

Entre mémoire et sensorimotricité. Modélisation cognitive en conception architecturale instrumentée et collaborative

Damien Claeys, tsa-lab, LAB, UCLouvain, damien.claeys@uclouvain.be

Résumé

L'hypothèse initiale est que l'architecture possède une triple fonction physiologique, psychique et psychosociale, lorsqu'elle fournit une scène spatialisée et dynamique compensant la faiblesse originelle de l'espèce humaine, en opérant des médiations physiques et symboliques entre l'humain et l'environnement, lui-même et les autres. En science de l'esprit, des métaphores éenactives promeuvent une approche de la cognition, à la fois incarnée et située, dans laquelle les connaissances émergent des couplages dynamiques entre corps et environnement, entre perception, intégration et action. Alors que les processus de conception architecturale étaient modélisés traditionnellement à partir de postures internalistes et/ou externalistes, la modélisation présentée les décrit en transposant le principe dynamique de la pensée éenactée et en intégrant les conditions contingentes et ontologiques des médiations physiques et symboliques qu'elle régule. À travers la construction patiente du modèle, un programme de recherche émerge en architecture pour en définir les éléments, les relations et les processus qui s'y jouent. Le programme est encore peu défini méthodologiquement, il suscite une nécessaire analyse critique et il invite d'autres champs disciplinaires étudiant les modalités de l'action.

Mots clés

conception architecturale, modèle heuristique, éenaction, psychologie cognitive, neuroscience

1. Introduction : recherches en conception architecturale

Avant d'encadrer mes tous premiers étudiants et étudiantes dans des ateliers d'architecture de première année, je m'étais senti quelque peu *démuni*, ce qui m'a poussé à faire de la recherche. L'institution me les confiait, mais je n'avais aucune formation particulière pour les encadrer et j'ai constaté le nombre réduit de modèles théoriques, dédiés spécifiquement au champ de la conception en architecture, à la fois solides pour répondre aux exigences scientifiques et suffisamment souples pour être adaptables à n'importe quel projet d'architecture.

Alors, comment enseigner la proiettation architecturale sans avoir de *modèle* de référence ?

En constatant la richesse des savoirs professionnels tacites et des connaissances implicites lors de la proiettation, plusieurs *questions de recherche* sont posées :

1. qu'est-ce qu'un processus de conception en architecture, outillé ou non, collaboratif ou non ?
2. quelle méthode scientifique utiliser pour en modéliser un ?
3. comment faire pour que cette modélisation puisse être validée scientifiquement et s'applique à tous les projets d'architecture rencontrés ?

À partir de ces questions, un *domaine de recherche* est défini : l'étude des processus de conception de projets d'architecture en menant des recherches historiques, critiques et méthodologiques en conception architecturale, en théorie d'architecture, en théorie des systèmes et en culture digitale (Claeys, 2013, 2017, 2023).

La *méthode de recherche* utilisée combine *épistémologie* et *modélisation heuristique*. L'épistémologie théorise les conditions de production des connaissances, tandis que la modélisation représente les dynamiques opératoires par lesquelles cette production devient possible.

Si la proiettation est un *processus d'élaboration de connaissances* en vue de produire l'environnement construit, il faut étudier corollairement l'élaboration de la connaissance par l'épistémologie – le

pourquoi nous concevons des projets – et le processus d’élaboration par la modélisation – le *comment* nous les concevons.

Mais pourquoi le type de modélisation utilisé est-il *heuristique* ? Parce que la connaissance que nous avons des mécanismes de la pro jet tation est inévitablement incomplète. Le modèle soutient un *raisonnement heuristique* parce qu’il est élaboré, non pas pour décrire parfaitement le phénomène étudié, mais pour aider à la comprendre alors même qu’il est partiellement incomplet et inaccessible.

En articulant conception architecturale, théorie des systèmes et psychologie cognitive, j’ai abouti à la proposition d’un premier modèle heuristique, représenté ici à travers un schéma synthétique (Claeys, 2013, cf. figure 1-1). À travers cette première image, vous constatez que ma première approche de la conception architecturale est clairement internaliste et centrée sur la cognition. Dans des recherches plus récentes, vous pouvez voir une deuxième version du modèle, intégrant une succession de paysages analytiques de solutions, dont la dynamique provient des générateurs et des attracteurs de modèles mentaux. L’approche reste fortement internaliste et cognitive (Claeys et al., 2024, cf. figure 1-2).

Mais ce type de modèle prend trop peu en compte, entre autres, la corporalité et l’activité du concepteur, ainsi que des situations instrumentées ou collaboratives en conception.

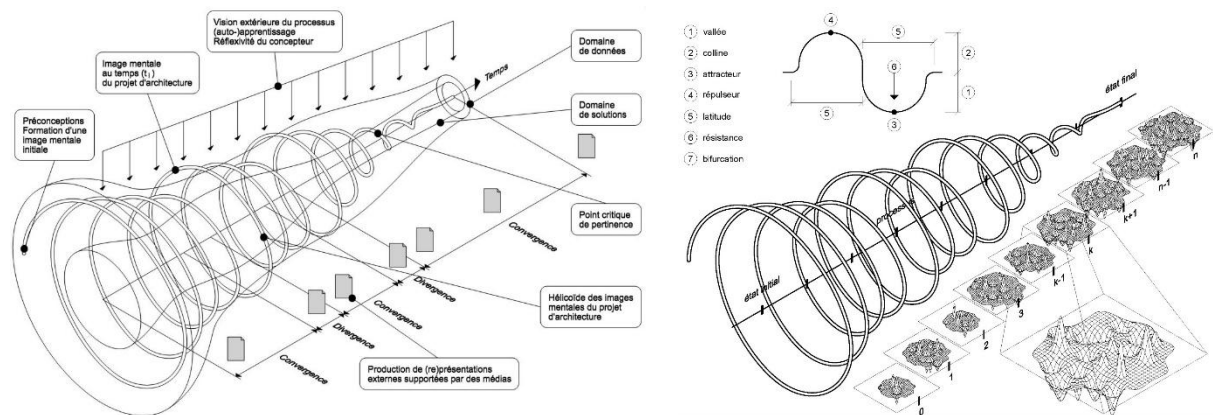


Fig. 1 – 1. Modélisation heuristique : modèle systémique général du processus de conception qui vise l’architecture (Claeys, 2013). 2. Dynamique du domaine de solutions d’un processus de pro jet tation, à l’aide d’une succession de paysages analytiques avec deux attracteurs fixes de modèles mentaux (Claeys et al., 2024).

2. Contexte : internalisme, externalisme, énavtisme

Rappelons la distinction entre internalisme et externalisme pour contextualiser le dépassement épistémologique opéré par la posture énavte (Varela, Thompson, & Rosch, 1991).

Dans les sociétés vernaculaires productrices d’« architectures sans architectes » (Rudofsky, 1964), les connaissances pratiques et théoriques utilisées sont transmises de génération en génération. Les connaissances, les moyens et les temporalités nécessaires à l’édification sont limités, sachant que l’abris est, au départ, provisoire, pour les habitats préhistoriques, ou réparable, pour les architectures vernaculaires. Sans sombrer dans un romantisme excessif, la pérennisation des typologies est assurée par l’apprentissage des connaissances mémorisées (la mémoire), à travers la transmission intergénérationnelle, via l’écoute des récits oraux et l’imitation des gestes constructifs (la perception et l’action), caractérisée par une économie de moyens et par une grande adaptation au contexte régional (l’interaction avec l’environnement) (Claeys, 2025).

