

Introduction

Stéphane SAFIN

i3, CNRS, Télécom Paris, Institut polytechnique de Paris, Palaiseau, France

Depuis les années 1970, les scientifiques se sont penchés sur les activités cognitives de conception. L'objectif était de décrypter les spécificités des modes de pensée mis en œuvre dans la conception en général et dans ses différents sous-domaines (conception informatique, design industriel, etc., et architecture bien entendu). Partant de l'idée que concevoir est une activité singulière, avec ses spécificités, les chercheurs et chercheuses se sont acharnés à observer, analyser, décrire, conceptualiser et modéliser les *processus cognitifs* à l'œuvre lorsqu'un architecte ou un designer se penche sur un problème à résoudre, élabore des idées, les raffine, et aboutit à la définition complète d'un artefact : objet, bâtiment, vêtement, logiciel, charte graphique, etc. À travers la notion de *designerly ways of knowing*, Nigel Cross pose en 1982 la spécificité de la conception en tant que mode singulier de pensée, de faire et de connaître.

Les nombreuses théorisations et surtout la grande quantité d'études empiriques, principalement effectuées en laboratoire, dans des conditions contrôlées, mais aussi en situation pédagogique et en situation réelle (projets et agences), ont la particularité de croiser les regards issus des sciences sociales (psychologie, ergonomie, sociologie, *management*), des sciences de l'ingénieur et des sciences de la conception (en particulier des sciences de l'architecture). Le design en train de se faire a progressivement constitué un objet d'étude à part entière, puis structuré une communauté de recherche en *sciences de la conception*, en France et surtout à l'international.

Dans ce paysage général, la conception architecturale tient une place particulière. Tout d'abord, il s'agit d'un des champs les plus intensément étudiés dans les sciences

de la conception, la recherche en architecture s'étant historiquement structurée de manière plus précoce que la recherche en design. Ensuite, l'architecture produit des artefacts uniques, chaque bâtiment nécessitant un processus de conception propre. La question de comprendre ce processus, cette activité de conception et ses substrats cognitifs – et sans doute aussi une certaine volonté de rationalisation – constitue depuis longtemps l'une des préoccupations majeures du champ disciplinaire. En étant aussi à la croisée des sciences de l'ingénieur et des démarches artistiques, la discipline se prête bien à une tentative de rationalisation, ou à tout le moins à une volonté de décryptage de ses méthodes et pratiques. Enfin, bien entendu, l'architecture possède en tant que discipline des caractéristiques propres qui la différencient des autres champs de la conception : 1) les projets sont en partie structurés par des cadres et obligations d'ordre légal et administratif ; 2) la gravité étant ce qu'elle est, elle impose dans l'immense majorité des cas des planchers parfaitement horizontaux et des parois verticales aux bâtiments, ce qui rend possible l'utilisation massive de projections en plan en deux dimensions, dans toutes les étapes du projet ; 3) la conception architecturale est toujours collective, l'architecte, même seul, étant amené à collaborer avec d'autres individus et d'autres corps de métiers.

Les sciences de la conception, au sein desquelles l'architecture a donc une place centrale, ont conduit, à force d'études, à la définition d'un socle de connaissances stabilisées qui a progressivement dépassé les frontières des cénacles des chercheurs, pour percoler dans le grand public autour des discours – et surtout des méthodes – du *design thinking*. Derrière ce terme se cachent deux réalités (Cross 2023) : celle des chercheurs qui tentent de comprendre les processus de pensée des concepteurs professionnels, mais aussi des concepteurs profanes engagés dans des activités créatives de conception, et dans laquelle cet ouvrage s'inscrit ; et celle des *managers*, cabinets de conseil ou formateurs qui proposent, au mieux, des outils novateurs pour permettre d'aborder des problèmes complexes de manière différente, « à la façon » des designers ou, au pire, des « boîtes à outils » constituées de recettes simples et d'exercices décontextualisés pour « libérer sa créativité », en oubliant parfois que se former à la réelle pensée du design prend du temps.

Cet ouvrage vise à ouvrir de nouvelles portes au-delà de ce socle de connaissances stabilisées. Après un bref état des lieux sur les activités cognitives et collectives de conception (ce chapitre), il aborde de manière plus détaillée de nouvelles voies de recherche qui sont offertes à l'étude des processus de conception en architecture. Ces nouvelles voies de recherche sont largement influencées par trois facteurs : l'essor des neurosciences, qui ouvre la possibilité de s'interroger sur le substrat neurophysiologique des activités de conception (voir chapitre 1), le renouveau des approches participatives en conception (voir chapitres 5 et 7) et les nouveaux outils numériques qui s'intègrent à grande vitesse dans l'univers des agences d'architecture : le BIM (*building*

information modeling, chapitres 6 et 7), les outils de modélisation paramétrique (voir chapitre 4) et de réalité virtuelle (voir chapitre 7). Trois chapitres approfondissent aussi, par la proposition de modèles d'analyse et de compréhension originaux, trois problématiques centrales dans la conception : le rôle des représentations et de l'acte de représenter (voir chapitre 3), les processus de recherche d'information (voir chapitre 4) et la question des valeurs en conception (voir chapitre 2).

Cet ouvrage s'adresse aux chercheurs en sciences de la conception et en sciences humaines et sociales qui souhaiteraient approfondir leurs connaissances sur les activités de conception et ouvrir la voie à des pistes de recherche nouvelles. Les doctorants et étudiants de master qui souhaitent se lancer dans des recherches sur les activités de conception y trouveront aussi un ensemble de connaissances qui leur permettra assurément de démarrer leurs travaux sur une bonne base. Les praticiens de l'architecture, et des autres domaines de conception, y verront aussi un aperçu de la façon dont les scientifiques définissent et conceptualisent leur activité de travail, et trouveront certainement des pistes de réflexion pertinentes pour leur pratique.

En introduction, nous dressons dans le présent chapitre un court panorama des connaissances sur les activités cognitives de conception en architecture, faisant consensus dans la communauté scientifique engagée dans leur construction. Les autres chapitres seront introduits ici en regard des pistes nouvelles qu'ils offrent pour la compréhension toujours plus fine des activités de conception.

