



UNIVERSITE CONSTANTINE 3

FACULTE D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME

DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE

IMPACT DES TECHNOLOGIES NUMERIQUES SUR L'USAGE DE L'ESPACE

ARCHITECTURAL

CAS DU CYBERPARC DE SIDI ABDELLAH ET DU CENTRE

INTERNATIONAL DE CONFERENCE D'ALGER

THESE

Présentée pour l'Obtention du  
Diplôme de Doctorat 3<sup>ème</sup> Cycle LMD

Spécialité : Architecture

Option : Projet Architecturale et Nouvelles technologies

Par

Meryem LARABA

Année Universitaire  
2023-20224



UNIVERSITE CONSTANTINE 3



FACULTE D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME

DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE

N° de Série :

N° d'Ordre :

IMPACT DES TECHNOLOGIES NUMERIQUES SUR L'USAGE DE L'ESPACE  
ARCHITECTURAL  
CAS DU CYBERPARC DE SIDI ABDELLAH ET DU CENTRE  
INTERNATIONAL DE CONFERENCE D'ALGER

THESE

Présentée pour l'Obtention du  
Diplôme de Doctorat 3<sup>ème</sup> Cycle LMD  
Spécialité : Architecture  
Option : Projet Architecturale et Nouvelles technologies

Par

Meryem LARABA

Devant le Jury Composé de :

Pr. DEBACHE Samira	Président (e)	Université de Constantine 3
Pr. DERRADJI Mohamed	Rapporteur	Université de Constantine 3
Dr. BOUKHELKHAL Islam	Examineur	Université de Constantine 3
Pr. ADAD Mohamed Cherif	Examineur	Université d'Oum El Bouaghi
Pr. ALKAMA Djamel	Examineur	Université de Guelma
Dr. HOCINE Mohamed	Examineur	EPAU Alger

Année Universitaire  
2023-2024





## REMERCIEMENTS

*Je tiens à remercier sincèrement et profondément en premier lieu le bon Dieu « ALLAH » qui me donne la patience, la santé, la certitude et la volonté d'entamer et de terminer ce travail de recherche.*

*Je tiens à remercier le professeur Derradji Mohamed d'avoir proposé et dirigé ce sujet, ainsi que pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur, son apport scientifique, ses précieux conseils et sa disponibilité tout au long de la préparation de ce travail de recherche qui n'aurait pas été possible sans son soutien et son encadrement.*

*Je tiens également à exprimer mes sincères gratitudeux aux membres du jury de thèse pour avoir accepté d'agir à titre d'examineurs.*

*Je n'oublie pas de présenter chaleureusement mes remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation et l'accomplissement de ce travail.*

*Merci aux personnes avec lesquelles j'ai pu travailler et enrichir mes connaissances, aux experts qui ont participé à l'évaluation de la consistance et la crédibilité de l'approche exploratoire résultant de ma recherche, et bien sûr à ceux et celles qui ont pris le temps de répondre à notre questionnaire.*

*Finalement, une pensée à toutes personnes que j'ai rencontrées lors de mon cursus de doctorat et ont eu un impact très significatif sur mon travail et sur moi.*

## DEDICACES

*Je dédie ce modeste travail :*

*A la lumière de mes jours, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; Ma très chère et douce mère, Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de mes efforts et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Que dieu te bénisse et te garde.*

*A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et ma source de joie et de bonheur, Mon père Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Que dieu te garde pour moi.*

*A mes frères Younes et Nouar Mehdi, Je vous remercie pour votre affection si sincère.*

*A mon mari Yasser, votre soutien moral, votre gentillesse sans égal, votre profond attachement m'ont aidé à réussir.*

*A ma fille Aryem Massilya et mon fils Yazen Mouhamed Elhabib*

*A tous les membres de ma famille, petits et grands.*

*A mes amies intimes, Hadjer et Ghania, un profond respect et un remerciement particulier pour les moments les plus beaux et les plus dures des années que vous avez partagé avec moi.*

*A tous mes collègues.*

## TABLE DES MATIERES

<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	xii
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	xiv
<b>LISTE DES EQUATIONS</b> .....	xv
<b>LISTE DES ABREVIATIONS</b> .....	xvi
<b>RESUME</b> .....	xvii
<b>ABSTRACT</b> .....	xviii
<b>ملخص</b> .....	ixx
<b>CHAPITRE I : INTRODUCTION GENERALE</b> .....	1
1.1. Genèse du sujet .....	2
1.2. Problématique .....	4
1.3. Hypothèses.....	7
1.4. Objectifs de recherche, moyens et manière de concrétisation .....	7
1.5. Raisons du choix des cas d'études .....	9
1.6. Méthodologie de recherche.....	10
1.7. Plan général de la thèse.....	12
<b>CHAPITRE II : L'ARCHITECTURE A L'ERE NUMERIQUE : CATALYSEUR D'UNE MUTATION MAJEURE ET UN RENOUVELLEMENT DES PROJETS ARCHITECTURAUX</b> .....	17
<b>Introduction</b> .....	17
2.1. Concepts et fondements théoriques .....	18
2.1.1. L'architecture numérique .....	18
2.1.2. Le bâtiment et le numérique .....	19
2.1.3. L'espace architectural à l'ère du numérique .....	19
2.2. Brève historique de l'architecture numérique : genèse et évolutions .....	20
2.3. Aspects de la technologie numérique en architecture.....	21
2.3.1. Processus et outils de représentation et de conception.....	22
2.3.2. Processus de production et de fabrication .....	25
2.3.3. Apports des matériaux intelligents à l'espace architectural .....	27
2.3.4. Usage et Pratique de l'espace architectural .....	30
2.4. Essai de conceptualisation de la notion d'espace et ses exigences technologiques. 32	
2.4.1. Le système d'objets connectés (IoT) et l'espace architectural.....	32
2.4.2. La réalité virtuelle, augmentée et mixte en architecture .....	33
2.4.3. IHB : Interaction Homme-Bâtiment.....	35
2.4.4. Les dispositifs tactiles et les interfaces interactives dans le bâtiment.....	36
2.4.5. L'intelligence Artificielle : IA en architecture .....	36

2.5. L'espace architectural : support de pratiques et objet de représentation .....	37
Conclusion.....	39
CHAPITRE III : IDENTIFICATION DES DIFFERENTS USAGES DE L'ESPACE ARCHITECTURAL SOUS L'EFFET DES TECHNOLOGIES NUMERIQUES.....	41
Introduction .....	41
3.1. Quand la technologie vient de donner vie à l'exposition, la projection, la communication et l'animation.....	42
3.1.1. Les projets de médiation : entre art, science et technologie.....	42
3.1.2. Les salles de Cinéma : lieu original et insolite.....	43
3.1.3. Les bibliothèques : parc d'attractions de la culture .....	44
3.2. Un nouveau regard sur les espaces de formation, diffusion et transmission du savoir à travers les nouvelles technologies.....	45
3.3. L'assistance et les soins médicaux en métamorphose numérique .....	47
3.4. La technologie numérique : facteur de modernisation de l'innovation et la créativité, la gestion et la logistique .....	50
3.5. L'habitat et l'hôtel connectés : leurs nouveaux usages et les données à collecter à l'ère numérique.....	53
3.5.1. L'habitat intelligent : une conception architecturale néo-moderniste .....	53
3.5.2. Les hôtels luxueux : un usage évolué et novateur.....	55
3.6. Les services, détente et loisirs : une pratique en pleine expansion .....	56
3.6.1. Le secteur des loisirs et de détente : une industrie culturelle mature .....	56
3.6.2. Défis et opportunités de l'adaptation du commerce et de la restauration à l'ère numérique : une offre de divertissement innovante .....	57
3.7. Le numérique : un levier de croissance pour la production et la fabrication dans les usines .....	59
3.8. Analyse des projets contemporains selon différentes écoles d'architecture .....	60
3.8.1. Fresh H2O : Pavillon de l'Eau douce .....	61
3.8. 2. Aménagement du 4 <sup>ème</sup> étage de l'hôtel Puerta America.....	62
3.8. 3. La maison 18.36.54 .....	63
3.8. 4. Rolex Learning Center .....	64
3.8. 5. Galaxy SOHO.....	65
3.8. 6. Cleveland Clinic Lou Ruvo.....	66
3.8. 7.FRAC Centre : Les Turbulences .....	67
3.8. 8. Dongdaemun Design Plaza (DDP).....	68
3.8. 9. Musée Guggenheim Bilbao .....	69
3.8. 10. Burj Khalifa.....	70
3.8.11. Observations sur l'analyse des études de cas .....	71
Conclusion.....	72

## CHAPITRE IV : CONSTRUCTION D'UNE APPROCHE EXPLORATOIRE POUR LA MISE EN VALEUR DES ESPACES ARCHITECTURAUX A L'ERE NUMERIQUE .. 73

Introduction .....	73
4.1. Processus de mise en œuvre des concepts architecturaux .....	74
4.1.1. Etat de l'art relatif à la notion d'espace intelligent .....	75
4.1.2. Classification des caractéristiques de l'espace en familles .....	77
4.1.3. Les notions et les concepts révélant l'espace intelligent .....	78
4.2. Proposition d'une approche pour la mise en valeur de la performance, la qualité et l'intelligence des espaces architecturaux à l'ère numérique .....	86
4.2.1. Etat de l'art relatif aux critères nécessaires pour améliorer l'intelligence des espaces architecturaux .....	87
4.2.2. Identification des indices fondamentaux considérés par l'approche .....	91
4.2.3. Taxinomie des indices en quatre groupes de thèmes .....	93
4.3. Validation de l'approche exploratoire .....	96
4.3.1. Agrégation et pondération des thèmes et des indices .....	96
4.3.2. Elaboration du tableau de bord de l'approche exploratoire .....	102
Conclusion .....	109

## CHAPITRE V : LE PARADIGME DES NOUVEAUX USAGES A L'ERE NUMERIQUE A TRAVERS LE CAS DU CYBERPARC DE SIDI ABDELLAH ET DU CIC D'ALGER .....

Introduction .....	111
5.1. Deux usages distincts pour l'application de l'approche exploratoire développée .....	112
5.2. Développement et appropriation du secteur des TIC en Algérie .....	113
5.3. Le Cyberparc de Sidi Abdallah : un écosystème propice à l'innovation, la créativité, la formation et la transmission du savoir .....	114
5.3.1. Contexte de la nouvelle ville de Sidi Abdallah .....	114
5.3.2. Présentation du Cyberparc .....	115
5.4. Contexte actuel des projets de médiation culturelle, scientifique et politique en Algérie .....	124
5.5. Le CIC d'Alger : un parc opportun à l'art, la science et la technologie .....	126
5.5.1. L'organisation spatiale du CIC : .....	129
5.6. Etude qualitative basée sur les quatre perspectives de l'approche .....	132
5.6.1. Les qualités spatio-fonctionnelles .....	132
5.6.2. Les attributs morphologiques .....	135
5.6.3. La performance des services .....	137
5.6.4. Les qualités sensorielles .....	138
Conclusion .....	139

CHAPITRE VI : INVESTIGATION PRAGMATIQUE A TRAVERS UNE VARIETE DE METHODES STATISTIQUES POUR UNE OPTIMISATION DU DEGRE D'INTELLIGENCE DU CYBERPARC DE SIDI ABDELLAH ET DU CIC D'ALGER .....	141
Introduction .....	141
6.1.Élaboration, mode de passation et administration du protocole de terrain.....	142
6.1.1. Cadre et objectifs du questionnaire .....	142
6.1.2. Constitution de l'échantillon .....	143
6.1.3. Trame et déroulement.....	145
6.2. Traitement statistique des données recueillies.....	147
6.3. Présentation des principaux résultats du questionnaire dédié aux usagers du Cyberparc.....	148
6.3.1. Analyse descriptive du questionnaire.....	148
6.3.2. Rapport entre les données personnelles et les variables à choix unique ...	158
6.3.3. Test de cohérence entre les variables continues ordinales .....	159
6.4. Présentation des principaux résultats du questionnaire dédié aux usagers du CIC	164
6.4.1. Analyse descriptive du questionnaire.....	165
6.4.2. Rapport entre les données personnelles et les variables à choix unique ...	171
6.4.3. Test de cohérence entre les variables continues ordinales .....	172
Conclusion.....	174
CHAPITRE VII : LA TECHNOLOGIE NUMERIQUE : UN ENJEU MAJEUR DANS LA CONCEPTION ET L'USAGE DE L'ESPACE ARCHITECTURAL.....	177
Introduction .....	177
7.1. Vers un raisonnement architectural soucieux d'un environnement performant, intelligent et de bonne qualité.....	178
7.1.1. Prouesses architecturales et technologiques pour l'optimisation des usages et pratiques de l'espace architectural.....	179
7.1.2. Incidence des données personnelles des usagers sur leur comportement et le degré de leur satisfaction de la performance du BI .....	184
7.1.3. Synthèse des résultats.....	186
7.2. Corrélations d'indices continus pour l'optimisation de la conception architecturale contemporaine .....	188
7.2.1. Répercussion des corrélations entre variables sur les exigences spatiales, les souhaits des usagers et leur perception de l'espace.....	189
7.2.2. L'analyse factorielle : un modèle conceptuel fructueux pour la mise en œuvre de bâtiments de haute qualité, efficaces et intelligents.....	192
7.2.3. Synthèse des résultats.....	194
7.3. Conception et usage de l'espace architectural contemporain à travers un processus de changement organisationnel fonctionnel relatif au contexte algérien .....	195

7.3.1. Adoption d'un nouveau vocabulaire dans la conception de nouvelles structures.....	196
7.3.2. L'outil d'aide : une solution efficace pour réactualiser les usages aux futures structures contemporaines algériennes .....	198
Conclusion.....	204
CHAPITRE VIII : CONCLUSION GENERALE.....	208
8.1. Limites et perspectives de recherche .....	219
BIBLIOGRAPHIE .....	221
LISTE DES ANNEXES .....	236
Annexe A : Etat de l'art relatif à la notion d'espace intelligent .....	236
Annexe B : Répartition des articles analysés sous différents angles.....	239
Annexe C : Aide à la lecture.....	240
Annexe D : Extrait d'une retranscription des entretiens aux experts .....	248
Annexe E : Questionnaire AHP .....	250
Annexe F : Résultats de l'analyse des données recueillies par AHP .....	256
Annexe G : Extrait d'une liste de questions posées aux responsables du Cyberparc et les modalités de réponses obtenues.....	258
Annexe H : Figures de l'extérieur et l'intérieur du Cyberparc et du CIC .....	260
Annexe I : Trame du questionnaire & Questionnaire finale adressé aux usagers du Cyberparc et CIC.....	269
Annexe J : Tableaux et figures d'analyses statistiques des deux cas d'étude .....	272
Annexe K : Réponses à la question ouverte 'Pensez-vous qu'un outil d'aide à la décision à mettre en place soit bénéfique et utile ?' .....	302
Annexe L : Article .....	304

## LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : Plan général de la thèse.....	13
Figure 2.1 : Sketch de Frank Gehry par Dassault.....	21
Figure 2.2 : Processus de conception entre hier et aujourd’hui.....	23
Figure 2.3 : Classification des outils en conception architecturale.....	24
Figure 2.4 : Vêtements et voitures intelligents.....	28
Figure 2.5 : Matériaux intelligents.....	29
Figure 2.6 : Transformation des usages grâce à l’utilisation des nouvelles technologies.....	31
Figure 2.7 : Le Continuum réel – virtuel.....	34
Figure 2.8 : Interaction Homme-Bâtiment & Interaction Homme-Computer. ....	35
Figure 2.9 : Interaction Homme-Bâtiment.....	36
Figure 2.10 : La robotisation dans la pratique de l’espace.....	37
Figure 3.1 : Principaux termes relatifs à l’e-santé. ....	48
Figure 3.2 : Le mode de travail dans un espace défini. ....	51
Figure 3.3 : Gator Tech Smart House.....	54
Figure 3.4 : Fresh H2O : Pavillon de l’Eau douce .....	62
Figure 3.5 : Aménagement du 4ème étage de l’hôtel Puerto America .....	63
Figure 3.6 : La maison 18.36.54 .....	64
Figure 3.7 : Rolex Learning Center .....	65
Figure 3.8 : Galaxy SOHO .....	66
Figure 3.9 : Cleveland Clinic Lou Ruvo.....	67
Figure 3.10 : FRAC Centre : Les Turbulences .....	68
Figure 3.11 : Dongdaemun Design Plaza (DDP) .....	69
Figure 3.12 : Musée Guggenheim Bilbao .....	70
Figure 3.13 : Burj Khalifa .....	71
Figure 4.1 : Récapitulatif du processus de mise en œuvre des concepts architecturaux.....	74
Figure 4.2 : Carte mentale détaillant les caractéristiques de l’espace architectural intelligent.....	78
Figure 4.3 : Schéma synoptique synthétisant les étapes mises en œuvre pour mettre en lumière les concepts architecturaux et ses spécificités.....	85
Figure 4.4 : Signification de l’approche.....	86
Figure 4.5 : Les phases de l’approche. ....	86
Figure 4.6 : Processus de proposition de l’approche.....	87
Figure 4.7 : Les indices retenus pour notre approche.....	93
Figure 4.8 : Interaction entre les différents indices. ....	95
Figure 5.1 : Contexte de la nouvelle ville de Sidi Abdallah. ....	115
Figure 5.2 : Situation du Cyberparc de Sidi Abdallah.....	117
Figure 5.3 : Schéma d’organisation fonctionnelle du Cyberparc de Sidi Abdallah.....	119
Figure 5.4 : a- Façade principale de l’incubateur. b- Façade postérieure de l’incubateur...	121
Figure 5.5 : Hiérarchisation des espaces du sous-sol de l’incubateur.....	122
Figure 5.6 : Hiérarchisation des espaces du RDC de l’incubateur.....	122
Figure 5.7 : Hiérarchisation des espaces du premier étage de l’incubateur.....	123
Figure 5.8 : Hiérarchisation des espaces du RDC du multilocataire.....	124



Figure 5.9 : Hiérarchisation des espaces du premier étage du multilocataire.....	125
Figure 5.10 : Hiérarchisation des espaces du deuxième étage du multilocataire.....	125
Figure 5.11 : Hiérarchisation des espaces du troisième étage du multilocataire.....	125
Figure 5.12 : Hiérarchisation des espaces du quatrième étage du multilocataire. ....	125
Figure 5.13 : Situation du CIC d'Alger. ....	126
Figure 5.14 : Schéma d'organisation fonctionnelle du CIC d'Alger. ....	127
Figure 5.15 : Vue d'extérieur du CIC d'Alger.....	128
Figure 5.16 : Fonctions du CIC d'Alger.....	129
Figure 5.17 : Hiérarchisation des espaces du Sous-sol du CIC.....	129
Figure 5.18 : Hiérarchisation des espaces du RDC du CIC.....	131
Figure 5.19 : Hiérarchisation des espaces du premier étage du CIC.....	131
Figure 5.20 : Bureaux des résidents de l'incubateur avant et après l'utilisation.....	133
Figure 5.21 : Dispositifs écologiques utilisés au multilocataire et incubateur.....	133
Figure 5.22 : Solutions de conception intérieure du CIC.....	134
Figure 5.23 : Dispositifs écologiques utilisés au CIC. ....	135
Figure 5.24 : Images démontrent l'organisation extérieure du multilocataire et les principaux matériaux utilisés. ....	136
Figure 5.25 : Images démontrent l'organisation extérieure du CIC et les principaux matériaux utilisés.....	136
Figure 5.26 : Locaux techniques et système informatisé pour la gestion technique du Cyberparc et du CIC.....	137
Figure 5.27 : Images démontrant quelques systèmes d'information, de communication, de sécurité et de surveillance utilisés au Cyberparc et CIC. ....	137
Figure 5.28 : Centre d'excellence de l'incubateur.....	138
Figure 5.29 : Images démontrent les aspects esthétiques dans le Cyberparc et le CIC.....	139
Figure 6.1 : Captures d'écran des feuilles de vue de variables et vue de données sous SPSS.....	147
Figure 6.2 :Exemple d'un graphe de la boîte à moustache des données croisées du Cyberparc.....	159
Figure 6.3 : Exemple représentatif de la normalité des variables du Cyberparc. ....	161
Figure 6.4 : Tracé d'effondrement des variables. Cas du Cyberparc.....	164
Figure 6.5 : Exemple représentatif de la normalité des variables. Cas du CIC. ....	173
Figure 7.1 : Variance totale des six composantes.....	192
Figure 7.2 : Quelques recommandations suggérées pour l'optimisation de la conception de bâtiments intelligents.....	195
Figure 7.3 : Méthode pour le développement de l'outil d'aide.....	198
Figure 7.4 : Les acteurs auxquels l'outil référentiel est destiné.....	201
Figure 7.5 : Positionnement de l'outil par rapport aux différentes phases d'élaboration d'un projet architectural.....	202
Figure 7.6 : Schéma synoptique synthétisant l'incidence des technologies numériques sur la conception et l'usage de l'espace architectural. ....	207
Figure 8.1 : Méthodologie de la recherche. ....	210
Figure 8.2 : Les thèmes et les indices retenus pour l'approche exploratoire.....	213

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 : Types des matériaux intelligents.....	29
Tableau 2.2 : Comparaison entre les trois types de réalités.....	35
Tableau 4.1 : Résumé des articles relatifs aux critères nécessaires pour améliorer l'intelligence des espaces architecturaux.....	88
Tableau 4.2 : Critères de choix des indices.....	92
Tableau 4.3 : Méthodes d'agrégation et de pondération.....	96
Tableau 4.4 : Comparaison des méthodes utilisées dans l'agrégation et la pondération.....	98
Tableau 4.5 : Agrégation et pondération des thèmes et des indices.....	100
Tableau 4.6 : Test de la consistance et la cohérence de l'approche.....	101
Tableau 4.7 : Tableau de bord de l'approche exploratoire .....	107
Tableau 5.1 : Les infrastructures du Cyberparc de Sidi Abdellah.....	117
Tableau 6.1 : Questionnaires recueillis, exploités et taux de réponse .....	144
Tableau 6.2 : Structure de l'échantillon interrogé du Cyberparc.....	149
Tableau 6.3 : Statistiques descriptives des informations générales sur les répondants du Cyberparc.....	149
Tableau 6.4 : Statistiques descriptives des variables liées à l'attribut morphologique du Cyberparc.....	151
Tableau 6.5 : Statistiques descriptives des variables liées à la qualité spatio-fonctionnelle du Cyberparc.....	152
Tableau 6.6 : Statistiques descriptives des variables liées à la qualité sensorielle du Cyberparc.....	154
Tableau 6.7 : Statistiques descriptives des variables liées à la performance des services du Cyberparc.....	157
Tableau 6.8 : Tests de normalité. Cas du Cyberparc.....	160
Tableau 6.9 : Critères nécessaires pour la démarche de l'ACP. Cas du Cyberparc. ....	163
Tableau 6.10 : Rotation de la matrice des composantes. Cas du Cyberparc.....	164
Tableau 6.11 : Structure de l'échantillon interrogé du CIC.....	165
Tableau 6.12 : Statistiques descriptives des informations générales sur les répondants du CIC.....	166
Tableau 6.13 : Critères nécessaires pour la démarche de l'ACP. Cas du CIC.....	174

## LISTE DES EQUATIONS

Equation 1: Formulation des données statistiques pour le calcul du nombre d'échantillonnage.....	144
Equation 2: Formule mathématique de la méthode SAW.....	243
Equation 3: Formule pour calculer la somme de chaque colonne (SC) de la méthode AHP.....	246
Equation 4: Formule pour calculer la somme des éléments de la colonne (M) de la méthode AHP.....	246
Equation 5: Formule pour calculer les entrées de chaque ligne (SL) de la méthode AHP.....	246
Equation 6: Formule pour la détermination des priorités globales PG de la méthode AHP.....	246
Equation 7: Formule pour calculer la valeur propre maximale ( $\lambda$ ) de la méthode AHP.....	246
Equation 8: Formule pour déterminer l'index de cohérence (IC) de la méthode AHP.....	246
Equation 9: Formule pour déterminer le ratio de cohérence (RC) de la méthode AHP.....	246

## LISTE DES ABREVIATIONS

TIC : Technologies de l'Information et de la Communication  
NTIC : Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication  
CAO : Conception Assistée par Ordinateur  
CATIA: Computer Aided Three-dimensional Interactive Application  
BIM : Building Information Modeling  
CAM : Computer- Aided Manufacturing  
CNC : Computer Numerical Control  
FAO : Fabrication Assistée par Ordinateur  
IoT : Internet of Things  
HCI : Human-computer interaction  
HBI : Human-Building Interaction  
IA : Intelligence Artificielle  
GTB : Gestion Technique du Bâtiment  
AHP : Analytic Hierarchy Process  
PG :Priorité Globale  
 $\lambda$  :Valeur propre maximale  
IC: Index de cohérence  
RC :Ratio de cohérence  
CIC : Centre International de Conférences  
ANPT : Agence Nationale de Promotion et de Développement des Parcs Technologiques  
SPSS : Statistical Package for the Social Sciences  
ACP : Analyse des Composantes Principales

## RESUME

Dans ce travail de recherche, nous nous intéressons à la question de l'impact des technologies numériques sur l'architecture en général et plus particulièrement sur la réorganisation des espaces architecturaux ainsi leurs nouveaux usages et appropriations. Nous nous interrogeons sur la potentialité d'une nouvelle attention sur la conception et la construction d'une structure qui intègre les technologies numériques et communique avec son environnement. A cet effet, l'objectif est de confirmer l'impact que cause le numérique en architecture et de proposer un outil référentiel pour la conception d'infrastructures contemporaines en rapport avec l'évolution des vertus potentiels de la technologie afin de les rendre plus efficaces, intelligents et de bonne qualité.

A cet égard, le Cyberparc de Sidi Abdellah et le CIC d'Alger ont été choisis comme cas d'études. L'outil méthodologique utilisé, est fondé sur la combinaison d'outils, de méthodes et de stratégies de recherche qualitative et quantitative. Il s'agit d'abord de faire connaître de nouveaux usages, concepts et perspectives liés à l'intégration des technologies numériques dans l'espace architectural tout en s'appuyant sur un état de l'art. Le travail permet ensuite de mettre en évidence une approche exploratoire de mesure et de jugement d'un ensemble de thèmes, d'indices et de sous-indices en utilisant des entretiens et un questionnaire AHP basé sur l'échelle de Saaty pour plus de fiabilité et de crédibilité. Enfin, notre approche est rendue possible par la mise en place d'une enquête par questionnaire auprès des usagers quotidiens des deux types de bâtiments en cause. Les données collectées ont été traitées par une analyse statistique en utilisant IBM SPSS version 25.

En effet, les résultats préliminaires montrent que quatre groupes de thèmes ont été classés en termes d'importance. Les résultats obtenus après la confrontation de l'approche sur terrain, démontrent que les bâtiments en question combinent des prouesses architecturales et technologiques inédites et font un usage intelligent des qualités morphologiques, des qualités spatio-fonctionnelles, des qualités sensorielles et des performances des services. Ils confirment ainsi l'existence d'une relation directe entre eux, ce qui laisse présager un comportement positif chez leurs usagers. En étudiant les facteurs qui pourraient conduire à la création d'un espace plus efficace, intelligent, économique et adapté aux besoins des utilisateurs, les résultats contribuent à l'amélioration de l'espace architectural et identifient les principaux objectifs et enjeux de son affermissement.

Plusieurs lignes directrices et orientations ont été identifiées : la perception multimodale du terrain, l'homogénéité d'implantation, la performance et l'efficacité de l'environnement intérieur, la construction et la gestion intelligente de l'espace, l'utilisation de systèmes automatisés et digitales, l'intelligence des aspects techniques et des stratégies de conception innovatrices qui ont un impact sur les performances environnementales. Ces lignes directrices visant à la fois l'optimisation et l'ouverture de l'étendue conceptuelle, imaginaire et créative, ont servi à la création d'un outil référentiel destiné aux acteurs du bâtiment souhaitant modifier ou concevoir des bâtiments adaptées aux futures structures contemporaines.

**Mots clés :** espace intelligent, nouveaux usages, concepts, perspectives, approche exploratoire, outil référentiel.

## ABSTRACT

In this research work, we are interested in the question of the impact of digital technologies on architecture in general and more particularly on the reorganization of architectural spaces as well as their new uses and appropriations. We wonder about the potentiality of a new attention on the design and construction of a structure that integrates digital technologies and communicates with its environment. To this end, the objective is to confirm the impact caused by digital technology in architecture and to propose a reference tool for the design of contemporary infrastructures in relation to the evolution of the potential virtues of technology in order to make them more efficient, intelligent and of high quality.

In this regard, the Cyberparc of Sidi Abdellah and the CIC of Algiers were chosen as case studies. The methodological tool used is based on the combination of qualitative and quantitative research tools, methods and strategies. The first step is to make known the new uses, concepts and perspectives related to the integration of digital technologies in the architectural space while relying on a state of the art. The work then makes it possible to highlight an exploratory approach to measuring and judging a set of themes, indices and sub-indices using interviews and an AHP survey based on the Saaty scale for more reliability and credibility. Finally, our approach is made possible by setting up a questionnaire survey of quotidian users of the two types of buildings in question. The data collected was processed by statistical analysis using IBM SPSS version 25.

Indeed, the preliminary results show that four groups of themes were ranked in terms of importance. The results obtained after relating the approach on the ground demonstrate that the buildings in question combine unprecedented architectural and technological prowess and make an intelligent use of morphological qualities, spatio-functional qualities, sensory qualities and service performance. They thus confirm the existence of a direct relationship between them, which suggests positive behavior among their users. By studying the factors that could lead to the creation of a more efficient, intelligent, economical space adapted to the user's needs, the results contribute to the improvement of the architectural space and identify the main objectives and challenges for its strengthening.

Several guidelines and orientations have been identified: the multimodal perception of the terrain, the homogeneity of implantation, the performance and efficiency of the interior environment, the construction and intelligent management of space, the use of automated and digital systems, the intelligence of technical aspects and innovative design strategies that have an impact on environmental performance. These guidelines aiming at both optimization and opening of the conceptual, imaginative and creative perspective, have served to create a reference tool intended for building stakeholders wishing to modify or design buildings adapted to future contemporary structures.

**Keywords:** intelligent space, new uses, concepts, perspectives, exploratory approach, reference tool.

## ملخص

نهتم في هذا العمل البحثي بمسألة تأثير التقنيات الرقمية على الهندسة المعمارية بشكل عام وبشكل أكثر تحديداً على إعادة تنظيم المساحات المعمارية وكذلك استخداماتها الجديدة. نتساءل أيضاً عن إمكانية توجيه اهتمام جديد لتصميم وبناء هيكل أو بناية تدمج التقنيات الرقمية وتتواصل مع بيئتها. تحقيقاً لهذه الغاية، الهدف هو تأكيد التأثير الذي تسببه التكنولوجيا الرقمية في الهندسة المعمارية واقتراح أداة مرجعية لتصميم البنى التحتية المعاصرة فيما يتعلق بتطور الـ المزايا المحتملة للتكنولوجيا من أجل جعلها أكثر كفاءة وذكاءً وذات جودة عالية.

في هذا الصدد، وقع اختيار دراسة الحالة على الحظيرة التكنولوجية في سيدي عبد الله والمركز الدولي للمؤتمرات في الجزائر. تعتمد الأداة المنهجية المستخدمة على مزيج من أدوات وأساليب واستراتيجيات البحث النوعي والكمي. الخطوة الأولى هي التعريف بالاستخدامات والمفاهيم والمنظورات الجديدة المتعلقة بدمج التقنيات الرقمية في الفضاء المعماري وذلك بالاعتماد على مراجعة الأدبيات. يتيح العمل بعد ذلك الى تسليط الضوء على نهج استكشافي للحكم على مجموعة من المقاييس والمؤشرات والمؤشرات الفرعية وذلك باستخدام المقابلات واستبيان AHP للمزيد من موثوقية ومصداقية النهج. أصبح هذا النهج ممكناً وعملياً من خلال إعداد استبيان استقصائي للمستخدمين اليوميين لنوعي المباني المعنية. تمت معالجة البيانات التي تم جمعها عن طريق التحليل الإحصائي باستخدام IBM SPSS 25.

تظهر النتائج الأولية أن أربع مجموعات من المقاييس تم تصنيفها من حيث الأهمية. تظهر النتائج التي تم الحصول عليها بعد تطبيق النهج على أرض الواقع أن المباني المعنية تجمع بين براعة معمارية وتكنولوجية غير مسبوقه وتستفيد بذكاء من الصفات المورفولوجية، الصفات الوظيفية المكانية، الصفات الحسية وأداء الخدمات. وبذلك تؤكد وجود علاقة مباشرة بينهم مما يوحي بسلوك إيجابي بين مستخدميهم. من خلال دراسة العوامل التي يمكن أن تؤدي إلى إنشاء مساحة أكثر كفاءة وذكاء واقتصادية تتكيف مع احتياجات المستخدمين، تساهم النتائج في تحسين المساحة المعمارية وتحديد الأهداف والتحديات الرئيسية لتعزيزها.

تم تحديد العديد من الإرشادات والتوجهات: الإدراك متعدد الوسائط للتضاريس ، تجانس التصميم ، أداء وكفاءة البيئة الداخلية ، البناء والإدارة الذكية للمساحة ، استخدام الأنظمة الآلية والرقمية ، ذكاء الجوانب التقنية واستراتيجيات التصميم المبتكرة التي لها تأثير على الأداء البيئي. تعمل هذه الإرشادات التي تهدف إلى تحسين وفتح النطاق المفاهيمي والخيالي والإبداعي ، على إنشاء أداة مرجعية مخصصة للجهات الفاعلة في المبنى الراغبين في تعديل أو تصميم المباني التي تتكيف مع الهياكل المعاصرة المستقبلية.

**الكلمات المفتاحية:** الفضاء الذكي، الاستخدامات الجديدة، المفاهيم، المنظورات، النهج الاستكشافي، أداة

مرجعية.





## CHAPITRE I : INTRODUCTION GENERALE

L'ère dans laquelle nous vivons a connu au cours de ces dernières années un bouleversement et un extraordinaire élan scientifique, technologique et économique sans précédent à travers l'apparition et l'essor des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) où toute pratique de l'être humain a pris une nouvelle nature dite numérique. Ces dernières sont sans doute: une réalité et une force révolutionnaire; un vecteur pour appréhender le monde et ses évolutions et une source de richesse et de prospérité ouvrant de nouvelles perspectives pour vocation première de révolutionner notre mode de vie et nos façons de communication à un rythme incontrôlable.

C'est dans ce contexte que les technologies numériques réussissent petit à petit à s'imposer et prendre une place prépondérante dans tous les actes de la vie quotidienne, donnant à l'humanité un sentiment de dépendance totale à la machine. Ces technologies deviennent de plus en plus tangibles et multiformes. Elles déferlent sur toutes les sphères et se diffusent massivement dans tous les secteurs de la société contemporaine que ce soit le secteur scientifique, commercial, médical, artistique, culturel, éducatif ou administratif. Cela est dû à leur puissance, production, fiabilité, précision, efficacité, créativité et aussi la rapidité de transmission et de diffusion de l'information qu'elles permettent.

Dépassant leur fonction de base d'outil ou de support informationnel, ces récentes technologies ont une influence significative sur l'architecture. Celui-ci a permis l'apparition d'une architecture particulière dite numérique, interactive ou encore intelligente basée sur la manipulation et le bénéfice de la souplesse de ces nouveaux outils. En architecture, l'informatique est en train de s'imposer comme nouvel outil performant et dominant, le débat aujourd'hui ne porte pas sur l'opportunité d'utiliser ou non des ordinateurs dans le processus de conceptualisation et de réalisation de l'architecture, mais plutôt sur leurs modalités d'intervention (Chassagnoux et al, 1986). Par ce biais, nous connaissons un véritable bouleversement de l'architecture dans ses différentes phases allant des outils de conception jusqu'à la production et l'exploitation du projet architectural. Ce bouleversement a été relatif à l'ordinateur comme il le disait Antoine Picon dans la conférence Architecture, Ville Et Culture Numérique : « Il y a une vingtaine d'années, l'utilisation de l'informatique en architecture était encore très expérimentale. Les ordinateurs ont envahi aujourd'hui les écoles et les agences. Leur diffusion massive s'est accompagnée de l'émergence de nouvelles techniques et de formes inédites (...). La montée en puissance de la culture

numérique est un phénomène inextricablement lié à la diffusion de l'informatique. Après avoir profondément transformé l'architecture, le numérique commence aujourd'hui d'affecter les villes, démontrant l'importance croissante des discussions sur les « villes intelligentes » (La Gaîté Lyrique, 2014).

Ces nouvelles technologies changent la façon dont les gens pensent, créent, conceptualisent et produisent l'architecture, libérant l'esprit créatif de certaines contraintes physiques et matérielles et permettant un gain de temps, d'espace, d'énergie et d'efficacité dans la pratique de la conception architecturale. Aussi, elles permettent d'innover dans les processus de création et d'utilisation de l'espace, ce qui se traduit par de nouvelles caractéristiques et expressions architecturales, notamment dans le domaine de l'éducation et de la recherche (bibliothèques, écoles, universités, centres de recherche, pôles technologiques et cyber parcs), le domaine culturel (musées et bâtiments de médiation culturelle) et les centres et bâtiments administratifs... Parmi les noms les plus récurrents en cette architecture nouvelle, l'architecte Kas Oosterhuis, Frank Gehry, Zaha Hadid, Jean Nouvel qui mettent l'accent dans leurs créations sur l'architecture proactive avec l'usage des dispositifs numériques d'une manière interactive pour but spatial et fonctionnel, créant un sentiment d'immersion entre l'espace et l'utilisateur.

En concluant que grâce à ces technologies, on a pu s'aventurer à imaginer des tentatives architecturales fantaisistes avec des formes complexes, dynamiques et courbées et à concevoir des espaces qui révèlent une transition et une transmutation des usages et pratiques de ceux-ci. Ces technologies ont du même permis d'offrir des possibilités d'automatisation, d'optimisation, de flexibilité, de simplification et d'affermissement de la performance, la qualité et l'intelligence de l'espace en donnant une cohérence à l'ensemble du bâtiment et toute commodité nécessaire aux usagers. Sans l'outil technologique, véritable pionnier de l'architecture numérique et intelligente, aucune de ces possibilités ne se serait concrétisée.

### **1.1. Genèse du sujet**

Au cours de l'année 2015-2016, de nombreuses discussions avec le Pr Derradji Mohamed, qui a proposé, dirigé ce travail de recherche, ont été tenues, afin d'arriver à une décision finale sur la manière de développer et de mener à bien le sujet de recherche actuel.

Au cours des dernières années, les technologies émergentes de l'information et de la communication (NTIC) ont assumé un rôle crucial au sein de la société, influençant de manière significative le progrès socio-économique du pays. Au fait, ces innovations ont stimulé un large éventail de discussions et de débats en cours et ont dynamisé le secteur de la conception, de la construction et de l'utilisation de l'espace architectural et urbain. Cependant, ce sujet a été essentiellement omis de mes études d'architecture en licence et en master. J'ai toujours cru que certains chercheurs étaient aux prises avec les défis et les problématiques posées par les technologies numériques. Corrélativement, plusieurs projets de recherche ont abordé la question de l'apport des technologies de l'information et de la communication à l'espace urbain et le rôle du design digital sur la ville, citant les travaux de Wachter Serge et Antoine Picon. Cependant, d'autres se sont penchés sur la question de l'impact des outils informatiques et des nouvelles technologies sur les modes de conception et de construction afin de clarifier les ambiguïtés conceptuelles induites par l'absence de relation entre la pratique et la théorie de l'architecture lorsqu'elle utilise les technologies numériques. On citera notamment les travaux de Loveridge Russell Alexander en 2012, Yehuda E. Kalay en 2006, Bonhomme Sylvain en 2008. Ajoutant aussi le travail de magister de Salhi Boutheina en 2009 qui nous a aidé à définir quelques termes et comprendre l'admission du numérique en Algérie pour une société contemporaine de l'information et savoir la réaction du peuple contre cette technologie.

A cet égard, nous soulignons la rareté des travaux scientifiques abordant spécifiquement la thématique qui est l'impact du numérique sur la conception, l'usage et la pratique de l'espace architectural, où le contexte général favorise la poursuite de l'application des avancées technologiques dans le développement de nouveaux projets contemporains. En effet, le concepteur peut utiliser ces avancées technologiques (BIM, approche paramétrique....) pour étudier les effets de cette intégration sur l'objet architectural (plus d'efficacité énergétique, nouvelles formes architecturales, architecture non standard). Viennent ensuite les technologies numériques utilisées par le bâtiment lui-même pour son fonctionnement, qui s'appuie sur des capteurs. Enfin, l'utilisation du numérique par les usagers de l'espace (objets connectés, outils de collaboration visuelle, casques de réalité augmentée) a influencé la façon dont les espaces sont perçus.

L'émergence simultanée de nouvelles méthodes de travail conceptuelles, de nouveaux usages et pratiques et de nouvelles perceptions de l'espace architectural à la suite de ces trois avancées technologiques m'a fait réaliser la valeur de leur recoupement et a eu

un impact significatif sur la création et l'achèvement du présent travail de recherche. Ce dernier apportera une contribution d'aide à la décision qui sera mise à la disposition des organisations souhaitant changer leur mode de fonctionnement.

## **1.2. Problématique**

L'arrivée et la profusion des outils et de dispositifs numériques au cours des dernières années ont bouleversé le domaine de l'architecture et influencé la matérialité des bâtiments et leurs espaces. Ces avancées technologiques nous contraignent à repenser les espaces architecturaux, influent leurs appropriations, exercent des effets spatiaux, tendent à mobiliser les usagers, à les faire agir ou réagir... Cet état de fait nous a poussés à repenser les espaces architecturaux qui ont connus une mutation d'un espace architectural traditionnel avec ses limites physiques à un espace hybride dans sa simplicité, complexité, souplesse, réactivité et originalité engendrant une situation sensorielle dans laquelle l'utilisateur est plus impliqué et immergé dans une nouvelle dimension.

La question de l'impact des technologies numériques sur l'architecture est actuellement étudiée à plusieurs échelles spatio-temporelles. Les quelques exemples répertoriés abordent des problématiques très précises et se limitent à certains paramètres tels que la dématérialisation de l'espace réel, les bâtiments intelligents, le confort et l'ambiance, les ambiguïtés conceptuelles de l'espace urbain, la pratique et la théorie de l'architecture contemporaine... Dans notre cas, nous nous intéressons à une nouvelle dimension qui conduit à redéfinir l'usage et la pratique de l'espace architectural, tout en introduisant de nouveaux concepts pour le révéler, face à d'innombrables limitations physiques telles que l'espace, le temps, le coût...

Néanmoins, lors de la revue de littérature, très peu de recherches ont été réalisées sur les nouveaux usages, concepts et perspectives liés à l'intégration du numérique dans l'espace architectural. De plus, peu de chercheurs qui se sont penchés sur la conception d'infrastructures contemporaines ou la réhabilitation de bâtiments existants dans le but de les rendre plus efficaces, intelligents et de bonne qualité. Nous tenterons alors de nous concentrer sur ces différences et d'ouvrir le champ d'action sur la coopération et la coexistence des nouvelles technologies et des nouveaux moyens numériques avec l'espace architectural.

Dans ce travail de recherche, notre ambition est de façonner et de redéfinir l'efficacité de la conception et de l'usage de l'espace ainsi que les concepts clés de l'organisation spatiale

et de l'expression architecturale contemporaine. Cette nouvelle compréhension de l'espace nous permettra de l'utiliser de manière plus judicieuse, tant en termes d'occupation et d'utilisation de l'espace que de manière dont il améliore notre expérience de celui-ci.

Comme la plupart des pays en voie de développement, l'Algérie s'est préparée pour entrer dans cette ère numérique et a adopté une politique publique dédiée à la création des zones technologiques pour encourager l'émergence d'une société contemporaine, civile et active (Jankari, 2014). Ce n'est que dans les années 2000 qu'elle s'est retrouvée à l'épicentre d'un mouvement de développement visant à faire de l'ère numérique un levier de modernisation et une source de défi majeur.

De plus, le contexte Algérien assiste pour l'instant à une entrée imperceptible du numérique dans le secteur du bâtiment ; et subit des obstacles pour l'élaboration des projets précurseurs en matière de technologie et d'énergie. Cela nécessite en outre de mettre en place un cadre technique réglementaire cohérent, à mesure que les modalités de mise en œuvre de ces projets se renouvellent et que de nouvelles tâches et méthodes émergent.

En somme, la connaissance de l'état de la propagation des technologies numériques dans le secteur du bâtiment en Algérie est assez limitée (**verrou n°1**). En outre, il apparaît que le besoin en outils conceptuels qui font une interface pour analyser efficacement l'état de l'intégration des technologies numériques dans l'espace architectural est à souligner (**verrou n°2**). Enfin, Il semble également qu'un manque d'outils d'aide informative censée fournir des sources de données fiables qui dépassent largement le cadre purement technique ou économique, est à prendre en considération dans les différents processus d'élaboration des projets précurseurs en matière de technologie (**verrou n°3**).

A partir de là nous avons développé notre objectif principal qui se penche sur la construction d'une architecture capable de relever les défis de la modernité, de la spaciosité et de la haute technologie. C'est la raison pour laquelle nous insistons sur la compréhension de la fusion de la conception extérieure et intérieure, des spécificités structurelles, de l'automatisation des systèmes et de la gestion des installations... L'enjeu est d'envisager un univers contemporain inédit dans sa physionomie, où chaque usager devient un collaborateur énergisant, informé, exigeant, connecté et capable de faire évoluer significativement la variété des espaces et leurs agencements.

Pour résoudre ce problème, il est impératif d'introduire de nouveaux concepts, de nouvelle ergonomie d'usage, de nouvelles fonctions spatiales, de nouveaux aspects

émotionnels et sensoriels et de nouvelles attentes, dans la manière dont nous concevons et développons des structures futuristes algériennes qui doivent d'être incontestablement performantes, intelligentes et de bonne qualité. A cet effet, ce projet de thèse consistera à ; faire entrer notre pays dans l'ère numérique en passant d'une entité statique à une entité dynamique et active, lutter contre la généralisation d'un style architectural habituel et généraliser l'utilisation des nouvelles technologies dans les bâtiments conçus en Algérie et se déployer d'une manière plus libre et plus efficiente face à la complexité de la réalité.

À la lumière de ces considérations et ces réflexions avancées, une question fondamentale s'est posée à nous : **Comment passer d'un usage classique de l'espace architectural à un usage qui subit l'intégration des technologies numériques et interagit avec son milieu environnant ? En quoi et comment ces technologies impactent sur la pratique de l'espace architectural dans le Cyberparc de Sidi Abdellah et le CIC d'Alger?**

**En d'autres termes, Quelles sont les lignes directrices et les orientations qui découlent de ces nouveaux usages afin d'entretenir un processus de changement organisationnel fonctionnel et viable en Algérie ?**

Dans ce questionnement général, s'inscrivent de nombreuses interrogations plus spécifiques, et nous avons retenues celles qui nous ont le plus interceptées et auxquelles nous avons essayé de répondre et que l'on exprime ainsi :

- Comment peut-on moderniser l'espace architectural grâce aux technologies numériques ? Quels sont les concepts et les notions les plus pertinents dans la détermination de leur impact sur l'usage de l'espace architectural ?

- Notre expérience au sein de l'espace architectural demeure toujours la même dans un monde introduit par le numérique ? Quelles perspectives, susceptibles de créer un espace plus efficace, intelligent, économique et approprié aux besoins des usagers ? Quelles interactions se créent ? et Comment sont-elles perçues et reçues par les usagers ?

- Est-ce qu'une approche d'optimisation peut répondre aux diverses préoccupations et particularités d'un contexte algérien ? Quel serait son impact sur l'affermissement de l'usage et la pratique de l'espace sous l'effet de la technologie numérique ?

- Quelles transformations architecturales sont dépeintes dans le Cyberparc de Sidi Abdellah et le CIC d'Alger ? Comment les utiliser et les transformer en solutions pertinentes adaptées aux futures structures contemporaines ?

### **1.3. Hypothèses**

Relativement aux questionnements soulevés par notre problématique, nous sommes amenés à formuler les hypothèses suivantes ; qui seront vérifiées tout au long de cette étude :

**Hypothèse 1 :** L'intégration des technologies numériques dans l'espace architectural redéfinit non seulement l'organisation spatiale et l'expression architecturale standard, mais elle modifie également le comportement des utilisateurs et la façon dont ils occupent et utilisent l'espace. Ces technologies intégrées lui attribue un nouveau dialogue le qualifiant de sensible, expressif, intelligent, durable, automatisé et interactif et devrait atteindre des perspectives relatives à l'apparence et la physionomie du bâtiment, à la visualisation dynamique et fluide de l'espace intérieur, à l'ambiance et l'aspect esthétique que causent l'environnement qui nous entoure et à la gestion efficiente des services.

**Hypothèse 2 :** L'optimisation de l'usage et la pratique de l'espace sous l'effet de la technologie numérique pourrait s'affirmer par la prévision d'approche et outil référentiel pourvoyant de nouvelles prouesses architecturales et technologiques pour de futures structures contemporaines qui devraient être plus performantes, intelligentes et de haute qualité.

### **1.4. Objectifs de recherche, moyens et manière de concrétisation**

Afin de pouvoir vérifier les hypothèses émises, nous nous sommes fixés trois objectifs principaux pour guider ce travail.

**Le premier est d'améliorer l'état de connaissances des nouveaux usages, concepts et perspectives liés à l'intégration des technologies numériques dans l'espace architectural.**

- Il s'agira de convoquer des connaissances et des savoirs pour construire une compréhension globale et transversale du thème de recherche et de créer des liens en relation avec d'autres sujets pour exploiter les données disponibles.

- Notre travail consistera pareillement à collecter des données sur les nouveaux usages de l'espace à l'ère numérique à travers une analyse approfondie et à identifier plusieurs spécificités architecturales, pour ensuite fixer les concepts clés exprimant l'espace

architectural qui peut s'adapter au contexte, se développer et se transformer, interagir avec son environnement, comme un organisme vivant.

- Sur la base de ce dernier, les spécificités de chaque concept sont à classer en groupes d'indices.

-Visant à la fois l'optimisation de l'espace architectural et l'ouverture de l'étendue conceptuelle, imaginaire et créative, une organisation des connaissances et des informations constituées en perspectives attendues est distinguée.

**Le second est de proposer une approche exploratoire pour la mise en valeur de la performance, la qualité et l'intelligence des espaces architecturaux et donc la confirmation de l'impact que cause le numérique. En effet, quatre étapes sont à accomplir :**

- Exploiter les connaissances et les savoirs pour proposer une approche de mesure et de jugement d'un ensemble de perspectives, d'indices et de sous-indices.

- Etablir un questionnaire et des entretiens destinés à un panel d'experts.

- Utiliser le logiciel AHP pour générer un poids pour chaque groupe de perspective et indice en fonction des comparaisons par paire.

-Pour vérifier la cohérence du résultat, l'AHP propose une mesure de validation de la fiabilité pour détecter les défauts des calculs et donne une crédibilité à l'évaluation des experts par le calcul du ratio de cohérence (CR).

**Le troisième objectif est de tester l'approche développée sur terrain et de proposer des recommandations afin d'apporter des correctifs et promouvoir une évolution continue des usages aux futures structures contemporaines.**

-Pour ce faire, notre stratégie s'appuie fortement sur notre compréhension et connaissance du terrain d'étude, rendue possible par la mise en place d'une enquête par questionnaire auprès des usagers de deux types de bâtiments différents selon le temps et l'espace. Il s'agit du Cyberparc de Sidi Abdellah et du CIC d'Algérie.

- Le traitement des données de l'enquête par questionnaire est basé sur le logiciel SPSS en faisant des tests descriptifs ainsi de la corrélation bivariée.

-Un sous-objectif d'ordre pratique, porte sur l'élaboration des lignes directrices et des orientations comme outil référentiel destiné aux acteurs du bâtiment souhaitant modifier leur mode de fonctionnement. Cet outil d'aide est à appliquer dans un processus de développement de futurs bâtiments dans le but de les rendre plus efficaces, intelligents et de bonne qualité.



## **1.5. Raisons du choix des cas d'études**

Notre travail de recherche porte principalement sur la façon dont les espaces architecturaux sont utilisés à l'ère du numérique. Pour cette raison et afin d'appliquer notre méthodologie au sens large, le travail de terrain s'est concentré sur deux fonctions différentes. Il concerne le Cyberparc Sidi Abdellah et le Centre International de Conférences d'Alger (CIC). Ces bâtiments ont été choisis parmi un large éventail de bâtiments pour plusieurs raisons.

En premier lieu, notre choix s'est fixé sur ces deux cas d'étude sachant qu'à travers nos recherches bibliographiques qu'aucune recherche architecturale de niveau doctoral n'a été faite sur eux. De plus, compte tenu de la situation économique actuelle en Algérie, où l'accent doit être déplacé des hydrocarbures vers les TIC et les industries culturelles, ces deux cas symboliques, incarnent la nouvelle image des projets précurseurs de modernisation des bâtiments intégrant les nouvelles technologies en Algérie.

Parallèlement, nous avons choisi les secteurs de la culture et des TIC car nous les considérons comme des sources pertinentes et innovantes pour l'architecture. De plus, l'objectif de ce travail de terrain est de favoriser les conditions qui amélioreront l'intelligence, l'efficacité et la qualité des futurs projets architecturaux en Algérie.

Par ailleurs, les prototypes d'étude choisis se différencient non seulement par leurs types d'usages, mais aussi par leurs scénarios de fonctionnement et d'utilisation, leurs compositions, leurs formes et leurs volumes, ainsi que leurs systèmes structurels, leurs services, équipements et dispositifs spécifiques appliqués... En fait, ce sont ces différences qui permettent de déduire toutes les réponses aux questions soulevées par notre problème et jetteront les bases d'un nouveau style architectural.

Finalement, notre intérêt pour ces deux cas n'a cessé de croître au fil du temps. Principalement par les visites de sites effectuées depuis 2016 et la qualité des services fournis, compte tenu de l'accueil et de l'attention accordés, de l'accessibilité à l'information, de l'écoute et de l'orientation qui s'effectuent dans des conditions idéales. Nous avons pu obtenir les informations dont nous avons besoin pour démarrer le travail grâce à nos relations directes avec les responsables du Cyberparc et du CIC.

## **1.6. Méthodologie de recherche**

Cette recherche porte sur la confirmation de l'incidence que causent les technologies numériques en architecture en général et plus particulièrement sur la réorganisation des espaces architecturaux ainsi leurs nouveaux usages et appropriations. Ainsi, il s'agit d'apporter des solutions efficaces pour réactualiser les usages aux futures structures contemporaines algériennes. Pour y parvenir, une combinaison d'outils, de méthodes et de stratégies de recherche qualitative et quantitative a été utilisée, et cela en deux parties essentielles.

La première partie consiste à développer un cadre conceptuel qui reprend les fondements théoriques de la thématique développée. Ce cadre est approprié à notre domaine d'étude et répond le mieux aux objectifs précédemment fixés. Il s'appuie principalement sur une recherche bibliographique de documents pertinents dans le but de définir les différents concepts de base se rapportant au thème et de mieux comprendre et traiter le sujet de recherche. Pour ce faire et pour établir l'état de l'art de cette recherche, nous avons rassemblé des articles, des livres, des projets de recherche, des publications scientifiques, des actes de colloques et de conférences, des journées d'étude, ainsi que des données théoriques provenant des sites Web et de sources médiatiques. Ensuite, il s'achève par l'identification des caractéristiques révélatrices de l'architecture du bâtiment intelligent à travers une analyse de contenu d'un ensemble de projets intégrant la technologie numérique. Chaque expression architecturale a une valeur à la fois fonctionnelle et conceptuelle, selon le lieu et la période de construction. Les observations de l'analyse ont servi de base à la spécification d'un nouveau modèle spatial qui encourage l'interaction et l'immersion. Ce modèle d'espace pourrait servir de tremplin pour d'autres recherches sur les concepts d'ordre spatial et fonctionnel, les plus pertinents de l'espace architectural intelligent.

La première partie est accomplie par une élaboration d'une approche exploratoire. Plusieurs techniques et outils qui ont été identifiés comme étant les plus efficaces pour réaliser cette approche, notamment : une revue de la littérature pour enrichir le corpus de connaissances sur les éventuels critères pour une mise en valeur d'un espace architectural. Pour authentifier la cohérence et l'homogénéité de l'approche, le recours à des enquêtes et entretiens à effectuer auprès des experts dans ce domaine était nécessaire. En utilisant le processus d'analyse hiérarchique AHP pour l'agrégation et la pondération des thèmes et des indices, des questionnaires ont été établis. En effet, quatre thèmes et 17 indices de l'approche

proposée sont définis pour l'optimisation des caractéristiques révélatrices de l'intelligence, la qualité et la performance d'un espace architectural.

Après la définition de la structure globale de l'approche exploratoire, la deuxième partie consiste à effectuer des essais d'expérimentation de l'approche sur deux cas d'étude réels à savoir le Cyberparc de Sidi Abdellah et le centre international de conférences d'Alger (CIC). Cette partie vise à vérifier voire, valider les principales caractéristiques considérées comme révélatrices du degré d'intelligence, de qualité et de performance du bâtiment intelligent. A cet égard, plusieurs outils d'investigation sont utilisés pour la collecte et l'analyse des données. Des visites in situ et des observations de l'environnement immédiat des deux cas d'étude, ainsi qu'une observation plus approfondie des détails architecturaux et des éléments spatio-fonctionnels ont été effectuées. En outre, une collecte d'informations architecturales scientifiques a été utilisée dans cette analyse pour élaborer l'organisation spatiale des deux cas pris pour l'étude (fiche techniques, cartes, plans, coupes, façades...).

Des entrevues et des entretiens ont été menés auprès d'ingénieurs et de concepteurs qui ont participé à la construction de ces structures ou qui en avaient connaissance. De plus, afin d'avoir une compréhension potentielle du travail de recherche et d'acquérir une connaissance variée des bâtiments pour fournir des résultats plus fiables, il était nécessaire d'organiser des rencontres avec les responsables du Cyberparc et du CIC. Une enquête par questionnaires, outil crucial pour fournir les données manquantes et appréhender la complexité du contexte de l'étude afin d'en reconnaître les grands principes directeurs a été établie. Ce questionnaire est destiné aux usagers quotidiens des bâtiments en question pour la validation des principales caractéristiques des bâtiments afin d'atteindre une intelligence, une qualité et une performance. De plus, les résultats de cette enquête sont traités à l'aide des logiciels des statistiques Excel et d'IBM-SPSS version 25. Les données recueillies sont analysées à travers des statistiques descriptives des thèmes abordés en calculant la fréquence, les pourcentages, les moyennes, les variances et les écarts-types. Ensuite, nous avons croisés les données personnelles et les variables à choix unique qui concernent l'appréciation de l'utilisateur sur plusieurs facteurs affectant son confort, son bien-être, sa sécurité au sein des cas d'étude. Nous avons effectués une analyse de corrélation bivariée de Spearman et une analyse factorielle (ACP) qui utilisent toutes deux des variables qualitatives ordinales basées sur l'échelle de Likert.

## 1.7. Plan général de la thèse

Afin de répondre à notre problématique, au questionnement soulevé et aux hypothèses émises précédemment, ce travail de recherche est organisé en six chapitres, suivis d'une conclusion générale (Figure 1.1). Il s'organise autour de deux parties principales : la première est un cadre de recherche 'approche exploratoire' à dominance théorique, et la seconde consiste à présenter le processus d'élaboration d'un outil d'aide à la décision pour réactualiser les usages aux futures structures contemporaines algériennes plus orienté vers la pratique.

La première partie de ce travail est un état de l'art concernant d'une part du sujet de recherche, d'autre part les nouveaux usages et les concepts clés révélant l'espace à l'ère numérique, et enfin les principales perspectives visant la mise en valeur de l'espace architectural. Cette section représente notre premier résultat **(R1)** : une base de connaissances multidisciplinaire. Sur la base de ce dernier, un cadre de recherche d'une approche exploratoire a été défini. Ce cadre se compose d'un outil conceptuel de mesure et de jugement constitué d'un ensemble des thèmes, indices et sous indices **(R2)** qui s'appuie sur des entretiens et un questionnaire AHP adressés à un panel d'experts **(R3) et (R4)**. Ces trois derniers résultats ont servis de base à la façon dont nous avons structuré le reste de notre travail. Dans une deuxième partie, nous présentons les résultats de notre enquête auprès des usagers quotidiens. Celle-ci est accomplie en deux temps : des observations et des entretiens **(R5)**, suivis d'un questionnaire composé de variables et basé sur l'approche **(R6)**. Enfin, le travail s'achève par une présentation des recommandations issues des tests établis à l'aide du logiciel SPSS et une proposition d'un outil d'aide à la décision destiné aux acteurs du bâtiment souhaitant apporter des transformations ou concevoir des bâtiments adaptées aux futures structures contemporaines à l'ère du numérique **(R7)**.

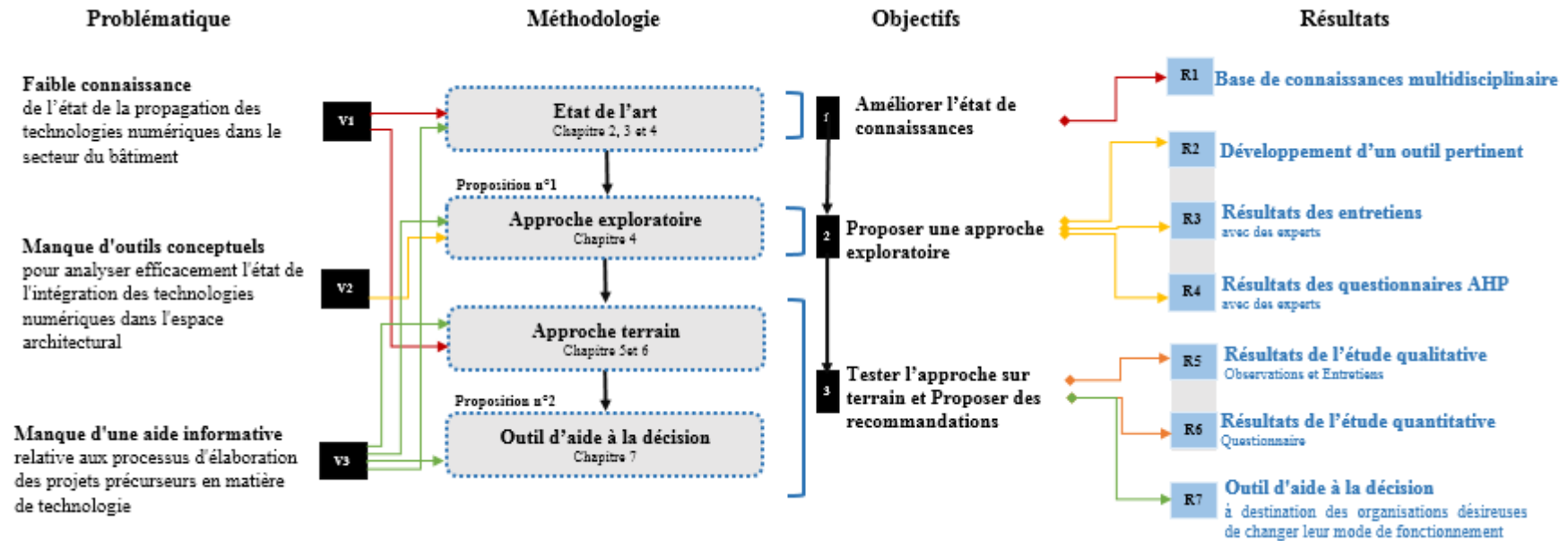


Figure 1.1 : Plan général de la thèse. Source : Auteur, 2023

Cette thèse comporte huit chapitres dont le résumé des contenus est donné ci-dessous :

**Chapitre I :** Introduction générale

**Chapitre II :** L'architecture à l'ère numérique : catalyseur d'une mutation majeure et un renouvellement des projets architecturaux

Ce chapitre décrit le contexte général de l'architecture à l'ère numérique. Il met en lumière l'impact des nouvelles technologies sur l'architecture en général et plus particulièrement sur la pratique de l'espace. Ensuite, il aborde les origines et les développements récents de l'architecture numérique, ce qui progressivement amène à parler des paradigmes clés de conception, de production et de fabrication de modèles numériques ainsi que de la variété des matériaux utilisés pour arriver à de nouveaux usages et pratiques de l'espace architectural. Dès lors, il concentre sur une tentative de conceptualisation de l'idée d'espace et de ses exigences technologiques. Enfin, il rassemble les caractéristiques de l'espace architectural à l'ère numérique.

**Chapitre III :** Identification des différents usages de l'espace architectural sous l'effet des technologies numériques

L'objectif principal de ce chapitre est de déterminer comment l'utilisation de l'espace architectural sera impactée par la technologie numérique et, par conséquent, comment la pratique de l'architecture évoluera. Il aborde de manière exhaustive l'envergure et la place que la technologie a aujourd'hui dans la perception de l'espace architectural dans divers types de bâtiments. Il met en lumière les évolutions majeures intervenues dans diverses études de cas contemporains afin de cerner certaines caractéristiques architecturales qui existent lors de l'intégration numérique dans les bâtiments. De plus, l'analyse de contenu aide à élargir notre catalogue de concepts architecturaux.

**Chapitre IV :** Construction d'une approche exploratoire pour la mise en valeur des espaces architecturaux à l'ère numérique

Le chapitre commence par mettre en évidence les différents concepts architecturaux qui pourraient conduire à la création d'un espace plus efficace, intelligent, rentable et adapté aux besoins des utilisateurs. Ensuite, en utilisant une approche expérimentale, un outil utile pour examiner et vérifier l'influence de la technologie numérique sur l'usage et la pratique de l'espace architectural a été développé. Dans la dernière section de ce chapitre, les

fondements théoriques de l'approche 'thèmes, indices, sous indices' sont définies afin de produire des données utilisables et applicables sur le terrain. Cela à travers une revue approfondie de la littérature, des entretiens et des questionnaires avec des experts en la matière pour accroître la crédibilité et la fiabilité, tout en appliquant le processus d'analyse hiérarchique AHP basé sur des équations mathématiques.

#### **Chapitre V :** Le paradigme des nouveaux usages à l'ère numérique à travers le cas du Cyberparc de Sidi Abdellah et du CIC d'Alger

Ce chapitre s'intéresse à la définition du cadrage spatial pour confronter notre approche à deux cas d'étude qui diffèrent l'un de l'autre non seulement en termes de types d'usages mais aussi en termes de scénarios d'exploitation et de fonctionnement, de forme et de volume, de services et d'équipements... Il convient d'abord d'explorer les motivations qui ont contribué à la décision de sélectionner les cas d'étude qui sont suivis par un bref aperçu de l'industrie des TIC en Algérie avant d'utiliser le Cyberparc, le premier pôle technologique du pays, comme cas initial de notre étude. Ensuite, le cadre actuel des projets de médiation culturelle, scientifique et politique en Algérie avant de retenir le CIC d'Alger comme second cas a été établi. Enfin, le chapitre présente une étude qualitative développée à travers des visites sur site, des observations, des lectures approfondies et des discussions avec des architectes et des ingénieurs qui ont été directement impliqués dans la création de ces structures ou en ont eu connaissance.

#### **Chapitre VI :** Investigation pragmatique à travers une variété de méthodes statistiques pour une optimisation du degré d'intelligence du Cyberparc de Sidi Abdellah et du CIC d'Alger

Ce chapitre décrit l'enquête par questionnaire menée auprès les usagers du Cyberparc de Sidi Abdellah et du CIC d'Alger. En utilisant IBM-SPSS Version 25, les données collectées sont traitées séparément à l'aide d'une gamme de tests statistiques. Des statistiques descriptives et des combinaisons des données personnelles avec les variables à choix unique pour voir si une relation est présente, ont été effectuées. Une nouvelle cartographie des variables à l'aide de tests de corrélation de Spearman en plus de l'analyse des principales composantes (ACP) des variables ordinales comme étant représentatives des appréciations des usagers, a été créée.

#### **Chapitre VII :** La technologie numérique : un enjeu majeur dans la conception et l'usage de l'espace architectural

Ce chapitre est consacré à l'interprétation et à la discussion des résultats de l'étude qualitative et quantitative. En fait, ce chapitre se veut une réponse utile à notre problématique et confirme amplement les hypothèses émises au début du travail. Il met l'accent sur les recommandations qui seraient proposées aux architectes, gestionnaires et autres acteurs de l'édification des références réglementaires pour les accompagner dans le développement des futures structures contemporaines en Algérie. La dernière section de ce chapitre se concentre sur la façon dont nous pourrions utiliser les connaissances collectives accumulées grâce à nos travaux de recherche (état de l'art, entretiens, questionnaires, réflexion personnelle...) pour développer un outil référentiel qui peut être utilisé dans une variété de situations. Cet outil combine un certain nombre de points cruciaux à considérer pour un processus de changement organisationnel en Algérie.

**Chapitre VIII :** En conclusion, les résultats de la recherche sont présentés avec leurs limites et toutes les perspectives méthodologiques futures potentielles à envisager.



## **CHAPITRE II : L'ARCHITECTURE A L'ERE NUMERIQUE : CATALYSEUR D'UNE MUTATION MAJEURE ET UN RENOUVELLEMENT DES PROJETS ARCHITECTURAUX**

### **Introduction**

La notion du numérique est multiple et transdisciplinaire, elle s'applique à toutes les sphères de la vie. En fait, l'architecture explore ce pont en utilisant des outils de conception, de fabrication et de construction assistés par ordinateur ainsi que des techniques d'interaction et de communication basées sur les médias. Cette nouvelle architecture est axée sur les pratiques des usagers en tant qu'élément central dans un espace architectural contemporain doté de la technologie la plus pointue. À partir de là, nous avons essayé de nous situer dans le domaine d'étude qui correspondait le mieux aux objectifs que nous nous étions précédemment fixés pour notre recherche.

Ce premier chapitre décrit le contexte général de l'architecture à l'ère numérique. Il tend à mettre en évidence l'impact des nouvelles technologies sur l'architecture en général et plus particulièrement sur la pratique de l'espace. Nous présentons dans un premier temps les préliminaires théoriques nécessaires pour la modélisation de la problématique qui nous intéresse. Il s'agira de convoquer des connaissances et des savoirs pour construire une compréhension globale et transversale du thème de recherche et de créer des liens en relation avec d'autres sujets pour exploiter les données disponibles. Nous avons essayé donc de définir l'architecture numérique et ses concepts pour faire le rapport avec le volet spatial.

Nous avons évoqués ensuite la genèse et les évolutions récentes de l'architecture numérique, ce qui nous a progressivement guidés à discuter les principaux paradigmes des modèles de conception numérique et les modèles de fabrication et de production, ainsi que la diversité des matériaux utilisés pour la construction de modèles numériques d'espaces pour arriver à de nouveaux usages et pratiques de l'espace architectural.

Dès lors, nous nous sommes concentrés sur un essai de conceptualisation de la notion d'espace et ses exigences technologiques qui permettent aux usagers de naviguer dans un environnement immersif et de leur offrir un moment amusant et social pour vivre une expérience intéressante. Pour finir, nous nous sommes focalisés sur les attributs de l'espace architectural à l'ère du numérique où nous avons essayé de comprendre comment l'espace est considéré comme un objet de représentation et également, un support de pratiques qui obéit le principe d'efficacité fonctionnelle de la mobilité et des services.

## **2.1. Concepts et fondements théoriques**

Après la révolution numérique et l'intégration de l'automatisation et de la robotisation dans l'ensemble de toutes les branches d'activités, de nouveaux termes sont nés et ont complètement exercé une incidence transversale sur les méthodes de travail, la pratique du design, la communication, la perception de l'espace et d'autres domaines connexes ; créant ainsi une architecture qui défie les notions d'espace et qui utilise l'interactivité, l'intelligence et la durabilité à travers la participation des usagers.

Notons les technologies de l'information et de la communication (TIC) qui regroupent l'ensemble des moyens et outils, utilisés pour le traitement, l'échange, la transmission, la création, le stockage, la communication, l'enregistrement et la présentation d'informations, sous forme vocale, d'images et de données contenues dans des signaux de nature acoustique, optique ou électromagnétique (Jimmy, 2005). Également, les nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC), qui sont un atout précieux pour la rapidité du traitement de l'information. Ces nouvelles technologies rassemblent des outils et dispositifs liés à l'informatique, la télécommunication et l'audiovisuel, tels que les smartphones, les micro-ordinateurs, les tablettes, les logiciels apportant un gain de temps et de productivité aux usagers.

Ajoutant aussi le numérique, qui est une dénomination en relation avec l'innovation et la technologie, souvent utilisé dans notre vie quotidienne. Ce concept a chamboulé tous les domaines et a bouleversé notre savoir et notre manière de voir les choses, en offrant un nouveau sens aux pratiques de l'individu dans son milieu de vie. Bill Gates avait prédit que la première décennie du troisième millénaire serait connue sous le nom de la décennie numérique. Il pensait que, tous les aspects de notre vie seraient influencés par le domaine numérique (Leach, 2002). Néanmoins, comme dans d'autres domaines, l'architecture n'échappe pas à cette ère numérique et se trouve par conséquent engagée dans une mutation flagrante dans ses pratiques tant dans la conception (représentation et génération d'idée) que dans la production (machines à contrôle numérique) (Ali, 2002).

### **2.1.1. L'architecture numérique**

L'architecture numérique, une nouvelle appellation d'un style architectural contemporain très marqué ; original et innovateur, privilégié au début des années 1990 ; et habilité par l'ordinateur et d'autres outils numériques évolutives dans sa logique en renouvelant ses prescriptions et son langage, son processus de conception, ses techniques de

production et de construction... Selon Zellener, le numérique doit être au cœur des nouvelles approches à l'architecture car il intervient comme un nouvel âge et une nouvelle théorie et aussi un dispositif d'interaction, de production des plans, de projection, de visualisation et de modélisation... (Zellener, 1999). Les premières expositions qui témoignent de l'émergence de cette architecture sont ArchiLab à Orléans (1999, 2000), Latent Utopias à Graz (2002), et Architectures non standard à Paris (2003, 2004).

L'historien français Jean Brangé a mentionné dans son texte, que l'architecture numérique est conçue avec des méthodes numériques, mathématiques ou algorithmiques. [...] Mais l'architecture n'a pas attendu l'ordinateur pour devenir numérique : son histoire est jalonnée d'œuvre dont la conception mathématique ou géométrique préside à la définition de la forme et de l'espace (Brangé, 2001). De plus, Antoine Picon a prédit dans son livre *Digital Culture in Architecture* qu'il existe différentes façons de conceptualiser l'architecture numérique. On peut se contenter de la voir comme l'architecture produite à l'âge de l'ordinateur et des autres outils numériques (Picon, 2010).

### **2.1.2. Le bâtiment et le numérique**

L'utilisation du numérique dans l'architecture, constitue un puissant levier de modernisation et ouvre la porte à bon nombre d'innovations par autant d'atouts qui auront sans doute, des répercussions majeures dans le futur proche notamment sur les bâtiments architecturaux. Le champ de ces derniers va à la conception et la fabrication des bâtiments digitaux et à l'apparition de géométries innovatrices conçus et construits structurellement, formellement et fonctionnellement selon des principes qui améliorent leur durabilité, intelligence et interactivité en utilisant les systèmes techniques automatisés et les nouveaux itinéraires intelligents et communicants qui évaluent l'environnement interne et externe pour atteindre un niveau de performance et de contrôle maximal. Selon Zellner, les outils numériques sont à l'origine de la conception et de la réalisation d'objets architecturaux originales et spécifiques, des formes et espaces qui sont essentiellement hybrides, car ils sont le résultat du mélange entre l'architecture et la technologie (Zellener, 1999).

### **2.1.3. L'espace architectural à l'ère du numérique**

Dans une époque caractérisée par l'automatisation, l'immatérialité et l'interaction entre l'extérieur et l'intérieur, le réel et le virtuel, les espaces architecturaux deviendront de plus en plus intuitifs, grâce à l'infiltration d'un nombre croissant des technologies numériques et des dispositifs intelligents permettant d'enrichir le milieu physique ainsi de

redéfinir la façon dont nous construisons, vivons, communiquons, travaillons, jouons.... en offrant au corps des usagers une toute nouvelle interactivité avec son environnement (milieu physique). L'espace architectural donc n'est plus stable, autonome et homogène, mais devient interactif, tactile et fluide (Buci-Glucksmann, 2001). Selon Marcos Novak : L'espace, n'est plus innocent. Sous l'influence de la science et de la technologie, l'espace est devenu une composante d'un nouvel espace et composite où coexistent le local, le lointain, le téléprésent, l'interactif, le virtuel (Novak, SD).

## **2.2. Brève historique de l'architecture numérique : genèse et évolutions**

Le début de l'utilisation des technologies numériques remonte au début des années 1960 au sein de l'industrie aérospatiale et automobile, elle s'est élargi ensuite au domaine du design industriel ; pour arriver aux années 80 où plusieurs architectes et théoriciens ont encouragé l'adoption de la technologie numérique dans l'architecture et l'urbanisation (Mostafavi & Leatherbarrow, 1993). Cette dernière a été profondément remodelée et a redéfini ses frontières, son langage de représentation et son approche de la génération de formes (Le Corbusier, 1923).

Aujourd'hui, nous sommes témoins que l'idée du projet architectural n'est pas la même de la période de la renaissance ou du baroque. Nous sommes maintenant à l'ère numérique où de nouvelles expressions architecturales ont été émergées. Les architectes, se sont concentrés au début sur la production architecturale numérique en utilisant des procédés et des techniques identiques à celles utilisées dans l'industrie. Puis, ils ont anticipé la conception assistée par ordinateur (CAO) ; qui de nos jours, prend une place fondamentale et nécessaire dans la majorité des studios de design architectural pour représenter virtuellement ou clarifier leurs idées créatives. Bernard Tschumi a créé en 1992 un studio de design avec des jeunes architectes dont Greg Lynn, Hani Rashid, Jesse Reiser, Bill Mac Donald et Sulan Kolatan afin de donner naissance à de multiples réalisations architecturales caractérisées par une absence d'orthogonalité en utilisant de nouvelles méthodologies dans le champ de la conception architecturale (Jean-Pierre, SD) (Marine, 2009). Selon l'architecte Franck Gehry (Figure 2.1) : 'Le musée Guggenheim à Bilbao et la salle de concert Disney à Los Angeles, ne pourraient pas exister aujourd'hui si nous n'avions pas rencontré Dassault, parce qu'il n'y avait aucun moyen d'explorer ce genre de formes et de les rendre économiquement faisables' (Martin, 2004).

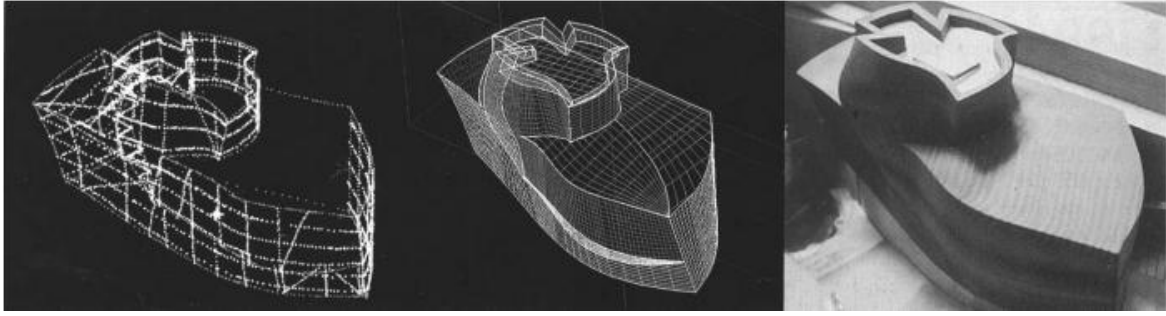


Figure 2.1 : Sketch de Frank Gehry par Dassault. Source : Martin, 2004

La technologie numérique permet donc de : créer une variété de formes complexes avec une grande facilité en utilisant des algorithmes informatiques, produire une image réelle de l'immeuble avant qu'il soit effectivement construit et accroître les possibilités dans la conception architecturale, plutôt que de simplement la production. La question aujourd'hui, comme le souligne Antoine Picon, spécialiste de l'histoire des technologies de l'architecture à la ville numérique, dans son ouvrage *Culture numérique et architecture*, n'est plus de savoir si le numérique est une bonne ou une mauvaise chose pour l'architecture ; il s'agit plutôt de comprendre vers quoi elle s'oriente sous son influence car la forme maintenant suit l'outil, et à l'ère de l'information, cet outil permet tout ce qu'une personne désire (Picon, 2010). Dans un entretien avec lui autour de l'informatique, il a tenté de décrire une image de près, sur quoi vraiment l'outil numérique a transformé le métier d'un architecte. Il a dit dans ce sillage : « c'est un peu compliqué. Il y a d'abord eu l'influence, depuis les années 50, d'une perspective calculatoire sur l'architecture. Puis, depuis les années 90, la profession s'est informatisée. A l'école d'architecture de Harvard (aux USA), il y a peut-être plus d'ordinateurs qu'au département de physique ! L'informatique a complètement transformé la profession. Aujourd'hui, par exemple, on ne dessine quasiment plus à la main ; on fait presque tout avec l'informatique » (Binaire, 2015).

### **2.3. Aspects de la technologie numérique en architecture**

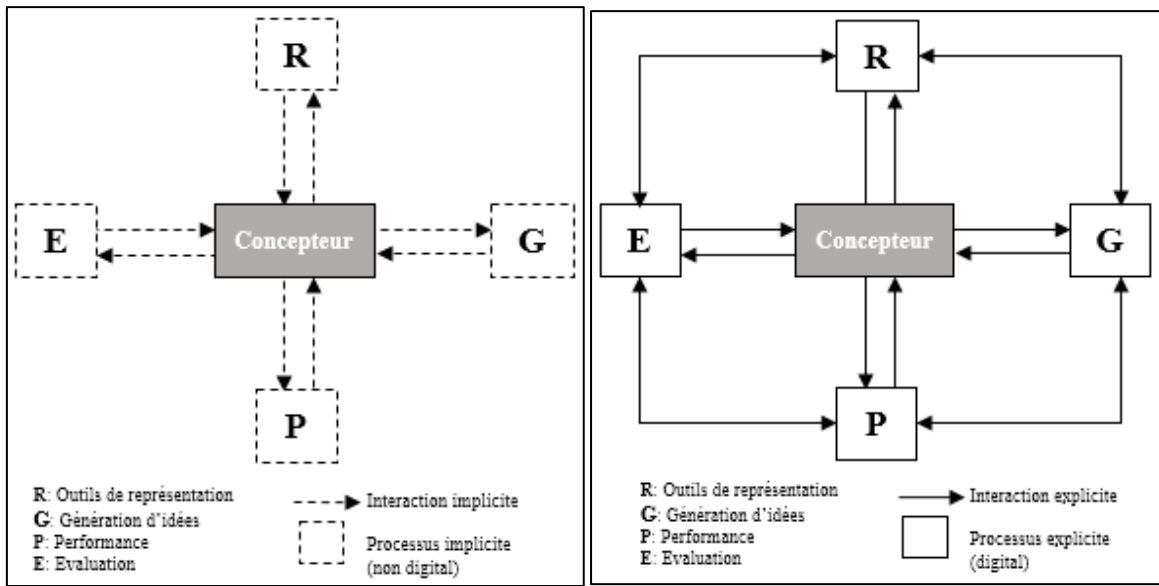
La pratique de l'architecture, la nature et la façon dont les bâtiments sont conçus et construits, ont été changées grâce à l'usage du numérique et de ses applications, il y a maintenant plusieurs dizaines d'années. Dans ce contexte émergent, l'architecte est maintenant libre de créer intelligemment des formes et des structures plus complexes qui n'ont jamais été accomplies auparavant en prenant en considération tous les aspects relatifs au projet architectural. Donc l'architecture connaît aujourd'hui une sorte d'hybridation flagrante des outils numériques comme support pour la créativité, le processus de conception, de fabrication et de construction, en outre l'intégration des dispositifs

intelligents qui permettent de manipuler la vision, l'imagination et la créativité au cœur de l'espace architectural marquant l'émergence d'une matérialité numérique.

### **2.3.1. Processus et outils de représentation et de conception**

Le processus de conception s'est évolué à travers le temps avec une vitesse exponentielle d'un processus traditionnel basée sur le papier, le crayon et le té à un processus contemporain qui s'appuie sur la technologie, les machines de calculs et les logiciels informatiques pour la résolution des problèmes et l'innovation des projets entièrement numériques. Dans son livre *The Architecture Machine*, Negroponte a observé que le numérique aide le processus de conception de trois manières possibles. D'abord, il automatise les procédures. Ensuite, il modifie les méthodes existantes c'est-à-dire soit il est considéré comme un outil de représentation augmenté qui prolonge le dessin à la main ; soit il se voit comme un nouveau outil qui refaçonne véritablement un besoin réel ou imaginé ainsi la réflexion et la pratique architecturale. Enfin, le processus de conception, considéré comme évolutif, peut être présenté à une machine, également considérée comme évolutive, et une formation, une résilience et une croissance mutuelles peuvent être développées. (Negroponte, 1970).

Le concepteur est le principal moteur du processus de conception où les décisions se manifestent sous forme d'idées initiales et se terminent sous forme de conception pour évaluer et tester l'étendue de leur succès. Chris Abel a dit dans son livre : 'Si les architectes Norman Foster et Frank Gehry avaient pratiqué leur métier à l'époque de l'architecture antique, j'imagine qu'ils auraient adoré les lieux et trouvé leur chemin avec excellence'. Cela prouve que le concepteur est le noyau central du processus de conception et ce qui fait la distinction entre les périodes, est l'apparition des technologies numériques et les concepteurs créatifs. Norman Foster a dit aussi : 'Comment trouvons-nous les satellites autour de nous et la technologie qui a emmené les humains sur la lune sans les utiliser ' (Chris, 2004). Dans le processus de conception sur papier, le concepteur interagit implicitement avec les outils de représentation, la génération d'idées, leur performance et évaluation. Par contre au processus de conception numérique, les interactions digitales entre le concepteur et les outils technologiques améliorent la génération des idées ainsi les capacités d'évaluation et de performance du projet architectural (Figure 2.2), (Rivka, 2006).



**Processus de conception sur papier**

**Processus de conception numérique**

Figure 2.2 : Processus de conception entre hier et aujourd'hui. Source : Rivka, 2006 adapté par l'auteur

L'outil informatique offre une opportunité, facilite la communication entre les différents acteurs d'un projet et prend l'initiative à construire l'idée d'un projet architectural, sa forme, sa volumétrie et son choix structurel à partir des produits numériques innovants (logiciels informatisés) permettant la traduction de l'idée architecturale en une représentation 2D et 3D à l'aide du clavier et de la souris (Figure 2.3). Comme il a dit Frank Gehry : 'Dès que je comprends l'échelle du bâtiment et la relation au site et au client, ça devient de plus en plus clair pour moi pour commencer à faire des croquis' (Szalabaj, 2005).

On note comme logiciels informatisés, le dessin en 2 dimensions (CAD, REVIT, Archicad...) qui permet de pouvoir tracer des plans, coupes, vues beaucoup plus vite et précisément qu'à la main. Le dessin en 3 dimensions qui permet de dessiner des objets de forme quelconque, en partant d'éléments standard. Les outils de modélisation et animation (3Ds Max, Rhinoceros...) qui permettent de générer des géométries et des formes complexes, en partant de gestes intuitives (pliage, gonflage, déformation, etc.). Un exemple intéressant mentionné par Lawson d'un étudiant qui n'a pas été autorisé à poursuivre son deuxième diplôme en raison de son mauvais travail de conception. Ainsi, après avoir travaillé pendant un an dans un bureau d'architecture utilisant le numérique, il a été réaccepté dans le programme d'études sur la base de son excellent travail et a remporté un prix de dernière année (Lawson, 2002). Dans ce cas, le numérique a amélioré la créativité en permettant aux étudiants de représenter des formes plus complexes au lieu de se limiter aux seules formes et espaces qu'ils pouvaient gérer. Ataman et Lonman ont également convenu

que la CAO a le potentiel ; d'offrir aux concepteurs des capacités de créativité plus élevées que la pratique conventionnelle, d'améliorer ainsi l'efficacité, la précision et la coordination de la réalisation de la conception (Ataman & Lonman, 1996). De plus, Brown a souligné l'importance de la CAO en tant qu'outil apparu pour améliorer le style architectural, fournir un rendu, une animation et une simulation de haute qualité (Brown, 2009). Ces fonctionnalités et bien d'autres ont élargi les possibilités créatives disponibles pour les concepteurs pendant le processus de conception.

En ajoutant aussi la modélisation CATIA (computer aided three-dimensional interactive application), utilisée exclusivement dans l'industrie aérospatiale et aujourd'hui dans le milieu architectural pour pouvoir concevoir et analyser la structure ainsi la manipulation des formes complexes, dynamiques et souples. Allant à la modélisation BIM (Building Information Modeling) qui permet de faciliter la conception, la visualisation, la simulation et la collaboration tout au long du cycle de vie du projet et révolutionne la façon dont les bâtiments, sont développés, conçus, créés et gérés à travers une maquette numérique qui contient des données intelligentes et structurées. De surcroît, on trouve également les outils actifs qui comprennent l'utilisation d'algorithmes, des codes et des scripts pour la modélisation et la création de formes paramétriques ou génératives, tout en permettant d'être davantage libre dans l'imagination de formes jusqu'alors difficilement réalisables. Cependant, ces outils informatiques ont offert de nouvelles caractéristiques de précision et de facilité de numérisation, rapidité de livraison et de gain de temps, des puissances visuelles et des images symboles.

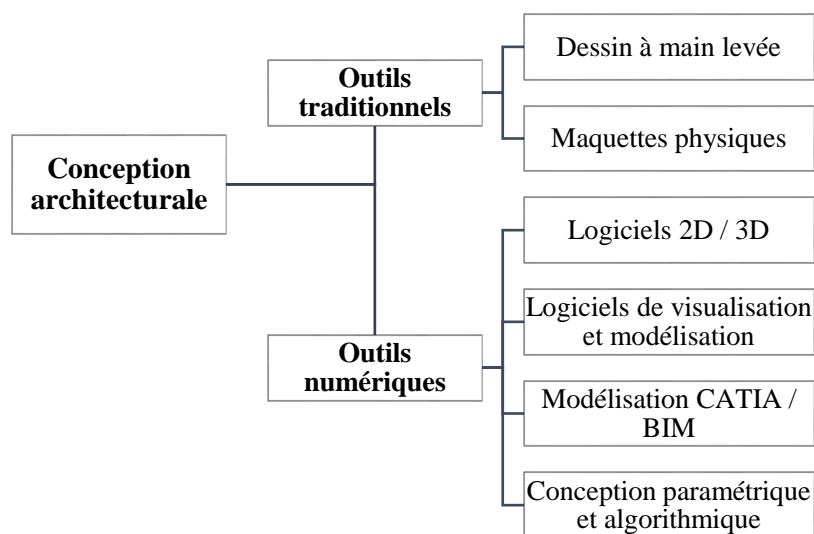


Figure 2.3 : Classification des outils en conception architecturale. Source : Auteur, 2020



Parmi certains architectes qui utilisent l'outil numérique dans la conception de leurs projets architecturaux : Frank Gehry, Zaha Hadid, Peter Eisenman, Norman Foster, Greg Lynn, Daniel Libeskind... Gehry par exemple, a fait appel au logiciel CATIA de Dassault System dans ses projets, pour créer juste un model numérique du bâtiment qui est venu après la réalisation d'une maquette physique. , cette maquette a été ensuite numérisée dans le but de produire les documents nécessaires à la réalisation. Dans ce cas, l'informatique n'a pas participé nécessairement à la construction de l'idée ou la philosophie du projet, mais il l'a aidé à exprimer sa créativité. Alors que Peter Eisenman utilise des logiciels destinés à l'infographie et le traitement d'images pour des processus de superposition dans le but de faire émerger des formes qui mènent à la forme finale recherchée. Il utilise aussi des outils capables de déformer des volumes simples jusqu'à l'obtention de la forme souhaitée. Ici encore, l'ordinateur a permis à l'architecte de développer sa créativité mais à priori sans la transformer (François, SD). Quant à Norman Foster, ses œuvres sont caractérisées par la haute technologie et les performances adaptées à l'environnement du bâtiment en réalisant les principes de l'architecture durable. Il crée le modèle 3D d'une sphère par exemple et l'a modifié géométriquement, avant de commencer la conception en minimisant la surface exposée à la lumière directe du soleil (Kolarevic, 2005).

### **2.3.2. Processus de production et de fabrication**

On a parlé dans la phase citée ci-dessus sur la technologie numérique en termes d'outils de conception et de la façon dont elle s'est tournée l'outil (ordinateur et logiciels informatisés) au centre de la pensée des architectes. Et on a vu comment ouvrir la voie à la réalisation des idées difficiles et des formes complexes. On passe à une autre phase qui est un complément pour exécuter la précédente en vue d'atteindre de nouveaux leviers d'innovation en matière de morphologie architecturale. Certains architectes considèrent que ce vaste champ morphologique répond mieux aux évolutions sociétales ou à leurs visées artistiques (Wendland, 2000).

Selon Ricardo Hausmann, célèbre économiste américain : 'nous sommes à l'aube d'une nouvelle révolution industrielle, les avancées dans les technologies de l'information, les réseaux et l'impression 3D sont les moteurs d'une réinvention du système de production. Le monde entier va investir dans ces outils. Les États-Unis sont bien positionnés pour en être à l'origine. Seul le Japon et l'Allemagne peuvent nous concurrencer '(Christophe de Maistre, 2014). De nos jours, la production et la fabrication architecturale sont plus que jamais au cœur de l'ère numérique, créant un lien direct entre ce qui peut être conçu et ce

qui peut être construit grâce à des processus plus performants ; de fabrication en usine comme les pièces à forme personnalisée ou de fabrication numérique contrôlée par ordinateur en utilisant des procédés et des techniques gérés par plusieurs programmes. Parmi-les : CAM (computer- aided manufacturing) et CATIA (computer aided three-dimensional interactive application) qui effectuent la traduction des données du langage de dessin en langage de codage (cryptage) qui s'est compris par des machines. L'expérience de Frank Gehry et Zaha Hadid avec la difficulté de construction des formes complexes, les a poussés à chercher de nouvelles manières et méthodes appliquées dans les industries aéronautiques et automobiles. En fait, ils se sont approchés au programme CATIA en profitant de ses avantages pour une bonne gestion des systèmes de construction. De ce fait, il y a plusieurs machines qui aident les concepteurs à réduire le temps en minimisant le coût et augmentant la qualité, à améliorer aussi leur créativité et à travailler sur des formes paramétriques et courbes tout en permettant le rapprochement entre le projet architectural et sa réalisation. Cela à travers deux sens ; soit de la maquette numérique à la fabrication et construction du bâtiment réel. Ou alors d'une maquette réelle à grande échelle au modèle numérique. En mentionnant : la commande numérique par ordinateur (CNC) 'l'arc plasma, le faisceau laser, le jet d'eau...' qui se définit comme une technique de découpage pour concevoir la structure, le mobilier, la décoration, les panneaux en améliorant l'automatisation ainsi que la flexibilité. Le prototypage rapide qui est une nouvelle génération de fabrication 3D avec plusieurs possibilités 'l'imprimante 3D, la production par la méthode de soustraction ou d'addition par le Stereo Lithography, le robot intelligent ...'. Le scanner 3D est aussi un outil de fabrication numérique qui est capable à l'aide d'un modèle de points, appelé nuage de points créé à partir du modèle physique par balayage ; de numériser un objet en moins de 10 secondes et fournit un résultat sans faille (Hazem et al, 2007).

Frank Gehry par exemple : au cours de développement de quelques modèles de construction, il traduit son idée en croquis, puis en 2D et la convertir en 3D, il fabrique ensuite un modèle d'étude 3D avec des géométries curvilignes complexes sous forme matérielle en utilisant l'imprimante 3D. Ce processus est considéré comme le début de la fabrication numérique. Les données d'information du modèle numérique sont traduites par un logiciel de fabrication assistée par ordinateur (FAO) qui génère des instructions à commande numérique et qui sont transmises à l'équipement de fabrication comme l'imprimante 3D. L'architecte fait un peu de développement sur le modèle d'étude et à travers un scanner 3D, il peut à nouveau produire un modèle numérique 3D (Ali, 2006). Dans d'autres cas, il étudie d'abord les espaces et ses surfaces, l'enveloppe extérieure du bâtiment

à l'aide d'une maquette réelle, puis, à travers un appareil électronique (The Micro scribe three dimension digitizer, Coordinate Measuring Machine...), il effectue un relevé en 3D de toute la maquette en le transférant au logiciel sur ordinateur pour poursuivre la conception.

### **2.3.3. Apports des matériaux intelligents à l'espace architectural**

Prenant en compte les défis majeurs de ce que produit l'industrie grâce aux technologies numériques, la science des matériaux a connu une accélération intensive et une transition inévitable année par année à travers la recherche avancée en physique et en chimie. En outre, la coordination entre les propriétés des matériaux et la technologie numérique a connu une accélération flagrante dans ces derniers temps. L'émergence de ces matériaux a commencé lorsque, en 1992, la NASA a fabriqué des avions intelligents basés sur la furtivité tout en volant en utilisant des techniques qui permettent le changement de leur couleur et cela pour défendre les armes et les soldats (Michelle & Daniel, 2005).

En fait, les matériaux ont joué un rôle important dans le développement et la création de rapports entre une époque et une autre, en donnant l'exemple de trois figures emblématiques : les pyramides par exemple sont connues par l'utilisation des pierres, symbole de la stabilité et de la dureté, la Tour Eiffel connue par l'utilisation du fer, symbole de solidité et de force, et Villa Savoy par la robustesse du béton. Donc, de l'usage des matériaux issus de la nature comme le bois et la pierre à ceux des matières plastiques et composites jusqu'à l'apparition des matériaux actifs ou adaptatifs aux changements de leur environnement pour en arriver à de nouvelles formes des matériaux de plus en plus complexes, multifonctionnels, sensibles et évolutifs dit matériaux intelligents. La NASA définit les matériaux intelligents comme des matériaux qui se souviennent des configurations et peuvent s'y conformer lorsqu'on leur donne un stimulus spécifique. Une définition plus large vient de l'Encyclopédie de la technologie chimique : un groupe de substances qui répondent et interagissent avec un stimulus externe tels que la pression, la température, l'humidité... (Michelle & Daniel, 2005). Des deux définitions précédentes, il ressort clairement que ces matériaux sont utilisables dans le domaine du design, car ils sont sensibles au milieu environnant. Les concepteurs et les ingénieurs ont profité de plusieurs expériences appliquées dans des domaines différents pour révolutionner la manière de produire l'architecture et de recréer l'espace architectural et ses ambiances. L'industrie automobile par exemple utilise des matériaux intelligents dans la fabrication de nombreuses applications capables de surmonter des problèmes rencontrés par les automobilistes, tels que le problème du sommeil, en surveillant le mouvement des paupières par une caméra installée au-dessus

du pare-brise de la voiture, qui identifie le degré de vigilance du conducteur par la vitesse de fermeture de la paupière, et en conséquence la couleur changera pour lui alerter et éveiller. Le design des vêtements aussi a changé d'où les stylistes ont opté pour des tissus intelligents qui communiquent et changent de couleur, de forme ou de température en cas de froid ou chaud (Figure 2.4) (Ritter, 2006).

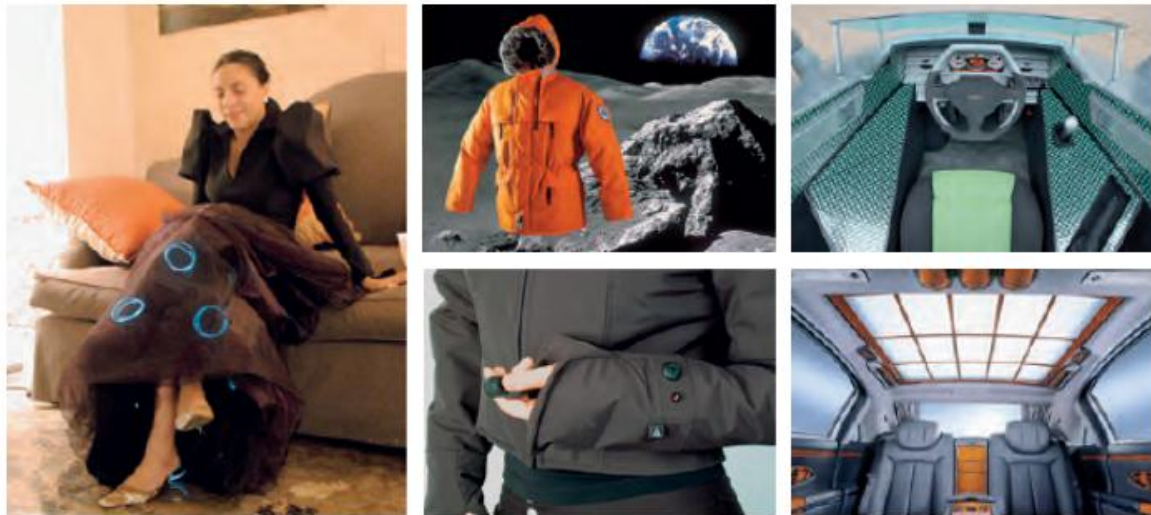


Figure 2.4: Vêtements et voitures intelligents. Source : Ritter A, 2006

Cependant, les matériaux intelligents se diffèrent des matériaux normaux dans les caractéristiques et les fonctions qu'ils possèdent (Figure 2.5). Ils peuvent se comporter comme un capteur (signaler une modification apparue dans l'environnement), un actionneur (provoquer une action de correction) ou comme un processeur (traiter, comparer, stocker des informations) afin d'atteindre le confort environnemental, réagir selon les besoins des occupants et interagir avec l'espace architectural (Joël de Rosnay, 2016). En fait, pour mieux connaître ces matériaux, nous allons avancer deux types (Tableau 2.1) (Michelle et Daniel, 2005). Le premier type change de propriétés chimiques, thermiques, mécaniques, magnétiques, optiques ou électriques, en réponse à un changement des conditions de son environnement ; en donnant l'exemple de l'innovation que créent Chris Glaister, Afshin Mehin et Tomas Rosen en mélangeant des éléments chauffants au béton pour permettre l'affichage de graphiques et d'informations, de mots et de chiffres dans le béton en fonction de la température à laquelle ils se trouvent (Regine, 2004). Le deuxième type change l'énergie d'une forme à une autre pour effectuer un état final souhaité comme le béton photovoltaïque et le verre photovoltaïque qui captent la lumière et la transforment en électricité.