Il faut attendre l’émergence de l’humanisme, des sociétés savantes, des universités, de la distinction progressive entre conception et édification, pour qu’une tradition du traité architectural se mette en place à la Renaissance et que les architectes corporisés engagent une forme de réflexivité commune sur les pratiques de la pro jet tation. Ce n’est que dans les années 1960, qu’une véritable volonté de modélisation scientifique, plutôt internaliste, apparaît notamment dans l’héritage critique du Bauhaus à l’École d’Ulm (Maldonado & Bonsiepe, 1964; Maldonado, 1971; Rittel & Webber, 1973; Lindinger, 1987), dans le mouvement anglosaxon des *design methods* (Jones & Thornley, 1963; Alexander, 1964;

Gregory, 1966; Broadbent & Ward, 1969; Simon, 1969; Cross, 1973; Zeisel, 1984; Akin, 1986; Rowe, 1987; Lawson, 2005; Visser, 2006), prolongé plus tardivement par des chercheurs francophones (Lebahar, 1983; Conan, 1990; Prost, 1992), ou dans l'architecture française (Boudon, 1971). Cette volonté s'exprime également dans la très récente professionnalisation de la recherche en architecture. En science de l'esprit, de vives discussions épistémologiques concernent l'existence (ou pas) de l'enveloppe corporelle et les échanges qu'elle permet (ou pas), ainsi que le lieu et l'étendue de la cognition. La modélisation des activités humaines en conception architecturale intègre ces discussions. Les chercheurs développent deux postures (Raynaud, 2001) :

1. d'un côté, la posture de l'*internalisme*, dualisme classique, cartésien ou cognitiviste, affirme que la pensée est subjective, qu'elle repose uniquement sur les ressources mentales du sujet, indépendamment du corps ou de l'environnement. De là, les modèles *internalistes* de la conception, conceptuels, non situés et désincarnés, décrivent la conception de manière computationnelle comme une suite d'opérations mentales, opérant sur des représentations internes, des raisonnements symboliques, en cantonnant le corps à un rôle exécutif secondaire. Suscitant l'élan des années 1960 pour la recherche en conception architecturale, les *internalistes* recherchent une théorie autonome, initiée notamment du côté du *Design Methods Movement* (Alexander, 1964; Broadbent & Ward, 1969; Visser, 2006), des « *sciences of the artificial* » (Simon, 1969) et de l'architecture (Boudon, 1971), ils modélisent l'activité cognitive des concepteurs au travail, les opérations mentales, les raisonnements symboliques ;
2. de l'autre, la posture de l'*externalisme*, monisme processuel, affirme que le contenu de la pensée, grâce à l'activité exploratoire du corps, ne peut être caractérisé sans référence à l'environnement, puisque la signification dépend de l'existence d'un référent externe. De là, les modèles *externalistes* de la conception, situés, mais sans être incarnés, déplacent l'attention vers les outils, les situations et les collectifs, en questionnant notamment la construction des connaissances (Piaget, 1937), les références disponibles (Scaletsky, 2003), la réflexion dans l'action (Schön, 1983), les activités instrumentées (Rabardel, 1995; Beguin & Rabardel, 2000; Bonnardel, 2006) et collaboratives (Ben Rajeb, 2012), jusqu'à la sociologie du travail (Callon, 1996), la théorie de l'acteur réseau (Latour, 2005; Yaneva, 2022), et l'agencement des lieux d'activités (Thoring et al., 2021).

La querelle entre internalisme et externalisme porte sur le statut du *corps*. Les internalistes considèrent que le corps a peu d'influence sur la cognition et ils étudient plutôt les processus représentationnels ou computationnels. Alors que les externalistes considèrent le corps comme une instance active tournée vers l'environnement, ayant une forte influence sur la cognition en tant que source d'expériences et de connaissances. S'il est clair que les internalistes ont volontairement mis la corporalité de côté, l'intégration annoncée de la corporalité par les externalistes est, dans les faits, minimisée au profit de considérations sociologiques ou liées au milieu technologique de l'instrumentation.

Pour dépasser cette dichotomie arbitraire, des « métaphores énaïves » (Gallagher & Lindgren, 2015) promeuvent une approche de la cognition, à la fois *incarnée et située*, dans laquelle les connaissances émergent des couplages dynamiques entre corps et environnement, entre perception, intégration et action (Maturana & Varela, 1984; Varela et al., 1991; Versace, Brouillet, & Vallet, 2018; Brouillet, 2019).

En associant les acquis des recherches internalistes et externalistes, la construction d'un modèle heuristique hybride est proposée ici, en valorisant une cognition incarnée et située, une posture intégrative prenant en compte plusieurs perspectives (individuelle, collective, instrumentée, sensorimotrice). Autrement dit : un modèle où le corps est une interface entre la succession interne des états cognitifs du concepteur et des pratiques externes lors de ses relations avec l'environnement, qu'elles soient instrumentées ou collaboratives (Claeys et al., 2025; Cleven & Claeys, 2026; Cleven et al., 2025).

3. Hypothèse : la triple fonction de l'architecture

Avant de construire un modèle, revenons à une question fondamentale : quelle est la fonction de l'architecture ? Cette question suscitant à son tour une sous-question : pourquoi l'enveloppe corporelle a-t-elle un rôle central pour comprendre la fonction de l'architecture ?

L'humain est envisagé *comme* un système dynamique, en interaction avec son environnement, capable d'apprentissage, de questionner sa propre existence et de se projeter, dont l'existence est *conditionnée*. Équipé initialement d'un *inné* insuffisant pour survivre seul et affecté d'une connaissance limitée du réel, malgré l'*acquis* de ses expériences, l'humain est un organisme *inachevé* et *incomplet*, qui a *besoin*, entre autres, d'architecture pour équilibrer les effets de sa *condition*, pour vivre et pour exister, seul ou en groupe (Alderfer, 1969, 1972; Jaśkiewicz, 2013; Claeys, 2019).

L'humain est *inachevé* parce qu'il possède des besoins *physiologiques* fondamentaux dont la satisfaction est nécessaire pour sa survie et dont la plupart nécessitent des actions dans le réel (oxygène, eau, nourriture, température corporelle constante, élimination, logement, repos, reproduction). Ces besoins premiers et universaux sont *pré-culturels* : ils doivent être assouvis prioritairement avant toute sollicitation culturelle. L'humain a donc prolongé le corps par la création d'*outils* pour agir sur le réel et créer une *quasi-nature artificielle*, agissant en tant que contexte de substitution *local*. L'*enveloppe corporelle* régule partiellement les échanges physiologiques entre l'humain *inachevé* et son environnement, puis les *vêtements* perfectionnent la régulation, avant d'être prolongée par les *enveloppes architecturales*. En deux mots : une *seconde peau*.

