis ou certains pays européens. Pour éviter un impact critique sur le projet, la durée de toute expédition est fixée à deux mois au plus.

Étant donné que le projet est situé dans un pays enclavé et que la plupart des matériaux sont importés, il est essentiel de veiller à l'approvisionnement rapide en matériaux conformément au calendrier du projet en optimisant le nombre de conteneurs, à leur remplissage maximale en sélectionnant un groupe approprié de marchandises compatibles à expédier dans le même conteneur.

Implémentation BIM.

Très peu d'organisations en Tunisie et au Burundi se spécialisent dans la mise en œuvre du BIM pour accompagner les parties prenantes dans la mise en œuvre des processus de projet. AMA Group a mené cet aspect et a déployé le BIM dans l'exécution du projet du siège de la Banque de la République du Burundi.

Défis de formation

La formation sur les logiciels est largement disponible dans le monde entier, mais nous avons dû faire face à des défis pour transformer les habitudes des modélisateurs BIM afin qu'ils respectent les modèles BIM, les codifications, les contraintes EIR et BEP en peu de temps.

Plateforme de gestion BIM

Nous avons choisi la plateforme « Plannerly » pour gérer la production de modèles BIM. La plate-forme a permis l'élaboration et l'approbation collaborative des BEP, avec un contenu de bibliothèque pouvant être utilisé. Nous avons également créé des périmètres d'objets avec des outils interactifs et préparé le planning pour toutes les équipes par discipline. La plateforme est liée à un modèle 3D partagé sur Autodesk BIM360. Nous pouvons vérifier les propriétés des objets et vérifier la progression de la modélisation.

A.M.A GROUP		SIEGE BRB BUJUMBURA		Plan	Scope	Track	Verify
		Design May 26 2020 - Jun 16 2020	Pré-Construction	Procurement Feb 1 2019 - Nov 30 2023	Inspection Feb 1 2019 - Nov 30 2023	Construction	
Stabilité							
> Structures en béton	LOD 350	STR					
		AVANT COMMANDE					
Etanchéité							
> Etanchéité	LOD 200	ARC		LOD 300			
		COMMANDE		ARTICLE EN EXPORT			
Menuiseries extérieures							
> Châssis en acier	LOD 200	ARC			LOD 400	QUA	
		COMMANDE					
> Châssis de fenêtres à lames orientables Naco	LOD 200	ARC			LOD 400	QUA	
		COMMANDE					
> Porte de garage parking dimensions	LOD 200	ARC			LOD 400	QUA	
		COMMANDE					
> Portes extérieures en acier type 01 Vitrée	LOD 200	ARC			LOD 400	QUA	
		COMMANDE					
> Portes extérieures en acier type 02 Pleine	LOD 200	ARC			LOD 400	QUA	
		COMMANDE					
> Mur Rideau EXT	LOD 200	ARC			LOD 400	QUA	
		COMMANDE					
> Vitrierie EXT	LOD 200	ARC			LOD 400	QUA	
		COMMANDE					

Figure 22: Création d'objets d'étendue sur Plannerly.

Environnement de données commun

Le Common Data Environment (CDE) est utilisé pour collecter, gérer et partager des modèles, des données non graphiques et toute la documentation. Nous avons adopté la solution BIM 360 Autodesk Construction Cloud comme CDE pour le projet afin de partager le modèle de projet entre tous les membres de l'équipe de projet, de faciliter la collaboration et d'éviter les doublons et les erreurs.

Les dossiers CDE ont été structurés en respectant les prescriptions ISO 19 650. Les principaux dossiers d'échange sont : Travaux en cours, partagés, publiés et Archivé.

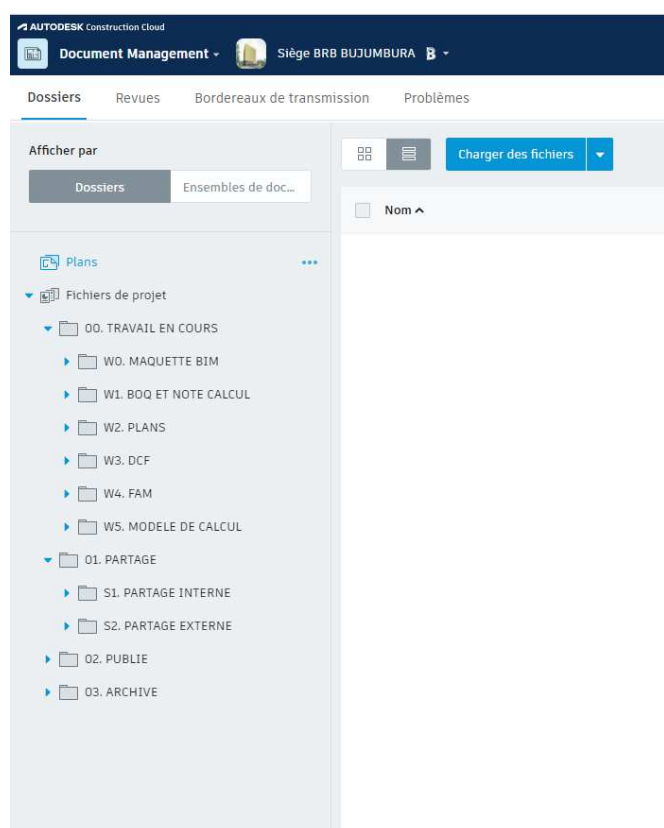


Figure 23: Organisation des dossiers BIM 360 CDE

Avec l'ACC (Autodesk Construction Cloud), la collaboration de conception permet le partage du modèle central entre les équipes d'ingénierie et de construction. La coordination des modèles ACC a permis au coordinateur BIM de faire la détection des collisions et de transmettre tous les problèmes, sur BIM 360, aux personnes concernées pour apporter des corrections sur leurs modèles. Pour s'assurer de la résolution des problèmes créés sur BIM 360, nous avons partagé quotidiennement un tableau de suivi de ses problèmes.

“Très peu d'organisations en Tunisie et au Burundi se spécialisent dans la mise en œuvre du BIM pour accompagner les parties prenantes dans la mise en œuvre des processus de projet.”