**Béton chauffant**

**Verre photovoltaïque**

**Béton photovoltaïque**

Figure 2.5: Matériaux intelligents. Source : Ritter A, 2006

Tableau 2.1 : Types des matériaux intelligents. Source : Michelle & Daniel, 2005

Types des matériaux intelligents	Input	Output
<b>Type 1 : Changement de propriété</b>		
<b>Thermochromiques</b>	Changement de température	<b>Changement de couleur</b>
<b>Photochromiques</b>	Changement dans le rayonnement	
<b>Mécanochromiques</b>	Déformation	
<b>Chimiochromiques</b>	Concentration chimique	
<b>Electrochromiques</b>	Différence du potentiel électrique	
<b>Cristaux liquides</b>	Différence du potentiel électrique	
<b>Particule en suspension</b>	Différence du potentiel électrique	<b>Changement de rigidité/viscosité</b>
<b>Electrorhéologiques</b>	Différence du potentiel électrique	
<b>Magnétorhéologiques</b>	Différence du potentiel électrique	
<b>Type 2 : Changement d'énergie</b>		
<b>Électroluminescents</b>	Différence du potentiel électrique	<b>Lumière</b>
<b>Photoluminescents</b>	Rayonnement	
<b>Chimoluminescents</b>	Concentration chimique	
<b>Thermoluminescents</b>	Différence de température	
<b>Diodes électroluminescentes</b>	Différence du potentiel électrique	
<b>Photovoltaïques</b>	Rayonnement (Lumière)	<b>Différence du potentiel électrique</b>

### 2.3.4. Usage et Pratique de l'espace architectural

Dans un premier temps, l'outil numérique sert à la conception et la production technologique de l'architecture en utilisant des matériaux intelligents, et petit à petit, il a été intégré et inséré dans l'espace architectural où leur appropriation, usage et pratique ont été changé avec le temps grâce à l'introduction ; des dispositifs numériques dans les éléments de construction ou encore des éléments virtuels aux éléments réels existants. A vrai dire, les évolutions successives de la vie en général, la technologie numérique en particulier et les considérations fonctionnelles et environnementales d'autre part, participent à créer des conceptions intérieures différentes et variées et donnent naissance à de nouveaux espaces hybrides ou cyber spaces permettant de concourir efficacement à l'interactivité créative. A ce titre, il semble nécessaire d'investir la notion d'usage et pratique en architecture qui révèle de : la fonction, l'utilisation, la forme d'appropriation, les pratiques sociales ou encore de l'hybridation des réalités physiques et numériques, des interactions et des sensations, ainsi de la perception des lieux de vie. Le terme usage renvoie à l'ensemble des pratiques sociales d'un espace donné (Zepf, 2009). Bertrand et Listowski voyaient que la pratique de l'espace dépend de la perception et la compréhension de ce ci, de façon que notre perception résulte d'un mélange entre les éléments caractérisant la forme de l'espace et les événements qui s'y déroulent (Bertrand & Listowski, 1984). Cette perception nous permet de pratiquer l'espace. Le potentiel qu'a révélé Frank Gehry pour les formes irrégulières et les espaces passionnants et attrayants, affirme le changement d'usage et de la perception de l'espace en fonction de la vitesse d'échange d'informations, la facilité de communication, la rapidité d'obtention d'informations et la télécommande.

Les espaces architecturaux accueillent nos corps humains en leur offrant un espace à habiter, à rencontrer, à traverser, à se reposer, à entretenir, à travailler, à observer, à visiter et à participer à des événements...Aujourd'hui, ces espaces se voient comme étant un voyage corporel et spirituel en dehors de la réalité. Ils sont un **milieu** d'activité humaine qui demande plus de souplesse, de réactivité et de flexibilité, constitué des **outils** et des technologies hautement sophistiquées, capable d'assurer des services appropriés (le confort, les économies d'énergie, la sécurité...), d'améliorer l'expérience vécue et provoquer des sensations et des impressions aux **usagers** qui par leur présence et leurs sens peuvent voir, entendre, sentir, modifier et optimiser l'interaction avec cet espace.

Les escaliers à piano sont un bon exemple, d'où les usagers et les outils technologiques cohabitent et échangent en permanence afin de créer un espace interactif, unique et ludique. La technologie intégrée utilise de différentes notes de piano et crée différents sons au toucher. Ce type de technologie a rendu les escaliers plus attrayants, où les voyageurs sont peut-être plus enclins à prendre l'escalier plutôt que l'escalier roulant (Jougla, 2009).

L'espace architectural révèle une transition et une transmutation des usages et pratiques qui se trouvent dans différents secteurs d'activité et de vie, que ce soit le secteur scientifique, éducatif, commercial, administratif, médical, culturel, industriel (la chirurgie par robot, le suivi et le traitement à distance, les achats et ventes à domicile, le travail à distance sans avoir besoin de se déplacer sur les lieux de travail...). Le paradoxe souligne l'aspect constructif 'usages modifiés, nouveaux usages' ou disruptif 'usages contestés' des transformations des usages imposées par les technologies numériques (Figure 2.6). Ces dernières, déjà exploitées par de nombreuses entreprises, offrent des possibilités d'automatisation, d'optimisation, de flexibilité, de simplification et d'affermissement de la performance, la qualité et l'intelligence en donnant une cohérence à l'ensemble du bâtiment et toute commodité nécessaire aux usagers. Les mutations qu'a connues l'espace architectural dans différents usages sont exposées dans la figure suivante (Figure 2.6).

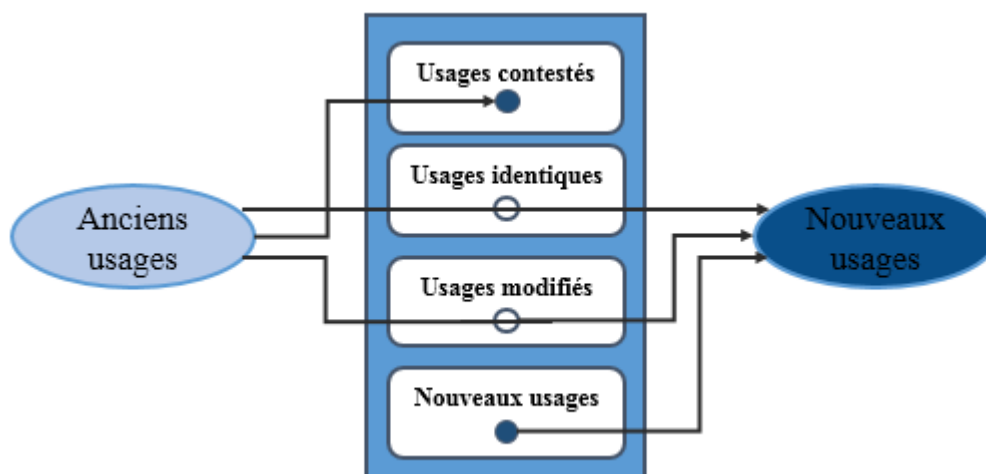


Figure 2.6 : Transformation des usages grâce à l'utilisation des nouvelles technologies. Source : Auteur, 2020

L'exemple de Zaha Hadid qui a conçu Guggenheim Art Gallery à Tokyo en 2002, fait preuve de changement de l'usage où l'espace intérieur se continue jusqu'au plafond en s'affichant des informations aux utilisateurs à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment par des écrans SmartSlab™ de 600 m<sup>2</sup>, l'intérieur est passé d'un espace statique à un espace

interactif. Un autre exemple est le projet Do Not Touch installé au Musée des sciences à London qui a ouvert ses portes en 2004, avec de nouvelles méthodes de technologie d'affichage et d'interaction, où les enfants et les adultes sont invités à marcher sur un tapis circulaire et à toucher un poteau de 6 mètres de hauteur, ce qui leur inflige un léger choc électrique. En touchant, en interagissant et en jouant avec ces sciences sous une forme numérique impressionnante (Helen, 2005).

On trouve ainsi le projet Architext de l'artiste Jeffrey Shaw aux Pays-Bas qui consiste en la transformation de sa façade en une paroi numérique, permettant l'échange d'informations entre l'activité intérieure du bâtiment et l'espace public extérieur (Herbert, 2007). Ajoutant à ces projets le musée d'art numérique Dimoda développé par une équipe d'artistes qui propose de le visiter chez soi même à partir d'une application qui offre une expérience immersive aux visiteurs en les plongeant au cœur d'une galerie réelle et interactive ou sur un lieu d'exposition via un casque de réalité virtuelle afin de découvrir les œuvres numériques et originales des artistes (Club Innovation & Culture, 2015).

#### **2.4. Essai de conceptualisation de la notion d'espace et ses exigences technologiques**

L'espace architectural d'aujourd'hui reste une configuration architecturale en cours. Il est désormais un organisme mutant qui permet à l'utilisateur de naviguer dans un environnement immersif et lui offrir un moment ludique et convivial pour vivre une expérience captivante et originale et cela par autant de technologies qui améliorent la productivité, la vitesse d'exécution des projets architecturaux et la qualité des bâtiments à savoir :

##### **2.4.1. Le système d'objets connectés (IoT) et l'espace architectural**

Les objets connectés représentent les exigences principales sur lesquelles se base tout nouvel espace architectural, leur utilité est indissociable pour le côté pratique, ludique et technologique. Ces objets électroniques sont connectés à un réseau sans fil en partageant des informations avec un ordinateur, une tablette ou un smartphone. Ils ont deux principaux rôles : un rôle de capteur pour surveiller par exemple une mesure thermique... et un rôle d'actionneur pour réaliser par exemple une action de déclenchement d'une alarme en cas d'intrusion (Belouar, 2017). Les lectures effectuées, m'ont permis de mettre la main sur deux définitions que je trouve pertinentes : l'internet des objets est un réseau de réseaux qui permet l'identification directe et univoque d'entités numériques et d'objets physiques, permettant de les récupérer, les stocker, les transférer et les manipuler sans interruption entre



les mondes physiques et virtuels (Pierre-J et al., 2009). Selon aussi le dictionnaire Web, les objets connectés sont des types d'objets dont la vocation n'est pas d'être des périphériques informatiques ni des interfaces d'accès au web, mais auxquels l'ajout d'une connexion Internet a permis d'apporter une valeur supplémentaire en terme de fonctionnalité, d'information, d'interaction avec l'environnement ou d'usage (Dabi-S, 2014).

En compagnie des objets connectés, nos logements et nos lieux de travail deviennent communicants, plus confortables, plus faciles à gérer et moins coûteux à l'usage. On peut maintenant ; gérer la température en fonction de la présence des usagers, suivre les consommations d'eau et d'électricité, fournir des automatismes, changer la couleur des lumières, surveiller et sécuriser un espace quelconque ou encore apporter des solutions pour le rendre intelligent... Myteepi est une nouvelle solution pour veiller sur notre habitat conçu par la start-up Ingenious Things. Elle mesure la température et l'hygrométrie, détecte le déclenchement d'une alarme incendie, alerte à temps en cas de coupure de courant. Et en cas d'anomalie, on reçoit en temps réel un simple SMS ou une notification via l'application (Pujol, 2018).

La startup MUV Interactive ainsi a conçu une petite bague intelligente, connectée en Bluetooth. La bague est capable d'utiliser un écran interactif géant sur n'importe quelle surface verticale ou horizontale. Grâce à une série de capteurs optiques et inertiels, elle peut aussi positionner l'endroit exact qui est pointé du doigt sur l'écran et l'utilisateur peut alors y glisser des contenus, des images, effectuer des zooms ... (Hoffstetter, 2015).

#### **2.4.2. La réalité virtuelle, augmentée et mixte en architecture**

A l'aube de ce siècle, la réalité virtuelle, augmentée et mixte révolutionne la façon dont nous percevons, distinguons, pratiquons et analysons l'environnement qui nous entoure (Tableau 2.2).

Aukstakalnis et Blatner ont considéré la réalité virtuelle comme un moyen pour les humains de visualiser, manipuler et interagir avec des ordinateurs et des données extrêmement complexes (Aukstakalnis & Blatner, 1992). Ensuite, Burdea et Coiffet ont mis l'accent sur I<sup>3</sup> : l'immersion, l'interaction et l'imagination pour permettre à un utilisateur d'interagir en temps réel dans l'environnement virtuel. Avec la réalité virtuelle, l'utilisateur interagit dans un monde artificiel créé numériquement à travers de multiples canaux sensoriels : vision, audition, toucher, odorat et goût. Cet univers virtuel est basé sur un casque dans lequel des images en 3D et à 360 degrés sont projetées sur un écran logé devant les

yeux de l'utilisateur. Ces applications en architecture peuvent se faire à travers la visite virtuelle des bâtiments ou leur modélisation 3D qui permet de manager tous les documents nécessaires pour la conception et la production d'un projet architectural (Burdea & Coiffet, 1993).

La réalité augmentée est défini par Azuma en 1997 et Wendy Mackay en 1998 comme une superposition et une réintégration d'informations numériques ou des objets virtuels sur le monde physique. Elle est un moyen d'augmenter les sens de l'utilisateur, de transformer des événements imperceptibles en phénomènes visibles, audibles ou touchables (Bowskill et al, 1997). La réalité augmentée, désigne donc une interface virtuelle en 2D ou en 3D, qui enrichit le réel par la superposition des objets supplémentaires, des animations, des textes, des sons que l'usager les visionne à partir d'un smartphone, d'une tablette, des lunettes ou d'un casque. Cette technologie est présente beaucoup plus dans les musées pour but de simplifier notre parcours et améliorer notre expérience vécue dedans. Le musée du Quai Branly et le musée d'Orsay à Paris font l'exemple.

Quant 'au terme de réalité mixte regroupe deux composantes : la réalité augmentée (où l'on part du réel et où le virtuel vient ponctuellement enrichir le réel) et la virtualité augmentée (où, à l'opposé, on part du virtuel et on enrichit celui-ci par des objets réels) (Figure 2.7) (Milgram & Kishino, 1994)



Figure 2.7: Le Continuum réel – virtuel. Source : Milgram & Kishino, 1994

Pour vivre l'expérience, il suffit prendre des lunettes comme les Microsoft Hololens, Meta 2 ou encore MagicLeap... qui permettent la visualisation d'objets virtuels comme s'ils étaient une partie intégrante du monde physique. En donnant l'exemple de la visualisation d'une maquette 3D dans le cadre du BIM où on peut afficher en toute liberté, en surcouche des éléments comme l'ameublement intérieur, les poteaux ou encore les fondations sur la maquette réelle et interagir avec.

Tableau 2.2 : Comparaison entre les trois types de réalités. Source : Milgram & Kishino, 1994

La réalité virtuelle		La réalité augmentée		La réalité mixte
1962		1980		1994
75% V	25% R	25% V	75% R	Superposition des 2 précédentes

**Les trois types de réalités ont envahis de nombreux secteurs : L'industrie des jeux vidéo, l'architecture et l'urbanisme, la mécanique, la biologie et la médecine, l'art, la géoscience, l'archéologie...**

### 2.4.3. IHB : Interaction Homme-Bâtiment

L'Interaction Homme-Bâtiment est un nouveau paradigme pour la mise en place d'un espace architectural intelligent (Figure 2.8). Nous passons la plupart du temps dans des environnements et des milieux dont la façon de laquelle nous les expérimentons en tant qu'utilisateurs peut être très différente selon la nature du milieu, la qualité architecturale, le contexte social, les conditions environnementales, le comportement et l'état émotionnel... Cela, nous incite à dire qu'il y a une interaction développée entre les utilisateurs et les environnements bâtis. C'est ce qu'on appelle interaction homme bâtiment. Gabriel MOSER et Karine WEISS, Psychologues de l'environnement (2003) ajoutent : « l'environnement, avec l'ensemble des éléments naturels ou artificiels créés par l'homme, constitue le cadre de vie de l'individu. En tant qu'acteur, la personne perçoit, éprouve, représente et se projette dans son environnement. Un autre facteur qui contribue à l'identité d'un individu et donne du sens à son comportement est son contexte de vie particulier et la manière dont il est investi et façonné par les hommes (Atelier AA, SD).

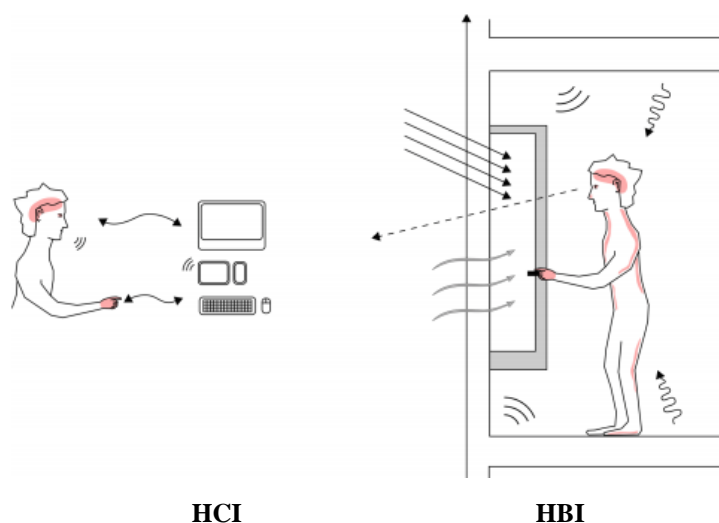


Figure 2.8: Interaction Homme-Bâtiment & Interaction Homme-Computer. Source : Alavi et al, 2016

Human-Building Interaction (HBI) consiste en l'étude et la conception d'opportunités interactives pour les usagers de façonner, réagir, interagir et gérer le produit physique, spatial et social de leurs environnements construits. Ce domaine vise à étudier le comportement humain et les interactions dans et avec le bâtiment (Figure 2.9). Une conséquence importante est que l'utilisateur ne peut pas terminer la session interactive sans quitter l'espace (Alavi et al, 2016).

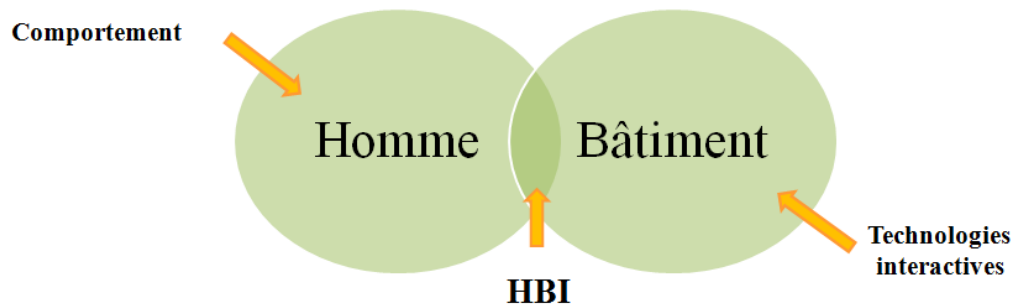


Figure 2.9 : Interaction Homme-Bâtiment. Source : Auteur, 2020

#### **2.4.4. Les dispositifs tactiles et les interfaces interactives dans le bâtiment**

Ce sont des outils physiques informationnels qui ont la capacité de saisir, de contrôler, de fournir, de piloter, de modeler, d'assurer tous les besoins des usagers.

Les dispositifs tactiles sont omniprésents dans notre vie quotidienne. Ils sont de plus en plus nombreux 'écrans, tables, tableaux, smartphone, iPads...' et sont sensibles aux doigts. En effet, les dispositifs tactiles permettent des gains de temps et d'efficacité et un affermissement de l'expérience vécue dans l'espace architectural. Ils apportent un échange infini de nouvelles possibilités d'interactions entre les usagers et le matériel, favorisent le plaisir de la découverte, procurent un espace convivial, innovant et ludique et soutiennent la diffusion rapide d'informations et de communication.

Les interfaces interactives sont des objets technologiques à toucher, intégrant un système de détection de mouvements, perçues comme une amélioration d'usage de l'espace architectural classique en vivant de nouvelle dimension spatiale et apportant plus de dynamisme, de richesse, de flexibilité et de fluidité.

#### **2.4.5. L'intelligence Artificielle : IA en architecture**

L'intelligence artificielle est l'une des exigences primordiales qui influencent l'espace architectural d'aujourd'hui. Elle s'est définie de diverses façons à cause de ses contours illimités. Une interprétation assez vaste est celle proposée par Bellman en 1978 qui

considère l'IA comme l'automatisation des activités associées au raisonnement humain, telles que la décision, la résolution de problèmes et l'apprentissage. D'autres définitions mettent l'accent sur l'aspect scientifique de l'IA, par exemple, Charniak et McDermott en 1985 voient que l'IA est l'étude des facultés mentales à l'aide des modèles de type calculatoires. Selon Winston en 1992, l'IA est l'étude des mécanismes permettant à un agent de percevoir, raisonner, et agir (Marie, 2020). Shapiro en 1992 considère l'IA comme le domaine de la science et de l'ingénierie qui traite de la compréhension, à l'aide de l'ordinateur, du comportement intelligent et de la création de systèmes artificiels qui reproduisent ce comportement. Julia en 2019, affirme que ce n'est pas l'intelligence qui caractérise les systèmes d'IA d'aujourd'hui, mais leur capacité de reconnaissance grâce à l'apprentissage machine. Ses domaines d'application dans votre vie quotidienne sont nombreux, que tout domaine a pour objectif de mécaniser le cerveau humain et sa logique pour générer une machine ou un système artificiel automatisé, performant et utile (Figure 2.10). On note par exemple les applications mobiles, les réseaux sociaux, les outils de marketing numérique, l'assistance médicale, la robotique, les services bancaires...qui servent pour apporter de l'aide aux tâches quotidiennes, participent à une mutation d'usages des espaces architecturaux ainsi pour attirer l'attention des usagers et susciter leur intérêt pour la technologie.



Figure 2.10 : La robotisation dans la pratique de l'espace. Source : Ronteix, 2018

## 2.5. L'espace architectural : support de pratiques et objet de représentation

L'espace architectural à l'ère numérique est le résultat de la coopération des technologies numériques et des pratiques des usagers qui l'imprègnent de leur être et de leur mode de vie. Il est un objet de représentation des motifs, symboles, textes, sons, vidéos...Simultanément, il est également, un support de pratiques qui obéit au principe d'efficacité fonctionnelle de la mobilité et les services. Cependant, qu'il soit objet de représentation ou support de pratiques, c'est, toujours pour garantir une meilleure

communication, une gestion efficace, une maintenance améliorée et une sécurité assurée et cela par des dispositifs numériques mis en place au sein de l'espace architectural. A travers ses dispositifs, l'espace transmet un message par le simple fait d'y utiliser ou d'y vivre.

Ainsi, il y a d'abord **les dispositifs numériques communicants, installés dans les éléments de construction** : Les surfaces des murs peuvent devenir des écrans tactiles qui se basent sur des matériaux dits électrochromiques, réagissant aux différents corps qui lui sont proches via des images et des sons et suivant plusieurs paramètres auxquels ils sont soumis (la température, l'importance des flux des usagers, leur comportement, leur émotion), affichant aussi des motifs illuminés sur leur peau ou encore assurant des systèmes capteurs. En ajoutant les sols appelés interactifs qui dialoguent avec son environnement, s'illuminent à l'aide des systèmes numériques pour indiquer nos chemins, appellent du secours lorsqu'une personne fait une mauvaise chute et créent auprès des usagers ou visiteurs, des images animées sous leurs pas, que ce soit pour attirer l'attention sur une marque ou sur un produit, pour créer un effet immersif, ou encore pour offrir un moment ludique et convivial. En découvrant aussi un autre système interactif plafonnier disposant d'une trame d'éclairage en forme de points lumineux qui s'allument au passage des personnes.

Il y a aussi **les dispositifs numériques pour la gestion de la mobilité et des services** : La géolocalisation à l'intérieur du bâtiment par exemple, est considérée désormais comme une des caractéristiques importantes de l'espace architectural, car le fonctionnement des équipements et services techniques comme l'éclairage et la climatisation peut être piloté suivant la localisation et la présence des usagers dans un objectif de réduire la consommation énergétique. Par ailleurs, les tables tactiles servent à faciliter la gestion, le repérage et la circulation de l'utilisateur afin qu'il puisse se sentir à l'aise lors de son déplacement au sein du bâtiment, d'autre part, elles assurent une bonne orientation et évacuation en cas d'urgence à l'aide de l'affichage des circuits du bâtiment. Encore, avec des mini tablettes, des iPads connectés au mur, des écrans proposant des activités interactives et ludiques et des lunettes 3D, on peut entrer dans un espace géant et virtuel, profiter d'une œuvre à plusieurs moments, partager des émotions depuis n'importe quel lieu, ou encore participer à l'élaboration d'une exposition, et c'est le cas du musée d'art Cleveland, qui possède une galerie interactive avec le plus grand écran multitouche des États-Unis et fait entrer la médiation numérique dans une nouvelle dimension (Club Innovation & Culture, 2013).

Bien évidemment, il y a **les dispositifs numériques sécuritaires** assurant un sentiment de sûreté et sécurité émotionnelle, de confiance, de contrôle, de protection et de

familiarité. Ils répondent à plusieurs nécessités et, d'abord, celle de se procurer un espace sensible et de valeurs, et d'y être en sécurité. Aussi, de prévenir les intrusions et les dégradations et d'inspecter l'état des installations et l'exécution d'une procédure particulière.

De ces dispositifs ainsi les points et les informations abordés ci-dessus, on a révélé les attributs de l'espace architectural à l'ère du numérique. D'abord, il est **anthropique** car il est conçu et construit par un être humain qui est aussi un usager de cet espace en mettant leur empreinte par des actions dedans (décoration, mobilier, aménagement, peinture...). L'espace architectural est **sain et confortable** vu qu'il engendre un environnement convenable de bonne qualité et productif à un niveau optimal en créant une ambiance intérieure idéale pour ses utilisateurs (lumineuses, visuelles, sonores) qui se détachent de manière psychologique et se déploient plus libre face à la complexité de la réalité. Entre autre, l'espace est **communicant** puisqu'il dialogue avec son environnement et ses usagers via des systèmes techniques automatisés, interagit et réagit aux besoins physiques et psychologiques des utilisateurs et facilite leur vie. Enfin, il est **sécurisé** étant donné qu'il est maintenu à des infrastructures de services dont elles offrent la sécurité, la surveillance et le contrôle de l'ensemble du bâtiment par des détecteurs de mouvements et capteurs avec transfert automatique de l'information aux services de sécurité ou de police.

## **Conclusion**

Les pistes de recherche abordées dans ce chapitre montrent que les technologies numériques ont une influence évidente sur la pensée humaine, en général, et l'architecture, en particulier. Cette dernière est grandement influencée par les mutations technologiques passant des milieux étroits et des zones limitées à de nouvel horizon à travers le temps et l'espace. Il est donc important de connaître les spécificités de l'espace architectural à l'ère numérique et de mettre en exergue l'impact des technologies numériques sur les outils de conception, le processus de conception étant le support par lequel l'architecte matérialise ses idées, la fabrication et le processus de production, les matériaux intelligents ainsi l'aspect constructif ou disruptif des transformations des usages imposées par les technologies numériques.

Par conséquent, plusieurs exigences technologiques font preuve de changement de l'usage et améliorent ainsi la productivité, la vitesse d'exécution et la qualité des bâtiments

et espaces architecturaux. A travers ses dispositifs technologiques, l'espace transmet un message par le simple fait d'y utiliser ou d'y vivre.

Le résultat de l'interaction entre les technologies numériques et les pratiques des usagers qui l'imprègnent de leur être et leur mode de vie est l'espace architectural numérique. C'est un objet de représentation et un support des pratiques qui adhèrent à la fois l'efficacité fonctionnelle de la mobilité et des services. Cependant, qu'il soit objet de représentation ou support de pratiques, l'objectif est toujours d'assurer une meilleure communication, une gestion efficace, une maintenance améliorée et une sécurité garantie.

La notion du numérique est donc plurielle et transdisciplinaire. Elle s'imisce de plus en plus dans nos pratiques quotidiennes et imprègne toutes les sphères d'activité. Que ce soit le secteur scientifique, commercial, médical, artistique, industriel ou culturel, tous ont connu ce virage vers le monde numérique.

Les attributs et caractéristiques de l'espace à l'ère numérique seront améliorés au fil du temps à travers une analyse approfondie des différents usages existants.



# CHAPITRE III : IDENTIFICATION DES DIFFERENTS USAGES DE L'ESPACE ARCHITECTURAL SOUS L'EFFET DES TECHNOLOGIES NUMERIQUES

## Introduction

Les technologies numériques s'immiscent de plus en plus dans la vie quotidienne et continuent de progresser continuellement dans le domaine de l'architecture, celles-ci ont un impact profond sur la façon dont les gens interagissent avec le bâtiment. Ces technologies s'étendent dans tous les secteurs d'activités, que ce soit le secteur scientifique, éducatif, commercial, médical, industriel, artistique ou culturel... Elles génèrent de nouvelles pratiques et usages tout en mettant en lumière les grands enjeux architecturaux contemporains. Les espaces interactifs et intelligents, les interfaces instrumentées, les expositions immersives et les objets communicants conduisent à une réorganisation et une redéfinition des fonctions classiques de l'espace qui est désormais connecté et amplifié.

L'objectif principal de ce chapitre est de recueillir des informations sur les nouveaux usages de l'espace à l'ère numérique à travers une analyse approfondie qui s'appuie également sur des études de cas contemporains pour ensuite identifier plusieurs spécificités architecturales. Afin de s'assurer que notre recherche soutient l'hypothèse selon laquelle les technologies numériques et leurs systèmes intégrés dans l'espace architectural ne redéfinissent pas seulement les comportements des usagers. Elles modifient aussi la façon dont nous occupons et utilisons cet espace. L'objectif est donc de cerner comment les technologies numériques affecteront l'usage de l'espace architectural et, par conséquent, comment la pratique architecturale se développera.

Nous abordons de manière exhaustive l'envergure et la place que la technologie a aujourd'hui dans la perception de l'espace architectural dans divers types de bâtiments. En fait, l'espace favorise le jaillissement d'une nouvelle ergonomie d'usage et de nouvelles attentes. Cela nécessite de nouvelles modalités de conception, de nouveaux processus de fabrication, ainsi que des dispositifs intérieurs intelligents. Plus encore, nous observons un renouvellement de la notion de matérialité car elle est hybridée avec le numérique modifiant notre rapport à nos sens.

Afin d'identifier quelques caractéristiques architecturales au moment où le numérique s'intègre au bâtiment, nous passerons aux mutations majeures qui ont eu lieu dans différents études de cas contemporains. Certains architectes l'ont intégré de manière agile

lors des phases de planification, de conception et de production, tandis que d'autres modifient les usages internes. Enfin, le numérique est une nouvelle étape qui vise à valoriser et faire progresser la fonction spatiale, la médiation et les pratiques du bâtiment.

### **3.1. Quand la technologie vient de donner vie à l'exposition, la projection, la communication et l'animation**

#### **3.1.1. Les projets de médiation : entre art, science et technologie**

Le numérique offre de nouveaux outils, de nouvelles fonctions et méthodes de travail ainsi de nouvelles expériences dans les projets de médiation en transformant nos pratiques culturelles et augmentant ainsi nos façons de faire un art original et exemplaire avec une identité effrayante. Le Musée de la Civilisation à Québec s'est posé une question en interrogeant, des visiteurs en possession d'un iPod durant leur visite et ceux qui n'en n'ont pas. Le résultat présente une grande différence dans la durée de la visite : sans iPod, 75% des visiteurs sont restés moins de 30 minutes et avec un iPod les visiteurs sont restés entre une heure et trois heures (Baz, 2014). Cela confirme que le numérique transforme nos pratiques, crée une nouvelle dimension entre le passé et le présent et façonne et enrichit l'expérience des usagers au sein de l'espace.

Quand on parle des projets de médiation de nos jours, on est loin de l'image du musée poussiéreux, de la vision de tableaux disposés les uns à côté des autres, pas de guides, de panneaux, de cadres, de murs et cloisons, de scènes, de supports physiques, de lumière naturelle... Ces projets déploient de nouvelle conception architecturale de leurs espaces, tant aussi de la présentation et la réception de ces œuvres culturels et scientifiques et cela à travers la multitude et la variété des interfaces des outils informatiques et des dispositifs digitaux qui s'intègrent dedans, offerts au usager pour bien comprendre lui-même l'œuvre exposée et ses mécanismes ; et de situer son rôle dans une dynamique historique, économique, sociologique et humaine (Kaghat, 2014) . L'usage des technologies numériques est courant puisqu'il s'agit des applications mobiles utilisées comme audio guide ou support d'aide à la visite, des expositions virtuelles, de la géo-localisation par les beacons, des surfaces tactiles mettant en valeur les lieux physiques et favorisant l'interactivité avec les usagers, de la réalité augmentée donnant vie à des œuvres artistiques, des robots en étant des médiateurs proposant des parcours de visite... Le TeamLab montre que le monde n'a pas de limite à travers leur conception dans le Mori Building Digital Art Museum à Tokyo ou dans la Grande Halle de la Villette à Paris. Il opte pour des immenses espaces qui mêleront l'art, la

science et la technologie ; immersifs, attractifs, interactifs, modernes, expansifs, dynamiques et adaptables aux besoins des usagers (TeamLab, 2018).

Plusieurs autres modèles dans le monde ont fait l'exemple ; le château de Falaise met gratuitement à la disposition de ses visiteurs des tablettes qui leur permettent de se plonger dans la vie du château de manière plus ludique (Pellerin, 2015). Le même cas à Notre-Dame de Paris, on peut découvrir la ville par un livre en donnant du relief aux lieux avec des lunettes 3D (Cailleaud, 2021). Avec une galerie interactive avec un mur multi-touch de 12 mètres, le Cleveland Museum fait entrer la médiation muséale dans une nouvelle dimension par des iPads connectés au mur, des écrans proposant des activités interactives et ludiques, un guide de visite géolocalisé... Ce géant mur encourage la participation des visiteurs pour découvrir les collections et crée ainsi une interaction entre l'art, les idées et les visiteurs (Steven, 2013). En 2013, le Musée de la civilisation égyptienne antique de Turin, a lancé le dispositif Google Glass4Lis, un guide visuel pour les visiteurs sourds et malentendants afin d'accéder à différentes informations historiques tout au long de l'exposition et profiter ainsi de différents autres services (Rokivo Inc. & Vidiemme Conseil, 2013). Le Centre Pompidou a scanné toutes ses œuvres et a développé une application mobile innovante. Il suffit de flasher une œuvre d'art avec son mobile pour afficher des informations sur celle-ci : notices, biographie de l'artiste, fiches Wikipédia... (Centre Pompidou, 2015).

### **3.1.2. Les salles de Cinéma : lieu original et insolite**

Le numérique constitue désormais une importante préoccupation dans les salles de cinéma dont les activités qui se déroulent dedans se sont progressivement accentuées et nos comportements vont vraisemblablement adopter ces activités pour agir et communiquer avec le monde du cinéma. Plutôt que de s'asseoir devant un écran géant dans une salle obscure, les salles de cinéma d'aujourd'hui vivent une véritable révolution numérique avec l'apparition d'une nouvelle technologie de la projection où les spectateurs vivent une expérience étonnante et plongent dans un monde virtuel qui frôle presque le réel à travers des séquences spéciales assurées durant la projection. Autant de salles de cinéma dans le monde vont plus loin, Nomad Cinema par exemple, une innovation vient des anglais, propose du cinéma sur un grand écran dans des lieux originaux et insolites (les parcs, les forêts...). IKEA à Moscou en 2014, réinvente la salle de cinéma en la transformant en chambres avec des lits, des tables de chevet, des coussins, des luminaires et des pantoufles... Les spectateurs s'installent confortablement pour visionner des films avec des casques et des

expériences immersives en se sentant comme chez eux (Ana, 2014). D'autres salles offrent désormais un service de restauration à la place, où l'on dîne en regardant.

### **3.1.3. Les bibliothèques : parc d'attractions de la culture**

Comme le dit le philosophe Daniel Payot, la bibliothèque est plus que jamais un lieu paradoxal, un lieu entre conservation et création, un lieu entre collection et passage, entre mémoire et promesse, un lieu d'information et de tradition, mais suffisamment sans identité pour éviter de se focaliser sur un seul état des connaissances, c'est-à-dire pour continuer à suggérer une vivacité et un état futur de la production des connaissances (Bertrand & Kupiec, 1997). Le modèle des bibliothèques que nous connaissons aujourd'hui est le résultat de multiples mutations causés par le numérique. Ce dernier a donné naissance à des interrogations sur l'évolution des espaces à concevoir et à construire.

Les services de productions médiatiques, les espaces d'apprentissage et de réunion, les zones de lecture et de travail sont transformés en des lieux d'échanges et d'activité innovants, productifs et interactifs où les supports physiques n'existent plus, la poussière ne s'entasse pas sur les rayonnages, l'obtention de l'information et la communication n'est plus complexe, la circulation des savoirs est souple et fluide, les différents services sont conviviales, collaboratifs, animés et flexibles... De nombreuses bibliothèques ont en effet commencé à offrir de nombreux avantages technologiques qui modifient la manière dont les usagers s'engagent avec ses services et ses espaces pour s'amuser, bouquiner, visionner, apprendre, explorer et constituer du savoir en s'immergeant dans un nouvel univers. Les réalités virtuelles et augmentés par exemple, améliorent le réel par des éléments virtuels (images, vidéos, textes) à travers un écran de smartphone, d'iPad ou de tablette, ou des lunettes. Les applications mobiles comme étant un service d'accompagnement et de médiation sont aussi présentes dans les bibliothèques innovatrices vu qu'elles offrent plusieurs fonctionnalités telles qu'un catalogue, un repérage des espaces et des collections, des guides, des fiches informatives, des visites virtuelles... Les bibliothèques tirent un grand profit des robots et des petits appareils volants télécommandés appelés drones qui sont un excellent moyen d'attirer l'attention des usagers et de susciter leur intérêt pour la technologie et, surtout, pour elles. La bibliothèque Westport (USA) a récemment acquis deux robots, Vincent et Nancy, qui communiquent avec les usagers, font circuler et transmettre des connaissances, animent des ateliers et participent à l'acquisition de compétences en codage et en programmation informatique (Sutton, 2014). Les Vélos cinétiques sont un autre pionnier de la technologie de nos jours offrant aux usagers la possibilité de recharger leur

téléphone et de faire de l'exercice en travaillant ou téléchargeant un livre électronique sur leur appareil. Un certain nombre de bibliothèques ont déjà implémenté avec succès les objets connectés et les interfaces centrées sur l'utilisateur avec lesquelles il peut interagir... Pionnière en la matière, la Bibliothèque nationale de France (BnF) a annoncé la commercialisation d'ebooks et a proposé des expositions virtuelles organisées en cinq galeries thématiques à partir de son portail (Laborderie, 2013). Toutes ces technologies ont une incidence sur les pratiques des usagers en bibliothèque.

La bibliothèque Hunt au États-Unis constitue une référence pour les bibliothèques désireuses d'exploiter les technologies numériques. Grâce à ses équipements high-tech, à ses outils de visualisation, à ses espaces immersifs et à son environnement qui favorise le travail collaboratif, la bibliothèque aide les étudiants à s'exprimer, visionner, réfléchir et créer de manière révolutionnaire (AV, 2022). La bibliothèque publique de Kongsberg est un endroit particulièrement éclectique, participatif, et ludique qui encourage l'interaction tout en intégrant de nouveaux médias et des solutions et fonctionnalités réactives donnant l'exemple de l'œil interactif, installé à l'entrée, qui mêle anatomie et prouesse technologique (BC Intérieur Sarl, 2017).

Cybrary aux Etats-Unis, est une cathédrale de l'esprit, un hôpital pour l'âme, et un parc à thème pour l'imagination, un véritable parc d'attractions de la culture avec un noyau spectaculaire caractérisé par un arbre massif dont les branches lumineuses guident les usagers vers les différents espaces de l'établissement. Les usagers peuvent également échanger avec un robot géant sur l'histoire de la région, se concentrer dans des chambres calmes à l'écart, où s'immerger dans les différents univers (corps humain, fonds de l'océan, espace, etc.) proposés par l'autobus scolaire magique, installé à l'extérieur de l'établissement (Clémence, 2017). Le Learning Center de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne introduit de nouveaux usages, notamment de grands espaces ouverts où les étudiants peuvent se détendre, se rencontrer ou lire. Des ateliers fermés sont installés dans cet espace infini sans interférer avec son étendue (Laurent, 2016).

### **3.2. Un nouveau regard sur les espaces de formation, diffusion et transmission du savoir à travers les nouvelles technologies**

Au cours des dernières années, l'usage des technologies numériques et les nouvelles innovations dans la pédagogie s'est accru avec une célérité remarquable, notamment dans le domaine de l'apprentissage et formation, la transmission des connaissances et la diffusion

du savoir...Il remet en jeu l'espace pédagogique et reconfigure ces modalités en profondeur grâce aux terminaux et dispositifs numériques qui introduisent une autonomie et une dimension émotionnelle et sensorielle au comportement des usagers. En fait, ces technologies semblent, depuis lors, une incorporation des ressources numériques pour faciliter le processus d'enseignement et d'apprentissage (Ndibnu-Messina & Willy-Nya, 2014). L'utilisation de la technologie numérique apporte de l'énergie et frappe le modèle traditionnel des espaces pédagogiques en renouvelant le concept de l'enseignement et révolutionnant son mécanisme (Min & Wenqin, 2009).

Une salle à quatre mur, forme rectangulaire, bureau, chaises inconfortables, rangées alignées des tables sommaires, estrade, tableau noir/blanc placé en hauteur face aux élèves, craie, marqueur, feuille de papier...sont quelques termes signifiants un espace pédagogique traditionnel qui se trouve entièrement remis en cause et a été réorganisé et repensé en une structure neuve conçue en fonction de leur usager. Compte tenu de l'avancée frénétique des technologies numériques, les espaces pédagogiques font face aux défis de la modernité, en devenant des espaces ouverts et invitants pour favoriser les entrevues, colorés, adaptés, personnalisés, mutables, flexibles et ludiques pour stimuler les esprits, connectés pour apprendre et transmettre le savoir autrement, avec plus d'interactivité, d'échange, de pertinence et de confort... Le modèle traditionnel de la classe rectangulaire est en train d'être abandonné. Il n'a souvent plus de porte et se déforme. Sans aucun doute, il se dispersera dans d'autres espaces car l'école de demain n'aura plus besoin de classes (Marchand, 2004).

L'école de Stockholm sans salle de classe en est un exemple ; C'est un paradis de l'inflexion des espaces d'apprentissage. Il n'y a pas de salle de classe avec des tables et des chaises parfaitement alignées, tout a été pensé pour favoriser la révélation et l'imagination des enfants. De grands espaces ouverts avec lumière naturelle sont installés un partout, et les meubles ont été conçus pour encourager l'interaction entre élèves. À l'intérieur de l'école, une montagne s'élève pour permettre aux élèves de regarder ce que font leurs camarades de classe. Ils trouveront un espace multimédia au sein de cette structure (Le Mag', 2015).

L'idée du nouveau regard sur les espaces pédagogiques est que l'architecture et plus particulièrement l'aménagement et la manière d'organisation des classes changent du schéma traditionnel et classique en zones partagées. Pour cela, de nombreuses technologies percutent l'ensemble des espaces d'apprentissage et de formation, en mettant en exergue la part grandissante des objets connectés qui ont la capacité ; de bouleverser la façon dont les écoles, les collèges, les institutions et les universités recueillent les données, de fournir un

milieu sécurisé pour les usagers, et d'offrir des pratiques plus efficaces et dynamiques et de rentabiliser la gestion du chauffage, ventilation, climatisation et éclairage... La startup MUV Interactive a conçu une petite bague intelligente et connectée en Bluetooth, capable d'utiliser un écran interactif géant sur n'importe quel mur où l'utilisateur peut y glisser des contenus, des images, effectuer des zooms... (Hoffstetter, 2015). Ce renouveau dans la pédagogie engendre un nouvel usager qui prend place sur les bancs, se déplace des zones librement, armé d'ordinateurs portables, de smartphones et de tablettes éducatives et est capable d'appréhender un nouveau rapport au savoir pour optimiser le travail collaboratif et leur bien-être.

Il faut par ailleurs souligner que le tableau noir est disparu, remplacé par une surface de projection, vidéoprojecteur, ordinateur et logiciel ce que l'on nomme tableau interactif qui se veut un outil multimédia pour échanger et interagir en favorisant la diffusion rapide d'informations auprès des usagers férus de numérique. Ajoutant également les grands écrans et les tables tactiles ainsi les sols interactifs mêlant sonorités, lumières, couleurs et vibrations...pour mettre en relief l'interactivité, améliorer les échanges et les expériences d'apprentissage et d'enseignement et aussi progresser l'aptitude physique et la motricité fine chez les usagers. En tirant parti des professeurs hologrammes par exemple qui font cours en vrai à une classe et qui sont projetés dans plusieurs autres salles en même temps avec possibilité d'interaction pour poser des questions (Jam, 2017). Les réalités virtuelles et augmentées, les robots et les drones aussi prennent une place prépondérante dans l'espace pédagogique vu leur aspect ludique qui renforce le plaisir d'apprendre, de faire, d'expérimenter et de découvrir des choses impressionnantes en médecine, biologie, architecture...Les élèves de la Latin School, une école située à New York, ont visité Chizen Itza, une ville du sud du Mexique, en enfilant simplement leur casque de réalité virtuelle, hyper immersif et ludique. Les explications de leur professeur ont fait le reste pour une visite guidée comme s'ils y étaient (Robots, 2020).

### **3.3. L'assistance et les soins médicaux en métamorphose numérique**

Les établissements hospitaliers sont des organisations complexes de haute précision, en pleine mutation au gré des innovations et des avancées technologiques. Ces avancées apportent une liberté pour la recomposition de l'espace médical, modifient nos pratiques, nos comportements et notre perception du milieu environnant. De façon concomitante, ce nouvel vecteur fort qu'est le numérique améliore précieusement la qualité des services de santé, les modes de prises en charges des patients, le mode d'exercice des médecins, la

relation soignants et soignés et bien d'autres choses encore... Le Pr Gilles POTE, ancien Président de la Commission Médicale d'Établissement précise que la médecine va se développer, les patients ne resteront plus à l'hôpital mais y viendront pour des prises en charge courtes, afin de bénéficier des meilleures innovations médicales. L'hôpital sera numérisé, automatisé et modernisé au service de la qualité et de la sécurité des soins (Clayer-Fouet, 2016). Comme tous domaines d'activité, L'assistance et les soins médicaux se réinventent graduellement et ont envahi par la marée numérique. E-santé, m-santé, robotique médicale, smart hospital, objets connectés, santé connectée, révolution médicale, intelligence artificielle, Chambres ultra connectées, dossiers informatisés, télésurveillance des soins à domicile... sont autant de termes apparus cette dernière décennie, appliqués au domaine de la santé et liés à la notion de bien-être. Le schéma ci-après (Figure 3.1), extrait du Livre Blanc du Conseil National de l'Ordre des Médecins consacré à la santé connectée, et complété par les explications afférentes, décrit ces principaux termes (Clayer-Fouet, 2016).

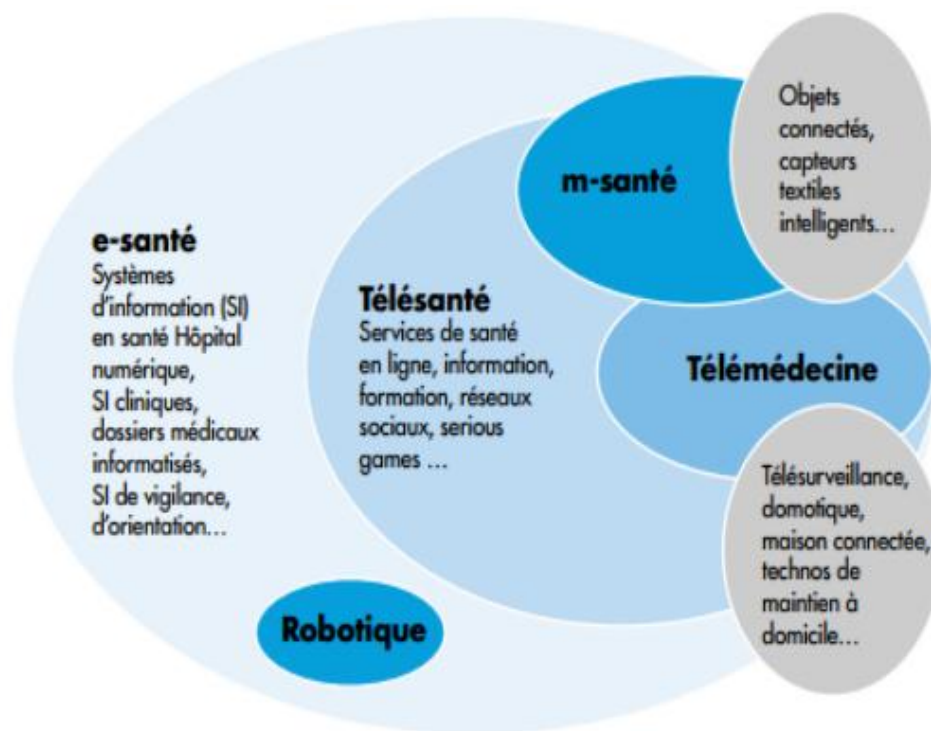


Figure 3.1 : Principaux termes relatifs à l'e-santé. Source : Clayer-Fouet, 2016

Dans la période d'effervescence créative, une forte pression est exercée par les technologies numériques pour révolutionner la conception des établissements médicaux hospitaliers notamment leur fonctionnement, leur gestion d'activités et leur production des soins en temps réel. Le pari est de concevoir un univers neuf et moderne dans sa physionomie



où l'humain, la science et les techniques médicales les plus pointues se mêlent dans un ensemble d'une microsociété informationnelle qui répond aux attentes d'une nouvelle génération de patient 2.0, mieux informés, plus exigeants, plus mobiles et plus connectés (Louis, 2016). En fait, le véritable potentiel qu'offrent les technologies numériques conduit à des établissements médicaux hospitaliers frais et contemporains, fluides, plaisants, reconfigurés, bien éclairés et ventilés, évolutifs, ouverts, ergonomiques, connectés et automatisés afin de mieux répondre aux besoins accrus des usagers que ce soient les patients ou les professionnels de santé.

Qualifiée de 'métamorphose médicale', l'apparition des nouvelles technologies dans le domaine de la santé représente un renouveau dans la qualité, l'organisation, la gestion et le processus... Robin Jean-Yves en 2016 affirme que nous sommes à la croisée des chemins [...] les prochaines années seront déterminantes pour le devenir de notre modèle et le numérique peut être notre meilleur allié comme notre pire ennemi pour préserver ce qui doit l'être et transformer ce que nous choisirons collectivement de réformer. Par conséquent, plusieurs projets de recherche et de fin d'étude ont développé des prototypes qui pourraient transformer la vie dans les établissements hospitaliers, fluidifier le parcours patient et rafraichir ainsi l'atmosphère des espaces... Avec par exemple, des écrans tactiles et interactifs installés dans les chambres des malades, l'accès au dossier médical, ou à des applications de relaxation ou de divertissement est pratique pour toute tranche d'âge. Dans le service de néonatalogie de l'hôpital de Villefranche-sur-Saône, la maman peut surveiller son bébé via des écrans ainsi que la famille, qui peut se connecter pour voir le nouveau-né (Le Patriote, 2018). La technologie offre par ailleurs de vastes potentialités pour les personnes âgées par des éléments de sol connectés et sensibles permettant la détection des chutes, des intrusions et des incidents ou encore travaillant comme guide à travers l'illumination du parcours malade. Le domaine de santé est encore avec la propagation des robots infirmiers mécatroniques qui possèdent un tout petit écran tactile facilitant la prestation de soins. Ajoutant aussi la réalité augmentée par des lunettes HoloLens connectées qui : refaçonnent la manière dont le chirurgien opère, visualisent soigneusement des éléments du corps humain qui sont impraticables à l'œil nu et permettent même à d'autres chirurgiens de joindre une opération à distance en apportant leur collaboration. Quant 'aux objets connectés, le pétrole du service santé médicale, offrent divers gains d'efficacité en terme d'énergie, de surveillance, de suivi et de sécurité. On note d'une part, les objets connectés portables qui permettent d'exécuter des mesures externes au contact du

corps du patient. D'autre part, les objets connectés fixes qui sont destinés principalement à des applications sur le lieu (capteurs de chute, suivi du sommeil, rythme cardiaque ...). Enfin, les objets implantables qui peuvent effectuer des mesures internes au corps humain (Maxence, 2016). Toutes ces technologies impactent l'espace architectural et décryptent l'expérience spatiale en émouvant le comportement de leur usager. L'expérience spatiale se voit en trois composantes : l'espace conçu qui relève de la réflexion menée par l'architecte dans la conception de l'espace ; Inversement, l'espace perçu et l'espace vécu relèvent de l'interaction de l'utilisateur avec son environnement immédiat (Pascal, 2003).

Le Future Care Lab a fourni une infrastructure de soins intelligente, composée de différents appareils mobiles et intégrés, pour soutenir les personnes âgées (Holzinger et al, 2015). Le projet SAAPHO s'est également intéressé aux personnes âgées et vise à améliorer leur qualité de vie en assurant leur autonomie ainsi que leur indépendance et cela par des smartphones, des capteurs et des technologies NFC (Near Field Communication). Il offre des services liés à la prise de médicaments, à la pratique d'habitudes saines et des services assurant la sécurité, la communication, le partage et la surveillance (Dramane, 2014).

### **3.4. La technologie numérique : facteur de modernisation de l'innovation et la créativité, la gestion et la logistique**

L'usage des technologies numériques dans les administrations ainsi les laboratoires et les locaux de recherche s'est étalé ces dernières années vues les possibilités et les services sophistiqués qu'ils offrent pour une performance, une transparence et une efficacité productive à long terme (Marie-Pierre, 2013). Etant donné que c'est un secteur d'activité colossal, il connaît une réforme en matière de son fonctionnement et mode de gestion ainsi sa dimension spatiale. Les défis majeurs qui se dégagent de cette mutation numérique sont : favoriser l'innovation et la créativité, améliorer la gestion et la logistique ou encore fournir le bien être des usagers. Ce puissant levier qu'est le numérique surfe et décrypte comment la vague digitale transforme progressivement la manière de travailler, découvrir, imaginer, gérer et planifier dans un espace défini. De ce fait, trois éléments spécifiques se découlent : avoir, être et faire, c'est-à-dire la possession des terminaux et dispositifs numériques dans un milieu ou espace accueillant pour accomplir une tâche (Figure 3.2) (Vallejo & Denervaud, 2014). En conséquence, chaque usager se transforme en un collaborateur émouvant et potentiel permettant une transformation significative en matière de diversité des espaces et ses aménagements, en estompant les limites et reconfigurant la fonction qui y est exercée. En outre, les outils technologiques apportent une attention particulière à la connectique mais

aussi une réallocation des fonctions qui notablement : contribue à remodeler et à repenser les espaces et participe à la création des immeubles intelligents, générateurs d'expérience, collectifs et collaboratifs, améliore l'environnement de travail, accroît la flexibilité des usagers, augmente le plaisir à explorer, favorise les échanges, fournit une meilleure qualité de vie et dégage des avantages perceptibles (BNP Paribas Real Estate, 2015).



Figure 3.2 : Le mode de travail dans un espace défini. Source : Vallejo ; Denervaud, 2014

L'innovation et la créativité dans les laboratoires et les locaux de recherche, et la gestion des espaces de travail d'aujourd'hui, sont désormais ludiques, souples, pensées pour tous et appropriées aux besoins et rythmes des usagers. Ces espaces sont considérés non seulement comme un lieu de travail avec une seule tâche mais aussi un centre majeur de socialisation entre diverses catégories des usagers, un forum où son agencement, usage, pratique et physionomie change... Ils peuvent être : ouverts et transparents pour travailler ensemble en partageant l'information et les connaissances en compagnie d'une mixité d'usages et liberté d'échanges, fermés pour les réunions permettant la prise de contrôle et les conversations dans un temps réel, isolés pour fuir les nuisances sonores, se ressourcer et se concentrer sur les tâches à faire, connectés à la nature pour s'aérer l'esprit et optimiser l'aspect des apports naturels (Business Insider, 2018)... La collaboration, le co-working, le desk sharing, le flex office, le box environnemental, la borne interactive... Une nouvelle génération de termes pour les futurs bureaux de travail arrive. Tous ces termes évoqués transforment ces espaces en un lieu de vie, respectueux de l'environnement, open space, collaboratif, efficient, intelligent, modulable, polyvalent, ultra connecté, mobile, flexible, confortable, convivial, innovant et agile...

Soucieux de s'adapter à un monde numérique sans cesse mouvant, les administrations ainsi les laboratoires et les locaux de recherche adoptent plusieurs technologies considérées à juste titre comme un instrument d'amélioration de la qualité des

services aussi bien les besoins et les attentes des usagers pour un accroissement de la dimension spatiale (Kombo, 2012). Digital Pen 2.0, listening Table, smart Kapp, altwork station, lampe connectée, vitre intelligente, siège connecté, ceinture anti-stress, coussin intelligent... Les objets connectés font désormais une partie intégrante du secteur administratif et scientifique. Ces objets ont la capacité de bousculer notre rapport au travail et notre expérience au sein de l'espace. Ils permettent de suivre en temps réel l'évolution de la température intérieure et de la qualité de l'air, contrôlent les ambiances, assurent un plus grand confort aux usagers et une meilleure gestion de la consommation énergétique (eau, électricité etc.), stockent des informations et retranscrivent les échanges, opacifient une vitre...(Nexity). Au-delà de leur évidente valeur ludique, les tables et les écrans tactiles servent de support à de nombreux usages dans les espaces de bureaux. Ils offrent une atmosphère de coworking conviviale, créative et stimulante qui rend les interactions plus naturelles, collaboratives et productives. Ses dispositifs peuvent être combinés pour obtenir un bureau de travail composé d'un écran tactile courbé. Outre sa dimension spatiale technologique, les espaces de travail ont également intégré la robotique et la réalité virtuelle et augmentée qui ont un impact sur la façon dont nous percevons la réalité et contribuent à améliorer le processus de travail. Avec le sentiment de sûreté et de confiance qu'il procure, les systèmes de sécurité et de surveillance sont largement utilisés dans ces secteurs.

The Edge est vraisemblablement l'espace de bureau le plus emblématique qui incarne l'intelligence et l'écologie avec une haute qualité sociale, environnementale, organisationnelle et technologique. Grâce à ses technologies durables et innovantes qui façonnent à la fois la façon de travailler et les espaces dans lesquels on le fait, the Edge ouvre la voie vers une utilisation efficace d'un espace dynamique, performant, ouvert, connecté et collaboratif, repensé et optimisé tout en offrant aux usagers le confort dont ils ont besoin (Randall, 2015). Le bâtiment dispose de 28 000 capteurs qui mesurent la température, la lumière, les mouvements et l'humidité et à travers une application smartphone, ces paramètres seront modifiés en fonction des préférences des usagers de l'espace (Cordon & Echeveste, 2018). Le nouvel immeuble à bureaux GlaxoSmithKline (GSK) à Québec, est une autre conception innovante, technologiquement avancée et durable comprenant des bureaux ouverts et des laboratoires actifs qui rendent l'espace fonctionnel, largement conçu pour le confort et la performance des usagers (Centre d'expertise sur la construction commerciale en bois, 2012).

### **3.5. L’habitat et l’hôtel connectés : leurs nouveaux usages et les données à collecter à l’ère numérique**

#### **3.5.1. L’habitat intelligent : une conception architecturale néo-moderniste**

Habitat intelligent, domotique, maison connectée, maison du futur, smart home : sont autant de concepts émergents depuis des années, arrivants aujourd’hui à un nouveau tournant illustré par des progrès technologiques en intelligence artificielle et ambiante et aussi par l’ensemble des techniques électroniques, informatiques et des télécommunications permettant d’automatiser, de sécuriser, de gérer, d’assister, de faciliter les tâches quotidiennes et d’améliorer le bien-être et la qualité de vie des usagers. Ce type d’habitat, identifié comme un axe à fort potentiel visant un développement durable, économe en énergie et respectueux de l’environnement, fournit des services hautement sophistiqués à travers les dispositifs numériques et les appareils connectés qui affectent les activités déroulant à l’intérieur de la maison, la manière d’utiliser l’espace et aussi le comportement des usagers (Bonhomme, 2008).

Ken Sakamura dit que c’est une maison qui répond aux besoins nés de l’utilisation croissante d’appareils informatisés chez soi, et des styles de vie toujours plus diversifiés des habitants. M.B. Ullag a rajouté que c’est une conception architecturale néo-moderniste, donnant corps aux aspirations sociales, économiques, culturelles et technologiques de l’âge de l’information, et dotant les immeubles d’un cœur battant avec tous les signes des organismes vivants (Gallissot, 2012). On peut dire que l’habitat intelligent est centré sur plusieurs éléments. D’abord, l’usager de l’espace et ses besoins puisque l’habitat est le seul endroit qui puisse satisfaire tous ces besoins : ‘physiologiques, de sécurité, d’appartenance et d’affection, de l’ego ou d’estime et enfin d’accomplissement de soi ‘d’après Abraham Maslow, psychologue américain connu pour sa théorie de la motivation (Merlet, 2018). Et puis les services ayant optimisé son confort et sa sécurité ainsi les équipements intégrés comme les caméras et les détecteurs. Ajoutant aussi les moyens d’information et de transmission de données et les systèmes fonctionnels.

Il est par ailleurs important de noter que l’habitat intelligent est doté d’un certain nombre de technologies offrant une propagation et un potentiel d’excitation des lieux par une interaction flagrante à savoir : les capteurs sensoriels installés dans les murs, les sols ou même les plafonds, ayant la capacité d’agir sur l’environnement intérieur et nos habitudes de vie. Les écrans et les tables tactiles qui apportent des tâches incroyables et favorisent une

ambiance conviviale, les robots domestiques connectés ainsi les pratiques innovantes et ludiques qu’apportent les réalités augmentées et virtuelles pour visualiser un nouveau décor ou apporter des aménagements intérieurs par exemple. Les objets connectés sont aussi une technologie omniprésente dans l’habitat intelligent pour remplir des objectifs liés à la santé, la sécurité, le confort et l’énergie, par exemple, ouvrir ou fermer une porte, contrôler les températures, assister les tâches, changer de couleur des lumières, simuler une présence ou passer en mode éco du chauffage et ventilation... (Locqueneux, 2016). Ces technologies décryptent l’expérience spatiale vécue dans un habitat disant ; durable, efficace et approprié aux besoins des usagers ; automatisé vu les systèmes installés dedans pour accroître leur réactivité, leur fonction et leur rentabilité ; et enfin interactif par le biais de l’électronique qui provoque une réaction visuelle, tactile, auditive ou olfactive.

L’université de Floride propose la Maison de Matilda qui comporte un système de localisation des habitants basé sur les ultrasons. L’objectif du projet est d’optimiser le confort en contrôlant l’environnement en fonction des habitudes de mobilité des usagers. La même équipe propose un projet de 2ème génération de maison intelligente nommé Gator Tech Smart House qui comporte un grand nombre d’équipements intelligents optimisant le confort et la sécurité des personnes âgées à domicile (Figure 3.3) (Bonhomme, 2008).

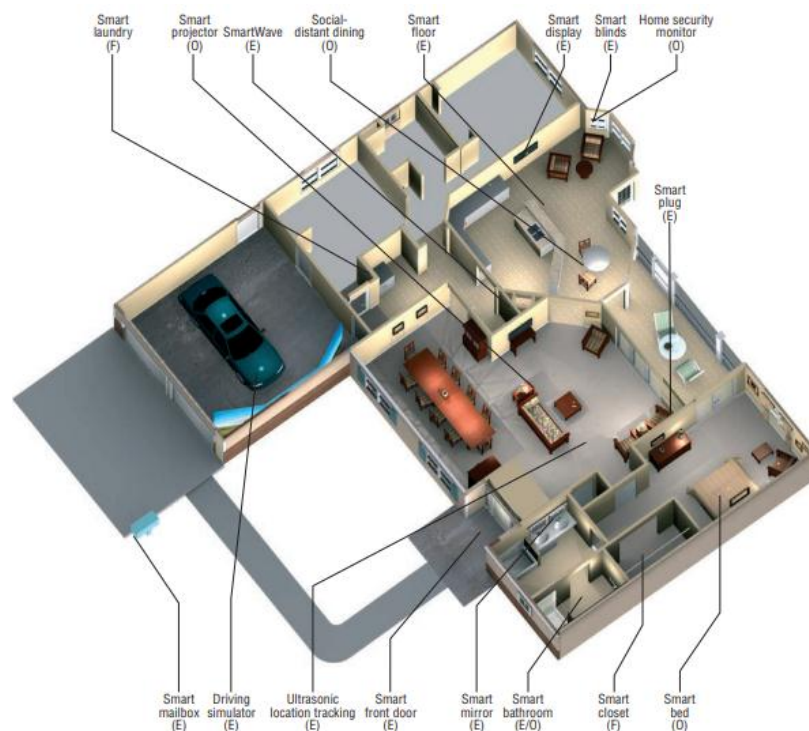


Figure 3.3 : Gator Tech Smart House. Source : Bonhomme, 2008

### **3.5.2. Les hôtels luxueux : un usage évolué et novateur**

En exploitant judicieusement les produits et les services de l'innovation des technologies numériques, l'hébergement dans les hôtels luxueux, est d'un usage évolué et novateur. La technologie intelligente est maintenant au cœur du développement de l'industrie hôtelière visant à créer du plaisir et des expériences personnalisées de haute qualité chez le client en tant que force motrice de l'image de l'hôtel. Cette industrie réinvente de manière créative la conception et l'aménagement des hôtels en se focalisant sur des espaces écologiques et sécurisants, des chambres ultra connectées, des murs recouverts de tablettes tactiles et interactives, des parcours fluides et souples, des open spaces favorisant les interactions humaines et les nouvelles expériences...

Il ne fait aucun doute, les hôtels d'aujourd'hui représentent un modèle commercial pratique et mettent en évidence des défis prometteurs et des solutions innovantes pour améliorer la qualité des services rendus et se déployer à tous les niveaux de gestion et de fonctionnement, offrant des expériences inédites et un confort amélioré tout en permettant des économies opérationnelles importantes et une sécurité accrue (Leonidis et al, 2013). À cette fin, de nombreux attributs caractérisent aujourd'hui chaque espace hôtelier : du parking à la chambre en passant par l'accueil, la restauration, les espaces de repos, les salles de réunions ainsi que les bureaux techniques et administratifs... On note : la disponibilité de l'Internet de haut débit, l'inclusion de la technologie vocale et des interfaces digitales, la mise en œuvre d'appareils intelligents et des objets connectés qui contrôlent les paramètres environnementaux tels que l'éclairage, le chauffage, la ventilation...tout en dirigeant la sécurité et la surveillance...L'adoption de toute forme de durabilité est également mentionnée, en raison du fait que les clients apprécient maintenant leur relation avec l'environnement naturel (Revfine, 2022). De plus, les technologies mobile et portable sont largement utilisées dans les hôtels intelligents pour aider à la rapidité du service tout en améliorant l'efficacité et la communication avec les clients. Afin de créer des lieux confortables tout en améliorant l'expérience client, la qualité et la performance du service, mais aussi pour faire économiser de l'argent aux propriétaires, Hilton, Marriott et d'autres grandes marques hôtelières ont pleinement adopté de l'intelligence artificielle, des réalités virtuelles et augmentées et des chambres d'hôtes intelligentes et personnalisées selon les préférences des clients (Ali et al , 2020). Toutes ces qualités technologiques intégrées dans les hôtels intelligents y compris les dimensions, les techniques, les ressources, les modèles d'exploitation et de service, collaborent pour que : l'hébergement soit écologique, convivial

et adaptable aux besoins et attentes d'un usager hyper connecté et satisfait et que les performances des opérations commerciales augmentent (Lai & Hung, 2017). Plusieurs exemples bien connus de ces centres urbains intégrés, intelligents et durables peuvent être énumérés ci-dessous: The Upper House à Hong Kong, un havre d'élégance où les clients sont accueillis par un iPod Touch à l'arrivée, chargé avec l'ensemble des jeux, de la musique et des informations sur l'hôtel pour leur propre usage personnel, tout en offrant d'expériences édifiantes et authentiques. Novotel München Messe en Allemagne, avec des chambres spacieuses et confortables dotées des systèmes d'information et de communication dans leur fonctionnement. L'hôtel est équipé d'écrans tactiles qui permettent aux clients de trouver facilement les informations touristiques nécessaires. Crowne Plaza à Copenhagen est un hôtel entièrement connecté et écoresponsable car toutes les sources d'énergie qu'il utilise sont renouvelables, comme les vélos qui sont propulsés par la force des muscles des clients lorsqu'ils s'exercent dans le centre de remise en forme de l'hôtel (Jaremen et al, 2016).

### **3.6. Les services, détente et loisirs : une pratique en pleine expansion**

#### **3.6.1. Le secteur des loisirs et de détente : une industrie culturelle mature**

Les loisirs, étant définis comme les activités que les gens s'adonnent pour leur plaisir, ont évolué au fil du temps suivant les avancées technologiques et les besoins de la société humaine. Dumazedier J. définit le loisir comme l'ensemble d'occupations auxquelles l'individu peut s'adonner de plein gré, soit pour se reposer, soit pour se divertir, soit pour développer son information ou sa formation désintéressée, sa participation sociale volontaire ou sa libre capacité créatrice après s'être dégagé de ses obligations professionnelles, familiales et sociales (Dumazedier et al, 1968).

La transition numérique offre de nouvelles opportunités aux espaces de détente et loisir en leur replaçant dans une perspective et culture de loisirs contemporaines. Cette transition offre de nouvelles possibilités d'interaction et d'immersion en faisant : évoluer les pratiques, transformer la gestion de l'espace et les expériences vécues, moderniser et élargir le design intérieur de différentes manières. En somme, elle fait valoir ces espaces à des lieux où socialiser dans un environnement confortable, sûr, convivial, idéal, productif et fonctionnel tout en répondant aux besoins spécifiques de ces convives.

Il est important de noter que l'expansion des nouvelles technologies est en train de changer cet univers-là, tout comme les rapports entre homme, espace et temps (Bastien, 2021). Il est ainsi vraisemblable que les technologies émergentes telles que la réalité



augmentée et virtuelle, les objets connectés, les écrans tactiles géants, les applications, les réseaux sociaux, l'e-sport et le big data ; dont ils disposent les milieux et les sites de détente et loisir notant les salles de sport et de fitness, les stades... deviennent le support privilégié de divertissement, de communication et de socialisation pour ses usagers. Ces nouvelles technologies garantissent des notions extrêmement variées dont le Quantified Self, les stades connectés, le crowd funding, les matches filmés en réalité virtuelle, le sport 2.0, les salles de sport intelligentes, cybersport...

Les espaces de détente et de loisir d'aujourd'hui n'auront pas besoin d'un grand espace au sol pour mener les activités souhaitées, ni de divers points de vue. Au lieu de cela, ils n'auront besoin que d'un petit espace intelligent capable de répondre et de réagir aux interactions et aux comportements des usagers en temps réel, permettant à ces derniers de s'engager dans les activités les plus adaptées à leurs besoins et à leurs niveaux de compétence (Biocca, 2017). Désormais, il est possible de pratiquer n'importe quel sport de manière ludique et immersive avec une nouvelle dimension ou de se transporter dans un autre environnement sans bouger. Ceux-ci offrent un large éventail d'options et de variations ainsi que des ambiances et des situations authentiques (Dard, 2017).

La société allemande, ASB GlassFloor propose une solution innovante au niveau du plancher qui peut afficher une grande variété de marquages au sol et s'adapter instantanément à l'activité active pratiquée. Cette technologie permet également la transformation de l'ensemble du terrain de sport en un immense écran LED animé et interactif, ajoutant de la polyvalence à l'espace (Florian, 2013).

Le Chicago Sports Museum et le stade national de Singapour servent d'illustration du secteur des loisirs et de détente, ce sont des espaces sportifs dotés d'une interactivité et d'un divertissement de haut niveau. Avec un design multifonctionnel, polyvalent, innovant, durable et distinctif, ces milieux ont été conçu dans l'optique d'offrir une toute nouvelle perspective sur l'utilisation de l'espace intérieur. De nombreux jeux immersifs, des grands écrans à LED, des systèmes éco énergétiques, des défis techniques et des simulations sportives font partie des attractions interactives de ces espaces (Équipe FG, 2015).

### **3.6.2. Défis et opportunités de l'adaptation du commerce et de la restauration à l'ère numérique : une offre de divertissement innovante**

L'adoption rapide des technologies numériques pourrait aider à accroître les différents services de commerce et de restauration, contribuant ainsi à un avenir plus

prospère, inclusif et rempli d'opportunités. Ces technologies ont résolu les problèmes liés à la normalisation, à la logistique, au paiement et au marketing, ce qui profitera davantage aux usagers (Kaizhi, 2019). En soutenant l'essor de l'intelligence artificielle et des plateformes numériques innovantes telles que 'logiciels, applications, paiement numérisé, services robotisés, interfaces tactiles, menus électroniques, caissiers automatiques, e-commerce ...', les services d'aujourd'hui doivent rivaliser de créativité pour s'adapter à la vague du numérique offrant une médiation libre, un divertissement puissant, une offre de loisirs innovante et des usages plus réalistes que jamais. Ainsi, le développement d'une conception architecturale ainsi que tout ce qui est visuellement attrayant comme argument de vente, a conduit à une évolution continue des façades, des enseignes, des vitrines, des aménagements intérieurs, des présentoirs et des ambiances (Prinz & Gerval, 2013).

L'amplification de nouveaux systèmes de restauration et de commerce est une tâche difficile car ils sont centrés sur l'utilisateur. Dans le service traditionnel, les activités qui se déroulent dans un espace architectural clos dépendent directement de la présence de la main-d'œuvre. L'espace n'a qu'une seule fonction et est aménagé d'une façon à satisfaire les attentes des usagers en leur apportant une simplicité et facilité aux principaux éléments dont ils ont besoin. Par conséquent, les méthodes permettant d'améliorer efficacement la qualité des espaces pour les usagers, de réduire la charge de travail, d'enrichir les expériences spatiales, de démultiplier les possibilités interactives, de faire des transactions commerciales à tout moment et n'importe où et d'augmenter l'efficacité en utilisant des technologies de pointe ; ont reçu beaucoup d'attention ces dernières années. Le service intelligent vise à : dynamiser l'espace pour le rendre attractif et innovant ; capter puis engager l'utilisateur dans une interaction significative avec l'espace en lui apportant une flexibilité et une dynamique quasi infinie dans son environnement intérieur multifonctionnel, son mode de fonctionnement, sa qualité de service, sa gestion, ainsi que dans la manière dont les biens, services et informations sont achetés, vendus et échangés (Ashwini & Mamta, 2015). Dans ce système, le transfert d'informations intra-cognitives entre usagers rend le processus de pratiquer l'activité plus rapide et plus efficace (Sakari et al, 2013). Par exemple, les propriétaires du restaurant exclusif TROYKA ont fait confiance à Loxone pour tout intégrer, de l'éclairage personnalisé aux exigences souhaitées aux stores en passant par la gestion de l'énergie et bien d'autres fonctionnalités technologiques. L'objectif est de garantir que tous les différents points de contact collaborent, se connectent, partagent des informations, personnalisent les expériences et accélèrent les processus (Loxone, 2022).

Voici quelques exemples supplémentaires de restaurants intelligents qui ont réussi grâce à des stratégies technologiques créatives mises en place. À Barcelone, un restaurant intelligent appelé Nüa Smart Resturant, où les tables interactives sont en fait de très grandes tablettes. Ils sont utilisés par les clients pour passer des commandes, effectuer des paiements et passer le temps en attendant leur repas en lisant les actualités ou en jouant à des jeux vidéo. Un exemple beaucoup plus futuriste est celui des restaurants KFC en Chine, qui proposent un menu basé sur le visage du client. Ceci est rendu possible par un programme qui analyse les images faciales pour déterminer le sexe, l'âge et le sens de l'humeur d'une personne avant de recommander un élément de menu en conséquence (Monouso, 2022).

### **3.7. Le numérique : un levier de croissance pour la production et la fabrication dans les usines**

Les avancées significatives dans l'infrastructure numérique ont permis une évolution drastique et une transformation décisive des différents secteurs. Alors que les technologies modifient de plus en plus le mode de vie des gens, leurs habitudes et leurs modes de communication, elles bousculent également le secteur industriel, qui se traduit par l'industrie 4.0, l'industrie du futur, smart factory, cyber usine, l'usine digitalisée... La différence entre une usine révolutionnaire et une usine traditionnelle réside essentiellement dans : les méthodes de fabrication et de production, l'organisation des espaces, le style du design intérieur, le circuit de production, la maintenance des machines, la gestion des ressources...

En faisant appel à de nombreuses nouvelles technologies dont 'la réalité augmentée, la fabrication additive, l'internet des objets, le Big Data, les outils de simulation, les interfaces immersives, les systèmes cyber-physiques, la cybersécurité, la robotisation, l'automatisation... ', les usines ouvrent désormais la voie à une nouvelle révolution industrielle plus ciblée et personnalisée. Grâce à un haut niveau d'automatisation et d'intégration numérique de tous les outils de production, les usines sont plus agiles et flexibles, polyvalentes, moins coûteuses, plus respectueuses de son environnement et plus performantes énergétiquement offrant en plus de réponses fonctionnelles et organisationnelles, une image d'un environnement de travail adapté et une identité renforcée (Facon, 2021).

Ces bâtiments servent un environnement intelligent, connecté, automatisé et robotisé où les nouvelles technologies offrent une efficacité accrue dans la gestion des ressources et de la production, en réponse à un large éventail de besoins. Ils visent également à remodeler

de nouveaux usages dans un temps précis et avec plus d'assiduité (simplification de la fabrication des produits, flexibilité des circuits de production, pilotage pour la maintenance des opérations effectuées...). Tous ces affermissements permettent de fabriquer dans un temps plus court, plus intelligemment, plus interactivement, plus efficacement, plus rapidement, plus sûrement et plus proprement. Elles contribuent aussi à revaloriser l'image du secteur industriel et son mode d'organisation du processus, condition indispensable pour favoriser l'innovation collaborative, l'interaction et la communication entre tous les stades du processus de production et entre tous les acteurs (Thibaut & Toubal, 2016) (Gublin, 2015).

### **Synthèse :**

Les évolutions technologiques de la vie en général et les considérations fonctionnelles et environnementales en particulier, contribuent au développement de nouveaux espaces hybrides en favorisant l'amplification de conceptions intérieures diverses et variées. Ces dernières sollicitent plus d'agilité, de réactivité et d'adaptabilité, capables de fournir les services nécessaires (confort, efficacité énergétique, sécurité, etc.), d'améliorer l'expérience utilisateur et de susciter ses sentiments et ses impressions au sein des espaces architecturaux. A cet égard, on assiste à une redéfinition et un renouvellement de la manière d'utiliser et de vivre l'espace, ainsi de la pratique et de la perception des lieux... en faisant progresser la fonction spatiale initiale en un usage innovateur, riche en expériences. Nous sommes donc confrontés à une nouvelle dimension qui incite à régénérer l'usage et la pratique de l'espace architectural dans les différents secteurs d'activité et de vie, en assumant de nouveaux concepts comme : la fluidité, l'interactivité, la transformation, l'automatisation, la durabilité et l'ouverture....

### **3.8. Analyse des projets contemporains selon différentes écoles d'architecture**

Le deuxième chapitre et la première section du troisième s'intéressent à la conceptualisation de la notion d'espace à l'ère numérique ainsi les modifications qu'apportent dans divers usages que l'on retrouve dans différents secteurs d'activité et de vie, que ce soit le secteur scientifique, éducatif, commercial, administratif, médical, culturel, industriel... L'analyse des projets architecturaux vise à discerner les éventuelles lacunes et à identifier les caractéristiques architecturales particulières au moment où la technologie numérique s'est intégrée dans l'espace. De plus, elle nous aidera également à enrichir notre catalogue de concepts architecturaux à travers la variété des compositions spatiales

architecturales d'un projet à un autre. En considérant les connaissances mises au point au début de la recherche comme les éléments principaux de l'analyse, chaque cas est examiné selon son idée architecturale, sa morphologie, ses espaces intérieures et comment les usagers les percevront après l'intégration des technologies numériques dans ses différentes étapes.

Aujourd'hui, les maîtres des grandes écoles architecturales à travers le monde comme Daniel Libeskind, Zaha Hadid et Frank Gehry... ont adopté diverses techniques de conceptualisation pour arriver à des résultats similairement perçus par les usagers. Cependant, les professionnels du domaine perçoivent une différence significative derrière cela. Les exemples étudiés dans cette section apparaissent comme des bâtiments amplifiés en pleine transition, leur architecture s'inscrit dans la mutation profonde de l'ère numérique en favorisant l'interaction et l'immersion à l'intérieur des bâtiments. Des dispositifs innovants sont utilisés dans les processus de conception et de construction permettant également de repenser la pratique des espaces intérieurs et donnant aux usagers l'accès à de nouveaux outils qui facilitent la communication et améliorent leur expérience.

### **3.8.1. Fresh H2O : Pavillon de l'Eau douce**

Le pavillon de l'Eau douce Fresh H<sub>2</sub>O est l'un des premiers musées interactifs d'une forme organique du poisson, dérivée de plusieurs ellipses qui ont été déformées par des transformations itératives (Figure 3.4). Avec les installations multimédias intégrées, son volume tordu, flexible et irrégulier non seulement à l'extérieur, mais aussi à l'intérieur, concourt à une expérience spatiale immersive. Le musée est conceptualisé selon les données du site et le flux des visiteurs entrants. Il ne subsiste rien des notions d'espace, temps, verticalité et horizontalité. Une surface ininterrompue entre les murs, le sol et le plafond crée une continuité, une fluidité et une dynamique dans les espaces, où se déroulent en permanence des interactions entre les usagers du bâtiment, l'environnement et la technologie numérique. Aussi, le manque d'ouvertures vers l'extérieur renforce la perception des visiteurs dans un environnement en perpétuelle mutation, nouveau, abstrait, isolé et rempli d'énergie ludique (Spuybroek, 2004).

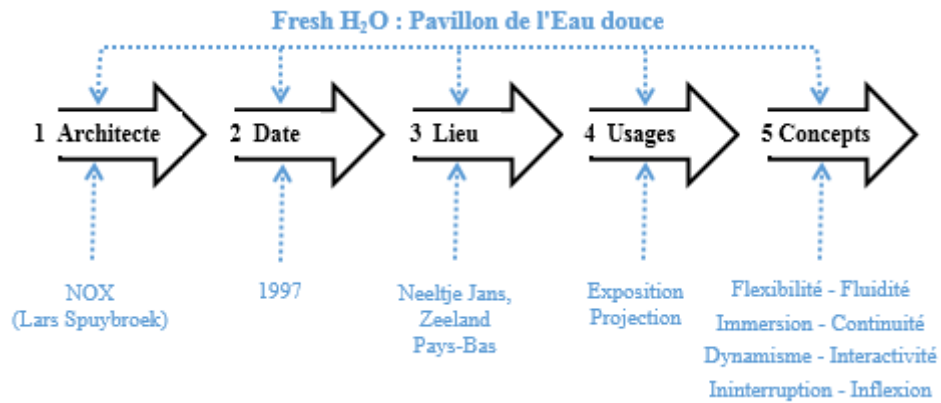


Figure 3.4 : Fresh H<sub>2</sub>O : Pavillon de l'Eau douce. Source : Labedade, 2015, adapté par l'auteur

### 3.8. 2. Aménagement du 4<sup>ème</sup> étage de l'hôtel Puerto America

Le projet Hôtel Puerto America est matérialisé afin d'offrir aux clients un large éventail d'options pour qu'ils se sentent libres et indépendants (Figure 3.5). Pour cette raison, chaque étage est conçu par un architecte unique avec des idées différentes dans un contexte différent en jouant avec des éléments perturbateurs de la perception de l'espace notamment les matériaux, la lumière, les couleurs, les surfaces translucides et les innovations technologiques pour évoquer une ambiance particulière et amplifier l'ambiguïté et l'imprécision des limites physiques. Plasma Studio a utilisé lors de la conception du 4<sup>ème</sup> étage de l'hôtel, des angles et des diagonales agressifs et une multitude des plis et de lignes brisées perçus comme une forme continue que ce soit sous forme de décoration structurelle ou aménagement intérieur créant un espace original, innovant, abstrait, fluide et flexible (Voda, 2015).

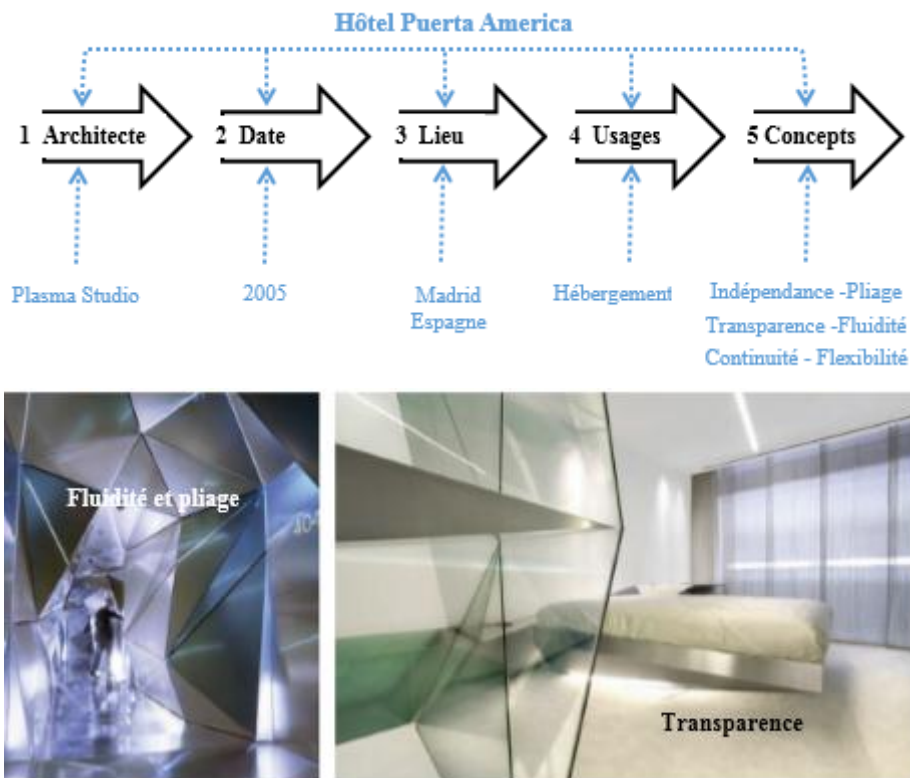


Figure 3.5 : Aménagement du 4<sup>ème</sup> étage de l'hôtel Puerta America. Source : Plasma Studio, adapté par l'auteur

### 3.8. 3. La maison 18.36.54

Daniel Libeskind a créé un projet qui permettra aux usagers de se détendre, de lire, de cuisiner et de profiter du paysage avec une qualité expérientielle (Figure 3.6). Compte tenu les angles intérieurs agressifs et les diagonales déployés, il décrit ce projet comme une composition musicale. C'est un exemple qui concrétise le concept du dynamisme par la fracturation formelle et volumétrique entre les éléments opaques et les éléments transparents et la continuité des surfaces, qui se traduit par un espace ouvert et libre défini par un cheminement fluide qui s'écoule entre les murs et le mobilier dans une composition architecturale unitaire, sans portes. Les limites entre les différents espaces ne sont pas très évidentes. En conséquence, un visiteur peut être perplexe quant à sa compréhension du parcours. Mais du point de vue de l'habitant, cette perplexité s'évanouit car il est habitué à la notion spatiale de la maison (Stephens, 2011).

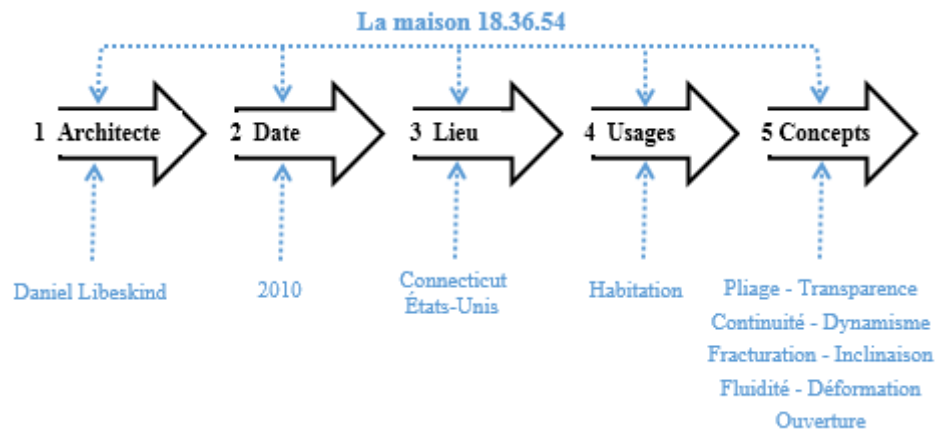


Figure 3.6 : La maison 18.36.54. Source : leJournalDuDesign, 2013, adapté par l'auteur

### 3.8. 4. Rolex Learning Center

Le projet SANAA pour l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne est conçu à la fois comme un objet architectural et un espace urbain (Figure 3.7). Le bâtiment est très innovant, avec une géométrie ondulante définissant une continuité formelle et spatiale entre l'intérieur et l'extérieur. Les concepteurs veulent présenter le Rolex Learning Center comme un parc multifonctionnel qui occupe un seul niveau, très ouvert, perforé, sans limites physiques ni séparations internes, permettant aux personnes d'interagir dans des espaces qui ne sont limités que par les ondulations du sol ce qui offre une grande flexibilité d'usage. Ce projet apparaît comme un bâtiment augmenté qui fait appel à la technologie moderne et s'inscrit ainsi dans la transformation et la transition numérique. Il a pris en compte le numérique lors de la construction du bâtiment, du traitement de la structure, de la gestion automatique des systèmes et de la création d'outils facilitant la communication et l'apprentissage... (Nishizawa, 2011) (Enrico, 2014).



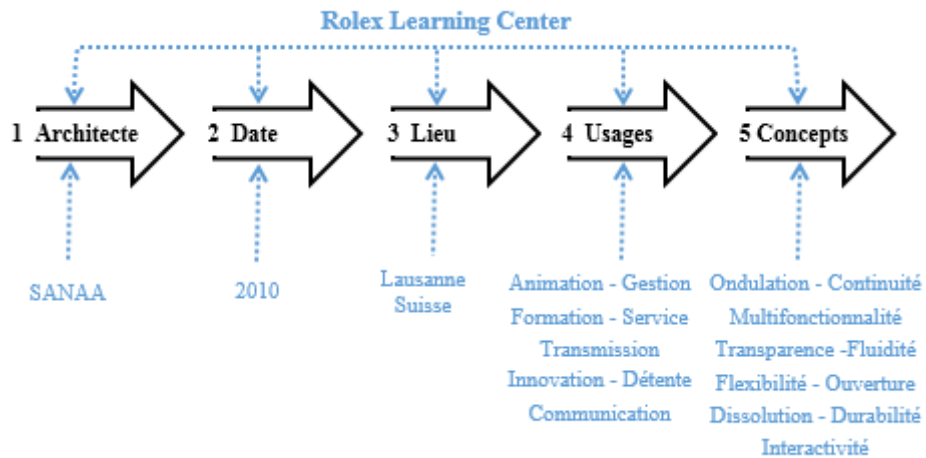


Figure 3.7: Rolex Learning Center. Source : EPFL, adapté par l'auteur

### 3.8. 5. Galaxy SOHO

La prouesse architecturale connue sous le nom de Galaxy SOHO se caractérise par sa complexité et sa simplicité et repose sur un calcul algorithmique et une technique paramétrique (Figure 3.8). L'idée derrière la conception du centre administratif de Pékin est de créer une masse dense divisée en quatre unités curvilignes indépendantes en forme d'œufs, reliées les unes aux autres à différents niveaux en érigeant des ponts étirés. Cela crée une continuité formelle et un mouvement fluide entre chaque volume. La dynamique de l'ameublement et de la décoration du bâtiment et ses espaces intérieurs, leur adaptabilité au changement climatique et leur polyvalence dans des espaces vastes, ouverts, continus, lumineux et aérés, ont tous amélioré la façon dont les usagers le perçoivent, créant une expérience immersive et engloutissante au cœur de Pékin (Hadid, 2012).

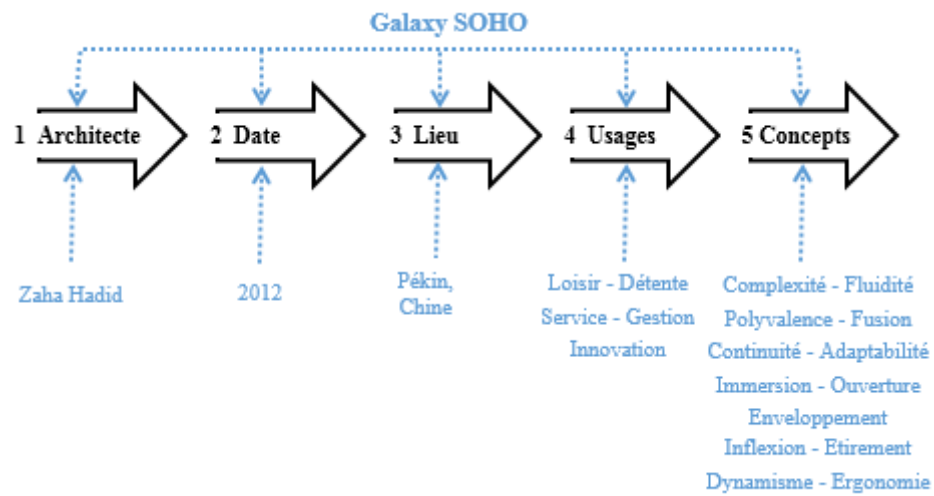


Figure 3.8: Galaxy SOHO. Source : Zaha Hadid Architects, adapté par l'auteur

### 3.8. 6. Cleveland Clinic Lou Ruvo

La clinique médicale, spécialisée dans les maladies neurodégénératives, est une idée à la fois logique et créative (Figure 3.9). Elle est composée de deux formes contradictoires : une forme fluide et libre qui symbolise l'imagination et la créativité et une forme simple et fonctionnelle par des cubes empilés en béton qui symbolise la logique et la raison. Une structure unique en son genre, des couloirs non linéaires, des espaces expansifs sans colonne, un éclairage intérieur spectaculaire, des espaces reconfigurables et multifonctionnels... Frank Gehry est axé dans sa conception sur la modélisation des données du bâtiment (BIM) pour gérer efficacement la géométrie complexe, les formes exubérantes et atypiques et aussi les fonctions déroulant dedans. Grace aux technologies numériques, Cleveland Clinic Lou Ruvo est classé comme un chef-d'œuvre de conception architecturale, alliant un fort impact visuel à une efficacité supérieure dans les soins aux patients (Etherington,2010) (Gehry, 2010).

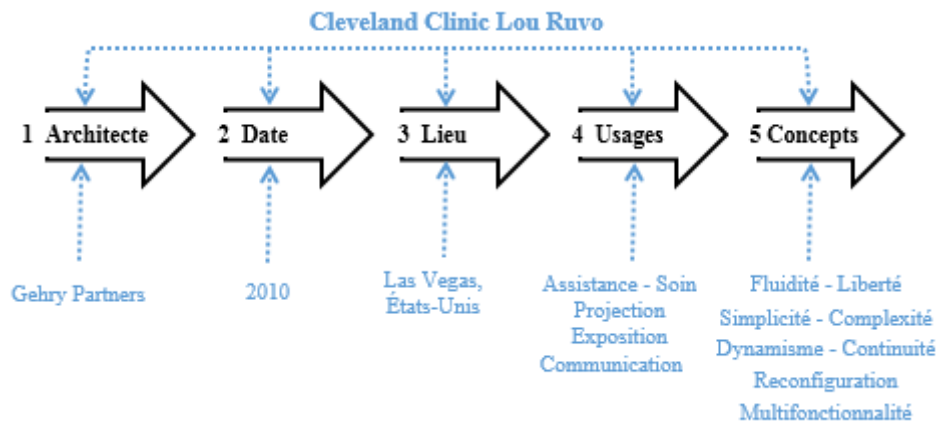


Figure 3.9 : Cleveland Clinic Lou Ruvo. Source : Etherington, 2010, adapté par l'auteur

### 3.8. 7.FRAC Centre : Les Turbulences

Le projet des Turbulences est un exemple en pleine continuité formelle et spatiale, communicant, révélateur, provoquant, stimulant, interactif et informant (Figure 3.10). Par le biais des moyens numériques paramétriques, Jakob + MacFarlane traduisent mathématiquement une forme dynamique et un volume turbulent pour créer un espace d'exploration et d'interaction sociale à travers les arts, l'architecture et le design. Afin de transmettre des informations sur des événements, des mots ou des images au grand public et aux visiteurs potentiels, le bâtiment transforme les flux d'informations par la fusion de la lumière et des surfaces. L'objectif est de doter le FRAC d'un outil signalétique dynamique qui anime à la fois l'intérieur et l'extérieur avec une variation lumineuse en réponse aux facteurs environnementaux créant une vision captivante qui encourage le public de s'infiltrer vers les espaces intérieurs (Basulto, 2013).

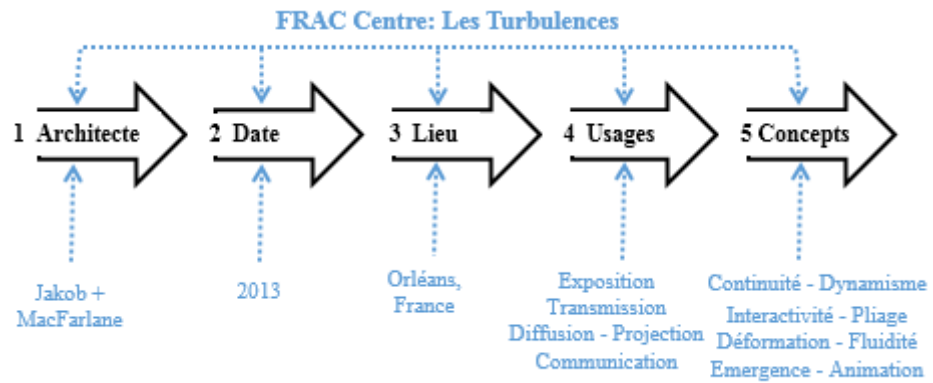


Figure 3.10 : FRAC Centre : Les Turbulences. Source : Ayers, 2013, adapté par l'auteur

### 3.8. 8. Dongdaemun Design Plaza (DDP)

Ce complexe culturel irrégulier et asymétrique a été réalisé en un temps record à l'aide du BIM et d'autres outils technologiques comme les robots et les machines (Figure 3.11). Avec les approches conventionnelles que nous connaissons, sa conception amorphe, sa construction jusqu'à la finition de l'intérieur et la mise au point finale du paysage étaient irréalisables. Le DDP est un chef d'œuvre futuriste qui a adopté des idées novatrices telles qu'un agencement fluide de zones immaculées, à accès ouvert et à usages multiples, un toit végétalisé, une structure en méga fermes, des panneaux pixellisés et connectés, des murs arrondis, un design respectueux de l'environnement, des couloirs en pente... Offrant à la fois un effet visuel dynamique et une ambiance intérieure tout à fait unique (Hyeon-Seok, SD).