1.1. Conception en architecture : vers une définition

En préambule, il nous apparaît nécessaire de faire un point sur la définition de la notion même d'activités de conception. Cette introduction se veut synthétique, le lecteur intéressé pourra trouver des approfondissements dans différentes publications majeures du domaine ((Cross 1982, 2007 ; Visser 2006) par exemple). Tout d'abord, nous pouvons définir la conception dans son acception la plus large comme un processus de transformations successives menant, à partir de données de départ, à la définition d'un objet possédant deux caractéristiques : à la fois original, c'est-à-dire inexistant préalablement à la conception, et pertinent, c'est-à-dire adapté à son contexte de réception, et répondant à des besoins, des buts et des contraintes (Visser 2009).

Au sein de cette définition, la conception architecturale prend une place particulière. L'architecture est un processus structuré en projets de longues durées, et la conception peut y être appréhendée selon deux échelles : une échelle du *projet* global, où la conception est définie comme l'ensemble des étapes permettant d'aboutir, en partant d'une demande d'un client, à la construction et la mise en service d'un bâtiment ; et l'échelle de l'*activité de conception* des architectes, c'est-à-dire d'une part

l'élaboration et la définition des grands principes du bâtiment, en termes formels et techniques, qui permettront par la suite de contractualiser avec les corps de métiers engagés dans la construction et, d'autre part, la résolution d'un certain nombre de problèmes qui peuvent survenir plus tard et qui nécessitent une redéfinition de certains éléments du projet. Cet ouvrage se situe dans cette deuxième échelle, en y mobilisant une focale spécifique : celle de la cognition. Il s'agit d'appréhender la conception à travers l'observation des structures comportementales des architectes et l'inférence des processus mentaux sous-jacents. Nous cherchons à percer ce qui se passe « dans la tête » d'un architecte, et dans son environnement proche (voir chapitre 3 sur l'importance d'une vision externalisée et interactionniste de la cognition en conception), lorsqu'il est engagé dans la définition du futur bâti. Plus encore, nous focalisons notre attention sur les premières étapes du projet, identifiées comme étapes préliminaires ou créatives, qui constituent les étapes de définition du projet, où l'essentiel des décisions cadrant le projet sont prises et où la majorité des informations du bâtiment émergent.

I.2. Projet d'architecture

On considère généralement qu'il y a trois catégories d'acteurs dans des projets de conception architecturale. La *maîtrise d'ouvrage* est à l'origine du projet, a pour rôle d'en fixer le programme, d'y allouer des ressources et de prendre les décisions finales. Il s'agit généralement du client ou d'un de ses représentants. La *maîtrise d'œuvre* est composée des architectes et de leurs partenaires de conception (ingénieurs spécialisés, autres concepteurs (paysagiste, architectes d'intérieur, etc.)). Elle est responsable de la définition du projet et de la supervision de sa mise en œuvre. La *maîtrise d'usage* (Folcher 2015 ; Fenker et Zetlaoui-Leger 2022), terme plus récemment introduit, désigne les utilisateurs cibles du bâtiment. Il s'agit des travailleurs, des habitants, des services attenants au bâtiment. N'ayant pas à proprement parler de statut juridique dans les projets d'architecture, leur voix n'est pas toujours directement intégrée dans les pratiques de conception. Cette intégration est un des objectifs des démarches participatives en conception (voir chapitre 5) et des démarches de conception centrées utilisateurs (voir chapitre 7).

Un projet d'architecture est un processus structuré en plusieurs grandes étapes, notamment en fonction des réglementations de la profession, qui répondent à des logiques différentes, qui mobilisent des acteurs variés et qui sont outillées par des instruments spécifiques (Prost 1992). Il débute par la prise de connaissance d'une demande de la part d'un client et se termine par la construction ou la rénovation d'un bâtiment. La demande est formalisée dans un programme, qui définit le cahier des charges du projet à réaliser, constitué par la maîtrise d'ouvrage, parfois en collaboration avec

les autres parties prenantes. Le projet en tant que tel s'inscrit dans une durée variable de quelques semaines à quelques années. L'attribution légale des responsabilités implique une fragmentation du déroulement du projet, qui se caractérise par un enchaînement linéaire de différentes étapes, qui peuvent être synthétisées comme dans la figure I.1.



Figure I.1. Étapes du projet

La première étape est la « phase créative » au cours de laquelle le maître d'œuvre génère les premières idées principales et structurantes du bâtiment. Dans le même temps émergent les contraintes et se fixent les critères qui concourent à cerner le problème architectural (Leclercq 2005). Cette étape aboutit à la génération des premiers concepts du bâtiment, à l'identification d'un certain nombre de contraintes et à une première expression spatialisée et esthétique du projet. Vient alors une étape de conception préliminaire, d'avant-projet sommaire, puis détaillé, où l'objet imaginé devient un objet conçu. Les grandes orientations du projet sont détaillées, la cohérence géométrique du bâtiment est résolue, les options techniques principales sont arrêtées. Cette étape se clôture en général par la création d'un dossier d'avant-projet détaillé, qui fait l'objet d'une demande de permis d'urbanisme.

Après cette phase de conception à proprement parler s'ensuivent la phase de production, où il s'agira de finaliser les détails techniques, de contractualiser avec les entreprises de construction, d'optimiser les choix opérés, de finaliser les détails techniques, puis la phase de réalisation, consistant à superviser le chantier et la construction, à réceptionner et mettre en service le bâtiment. Une fois le bâtiment mis en service, la conception ne s'arrête pas pour autant. D'une part la maîtrise d'œuvre peut être amenée tout au long du cycle de vie du bâtiment à effectuer des aménagements. Mais surtout, la maîtrise d'ouvrage, *via* la maintenance, et la maîtrise d'usage, *via* son utilisation du bâti, vont continuer à faire évoluer le bâtiment. La conception se continue donc dans l'usage (Folcher 2015).