Les architectures font partie intégrante de cette *seconde nature*, à l'image d'Adam chassé du Paradis après la faute originelle qui, fragilisé physiologiquement sous la pluie, est représenté, joignant les mains au-dessus de sa tête (*cf.* figure 2.1) ; signe qui, selon Antonio Pietro di Averlino (dit Filarete) (1465), dénoterait la forme originelle de l'architecture, celle de la toiture à deux versants, protégeant l'humain des intempéries.

En délimitant des espaces, en jouant sur les pleins et les vides pour réguler les interactions entre intérieur et extérieur, la première fonction de l'architecture est donc de réguler les échanges entre l'humain et l'environnement sur le plan *physiologique*.

L'humain est également *incomplet* parce qu'il possède des besoins psychosociaux fondamentaux, c'est-à-dire à la fois des besoins *psychologiques* et des besoins *sociaux*. Il s'est progressivement émancipé de l'environnement sauvage, de la nature à la culture, tout en développant une aliénation névrotique structurante : le *langage*. Ce passage de la nature à la culture est évidemment impossible à dater avec précision. De plus, la distinction conceptuelle nature/culture est dépassée (Descola, 2005). Ce qu'il faut retenir est plutôt le processus évolutif de l'espèce humaine, toujours en cours actuellement. Au cours de l'évolution, la combinaison de l'inné (l'énorme potentiel cognitif) et de l'acquis (la coupure du langage) donne forme à un second monde, un monde intérieur partiellement conscient. Ainsi, dans *La condition humaine I* (1933, *cf.* figure 2.2), Magritte questionne le rapport entre le réel et sa représentation, en créant un tableau dans le tableau. Sur la surface du tableau réel, il figure un espace, contenant un tableau sur chevalet, lui-même placé devant une fenêtre bordée de deux tentures, elle-même cadrant une vue vers l'extérieur de l'espace. Le paysage sur le tableau figuré semble continu avec celui cadré par la fenêtre. Mais rien ne permet d'affirmer que ce qui apparaît sur le premier correspond à ce qui est visible par la seconde. Le spectateur est alors immergé dans un mouvement de pensée paradoxal, accordant une réalité à l'environnement du tableau *contenu*, alors même que le tableau *contenant* est une création de l'artiste. La dynamique figurative du tableau conscientise le spectateur à propos de la coupure du langage *conditionnant* l'espèce humaine. En effet, la construction patiente des connaissances oblige l'observateur à multiplier les efforts de représentation, sachant que toute représentation est une simplification du phénomène décrit. En effet, le paysage que nous construisons mentalement donne l'illusion de connaître le paysage réel. Mais chaque fois que le réel contredit nos prédictions, nous devons trouver d'autres moyens pour calmer nos angoisses existentielles.

Les architectures concourent également à créer une *seconde intériorité*, agissant en tant que contexte de substitution *personnel*, en proposant des espaces dans lesquels l'humain peut expérimenter des significations personnelles ou partagées, pour actualiser le monde des pensées. L'habitant ne vit jamais uniquement *dans* un espace : il s'y éprouve lui-même. En effet, l'espace architectural oriente l'attention, affecte les émotions en proposant des lieux isolés, calmes, angoissants ou ouverts, il renforce ou adapte la mémoire, il influence le sentiment d'identité.

En constituant un dispositif de structuration de l'expérience subjective, la deuxième fonction de l'architecture est donc de réguler les échanges entre l'humain et l'environnement sur le plan *psychologique*.

L'humain a développé des systèmes symboliques dont l'expérience répétée permet d'acquérir une « assise existentielle », puisqu'à travers la symbolisation, il parvient à « transcender la situation

individuelle » et à « prendre part à une vie sociale et orientée » dans un environnement organisé (Norberg-Schulz, 1974, 1979). À l'image, des humains en train de sympathiser et de converser autour du feu, dans la gravure de Cesariano (1521; cf. figure 2.3), selon Vitruve (I^{er} siècle de notre ère [2015]), l'invention du feu mène à la *sociabilisation* et à l'invention du langage. Les premiers humains auraient constaté le « grand bien-être que donnait à leur corps la tiédeur du feu », puis d'autres humains se seraient approchés du foyer, puis ils auraient échangé des signes, avant d'« émettre des sons formés par leur souffle », puis de fixer des mots, à parler et à créer un langage commun. Parallèlement à l'invention du foyer et la mise en société, toujours selon Vitruve, les humains auraient construit les premiers abris. Non seulement, l'architecture structure l'expérience subjective, mais elle fournit une scène spatialisée pour accueillir les interactions sociales.

Les architectures fournissent à l'être humain *incomplet*, des contextes symboliques créant une forme de *seconde culture*, un contexte de substitution social, capables d'organiser, d'orienter, d'amplifier ou de contenir des interactions socioculturelles entre l'habitant et d'autres êtres humains. Ayant acquis le langage, l'être humain *incomplet* tente, de manière répétée, de rencontrer ses besoins *psychosociaux* fondamentaux, de développer ses connaissances, en équilibrant les informations descendantes de la *mémoire* et les informations ascendantes de la *perception*, pour réduire la coupure entre le *réel* et les multiples *réalités* auxquelles il donne vie dans ses pensées.

La troisième fonction de l'architecture est donc de réguler les échanges entre l'humain et l'environnement sur le plan *social*.

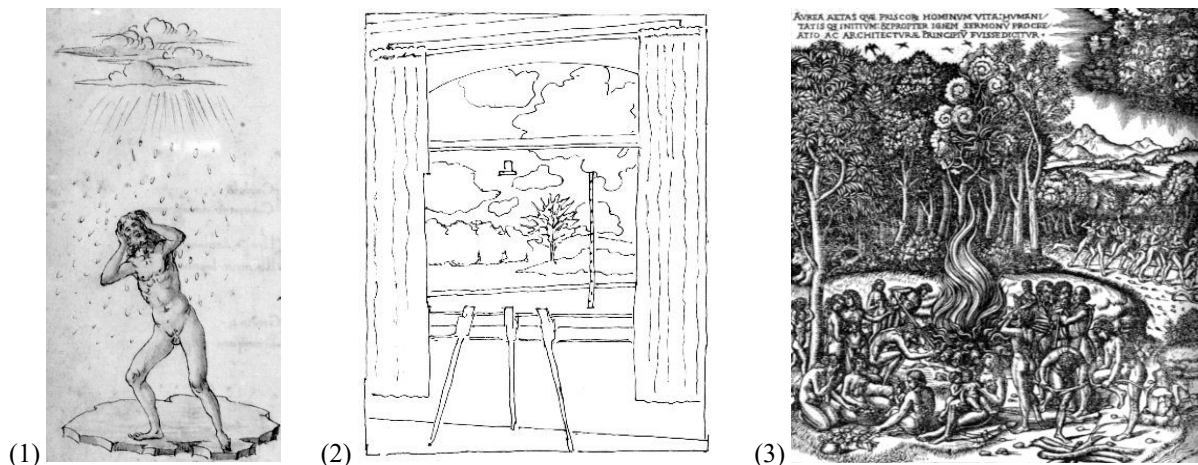


Fig. 2 – 1. Filarete, *Trattato di Architettura* [Traité d'architecture], 1465, Livre I. BNCF, Codice Magliabechiano II.1.140, f. 4v. 2. René Magritte, *La condition humaine I*, 1933 (adapté d'après Claeys, 2025). 3. Cesare Cesariano, *De architectura libri decem* [Les dix livres d'architecture], Côme, 1521, Liber II, XXXI.