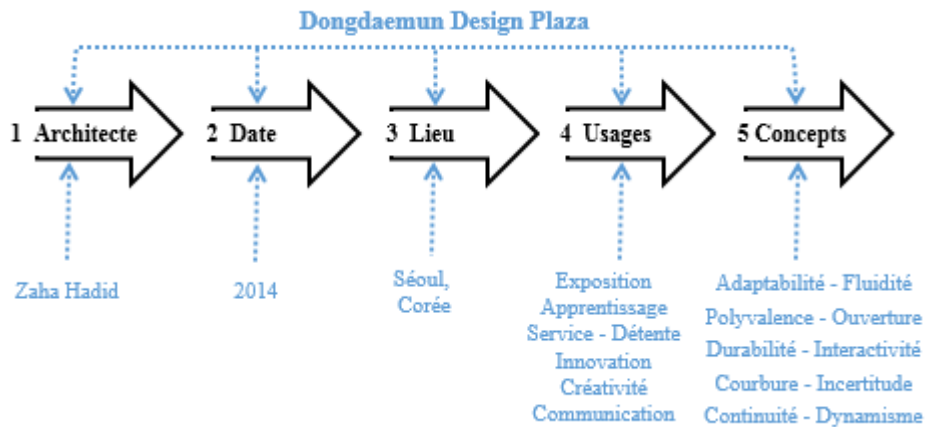


Figure 3.11 : Dongdaemun Design Plaza (DDP). Source : Hyeon-Seok, adapté par l'auteur

### 3.8. 9. Musée Guggenheim Bilbao

Le Musée Guggenheim Bilbao est une véritable œuvre d'architecture qui présente un design innovateur avec de nouvelles formes et de nouveaux matériaux (Figure 3.12). Son style architectural unique est le reflet de la configuration audacieuse faite par le logiciel de pointe CATIA pour représenter avec précision une conception tordue et ondulante, une structure et une construction ultra moderne. De grands murs en rideau de verre ajoutant un effet de transparence à tout l'édifice, de grands espaces libres de colonnes, des plaques de titanes utilisées pour leurs qualités esthétiques et leur capacité à jouer avec la lumière... servent à offrir une atmosphère idéale pour la présentation des œuvres contemporains (FMGB, 2007).



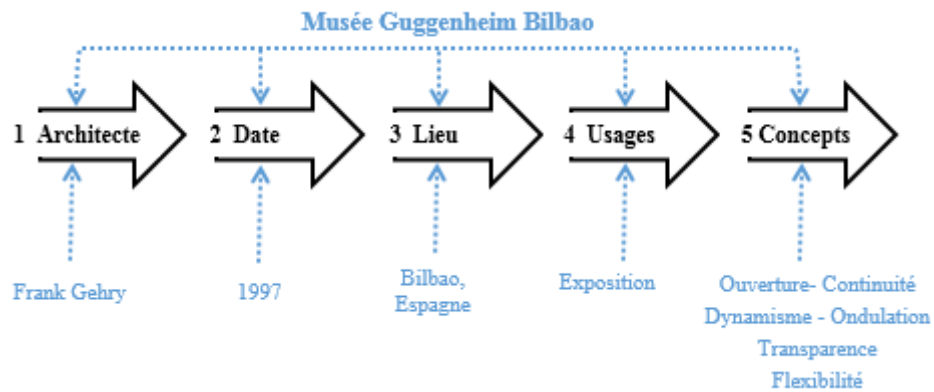


Figure 3.12 : Musée Guggenheim Bilbao. Source : FMGB, adapté par l'auteur

### 3.8. 10. Burj Khalifa

Par sa solidité, sa durabilité et sa verticalité divertissante, Burj Khalifa est le plus haut gratte-ciel du monde. Il a connu une multitude de défis en matière de développement durable et de technologies numériques de pointe (Figure 3.13). Entre luxe et élégance, Burj Khalifa a battu tous les records précédents grâce aux avancées technologies utilisées dans la construction et l'exploitation de son intérieur de multiples usages qui s'inspire de la culture locale tout en respectant le statut du bâtiment en tant qu'icône mondiale. La tour d'une forme asymétrique en Y rappelant une stalagmite, permet une meilleure circulation de la lumière naturelle et réduit l'impact des vents sur la construction. Il est agréable et confortable de séjourner à l'intérieur de cet objet énergétiquement indépendant car il est équipé des matériaux adaptables aux conditions climatiques, des ascenseurs connectés, des panneaux thermostatiques spéciaux, des espaces intelligents... (Bravo Planner, 2021).

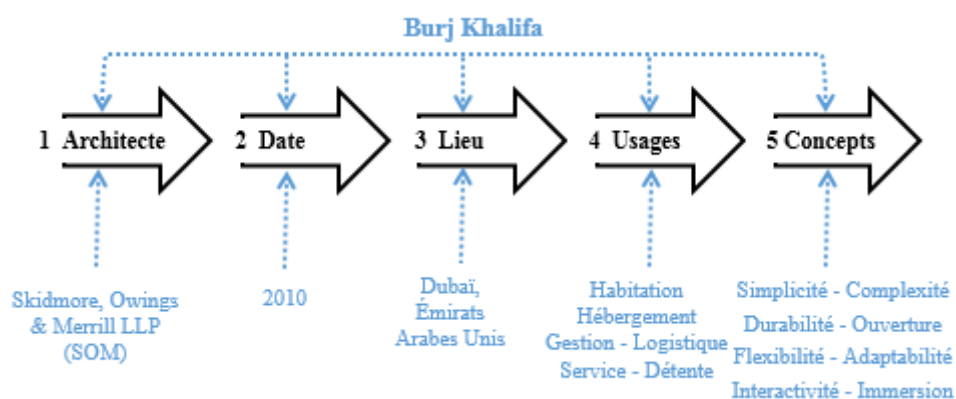


Figure 3.13 : Burj Khalifa. Source : Bravo Planner, 2021, adapté par l'auteur

### 3.8.11. Observations sur l'analyse des études de cas

Suite à l'analyse de dix exemples contemporains du point de vue de leurs usages ainsi que de leurs caractéristiques architecturales à l'ère du numérique, nous identifions plusieurs observations. Chaque expression architecturale a sa valeur tant du côté fonctionnel que conceptuel, selon le lieu et la période de construction. En conséquence, chaque architecte a utilisé la technologie d'une manière unique. Ils ont opté pour des solutions innovatrices liées à la conception et la construction et pris des décisions exercées tout en créant un espace de vie confortable, convivial et adaptable aux usagers qui vont être à leurs tours aussi intellectuels par la capacité spécifique qu'ils ont pour élaborer des comportements sophistiqués dans des circonstances changeantes.

En fait, la fusion des nouvelles technologies et les espaces architecturaux n'a pas seulement eu des conséquences liées aux nouvelles possibilités expressives dans la conception et la production des projets architecturaux. Elle implique une transformation d'usages et fonctions ainsi une nouvelle pensée liée à la flexibilité, la fluidité, l'adaptabilité, l'automatisation, l'interactivité qui sont des concepts déterminants de l'espace architectural contemporain. Ce dernier se qualifie multifonctionnel, écoresponsable, ouvert,

interconnecté, sensible et modulable, d'abord grâce ; aux TN qui ont subi une accélération démentielle par les formidables avancées technologiques, l'efflorescence formelle non justifiée et l'intégration des dispositifs numériques à l'intérieur des espaces architecturaux ; et aussi aux nouveaux ingrédients de modernité et de développement durable, par le biais des différents éléments techniques et approches environnementales.

A la fin, nous considérons que cette analyse a identifié des caractéristiques au-delà de l'aspect formel de la production architecturale, mais de l'aspect spatial et fonctionnel qui constitue le principe fondamental des nouveaux usages de cette architecture atypique.

## **Conclusion**

L'utilisation du numérique en architecture est un processus complexe et dynamique, au cours duquel son incidence sur de différents usages a été reconnu et souligné dans divers exemples contemporains. Les interconnexions entre les nouvelles technologies et les espaces architecturaux mettent en évidence la façon dont les usages et les fonctions changent et évoluent vers de nouveaux usages innovateurs. Il est désormais possible de travailler, jouer, s'amuser, interagir, apprendre et explorer de manière ludique et immersive dans une nouvelle dimension spatiale.

Par extension à l'analyse qui a été faite sur les différents usages de l'espace à l'ère numérique, de nouvelles modalités ont vu émerger de nouvelles dimensions émotionnelles et sensorielles dans le comportement des usagers. L'enjeu est d'imaginer un univers contemporain inédit dans sa physionomie où l'homme et les technologies numériques de pointe coexistent dans un cadre répondant aux besoins d'une nouvelle génération d'usagers informés, exigeants, mobiles et connectés. En fait, l'outil puissant qu'est le numérique permet de créer des environnements architecturaux contemporains, fluides, attractifs, reconfigurables, interactifs, ouverts, ergonomiques, connectés et automatisés.

Ceci est confirmé par un travail d'analyse de contenu d'une collection de compositions spatiales architecturales à travers le monde entier. Les observations illustrées au niveau de cette partie analytique serviront comme base de la spécification d'un nouveau modèle spatial favorisant l'interaction et l'immersion. Ce modèle d'espace pourrait servir de tremplin pour d'autres recherches sur les concepts d'ordre spatial et fonctionnel, les plus pertinents de l'espace architectural intelligent.



## **CHAPITRE IV : CONSTRUCTION D'UNE APPROCHE EXPLORATOIRE POUR LA MISE EN VALEUR DES ESPACES ARCHITECTURAUX A L'ERE NUMERIQUE**

### **Introduction**

Nous présentons dans ce chapitre un cadre pratique que nous avons baptisé « Approche » afin d'aborder les objectifs de notre problème de recherche et de mieux comprendre et analyser le sujet. Ce cadre a été créé en fusionnant les informations qui ont été recueillies par la littérature et le travail analytique personnel. Le développement de cette approche s'est stabilisé pendant une période de trois années consécutives. Pour y parvenir, nous mettons d'abord en lumière les différents concepts architecturaux qui pourraient aboutir à l'élaboration d'un espace plus efficace, intelligent, économique et adapté aux besoins des usagers en s'appuyant sur un état de l'art diversifié traitant les nouveaux modes qui ont vu émerger de nouvelles dimensions spatiales et émotionnelles. En effet, l'usage du numérique en architecture ayant engendré une forte affinité naturelle entre ces concepts et leurs spécificités.

Ensuite, nous proposons un outil pertinent pour étudier et confirmer l'impact des technologies numériques sur l'usage et la pratique de l'espace architectural à travers une approche expérimentale. Une revue de la littérature basée sur des mots clés liés aux indicateurs qui pourraient conduire à la mise en valeur de la performance, la qualité et l'intelligence des espaces architecturaux à l'ère numérique, renforce le corpus de connaissances en interprétant aussi les concepts d'espace intelligent et les spécificités de chaque. Dans une dernière section dans ce chapitre, nous nous concentrons sur la définition des fondements théoriques de l'approche 'thèmes, indices et sous indices' afin de produire des données exploitables et applicables sur terrain. Après une revue approfondie de la littérature, des entretiens avec des experts en la matière pour accroître la crédibilité et la fiabilité, et les résultats des questionnaires établis pour l'agrégation et la pondération des thèmes et des indices tout en appliquant le processus d'analyse hiérarchique AHP basé sur des équations mathématiques, nous avons été contraints d'ajuster notre approche plusieurs fois. En effet, pour appliquer la méthode AHP, quatre thèmes et 17 indices sont choisis afin d'avoir le meilleur classement prioritaire pour valoriser l'espace architectural, ouvrir l'étendu conceptuel, imaginaire et créatif, et donc confirmer l'incidence des technologies numériques sur les nouveaux usages de l'espace.

#### 4.1. Processus de mise en œuvre des concepts architecturaux

Il est évident que l'avènement des nouvelles technologies a entraîné de nouveaux discours architecturaux, des notions plus ou moins concevables, des transitions et transmutations des usages et pratiques de l'espace architectural... L'analyse de ces derniers permet de combler les lacunes de recherche et identifier un certain nombre de caractéristiques architecturales au moment où le numérique s'intègre dans l'espace architectural. Ces caractéristiques sont d'ordre spatial et fonctionnel à savoir : la continuité, la dynamique, la complexité, l'évolution, le pliage, le changement, l'indétermination, la polyvalence, l'usage mixte, la reconfiguration, la déformation, le déplacement, la transparence, la liberté, le décloisonnement, la réactivité, l'immersion, la virtualité, l'hybridation, l'informatisation, la communication, le respect de l'environnement, l'ergonomie...

Afin de mieux comprendre et maîtriser le sujet, nous avons d'abord essayé d'établir une recherche sélective basée sur une revue de la littérature sur la question de l'usage, la perception et la pratique de l'espace architectural intelligent. Dans un second temps, nous avons groupé les caractéristiques de ce nouvel espace en familles pour cerner finalement les différents concepts architecturaux pouvant conduire à la création d'un espace plus efficace, intelligent, économique et approprié aux besoins des usagers. Nous avons illustré ce processus à travers un schéma explicatif (Figure 4.1).

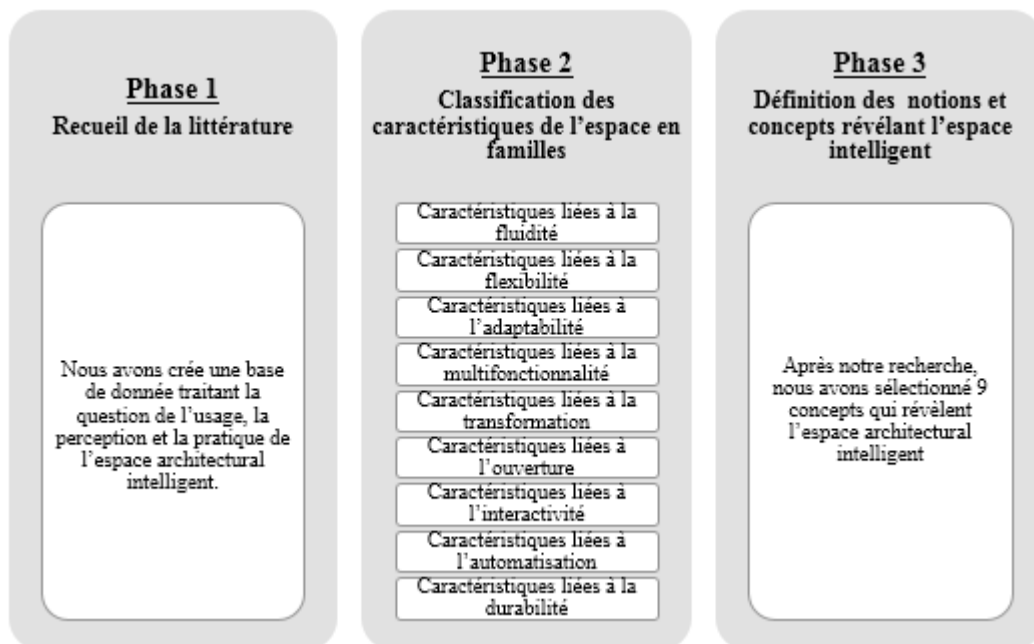


Figure 4.1 : Récapitulatif du processus de mise en œuvre des concepts architecturaux. Source : Auteur, 2021

#### **4.1.1. Etat de l'art relatif à la notion d'espace intelligent**

De nombreux projets de recherche ont tenté de cerner les notions et les concepts qui révèlent l'espace intelligent. Dans un rapport d'étude, Titouan Chapouly a examiné les espaces ambigus et interactifs comme de nouvelles stratégies de conception d'espaces urbains et résidentiels résultant de la fluidité contemporaine. Il a avancé plusieurs idées architecturales que l'informatique avait suscitées et reposait sur la notion d'interdisciplinarité du non standard en architecture (Chapouly, 2012). La combinaison des nouvelles technologies avec la pratique architecturale, selon Carlos Zerpa Guzman, a modifié les modes d'utilisation de l'espace et créé des opportunités formelles et expressives. Sur un ensemble d'œuvres emblématiques de l'architecture contemporaine, il a abordé les perspectives qui caractérisent la fluidité architecturale, telles que le curviligne, le liquide et l'évanescence (Carlos Zerpa, 2013). Cédric Radosavljevic et Emélie Boron se sont intéressées dans leurs recherches aux raisons de l'engouement de l'espace ouvert intelligent et le fait que cela engendre une ambiance conviviale et une meilleure communication. Ils visent également à comprendre comment ses utilisateurs le perçoivent et comment ils se comportent. (Radosavljevic, 2012), (Boron, 2013).

De plus, Robert Kronenburg est bien connu pour ses études et le volume d'articles qu'il a produit sur l'architecture flexible, mobile, transformable et interactive et qui peut s'adapter à de nouveaux usages. Il aborde la portée dynamique et vitale de la pratique architecturale de l'espace intelligent et examine toutes sortes de structures conçues destinées à répondre à des circonstances changeantes dans leur forme, leur fonctionnement et leur localisation. Il avance aussi les frontières entre l'architecture, le design d'intérieur, le design de produits et le design de mobilier pour résoudre les problèmes actuels et futurs associés aux changements technologiques, sociaux et économiques (Kronenburg, 2007), (Kronenburg, 2008). Alors que, Arto Saari présente une nouvelle gestion systématique du processus de conception des projets flexibles, Niklas Israelsson identifie les facteurs de flexibilité et examine comment ces facteurs influencent l'adaptabilité (Arto et al, 2007) (Niklas & Bengt, 2009). Par ailleurs, Maziar Asefi s'intéresse au potentiel de l'architecture transformable et transportable et retrace son évolution de l'antiquité à nos jours, des premiers objets transformables jusqu'aux des solutions plus innovantes. Il identifie les critères de gestion qui pourraient aboutir au développement d'un espace plus efficace, intelligent, rentable et adapté aux besoins des utilisateurs (Asefi, 2010). Concernant Lee Joshua David, elle propose une analyse approfondie de la littérature de quatre termes liés à un espace

intelligent : adaptable, cinétique, réactif et transformable et démontre leur pertinence pour l'architecture contemporaine (Joshua, 2012).

Dans le but de donner aux lecteurs un large aperçu des motivations et des objectifs de l'architecture adaptative, Holger Schnädelbach a mis en œuvre un cadre conceptuel approprié à cette architecture. Ceci est suivi d'un bref aperçu des stratégies globales qui peuvent être appliquées dans cette situation (Schnädelbach, 2010). Grâce à un modèle d'espace adaptatif, il a été possible de développer la relation entre la surveillance physiologique, le comportement des occupants et l'adaptation dynamique du bâtiment (Schnädelbach et al, 2012). Plus tard, Schnädelbach et Jäger ont exploré comment l'immersion a contribué à la création d'effets interactifs spécifiques dans le prototype développé. Les résultats de l'étude contribuent à la compréhension de la relation des humains avec les environnements adaptatifs, étayés par des technologies informatiques (Schnädelbach et al, 2014), (Schnädelbach & Jäger, 2016).

Bullivant dans *4d space : Interactive Architecture*, explore la réalité selon laquelle les frontières perceptuelles entre les mondes virtuels et physiques se sont estompées et se demande comment l'architecture et ses tâches pourraient inclure de manière créative une quatrième dimension, celle des technologies numériques. Le livre couvre un certain nombre de sujets, y compris les pratiques émergentes en architecture liquide, intelligente et interactive qui sont nécessaires pour changer l'environnement bâti afin d'inclure un large éventail de fonctions et d'expériences (Bullivant, 2005). Cependant, Alma-Dia Hapenciuc et d'autres ont examiné les idées fondamentales qui donnent naissance à l'architecture contemporaine en s'appuyant sur les concepts de changement, de flexibilité, de réactivité et d'interaction avec l'utilisateur. Ils fondent leurs recherches sur deux modèles de conception expérimentale qui utilisent des paramètres environnementaux comme prémisses de processus interactifs (Hapenciuc et al, 2016). Ajoutant aussi les travaux des chercheurs passionnés de la fonction d'espace, Atieh Ghafouri a recherché le potentiel de revitalisation des lieux à des fins autres que leur usage premier afin de créer des espaces multifonctionnels partagés. Sa recherche participe à l'augmentation de la qualité des espaces architecturaux et urbains et conduit à des conséquences durables et efficaces à long terme (Ghafouri, 2016). Dans l'ensemble, la qualité de l'espace architectural comprend d'autres caractéristiques liées à la durabilité et à l'automatisation en plus de celles déjà mentionnées. De nouvelles options de construction respectueuses de l'environnement ont été mises en évidence par Bragança, Markelj et leurs collaborateurs. Celles-ci comprennent la réduction des émissions de gaz, la

valorisation des matériaux locaux, la gestion de l'énergie et la gestion des eaux usées et des déchets. Tout cela est fait pour offrir le plus haut niveau de confort et de performance (Bragança et al, 2010), (Markelj et al, 2013). Concernant Derderian, il décrit dans son étude la conception, la réalisation et l'installation d'un système d'automatisation GTB dans une villa pour superviser et contrôler l'ensemble des équipements électriques et mécaniques qui y sont installés tout en réduisant la consommation d'énergie et en contrôlant rapidement et efficacement les conditions internes pour augmenter le niveau de confort dans les lieux (Derderian, 2017). Pat So et Chan ont également présenté une gamme de technologies modernes utilisées dans les systèmes HVAC, les services de sécurité et de surveillance et les services d'incendie (Pat So & Chan, 1999). De plus, Beddiar et Lemale ont discuté de la gestion active des bâtiments, des objets connectés, de l'intelligence ambiante et de leurs rôles dans l'efficacité énergétique et la durabilité dans un chapitre de leur livre. Ils avancent le lien entre bâtiment intelligent, BIM et efficacité énergétique avec de nombreuses illustrations et schémas explicatifs en analysant des cas réels de bâtiments intelligents (Beddiar & Lemale, 2016).

#### **4.1.2. Classification des caractéristiques de l'espace en familles**

Le chapitre précédent exhibe les diverses évolutions des usages de l'espace à l'ère numérique dans différents secteurs, comme en témoignant de nombreux projets contemporains. Cette exhibition nous a permis de construire un état de l'art diversifié traitant les nouveaux modes qui ont vu émerger de nouvelles dimensions spatiales et émotionnelles. À partir de cela, nous avons fait ressortir plusieurs caractéristiques pertinentes de ce nouvel espace architectural en les classifiant en familles. L'objectif de cette classification est de trouver les liens interconnectés entre eux qui servent une base de la spécification d'un nouveau modèle spatial favorisant l'interaction, l'intelligence et la durabilité.

Ainsi, avec l'explosion des technologies nouvelles, les espaces architecturaux ont connu des transitions spatiales qui peuvent être réelles ou virtuelles, c'est-à-dire les espaces peuvent être perçus à travers des effets visuels ou par l'illusion qu'ils peuvent produire. Ces espaces, fruit d'une conception et d'une construction intelligente, se sont mués en espaces plus adaptables, agiles, flexibles, réactifs, communicants, vastes, visuellement illimités et transformables en fonction des circonstances...offrant une meilleure alternative des aspects architecturaux et redéfinissant la conception intérieure de ceux-ci. Cela prouve que les nouveaux usages de l'espace conduisent à une nouvelle spatialité et provoquent ainsi des sensations afférentes aux cœurs des usagers qui, par leurs facultés visuelles, prennent des

informations de leur milieu environnant et les utilisent dans leur expérience au sein de l'espace architectural. A travers une carte mentale, nous avons illustré les caractéristiques de l'espace architectural intelligent (Figure 4.2).

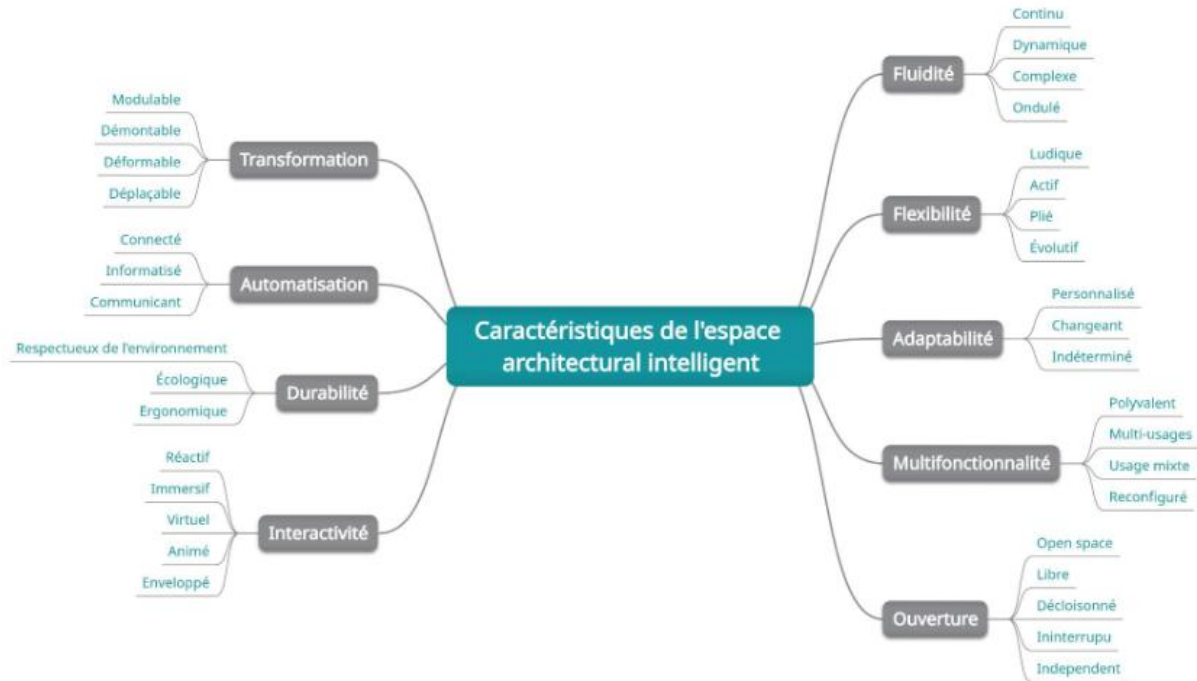


Figure 4.2 : Carte mentale détaillant les caractéristiques de l'espace architectural intelligent. Source : Auteur, 2021

### 4.1.3. Les notions et les concepts révélant l'espace intelligent

Un renouvellement constant de l'architecture s'impose compte tenu des avancées des nouvelles technologies. Dès lors, pour donner un nouvel aspect à l'architecture et plus précisément à l'espace et son usage, les technologies numériques et les caractéristiques de l'espace intelligent interagissent pour influencer l'expérience espace-utilisateur. Cette partie s'appuiera sur les résultats de la recherche théorique et de l'analyse personnelle élaborée. Elle commence par l'identification des différents usages de l'espace architectural, l'état de l'art traitant la question de recherche (Annexe A) et enfin la classification des caractéristiques en neuf familles. Que chacune, a un nombre de notions illustrant un concept précis. Aujourd'hui, il est difficile d'associer à l'espace architectural un seul usage ou un seul concept. De ce fait, les concepts les plus pertinents de l'espace architectural intelligent sont les suivants :

#### -La fluidité

Le numérique contribue activement à la création d'un nouvel environnement fluide, décomposé et recomposé, libre de se déplacer, de se déformer et de se courber, selon une logique du non standard avec de nouveaux paramètres et outils qui, ont comme conséquence

la redéfinition des limites matérielles traditionnelles et l'écoulement continu de l'espace sans besoin d'orthogonalité et d'horizontalité en encourageant ainsi de nouvelles expériences socio-spatiales. Le terme fluidité évoque le dynamisme et remet l'architecture contemporaine dans une perspective évolutive. Il fait référence à un ensemble de caractéristiques associées à la forme par rapport au mouvement, à la complexité et la dynamique du volume ; à l'espace intérieur par rapport à la continuité, l'homogénéité, l'imbrication continue et transitive des espaces et des usages et la dissolution des limites de ceux-ci ; aux différents matériaux constituant les éléments de construction ; à l'harmonie, l'élégance et l'esthétique architecturale... (Voda, 2015). Les cabinets d'architectes NOX et ONL se réfèrent à l'architecture fluide comme quelque chose qui peut activer le corps humain et son système sensoriel. Une petite illustration du développement de ce concept est la création du pavillon numérique de l'eau douce en Espagne. C'est un espace complexe, courbe, continu où les notions de sol, de plafond et de murs sont complètement absentes (Chiara, 2009).

### **-La flexibilité**

Dans une société où les besoins des usagers évoluent au gré du temps, l'espace architectural tend à être socialement, économiquement et écologiquement viable, différent et personnalisé pour satisfaire leurs attentes. Par conséquent, le concept flexibilité est crucial en architecture car il fait référence à une structure qui peut s'adapter, se transformer, se plier, évoluer et interagir avec un usage prédéterminé. De ce fait, la flexibilité suggère un mécanisme de mouvement, de changement et de déplacement à travers le plan libre, le zonage, le circuit et plusieurs éléments pouvant l'amener à l'espace comme l'enveloppe, l'aménagement spatial et le mobilier... (Etienne, 2013). Dans son livre " Flexible Architecture that Responds to Change", Kronenburg va encore plus loin dans la définition de la flexibilité : les bâtiments qui peuvent s'adapter aux circonstances changeantes dans leur utilisation, leur fonctionnement ou leur emplacement sont appelés bâtiments flexibles. Ce type de design est intrinsèquement interdisciplinaire et multifonctionnel, ce qui le rend souvent innovant et expressif des enjeux du design contemporain (Kronenburg, 2007). Selon Schmidt, la flexibilité englobe une variété d'options allant de la façon dont l'espace physique a été défini à la façon dont il a été utilisé. En conséquence, ce concept rassemble plusieurs notions : la notion de polyvalence, qui a trait à l'aménagement de l'espace, la notion de convertibilité, qui a trait au changement des usages, et la notion d'ajustement, qui a trait à la

modification des équipements et du mobilier pour s'adapter à l'évolution des tâches ou des utilisateurs (Schmidt et al, 2010).

### **-L'adaptabilité**

Au fur et à mesure que l'architecture a évolué grâce aux innovations technologiques, notre expérience spatiale est devenue de plus en plus enrichissante et ludique. L'adaptabilité est une autre caractéristique souhaitable dans l'environnement bâti. En fait, en réponse à des stimuli externes, l'adaptabilité vise à répondre rapidement et facilement à une variété de fonctions, de scénarios d'utilisation et d'exigences des usagers, contrairement à la flexibilité, qui répond aux besoins et demandes à long terme. L'adaptabilité s'obtient au niveau de l'espace, de son usage et de ses performances, des finitions intérieures, du mobilier et des équipements, de l'enveloppe extérieure et de la structure interne... (Schneider & Till, 2007). Dans "Flexible Architecture that Responds to Change", Kronenburg dit que l'adaptabilité a l'avantage d'être une stratégie clé pour fournir une solution de construction appropriée et durable (Kronenburg, 2007). Alors que Schmidt la définit comme la capacité d'un bâtiment à s'adapter efficacement aux besoins évolutifs dictés par le contexte d'utilisation. Par exemple, on peut ajuster le décor pour affecter l'atmosphère de l'espace ou même proposer aux usagers des cloisons coulissantes et pliantes afin qu'ils puissent personnaliser l'espace en fonction de leurs besoins (Schmidt et al, 2010). En conséquence, l'espace adaptable rassemble un certain nombre de notions, il est : réglable lors de la modification et de la configuration des paramètres ; réajustable lors de la modification des performances ; convertible lorsque l'usage ou la fonction change ; mobile lorsque l'emplacement est modifié ; polyvalent lorsque les dimensions changent et enfin évolutif à chaque fois que la taille change (Pinder et al, 2017).

### **-La transformation**

Sous l'influence des dispositifs numériques, qui ont donné naissance à des tendances architecturales sensibles aux ajustements, aux configurations et aux exigences, une large gamme de notions a été développée pour décrire les espaces transformables. Ce concept se veut un processus de changement réversible à différents niveaux affectant la forme, le volume, les surfaces, la couleur, la décoration intérieure, l'enveloppe et les éléments structurels d'une manière significative. Tous les éléments qui composent l'espace peuvent s'altérer en s'ouvrant et se fermant, s'agrandissant et se contractant... (Kronenburg, 2007). Par conséquent, il existe deux façons de transformer un espace. Cela peut être physique,



comme lorsque les murs et les sols sont pliés, ou cela peut être visuel, comme lorsque l'apparence d'une enveloppe change (Etienne, 2013). Ainsi, la transformation introduit une variété de solutions susceptibles d'améliorer les usages fonctionnels, environnementaux, esthétiques et économiques. En termes d'usages fonctionnels, l'espace architectural peut être reconfiguré pour servir un objectif et accueillir un événement différent, le rendant multifonctionnel et polyvalent. En ce qui concerne les usages environnementaux, l'espace architectural doit être économe en énergie et en eau. Les usages esthétiques apportés par le mouvement et le déplacement rendent l'espace attrayant et captivant avec un bon effet visuel. Quant' aux usages économiques, ils entretiennent une relation étroite avec les autres usages puisqu'ils rendent l'espace architectural utilisable tout au long de l'année à diverses occasions à des coûts raisonnables et économiques (Mady, 2013).

### **-L'ouverture**

Chaque époque se distingue par des traits et des idées qui expriment ses points de force et lui donnent sa sapidité distincte. Depuis plusieurs dizaines d'années, partout à travers le monde, l'ouverture des espaces architecturaux est incontestablement l'une de ces points pertinents. Maintenant et grâce aux technologies numériques qui ont contribué à l'évolution de ce genre d'espaces, nous sommes aujourd'hui face à un cadre fonctionnel complètement désencombré, harmonieux et bien pensé, procurant plus de flexibilité, de liberté, d'immensité et de transparence pour le confort de chaque usager et l'ergonomie de l'espace lui-même (Boron, 2013) (Radosavljevic, 2012). Au profit d'une ambiance décontractée qui libère la créativité, la productivité et la qualité, les espaces ouverts contemporains intègrent de nouveaux équipements et dispositifs technologiques, des meubles de rangement, des panneaux en bois et d'autres aménagements complémentaires qui permettent de créer un environnement stimulant et dynamique par une animation particulière afin de favoriser les rencontres, la collaboration, l'efficacité et la libre circulation de l'information (Larroque, 2017). Ainsi, Alain Iribarne distingue deux atouts majeurs favorisant la mise en place des open spaces. Le premier atout est donc avant tout économique. En effet, par rapport à une surface constituée de pièces fermées, l'open space permet un gain d'espace de 10 à 40 %. Le deuxième atout est la modularité car elle influe sur le dynamisme, la réactivité et l'évolution des paradigmes d'organisation spatiale (Iribarne, 2012).

### **-La multifonctionnalité**

L'avènement des nouvelles technologies ont fait naître de nouvelles dimensions spatiales, non pas comme une nouvelle formalité mais plutôt comme une nécessité pratique et évolutive. La multifonctionnalité est l'une des caractéristiques nécessaires au bon fonctionnement de l'espace intelligent. D'après Eberhard H. Zeidler, un espace multifonctionnel est avant tout une idée, un concept plus qu'une catégorie de construction spécifique (Eberhard, 1983). Il peut être décrit comme une véritable intégration de plusieurs fonctions à la fois dans le temps et dans l'espace (Brandt & Vejre, 2004). En fait, la multifonctionnalité fait référence aux divers concepts : aux multi-usages (ce qui signifie les différentes utilisations de l'espace à des moments différents) ; au usage mixte (défini comme la combinaison d'au moins trois utilisations génératrices dans une période de temps spécifique) et aussi au concept de la polyvalence (qui signifie un espace adaptable conçu pour plusieurs activités qui nécessitent des installations et des équipements similaires) (Ghafouri & Christiane, 2020). En raison de l'espace limité et des coûts de construction élevés, ce lieu de convergence de nombreuses activités doit s'adapter au changement et être prêt à passer à différentes fonctions sans avoir à reconstruire la structure (Haile, 2003). Par conséquent, la multifonctionnalité donne une grande neutralité spatiale et doit répondre à un certain nombre d'exigences, notamment la réduction des surfaces bâties, le changement d'usagers, la reconfiguration des fonctions et des activités, l'amélioration de l'apparence grâce à des meubles polyvalents, au design créatif, au agencement intelligent et aux matériaux de haute qualité.

### **-L'interactivité**

Selon Lucy Bullivant, un espace interactif est un champ cognitif, actif et réactif qui entre en relation avec leurs usagers qui s'y déplacent, y vivent ou l'utilisent grâce à l'emploi de capteurs électroniques et d'appareils intelligents (Bullivant, 2006). Kronenburg ajoute que ces espaces permettent aux gens de s'engager dans leur environnement en tant qu'individus proactifs qui façonnent activement l'endroit dans lequel ils vivent plutôt qu'en tant que créatures passives existant dans un ensemble statique de circonstances (Kronenburg, 2007). Le groupe des systèmes réactifs de l'Université Cornell suggère ce qui suit pour clarifier la différence entre les espaces interactifs et réactifs. L'interactivité suggère une relation unidirectionnelle dans laquelle un utilisateur exécute des tâches dans un cadre qui n'est flexible que dans les limites des contraintes. La réactivité suggère une réaction et un échange

mutuels où des ajustements sont continuellement effectués des deux côtés de l'équation d'utilisation (Hookway & Chris, 2006). Il est essentiel de s'impliquer dans le sentiment d'immersion et d'engloutissement dans ces environnements où une couche technologique supplémentaire de systèmes d'interaction informatisés a été ajoutée pour explorer de nouvelles pratiques spatiales et fonctionnelles. En conséquence, l'espace interactif a la capacité de répondre intelligemment aux stimulations sociales et environnementales, ce qui signifie qu'il peut s'adapter et communiquer avec son environnement à mesure que les besoins et les demandes des usagers changent. Cela favorisera et créera un environnement confortable et agréable en ambiance intérieure, ce qui améliorera la qualité de vie (Calderon, 2009) (Oosterhuis, 2013).

### **-L'automatisation**

Avec le jaillissement de ce qu'on appelle l'internet des objets, l'intelligence artificielle, les systèmes intelligents, la robotique et les dispositifs interactifs qui répondent aux besoins de ses usagers et aux nombreuses variables de l'environnement intérieur, les concepteurs ont cherché à intégrer des dispositifs ou des systèmes d'automatismes dans les bâtiments comme aussi dans les espaces pour but d'effectuer une commande, une régulation, un pilotage, un ajustement, une surveillance et une optimisation... Ces espaces se caractérisent par le fait que certaines fonctions sont sophistiquées et automatisées dans des circonstances spécifiques. Cela se fait généralement via des systèmes installés dans la gestion technique du bâtiment (chauffage, climatisation, ventilation, éclairage, ombrage, accès, alarmes, incendie, compteurs) ainsi que des systèmes de communication (Marco, 2016). De nombreux atouts de l'automatisation existent. Elle permet de gérer plus efficacement diverses installations en temps réel, d'assurer la sécurité du bâtiment et de ses usagers, de réduire les coûts de maintenance, d'effectuer des interventions à distance plus rapides et d'améliorer l'efficacité énergétique en réalisant des économies d'énergie. Tout en offrant un confort et une rentabilité accrus aux occupants et en garantissant des systèmes efficaces, fiables, robustes et économes en énergie (Khasro et al, 2016) ; (Derderian, 2017). Par conséquent, les systèmes d'automatisation ont un impact à la fois sur les stratégies sociales et technologiques, ainsi que sur les stratégies économiques, écologiques et environnementales.

## **-La durabilité**

Les progrès technologiques récents encouragent l'adoption de nouvelles technologies et d'infrastructures connexes pour soutenir la viabilité à long terme de l'espace, qui est obtenue en combinant les concepts de durabilité et d'adaptabilité. En les exploitant de manière appropriée, ils visent à faire avancer des objectifs liés aux enjeux environnementaux, énergétiques et sanitaires, notamment : des consommations importantes d'énergie (compteurs intelligents, gestion intelligente des consommations, choix de matériaux durables) et de nouveaux services (réflexions sur maintien à domicile des personnes âgées pour une meilleure qualité de vie) (AIWær & Kirk, 2012). Dès lors, afin d'accompagner une transition écologique qui vise à renouveler nos modes de consommation, de production, de travail et de réponse à des enjeux majeurs comme la lutte contre le gaspillage, la gestion des déchets, la maîtrise de la consommation d'énergie, la préservation de l'environnement et le bien-être humain, le pouvoir transformateur du numérique est mobilisé (Bertrand, 2018). En fait, la révolution numérique, y compris la méthodologie BIM, vise à offrir des opportunités révolutionnaires et des niveaux de perfection auparavant inatteignables pour la surveillance et la sauvegarde de l'espace, faisant ainsi progresser sa durabilité. Diverses technologies, telles que la conception des espaces passifs et les mesures de systèmes actifs, ont été introduites et développées pour répondre aux défis mondiaux de réduction de la consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre (Dongsu et al, 2022).

**Synthèse :** Nous avons extrait neuf concepts architecturaux qui pourraient affecter la qualité de l'espace architectural qui a subi une avancée technologique extraordinaire. Cependant, il est important de se rappeler que chaque concept coexiste avec les autres. Ils ont plusieurs connexions et relations compte tenu de la similitude de leurs spécificités. Les concepts peuvent avoir un impact les uns sur les autres, avant d'influencer l'espace lui-même. Par exemple, le concept transformation est relié aux concepts d'interactivité et d'automatisation à travers une forte affinité naturelle entre eux et les spécificités élémentaires propres à chacun. La figure suivante résume les étapes suivies pour faire sortir les concepts architecturaux ainsi les spécificités de chaque concept (Figure 4.3).

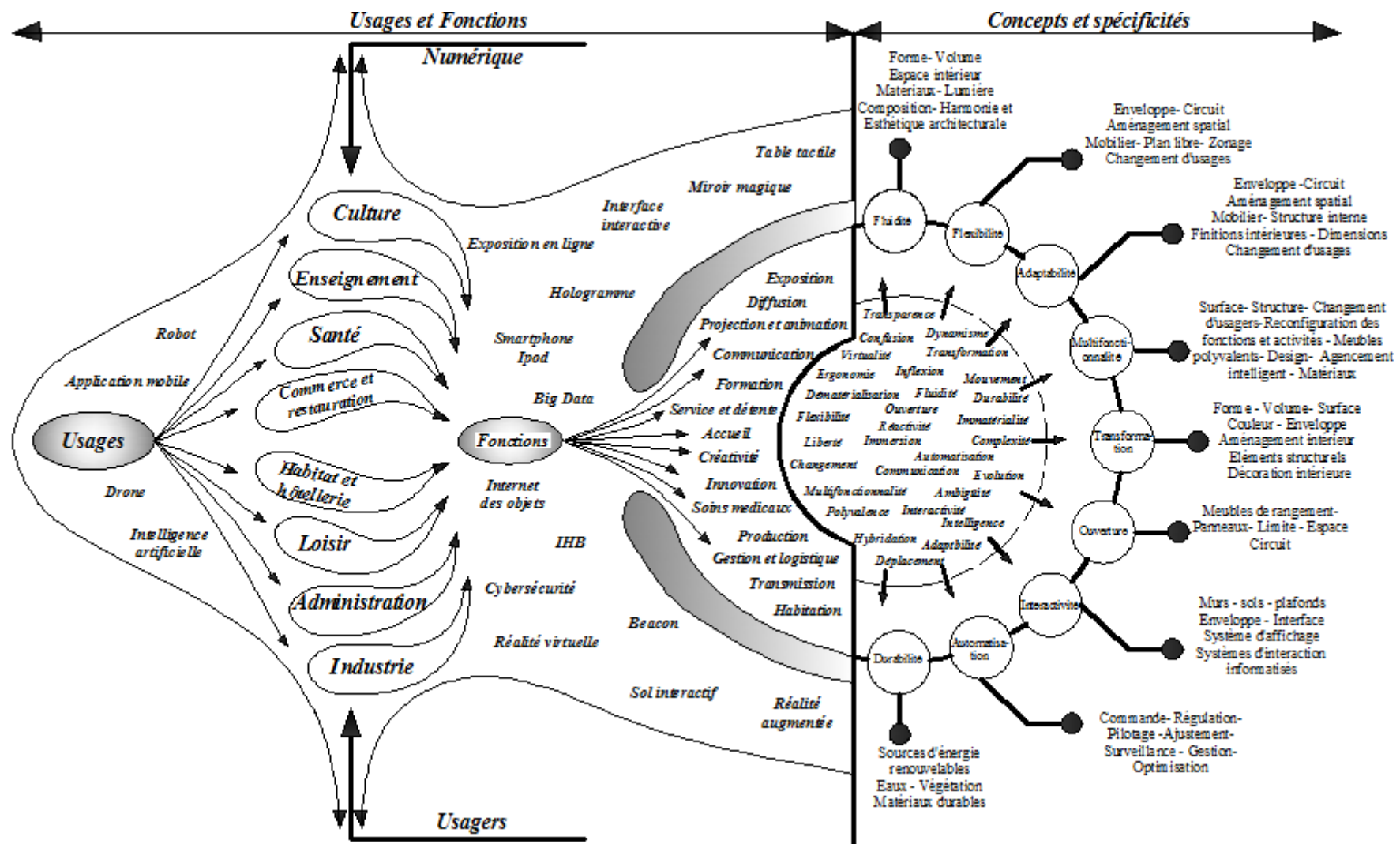


Figure 4.3 : Schéma synoptique synthétisant les étapes mises en œuvre pour mettre en lumière les concepts architecturaux et ses spécificités. Source : Auteur, 2021

## 4.2. Proposition d'une approche pour la mise en valeur de la performance, la qualité et l'intelligence des espaces architecturaux à l'ère numérique

Le concept 'approche' varie, d'un intérêt à un autre. Aucune définition, connotation et dénotation unique et fixée n'est partagée mais on peut considérer que l'approche est une méthode d'appréciation, d'analyse et d'estimation afin de mesurer, de coter, de juger et d'optimiser une action en vue d'une prise de décision (Figure 4.4). Ce concept est mobilisé à trois phases différentes qu'il importe de les en exhiber dans la Figure 4.5.

L'approche que nous adopterons dans notre travail de recherche est un outil pertinent pour étudier et confirmer l'impact des technologies numériques sur l'usage et la pratique de l'espace architectural.

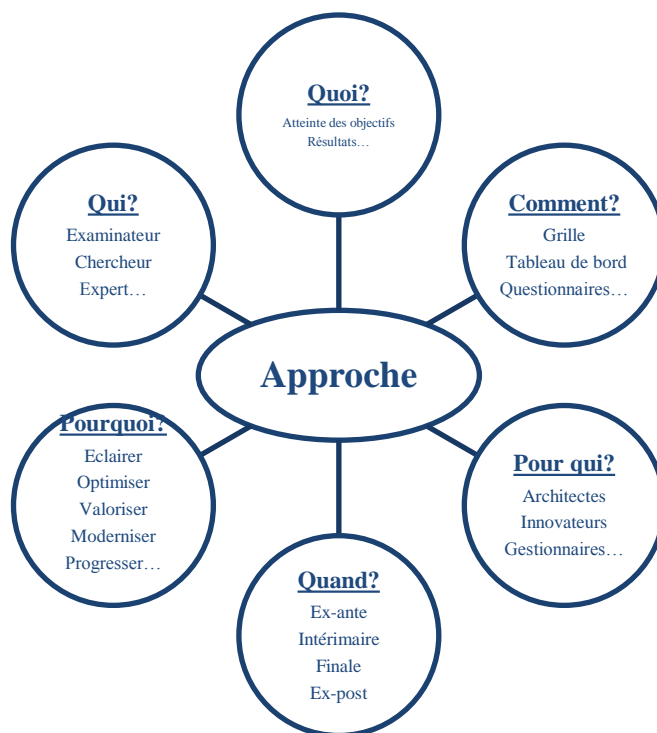


Figure 4.4 : Signification de l'approche. Source : Auteur, 2021



Figure 4.5 : Les phases de l'approche. Source : Auteur, 2021

Une fois l'objectif à atteindre est connu, l'établissement des indices et thèmes peut commencer. Il s'agit donc de définir tout élément appartenant à cette approche. Il y a trois étapes essentielles qui doivent être développées afin de la mettre au point. Une revue de la littérature est nécessaire pour renforcer le corpus des connaissances relatives aux exigences pour valoriser un espace architectural, en tenant compte des interprétations des concepts de l'espace intelligent et des spécificités de chaque. La revue étudie et recherche des articles de publication pertinents faisant autorité avec un grand lectorat basé sur des mots clés liés aux indicateurs qui pourraient conduire à un espace plus efficace, intelligent, économique et approprié aux besoins des usagers. Nous nous concentrerons ensuite sur la définition des indices retenus pour appliquer notre approche sur terrain. Enfin, pour distinguer les thèmes pouvant être atteints avec les indices choisis, nous attirerons l'attention sur la corrélation qui existe entre eux puis identifierons les catégories de thèmes auxquels ils appartiennent. Nous avons démontré ce processus à l'aide d'un schéma récapitulatif (Figure 4.6).

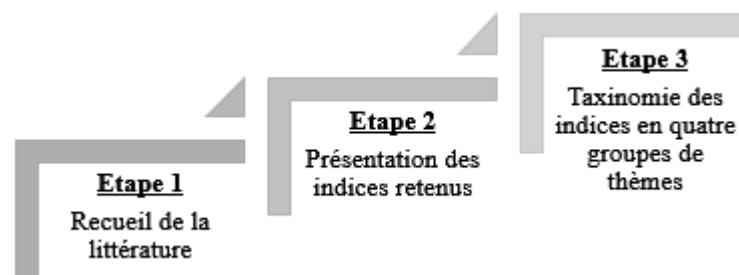


Figure 4.6 : Processus de proposition de l'approche. Source : Auteur, 2021

#### **4.2.1. Etat de l'art relatif aux critères nécessaires pour améliorer l'intelligence des espaces architecturaux**

Cette partie est une revue de la littérature de divers articles qui vont pouvoir nourrir notre approche. Le processus de recherche bibliographique lié aux mots clés tirés des spécificités des concepts consiste à déterminer la portée des publications en examinant le sujet principal de l'étude et son contenu. Le tableau 4.1 résume les articles publiés basés sur les bâtiments et les espaces intelligents, les technologies numériques et leurs applications, les méthodes utilisées...

Tableau 4.1 : Résumé des articles relatifs aux critères nécessaires pour améliorer l'intelligence des espaces architecturaux. Source : Auteur, 2021

Source	Objet d'étude	Contenu principal/Résultats
<b>Fathian, Peyman, 2006</b>	Cet article identifie les principaux facteurs des bâtiments intelligents, discute de diverses perspectives tant du point de vue de l'architecture que de la technologie de l'information, et fournit un modèle général d'évaluation.	-Développement d'un modèle d'évaluation de huit domaines, que chacun a des facteurs. -Application du modèle sur un cas d'étude en Iran et cela à travers des enquêtes auprès des experts dans les domaines susmentionnés en faisant ressortir leur poids relatif et leur favorabilité par des équations mathématiques.
<b>Chen et al, 2006</b>	Cet article présente un modèle de prise de décision multicritères appelé IBAssessor pour l'évaluation de l'efficacité énergétique sur la durée de vie des bâtiments intelligents.	-Traitement des méthodes de notation pour l'évaluation des bâtiments intelligents. -Sélection des indicateurs quantitatifs de la consommation d'énergie-temps (ETI). -Développement de l'IBAssessor qui est structuré sur la base des indicateurs de performance clés regroupé en 10 groupes.
<b>Chen et al, 2006</b>	Le document présente une revue des méthodes d'évaluation des bâtiments intelligents pour développer une approche de construction qui apportera des avantages au bâtiment.	-Comparaison de six systèmes de notation pour l'évaluation des bâtiments intelligents en fonction de six groupes. -Proposition d'une approche alternative en utilisant le processus de réseau analytique ANP
<b>Sutherland et al 2007</b>	Le document identifie les indicateurs de performance nécessaires à l'évaluation de l'intelligence d'un bâtiment.	-Identification des indicateurs de performance. -Mise en place d'une procédure de notation d'un outil matriciel sur un exemple d'application pour indiquer l'impact des indicateurs sur l'intelligence du bâtiment.
<b>Wong , Li, 2008</b>	Cette étude se base sur des enquêtes afin d'identifier et sélectionner des critères d'évaluation.	-Une enquête générale visant à recueillir les opinions des experts et des praticiens du BI. -Une enquête AHP pour hiérarchiser et attribuer les pondérations importantes pour les critères perçus dans l'enquête générale.
<b>Reda Abdin, Badr Ahmed, 2010</b>	Cette étude vise à atteindre deux objectifs principaux : -Prouver la possibilité d'exploiter et d'utiliser une technologie de pointe	-Mise en œuvre d'une approche basée sur trois caractéristiques à savoir : l'automatisation, la durabilité et la réactivité.



	pour atteindre des objectifs environnementaux. -Atteindre un accès pour l'évaluation de la performance des bâtiments intelligents.	-Etude comparative entre la méthode IBI, catégorisée en dix indices, chacun contenant une liste au total de 378 éléments et l'approche proposée (Intelligent Building Features) sur un certain nombre de bâtiments internationaux et égyptiens.
<b>ALwaer , Clements-Croome, 2010</b>	Cet article vise à développer une approche multi-attributs pour évaluer les bâtiments intelligents durables.	-Identification des principaux problèmes liés aux bâtiments intelligents durables. -Développement d'un nouveau modèle appelé SuBETool qui est analysé à l'aide du processus analytique hiérarchique (AHP) pour mesurer le niveau de durabilité des bâtiments intelligents.
<b>Kaklauskas et al ,2010</b>	Ce document vise à développer un modèle intégré à plusieurs critères d'environnement bâti intelligent (MCAIBE).	-Développement d'un modèle réunissant divers facteurs qui dépendent diverses parties que chacune tente de satisfaire un certain nombre d'objectifs : économique, confort, esthétique, environnemental, juridique et social.
<b>Kaya, Kahraman, 2014</b>	Dans cet article, deux méthodologies MCDM, Analytic Hierarchy Process (AHP) et TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), sont utilisées pour l'évaluation intelligente des bâtiments.	-Etude bibliographique pour déterminer cinq groupes de critères d'Ingénierie, Environnementaux, Économiques, Socio-culturels et Technologiques. -Application des calculs de chaque méthode et obtention des résultats similaires pour la meilleure alternative d'un bâtiment intelligent.
<b>Brad, Murar, 2014</b>	L'objectif du document est d'introduire une technologie à fort potentiel pour faire évoluer le bâtiment vers un modèle de nouvelle génération.	-Aperçu du bâtiment intelligent et des tendances futures. -Développement d'une technologie qui est basée sur IoT en faisant des tests expérimentaux pour voir son rôle dans le développement de la performance des bâtiments intelligents.
<b>Andrey, Eugeny, 2015</b>	Cet article propose un processus de simulation pour le calcul du Quotient d'intelligence du bâtiment qui peut être utilisé comme mesure pour choisir une solution intelligente.	-Proposition d'un outil composé d'un ensemble de composants tels que le matériel, les logiciels et les réseaux de communication.

<b>Arditi et al, 2015</b>	Cet article vise à capturer les perspectives des professionnels de la construction dans une taxonomie classée des différentes caractéristiques des bâtiments intelligents.	-Identification des différents domaines et variables constitutives associés au bâtiment intelligent. -Elaboration d'un questionnaire sur la base des domaines et de leurs variables. -Analyse des résultats avec le test de Kruskal – Wallis.
<b>Banani et al, 2016</b>	L'article explore un cadre pour l'élaboration de critères d'évaluation des bâtiments non résidentiels durables pour l'Arabie saoudite. Neuf critères et 36 sous-critères ont été définis dans cette étude.	-Comparaison de cinq méthodes d'évaluation des bâtiments et élaboration des enquêtes avec un éventail d'experts saoudiens pour acquérir leur expertise. -Utilisation de la méthode AHP pour évaluer les données des enquêtes et l'importance relative des critères d'évaluation.
<b>Bonyad et al, 2018</b>	Le but de cet article est de proposer un système structuré d'indicateurs d'architecture régénérative pour évaluer les projets de construction de recherche-éducation.	-Proposition d'un cadre structuré d'indicateurs architecturaux adaptés au contexte de Téhéran, composé de quatre dimensions. -Utilisation de la méthode AHP basée sur une enquête d'experts pour estimer l'importance des indicateurs.
<b>Osama , 2018</b>	Cet article élucide la portée d'un concept qui est en train de devenir populaire de nos jours, celui des bâtiments intelligents.	-Un cadre multicritères composé de 68 sous-facteurs pour la catégorisation sélective des bâtiments intelligents, classé en deux niveaux : le premier constitué de dix modules de qualité environnementale et le deuxième rajoute d'autres installations.
<b>Benjamin, Dylan Del Rio, 2020</b>	Cet article présente des données d'entretiens semi-structurés avec des experts et passe en revue de la littérature récente concernant les technologies des environnements intelligents en examinant de manière critique leurs promesses et dangers.	-Définitions des maisons intelligentes et proposition d'une nouvelle classification impliquant 13 catégories de technologies intelligentes couvrant 267 options spécifiques. -Elaboration des différentes classes technologiques de la maison de base ou traditionnelle à la maison entièrement automatisée et sensible. -Identification du 13 avantages potentiels distincts des maisons intelligentes et 17 risques et obstacles.

<b>Malagnino et al, 2021</b>	Cette étude passe en revue les travaux de recherche existants et les solutions technologiques qui intègrent des sujets importants pour améliorer la durabilité de l'environnement bâti et le rendant plus intelligent.	-Création d'une base de connaissances solide sur les environnements intelligents et durables. -Analyse de tous les solutions disponibles dans la littérature pour à la fois présenter les meilleures pratiques en matière d'intégration des technologies BIM et IoT et proposer une architecture modulaire inspirée de l'analyse de la littérature réalisée.
------------------------------	--	---

Ces divers articles publiés couvrent des informations associées au sujet de recherche sous différents angles (Annexe B). Chaque article tire ses propres conclusions du point de vue des technologies et leurs connexes 'environnement, économie, culture...'. D'un autre côté, la revue de la littérature a révélé que la majorité des articles explorent des méthodes d'évaluation des bâtiments et espaces intelligents. Cependant, les chercheurs n'ont pas pris en compte tous les facteurs que nous voulons étudier. Notre travail de recherche vise à combler cette lacune et se concentre sur la conception et la mise en œuvre d'une approche constituée des indices adaptés au contexte Algérien pour but de valoriser la performance, la qualité et l'intelligence des espaces architecturaux et de confirmer qu'il y a une incidence des technologies sur la manière d'utiliser ces espaces.

#### **4.2.2. Identification des indices fondamentaux considérés par l'approche**

Le concept d'indice signifie index, indicateur, attribut, signe, indicatif, critère... Il se veut une mesure quantitative ou qualitative, vérifiable, à travers laquelle on peut recueillir plus d'information et de données. Il se présente sous forme d'un objectif à atteindre ou d'un résultat à obtenir pour prendre une décision valable et fiable. Plusieurs travaux ont abouti à une panoplie d'éléments de définition d'indices ou ses semblables, l'OCDE, 1993 (Organisation pour la Coopération et le Développement Économique) définit un indice comme « un paramètre ou une valeur calculée à partir de paramètres donnant des indications ou décrivant l'état d'un phénomène, de l'environnement ou d'une zone géographique et d'une portée supérieure aux informations directement liées à la valeur d'un paramètre ». D'un côté, le dictionnaire actuel de l'éducation définit un indice comme «un point de repère auquel on se réfère pour porter un jugement ou décider de la valeur de l'objet évalué» (Legendre, 2005). D'un autre côté, l'institut français de l'environnement définit un indicateur comme « une donnée qui a été sélectionnée à partir d'un ensemble statistique plus

important car elle possède une signification et une représentativité particulière» (IFEN, 2001). Il existe plusieurs familles d'indices, engendrant généralement un chaos c'est-à-dire un même indice peut appartenir à divers thèmes et cela en fonction du mode d'utilisation ou de taxinomie. En effet, pour que les indices soient adéquats et utiles pour une élaboration d'une approche quelconque, ils doivent être comme le montre le tableau 4.2 suivant.

Les indices maintenus pour l'élaboration de notre approche correspondent aux usages définis précédemment, concepts révélant l'espace architectural à l'ère numérique et leurs spécificités. En se référant aussi à la littérature et les études précédentes en matière des indices et ses semblables qui pourraient conduire à un espace plus efficace, intelligent, économique et approprié aux besoins des usagers. Cependant, Nous avons approuvé notre choix des indices en se renvoyant aux critères cités ci-dessous, à savoir : la pertinence, l'objectivité, la simplicité, la précision, la disponibilité, la représentativité, la sensibilité...Etc. Dans la figure 4.7, nous allons présenter les indices retenus pour l'élaboration du fondement de notre approche, en indiquant les indices ressortis du travail analytique personnel ainsi de la revue de littérature. Les thèmes auxquels seront affiliés ces indices seront développés par la suite.

Tableau 4.2 : Critères de choix des indices. Source : Rump, 1996 & Kane, 1999

<b>Relatifs à l'aspect scientifique</b>	Ils doivent reposer sur des fondements scientifiques pluridisciplinaires, sains et non ambigus
<b>Disponibles et accessibles</b>	Ils doivent avoir l'aptitude d'accomplir une fonction requise dans un temps réel
<b>Concrets</b>	Ils doivent être de bonne qualité, précis, robustes et reproductibles
<b>Pertinents</b>	Ils doivent absolument éveiller l'intérêt et la compréhension immédiate de l'utilisateur
<b>Simples</b>	Ils doivent être simples, claires et compréhensibles
<b>Représentatifs</b>	Ils doivent fournir une illustration représentative de la situation qu'ils décrivent
<b>Liés géographiquement</b>	Ils doivent refléter les spécificités de l'ensemble de la zone d'étude et l'échelle contextuelle
<b>Sensibles</b>	Ils doivent être sensibles aux changements et évolutions
<b>Référentiels</b>	Ils doivent être une valeur de référence

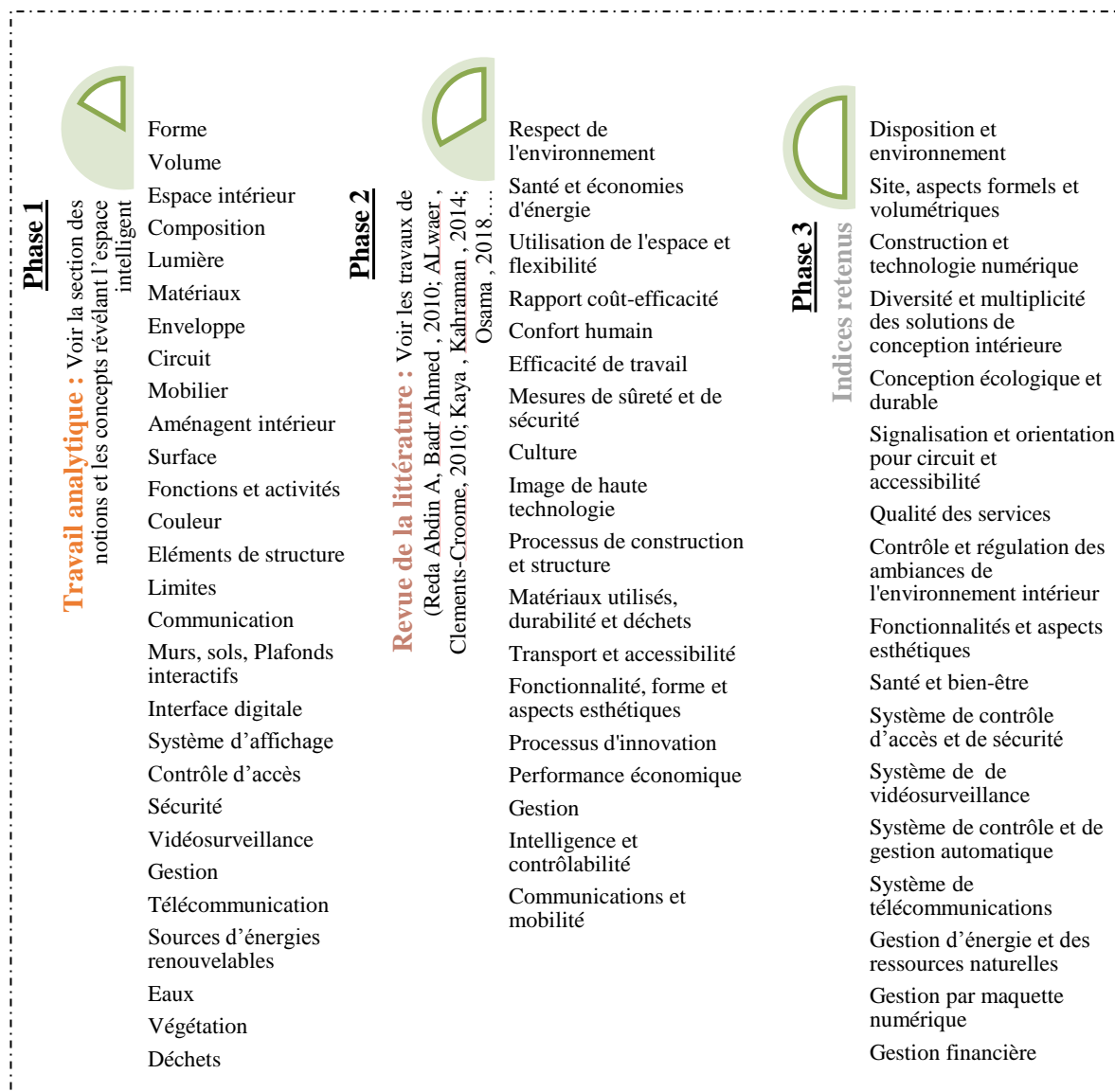


Figure 4.7 : Les indices retenus pour notre approche. Source : Auteur, 2021

#### 4.2.3. Taxinomie des indices en quatre groupes de thèmes

Afin de distinguer une alliance logique, crédible et cohérente entre deux ou plusieurs indices, quantitatifs ou qualitatifs, faisable aussi avec la nature des indices retenus, nous allons fait ressortir la corrélation qui existe entre eux pour ensuite définir les groupes des thèmes dont ils appartiennent. Les différents indices retenus pour l'élaboration du fondement de notre approche peuvent être assimilés dans différentes catégories thématiques. Sur la base de la revue de la littérature, quatre groupes ont été identifiés au préalable, ceux de l'environnement, le social et la culture, l'économie et la technologie (Figure 4.8). En fait, pour que les indices retenus reflètent le plus objectivement possible les différents aspects de

notre recherche et sur la causalité des outils technologiques, des usages et pratiques et des concepts exprimant l'espace architectural, une classification en quatre autres groupes s'effectue. Le premier groupe est celui qui affecte et évolue l'apparence et la physionomie du bâtiment. Le deuxième est celui qui tend vers une dissolution des limites et une visualisation dynamique et fluide au niveau de l'espace intérieur dans un cadre respectueux de l'environnement. Quant à au troisième groupe ; il s'exprime par l'ambiance et l'aspect esthétique que causent l'environnement qui nous entoure et le contexte dans lequel on se localise ; et enfin le dernier qui vise à piloter, surveiller et optimiser le fonctionnement de tous les équipements et infrastructures techniques du bâtiment (Figure 4.8).

Enfin, pour générer l'approche exploratoire, nous avons porté un choix sur les thèmes suivants (Figure 4.8) : L'attribut morphologique : les indices qui lui sont associés sont : la disposition et l'environnement, le site, les aspects formels et volumétriques, la construction et la technologie numérique. La qualité spatio-fonctionnelle : il s'agira des indices suivants : la diversité et la multiplicité des solutions de conception intérieure, la conception écologique et durable, la signalisation et l'orientation pour circuit et accessibilité. La qualité sensorielle : il concernera les indices liés à la qualité des services, le contrôle et la régulation des ambiances de l'environnement intérieur, les fonctionnalités et les aspects esthétiques, la santé et bien-être. La performance des services : les indices qui lui sont associés sont : système de contrôle d'accès, de sécurité et de vidéosurveillance, système de contrôle et de gestion automatique, système de télécommunications, gestion d'énergie et des ressources naturelles, gestion par maquette numérique, gestion financière. Nous avons ensuite les nommés perspectives car aller vers l'avenir avec des progrès intelligents renvoie à la manière de vivre de nouvelles dimensions spatiales et devrait atteindre des perspectives visant à la fois la mise en valeur de l'espace architectural et l'ouverture de l'étendu conceptuel, imaginaire et créatif.

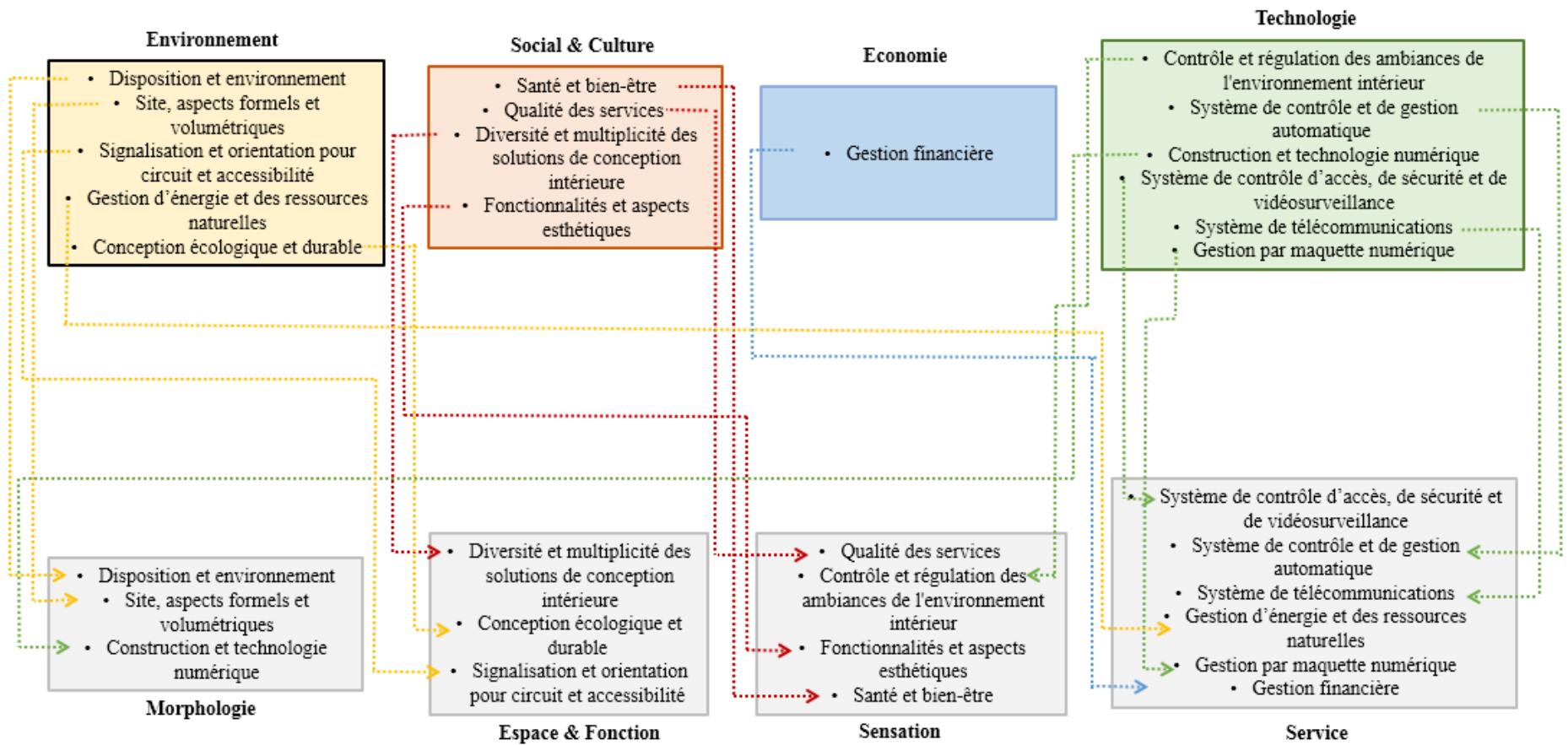


Figure 4.8 : Interaction entre les différents indices. Source : Auteur, 2021

### 4.3. Validation de l'approche exploratoire

Une fois les recommandations à respecter lors de l'élaboration d'une approche sont connues, l'établissement des thèmes, indices, constitués des sous indices reflétant la question soulevée, peut commencer. Dans cette section, nous allons nous focaliser sur la définition des fondements de l'approche pour la valider et l'appliquer sur terrain. La validation des indices nécessite le passage par une étape fondamentale qui est l'agrégation et la pondération pour arriver à des données exploitables et applicables sur terrain. A cet effet pour plus de crédibilité et de fiabilité de l'approche, le recours à l'avis des experts en la matière s'avère nécessaire. L'évaluation préliminaire de l'approche proposée permet aux experts d'examiner la consistance de l'approche, les thématiques, indices et sous indices envisagés pour mesurer l'incidence de la technologie numérique sur l'usage et la pratique de l'espace architectural.

#### 4.3.1. Agrégation et pondération des thèmes et des indices

Cette étape est primordiale dans le processus de validation de l'approche, elle consiste à traiter ou mobiliser les indices quantitatifs et qualitatifs pour établir la preuve de son impact. En effet, l'agrégation et la pondération ont fait l'objet de plusieurs recherches et de nombreux cas et exemples d'utilisation en citant : (Tamiz et al. 1998; Al-Harbi 2001; Al Khalil 2002; Brunner & Starkl 2004; Krajnc & Glavic 2005; Svoray et al. 2005, Cherqui, 2005). Elles visent à pondérer un thème ou un indice en lui donnant une valeur en pourcentage en fonction de divers paramètres : l'importance relative, les aspects objectifs et subjectifs, les fondements scientifiques... Nous évoquons dans le tableau 4.3, brièvement, trois catégories de méthodes qui concernent la gestion des indices, donc leur pondération et leur importance (Roy,1985 ; Schärliig, 1985 ; Vincke & Roy ,1989 ; Roy, 1990).

Tableau 4.3 : Méthodes d'agrégation et de pondération. Source : Auteur selon Roy,1985 et Schärliig, 1985

Selon Schärliig 1985	Selon Roy 1985	Principe d'agrégation	Méthodes utilisées dans l'agrégation et la pondération des indices (Annexe C)
L'agrégation complète	L'approche du critère unique de synthèse évacuant l'incomparabilité	La première méthode, d'inspiration américaine, la plus simple et la plus fruste, consiste à agréger les différents critères ou indices afin de les diminuer en un seul unique. Les travaux relatifs à cette méthode étudient les	-Simple multi-attribue rating technique (SMART) -Technique for order preference by similarity to ideal solution (TOPSIS)



		conditions mathématiques d'agrégation, les formes particulières de la fonction et les méthodes de construction.	-Simple Additive Weighting (SAW) -Multiple attribute value theory (MAVT) -Multiple attribute utility theory (MAUT) -Utility Theory Additive (UTA) -Analytic Hierarchy Process (AHP)
<b>L'agrégation partielle</b>	<b>L'approche du sur classement de synthèse</b>	La deuxième méthode, d'inspiration française, consiste en premier lieu à construire une relation de sur classement. Ensuite à exploiter cette relation en vue de faire l'évaluation des solutions pour des objectifs de choix, de classement ou de classification/tri. Donc aider le décideur à résoudre son problème.	-La méthode Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluation (PROMETHEE) -Les méthodes Élimination Et Choix Traduisant la Réalité (ELECTRE) -Les méthodes basées sur la fiabilité: Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique (MACBETH)
<b>L'agrégation locale</b>	<b>L'approche du jugement local interactif</b>	La troisième méthode, la plus récente, se caractérise par une interaction continue entre l'analyste et le décideur tout au long du processus d'aide à la décision. Contrairement aux deux premières approches qui incarnent une structure mathématique claire, cette méthode vise d'abord à poser des questions et par la suite, trouver une meilleure solution par une recherche itérative.	-Programmation linéaire multicritère (PLM) -Step Method (STEM)

Les indices retenus auparavant nécessitent une agrégation pour pouvoir établir une note. En fait, nous avons choisi une des trois méthodes citées ci-dessus, celle qui répond au

mieux à notre approche, à nos objectifs de recherche et à nos perspectives. Notre choix donc s'est porté sur l'approche du critère unique de synthèse évacuant l'incomparabilité ou ce qu'on nomme l'agrégation complète. Cette méthode va nous permettre d'arriver à des indices valides par le biais des équations mathématiques. Cependant, il existe plusieurs méthodes appartenant à elle. Dans le tableau suivant (Tableau 4.4), nous allons faire une comparaison entre celles évoquées dans l'annexe C pour choisir la méthode la plus compatible à notre application, celle qui exhibe le meilleur compromis entre simplicité, efficacité et fiabilité.

Tableau 4.4 : Comparaison des méthodes utilisées dans l'agrégation et la pondération. Source : Auteur, 2021

<b>Méthodes</b>	<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<b>SMART</b>	Elle est facile à appliquer.	Elle exige une articulation à l'avance des préférences et une évaluation des actions sur une échelle unique.
<b>TOPSIS</b>	Elle est facile à appliquer et permet l'introduction des notions d'idéal et d'anti idéal.	Elle exige une fixation à l'avance des préférences. Ses attributs doivent être de nature cardinale. Si toutes les actions sont mauvaises, la méthode propose la meilleure action parmi les mauvaises.
<b>SAW</b>	Elle est largement utilisée en raison de sa simplicité.	L'association de l'échelle numérique à l'échelle sémantique est restrictive et introduit des biais.
<b>AHP</b>	Elle est largement utilisée pour modéliser le problème de décision par une structure hiérarchique. Elle utilise une échelle sémantique pour exprimer les préférences du décideur.	Un grand nombre d'éléments dans la structure hiérarchique fait exploser le nombre de comparaisons par paires.

La méthodologie qui va être utilisée sera basée sur le processus d'analyse hiérarchique AHP, vu qu'elle est la plus ancienne méthode et la plus utilisée par de nombreux chercheurs, dans des domaines différents tels que les affaires, l'industrie, la santé, l'architecture... Elle se caractérise par sa simplicité et sa facilité de calcul, sa précision et sa capacité de gérer plusieurs niveaux en hiérarchie. Elle nous permet également d'intervenir au niveau des mesures en modifiant les ratios de cohérence selon les exigences et les

spécificités de l'objet à étudier. L'AHP nous permet d'avoir un meilleur ordre d'importance des thèmes et des indices dont ils appartiennent, utilisés ultérieurement dans notre stratégie de mise en valeur de la qualité, l'intelligence et la performance des bâtiments et espaces et donc la confirmation de l'incidence des technologies numériques sur ces derniers. Pour valider le choix de notre jugement, avant l'application de cette méthode, nous la détaillons dans l'annexe C.

### **-Collecte et diffusion des données**

Après avoir introduit les différents thématiques  $P_i$  ( $i = 1, \dots, 4$ ) et les différents indices  $I_j$  ( $j = 1, \dots, 17$ ). Dans cette partie, nous utiliserons la méthode AHP sur notre problématique pour procéder à l'évaluation de l'importance relative de chacun des indices précédemment sélectionnés. Cette évaluation se fera à travers le calcul des poids des différents indices, révélant l'impact de la technologie numérique sur la conception, l'usage et la pratique de l'espace architectural.

Afin de mieux comprendre la diversité des opinions sur la cohérence et la consistance de l'approche proposée, nous avons mené une recherche préliminaire basée sur des entretiens. Les experts sélectionnés pour cette étape sont des spécialistes ayant une connaissance approfondie des technologies numériques et de leur incidence sur l'architecture. L'échantillon comporte huit enquêtés qui représentent un large éventail de pratiques dans le domaine. Quelques résultats sont présentés dans l'annexe D. Compte tenu des conditions sanitaires et des protocoles de sécurité mis en place pour lutter contre la pandémie causée par le virus COVID 19, les entretiens sont menés en ligne via email et ont eu lieu entre Décembre 2020 et Janvier 2021. Grâce à la revue de la littérature et le travail analytique personnelle qui ont été effectués, les experts ont pu valider l'approche suggérée et, par conséquent, un questionnaire pour la deuxième étape a été élaboré. Dans ce qui suit, 20 experts y compris les huit précédents ont été interrogés pour une enquête empirique basée sur leur expérience afin de déterminer l'importance relative des indices en fonction des comparaisons par paire selon l'échelle de Saaty de la technique AHP (Saaty, 1977). Certains des experts ont été interrogés en ligne tandis que d'autres ont été interrogés en personne au cours du mois de Février 2021. Un extrait du questionnaire AHP est présenté dans l'annexe E.

## **-L'analyse des données recueillies**

Une fois la collecte des données terminée, nous devons les transmettre au logiciel AHP Priority Calculator ‘en ligne’ (Annexe E) basé sur des équations mathématiques pour tester la validité et l'affirmation des perspectives et indices. Pour appliquer la méthode AHP, quatre thèmes et 17 indices sont sélectionnées afin de distinguer les plus importants pour la mise en valeur de l'espace architectural et l'ouverture de l'étendu conceptuel, imaginaire et créatif. En fait, l'application numérique se base sur les étapes mentionnées par Saaty, 1986 : L'étude commence par la décomposition du problème en une structure hiérarchique de thèmes, indices et sous indices, présentée dans l'annexe E. Deuxièmement, pour faire la comparaison par paire de chaque thème et indice, le jugement par questionnaire fait l'évaluation. De ce fait, les données recueillies ont été traitées par le calcul des moyennes de réponses pour chaque ligne (Annexe E) pour ensuite effectuer les comparaisons. Un échantillon des matrices de comparaison par paires est illustré dans l'annexe F. Les valeurs des matrices de comparaison sont obtenues par la transformation des évaluations selon l'échelle de Saaty. Ensuite, les sommes des colonnes sont calculées et les valeurs dans les colonnes sont divisées par ces derniers. Enfin, les priorités globales sont déterminées en divisant la somme de chaque ligne sur le nombre de critère (Annexe F). Le tableau 4.5 présente les notations des thèmes et des indices étendus pour valoriser l'intelligence, la qualité et la performance des bâtiments et des espaces architecturaux à l'ère numérique.

Tableau 4.5 : Agrégation et pondération des thèmes et des indices. Source : Auteur, 2021

<b>Indices</b>	<b>Notation= PG*100</b>
<b>Attributs morphologiques 32.27%</b>	
Disposition et environnement	64.46%
Site, aspects formels et volumétriques	24.73%
Construction et technologie numérique	10.76%
<b>Qualités spatio-fonctionnelles 33.52%</b>	
Diversité et multiplicité des solutions de conception intérieure	62.43%
Conception écologique et durable	26.7%
Signalisation et orientation pour circuit et accessibilité	10.86%
<b>Qualités sensorielles 14.22%</b>	
Qualité des services	49.42%
Contrôle et régulation des ambiances de l'environnement intérieur	29.62%
Fonctionnalités et aspects esthétiques	15.1%
Santé et bien-être	5.9%

<b>Performance des services 20%</b>	
Système de contrôle d'accès et de sécurité	32.38%
Système de vidéosurveillance	19.32%
Système de contrôle et de gestion automatique	15.42%
Système de télécommunications et de données	14.91%
Gestion d'énergie et des ressources naturelles	8.31%
Gestion par maquette numérique	4.84%
Gestion financière	4.75%

Les résultats ont révélé que les qualités spatio-fonctionnelles des bâtiments étaient le thème le plus important avec 33.52%. Les attributs morphologiques ont obtenu une deuxième place avec un score de 32.27% indiquant l'importance des aspects extérieurs pour bâtir les nouveaux projets architecturaux. La performance des services a été classée comme le troisième thème avec 20% qui indique la nécessité d'intégrer des systèmes automatisés dans les espaces. Quant à la quatrième place était pour les qualités sensorielles avec un score de 14.22% qui indique la nécessité de se concentrer sur le confort et le bien être des usagers par un lieu de vie productif à long terme.

Pour confirmer la consistance de l'approche, nous allons calculer le ratio de cohérence résolu des jugements déjà établis en déterminant la valeur propre maximale et l'index de cohérence (voir l'annexe C des étapes de la méthode AHP). Le tableau des résultats finals est présenté dans ce qui suit disant que l'approche est cohérente et consistante vu le ratio de cohérence inférieur à 10% alors la matrice de comparaison est considérée comme consistante et valide donc les priorités globales PG sont acceptées (Tableau 4.6).

Tableau 4.6 : Test de la consistance et la cohérence de l'approche. Source : Auteur, 2021

	<b>SC</b>	<b>PG</b>	<b>PG*SC</b>	<b>Valeur propre maximale <math>\lambda</math></b>	<b>Index de cohérence IC</b>	<b>Ratio de cohérence RC</b>
<b>P1</b>	3	0.3227	0.9681	$\lambda=0.9681+1.0894+1.1376+1$	$IC=(4.1951-4)/(4-1)$	$RC=0.065/0.9$
<b>P2</b>	3.25	0.3352	1.0894	$\lambda=4.1951$		$RC=0.072=$
<b>P3</b>	8	0.1422	1.1376		$IC=0.065$	$7.2\%$
<b>P4</b>	5	0.2	1			

### **4.3.2. Elaboration du tableau de bord de l'approche exploratoire**

Afin de construire le tableau de bord qui regroupe un ensemble des thèmes et des indices définis et validés auparavant, nous essaierons de définir et de développer par ordre d'importance chaque groupe de perspectives qui constitue ce support de communication.

#### **\*Première perspective : Les qualités spatio-fonctionnelles**

Elles sont très présentes dans le discours architectural actuel, étant très souvent soumises à un processus d'une dissolution des limites dans lequel les espaces s'articulent et s'emboîtent de façon continue pour obtenir un espace décontracté et libre. Ce processus se manifeste dans le groupe d'indice reconfigurant l'espace, la surface, le circuit, le mobilier et l'aménagement... Cette étendue a ouvert les murs et supprime ainsi la séparation de l'intérieur et de l'extérieur (Conrads, 1991), donc de nouveaux espaces nourrissent avec plus de libération spatiale. Cette qualité spatio-fonctionnelle devient possible grâce à :

**-Diversité et multiplicité des solutions de conception intérieure :** Comme dans la Martin House où Wright procède à la dissolution du mur jusqu'à le réduire à des groupes de piliers ce qui est lié à ce qu'il dit Conrads « la ligne droite dure se transforme en pointillés dès que la rigidité n'est plus nécessaire » (Conrads, 1991). Cette dissolution de la masse, et non seulement de l'espace, souligne un dialogue infini et une communication visuelle absolue entre les différents espaces. En outre, cette diversité par transparence, flexibilité, fluidité et adaptabilité... constitue un moyen d'articulation et d'extension de l'espace intérieur vers l'extérieur. Le Pavillon Allemand de Barcelone montre cette image d'espace car l'architecte voulait une ouverture totale de son œuvre libéré des contraintes porteuses et reprenant la parole de l'architecte « Less is more ».

**-Conception écologique et durable :** On ne s'arrête pas uniquement à la dissolution des limites mais plutôt à : une perforation du cadre construit par autant de dispositifs écologiques : atrium, patio, cour et une incorporation des éléments de contrôle et régulation des ambiances thermiques et d'agrément d'espace : végétation, jardin d'hiver, plan d'eau, jet d'eau, fontaine... en créant une interaction entre l'extérieur et l'intérieur et offrant une liberté et une expression du dynamisme.

**-Signalisation et orientation pour circuit et accessibilité :** Cet indice se compose des éléments de repère fonctionnel, organisationnel et directionnel, articulant le chemin et le rendant plus clair. On note l'accès pour circulation verticale et horizontale : ascenseurs,

escalateurs et escaliers, les issues de secours et aussi l'accès et le déplacement pour les personnes à mobilité réduite.

### **\*Deuxième perspective : Les attributs morphologiques**

Dans le produit architectural actuel, les concepts architecturaux produisent un ensemble d'effets évolutionnaires, dynamiques, progressifs et fluides. Ces effets créent un processus d'évolution et croissance dont on peut le définir comme étant un art de concevoir une structure ou un bâtiment capable de supporter des modifications ultérieures. Il est associé à d'autres préceptes tels que la souplesse, l'adaptabilité, la flexibilité, la convertibilité, la polyvalence... (XB Architectes, 2015). Lorsque ce processus se manifeste au niveau du : volume, forme, enveloppe, structure et matériaux...la perspective attendue incarne l'émergence et le développement qu'on l'exprime par l'attribut morphologique qui est une base utile pour bâtir les nouveaux projets architecturaux et préalable pour leur optimisation, donc aller vers un surprenant avenir et pouvoir aider l'action architecturale et l'architecture. Elle concerne différents indices à savoir :

**-Disposition et environnement :** Dans une optique d'un développement viable qui préjuge l'architecture du milieu environnant, certains aspects relatifs à sa disposition sont à favoriser. Les notions de densité, composition, rapprochement et éloignement jouent un rôle important dans l'occupation du sol et l'utilisation de l'espace. Par exemple, la construction de nouvelles surfaces ou l'agrandissement des surfaces déjà existantes, favorise le rapprochement, la continuité et pareil la fluidité des surfaces. Or, la densité des surfaces bâties diminue en fonction de l'éloignement du centre-ville...

**-Site, aspects formels et volumétriques :** Le choix du site doit être réfléchi en fonction du projet architectural envisagé. Plusieurs sous indices sont à prendre en compte pour créer une grande homogénéité d'implantation et matérialiser le projet avec de bonne qualité. En outre, il est important de prendre en compte une série d'exigences en rapport avec : la situation et l'orientation en minimisant les dépenses de chauffage et maximisant la lumière entrant, également la forme et le volume du bâtiment qui peuvent être doux ou fracturés, pleins ou vides, continus ou propagés, ce qui évoque la dynamique des formes successives, leur formation et mutation, l'écoulement de la masse, l'impulsion et le mouvement du volume, l'agencement de l'environnement extérieur existant...etc.

**-Construction et technologie numérique :** Cet indice se caractérise par l'utilisation des solutions avancées pour la construction dont le but est de révolutionner la manière de

produire l'architecture. Cela par l'usage : de nouvelles formes des matériaux sensibles, évolutifs et intelligents, des enveloppes intelligentes et adaptatives aux changements de leur environnement, des éléments de construction interactifs, immersifs et réactifs aux différents corps qui lui sont proches et en dernier des systèmes structurels spécifiques.

### **\*Troisième perspective : La performance des services**

Les concepts révélant l'espace intelligent engendrent également un processus d'optimisation des systèmes de contrôle d'accès et de sécurité, des infrastructures de réseau et de communication, des dispositifs et des capteurs intelligents, des équipements et des services techniques... Cette qualité d'optimisation se veut l'embryon des nouveaux usages. Elle consiste à : gérer le confort et la consommation énergétique, servir un maintien et une communication plus efficace, automatiser et piloter le fonctionnement de l'ensemble des équipements électriques...etc. Tous cela pour mieux répondre aux attentes des usagers et améliorer les conditions de leur vie avec un moindre coût économique.

**-Système de contrôle d'accès et de sécurité :** Quand on parle de ce système, on fait généralement référence à un précepte informatique qui permet l'autorisation d'accès physique ou logique en utilisant un identifiant sous forme de badge, d'une carte à puce, d'un mot de passe, d'une carte biométrique...etc. On distingue donc deux fonctions. En premier lieu, c'est un moyen de contrôle physique qui assure la protection des usagers et sécurise le bâtiment, ses espaces et ses locaux de valeurs. Au deuxième lieu, c'est une solution technique qui sécurise les fichiers et les données numérisés et gère les accès logiques à un système d'information.

**-Système de vidéosurveillance :** Le système de vidéosurveillance se veut une installation vidéo équipée de détecteurs de mouvement qui se placent à l'intérieur et/ou à l'extérieur d'un bâtiment pour détecter les mouvement suspect, identifier les intrus et surveiller et contrôler les allées et venues. Ce système est constitué de caméras IP ou Wifi pour des prises de vues, d'un multiplexeur vidéo pour le dispatching des signaux, d'un enregistreur des images, et des écrans pour les visualiser.

**-Système de contrôle et de gestion automatique :** Le contrôle et la gestion automatique est une nécessité majeure et croissante contre les exigences de raffermissement de la performance et l'intelligence du bâtiment. Cette infrastructure est conçue pour procéder sans relâche et sans fin, un ensemble de tâches assurant le confort, le bien-être, la sécurité, les besoins physiologiques et créant ainsi de bonnes conditions de vie pour les usagers à



savoir : le chauffage, la ventilation et la climatisation, l'éclairage, l'ECS et la plomberie, la détection d'incendie et de polluants. Le but de rendre automatique ces fonctionnements est de simplifier la manière de vivre, gagner le temps et libérer les ressources en travaillant de manière autonome.

**-Système de télécommunications et de données :** Ce système est de plus en plus perceptible et répandu dans un bâtiment de nouveau usage. Il s'agit de ; la signalisation digitale pour optimiser l'affichage, diffuser et s'informer, la facilité d'accès aux réseaux d'internet, la télécopie et la télécommunication pour communiquer et partager l'information en temps réel, la localisation intérieure pour un fonctionnement piloté des équipements techniques comme l'éclairage et le chauffage... et enfin la gestion des câbles pour fournir plus de sûreté et sécurité.

**-Gestion d'énergie et des ressources naturelles :** Le bâtiment à nouvel usage est certainement un bâtiment à énergie positive dont le recours aux sources d'énergie renouvelables est l'une des allures importantes de l'optimisation et l'amélioration des consommations énergétiques impliquant l'électricité, le chauffage, l'eau. Pour gérer cette énergie et l'estimer, un système de comptage et mesure des consommations est plus répandu. Le bâtiment doit prévoir aussi des stratégies éco énergétiques et des techniques de conservation pour une relance en cas de nécessité de l'énergie toute au long de l'année. Le recyclage des eaux usées et pluviales, le tri des déchets et le suivi des empreintes carbone sont également un souci écologique et économique qui vise à minimiser leur impact sur l'environnement.

**-Gestion par maquette numérique :** Par analogie avec la maquette physique qu'on connaît, la maquette numérique 'BIM' est une représentation informatique d'un objet en 2d et en 3d en vue d'analyser, d'évaluer, de contrôler et de gérer certaines situations en optimisant le rapport coût/ bénéfice et favorisant le travail collaboratif. Elle est utile pareillement pour piloter un projet architectural de sa programmation, sa conception, sa construction, son organisation et sa réservation des espaces et des locaux, sa planification de la maintenance et de l'exploitation, son renouvellement et même ses visites virtuelles. Manager par maquette numérique est donc une spécificité innovatrice qui affermit la performance et l'intelligence d'un bâtiment.

**-Gestion financière :** Il s'agit d'une démarche de gestion financière du bâtiment pour : mieux maîtriser les budgets et les dépenses, les marges d'optimisation, les marges

d'ajustement et de gisement d'économie ainsi pour améliorer la durée de vie et le maintien opérationnel du bâtiment également le service et la performance énergétique.

#### **\*Quatrième perspective : Les qualités sensorielles**

L'avènement des nouvelles technologies ayant engendré une transformation et une transmutation de nos milieux de vie, et ayant amené une architecture à prédominance visuelle où nous la percevons initialement par nos sens et nos émotions avant que nous réfléchissons à ses nombreux détails (Pallasmaa et al 2013). Pallasmaa (2010) explique que, la domination de l'œil sur les autres sens en tant qu'instrument de la pensée a causé un certain déracinement du corps par rapport au monde. En conséquence, la qualité sensorielle qui est délibérée du ressenti, de l'immersion, de la réactivité et de l'interactivité, se trouve dans une fluctuation permanente avec un caractère changeant et variable (Voda, 2015). Elle est la résultante de l'ambiance que causent les indices associés à l'esthétique, au design, à la qualité, à l'harmonie et à l'élégance architecturale...

**-Qualité des services :** C'est l'un des indices essentiels qui entraîne une augmentation de l'efficacité et la performance et crée une ambiance aux cœurs des usagers de l'espace. Ces derniers sont l'arbitre final de la qualité des services dont ils l'apprécient sur les sous indices suivants : l'accueil et la prise en charge, l'écoute et l'orientation, tout comme l'accessibilité à l'information, la rapidité et la réactivité, la sécurité et l'efficacité de service.

**-Contrôle et régulation des ambiances de l'environnement intérieur :** La prise en compte, le contrôle et la régulation des ambiances de l'environnement intérieur assure la pertinence et l'efficacité du bâtiment. Il s'agit du confort hygrométrique qui découle la température et le taux d'humidité de l'air intérieur pour une meilleure sensation de bien-être, du confort visuel qui dépend l'éclairage, la luminance, le contraste...pour l'esthétique et la qualité de l'éclairage. Ajoutant aussi le confort olfactif qui dépend la ventilation pour la qualité agréable de l'air et enfin le confort acoustique qui soumet à l'isolation pour une minimisation des nuisances sonores.

**-Fonctionnalités et aspects esthétiques :** Cet indice est l'une des formes d'amélioration de la qualité sensorielle de l'espace architectural. Il constitue tous les aspects médiateurs entre l'utilisateur et son environnement qui influencent les ambiances, les animations et les émotions vécues à l'intérieur de cet environnement. Ses éléments constitutifs permettent la matérialisation et la compréhension de l'espace à savoir :

l'harmonie et l'épuration des couleurs, lignes, formes et volumes, l'élégance et la sobriété, l'eurythmie structurale, la solidité et l'utilité, la décoration, l'ornementation technique et la distinction par l'animation objective.

**-Santé et bien-être :** La notion du santé et bien-être constitue le filtre perceptuel des différents stimuli récoltés dans l'environnement vécu ou perçu afin de donner aux usagers, un sentiment de liberté et d'agrément, une satisfaction et un bonheur, une hygiène et aussi une bonne qualité de l'environnement. Cet état agréable offre aussi tous les moyens pour vivre une vie saine et promeut le bien-être à tous les âges.

Maintenant, Après l'identification des indices et pour élargir le champ de données, une catégorisation de chaque indice en sous indices a été définie en s'appuyant sur l'étude bibliographique préalablement réalisée (Tableau 4.7).

Tableau 4.7 : Tableau de bord de l'approche exploratoire. Source : Auteur, 2021

<b>Perspectives</b>	<b>Indices</b>	<b>Sous indices</b>
		Mobilier et aménagement malléable et élastique
	<b>Diversité et multiplicité des solutions de conception intérieure</b>	Espace communicatif et expansif
		Espace fluide et flexible
		Espace transformable
		Espace multifonctionnel
		Espace adaptable
<b>Qualités spatio-fonctionnelles</b>	<b>Conception écologique et durable</b>	Dispositifs écologiques
		Eléments de contrôle et régulation des ambiances thermiques et d'agrément d'espace
	<b>Signalisation et orientation pour circuit et accessibilité</b>	Signalisation et orientation pour circulation verticale et horizontale
Accès et déplacement pour les personnes à mobilité réduite		
Issues de secours		
	<b>Disposition et environnement</b>	Densité
		Composition
		Rapprochement/ Eloignement
	<b>Site, aspects formels et volumétriques</b>	Situation
		Orientation
		Forme
		Volume

<b>Attributs morphologiques</b>		Enveloppe intelligente
		Matériaux intelligents
	<b>Construction et technologie numérique</b>	Eléments de construction interactifs
		Procédés de structure spécifique
	Dispositifs technologiques d'aménagement	
<b>Performance des services</b>	<b>Système de contrôle d'accès et de sécurité</b>	Contrôle d'accès physique
		Contrôle d'accès logique
	<b>Système de vidéosurveillance</b>	Caméras de vidéosurveillance IP
		Caméras vidéosurveillance Wi-fi
		Chauffage
		Ventilation et climatisation
	<b>Système de contrôle et de gestion automatique</b>	Eclairage
		Eau chaude sanitaire et Plomberie
		Détection d'incendie
		Détection de polluants
		Signalisation digitale
		Facilité d'accès aux réseaux d'internet
	<b>Système de télécommunications et de données</b>	Localisation intérieure
		Télécopie et télécommunication
		Gestion des câbles
	<b>Gestion d'énergie et des ressources naturelles</b>	Utilisation des sources d'énergie renouvelables
Stratégies éco énergétiques et techniques de conservation		
Système de comptage et mesure des consommations		
Gestion des eaux usées et pluviales		
Gestion des déchets		
Suivi des empreintes carbone		
		Gestion d'organisation et de réservation d'espace et des locaux
<b>Gestion par maquette numérique</b>	Gestion et planification de la maintenance et de l'exploitation des équipements techniques du bâti	
	Gestion de stock de matériels	
	Gestion de documentations associées aux équipements, la visite, l'évaluation, l'inspection et la valorisation du patrimoine	

	<b>Gestion financière</b>	Gestion des ressources et maîtrise des budgets et des dépenses
		Prise en compte des stratégies d'économie de coûts et de temps
<b>Qualités sensorielles</b>	<b>Qualité des services</b>	Accueil et prise en charge
		Écoute et orientation
		Accessibilité à l'information
		Rapidité et Réactivité
		Sécurité
	<b>Contrôle et régulation des ambiances de l'environnement intérieur</b>	Efficacité de service
		Confort acoustique
		Confort visuel
		Confort olfactif
		Confort hygrothermique
<b>Fonctionnalités et aspects esthétiques</b>	Confort thermique	
	Harmonie et épuration des couleurs, lignes, formes et volumes	
	Elégance et sobriété	
	Eurythmie structurale	
	Solidité et utilité	
<b>Santé et bien-être</b>	Décoration, ornementation technique	
	Animation objective	
	Publicité et enseignes numériques	
	Hygiène et santé perçues	
	Sentiment de liberté	
		Satisfaction et bonheur
		Qualité de l'environnement

## Conclusion

Avec l'explosion des innovations technologiques, les espaces architecturaux deviennent socialement, économiquement, technologiquement et écologiquement viables, diversifiés et personnalisés pour satisfaire les attentes de leurs usagers tout en offrant une nouvelle expérience spatiale plus agréable et enrichissante. De nombreux projets de recherche ont tenté de cerner les notions et les concepts qui révèlent le nouvel espace qui a subi de nouveaux discours architecturaux, des transitions et transmutations de leurs usages et pratiques et aussi des idées architecturales qui reposaient sur la notion d'interdisciplinarité

du non standard en architecture. Ce nouvel espace s'est transformé en un espace plus adaptable, flexible, réactif, communicant, expansif, multifonctionnel, ergonomique et transformable en fonction de la situation. Cela montre que les changements d'usages de l'espace conduisent à une nouvelle spatialité et provoquent des réactions émotionnelles chez les usagers.

