



Salt Lake Institute of Biological studies – La Jolla – California – L. Kahn architecte - Photo : Morgan Sheff

# Introduction à la neuro-architecture

## Principes conceptuels et développements applicatifs

**Emmanuelle Ladet** - Architecte SOHO Atlas In Fine | **Daniel Ejnes** - Médecine Physique et de Réadaptation, Président NEURON REHAB | **Claude Brugiere** - Architecte SOHO Atlas In Fine

Le récit de la neuro-architecture remonte à l'expérience vécue par le chercheur américain Jonas Salk lorsqu'il se rendit à Assise en Italie. Dès son retour, il trouva le vaccin contre la poliomyélite. Convaincu que sa découverte était liée à cette expérience de rupture spatio-temporelle, il contacta Louis Kahn, éminent architecte, pour réaliser le Salt Lake Institute à la Jolla en 1960. La conception de ce laboratoire révolutionna le monde de la recherche en proposant des lieux innovants propices à l'échange et à la réflexion. Cet élan fut ensuite repris par Fred Gage, chercheur sur le cerveau et professeur de génétique à l'institut Salk qui, motivé par la découverte qu'un cerveau adulte produit des cellules nerveuses tout au long de la vie, s'est intéressé à l'influence de l'environnement sur son développement et son comportement.

Depuis 2003, le terme a été repris et développé par l'Academy of Neuroscience For Architecture ANFA<sup>1</sup>. Il relie les neurosciences et l'architecture dans l'objectif de comprendre ce qui structure et modifie notre cerveau, nos émotions, notre capacité à apprendre, à nous orienter, à travailler et à vivre dans un espace construit par l'homme pour l'homme. En 2009, dans son blog, le Dr Shock, Directeur de la formation médicale à l'Erasmus MC, Rotterdam aux Pays-Bas, commente les travaux de l'ANFA et évoque le fait de pouvoir relier ces connaissances aux neurosciences, qui nous permettraient de savoir comment la conception des salles de classe peut soutenir les activités cognitives des étudiants, comment la conception des chambres d'hôpital peut améliorer le rétablissement des patients, et comment la conception des bureaux et des laboratoires peut faciliter les activités interdisciplinaires des neuroscientifiques, et ainsi de suite. Pour comprendre comment l'Homme est influencé par son environnement, il faut donc partir de la compréhension de la manière dont il le perçoit, l'expérimente et l'habite.



Institut Médical de Breteuil - LNA Santé - Soho Atlas In Fine architectes - Neuron Rehab - J Letoublon, photographe

Convaincus par l'intérêt que représente cette approche, nous ouvrons la réflexion pour enrichir nos connaissances respectives sur l'influence des espaces construits sur nos comportements et mouvements afin d'améliorer leur conception. Plus précisément, nous souhaitons mettre en relation neuro-architecture et neuro-réhabilitation, afin d'agir au cœur de ce processus complexe de récupération et d'amélioration de l'état d'une personne atteinte par une lésion ou une maladie neurologique, afin de minimiser ou compenser les altérations fonctionnelles qui en résultent et faciliter son retour à une autonomie optimale.

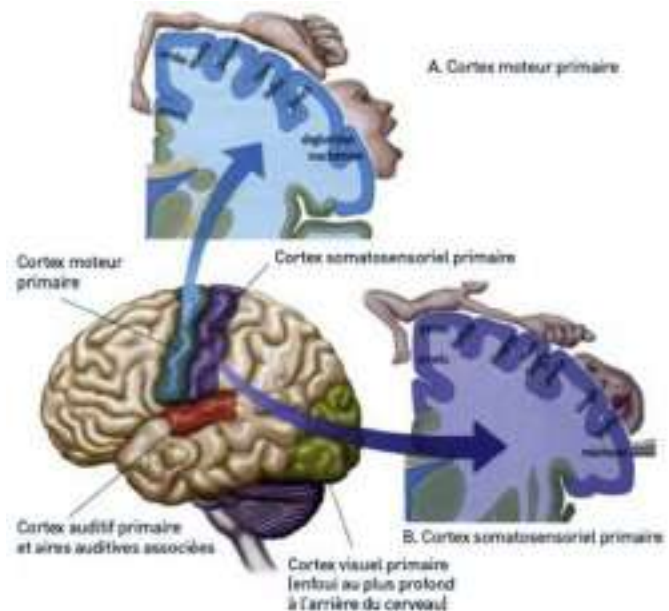
Les pistes de recherche pourraient se résumer en trois questions :

