

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE MOHAMED SEDDIK BENYAHIA JIJEL

Faculté des sciences et de la technologie

Département d'Architecture

N° :...../2023

MEMOIRE DE MASTER

DOMAINE : Architecture Urbanisme et Métiers de la Ville

FILIERE: Architecture

SPECIALITE : Architecture

Thème

**Vers une neuroarchitecture des équipements de transport :
Cas des aéroports**

Présenté Par : Sara HAMZA

Encadré Par : Hanane KIHAL

Date de soutenance : 10/09/2023

Jury de Soutenance

Président : Samira BOUKETTA

MCB

Univ MSB Jijel

Encadreur : Hanane KIHAL

MAA

Univ MSB Jijel

Examineur : Abdelhafid KHELLAF

MAA

Univ MSB Jijel

Promotion : 2022 /2023

Remerciements

Au premier lieu, je tiens à remercier Dieu le tout puissant qui m'a donné le courage et la volonté pour atteindre mon objectif.

Mon reconnaissance s'adresse en particulier à Mme. Hanane Kihal, qui a accepté d'être mon encadrant de mémoire et de m'avoir pris en charge, et pour son aide et ses conseils.

Je tiens également à remercier les honorables membres du jury : Mme. Samira Bouketta et Mr. Abdelhafid Khellaf, pour l'honneur qu'ils m'ont accordés en acceptant d'évaluer mon travail.

Je n'oublie pas de remercier tous les enseignants du département d'architecture de l'université Mohamed Seddik Benyahia de Jijel, pour les efforts qu'ils ont fournis durant mon cursus afin de m'amener jusqu'au bout de la formation.

Je tiens également à remercier tout particulièrement l'ingénieur Paolo Morelli et l'architecte Davide Ruzzon, pour m'avoir consacré de leur temps et avoir accepté de partager avec moi leur expérience.

Enfin, grands mercis à ma famille, mes amis et tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de cette recherche.

Dédicaces

A mes chers parents,

Pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

A ma sœur Khaola et mes frères Yasser et Ali

Pour leurs encouragements

A toute ma grande famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

A tous mes amis. Particulièrement à Manal et Chaima :

Par le biais de ce travail, je souhaite témoigner notre amitié indéfectible et des précieux souvenirs que nous avons partagés, ainsi que des bons moments passés ensemble. Je vous dédie ce travail avec affection et je vous souhaite une vie comblée de santé et de bonheur.

A tous mes enseignants.

A tous ceux que j'aime et que je respecte.

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible,

Merci d'être toujours là pour moi.

Table des matières

REMERCIEMENTS	III
DEDICACES	IV
TABLE DES MATIERES	V
LISTE DES FIGURES	V
LISTE DES TABLEAUX	IX
LISTE DES ABREVIATIONS	X
INTRODUCTION GENERALE	1
PROBLEMATIQUE :	2
HYPOTHESE DE LA RECHERCHE	4
OBJECTIF DE LA RECHERCHE	4
DEMARCHE METHODOLOGIQUE	4
STRUCTURE DU MEMOIRE :	5
CHAPITRE 1 : DEFINITION DES CONCEPTS OPERATOIRES	7
INTRODUCTION	8
1.1 NEUROARCHITECTURE	9
<i>1.1.1 Définitions</i> :	9
1.1.1.1 Neurosciences :	9
1.1.1.2 Architecture :	9
1.1.1.3 Neuroarchitecture :	10
1.1.1.4 Emotions :	11
<i>1.1.2 Historique</i> :	12
1.2 EQUIPEMENT DE TRANSPORT – AEROGARE	14
<i>1.2.1 Définition</i> :	14
1.2.1.1 Equipement :	14
1.2.1.2 Transport/s :	15
1.2.1.3 Equipements de transport :	15
<i>1.2.2 Différents types des équipements de transport</i>	15
1.2.2.1 Equipement de transport terrestre :	16
1.2.2.2 Equipement de transport maritime et fluviale	17

1.2.2.3	Équipement de transport aérien	17
1.2.3	<i>Équipements/infrastructures aéroportuaires</i> :	18
1.2.3.1	Définition :	18
1.2.3.2	Types :	19
1.2.3.3	Composition :	19
1.2.4	<i>Aérogare</i> :	22
CONCLUSION		23
CHAPITRE 2 : NEUROARCHITECTURE ET DIMENSION COGNITIVO-EMOTIONNELLE DE L'ARCHITECTURE		24
INTRODUCTION		25
2.1 IMPACT DE L'ARCHITECTURE SUR LES ETRES HUMAINS		25
2.2 DIMENSION COGNITIVO-EMOTIONNELLE DE L'ARCHITECTURE :		26
2.3 OUTILS ET APPROCHES DE LA RECHERCHE ET DE LA PRATIQUE ARCHITECTURALES		27
2.3.1	<i>Approches fondamentales</i> :	27
2.3.1.1	Approche géométrique :	28
2.3.1.2	Phénoménologie de l'espace et l'approche de l'expérience géographique:..	29
2.3.1.3	La philosophie, la psychologie environnementale et l'approche de conception fondée sur des preuves :	30
2.3.2	<i>Les nouveaux instruments</i>	32
2.4 LES NEUROSCIENCES DANS L'ARCHITECTURE, C'EST-A-DIRE LA NEUROARCHITECTURE		33
2.4.1	<i>Instruments et méthodologies</i>	34
2.4.2	<i>Le processus de conception</i> :	34
2.4.1.1	Neuroesthétique	35
2.4.3	<i>L'expérience architecturale</i> :	36
CONCLUSION		40
CHAPITRE 3 : ETUDE D'EXEMPLE : CAS DE L'AÉROGARE DE MILAN		42
INTRODUCTION :		43
3.1 AÉROPORT DE MILAN LINATE		44

3.1.1	<i>Présentation et situation</i>	46
3.1.2	<i>Plan de masse et composants</i>	46
3.1.3	<i>Terminal passagers (Aérogare)</i>	48
3.2	RESTYLING DE L'AEROPORT DE MILAN LINATE	50
3.2.1	<i>Analyse du l'aérogare (terminal passager) après le restyling</i>	51
3.2.1.1	Analyse de la zone d'enregistrement et du contrôle des bagages	52
3.2.1.2	Analyse du corps F	54
3.2.2	<i>Explication de la raison des différent traitement utiliser</i>	56
3.2.2.1	Zone d'enregistrement et sécurité	56
3.2.2.2	Corps F	59
3.3	EFFICACITE DU RESTYLING	59
	CONCLUSION	62
	CHAPITRE 4 : METHODOLOGIE ET PROTOCOLE	63
	INTRODUCTION	64
4.1	METHODOLOGIE D'APPLICATION DE LA NEUROARCHITECTURE	64
4.1.1	<i>Etapas d'application de la neuroarchitecture</i>	64
4.1.1.1	Du Brief au projet	65
4.1.2	<i>Extension du Brief</i>	67
4.1.2.1	La naissance du brief	69
4.1.2.2	Des neurones à l'architecture	69
4.1.2.3	Composition du brief	69
4.1.2.4	Méthodologie détaillée pour l'élaboration du Brief.....	71
4.2	PROTOCOLE	72
	CONCLUSION	74
	CONCLUSION GENERAL	76
	REFERENCES	78
	ملخص	
	RESUME :	
	ABSTRACT	

Liste des figures

FIGURE 1 : LA BASILICA DI SAN FRANCISCO DI ASSISI IN UMBRIA.	12
FIGURE 2 : SALK INSTITUTE / LOUIS KAHN	13
FIGURE 3 : SCHEMA DE CLASSIFICATION DES TYPES DE TRANSPORT	16
FIGURE 4 : IMAGE EXPLICATIVE DES COMPOSANTS D'UN PORT MARITIME	17
FIGURE 5 : SCHEMA EXPLICATIF DES TYPES D'AEROPORTS SELON LA CLASSIFICATION FONCTIONNELLE	19
FIGURE 6 : SCHEMA EXPLICATIF DES COMPOSANTS DES AEROPORTS	20
FIGURE 7 : IMAGE EXPLICATIVE DES COMPOSANTS D'UN AEROPORT	21
FIGURE 8 : SCHEMA RESUMANT LES TROIS PRINCIPALES APPROCHES DE BASE	27
FIGURE 9 : SCHEMA DES NOUVEAUX INSTRUMENTS APPLIQUE DANS L'ARCHITECTURE	33
FIGURE 10 : SITUATION DE L'AEROPORT MILANO LINATE	46
FIGURE 11 : PHOTO DU PARC ENRICO FORLANINI – MILAN	46
FIGURE 12 : PHOTO DE L'AEROPORT MILAN LINATE.....	46
FIGURE 13 : VUE AERIENNE SUR L'AEROPORT DE MILAN.....	46
FIGURE 14 : IMAGE DU PLAN DE MASSE DE L'AEROPORT MILANO LINATE.....	47
FIGURE 15 : IMAGE DE LA COMPOSITION DE L'AEROGARE DE MILANO LINATE.....	49
FIGURE 16 : IMAGE EXPLICATIVE DU PROJET D'INNOVATION ET DES INVESTISSEMENTS PREVUS POUR MILAN LINATE.....	50
FIGURE 17 : FAIBLESSE DE L'AEROPORT MILANO LINATE	51
FIGURE 18 : PLAN PROPORTIONNELLE DU 1 ^{ere} ETAGE DE L'AEROGARE MILAN LINATE	52
FIGURE 19 : IMAGES DE LA ZONE D'ENREGISTREMENT AVANT LE RESTYLING.....	53
FIGURE 20 : CONCEPT DU RESTYLING.....	53
FIGURE 21 : ZONE CHECK-IN APRES LE RESTYLING	53
FIGURE 22 : IMAGE EN PLAN DE LA ZONE SECURITE.....	54
FIGURE 23 : IMAGE DE PLAN MONTRANT LES LIMITES DU CORPS F	54
FIGURE 24 : IMAGES DE LA ZONE COMMERCIAL (CORPS F) APRES LE RESTYLING	55
FIGURE 25 : VUE EN PLAN MONTRANT LA ZONE D'ENREGISTREMENT DIVISEE EN ZONES EMOTIONNELLES.....	57
FIGURE 26 : VUE EN PLAN MONTRANT LA ZONE DE SECURITE DIVISEE EN ZONES EMOTIONNELLES	57
FIGURE 27 : IMAGE DU CORPS F APRES LE RESTYLING	59
FIGURE 28 : IMAGES DU CORPS F APRES LE RESTYLING	59
FIGURE 29 : IMAGE MONTRANT L'IMPORTANCE DE LA SATISFACTION POUR AMELIORER LES REVENUS NON AERONAUTIQUES.....	61

FIGURE 30 : GRAPHIQUE REPRESENTANT L'INDICE ACI DE SATISFACTION GENERALE POUR L'AEROPORT DE LINATE
PAR RAPPORT OU TEMPS.....61

Liste des tableaux

TABLEAU 1 : EFFETS GENERES PAR DES VARIABLES OU DES ASPECTS DE LA CONCEPTION ARCHITECTURALE
FREQUEMMENT ETUDIES DANS L'APPROCHE PSYCHOLOGIE ENVIRONNEMENTALE ET EBD.....31

TABLEAU 2 : FONDEMENTS NEUROPHYSIOLOGIQUES DE LA DIMENSION COGNITIVO-EMOTIONNELLE DE
L'ARCHITECTURE ET EFFETS NEUROCOMPORTEMENTAUX GENERES PAR LES VARIABLES DE CONCEPTION
ARCHITECTURALE ETUDIEES DANS L'APPLICATION DES NEUROSCIENCES A L'ARCHITECTURE.....37

TABLEAU 3 : FICHE TECHNIQUE DE L'AEROPORT DE MILAN LINATE.....45

TABLEAU 4 : CARACTERISTIQUE INFRASTRUCTUREL48

TABLEAU 5 : PROTOCOLE ET RECOMMANDATION BASE SUR LA NEURARCHITECTURE A APPLIQUE DANS LES
AEROGARE72

Liste des abréviations

ACI: Airports Council International

ASQ : Airport Service Quality

EBD: Evidence-Based Design Approach

EEG: Electroencephalograms

IRMF : Imagerie par résonance magnétique fonctionnelle

SEA : Société des exercices aéronautiques

IATA: International Air Transport Association (Association du transport aérien international)

ICAO: Organisation de l'aviation civile internationale

WMO: World Meteorological Organization

B.R.E.E.A.M: Building Research Establishment Environmental Assessment Method.

ENAV : Ente Nazionale per l'Assistenza al Volo (Agence Nationale d'assistance aux vols)

Introduction générale

Qu'est-ce que la neuroarchitecture ? Cette question surgit naturellement à la vue du titre de ce mémoire. Cependant, avant d'aborder ce sujet, explorons ce qui revêt une importance fondamentale pour l'humanité : l'eau, la nourriture et l'air, éléments essentiels à la vie. De même, les composants qui structurent notre existence, tels que le travail, le divertissement, l'habitat et la circulation, ainsi que tout ce qui nous vient à l'esprit, qu'il s'agisse d'actions concrètes, d'objets tangibles ou d'idées abstraites, partagent une relation profonde avec l'homme. Au cœur de cette interconnexion réside un élément primordial : la préservation de la santé, essentielle pour une appréciation complète de chaque instant de la vie. L'architecture a toujours dépassé le simple acte de construire. Dans ce contexte, nous abordons une dimension bien plus profonde que la simple réduction des effets de chaque édification sur la santé individuelle, allant jusqu'à l'amélioration. Conscients que la santé demeure continuellement vulnérable, l'objectif est d'éviter d'aggraver la situation par le biais de constructions inappropriées. Lorsque l'on peut non seulement prévenir les effets négatifs, mais également favoriser la santé physique et psychologique des individus, il devient impératif de considérer sérieusement cette notion. C'est précisément là l'essence de la neuroarchitecture : sa nature et sa contribution.

En fait, la neuroarchitecture analyse scientifiquement la manière dont les environnements modifient nos émotions et nos processus cognitifs, dans le but de construire des espaces qui préservent la santé et améliorent la productivité et le bien-être des personnes. Cette discipline est née au milieu du siècle dernier de l'expérience du virologue Jonas Salk, qui, à travers une expérience personnelle, s'est rendu compte des effets positifs qu'une architecture bien conçue et bien réalisée peut avoir sur la santé, mais aussi sur la créativité et la productivité des personnes. Il a donc construit l'Institut Salk : une structure scientifique bâtie sur une falaise surplombant l'océan Pacifique, dans le but d'encourager la créativité et la productivité des scientifiques. L'Institut Salk a jeté les bases de la neuroarchitecture, qui est devenue une discipline répandue et importante aujourd'hui, en particulier après les récentes années de pandémie.

En se concentrant uniquement sur la zone méditerranéenne, limitant ainsi notre attention à une échelle réduite, la neuroarchitecture est évidente dans une grande partie de l'Europe, à commencer par les hôpitaux, les écoles et, pour prendre un exemple particulièrement proche du sujet de cette recherche l'aéroport de Milan Linate, qui en 2021, montre son restyling inspiré par les lignes directrices de la neuroarchitecture.

De manière générale, la neuroarchitecture en tant que discipline utilisée et appelée par son nom n'est pas visible, mais nous pouvons voir certains de ses principes utilisés, de manière superficielle pourrait-on dire compte tenu de la profondeur de cette discipline, mais ils sont néanmoins présents. Un exemple évident est celui des couleurs, en fait le rôle des couleurs est connu depuis longtemps : le vert réduit le stress et le rythme cardiaque, tandis que le rouge augmente la concentration et l'attention... des théories que la neuroarchitecture confirme. Sur le plan cognitif, les couleurs froides semblent reculer et augmenter la sensation d'espace, tandis que les couleurs chaudes rapprochent et rétrécissent l'espace. Parmi les couleurs froides qui réduisent le stress, inspirent le calme et la tranquillité, on trouve le bleu/bleu, une couleur utilisée à l'échelle nationale dans de nombreux hôpitaux, si ce n'est tous, précisément en raison de ses effets, puis combinée au blanc, une couleur neutre qui tend à renforcer les couleurs environnantes, l'effet calmant du bleu se renforce. L'idée et la volonté de construire de manière plus saine et plus efficace existent donc, mais pour obtenir un tel résultat, il faut utiliser les bonnes méthodes et disciplines, appelées par leur nom - dans ce cas, nous parlons de Neuroarchitecture.

Problématique :

Lorsqu'on parle de neuroarchitecture, c'est-à-dire de neurosciences appliquées à l'architecture, la première chose à prendre en considération est qu'il s'agit de deux disciplines à première vue complètement différentes et plutôt éloignées l'une de l'autre ; en effet, l'architecture s'est traditionnellement appuyée sur l'observation et l'intuition plutôt que sur la méthode expérimentale typique de la recherche neuroscientifique.

Pourtant, les progrès des neurosciences permettent aujourd'hui d'expliquer la manière dont on perçoit le monde qui nous entoure et dont on se déplace dans l'espace ; en outre, il est clair à quel point l'environnement dans lequel nous vivons peut influencer nos capacités cognitives et de résolution de problèmes, et même modifier notre humeur.

L'intérêt de la neuroarchitecture est d'analyser de manière objective et systématique comment les espaces bâtis modifient nos émotions et nos capacités. Son objectif est de construire des espaces qui améliorent la productivité et le bien-être des personnes.

Compte tenu de l'efficacité de cette discipline, qui est appliquée dans différents domaines dans le monde, que se passerait-il si elle était appliquée aux constructions publiques et infrastructurelles telles que les équipements de transport ?

Vers une neuroarchitecture des équipements de transport : Cas des aéroports

Il a été démontré que les espaces ont un effet sur nos performances et notre psychologie, même si nous ne parlons que de lieux simples, petits, privés et personnels comme la maison. Ces effets sont censés devenir plus forts, peut-être plus incisifs, lorsqu'une personne se retrouve dans un nouveau lieu, avec des inconnus de taille plus ou moins considérable, la neuroarchitecture promet de nous aider à concevoir ces espaces de manière à ce que leurs effets soient positifs, par exemple pour minimiser le stress...

En considérant que les espaces ont un impact sur notre psychologie et notre bien-être, il est clair que les environnements de transport ne font pas exception. Les voyageurs, qu'il s'agisse de passagers aériens, de conducteurs sur la route ou de passagers ferroviaires, sont confrontés à divers niveaux de stress, de fatigue et d'inconfort tout au long de leurs déplacements. La neuroarchitecture offre une opportunité de repenser ces espaces de manière à minimiser ces effets négatifs.

Les équipements de transport, d'autre part sont des lieux et des infrastructures permettant le déplacement de personnes et de biens. Ils sont cruciaux pour la mobilité, le commerce et les interactions sociales à l'échelle locale et mondiale. Ces équipements incluent une variété de véhicules (voitures, avions, trains, etc.) et d'infrastructures (routes, aéroports, ports) qui jouent un rôle vital dans le développement économique, la connectivité et l'accès aux ressources. Des infrastructures de transport améliorées non seulement augmentent l'efficacité des déplacements, mais elles contribuent également à réduire l'empreinte environnementale, à stimuler l'activité économique en ouvrant de nouvelles opportunités commerciales et en renforçant la compétitivité mondiale. En plus l'amélioration des équipements de transport a un impact significatif sur la santé et le bien-être de la population, en créant des environnements plus sains et durables.

La neuroarchitecture appliquée lors de la conception des équipements de transport pourrait-elle promouvoir le bien-être de l'utilisateur, ainsi que la qualité de l'espace dédié aux voyageurs ?

De quelle manière pourrait-on introduire la neuroarchitecture comme approche de conception-aux équipements de transport ?

Hypothèse de la recherche

L'introduction de la neuroarchitecture aux équipements de transport comme principe de conception pourrait hautement optimiser le confort spatial sur tous ses niveaux.

En cas de combinaison entre les connaissances en neuroarchitecture et une compréhension approfondie des besoins des passagers, tout en tenant compte de leur attentes émotionnelles et cognitives dans chaque espace, il serait possible de concevoir des espaces de transport capables de procurer une expérience positive et de favoriser le bien-être global des voyageurs.

Objectif de la recherche

L'objectif de cette recherche est de présenter l'efficacité de la neuroarchitecture appliquée aux infrastructures de transport, plus précisément de présenter comment cette discipline peut améliorer la qualité fonctionnelle (avant tout mais pas seulement) de l'aéroport, en minimisant tout type d'effet négatif physique ou psychologique tant sur les passagers que sur les travailleurs.

Démarche méthodologique

Afin de mieux appréhender le thème et répondre à la problématique énoncée, nous avons suivi le chemin suivant :

- **La recherche bibliographique et documentaire** : C'est la phase initiale de la recherche, qui permet d'avoir une vision sur le sujet et d'en connaître les détails, elle comprend deux grandes catégories : la recherche documentaire qui s'appuie sur des documents officiels comme un périodique d'une revue spécialisée, une thèse de doctorat ou un mémoire d'étudiant, un document spécifique comme un brevet, une donnée statistique, une image, une infographie ou un document officiel (loi, décret, règlement, marché public). Donc sur des documents de recherche qui ont été effectués auparavant, sur le même sujet. La deuxième catégorie est la recherche littéraire qui est une méthode de collecte de données qui se caractérise par l'étude d'ouvrages dit "littéraires". Elle englobe donc l'étude de livres, d'articles de presse, d'encyclopédie, de glossaire, de monographie, d'archive ou de récit.
- **Contact avec les organismes concernés et/ou les spécialistes dans le domaine** : Contact avec les différentes organisations concernées par notre thématique, afin de

recueillir des informations et d'éventuelles statistiques. Dans cette recherche, Nous nous sommes particulièrement intéressé à la Società Esercizi Aeroportuali (SEA) (Société des activités aéroportuaires) de Milan (Italie). Nous nous sommes également intéressés à TUNED Lombardini²² qui est une association d'architectes spécialisés dans le sujet de cette recherche, à travers la direction scientifique, par le biais l'architecte Davide Ruzzon, qui est également responsable du Master NAAD "Neuroscience Applied to Architectural Design" à l'Université Iuav de Venise (Italie).

- **Phase exploratrice et analytique:** Se basant sur des objets empiriques, nous avons mené un travail basé essentiellement pour une lecture analytique d'exemple concret, ce qui nous a permis de récolter toutes les données, qui nous ont éclaircie quant à l'ébauche d'une méthode à suivre lors de la conception des équipements de transport basée sur le concept de la neuroarchitecture.

Structure du Mémoire :

Le mémoire est structuré autour de quatre chapitres articles comme suit :

- Le premier chapitre est un chapitre présentatif et explicatif de la terminologie du sujet, il comporte des généralités sur la neuroarchitecture et sur les équipements de transport, leur définitions, histoire, types, composition... etc.
- Le deuxième chapitre aborde la dimension cognitivo-émotionnelle de l'architecture et ses définitions, l'impact de l'architecture sur les êtres humains et les différents effets négatifs de ce dernier sur le niveau émotionnel et cognitif de l'Homme, ainsi que les études faites dans le domaine de l'architecture pour minimiser ces effets négatifs.
- Le troisième chapitre est une analyse d'un exemple de l'application de la neuroarchitecture dans les équipements du transport (Aéroport Milan Linate). Il comprend une analyse détaillée des principaux espaces de l'aéroport, ainsi qu'un éclairage sur l'utilité de cette approche, permettant ainsi de comprendre si cette intervention était réellement utile ou non.
- Le quatrième chapitre présente la méthodologie d'application de la neuroarchitecture à tout projet architectural, ainsi qu'un premier protocole avec des recommandations pour les différents espaces majeurs de l'aéroport.

Vers une neuroarchitecture des équipements de transport : Cas des aéroports

Le travail se termine par une conclusion générale ou on désigne de manière générale les aspects d'un aéroport que l'application de la neuroarchitecture peut influencer. On précise en outre que l'aéroport étant un projet structurel d'importance nationale ainsi que la neuroarchitecture une approche interdisciplinaire, afin d'atteindre un véritable équilibre entre l'esthétique et la fonctionnalité, il est important de travailler au sein d'une équipe interdisciplinaire qui comprend des spécialistes dans différents domaines.

Chapitre 1 : Définition des concepts opératoires

Introduction

La neuroarchitecture est une discipline émergente qui se situe à l'intersection de l'architecture et des neurosciences. Elle s'intéresse à l'influence de l'environnement bâti sur notre bien-être mental et physique, ainsi qu'à l'impact de notre cerveau sur notre expérience de l'espace.

Les neuroarchitectes travaillent en étroite collaboration avec les architectes, les urbanistes, les designers d'intérieur et les psychologues pour créer des environnements qui prennent en compte les besoins et les préférences des utilisateurs. Ils peuvent ainsi contribuer à la création de bâtiments et de villes plus saines, plus durables et plus agréables à vivre.

D'autre part le transport est un élément essentiel de la vie moderne, permettant le mouvement de personnes et de biens d'un endroit à un autre. Il existe une grande variété de modes de transport, notamment le transport routier, le transport ferroviaire, le transport maritime, le transport aérien et le transport par pipeline.