Le rôle fondamental de l'architecture consiste à fournir des espaces habitables qui répondent aux besoins liés à l'existence humaine. Elle se positionne entre les besoins de l'organisme humain et les contingences de l'environnement extérieur pour former un second environnement, capable de réorganiser leurs interactions. Les édifices, les environnements construits, en un mot l'*architecture*, possèdent, au moins, une *triple fonction*, de fournir un contexte de substitution local, personnel et culturel, en construisant une seconde nature, une seconde intériorité et une seconde culture (cf. figure 3).

L'architecture est une scène spatialisée et *dynamique* compensant la faiblesse originelle de l'espèce humaine, en opérant des médiations physiques et symboliques entre l'humain et lui-même, les autres, l'environnement. Elle comble partiellement son *inachèvement* et son *incomplétude* en fournissant une seconde nature protectrice (rendant l'existence physiologique possible) et une médiatisation symbolique (donnant sens à l'existence), répartie entre une seconde nature et une seconde intériorisation culturelle, par la création d'une *habitation* et l'institution d'un *habiter* (Claeys, 2019).

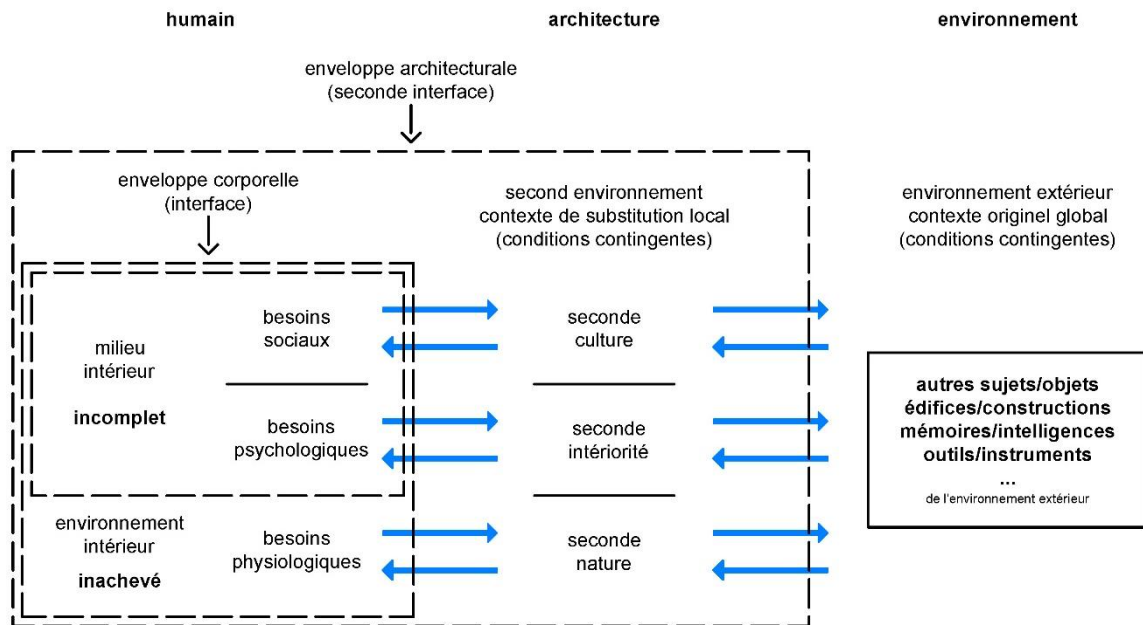


Fig. 3 – Le jeu des enveloppes, des milieux et des environnements, entre humain, architecture et environnement.

4. Résultats : construction d'un modèle incarné et situé

4.1. Un modèle à trois boucles

En assumant une « approche incarnée et située de la cognition » (Versace et al., 2018) et en partant de l'hypothèse de l'existence de la triple fonction de l'architecture pour réguler trois types de besoins physiologiques et psychosociaux, tentons de construire, pas à pas, un modèle heuristique, générique, volontairement simplifié, décrivant un humain en interaction avec un environnement, dont les interactions sont ensuite modulées par l'architecture.

En associant les neurosciences et les sciences cognitives, l'humain est modélisable par l'articulation entre une description biophysique du système nerveux et celle d'une architecture cognitive.

Pour démarrer, un schéma volontairement simplifié est proposé (cf. figure 4-1) :

1. un sujet, inachevé et incomplet, a des besoins physiologiques et psychosociaux, il peut être un concepteur de projets d'architecture ou tout autre type d'agent cognitif ;
2. ce sujet est en interaction dynamique avec son environnement, alors que son enveloppe corporelle est poreuse ;
3. l'évolution du sujet, de son environnement et des relations qu'ils entretiennent est conditionnée ;
4. trois types de conditionnements sont distingués :
 - a. les conditions ontologiques agissant sur le milieu intérieur du sujet (le fonctionnement de la pensée) ;
 - b. les conditions contingentes liées au fonctionnement de l'environnement intérieur (le fonctionnement biophysique du corps) ;
 - c. les conditions contingentes liées aux effets de l'environnement extérieur (les effets des actions du corps vers le contexte et, en retour, des stimulations de contexte vers le corps) ;
5. seule une part des actions vers l'environnement est volontaire, et les organes perceptifs ne captent qu'une part des stimulations de l'environnement ;
6. dans l'environnement extérieur un écosystème de sujets, d'objets, d'édifices, de constructions, de mémoires, d'intelligences, d'outils et d'instruments participent aux interactions entre le sujet et son environnement.

En associant des perspectives neuroanatomique et cognitive, le sujet présent dans le schéma simplifié est modélisable par trois boucles principales (cf. figure 4-2) :

1. une boucle autonome (en orange) décrit la relation neurophysiologique entre l'organisme et son environnement *interne* ;

2. une boucle somatique (en rouge) décrit la relation neurophysiologique entre l'organisme et son environnement *externe* ;
3. une boucle cognitive (en bleu) décrit le fonctionnement mental de l'organisme, opérant des prédictions et s'orientant vers un but.

Les deux premières boucles participent à une perspective neuroscientifique intégrant la description simplifiée du corps biophysique, tandis que la troisième boucle renvoie à une perspective cognitive décrivant des états mentaux théoriques. Dans les deux cas, pour les besoins de la modélisation, l'humain est étudié par l'établissement à la fois d'une structure de composants et d'un fonctionnement de processus.

4.2. Perspective neuroscientifique

Avec une première perspective neuroscientifique (Godefroid, 2001; Kahle & Frotscher, 2007; Kandel, Schwartz, Jessell, Siegelbaum, & Hudspeth, 2013; cf. figure 4-3), pour modéliser les deux premières boucles, la boucle autonome et la boucle somatique, je décris sommairement le fonctionnement du système nerveux, à l'aide de deux « modes de codage » (Changeux, 1983) : l'organisation statique de l'anatomie nerveuse et les processus dynamiques des influx nerveux.

En neuroanatomie structurelle, du côté des composants, le *système nerveux* (NS) est composé de deux sous-systèmes :

1. le *système nerveux central* (CNS) ;
2. le *système nerveux périphérique* (PNS).

