

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE D'OUM EL BOUAGHI

Faculté des sciences de la Terre et d'architecture



Thèse

POUR OBTENIR LE DIPLÔME DE

Doctorat 3e Cycle

Filière : Architecture

Spécialité : Architecture

Thème :

Le système BIM comme outil de conception d'un projet architectural de qualité

Présenté par :
ZAOUIA Khalid

Thèse soutenue le 19/11/2024 devant le jury composé de :

Dr GHERRAZ-BENCHAAABANE Halima	M.C. A	Présidente	Université d'Oum El-Bouaghi
Pr MAZOUZ Said	Professeur	Directeur de thèse/rapporteur	Université d'Oum El-Bouaghi
Dr NAIDJA Amina	M.C. A	Examinatrice	Université d'Oum El-Bouaghi
Dr MEBARKI Ammar	M.C. A	Examineur	Université de Batna
Dr CHAABI Mouloud	M.C. A	Examineur	Université de Sétif

Dédicace

Je dédie ce travail

A ma famille

Mon père Nourredine et ma mère Nissa

Mon ami Fatih Hafsi

Et à ma petite famille

Remerciements

Je rends grâce au Dieu Tout-Puissant pour m'avoir donné la force d'accomplir ma tâche.

Je voudrais également remercier le professeur Mazouz Said, qui a supervisé ma thèse, du fond de mon coeur pour tout le soutien, les conseils sages et les connaissances inestimables qu'il m'a données.

Les membres de mon comité de thèse méritent également ma reconnaissance pour les critiques éclairées et les recommandations utiles qu'ils ont fournies.

Mes plus sincères remerciements vont aux docteurs Guechi Iman et Farid Dallal ainsi qu'à Mme Benzaoui Amel.

الملخص :

تعتبر نمذجة معلومات البناء (BIM) بشكل متزايد عنصرًا محوريًا في مجال التصميم المعماري وعمليات البناء في مختلف البلدان. يسعى هذا البحث العلمي إلى تقييم فعالية BIM مقارنة بأنظمة التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD) التقليدية، مع التركيز بشكل خاص على تأثيرها في تحسين الجودة المعمارية. تتضمن منهجية البحث نمذجة منظمة لعملية التصميم، يتم تنفيذها من خلال تمرين عملي يُكلف به طلاب الهندسة المعمارية. لاحقًا، خضعت الحلول الناتجة عن هذا التمرين لتحليل إحصائي دقيق لتحديد مساهمات مكونات BIM في الجودة الشاملة للتصميم.

نتائج هذا التحليل ذات دلالة واضحة. فمن بين أربعة وعشرين معيارًا تقييميًا، تفوقت BIM في تسعة عشر معيارًا، مما يؤكد تفوقها على منهجيات CAD التقليدية في جوانب عديدة. ومع ذلك، من المهم ملاحظة أنه بالنسبة لخمس من هذه المعايير، أشارت النتائج إلى تقارب بين النتائج المستمدة من كلا منطقي التصميم، مما يشير إلى مجالات قد يكون فيها أداء BIM و CAD التقليدي متماثلًا.

ومما يلفت الانتباه بشكل خاص هو أداء BIM في التعامل مع المعايير الاسمية مثل "الوصلات" و"التظليل المتبادل" و"الاستفادة من الطاقة الشمسية". هنا، لم تُلاحظ فروق كبيرة بين المجموعتين، باستثناء في مجال كشف التعارضات الحرج. هذه القدرة محسنة بشكل كبير ضمن المجموعة الموجهة نحو BIM، ويُعزى ذلك إلى الطبيعة التعاونية لـ BIM، حيث يسهل تبادل المعلومات المعزز الكشف المبكر عن التعارضات المحتملة، سواء كانت هيكلية أو مناخية.

في الختام، يدفع منطق تصميم BIM المشاريع بشكل كبير نحو نتائج ذات جودة أعلى. كل تفاعل استشاري وتبادل للمعلومات مع المهنيين الآخرين في مجال البناء في إطار BIM يقلل بشكل كبير من حدوث الأخطاء الإنشائية أو الوظيفية. وبالتالي، تدعم هذه الدراسة بقوة الادعاء بأن BIM لا تتفوق فقط على CAD التقليدية في نواحٍ كثيرة، بل تعزز أيضًا عملية تصميم أكثر تعاونًا وأقل عرضة للأخطاء .

الكلمات المفتاحية: نمذجة معلومات البناء (BIM)، التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD)، الجودة المعمارية، عملية

التصميم، التصميم التعاوني

Abstract :

Building Information Modeling (BIM) is increasingly recognized as a pivotal component in the realm of architectural design and construction processes across various countries. This scholarly investigation seeks to evaluate the efficacy of BIM as compared to traditional computer-aided design (CAD) systems, with a particular focus on its impact on the enhancement of architectural quality. The research methodology involves a structured modeling of the design process, executed through a practical exercise assigned to architecture students. Subsequently, the solutions generated from this exercise were subjected to rigorous statistical analysis to ascertain the contributions of BIM components to the overall design quality.

The findings of this analysis are quite telling. Out of twenty-four evaluative criteria, nineteen distinctly favor the application of BIM, underscoring its superiority over traditional CAD methodologies in numerous aspects. However, it is important to note that for five of these criteria, the results indicated a convergence between the outcomes derived from both design logics, suggesting areas where BIM and traditional CAD might perform comparably.

Particularly noteworthy is the performance of BIM in handling nominal criteria such as "joints," "mutual shading," and "solar capture." Here, no significant differences were noted between the two groups, except in the critical area of conflict detection. This capability is significantly optimized within the BIM-oriented group, attributed to the collaborative nature of BIM, where enhanced information exchange facilitates the early detection of potential conflicts, whether structural or climatic.

In conclusion, the BIM design logic significantly propels projects towards higher quality outcomes. Each consultative interaction and information exchange with other construction professionals under the BIM framework significantly reduces the incidence of constructional or functional errors. Thus, this study robustly supports the assertion that BIM not only surpasses traditional CAD in many respects but also fosters a more collaborative and error-minimized design process.

Keywords: Building Information Modeling (BIM) , computer-aided design (CAD) , architectural quality , design process , collaborative design

Résumé :

La modélisation des informations du bâtiment (BIM) est de plus en plus reconnue comme un composant essentiel dans le domaine de la conception architecturale et des processus de construction dans divers pays. Cette enquête académique cherche à évaluer l'efficacité du BIM par rapport aux systèmes de conception assistée par ordinateur (CAO) traditionnels, en se concentrant particulièrement sur son impact sur l'amélioration de la qualité architecturale. La méthodologie de recherche implique une modélisation structurée du processus de conception, réalisée à travers un exercice pratique assigné aux étudiants en architecture. Par la suite, les solutions générées par cet exercice ont été soumises à une analyse statistique rigoureuse pour déterminer les contributions des composants BIM à la qualité de conception globale.

Les résultats de cette analyse sont assez révélateurs. Sur vingt-quatre critères d'évaluation, dix-neuf favorisent distinctement l'application du BIM, soulignant sa supériorité sur les méthodologies CAO traditionnelles dans de nombreux aspects. Cependant, il est important de noter que pour cinq de ces critères, les résultats ont indiqué une convergence entre les résultats issus des deux logiques de conception, suggérant des domaines où le BIM et la CAO traditionnelle pourraient se comporter de manière comparable.

Il est particulièrement notable que la performance du BIM dans la gestion de critères nominaux tels que "les joints", "l'ombrage mutuel" et "la capture solaire" n'enregistre pas de supériorité significative entre les deux groupes, sauf dans le domaine critique de la détection des conflits. Cette capacité est significativement optimisée au sein du groupe orienté BIM, attribuée à la nature collaborative du BIM, où un échange d'informations amélioré facilite la détection précoce de conflits potentiels, qu'ils soient structurels ou climatiques.

En conclusion, la logique de conception BIM propulse significativement les projets vers des résultats de qualité supérieure. Chaque interaction consultative et échange d'informations avec d'autres professionnels de la construction sous le cadre BIM réduit considérablement l'incidence des erreurs de construction ou fonctionnelles. Ainsi, cette étude soutient robustement l'affirmation que le BIM surpasse non seulement la CAO traditionnelle à de nombreux égards, mais favorise également un processus de conception plus collaboratif et minimisant les erreurs.

Mots-clés : Modélisation des Informations du Bâtiment (BIM), conception assistée par ordinateur (CAO), qualité architecturale, processus de conception, conception collaborative

Liste des figures

Figure 1: Structure de la thèse	6
Figure 2: les premières contributions sur la recherche en conception	11
Figure 3: Le concepteur magicien : Le concepteur irrationnel caractérise la boîte noire, la partie cachée de la conception	13
Figure 4: Le concepteur ordinateur humain : Le concepteur rationnel. Caractérise la boîte de verre.	14
Figure 5: Le concepteur Designer as à self-organizing system : Le concepteur rationnel. Caractérise la boîte dans la boîte.	15
Figure 6: l'approche cartésienne du Bruce Archer en 1969.....	15
Figure 7: le processus de conception selon Bruce Archer	16
Figure 8: le model de John Zeisel 1981	16
Figure 9: le cycle d'information selon Zeisel	17
Figure 10: Les trois situations de conception. Adaptation d'après Christopher Alexander.....	19
Figure 11: Les phases de résolution de problèmes	19
Figure 12: Reproduction du modèle de B. Archer (1984)	20
Figure 13: le modèle de Prost 1992	21
Figure 14: diagramme du design préliminaire Asimov 1962.....	23
Figure 15: le processus de conception selon RIBA handbook 1973.....	23
Figure 16: l'architecture selon Phillip Boudon.....	24
Figure 17: L'architecturologie selon Phillip Boudon.....	25
Figure 18: le cycle de la collaboration.....	31
Figure 19: Modèle de collaboration selon CROW 2002	32
.Figure 20: le passage de l'élaboration de tâches à un travail individualisé, coopératif et collaboratif, ainsi que les différences entre la gestion de projet traditionnelle et collaborative, en opposant les responsabilités centralisées aux responsabilités partagées.....	32
Figure 21: Les types de coopération	33
Figure 22: La distinction entre la coopération et la collaboration	34
Figure 23 : Le trèfle fonctionnel	35
Figure 24: La modélisation des dimensions spatio-temporelles de R. Johanson.....	36
Figure 25: L'inscription des OTC selon leurs caractéristiques spatio-temporelles	36
Figure 26: L'environnement virtuel de collaboration	41
Figure 27: Les notions liées à la collaboration	42

Figure 28: Les espaces fonctionnels	43
Figure 29: la méthode de travail en BIM	47
Figure 30: Magazine BIMARABIA 06.....	47
Figure 31: L'adoption du système BIM à travers le monde	48
Figure 32: Modélisation 3D sous archiCAD	49
Figure 33: la dimension environnementale du BIM	50
Figure 34: les dimensions du système BIM.....	51
Figure 35: Les objets et la relation entre eux.....	52
Figure 36: le format BCF sous justBIM	52
Figure 37: Le cercle vertueux du BIM ArchiCAD© dans les cloud.....	54
Figure 38: Interface de la plateforme BIMoffice©	55
Figure 39: La plateforme NEBNIBIM.....	56
Figure 40: La liste des produits du BIM360	56
Figure 41: BIM 360	56
Figure 42: Axeobim	57
Figure 43: les étapes de travail avec la plateforme mezzo team.....	58
Figure 44: les échanges entre les collaborateurs pour le LOD 100	59
Figure 45: les échanges entre les collaborateurs pour le LOD 200	60
.Figure 46: Redimensionnement de la structure /expérience 2019	60
Figure 47: Archiwizard 2020	61
Figure 48: Les niveaux d'implémentation du BIM	62
Figure 49: Le carré de la performance	68
Figure 50: Modèle de processus d'évaluation des performances du bâtiment. Jay	69
Figure 51: le concept DQI en diagramme développé par Dehan	70
Figure 52: le concept DQI développé par Dehan 2016.....	71
Figure 53: les acteurs de la qualité selon Dominique	72
Figure 54: le modèle DQI	73
Figure 55: Les facteurs et les critères du DQI	74
Figure 56: le Coeff de forme.....	78
Figure 57: le masque solaire	79
Figure 58: L'orientation optimale et les gains solaires pour chaque orientation	80
Figure 59: Règlementation pour le facteur de la lumière du jour	81
Figure 60: Le principe de la protection solaire	81

Figure 61: recommandations pour la protection solaire optimale pour chaque orientation de bâtiment.....	82
Figure 62: l'inertie thermique	83
Figure 63: le modèle d'analyse suivi pour ce travail	87
Figure 64: puissance statistique pour les tests choisie sous le logiciel Gpower	88
Figure 65 :Le déroulement de la formation	89
Figure 66 :la 1re journée de la formation.....	89
Figure 67 :le 2e jour de la formation	90
Figure 68: un plan autoCAD montre le lieu de l'opération	91
Figure 69: la méthode du travail des deux groupes, à gauche, le groupe AutoCAD© et à droite le groupe ArchiCAD©	91
Figure 70: une salle réservée au groupe d'AutoCAD	92
Figure 71: la salle réservée aux ingénieurs et consultant climatique.....	92
Figure 72: la salle réservée au groupe D'ArchiCAD.....	92
Figure 73: la place de salle des consultants au sein du bloc fait par auteurs	93
Figure 74 :Photo de la salle des consultants prise le 07/07/2019 lors de l'expérience	93
Figure 75. La place de salle des consultants au sein du bloc fait par l'auteur.....	94
Figure 76: L'importation du fichier climatique de la région d'étude	95
Figure 77: L'étape de vérification du modèle.....	95
Figure 78: Les déperditions thermiques sous ARCHIWIZARD 2022 par auteurs.	96
Figure 79: Résultat de la balance énergétique sous ARCHIWIZARD 2022 par auteurs	97
Figure 80: Le résultat du coefficient de forme dite CF.....	97
Figure 81: L'emplacement des paramètres de la carte d'éclairage.....	98
Figure 82: Les paramètres de la carte d'éclairage sous Archiwizard 2022©	98
Figure 83: les paramètres d'étude d'ombre sous Archiwizard 2022©	99
Figure 84:la fenêtre capture écran sur les formats d'enregistrement sur ROBOT analysis... 100	100
Figure 85: la liaison des composantes de la structure (poutres, poteaux).....	101
Figure 86: exporter le modèle de l'ArchiCAD vers Archiwizard 2022©	101
Figure 87: la conception du modèle structurel sous ArchiCAD	102
Figure 88: exporter le modèle structurel de l'ArchiCAD au logiciel robot©	102
Figure 89: la détection du clash sous ArchiCAD après changement.....	103
Figure 90: l'interface accueil de la plateforme neb nibim©	104
Figure 91: La création d'un nouveau projet sous la plateforme neb nibim©	104
Figure 92: La recherche du collaborateur ou acteurs qui vont interagir avec le projet	105

Figure 93: L'affectation des rôles pour les acteurs et la gestion des droits d'accès	105
Figure 94: Schéma présente le flux de l'information partagée	106
Figure 95: rapport d'échange avec ingénieurs lors de la journée de l'expérience.....	113
Figure 96: échelle d'évaluation de l'isoviste area obtenu faite par auteurs.....	115
Figure 97: L'analyse d'isoviste sous Depthmap© d'un participant x	116
Figure 98: la Carte axiale « Fewest line » réalisée sous Depthmap©	116
Figure 99: la simulation de la carte axiale à gauche et à droite le résultat en nombre d'axes réduit "reduce to fewest lines"	117
Figure 100: résultat de la carte axiale pour le groupe autoCAD logique CAO	118
Figure 101: résultat de la carte axiale pour le groupe ARCHCAD logique BIM.....	119
Figure 102: ombrage mutuel sous ArchiWizard 2022.....	125
Figure 103: Schéma illustratif qui montre l'échelle d'évaluation de Likert attribué à l'orientation faite par auteurs	126
Figure 104: L'orientation optimale pour le climat de la région d'Oum Elbouagh	126
Figure 105: simulation exemplaire du Coeff de Forme	127
Figure 106: Le zoning climatique faite par auteurs	130
Figure 107 :Les résultats des déperditions pour un participant du groupe ArchiCAD.....	131
Figure 108 :Les résultats des déperditions du groupe ArchiCAD	131
Figure 109 :Les résultats des déperditions du groupe AutoCAD	132
Figure 110 :La Simulation des besoins énergétiques du participant 10 groupe ArchiCAD..	133
Figure 111 : le calcul de FLJ pour le groupe ArchiCAD.....	134
Figure 112 : le calcul de FLJ pour le groupe ArchiCAD© fait par consultant climatique 2019	135
Figure 113: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère qualité du rendu 2d.....	139
Figure 114: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère qualité du rendu 3d.....	140
Figure 115: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère échange avec l'ingénieur en structure.....	141
Figure 116: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère qualité du rendu 2d.....	142
Figure 117: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère intégration	142

Figure 118: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère repérage de l'équipement.....	143
Figure 119: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère accessibilité générale du projet.....	144
Figure 120: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère accessibilité des PMR	145
Figure 121: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère fonctionnement du projet	146
Figure 122: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère mise en place de la structure	146
Figure 123: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère les joints	147
Figure 124: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère redimensionnement.....	148
Figure 125: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère logique entre la structure et l'espace.....	149
Figure 126: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère logique entre la structure et la forme du projet.....	150
Figure 127 : Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère détection des conflits.....	151
Figure 128: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère ombrage mutuel	152
Figure 129: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère orientation du projet.....	153
Figure 130: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère coefficient de forme	154
Figure 131: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère typologie de toiture	155
Figure 132: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère protection solaire	156
Figure 133: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère captage par panneaux solaires	157
Figure 134: diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère zoning climatique.....	158

Figure 135: diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère isolation thermique	159
Figure 136: diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère système de chauffage et de climatisation.....	159
Figure 137: diagramme cycle représente les résultats selon l'échelle de Likert pour le critère facteur de la lumière du jour	160
Figure 138: diagramme radar représentant les résultats de dimension rendu pour les deux logiques de conceptions	161
Figure 139: diagramme radar représente les résultats de dimension perceptuelle du projet pour les deux logiques de conceptions.....	163
Figure 140: diagramme radar représentant les résultats de la dimension usage pour les deux logiques de conceptions	164
Figure 141: diagramme radar représentant les résultats de dimension structurelle pour les deux logiques de conceptions	165
Figure 142: diagramme radar représentant les résultats de dimension thermique pour les deux logiques de conceptions	167
Figure 143: histogramme représente les résultats de dimension rendu pour les deux logiques de conceptions	168
Figure 144: diagramme radar représentant la différence entre les deux logiques de conceptions pour l'ensemble des critères traités en matière de moyenne.....	168
Figure 145: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère qualité du rendu 2D pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney.....	172
Figure 146: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère qualité du rendu 3d pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le test u de Mann-Whitney	173
Figure 147: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère échange avec l'ingénieur en structure pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney.....	174
Figure 148: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère L'échange avec l'ingénieur climatique pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney.....	175
Figure 149: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère intégration au site pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney.....	176

Figure 150: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère repérage d'équipement pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney	177
Figure 151: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère orientation pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney	178
Figure 152: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère le coefficient de forme pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney	180
Figure 153: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère typologie de toiture pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney	180
Figure 154: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère protection solaire pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney.....	181
Figure 155: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère accessibilité général pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney....	183
Figure 156: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère fonctionnement du projet pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney .	183
Figure 157: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère la mise en place de la structure pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney	184
Figure 158: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère système de chauffage et de climatisation pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney	186
Figure 159: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère isolation thermique et inertie pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney.....	186
Figure 160: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère logique structure espace pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney.....	188
Figure 161: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère logique entre la structure et la forme général du projet pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney.....	189
Figure 162: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère zoning climatique pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney.....	190
Figure 163: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère facteur de la lumière du jour (FLJ) pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney.....	191

Figure 164: résultat de la trace de l'effondrement	198
Figure 165: le tracé des composantes principales.....	198

Liste des tableaux

Tableau 1: distinction entre les concepts apparentés au concept de collaboration	43
Tableau 2: Le processus d'élaboration de la maquette	59
Tableau 3: liste des étudiants participants a l'expérience	88
Tableau 4: Le programme des journées de la formation faite par auteurs	90
Tableau 5: la grille d'évaluation détaillée	109
Tableau 6: la méthode d'évaluation du critère attribuer a l'échelle de Likert de cinq pour le critère qualité du rendu 3d	112
Tableau 7: L'échelle de Likert appliqué à ces deux critères (consultation avec ingénieur structure et ingénieur responsable des données climatiques)	113
Tableau 8: tableau explicatif sur l'Échelle d'évaluation du critère intégration au site	114
Tableau 9: suite de la méthode d'évaluation du critère intégration	115
Tableau 10: attribution du résultat des cartes axiales à l'échelle de Likert	117
Tableau 11: la logique de l'évaluation du critère accessibilité de la personne a mobilité réduite	118
Tableau 12: tableau explicatif de la méthode d'évaluation du critère fonctionnement du projet selon l'échelle de Likert.....	121
Tableau 13: tableau explicatif de la méthode d'évaluation selon l'échelle de Likert lie à la mise en place de la structure générale du projet.....	122
Tableau 14: attribution des résultats des participants à l'échelle de Likert suivant le changement des éléments structuraux	123
Tableau 15: l'évaluation selon l'échelle de Likert de l'indicateur en question	123
Tableau 16: nomination, échelle de Likert et la valeur obtenue pour le critère la logique entre la structure et la forme	123
Tableau 17: L'échelle d'évaluation du critère « détection des conflits »	124
Tableau 18: attribution de l'orientation à l'échelle de Likert pour l'évaluation	127
Tableau 19: le résultat obtenu pour le CF attribué à l'échelle de Likert	128
Tableau 20: le résultat de l'évaluation de la typologie de toiture du projet attribué à l'échelle de Likert.....	128
Tableau 21: la taille de la fenêtre et les dimensions de la protection solaire idéale.....	129
Tableau 22: l'échelle d'évaluation choisie	129
Tableau 23: l'échelle d'évaluation de Likert -nomination pour le critère zoning climatique	130
Tableau 24: déduire l'échelle d'évaluation du paramètre inertie	132

Tableau 25: Récapitulatif des résultats obtenus de l'analyse entre les deux logiques de conception architecturale.	136
Tableau 26: le résultat de la fréquence obtenue pour le critère qualité du rendu 2D entre les deux logiques de conception.....	161
Tableau 27: le résultat de la fréquence obtenue pour les critères de la dimension perceptuelle du projet entre les deux logiques de conception	163
Tableau 28: le résultat de la fréquence obtenue pour les critères de la dimension usage entre les deux logiques de conception.....	164
Tableau 29: le résultat de la fréquence obtenue pour les critères de la dimension structurelle entre les deux logiques de conception	165
Tableau 30: le résultat de la fréquence obtenue pour les critères de la dimension thermique entre les deux logiques de conception	166
Tableau 31: le résultat de la fréquence obtenue pour le critère FLJ entre les deux logiques de conception.....	167
Tableau 32: présente les différents teste non paramétrique applique.....	171
Tableau 33: le résultat du test du u de Mann Whitney pour les critères	172
Tableau 34: Le résultat du Test khi carre pour le critère détection des conflits.....	192
Tableau 35: Le résultat de la corrélation entre des deux critères échange avec l'ingénieur climatique et le FLJ.....	194
Tableau 36: Le résultat de la corrélation entre L'échange avec l'ingénieur de la structure et la mise en place de la structure	195
Tableau 37: Le résultat de l'indice KMO	196
Tableau 38: Le résultat de la matrice de corrélation	196

Table de matière

Dédicace.....	
Remerciements.....	
Liste des figures	
Liste des tableaux.....	
Table de matière	

Introduction Générale

I. Introduction :.....	1
II. La problématique :.....	2
III. L'état de l'art :.....	3
IV. Hypothèse de recherche :.....	5
V. Méthodologie de recherche :.....	5
VI. La structure de la thèse :.....	5
1.Le volet théorique :.....	6
2.Le volet pratique :.....	7

Chapitre 01 La conception architecturale

VII. Introduction :.....	9
VIII. Définition de la conception architecturale	9
1-La conception :.....	9
IX. Le design thinking et ses aspects.....	10
1-Le design thinking :.....	10
2-Les origines du terme [design thinking].....	10
X. La conception comme une activité cognitive plutôt qu'un statut professionnel :.....	11
XI. La conception comme une activité de résolution de problèmes "ordinaire"	11
XII. Design thinking selon Jones Christopher Jones :.....	12
XIII. Le processus de conception : synthèse et illustration.....	15
XIV. Description de la conception architecturale	17
XV. Le modèle d'Alexander	18
XVI. Le modèle d'Archer	19
XVII. La conception architecturale est selon Lawson :.....	21
XVIII. Case based design :.....	22
XIX. Les références :.....	22

XX.	Asimow's Model 1962 :	22
XXI.	Le modèle du RIBA	23
XXII.	Le concept d'architecturologie :	23
	1.Les principaux éléments de l'approche :	24
XXIII.	Analyse /synthèse/évaluation :	25
XXIV.	Conjecture / analyse De l'analyse/synthèse à la conjecture/analyse : à propos de l'influence de Karl Popper sur la méthodologie de conception en architecture	26
	1.Les problèmes de Popper avec les conjectures.....	27
XXV.	Les moyens informatiques en architecture.....	28
XXVI.	Conclusion du chapitre	29

Chapitre 02_ La collaboration

I.	Introduction.....	30
II.	La collaboration :	30
	1.Definition :	30
	2.Typologies de travail collaboratif :	32
III.	La coopération.....	33
IV.	La différence entre coopération collaboration	33
V.	Les outils du travail collaboratif	34
	1.Du trèfle fonctionnel vers le modèle des 3C d'Ellis.....	34
	2.Diversité des outils de travail collaboratif :	36
	3.Catégorisation des outils de travail collaboratif	37
	4.Outils de Workflow :	37
VI.	Les trois principes du travail collaboratif.....	38
VII.	Conditions favorables à l'engagement des membres dans un groupe collaboratif....	38
VIII.	Le travail coopératif :	39
	1.Les Ressources de coopération (hardware, logiciels et médias) :	39
	2.La différence entre outils, logiciels et médias :	40
	3.Les Restrictions et les défis du travail coopératif :	40
IX.	Les espaces de collaborations :	41
X.	Les principales notions liées à la collaboration l'interdépendance et l'interaction	41
	1.La notion d'interdépendance.....	41
	2.La notion d'interaction.....	42
	3.La notion de la maîtrise émotionnelle	42
XI.	Le travail collaboratif assisté par ordinateur	42

XII.	Distinction entre les concepts apparents au concept de collaboration :	43
XIII.	Les outils de la mise en œuvre du TCAO	44
	1. Discussions asynchrones	44
	2. Discussions synchrones (instant messaging et chat)	44
	3. Web Conferencing (partage applications)	44
	4. Email notifications	44
	5. Quelques objectifs du TCAO	44
XIV.	Conclusion :	45

Chapitre 03 Le processus BIM

I.	Introduction :	46
II.	Définition du processus BIM :	46
III.	L'historique du concept :	47
IV.	L'évolution du concept :	47
V.	Les dimensions du processus :	48
	1. La 3e dimension :	49
	2. La 4e Dimension :	49
	3. La 5e Dimension :	49
	4. La 6e Dimension :	49
	5. La 7e Dimension :	50
	6. Les futures dimensions du processus BIM :	51
VI.	L'interopérabilité en BIM :	51
	1. Le format IFC :	51
	2. Le format BCF :	52
VII.	Les échanges des données de la maquette à travers la plateforme collaborative :	52
	1. La plateforme NebniBIM© :	55
	2. La plateforme BIM 360 :	56
	3. AxeoBIM :	56
	4. Mezzo team :	58
VIII.	La notion du « niveau de détail » ou LOD :	58
IX.	Les échanges d'information pour chaque niveau de développement :	59
	1. Le niveau 100 :	59
	2. Le niveau 200 :	59
X.	Les niveaux du processus BIM :	61
XI.	Les logiciels BIM :	62

XII. Les nouveaux métiers liés au processus BIM :	63
XIII. Conclusion.....	64
Chapitre 4 La qualité architecturale	
I. Introduction :	65
II. Les fondamentaux de la qualité architecturale :	65
1.L'opportunité	65
2.La localité	66
3.La spécificité.....	66
4.La sobriété	66
5.La solidité	67
6.L'habitabilité.....	67
7.La beauté.....	67
III. Le champ de la notion qualité architecturale :	67
1.Définition :	67
IV. La qualité architecturale et son évaluation comme un processus :	68
V. Concepts, et critères d'un bâtiment de qualité architecturale :	69
1.La qualité du processus de production :	69
2.La pertinence de la définition programmatique ;.....	70
3.Qualités architecturales de l'objet bâti	70
VI. La qualité selon Dominique Boudin :	71
1.L'implication de la direction :	71
2.L'association étroite de l'encadrement au projet :	72
3.Implication de personnel :	72
4.Des améliorations progressives :	72
5.Le facteur clé : La communication	72
VII. Les critères de qualité selon les méthodes d'évaluation DQI et AHP.....	73
1.Le but du DQI.....	73
VIII. La qualité architecturale selon Jean Ginsberg :	75
IX. Évaluation de la qualité architecturale d'une œuvre, un équipement ou d'un bâtiment : 75	
X. Les critères d'évaluation de la qualité	77
1.La qualité du rendu :	77
2.La communication :	77
3.L'intégration :	77

4.La logique entre la structure et l'espace :.....	77
5.Coefficient de forme :.....	78
6.Ombrage mutuel :.....	78
7.L'orientation :.....	79
8.Le zoning thermique ;.....	80
9.L'accessibilité :.....	80
10.Le Fonctionnement du projet :.....	80
11.Le facteur de lumière de jour :.....	80
12.La protection solaire :.....	81
13.Isolation thermique/inertie :.....	82
14.Le captage solaire (panneaux solaires) :.....	83
15.Typologie de toiture :.....	83
16.La logique entre la structure et la forme ;.....	83
17.La détection de clash :.....	84
18.Les joints :.....	84
19.La mise en place de la structure du projet :.....	84
20.Le zoning climatique.....	85
XI. Conclusion.....	86

Chapitre 05 Le Modelé D'analyse

I. Introduction :.....	87
II. Description du modèle du travail pratique :.....	88
1.Le profil des étudiants :.....	88
2.Le déroulement de la formation :.....	89
3.Le déroulement de l'opération :.....	91
4.Le déroulement :.....	93
III. Les logiciels utilisés dans le travail :.....	94
1.Le protocole du travail avec le logiciel ARCHIWIZARD :.....	94
2.La vérification du modèle :.....	95
3.Le calcul des déperditions énergétiques.....	96
4.Le calcul de la balance énergétique ou les besoins énergétiques :.....	96
5.Le calcul du coefficient de forme de la cafeteria (le projet de l'exercice) :.....	97
6.Le calcul du facteur de la lumière du jour :.....	97
7.L'étude d'ombre.....	99
IV. Le logiciel Depthmap© :.....	99

V.	Le logiciel Robot analysis :.....	100
VI.	La collaboration entre ARCHIWIZARD© et ArchiCAD© :.....	101
VII.	La collaboration entre ArchiCAD et ROBOT :.....	102
VIII.	Le protocole de travail sous la plateforme collaboratif Nebni BIM :	104
IX.	Le flux de travail et de partage de l'information :.....	106
X.	Conclusion du chapitre :	107

Chapitre 6 L'analyse de la qualité des livrables

I.	Introduction :.....	108
II.	L'analyse des données collectées lors de l'expérience :	108
III.	La grille d'évaluation :.....	109
IV.	Le processus d'analyse :	112
	1.La dimension Rendu :.....	112
	2.La dimension perceptuelle du projet :	114
V.	La dimension Usage :.....	117
	1.L'Accessibilité général du projet.....	117
	2.Accessibilité PMR : Concernant ce critère l'analyse a été faite comme suite :	118
	3.Le Fonctionnement du projet :.....	120
VI.	La dimension structurelle :.....	121
	1.La mise en place de la structure :	121
	2.Les Joints :	122
	3.Redimensionnement :	122
	4.La logique structure / espace :	123
	5.La logique structure / forme :	123
	6.La détection des conflits :.....	124
VII.	La dimension thermique :.....	124
	1.L'ombrage mutuel :.....	124
	2.L'orientation :	125
	3.Volume « Coef de forme » (éclatement/compacité) :.....	127
	4.La typologie de la toiture du projet :	128
	5.La Protection solaire :.....	128
	6.Captage panneaux solaires :	129
	7.Zoning climatique :.....	130
	8.Isolation thermique/inertie.....	130
	9.Système de chauffage/climatisation HVAC.....	132

10.Le facteur du Lumière du jour (FLJ) ou éclairement (lux) :	133
VIII. Conclusion :	137

Chapitre 7 Analyse statistique des résultats

Partie1 : tests paramétriques

I. Introduction :	138
II. L'analyse de la fréquence pour les deux logiques de conception architecturale :	139
1.La qualité du rendu en deux dimensions :	139
2.La qualité du rendu en trois dimensions(3D) :	140
3.Les échanges avec les ingénieurs	141
4.L'intégration :	142
5.Le repérage d'équipement :	143
6.L'accessibilité générale du projet :	144
7.L'accessibilité PMR :	145
8.Le fonctionnement du projet :	146
9.La mise en place de la structure :	146
10.Les joints :	147
11.Le redimensionnement :	148
12.La logique entre la structure et l'espace :	149
13.La logique entre la structure et la forme :	150
14.La détection des conflits :	151
15.L'ombrage mutuel :	152
16.L'orientation :	153
17.Coefficient de forme :	154
18.La typologie de toiture :	155
19.La protection solaire :	156
20.Le captage panneaux solaires :	157
21.Le zoning climatique :	158
22.Isolation thermique / inertie :	158
23.Le système de chauffage et de climatisation :	159
24.Le Facteur de la Lumière du jour et éclairement :	160
III. L'analyse de la MOYENNE pour les deux logiques de conception architecturale :	
161	
1.La dimension rendue :	161
2.La dimension perceptuelle du projet :	162

3.La dimension d'usage :	163
4.La dimension structurelle :	165
5.La dimension thermique du projet :	166
6.La dimension éclairage du projet :	167
IV. Le diagramme récapitulatif des résultats :	168
V. Conclusion :	169

Chapitre 8 Analyse statistique des résultats

Partie2 : tests non paramétriques

I. Introduction :	170
II. L'utilisation de SPSS© pour l'analyse statistique :	170
III. Le test de fiabilité alpha de Cronbach:	171
IV. Le test U de Mann Whitney :	171
1.La qualité du rendu 2D :	172
2.La qualité du rendu 3d :	173
3.L'échange avec l'ingénieur en structure :	174
4.L'échange avec l'ingénieur climatique :	175
5.L'intégration au site	176
6.Le repérage d'équipement :	177
7.L'orientation	178
8.Coefficient de forme :	179
9.La typologie de toiture :	180
10.La protection solaire :	181
11.Accessibilité générale du projet :	182
12.Le fonctionnement du projet :	183
13.La mise en place de la structure :	184
14.Système de chauffage et de climatisation :	185
15.L'Isolation thermique – inertie :	186
16.La logique structure espace :	188
17.La logique structure forme :	189
18.Le critère zoning climatique :	190
19.Facteur de la lumière du jour / éclairement	191
V. Tests du Chi-carré :	192
1.L'interprétation :	192
VI. Corrélation bivarié :	194

1.Les échanges entre le consultant climatique et FLJ dans le projet.....	194
2.Les échanges entre l'ingénieur en structure et la mise en place de la structure dans le projet.....	194
VII. L'analyse des composantes principales dite ACP :	195
1.La Matrice de corrélation :	196
VIII. Conclusion du chapitre :.....	200
Conclusion générale.....	201
Les références :	209
Résumé :	6

Introduction Générale

I. Introduction :

L'architecture, en tant qu'entreprise complexe, comprend une myriade d'aspects qui vont au-delà du simple aspect visuel d'une structure. À l'origine, un expert solitaire supervisait les projets architecturaux, mais au fur et à mesure que les projets devenaient plus complexes, la répartition des tâches et des responsabilités s'est considérablement modifiée. Au début du XX^e siècle, la complexité croissante des techniques de construction a entraîné une spécialisation qui a différencié les professions d'architecte et d'ingénieur.

Dans le cadre de la conception intégrée, la collaboration entre l'architecte et l'ingénieur devient essentielle, nécessitant l'intervention opportune d'experts spécialisés. Ce partenariat facilite la mise en place de rôles complémentaires, ce qui permet d'éviter l'ambiguïté des pratiques et d'améliorer l'efficacité. Par conséquent, le projet bénéficie de la participation active de l'architecte et de l'ingénieur, et leur coopération et leur communication sont essentielles pour favoriser l'innovation et la créativité. La collaboration est un moyen efficace d'unir les individus pour aborder des questions communes et se concentrer sur l'échange de préoccupations mutuelles. Dans le secteur algérien de la construction, la présence de problèmes tels que les retards dans les projets et la qualité médiocre de l'exécution nécessite l'utilisation de méthodologies et de technologies innovantes pour surmonter efficacement ces obstacles.

La qualité de la conception architecturale dépend également de la qualité de la communication entre les différentes parties impliquées dans le projet, telles que les architectes, les ingénieurs, les entrepreneurs et les utilisateurs. Une communication claire et ouverte est essentielle pour assurer une conception cohérente et harmonieuse qui répond aux besoins et aux attentes de toutes les parties prenantes (Calixte, Cuffi and Leclercq, 2022).

L'avènement du paradigme BIM a bouleversé les pratiques, apportant un plus en termes de collaboration et une meilleure coordination entre les différents acteurs du projet grâce à la maquette numérique et à la facilité d'échange de fichiers (Heffernan et al., 2017). L'émergence des technologies informatiques a révolutionné les méthodes de travail des architectes et des professionnels de la construction, passant de la conception assistée par ordinateur (CAO) en 2D à la modélisation des données du bâtiment (BIM). Cette avancée technologique a également mis l'accent sur la nécessité d'une communication transparente et inclusive entre toutes les

parties concernées, telles que les architectes, les ingénieurs, les entrepreneurs et les utilisateurs, afin de garantir une conception unifiée et équilibrée.

II. La problématique :

L'Algérie connaît actuellement une crise architecturale majeure, malgré une forte demande des secteurs public et privé et une industrie des travaux publics revitalisée. La question de la qualité des travaux n'est pas suffisamment prise en compte. En 2013, Said Mazouz a souligné que ce problème est particulièrement préoccupant, car la production architecturale algérienne manque de qualité dans plusieurs domaines, notamment la planification urbaine, l'intégration urbaine et l'intégration architecturale des services publics.

En 2005, (Djeghar, 2005) a noté que les architectes blâment souvent le gouvernement et les acteurs publics pour cette situation difficile. Il est essentiel de comprendre que la production architecturale et urbaine va au-delà des questions techniques, d'usage ou de confort. Ce domaine est extrêmement difficile, car il comporte des composantes artistiques, sociales, psychologiques, symboliques et culturelles. La complexité de la situation apparaît beaucoup plus clairement lorsque l'on examine le processus de production. La priorité donnée par les promoteurs à la rapidité de la construction a conduit à négliger l'excellence architecturale. L'absence de haute qualité peut être attribuée à plusieurs facteurs. (Laroui, 2017)

L'architecte joue un rôle central dans le processus de production architecturale, à la fois en tant qu'artiste et en tant que figure principale. Par conséquent, dans cette thèse, nous nous concentrons spécifiquement sur l'échelle de la conception, qui est influencée par plusieurs facteurs, tels que le schéma de production linéaire. Ce cadre traditionnel décrit une progression linéaire des phases, commençant par l'identification des exigences du client et se poursuivant par la planification et la formation de l'équipe de production.

La position de l'architecte dans ce processus est cruciale, puisqu'il est responsable et supervise sept des huit phases, y compris la livraison finale du projet. Cependant, le problème de ce cadre conceptuel est qu'il n'y a pas de retour d'information permettant d'évaluer les écarts entre la qualité attendue et la qualité réelle. Si les objectifs des différents participants ne sont pas alignés, la probabilité d'erreurs est plus grande. (Chabane, Bensalem and Boussoulim, 2018)

L'avènement du paradigme BIM a considérablement transformé les processus de conception en facilitant une coopération et une coordination accrues entre les parties prenantes du projet

grâce à l'utilisation de la modélisation numérique et au partage transparent des fichiers. L'étude cherche à analyser la fonction du système de modélisation des données du bâtiment (BIM) dans la conception architecturale par rapport aux approches traditionnelles de conception assistée par ordinateur (CAO). Elle tente de souligner la distinction entre une approche collaborative et les pratiques de conception conventionnelles.

III. L'état de l'art :

La technologie BIM est un développement révolutionnaire qui remodèle rapidement l'industrie AEC et change la façon dont nous construisons. (Ziwen and Yujie, 2019).

Ces dernières années ont vu le développement rapide des représentations numériques des bâtiments connus sous le nom de BIM (building information modeling). Le concept découle d'un besoin d'amélioration de la collaboration et de l'échange d'informations (Andriamamonjy, Saelens and Klein, 2019), il sert de base de données centralisée et de collaboration entre les parties prenantes. (Heffernan et al., 2017)

L'étude menée par Andriamamonjy (Andriamamonjy, Saelens and Klein, 2019) a identifié six principaux thèmes de recherche liés au BIM. Il s'agit de l'adoption de la méthode BIM (Miettinen and Paavola, 2014), l'évaluation du cycle de vie (Basbagill et al., 2013), le suivi des progrès (Kim, Kim and Son, 2013), l'interopérabilité (Sacks et al., 2010), la simulation énergétique (Welle, Haymaker and Rogers, 2011) et la gestion assistée par les processus. Il indique que ce sont quelques-uns des domaines de recherche les plus importants actuellement menés sur le terrain. D'autre part, lorsqu'il s'agit d'intégrer la simulation énergétique et le BIM, moins de chercheurs s'intéressent à ce sujet que les autres groupes.

Alors que la sensibilisation au BIM est élevée dans la plupart des pays développés (États-Unis, Royaume-Uni, France, Finlande, Corée et autres), cette étude se concentrera sur la mise en œuvre du BIM dans les pays en développement. Bien qu'il ait identifié les principaux facteurs pouvant influencer sur le succès de cette technologie dans cette région, il a également noté le manque de recherches sur les multiples facteurs susceptibles d'influer sur la réussite de ce processus dans la région. Pour combler cette lacune, les chercheurs ont utilisé une approche de modélisation d'équations structurelles pour analyser les données. (Tan et al., 2022)

Selon l'étude, divers facteurs tels que le soutien du gouvernement (Saka and Chan, 2020), l'éducation (Babatunde et al., 2018) (Awwad, Shibani and Ghostin, 2022) et la formation (Liu et al., 2022) sont cruciaux pour la mise en œuvre du BIM dans les pays en développement.

Une autre étude universitaire examine la littérature sur le rôle du BIM dans la construction durable dans une perspective non couverte par les études existantes. Au lieu de se concentrer sur l'application du BIM dans les différentes phases du projet. Les auteurs ont réussi à répondre à la question de recherche en effectuant une analyse computationnelle de la littérature et en la classant sur la base d'une analyse de contenu de 317 articles de revues publiés entre 2008 et 2017.

Actuellement. En ce qui concerne les termes les plus utilisés par les auteurs, "sustainability", "energy efficiency", "green building" et "safety" sont parmi les premiers, en plus de ceux les plus employés dans la littérature BIM. (de Carvalho, Granja and da Silva, 2017) En résumé, les principaux défis et lacunes identifiés par les auteurs sont les suivants: problèmes d'interopérabilité entre le BIM et les outils de durabilité et le manque d'ontologies dans les domaines de la construction durable; l'absence de normes et d'incitations publiques pour l'adoption du BIM. (Santos *et al.*, 2019)

En outre, la recherche par (Pereira *et al.*, 2021) présente une analyse scientométrique du BIM, en analysant un grand nombre d'articles scientifiques afin de caractériser l'état actuel de la recherche sur le sujet étudié. Les résultats de cette recherche montrent que le BIM peut améliorer l'efficacité énergétique et que l'une des lacunes est le niveau d'échange d'informations, c'est-à-dire l'interopérabilité. À la suite de cette étude, ils ont pu conclure que le logiciel de modélisation "Revit©" est le plus largement utilisé, et en ce qui concerne les calculs d'énergie, les paquets de logiciels les plus fréquemment cités sont: EnergyPlus©, Ecotect©, Green Building Studio© et IES©, tandis que ArchiCAD©, le software le plus utilisé par les architectes, est moins interopérable en dépit de la contribution d'autres programmes de calcul d'énergie comme Archiwizard©, qui a un lien avec ArchiCAD© et Revit©.

Le BIM n'est pas une technologie autonome, mais un processus collaboratif assisté par la technologie, avec environ 90% de processus et 10% de technologie. (Abdullahi and Chan, 2019) . En Afrique, son adoption et son application demeurent lentes et en retard pour les pays développés (Saka and Chan, 2019). En Algérie, la recherche sur le BIM est à ses débuts, comme en témoignent les rares publications sur le terrain (seulement 03), qui se concentrent sur des questions qui ne touchent pas au cœur du BIM (Bouguerra, Yaik-Wah and Ali, 2020).

En Algérie, la production architecturale est caractérisée par la quête de la quantité au détriment de la qualité ; la construction a rapidement fini par produire un environnement bâti médiocre. Cela est dû à un certain nombre de facteurs qui affectent plusieurs niveaux: la gestion de projet,

la passation de contrats et la construction. (Laroui, 2017) Cette dernière est caractérisée par un manque de collaboration entre les intervenants du projet (Chaabi, 2017), ce qui se traduit par une planification linéaire sans rétroaction et dans laquelle l'utilisation de logiciels spécialisés est limitée au dessin (Saighi and Zerouala, 2018).

En Algérie la production architecturale reste un sujet abordé de manière superficielle et on remarque que la qualité des équipements et du cadre bâti en général reste médiocre. Cette carence de qualité semble se situer à plusieurs niveaux : la maîtrise d'ouvrage, la réalisation et la conception architecturale. Dans ce dernier volet, la défaillance est due au manque de coordination entre les différents intervenants et une démarche de conception linéaire sans retour d'information. La question qui se pose est alors :

Comment pallier ces dysfonctionnements en matière de coordination entre les différents acteurs et concevoir des projets de qualité ?

IV. Hypothèse de recherche :

Le système BIM (Building information modeling), technologie d'échange de l'information, intégrée dans les logiciels de conception les plus récents tels que REVIT© ou ARCHICAD©, peut aider à pallier les dysfonctionnements cités ci-dessus et parvenir à une architecture de qualité en assurant une coordination et une collaboration entre les différents acteurs intervenant dans le projet architectural,

V. Méthodologie de recherche :

Notre travail basé sur deux parties ;

Une partie théorique introduit les méthodes de conception dans l'histoire en arrivant à la conception collaborative à travers le processus BIM et en terminant la partie théorique par le chapitre qualité architecturale qui est liée fortement au BIM ; la deuxième partie vise à travers un modèle d'analyse combinant enquête classique et tests utilisant des applications BIM, à tester l'apport de ce dernier, en termes de compétences, aux différents acteurs.

VI. La structure de la thèse :

Elle comporte deux volets. Un volet théorique qui développe les notions principales de la recherche en quatre chapitres :

Le processus de conception architecturale, la collaboration, le BIM et la qualité architecturale et un volet pratique, qui vise à expliquer la méthode de travail pratique de cette thèse qui

présente un test d'application BIM et une expérience entre deux logiques de travail conceptuelles; celle de la CAO classique et celle obéissant à la logique collaborative basée sur le paradigme BIM.

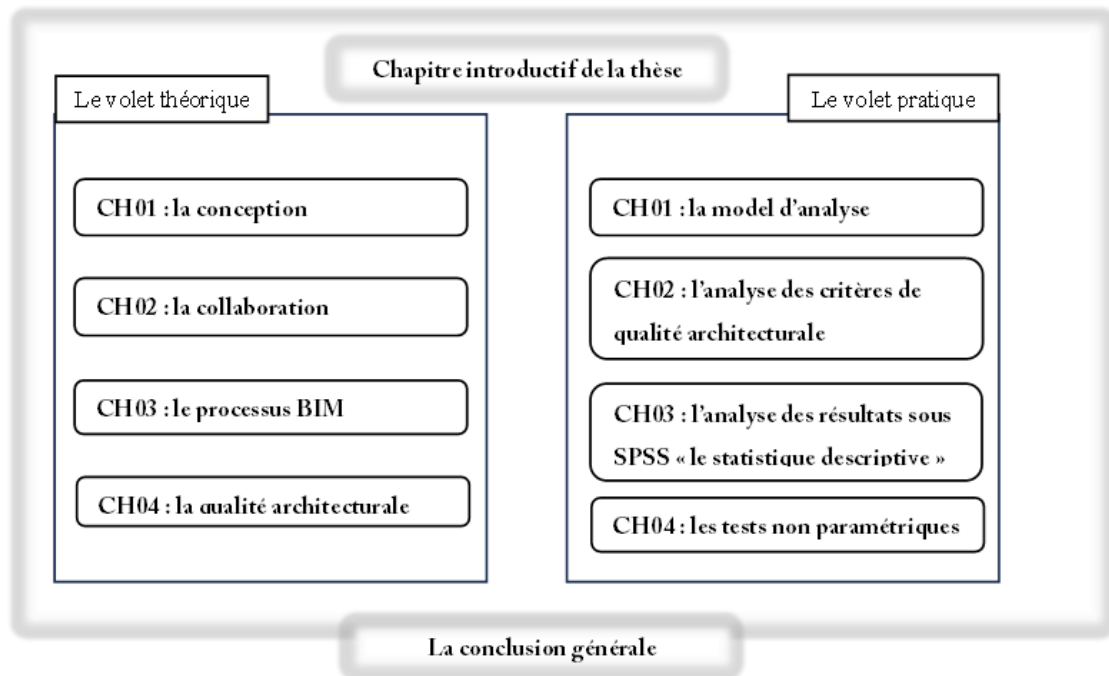


Figure 1: Structure de la thèse faite par auteurs

1. Le volet théorique :

- **Le chapitre introductif :**

Comportera une introduction, la problématique de la recherche, l'objectif de la recherche et la structure de la thèse qui facilite la compréhension de cette dernière

- **Le chapitre un :**

Est consacré à l'approfondissement de la notion de conception architecturale. Nous entamerons notre exploration en définissant précisément ce concept. Ensuite, nous explorerons les divers modèles de conception architecturale, en mettant l'accent sur les approches et méthodologies utilisées par les architectes, tant en France qu'en Angleterre, pour aborder et résoudre des problèmes architecturaux spécifiques. Cette analyse nous permettra de pénétrer plus profondément dans l'univers de la pensée architecturale et de comprendre les stratégies déployées dans ce métier. Pour conclure ce chapitre, nous nous pencherons sur le rôle et l'impact des outils informatiques dans le processus de conception,

soulignant comment les avancées technologiques transforment et réinventent les pratiques traditionnelles en architecture. Ce point servira de pont vers le prochain chapitre.

- **Le chapitre deux :**

Examine la notion de collaboration dans le secteur de la construction, en mettant l'accent sur ses avantages et ses difficultés, ainsi que sur les outils et les approches essentiels pour promouvoir la participation collaborative. Ce texte examine les nombreux avantages et difficultés associés à la coopération dans le secteur de la construction, en utilisant des stratégies et des méthodologies efficaces. Le chapitre explore également les contraintes et les avantages associés aux différentes formes de collaboration, y compris la collaboration externe et interne, la coopération, ainsi que la collaboration interculturelle et à distance. L'objectif est de montrer l'importance de la collaboration dans le domaine la construction.

- **Le chapitre trois :**

Nous aborderons le système BIM comme un outil de conception collaboratif en commençant par expliquer la méthodologie de travail du processus. Ensuite, nous nous pencherons sur les niveaux de détail des produits, ainsi que sur la collaboration entre les parties prenantes.

- **Le chapitre quatre :**

Traite le sujet de la qualité architecturale, sa définition, ses fondements en mettant l'accent sur sa relation avec la communication et on termine avec une liste des critères de qualité qui vont constituer la grille d'analyse des livrables de la phase pratique

2.Le volet pratique :

Il est réparti en quatre chapitres aussi

Le premier chapitre :

Contient une description sur le modèle d'analyse choisi. Ce dernier est une caractérisation du rôle du BIM dans la conception architecturale et son apport à la qualité architecturale. Le test qui consistera en la comparaison analytique et statistique des résultats conceptuels de deux groupes d'étudiants du dernier palier de la formation en architecture sera réalisé dans l'enceinte de l'université Larbi Ben Mhidi à Oum El Bouaghi, au niveau du département d'architecture.

Le deuxième chapitre :

Ce chapitre présente le corps du travail pratique qui est l'analyse des critères de la qualité architecturale des livrables réalisés par l'ensemble des deux groupes des participants à l'expérience. Les critères en question sont définis dans le chapitre théorique intitulé: "la qualité architecturale" et sont insérés dans le modèle d'analyse, objectif de ce chapitre.

Le troisième chapitre :

Présente les résultats de l'analyse faite dans le deuxième chapitre sous le logiciel SPSS mettant l'accent sur les résultats de la statistique descriptive (la moyenne, et la fréquence)

Le quatrième chapitre :

Présente les résultats des tests non paramétriques des critères en faisant appel aux tests appropriés en pareille expérimentation, dont nous cotons : le test U de Mann Whitney, le test du Khi deux, caractérisant les corrélations entre les variables à fin d'aboutir au résultat qui va confirmer ou infirmer l'hypothèse de la recherche.

La conclusion générale :

Elle présente une synthèse générale sur le résultat de la recherche, des recommandations et des possibilités de pistes futures de la recherche.

Les annexes :

Cette section, réservée au document complémentaire, a pour objectif de préciser certaines informations. Elle comprend les résultats des simulations, le déroulement de l'expérience avec les participants, ainsi que les licences des logiciels utilisés, que ce soit lors de l'expérience ou lors de l'analyse des livrables.

Chapitre 01

La conception architecturale

VII. Introduction :

Ce chapitre explore le cadre théorique de la " conception architecturale " et son importance dans notre problématique actuelle.

Ce texte approfondit la notion de représentation architecturale en tant que méthode de transmission de l'information et de facilitation de la discussion entre les personnes engagées dans le processus de conceptualisation. Il met également l'accent sur l'importance de la prise de décision dans le changement d'objets. La notion de conception est fondamentale pour le développement de chaque domaine professionnel, servant de facteur de distinction entre la connaissance scientifique et la pratique professionnelle.

Les écoles d'ingénieurs, d'architecture, de droit, de commerce, de médecine et les écoles ordinaires accordent toutes la priorité au processus de conception. Le consensus qui prévaut dans le domaine de l'architecture est que la conception d'un projet est un processus qui vise un résultat qui n'existe pas encore, et que les nombreuses phases du début à la fin ne sont pas clairement délimitées. Le chapitre commence par présenter le contexte général de la conception, en mettant l'accent sur la conception architecturale, qui est le domaine d'expérimentation choisi. Le chapitre examine ensuite l'étude sur la conception afin de souligner les parallèles et les distinctions entre ce domaine et la conception architecturale.

VIII. Définition de la conception architecturale

1-La conception :

La conception est la manipulation de concepts, faisant référence à la représentation générale et abstraite d'un objet ou d'une série d'objets. (Laaroussi, 2008)

Le processus de conception établit un lien entre la connaissance et l'action, ainsi qu'entre la créativité et l'innovation [Prost 1995]. L'émergence d'une entité nouvelle peut être attribuée soit à une création artistique, où le talent d'un artiste se manifeste, soit à une invention scientifique, où un scientifique utilise son expertise pour proposer des avancées dans un domaine particulier. Elle peut également être le résultat d'un processus de conception, où un objet est rationalisé par un individu ou un groupe d'individus. (Halin, 2006)

La conception est une conceptualisation, une représentation cognitive. Elle consiste à définir les caractéristiques d'un objet créé sur la base d'exigences initiales qui indiquent, généralement de manière implicite et incomplète, les tâches que l'objet doit accomplir, ainsi que les exigences et les objectifs auxquels il doit répondre, dans des conditions spécifiques (exprimées sous forme de contraintes). (Visser, 2009).

IX. Le design thinking et ses aspects

1-Le design thinking :

La pensée design désigne un ensemble de stratégies et d'outils qui permettent à quiconque d'aborder des problèmes ou des projets innovants d'une manière similaire à celle des concepteurs. Elle englobe les processus cognitifs mis en œuvre par les concepteurs tout au long du processus de conception. (Jean-Pierre Leac, 2023)

Le livre de Peter Rowe intitulé Design Thinking, publié en 1987, qui décrivait les méthodes et les approches utilisées par les architectes et les urbanistes, était un usage précoce important du terme dans la littérature sur la recherche en design (Peter G Rowe, 1987).

La publication de Peter Rowe de 1987, Design Thinking, était une contribution significative au début de la littérature de recherche sur le design. Le livre éclaire les techniques et les stratégies utilisées par les architectes et les urbanistes, marquant une étape importante dans l'utilisation du terme.

2-Les origines du terme [design thinking]

Trois étapes clés dans la mise en place du Design Thinking (source : "Are You Design ?")
Passage du concept de Design Thinking à la mise en œuvre pratique du Design Doing.

L'origine de la notion de "style de pensée" dans les sciences remonte à l'ouvrage de Herbert A. Simon, publié en 1969, qui portait sur les sciences de l'art (Simon, 1969), et à l'ouvrage de Robert McKim, Experiments in Visual Thinking, publié en 1973, qui explorait l'ingénierie de la conception (McKim, 1973). (Jean-Pierre Leac, 2023)

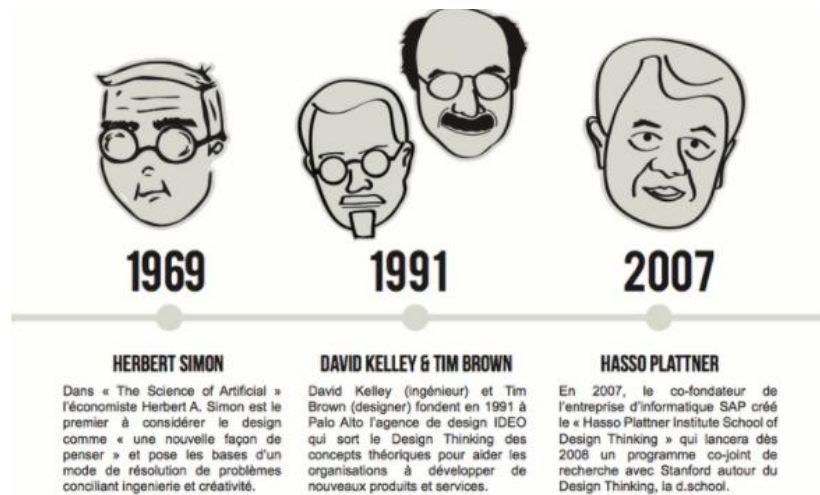


Figure 2: les premières contributions sur la recherche en conception source : (Jean-Pierre Leac, 2023)

La publication de Peter Rowe en 1987, *Design Thinking*, a été une des premières contributions importantes à la littérature sur la recherche en conception. Ce livre élucidait les techniques et les stratégies utilisées par les architectes et les planificateurs, marquant ainsi une utilisation importante de l'expression. (Jean-Pierre Leac, 2023)

X. La conception comme une activité cognitive plutôt qu'un statut professionnel :

Dans la première publication de «*Sciences of the Artificial*» (Simon, 1969/1996), Simon a fait une déclaration révolutionnaire en affirmant que la conception n'est pas limitée au domaine des ingénieurs. Ce processus cognitif n'est pas l'apanage des "concepteurs".

Actuellement, la majorité des chercheurs dans le domaine de l'ergonomie cognitive de la conception sont d'accord avec l'idée qu'une activité devrait être définie sur la base des structures cognitives impliquées, plutôt que sur le statut social ou professionnel de l'individu qui effectue l'activité. (Visser, 2009)

XI. La conception comme une activité de résolution de problèmes "ordinaire"

Selon Simon, la nature essentielle du design est qu'il s'agit d'un effort de résolution de problèmes qui n'est pas particulièrement unique ou extraordinaire. (Klahr & Simon, 2001). Pour résoudre efficacement les problèmes de conception, il est essentiel d'intégrer les processus de résolution de problèmes existants sans introduire de nouvelles composantes fondamentales,

comme l'a suggéré Simon (1973/1984). Simon reconnaît également la nécessité de modifier la logique commune tout en recherchant des aspects de solutions alternatives.

Néanmoins, il s'est abstenu de faire des recherches empiriques sur les efforts du monde réel, en particulier les devoirs professionnels. La recherche sur le design dans des contextes professionnels n'a gagné en popularité qu'au cours des quinze dernières années. (Visser, 2009)

Nous avons exprimé nos préoccupations au sujet de la méthodologie de Simon, en particulier en ce qui concerne cet aspect. (Visser, 2006a). Le design est fondamentalement une activité de résolution de problèmes. Les concepteurs rencontrent souvent des situations où ils ne sont pas en mesure d'accéder à une solution préétablie pour certains aspects d'une tâche de conception. Impossible de rappeler une réponse préétablie à partir de la mémoire: pour trouver une résolution, les individus doivent développer de nouvelles méthodologies (Détienne, 1998; Gilmore, Winder, & Détienne; 1992). Dans notre perspective, l'examen de la conception par rapport à la construction des représentations (comme nous l'avons discuté dans la section suivante) offre une compréhension plus complète des nombreuses actions et structures représentatives impliquées dans ce processus.

XII. Design thinking selon Jones Christopher Jones :

En 1967, J. Christopher Jones (1969) a été chargé de clore le symposium de Portsmouth. L'objectif du symposium était de fournir un examen complet des processus de conception dans l'architecture à cette période.

Il a produit trois esquisses exagérées qui ne représentent pas seulement ces deux poses, mais préconisent également une approche alternative potentielle qui anticipe les concepts de conception réfléchissants de Donald A. Schön. (1983). Dans *Design Methods, Seeds of Human Futures* (1970), il inclut ces trois caricatures, les utilisant pour fournir un aperçu complet des théories théoriques actuelles du design. L'examen de toutes les méthodologies englobe trois perspectives : créativité, rationalité et gestion du processus de conception. Chaque perspective est représentée par l'une des trois caricatures appelées "portraits cybernétiques", servant de typologie des designers. (John, 1992)

Voici les trois positions hypothétiques.

Le premier rôle est celui du « magicien-concepteur », qui satirise les techniques utilisées par les créatifs, les obscurantistes et les vitalistes qui ont été les pionniers des systèmes opaques de

la cybernétique primitive. Ils croient que le fonctionnement du cerveau ne peut être éclairci sans tomber dans le réductionnisme. (Jean-Pierre Chupin, 2010)

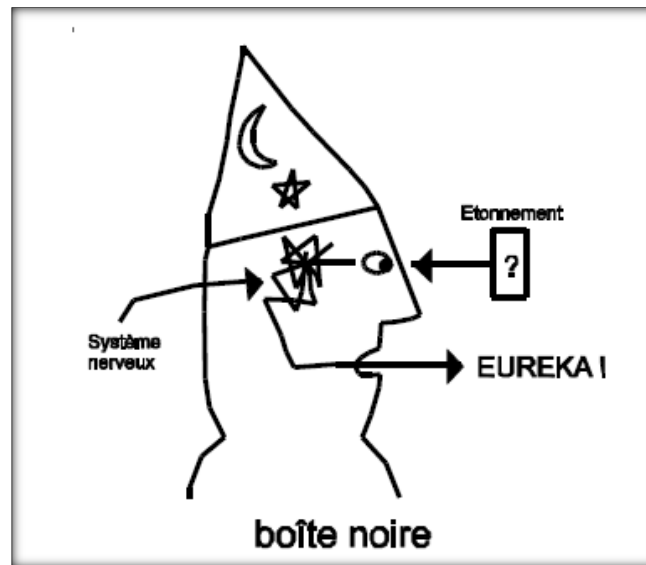


Figure 3: Le concepteur magicien : Le concepteur irrationnel caractérise la boîte noire, la partie cachée de la conception [Source, John Christopher Jones]

Le "concepteur-magicien" adhère à la croyance dans la nature énigmatique de l'acte non adultéré de la création et rejette la rationalisation en faveur d'une approche métaphysique à l'entreprise. Le concepteur est donc une entité énigmatique, dont le fonctionnement intérieur est indescriptible. Il obtient des stimuli et, après une énigmatique explosion de créativité, génère une solution distincte : les résultats. (Jean-Pierre Chupin, 2010)

L'image du « concepteur de boîte noire » symbolise à la fois le « processus de primage » et l'exigence de « créativité ». Le texte aborde les questions liées à l'innovation, à l'heuristique et à d'autres aspects associés aux processus de la genèse. (Goulette and Borillo, 2002)

La deuxième position se réfère au "concepteur-ordinateur", qui est un portrait de rationalistes, de scientifiques et de mécaniciens qui créent des boîtes en verre. Ils affirment qu'une compréhension complète de l'activité cérébrale est très essentielle, de peur que l'on ne succombe à des croyances mystiques.

Ils examinent les chaînes causales afin de caractériser les processus cognitifs. Ils rejettent l'idée d'idées ayant des implications pratiques et préconisent plutôt une nouvelle approche scientifique axée sur la complexité. Le concepteur est symbolisé par une enveloppe transparente où la procédure logique peut être complètement expliquée par une série

d'opérations logiques. Il génère ensuite une solution optimale, à savoir la meilleure option parmi d'autres alternatives potentielles (John, 1992)

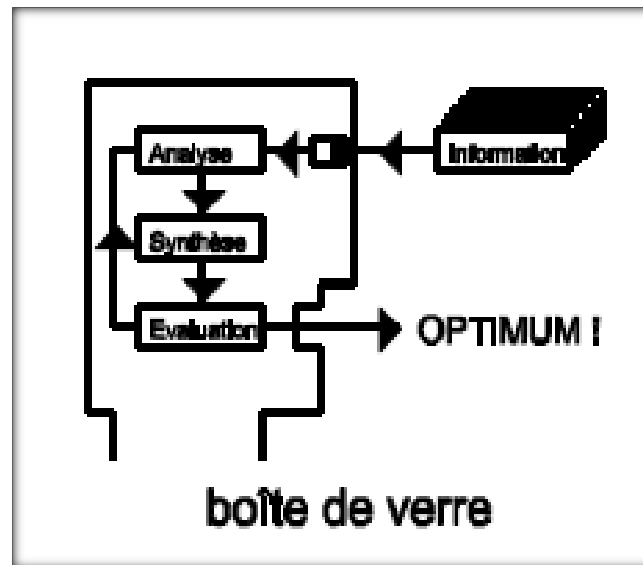


Figure 4: Le concepteur ordinateur humain : Le concepteur rationnel. Caractérise la boîte de verre. Source : images tirées d'illustrations de John Christopher Jones.

L'image du "concepteur de boîte de verre" symbolise le processus de formalisation et le principe de la raison. Il aborde la question de la représentation, tant en termes d'éléments visuels que verbaux, et englobe les processus de mise en forme et la transition des concepts abstraits aux formes concrètes. Selon Jones (1969), le concept de concepteur rationnel ou systématique peut être comparé à celui d'un ordinateur humain. Ce concepteur s'appuie uniquement sur les données qui lui sont données et suit une série d'étapes et de cycles d'analyse, de synthèse et d'évaluation soigneusement planifiés jusqu'à ce qu'ils identifient la solution optimale. (Jean-Pierre Chupin, 2010)

Ces modèles sont excessivement formalisés, au point que les approches se mêlent à des complexités mathématiques et se déconnectent finalement de la réalité.

Troisième position qui n'est pas aussi connue. Cette attitude permet au concepteur de découvrir des itinéraires efficaces à travers des terrains inconnus, et assume la signification pragmatique d'une philosophie de conception.

En adoptant une « approche critique de la solution », cette attitude favorise également la collaboration.

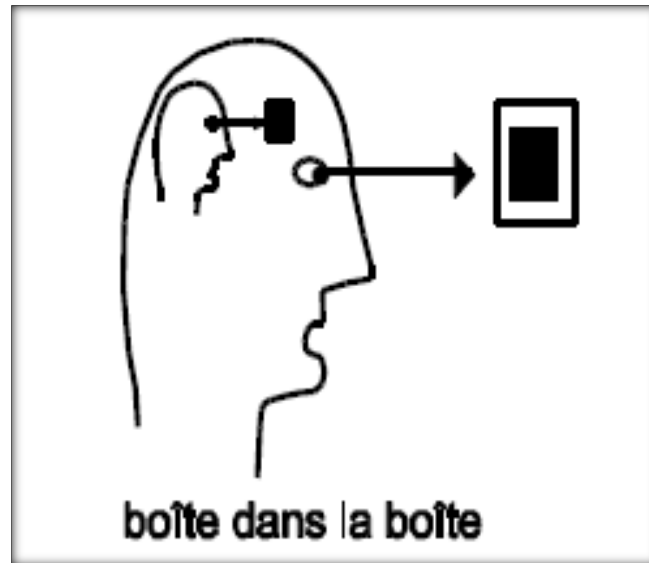


Figure 5: Le concepteur Designer as à self-organizing system : Le concepteur rationnel. Caractérise la boîte dans la boîte. Source : (John, 1992)

XIII. Le processus de conception : synthèse et illustration

Le processus de conception a été démontré à l'aide de plusieurs méthodes, en utilisant deux méthodologies de recherche reconnues. En 1969, Bruce Archer a introduit une technique cartographique qui représente visuellement l'abondance de données non organisées et le processus essentiel d'organisation des informations obtenues en vue de leur mise en œuvre.

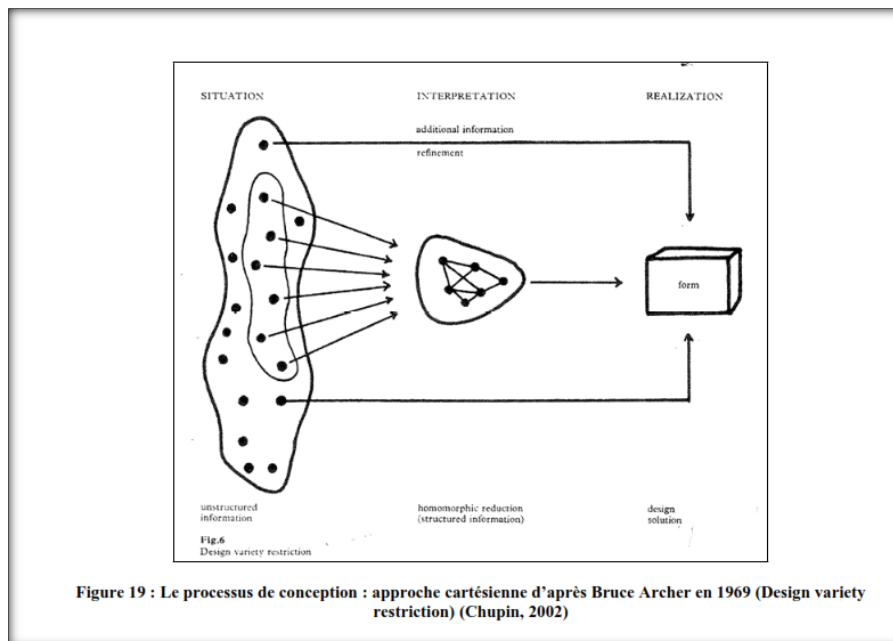


Figure 19 : Le processus de conception : approche cartésienne d'après Bruce Archer en 1969 (Design variety restriction) (Chupin, 2002)

Figure 6: l'approche cartésienne du Bruce Archer en 1969

Comme le montre la figure 20, Bruce Archer a suggéré un modèle de vis infini qui brise le fossé entre les approches de conception cognitive et la méthodologie cartésienne. Ce modèle illustre la recherche unidirectionnelle du processus de conception de solutions optimales.

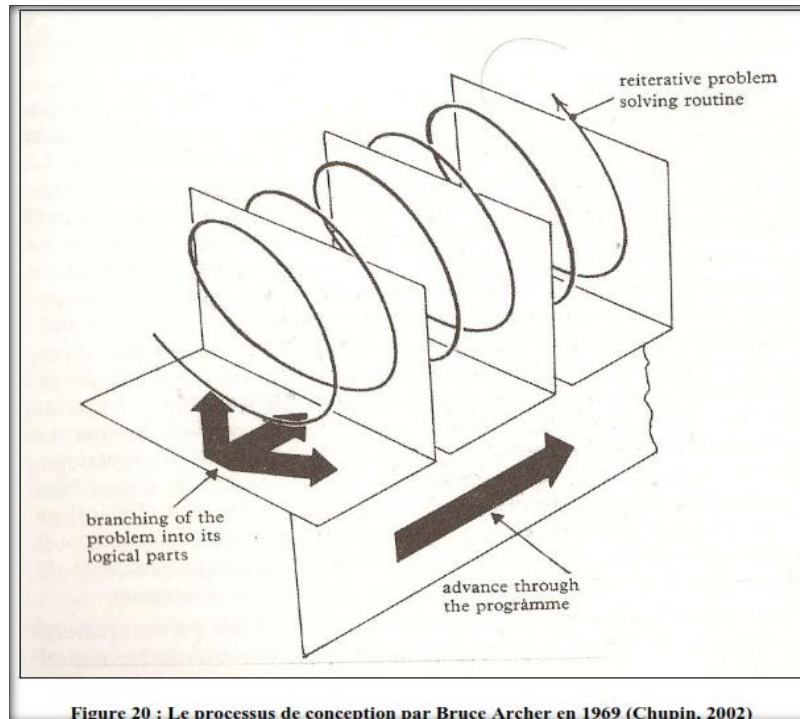


Figure 7: le processus de conception selon Bruce Archer

En 1981, John Zeisel a introduit un deuxième modèle du processus de conception, qui a ensuite été étiqueté "électromagnétique" par Jean-Pierre Chupin en 2002. Ce modèle met l'accent sur l'aspect subjectif du processus de conception.

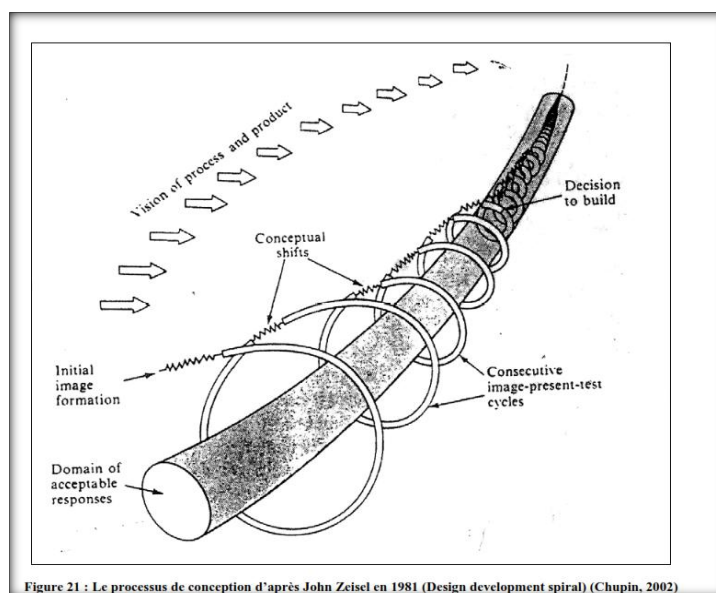


Figure 8: le model de John Zeisel 1981 (modèle en spirale)

Le processus de conception implique une série de cycles itératifs, caractérisés par la répétition des actes, le retrait des étapes et des moments de perception soudaine pour traiter et surmonter les difficultés. La résolution ultime, la décision de construire, est atteinte au point où le processus de conception et les domaines de réponse acceptables se croisent.

XIV. Description de la conception architecturale

À partir des années 1980, certains écrivains se sont engagés à contempler les principes sous-jacents de la conception architecturale.

Plusieurs théoriciens du design défendent le concept de défis qui doivent être résolus au fur et à mesure que le processus de conception avance (Dorst and Cross, 2001). Dans un effort pour s'éloigner des limites d'une approche systématique, ils veulent examiner le processus dans une perspective différente enracinée dans la pratique architecturale, où les concepts de boucle et d'itération sont toujours présents (Laaroussi Ahmed, 2007).

Le modèle Darke (Darke, 1979) nous permet d'examiner le comportement des différents participants, en particulier des architectes, dans des scénarios complexes de résolution de problèmes. Il prend en considération des facteurs supplémentaires susceptibles d'avoir une incidence sur la solution finale. Selon Darke, le travail des architectes est perçu comme une série de formes proposées qui sont rapidement analysées et évaluées. Ce processus est précédé par le fait que l'architecte adopte délibérément une certaine position, qu'elle appelle le générateur principal. (Song, 2010)

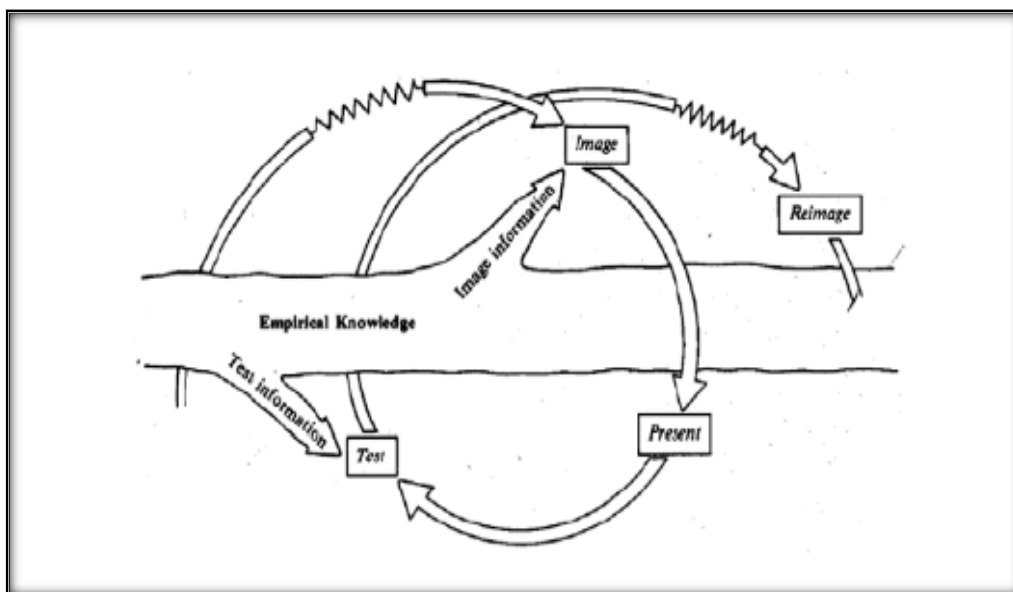


Figure 9: le cycle d'information selon Zeisel

Zeisel met l'accent principalement sur les interconnexions formées entre les deux catégories d'informations tout au long du processus de conception architecturale. Il illustre la fonction essentielle des informations nécessaires et envoyées par l'image dans des circonstances où des problèmes sont définis (comme la conception d'une image) et dans des situations où des solutions sont formulées (telles que le test / l'évaluation). (Silvestri, 2009)

La technique de Zeisel identifie finalement la déclaration appropriée pour un défi de conception ambigu en examinant plusieurs solutions qui sont inspirées et fournies par la critique de présentations consécutives tout au long du processus de développement (Conan Michel, 1990). Par conséquent, il souligne la nécessité des représentations et le processus récurrent et itératif (Image-Presentation-Test) qui, comme l'a affirmé Raynaud, éclairent sans aucun doute les types d'actions menées tout au long des phases de conception (Raynaud, 2002).

XV. Le modèle d'Alexander

Alexander, qui était à la fois architecte et mathématicien, exprimait son mécontentement par le manque de compétences en résolution de problèmes du concepteur et visait à rationaliser le processus de conception architecturale. Dans son ouvrage "Notes on the Synthesis of Form" publié en 1964, il examine critiquement les techniques de conception architecturale qui sont considérées comme obsolètes, en se concentrant spécifiquement sur les processus de changement et de décomposition causés par l'intoxication. (Coguiec, 2012)

Il existe trois circonstances de conception architecturale distinctes qui peuvent être classées en catégories :

- l'état des choses dans une société autochtone
- Le terme "situation consciente" se réfère à l'état ou à la condition d'être conscient et perceptif de son environnement ou de ses circonstances.
- la circonstance impliquant l'auto-réflexion

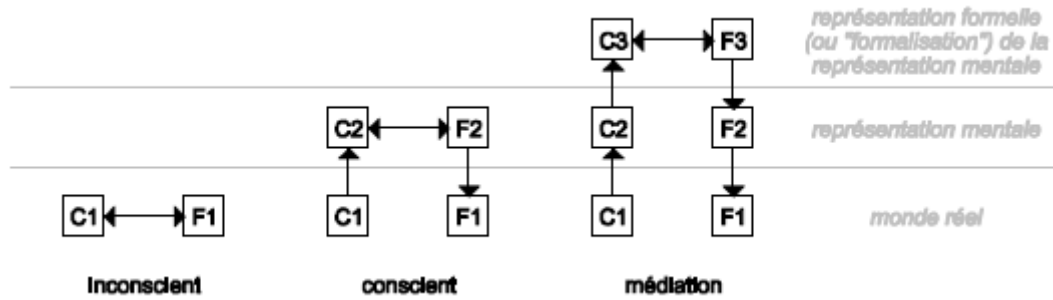


Figure 10: Les trois situations de conception. Adaptation d'après Christopher Alexander (1964, p.64).

Christopher Alexander, un architecte distingué, a conçu une approche de conception architecturale basée sur la résolution de problèmes. Il décompose les questions complexes en concepts de base, créant des « ensembles » qui constituent le cadre. La méthode d'Alexander était axée sur l'examen de l'interaction entre diverses collections, avec une attention particulière au processus créatif de création de composants tangibles qui fournissent une nouvelle structure physique, un arrangement et une forme. (Mallgrave and Contandriopoulos, 2008)

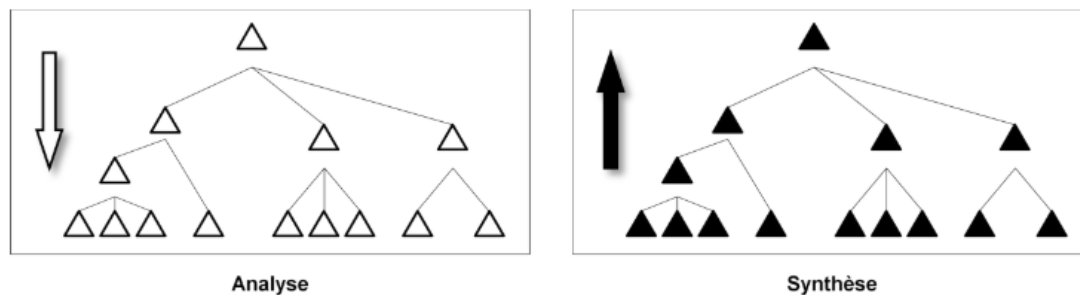


Figure 11: Les phases de résolution de problèmes (Alexander Christopher, 1964)

La célèbre publication de Christopher Alexander, *Notes on the Synthesis of Form* (1964), est la première thèse de doctorat en techniques de conception et l'un des efforts pionniers pour traduire les enregistrements générés par ordinateur des procédures et des actions en architecture.

XVI. Le modèle d'Archer

Le domaine de la cybernétique, dont Wiener a été le pionnier pendant la Seconde Guerre mondiale, a eu un impact profond sur les théories de la conception, notamment dans les travaux d'Archer. Archer établit des parallèles entre le comportement des concepteurs et les systèmes de régulation des créatures réelles, et construit son modèle sur la base de ces principes (Jean-Pierre Chupin, 2010)

Archer (1969) traite de la conception architecturale à travers l'utilisation de formes mathématiques, en mettant l'accent sur trois éléments : la progression dans le temps, la ramification des problèmes et les nombreuses procédures impliquées. Selon Chupin (1998), cette représentation illustre le concept d'intentionnalité pure en science.