Notre objectif principal de ce chapitre est de construire une approche qui se base sur l'hypothèse qui dit qu'elle pourrait assister à valoriser et améliorer la qualité, l'intelligence et la performance des espaces architecturaux et confirmer l'impact des technologies numériques sur leur usage et pratique. Parmi les méthodes et les outils qui ont été jugés les plus efficaces pour atteindre cet objectif, on compte : une revue de la littérature pour enrichir le corpus de connaissances sur les exigences d'optimisation d'un espace architectural et pour définir les indices et distinguer les thèmes pouvant être atteints avec eux pour appliquer notre approche. Des entretiens et des enquêtes auprès des experts dans le domaine pour authentifier la consistance de l'approche. Des questionnaires établis pour l'agrégation et la pondération des thèmes et des indices tout en appliquant le processus d'analyse hiérarchique AHP basé sur des équations mathématiques. En effet, quatre thèmes et 17 indices sont choisis afin d'avoir le meilleur classement prioritaire pour valoriser l'espace architectural et ouvrir l'étendu conceptuel, imaginaire et créatif.

Les résultats ont montré que quatre groupes de thèmes ont été classés en termes d'importance. Avec 33,52% des suffrages, le premier groupe est celui des qualités spatio-fonctionnelles des bâtiments, qui tend vers la dissolution des frontières et la visualisation d'un espace intérieur dynamique et fluide dans un cadre respectueux de l'environnement. La deuxième catégorie concerne les attributs morphologiques, avec un score de 32,27%, indiquant l'importance des aspects extérieurs et physiologiques dans la construction de nouveaux projets architecturaux. Quant 'au troisième groupe ; est la performance des services avec 20% qui montre la nécessité de piloter, surveiller et optimiser le fonctionnement de tous les équipements et infrastructures techniques du bâtiment. La dernière catégorie est celle des qualités sensorielles, avec un score de 14,22 %, qui s'exprime par l'ambiance et la qualité esthétique que dégagent notre environnement et le milieu dans lequel nous nous trouvons.

## **CHAPITRE V : LE PARADIGME DES NOUVEAUX USAGES A L'ERE NUMERIQUE A TRAVERS LE CAS DU CYBERPARC DE SIDI ABDELLAH ET DU CIC D'ALGER**

### **Introduction**

Alors que le chapitre précédent étudiait le développement d'une approche exploratoire pour l'optimisation des espaces architecturaux à l'ère numérique, ce chapitre se concentre sur la définition du cadrage spatial pour confronter notre approche exploratoire à des cas d'étude qui diffèrent les uns des autres non seulement par les types d'usages, mais aussi par leurs scénarios d'exploitation et de fonctionnement, leurs formes et volumes, leurs services et leurs équipements... En fait, ce sont ces différences qui vont nous apporter toutes les réponses aux préoccupations de notre problématique et dans quelle mesure elles peuvent faire avancer et revitaliser l'État national et créer les fondements d'une nouvelle architecture.

À l'instar d'autres nations concernées par l'environnement concurrentiel actuel dans le domaine des technologies numériques, l'Algérie a déployé des efforts importants dans le but de créer un écosystème propice à l'innovation, à la créativité, à la formation, à l'exposition, à la communication et au divertissement à l'échelle nationale et internationale, avec le soutien des institutions publiques et privées. Cela passe par la mise en place et le développement de nouvelles infrastructures performantes qui révèlent le statut de la métropole, relancent la dynamique de croissance économique, sociale et technologique du pays, transforment nos pratiques, attirent et satisfont le citoyen algérien en l'incitant à venir et à revenir.

Deux études de cas seront menées afin de répondre à ces objectifs et d'appréhender l'incidence du numérique sur la conception et l'usage des espaces architecturaux. Dans un premier temps, il faudra d'abord examiner les motivations qui ont contribué à la décision de choisir les cas d'études qui seront suivis par un bref aperçu de l'industrie des TIC en Algérie avant d'utiliser le Cyberparc, le premier pôle technologique du pays, comme cas initial de notre étude. Nous allons aborder ensuite le cadre actuel des projets de médiation culturelle, scientifique et politique en Algérie pour choisir le CIC d'Alger comme deuxième cas. Enfin, conformément aux objectifs de la recherche, nous mènerons une étude qualitative basée sur les quatre perspectives développées dans le chapitre précédent. Cette étude sera élaborée principalement à l'aide des visites in situ, des observations en personne, des lectures approfondies et des entretiens avec des ingénieurs et des concepteurs de bâtiments qui ont

participé à la construction de ces structures ou en ont eu connaissance. Ces méthodes utilisées nous ont permis d'avoir une idée préliminaire potentielle du travail de recherche, d'acquérir une variété de connaissances sur les bâtiments et de passer des exemples livresques qui ont été précédemment présentés en théorie à la réalité du contexte national.

### **5.1. Deux usages distincts pour l'application de l'approche exploratoire développée**

Notre travail de recherche porte principalement sur la manière dont les espaces architecturaux sont utilisés à l'ère du numérique. De ce fait et afin d'appliquer notre approche au sens le plus large, nous concentrons notre travail de terrain sur deux usages distincts. Il s'agit du Cyberparc de Sidi Abdellah et le Centre International de Conférences 'CIC' d'Alger. Ces bâtiments n'ont pas été choisis au hasard ; au lieu de cela, ils ont été sélectionnés parmi un large éventail de bâtiments et après un examen approfondi, nous décidons de définir cette typologie, et cela en raison de :

-Dans un premier temps, et pour que notre travail soit original et unique, nous avons sélectionné ces deux cas parce que nous avons découvert via nos recherches bibliographiques qu'aucune recherche doctorale en architecture n'a été menée sur eux. Encore, compte tenu de la situation actuelle en Algérie, où l'économie doit désormais se concentrer sur l'industrie des TIC et les industries culturelles plutôt que sur les hydrocarbures, ces deux cas sont d'une importance forte et fertile à l'échelle nationale et internationale car ce sont de véritables trésors pour notre pays.

-Dans un deuxième temps, nous avons choisi les secteurs des TIC ainsi de la culture en considérant ceux-ci comme une source appropriée et innovatrice pour l'architecture. De plus, l'objectif de ce travail de terrain est de créer des conditions et des réactions qui amélioreront au mieux l'intelligence, la performance et la qualité des futurs projets architecturaux en Algérie.

-Dans un troisième temps, les deux cas en question se diffèrent non seulement par leurs types d'usages, mais aussi par leurs scénarios d'exploitation et de fonctionnement, leurs compositions, leurs formes et volumes, leurs systèmes constructifs, leurs services, leurs équipements et leurs dispositifs appliqués... En réalité, ce sont ces différences qui nous fourniront toutes les réponses aux questions soulevées par notre problématique pour créer les bases d'un nouveau style architectural.

-Dans un dernier temps, notre intérêt pour ces deux cas n'a cessé de croître au fil du temps. Principalement de par les visites sur site réalisées depuis 2016 et de la qualité des



services compte tenu l'accueil et la prise en charge, l'accessibilité à l'information, l'écoute et l'orientation qui se sont déroulées dans de bonnes conditions. Nous avons pu recueillir les données nécessaires pour l'aboutissement du travail grâce aux contacts directs avec l'ingénieur Kamal Bousbai et le directeur technique du CIC Mohamed Kichah. La Directrice de l'Incubation de l'Entrepreneuriat et de la Formation Wassila Knatef, l'ex directeur de l'Agence Nationale de Promotion et de Développement des Parcs Technologiques (ANPT) Hakim Bensaoula et le nouveau Sid Ahmed Ben Arbia, le directeur des Finances et Comptabilité de l'ANPT Zoubir Fayçal, l'ingénieur des systèmes automatisés de l'incubateur Benyoucef Rabhi, ainsi l'ex directeur de l'entreprise architecturale ECI-TIC Idris Amir...

L'objectif de la prochaine section du chapitre est de présenter les deux cas d'étude. Nous analysons en profondeur leurs situations, leurs contextes dans lesquels ils s'insèrent et leurs organisations spatiales pour recueillir les données nécessaires à l'application de notre approche.

## **5.2. Développement et appropriation du secteur des TIC en Algérie**

En raison des changements importants intervenus (mondialisation, concurrence, progrès technologique, actions coopératives), l'Algérie s'est attelée à la mise en œuvre d'une politique sectorielle des TIC depuis l'an 2000 et revête une importance primordiale contribuant au développement et à la modernisation économique et sociale du pays. En effet, elle encourage le développement d'infrastructures performantes permettant de favoriser de nouveaux modes d'accès au savoir et à l'information, d'apporter des gains de productivité et de contribuer à la multiplication des initiatives à tous les niveaux avec une participation accrue du secteur privé pour accroître les opportunités d'innovation (Boukelif, SD).

Lors d'une réunion des dirigeants du secteur des TIC le 2 mai 2010, le ministre de la Poste et des Technologies de l'information et de la communication de cette époque, M. Hamid Bessalah, a déclaré que certaines initiatives prévues devaient avancer plus rapidement. Il s'agit, d'accélérer l'utilisation des TIC dans l'administration publique par la création d'un schéma d'administration électronique, d'un référentiel d'interopérabilité et d'un référentiel de sécurité dont la finalisation était prévue pour août 2010 (Benabderrahmane, 2012). Avec la mise en place d'une stratégie concrète des TIC avec des objectifs qualitatifs et quantitatifs clairement définis, la position de l'Algérie pourrait être améliorée grâce aux pôles d'excellence, dotés de parcs technologiques qui ont vu le jour ces dernières années

dans le but d'accompagner et de relancer la dynamique de croissance du pays. Ces projets visent à favoriser l'augmentation des investissements, l'expansion des entreprises et l'émergence de nouvelles start-up locales ainsi à réorienter globalement la culture académique vers un environnement innovant et ouvert sur son tissu socio-économique (Si Bachir, 2013). Les parcs technologiques ont été développés grâce à un instrument de conception et de mise en œuvre d'une politique nationale, matérialisé par l'Agence Nationale de Promotion et de Développement des Parcs Technologiques (ANPT) qui se trouve au Cyberparc de Sidi Abdellah. Cet organisme a été créé par le décret n° 04-91 du 24 mars 2004 sous la tutelle du Ministère de la Poste et des Technologies de l'Information et de la Communication (Mokrane, 2017). Il concerne, entre autres, le Cyberparc de Sidi Abdellah, les Technoparcs d'Annaba, Oran et Ouargla, un incubateur à l'Université de Batna, et un autre à l'INTTIC d'Oran...

### **5.3. Le Cyberparc de Sidi Abdellah : un écosystème propice à l'innovation, la créativité, la formation et la transmission du savoir**

L'Algérie accorde une attention particulière aux infrastructures TIC afin de l'enfoncer dans la gestion globale de la croissance économique, sociale et technologique. Ainsi, pour faire entrer notre pays à cet ère numérique passant d'une entité statique à une entité dynamique et active, l'État approuve chaque année des efforts importants pour la réalisation d'infrastructures stratégiques d'envergure nationale, l'expansion de l'utilisation des nouvelles technologies et le fait de devenir plus flexible et plus efficient face à la complexité de la réalité.

Nous avons choisi le Cyberparc de Sidi Abdellah, premier parc technologique en Algérie, comme premier cas empirique pour tester nos hypothèses de recherche afin de comprendre l'incidence du numérique sur la conceptualisation et l'utilisation des espaces architecturaux.

#### **5.3.1. Contexte de la nouvelle ville de Sidi Abdallah**

Le projet de la ville nouvelle de Sidi Abdellah, avec un périmètre d'urbanisation de 3 000 Ha, est situé à 25 km d'Alger à proximité immédiate des villes de Mahelma, Rahmania, Douera et Souidania. Il s'inscrit dans le cadre d'une politique urbaine et d'aménagement du territoire dont l'objectif est de limiter l'hyper concentration humaine dans la capitale pour équilibrer la croissance métropolitaine (Souag & Dorbhan, SD). Il s'agit d'un pôle urbain divisé en 35 quartiers répartis en quartiers résidentiels, quartiers équipements, quartiers

commerciaux et quartiers liés à la recherche que chacun a son propre centre et son attrait distinctif. Ce pôle adhère aux principes de développement durable et aux normes environnementales élevées, est en mesure de contribuer à la croissance économique de la région métropolitaine et gère l'ensemble des préoccupations socio-économiques et résidentielles associées. Cette ville est dédiée : à la santé avec des centres de haute technologie médicale, à la science avec des espaces réservés aux technologies avancées pour la fabrication de médicament et aux laboratoires de recherche en pharmacie et biotechnologie, au loisir à travers des parcs urbains, des pôles d'horticoles et des zones sportives, à la recherche et la formation avec des instituts universitaires et des centres et agences de recherche et d'innovation. Et aussi avec un pôle des technologies dédié à l'information et à la communication et des technologies avancées ou est implanté le projet phare le Cyber parc. Ajoutant le pôle résidentiel qui est réparti entre le programme AADL et le programme ENPI (Figure 5.1) (Aroumougom, 2003).



Figure 5.1 : Contexte de la nouvelle ville de Sidi Abdallah. Source : Auteur, 2021, d'après ANPT

### 5.3.2. Présentation du Cyberparc

Dans le cadre d'une initiative politique visant à développer une société de l'information et à accélérer l'arrimage de l'Algérie vers une économie fondée sur la connaissance, l'ANPT a créé le Cyber parc de Sidi Abdallah, le premier parc technologique en Algérie, construit par Telecommunications Consultants India Ltd. Priorité du SNAT 2025 et labellisé « projet stratégique d'envergure nationale », le Cyberparc est inscrit à devenir un pôle scientifique et technologique d'excellence et un catalyseur d'innovation dans le

domaine des TIC. La technopole vise également à faire d'Alger une métropole attractive en matière des TIC, ce qui permettra à terme d'accélérer la métropolisation de la ville et de contribuer au son rayonnement au sein de l'espace euro-méditerranéen (ANPT).

Les objectifs du Cyberparc, tels que définis par les autorités gouvernementales, sont multiples : Il s'agit en priorité de stimuler une grappe technologique d'information et de communication (TIC) robuste et dynamique, de créer un espace pour regrouper les professionnels et les experts dans le domaine, d'accélérer ainsi le taux de formation et d'expansion des startups et des PME pour favoriser les synergies et la qualité de travail. Mais l'objectif à moyen terme est avant tout de soutenir l'entrepreneuriat et l'innovation grâce à ses infrastructures de pointe. En bref, il vise à créer un écosystème favorisant le décollage des TIC en Algérie, qui est un enjeu majeur pour l'avenir du pays (Rahmouni, 2011). Le Cyberparc est sensé rassembler les différents acteurs du secteur des TIC, à savoir les entreprises privées et publiques, les établissements d'enseignement et de formation, les centres de recherche et les instituts, les incubateurs d'entreprises, les porteurs de projets... (Mimouni, 2018).

Les premiers croquis du Cyberparc de Sidi-Abdellah remontent à l'année 2002. Il s'inscrit dans le schéma d'aménagement global de la métropole algérienne. Cette grande opération d'aménagement a pour but de concrétiser une volonté de développement économique et technologique autour du thème majeur des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC). Il est situé au nord de la ville nouvelle de Sidi Abdallah et le Sud-ouest de la ville d'Alger (Figure 5.2). Ce projet s'étendant sur 100 hectares, se veut des entités interdépendantes avec une forte interaction entre les fondements technologiques et les districts d'activités et de service, de formation, d'innovation et de recherche, d'incubation et de soutien, ainsi que d'hébergement et d'accompagnement des entreprises innovantes (start-up) et des entreprises émergentes (porteurs de projet). Il est sensé rassembler différents bâtiments fonctionnels présentés dans le Tableau 5.1, à savoir : le siège de l'Agence Nationale de Promotion et de Développement des Parcs Technologiques (ANPT), le multilocataire, l'incubateur, le centre d'études et de recherches des TIC (CERTIC), et Projet Hôtel-Auditorium-Espaces sportifs (Figure 5.3). L'idée principale derrière la conception de ces bâtiments était de présenter de nouvelles solutions techniques tout en défiant les modèles conventionnels.

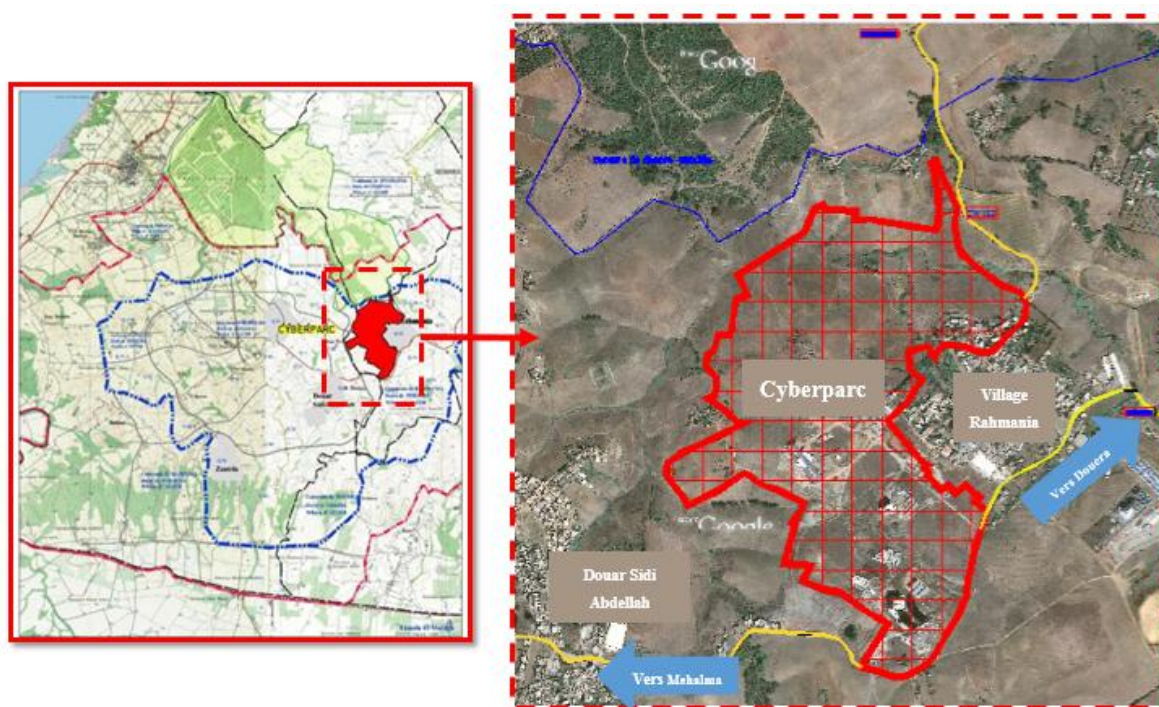


Figure 5.2 : Situation du Cyberparc de Sidi Abdellah. Source : Auteur, 2021, d'après l'ANPT et Google Map

Tableau 5.1 : Les infrastructures du Cyberparc de Sidi Abdellah. Source : Auteur, 2022 d'après l'ANPT

Infrastructure	Surface utile	Date de réception	Niveaux	Usages adoptés	Description
Agence Nationale de Promotion et de Développement des Parcs Technologiques (ANPT)	2338,10 m <sup>2</sup>	2008	Immeuble en demi sous-sol+ R+1	Gestion Logistique	L'ANPT aspire à être un leader dans le domaine des TIC. Il s'agit d'un outil gouvernemental pour encourager une plus grande pénétration technologique dans la société algérienne. Elle travaille à valider, à mettre en œuvre et à utiliser largement les outils, les mécanismes et les compétences nécessaires pour construire un écosystème national soutenant la croissance des industries des TIC et du numérique au service d'une variété d'industries.

<b>Multilocataire</b>	19739 m <sup>2</sup>	2008	Immeuble en sous- sol 1 + sous-sol 2+R+4.	Communication Formation Innovation Créativité Gestion Logistique Services	Premier bâtiment d'accueil des visiteurs du Cyberparc, composé d'un centre d'affaires et d'un hôtel d'entreprise avec des open spaces modulables, des bureaux de haut niveau prêts à l'emploi, et des espaces d'accueil d'entreprises TIC. Le multilocataire offre un environnement professionnel axé sur un environnement de travail agréable qui favorise la créativité, la collaboration et la synergie entre les entreprises qui s'y installent.
<b>Incubateur</b>	9800 m <sup>2</sup>	2009	Immeuble en sous- sol+ R+1	Exposition Projection Communication Formation Transmission Innovation Créativité Gestion Logistique	L'incubateur, situé au cœur du Cyberparc, sert d'espace à l'innovation car il rassemble toutes les entreprises ayant les meilleures chances de réussite. Il accepte et soutient ceux qui travaillent sur des idées d'entreprise jusqu'au moment où leur entreprise est effectivement fondée. Il abrite également de jeunes entreprises en création qui ont moins de cinq ans d'existence (start-up) et cela par le biais d'une équipe interne très expérimentée.
<b>Centre d'études et de recherches des TIC (CERTIC)</b>	5124 m <sup>2</sup>	2012	Immeuble en sous- sol+ R+1	Exposition Projection Communication Gestion Logistique Services	Le deuxième bâtiment du secteur innovation du Cyberparc est le CERTIC. Il est doté de laboratoires de recherche permettant de tester des technologies de pointe. Il abrite l'activité de certification électronique décidée par les hautes autorités du pays.



<b>Projet Hôtel-Auditorium-Espaces sportifs</b>	53500m <sup>2</sup>	Les travaux sont arrêtés	Hôtel : Immeuble en sous-sol 1 + sous-sol 2+R+21 Auditorium : Immeuble en sous-sol+ R+5	Hébergement Projection Exposition Communication Gestion Logistique Services Détentes Loisirs	Réalisé à 100% dans ses œuvres majeures et à 5% dans ses autres corps. C'est un élément du dispositif d'accompagnement qui comprend toutes les activités récréatives et divertissantes qui contribuent à assurer un niveau de vie élevé au sein du Cyberparc.
---	---------------------	--------------------------	---	--	---



Figure 5.3 : Schéma d'organisation fonctionnelle du Cyberparc de Sidi Abdallah. Source : ANPT ; traitement par l'auteur, 2018

D'après la présentation des différentes infrastructures du Cyberparc, il ressort que ce projet s'articule autour de trois volets (Ait Athmane, 2011) :

Un Volet « Formation et Recherche » : La mise en place d'un Institut des Technologies de l'information (ITI) et d'un Centre de recherche en technologies de l'information (CRTI), tout en y intégrant les institutions sectorielles telles que : l'institut des télécommunications (ITO) et le centre d'études et de recherche des télécommunications (CERT).

Un Volet « Entreprises » : Le Cyberparc assurera l'hébergement et l'accompagnement des start-up et des porteurs de projet pendant la phase d'incubation, avant de les orienter dans d'autres locaux plus pérennes.

Un Volet « Incubation et Soutien » : La mise en place d'un dispositif qui permet la promotion des agences d'incubation et d'innovation est considérée comme un axe prioritaire : les pépinières et les fonds d'amorçage, les institutions de capital-risque (publiques et privées), les partenariats et les alliances stratégiques.

Nous utilisons une variété de méthodes de recherche complémentaires qui nous permettent d'avoir une vue globale du terrain d'étude : dans un entretien fait avec le Directeur général de l'Agence nationale de promotion et de développement des parcs technologiques en 2016, Hakim Bensaoula affirme que le Cyberparc est construit avec des normes internationales. Il est un espace dynamique et chaleureux pour les entreprises des TIC, disposant d'infrastructures de haute technologie indispensables et indissociables, de bureaux intelligents et des espaces performants et de qualité pour répondre aux exigences des usagers.

Nous avons aussi mené une série de questions lors de la même visite qui a été faite en Décembre 2016 (Annexe G). L'objectif principal était de mieux appréhender les diverses fonctions du Cyberparc et la manière dont leurs usagers se comportent. Cet objectif se décline en trois sous-objectifs :

- Produire une variété de connaissances.
- Identifier des situations et des réactions par rapport aux technologies numériques et l'espace architectural.
- Identifier les domaines de recherche potentiels pour une étude plus approfondie.

A la lumière de ces objectifs, l'échantillon dans ce cas est principalement composé d'un chargé de gestion et des employés d'une entreprise architecturale ECI-TIC installés au multilocataire, le directeur des finances et comptabilité, un ingénieur en informatique et des personnels de la gestion automatisés des services. Ce sont eux qui ont la maîtrise des opérations élaborées au Cyberparc. En fait, les mutations des usages primordiaux qu'a subit le Cyberparc résident dans les espaces destinés à l'innovation et à la créativité et également la formation et la transmission du savoir. Nous choisissons donc deux bâtiments (le multilocataire et l'incubateur) pour l'étude de cas. Ceux-ci ont été sélectionnés parmi tant d'autres, car ils sont fonctionnels de façon solidaire et indissociable avec de nouveaux



usages, présentent un style architectural moderne et partagent un ensemble de caractéristiques captivantes qui sont de nature à assurer un milieu confortable, riche et utile pour une production progressive du Cyberparc.

#### **-L'organisation spatiale de l'incubateur :**

Conçu comme une structure d'appui à l'innovation centrée sur les TIC, l'incubateur constitue une pièce majeure dans le Cyberparc (Figure 5.4). Il est situé au son cœur et se compose de trois niveaux articulés autour d'un atrium central de forme d'un œuf par métamorphose de l'incubation des idées. L'incubateur est une structure contemporaine dédiée à l'accueil et à l'accompagnement des jeunes porteurs de projet dans les phases de maturation et de mise au point de l'idée à la création des startups, grâce à un programme d'accompagnement.

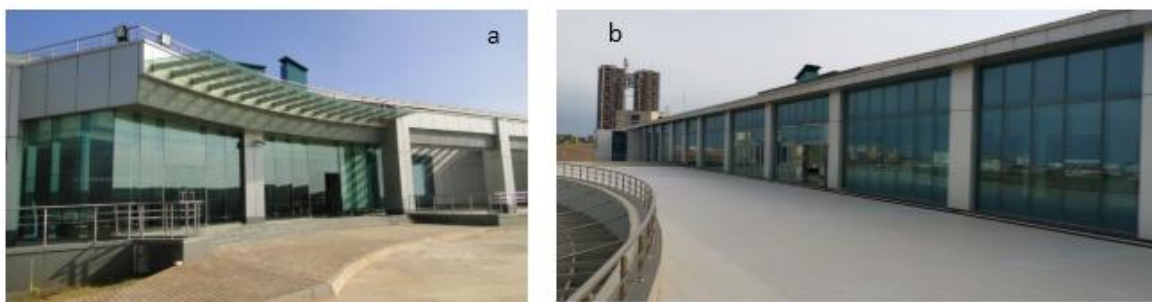


Figure 5.4 : a- Façade principale de l'incubateur. b- Façade postérieure de l'incubateur. Source : ANPT

Ce qui distingue la conception de l'incubateur de son sous-sol jusqu'à son premier étage (Figure 5.5 – 5.7), c'est qu'il déploie de nouvelles dimensions spatiales, de nouveaux outils, de nouvelles fonctions ainsi de nouvelles expériences grâce à des systèmes technologiques intégrés au cours de ses phases. Il dispose des immenses espaces innovants de formation et d'incubation, ouverts, aménageables et adaptables aux exigences des activités qui s'y déroulent, multifonctionnels, expansives, reconfigurables et transformables grâce aux cloisons amovibles. Outre des salles de conférence modulaires, une bibliothèque, un studio d'enregistrement audiovisuel de haute qualité et une grande salle de restauration vitrée et lumineuse avec une grande terrasse donnant sur les espaces verts du Cyberparc. L'incubateur regroupe également des bureaux sécurisés et interconnectés, des services de communication et de confidentialité de pointe, des équipements automatisés (installation électrique, chauffage, ventilation, etc.) conformes aux normes de sécurité et de surveillance. Ainsi, un centre d'excellence a été créé grâce à des partenariats entre l'ANPT et les sociétés Huawei et ZTE. L'idée fondamentale était d'adapter des solutions technologiques

permettant de rendre le Cyberparc intéressant et utile. Cet espace comprend une galerie interactive avec des écrans multi-touch qui propose des activités interactives et divertissantes, favorisant l'interaction entre la technologie, les idées et les usagers. Il dispose ainsi des aménagements adéquats et de toutes les commodités nécessaires au confort et bien-être, à la flexibilité spatiale ainsi qu'à la plus haute qualité de travail (Annexe H).



Figure 5.5 : Hiérarchisation des espaces du sous-sol de l'incubateur. Source : ANPT ; traitement par l'auteur, 2022



Figure 5.6 : Hiérarchisation des espaces du RDC de l'incubateur. Source : ANPT ; traitement par l'auteur, 2022

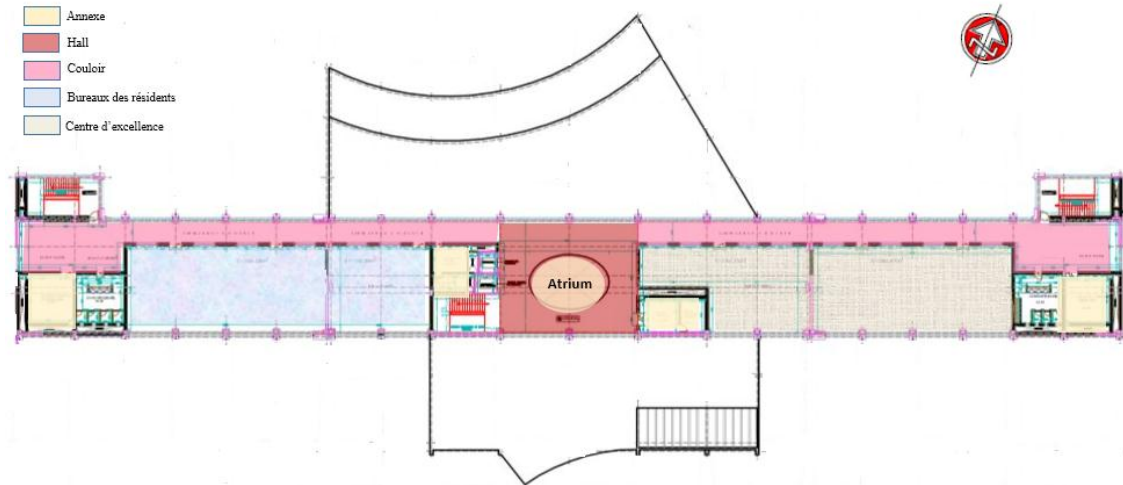


Figure 5.7 : Hiérarchisation des espaces du premier étage de l'incubateur. Source : ANPT ; traitement par l'auteur, 2022

### **-L'organisation spatiale du multilocataire :**

Accueillant des entreprises TIC à savoir : ECI TIC, EADN, ATM Mobilis, EBS, ADEX..., le multilocataire est un immeuble futuriste, mettant en valeur à la fois l'architecture contemporaine et la sophistication des systèmes et équipements. Il occupe une place importante dans le Cyberparc vu l'aspect volumétrique et formel qu'il présente ainsi l'organisation spatio-fonctionnelle qu'il apporte en décryptant l'expérience vécue et émouvant le comportement de leur usager.

Grâce aux avancées technologiques, le multilocataire, qui comporte deux ailes sur sept niveaux reliés par un dôme avec un grand hall, est considéré comme la meilleure option de structure d'hébergement en Algérie. Il renferme un centre d'affaires et un hôtel d'entreprise de haut standing qui font face aux défis de la modernité (Figure 5.8 - 5.12). Il contient des open spaces multifonctionnels et aménageables qui peuvent être configurés de différentes manières pour faciliter une plus grande communication et le travail d'équipe, des salles de réunion et de conférence entièrement équipées pour favoriser les rencontres, des bureaux de services modulables et flexibles pour stimuler la pensée créative, des locaux techniques pour favoriser la sécurité, la surveillance et le confort des usagers y compris aussi des zones de stockage souterraines où les propriétaires d'entreprise peuvent conserver leur équipement et leurs biens. Tous les espaces sont utiles pour les résidents et les entreprises, suscitant une infrastructure de qualité donc servant à faire fonctionner le multilocataire. Ce milieu synergique dispose des patios, des plans d'eau et de la végétation offrant une grande flexibilité et éco-responsabilité d'usage ainsi un cadre de travail propice à la créativité et l'innovation (Annexe H).

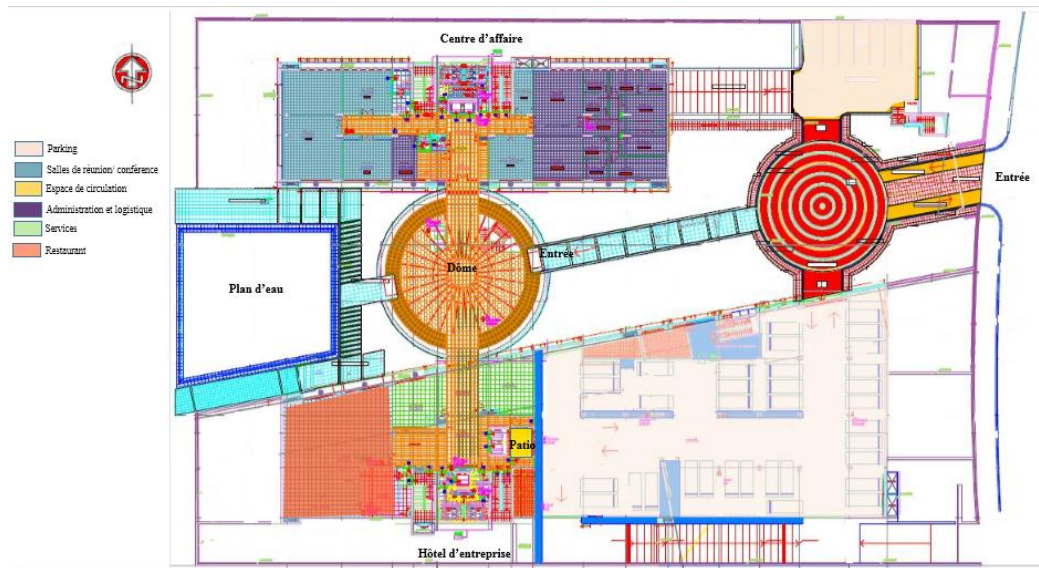


Figure 5.8 : Hiérarchisation des espaces du RDC du multilocataire. Source : ANPT ; traitement par l'auteur, 2022

#### 5.4. Contexte actuel des projets de méditation culturelle, scientifique et politique en Algérie

Depuis la nuit des temps, l'homme s'est efforcé de transmettre des messages et des signes. Il a laissé sa marque sur les murs des grottes avec des images et des symboles qui représentent une forme de communication visuelle. Nos valeurs, notre vision, nos fondements, nos modes de vie et notre savoir-faire évoluent de manière interactive et connaissent une vigueur sans précédent à l'ère de la mondialisation et de l'explosion des nouvelles technologies de l'information et de la communication. Ces technologies, sources de richesse et de prospérité, ouvrent de nouveaux horizons et apportent de nouveaux services qui font progresser les diverses activités de toutes sortes du pays. Elles viennent de donner vie à l'exposition, à la projection, à la communication et à l'animation...

Bien qu'elle ait toujours eu une vocation et un poids et qu'elle possède des ingrédients riches et diversifiés propres à chaque région, l'Algérie accuse un retard par rapport à ses voisins dans l'application de cette nouvelle mode et l'appropriation des TIC dans les centres et les espaces d'exposition et de communication. Autrement dit, les désirs publics, les stimulations et la curiosité ne sont plus accompagnés dans les projets de méditation culturelle, scientifique et politique. Il est donc essentiel de revitaliser et redynamiser le pays et d'envisager une nouvelle génération d'équipements qui révèlent le statut de la métropole, transforment nos pratiques, attirent le public, le stimulent et l'incitent à visiter et à revenir.





Figure 5.9 : Hiérarchisation des espaces du premier étage du multilocataire.  
Source : ANPT ; traitement par l'auteur



Figure 5.10 : Hiérarchisation des espaces du deuxième étage du multilocataire. Source : ANPT ; traitement par l'auteur

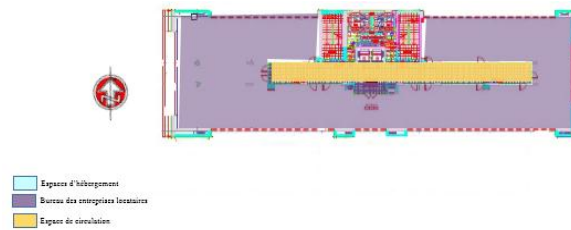


Figure 5.11 : Hiérarchisation des espaces du troisième étage du multilocataire. Source : ANPT ; traitement par l'auteur

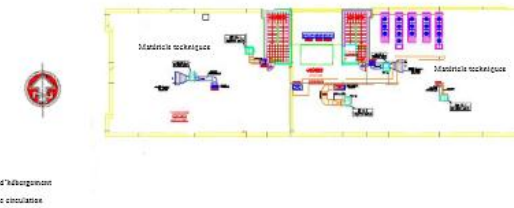


Figure 5.12 : Hiérarchisation des espaces du quatrième étage du multilocataire. Source : ANPT ; traitement par l'auteur

Alger est considérée comme l'un des plus importants pôles de médiation du pays en raison de sa situation stratégique, de ses vestiges archéologiques et culturels et surtout de son histoire. Pour contribuer à la promotion des espaces de haute technologie dans une métropole, elle doit systématiquement déployer de nouvelle conception architecturale et doit décrire un endroit innovant, synergique et performant, mêlant exposition, projection, échange, communication et animation...

A ce titre, le Centre International de Conférences (CIC d'Alger) est un lieu unique voué aux manifestations, aux rencontres, à la diffusion et à la publication en accueillant divers colloques, conférences et congrès scientifiques. Ceci afin de donner au pays un nouveau visage numérique et inciter les gens à s'intéresser à ce véritable joyau architectural qui est un vrai trésor de la ville d'Alger.

### 5.5. Le CIC d'Alger : un parc opportun à l'art, la science et la technologie

Le CIC d'Alger 'Centre International de Conférences', inauguré en 2016, est un véritable chef-d'œuvre architectural doté d'installations technologiques de pointe et consacré aux congrès, conférences, expositions, manifestations et activités dans la pure tradition maghrébine, avec une prestation personnalisée du service haut standing (CIC Alger). Il est situé à 21 Km d'Alger et au bord de la mer à proximité de la station balnéaire Club des Pins avec une surface totale de 220.000 m<sup>2</sup> (Figure 5.13).



Figure 5.13 : Situation du CIC d'Alger. Source : Auteur, 2022, d'après Google Map

Considéré comme une alliance entre une forte fonctionnalité et une haute technologie, le CIC est la pure conception la plus novatrice et la plus complexe jamais réalisée en Algérie. Il se distingue par l'extraordinaire flexibilité et versatilité de chaque espace ainsi que par une physiologie architecturale pouvant dissimuler une très grande structure. Il a été construit en trois blocs : le bloc principal, le bloc de service et le bloc technique (Figure 5.14); par l'entreprise chinoise China State Construction Engineering, et la conception architecturale, la décoration d'intérieur, les systèmes d'installation technique du projet et la supervision générale du chantier ont été assurés par le bureau italien Fabris & Partners, dont le client est la résidence d'état du Sahel, un établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC) (Fabris & Partners, 2016).

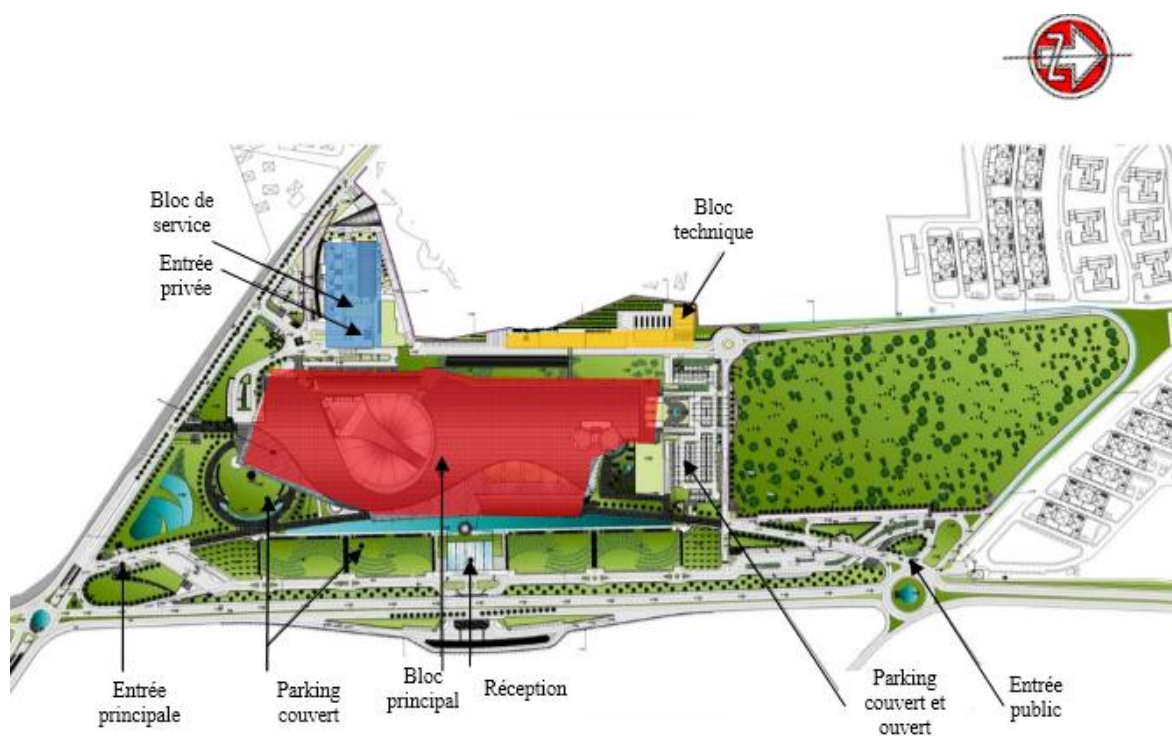


Figure 5.14 : Schéma d'organisation fonctionnelle du CIC d'Alger. Source : Bologhineziri, 2016 ; traitement par l'auteur, 2022

Le CIC est l'un des plus grands centres du monde par la façon dont les architectes reproduisent son volume et sa forme extérieure douce, souple et élancée sous une toiture ondoyante en parfaite harmonie avec le paysage dans lequel il s'élève et en référence aux dunes sahariennes. En mettant l'accent sur l'élégance, la fantaisie et la sobriété, la façade principale du bâtiment est censée évoquer les lignes épurées des arabesques avec des couleurs succulentes en cohérence avec le milieu environnant. Devant l'entrée officielle, un immense écran de 28 mètres de long et 6 mètres de haut sert à transmettre des événements. Le projet comprend une structure mixte avec du béton armé pour les poteaux et du métal



pour les grandes portées. De plus, il y a une parfaite harmonie entre le paysage et l'utilisation de la pierre, du bois et du verre (Figure 5.15).

Le CIC est une véritable fresque végétale constituée d'espaces verts, de palmiers et des jardins intérieurs pour maintenir le bâtiment dans un environnement propre et vert et pour fournir un microclimat approprié. L'ajout de points d'eau et de fontaines permet également de réanimer et de dynamiser de manière flexible les zones de circulation.



Figure 5.15 : Vue d'extérieur du CIC d'Alger. Source : CIC Alger

Les espaces intérieurs du Centre international de conférences ont été conçus dans un souci de flexibilité et fluidité, selon les architectes Fabris & Partners. L'ensemble du bâtiment est réputé pour son architecture exceptionnelle, notamment en termes d'expression architecturale et d'innovations technologiques. Il rassemble plusieurs fonctions déroulant dans des espaces ouverts, fluides, adaptables et changeants au fil du temps, fusionnant la tradition locale avec un design contemporain pour répondre au plus large éventail de besoins des usagers (Figure 5.16) (Fabris & Partners in Architonic, SD).





Figure 5.16 : Fonctions du CIC d'Alger. Source : Auteur, 2022

### 5.5.1. L'organisation spatiale du CIC :

Le sous-sol du CIC se distingue par ses 12 000 m<sup>2</sup> d'espace d'exposition, qui est équipé de toutes les infrastructures techniques nécessaires à l'organisation d'expositions ou d'autres événements publics (Figure 5.17). Ajoutant aussi une clinique médicale avec une unité de réanimation.

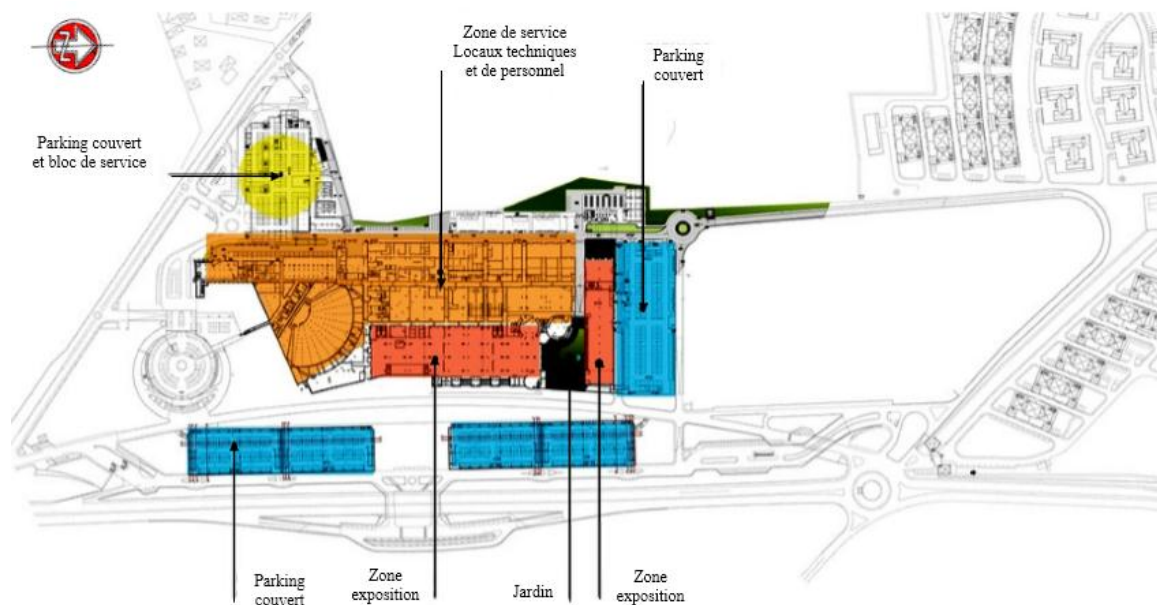


Figure 5.17 : Hiérarchisation des espaces du Sous-sol du CIC. Source : Bologhineziri, 2016 ; traitement par l'auteur, 2022

Le Rez de chaussée abrite les fonctions les plus importantes du CIC (Figure 5.18) (Fabris & Partners in Architonic) & (CIC Alger), y compris :

Une aire de réception élégante qui peut accueillir divers rassemblements et réceptions ainsi des espaces commerciaux.

Un auditorium principal sous le nom d'Icosium, qui a une surface au sol de 6300 m<sup>2</sup> et une hauteur sous plafond de 16,5 m. Il s'étale sur deux niveaux et offre le plus haut degré de fonctionnalité avec des caractéristiques technologiques et acoustiques (telles qu'un système de traduction audiovisuelle avec casque, des écrans d'information à LED, des projecteurs, une diffusion sonore et une visioconférence...).

Une salle de conférence de 705 places au nom de Djamila, qui est un joyau technologique de convertibilité et de transformation. Elle a deux niveaux et peut être reconfigurée par un mécanisme qui démonte rapidement la tribune de conférence pour révéler un espace de réunion avec 270 sièges ou un salon pour banquets de 450 personnes. Cet espace polyvalent a nécessité une conception acoustique sophistiquée et sur mesure pour répondre à la fois aux besoins de performances exigeantes et d'esthétique en harmonie avec l'ensemble des espaces.

Une salle de presse avec quatre studios TV et quatre studios radio pour permettre à la presse de travailler dans un environnement professionnel.

Des restaurants et cafeterias d'une grande taille.

Six salles polyvalentes d'une capacité maximale de 300 personnes chacune. Elles sont équipées de systèmes audiovisuels, d'affichages de données, de caméras... Chaque salle a un style de décoration différent, comme "style théâtre, école, en U, dîner " Elles peuvent être divisées en deux salles, offrant 12 espaces de réunion pouvant accueillir jusqu'à 150 personnes chacun.

61 bureaux de délégations offrant une gamme de services tels que panneaux d'information, téléphone et fax, mobilier de bureau.



Figure 5.18 : Hiérarchisation des espaces du RDC du CIC. Source : Bologhineziri, 2016 ; traitement par l'auteur, 2022

Le premier étage est plus intime (Figure 5.19) car il accueille des espaces VIP, un salon d'honneur pour les réceptions protocolaires et une zone présidentielle avec un appartement pour le chef d'État et deux appartements pour ses hôtes. Ajoutant aussi la salle de banquets appelée Sahara qui peut accueillir 3 000 convives. Divisible en trois sections appelées Timimoune, Biskra et Djanet à l'aide de murs et de panneaux mobiles. Elle dispose de 24 miroirs qui peuvent se transformer en écran selon les circonstances.

Le dernier étage abrite le restaurant crépuscule avec de belles vues panoramiques.



Figure 5.19 : Hiérarchisation des espaces du premier étage du CIC. Source : CIC Alger, traitement par l'auteur, 2022

## **5.6. Etude qualitative basée sur les quatre perspectives de l'approche**

L'introduction des nouvelles technologies a entraîné une métamorphose et une transmutation de nos milieux de vie ainsi qu'une architecture visuelle qui prédomine, ce qui nous amène à la percevoir d'abord à travers nos sens et nos émotions avant d'y penser plus avant.

Les deux bâtiments choisis pour le travail de terrain sont des structures émergentes qui se distinguent par leur capacité d'adaptation aux exigences technologiques, énergétiques et environnementales. Ils sont synonymes d'utilisabilité, de sûreté et de sécurité, de flexibilité et de fluidité, d'interaction et de communication, de performance et d'efficacité énergétique.

Dans cette section, nous récapitulons une étude qualitative des cas d'étude basée sur les nombreux points de vue inclus dans l'approche développée précédemment. Dans un premier temps, des observations sur terrain et des captures de photos ont été réalisées. Afin de compléter l'étude, des lectures détaillées et des entretiens avec des ingénieurs et des architectes ayant participé ou ayant eu connaissance de la construction de ces bâtiments ont été élaborés.

Ces observations et entretiens nous ont permis d'affiner principalement notre travail recherche. D'une part, nous avons pu acquérir une compréhension globale de la qualité actuelle et des différentes composantes des deux cas d'étude, et d'autre part, nous avons pu développer un cadre clair et précis de données pour recenser certains points relatifs au terrain et les améliorer par d'autre étude connexe. En fait, quatre thèmes principaux ont été pris : les qualités spatio-fonctionnelles, les attributs morphologiques, la performance des services et les qualités sensorielles.

### **5.6.1. Les qualités spatio-fonctionnelles**

À travers l'analyse de la littérature et les observations faites sur les deux sites d'intervention, il ressort que chaque site apporte des éléments de cohérence fonctionnels, organisationnels et directionnels, définissant clairement le cheminement vers l'intérieur ou vers l'extérieur.

Nous avons appris que la conception intérieure du Cyberparc a été pensée avec soin et intelligence par les architectes. À cet égard, nous pouvons constater que le but principal de la conception est de rendre les espaces intérieurs conformes aux exigences des fonctions et aux besoins des usagers (Figure 5.20). Au lieu de s'arrêter à l'adaptabilité et à la

multifonctionnalité des espaces, il convient de s'attacher à la perforation de la trame par des dispositifs écoresponsables comme l'atrium et le patio qui permettent de réguler et de contrôler les ambiances tout en permettant la liberté et l'expression de dynamisme (Figure 5.21).

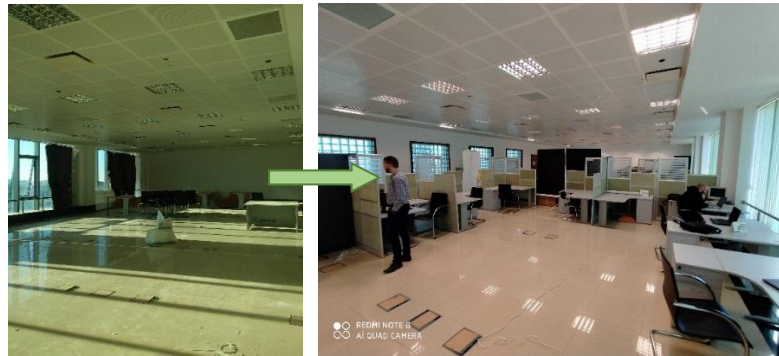


Figure 5.20 : Bureaux des résidents de l'incubateur avant et après l'utilisation. Source : Auteur, 2022

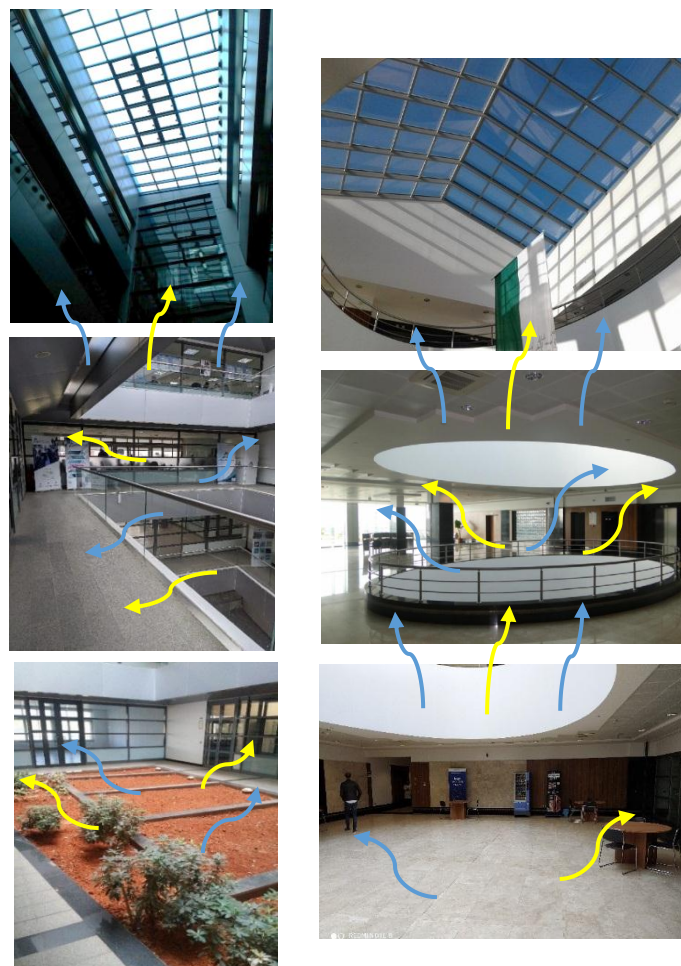


Figure 5.21 : Dispositifs écologiques utilisés au multilocataire et incubateur. Source : Auteur, 2022



De plus, la végétation et le grand point d'eau incorporé derrière la façade postérieure du multilocataire assurent une continuité visuelle harmonieuse avec l'environnement.

Par ailleurs, les concepteurs du CIC ont basé leurs théories conceptuelles sur la dissolution des murs, ce qui permet une plus grande communication, transparence et fluidité. Ils ont également envisagé de construire de grands espaces polyvalents en jouant avec les systèmes automatisés, l'amovibilité des éléments intérieurs ou avec la malléabilité et l'élasticité des meubles et des éléments de design (Figure 5.22). De plus, tous les moyens d'accessibilité aux différents services et espaces sont inclus. Par conséquent, toutes les solutions de conception intérieure ont été mises en œuvre dans le but de favoriser la diversité et la liberté au sein du CIC. Ce dernier obtient une continuité visuelle avec l'environnement par l'intégration de la végétation, des jardins intérieurs, des fontaines, des jets d'eau et de la texture des murs extérieurs... Alors que les systèmes de réchauffement et de refroidissement utilisés sont principalement l'atrium et le patio ce qui permet d'atténuer les problèmes d'inconfort et aussi pour un meilleur contrôle de ventilation et d'éclairage naturels (Figure 5.23).

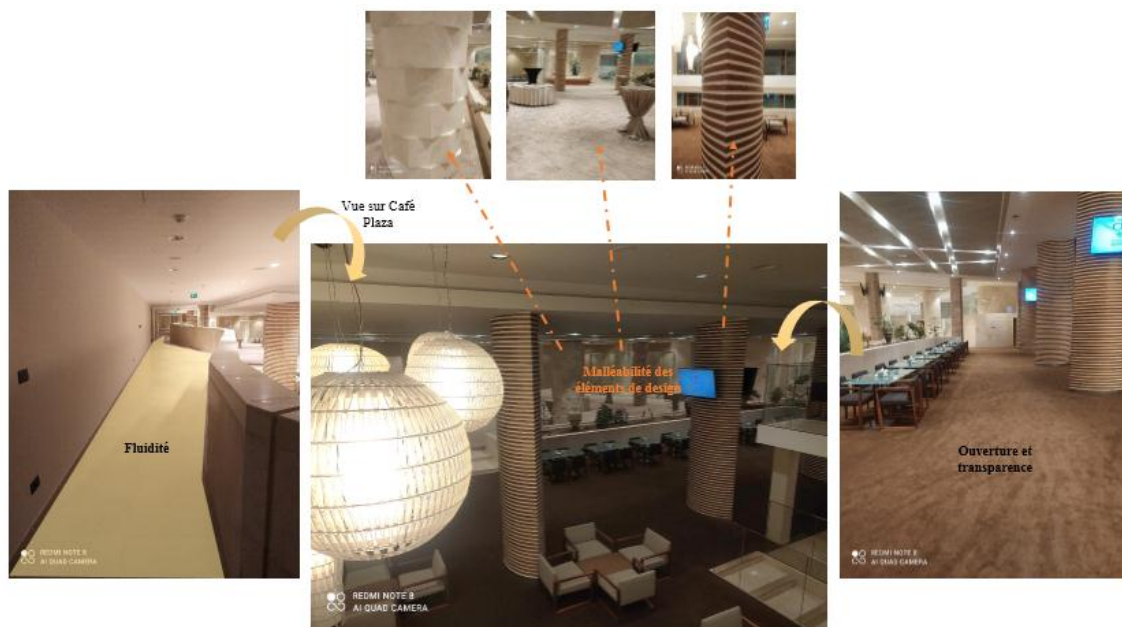


Figure 5.22 : Solutions de conception intérieure du CIC. Source : Auteur, 2022



Figure 5.23 : Dispositifs écologiques utilisés au CIC. Source : Auteur, 2022

### 5.6.2. Les attributs morphologiques

Il ressort que dans les deux cas, ils aient pris des décisions judicieuses en fonction des caractéristiques géographiques, morphologiques et topographiques pour garantir un meilleur fusionnement du site d'implantation. De plus, la localisation et l'orientation permettent une grande homogénéité d'implantation et assurent le confort et le bien-être des usagers tout en contribuant à la maîtrise des dépenses énergétiques. De même, les formes souples et douces et les volumes complexes des bâtiments suggèrent le mouvement ; l'écoulement et la succession, ce qui peut soutenir l'activité architecturale en Algérie. Nous remarquons que le Cyberparc est implanté sur une colline d'une pente modérée. Notons également que les architectes ont bien réfléchi à un procédé opératoire d'intégration du Cyberparc dans un environnement naturel. En effet, nous soulignons que le design, les couleurs et le choix des matériaux utilisés pour les revêtements des murs extérieurs du multilocataire et de l'incubateur assurent une meilleure intégration visuelle avec leur environnement immédiat. Nous en arrivons à la conclusion que ces techniques reflètent la volonté des architectes de fournir des enveloppes respectueuses de l'environnement avec des systèmes structuraux spécialisés (Figure 5.24).

Dans le cas du CIC d'Alger, les visites sur terrain et les observations personnelles nous permettent d'affirmer que le bâtiment est situé sur un terrain presque plat et avec contour naturel. En examinant un développement viable qui ne nuit pas à l'architecture environnante et en analysant le site, nous pouvons voir que les entreprises de construction chinoises et italiennes ont essayé de mélanger diverses méthodes et techniques de construction afin de concevoir un bâtiment qui s'adapte parfaitement aux exigences

climatiques. Ainsi, l'utilisation des systèmes structurels spécifiques et des solutions constructives de pointe qui visent à révolutionner la façon dont l'architecture est produite en combinant des matériaux locaux avec de nouvelles techniques de construction modernes, renforçant ainsi l'enveloppe, modifiant l'environnement intérieur en fonction du temps extérieur, et minimisant la consommation d'énergie (Figure 5.25).



Figure 5.24 : Images démontrent l'organisation extérieure du multilocataire et les principaux matériaux utilisés. Source : Auteur, 2022

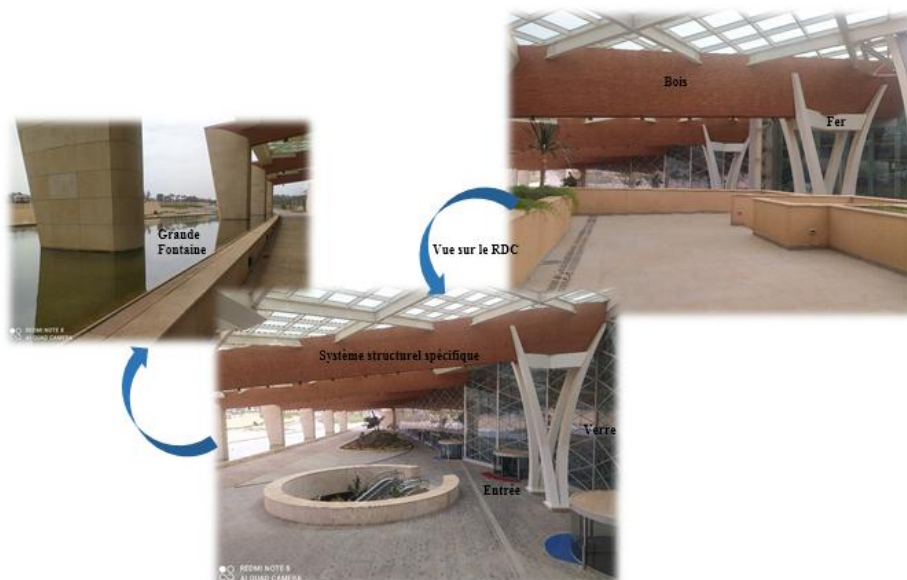


Figure 5.25 : Images démontrent l'organisation extérieure du CIC et les principaux matériaux utilisés. Source: Auteur, 2022



### 5.6.3. La performance des services

Nous distinguons que les services et les systèmes intégrés au Cyberparc et au CIC ont été conçu selon une étude approfondie. À la lumière de cela, nous déclarons que les gestionnaires et les ingénieurs des automatismes ont placé les grands locaux techniques dans les abords du terrain. Tandis que, la gestion technique du bâtiment GTB est assurée par un système informatique installé au cœur du bâtiment et gérer par des spécialistes pour superviser et contrôler les différents services comme le chauffage, la ventilation, le conditionnement d'air, l'éclairage, la détection d'incendie et de polluants... (Figure 5.26). Ajoutant également les systèmes d'information et de télécommunication (signalisation digitale, une connexion à internet de qualité, positionnement en intérieur du bâtiment) afin d'informer, divertir et communiquer en temps réel. Les deux cas assurent toutes les mesures de sécurité et de sûreté pour une meilleure surveillance et de meilleures conditions de vie (Figure 5.27). De plus, il apparaît qu'ils garantissent en quelque sorte l'intelligence artificielle et l'intégration des dispositifs numériques dans les éléments de construction et l'aménagement d'espaces (Figure 5.28).



Figure 5.26 : Locaux techniques et système informatisé pour la gestion technique du Cyberparc et du CIC.  
Source : Auteur, 2022



Figure 5.27 : Images démontrant quelques systèmes d'information, de communication, de sécurité et de surveillance utilisés au Cyberparc et CIC. Source : Auteur, 2022



Figure 5.28 : Centre d'excellence de l'incubateur. Source : Auteur, 2022

Par ailleurs, il a été constaté que les dispositions et mesures relatives à la gestion des déchets et de l'eau, à l'utilisation d'énergies renouvelables...n'avaient pas été prises en compte pour le Cyberparc. Ce n'est pas le cas du CIC car il intègre des systèmes de traitement des déchets et de recyclage des eaux usées et pluviales pour en atténuer les effets négatifs sur l'environnement. Il prévoit également des stratégies d'économie d'énergie et des méthodes de conservation pour fournir un approvisionnement continu en énergie tout au long de l'année. Il a été encore observé que les deux cas répondent de manière intelligente à la gestion économique pour affiner les rentabilités.

#### **5.6.4. Les qualités sensorielles**

Le Cyberparc et le CIC d'Alger consistent en un environnement réel et un réservoir de données et de signes sensoriels où les usagers sont les arbitres ultimes. En examinant les bâtiments et leurs usagers, nous pouvons dire que les indices de qualité sensorimotrice sont à peu près les mêmes dans les deux cas.

La qualité des services est sans aucun doute l'un des paramètres clés qui encourage une amélioration de l'efficacité et de la performance et favorise une bonne atmosphère aux cœurs des usagers des bâtiments. Pareillement, nous relevons que la qualité environnementale intérieure, le confort et l'ambiance, qui sont soutenus par un certain nombre de facteurs, notamment la température ambiante, la ventilation, la taille des ouvertures, la composition des matériaux et l'épaisseur des murs ont un impact significatif sur la qualité sensorielle. De même, les sentiments de liberté, d'agrément, de satisfaction et

de bonheur, d'hygiène ainsi les fonctionnalités et les aspects esthétiques comme l'harmonie et l'épuration des couleurs, l'élégance, l'eurythmie structurelle, la solidité et l'utilité, la décoration... sont autant de paramètres d'amélioration disponibles dans les deux cas d'étude (Figure 5.29).

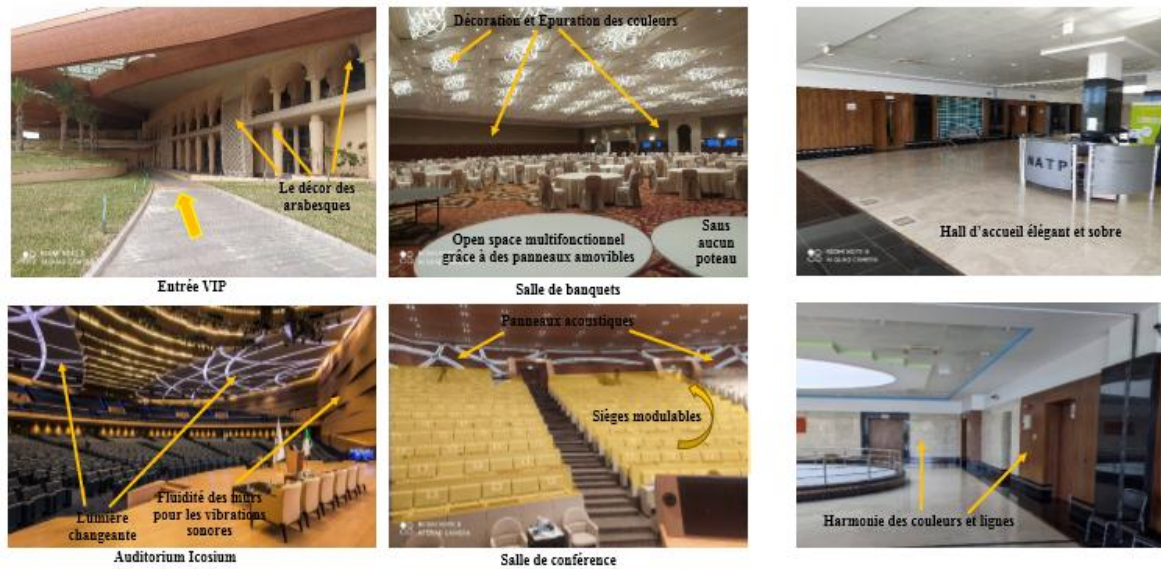


Figure 5.29 : Images démontrent les aspects esthétiques dans le Cyberparc et le CIC. Source : Auteur, 2022

## Synthèse

Les résultats préliminaires de l'étude qualitative potentielle menée au Cyberparc de Sidi Abdellah et au CIC d'Alger portaient davantage sur la vérification des indices et thèmes qui étaient présentés en amont dans l'approche développée, et uniquement d'un point de vue physique. Cette étude purement exploratoire nous conduira par la suite au tri des données manquantes pour la création d'un modèle supplémentaire permettant d'expliquer ce qui a été observé et de se rapprocher des usagers de l'espace pour mieux capter leur aspect émotionnel.

## Conclusion

Depuis l'an 2000, l'Algérie revête une importance primordiale contribuant au développement et à la modernisation économique, sociale et technologique du pays. Elle s'est engagée à prendre des mesures particulières pour l'amélioration et l'affermissement de la performance, la qualité et l'intelligence des espaces architecturaux de divers usages.

Étant donné que notre approche se caractérise par une transparence et une fluidité, ce qui permet de l'appliquer à de nombreux types de bâtiments conçus dans un contexte algérien. Les bâtiments que nous avons choisis, et sur lesquels nous souhaitons appliquer cette approche développée précédemment en grande nature, ont des usages différents, d'où

l'usage primordial du Cyberparc est la formation et la créativité et pour le CIC est l'exposition et la communication. Ces bâtiments n'ont pas été choisis arbitrairement ; au contraire, ils ont été sélectionnés parmi tant d'autres parce qu'ils représentent de véritables trésors de bénéfices pour notre pays compte tenu de la situation actuelle en Algérie, où l'économie doit désormais se concentrer sur l'industrie des TIC et les industries culturelles mieux que se focaliser uniquement sur les hydrocarbures. Ces bâtiments ont beaucoup d'atouts et de potentiels, notamment en ce qui concerne les qualités spatio-fonctionnelles, les attributs morphologiques, les performances des services et les qualités sensorielles, étudiés dans cette recherche. Néanmoins, ils présentent certaines lacunes que nous devons combler pour aboutir à une conception cohérente et répandue.

Par ailleurs, l'étude qualitative de ces bâtiments a indiqué que leurs espaces intérieurs présentent entre autres des qualités indéniables comme la multifonctionnalité, la flexibilité, la fluidité et l'ouverture. En d'autres termes, les concepteurs ont choisis une conception flexible et reconfigurable pouvant accueillir un ou plusieurs usages et disposant de toutes les ressources nécessaires 'moyens et services' pour assurer le bien-être des usagers et répondre à leurs besoins. Mais le fait qu'il y ait un manque de coordination et une absence notable des stratégies visionnaires par rapport à l'intégration des dispositifs numériques à l'intérieur de l'espace architectural pourraient entraîner des aspects à caractère défavorable.

Afin d'obtenir des résultats dans un contexte objectif et rigoureux et de confirmer l'importance d'adopter la présente approche et la généraliser dans les pratiques actuelles des structures contemporaines, dans le chapitre suivant, nous allons lever le voile sur le protocole du travail quantitatif du terrain et les procédures d'investigation utilisées au sein des bâtiments cas pour une éventuelle amélioration en efficacité et performance de leur espace à l'ère du numérique.

## **CHAPITRE VI : INVESTIGATION PRAGMATIQUE A TRAVERS UNE VARIETE DE METHODES STATISTIQUES POUR UNE OPTIMISATION DU DEGRE D'INTELLIGENCE DU CYBERPARC DE SIDI ABDELLAH ET DU CIC D'ALGER**

### **Introduction**

Ce chapitre décrit l'enquête par questionnaire que nous avons menée auprès de deux cas d'étude : le Cyberparc de Sidi Abdellah et le CIC d'Alger. En raison de leur plus grande capacité de décision et d'une plus grande sensibilité à leur environnement que les visiteurs, les formateurs ou les assistants, les questionnaires ont été diffusés aux usagers quotidiens des bâtiments, ce qui nous a permis de recueillir près de 218 réponses complètes sur les 300 questionnaires qui ont été distribués. Sur la base de l'approche développée qui examine diverses fonctions et qualités spatiales, attributs morphologiques, qualité sensorielle et performance des services, le même questionnaire fut distribué aux deux cas. La base de données a d'abord été saisie dans Excel puis transférée dans IBM-SPSS Version 25 pour effectuer le test souhaité et approprié sur les données.

Ici, nous décrivons le processus de traitement des données recueillies au cours de cette enquête et les résultats qui en ont résulté. Conformément à l'attendue pragmatique de notre recherche, nous avons élargi l'analyse des données en utilisant une variété de méthodes statistiques sur les mêmes données, en prenant note du fait que deux types de questions différentes sont abordées : celles qui visent à recueillir des données supplémentaires pour l'analyse qualitative qui a été menée sur les cas de l'étude, et celles qui visent à capter les opinions des usagers sur les données. Pour ce faire, nous effectuons des statistiques descriptives qui calculent les fréquences, les pourcentages, les moyennes, les variances et les écarts-types pour tous les types de questions. Nous combinons également les données personnelles avec les variables à choix unique pour voir si une relation est présente. Étant donné que les usagers estimaient que les variables établies étaient très diverses mais aussi que certains d'entre eux partageaient de nombreuses caractéristiques similaires, nous avons essayé de créer une nouvelle cartographie des variables à l'aide de tests de corrélation de Spearman en plus de l'analyse des principales composantes (ACP) des variables ordinales comme étant représentatives des appréciations des usagers. Notre compréhension des données collectées a ainsi pu progresser et s'affiner.

Les résultats seront résumés dans des tableaux informatifs ou des diagrammes qui décrivent les profils des cas à l'étude à la lumière des diverses variables liées aux quatre perspectives de l'espace architectural à l'ère numérique précédemment développées. Les réponses permettront de compléter les informations manquantes nécessaires à l'évaluation et de définir les variables influençant l'état actuel du bâtiment.

## **6.1.Élaboration, mode de passation et administration du protocole de terrain**

Nous décrivons ici l'étude quantitative par questionnaire comme un outil clé pour fournir les données manquantes de l'étude qualitative qui a été faite auparavant. Cette étude fournit tous les outils nécessaires pour appréhender la complexité du contexte de l'étude ainsi pour représenter ses grandes lignes directrices. « Le terrain est actif et réactif. Pour le pénétrer et y travailler, il faut en connaître les caractéristiques et prendre en compte une série de principes fondamentaux » (Pourtois et Huguette, 1998). Nous détaillons aussi la façon dont nous avons préparé le questionnaire qui a pour but d'approfondir le sujet de recherche, qui est l'optimisation de la qualité, de la performance et de l'intelligence des espaces architecturaux à l'ère numérique au regard des qualités spatio-fonctionnelles, des attributs morphologiques, de la performance des services et enfin des qualités sensorielles et cela dans les deux cas choisis dans le chapitre précédent.

Pour ce faire, nous avons mené une enquête par questionnaire exploratoire en ligne et sur place en versions papier aux usagers de l'espace car elle nous apparaît comme la plus appropriée pour répondre à nos questions de recherche. La conception, l'exécution et l'analyse des questionnaires sont incroyablement laborieuses, mais elles permettent une collecte de données très riches qui capturent pleinement les problèmes rencontrés par l'auteur sur le terrain.

### **6.1.1. Cadre et objectifs du questionnaire**

L'enquête par questionnaire a été menée dans les deux bâtiments (le Cyberparc de Sidi Abdellah et le CIC d'Alger) afin d'analyser des données subjectives avec les objectifs suivants :

Objectif 1 : Comparer les deux bâtiments qui ont été choisis pour l'étude sur la base d'une gamme de variables.

Objectif 2 : Connaître l'état des pratiques numériques dans les deux bâtiments.

Objectif 3 : Sonder l'appréciation des usagers de l'espace afin de valider leur ressenti au regard des deux types d'usages.

Objectif 4 : Identifier les facteurs qui influencent l'expérience vécue dans l'espace par l'analyse du rapport de certains variables.

Objectif 5 : Etudier les facteurs, susceptibles d'apporter des améliorations et de moderniser l'espace architectural sous l'effet des technologies numériques.

Objectif 6 : Permettre aux usagers de participer au processus d'optimisation et de prise de décision.

Pour étudier les deux bâtiments d'usages différents (objectif 1), les mêmes questions ont été construites et posées auprès de leurs usagers. Les questions sur les pratiques numériques, (objectif 2), ont été construites sur la base de l'idée d'adopter et de mettre en œuvre des techniques et systèmes automatisés au sein des espaces. Pour valider la façon dont les usagers vivent l'espace à travers leurs sens et leurs émotions (objectif 3), nous allons capter leur appréciation de l'ambiance que causent le design, la qualité, l'harmonie et l'élégance architecturale... Pour identifier les facteurs influençant l'expérience vécue (objectif 4), nous allons faire des croisements et des interactions de certaines variables. Pour apporter des améliorations au sein de l'espace (objectif 5), nous allons relever les perspectives, susceptibles de créer un espace plus efficace, intelligent, économique et approprié aux besoins des usagers. En ce qui concerne l'objectif final (objectif 6), il consiste à impliquer les usagers de l'espace pour augmenter la qualité, la performance et l'intelligence de leur cadre de vie en leur donnant l'opportunité d'exprimer leurs propositions.

### **6.1.2. Constitution de l'échantillon**

Au regard des objectifs relatifs à notre enquête par questionnaire, l'échantillon de la population que nous étudions est principalement composé d'usagers quotidiens des bâtiments que nous avons choisis pour l'étude car ils passent la majorité de leur temps à l'intérieur du bâtiment, connaissent mieux tous les appareils électroniques ou les systèmes automatisés qui y sont intégrés et sont au courant du contexte morphologique et spatio-fonctionnel. De plus, ils ont un niveau de décision plus élevé et sont plus sensibles à leur environnement que les visiteurs, les formateurs, les assistants... qui fréquentent les bâtiments pour apprendre, innover, communiquer ou simplement s'amuser et ne l'utilisent que pour de brèves périodes. De ce fait, ils peuvent nous aider à améliorer la qualité sensorielle, notamment au niveau des espaces qu'ils occupent. C'est pour cela notre choix

est porté sur les usagers quotidiens ‘les employés’. Cette représentativité de l'échantillon assurera la pertinence des résultats.

Deux échantillons sont choisis pour faire notre étude : Le premier échantillon regroupe les usagers employés du premier cas d'étude ‘Cyberparc’ et le deuxième c'est au niveau du CIC.

Sur une totalité de 300 questionnaires distribués aux usagers quotidiens (240 au Cyberparc et 60 au CIC), 282 questionnaires sont recueillis dont 218 ont été exploités vu que les autres étaient incomplets ou inexacts, soit un taux de réponses total de 77,3 %, comme le montre le tableau ci-dessous (Tableau 6.1). Les usagers des deux cas sont sélectionnés de manière aléatoire, comporte une grande diversité de pratiques et de réactions. L'anonymat des répondants a été préservé.

Tableau 6.1 : Questionnaires recueillis, exploités et taux de réponse. Source : Auteur, 2022

Questionnaires recueillis		Questionnaires exploités		Taux de réponses	
Cyberparc	CIC	Cyberparc	CIC	Cyberparc	CIC
227	55	163	55	71,8%	100%

Par ailleurs, nous confirmons la détermination de la taille du premier échantillon en s'appuyant sur la formulation des données statistiques suivante (Rea et Parker, 1997):

$$n = \frac{tp^2 \times P(1-P)N}{tp^2 \times P(1-P) + (N-1) y^2} \dots\dots\dots(\text{Equation 1})$$

n= Taille de l'échantillon.

N= Taille de la population cible (nombre de ménages, d'usagers, etc.), réelle ou estimée.

tp= Intervalle de confiance d'échantillonnage =1,96.

P=Proportion attendue d'une réponse de la population ou proportion réelle= 0,5

y= Marge d'erreur d'échantillonnage=0.05.

Selon les informations recueillies et les interactions faites avec les administrateurs du Cyberparc, il y a environ 240 usagers actifs du service ; en utilisant la formule ci-dessus, 180 usagers sont inclus dans l'échantillon :

$$n = \frac{1.96^2 \times 0.5(1 - 0.5)240}{1.96^2 \times 0.5(1 - 0.5) + (240 - 1) 0.05^2} = 180.7$$



Étant donné que plus de questionnaires remplis ont été retournés que prévu, nous sommes en conformité avec les normes.

### **6.1.3. Trame et déroulement**

La trame du questionnaire est répartie en cinq principales thématiques, chacune comportant une série de questions.

- La première thématique vise à recueillir des données sur les usagers enquêtés. Elle sert, dans un premier temps, à identifier l'échantillon, puis s'interroger sur leur familiarité avec les technologies numériques.

- La deuxième thématique a pour objet de recueillir des informations relatives aux attributs morphologiques des cas d'étude. D'abord, des questions seront posées sur leur environnement extérieur et leur implantation, forme et volume. On tentera ensuite de savoir si le bâtiment intègre des dispositifs technologiques innovants dans sa stratégie de développement. Enfin, on essayera de cerner le but de ces derniers s'ils sont disponibles.

- La troisième thématique porte sur la qualité spatio-fonctionnelle. Cette partie nous permettra d'établir une sorte de constat sur les solutions de conception intérieure mises en place. Nous mettrons aussi un accent particulier sur les dispositifs écologiques dont dispose le bâtiment étudié et leur but.

- La quatrième thématique vise à collecter des informations sur les aspects qualitatifs caractérisant le bâtiment ainsi que les critères qui ont stimulé leur qualité. Elle traite également le degré de satisfaction et contentement des usagers auprès des ambiances de l'environnement intérieur.

- La cinquième thématique va porter sur les systèmes et les équipements techniques et automatisés installés dans le bâtiment, qui servent pour le contrôle et la gestion. Ainsi, on mettra l'accent particulièrement sur le système de financement au sein du bâtiment.

Le questionnaire laisse au dernier la possibilité aux répondants de laisser un commentaire.

La trame est basée sur l'approche exploratoire de mise en valeur qui examine différentes fonctions et dimensions de l'environnement bâti, forme et volume, parachevée ainsi par une catégorie spécifique telle que les systèmes technologiques et les aspects qui touchent le sensible de l'utilisateur (Annexe I). Ce questionnaire agit comme une plate-forme pour la validation des principales caractéristiques du bâtiment pour atteindre une

intelligence, une qualité et une performance. De plus, les questions posées est un résultat remarquable de l'étude analytique, l'état de l'art et des synthèses antérieurement conclues.

Les questionnaires ont été administrés entre octobre 2021 et mars 2022 au Cyberparc de Sidi Abdellah et au CIC d'Alger, respectivement, entre le chercheur et les enquêtés. Étant donné que c'était une période où le Corona virus se propageait, les questionnaires ont d'abord été saisis sur Google Forms, un éditeur de formulaires en ligne qui fait partie de Google Drive. Un lien a été créé et distribué aux usagers employés des deux cas au début du mois d'octobre 2021, mais en raison du manque de réponse via cet outil, nous avons été contraints de tenter notre chance et de livrer les questionnaires sur place au format papier. Notons que le sujet de questionnaire peut avoir un effet sur la quantité et la qualité des réponses reçues.

Afin d'évaluer la compréhension, la validité et l'intelligibilité des usagers de toutes les questions avant diffusion, un protocole de test impliquant 6 usagers aux profils variés a été mise en place. Ce test a conduit à l'identification d'éventuelles incohérences dans le questionnaire, à l'élimination de certaines questions et à la reformulation d'autres jugées peu claires par les répondants. Le questionnaire original comportait 58 questions, mais a été réduit à 40 parce que nous avons décidé de supprimer les questions ouvertes que les répondants trouvaient déroutantes et difficiles à comprendre. Nous avons également apporté quelques corrections mineures de grammaire, de vocabulaire et de mise en forme de quelques questions.

En conséquence, un questionnaire plus précis et mieux défini a été créé dont un total de 218 questionnaires finaux fut exploités (163 aux Cyberparc et 55 aux CIC) (Annexe I) et s'articulent autour de quarante questions quantitatives et qualitatives sur les thèmes clés de la mise en valeur des espaces architecturaux à l'ère numérique. Il a fallu des jours et des semaines pour rassembler le questionnaire rempli. Nous avons utilisé une interview directe lorsqu'un usager ne pouvait pas comprendre les questions. Pour nous assurer que les réponses soient authentiques, nous avons utilisé des techniques d'observation directe (observation in situ). Cette méthode permet une meilleure compréhension de l'environnement d'investigation.

Trente-six questions sont fermées dont vingt-trois questions sont à choix unique basées sur l'échelle de Likert, alors que treize questions mènent à des choix multiples à plusieurs réponses (indiquées par la phrase : vous pouvez cochez plusieurs cases). Quatre autres questions sont entièrement fermées, le répondant n'ayant que la possibilité de répondre

« oui » ou « non » afin de faciliter une réponse rapide et l'utilisation des données. Une case est ouverte au bas du formulaire pour que l'enquêté puisse ajouter des commentaires ou des informations supplémentaires.

## 6.2. Traitement statistique des données recueillies

Dans cette partie, nous allons procéder au traitement des données recueillies lors de notre travail de terrain à l'aide d'une enquête par questionnaire appliquée aux deux cas d'étude. Afin d'analyser les données collectées, des statistiques descriptives seront d'abord utilisées pour calculer les fréquences, les pourcentages, les moyennes, les variances et les écarts-types. Et puis plus de tests seront effectués en combinant les données. Pour cela, la base de données a été saisie au premier lieu sous Excel, et ensuite à l'IBM-SPSS Version 25 qui comporte deux feuilles de vue de variables et de vue de données.

Pour faciliter l'évaluation des données recueillies, les données quantitatives collectées sont normalement entrées dans SPSS et pour toutes les valeurs qualitatives, elles sont traduites en valeurs quantitatives chiffrées (Figure 6.1).

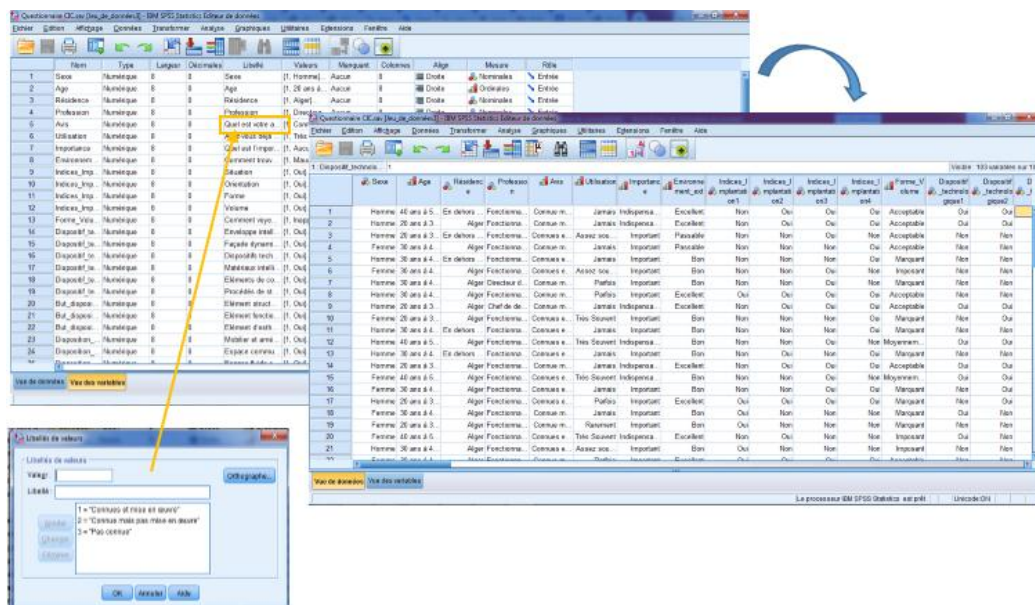


Figure 6.1 : Captures d'écran des feuilles de vue de variables et vue de données sous SPSS. Source : Auteur, 2022

Après avoir saisi et introduit les données, elles seront analysées selon le test voulu et adéquat par l'intermédiaire du logiciel IBM-SPSS 25. Au terme de cette phase, les résultats obtenus seront représentés graphiquement par un tableau ou un diagramme en décrivant le profil des cas étudiés au regard des différentes variables liées aux quatre perspectives de l'espace architectural à l'ère du numérique développées auparavant. Les réponses serviront à compléter les données nécessaires à l'appréciation et à définir les indices influençant l'état

actuel du bâtiment. Pour ce faire, quatre thèmes clés sont investigués (développés au fil de la construction de l'approche) : les attributs morphologiques, les qualités spatio-fonctionnelles, les qualités sensorielles et la performance des services. Les principaux résultats de l'étude vont maintenant être illustrés, cas par cas et thème par thème.

### **6.3. Présentation des principaux résultats du questionnaire dédié aux usagers du Cyberparc**

Notre enquête, qui a été dédiée aux usagers employés du Cyberparc de Sidi Abdellah, a reçu des réponses sur une variété de thèmes liés à notre sujet de recherche. Les résultats de l'enquête par questionnaire que nous avons menée, nous ont permis de recueillir l'avis des usagers sur la qualité des lieux qu'ils fréquentent, leur comportement, leur degré d'appréciation de l'environnement intérieur et extérieur, ainsi que des services et systèmes technologiques offerts. Pour s'assurer que leurs réponses sont contextualisées et aussi objectives que possible, il est important de faire savoir aux usagers quel était le but de l'étude. Dans un certain nombre de cas, le style du questionnaire est transformé en entrevue en fonction du niveau de familiarité culturelle du répondant et de sa capacité à répondre de manière réfléchie aux nombreuses questions posées. Afin de fournir une interprétation objective des résultats de l'enquête, nous avons établi une traduction du questionnaire en arabe ou dans le dialecte local au fur et à mesure de son remplissage. Néanmoins, les résultats des statistiques de l'enquête sont présentés en fonction des thèmes abordés.

#### **6.3.1. Analyse descriptive du questionnaire**

##### **-Représentativité du panel des répondants**

Sept variables relatives aux données personnelles de l'utilisateur ont été choisies. Sur notre échantillon de questionnaires récupérés (163 usagers quotidiens), les usagers de sexe masculin représentent 58,3% de l'échantillon, contre 41,7% pour les femmes. Les usagers âgés entre 20 et 40 ans représentent le taux le plus élevé avec 71,2%, suivis par la tranche d'âge des 41 à 50 ans avec 23,3%, ensuite nous retrouvons les plus de 50 ans avec 5,5% (Tableau 6.2). Cependant, la majorité des personnes interrogées étaient principalement des jeunes, ce qui nous permettra d'interpréter plus précisément les résultats de notre étude car ils sont capables d'exprimer leurs idées et leurs sentiments de manière précise et détaillée.

Tableau 6.2 : Structure de l'échantillon interrogé du Cyberparc. Source : Auteur sous SPSS, 2022.

	20 à 30 ans	31 à 40 ans	41 à 50 ans	Plus de 50 ans	Total	
<b>Homme</b>	31	29	26	9	95	58,3%
<b>Femme</b>	20	36	12	0	68	41,7%
<b>Total</b>	51	65	38	9	163	-
	31,3%	39,9%	23,3%	5,5%	-	100%

On distingue deux grandes catégories en ce qui concerne les lieux de résidence des usagers : 82,2% des usagers résident à Alger, et 17,8% habitent hors Alger. En effet, le Cyberparc attire plus de monde de la wilaya (Tableau 6.3). Selon les données, 93,3% des professionnels du cas d'étude, sont de simples salariés, contre 5,5% des chefs et des cadres et 1,2% des directeurs administratifs. Ensuite, nous répertorions trois catégories d'usagers en fonction de leurs avis sur l'utilisation du numérique dans le domaine de l'architecture. 43,6% des usagers affirment que les technologies numériques sont connues mais pas utilisés, 41,1% affirment qu'elles sont connues et utilisés, et les autres usagers affirment qu'elles ne sont pas du tout familières. Au total, 60 des 163 usagers interrogés (soit 36,8%) déclarent n'avoir jamais utilisé de technologie numérique comme les hologrammes, les casques de réalité augmentée, les murs interactifs, etc. Sur les 163, 28,8% des répondants déclarent les utiliser occasionnellement. , tandis que 23,3% ont déclaré qu'ils le faisaient rarement. Etant donné que l'incubateur dispose d'un centre d'excellence, le reste des usagers fait fréquemment appel aux technologies (Tableau 6.3). Nous tenons également à souligner que, du fait des retours favorables des usagers, les technologies numériques bénéficient d'une image assez positive et sont importantes et incontournables dans le domaine de l'architecture, notamment dans l'environnement architectural.

Tableau 6.3 : Statistiques descriptives des informations générales sur les répondants du Cyberparc. Source : Auteur sous SPSS, 2022.

Variables	Catégorie	Fréquence	Pourcentage
<b>Résidence</b>	Alger	134	82,2
	En dehors d'Alger	29	17,8
<b>Profession</b>	Directeur de l'Administration	2	1,2
	Chef du Département	9	5,5
	Fonctionnaire	152	93,3
<b>Application des technologies numériques</b>	Pas connues	25	15,3
	Connues mais pas mises en œuvre	71	43,6
	Connues et mises en œuvre	67	41,1
<b>Utilisation des technologies numériques</b>	Jamais	60	36,8
	Rarement	38	23,3
	Parfois	47	28,8
	Assez souvent	16	9,8
	Très souvent	2	1,2
	Important	129	79,1

<b>Importance des technologies numériques</b>	Indispensable	34	20,9
---	---------------	----	------

### **-L'appréciation de l'attribut morphologique**

Certains usagers du Cyberparc rapportent que leur environnement immédiat est perçu favorablement. Parmi les personnes interrogées, 29,4% pensent que l'environnement extérieur du bâtiment est bon, tandis que 6,1% pensent qu'il est excellent. En revanche, certaines personnes avaient des pensées négatives et les exprimaient par leur insatisfaction ; sur 163, 53 pensaient que c'était passable et 10 pensaient que c'était mauvais. L'opinion moyenne des usagers sur l'environnement extérieur sur une échelle sémantique de Likert allant de 1 à 5 est de 2,97 avec un écart-type de 1,057. La forme occupe la première position avec 28,0% comme l'un des indices d'implantation du bâtiment qui servent pour l'affermissement de la qualité morphologique de l'environnement étudié, mettant en deuxième position le volume avec 27,6%. En effet, à 23,4%, l'orientation arrive en troisième position, suivie par la situation du bâtiment (Tableau 6.4).

Une autre question portant sur les opinions des répondants concernant l'aspect formel et volumétrique du Cyberparc n'a jamais reçu de réponse avec la valeur « inapproprié ». Les résultats varient cependant d'un usager à l'autre, car ceux qui sont satisfaits du bâtiment ont fortement sollicité qu'il est acceptable, marquant et imposant avec des pourcentages proches. 27,0% est jugé moyennement acceptable, soit une moyenne acceptable de 3,15 et un écart type de 0,886. Cela est clairement perceptible dans le tableau 5.4. Nous avons demandé aux répondants d'indiquer si le bâtiment qu'ils occupent intègre certains dispositifs technologiques qui sont par ailleurs caractéristiques majeures pour augmenter l'intelligence du Cyberparc. Deux questions donc dévoileront le sujet. L'une se concentre sur le type de dispositifs intégrés, tandis que l'autre sur leur fonction. Selon les personnes interrogées, cinq modèles de dispositifs se distinguent et apparaissent particulièrement utiles pour valoriser les attributs morphologiques du bâtiment. Ces cinq types sont, selon les résultats de l'étude, les procédés de structure spécifique (45,5 %), les matériaux intelligents (29,5%), les dispositifs technologiques d'aménagement (16,0%), les éléments de construction interactifs et l'enveloppe intelligente avec 4,5% chacune. L'étape suivante consiste à interroger les enquêtés afin de comprendre le fonctionnement des dispositifs technologiques intégrés. Cependant, presque la moitié d'entre eux (47,6%) déclarent fonctionner comme un élément

structurant. Le tableau suivant présente une analyse descriptive des items du questionnaire liés à l'attribut morphologique.

Tableau 6.4 : Statistiques descriptives des variables liées à l'attribut morphologique du Cyberparc. Source : Auteur sous SPSS, 2022.

Variables	Catégorie	Fréquence	Pourcentage	Moyenne	Variance	Ecart type
<b>Avis sur l'environnement extérieur</b>	Mauvais	10	6,1	2,97	1,116	1,057
	Passable	53	32,5			
	Moyen	42	25,8			
	Bon	48	29,4			
	Excellent	10	6,1			
<b>Indices d'implantation <sup>a</sup></b>	Situation	90	21,0	1,45	,249	,499
	Orientation	100	23,4	1,39	,239	,488
	Forme	120	28,0	1,26	,195	,442
	Volume	118	27,6	1,28	,201	,448
<b>Aspects formels et volumétriques</b>	Moyennement acceptable	44	27,0	3,15	,785	,886
	Acceptable	59	36,2			
	Marquant	51	31,3			
	Imposant	9	5,5			
<b>Dispositifs technologiques <sup>a</sup></b>	Enveloppe intelligente	14	4,5	1,91	,079	,281
	Dispositifs technologiques d'aménagement	50	16,0	1,69	,214	,463
	Matériaux intelligents	92	29,5	1,44	,247	,497
	Éléments de construction interactifs	14	4,5	1,91	,079	,281
	Procédés de structure spécifique	142	45,5	1,13	,113	,336
<b>Rôle des dispositifs technologiques <sup>a</sup></b>	Élément structurel	78	47,6	1,52	,251	,501
	Élément fonctionnel	63	38,4	1,61	,239	,488
	Élément d'esthétique	23	14,0	1,86	,122	,349

<sup>a</sup> Groupe de dichotomies mis en tableau à la valeur 1 'Oui'.

### - L'appréciation de la qualité spatio-fonctionnelle

Cette thématique vise à apporter des précisions sur le plan architectural intérieur, la transition entre les espaces et l'environnement interne et externe, ainsi que la signalisation des circuits et l'accessibilité à l'intérieur du Cyberparc. Les employeurs usagers estiment que le design d'espace communicatif et expansif est le plus apprécié, avec un taux de réponse de 36,9 %. L'espace multifonctionnel arrive en deuxième position avec une part de 32,6%, suivi des autres solutions d'aménagement intérieur avec des pourcentages proches les uns des autres. Les idées conceptuelles et les fonctions qui se déroulent dans le Cyberparc ont été soigneusement réfléchies de manière intelligente et durable. Les résultats nous montrent que

les usagers agissent positivement à cet égard. Malgré le fait que près de la moitié des personnes interrogées (49,7%) sont "plutôt satisfaites", 17,2% d'entre elles sont "très satisfaites". 31,3% des répondants sont neutres, tandis qu'un petit pourcentage déclare être moins que satisfait avec 1,8%, ce qui se traduit par un score moyen de 3,82 et un écart type de 0,728 (Tableau 6.5). Ainsi, la transition entre les espaces et l'environnement interne et externe dans le Cyberparc est assurée par le recours aux dispositifs respectueux de l'environnement tels que le patio et l'atrium, qui représentent 48,2 % et 41,5 % des réponses. Permettant d'après la totalité des usagers (163 sur 163) une ventilation et un éclairage naturels tandis qu'une minorité de répondants, qui vont de 12 à 79 personnes, estiment que ces mécanismes assurent également un chauffage et un refroidissement passifs ainsi que des niveaux de confort. Au fait pour la signalisation et l'orientation pour circuit et accessibilité aux différents espaces du Cyberparc, les avis se diffèrent d'un sentiment de satisfaction à de l'insatisfaction compte tenu des paramètres influençant celui-là. La moitié des usagers, soit 50,9% sont globalement satisfaits, tandis que 26,4% sont neutres, avec score moyen de 3,69 et un écart-type de 0,946. Cela est clairement perceptible dans le tableau 6.5.

Tableau 6.5 : Statistiques descriptives des variables liées à la qualité spatio-fonctionnelle du Cyberparc.  
Source : Auteur sous SPSS,2022.

Variables	Catégorie	Fréquence	Pourcentage	Moyenne	Variance	Ecart type
<b>Conception intérieure<sup>a</sup></b>	Mobilier et aménagement malléable et élastique	40	10,7	1,75	,186	,432
	Espace communicatif et expansif	138	36,9	1,15	,131	,361
	Espace transformable	54	14,4	1,67	,223	,472
	Espace multifonctionnel	122	32,6	1,25	,189	,435
	Espace adaptable	20	5,3	1,88	,108	,329
<b>Dispositifs écologiques<sup>a</sup></b>	Atrium	137	41,5	1,16	,135	,367
	Patio	159	48,2	1,02	,024	,155
	Jardin d'hiver	2	0,6	1,99	,012	,110
	Serre	32	9,7	1,80	,159	,398
<b>But des dispositifs écologiques<sup>a</sup></b>	Chauffage passif	12	2,6	1,93	,069	,262
	Rafratchissement passif	79	17,0	1,52	,251	,501
	Ventilation naturelle	163	35,1	1,00	,000	,000
	Eclairage naturel	163	35,1	1,00	,000	,000
	Conditionnement des conditions thermiques	48	10,3	1,71	,209	,457
	Plutôt insatisfait	3	1,8	3,82	,530	,728



<b>Avis sur les espaces et les fonctions</b>	Ni satisfait, ni insatisfait	51	31,3			
	Plutôt satisfait	81	49,7			
	Très satisfait	28	17,2			
<b>Avis sur la signalisation et l'orientation</b>	Très insatisfait	9	5,5	3,69	,895	,946
	Plutôt insatisfait	3	1,8			
	Ni satisfait, ni insatisfait	43	26,4			
	Plutôt satisfait	83	50,9			
	Très satisfait	25	15,3			

<sup>a</sup> Groupe de dichotomies mis en tableau à la valeur 1 'Oui'.