Le présent ouvrage focalise son attention sur la première phase, la phase de conception à proprement parler, en s'intéressant en particulier aux étapes créative et préliminaire. Les activités spécifiquement créatives, bien qu'elles puissent avoir lieu de manière plus ou moins sporadique durant l'ensemble du projet, notamment pour la résolution de problèmes spécifiques qui peuvent survenir à tout moment, y compris

durant le chantier, sont surtout présentes dans ces phases préliminaires. Parfois nommées « activités d'idéation », elles constituent l'essence de la conception, les moments et lieux où les architectes mobilisent toutes leurs ressources dans la construction d'idées nouvelles. Circonscrite dans le temps et dans l'espace, l'étape préliminaire et créative du projet, parfois même spécifiquement nommée « phase d'idéation », constitue le lieu privilégié de l'étude des processus cognitifs propres à la conception.

I.3. Activité de conception créative et son organisation

La conception est depuis Simon (1969) caractérisée comme un processus de résolution de problèmes flous (ou *wicked problem* (Rittel 1967)). La résolution d'un problème consiste à mobiliser des ressources et des stratégies pour passer d'un « état initial » du problème, donné au départ, à un « état final » ou solution. Dans les problèmes classiques, l'état initial est défini (les données nécessaires sont complètes) et l'état final est connu (on sait à quelle solution il s'agit de parvenir). La résolution du problème consiste à passer de manière efficiente de l'un à l'autre. Cependant, les problèmes dits « flous », dont les problèmes de conception sont caractéristiques, possèdent plusieurs singularités : l'état initial est incomplet et mal défini, c'est-à-dire que les données initiales du problème doivent être complétées et reformulées tout au long de sa résolution ; l'état final à atteindre est inconnu, il n'existe pas de solution unique à un problème d'architecture, et il est difficile, voire impossible, de pouvoir identifier en amont une solution optimale ; et, plus caractéristique encore, il n'existe pas de processus idéal ou unique pour résoudre le problème de conception. Ces spécificités des problèmes architecturaux engendrent plusieurs conséquences pour leur résolution.

Premièrement, chaque processus de conception en architecture, chaque projet, est unique. S'il y a des façons de faire qui peuvent jusqu'à un certain point être reproduites, des bonnes pratiques qui peuvent être réutilisées, l'activité de conception se déroule de manière opportuniste (Visser 2001), c'est-à-dire qu'elle n'est pas basée sur une planification hiérarchique et *a priori* du travail à accomplir, mais qu'elle s'auto-organise en fonction de l'évolution de la situation. C'est d'ailleurs au travers de processus réflexifs, de prise de distance sur leurs pratiques au cœur de l'action, que les concepteurs organisent leurs réflexions (Schön 1983). De manière générale, les activités de conception ont de tout temps fait l'objet d'un nombre important de modélisations et de prescriptions (Dubberly 2004), sans que se dégage un consensus sur une manière idéale de procéder. La créativité dans les projets d'architecture porte donc à la fois sur le produit (un projet original et pertinent), mais aussi sur le processus de sa mise en œuvre, sans cesse renouvelé et repensé.

Deuxièmement, l'état final n'étant pas connu dans les problèmes flous, il existe de nombreuses solutions – sinon une infinité – pour un problème architectural, et il

n'est généralement pas possible, au vu du caractère surcontraint des problèmes de conception en architecture, de concevoir une solution *optimale*. Les architectes vont, tout au long du processus, gérer les contraintes multiples : les résoudre, les croiser, les identifier, les reformuler, les négocier. Par exemple, la contrainte budgétaire peut être renégociée en cours de projet – et l'est régulièrement – afin d'atteindre d'autres objectifs. Au cours de la conception, les concepteurs découvrent ou formulent de nouvelles contraintes qui compléteront les données initiales du problème. La conception peut s'arrêter lorsque le concepteur obtient une solution *satisfaisante* (Visser 2001), au sens d'une solution permettant de satisfaire à l'ensemble des contraintes exprimées dans le projet.

Troisièmement, et en corollaire au point précédent, la conception est caractérisée par l'émergence, durant l'activité, des critères d'évaluation pertinents. C'est-à-dire que les critères qui vont permettre de qualifier et quantifier la qualité des concepts, du produit ou de sa pertinence sont construits dans la situation. C'est en faisant émerger de nouvelles contraintes que le concepteur construit de nouveaux objectifs et de nouveaux critères d'évaluation. Ainsi, le concepteur, tout au long du processus de conception, fait coévoluer conjointement le problème et sa solution (Dorst et Cross 2001) : à mesure qu'il fait émerger des propositions pour répondre au problème, il structure le problème, l'objective, et ce faisant, le fait évoluer. Les données non acquises au départ sont élaborées dans la situation par l'architecte qui construit et affine un « espace-problème » en parallèle à l'« espace-solution ». Il s'agit là d'une caractéristique fondamentale des activités de conception, et d'un des principaux points d'attention des méthodologies dérivées du *design thinking*.

En outre, globalement, l'activité de conception est externaliste, c'est-à-dire qu'elle mobilise à la fois les ressources internes du concepteur – les activités cognitives – et des ressources externes, outils et modes de représentation. Schön (1983) décrit la conception comme une conversation réflexive avec la situation, où le concepteur opère des mouvements d'expression graphique de sa pensée et des réinterprétations. À mesure que la situation évolue, le « modèle mental » du concepteur réduit son incertitude alors que les représentations qu'il produit gagnent en précision (Lebahar 1983). Cette question de la représentation en conception est l'objet du chapitre 3 du présent ouvrage.

Enfin, et c'est évidemment essentiel, la conception est un processus par essence social (Bucciarelli 1988). Les concepteurs sont engagés dans des collectifs multi-acteurs aux compétences et points de vue complémentaires, et l'activité de conception, outre les processus cognitifs individuels qu'elle mobilise, fait aussi appel à des dynamiques sociales, des processus collaboratifs. Dans les sections suivantes, nous décrivons succinctement dans un premier temps les principaux processus cognitifs mobilisés dans les activités de conception, et documentés dans la littérature scientifique, puis décrivons les processus collectifs à l'œuvre dans ces mêmes activités.