- ▶ Quelles sont les parties cérébrales impliquées dans l'interaction avec le cadre bâti ?
- ▶ Comment l'architecture peut influencer favorablement le neurodéveloppement ?
- ▶ En quoi les neurosciences peuvent-elles faire progresser la conception-réalisation des lieux de vie et de soins ?

Les bases neurophysiologiques reposent principalement sur :

- ▶ **La compréhension des zones cérébrales impliquées dans le processus. Une localisation préférentielle autour du ParaHippocampe** dans la reconnaissance et l'encodage des « scènes » visuo-perceptives a été évoquée par le Dr Shock et J. Eberhard en recherche avec l'ANFA.
- ▶ **La Perception-Cognition-Action** à partir des stimuli sensoriels influençant : le mouvement, la navigation et l'orientation, la prise de décisions, les émotions, l'influence du design, les rythmes biologiques... La perception de l'espace, du temps, de la lumière, de l'acoustique influence directement la Cognition motrice (notion de « Cognitive Mapping »).

- ▶ **La Plasticité cérébrale** définie ici comme la capacité du cerveau à modifier l'organisation et le nombre de ses réseaux de neurones en fonction des expériences vécues par l'organisme.



Homunculus de Penfield<sup>2</sup> - © SciencesHumaines, nov-déc 2011

La recherche d'un milieu enrichi versus un milieu appauvri, le souci d'une architecture sécurisante et non sécuritaire, d'une combinaison apaisement/stimulation est directement reliée aux apports des neurosciences et des apports de la Médecine Physique et de Réadaptation.

Le projet déroutant des « *Reversible Destiny Lofts* » conçus par les artistes Madeline Gins et Shusaku Arakawa sont une parfaite illustration d'une architecture volontairement contraignante, et par là-même stimulante, afin de maintenir les capacités cognitives en éveil, et retarder le vieillissement du cerveau. Si on analyse le plan de l'appartement, il ressemble étrangement à un parcours de souris de laboratoire.



Reversible Destiny Lofts – Mitaka - Arakawa and Madeline Gins



©2005 Estate of Madeline Gin

L'architecture ne se réduit pas à sa fonctionnalité, ni à sa technicité, elle est avant tout porteuse de sens, de symbolique voire de poésie. Gaston Bachelard dans *La poétique de l'Espace*<sup>3</sup>, développe ce qui fonde la relation de tout homme à son espace premier, la maison ; « *La maison vécue n'est pas une boîte inerte. L'espace habité transcende l'espace géométrique.* » Albert Kahn<sup>4</sup> évoque également l'unité première de l'architecture, la pièce. « *La pièce est le début de l'architecture. Vous ne dites pas la même chose dans une pièce comme vous le diriez dans une autre, c'est comme ça que le sensible est. Une pièce est une chose merveilleuse, un monde dans un monde.* »

Les développements applicatifs se feront autour des éléments opérationnels suivants, reprenant d'une certaine façon les catégories de handicap, et visant à les prévenir au mieux :

- ▶ **Physique** : Faciliter la motricité, le mouvement et les déplacements internes et externes.
- ▶ **Cognitif** : Stimuler l'orientation spatiale et temporelle, la mémorisation, les apprentissages

- ▶ **Sensoriel et sensori-moteur** : Donner à voir, stimuler les émotions positives, veiller à une ergonomie multidimensionnelle. Favoriser la mise en situation réelle.
- ▶ **Psychique** : Alternier les espaces apaisants (troubles du comportement dits productifs) et stimulants (troubles du comportement dits non productifs).

La Classification Internationale du Fonctionnement, du Handicap et de la Santé (CIF) a été élaborée par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) afin de fournir un langage uniformisé et un cadre pour la description et l'organisation des informations relatives au fonctionnement et au handicap. Il est fondé sur un modèle systémique qui intègre l'interaction entre les facteurs individuels et environnementaux. La neuroarchitecture se situe à l'interface de ces deux dimensions.