L'explication d'Archer sur les processus de conception implique trois modèles : un qui illustre les étapes de la conception, un autre qui montre la résolution de problèmes comme un "programme de conception" non mental, et un troisième qui simplifie les interactions humaines, les outils, les actions et le contexte afin d'améliorer la compréhension du projet. Ces modèles illustrent le processus itératif de conceptualisation et soulignent l'importance de prendre en compte les complexités du comportement humain lors de la construction de systèmes. (Mahmoodi, 2001)

Archer décrit le processus du projet de conception en six étapes : planification, collecte de données, analyse, synthèse, développement et communication. Ces étapes aboutissent à une solution. Lorsqu'il est confronté à des défis complexes, le concepteur revient aux étapes initiales. L'approche n'est pas scindée de manière précise, mais comporte trois phases distinctes : la définition, la conception et le développement, y compris la communication et l'élaboration de la solution. (Zahedi, 2011)

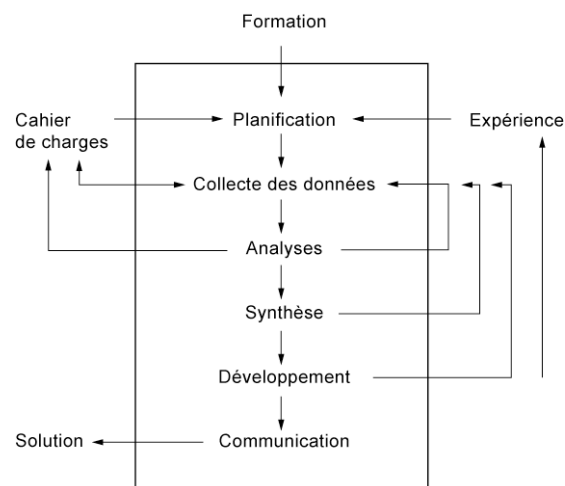


Figure 12: Reproduction du modèle de B. Archer (1984)

La stratégie de résolution de problèmes d'Archer implique l'utilisation d'une approche méthodique pour décomposer les problèmes en dimensions quantifiables pour une analyse plus

facile. L'objectif de cette stratégie est d'améliorer l'efficacité et l'efficacité du processus de conception. Le but du modèle Archer n'est pas d'être utilitaire, mais plutôt d'éclaircir le processus systématique de conception. Il omet les procédures heuristiques et utilise plutôt des courbes et des représentations mathématiques pour décrire les nombreuses décisions que le concepteur doit prendre. L'utilisation par Archer des recherches des behavioristes donne lieu à une représentation précise et systématiquement structurée du processus complexe de la conception architecturale.

XVII. La conception architecturale est selon Lawson :

Une activité complexe caractérisée par des difficultés décrites de manière ambiguë. Chaque choix fait par l'architecte a des conséquences qui ont un impact sur plusieurs facettes du processus de conception. (Lawson, 2005)

Selon Prost (1992), le processus de conception est un processus dynamique de formulation/solution non linéaire. La solution qui en découle est le résultat d'une méthodologie qui comporte plusieurs itérations entre les registres de problèmes et les personnes chargées de les résoudre, comme le montrent les figures a et b. (Lamia, 2020)

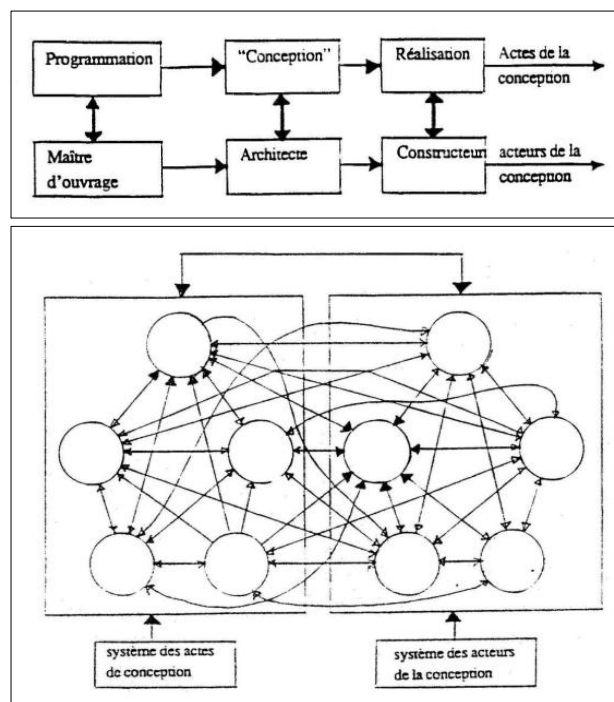


Figure 13: le modèle de Prost 1992 (Jean-Pierre Chupin, 2010)

XVIII. Case based design :

La conception basée sur les cas (CBD) implique l'utilisation du raisonnement basé sur les cas (CBR) dans le domaine de la conception. Cette approche permet de résoudre des difficultés de conception en adoptant des méthodes qui ont déjà été utilisées pour résoudre des problèmes de conception similaires. La conception est un domaine caractérisé par une structure faible [Simon, 73], où les informations nécessaires pour résoudre les problèmes ne peuvent pas être formalisées efficacement dans un modèle solide. Les méthodes conventionnelles d'intelligence artificielle (IA), telles que les systèmes experts basés sur des règles, ne conviennent donc pas pour résoudre les problèmes de conception. Les concepteurs utilisent des informations contextuelles, leur sens de la résolution des problèmes et leur expertise préalable en matière de conception pour résoudre les problèmes de conception. Le caractère distinctif d'une solution de conception repose souvent sur la capacité imaginative du concepteur à répondre aux limites dans le cadre du défi. (Watson and Perera, 1997)

XIX. Les références :

L'aspect créatif du processus de conception repose sur un effort artistique composé de méthodologies de référence (Fernandez, 2002). Ces techniques utilisent des références et des éléments de l'expertise de l'architecte comme des caractéristiques esthétiques distinctives qui incluront l'idée ou la composante du projet.

Une référence architecturale, qu'elle soit artistique ou technique, est le résultat de la perception de l'environnement par l'architecte. L'évocation d'une référence implique le transfert d'informations par le biais de cinq procédures spécifiques (Scaletsky, 2003) utilisées dans le processus de conception : heuristique, analogique, métaphorique, basée sur le type d'architecture et basée sur le cas. L'assistance au processus de conception consiste à fournir des outils qui favorisent la collecte de références et l'utilisation de ces techniques basées sur les références. (Chaabi, 2017b)

XX. Asimow's Model 1962 :

Les processus et les étapes du processus de conception architecturale ont été catégorisés par lui, comme indiqué dans le manuel du RIBA de 1973. L'utilisateur a énuméré une série d'étapes dans le cycle de vie d'un projet : Besoins primaires, étude de faisabilité, conception préliminaire, conception détaillée, planification de la production, planification de la distribution, planification de la consommation et livraison du projet. (Sabry, Abo and Khalil, 2016)

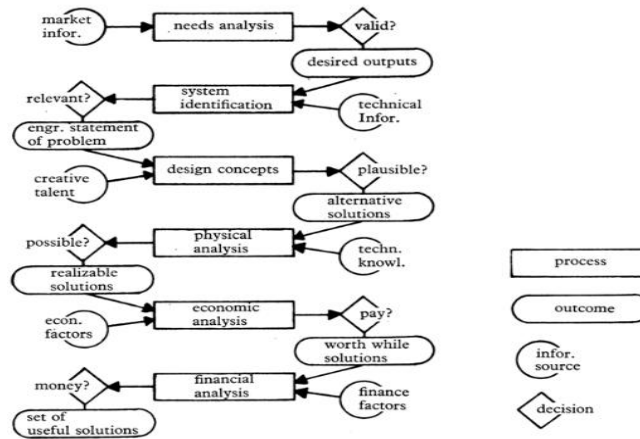


Figure 14: diagramme du design préliminaire Asimov 1962 source : (Xu, 2003)

XXI. Le modèle du RIBA

Le Royal Institute of British Architecture (RIBA) a défini une procédure en quatre étapes pour le lancement d'un projet : briefing, planification de la recherche préliminaire, conception de l'exécution détaillée et construction. Les processus inclus dans cette procédure sont la création, l'étude de faisabilité, la proposition préliminaire, la conception du projet, la conception de l'exécution détaillée, la création d'informations, la conception quantitative et la construction. (Sabry, Abo and Khalil, 2016)

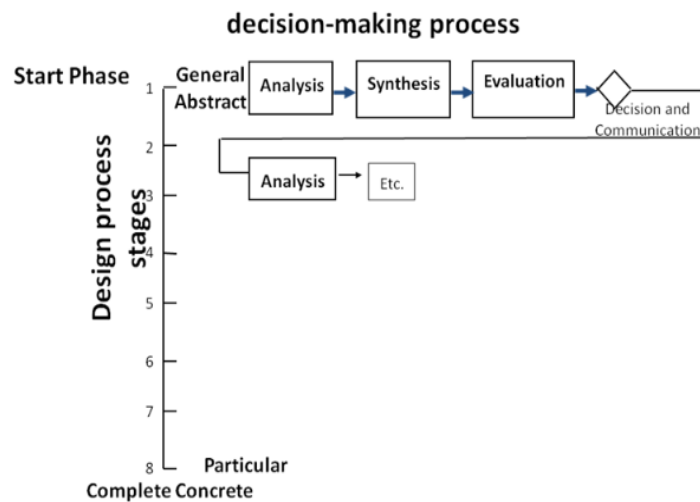


Figure 15: le processus de conception selon RIBA handbook 1973

XXII. Le concept d'architecturologie :

Philippe BOUDON est un architecte qui cherche une compréhension profonde de l'architecture qui peut être considérée comme un véritable objet scientifique. Il aborde la conception architecturale comme un objet, l'échelle comme une idée de base, et la mesure comme à la fois

un objet et une méthode de recherche heuristique. Initialement influencé par le structuralisme, BOUDON passe plus tard à l'examen de l'architecture en tant que système. Il examine les processus cognitifs de l'architecte tout au long de la phase de conceptualisation, qui entraîne le développement d'une entité scientifique connue sous le nom d'« espace architecturologique ». Selon BOUDON, la mesure est un aspect essentiel du travail d'un architecte, car il ne peut pas évaluer avec précision les caractéristiques des objets qu'il construit sans établir des mesures précises. Les principaux rôles qu'il remplit dans la littérature architecturale comprennent la philosophie, la compétitivité et la poursuite d'une perspective globale distincte.(Boudon, 2009)

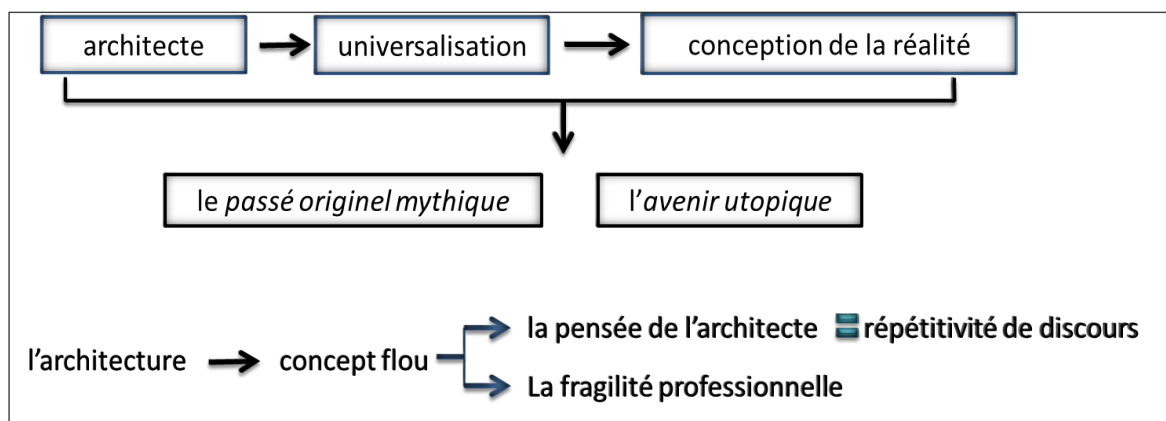


Figure 16: l'architecture selon Phillip Boudon source : auteurs 2023

1. Les principaux éléments de l'approche :

La diversité des idées pose un défi pour fournir une définition complète, mais elles sont nées du processus de conceptualisation. Le concept complexe proposé par Ferdinand de Saussure a été défini de façon cohérente, mais la définition d'A. Badiou affirme qu'aucun mot ne peut être considéré comme un concept. Philippe BOUDON suggère l'organisation des conceptions en catégories ou sous-ensembles de concepts. Toutefois, la question se pose de savoir comment construire des catégories qui classent efficacement les concepts dans une théorie qui s'adapte à leur développement. Un mot peut appartenir à plusieurs sous-ensembles simultanément.(Boudon, 1992)

Les concepts sont identifiables par leur nature universelle, leur capacité de généralisation et leur contraste avec la métaphore. L'universalité d'un concept dépend de sa définition claire, alors que le niveau d'exactitude est déterminé par le domaine spécifique de la conceptualisation. La généralisation n'est pas nécessaire pour une idée, mais elle détermine les niveaux de conceptualisation. Les variables dans les conceptions fournissent l'information associée à une

idée particulière, mais les constantes dans le discours ne correspondent pas toujours à un seul élément. (Jean-Pierre Chupin, 2010)

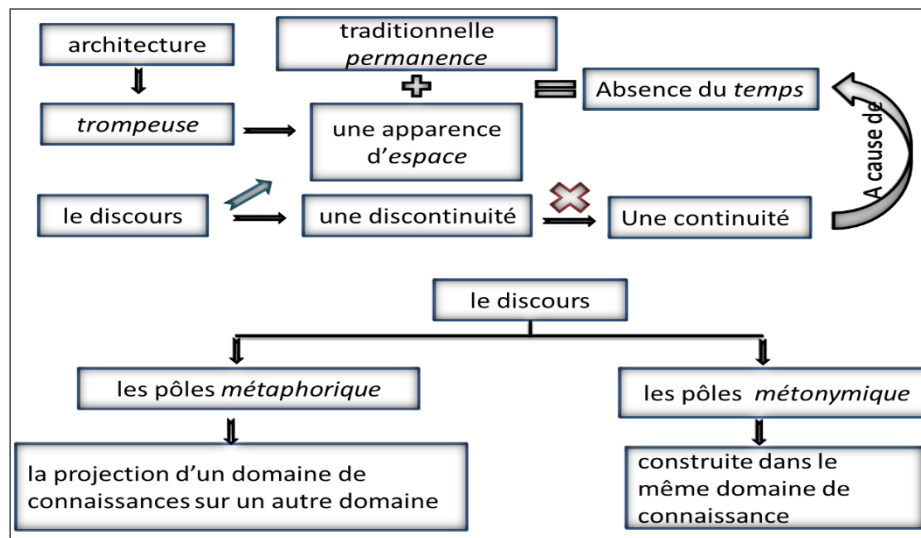


Figure 17: L'architecturologie selon Phillip Boudon source : auteurs 2023

Philippe BOUDON affirme que l'architecture nécessite une vision globale, exhaustive et exhaustive du monde, tout en soulevant des questions spécifiques sur l'architecture elle-même. Afin d'établir une discipline scientifique de l'architecture, l'architecturologie doit rechercher des informations qui tiennent compte des caractéristiques et des particularités uniques de l'architecture. (Boudon, 1992) Boudon définit une théorie comme un cadre structuré composé de parties conceptuelles, mais une théorie pratiquée met l'accent sur les aspects d'application et de mise en œuvre. Par conséquent, une théorie doit comporter deux niveaux distincts : la théorie et la doctrine. L'architecture est une discipline qui implique l'étude de la métathéorie architecturale, qui fait la distinction entre les modèles iconiques et les modèles concrets que l'on trouve dans les idéologies architecturales. Il existe deux modèles : l'un est un élément et l'autre un système. Le second modèle a pour but d'aider à la compréhension du premier modèle, qui représente l'élément. L'objectif de BOUDON est de développer une approche scientifique qui prenne en compte les caractéristiques uniques de l'architecture, avec un accent particulier sur l'idée architecturale. (Simon and Stillemans, 2006)

XXIII. Analyse /synthèse/évaluation :

L'analyse et la synthèse sont des approches scientifiques qui sont liées au processus d'identification des problèmes et d'élaboration de solutions. L'analyse consiste à décomposer une chose complexe en ses éléments individuels, tandis que la synthèse consiste à combiner différentes caractéristiques ou composantes pour former un tout cohérent. Les deux sont

intrinsèquement interconnectés, puisque chaque étude nécessite une synthèse ultérieure pour authentifier et corriger ses conclusions. (Broomhall, 2002)

Simon (1947) introduit le paradigme "Intelligence - Modélisation (ou Design) - Choix" (IMC), qui classe le processus de conception en trois phases clairement définies. L'étape "intelligence" implique la construction d'un "problème-espace" en utilisant des structures symboliques qui peuvent effectivement exprimer les aspects des connaissances de tâches existantes, des informations disponibles et des objectifs souhaités. Le concepteur utilise l'heuristique pour modifier la représentation symbolique du problème dans le but de le résoudre. La "phase de sélection" implique le processus de sélection d'une solution parmi une variété d'options différentes.

Le processus créatif dans A/S implique l'examen méticuleux et l'intégration de nombreux aspects d'un problème de conception. Cette méthode implique une approche discrète et créative, permettant aux consommateurs de discerner clairement leurs besoins et leurs répercussions. Une méta-question se pose sur les hypothèses fondamentales d'un défi de conception, comme le processus de reconstruction d'une conception ou de résolution d'un nouveau problème. L'analyse repose sur une synthèse existante ou sur la nécessité d'une synthèse, avec l'anticipation qu'une solution fournira signification et orientation.

Les méthodes traditionnelles proposent que la génération et l'évaluation des problèmes sont des étapes distinctes d'un processus conceptuel. Néanmoins, des études empiriques ont montré l'indispensabilité des deux étapes. Des personnes non qualifiées, qui n'ont pas les compétences nécessaires en matière de conception, ont émis des évaluations négatives et proposé des idées alternatives.

XXIV. Conjecture / analyse De l'analyse/synthèse à la conjecture/analyse : à propos de l'influence de Karl Popper sur la méthodologie de conception en architecture

La philosophie de Popper de l'enquête scientifique met l'accent sur de nombreux éléments cruciaux. Initialement, il rejette l'idée que l'enquête scientifique commence par des observations ou des faits établis, puisque les théories sont des explications hypothétiques et que nous poursuivons activement les explications pour les phénomènes que nous ne comprenons pas ou ne savons pas où identifier les problèmes. (Firode, 2009) En outre, il perçoit un manque d'approche cohérente ou systématique qui nous guide de l'observation à la théorie, soulignant par conséquent la nécessité de formuler des hypothèses ou des conjectures dans le

processus de recherche. Troisièmement, contrairement à Bacon et Descartes, Popper identifie la vérité véritable dans la création des erreurs, puisque la science est abondante avec des conjectures audacieuses qui sont intrinsèquement plus enclines à être erronées que n'importe quelle autre. (Broomhall, 2002)

L'approche de Popper pourrait être décrite comme une variation du modèle hypothétique-déductif, qui remonte au XIXe siècle. Un examen des dossiers archéologiques révèle que ces excursions ont été découvertes, mais souvent négligées. En 1972, les théories de Popper ont été développées dans la publication "Connaissance et design" écrite par Bill Hillier, John Musgrove et Pat O'Sullivan. (HMO). HMO a introduit le modèle C/A de résolution de problèmes en tant que noyau de conception. Ils ont soutenu que la conceptualisation comprenait avant tout le positionnement des problèmes ou la compréhension de différentes formes de solutions. Au lieu d'essayer de changer de point de vue, HMO a souligné la nécessité d'une "pré-structuration" dans la définition des problèmes, la collecte de données et la conception, et la nécessité d'examiner de manière critique cette pré-structuration.

À la fin des années 1970, Broadbent introduit un nouvel ensemble de procédures de conceptualisation, qu'il appelle une "Vue de Popperian du design". Le livre "The Reflective Practitioner" de Donald Schon, publié en 1983, mettait l'accent sur l'utilisation de la conjecture/test de Popper dans la résolution de problèmes dans les domaines professionnels. Schoé a reconnu une manifestation prédominante de « rationalité technique » dans l'éducation professionnelle, qui simplifie l'étude des connaissances et des méthodes à celles des sciences appliquées. Il a développé un cadre conceptuel appelé "reflexion en action" pour éclaircir le processus de résolution de problèmes. (Jean-Pierre Chupin, 2010)

C/A a une signification historique car il suggère que tout le design, y compris le design assumé par A/S, suit ce processus avec un certain niveau de raison. Cincinnati propose quatre programmes de conception, permettant aux étudiants de créer une solution primaire. La semaine prochaine sera consacrée à la formulation et à la justification de l'une de ces hypothèses tout en présentant de nouvelles idées. (Jean-Pierre Chupin, 2010)

1. Les problèmes de Popper avec les conjectures

Les idées de Popper sur la spéculation et son rôle dans la science ne sont pas bien reconnus dans la littérature de conception. L'utilisation de suppositions audacieuses dans ce contexte pose des problèmes tant techniques que épistémologiques. La technique de Popper

préconise l'incorporation de suppositions infondées et exagérées dans la résolution de problèmes, garantissant leur inclusion. Cependant, son idée de savoir pose un problème fondamental. Bien que son idée de la "connaissance comme croyance authentique" soit souvent considérée comme insuffisante ou inachevée, un nombre considérable de personnes défendent encore la vérité comme un besoin fondamental de savoir, ce qui est cohérent avec le point de vue du bon sens. Cela souligne la nécessité de créer des modèles plus rationnels et plus défendables de raisonnement spéculatif dans le processus de résolution des problèmes. En fin de compte, l'approche de Popper de formuler et de réfuter des idées n'est pas généralement reconnue ou utilisée par les résolveurs de problèmes. (Broomhall, 2002)

XXV. Les moyens informatiques en architecture

Au cours des années 1970, des systèmes de contrôle autonome assisté par ordinateur (CAO) et de conception assistée par l'ordinateur (DAO) ont été développés. Ces systèmes ont évolué de deux manières : la modélisation géométrique pour l'ingénierie, l'automobile et l'aérospatiale, et une approche spécialisée pour la construction. La première itération des outils CAO a abouti à des défis architecturaux et intuitifs, bien qu'ils n'aient pas le niveau de développement nécessaire pour une utilisation pratique. (Alain Farel, 2008)

La deuxième itération des outils CAO est devenue largement applicable au cours de leur deuxième génération, conçue spécifiquement pour le dessin et la modélisation 3D dans diverses industries. Néanmoins, ces systèmes ont montré une compétence inférieure sur le terrain par rapport à la première génération.

Les outils CAO de troisième génération ont les mêmes objectifs que la génération précédente, mais ils comprennent les progrès réalisés dans l'intelligence artificielle, la programmation orientée objet et les systèmes de manipulation des connaissances au cours des deux dernières décennies.

Après une période d'accent mis sur la coopération au cours des années 1990, les outils de CAO s'efforcent désormais de se renommer Design assisté par ordinateur. Ceci est le résultat de la croissance du caractère interdisciplinaire des sciences cognitives, comme on le voit par l'intégration des technologies cognitives dans les procédures fondamentales des sociétés de l'information et de la communication. (Iordanova, 2008)

XXVI. Conclusion du chapitre

La conception architecturale est le résultat de la contemplation profonde, de l'ingéniosité appliquée et d'une application méticuleuse de la compétence technique. Ce chapitre a examiné les complexités du processus de conception et a mis l'accent sur l'importance de la vision architecturale, de l'utilité et d'une esthétique cohérente. Néanmoins, il existe une mesure vitale qui doit être prise pour transformer ces concepts et ces ambitions en réalité : le travail d'équipe.

La collaboration agit comme un pont reliant les intellectuels imaginatifs, servant de catalyseur pour transformer les idées architecturales en réalisations concrètes. Dans le prochain chapitre, nous examinerons le processus complexe de coopération, où plusieurs parties s'unissent pour créer une structure qui dépasse les résultats escomptés. En adoptant ce point de vue coopératif, nous sommes prêts à actualiser des concepts architecturaux inventifs et durables, où la combinaison des compétences propulse la transformation continue de l'environnement architectural.

Chapitre 02

La collaboration

I. Introduction

Ce chapitre examine la notion de collaboration dans le secteur de la construction, en mettant l'accent sur ses avantages et ses difficultés, ainsi que sur les outils et les approches essentiels pour promouvoir la participation collaborative. Ce texte examine les nombreux avantages et difficultés associés à la coopération dans le secteur de la construction, en utilisant des stratégies et des méthodologies efficaces. Le chapitre explore également les contraintes et les avantages associés aux différentes formes de collaboration, y compris la collaboration externe et interne, la coopération, ainsi que la collaboration interculturelle et à distance. L'objectif est de montrer l'importance de la coopération dans les réalisations de l'industrie de la construction, en examinant les différents modes de collaboration, les défis qu'ils peuvent comporter et les tactiques pour surmonter ces obstacles. Le chapitre vise à inciter les travailleurs du secteur à adopter une approche coopérative. La discussion portera également sur la convergence des technologies des points d'information et du multimédia, ainsi que sur l'avènement de méthodes de communication plus efficaces. (Anne, 2008)

II. La collaboration :

1. Définition :

Le mot collaboration est dérivé des racines latines "com" et "laborare", qui signifient "l'acte de travailler avec d'autres sur un projet partagé". La collaboration peut être considérée comme un processus cyclique qui englobe des sous-processus tels que la réflexion, la codécision, la conception conjointe, la coproduction, la co-gestion et l'apprentissage.

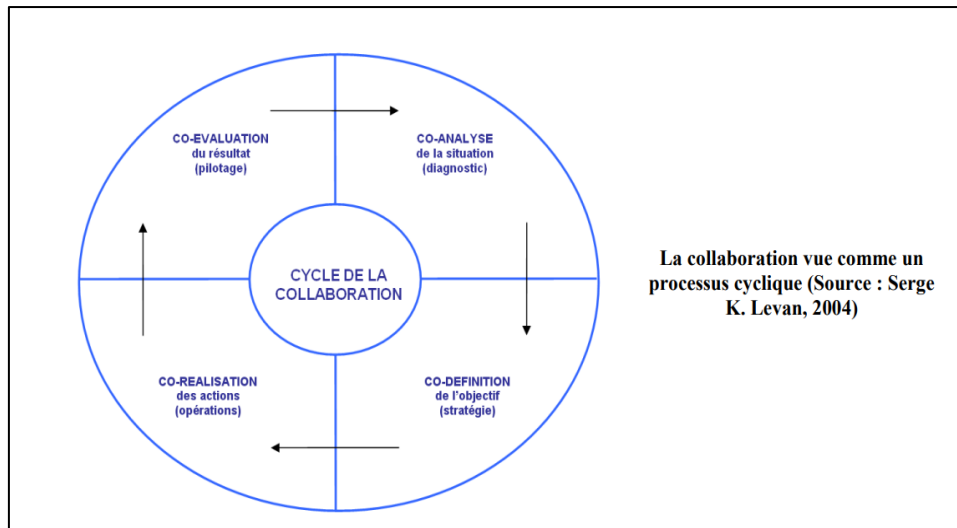


Figure 18: le cycle de la collaboration source : (Bertrand Rose, 2004)

La collaboration, au sens premier du terme, désigne l'action de s'engager avec d'autres dans une entreprise collective. La collaboration implique la mise en place d'une compréhension commune des questions à traiter et d'une plate-forme commune pour le stockage et l'échange d'informations. (Bertrand Rose, 2004)

Elle repose sur l'engagement mutuel des participants dans un effort coordonné visant à aborder conjointement la question. (Dillenbourg *et al.*, 1996).

(Thomson, Perry and Miller, 2009) avancent une définition de la collaboration en tant que processus. Selon eux, ce processus implique l'interaction entre des acteurs autonomes et semi-autonomes qui participent à des négociations tant formelles qu'informelles. Ces négociations ont pour but de définir les règles et les structures gouvernant leurs relations mutuelles ainsi que les modalités d'interaction et de prise de décision concernant les problématiques communes.

La figure 1 montre le modèle proposé par [Crow 2002] pour définir et situer la collaboration :

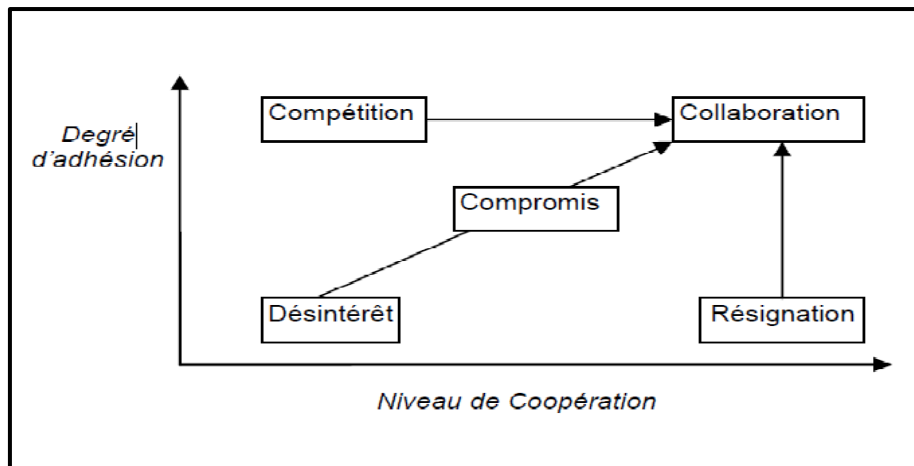


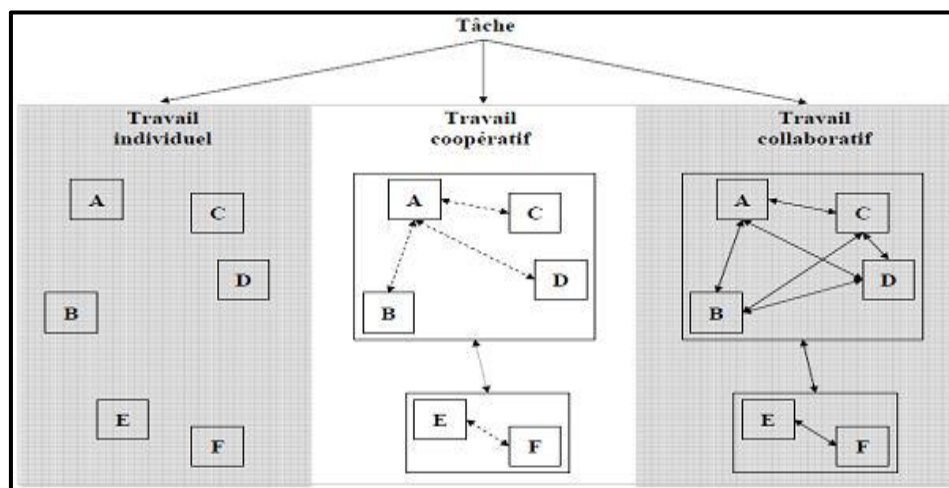
Figure 19: Modèle de collaboration selon CROW 2002

2. Typologies de travail collaboratif :

a) Définition du travail collaboratif :

Le travail collaboratif ne repose pas sur une répartition préalable des rôles. La collaboration est une forme d'effort de groupe où les tâches et les objectifs sont partagés entre les individus. Tous les membres du groupe traitent de sujets identiques.

Par conséquent, ce type de travail collaboratif nécessite une communication cohérente entre les membres du groupe, ainsi qu'une conscience précise de l'avancement de l'effort collectif. (Piquet, 2009)



.Figure 20: le passage de l'élaboration de tâches à un travail individualisé, coopératif et collaboratif, ainsi que les différences entre la gestion de projet traditionnelle et collaborative, en opposant les responsabilités centralisées aux responsabilités partagées

III. La coopération

Dans leur ouvrage (Emmanuelle Monsarrat, Briand and Patrick Esquirol, 2004) utilisent fréquemment le terme pour évoquer un effort de collaboration orchestré par plusieurs participants partageant un objectif commun. Par ailleurs, Bertrand Rose (2004) caractérise la coopération comme une activité collective où des individus collaborent en vue d'atteindre un but partagé, chaque membre apportant une contribution essentielle à l'aboutissement global. (Bertrand Rose, 2004)

Matessich et al. (1995) décrivent la coopération comme un processus basé sur des relations informelles, permettant l'échange d'informations selon les nécessités, où le pouvoir est préservé et chaque participant détient des compétences clés pour l'interaction. Ils soulignent également que les ressources et les récompenses sont distinctement attribuées, minimisant ainsi les risques de conflit.

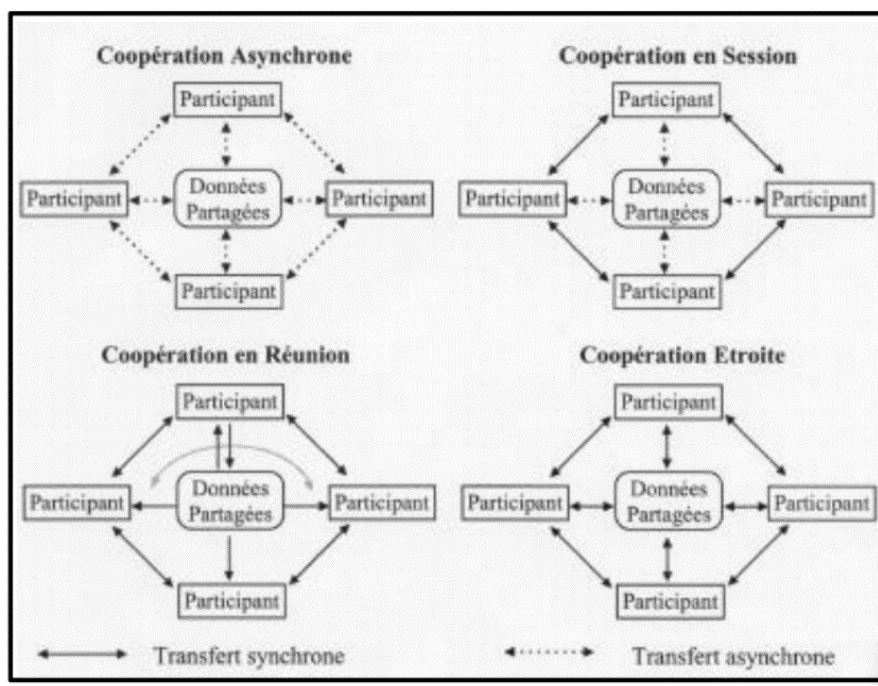


Figure 21: Les types de coopération Source :(Minel, 2008)

IV. La différence entre coopération collaboration

Lundgren-Cayrol (1997) affirme qu'il existe un manque de clarté sur ces deux notions. Pour les distinguer, il est essentiel de comprendre les distinctions subtiles entre l'autonomie et le contrôle, les méthodes utilisées pour atteindre l'objectif et réaliser le travail, ainsi que les tâches au sein du groupe. D'autre part, la coopération nécessite que chaque individu assume la responsabilité de la réalisation de l'objectif. (Henri, 2023)

Dans un cadre de coopération, les objectifs organisationnels ne sont souvent pas pris en compte, et les interactions entre les individus ne se produisent que si nécessaire. Les relations sont généralement informelles, et les groupes ou individus opèrent de manière indépendante sans définition commune du planning ou des objectifs. Le leadership est unilatéral, et les informations ne sont transmises qu'en cas de besoin. En outre, les ressources restent séparées et ne sont pas mutualisées.

En contraste, la collaboration implique la création d'objectifs communs, avec des interactions constantes entre les participants. Elle est caractérisée par une structure organisationnelle renouvelée, où les rôles sont interdépendants. Plusieurs projets peuvent être initiés avec une vision à long terme, et chaque chef de projet est pleinement engagé et convaincu de l'intérêt du projet, partageant et distribuant le leadership parmi tous les participants. La communication est établie à différents niveaux et est considérée comme un élément clé de succès. Les ressources sont partagées et gérées collectivement dans une perspective d'effort à long terme au sein de la structure collaborative.

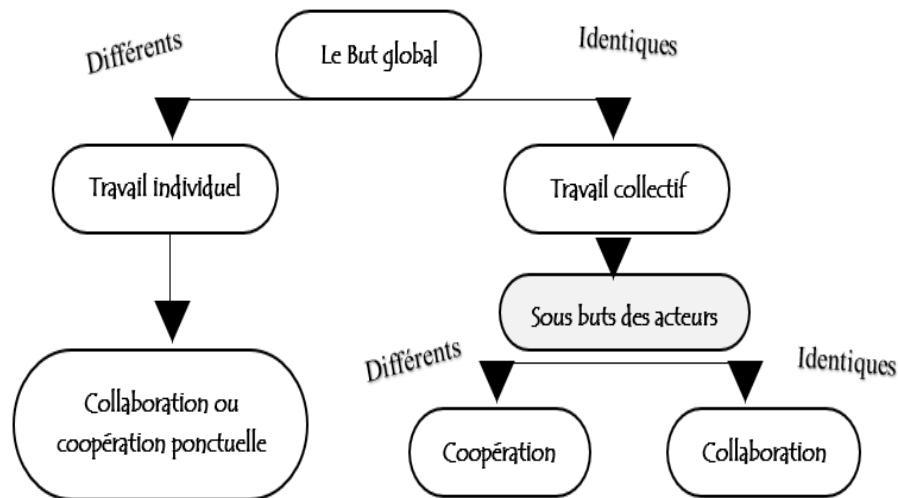


Figure 22: La distinction entre la coopération et la collaboration (Anne, 2008)

V. Les outils du travail collaboratif

1. Du trèfle fonctionnel vers le modèle des 3C d'Ellis

Le modèle fonctionnel de trèfle décrit les trois principaux objectifs des outils de travail collaboratif : une communication efficace, une coordination efficiente et une production

rationalisée. Certains travailleurs collaboratifs peuvent étendre ce modèle pour distinguer les différents types de communication. (Piquet, 2009)

La communication est une activité courante dans les environnements de travail collaboratif, y compris l'échange de messages et de notes par l'intermédiaire de médias tels que l'e-mail ou le télécopieur. La coordination implique l'harmonisation de toutes les fonctions exécutées par les individus, leur permettant de reconnaître et d'accomplir leurs responsabilités spécifiques dans le cadre du flux de travail. Cela facilite l'établissement de liens entre les progrès des individus, améliore la compréhension des efforts de collaboration et favorise la prise de conscience des avancées émergentes. La production est le processus de création et d'amélioration collaborative des produits de travail par l'intermédiaire de contributions individuelles ou de groupes. Les espaces de coproduction facilitent la gestion collaborative des documents. La collaboration est considérée comme une méthode plutôt qu'un but, l'objectif étant la création d'éléments tangibles. (Dhiaf, 2012)

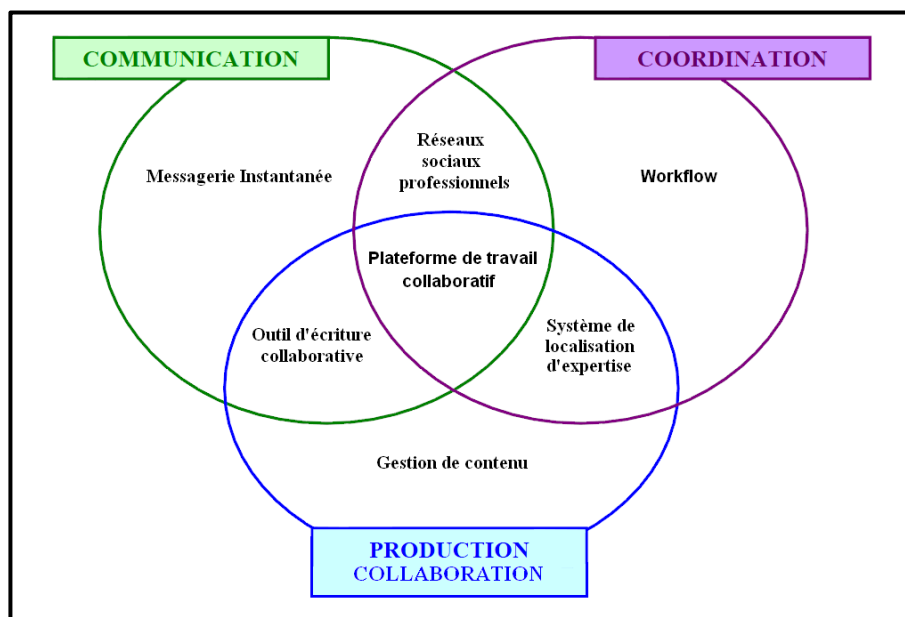


Figure 23 : Le trèfle fonctionnel

Chaque outil de travail collaboratif est conçu pour un but particulier, soit pour l'interaction en temps réel (synchrone) ou pour une interaction non-réelle (asynchrone), et peut être utilisé dans le même emplacement ou dans d'autres emplacements. Les deux images ci-dessous illustrent les aspects spatiaux et temporels, ainsi que les outils disponibles pour les utilisateurs en fonction de leurs configurations de travail spécifiques. (Dhiaf, 2012)

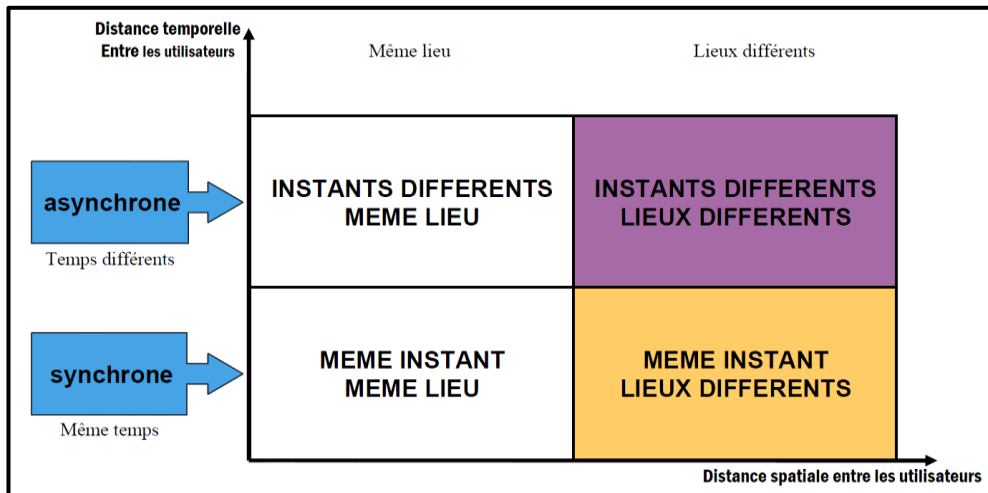


Figure 24: La modélisation des dimensions spatio-temporelles de R. Johanson

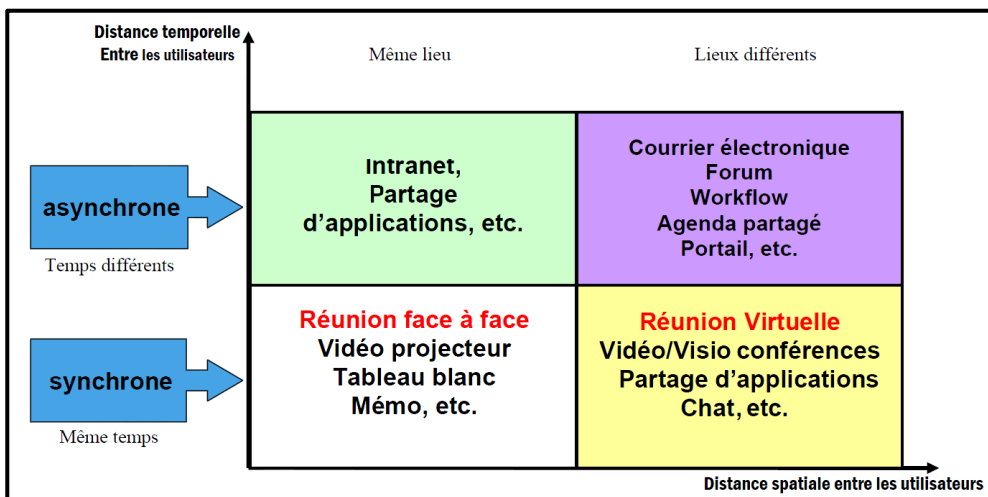


Figure 25: L'inscription des OTC selon leurs caractéristiques spatio-temporelles

2. Diversité des outils de travail collaboratif :

Il existe quatre méthodes principales pour classer les outils de collaboration :

La méthode "Espace/Temps", qui prend en compte les lieux physiques et temporels des collaborations ; les méthodes de "classification fonctionnelle", qui analysent les caractéristiques et les services fournis par les outils de collaboration ; et les méthodes de "classification selon des critères de groupe". La taille du groupe et le degré d'interaction entre ses membres sont deux de ces facteurs ; une méthode de catégorisation basée uniquement sur la technologie. Ceci est dû au fait que certains outils de collaboration ont certaines caractéristiques technologiques. (Ouni, 2008)

3. Catégorisation des outils de travail collaboratif

Il existe quatre types de base d'outils de travail collaboratif : outils de communication, outils d'application et de partage des ressources, outil de gestion de l'information et des connaissances, et outillage de coordination. Les technologies de communication sont essentielles, car elles permettent la coopération en diffusant des informations entre le personnel. Les outils collaboratifs facilitent la participation simultanée de plusieurs collègues à un projet partagé en leur permettant de travailler en collaboration sur le même document ou application. Ces outils sont des solutions de collaboration exceptionnelles qui permettent aux utilisateurs d'opérer à distance.

Les solutions de gestion des informations et des connaissances permettent à un groupe de contrôler efficacement le processus de diffusion de l'information, y compris la création, la validation, l'organisation et la distribution de matériel. Les outils peuvent être classés en trois sections : outils actifs pour la diffusion de l'information, outils passifs pour la recherche d'informations et outils passives pour la gestion des connaissances.

Les outils de coordination sont des applications logicielles utilisées pour la surveillance et la gestion de projets. Ils facilitent la synchronisation, le contrôle et l'accélération des interactions entre les participants, les évaluateurs et les validateurs de projet. (Piquet, 2009)

4. Outils de Workflow :

Le flux de travail facilite le travail du groupe en assurant la coordination et la synchronisation des divers intervenants et ressources. Allouer des ressources au processus et veiller à ce que les informations nécessaires à l'exécution de leurs tâches soient disponibles. Commençant par un formalisme rigoureux et précis pour fournir une explication complète du modèle de tâche. (Bertrand Rose, 2004)

Des outils sont nécessaires pour gérer efficacement les tâches dans les flux de travail administratifs, les flux de travail de production, les flux de travail coopératifs et les flux de travail ad hoc. Les flux de travail administratifs établissent des connexions entre les informations et les documents afin de faciliter la réalisation des tâches, tandis que les flux de travail de production supervisent les opérations qui sont directement associées aux services organisationnels. Les flux de travail coopératifs facilitent la collaboration entre les participants, tandis que les processus ad hoc comprennent des mécanismes de traitement des exceptions.

VI. Les trois principes du travail collaboratif

1. **Règle 1:** L'exécution réussie d'un projet de travail collaboratif nécessite une réflexion approfondie et une mise en œuvre dans trois domaines clés: la gestion, l'organisation et l'informatique. Le deuxième chapitre aborde les défis qui se posent à ces nombreux aspects.
2. **La règle no 2 :** stipule qu'un projet de groupware doit être considéré comme un véritable effort de gestion et d'organisation, plutôt qu'une simple initiative liée à l'informatique. Le succès du projet dépend en grande partie de l'élément humain.
3. **Règle no 3:** Le travail de collaboration implique la mise en œuvre d'un projet qui vise à apporter le changement. Il est essentiel d'avoir une compréhension claire du résultat souhaité, appelé l'objectif. En outre, il est important d'analyser la situation actuelle de l'entreprise et ensuite de procéder à la mise en œuvre des changements nécessaires.

Selon Kurt Lewin, un processus de transformation doit adhérer à trois phases distinctes.

- La décristallisation se réfère au processus de génération d'un besoin de changement et de minimisation de l'écart vers la mise en œuvre de ce changement.
- Le changement consiste à modifier le comportement des personnes ou des groupes, ainsi qu'à modifier les tâches, la structure et les procédures.
- La cristallisation, d'autre part, implique le renforcement et l'évaluation des résultats afin de faciliter les changements positifs.

VII. Conditions favorables à l'engagement des membres dans un groupe collaboratif

La qualité de l'engagement des membres du groupe dans l'apprentissage collaboratif ou le travail télématique est déterminé par plusieurs aspects. Les conditions préalables comprennent la compréhension de l'objectif commun, le maintien d'une vision favorable de leur effort commun, le dévouement, l'adhésion aux normes établies, la confiance en soi, les compétences personnelles et interpersonnelles et la responsabilité envers les autres.

Au sein du groupe, la structure de participation devrait donner la priorité à la garantie d'une égalité des membres et d'un accès équitable aux communications. Une approche organisée et systématique augmente la productivité, tandis qu'une atmosphère positive favorise l'engagement. L'environnement influence également le niveau d'implication. Dans un cadre éducatif télématique, chaque personne est tenue d'assumer plusieurs rôles, y compris ceux d'apprenant, d'instructeur, de facilitateur, de chercheur, d'expert, de communicateur, de collaborateur et de participant aux discussions. Ces emplois sont entrepris à des périodes

variables en fonction des besoins du groupe, ce qui entraîne plus d'avantages d'apprentissage que ceux acquis par une personne solitaire.

À l'hôte, la personne ayant l'expertise et l'aptitude professionnelle doit utiliser ses talents au bénéfice du groupe. Les compétences d'écoute, la gestion des relations et des tâches, le style d'animation et la maîtrise des méthodes d'animation sont tous des facteurs essentiels qui contribuent de manière significative à la participation totale. (Henri, 2023)

VIII. Le travail coopératif :

Une organisation collective se caractérise par la division de ses tâches en petites sous-tâches. Chaque sous-tâche est exécutée par un joueur, sur la base d'un principe d'équivalence entre les joueurs et les tâches, ou en fonction de leurs talents. (MAHRAZ, 2012)

Le travail coopératif peut être classé en trois types distincts : coopération additive, coopération intégratrice et coopération de débat. La collaboration additive implique le regroupement de talents et des efforts pour atteindre des objectifs qu'une seule personne ne serait pas en mesure de réaliser seule. En incorporant la collaboration, les travailleurs sont en mesure de se concentrer sur leurs domaines spécifiques sans avoir à s'engager dans d'autres responsabilités, les libérant ainsi des tâches cognitives associées. (Potin, 2024) La collaboration au débat utilise des techniques de l'information pour recueillir des perspectives et identifier la solution la mieux adaptée aux problèmes. Le travail de coopération implique l'utilisation des TIC (technologies de l'information et de la communication) et une compréhension de diverses idées technologiques. Le choix des outils, logiciels et médias utilisés pour le travail collaboratif est d'une importance capitale pour une entreprise, car il peut entraîner des dépenses et des complexités importantes. Avant de définir les critères de sélection, il est essentiel de faire une distinction entre les outils, les logiciels et les médias. Des exemples concrets sont présentés pour justifier ces formes de travail collaboratif. (Driouche, 2012)

1. Les Ressources de coopération (hardware, logiciels et médias) :

Le choix des instruments (ordinateurs, composants et dispositifs), des logiciels et des médias est crucial pour l'organisation en raison de son potentiel de coûts élevés et de la complexité de sa nature.

Avant d'énumérer les critères de sélection pour chacun, il est nécessaire de faire une distinction entre les outils, les logiciels et les médias. Notre présentation se terminera par des exemples spécifiques illustrant nos points.

2.La différence entre outils, logiciels et médias :

Les outils, les logiciels et les médias sont des éléments cruciaux dans le fonctionnement d'un ordinateur. Les outils comprennent l'ordinateur, ses composantes et les périphériques, qui sont sélectionnés en fonction de leur utilisation prévue. Le logiciel, cependant, se réfère au programme fondamental qui contrôle les actions complexes et présente les données. Les plateformes médiatiques, telles que l'internet, les blogs et les wikis, sont utilisées pour le travail collaboratif, tandis que d'autres formes d'assistance sont plus appropriées aux autres fins.

3.Les Restrictions et les défis du travail coopératif :

Le travail coopératif est soumis à plusieurs contraintes et défis. Ceux-ci comprennent l'applicabilité limitée dans certains domaines, la prévalence de structures organisationnelles hiérarchiques conventionnelles dans les entreprises françaises, les obstacles technologiques liés aux outils, les préoccupations concernant la sécurité et les abus, ainsi que le temps et l'investissement financier considérables nécessaires à la formation. Les progrès technologiques progressent constamment, modifiant les modèles de travail et, par conséquent, affectant les relations interpersonnelles.

L'interaction tactile est essentielle dans les interactions interpersonnelles, bien que la communication non verbale puisse apporter une signification. Les employés peuvent manifester un scepticisme et une hésitation à adopter de nouvelles technologies de réseau en raison de la prévalence croissante de ces technologies, ce qui peut potentiellement entraîner un accès non autorisé à l'information tant pour les employés que pour l'entreprise.

Le travail coopératif est une méthode d'organisation du travail qui se caractérise par des activités à la fois stimulantes et récompensantes. Néanmoins, ce nouveau type d'emploi provoque une perturbation au sein de l'organisation, nécessitant l'acquisition de nouvelles compétences et de nouvelles mentalités par les travailleurs. Les employés devraient cultiver les compétences nécessaires pour collaborer, rechercher l'information, innover, s'adapter au changement, accueillir les contributions des collègues indépendamment de leur position hiérarchique et réévaluer leur dynamique interpersonnelle.

Le travail coopératif est une méthode scientifique d'organisation des tâches qui implique des activités encourageantes et ré-compensatrices, mais qui présente aussi des difficultés et des obstacles. Les gestionnaires sont tenus de coordonner, de favoriser l'innovation, d'encourager la collaboration et de faciliter la communication, ce qui est une nouvelle responsabilité pour eux.

IX. Les espaces de collaborations :

Ils symbolisent non seulement des espaces physiques, mais aussi tous les éléments que le collectif peut posséder collectivement.

Le concept d'espace privé se rapporte à son emplacement physique ou aux ordinateurs dans lesquels il se trouve avant le partage du travail. (France and Karen Lundgren, 2001)

L'espace commun fait référence à une installation qui sert de centre de ressources, disponible pour tous les travailleurs. Son objectif est d'améliorer l'espace personnel.

L'espace de communication de groupe est un élément essentiel de l'environnement collaboratif. (Henri and Lundgren-Cayrol, 1998)

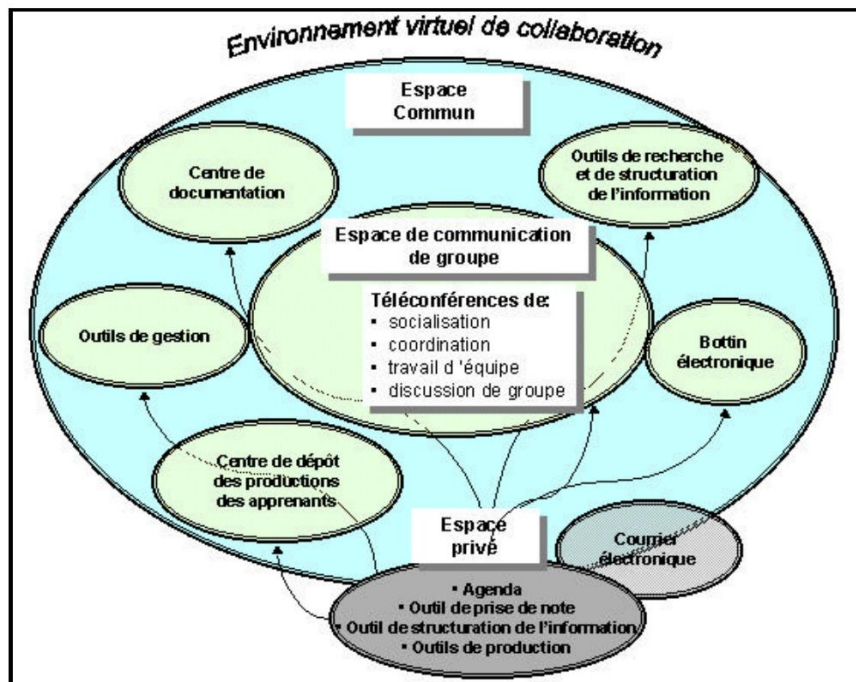


Figure 26: L'environnement virtuel de collaboration

X. Les principales notions liées à la collaboration l'interdépendance et l'interaction

1. La notion d'interdépendance

La participation requiert un degré important d'interdépendance, ce qui signifie que les objectifs sont partagés entre eux et que leur réalisation dépend de la participation de chaque membre du groupe. (Little, 1990a). Selon Sagoi et Saltiel (1998), l'interdépendance se réfère à la vision collective, qui comprend les objectifs et objectifs communs poursuivis par les

collaborateurs. D'un point de vue socio-dynamique, l'interdépendance se réfère au processus par lequel un objectif commun est atteint par le biais de l'interaction entre les individus.

2. La notion d'interaction

Les interactions entre les individus dans les efforts collaboratifs sont caractérisées par des niveaux élevés d'intensité et de fréquence, ce qui exige un niveau profond de dévouement parmi les participants. Collaborer pour réussir un processus de conception exige une liaison forte et étroite entre les individus impliqués. Il est crucial de faire la distinction entre l'interaction et la relation. L'interaction désigne des contacts significatifs, tandis que la relation désigne une séquence d'interactions qui se produisent sur une période de temps.

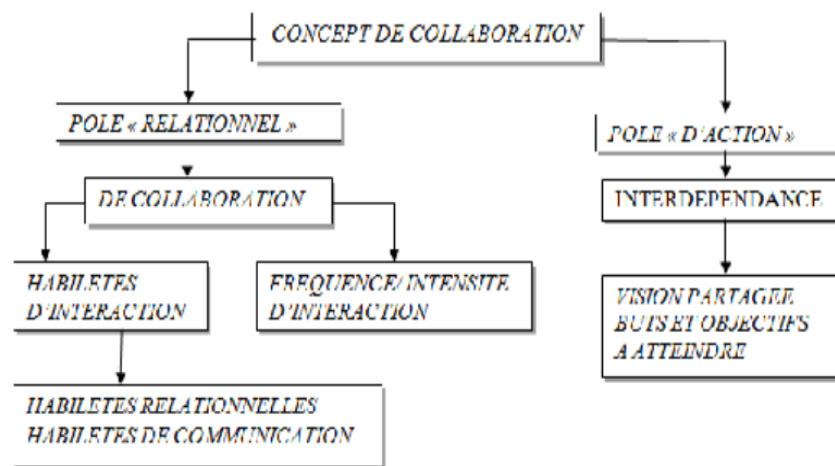


Figure 27: Les notions liées à la collaboration

3. La notion de la maîtrise émotionnelle

Une composante essentielle de la personnalité humaine est la maturité émotionnelle d'un individu. Avec ce trait positif, l'intelligence émotionnelle, de son comportement, on peut avoir une plate-forme de connaissances pour échanger et communiquer avec ses collègues d'une manière actionnelle et relationnelle.

XI. Le travail collaboratif assisté par ordinateur

Le TCAO est conçu pour faire face aux contraintes liées au travail de collaboration résultant de l'utilisation de nouvelles technologies.

Plusieurs études ont examiné l'utilisation d'outils spécialisés pour appuyer la conception collaborative. Sad08, Son08] [Aub07] : outils techniques de gestion des données (TDMS), modélisation de modèle de produit, annotation 3D... (Thi, 2012)

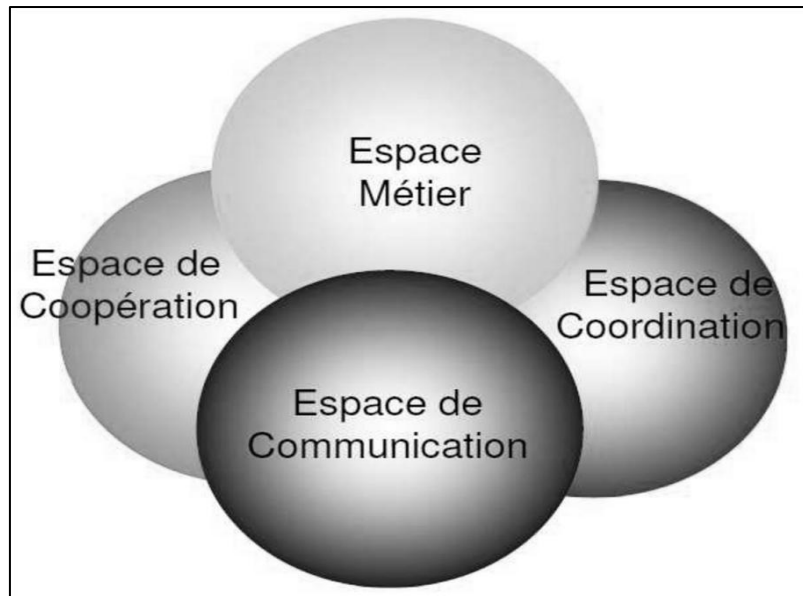


Figure 28: Les espaces fonctionnels

XII. Distinction entre les concepts apparents au concept de collaboration :

La collaboration nécessite l'échange actif d'idées et de ressources, ce qui est étroitement lié au concept de synergie, afin d'accomplir des tâches qu'il serait impossible pour un individu de mener à bien seul. Le niveau de dépendance le plus élevé qui puisse exister entre les participants est la relation entre les membres d'un groupe de collaboration.

La collaboration nécessite que les parties aient un objectif commun, avec une plus grande importance accordée à la trajectoire et à la signification de la législation. (bateson, 1977).

L'échange de groupes se caractérise par une relation commune entre les membres du groupe, contrairement à d'autres types d'échanges. Elle se produit dans un cadre naturel entre deux parties qui travaillent ensemble vers un but commun, en dépit de ne pas avoir de relation naturelle. (Dionne, 2003a)

Tableau 1: distinction entre les concepts apparentés au concept de collaboration (d'après(Dionne, 2003), inspirée de sparks et loucks-horseley,1989)

Concepts	But commun	Parité	Interdépendance	Élément cible
Collaboration	Oui	Oui	Oui	Processus
Coopération	Variable	Oui	Variable	Résultat
Partenariat	Oui	Variable	Oui	Processus/résultats
Collégialité	Variable	Oui	Variable	Processus

XIII. Les outils de la mise en œuvre du TCAO

1. Discussions asynchrones

Les utilisateurs peuvent utiliser le système pour créer des forums de discussion ou des listes de diffusion, choisir des préférences de modération et envoyer des messages en utilisant le système ou le client de messagerie.

2. Discussions synchrones (instant messaging et chat)

Les membres participent à des discussions par chat sur certains sujets, ce qui facilite le discours et favorise la production de nouvelles idées, maximisant ainsi les avantages de ces interactions.

3. Web Conferencing (partage applications)

La fonctionnalité permet la création d'une conférence web, intégrant des données audio et vidéo, et comprend une application pour la co-création.

4. Email notifications

Le système comprend un système d'alerte automatisé pour la création de nouveaux articles et un système de communication entre membres.

5. Quelques objectifs du TCAO

Une meilleure gestion des documents, une création plus facile de documents de groupe, un accès plus rapide à l'information, la capacité de comparer et de contraster les idées et les solutions à un problème spécifique, tout cela et plus encore peut être votre avec l'aide de cet outil.

- Coordination des tâches et des utilisateurs
- Généraliser la diffusion contrôlée d'information en donnant différents droits d'accès

XIV. Conclusion :

Malgré l'importance de la coopération dans le secteur de la construction, il y a toujours des défis à surmonter. Il s'agit en particulier d'une mauvaise communication et de conflits d'intérêts.

Le BIM est une méthodologie qui implique l'utilisation de modèles numériques pour la visualisation et la conception de bâtiments. Elle favorise l'amélioration de l'efficacité du projet en facilitant la collaboration transparente entre les différentes parties prenantes.

Le prochain chapitre explorera les nombreux avantages et limites du BIM, ainsi que les connaissances et les compétences nécessaires pour l'utiliser efficacement. Il s'attachera également aux défis que le secteur de la construction doit relever en ce qui concerne l'adoption et l'utilisation de cette technologie. Enfin, nous discuterons de l'avenir de ce processus et de son rôle potentiel dans la transformation numérique du secteur.

Chapitre 03

Le processus BIM

I. Introduction :

La modélisation des données du bâtiment (BIM) est une méthode de conception, de construction et de gestion des bâtiments qui utilise des modèles numériques pour représenter les caractéristiques physiques et fonctionnelles des bâtiments. Tout au long du cycle de vie d'un bâtiment, la BIM permet à toutes les parties concernées de collaborer efficacement, de prendre des décisions éclairées et de partager des informations précises et actualisées.

La modélisation des données du bâtiment (BIM) est un outil puissant qui offre plusieurs avantages, tels que la réduction des erreurs de conception, l'optimisation des coûts de construction, l'amélioration de la qualité et de la durabilité des bâtiments, la réduction des retards de construction et la gestion efficace des installations. De la première idée à l'inspection finale, le BIM facilite la communication entre toutes les parties impliquées dans un projet.

La notion de modélisation des données du bâtiment (BIM), ses avantages, ses utilisations actuelles, ses outils et ses limites seront explorés en détail dans ce chapitre. Nous parlerons également des compétences et des connaissances nécessaires pour utiliser efficacement la BIM, ainsi que des défis associés à son acceptation et à sa mise en œuvre dans le secteur de la construction. Nous concluons en examinant l'avenir de la modélisation des données du bâtiment (BIM) et son rôle potentiel dans la révolution numérique du secteur de la construction.

II. Définition du processus BIM :

La modélisation des données du bâtiment (BIM) est une base de données qui utilise des modèles paramétriques pour représenter les structures. Faciliter la communication entre diverses entités (Kensak, 2015)

- Le paradigme du Building Information Modeling (BIM) est un prototype en ligne qui vise à rassembler les nombreuses parties prenantes ; le principe de base du BIM est la découverte d'un format de fichier qui peut être partagé par toutes les applications appelé IFC. (Abdullahi and Chan, 2019)

Un format de fichier commun pouvant être utilisé par tous les programmes de la SFI est fondamental pour le concept de modélisation de l'information sur les bâtiments (BIM). Il s'agit d'un modèle tridimensionnel qui représente les attributs physiques et fonctionnels du

bâtiment, ce qui permet aux architectes et aux maîtres d'ouvrage d'accéder à ces informations chaque fois qu'ils en ont besoin. (Ziwen and Yujie, 2019)

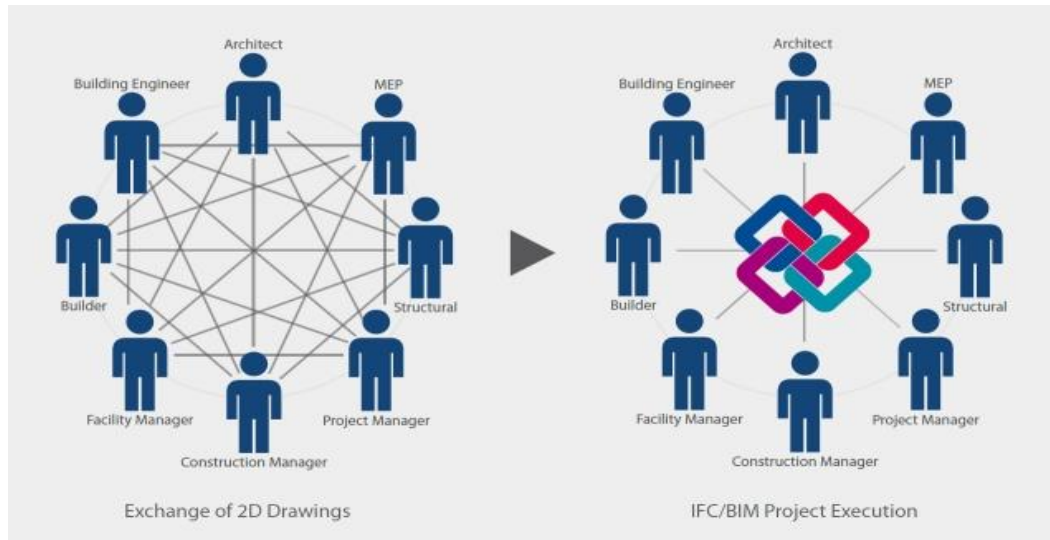


Figure 29: la méthode de travail en BIM source (Régine Teulier and Boutros, 2018)

Le BIM consiste à dématérialiser chaque élément du projet dans une base de données, servant de source commune à toutes les parties prenantes et à chaque étape du cycle de vie du projet.

III. L'historique du concept :

La figure ci-dessous montre l'évolution du concept au fil du temps et la date à laquelle il a été mis en pratique pour la première fois ; le concept a été développé pour la première fois en 1970.

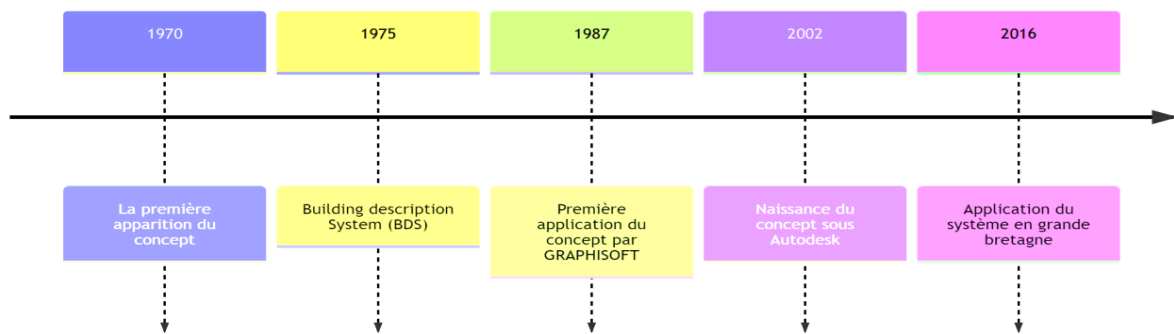


Figure 30: historique du concept BIM source :Magazine BIMARABIA 06, Edition mars 2016 ,page 08

IV. L'évolution du concept :

Le BIM (Building Information Modeling) est devenu un outil crucial dans divers pays, notamment en France, aux États-Unis, au Royaume-Uni, dans les pays nordiques, au Moyen-

Orient, à Singapour et en Afrique. En France, la directive européenne sur les marchés publics en 2014 a encouragé l'utilisation du BIM dans les projets de construction, (Pan *et al.*, 2023) et elle a fait partie du cadre juridique en 2017. Aux États-Unis, environ 44% des entreprises utilisent le BIM dans la conception des bâtiments. Dans les pays nordiques, la Confédération des industries finlandaises de la construction a intégré le BIM dans le monde de la fabrication sans protestation. Le Royaume-Uni est un pionnier en matière de BIM, avec une stratégie visant à réduire les coûts de construction, à accélérer la livraison des bâtiments et à diminuer les émissions de CO2 d'ici 2025. (Celnick Olivier, 2017)

À Singapour, l'Autorité du bâtiment et de la construction (BCA) a établi une feuille de route en 2010 pour le développement du numérique, avec plus de 200 projets approuvés à ce jour. L'objectif est d'avoir 80 % des sites de construction utilisant le BIM d'ici 2015 et 100 % d'ici 2016. Les gains de productivité devraient atteindre 25 % d'ici 2025. (Ariono, Wasesa and Wawan Dhewanto, 2022)

En Afrique, le BIM a été utilisé pour la construction de stades lors de la Coupe du monde de football en Afrique du Sud et du viaduc d'Abidjan en Côte d'Ivoire en 2014. (Bouguerra, Yaik-Wah and Ali, 2020)

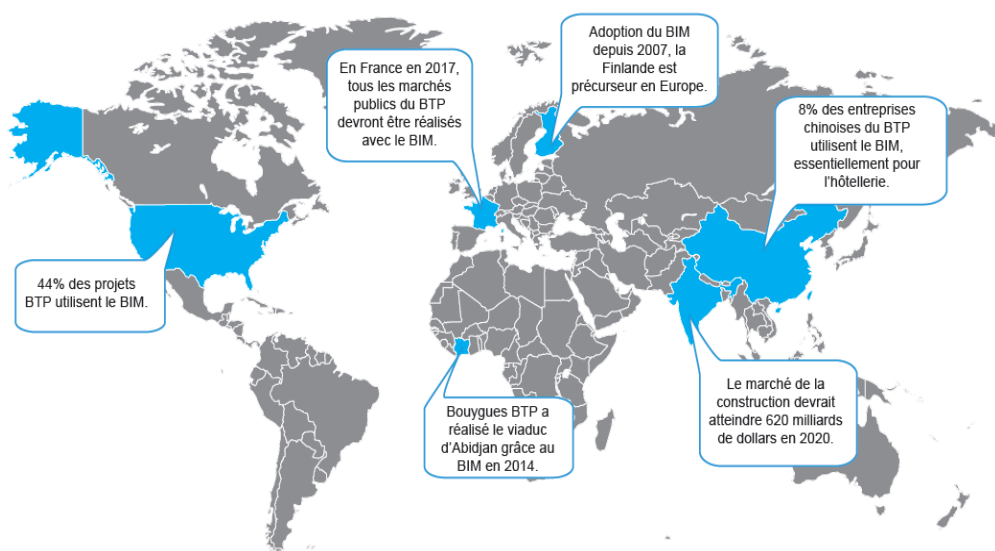


Figure 31: L'adoption du système BIM à travers le monde source : (Celnick Olivier, 2017)

V. Les dimensions du processus :

Le BIM, souvent composé de sept dimensions, est maintenant exploré comme la 8^e dimension, qui est la dimension d'usage.

1.La 3e dimension :

C'est le fondement de la modélisation des données du bâtiment (BIM). Cet aspect concerne la représentation géométrique ou spatiale de la structure. Il vous permet de visualiser les dimensions architecturales de la structure en termes de hauteur, de largeur et de profondeur.

Les logiciels les plus utilisés dans cette phase sont : ArchiCAD, ALLPLAN, REVITetc

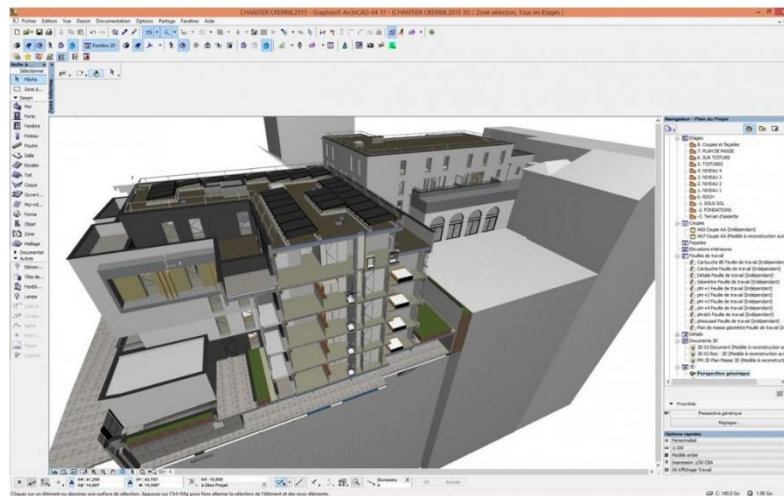


Figure 32: Modélisation 3D sous archiCAD /source : [Témoignage CBA : la mise en place du BIM dans une agence d'architecture - Archicad](#)

2.La 4e Dimension :

L'inclusion de cette dimension introduit la composante temporelle dans le processus de modélisation 3D, permettant la planification et la visualisation des étapes de construction sur une certaine période. La gestion de projet est essentielle pour optimiser les délais et prévoir les conséquences des modifications du calendrier. (Almutiri, 2016)

3.La 5e Dimension :

La dimension des coûts intègre l'analyse des prix en fusionnant la géométrie du modèle 3D avec la dimension temporelle afin d'obtenir une compréhension globale de l'état foncier du projet. En incluant les aspects géométriques et les limites temporelles, il devient possible de calculer les dépenses de construction et de fournir un résumé financier d'un projet à un moment donné.

4.La 6e Dimension :

Ce volet met l'accent sur l'importance de la durabilité et de l'efficacité énergétique, permettant aux individus de faire des choix éclairés tout au long de la phase de conception. Il englobe les évaluations énergétiques, les empreintes carbone et d'autres facteurs liés à la performance environnementale et à la durabilité du bâtiment. (Nizam, Yu and Mardhiyah, 2022)



Figure 33:la dimension environnementale du BIM

<https://openclassrooms.com/fr/courses/5228291-decouvrez-les-fondamentaux-du-bim/5546926-apprenez-les-dimensions-du-bim>

5.La 7e Dimension :

BIM 7D est un programme qui améliore l'efficacité de la gestion opérationnelle et de la maintenance des bâtiments et de leurs composants tout au long de leur cycle de vie. Le système récupère et archive les données sur les composants, les spécifications, les manuels d'entretien, les garanties et d'autres informations pertinentes. Cette technologie permet aux gestionnaires d'installations de superviser efficacement le remplacement et la maintenance des actifs, de mener des audits pour garantir l'efficacité, la sécurité et la conformité aux réglementations du bâtiment, et d'optimiser les ressources et les coûts de maintenance grâce à des systèmes de surveillance en temps réel. Cette technologie est essentielle pour optimiser et garantir la sécurité de l'exploitation des bâtiments. (Shukra and Zhou, 2021)



Figure 34: les dimensions du système BIM source : (Shukra and Zhou, 2021)

6. Les futures dimensions du processus BIM :

La BIM a dépassé ses 7 dimensions initiales et en aborde désormais trois autres : 8D, assurer la sécurité dans la conception et la construction ; 9D, mettre en œuvre des pratiques efficaces ; et 10D, promouvoir des méthodes industrialisées dans la construction de bâtiments.

VI. L'interopérabilité en BIM :

Le BIM, également connu sous le nom de Building Information Modeling, est un outil essentiel qui favorise la fiabilité des projets en permettant le transfert transparent de données structurées entre diverses applications. Cette procédure est essentielle pour favoriser la coopération et optimiser l'utilisation des technologies BIM. (Pan *et al.*, 2023)

1. Le format IFC :

Le secteur de la construction s'est associé à l'alliance internationale pour l'interopérabilité afin de développer le format IFC, un outil conçu pour faciliter l'échange de logiciels au sein de l'industrie. La structure du fichier IFC comprend des classes d'objets, des relations et des objets. (Hamieh, 2018)

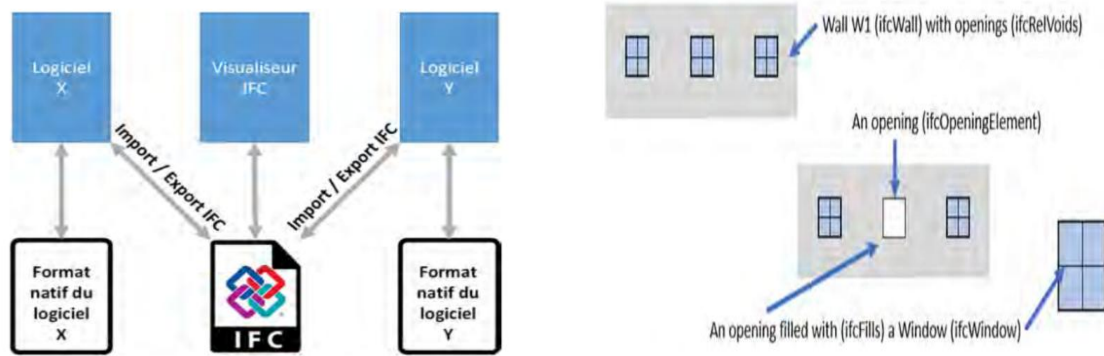


Figure 35: Les objets et la relation entre eux

2. Le format BCF :

Le BCF, également connu sous le nom de BIM Collaboration Format, est un format standardisé utilisé dans les projets de construction pour l'échange d'annotations et de commentaires sur les modèles 3D. (Christophe Lheureux, 2017) Il permet d'inclure des annotations directes dans le modèle, ce qui favorise le travail collaboratif. Le format BCF est une norme OpenBIM qui permet le partage des annotations entre tous les participants au projet, quel que soit le programme qu'ils utilisent. Cela garantit un projet de construction en 3D complet et efficace. (Siala, 2020)

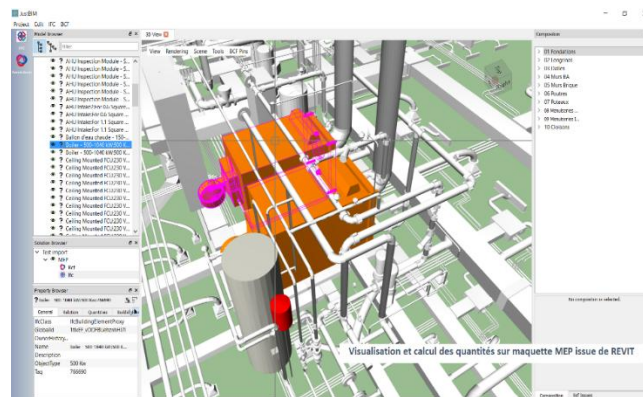


Figure 36: le format BCF sous justBIM source (Christophe Lheureux, 2017)

VII. Les échanges des données de la maquette à travers la plateforme collaborative :

Dans un processus BIM, la conception est réalisée à l'aide d'un logiciel spécialisé appelé "logiciel BIM ». L'architecte formule son projet et construit un modèle, qu'il transmet ensuite

à l'ingénieur pour qu'il le révise, avant de le renvoyer à l'architecte. Tout cela est inclus dans le processus, mais la procédure est exécutée d'une manière distincte.

La plateforme collaborative implique que des individus se réunissent autour d'un serveur partagé pour échanger diverses formes d'informations :

- s'engager dans l'acte de lecture - préserver ou stocker le modèle
- Stocker les modèles pour une référence future.

Il existe quatre catégories distinctes de solutions :

- Nuages conventionnels
- Création de conceptions d'armoires à l'aide du logiciel E-DOC E-ARCHITECTe.
- Les options comprennent BIM server, BIM office et BIM+.
- Services cloud spécialisés : Revit BIM server, ARCHICAD BIM server.
- Plates-formes supplémentaires (telles que axxeo, Nebni bim, etc.)

1. Le BIM cloud pour ARCHICAD

1.1.1.1

ARCHICAD invente le concept de Virtual Building (maquette numérique) qui introduit le BIM dans le monde de l'architecture.

1.1.1.2

ARCHICAD innove avec TeamWork, la première solution pour travailler simultanément à plusieurs sur un même projet.

1.1.1.3

ARCHICAD récidive avec le BIM Server et TeamWork 2 : une base de données unique pour gérer tout le projet.

1.1.1.4

ARCHICAD ouvre le Cloud au BIM. (Archicad, 2023)

a) Les avantages du BIM serveur :

- Travail collaboratif instantané
- Forte résilience à la bande passante limitée et aux retards du réseau
- Communication sécurisée avec les serveurs via le protocole HTTPS
- Accès à l'interface d'administration via le web - Gestion des autorisations d'accès
- Déploiement sur différents matériels et systèmes

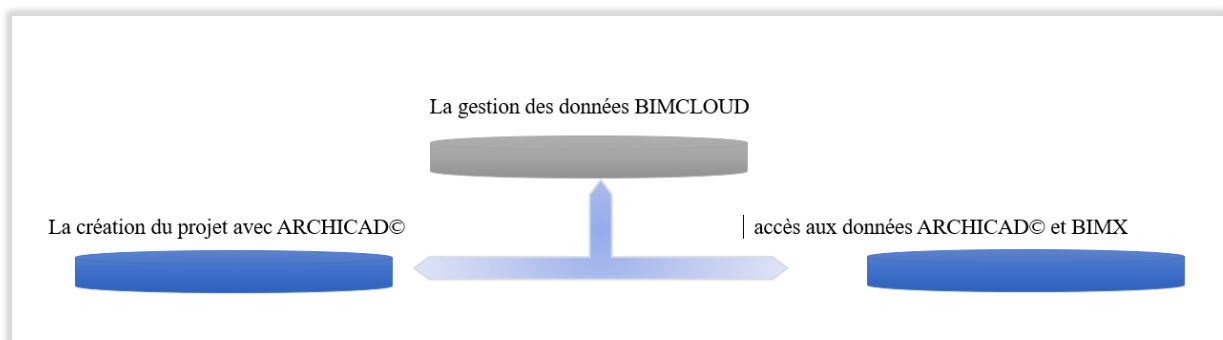


Figure 37: Le cercle vertueux du BIM ArchiCAD© dans les cloud source :(ArchiCAD, 2023)

2. Le BIMoffice© :

Le BIMoffice est une suite logicielle développée par Abvent spécifiquement pour les chefs de projet, les architectes, les maîtres d'ouvrage et les bureaux d'études qui utilisent la méthodologie BIM. Cet outil de gestion de projet se distingue par son intégration à la maquette numérique. Cet hyperlien facilite l'échange instantané et bidirectionnel de données entre le logiciel d'Abvent et les deux principaux systèmes de CAO disponibles sur le marché : Revit et ArchiCAD©.