### **- L'appréciation de la qualité sensorielle**

La majorité des usagers interrogés sur les qualités de service qu'ils apprécient le plus sur leur lieu de travail ont déclaré que le fait d'être accueilli, pris en charge et de se sentir en sécurité avait un impact significatif sur leur productivité et leur performance. Ils ont ensuite exprimé leur bonheur et leur bien-être dans cet environnement en étant soit très satisfaits (21,5%) soit plutôt satisfaits (50,9%), où la moyenne est de 3,91 et l'écart type est de 0,760. 133 usagers sur 163 ont déclaré que l'eurythmie structurelle est fortement sollicitée en termes d'éléments nécessaires à la matérialisation et à la compréhension des espaces du Cyberparc. Viennent ensuite la concordance des lignes, des formes et des volumes, qui a reçu 100 réponses sur 163. D'autres fonctionnalités et caractéristiques esthétiques qui contribuent à améliorer la qualité sensorielle de l'environnement architectural sont également présentes dans le cas considéré. Nous supposons que l'animation, la publicité et les vitrines numériques sont complètement absentes (Tableau 6.6). En outre, la qualité acoustique des espaces de travail du Cyberparc se situe entre plaisir et insatisfaction. Cela s'explique principalement par le contexte, les conditions auxquels sont soumis le bâtiment dans son ensemble et les espaces en particulier, l'isolation acoustique... soit une moyenne de 3,39 et un écart type de 1,107. En termes de qualité visuelle, nous constatons que 51,5% des usagers sont satisfaits du niveau de clarté naturelle. En revanche, d'autres ont un éclairage inadéquat dans leurs espaces de travail en raison de l'orientation, du placement des fenêtres ou d'autres facteurs, avec une moyenne de 3,39 et une différence un écart type de 0,857. L'éclairage artificiel est plus efficace dans cette situation, ce qui explique le contentement de ses usagers avec cette variable. De plus, avec 57,7%, on peut dire que la qualité de l'air perçue par les personnes interrogées à l'intérieur de leur espace de travail est stable et bonne. Seul un petit pourcentage de répondants a déclaré que la qualité de l'air était passable. Soulignons que les préférences des usagers varient selon l'orientation des espaces qu'ils occupent et leur emplacement, ainsi

que selon la présence ou non de mécanismes respectueux de l'environnement pour assurer de meilleures conditions de ventilation naturelle (Tableau 6.6).

Cependant, les statistiques montrent que les usagers sont en plus satisfaits de leur confort thermique durant les deux saisons d'hiver et d'été. Les usagers s'accordent à dire qu'il est impossible de passer la saison hivernale sans chauffage. Nous observons deux points de vue opposés. D'une part, plus de la moitié déclarent se sentir à l'aise dans leurs espaces de travail en termes de température, avec un pourcentage global de 70,6 % indiquant qu'il n'y a pas de déperdition de chaleur. Les autres usagers, quant à eux, estiment que l'espace se refroidit rapidement et que cela est dû aux différentes orientations et emplacements des pièces à l'intérieur du bâtiment. Cela se traduit par une réponse moyenne de 3,58 et un écart type de 0,915. En été, plus de la moitié des usagers du bâtiment déclarent se sentir à l'aise et avoir une bonne expérience thermique dans leurs espaces de travail (61,4%), grâce à la disponibilité de la climatisation. Ils conviennent tous que l'été ne serait pas possible sans un système de climatisation. D'autres ont rapporté une sensation de confort thermique moyenne ou passable due à la perte rapide de fraîcheur, cela se traduit par une moyenne de 3,44 et un écart type de 0,969. Il est important de noter que 40,5% des répondants ont indiqué que la température de l'eau par rapport aux conditions météorologiques est bonne comme il est montré dans le tableau 6.6. De plus, 31,3% des personnes interrogées ont déclaré qu'elle était moyenne. Les résultats montrent aussi que 76,1% des personnes interrogées se disent favorables ou très favorables à propos du taux d'humidité et elles indiquent qu'il est naturel et stable à l'intérieur de leurs environnements de travail.

Tableau 6.6 : Statistiques descriptives des variables liées à la qualité sensorielle du Cyberparc. Source : Auteur sous SPSS, 2022.

Variables	Catégorie	Fréquence	Pourcentage	Moyenne	Variance	Ecart type
Qualité des services <sup>a</sup>	Accueil et prise en charge	138	23,5	1,15	,131	,361
	Ecoute et orientation	108	18,4	1,34	,225	,474
	Accessibilité à l'information	91	15,5	1,44	,248	,498
	Rapidité et réactivité	55	9,4	1,66	,225	,474
	Sécurité	124	21,2	1,24	,183	,428
	Efficacité de service	70	11,9	1,57	,247	,497
Aspects qualitatifs <sup>a</sup>	Harmonie et épuration des couleurs	91	21,0	1,44	,248	,498
	Concordance des lignes, formes et volumes	100	23,1	1,39	,239	,488
	Elégance et sobriété	38	8,8	1,77	,180	,424

	Eurythmie structurale	133	30,7	1,18	,151	,389
	Solidité et utilité	45	10,4	1,72	,201	,448
	Décoration et ornementation technique	26	6,0	1,84	,135	,367
<b>Avis sur la qualité des services et du bien-être</b>	Plutôt insatisfait	5	3,1	3,91	,578	,760
	Ni satisfait, ni insatisfait	40	24,5			
	Plutôt satisfait	83	50,9			
	Très satisfait	35	21,5			
<b>Avis sur le niveau sonore</b>	Très insatisfait	12	7,4	3,39	1,226	1,107
	Plutôt insatisfait	24	14,7			
	Ni satisfait, ni insatisfait	36	22,1			
	Plutôt satisfait	71	43,6			
	Très satisfait	20	12,3			
<b>Avis sur le niveau d'éclairage naturel</b>	Mauvais	2	1,2	3,39	,734	,857
	Passable	28	17,2			
	Moyen	43	26,4			
	Bon	84	51,5			
	Excellent	6	3,7			
<b>Avis sur le niveau d'éclairage artificiel</b>	Passable	18	11,0	3,60	,699	,836
	Moyen	49	30,1			
	Bon	77	47,2			
	Excellent	19	11,7			
<b>Avis sur la qualité de l'air</b>	Passable	16	9,8	3,79	,676	,822
	Moyen	28	17,2			
	Bon	94	57,7			
	Excellent	25	15,3			
<b>Avis sur le confort thermique en été</b>	Passable	42	25,8	3,44	,939	,969
	Moyen	21	12,9			
	Bon	86	52,8			
	Excellent	14	8,6			
<b>Avis sur le confort thermique en hiver</b>	Passable	34	20,9	3,58	,837	,915
	Moyen	14	8,6			
	Bon	101	62,0			
	Excellent	14	8,6			
<b>Avis sur la température de l'eau</b>	Mauvais	10	6,1	3,10	,904	,951
	Passable	34	20,9			
	Moyen	51	31,3			
	Bon	66	40,5			
	Excellent	2	1,2			
<b>Avis sur le niveau d'humidité</b>	Humide	39	23,9	1,76	,183	,428
	Naturel	124	76,1			

<sup>a</sup> Groupe de dichotomies mis en tableau à la valeur 1 'Oui'.

### - L'appréciation de la performance des services

Dans cette partie de l'étude, il est démontré que plus de la moitié des usagers interrogés (63,8%) déclarent se sentir en sécurité dans leur immeuble, le qualifiant de bon (35,0%) ou d'excellent (28,8%). Dans ce contexte, les personnes interrogées ont été vues poser deux questions sur la sécurité au Cyberparc. L'une se concentre sur les systèmes de contrôle d'accès, et l'autre sur les systèmes de vidéosurveillance. Ces questions visent à

révéler les systèmes technologiques et les signalisations qui affectent la sécurité des usagers au sein du Cyberparc. La totalité des enquêtées (163 sur 163) déclarent que les badges d'accès électroniques, les systèmes d'ouverture et de fermeture de portail automatisés et les systèmes de télésurveillance les rassurent. Aussi, les répondants estiment être plus fréquemment exposés à la signalisation statique seulement (Tableau 6.7). De plus, lorsque nous avons interrogé les usagers sur les systèmes d'automatisation de contrôle et de gestion disponibles dans le Cyberparc, ils ont tous convenu que le fonctionnement automatique du chauffage, de la ventilation et de la climatisation améliorerait leur qualité de vie. En conséquence, vingt membres du personnel de gestion affirment qu'il existe des systèmes en place pour contrôler l'humidité. Cependant, pratiquement aucun des systèmes automatisés qui régulent la vitesse de l'air et les nuisances sonores n'est utilisé.

Nous avons cherché ensuite à identifier des stratégies de conditionnement de l'environnement intérieur qui seraient les principaux facteurs pour améliorer la qualité, la performance et l'intelligence du bâtiment. Notons que la majorité des usagers ont déclaré que le contrôle automatique via les interfaces informatiques, les horaires préprogrammés et l'opérateur de contrôle central, est disponible. Nous avons constaté à partir de ce questionnaire que les technologies les plus avancées au Cyberparc incluent, en effet, l'accès à Internet, les communications téléphoniques et sans fil et la gestion des câbles (Tableau 6.7). Nous voulons qu'il soit clair que les gens ne peuvent pas faire la différence entre la localisation intérieure et la signalisation digitale. C'est pourquoi leurs réponses à cette variable ne sont pas très intrigantes. Pour s'assurer qu'il n'y avait pas de lacunes dans les réponses précédentes, deux autres questions approfondies sont ensuite posées. En fait, la majorité de l'échantillon de l'étude (84 sur 163) a confirmé que la présence de détecteurs à capteur contrôle l'éclairage, le chauffage et la climatisation en fonction de la localisation intérieure. Nous pouvons en déduire que les répondants ont démontré une compréhension approfondie du sujet en discussion et ont déterminé que, bien que la température, la ventilation et l'éclairage soient tous contrôlés de diverses manières, y compris manuellement, à distance et automatiquement, le système automatisé du GTB offre le plus haut niveau de contrôler. En revanche, aucun système n'est en place pour contrôler les nuisances sonores (Tableau 6.7).

Les résultats démontrent également la disponibilité de divers systèmes éco énergétiques et méthodes de comptabilisation et de conservation de l'énergie. Outre le fait que les concepteurs du Cyberparc n'ont pas opté pour l'utilisation parcimonieuse des énergies

renouvelables, ils n'avaient pas non plus mis en place de système de production d'énergie, du tri des déchets ou de gestion des eaux usées et pluviales. Les participants à l'étude ont été interrogés sur la maquette numérique "BIM". Au fait ils souhaitent en savoir plus sur la technologie en question car ils ne connaissaient pas cette innovation qui soulève des questions sur la performance et l'intelligence d'un bâtiment. Cependant, le Cyberparc bénéficie d'une stratégie de gestion financière pour maîtriser les dépenses et les budgets (Tableau 6.7).

Tableau 6.7 : Statistiques descriptives des variables liées à la performance des services du Cyberparc. Source : Auteur sous SPSS, 2022.

Variables	Catégorie	Fréquence	Pourcentage	Moyenne	Variance	Ecart type
Accès <sup>a</sup>	Signalisation statique	163	100,0	1,00	,000	,000
Aires de stationnement <sup>a</sup>	Systèmes de télésurveillance	163	33,3	1,00	,000	,000
	Badge d'accès électronique	163	33,3	1,00	,000	,000
	Barrières d'ouverture et fermeture automatisées	163	33,3	1,00	,000	,000
Avis sur la sécurité	Passable	12	7,4	3,85	,855	,925
	Moyen	47	28,8			
	Bon	57	35,0			
	Excellent	47	28,8			
Système de contrôle automatisé <sup>a</sup>	Température	163	32,0	1,00	,000	,000
	Humidité	20	3,9	1,88	,108	,329
	Qualité de l'air	163	32,0	1,00	,000	,000
	Eclairage	163	32,0	1,00	,000	,000
Techniques de conditionnement <sup>a</sup>	Interface informatique	151	31,5	1,07	,069	,262
	Interface téléphonique automatisée	6	1,3	1,96	,036	,189
	Opérateur de contrôle central	163	34,0	1,00	,000	,000
	Horaires préprogrammés	159	33,2	1,02	,024	,155
Système de communication <sup>a</sup>	Signalisation digitale	2	0,4	1,99	,012	,110
	Réseaux d'internet	163	28,5	1,00	,000	,000
	Localisation intérieure	84	14,7	1,48	,251	,501
	Télécopie et télécommunication	161	28,2	1,01	,012	,110
	Gestion des câbles	161	28,2	1,01	,012	,110
Pilotage de l'éclairage, le chauffage et la climatisation	Oui	84	51,5	1,48	,251	,501
	Non	79	48,5			
Disponibilité des capteurs	Oui	84	51,5	1,48	,251	,501
	Non	79	48,5			

<b>Mesures de contrôle de la Température</b>	Contrôle automatisé	163	100,0	4,00	,000	,000
<b>Mesures de contrôle de la Ventilation</b>	Contrôle automatisé	163	100,0	4,00	,000	,000
<b>Mesures de contrôle de l'Eclairage</b>	Contrôle automatisé	163	100,0	4,00	,000	,000
<b>Mesures de contrôle des Nuisances sonores</b>	Aucun contrôle	163	100,0	4,00	,000	,000
<b>Gestion d'énergie et des ressources naturelles <sup>a</sup></b>	Des Stratégies éco énergétiques et techniques de conservation	163	50,0	1,00	,000	,000
	Des systèmes de comptage et mesure des consommations	163	50,0	1,00	,000	,000
<b>Gestion par maquette numérique</b>	Non	163	100,0	2,00	,000	,000
<b>Gestion financière</b>	Oui	163	100,0	1,00	,000	,000

<sup>a</sup> Groupe de dichotomies mis en tableau à la valeur 1 'Oui'.

### 6.3.2. Rapport entre les données personnelles et les variables à choix unique

Nous essaierons de déterminer si un lien existe entre les données personnelles et les variables à choix unique. Tout d'abord, nous combinerons 25 variables avec les données personnelles des usagers (telles que le sexe, les tranches d'âge, le lieu de résidence et la carrière professionnelle) selon une catégorie qui s'applique à chacun (Tableau 1 dans l'annexe J). La tranche d'âge est répartie selon les quatre catégories suivantes : 20 à 30 ans, 31 à 40 ans, 41 à 50 ans et plus de 50 ans. Nous avons établi deux catégories de lieux de vie : ceux qui vivent à Alger et ceux qui vivent ailleurs. La catégorie professionnelle est divisée en trois postes : directeur de l'administration, chef du département et fonctionnaire. Ces données croisées seront ensuite présentées graphiquement sous forme de boîtes à moustache rapportées dans l'annexe J. Cette présentation, également connue sous le nom de boxplot ou boîte de Tuckey, nous donne une explication plus claire, plus fluide et précise de la normalité de toutes les variables. Elle nous fournit une variété d'informations, y compris la valeur minimale et maximale, la médiane, les quartiles inférieurs et supérieurs et les valeurs aberrantes (Figure 6.2). Toutes les variables dépendantes à choix unique sont basées sur l'échelle de Likert, qui va de médiocre à exceptionnel et comporte trois degrés pour certaines

variables et cinq degrés pour autres. Ces variables concernent l'appréciation de l'utilisateur sur plusieurs facteurs affectant son confort, son bien-être, sa sécurité au sein du Cyberparc. Différentes relations ont été observées. Signalons que les résultats des boîtes à moustaches montrent que la médiane est presque à la moyenne et que dans la plus part des cas, les usagers ont ressenti positivement mais moins du perfectionnement. Cela nous permet de confirmer que les employés ont les compétences, les acquis et l'expérience de vie nécessaires pour évoluer au rythme des changements et des transformations induits par le développement des nouvelles technologies. En ce qui concerne les variables relatives à l'importance des technologies numériques, le niveau d'humidité, le pilotage de l'éclairage, le chauffage et la climatisation, la disponibilité des capteurs, les mesures de contrôle de la température, de la ventilation, de l'éclairage et des nuisances sonores, la gestion par maquette numérique et la gestion financière : la présentation graphique de type boîte à moustache n'est plus licite car toutes les valeurs se superposent les unes aux autres.

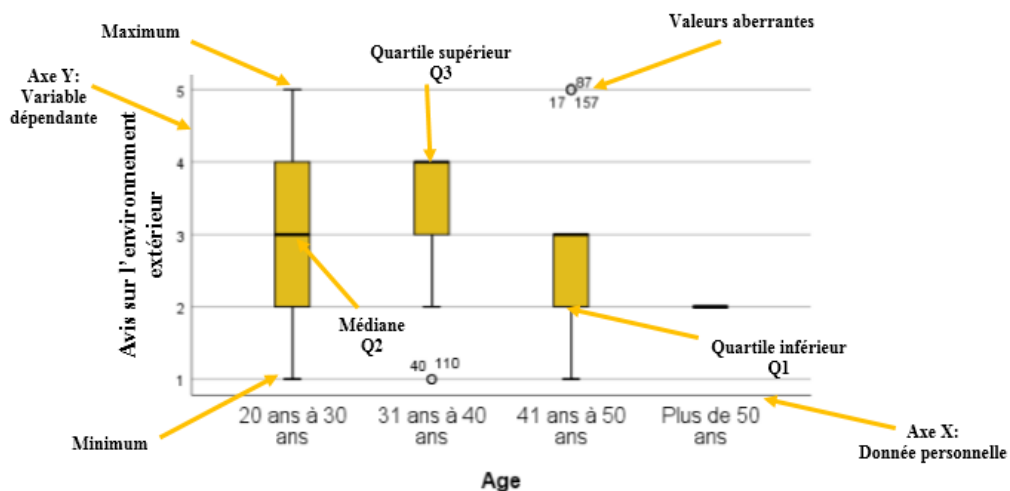


Figure 6.2 : Exemple d'un graphe de la boîte à moustache des données croisées du Cyberparc. Source : Auteur sous SPSS,2022.

### 6.3.3. Test de cohérence entre les variables continues ordinales

Les entretiens menés au Cyberparc ont montré que les variables établies étaient très divers mais aussi que certains d'entre eux partageaient de nombreuses caractéristiques similaires. Les conclusions tirées impliquent qu'il existe une relation entre des variables spécifiques. Nous avons tenté d'identifier les intersections potentielles à partir de ces hypothèses afin de produire une nouvelle cartographie des variables. Pour ce faire, nous nous sommes tournés vers une analyse de corrélation et une analyse factorielle (ACP) qui utilisent toutes les deux des variables quantitatives ou qualitatives ordinales et recèlent un potentiel important pour l'analyse statistique du questionnaire. Ces formes d'analyse sont utilisées en

sociologie pour créer des variables homogènes en fonction de leurs similitudes et pour procréer des relations entre les variables. Dans notre cas, le questionnaire établi comporte deux types de questions. Le premier vise à recueillir des données supplémentaires à l'analyse qualitative qui a été menée sur le Cyberparc, confirmant ainsi l'existence de technologies numériques, de dispositifs respectueux de l'environnement, de systèmes automatisés et des caractéristiques qualitatives. De plus, le second genre vise à capter les avis des usagers sur ses derniers. Chacun des cinq thèmes mentionnés auparavant comporte des questions relatives aux deux genres.

Pour déterminer le type de corrélation que l'on va utiliser, nous utilisons d'abord les tests de normalité de Kolmogorov-Smirnov et Shapiro-Wilk, qui cherchent à déterminer s'il existe ou non une relation significative entre les variables, mesurant la force de la relation (Tableau 6.8). Ces tests de normalité nous permettent de déterminer si la distribution de l'échantillon correspond à une distribution normale qui suit la courbe en cloche ou non. Considérons donc deux hypothèses : lorsque la p-value est supérieure à 0,05, l'hypothèse nulle  $H_0$  indique que les données sont normales, tandis que l'hypothèse alternative  $H_a$  indique que les distributions ne sont pas normales lorsque p-value est inférieure à 0,05. Comme la significativité dans le cas du Cyberparc est inférieure à 0,05, nous rejetons l'hypothèse nulle et acceptons l'hypothèse alternative selon laquelle nos données n'ont pas une distribution normale sur l'ensemble des variables étudiées.

Tableau 6.8 : Tests de normalité. Cas du Cyberparc. Source : Auteur sous SPSS, 2022.

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistiques	ddl	Sig.	Statistiques	ddl	Sig.
<b>Application des technologies numériques</b>	,264	163	,000	,786	163	,000
<b>Utilisation des technologies numériques</b>	,228	163	,000	,852	163	,000
<b>Importance des technologies numériques</b>	,487	163	,000	,499	163	,000
<b>Environnement extérieur</b>	,207	163	,000	,897	163	,000
<b>Aspects formels et volumétriques</b>	,201	163	,000	,860	163	,000
<b>Espaces et fonctions</b>	,265	163	,000	,834	163	,000
<b>Signalisation et orientation</b>	,292	163	,000	,818	163	,000
<b>Qualité des services et bien-être</b>	,272	163	,000	,842	163	,000



<b>Niveau sonore</b>	,268	163	,000	,877	163	,000
<b>Niveau d'éclairage naturel</b>	,313	163	,000	,822	163	,000
<b>Niveau d'éclairage artificiel</b>	,275	163	,000	,861	163	,000
<b>Qualité de l'air</b>	,333	163	,000	,816	163	,000
<b>Confort thermique en été</b>	,331	163	,000	,796	163	,000
<b>Confort thermique en hiver</b>	,381	163	,000	,747	163	,000
<b>Température de l'eau</b>	,246	163	,000	,851	163	,000
<b>Niveau d'humidité</b>	,473	163	,000	,529	163	,000
<b>Sécurité</b>	,201	163	,000	,862	163	,000

a. Correction de signification de Lilliefors

Cela se voit au niveau de l'histogramme, du tracé Q-Q normal ou de la boîte à moustache. Dans l'exemple illustré dans la figure ci-dessous, il est clair que les données ne suivent pas la courbe ou la ligne de normalité et que la boîte à moustache est asymétrique puisque la médiane se superpose au quartile supérieur et les moustaches ne sont pas symétriques. Cela ne reflète pas la normalité des données (Figure 6.3). Dans cette situation, le test paramétrique ne peut pas être appliqué ; à la place, un test non paramétrique doit être utilisé.

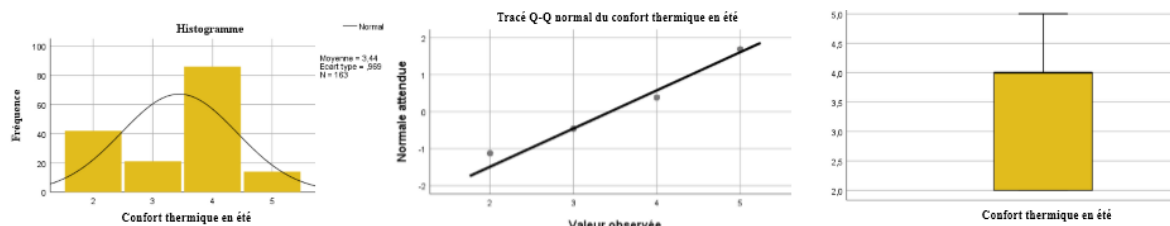


Figure 6.3 : Exemple représentatif de la normalité des variables du Cyberparc. Source : Auteur sous SPSS,2022.

D'un point de vue analyse statistique, nous souhaitons déterminer dans cette partie si une variable dépend d'autres variables en caractérisant les liens entre eux. C'est donc une méthode de statistique bivariée qui est sélectionnée. Et, comme notre jeu de données est principalement constitué de variables d'ordre qualitatif ordinal et que la distribution ne suit pas la loi normale, il s'agit donc faire le test de corrélation bivariée de Spearman (Tableau 2 en annexe J). Les valeurs de corrélations de Spearman sont présentées dans les tableaux de résultat qui présentent des corrélations significatives entre les variables ordinales du Cyberparc au niveau 0,01 et 0,05 'fortes, moyennes et faibles'. De fortes corrélations positives au niveau de 0,01 sont observées entre le confort thermique en hiver et en été (0,855). La signalisation et l'orientation est fortement corrélée avec les espaces et fonctions (0,718), avec la qualité des services et bien-être (0,707) et avec le niveau sonore (0,718).

D'autres variables sont modérément corrélées au seuil de 0,01 entre les espaces et fonctions et la qualité des services et bien-être (0,578) et aussi avec le niveau sonore (0,624). Une relation moyenne est observée aussi entre le niveau d'éclairage naturel et artificiel (0,534) et avec le confort thermique en été (0,630), entre la qualité de l'air et le confort thermique en hiver (0,588) et de nombreuses autres relations présentées dans le tableau en annexe. Un troisième type de corrélation est la corrélation faible qui varie entre 0,01 et 0,49, observée dans plusieurs variables soit au niveau 0,01 ou à 0,05 en donnant l'exemple par la relation entre l'application des technologies numériques et les aspects formels et volumétriques (0,372) et avec le niveau d'éclairage naturel (-0,323). Entre la qualité de l'air et les espaces et fonctions (0,406) ainsi avec la qualité des services et bien-être (0,454) et bien d'autres présentés dans le tableau en annexe J. Aucune corrélation significative n'a été trouvée pour la plus part des autres relations entre variables.

En leur donnant la possibilité de s'exprimer honnêtement, les usagers du Cyberparc peuvent participer au processus de prise de décision, améliorant la qualité, la performance et l'intelligence de leur cadre de vie quotidienne. À cette fin, une analyse factorielle a été effectuée afin d'augmenter l'homogénéité des informations et des données et de les compresser aussi. Cette analyse est faisable pour les variables qualitatives ordinales car elles sont pertinentes et suffisamment corrélées selon les tests de normalité et la corrélation de Spearman. Nous croyons que nous serons en mesure de faire émerger une nouvelle cartographie des variables. Nous nous assurons donc que les critères suivants sont respectés avant de factoriser ces variables : des données continues basées sur une échelle de type Likert, un indice de consistance et une cohérence interne 'alpha de Cronbach supérieur à 0,6', une corrélation significative entre variables comme on la voit dans la matrice de corrélation, un déterminant qui n'est pas égale à 0 'test la multicolinéarité', un indice de Kaiser-Meyer-Olkin supérieur à 0,5 indiquant que les corrélations entre les variables sont de bonne qualité et en dernier un test de Bartlett avec une p-value inférieure à 0,05. Les conditions sont toutes valides selon les équations mathématiques incluses dans le logiciel de statistiques SPSS (Tableau 6.9), ce qui nous motive à faire une analyse en composantes principales (ACP). Nous avons choisi cette analyse car elle permet d'expliquer une part importante de la variance avec le moins de facteurs ou composantes.

Tableau 6.9 : Critères nécessaires pour la démarche de l'ACP. Cas du Cyberparc. Source : Auteur sous SPSS, 2022.

<b>Alpha de Cronbach</b>		,758
<b>Déterminant</b>		4,905E-5
<b>Indice de Kaiser-Meyer-Olkin pour la mesure de la qualité d'échantillonnage.</b>		,583
<b>Test de sphéricité de Bartlett</b>	<b>Khi-carré approx.</b>	1542,972
	<b>ddl</b>	136
	<b>Signification</b>	,000

Une analyse initiale a été effectuée pour s'assurer que les variables extraites avaient des qualités de représentation supérieures ou égales à 0,4 (Tableau 4 en Annexe J). Pour déterminer les valeurs propres de chaque composante de données, une deuxième analyse a été effectuée. Nous constatons que six composantes ou facteurs sur un total de dix-sept ont des valeurs propres plus élevées que 1 ce qui restituent plus d'informations et des données avec une variance capturée de 76,255%. Nous les conserverons donc pour analyse. Les autres composantes ne sont pas prises en compte car elles ne tiennent pas suffisamment compte de la variance (Tableau 5 en Annexe J). Cependant, nous voulons être sûrs de choisir le bon nombre de composantes à extraire. Nous regardons donc le tracé d'effondrement ou se situe la rupture du coude de Cattell. Après la sixième composante, nous remarquons un décalage. Par conséquent, nous pouvons nous assurer que six ont effectivement été choisies pour l'analyse (Figure 6.4). Nous voulons maintenant identifier l'ensemble de variables qui est le plus étroitement lié à chaque composante significative. Avant de faire la rotation, nous allons au premier lieu examiner la matrice des composantes ainsi que la matrice de leurs coefficients car nous avons vu que certaines corrélations se ressemblent étrangement d'une composante à l'autre. Par exemple, la température de l'eau donne une corrélation de -0,475 sur la composante 2 et une corrélation de 0,465 sur la composante 4 (Tableau 6 et 7 en Annexe J). En second lieu, nous effectuons une analyse matricielle des composantes après rotation Varimax avec normalisation de Kaiser. Cette fois, nous observons que les variables ont été réparties entre les six différentes composantes synthétisées beaucoup plus efficacement qu'auparavant (Tableau 6.10). En dernier lieu, nous devons identifier les six composantes. Par exemple, si nous choisissons la composante 1 qui porte sur des questions relatives aux variables suivantes : confort thermique d'été et d'hiver, niveau d'éclairage artificiel et naturel et qualité de l'air. Nous pouvons voir que les questions portent sur le jugement et la qualification des paramètres. Cette composante pourrait être appelée "qualité thermique visuelle". Les composantes 2, 3, 4, 5 et 6 représentaient respectivement la performance et l'efficacité de l'environnement intérieur, la construction et la technologie

numérique, l'homogénéité d'implantation, la solennité des technologies numériques et le recours à la gestion machinale.

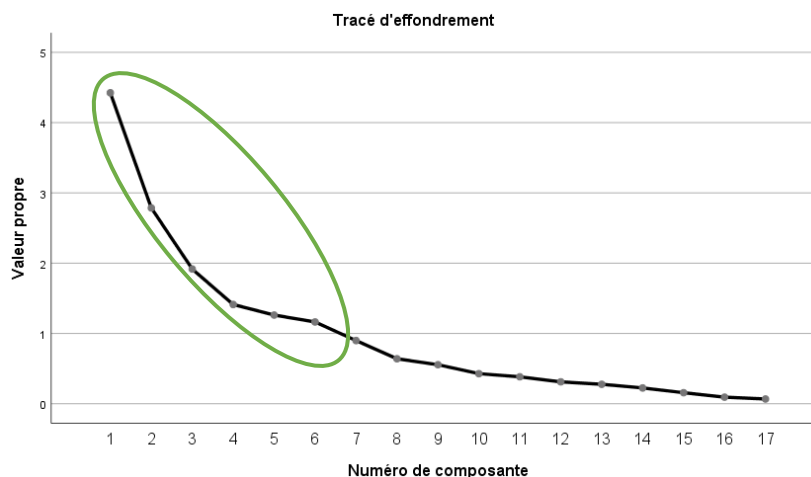


Figure 6.4 : Tracé d'effondrement des variables. Cas du Cyberparc. Source : Auteur sous SPSS, 2022

Tableau 6.10 : Rotation de la matrice des composantes. Cas du Cyberparc. Source : Auteur sous SPSS, 2022

	Composante					
	1	2	3	4	5	6
Confort thermique en été	,938					
Confort thermique en hiver	,850					
Niveau d'éclairage artificiel	,774					
Niveau d'éclairage naturel	,746					
Qualité de l'air	,499				,438	,404
Signalisation et orientation		,886				
Qualité des services et bien-être		,834				
Espaces et fonctions		,830				
Niveau sonore		,770				
Aspects formels et volumétriques			,834			
Sécurité			,716			
Application des technologies numériques			,464			,416
Environnement extérieur				,837		
Niveau d'humidité	,487			,655		
Importance des technologies numériques					,880	
Utilisation des technologies numériques						,842
Température de l'eau			-,517			,541

#### 6.4. Présentation des principaux résultats du questionnaire dédié aux usagers du CIC

Dans ce qui suit, nous allons présenter les résultats de notre enquête par questionnaire avec pour finalité l'analyse des différentes perspectives et leur apport dans le CIC d'Alger. Notre travail donc vise, à partir d'une étude faite auprès des usagers employés, à apporter

des éléments de réponse tels que : les services et les moyens mobilisés, le degré de satisfaction des usagers vis-à-vis des services offerts, l'analyse de l'état technologique du bâtiment...

Pour quelques cas, le questionnaire de style entretien a été réalisé en fonction du niveau de familiarité culturelle du répondant et de sa capacité à répondre de manière réfléchie aux nombreux sujets posés. Pour les usagers qui ne maîtrisent pas la langue française et les termes techniques utilisés, nous avons proposé un accompagnement en traduisant le questionnaire en langue arabe ou dialecte local, question par question tout au long de son remplissage. Les résultats de l'enquête sont toutefois présentés selon les thèmes abordés.

#### 6.4.1. Analyse descriptive du questionnaire

##### -Représentativité du panel des répondants

Sept variables relatives aux données intrinsèques de l'utilisateur ont été retenues. Nous avons constaté une prédominance masculine au CIC avec 58,2% du panel contre 41,8% de femmes sur notre échantillon de questionnaires récupérés (55 usagers employés). Par ailleurs, les tranches d'âge des 20 à 30 ans et des 31 à 40 ans ont une prédominance avec un pourcentage respectif de 36,4%. La tranche d'âge entre 41 et 50 ans prend alors la deuxième place avec un pourcentage de 25,5 %. Sans aucun doute, les répondants de plus de 50 ans constituent la plus petite partie des participants à notre enquête (Tableau 6.11). La majorité des personnes interrogées sont cependant majoritairement de jeunes adultes, ce qui nous permettra d'interpréter plus précisément les résultats de notre enquête car ils sont capables d'exprimer leurs opinions et leurs sentiments de manière détaillée et précise.

**Tableau 6.11** : Structure de l'échantillon interrogé du CIC. Source : Auteur sous SPSS, 2022

	20 à 30 ans	31 à 40 ans	41 à 50 ans	Plus de 50 ans	Total	
<b>Homme</b>	14	9	8	1	32	58,2%
<b>Femme</b>	6	11	6	0	23	41,8%
<b>Total</b>	20	20	14	1	55	-
	36,4%	36,4%	25,5%	1,8%	-	100%

De plus, nous avons demandé aux usagers interrogés de lister leurs lieux de résidence, leurs professions et leurs connaissances du numérique en termes d'applications, d'usages et d'importance dans le domaine de l'architecture (Tableau 6.12). En réalité, 87,3% des usagers résident à Alger, tandis que 12,7% viennent des autres villes. En effet, le CIC

d'Alger embauche plus d'habitants de la wilaya. Concernant leurs professions, la majorité de ces usagers (94,5%) ont le statut de salarié simple, 3,6% sont chefs de service et 1,8% sont directeurs administratifs.

Les usagers qui composent notre échantillon donnent leur avis sur l'application des technologies numériques dans le domaine de l'architecture, 61,8% déclarent qu'elles sont connues et utilisées et 38,2% déclarent qu'elles sont connues mais pas utilisées. Au total, 25 des 55 usagers interrogés (soit 45,5%) déclarent n'avoir jamais utilisé aucune des technologies. Sur les 55, 16 ont déclaré qu'ils les utilisent fréquemment, tandis que les autres ont déclaré qu'ils les utilisent rarement, parfois ou assez souvent. Nous remarquons également que les technologies numériques sont plutôt compatibles par les usagers et sont importantes et indispensables dans le domaine de l'architecture et plus particulièrement dans l'espace architectural.

Tableau 6.12 : Statistiques descriptives des informations générales sur les répondants du CIC. Source : Auteur sous SPSS, 2022.

<b>Variables</b>	<b>Catégorie</b>	<b>Fréquence</b>	<b>Pourcentage</b>
<b>Résidence</b>	Alger	48	87,3
	En dehors d'Alger	7	12,7
<b>Profession</b>	Directeur de l'Administration	1	1,8
	Chef du Département	2	3,6
	Fonctionnaire	52	94,5
<b>Application des technologies numériques</b>	Connues mais pas mises en œuvre	21	38,2
	Connues et mises en œuvre	34	61,8
<b>Utilisation des technologies numériques</b>	Jamais	25	45,5
	Rarement	3	5,5
	Parfois	6	10,9
	Assez souvent	5	9,1
	Très souvent	16	29,1
<b>Importance des technologies numériques</b>	Important	31	56,4
	Indispensable	24	43,6

### **-L'appréciation de l'attribut morphologique**

La satisfaction des usagers vis-à-vis de leur environnement immédiat est un indice clé pour optimiser l'attribut morphologique. Selon cette étude, la majorité des usagers interrogés (61,8%) déclarent que leur environnement extérieur est bon ; 34,5% des usagers l'ont trouvé excellent ; et seulement 3,6% pensaient que c'était passable, avec un écart-type de 0,424 et une moyenne de 4,27. De ce qui est des indices d'implantation du bâtiment, plus de la moitié des répondants interrogés ont convenu que la forme et le volume du CIC avaient

gagné en importance par rapport aux autres indices, alors que 21,4% jugent pour son orientation et en dernier 14,3% jugent pour sa situation. Dans ce contexte, une autre question sur l'avis des personnes interrogées sur l'aspect formel et volumétrique du CIC, la valeur "inapproprié" n'a jamais été choisie, cependant la valeur "marquant" a été fortement sollicité ; il oscille autour de 41,8 % pour la majorité des réponses, avec une moyenne de 3,49 et un écart-type de 0,940. Cela est clairement perceptible dans le tableau 8 en annexe J. Les dispositifs technologiques du CIC seront révélés dans deux autres questions. L'une se concentre sur le type de dispositifs intégrés, tandis que l'autre sur leur rôle. Trois quarts des personnes interrogées contre moins d'un quart, affirment que le CIC intègre des dispositifs technologiques d'aménagement, des matériaux intelligents et des procédés de structure spécifique. Les enquêtés sont ensuite interrogés afin de connaître le rôle des dispositifs technologiques intégrés. La majorité d'entre eux (89,3%) déclarent qu'ils fonctionnent comme étant un élément fonctionnel. Le tableau 8 en annexe J présente une analyse descriptive des items du questionnaire liés à l'attribut morphologique.

#### **-L'appréciation de la qualité spatio-fonctionnelle**

Ce thème vise à fournir des informations sur les stratégies d'aménagement intérieur, respectueuses de l'environnement et durables ainsi que sur la signalisation des circuits et de l'accessibilité à l'intérieur du CIC. Les usagers employés estiment que l'espace multifonctionnel est le style spatio-fonctionnel le plus utilisé, avec un taux de réponse de 20,8 %. L'espace communicatif, expansif et transformable arrive en seconde position avec une part de 19,6% suivi par les autres solutions de conception intérieure avec des pourcentages proches les uns des autres (Tableau 9 en annexe J). Les résultats nous indiquent un comportement positif des usagers en ce qui concerne les espaces et les fonctions qui se déroulent dans le CIC. Plus de la moitié des enquêtés (70,9%) sont plutôt satisfaits, 12 des 55 usagers sont très satisfaits et les quatre autres sont neutres, ce qui se traduit par un score moyen de 4,15 et un écart type de 0,524. Les statistiques montrent que la quasi-totalité des usagers affirment que le CIC adopte toutes les mesures qui permettent de créer une interaction entre l'extérieur et l'intérieur lorsqu'il s'agit d'outils et dispositifs respectueux de l'environnement. En déchiffrant leur but, la totalité des répondants déclarent que la ventilation naturelle et l'éclairage naturel sont quasiment les buts majeurs de l'intégration des dispositifs écologiques, alors qu'une fréquence infime varie de 26 à 33 personnes pense que ces objectifs sont le chauffage passif, le rafraîchissement passif et le conditionnement des conditions thermiques. Les valeurs "très insatisfait et plutôt insatisfait" n'ont jamais été

choisies dans ce contexte, cependant et d'après leurs réponses, plus de la moitié, soit 52,7% des usagers sont plutôt satisfaits des éléments de repère fonctionnels, organisationnels et directionnels, articulant leur parcours. Avec une moyenne de 4,11 et un écart-type de 0,685. Cela est clairement perceptible dans le tableau 9 en annexe J.

### **-L'appréciation de la qualité sensorielle**

Lorsque nous avons interrogé les usagers au sujet des qualités de service les plus discrètes sur leur lieu de travail, la majorité d'entre eux ont déclaré que la rapidité et la réactivité, la sécurité et l'efficacité de service avaient un impact sur leurs productivités et leurs performances. Ils jugent leur plaisir de leur bien-être dans cet environnement en étant soit plutôt satisfaits (67,3%) soit extrêmement satisfaits (32,7%), où la moyenne est de 4,33 et l'écart type est de 0,474. En ce qui concerne les aspects qualitatifs du CIC, 46 usagers sur 55 ont déclaré que l'ornementation et la décoration sont largement utilisées dans le CIC. La concordance des lignes, formes et volumes a reçu 42 réponses sur 55. Les autres fonctionnalités et médiateurs esthétiques entre l'utilisateur et son environnement sont également présents dans le bâtiment considéré (Tableau 10 en annexe J). La majorité des usagers travaillent au CIC depuis sa création, démontrant leur attachement à la structure et à ses espaces. Par conséquent, les réponses de ces personnes auront un impact bénéfique sur les résultats de l'étude. Concernant les avis des usagers sur le niveau sonore à l'intérieur de leur espace de travail, on note que la majorité (58,2%) se déclare plutôt satisfaite, suivi de ceux qui sont vraiment satisfaits (40,0%). A propos la façon dont les usagers perçoivent l'éclairage naturel à l'intérieur des espaces, nous pouvons distinguer multiples réponses variées qui sont mauvaises, bonnes, moyennes et exceptionnelles. Nous confirmons que ces réponses ont beaucoup de sens compte tenu de l'orientation et du positionnement des espaces. Cela s'explique, selon nous, par la présence de plusieurs éléments architecturaux qui favorisent la pénétration de la lumière diurne pour quelques espaces, tels que le patio, l'atrium, les fenêtres... Cependant, une très grande partie des usagers interrogés sont satisfaits du niveau d'éclairage artificiel à l'intérieur des espaces de leur travail. De plus, la qualité de l'air perçue par les personnes enquêtées à l'intérieur de leur espace de travail peut être considérée comme bonne avec 49,1%. Seule une petite partie des répondants ont déclaré que la qualité de l'air était mauvaise. Cela se justifie par la présence de dispositifs écologiques garantissant de meilleures conditions de ventilation naturelle.



Cependant, les statistiques montrent la satisfaction des usagers quant à leur confort thermique durant les deux saisons d'hiver et d'été. Nous constatons que pendant la période hivernale, la majorité des usagers déclarent se sentir à l'aise thermiquement à l'intérieur de leur espace de travail, avec un pourcentage global de 87,3 %. 9,1% des usagers obtiennent un sens thermique typique et moyen. De plus, 3,6% des personnes interrogées ont indiqué que le confort thermique est exceptionnel, ce qui équivaut à une réponse moyenne de 3,95 et un écart type de 0,356. En ce qui concerne la période estivale, la majorité des usagers (65,5%) ont rapporté une expérience thermique positive et bonne. 27,3% ont déclaré avoir une sensation excellente. Seuls quelques privilégiés ont une sensation moyenne de confort thermique, soit une moyenne de 4,20 et un écart type de 0,558. Dans cette situation, les valeurs "mauvais et passable" n'ont jamais été choisies. En conséquence, ils affirment que les températures de l'air ambiant à l'intérieur du bâtiment et ses espaces se situent dans la plage de confort thermique (Tableau 10 en annexe J).

Selon le tableau qui présente les résultats des perceptions des répondants de la température de l'eau par rapport aux conditions météorologiques sur une échelle allant de mauvaise à excellente, il est à noter que 63,6% des effectifs ont indiqué que la température est bonne. De plus, 21,8% des personnes interrogées ont déclaré qu'elle était exceptionnelle. En revanche, il est évident que 10,9% des personnes interrogées et 3,6% d'entre elles ont déclaré ressentir que la température était modérée. Le tableau 10 en annexe J montre cependant que la majorité des personnes interrogées ont indiqué une humidité naturelle avec 85,5%. Ces réponses confirment qu'il n'y a pas de problèmes d'humidité à l'intérieur des espaces de travail.

### **-L'appréciation de la performance des services**

Cette étude montre que plus de la moitié des usagers interrogés (56,4%) se déclarent satisfaits du niveau de sécurité qu'ils ressentent dans leur immeuble et le jugent bon, 27,3% excellent et 16,4% comme moyen. Dans ce cadre, les personnes interrogées se voient poser deux questions sur la sécurité au sein du CIC. L'une se concentre sur les systèmes de contrôle d'accès, et l'autre sur les systèmes de vidéosurveillance où les aires sont contrôlées. Ces questions se veulent dévoiler les signalisations et les systèmes technologiques influençant la sécurité des usagers au sein du CIC. La totalité des personnes interrogées se déclarent qu'ils se sentent en sécurité par les systèmes de télésurveillance, les badges d'accès électronique et les barrières d'ouverture et fermeture automatisées. Concernant les signalisations les plus

fréquemment remarquées au CIC, les répondants estiment être plus fréquemment exposés aux signalisations statiques, qui en représentent 40,4%, suivies des signalisations lumineuses, qui représentent 31,6%, et signalisations numériques avec 27,9%, observées dans les espaces de VIP (Tableau 11 en annexe J).

De plus, lorsque nous avons interrogé les usagers sur les systèmes de contrôle et de gestion automatiques disponibles dans le CIC, ils ont tous déclaré avoir de bonnes conditions de vie par le fait de rendre automatique le fonctionnement du chauffage, de la ventilation, de la climatisation et des nuisances sonores. Cependant, pratiquement aucun des systèmes automatisés qui contrôlent la vitesse de l'air et l'humidité n'est utilisé. Le but de ce questionnaire était d'identifier les techniques de conditionnement de l'environnement intérieur qui constituent les indices d'influence majeurs pour l'automatisation et l'amélioration de la qualité, la performance et l'intelligence du bâtiment. Pour ce faire, nous avons interrogé les usagers de CIC sur les tactiques qu'ils peuvent utiliser en cas de besoin. L'interface informatique et l'opérateur de contrôle central sont les deux plus cités par les répondants, à 35,5% chacun. De plus, les répondants aux sondages sur les systèmes de données et de télécommunications ont convenu à l'unanimité, 55 sur 55 usagers interrogés, que la signalisation digitale, l'accès simplifié à Internet, la localisation intérieure, la téléphonie et les télécommunications sont perçus comme étant particulièrement avancés au CIC. En conséquence, 14 usagers sur 55 pensent que la gestion des câbles est la plus répandue dans le CIC. Ensuite, deux questions d'approfondissement sont posées pour vérifier toute lacune dans les réponses. En effet, 100% des personnes interrogées ayant répondu par l'affirmative que l'éclairage, le chauffage et la climatisation sont pilotés selon la localisation intérieure par la présence de capteurs détecteurs. Semblable à ce qui s'est passé auparavant, les enquêtés ont montré une compréhension approfondie du sujet en question et ont établi que même si la température, la ventilation, l'éclairage et les nuisances sonores sont tous contrôlés de différentes manières - manuellement, à distance et automatiquement - le système automatisé du GTB fournit le niveau de contrôle le plus élevé (Tableau 11 en annexe J).

La totalité des enquêtés du CIC (55 sur 55) sont conscients de l'utilisation et de la gestion de l'énergie et des ressources naturelles, et ont eu le réflexe de mettre ces choses en place. Ils se comportent de manière similaire vis-à-vis cet indice car les résultats montrent que divers systèmes de gestion, d'estimation, de conservation et d'utilisation de l'énergie sont facilement disponibles et que les mesures de recyclage des eaux usées et pluviales sont

presque entièrement en place. Outre le fait que les concepteurs du CIC n'ont pas choisi d'utiliser rationnellement les sources d'énergie renouvelables, il n'y a quasiment pas recours à un système de production d'énergie. Les participants à l'étude ont été interrogés sur la disponibilité d'évaluer, de contrôler et de gérer certaines situations par la maquette numérique 'BIM'. Ne connaissant pas cette nouveauté qui affermit la performance et l'intelligence d'un bâtiment, les participants ont souhaité en savoir plus sur la technologie en question. Cependant, le CIC bénéficie d'une stratégie de gestion financière pour maîtriser les budgets et les dépenses.

#### **5.4.2. Rapport entre les données personnelles et les variables à choix unique**

À la lumière des objectifs énoncés au début du chapitre, nous essaierons d'examiner et de comprendre plusieurs situations dans lesquelles les données personnelles et les variables à choix unique sont liées les unes aux autres. Dans un premier temps, nous allons combiner 25 variables avec les données personnelles des usagers de chaque catégorie qui s'applique à eux (voir le tableau 12 en annexe J), notamment le sexe, la tranche d'âge, le lieu de résidence et la carrière professionnelle. La tranche d'âge est divisée en quatre groupes : 20 à 30 ans, 31 à 40 ans, 41 à 50 ans et plus de 50 ans. Nous avons établi deux catégories de lieux de résidence : ceux qui résident à Alger et ceux qui résident ailleurs. Trois postes composent la catégorie professionnelle : directeur de l'administration, chef de service et fonctionnaire. En raison de la taille relativement petite de l'échantillon de l'étude dans ce deuxième cas, nous n'avons pas été en mesure de fournir les données combinées sous le style de la boîte de Tuckey. Pour cette raison, nous les avons présentées sous forme des graphiques combinées rapportées dans l'annexe J. Cette présentation fournit une explication plus claire de la normalité de toutes les variables en comparant la valeur médiane à la moyenne des croisements des variables du questionnaire propre au CIC. Toutes les variables dépendantes à choix unique sont basées sur l'échelle de Likert, qui va du mauvais à exceptionnel et varie de 1 à 5 pour certaines variables et de 1 à 3 pour d'autres. Ces variables représentent chacune le point de vue de l'utilisateur pour chaque question posée. Nous pouvons lire dans les figures présentées dans l'annexe J les moyennes et les médianes des réponses sur l'échelle de Likert. En effet, on constate que les courbes des médianes sont généralement proches de la moyenne et ont tendance à être positives. Cela nous permet de valider que les usagers démontrent les connaissances, les compétences et l'expérience de vie nécessaires pour s'adapter aux changements et aux transformations induits par le développement des nouvelles technologies. En ce qui concerne les variables relatives au pilotage de l'éclairage, le

chauffage et la climatisation, la disponibilité des capteurs, les mesures de contrôle de la température, de la ventilation, de l'éclairage et des nuisances sonores, la gestion par maquette numérique et la gestion financière : la présentation graphique combinée est identique car les deux valeurs sont superposés les unes sur les autres.

#### **6.4.3. Test de cohérence entre les variables continues ordinales**

Comme dans le cas du Cyberparc, les entretiens préalablement faits, ont montré que les variables établies étaient très variées mais aussi que certaines partageaient de nombreuses mêmes caractéristiques. Les conclusions ressorties suggèrent qu'il existe un lien entre certaines variables. Partant de ces différentes hypothèses, nous avons tenté d'identifier d'éventuels croisements et nous avons pour cela eu recours à une analyse de corrélation qui exploite des variables quantitatives ou des variables qualitatives ordinales. Ce type d'analyse est utilisé en sociologie pour dresser un bilan des liaisons entre variables.

Dans notre questionnaire deux genres de questions sont posées. Le premier sert à capter des informations complémentaires à l'analyse qualitative qui a été faite au CIC et le deuxième genre vise à capter l'avis des usagers sur ses derniers. Nous intéressons aux questions qui se basent sur l'échelle de Likert pour faire la corrélation qui porte un fort potentiel pour l'analyse statistique de questionnaire. Nous passons d'abord au test de normalité de Kolmogorov-Smirnov et Shapiro-Wilk pour décider le type de corrélation qu'on va travailler avec, en cherchant à déterminer l'absence ou la présence d'une relation significative entre les variables mesurant ainsi la force de la relation (Tableau 13 en annexe J). Ces tests de normalité permettent de déterminer si la distribution de l'échantillon correspond à une distribution normale qui suit la courbe en cloche ou non. Nous supposons donc deux hypothèses :  $H_0$  : une hypothèse nulle stipulant la normalité des données (lorsque p-value est supérieure à 0,05) et  $H_a$  : une hypothèse alternative qui dit qu'il n'y a pas de normalité des distributions (lorsque p-value est inférieure à 0,05). Dans le cas du CIC, la significativité est de 0,000 inférieure à 0,05, donc nous rejetons l'hypothèse nulle et nous acceptons l'hypothèse alternative qui dit que nos données n'ont pas une distribution normale pour tous les variables étudiées.

Nous pouvons visualiser ça au niveau de l'histogramme, le tracé Q-Q normal ou la boîte à moustache. Dans l'exemple présenté ci-dessous, on s'aperçoit que les données ne suivent pas la courbe ou la ligne de normalité et que la boîte à moustache est asymétrique vu que la médiane tend vers le haut et superpose sur la valeur du Q3. Ce qui ne reflète pas la

normalité des données (Figure 6.5). Dans ce cas, le test paramétrique ne peut être appliqué, il faut recourir à un test non paramétrique. Nous pouvons donc passer au test de corrélation bivariée de Spearman car les variables sont qualitatives ordinales et la distribution ne suit pas la loi normale (Tableau 14 en annexe J).

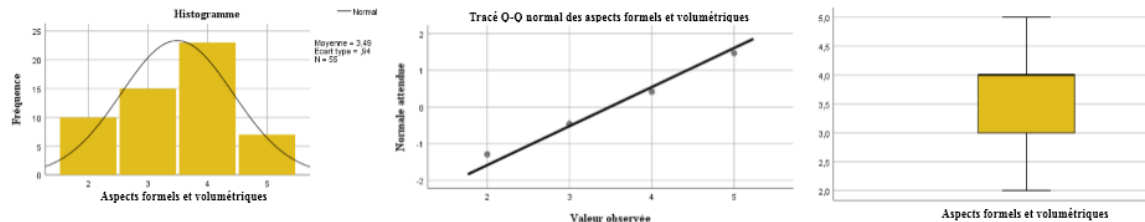


Figure 6.5 : Exemple représentatif de la normalité des variables. Cas du CIC. Source : Auteur sous SPSS, 2022.

Le test de corrélation de Spearman a révélé des corrélations significatives entre les variables ordinales du CIC au niveau 0,01 et 0,05. De fortes corrélations positives au niveau de 0,01 sont constatées entre la qualité des services et le bien-être et le niveau sonore (0,843), l'environnement extérieur et le confort thermique estival (0,768), la qualité de l'air et le niveau d'éclairage naturel (0,729), et de nombreuses autres relations présentées dans le tableau 14 en annexe J. D'autres variables sont modérément corrélées au seuil de 0,01 entre l'environnement extérieur et le niveau d'éclairage artificiel (0,597) ainsi avec la qualité de l'air (0,605), entre les espaces et fonctions et le confort thermique en hiver (0,609). Ajoutant aussi une corrélation moyenne de nature négative entre les aspects formels et volumétriques et l'importance des technologies numériques (-0,641)... Un troisième type de corrélation est sans doute la corrélation faible qui varie entre 0,01 et 0,49, observée dans plusieurs variables soit au niveau 0,01 ou à 0,05 en donnant l'exemple par la signalisation et l'orientation avec l'utilisation des technologies numériques (-0,406) ainsi avec les aspects formels et volumétriques (0,425). Aussi entre l'importance des technologies numériques et le niveau d'éclairage naturel (0,443) d'un côté et d'un autre avec le niveau d'éclairage artificiel (0,386) et bien d'autres présentés dans le tableau 14 en annexe J. Aucune corrélation significative n'a été trouvée pour la plus part des autres relations entre variables, ce qui peut être dû au petit nombre de l'échantillon (55 usagers).

Nous voulons effectuer une analyse factorielle sur les variables du questionnaire spécifique aux usagers du CIC. Nous avons suivi le même protocole qu'en Cyberparc à la différence que le nombre d'usagers est petit. En fait, nous avons vérifié si les conditions requises pour poursuivre l'analyse étaient respectées ou non. Même si les données sont

ordinales et basées sur une échelle de Likert, la corrélation entre les variables est significative, l'un des critères cruciaux pour la mesure de la qualité d'échantillonnage n'est pas fixé à l'exigence 'l'indice KMO est inférieur à 0,5', ainsi l'indice de cohérence interne et de fiabilité des variables étudiées est inférieur à 0,6 (Tableau 6.13). Donc nous ne pouvons pas continuer l'ACP, ce qui peut s'expliquer aussi par le rapport entre le nombre de réponses (55) et le nombre de variables (17).

Tableau 6.13 : Critères nécessaires pour la démarche de l'ACP. Cas du CIC. Source : Auteur sous SPSS, 2022.

<b>Alpha de Cronbach</b>		,581
<b>Déterminant</b>		1,233E-10
<b>Indice de Kaiser-Meyer-Olkin pour la mesure de la qualité d'échantillonnage.</b>		,237
<b>Test de sphéricité de Bartlett</b>	<b>Khi-carré approx.</b>	1083,771
	<b>ddl</b>	136
	<b>Signification</b>	,000

## Conclusion

L'enquête par questionnaire fournit tous les outils nécessaires pour appréhender la complexité du contexte de l'étude ainsi pour repérer ses grandes lignes directrices. Elle sert de plate-forme pour explorer le sujet de recherche, qui est l'optimisation de la qualité, de la performance et de l'intelligence des espaces architecturaux à l'ère numérique au regard des qualités spatio-fonctionnelles, des attributs morphologiques, de la performance des services et enfin des qualités sensorielles et cela dans les deux cas d'usages différents (le Cyberparc de Sidi Abdellah et le CIC d'Alger).

Les informations recueillies au cours de notre travail sur le terrain sont analysées à l'aide d'IBM-SPSS version 25 à travers des statistiques descriptives des thèmes abordés en calculant la fréquence, les pourcentages, les moyennes, les variances et les écarts-types. Ensuite, nous avons croisé les données personnelles et les variables à choix unique qui concernent l'appréciation de l'utilisateur sur plusieurs facteurs affectant son confort, son bien-être, sa sécurité au sein des cas d'étude. Les données sont présentées graphiquement sous forme de boîtes à moustache qui fournissent une variété d'informations, y compris la valeur minimale et maximale, la médiane, les quartiles inférieurs et supérieurs et les valeurs aberrantes, ainsi sous forme de graphiques combinés.

Deux types de questions figurent sur le questionnaire établi. Le premier a pour objectif de recueillir davantage de données que l'analyse qualitative déjà effectuée,

confirmant ainsi l'existence de technologies numériques, de dispositifs respectueux de l'environnement, de systèmes automatisés et des caractéristiques qualitatives des cas. De plus, le second genre vise à capter les avis des usagers sur ses produits. Les entretiens menés ont montré que les questions établies sur les variables étaient très diverses mais aussi que certaines d'entre eux partageaient de nombreuses caractéristiques similaires. Les conclusions tirées impliquent que les variables sont multiples et interconnectés. Partant de ces différentes hypothèses, nous avons tenté d'identifier des intersections potentielles afin de dégager une nouvelle cartographie des variables. Pour ce faire, nous nous sommes tournés vers une analyse de corrélation et une analyse factorielle (ACP) qui utilisent toutes deux des variables qualitatives ordinales basées sur l'échelle de Likert. Pour décider du type de corrélation à utiliser, nous avons effectué deux tests de normalité de Kolmogorov-Smirnov et Shapiro-Wilk tout en examinant l'histogramme, le tracé Q-Q normale et la boîte à moustache. Dans les deux cas, la significativité est de 0,000 inférieure à 0,05 donc nous avons rejeté l'hypothèse nulle et accepté l'hypothèse alternative, qui stipule que nos données n'ont pas une distribution normale pour toutes les variables étudiées. Pour cette raison, nous avons opté pour une corrélation bivariée non paramétrique de Spearman pour déterminer si une variable dépend d'autres variables. Les résultats montrent qu'il existe de fortes corrélations positives entre le confort thermique d'été et d'hiver, la qualité de l'air et le niveau d'éclairage naturel, la qualité de service et la satisfaction des usagers, le niveau sonore et de nombreuses autres relations significatives. Un certain nombre d'autres variables sont modérément corrélées, par exemple la relation entre les espaces fonctionnels, le bien-être et le confort thermique, ainsi que la relation entre l'environnement extérieur et le niveau d'éclairage artificiel et la qualité de l'air. Il existe un troisième type de corrélation qui est observé, qui est une faible corrélation entre l'application des technologies numériques et les aspects formels et volumétriques et avec le niveau d'éclairage naturel.

Enfin, nous avons utilisé l'analyse factorielle, qui peut expliquer une partie importante de la variance avec le moins de facteurs ou de composantes. Pour ce faire, 17 variables définies ont fait l'objet d'une ACP suite à des contrôles de consistance et cohérence internes, de multicolinéarité, de l'indice KMO et du test de Bartlett. Contrairement au CIC d'Alger, les ingrédients du Cyberparc nous incitent à poursuivre cette analyse. Passant par une analyse des qualités de représentation, suivie d'une analyse des valeurs propres de chaque composante de données pour valider six composantes qui renvoient plus d'informations et de données avec une variance capturée de 76,255%. Examinant ainsi la

matrice des composantes ainsi que la matrice de leurs coefficients pour enfin effectuant une analyse matricielle des composantes après rotation Varimax avec normalisation de Kaiser. Les composantes principales retenues pour le Cas du Cyberparc sont au nombre de six et se définissent comme suit : la qualité thermique visuelle, la performance et l'efficacité de l'environnement intérieur, la construction et la technologie numérique, l'homogénéité d'implantation, la solennité des technologies numériques et le recours à la gestion machinale.

Dans ce chapitre, nous avons pu recueillir une quantité importante de données grâce au traitement statistique, ce qui nous a permis de mieux comprendre le sujet de recherche. En conséquence, les résultats ont montré l'intérêt de définir une stratégie générale pour faciliter la mise en œuvre de bâtiments de haute qualité, efficaces et intelligents.



## **CHAPITRE VII : LA TECHNOLOGIE NUMERIQUE : UN ENJEU MAJEUR DANS LA CONCEPTION ET L'USAGE DE L'ESPACE ARCHITECTURAL**

### **Introduction**

Dans la continuité du chapitre précédent, le présent chapitre, qui conclut la thèse, sera consacré à l'interprétation et à la discussion des résultats de l'étude qualitative et quantitative qui a été menée sur deux cas d'étude et cela suivant l'approche suggérée dans le troisième chapitre. En fait, ce chapitre confirmera largement les hypothèses émises au début du travail en mettant l'accent sur les recommandations que l'on proposerait aux architectes, gestionnaires et autres acteurs de l'édification des références réglementaires pour les accompagner dans le développement des futures structures contemporaines en Algérie.

En donnant des réponses utiles à notre problématique, ce chapitre discutera des propositions efficaces qui contribuent à améliorer la qualité du cadre de vie des usagers, tout en s'appuyant sur un nouveau vocabulaire et un paradigme adaptable et changeant apporté par les technologies numériques.

En effet, l'enquête menée est un outil puissant pour recueillir les informations nécessaires à l'élaboration d'un état des lieux complet des cas d'étude. En réalité, l'objectif de cette enquête est double. Elle vise, d'une part, à étudier les facteurs qui influent sur la qualité, l'efficacité et l'intelligence du milieu d'étude afin d'actualiser la conception du bâtiment grâce au numérique. D'autre part, cette enquête se concentre sur la manière dont les usagers peuvent contribuer au processus d'optimisation en proposant des suggestions et en prenant des décisions qui amélioreront leur qualité de vie.

À la lumière de cela, ce chapitre est divisé en trois sections pertinentes. Nous tenterons d'abord de discuter les résultats d'analyses des données recueillies (services offerts, comportements, opinions) de l'étude qualitative établie dans le cinquième chapitre, les statistiques descriptives ainsi le croisement des données personnelles des usagers avec les variables qualitatives. Ensuite, nous nous concentrons sur les facteurs qui influencent l'ensemble des exigences spatiales et sensoriels, souhaits des usagers et leur perception de l'espace. Enfin, nous proposerons des recommandations qui s'appuient sur ces divers facteurs en tant que fondements d'une architecture contemporaine soucieuse d'un environnement productif, intelligent et de haute qualité.

Dans la deuxième section de ce chapitre, nous mettrons en vigueur les relations qui existent entre des variables spécifiques qui résultent des intersections potentielles réalisées dans les deux cas d'étude. Nous déterminerons également si ces corrélations ont réussi ou non à générer une nouvelle cartographie des variables. De plus, cette deuxième section sera utilisée pour évaluer l'applicabilité de l'approche développée, affiner les circonstances de sa mise en œuvre et tirer des leçons pour les stratégies futures à envisager pour son utilisation dans d'autres contextes.

A partir des connaissances constituées des travaux de recherche (état de l'art, entretiens, questionnaires, réflexion personnelle...) un outil référentiel pouvant être appliqué dans divers contextes est à prévoir. Cet outil compilera tous les résultats déduits de l'analyse quantitative et qualitative établie dans l'objectif de mettre en œuvre un processus de changement organisationnel de l'espace architectural à l'ère du numérique propre au contexte Algérien.

### **7.1. Vers un raisonnement architectural soucieux d'un environnement performant, intelligent et de bonne qualité**

Les usagers quotidiens sont les mieux placés pour orienter les architectes concepteurs dans la création ou la modernisation d'espaces à nouveaux usages en général et dans l'amélioration et l'optimisation de leur fonctionnalité, qualité et intelligence en particulier. Ces espaces, qui peuvent être soit des objets de représentation, soit des supports de pratique, sont le résultat de la coopération des technologies numériques et des pratiques des usagers qui peuvent contribuer à la prise de décision et proposer des corrections aux nouvelles structures contemporaines par leur perception, basée sur l'interaction et l'observation.

Dans la continuité du chapitre précédent, la présente section se focalise sur la discussion des résultats de l'étude qualitative établie au cinquième chapitre, les statistiques descriptives du questionnaire ainsi le croisement des données personnelles des usagers avec les variables qualitatives c'est-à-dire les questions posées basées sur l'échelle de Likert, qui ont été effectués sur les deux cas d'étude et cela selon l'approche proposée au quatrième chapitre. L'interprétation des résultats est très cruciale vu l'importance des leçons qui seront dégagées pour parvenir à une conception d'espace plus approprié aux nouveaux usages dans le contexte algérien.

### **7.1.1. Prouesses architecturales et technologiques pour l'optimisation des usages et pratiques de l'espace architectural**

L'analyse des données recueillies au Cyberparc de Sidi Abdellah et au CIC d'Alger a révélé des similitudes importantes dans les résultats pour la majorité des variables. En effet, les questions dichotomiques qui ont les valeurs 1 pour Oui et 2 pour Non visent à déterminer l'état des lieux complet des bâtiments cas. Les notes moyennes enregistrées vont de 1,0 à 2,0 dans chaque cas. Pour les autres questions qui visent à mesurer la satisfaction des usagers utilisent l'échelle de Likert allant de 1 à 5, les scores moyens enregistrés au Cyberparc vont de 2,97 à 3,91, alors que ceux du CIC se situent entre 3,49 et 4,35.

Les résultats de l'analyse des études de cas présentées dans les deux chapitres précédents (chapitres 5 et 6) montrent que les usagers ont une perception globalement positive des technologies numériques, la majorité d'entre eux estiment que ces technologies sont importantes et indispensables dans le domaine de l'architecture, notamment dans le cadre bâti.

#### **-L'attribut morphologique**

Les résultats du questionnaire démontrent que la planification et le développement architectural du Cyberparc et du CIC d'Alger se sont consciemment effectués par des décisions conceptuelles intelligentes et durables afin de consolider l'identité de l'Algérie à l'ère numérique. Les deux cas optent pour des solutions pratiques pour adapter la construction aux exigences géographiques, morphologiques et topographiques du site d'implantation (Tableau 6.4) et (Tableau 8 en annexe J).

De plus, la forme et le volume des structures interrogées occupent une place centrale et sont basés sur les avancées technologiques de l'architecture moderne et des systèmes structurels spécifiques. Toujours dans la quête de la perfection et de l'excellence, le CIC est construit à l'aide de matériaux innovants et technologiquement avancés ainsi que de courbures de murs et de plafonds conçues sur mesure pour offrir une bonne acoustique. Il est clair que la façon dont les architectes des cas étudiés, abordent les caractéristiques formelles et volumétriques souples, allongées, homogènes et bien connectées, démontrant une compréhension de pointe des compétences en construction. En outre, il est de plus en plus admis que les exigences climatiques d'Alger sont des facteurs importants qui affectent la masse du bâtiment et les forces qui déterminent la bonne orientation des espaces intérieurs.

Contrairement au Cyberparc, nous soulignons que l'environnement immédiat du CIC a été noté de bon à excellent, indiquant que les architectes ont réfléchi au processus opérationnel de leur intégration tout en observant et en comprenant attentivement le paysage et sa relation avec le design épuré, les couleurs harmonieuses, ainsi que l'intégration de la végétation, les plans d'eau et la texture des murs extérieurs...

### **-La qualité spatio-fonctionnelle**

En dépit des constats faits et les mêmes questions attribuées aux usagers des deux bâtiments, nous constatons clairement une différence dans la conception intérieure adoptée et l'exploitation des dispositifs écologiques malgré le fait que les deux aient été soigneusement et intelligemment planifiés par les architectes pour assurer la ventilation et l'éclairage naturel tout en réduisant le besoin de climatisation et d'éclairage artificiel.

A cet égard, on peut noter que les concepteurs du CIC d'Alger tentent de répliquer dans leur conceptualisation des méthodes et des équipements respectueux de l'environnement en utilisant leurs qualités thermiques et esthétiques. Ceci a été accompli en incorporant des patios, des atriums, des jardins d'hiver, des fontaines...pour assurer la transition et la connexion entre l'intérieur et l'extérieur et pour stimuler une ambiance et un confort spécifique au sein d'espaces. De plus, ils ont installé des systèmes permettant une bonne dispersion de la chaleur intérieure. Egalement, les concepteurs du Cyberparc se sont préoccupés de l'aménagement afin d'intégrer des solutions bioclimatiques comme l'atrium et le patio, qui sont cruciales pour les systèmes naturels de refroidissement, de ventilation et d'éclairage.

La conception des espaces intérieurs, quant à elle, est aussi très efficace dans le processus de conception, et est en conformité aux exigences des fonctions et usages ainsi qu'aux besoins des usagers. Au lieu de s'arrêter à la dissolution des murs, à la transparence et à la fluidité, à la multifonctionnalité adoptée dans le Cyberparc, les concepteurs du CIC ont profité des technologies numériques pour permettre aux espaces d'évoluer et de s'adapter à l'activité qui s'y déroule tout en obtenant une vision communicative et un vaste espace modulable avec des meubles flexibles et amovibles et une disposition maniable. Il apparaît également que chacun des sites étudiés apporte une certaine cohérence fonctionnelle, organisationnelle et directionnelle.

Les dispositifs écologiques mis en place, la conception des espaces ainsi la signalisation ont eu des répercussions positives et favorables sur le plaisir et le bien-être des

usagers. Selon les résultats (Tableau 6.5) et (Tableau 9 en annexe J), nous avons constaté que les usagers étaient satisfaits de la présence de ces éléments. Ils les évaluent généralement comme des objectifs importants pour atteindre une meilleure qualité spatiale et fonctionnelle, et en particulier en tant que principaux générateurs de la bonne quantité de lumière et d'air à l'intérieur de leurs environnements.

En résumé, l'interprétation de ces résultats montre que l'adoption d'une variété de dispositifs écologiques ainsi que d'une variété de solution d'aménagement intérieur contribuent à la création d'espaces qui fonctionnent bien spatialement dans le souci de s'éloigner de toute préoccupation de standardisation. À la lumière de cette interprétation, nous affirmons que ces résultats soutiennent leur potentiel d'amélioration du confort thermique, de la ventilation et de l'éclairage naturel.

### **-La qualité sensorielle**

Outre le respect des spécifications morphologiques, la conception intérieure appropriée et d'autres facteurs, une autre considération plus importante lors de la conception est la qualité sensorielle. En examinant les bâtiments et leurs usagers, nous pouvons dire que les indices de qualité sensorielle sont assez similaires dans les deux cas. Lorsqu'on leur a demandé quels aspects du service ils appréciaient le plus sur leur lieu de travail, les usagers ont déclaré que la rapidité et la réactivité, ainsi que le fait de se sentir accueillis, pris en charge et en sécurité, avaient un impact significatif sur leur rendement et leurs performances. Au fait, les fonctionnalités et les aspects esthétiques comme l'harmonie et l'épuration des couleurs, l'élégance, l'eurythmie structurelle, la solidité et l'utilité, la décoration... sont autant de paramètres d'amélioration disponibles dans les deux cas d'étude à l'exception du CIC qui a plus de paramètres et enseignes animés et numériques.

Les répondants de cette section ont éprouvés leur satisfaction à l'égard de leur cadre de vie comme étant une réponse émotionnelle vis-à-vis plusieurs paramètres objectifs et des caractéristiques personnelles des usagers. À la lumière de cet énoncé, il est possible que l'environnement ait un impact direct sur la perception aussi que la satisfaction des personnes interrogées. Les circonstances de la vie contribuent à ce sentiment d'épanouissement et de gratification. En dépit des mêmes questions attribuées aux usagers quotidiens des deux bâtiments, nous constatons clairement une différence de la qualité environnementale intérieure, le confort et l'ambiance... (Tableau 6.6) et (Tableau 10 en annexe J).

Les usagers du Cyberparc sont soumis au bruit des chantiers à proximité, ce qui crée une ambiance sonore entre agréable et insatisfaisante pouvant affecter la réponse de l'interviewé. Concernant les avis des usagers sur le niveau sonore au CIC, la majorité éprouve une satisfaction. Cela s'explique principalement par le contexte, les conditions auxquelles sont soumis le bâtiment dans son ensemble et les espaces en particulier, l'isolation acoustique... On note cependant une performance respectable pour le confort visuel grâce à une optimisation poussée de l'éclairage naturel et à l'utilisation d'un éclairage artificiel suffisamment puissant. Ceci est corroboré par les appréciations positives, moyennes à bonnes, des usagers dans les deux études de cas. Le CIC opte pour un éclairage scénique et de faisceaux de LED qui changent de couleur pour créer différentes ambiances.

En revanche, on peut estimer que les personnes interrogées perçoivent la qualité de l'air comme stable et bonne, permettant un confort olfactif agréable. Nous confirmons que ces réponses ont beaucoup de sens compte tenu de l'orientation et du positionnement des espaces ainsi que de la présence de mécanismes respectueux de l'environnement qui assurent des conditions optimales de ventilation naturelle et de pénétration de la lumière.

La satisfaction sur le confort thermique est fortement influencée par la température qui règne ce jour-là. Au fait, le facteur thermique est considéré favorablement aussi bien en été qu'en hiver pour les deux cas en question. Nous déduisons à partir des données recueillies que l'environnement thermique dans le CIC est généralement bon à exceptionnel par rapport à l'autre bâtiment, permettant une meilleure performance grâce aux propriétés thermiques des matériaux utilisés dans l'enveloppe du bâtiment.

Les résultats montrent que les températures de l'air ambiant à l'intérieur du bâtiment et de ses espaces sont satisfaisantes et sont logiques et cohérentes avec l'emplacement des bâtiments étudiés. Les usagers du CIC et du Cyberparc partagent le même avis et disent que la température de l'eau est généralement bonne par rapport aux conditions météorologiques ainsi que l'humidité est perceptible comme naturelle (Tableau 6.6) et (Tableau 10 en annexe J).

#### **-La performance des services**

Les services et systèmes intégrés au Cyberparc et au CIC ont été développés suite à une étude recherchée. A ce titre, nous déclarons que la présence de badges d'accès électroniques, de systèmes de télésurveillance et d'automatismes de portail a conduit à une bonne appréciation du niveau de sécurité. Concernant les signalisations les plus

fréquemment constatées au CIC, les répondants estiment être plus fréquemment exposés à des signalisations statiques, lumineuses et numériques lorsqu'ils se trouvent dans les zones VIP, contrairement au Cyberparc où les usagers sont plus fréquemment exposés à une signalisation statique uniquement. De plus, les systèmes de contrôle et de gestion automatiques inclus dans le Cyberparc permettent le bon fonctionnement automatique du chauffage, de la ventilation, de la climatisation et de l'humidité (Tableau 6.7) et (Tableau 11 en annexe J).

Cependant, pratiquement aucun des systèmes automatisés qui contrôlent le débit d'air et les nuisances sonores n'est utilisé. Le même constat est rapporté dans le CIC, à l'exception que le niveau sonore est contrôlé par des caractéristiques technologiques et acoustiques sophistiquées. Les paramètres 'température, ventilation, éclairage' peuvent tous être contrôlés manuellement, à distance et automatiquement ; cependant, le système automatisé du GTB offre le plus haut niveau de contrôle, qui est géré par des experts qui supervisent et gèrent les différents services. Encore par les interfaces informatiques, les horaires préprogrammés, voire les interfaces téléphoniques automatisées comme c'est le cas au CIC.

Les deux cas offrent des systèmes d'information et de communication (signalisation numérique, connectivité Internet de haute qualité, positionnement à l'intérieur du bâtiment) pour informer, amuser et communiquer en temps réel. L'équipement audiovisuel et de projection du CIC est à la fine pointe de la technologie, permettant des projections de haute définition conformes aux standards internationaux. De plus, il apparaît qu'ils assurent en quelque sorte l'intelligence artificielle et l'intégration des dispositifs numériques dans les éléments de construction et l'aménagement de l'espace.

Les résultats montrent qu'il existe de nombreux systèmes et techniques éco-énergétiques pour la comptabilisation et la conservation de l'énergie disponibles dans les deux situations. Par ailleurs, il a été découvert que les dispositions et mesures liées à la gestion des déchets et de l'eau, à l'utilisation des énergies renouvelables n'avaient pas été prises en compte pour le Cyberparc. Ce n'est pas le cas au CIC car il intègre des systèmes de traitement des déchets et de recyclage de l'eau pour atténuer les effets négatifs sur l'environnement. Outre le fait que les concepteurs du CIC et du Cyberparc n'ont pas décidé d'utiliser rationnellement les énergies renouvelables, il n'y a quasiment pas eu recours à un système de production d'énergie. On a également noté que les deux cas répondent judicieusement à la gestion économique pour faire converger les rentabilités (Tableau 6.7) et (Tableau 11 en annexe J).

-Par conséquent, l'étude a mis en exergue deux bâtiments représentatifs de l'environnement technologique ayant des usages différents à Alger. Le Cyberparc de Sidi Abdellah et le CIC d'Alger se veulent des lieux idéals pour se détendre, se former, innover, générer...dans un cadre alliant confort, modernité, spaciosité et haute technologie. Cette phase de la recherche se concentre sur les solutions jugées utiles aux architectes et aux gestionnaires pour développer leurs futures conceptions. Et à la lumière de cette expérience, il est conseillé de les intégrer dans les bâtiments modernes à l'avenir.

Dans l'ensemble, le CIC atteint un taux plus acceptable d'inclusion des indices de l'approche développée par rapport au Cyberparc car il cumule des prouesses architecturales et technologiques inédites. Ce qui laisse présager un comportement positif mais qui est encore loin d'être sans faille. En fait, cela met en évidence de nombreux points sur lesquels les concepteurs pourraient se concentrer.

#### **7.1.2. Incidence des données personnelles des usagers sur leur comportement et le degré de leur satisfaction de la performance du BI**

Semblable à l'analyse descriptive du questionnaire, l'analyse de la relation entre certains facteurs de contrôle (sexe, âge, lieu de résidence et carrière professionnelle) et le comportement et la satisfaction des usagers a permis de tirer des inférences fortes. Les résultats des tableaux croisés (Tableau 1 et 12 en annexe J) montrent que la majorité des variables pour les questionnaires distribués au Cyberparc et au CIC sont très similaires. Ils démontrent, à titre d'exemple, que différents facteurs de caractérisation personnelle ont un impact significatif sur la façon dont les usagers apprécient diverses variables. L'analyse des résultats montre que les facteurs de genre et d'âge ont une incidence significative sur le comportement et le degré de satisfaction des répondants car ce sont les facteurs qui sont associés aux leurs attentes et performances. Les résultats ont prouvé que la facilité d'utilisation des services offerts dans les deux cas d'étude, la qualité de service et la conception souple des espaces se traduisent par le désir de le réutiliser et de le revisiter encore et encore, ce qui se traduit par une satisfaction à leur égard.

Sous prétexte qu'il y a une prédominance masculine dans les deux cas d'étude et une différence de perception entre les sexes, les hommes ont montré un comportement plus positif envers presque toutes les variables par rapport aux femmes. Par contre, les femmes sont généralement les plus attentives et les plus sensibles à la conception de l'espace intérieur et aux fonctions qui s'y déroulent. Elles accordent également plus d'attention aux détails ainsi



qu'à l'adhérence fonctionnelle, organisationnelle et directionnelle, et aux ambiances de l'espace intérieur, y compris le confort hygrométrique, visuel, olfactif et acoustique. Elles sont plus exigeantes et ingénieuses à l'architecture du milieu environnant que les hommes, sur la qualité des services qu'elles reçoivent, leur sécurité et leur bien-être. De ce fait, leurs appréciations sont plus fortes et plus sévères que celles données aux hommes.

Concernant les tranches d'âge, les personnes interrogées au Cyberparc entre 20 et 30 ans sont les plus sensibilisées et attentives à l'application des technologies numériques en architecture, ainsi qu'au confort et à la sécurité. Ces enquêtés ont en effet les exigences les plus élevées en matière d'espace et de conception et design car ce dernier c'est l'interface du bâtiment, et il a un rôle dans la consolidation de l'image mentale de l'utilisateur et son impression de lui. Par conséquent, l'esthétique, l'harmonie des couleurs et les nouvelles solutions spatiales doivent être prises en compte lors de sa conception. Contrairement à la conception qui rend l'utilisateur indifférent et réticent à revenir au bâtiment, la conception imaginative, sophistiquée et bien organisée des espaces intérieurs vise à les encourager à l'utiliser. Le même constat est rapporté dans le CIC, notant que les usagers de la tranche d'âge 20 à 30 ans ont un certain niveau de sensibilisation et de prudence vis-à-vis de l'environnement extérieur, de la signalisation et de la qualité de service. Il suit des tranches d'âge de 31 à 40 ans et de 41 à 50 ans et enfin les plus de 50 ans. Les personnes les plus âgées sont moins exigeantes de leur environnement. Elles ne se focalisent plus sur les détails.

Le lieu de résidence et la carrière professionnelle de l'utilisateur permettent d'observer un impact aussi significatif par rapport à plusieurs variables. Ces disparités d'appréciation sont probablement causées par les différents climats à Alger et dans d'autres villes, ainsi que par les différents niveaux d'éducation et du savoir.

Au fait, les graphiques en annexe J qui montrent comment les variables interagissent avec les données personnelles aident à expliquer dans quelle mesure chaque variable a été acceptée par l'échantillon de l'étude sur l'échelle de Likert. Nous avons décidé que la réponse mathématique moyenne du répondant à chaque question devait être la suivante : De 1 à 2,49 : indiquant un niveau d'acceptation faible, de 2,50 à 3,50 : indiquant un niveau d'acceptation moyen, et de 3,50 à 5,00 : indiquant un niveau d'acceptation élevé.

Les répondants du CIC accordent une forte importance relative à l'application et à l'utilisation des technologies numériques car ces variables pointent vers un taux d'acceptation élevé contrairement au Cyberparc qui oscille entre des niveaux moyens et élevés. Pour leur

importance en architecture, les usagers des deux cas indiquent un haut niveau d'acceptation. Et à partir de là, il devient clair pour nous que les deux cas d'étude se soucient dans une large mesure des technologies numériques, et c'est ce qui a été convenu par l'échantillon. Selon l'étude, on peut montrer que les variables environnement extérieur et caractéristiques formelles et volumétriques, se situent à un taux modéré pour le Cyberparc et à un taux élevé pour le CIC. Il devient clair à quel point l'échantillon d'étude est familier avec les lieux et leurs environnements immédiats.

Alors que les espaces et les fonctions, la signalisation et l'orientation ainsi la qualité des services et le bien-être indiquent un taux d'acceptation élevé, comme en témoignent les médianes ou les réponses moyennes des répondants dans les deux cas d'étude (Figures en annexe J). Il s'ensuit que le Cyberparc et le CIC offrent des services efficaces qui répondent aux besoins et aux préférences de leurs usagers ainsi que des solutions spatiales malléables et souples tout en prêtant attention à tous les détails architecturaux (Figures en annexe J).

En ce qui concerne les autres variables qui affectent la sensibilité des usagers, il est à noter que le niveau de bruit, l'éclairage naturel et la température de l'eau du Cyberparc ont tous une valeur modérée selon les réactions de leurs usagers. En revanche, d'autres variables comme le confort thermique en été comme en hiver, l'éclairage artificiel, la qualité de l'air, le taux d'humidité et la sécurité sont portés au plus haut niveau par un taux d'acceptation élevé. Les usagers du CIC donnent à toutes les variables d'excellentes notes selon notre examen des moyennes et des médianes. À la lumière de cela, il est évident que par rapport au Cyberparc, les services offerts au CIC fournissent un large éventail d'utilisations potentielles et des niveaux d'efficacité plus élevés, pleinement satisfaisant aux besoins des usagers.

### **7.1.3. Synthèse des résultats**

A la suite des résultats de l'analyse effectuée par l'approche développée et l'enquête qualitative, nous nous sommes servis d'un troisième outil en l'occurrence l'enquête par questionnaire dans le but de recueillir les informations nécessaires à l'établissement d'un état précis des bâtiments.

Au fait, la corrélation des quatre perspectives -attribut morphologique, qualité spatio-fonctionnelle, qualité sensorielle et performance des services- qui déterminent l'approche développée, assiste comme une base pour obtenir les premiers résultats de cette étude. Cette approche nous a permis le développement et la visualisation objective des différentes

composantes qui constituent les différentes thématiques du questionnaire et a servi de guide pour une phase exploratoire sur terrain.

D'après les premiers résultats, il apparaît que la recherche qualitative ainsi que l'analyse descriptive du questionnaire ont conduit à des résultats très encourageants car nous sommes parvenu à un état complet et affiné de l'environnement du milieu d'étude en ce qui concerne les services assurés, les comportements et les opinions des usagers, les caractéristiques volumétriques et spatiales... Au terme de cette section, un certain nombre de recommandations pertinentes aux résultats de cette première analyse de la recherche peuvent être envisagées afin d'introduire l'idée d'un bâtiment intelligent lors des phases de planification, d'en faire un objectif majeur, de diffuser cette culture et de rendre les investisseurs et les propriétaires conscients de l'importance d'appliquer cette idée aux bâtiments. De toute évidence, ceux-ci sont capables de faire avancer la conception de bâtiments contemporains en Algérie (Laraba & Derradji, 2023). Ces recommandations se résument comme dans les points suivants :

-Prise en compte des caractéristiques géographiques, morphologiques et topographiques pour garantir un meilleur fusionnement du site d'implantation et une orientation idéale.

-Exploitation des ressources en énergies renouvelables locales- éolienne, énergie solaire...- pour transformer un bâtiment en un produit énergétique, intégration aussi des systèmes de recyclage des eaux usées et pluviales et de traitement des déchets pour réduire l'impact négatif sur l'environnement.

-Utilisation des matériaux associés aux nouvelles technologies disponibles sur le marché local et les intégrer dans le bâtiment afin de réduire les consommations énergétiques et d'accroître le confort.

-Utilisation de la végétation et des plans d'eau pour assurer une continuité visuelle harmonieuse avec l'environnement.

-Incorporation de quelques dispositifs écologiques 'atrium/patio' pour atténuer les problèmes d'inconfort et aussi pour un meilleur contrôle de ventilation et d'éclairage naturels.

-Promotion de la durabilité à long terme, amélioration de l'efficacité énergétique et modération de l'utilisation de matériaux intelligents.

-Affermissement des systèmes automatisés, des dispositifs et des capteurs intelligents afin de servir un maintien et une communication plus efficaces, en procurant une meilleure atmosphère.

-Optimisation des systèmes d'information et de télécommunication (signalisation digitale, une connexion à internet de qualité, positionnement en intérieur du bâtiment..) afin d'informer, divertir et communiquer en temps réel.

-Assurance des moyens de mobilité, la sûreté et sécurité pour une meilleure surveillance et des conditions de vie améliorées.

-Construction des espaces architecturaux adéquats répondants à la fois aux différentes formes d'adaptabilité, souplesse, fluidité et flexibilité...et aux besoins des usagers.

-Création d'un environnement sensationnel, innovant et ambiant, de bonnes qualités lumineuses, visuelles et sonores et productif à un niveau optimal.

-Réflexion à des solutions économiques en utilisant des stratégies efficaces pour la gestion du coût, du temps et des ressources...

## **7.2. Corrélation d'indices continus pour l'optimisation de la conception architecturale contemporaine**

Cette section examine les relations qui existent entre des variables particulières à la suite de croisements potentiels effectués dans les deux cas d'étude. Dans ce contexte, l'étude a révélé qu'un certain nombre de corrélations étaient présentes. Celles-ci sont examinées pour aider à la compréhension et à l'identification des éclaircissements et des conclusions puissantes. Nous déterminerons également si ces corrélations ont réussi ou non à créer une nouvelle cartographie des variables.

Cette partie tente de se concentrer sur la façon dont les résultats des tests effectués - les tests de normalité, le test de corrélation bivariée de Spearman, le test de consistance et de cohérence internes, les analyses factorielles ACP et les analyses matricielles des composantes après rotation Varimax avec normalisation de Kaiser - doivent être interprétés. Ces tests ont déjà été présentés et décrits au chapitre 6. Considérons que les résultats de l'étude devraient être utilisés pour augmenter l'homogénéité des informations et des données et pour les compresser afin que les architectes puissent les prendre en compte à toutes les étapes du développement de futurs bâtiments novateurs.

En suivant les recommandations, nous espérons que les conceptions contemporaines algériennes progresseront dans les années à venir.

### **7.2.1. Répercussion des corrélations entre variables sur les exigences spatiales, les souhaits des usagers et leur perception de l'espace**

Sur la base de la corrélation des variables ordinales, nous nous rendons compte de la présence de trois types de corrélations 'fortes, moyennes et faibles'. Cette étape garantit que les indices d'appréciation sont mis en œuvre de manière cohérente et simple.

Une corrélation a été établie entre les différentes catégories de confort – thermique, visuel, hygrothermique, olfactif et acoustique – et la sécurité ; cela souligne l'importance et la nécessité d'une bonne planification de la sécurité et de la bonne conception des conditions de l'environnement sensoriel. La meilleure façon d'améliorer la qualité et la performance de l'environnement intérieur et d'assurer un mode de vie sain et confortable à l'intérieur des espaces du contexte étudié - est d'agir sur la base de ces paramètres clés, y compris les moyens techniques automatisés et les stratégies de conception passives par lesquels le confort et la sécurité sont atteints. Au fait, nous pouvons avancer que la productivité et l'efficacité des usagers du Cyberparc de Sidi Abdellah et du CIC d'Alger sont définies par l'ambiance de l'espace. Elles sont étroitement liées aux exigences environnementales intérieures en matière d'éclairage, de ventilation, de qualité acoustique, de sécurité, de chauffage et de refroidissement.

En explorant la littérature, l'étude des bâtiments intelligents a révélé de nombreux éléments et dimensions caractérisant ce type émergent au cours des dernières décennies. Ces caractéristiques sont profondément jointes aux technologies TIC intégrées qui visent à procurer des environnements de vie convenables afin de favoriser le confort, le bien-être, la sécurité et les actions d'économie d'énergie. Par conséquent, une caractéristique distinctive des bâtiments intelligents est le sentiment de sécurité et de confort des utilisateurs procuré par l'automatisation fonctionnelle (Ghaffarian et al, 2013). De nombreuses études se sont concentrées sur l'attribut principal du confort qui définit les bâtiments modernes du point de vue de l'architecture et des technologies de l'information. Ils se concentrent sur les caractéristiques du milieu environnant comme le confort et l'atmosphère agréable (Fathian & Peyman, 2006; Wong & Li, 2008; Brad & Murar, 2014 ; Osama, 2018).

Les espaces et les activités qui s'y déroulent dans le Cyberparc présentent également une forte corrélation avec la qualité des services et le niveau sonore, ainsi qu'une corrélation

faible mais toujours significative avec la quantité d'éclairage naturel et artificiel, la qualité de l'air et le confort thermique. Contrairement au CIC qui présente des corrélations moyennes entre les qualités spatiales et le niveau d'éclairage ainsi le confort thermique. Cet état de fait se justifie par la nouvelle image architecturale des espaces avec de nouvelles expériences spatiales, de nouvelles dispositions et supports qui permettent aux usagers de naviguer plus facilement, conduisant à une plus grande satisfaction à l'égard des services offerts. Ainsi, c'est sans aucun doute l'environnement intérieur, agissant comme régulateur des ambiances intérieures et créateur d'une atmosphère saine, agréable et équilibrée, qui a un impact significatif sur la façon dont l'utilisateur perçoit l'espace et l'utilise pour les meilleurs services opérationnels et pour maximiser leur satisfaction.

Dans ce contexte, les chercheurs considèrent actuellement la gestion intelligente de l'espace architectural comme une technique prometteuse d'un bâtiment innovant et performant. En effet le travail de Raymond J. Cole & Zosia Brown indique qu'une bonne réflexion sur la conception des espaces et leur flexibilité d'usage, qui tient compte des états émotionnels des usagers, est indispensable dans la perspective de l'évolution rapide des organisations et des pratiques des usagers (Raymond & Zosia, 2009). En fait, l'intégration des nouvelles technologies à la pratique architecturale a changé la façon dont les gens utilisent l'espace et produit de nouvelles spatialités expressives (Carlos Zerpa, 2013).

Ces espaces, résultat d'une conception et d'une construction intelligentes, se transforment en environnements plus flexibles et adaptables, réactifs, communicants, expansifs, visuellement illimités et transformables en fonction de la situation... Cela démontre que les changements d'utilisation de l'espace entraînent une nouvelle spatialité et ont un impact significatif sur le bien-être des usagers car ils utilisent leurs facultés visuelles pour recueillir des informations sur leur environnement et les appliquer à leur expérience à l'intérieur de l'environnement bâti. En s'appuyant également sur la littérature, on peut dire que les bâtiments et les espaces intelligents mettent davantage l'accent sur l'adaptabilité et la gestion de l'espace, offrant une approche plus centrée sur l'utilisateur et augmentant la productivité à mesure que la satisfaction des utilisateurs augmente (Drewer & Gann, 1994) (Holopainen et al., 2014).

L'analyse des résultats de la corrélation de Spearman des deux cas d'étude révèle l'existence d'une corrélation forte avec une valeur significative entre la signalisation et l'orientation avec les espaces et les fonctions, la qualité des services, ainsi le niveau sonore... (Tableau 2 et 14 en annexe J). Cela reflète que les éléments de repère fonctionnel,

organisationnel et directionnel ont une répercussion directe sur les exigences spatiales, les souhaits des usagers et leur perception de l'espace. Cette variable présente d'autres corrélations moyennes et faibles pour le niveau d'éclairage naturel et artificiel, la forme et le volume, la qualité de l'air, les technologies numériques et la sécurité qui présente quant à elle des corrélations relativement faibles avec les aspects formels et volumétriques, le bien-être et les ambiances pour le Cyberparc. Cette variable présente également des corrélations fortes, modérées et faibles avec le numérique, l'environnement extérieur et les paramètres environnementaux... (Tableau 2 et 14 en annexe J). Par conséquent, il est important de suivre les formes de composition morphologiques tout en s'engageant dans des processus de pensée innovants. Cela confirme ce qui a été suggéré dans la littérature selon laquelle l'utilisateur cherche à travers la technologie à contrôler et maîtriser les masses extérieures et les espaces intérieurs innovés en créant un environnement adapté à ses besoins (Faysal & Basma , 2017).

Nous avons également étudié la relation entre les caractéristiques physiques et volumétriques du Cyberparc, leur environnement extérieur et les caractéristiques perçues. Les valeurs indiquées dans les tableaux de résultats des deux cas d'étude (Tableau 2 et 14 en annexe J) montrent des corrélations relativement faibles mais intéressantes comme aboutissement, il y a d'autres mentionnées comme des corrélations moyennes et fortes dans le CIC. En se basant sur ce qui précède, on pourrait déduire que le contexte externe a un impact significatif sur la façon dont le Cyberparc et le CIC sont perçus, ce qui à leur tour affectent les états émotionnels des usagers. Ainsi, en intervenant activement sur les attributs morphologiques et les paramètres environnementaux, nous pouvons quelque peu réguler notre état émotionnel. Ce constat suggère et oriente notre travail vers le développement des bâtiments et espaces architecturaux à partir des idées de l'approche développée.

Pour conclure, l'analyse des données recueillies et des informations couvertes dans les chapitres précédents a clairement indiqué qu'il y avait quatre attributs principaux qui caractérisent les deux cas d'étude. Tout d'abord, ils offrent un environnement confortable qui favorise des normes élevées de qualité et de productivité. Ce sont communicants car, entre autres, ils interagissent avec leur environnement et leurs utilisateurs par le biais de systèmes techniques automatisés. Etant donné qu'ils sont connectés à des infrastructures de services qui assurent la sécurité, la surveillance et le contrôle, ils sont sécurisés. Enfin, ils garantissent des environnements intérieurs et extérieurs idéaux en influençant directement les perceptions des utilisateurs, qui à leur tour affectent leurs interactions et leur comportement.

### 7.2.2. L'analyse factorielle : un modèle conceptuel fructueux pour la mise en œuvre de bâtiments de haute qualité, efficaces et intelligents.

L'observation de corrélations des deux cas d'étude ne nous permettrait cependant pas de conclure sur la nouvelle cartographie des différentes variables étudiées. Les entretiens préliminaires sont ce qui complète les observations statistiques et augmente l'homogénéité des données pour tirer une éventuelle conclusion. Par ailleurs, la corrélation des variables qui correspondent à la méthodologie développée au chapitre 4 suggère que leur utilisation dans les structures futures peut se faire avec finesse et simplicité. Après avoir rassemblé les données nécessaires pour les deux cas d'étude et les avoir appariées à l'analyse factorielle ACP, cette dernière fournit une représentativité des variables avec une part significative de la variance pour le cas du Cyberparc seulement (76,255%). Par conséquent, ce test met en évidence certaines limites d'application dans le cas du CIC d'Alger compte tenu de l'inadaptabilité des variables (17) avec le petit nombre de réponses (55). Afin d'assurer une représentativité plus précise du milieu étudié, une différence significative entre le nombre des indices et des usagers doit être figurée pour son application au contexte étudié.

Suite à l'analyse matricielle des composants post-rotation, six clusters clés ont été choisis pour définir un modèle conceptuel facilitant la mise en œuvre de bâtiments de haute qualité, efficaces et intelligents (Figure 7.1). Ces six composantes sont les suivantes : la qualité thermique visuelle, la performance et l'efficacité de l'environnement intérieur, la construction et la technologie numérique, l'homogénéité d'implantation, la solennité des technologies numériques, le recours à la gestion machinale et l'interrelation entre eux.

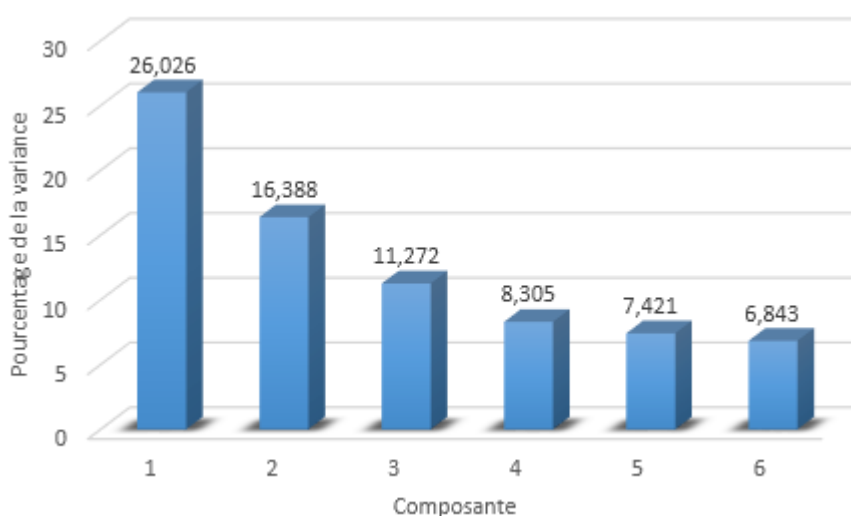


Figure 7.1: Variance totale des six composantes. Source : Auteur, 2022



La qualité thermique visuelle se veut un succès efficace et durable pour le plus grand plaisir des usagers à travers les paramètres qui améliorent le confort sur le plan thermique et rendent l'espace architectural plus fonctionnel, attrayant, captivant et agréable à vivre. De plus, il existe des indices qui affectent le visuel, tels que la solidité, l'apparence, la beauté et l'intégration harmonieuse d'un bâtiment dans son milieu environnant, ainsi que la façon dont les éléments architecturaux changent, réagissent, se déplacent et se modifient au fil du temps en réponse à la demande des usagers.