### CIF du Handicap et de la Santé



© O.M.S – 2001

L'espace en tant que tel, n'est rien sans l'intention que l'architecte lui donne et sans le fait de l'habiter. La possibilité d'habiter un lieu diffère selon le degré d'autonomie de la personne, son âge et son handicap, mais son habitabilité sensorielle et poétique reste la même pour tous selon la qualité de l'espace, de la lumière, de l'atmosphère, ... tout ce qui fonde « *l'Architecture* ».

La maison, abri premier sans lequel l'homme ne saurait se construire et vivre, n'est que le point de départ de son exploration du monde. Cette exploration s'avère simple et évidente pour toute personne mobile et autonome, plus difficile, voire impossible pour une personne présentant des troubles de la motricité, de la cognition et de la perception. Cette difficulté nous engage à réfléchir à des d'espaces appropriables et à des « *modèles* » de mobilité favorables aux déplacements de ces personnes.

La neuro-architecture questionne et met en perspective la nature des rapports qui existent entre la personne présentant un handicap neurologique et son milieu de vie. Les handicaps peuvent être purement cognitifs, moteurs, sensoriels ou mixtes et s'inscrivent dans le contexte psychique (émotionnel et mémoriel) de la personne. Il convient donc d'adapter les propositions d'aménagement de l'espace dans un objectif d'inclusion.

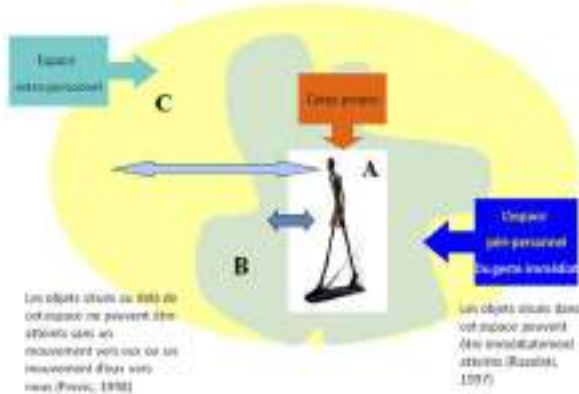
La rééducation est généralement centrée sur la personne et sur les facultés de récupération de son organisme, et encore insuffisamment sur son milieu de vie. A l'issue de l'hospitalisation traditionnelle, les possibilités offertes sont soit l'hébergement (temporaire ou définitif) dans un lieu de Soins de Réadaptation, soit dans un lieu de vie (logement ou établissement médico-social), sans qu'il y ait suffisamment de connexions entre les deux.

La neuroarchitecture permettrait d'explorer au sens perceptif et conceptuel l'espace de neuroréhabilitation. En partant de la personne et de sa situation, et après analyse de ses fonctions cognitives, sensorielles et motrices, il s'agira de concevoir un lieu de vie et de soins, qui soit à la fois stimulant et sollicitant (dans la continuité de ce que la rééducation et la réadaptation lui ont apporté); tout en conservant un caractère familier et appropriable, lui permettant de mettre en œuvre ses acquis, de les améliorer, voire de récupérer une partie de ses fonctions perdues. L'objectif étant pour la personne d'acquiescer sa propre autonomie.

Ce lieu individuel est une combinaison d'espaces, à dimensions et à échelles multiples. Il se subdivise factuellement et symboliquement en trois sous-ensembles :

- a. l'espace du corps propre (et de la bulle protectrice qui l'enveloppe);
- b. l'espace péri-personnel du geste immédiat au sein duquel les objets peuvent être directement atteints par la personne, avec une traduction opérationnelle en matière de rééducation ;
- c. l'espace extra-personnel au sein duquel les objets ne peuvent être atteints sans un mouvement de la personne vers eux, ou d'eux vers elle ;
- d. l'espace Au-delà, où se déploie un espace étranger à conquérir (terra incognita).