MATURITÉ BIM ET USAGES:

La maturité BIM pour ce projet est de niveau 2. Pour atteindre les objectifs de l'entrepreneur, l'équipe de gestion BIM a décidé de déployer ces processus d'utilisation du BIM pour le projet :

CRÉATION DE CONCEPTION :

Le processus dans lequel un logiciel 3D est utilisé pour développer un modèle d'information sur le bâtiment basé sur des critères importants pour le développement de la conception du bâtiment.

DÉTECTION DE CONFLIT :

Processus dans lequel un logiciel de détection de conflit est utilisé pendant le processus de coordination pour déterminer les conflits de terrain en comparant des modèles 3D de systèmes de construction. L'objectif de la détection des conflits est d'éliminer les conflits importants du système avant l'installation.

ÉVALUATION DES QUANTITÉS ET ESTIMATION DES COÛTS :

Un processus dans lequel le BIM peut être utilisé pour générer une estimation précise des quantités et des coûts au début du processus de conception et fournir les effets de coût des ajouts et des modifications avec le potentiel d'économiser du temps et de l'argent et éviter les dépassements budgétaires.

PLANIFICATION DES PHASES :

A process in which BIM is utilized to effectively plan the construction sequence and space requirements on a building site. 4D modelling is a powerful visualization and communication tool that can give a project team, including the owner, a better understanding of project milestones and construction plans.

GESTION DES ACTIFS

Principalement pour faire la coordination 3D de tous les métiers, extraire les quantités précises et gérer la maintenance des équipements MEP via un workflow COBIE-Coswin.



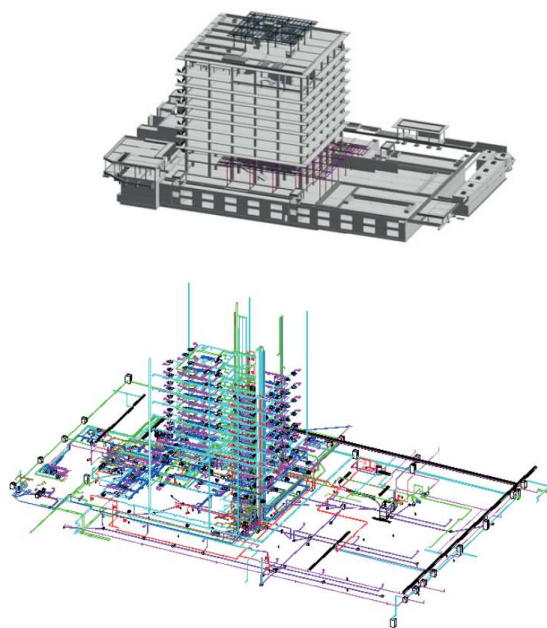


Figure 24: Modèle BIM et systèmes MEP

CRÉATION DE NOTRE BRANCHE INTÉGRATION DIGITALE

Nous avons créé une solution appelée RPS (Revit, primavera, SAP), permettant aux entrepreneurs de profiter pleinement de 3 outils puissants qui génèrent quotidiennement des tableaux pertinents. Notre solution synchronise les données sur les coûts et les plannings entièrement sur le cloud entre les modèles BIM et les outils ERP/Ordonnancement. Nous avons développé des plug-ins prêts à l'emploi sur Revit / SAP / primavera, permettant une interface conviviale pour les utilisations finales.

Le fait que les solutions Autodesk AEC soient ouvertes à toutes sortes d'API a permis à nos développeurs d'accéder à des plug-ins très conviviaux pour démystifier le BIM -ERP pour les entrepreneurs. S4 HANA ERP et Primavera P6.

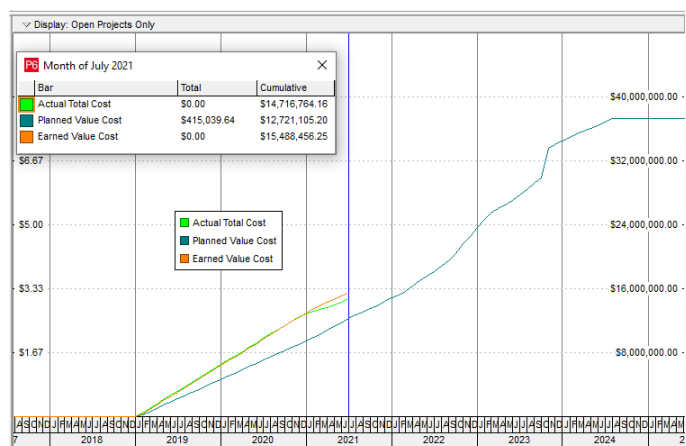


Figure 25: Gestion de la valeur acquise de Primavera P6

Notre solution synchronise les données sur les coûts et les plannings entièrement sur le cloud entre les modèles BIM et les outils ERP/Ordonnancement.

DIMENSIONS BIM:

Pour mieux comprendre notre projet de construction et le processus de liaison de dimensions supplémentaires de données à notre modèle de bâtiment.

DIMENSION BIM 4D

Dans cette dimension du BIM, nous incluons le planning de toutes les étapes de construction. Cela entraîne une bonne relation de travail et une coopération entre les parties prenantes avec des délais précis.

DIMENSION BIM 5D

Cette dimension représentait 4D BIM + devis ou coût. Nous avons intégré le coût, le calendrier et la conception dans notre impression 3D. Cette dimension améliore donc le cycle du projet et permet de modifier les coûts à tout moment.

Gestion de la valeur acquise avec Primavera P6 et SAP
Le suivi des dépenses (coût réel) sur SAP distribué par WBS vous permet de mettre à jour les dépenses du projet sur primavera P6 et d'utiliser la méthode de gestion de la valeur acquise.

Avec primavera P6, nous avons :
Coût total réel : données SAP (module MM/PS/CO)
Valeur acquise : données Primavera P6
Coût de la valeur planifiée : données Primavera P6

Avantages :

Simplifiez l'insertion des informations requises dans le modèle BIM sur REVIT.

La quantification des éléments en béton armé de la structure permettra de contrôler le suivi et la prévision des achats sur Primavera

La modélisation de celui-ci selon le planning de construction permettra une meilleure simulation 4D & 5D sur Naviswork.

Gestion des informations projet en temps réel sur SAP S/4 HANA : Achats, Sous-traitance, Gros œuvre, matériel, stock, etc.

Interfaçage des dépenses réelles (coût réel) du projet SAP vers primavera P6.