La performance et l'efficacité de l'environnement intérieur font référence aux technologies et pratiques numériques qui modifient l'espace, la surface, le circuit, le mobilier et l'agencement pour créer une nouvelle expérience spatiale. Le nouvel espace architectural est en fait polyvalent et multi-usage car il est lié à l'aménagement spatial et peut passer d'une fonction à une autre ; convertible car il est associé aux changements d'usage. Il est également réactif puisqu'il a la capacité de répondre aux besoins de ses usagers dans le but d'améliorer leur qualité de vie.

La construction et la technologie numérique visent à révolutionner le processus de production de l'architecture par l'utilisation des solutions de pointe et l'efflorescence formelle non standard. Ceci est accompli grâce à l'utilisation de nouveaux types de matériaux sensibles, adaptables et intelligents, des enveloppes intelligentes qui peuvent changer avec leur environnement, de composants de construction interactifs qui peuvent réagir aux corps à proximité et, enfin, de systèmes structurels spécialisés.

Parce que le bâtiment accueille des événements toute l'année, l'homogénéité d'implantation est cruciale. Il doit favoriser de nouveaux ingrédients de modernité et de développement durable, par le biais des différents éléments techniques et approches environnementales. Il doit être sensible à l'écologie, être soucieux de l'énergie, être économe en termes de consommation d'énergie et d'eau et peu polluant en termes des dépenses.

La solennité des technologies numériques s'exprime dans les systèmes et infrastructures intégrés d'information et de communication qui permettent aux bâtiments de réagir plus rapidement et plus efficacement aux conditions changeantes.

Le recours à la gestion machinale fait référence aux systèmes automatisés qui améliorent la gestion et le contrôle des services du bâtiment tels que l'éclairage, la gestion de l'énergie, la détection des incendiaires, la sécurité et le contrôle d'accès. Ces systèmes contrôlent aussi le chauffage, la ventilation et la climatisation.

En raison des six clusters précédents, le bâtiment peut attirer les usagers non seulement pour sa fonction et son usage, mais aussi pour le voir en mouvement et en animation par exemple. De ce fait, le bâtiment est devenu utilisable et génère des revenus substantiels tout au long de son cycle de vie, couvrant ses coûts de construction, d'exploitation et de maintenance. En conséquence, il est recommandé aussi de les user en particulier dans des villes métropolitaines telles que Alger, car elles permettent le multi fonctionnement des bâtiments futuristes et offrent un revenu important grâce à la multi utilisation, à l'efficacité énergétique obtenue et aussi à son attraction.

Finalelement, ce modèle n'est pas fait d'éléments banals, il fait plutôt référence à un groupe de solutions optimales mises en œuvre qui rentrent dans le cadre de l'intelligence, de l'automatisation, de la réactivité, de la connectivité, de l'efficacité énergétique, de la durabilité, ainsi que de la conception architecturale flexible et adaptable...En effet, les concepteurs doivent agir sur tous ces paramètres, et aller de l'avant en trouvant des alternatives aux problèmes récurrents, tester leur efficacité pour aboutir à des conceptions contemporaines intelligentes et durables tout au long de leur cycle de vie. Kell souligne qu'un facteur commun à ces paramètres est - l'intelligence de l'occupant - dans lequel le bâtiment permet explicitement à ses utilisateurs de procéder aux ajustements appropriés des conditions environnementales dans leur lieu de travail ou de vie (Kell, 2005).

### **7.2.3. Synthèse des résultats**

À la lumière des résultats obtenus, l'analyse de corrélation et l'analyse factorielle (ACP) assurent le contact direct avec les nombreuses variables caractéristiques du milieu d'étude. Elles ont des résultats palpables sur l'étape précédente 'l'analyse descriptive et le croisement des données personnelles avec les variables continus' et assurent que les indices correspondant à chaque attribut de l'approche sont mis en œuvre avec une certaine cohérence et simplicité.

De plus, cette deuxième étape d'analyse du questionnaire est complémentaire aux outils utilisés dans la première étape car elle recèle un potentiel important pour l'analyse statistique du questionnaire et a conduit à des développements très encourageants vers une compréhension complète et affinée de l'environnement de l'étude. Les résultats de la corrélation des variables et leur nouvelle cartographie seront utilisés pour vérifier l'applicabilité de l'approche développée, affiner les circonstances de sa mise en œuvre et tirer des leçons sur les futures stratégies à envisager pour son utilisation dans d'autres contextes.

En étudiant les facteurs qui pourraient conduire à la création d'un espace plus efficace, intelligent, économique et adapté aux besoins des utilisateurs, les résultats contribuent à l'amélioration de l'espace architectural et identifient les principaux objectifs et enjeux de son affermissement. Les deux étapes jouent un rôle essentiel dans le processus d'optimisation en réunissant une variété d'outils et de stratégies. Elles permettent de représenter fidèlement l'environnement réel de l'étude et d'offrir un cadre adéquat en tenant compte de tous les facteurs propres au milieu étudié. Il est assez utile à ce stade de suggérer des recommandations émanant de la synthèse des résultats et qui sont en parfaite cohérence avec la littérature (Figure 7.2).

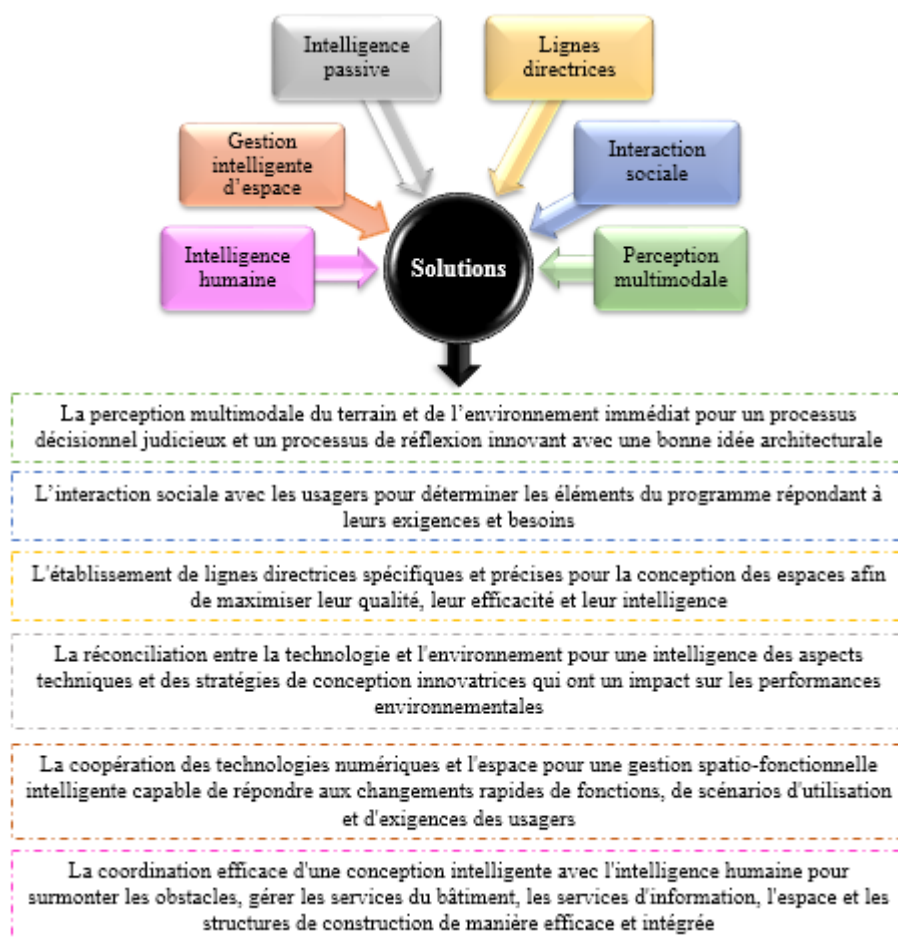


Figure 7.2 : Quelques recommandations suggérées pour l'optimisation de la conception de bâtiments intelligents. Source : Auteur, 2022

### 7.3. Conception et usage de l'espace architectural contemporain à travers un processus de changement organisationnel fonctionnel relatif au contexte algérien

Dans les chapitres précédents, nous avons proposé une approche pour valoriser la performance, la qualité et l'intelligence des espaces architecturaux à l'ère numérique

(Chapitres 4). Nous avons mené une étude qualitative et quantitative utilisant une enquête par questionnaire pour examiner les facteurs susceptibles d'améliorer et de moderniser l'espace architectural (Chapitres 5 et 6). Afin d'encourager une évolution continue des usages dans les futures structures algériennes contemporaines, nous achevons cette recherche par des recommandations de mesures et actions destinées aux concepteurs, responsables de l'édification et gestionnaires en utilisant les connaissances collectives que nous avons acquises via nos travaux de recherche.

Puisque nous proposerons des suggestions facultatives et adaptées aux spécialistes en la matière, ces connaissances ont été organisées comme un outil d'aide à la décision pouvant être utilisé dans divers contextes. Cet outil contient un certain nombre de considérations importantes, notamment : la gestion de la qualité spatiale, la gestion des services et des systèmes automatisés, la gestion des communications, la gestion de l'environnement et des technologies passives, la gestion et la maîtrise des coûts du bâtiment. Nous définissons également le public auquel s'adresse cet outil ainsi que son échelle spatiale et temporelle pour présenter les principes directeurs nécessaires à la prise de décision dans le processus de changement organisationnel en Algérie.

Dans cette section, nous fournirons les résultats de la recherche basés sur des observations de terrain et les résultats de nos travaux antérieurs (l'enquête et l'état de l'art). Nous les utilisons comme une base de données pour inciter les architectes à les prendre en compte et à les intégrer pour un développement significatif et une reconstruction de l'ossature de nos bâtiments algériens. Les résultats soutiennent également la littérature antérieure selon lesquels les perspectives et leurs indices sont non seulement collaboratifs à de meilleures conceptions et constructions contemporaines, mais également, elles demeurent efficaces pour l'environnement intérieur et extérieur, la communication, le confort et la sécurité des usagers.

### **7.3.1. Adoption d'un nouveau vocabulaire dans la conception de nouvelles structures**

Malgré la diversité des paysages, des milieux architectoniques, des niveaux de connaissances intellectuelles et de l'extraordinaire ferveur numérique du pays, la grande majorité des structures et des équipements en Algérie adhèrent aux mêmes principes de conception. Cela a des effets directs sur le sentiment de confort, de sécurité et de communication des usagers ainsi que sur l'environnement interne et externe.

Puisque nous vivons actuellement à l'ère du numérique, toutes nos pratiques ont changé. Afin de trouver des solutions conceptuelles efficaces aux problèmes communs en Algérie, les architectes concepteurs ont maintenant une nouvelle façon de penser sur la façon de concevoir et de créer l'architecture des espaces et des bâtiments en utilisant la diversité de nos environnements et leurs qualités distinctives.

Au fait, chaque projet architectural suit un parcours précis, mais lorsqu'il s'agit d'un mode transformable et changeant, l'aboutissement n'est pas évidemment le même. Pour ce faire, notre objectif dans cette recherche est d'identifier des alternatives qui pourraient bouleverser cette conception conventionnelle et encourager le changement continu dans les différents processus utilisés pour développer les futures structures algériennes contemporaines.

Par ailleurs, l'optimisation de l'espace architectural en particulier et l'ouverture de l'étendue conceptuelle, imaginative et créative est une tâche difficile qui nécessite une compréhension approfondie du processus de transformation et de changement. De plus, comme le bâtiment est l'endroit où les utilisateurs passent la majorité de leur temps et où se déroulent les activités quotidiennes soit de vie soit de travail, nous considérons qu'il est de notre responsabilité de répondre à leurs besoins en utilisant des solutions alternatives intelligibles. De plus, cette variété de solutions qui abordent la qualité fonctionnelle spatiale, les attributs morphologiques, la performance des services et les mesures liées à l'esthétique, au design, à la qualité, aux harmonies et à l'élégance architecturale... constituent une préoccupation fondamentale à l'échelle architecturale.

Sur la base de la discussion des résultats de l'étude, il est envisageable d'adopter un nouveau vocabulaire et de développer un outil d'aide à la décision en se concentrant constamment sur la pertinence, l'objectivité, la simplicité, l'exactitude, la disponibilité, la représentativité, la sensibilité... en matière des indices et leurs équivalents qui pourraient conduire à un espace plus efficace, intelligent, économique et approprié aux besoins des usagers. À cet égard, nous avons posé une question ouverte à un groupe d'architectes, de développeurs d'idées, de responsables de l'édification et de gestionnaires de bâtiments pour savoir s'ils pensaient qu'un outil d'aide pourrait être bénéfique et utile pour eux et pour l'Algérie (Annexe K).

La majorité des répondants ont dit que oui, il est nécessaire et très utile afin de créer une Algérie nouvelle. Cependant, il faut préciser que cet outil s'adresse aux organisations

qui souhaitent modifier leurs procédures de travail ; il ne doit pas être trop rigoureux car chaque organisation fonctionne de manière unique. Certains répondants ont laissé entendre que s'il y avait une volonté politique d'appuyer cette idée, tout le monde changerait parce qu'il s'agit d'un plan stratégique d'une mutation organisationnelle. À ce stade, il est crucial d'entamer le processus d'amélioration et d'optimisation dont l'organisation a besoin pour continuer à fonctionner et s'avancer.

Les différentes parties de notre travail de recherche ont alimenté l'outil d'aide qui sera présenté dans la section suivante. Grâce à l'utilisation d'entretiens, de questionnaires et les recommandations extraites, nous avons pu progressivement améliorer notre compréhension du terrain d'étude. Les recommandations ont permis un développement constructif de l'outil. Celui-ci a été alimenté d'une réflexion personnelle et de recherches bibliographiques sur les outils, méthodes et logiciels disponibles pour évaluer la performance et l'intelligence des espaces architecturaux ou urbains (Laraba et al, 2018). Le cadre de recherche décrit dans le chapitre 4, ainsi que la discussion des résultats, ont permis l'organisation de cette proposition d'outil. La somme de ces connaissances variées et développées liées à la recherche a permis de formuler des recommandations aux organisations souhaitant modifier leur fonctionnement afin de tirer parti des avantages du numérique et de produire des structures efficaces, intelligentes et de bonne qualité (Figure 7.3).

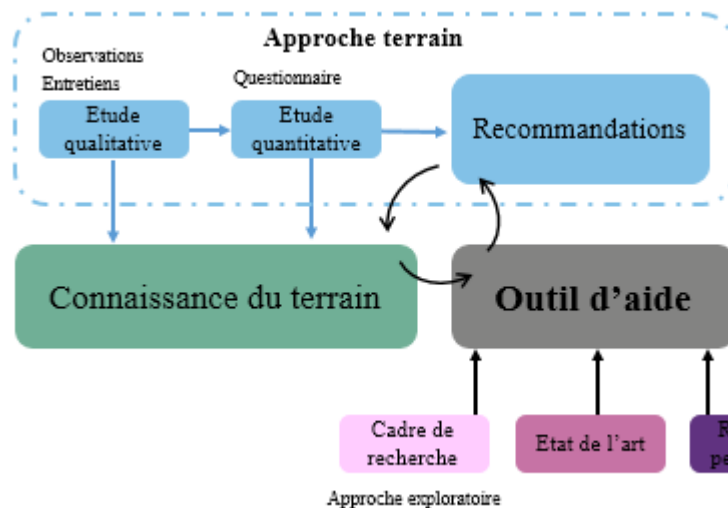


Figure 7.3 : Méthode pour le développement de l'outil d'aide. Source : Auteur, 2022

### 7.3.2. L'outil d'aide : une solution efficace pour réactualiser les usages aux futures structures contemporaines algériennes

L'origine de l'idée de conception architectural peut provenir d'approches diverses, telles que l'analogie, la métaphore, la métamorphose. L'une des méthodes employées dans la

création et l'invention de l'architecture est la reprise de mécanismes et de caractéristiques spécifiques d'origine naturelle, biologique, mécanique comme source d'inspiration, modifiée en un système de composition architecturale ; formelle, spatio-fonctionnelle ou structurelle, ce qu'on appelle l'architecture biomorphique ou biomimétique. Dans le même ordre d'idées, l'outil référentiel a été développé en s'appuyant à la fois sur la réflexion personnelle, la recherche bibliographique et les thématiques et les indices optés dans l'approche exploratoire, adaptés à l'environnement local tout en tenant compte de la complexité et de la diversité des situations considérées. Certes, plusieurs chercheurs, organismes professionnels et instituts des bâtiments intelligents du monde entier ont mené de diverses recherches sur les outils et méthodes conventionnels d'évaluation de la performance des espaces architecturaux ou urbains notant : IBI (Intelligent Building Index), MATOOL, BIQ (Building Intelligence Quotient), TIBA (Taiwan Intelligent Building Association)... Ces méthodes sont des références internationales basées sur un certain nombre d'indicateurs et de critères ainsi que sur un large éventail de facteurs qui permettent de quantifier ou de calculer le niveau d'intelligence dans un lieu donné.

Cependant, l'outil référentiel est totalement différent en termes de dispositifs et de processus élaborés, de résultats attendus et de la manière dont il est défini. Il s'agit de mettre en place un processus fonctionnel dans un contexte algérien afin d'apporter des réponses aux problématiques posées qui se résument dans le manque d'une aide informative censée fournir des sources de données fiables à prendre en considération dans les différents processus d'élaboration des projets précurseurs en matière de technologie.

Par conséquent, nous prenons au sérieux le concept d'adaptabilité et le considérons comme étant le principe directeur du processus d'optimisation. Nous couvrirons toutes les facettes de l'outil dans cette partie.

### **-Les buts et les visées de l'outil référentiel**

L'outil référentiel a une triple visée, d'une part il sera un outil d'optimisation de la performance, la qualité et l'intelligence des espaces architecturaux. D'autre part, il est un support efficace et puissant qui va contribuer à moderniser la conception, d'apporter des correctifs et promouvoir une évolution continue des usages aux futures structures contemporaines algériennes. Il constitue ainsi un vrai outil d'aide à la décision. En effet, les buts attendus de cet outil sont les suivants :

- Confirmer l'impact des technologies numériques sur la conception et l'usage de l'espace architectural.
- Spécifier les perspectives d'optimisation de la qualité, la performance et l'intelligence des espaces architecturaux.
- Intervenir dès les premières phases d'élaboration d'un projet architectural.
- Permettre aux designers concepteurs de vérifier leur travail, au fur et à mesure des étapes d'élaboration du projet architectural et de revoir les lacunes pour choisir la meilleure alternative et prendre ainsi la meilleure décision.

Relativement aux buts attendus par notre outil, nous sommes amenés à émettre les visées suivantes :

- Faire entrer notre pays à cet ère numérique passant d'une entité statique à une entité dynamique et active.
- Généraliser l'utilisation des nouvelles technologies dans les bâtiments conçus en Algérie.
- Contribuer au développement du secteur économique du pays.
- Concevoir technologiquement des bâtiments à usages différents.
- Booster l'innovation, la créativité, la formation, l'exposition et la communication via ses bâtiments et leurs usagers.

#### **-Les enjeux de l'outil référentiel**

Aller vers l'avenir avec des progrès intelligents nécessite une architecture plus efficiente et des bâtiments plus durables, automatisés, fluides, transformables, ouverts et interactifs afin de faire face aux exigences futures. En fait, les enjeux à relever ne font pas seulement référence à l'automatisation, la durabilité et à l'intelligence artificielle ; mais, bien au-delà, ils touchent également : le bien être des usagers, la manière de vivre de nouvelles dimensions spatiales et l'ouverture de l'étendu conceptuel, imaginaire et créatif.

#### **-Les destinataires de l'outil référentiel**

L'outil est destiné aux bureaux d'études, plus particulièrement aux architectes et designers habitués à gérer des projets architecturaux de petite et grande envergure et à collaborer tout au long du processus de conception architecturale. Ils doivent suivre tous les développements technologiques récents, pour le dire autrement. De plus, à toute organisation souhaitant mettre en place une nouvelle méthode de travail qui se concentre principalement



sur le processus de changement et de mutation. Puisqu'il s'appuie sur des exigences établies lors du processus de programmation, il est également pertinent pour les acteurs en charge de la programmation architecturale, ainsi que les innovateurs, les formateurs, et ceux en charge de l'édification des références réglementaires. Ajoutant aussi les gestionnaires d'immeubles et les responsables des systèmes de surveillance et de contrôle (Figure 7.4). Tous ces destinataires déterminent des scénarios qui incluent un large éventail de possibilités alternatives viables. Par conséquent, leur principale responsabilité est de satisfaire les demandes et les besoins des usagers de l'espace, avec l'aide de la technologie numérique et d'offrir des bâtiments confortables et de bonne qualité.



Figure 7.4 : Les acteurs auxquels l'outil référentiel est destiné. Source : Auteur, 2022

### **-L'échelle spatiale et temporelle de l'outil référentiel**

Suivant les objectifs et les visées spécifiés ci-dessus ainsi la causalité entre les technologies numériques et l'espace architectural, nous allons spécifier l'échelle spatiale et temporelle de l'outil d'optimisation. Au premier lieu, notre réflexion est portée sur plusieurs échelles spatiales celles du quartier ou plus largement la ville et vis-à-vis l'intérêt particulier au point le plus affecté par les affermisements technologiques et les dispositifs intelligents, nous avons focalisé notre choix sur l'échelle locale qu'est le bâtiment. Ce dernier a une forte interaction avec l'automatisation des systèmes, la durabilité et les solutions écologiques, la santé et le bien-être, l'homogénéité de la forme et du volume... Cela confirme que l'outil doit prendre en compte de nombreux aspects relatifs au bâtiment qui se présente comme un centre de focalisation et un catalyseur pour des échelles plus grandes.

Dès lors, nous avons essayé aussi de cerner l'échelle temporelle pour situer l'outil dans le temps. La réalisation des bâtiments intelligents passe par une chaîne chronologique et s'inscrit dans un parfait continuum, cette chaîne n'est plus linéaire avec les méthodes traditionnelles qu'on a appris à travailler avec ; mais devient une série d'évolutions simultanées qui nécessitent des innovations et des solutions intelligentes dans le domaine de

l'ingénierie, la gestion de l'énergie, l'informatique et la télécommunication... En effet, la genèse de ces bâtiments se multiplie en de nombreuses phases ; allant de la phase de programmation, à la phase de leur conception et construction puis à l'installation des équipements jusqu'à leur réception, mise en main et sensibilisation des utilisateurs à leur fonctionnement afin de les aider à les exploiter.

La figure suivante illustre la situation de notre outil vis-à-vis les étapes d'élaboration d'un bâtiment contemporain (Figure 7.5). Notre outil se veut être applicable à la phase de programmation et de conception mais surtout à la phase de construction, de réception et d'utilisation, or, les dernières phases constituées de la démolition et la réhabilitation se situent en dehors du contexte de notre outil. En conséquence, ce qui suit traite et discute les phases prises.

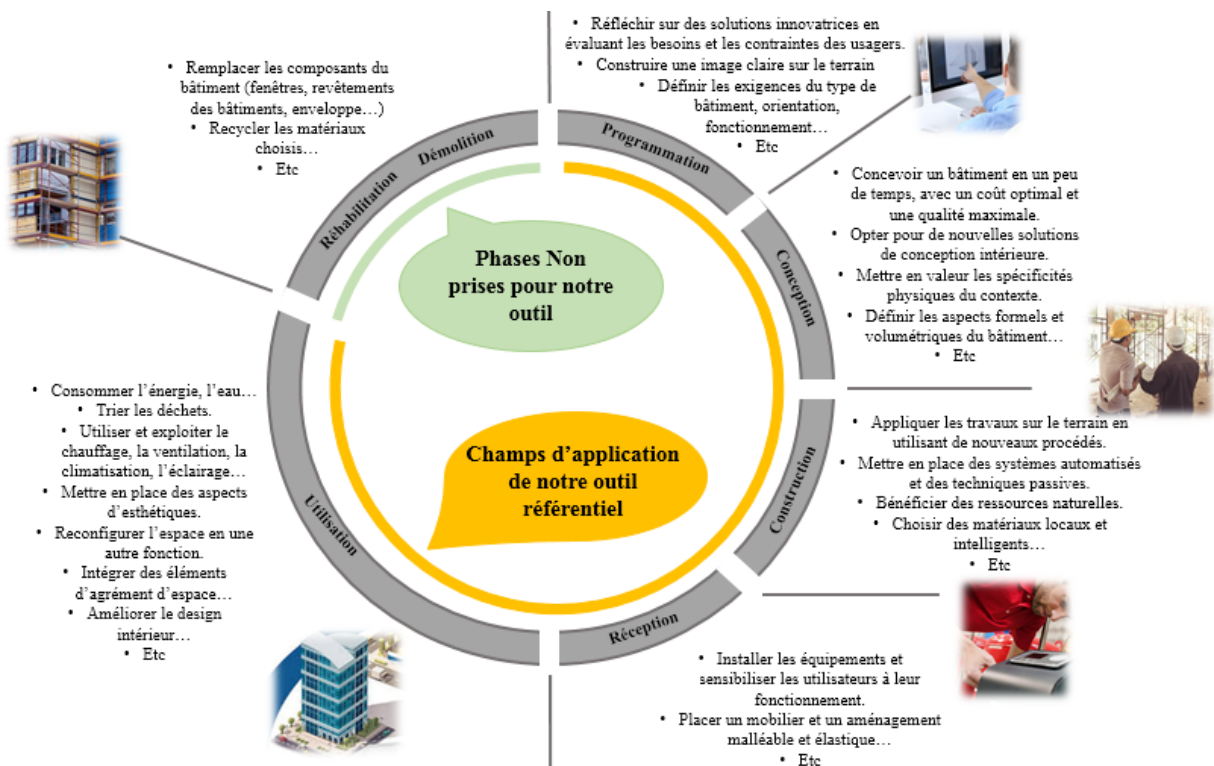


Figure 7.5 : Positionnement de l'outil par rapport aux différentes phases d'élaboration d'un projet architectural. Source : Auteur, 2023

Une coopération et une communication efficaces sont essentielles pour concevoir des projets réussis. Afin de cerner les limites de la conception lors de la planification, les acteurs en charge de la programmation architecturale doivent d'abord écouter et suivre les demandes et besoins des usagers ou propriétaires. Ils doivent porter sur toutes les spécificités qui affectent les nouvelles conceptions, telles que les études de faisabilité, la sensibilité aux caractéristiques géographiques, morphologiques et topographiques du site, les exigences du

bâtiment à construire, les contraintes de coût du projet, la qualité de l'environnement interne et externe, la définition de la stratégie technologique, le travail avec normes. Chacune de ces options doit être discutée et décrite avant d'être incluse dans le cahier des charges.

Étant donné que la technologie numérique est un puissant outil de créativité et de génération d'idées, le processus de conception en bénéficie car elle permet la communication entre le bâtiment et son utilisateur ou propriétaire prévu, ainsi que leurs services, avant que le bâtiment ne soit jamais construit, et cela à travers la maquette numérique. Cet outil, qui contient des données structurées et intelligentes, révolutionne la façon dont les bâtiments et les espaces sont développés, conçus, créés et gérés en facilitant la conception, la visualisation, la simulation et le travail collaboratif tout au long du cycle de vie du projet. L'élément clé de la maquette numérique est d'évaluer chaque solution que le créateur, le client ou le propriétaire du projet cherche à produire et de confirmer qu'elle est efficace dans l'environnement dans lequel il sera réalisé.

Il est crucial dans cette deuxième phase que le concepteur, qui est le principal moteur du processus où les décisions commencent comme des idées initiales et se terminent comme des conceptions, prenne en compte tous les aspects physiques ainsi que les organisations spatiales qui dépendent des avancées technologiques et appareils numériques... afin de réaliser le projet rapidement, à moindre coût et avec la meilleure qualité possible.

En ce qui concerne la troisième phase, qui est un complément pour exécuter la précédente, vise à atteindre de nouvelles voies d'innovation dans la morphologie architecturale, la mise en œuvre des systèmes automatisés et des techniques passives sensibles au milieu environnant, l'utilisation des ressources naturelles renouvelables et l'usage des matériaux produits localement ou innovants qui se différencient des matériaux conventionnels par leurs propriétés et leurs fonctions.

L'un des défis de cette phase est que les concepteurs et les ingénieurs créent un lien direct entre ce qui peut être conçu et ce qui peut être construit grâce à des processus créatifs plus performants. Il s'ensuit qu'il s'agit d'une étape cruciale dans le processus de développement du projet architectural, étant donné qu'elle intègre toutes les solutions apprises des étapes précédentes pour ouvrir la voie à la réalisation d'idées stimulantes et de formes complexes ainsi qu'à la recréation de l'espace architectural et ses ambiances.

La chose importante à faire dans la phase de réception et d'utilisation qui domine un projet architectural intelligent, est de répondre avec succès à l'interaction créative ainsi à

l'attention particulière portée aux usagers de l'espace architectural. Pour le dire sans ambages, les changements progressifs de la vie en général, le développement du numérique en particulier, et les considérations fonctionnelles et environnementales d'autre part, contribuent au développement de conceptions intérieures uniques et variées et impactent sur la façon dont les gens perçoivent et utilisent l'espace, donnant naissance à de nouveaux espaces hybrides ou des cyberspaces.

## **Conclusion**

Les deux exemples pris pour l'étude ont joué un rôle crucial dans le processus d'optimisation en réunissant une variété d'outils et de méthodes qui s'harmonisent et fonctionnent bien ensemble tout en représentant avec précision l'environnement réel de l'étude. Ce qui nous permet d'acquérir une expérience et des leçons précieuses. À travers ce dernier chapitre, nous avons construit un outil référentiel pour les architectes, les gestionnaires, les programmistes et autres acteurs chargés de créer des références réglementaires afin qu'ils puissent mieux comprendre les idées et les pratiques actuelles et les aider pareillement à raffermir les conceptions et les usages contemporains dans notre pays. Il s'agit d'une réponse à la problématique qui porte sur le manque d'outils conceptuels pouvant fournir des sources de données fiables à prendre en compte dans les nombreux processus de développement des projets précurseurs en matière de technologie. Pour ce faire, nous nous concentrons sur l'interprétation et la discussion des résultats obtenus.

En conséquence, nous avons pu générer les lignes directrices qui combinent de nouvelles prouesses architecturales et technologiques afin de les inclure dans la création de structures contemporaines performantes, intelligentes et de haute qualité. De plus, nous avons démontré la validité des contextes de l'étude et nous avons mis en évidence les facteurs qui visaient à introduire le concept de bâtiment intelligent lors de la phase de planification, d'en faire un objectif majeur, de diffuser cette culture et de sensibiliser les investisseurs et les propriétaires à l'importance d'appliquer ce concept aux bâtiments.

Grâce à une liste complète de recommandations qui, selon nous, peuvent améliorer le confort, la communication, la sécurité et l'environnement global du bâtiment et des usagers, nous avons pu conclure que les technologies numériques facilitent la qualification d'un espace et le rendent plus intéressant, ludique et interactif. Celles-ci sont le point de départ de notre outil référentiel (Figure 7.6).

Au fait, ces technologies peuvent être utilisées par le concepteur (BIM, approche paramétrique...), en étudiant l'impact de cette intégration sur l'objet architectural (meilleure performance énergétique, formes architecturales nouvelles, architecture non-standard...). Viennent ensuite les technologies numériques exploitées par le bâtiment lui-même pour son fonctionnement qui s'appuie sur des capteurs (automatisation de système de store, système de chauffage automatique...). Enfin l'utilisation des technologies numériques par les usagers de l'espace (objets connectés, outils de visioconférence, casques de réalité augmentée...) qui ont influencé la manière dont on perçoit les espaces.

Ces avancées technologiques permettent de propulser et de faire émerger de nouvelles manières de travail conceptuel, de nouveaux usages et pratiques et donc de nouvelles impressions et de nouvelles perceptions de l'espace architectural. Le paradoxe souligne l'aspect constructif ou disruptif des transformations des usages imposées par les technologies numériques. Ces derniers, que de nombreuses entreprises ont déjà adoptés et utilisés, offrent des possibilités d'automatisation, d'optimisation, de flexibilité, de simplification et d'amélioration des performances, de la qualité et de l'intelligence en offrant aux usagers tout le confort nécessaire.

Par ailleurs, l'optimisation de l'espace architectural et l'ouverture de l'étendue conceptuelle, imaginative et créative est basée sur quatre groupes de perspectives. Le premier groupe est chargé de modifier et évoluer l'apparence et la physionomie du bâtiment. Le second est celui qui tend vers une dissolution des limites et une visualisation dynamique et fluide au niveau de l'espace intérieur dans un cadre respectueux de l'environnement. En ce qui concerne le troisième groupe, il s'exprime par l'ambiance et l'aspect esthétique que causent l'environnement qui nous entoure et le contexte dans lequel on se localise ; et enfin le dernier qui vise à piloter, surveiller et optimiser le fonctionnement de l'ensemble des équipements techniques et des infrastructures du bâtiment.

Sur la base de la discussion des résultats de l'étude, il est envisageable d'adopter un nouveau vocabulaire en matières de spécificités d'un bâtiment contemporain. En fait, ce dernier doit s'assurer que l'environnement peut être configuré et modifié pour répondre à une variété de fonctions, de scénarios d'utilisation et d'exigences des usagers. Il doit y avoir une multiplicité de solutions internes. De plus, le bâtiment doit avoir la capacité et l'aptitude de déplacer ou de modifier les éléments de construction, ainsi que de changer leur apparence extérieure. Il faut aussi s'assurer que tous systèmes intégrés dans le bâtiment sont intelligibles et compatibles et ont une forte réactivité pour répondre aux besoins des usagers.

Le bâtiment doit, entre autres, disposer de services et d'installations contrôlables qui ont un impact tant sur les stratégies sociales et technologiques que sur les stratégies économiques, écologiques et environnementales. Enfin, il est durable et convivial pour améliorer la productivité et la performance, la santé et le bien-être des usagers tout au long du cycle de vie du bâtiment.

L'outil référentiel a également été alimenté par des attributs issus des connaissances acquises lors de l'analyse des résultats de la recherche, notamment l'homogénéité d'implantation, la construction et la gestion intelligentes de l'espace, l'utilisation de systèmes automatisés et digitales et des stratégies de conception innovantes...

En effet, les perspectives, les spécificités et les attributs stimulent l'évolution continue des usages dans les futures structures algériennes contemporaines. Toutes ces idées se combinent pour produire l'outil qui sera mis à la disposition des organisations désireuses de changer leur mode de fonctionnement. En illustrant sous forme de schéma, toute information à prendre en considération lors du changement organisationnel fonctionnel relatif au contexte algérien.

En conclusion, il convient de noter que ces résultats valident les hypothèses avancées dans cette recherche.

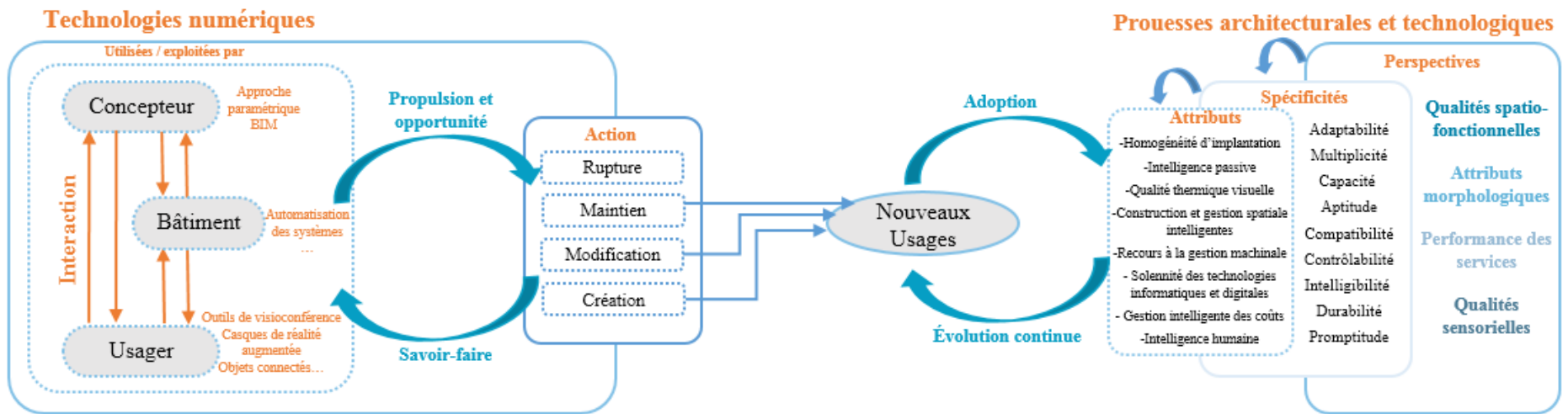


Figure 7.6 : Schéma synoptique synthétisant l'incidence des technologies numériques sur la conception et l'usage de l'espace architectural. Source : Auteur, 2023

## CHAPITRE VIII : CONCLUSION GENERALE

Dans une époque caractérisée par la coexistence de l'immatériel et du matérialisme, de l'instabilité et des conditions fluctuantes, l'architecture a connu un essor et un éveil sans précédent, induit par le déploiement actuel des technologies, outils, appareils et dispositifs numériques. Ces derniers ouvrent de nouvelles perspectives pour le bâtiment et contribuent au développement de nombreuses mutations dans leur organisation, leur usage et pratique et leur sociabilité en permettant aux usagers de s'engager et d'interagir avec leur environnement de manière complètement nouvelle. Tout cela est fait pour offrir le maximum de confort et d'ambiance tout en économisant de l'énergie et en assurant la sûreté et la sécurité.

Toujours plus technologisés, les bâtiments d'aujourd'hui sont le reflet des mutations sociales et de l'insatisfaction de l'homme qui le pousse à explorer et à maîtriser son environnement. Par ailleurs, ils demandent une coordination efficace d'une conception intelligente avec l'intelligence humaine pour gérer leurs services et surmonter les défis. Cette coopération représente l'aspiration et l'avenir de l'industrie du bâtiment et serait une force et une potentialité dans la pratique.

Le processus de construction de ces bâtiments suit une séquence chronologique et s'inscrit dans un parfait continuum. Cette séquence n'est plus linéaire avec les méthodes conventionnelles que l'on a appris à utiliser ; il s'agit plutôt d'une série de changements simultanés qui appellent des avancées technologiques et des solutions économes en énergie, flexibles, adaptables, durables et interactives au sein des espaces architecturaux basés sur les réseaux intelligents, l'internet des objets, l'intelligence ambiante, les expositions immersives et les technologies tactiles et digitales...

En raison de la bonne fusion de la conception, des spécificités structurelles, de l'automatisation des systèmes et de la gestion des installations..., ces espaces montrent une transition et une transformation des usages et pratiques antérieurs en des usages évolués et novateurs. Ils font face aux défis de la modernité, de la spaciosité et de la haute technologie, en devenant des espaces ouverts et détendus, des espaces personnalisés, colorés, adaptables, ludiques et connectés pour stimuler les esprits avec plus d'interactivité, d'échange, de pertinence et de confort...

L'enjeu est d'imaginer un univers contemporain inédit dans sa physionomie, où chaque usager devient un collaborateur énergisant, informé, exigeant, connecté et capable de faire évoluer significativement la variété des espaces et leurs aménagements. En



conséquence, il est désormais possible de travailler, de jouer, de s'amuser, d'interagir, d'apprendre et d'explorer de manière ludique et immersive dans une nouvelle dimension spatiale.

À la lumière de ce qui précède, il est possible d'affirmer que le recours aux outils, technologies et dispositifs numériques utilisés par le concepteur, l'utilisateur et le bâtiment lui-même devient nécessaire pour contrôler et gérer toute situation relative à l'architecture en général et plus spécifiquement à la réorganisation des espaces architecturaux. Depuis lors, ces avancées technologiques ont suscité un large éventail de discussions et de débats par d'éminents chercheurs du monde entier. Ces derniers soulignent à quel point il est vital de dynamiser l'industrie de la construction en incluant des possibilités intelligentes de pointe lors de la phase de planification, d'en faire un objectif majeur et de diffuser cette culture numérique dans la société.

De ce fait, la revue de la littérature sur l'émergence simultanée de nouvelles méthodes de travail conceptuelles, de nouveaux usages et pratiques, et de nouvelles perceptions de l'espace architectural à l'ère du numérique, nous a aidés à comprendre la valeur de leur recoupement et a eu une influence significative sur l'adoption de ce sujet de recherche.

Ce travail de recherche est une tentative pour répondre au questionnement initial, l'objectif principal étant de tirer les lignes directrices et de mettre en place un outil référentiel pour les acteurs du bâtiment, tout en encourageant et incitant à une réactualisation des usages aux futures structures contemporaines algériennes. Pour atteindre cet objectif ainsi les autres énoncés dans le début du travail, il était nécessaire de fournir une méthodologie de recherche qui combine plusieurs outils, méthodes et stratégies de recherche qualitative et quantitative (Figure 8.1).

Comme première proposition de ce travail, nous avons développé un cadre de recherche théorique qui se résume par une approche exploratoire constituée d'un ensemble de thèmes, d'indices et sous indices. Ce contexte a alimenté et structuré notre approche terrain qui consiste principalement en des observations, des entretiens et une enquête par questionnaire adressés aux usagers quotidiens des études de cas sélectionnées. Grâce aux résultats de notre approche terrain et à l'état de l'art, nous avons pu faire des recommandations aux organisations souhaitant améliorer leur fonctionnement. Celles-ci ont été présentées sous forme d'un outil d'aide à la décision plus axé sur la pratique et également

soutenu et organisé par notre approche exploratoire. Dans cette optique, nous avons divisé notre travail de thèse en huit chapitres complémentaires.

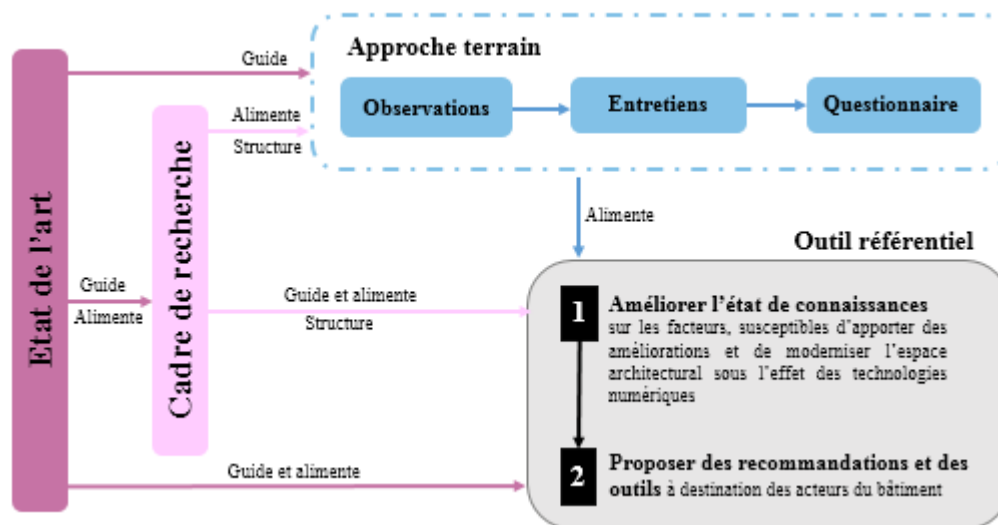


Figure 8.1 : Méthodologie de la recherche. Source : Auteur, 2023

Cette étude a mis en lumière les différentes idées et concepts fondamentaux liés à notre sujet, notamment les NTIC, l'architecture numérique, l'espace architectural à l'ère numérique, les exigences technologiques. Cela nous a permis de développer une base théorique solide pour une architecture du bâtiment qui défie les notions conventionnelles de l'espace et utilise l'interactivité, l'intelligence et la durabilité.

On constate aujourd'hui que la conception d'un projet architectural est différente de celle des époques de la renaissance ou du baroque. À l'ère numérique actuelle, de nouvelles expressions architecturales ont émergé avec un rythme exponentiel d'un processus traditionnel à un processus contemporain qui s'appuie sur la technologie, les machines de calculs et les logiciels informatisés. Ces expressions architecturales nouvelles jouent un rôle fondamental et essentiel dans la majorité des studios de design architectural pour représenter virtuellement ou clarifier leurs idées créatives. La production et la fabrication architecturales sont plus importantes que jamais à l'ère numérique, établissant un lien direct entre ce qui peut être conçu et ce qui peut être construit grâce à des processus plus efficaces et des matériaux qui ont subi une transition inévitable en raison de recherches avancées en physique et en chimie.

Afin de s'assurer que notre recherche soutient l'hypothèse selon laquelle les technologies numériques et leurs systèmes intégrés ne redéfinissent pas seulement l'espace architectural, elles modifient aussi la façon dont nous occupons et utilisons cet espace. L'objectif est de comprendre comment l'utilisation de l'espace architectural est

impactée par la technologie numérique, et comment cela a affecté la croissance de la pratique architecturale.

Il est vrai que la technologie numérique a eu un impact significatif sur la façon dont l'espace architectural est utilisé et a contribué au développement de conceptions intérieures différentes et variées qui soutiennent efficacement l'interaction créative. Le paradoxe met en lumière le caractère constructif ou disruptif des modifications d'usage imposées par les technologies numériques dans tous les secteurs d'activités, que ce soit le secteur scientifique, éducatif, commercial, médical, industriel, artistique ou culturel... En fait, l'espace favorise le jaillissement d'une nouvelle ergonomie d'usage, de nouvelles fonctions spatiales, de nouveaux aspects émotionnels et sensoriels et de nouvelles attentes. Ceci est confirmé par une analyse du contenu d'une collection de compositions spatiales architecturales avec une variété d'usages à travers le monde entier.

Bien évidemment, nous avons constaté que l'environnement bâti à l'ère numérique présente un certain nombre de caractéristiques architecturales spatiales et fonctionnelles, notamment : la continuité, la complexité dynamique, l'évolution, le pliage, la polyvalence, la transparence, la liberté, l'ambiguïté, la réactivité, l'immersion, la virtualité, le respect de l'environnement, l'ergonomie... En fait, plusieurs projets de recherche ont tenté de cerner les concepts et les principes architecturaux qui pourraient mener à la création d'un espace plus utile, intelligent, économique et adapté aux besoins des usagers. En conséquence, nous avons organisé les caractéristiques pertinentes de ce nouvel espace architectural en familles. Que chacune a une variété de notions qui illustrent clairement un concept spécifique.

Par ailleurs, la redéfinition des usages et pratiques de l'espace architectural prend en charge de nouveaux attributs et concepts qui le révèlent. D'abord, le nouvel espace architectural est **flexible et fluide** car il est conçu et construit d'une manière souple par un mécanisme de mouvement, changement et déplacement dans la décoration, le mobilier, l'aménagement, la peinture... Il est **adaptable et transformable** étant donné qu'il s'adapte, modifie, change, se plie, s'évolue à une utilisation prédéfinie et aux demandes des usagers. Cet espace subit des changements à plusieurs niveaux : la forme, les surfaces, la couleur, l'aménagement intérieur, l'enveloppe, les éléments de structure... Entre autre, l'espace intelligent est **interactif** puisqu'il dialogue avec son environnement et ses usagers par le biais des capteurs électroniques et des dispositifs intelligents, interagit et réagit aux besoins physiques et psychologiques des utilisateurs et facilite leur vie. Par ailleurs, il est aussi **multifonctionnel** en reconfigurant les fonctions et les activités qui se déroulent dedans

comme il est **ouvert** pour but de rapprocher les lieux, de promouvoir le travail collaboratif en créant une sensation de liberté et d'immensité. En outre, l'espace architectural intelligent est **durable** vu qu'il est censé améliorer les objectifs relatifs aux aspects environnementaux, énergétiques et sanitaires. Enfin, il est **automatisé** étant donné qu'il est maintenu à des infrastructures de services automatisés installés dans la gestion technique du bâtiment ainsi que dans les systèmes de communication ; capables d'augmenter l'efficacité énergétique, de surveiller et d'assurer la sécurité du bâtiment et ses occupants, d'évaluer et de répondre à certains types de conditions.

Dans le même contexte, nous avons proposé un outil utile pour étudier et vérifier l'incidence de la technologie numérique sur l'usage et la pratique de l'espace architectural à travers une approche exploratoire. L'établissement d'indices et de thèmes a commencé une fois que l'objectif souhaité était connu. Il est important de définir chaque composante de cette approche. Pour la mettre en place, trois étapes cruciales ont été développées. Une revue de la littérature est utilisée pour élargir l'ensemble des connaissances concernant les exigences des nouveaux espaces architecturaux tout en tenant compte les diverses interprétations des concepts révélant l'espace intelligent et les spécificités de chaque. Cette revue analyse des articles pertinents sur la base des mots-clés liés à des indicateurs qui pourraient aboutir à un espace plus efficace, intelligent, rentable et adapté aux besoins des usagers. En outre, la revue de la littérature a révélé que la majorité des articles étudient les techniques d'évaluation des bâtiments et des environnements intelligents. Néanmoins, les chercheurs n'ont pas pris en compte toutes les variables que nous voulions étudier. Notre intérêt dans cette recherche vise à combler cette lacune et se concentre sur le développement et la mise en œuvre d'une approche composée des indices appropriés au contexte algérien afin de valoriser la fonctionnalité, la qualité et l'intelligence des espaces architecturaux et de confirmer que la technologie a un impact sur la façon dont ces derniers sont utilisés.

Ensuite, en nous focalisant sur les critères suivants, à savoir : pertinence, objectivité, simplicité, clarté, disponibilité, précision, représentativité, sensibilité..., nous nous sommes concentrés sur la définition des indices soutenus pour appliquer notre approche sur terrain. Nous avons mis en évidence la corrélation qui existe entre eux afin de définir ultérieurement les groupes de thèmes auxquels ils appartiennent. Ceci est fait afin de distinguer une alliance logique, concevable et cohérente entre deux ou plusieurs indices quantitatifs ou qualitatifs. Les différents indices choisis pour développer les fondements théoriques de notre approche peuvent être classés en différents groupes thématiques. Sur la base de la revue de la

littérature, quatre groupes ont été préalablement identifiés : la première catégorie d'indices traite de l'environnement, le deuxième groupe représente la catégorie sociale et culturelle, tandis que les indices économiques et technologiques sont respectivement regroupés dans les troisième et quatrième catégories thématiques.

En fait, pour s'assurer que les indices choisis reflètent fidèlement les différentes facettes de notre recherche et la causalité des outils technologiques, des usages et pratiques et des concepts exprimant l'espace architectural, une classification en quatre autres groupes s'est effectuée. Le premier groupe est chargé de modifier l'apparence et la physiologie du bâtiment. Le second est celui qui s'efforce d'effacer les frontières et d'obtenir une visualisation fluide et dynamique de l'espace intérieur dans un cadre respectueux de l'environnement. Quant à le troisième groupe, il s'exprime à travers l'ambiance et la qualité esthétique que dégagent l'environnement dans lequel nous nous situons ; et enfin le dernier qui vise à piloter, surveiller et optimiser le fonctionnement de tous les équipements et infrastructures techniques du bâtiment

Enfin, afin de générer l'approche exploratoire, nous avons porté un choix sur les thèmes et les indices présentés dans la figure ci-dessous (Figure 8.2). Nous leur avons ensuite donné des qualifications 'perspectives' car regarder vers l'avenir avec des avancées cognitives conduit à la façon dont nous vivons dans de nouvelles dimensions spatiales et devrait aboutir à des perspectives visant à valoriser l'espace architectural tout en ouvrant le potentiel conceptuel, imaginaire et créatif.

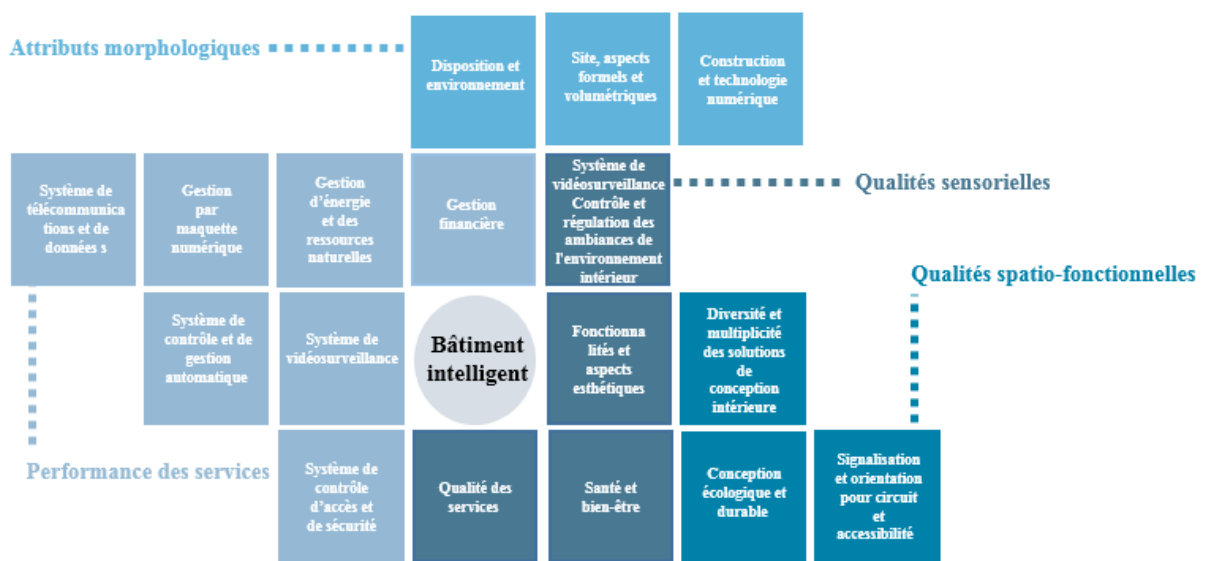


Figure 8.2 : Les thèmes et les indices retenus pour l'approche exploratoire. Source : Auteur, 2023

En revanche, une étude plus poussée a été établie, en se basant sur l'hypothèse qui disait que l'approche pourrait assister à valoriser la qualité, l'intelligence et la performance des espaces architecturaux. A cet effet, solliciter l'avis d'experts en la matière semble nécessaire pour que l'approche soit plus crédible et fiable. L'évaluation préliminaire de l'approche proposée permet aux experts d'examiner la cohérence et la consistance de l'approche, les thématiques, indices et sous indices. Dans l'ensemble, les experts conviennent que l'approche est cohérente, bien structurée et bien située dans le scénario de l'état de l'art. La structure des thèmes, y compris les spécifications et la déclinaison en indices et sous-indices, fonctionne assez bien grâce à des vérifications croisées. Ceci est étayé par le calcul du ratio de cohérence résolu des jugements d'experts selon l'approche AHP.

En conséquence, un questionnaire a été développé pour déterminer l'importance relative des indices basés sur des comparaisons par paires à l'aide de l'échelle de Saaty en utilisant le logiciel AHP basé sur des équations mathématiques.

Les résultats ont révélé que les qualités spatio-fonctionnelles du bâtiment étaient le thème le plus important représentant 33.52% du total. Les attributs morphologiques arrivent en deuxième position avec un score de 32.27% indiquant l'importance des aspects extérieurs pour bâtir les nouveaux projets architecturaux. En troisième position avec 20%, la performance des services indique la nécessité d'intégrer des systèmes automatisés dans les espaces. Quant à la quatrième position revient aux qualités sensorielles avec un score de 14.22%, indiquant la nécessité de se concentrer sur le confort et le bien-être des utilisateurs dans un environnement productif sur le long terme. Cependant, nous avons défini et développé par ordre d'importance chaque groupe de thèmes qui composent le tableau de bord.

Il était nécessaire de confronter notre approche, qui se caractérise par la transparence et la fluidité, à un usage pratique afin de produire des résultats à la fois efficaces et conformes aux objectifs de la thèse. A cet égard, nous avons guidé notre réflexion sur la sélection des terrains de l'industrie des TIC et les industries culturelles qui se différencient les uns des autres non seulement par les types d'usages, mais aussi par leurs scénarios d'exploitation et de fonctionnement, leurs formes et volumes, leurs services et leurs équipements... Il s'agit du Cyberparc de Sidi Abdellah et le Centre International de Conférences 'CIC' d'Alger. Les informations détaillées sur ; le développement et l'appropriation du secteur des TIC en Algérie, le contexte actuel des projets de médiation culturelle, scientifique et politique en Algérie et l'organisation spatiale des deux cas d'étude ont permis de dégager des éléments

clés pour l'application des différents outils et techniques de la méthodologie de recherche envisagée.

Par ailleurs, nous avons fait, en premier lieu, une étude qualitative des cas d'étude basée sur les quatre perspectives inclus dans l'approche développée, à savoir : les qualités spatio-fonctionnelles, les attributs morphologiques, la performance des services et les qualités sensorielles. En fait, cette étude a été étayée par des observations, des photographies, des données architecturales scientifiques, des entretiens avec des ingénieurs et des architectes impliqués ou ayant eu connaissance de la construction de ces bâtiments.

À cet égard, il ressort de notre analyse que les espaces intérieurs des bâtiments présentent, entre autres des qualités incontestables comme la multifonctionnalité, la flexibilité, la fluidité et l'ouverture. En d'autres termes, les concepteurs ont opté pour une conception flexible et évolutive pouvant accueillir un ou plusieurs usages et incluant tous les "moyens et services" nécessaires pour assurer le bien-être des utilisateurs et répondre à leurs besoins. Il est également apparu que chaque site apporte des éléments de cohérence fonctionnels, organisationnels et directionnels. Il semble que dans les deux cas, ils avaient fait des choix judicieux en fonction des caractéristiques géographiques, morphologiques et topographiques pour assurer une meilleure fusion du lieu d'implantation. Au fait, le Cyberparc et le CIC d'Alger consistent en un environnement réel et un réservoir de données et de signes sensoriels où les utilisateurs sont les arbitres finaux. Nous sommes arrivés à la conclusion que les architectes concepteurs, les gestionnaires et les ingénieurs voulaient incorporer des services et des systèmes automatisés et de fournir des enveloppes respectueuses de l'environnement avec des systèmes structuraux spécialisés. En conséquence, ces résultats nous ont permis d'étudier plusieurs pistes de réflexion sur le contexte de l'étude.

Suite à la description de l'état des cas en question, nous nous sommes tournés vers une étude d'enquête quantitative par questionnaire pour recueillir les données manquantes et créer un état plus précis et complet. Cet outil d'investigation est appuyé par des entrevues approfondies, afin d'assurer une certaine pertinence et d'accroître la fiabilité des données recueillies. Les questionnaires ont été distribués aux usagers quotidiens des bâtiments en raison de leur plus grande capacité de prise de décision et d'une plus grande sensibilité à leur environnement que les visiteurs, les formateurs ou les assistants. Notre travail visait, à partir d'une étude faite auprès des usagers employés, à apporter des éléments de réponse tels que

: les services et les moyens mobilisés, le degré de satisfaction des usagers vis-à-vis des services offerts, l'analyse de l'état technologique du bâtiment...

À cette fin, des statistiques descriptives pour tous les types de questions sont utilisées à l'aide d'IBM-SPSS version 25. De plus, les données personnelles et les variables à choix unique ont été combinés pour voir s'il existait une relation. Étant donné que les usagers estimaient que les variables établies étaient très diverses mais aussi que certains d'entre eux partageaient de nombreuses caractéristiques similaires, nous avons tenté de développer une nouvelle cartographie des variables. Nous sommes passés à une analyse de corrélation utilisant des variables ordinales qualitatives basées sur l'échelle de Likert. Afin de déterminer le type de corrélation à utiliser, deux tests de normalité de Kolmogorov-Smirnov et Shapiro-Wilk tout en examinant l'histogramme, le tracé Q-Q normale et la boîte à moustache, sont nécessaires. Au fait, nous avons utilisé une corrélation bivariée non paramétrique de Spearman en plus de l'analyse des principales composantes (ACP) des variables ordinales comme étant représentatives des appréciations des usagers.

L'analyse descriptive des données recueillies au Cyberparc de Sidi Abdellah et au CIC d'Alger a révélé des similitudes importantes dans les résultats pour la majorité des variables. En effet, les questions qui visent à mesurer la satisfaction des usagers et utilisent l'échelle de Likert allant de 1 à 5, les scores moyens enregistrés au Cyberparc vont de 2,97 à 3,91, alors que ceux du CIC se situent entre 3,49 et 4,35. Les déclarations des usagers ont dévoilé une perception globalement positive des technologies numériques dans le domaine de l'architecture, notamment dans le cadre bâti. Ils étaient satisfaits de leur cadre de vie, de la qualité de l'environnement intérieur, de la qualité des services et du niveau de sécurité, ainsi que du niveau de bruit, de la qualité de la température ambiante, de l'humidité, de la qualité de l'air et des niveaux de lumière naturelle et artificielle. Les résultats ont montré que différentes caractéristiques personnelles ont un impact significatif sur la façon dont les usagers évaluent ces différentes variables.

Les dispositifs écologiques mis en place, la conception des espaces ainsi la signalisation ont eu un impact positif et bénéfique sur l'agrément et le bien-être des usagers. Selon les résultats, nous avons constaté que les usagers étaient satisfaits de la présence de ces éléments. Ils les considèrent généralement comme des objectifs importants pour atteindre une meilleure qualité spatiale et fonctionnelle, et en particulier comme les principales sources de la quantité appropriée de lumière et d'air à l'intérieur de leurs environnements.



Aussi, les interrogés ont prouvé que les deux cas ont choisi des moyens pratiques pour adapter la construction aux exigences du site d'implantation. Selon leurs témoignages, leurs formes et leurs volumes occupent une place centrale et s'appuient sur les avancées technologiques et les systèmes structuraux particuliers de l'architecture moderne. Ils ont également mentionné qu'il existe de nombreux systèmes et approches éco énergétiques pour la comptabilisation et la conservation de l'énergie disponible dans les deux endroits. Globalement, le CIC a surperformé le Cyberparc en termes d'inclusion des indices grâce à ses innovations architecturales et technologiques. Cela laisse présager un comportement positif, mais il est encore loin d'être sans faille. En fait, cela clarifie un certain nombre de domaines sur lesquels les développeurs et les concepteurs pourraient se concentrer.

De plus, cette première étape d'analyse du questionnaire (services rendus, comportements, opinions) a bien illustré la réalité des contextes d'étude en permettant l'identification des facteurs qui influencent le vécu ainsi que l'identification précise des recommandations qui correspondent aux différentes variables examinées et peut potentiellement améliorer et moderniser l'environnement bâti sous l'influence des technologies numériques. Un certain nombre de recommandations liées aux résultats de cette première analyse de la recherche sont envisagées afin d'introduire le concept de bâtiment intelligent lors des étapes de planification, d'en faire un objectif majeur, de diffuser cette culture, et de sensibiliser les investisseurs et les propriétaires fonciers à l'importance d'appliquer ce concept aux bâtiments.

Simultanément, une corrélation des variables ordinales et une analyse factorielle ACP ont été menées. De plus, cette deuxième étape d'analyse des données recueillies a constitué le cœur de ce travail de thèse, vu qu'elle a garanti une certaine cohérence et une fiabilité des résultats. En conséquence, les résultats ont montré qu'il existait trois types de corrélations 'fortes, moyennes et faibles'. A cet effet, les résultats ont mis en évidence l'importance et la nécessité d'une bonne planification de la sécurité ainsi que d'une bonne conception ambiante des espaces architecturaux. Ainsi, il ne fait aucun doute que l'environnement intérieur, qui agit comme régulateur des ambiances intérieures et créateur d'une atmosphère agréable et équilibrée, a un impact significatif sur la façon dont l'utilisateur perçoit l'espace et l'utilise pour les meilleurs services opérationnels et pour maximiser leur satisfaction. Les résultats ont également montré que les facteurs fonctionnels, organisationnels et directionnels ont un impact direct sur les exigences spatiales et morphologiques, les préférences des usagers et les perceptions de l'espace. Ainsi, en

intervenant activement sur les attributs morphologiques et les paramètres environnementaux, nous pouvons quelque peu réguler notre état émotionnel.

Afin de tirer une conclusion concernant la nouvelle cartographie des différentes variables étudiées, nous avons proposé une analyse factorielle ACP comme étape finale dans la mise en œuvre de notre méthodologie statistique. Cette analyse a fourni une représentativité des variables avec une part significative de la variance dans le cas du Cyberparc seulement. De ce fait, notre analyse a révélé plusieurs limites d'application dans le cas du CIC d'Alger dues à l'inadaptation des variables (17) et au faible nombre de réponses (55).

En fait, nous avons pris en considération les mêmes variables prises pour la corrélation afin d'avoir plus d'homogénéité des données pour tirer une conclusion potentielle. Six clusters clés ont été sélectionnés à la suite de l'analyse de la matrice des composants post-rotation afin de définir un modèle conceptuel facilitant la mise en œuvre de bâtiments de haute qualité, efficaces et intelligents. Ces composantes sont les suivantes : la qualité thermique visuelle (26,026%), la performance et l'efficacité de l'environnement intérieur (16,388%), la construction et la technologie numérique (11,272%), l'homogénéité d'implantation (8,305%), la solennité des technologies numériques (7,421%), le recours à la gestion machinale (6,843%) et l'interrelation entre eux.

En conséquence, cette dernière étape fait référence à un ensemble de meilleures pratiques qui ont été mises en œuvre et relèvent des catégories de l'intelligence, de l'automatisation, de la réactivité, de la connectivité, de l'efficacité énergétique, de la durabilité et de la conception architecturale flexible et adaptative... Afin de créer des conceptions modernes, intelligentes et durables qui dureront tout au long de leur cycle de vie, les concepteurs d'idées doivent prendre en compte tous ces facteurs et aller de l'avant en trouvant des solutions aux problèmes récurrents. Les résultats ont révélé un important potentiel pour l'analyse statistique et ont conduit à des développements très encourageants vers une compréhension fine et approfondie de l'environnement de l'étude en consolidant l'affirmation des hypothèses émises dans ce travail de thèse.

Par voie de conséquence, nous nous sommes appuyés sur les résultats des entretiens et de notre enquête par questionnaire, ainsi que sur l'approche exploratoire pour proposer une variété de recommandations et d'orientations aux concepteurs, responsables de l'édification et gestionnaires qui souhaitent changer leur fonctionnement. Ces

recommandations, actions et orientations ont été compilées dans un outil référentiel qui se veut être applicable à la phase de programmation et de conception mais surtout à la phase de construction, de réception et d'utilisation. Cet outil contient un certain nombre de considérations importantes, notamment : la gestion et la prévision des coûts, la gestion de la qualité spatiale, la gestion des services et des systèmes automatisés, la gestion des communications, la gestion de l'environnement et des technologies passives.

Notre travail de recherche avait deux objectifs principaux : construire une base de connaissances et proposer des outils pour réactualiser les usages des futures structures contemporaines. Étant donné que la base de données que nous avons créée était substantielle et comblait les lacunes de la littérature, une partie importante de notre recherche s'est concentrée sur le premier objectif. L'approche exploratoire et l'outil référentiel que nous avons proposé dans cette recherche, ont montré une faisabilité d'utilisation pour ravitailler les futures recherches et pour formaliser des lignes directrices à destination des acteurs du bâtiment.

En somme, la proposition de l'outil référentiel est une réponse très corrélative à la problématique qui porte sur le manque d'outils conceptuels pouvant fournir des sources de données fiables à prendre en compte dans les nombreux processus de développement des projets précurseurs en matière de technologie.

### **8.1. Limites et perspectives de recherche**

Compte tenu de la complexité et de la nature multidisciplinaire des connaissances acquises lors de notre travail de recherche, certaines limites sont observées en ce qui concerne la méthodologie établie à la lumière de la disponibilité des données fiables et crédibles, de la flexibilité et la représentativité des variables et en particulier, de l'adaptabilité spécifique au contexte algérien. De ce fait, nous proposons quelques perspectives et orientations futures potentielles qui ont émergé à la suite de notre travail et qui pourraient ouvrir la voie à un large éventail de recherches supplémentaires et d'études approfondies.

La proposition de l'outil référentiel décrite précédemment intègre des lignes directrices destinées à accompagner les acteurs du bâtiment tout au long des différentes étapes du processus d'élaboration d'un projet architectural futuriste. L'adoption de cet outil est donc un projet en lui-même car il implique une transformation fonctionnelle et organisationnelle. Pour cette fin, notre première perspective de recherche est d'accompagner des bureaux d'études 'des maîtres d'œuvre et d'ouvrage' de compétences

diverses et différenciés par la taille et le type des projets produits ; afin de confronter cet outil à des scénarios de conception et de construction réels. Cette expérimentation a trois objectifs. D'abord, elle nous permettra de tester l'outil d'aide dans la pratique réelle et de mettre en évidence la différence entre les méthodes de travail traditionnelles et celle proposée. Ensuite, elle nous permettra de contempler les répercussions et les interactions à l'intérieur des bureaux. Enfin, cette expérimentation identifiera les modalités d'usage, l'adhérence judicieuse et les enjeux opérationnels auxquels doivent faire face les acteurs du bâtiment. Cette piste de réflexions inscrit dans une stratégie de valorisation de la recherche car elle permettra d'enrichir nos observations et d'affiner les recommandations et l'outil d'aide qui ont été apportés.

Notre seconde piste de recherche est d'élargir le champ d'investigation à d'autres types de bâtiments dans des environnements autres que le Cyberparc et le CIC, avec différents scénarios de fonctionnement et d'usages, différentes qualités compositionnelles, formelles et volumétriques... tels que les bibliothèques, les hôpitaux et les centres de santé, les équipements touristiques et administratifs... Il s'agit là d'une autre porté à la fois vaste et originale qui améliore et varie les solutions potentielles pour assurer la pertinence des résultats.

La troisième piste de recherche propose l'approfondissement dans le champ de l'approche exploratoire car chaque thème nécessite d'être mieux approfondi et détaillé. Il s'agit de procéder des mesures et des simulations des variables quantitatives étudiées telles que la température ambiante, la qualité de l'air, le taux d'humidité... afin de rendre les résultats encore plus fiables et de collecter autant de données que possible.

Enfin, nous pouvons dire qu'à l'issue de ce travail, que notre grande perspective de recherche portera plus fortement sur l'approche exploratoire qui s'oriente vers la théorie et l'outil d'aide qui s'oriente davantage vers la pratique car les deux vont consolider la réactualisation des futures structures algériennes.

## BIBLIOGRAPHIE

- Ait Athmane, F. (2011). Essai d'analyse des déterminants de l'innovation dans l'économie algérienne : Cas du secteur agroalimentaire de Bejaia. Thèse de Magister. Option : Dynamique Economique, Développement Local et Territoires. Université Abderrahmane Mira –Bejaia.
- Al Khalil, M-I. (2002). Selecting the appropriate project delivery method using AHP. *International Journal of Project Management*, 20(6), p. 469-474.
- Alavi, H.S; Denis, L; Julien, N; Elizabeth, C; David, K; Wendy, M. (2016). Future of human-building interaction. In *Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pp. 3408-3414. ACM.
- Albadvi, A; Chaharsooghi, S.K; Esfahanipour, A. (2007). Decision making in stock trading: An application of PROMETHEE. *European Journal of Operational Research* 177 - 673–683.
- Al-Harbi, K. M. A.-S. (2001). Application of the AHP in project management. *International Journal of Project Management*, 19(1), p. 19-27.
- Ali, G; Abd Elmoaty, M; Abo Elsoad, S.M. (2020). Smart Technology Applications in Tourism and Hospitality Industry of The New Administrative Capital, Egypt. *Journal of association of arab universities for tourism and hospitality (JAAUTH)* Vol. 19, No. 2, PP. 102-129.
- Ali, R. (2002). *Contemporary techniques in architecture*, Academy Press, 128 pages.
- Ali,A. (2006). *Digital architecture and construction*. Great Britain Cambridge: WIT Press.
- Alwaer, H; Clements-Croome, D.J. (2010). Key performance indicators (KPIs) and priority setting in using the multi-attribute approach for assessing sustainable intelligent buildings. *Building and Environment* 45, 799–807.
- Alwaer, H; Kirk, D. (2012). Building sustainability assessment methods. *Engineering Sustainability* 165 (ES4), 241-253, DOI: 10.1680/ensu.10.00058.
- Ana, D. (2014). La salle de cinéma IKEA. In : <https://www.moon-event.fr/salle-cinema-ikea/>. Consulté le 20/01/2020.
- Andrey, A.V; Eugeny, I.B. (2015). Simulation of building operations for calculating Building Intelligence Quotient. *Procedia Engineering* 111, 845 – 848.
- ANPT. Agence Nationale de Promotion et de Développement des Parcs Technologiques. In : <https://anpt.dz/>. Consulté depuis 2016
- Arditi, D; Mangano, G; De Marco, A. (2015). Assessing the smartness of buildings. *Facilities* 2015, Vol. 33 Iss 9/10 pp. 553 – 572.
- Aroumougom, J.C. (2003). *Projet de ville nouvelle Sidi Abdellah, Algérie*. Ministère de l'Aménagement du Territoire Algérien.
- Arto, S; Matti, K; Aimo, H; Juhani, K. (2007). Flexibuild – a systematic flexibility management procedure for building projects. *Facilities* Vol. 25 No. 3/4.
- Asefi, M. (2010). *Transformable and Kinetic Architectural Structures: Design, Evaluation and Application to Intelligent Architecture*. VDM Verlag Dr. Müller, ISBN-10: 9783639250626.
- Ashwini, B; Mamta, M. (2015). Design of Intelligent Restaurant with a Touch Screen Based Menu Ordering System. *Journal of Electrical and Electronics Engineering*. Volume 10, Issue 3 Ver. I (May – Jun. 2015), PP 01-05
- Ataman, O; Lonman, B. (1996). Introduction to Concept and form in Architecture: An Experimental Design Studio Using the Digital Media. In *proceedings of ACADIA conference on Design Computation: Collaboration, Reasoning, Pedagogy*.

- Atelier AA. Interrelations entre environnement bâti et qualité de vie. In : <https://www.atelier-aa.fr/interrelations>. Consulté le 18/12/2020.
- Aukstakalnis, S; Blatner, D. (1992). Silicon mirage: The art and science of virtual reality. Peachpit Press
- AV. (2022). Bibliothèque James B. Hunt Jr., Raleigh. In: <https://arquitecturaviva.com/obras/biblioteca-james-b-hunt-jr>. Consulté le 24/07/2022.
- Ayadi Azzabi, D. (2010). Optimisation multicritère de la fiabilité : application du modèle de goal programming avec les fonctions de satisfactions dans l'industrie de traitement de gaz .Thèse de doctorat en cotutelle, université d'Angers et université de Sfax.
- Ayers, A. (2013). Warp Factor: Les Turbulences at Orleans FRAC Centre by Jakob + MacFarlane. In: <https://www.architectural-review.com/today/warp-factor-les-turbulences-at-orleans-frac-centre-by-jakob-macfarlane>. Consulté le 16/06/2020.
- Azuma, R. (1997). A survey of augmented reality. In Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 6(4):355–385.
- Banani, R; Vahdati, M.M; Shahrestani, M; Clements-Croome, D. (2016). The development of building assessment criteria framework for sustainable non-residential buildings in Saudi Arabia. Sustainable Cities and Society 26, 289–305.
- Bastien, L. (2021). Sport et VR : comment la réalité virtuelle va changer le monde du sport? In : <https://www.realite-virtuelle.com/vr-fitness-salles-de-sport-2702>. Consulté le 25/01/2022.
- Basulto, D. (2013). Entrevues AD : Jakob + MacFarlane / FRAC Centre. ArchDaily. In: <https://www.archdaily.com/446769/ad-interviews-jakob-macfarlane-frac-centre>. Consulté le 24/08/2022.
- Baz, A.L. (2014). Les musées à l'ère du numérique, Société des Musées de Québec, les 11 & 12 juin 2014 à Montréal.
- BC Intérieur Sarl. (2017). Bibliothèque municipale de Kongsberg. In : <https://bcinterieur.fr/project/norvege/kongsberg/bibliotheque-municipale-de-kongsberg-norvege/pr/15881>. Consulté le 20/03/2020.
- Beddiar, K; Lemale, J. (2016). Bâtiment intelligent et efficacité énergétique : optimisation, nouvelles technologies et BIM, DUNOD, Paris.
- Belouar, N. (2017). IOTA : La future monnaie des robots et des objets connectés. In: <https://nassimbelouar.com/iota-monnaie-objets-connectes/>. Consulté le 16/03/2019.
- Benabderrahmane, Y. (2012). Management des connaissances, déploiement des TIC et GRH des organisations : cas de l'Algérie. Gestion et management. Université Paul Valéry - Montpellier III.
- Benayoun, R ; de Montgolfier, J ; Tergny, J ; Laritchev, O. (1971). Linear programming with multiple objective functions: STEP Method (STEM). Mathematical Programming, 1(3) :366–375.
- Benjamin, K.S; Dylan Del Rio, D.F. (2020). Smart home technologies in Europe: A critical review of concepts, benefits, risks and policies. Renewable and Sustainable Energy Reviews 120, 109663.
- Bertrand, A.M ; Kupiec, A. (1997). Ouvrages et volumes : architecture et bibliothèques, Paris.
- Bertrand, B. (2018). Numérique & développement durable : liaisons dangereuses ?. Cerdd.
- Bertrand, J.M ; Listowski, H. (1984). Les places dans la ville ; lecture d'un espace public. Édition : Dunod, Paris.

- BINAIRE. (2015). Le sens de la ville numérique. In: <http://binaire.blog.lemonde.fr/2015/05/13/antoine-picon-le-sens-de-la-ville-numerique/>. Consulté le 09/09/2018
- Biocca, S. (2017). 10 utilisations possibles de la réalité virtuelle. In: <https://www.androidpit.fr/10-utilisations-possibles-de-la-realite-virtuelle>. Consulté le 13/08/2020.
- BNP Paribas Real Estate. (2015). A quoi ressemblera l'immeuble de bureaux de demain ?. In : <https://www.limmobilierdunmondequichange.fr/a-quoi-ressemblera-limmeuble-de-bureaux-de-demain/>. Consulté le 13/08/2020.
- Bologhineziri in forcesdz. CIC Alger : Centre International de Conférences. (2016). In : <https://www.forcesdz.com/viewtopic.php?t=1791>. Consulté en 2017.
- Bonhomme, S. (2008). Méthodologie et outils pour la conception d'un habitat intelligent. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique, Université de Toulouse.
- Bonyad, R; Hamzenejad, M; Khanmohammadi, M. (2018). Ranking the regenerative architecture indicators for assessment of research-educational building projects in Tehran, Iran. *Smart and Sustainable Built Environment*.
- Boron, E. (2013). Les conditions de travail dans un open space : le cas de la SNCF. Mémoire de Master Management – Parcours Ressources Humaines, Université de Reims Champagne Ardenne.
- Boukelif, A. Usages et appropriation des TIC en Algérie. Entraves et opportunités.
- Bowskill, J; Morphet, J; Downie, J. (1997). A taxonomy for Enhanced Reality Systems. In *Proceedings of the First International Symposium on Wearable Computers (ISWC '97)*, IEEE Computer Society.
- Brad, B.S; Murar, M.M. (2014). Smart Buildings Using IoT Technologies. *Construction of Unique Buildings and Structures*, N 5 (20).
- Bragança, L ; Mateus, R ; Koukkari, H. (2010). Building Sustainability Assessment. *Sustainability* 2(7), 2010-2023, doi:10.3390/su2072010.
- Brandt, J; Vejre, H. (2004). Multifunctional landscapes: motives, concepts and perceptions. In J. Brandt & H. Vejre (Eds.), *Multifunctional Landscapes Volume 1: Theory, Values and History*. pp. 3–33. Southampton, MA: WIT Press.
- Brangé, J. (2001). Quelques précisions terminologiques. *Architectures virtuelles, numériques, liquides, etc. Les cahiers de la recherche urbaine et architecturale*, n° spécial, Réel-Virtuel, no 7, p.15- 16.
- Bravo Planner. (2021). Burj Khalifa : hauteur et informations générales sur le projet. In : <https://bravoplanner.ru/fr/spravochnik/burdzh-halifa-vysota-i-obshchie-svedeniya-o-proekte-burdzh-halifa-samoe-vysokoe/>. Consulté le 13/08/2022.
- Brown, P. (2009). CAD: Do computers Aid the Design Process After All? *Intersect*. 2,1, 52-66.
- Brunner, N; Starkl, M. (2004). Decision aid systems for evaluating sustainability: a critical survey. *Environmental Impact Assessment Review*, 24(4), p. 441-469.
- Buchanan, J; Sheppard, P; Vanderpooten, D. (1999). Project ranking using ELECTRE III.
- Buci-Glucksmann, C. (2001). *L'Esthétique du temps au Japon : Du zen au virtuel*. Galilée.
- Bullivant, L. (2005). *4dspace: Interactive Architecture*. Architectural Design, Wiley-Academy.
- Bullivant, L. (2006). *Responsive environments: architecture, art and design*. Victoria and Albert Museum.
- Burdea, G; Coiffet, P. (1993). *La réalité virtuelle*. Edition Hermes Sciences Publication.

- Business Insider. (2018). 12 bureaux géniaux révèlent à quoi ressemblera l'espace de travail demain. In : <http://mushroom.jobs/blog/12-bureaux-geniaux-revelent-a-quoi-ressemblera-lespace-de-travail-demain/>. Consulté en 2018.
- Cailleaud, N. (2021). Notre-Dame de Paris rouvre ses portes pour une visite virtuelle à 360°. In : <https://www.cnews.fr/vie-numerique/2021-04-16/notre-dame-de-paris-rouvre-ses-portes-pour-une-visite-virtuelle-360deg>. Consulté le 15/06/2021.
- Calderon, C. (2009). Interactive architecture design. Design And Technology Series, ISBN 978-1-934510-09-4.
- Carlos Zerpa, G. (2013). L'architecture fluide. Mémoire de master .ENSA Lyon. In: [https://issuu.com/carloszerpag/docs/l\\_architecture\\_fluide\\_-\\_web](https://issuu.com/carloszerpag/docs/l_architecture_fluide_-_web).
- Centre d'expertise sur la construction commerciale en bois. (2012). L'immeuble à bureaux de GlaxoSmithKline dans le parc technologique de Québec.
- Centre Pompidou. (2015). La nouvelle application du Centre Pompidou. In: <https://www.centrepompidou.fr/fr/programme/agenda/evenement/cgX4oEg>. Consulté le 13/01/2020.
- Chapouly, T. (2012). Fluidité en architecture contemporaine, espaces ambigus et interactifs, rapport d'étude, ENSAL.
- Chassagnoux, A ; Chomarat, A ; Dudon, M ; Savel, J. (1986). Conception assistée par ordinateur en architecture , le carré bleu, Ed : les amis du carré bleu , Paris, p40.
- Chen, Z; Clements-Croome, D; Hong, J; Li, H; Xu, Q. (2006). A Review of Quantitative Approaches to Intelligent Building. Assessment Renewable Energy Resources and a Greener Future, Vol.VIII-6-2. Proceedings of the Sixth International Conference for Enhanced Building Operations, Shenzhen, China, November 6 – 9.
- Chen, Z; Clements-Croome, D; Hong, J; Li, H; Xu, Q. (2006). Multicriteria lifespan energy efficiency approach to intelligent building assessment. Energy and Buildings 38. 393–409.
- Cherqui, F. (2005). Méthodologie d'évaluation d'un projet d'aménagement durable d'un quartier : méthode ADEQUA. Thèse de doctorat en génie civil, La Rochelle, Université de La Rochelle, 202p.
- Chiara, S. (2009). Perception et conception en architecture non-standard. Thèse de doctorat. L'université Montpellier II .Discipline : Mécanique Génie Civil Ecole Doctorale : Information Structures et Systèmes.
- Chris, A. (2004). Architecture, Technology And Process. Oxford : Architectural Press, P91.
- Christophe de Maistre. (2014). Faire entrer la France dans la troisième révolution industrielle : le pari de l'innovation. In: [https://www.institut-entreprise.fr/sites/default/files/technologies\\_production.pdf](https://www.institut-entreprise.fr/sites/default/files/technologies_production.pdf). Consulté le 10/09/2018.
- CIC Alger. In : <https://cic-alger.com/index.php>. Consulté depuis 2017.
- Clayer-Fouet, M. (2016). Les technologies numériques au service de la santé. Rapport, CESER des Pays de la Loire.
- Clémence, J. (2017). A quoi ressemble la Cybrary, cette bibliothèque du futur conçue comme un parc d'attractions ? In : <https://www.archimag.com/bibliotheque-edition/2017/03/02/cybrary-bibliotheque-futur-parc-attractions>. Consulté le 20/03/2020.
- Club Innovation & Culture . (2013). Avec un mur multi-touch de 12 mètres, le Cleveland Museum fait entrer la médiation numérique dans une nouvelle dimension. In <http://www.club-innovation-culture.fr/avec-un-mur-multi-touch-de-12-metres-le-cleveland-museum-fait-entrer-la-mediation-numerique-dans-une-nouvelle-dimension/>. Consulté le 05/01/2019.



- Club Innovation & Culture . (2015). Dimoda, le musée de l'art numérique qui se visite en réel ou sur lunettes immersives. In: <http://www.club-innovation-culture.fr/dimoda-musee-art-numerique-reel-ou-lunettes-immersives/>. Consulté le 05/01/2019.
- Conrads, U. (1991). Programmes et manifestes de l'architecture du XXe siècle, Vers une architecture plastique de Théo van Doesburg, Éd. originale 1981. Paris : Les Éditions de la Villette.
- Cordon, G ; Echeveste, I. (2018). Transformations digitales de l'immobilier d'entreprise. Éditions Eyrolles, ISBN : 978-2-212-67530-6.
- Dabi-s, G. (2014). Objet connecté. In: <https://www.1min30.com/dictionnaire-du-web/objet-connecte>. Consulté le 09/09/2018.
- Dard, C . (2017). Des murs interactifs pour faire du sport. In : <https://iq.intel.fr/des-murs-interactifs-pour-faire-du-sport/>. Consulté le 13/08/2020.
- Derderian, H.Z . (2017). Étude, conception et réalisation d'un système de gestion technique du bâtiment GTB. diplôme d'ingénieur CNAM, Institut Supérieur des Sciences Appliquées et Economiques, Centre du Liban associé au Conservatoire National des Arts et Métiers Paris.
- Dongsu, K; Yeobeom, Y; Jongman, L; Pedro, J.M; Kwangho, L; Heejin, C. (2022). Design and Implementation of Smart Buildings: A Review of Current Research Trend. *Energies* , 15, 4278.
- Dramane, O. (2014). Apport des réseaux intelligents aux usages et pratiques en e-santé : Une architecture flexible basée sur la technologie radio cognitive pour un suivi efficace et temps réel des patients. Docteur de l'université de bordeaux, École Doctorale de Mathématiques et Informatique.
- Drewer, S; Gann, D. (1994). Smart Buildings. *Facilities*, Vol. 12, No. 13, pp. 19- 24.
- Dumazedier, J ; Lanfant, M.F ; Imbert, M ; Laplante, M ; (1968). Sociologie du loisir. In : *Population*, 23<sup>e</sup> année, n°5. p. 936.
- Eberhard, H.Z . (1983). Architecture multifonctionnelle : 34 exemples internationaux. Éditions du Moniteur.
- Edwards, W. (1971). Social utilities. *Engineering Economist*, Summer Symposium Series 6, pp.119-129.
- Enrico. (2014). Rolex Learning Center EPFL Lausanne / Interview with Kazuyo Sejima + Ryue Nishizawa (SANAA). In : Vernissage TV: the window to the art world. In : [vernissage.tv/2014/03/07/rolex-learning-center-epflausanne-interview-with-kazuyo-sejima-ryue-nishizawa-sanaa/](http://vernissage.tv/2014/03/07/rolex-learning-center-epflausanne-interview-with-kazuyo-sejima-ryue-nishizawa-sanaa/) . Consulté le 23/08/2021.
- EPFL. Le bâtiment. In : <https://www.epfl.ch/campus/visitors/fr/batiments-phares/rolex-learning-center/batiment/>. Consulté le 15/06/2020.
- Équipe FG. (2015). Chicago Sports Museum - Apprendre en mettant l'accent sur l'interactivité et le plaisir. In : <https://www.fitness-gaming.com/news/events-and-fun/zones/chicago-sports-museum.html>. Consulté le 10/08/2022.
- Etherington, R. (2010). Lou Ruvo Center for Brain Health by Frank Gehry. In *dezeen*. In : <https://www.dezeen.com/2010/06/17/lou-ruvo-center-for-brain-health-by-frank-gehry/>. Consulté le 13/08/2022.
- Etienne, D. (2013). Exploration de la flexibilité pour un bâtiment à usage fluctuant limité. Le cas de Owl's Head. M.Arch. École d'architecture. Université Laval.
- Fabris & Partners in Architonic. CIC – Centre International Des Conférences, Alger, Algérie. In : <https://www.architonic.com/fr/project/fabris-partners-cic-centre-international-des-conferences/5104816>. Consulté en 2022.

- Fabris & Partners, C.I.C. - Centre International des Conférences, ALGER. (2016). In : <https://www.fabrispartners.it/fr/projets/cic-centre-international-de-conferences-FR/>. Consulté en 2022.
- Facon, C. (2021) .Entrez dans l'ère de l'industrie digitalisée et numérique. In : <https://openclassrooms.com/fr/courses/5382991-pilotez-lamelioration-continue-dans-lindustrie-du-futur/5715496-entrez-dans-lere-de-lindustrie-digitalisee-et-numerique>. Consulté le 13/08/2022.
- Fathian, M; Peyman A. (2006). Developing a conceptual model for assessment of intelligence in buildings. *Facilities*, Vol. 24, No. 13/14, pp.523-537.
- Faysal, M.A; Basma S.S. (2017). Towards Novel and Appropriate Smart Buildings “Beijing Water Cube”. *International Journal of Environmental Science*. Volume 2.
- Florian, L. (2013). ASB Glassfloor réinvente le revêtement de sol des salles de sport avec des leds. In : <http://www.actinnovation.com/innovation-pratique/asb-glassfloor-revetement-sol-salles-sport-leds-5373.html>. Consulté le 13/08/2020.
- FMGB. (2007). L'édifice du Musée Guggenheim Bilbao. In : [https://www.academia.edu/5997249/L%C3%A9difice\\_du\\_Mus%C3%A9e\\_Guggenheim\\_Bilbao\\_le\\_meilleur\\_%C3%A9difice\\_de\\_notre\\_temps\\_Philip\\_Johnson\\_architecte](https://www.academia.edu/5997249/L%C3%A9difice_du_Mus%C3%A9e_Guggenheim_Bilbao_le_meilleur_%C3%A9difice_de_notre_temps_Philip_Johnson_architecte). Consulté le 15/08/2022.
- FMGB. Guggenheim Bilbao. Ce grand espace libre, aux volumes courbes. In : <https://www.guggenheim-bilbao.eus/fr/le-batiment/linterieur>. Consulté le 16/06/2020.
- François, G. L'informatique a-t-elle transformé la création architecturale ?.
- Gallissot, M. (2012). Modéliser le concept de confort dans l'habitat intelligent : du multisensoriel au comportement. Docteur De L'université De Grenoble. Spécialité : Informatique.
- Gaouas, O. (2010). Approches multicritères en conception bioclimatique et optimisation par le biais d'un langage architecturale. Mémoire de magister, Université Mohamed Khider – Biskra.
- Gehry, F. (2010). The Gehry treatment. In: *The Scientist*. In: <youtube.com/watch?v=qT7fvmNTZTQ>. Consulté le 13/08/2022.
- GhaffarianHoseini, A ; Dahlan, N.D ; Berardi, U ; GhaffarianHoseini, A ; Makaremi, N. (2013). The essence of future smart houses: From embedding ICT to adapting to sustainability principles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 24, pp. 593-607.
- Ghafouri, A. (2016). La forme urbaine durable : Multifonctionnalité et Adaptation, Redéfinir les espaces urbains en tant que zones partagées multifonctionnelles. Thèse de doctorat, Université Strasbourg.
- Ghafouri, A; Christiane, W. (2020). Multifunctional Urban Spaces a Solution to Increase the Quality of Urban Life in Dense Cities. *Manzar, The Iranian Academic Open Access Journal of Landscape*, Nazar Research Center for Art, Architecture and Urbanism, 12 (51), pp.34-45.
- Gublin, G.G. (2015) . De la transformation numérique à l'industrie 4.0. In : <http://www.bsi-economics.org/548-transformation-numerique-industrie-4-0>. Consulté le 15/08/2022
- Hadid, Z. (2012). Zaha Hadid | Unveiling. In: *Crane.tv*. In : <youtube.com/watch?v=AOD8i8dJysM> . Consulté le 04/08/2021
- Haile, L. (2003). Versatile Space: The Trend to Multi-functional Space And Design Strategy. *Dense Living Urban Structures*. Volume 1.

- Hapenciuc, A; Banescu, O; Mihai, A. (2016). Responsive interior architecture - interactive surfaces. Conference Paper, International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts / SGEM Vienna.
- Harruttugil, T; Prins, M; Gültekin, T ; Topcu, I. (2011) .Conceptual framework for potential implementations of multi-criteria decision making (MCDM) methods for design quality assessment. Management and Innovation for a Sustainable Built Environment ISBN, Amsterdam, The Netherlands.
- Hazem, M. N; Afify; Zeinab A. abd El-Ghaffar. (2007). Advanced digital manufacturing techniques (CAM) in architecture. Computer-Aided Architectural Design Futures. The Netherlands: Springer.
- Helen, C. (2005). Architectural Design ".4dspace :Interactive Architecture, Vol 75 No 1.
- Herbert, S. (2007). La Ville Interface. In: [http://www.ensci.com/uploads/media/memoire\\_sandrine\\_herbert.pdf](http://www.ensci.com/uploads/media/memoire_sandrine_herbert.pdf). Consulté le 03/01/2019.
- Hoffstetter, M. (2015). Une bague pour importer dans la vie réelle les contenus virtuels. In : [https://www.bilan.ch/techno/une\\_bague\\_pour\\_importer\\_dans\\_la\\_vie\\_reelle\\_les\\_contenus\\_virtuels](https://www.bilan.ch/techno/une_bague_pour_importer_dans_la_vie_reelle_les_contenus_virtuels). Consulté le 12/01/2020.
- Holopainen, R; Tuomaala, P; Hernandez, P; Hakkinen, T; Piira, K; Piippo, J. (2014). Comfort assessment in the context of sustainable buildings: comparison of simplified and detailed human thermal sensation methods. Building and Environment, Vol. 71, pp. 60-70.
- Holzinger, A, Carsten, R; Martina, Z. (2015). From Smart Health to Smart Hospitals. Smart Health: State-of-the-Art and Beyond, Springer Lecture Notes in Computer Science, LNCS 8700. Heidelberg, Berlin: Springer, pp. 1-20.
- Hookway, B;Chris P. (2006). Responsive systems/appliance architectures. Architectural Design no. 76 (5):74-79.
- Hwang, CL; Yoon, K. (1981). Multiple criteria decision making. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems.
- Hyeon-Seok, M. Dongdaemun Design Plaza (DDP). Seoul metropolitan government. In : [https://seoulsolution.kr/sites/default/files/policy/1%EA%B6%8C\\_Urban%20Planning\\_Dongdaemun%20Design%20Plaza.pdf](https://seoulsolution.kr/sites/default/files/policy/1%EA%B6%8C_Urban%20Planning_Dongdaemun%20Design%20Plaza.pdf). Consulté le 13/08/2022.
- IFEN. (2001). Institut Français de l'Environnement. Définition In: <http://www.ifen.fr/perf/perf2000/indicateur.html>.
- Iribarne, A. (2012). Performance au travail : et si tout commençait par les bureaux ? Editions d'Organisations : Eyrolles.
- Jam. (2017). Que pensent (vraiment) les jeunes du système scolaire actuel ? In : <https://medium.com/@marwannas/que-pensent-vraiment-les-jeunes-du-syst%C3%A8me-scolaire-actuel-efe64d6af068>. Consulté le 15/07/2022.
- Jankari, R. (2014). Les technologies de l'information au Maroc, en Algérie et en Tunisie Vers une filière euromaghrébine des TIC ?. Institut de Prospective Economique du Monde Méditerranéen.
- Jaremen, D.E; Jędrasiak, M; Rapacz, A. (2016). The Concept of Smart Hotels as an Innovation on the Hospitality Industry Market – Case Study of PURO Hotel in Wrocław. Economic Problems of Tourism 4/2016 (36).
- Jean-Pierre, C. L'approche computationnelle : un changement de paradigme en conception architecturale. Perspectives d'enseignements et de recherches.
- Jimmy, R. (2005). Les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC). Leur usage en tant que Outil pour le Renforcement et le Développement de l'Education Virtuelle. Disponible dans les archives de l'Observatoire pour la Cyber Société.

- Joël de Rosnay . (2016). Qu'est-ce qu'un matériau intelligent ?. In: <https://www.futura-sciences.com/sciences/dossiers/physique-materiaux-intelligents-55/page/2/>. Consulté le 01/10/2018.
- Joshua, D L. (2012). *Adaptable, Kinetic, Responsive, and Transformable Architecture: An Alternative Approach to Sustainable Design*. Master of Science in Sustainable Design. The University of Texas at Austin.
- Jouglà, E . (2009). Un escalier qui joue du piano pour un projet écologique. (page consultée le 30.12.2018). In: <https://www.pianoweb.fr/unescaliermusical-quijouedupiano.php>.
- Julia, L. (2019). *L'intelligence artificielle n'existe pas*. Paris : Éditions First.
- Kaghat, F.Z. (2014). *Modèle et expériences pour la visite de musées en réalité augmentée sonore*. Thèse de doctorat, École Doctorale Informatique, Télécommunications et Électronique de Paris Laboratoire Cedric, Equipe ILJ.
- Kaizhi, L. (2019) *Restauration intelligente*. In : [http://www.chinafrique.com/Homepage/201903/t20190318\\_800162150.html](http://www.chinafrique.com/Homepage/201903/t20190318_800162150.html). Consulté le 10/08/2022
- Kaklauskas, A; Zavadskas, E.K; Naimavicienè, J; Krutinis, M; Plakys, V; Venskus, D. (2010). Model for a Complex Analysis of Intelligent Built Environment. *Automation in Construction* 19, 326–340.
- Kane, M. (1999). *Sustainability Concepts: From Theory to Practice*. Sustainability in Question. The Search for a Conceptual Framework, Köhn, J et al. (eds.). Edward Elgar : Cheltenham : 15-31.
- Kassar, M; Brigitte, K; Guy, P. (2008). An overview of vertical handover decision strategies in heterogeneous wireless networks. *Journal Computer Communications* Volume 31 Issue 10 pp. 2607-2620.
- Kaya, İ; Kahraman, C (2014). A comparison of fuzzy multicriteria decision making methods for intelligent building assessment. *Journal Of Civil Engineering And Management*. Volume 20(1): 59–69.
- Kell, A.R. (2005). *The Global Development of Intelligent & Green Buildings*. Beijing: ibexcellence.
- Khasro, O; Daniel, J.F; Sumarni, I. (2016). *Smart Buildings – A New Environment (Theoretical Approach)*. *International Journal of Engineering Technology, Management and Applied Sciences*. Volume 4, Issue 4.
- Kolarevic, B. (2005) *.Architecture in the digital age .Design and manufacturing .London :Taylor & Francis, P83.*
- Kombo, Y. (2012). *L'administration publique congolaise aux prises avec les TIC : innovations, défis et perspectives. Le cas de la publication des résultats des examens d'État* », *Télescope*, vol. 18, n° 1-2, p. 84-101.
- Krajnc D ; Glavic P. (2005). A model for integrated assessment of sustainable development. *Resources, Conservation and Recycling*, 43(2), p. 189-208.
- Kronenburg, R. (2007). *Flexible: Architecture That Respond to Change*. London: Laurence King Publishing Ltd, ISBN-10: 1 85669 461 5.
- Kronenburg, R. (2008). *Portable Architecture, Design and Technology*, ISBN: 978-3-7643-8324-4.
- La Gaîté Lyrique. (2014). *Architecture, city, and digital culture*. In : <https://www.gaite-lyrique.net/en/event/architecture-city-and-digital-culture>. Consulté le 05/09/2018.
- Labeledade, N. (2015). *Fresh H2O, Pavillon de l'Eau douce, Waterland Neeltje Jans, Zeeland, 1994*. In : <https://www.frac-centre.fr/collection-art-architecture/rub/rub-64.html?authID=133&ensembleID=344>. Consulté le 15/06/2020.