Le transport est une industrie mondiale qui joue un rôle crucial dans l'économie, permettant la circulation de biens et de services à travers les frontières et les continents. Il facilite également la mobilité des personnes, leur permettant de voyager pour des raisons personnelles ou professionnelles.

Les équipements de transport sont souvent spécifiques à chaque mode de transport, mais ils ont tous en commun la nécessité de garantir la sécurité, l'efficacité et la fiabilité des déplacements. Ils sont également de plus en plus conçus pour répondre aux préoccupations environnementales, en réduisant les émissions de gaz à effet de serre et en minimisant l'impact sur l'environnement naturel.

En résumé, les équipements de transport sont essentiels pour assurer la mobilité des personnes et des marchandises, et ils jouent un rôle clé dans le développement économique et social des pays; en même temps la neuroarchitecture semble être la solution pour rendre ces constructions plus saines, plus durables et vivables, minimisant le stress et la peur et renforçant la tranquillité et la productivité.

1.1 Neuroarchitecture

1.1.1 Définitions :

« Les humains réagissent cognitivement et émotionnellement à l'environnement bâti. La possibilité moderne d'enregistrer l'activité neuronale des sujets lors de l'exposition à des situations environnementales, en utilisant des techniques neuroscientifiques et la réalité virtuelle, fournit un cadre prometteur pour la conception et les études futures de l'environnement bâti. La discipline dérivée est appelée "neuroarchitecture". » (Higuera-

Trujillo et al., 2021)

Ci-dessous, il y aura les définitions des principaux termes utilisés et traités dans cette recherche.

1.1.1.1 Neurosciences :

Étymologiquement la neurosciences est l'étude scientifique du système nerveux, y compris sa structure, sa fonction, son développement, son évolution et ses troubles. Le terme "neurosciences" est dérivé de deux mots: "neuro", qui provient du grec ancien "neuron", signifiant "nerf", et "science", du latin "scientia", signifiant "connaissance". Ainsi, "neurosciences" se réfère à la connaissance scientifique des nerfs et du système nerveux. Cela englobe un large éventail de disciplines allant de la biologie et la psychologie à la physiologie et à la médecine, visant à mieux comprendre le fonctionnement complexe du cerveau et du système nerveux en général.

Les neurosciences sont donc une vaste discipline qui englobe la technologie à plusieurs échelles pour comprendre le cerveau et développer des thérapies potentielles.(Moore et al., 2018). De manière simplifiée, Larousse définit les neurosciences comme : « Ensemble des disciplines étudiant le système nerveux ». (Larousse, 2023)

1.1.1.2 Architecture :

Le terme "architecture" provient du latin "architectura", qui dérive à son tour du grec ancien "arkhitekton", composé des mots "arkhi" signifiant "chef" ou "principal", et "tekton" signifiant "constructeur" ou "artisan". Ainsi, étymologiquement, l'architecture se réfère à la notion de conception et de construction sous la direction d'un chef ou d'un maître constructeur.

De nos jours, l'architecture englobe bien plus que la simple construction de bâtiments. Elle se réfère à la conception et à la planification de structures physiques, de l'environnement bâti, et même parfois d'éléments abstraits tels que des systèmes informatiques. L'architecture intègre

Chapitre 1 : Définition des concepts opératoires

des considérations esthétiques, fonctionnelles, culturelles, sociales et techniques pour créer des espaces et des environnements qui répondent aux besoins des individus et des sociétés.

Le dictionnaire Larousse le définit comme : « Art de construire les bâtiments ». (Larousse, 2023). Elle correspond à l'art de bâtir. C'est un art savant et complexe dont une des fonctions majeures est de donner des repères spatiaux et symboliques, qui varient d'une civilisation à l'autre. (Larousse, encyclopédie, 2023)

On l'a décrite comme un art social, mais aussi comme une science artistique. Elle doit être l'expression du design à son meilleur. L'architecture apporte, selon les mots de Marcus Vitruvius, grand architecte et historien romain, « solidité, utilité et beauté ». (L'institut royal d'architecture du Canada(2016)) ; selon cette définition l'architecture doit embrasser à la fois des aspects **techniques** (fermeté, sécurité de la construction), **fonctionnels** (destination, réponse à un programme) et **esthétiques** (harmonie, équilibre, beauté). (Larousse, encyclopédie, 2023).

Les pionniers de l'architecture ont apporté différentes perspectives et définitions de ce domaine. Par exemple, Leon Battista Alberti, un architecte de la Renaissance italienne, a considéré l'architecture comme une discipline qui combine l'art de la construction et les sciences mathématiques. Il a mis l'accent sur la proportion, l'ordre et l'esthétique en architecture.

Louis Sullivan un architecte américain du 19e et du début du 20e siècle, est célèbre pour avoir formulé le slogan "Form follows function" (La forme suit la fonction). Pour lui, l'architecture devrait refléter la fonctionnalité des bâtiments et éviter les ornements inutiles.

Une autre définition est celle du Corbusier, un architecte suisse-français du 20e siècle, qu'a défini l'architecture comme "le jeu savant, correct et magnifique des volumes groupés sous la lumière". Il a promu l'idée de l'architecture en tant que création artistique fonctionnelle et rationnelle.

1.1.1.3 Neuroarchitecture :

- La neuroarchitecture est un domaine de l'architecture qui, avec des données et des preuves scientifiques en main, analyse objectivement et systématiquement comment les espaces construits modifient nos **émotions** et nos capacités. Son objectif est de construire des espaces qui améliorent la productivité et le bien-être des personnes. Cette

discipline traduit les sensations causées par les espaces en données mesurables, qui nous permettent d'analyser d'un point de vue scientifique comment les espaces construits nous influencent et, de rechercher des solutions à l'aide d'instruments médicaux et d'innovations technologiques.(Gasalla, 2022)

- La neuroarchitecture combine les neurosciences, la théorie de la perception et la psychologie de la Gestalt, la musique, l'art et l'architecture dans une approche holistique qui se concentre sur les lois de la formation structurelle et du mouvement humain dans l'espace.(Metzger, 2018)
- C'est l'intersection des neurosciences et de l'architecture qui promet d'offrir des aperçus d'inspiration biologique dans la conception des espaces. L'objectif de ces approches interdisciplinaires de l'architecture est de motiver la construction d'environnements qui contribueraient à l'épanouissement des personnes dans le comportement, la santé et le bien-être. (Coburn et al., 2017)

1.1.1.4 Emotions :

Le mot émotion provient du latin « *motio* », signifiant « action de mouvement ». Cette précision étymologique permet de mieux comprendre ce mot, actuellement très employé dans la vie courante, mais dont la réelle signification est souvent mal appréciée. En effet, le terme émotion désigne une expérience psychophysiologique dynamique et complexe d'un individu en réaction à des stimuli à la fois externes (objectifs : environnementaux) et internes (subjectifs : psychologiques). L'intégration de ces stimuli va alors générer diverses réponses en fonction de l'état de base de l'individu. Ces réponses seront subjectives concernant la valeur à attribuer à cette émotion, aussi appelée valence (ce qui se produit de façon consciente ou non) et objectives concernant les réponses comportementales (expressions faciales, mouvement de fuite, rire, etc.) et physiologiques (tachycardie, hypertension, etc.) associées. (Saoudi, 2021)

Quotidiennement, l'Homme fait une grande place aux réactions, gestes et agissements que l'on peut décrire a posteriori comme relevant du domaine de l'inconscient. C'est une évidence aujourd'hui, connue depuis la Grèce antique, mais ce phénomène n'a pas pu profiter d'études approfondies avant le début du XXIème siècle. Ce n'est cependant pas une grande nouveauté que de s'intéresser à l'explication de nos actes et nos pensées puisque les penseurs de l'Antiquité comme Platon et Aristote, et parmi les modernes, Descartes et Spinoza ont tous à leur manière élaborée des théories tentant de faire le lien entre les émotions et la cognition. (Saoudi, 2021)

1.1.2 Historique :

La neuroarchitecture est née au milieu du siècle dernier de l'expérience du virologue Jonas Salk. Ce scientifique, découvreur du vaccin contre la polio, alors que ses recherches n'avançaient pas dans son laboratoire, a décidé de faire une pause dans ses recherches pour faire un voyage d'agrément dans le centre de l'Italie. Il séjourna quelque temps dans un couvent franciscain du XIII^e siècle dans la basilique Saint-François d'Assise. L'ensemble architectural est de style roman lombard et se compose de deux temples superposés et d'un beau cloître. Le temple supérieur est orné d'impressionnantes fresques des XIV^e et XV^e siècles et de magnifiques vitraux qui colorent la lumière naturelle qui les traverse. Il est situé dans une enclave unique et constitue un exemple de créativité et de paix dans un complexe monumental de référence pour le monde de l'art et de l'architecture. Eh bien, une fois sa pause terminée, Salk est retourné au laboratoire et a réussi à mener à bien ses recherches après des années de travail. (Gasalla, 2022)



*Figure 1 : La basilica di San Francisco di Assisi in Umbria.
Source: (Gasalla, 2022)*

Il s'associa alors à l'architecte Louis Kahn pour construire l'institut Salk qui devait être un établissement de recherche capable de stimuler la créativité des scientifiques. J. Salk pense que les endroits que nous habitons peuvent agir sur nos pensées, nos sentiments et nos comportements. Leurs recherches suggèrent qu'il est possible de concevoir des espaces de vie qui favorisent la créativité, l'attention, la vigilance ou la relaxation et la convivialité. (Saoudi, 2021)

Le Salk Institute qui est une installation scientifique « ...a été construite sur une falaise surplombant l'océan Pacifique à La Jolla (Californie) dans le but d'encourager la créativité et la

Chapitre 1 : Définition des concepts opératoires

productivité des scientifiques. L'Institut Salk a jeté les bases de la neuroarchitecture. L'un de ses espaces les plus impressionnants est le patio extérieur qui évoque la grandeur d'une cathédrale. Depuis une fontaine en marbre travertin, un étroit canal d'eau traverse la place centrale, se dirigeant vers la mer et tombant en cascade dans une série d'étangs. Matériaux, esthétique, composition, rapport à l'environnement, technique... Tout simplement parfait. » (Gasalla, 2022)



Figure 2 : Salk Institute / Louis Kahn

Source : <https://www.archdaily.com/61288/ad-classics-salk-institute-louis-kahn>

A la fin du XXe siècle, avec le progrès des neurosciences, les chercheurs se sont demandés comment utiliser les méthodes rigoureuses de cette discipline et une meilleure compréhension du cerveau pour améliorer la conception architecturale. En 2007 par exemple, Joan Meyers-levy a montré que l'espace d'une pièce joue sur la façon dont ses occupants pensent, sans en revenir à la claustrophobie, la hauteur sous plafond influencerait la façon dont nous traitons les informations, un plafond bas inspirerait une vision plus focalisée sur les détails une situation de confinement. On parle d'effet cathédral qui est la relation entre la hauteur perçue d'un plafond et la cognition.

En architecture le fonctionnalisme a été le principe du XXe siècle, que l'on pense à Walter Gropius ou à Le Corbusier, mais pourtant Henry Van Lier constate que dans toute architecture, il existe nécessairement un élément anti-fonctionnel. Ainsi devant les nouvelles prouesses techniques et leurs impacts sur la qualité de vie, les architectes les plus ouverts de la dernière décennie se sont rapprochés des sciences humaines. La psychologie de l'environnement est née, de cette interaction entre les professionnels de l'aménagement et les psychologues sociaux. En 1976, Harold M. Proshansky la définit comme une tentative d'établir des liens théoriques et empiriques entre le comportement, l'expérience de la personne et l'environnement. Le tout compris comme un système dynamique de composantes, incluant celui qui perçoit et la façon selon laquelle l'information obtenue est interprétée.

Si le transfert empathique est possible, c'est parce que les formes nous y interpellent, il y aurait une parenté entre les formes architecturales et le corps humain qui ne serait pas seulement physiologique, ce qui était déjà présent chez Théodor Lipps, et qui est repris par Heinrich Wölfflin dans ses «Prolégomènes à une psychologie de l'architecture». Mais on sait depuis longtemps d'après Jean Morval que le sentiment de l'espace, du moi et de l'environnement sont en relations étroites. Certains aspects de la personnalité liés à l'activité visuelle, kinesthésique, tactile, thermique, peuvent voir leur développement inhibé ou stimulé par l'environnement. Ce qu'on retrouve amplement décrit dans un tout autre domaine que l'architecture par Stephen Bunard dans l'étude de la synergologie. Friedrich Hegel parlait d'architecture comme d'un simple reflet de l'esprit. Maurice Merleau-Ponty lui mélangeait la vue et l'ouïe : « *et peut être percevons nous dans la silhouette d'une montagne aux pentes douces l'extinction progressive d'un son* », quand W. Goethe disait que l'on devait ressentir l'émotion que procure un bel espace même si l'on y était conduit les yeux fermés. (Saoudi, 2021)

1.2 Equipement de transport – Aérogare

1.2.1 Définition :

1.2.1.1 Equipement :

- Action d'équiper, de pourvoir quelqu'un de ce qui est nécessaire.
Synonyme : fourniment
Action d'aménager un endroit, de pourvoir quelque chose du matériel nécessaire.
Synonymes : aménagement – installation

Ensemble du matériel d'une entreprise, d'un laboratoire, etc., de l'infrastructure d'une région, d'un pays. (LAROUSSE, 2023)

- Un équipement est un service, marchand ou non, accessible à la population. Ce peut être un aménagement (zone de baignade aménagée, espace remarquable, patrimoine), une infrastructure (gymnase, piscine, gare, etc.) ou un service (commerce, banque, tribunal, etc.). (Insee, date de publication : 18/07/2022)

1.2.1.2 Transport/s :

Le dictionnaire Larousse donne deux définitions du transport : « Action ou manière de transporter, de porter d'un lieu dans un autre ». Et « Ensemble des divers modes d'acheminement des marchandises ou des personnes ». (LAROUSSE, 2023)

Le terme "transport" se réfère généralement au déplacement de personnes, de biens, d'informations ou de substances d'un endroit à un autre. Cela peut impliquer différents modes tels que le transport routier, ferroviaire, aérien, maritime, ou même virtuel (comme le transfert d'informations en ligne).

En général le transport est un concept fondamental qui impacte de nombreux aspects de la vie quotidienne et de l'activité économique, en facilitant le mouvement et la circulation des éléments essentiels à travers différentes distances et géographies.

1.2.1.3 Equipements de transport :

Les équipements ou infrastructure de transport sont l'ensemble des ouvrages au sol ou en sous-sol nécessaires au transport et aux voies de communication (ex. l'infrastructure routière). Voies et installations fixes utilisées pour l'exécution des transports. Lier avec le mode de transport pour une utilisation générale. (Dictionnaire TV5 monde, 2023)

Les infrastructures de transport sont l'ensemble des installations fixes ou dynamiques qu'il est nécessaire d'aménager pour permettre la bonne circulation des différents modes de transports dans des systèmes de transport terrestres, aériens ou maritimes. (Wikipédia)

1.2.2 Différents types des équipements de transport

Les équipements de transport sont généralement classifiés selon les voies de communication utilisées :

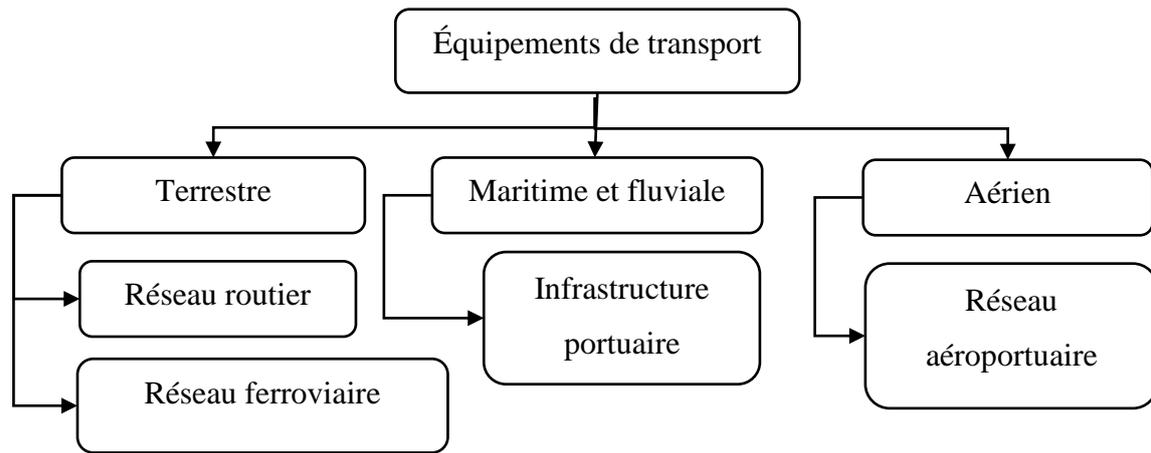


Figure 3 : schéma de classification des types de transport

1.2.2.1 Équipement de transport terrestre :

L'équipement de transport terrestre, comprend tous les bâtiments et infrastructures nécessaires au transport terrestre :

Transport terrestre : toute activité par laquelle un exploitant déplace, d'un point à un autre, des personnes ou des marchandises, par route, par voie ferrée ou par câble, au moyen d'un véhicule approprié ; Ils comprend principalement :

- **Le transport routier de personnes et marchandises :** transport mettant en œuvre des véhicules aménagés par le constructeur pour déplacer d'un point à un autre des personnes ou des marchandises circulant sur route ».
- **Le transport ferroviaire :** tout système de transport de personnes et de marchandises au moyen de véhicules tractés et roulant sur rail. (Journal officiel de la république algérienne n° 32, 8 juin 2011)

Donc parmi les équipements de transport terrestre on trouve :

- **Gare routière :** Ensemble des installations destinées à permettre, en un point déterminé, l'embarquement, le transbordement, la répartition ou le débarquement de voyageurs et/ou de marchandises pour le transport par route (Glossaire de la route et de la circulation routière, (NGOOH))
- **Gare ferroviaire :** Ensemble des installations destinées à permettre, en un point déterminé, l'embarquement, le transbordement, la répartition ou le débarquement de voyageurs et/ou de marchandises pour le transport par train. (Glossaire des infrastructures ferroviaires, (NGOOH))

1.2.2.2 Equipement de transport maritime et fluviale

Comprend tous les constructions nécessaires pour le transport maritime :

- **Le transport maritime** : Tout mouvement de marchandises ou de personnes par navires sur des parcours exécutés partiellement ou entièrement en mer. (Glossaire des Statistiques de Transport, ((Eurostat) et al., 2003))

Le principal équipement de transport maritime dans le cadre d'architecture est le port avec tous ces composants :

- **Port maritime** : Site aménagé pour le ravitaillement et la réparation des bateaux, ainsi que pour charger ou décharger des marchandises ou embarquer et débarquer des passagers. (Le dictionnaire visuel ((QAI), 2023) composantes de port maritimes :

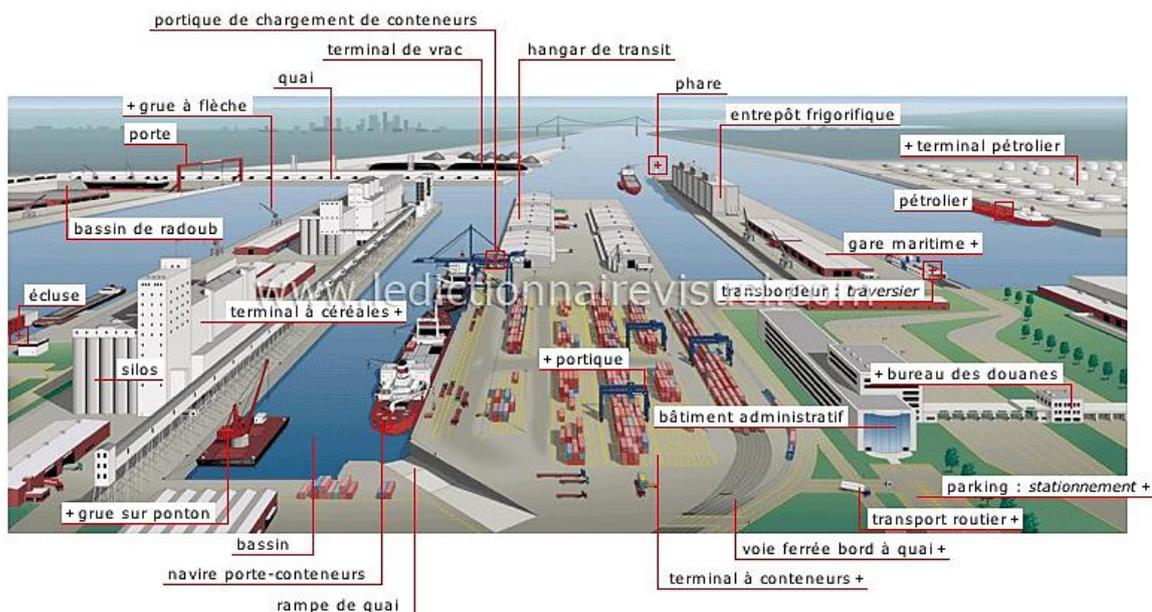


Figure 4 : Image explicative des composants d'un port maritime
Source : Dictionnaire visuelle ((QAI), 2023)

1.2.2.3 Equipement de transport aérien

Selon Larousse le transport aérien est le transport par des aéronefs, principalement des avions, de passagers, de marchandises (fret), de courrier postal. On parlant d'architecture le principale équipement pour le transport aérien est :

- **L'aéroport** : Lieu comportant l'ensemble des installations techniques et commerciales nécessaires au trafic aérien. (Dictionnaire visuelle ((QAI), 2023))

Les équipements de transport aérien font référence à l'ensemble des composants, des infrastructures et des technologies nécessaires pour assurer le fonctionnement sûr et efficace du transport aérien. Cela comprend une variété d'éléments, tels que les aéronefs (avions et hélicoptères), les aéroports, les systèmes de contrôle du trafic aérien, les installations de maintenance, les terminaux, les pistes et les pistes de décollage/atterrissage, ainsi que d'autres infrastructures de soutien.

Le transport aérien est crucial pour la mobilité à l'échelle mondiale et joue un rôle vital dans l'économie et les communications. Plusieurs statistiques générales montrant l'importance du transport aérien dans le monde : selon l'Association internationale du transport aérien (IATA), en 2019, plus de 4,5 milliards de passagers ont voyagé en avion, un chiffre qui a considérablement augmenté au fil des années. On plus le transport aérien est responsable d'une part importante du commerce mondial. Environ 35 % de la valeur totale des marchandises commerciales sont transportées par voie aérienne. Dans de nombreuses régions du monde, le tourisme international est largement tributaire du transport aérien. Les voyages en avion facilitent les déplacements internationaux pour les affaires et les loisirs.

Concernant l'Algérie, le transport aérien joue également un rôle clé dans la connectivité et le développement économique. L'Algérie compte plusieurs aéroports internationaux, dont l'Aéroport d'Alger-Houari Boumediene, qui est l'un des plus fréquentés du pays. Ces aéroports facilitent les liaisons nationales et internationales. On effet le transport aérien est crucial pour la liaison entre différentes régions de l'Algérie en raison de l'immensité géographique du pays. Il permet de surmonter les distances considérables entre les villes. On plus l'Algérie a une économie en croissance avec des besoins de commerce international et de tourisme. Le transport aérien contribue à la connectivité de l'Algérie avec le reste du monde.

1.2.3 Equipements/infrastructures aéroportuaires :

1.2.3.1 Définition :

- D'après Larousse : « l'aéroport est l'installation destinée au trafic aérien public, permettant la réception et l'envol des aéronefs, assurant leur entretien, leur service et leur garage ainsi que l'embarquement et le débarquement des passagers et des marchandises.

Chapitre 1 : Définition des concepts opératoires

- Selon le dictionnaire le Robert : l'aéroport est l'ensemble d'installations (aérodrome, aérogare, ateliers) nécessaires au trafic aérien ; organisme qui gère cet ensemble.
- Selon l'encyclopédie scientifique en ligne, un aéroport est l'ensemble des bâtiments et des installations d'un aérodrome qui servent au trafic aérien d'une ville ou d'une région. Ces bâtiments et installations sont conçus pour que des avions puissent décoller et atterrir, que le fret et les passagers puissent embarquer et débarquer. Les aéroports sont généralement situés à proximité d'une agglomération importante, tout en étant desservis par des liaisons routières rapides (voie expresse, autoroute) et des transports en commun. Le présent article propose et définit les termes relatifs aux infrastructures, équipements et fournitures des aéroports et du transport aérien en général.