DIMENSION BIM 6D

Le BIM 6D implique l'ajout d'autres informations pertinentes qui prennent en charge la gestion et l'exploitation de l'installation dans l'espoir que cela apportera de meilleurs résultats commerciaux. Nous avons développé une solution pour optimiser l'énergie en utilisant un panneau perforé pour couvrir tous les bâtiments après analyse solaire et étude du panneau. Dans ce projet, nous avons commencé le processus en augmentant le niveau de détails et d'informations du modèle BIM. Après cela, nous avons créé une étude de

consommation d'énergie sans panneau perforé. L'étape suivante consistait à dimensionner avec plusieurs itérations jusqu'à avoir les dimensions optimales. L'optimisation a été effectuée après la création d'une analyse solaire et d'une étude mécanique. A la fin de cette étape, nous avons créé une autre consommation d'énergie en utilisant le panneau perforé. Suite à l'étude de consommation, nous avons dû optimiser la consommation d'énergie en utilisant ce panneau perforé avec 33%.

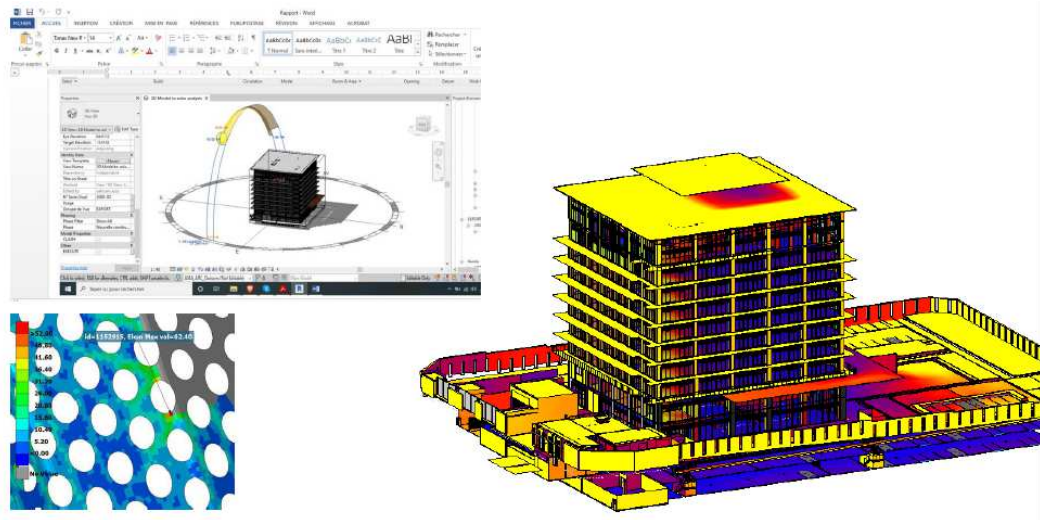


Figure 26 : Contribution du BIM 6D à l'économie énergétique

DIMENSION BIM 7D

Le BIM 7D comprend essentiellement 3D + calendrier + intelligence des coûts + durabilité. Nous avons utilisé la modélisation des informations du bâtiment 7D pour maintenir et exploiter un projet tout au long de son cycle de vie. L'utilisation d'une CAO 7D en BIM permettrait d'optimiser la gestion du projet depuis sa conception jusqu'à sa démolition.

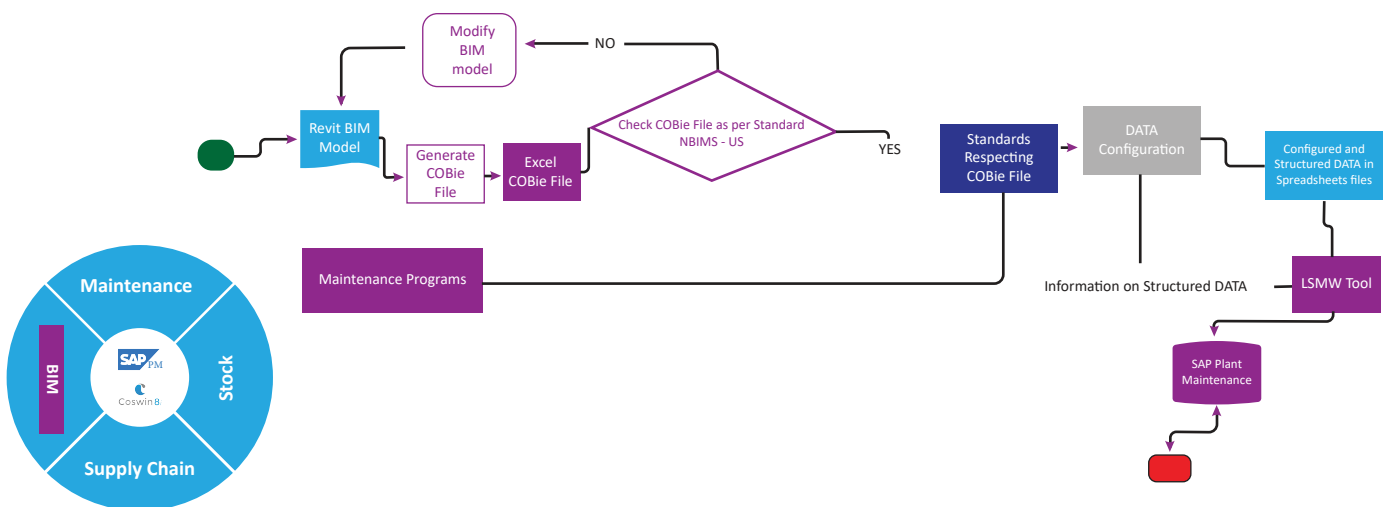


Figure 27: Flux de travail BIM 7D avec SAP



Innocent Musonda

Professeur en Gestion de Projets de Construction, Directeur du Centre de Recherche Appliquée et d'Innovation en Milieu Bâti (CARINBE) - Université de Johannesburg



Adetayo Onososen

Chercheur au Centre de Recherche Appliquée et d'Innovation dans l'Environnement Bâti (CARINBE). - Université de Johannesburg

LA TRANSITION NUMÉRIQUE DANS L'ENVIRONNEMENT BÂTI DES PAYS EN DÉVELOPPEMENT – UNE APPROCHE DYNAMIQUE DE DÉVELOPPEMENT DES CAPACITÉS