**LA PERSONNE ET SON MILIEU - © Neuron Rehab**



Les travaux de G. Rizzolatti sur les Neurones miroirs<sup>5</sup> et l'espace péri-personnel illustrent bien la réflexion croisée à mener entre architectes et équipes soignantes. On conçoit aisément que selon la gravité, la nature du handicap et le vécu de la personne, l'espace péri-personnel et extra-personnel seront à géométrie variable : une personne atteinte de la maladie d'Alzheimer a dans l'absolu, un espace extra-personnel beaucoup plus vaste qu'une personne atteinte de déficiences motrices sévères, néanmoins, les déficiences cognitives de la première ne lui permettront pas d'aller et venir de manière autonome à grande échelle, contrairement à la deuxième qui, par l'entremise d'un fauteuil roulant électrique, pourra se déplacer à l'échelle de son quartier. En conséquence et pour chacune d'entre elle, l'échelle territoriale, variera. La compréhension des échelles et territoires de vie représente un champ de recherche de la neuroréhabilitation et de la neuroarchitecture à différentes échelles : celle de l'habitation, du quartier, de la ville et du territoire.

L'évolution des sciences et des disciplines continue à isoler les champs de recherche, alors que le monde humain forme un tout qu'on devrait approcher de manière plus globale. Relier des champs disciplinaires apparemment éloignés pour mieux appréhender et comprendre l'humain



**Échelles et territoires de vie - © Neuron Rehab**

et son milieu de vie, tel doit être le point de départ du concept de neuroarchitecture, dont le principal objectif est de contribuer à améliorer la qualité de vie des personnes, qu'elles soient atteintes de maladies neuro-dégénératives ou en bonne santé, dans un souci d'inclusion sociale.



**Imaginer l'espace en mouvement - © E.Ladet - A.Le Cat - F.Gaubin - Mission PUCA**

Dans tous les cas, la programmation en mouvement se doit d'être interdisciplinaire, tant pour les unités d'hébergement, les plateaux techniques, les hôpitaux de jour, les liaisons et flux, les espaces extérieurs, les équipements et le design, les unités d'interface avec le domicile... La co-conception de Centres ou services à vocation de Réadaptation se construit sur cette méthode systémique, parfois inhibée par des règlements d'appel d'offres linéaires et séquentiels.

Depuis plus d'une dizaine d'année, nous développons de façon applicative, à partir de ces fondamentaux, l'interdisciplinarité entre Architecture et NeuroRéhabilitation, ce qui positionne la Médecine Physique et de Réadaptation comme la spécialité médicale fortement impliquée dans le développement opérationnel du concept.

À ce titre sera organisé en mai 2022 à Nancy par le Professeur de MPR Jean Paysant, un workshop sur « Architecture et Centres de Médecine Physique et de Réadaptation » dans le cadre de l'European Academy of Rehabilitation Medicine (<https://aemr.eu/>)<sup>6</sup>.



CSSR Pierre de Soleil – SOHO Atlas In Fine architectes – Vetraz Monthoux - © Photographe P.Hervouet

Au cœur de ce co-développement seront principalement concernés ;

- ▶ La perception des patients au cœur des établissements de soins (accueil, espaces d'attentes, urgences, parcours...) et la qualité de vie au travail du personnel (espaces pluridisciplinaires, lieu de repos...)
- ▶ Les Centres de MPR et Services de Soins Médicaux de Réadaptation, particulièrement dans le champ NeuroLocomoteur de l'adulte, de l'enfant, de la personne âgée...
- ▶ Les structures et services médico-sociaux de l'enfant, de l'adulte et des personnes âgées atteintes de troubles cognitifs.
- ▶ Les établissements psychiatriques sanitaires et médico-sociaux

En résultante, cette publication est une invitation à coopérer de façon transdisciplinaire pour relever trois défis :

1. Identifier les principes d'une architecture favorisant l'autonomie optimale, après une lésion incapacitante impliquant directement ou indirectement le système neurolocomoteur ;
2. Qualifier et porter une attention particulière aux lieux d'apprentissage ou de réapprentissage ;
3. Aborder la question d'une architecture restauratrice voire réparatrice en termes de plasticité cérébrale et de la fonction motrice.