Figure 38: Interface de la plateforme BIMoffice© Source : <https://bimoffice.fr/>

1.La plateforme NebniBIM© :

Nebnibim© est une plateforme qui facilite l'intégration des différents participants au processus de maquette numérique, tels que les fabricants, les architectes, les bureaux d'études, les BIM managers, les maîtres d'ouvrage, les auteurs d'objets BIM et les éditeurs de logiciels. Elle offre une plateforme numérique centralisée pour la collaboration, l'échange d'informations et le partage de ressources. La technologie est structurée sur une base de données en nuage, permettant un accès mondial et gratuit aux données BIM. Nebnibim© offre une plateforme qui permet aux fabricants et à la communauté de fournir du matériel pour les prototypes numériques.

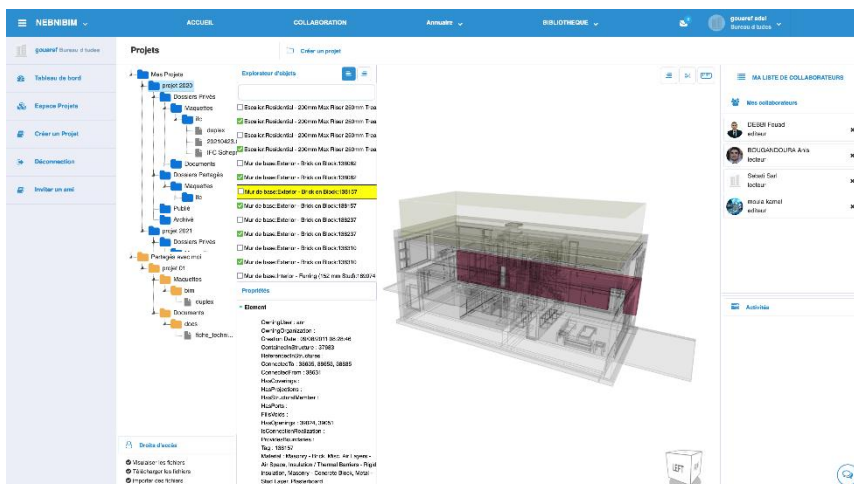
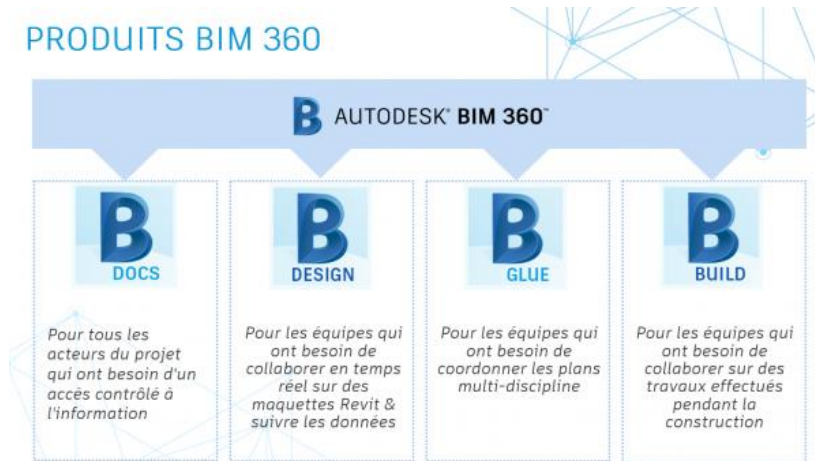


Figure 39: La plateforme NEBNIBIM source : <https://nebnibim.dz/>

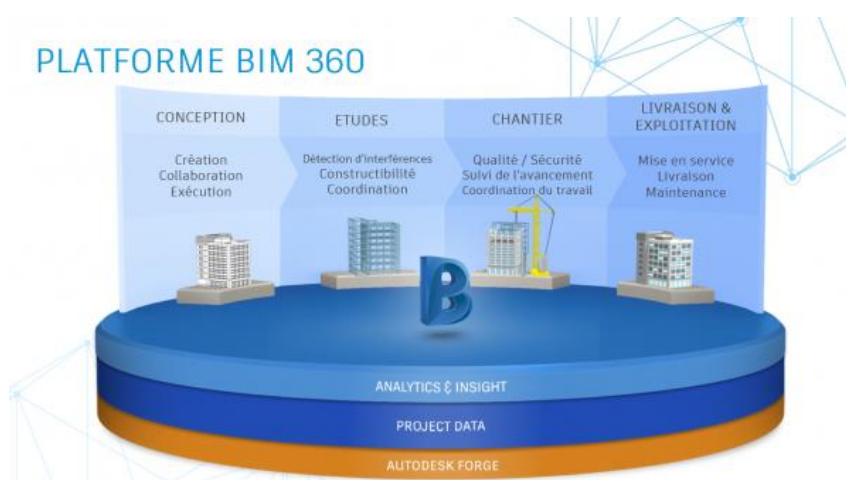
2. La plateforme BIM 360 :

Autodesk BIM 360 est un ensemble d'applications disponibles dans le cloud on cite : BIM 360 Docs, BIM 360 Design, BIM 360 Glue, BIM 360 Build

Figure 40: La liste des produits du BIM360 source : <https://www.autodesk.com/bim-360/>

Afin d'inciter tous les groupes à collaborer au modèle. Échangez des données en toute sécurité, collaborez en tant qu'équipe interne ou externe et construisez votre modèle, du concept à la gestion en passant par la construction.

L'avantage de cette plateforme est qu'elle est accessible de n'importe où. Accessible depuis n'importe quel appareil, cet outil collaboratif vous permet de passer en mode BIM depuis n'importe quel endroit. (Autodesk, 2024)

Figure 41: BIM 360 source : <https://www.autodesk.com/bim-360/>

3. AxeoBIM :

AxeoBIM est une plateforme complète qui intègre le BIM, l'environnement commun de données et des fonctions de collaboration pour faciliter la création de documents numériques conformes à l'exécution (TQC) pour les projets de construction.

AxeoBIM facilite l'optimisation de la communication, garantissant que vos projets sont exécutés en temps voulu, conformément au calendrier et au budget prédéterminés. Il est utilisé dans plusieurs pays, tels que la Suisse (EPFL, Schenck, etc.), le Maroc (usine PSA Kenitra), la Côte d'Ivoire (siège social d'Orange) et la Tunisie (ambassade).

En France, AxeoBIM est utilisé par tous les acteurs du secteur de la construction (BIM Managers, BET, cabinets d'architectes, maîtres d'ouvrage, etc.), quelle que soit leur taille, depuis les indépendants qui l'emploient pour commercialiser leurs services de BIM Management jusqu'aux grandes entreprises internationales telles que Vinci, Eiffage, etc. (AxeoBIM, 2023)



Figure 42: Axeobim source: <https://axeobim.fr/>

a. Axeo BIm offre :

Le logiciel AxeoBIM propose une GED complète, 100% open BIM, Revit®, et Naviswork®, avec un plug-in Revit® pour générer des livrables et assurer l'intégrité du BIM. Il propose une visualisation intégrée et des plans 2D, une gestion centralisée du BCF, un accès direct à AxeoBIM via Cloud Connect, une expérience utilisateur visuelle et fonctionnelle, et des options d'hébergement localisées (France pour les clients français et Suisse pour les clients suisses). (AxeoBIM, 2023)

4. Mezzo team :

Mezzo team est une plateforme qui facilite la collaboration entre plusieurs utilisateurs, leur permettant de partager des documents et d'améliorer le déroulement de leurs projets de construction. Elle offre une large gamme de services inégalés tout en garantissant une parfaite confidentialité. (Mezzoteam, 2023)



Figure 43: les étapes de travail avec la plateforme mezzo team

VIII. La notion du « niveau de détail » ou LOD :

LOD : c'est le niveau de détail des objets en 3D de la maquette selon l'échelle il varie de LOD 100 jusqu'au LOD 600

Tableau 2: Le processus d'élaboration de la maquette source (Nadia Hoyet, Duchène and Fouquet, 2016)

LOD 000	La phase de la programmation architecturale
LOD 100, LOD 200 et LOD 300	Concerne la phase de la conception de l'esquisse à l'APD
LOD 400 et LOD 500	La construction sur chantier
LOD 600	La phase d'exploitation

IX. Les échanges d'information pour chaque niveau de développement :

1. Le niveau 100 :

L'architecte est chargé de concevoir la composition d'un ouvrage en fonction des besoins du programme. En revanche, l'architecte paysagiste se concentre sur l'étude de l'aménagement extérieur en Algérie, qui relève de la compétence de l'architecte.

Les ingénieurs, notamment les thermiciens, les acousticiens et les hydrauliciens, guident et conseillent l'architecte. Je procède à des simulations spécialisées pour étudier les phénomènes, dans le but d'optimiser les différents composants en fonction des résultats obtenus. (Celnick Olivier, 2017)

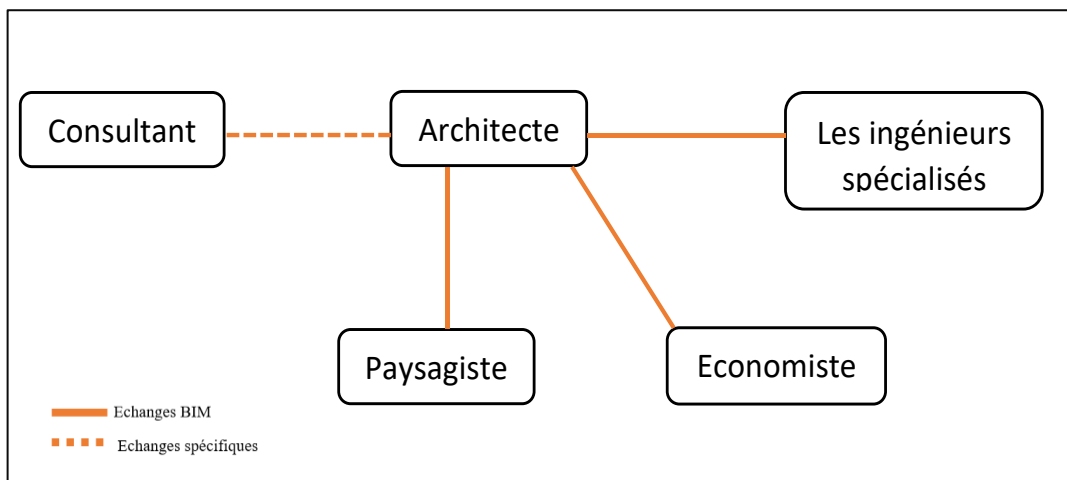


Figure 44: les échanges entre les collaborateurs pour le LOD 100

2. Le niveau 200 :

Le dessin a été préalablement validé par le client, et à ce stade, l'architecte identifie et spécifie tous les composants et systèmes qui constituent le bâtiment. Il établit les mesures des surfaces et alimente le modèle avec des éléments IFC. (Hoyet, Duchène and Fouquet, 2016)

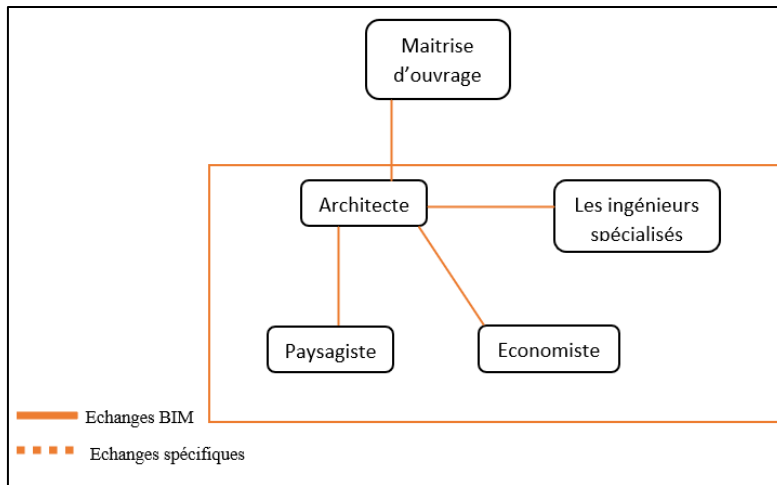


Figure 45: les échanges entre les collaborateurs pour le LOD 200

L'ingénieur civil : fournit des recommandations sur l'ajustement des dimensions des éléments structurels tels que les dalles, les colonnes et les poutres.

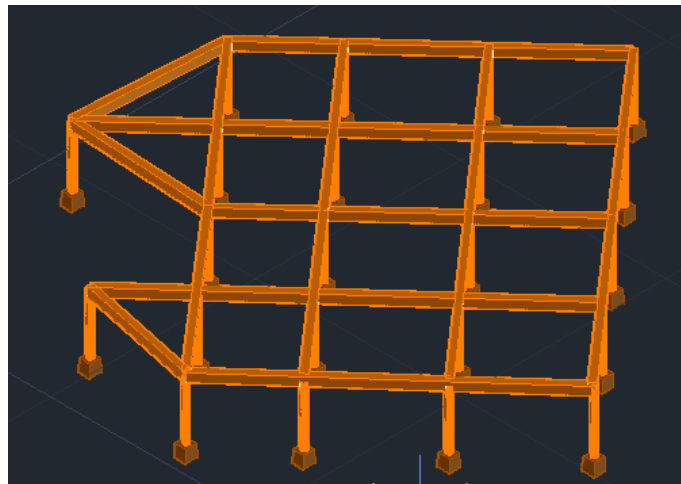


Figure 46: Redimensionnement de la structure /expérience 2019

L'ingénieur thermicien : est chargé de fournir des données complètes sur le % de vitrage, le captage solaire, la volumétrie et les déperditions de chaleur, sans utiliser de tactique particulière. En revanche, le rôle de l'architecte est de transmettre les matériaux et l'isolation utilisés afin d'établir l'inertie du bâtiment.

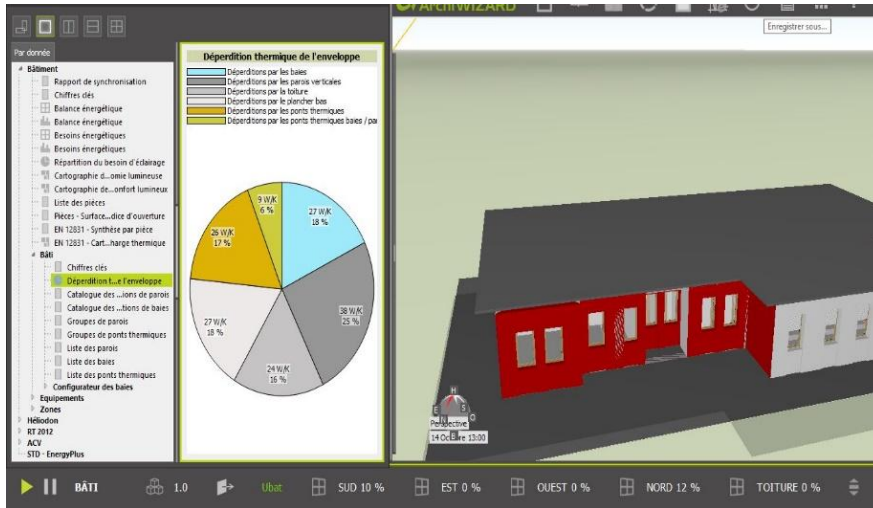


Figure 47: Archiwizard 2020 © source : capture d’une simulation par auteurs

Le paysagiste doit évaluer les quantités de plantes et la circulation des pluies sur la base du modèle numérique fourni.

X. Les niveaux du processus BIM :

1. Niveau un :

Appelé maquette isolée, chaque acteur réalise sa propre maquette

2. Niveau deux :

Chaque acteur travaille sur la maquette avec un échange en double sens

3. Niveau trois :

Dites le niveau souhaité ; les intervenants travaillent sur la maquette en même temps via une plateforme collaborative

Niveau 0 dessin 2D		Niveau 1 : 2D, 2,5D voir 3D		Niveau 2 : Maquette numérique (MN)		Niveau 3 : Maquette numérique (MN)	
0a	0b	1a	1b	2a	2b	3a	3b
Plans papier	Plans DAO	Plans DAO 2D Plans 2,5D	3D isolé (souvent archi uniquement)	Echange de MN dans une seule direction	Echange bidirectionnel non intégré	Partage de MN sur serveur local ou distant Ingénierie intégrée	Plateforme CLOUD = Product Lifecycle Management
Travail isolé				Travail avec échanges		Travail collaboratif	

Figure 48: Les niveaux d'implémentation du BIM (Source : Hexabim.com)

XI. Les logiciels BIM :

Différents critères peuvent être utilisés pour classer les logiciels BIM. Il existe une catégorisation commune basée sur les caractéristiques et les capacités fournies par les logiciels BIM :

Un exemple est le logiciel de modélisation des informations du bâtiment (BIM), qui permet aux utilisateurs de construire des modèles 3D complets des composants structurels, architecturaux et MEP (mécanique, électricité et plomberie) d'un bâtiment. Il est possible de construire, d'éditer et d'examiner des modèles BIM. (Bouška, 2016)

Revit, Allplan, Vectorworks et ARCHICAD en sont quelques exemples.

1. **Logiciel de modélisation des données du bâtiment (BIM) :** Ce programme coordonne et détecte les conflits entre les différents domaines qui composent un projet. Ils permettent de détecter les erreurs de conception, d'analyser les collisions probables et de résoudre les litiges avant la construction. (Christophe Lheureux, 2017)

Navisworks, Solibri(Wangara, 2018), BIM Track en sont quelques exemples. (Kalfa, 2018)

2. **Logiciels d'estimation et de quantification pour la modélisation des données du bâtiment (BIM) :** Ces logiciels sont utilisés pour générer des quantités à partir du modèle BIM et pour estimer les dépenses de construction. Ils permettent d'intégrer des données sur les coûts dans les composants du modèle et de générer des rapports et des analyses complets.

Un exemple concret : Revu, iTWO et CostX.

3. **Le quatrième logiciel est le logiciel de planification de la modélisation des informations du bâtiment (BIM),** qui est utilisé pour établir les plans et les calendriers de construction. Ils ont la capacité de modéliser le développement du projet dans le temps, de spécifier les interdépendances et d'optimiser l'ordre des opérations.

Vico Office, Navisworks et Synchro en sont quelques exemples. (Lévy, 2018)

4. **Logiciel d'analyse et de simulation de la modélisation des données du bâtiment (BIM) :** Ce logiciel est utilisé pour réaliser des études et des simulations de haut niveau sur le modèle BIM, y compris l'analyse structurelle, l'analyse énergétique, la simulation de l'éclairage naturel, la simulation du flux de personnes, etc. (Régine Teulier and Boutros, 2018)

Des logiciels tels que EnergyPlus, Revit MEP et Autodesk Robot Structural Analysis sont des exemples de logiciels de gestion du cycle de vie de la modélisation des informations du bâtiment (BIM). Ces logiciels sont utilisés pour gérer les informations depuis la phase de conception jusqu'à l'exploitation et la maintenance du bâtiment. Il comprend des fonctions telles que la gestion des actifs et des installations, la maintenance prédictive, etc.

FM Systems, Autodesk BIM 360 et PlanGrid en sont quelques exemples. (Autodesk, 2024)

De nombreux logiciels BIM ont des fonctions combinées ou étendues qui peuvent recouper plusieurs catégories, il est donc important de garder cela à l'esprit lors de l'utilisation de cette catégorisation. En outre, de nouvelles classifications de logiciels ou des catégories entièrement nouvelles peuvent émerger en raison des progrès continus de l'industrie BIM. (MEECHAO, 2018)

XII. Les nouveaux métiers liés au processus BIM :

La modélisation des données du bâtiment (BIM) a introduit de nouvelles professions et de nouveaux rôles dans le secteur de la construction. Il s'agit notamment des gestionnaires BIM, des modélisateurs BIM, des coordinateurs BIM, des spécialistes BIM, des coordinateurs BIM, des consultants BIM et des opérateurs BIM. Le BIM Manager met en place et coordonne la méthodologie BIM au sein d'une entreprise ou d'un projet, en supervisant la mise en œuvre des normes BIM, en gérant les flux de travail et en garantissant la qualité des modèles et des données. Le modélisateur BIM crée des modèles 3D détaillés du bâtiment à l'aide du logiciel BIM, traduisant les conceptions architecturales, structurelles et MEP en modèles virtuels. (De Maestri, 2017)

Le coordinateur BIM coordonne et détecte les conflits entre les différents modèles disciplinaires, vérifie la cohérence spatiale et propose des solutions.

Le spécialiste BIM est un expert dans un domaine spécifique de la BIM, tel que la simulation énergétique, l'analyse structurelle ou la réalité virtuelle, utilisant des outils logiciels spécialisés pour des analyses avancées. Le coordinateur BIM coordonne les parties prenantes du projet, facilite la communication et la collaboration, assure la gestion des données et veille à ce que les informations BIM soient à jour tout au long du projet.

Le consultant BIM est un professionnel indépendant qui fournit des conseils et une expertise BIM aux entreprises de construction, en les aidant à développer des stratégies BIM, à former le personnel, à auditer les processus BIM et à donner des conseils sur les meilleures pratiques.

L'opérateur BIM utilise le logiciel BIM et les outils associés, effectuant des tâches spécifiques telles que la création de rapports, la gestion des données et l'exportation/importation de modèles.

XIII. Conclusion

L'utilisation de la modélisation des données du bâtiment (BIM) a permis d'améliorer considérablement la planification, la gestion des bâtiments et la conception. Cette technologie permet aux professionnels de créer des modèles numériques sophistiqués, favorisant une collaboration transparente, une efficacité accrue et une meilleure précision dans la construction.

Il est important de reconnaître le rôle de la BIM dans cet élément essentiel. L'excellence architecturale va au-delà de l'attrait visuel d'une structure pour inclure sa praticité, sa longévité et son empreinte environnementale. Grâce à ses capacités de modélisation sophistiquées, la BIM aide les architectes et les ingénieurs à optimiser la conception pour répondre à ces exigences de qualité.

Chapitre 4

La qualité architecturale

« L'architecture est un domaine diversifié dont la qualité peut paraître subjective et donc difficile à juger ou à définir clairement. En effet, chacun participe au débat selon ses propres connaissances, sa compréhension et sa culture. De plus, chaque construction reflète les tendances de son temps, pouvant ainsi être affectée par des courants qui peuvent s'avérer passagers. »

Fondamentaux de la qualité architecturale. Selon : Pour une qualité architecturale : fondements et démarche ; les Cahiers experts, novembre 2014.

I. Introduction :

Après avoir couvert toutes les bases en ce qui concerne la modélisation de l'information du bâtiment (BIM), il est nécessaire de passer maintenant à la gestion de la qualité, une partie essentielle du business de la construction. Même si la modélisation de l'information du bâtiment (BIM) est en train de changer le jeu en termes de conception et de construction de projets, la qualité reste primordiale pour la viabilité et la rentabilité à long terme d'un bâtiment.

Dans ce chapitre, nous explorerons l'importance de la qualité architecturale dans le processus de conception. Nous allons nous pencher sur les principes fondamentaux et tous les concepts autour de la qualité, les principaux auteurs sur le sujet, et les meilleures façons de garantir l'excellence des projets de construction. En outre, nous examinerons les façons dont la gestion de la qualité et la modélisation de l'information sur les bâtiments (BIM) peuvent collaborer pour améliorer la qualité à travers la communication.

Afin d'obtenir des projets durables, réussis et conformes aux normes, ce chapitre vise à fournir une introduction approfondie sur la qualité dans le secteur de la construction.

II. Les fondamentaux de la qualité architecturale :

1. L'opportunité

C'est l'évaluation de l'importance d'un projet. Il est essentiel d'établir au début qu'il existe une justification valable pour la construction et que la nécessité d'un nouveau bâtiment soit clairement définie. En outre, il est important de veiller à ce que des ressources financières suffisantes soient disponibles pour l'investissement initial et l'entretien en cours. En outre, l'emplacement choisi doit être approprié et bien adapté au programme, aux utilisateurs et aux fins prévues.

2.La localité

Le succès d'un projet dépend de la prise en compte de facteurs géographiques, économiques, culturels, historiques et environnementaux. La conception doit tenir compte des circonstances particulières de l'emplacement, y compris le choix des matériaux, des techniques et du placement de la construction. L'objectif est de construire un projet qui tient compte de l'emplacement, des spécifications et de la culture autochtone, plutôt que de se conformer à un attrait visuel traditionnel. Un projet exemplaire pourrait se manifester en tant qu'édifice contemporain et distinctif qui s'harmonise parfaitement avec son environnement naturel ou historique, ou en tant que structure qui a un impact profond sur la région environnante.((MCC),(MIQCP), 2014)

3.La spécificité

Il se réfère au refus de solutions intellectuelles ou technologiques. L'intention d'interroger constamment le programme d'une manière appropriée et précise vise à fournir une réponse sur mesure à un superviseur, aux utilisateurs, à un emplacement et à son caractère distinctif. La tâche est de créer un projet qui démontre une position distincte et bien soutenue dans son contexte plus large. Il est essentiel d'évaluer avec précision les circonstances originales et d'identifier les principaux problèmes afin de développer un concept architectural qui répond aux exigences individuelles et transmet l'aspect symbolique distinctif de chaque projet.

4.La sobriété

L'efficacité des méthodes adoptées et la nécessité d'une utilisation prudente des ressources premières et de l'énergie sont cruciales. L'intelligence utilisée dans la conception des bâtiments donne lieu à des décisions qui réduisent la consommation de ressources tout en préservant le confort et l'usabilité du bâtiment. L'objectif est d'utiliser des solutions technologiques de pointe afin de minimiser la consommation d'énergie dans de nombreux secteurs, tout en tenant compte de facteurs tels que l'utilisation, les conséquences à long terme et le coût total. Occasionnellement, des dispositifs simples et rentables sont plus souhaitables que la mise en œuvre d'appareils technologiques complexes, par exemple dans le but de garantir le flux d'air naturel dans les pièces. Ces décisions comprennent plus que la simple utilisation de l'énergie et s'étendent à l'ensemble du projet, y compris des aspects tels que la méthode de construction et les matériaux utilisés(Sensibilisation, 2014)

5.La solidité

Le choix d'un système de construction approprié pour un projet est essentiel pour garantir la qualité et la longévité des matériaux utilisés et leur exécution. En outre, elle implique la prise en compte de la résilience à long terme de l'entretien et de la construction d'une manière rentable. La durabilité englobe la capacité d'une structure à adapter efficacement les changements dans son utilisation, tels que le recyclage ou la démolition.

6.L'habitabilité

En pensant aux occupants du bâtiment et à leurs besoins dès le début, l'organisation garantit que les structures fonctionneront comme prévu. Il tient compte de leur santé et de leur ergonomie lors de la conception des pièces dans toutes les dimensions. L'organisation prend également en compte l'accessibilité, l'ergonomie et l'utilisation de l'espace pour s'assurer que le bâtiment est confortable et pratique.

7.La beauté

La qualité architecturale est un concept subjectif qui reflète les valeurs et les traditions de différentes périodes. Il englobe l'impression générale, l'atmosphère et s'intègre au projet et à l'ensemble de la fête, y compris les détails extérieurs et intérieurs. La réalité physique d'un bâtiment, y compris ses formes, sa disposition, ses proportions, ses textures, ses couleurs, son dessin et son rythme de façade, joue également un rôle. Les architectes ont besoin de connaissances spécialisées pour créer des projets de haute qualité, qui sont influencés par des facteurs tels que la matérialité du bâtiment, la connexion au site et la méthodologie du projet. Par conséquent, obtenir une qualité architecturale de haute qualité nécessite une combinaison de ces facteurs.

III. Le champ de la notion qualité architecturale :

1.Définition :

L'une des raisons pour lesquelles le concept de qualité architecturale est si nébuleux et subjectif est qu'il dépend de tant de choses différentes, ce qui rend difficile sa détermination (Dehan.P., 1999). En fait, il ne s'agit pas seulement de mesurer le confort ou les niveaux d'équipement, qui sont simples à mesurer, mais de défier la pertinence de l'objet dans toutes ses dimensions. Il y a beaucoup d'aspects qui font un design architectural de haute qualité, mais la plupart d'entre eux ne sont pas techniques, certains ne peuvent pas être mesurés objectivement, et d'autres ont besoin de l'intervention des sociologues pour le comprendre.

La Conception du bâtiment dans leur article intitulé "Assessing Building Performance" (Preiser. W., et Vischer. J., 2005), les auteurs ont évalué la qualité des bâtiments en utilisant les mots performance et caractéristiques de façon interchangeable. En réalité, la qualité d'un objet architectural est déterminée par sa performance formelle, technique, environnementale, etc. (Laroui, 2017).

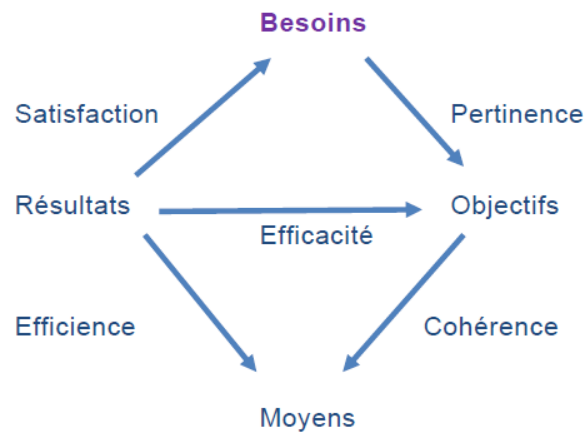


Figure 49: Le carré de la performance source :(Laroui, 2017)

IV. La qualité architecturale et son évaluation comme un processus :

Le processus de production d'un projet architectural de haute qualité est intrinsèquement lié à plusieurs étapes, commençant par la programmation et se terminant par l'exploitation. Ce processus exige une communication efficace entre les nombreuses parties prenantes, car la qualité du résultat architectural final est un reflet direct de cet effort de collaboration. La qualité du processus de fabrication n'est pas un objectif final, mais plutôt une méthode pour atteindre des objectifs qualitatifs.

L'évaluation des performances d'un bâtiment implique d'évaluer chaque étape de sa construction, de la programmation à l'occupation. Le processus de qualité peut être classé en quatre phases interconnectées principales : programmation, conception, évaluation de la compétition architecturale et évaluations de la position professionnelle. La quatrième phase, qui évalue directement les résultats des étapes précédentes, est abordée dans la deuxième section de ce chapitre, car elle vise à analyser le résultat final du processus de fabrication de l'objet construit. Laroui 2017

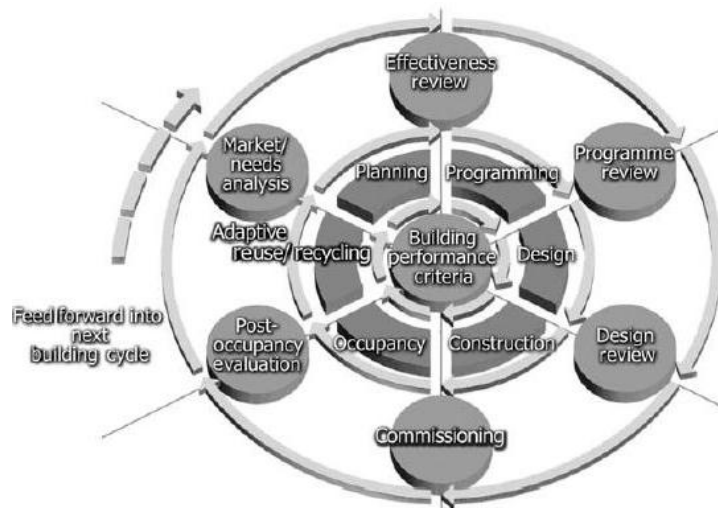


Figure 50: Modèle de processus d'évaluation des performances du bâtiment. Jay Yocis. Université de Cincinnati.

Le succès de la phase de conception a un impact significatif sur la qualité architecturale d'un projet. En conséquence, les chercheurs se concentrent sur l'évaluation de la qualité de la conception architecturale afin d'améliorer la qualité générale de l'architecture avant la mise en œuvre du projet. Plusieurs procédures ont été suggérées pour inclure les commentaires des utilisateurs et des experts dans le processus de conception, comme l'utilisation d'examen de design. En outre, différentes méthodes ont été créées pour évaluer l'efficacité de cette phase dans la production de la construction, en utilisant divers critères.

Lacourtois (2009) soutient que les objets architecturaux présentent des attributs architectoniques en raison de la conception délibérée et de l'expertise du concepteur. Le système de conception architecturale est crédité indépendamment des mécanismes eux-mêmes, en reconnaissant l'importance du design architectural dans certaines circonstances et situations.

V. Concepts, et critères d'un bâtiment de qualité architecturale :

Les facteurs de la qualité selon Phillip Dehan :

Les classifications primaires des composants qualitatifs et les méthodes par lesquelles ils peuvent être décomposés

1. La qualité du processus de production :

Le concept englobe l'intégration d'éléments qui ont émergé dans les années 1990 concernant les normes ISO, y compris la compétence des individus impliqués, l'efficacité de leur communication, et la structuration de l'ensemble du processus. L'intégration actuelle du

Modèle d'information sur les bâtiments (BIM) dans les marchés publics est la dernière addition à cette poursuite en cours.

2.La pertinence de la définition programmatique ;

Les documents officiels ont reconnu l'importance des études d'avant-garde, d'études sur le choix des lieux, les études de faisabilité, les recommandations et les plans de restructuration dans les maisons de justice et les foyers pour personnes âgées depuis 1976. Ces évaluations permettent d'évaluer l'importance des opérations et d'éviter l'élaboration d'initiatives qui ne sont pas adaptées aux besoins. (Dehan, 2017)

3.Qualités architecturales de l'objet bâti

C'est la collection de composants dans la conception du projet, hiérarchisé ces caractéristiques en deux niveaux. Le premier est celui du triptyque vitruvien. La seconde consiste à décomposer chacun des trois termes en trois ou quatre niveaux.

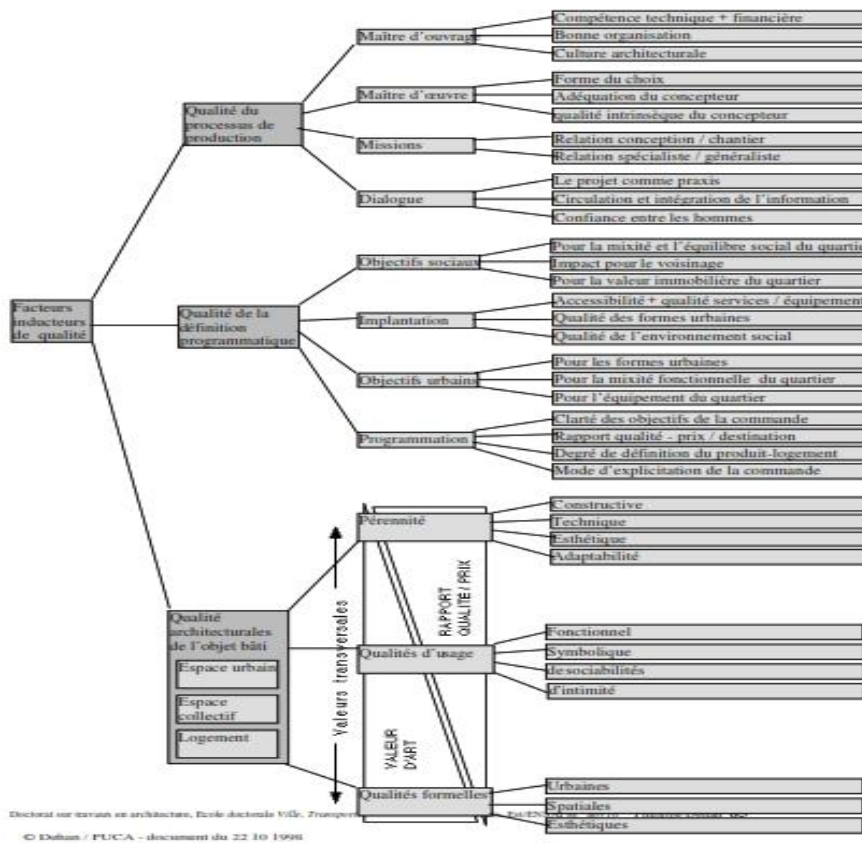


Figure 51: le concept DQI en diagramme développé par Dehan (Assassi Abdelhalim, 2006)

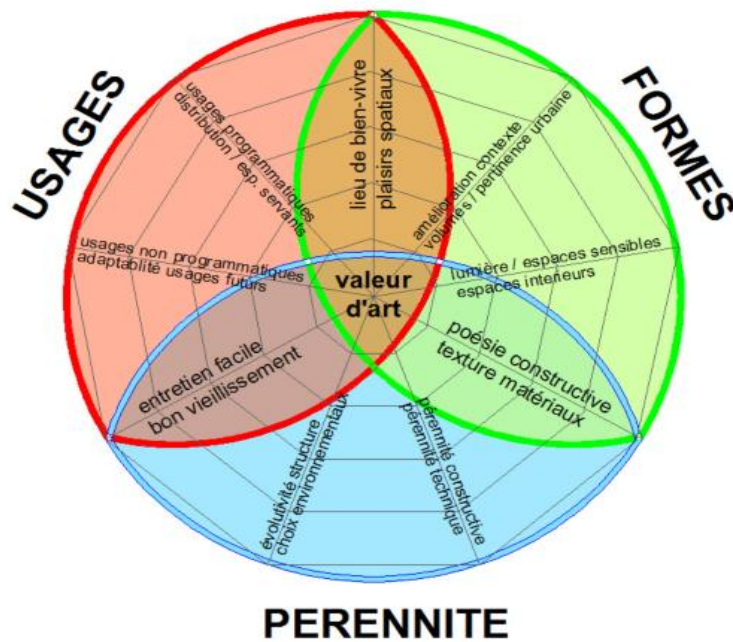


Figure 52: le concept DQI développé par Dehan 2016

L'auteur propose un diagramme radar pour analyser les textes théoriques et interroger les acteurs et le public sur la réception de l'art. Le diagramme est divisé en neuf termes doubles, qui peuvent être réarrangés en facteurs opérationnels. Les valeurs croissantes vont au centre, concentrant la valeur de l'art. Le diagramme souligne également les convergences entre les usages et les formes, qui sont des endroits où vivre bien et les plaisirs spatiaux, les formes et la pérennité, ce qui est de la poésie constructive et de la qualité des textures et des matériaux, et l'usage et la pérennité qui sont faciles à entretenir. Dehan propose de tester ces nouvelles formulations au cours de ce semestre, permettant un dialogue entre experts et non-spécialistes. Le régime ne supprimera pas la boîte noire, mais encouragera le dialogue entre experts et non-spécialistes.

VI. La qualité selon Dominique Boudin :

1.L'implication de la direction :

Il est essentiel de convaincre la direction de la nécessité d'une réforme interne. L'organisation doit établir une politique de qualité comprenant des objectifs clairs, des plans d'action et l'affectation de personnes et de ressources techniques appropriées. Ces décisions devraient être alignées avec la stratégie globale de l'organisation et être informées par les commentaires des clients.

2.L'association étroite de l'encadrement au projet :

Le leader a un rôle important dans la croissance et les conséquences de leurs membres de l'équipe.

3.Implication de personnel :

Les membres de l'équipe possèdent une expertise sur le sujet et ont une compréhension claire de l'efficacité des solutions sélectionnées et de leur détermination à les exécuter.

4.Des améliorations progressives :

La mise en œuvre des améliorations doit se faire progressivement et de manière séquentielle. La capacité du personnel à assimiler ces changements est vitale, car toutes les modifications sont expérimentales et peuvent entraîner d'autres changements. (Boudin, 2001)

5.Le facteur clé : La communication

Une communication efficace est essentielle dans une stratégie globale, puisque la direction doit traiter des informations verticales et horizontales provenant de tous les niveaux de la hiérarchie et des services. L'impact de la qualité est universel, et ce n'est pas seulement le devoir d'un individu, mais plutôt l'affaire de tous. La difficulté est de communiquer efficacement afin d'inspirer les travailleurs et d'établir un climat de confiance et de respect mutuel. (Boudin, 2001)

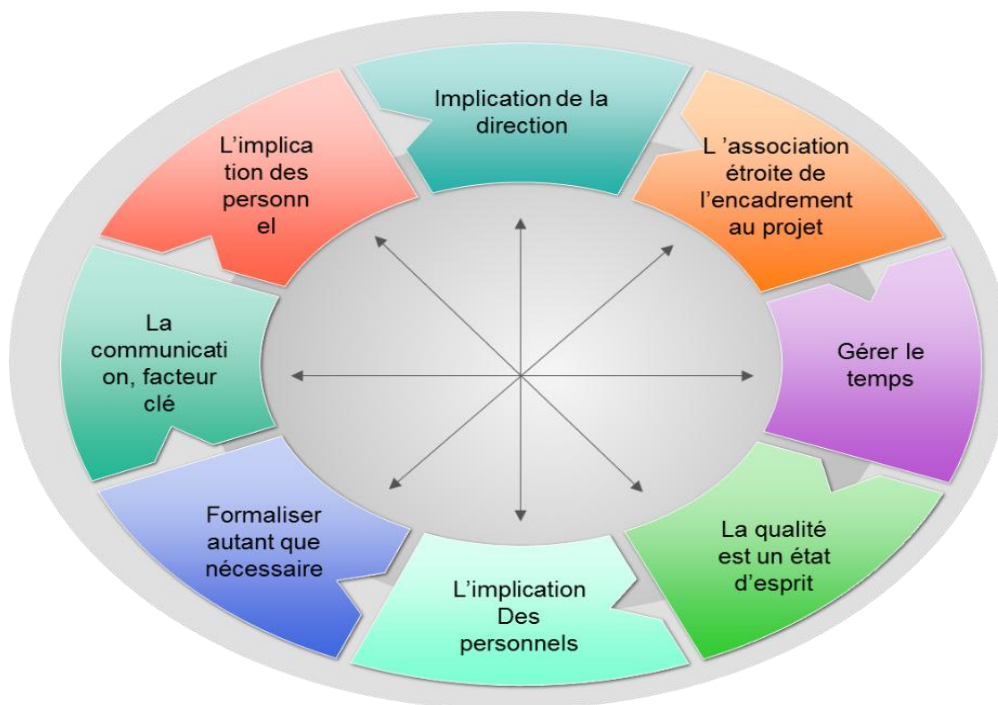


Figure 53: les acteurs de la qualité selon Dominique

VII. Les critères de qualité selon les méthodes d'évaluation DQI et AHP

L'indicateur de qualité de la conception est une technique utilisée pour évaluer la qualité de la conception architecturale. Le Conseil de l'industrie de la construction a été le fer de lance de la création de l'IQD, avec le soutien financier du DTI, du CABE et de Repenser Construction. Cet outil est destiné aux personnes impliquées dans la construction, la conception, la planification, la fabrication et l'administration de l'environnement bâti, y compris les utilisateurs, les visiteurs et les praticiens. L'IQD est un instrument spécialisé qui évalue et quantifie la valeur dérivée de la structure achevée. (Hassanain, Daghistani and Sanni-Anibire, 2022) Il s'agit d'une ressource distinctive pour toute personne engagée dans la création et l'utilisation de bâtiments ayant une valeur de conception supérieure. Il a été créé pour améliorer la gamme actuelle de mesures de performance utilisées dans "Repenser la construction", en se concentrant spécifiquement sur les indicateurs de performance clés qui évaluent le processus de livraison de la construction. (Laroui, 2017a)

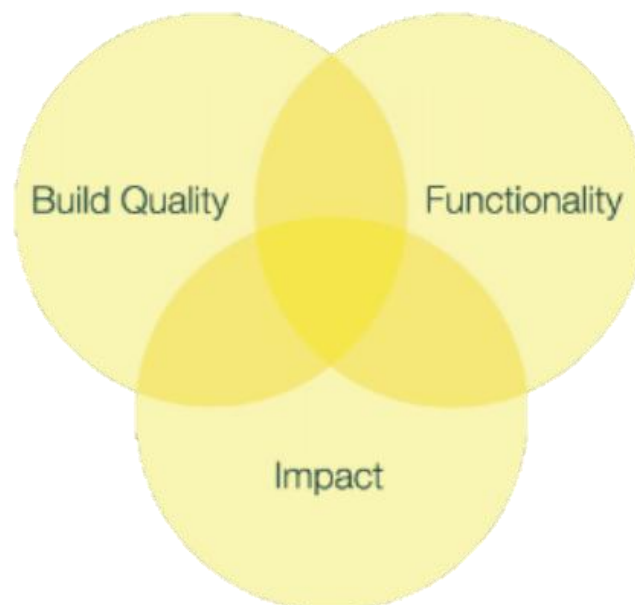


Figure 54: le modèle DQI

1. Le but du DQI

Les équipes de projet, les clients et les promoteurs utilisent tous le DQI à différents moments pour clarifier leurs objectifs en matière de qualité de conception du bâtiment et pour prendre en compte des facteurs critiques tels que le budget et le calendrier. Ces éléments sont ensuite contrôlés dès le début du processus, tout au long de la construction et de l'utilisation du bâtiment, afin de s'assurer que les normes de qualité sont respectées, voire dépassées. L'utilisation de cet outil présente plusieurs avantages : (Gann, Salter and Whyte, 2003)

Dès le départ, le DQI aide le client à comprendre ses besoins et met en place un système de prise en compte de la qualité des produits. Il crée le cahier des charges, établit des normes, aide à comprendre les compromis entre les options et informe les décisions des consommateurs et des utilisateurs tout en améliorant la connaissance de l'importance de la conception de bâtiments de qualité.

L'IQD peut être utilisé dès la phase de conception pour améliorer l'orientation, la qualité et la valeur de la conception ; En facilitant les discussions individuelles et globales sur la qualité et en fournissant un cadre pour l'évaluation des différents plans possibles,

Tout au long de la phase de construction, l'outil permet à tous les membres de l'équipe de comparer et d'intégrer leur compréhension du projet et de ses objectifs. Cela garantit que tout le monde est sur la même page et que leurs objectifs sont atteints. Une fois qu'un bâtiment est terminé et occupé, les professionnels de la construction, les utilisateurs du bâtiment, les visiteurs, les représentants des clients et les passants peuvent utiliser le DQI pour évaluer leurs impressions sur le bâtiment. Cela peut aider à informer les projets et à améliorer la compréhension.

Le DQI vise à servir de comparateur et d'indicateur, permettant aux répondants de comparer et de contraster leurs résultats, tout en améliorant la qualité des projets par rapport les uns aux autres. (Gann, Salter and Whyte, 2003)



Figure 55: Les facteurs et les critères du DQI

VIII. La qualité architecturale selon Jean Ginsberg :

L'œuvre architecturale de Jean Ginsberg a été influencée par le mouvement d'avant-garde, avec un accent particulier sur les programmes innovants et leur adaptation à la vie des utilisateurs. Son travail se concentre sur l'ambition architecturale, l'excellence de la construction, la cohérence entre les différentes tailles de bâtiments et la pertinence des environnements urbains. Chez Ginsberg, la qualité est un principe directeur qui englobe à la fois les processus de conception et de construction. Il s'agit de trouver un équilibre harmonieux entre les exigences de la construction, l'utilité à long terme qui convient à différents styles de vie, et un attrait visuel convaincant. Les créations de l'artiste se distinguent par leurs aspirations architecturales affirmées, leurs proportions uniformes et leur pertinence pour les environnements urbains, mettant en évidence l'importance de l'excellence dans le domaine de l'architecture. (Dehan, 2017)

IX. Évaluation de la qualité architecturale d'une œuvre, un équipement ou d'un bâtiment :

Pour vraiment évaluer la qualité architecturale d'une œuvre ou d'un bâtiment, de nombreux éléments doivent être pris en considération. Pour atteindre un niveau élevé d'excellence architecturale, le travail doit trouver un équilibre entre de nombreux facteurs distincts : • Signification symbolique : l'œuvre doit avoir une valeur symbole qui résonne avec le public, y compris une importance religieuse, culturelle, historique et spirituelle.

- Facteur d'usabilité : le travail doit inclure et aborder la fonctionnalité efficace et le confort de l'utilisateur, y compris de nombreux aspects du confort tels que l'odeur, la vue, le son et la température.

- Facteur technique : l'ouvrage ou la construction doit utiliser des avancées techniques et technologiques modernes.

- Considération économique : la tâche doit satisfaire à la fois aux exigences en matière de qualité et de prix.

- Critère esthétique : l'œuvre d'art doit susciter le plaisir et le plaisir du public. Déclencher une émotion et un sentiment favorables chez les individus. Un effort louable.

- Facteur d'intégration : l'incorporation de l'œuvre architecturale dans son site déclenche une conversation entre le contenu du travail et son environnement.

- Facteur environnemental : Pour assurer la durabilité des structures architecturales, il faut prendre en considération les environnements naturels et architecturaux, choisir les matériaux de construction ayant un impact minimal sur l'environnement, minimiser l'utilisation des ressources naturelles et réduire la consommation d'énergie. (Abdelhakim, 2019)
- Facteur historique : L'œuvre architecturale doit démontrer un lien avec l'époque et l'emplacement spécifique dans lequel elle est située, y compris les caractéristiques de l'architecture locale, de la conception, l'organisation spatiale et le traitement.
- Aspect artistique : reconnaissant que l'architecture est avant tout un art, les compétences techniques sont utilisées pour mettre le concept en pratique.
- Selon Kevin Lynch (1971), la lisibilité d'une ville se réfère à la facilité avec laquelle ses quartiers, sites touristiques ou sentiers peuvent être reconnus et intégrés dans un modèle cohérent. La lisibilité, dans ce contexte, concerne la clarté des nombreux composants qui constituent une ville ou un environnement urbain. Plus facilement reconnaissable, facilement discernable en termes de caractéristiques distinctes, de traits et de détails.

Lieu d'intérêt : Afin de se qualifier en tant que point de repère ou de devenir désorienté dans la ville, la structure architecturale doit établir clairement son existence à certains période et emplacement.

- Identité et caractère d'une structure : Chaque création architecturale ou emplacement a sa propre identité distincte, y compris son contexte historique, sa structure physique, la forme, la disposition, l'orientation, et les matériaux utilisés dans sa construction, qui contribuent tous à sa singularité.

Lorsqu'on passe de la théorie de la qualité architecturale à son évaluation en utilisant des références, nous pouvons définir 25 critères pour évaluer la qualité architecturale de manière plus précise et systématique.

En appliquant la théorie de la qualité architecturale à l'évaluation de nos projets, nous avons identifié un ensemble de 25 critères clés pour évaluer et mesurer la qualité de notre architecture. Ces critères reposent sur des références et des recherches préalablement effectuées dans ce domaine citons ; (NELSON Charles, 2006) (Gann, Salter and Whyte, 2003) (Abdelhakim, 2019) (Yacine, 2017) (Dehan, 2017) (Boudin, 2001) (Laroui, 2017a) (Suratkon and Jusoh, 2015) (Assassi Abdelhalim, 2006) (Das, 2022) (Elshafei, Katunsk and Zele, 2022) (Eryürük,

Kürüm Varolgüneş and Varolgüneş, 2022) (Tian *et al.*, 2022) (Giel and Issa, 2016) (Reeves, Olbina and Issa, 2015) (Harputlugil *et al.*, 2014)

Ce qui nous permet d'analyser en profondeur chaque aspect de nos conceptions. Cette approche nous aide à nous assurer que nos projets respectent les normes les plus élevées en matière de qualité architecturale. Nous sommes ainsi en mesure de fournir des espaces à la fois fonctionnels et esthétiquement plaisants, tout en prenant en compte des considérations telles que la durabilité, l'efficacité énergétique et l'impact environnemental.

X. Les critères d'évaluation de la qualité

1.La qualité du rendu :

Cet outil facilite la description d'un projet architectural en permettant une évaluation précise des complexités du projet, y compris le degré de détail dans l'information 2D et la géométrie 3D. (Volarik *et al.*, 2022)

2.La communication :

La communication entre les architectes, les ingénieurs et les autres acteurs d'un projet est essentielle pour garantir son succès. Encourager une culture de collaboration grâce à l'adoption de technologies modernes, telles que le BIM (Building Information Modeling), peut significativement améliorer la collaboration et la coordination entre les différents intervenants du projet. (Chaabi, 2017b)

3.L'intégration :

L'intégration dans l'architecture concerne la façon dont les bâtiments et les structures atteignent une relation harmonieuse avec leur environnement naturel et urbain, ainsi qu'avec les exigences et les inclinations des utilisateurs. Ce concept intègre plusieurs éléments cruciaux ; il peut être contextuellement intégré sans souci dans son environnement physique. L'intégration environnementale englobe le processus de création de structures qui s'alignent sur une stratégie globale de développement urbain durable. (Mazouz, 2014)

4.La logique entre la structure et l'espace :

Une partie essentielle de l'ingénierie et de la conception architecturale est la connexion entre l'espace d'un projet et sa structure. La conception et l'intégration de la structure dans l'environnement d'une certaine manière peuvent influencer grandement sur l'utilité, l'esthétique, la longévité et la sécurité du projet. La façon dont les individus naviguent dans la pièce peut être affectée par cela. Lorsque la flexibilité des mouvements est requise, la disposition structurelle

d'un bâtiment peut délimiter les zones. La relation entre la structure et l'espace est déterminée par les objectifs du projet, les limites du site, les règlements du bâtiment et les choix esthétiques du concepteur. Une coopération efficace entre architectes, ingénieurs et autres experts est souvent nécessaire pour élaborer une solution approfondie qui tient constamment compte de ces préoccupations. (Martinez, 2015)

5.Coefficient de forme :

Un bâtiment de petite taille est plus efficace, comme le montre le rapport entre la surface et le volume (S/V) par rapport à la capacité de chauffage. Un rapport plus élevé indique un plus grand nombre de surfaces dégradables et moins de pertes causées par les parois. La forme optimale d'une structure est une sphère, car elle présente le rapport volume/surface le plus faible, ce qui se traduit par des pertes minimales. (Courgey and Oliva, 2006)

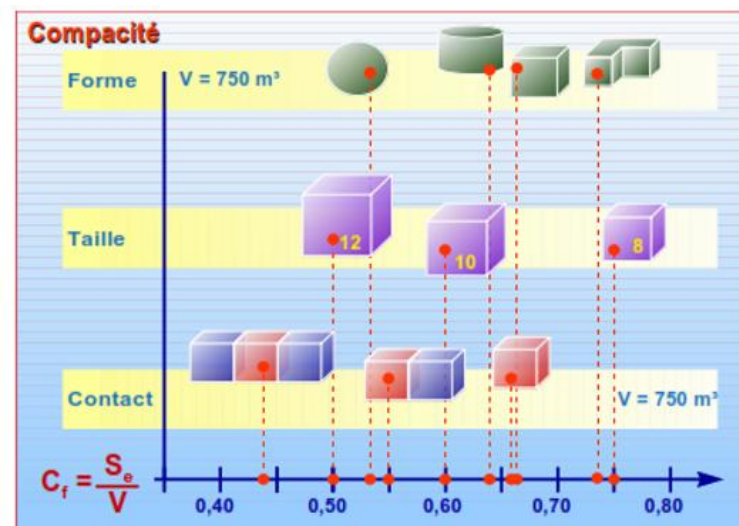


Figure 56: le Coeff de forme source :(Liébard and De Herde, 2005)

6.Ombrage mutuel :

Les bâtiments ont la capacité d'avoir un impact à la fois favorable et défavorable sur l'environnement. D'une part, ils peuvent offrir une protection contre le soleil, le vent et la chaleur. D'autre part, ils peuvent également contribuer à une conception bioclimatique durable en maximisant ces avantages.

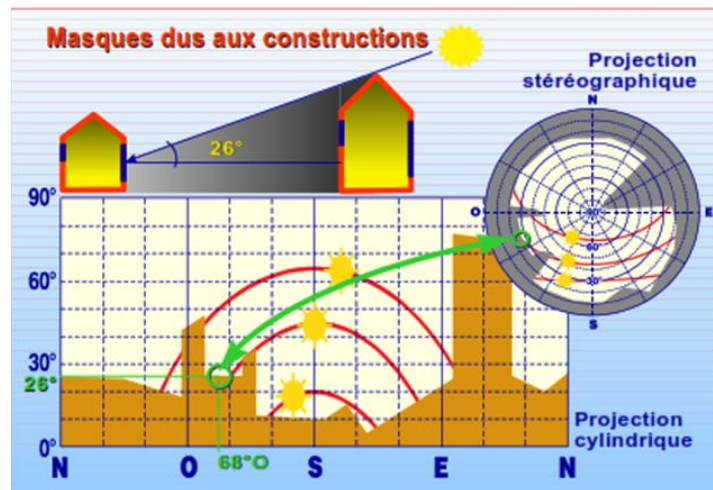


Figure 57: le masque solaire source (Liébard and De Herde, 2005)

Évaluer l'influence des structures adjacentes sur la tactique solaire à l'aide de la simulation d'ombres : les bâtiments voisins peuvent entraver l'exposition du nouveau bâtiment à la lumière naturelle ou voir leur propre accès à la lumière obstrué par l'emplacement du nouveau bâtiment.

7.L'orientation :

L'orientation des équipements ou des bâtiments doit être déterminée par leur utilisation prévue. Chaque zone à l'intérieur d'eux doit être orientée d'une manière qui optimise son objectif spécifique. Par exemple, positionner un espace vers le sud permet d'utiliser au maximum la lumière du soleil lorsque cela est nécessaire. (Latreche Sihem, 2019)

L'alignement d'une structure facilitera la maximisation de certaines techniques d'efficacité énergétique passive :

L'accès à la lumière naturelle permet de réduire l'utilisation de l'éclairage artificiel et la rétention de la chaleur solaire dans une masse thermique. Les solutions solaires passives comprennent la gestion de l'intensité de la lumière du soleil et de la chaleur pour prévenir la luminosité excessive et le réchauffement dans les zones, ce qui augmenterait le besoin de climatisation.

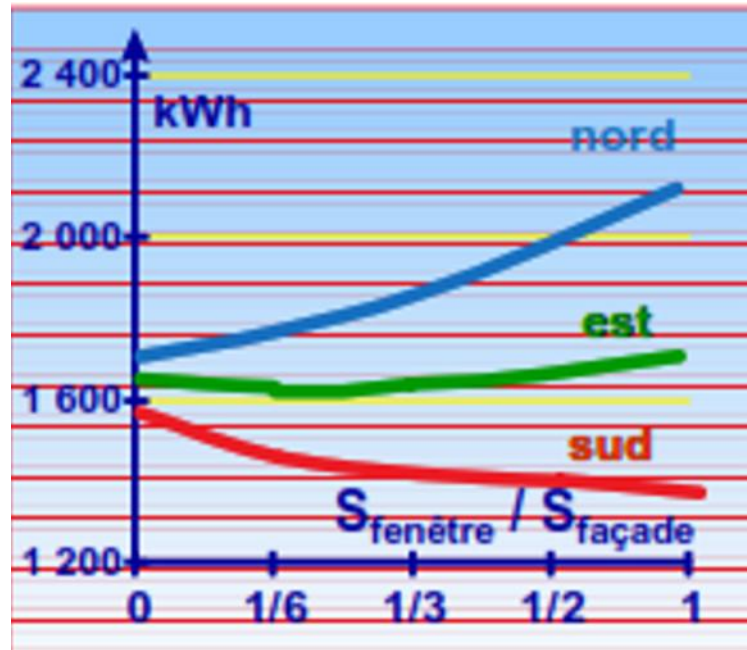


Figure 58: L'orientation optimale et les gains solaires pour chaque orientation (Liébard and De Herde, 2005)

8. Le zoning thermique ;

Cloisonner les espaces à des orientations différentes permet de créer une ambiance thermique différente. (Courgey and Oliva, 2006)

9. L'accessibilité :

La facilité d'accès et d'utilisation du bâtiment par toutes les personnes, y compris les personnes handicapées. (Laouar *et al.*, 2017)

10. Le Fonctionnement du projet :

La capacité du bâtiment à répondre efficacement aux besoins et aux objectifs de ses habitants, qu'il s'agisse de logements, de bureaux ou d'espaces collectifs.

11. Le facteur de lumière de jour :

Dans les conditions d'éclairage naturel, la nécessité d'un éclairage peut être quantifiée comme le "facteur de lumière de jour" (FLJ).

Le facteur en question est la proportion de l'éclairage intérieur naturel obtenu à un certain emplacement (souvent le plan de travail ou le niveau du soleil) par rapport à l'éclairage extérieur concomitant sur une surface plate, en supposant des conditions idéales avec un ciel sans nuages. La valeur est indiquée en pourcentage.

Dans des conditions de ciel nuageux, telles que définies par la Commission internationale de l'éclairage, les valeurs du facteur de lumière du jour demeurent constantes indépendamment de l'orientation des pare-brise, de la saison ou du moment de la journée.

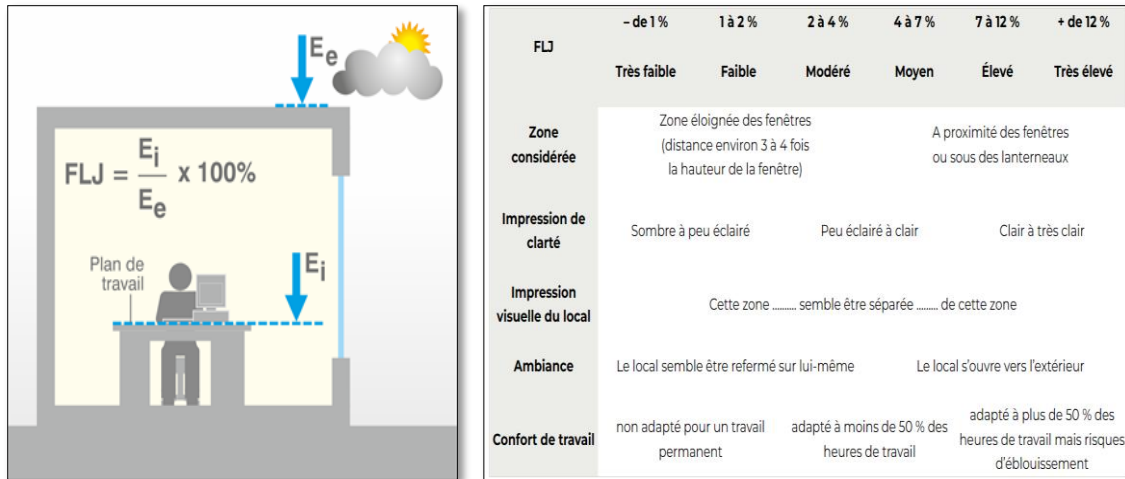


Figure 59: Règlementation pour le facteur de la lumière du jour (Samuel courgey et jean pierre oliva, 2006)

12. La protection solaire :

On appelle protection solaire tout corps empêchant le rayonnement solaire d'atteindre une surface quand souhaite ne pas voir ensoleillé

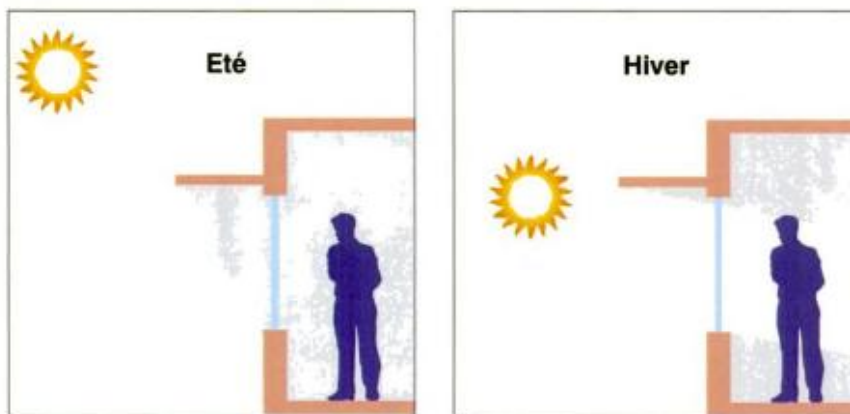


Figure 60: Le principe de la protection solaire source : (Samuel courgey et jean pierre oliva, 2006)

La mise en place d'une protection solaire efficace peut éviter le recours à la climatisation ou en réduire l'utilisation, ce qui se traduit par des économies d'énergie significatives et un impact positif sur l'environnement. La mise en place d'une protection solaire extérieure réglable est

efficace sur les côtes est et ouest. Le côté nord n'a pas besoin de protection solaire, tandis qu'une avancée horizontale est nécessaire pour le côté sud.

L'installation d'une protection solaire extérieure réglable peut jouer un rôle crucial dans la réduction de l'utilisation de la climatisation, particulièrement sur les côtes est et ouest. Cette mesure permet non seulement de réaliser des économies d'énergie significatives, mais aussi d'exercer un impact positif sur l'environnement. Alors que le côté nord d'un bâtiment ne nécessite généralement pas de protection solaire, il est essentiel de prévoir une avancée horizontale pour le côté sud afin d'optimiser l'efficacité de la protection solaire (Latreche Sihem, 2019)

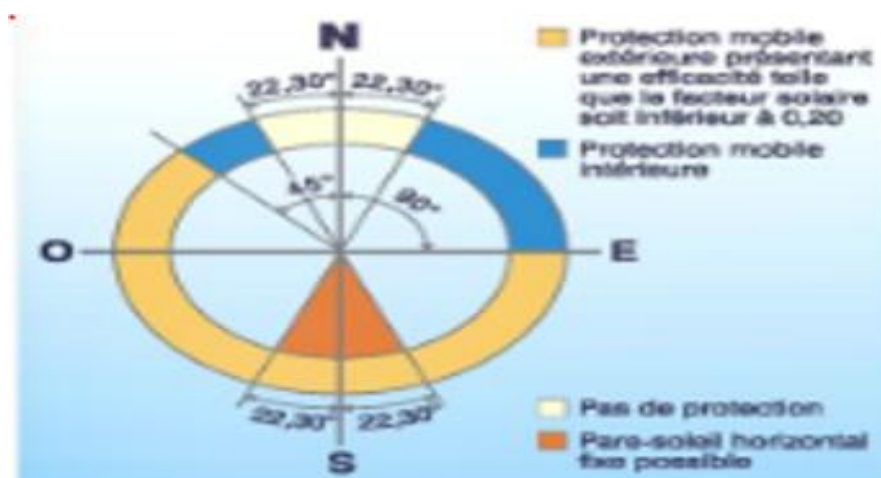


Figure 61: recommandations pour la protection solaire optimale pour chaque orientation de bâtiment (Liébard and De Herde, 2005)

13. Isolation thermique/inertie :

La capacité des sols et des murs d'un bâtiment à stocker la chaleur détermine son inertie. En réponse aux changements de température extérieure, les matériaux d'une maison ou d'un bâtiment se réchauffent et se refroidissent plus lentement que leur inertie est plus élevée.

Une partie de l'énergie émise lorsque la lumière du soleil frappe un mur opaque est absorbée. Il reflète le reste. Le changement de phase est la propagation de la transmission de chaleur de l'extérieur à l'intérieur pendant un certain temps. (Courgey and Oliva, 2006)

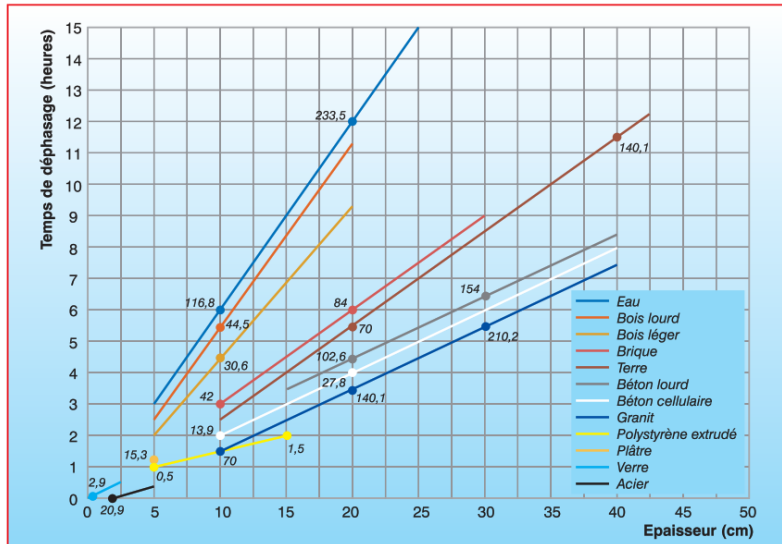


Figure 62: l'inertie thermique(Latreche Sihem, 2019)

14.Le captage solaire (panneaux solaires) :

La capture des panneaux solaires fait référence à l'utilisation de l'énergie solaire reçue directement par les panneaux pour la transformer en énergie utilisable par les bâtiments ou les équipements. Les panneaux photovoltaïques, les chauffe-eau solaires et d'autres technologies similaires sont couramment utilisés. (AZOUZ, 2012)

15.Typologie de toiture :

La typologie du toit dans l'architecture concerne les nombreux types et formes de toits utilisés dans la conception de bâtiments. Chaque style de toit a des attributs uniques qui peuvent influencer sur l'attrait visuel, la fonctionnalité et l'efficacité énergétique d'une structure.

Chaque type de toiture a ses avantages et inconvénients, et le choix dépendra souvent du climat, du style architectural, des contraintes budgétaires et des préférences personnelles. Les toitures jouent un rôle crucial dans la protection contre les éléments, l'isolation thermique et acoustique, et peuvent même contribuer à la gestion durable de l'énergie et de l'eau. (Zune *et al.*, 2020)

16.La logique entre la structure et la forme ;

La relation entre la structure et la forme dans un projet architectural est un sujet central dans la conception et l'analyse architecturale. Cette relation est complexe et multifacette, reflétant la manière dont les aspects physiques, fonctionnels et esthétiques d'un bâtiment interagissent et se soutiennent mutuellement. (Andrew W Charleson, 2005)

Pierre von Meiss, dans son ouvrage 'De la Forme au Lieu', explore en profondeur la relation entre la structure et la forme en architecture. Sa vision est particulièrement centrée autour de

quatre concepts clés : la structure exaltée, la structure soumise, la structure falsifiée, et la structure comme image. Ces concepts illustrent les diverses manières dont la structure et la forme peuvent interagir et se compléter dans un projet architectural. La relation entre la structure et la forme est présentée comme un dialogue dynamique, dans lequel chaque aspect peut adopter différents rôles selon le contexte et les intentions du concepteur."

Cette version reformulée apporte une clarté supplémentaire et met l'accent sur la nature dynamique et contextuelle de la relation entre structure et forme, conformément à la pensée de von Meiss. (Pierre von Meiss, 2012)

17.La détection de clash :

La détection des collisions, également connue sous le nom de détection des conflits, consiste à comparer deux représentations d'une structure afin de déterminer les variations ou les collisions entre elles. Ces deux représentations peuvent avoir des formes distinctes, telles que des modèles numériques BIM ou des nuages de points, et provenir de différents participants au projet, reflétant des dates distinctes. Par exemple, une procédure de détection des conflits permet d'identifier si deux éléments (tels que des réseaux ou des cloisons) à l'intérieur d'un bâtiment se croisent d'une manière inadaptée ou imprévue. Il existe deux catégories principales de conflits qui surviennent lors de la construction de la géométrie :

Les "conflits mineurs" se réfèrent à l'absence d'espace suffisant autour des équipements, ce qui entrave leur fonctionnement ou leur maintenance. Les désaccords découlent principalement de défauts de conception. (Savitri, Juliastuti and Pramudya, 2020)

Collision : Le fait que deux éléments distincts occupent le même emplacement physique, ce qui entraîne une interférence entre ces deux éléments. En analysant deux plans architecturaux, les experts peuvent découvrir et effectuer les ajustements nécessaires en corrigeant les divergences entre les objectifs visés et les résultats réels.

18.Les joints :

La présence des multiples types de joints (dilatation, retrait, rupture et construction) remplit des fonctions différentes. Ils assurent la solidité et la durabilité des édifices. (Andrew W Charleson, 2005)

19.La mise en place de la structure du projet :

La structure en tant qu'élément architectural indispensable qui est entièrement intégrée et impliquée dans la réalisation de l'architecture (Andrew W Charleson, 2005)

20. Le zoning climatique

Le zoning climatique dans la conception architecturale est une approche qui consiste à tenir compte des conditions climatiques spécifiques d'une région ou d'un site lors de la conception des bâtiments. Cette approche vise à maximiser le confort des occupants, à améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments et à minimiser l'impact environnemental en utilisant des stratégies architecturales adaptées aux caractéristiques climatiques locales. (Samuel Courgey et Jean Pierre Oliva, 2006)

XI. Conclusion

L'objectif de ce chapitre est de démontrer le rôle crucial de la qualité architecturale dans la création de structures qui répondent aux exigences des utilisateurs finaux et améliorent la qualité globale de l'environnement bâti dans lequel nous vivons. Nous utilisons les critères d'évaluation établis dans ce chapitre pour analyser la composante pratique de l'étude.

Souligner l'importance de la coopération entre les parties prenantes du projet et son impact sur l'amélioration de la collaboration par le biais du test du processus BIM

Chapitre 05

Le Modèle D'analyse

I. Introduction :

Le modèle d'analyse sera constitué d'une modélisation du processus de conception sur terrain à travers un exercice proposé aux étudiants architectes (annexe 01). En vue de caractériser l'apport des éléments BIM sur la qualité de la conception.

Le modèle expérimental a été réalisé au département d'architecture de la faculté d'architecture de l'université Larbi Ben Mhidi d'Oum El Bouaghi.

Durant cette expérience ont été confrontées des logiques de travail différentes avec l'utilisation de plusieurs logiciels de CAO et de DAO comme AutoCAD® ou ArchiCAD® avec l'assistance ou non d'experts.

Les résultats de l'expérience permettront de caractériser le rôle des BIM et de l'expertise transmise et permise par ces derniers dans l'amélioration de la qualité en conception architecturale.

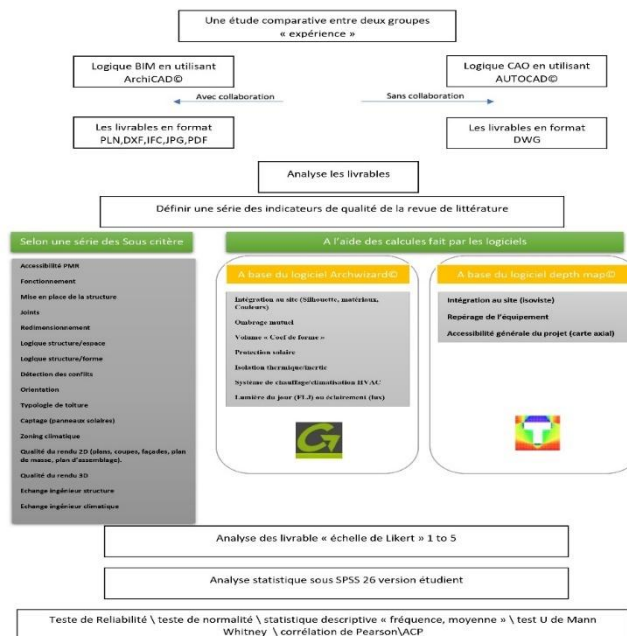


Figure 63: le modèle d'analyse suivi pour ce travail source : auteurs

II. Description du modèle du travail pratique :

1. Le profil des étudiants :

Le nombre total de 60 étudiants a été choisi en fonction de la force de l'échantillon calculée par le logiciel GPower 3.1. Les résultats montrent que, pour obtenir un échantillon efficace, il était nécessaire d'avoir 29 étudiants par groupe. Cependant, nous avons décidé d'inclure 30 étudiants dans chaque groupe. La figure suivante illustre ces résultats.

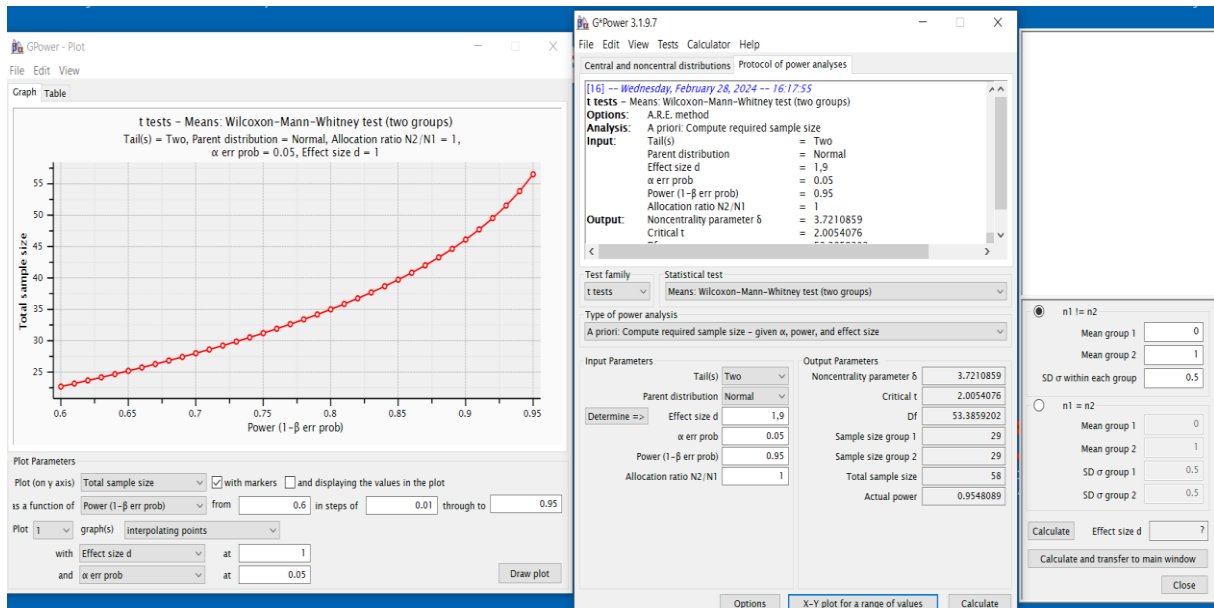


Figure 64: puissance statistique pour les tests choisie sous le logiciel Gpower source : capture par auteurs 2022

Ces participants sont des étudiants de la faculté d'architecture, répartis comme suit :

Tableau 3: liste des étudiants participants a l'expérience faite par auteurs

1^{er} master architecture	2e année master en architecture et durabilité architecturale	2e année master en architecture et conduite de projet
25	22	13

D'après les résultats, le groupe qui utilisera le logiciel ARCHICAD nécessitera une formation supplémentaire sur cette plateforme. En outre, il sera essentiel d'aborder tout ce qui concerne le BIM (Building Information Modeling) et la collaboration avec d'autres logiciels pour faciliter le travail et garantir la réussite de l'expérience.

2. Le déroulement de la formation :

Avant de détailler le modèle d'analyse, nous avons mené une enquête auprès des participants concernant les logiciels qu'ils utilisent. Nous avons identifié trois logiciels principaux : AutoCAD, ArchiCAD et Revit. Il est apparu qu'un seul participant maîtrisait Revit, tandis que les autres utilisaient soit AutoCAD, soit ArchiCAD. C'est pour cette raison que nous avons organisé une formation sur le BIM et ArchiCAD, afin de garantir le bon déroulement de l'expérience. »

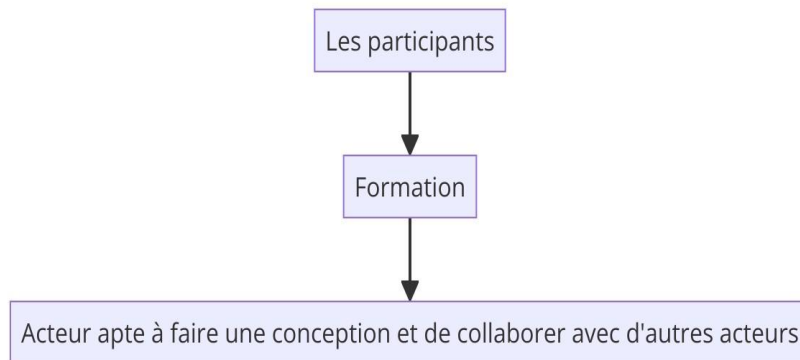


Figure 65 :Le déroulement de la formation



Figure 66 :la 1re journée de la formation

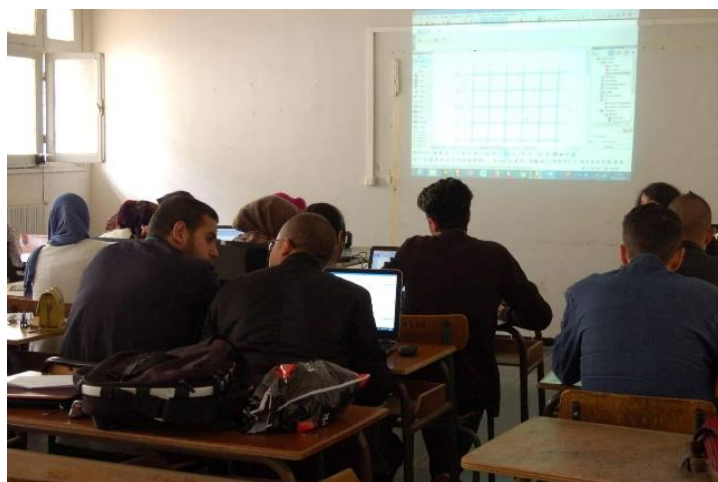


Figure 67 :le 2e jour de la formation

La formation déroulera au bloc A du département d'architecture de l'université Larbi Ben Mhidi d'Oum El Bouaghi

Tableau 4: Le programme des journées de la formation faite par auteurs

La 1 ^{re} journée	La 2e journée	La 3e journée	La 4e journée
Initiation à l'objectif Démarrer la formation sur la modélisation sur ArchiCAD : <ul style="list-style-type: none"> • Interface logiciel • Réglages unités • Préréglage des murs • Préréglage des stylos • L'orientation • La définition de projet 	Contenu de la formation : Sur ArchiCAD 2D <ul style="list-style-type: none"> • La 3e dimension • Modification • Navigation • Comprendre l'outil zone • Analyse solaire • Calcule U 	Initiation au BIM <ul style="list-style-type: none"> • Travaillez avec le format IFC • Exporter le modèle 3d complet • Exporter la structure et le re-intégrer au logiciel Se préparer à exporter le modèle vers le viewer BIMX	<ul style="list-style-type: none"> • Travailler avec une plateforme collaborative l'exemple de la plateforme algérienne NEBNIBIM • Application sur les échanges avec les consultants

3. Le déroulement de l'opération :

- **Le lieu de l'opération :**

Le département d'architecture de l'université Larbi Ben Mhidi d'Oum El Bouaghi

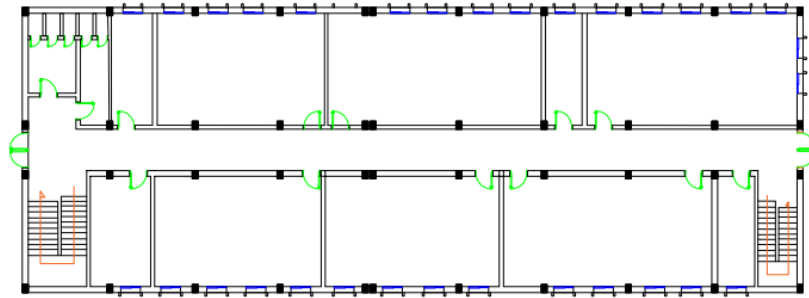


Figure 68: un plan autoCAD montre le lieu de l'opération (bloc A au 1er l'étage département d'architecture université Larbi Ben Mhidi)

Chaque groupe se compose de 30 participants, répartis dans quatre salles. Les deux salles dédiées au groupe AutoCAD© fonctionnent de manière indépendante, sans aucun contact entre elles. En revanche, le groupe ArchiCAD© requiert une interaction réseau avec les consultants.