D'un côté, le *système central* comprend deux sous-systèmes :

1. l'*encéphale* reçoit et traite des informations sensorielles et sensibles, développe la mémoire, génère des pensées et des émotions, initie des réponses motrices ;
2. la *moelle spinale* transmet des informations depuis/vers l'encéphale et elle contrôle les actions réflexes.

De l'autre, le *système périphérique* comprend également deux sous-systèmes :

1. le *système nerveux somatique* (SNS) qui contrôle les mouvements volontaires, qui reçoit à partir des organes sensoriels des informations depuis la peau, les muscles et les articulations, fournissant des informations sur la position des muscles et des membres, ainsi que sur le toucher et la pression à la surface du corps, en opérant une transduction de l'un ou l'autre type d'énergie physique (comme la pression profonde ou la chaleur) en signaux électriques utilisés par le système nerveux ;
2. le *système nerveux autonome* (ANS) qui contrôle les fonctions involontaires, assurant la médiation des sensations viscérales, ainsi que le contrôle moteur des viscères, du système vasculaire et des glandes exocrines (viscères, vaisseaux sanguins et glandes) et possédant un rôle dans les émotions et la motivation.

Le *système périphérique* comprend deux parties :

1. une partie sensorielle dite *afférente* détectant les modifications de l'environnement interne et de l'environnement externe ;
2. une partie motrice dite *efférente* produisant des modifications sur ces derniers.

En neuroanatomie fonctionnelle, du côté des procès, plusieurs processus nerveux sont assimilés, par analogie, à des flux d'information, en considérant que tout comportement humain, même le plus simple, « implique l'activité intégrée de plusieurs voies sensorielles, motrices et fonctionnelles » (Kandel et al., 2013).

Deux *mouvements informationnels* sont distingués :

1. à partir des *affecteurs*, le *système périphérique* informe le *système central* de l'état de l'environnement interne de l'organisme (l'intéroception, les flèches en vert foncé) et de l'environnement externe de l'organisme (l'extéroception, les flèches en vert clair, de droite à gauche, de la perception vers l'intégration) ;
2. le *système périphérique* exécute les commandes motrices générées par le *système central*, en mobilisant des *effecteurs* (les flèches en bleu, de gauche à droite, de la conception intégratrice vers l'action motrice).

De là, la définition des deux *boucles sensorimotrices* :

1. une *boucle autonome* (en orange), entre le *système central* et le *système autonome*, mettant en relation l'organisme avec son environnement *interne* ;

2. une *boucle somatique* (en rouge), entre le *système central* et le *système somatique*, mettant en relation l'organisme avec son environnement externe.

Les deux boucles possèdent chacune une part sensitive/sensorielle entre perception et conscience, et une part motrice entre conscience et action.

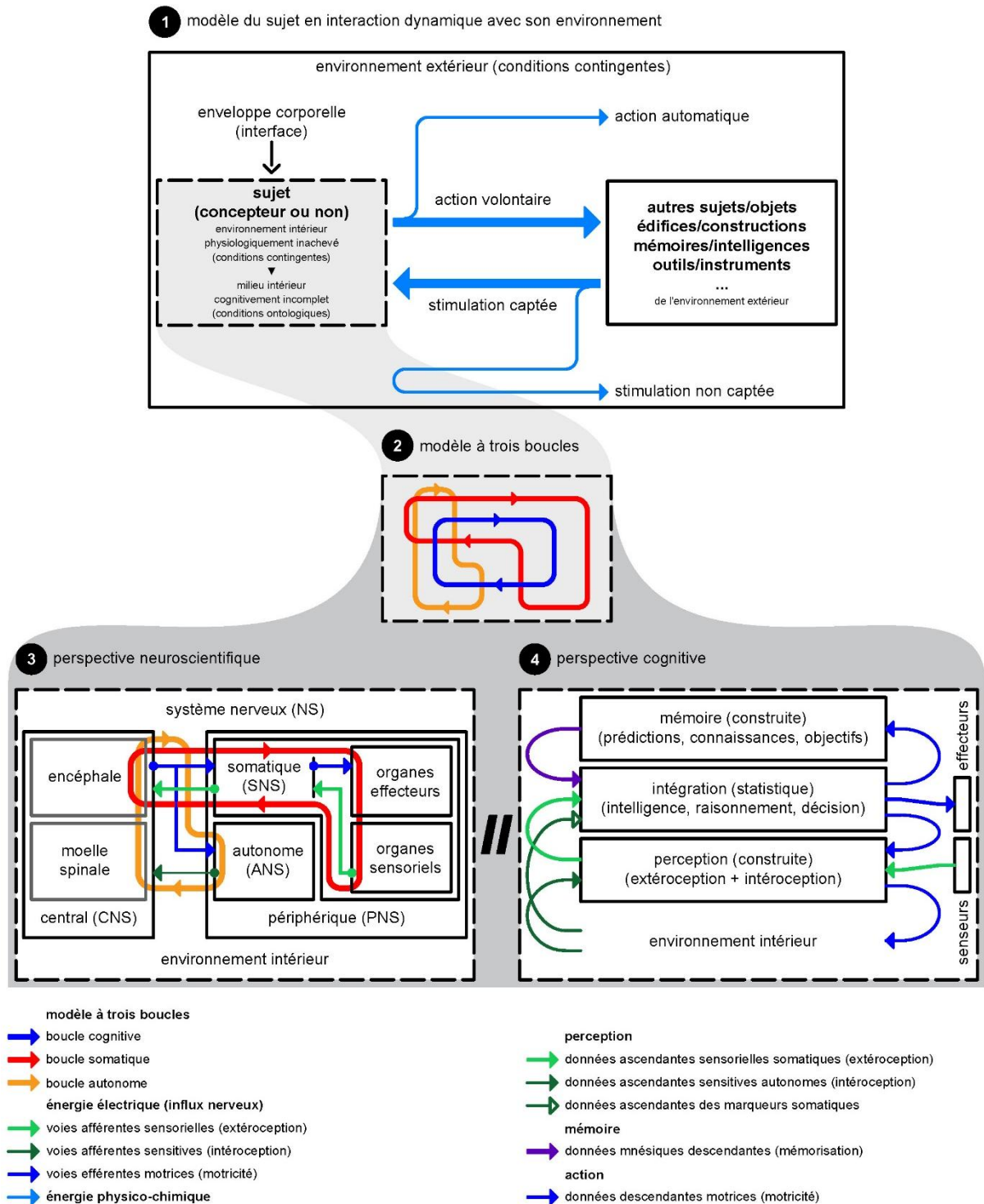


Fig. 4 – 1. Le modèle simplifié du sujet en interaction dynamique avec son environnement. 2. Le modèle heuristique à trois boucles du sujet (autonome, somatique, cognitive). 3-4. Les deux perspectives parallèles du modèle à trois boucles (neuroscientifique et cognitive).