- Laborderie, A. (2013). Expositions virtuelles et valorisation patrimoniale, Le cas des collections islamiques de la BnF, Colloque : Patrimoines du Maghreb à l'ère numérique.
- Lai, W.C; Hung, W.H. (2017). Constructing the smart hotel architecture – A case study in Taiwan. In Proceedings of The 17th International Conference on Electronic Business (pp. 67-71).ICEB, Dubai, UAE, December 4-8
- Laraba, M; Derradji, M. (2023). Perspectives of Built Environment under the Impact of Digital Technology. Algerian Journal of Environmental Science and Technology. 9:4 (2023) 3344-3352
- Laraba, M; Derradji, M; Kihal, G. (2018). The main indicators for the assessment of smart buildings performance -case of the Cyber Parc of Algiers-. International Journal of Architecture and Urban Studies (IJAUS), pp. 39-53, Volume 3, Issue 2.
- Larroque, H. (2017). L'approche du processus de conception d'espaces accueillants les nouveaux modèles de travail : L'expérience vécue des espaces de coworking. Travail de fin d'études réalisé en vue de l'obtention du grade de master en Ingénieur Civil Architecte. Université de Liège - Faculté des Sciences Appliquées
- Laurent, B. (2016), L'architecture des bibliothèques à l'ère des nouvelles technologies, Perspective, Actualité en histoire de l'art. DOI : 10.4000/perspective.6889
- Lawson, B. (2002). CAD and Creativity: Does the Computer Really Help? LEONARDO, 35,3 , 327-331.
- Le Corbusier; originally printed in 1923. Towards a New Architecture. Tel Aviv: Bavel (Hebrew version, 1998). 240.
- Le Mag'. (2015). 5 initiatives pour repenser l'espace d'apprentissage. In : <http://sydologie.com/2015/02/5-initiatives-repenser-lespace-dapprentissage/>. Consulté le 15/01/2020.
- Le Patriote. (2018). Villefranche : des caméras pour surveiller les bébés à l'Hôpital Nord-Ouest. In : <https://www.lepatriote.fr/villefranche-des-cameras-pour-surveiller-les-bebes-a-l-hopital-nord-ouest-3908.html>. Consulté le 20/07/2022.
- Leach, N. (2002). Introduction. Designing for a Digital World. West Sussex, UK: Wiley Academy.
- Legendre, R. (2005). Dictionnaire actuel de l'éducation. 3e édition. Montréal : Guérin.
- leJournalDuDesign. (2013). Maison 18.36.54 par Studio Daniel Libeskind. In: <https://www.journal-du-design.fr/architecture/maison-18-36-54-par-studio-daniel-libeskind-31116/>. Consulté le 15/06/2020.
- Leonidis, A; Korozi, M; Margetis, G; Grammenos, D ; Stephanidis. C. (2013). An Intelligent Hotel Room. Conference Paper. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013.
- Locqueneux, C. (2016). Le guide de la maison et des objets connectés, Éditions Eyrolles.ISBN : 978-2-212-14211-2
- Louis, O. (2016). Concevoir & construire un hôpital numérique, Organisation et architecture de l'hôpital de demain, Éditions Eyrolles.
- Loveridge, R.A. (2012). Process bifurcation and the digital chain in architecture. Thèse de doctorat, Faculté de l'environnement naturel, architectural et construit, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.
- Loxone. (2022). Restaurant intelligent : Le TROYKA. In : <https://www.loxone.com/frfr/blog/restaurant-intelligent-le-troyka/>. Consulté le 13/08/2022.
- Mackay W.E. (1998). Augmented Reality: Linking real and virtual worlds - A new paradigm for interacting with computers. In Proceedings of AVI'98, ACM Conference on Advanced Visual Interfaces, l'Aquila, Italy. New York : ACM Press.

- Mady, A; Ahmed, M; Hussein Esam, A.E. (2013). Transformable Architecture, A key to Improve stadiums & sports buildings. Conference Paper.
- Mahmoud, S; Farid, M; Amir, S. (2009). TQM consultant selection in SMES with TOPSIS under fuzzy environment. Expert Systems with Applications.
- Malagnino, A; Montanaro, T; Lazoi, M; Sergi, I; Corallo, A; Patrono, L. (2021). Building Information Modeling and Internet of Things integration for smart and sustainable environments: A review. Journal of Cleaner Production, 312, 127716.
- Marchand, B. (2004). l'architecture scolaire aujourd'hui. bulletin CIIP, n 15, decembre, p20-23
- Marco, J. (2016). Turning Smart Buildings into Innovation Environments. Thèse de doctorat. Faculté de Mathématiques, Informatique et Sciences Naturelles de l'Université RWTH Aachen.
- Marie, L. (2020), Bases de l'Intelligence Artificielle, cours à l'Université Claude Bernard Lyon 1.
- Marie-Pierre, H. (2013). Comment utiliser les technologies numériques pour poursuivre l'amélioration des relations entre l'administration et ses usagers ?. La Note d'analyse n° 317.
- Marine, B. (2009). Contribution à la conception et à la réalisation des morphologies non-standard : les formes Pascaliennes comme outil. Thèse de doctorat. Université de Montpellier.
- Markelj, J; Kuzman, M; Zbašnik-Senegačnik, M. (2013). A review of building sustainability assessment methods. AR 2013/1.
- Martin, D; (2004). Architect Frank Gehry finds cad a boon to art and business. CAD Digest, p 64-78.
- Maxence, L. (2016). En quoi la santé connectée est-elle un outil d'empowerment en santé mentale ? Thèse pour le diplôme d'état de docteur en médecine des de psychiatrie, université paris-est créteil val de marne.
- Mena, S.B. (2000). Introduction aux méthodes multicritères d'aide à la décision. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement, 4(2), 83-93.
- Méndez, M; Galván, B; Salazar, D; Greiner, D. (2006). Multiple-Objective Genetic Algorithm Using The Multiple Criteria Decision Making Method TOPSIS. MOPGP'06: 7th Int. Conf. on Multi-Objective Programming and Goal Programming.
- Merlet, L. (2018). Habitat intelligent : jusqu'où l'habitant est-il maître des lieux ? Architecture, aménagement de l'espace.
- Michelle, A.D; Daniel, S.L. (2005). Smart Materials and New Technologies For the architecture and design professions, Burlington : Architectural Press.
- Milgram, P; Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. In IEICE Transactions on Information Systems, Vol E77-D, n° 12.
- Mimouni, Y. (2018). Les stratégies de création et de développement des PME innovantes algériennes : Cas des PME du cyber Parc de Sidi Abdellah-Alger. Thèse de Doctorat en science. Option : gouvernance d'entreprises. Université Abou Bakr BELKAID – Tlemcen.
- Min, W; Wenqin, Z. (2009). Application and Research on Digital Technology in Architecture Education. ISECS International Colloquium on Computing, Communication, Control, and Management.
- Moeflaert, D.V. (2002). Multi Criteria Decision Aid in Sustainable Urban Water Management. Thèse de doctorat, Stockholm.

- Mokrane, A. (2017). Formation et stabilité des territoires dédiés aux Technologies de l'Information et de la Communication(TIC) : éléments d'analyse théoriques et empiriques, cas des parcs technologiques en l'Algérie. *مجلة أداء المؤسسات الجزائرية – العدد 12.2017.*
- Monouso. (2022). Smart Restaurant : transformez votre entreprise traditionnelle en une entreprise intelligente. (page consultée le 13/08/2022). In : <https://blog.monouso.fr/smart-restaurant-transformez-votre-entreprise/>
- Mostafavi, M; Leatherbarrow, D. (1993). *On Weathering, The Life of Buildings in Time.* The MIT Press. ISBN: 9780262631440
- Ndibnu Messina, J.E ; Willy Nya, G.N. (2014). Usage des TIC, développement et extension des compétences professionnelles chez les enseignants en formation initiale au Département d'Informatique et des Technologies Educatives de l'ENS de l'université de Yaoundé I. *frantice.net*, numéro 8.
- Negroponte, N. (1970). *The Architecture Machine.* Cambridge, Mass: The MIT Press. 7,119, Preface.
- Nexity. Les bureaux de demain. In : <https://ct.nexity.fr/news/articles/les-bureaux-de-demain#>. Consulté en 2020.
- Niklas, I; Bengt, H. (2009). Factors influencing flexibility in buildings. *Structural Survey* Vol. 27 No. 2, pp. 138-147.
- Nishizawa, R. (2011). Lecture by Ryue Nishizawa, SANAA. In : *Architecture Lecture Series.* California College of the Arts, San Francisco. In : [youtube.com/watch?v=hjvDGMMcJqc](https://youtube.com/watch?v=hjvDGMMcJqc) . Consulté le 23/08/2021.
- Novak, M. Virtualités réelles. In: <http://www.archilab.org/public/2000/catalog/novak/novakfr.htm>. Consulté le 09/09/2018.
- OCDE. (1993). *Corps central d'indicateurs de l'OCDE pour les examens des performances environnementales, Rapport de synthèse du Groupe sur l'Etat de l'Environnement, organisation de coopération et de développement économiques, Paris, 41p.*
- Omkarprasad, S.V; Sushil, K. (2006). Analytic hierarchy process :An overview of applications, *European Journal of Operational Research*, Vol 169, PP 1-29.
- Oosterhuis, K. (2013). *Towards a Methodology for Complex Adaptive Interactive Architecture*, ISBN 978-94-6186-109-2.
- Osama, O. (2018). Intelligent building, definitions, factors and evaluation criteria of selection. *Alexandria Engineering Journal* 57, 2903–2910.
- Pallasmaa, J. (2010). *Le regard des sens = The eyes of the skin: architecture and the senses.* Paris: Éd. Du Linteau.
- Pallasmaa, J; Mallgrave, H; Arbib, M. (2013). *Architecture and Neuroscience – a Tapio Wirkkala – Rut Bryk Design Reader.* Espoo, Finland: Tapio Wirkkala Rut Bryk Foundation.
- Pascal, A. (2003). *Ambiances urbaines et espaces publics*”. In : *L'espace public en question : Usages, ambiances et participation citoyenne.* Ecole Doctorale Temps, Espace, Société et Culture, 3), 50-56.
- Pat So, A.T; Chan, W.L. (1999). *Intelligent Building Systems.* p 175.
- Pellerin, J.L. (2015) .Les Nouvelles de Falaise. In : [https://actu.fr/normandie/falaise\\_14258/jai-teste-pour-vous-la-visite-virtuelle-du-chateau-de-falaise\\_924801.html](https://actu.fr/normandie/falaise_14258/jai-teste-pour-vous-la-visite-virtuelle-du-chateau-de-falaise_924801.html). Consulté le 10/01/2020.
- Picon, A. (2009). *Ville numérique, ville événement.* Cairn.info. In: <https://www.cairn.info/revue-flux1-2009-4-page-17.htm>. Consulté le 01/10/2016.
- Picon, A. (2010). *Culture numérique et architecture.* Editions Birkhäuser, Basel.
- Picon, A. (2010). *Digital Culture in Architecture,* Basel, Birkhäuser Architecture.

- Pierre-Jean, B ; Sylvain, B ; Françoise M.F. (2009). L'internet Des Objets, Quels enjeux pour l'Europe. Éditions de la Maison des sciences de l'homme.
- Pinder, J; Schmidt III, R; Austin, S, Gibb, A; Saker, J. (2017). What is meant by adaptability in buildings? *Facilities*, 35 (1/2), pp. 2-20.
- Plasma Studio . Projects. In : <https://www.plasmastudio.com/en/projects>. Consulté le 15/06/2020.
- Pohekar, Sd; Ramachandran, M. (2006). Multi-criteria evaluation of cooking devices with special reference to utility of parabolic solar cooker (PSC) in India. *Energy* 31, 1215–1227.
- Pomerol, Jc; Sergio, Br. (1993). Choix multicritère dans l'entreprise. Editions Hermès, Paris.
- Pourtois, J-P ; Huguette, D. (1998). Que nous enseigne le terrain de l'intervention ? *Revue française de pédagogie*, volume 124. Sociologie de l'éducation. p111.
- Prinz, J.C; Gerval, O. (2013). Design et architecture de commerce. Edition Eyrolles.
- Pujol, G. (2018). Myteepi : une nouvelle solution autonome pour veiller sur votre habitat et sur vos proches. In: <https://www.journaldugeek.com/2018/04/15/myteepi-nouvelle-solution-autonome-veiller-habitat-vos-proches/>. Consulté le 20/03/2019.
- Radosavljevic, C. (2012). Open space, structures organisationnelles et comportement des opérateurs. Mémoire de Master, Université Catholique De Louvain.
- Rahmouni, K. (2011). Les Cyberparcs En Algerie : Le défi technologique des nouveaux pôles. *N°TIC MAGAZINE*, N°55, pp01-50, p10.
- Randall, T. (2015). L'immeuble le plus intelligent du monde, Dans le futur connecté de l'architecture. In : <https://www.bloomberg.com/features/2015-the-edge-the-worlds-greenest-building/>. Consulté en 2020.
- Raymond, J.C; Zosia, B. (2009). Reconciling human and automated intelligence in the provision of occupant comfort. *Intelligent Buildings International*, 1:1, 39-55.
- Rea, L. M ; Parker, R. A. (1997). Designing and Conducting Survey Research: A Comprehensive Guide. San Francisco, CA: Josey-Bass Publishers.
- Reda Abdin, A; Badr Ahmed, M. (2010). Intelligent Architecture as an approach for apply the Technological Development in Attaining the Objectives of Sustainable Architecture. First international conference on sustainability and the future FISC2010.
- Regine. (2004). Heat-sensitive and communicating concrete. (page consultée le 12.11.2018). In: [https://we-make-money-not-art.com/chronos\\_chromos/.2004](https://we-make-money-not-art.com/chronos_chromos/.2004).
- Revfine. (2022). Le système d'hôtel intelligent : 7 façons de rendre votre hôtel plus intelligent. In : <https://www.revfine.com/fr/systeme-hotel-smart/>. Consulté le 13/08/2022
- Ritter, A. (2006) .Smart Materials in Architecture, Interior Architecture and Design .Berlin : Birkhäuser Basel.
- Rivka, O. (2006). Theory and design in the first digital age. *Design Studies* Vol 27 No. 3.
- Robin, J.Y. (2016). L'e-santé en question. *I2D – Information, données & documents*, 2016/3 (Volume 53), p. 58.
- Robots . (2020). Tout savoir des évolutions de la robotique. (page consultée le 15/07/2022). In : <https://www.robots-et-compagnie.com>
- Rokivo Inc. et Vidienne Conseil. (2013). Le musée égyptien de Turin. In : <http://www.club-innovation-culture.fr/le-musee-egyptien-de-turin-propose-un-guide-visuel-pour-les-malentendants-utilisant-des-lunettes-google-glass/>. Consulté le 11/01/2020
- Romualdas, G; Valentinas, P; Saulius, R. (2008). Evaluating the alternative solutions of wall insulation by multicriteria methods. *Journal of Civil Engineering and Management*.



- Ronteix, M. (2018). Au fait, c'est quoi l'intelligence artificielle ? In : <https://www.europe1.fr/technologies/au-fait-cest-quoi-lintelligence-artificielle-3612572>. Consulté le 15/06/2020.
- Roy, B. (1985). Méthodologie multicritère d'aide à la décision. *Economica*.
- Roy, B. (1990). Decision-Aid and Decision-Making, *European Journal of Operational Research* 45, 324- 331.
- Rump, P.C. (1996). State of the environment reporting: source book of methods and approaches, UNEP.
- Saaty, T. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of mathematical psychology*, Vol 15, n 3, PP 234-281.
- Saaty, T. (1986). Resolution of retributive conflicts. *IFAC Proc.* Vol. 19, 91–94.
- Saaty, T. (2001). Decision-making with the AHP: why is the principal eigenvector necessary, in: *Proceedings of ISAHF 2001*, Berne, Switzerland.
- Sakari, P; Markus, L; Juhana, J; Antti, A. (2013). Intelligent Restaurant System Smartmenu. *CogInfoCom 2013 • 4th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications • December 2–5, 2013*, Budapest, Hungary.
- Salhi, B. (2009). La Cyberpolis et ses implications socio-spatiales dans la ville de Constantine. Mémoire de magister, Département d'architecture et de l'urbanisme, Université Mentouri Constantine.
- Sassi, M. (2016). Développement d'un mécanisme de Handover basé sur le concept de la conscience contextuelle (Context Awareness) dans des réseaux sans fil hétérogènes garantissant un accès ubiquitaire. Thèse de doctorat, L'Ecole Supérieure des Communications de Tunis, Université de Carthage.
- Scharlig, A. (1985). Décider sur plusieurs critères : panorama de l'aide à la décision multicritère. PPUR presses polytechniques.
- Schmidt III, R; Eguchi, T; Austin, S; Gibb, A. (2010). What is the meaning of adaptability in the building industry? . *O&SB 2010, the 16th International Conference on "Open and Sustainable Building"*, May 17thD19th 2010, Bilbao, Spain.
- Schnädelbacha, H. (2010). Adaptive Architecture – A Conceptual Framework. *Media City: Interaction of Architecture, Media and Social Phenomena*.
- Schnädelbacha, H; Ainojie, I; David, K; Kevin, G; Patrick, B. (2012). ExoBuilding: Physiologically Driven Adaptive Architecture. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction* 19(4), 1-22, doi: 10.1145/2395131.2395132.
- Schnädelbacha, H; Jäger, N. (2016). Embodied Adaptive Architecture An Overview Of research conducted at the Mixed Reality Lab. *Academy of Neuroscience for Architecture*.
- Schnädelbacha, H; Slovak, P; Fitzpatrick, G; Jäger, N. (2014). The immersive effect of adaptive architecture. *Pervasive and Mobile Computing*, 25(1), 143-152.
- Schneider, T; Till, J. (2007). Flexible housing. *Architectural Press*. ISBN0750682027, 9780750682022.
- Shapiro, S. (1992). *Encyclopedia of Artificial Intelligence* (2nd Edition). New York : Wiley.
- Si Bachir, F. (2013). La dynamique d'émergence et de structuration des clusters d'innovation en Algérie : cas du Cyberparc de Sidi Abdellah (Alger). Mémoire de Master. *Management Economique Des Territoires Et Entrepreneuriat*. Université A. Mira de Bejaia.
- Souag, M ; Dorbhan S. La ville nouvelle de Sidi Abdellah et le développement durable, Un exemple d'aménagement à partir de la gestion des eaux urbaines.
- Spuybroek, L. (2004). *NOX : machining architecture*. Londres : Thames and Hudson. 389 p. ISBN 9780500285190.

- Stephens, S. (2011). 18.36.54 House. In : Architectural Record. In : <https://www.architecturalrecord.com/articles/8791-3654-house>. Consulté le 23/08/2021.
- Steven, L. (2013). Cleveland Museum of Art leads American art museums with its new Apple iPad mobile app and Gallery One education center. In: [https://www.cleveland.com/arts/2013/01/cleveland\\_museum\\_of\\_art\\_leads.html](https://www.cleveland.com/arts/2013/01/cleveland_museum_of_art_leads.html). Consulté le 10/01/2020.
- Sutherland, G; Stavrakakis, G; Kolokotsa, D; Karatassou, S; Santamouris, M. (2007). A matrix tool for assessing the performance of intelligent buildings. *Management of Environmental Quality: An International Journal*. Vol. 18 No. 1, pp. 36-49.
- Sutton, E. (2014). Vincent et Nancy 2 robots dans une bibliothèque. In : <https://www.idboox.com/infos-ebooks/vincent-et-nancy-2-robots-dans-une-bibliotheque/>. Consulté le 03/03/2020.
- Svoray, T; Bar Kutiél, P ; Bannet, T. (2005). Urban land-use allocation in a Mediterranean ecotone: Habitat Heterogeneity Model incorporated in a GIS using a multi-criteria mechanism. *Landscape and Urban Planning*, 72(4), p. 337-351.
- Szalapaj, P. (2005). *Contemporary Architecture and the Digital Design Process*. Oxford : Architectural Press, P211.
- Tamiz, M; Jones, D ; Romero, C. (1998). Goal programming for decision making: An overview of the current state-of-the-art. *European Journal of Operational Research*, 111(3), p. 569-581.
- TeamLab. (2018). Au-delà des limites. In : <https://www.teamlab.art/fr/e/lavillette/#organizers>. Consulté le 10/01/2020.
- Thibaut, B.M ; Toubal, L. (2016). *Travail industriel à l'ère du numérique. Se former aux compétences de demain*, Paris, Presses des Mines.
- Vallejo, J.L ; Denervaud, I. (2014). *Les nouveaux modes de travail à l'ère du digital : enjeux et opportunités, exemples et enseignements*. Orange Business Services et Sia Partners.
- Vincke, Ph ; Roy, B. (1989). *L'aide multicritère à la décision*. Editions Ellipses.
- Voda, I.I. (2015). *La fluidité architecturale : histoire et actualité du concept*. Thèse de doctorat, Université Grenoble Alpes & Université Technique de Cluj-Napoca.
- Voda, I.I. (2015). *La fluidité architecturale : histoire et actualité du concept*. Thèse de doctorat, Université Grenoble Alpes & Université Technique de Cluj-Napoca.
- Wachter, S. (2009). *La ville numérique : quels enjeux pour demain ?*. Métropolitiques.eu. In: <https://metropolitiques.eu/La-ville-numerique-quels-enjeux.html>. Consulté le 01/10/2016.
- Wachter, S. (2009). Promesses et impasses de l'architecture numérique. Cairn.info. In: <https://www.cairn.info/revue-flux1-2009-4-page-24.htm>. Consulté le 01/10/2016.
- Wendland, D. (2000). *Model-based formfinding processes: free forms in structural and architectural design*. Allemagne: Université de Stuttgart.
- Wong Johnny, K.W; Li, H. (2008). Application of the analytic hierarchy process (AHP) in multi-criteria analysis of the selection of intelligent building systems. *Building and Environment* 43, 108–125.
- XB Architectes. (2015), *Architecture évolutive / flexible*, Version 1.
- Yehuda, E.K. (2006). The impact of information technology on design methods, products and practices. *Design Studies*. Volume 27, Issue 3, Pages 357-380.
- Yoram, W; Saaty, T. (1980). Marketing applications of the analytic hierarchy process. *Management science*.

- Zaha Hadid Architects. Galaxy SOHO. In: <https://www.zaha-hadid.com/architecture/galaxy-soho/>. Consulté le 15/06/2020.
- Zellner, P. (1999). Hybrid space, Thames and Hudson, Londres.
- Zepf, M. (2009). L'espace public en expérimentation : penser et réinterpréter l'urbain en permanence Manuscrit auteur, publié dans "Tracés n° 13-14, pp. 13-15.

## LISTE DES ANNEXES

### Annexe A : Etat de l'art relatif à la notion d'espace intelligent

Références	Fluidité	Flexibilité	Adaptabilité	Transformation	Ouverture	Multifonctionnalité	Interactivité	Automatisation	Durabilité
<b>Chapouly, 2012</b>	1	0	0	0	0	0	1	0	0
<b>Carlos, 2013</b>	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Boron, 2013</b>	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<b>Radosavljevic, 2012</b>	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<b>Kronenburg, 2007</b>	0	1	1	1	0	0	1	0	0
<b>Kronenburg, 2008</b>	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<b>Arto et al, 2007</b>	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<b>Niklas, Bengt, 2009</b>	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<b>Asefi, 2010</b>	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<b>Joshua, 2012</b>	0	0	1	1	0	0	1	0	0
<b>Schnädelbacha, 2010</b>	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<b>Schnädelbacha et al, 2012</b>	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<b>Schnädelbacha et al, 2014</b>	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<b>Schnädelbacha, Jäger, 2016</b>	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<b>Bullivant, 2005</b>	1	1	1	1	0	0	1	0	0
<b>Hapenciuc et al, 2016</b>	0	1	1	0	0	0	1	0	0

<b>Ghafouri, 2016</b>	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<b>Bragança et al, 2010</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>Markelj et al, 2013</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>Derderian, 2017</b>	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<b>Pat So, Chan, 1999</b>	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<b>Beddiar, Lemale , 2016</b>	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<b>Voda, 2015</b>	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Chiara , 2009</b>	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Etienne , 2013</b>	0	1	0	1	0	0	0	0	0
<b>Schmidt III et al, 2010</b>	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<b>Schneider, Till , 2007</b>	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<b>Pinder et al, 2017</b>	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<b>De Marco Werner ,2013</b>	0	0	1	1	0	0	1	0	0
<b>Mady , Abu Elfadle , 2013</b>	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<b>Iribarne, 2012</b>	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<b>Larroque, 2017</b>	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<b>Eberhard, 1983</b>	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<b>Brandt, Vejre, 2004</b>	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<b>Ghafouri , Weber , 2020</b>	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<b>Haile , 2003</b>	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<b>Bullivant , 2006</b>	0	0	0	0	0	0	1	0	0

<b>Hookway , Perry, 2006</b>	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<b>Calderon, 2009</b>	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<b>Oosterhuis, 2013</b>	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<b>Khasro et al, 2016</b>	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<b>Jahn ,2016</b>	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<b>AlWaer , Kirk , 2012</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>Boisson , 2018</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>Dongsu et al, 2022</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	1

**Annexe B : Répartition des articles analysés sous différents angles**

<b>Références</b>	<b>Développement d'un modèle constitué des indicateurs</b>	<b>Utilisation des méthodes internationales</b>	<b>Utilisation des outils d'aide à la décision/ des enquêtes</b>	<b>Application du modèle sur un cas d'étude</b>
<b>Fathaiian Peyman , 2006</b>	1	0	0	1
<b>Chen et al, 2006</b>	1	1	1	1
<b>Chen et al, 2006</b>	1	1	1	0
<b>Sutherland et al 2007</b>	1	1	0	1
<b>Wong, Li, 2008</b>	1	0	1	0
<b>Reda Abdin , Badr Ahmed , 2010</b>	1	1	0	0
<b>ALwaer, Clements-Croome, 2010</b>	1	0	1	0
<b>Kaklauskas et al ,2010</b>	1	0	1	0
<b>Kaya , Kahraman, 2014</b>	1	0	1	1
<b>Brad, Murar, 2014</b>	0	0	0	1
<b>Andrey , Eugeny ,2015</b>	1	0	0	0
<b>Arditi et al, 2015</b>	1	0	1	0
<b>Banani et l, 2016</b>	1	1	1	1
<b>Bonyad et al, 2018</b>	1	0	1	1
<b>Osama, 2018</b>	1	0	0	0
<b>Benjamin , Dylan Del Rio, 2020</b>	1	0	1	0
<b>Malagnino et al, 2021</b>	1	0	0	0

## Annexe C : Aide à la lecture

### Méthodes utilisées dans l'agrégation et la pondération des indices

Depuis plusieurs années, les chercheurs et les organismes professionnels ont mené de diverses recherches sur les méthodes utilisées dans l'agrégation et la pondération des indices. Ces méthodes sont des références internationales reposant sur ; une série d'équations et un large éventail de considérations permettant de quantifier ou de calculer le coefficient de cohérence et aussi d'aider à la sélection de la meilleure et la plus efficace solution pour une future conception par exemple. Cette annexe s'organise d'abord par une définition des concepts clés. Ensuite, vis-à-vis des particularités des méthodes d'aide à la décision multicritères qui exigent une compréhension mathématique, nous explicitons les plus reconnues.

#### L'aide à la décision

L'aide à la décision utilise des techniques et des méthodologies issues du domaine des mathématiques appliquées. L'une des définitions phares est celle donnée par Bernard Roy: «c'est l'activité de celui qui, prenant appui sur des modèles clairement explicités, mais non nécessairement complètement formalisés, aide à obtenir des éléments de réponses aux questions que se pose un intervenant dans un processus de décision, éléments concourant à éclairer la décision et normalement à prescrire, ou simplement à favoriser un comportement de nature à accroître la cohérence entre l'évolution du processus d'une part, les objectifs et le système de valeurs au service desquels cet intervenant se trouve placé d'autre part» (Roy, 1985).

#### L'aide multicritère à la décision

Lorsque l'activité de l'aide à la décision se base sur une approche multicritère, on parle alors de l'aide multicritère à la décision. Selon (Vincke, 1989) : « L'aide multicritère à la décision vise, comme son nom l'indique, à fournir à un décideur des outils lui permettant de progresser dans la résolution du problème de décision ou plusieurs points de vue, souvent contradictoires, doivent être pris en compte ». Techniquement, l'aide multicritère à la décision est développée pour traiter plusieurs classes de problèmes de décision (choix, tri, description, rangement) tout en considérant plusieurs critères, souvent conflictuels et non commensurables, tout en cherchant à modéliser au mieux les préférences et les valeurs du ou des décideurs (Pohekar et al 2006).



De ce fait, nous allons mettre le point sur l'idée fondamentale des méthodes les plus apprises dans les recherches scientifiques afin de choisir celle qui apparait la plus compatible à notre travail de recherche.

### **SMART « Simple Multi-Attribute Rating Theory »**

La méthode SMART, développée par Edwards en 1971, consiste à utiliser la forme additive pour l'agrégation des évaluations sur les différents critères. Cette approche a été justifiée par le fait que dans certains cas, on obtient d'aussi bonnes approximations avec la forme additive qu'avec d'autres formes non linéaires qui sont beaucoup plus complexes (Gaouas , 2010). La méthode SMART se présente comme suit :

Etape 1 : Mettre les critères selon l'ordre décroissant d'importance.

Etape 2 : Déterminer le poids de chaque critère.

Etape 3 : Normaliser les coefficients d'importance relative entre 0 et 1 : faire la somme des coefficients d'importance et diviser chaque poids par cette somme.

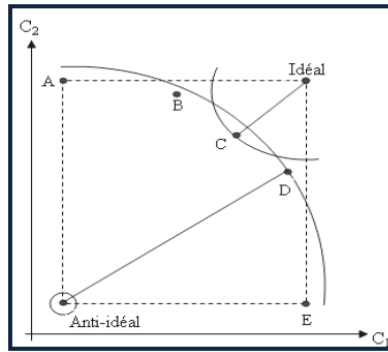
Etape 4 : Mesurer la localisation de chaque action sur chaque critère. Les évaluations des actions se font sur une échelle variant de 0 (minimum possible) à 100 (maximum possible).

Etape 5 : Déterminer la valeur de chaque action.

Etape 6 : Classer les actions selon l'ordre décroissant de la valeur définie précédemment.

### **TOPSIS «Technique for Order by Similarity toIdeal Solution»**

La méthode TOPSIS, proposée pour la première fois par (Hwang et Yoon, 1981). Elle se base sur la définition d'un index qui compare la distance de chaque alternative à la solution idéale. L'alternative disposant de la distance la plus basse par rapport à la meilleure solution et de la distance la plus haute par rapport à la pire solution est considérée comme la meilleure alternative (Kassar et al, 2008). Pour illustrer le fait que TOPSIS considère à la fois la distance à l'idéale et à l'anti idéale, il suffit d'examiner la figure si dessous :



**Figure 1** : Illustration des distances à l'idéal et à l'anti-idéal (Méndez et Al 2006)

Sur cette figure cinq alternatives A, B, C, D, E deux critères C1 et C2, et les points idéals et anti-idéals sont représentés. En utilisant la distance euclidienne habituelle avec des poids égaux, on constate que C est le point le plus proche de l'idéal, alors que D est le plus éloigné de l'anti-idéal. TOPSIS résout ce dilemme du choix entre idéal et anti idéal en utilisant pour chaque alternative les distances pondérées à l'idéal et à l'anti idéal (Pomerol et al 1993). Les étapes de la méthode TOPSIS sont d'ordre d'équations mathématiques :

Etape 1 : Normaliser les performances.

Etape 2 : Calculer le produit des performances normalisées par les coefficients d'importance relative des attributs.

Etape 3 : Déterminer les profils idéals et anti-idéals.

Etape 4 : Calculer la distance euclidienne par rapport aux profils idéals et anti idéals.

Etape 5: Calculer un coefficient de mesure du rapprochement au profil idéal.

Etape 6: Ranger les actions en fonction des valeurs décroissantes des coefficients.

### **SAW « Simple Additive Weighting »**

La méthode SAW est l'une des méthodes les plus utilisées en pratique en raison de sa simplicité (Romualdas et al, 2008). Elle démontre clairement l'idée intégrant les valeurs et les poids des critères en une seule estimation de la valeur du critère, cependant un score est calculé pour chaque alternative en multipliant la valeur pesée donnée à l'alternative de cet attribut avec les poids d'importance relative assignés directement par les décideurs suivis en additionnant des produits pour tous les critères (Mahmoud et al,2009). Les formules mathématiques de la méthode :

$$S_{SAW} = \max_j \sum_{i=1}^m x_{ij} \times w_i, \quad j = 1, \dots, n. \quad \dots\dots\dots(\text{Equation 2})$$

W<sub>i</sub> : C'est le poids du critère.

S<sub>SAW</sub> : C'est le score total de la solution ou l'alternative.

n : C'est le nombre des critères.

x<sub>ij</sub> : C'est la valeur normalisée.

### **AHP «Analytic Hierarchy Process»**

Le modèle AHP proposé par Saaty en 1980, est une approche efficace pour extraire le poids relatif de chaque critère appartenant à une structure hiérarchique reflétant les interactions entre les divers éléments du problème, en procédant ensuite des comparaisons par paire des éléments de la hiérarchie, et enfin déterminant les priorités des actions (Yoram et Saaty, 1980), (Saaty, 2001). La méthode AHP s'applique en procédant comme suit (Saaty, 1977):

- Etape 1 : Définition du problème de décision et création d'un organigramme hiérarchique.
- Etape 2 : Réalisation des comparaisons par paires des critères de chaque niveau hiérarchique afin d'établir des matrices de comparaison. Les valeurs de ces matrices sont obtenues par la transformation des jugements en valeurs numériques selon l'échelle de Saaty de neuf degrés.
- Etape 3 : Détermination des priorités globales PG
- Etape 4 : Résolution de la cohérence des jugements
- Etape 5 : Test de la consistance/ cohérence des jugements.

### **Les méthodes ELECTRE «Élimination Et Choix Traduisant la Réalité»**

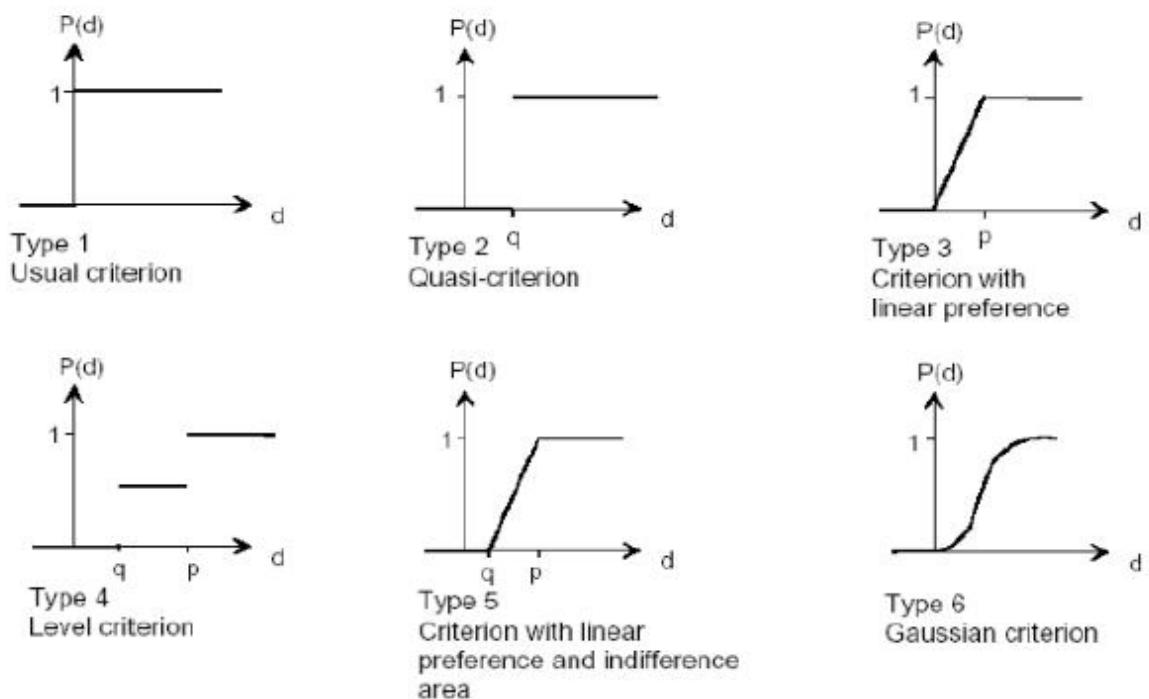
Plusieurs versions appartiennent à la méthode ELECTRE 'ELECTRE I, II, III, IV, ELECTRE IS, et ELECTRE TRI', Elles ont été développées par Bernard Roy (1968,1991) en réponse aux insuffisances des méthodes existantes de la prise de décision (Buchanan et al, 1999). Bernard Roy avait critiqué les méthodes de fonction de valeur du fait qu'elles exigent que toutes les options soient comparables. Toutes les méthodes ELECTRE sont basées sur les mêmes concepts fondamentaux, mais diffèrent en termes de fonctionnement et le type du problème de décision. Spécifiquement, La méthode ELECTRE I relève de la problématique de choix, Les méthodes ELECTRE II III et IV sont des versions qui relèvent de la problématique de rangement. La méthode ELECTRE Is est très similaire à la méthode ELECTRE I sauf qu'elle s'applique dans le cas où le problème porte sur des pseudo-critères.

Quant' à ELECTRE TRI portant sur la problématique de tri pour l'affectation des problèmes (Ayadi, 2010).

### **PROMETHEE « Preference Ranking Organization METHod for Enrichment »**

PROMETHEE est une méthode d'aide à la décision multicritère, additive de sur classement, développée en Belgique par Brans et Vincke en 1985 (Harruttugil et al, 2011). Cette méthode a deux versions : PROMETHEE I pour choisir les meilleures solutions et PROMETHEE II pour ranger les solutions de la plus préférée à la moindre préférée.

Les méthodes PROMETHEE se basent sur une extension de la notion de critère par l'introduction d'une fonction exprimant la préférence du décideur pour une action par rapport à une autre action. Pour chaque critère, le décideur est appelé à choisir une des six types de critères représentés ci-dessous. (Albadvi et al 2007).



**Figure 2** : Les critères généralisés pour la méthode PROMETHEE (Moeffaert, 2002).

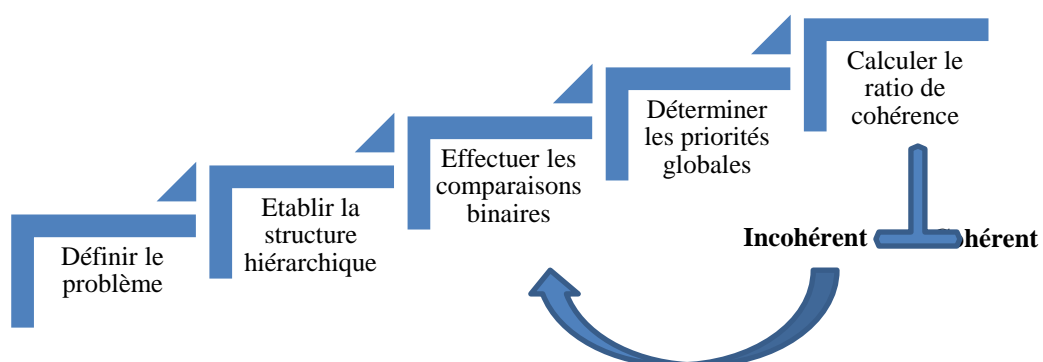
### **STEM « Step Method »**

STEM est la première méthode interactive proposée par Benayoun et al. En 1971 (Benayoun et al.1971), et qui est très utilisée en pratique. Cette méthode tente de minimiser, par rapport au point de mire, une “distance pondérée augmentée de Tchebycheff” (Mena, 2000).

## La méthode AHP

AHP (Analytic Hierarchy Process), développé par Thomas L. Saaty en 1980, est une méthode de prise de décision multicritères, qui consiste à résoudre un problème ou un objectif défini en passant par une structure hiérarchique décortiquant un ensemble de critères et sous critères d'évaluation parmi lesquels les meilleures décisions doivent être prises (Yoram et Saaty, 1980).

Après des entretiens et des enquêtes auprès des experts dans le domaine, le poids relatif à chaque critère sera déterminé à travers une comparaison par paire du plus au moins important. La méthode AHP se base sur les étapes suivantes (Omkarprasad et Sushil, 2006), (Sassi, 2016):



**Figure 3 :** Les étapes d'application de l'AHP

**Etape 1 :** Définition du problème de décision.

**Etape 2 :** Création d'un organigramme hiérarchique du haut niveau 'objectif à atteindre' jusqu'au niveau le plus bas 'les critères et sous critères contribuant à atteindre cet objectif'.

**Etape 3 :** Réalisation des comparaisons par paires des critères de chaque niveau hiérarchique afin d'établir des matrices de comparaison. Les valeurs de ces matrices sont obtenues par la transformation des jugements en valeurs numériques selon l'échelle de Saaty de neuf degrés (Saaty, 1977).

Degré d'importance	Jugement
1	Même importance
3	Légèrement plus important
5	Fortement plus important
7	Très fortement plus important
9	Extrême importance
2, 4, 6, 8	Valeurs intermédiaires

	C1	C2	C3
C1	1	3	6
C2	1/3	1	2
C3	1/6	1/2	1

**Figure 4 :** Exemple d'une matrice de comparaison par paire

**Etape 4 :** Détermination des priorités globales PG

1. Effectuer la somme de chaque colonne (SC) :

$$SC = \sum_{i=1}^n M_{ci} \dots \dots \dots \text{(Equation 3)}$$

2. Diviser chaque élément sur la somme des éléments de sa colonne (M) :

$$M = \frac{M_{ci}}{SC} \dots \dots \dots \text{(Equation 4)}$$

3. Totaliser les entrées de chaque ligne (SL) :

$$SL = \sum_{i=1}^n M_{ci} \dots \dots \dots \text{(Equation 5)}$$

4. Diviser la somme de chaque ligne sur le nombre de critère (PG) :

$$PG = \frac{SL}{n} \dots \dots \dots \text{(Equation 6)}$$

Avec n : Nombre de critère / Mc : Matrice de comparaison

**Etape 5 :** Résolution de la cohérence des jugements

1. Calculer la valeur propre maximale ( $\lambda$ ) :

$$\lambda = \sum_{i=1}^n PG \times SC \dots \dots \dots \text{(Equation 7)}$$

2. Déterminer l'index de cohérence (IC) :

$$IC = \frac{\lambda - n}{n - 1} \dots \dots \dots \text{(Equation 8)}$$

3. Déterminer le ratio de cohérence (RC) :

$$RC = \frac{IC}{IA} \dots \dots \dots \text{(Equation 9)}$$

Avec IA : Index aléatoire défini par Saaty (Saaty, 1977)

<b>N= nombre de critère</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>IA= index aléatoire</b>	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

**Etape 6 :** Test de la consistance/ cohérence des jugements.

Le ratio de cohérence est utilisé pour déterminer et justifier la cohérence/ incohérence dans la comparaison par paires faite par des experts dans le domaine.

Si le ratio de cohérence  $RC < 0.1$  (10%) alors la matrice est considérée comme consistante et valide donc les priorités globales PG sont acceptées.

En revanche, si le  $RC > 0.1$  alors les résultats de la matrice sont incohérents et vont être exemptés pour une analyse plus approfondie 'modifier les jugements des décideurs c'est-à-dire revoir la matrice de comparaison Mc'.

## Annexe D : Extrait d'une retranscription des entretiens aux experts

<p><b>Contenu de l'entretien</b></p> <p>Bonjour,</p> <p>Tout d'abord, je me présente : LARABA Meryem, Doctorante en architecture sous la direction du Pr DERRADJI Mohamed, Option : projet architectural et nouvelles technologies à l'université de Constantine 03, Algérie.</p> <p>Dans le cadre d'un travail de doctorat en architecture traitant l'impact des technologies numériques sur le devenir de l'usage et la pratique des espaces architecturaux ( fichier Word ci joint), je vous saurais gré de bien vouloir nous faire parvenir votre avis sur :</p> <p>La consistance de l'approche proposée et les quatre thématiques proposées.</p> <p>A votre avis y a-t-il assez d'indices et sous indices des thématiques définies pour pouvoir mesurer l'impact de la technologie sur l'usage et la pratique de l'espace.</p> <p>Merci d'avance pour vos orientations et votre honorable assistance.</p>
<p><b>Réponses</b></p>
<p>Bonsoir Meryem, La question sur laquelle porte ce travail est intéressante et ancienne (comment caractériser l'espace architectural) qui est justement réactualisé aujourd'hui avec l'avènement des nouvelles technologies numériques. Je trouve l'approche développée cohérente et bien structurée. Les perspectives et les indices retenus me semblent assez globaux. J'ai juste quelques remarques par rapport aux sous-indices : pour bien structurer les sous-indices, il me semble d'intérêt de les séparer de leurs sous-types et/ou de leurs propriétés.</p>
<p>Ma chère Meryem, c'était un plaisir de lire vos écrits et je peux vous dire dès maintenant : vous faites un excellent travail !</p> <p>L'approche méthodologique et d'étude est non seulement bien proposée et bien illustrée, mais je la trouve très centrée dans ses hypothèses et, surtout, bien positionnée dans le scénario de l'état de l'art. Je vous dirai qu'en Europe, ce thème est actuellement un moteur important pour les actions et les programmes de relance post-convention (par exemple, le Green Deal européen). En Italie également, notre plan de relance (le PNRR, dont je joins quelques documents et liens) prévoit un financement important pour le développement et l'utilisation des technologies numériques.</p> <p>Le cadre des thèmes - perspectives - " champs d'exigences ", avec les spécifications et la déclinaison en indices et sous-indices fonctionne très bien ! J'ai essayé de procéder à des vérifications croisées, d'abord sur l'exhaustivité des thèmes identifiés, puis sur les séquences logiques de typologie, d'afférence et d'échelle des indices et sous-indices. Tout est très correct ! Je pense donc que votre "cadre" est bien défini et calibré.</p>
<p>Mon point de vue sur votre recherche : Pour ce qui est des thématiques proposées, ça me paraît assez exhaustif, même si on peut se passer de la gestion financière pour ne pas alourdir la recherche. Autres items peuvent être comparés avec l'arsenal existant des systèmes BIM pour voir ce qui manque, mais globalement, les éléments mentionnés me paraissent largement suffisants, on peut même, pour plus de profondeur de la</p>



recherche, éliminer certains aspects qui me paraissent difficiles à évaluer comme Disposition et environnement ou volume.

J'ai lu attentivement votre proposition. Très intéressante idée pour un projet de recherche. Je vous en félicite. C'est un travail transdisciplinaire qui vous demandera un gros effort, car il s'inscrit dans plusieurs questionnements et il se fonde sur l'hypothèse fondamentale selon laquelle les technologies numériques influencent l'environnement bâti.

Cela dit, l'étude d'impact est une procédure qui vient toujours après l'expérimentation et elle s'aligne toujours sur une prospective sélective car les transformations et les impacts continuent d'avoir cours tout au long de votre recherche. C'est pour cela qu'il faut ajouter que ceci est UN EXERCICE DE PROSPECTIVE (non pas perspective), il y a là un souci d'itération obligatoire.

Bon dans l'ensemble c'est un travail très intéressant. Je pense que cette approche pourrait s'appliquer à des équipements plutôt qu'à une résidence ou logement vu la variété des spécificités socio-culturelles et l'attachement des sociétés à leurs pratiques socio-spatiales.

## Annexe E : Questionnaire AHP

### Extrait du questionnaire AHP pour comparaison par paires

Veuillez encercler la perspective/ l'indice les plus importants par la comparaison par paire en marquant X dans l'échelle appropriée	Une échelle de neuf degrés (1-Importance égale, 3- Importance moyenne, 5- Importance forte, 7- Importance très forte, 9-Importance extrême, 2,4,6,8- valeurs intermédiaires).								
P1- Attributs morphologiques P2- Qualités spatio-fonctionnelles P3- Qualités sensorielles P4- Performance des services	<b>Degré d'importance</b>								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>P1 Vs P2</b>									
<b>P1 Vs P3</b>									
<b>P1 Vs P4</b>									
<b>P2 Vs P3</b>									
<b>P2 Vs P4</b>									
<b>P3 Vs P4</b>									
P1.1- Disposition et environnement P1.2-Site, aspects formels et volumétriques P1.3-Construction et technologie numérique	<b>Degré d'importance</b>								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>P1.1 Vs P1.2</b>									
<b>P1.1 Vs P1.3</b>									
<b>P1.2 Vs P1.3</b>									
P2.1- Diversité et multiplicité des solutions de conception intérieure P2.2- Conception écologique et durable P2.3- Signalisation et orientation pour circuit et accessibilité	<b>Degré d'importance</b>								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>P2.1 Vs P2.2</b>									
<b>P2.1 Vs P2.3</b>									
<b>P2.2 Vs P2.3</b>									
P3.1-Qualité des services P3.2-Contrôle et régulation des ambiances de l'environnement intérieur P3.3-Fonctionnalités et aspects esthétiques P3.4-Santé et bien-être	<b>Degré d'importance</b>								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>P3.1 Vs P3.2</b>									
<b>P3.1 Vs P3.3</b>									

<b>P3.1 Vs P3.4</b>									
<b>P3.2 Vs P3.3</b>									
<b>P3.2 Vs P3.4</b>									
<b>P3.3 Vs P3.4</b>									
P4.1-Système de contrôle d'accès et de sécurité P4.2-Système de vidéosurveillance P4.3-Système de contrôle et de gestion automatique P4.4-Système de télécommunications et de données P4.5-Gestion d'énergie et des ressources naturelles P4.6-Gestion par maquette numérique P4.7-Gestion financière	<b>Degré d'importance</b>								
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>P4.1 Vs P4.2</b>									
<b>P4.1 Vs P4.3</b>									
<b>P4.1 Vs P4.4</b>									
<b>P4.1 Vs P4.5</b>									
<b>P4.1 Vs P4.6</b>									
<b>P4.1 Vs P4.7</b>									
<b>P4.2 Vs P4.3</b>									
<b>P4.2 Vs P4.4</b>									
<b>P4.2 Vs P4.5</b>									
<b>P4.2 Vs P4.6</b>									
<b>P4.2 Vs P4.7</b>									
<b>P4.3 Vs P4.4</b>									
<b>P4.3 Vs P4.5</b>									
<b>P4.3 Vs P4.6</b>									
<b>P4.3 Vs P4.7</b>									
<b>P4.4 Vs P4.5</b>									
<b>P4.4 Vs P4.6</b>									
<b>P4.4 Vs P4.7</b>									
<b>P4.5 Vs P4.6</b>									
<b>P4.5 Vs P4.7</b>									
<b>P4.6 Vs P4.7</b>									

## Fenêtre Principale du calculateur AHP

[AHP-OS](#) [Latest News](#)

### AHP Priority Calculator

Language: [English](#) [Deutsch](#) [Español](#) [Português](#)

#### AHP Criteria

Select number and names of criteria, then start pairwise comparisons to calculate priorities using the Analytic Hierarchy Process.

Select number of criteria:

Input number and names (2 - 20)   OK

#### Pairwise Comparison

3 pairwise comparison(s). Please do the pairwise comparison of all criteria. When completed, click *Check Consistency* to get the priorities.

With respect to *AHP priorities*, which criterion is more important, and how much more on a scale 1 to 9?

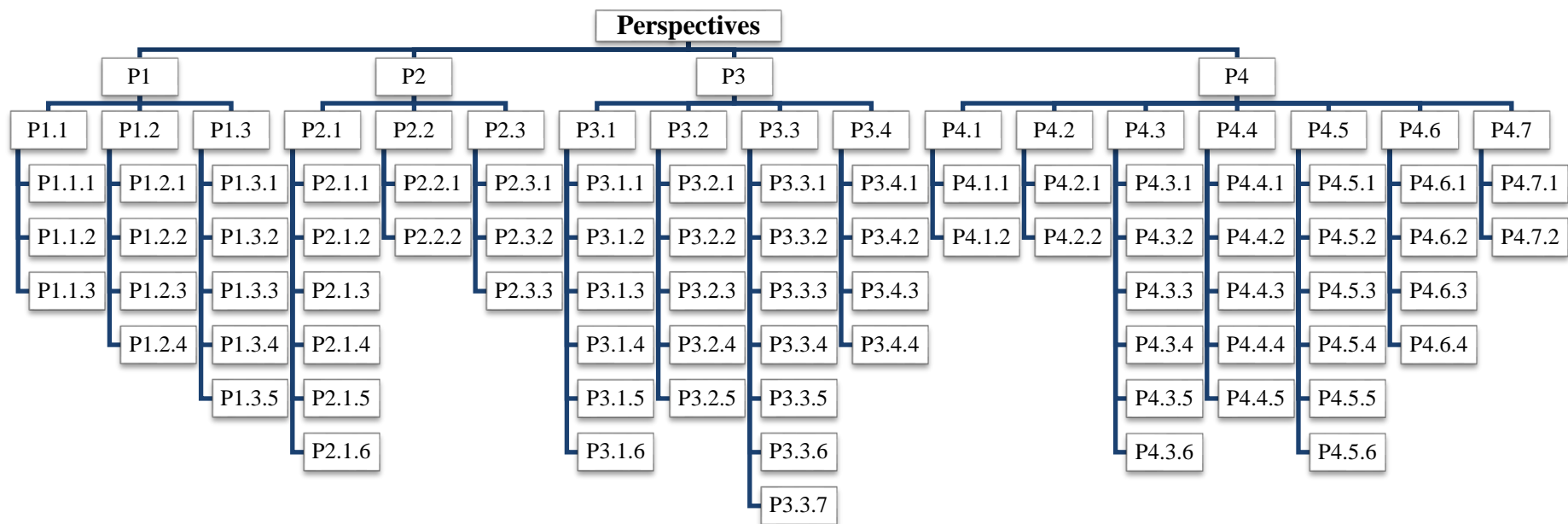
A - wrt AHP priorities - or B?	Equal	How much more?
1 <input checked="" type="radio"/> Crit-1 <input type="radio"/> Crit-2	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
2 <input checked="" type="radio"/> Crit-1 <input type="radio"/> Crit-3	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
3 <input checked="" type="radio"/> Crit-2 <input type="radio"/> Crit-3	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
CR = 0% Please start pairwise comparison		
<input type="button" value="Calculate"/>		

AHP Scale: 1- Equal Importance, 3- Moderate importance, 5- Strong importance, 7- Very strong importance, 9- Extreme importance (2,4,6,8 values in-between).

AHP Priority Calculator

AHP-OS author: Klaus D. Goepel, BPMSG. [Contact](#) Last update: Feb 26, 2022 Rev: 172

## La structure hiérarchique des thèmes, indices et sous indices



## Moyenne des réponses aux questionnaires

Veuillez encercler la perspective/ l'indice les plus importants par la comparaison par paire en marquant X dans l'échelle appropriée	Une échelle de neuf degrés (1-Importance égale, 3- Importance moyenne, 5- Importance forte, 7- Importance très forte, 9-Importance extrême, 2,4,6,8- valeurs intermédiaires).								
P1- Attributs morphologiques P2- Qualités spatio-fonctionnelles P3- Qualités sensorielles P4- Performance des services	<b>Degré d'importance</b>								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>P1 Vs P2</b>	X								
<b>P1 Vs P3</b>		X							
<b>P1 Vs P4</b>		X							
<b>P2 Vs P3</b>				X					
<b>P2 Vs P4</b>	X								
<b>P3 Vs P4</b>	X								
P1.1- Disposition et environnement P1.2-Site, aspects formels et volumétriques P1.3-Construction et technologie numérique	<b>Degré d'importance</b>								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>P1.1 Vs P1.2</b>					X				
<b>P1.1 Vs P1.3</b>				X					
<b>P1.2 Vs P1.3</b>				X					
P2.1- Diversité et multiplicité des solutions de conception intérieure P2.2- Conception écologique et durable P2.3- Signalisation et orientation pour circuit et accessibilité	<b>Degré d'importance</b>								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>P2.1 Vs P2.2</b>				X					
<b>P2.1 Vs P2.3</b>				X					
<b>P2.2 Vs P2.3</b>				X					
P3.1-Qualité des services P3.2-Contrôle et régulation des ambiances de l'environnement intérieur P3.3-Fonctionnalités et aspects esthétiques P3.4-Santé et bien-être	<b>Degré d'importance</b>								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>P3.1 Vs P3.2</b>				X					
<b>P3.1 Vs P3.3</b>			X						
<b>P3.1 Vs P3.4</b>					X				

<b>P3.2 Vs P3.3</b>				X					
<b>P3.2 Vs P3.4</b>						X			
<b>P3.3 Vs P3.4</b>				X					
P4.1-Système de contrôle d'accès et de sécurité P4.2-Système de vidéosurveillance P4.3-Système de contrôle et de gestion automatique P4.4-Système de télécommunications et de données P4.5-Gestion d'énergie et des ressources naturelles P4.6-Gestion par maquette numérique P4.7-Gestion financière	<b>Degré d'importance</b>								
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>P4.1 Vs P4.2</b>						X			
<b>P4.1 Vs P4.3</b>				X					
<b>P4.1 Vs P4.4</b>			X						
<b>P4.1 Vs P4.5</b>				X					
<b>P4.1 Vs P4.6</b>					X				
<b>P4.1 Vs P4.7</b>		X							
<b>P4.2 Vs P4.3</b>				X					
<b>P4.2 Vs P4.4</b>				X					
<b>P4.2 Vs P4.5</b>			X						
<b>P4.2 Vs P4.6</b>			X						
<b>P4.2 Vs P4.7</b>			X						
<b>P4.3 Vs P4.4</b>			X						
<b>P4.3 Vs P4.5</b>			X						
<b>P4.3 Vs P4.6</b>				X					
<b>P4.3 Vs P4.7</b>						X			
<b>P4.4 Vs P4.5</b>						X			
<b>P4.4 Vs P4.6</b>					X				
<b>P4.4 Vs P4.7</b>					X				
<b>P4.5 Vs P4.6</b>				X					
<b>P4.5 Vs P4.7</b>			X						
<b>P4.6 Vs P4.7</b>			X						

## Annexe F : Résultats de l'analyse des données recueillies par AHP

### Matrice de comparaison des thèmes et des indices

	P1	P2	P3	P4
P1	1	1	2	2
P2	1	1	4	1
P3	1/2	1/4	1	1
P4	1/2	1	1	1
Sommes des colonnes (SC)	3	3.25	8	5

	P1.1	P1.2	P1.3
P1.1	1	5	4
P1.2	1/5	1	4
P1.3	1/4	1/4	1
Sommes des colonnes (SC)	1.45	6.25	9

	P2.1	P2.2	P2.3
P2.1	1	4	4
P2.2	1/4	1	4
P2.3	1/4	1/4	1
Sommes des colonnes (SC)	1.5	5.25	9

	P3.1	P3.2	P3.3	P3.4
P3.1	1	4	3	5
P3.2	1/4	1	4	6
P3.3	1/3	1/4	1	4
P3.4	1/5	1/6	1/4	1
Sommes des colonnes (SC)	1.783	5.416	8.25	16

	P4.1	P4.2	P4.3	P4.4	P4.5	P4.6	P4.7
P4.1	1	6	4	3	4	5	2
P4.2	1/6	1	4	4	3	3	3
P4.3	1/4	1/4	1	3	3	4	6
P4.4	1/3	1/4	1/3	1	6	5	5
P4.5	1/4	1/3	1/3	1/6	1	4	4
P4.6	1/5	1/3	1/4	1/5	1/4	1	3
P4.7	1/2	1/3	1/6	1/5	1/3	1/3	1
Sommes des colonnes (SC)	2.699	8.499	10.082	11.566	17.583	22.333	24

### Priorités globales des thèmes et des indices

	P1	P2	P3	P4	Sommes des lignes (SL)	Priorités globales PG= SL/n
P1	0.333	0.308	0.25	0.4	1.291	0.3227
P2	0.333	0.308	0.5	0.2	1.341	0.3352
P3	0.167	0.077	0.125	0.2	0.569	0.1422
P4	0.167	0.308	0.125	0.2	0.8	0.2

	P1.1	P1.2	P1.3	Sommes des lignes (SL)	Priorités globales PG= SL/n
P1.1	0.690	0.8	0.444	1.934	0.6446
P1.2	0.138	0.16	0.444	0.742	0.2473
P1.3	0.172	0.04	0.111	0.323	0.1076



	<b>P2.1</b>	<b>P2.2</b>	<b>P2.3</b>	<b>Sommes des lignes (SL)</b>	<b>Priorités globales PG= SL/n</b>
<b>P2.1</b>	0.667	0.762	0.444	1.873	0.6243
<b>P2.2</b>	0.167	0.190	0.444	0.801	0.267
<b>P2.3</b>	0.167	0.048	0.111	0.326	0.1086

	<b>P3.1</b>	<b>P3.2</b>	<b>P3.3</b>	<b>P3.4</b>	<b>Sommes des lignes (SL)</b>	<b>Priorités globales PG= SL/n</b>
<b>P3.1</b>	0.561	0.739	0.364	0.313	1.977	0.4942
<b>P3.2</b>	0.140	0.185	0.485	0.375	1.185	0.2962
<b>P3.3</b>	0.187	0.046	0.121	0.25	0.604	0.151
<b>P3.4</b>	0.112	0.031	0.030	0.063	0.236	0.059

	<b>P4.1</b>	<b>P4.2</b>	<b>P4.3</b>	<b>P4.4</b>	<b>P4.5</b>	<b>P4.6</b>	<b>P4.7</b>	<b>Sommes des lignes (SL)</b>	<b>Priorités globales PG= SL/n</b>
<b>P4.1</b>	0.371	0.706	0.397	0.259	0.227	0.224	0.083	2.267	0.3238
<b>P4.2</b>	0.062	0.118	0.397	0.346	0.171	0.134	0.125	1.353	0.1932
<b>P4.3</b>	0.093	0.029	0.099	0.259	0.171	0.179	0.25	1.08	0.1542
<b>P4.4</b>	0.123	0.029	0.033	0.086	0.341	0.224	0.208	1.044	0.1491
<b>P4.5</b>	0.093	0.039	0.033	0.014	0.057	0.179	0.167	0.582	0.0831
<b>P4.6</b>	0.074	0.039	0.025	0.017	0.014	0.045	0.125	0.339	0.0484
<b>P4.7</b>	0.185	0.039	0.016	0.017	0.019	0.015	0.042	0.333	0.0475

**Annexe G :** Extrait d'une liste de questions posées aux responsables du Cyberparc et les modalités de réponses obtenues

**Q1 :** Quel est l'impact de l'usage des technologies numériques au sein des espaces de formation ?

**R1 :** Renforce l'échange d'idées - Permet d'accéder aux informations et de les utiliser de manière révolutionnaire- Donne plus de fluidité dans la transmission du savoir et la diffusion des connaissances.

**Q2 :** Quels outils technologiques faut-il utiliser pour les formations ?

**R2 :** Internet- Audio ou vidéoconférence- Documents imprimés- Transmission en direct ou d'enregistrements.

**Q3 :** Quelle est l'importance stratégique de la formation et la transmission du savoir pour le Cyber parc ?

**R3 :** Améliore l'accessibilité aux formations- Améliore aussi l'image du Cyberparc et ses pratiques.

**Q4 :** Quelles sont les barrières qui confrontent la formation et la transmission du savoir ?

**R4 :** Formation ou connaissances des formateurs inadéquates - Faible niveau d'assimilation des connaissances

**Q5 :** Comment jugez-vous la qualité perçue des formations à distance par rapport à celles du présentiel ?

**R5 :** Quelque peu inférieure

**Q6 :** Comment l'introduction des nouvelles technologies dans l'espace de formation et transmission du savoir peut-elle contribuer à la réussite de ses usagers ?

**R6 :** Améliore la capacité physique et la motricité fine- Favorise les échanges et les interactions

**Q7 :** Quel est l'impact de l'usage des technologies numériques au sein des espaces de recherche ?

**R7** : Favorise la collaboration et le co-working- Rendre l'espace plus attractif - Facilite la complexité de l'espace en vivant de nouvelles dimensions spatiales

**Q8** : Le Cyber Parc innove et crée de manière :

**R8** : Continue et ponctuelle

**Q9** : Quels sont les freins que peut rencontrer une entreprise à innover ?

**R9** : Les moyens et l'expertise

**Q10** : Quelles options permettraient d'avoir plus d'impact sur le processus d'innovation et créativité du Cyber parc ?

**R10** : La flexibilité de l'espace et le temps de travail

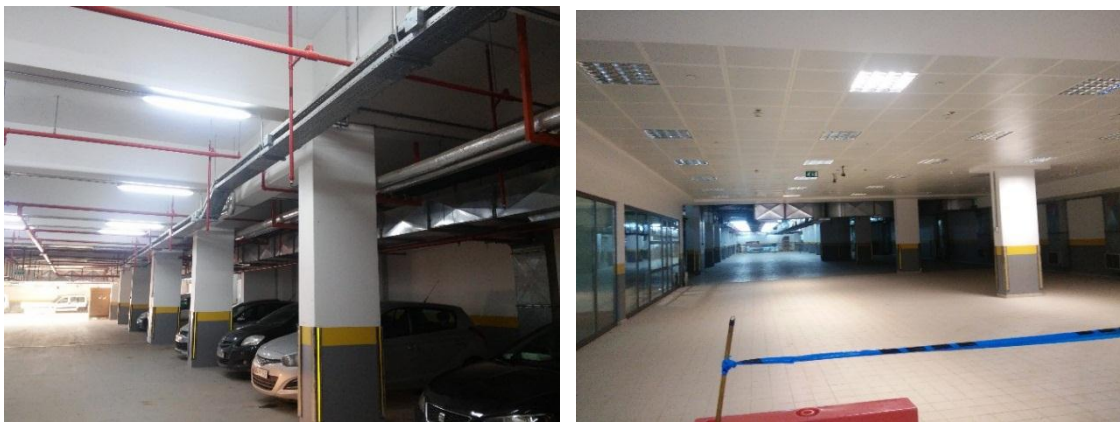
**Q11** : Quels est l'impact de l'utilisation des nouvelles technologies sur les usagers du Cyberparc ?

**R11** : Des gains de temps et d'énergie, l'ambiance et le confort, la qualité de service 'réactivité et prise en charge rapide...'

## Annexe H : Figures de l'extérieur et l'intérieur du Cyberparc et du CIC



**Figure 1 :** Environnement extérieur de l'incubateur. **Source :** Auteur, 2022



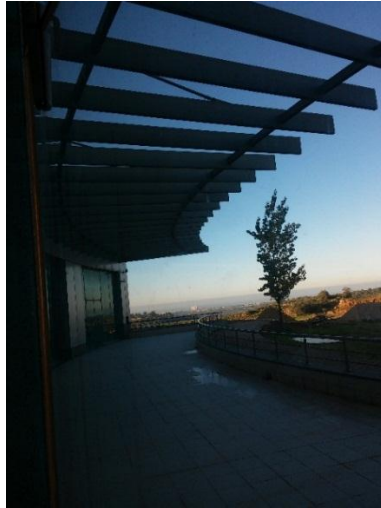
**Figure 2 :** Parking de l'incubateur. **Source :** Auteur, 2022



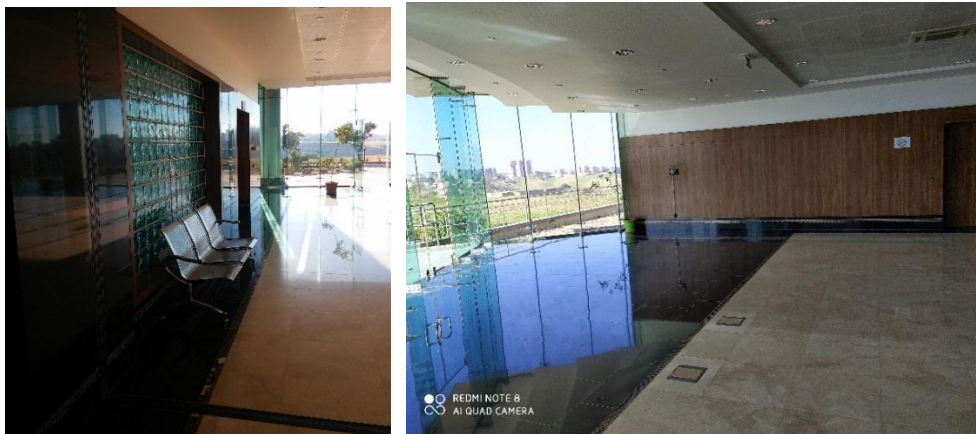
**Figure 3 :** Salles de conférence de l'incubateur. **Source :** Auteur, 2022



**Figure 4 :** Studio d'enregistrement de l'incubateur. **Source :** <https://anpt.dz/>



**Figure 5 :** Terrasse du sous-sol de l'incubateur. **Source :** Auteur, 2022



**Figure 6 :** Hall d'entrée de l'incubateur. **Source :** Auteur, 2022



**Figure 7 :** Espace d'incubation. **Source :** <https://anpt.dz/>





**Figure 8 :** Couloir de distribution de l'incubateur. **Source :** Auteur, 2022



**Figure 9 :** Salles de formation de l'incubateur. **Source :** Auteur, 2022



**Figure 10 :** Espace de restauration de l'incubateur. **Source :** <https://anpt.dz/>



**Figure 11 :** Centre d'excellence de l'incubateur. **Source :** Auteur, 2022



**Figure 12 :** Environnement extérieur du multilocataire. **Source :** <https://anpt.dz/>

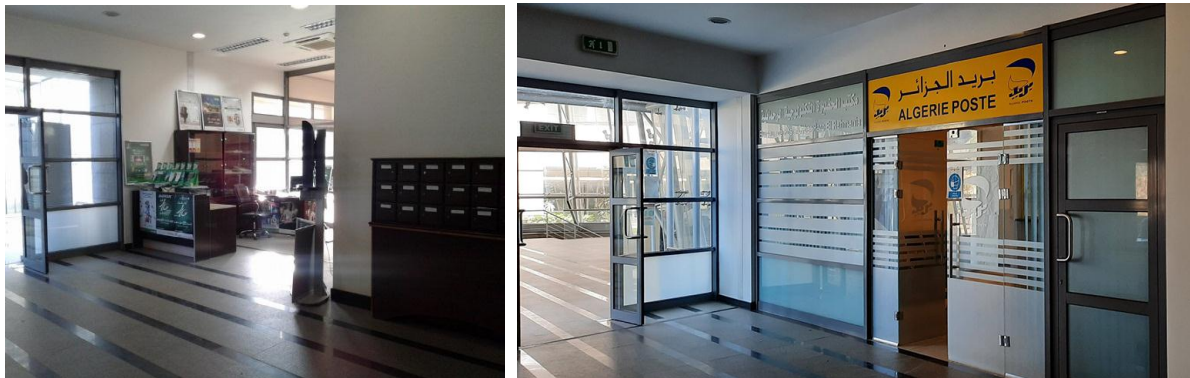


**Figure 13 :** Entrée principale du multilocataire. **Source :** Auteur, 2022





**Figure 14 :** Parking du multilocataire. **Source :** <https://anpt.dz/>



**Figure 15 :** Bureaux des locataires au multilocataire. **Source :** Auteur, 2022



**Figure 16 :** Open spaces pour location au multilocataire. **Source :** Auteur, 2022



**Figure 17 :** Salle de conférence du multilocataire. **Source :** <https://anpt.dz/>





**Figure 18** : Environnement extérieur du CIC. **Source** : <https://www.architonic.com/fr/project/fantoni-cic-centre-international-des-conferences-d-alger/5104727>



**Figure 19** : Vue aérienne du CIC. **Source** : <https://www.architonic.com/fr/project/fabris-partners-cic-centre-international-des-conferences/5104816>

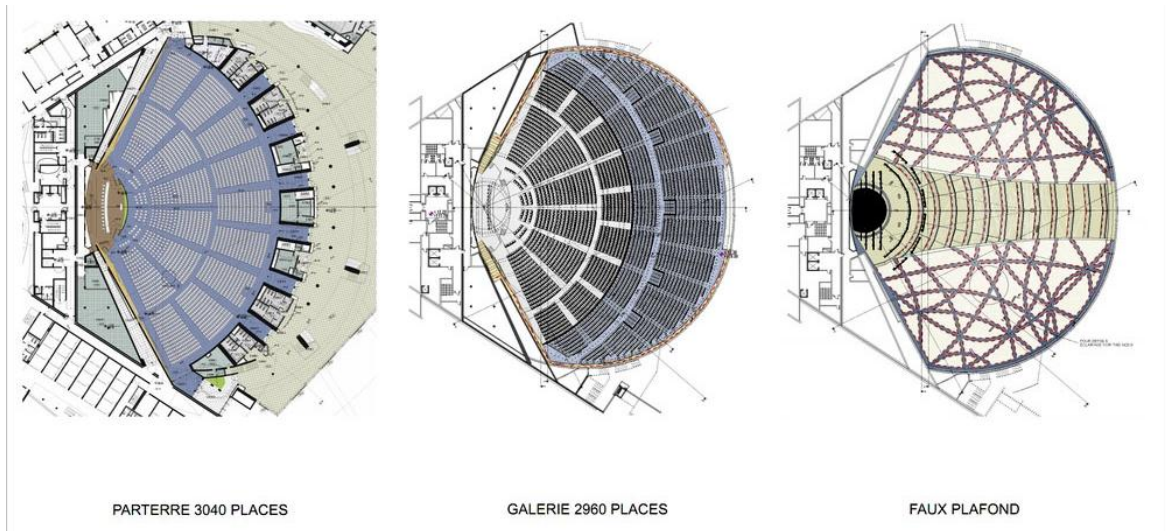


**Figure 20** : Entrée principale du CIC. **Source** : Auteur, 2022

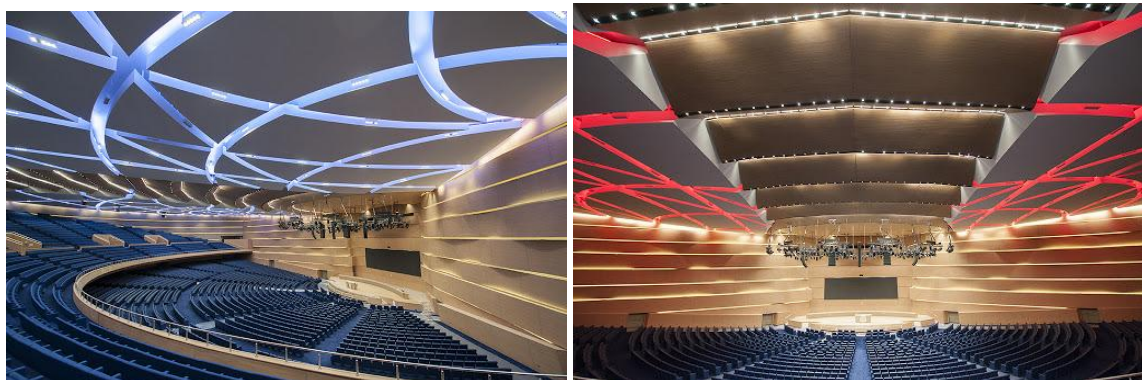




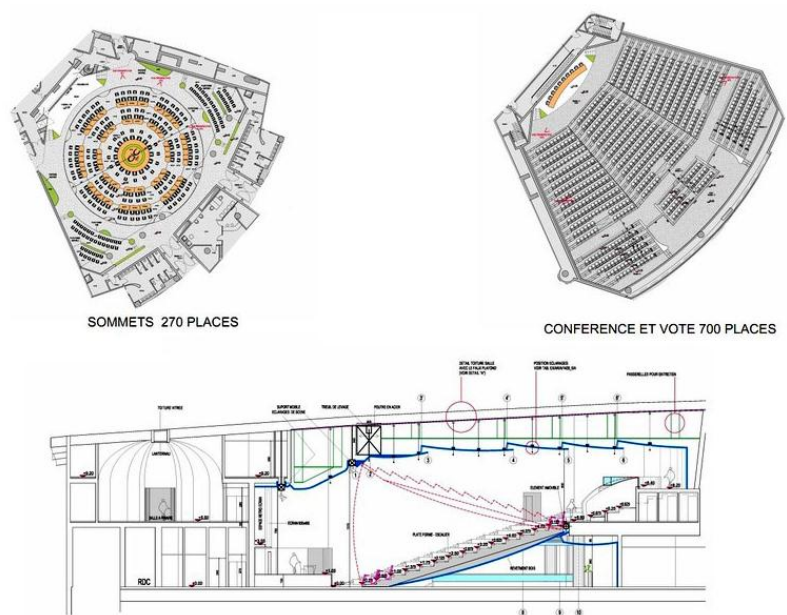
**Figure 21 :** Hall d'accueil du CIC. **Source :** <https://www.architonic.com/fr/project/fabris-partners-cic-centre-international-des-conferences/5104816>



**Figure 22 :** Plan de l'auditorium du CIC. **Source :** <https://www.forcesdz.com/viewtopic.php?t=1791>



**Figure 23 :** Auditorium du CIC. **Source :** <https://www.forcesdz.com/viewtopic.php?t=1791>



SOMMETS 270 PLACES

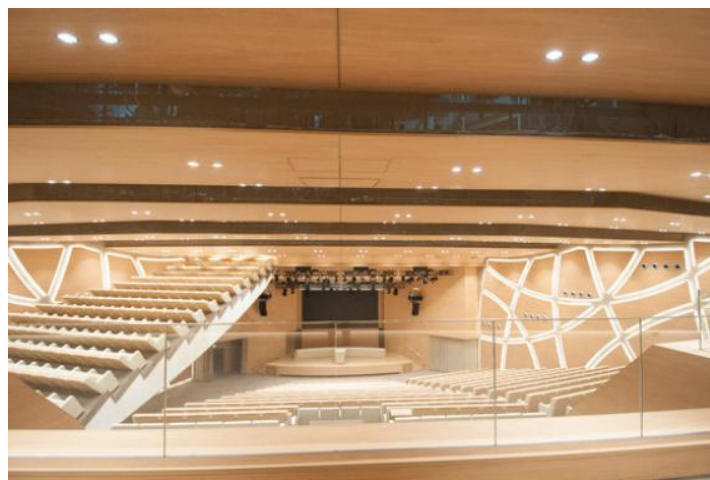
CONFERENCE ET VOTE 700 PLACES

**Figure 24 :** Plan et coupe de la salle de conférence du CIC.

Source : <https://www.forcesdz.com/viewtopic.php?t=1791>



**Figure 25 :** Salle de conférence du CIC. Source : Auteur, 2022



**Figure 26 :** Mécanisme de transformation de la salle de conférence du CIC. Source : <https://www.architonic.com/fr/project/fabris-partners-cic-centre-international-des-conferences/5104816>





**Figure 27** : Salles polyvalentes du CIC. **Source** : <https://www.architonic.com/fr/project/fabris-partners-cic-centre-international-des-conferences/5104816>

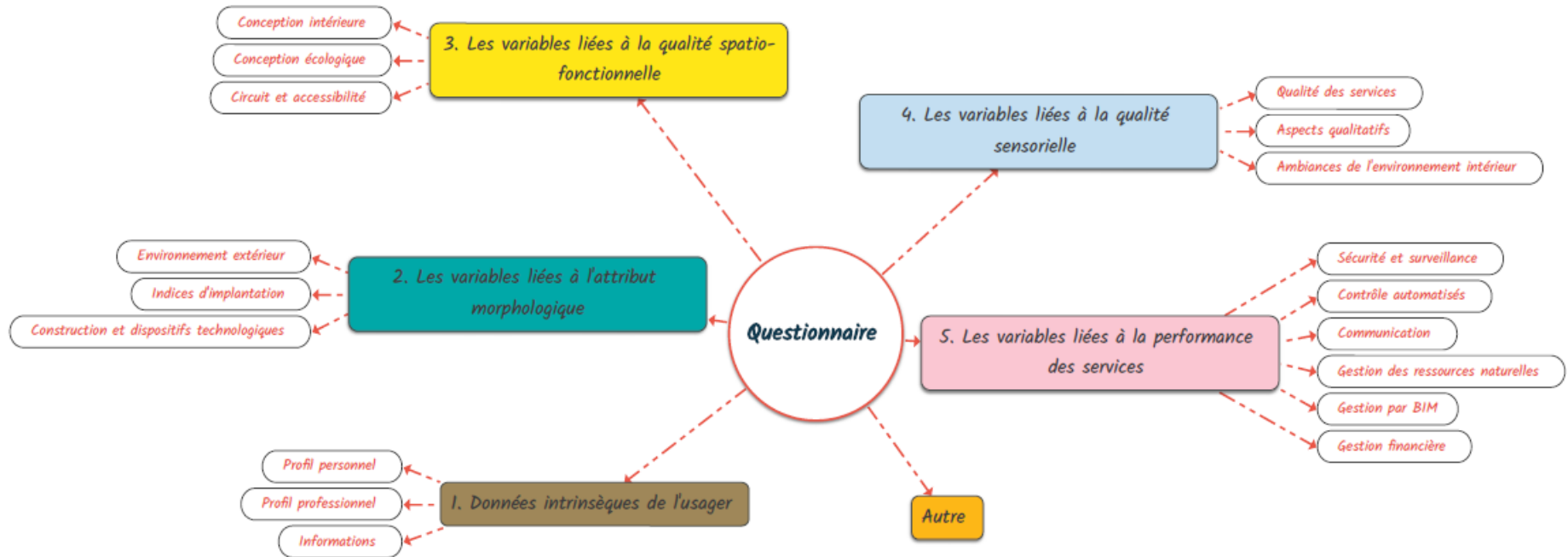


**Figure 28** : Salle de banquets du CIC. **Source** : Auteur, 2022



**Figure 29** : Salon d'honneur du CIC. **Source** : <https://www.architonic.com/fr/project/fabris-partners-cic-centre-international-des-conferences/51048>

**Annexe I :** Trame du questionnaire & Questionnaire finale adressé aux usagers du Cyberparc et CIC



### Questionnaire

Le présent questionnaire s'inscrit dans le cadre d'un travail de doctorat traitant l'impact des technologies numériques sur le devenir de l'usage et la pratique des espaces architecturaux.

Ce questionnaire est mené par LARABA Meryem, Doctorante en architecture

#### Données intrinsèques de l'usager

1. Sexe : Homme  Femme

2. Age : 20 ans à 30 ans  31 ans à 40 ans  41 ans à 50 ans  Plus de 50 ans

3. Résidence : Alger  En dehors d'Alger

4. Profession : Directeur de l'Administration  Chef du Département  Fonctionnaire

5. Quel est votre avis sur l'application des technologies numériques dans l'espace architectural ?

Pas connue  Connue mais pas mise en oeuvre  Connue et mise en oeuvre

6. Avez-vous déjà utilisé une des technologies numériques 'mur interactif, table tactile, casque de réalité augmentée, hologramme...' ?

Jamais  Rarement  Parfois  Assez souvent  Très Souvent

7. Quel est l'importance de la technologie numérique dans l'espace architectural ?

Aucune importance  Importante  Indispensable

#### Les variables liées à l'Attribut morphologique

8. Comment trouvez-vous l'environnement extérieur du CIC d'Alger ?

Mauvais  Passable  Moyen  Bon  Excellent

9. Quelles sont les indices d'implantation du bâtiment par rapport à son environnement selon leurs degrés d'importance d'après vous ?

Situation  Orientation  Forme  Volume  *(Vous pouvez cocher plusieurs cases)*

10. Comment voyez-vous la forme et le volume du CIC d'Alger, par rapport à son environnement bâti ?

Inapproprié  Moyennement acceptable  Acceptable  Marquant  Imposant

11. Quelles sont les dispositifs technologiques utilisés dans le CIC d'Alger ?

Enveloppe intelligente  Façade dynamique  Dispositifs technologiques d'aménagement   
Matériaux intelligents  Éléments de construction interactifs  Procédés de structure spécifique

*(Vous pouvez cocher plusieurs cases)*

12. Les dispositifs technologiques dans le CIC d'Alger sont-ils utilisés comme étant un :

Élément structurel  Élément fonctionnel  Élément d'esthétique

*(Vous pouvez cocher plusieurs cases)*

#### Les variables liées à la Qualité spatio-fonctionnelle

13. Le CIC dispose-t-il :

Mobilier et aménagement malléable et élastique  Espace communicatif et expansif

Espace fluide et flexible  Espace transformable  Espace multifonctionnel

Espace adaptable  *(Vous pouvez cocher plusieurs cases)*

14. Quels sont les dispositifs écologiques dont dispose le bâtiment ?

Atrium  Patio  Double peau  Mur ventilé  Toiture ou façade végétalisée  Jardin d'hiver

Panneaux solaires  Puits canadiens  Serre  *(Vous pouvez cocher plusieurs cases)*

15. Dans quel but le dispositif écologique est utilisé dans le bâtiment ?

Chauffage passif  Rafraîchissement passif  Ventilation naturelle  Éclairage naturel

Conditionnement des conditions thermiques  *(Vous pouvez cocher plusieurs cases)*

16. Êtes-vous satisfait de la conception des espaces et les fonctions qui se déroulent dedans ?

Très insatisfait  Plutôt insatisfait  Ni satisfait, ni insatisfait  Plutôt satisfait  Très satisfait

17. Êtes-vous satisfait de la signalisation et l'orientation au sein du bâtiment et ses différents espaces ?

Très insatisfait  Plutôt insatisfait  Ni satisfait, ni insatisfait  Plutôt satisfait  Très satisfait

#### Les variables liées à la Qualité sensorielle

18. Quel est le critère qui affecte plus la qualité des services ?

L'accueil et la prise en charge  L'écoute et l'orientation  L'accessibilité à l'information

La rapidité et la réactivité  La sécurité  L'efficacité de service  *(Vous pouvez cocher plusieurs cases)*

19. Quels sont les aspects qualitatifs caractérisant le CIC ?

L'harmonie et l'épuration des couleurs  La concordance des lignes, formes et volumes  L'élégance

et la sobriété  L'eurythmie structurale  La solidité et l'utilité  L'animation objective

La décoration et l'ornementation technique  La publicité et enseignes numériques

*(Vous pouvez cocher plusieurs cases)*

20. Êtes-vous satisfait de la qualité des services et votre bien être dans le bâtiment ?

Très insatisfait  Plutôt insatisfait  Ni satisfait, ni insatisfait  Plutôt satisfait  Très satisfait

21. Êtes-vous satisfait du niveau sonore dans votre espace de travail ?

Très insatisfait  Plutôt insatisfait  Ni satisfait, ni insatisfait  Plutôt satisfait  Très satisfait

22. Comment qualifier-vous le niveau d'éclairage naturel à l'intérieur de votre espace de travail ?

Mauvais  Passable  Moyen  Bon  Excellent

23. Comment qualifieriez-vous le niveau d'éclairage artificiel à l'intérieur de votre espace de travail ?

Mauvais  Passable  Moyen  Bon  Excellent

24. Comment jugeriez-vous la qualité de l'air dans votre espace de travail en ce moment ?

Mauvais  Passable  Moyen  Bon  Excellent

25. Comment qualifieriez-vous le confort thermique dans votre espace de travail en été ?

Mauvais  Passable  Moyen  Bon  Excellent

26. Comment qualifieriez-vous le confort thermique dans votre espace de travail en hiver ?

Mauvais  Passable  Moyen  Bon  Excellent

27. Est-ce que la température de l'eau est appropriée aux conditions climatiques ?

Mauvais  Passable  Moyen  Bon  Excellent

28. Comment jugeriez-vous le niveau d'humidité de votre espace de travail ?

Humide  Naturel  Sec

#### Les variables liées à la Performance des services

29. Comment sont-ils repérés les accès du CIC d'Alger ?

Signalisation lumineuse  Signalisation statique  Signalisation numérique

*(Vous pouvez cocher plusieurs cases)*

30. Les aires de stationnement sont-elles contrôlées et gérées par des systèmes technologiques :

Aucun système de contrôle  Systèmes de télésurveillance  Badge d'accès électronique  Barrières d'ouverture et fermeture automatisées  Autres

*(Vous pouvez cocher plusieurs cases)*

31. Comment trouvez-vous la sécurité dans ce bâtiment ?

Mauvais  Passable  Moyen  Bon  Excellent

32. Le bâtiment dispose-t-il d'un système de contrôle automatisé pour le conditionnement des ambiances de l'environnement interne :

Température  Humidité  Vitesse du flux d'air  Qualité de l'air  Eclairage

Niveau sonore

*(Vous pouvez cocher plusieurs cases)*

33. Quelles sont les techniques du conditionnement de l'environnement intérieur selon les besoins des usagers du bâtiment :

Interface informatique  Interface téléphonique automatisée  Opérateur de contrôle central

Horaires préprogrammés

*(Vous pouvez cocher plusieurs cases)*

34. Le bâtiment dispose-t-il des systèmes permettant la communication

Signalisation digitale  Réseaux d'internet  Localisation intérieure

Télécopie et télécommunication  Gestion des câbles

*(Vous pouvez cocher plusieurs cases)*

35. L'éclairage, le chauffage et la climatisation sont pilotés suivant la localisation intérieure ?

Oui  Non

36. Est-ce que le bâtiment dispose-t-il des capteurs pour le contrôle de l'ambiance thermique ?

Oui  Non

37. Dans votre espace de travail, de quelle haute mesure les paramètres suivants peuvent être contrôlés ?

#### Température

Aucun contrôle  Contrôle manuel  Contrôle télécommandé  Contrôle automatisé

#### Ventilation

Aucun contrôle  Contrôle manuel  Contrôle télécommandé  Contrôle automatisé

#### Eclairage

Aucun contrôle  Contrôle manuel  Contrôle télécommandé  Contrôle automatisé

#### Nuisances sonores

Aucun contrôle  Contrôle manuel  Contrôle télécommandé  Contrôle automatisé

38. Le bâtiment dispose-t-il :

Des systèmes de régénération d'énergie à partir des sources d'énergies renouvelables

Des Stratégies éco-énergétiques et techniques de conservation  Des systèmes de comptage et mesure des consommations  Des systèmes de Gestion des eaux usées et pluviales

Des systèmes de recyclage et de traitement de déchets

*(Vous pouvez cocher plusieurs cases)*

39. Le bâtiment dispose-t-il d'une gestion par maquette numérique ?

Oui  Non

40. Dans la mesure où le bâtiment est doté des systèmes technologiques, aurait-il des répercussions sur la gestion des ressources et la maîtrise des dépenses et des budgets ?