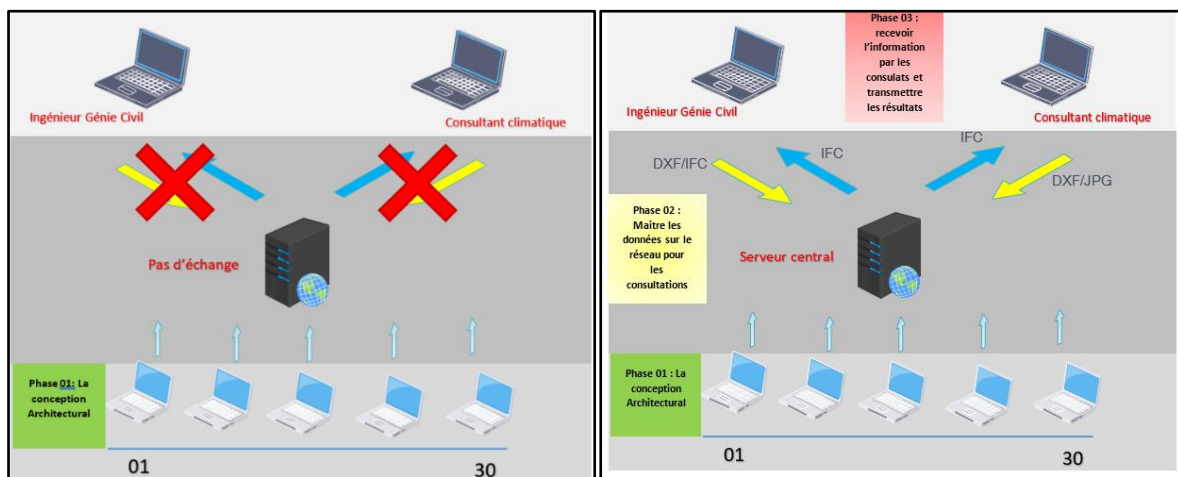


Figure 69: la méthode du travail des deux groupes, à gauche, le groupe AutoCAD© et à droite le groupe ArchiCAD©

a) **Les moyens humains :**

Soixante étudiants sont divisés en quatre salles, avec deux salles attribuées aux étudiants utilisant ARCHICAD et les deux autres dédiées aux étudiants employant AUTOCAD. Trois ingénieurs en génie civil. En plus, l'équipe comprend deux consultants spécialisés en climatique ainsi que deux techniciens réseau. Voir (annexe 02)



Figure 70: une salle réservée au groupe d'AutoCAD



Figure 71: la salle réservée aux ingénieurs et consultant climatique



Figure 72: la salle réservée au groupe D'ArchiCAD

b) Les moyens matériels :

Chaque étudiant doit disposer d'un ordinateur personnel qui sera connecté au réseau afin de faciliter l'échange d'informations avec les ingénieurs et les consultants. De plus, deux ordinateurs seront spécifiquement alloués à l'établissement de serveurs. Cinq autres ordinateurs

seront répartis entre les ingénieurs (trois ordinateurs) et les consultants (deux ordinateurs). Enfin, un switch wifi capable de gérer jusqu'à 100 connexions sera mis en place.

4. Le déroulement :

Les consultants dans une salle sans contact visuel avec les étudiants connectés à la plateforme Attendent les demandes des étudiants pour une consultation structurelle ou climatique.

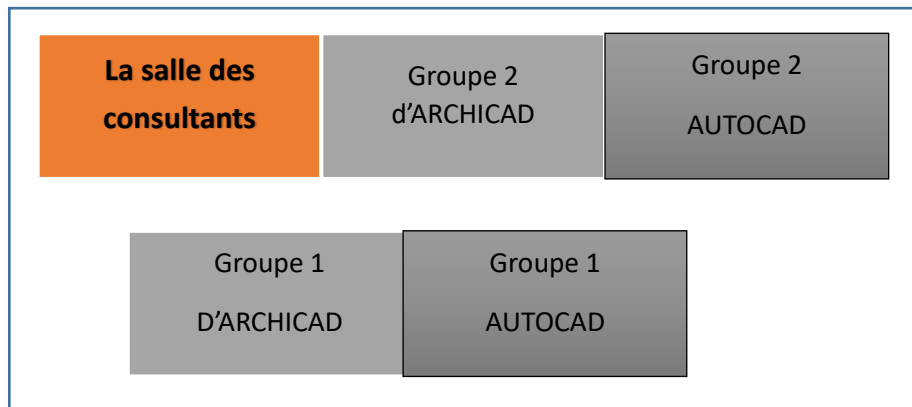


Figure 73: la place de salle des consultants au sein du bloc fait par auteurs



Figure 74 :Photo de la salle des consultants prise le 07/07/2019 lors de l'expérience source : photo prise par auteurs

Le groupe collaboratif (groupe ARCHICAD) qui interagit avec les consultants via le réseau a vu l'emplacement de ses salles déterminé en fonction de celle des consultants. Cette organisation, où trois salles sont connectées par un réseau, favorise les échanges entre les différents intervenants, à savoir les étudiants, les ingénieurs en génie civil, et les consultants en climatologie. donc la distance c'est un paramètre primordial pour le fonctionnement du réseau.

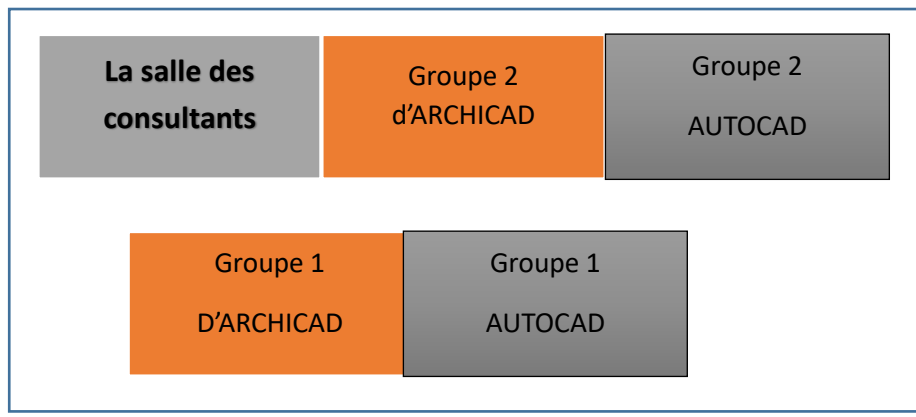


Figure 75. La place de salle des consultants au sein du bloc fait par l'auteur

III. Les logiciels utilisés dans le travail :

Dans le cadre de notre travail de thèse, nous avons utilisé les logiciels suivants :

- Archiwizard© pour effectuer des calculs énergétiques .
- Depthmap© pour réaliser des analyses d'accessibilité et d'intégration. Le premier logiciel dispose d'une version étudiante (annexe 03), tandis que le deuxième est un logiciel open source.
- Le robot structural analysis©, un logiciel d'ingénierie permettant aux ingénieurs et aux architectes de vérifier les performances structurelles des bâtiments.

1. Le protocole du travail avec le logiciel ARCHIWIZARD :

L'Archiwizard© se spécialise dans les calculs énergétiques pour les projets de construction. Il est un produit de GRAITEC et fonctionne en utilisant la logique BIM. Ce logiciel est choisi pour sa compatibilité avec les principes BIM.

Une fois que l'utilisateur choisit de se soumettre à une consultation énergétique, il soumet son modèle IFC au consultant climatique qui utilise ce programme. Le modèle est situé sur la plateforme collaborative. Ce dernier a récemment été téléchargé de la plateforme sous la forme d'IFC et au format PDF, ainsi qu'au format JPEG.

Le groupe qui a utilisé la logique collaborative BIM a fourni les résultats de l'analyse du FLJ (facteur de lumière du jour) ainsi que les fichiers livrables à la fin de l'expérience, soit par les participants, soit sur la plateforme. D'autre part, l'auteur a effectué environ trente simulations FLJ pour évaluer la distinction entre les deux logiques pour le groupe de logique CAO.

a) Les étapes à suivre :

1. **L'importation du fichier climatique** : il est obligé de l'importer sous forme du dossier (OEB.epw) dans un dossier puis l'importer dans le logiciel comme elle montre la figure. Ces données climatiques nous ont été obtenues de la source officielle Métronome. (Annexe 04)

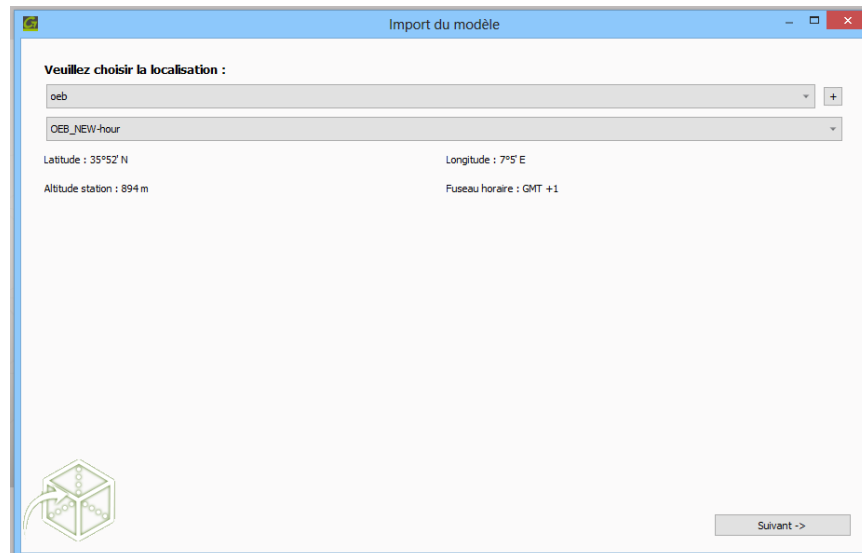


Figure 76: L'importation du fichier climatique de la région d'étude source : auteurs 2021

2. La vérification du modèle :

Elle sert à vérifier si le modèle présente une zone ou un ensemble des zones où il est ouvert dans impossible de lancer l'analyse

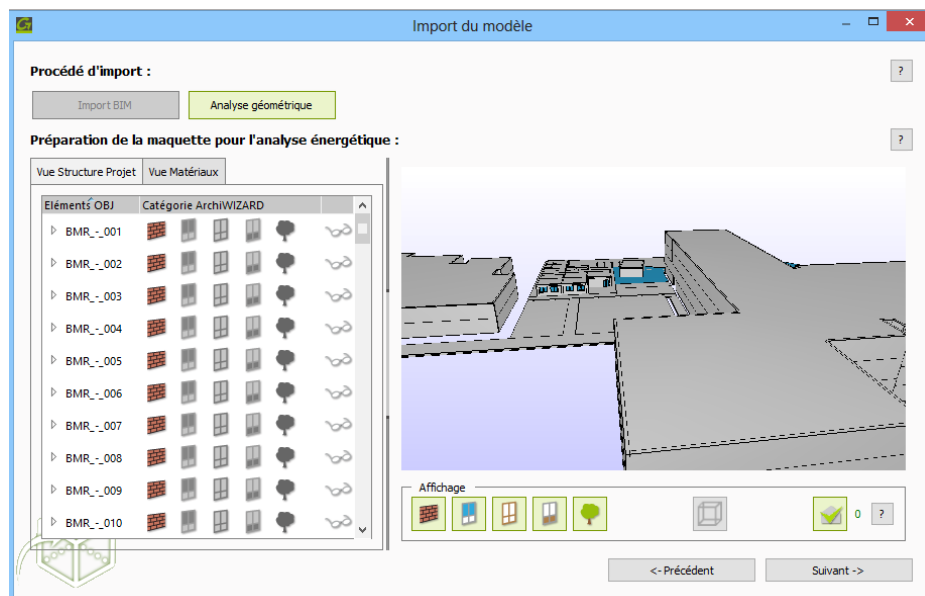


Figure 77: L'étape de vérification du modèle source : auteurs 2021

3. Le calcul des déperditions énergétiques

Vous pouvez accéder directement à l'icône située en bas de la fenêtre, puis vous diriger vers l'option intitulée "Déperdition de l'enveloppe". Le logiciel génère des résultats pour six catégories de déperditions :

- Déperditions à travers les fenêtres
- Déperditions à travers les parois verticales
- Déperditions par le toit
- Déperditions par la dalle (plancher)
- Déperditions par les ponts thermiques
- Déperditions au niveau de la liaison entre les fenêtres et les parois verticales.

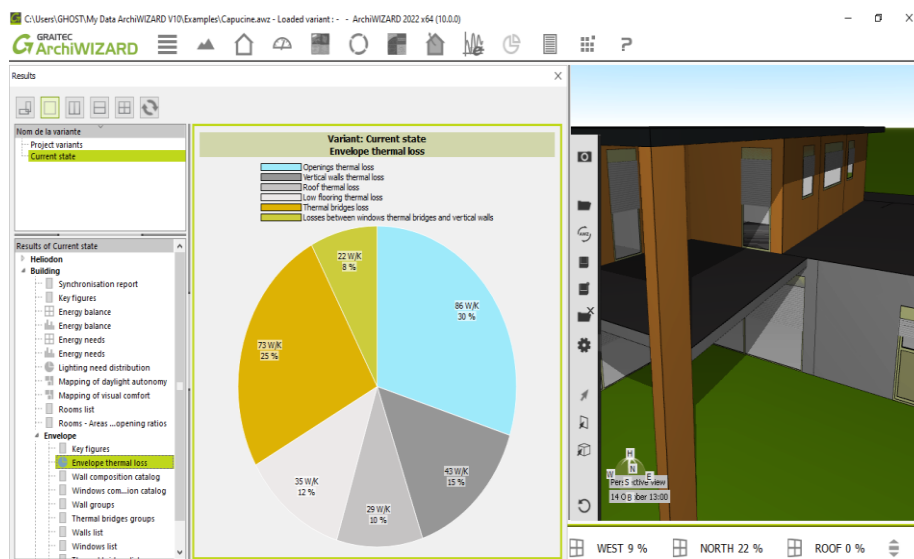


Figure 78: Les déperditions thermiques sous ARCHIWIZARD 2022 par auteurs.

4. Le calcul de la balance énergétique ou les besoins énergétiques :

Dans la version d'ARCHIWIZARD 2022 (10.0.0) que nous présentons, vous pouvez accéder directement aux résultats. Dirigez-vous ensuite vers l'option "État actuel" (Current State), puis allez directement aux bilans énergétiques. Les résultats seront affichés dans la fenêtre droite du logiciel, comme illustré dans la figure.

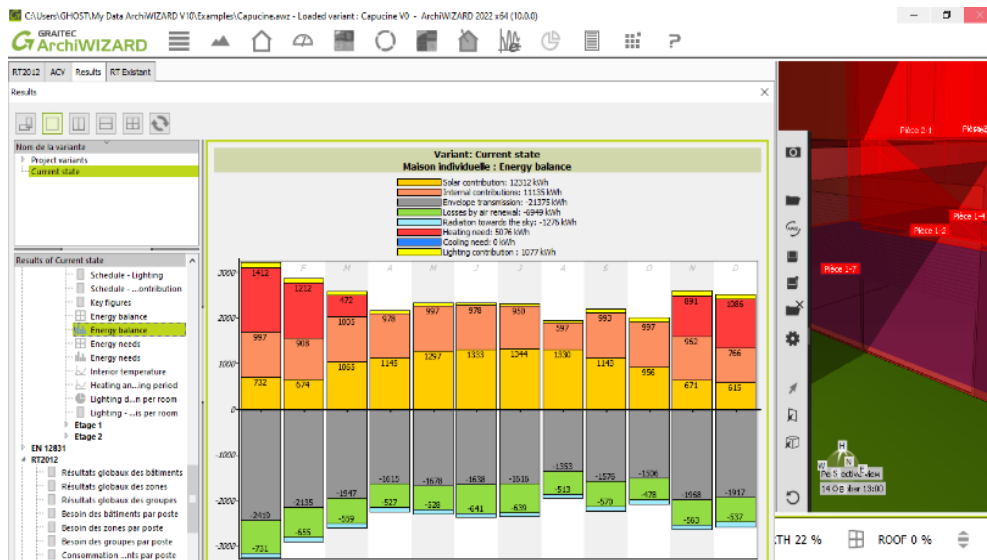


Figure 79: Résultat de la balance énergétique sous ARCHIWIZARD 2022 par auteurs

5. Le calcul du coefficient de forme de la cafeteria (le projet de l'exercice) :

Une fois que le modèle est ouvert dans le logiciel, celui-ci nécessitera un certain temps pour le traitement, puis il affichera immédiatement le résultat dans la barre inférieure du logiciel.

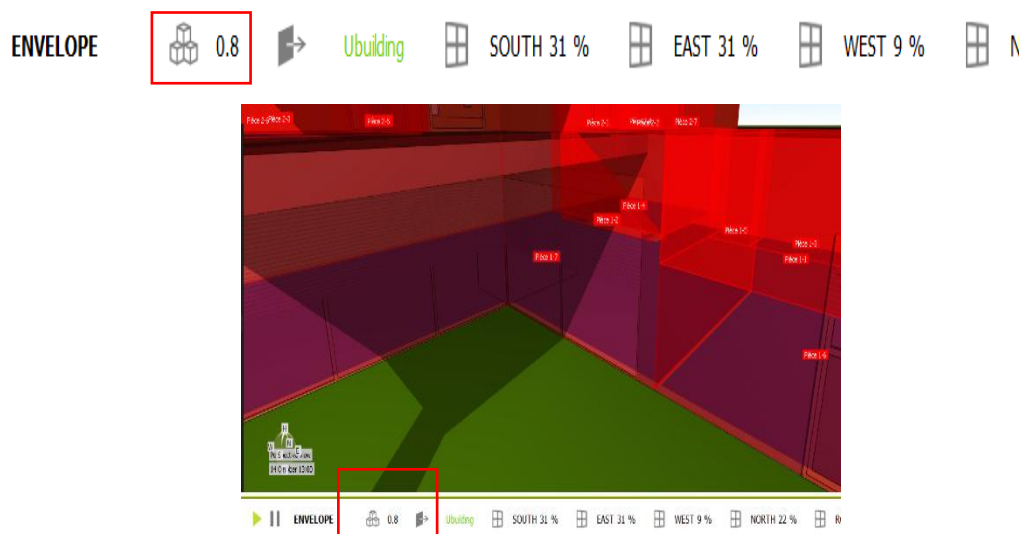


Figure 80: Le résultat du coefficient de forme dite CF

6. Le calcul du facteur de la lumière du jour :

Pour initier l'analyse de FLJ, il est nécessaire de débiter en ajustant les paramètres de la carte d'éclairage, comme illustré dans la figure ci-dessous.

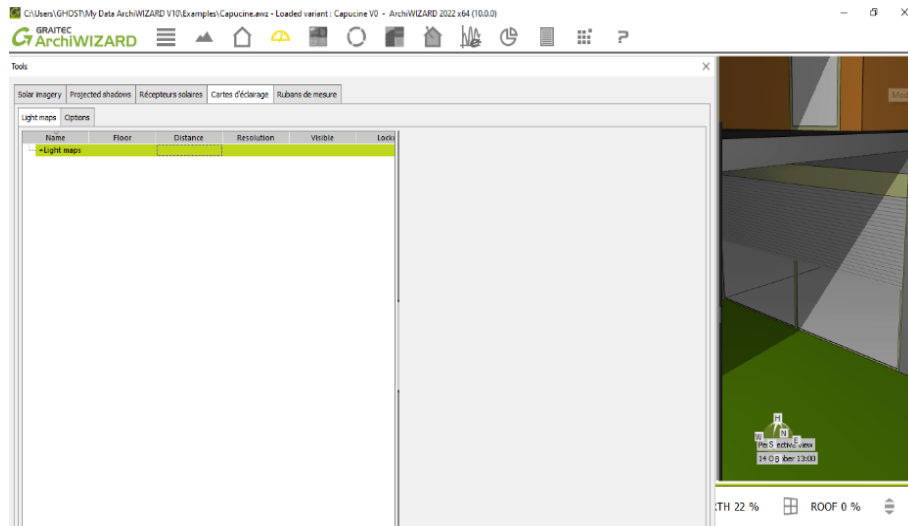


Figure 81: L'emplacement des paramètres de la carte d'éclairage

Les étapes fondamentales pour effectuer les réglages sont les suivantes :

- Accédez directement à l'onglet "Outils".
- Sélectionnez l'option "Cartes d'éclairage".
- Accédez aux "Options" pour ajuster les paramètres.

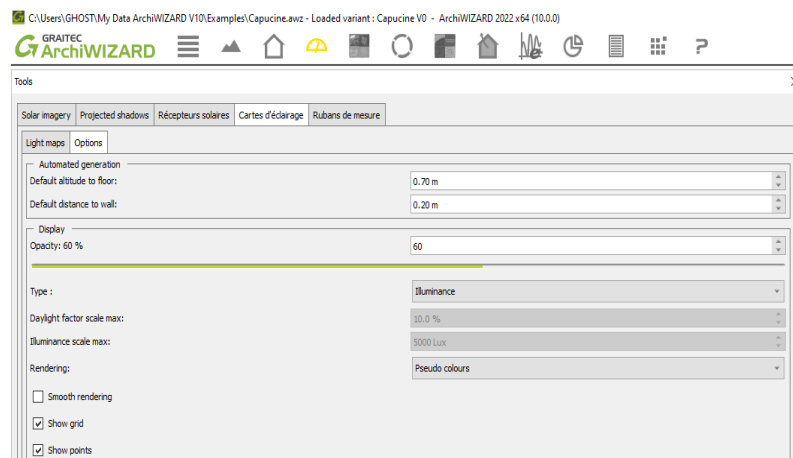


Figure 82: Les paramètres de la carte d'éclairage sous Archiwizard 2022©

1. Défaut altitude to floor
2. Défaut distance to Wall
3. Display
4. Type « daylight factor scale max »
5. Illuminance scale max

6. Rendering « smooth rendering / show grid / show points»

Naviguez jusqu'à la carte lumineuse, puis faites-là glisser jusqu'au modèle pour créer une carte dans l'espace où vous souhaitez obtenir le résultat de la lumière du jour.

7.L'étude d'ombre

Les étapes essentielles à suivre sont les suites :

Premièrement Il faut aller aux Tools ensuite choisir « projected shadow »

Aller à « option » afin de régler les paramètres des deux types d'ombre et aussi sa couleur et intensité

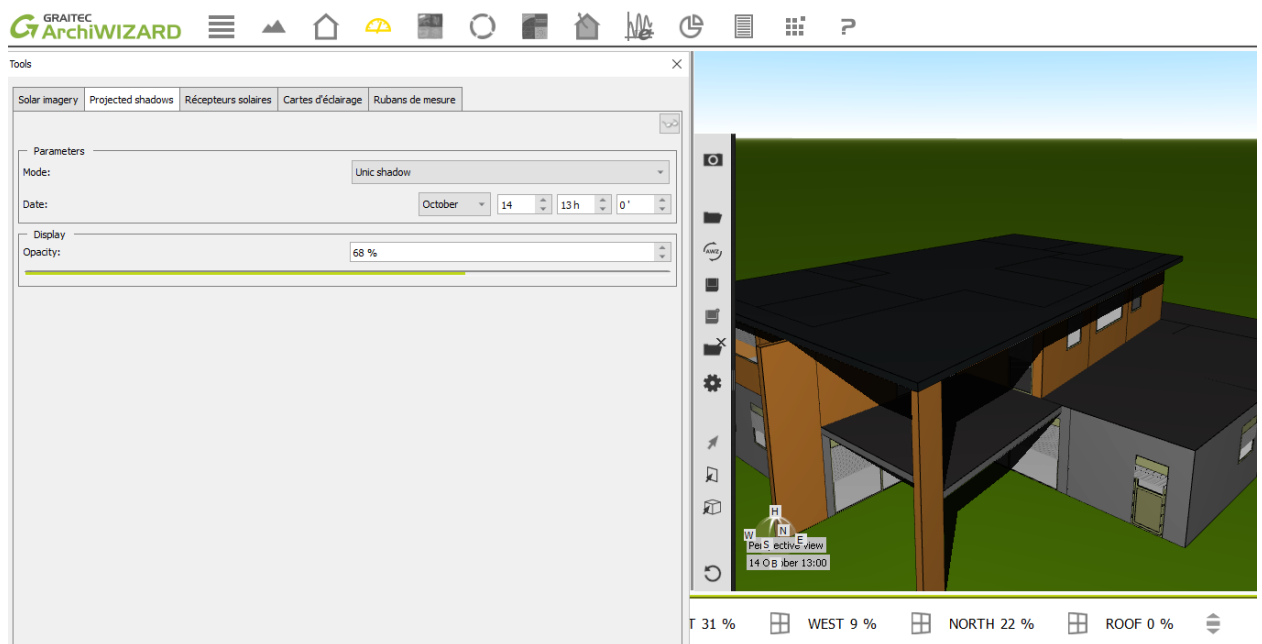


Figure 83: les paramètres d'étude d'ombre sous Archiwizard 2022©

IV. Le logiciel Depthmap© :

Depthmap X représente une plateforme logicielle polyvalente et compatible avec plusieurs systèmes d'exploitation, spécialement conçue pour mener diverses analyses des réseaux spatiaux, dans le but de mieux appréhender les dynamiques sociales au sein des environnements construits. Son utilisation englobe une gamme variée d'échelles, allant de la construction individuelle jusqu'aux petites agglomérations ou même les États, à chaque niveau respectif.

Le principal objectif de ce logiciel consiste à générer des cartes représentant les composants de l'espace ouvert, en établissant des liens entre eux selon des relations spécifiques. Cette approche sert de base à l'analyse des critères de qualité tels que l'accessibilité et l'intégration.

V. Le logiciel Robot analysis :

Robot Structural Analysis Professional est un logiciel d'analyse de charge qui surveille la conformité du code et utilise des flux de travail BIM intégrés pour échanger des données avec Revit et ArchiCAD. Il peut vous aider à créer des conceptions plus résilientes et constructibles qui sont précises, coordonnées et connectées à BIM.

Est un logiciel collaboratif, polyvalent et rapide conçu pour vous permettre de demeurer concurrentiel. Conçu spécifiquement pour le BIM, le logiciel Robot Structural Analysis Professional est en mesure de calculer les modèles les plus complexes grâce à une grille automatique d'éléments finis extrêmement puissante. Algorithmes non linéaires, ainsi qu'un ensemble complet de normes de design, le tout pour des résultats presque instantanés. Robot ne supporte que les IFC format 2.x ou 2.x2 (Thomas STABLON, 2024)

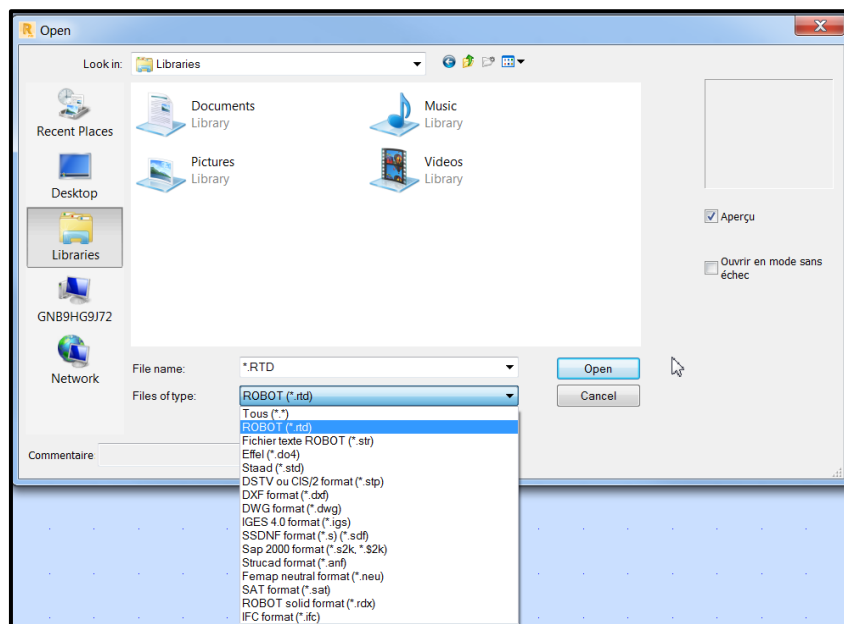


Figure 84: la fenêtre capture écran sur les formats d'enregistrement sur ROBOT analysis source : auteurs

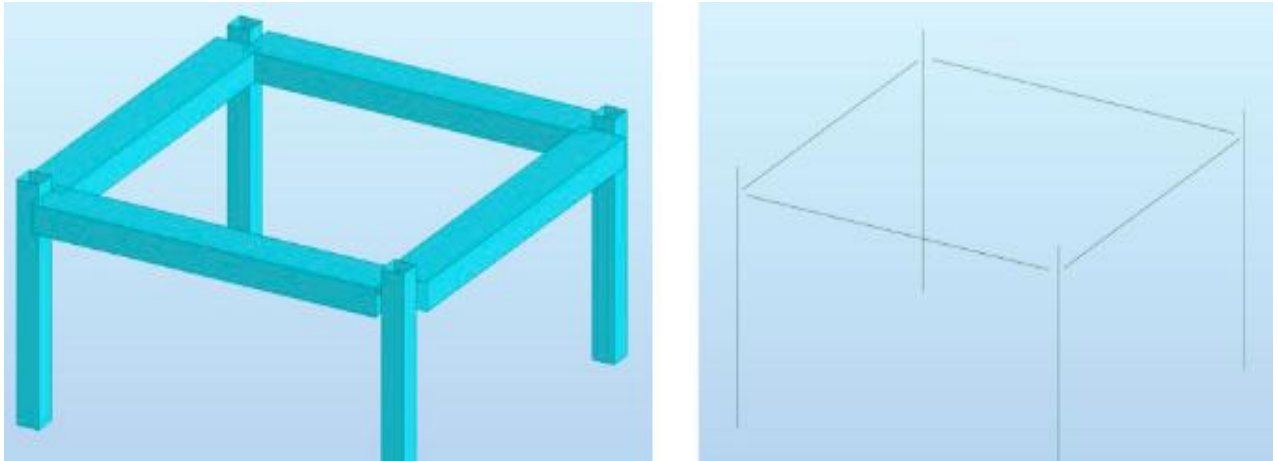


Figure 85: la liaison des composantes de la structure (poutres, poteaux) source auteurs

VI. La collaboration entre ARCHIWIZARD© et ArchiCAD© :

La collaboration entre ARCHIWIZARD© et ArchiCAD© permet aux utilisateurs de bénéficier d'une intégration étroite entre les aspects de modélisation et d'analyse énergétique des bâtiments. Cela facilite la conception durable et aide les architectes à prendre des décisions éclairées pour créer des bâtiments plus efficaces sur le plan énergétique.

Il suffit d'exporter le modèle 3d complet vers l'Archiwizard en format IFC comme elle montre la figure ci-dessous.

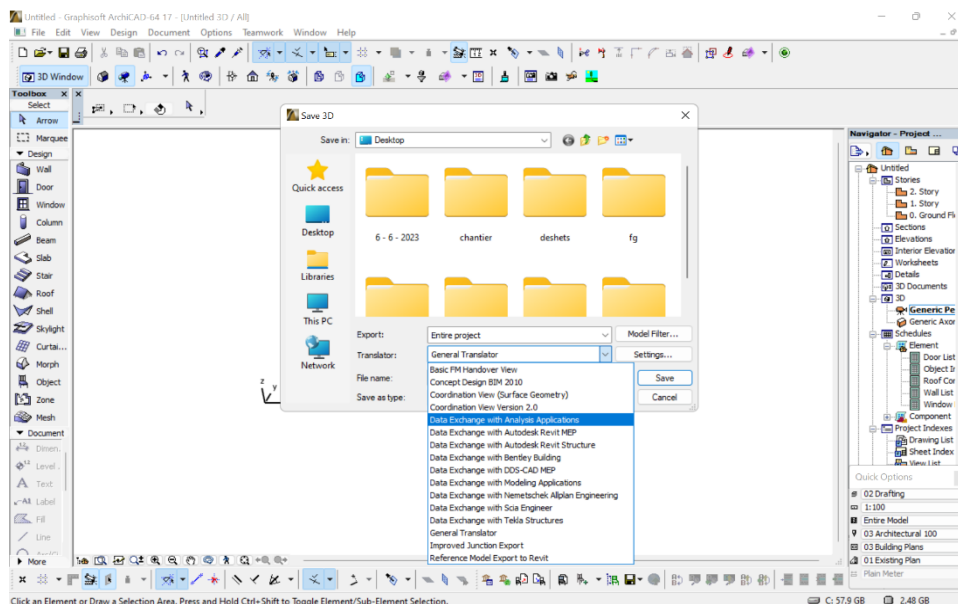


Figure 86: exporter le modèle de l'ArchiCAD vers Archiwizard 2022©

VII. La collaboration entre ArchiCAD et ROBOT :

Dans la collaboration entre ArchiCAD et Robot, il est important de bien vérifier la structure et les liaisons : “poteaux et poutres “ ; il faut que les axes neutres soient Attacher.fig. (Axes en couleur bleue)

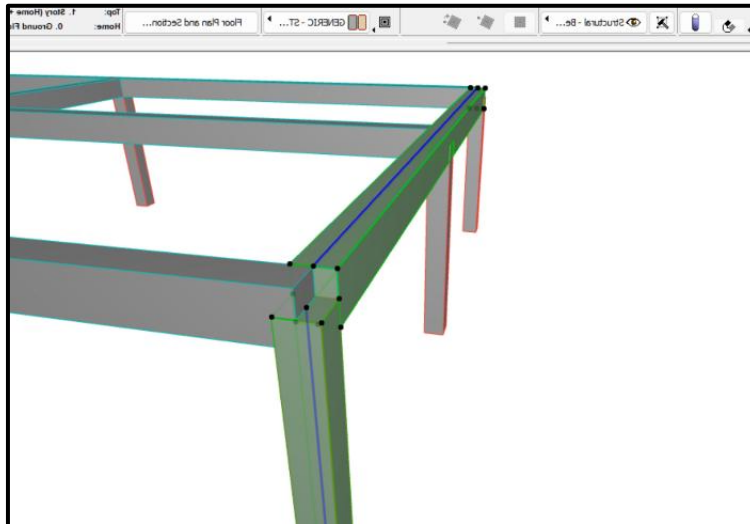


Figure 87: la conception du modèle structurel sous ArchiCAD© source auteurs

- L'exportation du modèle structurel au ROBOT© :
- Choisir dans le traducteur l'option paramétrique et dans le type le fichier de format IFC

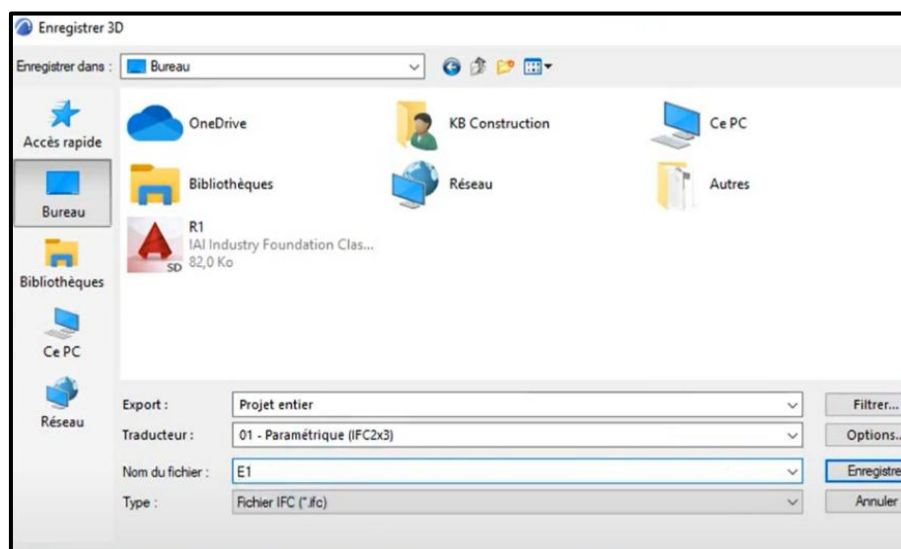


Figure 88: exporter le modèle structurel de l'ArchiCAD au logiciel robot©

- Ouverture du modèle IFC dans ROBOT : lors d'ouverture du modèle dans le logiciel il affiche le projet sous format des axes neutres puis a nous d'afficher le projet en mode volumétrie

- La dernière étape avant l'analyse de vérifier si le modèle a été bien défini, c'est-à-dire la vérification des paramètres du modèle « type, dimensions, matériaux »

À la fin de l'analyse l'ingénieur consultant de la structure renvoie la réponse sous format IFC au participant architecte a fin de compléter son projet dans les normes, cette réponse peut être intégrée dans le modèle d'ArchiCAD et ce dernier peut détecter toutes les modifications abordées

Il est important de suivre les étapes suivantes :

Dans l'Assistant de détection de changements du modèle IFC : Avec les boutons Parcourir, situez et sélectionnez le fichier IFC en notant l'ordre de création des deux fichiers ("Plus ancien" et "Plus récent"). Il est essentiel de noter les versions pour assurer la détection et l'interprétation correctes des changements.

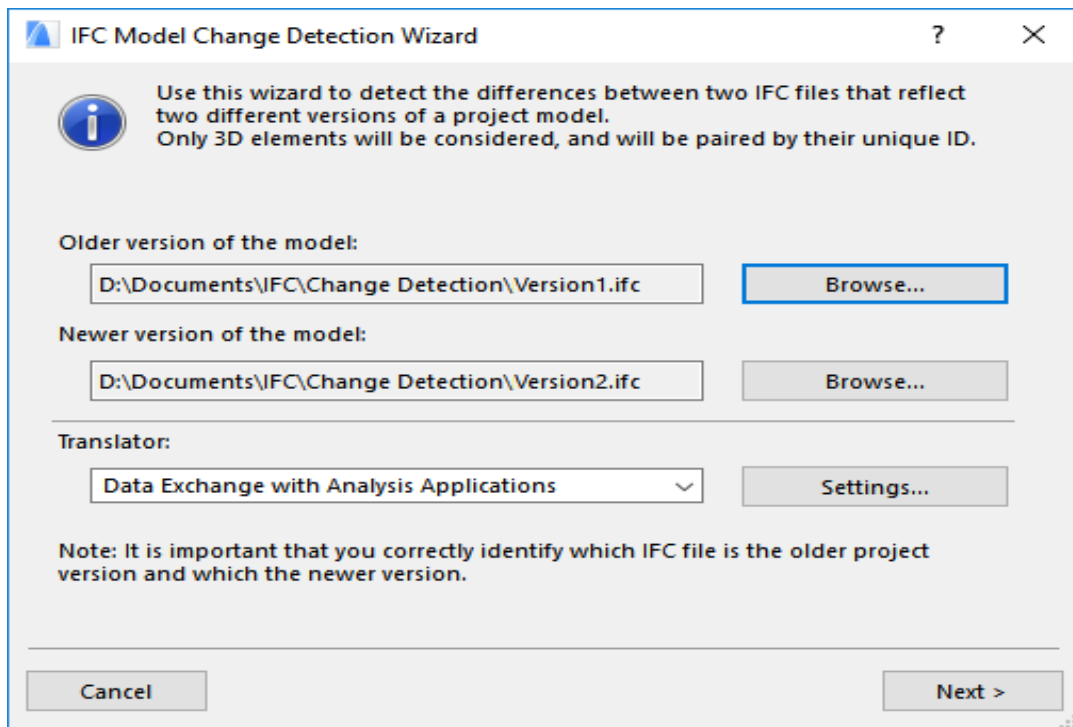


Figure 89: la détection du clash sous ArchiCAD après changement

VIII. Le protocole de travail sous la plateforme collaboratif Nebni BIM :

La plateforme NEBNI BIM joue le rôle crucial dans l'application du processus BIM ,

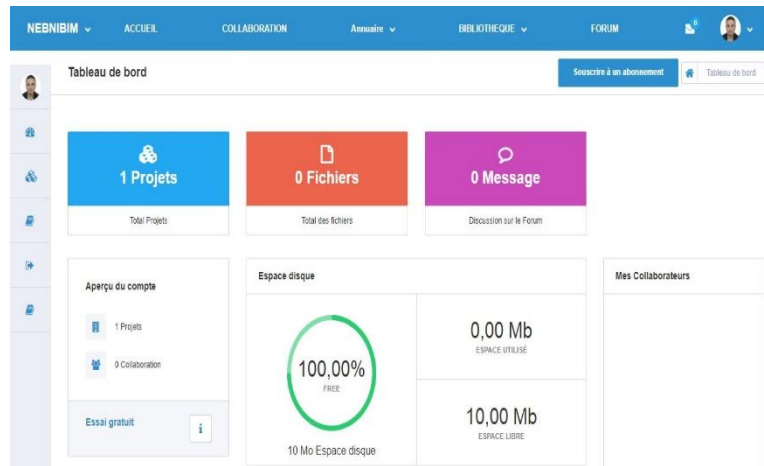


Figure 90: l'interface accueil de la plateforme nebnibim©

- L'étape création d'un nouveau projet

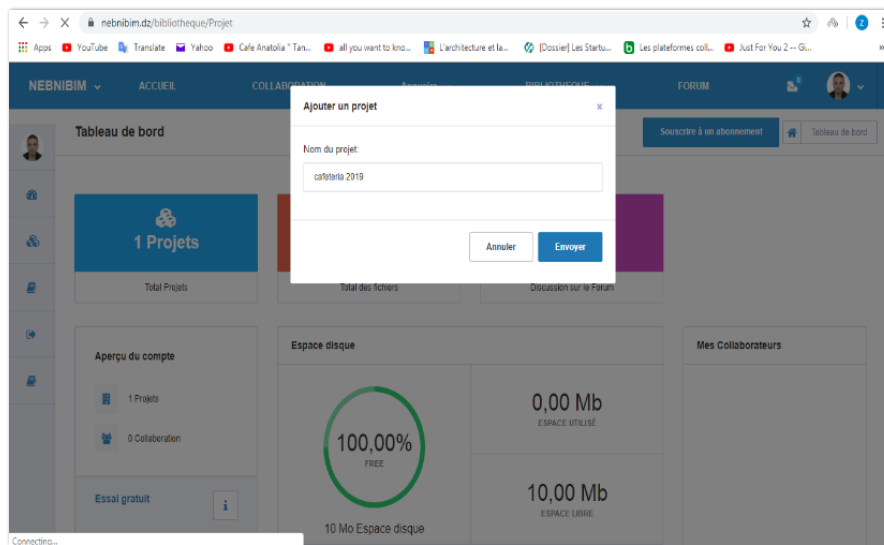


Figure 91: La création d'un nouveau projet sous la plateforme nebnibim©

- L'ajout des collaborateurs qui sont les consultants « climatique et les consultants de la structure projet GC » et l'ensemble des participants du groupe de la logique collaborative BIM sous ArchiCAD

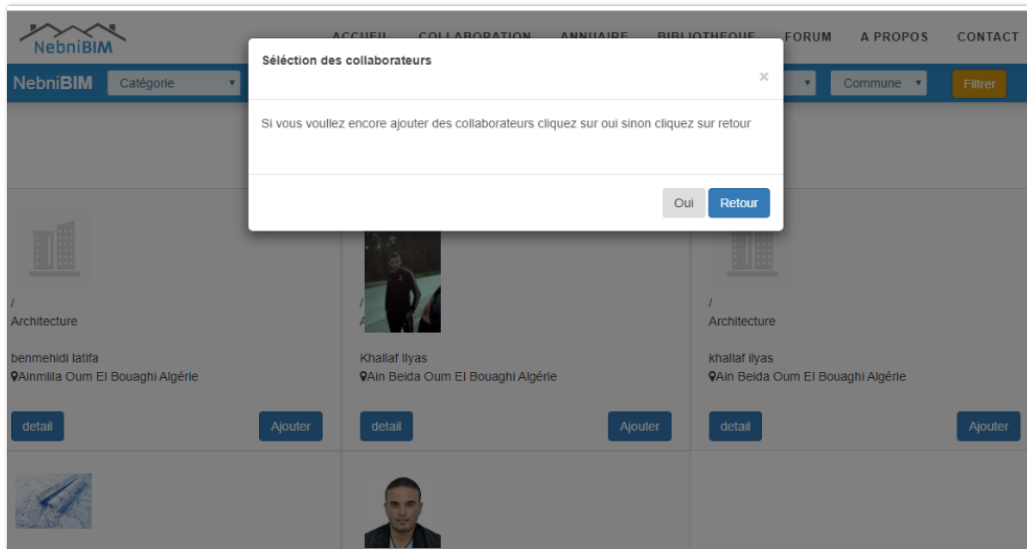


Figure 92: La recherche du collaborateur ou acteurs qui vont interagir avec le projet
La recherche faite sur un annuaire qui se trouve au sien de la plateforme qui comprend tous les inscrits à cette dernière

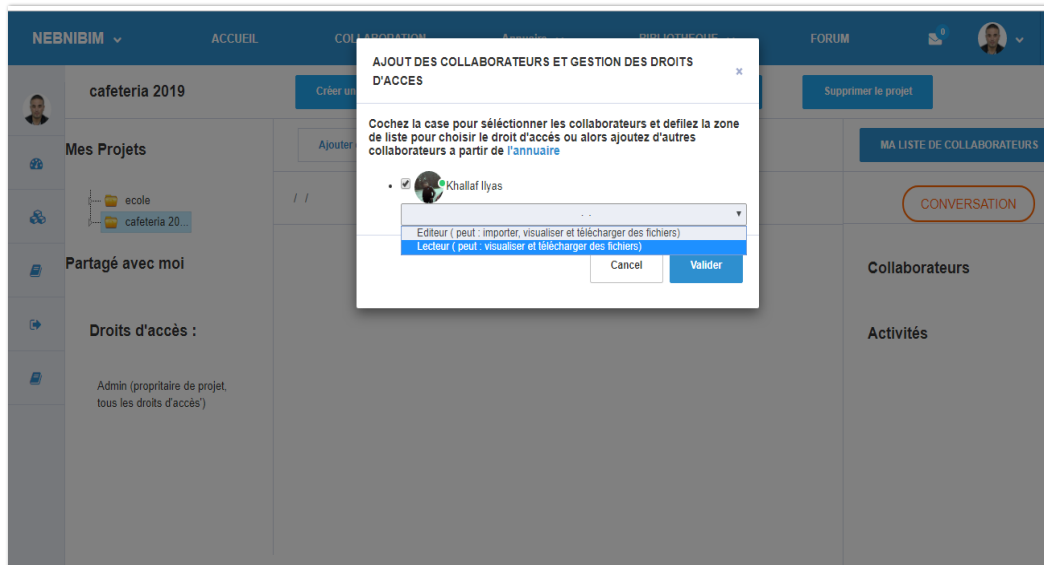


Figure 93: L'affectation des rôles pour les acteurs et la gestion des droits d'accès

- Éditer le rôle de participant au projet : l'éditeur qui peut modifier le fichier projet on parlera donc sur les consultants, lecteur qui permet de voir uniquement sans modification du fichier

IX. Le flux de travail et de partage de l'information :

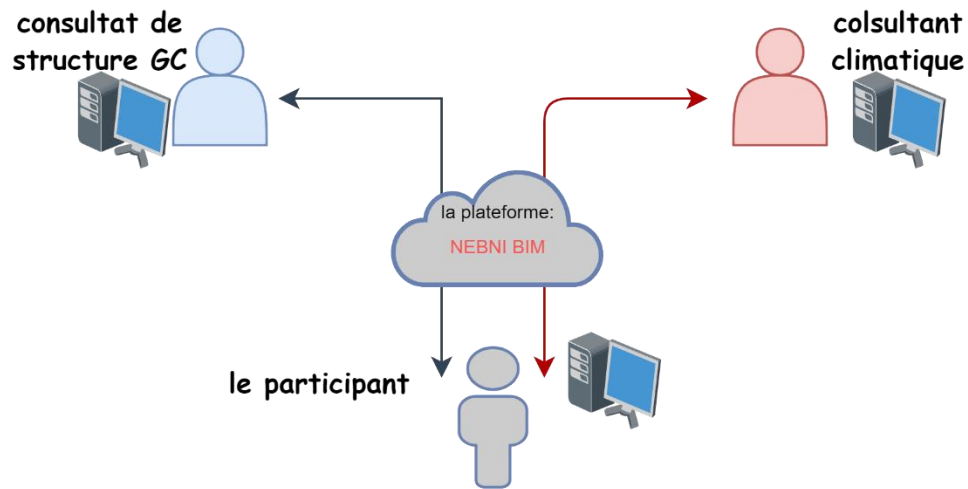


Figure 94: Schéma présente le flux de l'information partagée source auteurs 2022

X. Conclusion du chapitre :

En conclusion de ce chapitre pratique, nous avons exploré en détail le modèle d'analyse pratique que nous avons adopté ainsi que le protocole que nous avons suivi pour mener à bien nos investigations. Cette approche méthodique nous a permis de recueillir des données pertinentes et d'obtenir une compréhension approfondie du sujet en question.

Dans le prochain chapitre, intitulé "Les Critères de l'Analyse", nous approfondirons davantage notre exploration en nous penchant sur les critères essentiels qui guideront notre analyse. Nous examinerons comment ces critères influencent notre compréhension des résultats obtenus et comment ils peuvent orienter les recommandations et les décisions futures.

Chapitre 6

L'analyse de la qualité des livrables

I. Introduction :

Le but de ce chapitre est d'explicitier la méthode utilisée pour évaluer la qualité architecturale en se basant sur une série de critères. Les données recueillies proviennent des livrables collectés au cours de l'expérience menée avec les participants des deux groupes, utilisant respectivement la logique BIM et la logique CAO classique. L'analyse s'est concentrée sur six catégories distinctes, chacune disposant de ses propres critères d'évaluation. Pour chaque critère, l'analyse a été réalisée en utilisant soit l'échelle de Likert, soit une échelle nominale simple de type oui/non, en fonction de la nature du critère. À la fin de l'expérience, chaque participant a fourni ses livrables, qui consistent en les fichiers du projet. Ces documents constituent la base de l'analyse de la qualité architecturale.

II. L'analyse des données collectées lors de l'expérience :

Les résultats obtenus se présentent comme suit :

Le groupe 01, qui a utilisé la méthode CAO avec AUTOCAD, a produit un dossier contenant des fichiers au format « DWG ».

Le groupe 02, ayant travaillé avec la méthode BIM via ArchiCAD, a remis un dossier incluant un fichier ArchiCAD au format PLN, un fichier DXF détaillant la correction de la structure, ainsi que des images au format JPEG illustrant les résultats des consultations avec le consultant climatique.

III. La grille d'évaluation :

Tableau 5: la grille d'évaluation détaillée source :

(Dehan, 2017) (Das, 2022) (Elshafei, Katunsk and Zele, 2022) (Eryürük, Kürüm Varolgüneş and Varolgüneş, 2022) (Tian *et al.*, 2022) (Giel and Issa, 2016) (Reeves, Olbina and Issa, 2015) (Harputlugil *et al.*, 2014) ,traitement d'auteurs suite à une analyse conceptuelle

La dimension		Les indicateurs	Evaluation
Rendu	C1	Qualité du rendu 2D (plans, coupes, façades, plan de masse, plan d'assemblage).	1 : rendu très faible : 2 : rendu faible 3 : rendu moyen 4 : rendu bon 5 : rendu excellent
	C2	Qualité du rendu 3D	1 : rendu très faible 2 : rendu faible 3 : rendu moyen 4 : rendu bon 5 : rendu excellent
	C3 ¹	Échange ingénieur structure	1 : pas d'échange 2 : échange tardif, peu profitable au projet 3 : échange ponctuel une seule fois 4 : échange ponctuel deux fois 5 : échange ponctuel plus de 2 fois
	C3	Échange ingénieur climatique	1 : pas d'échange 2 : échange tardif, peu profitable au projet 3 : échange ponctuel une seule fois 4 : échange ponctuel deux fois 5 : échange ponctuel plus de 2 fois
La dimension perceptuelle du projet	C4	Intégration au site (Silhouette, matériaux, Couleurs)	1 : très faible 2 : faible 3 : moyenne 4 : bonne 5 : excellente
	C5	Repérage de l'équipement	1 : très faible 2 : faible 3 : moyen 4 : bon 5 : excellent
La dimension usage	C6	Accessibilité générale du projet	1 : très faible 2 : faible 3 : moyenne 4 : bonne

			5 : excellente
	C7	Accessibilité PMR	1 : très faible « rien » 2 : faible « a l'extérieur sur un seul accès » 3 : moyen « à l'extérieur sur les deux accès » 4 : bonne « à l'extérieur à l'intérieur » 5 : excellente « l'optimal »
	C8	Fonctionnement	1 : très faible 2 : faible 3 : moyen 4 : bonne 5 : excellente
La dimension structurelle	C9	Mise en place de la structure	1 : très faible 2 : faible 3 : moyenne 4 : bonne 5 : excellente
	C10	Joints	1 : oui 2 : non
	C11	Redimensionnement	1 : poteaux 2 : poutres 3 : poteaux et poutres 4 : aucun des deux
	C12	Logique structure/espace	1 : très faible 2 : faible 3 : moyenne 4 : bonne 5 : excellente
	C13	Logique structure/forme	1 : très faible 2 : faible 3 : moyen 4 : bonne 5 : excellente
	C14	Détection des conflits	1 : oui 2 : non
La dimension thermique	C15	Ombrage mutuel	1 : oui 2 : non
	C16	Orientation	1 : très faible 2 : faible 3 : moyen 4 : bonne 5 : excellente
	C17	Volume « Coef de forme » (éclatement/compacité)	1 : très faible 2 : faible 3 : moyen

			4 : bon 5 : excellent
	C18	Typologie de toiture	1 : très faible « plate » 2 : faible « inclinai protection contre Pluit et neige » 3 : moyen « joue le rôle d'une protection solaire » 4 : bon « protège les allés autour du projet » 5 : excellent « moderne »
	C19	Protection solaire	1 : très faible 2 : faible 3 : moyen 4 : bonne 5 : excellente
	C20	Captage (panneaux solaires)	1 : oui 2 : non
	C21	Zoning climatique	1 : très faible 2 : faible 3 : moyen 4 : bon 5 : excellent
	C22	Isolation thermique/inertie	1 : très faible 2 : faible 3 : moyenne 4 : bonne 5 : excellente
	C23	Système de chauffage/climatisation HVAC	1 : système énergivore / beaucoup de conflits 2 : système performant / beaucoup de conflits 3 : système performant / peu de conflits 4 : système performant classique / pas de conflit 5 : système performant écologique / pas de conflit
La dimension éclairage	C24	Lumière du jour (FLJ) ou éclairage (lux)	1 : très faible 2 : faible 3 : moyen 4 : bon 5 : excellent

IV. Le processus d'analyse :

1. La dimension Rendu :

1) C1 : Qualité du rendu 2D (plans, coupes, façades, plan de masse, plan d'assemblage).

L'évaluation de ce critère repose sur la vérification de la présence et de l'achèvement des documents fournis :

Si le document (ou le sous-critère) est présent et complet, il reçoit une note de 1. Si le document est absent, il reçoit une note de 0.

Si le document est présent, mais incomplet, la note attribuée est de 0.5. Ceci s'applique de manière identique pour le plan, la façade, le plan de masse et tous les autres éléments.

Le résultat final est récapitulé dans le tableau suivant.

Les sous-critères du C1 comprennent : le plan, les façades, les coupes, le plan de masse, le graphisme, les cotations, et l'aménagement intérieur. Ces éléments ont été sélectionnés suite à une étude de trois ouvrages : (Jean-Pierre Gousset, 2023) , (Gousset, 2022) , (Francis D. K. Ching, 2003)

2) C2 : Qualité du rendu 3D .

L'évaluation de ce critère est basée sur un seul sous critère dite : le niveau du détail (Nadia Hoyet, Duchène and Fouquet, 2016) , (Celnick Olivier, 2017) elle est faite comme suite :

Tableau 6: la méthode d'évaluation du critère attribuer a l'échelle de Likert de cinq pour le critère qualité du rendu 3d

Niveau de détail 01	(LOD1)	La Présentation sur 2dimensions
Niveau de détail 02	(LOD2)	Le volume en 3 dimensions
Niveau de détail 03	(LOD3)	Le volume avec les percements sans détails
Niveau de détail 04	(LOD4)	Le volume +percements détail de ces derniers
Niveau de détail 05	(LOD5)	Le volume +les éléments structuraux+ percement détaillés

3) C3¹ et C3 : les échanges avec les consultants

Tableau 7: L'échelle de Likert appliqué à ces deux critères (consultation avec ingénieur structure et ingénieur responsable des données climatiques)

01	Pas d'échange
02	Échange tardif, peu profitable au projet
03	Échange ponctuel une seule fois
04	Échange ponctuel deux fois
05	Échange ponctuel plus de 2 fois

Cette analyse a été réalisée en se fondant sur les documents (rapports) remis par les participants à la conclusion de la journée d'expérience. Ces rapports détaillent les horaires d'interaction avec les ingénieurs ainsi que la fréquence de ces échanges. La figure ci-dessous illustre un exemple de ces rapports. (Voir annexe 05)

Le participant (e) :

Nom du participant : Boudiaf felle et Alliouche badreddine

Emplacement : PC 02 la salle A15

- La consultation de la structure :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
11.44	12.12	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensions des poteaux • Dimensions des poteaux • Forme d'une poutre

- La consultation climatique :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
14.02	14.23	<ul style="list-style-type: none"> • Problème dans les matériaux • Couleur sombre • Un manque considérable d'éclairage • A réviser la solution et le model

Figure 95: rapport d'échange avec ingénieurs lors de la journée de l'expérience

2. La dimension perceptuelle du projet :

1) Intégration au site (Silhouette, matériaux, Couleurs)

L'évaluation de ce critère basée sur huit (8) sous critères qui sont :

Tableau 8: tableau explicatif sur l'Échelle d'évaluation du critère intégration au site

La visibilité	Une analyse a été faite sous logiciel DepthMap© ; le sous critère dans ce calcul est appelé ISOVISTE
La silhouette	Ces cinq critères sont extraits du livre élément de la conception architecturale (Mazouz, 2014) 1-2
Les percements	
La texture	
La chromie	
Les détails	
Architectoniques	

(a) La visibilité :

Cette étude prend en considération l'intégration architecturale du bâtiment en termes de visibilité, répondant à la question : « Le participant a-t-il intégré son projet sans obstruer ou limiter la vue d'ensemble ? »

L'outil utilisé pour cette analyse est le logiciel DepthMap©, où l'option la plus pertinente pour notre cas est l'isoviste. L'isoviste, par définition, permet d'analyser la surface visible depuis un point donné dans l'espace. Les résultats de cette analyse sont présentés sous forme de tableau.

L'étude s'est concentrée sur la surface de l'isoviste (« isovist area »), en particulier en relation avec l'axe principal du projet. Pour l'intégrer à l'échelle de Likert, nous avons considéré les valeurs maximales et minimales de la surface de l'isoviste.

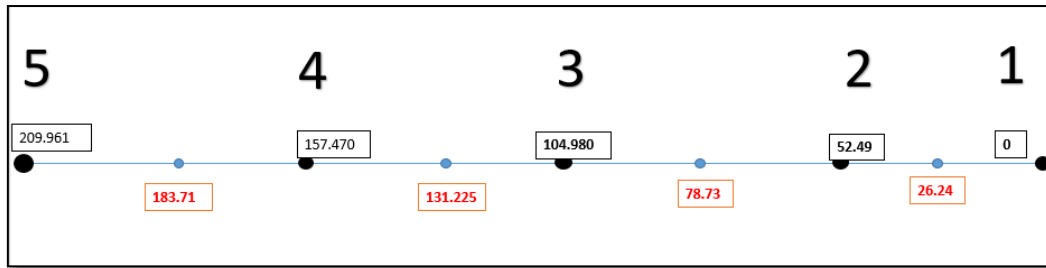


Figure 96: échelle d'évaluation de l'isoviste area obtenu faite par auteurs

Les valeurs dans le cadre noir sont les valeurs associées à l'échelle de Likert et les autres en rouge dans un cadre rouge sont des valeurs pour but d'arrondir les chiffres obtenus.

- L'analyse des cinq sous critères elle basée sur une évaluation de 0 et 1 suivant le tableau suivant :

Tableau 9: suite de la méthode d'évaluation du critère intégration

<i>La logique de travail</i>	<i>La valeur donnée</i>
Si le critère a été pris en considération par le participant (silhouette, percement, texture ou chromie)	1
Si le critère est ignoré lors de son travail (silhouette, percement, texture ou chromie), à travers son prendre en considération le contexte général du projet	0

2) Le repérage d'équipement :

Pour ce critère a fait l'analyse on se basant sur les résultats obtenus à travers le logiciel Depthmap© :

Une première analyse sur la visibilité :

On a pratiquement fait une soixantaine simulations sur les 60 participants repartis entre Groupe ArchiCAD© et groupe AutoCAD©, l'exemple de l'analyse comme elle montre la figure ci-dessous.



Figure 97: L'analyse d'isoviste sous Depthmap© d'un participant x

Les résultats obtenus sont mis à l'échelle de Likert du 1 « très faible » au 5 « excellent »

Il a été mis en échelle de Likert par le moyen de la surface d'isoviste obtenue suivant le résultat voire figure ; Une deuxième analyse appelée carte axiale a été faite sur le plan de l'université afin de connaître les axes les plus importants qui mènent vers l'équipement donné à l'exercice

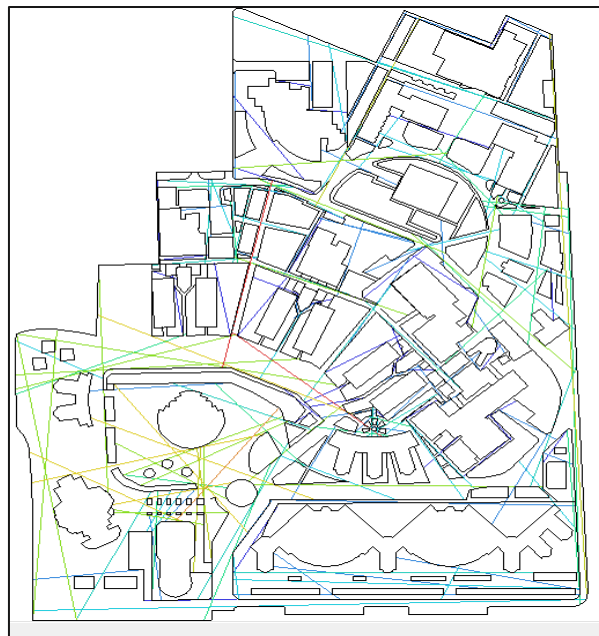


Figure 98: la Carte axiale « Fewest line » réalisée sous Depthmap©

V. La dimension Usage :

1.L'Accessibilité général du projet

La solution pour analyser ce critère c'est de simuler le plan total de l'université à travers le logiciel Depthmap© à travers la carte axiale.

Quand on a fait la carte axiale on passe à la commande "réduire to fewest lines" afin de laisser uniquement les axes importants et faciliter la passation d'une simulation graphique à une analyse suivant l'échelle de Likert du 1 « très faible » au 5« excellent »

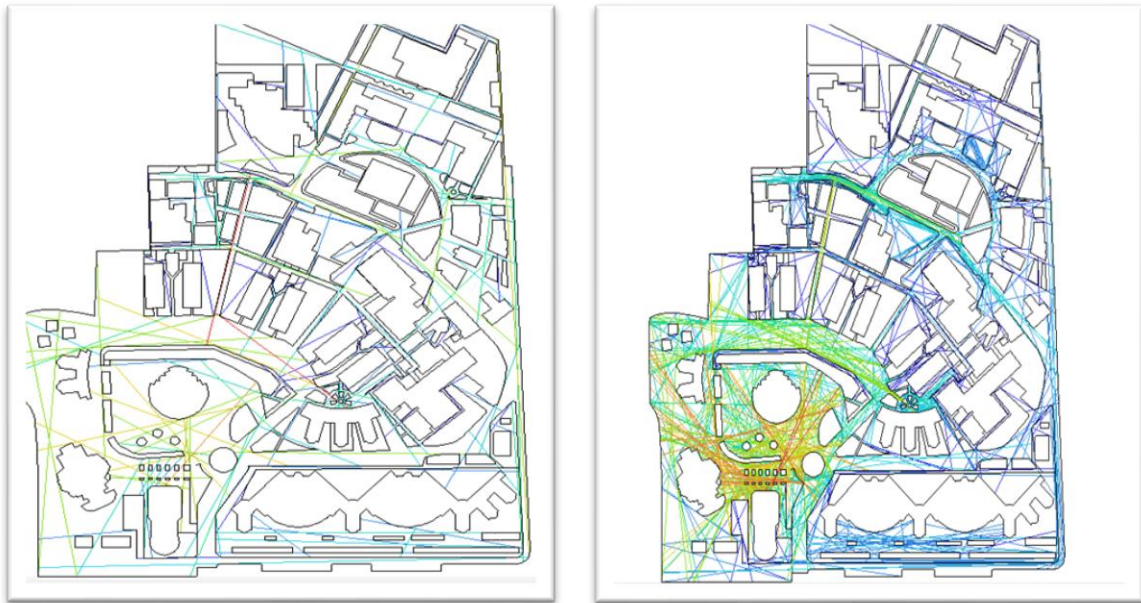


Figure 99: la simulation de la carte axiale à gauche et à droite le résultat en nombre d'axes réduit "reduce to fewest lines". Source : Auteurs. sous DepthMap©

Tableau 10: attribution du résultat des cartes axiales à l'échelle de Likert

1	Valeur max
2	La moyenne (VMAX+V moy /2)
3	La valeur moyenne
4	La moyenne (VMIN+V moy /2)
5	Valeur min

2. Accessibilité PMR : Concernant ce critère l'analyse a été faite comme suite :

Tableau 11: la logique de l'évaluation du critère accessibilité de la personne a mobilité réduite

01	Rien ; sans aucune pensée au PMR
02	À l'extérieur sur un seul accès
03	À l'extérieur sur les deux accès « accès de service et accès principal »
04	De l'extérieur à l'intérieur
05	L'optimal (présence + efficacité de la pente)



Figure 100: résultat de la carte axiale pour le groupe autoCAD logique CAO

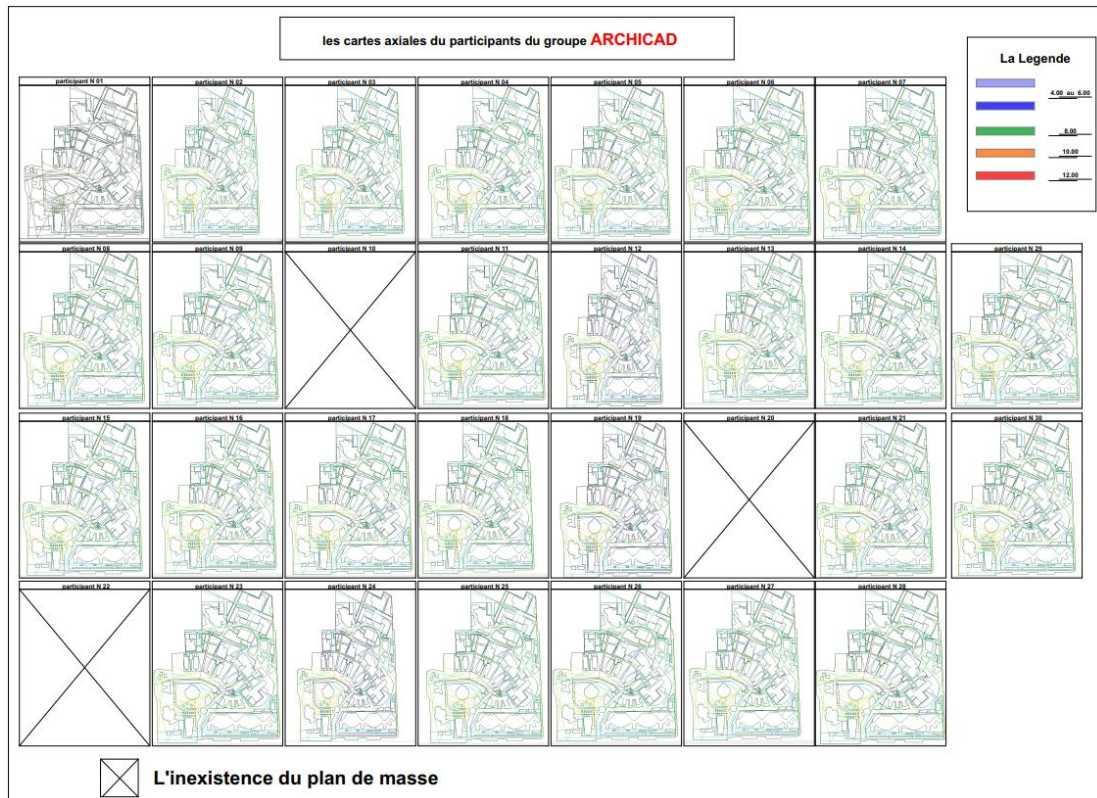


Figure 101: résultat de la carte axiale pour le groupe ARCHCAD logique BIM

3.Le Fonctionnement du projet :

Pour évaluer le fonctionnement d'un projet de cafétéria, nous avons établi une série de sous-critères

La présence de tous les espaces nécessaires à un projet de cafétéria, tel que défini dans l'exercice.

Le respect de la surface totale, avec une tolérance de plus ou moins 2%.

La qualité de l'interaction entre les espaces intérieurs et extérieurs.

La relation fonctionnelle entre les zones de préparation et celles dédiées à la consommation dans la cafétéria.

L'agencement des différents espaces de préparation.

La disposition et l'organisation des espaces de consommation (salle VIP, sanitaires, grande salle).

Chaque sous-critère est évalué sur une échelle de 0 à 1, où 0 signifie que le participant n'a pas pris en compte ce sous-critère, et 1 indique une prise en compte complète par le participant. Cependant, le troisième critère est évalué différemment :

Un accès de service au nord et un accès à la grande salle au sud sont évalués à 3 points.

Un accès de service au sud et un accès à la grande salle au nord reçoivent 2 points.

Un seul accès pour tout le projet est évalué à 1 point.

L'absence totale d'accès est notée 0.

Pour arriver à un résultat global selon l'échelle de Likert, nous considérons la valeur maximale (8 points, signifiant que tous les aspects sont pris en compte) et la valeur minimale (0 point, indiquant une ignorance totale des sous-critères).

Tableau 12: tableau explicatif de la méthode d'évaluation du critère fonctionnement du projet selon l'échelle de Likert

Échelle de Likert	Nomination	Valeur obtenue
1	Valeur min	0
2	Valeur moyenne1	2
3	Valeur moyenne	4
4	Valeur moyenne2	6
5	Valeur max	8

Les valeurs 2,4 et 6 sont calculées comme suite :

- $V_{\text{moyenne}} = V_{\text{max}} + V_{\text{min}}/2$
- $V_{m1} = V_{\text{moyenne}} + V_{\text{min}}/2$
- $V_{m2} = V_{\text{max}} + V_{\text{moyenne}}/2$

VI. La dimension structurelle :

1.La mise en place de la structure :

Pour une évaluation détaillée de la mise en place de la structure, nous avons défini plusieurs sous-critères :

- **Placement des poteaux sur l'axe X :**

Il faut vérifier la présence de tous les poteaux nécessaires. En cas d'absence d'un ou plusieurs poteaux, la note attribuée est de 0. Si aucun poteau ne manque, la note est de 1.

- **Placement des poteaux sur l'axe Y :**

e même que pour l'axe X, il est essentiel de s'assurer qu'aucun poteau ne manque sur l'axe Y.

La distance entre les poteaux (la portée) doit également être évaluée.

- **Rigidité de la structure :**

Il faut déterminer si le participant a choisi une structure rigide. Une structure rigide reçoit une note de 1, tandis qu'une absence de prise en compte de ce critère résulte en une note de 0.

- **Les dimensions des éléments structurels :**

Le rapport entre la portée et les dimensions de l'élément structurel est crucial. Si ce rapport est correct, la note attribuée est de 1. Dans le cas contraire, la note est de 0.

- **Jonctions en 3 dimensions :**

Il est important de vérifier si les jonctions entre poteaux et poutres permettent une répartition adéquate des charges permanentes. Une jonction correcte reçoit une note de 1, tandis que son absence résulte en une note de 0.

Cette vérification peut être effectuée en 3D si le projet le permet. La figure ci-dessous illustre les axes de jonction pour une meilleure compréhension.

Cette approche permet une évaluation complète et précise de la structure du projet.

La liberté d'espace :

L'absence des poteaux gênants dans l'espace

Tableau 13: tableau explicatif de la méthode d'évaluation selon l'échelle de Likert lie à la mise en place de la structure générale du projet

Échelle de Likert	Nomination	Valeur obtenue
1	Valeur min	0
2	Valeur moyenne1	2.75
3	Valeur moyenne	5.5
4	Valeur moyenne2	8.25
5	Valeur max	11

2.Les Joints :

L'appréciation de ce critère se fait de manière nominale, soit par un "oui" soit par un "non". Si le projet inclut des joints dans sa conception, la réponse sera "oui", ce qui correspond à une valeur de 1. Dans le cas contraire, la réponse sera "non", attribuant ainsi une valeur de 2 au critère.

3.Redimensionnement :

La modification dimensionnelle de la structure implique l'ajustement de la taille des sections des poteaux et des poutres pour garantir que le résultat final de la structure soit conforme et fonctionne correctement selon le design souhaité.

Tableau 14: attribution des résultats des participants à l'échelle de Likert suivant le changement des éléments structuraux

<i>L'échelle d'analyse</i>	<i>L'échelle en chiffre</i>
<i>Poteaux</i>	1
<i>Poutres</i>	2
<i>Poteaux et des poutres</i>	3
<i>Aucun des deux</i>	4

4. La logique structure / espace :

La corrélation entre la structure et l'espace constitue un facteur déterminant pour l'efficacité et la qualité du projet. Une évaluation prudente doit être réalisée, en se fondant sur l'indicateur de la liberté de l'espace.

Tableau 15: l'évaluation selon l'échelle de Likert de l'indicateur en question

Échelle de Likert	Nomination	Valeur obtenue
1	Valeur min	0
2	Valeur moyenne1	2.75
3	Valeur moyenne	5.5
4	Valeur moyenne2	8.25
5	Valeur max	11

5. La logique structure / forme :

Après avoir examiné la littérature, notamment les travaux de (Pierre von Meiss, 2012) (Andrew W Charleson, 2005), l'analyse de la connexion entre la logique structurelle et la forme générale du projet repose sur les indicateurs suivants :

Tableau 16: nomination, échelle de Likert et la valeur obtenue pour le critère la logique entre la structure et la forme

Échelle de Likert	Nomination	Valeur obtenue
1	Aucun rapport entre les deux	1
2	La structure gêne la forme ou la forme qui gêne la structure	2
3	Domestique (relation d'équilibre / complémentarité)	3

4	Domestique + la recherche d'une solution sur l'éclairage ou d'autre stratégie passive	4
5	Exalté (couplage moderne) + recherche d'une stratégie passive	5

6. La détection des conflits :

Ceci est également connu sous le nom de détection de conflits dans le processus de construction. L'objectif de cette dimension est d'identifier toutes les erreurs potentielles dans la construction afin de prévenir les problèmes. L'évaluation de cette dimension évolue d'une échelle de Likert vers une échelle nominale binaire, répondant aux questions suivantes :

Le participant a-t-il résolu les problèmes identifiés, oui ou non ?

Le participant a-t-il détecté les conflits dans la conception, oui ou non ?

Tableau 17: L'échelle d'évaluation du critère « détection des conflits »

Échelle nominale	Nomination
1	Oui
2	Non

VII. La dimension thermique :

1. L'ombrage mutuel :

Nous avons réalisé une analyse en utilisant la version étudiante du logiciel Archiwizard 2022. Une simulation d'ombrage a été effectuée sur un terrain non construit, en tenant compte de l'environnement immédiat. L'objectif de cette étude est de comprendre comment le participant a positionné son bâtiment en relation avec ce critère. La figure ci-dessous illustre l'impact du bâtiment voisin sur le terrain.

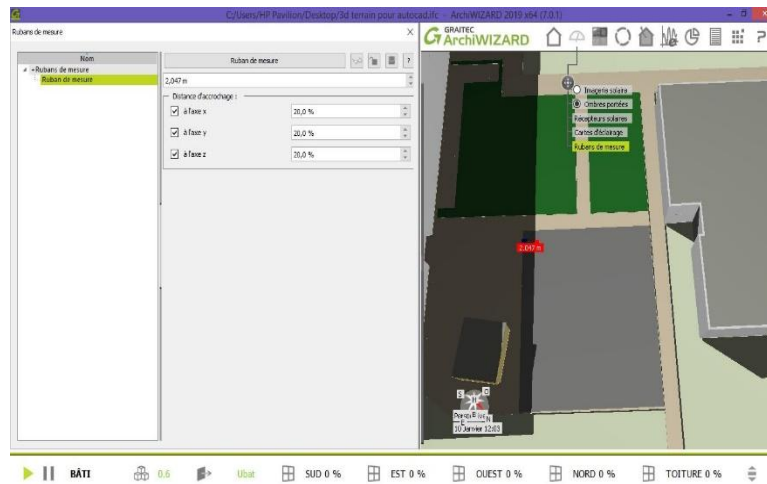


Figure 102: ombrage mutuel sous ArchiWizard 2022©. Source: Auteurs.

Environ soixante analyses, illustrées par la figure mentionnée, ont été conduites pour conclure l'évaluation au moyen de l'échelle nominale "OUI" ou "NON", répondant aux questions suivantes :

- Le participant a-t-il pris en compte l'effet d'ombre des bâtiments environnants dans sa conception ?
- A-t-il positionné son bâtiment à une distance suffisante des zones d'ombre, oui ou non ?

2.L'orientation :

L'orientation du projet est un facteur crucial pour la consommation d'énergie, notamment en ce qui concerne l'éclairage. Son évaluation repose sur ce que l'on désigne comme le zoning climatique des espaces, avec une attention particulière portée aux zones clés du projet spécifiées dans l'exercice de l'expérience. L'évaluation procède de la manière suivante :

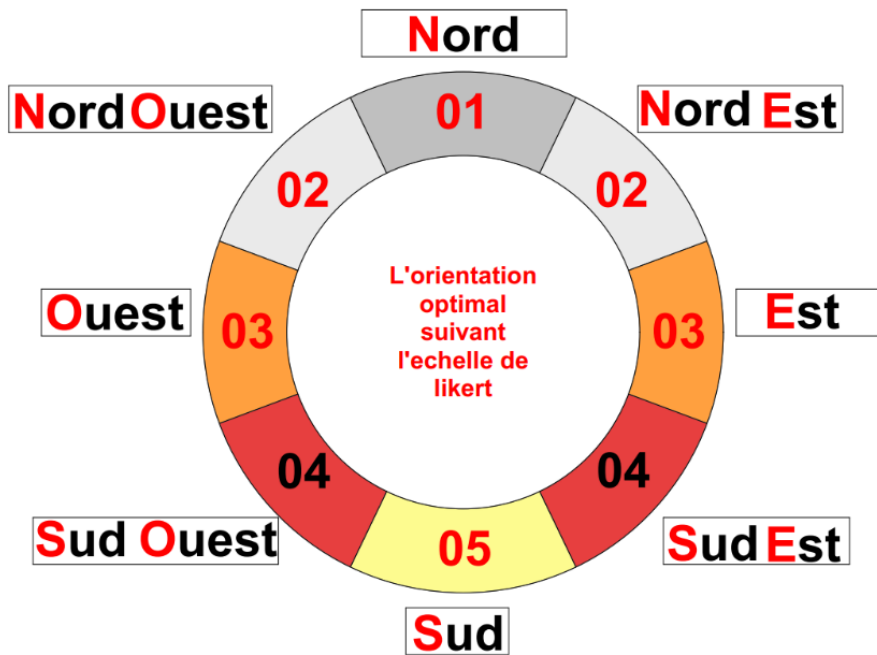


Figure 103: Schéma illustratif qui montre l'échelle d'évaluation de Likert attribué à l'orientation faite par auteurs

Avant d'analyser ce critère, nous avons déterminé l'orientation optimale pour le climat semi-aride de la région d'Oum El-Bouaghi, en utilisant un fichier climatique au format WEA, comme illustré par la figure.

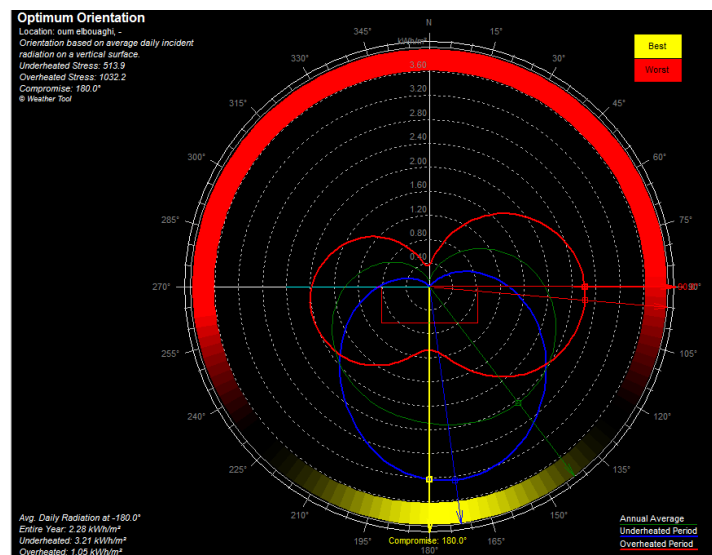


Figure 104: L'orientation optimale pour le climat de la région d'Oum Elbouaghi/. Source : Auteurs. Sous ecotecte©

Tableau 18: attribution de l'orientation à l'échelle de Likert pour l'évaluation

Échelle de Likert	Nomination	Valeur obtenue
1	Orientation NORD	1
2	Orientation Nord_Est / Nord-Ouest	2
3	Orientation est / ouest	3
4	Orientation Sud Est / Sud-Ouest	4
5	Orientation plein Sud	5

3. Volume « Coef de forme » (éclatement/compacité) :

Le logiciel ArchiWIZARD 2022© effectue le calcul du coefficient de froid (CF) du bâtiment au moment de son lancement (simulation à l'initialisation du logiciel). Nous utilisons ce logiciel pour réaliser le calcul sur 60 exemples.

À l'issue des calculs, les résultats ont été organisés pour être attribués à une échelle de Likert.

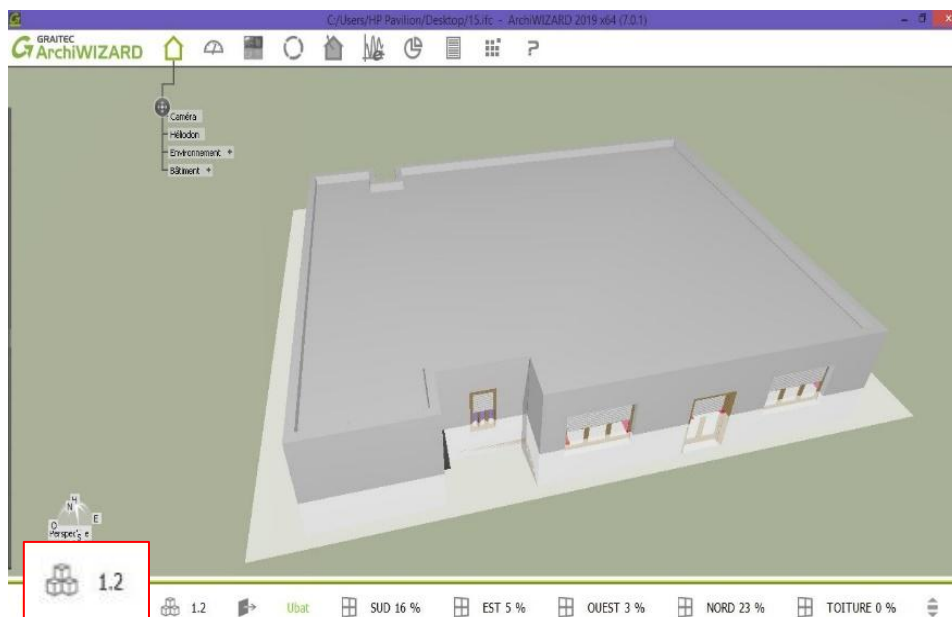


Figure 105: simulation exemplaire du Coeff de Forme / . Source : Auteur. Sous ArchiWizard 2022

Tableau 19: le résultat obtenu pour le CF attribué à l'échelle de Likert /. Source : Auteurs.