4.3. Perspective cognitive

Avec une seconde perspective cognitive (Benesch, 1995; Lemaire, 2006; Lestienne, 2016; Collins, Andler, & Tallon-Baudry, 2018; cf. figure 4-4), parallèle à la perspective neuroscientifique, pour décrire la troisième boucle, la boucle cognitive, je décris sommairement le fonctionnement d'une architecture cognitive théorique. Une architecture de type *agent, cognitif, prédictif et orienté but*. Alors, *agent*, parce que l'humain, dans une certaine mesure, possède une forme d'*agentivité*, une capacité de percevoir, de décider et de produire des actions de manière autonome et orientée ; *cognitif*, parce qu'il traite de l'information en construisant une représentation subjective du monde ; *prédictif*, parce qu'il anticipe ce qui pourrait arriver avant d'agir ; *orienté but*, parce qu'il choisit ses actions en fonction des objectifs qu'il désire atteindre. La modélisation passe par l'élaboration d'un processus calculatoire heuristique qui tente de simuler le comportement du système cognitif humain en déterminant abstraitement des composants et des processus.

À partir du moment où la porosité de l'enveloppe corporelle est reconnue, l'humain est modélisé *comme* un système de traitement d'information nerveuse permettant la perception sensible, la conception intégrative et l'action motrice.

Outre les informations de l'*environnement intérieur* gérées par le *système autonome*, le schéma comprend trois niveaux connectant principalement le *système somatique* au *système central* :

1. la *mémoire* se construit par la mémorisation à partir de données mnésiques pour déterminer l'*état attendu* de l'humain en interaction avec son environnement, elle contient des prédictions, des connaissances préalables et des objectifs, elle sert de cadre et de valeur de référence constitué à partir d'expériences passées ;
2. la *perception* se construit par l'articulation entre les données sensibles autonomes de l'intéroception et les données sensorielles somatiques de l'extéroception – captées par les *senseurs*, pour déterminer l'*état présent* de l'humain en interaction avec son environnement ;
3. l'*intégration* statistique est un processus de synthèse, elle tente de trouver une solution pour réduire l'écart entre l'*état présent* ressenti par la perception – les données sensorielles et sensibles *ascendantes* – et l'*état attendu* prédit par la mémoire – les données mnésiques *descendantes* –, pour atteindre un *état espéré* en fonction d'un *but* – déterminé en conciliant les besoins, les désirs et les objectifs de l'agent. L'intégration génère différentes propositions d'actions possibles et elle simule les conséquences possibles des différentes propositions. Elle évalue, hiérarchise et priorise les actions possibles, avant de sélectionner et déclencher l'action choisie, via les *effecteurs*.

4.4. Intégration de l'enveloppe architecturale et de sa triple fonction

En ajoutant dans le modèle une enveloppe architecturale (cf. figure 5), ici en grisé, de nouvelles interactions se jouent entre humain, architecture et environnement, parallèlement à la triple fonction de l'architecture de combler partiellement les besoins physiologiques, psychiques et sociaux de habitants qu'elle abrite.

À partir des débats en éthologie poursuivis jusqu'en théorie de l'architecture (Uexküll, 1956; Gibson, 1979; Norberg-Schulz, 1979; Berque, 2000; Zumthor, 2006), le concept de *milieu* est ici distingué de celui d'*environnement* :

1. le *milieu* est un monde tel qu'il est *vécu* par l'humain, un monde signifiant, local, associé à un ensemble limité de signes, pertinents pour sa survie ou pour ses attentes psychosociales, construit à partir de ses capacités *perceptives* ;
2. l'*environnement* est un contexte global, descriptible objectivement, comme un ensemble de conditions extérieures, y compris celles que ne concernent pas directement l'humain.

L'architecture redistribue le nombre et les conditionnements des milieux et des environnements, ainsi que le nombre et les régulations des interfaces qui les séparent. L'enveloppe corporelle est renforcée par une enveloppe architecturale supplémentaire, elle-même équipée de détecteurs [*sensors*] et d'actionneurs [*actuators*]. En effet, entre l'environnement intérieur de l'humain et l'environnement extérieur, une seconde peau crée un second environnement, présentant des conditions d'habitat différentes.

En tant que seconde peau, l'architecture fonctionne comme une membrane complexe assurant, à plusieurs niveaux, une médiation entre un dedans et un dehors :

1. physiologiquement, elle articule climat, matière, protection ;
2. psychologiquement, elle influe sur la perception, la mémoire, l'intériorité ;
3. socialement, elle distribue des règles, des visibilitées, des interactions.

Par sa présence et l'articulation qu'elle construit entre l'humain et son environnement, l'architecture change l'intensité et le type des stimulations des organes perceptifs et des potentialités d'action, elle redéfinit les tensions et les frustrations, elle agit sur l'émergence des besoins et la construction des désirs, elle influe sur le degré de motivation.

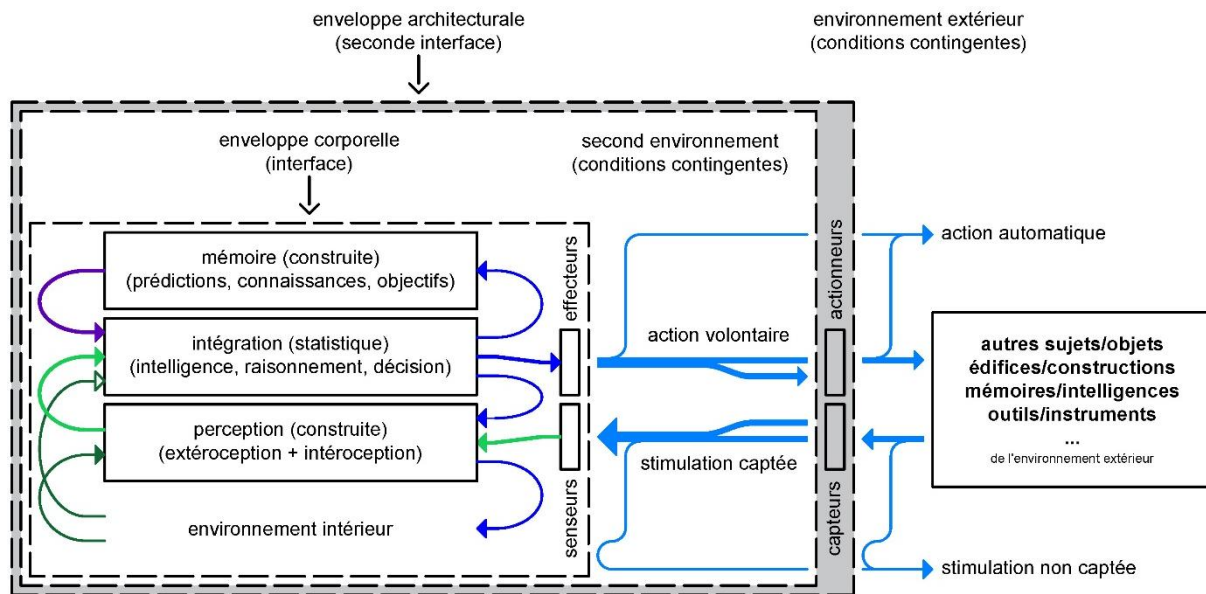


Fig. 5 – Intégration de l'enveloppe architecturale porteuse de sa triple fonction (exemple de la perspective cognitive du modèle à trois boucles).

5. Conclusions : construction d'un modèle heuristique incarné et situé

Après avoir construit, pas à pas, un modèle heuristique, en l'état, discutable et à développer, voici quelques pistes de réflexion pour encourager une perspective différente qui pourrait réorganiser la recherche en conception architecturale. Ces propositions mènent potentiellement vers un programme de recherche alternatif.