1.2.3.2 Types :

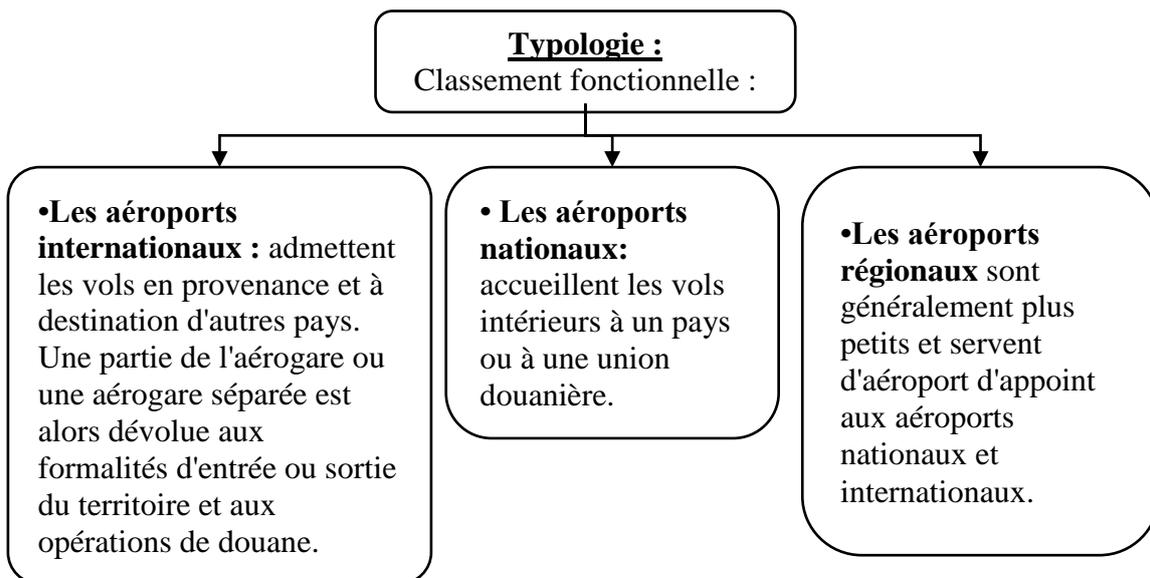


Figure 5 : schéma explicatif des types d'aéroports selon la classification fonctionnelle

1.2.3.3 Composition :

Tout aéroport, quel que soit son trafic, possède trois composantes majeures : le côté ville, le terminal aérien pour passagers, ou aérogare, et le côté piste. Chaque installation qui fait partie de ces composantes principales doit pouvoir remplir les fonctions précises pour lesquelles elle est conçue. (Fawcett, 26/05/2015).

Chapitre 1 : Définition des concepts opératoires

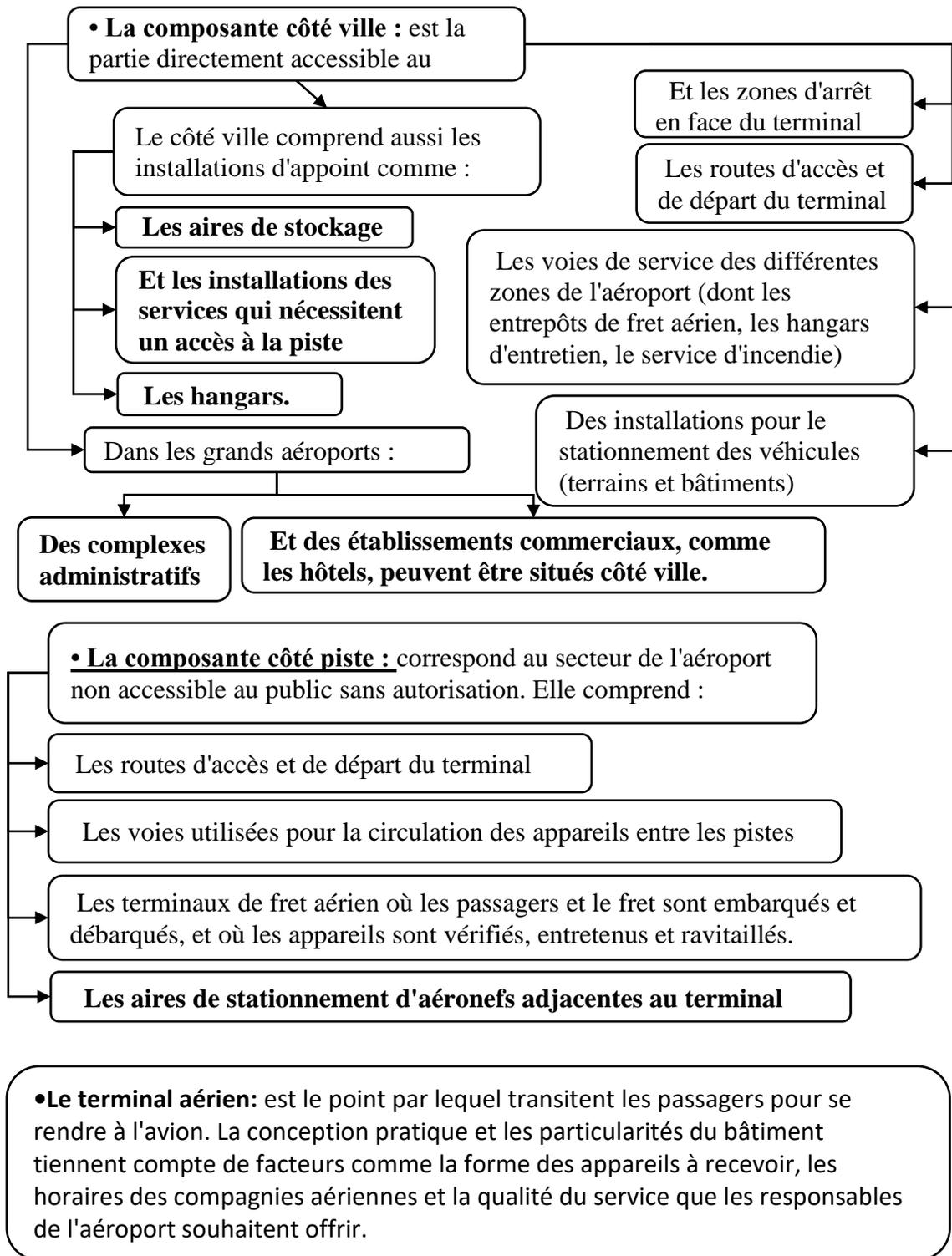


Figure 6 : schéma explicatif des composants des aéroports

Chapitre 1 : Définition des concepts opératoires

La figure ci-joint composant d'un aéroport :



Figure 7 : Image explicative des composants d'un aéroport
Source : © QA International. Tous droits réservés. www.ikonet.com

- **Aire de manœuvre** : Espace que traverse un avion pour gagner ou quitter un poste de stationnement.
- **Aire de trafic** : Voie réservée aux avions pour gagner ou quitter l'aire de manœuvre.
- **Voie de service** : Voie réservée à la circulation des véhicules de service aéroportuaire.
- **Voie de circulation** : Voie réservée aux avions pour gagner ou quitter l'aire de trafic.
- **Bretelle** : Embranchement qui permet le virage vers la droite.
- **Sortie de piste à grande vitesse** : Voie qui relie la piste d'atterrissage à une voie de circulation et que les avions empruntent après l'atterrissage pour dégager la piste.
- **Vigie** : Local vitré situé au sommet de la tour de contrôle, où les contrôleurs effectuent la gestion des opérations aériennes (décollage, vol, atterrissage).
- **Tour de contrôle** : Bâtiment surplombé par la vigie, offrant une vue sur l'ensemble des pistes et des aérogares.
- **Voie de circulation** : Voie qu'empruntent les avions pour gagner ou quitter la piste de décollage ou d'atterrissage.
- **Route d'accès** : Partie du système routier qui dessert l'aérogare.
- **Aérogare de passagers** : Bâtiment où les passagers sont accueillis, leurs bagages pris en charge ou récupérés et les formalités de contrôle effectuées au départ et à l'arrivée.
- **Hangar** : Installation qui abrite le matériel d'entretien et de réparation des avions et qui peut recevoir un ou plusieurs aéronefs.

- **Aire de stationnement** : Aire où sont stationnés les avions entre les vols pour entretien ou révision.
- **Aérogare satellite** : Aérogare annexe servant à l'embarquement et au débarquement de passagers, reliée à l'aérogare principale par un couloir souterrain ou par des véhicules.
- **Marques de circulation** : Bandes colorées tracées au sol pour indiquer aux avions le trajet à suivre sur l'aire de trafic ou de manœuvre.
- **Quai d'embarquement** : Couloir souterrain permettant aux passagers de demeurer à l'abri entre l'aérogare principale et une aérogare satellite.
- **Aire de service** : Espace autour d'un avion réservé aux véhicules de service et au personnel au sol intervenant au départ ou à l'arrivée d'un avion.
- **Passerelle télescopique** : Passerelle mobile qui permet l'accès direct de l'aérogare à l'avion. ((QAI), 2023)

1.2.4 Aérogare :

Le journal officiel de la république algérienne du 4 Rabie El Aouel 1419 correspondant au 28 juin 1998, définit l'Aérogare comme « superstructure servant à la facilitation des transport de passagers et de fret. L'aérogare désigne l'ensemble des bâtiments de l'aéroport par lesquels transitent les passagers. Cette dernière comprend principalement :

- **Terminal** : Le terminal c'est la partie de l'aérogare qui va du hall jusqu'à l'embarquement et selon la taille des aéroports il peut y avoir plusieurs terminaux. Dans de grands aéroports il arrive que les terminaux soit éloignés le déplacement entre les terminaux peut se faire en bus, tapis roulant ou encore des navettes du style métro.
- **Hall** : Le Hall est l'entrée de l'aéroport, on y retrouve les comptoirs d'enregistrement des bagages, les cafés, boutiques, restaurants etc... Cette partie est accessible à tout le monde, même ceux qui ne prennent pas de vol.
- **Le poste inspection filtrage (PIF) ou Douane**: Il s'agit de l'endroit où on subit les contrôles de sécurité. Selon les mesures de sécurité en vigueur ou la destination, les contrôles peuvent être plus nombreux et plus poussés. On ne doit pas confondre le PIF avec la **PAF (Police aux frontières)** chargée du contrôle de l'immigration et des frontières dans les aéroports aussi pensent dans l'aérogare.
- **Salle d'embarquement** : C'est une des dernières étapes avant l'embarquement. C'est la salle dans laquelle les passagers attendent après avoir passé les contrôles de sécurité.

Elles donnent le plus souvent une vue directement sur le tarmac. Dans de grands aéroports comme Paris-Roissy Charles de Gaulle, des salles proposent un très grand nombre de portes. De par leur taille on les appellera plutôt **Hall d'embarquement**. Ils disposent de boutiques, restaurants, etc.

- **Passerelle d'embarquement** : Un fois le vol est annoncé, les passagers quittant la salle d'embarquement vers le dernier comptoir, qui vérifie le billet, puis, ils rentrent dans une passerelle qu'ils mèneront directement vers la porte de l'avion. Le plus souvent elles sont vitrées, mais parfois opaques.
- A noter, la passerelle n'est pas toujours employée ! Il existe 2 autres possibilités pour vous rendre à l'avion. La première est qu'après la porte, un bus vous attende pour vous emmener au pied de l'avion. L'autre solution, utilisés sur certains terminaux et les petits aéroports, et que vous ayez tout simplement à marcher vers l'avion à la sortie du hall.

Conclusion

On peut conclure que, c'est que le transport a toujours été une nécessité pour l'homme, et plus cette nécessité augmente, tant en ce qui concerne le nombre de personnes qui doivent voyager, que la nécessité de minimiser le temps ou même simplement d'augmenter la distance, le transport a également évolué. Une évolution qui a apporté avec elle divers équipements, un spécifique pour chaque type de transport.

En s'intéressant uniquement aux équipements aéroportuaires, objet de cette recherche, on parle donc d'aéroports, ces derniers regroupent un ensemble de structures toutes liées les unes aux autres et nécessaires au bon fonctionnement de l'aéroport, parmi toutes les structures/ Cependant, seules les constructions Aérogare sont utilisées directement par les personnes (principalement des passagers mais aussi des travailleurs), donc plus cette construction est bien faite, plus elle a d'effets positifs sur ceux qui l'utilisent.

Chapitre 2 : Neuroarchitecture et dimension cognitivo-émotionnelle de l'architecture

Introduction

À première vue, les disciplines des neurosciences et de l'architecture peuvent sembler avoir peu de choses en commun. L'architecture est traditionnellement basée sur l'observation et l'intuition plutôt que sur la méthode expérimentale et les preuves qui constituent la recherche neuroscientifique. Pourtant, les progrès des neurosciences permettent aujourd'hui d'expliquer la façon dont nous percevons le monde qui nous entoure et naviguons dans l'espace, ainsi que la manière dont notre environnement physique peut influencer notre cognition, notre capacité à résoudre des problèmes et notre humeur.

Par conséquent, la compréhension des principes neuroscientifiques, en particulier dans le domaine de la perception et de l'orientation spatiale, peut éclairer la conception des espaces bâtis et inclure des caractéristiques environnementales qui minimisent les effets physiologiques, cognitifs et émotionnels négatifs.

Des études portant sur des espaces spécifiques ont mis en évidence divers impacts cognitivo-émotionnels, tels que le rétablissement plus lent des patients dans les chambres d'hôpital dépourvues de vues extérieures relaxantes sur la nature (Ulrich, 1984). L'architecture a donc des effets **cognitifs et émotionnels**.

2.1 Impact de l'architecture sur les êtres humains

Au-delà de son caractère utilitaire, l'architecture a des impacts cognitifs et émotionnels complémentaires (Hietanen and Korpela, 2004). L'architecture peut à la fois susciter l'activation du cerveau et moduler les fonctions génétiques. Par conséquent, les changements dans l'environnement ont des impacts importants (Gage, 2003). Ses effets physiologiques et sociaux doivent être soulignés. Au niveau physiologique, les conséquences sur le développement humain, les performances et le stress sont illustratives. En ce qui concerne le développement, un environnement équilibré peut améliorer la créativité et les fonctions cognitives (Bruer, 1997). En effet, une mauvaise stimulation environnementale affecte le développement du cerveau (Perry, 2002). Les effets de l'environnement ne se limitent pas aux phases de croissance. La stimulation environnementale causée par la conception de la salle de classe peut améliorer les performances des élèves en utilisant des couleurs froides (AL-Ayash et al., 2016) ou des espaces plus petits. En ce qui concerne le stress, il a été démontré que certains éléments environnementaux tels que le bruit ou l'absence de végétation ont des conséquences négatives (Averill, 1973). Ces conséquences comprennent une moins bonne récupération des patients

Chapitre 2 : Neuroarchitecture et dimension cognitivo-émotionnelle de l'architecture

(Kiecolt-Glaser et al., 1998) et une espérance de vie plus courte . D'autre part, conformément au concept d'"environnement curatif" (Stichler, 2001), plusieurs études ont souligné les bienfaits curatifs de l'architecture (Pinter-Wollman et al., 2018). Au niveau social, il a été constaté que, par exemple, l'environnement peut promouvoir le collectivisme (Kim and Kaplan, 2004), attirer des candidats pour des postes dans des organisations (Powell, 2003) et améliorer le sentiment d'appartenance et le comportement des citoyens. Il convient de noter que l'impact des effets environnementaux dépend de la sensibilité de l'utilisateur (Dijkstra et al., 2008), et que des éléments non architecturaux peuvent également avoir des effets.

Nous, architectes, sommes conscients de cet impact (Vannucci et al., 2014) et du fait qu'en concevant l'architecture, nous concevons l'expérience (Nanda et al., 2013). Comme l'a noté Aalto, l'humanisation de l'architecture implique "un fonctionnalisme qui est beaucoup plus large que simplement technique" (Schildt, 1998). "Lorsque j'entre dans un espace, l'espace entre en moi et me transforme" (Juhani, 2018). Ces déclarations montrent clairement que la prise en compte de l'état cognitif et émotionnel des utilisateurs est une fonction transcendante de l'architecture (Eberhard, 2009). Malgré cela, les aspects les plus susceptibles d'être objectivés ont été largement étudiés et la dimension cognitivo-émotionnelle a été peu explorée (Pearson, 2005).

2.2 Dimension cognitivo-émotionnelle de l'architecture :

Il est bien connu que l'architecture a plusieurs effets sur les gens. En fait, il existe plusieurs études ouvertes sur les aspects architecturaux tels que ceux liés à la structure, à la construction et à l'installation des bâtiments. Il existe un grand nombre de normes et de standards qui soutiennent ces aspects. (Goldhagen and Gallo, 2017)

D'un autre point de vue, cependant, on sait que ce ne sont pas les seuls facteurs en jeu. L'environnement affecte également l'homme sur le plan cognitif (c'est-à-dire le traitement et l'évaluation des informations perçues) et sur le plan émotionnel (c'est-à-dire les réactions d'adaptation aux informations perçues), qui fonctionnent tous deux par l'intermédiaire des systèmes étroitement interconnectés. (LeDoux, 1989)

Plusieurs études ont montré que le bruit et le manque de végétation peuvent générer du stress (Glass and Singer, 1972) et que le stress associé à l'environnement bâti peut même avoir une incidence négative sur l'espérance de vie. (Glaser and Kiecolt-Glaser, 2005)

2.3 Outils et approches de la recherche et de la pratique architecturales

Les différents objectifs de la conception architecturale se sont déplacés vers des questions plus tangibles et facilement quantifiables, telles que celles étroitement liées aux processus de construction des bâtiments. Cela a été noté de différents points de vue : "L'architecture et les villes modernes qui ont été construites ont tendance à être inhumaines". Avons-nous transformé notre espace en un produit économique-cosmétique qui ignore nos codes primitifs (Lensink, 1996)? L'importance de l'environnement bâti ne peut être sous-estimée. "Toute construction future doit être précédée d'une étude approfondie des relations entre les espaces et les sentiments"(Debord, 1995). Dans ce sens, de nouveaux outils montrant l'avenir de la neuroarchitecture ont été incorporés dans le spectre architectural traditionnel.

Sur cette base, nous pouvons diviser ces outils/approches en deux parties, les outils traditionnels de base (fondamentales) et les nouveaux outils, tous deux ayant pour but d'améliorer l'architecture, en se référant dans ce cas à l'architecture saine.

2.3.1 Approches fondamentales :

L'espace architectural a été au centre de la réflexion et de la recherche sur les aspects cognitifs et émotionnels. Le concept a été abordé à différentes époques. Par conséquent, la connaissance de ces bases nous permet de contextualiser les développements actuels dans l'application des neurosciences à l'architecture et de comprendre le contexte de la pratique actuelle (Mallgrave, 2010).

Les trois principales approches de base sont présentées ci-dessous :

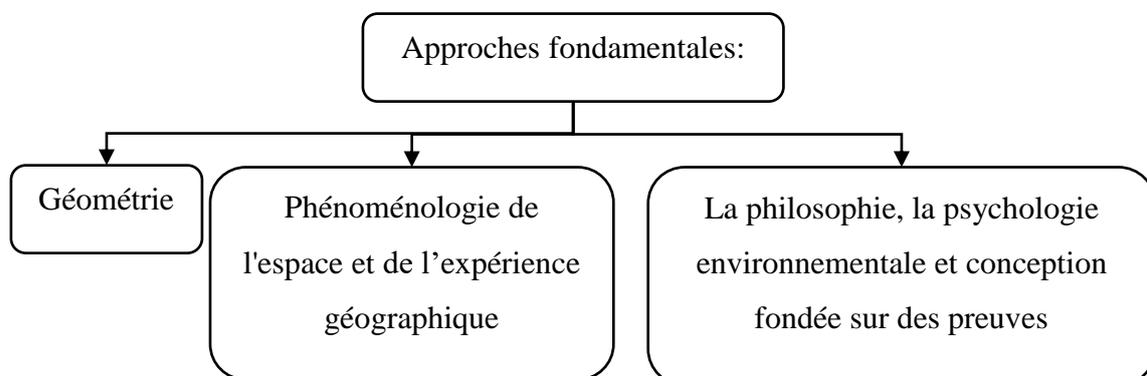


Figure 8 : schéma résumant les trois principales approches de base

2.3.1.1 Approche géométrique :

Même si les utilisateurs ne ressentent pas les dimensions exactes des proportions, ils ressentent l'harmonie sous-jacente. Les architectes ont utilisé les proportions géométriques pour aborder la dimension cognitive et émotionnelle de l'architecture. Par conséquent, l'approche géométrique est un point de départ valable pour comprendre comment nous architectes travaillons et établir des passerelles qui peuvent conduire au développement d'outils de conception.

De nombreux concepts géométriques sont récurrents. D'une part, des relations géométriques jugées esthétiques, telles que le schéma en neuf carrés ou le nombre d'or, ont été validées expérimentalement, ce dernier utilisant également la réalité virtuelle et des fondements neuroscientifiques (Franz et al., 2005). Il convient toutefois de noter les nouvelles tentatives de quantification des propriétés géométriques afin de saisir la dimension cognitive et émotionnelle de l'architecture. Il s'agit notamment de l'analyse isoviste, du volume d'espace visible à partir d'un point donné dans l'espace, et de l'application de l'intelligence artificielle pour distinguer des catégories formelles basées sur différentes caractéristiques (Banaei et al., 2017). Il convient également de noter l'analyse mathématique et géométrique récente des images architecturales (Kacha et al., 2013) (Cavalcante et al., 2014), par l'utilisation dans les espaces architecturaux de mesures spatiales, telles que la densité des arêtes (nombre d'arêtes droites et courbes), la dimension fractale (complexité visuelle), l'entropie ("hasard") et les mesures de couleur, telles que la teinte (longueur d'onde dominante), la saturation (intensité de la couleur) et la luminosité ("obscurité" de la couleur). L'approche géométrique n'a donc pas été abandonnée.

Dans le détail l'analyse isoviste, également connue sous le nom d'analyse isovue ou vue isovue, est une méthode utilisée en architecture et en design d'espace pour évaluer et représenter visuellement les relations entre l'observateur (généralement une personne) et son environnement. Elle se concentre sur la façon dont les éléments architecturaux, tels que les murs, les fenêtres, les ouvertures et les espaces intérieurs, influencent la perception visuelle et spatiale d'une personne.

L'objectif principal de l'analyse isoviste est de comprendre comment les lignes de vue ou les lignes de visibilité (iso-vues) depuis un point d'observation spécifique interagissent avec les éléments de l'environnement. Cela peut aider les concepteurs à optimiser la disposition des espaces, à maximiser la lumière naturelle, à assurer la sécurité visuelle, à favoriser une

Chapitre 2 : Neuroarchitecture et dimension cognitivo-émotionnelle de l'architecture

meilleure compréhension de l'espace et à créer des environnements visuellement agréables et fonctionnels.

En somme, l'analyse isoviste permet d'étudier comment les points de vue et les perspectives depuis différents emplacements dans un espace architectural affectent la façon dont nous percevons et interagissons avec notre environnement.

2.3.1.2 Phénoménologie de l'espace et l'approche de l'expérience géographique:

La phénoménologie est l'étude et la description des phénomènes vécus par les sens à la première personne. Elle se fonde sur les phénomènes qui peuvent être ressentis (Husserl and Moran, 2012).

L'une des premières études sur l'espace subjectif fut l'exposition par Husserl de ses idées sur le monde extérieur (Husserl, 1949). Heidegger a poursuivi ces influences, abordant la spatialité de l'homme et le concept de « Stimmung » (ou état d'esprit), fondamental pour comprendre l'espace subjectif : « *être imprégné par un environnement* ». Certaines des premières formulations explicites ont été faites par References, en se concentrant sur l'espace vital. Certaines des avancées ont été compilées dans « Situation ». Plus tard, les concepts d'espace hodologique et de distance, y compris la manière dont les gens évaluent les itinéraires, la préférence étant basée sur des influences subjectives et objectives, ont été introduits par Lewin (Lewin, 1934). Bachelard (Bachelard and Champourcin, 1975) a développé sa poésie spatiale, un concept largement adopté dans la théorie de l'architecture, qui cherche à expliquer la relation de l'être humain avec le monde à travers des images poétiques. Rasmussen (Rasmussen, 2004) a présenté une vision phénoménologique de l'architecture, qui illustre le syncrétisme entre la phénoménologie et l'architecture. Bollnow (Bollnow and d'Ors, 1969) présentait les concepts impliqués dans l'espace subjectif : « [...] *Contrairement à l'espace mathématique, l'espace subjectif se caractérise par son manque d'homogénéité* ». En effet, l'espace subjectif découle de la relation de l'humain avec l'espace. Cela a même conduit à suggérer que l'espace objectif n'existe pas parce qu'il est toujours perçu (Lacoste, 2003). Ces concepts (espace objectif et espace subjectif) ont été adoptés par de nombreux auteurs dans différentes approches de la dimension cognitive-émotionnelle de l'architecture. Dans le même temps, les concepts ont été développés dans l'expérience géographique et ont des applications pratiques en urbanisme. Travail de lynchage, qui montre l'influence de la psychologie environnementale sur la phénoménologie de l'espace, est représentatif de ses débuts (Muñoz,

Chapitre 2 : Neuroarchitecture et dimension cognitivo-émotionnelle de l'architecture

2010). Plus récemment, Pallasmaa, influencé par des auteurs précédents, a examiné la phénoménologie de l'espace en architecture selon laquelle l'architecture prend en compte la dimension biologique humaine. La ligne de Pallasmaa est ici partagée avec Holl et Pérez-Gómez (Robinson and Pallasmaa, 2015). La phénoménologie de l'espace a plus récemment pris de l'ampleur grâce à de nouvelles approches basées sur le concept d'atmosphères (Schmitz et al., 2011) : des quasi-choses, sans limites discrètes ou visibles, qui existent en raison de notre rencontre émotionnelle avec l'environnement (Griffero, 2017). Ainsi, la phénoménologie de l'espace et l'expérience géographique n'ont pas été négligées.