I.4. Processus cognitifs de la conception

Qu'est-ce qui caractérise les processus « internes » de la conception, les processus cognitifs mis en œuvre par les concepteurs lors de la définition d'un nouveau bâtiment ? S'il n'existe pas de structure processuelle commune aux différentes activités de conception, on peut néanmoins identifier trois familles d'activités cognitives impliquées dans la conception (voir figure I.2). Il s'agit de la structuration du problème (définir les critères, les objectifs et les contraintes), la génération de solutions (proposer des idées pour résoudre le problème) et l'évaluation (vérifier que la solution répond bien aux objectifs et aux contraintes).

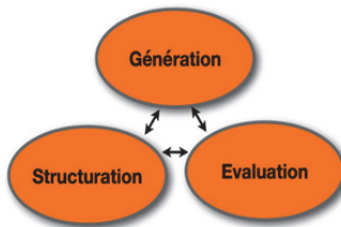


Figure I.2. *Trois familles d'activités cognitives de conception*

La structuration du problème consiste à identifier et faire émerger les *contraintes* du problème, qui sont autant de paramètres auxquels le concepteur cherche à assigner une valeur, ou de conditions à satisfaire. Bien souvent en conception, le programme joue un rôle essentiel de structuration du problème : il définit, de manière plus ou moins explicite, les contraintes prescrites du problème. Mais d'autres contraintes vont être déduites au cours du processus de conception, ou être sciemment construites par le concepteur (Chevalier et Bonnardel 2003). Lorsque le problème est sous-spécifié, le concepteur établit spontanément les contraintes manquantes, pour se construire délibérément un « environnement cognitif contraint » (Chevalier et Bonnardel 2003) qui sera une base pour la génération et l'évaluation de solutions. Le caractère flou des problèmes de conception en architecture et leur grande complexité (nécessitant la prise en compte de nombreuses variables et paramètres) impliquent une réduction de la complexité du problème par l'architecte pour le résoudre. Il va ainsi raisonner « par morceaux » en décomposant le problème en sous-entités, en stabilisant temporairement certains sous-problèmes pour en traiter d'autres. Il s'agira ensuite de comprendre comment des ajustements locaux ont un impact sur d'autres composantes du projet, et de procéder ainsi en itérations permanentes entre les différents sous-problèmes. Cette décomposition permet de réduire la complexité du problème à une échelle qui soit traitable par les capacités cognitives humaines, forcément limitées.

La génération de solutions consiste à proposer des idées pour résoudre le problème, et constitue le cœur de l'activité créative de conception. Elle consiste à faire émerger de nouveaux éléments de solution, mais aussi à corriger ce qui a été préalablement élaboré (Pahl *et al.* 1999). Les problèmes de conception étant uniques, il est impossible d'appliquer une solution préexistante, celle-ci doit être construite de toutes pièces. La génération de solutions se base néanmoins en partie sur des réutilisations d'idées préalables (Darses 2004), et elle repose sur des raisonnements formels basés sur des données, mais aussi des heuristiques, c'est-à-dire des opérations mentales rapides, intuitives et réutilisables, qui permettent l'usage de raccourcis, sans devoir prendre en compte l'intégralité des options possibles, ce qui est particulièrement utile en situation de résolution de problèmes complexes (Tversky et Kahneman 1974). L'enjeu de la génération est de proposer des éléments de solutions articulés les uns aux autres, cohérents, et répondant à l'ensemble des contraintes jusqu'à parvenir à une solution qui soit *satisfaisante*, compte tenu de l'impossibilité, dans des problèmes de conception, de démontrer l'existence d'un *optimum* atteignable. Pour générer des solutions, les concepteurs font grandement appel au raisonnement analogique (Leclercq et Heylighen 2002). Celui-ci consiste à inférer des propriétés d'une *source*, qui peuvent être plus ou moins abstraites, avant de les appliquer à une *cible*. L'écart conceptuel entre source et cible peut être plus ou moins grand, et il est globalement reconnu que les solutions sont plus créatives lorsque les écarts sont importants, c'est-à-dire lorsque le « saut conceptuel » est plus grand (Bonnardel 2000 ; Leclercq et Heylighen 2002). Ce raisonnement est central dans le processus d'inspiration pour la conception, consistant à rechercher des sources pour déclencher des analogies, et décrit notamment au chapitre 4 de cet ouvrage.

Une troisième classe d'activités cognitives consiste en l'évaluation des solutions aux différents sous-problèmes traités par le concepteur. Cette évaluation permet de juger de l'adéquation de la proposition avec des référents évaluatifs, qui peuvent être généraux, propres au domaine, propres aux concepteurs ou encore définis par le client (Bonnardel 1999). Ces référents sont construits dans la situation, sont redéfinis en cours de processus, et hiérarchisés de manière évolutive, participant de ce fait à la construction progressive de l'espace-problème. C'est donc à mesure qu'il évalue des solutions générées que le concepteur comprend mieux les enjeux du problème qu'il est en train de résoudre. Ce processus d'évaluation des solutions se fait en analysant l'adéquation plus ou moins explicite entre la solution et les référents évaluatifs, mais peut aussi se faire en comparant la solution nouvelle avec d'autres propositions existantes, de manière analogique, ou en s'appuyant sur l'expérience, c'est-à-dire en se reposant des jugements ayant été posés antérieurement dans des situations similaires (Martin *et al.* 2001). L'évaluation, cependant, ne peut être exhaustive en conception, car les connaissances évaluatives nécessaires ne sont généralement que partiellement détenues par les architectes, et, car il n'est pas possible d'aborder le problème dans

son intégralité ni de comparer avec un ensemble exhaustif de possibilités. L'évaluation est donc la plupart du temps partielle et porte sur des caractéristiques plus ou moins abstraites des propositions (Darses 2004 ; Morvan *et al.* 2024). C'est ainsi que la conception est souvent dictée par une recherche de compromis, c'est-à-dire par la recherche d'une solution la plus satisfaisante possible, plutôt que par la recherche d'une solution optimale ou parfaite (Visser 2009).