Arrière plan

Il est incontestable que le maintien de la croissance et de la productivité dans l'industrie de la construction en Afrique nécessite un changement de la façon dont nous exécutons les projets et employons plus de technologie dans les processus. Cependant, il convient également de noter que l'industrie de la construction, comme c'est le cas dans de nombreuses régions du monde, est réticente ou lente à adopter la technologie. Le retard dans l'adoption de la technologie est en partie attribué aux exigences d'avoir les bons impératifs en place, qui doivent être équilibrés avec la gouvernance ou le soutien institutionnel dont on a tant besoin. La difficulté de créer des institutions solides et des impératifs convaincants dans les pays en développement est que la plupart ont des systèmes de gouvernance faibles. Par conséquent, ceux-ci peuvent retarder davantage l'adoption de la technologie et réduire les avantages numériques pour tous. La numérisation est cruciale dans l'environnement bâti, en particulier dans les pays en développement. Un environnement bâti numérisé peut déclencher la transformation indispensable de l'industrie et favoriser la croissance économique nationale, compte tenu de son niveau de contribution au produit intérieur brut dans de nombreux pays. De plus, après le choc et l'impact du covid-19, la nécessité d'accélérer la reprise, de soutenir la croissance et d'améliorer la productivité est devenue plus urgente. Par conséquent, cet article vise à explorer comment nous pouvons encourager la transition numérique vers la numérisation dans les pays en développement grâce à une approche dynamique de développement des capacités avec une mise en garde sur le fait de ne pas confondre le concept avec l'approche axée sur le plaidoyer alignée sur le marché uniquement basée sur le besoin de profit. Cet article examine la nécessité de la transformation numérique, les défis et la manière dont nous pouvons passer à la numérisation en utilisant l'approche dynamique de développement des capacités.

Numérisation dans l'environnement bâti

La numérisation, également appelée transformation numérique, caractérisée par une utilisation accrue des technologies numériques, peut contribuer énormément à la croissance économique nationale, en particulier pour les économies des pays du Sud. Cependant, l'industrie de la construction se caractérise par une mauvaise gestion de l'information, un manque de collaboration et une corruption endémique. Ces maux se traduisent inévitablement par des projets qui dépassent les coûts et les délais budgétés, une qualité et des performances de sécurité inférieures. Sans surprise, l'environnement bâti est perçu comme une industrie sale, difficile, dangereuse et malhonnête.

C'est une industrie qui n'est pas transparente. Le manque de transparence est en partie attribué à la qualité et au niveau de

collaboration dans l'environnement bâti que certains ont qualifié à juste titre de médiocre. Les acteurs des efforts de collaboration sont disjointes et manquent de voies claires sur la façon de favoriser la collaboration. La conversation actuelle dans l'environnement construit en Afrique révèle une lacune importante dans les connaissances et la sensibilisation à la numérisation pour résoudre le problème de la transparence et de la collaboration. Cependant, de nombreuses questions se posent sur la transition numérique vers la numérisation. Les questions de transition incluent : À quelle étape pouvons-nous commencer à avancer ? Comment changer le statu quo ? Comment pouvons-nous améliorer la gestion de l'information pour atteindre la transparence ? Les approches numériques doivent-elles être obligatoires ou non obligatoires ? - Ce sont des dilemmes dont les réponses détermineront le succès ou l'échec des efforts de transition numérique à travers le continent.

Les progrès technologiques réinventent notre mode de vie, la nature du travail et les opérations économiques. L'environnement bâti n'est pas en reste dans l'exploration de la manière dont l'adoption de ces technologies peut améliorer l'efficacité et fournir un écosystème infrastructurel durable. Le Center for Digital Built Britain soutient que l'accès aux bonnes informations (données) au bon moment dans un format auquel toutes les parties peuvent faire confiance est de plus en plus reconnu comme un catalyseur essentiel de la transformation numérique de l'industrie de la construction. Des informations incorrectes ou unilatérales nous rendent vulnérables, et les vulnérabilités sont coûteuses. La manière dont ces informations sont acquises, traitées, communiquées, quand elles sont transmises et la quantité d'informations obtenues sont la motivation sous-jacente à la nécessité d'une gestion améliorée de l'information.

La gestion de l'information est importante. Par conséquent, un manque de gestion efficace de l'information peut priver (d'argent, de temps ou de qualité) ou conduire à l'échec du projet. La gestion de l'information est donc bien adaptée comme outil pour améliorer la capacité de l'environnement bâti à fournir une infrastructure durable et efficace. L'amélioration des systèmes de gestion de l'information et des flux de travail de l'industrie conduirait à une croissance économique significative, en particulier dans les pays en développement.

Le danger d'une mauvaise gestion de l'information est qu'elle a un impact négatif sur la valeur sociale de l'infrastructure. Dans l'industrie de la construction, une mauvaise gestion de l'information entraîne des litiges, favorise la corruption, est à la base de réclamations non fondées et crée des environnements de projet controversés. Cet impact sur l'image de l'environnement bâti en tant que terrain fertile pour les pratiques de corruption incitantes a encore renforcé le besoin de systèmes numériques qu'offre la modélisation des informations du bâtiment. Par conséquent, beaucoup plus est en jeu dans ce voyage vers la

transition numérique et doit être organisé avec la plus grande préoccupation. Nous devons réfléchir à ce qui échoue lorsqu'un projet échoue ou est abandonné. Perte de parties prenantes, d'investissements ou de l'écart non comblé entre la valeur sociale et la justice sociale ? Par conséquent, l'appel à la numérisation ou à la transformation numérique est urgent.

Alors que certains milieux ont exprimé des inquiétudes légitimes sur les raisons pour lesquelles une approche prudente de la numérisation de l'environnement bâti est préférée, nous soutenons que nous devons transformer dynamiquement l'industrie en nous concentrant sur les personnes, les processus, la gestion du changement et la transformation de la culture organisationnelle.

La manière dont nous favorisons l'adoption est particulièrement importante. Il a été largement démontré que les mandats d'application de la conformité engendrent le ressentiment. Du mandat de masque du COVID-19 aux mandats BIM dans certains pays, les expériences sont similaires. L'expérience des mandats BIM à l'échelle mondiale offre un aperçu de la transition numérique en Afrique : les mandats sont problématiques et nécessitent l'adhésion de toutes les parties prenantes. Alors que certains éléments doivent être respectés pour accélérer la croissance, l'application doit être appliquée à des paradigmes spécifiques essentiels au maintien de la croissance et à l'augmentation de la productivité.