2.3.1.3 La philosophie, la psychologie environnementale et l'approche de conception fondée sur des preuves :

La psychologie traite du comportement et des processus mentaux impliqués dans l'expérience de l'espace. L'accent mis sur l'espace est la "psychologie environnementale". La psychologie environnementale prend la phénoménologie comme l'un de ses substrats (Bechtel and Churchman, 2003). Il est donc parfois difficile de les distinguer, tout comme il n'est pas aisé de discerner les origines philosophiques de la psychologie environnementale.

La psychologie de la Gestalt a établi des principes, ou lois, sur l'organisation des scènes. De nombreux professionnels de la conception, y compris nous architectes, ont souvent adopté ces principes. Il est intéressant de noter que Koffka (Koffka, 2013) a étudié l'organisation du champ visuel et que Köhler a développé le concept d'"isomorphisme" pour inclure la corrélation entre l'expérience et l'activité neuronale et l'expérience en tant que somme sensorielle (Köhler, 1967). À ce stade de l'histoire, les liens entre la psychologie et les neurosciences étaient évidents.

L'un des avantages de la psychologie environnementale pour aborder la dimension cognitive et émotionnelle de l'architecture réside dans ses outils d'évaluation. Le différentiel sémantique est l'un des plus utilisés. Il repose sur l'idée qu'un concept peut acquérir une signification lorsqu'un signe (mot) provoque la réponse associée à ce qu'il représente, ce qui suggère l'existence d'une structure sous-jacente.

Une application plus pratique des outils disponibles en psychologie environnementale est l'approche de la conception basée sur les preuves (EBD : *Evidence-Based Design Approach*) : "le processus consistant à fonder les décisions relatives à l'environnement bâti sur des recherches crédibles". Cette approche trouve son origine dans le domaine médical, en tant

Chapitre 2 : Neuroarchitecture et dimension cognitivo-émotionnelle de l'architecture

qu'extension de la médecine fondée sur des preuves à la conception architecturale (Ulrich, 2006). Les analyses planimétriques et les évaluations post-occupation en sont des exemples. Depuis qu'Ulrich a démontré l'influence de l'environnement sur le rétablissement des patients (Ulrich, 1984), cette approche a été largement appliquée aux espaces de soins. L'une des raisons pour lesquelles l'EBD est si largement utilisé est qu'il est accessible à toute organisation. Différents aspects ont été étudiés. Par exemple, certains aspects comprennent la réduction de la douleur et du stress, l'amélioration du repos, l'amélioration de l'orientation spatiale, l'errance, l'intimité et la sécurité, la cohésion sociale, le bien-être général et la satisfaction, et la conception d'environnements adaptés aux enfants. Le tableau 1 compile les effets générés par différentes variables de conception, selon différentes études de psychologie environnementale et d'EBD

Tableau 1 :
Effets générés par des variables ou des aspects de la conception architecturale fréquemment étudiés dans l'approche psychologie environnementale et EBD.
 Source : (Higuera-Trujillo et al., 2021)

Variable de conception	Effet
Hauteur de plafond	Les hauts plafonds inspirent la liberté, les bas plafonds apaisent.
	Les hauts plafonds génèrent une plus grande créativité et des sensations de confort .
	La hauteur du plafond affecte positivement l'orientation
Présence de végétation	La végétation réduit le stress et l'anxiété.
	Dans les parcs, le plaisir augmente en fonction de la densité des arbres et l'excitation avec la densité des mauvaises herbes .
	Hypothèse de biophilie : préférence pour les formes naturelles
	Théorie de la restauration de l'attention : les milieux naturels sont réparateurs. Leurs caractéristiques réparatrices sont la « fascination », « l'éloignement », la « cohérence » et la « compatibilité » .
Complexité	Préférence pour des niveaux de complexité modérés, similaires à un environnement de savane .
	Prospect-refuge : préférence pour les environnements naturels et bâtis, qui offrent un contrôle visuel de l'environnement et des endroits où se cacher.

Chapitre 2 : Neuroarchitecture et dimension cognitivo-émotionnelle de l'architecture

Éclairage	La température de couleur et l'éclairement sont étroitement liés au confort.
	La lumière naturelle réduit les séjours hospitaliers .
	La lumière et la forme sont interdépendantes : les murs et les plafonds influencent la perception de la luminosité. Une pièce paraît plus grande lorsqu'elle reçoit plus de lumière indirecte .
	La valence de l'humeur et les performances cognitives s'altèrent en fonction des paramètres lumineux : température de couleur avec un effet moins négatif sur l'humeur, amélioration des performances cognitives, combinaison de la température de couleur et de l'éclairement avec une meilleure évaluation de l'humeur, amélioration des performances cognitives .
	Les états émotionnels affectent la perception de la luminosité .
Couleur	Extrait à un stade précoce du traitement visuel
	Grande variété d'effets sur les préférences esthétiques .
	La teinte et la saturation sont liées à l'état émotionnel .
	Les tons chauds ont des valeurs d'excitation plus élevées et les tons plus froids sont plus faibles.
Utiliser	L'usage qui est fait d'un espace influence son évaluation psychologique .
La cohérence	En milieu naturel, la cohérence d'un décor avec mobilier en bois est nettement supérieure à celle d'un décor avec mobilier métallique, mais nettement inférieure à celle d'un décor sans mobilier .

2.3.2 Les nouveaux instruments

Les approches de base présentent en général deux limites : la validité des stimuli sélectionnés et l'applicabilité des évaluations. En ce qui concerne les stimuli, bien que les représentations puissent être valides, elles sont limitées.

De nouveaux outils de recherche tentent de surmonter ces limites et de fournir (1) des stimuli artificiels plus proches des stimuli physiques réels (dans les espaces représentés) et (2)

Chapitre 2 : Neuroarchitecture et dimension cognitivo-émotionnelle de l'architecture

de nouvelles évaluations plus objectives des réponses cognitives et émotionnelles. Ces outils sont les suivants :

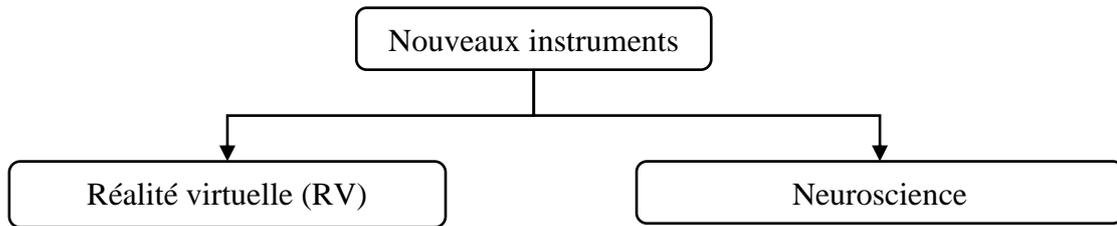


Figure 9 : Schéma des nouveaux instruments appliqué dans l'architecture

La réalité virtuelle (RV) est souvent utilisée pour fournir une stimulation. La réalité virtuelle simule des environnements de manière réaliste, immersive et interactive dans des conditions de laboratoire contrôlées (Vince, 2004). **En ce qui concerne l'évaluation, les neurosciences et les technologies connexes permettent aux chercheurs d'enregistrer et d'interpréter les réactions comportementales, physiologiques et neurologiques de l'homme, ce qui offre un haut niveau d'objectivité et un suivi continu.** Bien que les techniques neuroscientifiques soient disponibles depuis des décennies, leur application se développe actuellement.

2.4 Les neurosciences dans l'architecture, c'est-à-dire la neuroarchitecture

L'innovation dans l'approche géométrique et les tentatives de redéveloppement de celle-ci ont laissé entrevoir l'incorporation des neurosciences dans l'étude de l'architecture. En outre, rétrospectivement, certains développements influencés par la psychologie de la Gestalt établissent un lien avec l'utilisation des neurosciences en architecture (Jelić, 2015). Il s'agit par exemple des travaux de Von Hayek (Hayek, 2012) et des recherches d'Arnheim (Arnheim, 1954) sur la psychologie de l'art et la perception des images. Au-delà de la gestalt, et strictement en dehors de l'art, Reference (Hebb, 2005) a contribué à l'application des neurosciences au comportement en développant une théorie sur la façon dont des phénomènes psychologiques complexes peuvent être produits par l'activité cérébrale. Associé à ses idées, Neutra a formulé l'une des premières formulations contemporaines plus explicites de l'incorporation des connaissances neuroscientifiques dans l'architecture. Il a expliqué que l'architecture devait répondre aux besoins neurologiques de ses utilisateurs en incorporant les recherches disponibles dans le développement des conceptions architecturales.

Chapitre 2 : Neuroarchitecture et dimension cognitivo-émotionnelle de l'architecture

Deux lignes se distinguent dans l'exploration des fondements de l'architecture :

- Le processus de conception
- L'expérience de l'architecture.

Avant d'entrer dans les détails de l'explication de ces axes, il est important de mentionner certains des outils que les neurosciences mettent à disposition pour l'étude des émotions, permettant ainsi leur utilisation dans la conception architecturale, minimisant ainsi autant que possible les effets négatifs de l'espace/construction sur l'Homme.

2.4.1 Instruments et méthodologies

- L'électroencéphalogramme (EEG) permet de détecter le type d'émotions et de savoir si le sujet est dans un état de bien-être ou de stress ;
- L'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) mesure indirectement l'activité neuronale en détectant les changements de propriétés magnétiques liés au flux sanguin (Soares et al., 2016).
- L'oculométrie nous indiquera ce qui attire l'attention d'un point de vue cognitif, par exemple si un panneau de signalisation est placé de manière visible ;
- La réponse galvanique de la peau révélera des états mentaux tels que le stress, la fatigue ou l'implication.

Avec ce type de méthodologie, il devient donc possible de tester les réactions cognitives et émotionnelles de n'importe quel sujet face à un bâtiment, un lieu ou un artefact de manière particulièrement approfondie et exhaustive. (Rosa, 2020)

2.4.2 Le processus de conception :

La première ligne a été largement développée dans l'art en général et a progressé dans le domaine de l'architecture, par exemple dans les propositions sur la manière d'incorporer les connaissances dérivées de l'application des neurosciences à l'architecture dans le processus de conception, et dans les études sur le développement du cerveau généré par l'expérience (Wiesmann and Ishai, 2011). Ces études ont des points communs avec la recherche neuroesthétique.

2.4.1.1 Neuroesthétique

Les technologies neuroscientifiques et de réalité virtuelle ont été largement utilisées pour des expériences dans les domaines connexes de l'art et de l'esthétique. Elles ont constitué une source précieuse de résultats et de méthodologies. La discipline issue de l'application des neurosciences à l'esthétique a été baptisée "neuroesthétique". La recherche neuroesthétique est un exemple de la manière dont les technologies peuvent contribuer à l'étude de l'art (Chatterjee, 2014) et, comme l'architecture partage des lignes d'action avec l'art et l'esthétique, la compréhension des innovations les plus significatives qui ont eu lieu dans l'art et l'esthétique est une nouvelle source importante de connaissances pour l'architecture. Cependant, bien que l'on puisse supposer un certain degré d'extrapolation, il convient de noter que l'état actuel du développement de la neuroarchitecture ne nous permet pas encore de déterminer dans quelle mesure l'extrapolation est possible. Dans ce qui suit, nous discutons de quelques points de repère qui ont été considérés comme ayant une importance et une affinité particulières pour l'architecture, en considérant les contributions de différents contextes artistiques et, par conséquent, de différentes modalités sensorielles.

La psychologie a développé différents niveaux d'analyse au cours du siècle dernier (Reimann et al., 2010). Certains de ces niveaux d'analyse se sont concentrés sur les aspects "objectifs" et "subjectifs" qui influencent l'expérience esthétique (Höge, 1995).

Parmi les aspects "objectifs" liés aux caractéristiques des objets figurent : la symétrie, le centre, la complexité, l'ordre, la proportion, la couleur, le contexte et la fluidité du traitement. Nombre de ces aspects objectifs ont été abordés intuitivement par diverses disciplines artistiques, mais l'application d'une approche psychologique offre de nouvelles perspectives susceptibles d'intéresser les artistes et les chercheurs. Par exemple, la symétrie, qui est fréquemment utilisée depuis les premiers temps dans certains courants et styles architecturaux, a été associée à un traitement cognitif plus rapide des stimuli, mais aussi à une certaine rigidité esthétique. D'autres aspects moins étudiés sont la typicité et le contenu sémantique, par opposition aux qualités formelles et au style. Plusieurs de ces aspects sont regroupés dans la théorie de l'expérience esthétique de Ramachandran et Hirstein (Ramachandran and Hirstein, 1999). Celle-ci conceptualise huit principes : l'effet de déplacement des crêtes, l'isolation des indices uniques, le regroupement perceptuel, le contraste, la résolution de problèmes perceptuels, le point de vue générique, la métaphore et la symétrie.

Chapitre 2 : Neuroarchitecture et dimension cognitivo-émotionnelle de l'architecture

Les aspects "subjectifs", liés à des facteurs personnels, comprennent l'état émotionnel, la familiarité et la nouveauté, la pré-classification et d'autres aspects de nature sociale. Ces aspects complètent les aspects objectifs et jouent un rôle important.

2.4.3 L'expérience architecturale :

Les aspects fréquemment examinés de la deuxième ligne sont l'orientation, la lumière et l'acoustique. L'orientation fait partie de l'activité quotidienne de la plupart des gens. Des études de nature différente ont tenté d'expliquer les principes impliqués dans l'orientation avec la RV comme outil efficace. Ces études présentent un intérêt direct pour l'amélioration des stratégies de navigation. Il existe une longue tradition d'utilisation de la lumière à des fins esthétiques. Les études axées sur la lumière ont été complétées par des recherches axées sur la santé. L'application de recommandations fondées sur les résultats de la recherche sur la lumière pourrait améliorer l'expérience des utilisateurs, en particulier ceux qui ont des problèmes de temps et de lumière (par exemple, les travailleurs de nuit). En ce qui concerne l'acoustique, il existe une relation entre le bruit et les conséquences pour l'homme à différents niveaux. Par exemple, des études ont été entreprises sur la récupération du stress lors de l'exposition à des sons de qualité différente. Au-delà des arguments artistiques, le traitement de l'acoustique spatiale revêt une importance considérable. Outre ces aspects (orientation, etc.), il convient de souligner les études identifiant les mécanismes d'exposition aux environnements de restauration, ainsi que les études sur la quantification, basée sur des mesures neurophysiologiques, des effets des environnements réparateurs dans les espaces intérieurs et extérieurs, la saisie de l'impact émotionnel des expériences muséales, la modification des variables de conception recommandées, et le travail avec des aspects de conception mixtes. Les résultats de certaines études figurent au (tableau 2). Au-delà de l'importance relative des études d'orientation, on constate dans ce tableau que certaines variables attirent davantage l'attention (tout comme la psychologie environnementale et l'EBD). Les contours variables et l'ornementation, qui est un aspect fondamental de la conception architecturale, se distinguent. (Higuera-Trujillo et al., 2021)

Chapitre 2 : Neuroarchitecture et dimension cognitivo-émotionnelle de l'architecture

Tableau

2 :

Fondements neurophysiologiques de la dimension cognitivo-émotionnelle de l'architecture et effets neurocomportementaux générés par les variables de conception architecturale étudiées dans l'application des neurosciences à l'architecture.

Aspect/ Variable	Effet neurocomportemental/Activité neurophysiologique connexe
Orientation	Zones postérieures pariétales, pré motrices et frontales, activation plus importante lorsque le sujet utilise un référentiel égocentrique .
	Zone occipito et temporale, activation plus importante lorsque le sujet utilise un référentiel allocentrique .
	Zone pariétale à bande alpha désynchronisée, dans les milieux où l'orientation est difficile .
	Zone occipitale, traite les caractéristiques visuelles importantes pour la reconnaissance des points de repère .
	Aire temporale médiale, liée aux représentations allocentriques.
	Sillon lingual droit, participe à la perception des bâtiments.
	Cortex cingulaire postérieur et lobe occipital, impliqués dans la navigation et la perception sous différents angles.
	Cortex médian cingulaire antérieur, plus grande activation dans les espaces clos, générant éventuellement des décisions d'évitement.
	Cortex entorhinal, reliant la mémoire et les données de navigation pour créer une carte cognitive des événements .
	Le complexe rétro-splénial récupère les informations spatiales et conceptuelles liées aux points de repère.
	Hippocampe, pariétal postérieur droit et cortex pariétal médial postéro-dorsal, liés à la récupération du contexte spatial.
	L'hippocampe droit participe à la mémorisation des lieux.
	L'hippocampe gauche participe à la remémoration des événements autobiographiques.
	Hippocampe, avec une activation plus élevée dans la bande thêta, hypothétiquement liée à l'intégration sensorimotrice lors de la navigation.
	Le para-hippocampe code le repère identitaire .
	Le para-hippocampe participe au traitement spatial des scènes.
Le para-hippocampe répond, en général, à des traits rectilignes.	

Chapitre 2 : Neuroarchitecture et dimension cognitivo-émotionnelle de l'architecture

	La bande alpha, avec une activation accrue dans les électrodes occipitales, est associée à des images de paysage de rue familières.
	Bande bêta, avec une activation accrue dans les électrodes frontales, positivement corrélée avec les statistiques RMS (root-mean-square) et les dimensions fractales.
	Les bandes alpha et bêta indiquent que les trois premières minutes de marche ont les plus grands effets cognitifs sur les utilisateurs .
	La bande thêta, avec une activation accrue, est associée à une augmentation des performances de navigation chez les femmes et à une diminution des performances de navigation chez les hommes.
	Rapport thêta/alpha lié à une meilleure cognition et mémoire.
Stress	Gyrus frontal moyen, gyrus temporal moyen et inférieur, insula, lobe pariétal inférieur et cunéus avec une activation plus élevée dans des environnements à potentiel hautement réparateur.
	Gyrus frontal supérieur, précunéus, gyrus para-hippocampique et cingulaire postérieur avec une activation plus élevée dans les environnements à faible potentiel de restauration.
	Bande alpha avec une activation plus élevée dans le lobe frontal dans des environnements non stressants.
	Bande bêta élevée avec une activation plus élevée dans le lobe temporal dans des environnements stressants .
	Une combinaison de variables de conception multi sensorielles produit un effet synergique qui réduit le stress. Mesuré par EDA, HRV et EEG.
Éclairage	La lumière blanche module l'humeur et les rythmes du sommeil.
	Les espaces éclairés au-dessus de 7500 K augmentent la tension artérielle.
	Différences d'éveil démontrées (mesurées par EEG) dans des espaces éclairés à 5000 K et 3000 K.
	La lumière bleue accélère la relaxation post-stress.
	L'éclairage direct/indirect rend les sujets plus frais et plus agréables par rapport à l'éclairage direct. Il génère également plus d'activité dans les électrodes F4, F8, T4 et TP7. Dans ces circonstances, la bande thêta de l'électrode F8 était corrélée à une auto-évaluation "cool".
	Différence entre la température de couleur froide et neutre, au niveau de la vigilance, de la fatigue, du fonctionnement cognitif, de la HRV et de l'EDA.

Chapitre 2 : Neuroarchitecture et dimension cognitivo-émotionnelle de l'architecture

Couleur	Les espaces de couleur rouge augmentent l'excitation mesurée par les mesures EEG.
Contours et ornements	Cortex cingulaire antérieur, plus grande activation en regardant les espaces curvilignes.
	Cortex cingulaire antérieur à bande thêta, lié à certaines caractéristiques spatiales.
	Lobes frontaux avec des potentiels événementiels d'amplitude positive plus élevée, entre 300 et 600 ms, lors de la visualisation d'ornements architecturaux. Susceptibles de modulation culturelle.
	Les espaces géométriques courbes sont préférés aux espaces géométriques angulaires.
	Les espaces géométriques courbes sont préférés par les sujets non experts en design, et les espaces à angle vif par les sujets experts.
	La géométrie angulaire n'est pas évitée, mais les espaces géométriques courbes incitent à des comportements d'approche (plutôt que d'évitement).
	Amygdale avec une plus grande activation lors de la visualisation de contours nets que courbes, et d'images de paysages et d'objets de soins de santé. Cependant, lors de la visualisation d'images d'intérieurs et d'extérieurs d'hôpitaux, il y a une plus grande activation avec des contours courbes. on suppose que, dans les environnements associés au stress, les contours courbes peuvent ne pas être souhaitables.
	Les agencements de bureaux ouverts génèrent plus d'activité physique et moins de stress, mesurés par la VRC (SDNN).
	La thigmotaxie joue un rôle dans l'apprentissage spatial, selon la phase. Prédisposition humaine pour les murs : les gens sont thigmotactiques .
	les fenêtres
La géométrie des façades et l'éclairage qui les traverse dans les intérieurs affectent les réponses physiologiques (au niveau VRC) et psychologiques de différentes manières. Entre autres, il y a une décélération de la fréquence cardiaque avec des conceptions irrégulières, par rapport aux stores, car ils attirent une plus grande attention.	

Chapitre 2 : Neuroarchitecture et dimension cognitivo-émotionnelle de l'architecture

Jugement esthétique	Zones frontales gauches avec plus d'activité de bande thêta lors de la visualisation d'espaces intérieurs agréables.
	Zone faciale fusiforme, impliquée dans l'encodage neuronal à grain fin des scènes architecturales.
	La bande thêta a augmenté dans la zone frontale, dans des environnements familiers et confortables.
	La bande alpha a augmenté dans les zones pariétales et frontales centrales gauches dans des environnements agréables.
	Bande Mu désynchronisée dans les aires motrices gauches, dans des environnements agréables et confortables.
Nature	Les visions de la nature ont des effets positifs sur les états émotionnels et physiologiques.
	Les panoramas naturels (dans les vidéos) produisent un HR significativement plus élevé que les panoramas urbains.
	L'absence de végétation génère un environnement plus oppressant, qui affecte le jugement de distance et génère une plus grande excitation mesurée par EDA.
	Modèles cérébraux similaires entre les images positives et les simulations multi sensorielles à ciel ouvert mesurées par IRMf. Ces derniers génèrent également une activité liée à la cognition spatiale et à l'expansion de l'espace.

(Higuera-Trujillo et al., 2021)

Ces progrès montrent l'utilité de l'approche neuro-architecturale pour la dimension cognitive et émotionnelle de l'architecture. Cependant, bien que la recherche neuroscientifique soit vaste et rigoureuse, son application à l'architecture est une discipline émergente (Dance, 2017). Par conséquent, il existe encore peu de travaux pratiques axés exclusivement sur l'amélioration de la conception architecturale. Les efforts sont dispersés et un cadre commun n'a pas encore été établi.

Conclusion

La neuroarchitecture est un domaine émergent qui cherche à comprendre comment l'architecture peut influencer notre cerveau et notre expérience émotionnelle. Elle combine des principes de neurosciences cognitives et de design architectural pour créer des espaces qui favorisent le bien-être, la productivité et la satisfaction des occupants.

Chapitre 2 : Neuroarchitecture et dimension cognitivo-émotionnelle de l'architecture

L'approche de la neuroarchitecture repose sur l'idée que notre environnement bâti peut avoir un impact significatif sur notre santé mentale et notre bien-être émotionnel. En tenant compte des processus neurocognitifs et des réponses émotionnelles, les architectes peuvent concevoir des espaces qui répondent aux besoins psychologiques et physiologiques des utilisateurs.

La dimension cognitivo-émotionnelle de l'architecture reconnaît que notre cerveau traite l'information de manière intégrée. Nos expériences émotionnelles et cognitives sont étroitement liées, et les environnements physiques dans lesquels nous vivons et travaillons peuvent influencer ces deux aspects de manière interdépendante.

Chapitre 3 : Etude d'exemple : cas de l'aérogare de Milan

Introduction :

L'aéroport de Milan Linate, situé à quelques kilomètres du centre de Milan en Italie, est l'un des aéroports les plus importants et fréquentés de l'Italie. Son histoire remonte aux années 1930, lorsqu'il a été initialement construit pour servir de principal aéroport de Milan. Au fil des ans, Milan Linate est devenu un hub crucial pour les voyages nationaux et internationaux, et il joue un rôle essentiel dans la connectivité de la région de Lombardie avec le reste de l'Europe et du monde.