Comme on l'aura compris, alors que l'on pourrait *a priori* penser que les activités de conception s'articulent au travers de *phases* de structuration du problème, de génération de solutions et d'évaluation, en réalité ces trois *familles d'activités* sont conjointement menées et imbriquées les unes aux autres. Le concepteur peut proposer une idée, vérifier dans la foulée qu'elle est conforme aux exigences et qu'elle n'a pas d'impact négatif sur le reste du projet, réaliser que sa proposition fait émerger de nouvelles contraintes, et ce faisant, mieux comprendre le problème qu'il essaie de résoudre. L'activité de conception, en parallèle, fait alterner des épisodes de pensée divergente, où le concepteur cherche à identifier de nombreuses solutions, à élargir l'espace des solutions, et des épisodes de pensée convergente, où il se concentre sur une solution, l'affine et la précise, et définit les critères d'évaluation des solutions au sous-problème concerné. C'est ainsi que dans le flux des idées du concepteur alternent des transformations latérales de l'objet (passer d'une idée à une autre) et des transformations verticales (passer d'une idée à une version plus précise de cette idée) (Goldschmidt 1991).

Pour structurer le processus de conception, les concepteurs articulent bien souvent leur pensée autour d'un ou plusieurs *concepts*. Le concept se forme par un jeu d'inférences inductives qui vont faire émerger un ensemble de nouvelles contraintes, de nouveaux référents évaluatifs et de nouvelles solutions aux sous-problèmes (Heylighen et Martin 2002), et donnant en grande partie son identité au bâtiment. Ainsi, bien que par essence, entre les questions d'implantation, de technique, de budget, de réglementations, etc., les problèmes d'architecture soient par nature déjà extrêmement contraints (voire surcontraints, c'est-à-dire sans solution possible sans renoncer à certains critères), les architectes ajoutent des jeux de contraintes au travers du concept. La contrainte, qu'elle porte sur le produit ou sur le processus, est un ressort essentiel de la créativité (Johnson-Laird 1988). La construction, la priorisation et la résolution des contraintes occupent une place centrale en conception.

Ainsi, les activités dans lesquelles les architectes sont engagés dans le processus de définition du projet sont de natures diverses et interreliées : structuration du jeu de contraintes, exploration des solutions par analogies et vérification de leur adéquation participent de la coévolution de l'espace du problème et de l'espace de solutions, qui vont progressivement s'affiner et se clarifier pour aboutir à la stabilisation d'une solution unique répondant à un problème défini. Ces activités cognitives ont fait l'objet

de nombreuses études de laboratoire et de nombreuses conceptualisations pour comprendre et rendre compte des mécanismes qui sous-tendent les activités créatives de conception. Elles ne sont qu'esquissées dans cette section, l'objectif de l'ouvrage étant de développer des voies de recherche bâties sur ce socle de connaissances, mais l'ouvrant à d'autres enjeux (dont celui de leur validation par des méthodes d'observation de leur substrat neurophysiologique, développé au chapitre 1). Mais avant d'aller plus en avant sur ces enjeux, il apparaît nécessaire de faire aussi un rapide tour d'horizon des mécanismes collaboratifs à l'œuvre en conception.

1.5. Processus collaboratifs de conception

De nombreux travaux ont ainsi mis en avant la dimension sociale de la conception (Bucciarelli 1988 ; Callon 1996). Les projets d'architecture font toujours appel à un nombre plus ou moins important d'acteurs aux spécialités différentes (architectes, ingénieurs, maîtres d'ouvrage, usagers, entre autres), et ce, dès les phases de conception. Comprendre les activités collaboratives constitue un enjeu pour les communautés de recherche et de pratique, notamment dans l'optique d'identifier les déterminants de la qualité des produits de conception, et de soutenir avec des dispositifs numériques les activités collaboratives en conception. Le BIM, à ce titre, soulève de nombreuses questions sur l'organisation des activités collaboratives, abordées au chapitre 6 du présent ouvrage. La conception impliquant des utilisateurs invite aussi à penser des modes de collaboration spécifiques et à repenser aux rôles des acteurs (voir chapitre 5). La collaboration repose aussi sur un certain nombre de valeurs, qui sont constitutives des projets de conception (voir chapitre 2).

Collaborer implique de coordonner ses efforts pour poursuivre un objectif supposé commun (Baker 2015). En conception, il s'agit donc de coconstruire une représentation commune de l'espace-problème et de l'espace-solution, de négocier collectivement la construction de nouvelles solutions et de se répartir les tâches pour mener à bien la conception du projet. On peut considérer que la conception collective implique trois classes d'activités pour les acteurs : des activités centrées sur la tâche, centrées sur le contenu et sur la gestion des interactions.

S'agissant des activités centrées sur la tâche, les concepteurs, placés dans des situations de collaboration, sont amenés, comme en situation individuelle, à générer et évaluer des solutions et à structurer le problème. Ces activités centrées sur la tâche passent par des processus d'argumentation (Seppanen 2023) et permettent de générer de nouvelles connaissances au fil de l'activité. Dorta *et al.* (2011) identifient, dans des situations d'idéation collaborative, que les conversations des concepteurs engagés dans des activités collaboratives suivent des *patterns* récurrents, appelés « boucles d'idéation ». Ces boucles démarrent par l'identification d'une sous-partie du problème

à résoudre (*naming*), puis passent par un processus de négociation pour aboutir à une prise de décision. Ces *patterns* s'enchaînent et changent de nature au fil de l'activité collaborative (boucles « immatures » portant sur le « quoi », boucles matures portant sur le « comment » et « avancées collaboratives » faisant évoluer les représentations du projet). L'articulation de différents points de vue sur l'objet à concevoir (Détienne *et al.* 2005) et la négociation sont les activités phares liées à la génération de solutions en conception collaborative.

Les activités centrées sur le processus consistent à gérer le groupe et les modes d'organisation du projet, et à s'assurer d'une double synchronisation des acteurs impliqués (Falzon 1994). Il s'agit d'une part de synchroniser le groupe du point de vue temporo-opératoire, c'est-à-dire de gérer la répartition des tâches, des délais, des responsabilités, et d'autre part de s'assurer de la synchronisation cognitive des membres du groupe, c'est-à-dire de se faire une représentation partagée du projet et des compétences des uns et des autres. Un espace de référence commun, consistant en l'ensemble des connaissances que les membres du groupe ont en commun et sont conscients d'avoir en commun, ou *common ground*, (Clarck et Schaefer 1989), est négocié entre les acteurs au fil de leurs interactions, et porte sur le problème, les procédures, les représentations et les connaissances nécessaires au projet.