Intégrer une refonte culturelle à la confiance des collaborateurs conduit à de nouvelles façons de penser la transformation numérique. De gros investissements dans la technologie pour la transformation numérique doivent être évités si la composante culturelle de la transformation n'est pas bien prise en compte. Cela contribuera à éviter que le dilemme actuel exprimé par les dirigeants en matière d'adoption numérique ne soit pas à la hauteur des justifications coûts-avantages. Par conséquent, la direction doit donner le bon exemple en menant correctement le changement ou en transmettant les véritables objectifs finaux. Une perspective à cet égard est de ne pas exagérer la volonté des gens de changer.

Avantages de la numérisation de l'environnement bâti

Les nations du monde entier commencent à élaborer des politiques stratégiques sur l'exploitation des avantages de la transformation numérique et le renforcement des compétences en gestion de l'information pour parvenir au développement durable. L'intérêt pour la transformation numérique au niveau national est influencé par ses immenses avantages, tels que le potentiel de création de nouvelles procédures, services et marchés. Dans le secteur de la construction, les avantages incluent la modification de la façon dont nous construisons, communiquons des informations et prenons des décisions. Plus important encore, étant donné les défis de la corruption qui influencent la réalisation des projets dans

les pays africains, la transformation numérique profite aux parties impliquées dans la chaîne de valeur grâce à une transparence accrue et à la capacité d'un secteur de la construction plus efficace et durable. En exploitant la transformation numérique, le partage et la diffusion efficaces des informations permettent aux professionnels du projet de répéter l'exécution du projet, d'analyser d'énormes quantités de données de construction et de résoudre rapidement les problèmes difficiles du projet. La transformation numérique contribue également à un système d'information sur les actifs efficace en fournissant des données de projet en temps réel pour gérer les actifs plus efficacement. Le modèle d'information sur les actifs permet à un régime de maintenance prédictive d'évaluer l'état de l'équipement opérationnel d'un bâtiment et de déterminer quand la réparation doit être effectuée.



Défis de la numérisation dans l'environnement bâti

Le rythme du changement dans d'autres secteurs en ce qui concerne la transformation numérique s'accélère de façon exponentielle et modifie radicalement notre monde. Cependant, ce n'est pas le cas dans l'environnement bâti. Malgré les avantages de la transformation numérique, plusieurs défis affectent la numérisation. Les défis incluent le coût d'investissement, comment amorcer la transition numérique et la capacité des compétences. L'utilisation accrue des technologies numériques permet aux organisations d'améliorer la performance de leurs infrastructures et de leurs actifs. Cependant, la capacité des organisations à adopter et à convertir les investissements dans la transformation numérique en gains significatifs est un défi critique qui affecte l'adoption dans l'industrie de la construction.

Par conséquent, il est nécessaire de surmonter les difficultés pour débloquer la vitesse de la transformation numérique et le potentiel de livraison des infrastructures. L'une des voies de la transformation numérique passe par la formation. Cependant, des questions telles que la formation des personnes ne sont pas de simples problèmes avec des solutions de manuels. Par exemple, le développement des capacités nécessite souvent un changement de mentalité culturelle, en surmontant la résistance au changement, en obtenant l'adhésion de la direction et en veillant à ce que la requalification soit axée non seulement sur l'utilisation d'outils, mais également sur la fourniture d'une vision claire de la raison pour laquelle la transition numérique est nécessaire et inévitable.

Les échecs des projets de transformation numérique continuent de hanter les entreprises, de nombreux dirigeants exprimant leur déception. Par conséquent, nous devons repenser la transformation numérique et la manière dont nous passons à la numérisation en nous concentrant sur une approche numérique axée sur les personnes. Selon les recherches du Boston Consulting Group, 70 % des programmes de transformation numérique n'atteignent pas leurs objectifs. Passer du numérique vers une transformation rentable, ce n'est donc pas construire le changement autour de l'infrastructure technologique mais tisser une dynamique de développement des capacités dans l'ADN organisationnel (acide désoxyribonucléique) et les contextes culturels des personnes.

La transition numérique n'est pas toujours facile. Cependant, en identifiant et en répondant aux exigences critiques en matière d'organisation, de main-d'œuvre, d'utilisateurs et de politiques, le potentiel est incomparable à l'approche conventionnelle de la fourniture et de la gestion des infrastructures. Pour faire passer efficacement l'environnement bâti à la numérisation ou aux flux de travail numériques, les organisations doivent s'adapter aux conditions et développer une capacité dans laquelle toutes les parties, c'est-à-dire les institutions privées, publiques, universitaires et scientifiques, sont impliquées pour adopter, apprendre et s'adapter rapidement à l'évolution rapide des conditions dans l'écosystème numérique.

La pandémie de COVID-19 a révélé à quelle vitesse une industrie pouvait se transformer sous la pression pour adopter la technologie. Cependant, le changement sous une telle pression a également des impacts négatifs. Les énormes pertes d'emplois sont des exemples résultant en partie de la

numérisation pendant la pandémie de Covid-19. De plus, le besoin croissant d'améliorer la productivité et d'éliminer les problèmes liés à l'inefficacité a placé l'environnement bâti dans un endroit où les systèmes et processus axés sur le numérique sont inévitables. Bien qu'il existe des arguments actuels sur la valeur des innovations numériques dans la robotique, les appareils portables, les capteurs, les drones, la vision par ordinateur, la capture de la réalité, la Blockchain, la vision par ordinateur, le jumeau numérique, l'Internet des objets et l'intelligence artificielle, le changement est inévitable. L'étape naissante de ces innovations ne doit pas suggérer de rejeter le favorable et le perçu défavorable ou, comme le dit l'adage, de « jeter le bébé avec l'eau du bain ».

Par conséquent, notre objectif au Centre de recherche appliquée et d'innovation dans l'environnement bâti (CARINBE) a été de fournir des paradigmes d'adoption numérique à valeur ajoutée réelle qui défendent la transformation numérique centrée sur les personnes. Dans le même ordre d'idées, il faut comprendre les interactions homme-technologie comme un domaine d'intérêt holistique pour assurer l'intégration des technologies numériques afin de réduire les inefficacités, d'éliminer les risques et de garantir que la sécurité est équilibrée avec les paradigmes socioculturels autour des travailleurs. La numérisation de l'environnement bâti africain n'est pas seulement une question d'adoption de la technologie, mais c'est un outil puissant, une voix pour vraiment représenter et mettre en évidence les réussites, les prouesses et le courage de l'environnement bâti africain.