Milan Linate se distingue par sa proximité avec le cœur économique et culturel de Milan, ce qui en fait un choix privilégié pour les voyageurs d'affaires et de loisirs. Sa position géographique stratégique contribue à son rôle de plaque tournante pour les liaisons aériennes vers diverses destinations européennes et méditerranéennes. Cependant, en raison de sa situation au sein de la ville, l'aéroport a rencontré des défis liés à la capacité et à l'expansion.

L'aéroport de Milan Linate est réputé pour son design élégant et sa convivialité. Il offre une expérience de voyage pratique grâce à des installations modernes, des boutiques de luxe, des restaurants et des longes pour les passagers. Malgré sa popularité, l'aéroport a parfois été confronté à des problèmes liés à la congestion et au trafic aérien, ce qui a entraîné des discussions sur l'expansion de ses capacités pour répondre à la demande croissante.

L'analyse de l'aéroport de Milan Linate met en évidence son rôle historique et actuel en tant que porte d'entrée aérienne essentielle pour la ville de Milan et la région lombarde. Malgré les défis liés à sa proximité avec la ville, il continue de jouer un rôle vital dans le réseau de transport aérien en offrant des liaisons intérieures et internationales, tout en étant confronté aux impératifs de durabilité et d'efficacité opérationnelle pour répondre aux besoins changeants du voyage moderne.

Dans le cadre de cette recherche, on s'intéressera uniquement à l'approche neuroarchitecture du restyling appliqué à l'aéroport de Linate pendant la phase de requalification qui a débuté en 2018 et s'est achevée en juin 2021, en particulier les différents détails architecturaux que ce restyling basé sur la neuroarchitecture a ajouté à l'aéroport.

3.1 Aéroport de Milan Linate

L'aéroport de Milan-Linate (IATA¹ : LIN, ICAO²: LIML), nommé d'après Enrico Forlanini, est un aéroport italien exploité par SEA. Il est le huitième aéroport italien et le troisième aéroport lombard (après Malpensa et Orio al Serio) en termes de trafic passagers.

En 1937, l'aéroport de Milan Linate (Aeroporto di Milano Linate) a été inauguré et est situé à environ 7 kilomètres à l'est du centre-ville de Milan, en Italie. Il est considéré comme l'un des principaux aéroports de la région et traite principalement les vols nationaux et européens, avec une forte concentration sur les vols intérieurs italiens.

Linate est principalement utilisé pour les vols court-courriers et les vols domestiques, tandis que l'aéroport de Milan Malpensa (situé plus au nord) gère généralement les vols internationaux et long-courriers.

L'aéroport dispose d'un seul terminal (Aérogare) offrant une variété de services aux passagers, tels que des boutiques, des restaurants, des salons et des installations de location de voiture ; et deux pistes, l'une pour le trafic commercial et l'autre pour l'aviation générale³. Les voyageurs peuvent rejoindre le centre-ville de Milan depuis l'aéroport en utilisant divers moyens de transport, notamment les taxis, les bus, les services de covoiturage et dernièrement même par le métro.

Bien que son nom officiel soit Aéroport Enrico Forlanini, du nom du pionnier et inventeur de l'aviation, l'aéroport milanais est plus connu sous le nom de la localité près de laquelle il est situé (Linate, dans la municipalité de Peschiera Borromeo). Une partie du site de l'aéroport se trouve également sur le territoire des communes de Segrate et de Milan.

¹ **Le code d'aéroport IATA** est un code à trois lettres attribué par l'IATA à différents aéroports dans le monde. Les codes d'aéroport de l'IATA sont publiés chaque trois ans dans le répertoire de codage des compagnies aériennes de l'IATA (IATA Airline Coding Directory).

² **Le code OACI** des aéroports est un code à quatre lettres, ou plus rarement à deux lettres et deux chiffres, utilisé pour désigner tous les aéroports du monde. En fait, le code OACI ne sert pas seulement à désigner les aéroports, mais aussi les autorités du trafic aérien, les centres de contrôle et de communication, les stations radio, les stations météorologiques, etc.

³ **L'aviation générale** est un terme générique qui regroupe toutes les activités aériennes civiles autres que le transport commercial : aviation sportive (voltige, vol à voile) ou de loisir (tourisme), travail aérien (secours, évacuations sanitaires, formation des pilotes, épandage agricole, lutte contre l'incendie, photographie et cartographie, surveillance aérienne par les douanes ou la police, etc.), aviation d'affaires, etc

Chapitre 3 : Etude d'exemple : cas de l'aérogare de Milan

Tableau 3 : Fiche technique de l'aéroport de Milan Linate

Aeroporto di Milan-Linate					
 Vue aérienne	Base		 ITA Airways		
	Construction		1933-1937		
	Classe ICAO		4D		
	Cat. Antiincendie		8 ^a ICAO		
Code IATA	LIN		Altitude	108 m s.l.m.	
Code ICAO	LIML				
Code WMO ⁴	16080		Coordonnées	 45°27'39.24"N 9°16'48"E	
Nom commercial	Aéroport Enrico Forlanini				
Description			Carte de localisation		
Type	Civile				
Responsable	Société des exercices aéronautiques (SEA)				
Conducteur de tour de contrôle	ENAV				
Pays	 Italie				
Région	 Lombardie				
Ville	 Milan		Site web	www.milanolate-airport.com www.milanolate-airport.com/en	
Localisation	 Milano  Serrate  Peschiera Borromeo, Viale Enrico Forlanini		Orientation (QFU)	Longueur	Superficie
			18/36	2442 m	Asphalte
			17/35	600 m	Bitume

⁴ 'Organisation météorologique mondiale (OMM, en anglais : World Meteorological Organization ou WMO) est une institution spécialisée des Nations unies. Son rôle est de participer à l'élaboration des normes qui permettent la standardisation des mesures météorologiques, leur échange international pour la veille et la prévision météorologique, leur archivage pour les études climatiques ainsi qu'une application pertinente de cette information.

3.1.1 Présentation et situation

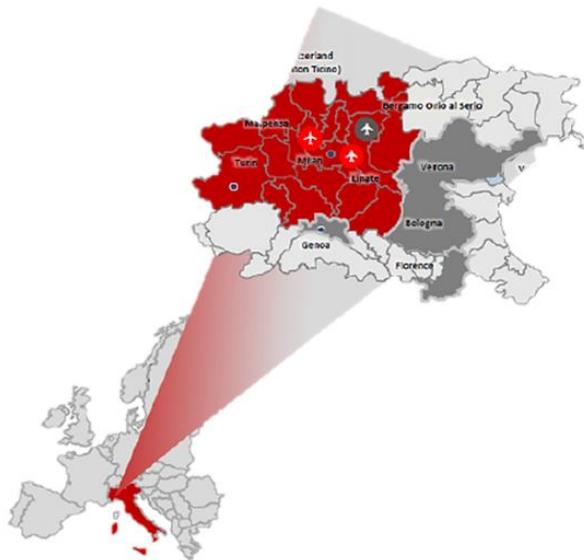


Figure 10 : Situation de l'aéroport Milano Linate
Source: SEA (Morelli, 2022)

L'aéroport de Milan Linate est situé dans l'Union européenne, plus précisément dans le nord de l'Italie, dans la région de Lombardie.

L'aéroport de Linate occupe une superficie totale d'environ 350 hectares dans le secteur sud-est de la province de Milan, sur les territoires de Peschiera Borromeo, Segrate et Milan. Le parc Forlanini - l'un des plus grands parcs de l'agglomération milanaise - et l'Idroscalo bordent l'enceinte de l'aéroport. ((SEA), 2017)

Figure 11 : Photo du parc Enrico Forlanini – Milan



Figure 12 : Photo de l'aéroport Milan Linate

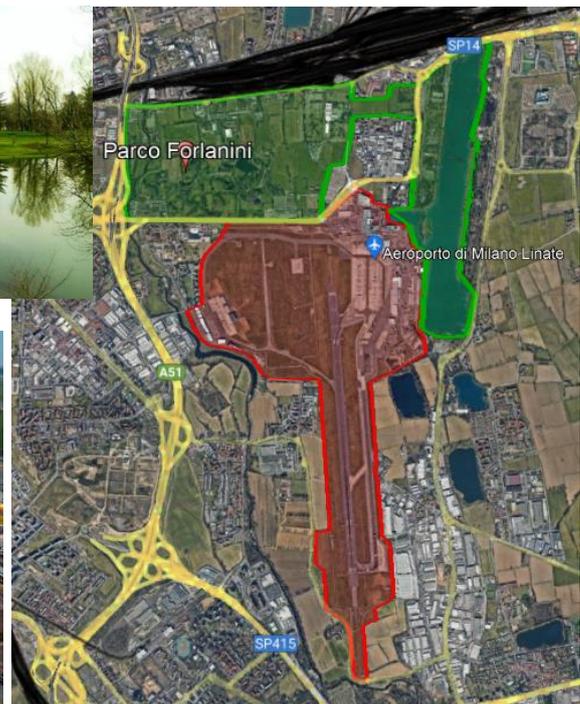


Figure 13 : Vue aérienne sur l'aéroport de Milan

3.1.2 Plan de masse et composants

L'aéroport est principalement dédié à la clientèle des grands voyageurs sur des lignes particulièrement attractives, tant nationales qu'internationales (ces dernières à l'intérieur et à l'extérieur de l'Union européenne). ((SEA), 2017)

Chapitre 3 : Etude d'exemple : cas de l'aérogare de Milan

L'aéroport dispose de deux pistes d'atterrissage et de décollage, dont la première (2 442 mètres de long) est destinée à l'aviation commerciale et la seconde (601 mètres de long) à l'aviation générale. ((SEA), 2017)

L'infrastructure de vol comprend une voie de circulation principale d'environ 2 100 mètres de long, un système de jonction d'environ 4 000 mètres et deux postes de stationnement pour les avions. ((SEA), 2017)

Il y a 46 aires de trafic avec une capacité de stationnement simultané de 42 avions.

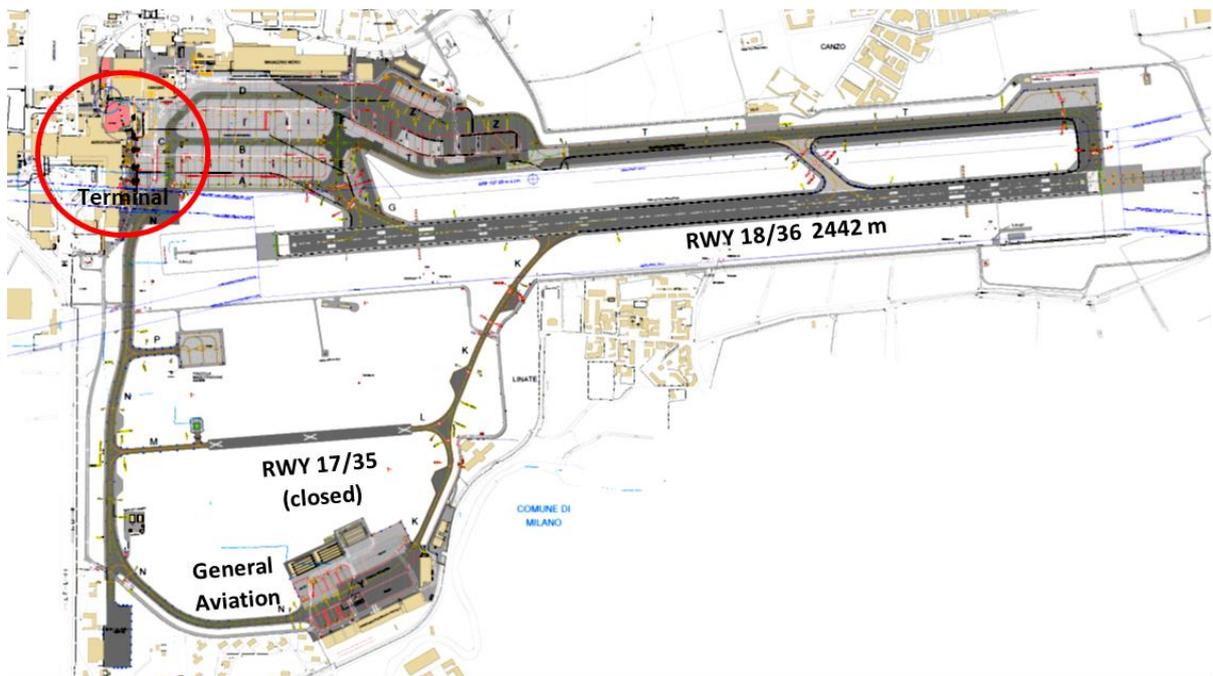


Figure 14 : Image du plan de masse de l'aéroport Milano Linate

Source : SEA⁵ et (Morelli, 2022)

Le terminal passager (Aérogare) s'étend sur 3 niveaux pour une surface totale d'environ 75 000 m² (dont environ 33 000 m² ouverts au public), et est équipé de 73 comptoirs d'enregistrement et de 24 portes d'embarquement, dont 5 sont desservies par des passerelles d'embarquement et les autres par des avions positionnés dans des aires de stationnement éloignées, accessibles par des bus inter-stations. ((SEA), 2017)

18,2 % de la zone du terminal ouverte au public est consacrée aux activités commerciales (commerces de détail et de restauration, location de voitures et services bancaires) et 7,5 % aux services rendus par les compagnies aériennes (enregistrement et billetterie).((SEA), 2017)

⁵ Le Groupe SEA (Società Exercises Aeroportuali) gère le système aéroportuaire de Milan (qui comprend les aéroports de Milan Linate et Milan Malpensa) sur la base de l'accord de quarante ans signé en 2001 avec l'ENAC, qui renouvelle la concession précédente du 7 mai 1962. La société mère SEA SpA est une société anonyme constituée et domiciliée en Italie.

Chapitre 3 : Etude d'exemple : cas de l'aérogare de Milan

La zone de fret dispose d'un entrepôt d'environ 16 800 m² avec une capacité de manutention de 80 à 100 000 tonnes par an. ((SEA), 2017)

Tableau 4 : Caractéristique infrastructurel

Caractéristique infrastructurel	
Surface sédimentaire	350 ha
Nbre de courses	2
Nombre de postes de stationnement avions	46
Pas de comptoirs <i>d'enregistrement</i>	73
Nombre de portes d'embarquement	24
Zone <i>terminale</i> dédiée aux activités commerciales	18,2 %
Zone d'entrepôt de marchandises	16.800 m ²
Capacité de manutention de fret	80-100 mille t/an
Centrale de cogénération – puissance électrique installée	24 MWe
Centrale de cogénération – puissance thermique installée	18 MW
Pas de places de parking	3
Nombre de places de stationnement pour passagers	3 736
Nombre de places de stationnement destinées aux opérateurs aéroportuaires	1 850
Pas de stations de taxi	169

Sources : SEA, Assaeroporti (www.assaeroporti.it)

3.1.3 Terminal passagers (Aérogare)

Comme déjà mentionné, l'aéroport de Milan Linate dispose d'un seul terminal de trois étages situé au nord de la piste, où se trouvent les zones de départ et d'arrivée. Une grande galerie commerciale et de restauration est prête à vous accueillir avant l'embarquement. S'agissant d'un aéroport principalement dédié à la clientèle d'affaires, il n'est pas surprenant que de nombreux services soient proposés à l'intérieur, y compris le Wi-Fi gratuit et les services VIP. (Aeroporto.net, 2004-2023)

Chapitre 3 : Etude d'exemple : cas de l'aérogare de Milan



Figure 15 : Image de la composition de l'aérogare de Milano Linate

Source : SEA

Le hall des arrivées est situé au rez-de-chaussée et le hall des départs au premier étage. Après avoir passé le contrôle de sécurité, les ascenseurs vous conduisent aux portes A1 à A16 et aux portes B25 à B28 au rez-de-chaussée. (AirMundo, 2010-2023)

3.2 Restyling de l'aéroport de Milan Linate

« Design, technologie et durabilité : les trois éléments qui caractérisent le projet de restyling ». ((SEA), 2021)

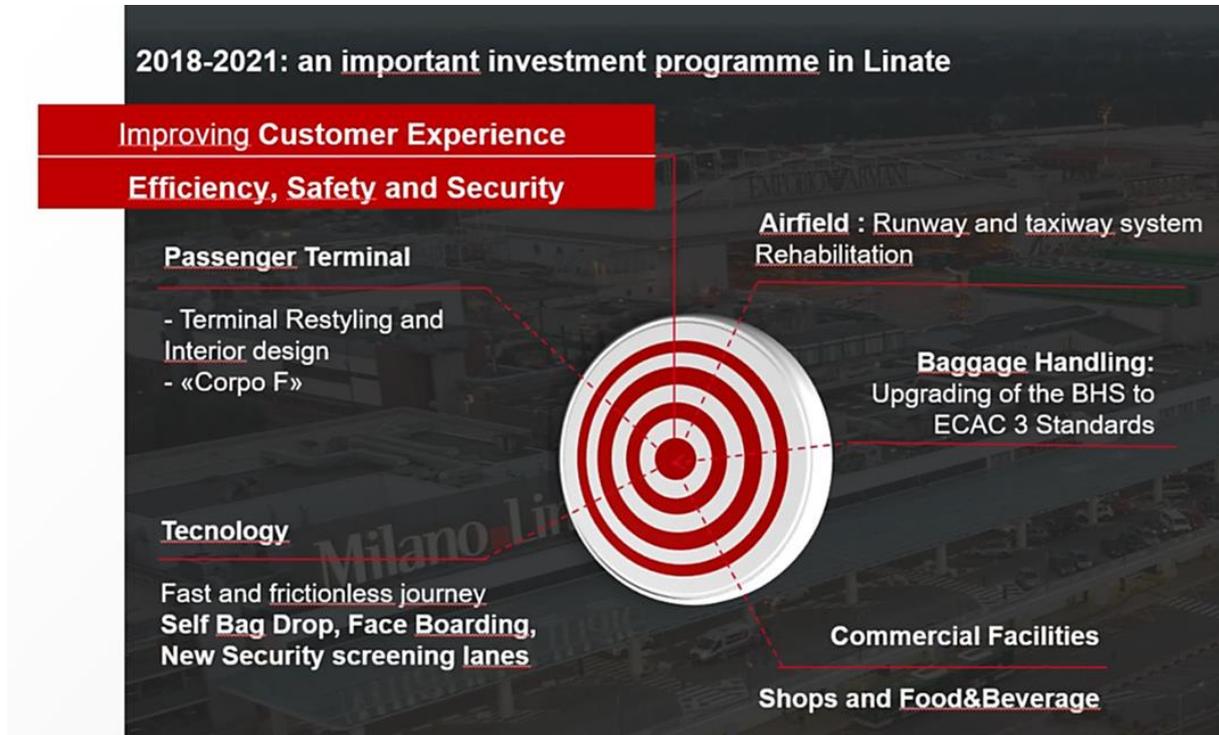


Figure 16 : Image explicative du projet d'innovation et des investissements prévus pour Milan Linate
Source : (Morelli, 2022)

L'aéroport de Linate, qui date de 1950, a fait l'objet de divers choix architecturaux au fil des ans, qui l'ont laissé dans un état d'obsolescence sans commune mesure avec son importance en tant que porte d'entrée de Milan, la ville qui symbolise le design italien.

Après avoir modernisé la façade du bâtiment en 2018, le projet "Architectural Restyling and Ambience" a débuté, avec pour objectif de rénover complètement l'intérieur du terminal afin d'améliorer la satisfaction des clients. Le projet a fusionné l'harmonisation architecturale et l'aménagement intérieur, mettant en œuvre une vision "verte", tout en mettant l'accent sur le confort et la qualité des finitions. En outre, la mise en œuvre de technologies innovantes et l'utilisation de l'automatisation (sécurité intelligente, données biométriques, livraison conjointe des bagages personnels, etc.) garantissent une expérience fluide pour les passagers". L'objectif était de donner à l'aéroport de Milan une nouvelle identité qui caractérise ses environnements, son atmosphère et ses matériaux, afin d'améliorer l'expérience du voyageur et la satisfaction du client. ((SEA), 2021)

Chapitre 3 : Etude d'exemple : cas de l'aérogare de Milan

Pour les zones opérationnelles, le projet s'est inspiré des lignes directrices de la neuroarchitecture, la neuroscience appliquée à l'architecture, qui vise à créer des espaces capables de susciter le bien-être en réduisant au minimum le stress et l'anxiété.

Les travaux réalisés dans le terminal de Linate ont consisté en une refonte architecturale et fonctionnelle de la zone d'enregistrement, des filtres de sécurité et de la zone duty free. En outre, le terminal a été agrandi avec une nouvelle zone développée sur 3 niveaux qui comprend les nouvelles portes d'embarquement de 1 à 8, une nouvelle galerie commerciale et une nouvelle aire de restauration. (Fidato, 2021)

3.2.1 Analyse du l'aérogare (terminal passager) après le restyling

Le projet est parti de l'idée de réaménager l'ensemble de l'espace, car le terminal présentait un certain nombre de problèmes majeurs qu'il fallait prendre en considération pour mieux comprendre la rénovation effectuée.

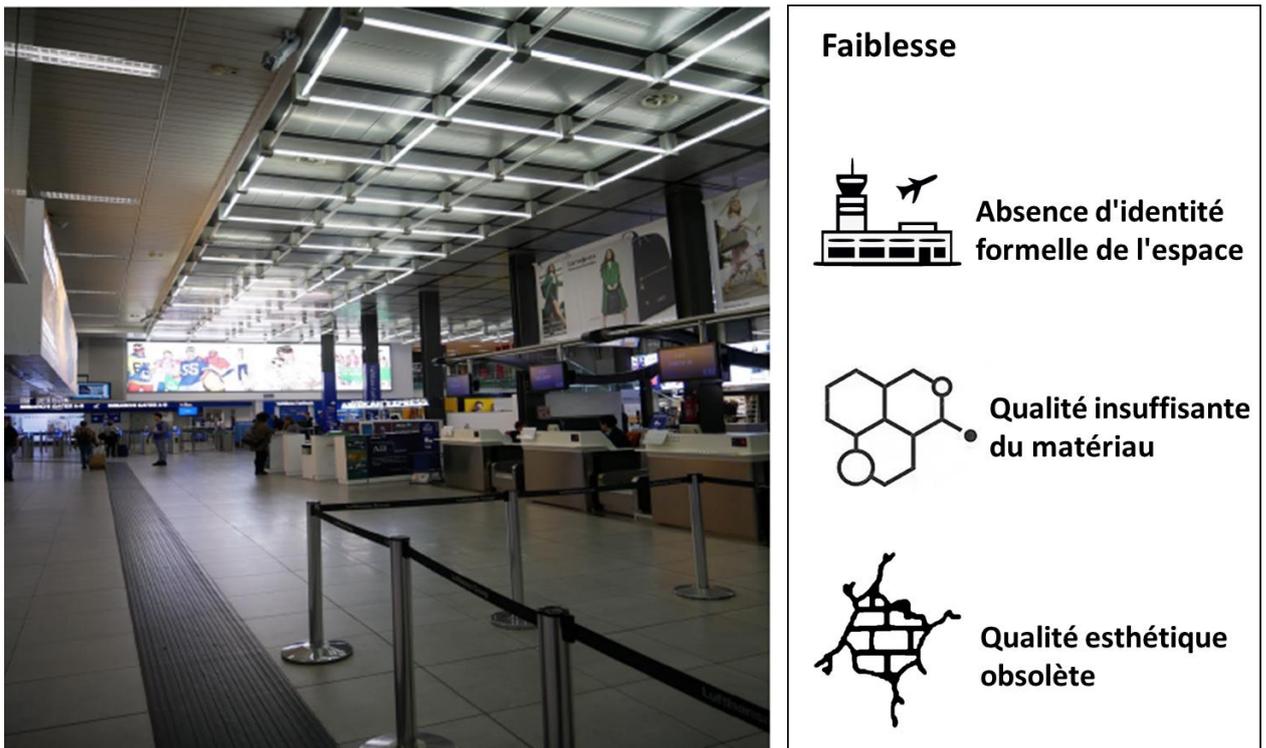


Figure 17 : Faiblesse de l'aéroport Milano Linate
Source : (Morelli, 2022)

Comme il a déjà été mentionné, le réaménagement de Linate a pris en compte la rénovation architecturale et fonctionnelle de la zone d'enregistrement (Check-in), des filtres de sécurité (contrôle des bagages) et de la zone freeshop appelée " corps F ".