Les activités de gestion de l'interaction portent sur les processus communicationnels à l'œuvre dans les activités collaboratives : la gestion des tours de parole, le partage des ressources, l'attention conjointe. Ces processus sont généralement implicites dans des situations de coprésence, mais nécessitent d'allouer des ressources dès lors que le travail est distribué, et/ou dès lors qu'il se fait à distance.

Partant de cela, l'organisation collective peut prendre de nombreuses formes, selon qu'elle s'organise de manière concourante ou asynchrone, et selon qu'elle s'inscrit dans des espaces distribués ou en coprésence. La majorité des processus de conception reposent sur une alternance des différentes situations. Si les collectifs de conception peuvent avoir une grande diversité de leur organisation, notamment en fonction de l'échelle du projet, on peut distinguer deux grands types d'activités de conception collaboratives (voir figure I.3) : la coconception et la conception distribuée (Darses et Falzon 1996). La conception distribuée consiste en une organisation collective dans laquelle les tâches et responsabilités sont réparties, pour produire des éléments distincts du projet, avec un but commun. Il s'agit de mécanismes de coopération, où la synchronisation temporo-opératoire est l'enjeu principal. Le partage des données, le découpage du travail, l'identification des compétences des acteurs sont des éléments clés des approches distribuées. La coconception consiste pour l'ensemble des acteurs à agir conjointement sur le projet. Il s'agit donc de résoudre ensemble le problème de conception. L'enjeu est ici la synchronisation cognitive, c'est-à-dire la construction

d'une vision partagée du projet et de ses objectifs, un échange de savoirs et de compétences pour résoudre le problème et une construction collective se basant sur l'articulation de différents points de vue.

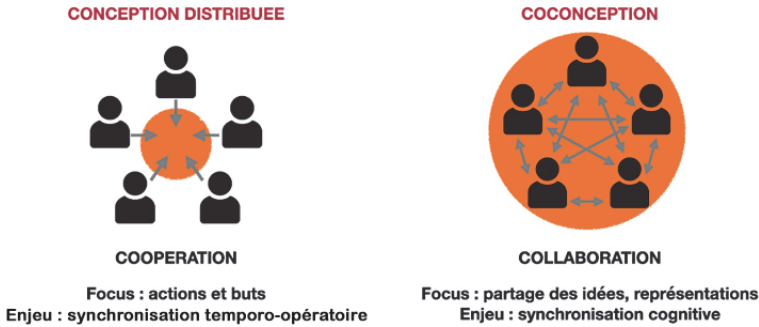


Figure 1.3. Modes de travail collectif en conception

Bien entendu, ces deux modes d'organisation ne sont pas imperméables l'un à l'autre. D'une part, il s'agit plutôt d'un continuum, d'une version distribuée à une version intégrée des organisations collectives en conception, et d'autre part, dans le déroulé d'un projet, les collectifs de conception vont généralement osciller entre plusieurs formes d'organisation. Toute coopération nécessite un minimum de collaboration pour définir conjointement les objectifs, et toute collaboration nécessite de la coopération pour se répartir le travail de manière efficace.

1.6. Structure de l'ouvrage

Après ce synthétique tour d'horizon des processus à l'œuvre dans les activités de conception architecturale, la suite de cet ouvrage propose d'ouvrir de nouvelles pistes, en abordant certaines des questions vives que la recherche contemporaine sur les processus cognitifs de la conception soulève.

Le chapitre 1 présente un état de l'art sur les processus neurocognitifs de la conception. Alors que 70 ans d'analyse de protocoles ont permis de bien comprendre les processus cognitifs à l'œuvre dans la conception, l'étude des processus neurocognitifs, c'est-à-dire du substrat biologique sous-jacent aux processus cognitifs observés, présente deux intérêts. D'une part, elle permet de confirmer les théories et modèles de conception, en montrant que certains processus identifiés comme distincts dans la littérature (par exemple, pensée convergente et pensée divergente) ont une réalité neurophysiologique différente, ce qui renforce les faisceaux de preuves sous-tendant ces théorisations. D'autre part, d'un point de vue pratique, l'étude de la neurocognition de

la conception ouvre la voie à des applications de *neurofeedback*, où des dispositifs peuvent capter l'activité neurophysiologique des concepteurs (rythme cardiaque, activation cérébrale, etc.) pour comprendre en temps réel les actions des concepteurs et les outiller dans leur activité, en permettant la prise de conscience des processus ou en apportant des aides circonstanciées. Le chapitre fait le point sur ces recherches, en détaillant leurs principes de construction, les méthodes et outils d'imagerie employés, en dressant un inventaire des avancées contemporaines dans le domaine et en ouvrant la voie à la neurocognition collective en conception.

Le chapitre 2 porte sur les valeurs en conception architecturale. Les auteurs définissent les valeurs comme des référents moraux partagés et mobilisés dans la conception. Ils dressent un panorama des cadres théoriques portant sur les valeurs en conception, de manière générale, et montrent les limites d'une approche des valeurs comme critères de conception. Ils élaborent ensuite un cadre basé sur les systèmes de valeurs portant à la fois sur le produit et sur le processus de conception, qu'ils illustrent dans le cadre de l'habitat participatif. En se basant sur des études empiriques, ils montrent comment les personnes impliquées négocient un système de valeurs communes, portant sur le projet architectural et sur les processus de débat, et comment ils règlent – ou non – les conflits de valeurs qui peuvent émerger dans de tels projets. Constituer un cadre conceptuel pour comprendre et expliciter la mobilisation des valeurs et idéologies dans les projets de conception apparaît comme une voie scientifique et pratique tout à fait pertinente, à l'heure du renouveau des démarches participatives, de la massification de la collaboration et de la revendication d'une démocratisation de l'innovation.