Oui  Non

\*\*Si vous avez des opinions ou des informations supplémentaires que vous souhaitez partager, veuillez le faire |

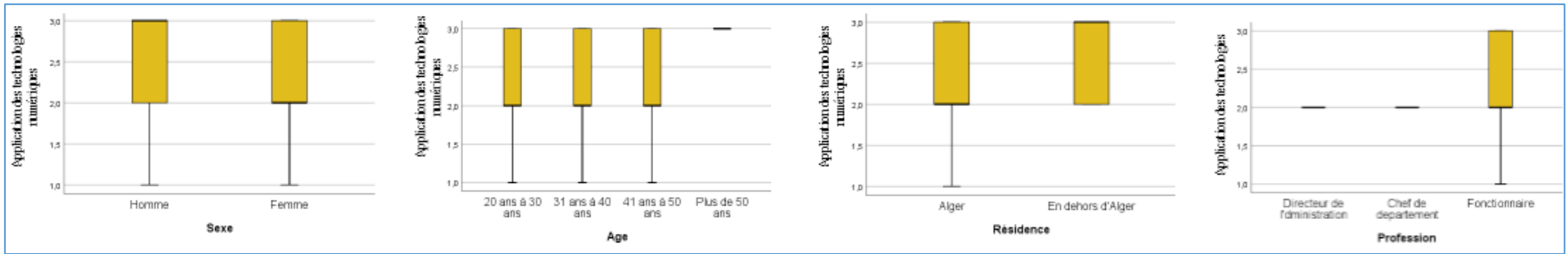
## Annexe J : Tableaux et figures d'analyses statistiques des deux cas d'étude

**Tableau 1 :** Moyennes des croisements des variables du questionnaire dédié au Cyberparc. **Source :** Auteur sous SPSS, 2022

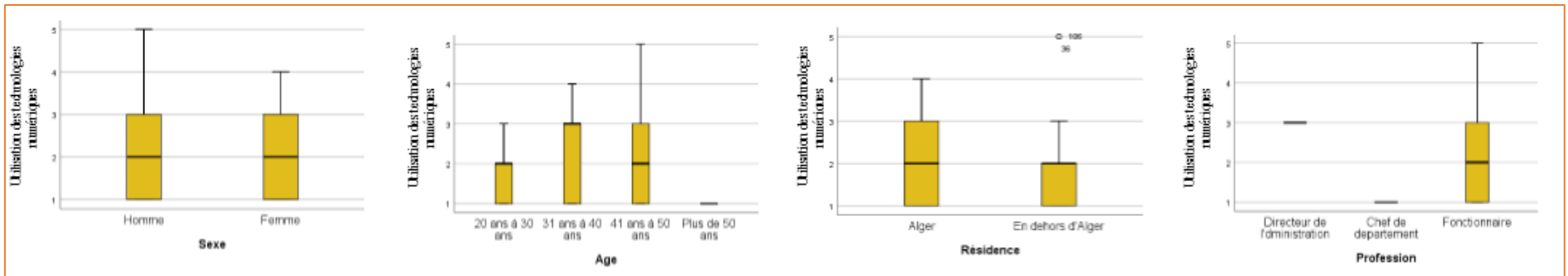
Variables	Sexe		Age				Résidence		Profession		
	Homme	Femme	20-30	31-40	41-50	Plus de 50	Alger	En dehors d'Alger	Directeur de l'Administration	Chef du Département	Fonctionnaire
Application des technologies numériques	2,40	2,06	2,31	2,20	2,11	3,00	2,20	2,52	2,00	2,00	2,28
Utilisation des technologies numériques	2,05	2,29	1,80	2,55	2,21	1,00	2,19	1,97	3,00	1,00	2,21
Importance des technologies numériques	2,23	2,18	2,00	2,09	2,50	3,00	2,24	2,07	2,00	2,00	2,22
Avis sur l'environnement extérieur	3,13	2,75	2,96	3,26	2,71	2,00	2,90	3,31	2,00	2,00	3,04
Aspects formels et volumétriques	3,38	2,84	3,55	2,77	3,08	4,00	3,17	3,07	3,00	3,00	3,16
Avis sur les espaces et les fonctions	3,95	3,65	3,94	3,78	3,92	3,00	3,75	4,17	4,00	4,00	3,81
Avis sur la signalisation et l'orientation	3,92	3,37	3,49	3,77	3,97	3,00	3,65	3,86	4,00	4,00	3,66
Avis sur la qualité des services et du bien-être	3,94	3,87	3,86	4,00	4,03	3,00	3,93	3,83	4,00	4,00	3,90
Avis sur le niveau sonore	3,75	2,88	3,47	3,34	3,45	3,00	3,29	3,83	4,00	4,00	3,34
Avis sur le niveau d'éclairage naturel	3,43	3,34	3,47	3,46	3,26	3,00	3,33	3,69	4,00	2,00	3,47
Avis sur le niveau d'éclairage artificiel	3,75	3,38	4,08	3,48	3,29	3,00	3,51	3,97	4,00	2,00	3,68
Avis sur la qualité de l'air	3,81	3,75	3,84	3,95	3,84	2,00	3,69	4,24	4,00	3,00	3,83
Avis sur le confort thermique en été	3,51	3,35	3,88	3,28	3,47	2,00	3,31	4,03	4,00	2,00	3,52
Avis sur le confort thermique en hiver	3,57	3,60	4,08	3,48	3,47	2,00	3,46	4,14	4,00	2,00	3,67
Avis sur la température de l'eau	2,76	3,57	2,78	3,40	3,26	2,00	3,18	2,72	4,00	2,00	3,15
Avis sur le niveau d'humidité	1,76	1,76	1,90	1,83	1,63	1,00	1,71	2,00	2,00	1,00	1,80
Avis sur la sécurité	3,91	3,78	4,20	3,66	3,92	3,00	3,93	3,48	5,00	5,00	3,77



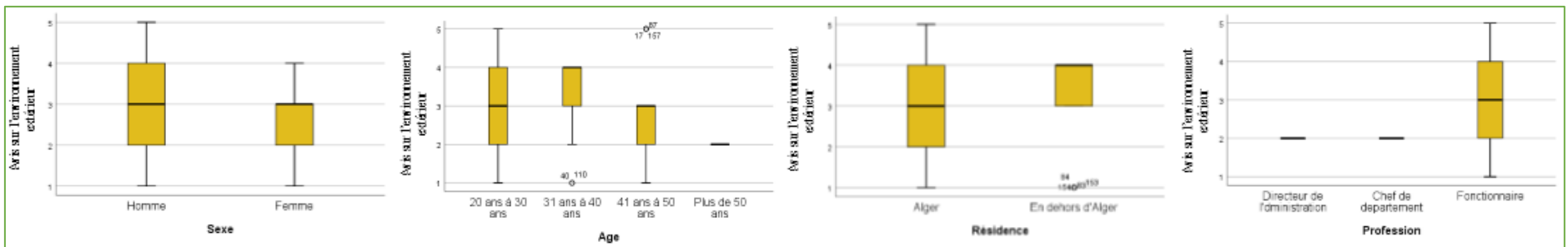
<b>Pilotage de l'éclairage, le chauffage et la climatisation</b>	1,54	1,41	1,49	1,38	1,53	2,00	1,39	1,93	1,00	2,00	1,46
<b>Disponibilité des capteurs</b>	1,54	1,41	1,49	1,38	1,53	2,00	1,39	1,93	1,00	2,00	1,46
<b>Mesures de contrôle de la Température</b>	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
<b>Mesures de contrôle de la Ventilation</b>	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
<b>Mesures de contrôle de l'Eclairage</b>	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
<b>Mesures de contrôle des Nuisances sonores</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>Gestion par maquette numérique</b>	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>Gestion financière</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00



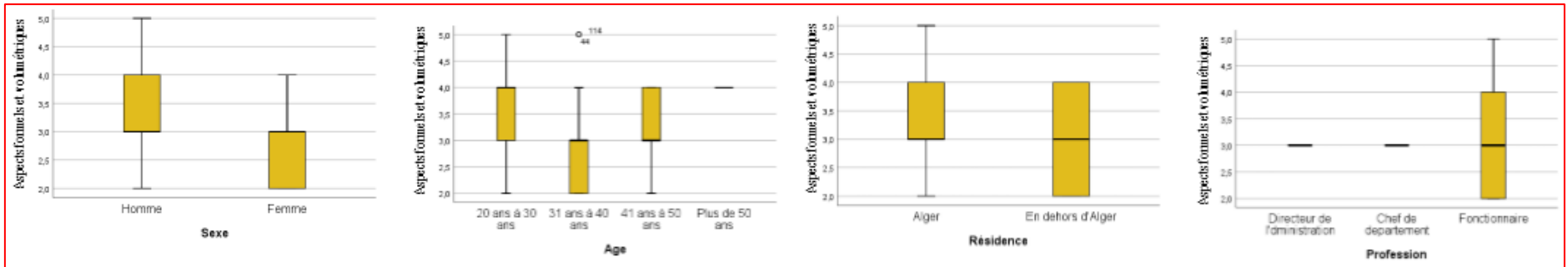
**Figure 1 :** Interaction entre l'application des technologies numériques et les données personnelles. Cas du Cyberparc. **Source :** Auteur sous SPSS, 2022



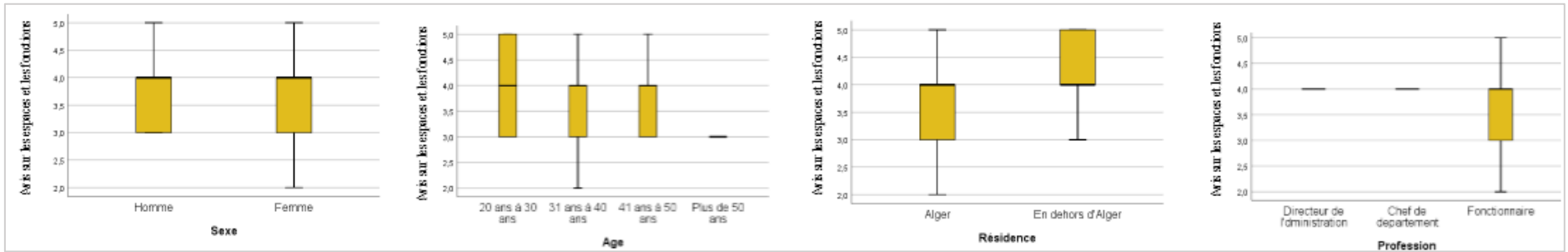
**Figure 2 :** Interaction entre l'utilisation des technologies numériques et les données personnelles. Cas du Cyberparc. **Source :** Auteur sous SPSS, 2022



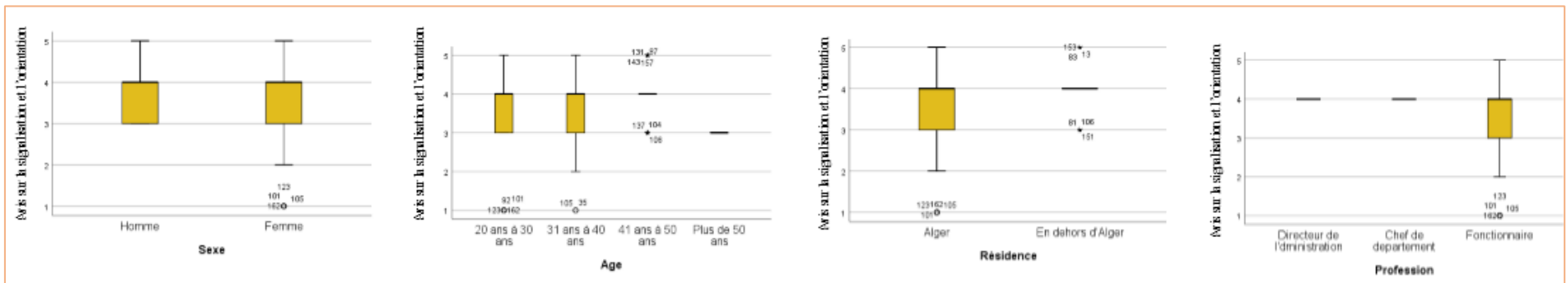
**Figure 3 :** Interaction entre l'environnement extérieur et les données personnelles. Cas du Cyberparc. **Source :** Auteur sous SPSS, 2022



**Figure 4 :** Interaction entre les aspects formels et volumétriques et les données personnelles. Cas du Cyberparc. **Source :** Auteur sous SPSS, 2022



**Figure 5:** Interaction entre les espaces et les fonctions et les données personnelles. Cas du Cyberparc. **Source :** Auteur sous SPSS, 2022



**Figure 6:** Interaction entre la signalisation et l'orientation et les données personnelles. Cas du Cyberparc. **Source :** Auteur sous SPSS, 2022

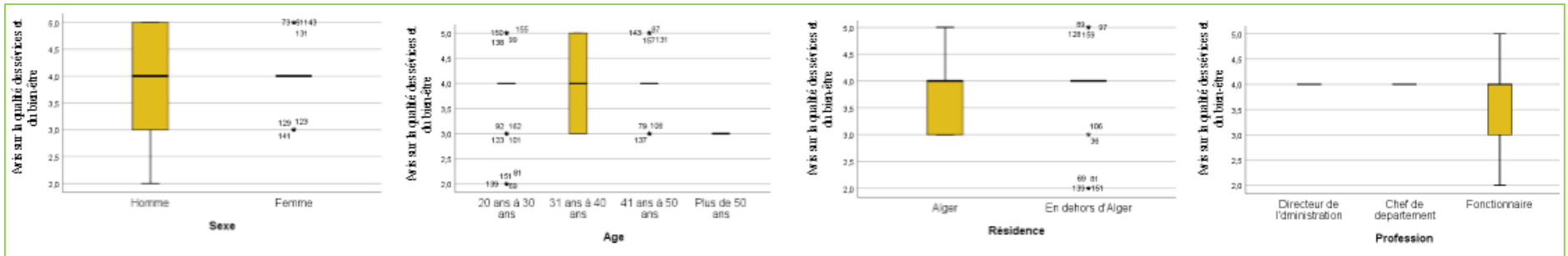


Figure 7 : Interaction entre la qualité des services et le bien-être et les données personnelles. Cas du Cyberparc. Source : Auteur sous SPSS, 2022

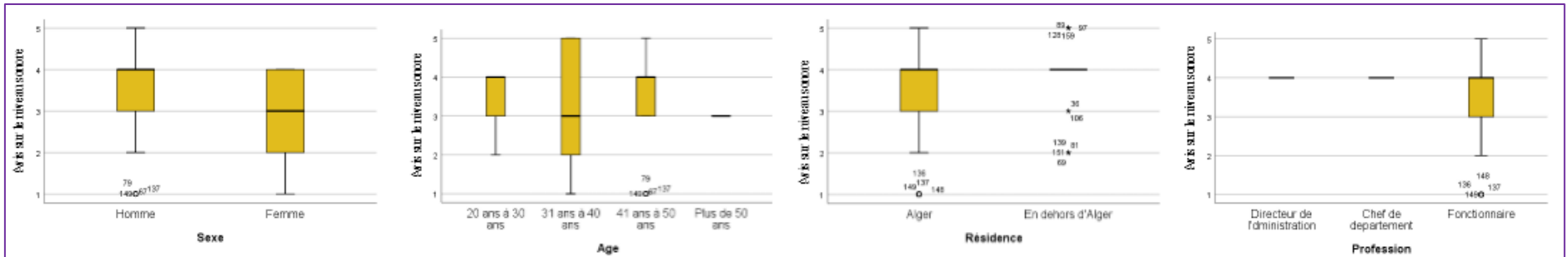


Figure 8 : Interaction entre le niveau sonore et les données personnelles. Cas du Cyberparc. Source : Auteur sous SPSS, 2022

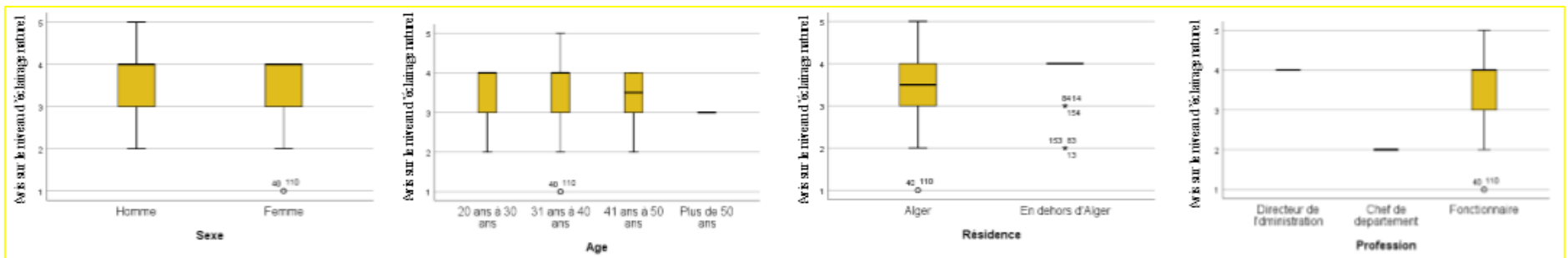
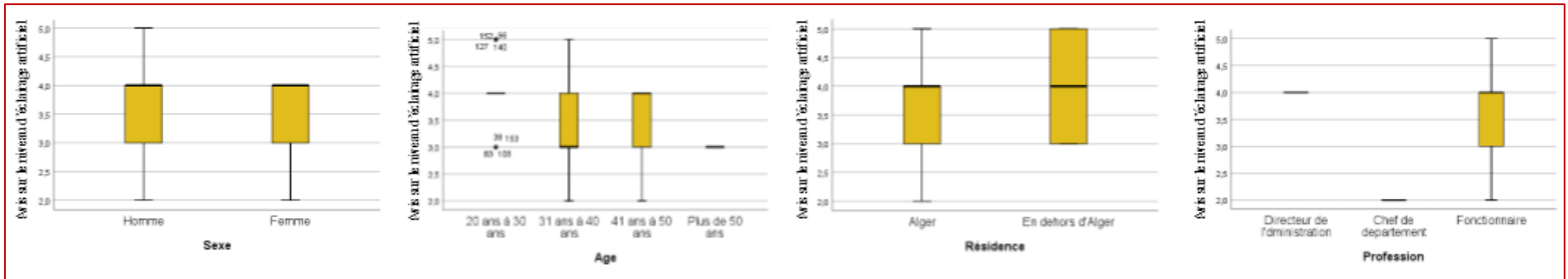
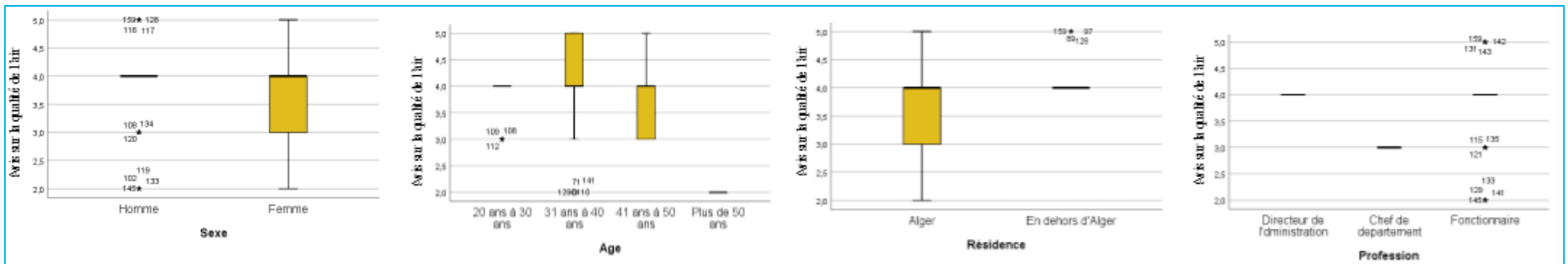


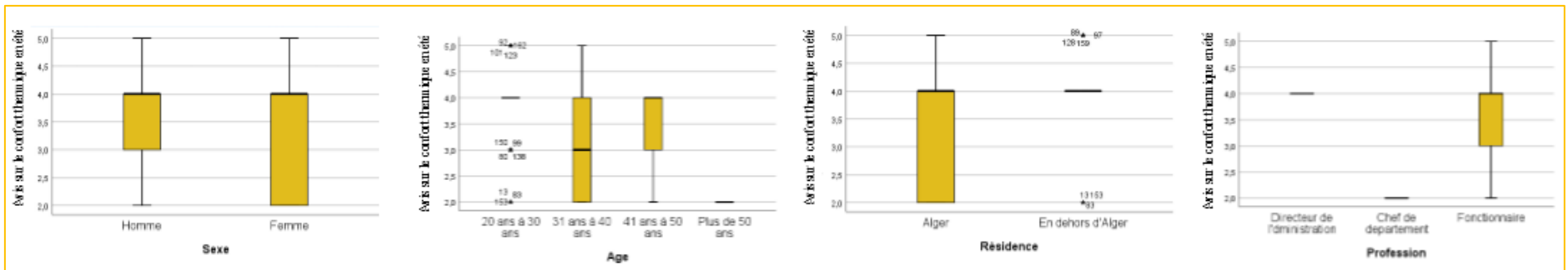
Figure 9 : Interaction entre le niveau d'éclairage naturel et les données personnelles. Cas du Cyberparc. Source : Auteur sous SPSS, 2022



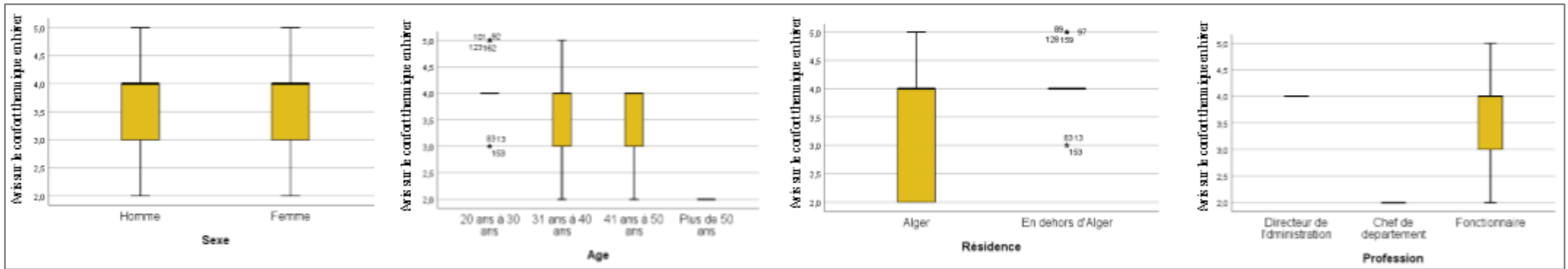
**Figure 10 :** Interaction entre le niveau d'éclairage artificiel et les données personnelles. Cas du Cyberparc. **Source :** Auteur sous SPSS, 2022



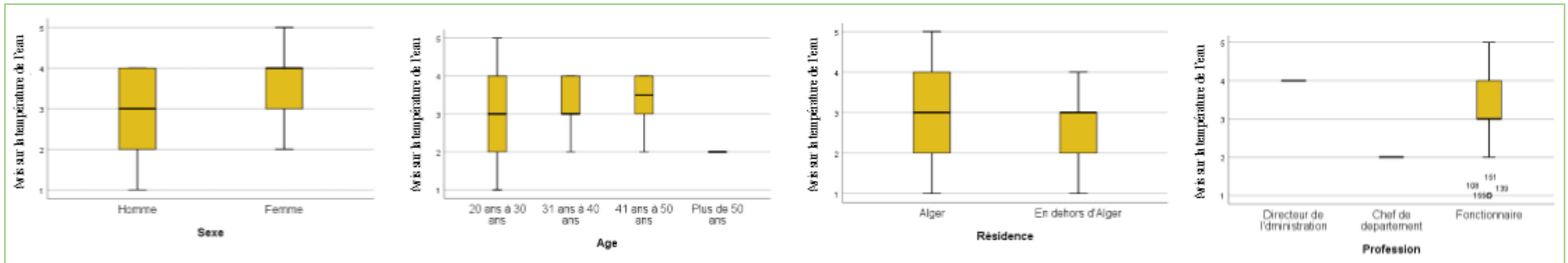
**Figure 11:** Interaction entre la qualité de l'air et les données personnelles. Cas du Cyberparc. **Source :** Auteur sous SPSS, 2022



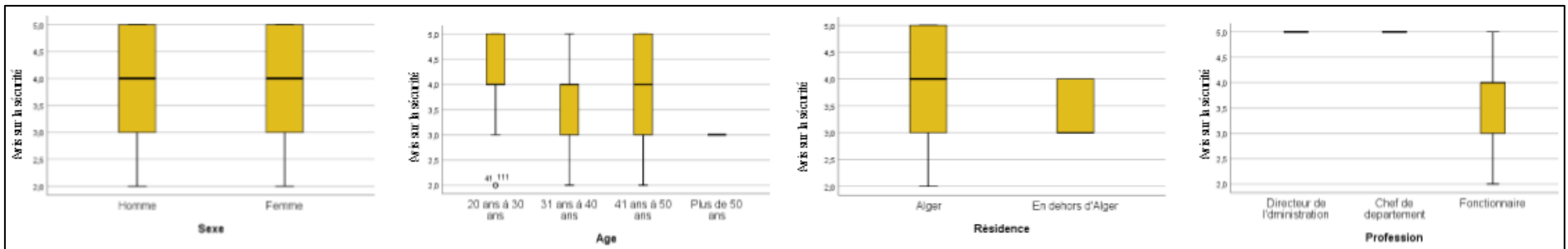
**Figure 12 :** Interaction entre le confort thermique en été et les données personnelles. Cas du Cyberparc. **Source :** Auteur sous SPSS, 2022



**Figure 13 :** Interaction entre le confort thermique en hiver et les données personnelles. Cas du Cyberparc. **Source :** Auteur sous SPSS, 2022



**Figure 14 :** Interaction entre la température de l'eau et les données personnelles. Cas du Cyberparc. **Source :** Auteur sous SPSS, 2022



**Figure 15:** Interaction entre la sécurité et les données personnelles. Cas du Cyberparc. **Source :** Auteur sous SPSS, 2022

**Tableau 2 :** Test de corrélation bivariée de Rho de Spearman. Cas du Cyberparc. **Source :** Auteur sous SPSS, 2022

		Application des technologies numériques	Utilisation des technologies numériques	Importance des technologies numériques	Environnement extérieur	Aspects formels et volumétriques	Espaces et fonctions	Signalisation et orientation
Application des technologies numériques	Coefficient de corrélation	1,000	,092	-,178*	,180*	,372**	,079	-,170*
	Sig. (bilatéral)	.	,242	,023	,021	,000	,315	,030
Utilisation des technologies numériques	Coefficient de corrélation	,092	1,000	,096	,116	-,124	,105	,012
	Sig. (bilatéral)	,242	.	,222	,141	,116	,181	,875
Importance des technologies numériques	Coefficient de corrélation	-,178*	,096	1,000	-,033	,123	-,085	,156
	Sig. (bilatéral)	,023	,222	.	,677	,117	,279	,047
Environnement extérieur	Coefficient de corrélation	,180*	,116	-,033	1,000	,224**	,134	,070
	Sig. (bilatéral)	,021	,141	,677	.	,004	,089	,377
Aspects formels et volumétriques	Coefficient de corrélation	,372**	-,124	,123	,224**	1,000	,091	,187
	Sig. (bilatéral)	,000	,116	,117	,004	.	,250	,017
Espaces et fonctions	Coefficient de corrélation	,079	,105	-,085	,134	,091	1,000	,718**
	Sig. (bilatéral)	,315	,181	,279	,089	,250	.	,000
Signalisation et orientation	Coefficient de corrélation	-,170*	,012	,156	,070	,187*	,718**	1,000
	Sig. (bilatéral)	,030	,875	,047	,377	,017	,000	.
Qualité des services et bien-être	Coefficient de corrélation	-,150	-,006	,070	,231**	,188*	,578**	,707**
	Sig. (bilatéral)	,055	,940	,372	,003	,016	,000	,000
Niveau sonore	Coefficient de corrélation	-,137	-,054	,081	,027	,111	,624**	,718**
	Sig. (bilatéral)	,082	,492	,304	,734	,158	,000	,000
	Coefficient de corrélation	-,323**	,109	,074	,150	-,017	,310**	,247**

Niveau d'éclairage naturel	Sig. (bilatéral)	,000	,164	,345	,056	,832	,000	,001
Niveau d'éclairage artificiel	Coefficient de corrélation	-,022	,156	-,043	,166*	,262**	,235**	,137
	Sig. (bilatéral)	,779	,046	,582	,034	,001	,003	,081
Qualité de l'air	Coefficient de corrélation	,128	,253	-,149	,219**	-,010	,406**	,299**
	Sig. (bilatéral)	,104	,001	,058	,005	,896	,000	,000
Confort thermique en été	Coefficient de corrélation	-,228**	,061	-,051	,085	-,065	,122	,110
	Sig. (bilatéral)	,003	,441	,515	,280	,407	,122	,163
Confort thermique en hiver	Coefficient de corrélation	-,075	,136	-,228**	,076	-,135	,179	,030
	Sig. (bilatéral)	,340	,083	,003	,337	,085	,022	,701
Température de l'eau	Coefficient de corrélation	-,090	,411**	-,048	-,099	-,379**	,125	-,020
	Sig. (bilatéral)	,254	,000	,543	,207	,000	,111	,798
Niveau d'humidité	Coefficient de corrélation	-,063	,025	-,278**	,447**	-,134	-,010	-,070
	Sig. (bilatéral)	,425	,749	,000	,000	,088	,898	,372
Sécurité	Coefficient de corrélation	,020	-,063	-,174	,026	,398**	,069	,240**
	Sig. (bilatéral)	,798	,422	,027	,738	,000	,384	,002

		Qualité des services et bien-être	Niveau sonore	Niveau d'éclairage naturel	Niveau d'éclairage artificiel	Qualité de l'air
Application des technologies numériques	Coefficient de corrélation	-,150	-,137	-,323**	-,022	,128
	Sig. (bilatéral)	,055	,082	,000	,779	,104
Utilisation des technologies numériques	Coefficient de corrélation	-,006	-,054	,109	,156*	,253
	Sig. (bilatéral)	,940	,492	,164	,046	,001



Importance des technologies numériques	Coefficient de corrélation	,070	,081	,074	-,043	-,149
	Sig. (bilatéral)	,372	,304	,345	,582	,058
Environnement extérieur	Coefficient de corrélation	,231**	,027	,150	,166*	,219**
	Sig. (bilatéral)	,003	,734	,056	,034	,005
Aspects formels et volumétriques	Coefficient de corrélation	,188*	,111	-,017	,262**	-,010
	Sig. (bilatéral)	,016	,158	,832	,001	,896
Espaces et fonctions	Coefficient de corrélation	,578**	,624**	,310**	,235**	,406**
	Sig. (bilatéral)	,000	,000	,000	,003	,000
Signalisation et orientation	Coefficient de corrélation	,707**	,718**	,247**	,137	,299**
	Sig. (bilatéral)	,000	,000	,001	,081	,000
Qualité des services et bien-être	Coefficient de corrélation	1,000	,630**	,177*	,098	,454**
	Sig. (bilatéral)	.	,000	,024	,212	,000
Niveau sonore	Coefficient de corrélation	,630**	1,000	,430**	,298**	,263**
	Sig. (bilatéral)	,000	.	,000	,000	,001
Niveau d'éclairage naturel	Coefficient de corrélation	,177*	,430**	1,000	,534**	,330**
	Sig. (bilatéral)	,024	,000	.	,000	,000
Niveau d'éclairage artificiel	Coefficient de corrélation	,098	,298**	,534**	1,000	,344**
	Sig. (bilatéral)	,212	,000	,000	.	,000
Qualité de l'air	Coefficient de corrélation	,454**	,263**	,330**	,344**	1,000
	Sig. (bilatéral)	,000	,001	,000	,000	.
Confort thermique en été	Coefficient de corrélation	,167*	,318**	,630**	,616**	,571**
	Sig. (bilatéral)	,033	,000	,000	,000	,000
Confort thermique en hiver	Coefficient de corrélation	,130	,235**	,526**	,478**	,588**
	Sig. (bilatéral)	,099	,003	,000	,000	,000

Température de l'eau	Coefficient de corrélation	,000	-,026	,265**	,235**	,339**
	Sig. (bilatéral)	,996	,737	,001	,002	,000
Niveau d'humidité	Coefficient de corrélation	,003	,055	,342**	,476**	,171*
	Sig. (bilatéral)	,968	,489	,000	,000	,029
Sécurité	Coefficient de corrélation	,280**	,234**	-,053	,179*	,195*
	Sig. (bilatéral)	,000	,003	,505	,022	,013

		Confort thermique en été	Confort thermique en hiver	Température de l'eau	Niveau d'humidité	Sécurité
Application des technologies numériques	Coefficient de corrélation	-,228**	-,075	-,090	-,063	,020
	Sig. (bilatéral)	,003	,340	,254	,425	,798
Utilisation des technologies numériques	Coefficient de corrélation	,061	,136	,411**	,025	-,063
	Sig. (bilatéral)	,441	,083	,000	,749	,422
Importance des technologies numériques	Coefficient de corrélation	-,051	-,228**	-,048	-,278**	-,174
	Sig. (bilatéral)	,515	,003	,543	,000	,027
Environnement extérieur	Coefficient de corrélation	,085	,076	-,099	,447**	,026
	Sig. (bilatéral)	,280	,337	,207	,000	,738
Aspects formels et volumétriques	Coefficient de corrélation	-,065	-,135	-,379**	-,134	,398**
	Sig. (bilatéral)	,407	,085	,000	,088	,000
Espaces et fonctions	Coefficient de corrélation	,122	,179*	,125	-,010	,069
	Sig. (bilatéral)	,122	,022	,111	,898	,384
Signalisation et orientation	Coefficient de corrélation	,110	,030	-,020	-,070	,240**

	<b>Sig. (bilatéral)</b>	,163	,701	,798	,372	,002
<b>Qualité des services et bien-être</b>	<b>Coefficient de corrélation</b>	,167	,130	,000	,003	,280**
	<b>Sig. (bilatéral)</b>	,033	,099	,996	,968	,000
<b>Niveau sonore</b>	<b>Coefficient de corrélation</b>	,318**	,235**	-,026	,055	,234**
	<b>Sig. (bilatéral)</b>	,000	,003	,737	,489	,003
<b>Niveau d'éclairage naturel</b>	<b>Coefficient de corrélation</b>	,630**	,526**	,265**	,342**	-,053
	<b>Sig. (bilatéral)</b>	,000	,000	,001	,000	,505
<b>Niveau d'éclairage artificiel</b>	<b>Coefficient de corrélation</b>	,616**	,478**	,235**	,476**	,179
	<b>Sig. (bilatéral)</b>	,000	,000	,002	,000	,022
<b>Qualité de l'air</b>	<b>Coefficient de corrélation</b>	,571**	,588**	,339**	,171*	,195
	<b>Sig. (bilatéral)</b>	,000	,000	,000	,029	,013
<b>Confort thermique en été</b>	<b>Coefficient de corrélation</b>	1,000	,855**	,335**	,410**	,157
	<b>Sig. (bilatéral)</b>	.	,000	,000	,000	,045
<b>Confort thermique en hiver</b>	<b>Coefficient de corrélation</b>	,855**	1,000	,348**	,381**	,084
	<b>Sig. (bilatéral)</b>	,000	.	,000	,000	,288
<b>Température de l'eau</b>	<b>Coefficient de corrélation</b>	,335**	,348**	1,000	,318**	-,207**
	<b>Sig. (bilatéral)</b>	,000	,000	.	,000	,008
<b>Niveau d'humidité</b>	<b>Coefficient de corrélation</b>	,410**	,381**	,318**	1,000	-,106
	<b>Sig. (bilatéral)</b>	,000	,000	,000	.	,178
<b>Sécurité</b>	<b>Coefficient de corrélation</b>	,157	,084	-,207**	-,106	1,000
	<b>Sig. (bilatéral)</b>	,045	,288	,008	,178	.

\*\* La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

\* La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

**Tableau 4 :** Qualités de représentation des variables. Cas du Cyberparc. **Source :** Auteur sous SPSS, 2022

	Initiales	Extraction
Application des technologies numériques	1,000	,661
Utilisation des technologies numériques	1,000	,761
Importance des technologies numériques	1,000	,806
Environnement extérieur	1,000	,755
Aspects formels et volumétriques	1,000	,834
Espaces et fonctions	1,000	,735
Signalisation et orientation	1,000	,837
Qualité des services et bien-être	1,000	,717
Niveau sonore	1,000	,754
Niveau d'éclairage naturel	1,000	,693
Niveau d'éclairage artificiel	1,000	,729
Qualité de l'air	1,000	,759
Confort thermique en été	1,000	,903
Confort thermique en hiver	1,000	,812
Température de l'eau	1,000	,677
Niveau d'humidité	1,000	,821
Sécurité	1,000	,708

**Tableau 5 :** Variance totale expliquée des variables. Cas du Cyberparc. **Source :** Auteur sous SPSS, 2022

Composante	Valeurs propres initiales			Sommes extraites du carré des chargements			Sommes de rotation du carré des chargements		
	Total	% de la variance	% cumulé	Total	% de la variance	% cumulé	Total	% de la variance	% cumulé
1	4,424	26,026	26,026	4,424	26,026	26,026	3,585	21,087	21,087
2	2,786	16,388	42,414	2,786	16,388	42,414	3,051	17,945	39,033
3	1,916	11,272	53,686	1,916	11,272	53,686	1,912	11,249	50,281
4	1,412	8,305	61,991	1,412	8,305	61,991	1,478	8,697	58,978
5	1,262	7,421	69,412	1,262	7,421	69,412	1,469	8,644	67,622
6	1,163	6,843	76,255	1,163	6,843	76,255	1,468	8,633	76,255
7	,899	5,290	81,545						
8	,640	3,766	85,311						
9	,556	3,268	88,579						
10	,428	2,518	91,097						
11	,383	2,253	93,350						
12	,311	1,831	95,181						
13	,277	1,627	96,808						
14	,225	1,323	98,130						

15	,157	,924	99,05 5						
16	,094	,550	99,60 5						
17	,067	,395	100,0 00						

**Tableau 6** : Matrice des composantes. Cas du Cyberparc. **Source** : Auteur sous SPSS, 2022

	Composante					
	1	2	3	4	5	6
Confort thermique en été	,804					
Confort thermique en hiver	,771					
Qualité de l'air	,723					
Niveau d'éclairage artificiel	,711					
Niveau d'éclairage naturel	,697					
Niveau sonore	,599	,523				
Espaces et fonctions	,560	,521				
Signalisation et orientation	,445	,730				
Qualité des services et bien-être	,523	,602				
Température de l'eau		-,475		,465		
Application des technologies numériques			,621	,453		
Aspects formels et volumétriques		,537	,587			
Sécurité			,483		-,430	
Utilisation des technologies numériques				,570		,516
Importance des technologies numériques			-,448		,570	,437
Environnement extérieur			,510		,535	
Niveau d'humidité	,455	-,464				-,506

**Tableau 7** : Matrice des coefficients des composantes. Cas du Cyberparc. **Source** : Auteur sous SPSS, 2022

	Composante					
	1	2	3	4	5	6
Application des technologies numériques	-,135	-,043	,241	,168	,140	,327
Utilisation des technologies numériques	-,015	-,027	,030	-,038	-,187	,610
Importance des technologies numériques	,053	-,016	,056	-,027	-,630	,142
Environnement extérieur	-,057	,032	,020	,585	-,043	,000
Aspects formels et volumétriques	,044	-,033	,444	,134	-,197	,009

<b>Espaces et fonctions</b>	-,090	,307	-,077	,063	,103	,076
<b>Signalisation et orientation</b>	-,084	,316	-,044	,074	-,094	-,024
<b>Qualité des services et bien-être</b>	-,067	,299	-,024	-,003	,094	,006
<b>Niveau sonore</b>	,062	,241	-,016	-,105	-,068	-,128
<b>Niveau d'éclairage naturel</b>	,229	,002	-,074	,057	-,193	-,104
<b>Niveau d'éclairage artificiel</b>	,249	-,074	,149	,099	-,174	,028
<b>Qualité de l'air</b>	,069	,100	,065	-,069	,265	,231
<b>Confort thermique en été</b>	,305	-,072	,076	-,127	,009	-,032
<b>Confort thermique en hiver</b>	,249	-,049	,030	-,099	,101	,032
<b>Température de l'eau</b>	,011	,035	-,243	-,031	,071	,326
<b>Niveau d'humidité</b>	,087	-,040	-,198	,451	,102	-,178
<b>Sécurité</b>	,101	-,019	,409	-,263	,189	-,041

**Tableau 8** : Statistiques descriptives des variables liées à l'attribut morphologique du CIC. **Source** : Auteur sous SPSS, 2022.

<b>Variabiles</b>	<b>Catégorie</b>	<b>Fréquence</b>	<b>Pourcentage</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Variance</b>	<b>Ecart type</b>
<b>Avis sur l'environnement extérieur</b>	Passable	2	3,6	4,27	,651	,424
	Bon	34	61,8			
	Excellent	19	34,5			
<b>Indices d'implantation <sup>a</sup></b>	Situation	14	14,3	1,75	,193	,440
	Orientation	21	21,4	1,62	,240	,490
	Forme	33	33,7	1,40	,244	,494
	Volume	30	30,6	1,45	,253	,503
<b>Aspects formels et volumétriques</b>	Moyennement acceptable	10	18,2	3,49	,884	,940
	Acceptable	15	27,3			
	Marquant	23	41,8			
	Imposant	7	12,7			
<b>Dispositifs technologiques <sup>a</sup></b>	Enveloppe intelligente	27	12,2	1,51	,255	,505
	Façade dynamique	31	14,0	1,436	,251	,5005
	Dispositifs technologiques d'aménagement	53	24,0	1,04	,036	,189
	Matériaux intelligents	55	24,9	1,00	,000	,000
	Procédés de structure spécifique	55	24,9	1,00	,000	,000
<b>Rôle des dispositifs technologiques <sup>a</sup></b>	Elément structurel	5	8,9	1,91	,084	,290
	Elément fonctionnel	50	89,3	1,09	,084	,290
	Elément d'esthétique	1	1,8	1,98	,018	,135

<sup>a</sup> Groupe de dichotomies mis en tableau à la valeur 1 'Oui'.

**Tableau 9** : Statistiques descriptives des variables liées à la qualité spatio-fonctionnelle du CIC. **Source** : Auteur sous SPSS, 2022.

Variables	Catégorie	Fréquence	Pourcentage	Moyenne	Variance	Ecart type
<b>Conception intérieure <sup>a</sup></b>	Mobilier et aménagement malléable et élastique	39	14,7	1,29	,210	,458
	Espace communicatif et expansif	52	19,6	1,05	,053	,229
	Espace fluide et flexible	38	14,3	1,31	,218	,466
	Espace transformable	52	19,6	1,05	,053	,229
	Espace multifonctionnel	55	20,8	1,00	,000	,000
	Espace adaptable	29	10,9	1,47	,254	,504
<b>Dispositifs écologiques <sup>a</sup></b>	Atrium	54	14,1	1,02	,018	,135
	Patio	55	14,4	1,00	,000	,000
	Double peau	54	14,1	1,02	,018	,135
	Mur ventilé	55	14,4	1,00	,000	,000
	Toiture ou façade végétalisée	55	14,4	1,00	,000	,000
	Jardin d'hiver	54	14,1	1,02	,018	,135
	Serre	55	14,4	1,00	,000	,000
<b>But des dispositifs écologiques <sup>a</sup></b>	Chauffage passif	26	13,3	1,53	,254	,504
	Rafraîchissement passif	27	13,8	1,51	,255	,505
	Ventilation naturelle	55	28,1	1,00	,000	,000
	Eclairage naturel	55	28,1	1,00	,000	,000
	Conditionnement des conditions thermiques	33	16,8	1,40	,244	,494
<b>Avis sur les espaces et les fonctions</b>	Ni satisfait, ni insatisfait	4	7,3	4,15	,275	,524
	Plutôt satisfait	39	70,9			
	Très satisfait	12	21,8			
<b>Avis sur la signalisation et l'orientation</b>	Ni satisfait, ni insatisfait	10	18,2	4,11	,469	,685
	Plutôt satisfait	29	52,7			
	Très satisfait	16	29,1			

<sup>a</sup> Groupe de dichotomies mis en tableau à la valeur 1 'Oui'.

**Tableau 10** : Statistiques descriptives des variables liées à la qualité sensorielle du CIC. **Source** : Auteur sous SPSS, 2022.

Variables	Catégorie	Fréquence	Pourcentage	Moyenne	Variance	Ecart type
<b>Qualité des services <sup>a</sup></b>	Accueil et prise en charge	23	16,4	1,58	,248	,498
	Ecoute et orientation	17	12,1	1,69	,218	,466
	Accessibilité à l'information	5	3,6	1,91	,084	,290
	Rapidité et réactivité	32	22,9	1,42	,248	,498
	Sécurité	32	22,9	1,42	,248	,498
	Efficacité de service	31	22,1	1,44	,251	,501
<b>Aspects qualitatifs <sup>a</sup></b>	Harmonie et épuration des couleurs	34	12,9	1,38	,240	,490

	Concordance des lignes, formes et volumes	42	15,9	1,24	,184	,429
	Élégance et sobriété	35	13,3	1,36	,236	,485
	Eurythmie structurale	33	12,5	1,40	,244	,494
	Solidité et utilité	34	12,9	1,38	,240	,490
	Animation objective	21	8,0	1,62	,240	,490
	Décoration et ornementation technique	46	17,4	1,16	,139	,373
	Publicité et enseignes numériques	19	7,2	1,65	,230	,480
<b>Avis sur la qualité des services et du bien-être</b>	Plutôt satisfait	37	67,3	4,33	,224	,474
	Très satisfait	18	32,7			
<b>Avis sur le niveau sonore</b>	Très insatisfait	1	1,8	4,35	,453	,673
	Plutôt satisfait	32	58,2			
	Très satisfait	22	40,0			
<b>Avis sur le niveau d'éclairage naturel</b>	Mauvais	3	5,5	3,85	1,127	1,061
	Moyen	17	30,9			
	Bon	17	30,9			
	Excellent	18	32,7			
<b>Avis sur le niveau d'éclairage artificiel</b>	Moyen	9	16,4	4,25	,527	,726
	Bon	23	41,8			
	Excellent	23	41,8			
<b>Avis sur la qualité de l'air</b>	Mauvais	3	5,5	3,89	,951	,975
	Moyen	11	20,0			
	Bon	27	49,1			
	Excellent	14	25,5			
<b>Avis sur le confort thermique en été</b>	Moyen	4	7,3	4,20	,311	,558
	Bon	36	65,5			
	Excellent	15	27,3			
<b>Avis sur le confort thermique en hiver</b>	Moyen	5	9,1	3,95	,127	,356
	Bon	48	87,3			
	Excellent	2	3,6			
<b>Avis sur la température de l'eau</b>	Passable	6	10,9	3,96	,702	,838
	Moyen	2	3,6			
	Bon	35	63,6			
	Excellent	12	21,8			
<b>Avis sur le niveau d'humidité</b>	Naturel	47	85,5	2,15	,127	,356
	Sec	8	14,5			

<sup>a</sup> Groupe de dichotomies mis en tableau à la valeur 1 'Oui'.

**Tableau 11** : Statistiques descriptives des variables liées à la performance des services du CIC. **Source** : Auteur sous SPSS, 2022.

Variables	Catégorie	Fréquence	Pourcentage	Moyenne	Variance	Ecart type
<b>Accès <sup>a</sup></b>	Signalisation lumineuse	43	31,6	1,22	,174	,417
	Signalisation statique	55	40,4	1,00	,000	,000
	Signalisation numérique	38	27,9	1,31	,218	,466
<b>Aires de stationnement <sup>a</sup></b>	Systèmes de télésurveillance	55	33,3	1,00	,000	,000



	Badge d'accès électronique	55	33,3	1,00	,000	,000
	Barrières d'ouverture et fermeture automatisées	55	33,3	1,00	,000	,000
<b>Avis sur la sécurité</b>	Moyen	9	16,4	4,11	,432	,658
	Bon	31	56,4			
	Excellent	15	27,3			
<b>Système de contrôle automatisé <sup>a</sup></b>	Température	55	25,0	1,00	,000	,000
	Qualité de l'air	55	25,0	1,00	,000	,000
	Eclairage	55	25,0	1,00	,000	,000
	Niveau sonore	55	25,0	1,00	,000	,000
<b>Techniques de conditionnement <sup>a</sup></b>	Interface informatique	55	35,5	1,00	,000	,000
	Interface téléphonique automatisée	22	14,2	1,60	,244	,494
	Opérateur de contrôle central	55	35,5	1,00	,000	,000
	Horaires préprogrammés	23	14,8	1,58	,248	,498
<b>Système de communication <sup>a</sup></b>	Signalisation digitale	55	23,5	1,00	,000	,000
	Réseaux d'internet	55	23,5	1,00	,000	,000
	Localisation intérieure	55	23,5	1,00	,000	,000
	Télécopie et télécommunication	55	23,5	1,00	,000	,000
	Gestion des câbles	14	6,0	1,75	,193	,440
<b>Pilotage de l'éclairage, le chauffage et la climatisation</b>	Oui	55	100,0	1,00	,000	,000
<b>Disponibilité des capteurs</b>	Oui	55	100,0	1,00	,000	,000
<b>Mesures de contrôle de la Température</b>	Contrôle automatisé	55	100,0	4,00	,000	,000
<b>Mesures de contrôle de la Ventilation</b>	Contrôle automatisé	55	100,0	4,00	,000	,000
<b>Mesures de contrôle de l'Eclairage</b>	Contrôle automatisé	55	100,0	4,00	,000	,000
<b>Mesures de contrôle des Nuisances sonores</b>	Contrôle automatisé	55	100,0	4,00	,000	,000
<b>Gestion d'énergie et des ressources naturelles <sup>a</sup></b>	Des Stratégies éco énergétiques et techniques de conservation	55	25,3	1,00	,000	,000
	Des systèmes de comptage et mesure des consommations	55	25,3	1,00	,000	,000
	Des systèmes de Gestion des eaux usées et pluviales	52	24,0	1,05	,229	,053
	Des systèmes de recyclage et de traitement de déchets	55	25,3	1,00	,000	,000

<b>Gestion par maquette numérique</b>	Non	55	100,0	2,00	,000	,000
<b>Gestion financière</b>	Oui	55	100,0	1,00	,000	,000

<sup>a</sup> Groupe de dichotomies mis en tableau à la valeur 1 'Oui'.

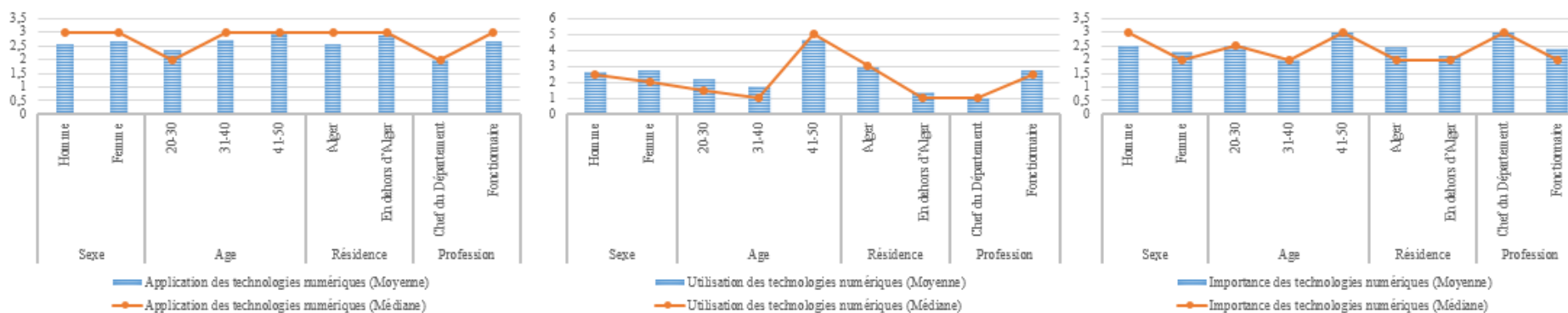
**Tableau 12 :** Moyennes des croisements des variables. Cas du CIC <sup>a, b</sup>. **Source :** Auteur sous SPSS, 2022

Variables	Sexe		Age			Résidence		Profession	
	Homme	Femme	20-30	31-40	41-50	Alger	En dehors d'Alger	Chef du Département	Fonctionnaire
Application des technologies numériques	2,59	2,65	2,35	2,70	2,93	2,58	2,86	2,00	2,65
Utilisation des technologies numériques	2,66	2,78	2,20	1,80	2,71	2,90	1,43	1,00	2,77
Importance des technologies numériques	2,53	2,30	2,5	2	3	2,48	2,14	3,00	2,42
Avis sur l'environnement extérieur	4,41	4,09	4,55	3,95	4,29	4,33	3,86	5,00	4,25
Aspects formels et volumétriques	3,47	3,52	3,45	4,10	2,71	3,46	3,71	3,00	3,50
Avis sur les espaces et les fonctions	4,22	4,04	4,40	3,95	4,07	4,15	4,14	5,00	4,12
Avis sur la signalisation et l'orientation	4,13	4,09	4,45	4,25	3,36	4,10	4,14	5,00	4,08
Avis sur la qualité des services et du bien-être	4,34	4,30	4,40	4,40	4,07	4,35	4,14	5,00	4,31
Avis sur le niveau sonore	4,44	4,22	4,45	4,25	4,29	4,38	4,14	5,00	4,33
Avis sur le niveau d'éclairage naturel	4,13	3,48	3,95	3,50	4,29	3,92	3,43	3,00	3,87
Avis sur le niveau d'éclairage artificiel	4,44	4,00	4,65	3,80	4,29	4,38	3,43	5,00	4,21
Avis sur la qualité de l'air	4,13	3,57	4,20	3,50	4,07	3,96	3,43	5,00	3,85
Avis sur le confort thermique en été	4,34	4,00	4,65	3,85	4,00	4,23	4,00	5,00	4,17
Avis sur le confort thermique en hiver	4,03	3,83	4,10	3,75	4,00	3,94	4,00	5,00	3,90
Avis sur la température de l'eau	3,91	4,04	4,40	3,55	4,00	4,17	2,57	5,00	3,92
Avis sur le niveau d'humidité	2,16	2,13	2,00	2,40	2,00	2,06	2,71	2,00	2,13
Avis sur la sécurité	4,19	4,00	4,50	3,80	4,07	4,21	3,43	5,00	4,08
Pilotage de l'éclairage, le chauffage et la climatisation	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Disponibilité des capteurs	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Mesures de contrôle de la Température	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00

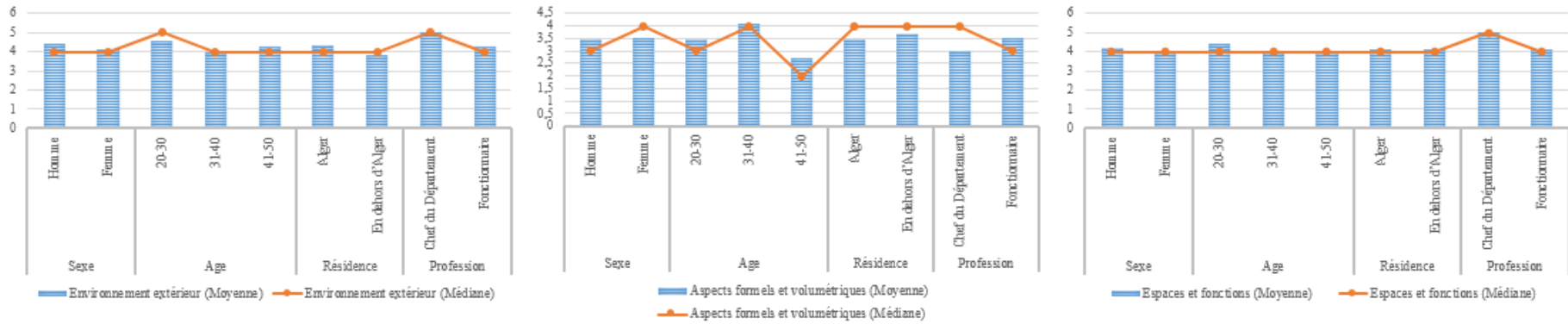
<b>Mesures de contrôle de la Ventilation</b>	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
<b>Mesures de contrôle de l'Eclairage</b>	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
<b>Mesures de contrôle des Nuisances sonores</b>	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
<b>Gestion par maquette numérique</b>	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>Gestion financière</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

a. Toute question relative aux différentes variables est une constante lorsque Age = Plus de 50 ans. Elle a été omise par le SPSS.

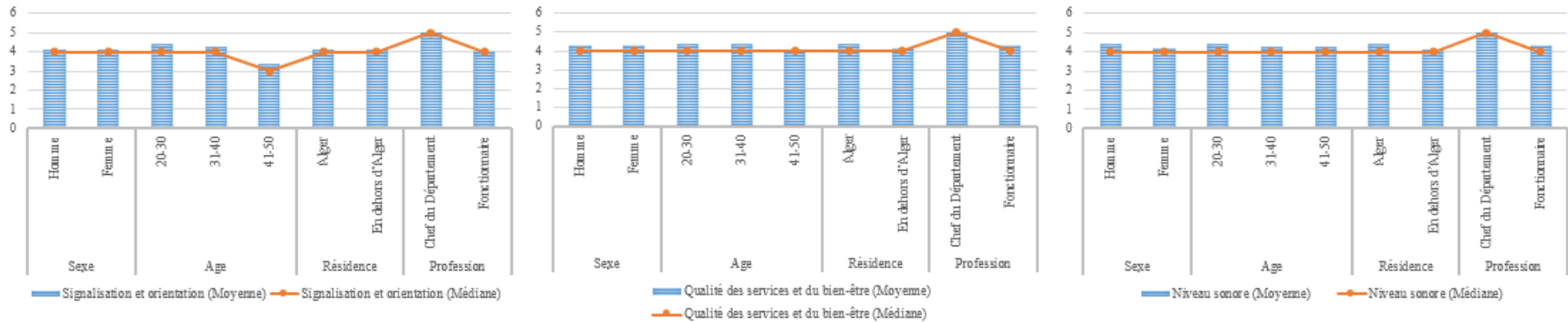
b. Toute question relative aux différentes variables est une constante lorsque Profession = Directeur de l'administration. Elle a été omise par le SPSS.



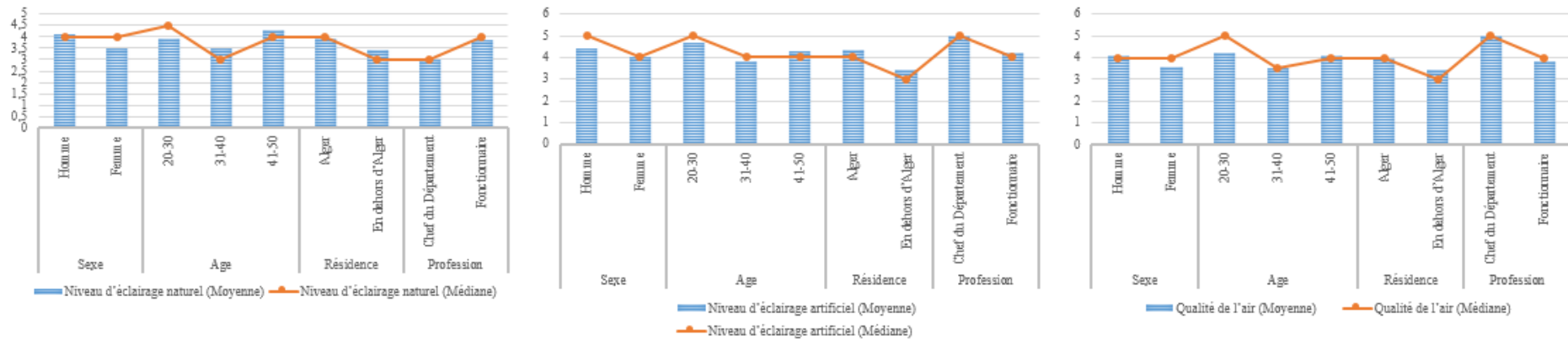
**Figure 16 :** Interaction entre l'application, l'utilisation et l'importance des technologies numériques et les données personnelles. Cas du CIC. **Source :** Auteur sous Excel, 2022



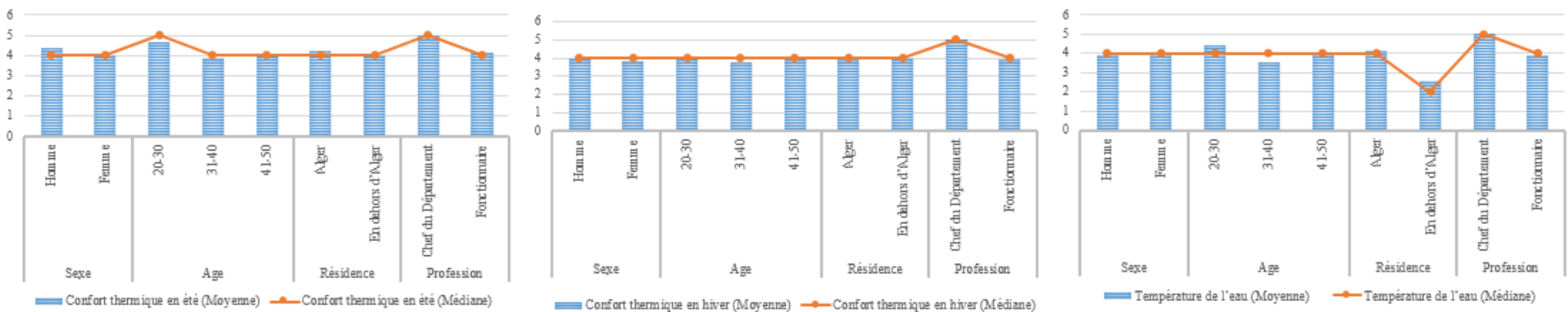
**Figure 17 :** Interaction entre l'environnement extérieur, les aspects formels et volumétriques, les espaces et les fonctions et les données personnelles. Cas du CIC.  
**Source :** Auteur sous Excel, 2022



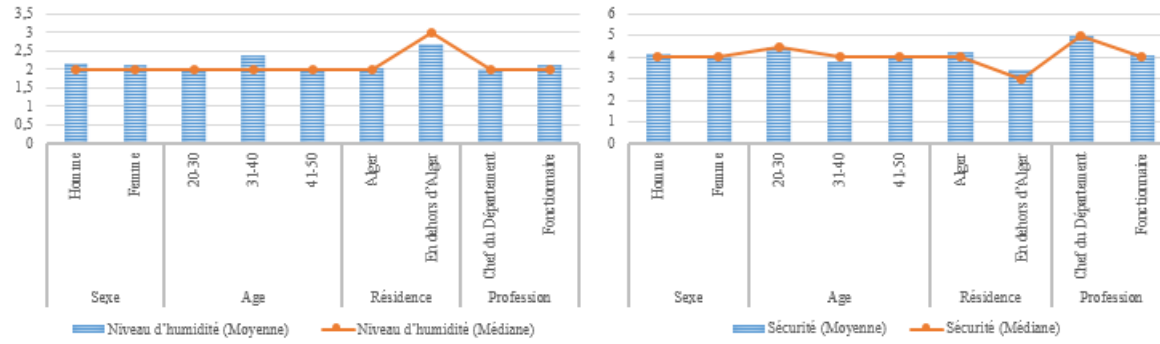
**Figure 18 :** Interaction entre la signalisation et l'orientation, la qualité des services et le bien-être, le niveau sonore et les données personnelles. Cas du CIC.  
**Source :** Auteur sous Excel, 2022



**Figure 19:** Interaction entre le niveau d'éclairage naturel et artificiel, la qualité de l'air et les données personnelles. Cas du CIC. **Source :** Auteur sous Excel, 2022



**Figure 20:** Interaction entre le confort thermique en été et en hiver, la température de l'eau et les données personnelles. Cas du CIC. **Source :** Auteur sous Excel, 2022



**Figure 21:** Interaction entre le niveau d'humidité, la sécurité et les données personnelles. Cas du CIC. **Source :** Auteur sous Excel, 2022

**Tableau 13** : Tests de normalité. Cas du CIC. **Source** : Auteur sous SPSS, 2022.

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistiques	ddl	Sig.	Statistiques	ddl	Sig.
<b>Application des technologies numériques</b>	,400	55	,000	,616	55	,000
<b>Utilisation des technologies numériques</b>	,289	55	,000	,759	55	,000
<b>Importance des technologies numériques</b>	,372	55	,000	,631	55	,000
<b>Environnement extérieur</b>	,317	55	,000	,675	55	,000
<b>Aspects formels et volumétriques</b>	,251	55	,000	,870	55	,000
<b>Espaces et fonctions</b>	,391	55	,000	,697	55	,000
<b>Signalisation et orientation</b>	,272	55	,000	,800	55	,000
<b>Qualité des services et bien-être</b>	,428	55	,000	,592	55	,000
<b>Niveau sonore</b>	,296	55	,000	,617	55	,000
<b>Niveau d'éclairage naturel</b>	,191	55	,000	,831	55	,000
<b>Niveau d'éclairage artificiel</b>	,266	55	,000	,786	55	,000
<b>Qualité de l'air</b>	,290	55	,000	,800	55	,000
<b>Confort thermique en été</b>	,367	55	,000	,727	55	,000
<b>Confort thermique en hiver</b>	,470	55	,000	,482	55	,000
<b>Température de l'eau</b>	,372	55	,000	,732	55	,000
<b>Niveau d'humidité</b>	,513	55	,000	,420	55	,000
<b>Sécurité</b>	,293	55	,000	,791	55	,000

a. Correction de signification de Lilliefors



**Tableau 14** : Test de corrélation bivariée de Rho de Spearman. Cas du CIC. **Source** : Auteur sous SPSS, 2022

		Application des technologies numériques	Utilisation des technologies numériques	Importance des technologies numériques	Environnement extérieur	Aspects formels et volumétriques	Espaces et fonctions	Signalisation et orientation
Application des technologies numériques	Coefficient de corrélation	1,000	,547**	-,139	-,410**	,191	-,204	-,187
	Sig. (bilatéral)	.	,000	,313	,002	,161	,134	,171
Utilisation des technologies numériques	Coefficient de corrélation	,547**	1,000	,218	-,204	-,131	,217	-,406**
	Sig. (bilatéral)	,000	.	,110	,136	,342	,111	,002
Importance des technologies numériques	Coefficient de corrélation	-,139	,218	1,000	,454	-,641**	-,057	-,451**
	Sig. (bilatéral)	,313	,110	.	,001	,000	,681	,001
Environnement extérieur	Coefficient de corrélation	-,410**	-,204	,454	1,000	-,041	,017	,371**
	Sig. (bilatéral)	,002	,136	,001	.	,765	,903	,005
Aspects formels et volumétriques	Coefficient de corrélation	,191	-,131	-,641**	-,041	1,000	,160	,425**
	Sig. (bilatéral)	,161	,342	,000	,765	.	,243	,001
Espaces et fonctions	Coefficient de corrélation	-,204	,217	-,057	,017	,160	1,000	,085
	Sig. (bilatéral)	,134	,111	,681	,903	,243	.	,539
Signalisation et orientation	Coefficient de corrélation	-,187	-,406**	-,451**	,371**	,425**	,085	1,000
	Sig. (bilatéral)	,171	,002	,001	,005	,001	,539	.
Qualité des services et bien-être	Coefficient de corrélation	,149	-,005	-,379**	,169	,288*	,219	,763**
	Sig. (bilatéral)	,276	,970	,004	,216	,033	,108	,000
Niveau sonore	Coefficient de corrélation	,206	,122	-,169	,392**	,430**	,165	,739**
	Sig. (bilatéral)	,132	,373	,217	,003	,001	,229	,000
	Coefficient de corrélation	-,147	,143	,443**	,460**	-,023	,051	-,263

Niveau d'éclairage naturel	Sig. (bilatéral)	,283	,298	,001	,000	,867	,712	,053
Niveau d'éclairage artificiel	Coefficient de corrélation	-,325*	,160	,386**	,597**	-,012	,368**	,302*
	Sig. (bilatéral)	,016	,243	,004	,000	,930	,006	,025
Qualité de l'air	Coefficient de corrélation	-,332*	-,187	,562**	,605**	-,293*	-,041	,053
	Sig. (bilatéral)	,013	,171	,000	,000	,030	,765	,700
Confort thermique en été	Coefficient de corrélation	-,537**	-,200	,340*	,768**	-,281*	,196	,179
	Sig. (bilatéral)	,000	,142	,011	,000	,037	,151	,191
Confort thermique en hiver	Coefficient de corrélation	-,224	,165	,343*	,367**	-,156	,609**	-,139
	Sig. (bilatéral)	,100	,230	,010	,006	,254	,000	,311
Température de l'eau	Coefficient de corrélation	,088	,126	-,003	,119	,071	,057	,482**
	Sig. (bilatéral)	,522	,359	,984	,387	,605	,681	,000
Niveau d'humidité	Coefficient de corrélation	,218	-,268*	-,363**	-,260	,298*	-,131	-,086
	Sig. (bilatéral)	,110	,048	,006	,055	,027	,342	,533
Sécurité	Coefficient de corrélation	-,343*	-,277*	,468**	,438**	-,186	-,089	,245
	Sig. (bilatéral)	,010	,041	,000	,001	,174	,517	,072

		Qualité des services et bien-être	Niveau sonore	Niveau d'éclairage naturel	Niveau d'éclairage artificiel	Qualité de l'air
Application des technologies numériques	Coefficient de corrélation	,149	,206	-,147	-,325*	-,332*
	Sig. (bilatéral)	,276	,132	,283	,016	,013
Utilisation des technologies numériques	Coefficient de corrélation	-,005	,122	,143	,160	-,187
	Sig. (bilatéral)	,970	,373	,298	,243	,171

Importance des technologies numériques	Coefficient de corrélation	,379**	-,169	,443**	,386**	,562**
	Sig. (bilatéral)	,004	,217	,001	,004	,000
Environnement extérieur	Coefficient de corrélation	,169	,392**	,460**	,597**	,605**
	Sig. (bilatéral)	,216	,003	,000	,000	,000
Aspects formels et volumétriques	Coefficient de corrélation	,288	,430**	-,023	-,012	,293
	Sig. (bilatéral)	,033	,001	,867	,930	,030
Espaces et fonctions	Coefficient de corrélation	,219	,165	,051	,368**	-,041
	Sig. (bilatéral)	,108	,229	,712	,006	,765
Signalisation et orientation	Coefficient de corrélation	,763**	,739**	-,263	,302	,053
	Sig. (bilatéral)	,000	,000	,053	,025	,700
Qualité des services et bien-être	Coefficient de corrélation	1,000	,843**	-,196	,336	,018
	Sig. (bilatéral)	.	,000	,151	,012	,894
Niveau sonore	Coefficient de corrélation	,843**	1,000	-,049	,480**	,067
	Sig. (bilatéral)	,000	.	,722	,000	,625
Niveau d'éclairage naturel	Coefficient de corrélation	-,196	-,049	1,000	,448**	,729**
	Sig. (bilatéral)	,151	,722	.	,001	,000
Niveau d'éclairage artificiel	Coefficient de corrélation	,336	,480**	,448**	1,000	,444**
	Sig. (bilatéral)	,012	,000	,001	.	,001
Qualité de l'air	Coefficient de corrélation	,018	,067	,729**	,444**	1,000
	Sig. (bilatéral)	,894	,625	,000	,001	.
Confort thermique en été	Coefficient de corrélation	-,001	,017	,398**	,461**	,543**
	Sig. (bilatéral)	,992	,901	,003	,000	,000
Confort thermique en hiver	Coefficient de corrélation	-,122	-,030	,114	,234	,138
	Sig. (bilatéral)	,373	,826	,408	,086	,315

Température de l'eau	Coefficient de corrélation	,597**	,536**	-,003	,297	,350**
	Sig. (bilatéral)	,000	,000	,983	,028	,009
Niveau d'humidité	Coefficient de corrélation	-,288*	-,317	-,261	-,455**	-,400**
	Sig. (bilatéral)	,033	,018	,054	,000	,002
Sécurité	Coefficient de corrélation	,183	,234	,319*	,497**	,718**
	Sig. (bilatéral)	,181	,086	,018	,000	,000

		Confort thermique en été	Confort thermique en hiver	Température de l'eau	Niveau d'humidité	Sécurité
Application des technologies numériques	Coefficient de corrélation	-,537**	-,224	,088	,218	-,343*
	Sig. (bilatéral)	,000	,100	,522	,110	,010
Utilisation des technologies numériques	Coefficient de corrélation	-,200	,165	,126	-,268*	-,277*
	Sig. (bilatéral)	,142	,230	,359	,048	,041
Importance des technologies numériques	Coefficient de corrélation	,340*	,343*	-,003	-,363**	,468**
	Sig. (bilatéral)	,011	,010	,984	,006	,000
Environnement extérieur	Coefficient de corrélation	,768**	,367**	,119	-,260	,438**
	Sig. (bilatéral)	,000	,006	,387	,055	,001
Aspects formels et volumétriques	Coefficient de corrélation	-,281*	-,156	,071	,298*	-,186
	Sig. (bilatéral)	,037	,254	,605	,027	,174
Espaces et fonctions	Coefficient de corrélation	,196	,609**	,057	-,131	-,089
	Sig. (bilatéral)	,151	,000	,681	,342	,517
Signalisation et orientation	Coefficient de corrélation	,179	-,139	,482**	-,086	,245
	Sig. (bilatéral)	,191	,311	,000	,533	,072

Qualité des services et bien-être	Coefficient de corrélation	-,001	-,122	,597**	-,288*	,183
	Sig. (bilatéral)	,992	,373	,000	,033	,181
Niveau sonore	Coefficient de corrélation	,017	-,030	,536**	-,317	,234
	Sig. (bilatéral)	,901	,826	,000	,018	,086
Niveau d'éclairage naturel	Coefficient de corrélation	,398**	,114	-,003	-,261	,319*
	Sig. (bilatéral)	,003	,408	,983	,054	,018
Niveau d'éclairage artificiel	Coefficient de corrélation	,461**	,234	,297	-,455**	,497**
	Sig. (bilatéral)	,000	,086	,028	,000	,000
Qualité de l'air	Coefficient de corrélation	,543**	,138	,350**	-,400**	,718**
	Sig. (bilatéral)	,000	,315	,009	,002	,000
Confort thermique en été	Coefficient de corrélation	1,000	,574**	-,044	-,171	,203
	Sig. (bilatéral)	.	,000	,752	,212	,138
Confort thermique en hiver	Coefficient de corrélation	,574**	1,000	-,168	,067	-,071
	Sig. (bilatéral)	,000	.	,220	,625	,605
Température de l'eau	Coefficient de corrélation	-,044	-,168	1,000	-,574**	,601**
	Sig. (bilatéral)	,752	,220	.	,000	,000
Niveau d'humidité	Coefficient de corrélation	-,171	,067	-,574**	1,000	-,524**
	Sig. (bilatéral)	,212	,625	,000	.	,000
Sécurité	Coefficient de corrélation	,203	-,071	,601**	-,524**	1,000
	Sig. (bilatéral)	,138	,605	,000	,000	.

\*\* La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

\* La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

## **Annexe K : Réponses à la question ouverte ‘Pensez-vous qu’un outil d’aide à la décision à mettre en place soit bénéfique et utile ?’**

- Oui, j'ai l'impression que c'est essentiel car la plupart des organisations ne sait pas par où commencer.
- Etant donné que chaque bureau d'étude fonctionne différemment, il semble difficile de mettre cela en place.
- Si un tel outil existait, il pourrait sembler imposer aux bureaux d'étude le chemin à suivre pour y arriver.
- Oui, pouvoir proposer ça serait un atout majeur.
- Oui, très utile.
- Oui, excellente idée.
- Oui, pour approfondir les connaissances et les pratiques actuelles.
- Oui, parce que le mode changeant et transformable mérite d'être soutenu par un tel outil qui va surement affecter les usages d'une organisation par exemple.
- Sans aucun doute, il est nécessaire et très utile afin de créer une Algérie nouvelle.
- Il faut préciser que cet outil s'adresse aux organisations qui souhaitent modifier leurs procédures de travail ; il ne doit pas être trop rigoureux car chaque organisation fonctionne de manière unique.
- Oui, si cela doit également être avantageux pour l'industrie de la construction.
- Oui, mais seulement s'il existe une volonté politique de soutenir cette idée car il s'agit d'un plan stratégique pour un changement organisationnel.
- Je trouve que cet outil pourrait être utile dans le contexte algérien puisque on voit clairement que les nouvelles technologies sont de plus en plus ingérées dans les différents domaines comme par exemple l'enseignement (site progrès, outils de corrections auto, vidéo-conférence...). Le secteur du bâtiment devrait aussi bénéficier de cela.
- Oui, mais également aux maîtres d'ouvrages.
- Oui, il serait temps de changer ce mode régulier.
- Lorsqu'on considère l'envergure de certains projets architecturaux et les situations économiques de notre pays. Nous nous demandons d'abord: Est-ce la bonne chose à faire? Est-ce la bonne ligne de conduite?
- La démarche proposée s'inscrit dans une logique d'optimisation de l'habitat algérien. Cependant, à mon avis, son adoption dépend de la volonté politique. A l'heure actuelle, les politiques publiques en Algérie, ont pour but seul et unique de suffire les besoins de la société algérienne en logements et en équipements publics. La qualité n'est plus un objectif en lui-même. La maîtrise d'ouvrage a la liberté totale de ne pas construire en qualité vu l'absence des textes législatifs obligeant celle-ci. Les architectes, à leur tour, négligent ces aspects qualitatifs tant qu'ils ne seront pas valorisés dans leur projet par le client donc forcément ils n'auront plus le besoin de se recourir à l'outil proposé. Dans les années à venir, il sera crucial de changer l'orientation des politiques publiques et de soutenir les efforts d'optimisation de l'architecture algérienne afin de répondre aux exigences d'une société exigeante et en constante évolution.
- Certes, on est un petit peu loin des avancées technologiques dans le domaine architectural, mais elles sont en route et finiront par se généraliser, notamment pour les grands projets.

-En raison de l'intransigeance des idées et de leur fermeté, nous sommes stables. Donc c'est une excellente idée qui va ouvrir le pays à d'autres horizons de développement autour de ces prouesses architecturales et technologiques.

-Pour moi, il est crucial que mon domicile et mon lieu de travail offrent des environnements sûrs et confortables qui permettront le développement de mes pensées au fil du temps. Par conséquent, cet outil m'intéresse beaucoup.

## Perspectives of Built Environment under the Impact of Digital Technology

M.Laraba \*1, M.Derradji<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Phd candidate, Urban Planning and Environment Laboratory, Faculty of architecture and urbanism, University of Constantine 3–Algeria

<sup>2</sup>Professor, Faculty of architecture and urbanism, University of Constantine 3–Algeria

\*Corresponding author: meryem.laraba@univ-constantine3.dz; Tel.: +213560548909

### ARTICLE INFO

#### Article History :

Received : 21/03/2021

Accepted : 30/10/2022

#### Key Words:

Digital technology;  
Intelligent environment;  
New uses; Concepts;  
Perspectives.

### ABSTRACT/RESUME

*Abstract:*The purpose of this paper is to highlight the perspectives and conceptual scopes of built environments as a result of digital technology. The design approach has been developed based on data analysis. This approach is conducted in three phases: It consists first of all of processing data from various uses and functions of the built environment in the digital age. However, the second step is used to fix concepts and indices revealing environment, while the third analytical step highlights the relationship between digital tools, concepts and indices arising from the use of intelligent built environment. These concepts will be optimal in a building that meets the revealing characteristics of intelligent architecture. The results reveal four groups of indices resulting from the particularities of each concept indicating built environment in the digital age those that affect and evolve the exterior appearance, those that transform, dissolve and reconfigure the initial function to another, those that modify the sensitive and lastly, those that improve and optimize the technical management of space. This study focuses on the perspectives of optimizing the quality, performance and intelligence of built environment; that designers can refer to when designing intelligent and appropriate spaces to users' needs.

### I. Introduction

The arrival and profusion of digital tools and devices in recent years has revolutionized the field of architecture and has influenced the materiality of buildings and their spaces. These technologies compel designers to reinterpret architectural spaces, influence their appropriations, exert spatial effects and tend to mobilize users, to make them act or react... Then, a new space is born; from a traditional architectural space with its physical limits to a hybrid space in its simplicity, complexity, flexibility, responsiveness and originality generating a sensitive experience for the human body that is involved and immersed in it.

At this level, we are faced with a new dimension which triggers a redefinition of the uses and practices

of built environment and which supports new concepts that reveal it "fluidity, interactivity, transformation, automation, sustainability, openness...". These uses and concepts coexist and cooperate with new technologies and new digital means (Figure 1) so that the built environment is efficient, intelligent and of good quality.



Figure 1. Impact of digital technology on the design, use and practice of space



## II. Impact of digital technology on the use and practice of built environment

Built environments receive our human bodies by offering them a space to inhabit, to meet, to cross, to rest, to maintain, to work, to observe, to visit and to participate in events... Today, these spaces widespread use of digital technologies and reveal a transition and transmutation of uses and practices found in different fields of activity, whether in the scientific, educational, commercial, administrative, medical, cultural, industrial sectors, etc....

The paradox underlines the constructive or disruptive aspect of the transformations in uses imposed by digital technologies (Figure 2). The latter, already exploited by many companies, offer possibilities for automation, optimization, flexibility, simplification and strengthening of performance, quality and intelligence by giving consistency to the entire building and any convenience required by users.

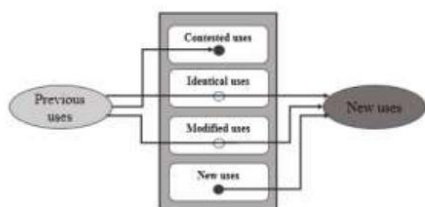


Figure 2. Transformation of uses due to the integration of new technologies

A brief overview of the changes that built environment has undergone in different uses is developed below.

Digital technologies are revolutionizing the organization of the structure, the mediation and the professions that take place in cultural buildings such as museums, exhibition halls and cinemas... They offer a new identity to expand cultural practices and a formidable opportunity to intensify the scope of the functions of exhibition, projection, communication and animation. These technologies erase the notions of boards, guides, panels, physical supports... by offering interactive, immersive, lively, attractive, modern, non-noisy, dynamic and adaptable spaces. Furthermore, the use of digital technologies and innovations in libraries that has increased dramatically in recent years. These technologies break all the stereotypes of space that we know, strengthen the exchange of ideas, promote collaborative work, allow access to information, use it in a revolutionary way and give more fluidity in the transmission and dissemination of knowledge... Consequently, the model of these

buildings has become open-planed, adapted, personalized, connected, flexible and fun... Likewise, digital technologies are revolutionizing the design of hospital medical establishments and strongly contributing to the progress and changes in medicine, many of whose terms have appeared e-health, medical robotics, smart hospital, artificial intelligence, ultra-connected rooms, computerized files, home monitoring...'. These modify the doctor's way of practice, the doctor-patient relationship, the reactions of patients and those accompanying them, the quality of services, their organization and their mode of operation. The goal is to promote assistance, medical care, wellness, create a fresh contemporary interior space, pleasant, well-lit, ventilated, scalable, ergonomic and automated.

By judiciously exploiting the innovative products and services of digital technologies, residential uses in connected residences and accommodation in luxury hotels, become more attractive and innovative. Through automatic systems, the user can control manage his home remotely, control all the installations and equipment (lighting, heating, ventilation, security, monitoring energy consumption...). All these improvements work together to ensure that the home and the accommodation are ecological, user-friendly and adaptable to the needs of a hyper-connected user. In the same manner, innovation and creativity in laboratories and research locals and the management of today's workspaces, have become fun, flexible, designed for everyone and appropriate to the needs of users. These spaces can be open for working together by sharing information and knowledge, closed for meetings, isolated for further reflection... In fact, they promote collaboration, co-working, desk sharing, flex office ..., improve the quality of service and increase the productivity and the pleasure of exploring and working by improving user and customer satisfaction . All mentioned improvements transform these buildings into a living space, respectful of the environment, open space, intelligent, modular and versatile, ultra-connected and flexible...

In the same manner, the industry has undergone a new evolution with the expansion of digital technologies. We are talking about industry 4.0, the industry of the future, cyber factory, the digital factory... Manufacturing and production have changed and become more targeted and personalized, agile and intelligent, connected, automated and robotic. These smart buildings aim to reshape new uses in a precise time and with greater assiduity (simplification of product manufacturing, flexibility of production circuits, management and maintenance of carried out operations...). All these consolidations improve costs, quality, performance

and delays. Apart from that, the digital transition offers new opportunities to relaxation and leisure buildings as well as to the various catering and sales service areas. This transition offers new possibilities for interaction and immersion: evolves practices, transforms the management of space and lived experiences, modernizes and expands interior design in different ways... In short, it promotes these spaces to socialize in a comfortable, safe, productive and functional environment while meeting the specific needs of these guests.

### **III. Architectural design, building and digital technology: The state of art**

Several research works have tried to identify notions and concepts in architecture that could lead to the creation of a more efficient, intelligent, economical space and appropriate to the needs of the users. In order to identify notions and concepts revealing intelligent built environment, a selective research based on the analysis of the different uses and a literature review-addressing question of use, perception and practice of the intelligent built environment has been conducted.

In a study report, Titouan Chapouly examined ambiguous and interactive spaces as new practices of urban and residential spaces that arise from contemporary fluidity [1]. Likewise, Carlos Zerpa Guzman argues that the fusion of new technologies with architectural practice has led to a transformation of uses and lifestyles. He discussed perspectives that characterize architectural fluidity such as curvilinear, liquid and evanescent [2].

Cédric Radosavljevic, and Emélie Boron have been interested in their research on the reasons for the popularity of the intelligent open space and aim to know the perception of its users and their behaviors [3] [4].

Likewise, in his research on flexible, mobile, transformable and interactive architecture, Robert Kronenburg addresses the dynamic and vital scope of the architectural practice of intelligent space [5] [6]. While Maziar explores the potential of transformable and transportable architecture and identifies design management criteria that could lead to the creation of a space that is more efficient, intelligent, economical and appropriate to the needs of users [7]. However, Lee Joshua David provides an analysis of four terms belonging to intelligent spaces which are expressed as 'adaptable, kinetic, responsive and transformable' and justifies their necessity for contemporary architecture [8].

In order to give a broad overview of the motivations and goals of adaptive architecture, Holger Schnädelbach has implemented a conceptual framework appropriate to this architecture [9]. He was able to develop with others the relationship between physiological monitoring, the behavior of the inhabitants and the dynamic adaptation of the building through a prototypical adaptive space [10]. He then explored with Jäger and others the role of immersion in the generation of specific interactive effects in the developed prototype [11] [12].

Bullivant in 4d space: Interactive Architecture studies the reality that perceptual boundaries between virtual and physical worlds have been broken and wonders how architecture and its tasks can creatively adopt a fourth dimension [13]. However, Alma-Dia Hapenciuc and others have analyzed the principles that give birth to contemporary architecture, based on ideas of change, flexibility, responsiveness and interaction with the user [14].

In short, intelligent architecture is not limited to these peculiarities only, but includes others, related to sustainable and automated architecture. Bragança, Markeljet and others, have focused on new solutions in the building in favor of the environment: reduction of gas emissions, recovery of clean materials, energy management, water and waste management... [15] [16]. As for Derderian, he presents in his study the design, construction and installation of a building automation system in a villa in order to supervise and control all the electromechanical equipment installed there [17]. In the same area of interest, Pat So and Chan presented a variety of current technologies applied to HVAC systems, security and surveillance services, fire departments... [18]. Likewise, Beddiar and Lemale discussed in a chapter of their book, active building management, connected objects, ambient intelligence...and their role in sustainability and energy optimization [19].

### **IV. Notions and concepts revealing intelligent built environment**

The summary analysis of the various works allows us to fill research gaps and identify several architectural specificities as digital technology has integrated into built environment. These specificities of a spatial and functional nature (continuity, dynamic, complexity, evolution, change, indeterminacy, versatility, mixed use, reconfiguration, deformation, displacement, transparency, freedom, decompartmentalization, reactivity, immersion, virtuality, hybridization, computerization, communication, respect for the



environment, ergonomic, etc.) helped us to determine the most relevant concepts to the intelligent built environment, which can be synthesized in Figure 3.

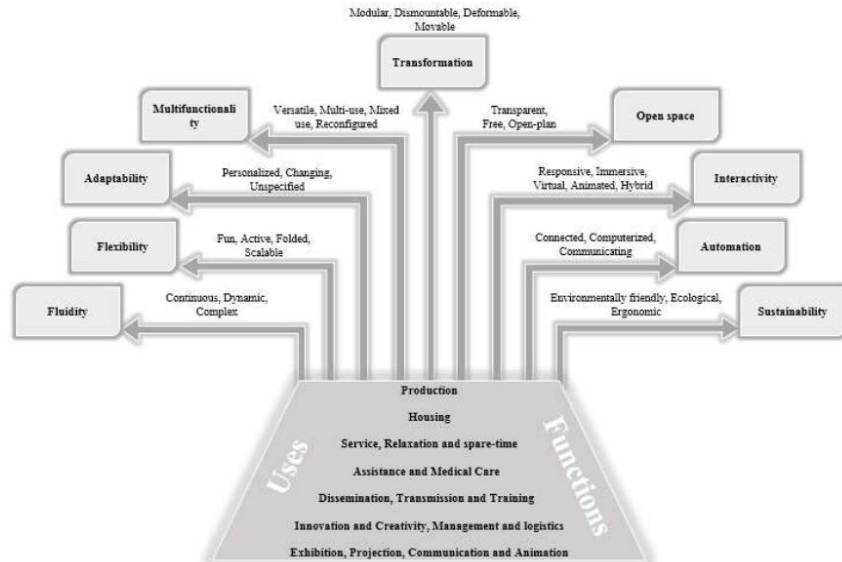


Figure 3. Relevant concepts in architecture in the digital age

Digital technology is deeply involved in creating a new fluid, cognitive environment, adapted to the environment and to space's use through the logic of the non-standard [20]. The concept of fluidity represents an accumulation of characteristics that associated to the form compared to the movement, the complexity and the dynamics of the volume. In addition, fluidity is associated to the interior space in relation to the continuity, homogeneity, transitive interweaving of spaces and uses and the dissolution of their limits. It is also associated to different materials constituting the construction elements and to harmony, elegance and architectural aesthetics...

Passing to the flexibility that is a concept linked to architecture that adapts, transforms, bends, evolves and interacts with a predefined use. Therefore, it suggests a mechanism for movement, change and displacement through elements constituting the architectural space such as the envelope, the circuit, the spatial arrangement and the furniture... [5].

Among the most relevant concepts to the intelligent built environment, the concept of adaptability that envisions changes requested by users faster and more easily unlike flexibility that responds to long-term needs and demands [9]. For example, we can make decorative changes to affect the atmosphere of

the space or even offer sliding and folding partitions to allow users to adapt the space to their needs...

On the one side, we find the concept of multifunctional space that has been used in connection with mixed-use buildings or what is called multi-use and multi-purpose [21]. It must meet multiple conditions such as the reduction of built surfaces, the change of users, the reconfiguration of functions and activities and also the use of technology in an optimal way. On the other side, there is the open space that is now a more cost-effective, user-friendly, efficient and collaborative option. Its main quality is: to abolish limits by providing more flexibility and transparency, to bring places closer together by producing a collaborative, communicative, interactive, amorphous and neutral space, to lower some tensions by creating a feeling of freedom and immensity [3] [4].

Also addressing to the transformable space that undergoes under the effect of digital devices, changes at several levels: shape, surfaces, color, interior design, envelope, structural elements...[5]. For example, you can change the appearance of the envelope, modify the shape by opening and closing its constituent elements, repainting a wall or even changing the furniture in its place... Likewise, we have the active and reactive space that is the one that interacts with their users through electronic sensors

and smart devices. This space has the capacity to respond intelligently to the demands of their users, to adapt and dialogue with its environment, to interact according to the changing needs of society and also to promote and produce comfort and atmospheres [22] [23] [24].

Today, digital technologies are established in the name of sustainability. They are supposed to improve the objectives relating to environmental, energy and health aspects, in particular: the considerable quantities of energy (smart meters, intelligent management of consumption...) and new services (reflections on keeping the elderly at home for better quality of life...)[25]. In the same order of ideas, we come up with the automated space that has more and more sophisticated and automated systems; installed in the technical management of the building as well as in the communication systems. ; These systems are able to increase energy efficiency, monitor and ensure the safety of the building and its occupants, assess and respond to certain types of conditions [26] [27].

#### **V. Perspectives for optimizing the use and practice of built environment under the impact of digital technology**

The integration of digital tools and technologies into built environment has given rise to new uses that are manifested in different sectors of activity and life. These uses are expressed by concepts and indices justifying the flexible, adaptive, sustainable, transformable, interactive... that space has undergone in the digital age. In order to deepen the body of knowledge and based on a thoroughly analysis of the specifics of each concept, we sorted them into four groups of indices. The indices that affect and evolve the external aspect are classified in the first group, while the indices that transform and dissolve the interior space and over, reconfigure its function to another are classified in the second group. However, those that modify the sensitive are in the third group and finally, the indices that improve and optimize the technical management of space are classified in the fourth group. Through transformation processes: evolution, dissolution, fluctuation and optimization; perspectives of optimization in intelligent and innovative space are to be understood. These perspectives are revealed by the morphological complexity which appears on the building, in addition to the spatial-functional continuity that tends towards a dynamic and fluid visualization of the interior space. Added to that, the sensitive architectural expression discerned by the ambience and aesthetic appearance caused by the environment and lastly the efficient management of

services which aims to manage and monitor the operation of all the building's technical equipment and infrastructure (Figure 5).

These perspectives optimize the quality, performance and intelligence of the built environment. Quality is intended to be an effective and lasting success to the satisfaction of users through the strength of the building, livability and beauty. The performance designated by technologies and practices allow the reduction of energy consumption and greenhouse gas emissions. As for intelligence, this notion requires effective cooperation of intelligent design coupled with human intelligence, intelligent designer and user, in order to produce a comfortable and user-friendly living space.

In order to test the spatiality that allows the evolution of uses and functions within the building as well as the main scopes and perspectives that optimize the quality, performance and intelligence of built environments, a methodology has been established whose steps are the following:

-The first is synthetic. It consists of processing the data collected about the impact of digital technology on the different uses and functions of built environment to derive useful information for the next step.

-The second aims to prepare this information for further analysis. This step is used to fix the key concepts expressing the built environment that can adapt to the context, develop and transform, interact with its environment, like a living organism [28].

-The third step is analytical, it is used to show the relationship between the three parameters: digital tools, use of the building and concepts expressing built environment.

-The fourth step, through the transformation processes four main perspectives were distinguished, aiming both at the optimization of the built environment and the opening of the conceptual, imaginary and creative scope.

It should be noted that the aim of this research is not to create new architectural styles and currents, nor to demonstrate the external formal relevance induced by the various concepts defined previously. The study aims to define the important role of the triad cited above 'digital technology, uses and concepts' for the creation of a pleasant and stimulating living environment, the creation of an economical, efficient and intelligent environment and finally the

construction of efficient and secure communication and management.

**VI. Results and discussion**

The main aim of the research is to reveal the architectural scopes and perspectives of the relationship between technological tools, uses, and concepts expressing intelligent built environment. Passing through a chain of indices and processes classified into four groups, the perspectives and conceptual scopes, under the effect of digital technology, can be defined. The optimization of the built environment and the opening of a conceptual scope are distinguished by morphological complexity, spatial-functional continuity, sensitive architecture and service management. Indeed, the perspectives related to the qualitative aspects of the architectural space are to be defined by numerous improvements, which influence the visual and make the architectural space more productive, attractive and captivating, namely: comfort and ambience, safety and security, energy management, communication, maintenance...

-Architectural concepts generate a process of evolution and growth, which can be defined as the art of designing a structure or a building capable of withstanding subsequent modifications. It is associated with other precepts such as flexibility, adaptability, flexibility, convertibility, versatility ... [29]. This process manifests itself at the level of: volume, shape, envelope, structure and materials ... In this case, the expected perspective embodies emergence and development and is expressed through morphological complexity. Among the most recurring names of this aspect, the architect Kas Oosterhuis, Frank Gehry, Zaha Hadid, Jean Nouvel... They emphasize in their creations on dynamic volumes and free and wavy forms... For example, the Zaha Hadid's cultural center in Baku, capital of Azerbaijan, which is characterized by its

shell shape and geometric dynamism of the envelope [20].

-Spatio-functional continuity is the result of a regenerated architecture, subjected to a process of dissolving limits in which the spaces are articulated and interlocked continuously to obtain a relaxed and free space. This process manifests itself in the group of indices reconfiguring the space, the surface, the circuit, the furniture and the design... This new architecture has opened up the walls and there by removes the separation of the interior and the exterior [30]. Zaha Hadid's Galaxy SOHO project in Beijing sets an example with a very clean, fluid and innovative interior design [20].

-The sensitive architecture, deliberate of feeling, immersion, reactivity and interactivity, is in a permanent fluctuation with a changing and variable character [20]. It is the result of the ambience caused by the indices associated with aesthetics, design, quality, harmony and architectural elegance... The project of NOX, Fresh H2O, Freshwater Pavilion in Netherlands, is a dynamic system within which interactions between users, environment and building constantly take place via IT. Visitors are immersed in an integral aquatic experience and must adapt to a constantly changing environment [31]

-The concepts expressing space also generate a process of optimization of intelligent systems, devices and sensors, serving more efficient maintenance and communication and better monitoring in order to improve the living conditions of users. The expected perspective is expressed through the management of services. The following example helps to better understand the digital devices that are used to automatically optimize control systems without human intervention (Figure 4).

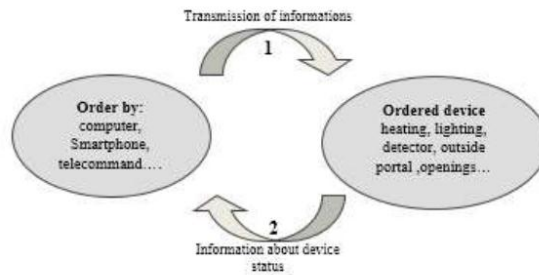


Figure 4. Service management in an innovative building



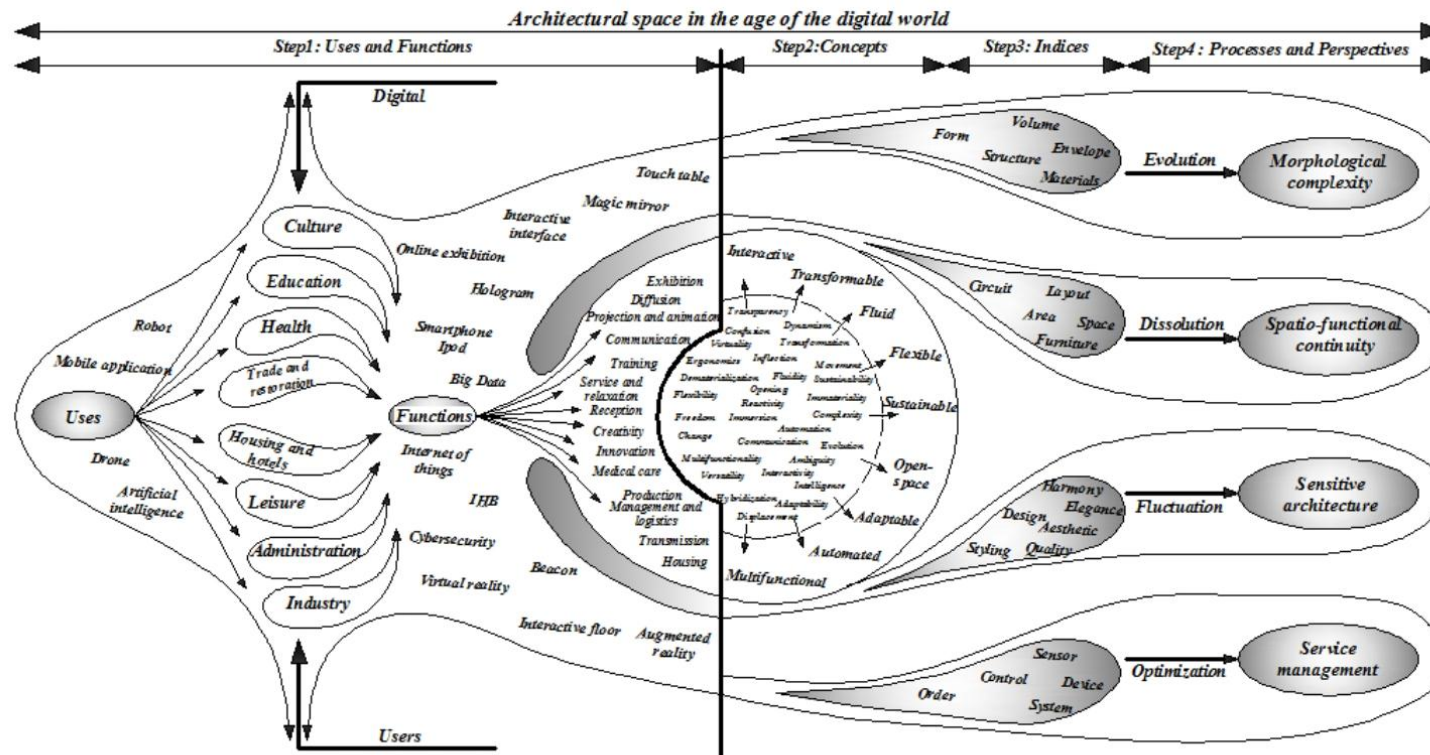


Figure 5. Synoptic diagram summarizing the process of change of the use and practice of built environment in the digital age

The results lead us to retain the following points:

- The introduction of new technologies in the building sector generates concepts revealing built environment, resulting from various uses and functions analyzed. The particularities of each concept make it possible to sort four groups of indices and transformation processes (Evolution, Dissolution, Fluctuation and Optimization) and lead to highlighting four perspectives (Morphological complexity, Spatio-functional continuity, Sensitive architecture and Service management) which are relative; to the optimization of the quality, the performance and the intelligence of the built environment and to the opening of the conceptual, imaginary and innovative scope (Figure 5).

- Built environments in the digital age meet the demands of occupants. In addition, it is essential to:

- Construct adequate built environments that respond to both the different forms of adaptability, flexibility, fluidity and suppleness ... and to the needs of users over time.

- Create a sensational, innovative and ambient environment, of good light, visual and sound qualities ...and productive at an optimal level.

- Promote sustainability and improve energy efficiency and moderation of the use of smart materials.

- Enrich the possibilities of communication and access to information; ensure the security, surveillance and control of the entire building.

- Think of economic strategies for the management of cost, time and resources.

## VII. Conclusion

The contemporary world is now experiencing a radical change in the use and initial practice of space. It has multiplied according to technological devices, giving users more freedom to experience new spatial dimensions with more comfort and ambience, safety and security, management and communication... The acceptance of this new space by users is not predictable unless they live in it and interact with it because the human body modifies the atmosphere of the lived environment and in return provokes sensations and impressions in it. Indeed, these spaces fulfill different uses and practices and provide new possibilities of interactivity, immersion, fluidity, sustainability, transformation.

The study aims to highlight the perspectives and conceptual scopes of built environment as a result of

digital technology. It consists first of all of processing data from various uses and functions of the built environment in the digital age. However, the second step is used to fix concepts and indices revealing environment, while the third analytical step highlights the relationship between digital tools, concepts and indices arising from the use of intelligent built environment. These concepts will be optimal in a building that meets the revealing characteristics of intelligent architecture.

The results reveal four groups of indices resulting from the particularities of each concept indicating built environment in the digital age those that affect and evolve the exterior appearance, those that transform, dissolve and reconfigure the initial function to another, those that modify the sensitive and lastly, those that improve and optimize the technical management of space.

The results also discern the significant effect of the transformation processes as well as the defined perspectives on the optimization and strengthening of the quality, performance and intelligence of the built environment; which designers can refer for intelligent design tailored to user needs.

## VIII. References

1. Chapouly, T. Fluidité en architecture contemporaine, espaces ambigus et interactifs. *Rapport d'étude, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Lyon* (2012).
2. Zepa-Guzman, C. L'architecture fluide. *Mémoire de Master, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Lyon* (2013).
3. Radosavljevic, C. Open space, structures organisationnelles et comportement des opérateurs. *Mémoire de Master, Université Catholique De Louvain* (2012).
4. Boron, E. Les conditions de travail dans un open space : le cas de la SNCF. *Mémoire de Master Management – Parcours Ressources Humaines, Université de Reims Champagne Ardenne* (2013).
5. Kronenburg, R. Flexible: Architecture That Respond to Change. *London: Laurence King Publishing Ltd, ISBN-10: 1 85669 461 5* (2007).
6. Kronenburg, R. Portable Architecture, Design and Technology. *ISBN: 978-3-7643-5324-4* (2008).
7. Asefi, M. Transformable and Kinetic Architectural Structures: Design, Evaluation and Application to Intelligent Architecture. *VDM Verlag Dr. Müller, ISBN-10: 9783639250626* (2010).
8. Joshua-David, L. Adaptable, Kinetic, Responsive, and Transformable Architecture: An Alternative Approach to Sustainable Design. *Master of Science in Sustainable Design. University of Texas at Austin* (2012).
9. Schnädelbach, H. Adaptive Architecture – A Conceptual Framework. *Media City: Interaction of Architecture, Media and Social Phenomena* (2010) 69523-556.
10. Schnädelbach, H.; Irune, A.; Kirk, D.; Glover, K.; Brundell, P. ExoBuilding: Physiologically Driven Adaptive Architecture. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction* 19(4) (2012) 1-22.
11. Schnädelbach, H.; Slovak, P.; Fitzpatrick, G.; Jäger, N. The immersive effect of adaptive architecture.

- Pervasive and Mobile Computing* 25(1) (2014) 143-152.
12. Schnädelbach, H.; Jäger, N. Embodied Adaptive Architecture An overview of research conducted at the Mixed Reality Lab. *Academy of Neuroscience for Architecture* (2016).
  13. Bullivant, L. 4dspace: Interactive Architecture. *Architectural Design, Wiley-Academy* (2005).
  14. Hapenciu, A.; Banescu, O.; Miha, A. Responsive interior architecture - interactive surfaces. *Conference Paper, International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts / SGEM Vienna*. Volume: II, Book 4 Arts, Performing Arts, Architecture and Design (2016).
  15. Bragança, L.; Mateus, R.; Koukkari, H. Building Sustainability Assessment. *Sustainability* 2(7) (2010) 2010-2023.
  16. Markelj, J.; Kuzman, M.; Zbašnik-Senegačnik, M. A review of building sustainability assessment methods. *AR* 2013/1 (2013) 22-31.
  17. Derderian, H. Étude, conception et réalisation d'un système de gestion technique du bâtiment GTB. *Diplôme d'ingénieur CNAM, Institut Supérieur des Sciences Appliquées et Economiques, Centre du Liban associé au Conservatoire National des Arts et Métiers Paris* (2017).
  18. Pat-So, A.; Chan, W. The future of intelligent building systems. *Part of The International Series on Asian Studies in Computer and Information Science book series (ASIS, volume 5)* (1999).
  19. Beddiar, K.; Lemale, J. Bâtiment intelligent et efficacité énergétique : optimisation, nouvelles technologies et BIM. *DUNOD, Paris* (2016)
  20. Voda, I. La fluidité architecturale : histoire et actualité du concept. *Thèse de doctorat, Université Grenoble Alpes & Université Technique de Cluj-Napoca* (2015).
  21. Ghafouri, A. La forme urbaine durable : Multifonctionnalité et Adaptation, Redéfinir les espaces urbains en tant que zones partagées multifonctionnelles. *Thèse de doctorat, Université Strasbourg* (2016).
  22. Oosterhuis, K. Towards a Methodology for Complex Adaptive Interactive Architecture. *ISBN 978-94-6186-109-2* (2013).
  23. Calderon, C. Interactive architecture design. *Harvard Graduate School of Design Cambridge, Massachusetts, ISBN 978-1-934510-09-4* (2009).
  24. Ekaterina, G.; Oleg, D.; Xiang, S.; Jukka, R. Towards interactive smart spaces. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments* 5 (2013) 5-22.
  25. Husam, A.; David, K. Building sustainability assessment methods. *Engineering Sustainability* 165 (ES4) (2012) 241-253.
  26. Khasro, A.; Franco, D.; Sumami I. Smart Buildings, A New Environment (Theoretical Approach). *International Journal of Engineering Technology, Management and Applied Sciences Volume 4, Issue 4, ISSN 2349-4476* (2016).
  27. Stefan, P.; Andrés M. Living and working in smart buildings: Past, present and future. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments* 9(1) (2017) 5-6.
  28. Brayer, M.; Migayrou F. Naturaliser l'architecture. *Exposition ARCHLAB, Orléans, France* (2013).
  29. XB, Architectes. Architecture évolutive / flexible. *Version 1* (2015).
  30. Conrads, Ulrich. Programmes et manifestes de l'architecture du XXe siècle, Vers une architecture plastique de Theo van Doesburg. *Paris : Les Éditions de la Villette* (1991).
  31. Labedade, N. Fresh H2O, Pavillon de l'Eau douce. *Zeeland, In: frac-centre.fi* (1994).

**Please cite this Article as:**

Laraba M., Derradji M., Perspectives of Built Environment under the Impact of Digital Technology, *Algerian J. Env. Sc. Technology*, 9:4 (2023) 3344-3352







NOM ET PRENOM : LARABA Meryem

Titre : Impact des technologies numériques sur l'usage de l'espace architectural -Cas du Cyberparc de Sidi Abdellah et du centre International de Conférence d'Alger-  
Thèse en vue de l'obtention du diplôme de doctorat 3<sup>ème</sup> cycle  
LMD en Architecture

### Résumé

Dans ce travail de recherche, nous nous intéressons à la question de l'impact des technologies numériques sur l'architecture en général et plus particulièrement sur la réorganisation des espaces architecturaux ainsi leurs nouveaux usages et appropriations. Nous nous interrogeons sur la potentialité d'une nouvelle attention sur la conception et la construction d'une structure qui intègre les technologies numériques et communique avec son environnement. A cet effet, l'objectif est de confirmer l'impact que cause le numérique en architecture et de proposer un outil référentiel pour la conception d'infrastructures contemporaines en rapport avec l'évolution des vertus potentiels de la technologie afin de les rendre plus efficaces, intelligents et de bonne qualité.

A cet égard, le Cyberparc de Sidi Abdellah et le CIC d'Alger ont été choisis comme cas d'études. L'outil méthodologique utilisé, est fondé sur la combinaison d'outils, de méthodes et de stratégies de recherche qualitative et quantitative. Il s'agit d'abord de faire connaître de nouveaux usages, concepts et perspectives liés à l'intégration des technologies numériques dans l'espace architectural tout en s'appuyant sur un état de l'art. Le travail permet ensuite de mettre en évidence une approche exploratoire de mesure et de jugement d'un ensemble de thèmes, d'indices et de sous-indices en utilisant des entretiens et un questionnaire AHP basé sur l'échelle de Saaty pour plus de fiabilité et de crédibilité. Enfin, notre approche est rendue possible par la mise en place d'une enquête par questionnaire auprès des usagers quotidiens des deux types de bâtiments en cause. Les données collectées ont été traitées par une analyse statistique en utilisant IBM SPSS version 25.

En effet, les résultats préliminaires montrent que quatre groupes de thèmes ont été classés en termes d'importance. Les résultats obtenus après la confrontation de l'approche sur terrain, démontrent que les bâtiments en question combinent des prouesses architecturales et technologiques inédites et font un usage intelligent des qualités morphologiques, des qualités spatio-fonctionnelles, des qualités sensorielles et des performances des services. Ils confirment ainsi l'existence d'une relation directe entre eux, ce qui laisse présager un comportement positif chez leurs usagers. En étudiant les facteurs qui pourraient conduire à la création d'un espace plus efficace, intelligent, économique et adapté aux besoins des utilisateurs, les résultats contribuent à l'amélioration de l'espace architectural et identifient les principaux objectifs et enjeux de son affermissement.

Plusieurs lignes directrices et orientations ont été identifiées : la perception multimodale du terrain, l'homogénéité d'implantation, la performance et l'efficacité de l'environnement intérieur, la construction et la gestion intelligente de l'espace, l'utilisation de systèmes automatisés et digitales, l'intelligence des aspects techniques et des stratégies de conception innovatrices qui ont un impact sur les performances environnementales. Ces lignes directrices visant à la fois l'optimisation et l'ouverture de l'étendue conceptuelle, imaginaire et créative, ont servi à la création d'un outil référentiel destiné aux acteurs du bâtiment souhaitant modifier ou concevoir des bâtiments adaptées aux futures structures contemporaines.

**Mots clés** : espace intelligent, nouveaux usages, concepts, perspectives, approche exploratoire, outil référentiel.

Directeur de thèse : Pr. DERRADJI Mohamed – Université Constantine 3

Année universitaire : 2023 / 2024