(1) Dans le modèle heuristique, l'humain est modélisable *comme* un organisme en interaction avec son environnement, incarné et situé, ayant une capacité de percevoir, de décider et d'agir de manière autonome et orientée. Le modèle étant générique pour tous les humains, l'architecte est également modélisable par ce modèle.

(2) En s'insérant entre les besoins physiologiques et psychosociaux de l'humain et l'environnement qui l'entoure, l'architecture compense la faiblesse originelle de l'espèce humaine. En agissant comme un contexte de substitution, elle répond à une triple fonction, en opérant des médiations physiques et symboliques.

(3) La présence de l'architecture adapte les peaux, les enveloppes, les corps, les milieux et les environnements, intérieurs ou extérieurs, elle ajuste les interactions entrantes et sortantes, les informations perceptives et les effets des actions. Si l'architecture est correctement agencée, elle a un impact énorme sur le bien-être physique et psychosocial de ses habitants. La connaissance de l'architecture et des processus qui permettent de la concevoir est donc fondamentale pour projeter des environnements construits au service de nos sociétés.

(4) Après une longue période d'« architectures sans architectes » (Rudofsky, 1964), la société a progressivement mandaté un groupe professionnel, en son sein, pour concevoir l'environnement

construits dans lesquels ses membres habiteront. Les architectes ont donc une énorme responsabilité sociale.

(5) À travers la construction patiente du modèle, un *programme de recherche alternatif* émerge en conception architecturale. La perspective de la recherche n'est plus celle des styles esthétisant et désincarnés des traités traditionnels, mais celle qui prend en compte les plans à la fois neurologiques et cognitifs des usagers des projets, mais également des architectes qui les conçoivent.

(6) Pour la suite, l'enjeu principal est d'étudier les interactions entre les trois boucles du modèle proposé (autonome, somatique, cognitive). Ce type d'analyse rend nécessaire une visée transdisciplinaire.

(7) Depuis une vingtaine d'année, la discipline émergente de la « neuro-architecture » (Wölfflin, 1886; Merleau-Ponty, 1945; Eberhard, 2007, 2009a, 2009b; Mallgrave, 2011, 2013, 2018; Pallasmaa, 2012), intégrant neurosciences, psychologie environnementale et architecture, tente déjà de décrypter les mécanismes cérébraux influencés par l'environnement bâti, pour créer des environnements favorisant le bien-être, la réduction du stress et la santé mentale. L'objectif est que les architectes conçoivent des lieux agréables pour les cerveaux des usagers.

(8) Ces recherches sont évidemment incontournables. Mais le propos ici est différent. Nous n'étudions pas directement la pratique ou la réception de l'architecture, nous recherchons des connaissances généralisables et transmissibles sur les processus de conception mobilisés dans la pratique. L'enjeu ici est de favoriser l'émergence d'un programme de recherche alternatif, non pas appliqué directement au bien-être neurocognitif des usagers dans un environnement construit, mais appliqué aux stratégies cognitives des architectes qui, par empathie, tentent de comprendre comment les usagers à qui sont destinés les projets pourraient imaginer/désirer que ces édifices répondent à leurs besoins.

(9) Enfin, le modèle heuristique que nous avons construit, pas à pas, est une étape dans un travail de recherche en cours. Bien que construit dans le champ de l'architecture, il est également adaptable à d'autres champs de la conception.

Références

- Akin, Ö. (1986). *Psychology of Architectural Design*. London: Pion.
- Alderfer, C. P. (1969). An empirical test of a new theory of human needs. *Organizational Behaviour and Human Performance*, 4(2), 142-175. [https://doi.org/10.1016/0030-5073\(69\)90004-X](https://doi.org/10.1016/0030-5073(69)90004-X)
- Alderfer, C. P. (1972). *Existence, Relatedness, and Growth : Human Needs in Organizational Settings*. New York: Free Press.
- Alexander, C. (1964). *Notes on the Synthesis of Form*. Cambridge: Harvard University Press.
- Beguin, P., & Rabardel, P. (2000). Concevoir pour les activités instrumentées. *Revue d'intelligence artificielle*, 14(1-2), 35-54.
- Ben Rajeb, S. (2012). *Modélisation de la collaboration distante dans les pratiques de conception architecturale : Caractérisation des opérations cognitives en conception collaborative instrumentée*. École Nationale Supérieure d'Architecture Paris La Villette, Paris.
- Benesch, H. (1995). *Atlas de la psychologie*. Traduction par D. Trierweiler, C. Métais, & D. Tassel, Paris : Poche.
- Berque, A. (2000). *Écoumène. Introduction à l'étude des milieux humains*. Paris : Belin.
- Bonnardel, N. (2006). *Créativité et conception architecturale. Approches cognitives et ergonomiques*. Marseille : Solal.
- Boudon, P. (1971). *Sur l'espace architectural : Essai d'épistémologie de l'architecture*. Marseille : Parenthèses.
- Broadbent, G. H., & Ward, A. (Éds). (1969). *Design Methods in Architecture*. London: AA papers.
- Brouillet, D. (2019). *Agir pour connaître*. Fontaine : PUG.
- Callon, M. (1996). Le travail de la conception en architecture. *Cahiers de la recherche architecturale*, 37, 25-35.
- Changeux, J.-P. (1983). *L'homme neuronal*. Paris : Fayard.
- Claeys, D. (2013). *Architecture et complexité : Un modèle systémique du processus de (co)conception qui vise l'architecture*. Louvain-la-Neuve : Presses universitaires de Louvain.
- Claeys, D. (2017). De l'interprétation créative du réel au processus bayésien de conception architecturale. *Acta Europeana Systemica*, 7, 65-80. <https://doi.org/10.14428/aes.v7i1.56643>