Dans le chapitre 3, nous abordons spécifiquement la question des représentations (graphiques) en conception. Il apparaît en effet, comme le souligne Visser (2009), que l'activité de représenter constitue l'essence même de la conception. À ce titre, il nous semble important qu'un ouvrage tel que celui-ci s'attarde spécifiquement sur cette problématique. Le chapitre propose de s'ancrer à l'idée que la cognition s'opère toujours en relation avec son environnement proche et détaille des cadres de compréhension de l'interaction entre « monde intérieur » et « environnement extérieur » issus de la psychologie cognitive. Nous abordons ensuite spécifiquement le rôle de représentations dans la conception architecturale, notamment comme support à l'activité réflexive des concepteurs, et comme support à l'activité collaborative des collectifs de conception. Pour caractériser les représentations en nous affranchissant de la question de leurs outils de production, nous proposons un modèle permettant de caractériser les dimensions constitutives des différentes représentations mobilisées en architecture. Enfin, nous montrons comment la question de l'expression graphique et de la construction de représentations est un enjeu fort des dynamiques participatives de co-conception et de cocréation.

Le chapitre 4 pose la question de la recherche d'information pour la conception, thématique peu traitée dans le champ des sciences de la conception. Il propose de construire avec le lecteur un modèle de recherche d'information spécifique aux activités de conception. Il définit la notion même d'information, et s'appuie sur les sciences de l'éducation pour proposer une catégorisation de la nature des informations mobilisées en conception. Le chapitre développe les contextes dans lesquels une recherche d'information est particulièrement pertinente, à savoir l'inspiration. Le chapitre s'appuie ensuite sur des conceptualisations de l'activité de conception (à savoir C-K développée par Armand Hatchuel et FBS développée par John Gero) pour approfondir le modèle, en le complétant par l'identification du lien entre informations, connaissances et concepts, et en l'ancrant dans les processus de reformulation en conception architecturale. Il propose de distinguer les informations portant sur la conception et celles portant sur les outils. Ce modèle de recherche d'information est mobilisé pour comprendre l'impact des technologies de modélisation paramétrique, qui transforment la nature de la recherche formelle en architecture, et ce faisant la recherche d'information qui y est associée. Le chapitre conclut sur les implications pédagogiques de ce modèle.

Le chapitre 5 porte sur la participation dans la conception architecturale et urbaine. L'auteure dresse une cartographie des démarches de participation et les replace dans leur contexte historique. Ainsi, elle démêle les concepts souvent imbriqués de co-design, design participatif, design centré utilisateurs et autres, pour les replacer dans une perspective contemporaine. Partant de cette cartographie, au travers d'un état de l'art approfondi et du retour d'expérience d'initiatives dans des contextes variés, le chapitre détaille les principaux enjeux de la participation en architecture, notamment de l'implication des non-concepteurs au cœur des activités de conception. Le chapitre identifie ce faisant de nouveaux rôles que peuvent endosser à la fois les concepteurs et les habitants/usagers/citoyens. Alors que les premiers voient émerger un nouveau métier de professionnel de la participation, le champ des possibles s'ouvre pour les seconds, qui voient se développer des rôles d'« usagers ambassadeurs », moteurs du lien entre les maîtrises d'œuvre et d'ouvrage et la maîtrise d'usage. Le chapitre prend position pour l'articulation et la complémentarité entre les usagers et les concepteurs professionnels.

Le chapitre 6 porte sur les enjeux liés au BIM : *building information model/modeling/management*. Le chapitre aborde le contexte dans lequel ces nouveaux outils s'insèrent, montre la difficulté liée à la structuration et au partage de données, décrit les niveaux de maturation des pratiques en agence et détaille les différents modèles, normes et structures de données qui sous-tendent les approches BIM. Le chapitre approfondit deux enjeux majeurs de l'insertion du BIM dans les pratiques en agence : la question de l'interopérabilité des plateformes de gestion de données et la question des pratiques collaboratives, qui doivent inévitablement être repensées à l'heure de la numérisation, du partage et de la distribution des données du bâtiment.

Le chapitre 7 porte sur les nouvelles formes d'implication des usagers permises par le développement du BIM, de la réalité virtuelle et des outils de simulation, notamment autour des questions d'utilisabilité du bâtiment, de navigation humaine et plus généralement d'interaction humain/bâtiment. Le chapitre propose un cadrage montrant comment le BIM ouvre et renouvelle le champ des études utilisateurs. La disponibilité croissante de modèles exhaustifs du bâtiment rend possibles des simulations statiques (*space syntax*) ou dynamiques (*agent-based modeling*) et l'utilisation de la réalité virtuelle pour tester des bâtiments avant leur construction. Le chapitre fait le point sur ces différents courants de recherche et ouvre des perspectives sur la manière dont des informations sur l'usage du bâti pourront à terme faire partie intégrante des modèles BIM, et sur ce qu'une telle intégration permettra pour la pratique architecturale.

Au travers de l'ensemble des chapitres de cet ouvrage, les auteurs traitent de dimensions transversales, qui nous semblent être des enjeux contemporains forts. D'une part, ils abordent la question de l'ouverture de la conception à de **nouveaux acteurs**, que ce soient les nouvelles responsabilités et les nouveaux métiers émergeant de la massification de l'usage du BIM (voir chapitre 6) et de la participation (voir chapitre 5), mais surtout de ce que nous considérons comme un renouveau contemporain de l'implication des utilisateurs en conception, au travers du prisme méthodologique de la capacitation à la production de représentations (voir chapitre 3), du partage des compétences entre concepteurs et citoyens (voir chapitre 5), des valeurs sous-tendant la participation (voir chapitre 2) et des nouvelles possibilités d'implication des utilisateurs permises par le développement du BIM et des outils de simulation (voir chapitre 7). D'autre part, l'ouvrage soulève, dans une époque de développement technologique rapide, la question des **nouveaux outils** et des nouveaux paradigmes de conception qu'ils soutiennent – ou imposent – : les outils de modélisation paramétrique posant de vrais enjeux de recherche d'information (voir chapitre 4), les outils BIM restructurant les rapports entre parties prenantes de la conception (voir chapitre 6) et ouvrant à de nouveaux usages des modèles numériques pour la simulation (voir chapitre 7), et les outils de neurosciences permettant à la fois de mieux intégrer des connaissances sur l'usage (voir chapitre 1), mais aussi d'approfondir nos connaissances des activités cognitives de conception.