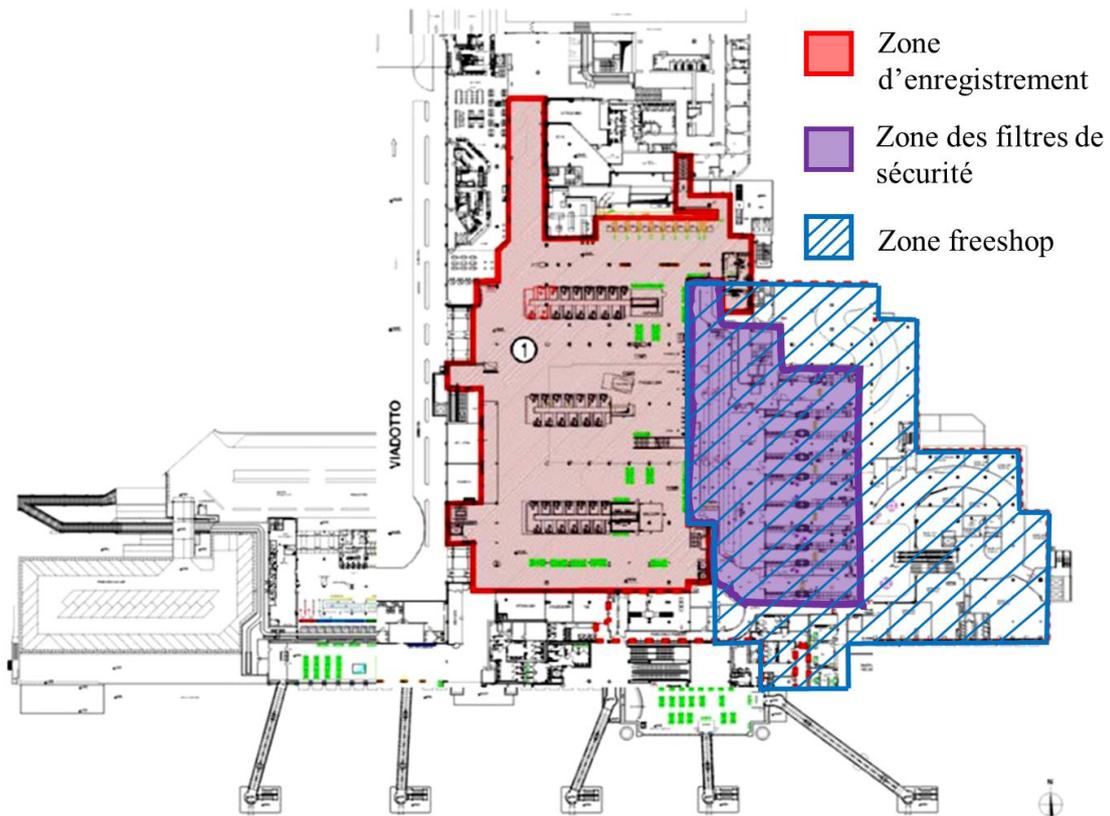


Figure 18 : Plan proportionnelle du 1^{ère} étage de l'Aérogare Milan Linate
Source : SEA et (Morelli, 2022)

3.2.1.1 Analyse de la zone d'enregistrement et du contrôle des bagages

"Le premier impact est évident en entrant dans la zone des départs : la zone d'enregistrement a été redessinée, proposant une nouvelle identité qui caractérise les espaces, l'atmosphère et les matériaux du nouveau terminal. La "nouvelle image" du terminal a été conçue avec le plus grand soin, en intégrant les principes de qualité formelle et matérielle et de durabilité environnementale. Les perceptions et les mouvements des passagers et des opérateurs aéroportuaires ont été analysés selon les dernières méthodologies neuroscientifiques afin de créer le confort visuel et acoustique adéquat". Explique Alessandro Fidato, directeur des opérations de SEA Milan Airports. (Fidato, 2021)



Figure 19 : Images de la zone d'enregistrement avant le restyling
Source : (Morelli, 2022)

La zone de check-in en effet a été réaménagée avec un espace à double hauteur et un système de jardins suspendus, avec des plantes et des arbustes surplombant le premier étage, créant ainsi une atmosphère verte et spacieuse. Les faux plafonds ont été améliorés et remplacés par des plaques de bois alternant avec des voiles en plaques de plâtre, attirant l'attention sur l'espace environnant et conférant uniformité et propreté à l'aménagement. Un système d'éclairage intégré met en valeur les lignes courbes des voiles et des profilés LED qui alternent avec les lamelles.



Figure 21 : Zone check-in après le restyling

Source : (Morelli, 2022)

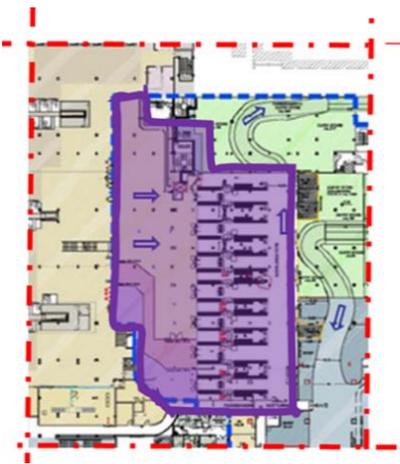


Figure 20: Concept du restyling

Rien n'a été laissé au hasard : même les comptoirs d'enregistrement/réception ont été redessinés avec un design caractérisé par des bords doux et fonctionnels, jetant un pont entre l'opérateur et le client grâce à la tablette d'appui frontale avec revêtement en laiton, traitée avec des procédés de gravure à l'acide. Un système d'éclairage d'accentuation avec une façade exposée, en ligne avec le design des comptoirs, complète l'environnement.

Dans la zone de contrôle des bagages, une attention particulière a été accordée aux couleurs et aux matériaux utilisés pour les murs, les sols et les plafonds. L'éclairage et les espaces ont été optimisés pour réduire l'anxiété des passagers, qui est généralement élevée lors du passage des contrôles de sécurité.

Cet espace permet de constater un traitement particulier :



Les murs devant les machines à scanner sont recouverts de bois, ou du moins c'est ce que l'on voit, le sol est en bois, ou celui déjà présent dans le projet car il s'agit d'une grande surface : Le plafond est incurvé et incliné, de couleur claire, matériaux variable entre le bois et le placoplâtre ; la lumière a également été prise en compte, en effet dans cette zone la lumière artificielle est douce et chaude, la dernière chose que nous remarquons et qui ne manque pas est l'ajout de la nature de petites plantes juste avant l'accès à la zone de contrôle.

Figure 22 : Image en plan de la zone sécurité

Source : (Morelli, 2022)

3.2.1.2 Analyse du corps F

« Les travaux de reconfiguration fonctionnelle et de rénovation architecturale ont également affecté la partie de l'aérogare à un étage appelée "Corps F".

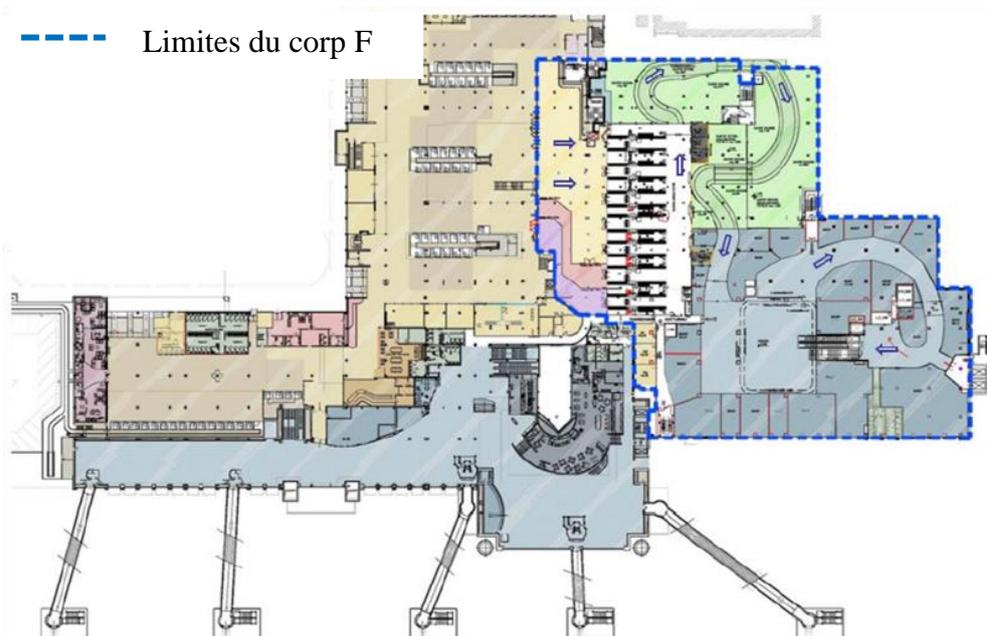


Figure 23 : Image de plan montrant les limites du corps F

Source : SEA et (Morelli, 2022)

Elle a été entièrement démolie pour créer un nouveau bâtiment de trois étages d'une superficie totale d'environ 10 000 mètres carrés, avec une modification significative des flux de passagers, l'agrandissement des zones d'embarquement, une nouvelle galerie commerciale et un nouvel espace de restauration grâce à un espace à double hauteur avec une "voile" en porte-à-

Chapitre 3 : Etude d'exemple : cas de l'aérogare de Milan

faux. Corpo F a été certifié "excellent" par BREEAM-in-use⁶. » Alessandro Fidato explique. (Fidato, 2021)

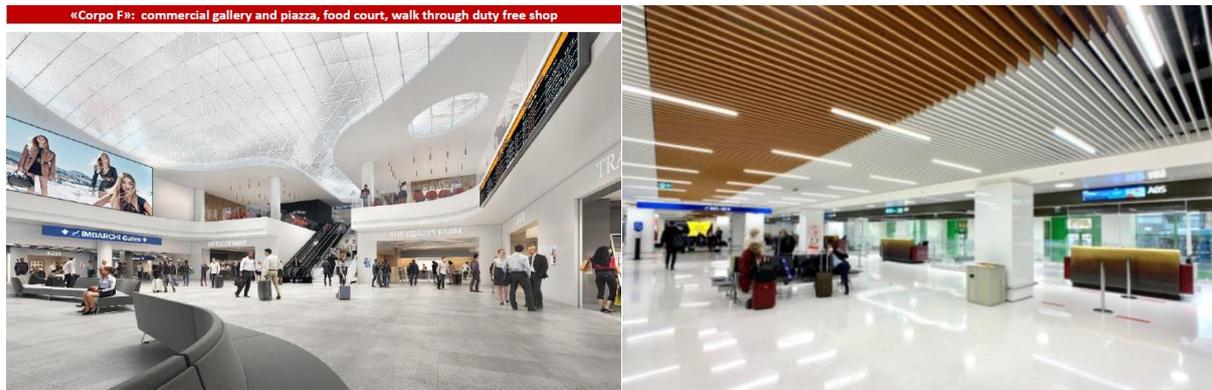


Figure 24 : Images de la zone commerciale (Corps F) après le restyling
Source : SEA (Morelli, 2022)

Cette zone est caractérisée par la lumière, les couleurs neutres, la liberté visuelle et les passages courbes à style de promenade - c'est d'ailleurs l'idée :

Depuis la zone de sécurité, en passant par le passage du duty-free, les passagers atteignent une grande place centrale à double hauteur et une galerie commerciale caractérisée par un développement curviligne.

Depuis la place centrale, un double chemin vertical mène les passagers à l'aire de restauration au deuxième étage et, après la galerie commerciale, aux portes de bus et d'embarquement au rez-de-chaussée.

La majeure partie du deuxième étage a été consacrée à l'aire de restauration, qui donne sur la place en contrebas et sur l'aire de trafic ; un grand salon VIP, un espace de travail, une zone fumeurs et deux nouvelles toilettes pour les passagers ont été créés.

Au rez-de-chaussée, on a donné plus d'espace aux portes d'embarquement A1 à A8 et à leurs zones de pré-embarquement, avec de nouvelles rampes d'accès sur le parvis. Derrière ces portes se trouvent des boutiques et un espace de restauration. Les toilettes ont été entièrement repensées et reconstruites pour inclure une nurserie et un espace d'allaitement.

⁶ BREEAM est une méthodologie de évaluation de la durabilité environnementale développée en 1988 par le Building Research Establishment (BRE).

C'est l'une des certifications les plus importantes à l'échelle internationale, conçue pour surveiller, évaluer et certifier la durabilité des bâtiments.

BREEAM In-Use certifie les performances environnementales d'un bâtiment en service. C'est la logique extension de la certification BREEAM.

3.2.2 Explication de la raison des différents traitements utilisés

Afin de comprendre la raison de ce traitement particulier dans des espaces particuliers, il est nécessaire de subdiviser l'espace en zones émotionnelles, c'est-à-dire en unités d'espace où les mêmes actions sont effectuées de manière répétée dans le temps et qui, par conséquent, déclenchent plus ou moins les mêmes émotions ; en fait, la neuroarchitecture s'intéresse à minimiser les effets émotionnels et cognitifs négatifs de l'architecture, il est donc important de subdiviser l'espace en fonction de ce schéma.

Un autre point important pour comprendre quelles sont les attentes émotionnelles des utilisateurs sont précisément les utilisateurs, il est important de comprendre qui utilise principalement cet espace, dans le cas de l'aéroport il y a deux utilisateurs principaux :

- Voyageurs
- Les opérateurs

Dans chaque zone spécifique de l'aéroport, les voyageurs et les opérateurs font, ou plutôt doivent faire, des actions précises qui provoquent des émotions précises.

3.2.2.1 Zone d'enregistrement et sécurité

Dans ces deux domaines, pour les voyageurs, la principale émotion à contrôler est précisément le stress qui grandit au fur et à mesure des contrôles, il faut donc adapter l'architecture pour minimiser cet effet négatif.

En entrant dans le détail, les deux zones peuvent être divisées en "sous-zones" avec des actions précises :

La zone d'enregistrement comprend une zone d'orientation initiale, c'est-à-dire l'espace situé immédiatement après l'entrée, où le voyageur essaie de s'orienter et de comprendre où il doit se rendre, puis la zone d'attente où chacun doit attendre son tour, puis le comptoir d'enregistrement où les contrôles commencent, puis, une fois les bagages remis, le voyageur passe à l'étape suivante, la zone de sécurité, où il est libéré de la première étape et où une nouvelle étape du voyage **commence**.

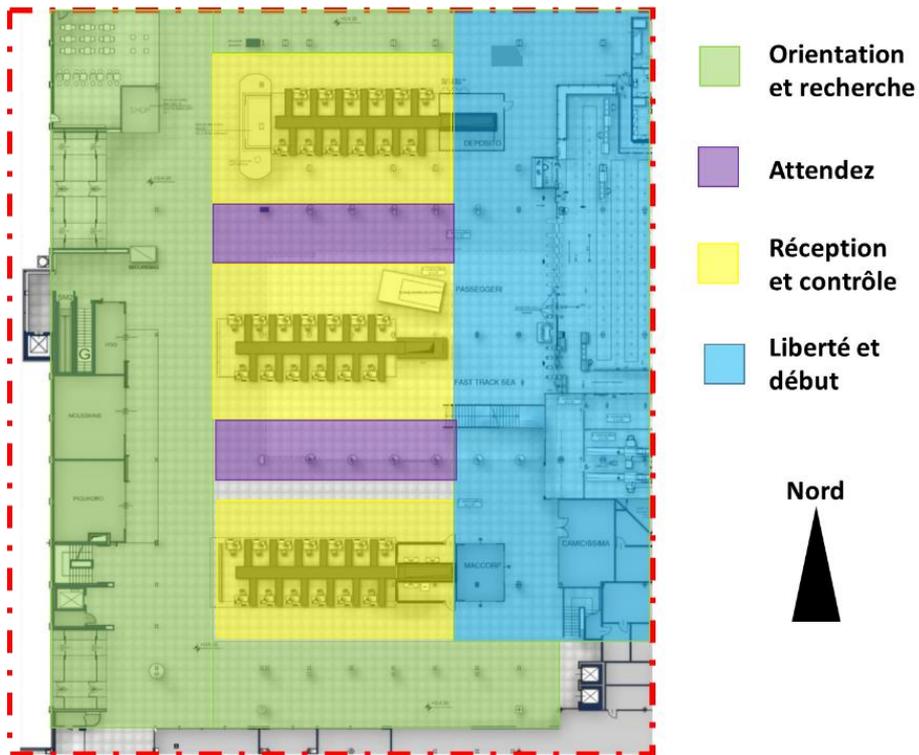


Figure 25 : Vue en plan montrant la zone d'enregistrement divisée en zones émotionnelles

Il en va de même pour la zone de sécurité : il existe une zone d'**attente**, une zone de **contrôle** et une zone de **début**.

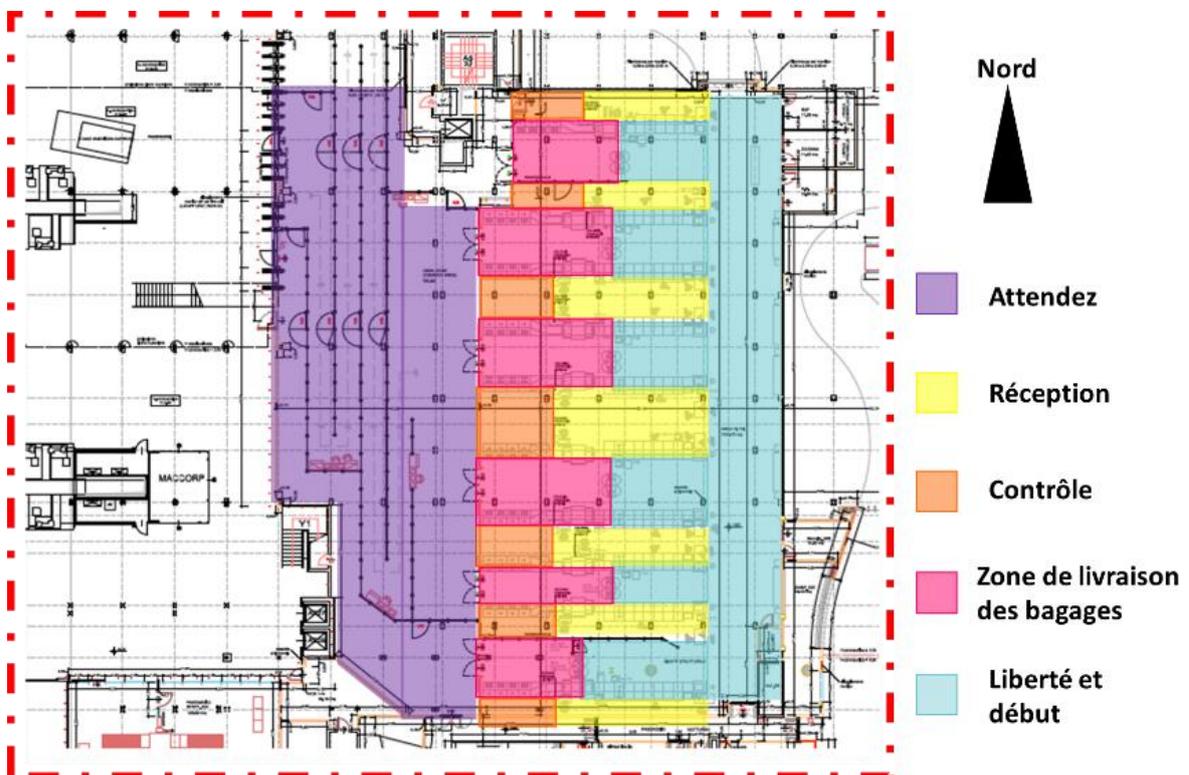


Figure 26 : Vue en plan montrant la zone de sécurité divisée en zones émotionnelles

Chapitre 3 : Etude d'exemple : cas de l'aérogare de Milan

Pour les opérateurs, en revanche, ces domaines impliquent principalement deux actions, à savoir l'accueil et le contrôle, ce dernier nécessitant une attention et une concentration particulières.

La division de l'espace en unités émotionnelles explique la raison des choix effectués dans le projet de rénovation en prenant comme référence ce qui a été expliqué dans le deuxième chapitre; nous savons en effet que:

- Les hauts plafonds inspirent la liberté, les bas plafonds apaisent.
- Les hauts plafonds génèrent une plus grande créativité et des sensations de confort.
- La hauteur du plafond affecte positivement l'orientation

Cela explique le faux plafond initial dans la zone d'enregistrement qui aide à s'orienter et la double hauteur immédiatement après les contrôles qui favorise la sensation de liberté, de plus la présence de la nature est également très importante :

- Les visions de la nature ont des effets positifs sur les états émotionnels et physiologiques.
- L'absence de végétation génère un environnement plus oppressant, qui affecte le jugement de distance et génère une plus grande excitation.
- La végétation réduit le stress et l'anxiété.

Le choix des bureaux s'explique également, en effet ils se caractérisent par des bords doux (arrondis) et fonctionnels :

- La géométrie angulaire n'est pas évitée, mais les espaces géométriques courbes incitent à des comportements d'approche (plutôt que d'évitement).
- Les agencements de bureaux ouverts génèrent plus d'activité physique et moins de stress

3.2.2.2 Corps F

Les mêmes points expliquent le traitement choisi pour la place et la zone de la galerie commerciale, l'aire de restauration, la boutique free shop, en fait l'espace est complètement



Figure 27 : Image du Corps F après le restyling
Source : SEA et (Morelli, 2022)

ouvert à double hauteur pour accentuer la sensation de liberté et de nouveau début créée par la fin de la série de contrôles, les formes curvilignes à la fois pour le plafond et la circulation, aident à l'orientation, la sensation de promenade, influence positivement l'expérience de voyage et le désir d'acheter.

L'espace est basé sur une couleur neutre, précisément sur le blanc, mais un blanc brillant et une lumière tout aussi blanche homogène qui incite toujours à la sensation de liberté, en montrant l'espace plus grand.

- La lumière et la forme sont interdépendantes : les murs et les plafonds influencent la perception de la luminosité. Une pièce paraît plus grande lorsqu'elle reçoit plus de lumière indirecte.



Figure 28 : Images du Corps F après le restyling

Source : SEA et (Morelli, 2022)

3.3 Efficacité du restyling

La neuroarchitecture a été choisie comme approche pour le restyling de Milan Linate pour quatre raisons principales :

- **Qualité de service** : une mission, une obligation envers nos passagers et plus encore - une obligation contractuelle
- Impact de **customer satisfaction** sur les revenus non aéronautiques
- **Fidélisation des passagers** : le marché des aéroports est compétitif et pourrait l'être encore plus à l'avenir.
- **Une question de réputation** : comprendre et prendre soin de l'expérience émotionnelle des passagers est une bonne chose dans un monde où les médias sociaux fournissent un retour d'information constant et direct. (Morelli, 2022)

Considérant le deuxième point, les revenus non aéronautiques sont les revenus que l'aéroport reçoit de la partie commerciale et de la restauration du projet, la dimension émotionnelle des passagers, donc de ceux qui attendent l'avion, a un impact direct sur le bilan de l'aéroport, l'aéroport de Linate a principalement pris en compte les trois points suivants pour ce domaine :

- Une augmentation de 1% du nombre de passagers entraîne une croissance des revenus non aéronautiques comprise entre 0,7% et 1%.
- Une augmentation de 1 % de la taille de la zone commerciale entraîne une croissance des revenus non aéronautiques de 0,2 %.
- Une augmentation de 1 % de la satisfaction globale des passagers (telle que définie dans l'enquête ASQ⁷) génère, en moyenne, une croissance des revenus non aéronautiques de 1,5 %. (Morelli, 2022)

Le dernier point souligne l'importance de la dimension émotionnelle des passagers. En effet, de nombreux sondages ont montré qu'il existe une relation directe entre les émotions, le stress en particulier, et la volonté de dépenser : plus on est relaxé, heureux, avec des attentes émotives positives, plus on est disposé à acheter, à faire de shopping, à manger, etc.

⁷ Le programme ASQ (Airport Service Quality) d'ACI World, mondialement reconnu, fournit aux aéroports membres d'ACI des outils et une expertise pour mesurer et améliorer la satisfaction des passagers, les performances commerciales et la qualité des services aéroportuaires.



Source: 2016 ACI Report *Does passenger satisfaction increase airport non-aeronautical revenue?*

Figure 29 : image montrant l'importance de la satisfaction pour améliorer les revenus non aéronautiques

À l'aéroport Linate de Milan, l'objectif a été atteint et ce diagramme montre l'augmentation de la satisfaction, en particulier après l'inauguration du nouveau restyling en juin 2021, de 3,62 à 4,20, qui est resté stable à ce chiffre aujourd'hui.