Échelle de Likert	Nomination	Valeur obtenue
1	1,7	1
2	1,28	2
3	0,85	3
4	0,43	4
5	0	5

4.La typologie de la toiture du projet :

Ce critère a également été apprécié en se basant sur une série de sous-dimensions ou de sous-critères, de la manière suivante :

Tableau 20: le résultat de l'évaluation de la typologie de toiture du projet attribué à l'échelle de Likert /. Source : Auteurs.

Échelle de Likert	Nomination	Valeur obtenue
1	Plate	1
2	Inclinai	2
3	Protège les allées autour du projet	3
4	Protection contre pluie et neige	4
5	Moderne	5

5.La Protection solaire :

Le choix et l'efficacité de la protection solaire constituent des facteurs clés, comme le souligne la revue de littérature. Les stratégies recommandées pour la protection solaire incluent :

- Une saillie horizontale sur le côté sud,
- L'absence de protection sur le côté nord, adaptée à notre type de climat qui est le semi-aride.
- Pour les orientations est et ouest, une saillie verticale est préférable, idéalement modulable.

Notre méthodologie repose sur l'évaluation de différentes protections solaires à l'aide de simulations effectuées dans le logiciel ArchiWIZARD 2022©. Pour chaque test, une protection

solaire est mise en place puis évaluée à travers une simulation pour déterminer son efficacité. Les résultats sont compilés dans un tableau récapitulatif, illustrant les types de fenêtres sélectionnés par les participants à l'étude ainsi que les dispositifs de protection solaire jugés efficaces.

Concernant les choix de fenêtres effectués par les participants, les résultats obtenus se présentent comme suit :

Tableau 21: la taille de la fenêtre et les dimensions de la protection solaire idéale. Source auteurs sous archiwizard2022©

La taille de la fenêtre	L'avancée optimale pour la protection solaire
1.2*1.2	1,2
1*1	1
1.2*1.5	1,2
1.5*1.5	1,5
Mur rideau h=3.06	3

En conclusion, nous comparons le résultat obtenu avec les choix effectués par le participant dans sa conception architecturale.

6.Captage panneaux solaires :

Pour ce paramètre, une échelle d'évaluation nominale est attribuée en réponse à la question suivante : Le participant a-t-il intégré un panneau solaire dans sa conception ?

Tableau 22: l'échelle d'évaluation choisie . Source: Auteurs.

Échelle nominale	Nomination
1	Oui
2	Non

7.Zoning climatique :

Suite à l'analyse précédente, un zonage climatique a été établi, indiquant que l'orientation optimale dans notre région se situe entre 210° et 150° vers le sud. Cette orientation a été évaluée à l'aide de l'échelle de Likert, comme illustré dans la figure 10.

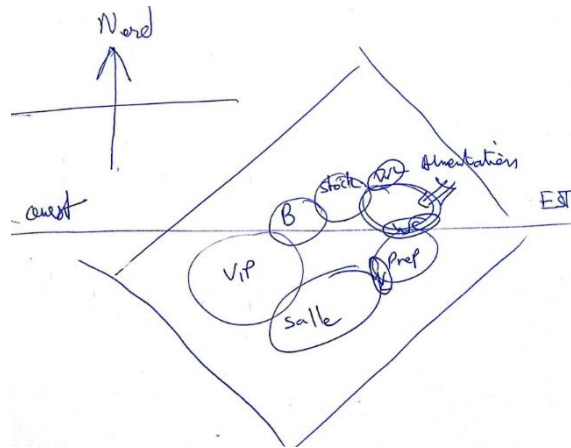


Figure 106: Le zonage climatique fait par auteurs

Tableau 23: l'échelle d'évaluation de Likert -nomination pour le critère zoning climatique

L'échelle d'évaluation	Nomination
01	Les deux espaces clés de projet (salle et VIP salle) ne profitent plus d'une bonne orientation
02	La moitié de l'un des deux espaces à une bonne orientation
03	L'un des deux espaces à profiter de la bonne orientation
04	Les deux salles profitent de la bonne orientation
05	Les deux salles profitent de la bonne orientation et même l'espace de préparation

Concernant le résultat final de l'analyse du critère, il est présenté dans le tableau récapitulatif (tableau 25).

8.Isolation thermique/inertie

L'initiation de l'analyse a été réalisée via une simulation effectuée avec ArchiWizard 2022©, qui a fourni un résultat concernant les déperditions thermiques de l'enveloppe du bâtiment. À la suite de ce résultat, une hiérarchisation a été mise en place afin d'assigner les données à une échelle de Likert. En conclusion, l'évaluation de l'efficacité de l'isolation a été basée sur les pertes de chaleur calculées via ArchiWizard 2022©.

a. les simulations de déperditions sous Archiwizard :

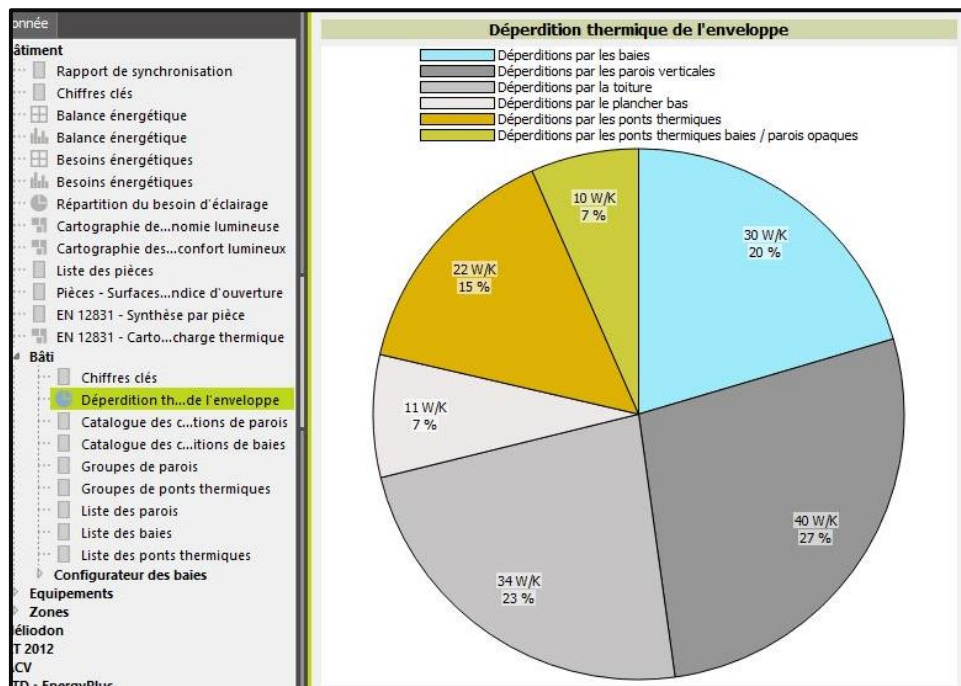


Figure 107 :Les résultats des déperditions pour un participant du groupe ArchiCAD©. Source : Auteurs. Sous ArchiWizard2022©

	deperditions baies	deperditions P verticaux	D par le toit	D p plancher bas	D p ponts thermi	D p ponts bais /par
1	12	21	21	22	19	6
2	34	15	15	15	15	6
3	84	6	5		3	2
4	18	20	19	20	18	6
5	32	11	20	19	12	7
6	17	19	21	22	16	5
7	43	11	12	12	14	7
8	12	24	20	22	18	4
9	16	15	20	20	24	5
10	20	16	21	21	16	6
11	18	18	21	21	16	7
12	16	23	18	20	18	5
13	18	16	20	20	19	7
14	20	27	23	7	15	7
15	18	25	16	18	17	6
16	26	21	15	16	15	7
17	16	21	22	22	14	5
18	13	18	27	24	13	5
19	36	8	18	17	14	7
20	50	5	15	15	9	6
21	11	26	18	19	22	4
22	12	33	14	16	21	4
23	23	14	18	21	17	7
24	15	20	22	22	16	5
25	26	20	11	12	27	3
26	17	21	21	21	15	5
27	26	14	19	19	15	7
28	32	11	19	18	14	6
29	13	21	23	23	14	5
30	44	8	15	15	11	8

Figure 108 :Les résultats des déperditions du groupe ArchiCAD©. Source : Auteur. Sous ArchiWizard 2022©

les travaux	deperditions baies	deperditions P verticaux	D par le toit	D p plancher bas	D p ponts thermi	D p ponts bais /par
1	10	34	10	12	31	3
2	12	24	26	24	12	2
3	17	26	19	19	16	3
4	15	23	20	21	18	4
5	41	10	17	17	11	5
6	15	17	22	22	19	4
7	9	16	26	17	30	2
8	14	19	22	22	18	5
9	18	20	19	20	16	7
10	22	12	26	24	13	3
11	27	17	19	19	13	6
12	13	23	24	23	13	4
13	20	25	13	14	22	7
14	0	19	20	19	42	0
15	14	18	23	23	16	5
16	15	20	20	21	20	5
17	9	24	23	23	19	2
18	18	21	22	21	12	5
19	18	23	16	18	19	5
20	9	21	24	25	18	3
21	11	25	19	21	20	4
22	18	22	21	21	13	5
23	20	23	18	19	14	6
24	22	20	18	18	16	6
25	15	16	23	22	19	5
26	16	18	22	23	16	5
27	23	22	18	18	12	6
28	7	24	22	23	23	1
29	24	18	19	19	14	7
30	18	17	22	22	16	5

Figure 109 :Les résultats des déperditions du groupe AutoCAD© . Source: Auteur. sous ArchiWizard 2022©

b. Conclure le résultat d'isolation :

À partir des résultats relatifs aux déperditions thermiques observées pour les deux groupes, il est possible de déduire les niveaux d'inertie thermique pour l'ensemble des livrables du projet, en se basant sur les deux approches conceptuelles examinées. Cette déduction repose sur la constatation d'une relation inverse entre les déperditions thermiques et l'inertie thermique.

Tableau 24: déduire l'échelle d'évaluation du paramètre inertie / . Source : Auteurs.

Deperdition	deperditions baies	deperditions P verticaux	D par le toit	D p plancher bas	D p ponts thermi	D p ponts bais /par	inertie
tres faible	11	5	5	0	3	2	excellente
faible	29.25	12	10.5	6	9	3.5	bon
moyen	47.5	19	16	12	15	5	moyen
bon	65.75	26	21.5	18	21	6.5	faible
excellente	84	33	27	24	27	8	tres faible

9.Système de chauffage/climatisation HVAC

En ce qui concerne l'évaluation du système de chauffage et de climatisation, une simulation des besoins énergétiques pour chaque participant a été réalisée à l'aide du logiciel ArchiWizard. Cette simulation a permis d'identifier :

- Les besoins en chauffage

- Les besoins en ventilation
- Les besoins en éclairage naturel

À la suite de l'obtention de ces résultats, il est requis de procéder à un classement des données, allant du minimum au maximum, pour les trois aspects considérés (chauffage, ventilation, et éclairage naturel), ainsi que pour l'eau chaude sanitaire. Ce classement devra être présenté sous forme de tableau.



Figure 110 : La Simulation des besoins énergétiques du participant 10 groupe ArchiCAD©.
Source : Auteurs. Par ArchiWizard 2022©

Étape deux :

Le processus implique le classement des soixante simulations, suivi de l'identification des valeurs minimales et maximales. Ces dernières serviront à établir une échelle de classement de type "Likert"

10. Le facteur du Lumière du jour (FLJ) ou éclairement (lux) :

Pour ce critère, on a fait une trentaine de simulations uniquement pour le groupe AutoCAD© qui a travaillé suivant la logique CAO, l'autre groupe a déjà donné le résultat de FLJ dans le dossier final de rendu à la journée d'expérimentation

Le résultat affiché par le logiciel ArchiWIZARD donne FLJ avec une échelle de cinq grades qui facilite son adaptation à l'échelle de Likert

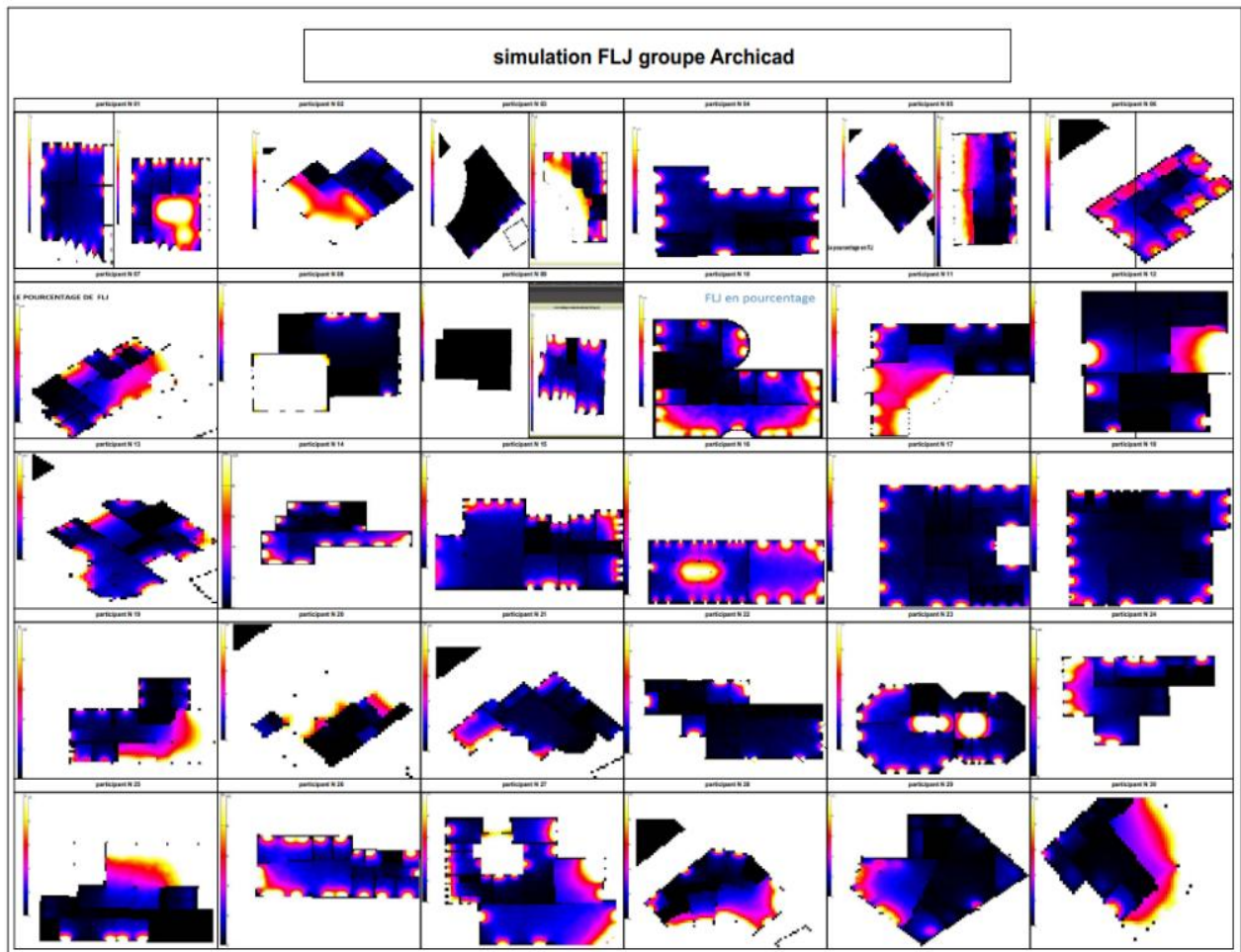


Figure 111 : le calcul de FLJ pour le groupe ArchiCAD© fait par consultant climatique 2019

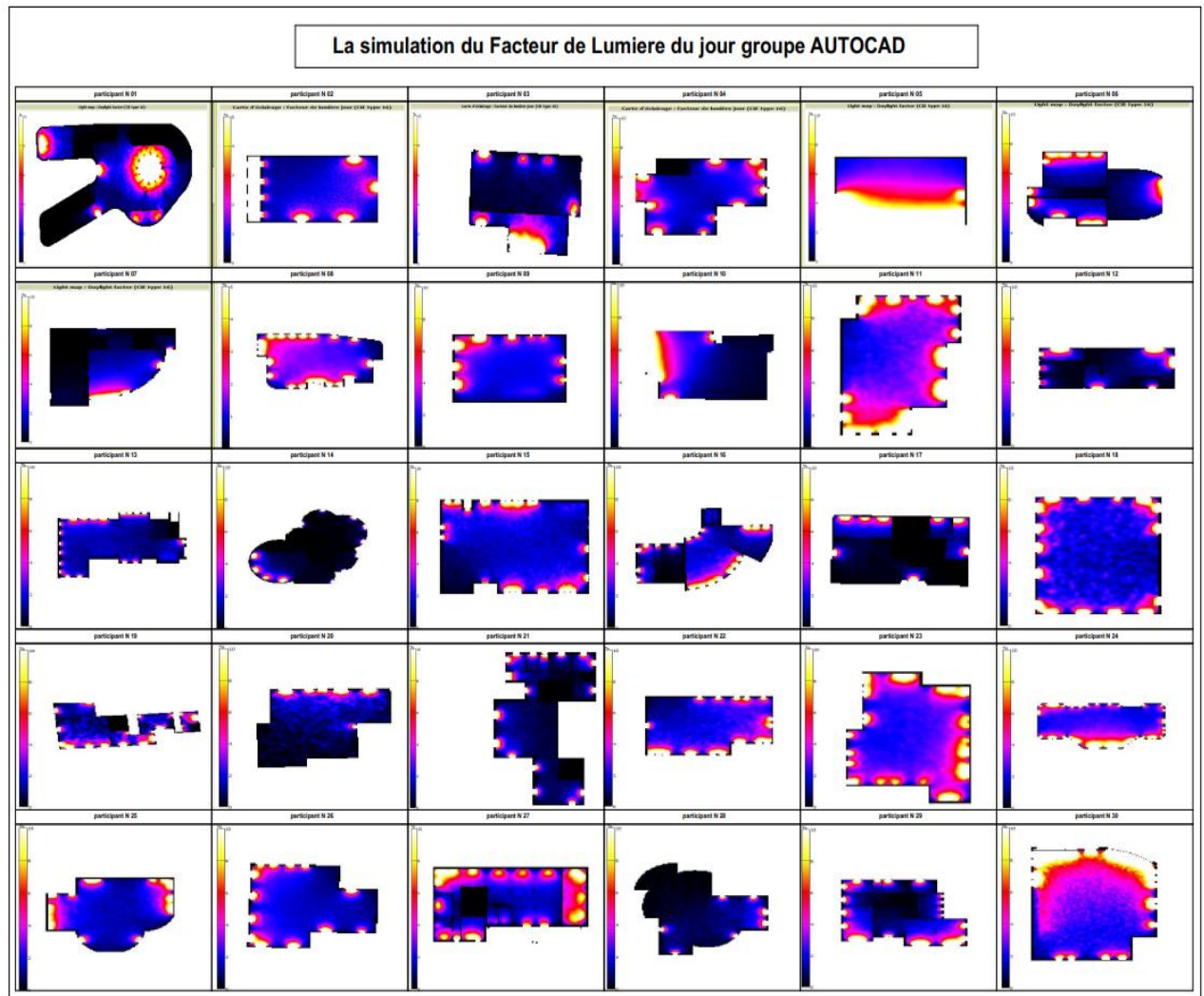


Figure 112 : le calcul de FLJ pour le groupe ArchiCAD© fait par consultant climatique 2019

VIII. Conclusion :

Dans ce présent chapitre on a évoqué la méthode l'analyse de la qualité des livrables donnés par les participants. L'analyse statistique par le logiciel SPSS© ainsi que l'interprétation des résultats de cette analyse seront détaillés au niveau des chapitres suivants.

Chapitre 7

Analyse statistique des résultats

Partiel 1 : tests paramétriques

I. Introduction :

Ce chapitre est consacré à l'exploration approfondie des techniques statistiques descriptives, avec un accent particulier sur la comparaison de la moyenne et de la fréquence entre les deux groupes. La section sur la fréquence fournira un aperçu détaillé de la façon de quantifier et de visualiser l'apparition de valeurs ou de catégories spécifiques au sein de chaque groupe. En se concentrant sur la construction et l'interprétation des distributions de fréquence, les lecteurs apprendront à identifier les modèles de distribution, les anomalies et les tendances éminentes qui caractérisent chaque groupe.

Dans la section consacrée à la moyenne, nous examinerons comment cette mesure de tendance centrale peut être utilisée pour résumer et comparer les ensembles de données. La moyenne ou la fréquence fournit une vue quantifiée et facilement interprétable de la "normalité" au sein de chaque groupe, facilitant ainsi une comparaison directe entre eux.

Ce chapitre ouvre la voie à une compréhension nuancée et à une utilisation judicieuse des statistiques descriptives dans les comparaisons de groupes en se penchant sur l'analyse de la moyenne, la fréquence.

II. L'analyse de la fréquence pour les deux logiques de conception architecturale :

1. La qualité du rendu en deux dimensions :

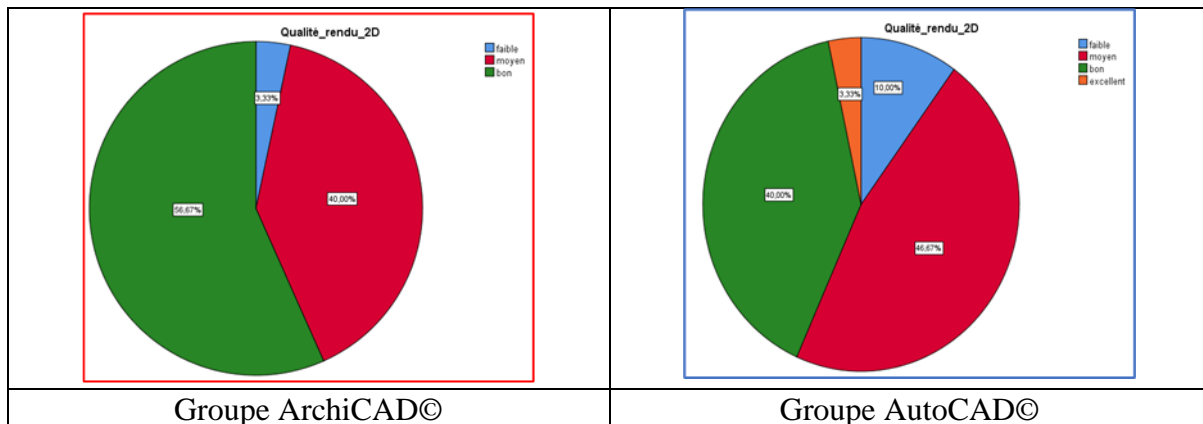


Figure 113: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère qualité du rendu 2d

Pour le groupe ArchiCAD, la majorité des évaluations se situent dans la catégorie "Bon" (56,67 %), suivie par la catégorie "Moyen" (40 %). En revanche, pour le groupe AutoCAD, les évaluations se concentrent principalement dans les catégories "Moyen" (46,67 %) et "Bon" (40 %).

En ce qui concerne les évaluations extrêmes, le groupe ArchiCAD ne compte qu'une seule évaluation "Faible" (3,33 %) et aucune évaluation "Excellent". En comparaison, le groupe AutoCAD présente trois évaluations "Faible" (10 %) et une évaluation "Excellent" (3,33 %).

Les données indiquent que les utilisateurs du groupe ArchiCAD semblent avoir une perception globalement meilleure de la qualité du rendu 2D par rapport à ceux du groupe AutoCAD, avec une majorité d'évaluations dans la catégorie "Bon".

Ces résultats suggèrent que les utilisateurs du groupe ArchiCAD pourraient percevoir la qualité du rendu 2D de manière plus homogène et favorable par rapport aux utilisateurs du groupe AutoCAD.

2.La qualité du rendu en trois dimensions(3D) :

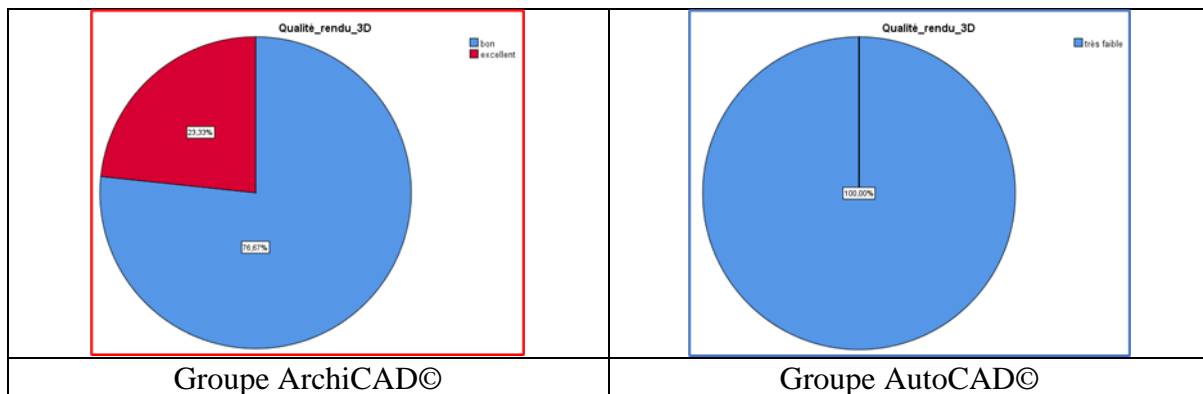


Figure 114: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère qualité du rendu 3d

Le groupe ArchiCAD obtient des évaluations exclusivement dans les catégories "Bon" (76,67 %) et "Excellent" (23,33 %). En revanche, le groupe AutoCAD présente toutes ses évaluations dans la catégorie "Très faible" (100 %).

Toutes les évaluations du groupe AutoCAD se situent dans la catégorie "Très faible", ce qui indique une perception uniformément négative de la qualité du rendu 3D.

Les utilisateurs du groupe ArchiCAD manifestent une perception extrêmement positive de la qualité du rendu 3D, la majorité des évaluations étant "Bon" et une proportion notable "Excellent". À l'inverse, les utilisateurs du groupe AutoCAD ont une perception unanimement négative, toutes les évaluations se trouvant dans la catégorie "Très faible".

Les utilisateurs du groupe ArchiCAD perçoivent la qualité du rendu 3D comme étant significativement supérieure à celle perçue par les utilisateurs du groupe AutoCAD. Cette différence est clairement illustrée par la concentration des évaluations dans les catégories "Bon" et "Excellent" pour ArchiCAD, contre uniquement "Très faible" pour AutoCAD.

3. Les échanges avec les ingénieurs

a) Échange avec l'ingénieur de structure :

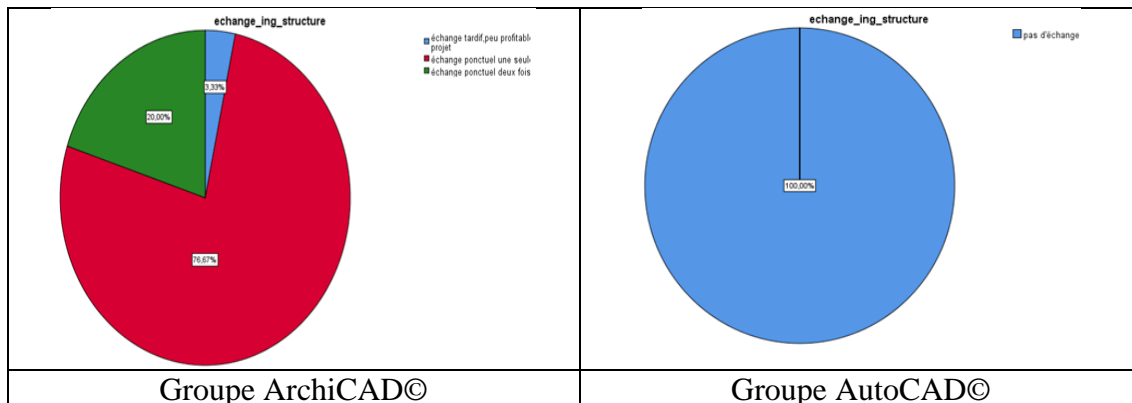


Figure 115: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère échange avec l'ingénieur en structure

La majorité des membres du groupe ArchiCAD (76,67%) ont eu une interaction avec l'ingénieur en structure une seule fois, tandis que 20% ont communiqué deux fois et seulement 3,33% ont bénéficié d'une interaction tardive et peu fructueuse. Il n'y a eu aucun cas où les membres du groupe n'ont pas interagi ou ont interagi plus de deux fois. À l'inverse, aucun des membres du groupe AutoCAD n'a interagi avec l'ingénieur en structure. Les données révèlent une nette différence dans les interactions avec l'ingénieur en structure entre les deux groupes, avec le groupe ArchiCAD présentant une fréquence plus élevée d'échanges, généralement une ou deux fois. Ce constat suggère que le mode de conception basé sur la logique BIM d'ArchiCAD favorise une communication plus régulière avec les ingénieurs en structure comparativement à la logique conventionnelle d'AutoCAD. Cette dynamique indique que la méthode ArchiCAD est propice à une meilleure collaboration, ce qui pourrait se traduire par de meilleures performances en matière de conception grâce à une participation plus active des ingénieurs.

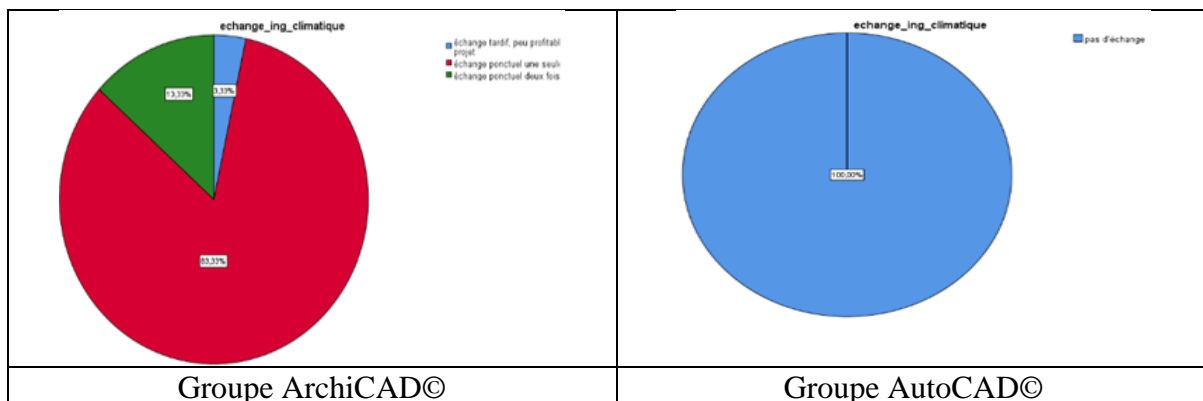
b) L'échange avec l'Ingénieur en génie climatique :

La plupart des participants (76,67%) du groupe ArchiCAD ont interagi avec l'ingénieur en climat une fois. Un pourcentage plus faible (20,00%) a interagi deux fois, tandis que 3,33% ont eu un échange tardif peu profitable. Il n'y a eu aucun cas de non-interaction ou d'interactions plus de deux fois.

Tous les participants du groupe AutoCAD (100%) n'ont eu aucune interaction avec l'ingénieur en climat. Les résultats indiquent une différence significative entre les deux groupes en matière

d'interaction avec l'ingénieur en climat. Le groupe ArchiCAD montre une fréquence élevée d'interactions, principalement une ou deux fois, tandis que le groupe AutoCAD ne montre aucune interaction. Cela suggère que l'approche de conception dans ArchiCAD (logique BIM) encourage une communication plus fréquente avec les ingénieurs en climat par rapport à AutoCAD (logique classique).

Figure 116: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère qualité du rendu 2d



Ces différences pourraient impliquer que la méthodologie ArchiCAD favorise une meilleure collaboration et pourrait conduire à de meilleurs résultats de conception en raison d'une implication plus fréquente des ingénieurs.

4.L'intégration :

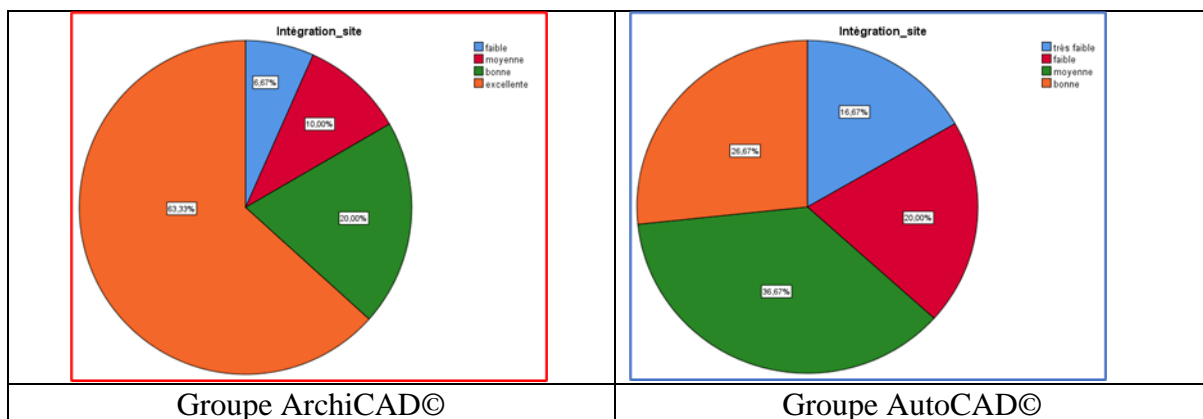


Figure 117: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère intégration

La majorité des participants (63,33%) du groupe ArchiCAD ont évalué l'intégration de leur projet comme excellente. Un pourcentage plus faible (20%) a évalué l'intégration comme bonne, 10% comme moyenne et 6,67% comme faible. Aucun participant n'a évalué l'intégration comme très faible.

Les évaluations dans le groupe AutoCAD sont réparties principalement entre moyenne (36,67%), bonne (26,67%), faible (20%) et très faible (16,67%). Aucun participant n'a évalué l'intégration comme excellente.

Les résultats montrent une nette différence entre les deux groupes en matière de dévaluation de l'intégration des projets dans leur environnement. Le groupe ArchiCAD obtient des évaluations beaucoup plus positives, avec une majorité des participants notant l'intégration comme excellente. En revanche, le groupe AutoCAD a une distribution plus équilibrée entre les différentes évaluations, mais aucune évaluation d'excellence n'a été donnée.

Ces résultats suggèrent que l'approche de conception dans ArchiCAD (logique BIM) permet une meilleure intégration des projets dans leur environnement classique dans AutoCAD. Cela pourrait indiquer que l'utilisation de la méthodologie BIM favorise une meilleure planification et coordination, résultant en des projets mieux intégrés.

5. Le repérage d'équipement :

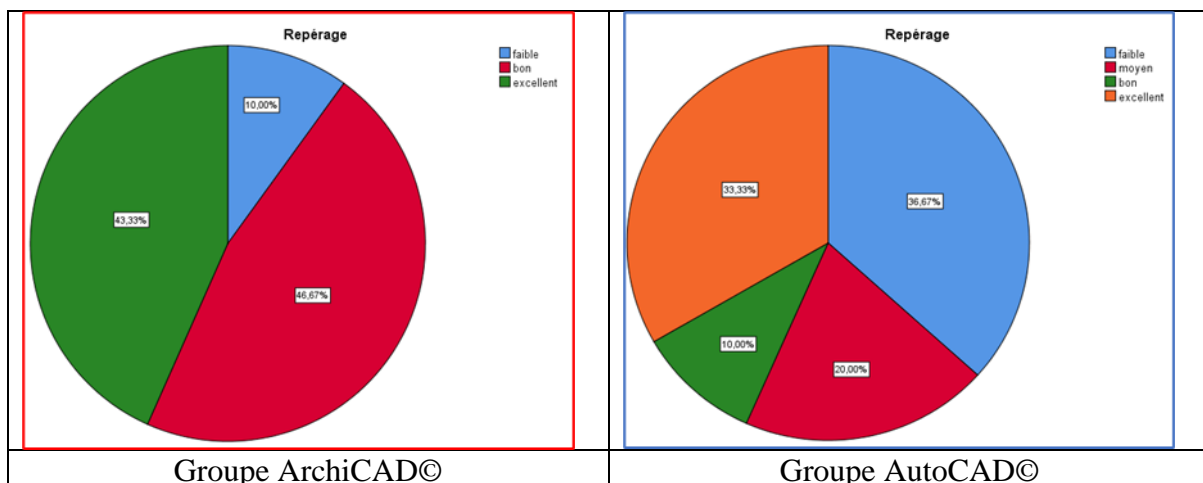


Figure 118: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère repérage de l'équipement

La majorité des participants (46,67%) du groupe ArchiCAD ont évalué le repérage d'équipement comme bon. Un pourcentage significatif (43,33%) a évalué le repérage comme excellent, tandis que 10% l'ont évalué comme faible. Aucun participant n'a évalué le repérage comme très faible ou moyen.

Les évaluations dans le groupe AutoCAD montrent une répartition plus équilibrée : 36,67% des participants ont évalué le repérage d'équipement comme faible, 20% l'ont évalué comme

moyen, 10% l'ont évalué comme bon, 33,33% l'ont évalué comme excellent. Aucun participant n'a évalué le repérage comme très faible.

Ces résultats suggèrent que l'approche de conception dans ArchiCAD (logique BIM) permet une meilleure qualité de repérage de l'équipement par rapport à celle, plus classique, dans AutoCAD. Cela pourrait indiquer que l'utilisation de la méthodologie BIM favorise une meilleure précision et efficacité dans le repérage des équipements.

6.L'accessibilité générale du projet :

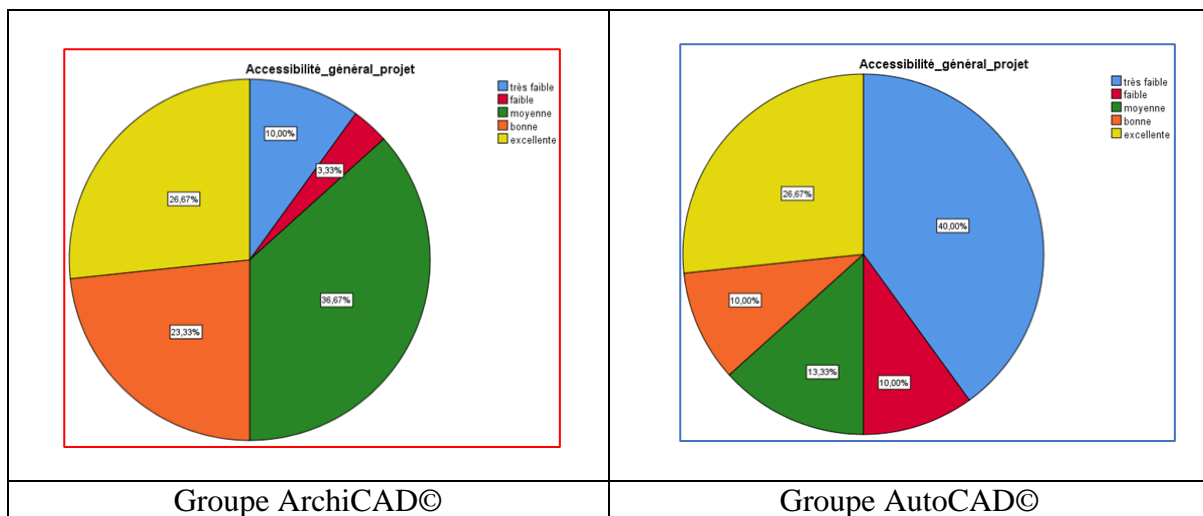


Figure 119: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère accessibilité générale du projet

Le groupe ArchiCAD obtient des évaluations majoritairement positives avec 36,67 % des participants évaluant l'accessibilité générale du projet comme "Bonne" et 26,67 % comme "Excellente". Cela signifie que 63,34 % des évaluations sont dans les catégories "Bonne" ou "Excellente", indiquant une perception globalement favorable de l'accessibilité.

Le groupe AutoCAD présente une majorité d'évaluations négatives, avec 40 % des participants évaluant l'accessibilité générale du projet comme "Très faible".

Bien que 26,67 % des évaluations soient "Excellente", il est important de noter que les évaluations restantes montrent une distribution variée, avec 10 % "Bonne", 13,33 % "Moyenne", et 10 % "Faible".

Les résultats montrent une différence notable entre les deux groupes en matière de dévaluation de l'accessibilité générale du projet. Le groupe ArchiCAD obtient des évaluations majoritairement positives, tandis que le groupe AutoCAD a une proportion significative

d'évaluations très faibles. Cela suggère que l'approche de conception dans ArchiCAD (logique BIM) permet une meilleure accessibilité générale du projet par rapport à AutoCAD (logique classique).

7.L'accessibilité PMR :

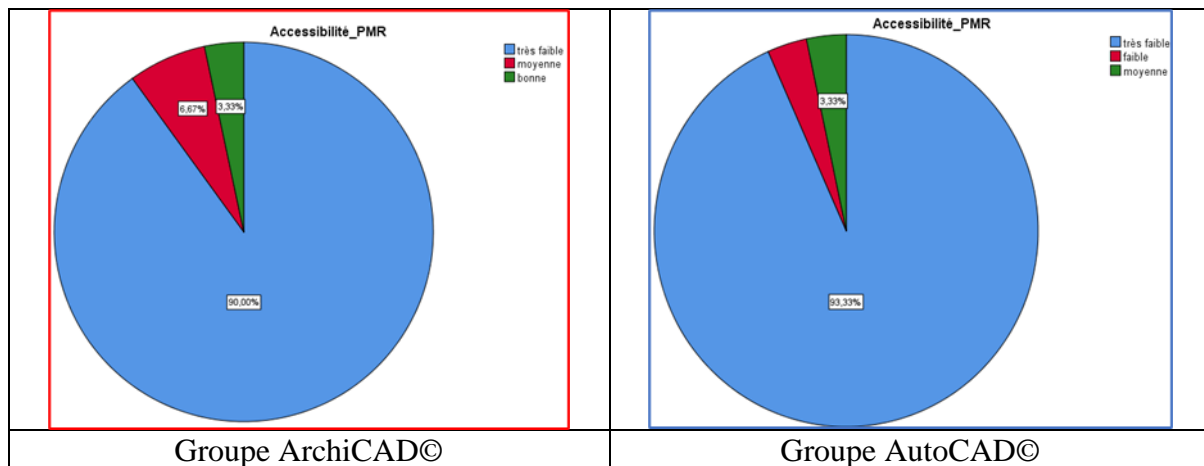


Figure 120: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère accessibilité des PMR

Pour le groupe ArchiCAD, la majorité des évaluations se situent dans la catégorie "Très faible" (90,00 %), suivie par la catégorie "Faible" (6,67 %). En revanche, pour le groupe AutoCAD, les évaluations se concentrent principalement dans la catégorie "Très faible" (93,33 %), avec des proportions égales pour "Faible" et "Moyenne" (3,33 % chacune).

En ce qui concerne les évaluations extrêmes, le groupe ArchiCAD ne compte aucune évaluation "Bonne" ou "Excellente". En comparaison, le groupe AutoCAD ne présente également aucune évaluation dans ces catégories.

Les données indiquent que les utilisateurs des deux groupes perçoivent l'accessibilité pour les PMR de manière très négative, avec une majorité des évaluations dans la catégorie "Très faible". Ces résultats soulignent la nécessité d'améliorer l'accessibilité pour les PMR dans les deux approches de conception.

8.Le fonctionnement du projet :

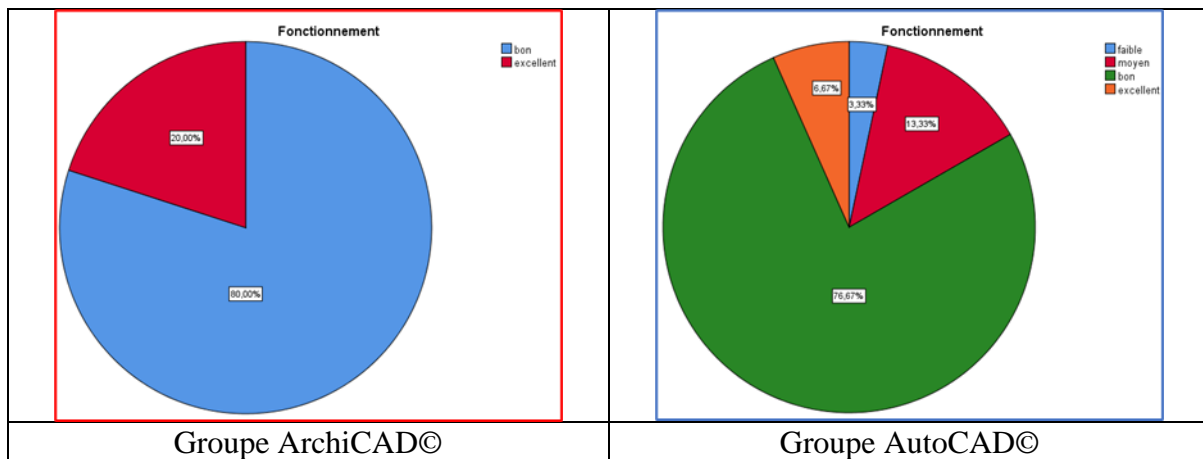


Figure 121: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère fonctionnement du projet

Le groupe ArchiCAD montre une homogénéité positive dans les évaluations, toutes se situant entre "Bon" et "Excellent". Le groupe AutoCAD présente une plus grande variabilité dans les évaluations, allant de "Faible" à "Excellent".

Les résultats montrent une différence notable entre les deux groupes en matière de dévaluation du fonctionnement. Le groupe ArchiCAD obtient des évaluations uniformément positives, tandis que le groupe AutoCAD montre une perception positive majoritaire, mais avec une plus grande variabilité. Cela suggère que l'approche de conception dans ArchiCAD (logique BIM) permet une meilleure perception du fonctionnement par rapport à celle dans AutoCAD (logique classique).

9.La mise en place de la structure :

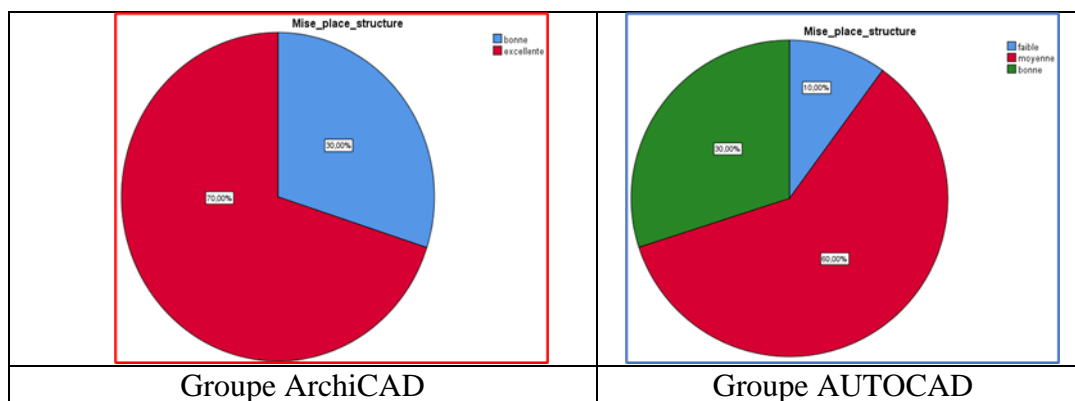


Figure 122: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère mise en place de la structure

Le groupe ArchiCAD a reçu la plupart des évaluations positives, avec 70% d'évaluations attribuant l'installation de l'infrastructure à "Excellent" et 33% à "Bonne". Cela témoigne d'une vision très positive du jugement de la structure. La plupart des évaluations positives ont été attribuées au groupe AutoCAD, avec 60% d'évaluations comme "Excellent" et 33% comme "Bonne". Cependant, 30% ont été classés comme "Bonne" et 10% comme "Moyenne". Les résultats montrent que les deux groupes diffèrent considérablement dans leur jugement de l'opération de la structure. Les avis d'ArchiCAD sont généralement positifs, tandis que ceux d'AutoCAD sont plus variés. Cela suggère que la méthode de design ArchiCAD (BIM) offre une meilleure vision de la construction de la structure par rapport à la méthode classique AutoCAD (CAO). Dans l'ensemble, l'approche de conception dans ArchiCAD (logique BIM) permet un meilleur jugement et une meilleure pratique de la mise en place de la structure par rapport à celle dans AutoCAD (logique classique).

10. Les joints :

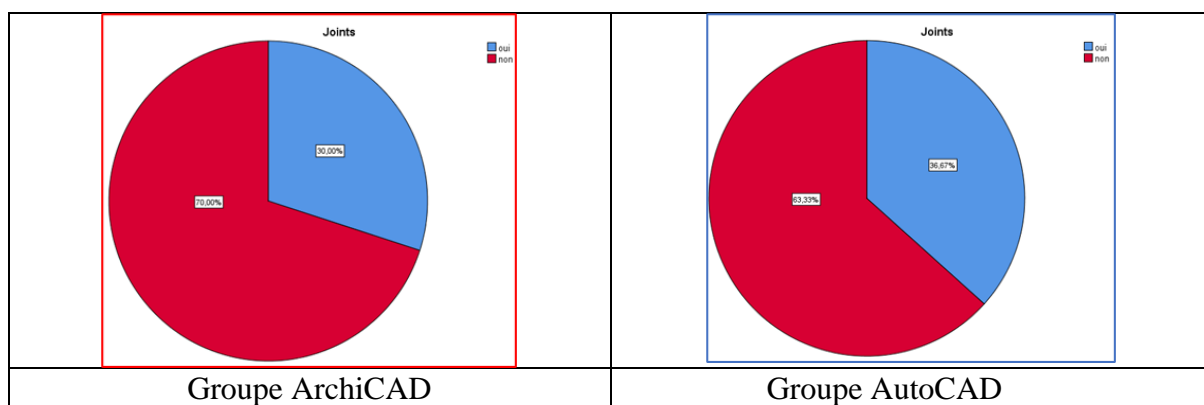


Figure 123: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère les joints

Le groupe ArchiCAD reçoit des évaluations principalement négatives : 70 % des participants répondent "Non" et 30 % répondent "Oui", indiquant une insatisfaction générale vis-à-vis des joints. De même, le groupe AutoCAD montre une majorité d'avis négatifs avec 63,33 % de "Non" et 36,67 % de "Oui".

Les utilisateurs d'ArchiCAD sont majoritairement insatisfaits des joints (70 % de "Non"), ce qui reflète une perception défavorable. Pour AutoCAD, bien que 36,67 % des utilisateurs soient satisfaits, une majorité de 63,33 % reste insatisfaite.

ArchiCAD présente une homogénéité dans les évaluations négatives, indiquant une expérience généralement défavorable et peu variée. AutoCAD, tout en ayant une majorité d'avis négatifs, montre une légère amélioration par rapport à ArchiCAD avec plus de réponses positives.

En conclusion, les deux groupes, ArchiCAD et AutoCAD, perçoivent les joints de manière majoritairement négative, ArchiCAD étant plus défavorable (70 % de "Non") par rapport à AutoCAD (63,33 % de "Non"). Cela souligne un besoin d'amélioration dans la conception et l'implémentation des joints pour les deux approches.

11.Le redimensionnement :

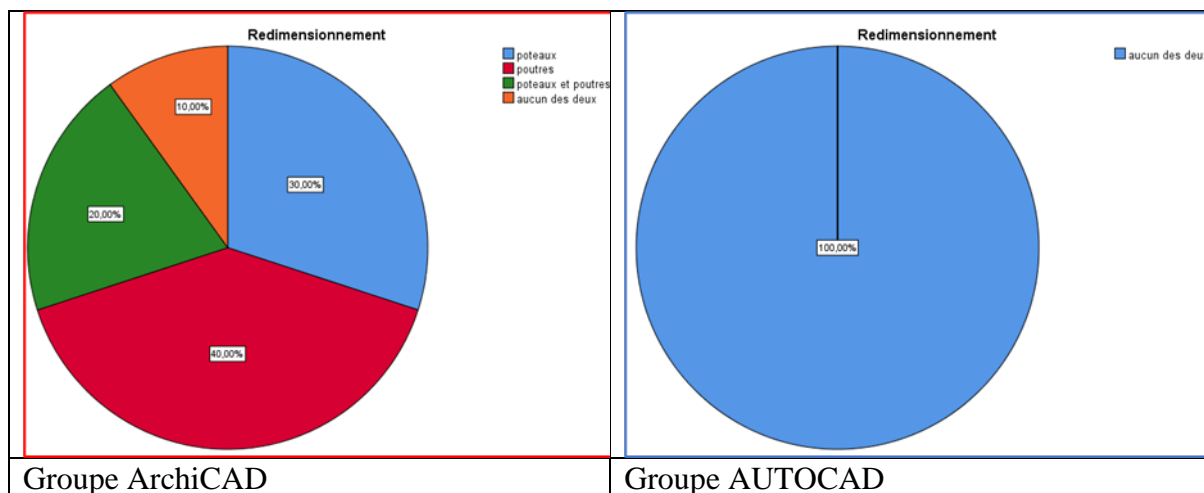


Figure 124: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère redimensionnement

Le groupe ArchiCAD, ayant collaboré avec des ingénieurs en génie civil, reçoit des évaluations variées : 40 % des participants indiquent "poteaux et poutres", 30 % "poteaux", 20 % "poutres" et 10 % "aucun des deux". Cela montre que la majorité des utilisateurs ont recours au redimensionnement des structures, avec une préférence pour "poteaux et poutres".

En revanche, le groupe AutoCAD, qui a travaillé sans collaboration, présente une évaluation uniforme avec 100 % des participants répondant "aucun des deux". Cela indique que les utilisateurs ne redimensionnent ni les poteaux ni les poutres, suggérant une absence totale de cette pratique.

En conclusion, les utilisateurs du groupe ArchiCAD montrent une diversité dans les pratiques de redimensionnement, majoritairement en faveur du redimensionnement de "poteaux et poutres", grâce à la collaboration avec des ingénieurs en génie civil. À l'opposé, les utilisateurs du groupe AutoCAD ne pratiquent pas le redimensionnement, probablement en raison de

l'absence de collaboration. Cette différence suggère que l'approche collaborative d'ArchiCAD (logique BIM) favorise davantage le redimensionnement structurel par rapport à la logique classique d'AutoCAD.

12. La logique entre la structure et l'espace :

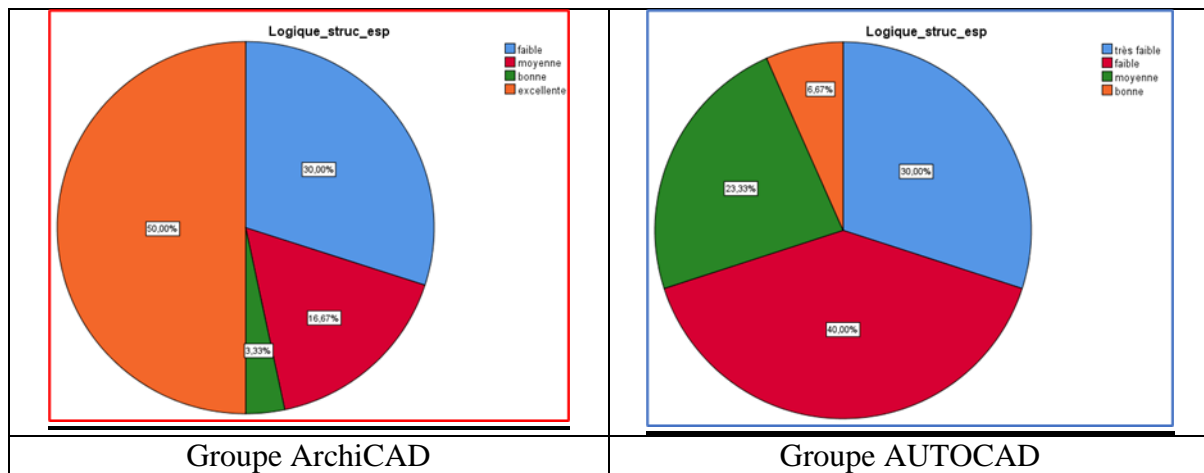


Figure 125: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère logique entre la structure et l'espace

Le groupe ArchiCAD : La logique entre la structure et l'espace est considérée comme "excellente" par une majorité significative des utilisateurs (50%). Cependant, 30% des utilisateurs la considèrent comme "faible" et 16,67% la considèrent comme "moyenne". Seuls 3,33% des utilisateurs la jugent "acceptable". La plupart des réponses sont favorables, avec 50% des utilisateurs déclarant que la logique est "excellente". Il existe aussi une part significative (30%) d'évaluations « faibles ».

La plupart des utilisateurs d'AutoCAD considèrent la logique comme "faible" (40 %) et "très faible" (30 %). Elle est jugée « moyenne » par 23,33% des utilisateurs et « bonne » par 6,67%. Il n'y a pas d'évaluation dans la catégorie "excellente". Les réponses sont majoritairement négatives, avec 70% des utilisateurs considérant la logique comme "faible" ou "très faible". La logique n'est pas jugée « excellente » par aucun utilisateur et « bonne » par une faible proportion (6,67%).

En général, ArchiCAD a une vision plus positive de la relation entre la structure et l'espace, ce qui peut être expliqué par l'approche BIM. Les évaluations se répartissent de manière élevée, avec une majorité importante d'évaluations « excellente ».

AutoCAD est généralement perçu de manière négative. L'absence complète d'évaluations « excellentes » et la fréquence des évaluations « faible » et « très faible » laissent entendre des limites perçues dans l'approche traditionnelle.

Les conclusions révèlent une distinction significative entre les deux groupes. La logique entre la structure et l'espace est perçue de manière beaucoup plus positive par le groupe ArchiCAD, sans doute en raison de l'efficacité perçue de l'approche BIM. D'autre part, la perception du groupe AutoCAD est principalement négative, ce qui suggère un besoin d'amélioration dans la logique de conception traditionnelle. Pour améliorer la satisfaction des utilisateurs, cette analyse peut guider des choix en faveur de l'adoption de méthodologies de conception plus contemporaines.

13. La logique entre la structure et la forme :

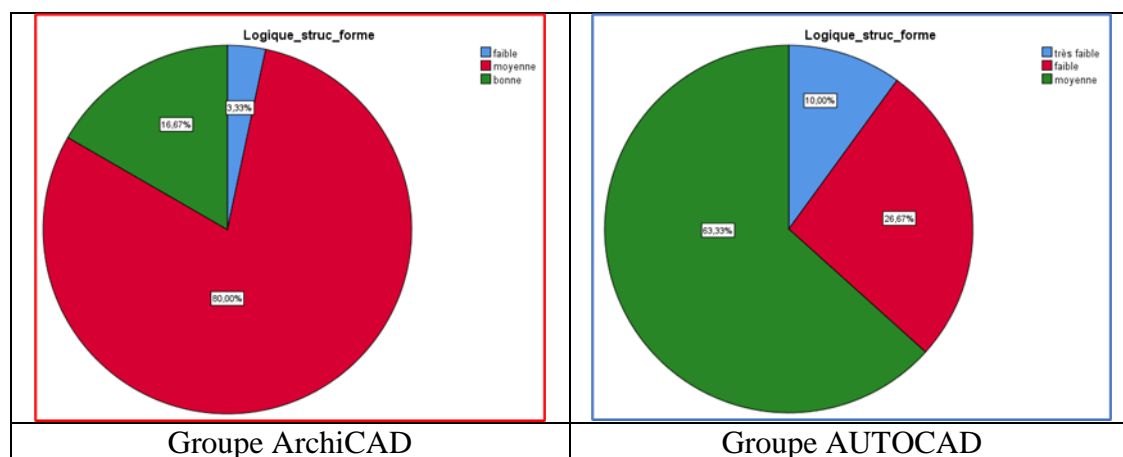


Figure 126: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère logique entre la structure et la forme du projet

Une bonne note de 16,67% a été suivie d'une note moyenne de 80% pour le groupe ArchiCAD. En moyenne, 63,33% des personnes ont donné au groupe AutoCAD une très mauvaise note, avec 26,67% qui lui ont donné une très faible note et 10% qui l'ont donnée une très bonne note. Avec des scores plus excellents et aucune note extrêmement basse, le groupe ArchiCAD a montré qu'il était plus satisfait de la structure et de la forme logiques du projet. D'autre part, le groupe AutoCAD a été moins satisfait dans l'ensemble, avec un grand nombre de très mauvaises et de mauvaises évaluations et zéro évaluation élevée ou en suspens. Sur la base des résultats, il semble que la méthode de logique BIM pourrait fonctionner mieux pour obtenir un meilleur projet accompli. En raison de leur performance supérieure perçue en matière de structure logique et de forme du projet.

Donc, la logique BIM (utilisée par le groupe ArchiCAD) peut offrir une meilleure compréhension ou une adoption plus facile pour les étudiants, comme le montrent une moyenne plus élevée et un taux plus faible de mauvaises notes.

14.La détection des conflits :

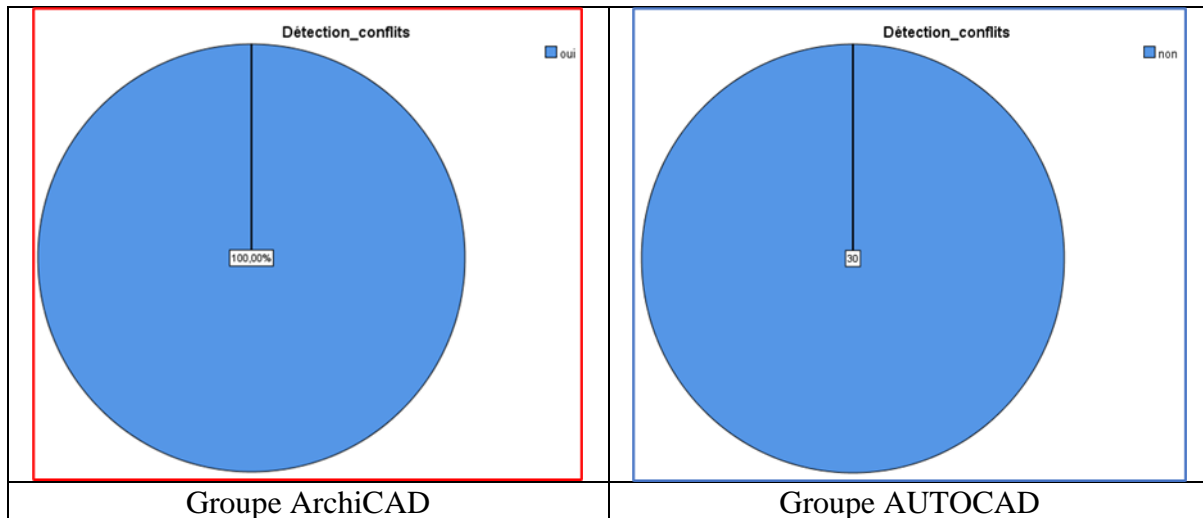


Figure 127 : Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère détection des conflits

Le groupe ArchiCAD a montré une complète homogénéité dans les évaluations positives, indiquant des expériences généralement favorables en matière de détection de conflits. Cette homogénéité peut être attribuée à l'efficacité du logiciel ArchiCAD et à la valeur ajoutée de la consultation d'un ingénieur civil. En revanche, le groupe autoCAD a une homogénéité complète dans les évaluations négatives, suggérant généralement des expériences négatives dans la détection de conflits. Cette homogénéité suggère un manque de fonctionnalité ou d'efficacité dans le logiciel AutoCAD. Le groupe ArchiCAD, en consultation avec un ingénieur civil, a une perception et une efficacité très favorables dans la détection des conflits. En revanche, le groupe AutoCAD a une perception négative, ce qui indique un manque de mécanismes efficaces de détection des conflits.

15.L'ombrage mutuel :

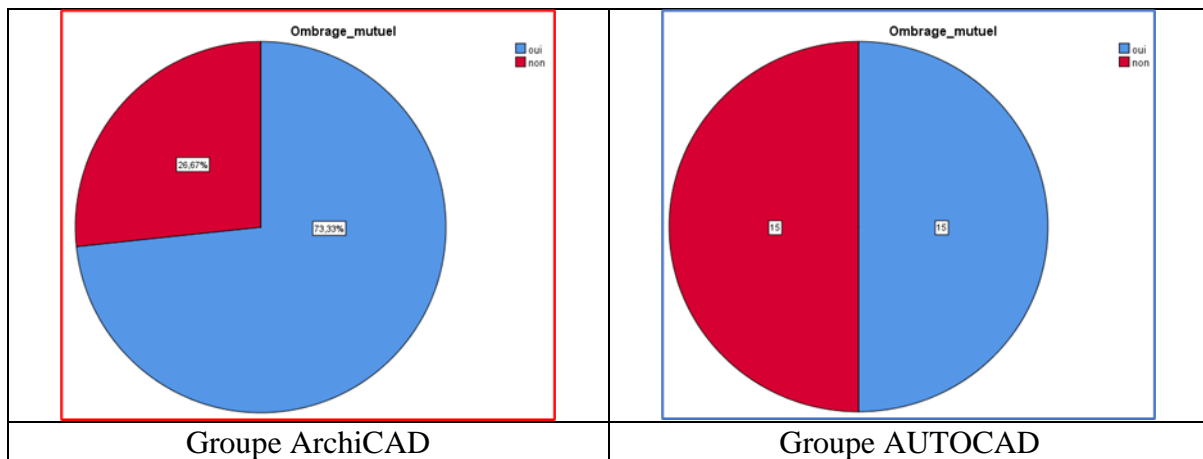


Figure 128: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère ombrage mutuel

Les utilisateurs d'ArchiCAD montrent une appréciation majoritairement favorable de l'ombrage mutuel, avec 73,33 % des réponses classées comme "Oui". Cela indique une intégration efficace de l'ombrage mutuel dans le processus de conception utilisant ArchiCAD. En revanche, les opinions des utilisateurs d'AutoCAD sont partagées, avec une distribution équilibrée entre les réponses "Oui" et "Non", révélant une perception inconstante de l'incorporation de l'ombrage mutuel dans le processus de conception d'AutoCAD.

Le groupe ArchiCAD manifeste une uniformité dans les retours positifs, majoritairement des "Oui", suggérant des expériences généralement positives concernant la gestion de l'ombrage mutuel. En revanche, le groupe AutoCAD présente une répartition équilibrée des réponses "Oui" et "Non", indiquant des expériences variées et des perceptions divergentes.

Ces résultats montrent un contraste significatif entre les deux groupes dans l'évaluation de l'ombrage mutuel. Le groupe ArchiCAD affiche majoritairement des évaluations positives, attestant d'une intégration efficace et d'une perception favorable de l'ombrage mutuel. En revanche, le groupe AutoCAD présente une division nette, avec des perceptions équitablement partagées entre positives et négatives. Cela suggère que l'approche de conception via ArchiCAD (logique BIM) facilite une meilleure prise en compte de l'ombrage mutuel par rapport à l'approche traditionnelle d'AutoCAD.

16.L'orientation :

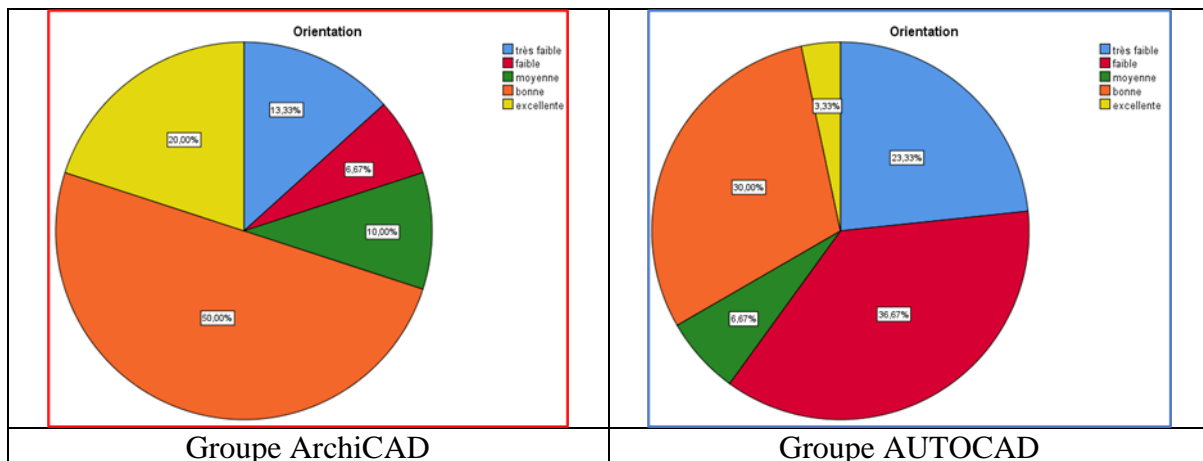


Figure 129: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère orientation du projet

Les utilisateurs du groupe ArchiCAD présentent principalement une vision positive de l'orientation du projet, avec 50% des évaluations classées comme "Moyenne" et 20% comme "Excellente". Cette distribution indique une opinion généralement favorable malgré une portion minoritaire d'avis négatifs (13,33% "Très faible" et 6,67% "Faible").

D'un autre côté, les utilisateurs du groupe AutoCAD ont une perception généralement négative de l'orientation du projet, avec 36,67% des évaluations classifiées comme "Faible" et 20% comme "Très faible". Néanmoins, 30% des réponses sont "Moyenne" et un petit segment perçoit positivement l'orientation (10% "Bonne" et 3,33% "Excellente").

Le groupe ArchiCAD présente une variabilité dans les jugements, couvrant de "Très faible" à "Excellente", avec une prédominance des catégories "Moyenne" et "Excellente". Cette diversité suggère une expérience globalement positive en ce qui concerne l'orientation du projet.

Le groupe AutoCAD montre une homogénéité principalement négative, dominée par les évaluations "Faible" et "Très faible", indiquant des expériences majoritairement défavorables malgré une certaine variabilité.

Les observations indiquent un contraste marqué entre les deux groupes en matière d'appréciation de l'orientation du projet. Le groupe ArchiCAD affiche une perception majoritairement positive, reflétant une vue généralement favorable de l'orientation du projet. En revanche, le groupe AutoCAD démontre une perception largement négative, avec des

évaluations fréquemment situées dans les catégories "Faible" et "Très faible". Cela suggère que l'approche de conception via ArchiCAD (logique BIM) favorise une meilleure appréciation de l'orientation du projet par rapport à l'approche plus traditionnelle avec AutoCAD.

17.Coefficient de forme :

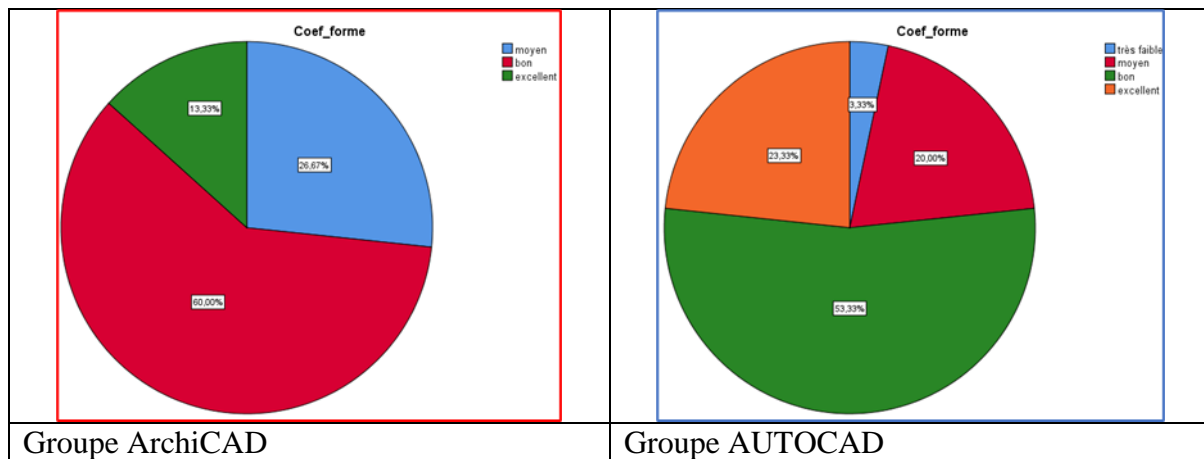


Figure 130: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère coefficient de forme

L'étude révèle que les utilisateurs d'ArchiCAD et d'AutoCAD ont une perception majoritairement positive du coefficient de forme, pour le groupe ArchiCAD 60% des évaluations positives dans la catégorie "Bon" et 13,33% dans la catégorie "Excellent". Cela indique une perception globale positive du coefficient de forme. Toutefois, 26,77% des évaluations sont "Moyen", ce qui indique une certaine variabilité dans les perceptions. Aucune évaluation n'a été trouvée dans les catégories "Très faible" ou "Faible", ce qui indique un manque de perceptions négatives.

Les utilisateurs d'AutoCAD ont également une perception positive majoritaire, avec 53,33% des évaluations positives dans la catégorie « Bon » et 23,33% dans la Catégorie "Excellent". Toutefois, il existe une légère variation négative dans la catégorie "Très faible", avec une proportion importante d'évaluations "Excellent". Cela suggère que l'approche de conception avec ArchiCAD et AutoCAD permet une perception favorable du coefficient de forme, bien que les utilisateurs d'AutoCAD ont des perceptions légèrement plus variées.

En conclusion, l'étude suggère que l'approche de conception avec ArchiCAD et AutoCAD permet une perception positive du coefficient de forme, bien que les utilisateurs d'AutoCAD peuvent avoir des perceptions légèrement plus variées.

18.La typologie de toiture :

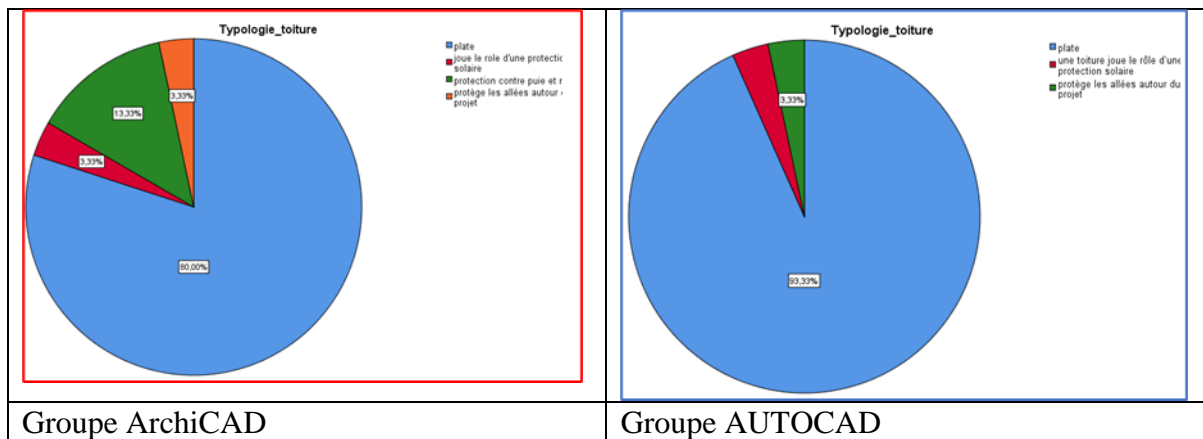


Figure 131: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère typologie de toiture

Les préférences en matière de typologies de toitures au sein de deux cohortes distinctes, à savoir les utilisateurs des logiciels ArchiCAD et AutoCAD. La toiture plate se distingue comme la configuration la plus prévalente, probablement en raison de sa polyvalence accrue dans une variété de projets architecturaux. De plus, certaines toitures sont conçues pour offrir une protection solaire, ce qui souligne une orientation vers l'efficacité énergétique et le confort thermique. D'autres configurations sont spécifiquement destinées à protéger contre les précipitations ou à couvrir les zones périphériques des projets, soulignant ainsi leur fonctionnalité dans des contextes spécifiques.

L'examen des données révèle que la majorité des projets, dans les deux groupes, favorise la simplicité ou les avantages inhérents à la toiture plate. Les autres types de toitures, bien que variés, sont nettement moins fréquents, ce qui pourrait indiquer une spécialisation ou une adaptation à des circonstances exceptionnelles.

En conclusion, l'analyse des graphiques indique que les choix de toitures dans les projets utilisant ArchiCAD et AutoCAD sont uniformes et principalement dominés par une typologie spécifique. L'absence de différence notable dans la répartition des types de toitures entre les deux groupes suggère que les décisions sont probablement influencées par des facteurs autres que le logiciel architectural employé.

19. La protection solaire :

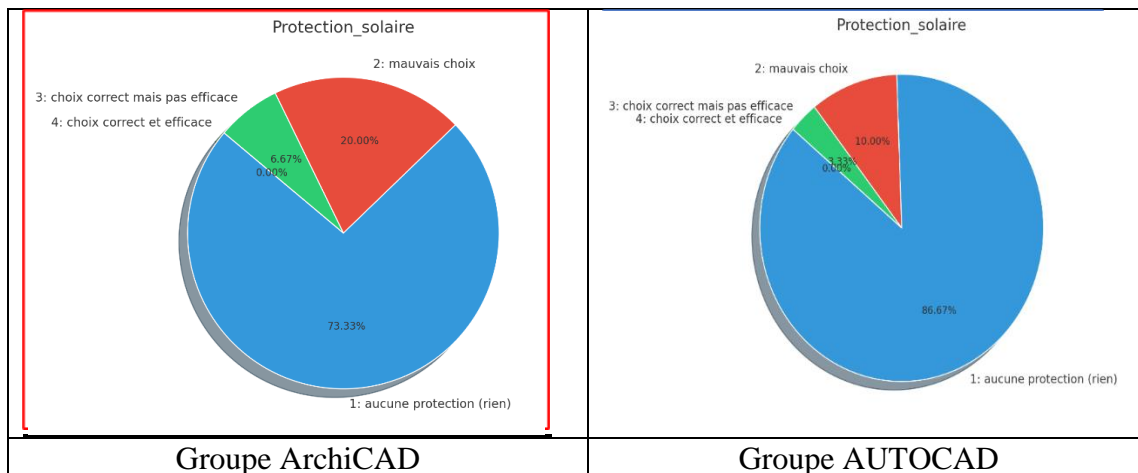


Figure 132: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère protection solaire

L'étude compare les résultats des critères de protection solaire entre les utilisateurs d'ArchiCAD (BIM) et d'AutoCAD (CAO). Selon les résultats, 73,3% des utilisateurs d'ArchiCAD ne mettent pas en place une protection solaire efficace dans leurs designs, ce qui suggère qu'il est nécessaire de former ou de sensibiliser à l'importance de la protection solaire. Un grand nombre de solutions ont été choisies, mais ont été jugées peu efficaces. Seuls 6,67% des utilisateurs ont réussi à intégrer correctement et efficacement des solutions de protection solaire, ce qui suggère des améliorations potentielles dans l'appréhension et l'utilisation des techniques de protection solaire.

Parmi les utilisateurs d'AutoCAD, 86,67% n'intègrent pas la protection solaire dans leurs designs. Cela dépasse le pourcentage d'ArchiCAD, ce qui suggère un important écart dans l'intégration de la protection solaire. Un faible pourcentage a fait des choix erronés, mettant en évidence une incompréhension ou un manque de formation concernant les solutions de protection solaire appropriées. Quelques utilisateurs ont choisi des solutions, mais elles n'ont pas été efficaces, ce qui suggère l'importance de renforcer la connaissance.

En résumé, les utilisateurs d'ArchiCAD ont montré une légère amélioration dans leurs choix de protection solaire corrects et efficaces par rapport aux utilisateurs d'AutoCAD. Néanmoins, l'intégration de la protection solaire a été constatée dans les deux groupes, avec des taux d'absence élevés. Les recommandations comprennent des formations sur l'importance et les méthodes de protection solaire, des campagnes d'information pour mettre en évidence les bénéfices des solutions de protection solaire efficaces, ainsi que des ressources et des outils

pour faciliter l'intégration efficace de protection solaire dans les processus de design. Cette analyse met en évidence l'importance d'améliorer l'appréhension et l'utilisation des techniques de protection solaire chez les utilisateurs d'ArchiCAD et d'AutoCAD.

20. Le captage panneaux solaires :

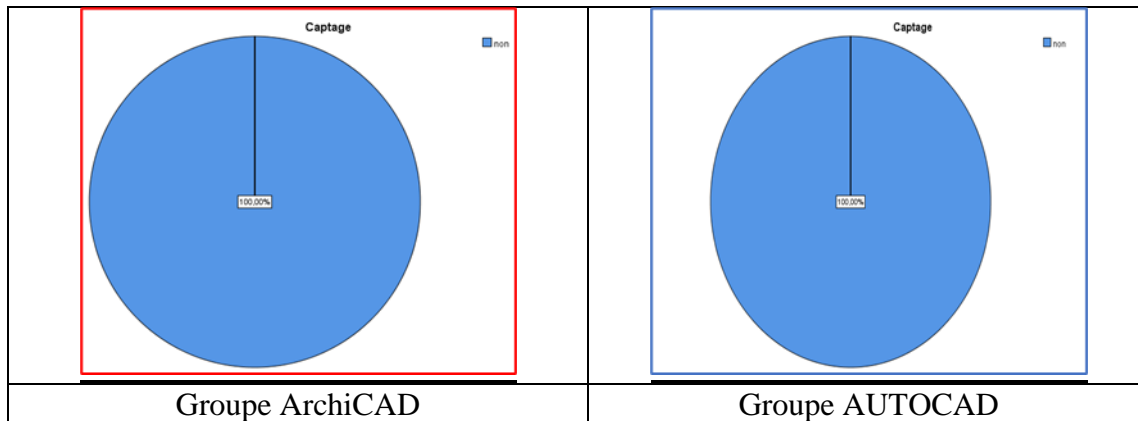


Figure 133: Diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère captage par panneaux solaires

Les jugements sur le critère du captage par panneaux solaires montrent une absence totale de perception positive parmi les répondants des deux groupes.

Pour le groupe ArchiCAD, tous les répondants (100%) ont jugé que le critère de captage par panneaux solaires n'est pas satisfait. De même, tous les répondants (100%) du groupe autoCAD ont estimé que ce critère n'est pas satisfait.

Il existe un consensus complet entre les utilisateurs des deux groupes, ArchiCAD (logique BIM) et AutoCAD (logique classique), sur l'inefficacité ou l'absence de captage par panneaux solaires dans les outils de conception utilisés. Cela indique que, indépendamment de la méthode de conception (BIM ou classique), les outils actuels ne répondent pas aux attentes concernant le captage par panneaux solaires.

21. Le zoning climatique :

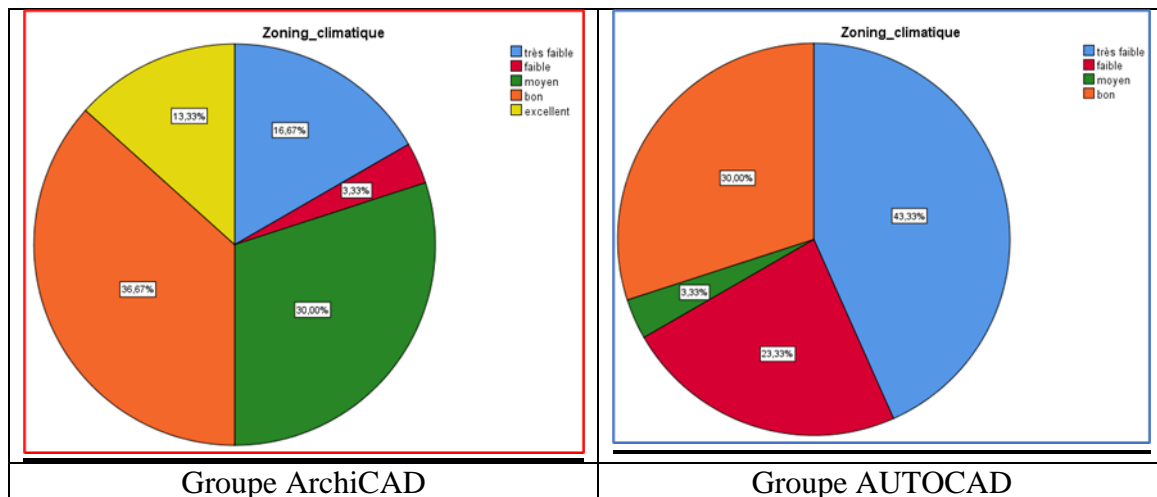


Figure 134: diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère zoning climatique

Il existe une grande disparité dans les évaluations du zoning climatique entre les groupes ArchiCAD et AutoCAD.