Une approche dynamique de développement des capacités

L'environnement bâti joue un rôle central dans la fourniture d'équipements socio-économiques dans des infrastructures telles que les résidences, les infrastructures économiques, les installations de transport, les infrastructures de santé, etc. Ces particularités et la nécessité de soutenir la croissance dans les pays en développement par une adoption numérique proactive plutôt que par un rattrapage est un plan qui ne peut être attribué aux seules agences gouvernementales.

Ohno et Ohno (2012), dans "Dynamic Capacity Development: What Africa Can Learn from Industrial Policy Formulation in East Asia", affirment que la leçon de développement vitale que l'Afrique peut tirer de l'Asie de l'Est n'est pas l'adoption de politiques similaires mais "la méthodologie par laquelle des politiques individuellement uniques mais tout aussi efficaces ont été conçues et mises en œuvre". Cette méthodologie, au sens large, comprend les aspects techniques de la procédure et de l'organisation de l'élaboration des politiques et la manière dont des facteurs non économiques tels que la passion, le nationalisme et le sentiment de fierté et d'humiliation sont stratégiquement mobilisés sous un leadership fort pour servir de moteurs de rattrapage industriel.

“Les échecs des projets de transformation numérique continuent de hanter les entreprises, de nombreux dirigeants exprimant leur déception.”



Ces approches alternatives, plutôt qu'une voie générale, considèrent une perspective sociale à travers laquelle des processus historiques distinctifs de changement et de transformation dans différents pays sont construits autour de feuilles de route proposées pour la transition numérique (Khan, 2011). L'intégration des connaissances historiques, politiques, sociales et économiques dans les efforts d'adoption numérique offre une meilleure histoire qui prend en compte toutes les parties prenantes sans créer de relations contradictoires dans l'environnement bâti. La priorité devient alors d'identifier les domaines de l'environnement bâti qui ont un impact significatif sur la productivité et sont les plus susceptibles de faire une différence lorsqu'ils sont intégrés aux technologies numériques.

De même, le développement des compétences via un partenariat de développement public-privé sous la forme d'une approche de développement ascendante fournit l'impulsion essentielle et nécessaire de la société civile pour débloquent les contraintes à la croissance. Ce modèle garantit que les décisions politiques retardées du gouvernement caractérisant les pays africains ne limitent pas les efforts d'adoption.

Nous proposons donc que les conversations autour de la transition numérique en Afrique tournent autour de ce qui suit :

1. Concentrez-vous sur l'intention

L'identification des objectifs aide à clarifier les voies et les résultats. Une compréhension claire des priorités, des objectifs et des stratégies aide à formuler et à s'unir à une vision pour obtenir le soutien de toutes les parties prenantes. Plus important encore, se concentrer sur l'intention élimine l'adoption pour le plaisir et ne fait que stimuler la rentabilité de la chaîne d'approvisionnement des outils technologiques. Pour garantir la pertinence, les défis commerciaux doivent être relevés parallèlement au besoin et à l'intention de l'industrie en matière de transformation numérique. La définition de l'intention donne l'identité. L'imitation aveugle et absolue des approches des économies développées n'offre pas le contexte culturel indispensable à des scénarios particuliers. Avant de penser à adopter des outils numériques, une compréhension claire des problèmes à résoudre doit être correctement articulée. Les entreprises qui mènent des efforts de transformation pour le changement sans objectif clair se déplaceront dans plusieurs différentes manières sans alignement, conduisant finalement à l'échec. Cela frustre les efforts lorsque l'accent est mis uniquement sur la technologie et ne parvient pas à identifier que la technologie n'est qu'un moyen pour une fin.

2. Adoption numérique centrée sur les personnes

Donner la priorité aux systèmes numériques d'autonomisation des personnes. L'adoption de la technologie devrait soutenir le développement des travailleurs. Une approche axée sur les employés favorise la confiance et supprime la perception que

les technologies viennent remplacer les travailleurs humains. Une transformation numérique centrée sur les personnes est un modèle socialement durable qui offre un système gagnant-gagnant pour tous et évite le sabotage. Des résistances émergent lorsque les gens ne sont pas au centre de l'adoption du numérique. Avec l'état d'esprit actuel du leadership, la bonne culture et des objectifs clairs, les initiatives numériques ont de nombreuses chances de succès.

3. Concentrez-vous sur l'évaluation de l'état d'esprit du changement et de la préparation à la culture :

Historiquement, les personnes et les systèmes s'adaptent rarement positivement à un changement absolu en une seule fois. Bien que les systèmes aient de meilleurs mécanismes d'adaptation, cela n'est pas plausible pour les gens. La gestion du changement nécessite donc d'évaluer la préparation culturelle avant le changement, puis d'utiliser ces informations pour concevoir et organiser de manière appropriée la transformation afin de satisfaire les demandes de changement des personnes. Cette approche favorise les intérêts organiques et une disposition positive envers la transformation numérique. Sans un état d'esprit de changement approprié, la transition numérique est vouée à l'échec. La transition est souvent caractérisée par le sabotage, la méfiance et une disposition peu enthousiaste à l'adoption. La façon dont le leadership communique les feuilles de route numériques et leur intention est essentielle pour parvenir au changement de mentalité nécessaire à des transformations efficaces. L'industrie se distingue largement par l'adoption passive d'innovations. Cette culture doit être changée pour assurer la transition numérique.

4. Concentrez-vous sur la technologie pour donner la priorité à la création et à l'expansion du travail :

La communication de la transformation numérique ne doit pas être comprise comme une simple adoption de technologie qui entraîne des conséquences imprévues ou la perception que les "techniciens" sont là pour prendre les emplois. Il doit être conceptualisé et piloté dans une approche qui le communique comme un outil pour améliorer les flux de travail et les systèmes actuels.

5. Équilibrer les besoins en solutions d'infrastructure avec les personnes

autonomisation et développement des capacités - Il est essentiel que le développement des infrastructures soit équilibré avec l'équité sociale. Un environnement bâti qui transitera dynamiquement par le développement des capacités doit être canalisé vers l'égalité des chances pour les différents acteurs sectoriels. La forte incidence des disparités et des inégalités enhardies par les infrastructures doit également être abordée parallèlement aux appels pour que les infrastructures répondent rapidement aux événements de choc futurs.