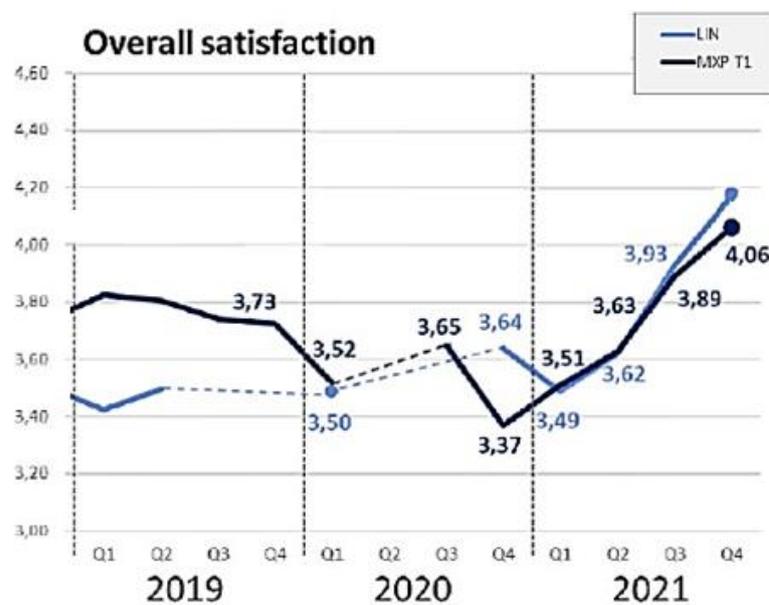


Figure 30 : Graphique représentant l'indice ACI⁸ de satisfaction générale pour l'aéroport de Linate par rapport au temps

Source : (Morelli, 2022)

Ce résultat démontre l'efficacité de la neuroarchitecture en tant qu'approche appliquée aux aéroports, tant pour améliorer la satisfaction et la fonctionnalité que pour ajouter un gain économique.

⁸ Fondé en 1991 par la fusion de plusieurs associations antérieures, **le conseil international des aéroports (CIA, de l'anglais, Airports Council International, ACI)** est la principale organisation professionnelle fédérant les sociétés aéroportuaires mondiales. Son siège est à Montréal au Canada. C'est une organisation à but non lucratif dont les principales préoccupations sont relatives aux intérêts des gestionnaires aéroportuaires et à la promotion de l'excellence professionnelle dans la gestion et l'exploitation des aéroports. En favorisant la coopération entre les aéroports, les organisations aéronautiques mondiales et les partenaires financiers, le CIA contribue à la sécurité, à la sûreté, à l'efficacité et à la responsabilité environnementale du transport aérien.

Conclusion

Il est évident que le restyling d'un lieu, même s'il est déjà fonctionnel, peut améliorer la construction, sur plusieurs aspects : aspect fonctionnel, économique, esthétique...etc.

Le restyling de Milan Linate a en effet nécessité un investissement important, ainsi qu'une fermeture temporaire, mais ayant été étudié et réalisé à partir d'une approche précise et particulièrement objective comme la neuroarchitecture, il a donné des résultats positifs évidents non seulement de la partie fonctionnelle qui est devenu plus agréable et moins stressant mais aussi l'image du lieu a changé, devenant digne de la ville dans laquelle il se trouve, de plus il est très important de souligner que non seulement il est esthétiquement élégant, mais depuis qu'il a été conçu de manière à limiter tout effet émotionnel négatif, les passagers eux-mêmes étant dans de bonnes conditions psychologiques et émotionnelles, sont dans les conditions nécessaires pour pouvoir profiter de la beauté du lieu dans tous ses détails.

Enfin, la neuroarchitecture appliquée correctement promet également d'excellents résultats dans le domaine économique, comme c'est précisément le cas à Milan Linate.

Chapitre 4 : Méthodologie et protocole

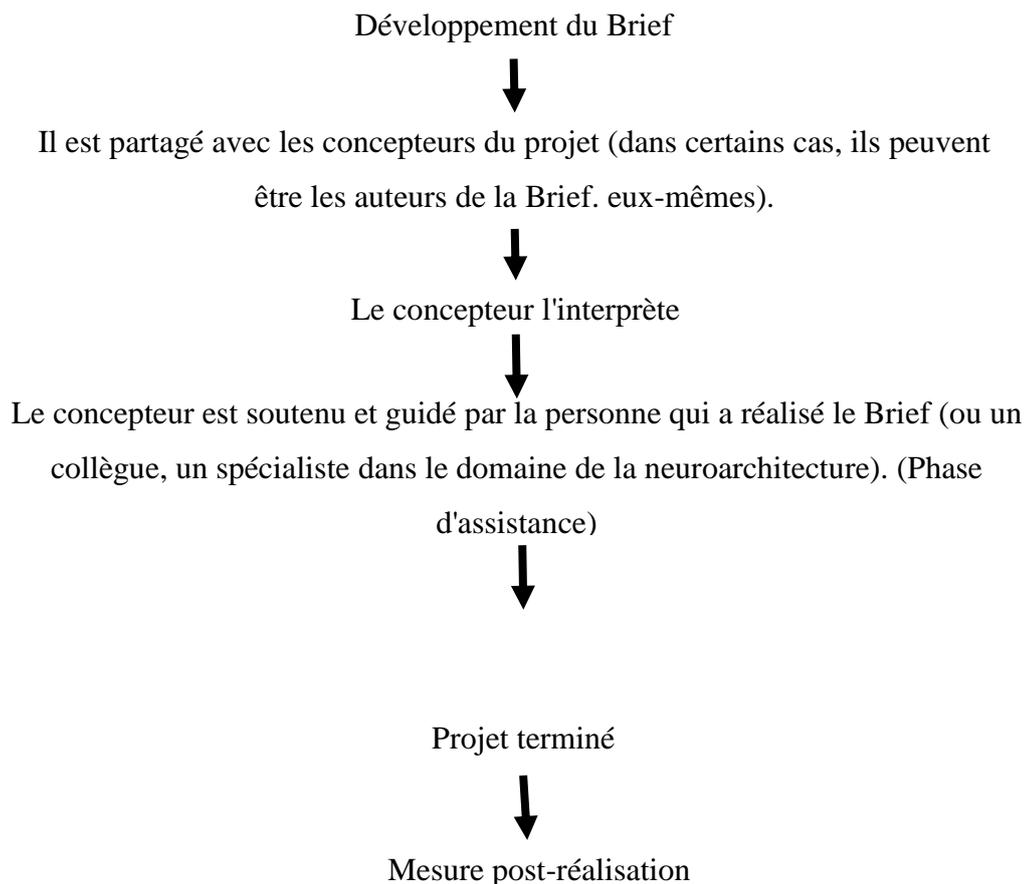
Introduction

Au terme de cette recherche, nous pensons pouvoir expliquer quelles sont les principales étapes de l'application de la neuroarchitecture à tout projet, qu'il s'agisse d'infrastructures de transport ou de tout autre type d'architecture, bien sûr, l'exemple que je vais considérer est celui des aéroports, mais cela ne change pas les étapes à suivre pour pouvoir appliquer cette approche dans n'importe quel autre projet.

En outre, sur la base de l'étude réalisée et en tenant compte de l'expérience de Linate, nous proposons une démarche qui pourrait satisfaire et répondre aux préoccupations des concepteurs.

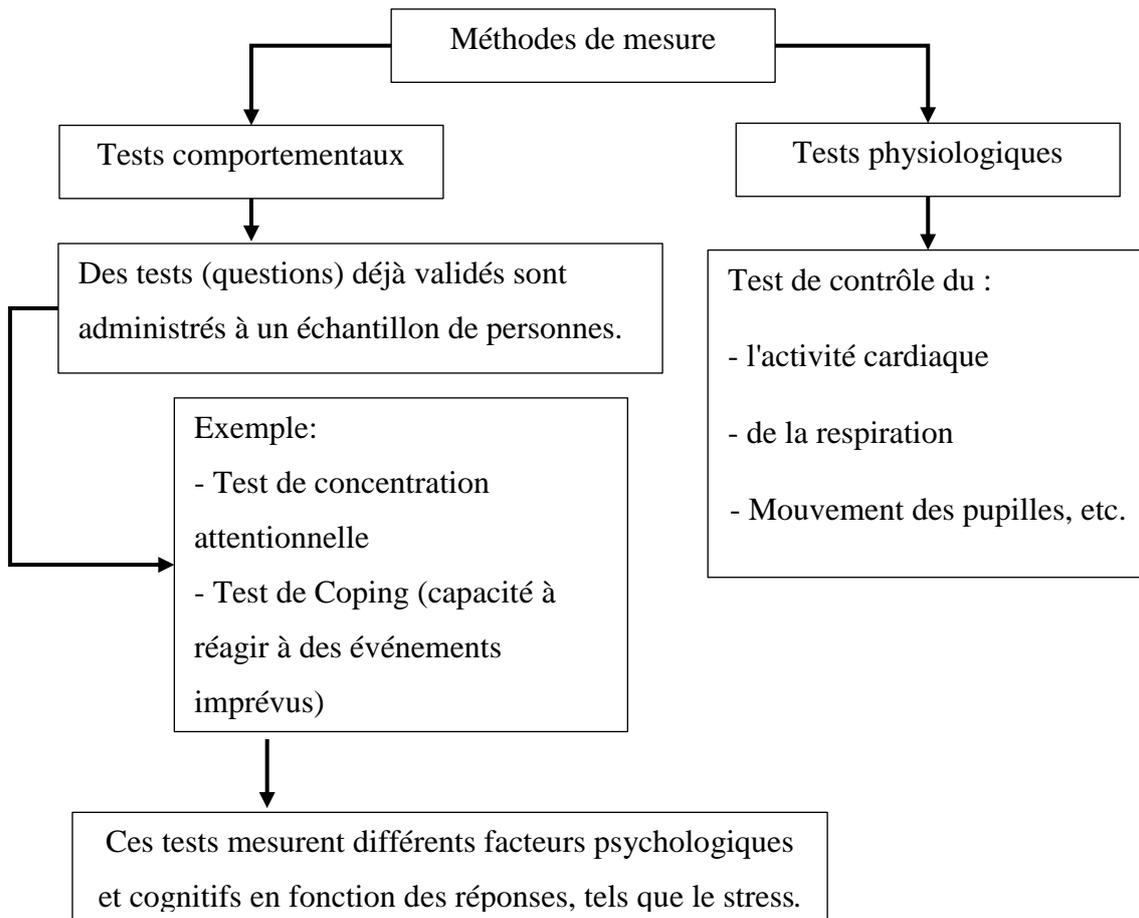
4.1 Méthodologie d'application de la neuroarchitecture

4.1.1 Etapes d'application de la neuroarchitecture



Cette dernière phase (qui est en fait également appliquée lors de l'extension du brief pour comprendre les différentes attentes émotionnelles des utilisateurs) comprend deux grandes

familles, l'objectif étant de mesurer l'efficacité de l'intervention effectuée (bien qu'elle ne soit pas toujours appliquée).



En résumé, l'application de la neuroarchitecture à un projet, qu'il s'agisse d'une nouvelle construction ou d'une rénovation, comprend 3 phases principales :

Développement du Brief → Assistance → Mesure post-réalisation

4.1.1.1 Du Brief au projet

Pour aller dans le détail, de l'élaboration du brief à l'achèvement du projet, plusieurs étapes clés doivent être soigneusement suivies pour garantir le succès du projet. Une vue d'ensemble détaillée de ces phases est présentée ci-dessous :

Phase 1 : Analyse et compréhension (préparation)

- **Réunion initiale avec l'équipe** : réunir les membres de l'équipe concernée pour leur présenter le projet et clarifier les éventuels doutes ou questions.

- **Approfondissement du brief :** chaque membre de l'équipe doit analyser soigneusement le brief, en comprendre les détails et s'assurer qu'il a une vision claire des objectifs et des exigences.
- **Recherche et collecte d'informations supplémentaires :** si nécessaire, effectuer des recherches ou des analyses supplémentaires afin d'obtenir d'autres informations susceptibles d'être utiles au projet.

Phase 2 : Planification et stratégie

- **Définition des stratégies et des tactiques :** élaborer un plan détaillé décrivant les stratégies et les tactiques à utiliser pour atteindre les objectifs du projet.
- **Attribution des tâches :** Répartir les responsabilités au sein de l'équipe en fonction des compétences et des spécialisations de chaque membre.
- **Création du plan de projet :** établir un calendrier comprenant des délais, des étapes et des tâches spécifiques à accomplir.
- **Estimation des ressources :** s'assurer que l'on dispose de toutes les ressources nécessaires, telles que le personnel, les outils et le budget, pour exécuter le projet.

Phase 3 : Développement et mise en œuvre

- **Production de contenu ou de matériel créatif :** Commencer à créer du matériel, qui peut inclure du design, du texte, du code, etc., en suivant les lignes directrices définies dans le brief.
- **Révision et mise à jour :** procéder à des révisions et à des mises à jour régulières pour s'assurer que le travail est conforme aux objectifs et aux exigences définis dans le brief.
- **Test et contrôle de la qualité :** vérifier que tout le matériel produit répond aux normes de qualité et fonctionne correctement.
- **Communication avec l'équipe :** maintenir une communication ouverte et régulière avec l'équipe pour partager les progrès réalisés et gérer les obstacles éventuels.

Phase 4 : Évaluation et feedback

- **Évaluation intermédiaire :** procéder à une évaluation intermédiaire du travail effectué jusqu'à présent pour s'assurer qu'il est conforme aux attentes du brief.

- **Soumission pour révision** : si cela est prévu dans le brief, partagez le travail avec le client ou les parties prenantes afin d'obtenir leurs commentaires et approbations.
- **Intégration du feedback** : Incorporer le feedback reçu dans les révisions ultérieures du travail.

Phase 5 : Finalisation et mise au point

- **Révision finale** : procéder à une révision finale pour s'assurer que tout est complet et répond pleinement aux exigences du brief.
- **Approbaton finale** : obtenir l'approbaton finale du client ou des parties intéressées.

Phase 6 : Livraison et mise en œuvre

- **Remise au client** : remettre le travail terminé au client ou aux parties prenantes, en respectant les délais fixés dans le brief.
- **Mise en œuvre (si nécessaire)** : Veiller à ce que le travail soit mis en œuvre ou utilisé comme prévu dans le brief.

Phase 7 : Évaluer le succès

- **Mesurer les résultats** : Évaluer les résultats obtenus par rapport aux objectifs fixés dans le brief.
- **Feedback post-projet** : demander au client ou aux parties prenantes un feedback sur le travail effectué.
- **Analyse des résultats** : Analyser les résultats et identifier les domaines à améliorer ou les leçons à tirer pour les projets futurs.

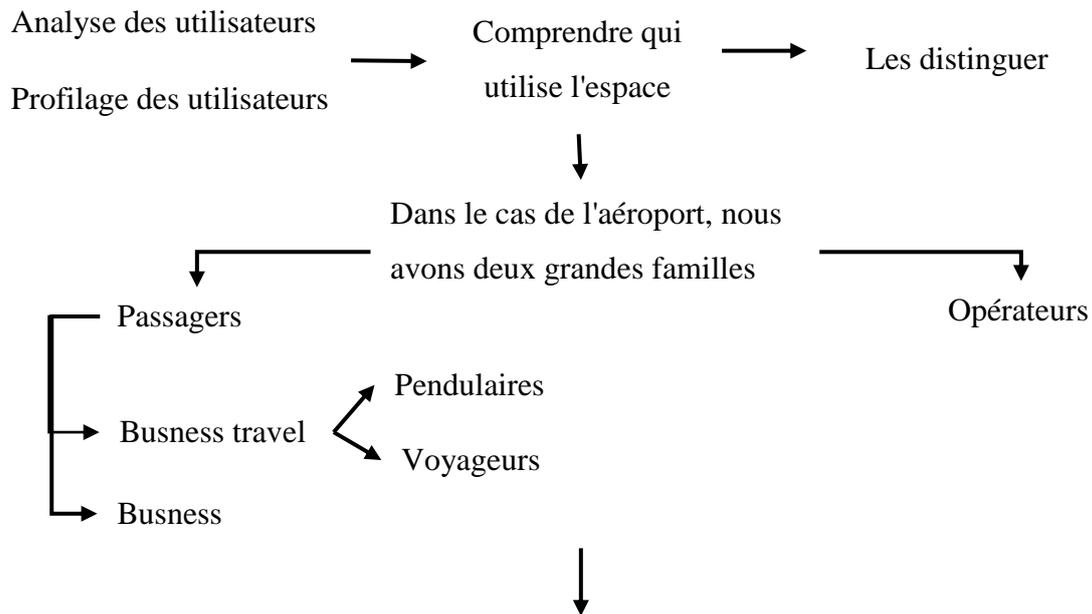
En suivant ces étapes avec diligence, on s'assure que le projet est géré efficacement et que les résultats répondent aux attentes du client ou des parties prenantes.

4.1.2 Extension du Brief ⁹

Il s'agit de créer des lignes directrices basées sur la neuroarchitecture, qui permet au projet de se développer dans la bonne direction.

⁹ Brief ou lignes directrices : il s'agit d'un parcours articulé en plusieurs étapes qui permet de développer un contrôle préventif systématique du projet, c'est-à-dire de fournir au projet, avant son développement proprement

Cela implique une série d'étapes :



À ce stade, il faut prendre en compte les attentes émotionnelles et les sensations corporelles des utilisateurs, générées et projetées dans l'architecture.

Activités menées par différentes personnes → Quelles sont les émotions émergentes ?

L'espace doit être analysé et subdivisé en unités environnementales dans lesquelles différentes activités sont réalisées.

Pratiques répétitives systématiques → Actions répétées dans l'espace

Ils suscitent des attentes émotionnelles

On développe une activité précise en créant une émotion précise à laquelle l'espace doit s'adapter.

dit, l'identification d'une série d'objectifs et de méthodes, en vérifiant ensuite que le projet les adopte, se les approprie, puis les vérifie au cours du projet.

4.1.2.1 La naissance du brief

Les mémoires stockées dans le corps sont traduites en signes et en formes, en matériaux et en lumière, dans l'espace de l'architecture, à travers l'interprétation des cartes neurales qui enregistrent le corps dans ses mouvements.

Pour chacune des phases du mouvement, qui ont généré la métaphore sensorimotrice, une analyse physiologique des trois groupes de récepteurs du corps humain est effectuée.

Cela signifie que notre langage et nos pensées déclenchent, de manière implicite, des mécanismes de simulation et d'anticipation, grâce au système sensoriel et moteur alimenté par les propriocepteurs (système musculaire squelettique, oreille interne, peau), les intercepteurs (pouls, respiration, système digestif, mélange chimique) et les extérocepteurs (odorat, son, vue), appelé cinématique sensori-motrice.

Les cartes neurales deviennent des repères de conception

4.1.2.2 Des neurones à l'architecture

Comment la cinématique corporelle est-elle traduite en projets architecturaux ?

Les modalités de passage de la cinématique sensorimotrice à l'architecture peuvent être résumées en quatre étapes :

- Identification des attentes émotionnelles des utilisateurs dans le développement des activités prévues
- Sélection de la cinématique appropriée pour faire émerger les dimensions émotionnelles sélectionnées
- Analyse des changements dans les récepteurs sensoriels impliqués dans la cinématique
- Définition des éléments architecturaux associés à activer au cours de la dynamique perceptive.

4.1.2.3 Composition du brief

Le "brief" est un document ou une communication écrite qui fournit des informations et des instructions détaillées sur un projet ou une tâche spécifique. Il sert de guide pour orienter et informer les personnes concernées sur les attentes, les objectifs et les détails pertinents du travail à effectuer. Il comprend généralement les éléments suivants :

- **But et objectifs** : Définition claire des objectifs du projet ou de la tâche. Que cherche-t-on à atteindre avec ce travail ?
- **Contexte** : contextualisation du projet dans le cadre de travail plus large ou dans le contexte de l'entreprise. Inclut des informations sur le public cible, le secteur d'activité, les concurrents, etc.
- **Public concerné** : qui est le destinataire final du projet ? Quelles sont ses caractéristiques démographiques et comportementales ?
- **Message clé** : Quel est le message principal ou le récit que vous souhaitez communiquer dans le cadre du projet ?
- **Contraintes et limites** : Quelles sont les limites et les contraintes qui doivent être prises en compte au cours du processus ? Il peut s'agir du budget, du temps, des ressources, des restrictions techniques, etc.
- **Style et ton** : Conseils sur le style et le ton de communication à utiliser. Par exemple, si le projet nécessite une approche formelle ou informelle.
- **Délais et étapes** : spécifications sur les dates de livraison, de révision et autres échéances critiques.
- **Budget et ressources** : détails sur la disponibilité des ressources financières et humaines pour le projet.
- **Évaluation de la réussite** : Quels sont les critères d'évaluation pour déterminer la réussite du projet ?
- **Procédures de communication** : Quelles sont les principales parties prenantes ? Comment la communication entre les parties concernées doit-elle être gérée ?
- **Risques et imprévus** : Identification des risques potentiels et des plans d'urgence en cas de complications.
- **Approbatons et autorisations** : Quelles sont les personnes impliquées dans l'approbation du projet et quelles sont les étapes nécessaires pour obtenir les approbations ?

L'élaboration d'un brief détaillé et complet est essentielle pour garantir une compréhension commune du projet et minimiser les ambiguïtés ou les malentendus entre les parties concernées.

4.1.2.4 Méthodologie détaillée pour l'élaboration du Brief

La création d'un brief efficace nécessite une planification minutieuse et une compréhension approfondie du projet ou de l'objectif en question. Voici une méthodologie qui peut être suivie pour créer un brief :

- **La collecte d'informations initiales :** Commencez par rassembler toutes les informations pertinentes sur le projet. Il peut s'agir de documents existants, de données sur le marché, d'analyses de la concurrence, de résultats de recherches antérieures, etc.
- **Définir les objectifs :** Déterminer clairement les objectifs du projet.
- **Identifier le public cible :** qui est le destinataire final du projet ? Comprendre les caractéristiques démographiques, psychographiques et comportementales du public permet d'adapter le cahier des charges en conséquence.
- **Tenir compte du contexte :** comprendre le contexte du projet. Il peut s'agir de l'industrie, des tendances du marché, des défis ou des opportunités actuelles, etc.
- **Établir les messages clés :** identifier les principaux messages ou concepts à communiquer dans le cadre du projet. Ceux-ci doivent être clairs, concis et conformes aux objectifs.
- **Définir les exigences et les contraintes :** préciser les exigences ou les contraintes qui doivent être respectées au cours du processus. Il peut s'agir de limites budgétaires, de délais, de restrictions techniques, etc.
- **Indiquer le style et le ton :** décider de l'approche de communication qui convient le mieux au projet.
- **Planifier les échéances et les délais :** fixer des échéances et identifier les étapes cruciales du projet.
- **Déterminer les ressources nécessaires :** dresser la liste des ressources, telles que le personnel, les outils et le budget, qui seront nécessaires pour mener à bien le projet.
- **Définir les critères d'évaluation de la réussite :** énoncer les paramètres qui seront utilisés pour évaluer si le projet a atteint ses objectifs.
- **Planifier les procédures de communication :** établir comment et quand la communication entre les parties impliquées dans le projet sera gérée.

Chapitre 4 : Méthodologie et protocole

- Considérer les risques et les éventualités : identifier les risques potentiels et élaborer des plans d'urgence pour y faire face s'ils se produisent.
- Approbations et autorisations : Précisez qui a le pouvoir d'approuver et d'autoriser le projet et quelles sont les étapes nécessaires pour obtenir les approbations.
- Réviser et affiner : Réviser soigneusement le dossier pour s'assurer que toutes les informations sont claires, complètes et cohérentes.
- Partage et confirmation : partagez le dossier avec toutes les parties concernées et assurez-vous qu'elles ont compris et accepté les termes et conditions.

Rappelons qu'un brief bien structuré est essentiel pour garantir le bon déroulement du projet et l'obtention des résultats souhaités.