Le groupe ArchiCAD : Les évaluations sont principalement "Moyennes" (30 %) et "Bonnes" (36,67 %). Les évaluations "Excellentes" représentent 13,33 %. Les résultats positifs de la consultation climatique sont démontrés par les évaluations élevées de "Bon" et "Excellent".

Le groupe AutoCAD : La majorité des évaluations sont "Très faibles" (43,33 %) ou "Faibles" (23,33 %). Aucun répondant n'a évalué ce critère comme "Excellent". Les évaluations sont généralement négatives en raison de l'absence de consultation climatique.

La perception du zoning climatique par le groupe ArchiCAD, utilisant une logique BIM, est plus positive que celle du groupe AutoCAD, utilisant une logique classique. Cela est principalement dû aux consultations climatiques et aux résultats obtenus en matière de FLJ et d'éclairage. Le groupe ArchiCAD perçoit le zoning climatique de manière positive grâce aux consultations climatiques et aux résultats obtenus. En revanche, le groupe AutoCAD a une perception principalement négative, indiquant un besoin d'améliorations et de consultations climatiques spécifiques.

22. Isolation thermique / inertie :

Les évaluations sur l'isolation thermique sont majoritairement positives dans les deux groupes, bien que des nuances soient observées.

Pour le groupe ArchiCAD, la majorité des jugements classent l'isolation thermique comme "Moyen" (93,33%). Une minorité la considère comme "Bon" (6,67%). Aucun jugement pour les catégories "Très faible", "Faible" ou "Excellent".

Pour le groupe, la majorité des jugements évaluent l'isolation thermique comme "Moyen" (96,67%). Une petite proportion la considère comme "Faible" (3,33%). Aucun jugement pour les catégories "Très faible", "Bon" ou "Excellent". Les deux groupes, ArchiCAD (logique BIM) et AutoCAD (logique classique), perçoivent l'isolation thermique de manière similaire, avec une majorité de jugements "Moyen". Cependant, le groupe ArchiCAD présente une légère tendance à une meilleure évaluation, avec une proportion de jugements "Bon" (6,67%).

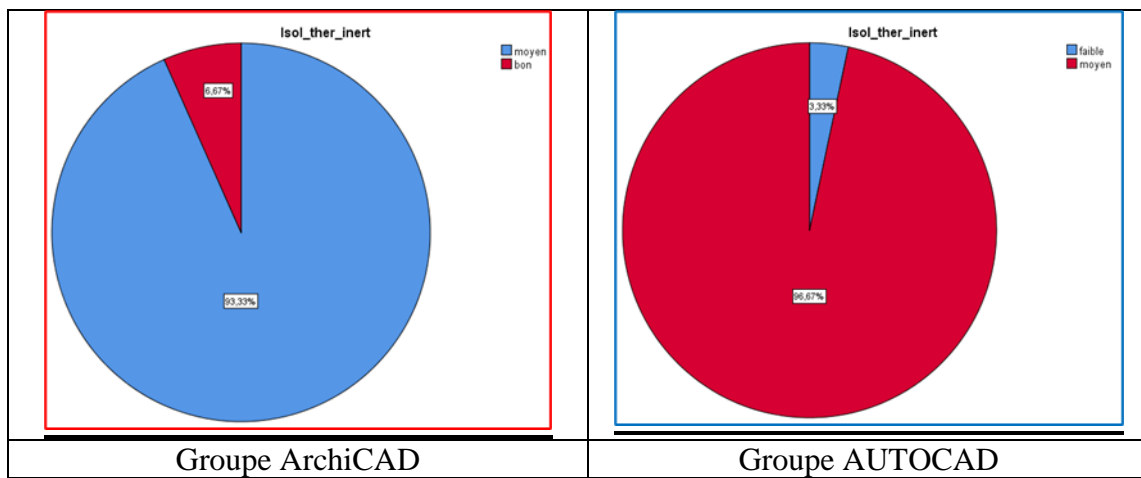


Figure 135: diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère isolation thermique

23. Le système de chauffage et de climatisation :

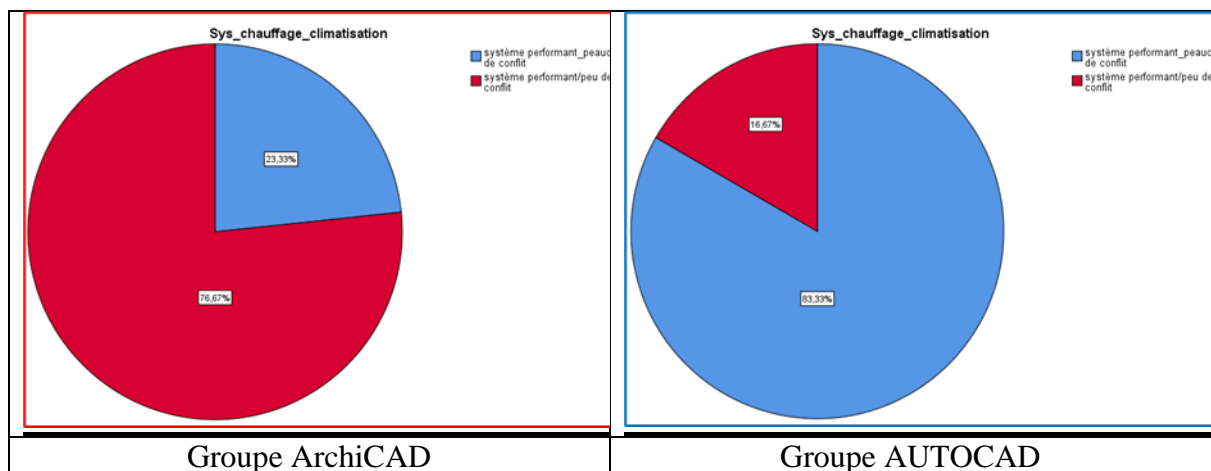


Figure 136: diagramme en secteurs représentant les résultats de la fréquence selon l'échelle de Likert pour le critère système de chauffage et de climatisation

Les jugements sur le système de chauffage et de climatisation montrent des différences significatives entre les groupes ArchiCAD et AutoCAD. Pour le groupe ArchiCAD, la majorité des jugements (76,67%) indiquent un système performant avec peu de conflits, tandis que 23,33% le jugent performant, mais avec beaucoup de conflits. Aucun jugement n'a été enregistré pour les autres catégories. En revanche, pour le groupe AutoCAD, la majorité des jugements (83,33%) indiquent un système performant, mais avec beaucoup de conflits, et 16,67% le jugent performant avec peu de conflits. Aucun jugement n'a été enregistré pour les autres catégories.

Le groupe ArchiCAD (logique BIM) a une perception plus favorable des systèmes de chauffage et de climatisation, avec une majorité de jugements indiquant peu de conflits. En revanche, le groupe AutoCAD (logique classique) montre une perception plus négative, avec une majorité de jugements indiquant beaucoup de conflits.

24. Le Facteur de la Lumière du jour et éclairage :

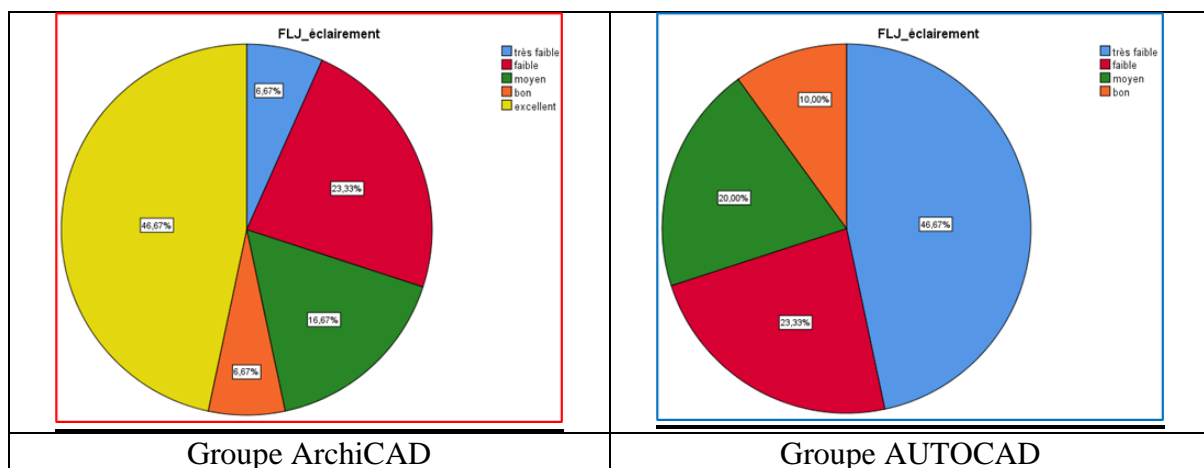


Figure 137: diagramme cycle représente les résultats selon l'échelle de Likert pour le critère facteur de la lumière du jour

Une grande partie des évaluations a reçu la note "Excellente" (46,67%), indiquant une opinion très favorable concernant le facteur de lumière du jour (FLJ). Les évaluations restantes se répartissent principalement entre "Bas" (23,33%) et "Moyen" (16,67%), avec une petite proportion notée "Très bas" (6,67%) ou "Bon" (6,67%). Par contre, une portion significative des évaluations est considérée comme "Très bas" (46,67%) et "Bas" (23,33%), montrant une perception négative du FLJ et de l'éclairage. Un petit segment des évaluations tombe dans les catégories "Moyenne" (10%) et "Bonne" (20%), sans atteindre le niveau "Excellente". Le

groupe utilisant ArchiCAD, qui a collaboré avec des consultants climatiques (logique BIM), présente une appréciation beaucoup plus positive du FLJ par rapport au groupe AutoCAD (logique CAO), ce qui suggère une meilleure performance de l'approche BIM pour optimiser l'éclairage naturel dans les conceptions architecturales. Au sein du groupe BIM, la majorité perçoit le FLJ et l'éclairage comme "Excellents", avec une répartition équilibrée pour les autres catégories. En revanche, pour le groupe AutoCAD, la majorité des évaluations sont "Très bas" ou "Bas", avec peu de retours positifs.

III. L'analyse de la MOYENNE pour les deux logiques de conception architecturale :

1. La dimension rendue :

Tableau 26: le résultat de la fréquence obtenue pour le critère qualité du rendu 2D entre les deux logiques de conception

Les critères	Les groupes	
	Logique BIM	Logique CAO
La qualité de rendu 2d	3.5333	3.3667
La qualité de rendu 3d	4.2333	1
L'échange avec l'ing structure	3.1667	1
L'échange avec l'ing climatique	3.1000	1
La moyenne de la rebrique	3.5083	1.5916

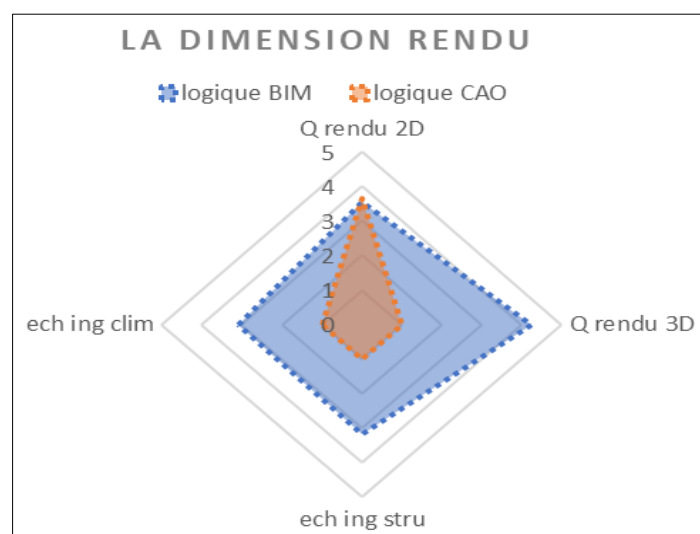


Figure 138: diagramme radar représentant les résultats de dimension rendu pour les deux logiques de conceptions

L'étude révèle que la méthodologie Building Information Modeling (BIM) offre des avantages significatifs par rapport à la conception assistée par ordinateur (CAO) traditionnelle en matière de capacités de rendu, d'interactions avec les disciplines d'ingénierie et de performances globales. Le BIM surpasse la CAO en qualité de rendu 3D, ce qui indique un avantage significatif pour la visualisation 3D. Le BIM démontre également une meilleure collaboration avec les ingénieurs structurels et un engagement renforcé avec les ingénieurs en génie climatique, ce qui peut bénéficier à la durabilité et à l'efficacité des projets. Dans l'ensemble, les résultats BIM sont presque deux fois supérieurs à ceux de CAO en moyenne, soulignant une performance généralement supérieure dans tous les critères évalués. L'analyse des diagrammes radar permet de visualiser efficacement ces différences, le groupe BIM occupant une zone plus grande, représentant des scores plus élevés dans toutes les dimensions par rapport au groupe CAO. Ces données et ce graphique radar suggèrent que les stratégies BIM pour les projets architecturaux devraient être fortement mises en valeur pour améliorer la qualité, l'efficacité et les résultats collaboratifs.

2.La dimension perceptuelle du projet :

Le groupe BIM a obtenu des résultats significativement plus élevés en matière d'intégration, suggérant une meilleure coordination et harmonisation au sein des flux de travail des projets en utilisant des technologies BIM. Cela suggère que le BIM facilite un environnement plus cohérent et collaboratif, peut-être en raison de ses capacités inhérentes à la simulation des conditions du monde réel et à l'intégration de divers aspects d'un projet de construction. Les outils BIM sont probablement plus efficaces pour suivre et placer l'équipement précisément dans les modèles de projet, ce qui permet d'améliorer l'efficacité opérationnelle et de réduire les erreurs pendant la phase de construction. Le score moyen global pour le BIM est significativement plus élevé que la CAO, ce qui indique une supériorité générale du BIM par rapport à la CAO dans la gestion des dimensions perceptuelles du projet, contribuant probablement à une gestion plus efficace du projet et à de meilleurs résultats. L'analyse des diagrammes radar permet de visualiser efficacement la comparaison, le groupe BIM démontrant une zone beaucoup plus grande couverte, ce qui représente des scores de performance plus élevés. En conclusion, l'approche BIM obtient des résultats plus élevés dans des domaines spécifiques tels que l'intégration et la localisation de l'équipement, mais montre également des performances plus élevées dans l'ensemble du système.

Tableau 27: le résultat de la fréquence obtenue pour les critères de la dimension perceptuelle du projet entre les deux logiques de conception source : faite par auteurs 2023

Les critères	Les groupes	
	Logique BIM	Logique CAO
Intégration	4.4000	2.7333
Repérage d'équipement	4.2333	3.40
Moyenne de la rubrique	4.3166	3.0666

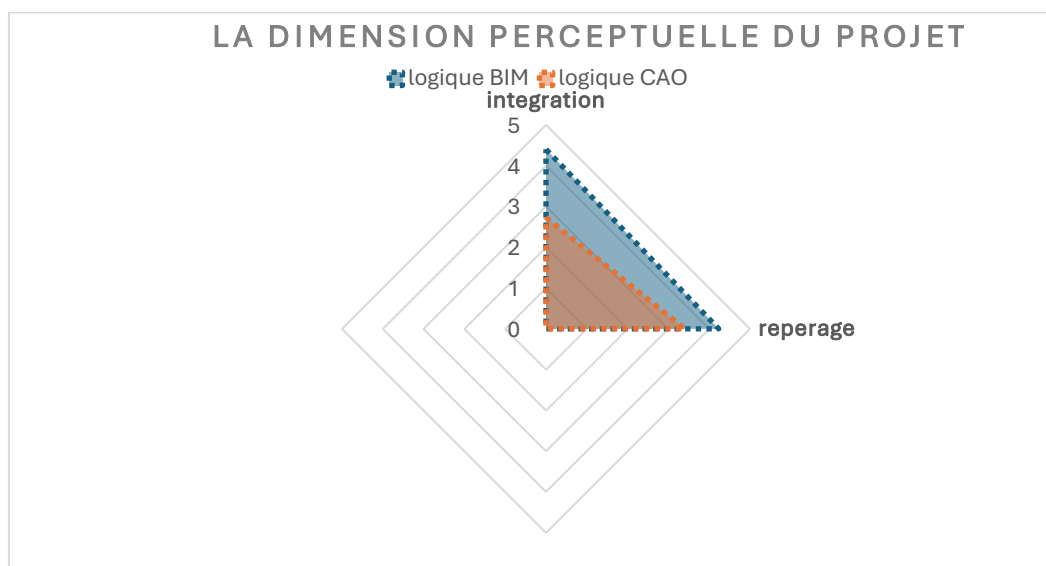


Figure 139: diagramme radar représente les résultats de dimension perceptuelle du projet pour les deux logiques de conceptions

3.La dimension d'usage :

L'analyse des performances entre les groupes BIM et CAO en matière de dimensions d'usabilité des projets, en mettant spécifiquement l'accent sur l'accessibilité générale, l'accessibilité pour les personnes à mobilité réduite (PMR) et la fonctionnalité, est présentée dans un graphique radar et un tableau de données. Le BIM a un score plus élevé en matière d'accessibilité générale, ce qui suggère qu'il peut offrir de meilleures solutions pour naviguer et utiliser les espaces dans les projets. Les deux groupes ont du mal à optimiser l'accessibilité pour les personnes à mobilité réduite, mais le BIM montre une performance légèrement meilleure, ce qui peut encore être loin d'être satisfaisant, mais indique une amélioration marginale par rapport à la CAO. Le BIM a également un score plus élevé en fonctionnalité, ce qui indique que les méthodologies BIM contribuent à créer des conceptions plus efficaces et efficaces. Les moyennes globales reflètent la performance supérieure du BIM à travers les critères discutés, le plan du groupe BIM

couvrant une plus grande zone du graphique par rapport au groupe CAO, particulièrement remarquable dans l'axe de fonctionnalité. L'analyse des données des tableaux et du graphique radar démontre que le BIM offre des avantages considérables par rapport à la CAO en matière d'accessibilité et de fonctionnalité générales. La tendance générale indique que les projets utilisant le BIM sont susceptibles d'être plus conviviaux et fonctionnels, soulignant les avantages de l'intégration des stratégies BIM dans la planification et l'exécution des projets.

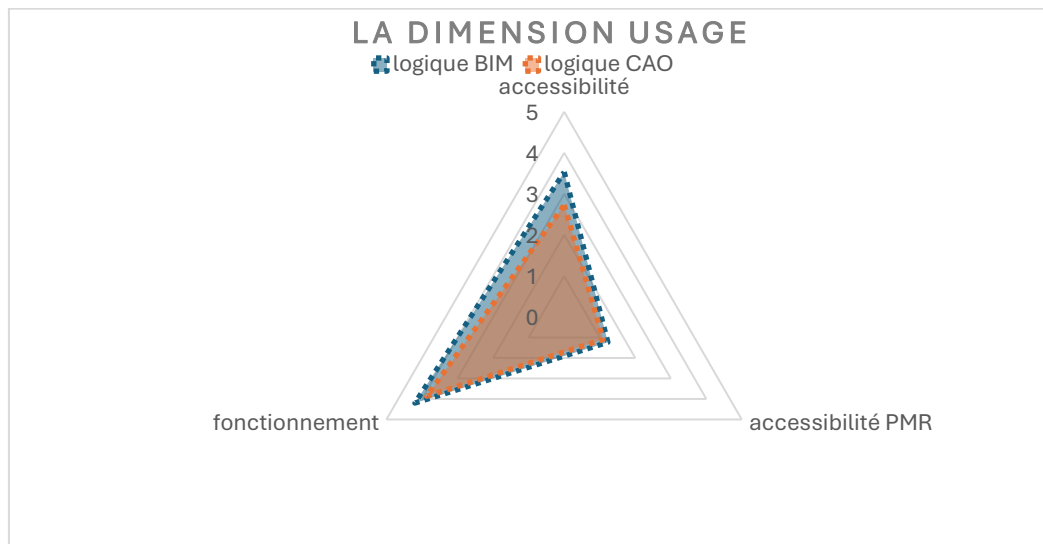


Figure 140: diagramme radar représentant les résultats de la dimension usage pour les deux logiques de conceptions faite par auteurs 2023

Tableau 28: le résultat de la fréquence obtenue pour les critères de la dimension usage entre les deux logiques de conception faite par auteurs 2023

Les critères	Les groupes	
	Logique BIM	Logique CAO
Accessibilité générale du projet	3.533	2.73
Accessibilité PMR	1.2333	1.10
Fonctionnement	4.20	3.8667
Moyenne de la rubrique	2.9887	2.5655

4.La dimension structurelle :

La méthode BIM a obtenu un score moyen de 4.70, nettement supérieur à la méthode CAO avec 3.2, ce qui témoigne de la supériorité dans la configuration des structures. La différence entre les deux méthodes pour les joints est minime, avec un taux moyen de 1.70 pour BIM et de 1.6333 pour CAO. BIM est également supérieur à CAO en matière de gestion de l'espace, avec un taux moyen de 3.733 contre 2.0667 pour CAO. De plus, BIM est supérieur à CAO en matière de structure/forme, avec un taux moyen de 3.13 contre 2.5333, ce qui témoigne d'une meilleure adaptation structurelle et formelle. Le diagramme radar met en évidence la supériorité de BIM dans tous les critères étudiés, avec le trait bleu représentant BIM et le trait orange représentant CAO, mettant en évidence les performances globales supérieures de BIM. En général, BIM offre une meilleure efficacité et cohérence dans le processus de conception par rapport à la méthode traditionnelle de CAO.

Tableau 29: le résultat de la fréquence obtenue pour les critères de la dimension structurelle entre les deux logiques de conception faite par auteurs 2023

Les critères	Les groupes	
	Logique BIM	Logique CAO
Mise en place de la structure	4.70	3.2
Les joints	1.70	1.6333
Redimensionnement	2.10	4
Logique structure/espace	3.733	2.0667
Logique structure/forme	3.13	2.5333

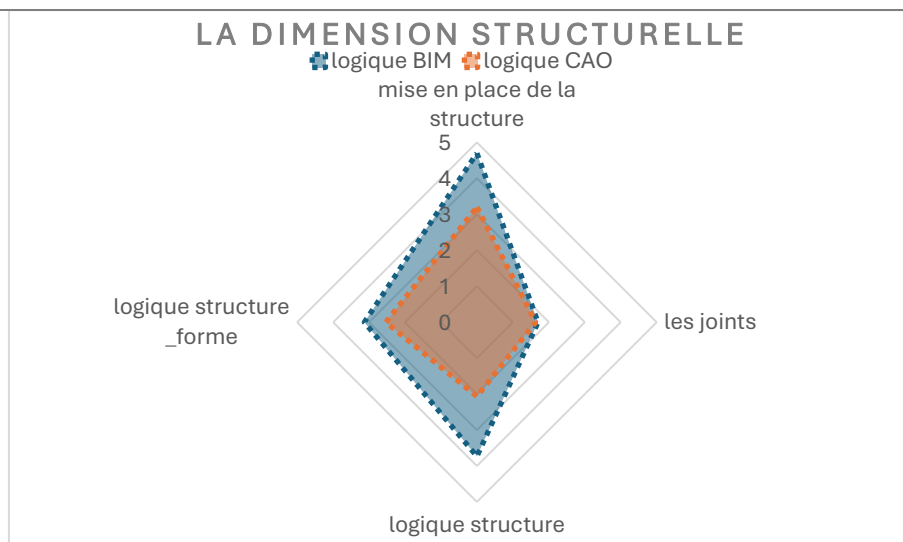


Figure 141: diagramme radar représentant les résultats de dimension structurelle pour les deux logiques de conceptions

5. La dimension thermique du projet :

Les modèles CAO et BIM présentent des performances différentes dans divers aspects du design thermique. Le modèle CAO affiche un meilleur résultat moyen de 1.50 en matière d'isolation thermique, tandis que le modèle BIM affiche un meilleur résultat moyen de 3,5667, ce qui suggère une gestion de l'orientation améliorée. Le modèle CAO présente un indice de forme légèrement plus élevé, avec un léger avantage par rapport au modèle BIM. Le modèle BIM offre une classification thermique plus performante, avec un indice moyen plus élevé de 1.40, ce qui suggère une protection thermique améliorée. Le modèle BIM présente également des performances supérieures dans la zone climatique, avec un taux moyen plus élevé de 3,2667 par rapport au modèle CAO de 2.20. Le modèle BIM présente des performances supérieures en isolation/inertés, avec une moyenne plus élevée de 3,0667 par rapport à un modèle CAO de 2,9667. Le modèle BIM offre une efficacité accrue dans les systèmes de chauffage et de ventilation. On peut observer sur le diagramme radar que le modèle BIM dépasse le modèle CAO en termes de dimension thermique, avec un meilleur taux moyen de 2.53 par rapport à 2.18. Les résultats indiquent que le modèle BIM offre une performance thermique supérieure par rapport au modèle CAO.

Tableau 30: le résultat de la fréquence obtenue pour les critères de la dimension thermique entre les deux logiques de conception faite par auteurs 2023

Les critères	Les groupes	
	Logique BIM	Logique CAO
Ombrage mutuel	1.2667	1.50
Orientation	3.5667	2.533
Coefficient de forme	3.8667	3.93
Typologie de toiture	1.40	1.13
Protection solaire	1.60	1.23
Zoning climatique	3.2667	2.20
Isolation /inertie	3.0667	2.9667
Système de chauffage et HVAC	2.7667	2.16
Moyenne de la Rebrique	2.53	2.18

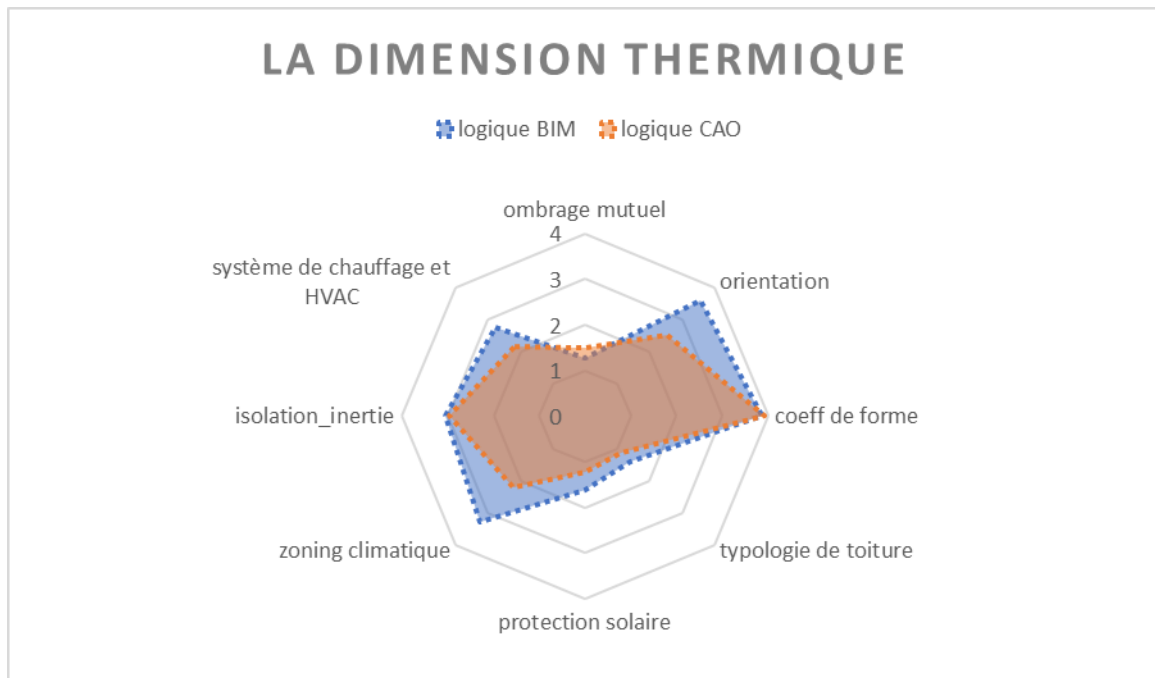


Figure 142: diagramme radar représentant les résultats de dimension thermique pour les deux logiques de conceptions faite par auteurs 2023

6.La dimension éclairage du projet :

La méthode BIM a obtenu un score moyen plus élevé de 3,63 dans le facteur de lumière (FLJ) par rapport à la méthode CAO avec un score de 1,93. Cela suggère que BIM est plus efficace dans la gestion de la lumière. Le graphique en barres illustre une distinction nette entre les performances de BIM et de CAO dans cette région. Le bar représentant BIM est nettement supérieur à celui de CAO, ce qui témoigne de son efficacité supérieure dans ce domaine. En résumé, BIM propose une meilleure gestion et utilisation de la lumière par rapport à CAO, avec un meilleur résultat moyen de 3,63 dans le critère FLJ.

Tableau 31: le résultat de la fréquence obtenue pour le critère FLJ entre les deux logiques de conception faite par auteurs 2023

Les critères	Les groupes	
	Logique BIM	Logique CAO
Facteur lumière du jour (FLJ)	3,63	1,93
Moyenne de la rubrique	3,63	1,93

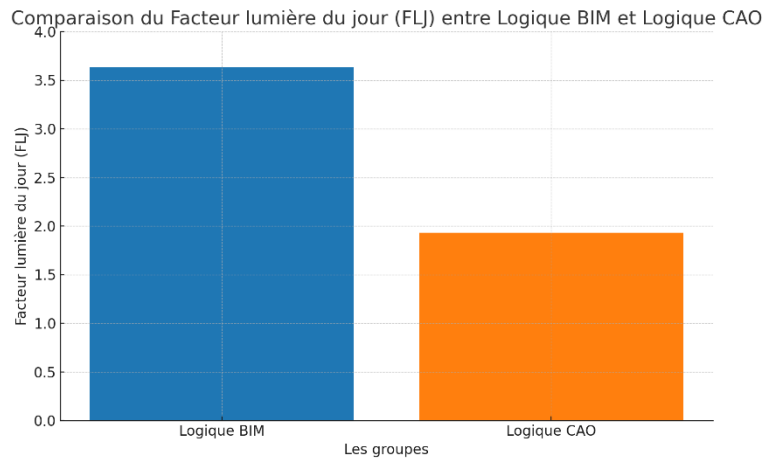


Figure 143: histogramme représente les résultats de dimension rendu pour les deux logiques de conceptions faite par auteurs 2023

IV. Le diagramme récapitulatif des résultats :

LA COMPARAISON DE LA MOYENNE ENTRE LES DEUX LOGIQUE DE CONCEPTION

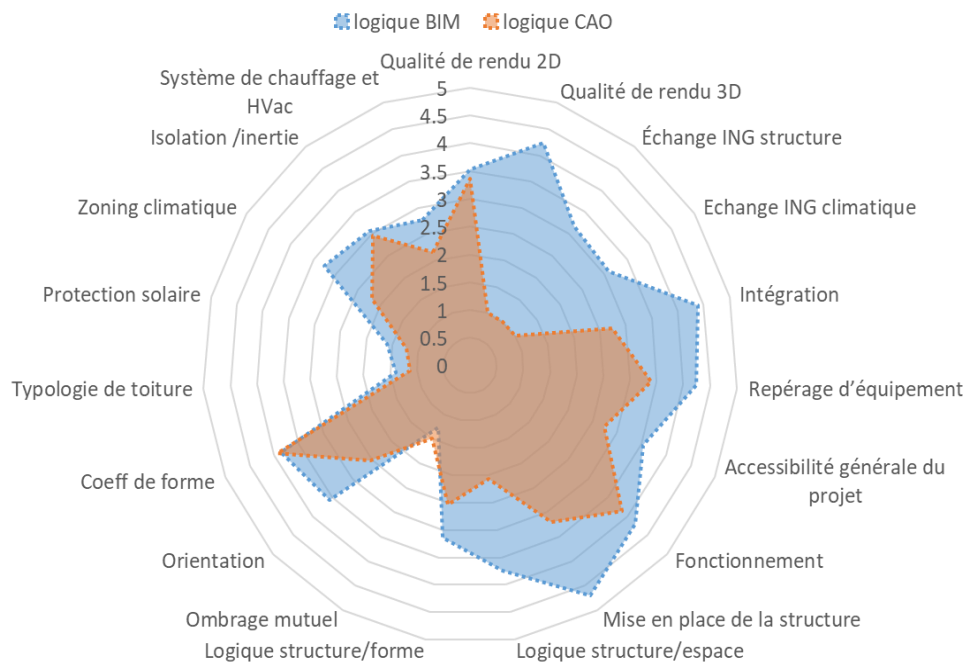


Figure 144: diagramme radar représentant la différence entre les deux logiques de conceptions pour l'ensemble des critères traités en matière de moyenne

V. Conclusion :

Le diagramme radar illustre clairement que la logique BIM (en bleu) surpasse la logique CAO (en orange) dans presque tous les critères évalués. Les avantages du BIM incluent une meilleure intégration et gestion des équipements, une qualité de rendu supérieure, une gestion plus efficace des systèmes HVAC, et une prise en compte plus complète des aspects climatiques et structurels.

Cette comparaison met en évidence les bénéfices de l'adoption de la méthodologie BIM dans la conception et la gestion des projets architecturaux et d'ingénierie, démontrant son potentiel à fournir des solutions plus intégrées et efficaces par rapport à la méthode traditionnelle de CAO.

Le chapitre suivant vise à renforcer ces résultats en utilisant des tests non paramétriques afin de mieux identifier les différences et obtenir des résultats plus pertinents.

Chapitre 8

Analyse statistique des résultats

Partie2 : tests non paramétriques

I. Introduction :

L'objectif de ce chapitre est de confirmer les conclusions du chapitre précédent en utilisant des tests non paramétriques, y compris le test de Mann-Whitney U, le test khi-deux pour les critères nominaux avec des réponses binaires (oui ou non), et l'analyse de corrélation entre deux variables. L'objectif est d'évaluer l'influence de la collaboration entre architectes et ingénieurs sur l'amélioration de la qualité des livrables. En fin de compte, une analyse de la composante principale (ACP) a été réalisée.

II. L'utilisation de SPSS© pour l'analyse statistique :

Afin de déterminer le test de comparaison approprié pour cette étude de cas, un test de normalité Kolmogorov-Smirnov a été effectué. Par la suite, la fiabilité des données a été évaluée en utilisant le test de validité statistique Alpha de Cronbach, qui nécessite un score supérieur à 0,7. Afin d'examiner les variations des aspects qualitatifs du processus, des statistiques descriptives sont employées pour comparer les moyennes de deux groupes distincts qui ne sont pas interdépendants. La distinction entre l'emploi d'un processus de modélisation de l'information du bâtiment (BIM) et l'utilisation de la conception assistée par ordinateur (CAD) est éclaircie en considérant certains facteurs qualitatifs. Finalement, les résultats ont été contrastés entre deux groupes distincts utilisant le test U de Mann-Whitney. Le test de normalité :

En ce qui concerne le test de normalité Kolmogorov-Smirnov, les données montrent une distribution anormale. Par conséquent, nous avons opté pour le test de comparaison Mann-Whitney U pour évaluer la distinction entre les deux groupes examinés.

Tableau 32: Présente les différents tests non paramétriques appliqués. Source : analyse réalisée par les auteurs en 2022.

La dimension	Les indicateurs	Le type de test statistique appliqué
Rendu	Qualité du rendu 2D (plans, coupes, façades, plan de masse, plan d'assemblage).	U DE MANN WHITNEY
	Qualité du rendu 3D	U DE MANN WHITNEY
	Echange ingénieur structure	U DE MANN WHITNEY
	Echange ingénieur climatique	U DE MANN WHITNEY
La dimension perceptuelle du projet	Intégration au site (Silhouette, matériaux, Couleurs)	U DE MANN WHITNEY
	Repérage de l'équipement	U DE MANN WHITNEY
La dimension thermique	Ombre mutuel	Khi-deux
	Orientation	U DE MANN WHITNEY
	Volume « Coef de forme » (éclatement/compacité)	U DE MANN WHITNEY
	Typologie de toiture	U DE MANN WHITNEY
	Protection solaire	U DE MANN WHITNEY
	Captage (panneaux solaires)	Khi-deux
La dimension usage	Accessibilité générale du projet	U DE MANN WHITNEY
	Accessibilité PMR	U DE MANN WHITNEY
	Fonctionnement	U DE MANN WHITNEY
La dimension structurelle	Mise en place de la structure	U DE MANN WHITNEY
	Joints	Khi-deux
	Redimensionnement	U DE MANN WHITNEY
	Logique structure/espace	U DE MANN WHITNEY
	Logique structure/forme	U DE MANN WHITNEY
	Détection des conflits	Khi-deux
La dimension éclairage	Lumière du jour (FLJ) ou éclairement (lux)	U DE MANN WHITNEY

III. Le test de fiabilité alpha de Cronbach:

Il quantifie le degré de cohérence interne, qui se réfère à la mesure dans laquelle les éléments sont interdépendants. Il est considéré comme un indicateur de la fiabilité de l'échelle. Le coefficient de notre analyse est d'environ 0,975. Ce test évalue la cohérence interne, qui se réfère à l'étendue de la relation entre un groupe d'éléments. Il est considéré comme un indicateur de la fiabilité d'une échelle. Dans notre analyse, ce coefficient a une valeur proche de 0,975.

IV. Le test U de Mann Whitney :

Le test U de Mann-Whitney est un test non paramétrique qui permet de comparer deux groupes ou des conditions ou des traitements sans faire l'hypothèse que les valeurs sont normalement distribuées.

Concernant le résultat rejetée l'hypothèse nulle donc la distribution entre les deux groupes n'est pas identique qui explique qu'il existe une différence entre les deux groupes (les deux logiques de conception) et vu le résultat le groupe BIM qui a des rangs moyens supérieurs pour tous ces critères (19)

Tableau 33: le résultat du test du u de Mann Whitney pour les critères source auteurs

Les critères	Sig (u de Mann Whitney)	Sig(Kolmogorov mirnov)	Décision
Qualité de rendu 3D	0.000	/	Rejeter hypothèse nulle
Échange ING structure	0.000	0.000	Rejeter hypothèse nulle
Echange ING climatique	0.000	0.000	Rejeter hypothèse nulle
Intégration	0.000	0.000	Rejeter hypothèse nulle
Repérage d'équipement	0.020	/	Rejeter hypothèse nulle
Fonctionnement	0.014	0.799	Rejeter hypothèse nulle
Mise en place de la structure	0.000	0.000	Rejeter hypothèse nulle
Logique structure/espace	0.000	0.001	Rejeter hypothèse nulle
Logique structure/forme	0.000	0.071	Rejeter hypothèse nulle
Orientation	0.003	0.016	Rejeter hypothèse nulle
Zoning climatique	0.005	0.003	Rejeter hypothèse nulle
Système de chauffage et HVac	0.000	0.000	Rejeter hypothèse nulle
Facteur lumière du jour (Flj)	0.000	0.003	Rejeter hypothèse nulle

Les critères	Sig (u de Mann Whitney)	Sig(Kolmogorov mirnov)	Décision
Qualité de rendu 2D	0.303	/	Retenir l'hypothèse nulle
Accessibilité générale du projet	0.068	0.035	Retenir l'hypothèse nulle
Typologie de toiture	0.133	0.952	Retenir l'hypothèse nulle
Protection solaire	0.155	0.799	Retenir l'hypothèse nulle
Isolation /inertie	0.085	1.000	Retenir l'hypothèse nulle
Coeff de forme	0.487	0.998	Retenir l'hypothèse nulle

1.La qualité du rendu 2D :

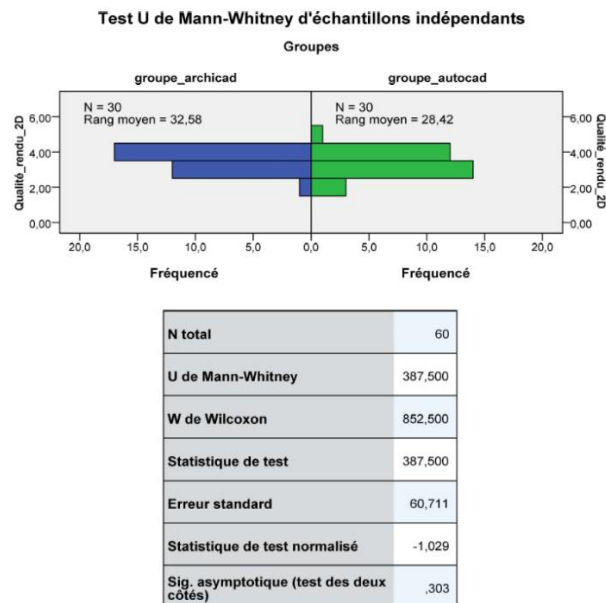


Figure 145: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère qualité du rendu 2D pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney

Rang Moyen : Le groupe ArchiCAD a un rang moyen légèrement plus élevé que le groupe AutoCAD. Cela suggère que les utilisateurs d'ArchiCAD ont pu avoir de meilleures performances sur la variable mesurée par ce test.

Statistique U de Mann-Whitney : La valeur de U (387,500) est utilisée pour évaluer la différence entre les rangs des deux groupes. La valeur W de Wilcoxon est simplement une transformation de U et fournit la même information.

Statistique de Test Normalisée : Un z-score de -1,029 est relativement proche de 0, indiquant que la différence entre les groupes n'est pas particulièrement grande.

P-value : Une valeur p de ,303 est bien au-dessus du seuil classique de 0,05 pour la signification statistique. Cela signifie que, selon ce test, il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les performances des groupes ArchiCAD et AutoCAD.

Les résultats indiquent qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les groupes utilisant ArchiCAD (BIM) et ceux utilisant AutoCAD (CAO classique) pour la variable mesurée dans cette étude. Bien que le groupe ArchiCAD ait un rang moyen légèrement plus élevé.

2.La qualité du rendu 3d :

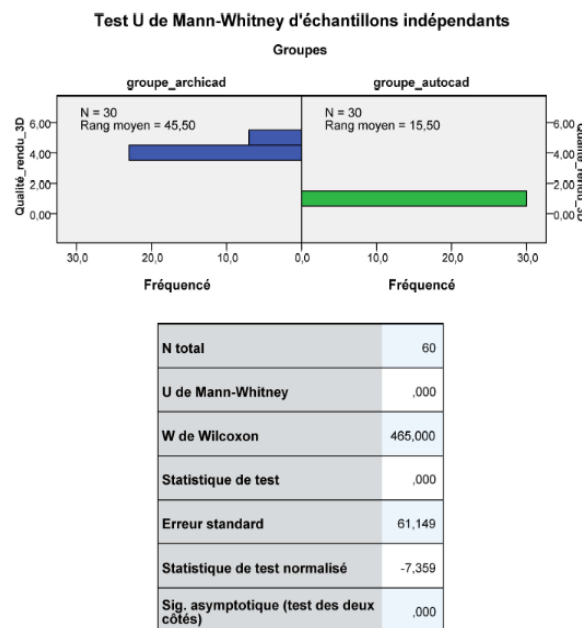


Figure 146: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère qualité du rendu 3d pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le test u de Mann-Whitney

Rangs Moyens : Le groupe ArchiCAD a un rang moyen nettement plus élevé que celui du groupe AutoCAD, suggérant que les utilisateurs d'ArchiCAD ont obtenu de meilleurs résultats selon la métrique mesurée par ce test.

Statistique U de Mann-Whitney : Une valeur de U typiquement proche de zéro indiquerait une grande différence entre les rangs des groupes. Cependant, la valeur exacte de U est probablement incorrecte ici en raison d'une erreur d'affichage ou de saisie.

Z-score : La statistique de test normalisée (z-score) de -7,359 est significative, indiquant une différence marquée entre les groupes.

P-value : Une valeur p de ,000 indique une différence statistiquement significative entre les groupes avec un niveau de confiance très élevé.

Conclusion :

Les résultats montrent une différence statistiquement significative entre le groupe utilisant ArchiCAD (BIM) et celui utilisant AutoCAD (CAO classique), avec le groupe ArchiCAD affichant des scores beaucoup plus élevés. Ces résultats suggèrent que l'utilisation de la logique BIM dans ArchiCAD pourrait être plus efficace ou offrir de meilleurs résultats que la logique CAO classique dans AutoCAD pour la tâche ou les mesures évaluées.

3.L'échange avec l'ingénieur en structure :

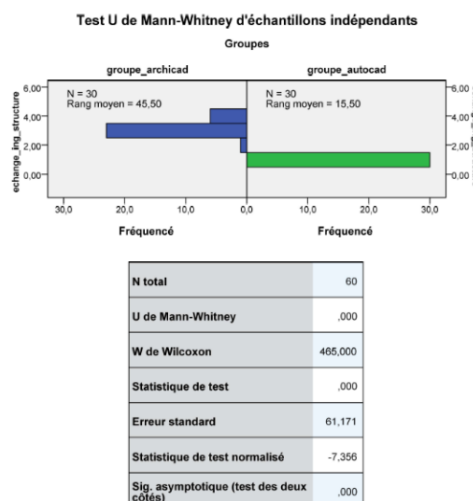


Figure 147: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère échange avec l'ingénieur en structure pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney

Il y a une différence significative dans les rangs moyens des deux groupes. Le groupe ArchiCAD a un rang moyen beaucoup plus élevé que le groupe AutoCAD, ce qui suggère que les scores ou les mesures pour le groupe ArchiCAD étaient généralement plus élevés que ceux du groupe AutoCAD.

La valeur de significativité asymptotique est de ,000, ce qui est extrêmement bas. En général, une p-value inférieure à ,05 indique une différence statistiquement significative. Ici, une p-value de ,000 suggère une très forte différence statistique entre les deux groupes.

La valeur z de -7,356 est considérablement inférieure au seuil typique de -1,96 pour un test à 5 % de niveau de signification. Cela indique une différence très marquée entre les groupes.

Les résultats montrent que le groupe utilisant ArchiCAD avec la logique BIM a significativement mieux performé sur la mesure testée que le groupe utilisant AutoCAD avec une logique CAO classique. La différence dans les rangs moyens, combinée à une p-value de ,000, indique que cette différence est statistiquement significative et non le résultat du hasard.

les résultats suggèrent que la distribution des scores du groupe ArchiCAD est supérieure à celle du groupe AutoCAD.

Les résultats indiquent que l'approche BIM utilisée par le groupe ArchiCAD peut être plus efficace pour la tâche ou la mesure en question que l'approche CAO classique utilisée par le groupe AutoCAD.

4.L'échange avec l'ingénieur climatique :

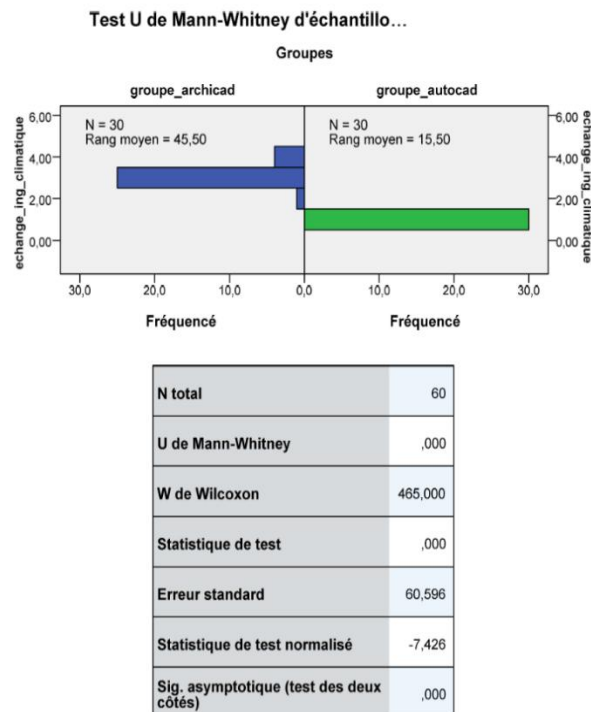


Figure 148: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère L'échange avec l'ingénieur climatique pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney

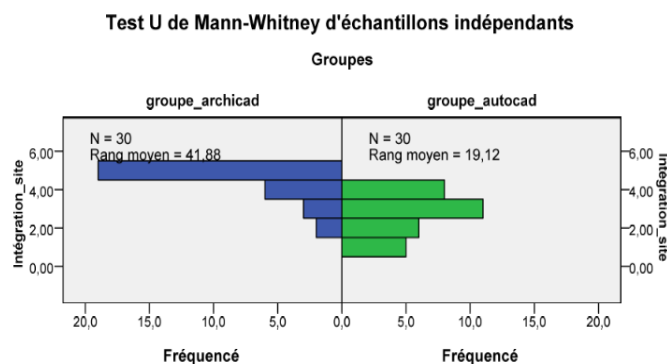
Le groupe ArchiCAD a un rang moyen nettement plus élevé (45,50) par rapport au groupe AutoCAD (15,50). Cela indique que le groupe ArchiCAD a eu des scores significativement plus élevés par rapport au groupe AutoCAD sur la variable mesurée.

Les valeurs de U et de la statistique de test affichées comme ,000 sont inhabituelles et pourraient indiquer une erreur d'affichage. Normalement, ces valeurs devraient être des nombres positifs qui reflètent la différence dans les rangs entre les groupes.

La valeur de significativité asymptotique est de ,000, ce qui est bien en dessous du seuil habituel de ,05 pour la signification statistique. Cela indique qu'il y a une différence statistiquement significative entre les groupes.

On peut conclure qu'il existe une différence statistiquement significative entre le groupe utilisant la logique BIM (ArchiCAD) et le groupe utilisant la logique CAO classique (AutoCAD), avec le groupe ArchiCAD ayant des scores nettement plus élevés. Cela pourrait suggérer que la logique BIM utilisée par le groupe ArchiCAD est plus efficace pour la variable mesurée par ce test que la logique CAO classique utilisée par le groupe AutoCAD.

5.L'intégration au site



N total	60
U de Mann-Whitney	108,500
W de Wilcoxon	573,500
Statistique de test	108,500
Erreur standard	65,583
Statistique de test normalisé	-5,207
Sig. asymptotique (test des deux côtés)	,000

Figure 149: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère intégration au site pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney

Le groupe ArchiCAD a un rang moyen beaucoup plus élevé que le groupe AutoCAD, indiquant que les scores ou les mesures de performance pour le groupe ArchiCAD étaient supérieurs à ceux du groupe AutoCAD.

La valeur de U est un indicateur de la différence entre les distributions des deux groupes. Une valeur inférieure à celle attendue sous l'hypothèse nulle indiquerait une différence significative entre les groupes.

Statistique de Test Normalisée (z-score) : Une valeur de -5,207 est extrêmement élevée en valeur absolue, indiquant que la différence entre les groupes est significative.

Signification Asymptotique : Une valeur p de ,000 (probablement arrondie à partir d'une valeur très petite, comme $p < .001$) signifie qu'il y a une différence statistiquement significative entre les deux groupes. Cela est confirmé par la statistique de test normalisée.

Les résultats indiquent que le groupe utilisant la logique BIM (ArchiCAD) a des résultats significativement meilleurs que le groupe utilisant la logique CAO classique (AutoCAD).. Cela pourrait être interprété comme un avantage en termes de performance ou d'efficacité de la logique BIM collaborative sur la logique CAO classique pour les tâches ou mesures évaluées dans cette étude.

6.Le repérage d'équipement :

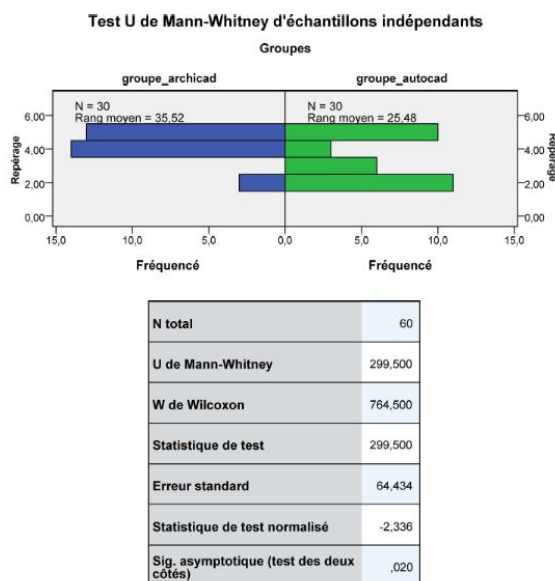


Figure 150: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère repérage d'équipement pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney

Le groupe ArchiCAD a un rang moyen plus élevé que le groupe AutoCAD, indiquant de meilleures performances ou résultats pour le groupe ArchiCAD selon la variable mesurée par le test.

La valeur U indique la différence entre les distributions des rangs des deux groupes. Une valeur U plus faible indique une plus grande différence entre les groupes.

La statistique de test normalisée de -2,336 indique que la différence entre les groupes est statistiquement significative, mais pas extrêmement élevée.

La signification asymptotique de ,020 est en dessous du seuil standard de ,05 pour la signification statistique, ce qui signifie que la différence observée entre les groupes est statistiquement significative.

Les résultats montrent que le groupe utilisant ArchiCAD avec la logique BIM a significativement mieux performé que le groupe utilisant AutoCAD avec la logique CAO classique pour la variable mesurée par ce test. La différence statistiquement significative suggère que l'utilisation de la logique BIM pourrait être associée à une amélioration des performances ou de l'efficacité par rapport à la logique CAO classique dans le contexte de cette étude.

7.L'orientation

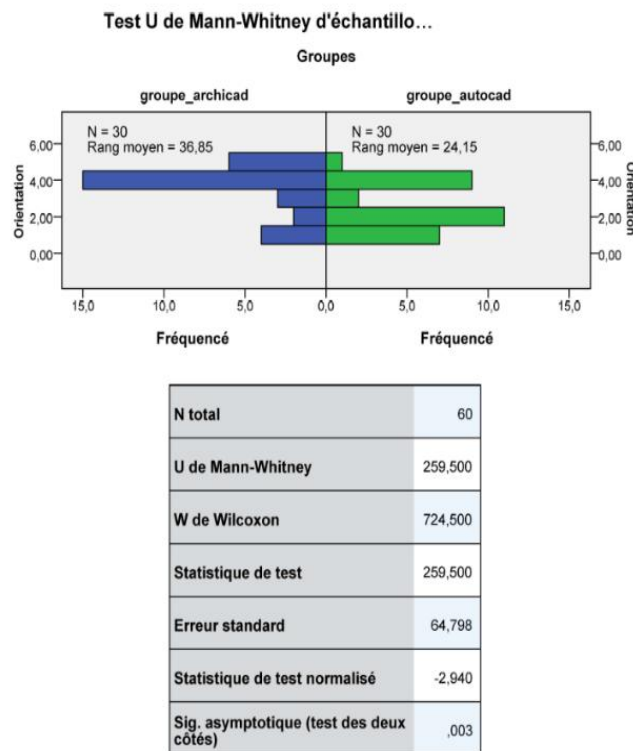


Figure 151: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère orientation pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney

Rangs Moyens : Le groupe ArchiCAD a un rang moyen significativement plus élevé que le groupe AutoCAD. Cela suggère que le groupe ArchiCAD a obtenu de meilleurs résultats selon la métrique évaluée par ce test.

Statistique de Test : La valeur U de Mann-Whitney mesure la différence entre les rangs des deux groupes. Dans ce cas, une valeur U de 259,500 avec un total de 60 participants indique une différence entre les groupes.

Z-score : La statistique de test normalisée (z-score) de -2,940 indique que la différence entre les groupes est statistiquement significative, avec le groupe ArchiCAD obtenant des résultats supérieurs.

P-value : La signification asymptotique est de ,003, ce qui est bien en dessous du seuil standard de ,05 pour la signification statistique. Cela signifie que la probabilité que la différence observée entre les groupes soit due au hasard est très faible.

Sur la base de ces résultats, le groupe utilisant ArchiCAD avec la logique BIM a performé de manière significativement meilleure que le groupe utilisant AutoCAD avec la logique CAO classique pour la variable mesurée par ce test. La différence entre les rangs moyens et la signification statistique indiquent que l'utilisation de la logique BIM dans ArchiCAD pourrait être plus avantageuse par rapport à l'utilisation de la logique CAO classique dans AutoCAD pour cette étude.

8.Coefficient de forme :

Le groupe AutoCAD a un rang moyen légèrement supérieur (31,90) par rapport au groupe ArchiCAD (29,10). Le rang moyen indique la position moyenne de chaque groupe dans l'ensemble des rangs combinés. Un rang moyen plus élevé suggère que le groupe AutoCAD a obtenu de meilleurs scores sur la variable mesurée que le groupe ArchiCAD.

La valeur U est un indicateur de la différence entre les deux groupes. Une valeur U plus petite indique une différence plus grande entre les rangs des deux groupes.

La valeur de significativité asymptotique (p-value) est de ,487, ce qui est supérieur au seuil commun de ,05 pour la signification statistique. Cela signifie qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les groupes ArchiCAD et AutoCAD en ce qui concerne la variable mesurée par ce test.

Malgré la légère différence dans les rangs moyens, la p-value indique qu'il n'y a pas de preuve statistique pour rejeter l'hypothèse nulle, qui est l'hypothèse selon laquelle il n'y a pas de

différence entre les deux groupes. En termes simples, il n'y a pas de différence statistiquement significative dans les performances pour les deux groupes.

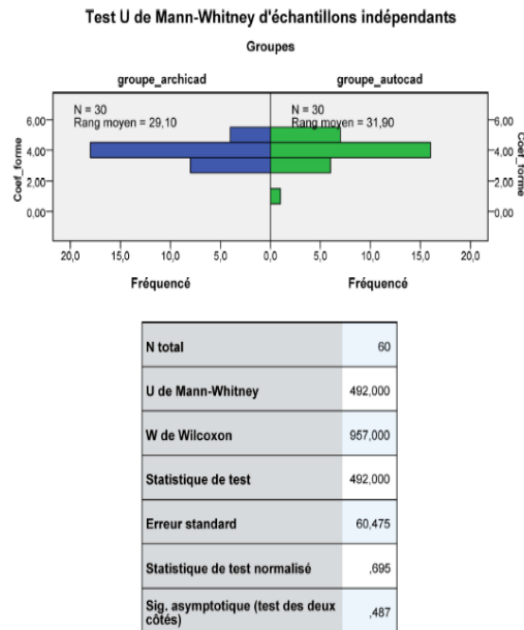


Figure 152: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère le coefficient de forme pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney

9.La typologie de toiture :

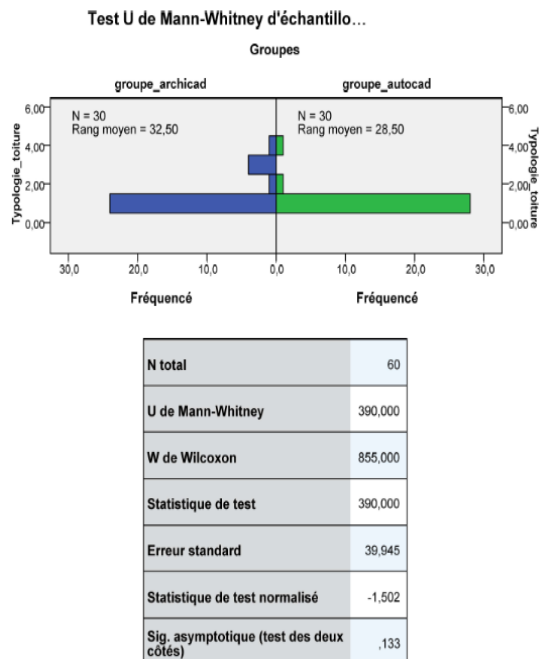


Figure 153: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère typologie de toiture pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney

Rang Moyen : Le rang moyen plus élevé pour le groupe ArchiCAD suggère que les participants utilisant la logique BIM ont obtenu de meilleurs scores ou résultats sur la variable mesurée.

Statistique U de Mann-Whitney : La valeur U sert à évaluer la différence entre les rangs des deux groupes. Plus la valeur est basse, plus la différence est marquée.

Statistique de Test Normalisée : Un z-score de -1,502 indique que la différence entre les groupes est présente, mais pas extrêmement éloignée de ce qu'on pourrait attendre par hasard.

P-value : Une p-value de ,133 est supérieure au seuil de signification commun de ,05, indiquant que la différence observée entre les groupes n'est pas statistiquement significative à ce niveau de seuil.

Bien que le groupe utilisant ArchiCAD avec la logique BIM ait un rang moyen légèrement plus élevé que le groupe utilisant AutoCAD avec la logique CAO classique, la différence entre les deux groupes n'est pas statistiquement significative.

10.La protection solaire :

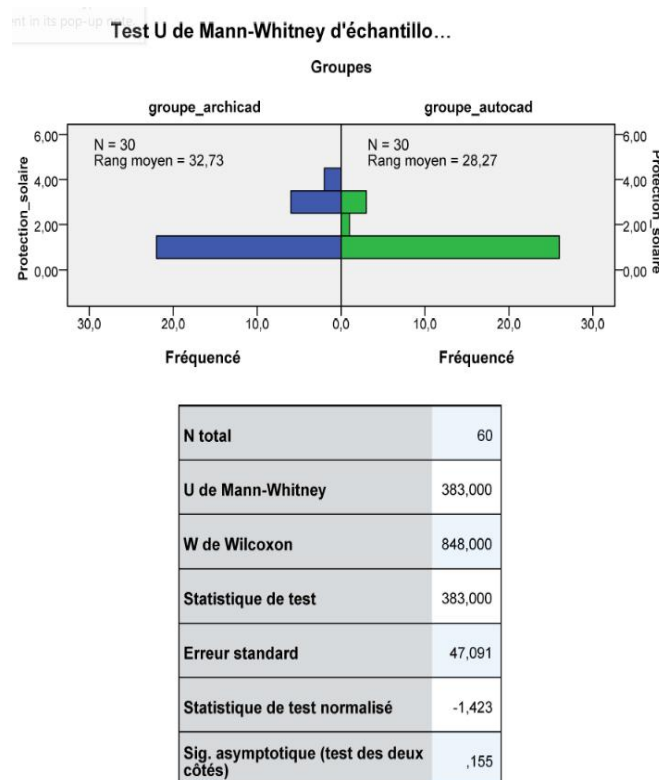


Figure 154: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère protection solaire pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney

Rangs Moyens : Le groupe ArchiCAD a un rang moyen légèrement plus élevé que le groupe AutoCAD, ce qui suggère que les participants utilisant ArchiCAD ont eu de meilleurs résultats selon la métrique testée.

Statistique U de Mann-Whitney : La valeur U (383,000) indique les différences entre les rangs des groupes. Dans ce contexte, plus la valeur de U est grande, plus la différence entre les groupes est faible.

Statistique de Test Normalisée : Un z-score de -1,423 n'est pas extrêmement éloigné de 0, ce qui suggère que la différence entre les groupes n'est pas aussi prononcée.

P-value : La signification asymptotique (p-value) de ,155 est supérieure au seuil communément accepté de ,05, ce qui indique que la différence entre les groupes n'est pas statistiquement significative.

Bien que le groupe ArchiCAD ait obtenu un rang moyen plus élevé, la différence avec le groupe AutoCAD n'est pas statistiquement significative selon ce test. Il n'y a donc pas suffisamment de preuves pour affirmer que l'utilisation de la logique BIM dans ArchiCAD conduit à de meilleurs résultats que l'utilisation de la logique CAO classique dans AutoCAD pour les variables mesurées par ce test.

11. Accessibilité générale du projet :

Le rang moyen pour le groupe ArchiCAD est de 34,50, tandis que pour le groupe _autoCAD, il est de 26,50. la valeur p (,068) est supérieure à l'alpha typique de 0,05, ce qui suggère que la différence entre les deux groupes n'est pas statistiquement significative au niveau de confiance de 95%. Cependant, elle est proche de la limite de significativité, ce qui pourrait être considéré comme une tendance vers une différence potentielle.

Selon les résultats présentés, il n'y a pas de preuve statistiquement significative pour rejeter l'hypothèse nulle que les deux groupes ont des distributions identiques concernant la variable mesurée (accessibilité générale du projet).

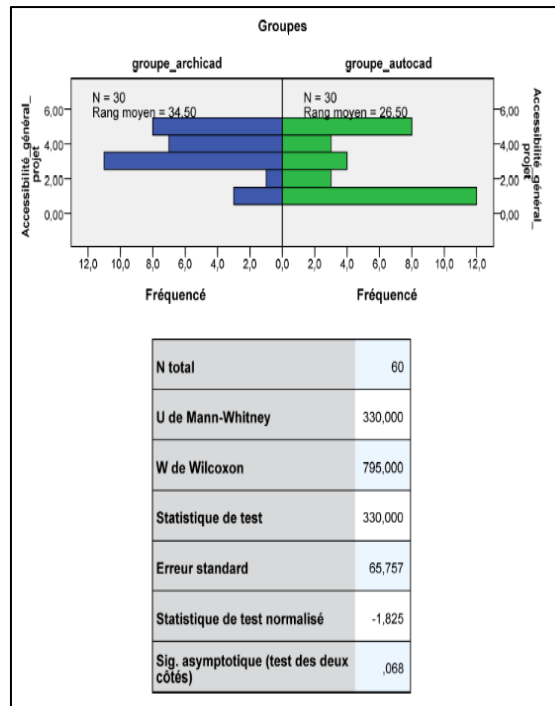


Figure 155: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère accessibilité général pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney

12.Le fonctionnement du projet :

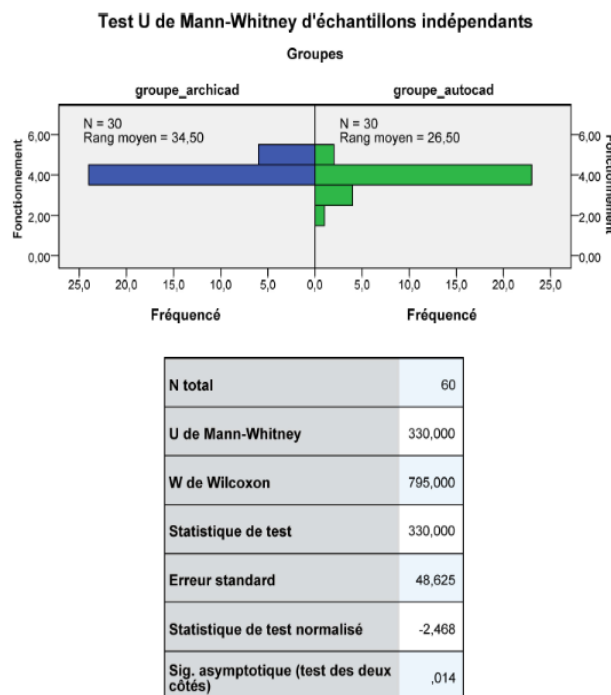


Figure 156: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère fonctionnement du projet pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney

Le groupe ArchiCAD a un rang moyen plus élevé que le groupe AutoCAD, ce qui indique que les mesures ou les scores obtenus par le groupe ArchiCAD étaient généralement meilleurs que ceux du groupe AutoCAD.

La valeur de U (330,000) indique les différences dans les rangs entre les deux groupes. Plus la valeur de U est élevée, plus la différence entre les groupes est grande.

Erreur Standard et Statistique de Test Normalisée : L'erreur standard donne une idée de la variabilité de la statistique de test, et la statistique de test normalisée (z-score) de -2,468 suggère que les rangs des deux groupes diffèrent, une valeur p de ,014 est inférieure au seuil commun de ,05, indiquant que les résultats sont statistiquement significatifs. Cela signifie qu'il y a moins de 1,4% de chance que la différence observée entre les groupes soit due au hasard.

Le groupe ArchiCAD a performé de manière significative par rapport au groupe AutoCAD, comme en témoignent le rang moyen plus élevé et la valeur p significative. Cela suggère que l'utilisation de la logique BIM avec ArchiCAD pourrait être associée à de meilleurs résultats par rapport à l'utilisation de la logique CAO classique avec AutoCAD dans le contexte de notre étude.

13.La mise en place de la structure :

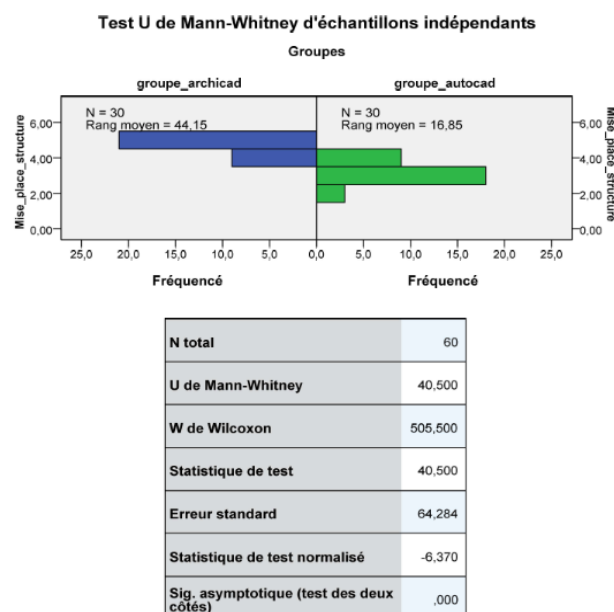


Figure 157: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère la mise en place de la structure pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney

Rang Moyen : Le groupe ArchiCAD a un rang moyen nettement supérieur à celui du groupe AutoCAD, indiquant de meilleurs résultats pour le groupe ArchiCAD sur la variable mesurée.

Statistique U de Mann-Whitney : La valeur de U est un indicateur de la différence entre les distributions de rangs des deux groupes. Plus la valeur U est petite, plus la différence entre les groupes est considérée comme importante.

Statistique de Test Normalisée : Un z-score de -6,370 est extrêmement éloigné de 0, indiquant que les résultats sont hautement significatifs. Cela suggère que la différence entre les groupes n'est pas due au hasard.

Signification Asymptotique : Une p-value de ,000 (qui est probablement arrondie et indique une valeur extrêmement faible) montre une différence statistiquement significative entre les groupes à un niveau de confiance élevé.

Le groupe utilisant ArchiCAD avec la logique BIM a des résultats significativement meilleurs par rapport au groupe utilisant AutoCAD avec la logique CAO classique. La grande différence dans les rangs moyens et la p-value indiquent que l'utilisation de la logique BIM dans ArchiCAD pourrait être associée à une meilleure performance ou efficacité par rapport à l'utilisation de la logique CAO classique dans AutoCAD pour la tâche ou la mesure spécifique examinée.

14. Système de chauffage et de climatisation :

Le rang moyen plus élevé pour le groupe ArchiCAD indique que ce groupe a tendance à avoir des valeurs plus élevées sur la variable testée que le groupe _autoCAD.

La valeur de la statistique de test normalisé (-4,619) est assez éloignée de 0, suggérant une différence significative entre les groupes.

La valeur p (Sig. Asymptotique) est inférieure au seuil classique de 0.05, ce qui conduit à rejeter l'hypothèse nulle de non-différence entre les deux groupes.

En conclusion, les résultats suggèrent que les scores ou mesures pour les deux groupes diffèrent de manière significative, avec le groupe ArchiCAD obtenant des scores ou des mesures globalement plus élevés que le groupe _autoCAD.

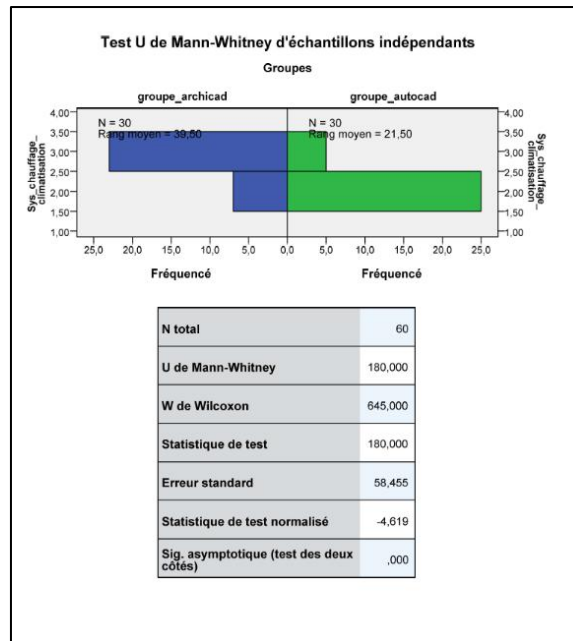


Figure 158: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère système de chauffage et de climatisation pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney

15.L'Isolation thermique – inertie :

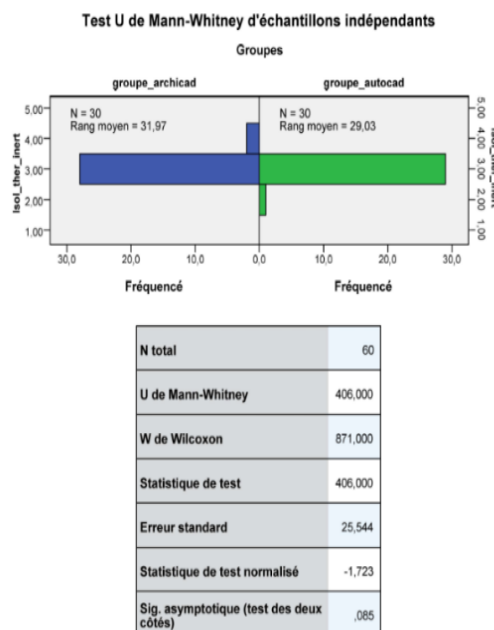


Figure 159: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère isolation thermique et inertie pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney

Le groupe ArchiCAD a un rang moyen légèrement plus élevé que le groupe AutoCAD, ce qui suggère que, dans l'ensemble, le groupe ArchiCAD a peut-être obtenu de meilleurs scores ou mesures.

U de Mann-Whitney : La valeur de U de 406,000 est une mesure de la différence entre les deux groupes. Sans les détails sur les valeurs attendues pour U, nous ne pouvons pas juger de sa signification, mais en relation avec les autres statistiques, elle aide à évaluer la différence entre les groupes.

Statistique de Test Normalisée (z-score) : La valeur de -1,723 indique que la différence entre les groupes est à peu près 1,723 écarts-types loin de l'hypothèse nulle de pas de différence. C'est un indicateur de différence, mais pas aussi fort que des z-scores plus élevés en valeur absolue.

Signification : La valeur p de ,085 est au-dessus du seuil commun de ,05 pour la signification statistique, ce qui signifie que, selon ce test, il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les groupes à un niveau de confiance de 95%. Cependant, cela ne signifie pas qu'il n'y a pas de différence du tout, seulement que la différence n'est pas assez forte pour être statistiquement significative à ce niveau de confiance.

Sur la base de ce test, bien que le groupe ArchiCAD ait un rang moyen légèrement plus élevé, nous ne pouvons pas conclure avec certitude qu'il y a une différence significative dans les performances entre les groupes utilisant la logique BIM et la logique CAO classique pour les mesures évaluées.

16. La logique structure espace :

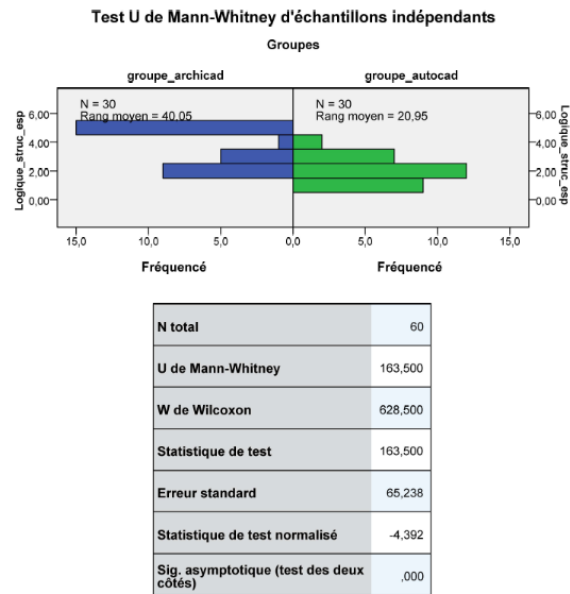


Figure 160: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère logique structure espace pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney

Rang Moyen : Le groupe ArchiCAD a un rang moyen nettement plus élevé que le groupe AutoCAD, ce qui suggère que, selon la mesure utilisée, le groupe ArchiCAD a obtenu de meilleurs résultats globaux.

Statistique U de Mann-Whitney : La valeur U et la statistique de test associée indiquent la différence entre les distributions de rang des deux groupes. Une valeur U plus faible indiquerait une plus grande différence entre les groupes.

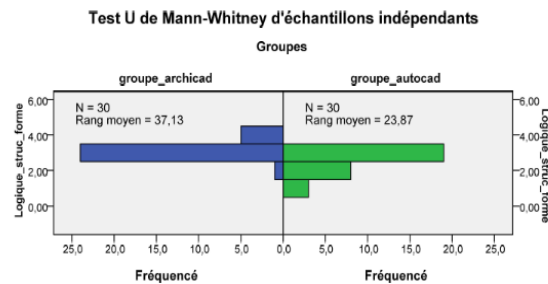
Statistique de Test Normalisée : Une valeur de z-score de -4,392 est significativement inférieure au seuil typique de -1,96 ou +1,96 pour une signification à un niveau de 0,05 (5 %), indiquant que la différence entre les groupes.

Signification Asymptotique : Une valeur p asymptotique de ,000 suggère une différence hautement significative entre les groupes avec un niveau de confiance très élevé.

Le groupe utilisant ArchiCAD (BIM) a montré des résultats significativement meilleurs par rapport au groupe utilisant AutoCAD (CAO classique) pour la variable mesurée par ce test. La différence est statistiquement significative, indiquant que l'utilisation de la logique BIM

pourrait être plus efficace que la logique CAO classique pour cette tâche ou mesure spécifique. Cela peut refléter une amélioration de la performance, de l'efficacité, ou d'autres facteurs non précisés dans le test liés à l'utilisation de la logique BIM en ArchiCAD par rapport à l'approche traditionnelle en AutoCAD.

17. La logique structure forme :



N total	60
U de Mann-Whitney	251,000
W de Wilcoxon	716,000
Statistique de test	251,000
Erreur standard	53,602
Statistique de test normalisé	-3,713
Sig. asymptotique (test des deux côtés)	,000

Figure 161: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère logique entre la structure et la forme général du projet pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney

Rang Moyen : Le groupe ArchiCAD a un rang moyen significativement plus élevé que le groupe AutoCAD. Cela indique que les mesures ou les scores obtenus par le groupe ArchiCAD étaient généralement meilleurs que ceux obtenus par le groupe AutoCAD.

La valeur U et la statistique de test identifient la différence entre les distributions de rang des deux groupes. Plus la valeur est faible, plus la différence entre les groupes est grande.

Erreur Standard : L'erreur standard est une mesure de la variation de la statistique de test; dans ce contexte, elle aide à contextualiser le z-score.

Z-score : La valeur de -3,713 est considérablement en dessous du seuil de -1,96 pour une significativité au niveau de 0,05,

P-value : Une p-value de ,000 (probablement arrondie de $p < 0,001$) indique une différence statistiquement significative entre les groupes avec un niveau de confiance très élevé.

Le groupe utilisant ArchiCAD avec la logique BIM a montré des résultats significativement meilleurs par rapport au groupe utilisant AutoCAD avec une logique CAO classique pour la variable mesurée dans cette étude. La différence dans les rangs moyens et la signification statistique élevée indiquent que l'utilisation de la logique BIM pourrait offrir des avantages significatifs par rapport à l'approche CAO classique dans ce contexte spécifique.

18.Le critère zoning climatique :

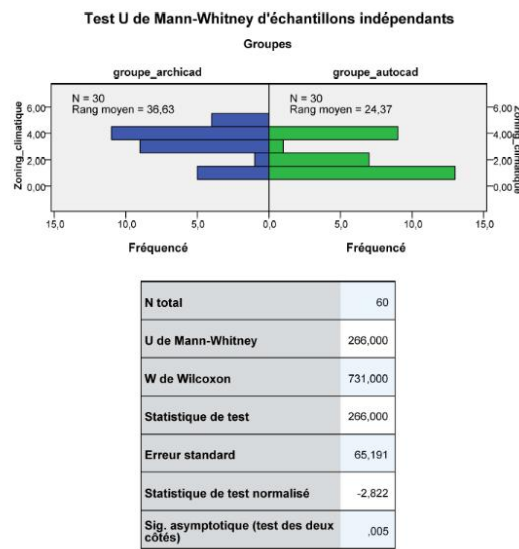


Figure 162: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère zoning climatique pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney

Le groupe ArchiCAD a un rang moyen significativement plus élevé que le groupe AutoCAD, ce qui suggère que les participants utilisant ArchiCAD ont obtenu de meilleurs scores ou résultats sur la variable mesurée.

La valeur de U indique les différences entre les rangs des deux groupes. Une valeur U plus faible indique une plus grande différence entre les groupes.

Un z-score de -2,822 indique que la différence entre les groupes est statistiquement significative, suggérant que les résultats ne sont pas dus au hasard.

Une p-value de ,005 est inférieure au seuil communément accepté de ,05, indiquant que la différence entre les groupes est statistiquement significative.

Les résultats montrent que le groupe utilisant ArchiCAD avec la logique BIM a performé de manière significativement meilleure par rapport au groupe utilisant AutoCAD avec la logique CAO classique. La différence entre les rangs moyens et la p-value indiquent que l'utilisation

de la logique BIM pourrait être associée à une amélioration des performances ou de l'efficacité par rapport à la logique CAO classique dans le cadre de cette étude.

19. Facteur de la lumière du jour / éclairement

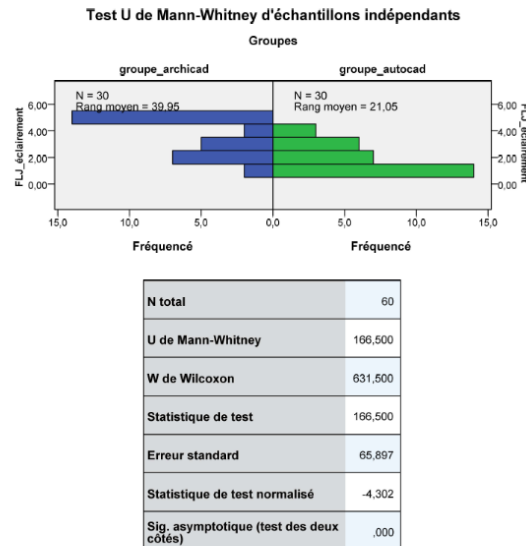


Figure 163: Comparaison de la fréquence de la valeur obtenue pour le critère facteur de la lumière du jour (FLJ) pour les deux logiciels ArchiCAD et AutoCAD via le Test U de Mann-Whitney

Le groupe ArchiCAD a un rang moyen significativement plus élevé (39,95) que le groupe AutoCAD (21,05), ce qui suggère que le groupe ArchiCAD a obtenu des résultats globalement meilleurs selon la métrique utilisée.

La valeur de U (166,500) semble élevée, mais sans les valeurs exactes de distribution, nous ne pouvons pas juger de son ampleur relative. Cependant, en combinaison avec la statistique de test normalisée et la valeur p, elle indique une différence significative.

Une valeur z de -4,302 est bien en dehors de la plage attendue pour une distribution normale, suggérant que la différence entre les groupes n'est pas due au hasard.

Une valeur p de ,000 (probablement arrondie de très petite valeur p) est extrêmement significative et indique que les différences observées entre les groupes sont statistiquement significatives et non attribuables au hasard.

La comparaison des résultats montre que le groupe utilisant la logique BIM (ArchiCAD) a performé de manière significative par rapport au groupe utilisant la logique CAO classique

(AutoCAD), comme le reflète leur rang moyen plus élevé. La statistique de test normalisée et la valeur p indiquent que cette différence est statistiquement significative.

V. Tests du Chi-carré :

Tableau 34: Le résultat du Test khi carre pour le critère détection des conflits faite sous SPSS par auteurs

Effectif		Détection_conflits		Total
		oui	non	
Groupes	groupe_archicad	30	0	30
	groupe_autocad	0	30	30
Total		30	30	60

	Valeur	ddl	Signification asymptotique (bilatérale)	Sig. exacte (bilatérale)	Sig. exacte (unilatérale)
khi-carré de Pearson	60,000 ^a	1	,000		
Correction pour continuité ^b	56,067	1	,000		
Rapport de vraisemblance	83,178	1	,000		
Test exact de Fisher				,000	,000
Association linéaire par linéaire	59,000	1	,000		
N d'observations valides	60				

a. 0 cellules (0,0%) ont un effectif théorique inférieur à 5. L'effectif théorique minimum est de 15,00.
b. Calculée uniquement pour une table 2x2

La valeur du test chi-carré de Pearson est de 60,000 avec une p-value de ,000, indiquant une association très forte et statistiquement significative entre le type de groupe logiciel et la détection de conflits.