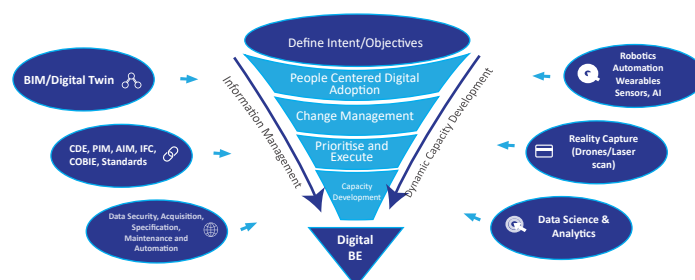


Figure 28: Orientations vers la transition numérique grâce au développement dynamique des capacités

Remarques finales

La voie de l'Afrique vers la transformation numérique nécessite d'aller au-delà de la recommandation de feuilles de route d'adoption optimales tirées des itinéraires prescrits des économies développées. Alors que les leçons du succès de l'adoption du numérique ailleurs sont importantes, l'acceptation sans détour de ces voies ne correspond pas au terrain actuel des réalités socio-économiques de l'Afrique. La faible adoption de l'approche numérique de la fourniture d'infrastructures nécessite une réflexion plus large sur l'interaction entre les contraintes et les dynamiques économiques, politiques et sociales. Les faibles capacités de gouvernance des économies africaines et les stratégies de développement à courte vue entravent l'innovation numérique. Le clivage entre les approches suggérées par les économies développées et les méthodes réalistes d'adoption locale est motivé par des différences sous-jacentes dans les constructions socio-économiques et culturelles. Une approche qui s'adapte aux circonstances économiques et politiques du terrain africain, si elle est adoptée en permanence et adaptée aux particularités de chaque État, est susceptible d'avoir plus de succès que les approches de mandats qui ont caractérisé le monde occidental. En effet, une adoption aveugle sans recours à la nature de la transférabilité ou à des scénarios sociaux pourrait échouer. La priorité de la transformation numérique de l'Afrique ne doit donc pas être perçue comme une concurrence avec le Nord global. Au lieu de cela, il devrait s'agir d'incorporer des expériences d'apprentissage vitales intégrées à des approches locales pour offrir une transition numérique plus réaliste sur le continent. La transition numérique nécessite néanmoins des politiques, des structures et des critères de gouvernance adaptés, porteurs de succès, soutenus par des institutions publiques, privées, d'enseignement supérieur ou de recherche.

Pour effectuer une transition numérique efficace et durable, nous postulons que la conversation doit de plus en plus porter sur les personnes et ne pas uniquement se concentrer sur les outils et processus technologiques tels que le Building Information Modeling (BIM). Habilier les gens ; la connaissance des données parmi les travailleurs de la construction et les parties prenantes garantira une disposition plus attachante et une transformation numérique plus rapide. Il ne devrait pas s'agir du cliché populaire selon lequel l'industrie de la construction doit adopter la technologie pour rester pertinente. Bien qu'il soit inévitable pour l'industrie de la construction d'adopter la transformation numérique, nous devons veiller à ce que les choix soient orientés vers l'amélioration de la manière dont la numérisation fournit des infrastructures de manière résiliente et durable. Les silos numériques doivent assurer une transition numérique holistique où les dirigeants et les travailleurs du système identifient le besoin et travaillent progressivement à l'intégration de la compréhension, des plates-formes, de l'engagement culturel et de l'habilitation de la main-d'œuvre nécessaires. Ce faisant, il est possible de faire en sorte que "la transformation numérique devienne une transformation humaine".

Les utilisateurs doivent être à l'avant-garde de la transformation numérique, et celle-ci doit imprégner l'ensemble de l'entreprise. Une transition numérique sans accroc fait progresser l'organisation et l'adhésion à l'échelle de l'industrie et la collaboration d'équipe pour atteindre les objectifs dans une approche transparente et efficace. Le moment est venu de passer au numérique, car il est essentiel de rester compétitif. En conclusion, la transformation numérique est inéluctable pour le continent africain. Cependant, il appartient aux Africains de décider quelle voie est appropriée au contexte africain pour entraîner tout le monde et soutenir les réformes de croissance dans l'industrie.

Références

Gill, N., Musonda, I. and Stafford, A. (2019) *Duality by Design: the global race to build Africa's infrastructure*. Cambridge University Press, Cambridge.

Khan, MH (2011) « Gouvernance et croissance: histoire, idéologie et méthodes de preuve », dans *Bonne croissance et gouvernance en Afrique: repenser les stratégies de développement*. Bourse d'Oxford. DOI:10.1093/acprof:oso/9780199698561.003.0002.

Musonda, I. et Okoro, C. (2021) 'Évaluation des compétences critiques actuelles et futures dans l'industrie de la construction en Afrique du Sud', *Enseignement supérieur, compétences et apprentissage par le travail, avant-p (avant impression)*. doi:10.1108/HESWBL-08-2020-0177.

Ohno, I. et Ohno, K. (2012) *Développement dynamique des capacités: Ce que l'Afrique peut apprendre de la formulation des politiques industrielles en Asie de l'Est*, *Bonne croissance et gouvernance en Afrique: Repenser les stratégies de développement*. doi:10.1093/acprof:oso/9780199698561.003.0007.



HÔPITAL DE LA RÉDEMPTION CALDWELL: RENOUER LA CONFIANCE EN LES INFRASTRUCTURES DE SANTÉ DU LIBÉRIA.

MASS.

Maîtrise d’Ouvrage: Ministère de la Santé du Liberia, La Banque Mondiale.

Maîtrise d’Oeuvre: AEP Consultants, Inc., Fall Creek Engineering/ Sherwood Engineering Mazzetti, Nous Engineering, Transsolar, Conspectus, Inc., GAD Studio.

Entreprise de construction : WEST Kevcon, Inc.

A la suite de l’épidémie d’Ebola, dans le cadre du Plan d’Investissement pour la Construction d’un Système de Santé Résilient, le ministère de la Santé du Libéria a pointé la reconstruction et l’agrandissement de l’Hôpital de la Rédemption comme une priorité critique. Déjà collaborateur avec le ministère de la Santé sur une série de projets depuis 2010, MASS Design Group s’est chargé de concevoir l’implantation et la conception architecturale pour le nouvel Hôpital de la Rédemption. Ce projet est au cœur de la stratégie du Libéria de construire un système de santé capable de gérer les épidémies futures et de fournir un service de soin global à une population en augmentation. En quelques années, le Libéria entreprit une transition ambitieuse d’un système de santé de l’urgence à un système de santé décentralisé.