4.2 Protocole

Ce protocole prend en compte les deux usagers de l'aéroport en général, à savoir les travailleurs et les passagers, sans détailler ces derniers

Tableau 5 : Protocole et recommandation base sur la neuroarchitecture a appliqué dans les aérogare

Zone	Sous-zone	Traitement recommandé
Check-in	Orientation et recherche	<u>Couleur du plafond</u> : même couleur que le plafond à double hauteur <u>Position au plafond</u> : insérer des gouttes rythmiques pour donner du mouvement au plafond. <u>Lumière artificielle</u> : alternance de différentes intensités, selon le rythme des gouttes <u>Plantes</u> : choisir des plantes ou des arbustes aux couleurs plus vives
	Attente	<u>Couleur du plafond</u> : ocre, naturel comme le bois <u>Position et conception du plafond</u> : bas, à 1,90 m du sol, avec vers le bas <u>Matériaux du plafond</u> : même matériau absorbant de la zone d'orientation <u>Sol</u> : bois

Chapitre 4 : Méthodologie et protocole

		<p><u>Lumière artificielle</u> : points lumineux ponctuels, intégrés dans la partie descendante, couleur chaude de la lumière.</p> <p><u>Plantes</u> : insertion de plantes entre les sièges</p>
	Réception	<p><u>Position du plafond</u> : variable verticalement,</p> <p><u>Matériaux du plafond</u> : bois</p> <p><u>Lumière artificielle</u> : réactive, diminue et augmente au cours de contrôle.</p>
	Contrôle	<p><u>Position du plafond</u> : variable verticalement</p> <p><u>Matériaux du plafond</u> : lamelles de bois</p> <p><u>Lumière artificielle</u> : intense, mais réglable en termes d'intensité</p>
	Début/Libération	<p><u>Mur du fond</u> : matériaux et/ou graphismes qui donnent une impression de fraîcheur comme l'eau</p> <p><u>Lumière artificielle</u> : plus blanc qu'avant</p> <p><u>Une végétation</u> : à ne pas oublier</p>
Sécurité	Attente	<p><u>Parois</u> : devant les scanners, panneaux de filtrage visuel en bois, réglables à l'horizontale</p> <p><u>Sol</u> : aspect bois, couleur chaude</p> <p><u>Position du plafond</u> : de préférence un plafond incliné, partant des tourniquets vers le début de la zone de contrôle,</p> <p><u>Couleur du plafond</u> : bois clair</p> <p><u>Matériaux du plafond</u> : bois ou plaques de plâtre, avec des panneaux légèrement incurvés.</p> <p><u>Lumière artificielle</u> : lumière douce et chaude,</p> <p><u>Plantes</u> : quelques buissons bas avant l'accès à la zone de contrôle des bagages</p>
	Contrôle	<p><u>Couleur du plafond</u> : blanc</p> <p><u>Position du plafond</u> : h 220 à l'extrémité des rubans</p> <p><u>Matériaux du plafond</u> : métal stratifié ;</p> <p><u>Lumière artificielle</u> : lumière intense et homogène ;</p>
	Réception	<p><u>Couleur du plafond</u> : clair</p>

Chapitre 4 : Méthodologie et protocole

		<p><u>Position au plafond</u> : hauteur limitée vers h 220 ;</p> <p><u>Matériaux du plafond</u> : panneaux en bois</p> <p><u>Lumière artificielle</u> : lumière chaude à intensité réglable ;</p> <p><u>Acoustique</u> : plus douce</p>
	Libération/Début	<p><u>Couleur du plafond</u> : blanc, voûtes légèrement incurvées, direction parallèle aux rubans de contrôle ;</p> <p><u>Position au plafond</u> : h 220 s'élevant à 260 à l'extrémité des rubans ;</p> <p><u>Matériaux des plafonds</u> : plaques de plâtre ou aminate métallique ;</p> <p><u>Lumière artificielle</u> : lumière intense et homogène ;</p> <p><u>Plantes</u> : arbustes bas à l'intérieur de la protection vitrée, en alternance avec du mobilier ;</p>
Zone Commercial		<p><u>Couleur</u> : blanc brillant pour le plafond et le sol</p> <p><u>Position du plafond</u> : double hauteur avec ajout de formes géométriques</p> <p><u>Bords et circulation</u> : souples et incurvés</p> <p><u>Lumière artificielle</u> : homogène et intense avec, si possible, de la lumière naturelle pénétrant de préférence par le plafond afin qu'elle reste homogène.</p> <p><u>Nature</u> : plantes disposées le long du parcours, à proximité des différents commerces et/ou sièges</p>

Conclusion

La technologie est très importante dans ce domaine, en effet, outre l'aspect esthétique et architectural, même les contrôles proprement dits, leur répétitivité a un effet émotionnel sur les passagers, et il est très important de pouvoir la minimiser. Dans l'expérience de Linate, par exemple, le système "face boarding" a été installé, le passager peut commodément lier sa carte d'identité ou son passeport et sa carte d'embarquement à ses données biométriques. Sur le chemin de la porte d'embarquement, depuis l'entrée de l'aéroport jusqu'à l'embarquement dans l'avion, le passager trouvera des points de contact dédiés sans avoir à présenter de document, ce qui réduit les contacts personnels et accélère le passage aux contrôles.

En général, tout type de technologie permettant d'accélérer les contrôles, dans les limites de la sécurité, est à privilégier.

Il convient également de noter que ce protocole/recommandation n'a pas pris en considération tous les aspects de la neuroarchitecture. Pour obtenir un résultat complet, il est important de travailler avec différents acteurs ; en fait, comme il s'agit d'une approche interdisciplinaire, pour obtenir un résultat optimal, il est nécessaire de faire appel à des experts dans différents domaines.

Dans le cas de ce protocole, par exemple, l'acoustique doit être étudiée pour chaque espace, les odeurs, ce que l'on sent est également important et bien d'autres facteurs encore.

En général, dans l'aéroport il vaut mieux privilégier les matériaux naturels, les couleurs ocres et neutres, et les ajustements de hauteur selon le parcours et les contrôles, une lumière plus ou moins homogène est préférable, opter pour des cheminements curvilignes dans la partie commerciale, enfin ajouter la végétation est essentielle et très importante car c'est l'une des choses qui soulage le plus le stress, donnant également vie et couleur à l'espace.

Conclusion général

L'application de la neuroarchitecture aux aéroports présente une approche innovante et prometteuse pour améliorer l'expérience globale des passagers et optimiser l'efficacité opérationnelle dans les environnements aéroportuaires. La neuroarchitecture est basée sur la compréhension de l'interaction entre l'environnement bâti et le système nerveux humain, dans le but de créer des espaces favorisant le bien-être, la sécurité et la fonctionnalité.

Dans le contexte des aéroports, la prise en compte de la neuroarchitecture peut engendrer une influence significative sur divers aspects clés. Tout d'abord, elle peut guider la conception de l'espace de manière à optimiser le flux des passagers, ce qui a pour effet de réduire le stress et de minimiser la confusion. Cela se traduit par une mise en place de signalisation claire, une disposition intuitive et des espaces ouverts, créant ainsi un environnement plus fluide et convivial.

Un autre aspect impacté par la neuroarchitecture dans les aéroports concerne la réduction du niveau de stress ressenti par les passagers en attente. La conception des environnements aéroportuaires en accord avec les principes neuroarchitecturaux permet d'intégrer des éléments naturels tels que la lumière du jour et des matériaux apaisants, contribuant ainsi à favoriser la détente et à atténuer le stress.

L'attention portée à la conception acoustique et visuelle est également essentielle. Elle peut contribuer à minimiser les perturbations sonores indésirables tout en favorisant des aspects visuels agréables. Cette approche améliore la qualité globale de l'environnement et, par conséquent, le confort des passagers.

La création d'espaces dédiés à la relaxation, au repos et à la méditation constitue un autre élément influencé par la neuroarchitecture. De tels espaces offrent aux voyageurs la possibilité de se détendre, notamment lors de longues périodes d'attente, contribuant ainsi à une expérience plus agréable.

L'intégration de technologies intuitives et conviviales est également un pilier de la neuroarchitecture dans les aéroports. Cela simplifie les interactions des passagers avec l'environnement et les services aéroportuaires, favorisant ainsi une expérience plus fluide et moins stressante.

La perception de la sécurité par les passagers est également prise en compte grâce à la conception neuroarchitecturale. Des dispositions claires et une visibilité accrue des sorties de secours et des zones d'évacuation contribuent à renforcer cette perception de sécurité.

En outre, la durabilité environnementale est intégrée dans la conception des aéroports grâce à l'utilisation de matériaux écologiques, de systèmes d'éclairage économes en énergie et de sources d'énergie renouvelable, alignées avec les principes de la neuroarchitecture.

L'objectif ultime de ces différentes approches neuroarchitecturales dans les aéroports est d'améliorer l'expérience globale des passagers en rendant ces espaces plus accueillants, efficaces et agréables, tout en répondant aux besoins cognitifs et émotionnels des voyageurs.

Cependant, il est important de noter que l'application de la neuroarchitecture dans les aéroports nécessite une planification minutieuse, une collaboration entre architectes, concepteurs, experts en neuroscientifiques et acteurs de l'aviation, qui a permis d'obtenir un équilibre entre esthétique et fonctionnalité. Bien que la mise en œuvre de ces principes présente des avantages évidents, il est essentiel de mener des recherches plus approfondies pour évaluer l'impact à long terme de telles approches sur la satisfaction des passagers, l'efficacité opérationnelle et les aspects économiques.

Enfin, l'adoption de la neuroarchitecture dans les aéroports signale une évolution positive dans la conception des espaces publics, visant à créer des environnements qui répondent aux besoins cognitifs et émotionnels des passagers, améliorant ainsi l'expérience de voyage et la fonctionnalité globale des aéroports.

Références

1. 2016. *Qu'est-ce que l'architecture* [Online]. <https://raic.org/fr/sitemap>: L'institut royal d'architecture du Canada. Available: <https://raic.org/fr/raic/quest-ce-que-larchitecture#:~:text=On%20l'a%20d%C3%A9crit%20comme,%2C%20utilit%C3%A9%20et%20beaut%C3%A9%201%20C2%BB>. 2023].
2. (EUROSTAT), H. S., (CEE-ONU), M. N. J. & (CEMT), M. B. 2003. Glossaire des statistiques de transport. In: EUROPÉENNES, L. O. D. P. O. D. C. (ed.) *Glossaire des statistiques de transport*. <https://ec.europa.eu/eurostat/fr/web/products-manuals-and-guidelines/-/KS-BI-03-002>: Eurostat.
3. (QAI), Q. I. 2023. Le Dictionnaire Visuel. In: INC., Q. A. (ed.) *Ikonet.com*. Ikonet.com QAI.
4. (SEA), S. E. A. 2017. CSR REPORT 2017. *Annual report* [Online]. Available: <http://dnf2017.seamilano.eu/it/gli-aeroporti-di-linate-e-malpensa> [Accessed 23/08/2023].
5. (SEA), S. E. A. 2021. Milano Linate, si riparte con stile. [Accessed 23/08/2023].
6. AEROPORTO.NET. 2004-2023. *Terminal dell'aeroporto di Milano Linate* [Online]. <https://www.aeroporto.net/>. Available: <https://www.aeroporto.net/aeroporto-milano-linate/terminal-aeroporto-milano-linate/> [Accessed 13/08/2023 2023].
7. AIRMUNDO. 2010-2023. *Milano Linate Airport* [Online]. <https://airmundo.com/> AirMundo Available: <https://airmundo.com/it/aeroporti/milano-linate-airport/> [Accessed 13/08/2023 2023].
8. AL-AYASH, A., KANE, R. T., SMITH, D. & GREEN-ARMYTAGE, P. 2016. The influence of color on student emotion, heart rate, and performance in learning environments. *Color Research & Application*, 41, 196-205.
9. ARNHEIM, R. 1954. *Art and visual perception: A psychology of the creative eye*, Univ of California Press.
10. AVERILL, J. R. 1973. Personal control over aversive stimuli and its relationship to stress. *Psychological bulletin*, 80, 286.
11. BACHELARD, G. & CHAMPOURCIN, E. 1975. La poétique del espacio.
12. BANAEI, M., AHMADI, A. & YAZDANFAR, A. 2017. Application of AI methods in the clustering of architecture interior forms. *Frontiers of Architectural Research*, 6, 360-373.
13. BECHTEL, R. B. & CHURCHMAN, A. 2003. *Handbook of environmental psychology*, John Wiley & Sons.
14. BOLLNOW, O. F. & D'ORS, V. 1969. *Hombre y espacio*, Labor Barcelona.
15. BRUER, J. T. 1997. Education and the brain: A bridge too far. *Educational researcher*, 26, 4-16.
16. CAVALCANTE, A., MANSOURI, A., KACHA, L., BARROS, A. K., TAKEUCHI, Y., MATSUMOTO, N. & OHNISHI, N. 2014. Measuring streetscape complexity based on the statistics of local contrast and spatial frequency. *PloS one*, 9, e87097.
17. CHATTERJEE, A. 2014. *The aesthetic brain: How we evolved to desire beauty and enjoy art*, Oxford University Press, USA.
18. COBURN, A., VARTANIAN, O. & CHATTERJEE, A. 2017. Buildings, Beauty, and the Brain: A Neuroscience of Architectural Experience. *J Cogn Neurosci*, 29, 1521-1531.
19. DANCE, A. 2017. The brain within buildings. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114, 785-787.
20. DEBORD, G. 1995. *La sociedad del espectáculo*, La marca Buenos Aires.
21. DIJKSTRA, K., PIETERSEB, M. & PRUYN, A. T. H. 2008. Individual Differences in Reactions towards Colour in Simulated Healthcare Environments: The Role of Stimulus Screening Ability. *Environ. Psychol*, 28, 268-277.

22. EBERHARD, J. P. 2009. Applying neuroscience to architecture. *Neuron*, 62, 753-6.
23. FAWCETT, G. 26/05/2015. Aéroport. In: CANADA, H. (ed.) *L'Encyclopédie Canadienne*. <https://www.thecanadianencyclopedia.ca/fr/article/aeroport>: L'Encyclopédie Canadienne.
24. FIDATO, A. 2021. Bringing Italian style and design to Milan Linate Airport. *International Airport Review* [Online]. Available: <https://www.internationalairportreview.com/article/160473/italian-design-milan-linate-airport/> [Accessed 23/08/2023].
25. FRANZ, G., VON DER HEYDE, M. & BÜLTHOFF, H. H. 2005. An empirical approach to the experience of architectural space in virtual reality—exploring relations between features and affective appraisals of rectangular indoor spaces. *Automation in construction*, 14, 165-172.
26. GAGE, F. 2003. Theme Presentation. *The Salk Institute: San Diego, CA, USA*.
27. GASALLA, R. 2022. Cos'è la neuroarchitettura e come può migliorarci la vita. *Elle DECOR*. n.5074 ed. Italia: Hearst Magazines Italia SPA.
28. GLASER, R. & KIECOLT-GLASER, J. K. 2005. Stress-induced immune dysfunction: implications for health. *Nature Reviews Immunology*, 5, 243-251.
29. GLASS, D. C. & SINGER, J. E. 1972. Urban stress: Experiments on noise and social stressors.
30. GOLDHAGEN, S. W. & GALLO, A. 2017. *Welcome to your world: How the built environment shapes our lives*, Harper New York.
31. GRIFFERO, T. 2017. Atmosferologia: Estetica degli spazi emozionali. *Atmosferologia*, 1-168.
32. HAYEK, F. A. 2012. *The sensory order: An inquiry into the foundations of theoretical psychology*, University of Chicago Press.
33. HEBB, D. O. 2005. *The organization of behavior: A neuropsychological theory*, Psychology press.
34. HIETANEN, J. K. & KORPELA, K. M. 2004. Do both negative and positive environmental scenes elicit rapid affective processing? *Environment and behavior*, 36, 558-577.
35. HIGUERA-TRUJILLO, J. L., LLINARES, C. & MACAGNO, E. 2021. The Cognitive-Emotional Design and Study of Architectural Space: A Scoping Review of Neuroarchitecture and Its Precursor Approaches. *Sensors (Basel)*, 21.
36. HÖGE, H. 1995. Fechner's experimental aesthetics and the golden section hypothesis today. *Empirical Studies of the Arts*, 13, 131-148.
37. HUSSERL, E. 1949. *Ideas relativas a una fenomenología pura y una filosofía fenomenológica*, Fondo de cultura económica.
38. HUSSERL, E. & MORAN, D. 2012. *Ideas: General introduction to pure phenomenology*, Routledge.
39. JELIĆ, A. 2015. Designing “pre-reflective” architecture. Implications of neurophenomenology for architectural design and thinking. *Ambiances. Environnement sensible, architecture et espace urbain*.
40. JUHANI, P. 2018. Esencias.
41. KACHA, L., MATSUMOTO, N., MANSOURI, A. & CAVALCANTE, A. 2013. Predicting perceived complexity using local contrast statistics and fractal information.
42. KIECOLT-GLASER, J. K., PAGE, G. G., MARUCHA, P. T., MACCALLUM, R. C. & GLASER, R. 1998. Psychological influences on surgical recovery: perspectives from psychoneuroimmunology. *American psychologist*, 53, 1209.
43. KIM, J. & KAPLAN, R. 2004. Physical and psychological factors in sense of community: New urbanist Kentlands and nearby Orchard Village. *Environment and behavior*, 36, 313-340.

44. KOFFKA, K. 2013. *Principles of Gestalt psychology*, Routledge.
45. KÖHLER, W. 1967. Gestalt psychology. *Psychologische Forschung*, 31, XVIII-XXX.
46. LACOSTE, Y. 2003. Mondialisation et géopolitique. *Hérodote*, 3-6.
47. LAROUSSE 2023. Larousse. In: LAROUSSE (ed.) *Larousse*. <https://www.larousse.fr/>: Isabelle Jeuge-Maynard.
48. LEDOUX, J. E. 1989. Cognitive-emotional interactions in the brain. *Cognition & Emotion*, 3, 267-289.
49. LENSINK, R. 1996. De opkomst van exoten in de Nederlandse avifauna; verleden, heden en toekomst. *Limosa*, 69, 103-130.
50. LEWIN, K. 1934. Der Richtungsbegriff in der Psychologie: Der spezielle und allgemeine hodologische Raum. *Psychologische Forschung*, 19, 249-299.
51. MALLGRAVE, H. F. 2010. *The architect's brain: Neuroscience, creativity, and architecture*, John Wiley & Sons.
52. METZGER, C. 2018. *Neuroarchitektur*, Jovis.
53. MOORE, T., CHESTEK, C., POLLEY, D., CHEN, A., HIPPENMEYER, S. & ANIKEEVA, P. 2018. Visions for the Future of Neuroscience. *Neuron*, 98, 464-465.
54. MORELLI, P. SEA Aeroporti di Milano
55. Why an interest in neuroscience? In: SEA, ed. Why an interest in neuroscience?, 06/05/2022 2022. 34.
56. MUÑOZ, J. L. V. 2010. Un análisis necesario: epistemología de la geografía de la percepción. *Papeles de geografía*, 337-344.
57. NANDA, U., PATI, D., GHAMARI, H. & BAJEMA, R. 2013. Lessons from neuroscience: form follows function, emotions follow form. *Intelligent Buildings International*, 5, 61-78.
58. NGOOH, G. R. *Organisme de Recherche , Information, Etudes et Conseils* [Online]. www.logistiqueconseil.org Groupe Logistique conseil. Available: <http://www.logistiqueconseil.org/Articles/Logistique/Glossaire-transport.htm> [Accessed 22/08/2023 2023].
59. PEARSON, D. 2005. *In search of natural architecture*, Abbeville Press.
60. PERRY, B. D. 2002. Childhood experience and the expression of genetic potential: What childhood neglect tells us about nature and nurture. *Brain and mind*, 3, 79-100.
61. PINTER-WOLLMAN, N., JELIC, A. & WELLS, N. M. 2018. The impact of the built environment on health behaviours and disease transmission in social systems. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 373.
62. POWELL, K. 2003. Building a better scientific rapport. *Nature*, 424, 858-859.
63. RAMACHANDRAN, V. S. & HIRSTEIN, W. 1999. The science of art: A neurological theory of aesthetic experience. *Journal of consciousness Studies*, 6, 15-51.
64. RASMUSSEN, S. E. 2004. *La experiencia de la arquitectura*, Reverté.
65. REIMANN, M., ZAICHKOWSKY, J., NEUHAUS, C., BENDER, T. & WEBER, B. 2010. Aesthetic package design: A behavioral, neural, and psychological investigation. *Journal of consumer psychology*, 20, 431-441.
66. ROBINSON, S. & PALLASMAA, J. 2015. *Mind in architecture: Neuroscience, embodiment, and the future of design*, MIT Press.
67. ROSA, M. L. 2020. Introduzione alla neuroarchitettura: cos'è e come migliora la qualità della vita. Available: <https://www.neurowebcopywriting.com/introduzione-neuroarchitettura/?cn-reloaded=1&cn-reloaded=1&cn-reloaded=1> [Accessed 21/05/2023].
68. SAOUDI, A. 2021. La neuro-architecture un nouveau chemin pour guérir le stress.
69. SCHILDT, G. 1998. Alvar Aalto in his own words.
70. SCHMITZ, H., MÜLLAN, R. O. & SLABY, J. 2011. Emotions outside the box—the new phenomenology of feeling and corporeality. *Phenomenology and the cognitive sciences*, 10, 241-259.

71. SOARES, J. M., MAGALHÃES, R., MOREIRA, P. S., SOUSA, A., GANZ, E., SAMPAIO, A., ALVES, V., MARQUES, P. & SOUSA, N. 2016. A Hitchhiker's guide to functional magnetic resonance imaging. *Frontiers in neuroscience*, 10, 515.
72. STICHLER, J. F. 2001. Creating healing environments in critical care units. *Critical Care Nursing Quarterly*, 24, 1-20.
73. ULRICH, R. S. 1984. View through a window may influence recovery from surgery. *science*, 224, 420-421.
74. ULRICH, R. S. 2006. Essay: Evidence-based health-care architecture. *The Lancet*, 368, S38-S39.
75. VANNUCCI, M., GORI, S. & KOJIMA, H. 2014. The spatial frequencies influence the aesthetic judgment of buildings transculturally. *Cognitive neuroscience*, 5, 143-149.
76. VINCE, J. 2004. *Introduction to virtual reality*, Springer Science & Business Media.
77. WIESMANN, M. & ISHAI, A. 2011. Expertise reduces neural cost but does not modulate repetition suppression. *Cognitive neuroscience*, 2, 57-65.

ملخص:

الهندسة العصبية هي مجال من مجالات الهندسة المعمارية التي، مع وجود البيانات والأدلة العلمية في متناول اليد، تحل بشكل موضوعي ومنهجي كيف تغير المساحات المبنية عواطفنا وقدراتنا. هدفها هو بناء مساحات تعمل على تحسين إنتاجية الناس ورفاهيتهم. يترجم هذا التخصص الأحاسيس التي تسببها المساحات إلى بيانات قابلة للقياس، مما يسمح لنا بتحليل ما تسببه لنا هذه الأخيرة من وجهة نظر علمية والبحث عن حلول باستخدام الأدوات والابتكارات والتقنيات الطبية. إن التقدم في علم الأعصاب يجعل من الممكن الآن تفسير كيفية إدراكنا للعالم من حولنا وكيف نتحرك عبر الفضاء؛ زيادة على ذلك، فمن الواضح مدى تأثير البيئة التي نعيش فيها على قدراتنا المعرفية وقدراتنا على حل المشكلات، بل وحتى تغيير مزاجنا. كجزء من هذا البحث، حاولت تقديم هذا التخصص كنهج جديد فريد من نوعه، مع تسليط الضوء على مزاياه وتقنياته المطبقة بشكل خاص على منشآت النقل، وبشكل أكثر تحديداً في المطارات. أتناول تأثير العمارة على الإنسان ومختلف الانعكاسات السلبية للأخيرة على الأبعاد المعرفية والعاطفية وكيف استجاب علم الأعصاب لهذه التأثيرات مع تقديم حلول معمارية لتقليلها.

الكلمات المفتاحية

الهندسة العصبية – الهندسة المعمارية – علم الأعصاب – منشآت النقل – المطار – البعد المعرفي العاطفي – إعادة التصميم.

Résumé :

La neuroarchitecture est un domaine de l'architecture qui, avec des données et des preuves scientifiques en main, analyse objectivement et systématiquement comment les espaces construits modifient nos émotions et nos capacités. Son objectif est de construire des espaces qui améliorent la productivité et le bien-être des utilisateurs. Cette discipline traduit les sensations causées par les espaces en données mesurables, qui nous permettent d'analyser d'un point de vue scientifique ce que nous causent les espaces construits et de rechercher des solutions à l'aide d'instruments médicaux et d'innovations technologiques. Les progrès des neurosciences permettent aujourd'hui d'expliquer la manière dont nous percevons le monde qui nous entoure et dont nous nous déplaçons dans l'espace ; en outre, il est clair à quel point l'environnement dans lequel nous vivons peut influencer nos capacités cognitives et de résolution de problèmes, et même modifier notre humeur.

Dans le cadre de cette recherche nous avons tenté de présenter cette discipline comme une nouvelle approche unique de son genre, toute en mettant en évidence ses avantages et ses techniques spécialement appliquée ou infrastructure de transport, plus précisément dans les aéroports. Nous avons abordé l'impact de l'architecture sur les êtres humains et les différents effets négatifs de ce dernier sur la dimension cognitivo-émotionnelle et comment la neurosciences a répondu à ces effets tout en préconisant des solutions architectoniques pour les minimiser.

Mots clés :

Neuroarchitecture – Architecture – Neurosciences - Équipement de transport - Aéroport –
Dimension cognitivo-émotionnelle - Restyling.

Abstract

Neuroarchitecture is a field of architecture that, with scientific data and evidence in hand, objectively and systematically analyses how built spaces modify our emotions and abilities. Its aim is to build spaces that improve people's productivity and well-being. This discipline translates the sensations caused by spaces into measurable data, enabling us to analyse from a scientific point of view what built spaces cause us, and to seek solutions using medical instruments and technological innovations. Advances in neuroscience are now helping to explain how we perceive the world around us and how we move through space; it is also clear to what extent the environment in which we live can influence our cognitive and problem-solving abilities, and even alter our moods.

In this research I have attempted to present this discipline as a new and unique approach, highlighting its benefits and techniques specifically applied to transport infrastructure, more specifically airports. I discuss the impact of architecture on human beings and the various negative effects of this on the cognitive-emotional dimension and how neuroscience has responded to these effects, while presenting architectural solutions to minimise them.

Key words:

Neuroarchitecture - Architecture - Neuroscience - Transport equipment - Airport - Cognitive-emotional dimension – Restyling.