La correction pour continuité, qui est utilisée pour ajuster le test du chi-carré dans les tableaux 2x2, donne également une valeur significative.

Le rapport de vraisemblance est également très significatif avec une valeur de 83,178.

Le test exact de Fisher confirme cette signification avec une p-value de ,000, qui est souvent utilisé quand les effectifs sont faibles.

L'association linéaire par linéaire indique également une forte association avec une p-value de ,000.

1.L'interprétation :

La forte association indiquée par le test du chi-carré suggère que l'utilisation de la logique BIM dans ArchiCAD est associé à une détection réussie de conflits, tandis que l'utilisation de la logique CAO classique dans AutoCAD ne l'est pas. En d'autres termes, chaque participant utilisant ArchiCAD a détecté des conflits, alors que ceux utilisant AutoCAD ne l'ont pas fait.

Cela pourrait indiquer que la logique BIM intégrée dans ArchiCAD est plus efficace pour détecter des conflits que les méthodes traditionnelles utilisées dans AutoCAD.

La signification statistique est très claire avec une p-value de ,000, ce qui signifie qu'il y a moins de 1 chance sur 1000 que ces résultats soient dus au hasard. Cela démontre un effet très marqué de la logique BIM utilisée dans ArchiCAD sur la détection des conflits par rapport à l'approche CAO classique dans AutoCAD.

Tableau 35: Le résultat du Test khi carre pour le critère les joints fait sous SPSS par auteurs

Groupes * Joints Crosstabulation

Count		Joints		Total
		oui	non	
Groupes	groupe_archicad	9	21	30
	groupe_autocad	11	19	30
Total		20	40	60

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	.300 ^a	1	.584		
Continuity Correction ^b	.075	1	.784		
Likelihood Ratio	.300	1	.584		
Fisher's Exact Test				.785	.392
Linear-by-Linear Association	.295	1	.587		
N of Valid Cases	60				

a. 0 cells (0.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 10.00.

b. Computed only for a 2x2 table

Les résultats du test du Khi-deux indiquent qu'il n'y a pas d'association significative entre les groupes travaillant avec la logique BIM (ArchiCAD) et ceux utilisant la logique CAO (AutoCAD) par rapport au résultat mesuré. Le test du Khi-deux de Pearson ($p = 0,584$), la correction de continuité ($p = 0,784$), le ratio de vraisemblance ($p = 0,584$), le test exact de Fisher ($p = 0,785$) et l'association linéaire par linéaire ($p = 0,587$) présentent tous des valeurs de p supérieures à 0,05, ce qui confirme l'hypothèse nulle selon laquelle il n'y a pas de relation entre le type de logiciel utilisé et le résultat. Ainsi, les données suggèrent qu'il n'y a pas de

différence significative en termes de performance ou de préférence entre les deux groupes d'étudiants.

VI. Corrélation bivarié :

1. Les échanges entre le consultant climatique et FLJ dans le projet

Tableau 36: Le résultat de la corrélation entre des deux critères échange avec l'ingénieur climatique et le FLJ faite sous SPSS par auteurs

		échange_ing _climatique	FLJ_éclairage ent
échange_ing_climatique	Corrélation de Pearson	1	,587**
	Sig. (bilatérale)		,000
	Somme des carrés et produits croisés	70,850	57,650
	Covariance :	1,201	,977
	N	60	60
FLJ_éclairage	Corrélation de Pearson	,587**	1
	Sig. (bilatérale)	,000	
	Somme des carrés et produits croisés	57,650	136,183
	Covariance :	,977	2,308
	N	60	60

** . La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

La présence d'une corrélation positive significative est confirmée par une valeur de p inférieure à 0,01, accompagnée d'un coefficient de corrélation de Pearson s'élevant à 0,581. Cette constatation indique une association positive entre les consultations avec l'ingénieur climatique et les mesures du FLJ (Facteur de Lumière du Jour). En d'autres termes, les interactions avec l'ingénieur climatique semblent exercer une influence bénéfique sur l'évaluation du FLJ, suggérant que le dialogue avec l'ingénieur contribue soit à une appréciation positive du FLJ, soit à la reconnaissance de la nécessité d'affiner la conception pour optimiser le facteur, suite aux retours fournis aux participants

2. Les échanges entre l'ingénieur en structure et la mise en place de la structure dans le projet

Tableau 37: Le résultat de la corrélation entre L'échange avec l'ingénieur de la structure et la mise en place de la structure faite sous SPSS par auteurs

		echange_ing _structure	Mise_place_s structure
echange_ing_structure	Corrélation de Pearson	1	,789**
	Sig. (bilatérale)		,000
	Somme des carrés et produits croisés	76,583	49,250
	Covariance :	1,298	,835
	N	60	60
Mise_place_structure	Corrélation de Pearson	,789**	1
	Sig. (bilatérale)	,000	
	Somme des carrés et produits croisés	49,250	50,850
	Covariance :	,835	,862
	N	60	60

** . La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

Il existe une forte corrélation de Pearson de ,789 entre "L'échange avec l'ingénieur du structure" et "Mise en place de la structure", ce qui est statistiquement significatif au niveau de 0,01 (bilatéral), comme l'indique la p-value de ,000.

La somme des carrés et produits croisés est de 76,583 pour " L'échange avec l'ingénieur du structure " et de 49,250 pour "Mise_place_structure".

La covariance entre ces deux variables est de 1,298 pour " L'échange avec l'ingénieur du structure " et de ,835 pour " Mise en place de la structure ".

La corrélation est jugée statistiquement significative, comme en témoigne une valeur p inférieure à 0,01, accompagnée d'un coefficient de corrélation de Pearson de 0,801. Cette statistique indique une relation robuste entre les deux variables examinées. L'envoi de la structure pour révision par l'ingénieur civil entraîne des retours qui, une fois intégrés, aboutissent à une configuration structurelle adéquatement corrigée et positionnée. Par conséquent, l'interaction avec l'ingénieur civil améliore la fonctionnalité de la structure et réduit les potentielles erreurs de localisation.

VII. L'analyse des composantes principales dite ACP :

A pour objectif principal de réduire la dimensionnalité d'un ensemble de données tout en conservant autant d'informations que possible. L'ACP permet de réduire le nombre de variables

observées dans un ensemble de données en les transformant en un nombre plus petit de variables non corrélées appelées composantes principales

Tableau 38: Le résultat de l'indice KMO faite sous SPSS par auteurs

Indice KMO et test de Bartlett		
Indice de Kaiser-Meyer-Olkin pour la mesure de la qualité d'échantillonnage.		,789
Test de sphéricité de Bartlett	Khi-carré approx.	941,955
	ddl	231
	Signification	,000

le test de Bartlett Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) Mesure: Cet indice compare les magnitudes des coefficients de corrélation observés aux magnitude des coefficients partiels. Une valeur KMO de 0,789 suggère que l'échantillon est suffisant, car des valeurs plus proches de 1 indiquent qu'une analyse de facteur peut être appropriée. En règle générale, une valeur supérieure à 0,6 est considérée comme acceptable.

Test de la sphéricité de Bartlett : Ce test vérifie si la matrice de corrélation est une matrice d'identité, ce qui indiquerait que les variables ne sont pas liées et ne conviennent pas à la détection de la structure. La statistique du test est d'environ 941.955 avec 231 degrés de liberté et un niveau de signification de 0.000. Cela indique que la matrice de corrélation n'est pas une matrice d'identité, et donc, les données sont probablement adaptées pour ACP.

1.La Matrice de corrélation :

Ceci montre les coefficients de corrélation linéaire entre les variables. Les valeurs varient de -1 à 1, où les valeurs proches de 1 ou -1 indiquent respectivement des relations linéaires positives ou négatives fortes, et les valeurs proches de 0 indiquent aucune corrélation linéaire.

Tableau 39: Le résultat de la matrice de corrélation faite sous SPSS par auteurs

Matrice de corrélation*

	exchange_inq_structura	exchange_inq_climatique	Integration_sis	Repirage	Accessibilité_général_pr	Accessibilité_PMR	Fonctionnement	Mise_plein_s_tactique	Joints	Redimensionnement	Logique_situ_c_his	Logique_situ_c_sima	Détection_confits	Ombrage_mu	Orientation	Coeff_ferme	Typologie_bil	Protection_so	Zonage_clima	Isol_ther_mur	Sys_chauffag_e_climatizat	FLJ_étaiem
Corrélation	1.000	.947	.823	.913	.219	.080	.310	.789	.052	-.004	.591	.459	-.859	-.210	.381	-.089	-.012	.221	.382	.193	.582	.539
exchange_inq_climatique	.947	1.000	.885	.985	.260	.040	.324	.802	.033	-.782	.590	.446	-.866	-.257	.431	-.076	-.097	.209	.436	.203	.510	.587
Integration_sis	.823	.885	1.000	.721	.572	-.126	.324	.859	.037	-.556	.484	.442	-.850	-.589	.591	-.083	-.170	.374	.515	.142	.264	.417
Repirage	.913	.985	.721	1.000	.824	-.126	.258	.392	-.140	-.225	.320	.271	-.354	-.577	.416	-.040	-.188	.388	.468	.012	.117	.213
Accessibilité_général_pr	.219	.260	.572	.824	1.000	-.101	.273	.326	-.172	-.146	.210	.248	-.265	-.478	.283	-.018	-.121	.392	.421	-.007	.050	.191
Accessibilité_PMR	.080	.040	-.126	-.126	-.101	1.000	.148	.109	-.040	-.234	.020	.030	-.115	.069	-.011	.077	.024	.061	.056	-.021	.077	.003
Fonctionnement	.310	.324	.324	.258	.273	.148	1.000	.425	-.091	-.337	.234	.372	-.323	-.384	.310	.052	.096	.194	.344	-.005	.199	.224
Mise_plein_s_tactique	.789	.802	.859	.392	.328	.109	.425	1.000	.000	-.837	.766	.554	-.815	-.330	.459	-.007	-.069	.236	.427	.248	.486	.545
Joints	.052	.033	.037	-.140	-.172	-.040	-.091	.000	1.000	-.091	-.025	-.919	-.071	.184	-.157	-.142	.120	-.273	-.112	.053	-.047	-.031
Redimensionnement	-.004	-.782	-.556	-.225	-.146	-.234	-.337	-.837	-.091	1.000	-.374	-.417	.918	.201	-.332	.102	.918	-.204	-.402	-.003	-.472	-.365
Logique_situ_c_his	.591	.590	.484	.328	.210	.020	.234	.766	-.025	-.374	1.000	.371	-.591	-.163	.307	.070	-.390	.199	.269	.164	.279	.429
Logique_situ_c_sima	.459	.446	.442	.271	.248	.030	.372	.554	-.019	-.417	.371	1.000	-.471	-.378	.223	.175	-.111	.369	.275	.020	.350	.553
Détection_confits	-.859	-.866	-.850	-.354	-.265	-.115	-.323	-.815	-.071	.918	-.591	-.471	1.000	.240	-.384	.045	.085	-.213	-.391	-.224	-.601	-.564
Ombrage_mu	-.210	-.257	-.589	-.577	-.478	.069	-.384	-.330	.194	.261	-.163	-.278	.240	1.000	.360	.198	.101	-.182	-.474	.095	-.119	-.205
Orientation	.381	.431	.591	.416	.283	-.011	.310	.459	-.157	-.332	.387	.223	-.384	-.360	1.000	-.095	-.220	.269	.560	.164	.238	.235
Coeff_ferme	-.089	-.076	-.063	-.040	-.018	.077	.052	-.007	-.142	.102	.070	.175	.045	.198	-.095	1.000	.000	.194	.007	.010	.036	.040
Typologie_bil	-.012	-.097	-.170	-.168	-.121	.024	.086	-.089	.120	.018	-.080	.111	.065	.101	-.220	.000	1.000	.041	-.057	-.032	-.056	-.051
Protection_so	.221	.209	.374	.388	.382	.081	.184	.236	-.273	-.374	.199	.389	-.213	-.162	.269	.184	.041	1.000	.335	.234	.245	.229
Zonage_climatique	.382	.436	.515	.468	.421	.056	.344	.427	-.112	-.402	.286	.275	-.391	-.474	.560	.007	-.057	.335	1.000	.015	.183	.280
Isol_ther_mur	.193	.203	.142	.012	-.007	-.021	-.005	.248	.053	-.003	.164	.020	-.224	.065	.184	.010	-.032	.224	.015	1.000	.230	.259
Sys_chauffag_e_climatizat	.582	.510	.244	.117	.050	.077	.199	.486	-.047	-.472	.279	.350	-.601	-.119	.238	.036	-.056	.245	.183	.230	1.000	.491
FLJ_étaiem	.539	.587	.417	.213	.191	.093	.224	.545	.031	-.385	.429	.553	-.564	-.205	.235	.040	-.061	.326	.280	.259	.401	1.000
Signification (unilatérale)	exchange_inq_structura	.000	.000	.008	.047	.271	.008	.000	.346	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
exchange_inq_climatique	.000	.000	.000	.001	.012	.382	.006	.000	.493	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
Integration_sis	.000	.000	.000	.000	.000	.188	.006	.000	.390	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
Repirage	.008	.001	.000	.000	.000	.169	.023	.001	.142	.042	.008	.018	.003	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
Accessibilité_général_pr	.047	.012	.000	.000	.000	.221	.018	.005	.095	.132	.054	.028	.020	.000	.014	.446	.178	.001	.000	.000	.465	.051
Accessibilité_PMR	.271	.382	.169	.169	.221	.129	.204	.379	.036	.439	.410	.192	.301	.468	.280	.427	.322	.336	.436	.261	.490	.490
Fonctionnement	.008	.006	.006	.023	.018	.129	.000	.243	.004	.036	.002	.006	.001	.008	.347	.234	.096	.004	.485	.064	.043	.043
Mise_plein_s_tactique	.000	.000	.000	.001	.005	.204	.000	.500	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	
Joints	.046	.043	.390	.142	.095	.379	.243	.500	.244	.425	.444	.296	.069	.115	.139	.182	.017	.197	.344	.360	.498	
Redimensionnement	.000	.000	.000	.042	.132	.036	.004	.000	.244	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	
Logique_situ_c_his	.000	.000	.000	.008	.054	.439	.036	.000	.425	.002	.002	.000	.107	.001	.288	.247	.044	.013	.105	.016	.000	
Logique_situ_c_sima	.000	.000	.000	.018	.028	.410	.002	.000	.444	.000	.002	.000	.016	.043	.090	.200	.008	.017	.441	.003	.000	
Détection_confits	.000	.000	.000	.003	.020	.192	.006	.000	.296	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	
Ombrage_mu	.054	.024	.000	.000	.000	.301	.001	.005	.069	.022	.107	.016	.032	.002	.005	.220	.002	.000	.236	.182	.058	
Orientation	.001	.000	.000	.000	.014	.468	.008	.000	.115	.005	.001	.643	.001	.002	.236	.046	.019	.000	.108	.033	.035	
Coeff_ferme	.250	.282	.317	.381	.446	.280	.347	.478	.139	.219	.298	.890	.367	.065	.236	.000	.088	.480	.470	.393	.381	
Typologie_bil	.462	.230	.897	.100	.378	.427	.234	.301	.182	.445	.247	.200	.260	.220	.046	.500	.078	.333	.465	.334	.348	
Protection_so	.045	.054	.002	.001	.001	.322	.069	.035	.017	.059	.064	.009	.001	.002	.019	.000	.378	.004	.043	.029	.005	
Zonage_climatique	.001	.000	.000	.000	.000	.336	.004	.000	.157	.001	.013	.017	.001	.000	.000	.480	.333	.004	.456	.001	.015	
Isol_ther_mur	.070	.060	.140	.465	.480	.436	.485	.028	.344	.490	.105	.441	.043	.236	.106	.470	.405	.043	.456	.000	.039	
Sys_chauffag_e_climatizat	.000	.000	.021	.186	.352	.291	.064	.000	.360	.000	.015	.003	.000	.182	.033	.393	.334	.029	.001	.039	.001	
FLJ_étaiem	.000	.000	.000	.051	.083	.490	.043	.000	.408	.001	.000	.000	.000	.058	.035	.381	.348	.005	.015	.023	.001	

* Critérium = 0,9826

. Matrices anti-image

Les valeurs diagonales dans les matrices de corrélation anti-image (valeurs MSA) sont toutes supérieures au seuil recommandé de 0,5, ce qui valide encore l'adéquation des données pour PCA.

Variance totale expliquée

La première composante explique 36.032% de la variance, la seconde 11.463% et ainsi de suite. Le pourcentage cumulatif indique que les deux premiers composants expliquent ensemble 47,495% de la variance dans les données.

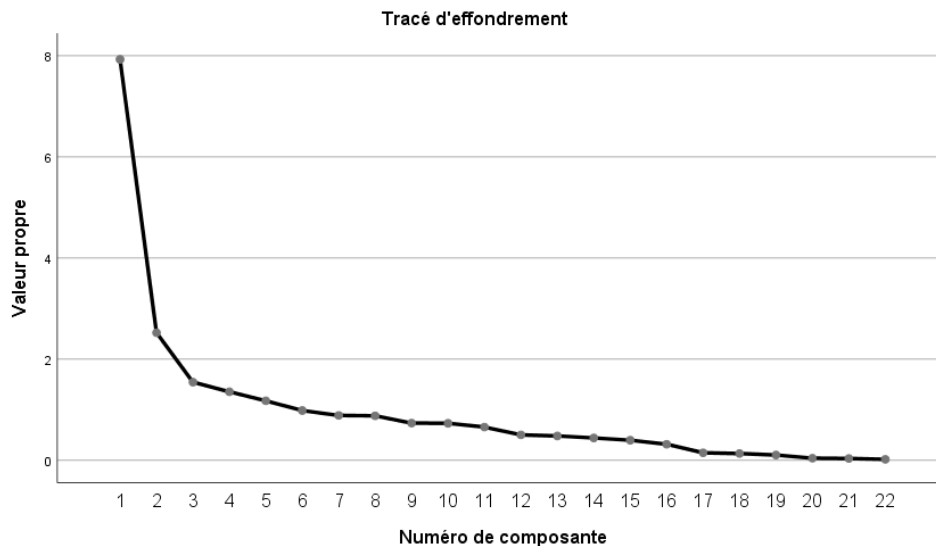


Figure 164: résultat de la trace de l'effondrement faite sous SPSS par auteurs

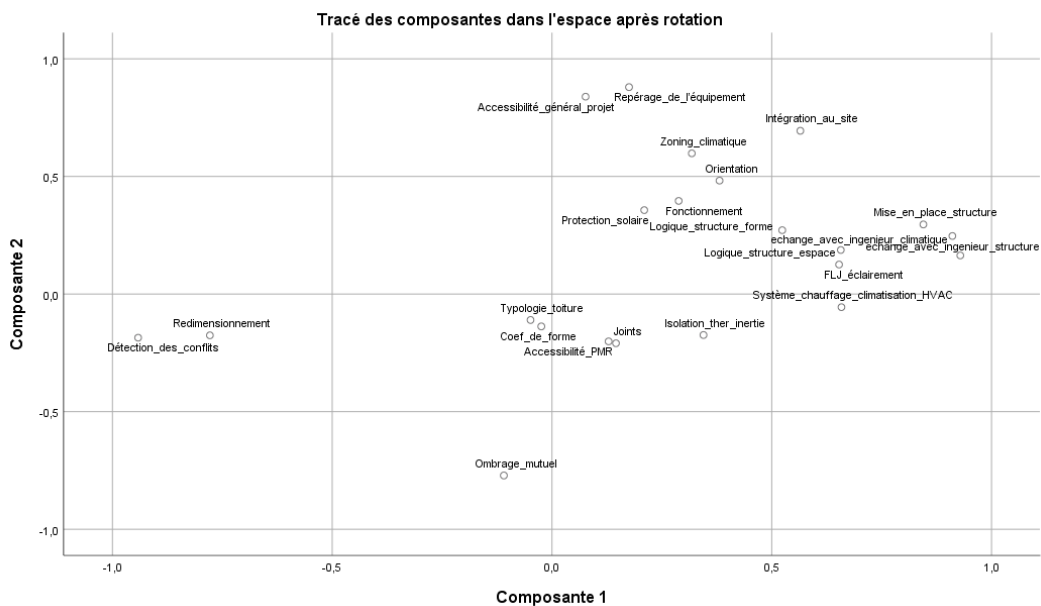


Figure 165: le tracé des composantes principales faite sous SPSS par auteurs

Quadrant supérieur droit : Les variables ci-dessous peuvent représenter des aspects liés à l'intégration du site et au zonage climatique, car elles sont proches de "Intégration_au_site" et "Zoning climatique".

Quadrant bas-droit: Contient des variables comme "Isolation_ther_inertie", suggérant qu'elles sont liées à l'isolation thermique et à la configuration structurelle du bâtiment.

Quadrant inférieur-gauche : a moins de variables, avec "Ombrage mutuel" suggérant des aspects liés à l'ombrage mutuel ou peut-être l'efficacité énergétique.

Quadrant supérieur gauche: semble vide, ce qui indique qu'aucune variable n'est fortement corrélée avec les valeurs négatives de la composante 1 et les valeurs positives de la composant 2.

Notes spécifiques : "Fonctionnement" et "Protection solaire" sont proches l'un de l'autre et du centre, ce qui suggère une relation modérée avec les deux composants.

« Accessibilité_générale_projet » (Accessibilité générale du projet) est plus proche de l'axe de la composante 1, ce qui peut indiquer qu'il est un facteur clé dans la variance du groupe de données.

"Mise_en_place_structure" (Implémentation de la structure) et "Coef_de_forme" (Coefficient de forme) sont proches l'un de l'autre et peuvent être liés à des facteurs de conception architecturale.

VIII. Conclusion du chapitre :

Les résultats obtenus confirment ceux présentés dans le chapitre précédent concernant la statistique descriptive. Sur l'ensemble des dix-neuf critères évalués au moyen du test U de Mann-Whitney, treize sont en faveur de la logique de conception collaborative BIM. Cinq autres critères démontrent une relation d'équilibre entre les deux approches de conception, ce qui suggère que la collaboration n'exerce pas d'influence significative sur ces aspects spécifiques. Ces critères incluent : la qualité du rendu en 2D, l'accessibilité générale du projet, la typologie de la toiture choisie, la protection solaire, et l'isolation.

L'analyse de corrélation révèle un impact positif significatif de la collaboration avec les consultants climatiques et les ingénieurs en génie civil sur l'amélioration de la conception architecturale. Cette amélioration est particulièrement notable dans les domaines de la structure et de l'éclairage naturel du projet examiné. Ces résultats mettent en évidence l'importance d'une approche interdisciplinaire dans le développement de solutions architecturales efficaces et adaptées aux défis environnementaux et structurels."

Conclusion générale

Cette thèse explore divers concepts tels que la conception architecturale, la collaboration et le système BIM, qui constitue le pilier central de notre recherche, ainsi que leur relation avec la qualité architecturale, en les replaçant dans le contexte spécifique de l'Algérie. Une analyse approfondie du processus de conception collaborative BIM a été menée à travers une revue de littérature détaillée, s'appuyant sur des études scientométriques du domaine, afin de positionner notre travail par rapport aux pratiques internationales et locales. Il ressort de cette étude que les recherches en Europe sont avancées sur divers aspects tels que l'évaluation du cycle de vie, le suivi des progrès, l'interopérabilité, la simulation énergétique et la gestion assistée par les processus. En revanche, en Algérie, le nombre d'études reste limité, ne dépassant pas trois, et se concentre principalement sur des enquêtes sans approfondir les aspects essentiels du BIM.

Le Building Information Modeling (BIM) est une approche de conception, de construction et de gestion des bâtiments qui repose sur l'utilisation de modèles numériques pour décrire de manière exhaustive les aspects physiques et fonctionnels des structures. En facilitant la collaboration entre les différents acteurs tout au long du cycle de vie d'un bâtiment, le BIM favorise la prise de décisions éclairées et le partage d'informations précises et à jour.

Le Building Information Modeling (BIM) est un outil puissant offrant divers avantages, tels que la minimisation des erreurs de conception, l'optimisation des coûts de construction, l'amélioration de la qualité et de la durabilité des bâtiments, la réduction des retards de construction et la gestion efficace des installations. Du concept initial à l'inspection finale, le BIM favorise la communication entre tous les acteurs d'un projet.

Ce concept repose sur la collaboration entre les parties prenantes du projet à travers l'utilisation d'un format de fichier standard appelé IFC, dans le but d'améliorer la qualité architecturale des projets. L'IFC agit comme une base de données centralisée favorisant la collaboration entre les acteurs impliqués. Cette étude vise à examiner l'impact du système BIM sur la qualité architecturale des projets et à évaluer la valeur ajoutée de cette approche itérative dans notre domaine.

Une observation initiale révèle une insuffisance de qualité dans les projets architecturaux en Algérie, laquelle semble être présente à divers niveaux, notamment la gestion de projet, la réalisation et la conception architecturale. Cette lacune est attribuable à un manque de

coordination entre les parties prenantes et à une approche linéaire de la conception dépourvue de mécanismes de rétroaction. L'intégration de la technologie BIM (Building Information Modeling) dans des logiciels de conception avancés tels que Revit© ou ArchiCAD© offre la possibilité de remédier à ces dysfonctionnements en favorisant une coordination et une collaboration efficaces entre les différents acteurs impliqués dans le processus architectural.

Afin d'atteindre l'objectif de la recherche, un modèle d'analyse a été développé, basé sur la modélisation du processus de conception sur le terrain à travers un exercice proposé aux étudiants en architecture. L'objectif était de caractériser l'impact des éléments BIM sur la qualité de la conception. Cette étude expérimentale a été menée au sein du département d'architecture de la faculté d'architecture de l'université Larbi Ben Mhidi d'Oum El Bouaghi. Au cours de cette expérience, différentes approches de travail ont été confrontées, impliquant l'utilisation de divers logiciels de CAO et de DAO tels que AutoCAD© ou ArchiCAD©, avec ou sans l'assistance d'experts.

Les résultats de l'expérience contribueront à caractériser le rôle des Building Information Models (BIM) ainsi que l'expertise transmise et facilitée par ces derniers dans l'amélioration de la qualité en conception architecturale. Les chapitres de la thèse débutent par une discussion sur la conception architecturale, débutant par une définition précise de ce concept. Ensuite, une exploration des différents modèles de conception architecturale sera entreprise, mettant en lumière les approches et méthodologies employées par les architectes, aussi bien en France (Philippe Boudan, Philippe Deshayes, Jean-Pierre Chupin 2010...) qu'en Angleterre (John Christopher John "design thinking", Christoph Alexander "how designer think", Bruce Archer 1969, Zeishel 1981, Asimov 1962, Robert Prost 1992, Dark 1979...) pour traiter et résoudre des problématiques architecturales spécifiques. Cette analyse permettra une immersion plus approfondie dans le domaine de la pensée architecturale et une meilleure compréhension des stratégies mises en œuvre dans cette profession. En se penchant sur une analyse approfondie du travail collaboratif et coopératif dans les environnements organisationnels, le texte débute en proposant une définition de la « collaboration » en tant que l'action des individus ou des entités travaillant de concert en vue d'atteindre un objectif partagé, mettant en lumière la valeur stratégique de la coopération dans divers domaines.

Le chapitre examine les diverses typologies du travail collaboratif en les classant selon des variables telles que le degré d'engagement, la distinction entre coopération formelle et informelle, ainsi que les approches technologiques par rapport aux méthodes conventionnelles.

Il propose une analyse approfondie des différences entre coopération et collaboration, soulignant que la coopération est souvent intégrée dans un cadre collaboratif plus large, caractérisé par un objectif commun de bénéfices mutuels, mais avec une planification minimale et une répartition des responsabilités limitée. La compréhension de cette distinction est essentielle pour appréhender la profonde implication et l'interdépendance inhérentes au partenariat. De plus, il explore l'implémentation de la technologie pour le travail collaboratif à distance (TCAO), mettant particulièrement l'accent sur l'utilisation des technologies contemporaines pour renforcer la collaboration, même dans des contextes distants ou virtuels. Le but principal de ce chapitre est de présenter de manière exhaustive les méthodes, les outils et les considérations stratégiques essentiels pour favoriser une collaboration et une coopération efficaces dans les environnements professionnels.

Par la suite, l'étude s'est penchée sur l'évolution du processus BIM, dont les origines remontent aux années 1970, marquant ses débuts jusqu'à son adoption généralisée dans l'industrie de la construction contemporaine. Cette section met en lumière les avancées technologiques et méthodologiques ayant joué un rôle déterminant dans l'essor et le perfectionnement du Building Information Modeling (BIM). L'analyse de l'évolution de ce concept met en avant les améliorations continues des logiciels et des normes, mettant en exergue la manière dont ces développements optimisent les processus de planification, de conception, de construction et de maintenance des édifices. Le récit explore également les diverses dimensions du processus BIM, allant au-delà de la représentation tridimensionnelle traditionnelle pour intégrer les aspects temporels (4D), financiers (5D) et environnementaux (6D). Un enjeu majeur abordé dans ce chapitre est l'interopérabilité au sein du BIM, qui concerne la capacité des différents logiciels BIM à interagir de manière efficiente et à échanger des données, favorisant ainsi une collaboration efficace entre les divers professionnels impliqués dans un projet de construction. Le passage portant sur le partage des données de modèle à travers une plateforme collaborative expose en détail les méthodes et les technologies employées pour diffuser les modèles BIM parmi les parties prenantes, ce qui améliore la gestion de projet et diminue les risques d'erreurs. La compréhension du concept de "niveau de détail" (LOD) revêt une importance cruciale, car il détermine la précision de la modélisation des composants du bâtiment à différentes étapes du projet, influençant directement les informations nécessaires à chaque phase. Le processus BIM est décrit comme étant composé de plusieurs niveaux, chacun représentant un degré de maturité BIM dans un projet, allant de la simple visualisation 3D à la gestion complète du cycle de vie du bâtiment. En conclusion, le

chapitre propose une vue d'ensemble des logiciels BIM les plus populaires tels que Revit®, ArchiCAD® et Navisworks®, en examinant leurs caractéristiques distinctives, leurs points forts et leurs domaines d'application privilégiés. Dans son ensemble, ce chapitre offre une analyse approfondie et détaillée du processus BIM, mettant en lumière son importance et son impact dans l'industrie de la construction contemporaine.

Par la suite, notre étude s'est concentrée sur les niveaux de détail des produits, ainsi que sur la collaboration entre les parties prenantes, en abordant ensuite la question de la qualité architecturale. Nous avons examiné sa définition, ses fondements, ainsi que son importance selon des chercheurs tels que Jean Ginsberg et Phillip Dehan, en mettant en lumière sa relation avec la communication. En outre, nous avons discuté des critères d'évaluation basés sur l'AHP et le DQI, pour conclure par une section détaillant les critères de qualité constituant la grille d'évaluation. Cette phase comprend une explication du modèle d'analyse sélectionné, visant à caractériser le rôle du BIM dans la conception architecturale et son impact sur la qualité architecturale. Enfin, l'étude comparative analytique et statistique des résultats conceptuels de deux groupes d'étudiants en architecture a été menée à l'université Larbi Ben Mhidi à Oum El Bouaghi, au sein du département d'architecture.

La transition vers la partie pratique de l'étude se focalise sur l'évaluation des critères de qualité architecturale des livrables générés par les deux groupes participants. Ces critères, définis dans la section théorique intitulée "La qualité architecturale", sont intégrés dans un modèle d'analyse. L'évaluation est effectuée à l'aide d'une échelle de Likert d'un à cinq, répartissant les critères en trois volets distincts. Le premier volet comprend des sous-critères, tandis que les deuxième et troisième volet se concentrent sur des analyses plus spécifiques réalisées à l'aide de logiciels spécialisés. Dans le cadre du deuxième volet, des outils tels qu'ArchiWizard® sont mobilisés pour effectuer une analyse détaillée de divers critères techniques incluant l'isolation thermique, l'inertie thermique, le coefficient de forme, l'ombrage mutuel, le facteur de lumière du jour (FLJ) et la protection solaire. Ces simulations permettent une évaluation précise qui est ensuite évaluée selon l'échelle de Likert afin de quantifier les performances. Quant au troisième volet, le logiciel Depthmap® est utilisé pour examiner les critères d'accessibilité et d'intégration. Depthmap® est capable de produire une carte axiale pour évaluer l'accessibilité, tandis que les résultats de l'isoviste sont exploités pour analyser l'intégration spatiale. Ces analyses sont également évaluées à l'aide de l'échelle de Likert, assurant ainsi une évaluation cohérente et structurée des différents aspects étudiés.

Un aspect crucial de notre étude consiste à examiner la transition des résultats des simulations vers une évaluation basée sur l'échelle de Likert. Les résultats de notre analyse sont exposés dans le troisième chapitre pratique à l'aide du logiciel SPSS®, mettant en lumière les statistiques descriptives telles que la moyenne, l'écart type et la fréquence. En ce qui concerne la fréquence, les résultats mettent en avant le groupe utilisant la méthodologie BIM sous ArchiCAD® pour divers critères tels que la qualité du rendu en 2D et 3D, les interactions avec les consultants en climatologie et les ingénieurs en génie civil, l'identification des équipements, l'accessibilité globale, la conception structurelle, les ajustements, la logique spatiale structurelle, la cohérence entre la forme et la structure, la détection des conflits, l'orientation, la protection solaire, l'isolation et le FLJ. En revanche, pour les critères relatifs à la capture des panneaux solaires, l'accessibilité aux personnes à mobilité réduite, ainsi que les joints, aucune différence significative n'a été observée entre les deux approches, suggérant une absence de corrélation entre ces critères et les échanges effectués. De plus, les résultats de la moyenne viennent corroborer ces constatations, tandis que l'écart type met en évidence la dispersion des données autour de la moyenne.

Le chapitre quatre de la section Pratique expose les conclusions des analyses non paramétriques. Ces dernières font appel à des techniques spécifiques pour ce genre d'étude, telles que le test de Mann-Whitney U et le test du Khi-deux, qui servent à explorer les relations entre les variables en vue de confirmer ou de réfuter l'hypothèse de recherche ainsi que les résultats issus de l'analyse descriptive.

En conclusion, au sein d'une expérience novatrice menée à la Faculté d'architecture de l'université d'Oum El Bouaghi, les étudiants ont exploré un modèle de collaboration basé sur le BIM, une innovation dans leur programme d'études. Les résultats de cette expérience ont clairement démontré les avantages de la conception collaborative à travers le BIM par rapport aux approches traditionnelles de la conception assistée par ordinateur (CAO). Les conclusions de cette étude sont significatives. Dix-neuf des vingt-quatre critères d'évaluation appuient fortement l'usage du BIM, mettant en évidence sa supériorité par rapport aux méthodes classiques de CAO dans divers domaines. Cependant, il convient de noter que pour cinq de ces critères, les résultats ont montré une certaine convergence entre les solutions issues des deux approches de conception. Cela suggère l'existence de domaines spécifiques où le Building Information Modeling (BIM) et la Conception Assistée par Ordinateur (CAO) traditionnelle peuvent afficher des performances similaires. L'efficacité du BIM dans la gestion des critères nominaux tels que les joints, l'ombrage mutuel et la capture solaire ne révèle pas de différence

significative entre les deux approches, sauf en ce qui concerne l'identification des conflits, un domaine crucial. Le critère de mise en place de la structure du projet impacte la relation entre la structure et la forme du projet, ainsi que les connexions et les ajustements ou corrections des éléments porteurs. Par conséquent, pour atteindre des résultats satisfaisants dans le critère de mise en place, il est essentiel de réussir également dans trois autres critères.

L'analyse met en évidence une corrélation significative entre la localisation des équipements et l'accessibilité globale. De plus, on observe une corrélation notable entre l'accessibilité globale, la localisation et l'intégration. La performance est influencée par la qualité des rendus 3D, les projets bénéficiant de rendus 3D de haute qualité présentant une meilleure performance. Le zonage climatique est étroitement lié à l'orientation. Ces constatations sont étayées par le test U de Mann-Whitney. La capacité de prévoir les problèmes potentiels, qu'ils soient d'ordre structurel ou climatique, est considérablement améliorée dans le groupe qui adopte une approche BIM en raison de la nature collaborative du BIM et de l'augmentation des échanges d'informations. De plus, un bon indice de facteur de lumière du jour (FLJ) a un impact positif sur l'orientation et le zonage climatique. Une orientation optimale favorise un bon niveau de lumière naturelle et facilite la mise en place d'un zonage climatique efficace basé sur cette orientation.

Les échanges avec des consultants experts dans divers domaines ont souligné l'importance cruciale de la planification structurelle et des systèmes de fluides (FLJ) dans l'optimisation des projets. Ces interactions ont eu un impact positif sur d'autres critères évalués, renforçant ainsi la position du BIM en tant qu'outil privilégié pour la conception architecturale. Chaque conseil reçu, qu'il porte sur la structure du bâtiment ou son climat intérieur, aide à réduire les risques d'erreurs et à guider le concepteur vers les choix les plus appropriés.

Par ailleurs, l'analyse de l'accessibilité des projets, en se basant sur le concept de "syntaxe spatiale" et en utilisant des outils comme le logiciel Depthmap©, offre une perspective prometteuse pour une future intégration dans le contexte du BIM. Cette approche pourrait être renforcée par la coordination des services MEP (mécanique, électricité, plomberie), permettant ainsi d'atteindre un niveau de précision et de détail encore plus élevé dans la phase de conception. En conséquence, suite aux résultats obtenus au cours de cette étude, la vérification de l'hypothèse de recherche selon laquelle les technologies d'échange d'informations intégrées dans les logiciels de conception les plus récents tels que Revit© ou ArchiCAD© peuvent contribuer à résoudre les problèmes mentionnés précédemment et à aboutir à une architecture

de qualité en favorisant la coordination et la collaboration entre les divers intervenants du projet architectural a été confirmée.

Cette étude a pour objectif principal de mettre en évidence les avantages du BIM, en mettant en lumière en particulier le rôle crucial de la collaboration dans le processus de conception architecturale. De plus, elle vise à établir un cadre théorique robuste pour évaluer la qualité architecturale des réalisations. Ainsi, cette recherche ambitionne de confirmer l'utilité du BIM en tant qu'outil de conception et de promouvoir une réflexion approfondie sur les bonnes pratiques en matière de création architecturale.

Au cours de cette étude, divers obstacles ont été identifiés, lesquels pourront être résolus ultérieurement.

La complexité de la persuasion justifie l'approche du processus BIM adoptée par les ingénieurs qui s'engagent dans cette expérience, étant donné sa nouveauté pour eux. L'absence du matériel informatique nécessaire pour faciliter le bon déroulement de l'expérience, tel qu'un ordinateur capable de supporter l'ArchiCAD, peut poser problème. Les difficultés associées à la licence du logiciel ArchiWIZARD© sont les suivantes :

La nécessité d'un ordinateur performant est indispensable pour mener à bien les simulations avec les logiciels Archiwizard© et Depthmap, en raison du grand nombre de simulations à exécuter.

Une année marquée par la pandémie de COVID-19.

L'absence d'un serveur central peut compliquer la collaboration sur une plateforme ou l'échange direct de données.

La complexité réside dans la recherche de consultants spécialisés en climat disponibles. Il est difficile de garantir le bon fonctionnement du réseau tout au long de la journée d'expérimentation en raison de la rareté d'un ingénieur réseau disponible. Parmi les contraintes de cette étude :

Il est envisageable d'optimiser cette étude en prenant en considération les aspects matériels (comme le matériel informatique) et techniques (relatifs au réseau).

Cette thèse offre un soutien théorique essentiel pour l'analyse de la qualité architecturale, ce qui en fait une référence précieuse pour les recherches futures axées sur le processus BIM.

Contrairement aux enquêtes exploratoires souvent mentionnées dans l'état de l'art, cette thèse représente le premier effort académique approfondi sur les fondements du BIM. Bien que menée à la faculté d'architecture d'Oum El Bouaghi, cette recherche ouvre des perspectives d'extension vers d'autres institutions telles que des universités ou des bureaux d'études externes. Il est envisageable d'approfondir l'analyse du degré de collaboration dans le cadre du processus BIM en se concentrant sur le niveau trois, celui de l'intégration. Ce stade avancé suppose une collaboration en temps réel sur un modèle unique impliquant l'ensemble des acteurs du projet, y compris les ingénieurs MEP (mécanique, électricité, plomberie) en tant qu'acteurs clés, afin d'atteindre un niveau de précision encore plus élevé. Cette approche pluridisciplinaire enrichit considérablement le projet en favorisant une cohésion et une intégration technique renforcées entre toutes les parties prenantes.

Les références :

• Les livres :

1. Alain Farel. (2008). *architecture et complexité le troisième labyrinthe* (13006 Marseille éditions parenthèses, 72, cours julien (ed.)).
2. Alexander Christopher. (1964). *The Syntheses of the form*. harvard university press.
3. Boudon, P. (1992). *introduction a l'architecturologie* (Dunod (ed.)). GAUTHIER VILLARD paris , france.
4. Boudon, P. (2009). Complexité de la conception architecturale: conception et représentation. *Synergies Monde*, 6, 105–110.
5. Conan Michel. (1990). *Concevoir un projet d'architecture*. L'Harmattan.
6. Jean-Pierre Chupin. (2010). *Analogie et théorie en architecture de la vie de la ville et de la conception, même* (INFOLIO co).
7. John, john chris. (1992). *design methodes*.
8. Lawson, B. (2005). How designers think the design process demystified. In A. Press (Ed.), *Design Studies* (Fourth edi, Vol. 2, Issue 1). [https://doi.org/10.1016/0142-694x\(81\)90033-8](https://doi.org/10.1016/0142-694x(81)90033-8)
9. Mallgrave, H. F., & Contandriopoulos, C. (2008). *Architectural Theory, Volume 2: An Anthology from 1871 to 2005*. Wiley. <https://books.google.dz/books?id=DUKNzVHCE8UC>
10. Goulette, J.-P., & Borillo, M. (2002). Cognition et création: explorations cognitives des processus de conception. <http://books.google.fr/books?id=juq6zeZMzBoC>
11. Peter G Rowe. (1987). *design thinking* (the M. I. T. Press & massachusetts 02142 Massachusetts institute of technologie cambridge (eds.); second edi).
12. Raynaud, D. (2002). *Cinq Essais sur l'architecture. Études sur la conception de projets de l'Atelier Zô, Scarpa, Le Corbusier, Pei*. Harmattan.
13. Xu, J. (2003). Design Methods and Process. In *Architectural Design*.
14. Celnick Olivier, L. E. (2017). *BIM et Maquette numérique pour l'architecture et la construction* (Eyrolles et CSTB (ed.); 2eme editi).
15. Christophe Lheureux. (2017). *BIM pour le maître d'ouvrage Comment passer à l'action* (Eyrolles (ed.)). Blanche BTP.
16. De Maestri, A. (2017). *Premiers pas en BIM l'essentiel en 100 pages* (AFNOR).

- Eyrolles.
17. Nadia Hoyet, Duchène, F., & Fouquet, M. de. (2016). *Bim et architecture* (Dunod (ed.))
 18. Liébard, A., & De Herde, A. (2005). *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques* (Moniteur (ed.); Observ'ER). Observ ER ET ARCHITECTURE ET CLIMAT.
 19. Martinez, J. (2015). Structure as architecture. In taylor et francis group (Ed.), *Civil engineering New York, N.Y.* (second edi). routlrdge. <https://doi.org/10.4324/9781315766577>
 20. Mazouz, S. (2014). *elements de conception architecturale* (Office des publications universitaires (ed.); 5 EME).
 21. NELSON Charles. (2006). *Managing Quality in Architecture; A Hand Book For The Creators of Building Environment* (Elsevier (ed.)). Linacre House.
 22. pierre von meiss. (2012). *de la forme au lieu + de la tectonique: une introduction à l'étude de l'architecture* (presses poly.univers.romandes (ed.); 3eme ed.).
 23. Régine Teulier, & Boutros, N. (2018). *A la pointe du BIM Ingénierie et architecture, enseignement et recherche* (Eyrolles (ed.)).
 24. Samuel courgey et jean pierre oliva. (2006). *la conception bioclimatique des maisons confortables et économes en neuf et en réhabilitation* (terre vivante (ed.)).
 25. Kensak, K. (2015). *Manuel BIM theories et application* (Eyrolles (ed.)).
 26. Andrew W Charleson. (2005). *structure as architecture a source book for architects and structural engineers* (ELSEVIER (ed.)). architectural Press.
 27. Courgey, S., & Oliva, J. P. (2006). *La conception bioclimatique: des maisons économes et confortables en neuf et en réhabilitation.* Terre vivante. <https://books.google.dz/books?id=sn7LPAAACAAJ>

Les articles scientifiques :

1. Abdullahi, S., & Chan, D. W. M. (2019). A Scientometric Review and Metasynthesis of Building Information Modelling (BIM) Research in Africa. *Buildings*.
2. Andriamamonjy, A., Saelens, D., & Klein, R. (2019). A combined scientometric and conventional literature review to grasp the entire BIM knowledge and its integration with energy simulation. In *Journal of Building Engineering* (Vol. 22, Issue Decembre 2019, pp. 513–527). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.job.2018.12.021>
3. Awwad, K. A., Shibani, A., & Ghostin, M. (2022). Exploring the critical success factors

- influencing BIM level 2 implementation in the UK construction industry: the case of SMEs. *International Journal of Construction Management*, 22(10), 1894–1901. <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1744213>
4. Babatunde, S. O., Ekundayo, D., Babalola, O., & Jimoh, J. A. (2018). Analysis of the drivers and benefits of BIM incorporation into quantity surveying profession: Academia and students' perspectives. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 16(5), 750–766. <https://doi.org/10.1108/JEDT-04-2018-0058>
 5. Basbagill, J., Flager, F., Lepech, M., & Fischer, M. (2013). Application of life-cycle assessment to early stage building design for reduced embodied environmental impacts. *Building and Environment*, 60, 81–92. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.11.009>
 6. Bouguerra, K., Yaik-Wah, L., & Ali, K. N. (2020). A Preliminary Implementation Framework of Building Information Modelling (BIM) in the Algerian AEC Industry. *International Journal of Built Environment and Sustainability*, 7(3), 59–68. <https://doi.org/10.11113/ijbes.v7.n3.554>
 7. Calixte, X., Cuffi, K., & Leclercq, P. (2022). Mise en place d'un outil pédagogique de documentation du processus de conception architecturale. *SHS Web of Conferences*, 147, 03002. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202214703002>
 8. Chabane, I. J., Bensalem, R., & Boussoualim, A. (2018). integration du feedback dans la production architecturale des espaces bureaux , pour une meilleure qualite environnementale interieure. *Courrier Du Savoir*, N°26, 79–89.
 9. de Carvalho, A. C. V., Granja, A. D., & da Silva, V. G. (2017). A systematic literature review on integrative lean and sustainability synergies over a building's lifecycle. *Sustainability (Switzerland)*, 9(7). <https://doi.org/10.3390/su9071156>
 10. Djeghar, A. (2005). *L 'architecte et la créativité dans la production architecturale en Algérie*. 49–56.
 11. Heffernan, E., Sohel, M., Beazley, S., & Mccarthy, T. (2017). From BIM (Building Information Modelling) to BEM (Building Energy Modelling): A collaborative approach. *Australasian Building Simulation 2017*, 1–11. <http://ro.uow.edu.au/eispapers1/1049>
 12. Kim, C., Kim, C., & Son, H. (2013). Automated construction progress measurement using a 4D building information model and 3D data. *Automation in Construction*, 31, 75–82. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.11.041>
- (MCC),(MIQCP), (CAUE) (2014) *Pour une qualité architecturale*. PARIS.

Abdelhakim, H. (2019) ‘L ’ architecture en Algérie entre repère et ambiguïté L ’ architecture en Algérie entre repère et ambiguïté’, *International Journal of Innovative Research in Human Sciences* [Preprint], (January). Available at: <https://oasesvox.com/journals/index.php/ijirhs>.

Abdullahi, S. and Chan, D.W.M. (2019) ‘A Scientometric Review and Metasynthesis of Building Information Modelling (BIM) Research in Africa’, *buildings* [Preprint].

Alain Farel (2008) *architecture et complexité le troisième labyrinthe*. Edited by 13006 Marseille éditions parenthèses, 72, cours julien. Marseille.

Alexander Christopher (1964) *The Syntheses of the form*. London: harvard university press.

Almutiri, Y.R. (2016) *Empirical Investigation into Development of a curricular Framework to Embed Building Information Modelling with Undergraduate Architectural Programmes within Saudi Arabia Yasser Razgan Almutiri School of the Built Environment University of Salford , Salford, Thesis Writing for Master’s and Ph.D. Program*. University of Salford, Salford, UK.

Andrew W Charleson (2005) *structure as architecture a source book for architects and structural engineers*. Edited by ELSEVIER. Oxford, UK: architectural Press.

Andriamamonjy, A., Saelens, D. and Klein, R. (2019) ‘A combined scientometric and conventional literature review to grasp the entire BIM knowledge and its integration with energy simulation’, *Journal of Building Engineering*. Elsevier Ltd, pp. 513–527. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2018.12.021>.

Anne, S. (2008) *DÉCISION COLLABORATIVE DANS LES SYSTÈMES DISTRIBUÉS – APPLICATION À LA E-MAINTENANCE JURY*. L’UNIVERSITÉ DE TOULOUSE.

Archicad, G. (2023) *BIMcloud : concepts*. Available at: <https://docs.archicad.fr/base-documentaire/bimcloud/bimcloud-concepts/> (Accessed: 1 December 2023).

Ariono, B., Wasesa, M. and Wawan Dhewanto (2022) ‘The Drivers , Barriers , and Enablers of Building Information Modeling (BIM) Innovation in Developing Countries : Insights’, *buildings*, 12(1912), p. 22.

Assassi Abdelhalim (2006) *La qualite architecturale dans le logement collectif dimension d’usage et confort thermique*. Magister : Architecture : Biskra, Université Mohamed khider. Faculté des Sciences et des Sciences de l’Ingénieur : Université Mohamed khider de Biskra.

- Autodesk (2024) *Qu'est-ce qu'Autodesk® BIM 360?*, Autodesk Inc. Available at: <https://help.autodesk.com/view/BIM360D/FRA/?guid=GUID-A4AF6DE0-3BE4-4CF4-9C84-C780A870D5E2> (Accessed: 21 January 2024).
- Awwad, K.A., Shibani, A. and Ghostin, M. (2022) 'Exploring the critical success factors influencing BIM level 2 implementation in the UK construction industry: the case of SMEs', *International Journal of Construction Management*, 22(10), pp. 1894–1901. Available at: <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1744213>.
- AxeoBIM (2023) *Pourquoi AxeoBIM?*, Axxone System. Available at: https://axeobim.fr/pourquoi-axeobim/?_gl=1*_izklfo*_ga*MTAyOTIyMjA5LjE3MDMyNjgwNDU.*_ga_VRBJ0DCBGJ*MTcwNTgzODY5NC4zLjEuMTcwNTgzOTk0NS4wLjAuMA.. (Accessed: 21 January 2024).
- AZOUZ, K. (2012) *Architecture et efficacité énergétique des panneaux solaires cas d'étude : simulation sous trnsys16.1 d'un appartement d'une tour multifonctionnelle à Constantine*. UNIVERSITE MENTOURI Constantine.
- Babatunde, S.O. *et al.* (2018) 'Analysis of the drivers and benefits of BIM incorporation into quantity surveying profession: Academia and students' perspectives', *Journal of Engineering, Design and Technology*, 16(5), pp. 750–766. Available at: <https://doi.org/10.1108/JEDT-04-2018-0058>.
- Basbagill, J. *et al.* (2013) 'Application of life-cycle assessment to early stage building design for reduced embodied environmental impacts', *Building and Environment*, 60, pp. 81–92. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.11.009>.
- Bertrand Rose (2004) *Proposition d'un référentiel support à la conception collaborative : CO 2 MED (Collaborative CONflict Management in Engineering Design)*, Prototype logiciel dans le cadre du projet IPPOP. To cite this version : HAL Id : tel-00723288 Thèse Docteur de l. Henri Poincaré, Nancy-I.
- Boudin, D. (2001) 'Les facteurs clés du succès d'une démarche qualité', June, p. 2001.
- Boudon, P. (1992) *introduction a l'architecturologie*. Edited by Dunod. GAUTHIER VILLARD paris , france.
- Boudon, P. (2009) 'Complexité de la conception architecturale: conception et représentation',

Synergies monde, pp. 105–110.

Bouguerra, K., Yaik-Wah, L. and Ali, K.N. (2020) ‘A Preliminary Implementation Framework of Building Information Modelling (BIM) in the Algerian AEC Industry’, *International Journal of Built Environment and Sustainability*, 7(3), pp. 59–68. Available at: <https://doi.org/10.11113/ijbes.v7.n3.554>.

Bouška, R. (2016) ‘Evaluation of Maturity of BIM Tools across Different Software Platforms’, *Procedia Engineering*, 164(June), pp. 481–486. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.648>.

Broomhall, F.H. (2002) ‘From analysis/synthesis to conjecture/analysis: a review of Karl Popper’s influence on design methodology in architecture’, *Notes and Queries*, pp. 245–261.

Calixte, X., Cuffi, K. and Leclercq, P. (2022) ‘Mise en place d’un outil pédagogique de documentation du processus de conception architecturale’, *SHS Web of Conferences*, 147, p. 03002. Available at: <https://doi.org/10.1051/shsconf/202214703002>.

de Carvalho, A.C.V., Granja, A.D. and da Silva, V.G. (2017) ‘A systematic literature review on integrative lean and sustainability synergies over a building’s lifecycle’, *Sustainability (Switzerland)*, 9(7). Available at: <https://doi.org/10.3390/su9071156>.

Celnick Olivier, L.E. (2017) *BIM et Maquette numérique pour l’architecture et la construction*. 2eme editi. Edited by Eyrolles et CSTB. PARIS.

Chaabi, M. (2017a) *La collaboration entre architectes et ingénieurs en conception architecturale , rôle des technologies de l ’ information et de la communication .* Ferhat Abbas –Sétif 1.

Chaabi, M. (2017b) *La collaboration entre architectes et ingénieurs en conception architecturale , rôle des technologies de l ’ information et de la communication .* ferhat abbas setif 1.

Chabane, I.J., Bensalem, R. and Boussoualim, A. (2018) ‘INTEGRATION DU FEEDBACK DANS LA PRODUCTION ARCHITECTURALE DES ESPACES BUREAUX , POUR UNE MEILLEURE QUALITE ENVIRONNEMENTALE INTERIEURE’, *Courrier du savoir*, (N°26), pp. 79–89.

Christophe Lheureux (2017) *BIM pour le maître d’ouvrage Comment passer à l’action*. Edited by Eyrolles. Blanche BTP.

Coguiéc, L. (2012) *Pour une compréhension de la conception architecturale : étude réflexive de la conception du projet M.N.12 et de ses références.*

Conan Michel (1990) *Concevoir un projet d'architecture.* PARIS: L'Harmattan.

Courgey, S. and Oliva, J.P. (2006) *La conception bioclimatique: des maisons économes et confortables en neuf et en réhabilitation.* Terre vivante (L'écologie pratique). Available at: <https://books.google.dz/books?id=sn7LPAAACAAJ>.

Darke, J. (1979) 'The primary Generator and the Design Process', *Design Studies*, 1, pp. 36–44. Available at: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:111027915>.

Das, T. (2022) 'Architectural Design Quality Indicators for Educational Built Environment in the Indian Context', *International Journal of Applied Engineering Research*, 17(1), p. 66. Available at: <https://doi.org/10.37622/ijaer/17.1.2022.66-73>.

Dehan, P. (2017) *Pertinence d'une approche globale de la qualité architecturale dans l'optique de la construction d'un jugement critique raisonné.* Université Paris-Est.

Dhiaf, Z. Ben (2012) 'Resume Du Cours Travail', pp. 2011–2012.

Dillenbourg, P. et al. (1996) 'The evolution of research on collaborative learning', *Learning in Humans and Machine: Towards an interdisciplinary learning science*, (janvier 1996), pp. 189–211.

Dionne, L. (2003a) 'La collaboration entre collègues comme mode de développement professionnel chez l'enseignant : une étude de cas', p. 364.

Dionne, L. (2003b) *La collaboration entre collègues comme mode de développement professionnel chez l'enseignant : une étude de cas.* du quebec a montreal.

Djeghar, A. (2005) 'L'architecte et la créativité dans la production architecturale en Algérie', pp. 49–56.

Dorst, K. and Cross, N. (2001) 'Creativity in the Design Process: Co-Evolution of Problem–Solution', *Design Studies*, 22, pp. 425–437. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0142-694X\(01\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S0142-694X(01)00009-6).

Driouche, S. (2012) *Analyse du processus d'émergence d'un accord de coopération interentreprises.*

Elshafei, G., Katunsk, D. and Zele, M. (2022) 'Opportunities for Using Analytical Hierarchy

Process in Green Building Optimization’, *energies*, pp. 1–24.

Emmanuelle Monsarrat, Briand, C. and Patrick Esquirol (2004) ‘Une aide à la coopération interentreprises pour la production à la commande’, *document numérique*, 8(1), p. 23 à 36.

Eryürük, Ş., Kürüm Varolgüneş, F. and Varolgüneş, S. (2022) ‘Assessment of stakeholder satisfaction as additive to improve building design quality: AHP-based approach’, *Journal of Housing and the Built Environment*, 37(1), pp. 505–528. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10901-021-09855-8>.

Fernandez, A. (2002) ‘La préréflexion du collectif est-elle représentable dans l’autoconfrontation ? La préréflexion du collectif fait-elle partie du cours d’action ?’, in.

Firode, A. (2009) ‘La notion de problème chez K. Popper et ses implications pédagogiques’, *Recherches en éducation* [Preprint], (6). Available at: <https://doi.org/10.4000/ree.4106>.

France, H. and Karen Lundgren, C. (2001) *apprentissage collaboratif a distance POUR COMPRENDRE ET CONCEVOIR LES ENVIRONNEMENTS D’APPRENTISSAGE VIRTUELS*. 1er trimes. Québec: Presses de l’Université du Québec.

Francis D. K. Ching, C.A. (2003) *Guide technique et pratique de la construction*. Edited by Modulo éditeur.

Gann, D.M., Salter, A.J. and Whyte, J.K. (2003) ‘Design quality indicator as a tool for thinking’, *Building Research and Information*, 31(5), pp. 318–333. Available at: <https://doi.org/10.1080/0961321032000107564>.

Giel, B. and Issa, R.R.A. (2016) ‘Framework for Evaluating the BIM Competencies of Facility Owners’, *Journal of Management in Engineering*, 32(1). Available at: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000378](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000378).

Goulette, J.-P. and Borillo, M. (2002) *Cognition et création: explorations cognitives des processus de conception*. Available at: <http://books.google.fr/books?id=juq6zeZMzBoC>.

Gousset, J.-P. (2022) *Pratique du dessin technique du bâtiment 48 activités guidées et corrigées - Gros œuvre (coffrage et armatures) charpentes bois et métal, escaliers, électricité, fluides*. Edited by Eyrolles. PARIS.

Halin, G. (2006) *Modèles et outils pour l’assistance à la conception. Application à la conception architecturale*. Institut National Polytechnique de Lorraine-INPL.

Hamieh, A. (2018) *Planification automatique de chemins à l'intérieur de bâtiments basée sur un modèle BIM*, Hct. Université de Valenciennes et du Hainaut- Cambresis,.

Harputlugil, T. *et al.* (2014) 'Architectural design quality assessment based on analytic hierarchy process: A case study (1)', *Metu Journal of the Faculty of Architecture*, 31(2), pp. 139–161. Available at: <https://doi.org/10.4305/METU.JFA.2014.2.8>.

Hassanain, M.A., Daghistani, O.H. and Sanni-Anibire, M.O. (2022) 'Development of design quality indicators for public school facilities', *Facilities*, 40(9/10), pp. 594–616. Available at: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/F-09-2021-0084/full/html>.

Heffernan, E. *et al.* (2017) 'From BIM (Building Information Modelling) to BEM (Building Energy Modelling): A collaborative approach', *Australasian Building Simulation 2017*, pp. 1–11. Available at: <http://ro.uow.edu.au/eispapers1/1049>.

Henri, F. (2023) *Communication et collaboration télématiques*. Available at: <https://www.teluq.ca/tec6385/trousse/A1c.htm> (Accessed: 28 April 2023).

Henri, F. and Lundgren-Cayrol, K. (1998) *Apprentissage collaboratif et nouvelles technologies*, Bureau des technologies d'apprentissage.

Hoyet, N., Duchêne, F. and Fouquet, M. de (2016) *BIM et architecture*. Edited by Dunod.

Iordanova, I. (2008) 'Assistance de l'enseignement de la conception architecturale par la modélisation de savoir-faire des référents'.

Jean-Pierre Chupin (2010) *Analogie et théorie en architecture de la vie de la ville et de la conception, même*. INFOLIO co.

Jean-Pierre Gousset (2023) *Techniques des dessins du bâtiment Plans d'architecte et plans d'exécution*. 4eme édit. Edited by Eyrolles.

Jean-Pierre Leac (2023) *Qu'est-ce-que le design thinking ?, les cahiers de l'innovation*. Available at: <https://www.lescahiersdelinnovation.com/qu-est-ce-que-le-design-thinking/> (Accessed: 13 July 2023).

John, john chris (1992) *design methodes*.

Kalfa, S.M. (2018) 'Building information modeling (BIM) systems and their applications in Turkey', *Journal of Construction Engineering, Management & Innovation*, 1(1), pp. 55–66. Available at: <https://doi.org/10.31462/jcemi.2018.01055066>.

Kensak, K. (2015) *Manuel BIM theories et application*. Edited by Eyrolles. CLERMANT , PARIS.

Kim, Changwan, Kim, Changmin and Son, H. (2013) ‘Automated construction progress measurement using a 4D building information model and 3D data’, *Automation in Construction*, 31, pp. 75–82. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.11.041>.

Laaroussi, A. (2008) *ASSISTER LA CONDUITE DE LA CONCEPTION EN ARCHITECTURE : VERS UN SYSTEME D ' INFORMATION ORIENTE PILOTAGE DES PROCESSUS*. Institut National Polytechnique de Lorraine.

Laaroussi Ahmed (2007) *Assister la conduite de la conception en architecture : vers un système d'information orienté pilotage des processus*. Vandoeuvre-les-Nancy, INPL. Available at: <https://theses.fr/2007INPL077N>.

Lamia, K. (2020) *INTRODUCTION A LA CONCEPTION DU PROJET D ' ARCHITECTURE*.

Laouar, D *et al.* (2017) ‘La carte axiale, un outil d’analyse de l’accessibilité spatiale : cas de la ville d’Annaba The axial map as an analysis’ tool for the spatial accessibility : Case of Annaba City’, *Rev. Sci. Technol., Synthèse*, 35(January 2019), pp. 111–123.

Laroui, A. (2017a) *La qualité architecturale des bâtiments publics à Ghardaïa (Cas d'étude bâtiment du siège de l'office de promotion et de gestion immobilière –OPGI -)*. Mohamed Khider – Biskra Faculté.

Laroui, A. (2017b) *La qualité architecturale des bâtiments publics à Ghardaïa (Cas d'étude bâtiment du siège de l'office de promotion et de gestion immobilière –OPGI -)*. Mohamed Khider – Biskra.

Latreche Sihem (2019) *thèse_ Latreche Sihem_.pdf*. mohamed khider biskra.

Lawson, B. (2005) *How designers think the design process demystified*. Fourth edi, *Design Studies*. Fourth edi. Edited by A. Press. Available at: [https://doi.org/10.1016/0142-694x\(81\)90033-8](https://doi.org/10.1016/0142-694x(81)90033-8).

Lévy, F. (2018) *BIM in small-scale sustainable design, BIM in Small-Scale Sustainable Design*. John Wiley & Sons, Inc. Available at: <https://doi.org/10.1002/9781119572619>.

Liébard, A. and De Herde, A. (2005) *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques*.

Observ'ER. Edited by Moniteur. PARIS: Observ ER ET ARCHITECTURE ET CLIMAT.

Liu, Z. *et al.* (2022) 'Critical success factors for BIM adoption during construction phase: a Singapore case study', *Engineering, Construction and Architectural Management*, 29(9), pp. 3267–3287. Available at: <https://doi.org/10.1108/ECAM-12-2020-1072>.

De Maestri, A. (2017) *Premiers pas en BIM l'essentiel en 100 pages*. AFNOR. Eyrolles.

Mahmoodi, A.S.M. (2001) *the design process in architecture a pedagogic approach using interactive thinking*. university of LEEDS , united kingdom. Available at: <https://doi.org/10.1038/scientificamerican10011887-100dbuild>.

MAHRAZ, A.O. (2012) *Modele Multi-Agents Pour L'Aide a La Decision De Groupe*. Oran.

Mallgrave, H.F. and Contandriopoulos, C. (2008) *Architectural Theory, Volume 2: An Anthology from 1871 to 2005*. Wiley (Architectural Theory). Available at: <https://books.google.dz/books?id=DUKNzVHCE8UC>.

Martinez, J. (2015) *Structure as architecture*. second edi, *Civil engineering New York, N.Y.* second edi. Edited by taylor et francis group. London and New York: routlrdge. Available at: <https://doi.org/10.4324/9781315766577>.

Mazouz, S. (2014) *elements de conception architecturale*. 5 EME. Edited by Office des publications universitaires.

MEECHAO, K. (2018) *A STUDY OF STAKEHOLDERS ' EXPERIENCE OF THE ARCHITECTURAL DESIGN PROCESS TO STIMULATE AN INTERACTIVE FORM OF COMMUNICATION KRISANEE MEECHAO A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements of the University of Brighton for the degree of Doctor*. University of Brighton for.

Mezzoteam (2023) *Mezzoteam, la plateforme collaborative BIM pour tous les projets, Mezzoteam*. Available at: <https://www.mezzoteam.fr/offre-mezzoteam/> (Accessed: 24 March 2023).

Miettinen, R. and Paavola, S. (2014) 'Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling', *Automation in Construction*, 43, pp. 84–91. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.03.009>.

Minel, S. (2008) *DEMARCHE DE CONCEPTION COLLABORATIVE ET PROPOSITION*

D'OUTILS DE TRANSFERT DE DONNEES METIER : Application à un produit mécanique "le siège d'automobile". Arts et Métiers ParisTech. Available at: <https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-00305603>.

Nadia Hoyet, Duchène, F. and Fouquet, M. de (2016) *Bim et architecture*. Edited by Dunod. France.

NELSON Charles (2006) *Managing Quality in Architecture; A Hand Book For The Creators of Building Environment*. Edited by Elsevier. Jordan Hill, Oxford. UK: Linacre House.

Nizam, K.S., Yu, C. and Mardhiyah, A.N. (2022) 'Green Building Construction : A Systematic Review of', *buildings* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.3390/buildings12081205>.

Ouni, A.L.I. (2008) *L'élaboration de modèles et d'outils pour l'analyse et la conception des usages des outils de travail collaboratif en entreprise*. ÉCOLE CENTRALE PARIS.

Pan, X. *et al.* (2023) 'BIM adoption in sustainability, energy modelling and implementing using ISO 19650: A review', *Ain Shams Engineering Journal*, (xxxx), p. 102252. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102252>.

Pereira, V. *et al.* (2021) 'Using BIM to improve building energy efficiency – A scientometric and systematic review', *Energy and Buildings*, 250. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111292>.

Peter G Rowe (1987) *design thinking*. second edi. Edited by the M.I.T. Press and massachusetts 02142 Massachusetts institute of technologie cambridge.

Pierre von Meiss (2012) *De la forme au lieu + de la tectonique: Une introduction à l'étude de l'architecture*. 3eme edn. Edited by PRESSES POLY.UNIVERS.ROMANDES. Lausanne (Suisse).

Piquet, A. (2009) *Guide pratique du travail collaboratif : Théories, méthodes et outils au service de la collaboration Document destiné au « Groupe Communication » du réseau Isolement Social Service « Internet et Expression Multimédia » Département LUSSE*. Brest. Available at: https://www.a-brest.net/IMG/pdf/Guide_pratique_du_travail_collaboratif.pdf.

Potin, Y. (2024) *Travail coopératif : quand la distance permet le rapprochement, 17 mars 2007*. Available at: <https://creg.ac-versailles.fr/Travail-cooperatif-quand-la-distance-permet-le-rapprochement>.

Raynaud, D. (2002) *Cinq Essais sur l'architecture. Études sur la conception de projets de l'Atelier Zô, Scarpa, Le Corbusier, Pei*. Harmattan.

Reeves, T., Olbina, S. and Issa, R.R.A. (2015) 'Guidelines for using building information modeling for energy analysis of buildings', *Buildings*, 5(4), pp. 1361–1388. Available at: <https://doi.org/10.3390/buildings5041361>.

Régine Teulier and Boutros, N. (2018) *A la pointe du BIM Ingénierie et architecture, enseignement et recherche*. Edited by Eyrolles. France.

Sabry, E., Abo, A. and Khalil, M.O. (2016) 'Design Process & Strategic Thinking in Architecture', pp. 32–45. Available at: <https://doi.org/10.17758/ur.u0316313>.

Sacks, R. *et al.* (2010) 'The Rosewood experiment - Building information modeling and interoperability for architectural precast facades', *Automation in Construction*, 19(4), pp. 419–432. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.11.012>.

Saighi, O. and Zerouala, M.S. (2018) 'The Use of Computer Tools in the Design Process of Students' Architectural Projects. Case Studies in Algeria', *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 291(1), pp. 0–8. Available at: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/291/1/012007>.

Saka, A.B. and Chan, D.W.M. (2019) 'A global taxonomic review and analysis of the development of BIM research between 2006 and 2017', *Construction Innovation*, 19(3), pp. 465–490. Available at: <https://doi.org/10.1108/CI-12-2018-0097>.

Saka, A.B. and Chan, D.W.M. (2020) 'Profound barriers to building information modelling (BIM) adoption in construction small and medium-sized enterprises (SMEs): An interpretive structural modelling approach', *Construction Innovation*, 20(2), pp. 261–284. Available at: <https://doi.org/10.1108/CI-09-2019-0087>.

Samuel courgey et jean pierre oliva (2006) *la conception bioclimatique des maisons confortables et économes en neuf et en réhabilitation*. Edited by terre vivante.

Santos, R. *et al.* (2019) 'Automation in Construction Informetric analysis and review of literature on the role of BIM in sustainable construction', *Automation in Construction*, 103(February), pp. 221–234. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.02.022>.

Savitri, D.M., Juliastuti and Pramudya, A.A. (2020) 'Clash detection analysis with BIM-based software on midrise building construction project', *IOP Conference Series: Earth and*

Environmental Science, 426(1). Available at: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/426/1/012002>.

Scaletsky, C. (2003) ‘Rôle des références dans la conception initiale en architecture : Contribution au développement d’un Système Ouvert de Références au Projet d’Architecture – le système « kaléidoscope » –’.

Sensibilisation, A. (2014) *La qualité architecturale*. grenoble. Available at: WWW.CAUE28.ORG.

Shukra, Z.A. and Zhou, Y. (2021) ‘Holistic green BIM: a scientometrics and mixed review’, *Engineering, Construction and Architectural Management*, 28(9), pp. 2273–2299. Available at: <https://doi.org/10.1108/ECAM-05-2020-0377>.

Siala, A. (2020) *Modélisation et représentation des exigences spatiales qualitatives : Vers des pratiques BIM orientées “ espace ”*.

Silvestri, C. (2009) ‘Perception et conception en architecture non-standard’, p. 213. Available at: <http://halshs.archives-ouvertes.fr/tel-00858782/>.

Simon, J. and Stillemans, J. (2006) ‘Mots théoriques et choses architecturales Table des matières’.

Song, H. (2010) *Modelisation De L’Activite Creative Pluridisciplinaire En Conception Architecturale Centree Utilisateur : Application a L’Habitat D’Urgence*. ParisTech.

Suratkon, A. and Jusoh, S. (2015) ‘Indicators To Measure Design Quality of Buildings’, *First International Conference on Science, Engineering & Environment*, pp. 365–370. Available at: http://eprints.uthm.edu.my/7495/1/INDICATORS_TO_MEASURE_DESIGN_QUALITY_OF_BUILDINGS.pdf.

Tan, S. *et al.* (2022) ‘Modeling the Critical Success Factors for BIM Implementation in Developing Countries : Sampling the Turkish AEC Industry’, *sustainability*, 14(9537), pp. 1–28. Available at: <https://doi.org/10.3390/su14159537>.

Thi, H.V. (2012) *Analyse des environnements supports à l’ingénierie collaborative synchrone à distance : approche ergonomique pour l’amélioration des outils via l’analyse des usages*. université de grenoble.

- Thomas STABLON (2024) *initiation a Robot Structural Analysis*, Autodesk. toulouse.
- Thomson, A.M., Perry, J.L. and Miller, T.K. (2009) ‘Conceptualizing and measuring collaboration’, *Journal of Public Administration Research and Theory*, 19(1), pp. 23–56. Available at: <https://doi.org/10.1093/jopart/mum036>.
- Tian, C. *et al.* (2022) ‘Evaluation and Analysis of Quantitative Architectural Space Index Based on Analytic Hierarchy Process’, *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022. Available at: <https://doi.org/10.1155/2022/4911589>.
- Visser, W. (2009) ‘La conception :De la resolution de problemes a la construction de representations’, *Travail Humain*, 72(1), pp. 61–78. Available at: <https://doi.org/10.3917/th.721.0061>.
- Volarik, T. *et al.* (2022) ‘the Possibilities of Bim Quality Control in the Game Development Environment’, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 46(5/W1-2022), pp. 239–243. Available at: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-5-W1-2022-239-2022>.
- Wangara, J. (2018) *Use of Solibri Model Checker and CoBIM Guidelines for BIM, Quality Management in BIM*. Helsinki Metropolia University of Applied Sciences.
- Watson, I. and Perera, S. (1997) ‘Case-based design: A review and analysis of building design applications’, *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing: AIEDAM*, 11(1), pp. 59–87. Available at: <https://doi.org/10.1017/s0890060400001840>.
- Welle, B., Haymaker, J. and Rogers, Z. (2011) ‘ThermalOpt: A methodology for automated BIM-based multidisciplinary thermal simulation for use in optimization environments’, *Building Simulation*, 4(4), pp. 293–313. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12273-011-0052-5>.
- Xu, J. (2003) *Design Methods and Process*, Architectural Design.
- Yacine, M. (2017) *Pour une meilleure qualité spatiale. Cas des espaces extérieurs dans l’habitat collectif à Biskra*. mohamed Khider biskra.
- Zahedi, M. (2011) *Modèle novateur de conception d ’ interface humain-ordinateur centrée sur l ’ utilisateur : le designer en tant que médiateur*. Université de Montréal.

Ziwen, L. and Yujie, L. (2019) 'A Review and Scientometric Analysis of Global Building Information A review and scientometric analysis of global Building Information Modelling (BIM) research in the Architecture , Engineering and Construction (AEC) industry', *preprints201907.0026.*, v1(February 2020). Available at:

<https://doi.org/10.20944/preprints201907.0026.v1>.

Zune, M. *et al.* (2020) 'A review of traditional multistage roofs design and performance in vernacular buildings in Myanmar', *Sustainable Cities and Society*, 60, pp. 102–240.

Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670720304613>.

28. Broomhall, F. H. (2002). From analysis/synthesis to conjecture/analysis: a review of Karl Popper's influence on design methodology in architecture. *Notes and Queries*, 245–261.
29. Darke, J. (1979). The primary Generator and the Design Process. *Design Studies*, 1, 36–44. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:111027915>
30. Dorst, K., & Cross, N. (2001). Creativity in the Design Process: Co-Evolution of Problem–Solution. *Design Studies*, 22, 425–437. [https://doi.org/10.1016/S0142-694X\(01\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S0142-694X(01)00009-6)
31. Fernandez, A. (2002). *La préréflexion du collectif est-elle représentable dans l'autoconfrontation ? La préréflexion du collectif fait-elle partie du cours d'action ?*
32. Firode, A. (2009). La notion de problème chez K. Popper et ses implications pédagogiques. *Recherches En Éducation*, 6. <https://doi.org/10.4000/ree.4106>
33. Sabry, E., Abo, A., & Khalil, M. O. (2016). *Design Process & Strategic Thinking in Architecture*. 32–45. <https://doi.org/10.17758/ur.u0316313>
34. Visser, W. (2009). La conception :De la resolution de problemes a la construction de representations. *Travail Humain*, 72(1), 61–78. <https://doi.org/10.3917/th.721.0061>
35. Watson, I., & Perera, S. (1997). Case-based design: A review and analysis of building design applications. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing: AIEDAM*, 11(1), 59–87. <https://doi.org/10.1017/s0890060400001840>
36. Dillenbourg, P., Baker, M. James, Blaye, A., & Claire O'malley. (1996). The evolution of research on collaborative learning. *Learning in Humans and Machine: Towards an Interdisciplinary Learning Science*, janvier 1996, 189–211.
37. Emmanuelle Monsarrat, Briand, C., & Patrick Esquirol. (2004). Une aide à la coopération interentreprises pour la production à la commande. *Document Numérique*, 8(1), 23 à 36.

38. Thomson, A. M., Perry, J. L., & Miller, T. K. (2009). Conceptualizing and measuring collaboration. *Journal of Public Administration Research and Theory*, 19(1), 23–56. <https://doi.org/10.1093/jopart/mum036>
39. Abdullahi, S., & Chan, D. W. M. (2019). A Scientometric Review and Metasynthesis of Building Information Modelling (BIM) Research in Africa. *Buildings*.
40. Ariono, B., Wasesa, M., & Wawan Dhewanto. (2022). The Drivers , Barriers , and Enablers of Building Information Modeling (BIM) Innovation in Developing Countries : Insights. *Buildings*, 12(1912), 22.
41. Bouguerra, K., Yaik-Wah, L., & Ali, K. N. (2020). A Preliminary Implementation Framework of Building Information Modelling (BIM) in the Algerian AEC Industry. *International Journal of Built Environment and Sustainability*, 7(3), 59–68. <https://doi.org/10.11113/ijbes.v7.n3.554>
42. Bouška, R. (2016). Evaluation of Maturity of BIM Tools across Different Software Platforms. *Procedia Engineering*, 164(June), 481–486. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.648>
43. Kalfa, S. M. (2018). Building information modeling (BIM) systems and their applications in Turkey. *Journal of Construction Engineering, Management & Innovation*, 1(1), 55–66. <https://doi.org/10.31462/jcemi.2018.01055066>
44. Lévy, F. (2018). BIM in small-scale sustainable design. In *BIM in Small-Scale Sustainable Design*. John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781119572619>
45. Shukra, Z. A., & Zhou, Y. (2021). Holistic green BIM: a scientometrics and mixed review. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 28(9), 2273–2299. <https://doi.org/10.1108/ECAM-05-2020-0377>
46. Ziwen, L., & Yujie, L. (2019). A Review and Scientometric Analysis of Global Building Information A review and scientometric analysis of global Building Information Modelling (BIM) research in the Architecture , Engineering and Construction (AEC) industry. *Preprints201907.0026.*, v1(February 2020). <https://doi.org/10.20944/preprints201907.0026.v1>
47. Abdelhakim, H. (2019). L ’ architecture en Algérie entre repère et ambiguïté L ’ architecture en Algérie entre repère et ambiguïté. *International Journal of Innovative Research in Human Sciences*, January. <https://oasesvox.com/journals/index.php/ijirhs>
48. Das, T. (2022). Architectural Design Quality Indicators for Educational Built Environment in the Indian Context. *International Journal of Applied Engineering Research*, 17(1), 66. <https://doi.org/10.37622/ijaer/17.1.2022.66-73>

49. Eryürük, Ş., Kürüm Varolgüneş, F., & Varolgüneş, S. (2022). Assessment of stakeholder satisfaction as additive to improve building design quality: AHP-based approach. *Journal of Housing and the Built Environment*, 37(1), 505–528. <https://doi.org/10.1007/s10901-021-09855-8>
50. Gann, D. M., Salter, A. J., & Whyte, J. K. (2003). Design quality indicator as a tool for thinking. *Building Research and Information*, 31(5), 318–333. <https://doi.org/10.1080/0961321032000107564>
51. Giel, B., & Issa, R. R. A. (2016). Framework for Evaluating the BIM Competencies of Facility Owners. *Journal of Management in Engineering*, 32(1). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000378](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000378)
52. Harputlugil, T., Gültekin, A. T., Prins, M., & Topçu, Y. I. (2014). Architectural design quality assessment based on analytic hierarchy process: A case study (1). *Metu Journal of the Faculty of Architecture*, 31(2), 139–161. <https://doi.org/10.4305/METU.JFA.2014.2.8>
53. Hassanain, M. A., Daghistani, O. H., & Sanni-Anibire, M. O. (2022). Development of design quality indicators for public school facilities. *Facilities*, 40(9/10), 594–616. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/F-09-2021-0084/full/html>
54. Laouar, D., Mazouz, S., Laouar, D., & Mazouz, S. (2017). La carte axiale, un outil d'analyse de l'accessibilité spatiale : cas de la ville d'Annaba The axial map as an analysis' tool for the spatial accessibility : Case of Annaba City. *Rev. Sci. Technol., Synthèse*, 35(January 2019), 111–123.
55. Reeves, T., Olbina, S., & Issa, R. R. A. (2015). Guidelines for using building information modeling for energy analysis of buildings. *Buildings*, 5(4), 1361–1388. <https://doi.org/10.3390/buildings5041361>
56. Savitri, D. M., Juliastuti, & Pramudya, A. A. (2020). Clash detection analysis with BIM-based software on midrise building construction project. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 426(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/426/1/012002>
- (MCC),(MIQCP), (CAUE) (2014) *Pour une qualité architecturale*. PARIS.
- Abdelhakim, H. (2019) 'L ' architecture en Algérie entre repère et ambiguïté L ' architecture en Algérie entre repère et ambiguïté', *International Journal of Innovative Research in Human Sciences* [Preprint], (January). Available at: <https://oasesvox.com/journals/index.php/ijirhs>.
- Abdullahi, S. and Chan, D.W.M. (2019) 'A Scientometric Review and Metasynthesis of Building

Information Modelling (BIM) Research in Africa', *buildings* [Preprint].

Alain Farel (2008) *architecture et complexité le troisième labyrinthe*. Edited by 13006 Marseille éditions parenthèses, 72, cours julien. Marseille.

Alexander Christopher (1964) *The Syntheses of the form*. London: harvard university press.

Almutiri, Y.R. (2016) *Empirical Investigation into Development of a curricular Framework to Embed Building Information Modelling with Undergraduate Architectural Programmes within Saudi Arabia Yasser Razgan Almutiri School of the Built Environment University of Salford , Salfo, Thesis Writing for Master's and Ph.D. Program*. University of Salford, Salford, UK.

Andrew W Charleson (2005) *structure as architecture a source book for architects and structural engineers*. Edited by ELSEVIER. Oxford, UK: architectural Press.

Andriamamonjy, A., Saelens, D. and Klein, R. (2019) 'A combined scientometric and conventional literature review to grasp the entire BIM knowledge and its integration with energy simulation', *Journal of Building Engineering*. Elsevier Ltd, pp. 513–527. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2018.12.021>.

Anne, S. (2008) *DÉCISION COLLABORATIVE DANS LES SYSTÈMES DISTRIBUÉS – APPLICATION À LA E-MAINTENANCE JURY*. L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE.

Archicad, G. (2023) *BIMcloud : concepts*. Available at: <https://docs.archicad.fr/base-documentaire/bimcloud/bimcloud-concepts/> (Accessed: 1 December 2023).

Ariono, B., Wasesa, M. and Wawan Dhewanto (2022) 'The Drivers , Barriers , and Enablers of Building Information Modeling (BIM) Innovation in Developing Countries : Insights', *buildings*, 12(1912), p. 22.