Figure 29: Rendu du New Redemption Hospital Caldwell

“Ce projet est au cœur de la stratégie du Libéria de construire un système de santé capable de gérer les épidémies futures et de fournir un service de soin global à une population en augmentation”

La première tranche de construction est un établissement de deux étages de 155 lits comprenant un service pédiatrique et maternité complet. Cette tranche est financée par la Banque Mondiale au travers des fonds du projet de Réponse d'Urgence à Ebola. Le projet met en œuvre un système de ventilation naturelle grâce à des cheminées solaires : un système passif qui minimise la consommation d'énergie, réduit les coûts d'exploitation tout en assurant l'aération des services infectieux. L'établissement hospitalier de 9 200m² a gagné le prix "Future Healthcare Design" de la compétition Européenne "Healthcare Design Award"



Figure 30: Approche du nouvel hôpital Redemption - Groupe de conception MASS

La principale stratégie d'aération des services infectieux est réalisée par la ventilation naturelle et les cheminées solaires pour renouveler l'air dans l'hôpital à raison de douze renouvellements complets par heure. Ce renouvellement d'air est permis par la forme architecturale au travers des ouvertures et des moucharabieh des douzes cheminées solaires qui génèrent des convections thermiques aspirant l'air hors des

services d'urgences, même quand les fenêtres sont fermées. Ces cheminées solaires assurent aussi le confort des patients en refroidissant les espaces avec l'air frais provenant des cours plantées et des espaces verts à proximité. L'air extrait des services des urgences est désinfecté par les équipements de stérilisation par Ultraviolet. Les brasseurs d'air aspirent l'air vicié vers ces équipements de décontamination.

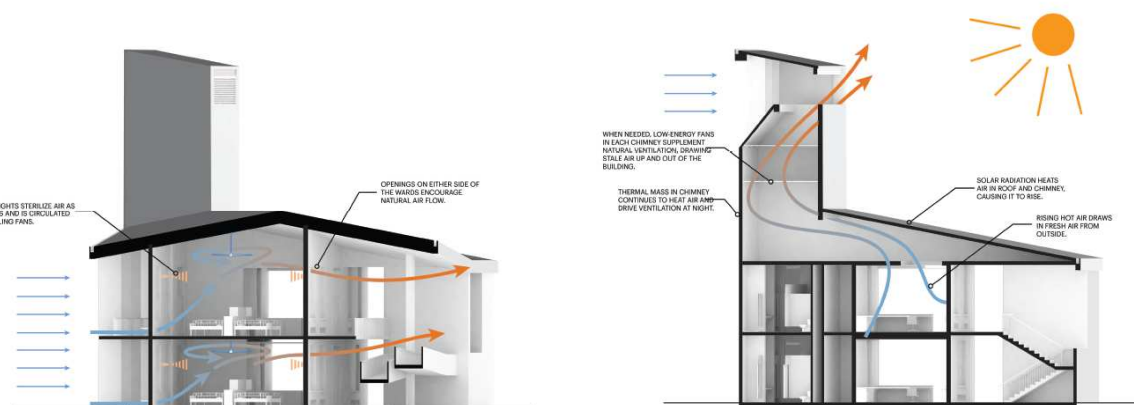


Figure 31: Appareils de ventilation, solaires et UGVI



Tous les espaces d'attente de l'hôpital sont à l'extérieur pour prévenir l'infection aéroportée des patients. Le bâtiment bioclimatique prend en compte les vents dominants pour sa ventilation naturelle et mécanique. Les deux cours de l'hôpital bénéficient ainsi des vents dominants au sud-est pour aérer naturellement les espaces de soins et d'attentes. Les services de chirurgie sont ventilés mécaniquement et positionnés comme un pont entre les deux façades sud-ouest pour maximiser leur exposition aux vents dominants. Les finitions intérieurs privilégient les matériaux locaux comme le bois de caoutchouc. La société Firestone,

producteur de pneu, plante et prélève les arbres caoutchouc de manière durable au Libéria pour produire leurs pneus. Une fois taradés, ces arbres sont sciés et manufacturés en panneau de bois. MASS utilise alors ce bois pour l'ameublement, les cloisons, les plans de travail, les revêtements de plafond de tout l'hôpital à la place de matériaux généralement importés et donc onéreux. L'utilisation de matériaux locaux permet aussi l'établissement d'une économie locale bénéficiant aux communautés locales permettant une croissance et des opportunités de développement durable.



Figure 32: Vue des cours intérieures de l'hôpital

Les paysages de l'Hôpital de la Rédemption est à l'image du projet de confiance retrouvé dans les institutions de santé du Libéria. Le paysage inclut la restauration de zones humides. Ce paysage est divisé en quatre zones : un campus, les abords de l'hôpital, les jardins et les infrastructures. Chaque zone

joue un rôle dans le bien-être des patients, des visiteurs et du personnel de santé. La conception de cet hôpital s'inspire des hôpitaux les plus innovants dans le monde et est prête à relever les défis du Soins et de la Santé au Libéria.



Figure 33: Travaux de construction sur le site du projet





Rédigé par
Comité Recherche et Développement
Initiative BIM Afrique

research@bimafrika.org

    @BIM Africa

BIM Afrique Initiative est une organisation de la société civile formée pour permettre et réglementer l'adoption et la mise en œuvre de la modélisation des informations du bâtiment (BIM) dans l'industrie de l'architecture, de l'ingénierie, de la construction et des opérations (AECO) à travers l'Afrique.

En mettant l'accent sur les ODD 9, 11 et 17, BIM Africa s'aligne sur l'Agenda 2030 des Nations Unies pour le développement durable en encourageant l'innovation dans l'industrie de la construction par le biais de partenariats locaux et mondiaux en vue de la fourniture d'infrastructures et de développement urbain intelligents, résilients et durables.

Le plaidoyer à l'échelle de l'Afrique pour l'adoption et la mise en œuvre du BIM est renforcé par de vastes programmes universitaires et d'études de marché, des programmes de certification, des tables rondes, des séminaires et des webinaires, la formulation de normes adaptées localement, des chapitres, du bénévolat et des opportunités de développement professionnel.