I.7. Bibliographie

- Baker, M.J. (2015). Collaboration in collaborative learning. *Interaction studies*, 16(3), 451–473.
- Bonnardel, N. (1999). L'évaluation réflexive dans la dynamique de l'activité du concepteur. Dans *Pilotage et évaluation du processus de conception*, Perrin, J. (dir.): L'Harmattan, Paris, 87–105.

- Bonnardel, N. (2000). Towards understanding and supporting creativity in design: analogies in a constrained cognitive environment. *Knowledge-Based Systems*, 13, 505–513.
- Bonnardel, N. (2009). Activités de conception et créativité: de l'analyse des facteurs cognitifs à l'assistance aux activités de conception créatives. *Le Travail Humain*, 72(1), 5–22.
- Bucciarelli, L. (1988). An ethnographic perspective on engineering design. *Design Studies*, 9, 159–168.
- Callon, M. (1996). Le travail de conception en architecture. *Les Cahiers de La Recherche Architecturale*, 37, 25–35.
- Chevalier, A., Bonnardel, N. (2003). Prise en compte et gestion de contraintes : une étude dans la résolution d'un problème créatif de conception. *Bulletin de psychologie*, 56(1), 33–48.
- Clark, H.H., Schaefer, E.F. (1989). Contributing to Discourse. *Cognitive Science*, 13, 259–294.
- Cross, N. (1982). Designerly ways of knowing. *Design Studies*, 3(4), 221–227. doi.org/10.1016/0142-694X(82)90040-0.
- Cross, N. (2007). Forty years of design research. *Design Studies*, 28(1), 1–4. doi.org/10.1016/j.destud.2006.11.004.
- Cross, N. (2023). Design thinking: What just happened?. *Design Studies*, 86.
- Darses, F. (2004). Processus psychologiques de résolution collective des problèmes de conception : contribution de la psychologie ergonomique. Unpublished HDR - habilitation à Diriger des Recherches, Université Paris V - René Descartes, Paris.
- Darses, F., Falzon, P. (1996). La conception collective : une approche de l'ergonomie cognitive. Dans *Coopération et Conception*. Toulouse : Octarès, de Terssac, G., Friedberg, E. (dir.). Octarès, Toulouse, 123–135.
- Détienne, F., Martin, G., Lavigne, E. (2005). Viewpoints in co-design: a field study in concurrent engineering. *Design Studies*, 26, 215–241.
- Dorst, K., Cross, N. (2001). Creativity in the design process: co-evolution of problem-solution. *Design studies*, 22(5), 425–437.
- Dorta, T., Kalay, Y., Lesage, A., Pérez, E. (2011). Design conversations in the interconnected HIS. *International Journal of Design Sciences and Technology*, 18(2), 65–80.
- Dubberly, H. (2004). *How do you design? A Compendium of Models*. Dubberly Design Office, San Francisco.

- Falzon, P. (1994). Dialogues fonctionnels et activité collective. *Le Travail Humain*, 57(4), 299–312.
- Fenker, M., Zetlaoui-Leger, J. (2022). Maîtrise d’usage. *Dictionnaire critique et interdisciplinaire de la Participation, DicoPart*, 2ème édition. hal-03912672.
- Folcher, V. (2015). Conception pour et dans l’usage: la maîtrise d’usage en conduite de projet. *Journal of Human Mediatized Interactions/Revue des Interactions Humaines Médiatisées*, 16(1).
- Goldschmidt, G. (1991). The dialectics of sketching. *Creativity Research Journal*, 4(2), 123–143.
- Heylighen, A., Martin, G. (2002). That elusive concept of concept in architecture. Paper presented at the DCC’04, Design Computing and Cognition.
- Johnson-Laird, P.N. (1988). Freedom and constraint in creativity. Dans *The nature of creativity: Contemporary psychological perspectives*, Sternberg, R.J. (dir.). Cambridge University Press, Cambridge.
- Lebahar, J.-C. (1983). *Le dessin d’architecte. Simulation graphique et réduction d’incertitude*. Editions Parenthèses, Paris.
- Leclercq, P., Heylighen, A. (2002). 5,8 Analogies per hour. A designer’s view on analogical reasoning. Paper presented at the AID’02 Artificial intelligence in design.
- Martin, G., Détienne, F., Lavigne, E. (2001). Analysing viewpoints in design through the argumentation process. Paper presented at the 8th TC13 IFIP International Conference on Human-Computer Interaction - INTERACT 2001.
- Morvan, A., Safin, S., Dorta, T., Détienne, F. (2024). La contribution des usagères dans un atelier de co-idéation : une médiation sociotechnique pour l’exploration des niveaux épistémiques d’un projet. *Activités*, 21(1).
- Pahl, G., Badke-Schaub, P., Frankenberger, E. (1999). Resume of 12 years interdisciplinary empirical studies of engineering design in Germany. *Design Studies*, 20, 481–494.
- Rittel, H. (1967). Wicked problems. *Management Science*, 4(14).
- Schön, D. (1983). *The reflexive practitioner: How professional think in action*. Basic Books, New York.
- Seppanen, M. (2023) The quality of argumentation and metacognitive reflection in engineering co-Design, *European Journal of Engineering Education*, 48(1), 75–90. DOI:10.1080/03043797.2022.2054314.

- Simon, H.A. (1969). *The sciences of the artificial*. MIT press, Cambridge.
- Tversky, A., Kahneman, D. (1974). Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases. *Science*, 185(4157), 1124–1131.
- Visser, W. (2001). Conception individuelle et collective. Approche de l'ergonomie cognitive. INRIA – Institut national de la Recherche en Informatique et Automatique, Le Chesnay.
- Visser, W. (2009). La conception : de la résolution de problèmes à la construction de représentations. *Le travail humain*, 72(1), 61–78.