## Notes

1. Science studies how architecture affects the brain, november 20, 2003, By John P. Eberhard, Academy of Neuroscience For Architecture - ANFA
2. Homonculus de Wilder Penfield: régions cérébrales associées à nos membres. Nos membres sont associés aux cortex cérébral moteur et somatosensoriel (le cortex cérébral est la partie superficielle du cerveau), situés au milieu du cerveau, l'un en face de l'autre. Ces deux cortex cérébraux présentent une cartographie: l'homoncule.
3. Gaston Bachelard (1957) LA POÉTIQUE DE L'ESPACE. Paris: Les Presses universitaires de France, 3<sup>e</sup> édition, 1961, 215 pp. Première édition, 1957. Collection: Bibliothèque de philosophie contemporaine.
4. Albert Kahn – Architecte – 1869-1942 – Parfois surnommé l'architecte de Détroit
5. Neurones miroirs: catégorie de neurones du cerveau qui présentent une activité aussi bien lorsqu'un individu exécute une action que lorsqu'il observe un autre individu. En neurosciences cognitives, les neurones miroirs joueraient un rôle dans la cognition sociale.
6. Jean-Marie André, Jean-Pierre Didier, Jean Paysant (2004): Plasticité et activité: l'activité musculaire médiatrice réciproque de la plasticité post-lésionnelle du système nerveux et de ses effecteurs dans: La Plasticité de la fonction motrice, JP Didier, Collection de l'Académie Européenne de Médecine de Réadaptation, Paris, Springer, 341-383

## Bibliographie NeuroArchitecture

- ▶ Unlocking the Brain for Better Architecture & Design by Dana Dubbs.
- ▶ The Academy of Neuroscience for Architecture (ANFA).
- ▶ Eberhard, J. (2009). Applying Neuroscience to Architecture Neuron, 62 (6), 753-756 DOI: 10.1016/j.neuron.2009.06.001
- ▶ Dr Shock, Architecture and Neuroscience, Post comment ANFA, July 13, 2009
- ▶ Gaston Bachelard (1957) LA POÉTIQUE DE L'ESPACE. Paris: Les Presses universitaires de France, 3<sup>e</sup> édition, 1961, 215 pp. Première édition, 1957. Collection: Bibliothèque de philosophie contemporaine.
- ▶ Louis I. Kahn: Writings, Lectures, Interviews Hardcover – October 15, 1991 by Rizzoli (Author), p. 294
- ▶ Elisabeth Pélerin Genel - Des souris et des labyrinthes - La découverte / Le Moniteur, 2010
- ▶ Michel Lussault - L'homme spatial, la construction sociale de l'espace humain– Seuil, 2007
- ▶ Christophe Enaux - « Processus de décision et Espace d'activités/déplacements. Une approche articulante routine cognitive et adaptation événementielle. » - Cybergeo: European Journal of Geography
- ▶ Courteix S., 2009, Troubles envahissants du développement et rapports à l'espace, LAF-ENSAL, Lyon, inédit, 35 p. Laboratoire d'Analyse des Formes -Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Lyon
- ▶ Maurice Merleau-Ponty: Phénoménologie de la Perception. Gallimard
- ▶ E.T. Hall : La Dimension cachée Points Seuil
- ▶ Augustin Berque, La mésologie, pourquoi et pour quoi faire ? in Annales de géographie 2015/5 (N° 705), pages 567 à 579
- ▶ Augustin Berque, Emmanuelle Ladet, Daniel Ejnes : Mésologie clinique et neuroréhabilitation. Séminaire EHESS 2011
- ▶ Giacomo Rizzolatti 2005 Les Neurones miroirs Odile Jacob
- ▶ Le Projet PACE (Perception Action Cognition Environnement) coordonné pour la Fondation Motrice, Pr Alain Berthoz et Pr Giovanni Cioni, avec Daniel Ejnes & Emmanuelle Ladet in Child neurodevelopment 2014
- ▶ Stanislas Dehaene. Apprentissages et plasticité cérébrale Psychologie cognitive expérimentale 2016, p. 335-356
- ▶ Isabelle Bonan, La plasticité des systèmes : principe fondateur de la MPR in Actualités en Médecine Physique et de Réadaptation - 03-04 - juillet 2020