Assassi Abdelhalim (2006) *La qualite architecturale dans le logement collectif dimension d'usage et confort thermique*. Magister : Architecture : Biskra, Université Mohamed khider. Faculté des Sciences et des Sciences de l'Ingénieur : Université Mohamed khider de Biskra.

Autodesk (2024) *Qu'est-ce qu'Autodesk® BIM 360?*, Autodesk Inc. Available at: <https://help.autodesk.com/view/BIM360D/FRA/?guid=GUID-A4AF6DE0-3BE4-4CF4-9C84-C780A870D5E2> (Accessed: 21 January 2024).

Awwad, K.A., Shibani, A. and Ghostin, M. (2022) 'Exploring the critical success factors influencing BIM level 2 implementation in the UK construction industry: the case of SMEs', *International Journal of Construction Management*, 22(10), pp. 1894–1901. Available at:

<https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1744213>.

AxeoBIM (2023) *Pourquoi AxeoBIM?*, Axxone System. Available at: https://axeobim.fr/pourquoi-axeobim/?_gl=1*1izklfo*_ga*MTAyOTlyMjA5LjE3MDMyNjgwNDU.*_ga_VRBJ0DCBGJ*MTcwNTgzODY5NC4zLjEuMTcwNTgzOTk0NS4wLjAuMA.. (Accessed: 21 January 2024).

AZOUZ, K. (2012) *Architecture et efficacité énergétique des panneaux solaires cas d'étude : simulation sous trnsys16.1 d'un appartement d'une tour multifonctionnelle à Constantine*. UNIVERSITE MENTOURI Constantine.

Babatunde, S.O. *et al.* (2018) 'Analysis of the drivers and benefits of BIM incorporation into quantity surveying profession: Academia and students' perspectives', *Journal of Engineering, Design and Technology*, 16(5), pp. 750–766. Available at: <https://doi.org/10.1108/JEDT-04-2018-0058>.

Basbagill, J. *et al.* (2013) 'Application of life-cycle assessment to early stage building design for reduced embodied environmental impacts', *Building and Environment*, 60, pp. 81–92. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.11.009>.

Bertrand Rose (2004) *Proposition d'un référentiel support à la conception collaborative : CO 2 MED (COllaborative COnflict Management in Engineering Design)*, *Prototype logiciel dans le cadre du projet IPPOP*. To cite this version : HAL Id : tel-00723288 Thèse Docteur de l. Henri Poincaré, Nancy-I.

Boudin, D. (2001) 'Les facteurs clés du succès d'une démarche qualité', June, p. 2001.

Boudon, P. (1992) *introduction a l'architecturologie*. Edited by Dunod. GAUTHIER VILLARD paris , france.

Boudon, P. (2009) 'Complexité de la conception architecturale: conception et représentation', *Synergies monde*, pp. 105–110.

Bouguerra, K., Yaik-Wah, L. and Ali, K.N. (2020) 'A Preliminary Implementation Framework of Building Information Modelling (BIM) in the Algerian AEC Industry', *International Journal of Built Environment and Sustainability*, 7(3), pp. 59–68. Available at: <https://doi.org/10.11113/ijbes.v7.n3.554>.

Bouška, R. (2016) 'Evaluation of Maturity of BIM Tools across Different Software Platforms', *Procedia Engineering*, 164(June), pp. 481–486. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.648>.

- Broomhall, F.H. (2002) 'From analysis/synthesis to conjecture/analysis: a review of Karl Popper's influence on design methodology in architecture', *Notes and Queries*, pp. 245–261.
- Calixte, X., Cuffi, K. and Leclercq, P. (2022) 'Mise en place d'un outil pédagogique de documentation du processus de conception architecturale', *SHS Web of Conferences*, 147, p. 03002. Available at: <https://doi.org/10.1051/shsconf/202214703002>.
- de Carvalho, A.C.V., Granja, A.D. and da Silva, V.G. (2017) 'A systematic literature review on integrative lean and sustainability synergies over a building's lifecycle', *Sustainability (Switzerland)*, 9(7). Available at: <https://doi.org/10.3390/su9071156>.
- Celnick Olivier, L.E. (2017) *BIM et Maquette numérique pour l'architecture et la construction*. 2eme editi. Edited by Eyrolles et CSTB. PARIS.
- Chaabi, M. (2017a) *La collaboration entre architectes et ingénieurs en conception architecturale , rôle des technologies de l ' information et de la communication* . Ferhat Abbas – Sétif 1.
- Chaabi, M. (2017b) *La collaboration entre architectes et ingénieurs en conception architecturale , rôle des technologies de l ' information et de la communication* . ferhat abbas setif 1.
- Chabane, I.J., Bensalem, R. and Boussoualim, A. (2018) 'INTEGRATION DU FEEDBACK DANS LA PRODUCTION ARCHITECTURALE DES ESPACES BUREAUX , POUR UNE MEILLEURE QUALITE ENVIRONNEMENTALE INTERIEURE', *Courrier du savoir*, (N°26), pp. 79–89.
- Christophe Lheureux (2017) *BIM pour le maître d'ouvrage Comment passer à l'action*. Edited by Eyrolles. Blanche BTP.
- Coguiéc, L. (2012) *Pour une compréhension de la conception architecturale : étude réflexive de la conception du projet M.N.12 et de ses références*.
- Conan Michel (1990) *Concevoir un projet d'architecture*. PARIS: L'Harmattan.
- Courgey, S. and Oliva, J.P. (2006) *La conception bioclimatique: des maisons économes et confortables en neuf et en réhabilitation*. Terre vivante (L'écologie pratique). Available at: <https://books.google.dz/books?id=sn7LPAAACAAJ>.
- Darke, J. (1979) 'The primary Generator and the Design Process', *Design Studies*, 1, pp. 36–44. Available at: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:111027915>.
- Das, T. (2022) 'Architectural Design Quality Indicators for Educational Built Environment in the

- Indian Context', *International Journal of Applied Engineering Research*, 17(1), p. 66. Available at: <https://doi.org/10.37622/ijaer/17.1.2022.66-73>.
- Dehan, P. (2017) *Pertinence d'une approche globale de la qualité architecturale dans l'optique de la construction d'un jugement critique raisonné*. Université Paris-Est.
- Dhiaf, Z. Ben (2012) 'Resume Du Cours Travail', pp. 2011–2012.
- Dillenbourg, P. et al. (1996) 'The evolution of research on collaborative learning', *Learning in Humans and Machine: Towards an interdisciplinary learning science*, (janvier 1996), pp. 189–211.
- Dionne, L. (2003a) 'La collaboration entre collègues comme mode de développement professionnel chez l'enseignant : une étude de cas', p. 364.
- Dionne, L. (2003b) *La collaboration entre collègues comme mode de développement professionnel chez l'enseignant : une étude de cas*. du quebec a montreal.
- Djeghar, A. (2005) 'L'architecte et la créativité dans la production architecturale en Algérie', pp. 49–56.
- Dorst, K. and Cross, N. (2001) 'Creativity in the Design Process: Co-Evolution of Problem-Solution', *Design Studies*, 22, pp. 425–437. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0142-694X\(01\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S0142-694X(01)00009-6).
- Driouche, S. (2012) *Analyse du processus d'émergence d'un accord de coopération interentreprises*.
- Elshafei, G., Katunsk, D. and Zele, M. (2022) 'Opportunities for Using Analytical Hierarchy Process in Green Building Optimization', *energies*, pp. 1–24.
- Emmanuelle Monsarrat, Briand, C. and Patrick Esquirol (2004) 'Une aide à la coopération interentreprises pour la production à la commande', *document numérique*, 8(1), p. 23 à 36.
- Eryürük, Ş., Kürüm Varolgüneş, F. and Varolgüneş, S. (2022) 'Assessment of stakeholder satisfaction as additive to improve building design quality: AHP-based approach', *Journal of Housing and the Built Environment*, 37(1), pp. 505–528. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10901-021-09855-8>.
- Fernandez, A. (2002) 'La préflexion du collectif est-elle représentable dans l'autoconfrontation ? La préflexion du collectif fait-elle partie du cours d'action ?', in.

- Firode, A. (2009) 'La notion de problème chez K. Popper et ses implications pédagogiques', *Recherches en éducation* [Preprint], (6). Available at: <https://doi.org/10.4000/ree.4106>.
- France, H. and Karen Lundgren, C. (2001) *apprentissage collaboratif a distance POUR COMPRENDRE ET CONCEVOIR LES ENVIRONNEMENTS D'APPRENTISSAGE VIRTUELS*. 1er trimes. Québec: Presses de l'Université du Québec.
- Francis D. K. Ching, C.A. (2003) *Guide technique et pratique de la construction*. Edited by Modulo éditeur.
- Gann, D.M., Salter, A.J. and Whyte, J.K. (2003) 'Design quality indicator as a tool for thinking', *Building Research and Information*, 31(5), pp. 318–333. Available at: <https://doi.org/10.1080/0961321032000107564>.
- Giel, B. and Issa, R.R.A. (2016) 'Framework for Evaluating the BIM Competencies of Facility Owners', *Journal of Management in Engineering*, 32(1). Available at: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000378](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000378).
- Goulette, J.-P. and Borillo, M. (2002) *Cognition et création: explorations cognitives des processus de conception*. Available at: <http://books.google.fr/books?id=juq6zeZMzBoC>.
- Gousset, J.-P. (2022) *Pratique du dessin technique du bâtiment 48 activités guidées et corrigées - Gros œuvre (coffrage et armatures) charpentes bois et métal, escaliers, électricité, fluides*. Edited by Eyrolles. PARIS.
- Halin, G. (2006) *Modèles et outils pour l'assistance à la conception. Application à la conception architecturale*. Institut National Polytechnique de Lorraine-INPL.
- Hamieh, A. (2018) *Planification automatique de chemins à l'intérieur de bâtiments basée sur un modèle BIM, Hct*. Université de Valenciennes et du Hainaut- Cambresis,.
- Harputlugil, T. et al. (2014) 'Architectural design quality assessment based on analytic hierarchy process: A case study (1)', *Metu Journal of the Faculty of Architecture*, 31(2), pp. 139–161. Available at: <https://doi.org/10.4305/METU.JFA.2014.2.8>.
- Hassanain, M.A., Daghistani, O.H. and Sanni-Anibire, M.O. (2022) 'Development of design quality indicators for public school facilities', *Facilities*, 40(9/10), pp. 594–616. Available at: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/F-09-2021-0084/full/html>.
- Heffernan, E. et al. (2017) 'From BIM (Building Information Modelling) to BEM (Building Energy Modelling): A collaborative approach', *Australasian Building Simulation 2017*, pp. 1–11.

Available at: <http://ro.uow.edu.au/eispapers1/1049>.

Henri, F. (2023) *Communication et collaboration télématiques*. Available at: <https://www.telug.ca/tec6385/trousse/A1c.htm> (Accessed: 28 April 2023).

Henri, F. and Lundgren-Cayrol, K. (1998) *Apprentissage collaboratif et nouvelles technologies, Bureau des technologies d'apprentissage*.

Hoyet, N., Duchène, F. and Fouquet, M. de (2016) *BIM et architecture*. Edited by Dunod.

Iordanova, I. (2008) 'Assistance de l'enseignement de la conception architecturale par la modélisation de savoir-faire des référents'.

Jean-Pierre Chupin (2010) *Analogie et théorie en architecture de la vie de la ville et de la conception, même*. INFOLIO co.

Jean-Pierre Gousset (2023) *Techniques des dessins du bâtiment Plans d'architecte et plans d'exécution*. 4eme édit. Edited by Eyrolles.

Jean-Pierre Leac (2023) *Qu'est-ce-que le design thinking ?, les cahiers de l'innovation*. Available at: <https://www.lescahiersdelinnovation.com/qu-est-ce-que-le-design-thinking/> (Accessed: 13 July 2023).

John, John Chris (1992) *design methodes*.

Kalfa, S.M. (2018) 'Building information modeling (BIM) systems and their applications in Turkey', *Journal of Construction Engineering, Management & Innovation*, 1(1), pp. 55–66. Available at: <https://doi.org/10.31462/jcemi.2018.01055066>.

Kensak, K. (2015) *Manuel BIM theories et application*. Edited by Eyrolles. CLERMANT, PARIS.

Kim, Changwan, Kim, Changmin and Son, H. (2013) 'Automated construction progress measurement using a 4D building information model and 3D data', *Automation in Construction*, 31, pp. 75–82. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.11.041>.

Laaroussi, A. (2008) *ASSISTER LA CONDUITE DE LA CONCEPTION EN ARCHITECTURE : VERS UN SYSTEME D'INFORMATION ORIENTE PILOTAGE DES PROCESSUS*. Institut National Polytechnique de Lorraine.

Laaroussi Ahmed (2007) *Assister la conduite de la conception en architecture : vers un système d'information orienté pilotage des processus*. Vandoeuvre-les-Nancy, INPL. Available at: <https://theses.fr/2007INPL077N>.

- Lamia, K. (2020) *INTRODUCTION A LA CONCEPTION DU PROJET D ' ARCHITECTURE*.
- Laouar, D et al. (2017) 'La carte axiale, un outil d'analyse de l'accessibilité spatiale : cas de la ville d'Annaba The axial map as an analysis' tool for the spatial accessibility : Case of Annaba City', *Rev. Sci. Technol., Synthèse*, 35(January 2019), pp. 111–123.
- Laroui, A. (2017a) *La qualité architecturale des bâtiments publics à Ghardaïa (Cas d'étude bâtiment du siège de l'office de promotion et de gestion immobilière –OPGI -)*. Mohamed Khider – Biskra Faculté.
- Laroui, A. (2017b) *La qualité architecturale des bâtiments publics à Ghardaïa (Cas d'étude bâtiment du siège de l'office de promotion et de gestion immobilière –OPGI -)*. Mohamed Khider – Biskra.
- Latreche Sihem (2019) *thèse_ Latreche Sihem_.pdf*. mohamed khider biskra.
- Lawson, B. (2005) *How designers think the design process demystified*. Fourth edi, *Design Studies*. Fourth edi. Edited by A. Press. Available at: [https://doi.org/10.1016/0142-694x\(81\)90033-8](https://doi.org/10.1016/0142-694x(81)90033-8).
- Lévy, F. (2018) *BIM in small-scale sustainable design, BIM in Small-Scale Sustainable Design*. John Wiley & Sons, Inc. Available at: <https://doi.org/10.1002/9781119572619>.
- Liébard, A. and De Herde, A. (2005) *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques*. Observ'ER. Edited by Moniteur. PARIS: Observ ER ET ARCHITECTURE ET CLIMAT.
- Liu, Z. et al. (2022) 'Critical success factors for BIM adoption during construction phase: a Singapore case study', *Engineering, Construction and Architectural Management*, 29(9), pp. 3267–3287. Available at: <https://doi.org/10.1108/ECAM-12-2020-1072>.
- De Maestri, A. (2017) *Premiers pas en BIM l'essentiel en 100 pages*. AFNOR. Eyrolles.
- Mahmoodi, A.S.M. (2001) *the design process in architecture a pedagogic approach using interactive thinking*. university of LEEDS , united kingdom. Available at: <https://doi.org/10.1038/scientificamerican10011887-100dbuild>.
- MAHRAZ, A.O. (2012) *Modele Multi-Agents Pour L'Aide a La Decision De Groupe*. Oran.
- Mallgrave, H.F. and Contandriopoulos, C. (2008) *Architectural Theory, Volume 2: An Anthology from 1871 to 2005*. Wiley (Architectural Theory). Available at: <https://books.google.dz/books?id=DUKNzVHCE8UC>.

- Martinez, J. (2015) *Structure as architecture*. second edi, *Civil engineering New York, N.Y.* second edi. Edited by taylor et francis group. London and New York: routlrdge. Available at: <https://doi.org/10.4324/9781315766577>.
- Mazouz, S. (2014) *elements de conception architecturale*. 5 EME. Edited by Office des publications universitaires.
- MEECHAO, K. (2018) *A STUDY OF STAKEHOLDERS ' EXPERIENCE OF THE ARCHITECTURAL DESIGN PROCESS TO STIMULATE AN INTERACTIVE FORM OF COMMUNICATION KRISANEE MEECHAO A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements of the University of Brighton for the degree of Doctor*. University of Brighton for.
- Mezzoteam (2023) *Mezzoteam, la plateforme collaborative BIM pour tous les projets, Mezzoteam*. Available at: <https://www.mezzoteam.fr/offre-mezzoteam/> (Accessed: 24 March 2023).
- Miettinen, R. and Paavola, S. (2014) 'Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling', *Automation in Construction*, 43, pp. 84–91. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.03.009>.
- Minel, S. (2008) *DEMARCHE DE CONCEPTION COLLABORATIVE ET PROPOSITION D'OUTILS DE TRANSFERT DE DONNEES METIER : Application à un produit mécanique "le siège d'automobile"*. Arts et Métiers ParisTech. Available at: <https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-00305603>.
- Nadia Hoyet, Duchène, F. and Fouquet, M. de (2016) *Bim et architecture*. Edited by Dunod. France.
- NELSON Charles (2006) *Managing Quality in Architecture; A Hand Book For The Creators of Building Environment*. Edited by Elsevier. Jordan Hill, Oxford. UK: Linacre House.
- Nizam, K.S., Yu, C. and Mardhiyah, A.N. (2022) 'Green Building Construction : A Systematic Review of', *buildings* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.3390/buildings12081205>.
- Ouni, A.L.I. (2008) *L'élaboration de modèles et d'outils pour l'analyse et la conception des usages des outils de travail collaboratif en entreprise*. ÉCOLE CENTRALE PARIS.
- Pan, X. et al. (2023) 'BIM adoption in sustainability, energy modelling and implementing using ISO 19650: A review', *Ain Shams Engineering Journal*, (xxxx), p. 102252. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102252>.

- Pereira, V. *et al.* (2021) 'Using BIM to improve building energy efficiency – A scientometric and systematic review', *Energy and Buildings*, 250. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111292>.
- Peter G Rowe (1987) *design thinking*. second edi. Edited by the M.I.T. Press and massachusetts 02142 Massachusetts institute of technologie cambridge.
- Pierre von Meiss (2012) *De la forme au lieu + de la tectonique: Une introduction à l'étude de l'architecture*. 3eme edn. Edited by PRESSES POLY.UNIVERS.ROMANDES. Lausanne (Suisse).
- Piquet, A. (2009) *Guide pratique du travail collaboratif : Théories, méthodes et outils au service de la collaboration Document destiné au « Groupe Communication » du réseau Isolement Social Service « Internet et Expression Multimédia » Département LUSSE*. Brest. Available at: https://www.a-brest.net/IMG/pdf/Guide_pratique_du_travail_collaboratif.pdf.
- Potin, Y. (2024) *Travail coopératif : quand la distance permet le rapprochement, 17 mars 2007*. Available at: <https://creg.ac-versailles.fr/Travail-cooperatif-quand-la-distance-permet-le-rapprochement>.
- Raynaud, D. (2002) *Cinq Essais sur l'architecture. Études sur la conception de projets de l'Atelier Zô, Scarpa, Le Corbusier, Pei*. Harmattan.
- Reeves, T., Olbina, S. and Issa, R.R.A. (2015) 'Guidelines for using building information modeling for energy analysis of buildings', *Buildings*, 5(4), pp. 1361–1388. Available at: <https://doi.org/10.3390/buildings5041361>.
- Régine Teulier and Boutros, N. (2018) *A la pointe du BIM Ingénierie et architecture, enseignement et recherche*. Edited by Eyrolles. france.
- Sabry, E., Abo, A. and Khalil, M.O. (2016) 'Design Process & Strategic Thinking in Architecture', pp. 32–45. Available at: <https://doi.org/10.17758/ur.u0316313>.
- Sacks, R. *et al.* (2010) 'The Rosewood experiment - Building information modeling and interoperability for architectural precast facades', *Automation in Construction*, 19(4), pp. 419–432. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.11.012>.
- Saighi, O. and Zerouala, M.S. (2018) 'The Use of Computer Tools in the Design Process of Students' Architectural Projects. Case Studies in Algeria', *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 291(1), pp. 0–8. Available at: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/291/1/012007>.

- Saka, A.B. and Chan, D.W.M. (2019) 'A global taxonomic review and analysis of the development of BIM research between 2006 and 2017', *Construction Innovation*, 19(3), pp. 465–490. Available at: <https://doi.org/10.1108/CI-12-2018-0097>.
- Saka, A.B. and Chan, D.W.M. (2020) 'Profound barriers to building information modelling (BIM) adoption in construction small and medium-sized enterprises (SMEs): An interpretive structural modelling approach', *Construction Innovation*, 20(2), pp. 261–284. Available at: <https://doi.org/10.1108/CI-09-2019-0087>.
- Samuel courgey et jean pierre oliva (2006) *la conception bioclimatique des maisons confortables et économes en neuf et en réhabilitation*. Edited by terre vivante.
- Santos, R. et al. (2019) 'Automation in Construction Informetric analysis and review of literature on the role of BIM in sustainable construction', *Automation in Construction*, 103(February), pp. 221–234. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.02.022>.
- Savitri, D.M., Juliastuti and Pramudya, A.A. (2020) 'Clash detection analysis with BIM-based software on midrise building construction project', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 426(1). Available at: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/426/1/012002>.
- Scaletsky, C. (2003) 'Rôle des références dans la conception initiale en architecture : Contribution au développement d'un Système Ouvert de Références au Projet d'Architecture – le système « kaléidoscope » –'.
- Sensibilisation, A. (2014) *La qualité architecturale*. grenoble. Available at: WWW.CAUE28.ORG.
- Shukra, Z.A. and Zhou, Y. (2021) 'Holistic green BIM: a scientometrics and mixed review', *Engineering, Construction and Architectural Management*, 28(9), pp. 2273–2299. Available at: <https://doi.org/10.1108/ECAM-05-2020-0377>.
- Siala, A. (2020) *Modélisation et représentation des exigences spatiales qualitatives : Vers des pratiques BIM orientées " espace "*.
- Silvestri, C. (2009) 'Perception et conception en architecture non-standard', p. 213. Available at: <http://halshs.archives-ouvertes.fr/tel-00858782/>.
- Simon, J. and Stillemans, J. (2006) 'Mots théoriques et choses architecturales Table des matières'.
- Song, H. (2010) *Modelisation De L'Activite Creative Pluridisciplinaire En Conception Architecturale Centree Utilisateur : Application a L'Habitat D'Urgence*. ParisTech.

Suratkon, A. and Jusoh, S. (2015) 'Indicators To Measure Design Quality of Buildings', *First International Conference on Science, Engineering & Environment*, pp. 365–370. Available at: http://eprints.uthm.edu.my/7495/1/INDICATORS_TO_MEASURE_DESIGN_QUALITY_OF_BUILDINGS.pdf.

Tan, S. *et al.* (2022) 'Modeling the Critical Success Factors for BIM Implementation in Developing Countries : Sampling the Turkish AEC Industry', *sustainability*, 14(9537), pp. 1–28. Available at: <https://doi.org/10.3390/su14159537>.

Thi, H.V. (2012) *Analyse des environnements supports à l'ingénierie collaborative synchrone à distance : approche ergonomique pour l'amélioration des outils via l'analyse des usages*. université de grenoble.

Thomas STABLON (2024) *initiation a Robot Structural Analysis*, Autodesk. toulouse.

Thomson, A.M., Perry, J.L. and Miller, T.K. (2009) 'Conceptualizing and measuring collaboration', *Journal of Public Administration Research and Theory*, 19(1), pp. 23–56. Available at: <https://doi.org/10.1093/jopart/mum036>.

Tian, C. *et al.* (2022) 'Evaluation and Analysis of Quantitative Architectural Space Index Based on Analytic Hierarchy Process', *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022. Available at: <https://doi.org/10.1155/2022/4911589>.

Visser, W. (2009) 'La conception :De la resolution de problemes a la construction de representations', *Travail Humain*, 72(1), pp. 61–78. Available at: <https://doi.org/10.3917/th.721.0061>.

Volarik, T. *et al.* (2022) 'the Possibilities of Bim Quality Control in the Game Development Environment', *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 46(5/W1-2022), pp. 239–243. Available at: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-5-W1-2022-239-2022>.

Wangara, J. (2018) *Use of Solibri Model Checker and CoBIM Guidelines for BIM, Quality Management in BIM*. Helsinki Metropolia University of Applied Sciences.

Watson, I. and Perera, S. (1997) 'Case-based design: A review and analysis of building design applications', *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing: AIEDAM*, 11(1), pp. 59–87. Available at: <https://doi.org/10.1017/s0890060400001840>.

Welle, B., Haymaker, J. and Rogers, Z. (2011) 'ThermalOpt: A methodology for automated BIM-based multidisciplinary thermal simulation for use in optimization environments', *Building*

Simulation, 4(4), pp. 293–313. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12273-011-0052-5>.

Xu, J. (2003) *Design Methods and Process, Architectural Design*.

Yacine, M. (2017) *Pour une meilleure qualité spatiale. Cas des espaces extérieurs dans l'habitat collectif à Biskra*. mohamed Khider biskra.

Zahedi, M. (2011) *Modèle novateur de conception d'interface humain-ordinateur centrée sur l'utilisateur : le designer en tant que médiateur*. Université de Montréal.

Ziwen, L. and Yujie, L. (2019) 'A Review and Scientometric Analysis of Global Building Information A review and scientometric analysis of global Building Information Modelling (BIM) research in the Architecture , Engineering and Construction (AEC) industry', *preprints201907.0026.*, v1(February 2020). Available at: <https://doi.org/10.20944/preprints201907.0026.v1>.

Zune, M. et al. (2020) 'A review of traditional multistage roofs design and performance in vernacular buildings in Myanmar', *Sustainable Cities and Society*, 60, pp. 102–240. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670720304613>.

57. Nizam, K. S., Yu, C., & Mardhiyah, A. N. (2022). Green Building Construction : A Systematic Review of. *Buildings*. <https://doi.org/10.3390/buildings12081205>
58. Pan, X., Mateen Khan, A., Eldin, S. M., Aslam, F., Kashif Ur Rehman, S., & Jameel, M. (2023). BIM adoption in sustainability, energy modelling and implementing using ISO 19650: A review. *Ain Shams Engineering Journal*, xxxx, 102252. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102252>

Les thèses :

59. Chaabi, M. (2017). *La collaboration entre architectes et ingénieurs en conception architecturale , rôle des technologies de l'information et de la communication* . Ferhat Abbes –Sétif 1.
60. Coguiec, L. (2012). *Pour une compréhension de la conception architecturale : étude réflexive de la conception du projet M.N.12 et de ses références*.
61. Laroui, A. (2017). *La qualité architecturale des bâtiments publics à Ghardaïa (Cas d'étude bâtiment du siège de l'office de promotion et de gestion immobilière –OPGI -)*. Mohamed Khider – Biskra.

62. Halin, G. (2006). *Modèles et outils pour l'assistance à la conception. Application à la conception architecturale*. Institut National Polytechnique de Lorraine-INPL.
63. Iordanova, I. (2008). *Assistance de l'enseignement de la conception architecturale par la modélisation de savoir-faire des référents*.
64. Laaroussi Ahmed. (2007). *Assister la conduite de la conception en architecture : vers un système d'information orienté pilotage des processus* [Vandoeuvre-les-Nancy, INPL]. <https://theses.fr/2007INPL077N>
65. Lamia, K. (2020). *introduction a la conception du projet d'architecture*.
66. Mahmoodi, A. S. M. (2001). *the design process in architecture a pedagogic approach using interactive thinking* [university of LEEDS , united kingdom]. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican10011887-100dbuild>
67. Scaletsky, C. (2003). *Rôle des références dans la conception initiale en architecture : Contribution au développement d'un Système Ouvert de Références au Projet d'Architecture – le système « kaléidoscope » –*.
68. Silvestri, C. (2009). *Perception et conception en architecture non-standard*. 213. <http://halshs.archives-ouvertes.fr/tel-00858782/>
69. Song, H. (2010). *Modelisation De L'Activite Creative Pluridisciplinaire En Conception Architecturale Centree Utilisateur : Application a L'Habitat D'Urgence*. ParisTech.
70. Dionne, L. (2003). *La collaboration entre collègues comme mode de développement professionnel chez l'enseignant : une étude de cas. du quebec a montreal*.
71. Driouche, S. (2012). *Analyse du processus d'émergence d'un accord de coopération interentreprises*.
72. France, H., & Karen Lundgren, C. (2001). *apprentissage collaboratif a distance pour comprendre et concevoir les environnements d'apprentissage virtuels (1er trimes)*. presses de l'université du québec.
73. mahraz, a. o. (2012). *modele multi-agents pour l'aide a la decision de groupe*. oran.
74. minel, s. (2008). *demarche de conception collaborative et proposition d'outils de transfert de donnees metier : application à un produit mécanique "le siège d'automobile"*. [arts et métiers paristech]. <https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-00305603>
75. ouni, a. l. i. (2008). *l'élaboration de modèles et d'outils pour l'analyse et la conception des usages des outils de travail collaboratif en entreprise*. école centrale paris.
76. Thi, H. V. (2012). *Analyse des environnements supports à l'ingénierie collaborative synchrone à distance : approche ergonomique pour l'amélioration des outils via*

- l'analyse des usages*. université de grenoble.
77. Almutiri, Y. R. (2016). Empirical Investigation into Development of a curricular Framework to Embed Building Information Modelling with Undergraduate Architectural Programmes within Saudi Arabia Yasser Razgan Almutiri School of the Built Environment University of Salford , Salfo. In *Thesis Writing for Master's and Ph.D. Program* (Issue January). University of Salford, Salford, UK.
 78. Anne, S. (2008). *décision collaborative dans les systèmes distribués – application à la e-maintenance jury*. l'université de toulouse.
 79. Bertrand Rose. (2004). *Proposition d ' un référentiel support à la conception collaborative : CO 2 MED (Collaborative CONflict Management in Engineering Design), Prototype logiciel dans le cadre du projet IPPOP . To cite this version : HAL Id : tel-00723288 Thèse Docteur de l. Henri Poincaré, Nancy-I.*
 80. Zahedi, M. (2011). *Modèle novateur de conception d ' interface humain-ordinateur centrée sur l ' utilisateur : le designer en tant que médiateur*. Université de Montréal.
 81. Hamieh, A. (2018). Planification automatique de chemins à l'intérieur de bâtiments basée sur un modèle BIM. In *Hct*. Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambresis,.
 82. meechnao, k. (2018). *a study of stakeholders ' experience of the architectural design process to stimulate an interactive form of communication krisanee meechnao a thesis submitted in partial fulfilment of the requirements of the University of Brighton for the degree of Doctor* (Issue June). University of Brighton.
 83. Siala, A. (2020). *Modélisation et représentation des exigences spatiales qualitatives : Vers des pratiques BIM orientées " espace ."*
 84. Wangara, J. (2018). Use of Solibri Model Checker and CoBIM Guidelines for BIM. In *Quality Management in BIM*. Helsinki Metropolia University of Applied Sciences.
 85. Assassi Abdelhalim. (2006). *La qualite architecturale dans le logement collectif dimension d'usage et confort thermique*. Magister : Architecture : Biskra, Université Mohamed khider. Faculté des Sciences et des Sciences de l'Ingénieur : Université Mohamed khider de Biskra.
 86. AZOUZ, K. (2012). *Architecture et efficacité énergétique des panneaux solaires cas d'étude : simulation sous trnsys16.1 d'un appartement d'une tour multifonctionnelle à Constantine*. universite mentouri Constantine.
 87. Dehan, P. (2017). *Pertinence d'une approche globale de la qualité architecturale dans l'optique de la construction d ' un jugement critique raisonné*. Université Paris-Est.

88. Latreche Sihem. (2019). *thèse_Latreche Sihem_.pdf*. mohamed khider biskra.
89. Yacine, M. (2017). *Pour une meilleure qualité spatiale. Cas des espaces extérieurs dans l'habitat collectif à Biskra*. mohamed Khider biskra.

Les rapports:

1. Simon, J., & Stillemans, J. (2006). *Mots théoriques et choses architecturales Table des matières*.
2. potin, y. (2024). *travail coopératif: quand la distance permet le rapprochement*. 17 mars 2007. <https://creg.ac-versailles.fr/Travail-cooperatif-quand-la-distance-permet-le-rapprochement>

Les sites internet:

(MCC),(MIQCP), (CAUE) (2014) *Pour une qualité architecturale*. PARIS.

Abdelhakim, H. (2019) 'L ' architecture en Algérie entre repère et ambiguïté L ' architecture en Algérie entre repère et ambiguïté', *International Journal of Innovative Research in Human Sciences* [Preprint], (January). Available at: <https://oasesvox.com/journals/index.php/ijirhs>.

Abdullahi, S. and Chan, D.W.M. (2019) 'A Scientometric Review and Metasynthesis of Building Information Modelling (BIM) Research in Africa', *buildings* [Preprint].

Alain Farel (2008) *architecture et complexité le troisième labyrinthe*. Edited by 13006 Marseille éditions parenthèses, 72, cours julien. Marseille.

Alexander Christopher (1964) *The Syntheses of the form*. London: harvard university press.

Almutiri, Y.R. (2016) *Empirical Investigation into Development of a curricular Framework to Embed Building Information Modelling with Undergraduate Architectural Programmes within Saudi Arabia Yasser Razgan Almutiri School of the Built Environment University of Salford , Salfo, Thesis Writing for Master's and Ph.D. Program*. University of Salford, Salford, UK.

Andrew W Charleson (2005) *structure as architecture a source book for architects and structural engineers*. Edited by ELSEVIER. Oxford, UK: architectural Press.

Andriamamonjy, A., Saelens, D. and Klein, R. (2019) 'A combined scientometric and conventional literature review to grasp the entire BIM knowledge and its integration with

energy simulation’, *Journal of Building Engineering*. Elsevier Ltd, pp. 513–527. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2018.12.021>.

Anne, S. (2008) *DÉCISION COLLABORATIVE DANS LES SYSTÈMES DISTRIBUÉS – APPLICATION À LA E-MAINTENANCE JURY*. L’UNIVERSITÉ DE TOULOUSE.

Archicad, G. (2023) *BIMcloud : concepts*. Available at: <https://docs.archicad.fr/base-documentaire/bimcloud/bimcloud-concepts/> (Accessed: 1 December 2023).

Ariono, B., Wasesa, M. and Wawan Dhewanto (2022) ‘The Drivers , Barriers , and Enablers of Building Information Modeling (BIM) Innovation in Developing Countries : Insights’, *buildings*, 12(1912), p. 22.

Assassi Abdelhalim (2006) *La qualite architecturale dans le logement collectif dimension d’usage et confort thermique*. Magister : Architecture : Biskra, Université Mohamed khider. Faculté des Sciences et des Sciences de l’Ingénieur : Université Mohamed khider de Biskra.

Autodesk (2024) *Qu’est-ce qu’Autodesk® BIM 360?*, Autodesk Inc. Available at: <https://help.autodesk.com/view/BIM360D/FRA/?guid=GUID-A4AF6DE0-3BE4-4CF4-9C84-C780A870D5E2> (Accessed: 21 January 2024).

Awwad, K.A., Shibani, A. and Ghostin, M. (2022) ‘Exploring the critical success factors influencing BIM level 2 implementation in the UK construction industry: the case of SMEs’, *International Journal of Construction Management*, 22(10), pp. 1894–1901. Available at: <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1744213>.

AxeoBIM (2023) *Pourquoi AxeoBIM?*, Axxone System. Available at: https://axeobim.fr/pourquoi-axeobim/?_gl=1*1izklfo*_ga*MTAyOTIyMjA5LjE3MDMyNjgwNDU.*_ga_VRBJ0DCBGJ*MTcwNTgzODY5NC4zLjEuMTcwNTgzOTk0NS4wLjAuMA.. (Accessed: 21 January 2024).

AZOUZ, K. (2012) *Architecture et efficacité énergétique des panneaux solaires cas d’étude : simulation sous trnsys16.1 d’un appartement d’une tour multifonctionnelle à Constantine*. UNIVERSITE MENTOURI Constantine.

Babatunde, S.O. *et al.* (2018) ‘Analysis of the drivers and benefits of BIM incorporation into quantity surveying profession: Academia and students’ perspectives’, *Journal of Engineering, Design and Technology*, 16(5), pp. 750–766. Available at:

<https://doi.org/10.1108/JEDT-04-2018-0058>.

Basbagill, J. *et al.* (2013) 'Application of life-cycle assessment to early stage building design for reduced embodied environmental impacts', *Building and Environment*, 60, pp. 81–92. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.11.009>.

Bertrand Rose (2004) *Proposition d' un référentiel support à la conception collaborative : CO 2 MED (COllaborative CONflict Management in Engineering Design)*, *Prototype logiciel dans le cadre du projet IPPOP*. To cite this version : HAL Id : tel-00723288 Thèse Docteur de l. Henri Poincaré, Nancy-I.

Boudin, D. (2001) 'Les facteurs clés du succès d' une démarche qualité', June, p. 2001.

Boudon, P. (1992) *introduction a l'architecturologie*. Edited by Dunod. GAUTHIER VILLARD paris , france.

Boudon, P. (2009) 'Complexité de la conception architecturale: conception et représentation', *Synergies monde*, pp. 105–110.

Bouguerra, K., Yaik-Wah, L. and Ali, K.N. (2020) 'A Preliminary Implementation Framework of Building Information Modelling (BIM) in the Algerian AEC Industry', *International Journal of Built Environment and Sustainability*, 7(3), pp. 59–68. Available at: <https://doi.org/10.11113/ijbes.v7.n3.554>.

Bouška, R. (2016) 'Evaluation of Maturity of BIM Tools across Different Software Platforms', *Procedia Engineering*, 164(June), pp. 481–486. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.648>.

Broomhall, F.H. (2002) 'From analysis/synthesis to conjecture/analysis: a review of Karl Popper's influence on design methodology in architecture', *Notes and Queries*, pp. 245–261.

Calixte, X., Cuffi, K. and Leclercq, P. (2022) 'Mise en place d'un outil pédagogique de documentation du processus de conception architecturale', *SHS Web of Conferences*, 147, p. 03002. Available at: <https://doi.org/10.1051/shsconf/202214703002>.

de Carvalho, A.C.V., Granja, A.D. and da Silva, V.G. (2017) 'A systematic literature review on integrative lean and sustainability synergies over a building's lifecycle', *Sustainability (Switzerland)*, 9(7). Available at: <https://doi.org/10.3390/su9071156>.

Celnick Olivier, L.E. (2017) *BIM et Maquette numérique pour l'architecture et la*

construction. 2eme editi. Edited by Eyrolles et CSTB. PARIS.

Chaabi, M. (2017a) *La collaboration entre architectes et ingénieurs en conception architecturale , rôle des technologies de l ' information et de la communication* . Ferhat Abbes –Sétif 1.

Chaabi, M. (2017b) *La collaboration entre architectes et ingénieurs en conception architecturale , rôle des technologies de l ' information et de la communication* . ferhat abbas setif 1.

Chabane, I.J., Bensalem, R. and Boussoualim, A. (2018) ‘INTEGRATION DU FEEDBACK DANS LA PRODUCTION ARCHITECTURALE DES ESPACES BUREAUX , POUR UNE MEILLEURE QUALITE ENVIRONNEMENTALE INTERIEURE’, *Courrier du savoir*, (N°26), pp. 79–89.

Christophe Lheureux (2017) *BIM pour le maître d'ouvrage Comment passer à l'action*. Edited by Eyrolles. Blanche BTP.

Coguiéc, L. (2012) *Pour une compréhension de la conception architecturale : étude réflexive de la conception du projet M.N.12 et de ses références*.

Conan Michel (1990) *Concevoir un projet d'architecture*. PARIS: L'Harmattan.

Courgey, S. and Oliva, J.P. (2006) *La conception bioclimatique: des maisons économes et confortables en neuf et en réhabilitation*. Terre vivante (L'écologie pratique). Available at: <https://books.google.dz/books?id=sn7LPAAACAAJ>.

Darke, J. (1979) ‘The primary Generator and the Design Process’, *Design Studies*, 1, pp. 36–44. Available at: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:111027915>.

Das, T. (2022) ‘Architectural Design Quality Indicators for Educational Built Environment in the Indian Context’, *International Journal of Applied Engineering Research*, 17(1), p. 66. Available at: <https://doi.org/10.37622/ijaer/17.1.2022.66-73>.

Dehan, P. (2017) *Pertinence d'une approche globale de la qualité architecturale dans l'optique de la construction d ' un jugement critique raisonné*. Université Paris-Est.

Dhiaf, Z. Ben (2012) ‘Resume Du Cours Travail’, pp. 2011–2012.

Dillenbourg, P. *et al.* (1996) ‘The evolution of research on collaborative learning’, *Learning in Humans and Machine: Towards an interdisciplinary learning science*, (janvier 1996), pp.

189–211.

Dionne, L. (2003a) ‘La collaboration entre collègues comme mode de développement professionnel chez l’enseignant : une étude de cas’, p. 364.

Dionne, L. (2003b) *La collaboration entre collègues comme mode de développement professionnel chez l’enseignant : une étude de cas*. du quebec a montreal.

Djeghar, A. (2005) ‘L ’ architecte et la créativité dans la production architecturale en Algérie’, pp. 49–56.

Dorst, K. and Cross, N. (2001) ‘Creativity in the Design Process: Co-Evolution of Problem–Solution’, *Design Studies*, 22, pp. 425–437. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0142-694X\(01\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S0142-694X(01)00009-6).

Driouche, S. (2012) *Analyse du processus d’émergence d’un accord de coopération interentreprises*.

Elshafei, G., Katunsk, D. and Zele, M. (2022) ‘Opportunities for Using Analytical Hierarchy Process in Green Building Optimization’, *energies*, pp. 1–24.

Emmanuelle Monsarrat, Briand, C. and Patrick Esquirol (2004) ‘Une aide à la coopération interentreprises pour la production à la commande’, *document numérique*, 8(1), p. 23 à 36.

Eryürük, Ş., Kürüm Varolgüneş, F. and Varolgüneş, S. (2022) ‘Assessment of stakeholder satisfaction as additive to improve building design quality: AHP-based approach’, *Journal of Housing and the Built Environment*, 37(1), pp. 505–528. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10901-021-09855-8>.

Fernandez, A. (2002) ‘La préréflexion du collectif est-elle représentable dans l’autoconfrontation ? La préréflexion du collectif fait-elle partie du cours d’action ?’, in.

Firode, A. (2009) ‘La notion de problème chez K. Popper et ses implications pédagogiques’, *Recherches en éducation* [Preprint], (6). Available at: <https://doi.org/10.4000/ree.4106>.

France, H. and Karen Lundgren, C. (2001) *apprentissage collaboratif a distance POUR COMPRENDRE ET CONCEVOIR LES ENVIRONNEMENTS D’APPRENTISSAGE VIRTUELS*. 1er trimes. Québec: Presses de l’Université du Québec.

Francis D. K. Ching, C.A. (2003) *Guide technique et pratique de la construction*. Edited by Modulo éditeur.

- Gann, D.M., Salter, A.J. and Whyte, J.K. (2003) 'Design quality indicator as a tool for thinking', *Building Research and Information*, 31(5), pp. 318–333. Available at: <https://doi.org/10.1080/0961321032000107564>.
- Giel, B. and Issa, R.R.A. (2016) 'Framework for Evaluating the BIM Competencies of Facility Owners', *Journal of Management in Engineering*, 32(1). Available at: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000378](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000378).
- Goulette, J.-P. and Borillo, M. (2002) *Cognition et création: explorations cognitives des processus de conception*. Available at: <http://books.google.fr/books?id=juq6zeZMzBoC>.
- Gousset, J.-P. (2022) *Pratique du dessin technique du bâtiment 48 activités guidées et corrigées - Gros œuvre (coffrage et armatures) charpentes bois et métal, escaliers, électricité, fluides*. Edited by Eyrolles. PARIS.
- Halin, G. (2006) *Modèles et outils pour l'assistance à la conception. Application à la conception architecturale*. Institut National Polytechnique de Lorraine-INPL.
- Hamieh, A. (2018) *Planification automatique de chemins à l'intérieur de bâtiments basée sur un modèle BIM*, Hct. Université de Valenciennes et du Hainaut- Cambresis,.
- Harputlugil, T. *et al.* (2014) 'Architectural design quality assessment based on analytic hierarchy process: A case study (1)', *Metu Journal of the Faculty of Architecture*, 31(2), pp. 139–161. Available at: <https://doi.org/10.4305/METU.JFA.2014.2.8>.
- Hassanain, M.A., Daghistani, O.H. and Sanni-Anibire, M.O. (2022) 'Development of design quality indicators for public school facilities', *Facilities*, 40(9/10), pp. 594–616. Available at: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/F-09-2021-0084/full/html>.
- Heffernan, E. *et al.* (2017) 'From BIM (Building Information Modelling) to BEM (Building Energy Modelling): A collaborative approach', *Australasian Building Simulation 2017*, pp. 1–11. Available at: <http://ro.uow.edu.au/eispapers1/1049>.
- Henri, F. (2023) *Communication et collaboration télématiques*. Available at: <https://www.telug.ca/tec6385/trousse/A1c.htm> (Accessed: 28 April 2023).
- Henri, F. and Lundgren-Cayrol, K. (1998) *Apprentissage collaboratif et nouvelles technologies*, Bureau des technologies d'apprentissage.
- Hoyet, N., Duchène, F. and Fouquet, M. de (2016) *BIM et architecture*. Edited by Dunod.

Iordanova, I. (2008) 'Assistance de l'enseignement de la conception architecturale par la modélisation de savoir-faire des référents'.

Jean-Pierre Chupin (2010) *Analogie et théorie en architecture de la vie de la ville et de la conception, même*. INFOLIO co.

Jean-Pierre Gousset (2023) *Techniques des dessins du bâtiment Plans d'architecte et plans d'exécution*. 4eme édit. Edited by Eyrolles.

Jean-Pierre Leac (2023) *Qu'est-ce-que le design thinking ?, les cahiers de l'innovation*. Available at: <https://www.lescahiersdelinnovation.com/qu-est-ce-que-le-design-thinking/> (Accessed: 13 July 2023).

John, john chris (1992) *design methods*.

Kalfa, S.M. (2018) 'Building information modeling (BIM) systems and their applications in Turkey', *Journal of Construction Engineering, Management & Innovation*, 1(1), pp. 55–66. Available at: <https://doi.org/10.31462/jcemi.2018.01055066>.

Kensak, K. (2015) *Manuel BIM theories et application*. Edited by Eyrolles. CLERMANT , PARIS.

Kim, Changwan, Kim, Changmin and Son, H. (2013) 'Automated construction progress measurement using a 4D building information model and 3D data', *Automation in Construction*, 31, pp. 75–82. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.11.041>.

Laaroussi, A. (2008) *ASSISTER LA CONDUITE DE LA CONCEPTION EN ARCHITECTURE : VERS UN SYSTEME D ' INFORMATION ORIENTE PILOTAGE DES PROCESSUS*. Institut National Polytechnique de Lorraine.

Laaroussi Ahmed (2007) *Assister la conduite de la conception en architecture : vers un système d'information orienté pilotage des processus*. Vandoeuvre-les-Nancy, INPL. Available at: <https://theses.fr/2007INPL077N>.

Lamia, K. (2020) *INTRODUCTION A LA CONCEPTION DU PROJET D ' ARCHITECTURE*.

Laouar, D *et al.* (2017) 'La carte axiale, un outil d'analyse de l'accessibilité spatiale : cas de la ville d'Annaba The axial map as an analysis' tool for the spatial accessibility : Case of Annaba City', *Rev. Sci. Technol., Synthèse*, 35(January 2019), pp. 111–123.

- Laroui, A. (2017a) *La qualité architecturale des bâtiments publics à Ghardaïa (Cas d'étude bâtiment du siège de l'office de promotion et de gestion immobilière –OPGI -)*. Mohamed Khider – Biskra Faculté.
- Laroui, A. (2017b) *La qualité architecturale des bâtiments publics à Ghardaïa (Cas d'étude bâtiment du siège de l'office de promotion et de gestion immobilière –OPGI -)*. Mohamed Khider – Biskra.
- Latreche Sihem (2019) *thèse_ Latreche Sihem_.pdf*. mohamed khider biskra.
- Lawson, B. (2005) *How designers think the design process demystified*. Fourth edi, *Design Studies*. Fourth edi. Edited by A. Press. Available at: [https://doi.org/10.1016/0142-694x\(81\)90033-8](https://doi.org/10.1016/0142-694x(81)90033-8).
- Lévy, F. (2018) *BIM in small-scale sustainable design, BIM in Small-Scale Sustainable Design*. John Wiley & Sons, Inc. Available at: <https://doi.org/10.1002/9781119572619>.
- Liébard, A. and De Herde, A. (2005) *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques*. Observ'ER. Edited by Moniteur. PARIS: Observ ER ET ARCHITECTURE ET CLIMAT.
- Liu, Z. *et al.* (2022) 'Critical success factors for BIM adoption during construction phase: a Singapore case study', *Engineering, Construction and Architectural Management*, 29(9), pp. 3267–3287. Available at: <https://doi.org/10.1108/ECAM-12-2020-1072>.
- De Maestri, A. (2017) *Premiers pas en BIM l'essentiel en 100 pages*. AFNOR. Eyrolles.
- Mahmoodi, A.S.M. (2001) *the design process in architecture a pedagogic approach using interactive thinking*. university of LEEDS , united kingdom. Available at: <https://doi.org/10.1038/scientificamerican10011887-100dbuild>.
- MAHRAZ, A.O. (2012) *Modele Multi-Agents Pour L'Aide a La Decision De Groupe*. Oran.
- Mallgrave, H.F. and Contandriopoulos, C. (2008) *Architectural Theory, Volume 2: An Anthology from 1871 to 2005*. Wiley (Architectural Theory). Available at: <https://books.google.dz/books?id=DUKNzVHCE8UC>.
- Martinez, J. (2015) *Structure as architecture*. second edi, *Civil engineering New York, N.Y.* second edi. Edited by taylor et francis group. London and New York: routlrdge. Available at: <https://doi.org/10.4324/9781315766577>.
- Mazouz, S. (2014) *elements de conception architecturale*. 5 EME. Edited by Office des

publications universitaires.

MEECHAO, K. (2018) *A STUDY OF STAKEHOLDERS ' EXPERIENCE OF THE ARCHITECTURAL DESIGN PROCESS TO STIMULATE AN INTERACTIVE FORM OF COMMUNICATION KRISANEE MEECHAO A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements of the University of Brighton for the degree of Doctor*. University of Brighton for.

Mezzoteam (2023) *Mezzoteam, la plateforme collaborative BIM pour tous les projets, Mezzoteam*. Available at: <https://www.mezzoteam.fr/offre-mezzoteam/> (Accessed: 24 March 2023).

Miettinen, R. and Paavola, S. (2014) 'Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling', *Automation in Construction*, 43, pp. 84–91. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.03.009>.

Minel, S. (2008) *DEMARCHE DE CONCEPTION COLLABORATIVE ET PROPOSITION D'OUTILS DE TRANSFERT DE DONNEES METIER : Application à un produit mécanique "le siège d'automobile"*. Arts et Métiers ParisTech. Available at: <https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-00305603>.

Nadia Hoyet, Duchène, F. and Fouquet, M. de (2016) *Bim et architecture*. Edited by Dunod. France.

NELSON Charles (2006) *Managing Quality in Architecture; A Hand Book For The Creators of Building Environment*. Edited by Elsevier. Jordan Hill, Oxford. UK: Linacre House.

Nizam, K.S., Yu, C. and Mardhiyah, A.N. (2022) 'Green Building Construction : A Systematic Review of', *buildings* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.3390/buildings12081205>.

Ouni, A.L.I. (2008) *L'élaboration de modèles et d'outils pour l'analyse et la conception des usages des outils de travail collaboratif en entreprise*. ÉCOLE CENTRALE PARIS.

Pan, X. *et al.* (2023) 'BIM adoption in sustainability, energy modelling and implementing using ISO 19650: A review', *Ain Shams Engineering Journal*, (xxxx), p. 102252. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102252>.

Pereira, V. *et al.* (2021) 'Using BIM to improve building energy efficiency – A scientometric and systematic review', *Energy and Buildings*, 250. Available at:

<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111292>.

Peter G Rowe (1987) *design thinking*. second edi. Edited by the M.I.T. Press and massachusetts 02142 Massachusetts institute of technologie cambridge.

Pierre von Meiss (2012) *De la forme au lieu + de la tectonique: Une introduction à l'étude de l'architecture*. 3eme edn. Edited by PRESSES POLY.UNIVERS.ROMANDES. Lausanne (Suisse).

Piquet, A. (2009) *Guide pratique du travail collaboratif: Théories, méthodes et outils au service de la collaboration Document destiné au « Groupe Communication » du réseau Isolement Social Service « Internet et Expression Multimédia » Département LUSSE*. Brest. Available at: https://www.a-brest.net/IMG/pdf/Guide_pratique_du_travail_collaboratif.pdf.

Potin, Y. (2024) *Travail coopératif: quand la distance permet le rapprochement, 17 mars 2007*. Available at: <https://creg.ac-versailles.fr/Travail-cooperatif-quand-la-distance-permet-le-rapprochement>.

Raynaud, D. (2002) *Cinq Essais sur l'architecture. Études sur la conception de projets de l'Atelier Zô, Scarpa, Le Corbusier, Pei*. Harmattan.

Reeves, T., Olbina, S. and Issa, R.R.A. (2015) 'Guidelines for using building information modeling for energy analysis of buildings', *Buildings*, 5(4), pp. 1361–1388. Available at: <https://doi.org/10.3390/buildings5041361>.

Régine Teulier and Boutros, N. (2018) *A la pointe du BIM Ingénierie et architecture, enseignement et recherche*. Edited by Eyrolles. france.

Sabry, E., Abo, A. and Khalil, M.O. (2016) 'Design Process & Strategic Thinking in Architecture', pp. 32–45. Available at: <https://doi.org/10.17758/ur.u0316313>.

Sacks, R. *et al.* (2010) 'The Rosewood experiment - Building information modeling and interoperability for architectural precast facades', *Automation in Construction*, 19(4), pp. 419–432. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.11.012>.

Saighi, O. and Zerouala, M.S. (2018) 'The Use of Computer Tools in the Design Process of Students' Architectural Projects. Case Studies in Algeria', *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 291(1), pp. 0–8. Available at: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/291/1/012007>.

- Saka, A.B. and Chan, D.W.M. (2019) 'A global taxonomic review and analysis of the development of BIM research between 2006 and 2017', *Construction Innovation*, 19(3), pp. 465–490. Available at: <https://doi.org/10.1108/CI-12-2018-0097>.
- Saka, A.B. and Chan, D.W.M. (2020) 'Profound barriers to building information modelling (BIM) adoption in construction small and medium-sized enterprises (SMEs): An interpretive structural modelling approach', *Construction Innovation*, 20(2), pp. 261–284. Available at: <https://doi.org/10.1108/CI-09-2019-0087>.
- Samuel courgey et jean pierre oliva (2006) *la conception bioclimatique des maisons confortables et économes en neuf et en réhabilitation*. Edited by terre vivante.
- Santos, R. *et al.* (2019) 'Automation in Construction Informetric analysis and review of literature on the role of BIM in sustainable construction', *Automation in Construction*, 103(February), pp. 221–234. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.02.022>.
- Savitri, D.M., Juliastuti and Pramudya, A.A. (2020) 'Clash detection analysis with BIM-based software on midrise building construction project', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 426(1). Available at: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/426/1/012002>.
- Scaletsky, C. (2003) 'Rôle des références dans la conception initiale en architecture : Contribution au développement d'un Système Ouvert de Références au Projet d'Architecture – le système « kaléidoscope » –'.
- Sensibilisation, A. (2014) *La qualité architecturale*. grenoble. Available at: WWW.CAUE28.ORG.
- Shukra, Z.A. and Zhou, Y. (2021) 'Holistic green BIM: a scientometrics and mixed review', *Engineering, Construction and Architectural Management*, 28(9), pp. 2273–2299. Available at: <https://doi.org/10.1108/ECAM-05-2020-0377>.
- Siala, A. (2020) *Modélisation et représentation des exigences spatiales qualitatives : Vers des pratiques BIM orientées " espace "*.
- Silvestri, C. (2009) 'Perception et conception en architecture non-standard', p. 213. Available at: <http://halshs.archives-ouvertes.fr/tel-00858782/>.
- Simon, J. and Stillemans, J. (2006) 'Mots théoriques et choses architecturales Table des matières'.

- Song, H. (2010) *Modelisation De L'Activite Creative Pluridisciplinaire En Conception Architecturale Centree Utilisateur : Application a L'Habitat D'Urgence*. ParisTech.
- Suratkon, A. and Jusoh, S. (2015) 'Indicators To Measure Design Quality of Buildings', *First International Conference on Science, Engineering & Environment*, pp. 365–370. Available at:
http://eprints.uthm.edu.my/7495/1/INDICATORS_TO_MEASURE_DESIGN_QUALITY_OF_BUILDINGS.pdf.
- Tan, S. *et al.* (2022) 'Modeling the Critical Success Factors for BIM Implementation in Developing Countries : Sampling the Turkish AEC Industry', *sustainability*, 14(9537), pp. 1–28. Available at: <https://doi.org/10.3390/su14159537>.
- Thi, H.V. (2012) *Analyse des environnements supports à l'ingénierie collaborative synchrone à distance : approche ergonomique pour l'amélioration des outils via l'analyse des usages*. université de grenoble.
- Thomas STABLON (2024) *initiation a Robot Structural Analysis*, Autodesk. toulouse.
- Thomson, A.M., Perry, J.L. and Miller, T.K. (2009) 'Conceptualizing and measuring collaboration', *Journal of Public Administration Research and Theory*, 19(1), pp. 23–56. Available at: <https://doi.org/10.1093/jopart/mum036>.
- Tian, C. *et al.* (2022) 'Evaluation and Analysis of Quantitative Architectural Space Index Based on Analytic Hierarchy Process', *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022. Available at: <https://doi.org/10.1155/2022/4911589>.
- Visser, W. (2009) 'La conception :De la resolution de problemes a la construction de representations', *Travail Humain*, 72(1), pp. 61–78. Available at:
<https://doi.org/10.3917/th.721.0061>.
- Volarik, T. *et al.* (2022) 'the Possibilities of Bim Quality Control in the Game Development Environment', *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 46(5/W1-2022), pp. 239–243. Available at:
<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-5-W1-2022-239-2022>.
- Wangara, J. (2018) *Use of Solibri Model Checker and CoBIM Guidelines for BIM, Quality Management in BIM*. Helsinki Metropolia University of Applied Sciences.
- Watson, I. and Perera, S. (1997) 'Case-based design: A review and analysis of building

design applications’, *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing: AIEDAM*, 11(1), pp. 59–87. Available at:
<https://doi.org/10.1017/s0890060400001840>.

Welle, B., Haymaker, J. and Rogers, Z. (2011) ‘ThermalOpt: A methodology for automated BIM-based multidisciplinary thermal simulation for use in optimization environments’, *Building Simulation*, 4(4), pp. 293–313. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12273-011-0052-5>.

Xu, J. (2003) *Design Methods and Process, Architectural Design*.

Yacine, M. (2017) *Pour une meilleure qualité spatiale. Cas des espaces extérieurs dans l’habitat collectif à Biskra*. mohamed Khider biskra.

Zahedi, M. (2011) *Modèle novateur de conception d ’ interface humain-ordinateur centrée sur l ’ utilisateur : le designer en tant que médiateur*. Université de Montréal.

Ziwen, L. and Yujie, L. (2019) ‘A Review and Scientometric Analysis of Global Building Information A review and scientometric analysis of global Building Information Modelling (BIM) research in the Architecture , Engineering and Construction (AEC) industry’, *preprints201907.0026.*, v1(February 2020). Available at:
<https://doi.org/10.20944/preprints201907.0026.v1>.

Zune, M. *et al.* (2020) ‘A review of traditional multistage roofs design and performance in vernacular buildings in Myanmar’, *Sustainable Cities and Society*, 60, pp. 102–240.
 Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670720304613>.

Les cours :

1. Dhiaf, Z. Ben. (2012). *Resume Du Cours Travail*. 2011–2012.

ANEXXE 01

Université Larbi ben Mhidi Oum El Bouaghi
Faculté des sciences de la Terre et d'architecture
Département d'architecture
Doctorat en architecture

Exercice d'application en conception architecturale orientée BIM

Consistance : Cafeteria pour enseignants de l'université

Situation : Université Larbi Ben Mhidi (Voir terrain ci-joint)

Durée de l'exercice : 09h-16h avec une pause déjeuner entre 12h et 12h30.

Déroulement de l'exercice :

1. Les étudiants concepteurs seront installés dans des salles prévues à cet effet et répartis en deux (02) groupes ; le premier groupe travaillera sans échange avec les consultants en utilisant au choix AutoCAD ou ArchiCAD; le deuxième groupe échangera avec les consultants, présents dans une salle à coté mais sans contact visuel, en utilisant obligatoirement ArchiCAD (BIM). L'échange se fera par le biais de fichiers **IFC** envoyé via le réseau qui sera installé à l'occasion. Le retour de l'information des ingénieurs peut être en fichier d'échange IFC ou autres (Doc, xls, pdf etc...) ;
2. Les échanges avec les consultants sont limités à deux (02) pour la consultation et structures et à deux (02) pour la consultation environnementale (thermique et éclairage naturel) ;
3. La représentation est libre ; les étudiants peuvent utiliser les moyens de représentation qu'ils jugent opportuns (plans, coupes façades, vues 3D) sans obligation d'utiliser l'une ou l'autre ; l'essentiel est que les choix conceptuels, structurels et environnementaux soient les plus clairs possibles ;
4. Il est nécessaire de mentionner l'évolution du projet, le timing des consultations et les changements introduits après celles-ci dans une planche à part décrivant le processus conceptuel.

Exigences conceptuelles :

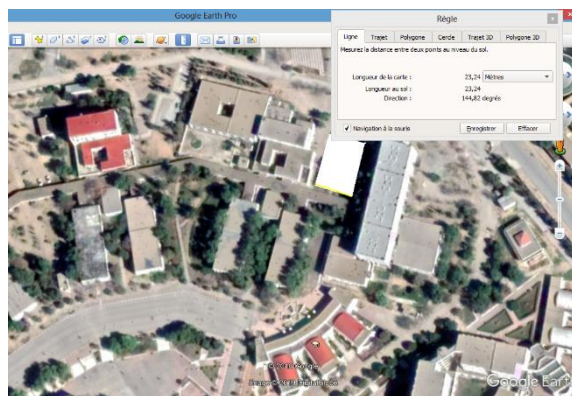
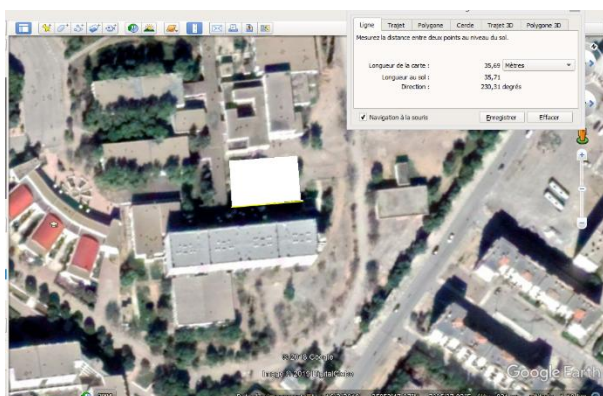
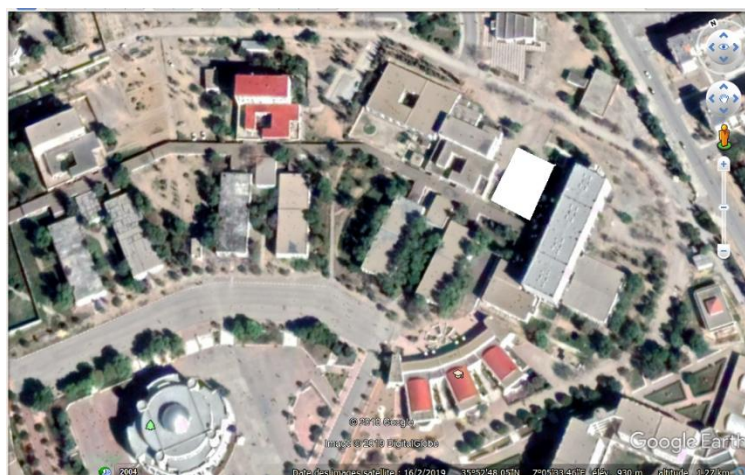
1. Le projet comprend deux parties : une partie destinée à la consommation et une partie destinée au stockage et à la préparation
2. La partie destinée à la consommation doit être conçue sous forme d'espace convivial ouvert, non encombré par les poteaux ;
3. Elle doit être également ensoleillée en hiver, protégé en été et éclairée naturellement (tenir compte du FLJ ou de la quantité en Lux)
4. La ventilation naturelle doit y être assurée
5. Les choix conceptuels du projet doivent aller dans le sens d'une optimisation de la consommation énergétique avec des choix clairs d'isolation et/ou d'inertie thermique.
6. La structure doit être en béton armé (poteaux et dalles) ; pour le remplissage, les partitions internes et les éléments de façade, le choix est laissé aux concepteurs, néanmoins, la variété est souhaitée.

Tableau des surfaces

désignation	Surface unitaire	Surface totale	Observations
Espace consommation			
Grande salle	100 m ²	100 m ²	
Espace VIP	40 m ²	40 m ²	
Toilettes H/F	12m ² *2	24 m ²	
Total Espace consommation		164 m²	
Espace préparation			
Réception marchandises	15 m ²	14 m ²	
Vestiaire personnel	12 m ²	12 m ²	
Toilettes personnel	2*6m ²	12 m ²	
Dépôt produits frais	16 m ²	16 m ²	
Bureau	16 m ²	16 m ²	
Préparation	20 m ²	20 m ²	
Total espace préparation		90 m²	

L'emplacement du projet :

Le terrain choisi se situe entre les laboratoires de biologie et le foyer des étudiants



La Journée De L'expérience :







ANNEXE 03

LICENCE DU LOGICIEL ARCHIWIZARD 2022

Bonjour Monsieur Zaouia,

Suite à votre demande de licence temporaire, je vous prie de bien vouloir trouver ci-dessous les identifiants de la licence :

Product: Advance (AV.P1) - Version 2022

Quantity: 1

Serial Number: 204454-FR-IKZ9Z98

Activation ID: P0FM-AUGH-U7K8-J9PS-CLUY-NXG3-CS4Y-PME3

Expires On: September 23, 2021

Vous trouverez également ci-après un lien de téléchargement de la dernière version d'ArchiWIZARD pour Windows : [http://www.graitec.info/Common/Downloads/AW/ArchiWIZARD-2022.0.0-x64\(10.0.0\).msi](http://www.graitec.info/Common/Downloads/AW/ArchiWIZARD-2022.0.0-x64(10.0.0).msi)

N'hésitez pas à consulter les vidéos disponibles sur YouTube pour une meilleure utilisation du logiciel.

Je vous souhaite bon courage pour votre thèse de doctorat.

ANNEXE 04

Oum El Bouaghi, Algeria

Location name

35.87 7.11
 Latitude Longitude [°E]
 [°N]
 902 IV, 1
 Altitude [m a.s.l.] Climate
 region

Standard
 Radiation model

Standard
 Temperature model

Perez
 Tilt radiation model

Contemporary
 Temperature period

Contemporary
 Radiation period

Additional information

Uncertainty of yearly values: Gh = 6%, Bn = 12%, Ta = 1.1 °C

Trend of Gh / decade: -

Variability of Gh / year: 3.5%

Radiation interpolation locations: Satellite data (Share of satellite data: 100%)

Temperature interpolation locations: Constantine (Ainel) (64 km), Batna (91 km), Tebessa (102 km), Thala (146 km), Setif/Ain-Arnat (157 km)

P90 and P10 of yearly Gh, referenced to average: 96.5%, 104.5%

Month	H_Gh	Bn	H_	H_	L	L	N	T	T
	[kWh/m ²]	h/m ²]	[kW h/m ²]	[kW x]	[lux]	[lux]	[hours]	[°C]	[°C]
January	81	123	31	696	11	54	4	6	1
February	93	118	34	789	14	65	4	7	1
March	141	140	61	436	20	10	4	1	3
April	176	182	56	270	26	99	3	1	6
May	198	165	85	008	29	14	3	1	8
June	216	199	77	715	32	14	2	2	1
July	224	209	77	889	32	13	2	2	1
August	203	204	67	855	29	12	1	2	1
September	157	159	59	055	24	10	3	2	1
October	129	153	47	18	84	3	1	9	

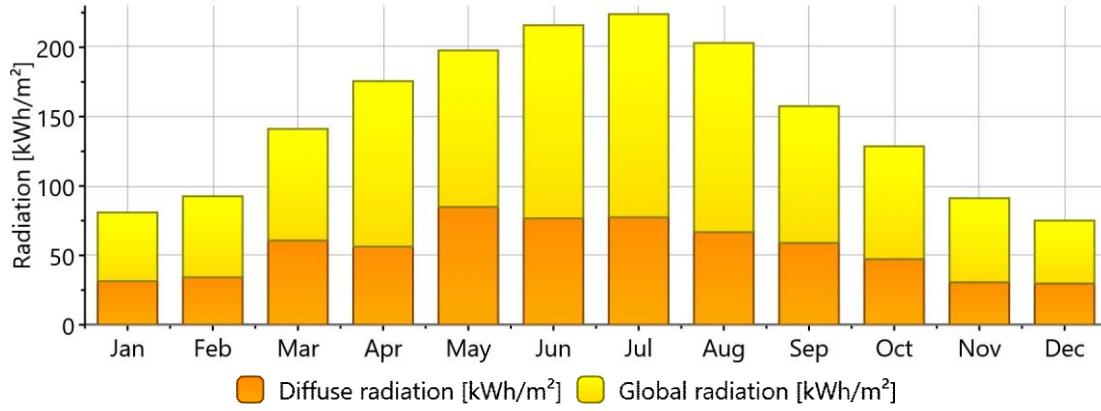
Les Annexes

				931		38		7.6		.5
November	91		136	31	13	56	3	1		5
				820		86		1.2		.4
December	75		120	30	10	53	3	7		2
				916		02		.5		.8
Year	1 780		190	655	22	97	3	1		7
		9		115		04		6.0		.1

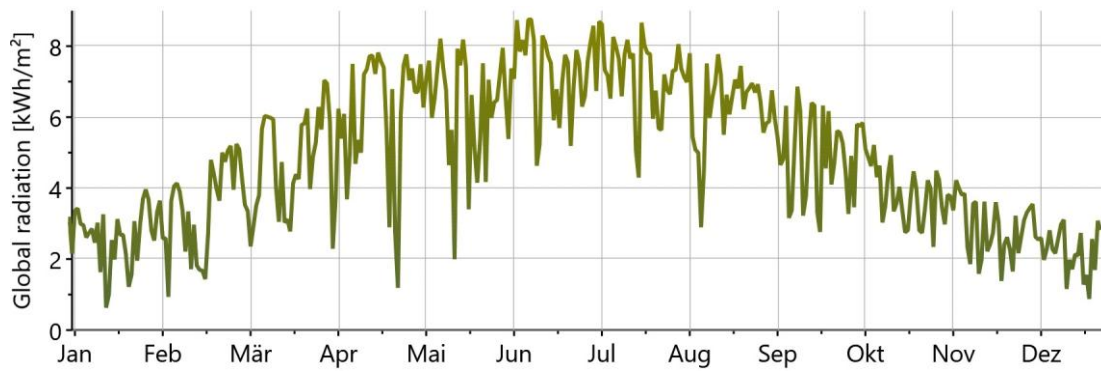
	Month	RH	p	DD	FF
		[%]	[hPa]	[deg]	[m/s]
ry	Janua	71	911	262	3.0
	Febru	67	911	270	3.5
ary	March	62	913	270	3.4
	April	59	914	272	3.3
	May	53	915	186	3.2
	June	43	917	103	3.1
	July	37	918	101	3.2
	August	42	918	101	2.9
t	Sept	55	916	200	2.8
mber	Octob	59	915	270	2.7
er	Nove	67	913	270	3.0
mber	Dece	72	912	270	2.8
mber	Year	57	914	240	3.1

Gh: Irradiation of global radiation
 Bn: horizontal Irradiation of beam
 Dh: Irradiation of diffuse radiation
 N: horizontal Cloud cover fraction
 Lg: Global
 Ta: luminance Air
 RH: temperature
 Td: Relative humidity
 DD: Dewpoint
 FF: temperature Wind
 p: direction
 Wind
 speed Air
 pressure

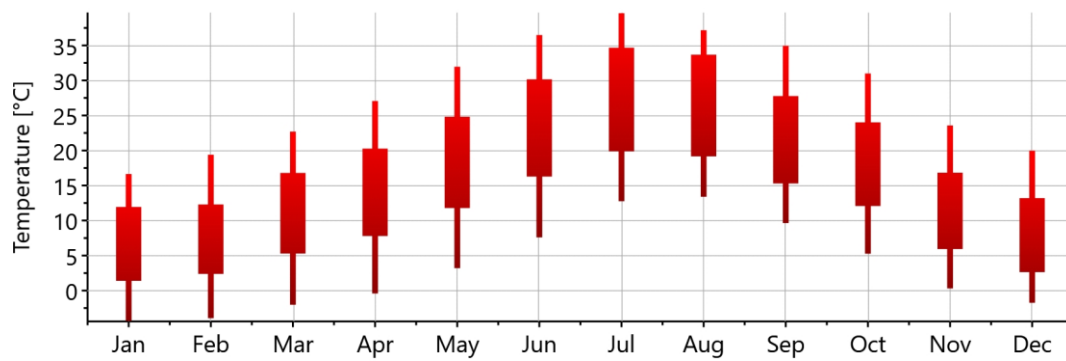
Monthly radiation



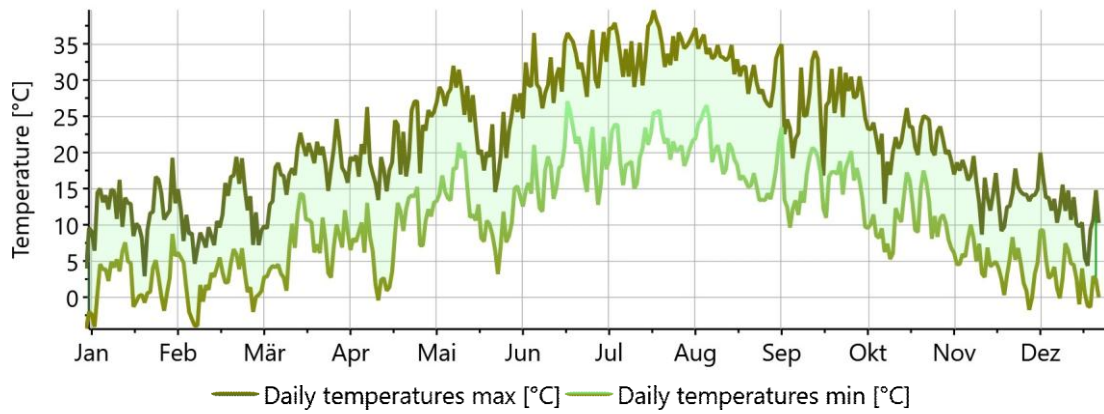
Daily global radiation



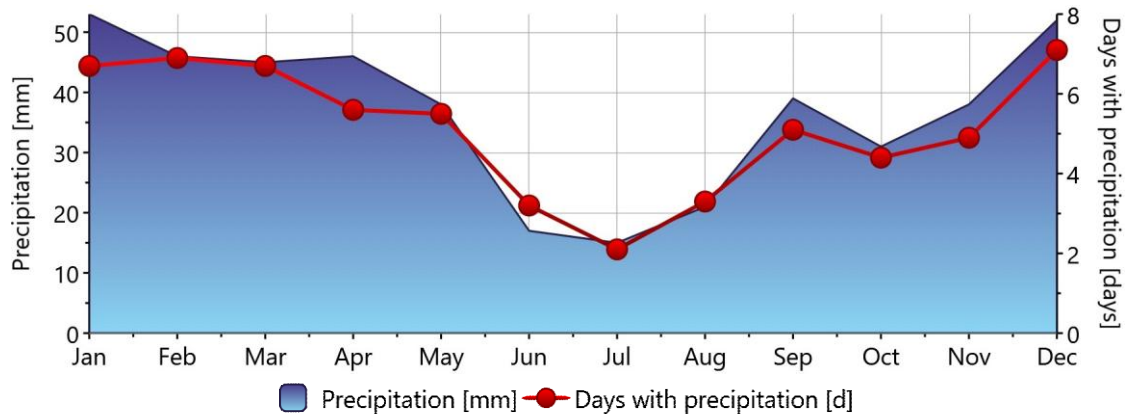
Monthly temperature



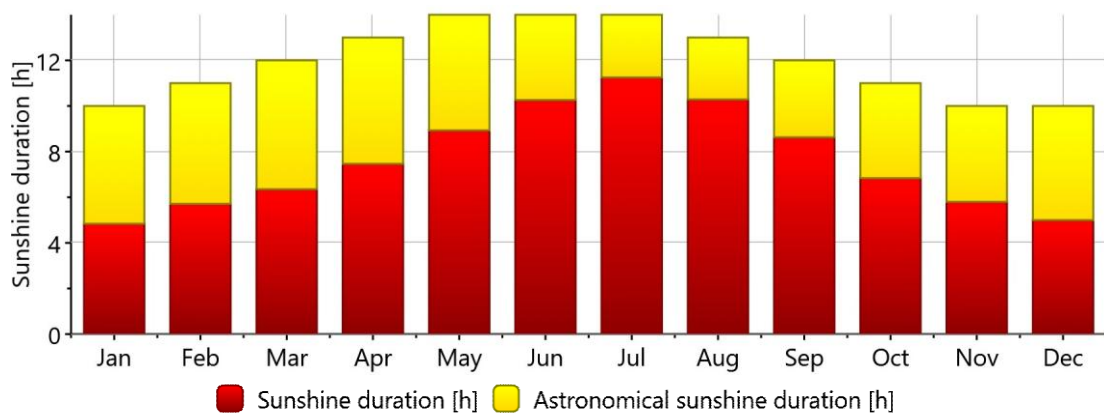
Daily temperature



Precipitation



Sunshine duration



Le participant (e) :

Khamar aymen

PC 09 la salle A15

- La consultation de la structure :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
13 :30	13.45	A refaire

- La consultation climatique :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
14.00	14.30	Modifier les ouvertures orientation sud

Le participant (e) :

Ben sakah alla Eddine

PC 11 la salle A15

- La consultation de la structure :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
13 :30	13.45	A refaire

- La consultation climatique :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
15.00	15.30	Modifier les couleurs

Le participant (e) :

Nom du participant : Boudiaf felle et Alliouche badreddine

Emplacement : PC 02 la salle A15

- La consultation de la structure :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
11.44	12.12	<ul style="list-style-type: none">• Dimensions des poteaux• Dimensions des poteaux• Forme d'une poutre

- La consultation climatique :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
14.02	14.23	<ul style="list-style-type: none">• Problème dans les matériaux• Couleur sombre• Un manque considérable d'éclairage• A réviser la solution et le model

Le participant (e):

Zeroual Alima

PC 04 la salle A15

- La consultation de la structure :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
11 :00	11 :15	A refaire (erreur)raccourci

- La consultation climatique :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
14.00	15.30	Consultation 01 : erreur d'ouverture model Consultation 2 :

Le participant (e) :

Souayeb ali sifedinne

PC 30 la salle A14

- La consultation de la structure :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
14.25	14.45	Changement de deux poteaux

- La consultation climatique :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
15.15	16.00	Acceptable

Le participant(e) :

Sahili karima

PC 11 la salle A14

- La consultation de la structure :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
14.00	14.45	A revoir structure suivant le nouveau fichier Dimension poteau A1

- La consultation climatique :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
14.50	16.00	Augmente la taille d'ouverture pour plus d'éclairage

Le participant (e):

MEDKOUR Khaled

PC 13 la salle A15

- La consultation de la structure :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
12.48	15.05	Le mur courbé (matériau) Poteau devient 40*40

- La consultation climatique :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
15.38	16.02	Acceptable

Le participant(e) :

GASMI Mohammed

PC 20 la salle A14

- La consultation de la structure :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
12.03	12.45	<ul style="list-style-type: none">• Modifications des sections des poteaux 30*40

- La consultation climatique :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
13.15	14.20	A consulter Favoriser l'éclairage naturelle

Le participant (e):

FRIHA imane

PC 22 la salle A14

- La consultation de la structure :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
15.00	15.30	

- La consultation climatique :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
15.45	16.15	

Le participant (e):

ABABSA Oussama

GHEDIRI Amer

PC 15 la salle A14

- La consultation de la structure :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
13.28	14.03	<ul style="list-style-type: none">• Changement de la section des poteaux

- La consultation climatique :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
13.50	13.56	

Le participant (e):

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
13.35	15.20	<ul style="list-style-type: none"> • Un changement de la position d'ouverture effectue « la salle » • Changement de la hauteur de la coupole

ABABSA SARRA

PC 24 la salle A14

- La consultation de la structure :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
11 :45	13 :15	<ul style="list-style-type: none"> • Modification de la section du poteau de 30*30 a 30*50

- La consultation climatique :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
13.00	14.07	Le manque de l'éclairage a l'intérieur

Le participant (e):

SAHRAOUI Mohammed

PC 06 la salle A14

- La consultation de la structure :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
13.12	13.30	<ul style="list-style-type: none"> • Changement de la section des poutres 30*40 • Poteau A¹A² du 30*30 a 30*40

- La consultation climatique :

Le participant (e):

KHALLAF Ilyes
PC 13 la salle A14

- La consultation de la structure :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
12.45	13.40	<ul style="list-style-type: none">• Suppression de la poutre du porte à fa Poutre^{N03}

- La consultation climatique :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
13.30	13.50	<ul style="list-style-type: none">• Un changement de la position d'ouverture effectue « la salle »• Changement de la hauteur de la coup

Le participant (e):

HAMAMDIA MOHAMED
PC 03 la salle A15

- La consultation de la structure :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
11 :38	12 :04	<ul style="list-style-type: none">• Dimensionnement des poteaux 35*35 au lieu de 30*30

- La consultation climatique :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
13.15	14.51	<ul style="list-style-type: none">• Acceptable

Le participant (e):

SATOUR CHOUROUK
SALHI SAFIA
PC 23 la salle A14

- La consultation de la structure :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
11 :45	12.30	Modification au niveau de la grande salle : <ul style="list-style-type: none"> • Modification des poteaux 30*30 devient 30*70 • Modification des poutres 30*30 devient 30*80

- La consultation climatique :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
13.30	14.00	<ul style="list-style-type: none"> • Manque de pénétration solaire au niveau d'enveloppe Solution : modification de types d'ouverture

2eme consultation climatique pour confirmation.

Le participant (e):

MAARGUEB Sami

la salle A15

- La consultation de la structure :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
13.42 14.03	C1 : 14.00 C2 : 14.40	<ul style="list-style-type: none"> • Erreur model on consultation 01 •

- La consultation climatique :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
15.00	15.40	aucun

Le participant (e):

BOUGUERRA Oussama

PC 07 la salle A15

- La consultation de la structure :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
13.00	13.20	<ul style="list-style-type: none"> Résultat correct (structure fonctionnel)

- La consultation climatique :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
15.00	15.31	<ul style="list-style-type: none"> Bon éclairage

Le participant (e):

LARBES Rawiya

PC 17 la salle A14

- La consultation de la structure :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
13.50	14.30	<ul style="list-style-type: none"> Encastrement des poteaux Réglages au niveau des neuds Changement section poutre du 30*40 à 30*30

- La consultation climatique :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
15.00	15.30	aucun

Le participant (e):

MEROUANI Roumaissa

PC 16 la salle A14

- La consultation de la structure :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
13.45	14.30	<ul style="list-style-type: none"> • Encastrement des poteaux • Réglages au niveau des neuds • Changement section poutre du 30*40 à 30*30

- La consultation climatique :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
15.01	15.30	aucun

Le participant (e):

Souayeb ali sif eddine

la salle A14

- La consultation de la structure :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
14.25	14.50	aucun

- La consultation climatique :

Date d'envoi	Le retour de l'information	Le rapport
15.09	15.37	aucun