- Claeys, D. (2019). Pour une co-conception écosystémique de l'architecture à l'ère de l'anthropocène. Dans M.-C. Roose (Éd.), *Penser à partir de l'architecture : Poétique, technique, éthique* (pp. 277-308). Louvain-la-Neuve : Presses universitaires de Louvain.
- Claeys, D. (2023). Physiological and cognitive discontinuities. From mythical mediation to implicit discretization of architectural design tools. *Frontiers of Architectural Research*, 12(1), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2022.06.008>
- Claeys, D. (2025). Processus d'abstraction instrumentée en conception et fabrication architecturale. Anthropique, analogique, numérique. *Design Arts Medias*, 6.
- Claeys, D., Cleven, S., & Roobaert, L. (2025). Sensorimotricity in tool-based architectural design. Reconnecting with corporality. *Le travail humain*, 88(4), 387-409. <https://doi.org/10.3917/th.884.0387>
- Claeys, D., Roobaert, L., & Cleven, S. (2024). Modélisation des espaces de solutions en conception architecturale. La dynamique des paysages. *SHS Web of Conferences*, 203, 01003. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202420301003>
- Cleven, S., & Claeys, D. (2026). L'engagement corporel moteur en conception architecturale instrumentée. Logique homonculaire et cadre d'analyse. *ModACT*, 4, 111-121. <https://doi.org/10.25518/3041-4687.546>
- Cleven, S., Roobaert, L., & Claeys, D. (2025). Synesthésie en conception architecturale : Définir le concept de dessin corporel immersif. *Lieuxdits*, 28, 22-29. <https://doi.org/10.14428/ld.vi28.90693>
- Collins, T., Andler, D., & Tallon-Baudry, C. (Éds). (2018). *La cognition : Du neurone à la société*. Paris : Gallimard.
- Conan, M. (1990). *Concevoir un projet d'architecture*. Paris : L'Harmattan.
- Cross, N. (Éd.). (1973). *Developments in Design Methodology*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Descola, P. (2005). *Par-delà nature et culture*. Paris : Gallimard.
- Eberhard, J. P. (2007). *Architecture and the brain: A new knowledge base from neuroscience*. Atlanta: Greenway Communications.
- Eberhard, J. P. (2009a). Applying Neuroscience to Architecture. *Neuron*, 62(6), 753-756. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2009.06.001>
- Eberhard, J. P. (2009b). *Brain Landscape: The Coexistence of Neuroscience and Architecture*. New York: Oxford University Press. Repéré à <http://site.ebrary.com/id/10273205>
- Filarete. (1465). *Trattato dell'architettura*. Florence.
- Gallagher, S., & Lindgren, R. (2015). Enactive metaphors: Learning through full-body engagement. *Educational Psychology Review*, 27(3), 391-404.
- Gibson, J. J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Boston: Houghton Mifflin.
- Godefroid, J. (2001). *Psychologie : Science humaine et science cognitive*. Bruxelles : De Boeck université.
- Gregory, S. A. (Éd.). (1966). *The Design Method*. London: Butterworths.
- Jaśkiewicz, T. J. (2013). *Towards a Methodology for Complex Adaptive Interactive Architecture*. Technische Universiteit Delft (TU Delft), Delft.
- Jones, J. C., & Thornley, D. G. (Éds). (1963). *Conference on Design Methods*. Oxford: Pergamon.
- Kahle, W., & Frotscher, M. (2007). *Atlas de poche d'anatomie. 3. Système nerveux et organes de sens* (4e éd.). Traduction par P. Bourjat, Paris : Flammarion.
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., Jessell, T. M., Siegelbaum, S. A., & Hudspeth, A. J. (Éds). (2013). *Principles of Neural Science* (5th éd.). New York: McGraw-Hill.
- Latour, B. (2005). *Reassembling the Social. An Introduction to Actor-Network-Theory*. Oxford: Oxford University Press.
- Lawson, B. R. (2005). *How Designers Think : The Design Process Demystified*. Oxford: Architectural Press.
- Lebahar, J.-C. (1983). *Le dessin d'architecte : Simulation graphique et réduction d'incertitude*. Roquevaire : Parenthèses.
- Lemaire, P. (2006). *Psychologie cognitive*. Bruxelles : De Boeck.
- Lestienne, R. (2016). *Le cerveau cognitif*. Paris : CNRS Éditions.
- Lindinger, H. (1987). *Hochschule für Gestaltung Ulm: Die Moral der Gegenstände. 1953-1968*. Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn.

- Maldonado, T. (1971). *La speranza progettuale. Ambiente e società*. Torino: Giulio Einaudi.
- Maldonado, T., & Bonsiepe, G. (1964). Wissenschaft und Design/Science and Design. *Zeitschrift der/Journal of the Hochschule für Gestaltung, Ulm* 10/11, 10-29.
- Mallgrave, H. F. (2011). *The Architect's Brain: Neuroscience, Creativity, and Architecture*. Chichester: Wiley-Blackwell.
- Mallgrave, H. F. (2013). *Architecture and Embodiment: The Implications of the New Sciences and Humanities for Design*. London; New York: Routledge.
- Mallgrave, H. F. (2018). *From Object to Experience: The New Culture of Architectural Design*. London: Bloomsbury Visual Arts.
- Maturana, H. R., & Varela, F. J. (1984). *El Árbol Del Conocimiento. Las bases biológicas del entendimiento humano*. Buenos Aires: Editorial Universitaria.
- Merleau-Ponty, M. (1945). *Phénoménologie de la perception*. Paris : Gallimard.
- Norberg-Schulz, C. (1974). *Significato nell' architettura occidentale*. Milano: Electa.
- Norberg-Schulz, C. (1979). *Genius Loci : Paesaggio, ambiente, architettura*. Milano: Electa.
- Pallasmaa, J. (2012). *The Eyes of the Skin. Architecture and the Senses*. Chichester: Wiley.
- Piaget, J. (1937). *La construction du réel chez l'enfant*. Paris : Delachaux & Niestlé.
- Prost, R. (1992). *Conception architecturale : Une investigation méthodologique*. Paris : L'Harmattan.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin.
- Raynaud, D. (2001). Compétences et expertise professionnelle de l'architecte dans le travail de conception. *Sociologie du travail*, 43(4), 451-469. <https://doi.org/https://doi.org/10.4000/sdt.35398>
- Rittel, H. W. J., & Webber, M. M. (1973). Dilemmas in a general theory of planning. *Policy Sciences*, 4(2), 155-169. <https://doi.org/10.1007/BF01405730>
- Rowe, P. G. (1987). *Design Thinking*. Cambridge: MIT Press.
- Rudofsky, B. (1964). *Architecture Without Architects: A Short Introduction to Non-Pedigreed Architecture*. New York: The Museum of Modern Art.
- Scaletsky, C. C. (2003). *Rôle des références dans la conception initiale en architecture : Contribution au développement d'un Système Ouvert de Références au Projet d'Architecture – le système « kaléidoscope »* -. Institut National Polytechnique de Lorraine - INPL. Repéré à <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00087085>
- Schön, D. A. (1983). *The Reflective Practitioner : How Professionals Think in Action*. New York: Basic Books.
- Simon, H. A. (1969). *The Sciences of the Artificial*. Cambridge: MIT Press.
- Thoring, K., Gonçalves, M., Mueller, R., Desmet, P., & Badke-Schaub, P. (2021). The architecture of creativity: Toward a causal theory of creative workspace design. *International Journal of Design*, 15(2), 17-36.
- Uexküll, J. von. (1956). *Streifzüge durch die Umwelten von Tieren und Menschen. Ein Bilderbuch unsichtbarer Welten—Bedeutungslehre*. Hambourg: Rowohlt.
- Varela, F. J., Thompson, E., & Rosch, E. (1991). *The Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience*. Cambridge: MIT Press.
- Versace, R., Brouillet, D., & Vallet, G. (2018). *Cognition incarnée. Une cognition située et projetée*. Bruxelles : Mardaga.
- Visser, W. (2006). *The Cognitive Artifacts of Designing*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Vitruve. (1521). *De architectura*. Traduction par C. Cesariano, Côme: Gottardo Da Ponte.
- Vitruve. (2015). *De l'architecture [De architectura]*. Traduction par P. Gros, Paris : Belles Lettres.
- Wölfflin, H. (1886). *Prolegomena zu einer Psychologie der Architektur*. Munich: Wolf & Sohn.
- Yaneva, A. (2022). *Latour for Architects*. Abingdon: Routledge.
- Zeisel, J. (1984). *Inquiry by Design. Tools for Environment-Behavior Research*. New York: Cambridge University Press.
- Zumthor, P. (2006). *Atmospheres. Architectural Environments Surrounding Objects*. Basel: Birkhäuser.